

董庆华 主编

标准分享网
www.bzfxw.com

钣金展开

速查手册



化学工业出版社

钣金展开速查手册

董庆华 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

钣金展开速查手册/董庆华主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-122-01700-0

I. 钣… II. 董… III. 钣金工-技术手册
IV. TG936-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 196826 号

责任编辑: 张兴辉 王 烨 文字编辑: 张绪瑞
责任校对: 凌亚男 装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市前程装订厂
850mm × 1168mm 1/64 印张 10 1/4 字数 427 千字
2008 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)
售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

本书是一本汇集各种典型钣金件展开方法的速查手册。内容涵盖了等径管，异径和异口多通管，锥管及其组合件，台、罩及圆方过渡接头，圆形容器的封头等各种常用钣金件的展开图、计算方法、公式以及参数化表格，实例丰富，方便学习和查阅。书中内容均采用了最新的国家标准。

本书适用于从事钣金作业的企业技术工人、职业院校师生查阅和参考。

前 言

钣金展开放样是钣金工、铆工、白铁工作业的第一道工序，也是重要的工序。准确、迅速地作出展开图，是提高产品质量和工作效率、降低材料消耗的关键。

全书详细介绍了钣金展开放样基础，等径管展开放样，异径和异口多通管展开放样，锥管及其组合件展开放样，台、罩及圆方过渡接头展开放样，圆形容器的封头展开放样等内容。

本书依据下列几个原则编写。

- (1) 书中的名词术语、标准等均贯彻了最新国家标准。
- (2) 书中大部分都结合典型钣金件给出零件投影图、展开图、计算方法、计算公式以及参数化的表格，并尽量举出典型例题。
- (3) 对于一些复杂的计算，在编写中尽量按照参数规则的变化以表格的形式列出来，内容力求简练，尽可能做到表格化编排，突出了速查的特点。

书中尺寸单位除特别指明外，其余单位均为 mm。

参加本书编写的有承德石油高等专科学校董庆华（前言、第一章、第二章、第三章）、董湘敏（第四章）、姜德（第五章）、尹树春（第六章）。本书由董庆华任主编。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏与不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 钣金展开放样基础	1
一、钣金划线	1
(一) 常用几何图形作图法	2
(二) 钣金划线的常用工具	8
(三) 钣金划线基本规则	13
(四) 钣金划线注意事项	13
(五) 划线时考虑的工艺因素	13
(六) 划线的常用符号	14
二、展开放样	15
三、计算法展开放样	15
四、图解法展开放样	17
(一) 平行线法	18
(二) 放射线法	20
(三) 三角形法	22
(四) 计算法与图解法展开放样的比较	23
五、厚板处理	24
六、展开实长与实形的求法	32
(一) 求一般位置直线的实长	32
(二) 求平面的实形	35
七、板材展开长度	39
第二章 等径管展开放样	42
一、两节等径直角弯头展开放样	42

二、两节等径任意角弯头展开放样	46
三、多节等径直角弯头展开放样	54
四、多节等径任意角弯头展开放样	70
五、两节直角矩形弯头展开放样	91
六、两节直角方弯头展开放样	92
七、90°蛇形管展开放样	93
八、双扭 90°蛇形管展开放样	98
九、后倾蛇形管展开放样	102
十、矩形直角曲面弯头展开放样	112
十一、90°换向矩形管弯头展开放样	113
十二、螺旋管展开放样	120
十三、圆形风管弯头展开放样	125
十四、矩形风管弯头展开放样	171
十五、等径直交三通管展开放样	182
十六、等径直交补料三通管展开放样	185
十七、等径斜交三通管展开放样	188
十八、等径 Y 形管展开放样	195
十九、等径补料 Y 形管展开放样	202
二十、等径裤形管展开放样	210
二十一、等径 Y 形四通管展开放样	221
二十二、等径 Y 形五通管展开放样	224
二十三、人字形三通管展开放样	227
第三章 异径和异口多通管展开放样	230
一、异径直交三通管展开放样	230
二、异径斜交三通管展开放样	243
三、异径错心直交三通管展开放样	268
四、等径圆管错心直交四通管展开放样	271
五、异径圆管错心直交四通管展开放样	274

六、异径圆管错心斜交四通管展开放样	277
七、方口三通管展开放样	282
八、方管矩形管直交三通管展开放样	282
九、方管矩形管斜交三通管展开放样	283
十、方管圆管直交三通管展开放样	286
十一、圆管方管直交三通管展开放样	287
十二、矩形管圆管斜交三通管展开放样	290
十三、圆管矩形管斜交三通管展开放样	293
十四、矩形断面裤形三通管展开放样	300
十五、方口曲面三通管展开放样	303
第四章 锥管及其组合件展开放样	305
一、正三棱锥展开放样	305
二、正四棱锥展开放样	306
三、斜四棱锥展开放样	309
四、锥形长方台展开放样	310
五、上口扭成 45° 角的方棱锥台展开放样	311
六、矩形换向台展开放样	313
七、正六棱锥展开放样	314
八、正六棱锥台展开放样	315
九、斜截方棱锥台展开放样	316
十、正心圆锥管展开放样（薄板）	319
十一、正心圆锥管展开放样（厚板）	321
十二、渐缩率较小的正圆锥管展开放样	323
十三、斜截圆锥管展开放样	326
十四、斜圆锥展开放样	331
十五、斜圆锥管展开放样	334
十六、椭圆锥展开放样	337
十七、圆顶椭圆底台展开放样	339

十八、圆管圆锥管直角弯头展开放样	342
十九、圆管圆锥管任意角度弯头展开放样	348
二十、圆锥管两节任意角度弯头展开放样	354
二十一、三节渐进直角弯头展开放样	361
二十二、四节渐进直角弯头展开放样	367
二十三、两节任意角度渐缩方弯头展开放样	372
二十四、直角换向三节矩形弯头展开放样	378
二十五、曲面方锥台展开放样	381
二十六、方口裤形三通管展开方样	383
二十七、方管平交四棱锥管展开放样	388
二十八、四棱锥直交圆管展开放样	391
二十九、圆管直交四棱锥管展开放样	395
三十、圆管平交四棱锥管展开放样	397
三十一、圆管侧交四棱锥管展开放样	402
三十二、圆管斜交四棱锥管展开放样	406
三十三、裤形圆管圆锥管展开放样	409
三十四、异径裤形三通管展开放样	415
三十五、放射状四通管展开放样	421
三十六、圆管平交圆锥管展开放样	425
三十七、圆管垂直侧交圆锥管展开放样	429
三十八、圆管圆锥管直交三通管展开放样	433
三十九、圆管斜交圆锥管展开放样	437
四十、方管直交圆锥管展开放样	444
四十一、斜交圆锥管展开放样	447
四十二、矩形风管变径管展开放样	452
四十三、矩形风管三通管展开放样	470
四十四、圆形风管三通管展开放样	495
第五章 台、罩及圆方过渡接头展开放样	538

一、长圆台展开放样	538
二、带轮罩展开放样	539
三、圆顶长圆底罩展开放样	540
四、圆顶细长圆底台展开放样	543
五、 90° 长圆换向台展开放样	544
六、斜马蹄展开放样	547
七、 90° 换向异径过渡接头展开放样	551
八、天圆地方接头展开放样	554
九、底口倾斜圆方过渡接头展开放样	556
十、顶圆底长方台展开放样	561
十一、方顶圆底漏斗展开放样	565
十二、方顶U形底漏斗展开放样	570
十三、圆顶长方底偏心过渡接头展开放样	574
十四、圆方过渡 90° 换向接头展开放样	577
十五、圆长方过渡 90° 换向接头展开放样	581
十六、顶圆底长方斜扭过渡接头展开放样	584
十七、方裤形三通管展开放样	597
十八、方圆裤形三通管展开放样	599
十九、圆腰长方腿裤形三通管展开放样	602
二十、直角换向Y形管展开放样	606
二十一、方五通管展开放样	608
二十二、圆方过渡四通管展开放样	610
二十三、方圆过渡五通管展开放样	614
二十四、异径五通管展开放样	617
第六章 圆形容器的封头展开放样	621
一、圆桶容器放样坯料直径计算	621
二、圆桶平边容器放样坯料直径计算	622
三、大小口容器放样坯料直径计算	623

四、大小口平边容器放样坯料直径计算	623
五、球缺体封头放样坯料直径计算	624
六、球缺体直边封头放样坯料直径计算	625
七、球缺体平边封头放样坯料直径计算	626
八、半球体封头放样坯料直径计算	627
九、半球体直边封头放样坯料直径计算	627
十、半球体平边封头放样坯料直径计算	628
十一、平顶圆角封头放样坯料直径计算	628
十二、平顶直边圆角封头放样坯料直径计算	629
十三、平顶平边圆角封头放样坯料直径计算	630
参考文献	631

第一章 钣金展开放样基础

展开放样是钣金工、铆工、白铁工的第一道工序，也是重要的工序。在我国众多企业中，钣金、铆焊、白铁作业占有很大的比重。这类作业不仅要求看懂图纸，而且要能准确、迅速地做出制件的展开图。同时要根据图纸要求，选择适当位置的接口，做出的展开料要便于制作，还要考虑展开料截料后的余量。

各种金属制件形状多样，体态各异，需要利用制件的主视图、俯视图、左或右视图，实主视图、实俯视图和实左或右视图、断面图等，才能画出制件的展开图。

钢板和型钢经过弯曲后，沿其厚度总有一层材料的长度不发生变化，这一层称为中性层。圆管展开时一般可按中心径乘以 π 为展开长度下料。由于制件形状各异，下料时必须掌握两制件间的内表面、外表面连接时的情况。下料时还应注意包容件上所开的孔应按被包容件的外皮线确定。

本书所汇集的各种展开图，主要是以各类制件的视图投影为研究对象。在实际作业中，还应把板厚的影响和加工余量考虑进去。

一、钣金划线

划线按使用工具可分为手工划线和机械自动划线，按操

作位置又可分为平面划线和立体划线，都是制作冷作产品的前道工序。这里只介绍钣金常用的手工平面划线知识。

(一) 常用几何图形作图法

1. 直线的作法

(1) 短直线的作法 在小型制件上划线时，当所画直线长度不大于 1000mm 时，用划针或石笔紧靠直尺的一侧进行。划针（石笔）应有一定的倾斜，如图 1.1 所示。

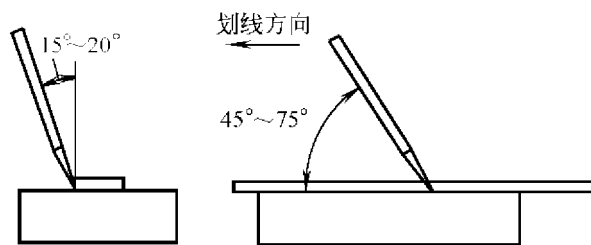


图 1.1 短直线的作法

(2) 中长直线的作法 当所画直线长度在 1000 ~ 8000mm 时，可采用粉线弹出，若是较长时，应弹两次，以两线重合为准，如图 1.2 所示。

(3) 长直线的作法 当所画直线长度大于 8000mm 时，可用 $\phi < 1\text{mm}$ 的钢丝，用弹簧拉紧并托以垫块。然后用直角尺靠紧钢丝一侧在其下端定出若干点数，再用粉线以三点弹成直线完成，如图 1.3 所示。

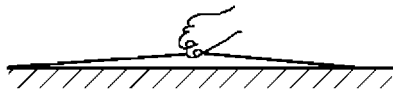


图 1.2 中长直线的作法

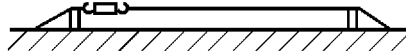


图 1.3 长直线的作法

2. 垂线的作法

(1) 作直线上点的垂线 如图 1.4 所示，以 p 点为中

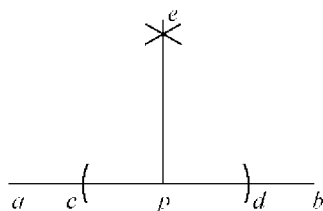


图 1.4 作直线上点的垂线

心，取适当长度半径画弧交 \overline{ab} 于 c 、 d 点；分别以 c 、 d 点为中心，取大于前一半径的距离为半径画弧交点为 e ，连接 e 、 p 点，则得到 $\overline{ep} \perp \overline{ab}$ 。

(2) 作直线外点的垂线 如图 1.5 (a) 所示，以 p 点为中心，取大于 \overline{ab} 线至 p 点的距离的长度为半径画弧交 \overline{ab} 于 c 、 d ；分别以 c 、 d 点为中心，以大于 \overline{cd} 线 $1/2$ 的长度为半径画圆弧交点为 e ，连接 e 、 p 点，则 $\overline{ep} \perp \overline{ab}$ 。

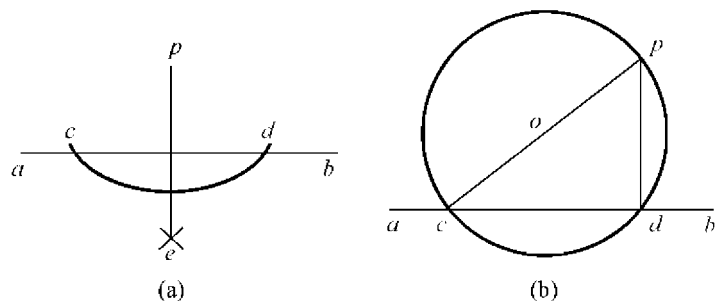


图 1.5 作直线外点的垂线

再如图 1.5 (b) 所示，过 p 点任作一倾斜线交 \overline{ab} 于 c ，取 \overline{cp} 中点为 o ，以 o 点为中心，取 co 长度为半径画圆弧交 \overline{ab} 于 d 点，连接 d 、 p 点，则 $\overline{dp} \perp \overline{ab}$ 。

(3) 作直线端点的垂线 如图 1.6 (a) 所示，任取线外一点 o ，以 o 为中心，取 $R=ob$ 为半径画圆且交 \overline{ab} 于 c

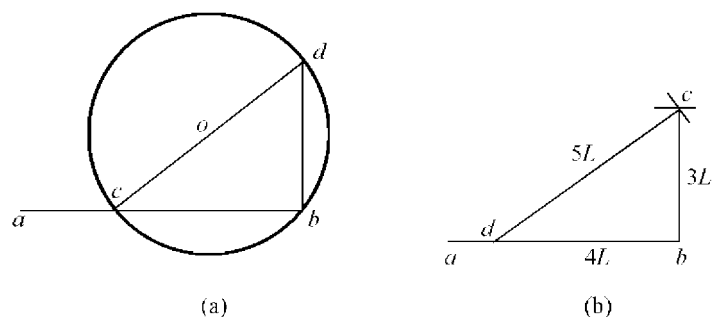


图 1.6 作直线端点的垂线

点；连接 co 并延长，交圆于 d 点；连接 b 、 d 点，则 $\overline{bd} \perp \overline{ab}$ 。

再如图 1.6 (b) 所示，用勾股弦法可作出。在 \overline{ab} 上取适当长度为 L ，然后从 b 点开始量取 $bd = 4L$ ；以 b 、 d 为顶点，分别量取 $3L$ 、 $5L$ 长作半径画圆弧得交点为 c ，连接 b 、 c 点，则 $\overline{bc} \perp \overline{ab}$ 。

3. 平行线的作法

(1) 作相距为 S 的平行线 如图 1.7 所示，在 \overline{ab} 线上任取两点分别为中心，以 S 长为半径画两圆弧，再作两圆弧的切线 \overline{cd} ，则 $\overline{cd} \parallel \overline{ab}$ 。

(2) 过直线外一点作平行线 如图 1.8 所示，以已知点 p 为中心，取大于 p 点到 \overline{ab} 的距离的长度为半径画圆弧，

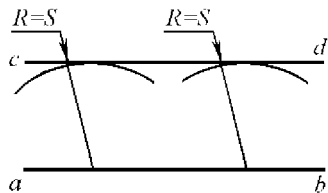
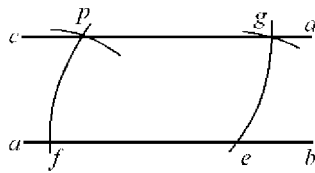
图 1.7 作相距为 S 的平行线

图 1.8 过直线外一点作平行线

交 \overline{ab} 于 e ，再以 e 为中心，同样的半径画圆弧交 \overline{ab} 于 f ，然后以 e 为中心，取 \overline{fp} 长为半径画圆弧，交于 g ，过 p 、 g 两点作 \overline{cd} ，则 $\overline{cd} \parallel \overline{ab}$ 。

4. 圆弧的作法

(1) 作图法 作图法又分为准确和近似两种，通常应用此法求作的构件尺寸较小。

① 圆弧的准确作法。图 1.9 所示是用已知弦长 ab 和弦高 cd 求作圆弧。在图中，连接 ac 、 bc ，并分别作两线的垂直平分线且相交于 o 点；以 o 为中心， ao 长为半径画圆弧，即为所求圆弧。

② 圆弧的近似作法。如图 1.10 所示，已知弦长和弦

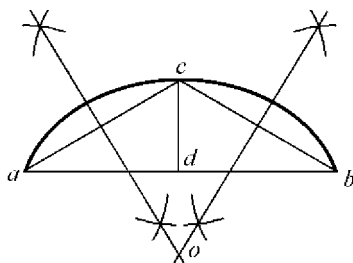


图 1.9 圆弧的准确作法

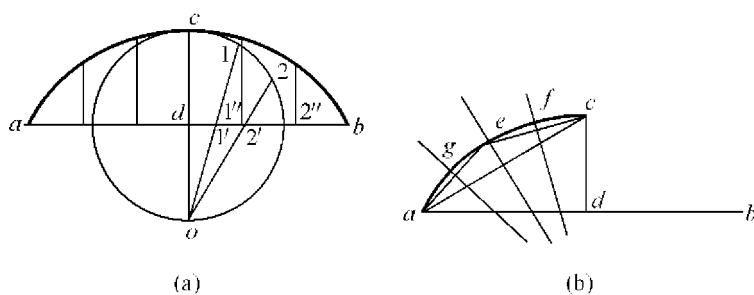


图 1.10 圆弧的近似作法

高，求作圆弧。在图 1.10 (a) 中，以 d 为中心， cd 为半径画圆，并与其延长线交于 o 点；将 $1/4$ 圆周和 $1/2 \overline{ab}$ 作相同等份（图中为三等份）得 $1、2$ 点和 $1''、2''$ 点，且连接 $o1、o2$ 与 \overline{ab} 相交于 $1'、2'$ 点；分别以 $11'$ 和 $22'$ 的长度在 \overline{ab} 的 $1''、2''$ 点的垂线上截取等长得点，然后圆滑连接各点，即得出所求的近似圆弧。

在图 1.10 (b) 中，连接 ac ，作其垂直平分线，并在其上量取 $cd/4$ 得 e 点；再连接 $ae、ce$ ，并作垂直平分线，且在其上量取 $cd/16$ 的长度，得 $f、g$ 点；同理还可以依次截取各点，然后圆滑连接各点，可得到所求的近似圆弧。

(2) 计算法 当求作的圆弧较大时，可采用计算法。

① 已知弦长和弦高时，如图 1.11 所示，计算公式为

$$y = h - \frac{4h}{B^2} x^2$$

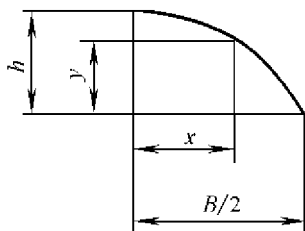


图 1.11 计算法求作圆弧 (一)

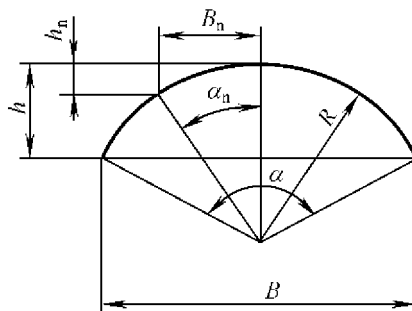


图 1.12 计算法求作圆弧 (二)

② 已知半径和圆心角时，如图 1.12 所示，计算公式为

$$L = R \frac{\pi \alpha}{180^\circ}$$

$$B_n = R \sin \alpha_n$$

$$h_n = R(1 - \cos \alpha_n)$$

5. 等分线

(1) 线段的等分 线段的等分如图 1.13 所示, 可采用两种方法。第一种方法如图 1.13 (a) 所示, 用划规先按所需等分数将线段分为若干等份, 然后逐步调整划规的开度, 反复进行等分测量, 直至达到需求的等份为止。第二种方法如图 1.13 (b) 所示, 过 a 作倾斜线 \overline{ac} , 以适当长度在 \overline{ac} 上截取若干等份 (本例为五等分) 得 1~5 点; 连接 b 、5 两点, 分别过 \overline{ac} 上 4、3、2、1 各点, 作 $\overline{b5}$ 的平行线交 \overline{ab} 于 4'、3'、2'、1' 各点, 即把 \overline{ab} 五等分。

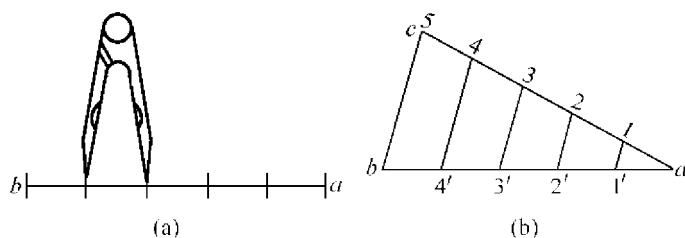


图 1.13 线段的等分

(2) 圆的等分

① 作图法。除应用划规按线段等分的第一种方法的同样方式求出圆的等分点外, 最常用的方法如图 1.14 所示 (图中为七等分)。首先把圆的直径 ab 七等分; 再分别以 a 、 b 为中心, 取 $R=ab$ 为半径画圆弧得 p 点; 然后从 p 点与直径上等分点的偶数点连接并延长交圆周于各点 (图中是过 2 点交于 c 点), 则 ac 即是所求的等分长; 最后用 ac 长等分圆周, 即得出圆的等分。如果把各等分点连接

表 1.1 圆周的等分系数 K 值

n	K	n	K	n	K	n	K
1	0.00000	21	0.14904	41	0.07655	61	0.05148
2	1.00000	22	0.14231	42	0.07473	62	0.05065
3	0.86603	23	0.13617	43	0.07300	63	0.04985
4	0.70711	24	0.13053	44	0.07134	64	0.04907
5	0.58779	25	0.12533	45	0.06976	65	0.04831
6	0.50000	26	0.12054	46	0.06824	66	0.04758
7	0.43388	27	0.11609	47	0.06679	67	0.04687
8	0.38268	28	0.11196	48	0.06540	68	0.04618
9	0.34202	29	0.10812	49	0.06407	69	0.04552
10	0.30902	30	0.10453	50	0.06279	70	0.04486
11	0.28173	31	0.10117	51	0.06156	71	0.04432
12	0.25882	32	0.09802	52	0.06038	72	0.04362
13	0.23932	33	0.09506	53	0.05924	73	0.04302
14	0.22252	34	0.09227	54	0.05814	74	0.04244
15	0.20791	35	0.08964	55	0.05709	75	0.04188
16	0.19509	36	0.08716	56	0.05607	76	0.04132
17	0.18375	37	0.08481	57	0.05509	77	0.04079
18	0.17365	38	0.08258	58	0.05414	78	0.04027
19	0.16459	39	0.08047	59	0.05322	79	0.03976
20	0.15643	40	0.07846	60	0.05234	80	0.03926

1. 划针

划针用来直接划出线条，但常需配合钢直尺、 90° 角尺或样板等导向工具一起使用。它用弹簧钢丝或高速钢制成，直径为 $3\sim 6\text{mm}$ ，长约 $200\sim 300\text{mm}$ ，尖端磨成 $16^\circ\sim 20^\circ$ 的尖角，并经淬火硬化，这样就不容易磨损变钝，如图 1.15 所示。有的划针在尖端焊上一段硬质合金，则更能保持长期的锋利。因为只有锋利的针尖，才能划出清晰的线条。钢丝制成的划针用钝后重磨时，要经常浸入水中冷却，注意不要使针尖过热而退火变软。

用划针划线时，针尖要紧靠导向工具的边缘，要压紧导

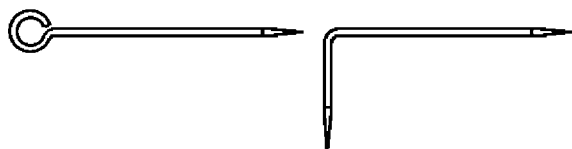


图 1.15 划针

向工具，避免滑动而影响划线的准确性。划针的握持方法与用铅笔划线相似，上部向外侧倾斜约 $16^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ，向划线方向倾斜约 $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ，如图 1.16 所示。

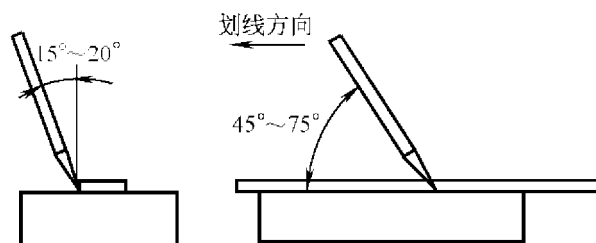


图 1.16 划针的使用方法

用划针划线要尽量做到一次划成，不要连续几次重复地划，否则线条变粗，反而模糊不清。

2. 划规

它在划线工作中用途很多，可以划圆和圆弧、等分线段、等分角度及量取尺寸等。

划规用中碳钢或工具钢制成，两脚尖端经过淬火硬化，有的在两脚端部焊上一段硬质合金，则耐磨性更好。

常用的划规有普通划规、弹簧划规和长划规等几种，如图 1.17、图 1.18 所示。最常用的是图 1.17 (a) 所示的

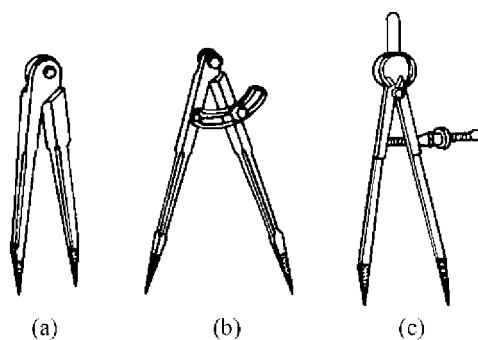


图 1.17 划规

普通划规，它结构简单，制造较方便，适用性也比较广。图 1.17 (b) 是一种带有锁紧装置的划规，当调节好尺寸后拧紧螺钉，尺寸就不容易变动，故应用也较广，尤其适用在很粗糙的毛坯表面上划线。弹簧划规在调节尺寸时很方便，但划线时划圆弧的一只脚容易弹动而影响尺寸的准确性，因此，仅适用在较光滑的表面上划线，如图 1.17 (c) 所示。长划规是专门用来划大尺寸的，在滑杆上移动两个划规脚，就可得到一定的尺寸，如图 1.18 所示。

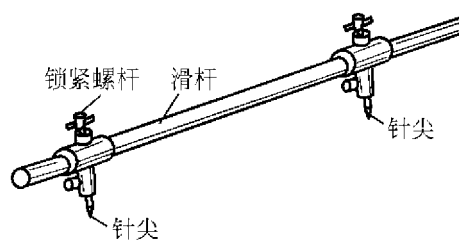


图 1.18 长划规

除长划规外，其他几种划规的两脚都要磨成长短一样，而且两脚合拢时脚尖能靠紧，这样才可划出尺寸较小的圆弧，如图 1.19 所示。

划规的脚尖要经常保持锋利，以保证划出的线条清楚。

用划规划圆时，作为旋转中心的一脚应加以较大的压力，另一脚则以较轻的压力在工件表面上划出圆弧，这样可使中心不致滑移，如图 1.20 所示。



图 1.19 划规尖脚的要求

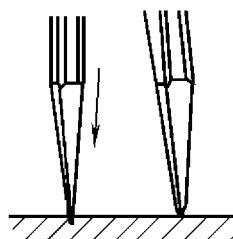


图 1.20 划规的使用法

3. 样冲

为了避免划出的线被擦掉，划线后要用样冲在线条上打出冲眼作加工标记，如图 1.21 所示。用划规划圆和定钻孔中心时，也需要先打上样冲眼。

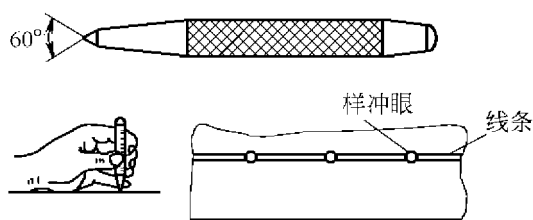


图 1.21 样冲

样冲用工具钢制成，并经淬火硬化，工厂中也常用废旧铰刀等改制。样冲的尖角一般磨成 $45^\circ \sim 60^\circ$ 。

用样冲打样冲眼时，要注意以下几点。

① 要使冲尖对准线条的正中，使样冲眼不偏离所划的线条。

② 样冲眼间的距离可视线段长短而定。一般在直线段上样冲眼的距离可大些，在曲线段上距离要小些，而在线条的交叉转折处则必须要打样冲眼。

③ 样冲眼的深浅要掌握适当，薄壁零件样冲眼要浅些，并应轻敲，以防变形或损伤；较光滑的表面样冲眼也要浅，甚至不冲眼；而粗糙的表面要冲得深些。

（三）钣金划线基本规则

① 垂直线须用作图法求出，而不可用量角器或直角尺划出。

② 用划针或石笔划线时，应紧靠尺子或样板的边沿。

③ 用划规在钢板上划线时，应先打上样冲眼，以防止划规脚尖의滑动。

（四）钣金划线注意事项

① 划线前要检查钢材的牌号、厚度。

② 钢材的平面应平整，符合相应的技术图纸及工艺要求。

③ 为保证划线的准确性，所用的量具、工具应定期检验校正。

（五）划线时考虑的工艺因素

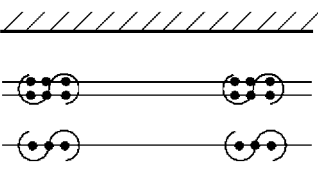
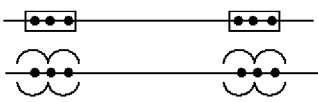
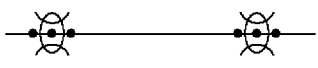
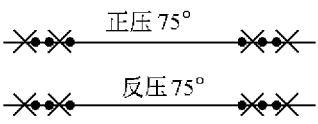

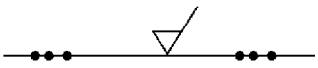
① 工件加工、成形的要考虑切割、卷圆、热加工等的影响。

② 考虑装配时板料边缘修正和间隙大小对工件的影响。

③ 考虑焊接及火焰矫正的收缩变量。

(六) 划线的常用符号

表 1.2 钣金划线常用符号

名 称	符 号	符 号 说 明
切断线		<p>在线上打样冲并注上“S”符号表示剪切线,在双线上打样冲,并注上“S”符号表示切断线</p> <p>在切断线的一侧注上斜线符号,表示切断后为余料</p>
中心线		<p>在线的两端打上三个样冲点,并注上标记符号</p>
对称线		<p>在线的两端打上三个样冲点,并注上标记符号,表示零件图形与此线完全对称</p>
压角线		<p>在线的两端打上三个样冲点,并注上标记符号,表示钢材弯成一个角度</p>
轧圆线		<p>在钢板上注上如图所示的反轧圆符号,表示弯成圆筒形后,标记在外侧。注上如图所示的正轧圆符号,表示弯成圆筒形后,标记在内侧</p>
刨边线		<p>在线的两端打上三个样冲点,并注上符号,表示加工以此线为准</p>

二、展开放样

加工制造业、石油化工、冶金、基建、交通、造船、国防工业、航空航天、民用建筑等行业，在基本建设施工或加工制作中，许多产品或半成品是由不同材质（如钢板、镀锌钢板、合金钢板、塑料板等）、不同厚度的板材或型材加工而成的，如输送空气的通风系统管道，一般是由直管和各种管件连接而成的，通风管道常用 $\delta=1.5\text{mm}$ 的薄钢板、镀锌钢板、合金钢板、 $\delta>2\text{mm}$ 的塑料板制作。

这些产品或半成品形状各异，在加工制作时，必须预先在金属或非金属板上画出它们的轮廓或部分平面展开图，然后才能加工制作。这种在金属或非金属板材上画出产品或半成品真实形状和大小的作图方法称为展开放样。如果展开放样正确，则既能确保制作件的精度、产品或半成品的质量，又可以提高工作效率、节省工料降低成本。所以有关的工程技术人员和技术工人必须熟练掌握相关制作的展开放样方法。

展开放样有计算法和图解法，下面分别介绍。

三、计算法展开放样

计算法指通过理论计算确定相关展开图的坐标值，画出展开图的方法。

计算展开放样法的步骤如下。

① 画制件的主视图、俯视图或其他需要的视图（可不按尺寸徒手画）。

② 如为圆管，则将其分成若干等份，如 16 等份或 24

等份等。小制件可分得少些，大制件要分得多些。等分点愈多展开图精度愈高，但相应的计算愈繁琐。

③ 由各等分点向主视图或相关视图引素线至结合线。如果制件为相贯体，则相贯线可徒手画出。

④ 按圆周等分数绘出展开放样草图，并标注相关代号。

⑤ 将圆周上各等分点折算成角度。

⑥ 依次计算。计算完后应进行校核，确保计算准确无误。

⑦ 根据计算结果作展开图。

例 1-1 已知正圆锥高 $H=800\text{mm}$ ，正圆锥底直径 $D=500\text{mm}$ ，用计算法作其展开图。

解：① 作正圆锥的投影图，如图 1.22 (a) 所示。

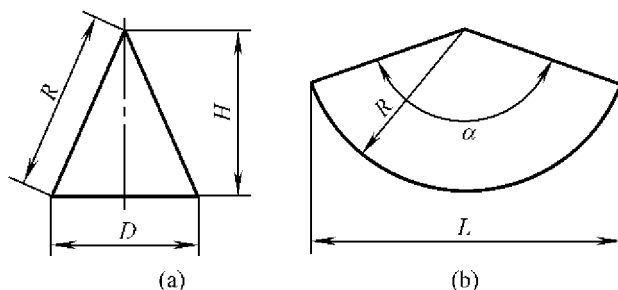


图 1.22 正圆锥的展开放样

② 正圆锥的展开图计算公式如下

$$R = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + H^2}$$

$$\alpha = 180^\circ \frac{D}{R}$$

$$L = 2R \sin \frac{\alpha}{2}$$

式中 R ——正圆锥的素线长，即展开图的半径；

D ——正圆锥底直径；

H ——正圆锥的高；

α ——正圆锥展开图扇形的夹角；

L ——正圆锥展开图扇形的弦长。

$$R = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + H^2} = \sqrt{\left(\frac{500}{2}\right)^2 + 800^2} = 838 \text{ (mm)}$$

$$\alpha = 180^\circ \frac{D}{R} = 180^\circ \frac{500}{838} = 107.4^\circ$$

$$L = 2R \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \times 838 \sin \frac{107.4^\circ}{2} = 1350.7 \text{ (mm)}$$

③ 作正圆锥展开图。以任意点为圆心，以 R 为半径画弧，使其扇形的夹角为 107.4° 或弦长 $L = 1350.7 \text{ mm}$ ，这个扇形即是正圆锥的展开图，如图 1.22 (b) 所示。

四、图解法展开放样

图解法指根据投影原理画出制件的相关视图，在视图中画辅助线，并求出一般位置直线、平面的实长或实形，以及相贯体的相贯线等，画出展开图的方法。图解法有平行线法、放射线法和三角形法。

图解展开放样法的步骤如下。

① 熟悉图纸、分析形体。在弄清制件形体的基础上进行形体分析，把复杂的几何图形分解成简单的几何图形。

② 求倾斜线的实长。求倾斜线的实长是图解法作展开图的关键问题。

③ 求一般平面的实形。求一般平面的实形是图解法作展开图的基本问题。

④ 求相贯线。如果两物体相交则应求其相贯线，相贯线指两物体相交时表面的交线。

⑤ 画展开图。按图纸要求，根据制件的特征，选用图解法中的平行线法、放射线法或三角形法画出所需的展开图。

⑥ 检查校核。画出展开图后，应进行检查校核，确保展开图准确无误。

(一) 平行线法

用平行线作展开图的方法称为平行线展开法，也称平行线法。

1. 平行线法的特点

平行线法的特点是利用足够多的平行素线，将需要展开的物体表面划成足够多的小平面矩形或梯形（或近似平面），把这些小平面对依次摊平，则物体表面被展开，在展开图上出现一组平行线。平行线法类似打开一个卷着的竹席。

2. 平行线法的适用范围

平行线法的适用范围：如果物体的侧表面是由一组平行素线组成的，则可以用平行线法作展开图，即柱状物体表面可用平行线法作展开图。可采用平行线法作展开图的物体如图 1.23 所示。

例 1-2 两节等径直角弯头展开放样。

解：如图 1.24 所示，作图步骤如下。

① 作两节等径直角弯头的主视图和俯视图，如图 1.24 (a) 所示，将其圆周 12 等分。

② 在俯视图上过圆周各等分点向主视图引平行线，分别与主视图上的斜口线相交得各交点。

③ 作主视图底边线的延长线，截取其长度为俯视图圆周长，并 12 等分。过各等分点引垂线，与主视图各交点

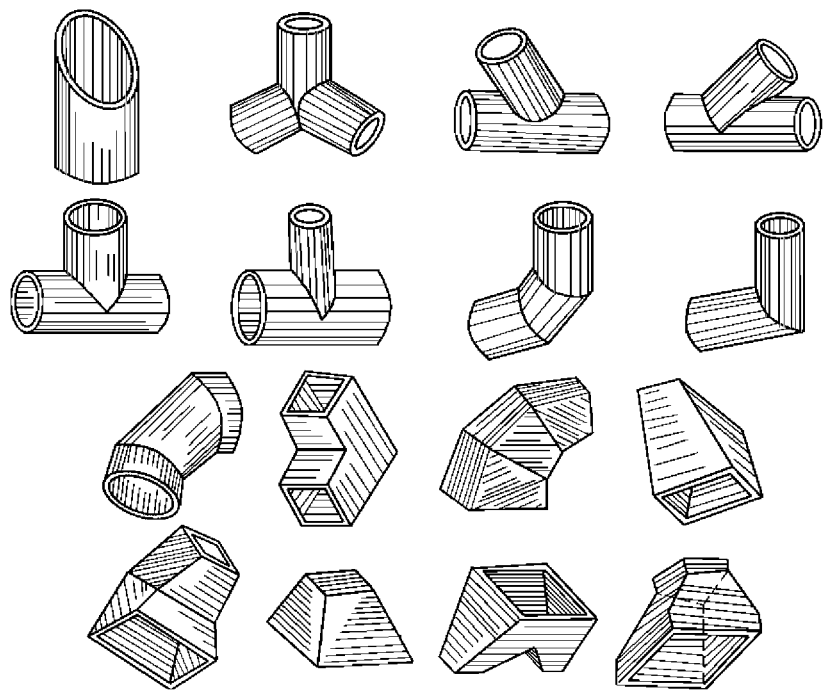


图 1.23 可采用平行线法作展开图的物体

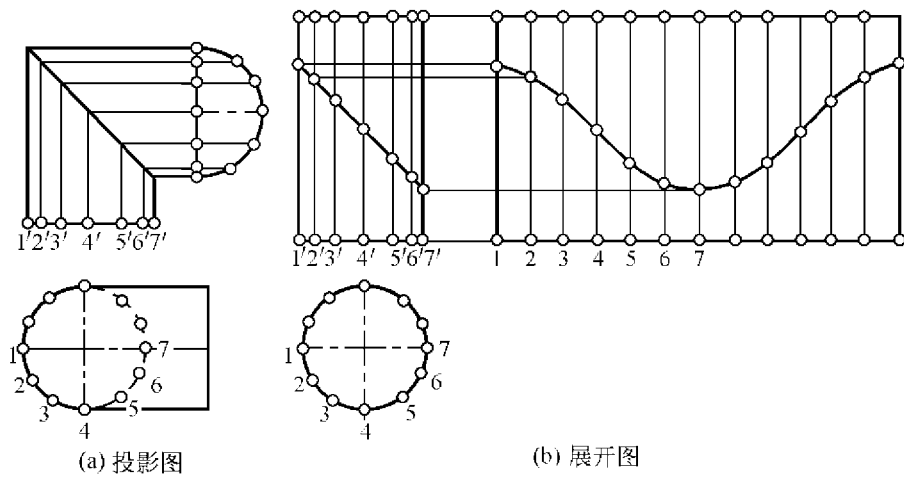


图 1.24 两节等径直角弯头展开放样

引的平行线相交得各交点，用平滑曲线连接各交点，即得展开图，如图 1.24 (b) 所示。

两节等径直角弯头由两节斜截圆柱组成，将其中一节旋转 180° ，则可与另一节接成一直管。在展开放样时只作一节的展开图便可。下料时，如接成一直管下料，则可节省材料。

(二) 放射线法

用一组汇交于一点的任意多直线作展开图的方法称为放射线展开法，也称放射线法。

1. 放射线法的特点

放射线法的特点是用放射线法作展开图时，展开图是从一点迸发出一组放射线。也可以说，放射线法是用从顶点出发的放射状素线将制件表面划分成具有共同顶点的小三角形来展开放样的，所以它是三角形法的特殊情况。

2. 放射线法的适用范围

放射线法主要用于锥体表面的展开，可采用放射线法作展开图的物体如图 1.25 所示。当锥体侧表面是由一组交于一点的直素线构成的，即可利用足够多的素线将其侧表面划分为足够多的小平面三角形（近似平面），把这些小平面的三角形依次摊平，则得到这个物体侧表面的展开图。

例 1-3 正圆锥展开放样。

解：如图 1.26 所示，作图步骤如下。

① 作正圆锥的主视图和俯视图，如图 1.26 (a)、(c) 所示，将圆锥的底部圆周 12 等分。

② 过俯视图上的各等分点向主视图引垂线，与主视图底部圆周投影相交，连接各交点与正圆锥顶点。

③ 以正圆锥的素线正投影长为半径，正圆锥顶点 o 为

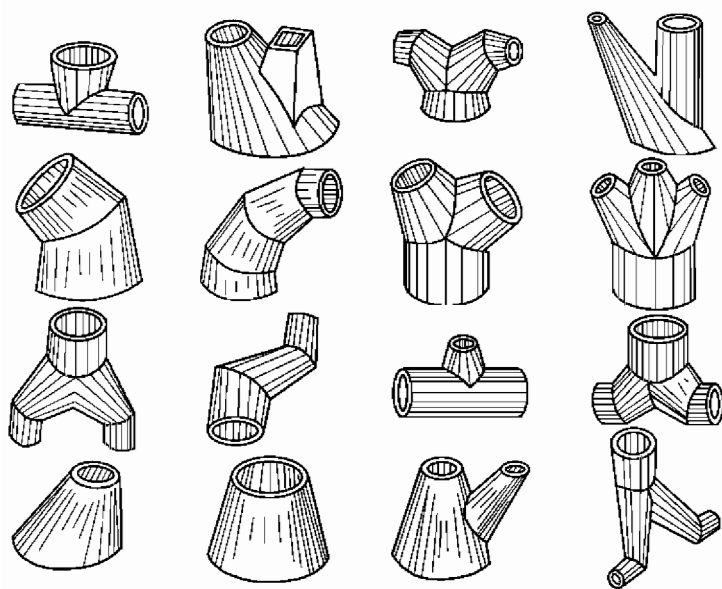


图 1.25 可采用放射线法作展开图的物体

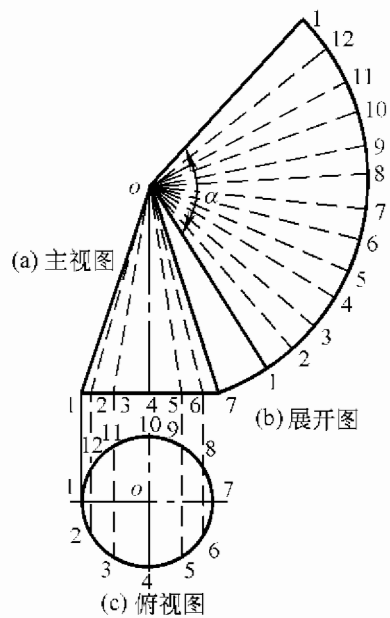


图 1.26 正圆锥展开放样

圆心画弧，在弧上相应截取 12 等份，把 o 点和最后一个等分点连接起来，其图形为一扇形，扇形即是正圆锥的展开图，如图 1.26 (b) 所示。

(三) 三角形法

用毗连的且无共同顶点的一组三角形作展开图的方法称为三角形展开法，也称三角形法。它是把物体表面划分成毗连的一组小三角形平面，把它们依次铺平，得到物体的展开图。

要画出任意三角形，只要知道三条边的实长即可。因此，求三角形三条边的实长是用三角形法作展开图的关键。

三角形法的适用范围很广，可采用三角形法作展开图的物体如图 1.27 所示。凡是平行线法和放射线法不能展开的物体，均可采用三角形法作展开图。

例 1-4 长方形棱台展开放样。

解：如图 1.28 所示，作图步骤如下。

① 经分析，长方形棱台由四个两两全等的等腰梯形组成，而且对称。

② 根据需要，画出棱台的主视图和俯视图，如图 1.28 (a) 所示。

③ 确定三角形并求三角形三条边的实长。根据步骤①的分析，可利用投影图上的线 35 进行展开，如不利用这条线也可以利用实长线作展开图。侧棱和侧面高的实长可用直角三角形法确定，当已知上下底和高时，梯形 1234 便可以确定。以对称线 65 为界连接的对角线 35 将四边形 3651 分为两个三角形，已知三角形三边的实长，便可作出这个三角形。因为形体对称，相应的角形和长方形均可

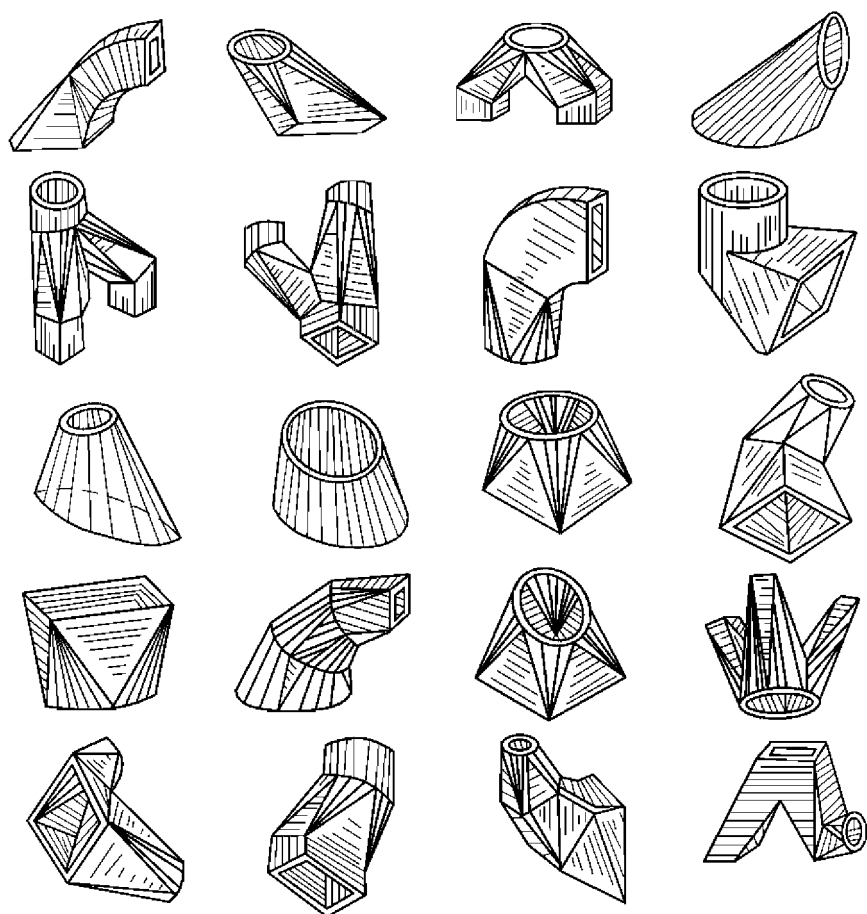


图 1.27 可采用三角形法作展开图的物体

作出，则长方形棱台的展开图便可作出，如图 1.28 (b) 所示。

(四) 计算法与图解法展开放样的比较

① 计算法是通过理论计算展开放样的，精确度高，不受场地限制，质量好、速度快、工效高；只需画出构件的示意图并计算各几何参数，不必正确画出视图，简单方

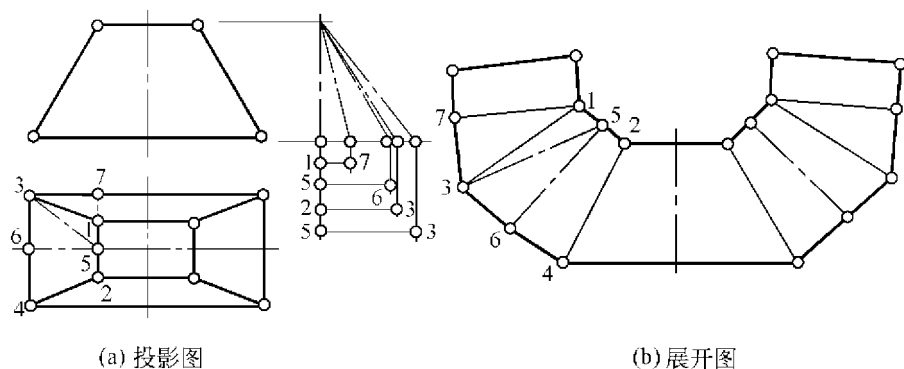


图 1.28 长方形棱台展开放样

便，迅速准确。这种方法不仅适用于一般物体的展开放样，而且特别适用于复杂物体、大中型物体或精度要求较高物体展开放样。随着科学技术的发展、计算机的普及、操作人员文化素质的不断提高，计算法展开放样将会更加普及。

② 图解法是采用投影原理进行展开放样的，因此要求所画视图准确，为了作图还需画相应的若干条辅助线。如采用三角形法作展开图，必须求三角形三条边的实长，再求平面的实形，如果两个物体相交还应求其相贯线，所以使用图解法作展开图比较繁琐，误差较大，会影响质量。这种方法一般适用于中小物体或外形较复杂但精度要求不高的物体展开放样；对大型物体的展开放样，因受场地限制很难进行作业。

五、厚板处理

制作管件或构件的板材有厚有薄，当用厚度 $\delta < 1.5\text{mm}$ 的板材制作时，展开放样一般可以不考虑板厚的影响；当

板厚 $t \geq 1.5\text{mm}$ 、管件和构件尺寸要求精确时，展开放样应考虑板厚的影响，否则因尺寸不准确，造成加工困难、质量低劣、产生废品、浪费材料和人工、影响效益。

消除板厚影响的过程称为板厚处理。板厚处理的内容包括如下几项。

- ① 管件或构件的展开长度。
- ② 管件或构件的放样高度。
- ③ 相贯体的接口。

1. 板材弯曲中性层位置的确定

用厚板弯曲成圆形管或构件时，外层材料受拉伸长，内层材料受压缩短，在圆管断面上可以看出，由拉伸到压缩的过渡中，存在一个既没有被拉伸也没有被压缩的金属层。在材料弯曲过程中长度保持不变的材料层称为中性层。

材料中性层的位置与弯曲内半径 r 和板厚 t 的比值有关。 r/t 是相对弯曲半径，当 $r/t > 5$ 时，中性层位于板厚的正中；当 $r/t < 5$ 时，中性层位于弯曲中心的内侧，材料弯曲的中性层如图 1.29 所示。相对弯曲半径愈小，变形程度愈大，中性层离弯板的内侧表皮愈近，当弯曲成直角时，中性层紧靠内表面（即里皮）。

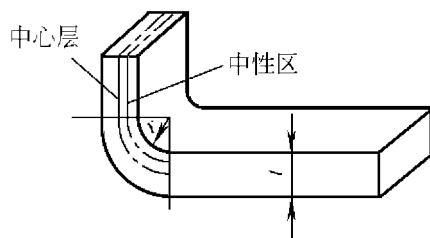


图 1.29 材料弯曲的中性层

2. 单件的板厚处理

(1) 圆管的板厚处理 如图 1.30 所示, 设圆管的内径为 d_1 , 外径为 d_0 , 中心径即平均直径为 d 。板材弯曲成圆管时, 圆管的展开长度应等于中心径的展开长度, 即 πd 。

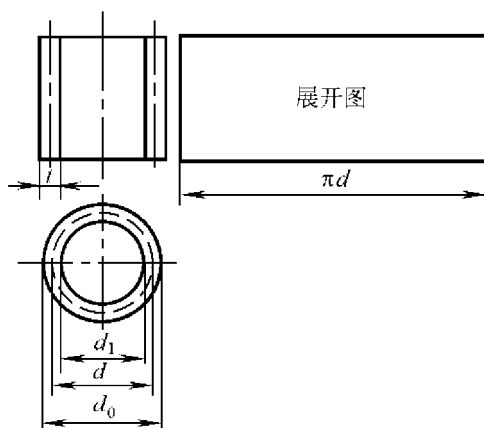


图 1.30 圆管的板厚处理

d 、 d_1 、 d_0 与板厚 t 的关系如下

$$d = \frac{d_1 + d_0}{2} \quad \text{或} \quad d = d_1 + t \quad \text{或} \quad d = d_0 - t$$

因此, 板材弯曲成圆管时的展开长度为

$$L = \pi(d_1 + t) \quad \text{或} \quad L = \pi(d_0 - t)$$

根据现场施工经验, 用展开样板划线下料, 样板纸厚为 δ , 则样板的展开长度为

$$L = \pi(d_0 + \delta)$$

(2) 矩形管的板厚处理 如图 1.31 所示。因矩形管的四角为直角, 则中性层紧靠里皮, 里皮四边长度不变, 所以其展开长度以里皮为准, 如图 1.31 (a) 所示。

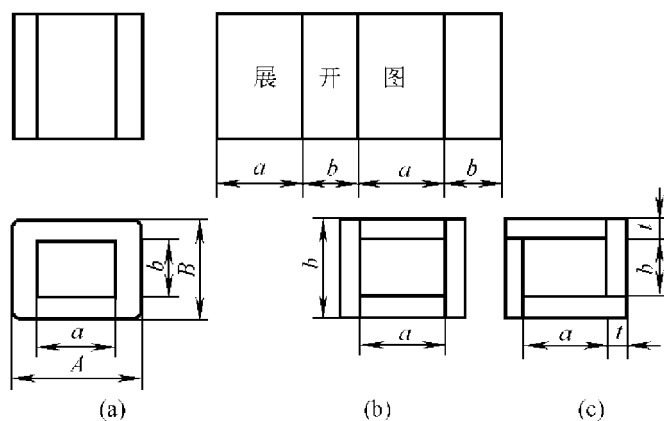


图 1.31 矩形管的板厚处理

如果矩形管采用拼焊，其板厚处理如图 1.31 (b) 所示，两块按 a 下料，两块按 b 下料；或如图 1.31 (c) 所示，按 $b+t$ 或 $a+t$ 下料。

(3) 折线形断面的板厚处理 任意角度折线形断面的板厚处理与矩形断面板厚处理相同，如图 1.32 所示。

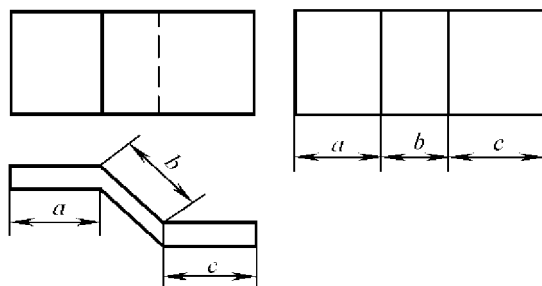


图 1.32 任意角度折线形断面的板厚处理

(4) 圆锥管的板厚处理 圆锥管的板厚处理应考虑板厚对展开弧长的影响和板厚对放样高度的影响。

圆锥管的板厚处理如图 1.33 所示，展开弧长取底圆

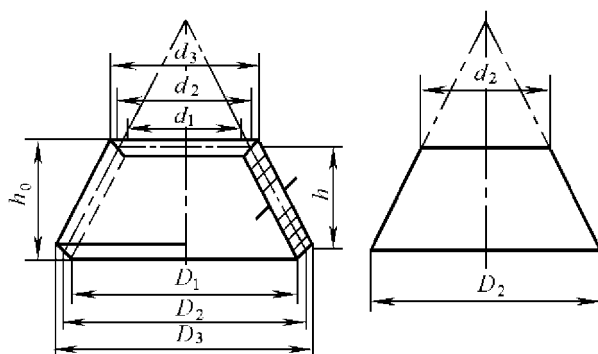


图 1.33 圆锥管的板厚处理

(大口) 平均直径的圆周长度；展开半径取中性层圆锥母线长，即底圆直径取 D_2 ，上口直径取 d_2 。由于侧面是倾斜的，上下口边缘外高里低，画展开图时应取板厚中心处的垂直高度 h ；如果成形后对上下口进行加工修理，则放样高度取总高 h_0 。

(5) 天圆地方变径管的板厚处理 如图 1.34 所示，天圆地方变径管有圆管、矩形管、圆锥管的综合特征，展开放样时应以中性层尺寸为准，即圆口取平均直径 $d_0 - t$ ，

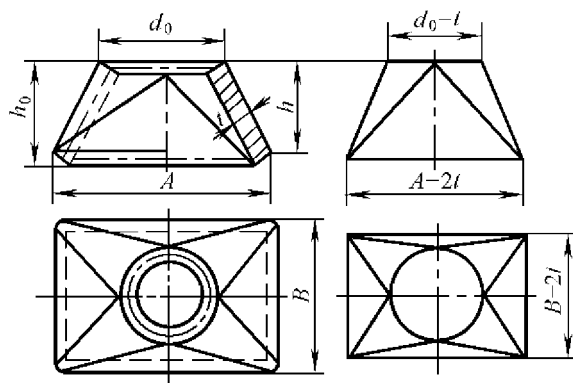


图 1.34 天圆地方变径管的板厚处理

方口取里皮尺寸 $(A-2t) \times (B-2t)$ 。由于侧面是倾斜的，展开放样高度取值与圆锥管相同，取样板厚中心处的垂直高度 h ，或取总高 h_0 后再加工修理。

3. 相贯形体的板厚处理

(1) 圆管焊接弯头的板厚处理 焊接弯头是由几个弯头节焊接而成的，加工方法不同，板厚处理也不同。当用板材制作时，展开长度按弯管中心径计算；当用现成直管制作时，展开样板的展开长度按外径加样板纸厚计算。

画放样图决定素线高度时，确定断面圆直径的方法如下。

① 采用锯割、砂轮切割、铣刀切割时，断面圆应用外径来画，这样制作的弯头角度符合要求。如果断面圆用内径来画，这样制作的弯头角度小于要求角度，形成“昂头”，如图 1.35 所示。

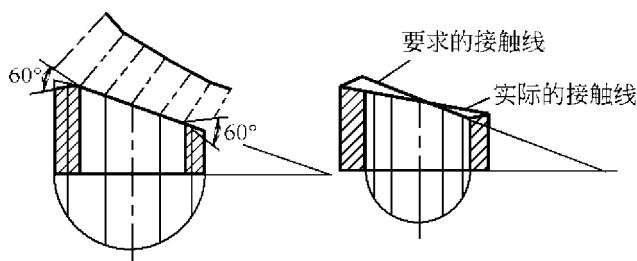


图 1.35 弯头的板厚处理 (一)

② 采用气割或等离子弧切割直圆管下料时，如果取管子外径画断面圆进行展开放样，加工出 V 形坡口后，弯管的实际角度大于要求的角度，形成“勾头”，如图 1.36 (a) 所示。反之，如果取管子内径画断面圆进行展开放样，加工出 V 形坡口后，弯管的实际角度与要求相符，如图 1.36 (b) 所示。

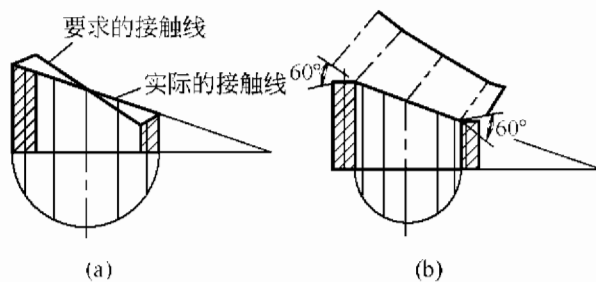


图 1.36 弯头的板厚处理 (二)

③ 当在钢板上划线、切割卷圆成形时，如果加工 V 形坡口，则取内径画断面圆展开放样。如果不加工坡口，而各节间背部是里皮接触，则应取内径画断面圆；里部是外皮接触，则应取外径画断面圆，这样接口处由于板厚而形成坡口，背部坡口在外，里部坡口在内，如图 1.37 所示。中心线左侧取内径画断面圆 1/4，三等分，右侧取外径画断面圆 1/4，三等分，作素线，画展开图，展开长度以中心径为准。

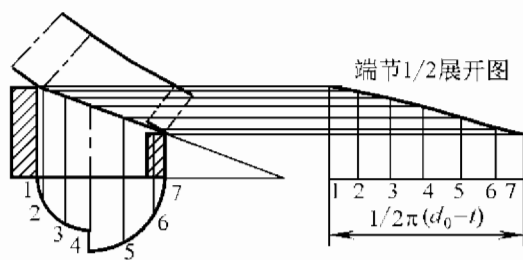


图 1.37 弯头的板厚处理 (三)

(2) 直交三通的板厚处理

① 异径直交三通的板厚处理，如图 1.38 所示。

在异径直交三通的支管展开图中，各素线长以里皮高度

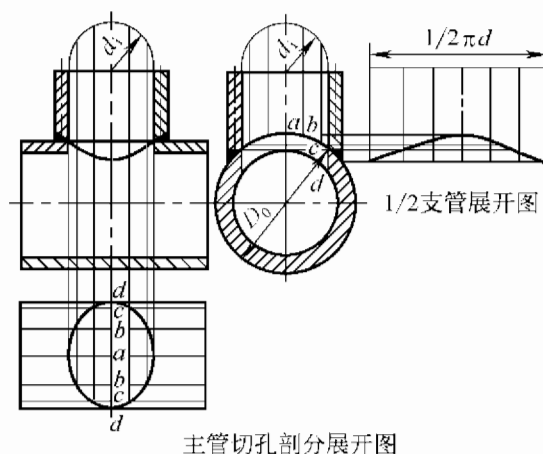


图 1.38 异径直交三通的板厚处理

为准，在支管内径 d_i 所画的断面图上等分后作素线、求得高度，主管上切孔的展开长度应以侧视图支管里皮与主管外皮接触部分的尺寸为准，即图中的弧线 $a-b-c-d$ ；切孔的展开宽度以支管内径 d_i 为准；主、支管的展开长度根据不同情况按公式 $L = \pi(d_i + 1)$ 或 $L = \pi(D_0 + \delta)$ 计算得出。主管与支管的接口处理如图 1.38 中的侧视图所示。

② 进行直交三通的板厚处理时，主管、支管也可均按外径尺寸画出主视图、相贯线、侧视图和展开图，然后对主管切孔进行壁厚处理。等径直交三通的板厚处理如图 1.39 所示，处理主管切孔时应在切孔最宽处两侧收缩支管的壁厚，然后平滑地过渡到两端尖角部分，图 1.39 中实线表示的较小切孔就是处理以后的切孔。在实际放样中，为避免焊接后尖角处应力集中，应把尖角处理成圆角。

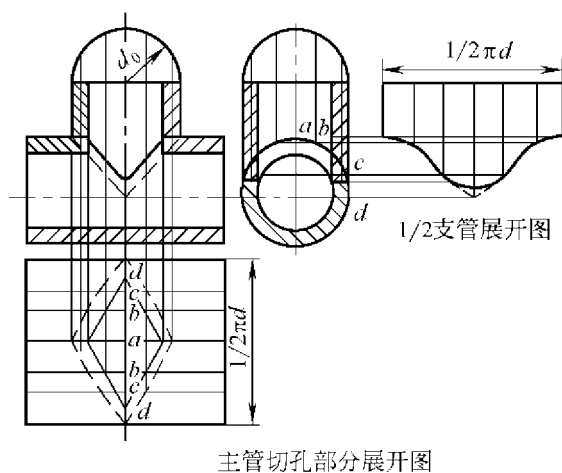


图 1.39 等径直交三通的板厚处理

③ 直交或斜交的异径三通可采用①的板厚处理方法，直交或斜交的等径三通可采用②的板厚处理方法。

综上所述，相贯体的板厚处理原则是：展开图中曲线高度以接触处的高度为准，展开长度，当采用板材制作时，以中性层尺寸为准，按前述公式计算得出；当采用管材制作时，以外皮尺寸为准，并考虑样板纸厚度，按前述公式计算得出。

六、展开实长与实形的求法

(一) 求一般位置直线的实长

求一般位置直线的实长是图解法作展开图的关键问题。在投影图中，有的直线投影反映实长，有的直线投影不反映实长。只有当空间直线平行于某一投影面时，在该投影面上的投影才反映实长，直线投影规律如图 1.40 所示。

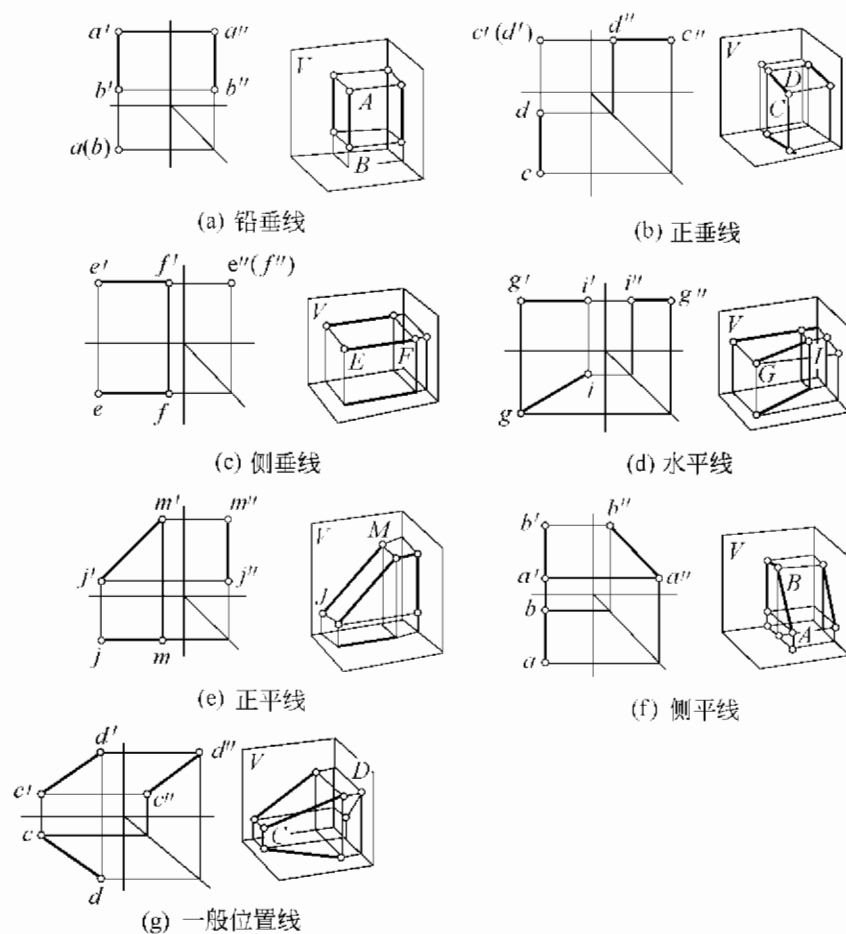


图 1.40 直线投影规律

用图解法作展开图时，必须判断直线的投影是否反映实长，如不反映实长，则应求其实长。求实长的方法有三角形法、旋转法和换面法等。

1. 三角形法求实长

① 如图 1.41 (a) 所示，以水平投影为一直角边，以立面投影两端与水平面的垂直高差为另一直角边，则斜边就

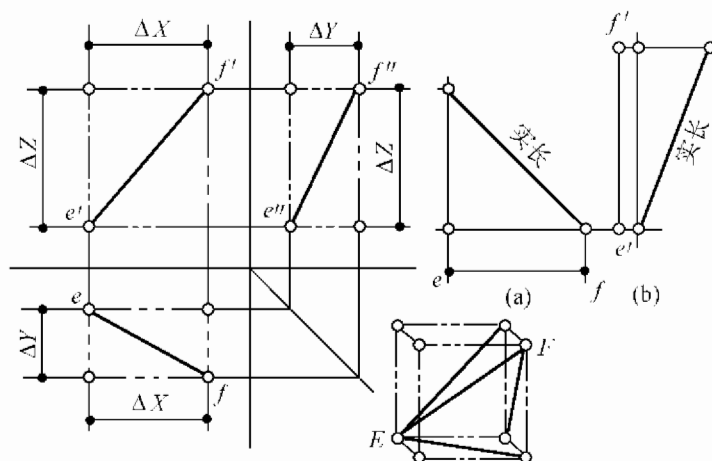


图 1.41 三角形法求实长

是所求的实长。这是常用的求实长的直角三角形法。

② 如图 1.41 (b) 所示，以立面投影为一直角边，以水平投影两端与立面投影面水平距离之差为另一直角边，则斜边就是所求的实长。

2. 旋转法求实长

① 如图 1.42 (a) 所示，根据如果直线平行于某一投影

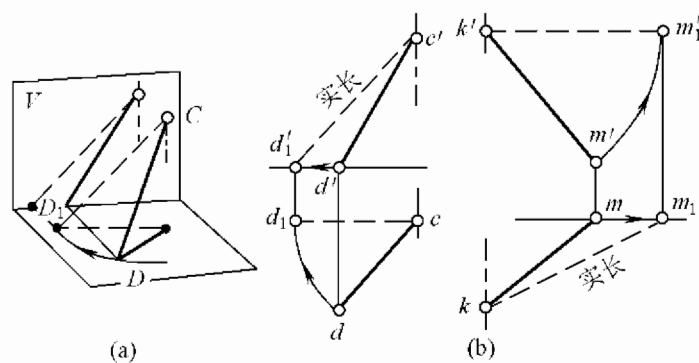


图 1.42 旋转法求实长

面，则投影反映实长的特点，将一般位置直线旋转至与正投影面平行，则其正面投影反映实长。

② 如图 1.42 (b) 所示，将一般位置直线旋转至与水平投影面平行，则其水平投影反映实长。

3. 辅助投影面法求实长

辅助投影面法求实长的原理是空间直线平行于某一投影面时，在该投影面上的投影反映实长。辅助投影面法是采用一个新的投影面替换原来的某一投影面，使新的投影面与空间直线平行，这样新的投影面上的投影就反映直线的实长，如图 1.43 所示。

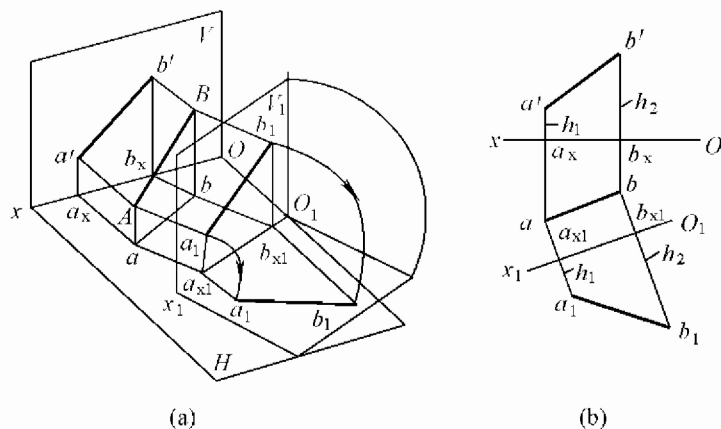


图 1.43 辅助投影面法求实长

(二) 求平面的实形

求平面的实形是图解法作展开图的基本问题。在投影图中，有的投影反映平面的实形，有的平面投影则不反映实形。只有当平面平行于某一投影面时，在该投影面上的投影才反映实形。平面投影规律如图 1.44 所示。

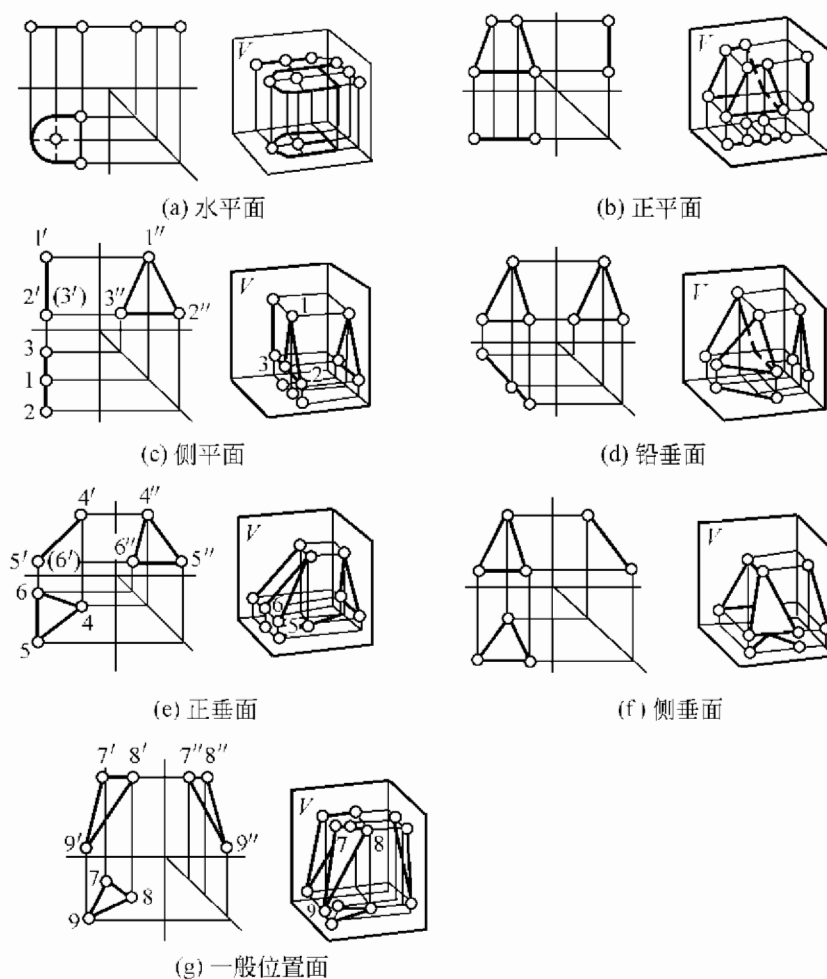


图 1.44 平面投影规律

求平面的实形是求其各边实长，知道各边长便可作出其平面。

1. 求作 $\triangle ABC$ 的实形

求三角形的实形如图 1.45 所示，因 $AB \parallel H$ ，则 ab 反

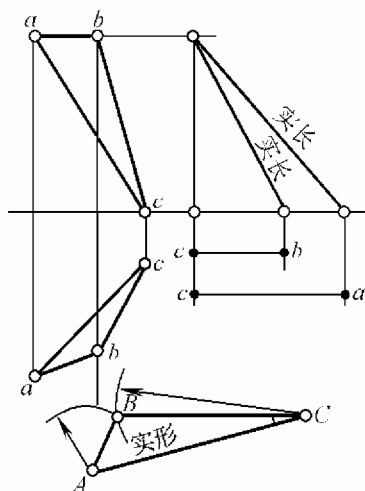


图 1.45 求三角形的实形

映实长，而 AC 和 BC 的投影不反映实长，则需求其实长，可用三角形法求 AC 、 BC 的实长。已知 AB 、 BC 、 AC 三边实长，则可作 $\triangle ABC$ 的实形。

2. 求作四边形 $ABCD$ 的实形

(1) 求平行四边形的实形 如图 1.46 所示，因 $AB \parallel H$ ， $CD \parallel H$ ，则 ab 、 cd 反映实长，而 AD 、 BC 需求实长。用三角形法求实长，为了将四边形固定，则需加一对角线，将四边形划分为两个三角形。因 $AB=CD$ ，图形为平行四边形。用三角形法求得 AD 和对角线 AC 的实长。已知平行四边形四条边长，便可作平行四边形的实形。

(2) 求四边形的实形 如图 1.47 所示，四边形中 $a'b'$ 、 $c'd'$ 、 ad 三条边为实长，只有 bc 不反映实长，引对角线 bd ，则可求得 bc 、 bd 的实长，已知四边形四条边便可作出四边形。

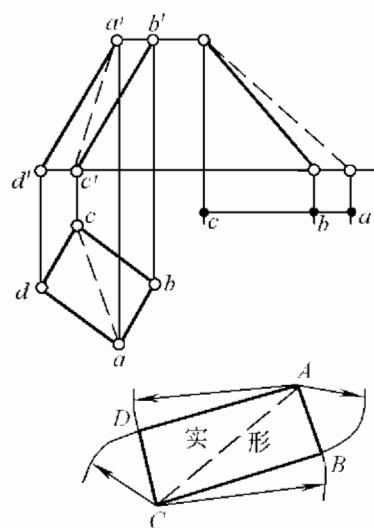


图 1.46 求平行四边形的实形

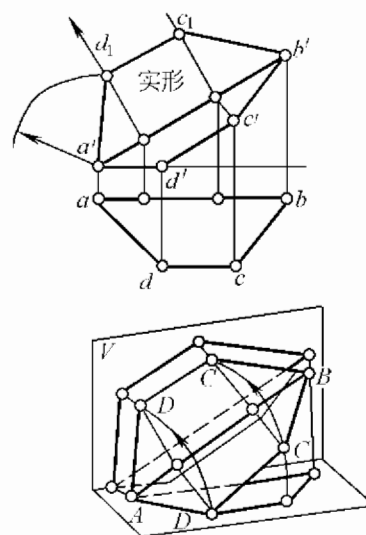


图 1.47 求四边形的实形

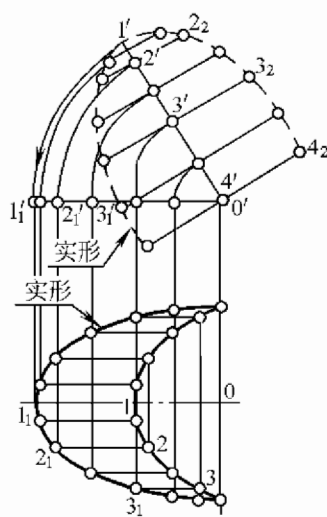


图 1.48 求半个椭圆的实形

也可采用旋转法求实形。以 AB 为轴，旋转平面使其与 V 面平行；画 D 、 C 点的旋转轨迹，即分别过 d' 、 c' 作 $a'b'$ 的垂直线；以 a' 为圆心，以 ad 为半径作弧，即可确定 D 点；利用 $d_1c_1 // a'b'$ 的关系可作出四边形的实形。

3. 求作半个椭圆的实形

求半个椭圆的实形如图 1.48 所示，半个椭圆在垂直 V 的平面内。以正垂线为轴，旋转平面使其与 H 投影面平行，则可得到半个椭圆的实形。也可以正平线为轴，旋转平面使其与 V 投影面平行，则可得到半个椭圆的实形。

七、板材展开长度

1. 圆角弯曲展开

若弯曲的内半径 R 和板料厚度 t 的比值 ($R/t > 4$) 大于 4 时，板厚的中性层与中心层重合，则 $X_0 = 0.5$ (X_0 为板厚中性层位置系数)。当 $R/t < 4$ 时，中性层的位置靠向板厚的中性层内侧，此时 $X_0 < 0.5$ ，板材圆角弯曲的 X_0 值见表 1.3。

表 1.3 板材中性层位置系数

R/t	0.1	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	>4
X_0	0.32	0.35	0.38	0.42	0.455	0.47	0.475	0.5

几种常见弯曲件的展开计算公式如下。

① 直角弯曲件的展开计算，如图 1.49 所示，计算公式为

$$L = A + B + \frac{\pi(R_1 + X_0 t)}{2}$$

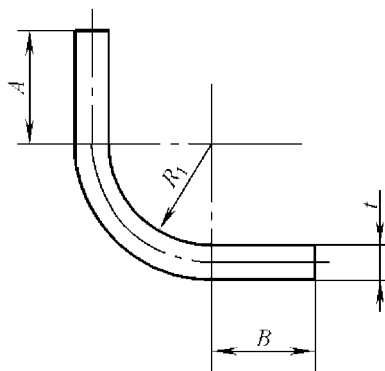


图 1.49 直角弯曲件的展开计算

② 任意弯曲件的展开计算，如图 1.50 所示，计算公式为

$$L = A + B + \frac{\pi \alpha (R_1 + X_0 t)}{180^\circ}$$

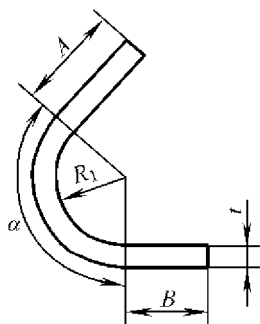


图 1.50 任意弯曲件的展开计算

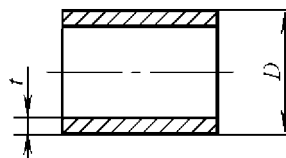


图 1.51 圆筒体的展开计算

③ 圆筒体的展开计算，如图 1.51 所示，计算公式为

$$L = \pi (D - t)$$

④ 平立混合弯曲件的展开计算，如图 1.52 所示，计算公式为

$$L = A + C + D - 2(r_1 + t) + \frac{\pi}{2} \left(R_1 + r_1 + \frac{B+t}{2} \right)$$

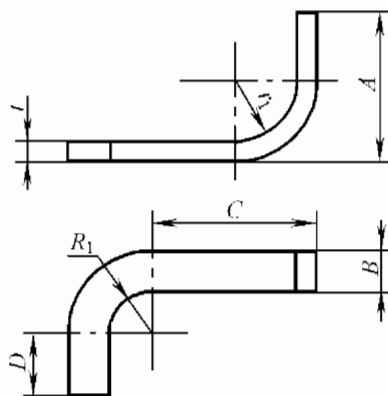


图 1.52 平立混合弯曲件的展开计算

2. 折弯角展开

当弯曲内侧半径 $R \leq 0.3t$ 时, 称为折角弯曲。其展开长度如图 1.53 所示。计算公式为

$$L = A + B + 0.4t$$

常见折弯角的展开还有一种如图 1.54 所示的 180° 平面弯曲形式, 其展开长度的计算公式为

$$L = A + B - 1.5t$$

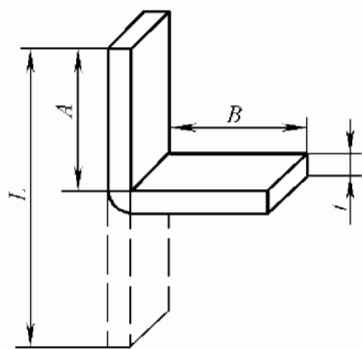
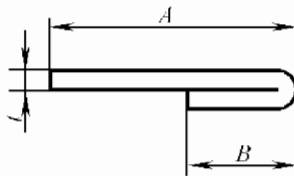


图 1.53 折弯角的展开

图 1.54 180° 平面弯曲的展开

第二章 等径管展开放样

一、两节等径直角弯头展开放样

两节等径直角弯头的立体图、投影图和展开图，如图 2.1 所示。

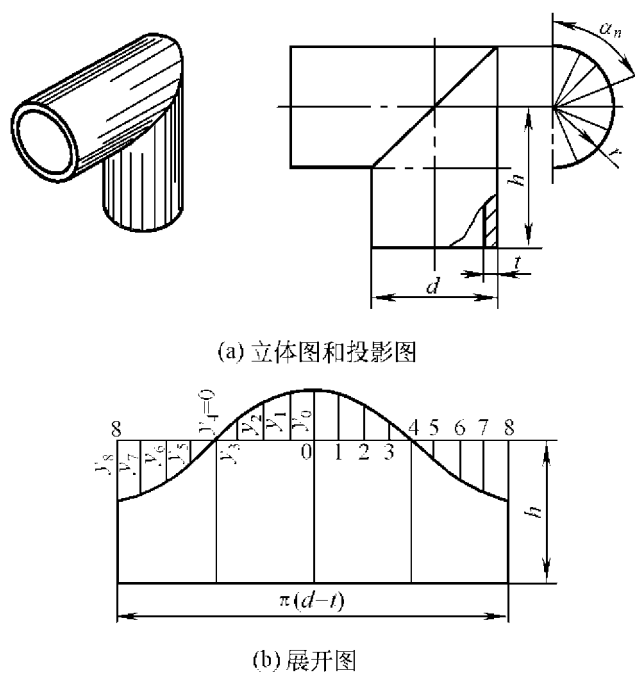


图 2.1 两节等径直角弯头展开放样

表 2.1 两节等径直角弯头展开曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$
y_1	$0.433(d-2t)$	$0.4619(d-2t)$	$0.483(d-2t)$	$0.4904(d-2t)$	$0.4938(d-2t)$	$0.4957(d-2t)$
y_2	$0.25(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.433(d-2t)$	$0.4619(d-2t)$	$0.4755(d-2t)$	$0.483(d-2t)$
y_3	0	$0.1913(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.4157(d-2t)$	$0.4455(d-2t)$	$0.4619(d-2t)$
y_4	$-0.25d$	0	$0.25(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.4045(d-2t)$	$0.433(d-2t)$
y_5	$-0.433d$	$-0.1913d$	$0.1294(d-2t)$	$0.2778(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.3967(d-2t)$
y_6	$-0.5d$	$-0.3536d$	0	$0.1913(d-2t)$	$0.2939(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$
y_7		$-0.4619d$	$-0.1294d$	$0.0975(d-2t)$	$0.277(d-2t)$	$0.3044(d-2t)$
y_8		$-0.5d$	$-0.25d$	0	$0.1545(d-2t)$	$0.25(d-2t)$
y_9			$-0.3536d$	$-0.0975d$	$0.0782(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$
y_{10}			$-0.433d$	$-0.1913d$	0	$0.1294(d-2t)$
y_{11}			$-0.483d$	$-0.2778d$	$-0.0782d$	$0.0653(d-2t)$

续表

$\begin{array}{c} n \\ y \end{array}$	12	16	24	32	40	48
y'_{12}			$-0.5d$	$-0.3536d$	$-0.1545d$	0
y'_{13}				$-0.4157d$	$-0.277d$	$-0.0653d$
y'_{14}				$-0.4619d$	$-0.2939d$	$-0.1294d$
y'_{15}				$-0.4904d$	$-0.3536d$	$-0.1913d$
y'_{16}				$-0.5d$	$-0.4045d$	$-0.25d$
y'_{17}					$-0.4455d$	$-0.3044d$
y'_{18}					$-0.4755d$	$-0.3536d$
y'_{19}					$-0.4938d$	$-0.3967d$
y'_{20}					$-0.5d$	$-0.433d$
y'_{21}						$-0.4619d$
y'_{22}						$-0.483d$
y'_{23}						$-0.4957d$
y'_{24}						$-0.5d$

展开图计算公式为

$$y_n = r \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ \text{ 时, } y_n = \frac{1}{2} (d - 2t) \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ \text{ 时, } y_n = \frac{1}{2} d \cos \alpha_n$$

式中 y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值；

r ——辅助圆半径；

d ——圆管外径；

t ——板厚；

α_n ——辅助圆周等分角度；

n ——圆管周长等分数。

为使用方便，将两节等径直角弯头不同等分数的展开曲线坐标值列于表 2.1 中。

例 2-1 已知两节等径直角弯头圆管外径 $d=250$ ，板厚 $t=3$ ，管中心高度 $h=300$ ，用计算法作展开图。

解：设圆周等分数 $n=16$ ，查表 2.1 得

$$y_0 = 0.5 (250 - 2 \times 3) = 122$$

$$y_1 = 0.4619 (250 - 2 \times 3) = 112.71$$

$$y_2 = 0.3536 (250 - 2 \times 3) = 86.28$$

$$y_3 = 0.1913 (250 - 2 \times 3) = 46.68$$

$$y_4 = 0$$

$$y_5 = -0.1913 \times 250 = -47.83$$

$$y_6 = -0.3536 \times 250 = -88.40$$

$$y_7 = -0.4619 \times 250 = -115.48$$

$$y_8 = -0.5 \times 250 = -125$$

圆周长度: $S = \pi(d - t) = \pi(250 - 3) = 775.98$

根据以上各值便可作出展开图, 如图 2.1 所示。

作图步骤: 以弯头中心高度 h 和圆周长度 S 作长方形, 16 等分 8—8 并取中点为 0, 左右对称注明等分点 1、2、…、8。由 0、1、2、3 引上垂线, 5、6、7、8 引下垂线, 取各线长对应等于计算坐标值 (正值向上截取, 负值向下截取), 得出各点连成光滑曲线即为弯头展开图。

二、两节等径任意角弯头展开放样

图 2.2 表示两节等径任意角弯头, 由于直径相等两节对称, 只须求出一节展开图即可。

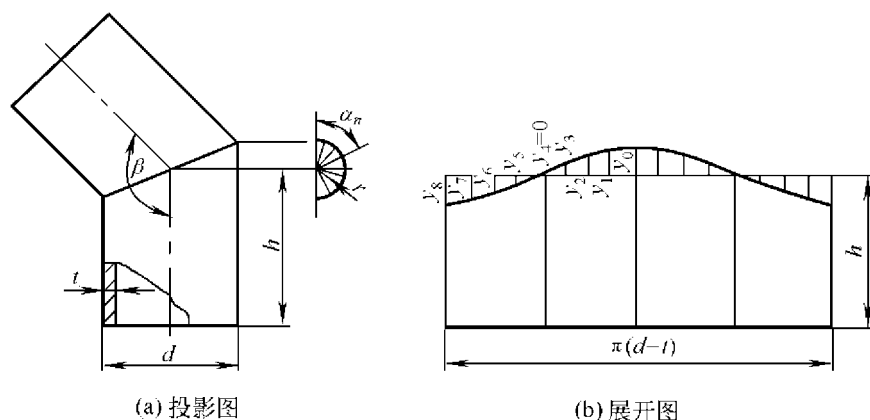


图 2.2 两节等径任意角弯头展开放样

展开图计算式为

$$y_n = r \cot \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ \text{ 时, } y_n = \frac{1}{2} (d - 2t) \cot \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ \text{ 时, } y_n = \frac{1}{2} d \cot \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

式中 y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值；

r ——辅助圆半径；

d ——圆管外径；

t ——板厚；

β ——弯头轴线交角；

α_n ——辅助圆周等分角度；

n ——圆管周长等分数。

在两节任意角弯头中，以轴线交角 120° 、 135° 和 150° 为常见。为便于使用，将以上三种特殊角弯头展开曲线坐标值与圆周长度等分数关系列于表 2.2～表 2.4 中。

例 2-2 已知弯头外径 $d=300$ ，板厚 $t=3$ ，轴线交角 $\beta=135^\circ$ ， $n=16$ ，计算展开曲线坐标值。

解：查表 2.3 得

$$y_0 = 0.2071(300 - 2 \times 3) = 60.89$$

$$y_1 = 0.1913(300 - 2 \times 3) = 56.25$$

$$y_2 = 0.1464(300 - 2 \times 3) = 43.05$$

$$y_3 = 0.0793(300 - 2 \times 3) = 23.32$$

$$y_4 = 0$$

$$y_5 = -0.0793 \times 300 = -23.79$$

$$y_6 = -0.1464 \times 300 = -43.92$$

$$y_7 = -0.1913 \times 300 = -57.39$$

$$y_8 = -0.2071 \times 300 = -62.13$$

$$\text{圆周长度: } S = \pi(d - t) = \pi(300 - 3) = 933$$

根据以上计算值便可画出展开图，如图 2.2 所示。这里强调说明一点：计算式中负号表明曲线坐标值为负值，

表 2.2 $\beta=120^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$
y_1	$0.25(d-2t)$	$0.2667(d-2t)$	$0.2788(d-2t)$	$0.2831(d-2t)$	$0.2851(d-2t)$	$0.2862(d-2t)$
y_2	$0.1443(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$	$0.25(d-2t)$	$0.2667(d-2t)$	$0.2745(d-2t)$	$0.2788(d-2t)$
y_3	0	$0.1105(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$	$0.24(d-2t)$	$0.2572(d-2t)$	$0.2667(d-2t)$
y_4	$-0.1443d$	0	$0.1443(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$	$0.2335(d-2t)$	$0.25(d-2t)$
y_5	$-0.25d$	$-0.1105d$	$0.0747(d-2t)$	$0.1604(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$	$0.229(d-2t)$
y_6	$-0.2887d$	$-0.2041d$	0	$0.1105(d-2t)$	$0.1697(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$
y_7		$-0.2667d$	$-0.0747d$	$0.0563(d-2t)$	$0.1311(d-2t)$	$0.1757(d-2t)$
y_8		$-0.2887d$	$-0.1443d$	0	$0.0892(d-2t)$	$0.1443(d-2t)$
y_9			$-0.2041d$	$-0.0563d$	$0.0452(d-2t)$	$0.1105(d-2t)$
y_{10}			$-0.25d$	$-0.1105d$	0	$0.0747(d-2t)$
y_{11}			$-0.2788d$	$-0.1604d$	$-0.0452d$	$0.0377(d-2t)$

续表

<div><div><i>n</i></div><div><i>y</i></div></div>	12	16	24	32	40	48
<i>y</i> ₁₂			−0.2887 <i>d</i>	−0.2041 <i>d</i>	−0.0892 <i>d</i>	0
<i>y</i> ₁₃				−0.24 <i>d</i>	−0.1311 <i>d</i>	−0.0377 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₄				−0.2667 <i>d</i>	−0.1697 <i>d</i>	−0.0747 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₅				−0.2831 <i>d</i>	−0.2041 <i>d</i>	−0.1105 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₆				−0.2887 <i>d</i>	−0.2335 <i>d</i>	−0.1443 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₇					−0.2572 <i>d</i>	−0.1757 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₈					−0.2745 <i>d</i>	−0.2041 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₉					−0.2851 <i>d</i>	−0.229 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₀					−0.2887 <i>d</i>	−0.25 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₁						−0.2667 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₂						−0.2788 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₃						−0.2862 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₄						−0.2887 <i>d</i>

表 2.3 $\beta=135^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$
y_1	$0.1794(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$	$0.2(d-2t)$	$0.2031(d-2t)$	$0.2046(d-2t)$	$0.2053(d-2t)$
y_2	$0.1036(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1794(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$	$0.197(d-2t)$	$0.2(d-2t)$
y_3	0	$0.0793(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1722(d-2t)$	$0.1845(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$
y_4	$-0.1036d$	0	$0.1036(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1676(d-2t)$	$0.1794(d-2t)$
y_5	$-0.1794d$	$-0.0793d$	$0.0536(d-2t)$	$0.115(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1643(d-2t)$
y_6	$-0.2071d$	$-0.1464d$	0	$0.0793(d-2t)$	$0.1217(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$
y_7		$-0.1913d$	$-0.0536d$	$0.0404(d-2t)$	$0.094(d-2t)$	$0.1261(d-2t)$
y_8		$-0.2071d$	$-0.1036d$	0	$0.064(d-2t)$	$0.1036(d-2t)$
y_9			$-0.1464d$	$-0.0404d$	$0.0324(d-2t)$	$0.0793(d-2t)$
y_{10}			$-0.1794d$	$-0.0793d$	0	$0.0536(d-2t)$
y_{11}			$-0.2d$	$-0.115d$	$-0.0324d$	$0.027(d-2t)$

表 2.4 $\beta=150^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$
y_1	$0.116(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$	$0.1294(d-2t)$	$0.1314(d-2t)$	$0.1323(d-2t)$	$0.1328(d-2t)$
y_2	$0.067(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.116(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$	$0.1274(d-2t)$	$0.1294(d-2t)$
y_3	0	$0.0513(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1114(d-2t)$	$0.1194(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$
y_4	$-0.067d$	0	$0.067(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1084(d-2t)$	$0.116(d-2t)$
y_5	$-0.116d$	$-0.0513d$	$0.0347(d-2t)$	$0.0744(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1063(d-2t)$
y_6	$-0.134d$	$-0.0947d$	0	$0.0513(d-2t)$	$0.0787(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$
y_7		$-0.1238d$	$-0.0347d$	$0.0261(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0816(d-2t)$
y_8		$-0.134d$	$-0.067d$	0	$0.0414(d-2t)$	$0.067(d-2t)$
y_9			$-0.0947d$	$-0.0261d$	$0.021(d-2t)$	$0.0513(d-2t)$
y_{10}			$-0.116d$	$-0.0513d$	0	$0.0347(d-2t)$
y_{11}			$-0.1294d$	$-0.0744d$	$-0.021d$	$0.0175(d-2t)$

作图时与正值相反方向截取。

若两节弯头成任意角 β 连接，放样时切勿选用以上三表数值计算展开曲线坐标值。应首先根据直径大小确定展开周长等分数，然后将 β 角代入相同等分各计算式中，即可求出周长等分点曲线坐标值而作出展开图。

三、多节等径直角弯头展开放样

多节等径直角弯头的节数是按几何法得出的，即按两端节和多中节组合而成。其中，两端节相等，端节为每一中节的 $1/2$ ，也就是说中间各节都是相等的，如图 2.3 所示。

若节数为 N ，每一中节所对中心角为 β ，由几何原理可知，端节中心角为 $\beta/2$ 。 β 称为计算角。

$$\text{计算角} \quad \beta = \frac{90^\circ}{N-1}$$

$$\text{计算式} \quad \frac{h}{2} = R \tan \frac{\beta}{2}, \quad h = 2R \tan \frac{\beta}{2}$$

$$\text{当 } 0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ \text{ 时, } r = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{2}$$

$$y_n = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ \text{ 时, } r = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2}$$

$$y_n = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

式中 $\frac{h}{2}$ ——端节轴线长度；

h ——中节轴线长度；

y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值；
 R ——弯头中心半径；
 r ——辅助圆半径；
 d ——圆管外径；
 t ——板厚；
 α_n ——辅助圆等分角。

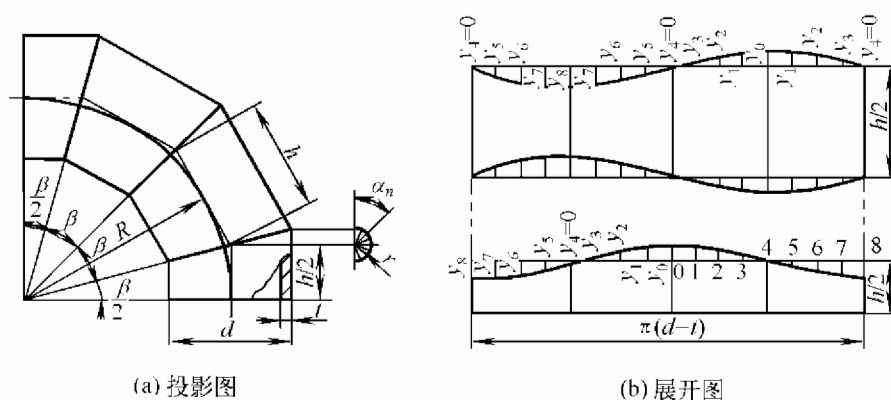


图 2.3 多节等径直角弯头展开放样

常用多节等径直角弯头各等分数的轴线长度和展开图圆周长度等分点至曲线坐标值，见表 2.5～表 2.11。

例 2-3 已知四节直角弯头中心半径 $R=700$ ，外径 $d=400$ ，板厚 $t=8$ ， $n=16$ ，计算展开曲线坐标值。

解：查表 2.6 得

$$\frac{h}{2} = 0.2679 \times 700 = 187.53$$

$$h = 2 \times 187.53 = 375.06$$

$$y_0 = 0.134(400 - 2 \times 8) = 51.46$$

$$y_1 = 0.1238(400 - 2 \times 8) = 47.54$$

表 2.5 三节等径弯角弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.4142R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$
y_1	$0.1794(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$	$0.2(d-2t)$	$0.2031(d-2t)$	$0.2045(d-2t)$	$0.2053(d-2t)$
y_2	$0.1036(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1794(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$	$0.197(d-2t)$	$0.2(d-2t)$
y_3	0	$0.0793(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1722(d-2t)$	$0.1845(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$
y_4	$-0.1036d$	0	$0.1036(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1675(d-2t)$	$0.1794(d-2t)$
y_5	$-0.1794d$	$-0.0793d$	$0.0536(d-2t)$	$0.115(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1643(d-2t)$
y_6	$-0.2071d$	$-0.1464d$	0	$0.0793(d-2t)$	$0.1217(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$
y_7		$-0.1913d$	$-0.0536d$	$0.0404(d-2t)$	$0.094(d-2t)$	$0.1261(d-2t)$
y_8		$-0.2071d$	$-0.1036d$	0	$0.064(d-2t)$	$0.1036(d-2t)$
y_9			$-0.1464d$	$-0.0404d$	$0.0324(d-2t)$	$0.0793(d-2t)$
y_{10}			$-0.1794d$	$-0.0793d$	0	$0.0536(d-2t)$
y_{11}			$-0.2d$	$-0.115d$	$-0.0324d$	$0.027(d-2t)$

续表

$h/2=0.4142R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.2071d$	$-0.1464d$	$-0.064d$	0
y_{13}				$-0.1722d$	$-0.094d$	$-0.027d$
y_{14}				$-0.1913d$	$-0.1217d$	$-0.0536d$
y_{15}				$-0.2031d$	$-0.1464d$	$-0.0793d$
y_{16}				$-0.2071d$	$-0.1675d$	$-0.1036d$
y_{17}					$-0.1845d$	$-0.1261d$
y_{18}					$-0.197d$	$-0.1464d$
y_{19}					$-0.2045d$	$-0.1643d$
y_{20}					$-0.2071d$	$-0.1794d$
y_{21}						$-0.1913d$
y_{22}						$-0.2d$
y_{23}						$-0.2053d$
y_{24}						$-0.2071d$

表 2.6 四节等径弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.2679R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$
y_1	$0.116(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$	$0.1294(d-2t)$	$0.1314(d-2t)$	$0.1323(d-2t)$	$0.1328(d-2t)$
y_2	$0.067(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.116(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$	$0.1274(d-2t)$	$0.1294(d-2t)$
y_3	0	$0.0513(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1114(d-2t)$	$0.1194(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$
y_4	$-0.067d$	0	$0.067(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1084(d-2t)$	$0.116(d-2t)$
y_5	$-0.116d$	$-0.0513d$	$0.0347(d-2t)$	$0.0744(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1063(d-2t)$
y_6	$-0.134d$	$-0.0947d$	0	$0.0513(d-2t)$	$0.0787(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$
y_7		$-0.1238d$	$-0.0347d$	$0.0261(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0816(d-2t)$
y_8		$-0.134d$	$-0.067d$	0	$0.0414(d-2t)$	$0.067(d-2t)$
y_9			$-0.0947d$	$-0.0261d$	$0.021(d-2t)$	$0.0513(d-2t)$
y_{10}			$-0.116d$	$-0.0513d$	0	$0.0347(d-2t)$
y_{11}			$-0.1294d$	$-0.0744d$	$-0.021d$	$0.0175(d-2t)$

续表

$h/2=0.2679R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.134d$	$-0.0947d$	$-0.0414d$	0
y_{13}				$-0.1114d$	$-0.0608d$	$-0.0175d$
y_{14}				$-0.1238d$	$-0.0787d$	$-0.0347d$
y_{15}				$-0.1314d$	$-0.0947d$	$-0.0513d$
y_{16}				$-0.134d$	$-0.1084d$	$-0.067d$
y_{17}					$-0.1194d$	$-0.0816d$
y_{18}					$-0.1274d$	$-0.0947d$
y_{19}					$-0.1323d$	$-0.1063d$
y_{20}					$-0.134d$	$-0.116d$
y_{21}						$-0.1238d$
y_{22}						$-0.1294d$
y_{23}						$-0.1328d$
y_{24}						$-0.134d$

表 2.7 五节等径弯角展开曲线坐标值

$h/2=0.1989R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$
y_1	$0.0861(d-2t)$	$0.0919(d-2t)$	$0.0961(d-2t)$	$0.0975(d-2t)$	$0.0982(d-2t)$	$0.0986(d-2t)$
y_2	$0.0497(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$	$0.0861(d-2t)$	$0.0919(d-2t)$	$0.0946(d-2t)$	$0.0961(d-2t)$
y_3	0	$0.0381(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$	$0.0827(d-2t)$	$0.0886(d-2t)$	$0.0919(d-2t)$
y_4	$-0.0497d$	0	$0.0497(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$	$0.0805(d-2t)$	$0.0861(d-2t)$
y_5	$-0.0861d$	$-0.0381d$	$0.0257(d-2t)$	$0.0553(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$	$0.0789(d-2t)$
y_6	$-0.0994d$	$-0.0703d$	0	$0.0381(d-2t)$	$0.0585(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$
y_7		$-0.0919d$	$-0.0257d$	$0.0194(d-2t)$	$0.0451(d-2t)$	$0.0605(d-2t)$
y_8		$-0.0994d$	$-0.0497d$	0	$0.0307(d-2t)$	$0.0497(d-2t)$
y_9			$-0.0703d$	$-0.0194d$	$0.0156(d-2t)$	$0.0381(d-2t)$
y_{10}			$-0.0861d$	$-0.0381d$	0	$0.0257(d-2t)$
y_{11}			$-0.0961d$	$-0.0553d$	$-0.0156d$	$0.013(d-2t)$

续表

$h/2=0.1989R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.0994d$	$-0.0703d$	$-0.0307d$	0
y_{13}				$-0.0827d$	$-0.0451d$	$-0.013d$
y_{14}				$-0.0919d$	$-0.0585d$	$-0.0257d$
y_{15}				$-0.0975d$	$-0.0703d$	$-0.0381d$
y_{16}				$-0.0994d$	$-0.0805d$	$-0.0497d$
y_{17}					$-0.0886d$	$-0.0605d$
y_{18}					$-0.0946d$	$-0.0703d$
y_{19}					$-0.0982d$	$-0.0789d$
y_{20}					$-0.0994d$	$-0.0861d$
y_{21}						$-0.0919d$
y_{22}						$-0.0961d$
y_{23}						$-0.0986d$
y_{24}						$-0.0994d$

表 2.8 六节等径直角弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.15838R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0792(d-2t)$	$0.0792(d-2t)$	$0.0792(d-2t)$	$0.0792(d-2t)$	$0.0792(d-2t)$	$0.0792(d-2t)$
y_1	$0.0686(d-2t)$	$0.0732(d-2t)$	$0.0765(d-2t)$	$0.0777(d-2t)$	$0.0782(d-2t)$	$0.0785(d-2t)$
y_2	$0.0396(d-2t)$	$0.056(d-2t)$	$0.0686(d-2t)$	$0.0732(d-2t)$	$0.0753(d-2t)$	$0.0765(d-2t)$
y_3	0	$0.0303(d-2t)$	$0.056(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0706(d-2t)$	$0.0732(d-2t)$
y_4	$-0.0396d$	0	$0.0396(d-2t)$	$0.056(d-2t)$	$0.064(d-2t)$	$0.0686(d-2t)$
y_5	$-0.0686d$	$-0.0303d$	$0.0205(d-2t)$	$0.044(d-2t)$	$0.056(d-2t)$	$0.0628(d-2t)$
y_6	$-0.0792d$	$-0.056d$	0	$0.0303(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.056(d-2t)$
y_7		$-0.0732d$	$-0.0205d$	$0.0155(d-2t)$	$0.036(d-2t)$	$0.0482(d-2t)$
y_8		$-0.0792d$	$-0.0396d$	0	$0.0245(d-2t)$	$0.0396(d-2t)$
y_9			$-0.056d$	$-0.0155d$	$0.0124(d-2t)$	$0.0303(d-2t)$
y_{10}			$-0.0686d$	$-0.0303d$	0	$0.0205(d-2t)$
y_{11}			$-0.0765d$	$-0.044d$	$-0.0124d$	$0.0103(d-2t)$

续表

$h/2=0.15838R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.0792d$	$-0.056d$	$-0.0245d$	0
y_{13}				$-0.0658d$	$-0.036d$	$-0.0103d$
y_{14}				$-0.0732d$	$-0.0465d$	$-0.0205d$
y_{15}				$-0.0777d$	$-0.056d$	$-0.0303d$
y_{16}				$-0.0792d$	$-0.064d$	$-0.0396d$
y_{17}					$-0.0706d$	$-0.0482d$
y_{18}					$-0.0753d$	$-0.056d$
y_{19}					$-0.0782d$	$-0.0628d$
y_{20}					$-0.0792d$	$-0.0686d$
y_{21}						$-0.0732d$
y_{22}						$-0.0765d$
y_{23}						$-0.0785d$
y_{24}						$-0.0792d$

表 2.9 七节等径弯角展开曲线坐标值

$h/2=0.13165R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$
y_1	$0.057(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0636(d-2t)$	$0.0645(d-2t)$	$0.065(d-2t)$	$0.0652(d-2t)$
y_2	$0.0329(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.057(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0626(d-2t)$	$0.0636(d-2t)$
y_3	0	$0.0252(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0547(d-2t)$	$0.0586(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$
y_4	$-0.0329d$	0	$0.0329(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0532(d-2t)$	$0.057(d-2t)$
y_5	$-0.057d$	$-0.0252d$	$0.017(d-2t)$	$0.0366(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0522(d-2t)$
y_6	$-0.0658d$	$-0.0465d$	0	$0.0252(d-2t)$	$0.0387(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$
y_7		$-0.0608d$	$-0.017d$	$0.0128(d-2t)$	$0.0299(d-2t)$	$0.04(d-2t)$
y_8		$-0.0658d$	$-0.0329d$	0	$0.0203(d-2t)$	$0.0329(d-2t)$
y_9			$-0.0465d$	$-0.0128d$	$0.0103(d-2t)$	$0.0252(d-2t)$
y_{10}			$-0.057d$	$-0.0252d$	0	$0.017(d-2t)$
y_{11}			$-0.0636d$	$-0.0366d$	$-0.0103d$	$0.0086(d-2t)$

续表

$h/2=0.13165R$								
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48		
y_{12}			$-0.0658d$	$-0.0465d$	$-0.0203d$	0		
y_{13}				$-0.0547d$	$-0.0299d$	$-0.0086d$		
y_{14}				$-0.0608d$	$-0.0387d$	$-0.017d$		
y_{15}				$-0.0645d$	$-0.0465d$	$-0.0252d$		
y_{16}				$-0.0658d$	$-0.0532d$	$-0.0329d$		
y_{17}					$-0.0586d$	$-0.04d$		
y_{18}					$-0.0626d$	$-0.0465d$		
y_{19}					$-0.065d$	$-0.0522d$		
y_{20}					$-0.0658d$	$-0.057d$		
y_{21}						$-0.0608d$		
y_{22}						$-0.0636d$		
y_{23}						$-0.0652d$		
y_{24}						$-0.0658d$		

表 2.10 八节等径直角弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.11267R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0563(d-2t)$	$0.0563(d-2t)$	$0.0563(d-2t)$	$0.0563(d-2t)$	$0.0563(d-2t)$	$0.0563(d-2t)$
y_1	$0.0488(d-2t)$	$0.052(d-2t)$	$0.0544(d-2t)$	$0.0552(d-2t)$	$0.0556(d-2t)$	$0.0559(d-2t)$
y_2	$0.0282(d-2t)$	$0.0398(d-2t)$	$0.0488(d-2t)$	$0.052(d-2t)$	$0.0536(d-2t)$	$0.0544(d-2t)$
y_3	0	$0.0216(d-2t)$	$0.0398(d-2t)$	$0.0468(d-2t)$	$0.0502(d-2t)$	$0.052(d-2t)$
y_4	$-0.0282d$	0	$0.0282(d-2t)$	$0.0398(d-2t)$	$0.0456(d-2t)$	$0.0488(d-2t)$
y_5	$-0.0488d$	$-0.0216d$	$0.0146(d-2t)$	$0.0313(d-2t)$	$0.0398(d-2t)$	$0.0447(d-2t)$
y_6	$-0.0563d$	$-0.0398d$	0	$0.0216(d-2t)$	$0.0331(d-2t)$	$0.0398(d-2t)$
y_7		$-0.052d$	$-0.0146d$	$0.011(d-2t)$	$0.0256(d-2t)$	$0.0343(d-2t)$
y_8		$-0.0563d$	$-0.0282d$	0	$0.0174(d-2t)$	$0.0282(d-2t)$
y_9			$-0.0398d$	$-0.011d$	$0.0088(d-2t)$	$0.0216(d-2t)$
y_{10}			$-0.0488d$	$-0.0216d$	0	$0.0146(d-2t)$
y_{11}			$-0.0544d$	$-0.0313d$	$-0.0088d$	$0.0074(d-2t)$

续表

$h/2=0.11267R$								
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48		
y_{12}			$-0.0563d$	$-0.0398d$	$-0.0174d$	0		
y_{13}				$-0.0468d$	$-0.0256d$	$-0.0074d$		
y_{14}				$-0.052d$	$-0.0331d$	$-0.0146d$		
y_{15}				$-0.0552d$	$-0.0398d$	$-0.0216d$		
y_{16}				$-0.0563d$	$-0.0456d$	$-0.0282d$		
y_{17}					$-0.0502d$	$-0.0343d$		
y_{18}					$-0.0536d$	$-0.0398d$		
y_{19}					$-0.0556d$	$-0.0447d$		
y_{20}					$-0.0563d$	$-0.0488d$		
y_{21}						$-0.052d$		
y_{22}						$-0.0544d$		
y_{23}						$-0.0559d$		
y_{24}						$-0.0563d$		

表 2.11 十节等径直角弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.0875R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$
y_1	$0.0379(d-2t)$	$0.0404(d-2t)$	$0.0423(d-2t)$	$0.0429(d-2t)$	$0.0432(d-2t)$	$0.0434(d-2t)$
y_2	$0.0219(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$	$0.0379(d-2t)$	$0.0404(d-2t)$	$0.0416(d-2t)$	$0.0423(d-2t)$
y_3	0	$0.0167(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$	$0.0364(d-2t)$	$0.039(d-2t)$	$0.0404(d-2t)$
y_4	$-0.0219d$	0	$0.0219(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$	$0.0354(d-2t)$	$0.0379(d-2t)$
y_5	$-0.0379d$	$-0.0167d$	$0.0113(d-2t)$	$0.0243(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$	$0.0347(d-2t)$
y_6	$-0.0437d$	$-0.0309d$	0	$0.0167(d-2t)$	$0.0257(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$
y_7		$-0.0404d$	$-0.0113d$	$0.0085(d-2t)$	$0.0199(d-2t)$	$0.0266(d-2t)$
y_8		$-0.0437d$	$-0.0219d$	0	$0.0135(d-2t)$	$0.0219(d-2t)$
y_9			$-0.0309d$	$-0.0085d$	$0.0068(d-2t)$	$0.0167(d-2t)$
y_{10}			$-0.0379d$	$-0.0167d$	0	$0.0113(d-2t)$
y_{11}			$-0.0423d$	$-0.0243d$	$-0.0068d$	$0.0057(d-2t)$

续表

$h/2=0.0875R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.0437d$	$-0.0309d$	$-0.0135d$	0
y_{13}				$-0.0364d$	$-0.0199d$	$-0.0057d$
y_{14}				$-0.0404d$	$-0.0257d$	$-0.0113d$
y_{15}				$-0.0429d$	$-0.0309d$	$-0.0167d$
y_{16}				$-0.0437d$	$-0.0354d$	$-0.0219d$
y_{17}					$-0.039d$	$-0.0266d$
y_{18}					$-0.0416d$	$-0.0309d$
y_{19}					$-0.0432d$	$-0.0347d$
y_{20}					$-0.0437d$	$-0.0379d$
y_{21}						$-0.0404d$
y_{22}						$-0.0423d$
y_{23}						$-0.0434d$
y_{24}						$-0.0437d$

$$y_2 = 0.0947(400 - 2 \times 8) = 36.37$$

$$y_3 = 0.0513(400 - 2 \times 8) = 19.70$$

$$y_4 = 0$$

$$y_5 = -0.0513 \times 400 = -20.52$$

$$y_6 = -0.0947 \times 400 = -37.88$$

$$y_7 = -0.1238 \times 400 = -49.52$$

$$y_8 = -0.134 \times 400 = -53.60$$

$$\text{圆周长: } S = \pi(400 - 8) = 1231.5$$

根据以上各计算值即可画出端节和中节展开图, 如图 2.3 所示。

四、多节等径任意角弯头展开放样

多节等径任意角弯头划分节数的方法与多节等径直角弯头相同, 即按两端节多中节, 端节为中节的 $1/2$, 如图 2.4 所示。

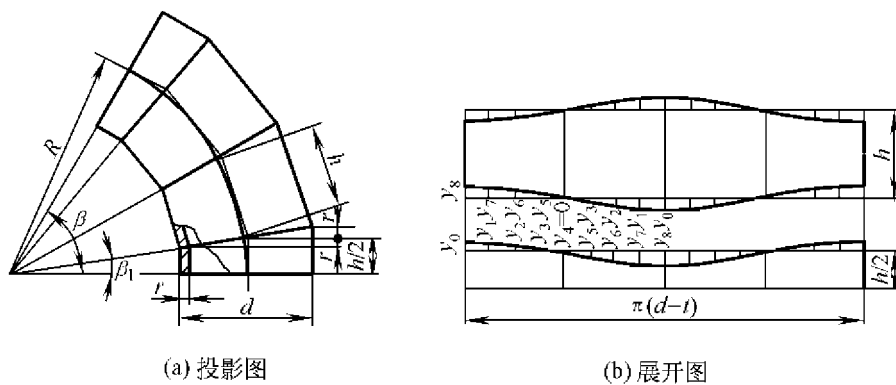


图 2.4 多节等径任意角弯头展开放样

若中心角为 β , 节数为 N , 则

$$\text{计算角} \quad \beta_1 = \frac{\beta}{2(N-1)}$$

$$\text{计算式} \quad \frac{h}{2} = R \tan \beta_1, \quad h = 2R \tan \beta_1$$

$$y_n = r \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ \text{ 时, } r = \frac{1}{2}(d-2t) \tan \beta_1$$

$$y_n = \frac{1}{2}(d-2t) \tan \beta_1 \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ \text{ 时, } r = \frac{1}{2}d \tan \beta_1$$

$$y_n = \frac{1}{2}d \tan \beta_1 \cos \alpha_n$$

式中 $\frac{h}{2}$ ——端节轴线长度；

h ——中节轴线长度；

y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值；

R ——弯头中心半径；

r ——辅助圆半径；

d ——圆管外径；

t ——板厚；

α_n ——辅助圆等分角；

β ——弯头中心角；

N ——节数；

n ——展开周长等分数。

常用多节等径任意角弯头的弯曲角度有 30° 、 45° 、 60° 、 180° 等，它们与 90° 弯头一样，均由端节和中节组成。各等分数的轴线长度和展开图圆周长度等分点至曲线坐标值，见表 2.12～表 2.19。

表 2.12 多节等径任意角弯头展开曲线坐标值

$\frac{h}{2}=R\tan\frac{\beta}{2(N-1)}$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.5(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.5(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.5(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.5(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.5(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.5(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$
y_1	$0.433(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4619(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.483(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4904(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4938(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4957(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$
y_2	$0.25(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.3536(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.433(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4619(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4755(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.483(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$
y_3	0	$0.1913(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.3536(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4157(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4455(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4619(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$
y_4	$-0.25d$ $\tan(\beta/k)$	0	$0.25(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.3536(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.4045(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.433(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$
y_5	$-0.433d$ $\tan(\beta/k)$	$-0.1913d$ $\tan(\beta/k)$	$0.1294(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.2778(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.3536(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$	$0.3967(d-2t)$ $\times \tan(\beta/k)$

续表

$\frac{h}{2}=R\tan \frac{\beta}{2(N-1)}$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_6	$-0.5d \tan(\beta/k)$	$-0.3536d \tan(\beta/k)$	0	$0.1913(d-2t) \times \tan(\beta/k)$	$0.2939(d-2t) \times \tan(\beta/k)$	$0.3536(d-2t) \times \tan(\beta/k)$
y_7		$-0.4619d \tan(\beta/k)$	$-0.1294d \tan(\beta/k)$	$0.0975(d-2t) \times \tan(\beta/k)$	$0.227(d-2t) \times \tan(\beta/k)$	$0.3044(d-2t) \times \tan(\beta/k)$
y_8		$-0.5d \tan(\beta/k)$	$-0.25d \tan(\beta/k)$	0	$0.1545(d-2t) \times \tan(\beta/k)$	$0.25(d-2t) \times \tan(\beta/k)$
y_9			$-0.3536d \tan(\beta/k)$	$-0.0975d \tan(\beta/k)$	$0.0782(d-2t) \times \tan(\beta/k)$	$0.1913(d-2t) \times \tan(\beta/k)$
y_{10}			$-0.433d \tan(\beta/k)$	$-0.1913d \tan(\beta/k)$	0	$0.1294(d-2t) \times \tan(\beta/k)$
y_{11}			$-0.483d \tan(\beta/k)$	$-0.2778d \tan(\beta/k)$	$-0.0782d \tan(\beta/k)$	$0.0653(d-2t) \times \tan(\beta/k)$

续表

$\frac{h}{2}=R\tan \frac{\beta}{2(N-1)}$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.5d \tan(\beta/k)$	$-0.3536d \tan(\beta/k)$	$-0.1545d \tan(\beta/k)$	0
y_{13}				$-0.4157d \tan(\beta/k)$	$-0.227d \tan(\beta/k)$	$-0.0653d \tan(\beta/k)$
y_{14}				$-0.4619d \tan(\beta/k)$	$-0.2939d \tan(\beta/k)$	$-0.1294d \tan(\beta/k)$
y_{15}				$-0.4904d \tan(\beta/k)$	$-0.3536d \tan(\beta/k)$	$-0.1913d \tan(\beta/k)$
y_{16}				$-0.5d \tan(\beta/k)$	$-0.4045d \tan(\beta/k)$	$-0.25d \tan(\beta/k)$
y_{17}					$-0.4455d \tan(\beta/k)$	$-0.3044d \tan(\beta/k)$

续表

$\frac{h}{2}=R\tan\frac{\beta}{2(N-1)}$							
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48	
y_{18}					$-0.4755d$ $\tan(\beta/k)$	$-0.3536d$ $\tan(\beta/k)$	
y_{19}					$-0.4938d$ $\tan(\beta/k)$	$-0.3967d$ $\tan(\beta/k)$	
y_{20}					$-0.5d$ $\tan(\beta/k)$	$-0.433d$ $\tan(\beta/k)$	
y_{21}						$-0.4619d$ $\tan(\beta/k)$	
y_{22}						$-0.483d$ $\tan(\beta/k)$	
y_{23}						$-0.4957d$ $\tan(\beta/k)$	
y_{24}						$-0.5d$ $\tan(\beta/k)$	

注： $k=2(N-1)$ 。

表 2.13 三节等径 $\beta=30^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.13165R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$
y_1	$0.057(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0636(d-2t)$	$0.0645(d-2t)$	$0.065(d-2t)$	$0.0652(d-2t)$
y_2	$0.0329(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.057(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0626(d-2t)$	$0.0636(d-2t)$
y_3	0	$0.0252(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0547(d-2t)$	$0.0586(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$
y_4	$-0.0329d$	0	$0.0329(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0532(d-2t)$	$0.057(d-2t)$
y_5	$-0.057d$	$-0.0252d$	$0.017(d-2t)$	$0.0366(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0522(d-2t)$
y_6	$-0.0658d$	$-0.0465d$	0	$0.0252(d-2t)$	$0.0387(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$
y_7		$-0.0608d$	$-0.017d$	$0.0128(d-2t)$	$0.0299(d-2t)$	$0.04(d-2t)$
y_8		$-0.0658d$	$-0.0329d$	0	$0.0203(d-2t)$	$0.0329(d-2t)$
y_9			$-0.0465d$	$-0.0128d$	$0.0103(d-2t)$	$0.0252(d-2t)$
y_{10}			$-0.057d$	$-0.0252d$	0	$0.017(d-2t)$
y_{11}			$-0.0636d$	$-0.0366d$	$-0.0103d$	$0.0086(d-2t)$

续表

$h/2=0.13165R$								
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48		
y_{12}			$-0.0658d$	$-0.0465d$	$-0.0203d$	0		
y_{13}				$-0.0547d$	$-0.0299d$	$-0.0086d$		
y_{14}				$-0.0608d$	$-0.0387d$	$-0.017d$		
y_{15}				$-0.0645d$	$-0.0465d$	$-0.0252d$		
y_{16}				$-0.0658d$	$-0.0532d$	$-0.0329d$		
y_{17}					$-0.0586d$	$-0.04d$		
y_{18}					$-0.0626d$	$-0.0465d$		
y_{19}					$-0.065d$	$-0.0522d$		
y_{20}					$-0.0658d$	$-0.057d$		
y_{21}						$-0.0608d$		
y_{22}						$-0.0636d$		
y_{23}						$-0.0652d$		
y_{24}						$-0.0658d$		

表 2.14 三节等径 $\beta=45^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.1989R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$	$0.0994(d-2t)$
y_1	$0.0861(d-2t)$	$0.0919(d-2t)$	$0.0961(d-2t)$	$0.0975(d-2t)$	$0.0982(d-2t)$	$0.0986(d-2t)$
y_2	$0.0497(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$	$0.0861(d-2t)$	$0.0919(d-2t)$	$0.0946(d-2t)$	$0.0961(d-2t)$
y_3	0	$0.0381(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$	$0.0827(d-2t)$	$0.0886(d-2t)$	$0.0919(d-2t)$
y_4	$-0.0497d$	0	$0.0497(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$	$0.0805(d-2t)$	$0.0861(d-2t)$
y_5	$-0.0861d$	$-0.0381d$	$0.0257(d-2t)$	$0.0553(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$	$0.0789(d-2t)$
y_6	$-0.0994d$	$-0.0703d$	0	$0.0381(d-2t)$	$0.0585(d-2t)$	$0.0703(d-2t)$
y_7		$-0.0919d$	$-0.0257d$	$0.0194(d-2t)$	$0.0451(d-2t)$	$0.0605(d-2t)$
y_8		$-0.0994d$	$-0.0497d$	0	$0.0307(d-2t)$	$0.0497(d-2t)$
y_9			$-0.0703d$	$-0.0194d$	$0.0156(d-2t)$	$0.0381(d-2t)$
y_{10}			$-0.0861d$	$-0.0381d$	0	$0.0257(d-2t)$
y_{11}			$-0.0961d$	$-0.0553d$	$-0.0156d$	$0.013(d-2t)$

续表

$h/2=0.1989R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.0994d$	$-0.0703d$	$-0.0307d$	0
y_{13}				$-0.0827d$	$-0.0451d$	$-0.013d$
y_{14}				$-0.0919d$	$-0.0585d$	$-0.0257d$
y_{15}				$-0.0975d$	$-0.0703d$	$-0.0381d$
y_{16}				$-0.0994d$	$-0.0805d$	$-0.0497d$
y_{17}					$-0.0886d$	$-0.0605d$
y_{18}					$-0.0946d$	$-0.0703d$
y_{19}					$-0.0982d$	$-0.0789d$
y_{20}					$-0.0994d$	$-0.0861d$
y_{21}						$-0.0919d$
y_{22}						$-0.0961d$
y_{23}						$-0.0986d$
y_{24}						$-0.0994d$

表 2.15 三节等径 $\beta=60^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.2679R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$
y_1	$0.116(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$	$0.1294(d-2t)$	$0.1314(d-2t)$	$0.1323(d-2t)$	$0.1328(d-2t)$
y_2	$0.067(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.116(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$	$0.1274(d-2t)$	$0.1294(d-2t)$
y_3	0	$0.0513(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1114(d-2t)$	$0.1194(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$
y_4	$-0.067d$	0	$0.067(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1084(d-2t)$	$0.116(d-2t)$
y_5	$-0.116d$	$-0.0513d$	$0.0347(d-2t)$	$0.0744(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1063(d-2t)$
y_6	$-0.134d$	$-0.0947d$	0	$0.0513(d-2t)$	$0.0787(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$
y_7		$-0.1238d$	$-0.0347d$	$0.0261(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0816(d-2t)$
y_8		$-0.134d$	$-0.067d$	0	$0.0414(d-2t)$	$0.067(d-2t)$
y_9			$-0.0947d$	$-0.0261d$	$0.021(d-2t)$	$0.0513(d-2t)$
y_{10}			$-0.116d$	$-0.0513d$	0	$0.0347(d-2t)$
y_{11}			$-0.1294d$	$-0.0744d$	$-0.021d$	$0.0175(d-2t)$

续表

$h/2=0.2679R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.134d$	$-0.0947d$	$-0.0414d$	0
y_{13}				$-0.1114d$	$-0.0608d$	$-0.0175d$
y_{14}				$-0.1238d$	$-0.0787d$	$-0.0347d$
y_{15}				$-0.1314d$	$-0.0947d$	$-0.0513d$
y_{16}				$-0.134d$	$-0.1084d$	$-0.067d$
y_{17}					$-0.1194d$	$-0.0816d$
y_{18}					$-0.1274d$	$-0.0947d$
y_{19}					$-0.1323d$	$-0.1063d$
y_{20}					$-0.134d$	$-0.116d$
y_{21}						$-0.1238d$
y_{22}						$-0.1294d$
y_{23}						$-0.1328d$
y_{24}						$-0.134d$

表 2.16 四节等径 $\beta=30^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.0875R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$	$0.0437(d-2t)$
y_1	$0.0379(d-2t)$	$0.0404(d-2t)$	$0.0423(d-2t)$	$0.0429(d-2t)$	$0.0432(d-2t)$	$0.0434(d-2t)$
y_2	$0.0219(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$	$0.0379(d-2t)$	$0.0404(d-2t)$	$0.0416(d-2t)$	$0.0423(d-2t)$
y_3	0	$0.0167(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$	$0.0364(d-2t)$	$0.039(d-2t)$	$0.0404(d-2t)$
y_4	$-0.0219d$	0	$0.0219(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$	$0.0354(d-2t)$	$0.0379(d-2t)$
y_5	$-0.0379d$	$-0.0167d$	$0.0113(d-2t)$	$0.0243(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$	$0.0347(d-2t)$
y_6	$-0.0437d$	$-0.0309d$	0	$0.0167(d-2t)$	$0.0257(d-2t)$	$0.0309(d-2t)$
y_7		$-0.0404d$	$-0.0113d$	$0.0085(d-2t)$	$0.0199(d-2t)$	$0.0266(d-2t)$
y_8		$-0.0437d$	$-0.0219d$	0	$0.0135(d-2t)$	$0.0219(d-2t)$
y_9			$-0.0309d$	$-0.0085d$	$0.0068(d-2t)$	$0.0167(d-2t)$
y_{10}			$-0.0379d$	$-0.0167d$	0	$0.0113(d-2t)$
y_{11}			$-0.0423d$	$-0.0243d$	$-0.0068d$	$0.0057(d-2t)$

续表

$h/2=0.0875R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.0437d$	$-0.0309d$	$-0.0135d$	0
y_{13}				$-0.0364d$	$-0.0199d$	$-0.0057d$
y_{14}				$-0.0404d$	$-0.0257d$	$-0.0113d$
y_{15}				$-0.0429d$	$-0.0309d$	$-0.0167d$
y_{16}				$-0.0437d$	$-0.0354d$	$-0.0219d$
y_{17}					$-0.039d$	$-0.0266d$
y_{18}					$-0.0416d$	$-0.0309d$
y_{19}					$-0.0432d$	$-0.0347d$
y_{20}					$-0.0437d$	$-0.0379d$
y_{21}						$-0.0404d$
y_{22}						$-0.0423d$
y_{23}						$-0.0434d$
y_{24}						$-0.0437d$

表 2.17 四节等径 $\beta=45^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.13165R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$
y_1	$0.057(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0636(d-2t)$	$0.0645(d-2t)$	$0.065(d-2t)$	$0.0652(d-2t)$
y_2	$0.0329(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.057(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0626(d-2t)$	$0.0636(d-2t)$
y_3	0	$0.0252(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0547(d-2t)$	$0.0586(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$
y_4	$-0.0329d$	0	$0.0329(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0532(d-2t)$	$0.057(d-2t)$
y_5	$-0.057d$	$-0.0252d$	$0.017(d-2t)$	$0.0366(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0522(d-2t)$
y_6	$-0.0658d$	$-0.0465d$	0	$0.0252(d-2t)$	$0.0387(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$
y_7		$-0.0608d$	$-0.017d$	$0.0128(d-2t)$	$0.0299(d-2t)$	$0.04(d-2t)$
y_8		$-0.0658d$	$-0.0329d$	0	$0.0203(d-2t)$	$0.0329(d-2t)$
y_9			$-0.0465d$	$-0.0128d$	$0.0103(d-2t)$	$0.0252(d-2t)$
y_{10}			$-0.057d$	$-0.0252d$	0	$0.017(d-2t)$
y_{11}			$-0.0636d$	$-0.0366d$	$-0.0103d$	$0.0086(d-2t)$

续表

$h/2=0.13165R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.0658d$	$-0.0465d$	$-0.0203d$	0
y_{13}				$-0.0547d$	$-0.0299d$	$-0.0086d$
y_{14}				$-0.0608d$	$-0.0387d$	$-0.017d$
y_{15}				$-0.0645d$	$-0.0465d$	$-0.0252d$
y_{16}				$-0.0658d$	$-0.0532d$	$-0.0329d$
y_{17}					$-0.0586d$	$-0.04d$
y_{18}					$-0.0626d$	$-0.0465d$
y_{19}					$-0.065d$	$-0.0522d$
y_{20}					$-0.0658d$	$-0.057d$
y_{21}						$-0.0608d$
y_{22}						$-0.0636d$
y_{23}						$-0.0652d$
y_{24}						$-0.0658d$

表 2.18 四节等径 $\beta=60^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$\frac{h}{2}=0.1763R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0882(d-2t)$	$0.0882(d-2t)$	$0.0882(d-2t)$	$0.0882(d-2t)$	$0.0882(d-2t)$	$0.0882(d-2t)$
y_1	$0.0763(d-2t)$	$0.0814(d-2t)$	$0.0852(d-2t)$	$0.0865(d-2t)$	$0.0871(d-2t)$	$0.0874(d-2t)$
y_2	$0.0441(d-2t)$	$0.0623(d-2t)$	$0.0763(d-2t)$	$0.0814(d-2t)$	$0.0838(d-2t)$	$0.0851(d-2t)$
y_3	0	$0.0338(d-2t)$	$0.0623(d-2t)$	$0.0733(d-2t)$	$0.0785(d-2t)$	$0.0814(d-2t)$
y_4	$-0.0441d$	0	$0.0441(d-2t)$	$0.0623(d-2t)$	$0.0713(d-2t)$	$0.0763(d-2t)$
y_5	$-0.0763d$	$-0.0338d$	$0.0228(d-2t)$	$0.049(d-2t)$	$0.0623(d-2t)$	$0.0699(d-2t)$
y_6	$-0.0882d$	$-0.0623d$	0	$0.0337(d-2t)$	$0.0518(d-2t)$	$0.0623(d-2t)$
y_7		$-0.0814d$	$-0.0228d$	$0.0172(d-2t)$	$0.04(d-2t)$	$0.0537(d-2t)$
y_8		$-0.0882d$	$-0.0441d$	0	$0.0272(d-2t)$	$0.0441(d-2t)$
y_9			$-0.0623d$	$-0.0172d$	$0.0138(d-2t)$	$0.0337(d-2t)$
y_{10}			$-0.0763d$	$-0.0337d$	0	$0.0228(d-2t)$
y_{11}			$-0.0852d$	$-0.049d$	$-0.0138d$	$0.0115(d-2t)$

续表

$\frac{h}{2}=0.1763R$								
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48		
y_{12}			$-0.0882d$	$-0.0623d$	$-0.0272d$	0		
y_{13}				$-0.0733d$	$-0.04d$	$-0.0115d$		
y_{14}				$-0.0814d$	$-0.0518d$	$-0.0228d$		
y_{15}				$-0.0865d$	$-0.0623d$	$-0.0337d$		
y_{16}				$-0.0882d$	$-0.0713d$	$-0.0441d$		
y_{17}					$-0.0785d$	$-0.0537d$		
y_{18}					$-0.0838d$	$-0.0623d$		
y_{19}					$-0.0871d$	$-0.0699d$		
y_{20}					$-0.0882d$	$-0.0763d$		
y_{21}						$-0.0814d$		
y_{22}						$-0.0851d$		
y_{23}						$-0.0874d$		
y_{24}						$-0.0882d$		

表 2.19 五节等径 $\beta=60^\circ$ 弯头展开曲线坐标值

$h/2=0.13165R$						
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$	$0.0658(d-2t)$
y_1	$0.057(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0636(d-2t)$	$0.0645(d-2t)$	$0.065(d-2t)$	$0.0652(d-2t)$
y_2	$0.0329(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.057(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0626(d-2t)$	$0.0636(d-2t)$
y_3	0	$0.0252(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0547(d-2t)$	$0.0586(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$
y_4	$-0.0329d$	0	$0.0329(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0532(d-2t)$	$0.057(d-2t)$
y_5	$-0.057d$	$-0.0252d$	$0.017(d-2t)$	$0.0366(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$	$0.0522(d-2t)$
y_6	$-0.0658d$	$-0.0465d$	0	$0.0252(d-2t)$	$0.0387(d-2t)$	$0.0465(d-2t)$
y_7		$-0.0608d$	$-0.017d$	$0.0128(d-2t)$	$0.0299(d-2t)$	$0.04(d-2t)$
y_8		$-0.0658d$	$-0.0329d$	0	$0.0203(d-2t)$	$0.0329(d-2t)$
y_9			$-0.0465d$	$-0.0128d$	$0.0103(d-2t)$	$0.0252(d-2t)$
y_{10}			$-0.057d$	$-0.0252d$	0	$0.017(d-2t)$
y_{11}			$-0.0636d$	$-0.0366d$	$-0.0103d$	$0.0086(d-2t)$

续表

$h/2=0.13165R$							
$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48	
y_{12}			$-0.0658d$	$-0.0465d$	$-0.0203d$	0	
y_{13}				$-0.0547d$	$-0.0299d$	$-0.0086d$	
y_{14}				$-0.0608d$	$-0.0387d$	$-0.017d$	
y_{15}				$-0.0645d$	$-0.0465d$	$-0.0252d$	
y_{16}				$-0.0658d$	$-0.0532d$	$-0.0329d$	
y_{17}					$-0.0586d$	$-0.04d$	
y_{18}					$-0.0626d$	$-0.0465d$	
y_{19}					$-0.065d$	$-0.0522d$	
y_{20}					$-0.0658d$	$-0.057d$	
y_{21}						$-0.0608d$	
y_{22}						$-0.0636d$	
y_{23}						$-0.0652d$	
y_{24}						$-0.0658d$	

例 2-4 已知四节等径弯头的中心角 $\beta=60^\circ$ ，中心半径 $R=600$ ，外径 $d=400$ ，板厚 $t=8$ ，计算展开曲线坐标值。

解：查表 2.12 得

$$\begin{aligned}\frac{h}{2} &= R \tan \frac{\beta}{2(N-1)} = 600 \tan \frac{60^\circ}{2(4-1)} \\ &= 600 \tan 10^\circ = 10.473 \\ h &= 2 \times 10.473 = 20.946\end{aligned}$$

取 $n=16$

$$k = 2(N-1) = 2(4-1) = 6$$

$$\begin{aligned}y_0 &= 0.5(d-2t) \tan \frac{\beta}{k} = 0.5(400-2 \times 8) \tan \frac{60^\circ}{6} \\ &= 33.855\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_1 &= 0.4619(d-2t) \tan \frac{\beta}{k} = 0.4619(400-2 \times 8) \tan \frac{60^\circ}{6} \\ &= 31.275\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_2 &= 0.3536(d-2t) \tan \frac{\beta}{k} = 0.3536(400-2 \times 8) \tan \frac{60^\circ}{6} \\ &= 23.942\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_3 &= 0.1913(d-2t) \tan \frac{\beta}{k} = 0.1913(400-2 \times 8) \tan \frac{60^\circ}{6} \\ &= 12.953\end{aligned}$$

$$y_4 = 0$$

$$\begin{aligned}y_5 &= -0.1913d \tan \frac{\beta}{k} = -0.1913 \times 400 \tan \frac{60^\circ}{6} \\ &= -13.493\end{aligned}$$

$$y_6 = -0.3536d \tan \frac{\beta}{k} = -0.3536 \times 400 \tan \frac{60^\circ}{6}$$

$$= -24.94$$

$$y_7 = -0.4619d \tan \frac{\beta}{k} = -0.4619 \times 400 \tan \frac{60^\circ}{6}$$

$$= -32.578$$

$$y_8 = -0.5d \tan \frac{\beta}{k} = -0.5 \times 400 \tan \frac{60^\circ}{6}$$

$$= -35.265$$

$$\text{圆周长: } S = \pi(d-t) = 3.1416(400-8) = 1231.51$$

根据以上各计算值即可画出端节和中节展开图, 如图 2.4 所示。

五、两节直角矩形弯头展开放样

图 2.5 为两节直角矩形弯头的投影图和展开图, 已知尺寸为 A 、 B 、 H 和板厚 t 。由于两节一样, 放样只作一节即可, 放样尺寸以里口为准。

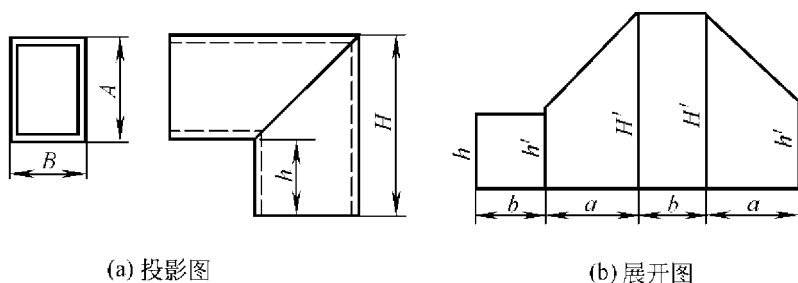


图 2.5 两节直角矩形弯头展开放样

展开图的计算公式如下

$$a = A - 2t$$

$$b = B - 2t$$

$$H' = H - t$$

$$h = H - A$$

$$h' = h + t$$

式中符号的意义如图 2.5 所示。

将已知数据代入上述公式，则可得到 a 、 b 、 H' 、 h 、 h' 的实际长度，便可作出两节直角矩形弯头展开图，如图 2.5 所示。

例 2-5 已知尺寸为 $A=250$ 、 $B=150$ 、 $H=500$ 、 $t=8$ ，用算法进行展开放样。

解：由以上公式可知

$$a = A - 2t = 250 - 2 \times 8 = 234$$

$$b = B - 2t = 150 - 2 \times 8 = 134$$

$$H' = H - t = 500 - 8 = 492$$

$$h = H - A = 500 - 250 = 250$$

$$h' = h + t = 250 + 8 = 258$$

根据以上各计算值即可画出其展开图，如图 2.5 所示。

六、两节直角方弯头展开放样

两节直角方弯头的端面扭成 45° ，如图 2.6 所示为投影

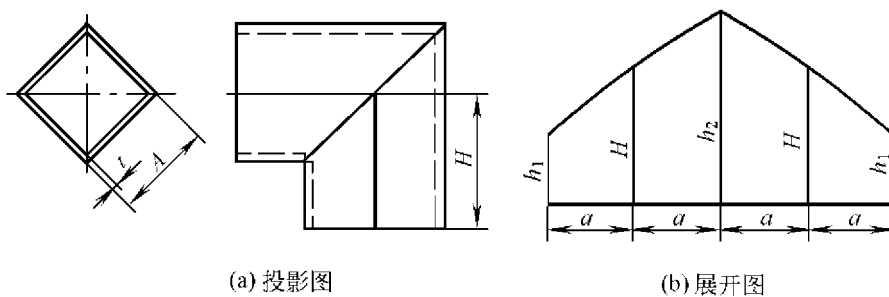


图 2.6 两节直角方弯头展开放样

图和展开图。已知尺寸为 A 、 H 和板厚 t ，用算法进行展开放样。由于两节一样，放样只作一节即可，放样尺寸以里口为准。

展开图的计算公式如下

$$a = A - 2t$$

$$h_1 = H - 0.707A$$

$$h_2 = H + 0.707A$$

式中符号的意义如图 2.6 所示。

将已知数据代入上述公式，则可得到 a 、 h_1 、 h_2 的实际长度，便可作出两节直角方弯头展开图，如图 2.6 所示。

例 2-6 已知尺寸为 $A = 250$ 、 $H = 500$ 、 $t = 8$ ，用算法进行展开放样。

解：由以上公式可知

$$a = A - 2t = 250 - 2 \times 8 = 236$$

$$h_1 = H - 0.707A = 500 - 0.707 \times 250 = 323.25$$

$$h_2 = H + 0.707A = 500 + 0.707 \times 250 = 676.75$$

根据以上各计算值即可画出展开图，如图 2.6 所示。

七、90°蛇形管展开放样

90°蛇形管可看成两组直角弯头反向对接而成。它的展开图的计算方法与直角弯头相同，投影图和展开图如图 2.7 所示。如果弯头为厚板制作，须进行板厚处理。在作中节展开图时，应着重分析它与两端节的结合实形。中节上面部分左端里角为外皮接触，右端外角为里皮接触。下面部分结合与上面部分结合相反。

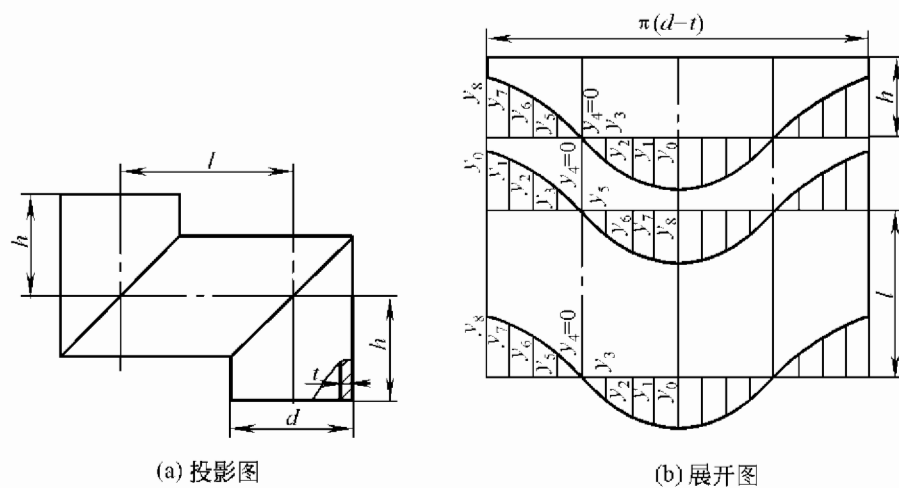


图 2.7 90°蛇形管展开放样

展开图的计算公式为

$$y_n = r \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ \text{ 时, } y_n = \frac{1}{2} (d - 2t) \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ \text{ 时, } y_n = \frac{1}{2} d \cos \alpha_n$$

式中 y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值；

r ——辅助圆半径；

d ——圆管外径；

t ——板厚；

α_n ——辅助圆周等分角度；

n ——圆管周长等分数。

为使用方便，将 90°蛇形管不同等分数的展开曲线坐标值列于表 2.20 中。

表 2.20 90°蛇形管展开曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$
y_1	$0.433(d-2t)$	$0.4619(d-2t)$	$0.483(d-2t)$	$0.4904(d-2t)$	$0.4938(d-2t)$	$0.4957(d-2t)$
y_2	$0.25(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.433(d-2t)$	$0.4619(d-2t)$	$0.4755(d-2t)$	$0.483(d-2t)$
y_3	0	$0.1913(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.4157(d-2t)$	$0.4455(d-2t)$	$0.4619(d-2t)$
y_4	$-0.25d$	0	$0.25(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.4045(d-2t)$	$0.433(d-2t)$
y_5	$-0.433d$	$-0.1913d$	$0.1294(d-2t)$	$0.2778(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.3967(d-2t)$
y_6	$-0.5d$	$-0.3536d$	0	$0.1913(d-2t)$	$0.2939(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$
y_7		$-0.4619d$	$-0.1294d$	$0.0975(d-2t)$	$0.277(d-2t)$	$0.3044(d-2t)$
y_8		$-0.5d$	$-0.25d$	0	$0.1545(d-2t)$	$0.25(d-2t)$
y_9			$-0.3536d$	$-0.0975d$	$0.0782(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$
y_{10}			$-0.433d$	$-0.1913d$	0	$0.1294(d-2t)$
y_{11}			$-0.483d$	$-0.2778d$	$-0.0782d$	$0.0653(d-2t)$

续表

$n \backslash y$	12	16	24	32	40	48
y'_{12}			$-0.5d$	$-0.3536d$	$-0.1545d$	0
y'_{13}				$-0.4157d$	$-0.277d$	$-0.0653d$
y'_{14}				$-0.4619d$	$-0.2939d$	$-0.1294d$
y'_{15}				$-0.4904d$	$-0.3536d$	$-0.1913d$
y'_{16}				$-0.5d$	$-0.4045d$	$-0.25d$
y'_{17}					$-0.4455d$	$-0.3044d$
y'_{18}					$-0.4755d$	$-0.3536d$
y'_{19}					$-0.4938d$	$-0.3967d$
y'_{20}					$-0.5d$	$-0.433d$
y'_{21}						$-0.4619d$
y'_{22}						$-0.483d$
y'_{23}						$-0.4957d$
y'_{24}						$-0.5d$

例 2-7 已知 90° 蛇形管圆管外径 $d=250$ ，板厚 $t=10$ ，端节高度 $h=500$ ，两端节中心距 $l=600$ ，用计算法作展开图。

解：设圆周等分数 $n=16$ ，查表 2.20 得

$$y_0 = 0.5(d - 2t) = 0.5(250 - 2 \times 10) = 115$$

$$y_1 = 0.4619(d - 2t) = 0.4619(250 - 2 \times 10) = 106.24$$

$$y_2 = 0.3536(d - 2t) = 0.3536(250 - 2 \times 10) = 81.33$$

$$y_3 = 0.1913(d - 2t) = 0.1913(250 - 2 \times 10) = 44$$

$$y_4 = 0$$

$$y_5 = -0.1913d = -0.1913 \times 250 = -47.83$$

$$y_6 = -0.3536d = -0.3536 \times 250 = -88.40$$

$$y_7 = -0.4619d = -0.4619 \times 250 = -115.48$$

$$y_8 = -0.5d = -0.5 \times 250 = -125$$

$$\text{圆周长: } S = \pi(d - t) = \pi(250 - 10) = 754$$

根据以上各计算值便可作出蛇形管端节和中节的展开图，如图 2.7 所示。

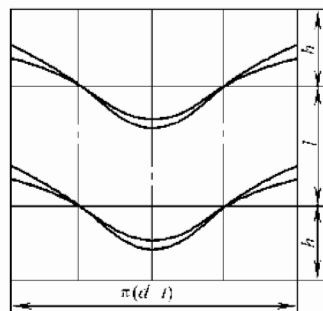


图 2.8 90° 蛇形管端节和中节的展开排料图

各节展开图作好后，应合理排料，这样做既能保证工件质量，又能节省材料、降低成本。图 2.8 为 90° 蛇形管端

节和中节的展开排料图。

八、双扭 90° 蛇形管展开放样

双扭 90° 蛇形管可看成由两组等径直角弯头垂直对接组成，展开计算方法与直角弯头、 90° 蛇形管相同，投影图和展开图如图 2.9 所示。

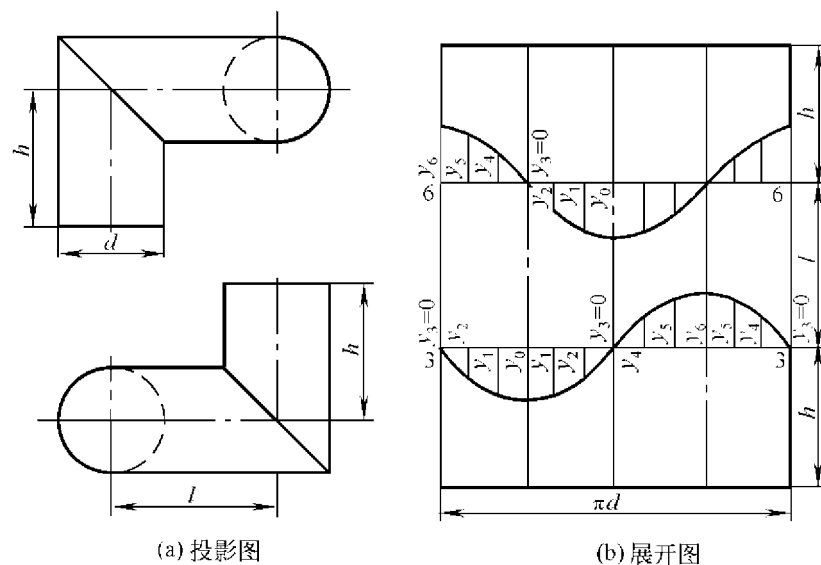


图 2.9 双扭 90° 蛇形管展开放样

双扭 90° 蛇形管展开图的计算公式与 90° 蛇形管相同，它的不同等分数的展开曲线坐标值见表 2.21。

例 2-8 已知双扭 90° 蛇形直角管外径 $d=250$ ，板厚 $t=2$ ，端节高度 $h=400$ ，两端节中心距 $l=500$ ，用计算法作展开图。

表 2.21 双扭 90°蛇形管展开曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$	$0.5(d-2t)$
y_1	$0.433(d-2t)$	$0.4619(d-2t)$	$0.483(d-2t)$	$0.4904(d-2t)$	$0.4938(d-2t)$	$0.4957(d-2t)$
y_2	$0.25(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.433(d-2t)$	$0.4619(d-2t)$	$0.4755(d-2t)$	$0.483(d-2t)$
y_3	0	$0.1913(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.4157(d-2t)$	$0.4455(d-2t)$	$0.4619(d-2t)$
y_4	$-0.25d$	0	$0.25(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.4045(d-2t)$	$0.433(d-2t)$
y_5	$-0.433d$	$-0.1913d$	$0.1294(d-2t)$	$0.2778(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$	$0.3967(d-2t)$
y_6	$-0.5d$	$-0.3536d$	0	$0.1913(d-2t)$	$0.2939(d-2t)$	$0.3536(d-2t)$
y_7		$-0.4619d$	$-0.1294d$	$0.0975(d-2t)$	$0.277(d-2t)$	$0.3044(d-2t)$
y_8		$-0.5d$	$-0.25d$	0	$0.1545(d-2t)$	$0.25(d-2t)$
y_9			$-0.3536d$	$-0.0975d$	$0.0782(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$
y_{10}			$-0.433d$	$-0.1913d$	0	$0.1294(d-2t)$
y_{11}			$-0.483d$	$-0.2778d$	$-0.0782d$	$0.0653(d-2t)$

续表

$\begin{array}{c} n \\ y \end{array}$	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.5d$	$-0.3536d$	$-0.1545d$	0
y_{13}				$-0.4157d$	$-0.277d$	$-0.0653d$
y_{14}				$-0.4619d$	$-0.2939d$	$-0.1294d$
y_{15}				$-0.4904d$	$-0.3536d$	$-0.1913d$
y_{16}				$-0.5d$	$-0.4045d$	$-0.25d$
y_{17}					$-0.4455d$	$-0.3044d$
y_{18}					$-0.4755d$	$-0.3536d$
y_{19}					$-0.4938d$	$-0.3967d$
y_{20}					$-0.5d$	$-0.433d$
y_{21}						$-0.4619d$
y_{22}						$-0.483d$
y_{23}						$-0.4957d$
y_{24}						$-0.5d$

解：设展开图周长等分数 $n=12$ ，采用薄板制作，板厚 t 忽略不计。

查表 2.21 得

$$y_0 = 0.5d = 0.5 \times 250 = 125$$

$$y_1 = 0.433d = 0.433 \times 250 = 108.25$$

$$y_2 = 0.25d = 0.25 \times 250 = 62.50$$

$$y_3 = 0$$

$$y_4 = y_2 = -62.50$$

$$y_5 = y_1 = -108.25$$

$$y_6 = y_0 = -125$$

圆周长： $S = \pi d = 3.1416 \times 250 = 785.40$

根据以上计算所得的曲线坐标值，可画出端节展开图，如图 2.9 所示。在不考虑板厚影响的情况下，端节与中节展开图曲线一致。把端节两块展开图曲线作出来，即得中节展开图。由于中节两端双扭 90° ，两端展开周长对应等分点的曲线坐标值相串 $n/4$ 等分，本例 $n=12$ ，即相串 3 等分。如在 6-6 坐标轴上向下截取 y_0 的等分点，对应该点在另一端坐标轴 3-3 上的坐标值为 y_3 ，以下向左依次为 y_2 、 y_1 、 y_0 、 y_1 、 y_2 、 y_3 ，向右依次为 y_4 、 y_5 、 y_6 、 y_5 、 y_4 、 y_3 。

作展开图的方法：由端节展开曲线坐标轴 6-6 两端点引下垂线 6-3，6-3 等于中节长度 l ，连接 3-3，将其 12 等分。过各等分点引垂线，使 y_3 与 6-6 坐标轴上的 y_0 对正，取相应的曲线坐标值并得点，将这些点用光滑曲线连接起来，即得中节展开图。按上述方法再由 3-3 端点向下引垂线，取其长度等于端节长度 h ，作出相应的曲线坐标值并

得点，用光滑曲线连接起来，即得另一端节展开图，如图 2.9 所示。

九、后倾蛇形管展开放样

后倾蛇形管的两端节轴线平行于正投影面，在主视图中反映实长，中节轴线向右后倾斜不反映实长。因此，主视图不反映结合实形。其投影图和展开图如图 2.10 所示。

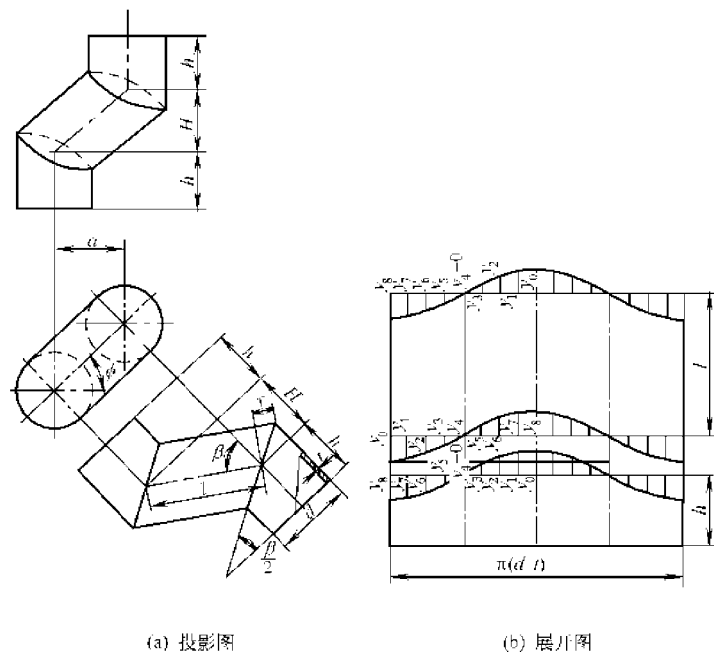


图 2.10 后倾蛇形管展开放样

展开图的计算公式为

$$l = \sqrt{H^2 + \frac{a^2}{\cos^2 \phi}}$$

$$\frac{H}{l} = \cos\beta$$

$$y_n = r \cos\alpha_n$$

$$\text{当 } 0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ \text{ 时, } r = \frac{1}{2}(d-2t) \tan \frac{\beta}{2}$$

$$y_n = \frac{1}{2}(d-2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos\alpha_n$$

$$\text{当 } 90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ \text{ 时, } r = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2}$$

$$y_n = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2} \cos\alpha_n$$

式中 y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值；

r ——辅助圆半径；

d ——圆管外径；

t ——板厚；

α_n ——辅助圆周等分角度；

$\frac{\beta}{2}$ ——计算角；

n ——圆管周长等分数。

为使用方便，将常用 $\beta=30^\circ$ 、 45° 、 60° 后倾蛇形管不同等分数的展开曲线坐标值列于表 2.22～表 2.24 中。

例 2-9 已知后倾蛇形管外径 $d=300$ ，板厚 $t=8$ ，两端节高度 $h=400$ ，中节高 $H=400$ ，两端节轴心距 $a=250$ ，中节后倾角 $\phi=30^\circ$ ，用算法作展开图。

表 2.22 $\beta=30^\circ$ 后倾蛇形管展开曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$	$0.134(d-2t)$
y_1	$0.116(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$	$0.1294(d-2t)$	$0.1314(d-2t)$	$0.1323(d-2t)$	$0.1328(d-2t)$
y_2	$0.067(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.116(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$	$0.1274(d-2t)$	$0.1294(d-2t)$
y_3	0	$0.0513(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1114(d-2t)$	$0.1194(d-2t)$	$0.1238(d-2t)$
y_4	$-0.067d$	0	$0.067(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1084(d-2t)$	$0.116(d-2t)$
y_5	$-0.116d$	$-0.0513d$	$0.0347(d-2t)$	$0.0744(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$	$0.1063(d-2t)$
y_6	$-0.134d$	$-0.0947d$	0	$0.0513(d-2t)$	$0.0787(d-2t)$	$0.0947(d-2t)$
y_7		$-0.1238d$	$-0.0347d$	$0.0261(d-2t)$	$0.0608(d-2t)$	$0.0816(d-2t)$
y_8		$-0.134d$	$-0.067d$	0	$0.0414(d-2t)$	$0.067(d-2t)$
y_9			$-0.0947d$	$-0.0261d$	$0.021(d-2t)$	$0.0513(d-2t)$
y_{10}			$-0.116d$	$-0.0513d$	0	$0.0347(d-2t)$
y_{11}			$-0.1294d$	$-0.0744d$	$-0.021d$	$0.0175(d-2t)$

续表

<div><div><div><div><div><div></div><div><i>n</i></div></div></div><div><div><div><i>y</i></div><div></div></div></div></div></div></div>	12	16	24	32	40	48
<i>y</i> ₁₂			−0.134 <i>d</i>	−0.0947 <i>d</i>	−0.0414 <i>d</i>	0
<i>y</i> ₁₃				−0.1114 <i>d</i>	−0.0608 <i>d</i>	−0.0175 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₄				−0.1238 <i>d</i>	−0.0787 <i>d</i>	−0.0347 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₅				−0.1314 <i>d</i>	−0.0947 <i>d</i>	−0.0513 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₆				−0.134 <i>d</i>	−0.1084 <i>d</i>	−0.067 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₇					−0.1194 <i>d</i>	−0.0816 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₈					−0.1274 <i>d</i>	−0.0947 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₉					−0.1323 <i>d</i>	−0.1063 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₀					−0.134 <i>d</i>	−0.116 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₁						−0.1238 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₂						−0.1294 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₃						−0.1328 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₄						−0.134 <i>d</i>

表 2.23 $\beta=45^\circ$ 后倾蛇形管展开曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$	$0.2071(d-2t)$
y_1	$0.1794(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$	$0.2(d-2t)$	$0.2031(d-2t)$	$0.2046(d-2t)$	$0.2053(d-2t)$
y_2	$0.1036(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1794(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$	$0.197(d-2t)$	$0.2(d-2t)$
y_3	0	$0.0793(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1722(d-2t)$	$0.1845(d-2t)$	$0.1913(d-2t)$
y_4	$-0.1036d$	0	$0.1036(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1676(d-2t)$	$0.1794(d-2t)$
y_5	$-0.1794d$	$-0.0793d$	$0.0536(d-2t)$	$0.115(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$	$0.1643(d-2t)$
y_6	$-0.2071d$	$-0.1464d$	0	$0.0793(d-2t)$	$0.1217(d-2t)$	$0.1464(d-2t)$
y_7		$-0.1913d$	$-0.0536d$	$0.0404(d-2t)$	$0.094(d-2t)$	$0.1261(d-2t)$
y_8		$-0.2071d$	$-0.1036d$	0	$0.064(d-2t)$	$0.1036(d-2t)$
y_9			$-0.1464d$	$-0.0404d$	$0.0324(d-2t)$	$0.0793(d-2t)$
y_{10}			$-0.1794d$	$-0.0793d$	0	$0.0536(d-2t)$
y_{11}			$-0.2d$	$-0.115d$	$-0.0324d$	$0.027(d-2t)$

续表

<div><div><i>n</i></div><div><i>y</i></div></div>	12	16	24	32	40	48
<i>y</i> ₁₂			−0.2071 <i>d</i>	−0.1464 <i>d</i>	−0.064 <i>d</i>	0
<i>y</i> ₁₃				−0.1722 <i>d</i>	−0.094 <i>d</i>	−0.027 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₄				−0.1913 <i>d</i>	−0.1217 <i>d</i>	−0.0536 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₅				−0.2031 <i>d</i>	−0.1464 <i>d</i>	−0.0793 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₆				−0.2071 <i>d</i>	−0.1676 <i>d</i>	−0.1036 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₇					−0.1845 <i>d</i>	−0.1261 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₈					−0.197 <i>d</i>	−0.1464 <i>d</i>
<i>y</i> ₁₉					−0.2046 <i>d</i>	−0.1643 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₀					−0.2071 <i>d</i>	−0.1794 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₁						−0.1913 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₂						−0.2 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₃						−0.2053 <i>d</i>
<i>y</i> ₂₄						−0.2071 <i>d</i>

表 2.24 $\beta=60^\circ$ 后倾蛇形管展开曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$	$0.2887(d-2t)$
y_1	$0.25(d-2t)$	$0.2667(d-2t)$	$0.2788(d-2t)$	$0.2831(d-2t)$	$0.2851(d-2t)$	$0.2862(d-2t)$
y_2	$0.1443(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$	$0.25(d-2t)$	$0.2667(d-2t)$	$0.2745(d-2t)$	$0.2788(d-2t)$
y_3	0	$0.1105(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$	$0.24(d-2t)$	$0.2572(d-2t)$	$0.2667(d-2t)$
y_4	$-0.1443d$	0	$0.1443(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$	$0.2335(d-2t)$	$0.25(d-2t)$
y_5	$-0.25d$	$-0.1105d$	$0.0747(d-2t)$	$0.1604(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$	$0.229(d-2t)$
y_6	$-0.2887d$	$-0.2041d$	0	$0.1105(d-2t)$	$0.1697(d-2t)$	$0.2041(d-2t)$
y_7		$-0.2667d$	$-0.0747d$	$0.0563(d-2t)$	$0.1311(d-2t)$	$0.1757(d-2t)$
y_8		$-0.2887d$	$-0.1443d$	0	$0.0892(d-2t)$	$0.1443(d-2t)$
y_9			$-0.2041d$	$-0.0563d$	$0.0452(d-2t)$	$0.1105(d-2t)$
y_{10}			$-0.25d$	$-0.1105d$	0	$0.0747(d-2t)$
y_{11}			$-0.2788d$	$-0.1604d$	$-0.0452d$	$0.0377(d-2t)$

续表

<div><div><div><div><div><div></div></div></div><div><div><div><i>n</i></div></div></div><div><div><div><i>y</i></div></div></div></div></div></div>	12	16	24	32	40	48
y_{12}			$-0.2887d$	$-0.2041d$	$-0.0892d$	0
y_{13}				$-0.24d$	$-0.1311d$	$-0.0377d$
y_{14}				$-0.2667d$	$-0.1697d$	$-0.0747d$
y_{15}				$-0.2831d$	$-0.2041d$	$-0.1105d$
y_{16}				$-0.2887d$	$-0.2335d$	$-0.1443d$
y_{17}					$-0.2572d$	$-0.1757d$
y_{18}					$-0.2745d$	$-0.2041d$
y_{19}					$-0.2851d$	$-0.229d$
y_{20}					$-0.2887d$	$-0.25d$
y_{21}						$-0.2667d$
y_{22}						$-0.2788d$
y_{23}						$-0.2862d$
y_{24}						$-0.2887d$

$$\begin{aligned}\text{解: } l &= \sqrt{H^2 + \frac{a^2}{\cos^2 \phi}} = \sqrt{400 + \left(\frac{250}{\cos 30^\circ}\right)^2} \\ &= \sqrt{243333} = 493.3 \\ \cos \beta &= \frac{H}{l} = \frac{400}{493.3} = 0.81087, \quad \beta = 35.8^\circ\end{aligned}$$

设展开图周长等分数 $n = 16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$,
 $\alpha_2 = 45^\circ, \dots, \alpha_8 = 180^\circ$ 。

$$\begin{aligned}y_0 &= \frac{1}{2}(d-2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n \\ &= \frac{1}{2}(300-2 \times 8) \tan \frac{35.8^\circ}{2} \cos 0^\circ = 45.86\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_1 &= \frac{1}{2}(d-2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n \\ &= \frac{1}{2}(300-2 \times 8) \tan \frac{35.8^\circ}{2} \cos 22.5^\circ = 42.37\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_2 &= \frac{1}{2}(d-2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n \\ &= \frac{1}{2}(300-2 \times 8) \tan \frac{35.8^\circ}{2} \cos 45^\circ = 32.457\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_3 &= \frac{1}{2}(d-2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n \\ &= \frac{1}{2}(300-2 \times 8) \tan \frac{35.8^\circ}{2} \cos 67.5^\circ = 17.555\end{aligned}$$

$$y_4 = 0$$

$$\begin{aligned}y_5 &= \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n = \frac{1}{2} \times 300 \times \tan \frac{35.8^\circ}{2} \cos 112.5^\circ \\ &= -18.54\end{aligned}$$

$$y_6 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n = \frac{1}{2} \times 300 \times \tan \frac{35.8^\circ}{2} \cos 135^\circ$$

$$= -34.3$$

$$y_7 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n = \frac{1}{2} \times 300 \times \tan \frac{35.8^\circ}{2} \cos 157.5^\circ$$

$$= -44.8$$

$$y_8 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n = \frac{1}{2} \times 300 \times \tan \frac{35.8^\circ}{2} \cos 180^\circ$$

$$= -48.45$$

$$\text{圆周长 } S = \pi(d-t) = 3.1416 \times (300-8) = 917.3$$

根据以上计算所得的曲线坐标值，可画出各节展开图，如图 2.10 所示。在画中节展开图时，须注意中节与两端节的结合形式。中节与左端节结合时，轴线以上部分为外皮接触，轴线以下部分为里皮接触，而右端则与左端相反。中节除中线外每一素线两端同时有外皮和里皮接触，在放样下料时应注意。为节省材料，应按图 2.11 排料。

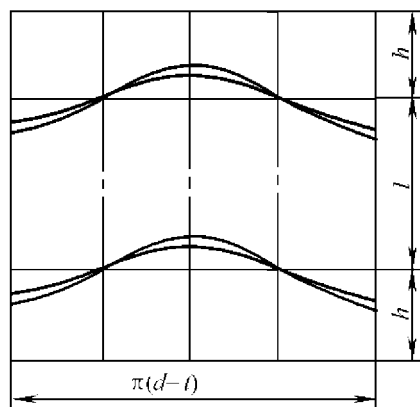


图 2.11 排料图

十、矩形直角曲面弯头展开放样

矩形直角曲面弯头的投影图和展开图如图 2.12 所示，它由两块相同的侧板和里板、背板组成，已知尺寸为 A 、 B 、 R 和板厚 t 。放样尺寸以里口为准。

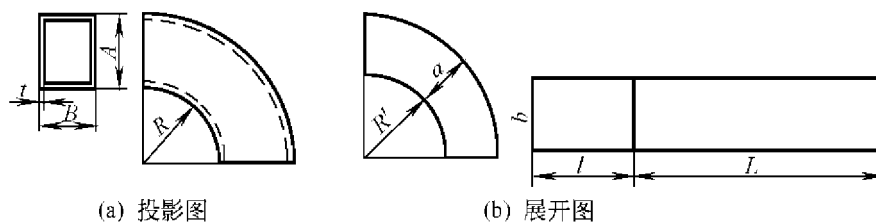


图 2.12 矩形直角曲面弯头展开放样

展开图的计算公式如下

$$a = A - 2t$$

$$b = B - 2t$$

$$R' = R + t$$

$$L = \frac{\pi}{2} \left(R + A - \frac{t}{2} \right)$$

$$l = \frac{\pi}{2} \left(R + \frac{t}{2} \right)$$

式中符号的意义如图 2.12 所示。

根据上述公式，代入已知数值，按计算结果便可作出展开图，如图 2.12 所示。

弯头背弧和里弧的伸直长度除可计算出外，也可分小段量取，在侧板料下好后，用卷尺直接从侧板料上量取。

例 2-10 已知矩形直角曲面弯头尺寸 $A=300$ 、 $B=200$ 、 $R=500$ 和板厚 $t=6$ ，计算展开图尺寸。

$$\text{解:} \quad a = A - 2t = 300 - 2 \times 6 = 288$$

$$b = B - 2t = 200 - 2 \times 6 = 188$$

$$R' = R + t = 500 + 6 = 506$$

$$L = \frac{\pi}{2} \left(R + A - \frac{t}{2} \right) = \frac{\pi}{2} \left(500 + 300 - \frac{6}{2} \right) = 1252$$

$$l = \frac{\pi}{2} \left(R + \frac{t}{2} \right) = \frac{\pi}{2} \left(500 + \frac{6}{2} \right) = 790$$

根据以上计算结果，便可作出展开图，如图 2.12 所示。

十一、90°换向矩形管弯头展开放样

90°换向矩形管弯头的投影图和展开图如图 2.13 所示，它由四块不同的板块组成，展开放样时，应确定每块板的相关尺寸。已知尺寸为 A 、 B 、 R ，用计算法展开放样。

展开图的计算公式如下

$$\tan \beta_n = \frac{R \sin \alpha_n}{R + B}$$

$$\cos \phi_n = 1 - \sin \alpha_n$$

$$\cos \gamma_n = \frac{R \cos \phi_n}{R + A}$$

$$a_n = R \cos \alpha_n$$

$$b_n = (R + B) \cos \beta_n - R \cos \alpha_n$$

$$c_n = (R + A) \sin \gamma_n - R \sin \phi_n$$

$$d_n = R \sin \phi_n$$

$$e_n = \frac{\pi R (\phi_{n+1} - \phi_n)}{180^\circ}$$

$$f_0 = \frac{\pi (R+A) \gamma_0}{180^\circ}$$

$$f_n = \frac{\pi (R+A) (\gamma_n - \gamma_{n-1})}{180^\circ}$$

$$h_n = \frac{\pi (R+B) (\beta_{n+1} - \beta_n)}{180^\circ}$$

$$h_4 = \frac{\pi R (90^\circ - \beta_4)}{180^\circ}$$

$$l = \frac{\pi R \alpha_1}{180^\circ}$$

式中 α_n ——小圆 90° 等分角；

β_n ——右侧板计算角；

ϕ_n ——前板计算角；

γ_n ——后板计算角。

式中其余各符号的意义如图 2.13 所示。

根据上述公式，代入已知数值，则可作出 90° 换向矩形弯头的展开图，如图 2.13 所示。

例 2-11 已知 90° 换向矩形管弯头 $A=500$ ， $B=300$ ， $R=250$ ，用计算法展开放样。

解：设 4 等分 90° ，则 $\alpha_1 = \frac{90^\circ}{4} = 22.5^\circ$ ， $\alpha_2 = 45^\circ$ ， $\alpha_3 = 67.5^\circ$ ， $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$\tan \beta_0 = \frac{R \sin \alpha_0}{R+B} = \frac{250 \sin 0^\circ}{250+300} = 0 \quad \beta_0 = 0^\circ$$

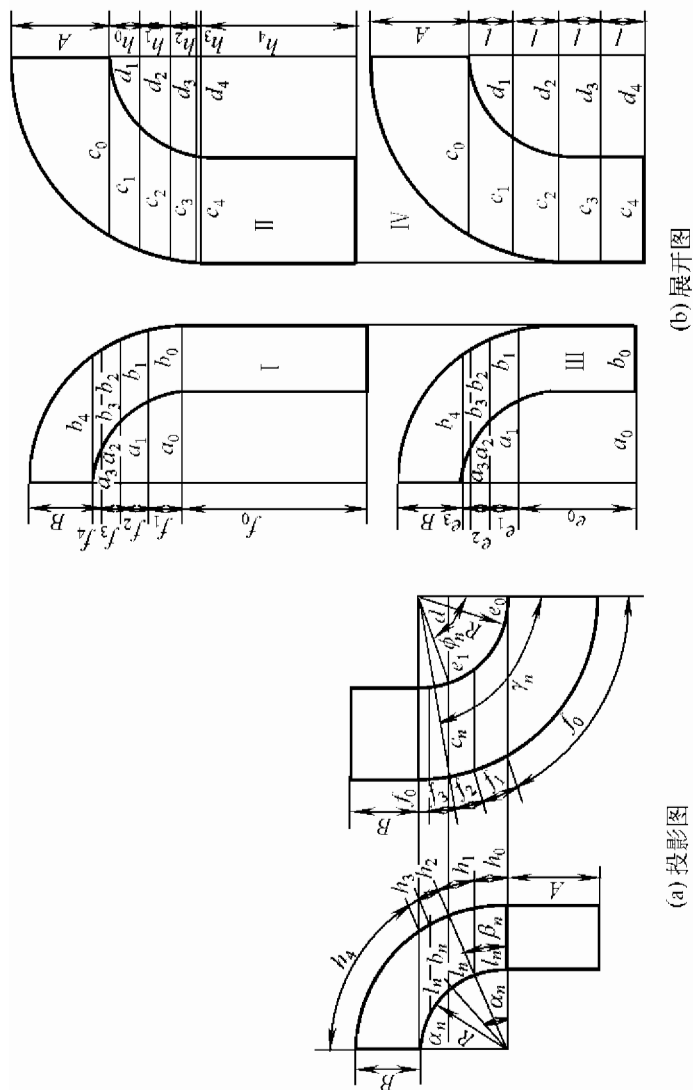


图 2.13 90°换向矩形管弯头展开放样

$$\tan\beta_1 = \frac{R\sin\alpha_1}{R+B} = \frac{250\sin 22.5^\circ}{250+300} = 0.1739 \quad \beta_1 = 9.9^\circ$$

$$\tan\beta_2 = \frac{R\sin\alpha_2}{R+B} = \frac{250\sin 45^\circ}{250+300} = 0.3214 \quad \beta_2 = 17.8^\circ$$

$$\tan\beta_3 = \frac{R\sin\alpha_3}{R+B} = \frac{250\sin 67.5^\circ}{250+300} = 0.4199 \quad \beta_3 = 22.8^\circ$$

$$\tan\beta_4 = \frac{R\sin\alpha_4}{R+B} = \frac{250\sin 90^\circ}{250+300} = 0.4545 \quad \beta_4 = 24.4^\circ$$

$$\cos\phi_0 = 1 - \sin\alpha_0 = 1 - \sin 0^\circ = 1 \quad \phi_0 = 0^\circ$$

$$\cos\phi_1 = 1 - \sin\alpha_1 = 1 - \sin 22.5^\circ = 0.6173 \quad \phi_1 = 51.9^\circ$$

$$\cos\phi_2 = 1 - \sin\alpha_2 = 1 - \sin 45^\circ = 0.2929 \quad \phi_2 = 73^\circ$$

$$\cos\phi_3 = 1 - \sin\alpha_3 = 1 - \sin 67.5^\circ = 0.0761 \quad \phi_3 = 85.6^\circ$$

$$\cos\phi_4 = 1 - \sin\alpha_4 = 1 - \sin 90^\circ = 0 \quad \phi_4 = 90^\circ$$

$$\cos\gamma_0 = \frac{R\cos\phi_0}{R+A} = \frac{250\cos 0^\circ}{500+250} = 0.3333 \quad \gamma_0 = 70.5^\circ$$

$$\cos\gamma_1 = \frac{R\cos\phi_1}{R+A} = \frac{250\cos 51.9^\circ}{250+250} = 0.2057 \quad \gamma_1 = 78^\circ$$

$$\cos\gamma_2 = \frac{R\cos\phi_2}{R+A} = \frac{250\cos 73^\circ}{250+250} = 0.0975 \quad \gamma_2 = 84.4^\circ$$

$$\cos\gamma_3 = \frac{R\cos\phi_3}{R+A} = \frac{250\cos 85.6^\circ}{250+250} = 0.0256 \quad \gamma_3 = 88.5^\circ$$

$$\cos\gamma_4 = \frac{R\cos\phi_4}{R+A} = \frac{250\cos 90^\circ}{250+250} = 0 \quad \gamma_4 = 90^\circ$$

$$a_0 = R\cos\alpha_0 = 250\cos 0^\circ = 250$$

$$a_1 = R \cos \alpha_1 = 250 \cos 22.5^\circ = 231$$

$$a_2 = R \cos \alpha_2 = 250 \cos 45^\circ = 176.8$$

$$a_3 = R \cos \alpha_3 = 250 \cos 67.5^\circ = 95.6$$

$$a_4 = R \cos \alpha_4 = 250 \cos 90^\circ = 0$$

$$b_0 = (R+B) \cos \beta_0 - R \cos \alpha_0 = (250+300) \cos 0^\circ - 250 \cos 0^\circ = 300$$

$$b_1 = (R+B) \cos \beta_1 - R \cos \alpha_1 = (250+300) \cos 9.9^\circ - 250 \cos 22.5^\circ = 310.8$$

$$b_2 = (R+B) \cos \beta_2 - R \cos \alpha_2 = (250+300) \cos 17.8^\circ - 250 \cos 45^\circ = 347$$

$$b_3 = (R+B) \cos \beta_3 - R \cos \alpha_3 = (250+300) \cos 22.8^\circ - 250 \cos 67.5^\circ = 414.4$$

$$b_4 = (R+B) \cos \beta_4 - R \cos \alpha_4 = (250+300) \cos 24.4^\circ - 250 \cos 90^\circ = 501$$

$$c_0 = (R+A) \sin \gamma_0 - R \sin \phi_0 = (250+500) \sin 70.5^\circ - 250 \sin 0^\circ = 707$$

$$c_1 = (R+A) \sin \gamma_1 - R \sin \phi_1 = (250+500) \sin 78^\circ - 250 \sin 51.9^\circ = 537$$

$$c_2 = (R+A) \sin \gamma_2 - R \sin \phi_2 = (250+500) \sin 84.4^\circ - 250 \sin 73^\circ = 507.3$$

$$c_3 = (R+A) \sin \gamma_3 - R \sin \phi_3 = (250+500) \sin 88.5^\circ - 250 \sin 85.6^\circ = 500.5$$

$$c_4 = (R+A) \sin \gamma_4 - R \sin \phi_4 = (250+500) \sin 90^\circ - 250 \sin 90^\circ = 500$$

$$d_0 = R \sin \phi_0 = 250 \sin 0^\circ = 0$$

$$d_1 = R \sin \phi_1 = 250 \sin 51.9^\circ = 196.7$$

$$d_2 = R \sin \phi_2 = 250 \sin 73^\circ = 239$$

$$d_3 = R \sin \phi_3 = 250 \sin 85.6^\circ = 249.3$$

$$d_4 = R \sin \phi_4 = 250 \sin 90^\circ = 250$$

$$e_0 = \frac{\pi R (\phi_1 - \phi_0)}{180^\circ} = \frac{250\pi (51.9^\circ - 0^\circ)}{180^\circ} = 226.5$$

$$e_1 = \frac{\pi R (\phi_2 - \phi_1)}{180^\circ} = \frac{250\pi (73^\circ - 51.9^\circ)}{180^\circ} = 92$$

$$e_2 = \frac{\pi R (\phi_3 - \phi_2)}{180^\circ} = \frac{250\pi (85.6^\circ - 73^\circ)}{180^\circ} = 55$$

$$e_3 = \frac{\pi R (\phi_4 - \phi_3)}{180^\circ} = \frac{250\pi (90^\circ - 85.6^\circ)}{180^\circ} = 19.2$$

$$f_0 = \frac{\pi (R+A) \gamma_0}{180^\circ} = \frac{\pi (250+500) \times 70.5^\circ}{180^\circ} = 922.8$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{\pi (R+A) (\gamma_1 - \gamma_0)}{180^\circ} \\ &= \frac{\pi (250+500) \times (78^\circ - 70.5^\circ)}{180^\circ} = 98.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \frac{\pi (R+A) (\gamma_2 - \gamma_1)}{180^\circ} \\ &= \frac{\pi (250+500) \times (84.4^\circ - 78^\circ)}{180^\circ} = 83.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_3 &= \frac{\pi (R+A) (\gamma_3 - \gamma_2)}{180^\circ} \\ &= \frac{\pi (250+500) \times (88.5^\circ - 84.4^\circ)}{180^\circ} = 53.7 \end{aligned}$$

$$f_4 = \frac{\pi (R+A) (\gamma_4 - \gamma_3)}{180^\circ}$$

$$= \frac{\pi(250+500) \times (90^\circ - 88.5^\circ)}{180^\circ} = 19.6$$

$$h_0 = \frac{\pi(R+B)(\beta_1 - \beta_0)}{180^\circ} = \frac{\pi(250+300)(9.9^\circ - 0^\circ)}{180^\circ} = 95$$

$$h_1 = \frac{\pi(R+B)(\beta_2 - \beta_1)}{180^\circ} = \frac{\pi(250+300)(17.8^\circ - 9.9^\circ)}{180^\circ} = 75.8$$

$$h_2 = \frac{\pi(R+B)(\beta_3 - \beta_2)}{180^\circ} = \frac{\pi(250+300)(22.8^\circ - 17.8^\circ)}{180^\circ} = 48$$

$$h_3 = \frac{\pi(R+B)(\beta_4 - \beta_3)}{180^\circ} = \frac{\pi(250+300)(24.4^\circ - 22.8^\circ)}{180^\circ} = 15.4$$

$$h_4 = \frac{\pi R(90^\circ - \beta_4)}{180^\circ} = \frac{250 \times \pi(90^\circ - 24.4^\circ)}{180^\circ} = 286$$

$$l = \frac{250\pi \times 22.5^\circ}{180^\circ} = 98$$

主视图内圆顶点水平线以上的部分为正平面，投影反映实形。因此，与该部分对应的展开图顶部的圆弧曲线可用圆弧半径直接画出。

作前板展开图Ⅲ的方法是：画出直角坐标轴，在竖轴上，由原点向上依次截取 e_0 、 e_1 、 e_2 、 e_3 和 B 。引各截点水平线，并依次截取 a_0 、 b_0 、 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 、 a_3 、 b_3 、 b_4 ，将得出的各点分成内外两组，用光滑曲线依次连接，即得所求前板展开图。

同理，可作出其余各板展开图，如图 2.13 所示。

十二、螺旋管展开放样

螺旋管是由等径圆管沿圆柱螺旋上升 360° 或任意角度而形成，这种螺旋管实际上就是由多节错心圆管弯头组合而成。由于各节节距、上升角和错心角都相等，所以螺旋管的各节展开图也都相同。图 2.14 所示为螺旋管的一部分投影图和展开图。已知尺寸为 d 、 t 、 R 、 h 和一个导程的节数 N 。

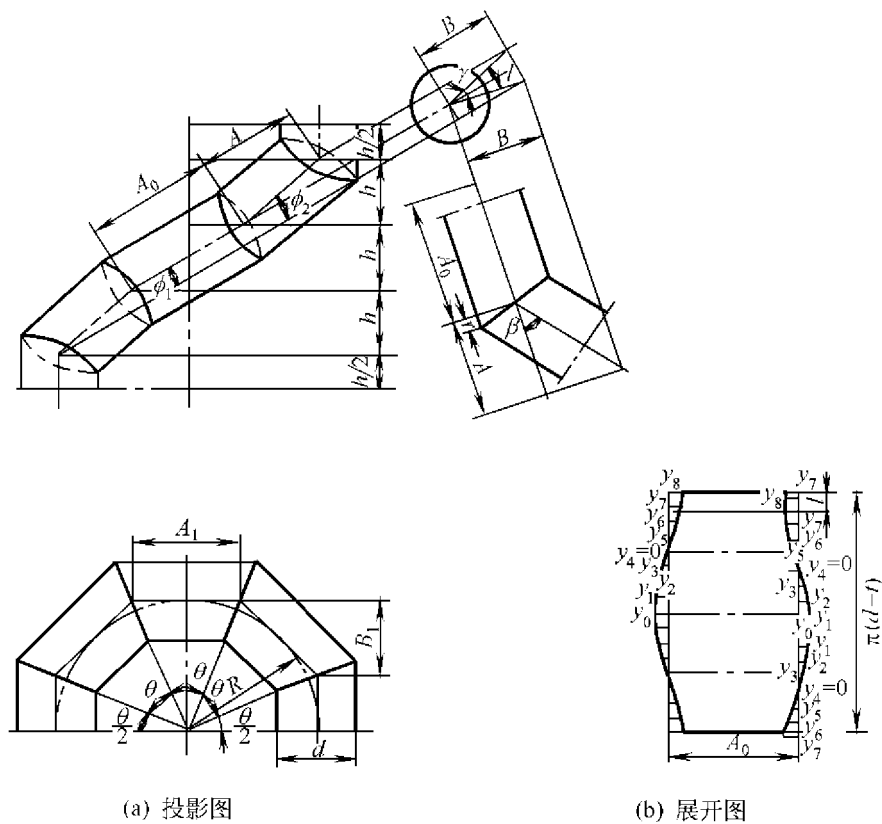


图 2.14 螺旋管展开放样

展开图的计算公式如下

$$\theta = \frac{360^\circ}{N}, h = \frac{H}{N}$$

$$A_1 = 2R \tan \frac{\theta}{2}$$

$$A_0 = \sqrt{A_1^2 + h^2}$$

$$\tan \phi_1 = \frac{h}{A_1}$$

$$\tan \phi_2 = \frac{h}{\frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} \sin \frac{3}{2}\theta - \frac{A_1}{2}}$$

$$A = \cos(\phi_2 - \phi_1) \sqrt{\left[\frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} \sin \frac{3}{2}\theta - \frac{A_1}{2} \right]^2 + h^2}$$

$$B_1 = R \left[1 - \frac{\cos \frac{3}{2}\theta}{\cos \frac{\theta}{2}} \right]$$

$$B = \sqrt{[A \tan(\phi_2 - \phi_1)]^2 + B_1^2}$$

$$\tan \beta = \frac{B}{A}$$

$$\tan \frac{\gamma}{2} = \frac{A \sin(\phi_2 - \phi_1)}{B_1}$$

$$l = \frac{\pi \gamma}{360^\circ} (d - t)$$

$$S = \pi (d - t)$$

展开图曲线坐标值的计算公式如下

$$y_n = r \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ \text{ 时, } r = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{2}$$

$$y_n = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ \text{ 时, } r = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2}$$

$$y_n = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

式中 y_n ——展开图曲线坐标值；

r ——辅助圆半径；

α_n ——辅助圆等分角；

d ——圆管外径；

t ——板厚；

β ——计算角；

A_0 ——螺旋管一节实长；

A_1 —— A_0 的水平投影；

h ——节距；

R ——螺旋管中心半径；

A ——实长图一节轴线对另一节轴线投影长度；

B ——实长图一节轴线对另一节轴线投影高度；

B_1 ——一节轴线对另一节轴端距离；

l ——错心弧距；

γ ——错心角；

θ ——中心角；

ϕ_1, ϕ_2 ——上升角。

将已知数值代入上述公式，根据计算结果便可作出螺旋管的展开图，如图 2.14 所示。

例 2-12 已知一个导程八节螺旋管的中心半径 $R =$

1000, 圆管外径 $d=250$, 板厚 $t=3$, 导程 $H=1600$, 用计算法展开放样。

$$\text{解: } \theta = \frac{360^\circ}{N} = \frac{360^\circ}{8} = 45^\circ$$

$$h = \frac{H}{N} = \frac{1600}{8} = 200$$

$$A_1 = 2R \tan \frac{\theta}{2} = 2 \times 1000 \tan \frac{45^\circ}{2} = 828.4$$

$$A_0 = \sqrt{A_1^2 + h^2} = \sqrt{828.4^2 + 200^2} = 852.2$$

$$\tan \phi_1 = \frac{h}{A_1} = \frac{200}{828.4} = 0.2414, \quad \phi_1 = 13.57^\circ$$

$$\begin{aligned} \tan \phi_2 &= \frac{h}{\frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} \sin \frac{3}{2} \theta - \frac{A_1}{2}} \\ &= \frac{200}{\frac{1000}{\cos \frac{45^\circ}{2}} \sin \left(\frac{3}{2} \times 45^\circ \right) - \frac{828.4}{2}} = 0.3414, \quad \phi_2 = 18.85^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \cos(\phi_2 - \phi_1) \sqrt{\left[\frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} \sin \frac{3}{2} \theta - \frac{A_1}{2} \right]^2 + h^2} \\ &= [\cos(18.85^\circ - 13.57^\circ)] \\ &\quad \sqrt{\left[\frac{1000}{\cos \frac{45^\circ}{2}} \sin \left(\frac{3}{2} \times 45^\circ \right) - \frac{828.4}{2} \right]^2 + 200^2} = 616.4 \end{aligned}$$

$$B_1 = R \left[1 - \frac{\cos \frac{3}{2} \theta}{\cos \frac{\theta}{2}} \right] = 1000 \left[1 - \frac{\cos \left(\frac{3}{2} \times 45^\circ \right)}{\cos \frac{45^\circ}{2}} \right] = 585.78$$

$$B = \sqrt{[A \tan(\phi_2 - \phi_1)]^2 + B_1^2}$$

$$= \sqrt{[616.4 \tan(18.85^\circ - 13.57^\circ)]^2 + 585.78^2} = 588.5$$

$$\tan \beta = \frac{B}{A} = \frac{588.5}{616.4} = 0.9548, \quad \beta = 43.67^\circ$$

$$\tan \frac{\gamma}{2} = \frac{A \sin(\phi_2 - \phi_1)}{B_1} = \frac{616.4 \sin(18.85^\circ - 13.57^\circ)}{585.78}$$

$$= 0.0972, \quad \gamma = 11.1^\circ$$

$$l = \frac{\pi \gamma}{360^\circ} (d - t) = \frac{\pi \times 11.1^\circ}{360^\circ} (250 - 3) = 23.9$$

$$S = \pi (d - t) = \pi (250 - 3) = 776$$

设圆周长度等分数 $n = 16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 以此值递增。

$$y_0 = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_0$$

$$= \frac{1}{2} (250 - 2 \times 3) \tan \frac{43.67^\circ}{2} \cos 0^\circ = 49$$

$$y_1 = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_1$$

$$= \frac{1}{2} (250 - 2 \times 3) \tan \frac{43.67^\circ}{2} \cos 22.5^\circ = 45.3$$

$$y_2 = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_2$$

$$= \frac{1}{2} (250 - 2 \times 3) \tan \frac{43.67^\circ}{2} \cos 45^\circ = 34.6$$

$$y_3 = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_3$$

$$= \frac{1}{2} (250 - 2 \times 3) \tan \frac{43.67^\circ}{2} \cos 67.5^\circ = 18.8$$

$$\begin{aligned}
y_4 &= \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_4 \\
&= \frac{1}{2} (250 - 2 \times 3) \tan \frac{43.67^\circ}{2} \cos 90^\circ = 0 \\
y_5 &= \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_5 \\
&= \frac{1}{2} \times 250 \tan \frac{43.67^\circ}{2} \cos 112.5^\circ = -19.1 \\
y_6 &= \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_6 \\
&= \frac{1}{2} \times 250 \tan \frac{43.67^\circ}{2} \cos 135^\circ = -35.4 \\
y_7 &= \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_7 \\
&= \frac{1}{2} \times 250 \tan \frac{43.67^\circ}{2} \cos 157.5^\circ = -46.2 \\
y_8 &= \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_8 \\
&= \frac{1}{2} \times 250 \tan \frac{43.67^\circ}{2} \cos 180^\circ = -50
\end{aligned}$$

根据以上计算值先画出螺旋管一端展开图，然后再按展开端的里角点（ y_8 ）错位 l 定为另一端的里角点（ y_8 ），并顺次截取各等分点的坐标值，即得展开图，如图 2.14 所示。

十三、圆形风管弯头展开放样

圆形风管弯头的构造图和展开图如图 2.15 所示，圆形风管弯头规格见表 2.25，圆形 30° 、 45° 、 60° 、 90° 弯头展开尺寸分别见表 2.25～表 2.29。

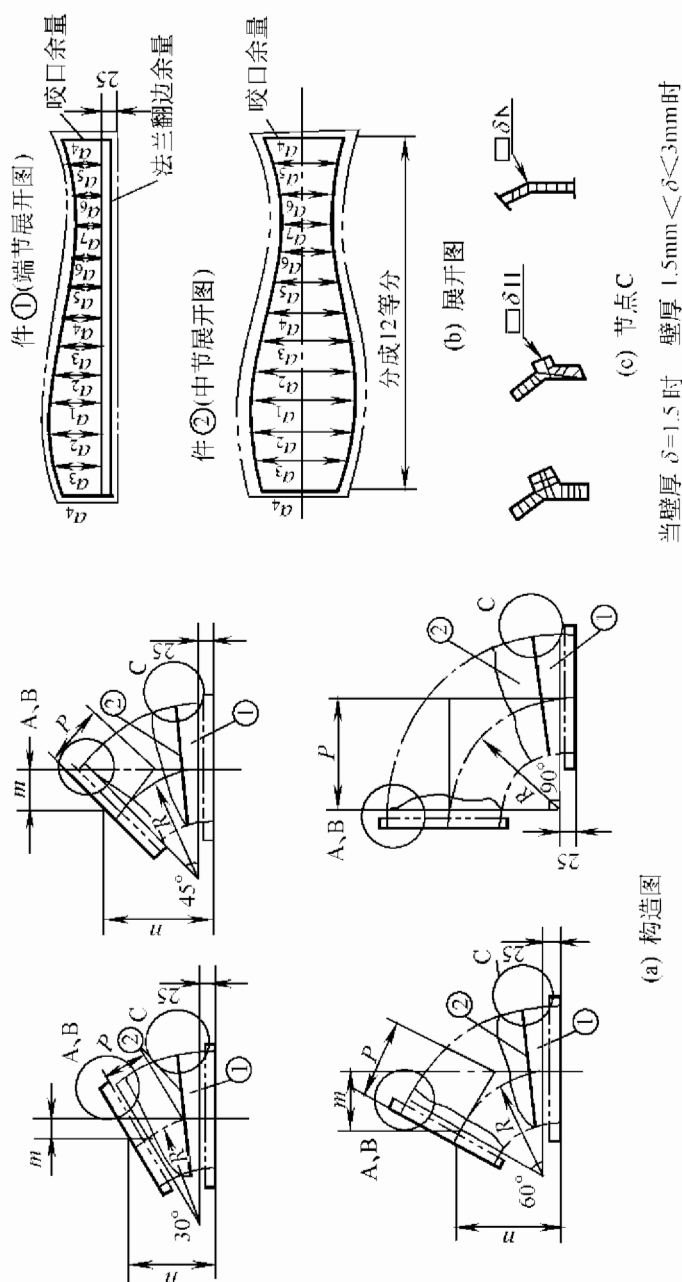


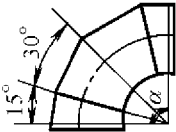
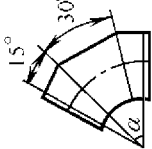


图 2.15 圆形风管弯头的构造图和展开图

注：1. L 为弯头中心径的周长， L 值按外径和壁厚来确定， $L = \pi(D - \delta)$ 。

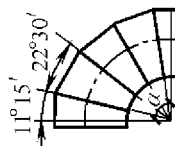
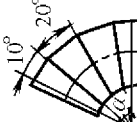
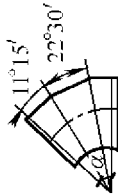

2. δ 为风管壁厚，按通风管道的统一标准执行。

3. 当风管弯头用塑料板和厚板 $\delta \geq 3\text{mm}$ 的钢板制作时，表中管节展开尺寸 $a_1 \sim a_7$ 应考虑壁厚的影响，宜进行铲口处理。

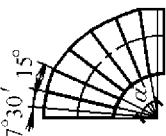
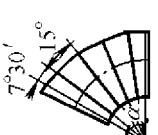
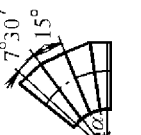

表 2.25 圆形风管弯头规格

序号	弯头外径 D/mm	弯曲半 径 R	弯曲角度 α 和节数 n			
			90°	60°	45°	30°
1	80	$R=D$ 或 $R=1.5D$				
2	90					
3	100					
4	110					
5	120					
6	130					
7	140					
8	150					
9	160					
10	170					
11	180					
12	190					
13	200					
14	210					
15	220					

续表

序号	弯头外径 D/mm	弯曲半 径 R	弯曲角度 α 和节数 n						
			n	90°	n	60°	n	45°	n
16	240	$R=D$ 或 $R=1.5D$		三 中 节 二 端 节		一 中 节 二 端 节		二 端 节	
17	250								
18	260								
19	280								
20	300								
21	320								
22	340								
23	360								
24	380								
25	400								
26	420								
27	450								

续表

序号	弯头外径 D/mm	弯曲半 径 R	弯曲角度 α 和节数 n				
			90°	60°	45°	30°	
28	480	$R=D$ 或 $R=1.5D$					
29	500						
30	530						
31	560						
32	600						
33	630		五中节二端节				
34	670		二中节二端节				
35	700		一中节二端节				
36	750		一中节二端节				
37	800		一中节二端节				
38	850		一中节二端节				
39	900		一中节二端节				
40	950		一中节二端节				
41	1000		一中节二端节				
42	1060		一中节二端节				

续表

序号	弯头外径 D/mm	弯曲半 径 R	弯曲角度 α 和节数 n				
			90°	60°	45°	30°	
43	1120	$R=D$ 或 $R=1.5D$					一中节二端节
44	1180						二中节二端节
45	1250						
46	1320						
47	1400						
48	1500						
49	1600						
50	1700						
51	1800						
52	1900						
53	2000						

表 2.26 圆形风管 30°弯头展开尺寸

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$												
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm								
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7			
1	80	251	二 端 节	23	87	46	0.02	32	31	27	21.5	16	12	11		
2	90	283		25	92	49	0.03	36	34	30	24	18	14	12		
3	100	314		26	97	52	0.03	40	38	33	26.5	20	15	13		
4	110	346		27	102	54	0.04	44	42	37	29.5	22	17	15		
5	120	377		29	107	57	0.04	48	46	40	32	24	18	16		
6	130	408		30	112	60	0.05	52	50	44	35	26	20	18		
7	140	440		31	117	63	0.06	56	54	47	37.5	28	21	19		
8	150	471		33	122	65	0.06	60	57	50	40	30	23	20		
9	160	503		34	127	68	0.07	64	61	54	43	32	25	22		
10	170	534		35	132	71	0.08	68	65	57	45.5	34	26	23		
11	180	566		37	137	73	0.08	72	69	60	48	36	27	24		

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$											
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm							
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7		
12	190	597	二 端 节	38	142	76	0.09	76	73	64	51	38	29	26	
13	200	628		39	147	79	0.10	80	77	67	53.5	40	30	27	
14	210	660		41	152	81	0.11	84	81	70	56	42	31	28	
15	220	691		42	157	84	0.12	88	85	74	59	44	33	30	
16	240	754		45	167	89	0.13	96	92	80	64	48	36	32	
17	250	785		46	172	92	0.14	100	96	84	67	50	38	34	
18	260	817		47	177	95	0.15	104	100	87	69.5	52	39	35	
19	280	880		50	187	100	0.18	112.5	107	94	75	56	43	37.5	
20	300	943		53	197	105	0.20	120	115	100	80	60	45	40	
21	320	1005		55	207	111	0.22	128.5	122.5	107	85.5	64	48.5	42.5	
22	340	1068	58	217	116	0.25	136.5	130.5	114	91	68	51.5	45.5		

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$												
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm								
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7			
23	360	1131	二 端 节	61	227	121	0.27	145	138	121	96.5	72	55	48		
24	380	1194		63	237	127	0.30	152.5	145.5	127	101.5	76	57.5	50.5		
25	400	1257		66	247	132	0.33	160.5	153.5	134	107	80	60.5	53.5		
26	420	1320		69	257	138	0.36	169	161	141	112.5	84	64	56		
27	450	1414		73	272	146	0.41	181	173	151	120.5	90	68	60		
28	480	1508	一 中 节 二 端 节	77	287	154	0.46	94.5	90.5	79	63	47	35.5	31.5		
29	500	1571		80	297	159	0.49	98.5	94	82	65.5	49	37	32.5		
30	530	1665		84	312	167	0.55	104.5	100	87	69.5	52	39	34.5		
31	560	1759		88	327	175	0.61	110.5	105.5	92	73.5	55	41.5	36.5		
32	600	1885		93	347	186	0.69	118.5	113	99	79	59	45	39.5		
33	630	1979		97	362	194	0.76	124.5	119	104	83	62	47	41.5		

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$												
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm								
				m	n	p		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7		
34	670	2105	一 中 节 二 端 节	102	382	204	0.85	132	126	110	88	66	50	44		
35	700	2199		106	397	213	0.92	138	132	115	92	69	52	46		
36	750	2356		113	422	226	1.05	148	141	123	98.5	74	56	49		
37	800	2513		120	447	239	1.18	158	151	132	105.5	79	60	53		
38	850	2670		126	472	253	1.33	168	161	140	112	84	63	56		
39	900	2827		133	497	266	1.48	178	170	148	118.5	89	67	59		
40	950	2985		140	522	280	1.64	187.5	179	156	125	94	71	62.5		
41	1000	3142		147	546	293	1.81	198	189	165	132	99	75	66		
42	1060	3330	155	577	309	2.03	209.5	200	174	139.5	105	79	69.5			
43	1120	3519	163	607	325	2.26	221	211.5	184	147.5	111	83.5	74			
44	1180	3707	171	637	341	2.50	233	223	194	155.5	117	88	78			

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$											
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm							
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7		
45	1250	3927	一 中 节 二 端 节	180	672	360	2.78	247	236	205.5	164.5	123.5	93	82	
46	1320	4147		189	707	379	3.09	260.5	248.5	217	173.5	130	98.5	86.5	
47	1400	4398		200	747	400	3.46	277	264	230	184.5	139	105	92	
48	1500	4712	一 中 节 二 端 节	214	797	429	3.95	196.5	188	164	131	98	74	65.5	
49	1600	5027		227	847	454	4.49	210	201	175	140	105	79	70	
50	1700	5341		240	897	480	5.04	223	213	185.5	148.5	111.5	84	74	
51	1800	5655		254	947	507	5.62	236	226	197	157.5	118	89	79	
52	1900	5969		267	997	534	6.25	249	238	207.5	166	124.5	94	83	
53	2000	6283		281	1047	561	6.91	262.5	251	219	175	131	99	87.5	

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
1	80	251	二 端 节	29	107	57	0.03	43	41	37	32	27	23	21
2	90	283		31	115	61	0.03	48	46.5	42	26	30	25.5	24
3	100	314		33	122	65	0.04	53.5	51.5	46.5	40	33.5	28.5	26.5
4	110	346		35	129	69	0.05	59	57	51.5	44	36.5	31	29
5	120	377		37	137	73	0.06	64	62	56	48	40	34	32
6	130	408		39	144	77	0.06	69.5	67	60.5	52	43.5	37	34.5
7	140	440		41	152	81	0.07	74.5	72	65.5	56	46.5	40	37.5
8	150	471		43	159	85	0.08	80	77.5	70	60	50	42.5	40
9	160	503		45	167	89	0.09	85.5	82.5	74.5	64	53.5	45.5	42.5
10	170	534		47	174	93	0.10	91	88	79.5	68	56.5	48	45
11	180	566		49	182	97	0.12	96	93	84	72	60	51	48

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²							
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
12	190	597	二 端 节	51	189	101	0.12	101.5	98	89	76	63	54	50.5
13	200	628		53	197	105	0.13	107	103	93.5	80	66.5	57	53
14	210	660		55	204	109	0.14	112	108	98	84	70	60	56
15	220	691		57	212	113	0.16	117	113	103	88	73	63	59
16	240	754		61	227	121	0.18	128	124	112	96	80	68	64
17	250	785		63	234	125	0.20	133	129	117	100	83	71	67
18	260	817		65	242	129	0.21	139	134	121	104	87	74	69
19	280	880		69	257	138	0.24	150	145	131	112.5	94	80	75
20	300	943	73	272	146	0.27	161	155	140.5	120.5	100.5	86	80	
21	320	1005	77	287	154	0.31	171	166	150	128.5	107	91	86	
22	340	1068	81	302	162	0.35	182	176	159	136.5	114	97	91	

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
				m	n	p								
23	360	1131	二 端 节	85	317	170	0.38	193	187	169	144.5	120	103	96
24	380	1194		89	332	178	0.42	203.5	196.5	178	152.5	127	108.5	101.5
25	400	1257		93	347	186	0.47	214	207	187	160.5	134	114	107
26	420	1320		97	362	194	0.51	225	217	196.5	168.5	140.5	120	112
27	450	1414		103	384	206	0.58	241	233	211	181	151	129	121
28	480	1508	一 中 节 二 端 节	109	407	218	0.65	126	122	110	94.5	79	67	63
29	500	1571		113	422	226	0.70	131.5	127	115	98.5	82	70	65.5
30	530	1665		119	444	238	0.79	139.5	135	122	104.5	87	74	69.5
31	560	1759		125	467	250	0.87	147.5	142.5	129	110.5	92	78.5	73.5
32	600	1885		133	497	266	0.99	158	153	138	118.5	99	84	79
33	630	1979		139	519	278	1.08	166	161	145	124.5	104	88	83

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²							
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
34	670	2105	一 中 节 二 端 节	147	549	294	1.22	176	170	154	132	110	94	88
35	700	2199		153	572	306	1.33	184	178	161	138	115	98	92
36	750	2356		163	609	326	1.51	197.5	191	172.5	148	123.5	105	98.5
37	800	2513		173	647	346	1.71	211	204	184	158	132	112	105
38	850	2670		183	684	367	1.95	224	217	196	168	140	119	112
39	900	2827		193	722	387	2.16	237	229	207	177.5	148	126	118
40	950	2985		203	759	407	2.39	250	242	219	187.5	156	133	125
41	1000	3142		214	797	427	2.64	263	255	230	197.5	165	140	132
42	1060	3330	226	842	451	2.96	279	270	244	209.5	175	149	140	
43	1120	3519	238	887	475	3.29	295	285	258	221	184	157	147	
44	1180	3707	250	914	499	3.65	311	300	272	233	194	166	155	

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
				45	1250	3927	一 中 节 二 端 节	264	984	527	4.08	329	318	288
46	1320	4147	278	1037	555	4.54		347.5	336	304	260.5	217	185	173.5
47	1400	4398	294	1097	588	5.08		369	356.5	322.5	276.5	230.5	196.5	184
48	1500	4712	二 中 节 二 端 节	314	1172	628	5.80	262	253	229	196.5	164	140	131
49	1600	5027		334	1247	668	6.58	280	271	245	210	175	149	140
50	1700	5341		354	1322	708	7.41	297.5	287.5	260	223	186	158.5	148.5
51	1800	5655	二 中 节 二 端 节	374	1397	748	8.30	315	304	275.5	236	196.5	168	157
52	1900	5969		394	1472	789	9.23	332	321	290	249	208	177	166
53	2000	6283		415	1547	829	10.21	350	338	306	262.5	219	187	175

表 2.27 圆形风管 45°弯头展开尺寸

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	
1	80	251	一 中 节 二 端 节	41	99	58	0.03	24	23	20	16	12	9	8
2	90	283		44	106	62	0.03	27	26	22	18	14	10	9
3	100	314		47	113	66	0.04	30	29	25	20	15	11	10
4	110	346		50	120	71	0.05	32.5	31	27	21.5	16	12	10.5
5	120	377		53	128	75	0.05	36	34	30	24	18	14	12
6	130	408		56	135	79	0.06	38.5	36	32	25.5	19	15	12.5
7	140	440		59	142	83	0.07	42	40	35	28	21	16	14
8	150	471		62	149	87	0.08	44.5	42.5	37	29.5	22	16.5	14.5
9	160	503		65	156	91	0.09	48	46	40	32	24	18	16
10	170	534		67	163	95	0.10	50.5	48	42	33.5	25	19	16.5
11	180	566		70	170	100	0.11	53.5	51	44.5	35.5	26.5	20	17.5

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$											
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm							
				m	n	p		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	
12	190	597	一 中 节 二 端 节	73	177	104	0.12	56.5	54	47	37.5	28	21	18.5	
13	200	628		76	184	108	0.13	60	57	50	40	30	23	20	
14	210	660		79	191	112	0.14	62.5	59.5	52	41.5	31	23.5	20.5	
15	220	691		82	198	116	0.15	66	63	55	44	33	25	22	
16	240	754		88	212	124	0.18	71.5	68	59.5	47.5	35.5	27	23.5	
17	250	785		91	219	129	0.20	74.5	71	62	49.5	37	28	24.5	
18	260	817		94	227	133	0.21	77.5	74	64.5	51.5	38.5	29	25.5	
19	280	880		100	241	141	0.25	84	80	70	56	42	32	28	
20	300	943	106	255	149	0.27	90	86	75	60	45	34	30		
21	320	1005	111	269	158	0.31	95	91	79.5	63.5	47.5	36	32		
22	340	1068	117	283	166	0.34	101	97	84.5	67.5	50.5	38	34		

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$											
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm							
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7		
23	360	1131	一 中 节 二 端 节	123	297	174	0.38	107	102.5	89.5	71.5	53.5	40.5	36	
24	380	1194		129	311	182	0.42	113	108	94	75.5	57	43	38	
25	400	1257		135	325	191	0.46	119	114	99	79.5	60	45	40	
26	420	1320		141	340	199	0.51	125	120	104	83.5	63	47	42	
27	450	1414		150	361	211	0.58	134	128	112	89.5	67	51	45	
28	480	1508	二 中 节 二 端 节	158	382	224	0.65	94.5	90.5	79	63	47	35.5	31.5	
29	500	1571		164	396	232	0.70	98.5	94	82	65.5	49	37	32.5	
30	530	1665		173	417	245	0.78	104.5	100	87	69.5	52	39	34.5	
31	560	1759		182	439	257	0.87	110.5	105.5	92	73.5	55	41.5	36.5	
32	600	1885		193	467	274	0.99	118.5	113	99	79	59	45	39.5	
33	630	1979		202	488	286	1.08	124.5	119	104	83	62	47	41.5	

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$											
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm							
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7		
34	670	2105	二 中 节 二 端 节	214	516	303	1.22	132	126	110	88	66	50	44	
35	700	2199		223	538	315	1.33	138	132	115	92	69	52	46	
36	750	2356		237	573	336	1.52	148	141	123	98.5	74	56	49	
37	800	2513		252	608	356	1.72	158	151	132	105.5	79	60	53	
38	850	2670		267	644	377	1.92	168	161	140	112	84	63	56	
39	900	2827		281	679	398	2.16	178	170	148	118.5	89	67	59	
40	950	2985		296	714	418	2.39	187.5	179	156	125	94	71	62.5	
41	1000	3142	311	750	439	2.64	198	189	165	132	99	75	66		
42	1060	3330	328	792	464	2.96	209.5	200	174	139.5	105	79	69.5		
43	1120	3519	346	835	489	3.30	221	211.5	184	147.5	111	83.5	74		
44	1180	3707	363	877	514	3.65	233	223	194	155.5	117	88	78		

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$												
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm								
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7			
45	1250	3927	二 中 节 二 端 节	384	927	543	4.08	247	236	205.5	164.5	123.5	93	82		
46	1320	4147		404	976	572	4.54	260.5	248.5	217	173.5	130	98.5	86.5		
47	1400	4398		428	1033	605	5.09	277	264	230	184.5	139	105	92		
48	1500	4712	三 中 节 二 端 节	457	1103	646	5.81	222	212	185	148	111	84	74		
49	1600	5027		486	1174	688	6.59	236	226	197	157.5	118	89	79		
50	1700	5341		516	1245	729	7.42	251	240	209	167.5	126	95	84		
51	1800	5655		545	1315	771	8.30	266	254	222	177.5	133	101	89		
52	1900	5969		574	1386	812	9.24	280.5	268	234	187	140	106	93.5		
53	2000	6283		604	1457	853	10.21	295	282	246	197	148	112	99		

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
1	80	251	一 中 节 二 端 节	53	128	75	0.04	32	31	28	24	20	17	16
2	90	283		57	138	81	0.04	35.5	34	31	26.5	22	19	17.5
3	100	314		62	149	87	0.05	40	38.5	35	30	25	21.5	20
4	110	346		66	159	93	0.06	43.5	42	38	32.5	27	23	21.5
5	120	377		70	170	100	0.07	47.5	46	41.5	35.5	29.5	25	23.5
6	130	408		75	181	106	0.08	51.5	49.5	45	38.5	32	27.5	25.5
7	140	440		79	191	112	0.10	56	54	49	42	35	30	28
8	150	471		84	202	118	0.11	59.5	57.5	52	44.5	37	31.5	29.5
9	160	503		88	212	124	0.12	64	62	56	48	40	34	32
10	170	534		92	223	131	0.14	67.5	65	59	50.5	42	36	33.5
11	180	566		97	234	137	0.15	71.5	69	62.5	53.5	44.5	38	35.5

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=1.5D$												
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm								
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7			
12	190	597	一 中 节 二 端 节	101	244	143	0.16	75.5	73	66	56.5	47	40	37.5		
13	200	628		106	255	149	0.18	79.5	77	69.5	59.5	49.5	42	39.5		
14	210	660		110	265	155	0.20	83.5	80.5	73	62.5	52	44.5	41.5		
15	220	691		114	276	162	0.22	88	85	77	66	55	47	44		
16	240	754		123	297	174	0.25	95	92	83.5	71.5	59.5	51	48		
17	250	785		128	308	180	0.27	99	96	87	74.5	62	53	50		
18	260	817		132	318	187	0.29	103	100	90	77.5	65	55	52		
19	280	880		141	340	199	0.34	111	108	97	83.5	70	59	56		
20	300	943	150	361	211	0.38	119	115	104	89.5	75	64	60			
21	320	1005	158	382	224	0.43	127	123	111	95.5	80	68	64			
22	340	1068	167	403	236	0.49	135	131	118	101.5	85	72	68			

续表

R=1.5D															
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	安装尺寸 / mm				表面积 /m ²	管节展开尺寸 / mm						
				m	n	p	a ₁		a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	
				23	360	1131	一 中 节 二 端 节	176	424	249	0.54	143	138	125	107
24	380	1194	185	446	261	0.60		151	146	132	113	94	80	75	
25	400	1257	193	467	274	0.66		159	153	139	119	99	85	79	
26	420	1320	202	488	286	0.73		167	161	146	125	104	89	83	
27	450	1414	二 中 节 二 端 节	215	520	305	0.81	179	173	156	134	112	95	89	
28	480	1508		229	552	323	0.93	126	122	110	94.5	79	67	63	
29	500	1571		237	573	336	1.10	131.5	127	115	98.5	82	70	65.5	
30	530	1665		251	605	354	1.13	139.5	135	122	104.5	87	74	69.5	
31	560	1759		264	637	373	1.26	147.5	142.5	129	110.5	92	78.5	73.5	
32	600	1885		282	679	398	1.43	158	153	138	118.5	99	84	79	
33	630	1979		295	711	416	1.58	166	161	145	124.5	104	88	83	

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²							
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
34	670	2105	二 中 节 二 端 节	312	753	441	1.78	176	170	154	132	110	94	88
35	700	2199		325	785	460	1.93	184	178	161	138	115	98	92
36	750	2356		347	838	491	2.21	197.5	191	172.5	148	123.5	105	98.5
37	800	2513		369	891	522	2.50	211	204	184	158	132	112	105
38	850	2670		391	944	553	2.86	224	217	196	168	140	119	112
39	900	2827		413	997	584	3.16	237	229	207	177.5	148	126	118
40	950	2985		435	1050	615	3.51	250	242	219	187.5	156	133	125
41	1000	3142		457	1103	646	3.88	263	255	230	197.5	165	140	132
42	1060	3330	484	1167	684	4.36	279	270	244	209.5	175	149	140	
43	1120	3519	510	1230	721	4.85	295	285	258	221	184	157	147	
44	1180	3707	536	1294	758	5.37	311	300	272	233	194	166	155	

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
				m	n	p								
45	1250	3927	二 中 节 二 端 节	567	1368	802	6.02	329	318	288	247	206	176	165
46	1320	4147		598	1443	845	6.70	347.5	336	304	260.5	217	185	173.5
47	1400	4398		633	1527	895	7.52	369	356.5	322.5	276.5	230.5	196.5	184
48	1500	4712	三 中 节 二 端 节	677	1633	957	8.57	295	285.5	258.5	221.5	184.5	157.5	148
49	1600	5027		721	1739	1019	9.76	315	304	275.5	236	196.5	168	157
50	1700	5341		765	1846	1081	11.00	335	323.5	293	251	209	178.5	167
51	1800	5655	809	1952	1143	12.31	355	343	310	266	222	189	177	
52	1900	5969	853	2058	1205	13.70	374	361	327	280.5	234	200	187	
53	2000	6283	897	2164	1268	15.16	394	381	345	295.5	246	210	197	

表 2.28 圆形风管 60°弯头展开尺寸

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$												
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm								
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7			
1	80	251	一 中 节 二 端 节	62	107	71	0.03	32	31	27	21.5	16	12	11		
2	90	283		67	115	77	0.04	36	34	30	24	18	14	12		
3	100	314		72	124	83	0.05	40	38	33	26.5	20	15	13		
4	110	346		77	133	89	0.06	44	42	37	29.5	22	17	15		
5	120	377		82	141	94	0.07	48	46	40	32	24	18	16		
6	130	408		87	150	100	0.08	52	50	44	35	26	20	18		
7	140	440		92	159	106	0.09	56	54	47	37.5	28	21	19		
8	150	471		97	167	112	0.10	60	57	50	40	30	23	20		
9	160	503		102	176	117	0.11	64	61	54	43	32	25	22		
10	170	534		107	185	123	0.12	68	65	57	45.5	34	26	23		
11	180	566		112	193	129	0.14	72	69	60	48	36	27	24		

续表

R=D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
12	190	597	一 中 节 二 端 节	117	202	135	0.15	76	73	64	51	38	29	26
13	200	628		122	211	140	0.17	80	77	67	53.5	40	30	27
14	210	660		127	219	146	0.18	84	81	70	56	42	31	28
15	220	691		132	228	152	0.20	88	85	74	59	44	33	30
16	240	754	二 中 节 二 端 节	142	245	164	0.23	63	60.5	52.5	42	31.5	23.5	21
17	250	785		147	254	169	0.25	66	63	55	44	33	25	22
18	260	817		152	263	175	0.27	68.5	65.5	57	45.5	34	25.5	22.5
19	280	880		162	280	187	0.31	74	71	62	49.5	37	28	25
20	300	943		172	297	198	0.35	79	76	66	53	40	30	27
21	320	1005		182	315	210	0.39	85	81	71	56.5	42	32	28
22	340	1068		192	332	221	0.44	90	86	75	60	45	34	30

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$											
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm							
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7		
23	360	1131	二 中 节 二 端 节	202	349	233	0.49	95	91	79	63.5	48	36	32	
24	380	1194		212	367	244	0.54	100	96	84	67	50	38	34	
25	400	1257		222	384	256	0.59	106	101	88	70.5	53	40	35	
26	420	1320		232	401	268	0.65	111	106	92.5	74	55.5	42	37	
27	450	1414		247	427	285	0.74	119	114	99	79.5	60	45	40	
28	480	1508	三 中 节 二 端 节	262	453	302	0.84	94.5	90.5	79	63	47	35.5	31.5	
29	500	1571		272	471	314	0.91	98.5	94	82	65.5	49	37	32.5	
30	530	1665		287	496	331	1.01	104.5	100	87	69.5	52	39	34.5	
31	560	1759		302	522	348	1.13	110.5	105.5	92	73.5	55	41.5	36.5	
32	600	1885		322	557	377	1.28	118.5	113	99	79	59	45	39.5	
33	630	1979		337	583	389	1.41	124.5	119	104	83	62	47	41.5	

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$									
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm					
				m	n	p		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
34	670	2105	三 中 节 二 端 节	357	618	412	1.60	132	126	110	88	66	50
35	700	2199		372	644	429	1.73	138	132	115	92	69	52
36	750	2356		397	687	458	1.98	148	141	123	98.5	74	56
37	800	2513		422	730	487	2.25	158	151	132	105.5	79	60
38	850	2670		447	774	516	2.52	168	161	140	112	84	63
39	900	2827		472	817	545	2.82	178	170	148	118.5	89	67
40	950	2985		497	860	574	3.14	187.5	179	156	125	94	71
41	1000	3142		522	904	602	3.47	198	189	165	132	99	75
42	1060	3330		552	955	637	3.89	209.5	200	174	139.5	105	79
43	1120	3519		582	1007	672	4.33	221	211.5	184	147.5	111	83.5
44	1180	3707		612	1059	706	4.80	233	223	194	155.5	117	88

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=D$												
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm								
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7			
45	1250	3927	三 中 节 二 端 节	647	1120	747	5.37	247	236	205.5	164.5	123.5	93	82		
46	1320	4147		682	1181	787	5.97	260.5	248.5	217	173.5	130	98.5	86.5		
47	1400	4398		722	1250	833	6.71	277	264	230	184.5	139	105	92		
48	1500	4712	五 中 节 二 端 节	772	1337	891	7.66	196.5	188	164	131	98	74	65.5		
49	1600	5027		822	1423	949	8.70	210	201	175	140	105	79	70		
50	1700	5341		872	1510	1007	9.80	223	213	185.5	148.5	111.5	84	74		
51	1800	5655		922	1596	1064	11.00	236	226	197	157.5	118	89	79		
52	1900	5969		972	1683	1122	12.21	249	238	207.5	166	124.5	94	83		
53	2000	6283		1022	1770	1180	13.50	262.5	251	219	175	131	99	87.5		

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
1	80	251	一 中 节 二 端 节	82	141	94	0.05	43	41	37	32	27	23	21
2	90	283		89	154	103	0.06	48	46.5	42	26	30	25.5	24
3	100	314		97	167	112	0.07	53.5	51.5	46.5	40	33.5	28.5	26.5
4	110	346		104	180	120	0.08	59	57	51.5	44	36.5	31	29
5	120	377		112	193	129	0.09	64	62	56	48	40	34	32
6	130	408		119	206	138	0.11	69.5	67	60.5	52	43.5	37	34.5
7	140	440		127	219	146	0.12	74.5	72	65.5	56	46.5	40	37.5
8	150	471		134	232	155	0.14	80	77.5	70	60	50	42.5	40
9	160	503		142	245	164	0.15	85.5	82.5	74.5	64	53.5	45.5	42.5
10	170	534		149	258	172	0.17	91	88	79.5	68	56.5	48	45
11	180	566		157	271	181	0.19	96	93	84	72	60	51	48

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	$R=1.5D$												
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm								
				m	n	p	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7			
12	190	597	一 中 节 二 端 节	164	284	190	0.21	101.5	98	89	76	63	54	50.5		
13	200	628		172	297	198	0.23	107	103	93.5	80	66.5	57	53		
14	210	660		179	310	207	0.25	112	108	98	84	70	60	56		
15	220	691		187	323	216	0.28	117	113	103	88	73	63	59		
16	240	754	二 中 节 二 端 节	202	349	233	0.32	85	82	74	63.5	53	45	42		
17	250	785		209	362	242	0.35	88	85	77	66	55	47	44		
18	260	817		217	375	250	0.38	91.5	88.5	80	68.5	57	48.5	45.5		
19	280	880		232	401	268	0.43	99	95	86.5	74	61.5	53	49		
20	300	943		247	427	285	0.50	105	102	92	79	66	56	53		
21	320	1005		262	453	302	0.56	113	109	99	84.5	70	60	56		
22	340	1068		277	479	319	0.63	120	116	105	90	75	64	60		

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
23	360	1131	二 中 节 二 端 节	292	505	337	0.70	127	122	111	95	79	68	63
24	380	1194		307	531	354	0.78	134	129	117	100.5	84	72	67
25	400	1257		322	557	371	0.86	140.5	136	123	105.5	88	75	70.5
26	420	1320		337	583	389	0.95	148	143	129	111	93	79	74
27	450	1414		359	622	415	1.07	159	153	139	119	99	85	79
28	480	1508	三 中 节 二 端 节	382	661	414	1.22	126	122	110	94.5	79	67	63
29	500	1571		397	687	458	1.32	131.5	127	115	98.5	82	70	65.5
30	530	1665		419	726	484	1.48	139.5	135	122	104.5	87	74	69.5
31	560	1759		442	765	510	1.64	147.5	142.5	129	110.5	92	78.5	73.5
32	600	1885		472	817	545	1.88	158	153	138	118.5	99	84	79
33	630	1979		494	856	571	2.07	166	161	145	124.5	104	88	83

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
34	670	2105	三 中 节 二 端 节	524	908	605	2.33	176	170	154	132	110	94	88
35	700	2199		547	947	631	2.54	184	178	161	138	115	98	92
36	750	2356		584	1012	675	2.90	197.5	191	172.5	148	123.5	105	98.5
37	800	2513		622	1077	718	3.30	211	204	184	158	132	112	105
38	850	2670		659	1142	761	3.76	224	217	196	168	140	119	112
39	900	2827		697	1207	804	4.17	237	229	207	177.5	148	126	118
40	950	2985		734	1272	848	4.63	250	242	219	187.5	156	133	125
41	1000	3142		772	1337	891	5.12	263	255	230	197.5	165	140	132
42	1060	3330	817	1414	943	5.75	279	270	244	209.5	175	149	140	
43	1120	3519	862	1492	995	6.40	295	285	258	221	184	157	147	
44	1180	3707	907	1570	1047	7.11	311	300	272	233	194	166	155	

续表

R=1.5D														
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节 数	管节展开尺寸/mm										
				安装尺寸/mm			表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
				m	n	p		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
45	1250	3927	三 中 节 二 端 节	959	1661	1108	7.96	329	318	288	247	206	176	165
46	1320	4147		1012	1752	1168	8.85	347.5	336	304	260.5	217	185	173.5
47	1400	4398		1072	1856	1238	9.92	369	356.5	322.5	276.5	230.5	196.5	184
48	1500	4712	五 中 节 二 端 节	1147	1986	1324	11.37	262	253	229	196.5	164	140	131
49	1600	5027		1222	2116	1411	12.85	280	271	245	210	175	149	140
50	1700	5341		1297	2246	1497	14.56	297.5	287.5	260	223	186	158.5	148.5
51	1800	5655		1372	2376	1584	16.30	315	304	275.5	236	196.5	168	157
52	1900	5969		1447	2506	1671	18.10	332	321	290	249	208	177	166
53	2000	6283		1522	2636	1757	20.10	350	338	306	262.5	219	187	175

表 2.29 圆形风管 90°弯头展开尺寸

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	$R=D$								
				安装尺寸 p /mm	表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
						a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
1	80	251	二 中 节 二 端 节	105	0.04	32	31	27	21.5	16	12	11
2	90	283		115	0.06	36	34	30	24	18	14	12
3	100	314		125	0.07	40	38	33	26.5	20	15	13
4	110	346		135	0.08	44	42	37	29.5	22	17	15
5	120	377		145	0.09	48	46	40	32	24	18	16
6	130	408		155	0.11	52	50	44	35	26	20	18
7	140	440		165	0.12	56	54	47	37.5	28	21	19
8	150	471		175	0.14	60	57	50	40	30	23	20
9	160	503		185	0.15	64	61	54	43	32	25	22
10	170	534		195	0.17	68	65	57	45.5	34	26	23
11	180	566		205	0.19	72	69	60	48	36	27	24

续表

R=D													
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	管节展开尺寸/mm									
				安装尺寸 p/mm	表面积 /m ²	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	
12	190	597	二 中 节 二 端 节	215	0.21	76	73	64	51	38	29	26	
13	200	628		225	0.23	80	77	67	53.5	40	30	27	
14	210	660		235	0.26	84	81	70	56	42	31	28	
15	220	691		245	0.28	88	85	74	59	44	33	30	
16	240	754	三 中 节 二 端 节	265	0.33	71.5	68	59.5	47.5	35.5	27	23.5	
17	250	785		275	0.35	74.5	71	62	49.5	37	28	24.5	
18	260	817		285	0.38	77.5	74	64.5	51.5	38.5	29	25.5	
19	280	880		305	0.44	84	80	70	56	42	32	28	
20	300	943		325	0.50	90	86	75	60	45	34	30	
21	320	1005		345	0.56	95	91	79.5	63.5	47.5	36	32	
22	340	1068		365	0.63	101	97	84.5	67.5	50.5	38	34	

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	$R=D$								
				安装尺寸 p /mm	表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
						a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
23	360	1131	二 中 节 二 端 节	385	0.71	107	102.5	89.5	71.5	53.5	40.5	36
24	380	1194		405	0.78	113	108	94	75.5	57	43	38
25	400	1257		425	0.86	119	114	99	79.5	60	45	40
26	420	1320		445	0.95	125	120	104	83.5	63	47	42
27	450	1414		475	1.08	134	128	112	89.5	67	51	45
28	480	1508	五 中 节 二 端 节	505	1.22	94.5	90.5	79	63	47	35.5	31.5
29	500	1571		525	1.32	98.5	94	82	65.5	49	37	32.5
30	530	1665		555	1.48	104.5	100	87	69.5	52	39	34.5
31	560	1759		585	1.65	110.5	105.5	92	73.5	55	41.5	36.5
32	600	1885		625	1.88	118.5	113	99	79	59	45	39.5
33	630	1979		655	2.07	124.5	119	104	83	62	47	41.5

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	$R=D$								
				安装尺寸 p /mm	表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
						a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
34	670	2105	五 中 节 二 端 节	695	2.34	132	126	110	88	66	50	44
35	700	2199		725	2.54	138	132	115	92	69	52	46
36	750	2356		775	2.91	148	141	123	98.5	74	56	49
37	800	2513		825	3.30	158	151	132	105.5	79	60	53
38	850	2670		875	3.72	168	161	140	112	84	63	56
39	900	2827		925	4.16	178	170	148	118.5	89	67	59
40	950	2985		975	4.63	187.5	179	156	125	94	71	62.5
41	1000	3142		1025	5.12	198	189	165	132	99	75	66
42	1060	3330	1085	5.75	209.5	200	174	139.5	105	79	69.5	
43	1120	3519	1145	6.41	221	211.5	184	147.5	111	83.5	74	
44	1180	3707	1205	7.10	233	223	194	155.5	117	88	78	

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	$R=D$								
				安装尺寸 p /mm	表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
						a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
45	1250	3927	五 中 节 二 端 节	1275	8.00	247	236	205.5	164.5	123.5	93	82
46	1320	4147		1345	8.86	260.5	248.5	217	173.5	130	98.5	86.5
47	1400	4398		1425	9.95	277	264	230	184.5	139	105	92
48	1500	4712	八 中 节 二 端 节	1525	11.37	196.5	188	164	131	98	74	65.5
49	1600	5027		1625	12.95	210	201	175	140	105	79	70
50	1700	5341		1725	14.59	223	213	185.5	148.5	111.5	84	74
51	1800	5655		1825	16.31	236	226	197	157.5	118	89	79
52	1900	5969		1925	18.16	249	238	207.5	166	124.5	94	83
53	2000	6283		2025	20.10	262.5	251	219	175	131	99	87.5

续表

				R=1.5D								
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	管节展开尺寸/mm								
				安装尺寸 p/mm	表面积 /m ²	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
1	80	251	二 中 节 二 端 节	145	0.06	43	41	37	32	27	23	21
2	90	283		160	0.08	48	46.5	42	26	30	25.5	24
3	100	314		175	0.09	53.5	51.5	46.5	40	33.5	28.5	26.5
4	110	346		190	0.11	59	57	51.5	44	36.5	31	29
5	120	377		205	0.13	64	62	56	48	40	34	32
6	130	408		220	0.15	69.5	67	60.5	52	43.5	37	34.5
7	140	440		235	0.17	74.5	72	65.5	56	46.5	40	37.5
8	150	471		250	0.19	80	77.5	70	60	50	42.5	40
9	160	503		265	0.22	85.5	82.5	74.5	64	53.5	45.5	42.5
10	170	534		280	0.25	91	88	79.5	68	56.5	48	45
11	180	566		295	0.27	96	93	84	72	60	51	48

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	$R=1.5D$								
				安装尺寸 p /mm	表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
						a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
12	190	597	二 中 节 二 端 节	310	0.30	101.5	98	89	76	63	54	50.5
13	200	628		325	0.33	107	103	93.5	80	66.5	57	53
14	210	660		340	0.37	112	108	98	84	70	60	56
15	220	691		355	0.40	117	113	103	88	73	63	59
16	240	754	三 中 节 二 端 节	385	0.47	95	92	83.5	71.5	59.5	51	48
17	250	785		400	0.51	99	96	87	74.5	62	53	50
18	260	817		415	0.55	103	100	90	77.5	65	55	52
19	280	880		445	0.63	111	108	97	83.5	70	59	56
20	300	943		475	0.72	119	115	104	89.5	75	64	60
21	320	1005		505	0.82	127	123	111	95.5	80	68	64
22	340	1068		535	0.92	135	131	118	101.5	85	72	68

续表

				R=1.5D								
序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	安装尺寸 p/mm	表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
						a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇
23	360	1131	二 中 节 二 端 节	565	1.03	143	138	125	107	89	76	71
24	380	1194		595	1.14	151	146	132	113	94	80	75
25	400	1257		625	1.26	159	153	139	119	99	85	79
26	420	1320		655	1.39	167	161	146	125	104	89	83
27	450	1414		700	1.59	179	173	156	134	112	95	89
28	480	1508	五 中 节 二 端 节	745	1.79	126	122	110	94.5	79	67	63
29	500	1571		775	1.94	131.5	127	115	98.5	82	70	65.5
30	530	1665		820	2.17	139.5	135	122	104.5	87	74	69.5
31	560	1759		865	2.43	147.5	142.5	129	110.5	92	78.5	73.5
32	600	1885		925	2.77	158	153	138	118.5	99	84	79
33	630	1979		970	3.06	166	161	145	124.5	104	88	83

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	$R=1.5D$								
				安装尺寸 p /mm	表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
						a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
34	670	2105	五中节二端节	1030	3.46	176	170	154	132	110	94	88
35	700	2199		1075	3.76	184	178	161	138	115	98	92
36	750	2356		1150	4.31	197.5	191	172.5	148	123.5	105	98.5
37	800	2513		1225	4.89	211	204	184	158	132	112	105
38	850	2670		1300	5.57	224	217	196	168	140	119	112
39	900	2827		1375	6.17	237	229	207	177.5	148	126	118
40	950	2985		1450	6.87	250	242	219	187.5	156	133	125
41	1000	3142		1525	7.61	263	255	230	197.5	165	140	132
42	1060	3330		1615	8.55	279	270	244	209.5	175	149	140
43	1120	3519		1705	9.52	295	285	258	221	184	157	147
44	1180	3707		1795	10.55	311	300	272	233	194	166	155

续表

序号	弯头 外径 D /mm	外周长 πD /mm	节数	$R=1.5D$								
				安装尺寸 p /mm	表面积 /m ²	管节展开尺寸/mm						
						a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
45	1250	3927	五 中 节 二 端 节	1900	11.84	329	318	288	247	206	176	165
46	1320	4147		2005	14.19	347.5	336	304	260.5	217	185	173.5
47	1400	4398		2125	14.80	369	356.5	322.5	276.5	230.5	196.5	184
48	1500	4712	八 中 节 二 端 节	2275	16.94	262	253	229	196.5	164	140	131
49	1600	5027		2425	19.15	280	271	245	210	175	149	140
50	1700	5341		2575	21.70	297.5	287.5	260	223	186	158.5	148.5
51	1800	5655		2725	24.30	315	304	275.5	236	196.5	168	157
52	1900	5969		2875	27.00	332	321	290	249	208	177	166
53	2000	6283		3025	30.00	350	338	306	262.5	219	187	175

十四、矩形风管弯头展开放样

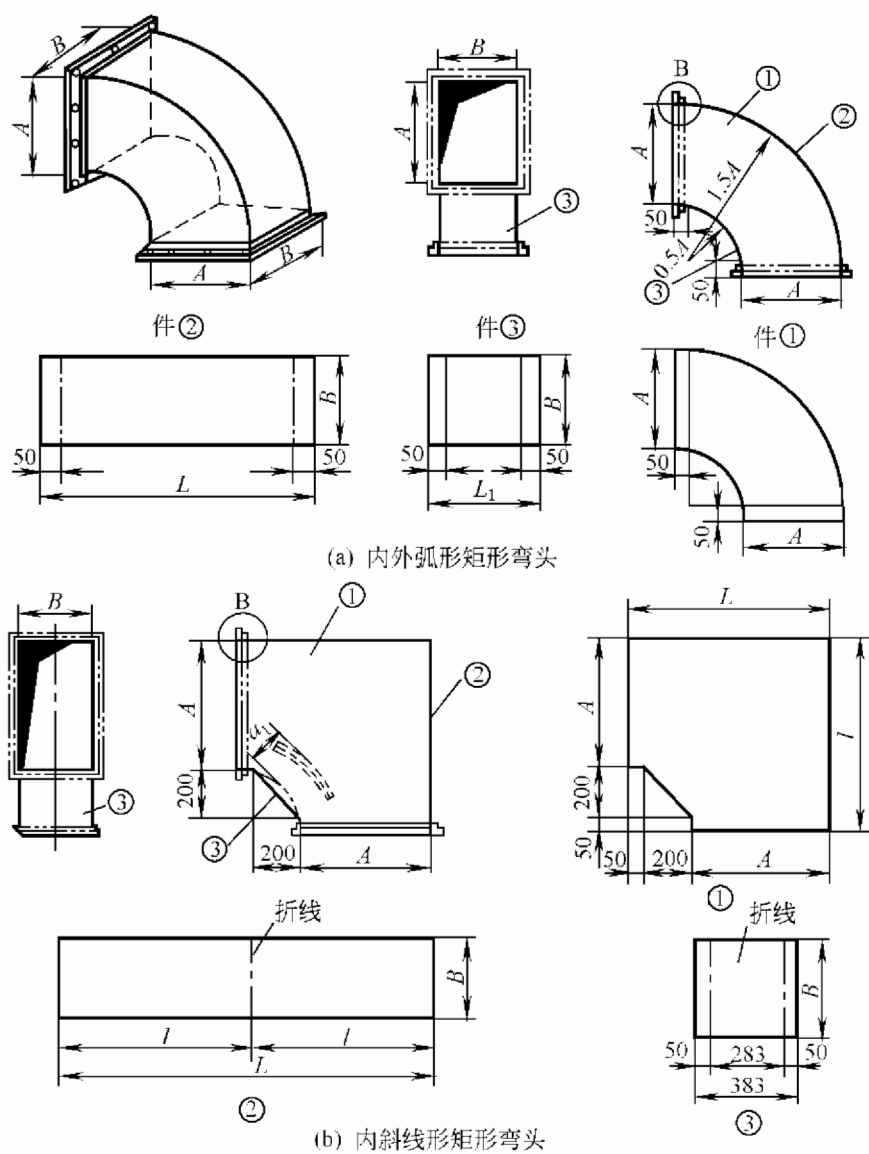


图 2.16 矩形风管弯头构造 (一)

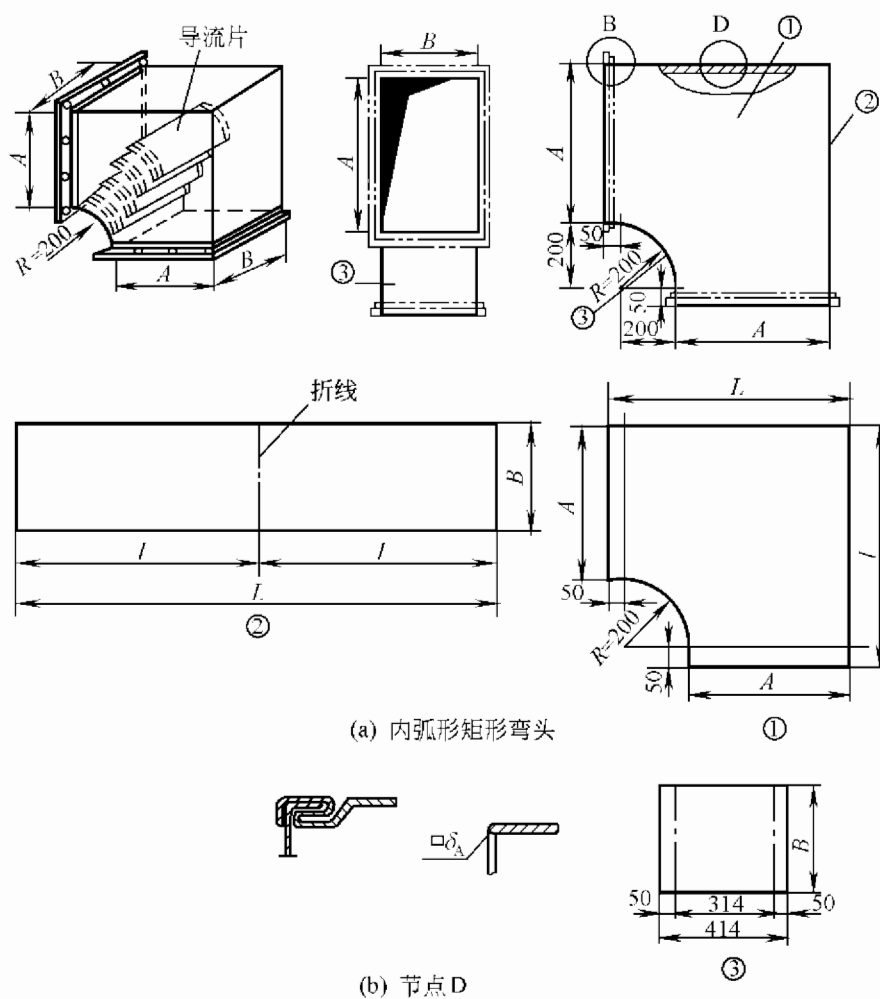


图 2.17 矩形风管弯头构造 (二)

矩形风管弯头构造如图 2.16 和图 2.17 所示, 矩形风管弯头规格和展开尺寸见表 2.30, 矩形风管弯头导流片构造和尺寸见表 2.31。

图 2.16 和图 2.17 中: ①所示尺寸均为净尺寸, 不包括

咬口法兰翻边余量。②三种矩形弯头材料近似，按同样方法计算。③内弧形矩形弯头与内斜线形矩形弯头，除内侧板③尺寸不同外，其余均相同。

表 2.30 矩形风管弯头规格和展开尺寸

内外弧形矩形弯头					
序号	弯头规格		L_1 /mm	L /mm	F /m ²
	A /mm	B /mm			
1	120	120	194	383	0.14
2		160			0.16
3		200			0.19
4		250			0.21
5	160	120	226	477	0.20
6		160			0.23
7		200			0.25
8		250			0.29
9		320			0.34
10	200	120	257	574	0.27
11		160			0.30
12		200			0.33
13		250			0.37
14		320			0.43
15		400			0.50
16		500			0.58

续表

内外弧形矩形弯头					
序号	弯头规格		L_1 /mm	L /mm	F /m ²
	A/mm	B/mm			
17	250	120	296	698	0.36
18		160			0.41
19		200			0.45
20		250			0.50
21		320			0.56
22		400			0.64
23		500			0.74
24		630			0.87
25	320	160	351	855	0.58
26		200			0.63
27		250			0.69
28		320			0.77
29		400			0.87
30		500			0.99
31		630			1.15
32		800			1.35
33		1000			1.59

续表

内外弧形矩形弯头					
序号	弯头规格		L_1 /mm	L /mm	F /m ²
	A /mm	B /mm			
34	400	200	414	1043	0.87
35		250			0.95
36		320			1.05
37		400			1.17
38		500			1.31
39		630			1.50
40		800			1.75
41		1000			2.04
42		1250			2.40
43	500	200	493	1278	1.24
44		250			1.33
45		320			1.45
46		400			1.60
47		500			1.77
48		630			2.00
49		800			2.30
50		1000			2.66
51		1250			3.10
52		1600			3.72

续表

内弧(内斜线)外方形矩形弯头					
序号	弯头规格		L_1 /mm	L /mm	F /m ²
	A/mm	B/mm			
1	500	200	750	1500	1.46
2		250			1.54
3		320			1.67
4		400			1.83
5		500			2.02
6		630			2.27
7		800			2.59
8		1000			2.98
9		1250			3.46
10		1600			4.13
11	630	250	880	1760	2.02
12		320			2.18
13		400			2.36
14		500			2.57
15		630			2.86
16		800			3.23
17		1000			3.66
18		1250			4.20
19		1600			4.96

续表

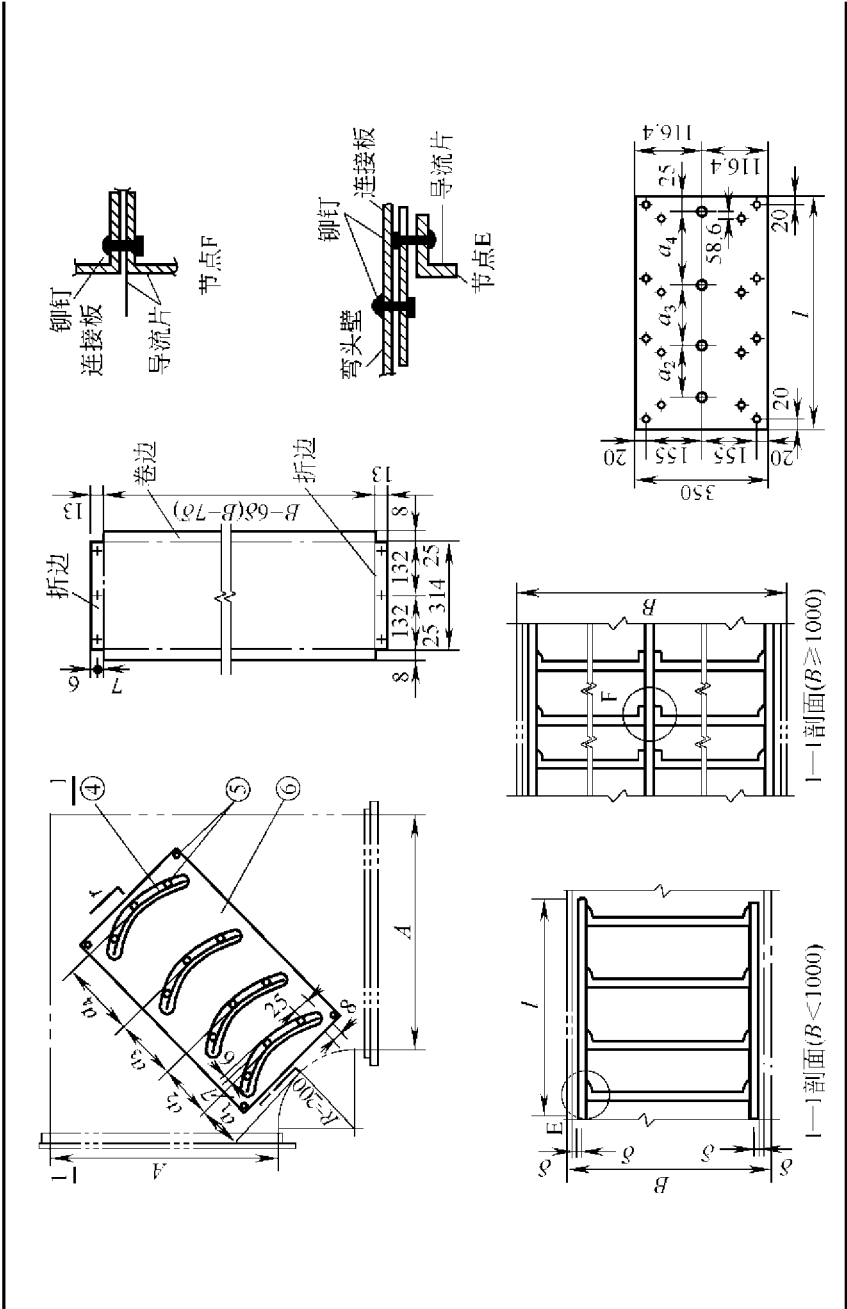
内弧(内斜线)外方形矩形弯头					
序号	弯头规格		L_1 /mm	L /mm	F /m ²
	A /mm	B /mm			
20	800	320	1050	2100	2.95
21		400			3.15
22		500			3.40
23		630			3.73
24		800			4.15
25		1000			4.66
26		1250			5.29
27		1600			6.16
28		2000			7.17
29	1000	320	1250	2500	3.99
30		400			4.23
31		500			4.52
32		630			4.90
33		800			5.39
34		1000			5.98
35		1250			6.71
36		1600			7.72
37		2000			8.89

续表

内弧(内斜线)外方形矩形弯头					
序号	弯头规格		L_1 /mm	L /mm	F /m ²
	A /mm	B /mm			
38	1250	400	1500	3000	5.80
39		500			6.14
40		630			6.59
41		800			7.17
42		1000			7.85
43		1600			9.90
44		2000			11.27
45	1600	500	1850	3700	8.84
46		630			9.37
47		800			10.07
48		1000			10.90
49		1250			11.93
50	2000	800	2250	4500	13.99
51		1000			14.98
52		1250			16.20

注：表中弯头的表面积 F ，不包括咬口和翻边余量。

表 2.31 矩形风管弯头导流片构造和尺寸



续表

尺寸表/mm															
型号	A	片数	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	l
1	500	4	95	120	140	165									510
2	630	4	115	145	170	200									610
3	800	6	105	125	140	160	175	195							880
4	1000	7	115	130	150	165	180	200	215						1130
5	1250	8	125	140	155	170	190	205	220	235					1410
6	1600	10	135	150	160	175	190	205	215	230	245	255			1930
7	2000	12	145	155	170	180	195	205	215	230	240	255	265	280	2500

续表

材料明细表									
B	导流片			铆钉			连接板		
	个数	材料规格	面积/m ²	个数	规格	铆钉孔间距/mm	个数	材料规格	面积/mm ²
200	1	同弯头	0.075	6	φ3.6 ×7 (10号)	200	2	同弯头	l×350
250	1		0.091	6			2		
320	1		0.114	6			2		
400	1		0.14	6			2		
500	1		0.17	6			2		
630	1		0.216	6			2		
800	1		0.273	6			2		
1000	1		0.425	9			3		
1250	1		0.502	9			3		
1600	1		0.623	9			3		
2000	1		0.755	9			3		

注：δ为弯头壁厚。

十五、等径直交三通管展开放样

等径直交三通管的相贯线为两条相交的平面曲线，由于平面曲线垂直于正投影面，其正面投影为两条相交直线，如图 2.18 所示。从图中可知两管相贯线对称，其展开图也对称。

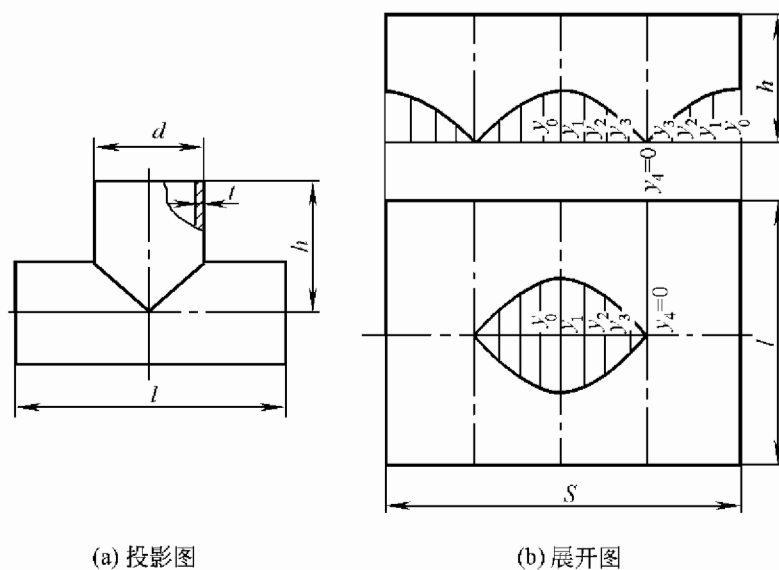


图 2.18 等径直交三通管展开放样

竖直管下端展开曲线坐标值和水平管开孔展开图的计算公式如下

$$y_n = \frac{1}{2} d \cos \alpha_n$$

$$S = \pi (d - t)$$

式中 y_n ——展开曲线坐标值和水平管开孔宽度坐标值；
 d ——圆管外径；
 α_n ——断面等分角。

展开图周长等分数的计算公式如下：

当 $n=12$ 时， $\alpha_1 = \frac{90^\circ}{3} = 30^\circ$ ， $\alpha_2 = 2\alpha_1 = 60^\circ$ ， $\alpha_3 = 3\alpha_1 = 90^\circ$ 。

计算式：

$$y_0 = \frac{1}{2}d\cos\alpha_0 = \frac{1}{2}d\cos 0^\circ = 0.5d$$

$$y_1 = \frac{1}{2}d\cos\alpha_1 = \frac{1}{2}d\cos 30^\circ = 0.433d$$

$$y_2 = \frac{1}{2}d\cos\alpha_2 = \frac{1}{2}d\cos 60^\circ = 0.25d$$

$$y_3 = \frac{1}{2}d\cos\alpha_3 = \frac{1}{2}d\cos 90^\circ = 0$$

同理，可求出其他各等分数的展开计算坐标值。为便于使用，将等径直交三通管展开曲线坐标值及开孔宽度坐标值列于表 2.32 中。

例 2-13 如图 2.18 所示，设等径直交三通管外径 $d=500$ ，板厚 $t=10$ ，水平管长度 $L=1000$ ，竖直管高度 $h=600$ ，试计算放样。

解：设圆管展开周长等分数 $n=16$ ，查表 2.32 得

$$y_0 = 0.5d = 0.5 \times 500 = 250$$

$$y_1 = 0.4619d = 0.4619 \times 500 = 231$$

$$y_2 = 0.3536d = 0.3536 \times 500 = 176.8$$

$$y_3 = 0.1913d = 0.1913 \times 500 = 95.7$$

$$y_4 = 0$$

$$\text{展开周长 } S = \pi(d-t) = 3.1416 \times (500-10) = 1539.4$$

根据以上各计算值即可作出三通管的展开图，如图 2.18 所示。

表 2.32 等径直交三通管展开图曲线坐标值及开孔宽度坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	0.5d	0.5d	0.5d	0.5d	0.5d	0.5d
y_1	0.433d	0.4619d	0.483d	0.4904d	0.4938d	0.4957d
y_2	0.25d	0.3536d	0.433d	0.4619d	0.4755d	0.483d
y_3	0	0.1913d	0.3536d	0.4157d	0.4455d	0.4619d
y_4		0	0.25d	0.3536d	0.4045d	0.433d
y_5			0.1294d	0.2778d	0.3536d	0.3967d
y_6			0	0.1913d	0.2939d	0.3536d
y_7				0.0975d	0.227d	0.3044d
y_8				0	0.1514d	0.25d
y_9					0.0782d	0.1913d
y_{10}					0	0.1294d
y_{11}						0.0653d
y_{12}						0

十六、等径直交补料三通管展开放样

图 2.19 表示等径直交补料三通管，它是由主管Ⅰ、支管Ⅱ和两块补料带Ⅲ组成的。从图中可以看出补料带左右对称，中间三角形平面为正平面，反映实形。已知尺寸为 l 、 H 、 d 、 t 、 b 、 45° 。

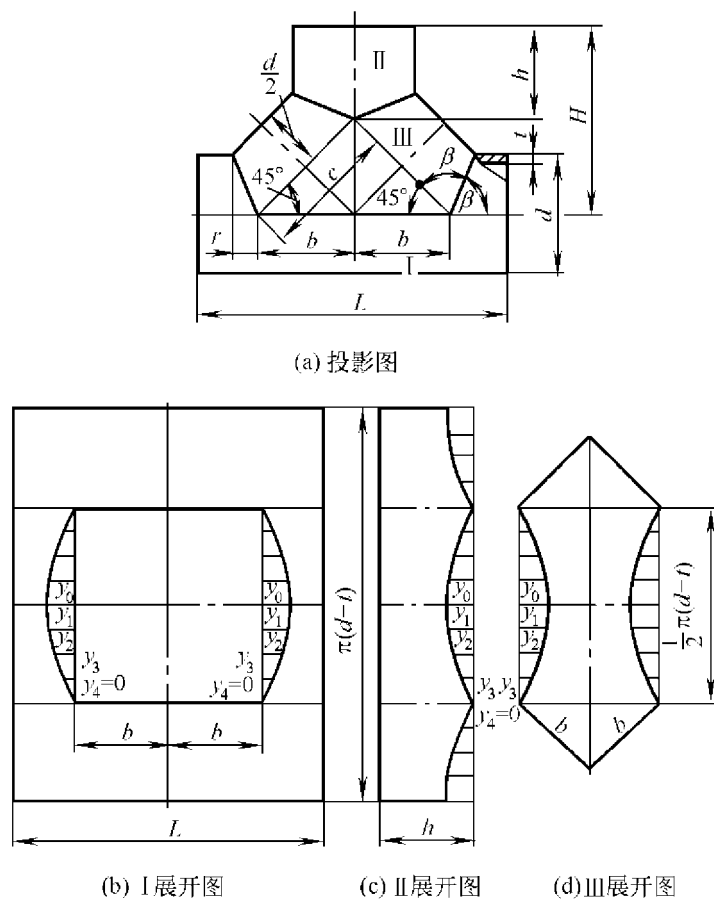


图 2.19 等径直交补料三通管展开放样

展开图曲线坐标值的计算式

$$y_n = r \cos \alpha_n$$

式中, 辅助圆半径 $r = \frac{1}{2} d \cot \beta$, $\beta = \frac{1}{2} (180^\circ - 45^\circ) = 67.5^\circ$ 。

将 r 值代入上式得

$$\begin{aligned} y_n &= r \cos \alpha_n = \frac{1}{2} d \cot \beta \cos \alpha_n \\ &= \frac{1}{2} d \cot 67.5^\circ \cos \alpha_n = 0.2071 d \cos \alpha_n \end{aligned}$$

$$c = \sqrt{2} b$$

$$h = H - b$$

$$S = \pi (d - t)$$

式中符号的意义如图 2.19 所示。

由于本例展开曲线以 $1/4$ 圆周角为对称, 因此, α_n 取 90° 为止。

当等分数 $n=12$ 时, $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$, $\alpha_2 = 60^\circ$, $\alpha_3 = 90^\circ$ 。

计算式:

$$y_0 = 0.2071 d \cos \alpha_0 = 0.2071 d \cos 0^\circ = 0.2071 d$$

$$y_1 = 0.2071 d \cos \alpha_1 = 0.2071 d \cos 30^\circ = 0.1794 d$$

$$y_2 = 0.2071 d \cos \alpha_2 = 0.2071 d \cos 60^\circ = 0.1036 d$$

$$y_3 = 0.2071 d \cos \alpha_3 = 0.2071 d \cos 90^\circ = 0$$

同理, 可求出其他各等分数的竖管展开图曲线坐标值。水平管的开孔尺寸与竖直管展开图相对应的曲线坐标值相等。为便于使用, 将等径直交补料三通管展开曲线坐标值及开孔系数值列于表 2.33 中。

表 2.33 等径直交补料三通管展开图曲线坐标值和开孔系数值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$
y_1	$0.1794d$	$0.1913d$	$0.2d$	$0.2031d$	$0.2046d$	$0.2053d$
y_2	$0.1036d$	$0.1464d$	$0.1794d$	$0.1913d$	$0.197d$	$0.2d$
y_3	0	$0.0793d$	$0.1464d$	$0.1722d$	$0.1845d$	$0.1913d$
y_4		0	$0.1036d$	$0.1464d$	$0.1675d$	$0.1794d$
y_5			$0.0536d$	$0.1151d$	$0.1464d$	$0.1643d$
y_6			0	$0.0793d$	$0.1217d$	$0.1464d$
y_7				$0.0404d$	$0.094d$	$0.1261d$
y_8				0	$0.064d$	$0.1036d$
y_9					$0.0324d$	$0.0793d$
y_{10}					0	$0.0536d$
y_{11}						$0.027d$
y_{12}						0

例 2-14 如图 2.19 所示, 已知等径直交补料三通管外径 $d=500$, 板厚 $t=10$, $L=1500$, $b=350$, $H=800$, 试用计算放样。

解: 设展开周长等分数 $n=16$, 查表 2.33 得

$$y_0 = 0.2071d = 0.2071 \times 500 = 103.6$$

$$y_1 = 0.1913d = 0.1913 \times 500 = 95.7$$

$$y_2 = 0.1464d = 0.1464 \times 500 = 73$$

$$y_3 = 0.0793d = 0.0793 \times 500 = 40$$

$$y_4 = 0$$

$$c = \sqrt{2}b = \sqrt{2} \times 350 = 495$$

$$h = H - b = 800 - 350 = 450$$

$$S = \pi(d - t) = 3.1416 \times (500 - 10) = 1539.4$$

根据以上各计算值即可画出等径直交补料三通管的展开图，如图 2.19 所示。

十七、等径斜交三通管展开放样

图 2.20 为等径斜交三通管。已知尺寸 b 、 c 、 d 、 t 、 l 和 β ，由于两管斜交，相贯线前后对称，但左右不对称。用计算法放样须先求出辅助圆半径 R 、 r ，然后根据圆管展开周长等分数分两辅助圆为相同等分，再按等分角计算出支管展开图曲线坐标值及主管开孔宽度。从图 2.20 的展开图中可知，主管开孔长度等于 $\frac{1}{2}\pi(d - t)$ ，各等分点处

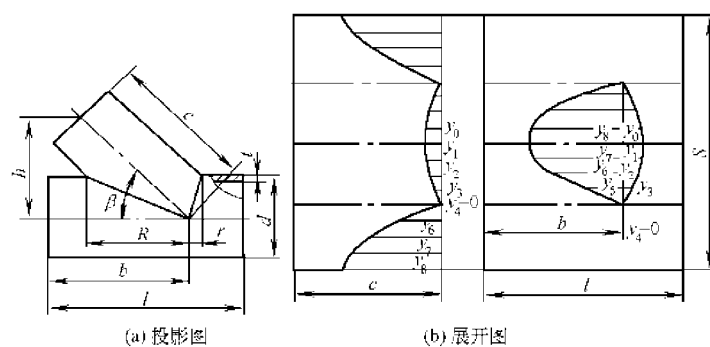


图 2.20 等径斜交三通管展开放样

孔宽对应等于支管展开图周长等分点至曲线距离，分别以

y_0 、 y_1 、 y_2 、……、 y_n 表示。

展开图曲线坐标值的计算公式如下

$$y_n = r \cos \alpha_n$$

$$y_n = R \cos \alpha_n$$

$$c = \frac{h}{\sin \beta}$$

$$S = \pi(d - t)$$

当 $0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ$ 时, $r = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2}$

$$y_n = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

当 $90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$ 时, $R = \frac{1}{2} d \cot \frac{\beta}{2}$

$$y_n = \frac{1}{2} d \cot \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

式中符号的意义如图 2.20 所示。

当两管轴线交角 $\beta = 60^\circ$, $n = 12$ 时, $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$,

$\alpha_2 = 60^\circ$, $\alpha_3 = 90^\circ$, $\alpha_4 = 120^\circ$, $\alpha_5 = 150^\circ$, $\alpha_6 = 180^\circ$ 。

展开周长各等分数的计算式如下

$$y_0 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_0 = \frac{1}{2} d \tan \frac{60^\circ}{2} \cos 0^\circ = 0.2887d$$

$$y_1 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_1 = \frac{1}{2} d \tan \frac{60^\circ}{2} \cos 30^\circ = 0.25d$$

$$y_2 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_2 = \frac{1}{2} d \tan \frac{60^\circ}{2} \cos 60^\circ = 0.1443d$$

$$y_3 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_3 = \frac{1}{2} d \tan \frac{60^\circ}{2} \cos 90^\circ = 0$$

$$y_4 = \frac{1}{2}d \cot \frac{\beta}{2} \cos \alpha_4 = \frac{1}{2}d \cot \frac{60^\circ}{2} \cos 120^\circ = -0.433d$$

$$y_5 = \frac{1}{2}d \cot \frac{\beta}{2} \cos \alpha_5 = \frac{1}{2}d \cot \frac{60^\circ}{2} \cos 150^\circ = -0.75d$$

$$y_6 = \frac{1}{2}d \cot \frac{\beta}{2} \cos \alpha_6 = \frac{1}{2}d \cot \frac{60^\circ}{2} \cos 180^\circ = -0.866d$$

将已知数值代入公式计算, 根据计算结果便可作出要求的展开图, 如图 2.20 所示。由于支管展开曲线坐标值均在坐标轴同侧, 所以作图时不考虑正值负值, 均按绝对值截取。

按照上述方法可分别计算出 $\beta=30^\circ$ 、 $\beta=45^\circ$ 、 $\beta=60^\circ$ 时, 圆周等分数 n 分别为 16、24、32、40、48 的曲线坐标值和开孔数值, 见表 2.34~表 2.36。

表 2.34 $\beta=30^\circ$ 等径斜交三通管展开图曲线坐标值和开孔数值

$y \backslash n$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.134d$	$0.134d$	$0.134d$	$0.134d$	$0.134d$	$0.134d$
y_1	$0.116d$	$0.1238d$	$0.1294d$	$0.1314d$	$0.1323d$	$0.1328d$
y_2	$0.067d$	$0.0947d$	$0.116d$	$0.1238d$	$0.1274d$	$0.1294d$
y_3	0	$0.0513d$	$0.0947d$	$0.1114d$	$0.1194d$	$0.1238d$
y_4	$-0.933d$	0	$0.067d$	$0.0947d$	$0.1084d$	$0.116d$
y_5	$-1.616d$	$-0.714d$	$0.0347d$	$0.0744d$	$0.0947d$	$0.1063d$
y_6	$-1.866d$	$-1.319d$	0	$0.0513d$	$0.0787d$	$0.0947d$
y_7		$-1.724d$	$-0.483d$	$0.0261d$	$0.0608d$	$0.0816d$
y_8		$-1.866d$	$-0.933d$	0	$0.0414d$	$0.067d$

续表

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_9			$-1.319d$	$-0.364d$	$0.021d$	$0.0513d$
y_{10}			$-1.616d$	$-0.714d$	0	$0.0347d$
y_{11}			$-1.8024d$	$-1.0367d$	$-0.2919d$	$0.0175d$
y_{12}			$-1.866d$	$-1.3195d$	$-0.5766d$	0
y_{13}				$-1.5515d$	$-0.8471d$	$-0.2436d$
y_{14}				$-1.724d$	$-1.0968d$	$-0.483d$
y_{15}				$-1.83d$	$-1.3195d$	$-0.714d$
y_{16}				$-1.866d$	$-1.5096d$	$-0.933d$
y_{17}					$-1.663d$	$-1.1359d$
y_{18}					$-1.7747d$	$-1.3195d$
y_{19}					$-1.843d$	$-1.4804d$
y_{20}					$-1.866d$	$-1.616d$
y_{21}						$-1.724d$
y_{22}						$-1.8024d$
y_{23}						$-1.85d$
y_{24}						$-1.866d$

表 2.35 $\beta=45^\circ$ 等径斜交三通管展开图曲线坐标值和开孔数值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$
y_1	$0.1794d$	$0.1913d$	$0.2d$	$0.2031d$	$0.2046d$	$0.2053d$
y_2	$0.1036d$	$0.1464d$	$0.1794d$	$0.1913d$	$0.197d$	$0.2d$
y_3	0	$0.0793d$	$0.1464d$	$0.1722d$	$0.1845d$	$0.1913d$
y_4	$-0.6036d$	0	$0.1036d$	$0.1464d$	$0.1675d$	$0.1794d$
y_5	$-1.0454d$	$-0.4619d$	$0.0536d$	$0.1151d$	$0.1464d$	$0.1643d$
y_6	$-1.2071d$	$-0.8535d$	0	$0.0793d$	$0.1217d$	$0.1464d$
y_7		$-1.1152d$	$-0.3124d$	$0.0404d$	$0.094d$	$0.1261d$
y_8		$-1.2071d$	$-0.6036d$	0	$0.064d$	$0.1036d$
y_9			$-0.8535d$	$-0.2355d$	$0.0324d$	$0.0793d$
y_{10}			$-1.0454d$	$-0.4619d$	0	$0.0536d$
y_{11}			$-1.166d$	$-0.6706d$	$-0.1888d$	$0.0270d$
y_{12}			$-1.2071d$	$-0.8535d$	$-0.373d$	0
y_{13}				$-1.0037d$	$-0.548d$	$-0.1576d$
y_{14}				$-1.1152d$	$-0.7095d$	$-0.3124d$
y_{15}				$-1.1839d$	$-0.8535d$	$-0.4619d$
y_{16}				$-1.2071d$	$-0.9766d$	$-0.6036d$

续表

$y \backslash n$	12	16	24	32	40	48
y_{17}					$-1.0755d$	$-0.7348d$
y_{18}					$-1.148d$	$-0.8535d$
y_{19}					$-1.1922d$	$-0.9577d$
y_{20}					$-1.2071d$	$-1.0454d$
y_{21}						$-1.1152d$
y_{22}						$-1.166d$
y_{23}						$-1.1968d$
y_{24}						$-1.2071d$

表 2.36 $\beta=60^\circ$ 等径斜交三通管展开图曲线坐标值和开孔数值

$y \backslash n$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2887d$	$0.2887d$	$0.2887d$	$0.2887d$	$0.2887d$	$0.2887d$
y_1	$0.25d$	$0.2667d$	$0.2788d$	$0.2831d$	$0.2851d$	$0.2862d$
y_2	$0.1444d$	$0.2041d$	$0.25d$	$0.2667d$	$0.2746d$	$0.2789d$
y_3	0	$0.1105d$	$0.2041d$	$0.24d$	$0.2572d$	$0.2667d$
y_4	$-0.433d$	0	$0.1444d$	$0.2041d$	$0.2336d$	$0.25d$
y_5	$-0.75d$	$-0.3314d$	$0.0747d$	$0.1604d$	$0.2041d$	$0.229d$
y_6	$-0.866d$	$-0.6124d$	0	$0.1105d$	$0.1697d$	$0.2041d$

续表

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_7		$-0.8d$	$-0.2241d$	$0.0563d$	$0.1311d$	$0.1757d$
y_8		$-0.866d$	$-0.433d$	0	$0.0892d$	$0.1444d$
y_9			$-0.6124d$	$-0.169d$	$0.0452d$	$0.1105d$
y_{10}			$-0.75d$	$-0.3314d$	0	$0.0747d$
y_{11}			$-0.8365d$	$-0.4811d$	$-0.1355d$	$0.0377d$
y_{12}			$-0.866d$	$-0.6124d$	$-0.2676d$	0
y_{13}				$-0.72d$	$-0.3932d$	$-0.113d$
y_{14}				$-0.8d$	$-0.509d$	$-0.2241d$
y_{15}				$-0.8494d$	$-0.6124d$	$-0.3314d$
y_{16}				$-0.866d$	$-0.7006d$	$-0.433d$
y_{17}					$-0.7716d$	$-0.5272d$
y_{18}					$-0.8236d$	$-0.6124d$
y_{19}					$-0.8553d$	$-0.687d$
y_{20}					$-0.866d$	$-0.75d$
y_{21}						$-0.8d$
y_{22}						$-0.8365d$
y_{23}						$-0.8586d$
y_{24}						$-0.866d$

十八、等径 Y 形管展开放样

等径 Y 形管构件是由主管与两支管组合而成的一种三通管,如图 2.21 所示,其相贯线为平面曲线。当各管轴线同时平行于投影面时相贯线在该面投影为三条汇交于一点的直线(轴线交点与各管相邻边线交点的连线),绘图时可直接画出。由于 Y 形管轴线交角不同,各管展开图曲线坐标值也不相同。常见的等径 Y 形管轴线交角有 $\beta=60^\circ$, $\beta=90^\circ$, $\beta=120^\circ$ 三种。

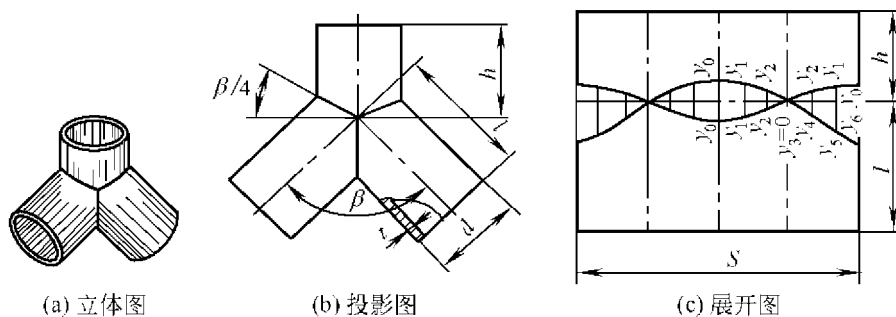


图 2.21 等径 Y 形管展开放样

1. $\beta=60^\circ$ 、 $\beta=90^\circ$ 等径 Y 形管展开放样
展开图曲线坐标值的计算公式如下:

$$\text{当 } 0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ \text{ 时, } y_n = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{4} \cos \alpha_n$$

$$\text{当 } 90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ \text{ 时, } y_n = \frac{1}{2} d \cot \frac{\beta}{4} \sin(\alpha_n - 90^\circ)$$

$$S = \pi(d - t)$$

式中 y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值;
 d ——圆管外径;

α_n ——辅助圆等分角度；

n ——圆周长度等分数；

S ——圆周长；

t ——板厚。

当 $\beta = 60^\circ$, $n = 12$ 时, $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$, $\alpha_2 = 60^\circ$, $\alpha_3 = 90^\circ$, $\alpha_4 = 120^\circ$, $\alpha_5 = 150^\circ$, $\alpha_6 = 180^\circ$ 。

计算式：

$$y_0 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{4} \cos \alpha_0 = \frac{1}{2}d \tan \frac{60^\circ}{4} \cos 0^\circ = 0.134d$$

$$y_1 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{4} \cos \alpha_1 = \frac{1}{2}d \tan \frac{60^\circ}{4} \cos 30^\circ = 0.116d$$

$$y_2 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{4} \cos \alpha_2 = \frac{1}{2}d \tan \frac{60^\circ}{4} \cos 60^\circ = 0.067d$$

$$y_3 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{4} \cos \alpha_3 = \frac{1}{2}d \tan \frac{60^\circ}{4} \cos 90^\circ = 0$$

$$\begin{aligned} y_4 &= \frac{1}{2}d \cot \frac{\beta}{4} \sin (\alpha_4 - 90^\circ) \\ &= \frac{1}{2}d \cot \frac{60^\circ}{4} \sin (120^\circ - 90^\circ) = 0.433d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_5 &= \frac{1}{2}d \cot \frac{\beta}{4} \sin (\alpha_5 - 90^\circ) \\ &= \frac{1}{2}d \cot \frac{60^\circ}{4} \sin (150^\circ - 90^\circ) = 0.75d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_6 &= \frac{1}{2}d \cot \frac{\beta}{4} \sin (\alpha_6 - 90^\circ) \\ &= \frac{1}{2}d \cot \frac{60^\circ}{4} \sin (180^\circ - 90^\circ) = 0.866d \end{aligned}$$

按照上述方法可分别列出 n 为 16、24、32、40、48 的

展开图曲线坐标值，见表 2.37。

用同样的方法可推导出支管轴线交角 $\beta=90^\circ$ Y 形管展开图曲线坐标值。为便于使用，将 $\beta=60^\circ$ 、 $\beta=90^\circ$ 不同等分数的 Y 形管展开图曲线坐标值列于表 2.37、表 2.38。

表 2.37 $\beta=60^\circ$ 等径 Y 形管展开图曲线坐标值

$y \backslash n$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.134d$	$0.134d$	$0.134d$	$0.134d$	$0.134d$	$0.134d$
y_1	$0.116d$	$0.1238d$	$0.1294d$	$0.1314d$	$0.1323d$	$0.1328d$
y_2	$0.067d$	$0.0947d$	$0.116d$	$0.1238d$	$0.1274d$	$0.1294d$
y_3	0	$0.0513d$	$0.0947d$	$0.1114d$	$0.1194d$	$0.1238d$
y_4	$0.433d$	0	$0.067d$	$0.0947d$	$0.1084d$	$0.116d$
y_5	$0.75d$	$0.3314d$	$0.0347d$	$0.0744d$	$0.0947d$	$0.1063d$
y_6	$0.866d$	$0.6124d$	0	$0.0513d$	$0.0787d$	$0.0947d$
y_7		$0.8d$	$0.2241d$	$0.0261d$	$0.0608d$	$0.0816d$
y_8		$0.866d$	$0.433d$	0	$0.0414d$	$0.067d$
y_9			$0.6124d$	$0.169d$	$0.021d$	$0.0513d$
y_{10}			$0.75d$	$0.3314d$	0	$0.0347d$
y_{11}			$0.8365d$	$0.4811d$	$0.1355d$	$0.0175d$
y_{12}			$0.866d$	$0.6124d$	$0.2676d$	0
y_{13}				$0.72d$	$0.3932d$	$0.113d$
y_{14}				$0.8d$	$0.509d$	$0.2241d$

续表

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_{15}				$0.8494d$	$0.6124d$	$0.3314d$
y_{16}				$0.866d$	$0.7006d$	$0.433d$
y_{17}					$0.7716d$	$0.5272d$
y_{18}					$0.8236d$	$0.6124d$
y_{19}					$0.8553d$	$0.687d$
y_{20}					$0.866d$	$0.75d$
y_{21}						$0.8d$
y_{22}						$0.8365d$
y_{23}						$0.8586d$
y_{24}						$0.866d$

表 2.38 $\beta=90^\circ$ 等径 Y 形管展开图曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$	$0.2071d$
y_1	$0.1794d$	$0.1913d$	$0.2d$	$0.2031d$	$0.2046d$	$0.2053d$
y_2	$0.1036d$	$0.1464d$	$0.1794d$	$0.1913d$	$0.197d$	$0.2d$
y_3	0	$0.0793d$	$0.1464d$	$0.1722d$	$0.1845d$	$0.1913d$
y_4	$0.25d$	0	$0.1036d$	$0.1464d$	$0.1675d$	$0.1794d$
y_5	$0.433d$	$0.1913d$	$0.0536d$	$0.1151d$	$0.1464d$	$0.1643d$

续表

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_6	$0.5d$	$0.3536d$	0	$0.0793d$	$0.1217d$	$0.1464d$
y_7		$0.4619d$	$0.1294d$	$0.0404d$	$0.094d$	$0.1261d$
y_8		$0.5d$	$0.25d$	0	$0.064d$	$0.1036d$
y_9			$0.3536d$	$0.0975d$	$0.0324d$	$0.0793d$
y_{10}			$0.433d$	$0.1913d$	0	$0.0536d$
y_{11}			$0.483d$	$0.2778d$	$0.0782d$	$0.0270d$
y_{12}			$0.5d$	$0.3536d$	$0.1545d$	0
y_{13}				$0.4157d$	$0.227d$	$0.0653d$
y_{14}				$0.4619d$	$0.2939d$	$0.1294d$
y_{15}				$0.4904d$	$0.3536d$	$0.1913d$
y_{16}				$0.5d$	$0.4045d$	$0.25d$
y_{17}					$0.4455d$	$0.3044d$
y_{18}					$0.4938d$	$0.3536d$
y_{19}					$0.5d$	$0.3967d$
y_{20}						$0.433d$
y_{21}						$0.4619d$
y_{22}						$0.483d$
y_{23}						$0.4957d$
y_{24}						$0.5d$

例 2-15 如图 2.21 所示, 已知等径 Y 形管支管轴线交角 $\beta=60^\circ$, 圆管外径 $d=250$, 板厚 $t=4$, 主管高 $h=350$, 支管长 $l=300$, 试用计算放样。

解: 设展开周长等分数 $n=12$, 查表 2.37 得

$$y_0 = 0.134d = 0.134 \times 250 = 33.5$$

$$y_1 = 0.116d = 0.116 \times 250 = 29$$

$$y_2 = 0.067d = 0.067 \times 250 = 16.8$$

$$y_3 = 0$$

$$y_4 = 0.433d = 0.433 \times 250 = 108.3$$

$$y_5 = 0.75d = 0.75 \times 250 = 187.5$$

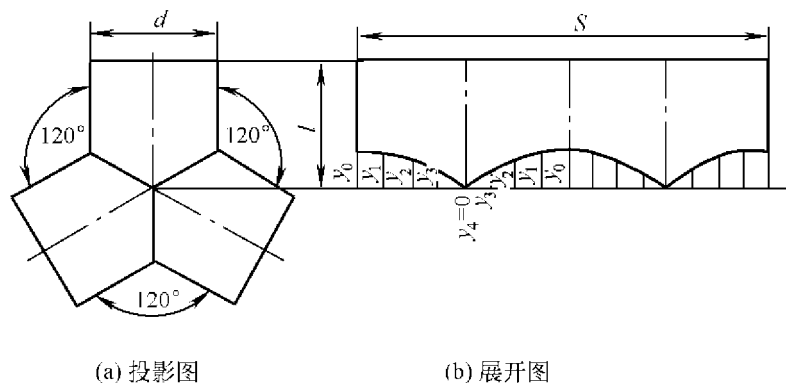
$$y_6 = 0.866d = 0.866 \times 250 = 216.5$$

$$\text{圆周长 } S = \pi(d-t) = 3.1416 \times (250-4) = 772.8$$

根据以上各计算值即可画出展开图, 如图 2.21 所示。

2. $\beta=120^\circ$ 等径 Y 形管展开放样

当 $\beta=120^\circ$ 时, 也称等径等角 Y 形管, 其展开图以 $1/4$ 圆周角对称, 辅助圆等分角分至 90° 即可。等径等角 Y 形管展开放样如图 2.22 所示。



展开图曲线坐标值的计算公式如下

$$y_n = \frac{1}{2}d \cot \frac{120^\circ}{2} \cos \alpha_n = 0.2887d \cos \alpha_n$$

$$S = \pi(d - t)$$

式中 y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值；

d ——圆管外径；

α_n ——辅助圆等分角度；

n ——圆周长度等分数；

S ——圆周长；

t ——板厚。

当 $n=12$ 时, $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$, $\alpha_2 = 60^\circ$, $\alpha_3 = 90^\circ$ 。

计算式:

$$y_0 = 0.2887d \cos \alpha_0 = 0.2887d \cos 0^\circ = 0.2887d$$

$$y_1 = 0.2887d \cos \alpha_1 = 0.2887d \cos 30^\circ = 0.25d$$

$$y_2 = 0.2887d \cos \alpha_2 = 0.2887d \cos 60^\circ = 0.1444d$$

$$y_3 = 0.2887d \cos \alpha_3 = 0.2887d \cos 90^\circ = 0$$

按照上述方法可分别列出 n 为 16、24、32、40、48 的展开图曲线坐标值。为便于使用,将不同等分数的等径等角 Y 形管展开图曲线坐标值列于表 2.39 中。

例 2-16 如图 2.22 所示,已知等径等角 Y 形管 $l=700$,圆管外径 $d=300$,板厚 $t=5$,试用计算放样。

解:设展开周长等分数 $n=16$,查表 2.39 得

$$y_0 = 0.288d = 0.288 \times 300 = 86.4$$

$$y_1 = 0.2667d = 0.2667 \times 300 = 80$$

$$y_2 = 0.2041d = 0.2041 \times 300 = 61.2$$

$$y_3 = 0.1105d = 0.1105 \times 300 = 33.2$$

$y_4=0$

表 2. 39 等径等角 ($\beta=120^\circ$) Y 形管展开图曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.2887d$	$0.2887d$	$0.2887d$	$0.2887d$	$0.2887d$	$0.2887d$
y_1	$0.25d$	$0.2667d$	$0.2788d$	$0.2831d$	$0.2851d$	$0.2862d$
y_2	$0.1444d$	$0.2041d$	$0.25d$	$0.2667d$	$0.2746d$	$0.2789d$
y_3	0	$0.1105d$	$0.2041d$	$0.24d$	$0.2572d$	$0.2667d$
y_4		0	$0.1444d$	$0.2041d$	$0.2336d$	$0.25d$
y_5			$0.0747d$	$0.1604d$	$0.2041d$	$0.229d$
y_6			0	$0.1105d$	$0.1697d$	$0.2041d$
y_7				$0.0563d$	$0.1311d$	$0.1757d$
y_8				0	$0.0892d$	$0.1444d$
y_9					$0.0452d$	$0.1105d$
y_{10}					0	$0.0747d$
y_{11}						$0.0377d$
y_{12}						0

圆周长 $S=\pi(d-t)=3.1416\times(300-5)=926.8$

根据以上各计算值即可画出展开图，如图 2. 22 所示。

十九、等径补料 Y 形管展开放样

图 2. 23 所示为任意角度 Y 形补料管，它是由主管Ⅰ、支管Ⅱ和补料管Ⅲ组合而成的。从图中可以看出两支管左

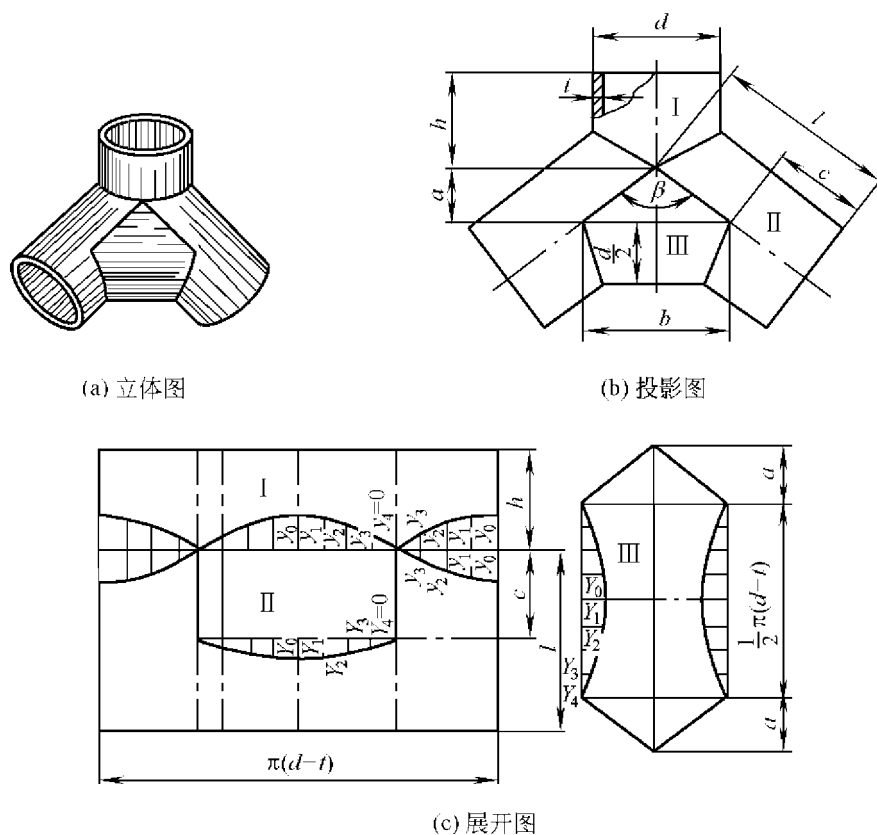


图 2.23 等径补料 Y 形管展开放样

右对称，补料管前后对称，由半圆管及三角形平面（正平面）构成。已知尺寸为 h 、 l 、 d 、 a 、 t 及 β 。各管展开图曲线以 $1/4$ 圆周角为对称。求坐标值的等分角，分至 90° 为止。

展开图的计算式

$$\text{I 管} \quad y_n = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{4} \cos \alpha_n$$

$$\text{II 管、III 管} \quad Y_n = \frac{1}{2}d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \cos\alpha_n$$

$$b = 2a \tan \frac{\beta}{2}$$

$$c = l - \frac{a}{\cos \frac{\beta}{2}}$$

$$S = \pi(d - t)$$

式中 y_n, Y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值；

d ——圆管外径；

α_n ——辅助圆等分角度；

β ——支管轴线交角；

n ——圆周长度等分数；

S ——圆周长；

t ——板厚。

当 $n=12$ 时, $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$, $\alpha_2 = 60^\circ$, $\alpha_3 = 90^\circ$ 。

计算式

I 管

$$y_0 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{4} \cos\alpha_0 = 0.5d \tan \frac{\beta}{4} \cos 0^\circ = 0.5d \tan \frac{\beta}{4}$$

$$y_1 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{4} \cos\alpha_1 = 0.5d \tan \frac{\beta}{4} \cos 30^\circ = 0.433d \tan \frac{\beta}{4}$$

$$y_2 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{4} \cos\alpha_2 = 0.5d \tan \frac{\beta}{4} \cos 60^\circ = 0.25d \tan \frac{\beta}{4}$$

$$y_3 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{4} \cos\alpha_3 = 0.5d \tan \frac{\beta}{4} \cos 90^\circ = 0$$

II 管、III 管

$$\begin{aligned}
Y_0 &= \frac{1}{2}d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \cos\alpha_0 \\
&= \frac{1}{2}d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \cos 0^\circ = 0.5d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \\
Y_1 &= \frac{1}{2}d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \cos\alpha_1 \\
&= \frac{1}{2}d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \cos 30^\circ = 0.433d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \\
Y_2 &= \frac{1}{2}d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \cos\alpha_2 \\
&= \frac{1}{2}d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \cos 60^\circ = 0.25d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \\
Y_3 &= \frac{1}{2}d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \cos\alpha_3 \\
&= \frac{1}{2}d \tan\left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right) \cos 90^\circ = 0
\end{aligned}$$

按照上述方法可分别列出 n 为 16、24、32、40、48 时的展开图曲线坐标值。为便于使用，将不同等分数的 Y 形补料管展开图曲线坐标值列于表 2.40 中。

例 2-17 如图 2.23 所示，已知等径补料 Y 形管圆管外径 $d=500$ ， $l=900$ ， $h=800$ ， $a=250$ ， $\beta=100^\circ$ ，板厚 $t=8$ ，试用计算放样。

解：设展开周长等分数 $n=16$ ，查表 2.40 得

$$\begin{aligned}
y_0 &= 0.5d \tan \frac{\beta}{4} = 0.5 \times 500 \tan \frac{100^\circ}{4} = 116.6 \\
y_1 &= 0.4619d \tan \frac{\beta}{4} = 0.4619 \times 500 \tan \frac{100^\circ}{4} = 107.7 \\
y_2 &= 0.3536d \tan \frac{\beta}{4} = 0.3536 \times 500 \tan \frac{100^\circ}{4} = 82.5
\end{aligned}$$

表 2.40 等径补料 Y 形管展开图曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y, Y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$
y_1	$0.433d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4619d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.483d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4904d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4938d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4957d \tan \frac{\beta}{4}$
y_2	$0.25d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.433d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4619d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4755d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.483d \tan \frac{\beta}{4}$
y_3	0	$0.1913d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4157d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4455d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4619d \tan \frac{\beta}{4}$
y_4		0	$0.25d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4045d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.433d \tan \frac{\beta}{4}$
y_5			$0.1294d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.2778d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3967d \tan \frac{\beta}{4}$
y_6			0	$0.1913d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.2939d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$
y_7				$0.0975d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.227d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3044d \tan \frac{\beta}{4}$
y_8				0	$0.1545d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.25d \tan \frac{\beta}{4}$

续表

$\begin{matrix} n \\ y, Y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_9					$0.0782d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.1913d \tan \frac{\beta}{4}$
y_{10}					0	$0.1294d \tan \frac{\beta}{4}$
y_{11}						$0.0653d \tan \frac{\beta}{4}$
y_{12}						0
Y_0	$0.5d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.5d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.5d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.5d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.5d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.5d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$
Y_1	$0.433d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.4619d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.483d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.4904d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.4938d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.4957d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$
Y_2	$0.25d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.3536d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.433d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.4619d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.4755d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$	$0.483d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4}\right)$

续表

$\begin{array}{c} n \\ y, Y \end{array}$	12	16	24	32	40	48
Y_3	0	$0.1913d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.3536d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.4157d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.4455d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.4619d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$
Y_4		0	$0.25d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.3536d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.4045d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.433d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$
Y_5			$0.1294d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.2778d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.3536d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.3967d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$
Y_6			0	$0.1913d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.2939d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.3536d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$
Y_7				$0.0975d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.227d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$	$0.3044d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$

续表

$\begin{matrix} n \\ y, Y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
Y_8				0	$0.1545d\tan\left(45^\circ-\frac{\beta}{4}\right)$	$0.25d\tan\left(45^\circ-\frac{\beta}{4}\right)$
Y_9					$0.0782d\tan\left(45^\circ-\frac{\beta}{4}\right)$	$0.1913d\tan\left(45^\circ-\frac{\beta}{4}\right)$
Y_{10}					0	$0.1294d\tan\left(45^\circ-\frac{\beta}{4}\right)$
Y_{11}						$0.0653d\tan\left(45^\circ-\frac{\beta}{4}\right)$
Y_{12}						0

$$y_3 = 0.1913d \tan \frac{\beta}{4} = 0.1913 \times 500 \tan \frac{100^\circ}{4} = 44.6$$

$$y_4 = 0$$

$$Y_0 = 0.5d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right) = 0.5 \times 500 \tan \left(45^\circ - \frac{100^\circ}{4} \right) = 91$$

$$Y_1 = 0.4619d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$$

$$= 0.4619 \times 500 \tan \left(45^\circ - \frac{100^\circ}{4} \right) = 84$$

$$Y_2 = 0.3536d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$$

$$= 0.3536 \times 500 \tan \left(45^\circ - \frac{100^\circ}{4} \right) = 64.4$$

$$Y_3 = 0.1913d \tan \left(45^\circ - \frac{\beta}{4} \right)$$

$$= 0.1913 \times 500 \tan \left(45^\circ - \frac{100^\circ}{4} \right) = 34.8$$

$$Y_4 = 0$$

$$b = 2a \tan \frac{\beta}{2} = 2 \times 250 \tan \frac{100^\circ}{2} = 595.9$$

$$c = l - \frac{a}{\cos \frac{\beta}{2}} = 900 - \frac{250}{\cos \frac{100^\circ}{2}} = 511$$

$$\text{圆周长 } S = \pi(d - t) = 3.1416 \times (500 - 8) = 1545.7$$

根据以上各计算值, 即可画出展开图, 如图 2.23 所示。

二十、等径裤形管展开放样

等径裤形管是 Y 形管的支管 II 分别与管 III 连接组成同向三通管, 如图 2.24 所示。从图中可以看出管 I 与管 II

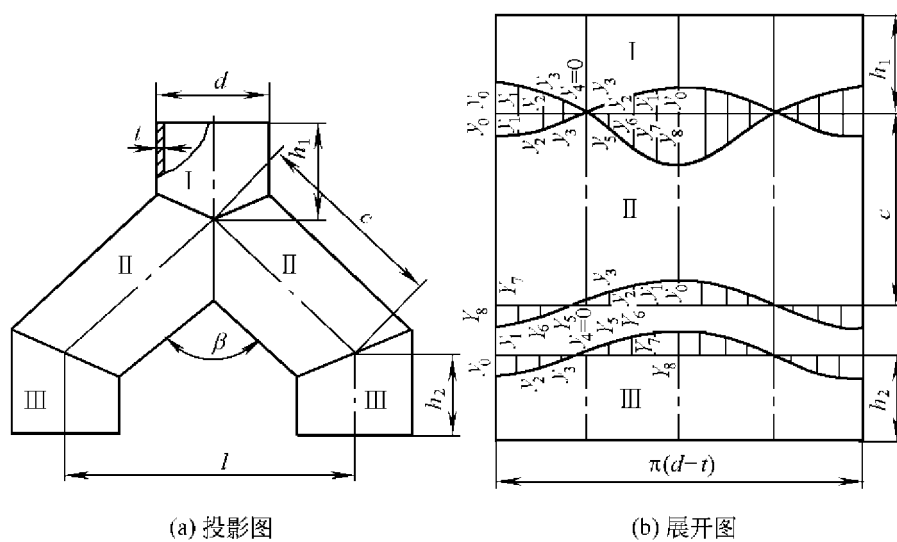


图 2.24 等径裤形管展开放样

为外皮接触，放样不需进行板厚处理；管Ⅱ与管Ⅲ连接按任意角弯头进行板厚处理。已知尺寸为 l 、 h_1 、 h_2 、 d 、 t 及 β 。

计算式

当 $0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ$ 时

$$y_n = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{4} \cos \alpha_n$$

当 $90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$ 时

$$y_n = \frac{1}{2} d \cot \frac{\beta}{2} \sin (\alpha_n - 90^\circ)$$

当 $90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$ 时

$$Y_n = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{4} \cos \alpha_n$$

$$c = \frac{l}{2 \sin \frac{\beta}{2}}$$

式中 y_n, Y_n ——展开图圆周长度等分点至曲线坐标值；

d ——圆管外径；

t ——板厚；

β ——支管轴线交角；

α_n ——辅助圆等分角。

这里说明一点：当辅助圆等分角 $0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ$ 时，各等分数的 y 值与表 2.40 相同。为避免重复，推导等分数的计算式从 α_n 大于 90° 进行 ($90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$)。

当 $n=12$ 时， $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$ ， $\alpha_2 = 60^\circ$ ， $\alpha_3 = 90^\circ$ 。

计算式

y_0, y_1, y_2 及 y_3 同表 2.40；

$$y_4 = \frac{1}{2} d \cot \frac{\beta}{2} \sin(120^\circ - 90^\circ) = 0.25 d \cot \frac{\beta}{2}$$

$$y_5 = \frac{1}{2} d \cot \frac{\beta}{2} \sin(150^\circ - 90^\circ) = 0.433 d \cot \frac{\beta}{2}$$

$$y_6 = \frac{1}{2} d \cot \frac{\beta}{2} \sin(180^\circ - 90^\circ) = 0.5 d \cot \frac{\beta}{2}$$

$$Y_4 = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{4} \cos 120^\circ = -0.25 (d - 2t) \tan \frac{\beta}{4}$$

$$Y_5 = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{4} \cos 150^\circ = -0.433 (d - 2t) \tan \frac{\beta}{4}$$

$$Y_6 = \frac{1}{2} (d - 2t) \tan \frac{\beta}{4} \cos 180^\circ = -0.5 (d - 2t) \tan \frac{\beta}{4}$$

同理，可计算出其他等分数的计算放样坐标值。为使用

方便, 将等径裤形管不同等分数的展开曲线坐标值列于表 2.41 中。

例 2-18 已知等径裤形管外径 $d=280$, 板厚 $t=5$, $h_1=250$, $h_2=250$, $l=600$, $\beta=100^\circ$, 计算放样。

解: 设圆周长度等分数 $n=16$, 查表 2.41 得

$$y_0 = 0.5d \tan \frac{\beta}{4} = 0.5 \times 280 \tan \frac{100^\circ}{4} = 65.3$$

$$y_1 = 0.4619d \tan \frac{\beta}{4} = 0.4619 \times 280 \tan \frac{100^\circ}{4} = 60.3$$

$$y_2 = 0.3536d \tan \frac{\beta}{4} = 0.3536 \times 280 \tan \frac{100^\circ}{4} = 46.2$$

$$y_3 = 0.1913d \tan \frac{\beta}{4} = 0.1913 \times 280 \tan \frac{100^\circ}{4} = 25$$

$$y_4 = 0$$

$$y_5 = 0.1913d \cot \frac{\beta}{2} = 0.1913 \times 280 \cot \frac{100^\circ}{2} = 45$$

$$y_6 = 0.3536d \cot \frac{\beta}{2} = 0.3536 \times 280 \cot \frac{100^\circ}{2} = 83$$

$$y_7 = 0.4619d \cot \frac{\beta}{2} = 0.4619 \times 280 \cot \frac{100^\circ}{2} = 108.5$$

$$y_8 = 0.5d \cot \frac{\beta}{2} = 0.5 \times 280 \cot \frac{100^\circ}{2} = 117.5$$

$$Y_5 = -0.1913(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$$

$$= -0.1913 \times (280 - 2 \times 5) \tan \frac{100^\circ}{4} = -24.1$$

$$Y_6 = -0.3536(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$$

$$= -0.3536 \times (280 - 2 \times 5) \tan \frac{100^\circ}{4} = -44.5$$

表 2.41 等径裤形管展开图曲线坐标值

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y_0	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.5d \tan \frac{\beta}{4}$
y_1	$0.433d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4619d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.483d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4904d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4938d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4957d \tan \frac{\beta}{4}$
y_2	$0.25d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.433d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4619d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4755d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.483d \tan \frac{\beta}{4}$
y_3	0	$0.1913d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4157d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4455d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4619d \tan \frac{\beta}{4}$
y_4	$0.25d \cot \frac{\beta}{2}$	0	$0.25d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.4045d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.433d \tan \frac{\beta}{4}$
y_5	$0.433d \cot \frac{\beta}{2}$	$0.1913d \cot \frac{\beta}{2}$	$0.1294d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.2778d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3967d \tan \frac{\beta}{4}$
y_6	$0.5d \cot \frac{\beta}{2}$	$0.3536d \cot \frac{\beta}{2}$	0	$0.1913d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.2939d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3536d \tan \frac{\beta}{4}$
y_7		$0.4619d \cot \frac{\beta}{2}$	$0.1294d \cot \frac{\beta}{2}$	$0.0975d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.227d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.3044d \tan \frac{\beta}{4}$
y_8		$0.5d \cot \frac{\beta}{2}$	$0.25d \cot \frac{\beta}{2}$	0	$0.1545d \tan \frac{\beta}{4}$	$0.25d \tan \frac{\beta}{4}$

续表

$\frac{n}{y}$	12	16	24	32	40	48
y_9			$0.3536d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.0975d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.0782d\tan\frac{\beta}{4}$	$0.1913d\tan\frac{\beta}{4}$
y_{10}			$0.433d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.1913d\cot\frac{\beta}{2}$	0	$0.1294d\tan\frac{\beta}{4}$
y_{11}			$0.483d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.2778d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.0782d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.0653d\tan\frac{\beta}{4}$
y_{12}			$0.5d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.3536d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.1545d\cot\frac{\beta}{2}$	0
y_{13}				$0.4157d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.227d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.0653d\cot\frac{\beta}{2}$
y_{14}				$0.4619d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.2939d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.1294d\cot\frac{\beta}{2}$
y_{15}				$0.4904d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.3536d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.1913d\cot\frac{\beta}{2}$
y_{16}				$0.5d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.4045d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.25d\cot\frac{\beta}{2}$
y_{17}					$0.4455d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.3044d\cot\frac{\beta}{2}$

续表

$\begin{matrix} n \\ y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
y'_{18}					$0.4755d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.3536d\cot\frac{\beta}{2}$
y'_{19}					$0.4938d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.3967d\cot\frac{\beta}{2}$
y'_{20}					$0.5d\cot\frac{\beta}{2}$	$0.433d\cot\frac{\beta}{2}$
y'_{21}						$0.4619d\cot\frac{\beta}{2}$
y'_{22}						$0.483d\cot\frac{\beta}{2}$
y'_{23}						$0.4957d\cot\frac{\beta}{2}$
y'_{24}						$0.5d\cot\frac{\beta}{2}$

续表

$\begin{matrix} n \\ Y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
Y_4	-0.25 $(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$					
Y_5	-0.433 $(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	-0.1913 $(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$				
Y_6	-0.5 $(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	-0.3536 $(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$				
Y_7		-0.4619 $(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	-0.1294 $(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$			
Y_8		-0.5 $(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	-0.25 $(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$			

续表

$\begin{matrix} n \\ Y \end{matrix}$	12	16	24	32	40	48
Y_9			$-0.3536(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.0975(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$		
Y_{10}			$-0.433(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.1913(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$		
Y_{11}			$-0.483(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.2778(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.0782(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	
Y_{12}			$-0.5(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.3536(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.1545(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	
Y_{13}				$-0.4157(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.227(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.0653(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$

续表

$\begin{array}{c} n \\ Y \end{array}$	12	16	24	32	40	48
Y_{14}				$-0.4619(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.2939(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.1294(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$
Y_{15}				$-0.4904(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.3536(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.1913(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$
Y_{16}				$-0.5(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.4045(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.25(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$
Y_{17}					$-0.4455(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.3044(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$
Y_{18}					$-0.4755(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$	$-0.3536(d-2t)\tan\frac{\beta}{4}$

续表

$n \backslash Y$	12	16	24	32	40	48
Y_{19}					-0.4938 $(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$	-0.3967 $(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$
Y_{20}					-0.5 $(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$	-0.433 $(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$
Y_{21}						-0.4619 $(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$
Y_{22}						-0.483 $(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$
Y_{23}						-0.4957 $(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$
Y_{24}						-0.5 $(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$

$$Y_7 = -0.4619(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$$

$$= -0.4619 \times (280 - 2 \times 5) \tan \frac{100^\circ}{4} = -58.2$$

$$Y_8 = -0.5(d-2t) \tan \frac{\beta}{4}$$

$$= -0.5 \times (280 - 2 \times 5) \tan \frac{100^\circ}{4} = -63$$

$$c = \frac{l}{2 \sin \frac{\beta}{2}} = \frac{600}{2 \sin \frac{100^\circ}{2}} = 391.6$$

$$\text{圆周长 } S = \pi(d-t) = 3.1416 \times (280 - 5) = 863.9$$

根据以上各计算值，即可画出展开图，如图 2.24 所示。

二十一、等径 Y 形四通管展开放样

已知等径 Y 形四通管尺寸 d 、 h 、 H 、 β 和板厚 t ，用算法进行展开放样，如图 2.25 所示。等径 Y 形四通管是由主管 I 和三个放射状等径支管 II 组成的，如图 2.25 (a) 所示。

展开图的计算公式如下。

当 $0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ$ 时

$$y_n = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

当 $\alpha_n = 90^\circ$ 时

$$y'_n = 0.2887 \times \frac{d}{\sin \beta}$$

当 $90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$ 时

$$y_n = \frac{1}{2}d \left[\cot \beta \sin(\alpha_n - 90^\circ) + 0.5774 \times \frac{\cos(\alpha_n - 90^\circ)}{\sin \beta} \right]$$

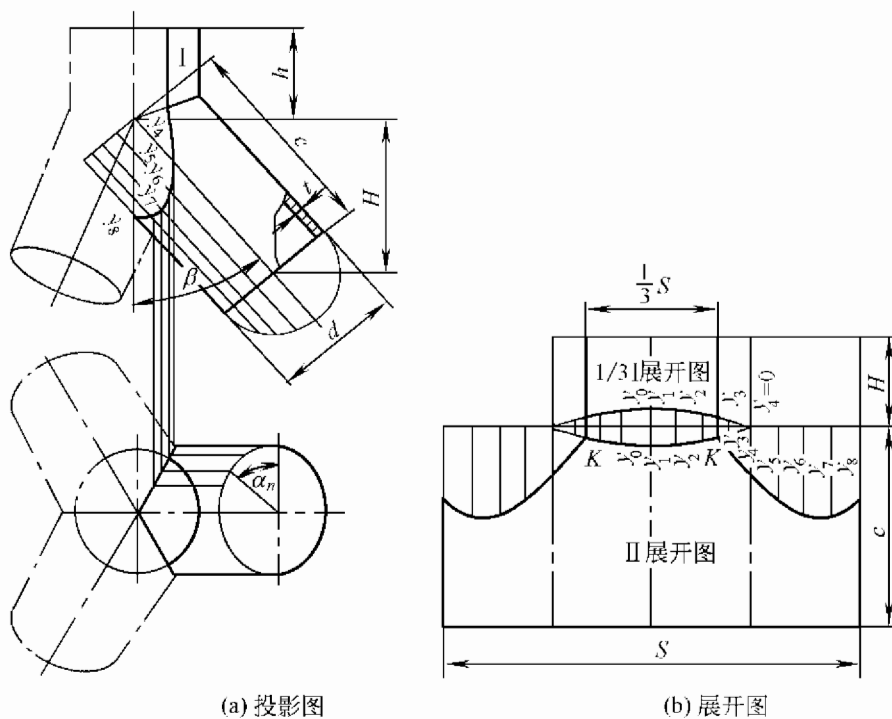


图 2.25 等径 Y 形四通管展开放样

$$c = \frac{H}{\cos \beta}, S = \pi(d - t), m = \frac{S}{n}$$

式中符号的意义如图 2.25 所示。

例 2-19 已知等径 Y 形四通管外径 $d=360$, $t=5$, $h=300$, $H=500$, $\beta=30^\circ$, 试计算放样。

解：设圆周长度等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{90^\circ}{4} = 22.5^\circ$, $\alpha_2 = 45^\circ$, $\alpha_3 = 67.5^\circ$, $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$y_0 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_0 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 0^\circ = 48.2$$

$$y_1 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_1 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 22.5^\circ = 44.6$$

$$y_2 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_2 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 45^\circ = 34$$

$$y_3 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_3 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 67.5^\circ = 18.5$$

$$y_4 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_4 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 90^\circ = 0$$

$$y'_4 = 0.2887 \times \frac{d}{\sin \beta} = 0.2887 \times \frac{360}{\sin 30^\circ} = 207.9$$

$$\begin{aligned} y_5 &= \frac{1}{2} d \left[\cot \beta \sin (\alpha_5 - 90^\circ) + 0.5774 \times \frac{\cos (\alpha_5 - 90^\circ)}{\sin \beta} \right] \\ &= \frac{1}{2} \times 360 \left[\cot 30^\circ \sin (112.5^\circ - 90^\circ) + 0.5774 \times \frac{\cos (112.5^\circ - 90^\circ)}{\sin 30^\circ} \right] \\ &= 311.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_6 &= \frac{1}{2} d \left[\cot \beta \sin (\alpha_6 - 90^\circ) + 0.5774 \times \frac{\cos (\alpha_6 - 90^\circ)}{\sin \beta} \right] \\ &= \frac{1}{2} \times 360 \left[\cot 30^\circ \sin (135^\circ - 90^\circ) + 0.5774 \times \frac{\cos (135^\circ - 90^\circ)}{\sin 30^\circ} \right] \\ &= 367.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_7 &= \frac{1}{2} d \left[\cot \beta \sin (\alpha_7 - 90^\circ) + 0.5774 \times \frac{\cos (\alpha_7 - 90^\circ)}{\sin \beta} \right] \\ &= \frac{1}{2} \times 360 \left[\cot 30^\circ \sin (157.5^\circ - 90^\circ) + 0.5774 \times \frac{\cos (157.5^\circ - 90^\circ)}{\sin 30^\circ} \right] \\ &= 367.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_8 &= \frac{1}{2} d \left[\cot \beta \sin (\alpha_8 - 90^\circ) + 0.5774 \times \frac{\cos (\alpha_8 - 90^\circ)}{\sin \beta} \right] \\ &= \frac{1}{2} \times 360 \left[\cot 30^\circ \sin (180^\circ - 90^\circ) + 0.5774 \times \frac{\cos (180^\circ - 90^\circ)}{\sin 30^\circ} \right] \\ &= 311.8 \end{aligned}$$

$$c = \frac{H}{\cos\beta} = \frac{500}{\cos 30^\circ} = 577.4, \quad m = \frac{S}{n} = \frac{1115.3}{16} = 69.7$$

$$S = \pi(d-t) = 3.1416 \times (360-5) = 1115.3$$

根据计算结果可作出展开图，如图 2.25 (b) 所示。在进行展开放样时，如果圆周等分数 n 等于 12 或其倍数，拐点 K 、 K 则在等分点上，但仍需确定，以便确定各管结合部分的展开曲线。如果图中没给出 β 角而给出其他尺寸，应利用这些尺寸关系求出 β 角，然后进行放样计算。

作展开图时，应先作主管展开图，因为三支管与主管成对称连接，所以作出主管 1/3 展开图即可。也可先作支管展开图，以 y_0 为对称，取 1/3 圆周长度确定 K 、 K 拐点，便可作出主管展开图。

二十二、等径 Y 形五通管展开放样

已知等径 Y 形五通管尺寸为 d 、 c 、 H 、 h 和板厚 t ，用计算法进行展开放样，如图 2.26 所示。

展开图的计算公式如下

$$\cos\beta = \frac{H}{c}$$

$$S = \pi(d-t)$$

$$m = \frac{S}{n}$$

当 $0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ$ 时

$$y_n = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n$$

当 $\alpha_n = 90^\circ$ 时

$$y'_n = \frac{d}{2 \sin \beta}$$

当 $90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$ 时

$$y_n = \frac{1}{2}d \left[\cot\beta \sin(\alpha_n - 90^\circ) + \frac{\cos(\alpha_n - 90^\circ)}{\sin\beta} \right]$$

式中符号的意义如图 2.26 所示。

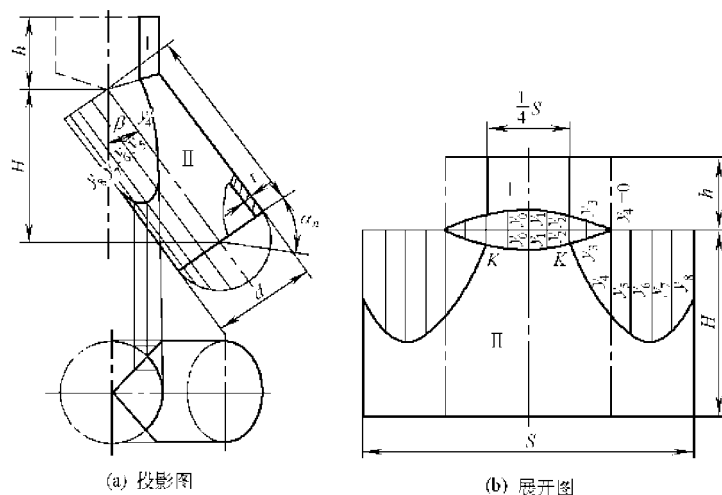


图 2.26 等径 Y 形五通管展开放样

当等分数 $n=8$ 或是其倍数时, 拐点 K 、 K 在展开图 y_n 上; 当等分数 n 为其他数值时, 则可参照等径 Y 形四通管确定拐点 K 、 K 。

例 2-20 等径 Y 形五通管外径 $d=360$, $t=5$, $h=300$, $H=500$, $\beta=30^\circ$, 试计算放样。

解: 设圆周长度等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{90^\circ}{4} = 22.5^\circ$, $\alpha_2 = 45^\circ$, $\alpha_3 = 67.5^\circ$, $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$y_0 = \frac{1}{2}d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_0 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 0^\circ = 48.2$$

$$y_1 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_1 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 22.5^\circ = 44.6$$

$$y_2 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_2 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 45^\circ = 34$$

$$y_3 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_3 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 67.5^\circ = 18.5$$

$$y_4 = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_4 = \frac{1}{2} \times 360 \tan \frac{30^\circ}{2} \cos 90^\circ = 0$$

$$y'_4 = \frac{d}{2 \sin \beta} = \frac{360}{2 \sin 30^\circ} = 360$$

$$\begin{aligned} y_5 &= \frac{1}{2} d \left[\cot \beta \sin (\alpha_5 - 90^\circ) + \frac{\cos (\alpha_5 - 90^\circ)}{\sin \beta} \right] \\ &= \frac{1}{2} \times 360 \left[\cot 30^\circ \sin (112.5^\circ - 90^\circ) + \frac{\cos (112.5^\circ - 90^\circ)}{\sin 30^\circ} \right] \\ &= 451.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_6 &= \frac{1}{2} d \left[\cot \beta \sin (\alpha_6 - 90^\circ) + \frac{\cos (\alpha_6 - 90^\circ)}{\sin \beta} \right] \\ &= \frac{1}{2} \times 360 \left[\cot 30^\circ \sin (135^\circ - 90^\circ) + \frac{\cos (135^\circ - 90^\circ)}{\sin 30^\circ} \right] \\ &= 475 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_7 &= \frac{1}{2} d \left[\cot \beta \sin (\alpha_7 - 90^\circ) + \frac{\cos (\alpha_7 - 90^\circ)}{\sin \beta} \right] \\ &= \frac{1}{2} \times 360 \left[\cot 30^\circ \sin (157.5^\circ - 90^\circ) + \frac{\cos (157.5^\circ - 90^\circ)}{\sin 30^\circ} \right] \\ &= 425.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_8 &= \frac{1}{2}d \left[\cot\beta \sin(\alpha_8 - 90^\circ) + \frac{\cos(\alpha_8 - 90^\circ)}{\sin\beta} \right] \\
 &= \frac{1}{2} \times 360 \left[\cot 30^\circ \sin(180^\circ - 90^\circ) + \frac{\cos(180^\circ - 90^\circ)}{\sin 30^\circ} \right] \\
 &= 311.8
 \end{aligned}$$

$$c = \frac{H}{\cos\beta} = \frac{500}{\cos 30^\circ} = 577.4$$

$$S = \pi(d - t) = 3.1416 \times (360 - 5) = 1115.3$$

$$m = \frac{S}{n} = \frac{1115.3}{16} = 69.7$$

将已知数值代入公式计算，根据计算结果便可作出展开图，如图 2.26 所示。由于主管与四支管成放射状对称连接，因此主管只作 1/4 部分便可。

二十三、人字形三通管展开放样

已知人字形三通管外径 d 、板厚 t 、节数 N 和中心半径 R ，用算法进行展开放样，如图 2.27 所示。

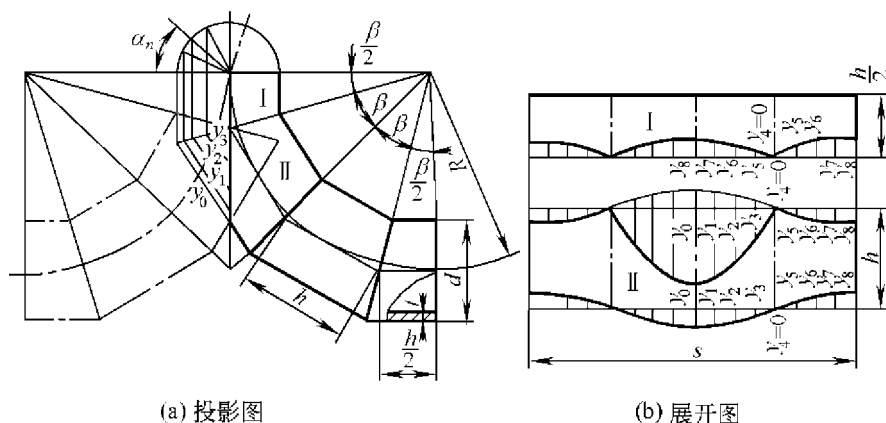


图 2.27 人字形三通管展开放样

由投影图可知，人字形三通管是由两组多节等径直角弯头组合而成的，本例为四节，其分节、展开放样计算与多节等径直角弯头相同，所以这里只介绍两组弯头结合部分的展开放样。当人字形三通管中心半径 $R \geq 1.336d$ 时，两组弯头便在两节内结合；当 $R < 1.336d$ 时，便在三节内结合，这样会给计算带来麻烦，设计时应尽量避免。

管 II 切口部分素线长度的计算公式为

$$y_n = \frac{1}{2} d \cos \alpha_n (\tan 15^\circ + \cot 30^\circ) = d \cos \alpha_n$$

$$S = \pi(d - t)$$

式中符号的意义如图 2.27 所示。

在管 I、管 II 的计算中可利用表 2.5～表 2.11 进行计算。

例 2-21 已知人字形三通管外径 $d=500$ ，板厚 $t=6$ ，节数 $N=4$ ，中心半径 $R=900$ ，试计算放样。

解：设圆周长度等分数 $n=16$ ，则 $\alpha_1 = \frac{90^\circ}{4} = 22.5^\circ$ ，
 $\alpha_2 = 45^\circ$ ， $\alpha_3 = 67.5^\circ$ ， $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

管Ⅱ切口部分素线长度

$$y_0 = d \cos \alpha_0 = 500 \times \cos 0^\circ = 500$$

$$y_1 = d \cos \alpha_1 = 500 \times \cos 22.5^\circ = 461.9$$

$$y_2 = d \cos \alpha_2 = 500 \times \cos 45^\circ = 353.6$$

$$y_3 = d \cos \alpha_3 = 500 \times \cos 67.5^\circ = 191.3$$

$$y_4 = d \cos \alpha_4 = 500 \times \cos 90^\circ = 0$$

$$\frac{h}{2} = R \tan \frac{\beta}{2} = 900 \tan \frac{30^\circ}{2} = 241.2$$

$$h = 282.4$$

$$\text{圆周长 } S = \pi(d-t) = 3.1416 \times (500-6) = 1552$$

其他部分的 y_n 值可查表 2.6 再计算，根据计算结果便可作出展开图，如图 2.27 所示。作展开图时，由于首节以中线为对称，与两等径直角弯头连接，并均为外皮接触，所以作管Ⅰ展开图时，其曲线坐标值取绝对值。在作管Ⅱ展开图时，先以上述各计算数值按多节等径直角弯头放样计算公式进行计算，根据计算结果作出完整的中节展开图，然后在竖直中线上由曲线交点向下载取 y_0 ，并在两侧各素线上对称截取 y_n 各值，用光滑曲线连接各截点，便得到管Ⅱ展开图，如图 2.27 所示。

第三章 异径和异口 多通管展开放样

一、异径直交三通管展开放样

图 3.1 为异径直交三通管，从图中可以看出由于支管与主管异径垂直交接而出现支管里皮与主管外皮接触。因此放样时支管按内径，主管按外径计算。已知尺寸为 R 、 r 、 t 、 h 及 l 。

展开计算公式为

$$y_n = \sqrt{R^2 + r^2 \sin^2 \alpha_n}$$

$$\sin \phi_n = \frac{r \sin \alpha_n}{R}$$

$$c_n = r \sin \alpha_n$$

$$b_n = \frac{\pi R \phi_n}{180^\circ}$$

式中 y_n ——相贯线各点至主管轴线距离；

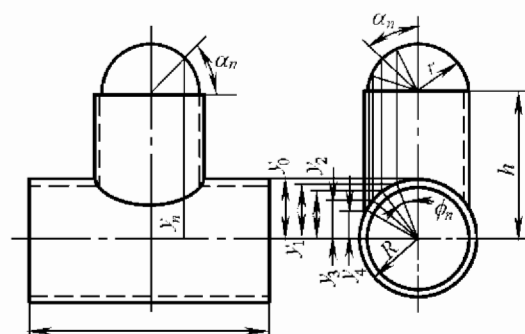
R ——主管外半径；

r ——支管内半径；

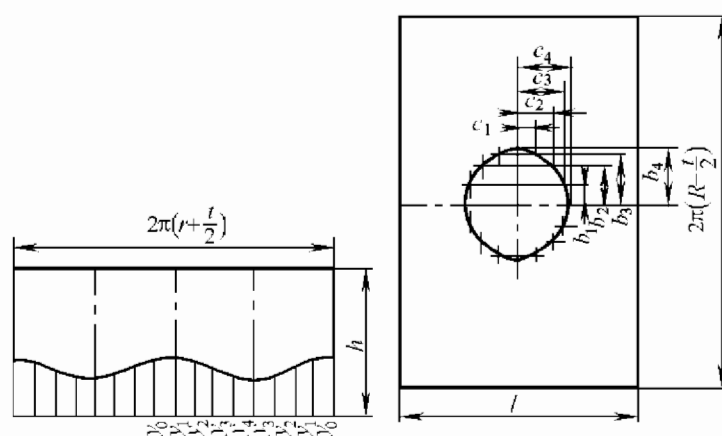
α_n ——圆周等分角；

c_n ——开孔长度；

b_n ——开孔宽度。



(a) 投影图



(b) 展开图

图 3.1 异径直交三通管展开放样

例 3-1 已知直交三通管主管外径 $D=650$ ，支管外径 $d=500$ ，板厚 $t=6$ ，支管高 $h=800$ ，主管长度 $l=1000$ ，试计算放样。

解：设圆周长度等分数 $n=16$ ， $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， $\alpha_2 = 45^\circ$ ， $\alpha_3 = 67.5^\circ$ ， $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$r = \frac{1}{2}(d - 2t) = \frac{1}{2}(500 - 2 \times 6) = 244$$

$$y_0 = \sqrt{\left(\frac{650}{2}\right)^2 - 244^2 \sin^2 0^\circ} = 325$$

$$y_1 = \sqrt{\left(\frac{650}{2}\right)^2 - 244^2 \sin^2 22.5^\circ} = 311.3$$

$$y_2 = \sqrt{\left(\frac{650}{2}\right)^2 - 244^2 \sin^2 45^\circ} = 275.4$$

$$y_3 = \sqrt{\left(\frac{650}{2}\right)^2 - 244^2 \sin^2 67.5^\circ} = 234$$

$$y_4 = \sqrt{\left(\frac{650}{2}\right)^2 - 244^2 \sin^2 90^\circ} = 214.7$$

$$c_1 = 244 \sin 22.5^\circ = 93.4$$

$$c_2 = 244 \sin 45^\circ = 172.5$$

$$c_3 = 244 \sin 67.5^\circ = 225.4$$

$$c_4 = 244 \sin 90^\circ = 244$$

$$\sin \phi_1 = \frac{244 \sin 22.5^\circ}{325} = 0.2873, \phi_1 = 16.7^\circ$$

$$\sin \phi_2 = \frac{244 \sin 45^\circ}{325} = 0.5385, \phi_2 = 32.1^\circ$$

$$\sin \phi_3 = \frac{244 \sin 67.5^\circ}{325} = 0.6936, \phi_3 = 43.9^\circ$$

$$\sin \phi_4 = \frac{244 \sin 90^\circ}{325} = 0.7508, \phi_4 = 48.7^\circ$$

$$b_1 = \frac{3.1416 \times 325}{180^\circ} \times 16.7^\circ = 94.7$$

$$b_2 = \frac{3.1416 \times 325}{180^\circ} \times 32.1^\circ = 182.1$$

$$b_3 = \frac{3.1416 \times 325}{180^\circ} \times 43.9^\circ = 249$$

$$b_4 = \frac{3.1416 \times 325}{180^\circ} \times 48.7^\circ = 276.2$$

支管周长 $S_1 = 3.1416 \times (500 - 6) = 1552$

主管周长 $S_2 = 3.1416 \times (650 - 6) = 2023.2$

根据以上各计算式所求数值，即可作出展开图，如图 3.1 (b) 所示。

为了便于使用，现将不同等分数常见的半径比 $\left(\frac{r}{R} = \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}\right)$ 的支管展开曲线坐标值和主管开孔长度、宽度值列于表 3.1~表 3.8 中。

表 3.1 异径直交三通管主管开孔尺寸坐标值 (一)

(本表适用于半径比: $\frac{r}{R} = \frac{1}{4}$)

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	$0.1253R$	$0.0958R$	$0.0773R$	$0.0647R$	$0.0488R$
c_1	$0.125R$	$0.0957R$	$0.0773R$	$0.0647R$	$0.0488R$
b_2	$0.2182R$	$0.1777R$	$0.1475R$	$0.1253R$	$0.0958R$
c_2	$0.2165R$	$0.1768R$	$0.1469R$	$0.125R$	$0.0957R$
b_3	$0.2527R$	$0.2331R$	$0.2037R$	$0.1777R$	$0.1393R$
c_3	$0.25R$	$0.231R$	$0.2023R$	$0.1768R$	$0.1389R$
b_4	$0.2182R$	$0.2527R$	$0.2401R$	$0.2182R$	$0.1777R$
c_4	$0.2165R$	$0.25R$	$0.2378R$	$0.2165R$	$0.1768R$
b_5	$0.1253R$	$0.2331R$	$0.2527R$	$0.2439R$	$0.2094R$
c_5	$0.125R$	$0.231R$	$0.25R$	$0.2415R$	$0.2079R$

续表

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_6		0.1777R	0.2401R	0.2527R	0.2331R
c_6		0.1768R	0.2378R	0.25R	0.231R
b_7		0.0958R	0.2037R	0.2439R	0.2477R
c_7		0.0957R	0.2023R	0.2415R	0.2452R
b_8			0.1475R	0.2182R	0.2527R
c_8			0.1469R	0.2165R	0.25R
b_9			0.0773R	0.1777R	0.2477R
c_9			0.0773R	0.1768R	0.2452R
b_{10}				0.1253R	0.2331R
c_{10}				0.125R	0.231R
b_{11}				0.0647R	0.2094R
c_{11}				0.0647R	0.2079R
b_{12}					0.1777R
c_{12}					0.1768R
b_{13}					0.1393R
c_{13}					0.1389R
b_{14}					0.0958R
c_{14}					0.0957R
b_{15}					0.0488R
c_{15}					0.0488R

注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.2 异径直交三通管支管展开曲线坐标值 (一)

(本表适用于半径比: $\frac{r}{R} = \frac{1}{4}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	R	R	R	R	R
y_1	$0.9922R$	$0.9954R$	$0.997R$	$0.9979R$	$0.9988R$
y_2	$0.9763R$	$0.9843R$	$0.9891R$	$0.9922R$	$0.9954R$
y_3	$0.9682R$	$0.973R$	$0.9793R$	$0.9843R$	$0.9903R$
y_4	$0.9763R$	$0.9682R$	$0.9713R$	$0.9763R$	$0.9843R$
y_5	$0.9922R$	$0.973R$	$0.9682R$	$0.9704R$	$0.9782R$
y_6	R	$0.9843R$	$0.9713R$	$0.9682R$	$0.973R$
y_7		$0.9954R$	$0.9793R$	$0.9704R$	$0.9695R$
y_8		R	$0.9891R$	$0.9763R$	$0.9682R$
y_9			$0.997R$	$0.9843R$	$0.9695R$
y_{10}			R	$0.9922R$	$0.973R$
y_{11}				$0.9979R$	$0.9782R$
y_{12}				R	$0.9843R$
y_{13}					$0.9903R$
y_{14}					$0.9954R$
y_{15}					$0.9988R$
y_{16}					R

注: y ——支管展开曲线至主管轴距离; n ——支管圆周等分数;
 R ——主管外半径。

表 3.3 异径直交三通管支管展开曲线坐标值 (二)

(本表适用于半径比: $\frac{r}{R} = \frac{1}{3}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	R	R	R	R	R
y_1	$0.986R$	$0.9918R$	$0.9947R$	$0.9963R$	$0.9979R$
y_2	$0.9574R$	$0.9718R$	$0.9806R$	$0.986R$	$0.9918R$
y_3	$0.9428R$	$0.9514R$	$0.963R$	$0.9718R$	$0.9827R$
y_4	$0.9574R$	$0.9428R$	$0.9484R$	$0.9574R$	$0.9718R$
y_5	$0.986R$	$0.9514R$	$0.9428R$	$0.9467R$	$0.9608R$
y_6	R	$0.9718R$	$0.9484R$	$0.9428R$	$0.9514R$
y_7		$0.9918R$	$0.963R$	$0.9467R$	$0.945R$
y_8		R	$0.9806R$	$0.9574R$	$0.9428R$
y_9			$0.9947R$	$0.9718R$	$0.945R$
y_{10}			R	$0.986R$	$0.9514R$
y_{11}				$0.9963R$	$0.9608R$
y_{12}				R	$0.9718R$
y_{13}					$0.9827R$
y_{14}					$0.9918R$
y_{15}					$0.9979R$
y_{16}					R

注: y ——支管展开曲线至主管轴距离; n ——支管圆周等分数;
 R ——主管外半径。

表 3.4 异径直交三通管主管开孔尺寸坐标值 (二)

(本表适用于半径比: $\frac{r}{R} = \frac{1}{3}$)

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	$0.1674R$	$0.1279R$	$0.1032R$	$0.0864R$	$0.0651R$
c_1	$0.1667R$	$0.1276R$	$0.103R$	$0.0863R$	$0.065R$
b_2	$0.2928R$	$0.2379R$	$0.1972R$	$0.1674R$	$0.1279R$
c_2	$0.2887R$	$0.2357R$	$0.1959R$	$0.1667R$	$0.1276R$
b_3	$0.3398R$	$0.313R$	$0.2731R$	$0.2379R$	$0.1863R$
c_3	$0.3333R$	$0.308R$	$0.2697R$	$0.2357R$	$0.1852R$
b_4	$0.2928R$	$0.3398R$	$0.3226R$	$0.2928R$	$0.2379R$
c_4	$0.2887R$	$0.3333R$	$0.317R$	$0.2887R$	$0.2357R$
b_5	$0.1674R$	$0.313R$	$0.3398R$	$0.3278R$	$0.2808R$
c_5	$0.1667R$	$0.308R$	$0.3333R$	$0.322R$	$0.2772R$
b_6		$0.2379R$	$0.3226R$	$0.3398R$	$0.313R$
c_6		$0.2357R$	$0.317R$	$0.3333R$	$0.308R$
b_7		$0.1279R$	$0.2731R$	$0.3278R$	$0.333R$
c_7		$0.1276R$	$0.2697R$	$0.322R$	$0.3269R$
b_8			$0.1972R$	$0.2928R$	$0.3398R$
c_8			$0.1959R$	$0.2887R$	$0.3333R$
b_9			$0.1032R$	$0.2379R$	$0.333R$
c_9			$0.103R$	$0.2357R$	$0.3269R$
b_{10}				$0.1674R$	$0.313R$
c_{10}				$0.1667R$	$0.308R$
b_{11}				$0.0864R$	$0.2808R$
c_{11}				$0.0863R$	$0.2772R$

续表

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_{12}					$0.2379R$
c_{12}					$0.2357R$
b_{13}					$0.1863R$
c_{13}					$0.1852R$
b_{14}					$0.1279R$
c_{14}					$0.1276R$
b_{15}					$0.0651R$
c_{15}					$0.065R$

注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.5 异径直交三通管主管开孔尺寸坐标值（三）

（本表适用于半径比： $\frac{r}{R} = \frac{1}{2}$ ）

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	$0.2527R$	$0.1925R$	$0.155R$	$0.1298R$	$0.0977R$
c_1	$0.25R$	$0.1913R$	$0.1545R$	$0.1294R$	$0.0975R$
b_2	$0.4478R$	$0.3614R$	$0.2983R$	$0.2527R$	$0.1925R$
c_2	$0.433R$	$0.3536R$	$0.2939R$	$0.25R$	$0.1913R$
b_3	$0.5236R$	$0.4802R$	$0.4164R$	$0.3614R$	$0.2815R$
c_3	$0.5R$	$0.4619R$	$0.4045R$	$0.3536R$	$0.2778R$
b_4	$0.4478R$	$0.5236R$	$0.4956R$	$0.4478R$	$0.3614R$
c_4	$0.433R$	$0.5R$	$0.4755R$	$0.433R$	$0.3536R$
b_5	$0.2527R$	$0.4802R$	$0.5236R$	$0.504R$	$0.4288R$
c_5	$0.25R$	$0.4619R$	$0.5R$	$0.483R$	$0.4157R$

续表

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_6		$0.3614R$	$0.4956R$	$0.5236R$	$0.4802R$
c_6		$0.3536R$	$0.4755R$	$0.5R$	$0.4619R$
b_7		$0.1925R$	$0.4164R$	$0.504R$	$0.5125R$
c_7		$0.1913R$	$0.4045R$	$0.483R$	$0.4904R$
b_8			$0.2983R$	$0.4478R$	$0.5236R$
c_8			$0.2939R$	$0.433R$	$0.5R$
b_9			$0.155R$	$0.3614R$	$0.5125R$
c_9			$0.1545R$	$0.3536R$	$0.4904R$
b_{10}				$0.2527R$	$0.4802R$
c_{10}				$0.25R$	$0.4619R$
b_{11}				$0.1298R$	$0.4288R$
c_{11}				$0.1294R$	$0.4157R$
b_{12}					$0.3614R$
c_{12}					$0.3536R$
b_{13}					$0.2815R$
c_{13}					$0.2778R$
b_{14}					$0.1925R$
c_{14}					$0.1913R$
b_{15}					$0.0977R$
c_{15}					$0.0975R$

 注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.6 异径直交三通管支管展开曲线坐标值 (三)

(本表适用于半径比: $\frac{r}{R} = \frac{1}{2}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	R	R	R	R	R
y_1	$0.9682R$	$0.9815R$	$0.988R$	$0.9916R$	$0.9952R$
y_2	$0.9014R$	$0.9354R$	$0.9558R$	$0.9682R$	$0.9815R$
y_3	$0.886R$	$0.8869R$	$0.9145R$	$0.9354R$	$0.9606R$
y_4	$0.9014R$	$0.886R$	$0.8797R$	$0.9014R$	$0.9354R$
y_5	$0.9682R$	$0.8869R$	$0.886R$	$0.8756R$	$0.9095R$
y_6	R	$0.9354R$	$0.8797R$	$0.886R$	$0.8869R$
y_7		$0.9815R$	$0.9145R$	$0.8756R$	$0.8715R$
y_8		R	$0.9558R$	$0.9014R$	$0.866R$
y_9			$0.988R$	$0.9354R$	$0.8715R$
y_{10}			R	$0.9682R$	$0.8869R$
y_{11}				$0.9916R$	$0.9095R$
y_{12}				R	$0.9354R$
y_{13}					$0.9606R$
y_{14}					$0.9815R$
y_{15}					$0.9952R$
y_{16}					R

注: y ——支管展开曲线至主管轴距离; n ——支管圆周等分数;
 R ——主管外半径。

表 3.7 异径直交三通管支管展开曲线坐标值 (四)

 (本表适用于半径比: $\frac{r}{R} = \frac{2}{3}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	R	R	R	R	R
y_1	$0.9428R$	$0.9669R$	$0.9785R$	$0.985R$	$0.9915R$
y_2	$0.8165R$	$0.8819R$	$0.92R$	$0.9428R$	$0.9669R$
y_3	$0.7454R$	$0.7878R$	$0.8421R$	$0.8819R$	$0.9289R$
y_4	$0.8165R$	$0.7454R$	$0.7733R$	$0.8165R$	$0.8819R$
y_5	$0.9428R$	$0.7878R$	$0.7454R$	$0.7651R$	$0.8323R$
y_6	R	$0.8819R$	$0.7733R$	$0.7454R$	$0.7878R$
y_7		$0.9669R$	$0.8421R$	$0.7651R$	$0.7566R$
y_8		R	$0.92R$	$0.8165R$	$0.7454R$
y_9			$0.9785R$	$0.8819R$	$0.7566R$
y_{10}			R	$0.9428R$	$0.7878R$
y_{11}				$0.985R$	$0.8323R$
y_{12}				R	$0.8819R$
y_{13}					$0.9289R$
y_{14}					$0.9669R$
y_{15}					$0.9915R$
y_{16}					R

注: y ——支管展开曲线至主管轴距离; n ——支管圆周等分数;
 R ——主管外半径。

表 3.8 异径直交三通管主管开孔尺寸坐标值 (四)

(本表适用于半径比: $\frac{r}{R} = \frac{2}{3}$)

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	0.2351R	0.258R	0.2075R	0.1734R	0.1304R
c_1	0.3333R	0.2551R	0.206R	0.1725R	0.1301R
b_2	0.6154R	0.491R	0.4026R	0.3398R	0.258R
c_2	0.5774R	0.4714R	0.3919R	0.3333R	0.2551R
b_3	0.7297R	0.6636R	0.5697R	0.4909R	0.3794R
c_3	0.6667R	0.6159R	0.5393R	0.4714R	0.3704R
b_4	0.6154R	0.7297R	0.6868R	0.6155R	0.4909R
c_4	0.5774R	0.6667R	0.634R	0.5774R	0.4714R
b_5	0.2351R	0.6636R	0.7297R	0.7133R	0.5875R
c_5	0.3333R	0.6159R	0.6667R	0.644R	0.5543R
b_6		0.491R	0.6868R	0.7297R	0.6636R
c_6		0.4714R	0.634R	0.6667R	0.6159R
b_7		0.258R	0.5697R	0.7133R	0.7127R
c_7		0.2551R	0.5393R	0.644R	0.6539R
b_8			0.4026R	0.6155R	0.7297R
c_8			0.3919R	0.5774R	0.6667R
b_9			0.2075R	0.4909R	0.7127R
c_9			0.206R	0.4714R	0.6538R
b_{10}				0.3398R	0.6636R
c_{10}				0.3333R	0.6159R

续表

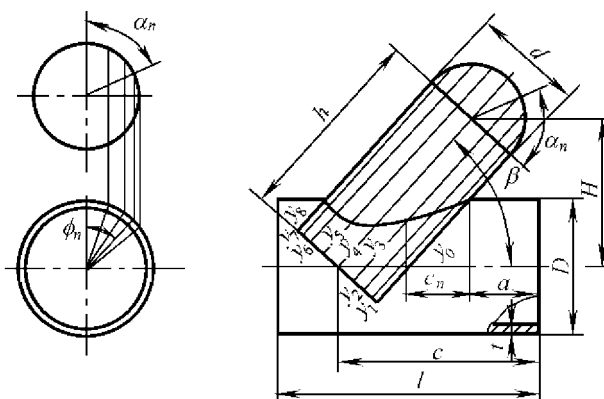
$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_{11}				$0.1734R$	$0.5875R$
c_{11}				$0.1725R$	$0.5543R$
b_{12}					$0.4909R$
c_{12}					$0.4714R$
b_{13}					$0.3794R$
c_{13}					$0.3704R$
b_{14}					$0.258R$
c_{14}					$0.2551R$
b_{15}					$0.1304R$
c_{15}					$0.1301R$

 注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

二、异径斜交三通管展开放样

异径斜交三通管是现场经常遇到的一种构件，如图 3.2 所示。两管相贯线为空间曲线，用图解法作展开图时须先求相贯线后，方能作出展开图。在求相贯线时，通常分析两管具体结合情况来进行。例如，两管为外皮接触时用外径求相贯线；里皮接触则用内径求相贯线。若同一管件在相贯中既有里皮接触又有外皮接触，这就需要根据接触部分的具体情况进行皮厚处理。按视图分析本例属于后一种，既有里皮接触（支管轴线以左部分），又有外皮接触（轴线以右部分）。用计算法放样，虽然不要求出两管相贯线，但是在分析问题确定计算式时需要考虑各因素。在板厚不大的情况下，由于用内径求这类构件的相贯线所确定的展开图及开孔尺寸，对构件质量影响甚微，可不考

虑。为了减少计算上的繁琐，本书中凡属这类相贯件一律用外径来进行计算。图中已知尺寸为 R 、 r 、 H 、 l 、 c 及 β 。



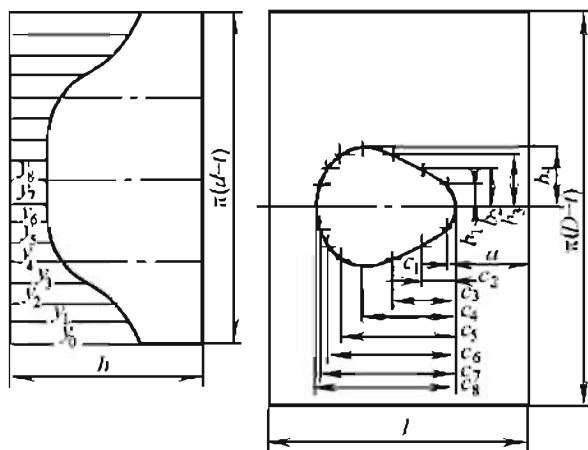


图 3.2 斜交三通管展开放样

计算式

$$y_n = \frac{1}{\sin\beta} \sqrt{R^2 - r^2 \sin^2 \alpha_n} + \frac{r \cos \alpha_n}{\tan\beta}$$

$$a = c - \frac{r + R \cos\beta}{\sin\beta}$$

$$c_n = (y_0 - y_n) \cos\beta + r \sin\beta (1 - \cos \alpha_n)$$

$$\sin \phi_n = \frac{r}{R} \sin \alpha_n$$

$$b_n = \frac{\pi R \phi_n}{180^\circ}$$

$$h = \frac{H}{\sin\beta}$$

式中 R ——主管半径， $R = \frac{D}{2}$ ；

r ——支管半径， $r = \frac{d}{2}$ ；

y_n ——相贯线各点至轴线交点距离（沿支管轴线

方向)；

a_n ——圆周等分角；

c_n ——孔长；

b_n ——孔宽。

例 3-2 设异径三通管外径 $D=600$ ， $R=300$ ，支管外径 $d=460$ ， $r=230$ ，板厚 $t=8$ ，轴线交角 $\beta=60^\circ$ ， $l=850$ ， $c=500$ ， $H=750$ ，试计算放样。

解：设圆周长度等分数 $n=16$ ， $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， α_n 以此值递增。

$$y_0 = \frac{1}{\sin 60^\circ} \sqrt{300^2 - 230^2 \sin^2 0^\circ} + \frac{230 \cos 0^\circ}{\tan 60^\circ} = 479.2$$

$$y_1 = \frac{1}{\sin 60^\circ} \sqrt{300^2 - 230^2 \sin^2 22.5^\circ} + \frac{230 \cos 22.5^\circ}{\tan 60^\circ}$$

= 454

$$y_2 = \frac{1}{\sin 60^\circ} \sqrt{300^2 - 230^2 \sin^2 45^\circ} + \frac{230 \cos 45^\circ}{\tan 60^\circ} = 385$$

$$y_3 = \frac{1}{\sin 60^\circ} \sqrt{300^2 - 230^2 \sin^2 67.5^\circ} + \frac{230 \cos 67.5^\circ}{\tan 60^\circ} = 295.3$$

$$y_4 = \frac{1}{\sin 60^\circ} \sqrt{300^2 - 230^2 \sin^2 90^\circ} + \frac{230 \cos 90^\circ}{\tan 60^\circ} = 222.4$$

$$y_5 = \frac{1}{\sin 60^\circ} \sqrt{300^2 - 230^2 \sin^2 (90^\circ + 22.5^\circ)} + \frac{230 \cos (90^\circ + 22.5^\circ)}{\tan 60^\circ}$$

= 193.7

$$y_6 = \frac{1}{\sin 60^\circ} \sqrt{300^2 - 230^2 \sin^2 (90^\circ + 45^\circ)} + \frac{230 \cos (90^\circ + 45^\circ)}{\tan 60^\circ}$$

= 197.2

$$y_7 = \frac{1}{\sin 60^\circ} \sqrt{300^2 - 230^2 \sin^2 (90^\circ + 67.5^\circ)}$$

$$+ \frac{230 \cos(90^\circ + 67.5^\circ)}{\tan 60^\circ} = 208.5$$

$$y_8 = \frac{1}{\sin 60^\circ} \sqrt{300^2 - 230^2 \sin^2 180^\circ} + \frac{230 \cos 180^\circ}{\tan 60^\circ} = 213.6$$

$$a = 500 - \frac{230 + 300 \cos 60^\circ}{\sin 60^\circ} = 61.2$$

$$c_1 = (479.2 - 454) \cos 60^\circ + (230 \sin 60^\circ)(1 - \cos 22.5^\circ) = 27.8$$

$$c_2 = (479.2 - 385) \cos 60^\circ + (230 \sin 60^\circ)(1 - \cos 45^\circ) = 105.4$$

$$c_3 = (479.2 - 295.8) \cos 60^\circ + (230 \sin 60^\circ)(1 - \cos 67.5^\circ) = 214.9$$

$$c_4 = (479.2 - 222.4) \cos 60^\circ + (230 \sin 60^\circ)(1 - \cos 90^\circ) = 327.6$$

$$c_5 = (479.2 - 193.7) \cos 60^\circ + (230 \sin 60^\circ)[1 - \cos(90^\circ + 22.5^\circ)] \\ = 418.2$$

$$c_6 = (479.2 - 197.2) \cos 60^\circ + (230 \sin 60^\circ)[1 - \cos(90^\circ + 45^\circ)] \\ = 481$$

$$c_7 = (479.2 - 208.5) \cos 60^\circ + (230 \sin 60^\circ)[1 - \cos(90^\circ + 67.5^\circ)] \\ = 518.5$$

$$c_8 = \frac{d}{\sin 60^\circ} = \frac{460}{0.866} = 531.2$$

$$\sin \phi_1 = \frac{230}{300} \sin 22.5^\circ = 0.2934$$

$$\sin \phi_2 = \frac{230}{300} \sin 45^\circ = 0.5421$$

$$\sin \phi_3 = \frac{230}{300} \sin 67.5^\circ = 0.7083$$

$$\sin \phi_4 = \frac{230}{300} \sin 90^\circ = 0.7667$$

查三角函数表： $\phi_1 = 17^\circ$ ， $\phi_2 = 32.8^\circ$ ， $\phi_3 = 45.1^\circ$ ， $\phi_4 = 50^\circ$

$$b_1 = \frac{3.1416 \times 300 \times 17^\circ}{180^\circ} = 89$$

$$b_2 = \frac{3.1416 \times 300 \times 32.8^\circ}{180^\circ} = 171.7$$

$$b_3 = \frac{3.1416 \times 300 \times 45.1^\circ}{180^\circ} = 236$$

$$b_4 = \frac{3.1416 \times 300 \times 50^\circ}{180^\circ} = 261.8$$

$$h = \frac{750}{\sin 60^\circ} = 866$$

主管圆周长度 $S_1 = 3.1416 \times (600 - 8) = 1859.8$

支管圆周长度 $S_2 = 3.1416 \times (460 - 8) = 1420$

根据以上计算式所求数值,即可作出展开图,如图 3.2 所示。

为便于使用,将主、支管轴线交角 $\beta = 45^\circ$ 和 $\beta = 60^\circ$ 异径斜交三通管不同等分数常见半径比 $\left(\frac{r}{R} = \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}\right)$ 的支管展开曲线坐标值和主管开孔长、宽值列于表 3.9~表 3.24 中。

表 3.9 异径斜交三通管主管开孔尺寸坐标值 (一)

(本表适用于 $\beta = 45^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R} = \frac{1}{4}$)

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	$0.1253R$	$0.0958R$	$0.0773R$	$0.0648R$	$0.0488R$
c_1	$0.0552R$	$0.0957R$	$0.0203R$	$0.0142R$	$0.008R$

b_2	0.2182R	0.1777R	0.1475R	0.1253R	0.0958R
c_2	0.2005R	0.1193R	0.0784R	0.0552R	0.0315R
b_3	0.2527R	0.2331R	0.2037R	0.1777R	0.1393R
c_3	0.3853R	0.2455R	0.1664R	0.1193R	0.0692R
b_4	0.2182R	0.2527R	0.2401R	0.2182R	0.1777R
c_4	0.554R	0.3853R	0.237R	0.2005R	0.1193R
b_5	0.1253R	0.2331R	0.2527R	0.2439R	0.2094R
c_5	0.6676R	0.5159R	0.3853R	0.2916R	0.179R
b_6	0	0.1777R	0.2401R	0.2527R	0.2331R
c_6	0.7071R	0.6194R	0.4915R	0.3853R	0.2453R
b_7		0.0958R	0.2037R	0.2439R	0.2477R
c_7		0.6878R	0.582R	0.4747R	0.3151R

续表

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_8		0	$0.1475R$	$0.2182R$	$0.2527R$
c_8		$0.7071R$	$0.6505R$	$0.554R$	$0.3853R$
b_9			$0.773R$	$0.1777R$	$0.2477R$
c_9			$0.6928R$	$0.6193R$	$0.4531R$
b_{10}			0	$0.1253R$	$0.2331R$
c_{10}			$0.7071R$	$0.6676R$	$0.5159R$
b_{11}				$0.0648R$	$0.2094R$
c_{11}				$0.6971R$	$0.5718R$
b_{12}				0	$0.1777R$
c_{12}				$0.7071R$	$0.6193R$
b_{13}					$0.1393R$
c_{13}					$0.6572R$
b_{14}					$0.0958R$
c_{14}					$0.6848R$
b_{15}					$0.0488R$
c_{15}					$0.7015R$
b_{16}					0
c_{16}					$0.7071R$

注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.10 异径斜交三通管支管展开曲线坐标值 (一)

 (本表适用于 $\beta=45^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{1}{4}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	$1.6642R$	$1.6642R$	$1.6642R$	$1.6642R$	$1.6642R$
y_1	$1.6196R$	$1.6387R$	$1.6477R$	$1.6527R$	$1.6577R$
y_2	$1.5057R$	$1.5687R$	$1.6011R$	$1.6196R$	$1.6387R$
y_3	$1.3693R$	$1.4714R$	$1.5319R$	$1.5687R$	$1.6084R$
y_4	$1.2557R$	$1.3693R$	$1.4509R$	$1.5057R$	$1.5687R$
y_5	$1.1866R$	$1.2803R$	$1.3693R$	$1.4371R$	$1.5222R$
y_6	$1.1642R$	$1.215R$	$1.2964R$	$1.3693R$	$1.4716R$
y_7		$1.1767R$	$1.238R$	$1.3076R$	$1.4198R$
y_8		$1.1642R$	$1.1965R$	$1.2557R$	$1.3693R$
y_9			$1.1722R$	$1.2152R$	$1.3222R$
y_{10}			$1.1642R$	$1.1866R$	$1.2803R$
y_{11}				$1.1698R$	$1.2444R$
y_{12}				$1.1642R$	$1.2152R$
y_{13}					$1.1926R$
y_{14}					$1.1767R$
y_{15}					$1.1673R$
y_{16}					$1.1642R$

注: y ——支管展开曲线坐标值; n ——支管圆周等分数; R ——主管外半径。

表 3.11 异径斜交三通管支管展开曲线坐标值 (二)

(本表适用于 $\beta=45^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{1}{3}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	$1.7475R$	$1.7475R$	$1.7475R$	$1.7475R$	$1.7475R$
y_1	$1.6831R$	$1.7106R$	$1.7237R$	$1.7309R$	$1.7381R$
y_2	$1.5207R$	$1.6101R$	$1.6565R$	$1.6831R$	$1.7106R$
y_3	$1.3333R$	$1.473R$	$1.5577R$	$1.6101R$	$1.6669R$
y_4	$1.1873R$	$1.3333R$	$1.4443R$	$1.5207R$	$1.6101R$
y_5	$1.1057R$	$1.2179R$	$1.3333R$	$1.4252R$	$1.544R$
y_6	$1.0809R$	$1.1387R$	$1.2382R$	$1.3333R$	$1.473R$
y_7		$1.0947R$	$1.1659R$	$1.2526R$	$1.4015R$
y_8		$1.0809R$	$1.1171R$	$1.1873R$	$1.3333R$
y_9			$1.0897R$	$1.1387R$	$1.2715R$
y_{10}			$1.0809R$	$1.1057R$	$1.2179R$
y_{11}				$1.087R$	$1.1736R$
y_{12}				$1.0809R$	$1.1387R$
y_{13}					$1.1126R$
y_{14}					$1.0947R$
y_{15}					$1.0843R$
y_{16}					$1.0809R$

注: y ——支管展开曲线坐标值; n ——支管圆周等分数; R ——主管外半径。

表 3.12 异径斜交三通管主管开孔尺寸坐标值 (二)

 (本表适用于 $\beta=45^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{1}{3}$)

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	$0.1674R$	$0.1279R$	$0.1032R$	$0.0864R$	$0.0651R$
c_1	$0.0771R$	$0.044R$	$0.0284R$	$0.0198R$	$0.0112R$
b_2	$0.2928R$	$0.2379R$	$0.1972R$	$0.1674R$	$0.1279R$
c_2	$0.2782R$	$0.1662R$	$0.1094R$	$0.0771R$	$0.044R$
b_3	$0.3398R$	$0.313R$	$0.2731R$	$0.2379R$	$0.1863R$
c_3	$0.5287R$	$0.3396R$	$0.2314R$	$0.1662R$	$0.0967R$
b_4	$0.2928R$	$0.3398R$	$0.3226R$	$0.2928R$	$0.2379R$
c_4	$0.7497R$	$0.5286R$	$0.3773R$	$0.2782R$	$0.1662R$
b_5	$0.1674R$	$0.313R$	$0.3398R$	$0.3278R$	$0.2808R$
c_5	$0.8936R$	$0.7004R$	$0.5286R$	$0.4026R$	$0.2486R$
b_6	0	$0.2379R$	$0.3226R$	$0.3398R$	$0.313R$
c_6	$0.9428R$	$0.8328R$	$0.6687R$	$0.5286R$	$0.3396R$
b_7		$0.1279R$	$0.2731R$	$0.3278R$	$0.3331R$
c_7		$0.9151R$	$0.7855R$	$0.6466R$	$0.4344R$
b_8		0	$0.1972R$	$0.2928R$	$0.3398R$
c_8		$0.9428R$	$0.8721R$	$0.7497R$	$0.5286R$
b_9			$0.1032R$	$0.2379R$	$0.3331R$
c_9			$0.925R$	$0.8328R$	$0.6183R$
b_{10}			0	$0.1674R$	$0.313R$
c_{10}			$0.9428R$	$0.8936R$	$0.7004R$
b_{11}				$0.0864R$	$0.2808R$
c_{11}				$0.9304R$	$0.7725R$
b_{12}				0	$0.2379R$
c_{12}				$0.9428R$	$0.8328R$

续表

n b, c	12	16	20	24	32
b_{13}					$0.1863R$
c_{13}					$0.8806R$
b_{14}					$0.1279R$
c_{14}					$0.9151R$
b_{15}					$0.0651R$
c_{15}					$0.9358R$
b_{16}					0
c_{16}					$0.9428R$

注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.13 异径斜交三通管主管开孔尺寸坐标值（三）

（本表适用于 $\beta=45^\circ$ ，半径比： $\frac{r}{R}=\frac{1}{2}$ ）

n b, c	12	16	20	24	32
b_1	$0.2527R$	$0.1925R$	$0.1551R$	$0.1298R$	$0.0977R$
c_1	$0.1265R$	$0.0723R$	$0.0464R$	$0.0325R$	$0.0184R$
b_2	$0.4478R$	$0.3614R$	$0.2983R$	$0.2527R$	$0.1925R$
c_2	$0.4522R$	$0.2717R$	$0.1792R$	$0.1265R$	$0.0723R$
b_3	$0.5236R$	$0.4802R$	$0.4164R$	$0.3614R$	$0.2815R$
c_3	$0.4811R$	$0.5496R$	$0.377R$	$0.2717R$	$0.1585R$
b_4	$0.4478R$	$0.5236R$	$0.4956R$	$0.4478R$	$0.3614R$
c_4	$1.1593R$	$0.8411R$	$0.6089R$	$0.4522R$	$0.2717R$
b_5	$0.2527R$	$0.4802R$	$0.5236R$	$0.504R$	$0.4288R$
c_6	$1.3512R$	$1.0908R$	$0.8411R$	$0.6485R$	$0.4048R$

续表

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_6	0	$0.3614R$	$0.4956R$	$0.5236R$	$0.4802R$
c_6	$1.4142R$	$1.2717R$	$1.0459R$	$0.8411R$	$0.5496R$
b_7		$0.1925R$	$0.4164R$	$0.504R$	$0.5125R$
c_7		$1.3789R$	$1.243R$	$1.0145R$	$0.6977R$
b_8		0	$0.2983R$	$0.4478R$	$0.5236R$
c_8		$1.4142R$	$1.3265R$	$1.1593R$	$0.8411R$
b_9			$0.1551R$	$0.3614R$	$0.5125R$
c_9			$1.3916R$	$1.2717R$	$0.9736R$
b_{10}			0	$0.2527R$	$0.4802R$
c_{10}			$1.4142R$	$1.3512R$	$1.0908R$
b_{11}				$0.1298R$	$0.4288R$
c_{11}				$1.3985R$	$1.1905R$
b_{12}				0	$0.3614R$
c_{12}				$1.412R$	$1.2717R$
b_{13}					$0.2815R$
c_{13}					$1.3344R$
b_{14}					$0.1925R$
c_{14}					$1.3789R$
b_{15}					$0.0977R$
c_{15}					$1.4054R$
b_{16}					0
c_{16}					$1.4142R$

 注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.14 异径斜交三通管支管展开曲线坐标值 (三)

(本表适用于 $\beta=45^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{1}{2}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	1.9142R	1.9142R	1.9142R	1.9142R	1.9142R
y_1	1.8023R	1.85R	1.8727R	1.8853R	1.8978R
y_2	1.5247R	1.6764R	1.7563R	1.8023R	1.85R
y_3	1.2247R	1.4456R	1.5872R	1.6764R	1.7743R
y_4	1.0247R	1.2247R	1.3986R	1.5247R	1.6764R
y_5	0.9363R	1.0629R	1.2247R	1.3677R	1.564R
y_6	0.9142R	0.9693R	1.0896R	1.2247R	1.4456R
y_7		0.9261R	0.9502R	1.1089R	1.33R
y_8		0.9142R	0.9472R	1.0247R	1.2247R
y_9			0.9217R	0.9693R	1.1349R
y_{10}			0.9142R	0.9363R	1.0629R
y_{11}				0.9193R	1.0084R
y_{12}				0.9142R	0.9693R
y_{13}					0.9428R
y_{14}					0.9261R
y_{15}					0.9171R
y_{16}					0.9142R

注: y ——支管展开曲线坐标值; n ——支管圆周等分数; R ——主管外半径。

表 3.15 异径斜交三通管支管展开曲线坐标值 (四)

 (本表适用于 $\beta=45^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{2}{3}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	$2.0809R$	$2.0809R$	$2.0809R$	$2.0809R$	$2.0809R$
y_1	$1.9107R$	$1.9833R$	$2.0179R$	$2.0369R$	$2.056R$
y_2	$1.488R$	$1.7186R$	$1.8404R$	$1.9107R$	$1.9833R$
y_3	$1.0541R$	$1.3692R$	$1.5827R$	$1.7186R$	$1.8679R$
y_4	$0.8214R$	$1.0541R$	$1.2996R$	$1.488R$	$1.7186R$
y_5	$0.765R$	$0.859R$	$1.0541R$	$1.2545R$	$1.5474R$
y_6	$0.7475R$	$0.7758R$	$0.8876R$	$1.0541R$	$1.3692R$
y_7		$0.7515R$	$0.799R$	$0.9094R$	$1.2001R$
y_8		$0.7475R$	$0.7618R$	$0.8214R$	$1.0541R$
y_9			$0.7498R$	$0.7758R$	$0.9399R$
y_{10}			$0.7475R$	$0.756R$	$0.859R$
y_{11}				$0.749R$	$0.8067R$
y_{12}				$0.7475R$	$0.7758R$
y_{13}					$0.7593R$
y_{14}					$0.7515R$
y_{15}					$0.7483R$
y_{16}					$0.7475R$

注: y ——支管展开曲线坐标值; n ——支管圆周等分数; R ——主管外半径。

表 3.16 异径斜交三通管主管开孔尺寸坐标值 (四)

(本表适用于 $\beta=45^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{2}{3}$)

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	$0.3398R$	$0.258R$	$0.2075R$	$0.1734R$	$0.1304R$
c_1	$0.1835R$	$0.1014R$	$0.0663R$	$0.0472R$	$0.0304R$
b_2	$0.6155R$	$0.4909R$	$0.4136R$	$0.3398R$	$0.258R$
c_2	$0.6549R$	$0.3943R$	$0.2601R$	$0.1835R$	$0.1049R$
b_3	$0.7297R$	$0.6636R$	$0.5697R$	$0.4909R$	$0.3794R$
c_3	$1.1975R$	$0.7942R$	$0.5466R$	$0.3943R$	$0.2301R$
b_4	$0.6155R$	$0.7297R$	$0.6868R$	$0.6155R$	$0.4909R$
c_4	$1.5977R$	$1.1975R$	$0.8782R$	$0.6549R$	$0.3943R$
b_5	$0.3398R$	$0.6636R$	$0.7297R$	$0.6997R$	$0.5875R$
c_5	$1.8165R$	$1.5156R$	$1.1975R$	$0.9337R$	$0.5867R$
b_6	0	$0.4909R$	$0.6868R$	$0.7297R$	$0.6636R$
c_6	$1.8856R$	$1.7276R$	$1.4609R$	$1.1975R$	$0.7942R$
b_7		$0.258R$	$0.5697R$	$0.6997R$	$0.7127R$
c_7		$1.8469R$	$1.6812R$	$1.4218R$	$1.0022R$
b_8		0	$0.4136R$	$0.6155R$	$0.7297R$
c_8		$1.8856R$	$1.7855R$	$1.5977R$	$1.1975R$
b_9			$0.2075R$	$0.4909R$	$0.7127R$
c_9			$1.8609R$	$1.7276R$	$1.3702R$
b_{10}			0	$0.3398R$	$0.6636R$
c_{10}			$1.8856R$	$1.8165R$	$1.5185R$
b_{11}				$0.1734R$	$0.5875R$
c_{11}				$1.8685R$	$1.6343R$
b_{12}				0	$0.4909R$
c_{12}				$1.8856R$	$1.7276R$

续表

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_{13}					$0.3794R$
c_{13}					$1.7979R$
b_{14}					$0.258R$
c_{14}					$1.8469R$
b_{15}					$0.1304R$
c_{15}					$1.876R$
b_{16}					0
c_{16}					$1.8856R$

 注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.17 异径斜交三通管主管开孔尺寸坐标值（五）

 （本表适用于 $\beta=60^\circ$ ，半径比： $\frac{r}{R}=\frac{1}{4}$ ）

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	$0.1253R$	$0.0958R$	$0.0773R$	$0.0647R$	$0.0488R$
c_1	$0.0431R$	$0.0246R$	$0.0158R$	$0.011R$	$0.0062R$
b_2	$0.2182R$	$0.1777R$	$0.1475R$	$0.1253R$	$0.0958R$
c_2	$0.158R$	$0.0936R$	$0.0614R$	$0.0432R$	$0.0246R$
b_3	$0.2527R$	$0.2331R$	$0.2037R$	$0.1777R$	$0.1393R$
c_3	$0.307R$	$0.1938R$	$0.1309R$	$0.0934R$	$0.0542R$
b_4	$0.2182R$	$0.2527R$	$0.24R$	$0.2182R$	$0.1777R$
c_4	$0.4467R$	$0.307R$	$0.2161R$	$0.158R$	$0.0936R$
b_5	$0.1253R$	$0.2331R$	$0.2526R$	$0.2439R$	$0.2094R$
c_5	$0.5432R$	$0.4148R$	$0.307R$	$0.231R$	$0.1409R$

续表

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_6	0	$0.1777R$	$0.24R$	$0.2527R$	$0.2331R$
c_6	$0.5773R$	$0.5018R$	$0.3944R$	$0.307R$	$0.1938R$
b_7		$0.0958R$	$0.2037R$	$0.2439R$	$0.2477R$
c_7		$0.558R$	$0.4073R$	$0.3805R$	$0.25R$
b_8		0	$0.1475R$	$0.2182R$	$0.2527R$
c_8		$0.5773R$	$0.5285R$	$0.4467R$	$0.307R$
b_9			$0.0773R$	$0.1777R$	$0.2477R$
c_9			$0.5649R$	$0.5018R$	$0.3626R$
b_{10}			0	$0.1253R$	$0.2331R$
c_{10}			$0.5773R$	$0.5432R$	$0.4148R$
b_{11}				$0.0647R$	$0.2094R$
c_{11}				$0.5687R$	$0.4616R$
b_{12}				0	$0.1777R$
c_{12}				$0.5773R$	$0.5018R$
b_{13}					$0.1393R$
c_{13}					$0.5343R$
b_{14}					$0.0958R$
c_{14}					$0.558R$
b_{15}					$0.0488R$
c_{15}					$0.5724R$
b_{16}					0
c_{16}					$0.5773R$

注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.18 异径斜交三通管支管展开曲线坐标值 (五)

 (本表适用于 $\beta=60^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{1}{4}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	1.299R	1.299R	1.299R	1.299R	1.299R
y_1	1.2706R	1.2828R	1.2885R	1.2917R	1.2949R
y_2	1.1995R	1.2386R	1.2589R	1.2706R	1.2828R
y_3	1.118R	1.1787R	1.2157R	1.239R	1.2635R
y_4	1.0551R	1.118R	1.166R	1.1995R	1.2386R
y_5	1.0206R	1.0682R	1.118R	1.1579R	1.2097R
y_6	1.0104R	1.0345R	1.077R	1.118R	1.1787R
y_7		1.0161R	1.046R	1.083R	1.1476R
y_8		1.0104R	1.0254R	1.0551R	1.118R
y_9			1.014R	1.0345R	1.0913R
y_{10}			1.0104R	1.0206R	1.0682R
y_{11}				1.0129R	1.0493R
y_{12}				1.0104R	1.0345R
y_{13}					1.0235R
y_{14}					1.0161R
y_{15}					1.0118R
y_{16}					1.0104R

注: y ——支管展开曲线坐标值; n ——支管圆周等分数; R ——主管外半径。

表 3.19 异径斜交三通管支管展开曲线坐标值 (六)

(本表适用于 $\beta=60^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{1}{3}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	$1.3472R$	$1.3472R$	$1.3472R$	$1.3472R$	$1.3472R$
y_1	$1.3052R$	$1.3231R$	$1.3316R$	$1.3363R$	$1.341R$
y_2	$1.2018R$	$1.2582R$	$1.288R$	$1.3052R$	$1.3231R$
y_3	$1.0887R$	$1.1722R$	$1.225R$	$1.2582R$	$1.2947R$
y_4	$1.0093R$	$1.0887R$	$1.155R$	$1.2018R$	$1.2582R$
y_5	$0.9719R$	$1.0249R$	$1.0887R$	$1.143R$	$1.2164R$
y_6	$0.9623R$	$0.9861R$	$1.0357R$	$1.0887R$	$1.1722R$
y_7		$0.9675R$	$0.9988R$	$1.0434R$	$1.1288R$
y_8		$0.9623R$	$0.9766R$	$1.0093R$	$1.0887R$
y_9			$0.9655R$	$0.9861R$	$1.0537R$
y_{10}			$0.9623R$	$0.9719R$	$1.0249R$
y_{11}				$0.9645R$	$1.0025R$
y_{12}				$0.9623R$	$0.9861R$
y_{13}					$0.9747R$
y_{14}					$0.9675R$
y_{15}					$0.9635R$
y_{16}					$0.9623R$

注: y ——支管展开曲线坐标值; n ——支管圆周等分数; R ——主管外半径。

表 3.20 异径斜交三通管主管开孔尺寸坐标值 (六)

 (本表适用于 $\beta=60^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{1}{3}$)

b, c \ n	12	16	20	24	32
b_1	$0.1674R$	$0.1279R$	$0.1032R$	$0.0864R$	$0.0651R$
c_1	$0.0597R$	$0.034R$	$0.0219R$	$0.0153R$	$0.0085R$
b_2	$0.2928R$	$0.2379R$	$0.1972R$	$0.1674R$	$0.1279R$
c_2	$0.217R$	$0.129R$	$0.0847R$	$0.0597R$	$0.034R$
b_3	$0.3398R$	$0.313R$	$0.2731R$	$0.2379R$	$0.1863R$
c_3	$0.4179R$	$0.2657R$	$0.1801R$	$0.129R$	$0.0749R$
b_4	$0.2928R$	$0.3398R$	$0.2987R$	$0.2928R$	$0.2379R$
c_4	$0.602R$	$0.4179R$	$0.2956R$	$0.217R$	$0.1291R$
b_5	$0.1674R$	$0.313R$	$0.3398R$	$0.3278R$	$0.2808R$
c_5	$0.7263R$	$0.5603R$	$0.4179R$	$0.3161R$	$0.1937R$
b_6	0	$0.2379R$	$0.2987R$	$0.3398R$	$0.313R$
c_6	$0.7698R$	$0.6733R$	$0.5336R$	$0.4179R$	$0.2657R$
b_7		$0.1279R$	$0.2731R$	$0.3278R$	$0.3331R$
c_7		$0.7452R$	$0.6326R$	$0.5153R$	$0.3416R$
b_8		0	$0.1972R$	$0.2928R$	$0.3398R$
c_8		$0.7698R$	$0.7075R$	$0.602R$	$0.4179R$
b_9			$0.1032R$	$0.2379R$	$0.3331R$
c_9			$0.7541R$	$0.6733R$	$0.4917R$
b_{10}			0	$0.1674R$	$0.313R$
c_{10}			$0.7698R$	$0.7263R$	$0.5603R$
b_{11}				$0.0864R$	$0.2808R$
c_{11}				$0.7589R$	$0.6214R$
b_{12}				0	$0.2379R$
c_{12}				$0.7698R$	$0.6734R$

续表

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_{13}					$0.1863R$
c_{13}					$0.7149R$
b_{14}					$0.1279R$
c_{14}					$0.7452R$
b_{15}					$0.0651R$
c_{15}					$0.7637R$
b_{16}					0
c_{16}					$0.7698R$

注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.21 异径斜交三通管主管开孔尺寸坐标值（七）

（本表适用于 $\beta=60^\circ$ ，半径比： $\frac{r}{R}=\frac{1}{2}$ ）

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	$0.2527R$	$0.1925R$	$0.1551R$	$0.1298R$	$0.0777R$
c_1	$0.0957R$	$0.0546R$	$0.0352R$	$0.0223R$	$0.0139R$
b_2	$0.4478R$	$0.3614R$	$0.2983R$	$0.2527R$	$0.1925R$
c_2	$0.3456R$	$0.2064R$	$0.1358R$	$0.0957R$	$0.0546R$
b_3	$0.5236R$	$0.4802R$	$0.4164R$	$0.3614R$	$0.2815R$
c_3	$0.6547R$	$0.4217R$	$0.2873R$	$0.2064R$	$0.12R$
b_4	$0.4478R$	$0.5236R$	$0.4956R$	$0.4478R$	$0.3614R$
c_4	$0.923R$	$0.6547R$	$0.4684R$	$0.3456R$	$0.2064R$
b_5	$0.2527R$	$0.4802R$	$0.5236R$	$0.504R$	$0.4287R$
c_5	$1.0957R$	$0.8638R$	$0.6547R$	$0.4997R$	$0.3088R$

续表

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_6	0	$0.3614R$	$0.4956R$	$0.5236R$	$0.4802R$
c_6	$1.1547R$	$1.0229R$	$0.8252R$	$0.6547R$	$0.4217R$
b_7		$0.1925R$	$0.4164R$	$0.504R$	$0.5125R$
c_7		$1.1214R$	$0.9661R$	$0.7986R$	$0.5389R$
b_8		0	$0.2983R$	$0.4478R$	$0.5236R$
c_8		$1.1547R$	$1.0699R$	$0.923R$	$0.6547R$
b_9			$0.1551R$	$0.3614R$	$0.5125R$
c_9			$1.1334R$	$1.0229R$	$0.7642R$
b_{10}			0	$0.2527R$	$0.4802R$
c_{10}			$1.1547R$	$1.0957R$	$0.8636R$
b_{11}				$0.1298R$	$0.4287R$
c_{11}				$1.1398R$	$0.9504R$
b_{12}				0	$0.3614R$
c_{12}				$1.1547R$	$1.0229R$
b_{13}					$0.2815R$
c_{13}					$1.08R$
b_{14}					$0.1925R$
c_{14}					$1.1214R$
b_{15}					$0.0777R$
c_{15}					$1.1463R$
b_{16}					0
c_{16}					$1.1547R$

注： b ——孔宽； c ——孔长； n ——圆周等分数。

表 3.22 异径斜交三通管支管展开曲线坐标值 (七)

(本表适用于 $\beta=60^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{1}{2}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	$1.4434R$	$1.4434R$	$1.4434R$	$1.4434R$	$1.4434R$
y_1	$1.368R$	$1.4001R$	$1.4154R$	$1.4238R$	$1.4323R$
y_2	$1.1852R$	$1.2842R$	$1.3372R$	$1.368R$	$1.4001R$
y_3	R	$1.1346R$	$1.2257R$	$1.2842R$	$1.3493R$
y_4	$0.8965R$	R	$1.105R$	$1.1852R$	$1.2842R$
y_5	$0.868R$	$0.9136R$	R	$1.0858R$	$1.2106R$
y_6	$0.866R$	$0.876R$	$0.9266R$	R	$1.1346R$
y_7		$0.8667R$	$0.8863R$	$0.9363R$	$1.0626R$
y_8		$0.866R$	$0.8702R$	$0.8965R$	R
y_9			$0.8663R$	$0.876R$	$0.95R$
y_{10}			$0.866R$	$0.868R$	$0.9136R$
y_{11}				$0.8662R$	$0.8898R$
y_{12}				$0.866R$	$0.876R$
y_{13}					$0.8692R$
y_{14}					$0.8667R$
y_{15}					$0.8661R$
y_{16}					$0.866R$

注: y ——支管展开曲线坐标值; n ——支管圆周等分数; R ——主管外半径。

表 3.23 异径斜交三通管支管展开曲线坐标值 (八)

 (本表适用于 $\beta=60^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{2}{3}$)

$y \backslash n$	12	16	20	24	32
y_0	$1.5396R$	$1.5396R$	$1.5396R$	$1.5396R$	$1.5396R$
y_1	$1.422R$	$1.4721R$	$1.496R$	$1.5092R$	$1.5224R$
y_2	$1.1353R$	$1.2905R$	$1.3737R$	$1.422R$	$1.4721R$
y_3	$0.8607R$	$1.057R$	$1.1986R$	$1.2905R$	$1.3926R$
y_4	$0.7504R$	$0.8607R$	$1.0119R$	$1.1353R$	$1.2905R$
y_5	$0.7553R$	$0.7624R$	$0.8607R$	$0.983R$	$1.1749R$
y_6	$0.7698R$	$0.7462R$	$0.774R$	$0.8607R$	$1.057R$
y_7		$0.7609R$	$0.7461R$	$0.7838R$	$0.9488R$
y_8		$0.7698R$	$0.751R$	$0.7504R$	$0.8607R$
y_9			$0.7639R$	$0.7462R$	$0.7986R$
y_{10}			$0.7698R$	$0.7553R$	$0.7624R$
y_{11}				$0.7656R$	$0.7472R$
y_{12}				$0.7698R$	$0.7462R$
y_{13}					$0.7525R$
y_{14}					$0.7609R$
y_{15}					$0.7674R$
y_{16}					$0.7698R$

注: y ——支管展开曲线坐标值; n ——支管圆周等分数; R ——主管外半径。

表 3.24 异径斜交三通管主管开孔尺寸坐标值 (八)

(本表适用于 $\beta=60^\circ$, 半径比: $\frac{r}{R}=\frac{2}{3}$)

$\begin{matrix} n \\ b, c \end{matrix}$	12	16	20	24	32
b_1	$0.3398R$	$0.258R$	$0.2075R$	$0.1734R$	$0.1304R$
c_1	$0.1362R$	$0.0777R$	$0.0501R$	$0.0349R$	$0.0197R$
b_2	$0.6155R$	$0.4909R$	$0.4026R$	$0.3398R$	$0.258R$
c_2	$0.4908R$	$0.2973R$	$0.1932R$	$0.1362R$	$0.0777R$
b_3	$0.7297R$	$0.6636R$	$0.5697R$	$0.4909R$	$0.3794R$
c_3	$0.9168R$	$0.5977R$	$0.4085R$	$0.2937R$	$0.1708R$
b_4	$0.6155R$	$0.7297R$	$0.6868R$	$0.6155R$	$0.4909R$
c_4	$1.2601R$	$0.9168R$	$0.6628R$	$0.4908R$	$0.2937R$
b_5	$0.3398R$	$0.6636R$	$0.7297R$	$0.6997R$	$0.5875R$
c_5	$1.4695R$	$1.1869R$	$0.9168R$	$0.7062R$	$0.4389R$
b_6	0	$0.4909R$	$0.6868R$	$0.7297R$	$0.6636R$
c_6	$1.5396R$	$1.3823R$	$1.1386R$	$0.9168R$	$0.5977R$
b_7		$0.258R$	$0.5697R$	$0.6997R$	$0.7127R$
c_7		$1.5R$	$1.3135R$	$1.1047R$	$0.7601R$
b_8		0	$0.4026R$	$0.6155R$	$0.7297R$
c_8		$1.5396R$	$1.4388R$	$1.2606R$	$0.9168R$
b_9			$0.2075R$	$0.4909R$	$0.7127R$
c_9			$1.5143R$	$1.3823R$	$1.0605R$
b_{10}			0	$0.3398R$	$0.6636R$
c_{10}			$1.5396R$	$1.4695R$	$1.1869R$
b_{11}				$0.1734R$	$0.5875R$
c_{11}				$1.522R$	$1.2943R$
b_{12}				0	$0.4909R$
c_{12}				$1.5396R$	$1.3823R$
b_{13}					$0.3794R$
c_{13}					$1.4509R$
b_{14}					$0.258R$
c_{14}					$1.5R$
b_{15}					$0.1304R$
c_{15}					$1.5297R$
b_{16}					0
c_{16}					$1.5396R$

注: b ——孔宽; c ——孔长; n ——圆周等分数。

三、异径错心直交三通管展开放样

图 3.3 所示为异径错心直交三通管，已知尺寸为 D 、 d 、 h 、 l 及 y 。

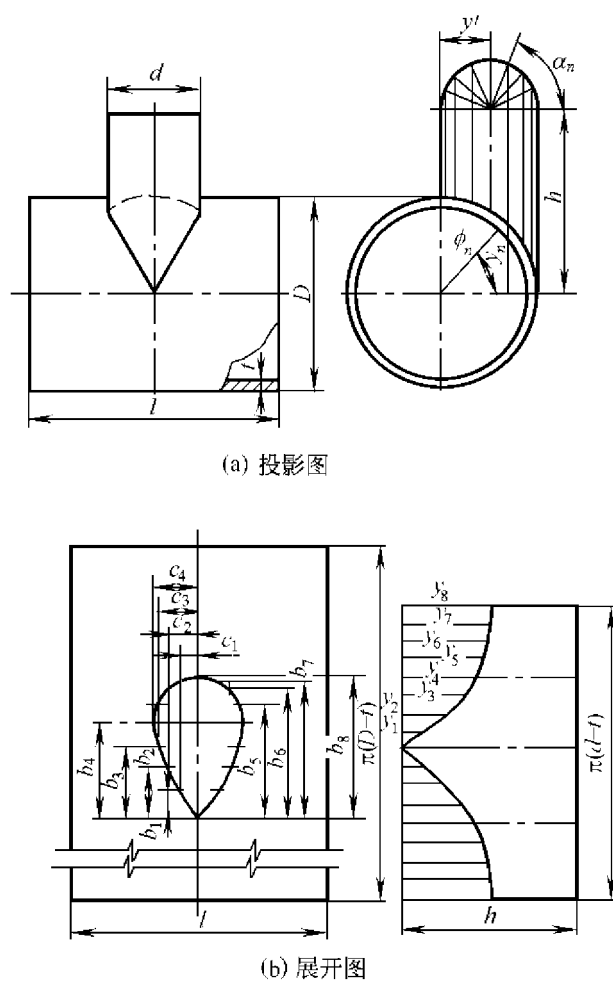


图 3.3 异径错心直交三通管展开放样

计算式

$$y_n = \sqrt{R^2 - (r \cos \alpha_n + y)^2}$$

$$c_n = r \sin \alpha_n$$

$$\cos \phi_n = \frac{r \cos \alpha_n + y}{R}$$

$$b_n = \frac{\pi R \phi_n}{180^\circ}$$

式中 R ——主管半径, $R = \frac{D}{2}$;

r ——支管半径, $r = \frac{d}{2}$;

y ——错心距;

y_n ——支管展开曲线坐标值;

α_n ——圆周等分角;

b_n ——孔长;

c_n ——孔宽。

例 3-3 设已知主管外径 $D=900$, $R=450$, 支管 $d=400$, $r=200$, 板厚 $t=8$, $h=800$, $l=1000$, 错心距 $y=450-200=250$, 两管错心直交, 试计算放样。

解: 设圆周长度等分数 $n=16$, $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5$, α_n 以此值递增。

$$y_0 = \sqrt{450^2 - (200 \cos 0^\circ + 250)^2} = 0$$

$$y_1 = \sqrt{450^2 - (200 \cos 22.5^\circ + 250)^2} = 116$$

$$y_2 = \sqrt{450^2 - (200\cos 45^\circ + 250)^2} = 222$$

$$y_3 = \sqrt{450^2 - (200\cos 67.5^\circ + 250)^2} = 309.6$$

$$y_4 = \sqrt{450^2 - (200\cos 90^\circ + 250)^2} = 374.2$$

$$y_5 = \sqrt{450^2 - [200\cos(90^\circ + 22.5^\circ) + 250]^2} = 415.2$$

$$y_6 = \sqrt{450^2 - [200\cos(90^\circ + 45^\circ) + 250]^2} = 436.7$$

$$y_7 = \sqrt{450^2 - [200\cos(90^\circ + 67.5^\circ) + 250]^2} = 445.2$$

$$y_8 = \sqrt{450^2 - [200\cos(90^\circ + 90^\circ) + 250]^2} = 447.2$$

$$c_1 = 200\sin 22.5^\circ = 76.5$$

$$c_2 = 200\sin 45^\circ = 141.4$$

$$c_3 = 200\sin 67.5^\circ = 184.8$$

$$c_4 = 200\sin 90^\circ = 200$$

$$\cos \phi_0 = \frac{200\cos 0^\circ + 250}{450} = 1, \phi_0 = 0^\circ$$

$$\cos \phi_1 = \frac{200\cos 22.5^\circ + 250}{450} = 0.9662, \phi_1 = 14.9^\circ$$

$$\cos \phi_2 = \frac{200\cos 45^\circ + 250}{450} = 0.8698, \phi_2 = 29.6^\circ$$

$$\cos \phi_3 = \frac{200\cos 67.5^\circ + 250}{450} = 0.7256, \phi_3 = 43.5^\circ$$

$$\cos \phi_4 = \frac{200\cos 90^\circ + 250}{450} = 0.5556, \phi_4 = 56.3^\circ$$

$$\cos \phi_5 = \frac{200\cos(90^\circ + 22.5^\circ) + 250}{450} = 0.3855, \phi_5 = 67.3^\circ$$

$$\cos \phi_6 = \frac{200\cos(90^\circ + 45^\circ) + 250}{450} = 0.2413, \phi_6 = 76^\circ$$

$$\cos \phi_7 = \frac{200\cos(90^\circ + 67.5^\circ) + 250}{450} = 0.1450, \phi_7 = 81.7^\circ$$

$$\cos\phi_8 = \frac{200\cos(90^\circ+90^\circ)+250}{450} = 0.1111, \phi_8 = 83.6^\circ$$

$$b_1 = \frac{450\pi \times 14.9^\circ}{180^\circ} = 117$$

$$b_2 = \frac{450\pi \times 29.6^\circ}{180^\circ} = 232.5$$

$$b_3 = \frac{450\pi \times 43.5^\circ}{180^\circ} = 341.6$$

$$b_4 = \frac{450\pi \times 56.3^\circ}{180^\circ} = 442.2$$

$$b_5 = \frac{450\pi \times 67.3^\circ}{180^\circ} = 528.6$$

$$b_6 = \frac{450\pi \times 76^\circ}{180^\circ} = 596.9$$

$$b_7 = \frac{450\pi \times 81.7^\circ}{180^\circ} = 641.7$$

$$b_8 = \frac{450\pi \times 83.6^\circ}{180^\circ} = 656.6$$

$$\text{主管周长} \quad S_1 = \pi(900-8) = 2802.3$$

$$\text{支管周长} \quad S_2 = \pi(400-8) = 1231.5$$

根据以上各计算式所求值，即可作出展开图，如图 3.3 (b) 所示。

四、等径圆管错心直交四通管展开放样

图 3.4 所示为等径圆管错心直交四通管，错心距 $y=R$ 。已知尺寸为 D 、 t 、 l 。从视图分析可知，两管是

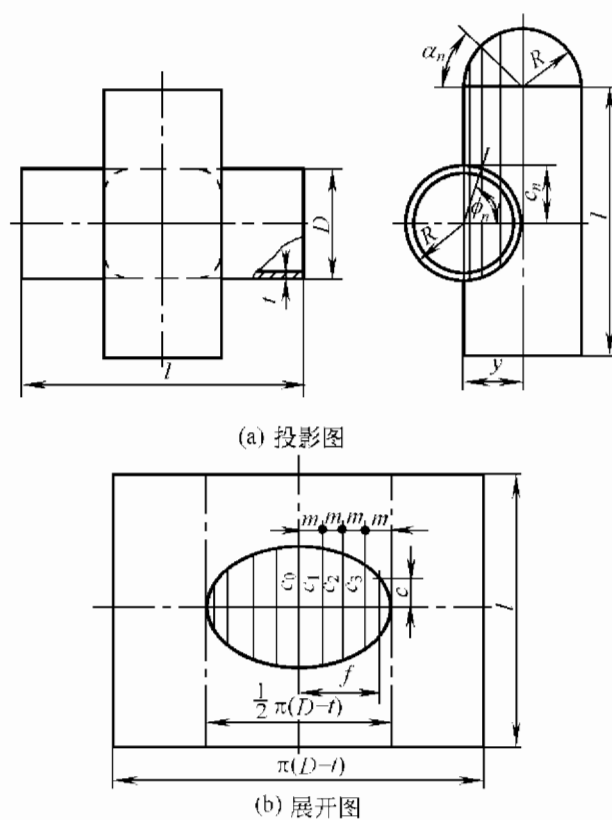


图 3.4 等径圆管错心直交四通管展开放样

一致的，展开图可只作出其中之一。

计算式

$$c_n = \frac{D}{2} \sin \phi_n$$

$$\cos \phi_n = 1 - \cos \alpha_n$$

$$m = \frac{\pi D}{n}$$

式中 c_n ——孔宽；

D ——圆管外径；

α_n ——圆周等分角；

m ——孔长等分距。

例 3-4 有一等径圆管垂直相交四通管，已知 $D=560$ ， $R=280$ ，板厚 $t=10$ ， $l=1000$ ，错心距 $y=R$ ，试计算放样。

解：设圆周等分数 $n=16$ ， $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， $\alpha_2 = 45^\circ$ ， $\alpha_3 = 67.5^\circ$ ， $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$\cos\phi_0 = 1 - \cos 0^\circ = 0, \phi_0 = 90^\circ$$

$$\cos\phi_1 = 1 - \cos 22.5^\circ = 0.07612, \phi_1 = 85.6^\circ$$

$$\cos\phi_2 = 1 - \cos 45^\circ = 0.2929, \phi_2 = 73^\circ$$

$$\cos\phi_3 = 1 - \cos 67.5^\circ = 0.6173, \phi_3 = 51.9^\circ$$

$$\cos\phi_4 = 1 - \cos 90^\circ = 1, \phi_4 = 0^\circ$$

$$c_0 = 280 \sin 90^\circ = 280$$

$$c_1 = 280 \sin 85.6^\circ = 279$$

$$c_2 = 280 \sin 73^\circ = 267.8$$

$$c_3 = 280 \sin 51.9^\circ = 220$$

$$c_4 = 280 \sin 0^\circ = 0$$

为了减少开孔误差，在孔长两端（ $\phi_3 > \phi_c > \phi_4$ ）增求孔宽 c 值，以及与 c 对应的孔长 f 。

设 $\phi_c = 30^\circ$

$$c = R \sin 30^\circ = 280 \sin 30^\circ = 140$$

$$\cos\alpha_c = 1 - \cos\phi_c = 1 - \cos 30^\circ = 0.134, \alpha_c = 82.3^\circ$$

$$f = \frac{\pi R \alpha_c}{180^\circ} = \frac{3.1416 \times 280 \times 82.3^\circ}{180^\circ} = 402.2$$

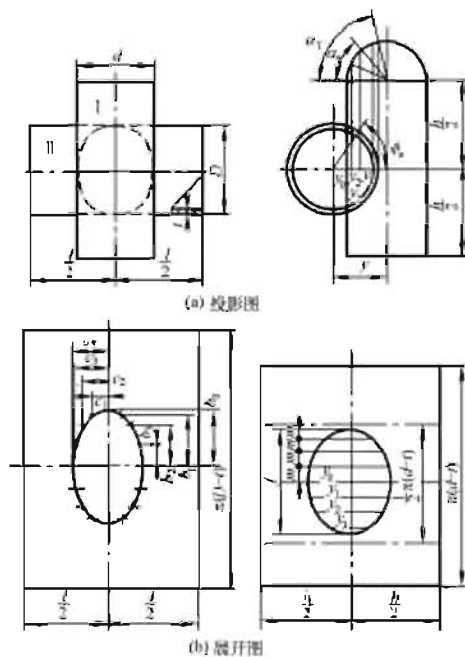
$$\text{圆周长 } S = 3.1416 \times (560 - 10) = 1727.9$$

$$m = \frac{S}{16} = \frac{1727.9}{16} = 108$$

根据以上各式计算的值,即可作出展开图,如图 3.4 (b) 所示。

五、异径圆管错心直交四通管展开放样

图 3.5 所示为异径圆管错心直交四通管,已知尺寸为 D 、 d 、 l 、 h 、 y 。



3.5 异径圆管错心直交四通管展开放样

计算式

$$y_n = \sqrt{R^2 - (y - r \cos \alpha_n)^2}$$

$$\cos \alpha_T = \frac{y - R}{r}$$

$$c_n = r \sin \alpha_n$$

$$c_T = r \sin \alpha_T$$

$$\sin \phi_n = \frac{y_n}{R}$$

$$b_n = \frac{\pi R \phi_n}{180^\circ}$$

$$f = \frac{\pi d \alpha_T}{180^\circ}$$

$$S_1 = \pi(d - t)$$

$$m = \frac{S_1}{n}$$

式中 d ——圆管 I 外径, $d=2r$;

D ——圆管 II 外径, $D=2R$;

y ——错心距;

y_n ——圆管 I 孔宽;

α_n ——圆管 I 圆周等分角;

ϕ_n ——圆管 II 圆周等分角;

α_T ——圆管 I 相贯最深点在辅助断面上的最大角;

c_n ——圆管 II 孔宽;

b_n ——圆管 II 孔长;

f ——圆管 I 孔长。

例 3-5 错心直交四通管的大圆管直径 $D=800$, $R=400$, 小圆管直径 $d=600$, $r=300$, 错心距 $y=500$, 板厚 $t=8$, $l=1200$, $h=1300$, 试计算放样。

解: 设圆管 I 周长等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{90^\circ}{4} = 22.5^\circ$,

$\alpha_2 = 45^\circ$, $\alpha_3 = 67.5^\circ$, $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

在计算 y_n 值前需先求出圆管 I 相贯最深点在辅助断面

中的最大角 α_T , y_n 值计算式中 α_n 不得大于 α_T 。

$$\cos\alpha_T = \frac{y-R}{r} = \frac{500-400}{300} = 0.3333$$

查三角函数表得: $\alpha_T = 70.53^\circ$

$$y_0 = \sqrt{400^2 - (500 - 300\cos 0^\circ)^2} = 346.4$$

$$y_1 = \sqrt{400^2 - (500 - 300\cos 22.5^\circ)^2} = 332$$

$$y_2 = \sqrt{400^2 - (500 - 300\cos 45^\circ)^2} = 277.7$$

$$y_3 = \sqrt{400^2 - (500 - 300\cos 67.5^\circ)^2} = 107.8$$

由于 $\alpha_4 > \alpha_T$, y_4 不存在。

$$y_T = \sqrt{400^2 - (500 - 300\cos 70.53^\circ)^2} = 0$$

$$c_0 = 300\sin 0^\circ = 0$$

$$c_1 = 300\sin 22.5^\circ = 114.81$$

$$c_2 = 300\sin 45^\circ = 212.1$$

$$c_3 = 300\sin 67.5^\circ = 277.2$$

$$c_T = 300\sin 70.53^\circ = 282.8$$

$$\sin\phi_0 = \frac{346.4}{400} = 0.866$$

$$\sin\phi_1 = \frac{332}{400} = 0.8300$$

$$\sin\phi_2 = \frac{277.7}{400} = 0.6943$$

$$\sin\phi_3 = \frac{107.8}{400} = 0.2695$$

$$\sin\phi_T = \frac{0}{400} = 0$$

查三角函数表得: $\phi_0 = 60^\circ$, $\phi_1 = 56.1^\circ$, $\phi_2 = 44^\circ$, $\phi_3 = 15.6^\circ$, $\phi_T = 0$ 。

$$b_0 = \frac{400\pi \times 60^\circ}{180^\circ} = 418.9$$

$$b_1 = \frac{400\pi \times 56.1^\circ}{180^\circ} = 391.7$$

$$b_2 = \frac{400\pi \times 44^\circ}{180^\circ} = 307.2$$

$$b_3 = \frac{400\pi \times 15.6^\circ}{180^\circ} = 108.9$$

$$f = \frac{600\pi \times 70.53^\circ}{180^\circ} = 738.6$$

$$S_2 = \pi(800 - 8) = 2488$$

$$S_1 = \pi(600 - 8) = 1859.8$$

$$m = \frac{S_1}{n} = \frac{1859.8}{16} = 116.2$$

根据以上各计算所求得的数值,即可画出各管开孔实形,并作出展开图,如图 3.5 (b) 所示。

六、异径圆管错心斜交四通管展开放样

图 3.6 所示为异径错心斜交四通管,已知尺寸 D , d , L , l , y 及 β 。

计算式

$$y_n = \frac{1}{\sin\beta} \sqrt{R^2 - (y - r\sin\alpha_n)^2} + \frac{r\cos\alpha_n}{\tan\beta}$$

$$y_0 = \frac{r}{\tan\beta}$$

$$c_0 = \frac{r}{\sin\beta}$$

$$c_n = y_n \cos\beta + r\cos\alpha_n \sin\beta$$

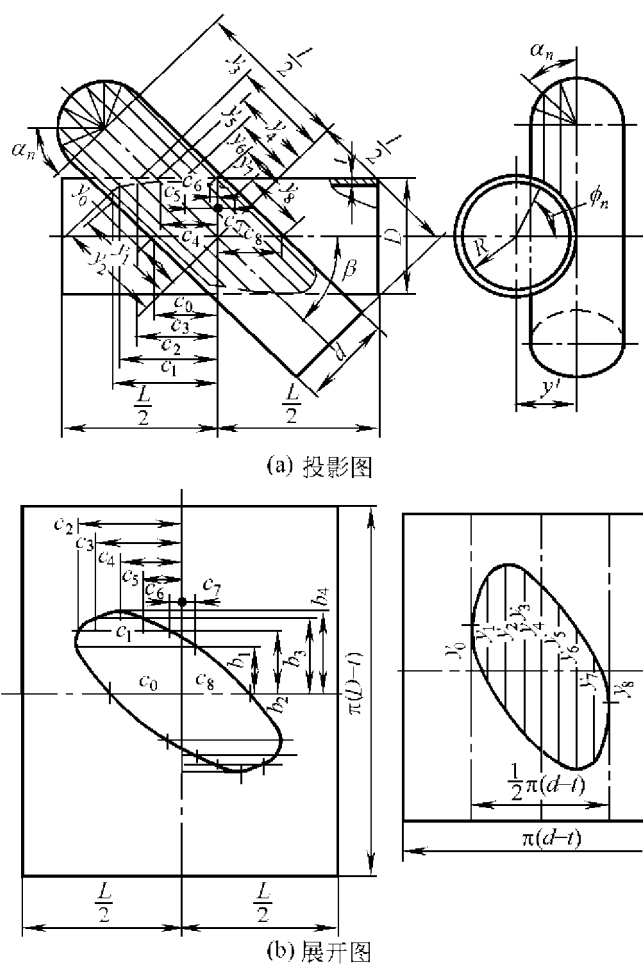


图 3.6 异径圆管错心斜交四通管展开放样

$$\sin \phi_n = \frac{1}{R} \sqrt{R^2 - (y - r \sin \alpha_n)^2}$$

$$b_n = \frac{\pi R \phi_n}{180^\circ}$$

式中 d ——圆管 I 外径, $d=2r$;

D ——圆管Ⅱ外径, $D=2R$;

y ——错心距;

y_n ——圆管Ⅰ孔宽;

α_n ——圆管Ⅰ圆周等分角;

ϕ_n ——圆管Ⅱ圆周等分角;

c_n ——圆管Ⅱ孔宽;

b_n ——圆管Ⅱ孔长。

例 3-6 错心斜交四通管的主管外径 $D=700$, $R=350$, 支管外径 $d=500$, $r=250$, 板厚 $t=8$, 错心距 $y=R$, $L=1500$, $l=1400$, $\beta=45^\circ$, 试计算放样。

解: 设圆周长度等分数 $n=16$, $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α_n 以此值递增。

$$y_0 = \frac{250}{\tan 45^\circ} = 250$$

$$y_1 = \frac{1}{\sin 45^\circ} \sqrt{350^2 - (350 - 250 \sin 22.5^\circ)^2} + \frac{250 \cos 22.5^\circ}{\tan 45^\circ} \\ = 571$$

$$y_2 = \frac{1}{\sin 45^\circ} \sqrt{350^2 - (350 - 250 \sin 45^\circ)^2} + \frac{250 \cos 45^\circ}{\tan 45^\circ} \\ = 606.7$$

$$y_3 = \frac{1}{\sin 45^\circ} \sqrt{350^2 - (350 - 250 \sin 67.5^\circ)^2} + \frac{250 \cos 67.5^\circ}{\tan 45^\circ} \\ = 561$$

$$y_4 = \frac{1}{\sin 45^\circ} \sqrt{350^2 - (350 - 250 \sin 90^\circ)^2} + \frac{250 \cos 90^\circ}{\tan 45^\circ} = 474.3$$

$$y_5 = \frac{1}{\sin 45^\circ} \sqrt{350^2 - [350 - 250 \sin (90^\circ + 22.5^\circ)]^2} +$$

$$\frac{250\cos(90^\circ+22.5^\circ)}{\tan 45^\circ}=369.7$$

$$y_6 = \frac{1}{\sin 45^\circ} \sqrt{350^2 - [350 - 250\sin(90^\circ + 45^\circ)]^2} + \frac{250\cos(90^\circ + 45^\circ)}{\tan 45^\circ} = 253.2$$

$$y_7 = \frac{1}{\sin 45^\circ} \sqrt{350^2 - [350 - 250\sin(90^\circ + 67.5^\circ)]^2} + \frac{250\cos(90^\circ + 67.5^\circ)}{\tan 45^\circ} = 109.1$$

$$y_8 = \frac{1}{\sin 45^\circ} \sqrt{350^2 - [350 - 250\sin(90^\circ + 90^\circ)]^2} + \frac{250\cos(90^\circ + 90^\circ)}{\tan 45^\circ} = -250$$

$$c_0 = \frac{250}{\sin 45^\circ} = 353.6$$

$$c_1 = 571\cos 45^\circ + 250\cos 22.5^\circ \sin 45^\circ = 567$$

$$c_2 = 606.7\cos 45^\circ + 250\cos 45^\circ \sin 45^\circ = 554$$

$$c_3 = 561\cos 45^\circ + 250\cos 67.5^\circ \sin 45^\circ = 464.3$$

$$c_4 = 474.3\cos 45^\circ + 250\cos 90^\circ \sin 45^\circ = 335.4$$

$$c_5 = 369.7\cos 45^\circ + 250\cos 112.5^\circ \sin 45^\circ = 193.8$$

$$c_6 = 253.2\cos 45^\circ + 250\cos 135^\circ \sin 45^\circ = 54$$

$$c_7 = 109.1\cos 45^\circ + 250\cos 157.5^\circ \sin 45^\circ = -86.2$$

$$c_8 = -\frac{250}{\sin 45^\circ} = -353.6$$

$$\sin \phi_0 = \frac{1}{350} \sqrt{350^2 - (350 - 250\sin 0^\circ)^2} = 0$$

$$\sin \phi_1 = \frac{1}{350} \sqrt{350^2 - (350 - 250\sin 22.5^\circ)^2} = 0.6870$$

$$\sin\phi_2 = \frac{1}{350}\sqrt{350^2 - (350 - 250\sin 45^\circ)^2} = 0.8689$$

$$\sin\phi_3 = \frac{1}{350}\sqrt{350^2 - (350 - 250\sin 67.5^\circ)^2} = 0.9404$$

$$\sin\phi_4 = \frac{1}{350}\sqrt{350^2 - (350 - 250\sin 90^\circ)^2} = 0.9583$$

(也可用 $\cos\phi_4 = \frac{y-r}{R}$ 求 ϕ_4 值)

查三角函数表得: $\phi_0 = 0^\circ$, $\phi_1 = 43.4^\circ$, $\phi_2 = 60.3^\circ$, $\phi_3 = 70^\circ$, $\phi_4 = 73.4^\circ$ 。

$$b_1 = \frac{350\pi \times 43.4^\circ}{180^\circ} = 265$$

$$b_2 = \frac{350\pi \times 60.3^\circ}{180^\circ} = 368.4$$

$$b_3 = \frac{350\pi \times 70^\circ}{180^\circ} = 427.6$$

$$b_4 = \frac{350\pi \times 77.4^\circ}{180^\circ} = 448.4$$

$$S_1 = \pi(500 - 8) = 1545.6$$

$$S_2 = \pi(700 - 8) = 2174$$

根据以上各计算式所求数值即可作出两管展开图, 如图 3.6 (b) 所示。

七、方口三通管展开放样

图 3.7 所示为方口三通管, 已知尺寸为 A 、 H 、 l 及板厚 t 。此例属于板厚制件放样, 须进行板厚处理。

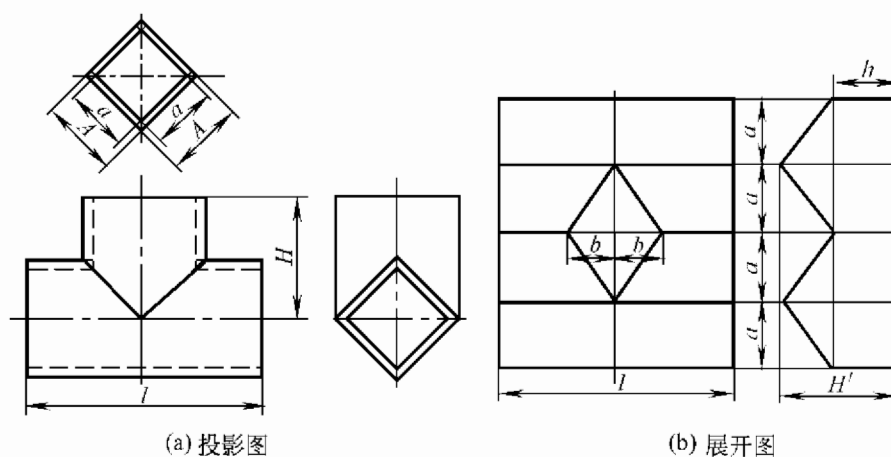


图 3.7 方口三通管展开放样

计算式

$$\begin{aligned}
 a &= A - 2t \\
 b &= 0.7071(A - 2t) \\
 H' &= H - 0.7t \\
 h &= H - 0.7071A
 \end{aligned}$$

八、方管矩形管直交三通管展开放样

图 3.8 所示为矩形管与方管垂直相交的三通管。已知尺寸为 A 、 B 、 C 、 H 、 t 及 l 。

计算式

$$\begin{aligned}
 a &= A - 2t \\
 b &= B - 2t \\
 c &= C - 2t \\
 h &= H - 0.7071C + \frac{1}{2}b
 \end{aligned}$$

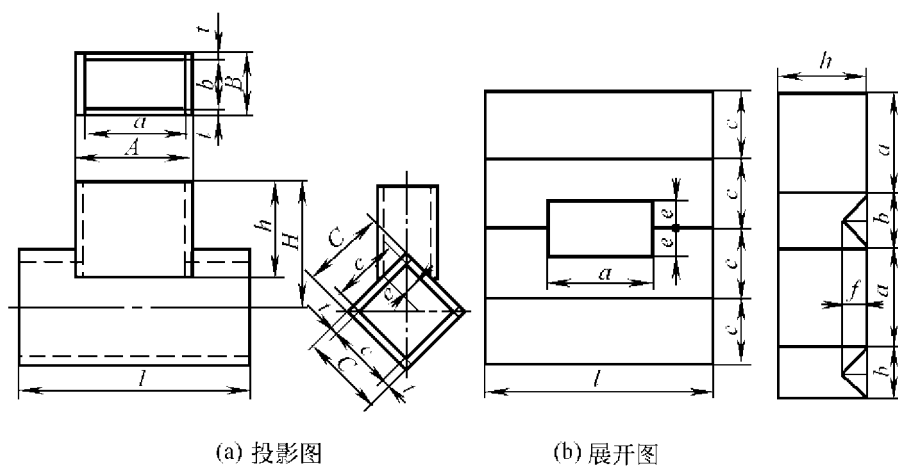


图 3.8 方管矩形管直交三通管展开放样

$$f = 0.5t$$

$$e = 0.7071b - t$$

九、方管矩形管斜交三通管展开放样

图 3.9 所示为方管矩形管斜交三通管。已知尺寸为 A 、 B 、 C 、 t 、 H 、 L 、 l 及 β 。

计算式

$$a = A - 2t$$

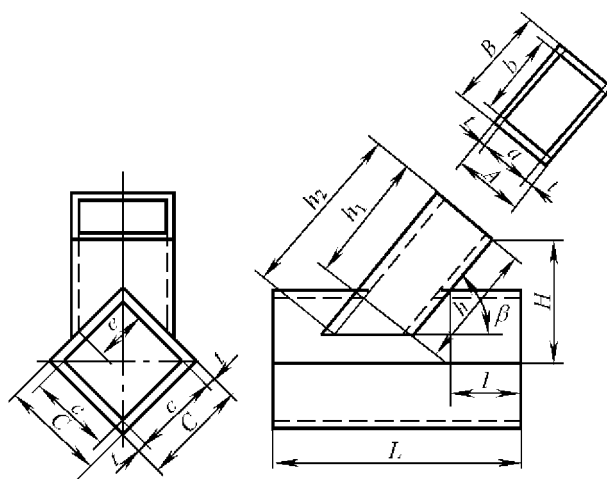
$$b = B - 2t$$

$$c = C - 2t$$

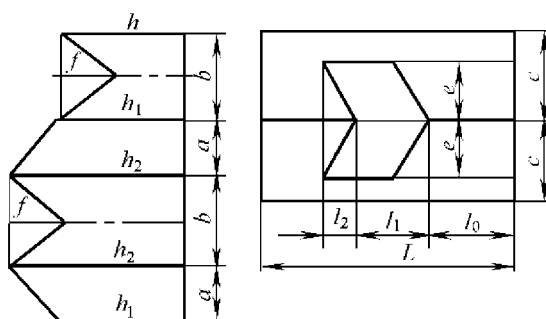
$$e = 0.7071b - t$$

$$l_0 = l + \frac{t}{\sin\beta}$$

$$l_1 = \frac{a}{\sin\beta}$$



(a) 投影图



(b) 展开图

图 3.9 方管矩形管斜交三通管展开放样

$$l_2 = \frac{1}{2} b \cot \beta$$

$$h = \frac{1}{\sin \beta} (H - 0.7071C + 0.5b)$$

$$h_1 = h + t \cot \beta$$

$$h_2 = h + (A - t) \cot \beta$$

$$f = \frac{b}{2\sin\beta}$$

例 3-7 矩形管与方管斜交，交角 $\beta = 50^\circ$ ，断面尺寸，矩形管： $A = 400$ ， $B = 600$ ；方管边长 $C = 1000$ ，板厚 $t = 10$ ， $H = 850$ ， $L = 1200$ ， $l = 250$ ，试计算放样。

解：

$$a = 400 - 20 = 380$$

$$b = 600 - 20 = 580$$

$$c = 1000 - 20 = 980$$

$$e = 0.7071 \times 580 - 10 = 400$$

$$l_0 = 250 + \frac{10}{\sin 50^\circ} = 263$$

$$l_1 = \frac{380}{\sin 50^\circ} = 496$$

$$l_2 = \frac{1}{2} \times 580 \cot 50^\circ = 243.3$$

$$h = \frac{1}{\sin 50^\circ} (850 - 0.7071 \times 1000 + 0.5 \times 580) = 565.1$$

$$h_1 = 565.1 + 10 \cot 50^\circ = 573.5$$

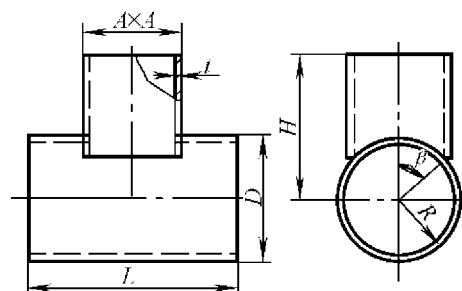
$$h_2 = 565.1 + (400 - 10) \cot 50^\circ = 892.3$$

$$f = \frac{580}{2\sin 50^\circ} = 378.6$$

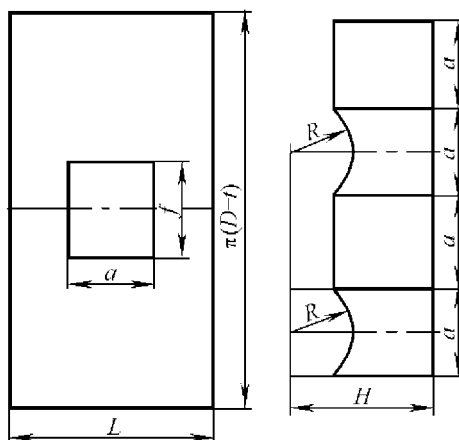
根据以上各计算式所求数值即可作出展开图，如图 3.9 (b) 所示。

十、方管圆管直交三通管展开放样

图 3.10 所示为方管直交圆管三通管。已知尺寸为 A 、 D 、 H 、 L 及 t 。



(a) 投影图



(b) 主管展开图

(c) 支管展开图

图 3.10 方管圆管直交三通管展开放样

计算式

$$a = A - 2t$$

$$\sin \beta = \frac{a}{2R}$$

$$f = \frac{\pi D \beta}{180^\circ}$$

$$h = H - R \cos \beta$$

例 3-8 方管边长 $A = 600$ ，与外径 $D = 850$ ， $t = 10$ ， $L = 1000$ 的圆管垂直相交， $H = 650$ ，试计算放样。

解：

$$a = 600 - 20 = 580$$

$$\sin \beta = \frac{580}{850} = 0.6824$$

查三角函数表得 $\beta = 43^\circ$

$$f = \frac{\pi \times 850 \times 43^\circ}{180^\circ} = 637.9$$

$$h = 650 - \frac{850}{2} \cos 43^\circ = 339.2$$

根据以上各计算式的值即可作出展开图，如图 3.10 (b)、(c) 所示。

十一、圆管方管直交三通管展开放样

图 3.11 所示为圆管直交方管三通管。已知尺寸为 A 、 D 、 H 、 L 及 t 。

计算式

$$a = A - 2t$$

$$h = H - 0.707A$$

$$y_n = (R - t) \sin \alpha_n$$

$$b_n = 1.414y_n - t$$

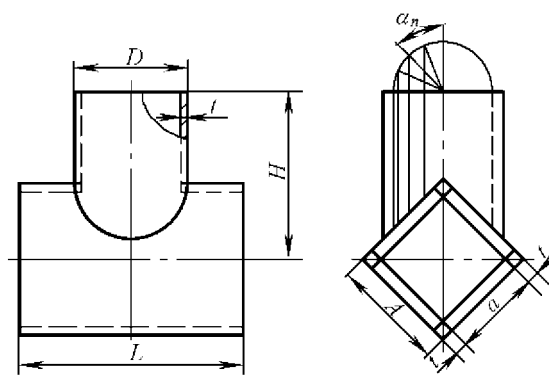
$$c_n = (R - t) \cos \alpha_n$$

式中 R ——圆管外半径， $R = \frac{D}{2}$ ；

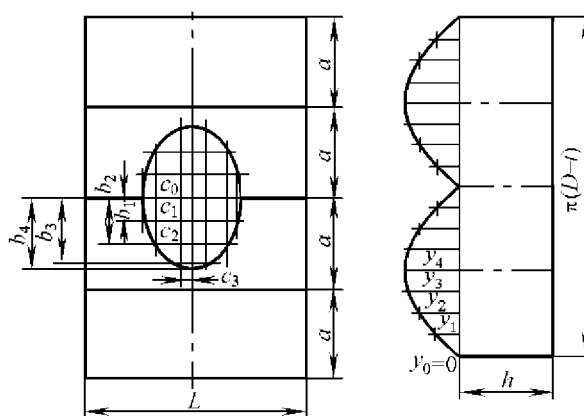
α_n ——圆周等分角；

b_n ——孔长；

c_n ——孔宽。



(a) 投影图



(b) 展开图

图 3.11 圆管方管直交三通管展开放样

例 3-9 圆管外径 $D=520$, $R=260$, 方管边长 $A=500$, 板厚 $t=10$, $H=650$, $L=1000$, 垂直相交。试计算放样。

解：设分圆管周长为 16 等分，等分角 $\alpha_1 = \frac{90^\circ}{4} = 22.5^\circ$ ，
 $\alpha_2 = 45^\circ$ ， $\alpha_3 = 67.5^\circ$ ， $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$a = 500 - 2 \times 10 = 480$$

$$h = 650 - 0.707 \times 500 = 296.5$$

$$y_0 = (260 - 10) \sin 0^\circ = 0$$

$$y_1 = (260 - 10) \sin 22.5^\circ = 95.7$$

$$y_2 = (260 - 10) \sin 45^\circ = 176.8$$

$$y_3 = (260 - 10) \sin 67.5^\circ = 231$$

$$y_4 = (260 - 10) \sin 90^\circ = 250$$

$$b_1 = 1.414 \times 95.7 - 10 = 125.3$$

$$b_2 = 1.414 \times 176.8 - 10 = 240$$

$$b_3 = 1.414 \times 231 - 10 = 316.6$$

$$b_4 = 1.414 \times 250 - 10 = 343.5$$

$$c_0 = (260 - 10) \cos 0^\circ = 250$$

$$c_1 = (260 - 10) \cos 22.5^\circ = 231$$

$$c_2 = (260 - 10) \cos 45^\circ = 176.8$$

$$c_3 = (260 - 10) \cos 67.5^\circ = 95.7$$

$$c_4 = (260 - 10) \cos 90^\circ = 0$$

$$\text{圆管周长} \quad S = \pi(520 - 10) = 1602$$

根据以上各计算式的值即可作出展开图，如图 3.11 (b) 所示。

十二、矩形管圆管斜交三通管展开放样

图 3.12 所示为矩形管斜交圆管三通管。已知尺寸为 A、

B 、 D 、 H 、 L 、 l 、 t 及 β 。

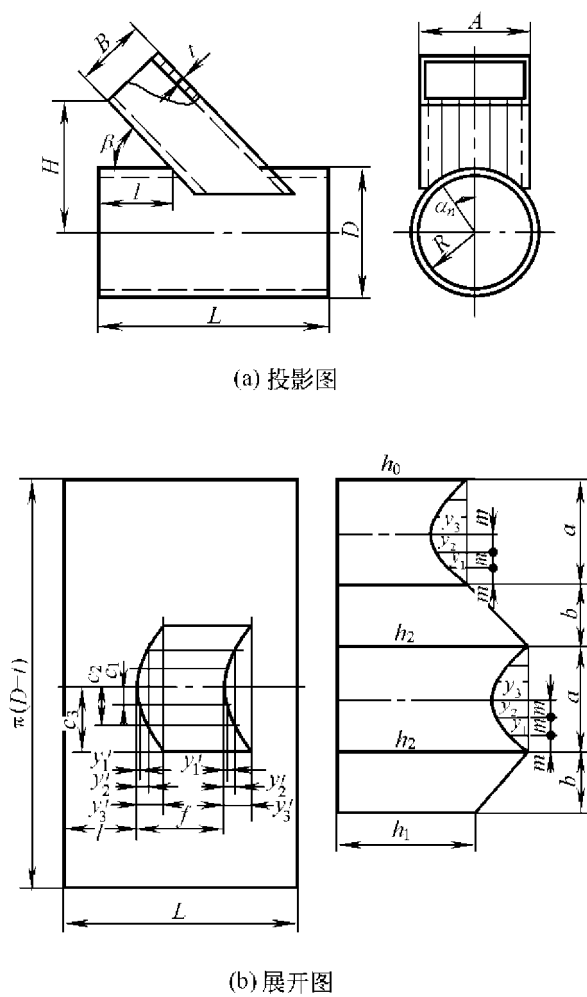


图 3.12 矩形管斜交圆管三通管展开放样

计算式

$$a = A - 2t$$

$$\begin{aligned}
 b &= B - 2t \\
 h_0 &= \frac{1}{\sin\beta} \left(H - \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}a^2} \right) \\
 h_1 &= h_0 + t \cot\beta \\
 h_2 &= h_0 + (B - t) \cot\beta \\
 \sin\alpha_n &= \frac{m_n}{R} \\
 y_n &= \frac{R}{\sin\beta} (1 - \cos\alpha_n) \\
 y'_n &= y_n \cos\beta \\
 c_n &= \frac{\pi R \alpha_n}{180^\circ}
 \end{aligned}$$

式中 R ——圆管半径；

m_n ——各等分点至圆管竖直中心线距离；

y_n ——矩形管展开曲线坐标值；

y'_n —— y_n 值水平投影（开孔曲线部分各点长度）；

c_n ——孔宽。

例 3-10 圆管外径 $D=860$ ， $R=430$ ，矩形管断面长边 $A=600$ ，短边 $B=400$ ，板厚 $t=12$ ， $l=250$ ， $L=1100$ ， $H=650$ ，两管交角 $\beta=45^\circ$ ，试计算放样。

解： $a=600-2\times 12=576$

$$b=400-2\times 12=376$$

设分 a 为 6 等分，则 $m_1 = \frac{576}{6} = 96$ ， $m_2 = 192$ ， $m_3 = 288$ 。

$$\sin\alpha_0 = \frac{m_0}{R} = 0 \quad (m_0 = 0)$$

$$\sin\alpha_1 = \frac{96}{430} = 0.2233$$

$$\sin\alpha_2 = \frac{192}{430} = 0.4465$$

$$\sin\alpha_3 = \frac{288}{430} = 0.6698$$

查三角函数表得： $\alpha_0 = 0^\circ$ ， $\alpha_1 = 12.9^\circ$ ， $\alpha_2 = 26.5^\circ$ ， $\alpha_3 = 42^\circ$ 。

$$h_0 = \frac{1}{\sin 45^\circ} \left(650 - \sqrt{430^2 - \frac{1}{4} \times 576^2} \right) = 467.7$$

$$h_1 = 467.7 + 12 \cot 45^\circ = 479.7$$

$$h_2 = 467.7 + (400 - 12) \cot 45^\circ = 855.7$$

$$y_0 = \frac{430}{\sin 45^\circ} (1 - \cos 0^\circ) = 0$$

$$y_1 = \frac{430}{\sin 45^\circ} (1 - \cos 12.9^\circ) = 15.3$$

$$y_2 = \frac{430}{\sin 45^\circ} (1 - \cos 26.5^\circ) = 63.9$$

$$y_3 = \frac{430}{\sin 45^\circ} (1 - \cos 42^\circ) = 156.2$$

$$y'_0 = y_0 \cos 45^\circ = 0$$

$$y'_1 = 15.3 \cos 45^\circ = 10.8$$

$$y'_2 = 63.9 \cos 45^\circ = 45.2$$

$$y'_3 = 156.2 \cos 45^\circ = 110.4$$

$$c_0 = 0$$

$$c_1 = \frac{430\pi \times 12.9^\circ}{180^\circ} = 96.8$$

$$c_2 = \frac{430\pi \times 26.5^\circ}{180^\circ} = 198.9$$

$$c_3 = \frac{430\pi \times 42^\circ}{180^\circ} = 315.2$$

圆管周长 $S = \pi(860 - 12) = 2664$

根据以上各计算式的值即可作出展开图，如图 3.12 (b) 所示。

十三、圆管矩形管斜交三通管展开放样

图 3.13 所示为圆管与矩形管倾斜相交的三通管。矩形管与水平成 ϕ 角倾斜，圆管轴线通过矩形管断面中心与水平成 β 角相交。已知尺寸为 A 、 B 、 R 、 H 、 L 、 l 、 β 、 ϕ 及板厚 t 。从视图中可以看出圆管里皮与矩形管两边外皮接触。因此，圆管计算放样按内径尺寸，方管按外皮尺寸。

计算式

$$h = \frac{H}{\sin\beta}$$

$$\tan\gamma = \frac{B}{A}$$

$$\sin\alpha_T = \frac{1}{2R} \sqrt{A^2 + B^2} \cos(\phi + \gamma)$$

$$H_1 = \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\phi + \gamma)$$

A 边交点 y_n 值 $(0^\circ \leq \alpha_n \leq 180^\circ + \alpha_T)$

$$y_n = [H_1 - R(\sin\alpha_n + \sin\alpha_T)\tan\phi] \frac{1}{\sin\beta} + R\cos\alpha_n \cot\beta$$

B 边交点 y_n 值 $(0^\circ < \alpha_n < 180^\circ - \alpha_T)$

$$y_n = \{ H_1 - R[\sin(360^\circ - \alpha_n) - \sin\alpha_T] \cot\phi \} \frac{1}{\sin\beta} + R\cos(360^\circ - \alpha_n) \cot\beta$$

(式中, 当 $\sin\alpha_n - \sin\alpha_T < 0$ 时, 按绝对值计算, 同时说明 y 值交点在 A 边上; 若 $\sin\alpha_n - \sin\alpha_T \geq 0$ 时, 说明 y 值交点在 B 边上或在矩形角点上)

$$y_{T1} = \frac{H_1}{\sin\beta} + R\cos(180^\circ + \alpha_T) \cot\beta$$

$$y_{T2} = \frac{H_1}{\sin\beta} + R\cos\alpha_T \cot\beta$$

A 边交点孔长 c_n

$$c_n = R(\sin\alpha_T + \sin\alpha_n) \tan\phi \cot\beta + \frac{R(1 - \cos\alpha_n)}{\sin\beta}$$

B 边交点孔长 c_n

$$c_n = R[\sin(360^\circ - \alpha_n) - \sin\alpha_T] \cot\phi \cot\beta + \frac{R[1 - \cos(360^\circ - \alpha_n)]}{\sin\beta}$$

(式中, 当 $\sin\alpha_n - \sin\alpha_T < 0$ 时, 按绝对值计算, 同时说明 y 值交点在 A 边上; 若 $\sin\alpha_n - \sin\alpha_T \geq 0$ 时, 说明 y 值交点在 B 边上或在矩形角点上)

$$c_{T1} = \frac{R}{\sin\beta} [1 - \cos(180^\circ - \alpha_T)]$$

$$c_{T2} = \frac{R}{\sin\beta} (1 - \cos\alpha_T)$$

$$c = l - \left[\frac{R}{\sin\beta} + \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\phi + \gamma) \cot\beta \right]$$

A 边交点孔宽 b_n

$$b_n = \frac{R}{\cos\phi} (\sin\alpha_n + \sin\alpha_T)$$

B 边交点孔宽 b_n

$$b_n = \frac{R}{\cos \phi} [\sin(\alpha_n - 180^\circ) - \sin \alpha_T]$$

$$m = \frac{\pi}{12}(D+t) \quad (n=12)$$

$$m_T = \frac{\pi(D+t)\alpha_T}{360^\circ}$$

式中 R ——圆管内半径；

y_n ——圆管展开曲线坐标值；

α_n ——圆周等分角；

α_T ——矩形角点相贯角；

m_T —— α_T 角所对弧长。

例 3-11 图 3.13 所示为已知圆管与矩形管斜交 ($\beta=60^\circ$)，圆管内径 $D=320$ ， $R=160$ ，板厚 $t=6$ ，矩形管与水平成 30° 倾斜。断面尺寸： $A=340$ ， $B=238$ ， $H=320$ ， $L=650$ ， $l=360$ ，试计算放样。

解：

$$h = \frac{320}{\sin 60^\circ} = 369.5$$

$$\tan \gamma = \frac{238}{340} = 0.7$$

查三角函数表得： $\gamma=35^\circ$

$$\sin \alpha_T = \frac{1}{320} \sqrt{340^2 + 238^2} \cos(30^\circ + 35^\circ) = 0.5481, \quad \alpha_T = 33.2^\circ$$

$$H_1 = \frac{1}{2} \sqrt{340^2 + 238^2} \sin(30^\circ + 35^\circ) = 188$$

设展开周长 12 等分，等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$ ， α_n 以此值递增。

$$y_0 = [188 - 160(\sin 0^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} + 160 \cos 0^\circ \cot 60^\circ = 251$$

$$y_1 = [188 - 160(\sin 30^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} + 160 \cos 30^\circ \cot 60^\circ = 185.3$$

$$y_2 = [188 - 160(\sin 60^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} + 160 \cos 60^\circ \cot 60^\circ = 112.5$$

$$y_3 = [188 - 160(\sin 90^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} + 160 \cos 90^\circ \cot 60^\circ = 52$$

$$y_4 = [188 - 160(\sin 120^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} + 160 \cos 120^\circ \cot 60^\circ = 20$$

$$y_5 = [188 - 160(\sin 150^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} + 160 \cos 150^\circ \cot 60^\circ = 25.3$$

$$y_6 = [188 - 160(\sin 180^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} + 160 \cos 180^\circ \cot 60^\circ = 66.3$$

$$y_7 = [188 - 160(\sin 210^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} + 160 \cos 210^\circ \cot 60^\circ = 132$$

$$y_8 = [188 - 160(\sin 120^\circ - \sin 33.2^\circ) \cot 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} + 160 \cos 120^\circ \cot 60^\circ = 69$$

$$y_9 = [188 - 160(\sin 90^\circ - \sin 33.2^\circ) \cot 30^\circ] \frac{1}{\sin 60^\circ} +$$

$$160\cos 90^{\circ}\cot 60^{\circ}=72.3$$

$$y_{10}=[188-160(\sin 60^{\circ}-\sin 33.2^{\circ})\cot 30^{\circ}]\frac{1}{\sin 60^{\circ}}+$$

$$160\cos 60^{\circ}\cot 60^{\circ}=161.4$$

$$y_{11}=[188-160(\sin 30^{\circ}-\sin 33.2^{\circ})\cot 30^{\circ}]\frac{1}{\sin 60^{\circ}}+$$

$$160\cos 30^{\circ}\cot 60^{\circ}=292$$

$$y_{T1}=\frac{188}{\sin 60^{\circ}}+160\cos (180^{\circ}+33.2^{\circ})\cot 60^{\circ}=140$$

$$y_{T2}=\frac{188}{\sin 60^{\circ}}+160\cos 33.2^{\circ}\cot 60^{\circ}=294.4$$

A 边交点孔长

$$\begin{aligned} c_0 &= 160(\sin 0^{\circ} + \sin 33.2^{\circ})\tan 30^{\circ}\cot 60^{\circ} + \frac{160(1 - \cos 0^{\circ})}{\sin 60^{\circ}} \\ &= 29.2 \end{aligned}$$

$$c_1 = 160(\sin 30^{\circ} + \sin 33.2^{\circ})\tan^2 30^{\circ} + \frac{160(1 - \cos 30^{\circ})}{\sin 60^{\circ}} = 80.6$$

$$c_2 = 160(\sin 60^{\circ} + \sin 33.2^{\circ})\tan^2 30^{\circ} + \frac{160(1 - \cos 60^{\circ})}{\sin 60^{\circ}} = 168$$

$$\begin{aligned} c_3 &= 160(\sin 90^{\circ} + \sin 33.2^{\circ})\tan^2 30^{\circ} + \frac{160(1 - \cos 90^{\circ})}{\sin 60^{\circ}} \\ &= 267.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_4 &= 160(\sin 120^{\circ} + \sin 33.2^{\circ})\tan^2 30^{\circ} + \frac{160(1 - \cos 120^{\circ})}{\sin 60^{\circ}} \\ &= 352.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_5 &= 160(\sin 150^{\circ} + \sin 33.2^{\circ})\tan^2 30^{\circ} + \frac{160(1 - \cos 150^{\circ})}{\sin 60^{\circ}} \\ &= 400.6 \end{aligned}$$

$$c_6 = 160(\sin 180^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan^2 30^\circ + \frac{160(1 - \cos 180^\circ)}{\sin 60^\circ}$$

$$= 398.7$$

$$c_7 = 160(\sin 150^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan^2 30^\circ + \frac{160(1 - \cos 150^\circ)}{\sin 60^\circ}$$

$$= 347.3$$

B 边交点孔长

$$c_8 = 160(\sin 120^\circ - \sin 33.2^\circ) \cot 30^\circ \cot 60^\circ + \frac{160(1 - \cos 120^\circ)}{\sin 60^\circ}$$

$$= 328$$

$$c_9 = 160(\sin 90^\circ - \sin 33.2^\circ) \cot 30^\circ \cot 60^\circ + \frac{160(1 - \cos 90^\circ)}{\sin 60^\circ}$$

$$= 257$$

$$c_{10} = 160(\sin 60^\circ - \sin 33.2^\circ) \cot 30^\circ \cot 60^\circ + \frac{160(1 - \cos 60^\circ)}{\sin 60^\circ}$$

$$= 100$$

$$c_{11} = 160(\sin 330^\circ + \sin 33.2^\circ) \tan 30^\circ \cot 60^\circ +$$

$$\frac{160(1 - \cos 330^\circ)}{\sin 60^\circ} = 27.3 (A \text{ 边交点孔长})$$

$$c_{T1} = \frac{160}{\sin 60^\circ} [1 - \cos(180^\circ - 33.2^\circ)] = 339.4$$

$$c_{T2} = \frac{160}{\sin 60^\circ} (1 - \cos 33.2^\circ) = 30$$

$$c = 360 - \left[\frac{160}{\sin 60^\circ} + \frac{1}{2} \sqrt{340^2 + 238^2} \sin(30^\circ + 35^\circ) \cot 60^\circ \right]$$

$$= 66.6$$

$$b_0 = \frac{160}{\cos 30^\circ} (\sin 0^\circ + \sin 33.2^\circ) = 101$$

$$b_1 = \frac{160}{\cos 30^\circ} (\sin 30^\circ + \sin 33.2^\circ) = 193.6$$

$$b_2 = \frac{160}{\cos 30^\circ} (\sin 60^\circ + \sin 33.2^\circ) = 261.3$$

$$b_3 = \frac{160}{\cos 30^\circ} (\sin 90^\circ + \sin 33.2^\circ) = 286$$

$$b_7 = \frac{160}{\cos 30^\circ} | [\sin(210^\circ - 180^\circ) - \sin 33.2^\circ] | = 8.8$$

$$b_8 = \frac{160}{\cos 30^\circ} (\sin 60^\circ - \sin 33.2^\circ) = 58.84$$

$$b_9 = \frac{160}{\cos 30^\circ} (\sin 90^\circ - \sin 33.2^\circ) = 83.58$$

$$b_4 = b_2, \quad b_5 = b_1, \quad b_6 = b_0, \quad b_{10} = b_8, \quad b_{11} = b_7。$$

$$\text{圆管周长 } S = \pi(D+t) = \pi(320+6) = 1024$$

$$\text{等分距} \quad m = \frac{S}{n} = \frac{1024}{12} = 85.3$$

$$m_T = \frac{33.2^\circ \pi}{360^\circ} (320+6) = 94.5$$

根据以上各式计算的值，即可作出展开图，如图 3.13 (b) 所示。

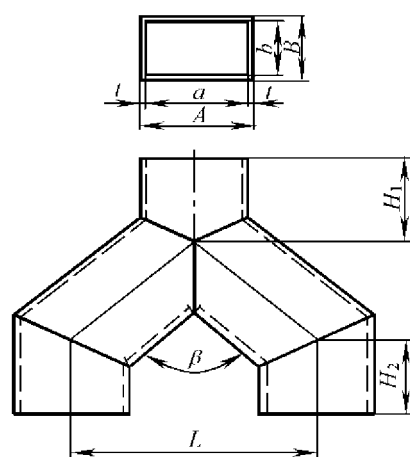
十四、矩形断面裤形三通管展开放样

图 3.14 所示为矩形断面裤形管。从视图中可以看出两腿对称，断面尺寸相同。已知尺寸为 A 、 B 、 t 、 L 、 H_1 、 H_2 及 β 。

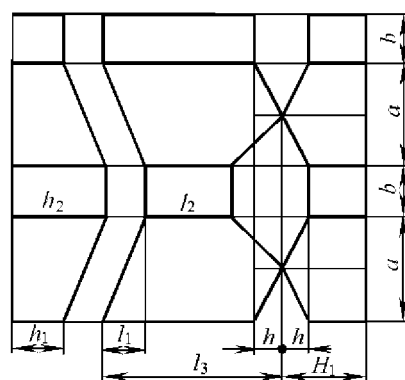
计算式

$$a = A - 2t$$

$$b = B - 2t$$



(a) 投影图



(b) 展开图

图 3.14 矩形断面裤形三通管展开放样

$$h = \frac{1}{2} A \tan \frac{\beta}{4}$$

$$h_1 = H_2 - h$$

$$h_2 = H_2 + \frac{1}{2} a \tan \frac{\beta}{4}$$

$$l_1 = \frac{1}{2}(A-t)\tan\frac{\beta}{4}$$

$$l_2 = \frac{L-A}{2\sin\frac{\beta}{2}}$$

$$l_3 = \frac{L}{2\sin\frac{\beta}{2}} + \frac{1}{2}a\tan\frac{\beta}{4}$$

例 3-12 设矩形断面裤形管的断面尺寸 $A=460$, $B=320$, $t=8$, $L=1000$, $H_1=H_2=400$, $\beta=100^\circ$, 试计算放样。

解:

$$a=460-2\times 8=444$$

$$b=320-2\times 8=304$$

$$h=\frac{1}{2}\times 460\tan\frac{100^\circ}{4}=107.3$$

$$h_1=400-107.3=292.7$$

$$h_2=400+\frac{1}{2}\times 444\tan 25^\circ=503.5$$

$$l_1=\frac{1}{2}(460-8)\tan 25^\circ=105.4$$

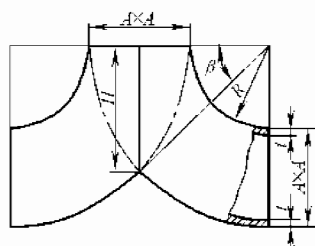
$$l_2=\frac{1000-460}{2\sin\frac{100^\circ}{2}}=352.5$$

$$l_3=\frac{1000}{2\sin\frac{100^\circ}{2}}+\frac{1}{2}\times 444\tan\frac{100^\circ}{4}=756.2$$

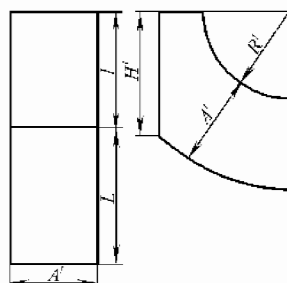
根据以上各计算式所得数值即可作出展开图, 如图 3.14 (b) 所示。

十五、方口曲面三通管展开放样

图 3.15 所示为方口曲面三通管。已知尺寸为 R 、 A 、 t 。



(a) 投影图



(b) 展开图

图 3.15 方口曲面三通管展开放样

计算式

$$\cos\beta = \frac{R + \frac{A}{2}}{R + A}$$

$$H = (R + A) \sin\beta$$

$$H' = H - t \sin\beta$$

$$l = \frac{\pi}{2} \left(R + \frac{t}{2} \right)$$

$$L = \frac{\pi}{180^\circ} (90^\circ - \beta) \times (R + A - 0.5t)$$

$$R' = R + t$$

$$A' = A - 2t$$

例 3-13 方口曲面三通管的内半径 $R=420$ ，方口边长 $A=400$ ，板厚 $t=8$ ，试计算放样。

解：

$$\cos\beta = \frac{420 + \frac{400}{2}}{420 + 400} = 0.7561$$

查三角函数表， $\beta = 40.9^\circ$

$$H = (420 + 400)\sin 40.9^\circ = 536.9$$

$$H' = 536.9 - 8\sin 40.9^\circ = 531.7$$

$$l = \frac{\pi}{2} \left(420 + \frac{8}{2} \right) = 666$$

$$L = \frac{\pi}{180^\circ} (90^\circ - 40.9^\circ) (420 + 400 - 0.5 \times 8) = 699.3$$

$$R' = 420 + 8 = 428$$

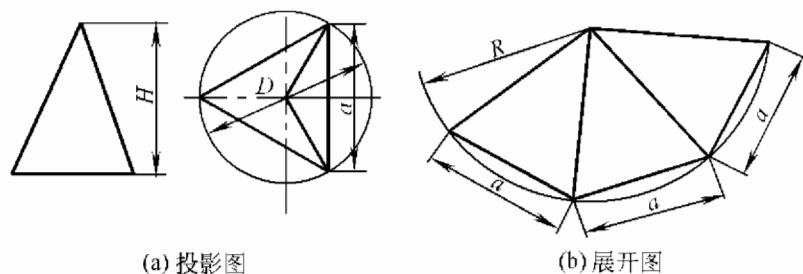
$$A' = 400 - 2 \times 8 = 384$$

根据以上各式计算数值，即可作出展开图，如图 3.15 (b) 所示。

第四章 锥管及其组合件 展开放样

一、正三棱锥展开放样

图 4.1 所示为正三棱锥，已知锥底的外接圆直径 D 和锥高 H ，用计算法进行展开放样。



(a) 投影图

(b) 展开图

图 4.1 正三棱锥展开放样

展开图的计算公式如下

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + 4H^2}$$

$$a = 0.866D$$

将已知数值代入公式计算，根据计算结果便可作出展开图，如图 4.1 (b) 所示。

例 4-1 已知正三棱锥锥底外接圆直径 $D=800$ ，锥高 $H=1000$ ，试计算放样。

$$\text{解: } R = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + 4H^2} = \frac{1}{2} \sqrt{800^2 + 4 \times 1000^2} = 1077$$

$$a = 0.866D = 0.866 \times 800 = 692.8$$

根据 a 、 R 值即可作出展开图，如图 4.1 (b) 所示。

二、正四棱锥展开放样

1. 计算法

已知正四棱锥底边长 A 和锥高 H ，用计算法进行展开放样。

① 图 4.2 所示为正四棱锥展开放样（薄板），展开图的计算公式如下

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + 4H^2}$$

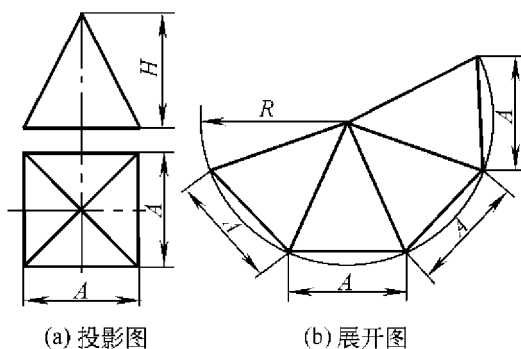


图 4.2 正四棱锥展开放样（薄板）

注意：薄板展开图不需进行板厚处理。

将已知数值代入公式进行计算，求出 R 值便可作出展开图，如图 4.2 (b) 所示。

② 图 4.3 所示为正四棱锥展开放样（厚板），板厚为 t ，展开图的计算公式如下

$$\tan\beta = \frac{2H}{A}$$

$$a = A - 2t\sin\beta$$

$$R = \frac{1}{2}\sqrt{a^2 + 4(H-t)^2}$$

将已知数值代入公式进行计算, 求出 R 、 a 值便可作出展开图, 如图 4.3 (b) 所示。

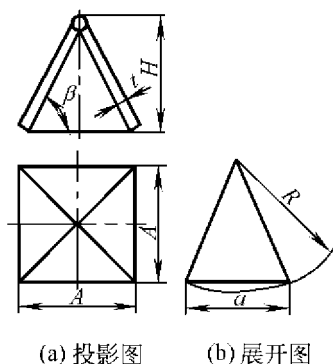


图 4.3 正四棱锥展开放样 (厚板)

2. 图解法

图 4.4 所示为正四棱锥台, 用图解法进行展开放样。

① 作正四棱锥展开图: 延长棱锥边线得到交点 s 。采用旋转法求其棱线的实长 $s'i'$ 。以 s' 为圆心, $s'i'$ 为半径画弧, 在弧上分别量取四个底面边长 A , 得到 a 、 b 、 c 、 d 、 a 各点, s' 点分别与各点相连, 便得到正四棱锥台的展开图, 如图 4.4 (b) 所示。

② 作正四棱锥台展开图: 在主视图上延长水平切面线 $m'n'$, 得到其实长线 $s'j'$ 。以 s' 为圆心, $s'j'$ 为半径画弧并与棱线相交, 依次相连, 便得到正四棱锥台 (方管大小

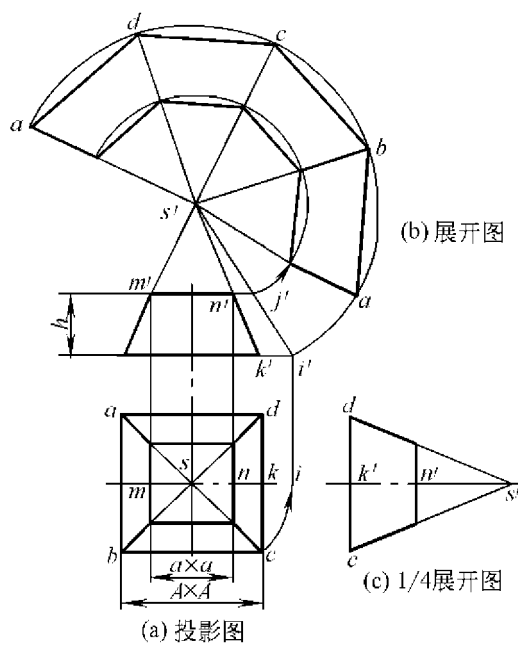


图 4.4 正四棱锥台展开放样

头) 展开图, 如图 4.4 (b) 所示。

③ 正四棱锥台的展开图由四块全等的等腰梯形组成, 只画其中一块展开图的方法是: 作等腰三角形, 底边 $dc = A$, 高等于立面图斜边 $s'n'k'$, 过 n' 作 dc 平行线, 便得到 1/4 展开图, 如图 4.4 (c) 所示。

例 4-2 已知正四棱锥底口边长 $A = 1000$, 锥高 $H = 800$, 板厚 $t = 10$, 试计算放样。

$$\text{解:} \quad \tan \beta = \frac{2H}{A} = \frac{2 \times 800}{1000} = 1.6$$

$$\text{查三角函数表:} \quad \beta = 58^\circ$$

$$a = A - 2t \sin \beta = 1000 - 2 \times 10 \sin 58^\circ = 983$$

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{a^2 + 4(H-t)^2} = \frac{1}{2} \sqrt{983^2 + 4(800-10)^2} = 930$$

根据 a 、 R 值便可作出展开图，如图 4.3 (b) 所示，用四块这样的板料对角焊接制成四棱锥体。

三、斜四棱锥展开放样

图 4.5 所示为斜四棱锥，已知尺寸 A 、 B 、 H 、 L ，用计算法进行展开放样。

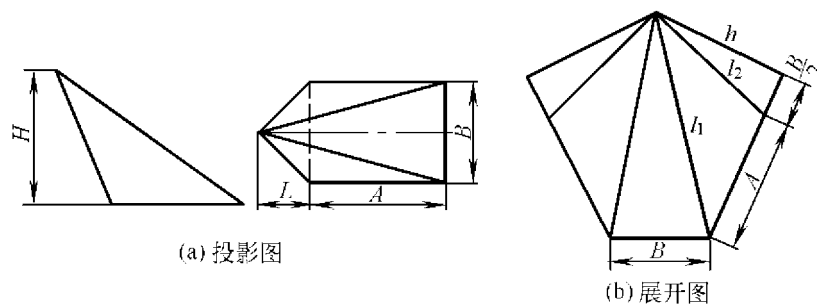


图 4.5 斜四棱锥展开放样

展开图的计算公式如下

$$h = \sqrt{L^2 + H^2}$$

$$l_1 = \sqrt{(A+L)^2 + \frac{1}{4}B^2 + H^2}$$

$$l_2 = \sqrt{L^2 + \frac{1}{4}B^2 + H^2}$$

将已知数值代入公式进行计算，求出 h 、 l_1 、 l_2 便可作出展开图，如图 4.5 (b) 所示。

四、锥形长方台展开放样

图 4.6 所示为锥形长方台，已知尺寸 A 、 B 、 H 、 h ，用计算法进行展开放样。

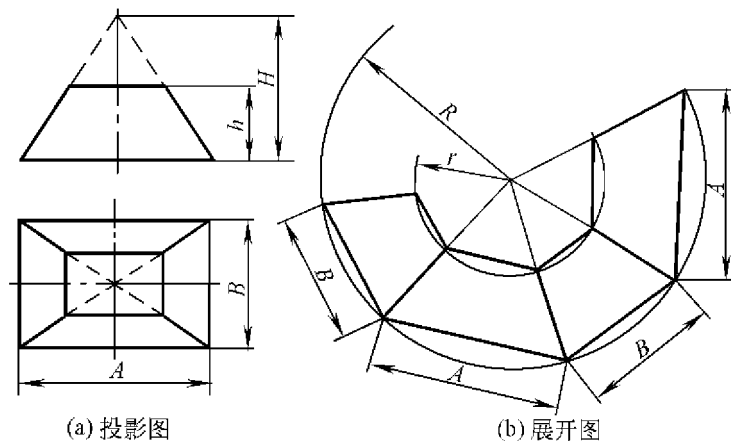


图 4.6 锥形长方台展开放样

展开图的计算公式如下

$$a = A \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

$$b = B \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + B^2 + 4H^2}$$

$$r = \frac{1}{2} \sqrt{a^2 + b^2 + 4(H-h)^2}$$

式中 a ——锥形长方台顶口长边；

b ——锥形长方台顶口短边。

例 4-3 已知锥形长方台底口 $A=800$ ， $B=600$ ， $H=500$ ， $h=300$ ，试计算放样。

$$\text{解: } a = A \left(1 - \frac{h}{H} \right) = 800 \left(1 - \frac{300}{500} \right) = 320$$

$$b = B \left(1 - \frac{h}{H} \right) = 600 \left(1 - \frac{300}{500} \right) = 240$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + B^2 + 4H^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{800^2 + 600^2 + 4 \times 500^2} = 707.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{2} \sqrt{a^2 + b^2 + 4(H-h)^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{320^2 + 240^2 + 4(500-300)^2} = 282.8 \end{aligned}$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.6 (b) 所示。

五、上口扭成 45° 角的方棱锥台展开放样

图 4.7 和图 4.8 所示为上口扭成 45° 角的方棱锥台，已知尺寸 A 、 B 、 H ，用算法进行展开放样。

薄板展开图的计算公式如下

$$h = \frac{1}{2} \sqrt{(A - 1.414B)^2 + 4H^2}$$

$$l = \sqrt{\frac{1}{2}(A^2 + B^2) - 0.707AB + H^2}$$

厚板（板厚 t ）展开图的计算公式如下

$$\tan \beta = \frac{2H}{A - 1.414B}$$

$$a = A - 2t \sin \beta$$

$$b = B - 2t \sin \beta$$

$$h_1 = \frac{H}{\sin\beta} - t \cot\beta$$

$$l_1 = \frac{1}{4} \sqrt{a^2 + 4h_1^2}$$

将已知数值代入公式进行计算, 根据计算结果便可作出展开图, 如图 4.7 (b) 和图 4.8 所示。图 4.8 所示为其中两块板的展开图, 按照图 4.8 (a) 所示板、图 4.8 (b) 所示板样板割下四块, 按顺序把它们拼接起来, 便得到所需构件。

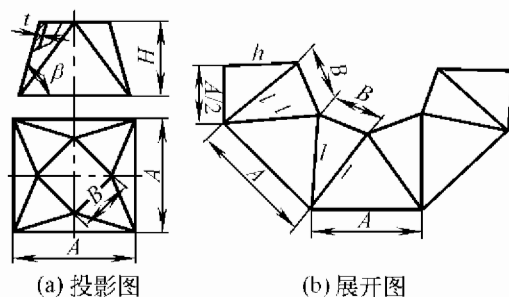


图 4.7 上口扭成 45° 角的方棱锥台展开放样 (薄板)

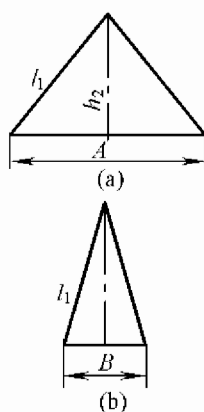


图 4.8 上口扭成 45° 角的方棱锥台 (厚板) 下料图

例 4-4 已知上口扭成 45° 角的方棱锥台 $A=800$, $B=500$, $H=600$, 按薄板计算放样。

$$\begin{aligned}\text{解: } h &= \frac{1}{2} \sqrt{(A-1.414B)^2 + 4H^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{(800-1.414 \times 500)^2 + 4 \times 600^2} = 601.8 \\ l &= \sqrt{\frac{1}{2}(A^2 + B^2) - 0.707AB + H^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2}(800^2 + 500^2) - 0.707 \times 800 \times 500 + 600^2} = 723\end{aligned}$$

六、矩形换向台展开放样

已知矩形换向台尺寸 A 、 B 、 H 和板厚 t , 用计算法进行展开放样, 如图 4.9 所示。

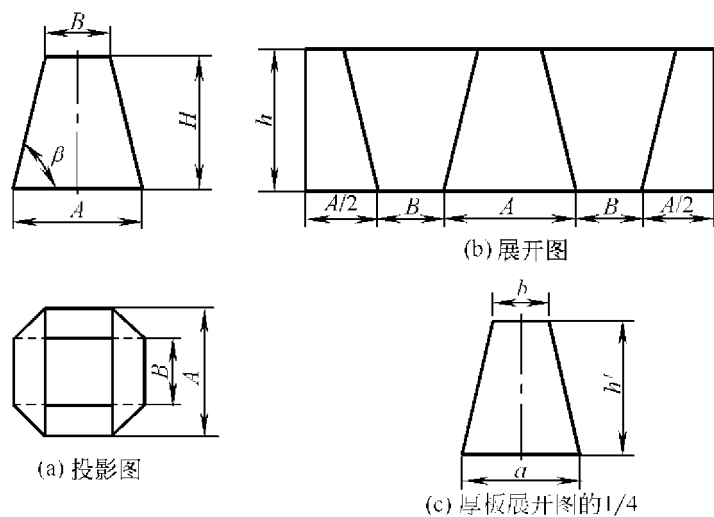


图 4.9 矩形换向台展开放样

薄板展开图的计算公式如下

$$h = \frac{1}{2} \sqrt{(A-B)^2 + 4H^2}$$

厚板展开图的计算公式如下

$$\tan \beta = \frac{2H}{A-B}$$

$$h' = \frac{H}{\sin \beta} - t \cot \beta$$

$$a = A - 2t \sin \beta$$

$$b = B - 2t \sin \beta$$

将已知数值代入公式, 根据计算结果便可作出展开图, 如图 4.9 (b)、(c) 所示。矩形换向台薄板展开图为一长方形, 其长等于矩形四边依次伸长, 宽等于主视图侧高 H 。

七、正六棱锥展开放样

已知正六棱锥台尺寸 D 、 H , 用算法进行展开放样, 如图 4.10 所示。

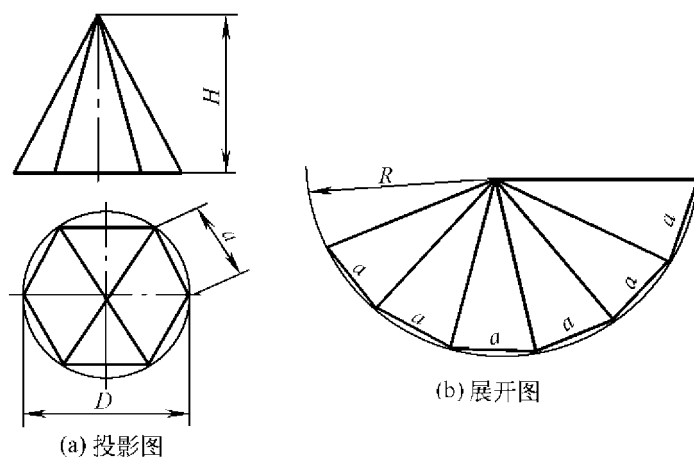


图 4.10 正六棱锥展开放样

展开图的计算公式如下

$$a = \frac{1}{2}D$$

$$R = \frac{1}{2}\sqrt{D^2 + 4H^2}$$

将已知数值代入公式，根据计算结果便可作出展开图，如图 4.10 (b) 所示。

八、正六棱锥台展开放样

已知正六棱锥台尺寸 D 、 H 、 d ，用计算法进行展开放样，如图 4.11 所示。

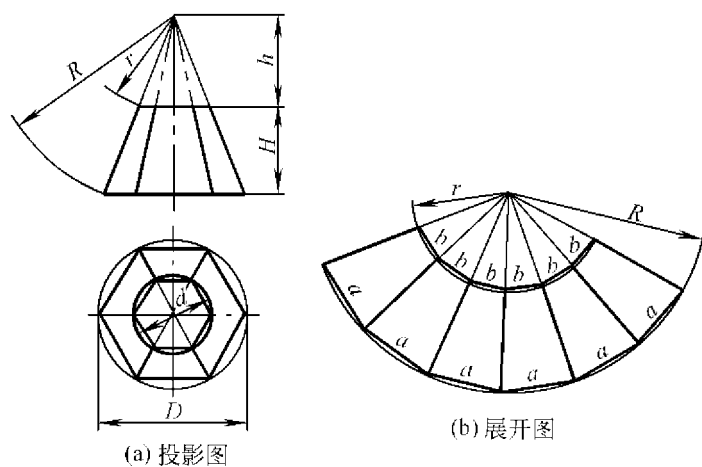


图 4.11 正六棱锥台展开放样

展开图的计算公式如下

$$h = \frac{dH}{D-d}$$

$$r = \frac{1}{2}\sqrt{d^2 + 4h^2}$$

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + 4(H+h)^2}$$

$$a = \frac{D}{2}$$

$$b = \frac{d}{2}$$

式中 a ——底口边长；

b ——顶口边长。

例 4-5 已知正六棱锥台上下口外接圆直径 $d=500$ ， $D=850$ ， $H=600$ ，试计算放样。

解：
$$h = \frac{dH}{D-d} = \frac{500 \times 600}{850-500} = 857$$

$$r = \frac{1}{2} \sqrt{d^2 + 4h^2} = \frac{1}{2} \sqrt{500^2 + 4 \times 857^2} = 892.7$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + 4(H+h)^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{850^2 + 4(600+857)^2} = 1517.7 \end{aligned}$$

$$a = \frac{D}{2} = \frac{850}{2} = 425$$

$$b = \frac{d}{2} = \frac{500}{2} = 250$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.11 (b) 所示。

九、斜截方棱锥台展开放样

已知斜截方棱锥台尺寸 A 、 B 、 H 、 β ，用算法进行展开放样，如图 4.12 所示。

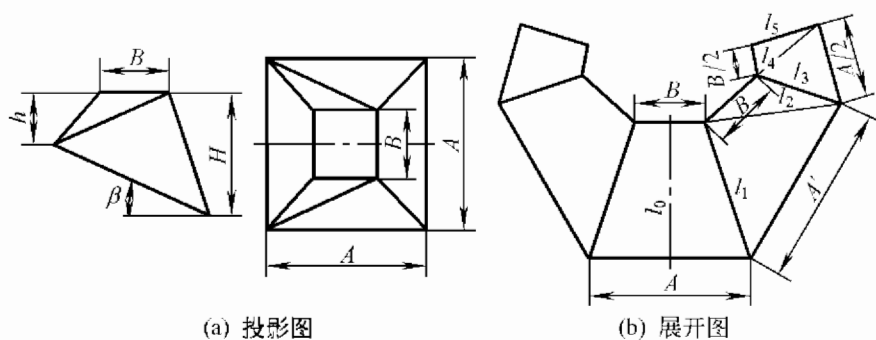


图 4.12 斜截方棱锥台展开放样

展开图的计算公式如下

$$h = H - A \tan \beta$$

$$A' = \frac{A}{\cos \beta}$$

$$l_0 = \frac{1}{2} \sqrt{(A-B)^2 + 4H^2}$$

$$l_1 = \sqrt{\frac{1}{2}(A-B)^2 + H^2}$$

$$l_2 = \sqrt{\frac{1}{2}(A-B)^2 + AB + h^2}$$

$$l_3 = \sqrt{\frac{1}{2}(A-B)^2 + h^2}$$

$$l_4 = \frac{1}{2} \sqrt{(A-B)^2 + B^2 + 4h^2}$$

$$l_5 = \frac{1}{2} \sqrt{(A-B)^2 + 4h^2}$$

例 4-6 已知一方锥台底口成 30° 角斜切, $A=600$, $B=400$, $H=500$, 试计算放样。

$$\text{解:} \quad A' = \frac{A}{\cos\beta} = \frac{600}{\cos 30^\circ} = 693$$

$$h = H - A \tan\beta = 500 - 600 \tan 30^\circ = 153.6$$

$$\begin{aligned} l_0 &= \frac{1}{2} \sqrt{(A-B)^2 + 4H^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{(600-400)^2 + 4 \times 500^2} = 510 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_1 &= \sqrt{\frac{1}{2}(A-B)^2 + H^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2}(600-400)^2 + 500^2} = 519.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_2 &= \sqrt{\frac{1}{2}(A-B)^2 + AB + h^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2}(600-400)^2 + 600 \times 400 + 153.6^2} = 532.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_3 &= \sqrt{\frac{1}{2}(A-B)^2 + h^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2}(600-400)^2 + 153.6^2} = 208.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_4 &= \frac{1}{2} \sqrt{(A-B)^2 + B^2 + 4h^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{(600-400)^2 + 400^2 + 4 \times 153.6^2} = 271.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_5 &= \frac{1}{2} \sqrt{(A-B)^2 + 4h^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{(600-400)^2 + 4 \times 153.6^2} = 183.3 \end{aligned}$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图

4.12 (b) 所示。

十、正心圆锥管展开放样 (薄板)

1. 计算法

已知正心圆锥管尺寸 D 、 d 、 H ，用计算法进行展开放样，如图 4.13 所示。

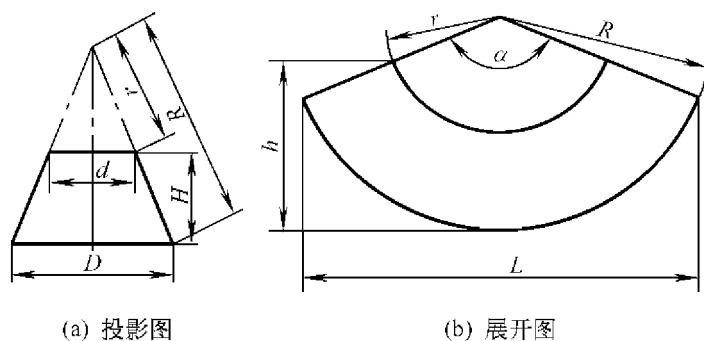


图 4.13 正心圆锥管展开放样 (薄板)

展开图的计算公式如下

$$R = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \frac{D^2 H^2}{(D-d)^2}}$$

$$r = \frac{d}{D} R$$

$$\alpha = 180^\circ \frac{d}{r}$$

$$L = 2R \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$h = R - r \cos \frac{\alpha}{2}$$

当 $\alpha > 180^\circ$ 时

$$h = R + r \sin \frac{\alpha - 180^\circ}{2}$$

例 4-7 已知圆锥管大头直径 $D=500$ ，小头直径 $d=350$ ， $H=300$ ，试计算放样。

$$\begin{aligned} \text{解：} \quad R &= \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \frac{D^2 H^2}{(D-d)^2}} \\ &= \sqrt{\left(\frac{500}{2}\right)^2 + \frac{500^2 \times 300^2}{(500-350)^2}} = 1031 \\ r &= \frac{d}{D} R = \frac{350}{500} \times 1031 = 722 \\ \alpha &= 180^\circ \frac{d}{r} = 180^\circ \times \frac{350}{722} = 87.3^\circ \\ L &= 2R \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \times 1031 \times \sin \frac{87.3^\circ}{2} = 1423 \\ h &= R - r \cos \frac{\alpha}{2} = 1031 - 722 \cos \frac{87.3^\circ}{2} = 508.6 \end{aligned}$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.13 (b) 所示。

2. 图解法

正心圆锥管用图解法进行展开放样，如图 4.14 所示，已知其大口外径 D ，小口外径 d ，高 h 。

① 用放射线法进行展开放样（本例为薄板，不需板厚处理）：将图 4.14 (a) 中正面投影 AE 、 BF 延长相交于 O' ， $O'A=O'B=L'$ ，以 L' 为半径， O' 为圆心画弧，取弧长等于 πD ，两端与 O' 相连，便得到正圆锥面展开图；再以 O' 为圆心， $O'E$ 或 $O'F$ 为半径画弧，两弧之间的扇形面便为变径管（正心圆锥管）的展开图，如图 4.14 (b) (1/2 展开图) 所示。

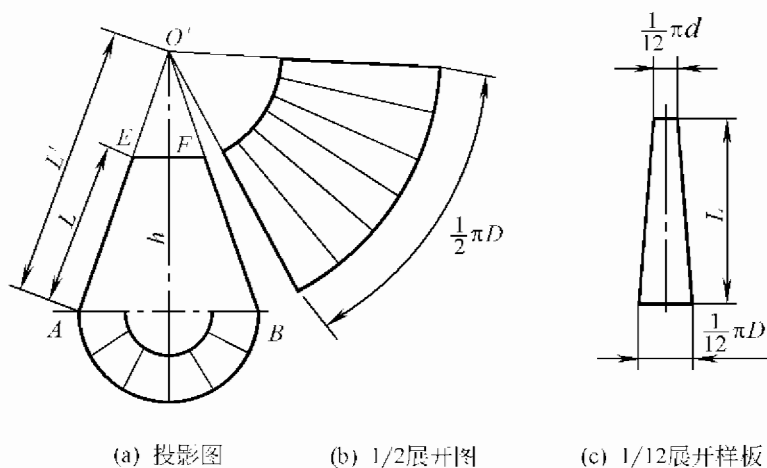


图 4.14 正心圆锥管展开放样（薄板）（图解法）

② 用样板法进行展开放样：从①的作图可以看出，正心圆锥管（大小头）的展开图是由全等的若干块（本例为 12 块）近似等腰梯形组成的。如果画出其中一块作为样板，连续画 12 块，便得到其展开图。等腰梯形样板尺寸上底为 $(1/12)\pi d$ ，下底为 $(1/12)\pi D$ ，高为正面投影上的斜高 L ， L 与两腰长十分接近，如图 4.14 (c) 所示。

十一、正心圆锥管展开放样（厚板）

图 4.15 所示为正心圆锥管，已知尺寸 D 、 d 、 H 、 t ，用计算法进行展开放样。

展开图的计算公式如下

$$\tan\beta = \frac{2H}{D-d}$$

$$d_1 = d - t\sin\beta$$

$$D_1 = D - t\sin\beta$$

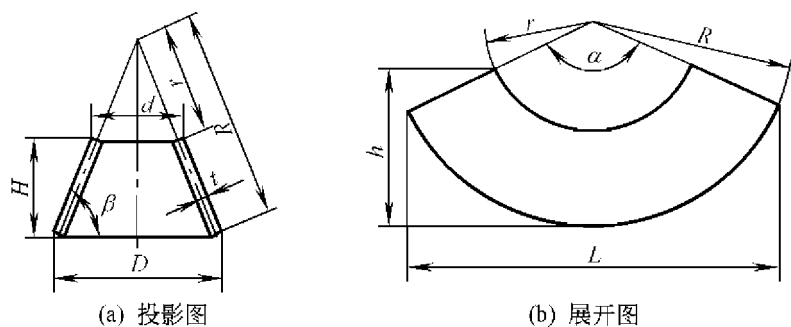


图 4.15 正心圆锥管展开放样 (厚板)

$$r = \frac{d_1}{2\cos\beta}$$

$$R = \frac{D_1}{2\cos\beta}$$

$$\alpha = 180^\circ \frac{d_1}{r}$$

$$L = 2R \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$h = R - r \cos \frac{\alpha}{2}$$

当 $\alpha > 180^\circ$ 时

$$h = R + r \sin \frac{\alpha - 180^\circ}{2}$$

例 4-8 已知圆锥管大端直径 $D=1200$ ，小端直径 $d=900$ ，高 $H=400$ ，板厚 $t=8$ ，试计算放样。

解： $\tan\beta = \frac{2H}{D-d} = \frac{2 \times 400}{1200-900} = 2.6667, \beta = 69.4^\circ$

$$d_1 = d - t \sin\beta = 900 - 8 \sin 69.4^\circ = 892.5$$

$$D_1 = D - t \sin\beta = 1200 - 8 \sin 69.4^\circ = 1192.5$$

$$r = \frac{d_1}{2\cos\beta} = \frac{892.5}{2\cos 69.4^\circ} = 1268.3$$

$$R = \frac{D_1}{2\cos\beta} = \frac{1192.5}{2\cos 69.4^\circ} = 1694.7$$

$$\alpha = 180^\circ \frac{d_1}{r} = 180^\circ \times \frac{892.5}{1268.3} = 126.7^\circ$$

$$L = 2R \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \times 1694.7 \sin \frac{126.7^\circ}{2} = 3114.4$$

$$h = R - r \cos \frac{\alpha}{2} = 1694.7 - 1268.3 \cos \frac{126.7^\circ}{2} = 1125.8$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.15 (b) 所示。

十二、渐缩率较小的正圆锥管展开放样

1. 计算法

图 4.16 所示为渐缩率较小的正圆锥管，已知尺寸 D 、 d 、 H 和板厚 t ，用计算法进行展开放样。

如图 4.16 (a) 所示，因圆锥管的大端与小端直径相差较小，所以把它称为渐缩率较小的正圆锥管。因展开图半径较大，在展开放样中难以用地规作图。现可采用坐标法分级计算展开图的曲线坐标值，再作展开图。

展开图的计算公式如下

$$c = \frac{1}{2} \sqrt{(D-d)^2 + 4H^2}$$

$$r = \frac{c(d-t)}{D-d}$$

$$R = r + c$$

$$\alpha = \frac{180^\circ(D-t)}{R}$$

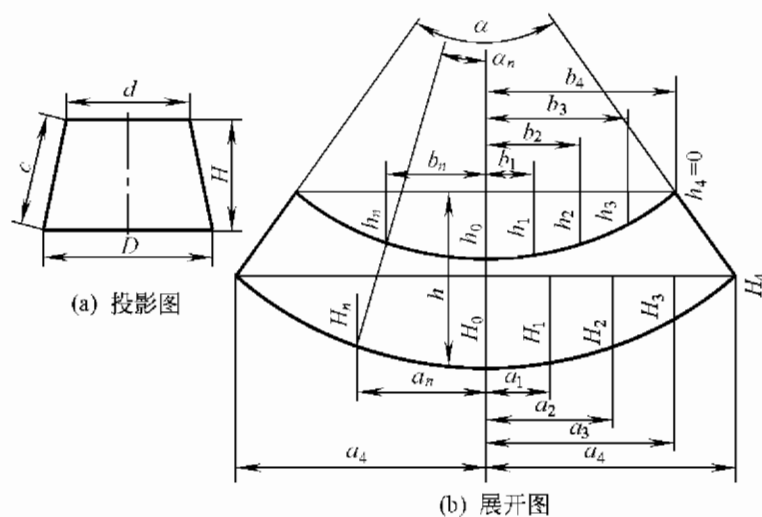


图 4.16 渐缩率较小的正圆锥管展开放样

n 为等分数, 将 α 等分, 再计算

$$a_n = R \sin \alpha_n$$

$$b_n = r \sin \alpha_n$$

$$H_n = R \left(\cos \alpha_n - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$h_n = r \left(\cos \alpha_n - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$h = R - r \cos \frac{\alpha}{2}$$

式中符号的意义如图 4.16 所示。

将已知数值代入公式, 根据计算结果便可作出展开图, 如图 4.16 (b) 所示。

2. 图解法

渐缩率较小的正圆锥管投影图如图 4.17 所示, 用图解法进行展开放样如图 4.18 所示。

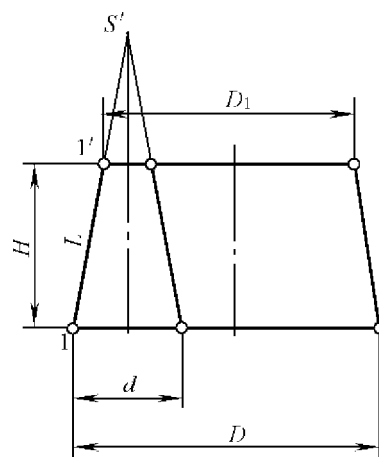


图 4.17 渐缩率较小的正圆锥管

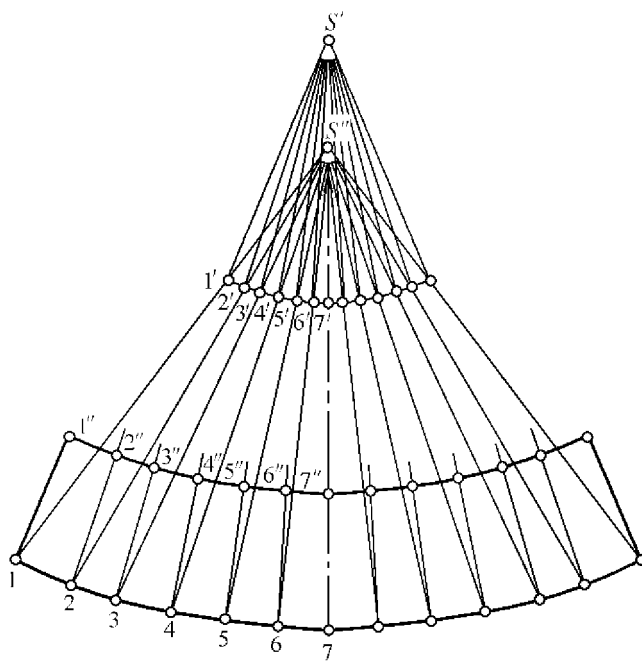


图 4.18 渐缩率较小的正圆锥管展开放样（图解法）

锥管下底直径为 D ，上底直径为 D_1 ，高为 h ，斜边长 L ，作展开图的方法如下。

① 作同锥度的小圆锥，其锥顶点为 S' ，底圆直径为 d ，设 $\frac{D}{d} = K$ ， K 应为正整数。

② 作小圆锥的展开图 $S'1'2'3'$ 等。

③ 在小圆锥展开图中柱线上任取一点 S'' ，连接 $S''1'$ ， $S''2' \cdots$ 并延长至 1、2 \cdots 各点，并使 $\frac{S''1}{S''1'} = \frac{S''2}{S''2'} = \cdots = K$ 。

④ 过 1、2 \cdots 各点分别作线平行于 $S'1'$ 、 $S'2' \cdots$ 各线。

⑤ 在所画各平行线上截取 L 值，得到 $1''$ 、 $2'' \cdots$ 各点。

⑥ 用光滑曲线分别连接 1、2 \cdots 和 $1'$ 、 $2' \cdots$ 各点，即得求作的展开图。

十三、斜截圆锥管展开放样

1. 计算法

图 4.19 所示为斜截圆锥管，已知尺寸 R 、 H 、 h 、 β ，用计算法进行展开放样。

经过对斜截圆锥管的分析，可知圆锥管被一正垂面和与水平成 β 角的切面所截，所以放样计算除计算斜截后各素线的实长外，其余与正圆锥放样计算相同。

展开图的计算公式如下

$$R_0 = \sqrt{R^2 + H^2}$$

$$\alpha = \frac{360^\circ R}{R_0}$$

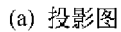


图 4.19 斜截圆锥管展开放样

$$\begin{aligned} L &= R_0 \sin \frac{\alpha}{2} \\ m &= \frac{2\pi R}{n} \\ \tan \phi_n &= \frac{H}{R \cos \alpha_n} \\ A &= h \cot \beta \\ f_n &= \frac{\sin \phi_n \sin \beta (A - R \cos \alpha_n)}{\sin \phi_0 \sin (\phi_n \mp \beta)} \end{aligned}$$

求 f_n 时, 当 $0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ$ 时, 用 $\sin(\phi_n - \beta)$; 当 $90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$ 时, 用 $\sin(\phi_n + \beta)$ 。

式中符号的意义如图 4.19 所示。

例 4-9 已知正圆锥高 $H=500$, 锥底直径 $D=400$, $R=210$, 斜切角 $\beta=30^\circ$, 切后轴线高度 $h=260$, 试计算放样。

$$\text{解: } R_0 = \sqrt{R^2 + H^2} = \sqrt{210^2 + 500^2} = 542.3$$

$$\alpha = \frac{360^\circ R}{R_0} = \frac{360^\circ \times 210}{542.3} = 139.4^\circ$$

$$L = R_0 \sin \frac{\alpha}{2} = 542.3 \times \sin \frac{139.4^\circ}{2} = 508.6$$

设圆周等分数 $n=16$, 等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$m = \frac{2\pi R}{n} = \frac{2\pi \times 210}{16} = 82.46$$

$$\tan \phi_0 = \frac{H}{R \cos \alpha_0} = \frac{500}{210 \cos 0^\circ} = 2.3809 \quad \phi_0 = 67.2^\circ$$

$$\tan \phi_1 = \frac{H}{R \cos \alpha_1} = \frac{500}{210 \cos 22.5^\circ} = 2.5773 \quad \phi_1 = 68.8^\circ$$

$$\tan \phi_2 = \frac{H}{R \cos \alpha_2} = \frac{500}{210 \cos 45^\circ} = 3.3672 \quad \phi_2 = 73.5^\circ$$

$$\tan \phi_3 = \frac{H}{R \cos \alpha_3} = \frac{500}{210 \cos 67.5^\circ} = 6.222 \quad \phi_3 = 80.9^\circ$$

$$\tan \phi_4 = \frac{H}{R \cos \alpha_4} = \frac{500}{210 \cos 90^\circ} = \infty \quad \phi_4 = 90^\circ$$

$$\phi_5 = \phi_3, \phi_6 = \phi_2, \phi_7 = \phi_1, \phi_8 = \phi_0。$$

$$A = h \cot \beta = 260 \cot 30^\circ = 450.3$$

$$\text{因为} \quad f_n = \frac{\sin \phi_n \sin \beta (A - R \cos \alpha_n)}{\sin \phi_0 \sin(\phi_n \mp \beta)}$$

故

$$f_0 = \frac{\sin 67.2^\circ \sin 30^\circ (450.3 - 210 \cos 0^\circ)}{\sin 67.2^\circ \sin(67.2^\circ - 30^\circ)} = 198.7$$

$$f_1 = \frac{\sin 68.8^\circ \sin 30^\circ (450.3 - 210 \cos 22.5^\circ)}{\sin 67.2^\circ \sin(68.8^\circ - 30^\circ)} = 206.8$$

$$f_2 = \frac{\sin 73.5^\circ \sin 30^\circ (450.3 - 210 \cos 45^\circ)}{\sin 67.2^\circ \sin(73.5^\circ - 30^\circ)} = 228$$

$$f_3 = \frac{\sin 80.9^\circ \sin 30^\circ (450.3 - 210 \cos 67.5^\circ)}{\sin 67.2^\circ \sin(80.9^\circ - 30^\circ)} = 255.3$$

$$f_4 = \frac{\sin 90^\circ \sin 30^\circ (450.3 - 210 \cos 90^\circ)}{\sin 67.2^\circ \sin(90^\circ - 30^\circ)} = 282$$

$$f_5 = \frac{\sin 80.9^\circ \sin 30^\circ (450.3 - 210 \cos 112.5^\circ)}{\sin 67.2^\circ \sin(80.9^\circ + 30^\circ)} = 304.2$$

$$f_6 = \frac{\sin 73.5^\circ \sin 30^\circ (450.3 - 210 \cos 135^\circ)}{\sin 67.2^\circ \sin(73.5^\circ + 30^\circ)} = 320.2$$

$$f_7 = \frac{\sin 68.8^\circ \sin 30^\circ (450.3 - 210 \cos 157.5^\circ)}{\sin 67.2^\circ \sin(68.8^\circ + 30^\circ)} = 329.7$$

$$f_8 = \frac{\sin 67.2^\circ \sin 30^\circ (450.3 - 210 \cos 180^\circ)}{\sin 67.2^\circ \sin(67.2^\circ + 30^\circ)} = 332.8$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.19 (b) 所示。

2. 图解法

斜截圆锥管的投影如图 4.20 (a) 所示，用图解法进行展开放样。

斜截圆锥管的展开放样应先求圆锥侧表面上相应线段的实长，然后作展开图。

① 作下口断面图，并将其 12 等分。

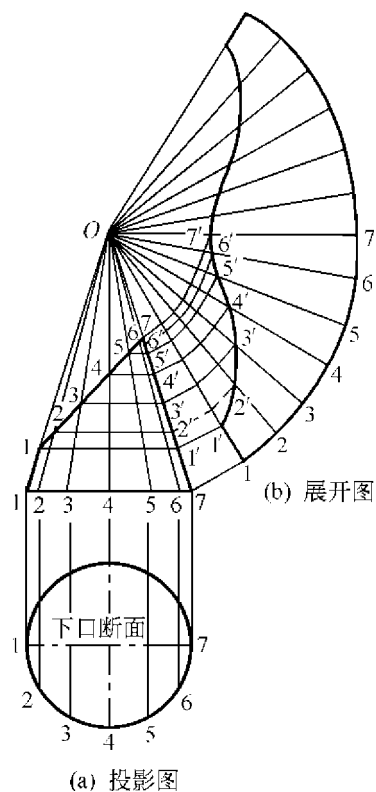


图 4.20 斜截圆锥管展开 (图解法)

② 将主视图两斜边向上延长，相交于 O 点，形成正圆锥管。

③ 采用旋转法求出主视图上 2-2, 3-3, ... 各线段实长。即自斜口线 1、2、3、... 各点作下口 1-7 线的平行线，与 $O-7$ 线相交于 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、... 各点，则 $O-1'$ 、 $O-2'$ 、 $O-3'$ 、... 为实长线。

④ 作扇形，在扇形上作 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$... 点，用光滑曲线依次连接各点，便得到求作的展开图，如图 4.20 (b) 所示。

十四、斜圆锥展开放样

1. 计算法

图 4.21 所示为斜圆锥，已知底圆直径 D 、半径 R 、高 H 和 A ，用计算法进行展开放样。

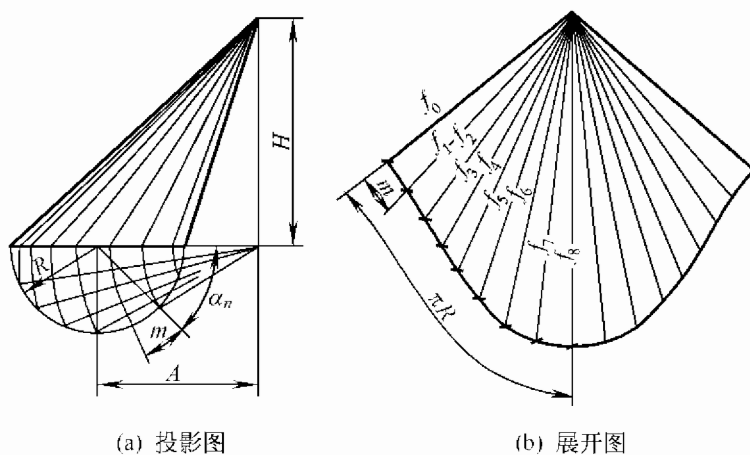


图 4.21 斜圆锥展开放样

展开图的计算公式如下

$$f_n = \sqrt{(A - R \cos \alpha_n)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_n + H^2}$$

$$m = \frac{2\pi R}{n}$$

式中 f_n ——斜圆锥各素线实长；

n ——圆周等分数；

m ——锥底圆周等分距。

例 4-10 已知一斜圆锥底圆直径 $D=500$ ，高 $H=520$ ， $A=330$ ，试计算放样。

解：设底圆周等分数 $n=16$ ，等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ，

α 角以此值递增。

$$\text{因为 } f_n = \sqrt{(A - R \cos \alpha_n)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_n + H^2}$$

$$\text{故 } f_0 = \sqrt{(330 - 250 \cos 0^\circ)^2 + 250^2 \sin^2 0^\circ + 520^2} = 526.1$$

$$f_1 = \sqrt{(330 - 250 \cos 22.5^\circ)^2 + 250^2 \sin^2 22.5^\circ + 520^2} = 537.9$$

$$f_2 = \sqrt{(330 - 250 \cos 45^\circ)^2 + 250^2 \sin^2 45^\circ + 520^2} = 570.2$$

$$f_3 = \sqrt{(330 - 250 \cos 67.5^\circ)^2 + 250^2 \sin^2 67.5^\circ + 520^2} \\ = 615.4$$

$$f_4 = \sqrt{(330 - 250 \cos 90^\circ)^2 + 250^2 \sin^2 90^\circ + 520^2} = 664.7$$

$$f_5 = \sqrt{(330 - 250 \cos 112.5^\circ)^2 + 250^2 \sin^2 112.5^\circ + 520^2} \\ = 710.6$$

$$f_6 = \sqrt{(330 - 250 \cos 135^\circ)^2 + 250^2 \sin^2 135^\circ + 520^2} \\ = 747.3$$

$$f_7 = \sqrt{(330 - 250 \cos 157.5^\circ)^2 + 250^2 \sin^2 157.5^\circ + 520^2} \\ = 770.9$$

$$f_8 = \sqrt{(330 - 250 \cos 180^\circ)^2 + 250^2 \sin^2 180^\circ + 520^2} = 779$$

$$m = \frac{2\pi R}{n} = \frac{2 \times 250\pi}{16} = 98.2$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.21 (b) 所示。

2. 图解法

用图解法进行斜圆锥展开放样，如图 4.22 所示，已知斜圆锥底直径 D 和高 H 。

斜圆锥底面是圆，所有素线交于 S' 点，由于轴是倾斜的，所以素线不相等。在投影图中，主视图上除了两条线反映实长外，其余各素线都需求实长。

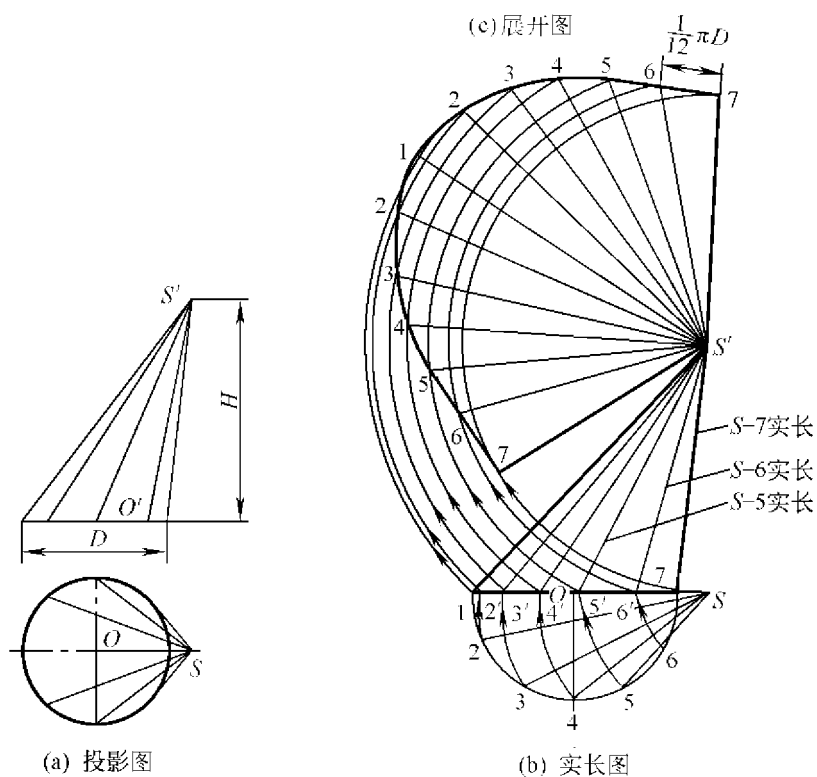


图 4.22 斜圆锥展开放样 (图解法)

① 求素线实长：将水平投影各素线旋转到底线上，得到各交点，将各交点与 S' 连接，各连线即对应素线实长。

② 作斜圆锥展开图：以 S' 为圆心，分别以实长线（本例为 7 条）为半径画弧，由 S' 点作 $S'7$ ，并以 S' 为展开图的起始线，从 7 点开始，以底圆周长 πD 的 $1/12$ 长度为跨距，用圆规画弧，在由近至远的七条圆弧上切得 6、5、…1 和 2、3、…7 各点，然后用光滑曲线连接各点，连接各条素线，便得到求作的展开图，如图 4.22 (c) 所示。

十五、斜圆锥管展开放样

斜圆锥管又称斜马蹄形和偏心圆变径管。

1. 计算法

图 4.23 所示为斜圆锥管，已知底圆直径 D 、半径 R 、锥高 h 和 A ，用计算法进行展开放样。

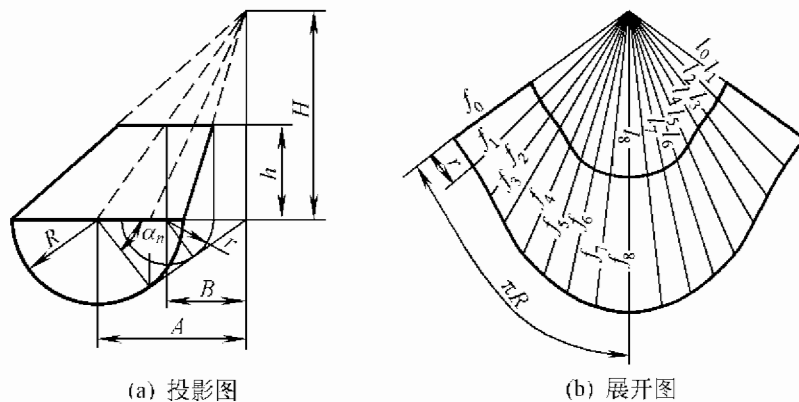


图 4.23 斜圆锥管展开放样

展开图的计算公式如下

$$f_n = \sqrt{(A - R \cos \alpha_n)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_n + H^2}$$

$$r = R \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

$$B = A \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

$$l_n = f_n \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

$$m = \frac{2\pi R}{n}$$

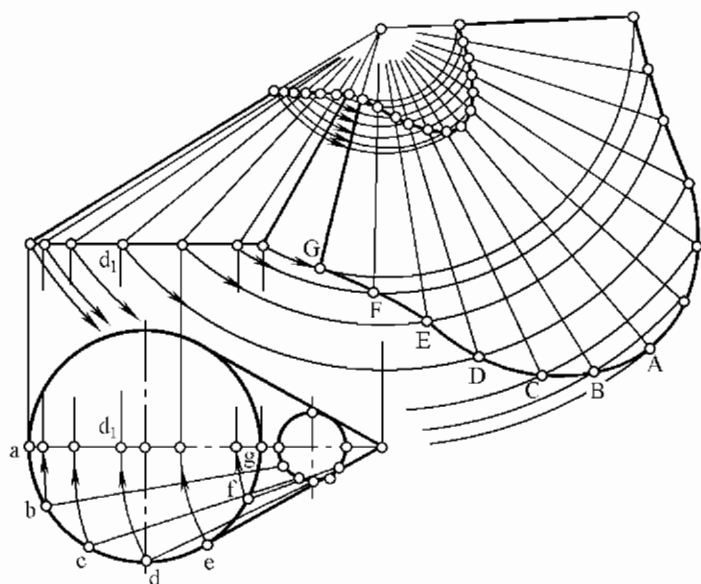


图 4.24 斜圆锥管展开放样 (图解法)

例 4-11 已知一斜马蹄底圆直径 $D=300$, $R=150$, 锥高 $H=450$, $h=200$, $A=310$, 试计算放样。

解: 设底圆周等分数 $n=16$, 等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$\text{因为 } f_n = \sqrt{(A - R \cos \alpha_n)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_n + H^2}$$

$$\text{故 } f_0 = \sqrt{(310 - 150 \cos 0^\circ)^2 + 150^2 \sin^2 0^\circ + 450^2} = 478$$

$$f_1 = \sqrt{(310 - 150 \cos 22.5^\circ)^2 + 150^2 \sin^2 22.5^\circ + 450^2} = 485$$

$$f_2 = \sqrt{(310 - 150 \cos 45^\circ)^2 + 150^2 \sin^2 45^\circ + 450^2} = 505.3$$

$$f_3 = \sqrt{(310 - 150 \cos 67.5^\circ)^2 + 150^2 \sin^2 67.5^\circ + 450^2} \\ = 534.3$$

$$f_4 = \sqrt{(310 - 150 \cos 90^\circ)^2 + 150^2 \sin^2 90^\circ + 450^2} = 566.7$$

$$f_5 = \sqrt{(310 - 150\cos 112.5^\circ)^2 + 150^2 \sin^2 112.5^\circ + 450^2} \\ = 597.2$$

$$f_6 = \sqrt{(310 - 150\cos 135^\circ)^2 + 150^2 \sin^2 135^\circ + 450^2} = 622$$

$$f_7 = \sqrt{(310 - 150\cos 157.5^\circ)^2 + 150^2 \sin^2 157.5^\circ + 450^2} \\ = 638$$

$$f_8 = \sqrt{(310 - 150\cos 180^\circ)^2 + 150^2 \sin^2 180^\circ + 450^2} = 643.5$$

$$r = R \left(1 - \frac{h}{H} \right) = 150 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 83.3$$

$$B = A \left(1 - \frac{h}{H} \right) = 310 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 172.2$$

因为
$$l_n = f_n \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

故
$$l_0 = 478 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 265.6$$

$$l_1 = 485 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 269.4$$

$$l_2 = 505.3 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 280.7$$

$$l_3 = 534.3 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 296.8$$

$$l_4 = 566.7 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 314.8$$

$$l_5 = 597.2 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 331.8$$

$$l_6 = 622 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 345.6$$

$$l_7 = 638 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 354.4$$

$$l_8 = 643.5 \left(1 - \frac{200}{450} \right) = 357.5$$

$$m = \frac{2\pi R}{n} = \frac{2 \times 150\pi}{16} = 58.9$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.23 (b) 所示。

2. 图解法

斜圆锥管展开放样（图解法）如图 4.24 所示。斜圆锥管相当于斜圆锥上部分被切去，剩余部分即为斜圆锥管。按照斜圆锥的图解法作斜圆锥管的展开图，先作斜圆锥的展开图，再将上部斜圆锥的放样下料线作出来，下部展开图便是求作的展开图，如图 4.24 所示。

十六、椭圆锥展开放样

已知椭圆锥的长轴为 $2a$ ，短轴为 $2b$ ，锥高为 H ，用算法进行展开放样，如图 4.25 所示。

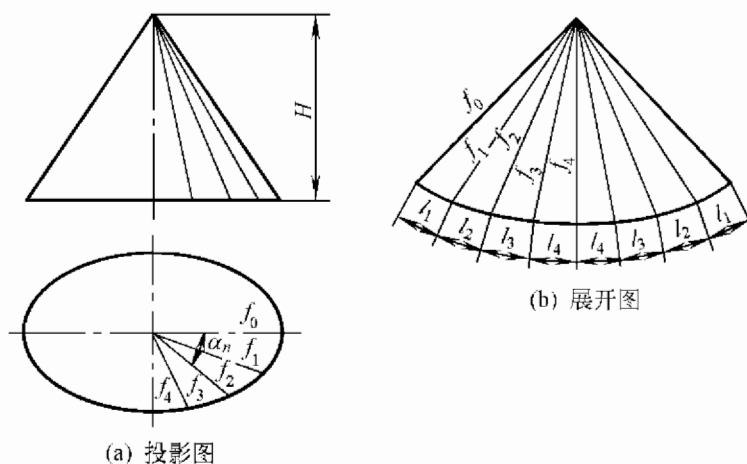


图 4.25 椭圆锥展开放样

展开图的计算公式如下

$$x_n = a \cos \alpha_n$$

$$y_n = b \sin \alpha_n$$

$$l_n = \sqrt{(x_{n-1} - x_n)^2 + (y_{n-1} - y_n)^2}$$

$$f_n = \sqrt{x_n^2 + y_n^2 + H^2}$$

式中 x_n ——锥底椭圆上点的横坐标；

y_n ——锥底椭圆上点的纵坐标；

f_n ——椭圆锥各素线实长。

式中其余符号的意义如图 4.25 所示，锥底椭圆的展开周长 $L \approx \pi [1.5(a+b) - \sqrt{ab}]$ 。

例 4-12 已知椭圆长轴等于 600， $a=300$ ，短轴等于 400， $b=200$ ，锥高 $H=450$ ，试计算放样。

解：设底圆周等分数 $n=16$ ，等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ，

α 角以此值递增。

$$x_0 = a \cos \alpha_0 = 300 \cos 0^\circ = 300$$

$$x_1 = a \cos \alpha_1 = 300 \cos 22.5^\circ = 277.2$$

$$x_2 = a \cos \alpha_2 = 300 \cos 45^\circ = 212$$

$$x_3 = a \cos \alpha_3 = 300 \cos 67.5^\circ = 114.8$$

$$x_4 = a \cos \alpha_4 = 300 \cos 90^\circ = 0$$

$$y_0 = b \sin \alpha_0 = 200 \sin 0^\circ = 0$$

$$y_1 = b \sin \alpha_1 = 200 \sin 22.5^\circ = 76.5$$

$$y_2 = b \sin \alpha_2 = 200 \sin 45^\circ = 141.4$$

$$y_3 = b \sin \alpha_3 = 200 \sin 67.5^\circ = 184.8$$

$$y_4 = b \sin \alpha_4 = 200 \sin 90^\circ = 200$$

$$\begin{aligned} l_1 &= \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} \\ &= \sqrt{(300 - 277.2)^2 + (0 - 76.5)^2} = 80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_2 &= \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \\ &= \sqrt{(277.2 - 212)^2 + (76.5 - 141.4)^2} = 92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_3 &= \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2} \\ &= \sqrt{(212 - 114.8)^2 + (141.4 - 184.8)^2} = 106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_4 &= \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2} \\ &= \sqrt{(114.8 - 0)^2 + (184.8 - 200)^2} = 116 \end{aligned}$$

$$f_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + H^2} = \sqrt{300^2 + 0 + 450^2} = 540.8$$

$$f_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + H^2} = \sqrt{277.2^2 + 76.5^2 + 450^2} = 534$$

$$f_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + H^2} = \sqrt{212^2 + 141.4^2 + 450^2} = 517.1$$

$$f_3 = \sqrt{x_3^2 + y_3^2 + H^2} = \sqrt{114.8^2 + 184.8^2 + 450^2} = 499.8$$

$$f_4 = \sqrt{x_4^2 + y_4^2 + H^2} = \sqrt{0^2 + 200^2 + 450^2} = 492.4$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.25 (b) 所示。

十七、圆顶椭圆底台展开放样

图 4.26 所示为圆顶椭圆底台，已知顶圆直径 D 、台高 H 、椭圆底长轴为 $2a$ 和短轴为 $2b$ ，用计算法进行展开放样。

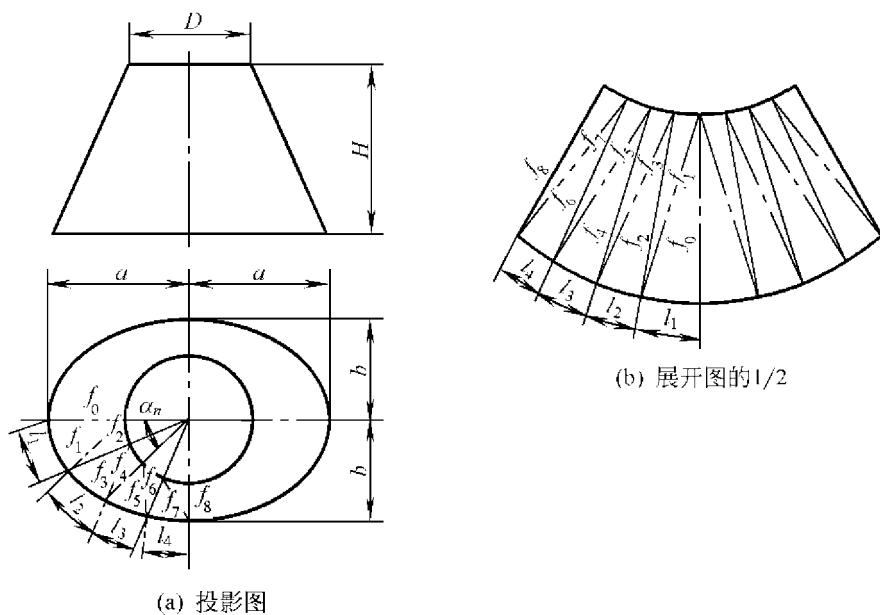


图 4.26 圆顶椭圆底台展开放样

展开图的计算公式如下

$$x_n = a \cos \alpha_n$$

$$y_n = b \sin \alpha_n$$

$$l_n = \sqrt{(x_{n-1} - x_n)^2 + (y_{n-1} - y_n)^2}$$

$$f_{0,2,4,6,8} = \sqrt{(x_{\frac{n}{2}} - R\cos\alpha_{\frac{n}{2}})^2 + (y_{\frac{n}{2}} - R\sin\alpha_{\frac{n}{2}})^2 + H^2}$$

$$f_{1,3,5,7} = \sqrt{(x_{\frac{n+1}{2}} - R\cos\alpha_{\frac{n+1}{2}})^2 + (y_{\frac{n+1}{2}} - R\sin\alpha_{\frac{n+1}{2}})^2 + H^2}$$

$$m = \frac{\pi D}{n}$$

式中 x_n ——底椭圆上点的横坐标；

y_n ——底椭圆上点的纵坐标；

f_n ——锥台各盘线实长；

m ——圆周长度等分距。

其余各符号如图 4.26 所示。

例 4-13 已知顶圆直径 $D=320$ ， $R=160$ ，椭圆底长半径 $a=350$ ，短半轴 $b=250$ ，台高 $H=460$ ，试计算放样。

解：设底圆周等分数 $n=16$ ，等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ，

α 角以此值递增。

$$x_0 = a\cos\alpha_0 = 350\cos 0^\circ = 350$$

$$x_1 = a\cos\alpha_1 = 350\cos 22.5^\circ = 323.4$$

$$x_2 = a\cos\alpha_2 = 350\cos 45^\circ = 247.5$$

$$x_3 = a\cos\alpha_3 = 350\cos 67.5^\circ = 134$$

$$x_4 = a\cos\alpha_4 = 300\cos 90^\circ = 0$$

$$y_0 = b\sin\alpha_0 = 250\sin 0^\circ = 0$$

$$y_1 = b\sin\alpha_1 = 250\sin 22.5^\circ = 95.7$$

$$y_2 = b\sin\alpha_2 = 250\sin 45^\circ = 176.8$$

$$y_3 = b\sin\alpha_3 = 250\sin 67.5^\circ = 231$$

$$y_4 = b\sin\alpha_4 = 250\sin 90^\circ = 250$$

$$l_1 = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2}$$

$$= \sqrt{(350 - 323.4)^2 + (0 - 95.7)^2} = 99.3$$

$$l_2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

$$= \sqrt{(323.4 - 247.5)^2 + (95.7 - 176.8)^2} = 111.1$$

$$l_3 = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2}$$

$$= \sqrt{(247.5 - 134)^2 + (176.8 - 231)^2} = 126$$

$$l_4 = \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2}$$

$$= \sqrt{(134 - 0)^2 + (231 - 250)^2} = 135.3$$

因为

$$f_{0,2,4,6,8} = \sqrt{(x_{\frac{n}{2}} - R\cos\alpha_{\frac{n}{2}})^2 + (y_{\frac{n}{2}} - R\sin\alpha_{\frac{n}{2}})^2 + H^2}$$

$$f_{1,3,5,7} = \sqrt{(x_{\frac{n+1}{2}} - R\cos\alpha_{\frac{n-1}{2}})^2 + (y_{\frac{n+1}{2}} - R\sin\alpha_{\frac{n-1}{2}})^2 + H^2}$$

故

$$f_0 = \sqrt{(350 - 160\cos 0^\circ)^2 + (0 - 160\sin 0^\circ)^2 + 460^2} = 497.7$$

$$f_1 = \sqrt{(323.4 - 160\cos 0^\circ)^2 + (95.7 - 160\sin 0^\circ)^2 + 460^2}$$

$$= 497.5$$

$$f_2 = \sqrt{(323.4 - 160\cos 22.5^\circ)^2 + (95.7 - 160\sin 22.5^\circ)^2 + 460^2}$$

$$= 493.6$$

$$f_3 = \sqrt{(247.5 - 160\cos 22.5^\circ)^2 + (176.8 - 160\sin 22.5^\circ)^2 + 460^2}$$

$$= 484.7$$

$$f_4 = \sqrt{(247.5 - 160\cos 45^\circ)^2 + (176.8 - 160\sin 45^\circ)^2 + 460^2}$$

$$= 483.4$$

$$f_5 = \sqrt{(134 - 160\cos 45^\circ)^2 + (231 - 160\sin 45^\circ)^2 + 460^2}$$

$$= 475.3$$

$$f_6 = \sqrt{(134 - 160\cos 67.5^\circ)^2 + (231 - 160\sin 67.5^\circ)^2 + 460^2}$$

$$=473.1$$

$$f_7 = \sqrt{(0-160\cos 67.5^\circ)^2 + (250-160\sin 67.5^\circ)^2 + 460^2} \\ =475.1$$

$$f_8 = \sqrt{(0-160\cos 90^\circ)^2 + (250-160\sin 90^\circ)^2 + 460^2} =468.7$$

$$m = \frac{\pi D}{n} = \frac{320\pi}{16} = 62.8$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.26 (b) 所示。

十八、圆管圆锥管直角弯头展开放样

圆管圆锥管直角弯头如图 4.27 所示，它是由圆管、圆锥管分别被斜截后组合而成的。圆管圆锥管属于回转体，在相贯时，其轴线相交，并平行于投影面，同时共切于同一球面，所以相贯线为一平面曲线，而且垂直于投影面，其投影为直线。已知圆管圆锥管直角弯头的尺寸 D 、 R 、 d 、 r 、 h 、 B ，用计算法进行展开放样，如图 4.28 所示。

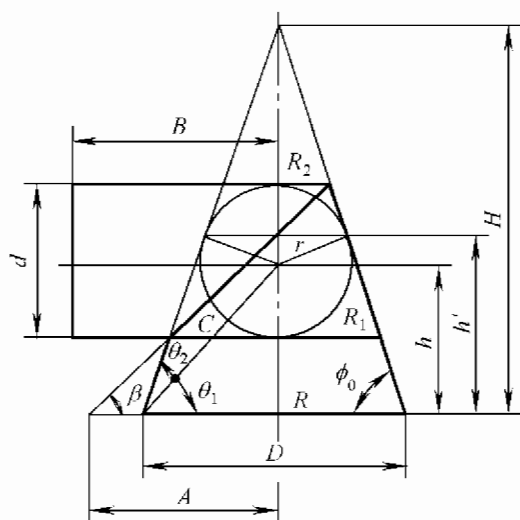


图 4.27 圆管圆锥管直角弯头

(1) 相关数值的计算公式

$$C = \sqrt{R^2 + h^2}$$

$$\tan \theta_1 = \frac{h}{R}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{r}{C}$$

$$\phi_0 = \theta_1 + \theta_2$$

$$H = R \tan \phi_0$$

$$R_1 = \frac{H - h + r}{\tan \phi_0}$$

$$R_2 = \frac{H - h - r}{\tan \phi_0}$$

$$\tan \beta = \frac{d}{R_1 + R_2}$$

$$h' = h + r \cos \phi_0$$

$$A = h' \cot \beta$$

(2) 展开图的计算公式

① 圆管展开图的计算公式如下

$$B' = B + \frac{1}{2}(R_2 - R_1)$$

$$y_n = r \tan(90^\circ - \beta) \cos \alpha_n$$

$$m_2 = \frac{\pi d}{n}$$

② 圆锥管展开图的计算公式如下

$$\tan \phi_n = \frac{H}{R \cos \alpha_n}$$

$$f_{0 \sim 4} = \frac{\sin \phi_{0 \sim 4} \sin \beta (A - R \cos \alpha_{0 \sim 4})}{\sin \phi_0 \sin(\phi_{0 \sim 4} - \beta)}$$

$$f_{5 \sim 8} = \frac{\sin \phi_{5 \sim 8} \sin \beta (A - R \cos \alpha_{5 \sim 8})}{\sin \phi_0 \sin(\phi_{5 \sim 8} + \beta)}$$

$$R_0 = \sqrt{R^2 + H^2}$$

$$\alpha = \frac{360^\circ R}{R_0}$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$m_1 = \frac{\pi D}{n}$$

式中符号的意义如图 4.27 和图 4.28 所示。

例 4-14 已知一圆管与圆锥管组成两节直角弯头尺寸：
 $D=660$, $R=330$, $d=380$, $r=190$, $h=375$, $B=500$,
 试计算放样。

解：(1) 有关参数计算 (图 4.27)

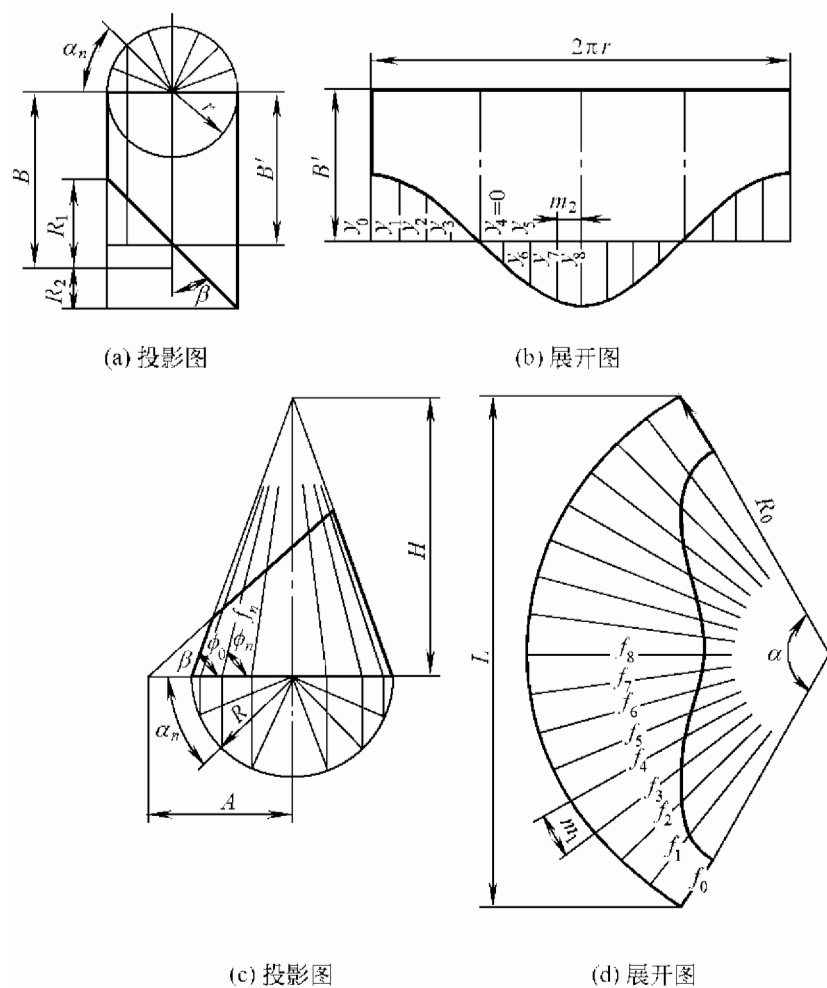


图 4.28 圆管圆锥管直角弯头展开放样

$$C = \sqrt{R^2 + h^2} = \sqrt{330^2 + 375^2} = 499.5$$

$$\tan \theta_1 = \frac{h}{R} = \frac{375}{330} = 1.13636 \quad \theta_1 = 48.65^\circ$$

$$\sin \theta_2 = \frac{r}{C} = \frac{190}{499.5} = 0.3804 \quad \theta_2 = 22.35^\circ$$

$$\phi_0 = \theta_1 + \theta_2 = 48.65^\circ + 22.35^\circ = 71^\circ$$

$$H = R \tan \phi_0 = 330 \tan 71^\circ = 958.4$$

$$R_1 = \frac{H - h + r}{\tan \phi_0} = \frac{958.4 - 375 + 190}{\tan 71^\circ} = 266.3$$

$$R_2 = \frac{H - h - r}{\tan \phi_0} = \frac{958.4 - 375 - 190}{\tan 71^\circ} = 135.5$$

$$\tan \beta = \frac{d}{R_1 + R_2} = \frac{380}{266.3 + 135.5} = 0.9457 \quad \beta = 43.4^\circ$$

$$h' = h + r \cos \phi_0 = 375 + 190 \cos 71^\circ = 437$$

$$A = h' \cot \beta = 437 \cot 43.4^\circ = 462$$

(2) 圆锥管展开尺寸计算 (图 4.28)

设底圆周等分数 $n=16$, 等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角

以此值递增。

$$\tan \phi_1 = \frac{H}{R \cos \alpha_1} = \frac{958.4}{330 \cos 22.5^\circ} = 3.1435 \quad \phi_1 = 72.4^\circ$$

$$\tan \phi_2 = \frac{H}{R \cos \alpha_2} = \frac{958.4}{330 \cos 45^\circ} = 4.1073 \quad \phi_2 = 76.3^\circ$$

$$\tan \phi_3 = \frac{H}{R \cos \alpha_3} = \frac{958.4}{330 \cos 67.5^\circ} = 7.5895 \quad \phi_3 = 82.5^\circ$$

$$\tan \phi_4 = \frac{H}{R \cos \alpha_4} = \frac{958.4}{330 \cos 90^\circ} = \infty \quad \phi_4 = 90^\circ$$

因为 $f_{0 \sim 4} = \frac{\sin \phi_{0 \sim 4} \sin \beta (A - R \cos \alpha_{0 \sim 4})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{0 \sim 4} - \beta)}$

$$f_{5 \sim 8} = \frac{\sin \phi_{5 \sim 8} \sin \beta (A - R \cos \alpha_{5 \sim 8})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{5 \sim 8} + \beta)}$$

故 $f_0 = \frac{\sin 71^\circ \sin 43.4^\circ (462 - 330 \cos 0^\circ)}{\sin 71^\circ \sin (71^\circ - 43.4^\circ)} = 195.8$

$$f_1 = \frac{\sin 72.4^\circ \sin 43.4^\circ (462 - 330 \cos 22.5^\circ)}{\sin 71^\circ \sin (72.4^\circ - 43.4^\circ)} = 224.4$$

$$f_2 = \frac{\sin 76.3^\circ \sin 43.4^\circ (462 - 330 \cos 45^\circ)}{\sin 71^\circ \sin (76.3^\circ - 43.4^\circ)} = 297.2$$

$$f_3 = \frac{\sin 82.5^\circ \sin 43.4^\circ (462 - 330 \cos 67.5^\circ)}{\sin 71^\circ \sin (82.5^\circ - 43.4^\circ)} = 383.5$$

$$f_4 = \frac{\sin 90^\circ \sin 43.4^\circ (462 - 330 \cos 90^\circ)}{\sin 71^\circ \sin (90^\circ - 43.4^\circ)} = 462$$

$$f_5 = \frac{\sin 82.5^\circ \sin 43.4^\circ (462 - 330 \cos 112.5^\circ)}{\sin 71^\circ \sin (82.5^\circ + 43.4^\circ)} = 523.2$$

$$f_6 = \frac{\sin 76.3^\circ \sin 43.4^\circ (462 - 330 \cos 135^\circ)}{\sin 71^\circ \sin (76.3^\circ + 43.4^\circ)} = 565$$

$$f_7 = \frac{\sin 72.4^\circ \sin 43.4^\circ (462 - 330 \cos 157.5^\circ)}{\sin 71^\circ \sin (72.4^\circ + 43.4^\circ)} = 590$$

$$f_8 = \frac{\sin 71^\circ \sin 43.4^\circ (462 - 330 \cos 180^\circ)}{\sin 71^\circ \sin (71^\circ + 43.4^\circ)} = 597.5$$

$$R_0 = \sqrt{R^2 + H^2} = \sqrt{330^2 + 958.4^2} = 1013.6$$

$$\alpha = \frac{360^\circ R}{R_0} = \frac{360^\circ \times 330}{1013.6} = 117.2^\circ$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \times 1013.6 \sin \frac{117.2^\circ}{2} = 1730.3$$

$$m_1 = \frac{\pi D}{n} = \frac{660\pi}{16} = 129.6$$

(3) 圆管展开尺寸计算 (图 4.28)

$$B' = B + \frac{1}{2}(R_2 - R_1) = 500 + \frac{1}{2}(135.5 - 266.3) = 434.6$$

因为 $y_n = r \tan(90^\circ - \beta) \cos \alpha_n$

故 $y_0 = 190 \tan(90^\circ - 43.4^\circ) \cos 0^\circ = 201$

$$y_1 = 190 \tan(90^\circ - 43.4^\circ) \cos 22.5^\circ = 185.7$$

$$y_2 = 190 \tan(90^\circ - 43.4^\circ) \cos 45^\circ = 142$$

$$y_3 = 190 \tan(90^\circ - 43.4^\circ) \cos 67.5^\circ = 77$$

$$y_4 = 190 \tan(90^\circ - 43.4^\circ) \cos 90^\circ = 0$$

$$y_5 = -y_3 \quad y_6 = -y_2 \quad y_7 = -y_1 \quad y_8 = -y_0$$

$$m_2 = \frac{\pi d}{n} = \frac{380\pi}{16} = 74.6$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.28 (b)、(d) 所示。

十九、圆管圆锥管任意角度弯头展开放样

图 4.29 所示为圆管圆锥管任意角度弯头，已知尺寸 D 、 R 、 d 、 r 、 h 、 B 、 α ，用算法进行展开放样。

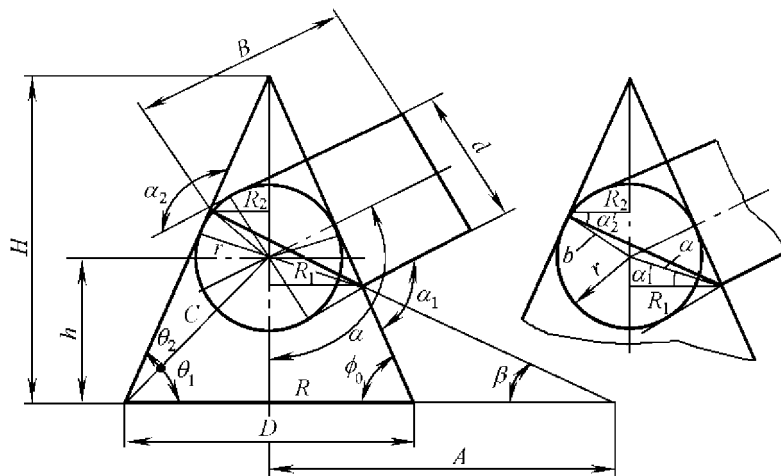


图 4.29 圆管圆锥管任意角度弯头

(1) 相关数值的计算公式

$$C = \sqrt{R^2 + h^2}$$

$$\tan\theta_1 = \frac{h}{R}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{r}{C}$$

$$\phi_0 = \theta_1 + \theta_2$$

$$H = R \tan\phi_0$$

$$\alpha_1 = \alpha - 90^\circ + \phi_0$$

$$a = \frac{r}{\sin \frac{\alpha_1}{2}}$$

$$\alpha'_1 = \phi_0 - \frac{1}{2}\alpha_1$$

$$R_1 = a \cos\alpha'_1$$

$$\alpha_2 = \alpha + 90^\circ - \phi_0$$

$$b = \frac{r}{\sin \frac{\alpha_2}{2}}$$

$$\alpha'_2 = 180^\circ - \left(\phi_0 + \frac{1}{2}\alpha_2 \right)$$

$$R_2 = b \cos\alpha'_2$$

$$\tan\beta = \frac{a \sin\alpha'_1 + b \sin\alpha'_2}{R_1 + R_2}$$

$$A = (h + b \sin\alpha'_2) \cot\beta - R_2$$

(2) 展开图的计算公式

① 圆管展开图的计算公式如下

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

$$\beta' = 180^\circ - (\alpha + \beta)$$

$$B' = B - \frac{1}{2}d \tan \beta'$$

$$y_n = \frac{1}{2}d \tan \beta' \cos \alpha_n$$

② 圆锥管展开图的计算公式如下

$$\tan \phi_n = \frac{H}{R \cos \alpha_n}$$

$$R_0 = \sqrt{R^2 + H^2}$$

$$\alpha' = \frac{360^\circ R}{R_0}$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{1}{2}\alpha'$$

$$f_{0 \sim 4} = \frac{\sin \phi_{0 \sim 4} \sin \beta (A - R \cos \alpha_{0 \sim 4})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{0 \sim 4} - \beta)}$$

$$f_{5 \sim 8} = \frac{\sin \phi_{5 \sim 8} \sin \beta (A - R \cos \alpha_{5 \sim 8})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{5 \sim 8} + \beta)}$$

式中符号的意义如图 4.29 和图 4.30 所示。

例 4-15 已知一圆管与圆锥管组成两节任意角度弯头，尺寸为 $D=600$ ， $R=300$ ， $d=300$ ， $r=150$ ， $h=330$ ， $B=520$ ， $\alpha=120^\circ$ ，试计算放样。

解：(1) 有关参数计算

$$C = \sqrt{R^2 + h^2} = \sqrt{300^2 + 330^2} = 446$$

$$\tan \theta_1 = \frac{h}{R} = \frac{330}{300} = 1.1 \quad \theta_1 = 47.73^\circ$$

$$\sin \theta_2 = \frac{r}{C} = \frac{150}{446} = 0.3363 \quad \theta_2 = 19.65^\circ$$

$$\phi_0 = \theta_1 + \theta_2 = 47.73^\circ + 19.65^\circ = 67.38^\circ$$

$$H = R \tan \phi_0 = 300 \tan 67.38^\circ = 720$$

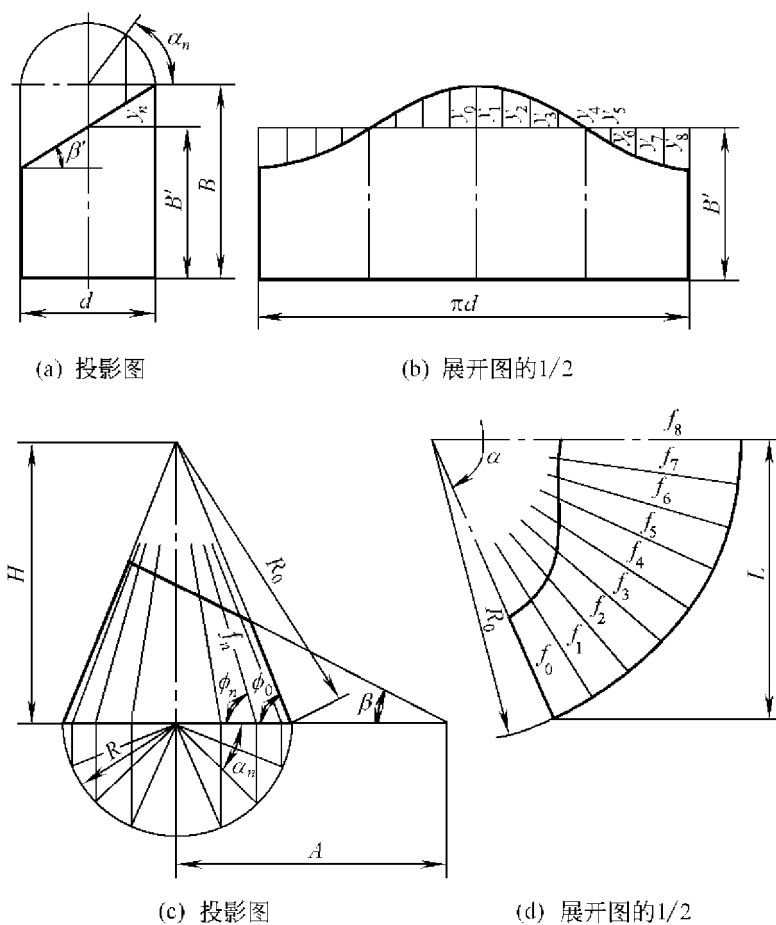


图 4.30 圆管圆锥管任意角度弯头展开放样

$$\alpha_1 = \alpha - 90^\circ + \phi_0 = 120^\circ - 90^\circ + 67.38^\circ = 97.38^\circ$$

$$a = \frac{r}{\sin \frac{\alpha_1}{2}} = \frac{150}{\sin \frac{97.38^\circ}{2}} = 199.7$$

$$\alpha'_1 = \phi_0 - \frac{1}{2}\alpha_1 = 67.38^\circ - \frac{97.38^\circ}{2} = 18.69^\circ$$

$$R_1 = a \cos \alpha'_1 = 199.7 \cos 18.69^\circ = 189.2$$

$$\alpha_2 = \alpha + 90^\circ - \phi_0 = 120^\circ + 90^\circ - 67.38^\circ = 142.62^\circ$$

$$b = \frac{r}{\sin \frac{\alpha_2}{2}} = \frac{150}{\sin \frac{142.62^\circ}{2}} = 158.35$$

$$\alpha'_2 = 180^\circ - \left(\phi_0 + \frac{1}{2}\alpha_2 \right) = 180^\circ - \left(67.38^\circ + \frac{142.62^\circ}{2} \right) = 41.31^\circ$$

$$R_2 = b \cos \alpha'_2 = 158.35 \cos 41.31^\circ = 118.9$$

$$\begin{aligned} \tan \beta &= \frac{a \sin \alpha'_1 + b \sin \alpha'_2}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{199.7 \sin 18.69^\circ + 158.35 \sin 41.31^\circ}{189.2 + 118.9} \\ &= 0.54279 \end{aligned}$$

$$\beta = 28.68^\circ$$

$$\begin{aligned} A &= (h + b \sin \alpha'_2) \cot \beta - R_2 \\ &= (330 + 158.35 \sin 41.31^\circ) \cot 28.68^\circ - 118.9 \\ &= 675.4 \end{aligned}$$

(2) 圆锥管展开尺寸计算

设底圆周等分数 $n=16$ ，等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， α 角

以此值递增。

$$\tan \phi_1 = \frac{H}{R \cos \alpha_1} = \frac{720}{300 \cos 22.5^\circ} = 2.5977 \quad \phi_1 = 68.95^\circ$$

$$\tan \phi_2 = \frac{H}{R \cos \alpha_2} = \frac{720}{300 \cos 45^\circ} = 3.3941 \quad \phi_2 = 73.6^\circ$$

$$\tan \phi_3 = \frac{H}{R \cos \alpha_3} = \frac{720}{300 \cos 67.5^\circ} = 6.2715 \quad \phi_3 = 80.94^\circ$$

$$\tan\phi_4 = \frac{H}{R\cos\alpha_4} = \frac{720}{300\cos 90^\circ} = \infty \quad \phi_4 = 90^\circ$$

$$\phi_5 = \phi_3, \quad \phi_6 = \phi_2, \quad \phi_7 = \phi_1, \quad \phi_8 = \phi_0$$

$$\text{因为} \quad f_{0\sim 4} = \frac{\sin\phi_{0\sim 4} \sin\beta(A - R\cos\alpha_{0\sim 4})}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{0\sim 4} - \beta)}$$

$$f_{5\sim 8} = \frac{\sin\phi_{5\sim 8} \sin\beta(A - R\cos\alpha_{5\sim 8})}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{5\sim 8} + \beta)}$$

$$\text{故} \quad f_0 = \frac{\sin 67.38^\circ \sin 28.69^\circ (675.4 - 300\cos 0^\circ)}{\sin 67.38^\circ \sin(67.38^\circ - 28.69^\circ)} = 288.2$$

$$f_1 = \frac{\sin 68.95^\circ \sin 28.49^\circ (675.4 - 300\cos 22.5^\circ)}{\sin 67.38^\circ \sin(68.95^\circ - 28.69^\circ)} = 298.9$$

$$f_2 = \frac{\sin 77.65^\circ \sin 28.49^\circ (675.4 - 300\cos 45^\circ)}{\sin 67.38^\circ \sin(77.65^\circ - 28.69^\circ)} = 327.2$$

$$f_3 = \frac{\sin 80.94^\circ \sin 28.49^\circ (675.4 - 300\cos 67.5^\circ)}{\sin 67.38^\circ \sin(80.94^\circ - 28.69^\circ)} = 364$$

$$f_4 = \frac{\sin 90^\circ \sin 28.49^\circ (675.4 - 300\cos 90^\circ)}{\sin 67.38^\circ \sin(90^\circ - 28.69^\circ)} = 400.3$$

$$f_5 = \frac{\sin 80.94^\circ \sin 28.49^\circ (675.4 - 300\cos 112.5^\circ)}{\sin 67.38^\circ \sin(80.94^\circ + 28.69^\circ)} = 430.7$$

$$f_6 = \frac{\sin 77.65^\circ \sin 28.49^\circ (675.4 - 300\cos 135^\circ)}{\sin 67.38^\circ \sin(77.65^\circ + 28.69^\circ)} = 451.7$$

$$f_7 = \frac{\sin 68.95^\circ \sin 28.49^\circ (675.4 - 300\cos 157.5^\circ)}{\sin 67.38^\circ \sin(68.95^\circ + 28.69^\circ)} = 466.3$$

$$f_8 = \frac{\sin 67.38^\circ \sin 28.49^\circ (675.4 - 300\cos 180^\circ)}{\sin 67.38^\circ \sin(67.38^\circ + 28.69^\circ)} = 470.7$$

$$R_0 = \sqrt{R^2 + H^2} = \sqrt{300^2 + 720^2} = 780$$

$$\alpha' = \frac{360^\circ R}{R_0} = \frac{360^\circ \times 300}{780} = 138.5^\circ$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{1}{2}\alpha' = 2 \times 780 \sin \frac{138.5^\circ}{2} = 1458.8$$

(3) 圆管展开尺寸计算

$$m = \frac{\pi d}{n} = \frac{300\pi}{16} = 58.9$$

$$\beta' = 180^\circ - (\alpha + \beta) = 180^\circ - (120^\circ + 28.69^\circ) = 31.32^\circ$$

$$B' = B - \frac{1}{2}d \tan \beta' = 520 - \frac{1}{2} \times 300 \tan 31.32^\circ = 428.7$$

因为
$$y_n = \frac{1}{2}d \tan \beta' \cos \alpha_n$$

故
$$y_0 = \frac{300}{2} \tan 31.32^\circ \cos 0^\circ = 91.3$$

$$y_1 = \frac{300}{2} \tan 31.32^\circ \cos 22.5^\circ = 84.3$$

$$y_2 = \frac{300}{2} \tan 31.32^\circ \cos 45^\circ = 64.5$$

$$y_3 = \frac{300}{2} \tan 31.32^\circ \cos 67.5^\circ = 34.9$$

$$y_4 = \frac{300}{2} \tan 31.32^\circ \cos 90^\circ = 0$$

$$y_5 = -y_3, y_6 = -y_2, y_7 = -y_1, y_8 = -y_0$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图, 如图 4.30 (b)、(d) 所示。

二十、圆锥管两节任意角度弯头展开放样

1. 计算法

图 4.31 所示为圆锥管两节任意角度弯头, 已知尺寸 D 、

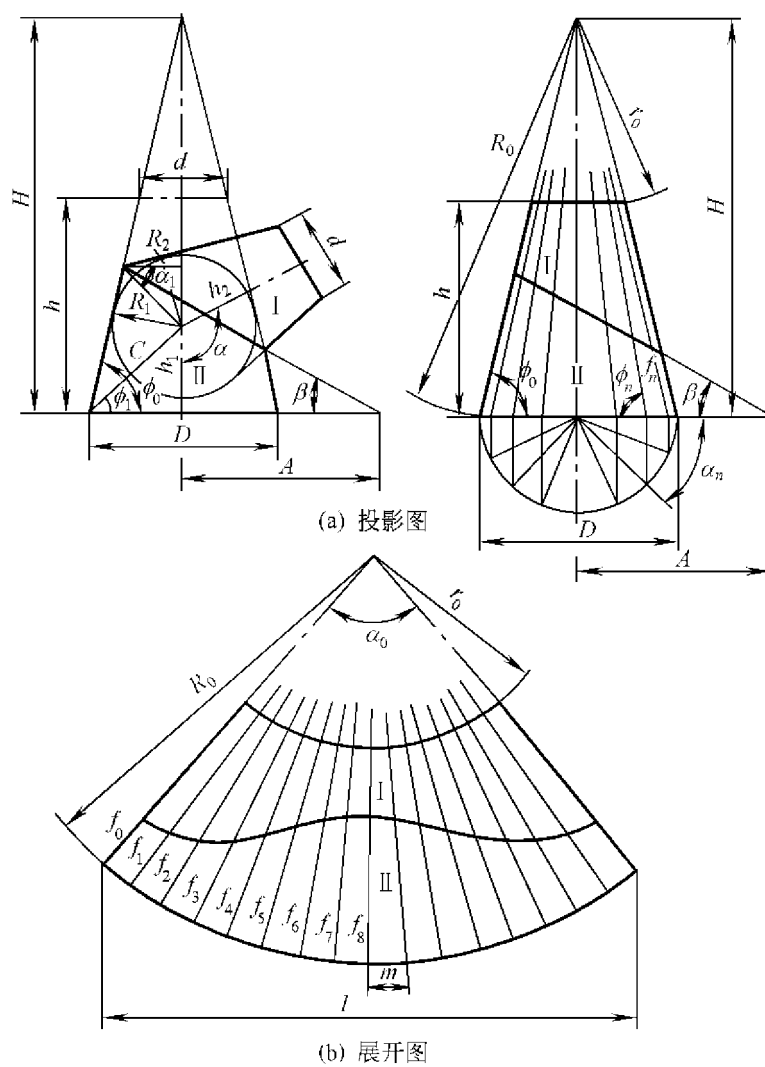


图 4.31 圆锥管两节任意角弯头展开放样

d 、 h_1 、 h_2 、 α ，用算法进行展开放样。经分析，如果将管 I 旋转 180° ，则与管 II 构成圆锥台，所以可按照展开圆锥的方法作展开图。

① 相关数值的计算公式如下

$$h = h_1 + h_2$$

$$\tan \phi_0 = \frac{2h}{D-d}$$

$$\tan \phi_1 = \frac{2h_1}{D}$$

$$C = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + h_1^2}$$

$$R_1 = C \sin(\phi_0 - \phi_1)$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - \left(\phi_0 + \frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\beta = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}$$

$$a = \frac{R_1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$R_2 = a \cos \alpha_1$$

$$A = (h_1 + a \sin \alpha_1) \cot \beta - R_2$$

$$H = \frac{Dh}{D-d}$$

② 圆锥管展开图的计算公式如下

$$\tan \phi_n = \frac{2H}{D \cos \alpha_n}$$

$$R_0 = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + H^2}$$

$$r_0 = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + (H-h)^2}$$

$$f_{0\sim 4} = \frac{\sin\phi_{0\sim 4} \sin\beta \left(A - \frac{1}{2} D \cos\alpha_{0\sim 4} \right)}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{0\sim 4} - \beta)}$$

$$f_{5\sim 8} = \frac{\sin\phi_{5\sim 8} \sin\beta \left(A - \frac{1}{2} D \cos\alpha_{5\sim 8} \right)}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{5\sim 8} + \beta)}$$

$$\alpha_0 = 180^\circ \frac{D}{R_0}$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{1}{2} \alpha_0$$

$$m = \frac{\pi D}{n}$$

式中符号的意义如图 4.31 所示。

将已知数值代入公式计算，根据计算数值可作出展开图。作展开图时，先作圆锥台的展开图，然后再按斜截圆锥管展开放样的方法求出第Ⅱ节斜截后各素线的实长，并从圆锥台展开图各素线上依次截取其长，剩余部分即为第Ⅰ节展开图，如图 4.31 (b) 所示。

2. 图解法

已知两节圆锥管任意角弯头的大头直径 D ，小头直径 d ，弯曲度 α ，每节长 h ，用图解法进行展开放样，如图 4.32 所示。

① 如将弯头小头旋转 180° ，两节圆锥管正好组成正圆锥台，其高为 $2h$ ，两边母线延长成正圆锥，锥顶为 S 。

② 取高的中点 O ，作 OB' 与 OA 的夹角 α ， $OB' = OA$ ，过 B' 点作管口线 $E'F' = EF = d$ ，由 O 作 OT 与母线垂直，以 OT 为半径， O 为圆心画内切圆（球），自管口 E' 、 F' 分别作圆的切线，求出结合线 GH 。

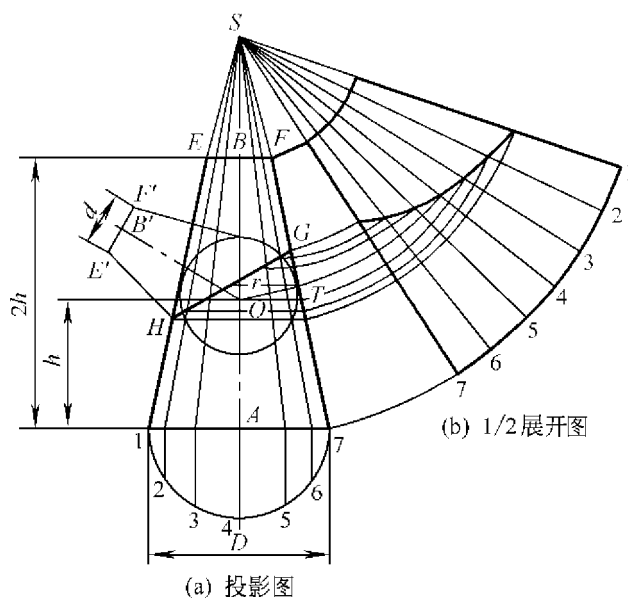


图 4.32 两节圆锥管任意角弯头展开放样（图解法）

- ③ 将底圆周 12 等分，过等分点引素线。
- ④ 用旋转法求各素线实长。
- ⑤ 用放射线法作展开图，如图 4.32 (b) 所示（1/2 展开图）。

例 4-16 如图 4.31 所示，已知两圆锥管组成的任意角度弯头尺寸： $D=510$ ， $d=240$ ， $h_1=225$ ， $h_2=345$ ， $\alpha=120^\circ$ ，试计算放样。

解：(1) 有关参数计算

$$h = h_1 + h_2 = 225 + 345 = 570$$

$$\tan \phi_0 = \frac{2h}{D-d} = \frac{2 \times 570}{510-240} = 4.2222 \quad \phi_0 = 76.7^\circ$$

$$\tan \phi_1 = \frac{2h_1}{D} = \frac{2 \times 225}{510} = 0.8824 \quad \phi_1 = 41.4^\circ$$

$$C = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + h_1^2} = \sqrt{\left(\frac{510}{2}\right)^2 + 225^2} = 340$$

$$R_1 = C \sin(\phi_0 - \phi_1) = 340 \sin(76.7^\circ - 41.4^\circ) = 196.5$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - \left(\phi_0 + \frac{\alpha}{2}\right) = 180^\circ - \left(76.7^\circ + \frac{120^\circ}{2}\right) = 43.3^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - \frac{\alpha}{2} = 90^\circ - \frac{120^\circ}{2} = 30^\circ$$

$$a = \frac{R_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{196.5}{\sin \frac{120^\circ}{2}} = 226.9$$

$$R_2 = a \cos \alpha_1 = 226.9 \cos 43.3^\circ = 165$$

$$\begin{aligned} A &= (h_1 + a \sin \alpha_1) \cot \beta - R_2 \\ &= (225 + 226.9 \sin 43.3^\circ) \cot 30^\circ - 165 \\ &= 494.2 \end{aligned}$$

$$H = \frac{Dh}{D-d} = \frac{510 \times 570}{510 - 240} = 1076.7$$

(2) 圆锥管展开尺寸计算

设底圆周等分数 $n=16$, 等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角

以此值递增。

$$\tan \phi_1 = \frac{2H}{D \cos \alpha_1} = \frac{2 \times 1076.7}{510 \cos 22.5^\circ} = 4.57 \quad \phi_1 = 77.7^\circ$$

$$\tan \phi_2 = \frac{2H}{D \cos \alpha_2} = \frac{2 \times 1076.7}{510 \cos 45^\circ} = 5.9714 \quad \phi_2 = 80.5^\circ$$

$$\tan \phi_3 = \frac{2H}{D \cos \alpha_3} = \frac{2 \times 1076.7}{510 \cos 67.5^\circ} = 11.0335 \quad \phi_3 = 84.8^\circ$$

$$\tan \phi_4 = \frac{2H}{D \cos \alpha_4} = \frac{2 \times 1076.7}{510 \cos 90^\circ} = \infty \quad \phi_4 = 90^\circ$$

$$\phi_5 = \phi_3, \phi_6 = \phi_2, \phi_7 = \phi_1, \phi_8 = \phi_0$$

$$\text{因为 } f_{0\sim 4} = \frac{\sin\phi_{0\sim 4} \sin\beta \left(A - \frac{1}{2} D \cos\alpha_{0\sim 4} \right)}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{0\sim 4} - \beta)}$$

$$f_{5\sim 8} = \frac{\sin\phi_{5\sim 8} \sin\beta \left(A - \frac{1}{2} D \cos\alpha_{5\sim 8} \right)}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{5\sim 8} + \beta)}$$

$$\text{故 } f_0 = \frac{\sin\phi_0 \sin 30^\circ \left(494.2 - \frac{510}{2} \cos 0^\circ \right)}{\sin\phi_0 \sin(76.7^\circ - 30^\circ)} = 164.3$$

$$f_1 = \frac{\sin 77.7^\circ \sin 30^\circ \left(494.2 - \frac{510}{2} \cos 22.5^\circ \right)}{\sin 76.7^\circ \sin(77.7^\circ - 30^\circ)} = 175.5$$

$$f_2 = \frac{\sin 80.5^\circ \sin 30^\circ \left(494.2 - \frac{510}{2} \cos 45^\circ \right)}{\sin 76.7^\circ \sin(80.5^\circ - 30^\circ)} = 206$$

$$f_3 = \frac{\sin 84.8^\circ \sin 30^\circ \left(494.2 - \frac{510}{2} \cos 67.5^\circ \right)}{\sin 76.7^\circ \sin(84.8^\circ - 30^\circ)} = 248.3$$

$$f_4 = \frac{\sin 90^\circ \sin 30^\circ \left(494.2 - \frac{510}{2} \cos 90^\circ \right)}{\sin 76.7^\circ \sin(90^\circ - 30^\circ)} = 293.2$$

$$f_5 = \frac{\sin 84.8^\circ \sin 30^\circ \left(494.2 - \frac{510}{2} \cos 112.5^\circ \right)}{\sin 76.7^\circ \sin(84.8^\circ + 30^\circ)} = 333.6$$

$$f_6 = \frac{\sin 80.5^\circ \sin 30^\circ \left(494.2 - \frac{510}{2} \cos 135^\circ \right)}{\sin 76.7^\circ \sin(80.5^\circ + 30^\circ)} = 364.9$$

$$f_7 = \frac{\sin 77.7^\circ \sin 30^\circ \left(494.2 - \frac{510}{2} \cos 157.5^\circ \right)}{\sin 76.7^\circ \sin(77.7^\circ + 30^\circ)} = 384.5$$

$$f_8 = \frac{\sin 76.7^\circ \sin 30^\circ \left(494.2 - \frac{510}{2} \cos 180^\circ \right)}{\sin 76.7^\circ \sin (76.7^\circ + 30^\circ)} = 391$$

$$R_0 = \sqrt{\left(\frac{D}{2} \right)^2 + H^2} = \sqrt{\left(\frac{510}{2} \right)^2 + 1076.7^2} = 1106.5$$

$$\begin{aligned} r_0 &= \sqrt{\left(\frac{d}{2} \right)^2 + (H-h)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{240}{2} \right)^2 + (1076.7 - 570)^2} = 525.7 \end{aligned}$$

$$\alpha_0 = 180^\circ \frac{D}{R_0} = 180^\circ \times \frac{510}{1106.5} = 83^\circ$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{1}{2} \alpha_0 = 2 \times 1106.5 \sin \frac{83^\circ}{2} = 1466.3$$

$$m = \frac{\pi D}{n} = \frac{510\pi}{16} = 100.1$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.31 (b) 所示。

二十一、三节渐进直角弯头展开放样

图 4.33 所示为圆锥管三节渐进直角弯头，已知尺寸为 D 、 d 、 R 及节数 N ，用算法进行展开放样。

① 相关数值的计算公式如下

$$\beta = \frac{90^\circ}{2(N-1)}$$

$$h_1 = R \tan \beta$$

$$h_3 = h_1$$

$$h_2 = 2h_1$$

$$h = \sum h_n = 1.6568R$$

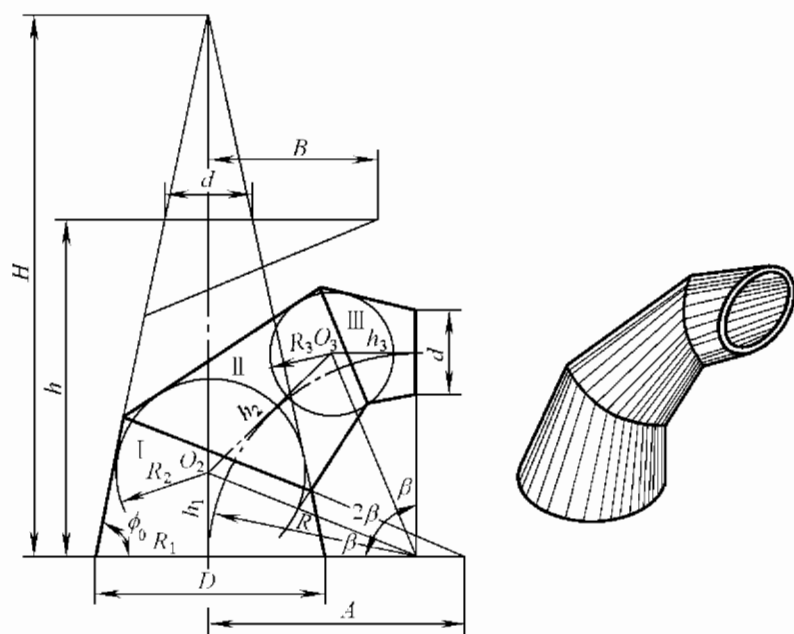


图 4.33 三节渐进直角弯头

$$\tan \phi_n = \frac{H}{R_1 \cos a_n}$$

$$\tan \phi_0 = \frac{2h}{D-d}$$

$$H = \frac{Dh}{D-d}$$

$$R_2 = (H - h_1) \cos \phi_0$$

$$R_3 = (H - 3h_1) \cos \phi_0$$

$$r_0 = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + (H-h)^2}$$

$$R_0 = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + H^2}$$

$$A = (h_1 + 1.1716R_2 \cos \phi_0) \cot \beta$$

$$B = (h_3 - 1.1716R_3 \cos \phi_0) \cot \beta$$

② 第 I 节展开图各素线的实长

$$f_{0 \sim 4} = \frac{\sin \phi_{0 \sim 4} \sin \beta (A - R_1 \cos \alpha_{0 \sim 4})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{0 \sim 4} - \beta)}$$

$$f_{5 \sim 8} = \frac{\sin \phi_{5 \sim 8} \sin \beta (A - R_1 \cos \alpha_{5 \sim 8})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{5 \sim 8} + \beta)}$$

③ 第 III 节展开图各素线的实长

$$l_{0 \sim 4} = \frac{\sin \phi_{0 \sim 4} \sin \beta (B - r \cos \alpha_{0 \sim 4})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{0 \sim 4} + \beta)}$$

$$l_{5 \sim 8} = \frac{\sin \phi_{5 \sim 8} \sin \beta (B - r \cos \alpha_{5 \sim 8})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{5 \sim 8} - \beta)}$$

$$\alpha_0 = \frac{180^\circ D}{R_0}$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{\alpha_0}{2}$$

式中符号意义如图 4.33 所示。

例 4-17 已知三节渐进直角弯头大端直径 $D=700$, $R_1=350$, 小端直径 $d=300$, $r=150$, 中心半径 $R=650$, 节数 $N=3$, 试计算放样。

解: (1) 有关参数计算

$$\beta = \frac{90^\circ}{2(3-1)} = 22.5^\circ$$

$$h_1 = R \tan \beta = 650 \tan 22.5^\circ = 269.24$$

$$h_3 = h_1$$

$$h_2 = 2h_1 = 538.48$$

$$h = h_2 + 2h_1 = 1076.96$$

$$\tan \phi_0 = \frac{2 \times 1076.96}{700 - 300} = 5.3848 \quad \phi_0 = 79.48^\circ$$

$$H = \frac{Dh}{D-d} = \frac{700 \times 1076.96}{700-300} = 1884.7$$

$$\begin{aligned} R_2 &= (H - h_1) \cos \phi_0 \\ &= (1884.7 - 269.24) \cos 79.48^\circ \\ &= 294.94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_3 &= (H - 3h_1) \cos \phi_0 \\ &= (1884.7 - 3 \times 269.24) \cos 79.48^\circ \\ &= 196.63 \end{aligned}$$

$$r_0 = \sqrt{\left(\frac{300}{2}\right)^2 + (1884.7 - 1076.96)^2} = 821.5$$

$$R_0 = \sqrt{\left(\frac{700}{2}\right)^2 + 1884.7^2} = 1916.8$$

$$\begin{aligned} A &= (h_1 + 1.1716 R_2 \cos \phi_0) \cot \beta \\ &= (269.24 + 1.1716 \times 294.94 \cos 79.48^\circ) \cot 22.5^\circ \\ &= 802.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= (h_3 - 1.1716 R_3 \cos \phi_0) \cot \beta \\ &= (269.24 - 1.1716 \times 196.63 \cos 79.48^\circ) \cot 22.5^\circ \\ &= 548.4 \end{aligned}$$

设圆周等分数 $n=16$ ，等分角 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， α 角以此值递增。

$$\text{因为 } \tan \phi_n = \frac{H}{R_1 \cos \alpha_n}$$

$$\text{故 } \tan \phi_1 = \frac{1884.7}{350 \cos 22.5^\circ} = 5.8285 \quad \phi_1 = 80.27^\circ$$

$$\tan \phi_2 = \frac{1884.7}{350 \cos 45^\circ} = 7.6149 \quad \phi_2 = 82.5^\circ$$

$$\tan \phi_3 = \frac{1884.7}{350 \cos 67.5^\circ} = 14.0706 \quad \phi_3 = 85.9^\circ$$

$$\tan \phi_4 = \frac{1884.7}{350 \cos 90^\circ} = \infty \quad \phi_4 = 90^\circ$$

$$\phi_5 = \phi_3, \phi_6 = \phi_2, \phi_7 = \phi_1, \phi_8 = \phi_0$$

(2) 放样尺寸计算

第 I 节展开图各素线的实长

$$\text{因为} \quad f_{0 \sim 4} = \frac{\sin \phi_{0 \sim 4} \sin \beta (A - R_1 \cos \alpha_{0 \sim 4})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{0 \sim 4} - \beta)}$$

$$f_{5 \sim 8} = \frac{\sin \phi_{5 \sim 8} \sin \beta (A - R_1 \cos \alpha_{5 \sim 8})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{5 \sim 8} + \beta)}$$

$$\text{故} \quad f_0 = \frac{\sin \phi_0 \sin 22.5^\circ (802.3 - 350 \cos 0^\circ)}{\sin \phi_0 \sin (79.48^\circ - 22.5^\circ)} = 206.4$$

$$f_1 = \frac{\sin 80.27^\circ \sin 22.5^\circ (802.3 - 350 \cos 22.5^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (80.27^\circ - 22.5^\circ)} = 217.2$$

$$f_2 = \frac{\sin 82.5^\circ \sin 22.5^\circ (802.3 - 350 \cos 45^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (82.5^\circ - 22.5^\circ)} = 247.2$$

$$f_3 = \frac{\sin 85.9^\circ \sin 22.5^\circ (802.3 - 350 \cos 67.5^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (85.9^\circ - 22.5^\circ)} = 290.2$$

$$f_4 = \frac{\sin 90^\circ \sin 22.5^\circ (802.3 - 350 \cos 90^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (90^\circ - 22.5^\circ)} = 338$$

$$f_5 = \frac{\sin 85.9^\circ \sin 22.5^\circ (802.3 - 350 \cos 112.5^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (85.9^\circ + 22.5^\circ)} = 383$$

$$f_6 = \frac{\sin 82.5^\circ \sin 22.5^\circ (802.3 - 350 \cos 135^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (82.5^\circ + 22.5^\circ)} = 419.4$$

$$f_7 = \frac{\sin 80.27^\circ \sin 22.5^\circ (802.3 - 350 \cos 157.5^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (80.27^\circ + 22.5^\circ)} = 442.7$$

$$f_8 = \frac{\sin \phi_0 \sin 22.5^\circ (802.3 - 350 \cos 180^\circ)}{\sin \phi_0 \sin (79.48^\circ + 22.5^\circ)} = 450.8$$

第三节展开图各素线的实长

$$\text{因为 } l_{0 \sim 4} = \frac{\sin \phi_{0 \sim 4} \sin \beta (B - r \cos \alpha_{0 \sim 4})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{0 \sim 4} + \beta)}$$

$$l_{5 \sim 8} = \frac{\sin \phi_{5 \sim 8} \sin \beta (B - r \cos \alpha_{5 \sim 8})}{\sin \phi_0 \sin (\phi_{5 \sim 8} - \beta)}$$

$$\text{故 } l_0 = \frac{\sin \phi_0 \sin 22.5^\circ (548.4 - 150 \cos 0^\circ)}{\sin \phi_0 \sin (79.48^\circ + 22.5^\circ)} = 155.9$$

$$l_1 = \frac{\sin 80.27^\circ \sin 22.5^\circ (548.4 - 150 \cos 22.5^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (80.27^\circ + 22.5^\circ)} = 161.2$$

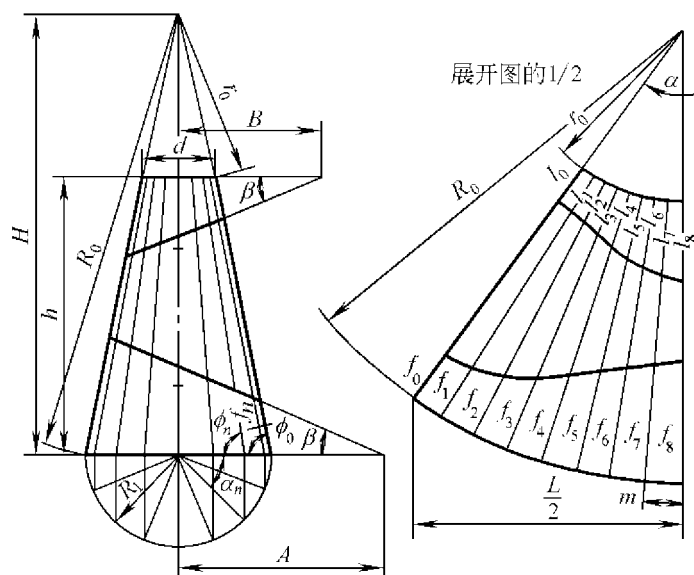


图 4.34 三节渐进直角弯头展开放样

$$l_2 = \frac{\sin 82.5^\circ \sin 22.5^\circ (548.4 - 150 \cos 45^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (82.5^\circ + 22.5^\circ)} = 176.7$$

$$l_3 = \frac{\sin 85.9^\circ \sin 22.5^\circ (548.4 - 150 \cos 67.5^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (85.9^\circ + 22.5^\circ)} = 201$$

$$l_4 = \frac{\sin 90^\circ \sin 22.5^\circ (548.4 - 150 \cos 90^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (90^\circ + 22.5^\circ)} = 231$$

$$l_5 = \frac{\sin 85.9^\circ \sin 22.5^\circ (548.4 - 150 \cos 112.5^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (85.9^\circ - 22.5^\circ)} = 263$$

$$l_6 = \frac{\sin 82.5^\circ \sin 22.5^\circ (548.4 - 150 \cos 135^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (82.5^\circ - 22.5^\circ)} = 291.6$$

$$l_7 = \frac{\sin 80.27^\circ \sin 22.5^\circ (548.4 - 150 \cos 157.5^\circ)}{\sin 79.48^\circ \sin (80.27^\circ - 22.5^\circ)} = 311.6$$

$$l_8 = \frac{\sin \phi_0 \sin 22.5^\circ (548.4 - 150 \cos 180^\circ)}{\sin \phi_0 \sin (79.48^\circ - 22.5^\circ)} = 318.8$$

$$\alpha_0 = \frac{180^\circ \times 700}{1916.8} = 65.73^\circ$$

$$L = 2 \times 1916.8 \sin \frac{65.73^\circ}{2} = 2080.3$$

根据以上各式计算出的数值便可作出正截头圆锥台的展开图，然后再从展开图大端各素线中依次截取第Ⅰ节各素线实长 f_0 、 f_1 、 f_2 、 \cdots 、 f_8 ；同样，从小端各素线上依次对应截取第Ⅲ节各素线实长 l_0 、 l_1 、 l_2 、 \cdots 、 l_8 。中间剩余部分则为中节展开图，如图 4.34 所示。

二十二、四节渐进直角弯头展开放样

1. 计算法

图 4.35 所示为圆锥管四节渐进直角弯头，已知尺寸为 D 、 d 、 R 及节数 N ，用算法进行展开放样。

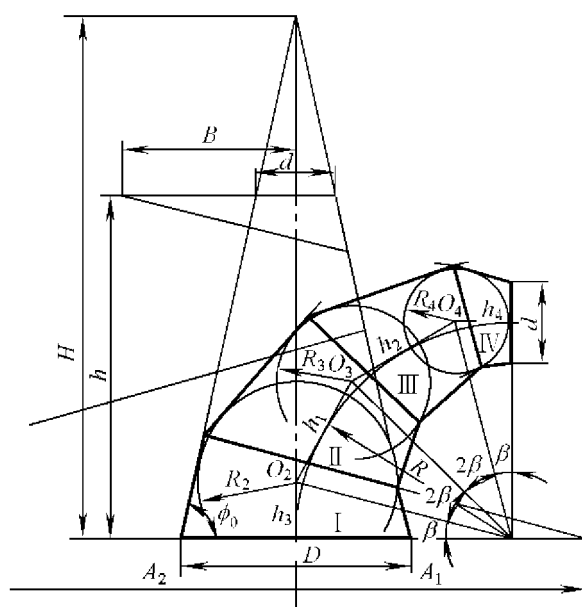


图 4.35 四节渐进直角弯头展开放样

① 相关数值的计算公式如下

$$\beta = \frac{90^\circ}{2(N-1)}$$

$$h_1 = R \tan \beta$$

$$h_2 = h_3 = 2R \tan \beta$$

$$h_4 = h_1$$

$$h = \sum h_n$$

$$H = \frac{Dh}{D-d}$$

$$R_1 = \frac{D}{2}$$

$$R_2 = (H - h_1) \cos \phi_0$$

$$R_3 = (H - 3h_1) \cos \phi_0$$

$$R_4 = (H - 5h_1) \cos \phi_0$$

$$R_0 = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + H^2}$$

$$r_0 = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + (H-h)^2}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ d}{r_0}$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$m = \frac{\pi D}{n}$$

$$\tan \phi_0 = \frac{2H}{D}$$

$$A_1 = (h_1 + 1.0718R_2 \cos \phi_0) \cot \beta$$

$$A_2 = (h_1 + h_2 + 1.0718R_3 \cos \phi_0) \cot \beta$$

$$B = (h_4 - 1.0718R_4 \cos \phi_0) \cot \beta$$

② I 节展开图各素线的实长

$$f_{0\sim 4} = \frac{\sin\phi_{0\sim 4} \sin\beta (A_1 - R_1 \cos\alpha_{0\sim 4})}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{0\sim 4} - \beta)}$$

$$f_{5\sim 8} = \frac{\sin\phi_{5\sim 8} \sin\beta (A_1 - R_1 \cos\alpha_{5\sim 8})}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{5\sim 8} + \beta)}$$

③ II 节展开图各素线的实长

$$j_{0\sim 4} = \frac{\sin\phi_{0\sim 4} \sin\beta (A_2 - R_1 \cos\alpha_{0\sim 4})}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{0\sim 4} + \beta)} - f_{8\sim 4}$$

$$j_{5\sim 8} = \frac{\sin\phi_{5\sim 8} \sin\beta (A_2 - R_1 \cos\alpha_{5\sim 8})}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{5\sim 8} - \beta)} - f_{3\sim 0}$$

④ IV 节展开图各素线的实长

$$l_{0\sim 4} = \frac{\sin\phi_{0\sim 4} \sin\beta (B - r \cos\alpha_{0\sim 4})}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{0\sim 4} - \beta)}$$

$$l_{5\sim 8} = \frac{\sin\phi_{5\sim 8} \sin\beta (B - r \cos\alpha_{5\sim 8})}{\sin\phi_0 \sin(\phi_{5\sim 8} + \beta)}$$

式中符号意义如图 4.35、图 4.36 所示。

将已知数值代入公式计算，根据计算结果便可作出展开图。作展开图时，先作圆锥台展开图，然后求出弯头各节的素线实长 f_n 、 j_n 及 l_n 后，从大端依次截取 f_0 、 f_1 、 f_2 、 \cdots 、 f_8 ； j_0 、 j_1 、 j_2 、 \cdots 、 j_8 ；再从小端依次截取 l_0 、 l_1 、 l_2 、 \cdots 、 l_8 ，得到相应各点，分别用三条光滑曲线连接，便得到 I、II、III、IV 节展开图，见图 4.36 (b) 所示。

2. 图解法

已知圆锥管四节渐缩直角弯头的大口直径 D ，小口直径 d ，用图解法进行展开放样，如图 4.37 所示。

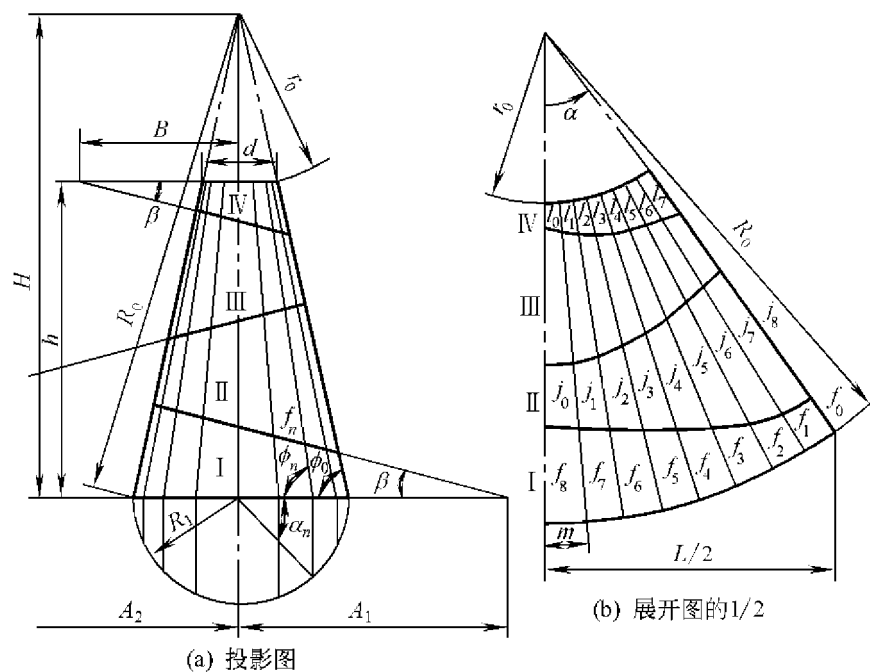


图 4.36 四节渐进直角弯头展开放样

按照上例方法作弯头的投影图和分节图，用旋转法求素线实长，用放射线法作展开图。

① 以 O 为弯曲中心， $R=1.0D$ 为半径画中心弧线，六等分弧线，过等分点作弧的切线，得各点的中心轴 ab 、 bc 、 cd 、 de ，其中 $ab=de$ ， $bc=cd$ ， $bc=2ab$ 。

② 作正圆锥台，其高为四节中心轴的伸直长，记下节点 b 、 c 、 d ，向边线作垂线得 R_b 、 R_c 、 R_d 。

③ 在投影图上分别以 b 、 c 、 d 为圆心， R_b 、 R_c 、 R_d 为半径作三个圆，作切线得到分节线 MN 、 LJ 、 PQ 。

④ 将三条分节线画到正圆锥台上。

⑤ 延长两边线交于 S ，作正圆锥素线，各素线与分节

线相交得交点，将其平移至边线，求出各素线实长。

⑥ 用放射线法展开正圆锥，画各条分节线的展开曲线，则得到求作的展开图，如图 4.37 (c) 所示。

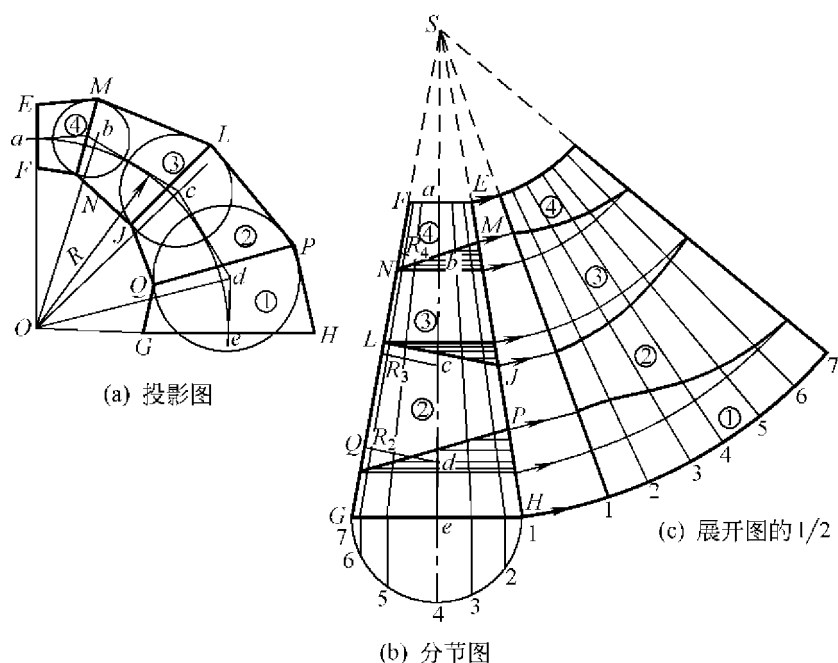


图 4.37 圆锥管四节渐进直角弯头展开放样（图解法）

二十三、两节任意角度渐缩方弯头展开放样

1. 计算法

图 4.38 所示为两节任意角度渐缩方弯头的投影图和展开图，尺寸 A 、 B 、 R 、 β ，用计算法进行展开放样。

展开图的计算公式如下

$$\rho = \frac{1}{2n}(A-B)$$

$$C = \frac{A+B}{2} = A - 2\rho$$

$$H_1 = R \tan \frac{\beta}{2} + \frac{C}{2} \sin \frac{\beta}{2}$$

$$H_2 = R \tan \frac{\beta}{2} - \frac{C}{2} \sin \frac{\beta}{2}$$

第 I 节展开图的计算公式如下

$$l_1 = \sqrt{H_1^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(A - C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2}$$

$$l_2 = \sqrt{H_2^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(A - C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2}$$

$$f_1 = \sqrt{H_1^2 + (A - \rho)^2 + \frac{1}{4} \left(A - C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2}$$

$$f_2 = \sqrt{H_2^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(A + C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2}$$

$$f_3 = \sqrt{H_2^2 + (A - \rho)^2 + \frac{1}{4} \left(A - C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2}$$

第 II 节展开图的计算公式如下

$$l_3 = \sqrt{H_1^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} - B \right)^2}$$

$$l_4 = \sqrt{H_2^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} - B \right)^2}$$

$$f_4 = \sqrt{H_1^2 + (C - \rho)^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} - B \right)^2}$$

$$f_5 = \sqrt{H_2^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} + B \right)^2}$$

$$f_6 = \sqrt{H_2^2 + (C - \rho)^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} - B \right)^2}$$

式中 ρ ——断面渐缩率；
 n ——节数；
 A ——底口边长；
 B ——顶口边长；
 C ——接口边长；
 R ——中心半径。

2. 图解法

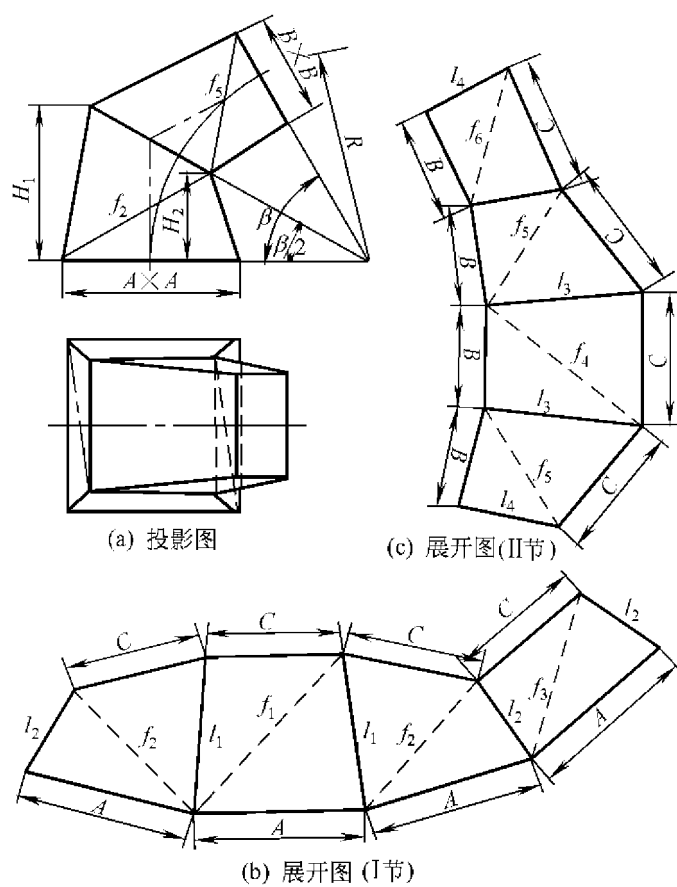


图 4.38 两节任意角度渐缩方弯头展开放样

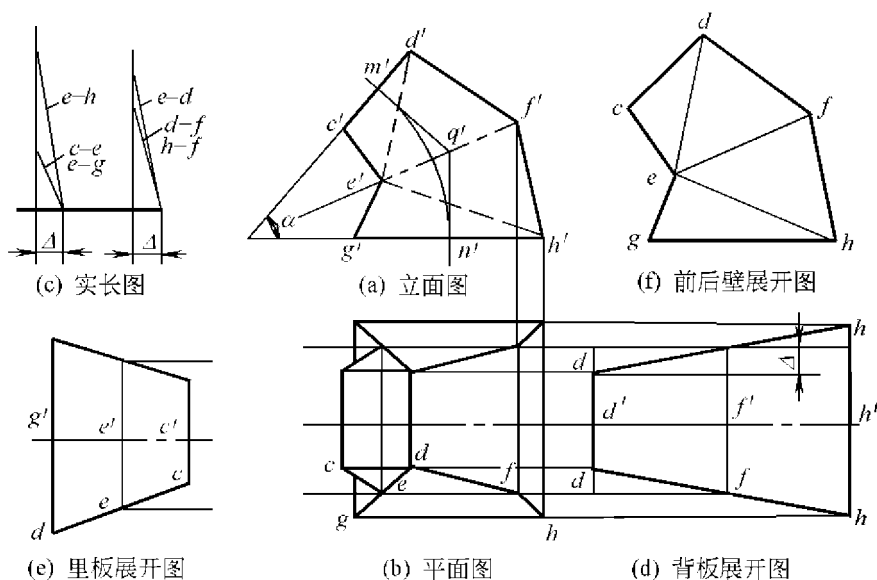


图 4.39 两节任意角度渐缩方弯头展开放样（图解法）

两节任意角度渐缩方弯头用图解法进行展开放样，如图 4.39 所示，已知弯头夹角 α ， $d'f' = h'f'$ ， $g'e' = c'e'$ ， $m'q' = n'q'$ ，上下口边长分别为 $c'd' = g'h'$ 。

① 求实长：经分析， $c'd'$ 、 $g'h'$ 、 $e'f'$ 均反应实长，侧壁上其余各线均需求实长。求实长用相减法，如图 4.39 (c) 所示。

② 作背板展开图：在平面图对称线的延长线上取立面图上的 $d'f'$ 和 $f'h'$ 伸直，过三点分别作垂线，量取 $dd'd$ 等于上口宽， $hh'h$ 等于下口宽，连接 $d-h$ ，得出 $f'f$ 的宽距，即得背板展开图，如图 4.39 (d) 所示。

③ 作里板展开图：用上述方法也可作出里板展开图，得出 $e'e$ 的宽距，且 $e'e = f'f$ ，如图 4.39 (e) 所示。

④ 作前后壁展开图：因前后壁相同，可用实长依次作三角形，便完成前后壁展开图，如图 4.39 (f) 所示。

例 4-18 已知两节断面渐缩方弯头 $A=420$ ， $B=260$ ， $R=500$ ， $\beta=60^\circ$ ，试计算放样。

$$\text{解：} \quad \rho = \frac{1}{2n}(A-B) = \frac{1}{2 \times 2}(420-260) = 40$$

$$C = \frac{A+B}{2} = A - 2\rho = 420 - 2 \times 40 = 340$$

$$H_1 = R \tan \frac{\beta}{2} + \frac{C}{2} \sin \frac{\beta}{2} = 500 \tan \frac{60^\circ}{2} + \frac{340}{2} \sin \frac{60^\circ}{2} = 373.7$$

$$H_2 = R \tan \frac{\beta}{2} - \frac{C}{2} \sin \frac{\beta}{2} = 500 \tan \frac{60^\circ}{2} - \frac{340}{2} \sin \frac{60^\circ}{2} = 203.7$$

第 I 节展开图的计算公式如下

$$\begin{aligned} l_1 &= \sqrt{H_1^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(A - C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2} \\ &= \sqrt{373.7^2 + 40^2 + \frac{1}{4} \left(420 - 340 \cos \frac{60^\circ}{2} \right)^2} \\ &= 381 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_2 &= \sqrt{H_2^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(A - C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2} \\ &= \sqrt{203.7^2 + 40^2 + \frac{1}{4} \left(420 - 340 \cos \frac{60^\circ}{2} \right)^2} \\ &= 216.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \sqrt{H_1^2 + (A-\rho)^2 + \frac{1}{4} \left(A - C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2} \\ &= \sqrt{373.7^2 + (420-40)^2 + \frac{1}{4} \left(420 - 340 \cos \frac{60^\circ}{2} \right)^2} \\ &= 536.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_2 &= \sqrt{H_2^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(A + C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2} \\
 &= \sqrt{203.7^2 + 40^2 + \frac{1}{4} \left(420 + 340 \cos \frac{60^\circ}{2} \right)^2} \\
 &= 413.2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_3 &= \sqrt{H_2^2 + (A - \rho)^2 + \frac{1}{4} \left(A - C \cos \frac{\beta}{2} \right)^2} \\
 &= \sqrt{203.7^2 + (420 - 40)^2 + \frac{1}{4} \left(420 - 340 \cos \frac{60^\circ}{2} \right)^2} \\
 &= 435.7
 \end{aligned}$$

第Ⅱ节展开图的计算公式如下

$$\begin{aligned}
 l_3 &= \sqrt{H_1^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} - B \right)^2} \\
 &= \sqrt{373.7^2 + 40^2 + \frac{1}{4} \left(340 \cos \frac{60^\circ}{2} - 260 \right)^2} \\
 &= 376.2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_4 &= \sqrt{H_2^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} - B \right)^2} \\
 &= \sqrt{203.7^2 + 40^2 + \frac{1}{4} \left(340 \cos \frac{60^\circ}{2} - 260 \right)^2} \\
 &= 208.3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_4 &= \sqrt{H_1^2 + (C - \rho)^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} - B \right)^2} \\
 &= \sqrt{373.7^2 + (340 - 40)^2 + \frac{1}{4} \left(340 \cos \frac{60^\circ}{2} - 260 \right)^2} \\
 &= 479.5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_5 &= \sqrt{H_2^2 + \rho^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} + B \right)^2} \\
 &= \sqrt{203.7^2 + 40^2 + \frac{1}{4} \left(340 \cos \frac{60^\circ}{2} + 260 \right)^2} \\
 &= 346.3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_6 &= \sqrt{H_2^2 + (C - \rho)^2 + \frac{1}{4} \left(C \cos \frac{\beta}{2} - B \right)^2} \\
 &= \sqrt{203.7^2 + (340 - 40)^2 + \frac{1}{4} \left(340 \cos \frac{60^\circ}{2} - 260 \right)^2} \\
 &= 363
 \end{aligned}$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.38 (b)、(c) 所示。

二十四、直角换向三节矩形弯头展开放样

图 4.40 所示为直角换向三节矩形弯头的投影图和展开图，已知尺寸 A 、 B 、 H 、 L 、 h_1 、 h_2 、 l_1 、 l_2 和板厚 t ，用计算法进行展开放样。

由图分析可知，Ⅰ、Ⅲ两节弯头的板料由特殊位置平面组成，前板和厚板为正平面，所以在主视图中反映实形；Ⅰ节左右两板为侧平面，在左视图上反映实形；Ⅲ节上下板为水平面，在俯视图上反映实形，因此，Ⅰ、Ⅲ节弯头展开图根据已知条件便可作出。所以这里仅就中节Ⅱ进行计算展开放样。

展开图的计算公式如下

$$\begin{aligned}
 a &= A - 2t \\
 b &= B - 2t
 \end{aligned}$$

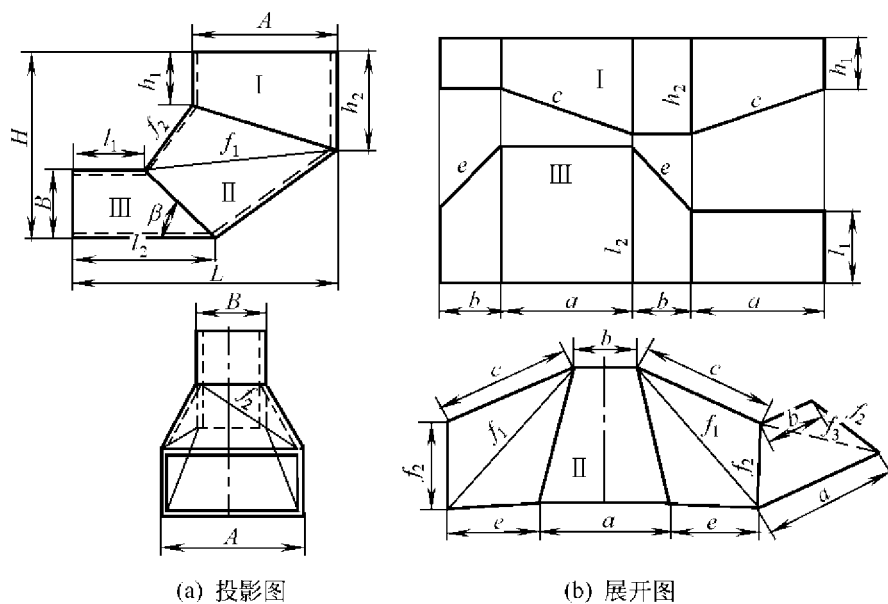


图 4.40 直角换向三节矩形弯头展开放样

$$c = \sqrt{(h_2 - h_1)^2 + a^2}$$

$$\tan \beta = \frac{B}{l_2 - l_1}$$

$$e = \frac{b}{\sin \beta}$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{1}{4}(a-b)^2 + [H - (h_2 + B)]^2 + (L - l_1)^2}$$

$$f_2 = \sqrt{\frac{1}{4}(a-b)^2 + [H - (h_1 + B)]^2 + [L - (A + l_1)]^2}$$

$$f_3 = \sqrt{\frac{1}{4}(a+b)^2 + [H - (h_1 + B)]^2 + [L - (A + l_1)]^2}$$

$$h = \sqrt{(L - l_2)^2 + (H - h_2)^2}$$

例 4-19 已知矩形管换向弯头 $A=500$, $B=300$, $H=800$, $h_1=180$, $h_2=280$, $L=900$, $l_1=200$, $l_2=400$, $t=10$, 试计算放样。

$$\text{解:} \quad a = A - 2t = 500 - 2 \times 10 = 480$$

$$b = B - 2t = 300 - 2 \times 10 = 280$$

$$c = \sqrt{(h_2 - h_1)^2 + a^2} = \sqrt{(280 - 180)^2 + 480^2} = 490.3$$

$$\tan \beta = \frac{B}{l_2 - l_1} = \frac{300}{400 - 200} = 1.5 \quad \beta = 56.3^\circ$$

$$e = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{280}{\sin 56.3^\circ} = 337$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \sqrt{\frac{1}{4}(a-b)^2 + [H - (h_2 + B)]^2 + (L - l_1)^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{4}(480-280)^2 + [800 - (280+300)]^2 + (900-200)^2} \\ &= 740.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \sqrt{\frac{1}{4}(a-b)^2 + [H - (h_1 + B)]^2 + [L - (A + l_1)]^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{4}(480-280)^2 + [800 - (180+300)]^2 + [900 - (500+200)]^2} \\ &= 390.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_3 &= \sqrt{\frac{1}{4}(a+b)^2 + [H - (h_1 + B)]^2 + [L - (A + l_1)]^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{4}(480+280)^2 + [800 - (180+300)]^2 + [900 - (500+200)]^2} \\ &= 536 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \sqrt{(L - l_2)^2 + (H - h_2)^2} \\ &= \sqrt{(900 - 400)^2 + (800 - 280)^2} \\ &= 721.4 \end{aligned}$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.40 所示。

二十五、曲面方锥台展开放样

图 4.41 所示为曲面方锥台的投影图和展开图，尺寸 A 、 B 、 H ，用算法进行展开放样。

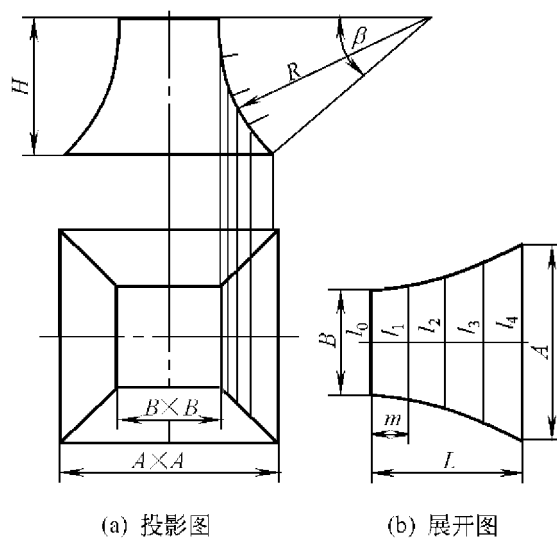


图 4.41 曲面方锥台展开放样

展开计算公式如下

$$R = \frac{1}{4}(A - B) + \frac{H^2}{A - B}$$

$$\sin \beta = \frac{H}{R}$$

$$l_n = B + 2R(1 - \cos \beta_n)$$

$$L = \frac{\pi R \beta}{180^\circ}$$

$$m = \frac{L}{n}$$

式中 n ——弧长等分数；

m ——等分距；

L ——板长；

l_n ——板宽。

例 4-20 已知曲面方锥台顶里口 $B=440$ ，底里口 $A=860$ ， $H=350$ ，试计算放样。

解：

$$R = \frac{1}{4}(A-B) + \frac{H^2}{A-B} = \frac{1}{4}(860-440) + \frac{350^2}{860-440} = 396.7$$

$$\sin\beta = \frac{H}{R} = \frac{350}{396.7} = 0.8823 \quad \beta = 61.92^\circ$$

设分 β 为 4 等分，则： $\beta_1 = \frac{61.92^\circ}{4} = 15.48^\circ$ ， $\beta_2 = 30.96^\circ$ ， $\beta_3 = 46.44^\circ$ ， $\beta_4 = 61.92^\circ$

$$l_0 = B + 2R(1 - \cos\beta_0) = 440 + 2 \times 396.7(1 - \cos 0^\circ) = 440$$

$$l_1 = B + 2R(1 - \cos\beta_1) = 440 + 2 \times 396.7(1 - \cos 15.48^\circ) = 468.8$$

$$l_2 = B + 2R(1 - \cos\beta_2) = 440 + 2 \times 396.7(1 - \cos 30.96^\circ) = 553$$

$$l_3 = B + 2R(1 - \cos\beta_3) = 440 + 2 \times 396.7(1 - \cos 46.44^\circ) = 686.7$$

$$l_4 = B + 2R(1 - \cos\beta_4) = 440 + 2 \times 396.7(1 - \cos 61.92^\circ) = 860$$

$$L = \frac{\pi R \beta}{180^\circ} = \frac{396.7 \pi \times 61.92^\circ}{180^\circ} = 428.7$$

$$m = \frac{L}{n} = \frac{428.7}{4} = 107.2$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图, 如图 4.41 所示。

二十六、方口裤形三通管展开方样

1. 算法一

图 4.42 所示为方口裤形三通管的投影图和展开图, 尺寸 A 、 B 、 H 、 L 和板厚 t , 用算法法进行展开放样。

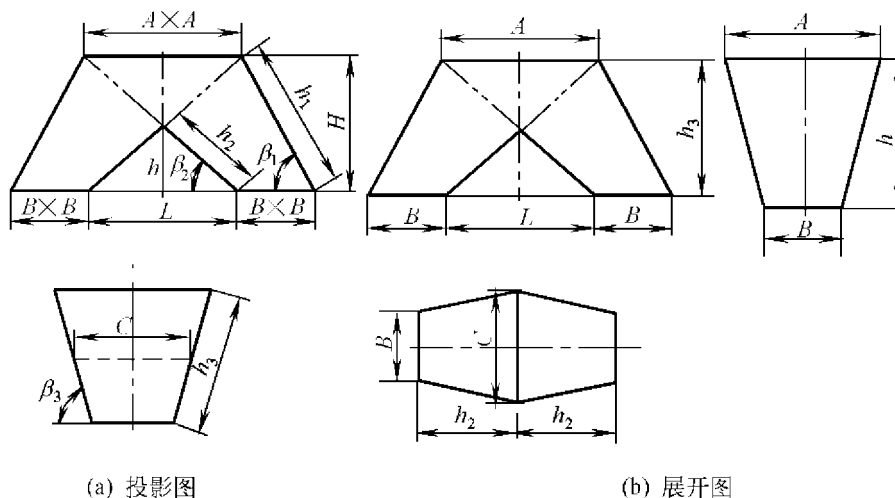


图 4.42 方口裤形三通管展开放样 (一)

展开图的计算公式如下。

① 薄板制作

$$h = \frac{HL}{A+L}$$

$$h_1 = \sqrt{H^2 + \left(\frac{L}{2} + B - \frac{A}{2}\right)^2}$$

$$h_2 = \sqrt{h^2 + \frac{L^2}{4}}$$

$$h_3 = \sqrt{\left(\frac{A-B}{2}\right)^2 + H^2}$$

$$C = B + \frac{h(A-B)}{H}$$

② 厚板制作

$$h = \frac{HL}{A+L}$$

$$\tan\beta_1 = \frac{H}{\frac{L-A}{2} + B}$$

$$\tan\beta_2 = \frac{2h}{L}$$

$$\tan\beta_3 = \frac{2H}{A-B}$$

$$A' = A - 2t\sin\beta_1$$

$$A'' = A - 2t\sin\beta_3$$

$$B' = B - t(\sin\beta_1 + \sin\beta_2)$$

$$B'' = B - 2t\sin\beta_3$$

$$C' = C - \frac{2t}{\sin\beta_3}$$

$$h_1 = \frac{H - t\cos\beta_1}{\sin\beta_1}$$

$$h_2 = \frac{h}{\sin\beta_2} = \sqrt{h^2 + \frac{1}{4}L^2}$$

$$h_3 = \frac{H - t\cos\beta_3}{\sin\beta_3}$$

式中 A' ——前板顶口尺寸；
 A'' ——外侧板顶口尺寸；

B' ——前板底口尺寸；

B'' ——内外侧板底口尺寸；

C' ——分腿宽。

例 4-21 方口裤形管顶口边长 $A=620$ ，底口边长 $B=320$ ，板厚 $t=2$ ， $H=860$ ， $L=540$ ，试计算放样。

本例按薄板计算， t 忽略不计。

解：
$$h = \frac{HL}{A+L} = \frac{860 \times 540}{620+540} = 400.3$$

$$\begin{aligned} h_1 &= \sqrt{H^2 + \left(\frac{L}{2} + B - \frac{A}{2}\right)^2} \\ &= \sqrt{860^2 + \left(\frac{540}{2} + 320 - \frac{620}{2}\right)^2} = 904.4 \end{aligned}$$

$$h_2 = \sqrt{h^2 + \frac{L^2}{4}} = \sqrt{400.3^2 + \frac{540^2}{4}} = 482.8$$

$$h_3 = \sqrt{\left(\frac{A-B}{2}\right)^2 + H^2} = \sqrt{\left(\frac{620-320}{2}\right)^2 + 860^2} = 873$$

$$C = B + \frac{h(A-B)}{H} = 320 + \frac{400.3(620-320)}{860} = 459.6$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.42 所示。

2. 算法二

图 4.43 所示为方口裤形三通管的展开图和投影图，尺寸 A 、 B 、 H 、 L ，用算法进行展开放样。

分析视图可知，方口裤形三通管是由两个大小相等对称的斜四棱锥组合而成的，所以可按斜四棱锥展开放样。

展开图的计算公式如下

$$h_1 = \frac{BH}{A-B}$$

$$h_2 = \frac{\left(\frac{1}{2}A+L\right)(H+h_1)}{A+L}$$

$$C = \frac{Bh_2}{h_1}$$

$$L_1 = \sqrt{\frac{1}{4}A^2 + L^2 + (H+h_1)^2}$$

$$L_2 = \sqrt{\frac{1}{4}A^2 + (A+L)^2 + (H+h_1)^2}$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{1}{4}B^2 + \left(\frac{1}{2}L\right)^2 + h_1^2}$$

$$f_2 = \sqrt{\frac{1}{4}B^2 + \left(B + \frac{1}{2}L\right)^2 + h_1^2}$$

$$f_3 = L_2 - \sqrt{\frac{1}{4}C^2 + \left(\frac{A}{2} + L\right)^2 + h_2^2}$$

式中 A ——底口边长；

B ——顶口边长；

C ——分腿宽；

L_1, L_2 ——右、左侧棱线实长；

K ——顶、底边长比, $K = \frac{B}{A}$ 。

例 4-22 方口裤形管顶口边长 $A=520$, 底口边长 $B=260$, $H=600$, $L=320$, 试计算放样。

解:
$$h_1 = \frac{BH}{A-B} = \frac{260 \times 600}{520 - 260} = 600$$

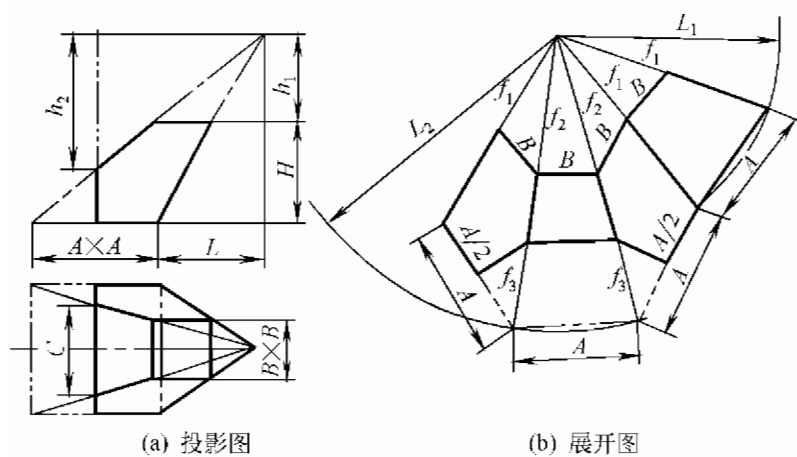


图 4.43 方口裤形三通管展开放样 (二)

$$h_2 = \frac{\left(\frac{1}{2}A + L\right)(H + h_1)}{A + L}$$

$$= \frac{\left(\frac{520}{2} + 320\right)(600 + 600)}{520 + 320}$$

$$= 828.6$$

$$C = \frac{Bh_2}{h_1} = \frac{260 \times 828.6}{600} = 359$$

$$L_1 = \sqrt{\frac{1}{4}A^2 + L^2 + (H + h_1)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{4} \times 520^2 + 320^2 + (600 + 600)^2}$$

$$= 1268.9$$

$$\begin{aligned}
L_2 &= \sqrt{\frac{1}{4}A^2 + (A+L)^2 + (H+h_1)^2} \\
&= \sqrt{\frac{1}{4} \times 520^2 + (520+320)^2 + (600+600)^2} \\
&= 1487.7 \\
f_1 &= \sqrt{\frac{1}{4}B^2 + \left(\frac{1}{2}L\right)^2 + h_1^2} \\
&= \sqrt{\frac{1}{4} \times 260^2 + \left(\frac{1}{2} \times 320\right)^2 + 600^2} \\
&= 634.4 \\
f_2 &= \sqrt{\frac{1}{4}B^2 + \left(B + \frac{1}{2}L\right)^2 + h_1^2} \\
&= \sqrt{\frac{1}{4} \times 260^2 + \left(260 + \frac{1}{2} \times 320\right)^2 + 600^2} \\
&= 743.8 \\
f_3 &= L_2 - \sqrt{\frac{1}{4}C^2 + \left(\frac{A}{2} + L\right)^2 + h_2^2} \\
&= 1487.7 - \sqrt{\frac{1}{4} \times 359^2 + \left(\frac{520}{2} + 320\right)^2 + 828.6^2} \\
&= 460.5
\end{aligned}$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图,如图 4.43 所示。作展开图时,先作斜四棱锥展开图,然后截去各线多余部分,用直线顺次连接相关各点,即得所求的展开图。

二十七、方管平交四棱锥管展开放样

图 4.44 所示为方管平交四棱锥管投影图和展开图,尺寸

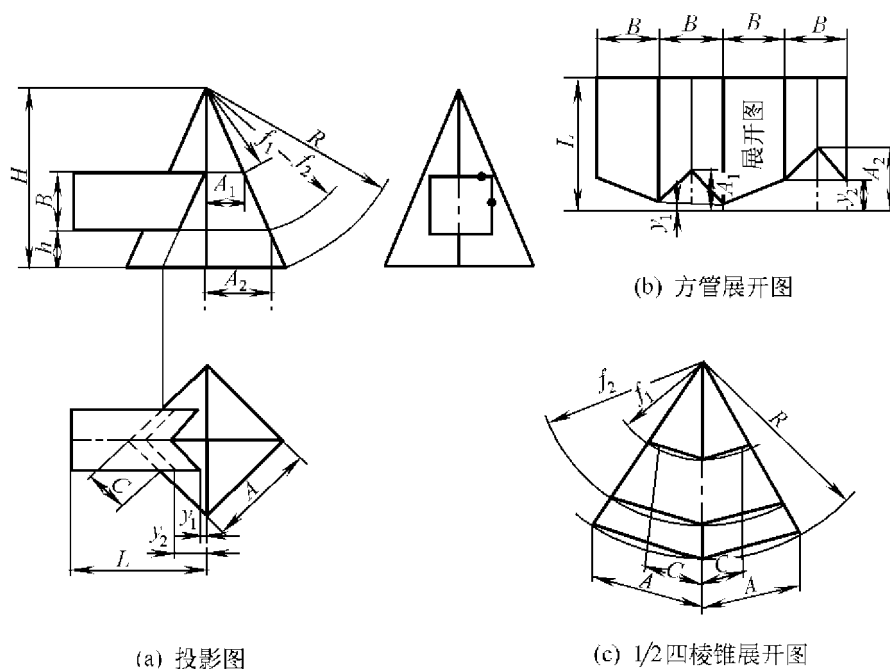


图 4.44 方管平交四棱锥管展开放样

A 、 B 、 H 、 h ，用计算方法进行展开放样。

展开图的计算公式如下

$$A_1 = 0.707A \left(1 - \frac{B+h}{H} \right)$$

$$A_2 = 0.707A \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

$$R = \sqrt{(0.707A)^2 + H^2} = \sqrt{\frac{A^2}{2} + H^2}$$

$$f_1 = \sqrt{A_1^2 + [H - (B+h)]^2}$$

$$f_2 = \sqrt{A_2^2 + (H-h)^2}$$

$$y_1 = A_1 - \frac{B}{2}$$

$$y_2 = A_2 - \frac{B}{2}$$

$$C = 0.707B$$

例 4-23 已知一方管与四棱锥管水平相交，尺寸 $A=540$ ， $B=260$ ， $H=750$ ， $h=170$ ，试计算放样。

$$\begin{aligned} \text{解：} \quad A_1 &= 0.707A \left(1 - \frac{B+h}{H} \right) \\ &= 0.707 \times 540 \left(1 - \frac{260+170}{750} \right) \\ &= 162.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 0.707A \left(1 - \frac{h}{H} \right) \\ &= 0.707 \times 540 \left(1 - \frac{170}{750} \right) \\ &= 295.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{(0.707A)^2 + H^2} \\ &= \sqrt{(0.707 \times 540)^2 + 750^2} \\ &= 841.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \sqrt{A_1^2 + [H - (B+h)]^2} \\ &= \sqrt{162.9^2 + [750 - (260+170)]^2} \\ &= 359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \sqrt{A_2^2 + (H-h)^2} \\ &= \sqrt{295.2^2 + (750-170)^2} \\ &= 650.8 \end{aligned}$$

$$y_1 = A_1 - \frac{B}{2} = 162.9 - \frac{260}{2} = 32.9$$

$$y_2 = A_2 - \frac{B}{2} = 295.2 - \frac{260}{2} = 165.2$$

$$C = 0.707B = 0.707 \times 260 = 183.8$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.44 所示。

二十八、四棱锥直交圆管展开放样

图 4.45 所示为四棱锥直交圆管的投影图和展开图，尺寸 A 、 B 、 D 、 H 、 h 、 L ，用算法进行展开放样。

图 4.45 四棱锥直交圆管展开放样

展开图计算公式如下

$$\tan \frac{\beta}{2} = \frac{B}{2H}$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{A}{2H}$$

$$f = 2 \sin \frac{\beta}{2} \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - (H-h)^2 \sin^2 \frac{\beta}{2}} + (H-h) \cos \frac{\beta}{2}$$

$$\sin \frac{\phi}{2} = \frac{f}{D}$$

$$f_n = \frac{D}{2} \sin \phi_n$$

$$b_n = \frac{\pi D \phi_n}{360^\circ}$$

$$c_n = \frac{D}{2} (1 - \cos \phi_n) \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$c = 2 \left(H - h + \frac{D}{2} \cos \frac{\phi}{2} \right) \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$y_n = \frac{D(1 - \cos \phi_n)}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + B^2 + 4H^2}$$

$$r = \sqrt{\left(\frac{c}{2} \right)^2 + \left(H - h + \frac{D}{2} \cos \frac{\phi}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} \sin \frac{\phi}{2} \right)^2}$$

式中 f —— ϕ 角对应的弦长；

f_n —— $\frac{\phi}{n}$ 所对弦长；

b_n ——孔宽；

c_n ——开孔曲线弧弦距；

y_n ——棱锥侧板展开曲线坐标值。

例 4-24 已知一四棱锥管与圆管垂直相交，尺寸 $A=400$ ， $B=300$ ， $D=300$ ， $H=520$ ， $h=250$ ， $L=560$ ，试计算放样。

$$\text{解：} \tan \frac{\beta}{2} = \frac{B}{2H} = \frac{300}{2 \times 520} = 0.2884$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{A}{2H} = \frac{400}{2 \times 520} = 0.3846$$

查三角函数表， $\frac{\beta}{2} = 16^\circ$ ， $\frac{\alpha}{2} = 21^\circ$

$$f = 2 \sin \frac{\beta}{2} \left[\sqrt{\left(\frac{D}{2} \right)^2 - (H-h)^2 \sin^2 \frac{\beta}{2}} + (H-h) \cos \frac{\beta}{2} \right]$$

$$= 2 \sin 16^\circ \left[\sqrt{\left(\frac{300}{2}\right)^2 - (520 - 250)^2 \sin^2 16^\circ} + (520 - 250) \cos 16^\circ \right]$$

$$= 214.9$$

$$\sin \frac{\phi}{2} = \frac{f}{D} = \frac{214.9}{300} = 0.7163, \quad \frac{\phi}{2} = 45.8^\circ$$

2 等分 $\frac{\phi}{2}$, 则: $\phi_1 = 22.9^\circ$, $\phi_2 = 45.8^\circ$

$$f_1 = \frac{D}{2} \sin \phi_1 = \frac{300}{2} \sin 22.9^\circ = 58.4$$

$$f_2 = \frac{D}{2} \sin \phi_2 = \frac{300}{2} \sin 45.8^\circ = 107.5$$

$$b_1 = \frac{\pi D \phi_1}{360^\circ} = \frac{300\pi \times 22.9^\circ}{360^\circ} = 60$$

$$b_2 = \frac{\pi D \phi_2}{360^\circ} = \frac{300\pi \times 45.8^\circ}{360^\circ} = 119.9$$

$$c_1 = \frac{D}{2} (1 - \cos \phi_1) \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$= \frac{300}{2} (1 - \cos 22.9^\circ) \tan 21^\circ = 4.5$$

$$c_2 = \frac{D}{2} (1 - \cos \phi_2) \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$= \frac{300}{2} (1 - \cos 45.8^\circ) \tan 21^\circ = 17.4$$

$$c = 2 \left(H - h + \frac{D}{2} \cos \frac{\phi}{2} \right) \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$= 2 \tan 21^\circ \left(520 - 250 + \frac{300}{2} \cos 45.8^\circ \right) = 287.6$$

$$y_1 = \frac{D(1 - \cos\phi_1)}{2\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{300(1 - \cos 22.9^\circ)}{2\cos 21^\circ} = 12.7$$

$$y_2 = \frac{D(1 - \cos\phi_2)}{2\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{300(1 - \cos 45.8^\circ)}{2\cos 21^\circ} = 48.7$$

$$R = \frac{1}{2}\sqrt{A^2 + B^2 + 4H^2}$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{400^2 + 300^2 + 4 \times 520^2} = 577$$

$$r = \sqrt{\left(\frac{c}{2}\right)^2 + \left(H - h + \frac{D}{2}\cos\frac{\phi}{2}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\sin\frac{\phi}{2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{287.6}{2}\right)^2 + \left(520 - 250 + \frac{300}{2}\cos 45.8^\circ\right)^2 + \left(\frac{300}{2}\sin 45.8^\circ\right)^2}$$

$$= 415.3$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.45 所示。

二十九、圆管直交四棱锥管展开放样

图 4.46 所示为圆管直交四棱锥管的投影图和展开图，尺寸 A 、 D 、 R 、 H 、 h ，用算法进行展开放样。

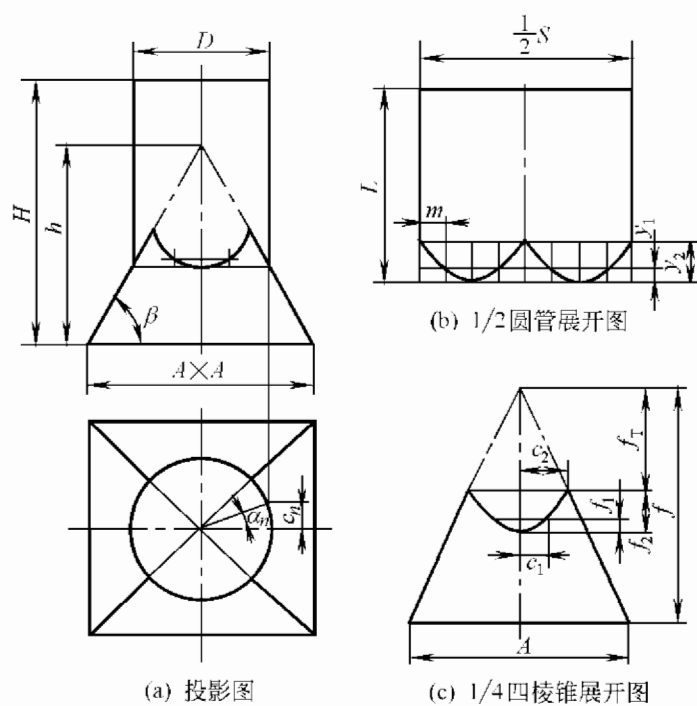


图 4.46 圆管直交四棱锥管展开放样

展开图的计算公式如下

$$L = H - \frac{(A - D)h}{A}$$

$$\tan \beta = \frac{2h}{A}$$

$$y_n = R(1 - \cos \alpha_n) \tan \beta$$

$$c_n = R \sin \alpha_n$$

$$f = \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + h^2}$$

$$f_n = \frac{R(1 - \cos \alpha_n)}{\cos \beta}$$

$$f_T = \frac{0.7071R}{\cos \beta}$$

$$S = \pi D$$

$$m = \frac{S}{n}$$

例 4-25 已知一圆管与正四棱锥管竖直相交，尺寸 $A=600$ ， $D=380$ ， $R=180$ ， $H=700$ ， $h=540$ ，试计算放样。

解：设分圆管 $1/4$ 断面圆周为 4 等分，等分角 $\alpha_1 = \frac{90^\circ}{4} = 22.5^\circ$ ， $\alpha_2 = 45^\circ$ 。

$$L = H - \frac{(A-D)h}{A} = 700 - \frac{540(600-380)}{600} = 502$$

$$\tan \beta = \frac{2h}{A} = \frac{2 \times 540}{600} = 1.8$$

查三角函数表， $\beta = 60.9^\circ$

$$\begin{aligned} y_1 &= R(1 - \cos \alpha_1) \tan \beta \\ &= 180(1 - \cos 22.5^\circ) \tan 60.9^\circ = 24.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= R(1 - \cos \alpha_2) \tan \beta \\ &= 180(1 - \cos 45^\circ) \tan 60.9^\circ = 94.7 \end{aligned}$$

$$c_1 = R \sin \alpha_1 = 180 \sin 22.5^\circ = 68.9$$

$$c_2 = R \sin \alpha_2 = 180 \sin 45^\circ = 127.3$$

$$f = \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + h^2} = \sqrt{\left(\frac{600}{2}\right)^2 + 540^2} = 617.7$$

$$f_1 = \frac{R(1 - \cos\alpha_1)}{\cos\beta} = \frac{180(1 - \cos 22.5^\circ)}{\cos 60.9^\circ} = 28.2$$

$$f_2 = \frac{R(1 - \cos\alpha_2)}{\cos\beta} = \frac{180(1 - \cos 45^\circ)}{\cos 60.9^\circ} = 108.4$$

$$f_T = \frac{0.7071R}{\cos\beta} = \frac{0.7071 \times 180}{\cos 60.9^\circ} = 261.7$$

$$\text{圆管周长 } S = \pi D = 380\pi = 1194$$

$$\text{周长等分距 } m = \frac{S}{n} = \frac{1194}{16} = 74.63$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.46 所示。

三十、圆管平交四棱锥管展开放样

图 4.47 所示为圆管平交四棱锥管的投影图和展开图，尺寸 A 、 D 、 H 、 h 、 L ，用算法进行展开放样。

展开图的计算公式如下

$$A_n = \frac{A}{H} \left[H - \left(h + \frac{D}{2} \cos\alpha_n \right) \right]$$

$$y_n = 0.707A_n - \frac{D}{2} \sin\alpha_n$$

$$\tan\beta = \frac{H}{0.707A} = 1.414 \frac{H}{A}$$

$$f_n = 0.707A_n \frac{1}{\cos\beta} - \sum f_{n-1}$$

$$C_n = \frac{D \sin\alpha_n}{1.414} = 0.707D \sin\alpha_n$$

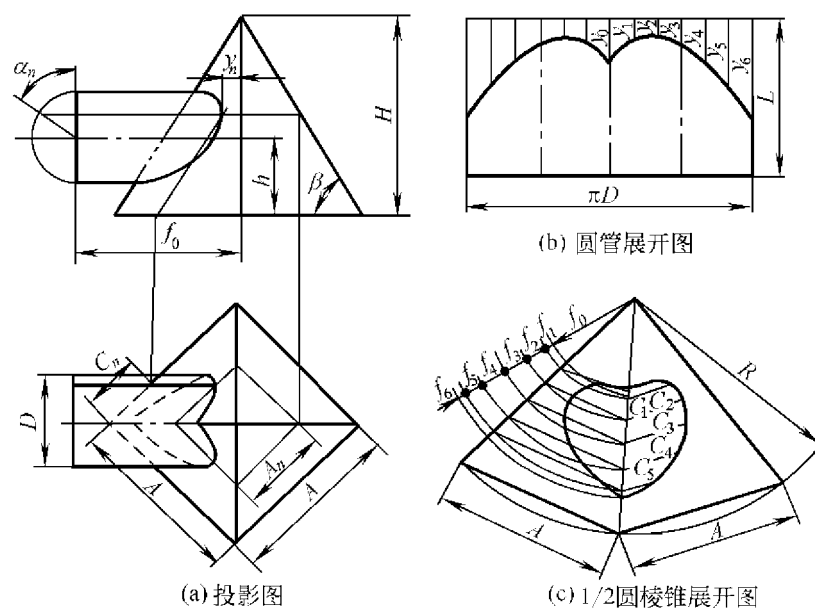


图 4.47 圆管平交四棱锥管展开放样

$$R = \sqrt{(0.707A)^2 + H^2} = \sqrt{\frac{A^2}{2} + H^2}$$

式中 A_n ——各相贯点所在的锥底边长；
 y_n ——圆锥展开曲线坐标值；
 α_n ——圆周等分角；
 β ——棱锥角；
 f_n ——开孔长度方向尺寸；
 c_n ——孔宽尺寸；
 R ——四棱锥线实长。

例 4-26 已知一圆管与正四棱锥管水平相交，尺寸 $A=420$ ， $D=280$ ， $H=600$ ， $h=240$ ， $L=450$ ，试计算放样。

解：设分圆管断面半圆周为 6 等分，等分角 $\alpha_1 = \frac{180^\circ}{6} = 30^\circ$ ， α 角以此值递增。

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{A}{H} \left[H - \left(h + \frac{D}{2} \cos \alpha_0 \right) \right] \\ &= \frac{420}{600} \left[600 - \left(240 + \frac{280}{2} \cos 0^\circ \right) \right] = 154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{A}{H} \left[H - \left(h + \frac{D}{2} \cos \alpha_1 \right) \right] \\ &= \frac{420}{600} \left[600 - \left(240 + \frac{280}{2} \cos 30^\circ \right) \right] = 167 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{A}{H} \left[H - \left(h + \frac{D}{2} \cos \alpha_2 \right) \right] \\ &= \frac{420}{600} \left[600 - \left(240 + \frac{280}{2} \cos 60^\circ \right) \right] = 203 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_3 &= \frac{A}{H} \left[H - \left(h + \frac{D}{2} \cos \alpha_3 \right) \right] \\ &= \frac{420}{600} \left[600 - \left(240 + \frac{280}{2} \cos 90^\circ \right) \right] = 252 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_4 &= \frac{A}{H} \left[H - \left(h + \frac{D}{2} \cos \alpha_4 \right) \right] \\ &= \frac{420}{600} \left[600 - \left(240 + \frac{280}{2} \cos 120^\circ \right) \right] = 301 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_5 &= \frac{A}{H} \left[H - \left(h + \frac{D}{2} \cos \alpha_5 \right) \right] \\ &= \frac{420}{600} \left[600 - \left(240 + \frac{280}{2} \cos 150^\circ \right) \right] = 336.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_6 &= \frac{A}{H} \left[H - \left(h + \frac{D}{2} \cos \alpha_6 \right) \right] \\
 &= \frac{420}{600} \left[600 - \left(240 + \frac{280}{2} \cos 180^\circ \right) \right] = 350
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_0 &= 0.707A_0 - \frac{D}{2} \sin \alpha_0 \\
 &= 0.707 \times 154 - \frac{280}{2} \sin 0^\circ = 109
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_1 &= 0.707A_1 - \frac{D}{2} \sin \alpha_1 \\
 &= 0.707 \times 167 - \frac{280}{2} \sin 30^\circ = 48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2 &= 0.707A_2 - \frac{D}{2} \sin \alpha_2 \\
 &= 0.707 \times 203 - \frac{280}{2} \sin 60^\circ = 22.3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_3 &= 0.707A_3 - \frac{D}{2} \sin \alpha_3 \\
 &= 0.707 \times 252 - \frac{280}{2} \sin 90^\circ = 38.2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_4 &= 0.707A_4 - \frac{D}{2} \sin \alpha_4 \\
 &= 0.707 \times 301 - \frac{280}{2} \sin 120^\circ = 91.6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_5 &= 0.707A_5 - \frac{D}{2} \sin \alpha_5 \\
 &= 0.707 \times 336.9 - \frac{280}{2} \sin 150^\circ = 168
 \end{aligned}$$

$$y_6 = 0.707A_6 - \frac{D}{2}\sin\alpha_6$$

$$= 0.707 \times 350 - \frac{280}{2}\sin 180^\circ = 247.5$$

$$\tan\beta = \frac{H}{0.707A} = 1.414 \quad \frac{H}{A} = 1.414 \times \frac{600}{420} = 2.02$$

$$\beta = 63.66^\circ$$

$$f_0 = 0.707A_0 \frac{1}{\cos\beta} = \frac{0.707 \times 154}{\cos 63.66^\circ} = 245.4$$

$$f_1 = 0.707A_1 \frac{1}{\cos\beta} - \Sigma f_0$$

$$= \frac{0.707 \times 167}{\cos 63.66^\circ} - 245.4 = 20.7$$

$$f_2 = 0.707A_2 \frac{1}{\cos\beta} - \Sigma f_1$$

$$= \frac{0.707 \times 203}{\cos 63.66^\circ} - (245.4 + 20.7) = 57.4$$

$$f_3 = 0.707A_3 \frac{1}{\cos\beta} - \Sigma f_2$$

$$= \frac{0.707 \times 252}{\cos 63.66^\circ} - (245.4 + 20.7 + 57.4) = 78$$

$$f_4 = f_3, \quad f_5 = f_2, \quad f_6 = f_1$$

$$C_0 = \frac{D\sin\alpha_0}{1.414} = 0.707D\sin\alpha_0 = 0.707 \times 280 \sin 0^\circ = 0$$

$$C_1 = 0.707D\sin\alpha_1 = 0.707 \times 280 \sin 30^\circ = 99$$

$$C_2 = 0.707D\sin\alpha_2 = 0.707 \times 280 \sin 60^\circ = 171.4$$

$$C_3 = 0.707D\sin\alpha_3 = 0.707 \times 280 \sin 90^\circ = 198$$

$$C_4 = C_2, \quad C_5 = C_1, \quad C_6 = C_0$$

$$R = \sqrt{(0.707A)^2 + H^2} = \sqrt{\frac{A^2}{2} + H^2}$$

$$= \sqrt{\frac{420^2}{2} + 600^2} = 669.5$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.47 所示。

三十一、圆管侧交四棱锥管展开放样

图 4.48 所示为圆管侧交四棱锥管的投影图和展开图，尺寸 A 、 B 、 D 、 H 、 h ，用算法进行展开放样。

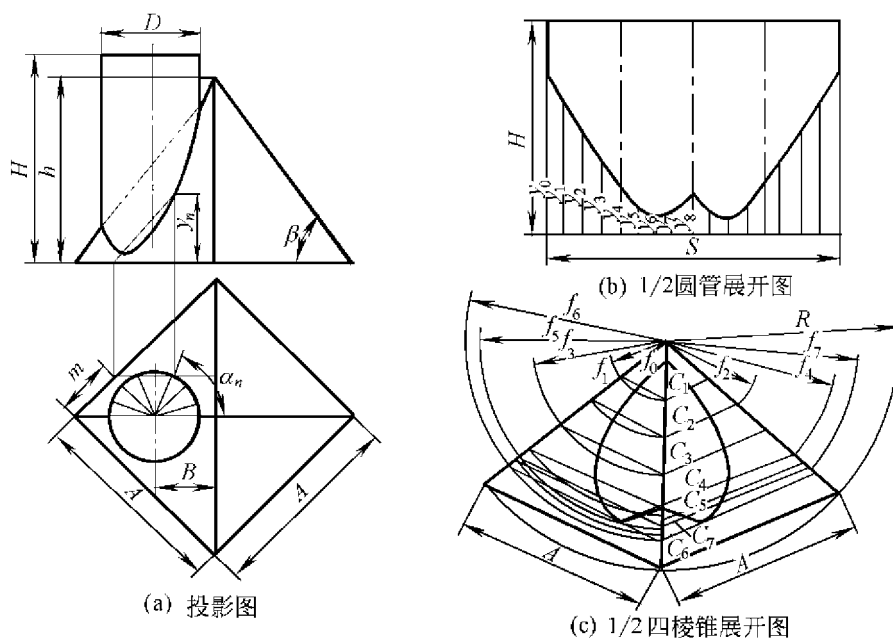


图 4.48 圆管侧交四棱锥管展开放样

展开图的计算公式如下

$$\tan\beta = \frac{h}{0.707A}$$

$$y_n = \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_n - \cos\alpha_n) - B \right] \tan\beta$$

$$R = \sqrt{\frac{A^2}{2} + h^2}$$

$$f_n = \frac{h - y_n}{\sin\beta}$$

$$C_n = 0.707D\sin\alpha_n$$

$$S = \pi D$$

$$m = \frac{S}{n}$$

式中 f_n ——开孔至锥顶距；
 C_n ——孔宽尺寸；
 y_n ——圆锥展开曲线坐标值；
 α_n ——圆周等分角；
 m ——圆管周长等分距；
 n ——等分数。

例 4-27 已知一圆管与正四棱锥管于侧棱处竖直相交，尺寸 $A=630$ ， $B=180$ ， $D=300$ ， $H=800$ ， $h=750$ ，试计算放样。

解：设分圆管断面半圆周为 8 等分，等分角 $\alpha_1 = \frac{180^\circ}{8} = 22.5^\circ$ ， α 角以此值递增。

$$\tan\beta = \frac{h}{0.707A} = \frac{750}{0.707 \times 630} = 1.6838 \quad \beta = 59.3^\circ$$

$$\begin{aligned}
 y_0 &= \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_0 - \cos\alpha_0) - B \right] \tan\beta \\
 &= \left[0.707 \times 630 - \frac{300}{2}(\sin 0^\circ - \cos 0^\circ) - 180 \right] \tan 59.3^\circ = 700
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_1 - \cos\alpha_1) - B \right] \tan\beta \\
 &= \left[0.707 \times 630 - \frac{300}{2}(\sin 22.5^\circ - \cos 22.5^\circ) - 180 \right] \tan 59.3^\circ \\
 &= 583.7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2 &= \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_2 - \cos\alpha_2) - B \right] \tan\beta \\
 &= \left[0.707 \times 630 - \frac{300}{2}(\sin 45^\circ - \cos 45^\circ) - 180 \right] \tan 59.3^\circ = 447
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_3 &= \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_3 - \cos\alpha_3) - B \right] \tan\beta \\
 &= \left[0.707 \times 630 - \frac{300}{2}(\sin 67.5^\circ - \cos 67.5^\circ) - 180 \right] \tan 59.3^\circ \\
 &= 310.3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_4 &= \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_4 - \cos\alpha_4) - B \right] \tan\beta \\
 &= \left[0.707 \times 630 - \frac{300}{2}(\sin 90^\circ - \cos 90^\circ) - 180 \right] \tan 59.3^\circ = 194.3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_5 &= \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_5 - \cos\alpha_5) - B \right] \tan\beta \\
 &= \left[0.707 \times 630 - \frac{300}{2}(\sin 112.5^\circ - \cos 112.5^\circ) - 180 \right] \tan 59.3^\circ \\
 &= 117
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_6 &= \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_6 - \cos\alpha_6) - B \right] \tan\beta \\
 &= \left[0.707 \times 630 - \frac{300}{2}(\sin 135^\circ - \cos 135^\circ) - 180 \right] \tan 59.3^\circ = 90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_7 &= \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_7 - \cos\alpha_7) - B \right] \tan\beta \\
 &= \left[0.707 \times 630 - \frac{300}{2}(\sin 157.5^\circ - \cos 157.5^\circ) - 180 \right] \tan 59.3^\circ \\
 &= 117
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_8 &= \left[0.707A - \frac{D}{2}(\sin\alpha_8 - \cos\alpha_8) - B \right] \tan\beta \\
 &= \left[0.707 \times 630 - \frac{300}{2}(\sin 180^\circ - \cos 180^\circ) - 180 \right] \tan 59.3^\circ \\
 &= 194.4
 \end{aligned}$$

$$R = \sqrt{\frac{A^2}{2} + h^2} = \sqrt{\frac{630^2}{2} + 750^2} = 872.3$$

$$f_0 = \frac{h - y_0}{\sin\beta} = \frac{750 - 700}{\sin 59.3^\circ} = 58$$

$$f_1 = \frac{h - y_1}{\sin\beta} = \frac{750 - 583.7}{\sin 59.3^\circ} = 193.4$$

$$f_2 = \frac{h - y_2}{\sin\beta} = \frac{750 - 447}{\sin 59.3^\circ} = 352.4$$

$$f_3 = \frac{h - y_3}{\sin\beta} = \frac{750 - 310.3}{\sin 59.3^\circ} = 511.4$$

$$f_4 = \frac{h - y_4}{\sin\beta} = \frac{750 - 194.3}{\sin 59.3^\circ} = 646.3$$

$$f_5 = \frac{h - y_5}{\sin\beta} = \frac{750 - 117}{\sin 59.3^\circ} = 736$$

$$f_6 = \frac{h - y_6}{\sin\beta} = \frac{750 - 90}{\sin 59.3^\circ} = 767.6$$

$$f_7 = \frac{h - y_7}{\sin\beta} = \frac{750 - 117}{\sin 59.3^\circ} = 736$$

$$f_8 = \frac{h - y_8}{\sin\beta} = \frac{750 - 194.4}{\sin 59.3^\circ} = 646$$

$$C_0 = 0.707 \times 300 \sin 0^\circ = 0$$

$$C_1 = 0.707 \times 300 \sin 22.5^\circ = 81$$

$$C_2 = 0.707 \times 300 \sin 45^\circ = 150$$

$$C_3 = 0.707 \times 300 \sin 67.5^\circ = 196$$

$$C_4 = 0.707 \times 300 \sin 90^\circ = 212$$

$$C_5 = C_3, C_6 = C_2, C_7 = C_1$$

$$S = \pi D = 300\pi = 942.5$$

$$m = \frac{S}{n} = \frac{942.5}{16} = 58.9$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.48 所示。

三十二、圆管斜交四棱锥管展开放样

图 4.49 所示为圆管斜交四棱锥管的投影图和展开图，尺寸 A 、 D 、 H_0 、 H_1 、 H_2 、 β ，用算法进行展开放样。

展开图的计算公式如下

$$\tan\phi = \frac{2H_1}{A}$$

$$\gamma = \phi - 90^\circ + \beta$$

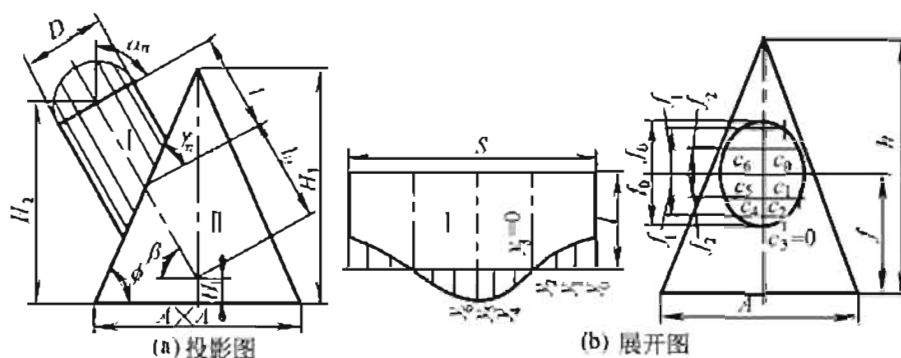


图 4.49 圆管斜交四棱锥管展开放样

$$y_n = \frac{D}{2} \cos \alpha_n \tan \gamma$$

$$l_0 = \frac{A}{2 \cos \beta} \left(1 - \frac{H_0}{H_1} \right) \left(1 - \frac{\tan \beta}{\tan \phi + \tan \beta} \right)$$

$$l = \frac{H_2 - H_0}{\sin \beta} - l_0$$

$$f = \frac{l_0 \sin \beta + H_0}{\sin \phi}$$

$$f_n = \frac{D \cos \alpha_n}{2 \cos \gamma}$$

$$c_n = \frac{D}{2} \cos \alpha_n$$

$$h = \sqrt{\left(\frac{A}{2} \right)^2 + H_1^2}$$

$$S = \pi D$$

例 4-28 已知一圆管与四棱锥管侧面斜交，尺寸 $A = 800$ ， $H_0 = 160$ ， $H_1 = 1100$ ， $D = 300$ ， $H_2 = 860$ ， $D = 380$ ， $\beta = 50^\circ$ ，试计算放样。

解：设分圆管断面半圆周为 6 等分，等分角 $\alpha_1 = \frac{180^\circ}{6} = 30^\circ$ ， α 角以此值递增。

$$\tan \phi = \frac{2 \times 1100}{800} = 2.75, \phi = 70^\circ$$

$$\gamma = 70^\circ - 90^\circ + 50^\circ = 30^\circ$$

$$y_0 = \frac{380}{2} \cos 0^\circ \tan 30^\circ = 109.7$$

$$y_1 = 109.7 \cos 30^\circ = 95$$

$$y_2 = 109.7 \cos 60^\circ = 54.9$$

$$y_3 = 109.7 \cos 90^\circ = 0$$

$$y_4 = -y_2, y_5 = -y_1, y_6 = -y_0$$

$$l_0 = \frac{800 \left(1 - \frac{160}{1100}\right)}{2 \cos 50^\circ} \left(1 - \frac{\tan 50^\circ}{\tan 70^\circ + \tan 50^\circ}\right) = 370.8$$

$$l = \frac{860 - 160}{\sin 50^\circ} - 370.8 = 543$$

$$f = \frac{370.8 \sin 50^\circ + 160}{\sin 70^\circ} = 472.5$$

$$f_0 = \frac{380 \cos 0^\circ}{2 \cos 30^\circ} = 219.4$$

$$f_1 = 219.4 \cos 30^\circ = 190$$

$$f_2 = 219.4 \cos 60^\circ = 109.7$$

$$f_3 = 219.4 \cos 90^\circ = 0$$

$$f_4 = -f_2, f_5 = -f_1, f_6 = -f_0$$

$$c_0 = \frac{380}{2} \cos 0^\circ = 190$$

$$c_1 = \frac{380}{2} \cos 30^\circ = 164.5$$

$$c_2 = \frac{380}{2} \cos 60^\circ = 95$$

$$c_3 = \frac{380}{2} \cos 90^\circ = 0$$

$$c_4 = -c_2, \quad c_5 = -c_1, \quad c_6 = -c_0$$

$$h = \sqrt{\left(\frac{800}{2}\right)^2 + 1100^2} = 1170.5$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.49 所示。

三十三、裤形圆管圆锥管展开放样

图 4.50 所示为裤形圆管圆锥管的投影图和展开图，展开尺寸 D ($D=2R$)、 d ($d=2r$)、 H 、 h_1 、 β_0 ，用算法进行展开放样。

① 相关数值的计算公式如下

$$\cos \phi_0 = \frac{R}{H}$$

$$h = \frac{R - r \sin \phi_0}{\cos \phi_0}$$

$$\beta = \frac{1}{4} \beta_0$$

$$\gamma = 180^\circ - (\phi_0 + \beta)$$

$$\Delta h = R (\cot \phi_0 - \cot \gamma) \frac{1}{\cos \beta}$$

$$A = (h - \Delta h) \cot \beta$$

$$B = h \tan \frac{\beta_0}{2}$$

$$\Delta = \Delta h \cos \frac{\beta_0}{2}$$

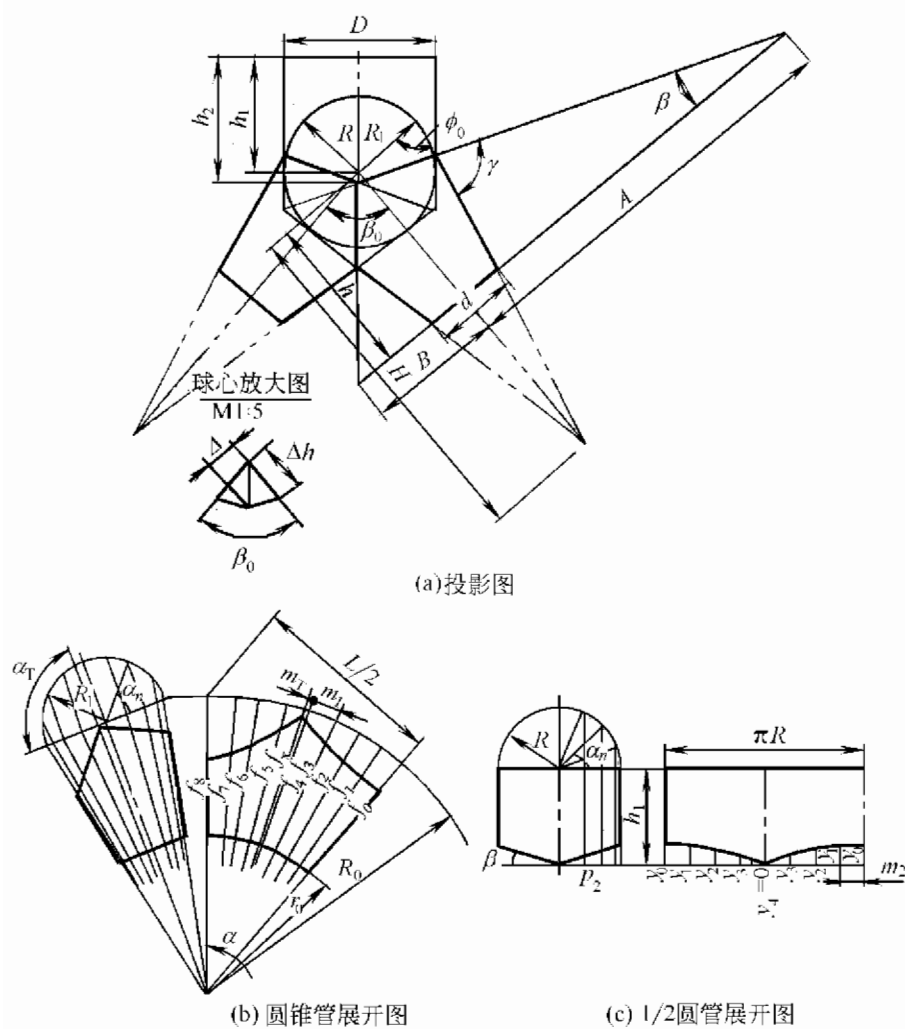


图 4.50 裤形圆管圆锥管展开放样

$$\cos \alpha_T = \frac{\Delta}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{R}{\sin \phi_0}$$

$$m_T = \frac{R_1 (90^\circ - \alpha_T) \pi}{180^\circ}$$

$$\tan \phi_T = \frac{H}{\Delta}$$

$$\tan \phi_n = \frac{H}{R_1 \cos \alpha_n}$$

② 圆锥管展开放样的计算公式如下

$$f_{0 \sim 4} = \frac{\sin \phi_n \sin \beta (A - r \cos \alpha_n)}{\sin \phi_0 \sin (\phi_n + \beta)}$$

$$f_T = \frac{\sin \phi_T \sin \frac{\beta_0}{2} (B - r \cos \alpha_T)}{\sin \phi_0 \sin \left(\phi_T + \frac{1}{2} \beta_0 \right)}$$

$$f_{5 \sim 8} = \frac{\sin \phi_n \sin \frac{\beta_0}{2} [B - r \cos (180^\circ - \alpha_n)]}{\sin \phi_0 \sin \left(\phi_n + \frac{1}{2} \beta_0 \right)}$$

$$R_0 = \sqrt{R_1^2 + H^2}$$

$$r_0 = \sqrt{r^2 + (H - h)^2}$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{r}{r_0}$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$m_1 = \frac{2\pi R_1}{n}$$

③ 圆管展开放样的计算公式如下

$$h_2 = h_1 + \Delta h$$

$$m_2 = \frac{2\pi R}{n}$$

$$y_n = R \tan \beta \cos \alpha_n$$

$$S = \pi D$$

例 4-29 已知裤形管尺寸 $D=360$, $R=180$, $d=180$, $r=90$, $H=640$, $h_1=280$, $\beta_0=90^\circ$, 试计算放样。

解: (1) 相关数值的计算

$$\cos \phi_0 = \frac{180}{640} = 0.2813 \quad \phi_0 = 73.7^\circ$$

$$h = \frac{180 - 90 \sin 73.7^\circ}{\cos 73.7^\circ} = 333.5$$

$$\beta = \frac{1}{4} \beta_0 = \frac{90^\circ}{4} = 22.5^\circ$$

$$\gamma = 180^\circ - (73.7^\circ + 22.5^\circ) = 83.8^\circ$$

$$\Delta h = 180 (\cot 73.7^\circ - \cot 83.8^\circ) \frac{1}{\cos 22.5^\circ} = 35.8$$

$$A = (333.5 - 35.8) \cot 22.5^\circ = 719$$

$$B = 333.5 \tan \frac{90^\circ}{2} = 333.5$$

$$\Delta = \Delta h \cos \frac{\beta_0}{2} = 35.8 \cos \frac{90^\circ}{2} = 25.3$$

$$R_1 = \frac{R}{\sin \phi_0} = \frac{180}{\sin 73.7^\circ} = 187.5$$

$$\cos \alpha_T = \frac{\Delta}{R_1} = \frac{25.3}{187.5} = 0.1349 \quad \alpha_T = 82.2^\circ$$

$$m_T = \frac{187.5 (90^\circ - 82.2^\circ) \pi}{180^\circ} = 25.5$$

$$\tan \phi_T = \frac{H}{\Delta} = \frac{640}{25.3} = 25.3 \quad \phi_T = 87.7^\circ$$

设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$\tan\phi_1 = \frac{640}{187.5\cos 22.5^\circ} = 3.6946 \quad \phi_1 = 74.9^\circ$$

$$\tan\phi_2 = \frac{640}{187.5\cos 45^\circ} = 4.8272 \quad \phi_2 = 78.3^\circ$$

$$\tan\phi_3 = \frac{640}{187.5\cos 67.5^\circ} = 8.9195 \quad \phi_3 = 83.6^\circ$$

$$\tan\phi_4 = \frac{640}{187.5\cos 90^\circ} = \infty \quad \phi_4 = 90^\circ$$

$$\phi_5 = \phi_3, \quad \phi_6 = \phi_2, \quad \phi_7 = \phi_1, \quad \phi_8 = \phi_0$$

(2) 圆锥管展开尺寸

$$f_0 = \frac{\sin 22.5^\circ (719 - 90\cos 0^\circ)}{\sin (73.7^\circ + 22.5^\circ)} = 242$$

$$f_1 = \frac{\sin 74.95^\circ \sin 22.5^\circ (719 - 90\cos 22.5^\circ)}{\sin 73.7^\circ \sin (74.9^\circ + 22.5^\circ)} = 247$$

$$f_2 = \frac{\sin 78.3^\circ \sin 22.5^\circ (719 - 90\cos 45^\circ)}{\sin 73.7^\circ \sin (78.3^\circ + 22.5^\circ)} = 260.5$$

$$f_3 = \frac{\sin 83.6^\circ \sin 22.5^\circ (719 - 90\cos 67.5^\circ)}{\sin 73.7^\circ \sin (83.6^\circ + 22.5^\circ)} = 282$$

$$f_4 = \frac{\sin 90^\circ \sin 22.5^\circ (719 - 90\cos 90^\circ)}{\sin 73.7^\circ \sin (90^\circ + 22.5^\circ)} = 310$$

$$f_T = \frac{\sin 87.7^\circ \sin 45^\circ (333.5 - 90\cos 82.2^\circ)}{\sin 73.7^\circ \sin (87.7^\circ + 45^\circ)} = 322$$

$$f_5 = \frac{\sin 83.6^\circ \sin 45^\circ (333.5 - 90 \cos 67.5^\circ)}{\sin 73.7^\circ \sin (83.6^\circ + 45^\circ)} = 280$$

$$f_6 = \frac{\sin 78.3^\circ \sin 45^\circ (333.5 - 90 \cos 45^\circ)}{\sin 73.7^\circ \sin (78.3^\circ + 45^\circ)} = 233$$

$$f_7 = \frac{\sin 74.9^\circ \sin 45^\circ (333.5 - 90 \cos 22.5^\circ)}{\sin 73.7^\circ \sin (74.9^\circ + 45^\circ)} = 205.4$$

$$f_8 = \frac{\sin 45^\circ (333.5 - 90 \cos 0^\circ)}{\sin (73.7^\circ + 45^\circ)} = 196.3$$

$$R_0 = \sqrt{187.5^2 + 640^2} = 667$$

$$r_0 = \sqrt{90^2 + (640 - 333.5)^2} = 319.4$$

$$\alpha = \frac{360^\circ \times 90}{319.4} = 101.4^\circ$$

$$L = 2 \times 667 \sin \frac{101.4^\circ}{2} = 1032.3$$

$$m_1 = \frac{2\pi R_1}{n} = \frac{2 \times 187.5\pi}{16} = 73.63$$

(3) 圆管展开尺寸

设圆管周长等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$h_2 = h_1 + \Delta h = 280 + 35.8 = 315.8$$

$$S = 360\pi = 1131$$

$$m_2 = \frac{S}{n} = \frac{1131}{16} = 70.68$$

$$y_0 = 180 \tan 22.5^\circ \cos 0^\circ = 74.55$$

$$y_1 = 74.55 \cos 22.5^\circ = 68.8$$

$$y_2 = 74.55 \cos 45^\circ = 52.7$$

$$y_3 = 74.55 \cos 67.5^\circ = 28.5$$

$$y_4 = 74.55 \cos 90^\circ = 0$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.50 所示。

三十四、异径裤形三通管展开放样

图 4.51 所示为异径裤形三通管的投影图和展开图，尺寸 R 、 r 、 h 、 β ，用计算法进行展开放样。

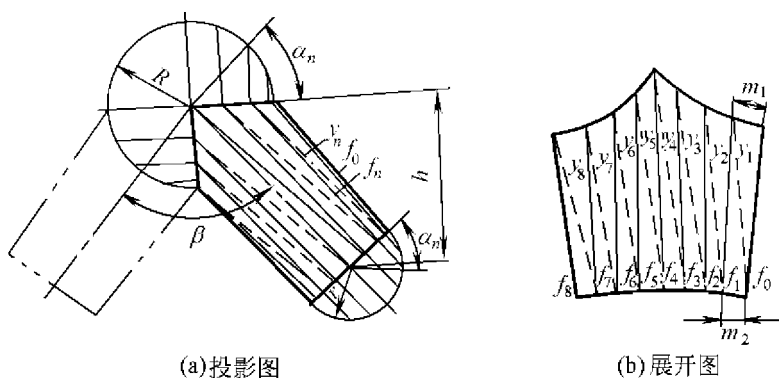


图 4.51 异径裤形三通管展开放样

展开图的计算公式如下

$$l = 2h \tan \frac{\beta}{2}$$

$$f_0 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} - R\right)^2 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2}\right)^2}$$

$$\begin{aligned}
 f_{1\sim 4} &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_{1\sim 4} - R \cos \alpha_{1\sim 4}\right)^2 + (R-r)^2 \sin^2 \alpha_{1\sim 4} + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_{1\sim 4}\right)^2} \\
 f_{5\sim 8} &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_{5\sim 8}\right)^2 + (R-r)^2 \sin^2 \alpha_{5\sim 8} + \left(h + R \cos \alpha_{5\sim 8} - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_{5\sim 8}\right)^2} \\
 y_{1\sim 4} &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_{0\sim 3} - R \cos \alpha_{1\sim 4}\right)^2 + (R \sin \alpha_{1\sim 4} - r \sin \alpha_{0\sim 3})^2 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_{0\sim 3}\right)^2} \\
 y_{5\sim 8} &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_{4\sim 7}\right)^2 + (R \sin \alpha_{5\sim 8} - r \sin \alpha_{4\sim 7})^2 + \left(h + R \cos \alpha_{5\sim 8} - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_{4\sim 7}\right)^2}
 \end{aligned}$$

$$m_1 = \frac{2\pi R}{n}$$

$$m_2 = \frac{2\pi r}{n}$$

例 4-30 已知异径裤形管 $R=240$, $r=144$, $h=420$, $\beta=80^\circ$, 试计算放样。

解：设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$l = 2h \tan \frac{\beta}{2} = 2 \times 420 \tan \frac{80^\circ}{2} = 705$$

$$\begin{aligned}
f_0 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} - R\right)^2 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2}\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} - 240\right)^2 + \left(420 - 144 \sin \frac{80^\circ}{2}\right)^2} = 396 \\
f_1 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_1 - R \cos \alpha_1\right)^2 + (R - r)^2 \sin^2 \alpha_1 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_1\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 22.5^\circ - 240 \cos 22.5^\circ\right)^2 + (240 - 144)^2 \sin^2 22.5^\circ + \left(420 - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 22.5^\circ\right)^2} = 409 \\
f_2 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_2 - R \cos \alpha_2\right)^2 + (R - r)^2 \sin^2 \alpha_2 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_2\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 45^\circ - 240 \cos 45^\circ\right)^2 + (240 - 144)^2 \sin^2 45^\circ + \left(420 - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 45^\circ\right)^2} = 445 \\
f_3 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_3 - R \cos \alpha_3\right)^2 + (R - r)^2 \sin^2 \alpha_3 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_3\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 67.5^\circ - 240 \cos 67.5^\circ\right)^2 + (240 - 144)^2 \sin^2 67.5^\circ + \left(420 - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 67.5^\circ\right)^2} = 497
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_4 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_4 - R \cos \alpha_4\right)^2 + (R-r)^2 \sin^2 \alpha_4 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_4\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 90^\circ - 240 \cos 90^\circ\right)^2 + (240-144)^2 \sin^2 90^\circ + \left(420 - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 90^\circ\right)^2} = 557 \\
f_5 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_5\right)^2 + (R-r)^2 \sin^2 \alpha_5 + \left(h + R \cos \alpha_5 - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_5\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 112.5^\circ\right)^2 + (240-144)^2 \sin^2 112.5^\circ + \left(420 + 240 \cos 112.5^\circ - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 112.5^\circ\right)^2} = 486 \\
f_6 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_6\right)^2 + (R-r)^2 \sin^2 \alpha_6 + \left(h + R \cos \alpha_6 - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_6\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 135^\circ\right)^2 + (240-144)^2 \sin^2 135^\circ + \left(420 + 240 \cos 135^\circ - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 135^\circ\right)^2} = 424 \\
f_7 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_7\right)^2 + (R-r)^2 \sin^2 \alpha_7 + \left(h + R \cos \alpha_7 - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_7\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 157.5^\circ\right)^2 + (240-144)^2 \sin^2 157.5^\circ + \left(420 + 240 \cos 157.5^\circ - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 157.5^\circ\right)^2} = 380 \\
f_8 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_8\right)^2 + (R-r)^2 \sin^2 \alpha_8 + \left(h + R \cos \alpha_8 - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_8\right)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 180^\circ\right)^2 + (240 - 144)^2 \sin^2 180^\circ + \left(420 + 240 \cos 180^\circ - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 180^\circ\right)^2} = 365 \\
y_1 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_0 - R \cos \alpha_1\right)^2 + (R \sin \alpha_1 - r \sin \alpha_0)^2 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_0\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 0^\circ - 240 \cos 22.5^\circ\right)^2 + (240 \sin 22.5^\circ - 144 \sin 0^\circ)^2 + \left(420 - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 0^\circ\right)^2} = 417 \\
y_2 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_1 - R \cos \alpha_2\right)^2 + (R \sin \alpha_2 - r \sin \alpha_1)^2 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_1\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 22.5^\circ - 240 \cos 45^\circ\right)^2 + (240 \sin 45^\circ - 144 \sin 22.5^\circ)^2 + \left(420 - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 22.5^\circ\right)^2} = 454 \\
y_3 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_2 - R \cos \alpha_3\right)^2 + (R \sin \alpha_3 - r \sin \alpha_2)^2 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_2\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 45^\circ - 240 \cos 67.5^\circ\right)^2 + (240 \sin 67.5^\circ - 144 \sin 45^\circ)^2 + \left(420 - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 45^\circ\right)^2} = 505 \\
y_4 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_3 - R \cos \alpha_4\right)^2 + (R \sin \alpha_4 - r \sin \alpha_3)^2 + \left(h - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_3\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 67.5^\circ - 240 \cos 90^\circ\right)^2 + (240 \sin 90^\circ - 144 \sin 67.5^\circ)^2 + \left(420 - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 67.5^\circ\right)^2} = 561
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y_5 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_4\right)^2 + (R \sin \alpha_5 - r \sin \alpha_4)^2 + \left(h + R \cos \alpha_5 - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_4\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 90^\circ\right)^2 + (240 \sin 112.5^\circ - 144 \sin 90^\circ)^2 + \left(420 + 240 \cos 112.5^\circ - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 90^\circ\right)^2} = 488 \\
y_6 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_5\right)^2 + (R \sin \alpha_6 - r \sin \alpha_5)^2 + \left(h + R \cos \alpha_6 - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_5\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 112.5^\circ\right)^2 + (240 \sin 135^\circ - 144 \sin 112.5^\circ)^2 + \left(420 + 240 \cos 135^\circ - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 112.5^\circ\right)^2} = 423 \\
y_7 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_6\right)^2 + (R \sin \alpha_7 - r \sin \alpha_6)^2 + \left(h + R \cos \alpha_7 - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_6\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 135^\circ\right)^2 + (240 \sin 157.5^\circ - 144 \sin 135^\circ)^2 + \left(420 + 240 \cos 157.5^\circ - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 135^\circ\right)^2} = 381 \\
y_8 &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \frac{\beta}{2} \cos \alpha_7\right)^2 + (R \sin \alpha_8 - r \sin \alpha_7)^2 + \left(h + R \cos \alpha_8 - r \sin \frac{\beta}{2} \cos \alpha_7\right)^2} \\
&= \sqrt{\left(\frac{705}{2} + 144 \cos \frac{80^\circ}{2} \cos 157.5^\circ\right)^2 + (240 \sin 180^\circ - 144 \sin 157.5^\circ)^2 + \left(420 + 240 \cos 180^\circ - 144 \sin \frac{80^\circ}{2} \cos 157.5^\circ\right)^2} = 369
\end{aligned}$$

$$m_1 = \frac{2\pi R}{n} = \frac{2\pi \times 240}{16} = 94.2$$

$$m_2 = \frac{2\pi r}{n} = \frac{2\pi \times 144}{16} = 56.5$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.51 所示。

三十五、放射状四通管展开放样

图 4.52 所示为放射状四通管的投影图和展开图，大端 D 、 R ，小端 d 、 r ，高 h 和 β ，用计算法进行展开放样。

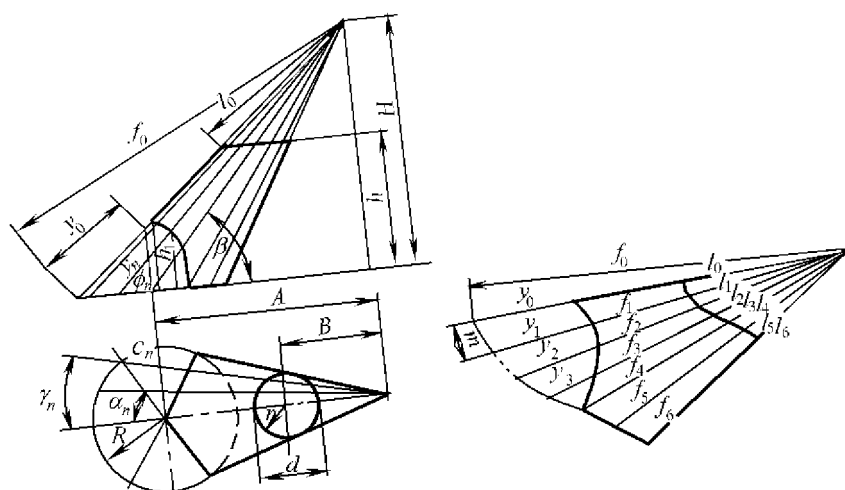


图 4.52 放射状四通管展开放样

展开图的计算公式如下

$$H = \frac{Dh}{D-d}$$

$$A = H \cot \beta$$

$$B = (H-h) \cot \beta$$

$$\tan \phi_n = \frac{H}{A + R \cos \alpha_n}$$

$$\tan \gamma_n = \frac{R \sin \alpha_n}{A + R \cos \alpha_n}$$

$$c_n = \frac{1}{\cos \gamma_n} \left(R \cos \alpha_n + \frac{A \sin \gamma_n}{1.732 \cos \gamma_n + \sin \gamma_n} \right)$$

$$y_n = c_n \sqrt{\cos^2 \gamma_n \tan^2 \phi_n + 1}$$

$$m = \frac{\pi D}{n}$$

$$f_n = \sqrt{(A + R \cos \alpha_n)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_n + H^2}$$

$$l_n = \sqrt{(B + r \cos \alpha_n)^2 + r^2 \sin^2 \alpha_n + (H - h)^2}$$

式中 c_n ——大端切割素线的水平投影；

y_n , l_n ——切割素线实长；

f_n ——素线实长。

其余各符号的意义如图 4.52 所示。

例 4-31 已知一放射状四通管大端直径 $D=120$, $R=60$, 小端直径 $d=56$, $r=28$, 高 $h=84$, $\beta=50^\circ$, 试计算放样。

解:
$$H = \frac{Dh}{D-d} = \frac{120 \times 84}{120-56} = 157.5$$

$$A = H \cot \beta = 157.5 \cot 50^\circ = 132.2$$

$$B = (H-h) \cot \beta = (157.5-84) \cot 50^\circ = 61.7$$

设圆周等分数 $n=12$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$, α 角以此值递增。

$$\tan \phi_0 = \frac{H}{A + R \cos \alpha_0} = \frac{157.5}{132.2 + 60 \cos 0^\circ} = 0.8195 \quad \phi_0 = 39.3^\circ$$

$$\tan\phi_1 = \frac{H}{A + R\cos\alpha_1} = \frac{157.5}{132.2 + 60\cos30^\circ} = 0.8552 \quad \phi_1 = 40.5^\circ$$

$$\tan\phi_2 = \frac{H}{A + R\cos\alpha_2} = \frac{157.5}{132.2 + 60\cos60^\circ} = 0.971 \quad \phi_2 = 44.2^\circ$$

$$\tan\phi_3 = \frac{H}{A + R\cos\alpha_3} = \frac{157.5}{132.2 + 60\cos90^\circ} = 1.1914 \quad \phi_3 = \beta = 50^\circ$$

$$\tan\gamma_0 = \frac{R\sin\alpha_0}{A + R\cos\alpha_0} = \frac{60\sin0^\circ}{132.2 + 60\cos0^\circ} = 0 \quad \gamma_0 = 0^\circ$$

$$\tan\gamma_1 = \frac{R\sin\alpha_1}{A + R\cos\alpha_1} = \frac{60\sin30^\circ}{132.2 + 60\cos30^\circ} = 0.1629 \quad \gamma_1 = 9.3^\circ$$

$$\tan\gamma_2 = \frac{R\sin\alpha_2}{A + R\cos\alpha_2} = \frac{60\sin60^\circ}{132.2 + 60\cos60^\circ} = 0.3203 \quad \gamma_2 = 17.8^\circ$$

$$\tan\gamma_3 = \frac{R\sin\alpha_3}{A + R\cos\alpha_3} = \frac{60\sin90^\circ}{132.2 + 60\cos90^\circ} = 0.4538 \quad \gamma_3 = 24.4^\circ$$

$$c_0 = R = 60$$

$$\begin{aligned} c_1 &= \frac{1}{\cos\gamma_1} \left(R\cos\alpha_1 + \frac{A\sin\gamma_1}{1.732\cos\gamma_1 + \sin\gamma_1} \right) \\ &= \frac{1}{\cos9.3^\circ} \left(60\cos30^\circ + \frac{132.2\sin9.3^\circ}{1.732\cos9.3^\circ + \sin9.3^\circ} \right) = 64.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_2 &= \frac{1}{\cos\gamma_2} \left(R\cos\alpha_2 + \frac{A\sin\gamma_2}{1.732\cos\gamma_2 + \sin\gamma_2} \right) \\ &= \frac{1}{\cos17.8^\circ} \left(60\cos60^\circ + \frac{132.2\sin17.8^\circ}{1.732\cos17.8^\circ + \sin17.8^\circ} \right) = 53.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_3 &= \frac{1}{\cos\gamma_3} \left(R\cos\alpha_3 + \frac{A\sin\gamma_3}{1.732\cos\gamma_3 + \sin\gamma_3} \right) \\ &= \frac{1}{\cos24.4^\circ} \left(60\cos90^\circ + \frac{132.2\sin24.4^\circ}{1.732\cos24.4^\circ + \sin24.4^\circ} \right) = 30 \end{aligned}$$

$$y_0 = c_0 \sqrt{\cos^2 \gamma_0 \tan^2 \phi_0 + 1} = 60 \sqrt{\cos^2 0^\circ \tan^2 39.3^\circ + 1} = 77.5$$

$$y_1 = c_1 \sqrt{\cos^2 \gamma_1 \tan^2 \phi_1 + 1} = 64.2 \sqrt{\cos^2 9.3^\circ \tan^2 40.5^\circ + 1} = 84$$

$$y_2 = c_2 \sqrt{\cos^2 \gamma_2 \tan^2 \phi_2 + 1} = 53.2 \sqrt{\cos^2 17.8^\circ \tan^2 44.2^\circ + 1} = 72.5$$

$$y_3 = c_3 \sqrt{\cos^2 \gamma_3 \tan^2 \phi_3 + 1} = 30 \sqrt{\cos^2 24.4^\circ \tan^2 50^\circ + 1} = 44.3$$

$$m = \frac{\pi D}{n} = \frac{120\pi}{12} \approx 31.4$$

$$\begin{aligned} f_0 &= \sqrt{(A + R \cos \alpha_0)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_0 + H^2} \\ &= \sqrt{(132.2 + 60 \cos 0^\circ)^2 + 60^2 \sin^2 0^\circ + 157.5^2} = 248.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \sqrt{(A + R \cos \alpha_1)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_1 + H^2} \\ &= \sqrt{(132.2 + 60 \cos 30^\circ)^2 + 60^2 \sin^2 30^\circ + 157.5^2} = 244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \sqrt{(A + R \cos \alpha_2)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_2 + H^2} \\ &= \sqrt{(132.2 + 60 \cos 60^\circ)^2 + 60^2 \sin^2 60^\circ + 157.5^2} = 232 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_3 &= \sqrt{(A + R \cos \alpha_3)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_3 + H^2} \\ &= \sqrt{(132.2 + 60 \cos 90^\circ)^2 + 60^2 \sin^2 90^\circ + 157.5^2} = 214 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_4 &= \sqrt{(A + R \cos \alpha_4)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_4 + H^2} \\ &= \sqrt{(132.2 + 60 \cos 120^\circ)^2 + 60^2 \sin^2 120^\circ + 157.5^2} = 195 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_5 &= \sqrt{(A + R \cos \alpha_5)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_5 + H^2} \\ &= \sqrt{(132.2 + 60 \cos 150^\circ)^2 + 60^2 \sin^2 150^\circ + 157.5^2} = 179 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_6 &= \sqrt{(A + R \cos \alpha_6)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_6 + H^2} \\ &= \sqrt{(132.2 + 60 \cos 180^\circ)^2 + 60^2 \sin^2 180^\circ + 157.5^2} = 173 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
l_0 &= \sqrt{(B+r\cos\alpha_0)^2 + r^2 \sin^2\alpha_0 + (H-h)^2} \\
&= \sqrt{(61.7+28\cos 0^\circ)^2 + 28^2 \sin^2 0^\circ + (157.5-84)^2} = 116 \\
l_1 &= \sqrt{(B+r\cos\alpha_1)^2 + r^2 \sin^2\alpha_1 + (H-h)^2} \\
&= \sqrt{(61.7+28\cos 30^\circ)^2 + 28^2 \sin^2 30^\circ + (157.5-84)^2} = 114 \\
l_2 &= \sqrt{(B+r\cos\alpha_2)^2 + r^2 \sin^2\alpha_2 + (H-h)^2} \\
&= \sqrt{(61.7+28\cos 60^\circ)^2 + 28^2 \sin^2 60^\circ + (157.5-84)^2} = 108 \\
l_3 &= \sqrt{(B+r\cos\alpha_3)^2 + r^2 \sin^2\alpha_3 + (H-h)^2} \\
&= \sqrt{(61.7+28\cos 90^\circ)^2 + 28^2 \sin^2 90^\circ + (157.5-84)^2} = 100 \\
l_4 &= \sqrt{(B+r\cos\alpha_4)^2 + r^2 \sin^2\alpha_4 + (H-h)^2} \\
&= \sqrt{(61.7+28\cos 120^\circ)^2 + 28^2 \sin^2 120^\circ + (157.5-84)^2} = 91 \\
l_5 &= \sqrt{(B+r\cos\alpha_5)^2 + r^2 \sin^2\alpha_5 + (H-h)^2} \\
&= \sqrt{(61.7+28\cos 150^\circ)^2 + 28^2 \sin^2 150^\circ + (157.5-84)^2} = 84 \\
l_6 &= \sqrt{(B+r\cos\alpha_6)^2 + r^2 \sin^2\alpha_6 + (H-h)^2} \\
&= \sqrt{(61.7+28\cos 180^\circ)^2 + 28^2 \sin^2 180^\circ + (157.5-84)^2} = 81
\end{aligned}$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.52 所示。

三十六、圆管平交圆锥管展开放样

图 4.53 所示为圆管平交圆锥管的投影图和展开图，尺

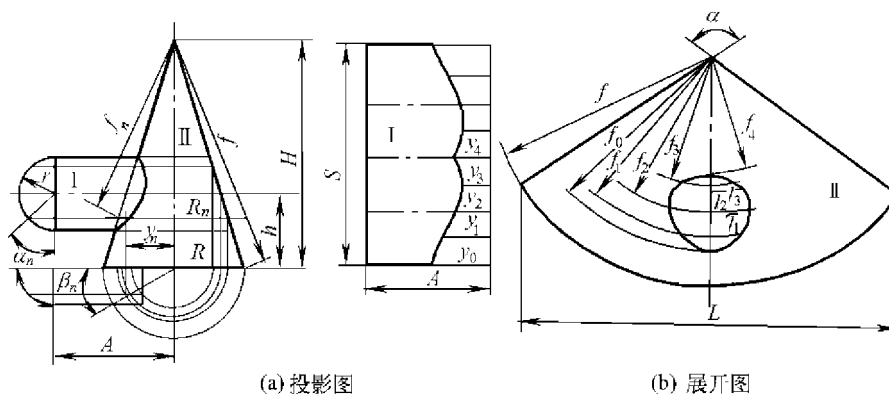


图 4.53 圆管平交圆锥管展开放样

寸 R 、 r 、 h 、 H 、 A ，用算法进行展开放样。

展开图的计算公式如下

$$R_n = R \left(1 - \frac{h - r \cos \alpha_n}{H} \right)$$

$$y_n = \sqrt{R_n^2 - r^2 \sin^2 \alpha_n}$$

$$f_n = \sqrt{R_n^2 + (H - h + r \cos \alpha_n)^2}$$

$$f = \sqrt{R^2 + H^2}$$

$$\alpha = \frac{360^\circ R}{f}$$

$$L = 2f \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$S = 2\pi r$$

$$\sin \beta_n = \frac{r \sin \alpha_n}{R_n}$$

$$\widehat{l}_n = \frac{R_n \pi \beta_n}{180^\circ}$$

式中各符号的意义如图 4.51 所示。

例 4-32 已知一圆管与圆锥管水平相交, $R=40$, $r=20$, $h=38$, $H=90$, $A=60$, 试计算放样。

解: 设圆周等分数 $n=8$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{8} = 45^\circ$, α 角以此值递增。

$$R_0 = R \left(1 - \frac{h - r \cos \alpha_0}{H} \right) = 40 \left(1 - \frac{38 - 20 \cos 0^\circ}{90} \right) = 32$$

$$R_1 = R \left(1 - \frac{h - r \cos \alpha_1}{H} \right) = 40 \left(1 - \frac{38 - 20 \cos 45^\circ}{90} \right) = 29.4$$

$$R_2 = R \left(1 - \frac{h - r \cos \alpha_2}{H} \right) = 40 \left(1 - \frac{38 - 20 \cos 90^\circ}{90} \right) = 23$$

$$R_3 = R \left(1 - \frac{h - r \cos \alpha_3}{H} \right) = 40 \left(1 - \frac{38 - 20 \cos 135^\circ}{90} \right) = 16.8$$

$$R_4 = R \left(1 - \frac{h - r \cos \alpha_4}{H} \right) = 40 \left(1 - \frac{38 - 20 \cos 180^\circ}{90} \right) = 14.2$$

$$y_0 = \sqrt{R_0^2 - r^2 \sin^2 \alpha_0} = \sqrt{32^2 - 20^2 \sin^2 0^\circ} = 32$$

$$y_1 = \sqrt{R_1^2 - r^2 \sin^2 \alpha_1} = \sqrt{29.4^2 - 20^2 \sin^2 45^\circ} = 25.8$$

$$y_2 = \sqrt{R_2^2 - r^2 \sin^2 \alpha_2} = \sqrt{23^2 - 20^2 \sin^2 90^\circ} = 11.4$$

$$y_3 = \sqrt{R_3^2 - r^2 \sin^2 \alpha_3} = \sqrt{16.8^2 - 20^2 \sin^2 135^\circ} = 9$$

$$y_4 = \sqrt{R_4^2 - r^2 \sin^2 \alpha_4} = \sqrt{14.2^2 - 20^2 \sin^2 180^\circ} = 14.2$$

$$\begin{aligned} f_0 &= \sqrt{R_0^2 + (H - h + r \cos \alpha_0)^2} \\ &= \sqrt{32^2 + (90 - 38 + 20 \cos 0^\circ)^2} = 78.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \sqrt{R_1^2 + (H - h + r \cos \alpha_1)^2} \\ &= \sqrt{29.4^2 + (90 - 38 + 20 \cos 45^\circ)^2} = 72.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \sqrt{R_2^2 + (H - h + r \cos \alpha_2)^2} \\ &= \sqrt{23^2 + (90 - 38 + 20 \cos 90^\circ)^2} = 57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_3 &= \sqrt{R_3^2 + (H - h + r \cos \alpha_3)^2} \\ &= \sqrt{16.8^2 + (90 - 38 + 20 \cos 135^\circ)^2} = 41.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_4 &= \sqrt{R_4^2 + (H - h + r \cos \alpha_4)^2} \\ &= \sqrt{14.2^2 + (90 - 38 + 20 \cos 180^\circ)^2} = 35 \end{aligned}$$

$$f = \sqrt{R^2 + H^2} = \sqrt{40^2 + 90^2} = 98.5$$

$$\alpha = \frac{360^\circ R}{f} = \frac{360^\circ \times 40}{98.5} = 146.2^\circ$$

$$L = 2f \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \times 98.5 \sin \frac{146.2^\circ}{2} = 188.5$$

$$\sin \beta_0 = \frac{r \sin \alpha_0}{R_0} = \frac{20 \sin 0^\circ}{32} = 0 \quad \beta_0 = 0^\circ$$

$$\sin \beta_1 = \frac{r \sin \alpha_1}{R_1} = \frac{20 \sin 45^\circ}{29.4} = 0.481 \quad \beta_1 = 28.7^\circ$$

$$\sin \beta_2 = \frac{r \sin \alpha_2}{R_2} = \frac{20 \sin 90^\circ}{23} = 0.8696 \quad \beta_2 = 60.4^\circ$$

$$\sin \beta_3 = \frac{r \sin \alpha_3}{R_3} = \frac{20 \sin 135^\circ}{16.8} = 0.8418 \quad \beta_3 = 57.3^\circ$$

$$\sin \beta_4 = \frac{r \sin \alpha_4}{R_4} = \frac{20 \sin 180^\circ}{14.2} = 0 \quad \beta_4 = 0^\circ$$

$$\widehat{l}_1 = \frac{R_1 \pi \beta_1}{180^\circ} = \frac{29.4 \times 28.7^\circ \pi}{180^\circ} = 14.7$$

$$\widehat{l}_2 = \frac{R_2 \pi \beta_2}{180^\circ} = \frac{23 \times 60.4^\circ \pi}{180^\circ} = 24.2$$

$$\widehat{l}_3 = \frac{R_3 \pi \beta_3}{180^\circ} = \frac{16.8 \times 57.3^\circ \pi}{180^\circ} = 16.8$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图, 如图 4.53 所示。

三十七、圆管垂直侧交圆锥管展开放样

图 4.54 所示为圆管垂直侧交圆锥管的投影图和展开图, 尺寸 R 、 r 、 A 、 H 、 h , 用计算法进行展开放样。

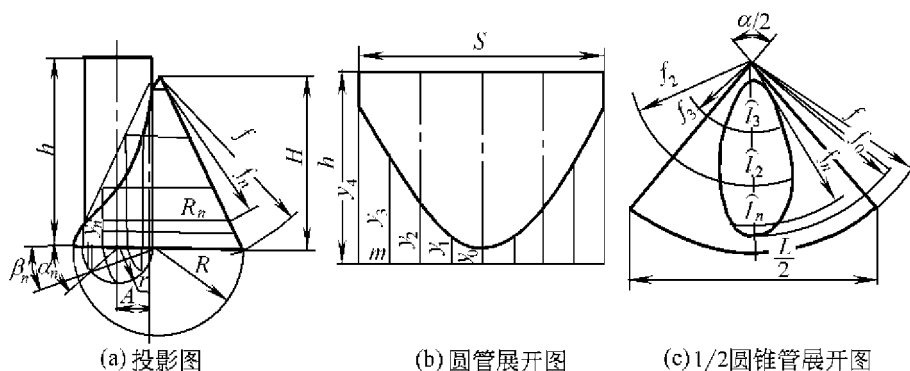


图 4.54 圆管垂直侧交圆锥管展开放样

① 展开图的计算公式如下

$$R_n = \sqrt{r^2 + 2A \cos \alpha_n + A^2}$$

② 圆管展开图的计算公式如下

$$y_n = H \left(1 - \frac{R_n}{R} \right)$$

$$S=2\pi r$$

$$m=\frac{S}{n}$$

③ 圆锥管展开图的计算公式如下

$$f_n=\sqrt{R_n^2+(H-y_n)^2}$$

$$f=\sqrt{R^2+H^2}$$

$$\alpha=360^\circ\frac{R}{f}$$

$$\sin\beta_n=\frac{r\sin\alpha_n}{R_n}$$

$$L=2f\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$\widehat{l}_n=\frac{R_n\pi\beta_n}{180^\circ}$$

例 4-33 已知一圆管与圆锥管侧面竖直相交, $R=250$, $r=100$, $h=450$, $H=400$, $A=120$, 试计算放样。

解: 设圆周等分数 $n=12$, 则 $\alpha_1=\frac{360^\circ}{12}=30^\circ$, α 角以此值递增。

$$\begin{aligned} R_0 &= \sqrt{r^2 + 2Arcos\alpha_0 + A^2} \\ &= \sqrt{100^2 + 2 \times 120 \times 100 \cos 0^\circ + 120^2} = 220 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= \sqrt{r^2 + 2Arcos\alpha_1 + A^2} \\ &= \sqrt{100^2 + 2 \times 120 \times 100 \cos 30^\circ + 120^2} = 212.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_2 &= \sqrt{r^2 + 2Arcos\alpha_2 + A^2} \\ &= \sqrt{100^2 + 2 \times 120 \times 100 \cos 60^\circ + 120^2} = 191 \end{aligned}$$

$$R_3 = \sqrt{r^2 + 2Arcos\alpha_3 + A^2}$$

$$=\sqrt{100^2+2\times 120\times 100\cos 90^\circ+120^2}=156$$

$$R_4=\sqrt{r^2+2Arcosa_4+A^2}$$

$$=\sqrt{100^2+2\times 120\times 100\cos 120^\circ+120^2}=111$$

$$R_5=\sqrt{r^2+2Arcosa_5+A^2}$$

$$=\sqrt{100^2+2\times 120\times 100\cos 150^\circ+120^2}=60$$

$$R_6=\sqrt{r^2+2Arcosa_6+A^2}$$

$$=\sqrt{100^2+2\times 120\times 100\cos 180^\circ+120^2}=20$$

$$y_0=H\left(1-\frac{R_0}{R}\right)=400\left(1-\frac{220}{250}\right)=48$$

$$y_1=H\left(1-\frac{R_1}{R}\right)=400\left(1-\frac{212.6}{250}\right)=60$$

$$y_2=H\left(1-\frac{R_2}{R}\right)=400\left(1-\frac{191}{250}\right)=94.4$$

$$y_3=H\left(1-\frac{R_3}{R}\right)=400\left(1-\frac{156}{250}\right)=150.4$$

$$y_4=H\left(1-\frac{R_4}{R}\right)=400\left(1-\frac{111}{250}\right)=222.4$$

$$y_5=H\left(1-\frac{R_5}{R}\right)=400\left(1-\frac{60}{250}\right)=304$$

$$y_6=H\left(1-\frac{R_6}{R}\right)=400\left(1-\frac{20}{250}\right)=368$$

$$f_0=\sqrt{R_0^2+(H-y_0)^2}=\sqrt{220^2+(400-48)^2}=415$$

$$f_1=\sqrt{R_1^2+(H-y_1)^2}=\sqrt{212.6^2+(400-60)^2}=401$$

$$f_2=\sqrt{R_2^2+(H-y_2)^2}=\sqrt{191^2+(400-94.4)^2}=360.4$$

$$f_3=\sqrt{R_3^2+(H-y_3)^2}=\sqrt{156^2+(400-150.4)^2}=294.3$$

$$f_4 = \sqrt{R_4^2 + (H - y_4)^2} = \sqrt{111^2 + (400 - 222.4)^2} = 209.4$$

$$f_5 = \sqrt{R_5^2 + (H - y_5)^2} = \sqrt{60^2 + (400 - 304)^2} = 113$$

$$f_6 = \sqrt{R_6^2 + (H - y_6)^2} = \sqrt{20^2 + (400 - 368)^2} = 37.7$$

$$f = \sqrt{R^2 + H^2} = \sqrt{250^2 + 400^2} = 471.7$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{R}{f} = 360^\circ \times \frac{250}{471.7} = 190.8^\circ$$

$$L = 2f \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \times 471.7 \sin \frac{190.8^\circ}{2} = 939$$

$$\sin \beta_0 = \frac{r \sin \alpha_0}{R_0} = \frac{100 \sin 0^\circ}{220} = 0 \quad \beta_0 = 0^\circ$$

$$\sin \beta_1 = \frac{r \sin \alpha_1}{R_1} = \frac{100 \sin 30^\circ}{212.6} = 0.2352 \quad \beta_1 = 13.6^\circ$$

$$\sin \beta_2 = \frac{r \sin \alpha_2}{R_2} = \frac{100 \sin 60^\circ}{191} = 0.4534 \quad \beta_2 = 27^\circ$$

$$\sin \beta_3 = \frac{r \sin \alpha_2}{R_3} = \frac{100 \sin 90^\circ}{156} = 0.6410 \quad \beta_3 = 39.9^\circ$$

$$\sin \beta_4 = \frac{r \sin \alpha_4}{R_4} = \frac{100 \sin 120^\circ}{111} = 0.7802 \quad \beta_4 = 51.3^\circ$$

$$\sin \beta_5 = \frac{r \sin \alpha_5}{R_5} = \frac{100 \sin 150^\circ}{60} = 0.8333 \quad \beta_5 = 56.4^\circ$$

$$\sin \beta_6 = \frac{r \sin \alpha_6}{R_6} = \frac{100 \sin 180^\circ}{20} = 0 \quad \beta_6 = 0^\circ$$

$$\widehat{l}_0 = \frac{R_0 \pi \beta_0}{180^\circ} = 0$$

$$\widehat{l}_1 = \frac{R_1 \pi \beta_1}{180^\circ} = \frac{212.6 \times 13.6^\circ \pi}{180^\circ} = 50.5$$

$$\widehat{l}_2 = \frac{R_2 \pi \beta_2}{180^\circ} = \frac{191 \times 27^\circ \pi}{180^\circ} = 90$$

$$\widehat{l}_3 = \frac{R_3 \pi \beta_3}{180^\circ} = \frac{156 \times 39.9^\circ \pi}{180^\circ} = 108.6$$

$$\widehat{l}_4 = \frac{R_4 \pi \beta_4}{180^\circ} = \frac{111 \times 51.3^\circ \pi}{180^\circ} = 99.4$$

$$\widehat{l}_5 = \frac{R_5 \pi \beta_5}{180^\circ} = \frac{60 \times 56.4^\circ \pi}{180^\circ} = 59$$

$$\widehat{l}_6 = \frac{R_6 \pi \beta_6}{180^\circ} = 0$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图,如图 4.54 所示。

三十八、圆管圆锥管直交三通管展开放样

图 4.55 所示为圆管圆锥管直交三通管的投影图和展开图,尺寸为 R 、 r 、 h 、 H ,用计算法进行展开放样。

① 展开图的计算公式如下

$$\tan \phi_n = \frac{H}{r \cos \alpha_n}$$

$$\tan \phi'_n = \frac{H}{r \sin \alpha_n}$$

$$\cos \gamma_n = \frac{1}{R} (H - h) \cos \phi_n$$

$$\beta_n = 180^\circ - (\phi_n + \gamma_n)$$

② 圆管展开图开孔尺寸的计算公式如下

$$c_n = \frac{\pi R \beta_n}{180^\circ}$$

$$S = 2\pi R$$

$$l_n = (H - h + R \cos \beta_n) \cot \phi'_n$$

③ 圆锥管展开图尺寸的计算公式如下

$$f_n = \frac{\tan \phi_n}{\sin \phi_0} (r \cos \alpha_n - R \sin \beta_n)$$

$$f_{\alpha=90^\circ} = \frac{h-R}{\sin \phi_0}$$

$$f = \sqrt{r^2 + H^2}$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{r}{f}$$

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

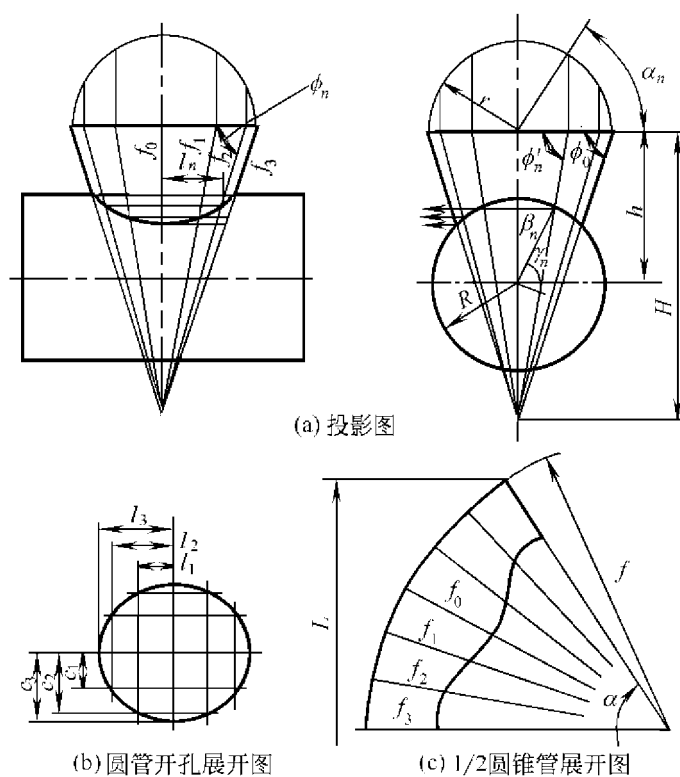


图 4.55 圆管圆锥管直交三通管展开放样

$$L = 2f \sin \frac{\alpha}{2}$$

例 4-34 已知一圆管垂直相交于圆锥管， $D=400$ ， $R=200$ ， $d=440$ ， $r=220$ ， $h=310$ ， $H=600$ ，试计算放样。

解：(1) 有关参数计算

设圆周等分数 $n=12$ ，则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$ ， α 角以此值递增。

$$\text{因 } \tan \phi_n = \frac{H}{r \cos \alpha_n}$$

$$\text{故 } \tan \phi_0 = \frac{600}{220 \cos 0^\circ} = 2.7273 \quad \phi_0 = 69.9^\circ$$

$$\tan \phi_1 = \frac{600}{220 \cos 30^\circ} = 3.1493 \quad \phi_1 = 72.4^\circ$$

$$\tan \phi_2 = \frac{600}{220 \cos 60^\circ} = 5.4545 \quad \phi_2 = 79.6^\circ$$

$$\tan \phi_3 = \frac{600}{220 \cos 90^\circ} = \infty \quad \phi_3 = 90^\circ$$

$$\phi'_0 = \phi_3, \quad \phi'_1 = \phi_2, \quad \phi'_2 = \phi_1, \quad \phi'_3 = \phi_0$$

$$\text{因 } \cos \gamma_n = \frac{1}{R} (H - h) \cos \phi_n$$

$$\text{故 } \cos \gamma_0 = \frac{1}{200} (600 - 310) \cos 69.9^\circ = 0.4983 \quad \gamma_0 = 60.1^\circ$$

$$\cos \gamma_1 = \frac{1}{200} (600 - 310) \cos 72.4^\circ = 0.4384 \quad \gamma_1 = 64^\circ$$

$$\begin{aligned} \cos \gamma_2 &= \frac{1}{200} (600 - 310) \cos 79.6^\circ \\ &= 0.2618 \quad \gamma_2 = 74.8^\circ \end{aligned}$$

$$\cos \gamma_3 = \frac{1}{200} (600 - 310) \cos 90^\circ = 0 \quad \gamma_3 = 90^\circ$$

$$\text{因 } \beta_n = 180^\circ - (\phi_n + \gamma_n)$$

$$\text{故 } \beta_0 = 180^\circ - (69.9^\circ + 60.1^\circ) = 50^\circ$$

$$\beta_1 = 180^\circ - (72.4^\circ + 64^\circ) = 43.6^\circ$$

$$\beta_2 = 180^\circ - (79.6^\circ + 74.8^\circ) = 25.6^\circ$$

$$\beta_3 = 180^\circ - (90^\circ + 90^\circ) = 0^\circ$$

(2) 圆管展开图开孔尺寸

$$\text{因 } c_n = \frac{\pi R \beta_n}{180^\circ}$$

$$\text{故 } c_0 = \frac{200 \times 50^\circ \pi}{180^\circ} = 174.5$$

$$c_1 = \frac{200 \times 43.6^\circ \pi}{180^\circ} = 152$$

$$c_2 = \frac{200 \times 25.6^\circ \pi}{180^\circ} = 89.4$$

$$c_3 = \frac{200 \times 0^\circ \pi}{180^\circ} = 0$$

$$\text{因 } l_n = (H - h + R \cos \beta_n) \cot \phi'_n$$

$$\text{故 } l_1 = (600 - 310 + 200 \cos 43.6^\circ) \cot 79.6^\circ = 80$$

$$l_2 = (600 - 310 + 200 \cos 25.6^\circ) \cot 72.4^\circ = 149$$

$$l_3 = (600 - 310 + 200 \cos 0^\circ) \cot 69.9^\circ = 179$$

(3) 圆锥管展开图尺寸的计算公式如下

$$\text{因 } f_n = \frac{\tan \phi_n}{\sin \phi_0} (r \cos \alpha_n - R \sin \beta_n)$$

$$\text{故 } f_0 = \frac{\tan 69.9^\circ}{\sin 69.9^\circ} (220 \cos 0^\circ - 200 \sin 50^\circ) = 194.4$$

$$f_1 = \frac{\tan 72.4^\circ}{\sin 69.9^\circ} (220 \cos 30^\circ - 200 \sin 43.6^\circ) = 176.6$$

$$f_2 = \frac{\tan 79.6^\circ}{\sin 69.9^\circ} (220 \cos 60^\circ - 200 \sin 25.6^\circ) = 136.8$$

$$f_3 = \frac{310 - 200}{\sin 69.9^\circ} = 117$$

$$f = \sqrt{220^2 + 600^2} = 639$$

$$\alpha = 360^\circ \times \frac{220}{639} = 124^\circ$$

$$m = \frac{440\pi}{12} = 115.2$$

$$L = 2 \times 639 \sin \frac{124^\circ}{2} = 1128$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.55 所示。

三十九、圆管斜交圆锥管展开放样

图 4.56 所示为圆管斜交圆锥管的投影图和展开图，尺寸 r 、 R 、 f 、 H 、 h 、 β ，用算法进行展开放样。

① 展开图相关尺寸的计算公式如下

$$\tan \phi_0 = \frac{H}{R}$$

$$R_2 = R \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

$$R_n = R_2 \left[1 - \frac{r \cos \alpha_n}{(H - h) \cos \beta} \right]$$

$$A_n = \frac{R_n}{\cos \beta} \left[1 - \frac{\sin \beta \cos \phi_0}{\sin(\phi_0 + \beta)} \right]$$

$$y_n = A_n \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2 \sin^2 \alpha_n}{R_n^2}} \right]$$

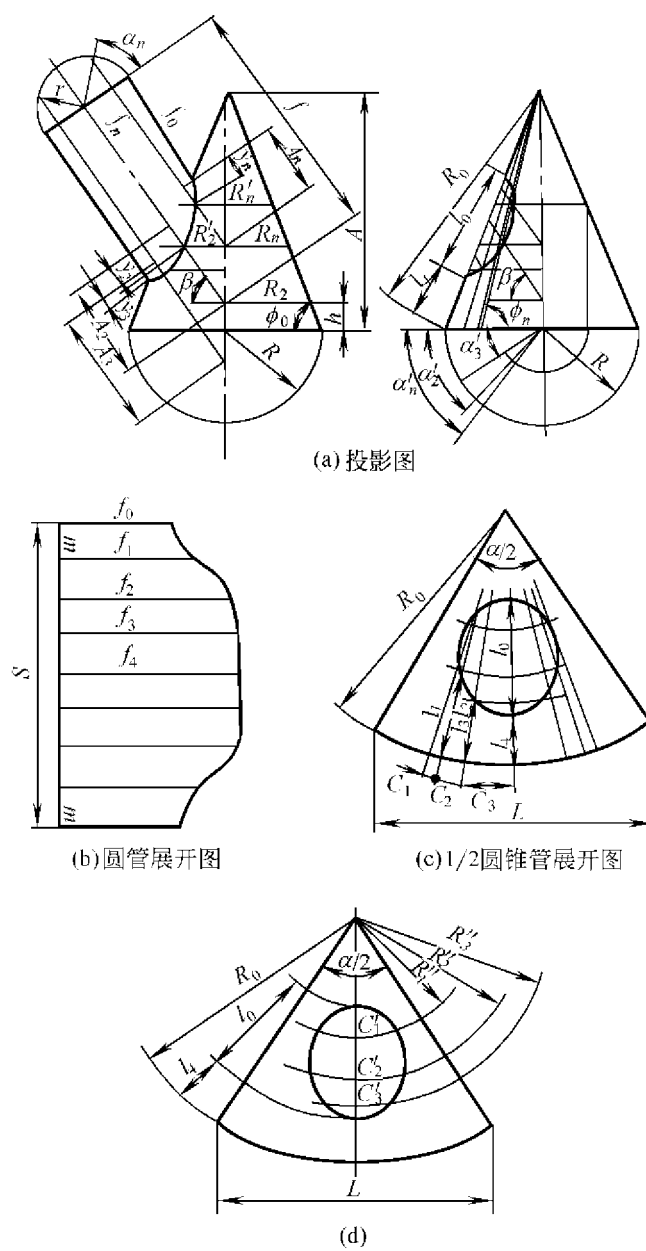


图 4.56 圆管斜交圆锥管展开放样

② 圆管展开图的计算公式如下

$$f_n = f - A_2 - r \cos \alpha_n \cot(180^\circ - \phi_0 - \beta) + y_n$$

$$S = 2\pi r$$

$$m = \frac{S}{n}$$

③ 圆锥管展开图的计算公式（一）如下

$$R'_n = A_n \cos \beta + y_n \sin \beta \cot \phi_0$$

$$\cos \alpha'_n = \frac{A_n - y_n}{R'_n} \cos \beta$$

$$C'_n = \frac{\pi R (\alpha'_{n-1} - \alpha'_n)}{180^\circ}$$

$$\tan \phi_n = \frac{H}{R \cos \alpha'_n}$$

$$l_0 = \frac{d}{\sin [180^\circ - (\phi_0 + \beta)]}$$

$$l_n = \frac{R - R'_n}{\sin \phi_0} \cos \alpha'_n \tan \phi_n$$

$$l_4 = \frac{(A_2 \sin \beta + h)}{\sin \phi_0} - \frac{l_0}{2}$$

$$R_0 = \sqrt{R^2 + H^2}$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{R}{R_0}$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{\alpha}{4}$$

④ 圆锥管展开图的计算公式（二）如下

$$R''_n = \frac{R'_n}{\cos \phi_0}$$

$$\widehat{C}_n' = \frac{\pi R_n'' \alpha_n'}{180^\circ}$$

式中 L —— $\alpha/2$ 角对应的弦长；

R_2 ——两回转体轴线交点锥底半径，因圆管轴线位于断面等分角 $\alpha=90^\circ$ 的素线上，当圆周等分数 $n=12$ 时，锥底半径为 R_3 ；当 $n=16$ 时，锥底半径为 R_4 ，以此类推。

式中其余符号的意义如图 4.56 所示。

以上求圆锥管开孔实形尺寸的方法是，通过相贯点所在锥底半径 R_n' 求出截锥母线 R_n'' 和弧长 \widehat{C}_n' ，不需再求素线 l_n 便可作其展开图。

例 4-35 已知一圆管直径 $d=96$ ， $r=48$ ， $f=160$ ，与一圆锥管 $D=176$ ， $R=88$ ， $h=40$ ， $H=208$ ， $\beta=55^\circ$ 倾斜相交，试计算放样。

解：（1）有关参数计算

设圆周等分数 $n=8$ ，则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{8} = 45^\circ$ ， α 角以此值递增。

$$\tan \phi_0 = \frac{H}{R} = \frac{208}{88} = 2.3637 \quad \phi_0 = 67^\circ$$

$$R_2 = R \left(1 - \frac{h}{H} \right) = 88 \left(1 - \frac{40}{208} \right) = 71$$

$$R_1 = R_2 \left[1 - \frac{r \cos \alpha_1}{(H-h) \cos \beta} \right] = 71 \left[1 - \frac{48 \cos 45^\circ}{(208-40) \cos 55^\circ} \right] \\ = 46$$

$$R_3 = R_2 \left[1 - \frac{r \cos \alpha_3}{(H-h) \cos \beta} \right] = 71 \left[1 - \frac{48 \cos 135^\circ}{(208-40) \cos 55^\circ} \right] \\ = 96$$

$$A_1 = \frac{R_1}{\cos\beta} \left[1 - \frac{\sin\beta \cos\phi_0}{\sin(\phi_0 + \beta)} \right] = \frac{46}{\cos 55^\circ} \left[1 - \frac{\sin 55^\circ \cos 67^\circ}{\sin(67^\circ + 55^\circ)} \right]$$

$$= 49.9$$

$$A_2 = \frac{R_2}{\cos\beta} \left[1 - \frac{\sin\beta \cos\phi_0}{\sin(\phi_0 + \beta)} \right] = \frac{71}{\cos 55^\circ} \left[1 - \frac{\sin 55^\circ \cos 67^\circ}{\sin(67^\circ + 55^\circ)} \right]$$

$$= 77.2$$

$$A_3 = \frac{R_3}{\cos\beta} \left[1 - \frac{\sin\beta \cos\phi_0}{\sin(\phi_0 + \beta)} \right] = \frac{96}{\cos 55^\circ} \left[1 - \frac{\sin 55^\circ \cos 67^\circ}{\sin(67^\circ + 55^\circ)} \right]$$

$$= 104.2$$

$$y_0 = A_0 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2 \sin^2 \alpha_0}{R_0^2}} \right] = 0$$

$$y_1 = A_1 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2 \sin^2 \alpha_1}{R_1^2}} \right] = 49.9 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{48^2 \sin^2 45^\circ}{46^2}} \right]$$

$$= 16.2$$

$$y_2 = A_2 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2 \sin^2 \alpha_2}{R_2^2}} \right] = 77.2 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{48^2 \sin^2 90^\circ}{71^2}} \right]$$

$$= 20.3$$

$$y_3 = A_3 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2 \sin^2 \alpha_3}{R_3^2}} \right] = 104.2 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{48^2 \sin^2 135^\circ}{96^2}} \right]$$

$$= 6.73$$

$$y_4 = A_3 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2 \sin^2 180^\circ}{R_3^2}} \right] = 0$$

(2) 圆管展开尺寸

$$f_0 = f - A_2 - r \cos \alpha_0 \cot(180^\circ - \phi_0 - \beta) + y_0$$

$$= 160 - 77.2 - 48 \cos 0^\circ \cot(180^\circ - 67^\circ - 55^\circ) + 0 = 52.8$$

$$f_1 = f - A_2 - r \cos \alpha_1 \cot(180^\circ - \phi_0 - \beta) + y_1$$

$$= 82.8 - 30 \cos 45^\circ + 16.2 = 77.8$$

$$f_2 = 82.8 - 30\cos 90^\circ + 20.3 = 103.1$$

$$f_3 = 82.8 - 30\cos 135^\circ + 6.73 = 110.7$$

$$f_4 = 82.8 - 30\cos 180^\circ + 0 = 112.8$$

(3) 圆锥管展开尺寸

$$\begin{aligned} R'_1 &= A_1 \cos \beta + y_1 \sin \beta \cot \phi_0 = 49.9 \cos 55^\circ + 16.2 \sin 55^\circ \cot 67^\circ \\ &= 34.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R'_2 &= A_2 \cos \beta + y_2 \sin \beta \cot \phi_0 = 77.2 \cos 55^\circ + 20.3 \sin 55^\circ \cot 67^\circ \\ &= 51.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R'_3 &= A_3 \cos \beta + y_3 \sin \beta \cot \phi_0 = 104.2 \cos 55^\circ + 6.73 \sin 55^\circ \cot 67^\circ \\ &= 62.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha'_1 &= \frac{A_1 - y_1}{R'_1} \cos \beta = \frac{49.9 - 16.2}{34.3} \cos 55^\circ \\ &= 0.56354 \quad \alpha'_1 = 55.7^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha'_2 &= \frac{A_2 - y_2}{R'_2} \cos \beta = \frac{77.2 - 20.3}{51.3} \cos 55^\circ \\ &= 0.63619 \quad \alpha'_2 = 50.5^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha'_3 &= \frac{A_3 - y_3}{R'_3} \cos \beta = \frac{104.2 - 6.73}{62.1} \cos 55^\circ \\ &= 0.9003 \quad \alpha'_3 = 25.8^\circ \end{aligned}$$

$$C'_1 = \frac{88\pi(55.7^\circ - 50.5^\circ)}{180^\circ} = 8$$

$$C'_2 = \frac{88\pi(50.5^\circ - 25.8^\circ)}{180^\circ} = 38$$

$$C'_3 = \frac{88\pi \times 25.8}{180^\circ} = 39.6$$

$$\tan \phi_1 = \frac{208}{88 \cos 55.7^\circ} = 4.1944 \quad \phi_1 = 76.6^\circ$$

$$\tan\phi_2 = \frac{208}{88\cos 50.5^\circ} = 3.71595 \quad \phi_2 = 74.9^\circ$$

$$\tan\phi_3 = \frac{208}{88\cos 25.8^\circ} = 3.71595 \quad \phi_3 = 69.1^\circ$$

$$l_0 = \frac{d}{\sin[180^\circ - (\phi_0 + \beta)]} = \frac{96}{\sin[180^\circ - (67^\circ + 55^\circ)]} = 113$$

$$l_1 = \frac{R-R'_1}{\sin\phi_0} \cos\alpha'_1 \tan\phi_1 = \frac{88-34.3}{\sin 67^\circ} \cos 55.7^\circ \tan 76.6^\circ = 138$$

$$l_2 = \frac{R-R'_2}{\sin\phi_0} \cos\alpha'_2 \tan\phi_2 = \frac{88-51.3}{\sin 67^\circ} \cos 50.5^\circ \tan 74.9^\circ = 94$$

$$l_3 = \frac{R-R'_3}{\sin\phi_0} \cos\alpha'_3 \tan\phi_3 = \frac{88-62.1}{\sin 67^\circ} \cos 25.8^\circ \tan 69.1^\circ = 66.3$$

$$l_4 = \frac{(A_2 \sin\beta + h)}{\sin\phi_0} - \frac{l_0}{2} = \frac{(77.2 \sin 55^\circ + 40)}{\sin 67^\circ} - \frac{113}{2} = 55.7$$

$$R_0 = \sqrt{R^2 + H^2} = \sqrt{88^2 + 208^2} = 225.8$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{R}{R_0} = 360^\circ \times \frac{88}{225.8} = 140.3^\circ$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{\alpha}{4} = 2 \times 225.8 \sin \frac{140.3^\circ}{4} = 259.5$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图,如图 4.56 (b)、(c) 所示。

圆锥管的开孔实形尺寸也可通过相贯点所在锥底半径 R'_n 求出锥母线 R''_n 及弧长 $\widehat{C'_n}$, 不求素线实长 l_n 。如图 4.56 (d) 所示。

$$R''_1 = \frac{R'_1}{\cos\phi_0} = \frac{34.3}{\cos 67^\circ} = 87.8$$

$$R''_2 = \frac{R'_2}{\cos\phi_0} = \frac{51.3}{\cos 67^\circ} = 131.3$$

$$R_3'' = \frac{R_3'}{\cos \phi_0} = \frac{62.1}{\cos 67^\circ} = 158.9$$

$$\bar{C}_1' = \frac{\pi R_1'' \alpha_1'}{180^\circ} = \frac{87.8 \times 55.7^\circ \pi}{180^\circ} = 85.4$$

$$\bar{C}_2' = \frac{\pi R_2'' \alpha_2'}{180^\circ} = \frac{131.3 \times 50.5^\circ \pi}{180^\circ} = 115.7$$

$$\bar{C}_3' = \frac{\pi R_3'' \alpha_3'}{180^\circ} = \frac{158.9 \times 25.8^\circ \pi}{180^\circ} = 71.6$$

四十、方管直交圆锥管展开放样

图 4.57 所示为方管直交圆锥管的投影图和展开图，尺寸 R 、 a 、 H 、 h ，用算法进行展开放样。

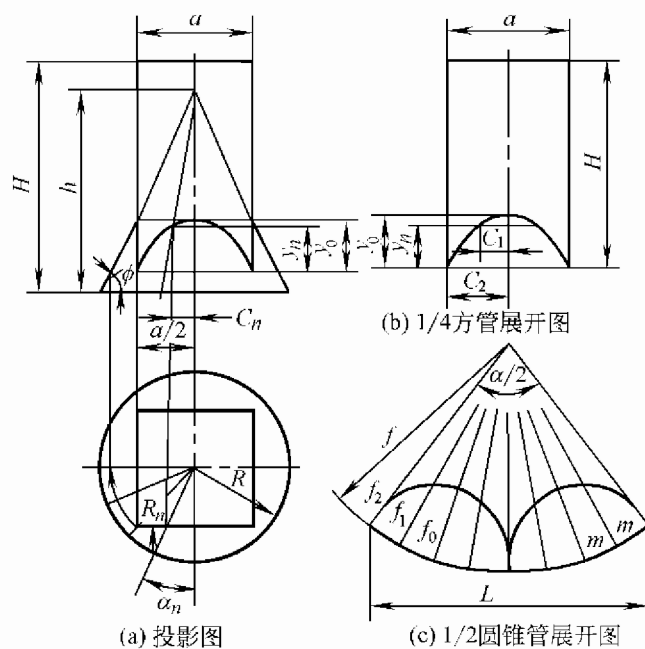


图 4.57 方管直交圆锥管展开放样

① 相关数值的计算公式如下

$$R_n = \frac{a}{2\cos\alpha_n}$$

$$\tan\phi = \frac{h}{R}$$

② 方管展开图的计算公式如下

$$C_n = R_n \sin\alpha_n$$

$$H' = H - h \left(1 - \frac{R_n}{R} \right) = H - h \left(1 - \frac{0.707a}{R} \right)$$

$$y_n = (0.707a - R_n) \tan\phi$$

③ 圆锥管展开图的计算公式如下

$$f_n = \frac{h}{\sin \phi} \left(1 - \frac{R_n}{R} \right)$$

$$f = \sqrt{R^2 + h^2}$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{R}{f}$$

$$L = 2f \sin \frac{\alpha}{4}$$

$$m = \frac{\pi D}{n}$$

例 4-36 已知一方管与圆锥管竖直相交的变径管，方管边长 $a = 390$ ，圆锥管直径 $D = 660$ ， $R = 330$ ， $h = 750$ ， $H = 900$ ，试计算放样。

解：（1）有关参数计算

设圆周等分数 $n = 16$ ，则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， $\alpha_2 = 45^\circ$ 。

$$\text{因 } R_n = \frac{a}{2\cos\alpha_n}$$

$$\text{故 } R_0 = \frac{390}{2\cos 0^\circ} = 195$$

$$R_1 = \frac{390}{2\cos 22.5^\circ} = 211$$

$$R_2 = \frac{390}{2\cos 45^\circ} = 275.7$$

$$\tan \phi = \frac{750}{330} = 2.2727 \quad \phi = 66.25^\circ$$

（2）方管展开尺寸

$$C_0 = 195 \sin 0^\circ = 0$$

$$C_1 = 211 \sin 22.5^\circ = 80.7$$

$$C_2 = \frac{a}{2} = 195$$

$$H' = 900 - 750 \left(1 - \frac{0.707 \times 390}{330} \right) = 777$$

$$y_0 = (0.707 \times 390 - 195) \tan 66.25^\circ = 183.5$$

$$y_1 = (0.707 \times 390 - 211) \tan 66.25^\circ = 147$$

$$y_2 = (0.707 \times 390 - 275.7) \tan 66.25^\circ = 0$$

(3) 圆锥管展开尺寸

$$f_0 = \frac{750}{\sin 66.25} \left(1 - \frac{195}{330} \right) = 335$$

$$f_1 = \frac{750}{\sin 66.25} \left(1 - \frac{211}{330} \right) = 295.5$$

$$f_2 = \frac{750}{\sin 66.25} \left(1 - \frac{275.7}{330} \right) = 135$$

$$f = \sqrt{330^2 + 750^2} = 819$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{R}{f} = 360^\circ \times \frac{330}{819} = 145^\circ$$

$$L = 2f \sin \frac{\alpha}{4} = 2 \times 819 \sin \frac{145^\circ}{4} = 968.6$$

$$m = \frac{660\pi}{16} = 129.59$$

根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.57 所示。

四十一、斜交圆锥管展开放样

图 4.58 所示为方管斜交圆锥管的投影图和展开图，尺寸 D 、 R 、 a 、 H 、 h 、 β ，用算法进行展开放样。

① 展开图相关尺寸的计算公式如下

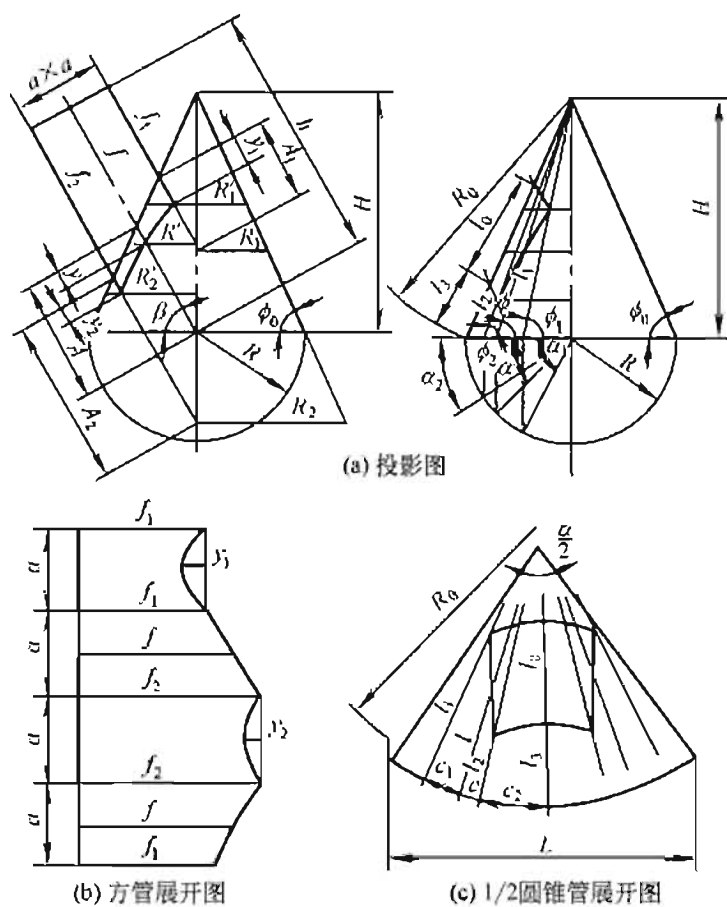


图 4.58 斜交圆锥管展开放样

$$\tan \phi_0 = \frac{H}{R}$$

$$A = \frac{R}{\cos \beta} \left[1 - \frac{\sin \beta \cos \phi_0}{\sin(\phi_0 + \beta)} \right]$$

$$y = \frac{Aa^2}{D^2}$$

$$\begin{aligned}
 R_1 &= R - (A - y) \sin \beta \cot \phi_0 \\
 R_2 &= a \cot \phi_0 + R \\
 A_1 &= \frac{R_1}{\cos \beta} \left[1 - \frac{\sin \beta \cos \phi_0}{\sin(\beta + \phi_0)} \right] \\
 A_2 &= \frac{R_2}{\cos \beta} \left[1 - \frac{\sin \beta \cos \phi_0}{\sin(\beta + \phi_0)} \right]
 \end{aligned}$$

② 方管展开图的计算公式如下

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \frac{A_1 a^2}{(2R_1)^2} \\
 y_2 &= \frac{A_2 a^2}{(2R_2)^2} \\
 f &= h - A + y \\
 f_1 &= h - A - \frac{a}{2} \cot[180^\circ - (\phi_0 + \beta)] + y_1 \\
 f_2 &= h - A_2 - \frac{a}{2} \tan \beta + y_2
 \end{aligned}$$

③ 圆锥管展开图的计算公式如下

$$\begin{aligned}
 R' &= A \cos \beta + y \sin \beta \cot \phi_0 \\
 R'_1 &= A_1 \cos \beta + y_1 \sin \beta \cot \phi_0 \\
 R'_2 &= A_2 \cos \beta + y_2 \sin \beta \cot \phi_0 \\
 \cos \alpha &= \frac{A - y}{R'} \cos \beta \\
 \cos \alpha_1 &= \frac{A_1 - y_1}{R'_1} \cos \beta \\
 \cos \alpha_2 &= \frac{A_2 - y_2}{R'_2} \cos \beta \\
 \hat{c} &= \frac{\pi R (\alpha_1 - \alpha)}{180^\circ}
 \end{aligned}$$

$$\widehat{c}_1 = \frac{\pi R(\alpha - \alpha_2)}{180^\circ}$$

$$\widehat{c}_2 = \frac{\pi R\alpha_2}{180^\circ}$$

$$\tan\phi = \frac{H}{R\cos\alpha}$$

$$\tan\phi_1 = \frac{H}{R\cos\alpha_1}$$

$$\tan\phi_2 = \frac{H}{R\cos\alpha_2}$$

$$l_0 = \frac{a}{\sin(180^\circ - \phi_0 - \beta)}$$

$$l = (R - R') \frac{\cos\alpha \tan\phi}{\sin\phi_0}$$

$$l_1 = (R - R'_1) \frac{\cos\alpha_1 \tan\phi_1}{\sin\phi_0}$$

$$l_2 = (R - R'_2) \frac{\cos\alpha_2 \tan\phi_2}{\sin\phi_0}$$

$$l_3 = \frac{A \sin\beta}{\sin\phi_0} - \frac{l_0}{2}$$

$$R_0 = \sqrt{R^2 + H^2}$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{R}{R_0}$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{\alpha}{4}$$

式中 L —— α 角对应的 $1/2$ 弦长。

例 4-37 已知一方管与圆锥管倾斜相交, $a=400$, $D=1000$, $R=500$, $h=800$, $H=1100$, $\beta=60^\circ$ 。试计算放样。

解: (1) 有关参数计算

$$\tan \phi_0 = \frac{H}{R} = \frac{1100}{500} = 2.2 \quad \phi_0 = 65.6^\circ$$

$$A = \frac{R}{\cos \beta} \left[1 - \frac{\sin \beta \cos \phi_0}{\sin(\phi_0 + \beta)} \right] = \frac{500}{\cos 60^\circ} \left[1 - \frac{\sin 60^\circ \cos 65.6^\circ}{\sin(65.6^\circ + 60^\circ)} \right] \\ = 560$$

$$y = \frac{Aa^2}{D^2} = \frac{560 \times 400^2}{1000^2} = 89.6$$

$$R_1 = R - (A - y) \sin \beta \cot \phi_0 = 500 - (560 - 89.6) \sin 60^\circ \cot 65.6^\circ \\ = 315.2$$

$$R_2 = a \cot \phi_0 + R = 400 \cot 65.6^\circ + 500 = 681.4$$

$$A_1 = \frac{R_1}{\cos \beta} \left[1 - \frac{\sin \beta \cos \phi_0}{\sin(\beta + \phi_0)} \right] = \frac{315.2}{\cos 60^\circ} \left[1 - \frac{\sin 60^\circ \cos 65.6^\circ}{\sin(60^\circ + 65.6^\circ)} \right] \\ = 353$$

$$A_2 = \frac{R_2}{\cos \beta} \left[1 - \frac{\sin \beta \cos \phi_0}{\sin(\beta + \phi_0)} \right] = \frac{681.4}{\cos 60^\circ} \left[1 - \frac{\sin 60^\circ \cos 65.6^\circ}{\sin(60^\circ + 65.6^\circ)} \right] \\ = 763$$

(2) 方管展开尺寸

$$y_1 = \frac{A_1 a^2}{(2R_1)^2} = \frac{353 \times 400^2}{(2 \times 315.2)^2} = 142$$

$$y_2 = \frac{A_2 a^2}{(2R_2)^2} = \frac{763 \times 400^2}{(2 \times 681.4)^2} = 65.7$$

$$f = h - A + y = 800 - 560 + 89.6 = 329.6$$

$$f_1 = h - A - \frac{a}{2} \cot[180^\circ - (\phi_0 + \beta)] + y_1$$

$$= 800 - 560 - \frac{400}{2} \cot[180^\circ - (65.6^\circ + 60^\circ)] + 142 = 239$$

$$f_2 = h - A_2 - \frac{a}{2} \tan \beta + y_2 = 800 - 763 - \frac{400}{2} \tan 60^\circ + 65.7$$

$$=449$$

(3) 圆锥管展开尺寸

$$\begin{aligned} R' &= A \cos \beta + y \sin \beta \cot \phi_0 = 560 \cos 60^\circ + 89.6 \sin 60^\circ \cot 65.6^\circ \\ &= 315.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R'_1 &= A_1 \cos \beta + y_1 \sin \beta \cot \phi_0 = 353 \cos 60^\circ + 142 \sin 60^\circ \cot 65.6^\circ \\ &= 232.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R'_2 &= A_2 \cos \beta + y_2 \sin \beta \cot \phi_0 = 763 \cos 60^\circ + 65.7 \sin 60^\circ \cot 65.6^\circ \\ &= 407.3 \end{aligned}$$

$$\cos \alpha = \frac{A - y}{R'} \cos \beta = \frac{560 - 89.6}{315.2} \cos 60^\circ = 0.7462 \quad \alpha = 41.7^\circ$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{A_1 - y_1}{R'_1} \cos \beta = \frac{353 - 142}{232.3} \cos 60^\circ = 0.45415 \quad \alpha_1 = 63^\circ$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{A_2 - y_2}{R'_2} \cos \beta = \frac{763 - 65.7}{407.3} \cos 60^\circ = 0.856 \quad \alpha_2 = 31.1^\circ$$

$$\hat{c} = \frac{\pi R (\alpha_1 - \alpha)}{180^\circ} = \frac{500 \pi (63^\circ - 41.7^\circ)}{180^\circ} = 186$$

$$\hat{c}_1 = \frac{\pi R (\alpha - \alpha_2)}{180^\circ} = \frac{500 \pi (41.7^\circ - 31.1^\circ)}{180^\circ} = 92.5$$

$$\hat{c}_2 = \frac{\pi R \alpha_2}{180^\circ} = \frac{500 \pi \times 31.1^\circ}{180^\circ} = 271.4$$

$$\tan \phi = \frac{H}{R \cos \alpha} = \frac{1100}{500 \cos 41.7^\circ} = 2.9467 \quad \phi = 71.3^\circ$$

$$\tan \phi_1 = \frac{H}{R \cos \alpha_1} = \frac{1100}{500 \cos 63^\circ} = 4.8458 \quad \phi_1 = 78.3^\circ$$

$$\tan \phi_2 = \frac{H}{R \cos \alpha_2} = \frac{1100}{500 \cos 31.1^\circ} = 2.5693 \quad \phi_2 = 68.7^\circ$$

$$l_0 = \frac{a}{\sin (180^\circ - \phi_0 - \beta)} = \frac{400}{\sin (180^\circ - 65.6^\circ - 60^\circ)} = 492$$

$$l = (R - R') \frac{\cos \alpha \tan \phi}{\sin \phi_0} = (500 - 315.2) \frac{\cos 41.7^\circ \tan 71.3^\circ}{\sin 65.6^\circ} \\ = 446.7$$

$$l_1 = (R - R'_1) \frac{\cos \alpha_1 \tan \phi_1}{\sin \phi_0} = (500 - 232.3) \frac{\cos 63^\circ \tan 78.3^\circ}{\sin 65.6^\circ} \\ = 644.4$$

$$l_2 = (R - R'_2) \frac{\cos \alpha_2 \tan \phi_2}{\sin \phi_0} = (500 - 407.3) \frac{\cos 31.1^\circ \tan 68.7^\circ}{\sin 65.6^\circ} \\ = 223.5$$

$$l_3 = \frac{A \sin \beta}{\sin \phi_0} - \frac{l_0}{2} = \frac{560 \sin 60^\circ}{\sin 65.6^\circ} - \frac{492}{2} = 286.5$$

$$R_0 = \sqrt{R^2 + H^2} = \sqrt{500^2 + 1100^2} = 1208$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{R}{R_0} = 360^\circ \times \frac{500}{1208} = 149^\circ$$

$$L = 2R_0 \sin \frac{\alpha}{4} = 2 \times 1208 \sin \frac{149^\circ}{4} = 1462$$

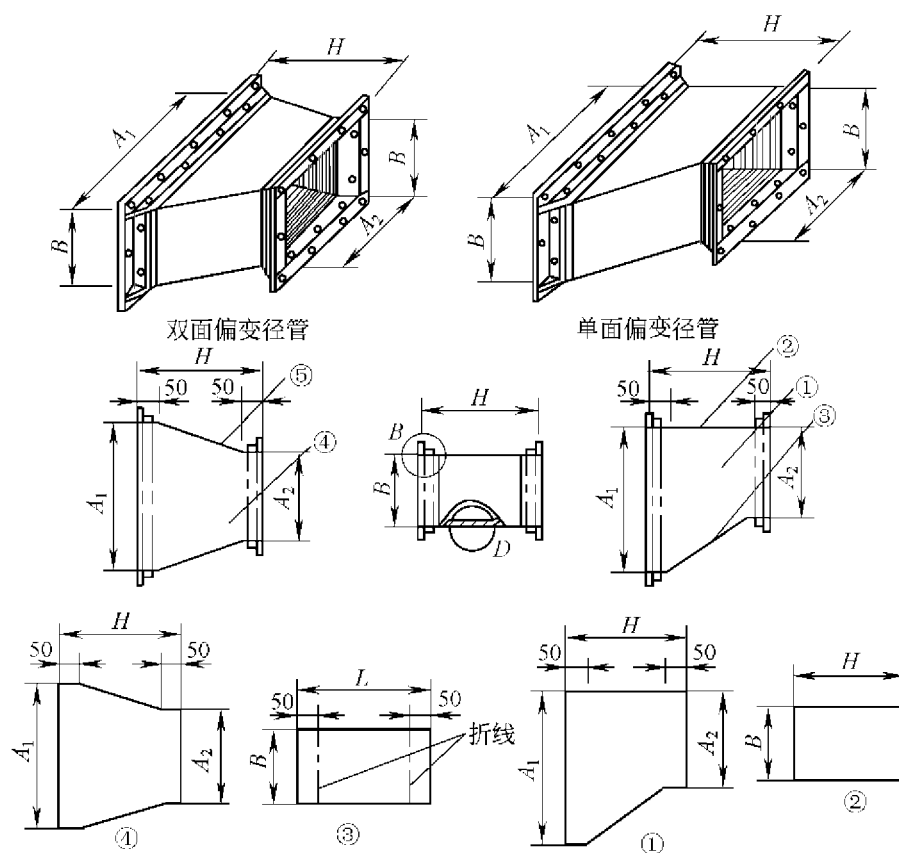
根据以上各式计算出的数值便可作出展开图，如图 4.58 所示。

四十二、矩形风管变径管展开放样

Ⅱ

图 4.59 所示为矩形风管变径管用图解法进行的展开放样，矩形风管单面变径、双面变径管的规格和展开尺寸见表 4.1 和表 4.2。

表 4.1 矩形风管单面变径管的规格和展开尺寸



序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2	
	mm						
1	160	120	120	160	172	0.08	
2			160			0.10	
3			200			0.11	
4			250			0.13	
5	200	120	120	220	244	0.13	
6			160			0.14	
7			200			0.16	
8			250			0.19	
9		160	120	160	172	0.10	
10			160			0.11	
11			200			0.12	
12			250			0.14	
13			320			0.16	
14		250	120	120	295	334	0.18
15				160			0.21
16				200			0.24
17				250			0.27
18	160		120	235	262	0.16	
19			160			0.18	
20			200			0.20	
21			250			0.22	
22			320			0.26	
23	200		120	175	190	0.12	
24			160			0.14	
25			200			0.15	
26			250			0.17	

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
27	250	200	320	175	190	0.20
28			400			0.22
29			500			0.26
30	320	160	160	340	380	0.28
31			200			0.31
32			250			0.35
33			320			0.40
34		200	160	280	316	0.24
35			200			0.26
36			250			0.29
37			320			0.34
38			400			0.38
39			500			0.44
40		250	160	205	226	0.19
41			200			0.20
42			250			0.22
43			320			0.25
44			400			0.29
45			500			0.33
46			630			0.39
47	400	200	200	400	461	0.41
48			250			0.46
49			320			0.52
50			400			0.58
51			500			0.67

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
52	400	250	200	325	370	0.35
53			250			0.39
54			320			0.43
55			400			0.49
56			500			0.56
57			630			0.65
58		320	200	220	244	0.25
59			250			0.27
60			320			0.31
61			400			0.34
62			500			0.39
63			630			0.45
64			800			0.53
65			1000			0.62
66	500	250	200	475	551	0.56
67			250			0.61
68			320			0.68
69			400			0.77
70			500			0.87
71			630			1.00
72		320	200	370	425	0.46
73			250			0.50
74			320			0.56
75			400			0.62
76			500			0.70
77			630			0.80

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
78	500	320	800	370	425	0.94
79			1000			1.10
80		400	200	250	280	0.33
81			250			0.36
82			320			0.39
83			400			0.44
84			500			0.49
85			630			0.56
86			800			0.65
87			1000			0.76
88			1250			0.89
89	630	320	250	265	659	0.84
90			320			0.93
91			400			1.03
92			500			1.15
93			630			1.31
94			800			1.52
95			1000			1.76
96		400	250	445	515	0.70
97			320			0.77
98			400			0.84
99			500			0.94
100			630			1.06
101			800			1.23
102			1000			1.42

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
103	630	400	1250	445	515	1.66
104		500	250	295	334	0.49
105			320			0.53
106			400			0.59
107			500			0.65
108			630			0.73
109			800			0.84
110			1000			0.96
111			1250			1.12
112			1600			1.34
113	800	400	320	700	821	1.33
114			400			1.45
115			500			1.60
116			630			1.80
117			800			2.06
118			1000			2.36
119			1250			2.74
120		500	320	550	641	1.10
121			400			1.19
122			500			1.31
123			630			1.47
124			800			1.67
125			1000			1.91
126			1250			2.20
127			1600			2.62

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
128	800	630	320	355	407	0.75
129			400			0.81
130			500			0.89
131			630			0.99
132			800			1.12
133			1000			1.27
134			1250			1.46
135			1600			1.73
136	1000	500	320	850	1002	1.87
137			400			2.02
138			500			2.20
139			630			2.44
140			800			2.76
141			1000			3.13
142			1250			3.59
143			1600			4.24
144		630	320	655	767	1.52
145			400			1.64
146			500			1.78
147			630			1.96
148			800			2.21
149			1000			2.49
150			1250			2.85
151			1600			3.34
152		800	320	400	461	1.00

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
153	1000	800	400	400	461	1.06
154			500			1.15
155			630			1.26
156			800			1.41
157			1000			1.58
158			1250			1.80
159			1600			2.10
160			2000			2.44
161	1250	630	400	1030	1281	2.84
162			500			3.06
163			630			3.35
164			800			3.73
165			1000			4.18
166			1600			5.53
167		800	400	775	911	2.26
168			500			2.43
169			630			2.65
170			800			2.94
171			1000			3.27
172			1600			4.29
173			2000			4.96
174		1000	400	475	551	1.48
175			500			1.58
176			630			1.72
177			800			1.89
178			1000			2.09

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
179	1250	1000	1600	475	551	2.71
180			2000			3.12
181	1600	800	500	1300	1542	4.54
182			630			4.19
183			800			5.39
184			1000			5.96
185			1250			6.67
186			1000			500
187		630		3.97		
188		800		4.35		
189		1000		4.78		
190		1250		5.33		
191		1250	500	625	721	2.46
192			630			2.64
193			800			2.87
194			1000			3.14
195	2000	1000	800	1600	1903	7.60
196			1000			8.30
197			1250			9.18
198		1250	800	1225	1452	6.12
199			1000			6.66
200		1600	800	700	821	3.74
201			1000			4.04
202			1250			4.42

表 4.2 矩形风管双面偏变径管的规格和展开尺寸

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2	
	mm						
1	160	120	120	160	163	0.08	
2			160			0.10	
3			200			0.11	
4			250			0.13	
5	200	120	120	220	226	0.12	
6			160			0.14	
7			200			0.16	
8			250			0.18	
9		160	120	160	163	0.10	
10			160			0.11	
11			200			0.12	
12			250			0.14	
13			320			0.16	
14		250	120	120	295	306	0.18
15				160			0.21
16				200			0.23
17				250			0.26
18	160		120	235	242	0.15	
19			160			0.17	
20			200			0.19	
21			250			0.22	
22			320			0.25	
23	200		120	175	179	0.12	
24			160			0.14	
25			200			0.15	
26		250	0.17				

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
27	250	200	320	175	179	0.19
28			400			0.22
29			500			0.26
30	320	160	160	340	353	0.28
31			200			0.30
32			250			0.34
33			320			0.39
34		200	160	280	290	0.24
35			200			0.26
36			250			0.29
37			320			0.33
38			400			0.38
39			500			0.44
40		250	160	205	211	0.18
41			200			0.20
42			250			0.22
43			320			0.25
44			400			0.29
45			500			0.33
46			630			0.38
47	400	200	200	400	416	0.41
48			250			0.45
49			320			0.51
50			400			0.57
51			500			0.66

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
52	400	250	200	325	339	0.35
53			250			0.38
54			320			0.43
55			400			0.48
56			500			0.55
57			630			0.64
58		320	200	220	226	0.25
59			250			0.27
60			320			0.30
61			400			0.34
62			500			0.38
63			630			0.44
64			800			0.52
65			1000			0.61
66	500	250	200	475	495	0.55
67			250			0.60
68			320			0.67
69			400			0.75
70			500			0.85
71			630			0.98
72		320	200	370	385	0.46
73			250			0.50
74			320			0.55
75			400			0.61
76			500			0.69
77			630			0.79

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
78	500	320	800	370	385	0.92
79			1000			1.07
80		400	200	250	258	0.33
81			250			0.35
82			320			0.39
83			400			0.43
84			500			0.48
85			630			0.55
86			800			0.64
87			1000			0.74
88			1250			0.87
89	630	300	250	565	590	0.83
90			320			0.91
91			400			1.01
92			500			1.13
93			630			1.28
94			800			1.48
95			1000			1.72
96		400	250	445	464	0.69
97			320			0.76
98			400			0.83
99			500			0.92
100			630			1.04
101			800			1.20
102			1000			1.39

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
103	630	400	1250	445	464	1.62
104		500	250	195	306	0.49
105			320			0.53
106			400			0.58
107			500			0.64
108			630			0.72
109			800			0.82
110			1000			0.95
111			1250			1.10
112			1600			1.31
113	800	400	320	700	732	1.31
114			400			1.43
115			500			1.57
116			630			1.76
117			800			2.01
118			1000			2.30
119			1250			2.67
120		500	320	550	574	1.08
121			400			1.17
122			500			1.29
123			630			1.44
124			800			1.63
125			1000			1.86
126			1250			2.15
127			1600			2.55

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
128	800	630	320	355	369	0.74
129			400			0.80
130			500			0.88
131			630			0.97
132			800			1.10
133			1000			1.25
134			1250			1.43
135			1600			1.69
136	1000	500	320	850	891	1.85
137			400			1.99
138			500			2.17
139			630			2.40
140			800			2.70
141			1000			3.06
142			1250			3.50
143			1600			4.13
144		630	320	655	685	1.51
145			400			1.62
146			500			1.75
147			630			1.93
148			800			2.16
149			1000			2.44
150			1250			2.78
151			1600			3.26
152		800	320	400	461	0.99

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
153	1000	800	400	400	416	1.05
154			500			1.14
155			630			1.24
156			800			1.39
157			1000			1.55
158			1250			1.76
159			1600			2.05
160			2000			2.38
161						630
162	500	3.02				
163	630	3.30				
164	800	3.66				
165	1000	4.10				
166	1600	5.39				
167	800	400		775	811	2.24
168		500				2.40
169		630				2.61
170		800				2.89
171		1000				3.21
172		1600				4.18
173		2000				4.83
174	1000	400		475	495	1.46
175		500				1.56
176		630				1.69
177		800				1.86
178		1000				2.06

续表

序 号	A_1	A_2	B	H	L	F/m^2
	mm					
179		1000	1600	475	495	2.65
180			2000			3.05
181	1600	800	500	1300	1365	4.49
182			630			4.84
183			800			5.30
184			1000			5.85
185			1250			6.53
186			1000			500
187		630		3.92		
188		800		4.28		
189		1000		4.70		
190		1250		5.22		
191		1250	500	625	653	2.43
192			630			2.60
193			800			2.83
194			1000			3.09
195	2000	1000	800	1600	1681	7.49
196			1000			8.16
197			1250			9.00
198		1250	800	1225	1286	6.04
199			1000			6.55
200		1600	800	700	732	3.69
201			1000			3.98
202			1250			4.35

四十三、矩形风管三通管展开放样

图 4-60 所示为矩形风管整体式三通管用图解法进行的展开放样，其规格尺寸见表 4.3。

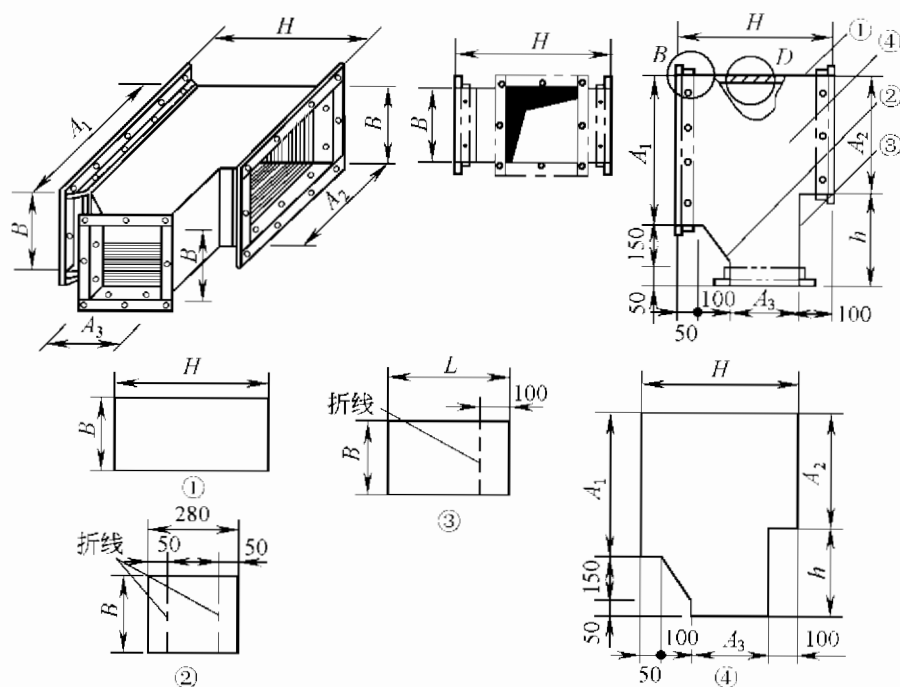


图 4.60 矩形风管整体式三通管展开放样（图解法）

注：1. ①——平侧板（1 块），②——斜侧板（1 块），

③——角形侧板（1 块），④——平面板（2 块）。

2. 本图所示尺寸均为净尺寸，不包括咬口和法兰折边余量。

3. 表 4.3 中三通的表面积 F ，不包括咬口和法兰折边余量。

4. 三通管的三个口径侧面尺寸 B 均相等。

表 4.3 矩形风管整体式三通管的规格尺寸

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
1	200	120	120	120	370	280	380	0.32
2				160				0.36
3				200				0.40
4				250				0.45
5	200	120	160	120	410	280	380	0.36
6				160				0.40
7				200				0.44
8				250				0.49
9	200	120	120	120	370	240	340	0.33
10				160				0.37
11				200				0.41
12				250				0.46
13	250	120	160	120	410	330	430	0.40
14				160				0.44
15				200				0.49
16				250				0.54
17	250	120	200	120	450	330	430	0.43
18				160				0.48
19				200				0.53
20				250				0.58
21	250	160	120	120	370	290	390	0.35
22				160				0.40
23				200				0.44
24				250				0.49
25	250	160	160	120	410	290	390	0.40
26				160				0.44

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
27	250	160	160	200	410	290	390	0.49
28				250				0.54
29				320				0.62
30	250	200	120	120	370	250	350	0.36
31				160				0.40
32				200				0.44
33				250				0.49
34	320	160	160	160	410	360	460	0.49
35				200				0.54
36				250				0.60
37				320				0.68
38	320	160	200	160	450	360	460	0.53
39				200				0.58
40				250				0.64
41				320				0.72
42	320	160	250	160	500	360	460	0.61
43				200				0.66
44				250				0.72
45				320				0.82
46	320	200	120	160	370	320	420	0.45
47				200				0.49
48				250				0.54
49	320	200	160	160	410	320	420	0.50
50				200				0.54
51				250				0.59
52				320				0.67

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
53	320	200	200	160	450	320	42	0.54
54				200				0.59
55				250				0.65
56				320				0.73
57				400				0.82
58				500				0.93
59	320	200	250	160	500	320	420	0.60
60				200				0.65
61				250				0.71
62				320				0.80
63				400				0.89
64				500				1.01
65	320	250	120	160	370	270	370	0.45
66				200				0.49
67				250				0.55
68	320	250	160	160	410	270	370	0.50
69				200				0.54
70				250				0.59
71				320				0.67
72	320	320	120	160	370	200	300	0.45
73				200				0.49
74				250				0.54
75	400	200	200	200	450	400	500	0.66
76				250				0.72
77				320				0.81
78				400				0.91

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
79	400	200	200	500	450	400	500	1.03
80	400	200	250	200	500	400	500	0.73
81				250				0.80
82				320				0.88
83				400				0.99
84				500				1.12
85	400	200	320	200	570	400	500	0.83
86				250				0.90
87				320				1.00
88				400				1.10
89				500				1.23
90	400	250	160	200	410	350	450	0.61
91				250				0.66
92				320				0.74
93	400	250	200	200	450	350	450	0.66
94				250				0.72
95				320				0.80
96				400				0.90
97				500				1.02
98	400	250	250	200	500	350	450	0.73
99				250				0.80
100				320				0.88
101				400				0.98
102				500				1.11
103				630				1.26
104	400	320	120	200	370	280	380	0.55

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
105	400	320	120	250	370	280	380	0.60
106	400	320	160	200	410	280	380	0.61
107				250				0.66
108				320				0.73
109	400	320	200	200	450	280	380	0.66
110				250				0.72
111				320				0.79
112				400				0.88
113				500				0.99
114	400	400	120	200	370	200	300	0.55
115				250				0.60
116	400	400	160	200	410	200	300	0.61
117				250				0.65
118				320				0.72
119	500	250	250	200	500	450	550	0.83
120				250				0.89
121				320				0.99
122				400				1.10
123				500				1.23
124				630				1.40
125	50	250	320	200	570	450	500	0.94
126				250				1.01
127				320				1.11
128				400				1.22
129				500				1.36
130				630				1.55

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
131	500	250	400	200	650	450	500	1.07
132				250				1.15
133				320				1.25
134				400				1.37
135				500				1.52
136				630				1.71
137	500	320	200	200	450	380	480	0.75
138				250				0.81
139				320				0.90
140				400				0.99
141				500				1.11
142	500	320	250	200	500	380	480	0.83
143				250				0.89
144				320				0.98
145				400				1.08
146				500				1.21
147				630				1.37
148	500	320	320	200	570	380	480	0.94
149				250				1.01
150				320				1.10
151				400				1.21
152				500				1.34
153				630				1.51
154				800				1.74
155				1000				2.01
156	500	400	120	200	370	300	400	0.61

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
157	500	400	120	250	370	300	400	0.66
158	500	400	160	200	410	300	400	0.69
159				250				0.74
160				320				0.82
161	500	400	200	200	450	300	400	0.75
162				250				0.81
163				320				0.89
164				400				0.98
165				500				1.09
166	500	400	250	200	500	300	400	0.83
167				250				0.89
168				320				0.97
169				400				1.07
170				500				1.19
171				630				1.34
172	500	500	120	200	370	200	300	0.62
173				250				0.68
174	500	500	160	200	410	200	300	0.69
175				250				0.74
176				320				0.81
177	500	500	200	200	450	200	300	0.75
178				250				0.80
179				320				0.87
180				400				0.96
181				500				1.06
182	630	320	320	250	570	510	610	1.16

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
183	630	320	320	320	570	510	610	1.27
184				400				1.38
185				500				1.53
186				630				1.72
187				800				1.97
188				1000				2.26
189	630	320	400	250	650	510	610	1.32
190				320				1.42
191				400				1.55
192				500				1.70
193				630				1.90
194				800				2.16
195				1000				2.47
196	630	320	500	250	750	510	610	1.51
197				320				1.62
198				400				1.75
199				500				1.92
200				630				2.13
201				800				2.41
202				1000				2.74
203	630	400	250	250	500	430	530	1.03
204				320				1.12
205				400				1.22
206				500				1.35
207				630				1.52
208	630	400	320	250	570	430	530	1.16

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
209	630	400	320	320	570	430	530	1.26
210				400				1.37
211				500				1.51
212				630				1.68
213				800				1.92
214				1000				2.20
215	630	400	400	250	650	430	530	1.31
216				320				1.42
217				400				1.53
218				500				1.68
219				630				1.87
220				800				2.12
221				1000				2.41
222				1250				2.77
223	630	500	160	250	410	330	430	0.85
224				320				0.93
225	630	500	200	250	450	330	430	0.93
226				320				0.99
227				400				1.10
228				500				1.20
229	630	500	250	250	500	330	430	1.02
230				320				1.11
231				400				1.20
232				500				1.32
233				630				1.48
234	630	500	320	250	570	330	430	1.15

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
235	630	500	320	320	570	330	430	1.24
236				400				1.35
237				500				1.48
238				630				1.64
239				800				1.86
240				1000				2.12
241	630	630	120	250	370	200	300	0.77
242	630	630	160	250	410	200	300	0.84
243				320				0.91
244	630	630	200	250	450	200	300	0.91
245				320				0.99
246				400				1.07
247				500				1.18
248	800	400	400	320	650	600	700	1.66
249				400				1.79
250				500				1.95
251				630				2.16
252				800				2.44
253				1000				2.77
254				1250				3.17
255	800	400	500	320	750	600	700	1.89
256				400				2.03
257				500				2.20
258				630				2.42
259				800				2.72
260				1000				3.07

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
261	800	400	500	1250	750	600	700	3.50
262	800	400	630	320	880	600	700	2.19
263				400				2.34
264				500				2.53
265				630				2.77
266				800				3.08
267				1000				3.46
268				1250				3.92
269	800	500	320	320	570	500	600	1.46
270				400				1.58
271				500				1.72
272				630				1.91
273				800				2.16
274				1000				2.45
275	800	500	400	320	650	500	600	1.64
276				400				1.77
277				500				1.92
278				630				2.12
279				800				2.38
280				1000				2.66
281				1250				3.07
282	800	500	500	320	750	500	600	1.88
283				400				2.01
284				500				2.17
285				630				2.38
286				800				2.66

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
287	800	500	500	1000	750	500	600	2.99
288				1250				3.39
289				1600				3.96
290	800	630	200	320	450	370	470	1.17
291				400				1.26
292				500				1.38
293	800	630	250	320	500	370	470	1.28
294				400				1.38
295				500				1.51
296				630				1.67
297	800	630	320	320	570	370	470	1.45
298				400				1.55
399				500				1.68
300				630				1.85
301				800				2.08
302				1000				2.34
303	800	630	400	320	650	370	470	1.63
304				400				1.74
305				500				1.88
306				630				2.06
307				800				2.30
308				1000				2.58
309				1250				2.93
310	800	800	160	320	410	200	300	1.05
311	800	800	200	400	450	200	300	1.14
312				500				1.23

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
313	800	800	200	630	450	200	300	1.33
314	800	800	250	320	500	200	300	1.26
315				400				1.35
316				500				1.46
317				630				1.60
318	800	800	320	320	570	200	300	1.42
319				400				1.52
320				500				1.63
321				630				1.78
322				800				1.98
323				1000				2.21
324	1000	500	500	320	750	700	800	2.20
325				400				2.35
326				500				2.53
327				630				2.77
328				800				3.08
329				1000				3.45
330				1250				3.90
331		1600				4.54		
332	1000	500	630	320	880	700	800	2.55
333				400				2.71
334				500				2.91
335				630				3.16
336				800				3.50
337				1000				3.89
338				1250				4.38

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
339	1000	500	630	1600	880	700	800	5.06
340	1000	500	800	320	1050	700	800	3.02
341				400				3.19
342				500				3.40
343				630				3.68
344				800				4.04
345				1000				4.47
346				1250				5.00
347				1600				5.74
348	1000	630	400	320	650	570	670	1.91
349				400				2.04
350				500				2.20
351				630				2.41
352				800				2.68
353				1000				3.00
354				1250				3.40
355	1000	630	500	320	750	570	670	2.19
356				400				2.32
357				500				2.54
358				630				2.71
359				800				3.00
360				1000				3.34
361				1250				3.77
362				1600				4.36
363	1000	630	630	320	880	570	670	2.54
364				400				2.69

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
365	1000	630	630	500	880	570	670	2.87
366				630				3.11
367				800				3.42
368				1000				3.78
369				1250				4.24
370				1600				4.88
371	1000	800	200	320	450	400	500	1.35
372				400				1.45
373				500				1.57
374	1000	800	250	320	500	400	500	1.48
375				400				1.59
376				500				1.72
377				630				1.88
378	1000	800	320	320	570	400	500	1.68
379				400				1.78
380				500				1.92
381				630				2.09
382				800				2.32
383				1000				2.59
384	1000	800	400	320	650	400	500	1.89
385				400				2.00
386				500				2.15
387				630				2.34
388				800				2.58
389				1000				2.87
390				1250				3.22

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
391	1000	800	500	320	750	400	500	2.16
392				400				2.29
393				500				2.44
394				630				2.64
395				800				2.90
396				1000				3.21
397				1250				3.59
398				1600				4.12
399	1000	1000	160	320	410	200	300	1.22
400	1000	1000	200	400	450	200	300	1.32
401				500				1.41
402				630				1.51
403	1000	1000	250	320	500	200	300	1.46
404				400				1.55
405				500				1.66
406				630				1.80
407	1000	1000	320	320	570	200	300	1.64
408				400				1.74
409				500				1.85
410				630				2.00
411				800				2.20
412				1000				2.43
413	1000	1000	400	320	650	200	300	1.87
414				400				1.97
415				500				2.09
416				630				2.25

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
417	1000	1000	400	800	650	200	300	2.46
418				1000				2.71
419				1250				3.01
420	1250	630	630	400	880	820	920	3.17
421				500				3.38
422				630				3.65
423				800				4.00
424				1000				4.42
425				1600				5.67
426	1250	630	800	400	1050	820	920	3.73
427				500				3.96
428				630				4.25
429				800				4.63
430				1000				5.08
431				1600				6.43
432	1250	630	1000	400	1250	820	920	4.39
433				500				4.63
434				630				4.95
435				800				5.37
436				1000				5.86
437				1600				7.33
438	1250	800	500	400	750	650	750	2.71
439				500				2.89
440				630				3.12
441				800				3.42
442				1000				3.78

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
443	1250	800	500	1600	750	650	750	4.85
444	1250	800	630	400	880	650	750	3.14
445				500				3.33
446				630				3.58
447				800				3.91
448				1000				4.29
449				1600				5.43
450	1250	800	800	400	1050	650	750	3.70
451				500				3.91
452				630				4.18
453				800				4.53
454				1000				4.95
455				1600				6.20
456				2000				7.03
457	1250	1000	250	400	500	450	550	1.85
458				500				1.98
459				630				2.15
460	1250	1000	320	400	570	450	550	2.08
461				500				2.22
462				630				2.40
463				800				2.64
464				1000				2.92
465	1250	1000	400	400	650	450	550	2.34
466				500				2.50
467				630				2.69
468				800				2.94

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
469	1250	1000	400	1000	650	450	550	3.23
470	1250	1000	500	400	750	450	550	2.67
471				500				2.83
472				630				3.04
473				800				3.30
474				1000				3.62
475				1600				4.57
476	1250	1000	630	400	880	450	550	3.10
477				500				3.27
478				630				3.49
479				800				3.79
480				1000				4.13
481				1600				5.15
482	1250	1250	200	400	450	200	300	1.63
483				500				1.74
484	1250	1250	250	400	500	200	300	1.80
485				500				1.91
486				630				2.05
487	1250	1250	320	400	570	200	300	2.03
488				500				2.14
489				630				2.29
490				800				2.49
491				1000				2.72
492	1250	1250	400	400	650	200	300	2.29
493				500				2.42
494				630				2.57

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
495	1250	1250	400	800	650	200	300	2.78
496				1000				3.03
497	1250	1250	500	400	750	200	300	2.62
498				500				2.76
499				630				2.93
500				800				3.15
501				1000				3.42
502				1600				4.22
503	1600	800	800	500	1050	1000	1100	4.75
504				630				5.07
505				800				5.48
506				1000				5.87
507				1250				6.57
508	1600	800	1000	500	1250	1000	1100	5.57
509				630				5.91
510				800				6.36
511				1000				6.89
512				1250				7.54
513	1600	800	1250	500	1500	1000	1100	6.60
514				630				6.97
515				800				7.46
516				1000				8.04
517	1600	1000	630	500	880	880	900	3.99
518				630				4.26
519				800				4.61
520				1000				5.02

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
521	1600	1000	630	1250	880	880	900	5.54
522	1600	1000	800	500	1050	800	900	4.69
523				630				4.98
524				800				5.36
525				1000				5.81
526				1250				6.36
527	1600	1000	1000	500	1250	800	900	5.51
528				630				5.83
529				800				6.24
530				1000				6.73
531				1250				7.33
532	1600	1000	1250	500	1500	800	900	6.54
533				630				6.88
534				800				7.34
535				1000				7.88
536	1600	1250	400	500	650	550	650	2.98
537				630				3.18
538				800				3.45
539				1000				3.77
540	1600	1250	500	500	750	550	650	3.39
541				630				3.60
542				800				3.89
543				1000				4.23
544	1600	1250	630	500	880	550	650	3.92
545				630				4.15
546				800				4.46

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
547	1600	1250	630	1000	880	550	650	4.82
548	1600	1250	800	500	1050	550	650	4.62
549				630				4.87
550				800				5.21
551				1000				5.61
552	1600	1600	250	500	500	200	300	2.26
553				630				2.40
554	1600	1600	320	500	570	200	300	2.54
555				630				2.69
556				800				2.89
557				1000				3.12
558	1600	1600	400	500	650	200	300	2.87
559				630				3.03
560				800				3.24
561				1000				3.49
562				1250				3.79
563	1600	1600	500	500	750	200	300	3.28
564				630				3.45
565				800				3.68
566				1000				3.95
567				1250				4.28
568	1600	1600	630	500	880	200	300	3.81
569				630				4.00
570				800				4.25
571				1000				4.54
572				1250				4.91

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
573	2000	1000	1000	800	1250	1200	1300	7.48
574				1000				8.05
575				1250				8.75
576	2000	1000	1250	800	1500	1200	1300	8.78
577				1000				9.40
578	2000	1000	1600	800	1850	1200	1300	10.60
579				1000				11.29
580				1250				12.14
581	2000	1250	800	1000	1050	950	1050	6.29
582								6.77
583	2000	1250	1000	800	1250	950	1050	7.33
584				1000				7.85
585	2000	1250	1250	800	1500	950	1050	8.63
586				1000				9.20
587	2000	1600	400	800	650	600	700	4.00
588				1000				4.33
589				1250				4.74
590	2000	1600	500	800	750	600	700	4.52
591				1000				4.87
592				1250				5.30
593	2000	1600	630	800	880	600	700	5.20
594				1000				5.57
595				1250				6.03
596	2000	1600	800	800	1050	600	700	6.08
597				1000				6.49
598				1250				6.99

续表

序号	A_1	A_2	A_3	B	H	h	L	F/m^2
	mm							
599	2000	1600	1000	800	1250	600	700	7.12
600				1000				7.57
601				1250				8.12
602	2000	2000	320	800	570	200	300	3.34
603				1000				3.57
604				1250				3.76
605	2000	2000	400	800	650	200	300	4.00
606				1000				4.31
607	2000	2000	500	800	750	200	300	4.28
608				1000				4.55
609				1250				4.88
610	2000	2000	630	800	880	200	300	4.96
611				1000				5.25
612				1250				5.61
613	2000	2000	800	800	1050	200	300	5.84
614				1000				6.17
615				1250				6.57

图 4.61 所示为矩形风管插管式三通管用图解法进行的展开放样，其规格尺寸见表 4.4。

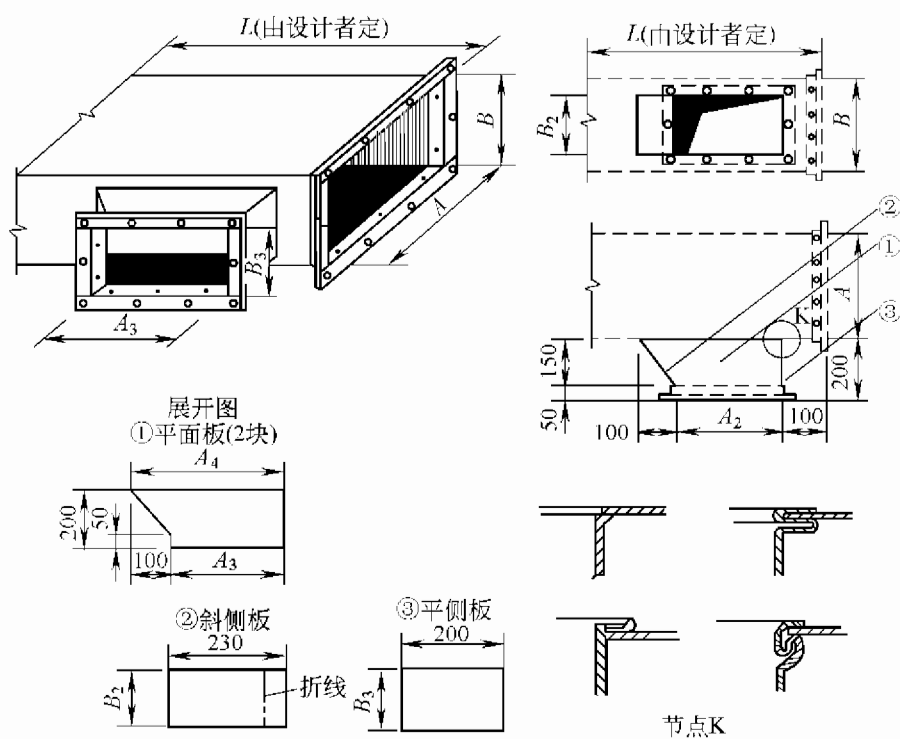


图 4.61 矩形风管插管式三通管展开放样（图解法）

四十四、圆形风管三通管展开放样

如图 4.62 所示，当 $\alpha=30^\circ$ 或 $\alpha=45^\circ$ 时，圆形风管三通管用图解法进行展开放样。

展开图面积经验计算公式如下

当 $\alpha=30^\circ$ 时， $F=1.57L(D_1+D_2)+3.14D_3(L-D_1)$

当 $\alpha=45^\circ$ 时， $F=1.57L(D_1+D_2)+3.14D_3(L-0.71D)$

当 $\alpha=60^\circ$ 时， $F=1.57L(2D_1+D_2+D_3)+1.57D_1^2$

表 4.4 矩形风管插管式三通管的规格尺寸

主 管				支 管														
序 号	A×B	序 号	A×B	序 号	A ₃	B ₃	A ₄	F /m ²	序 号	A ₃	B ₃	A ₄	F /m ²	序 号	A ₃	B ₃	A ₄	F /m ²
	mm	mm	mm		mm	mm	mm				mm							
1	120×120	14	320×320	1	120	120	220	0.12	14	200	320	300	0.24	27	320	250	420	0.26
2	160×120	15	400×200	2	120	160	220	0.14	15	200	400	300	0.27	28	320	320	420	0.29
3	160×160	16	400×250	3	120	200	220	0.15	16	200	500	300	0.32	29	320	400	420	0.32
4	200×120	17	400×320	4	120	250	220	0.18	17	250	120	350	0.17	30	320	500	420	0.36
5	200×160	18	400×400	5	160	120	260	0.14	18	250	160	350	0.19	31	320	630	420	0.42
6	200×200	19	500×200	6	160	160	260	0.15	19	250	200	350	0.21	32	320	800	420	0.49
7	250×120	20	500×250	7	160	200	260	0.17	20	250	250	350	0.23	33	320	1000	420	0.58
8	250×160	21	500×320	8	160	250	260	0.19	21	250	320	350	0.26	34	400	200	500	0.27
9	250×200	22	500×400	9	160	320	260	0.22	22	250	400	350	0.29	35	400	250	500	0.29
10	250×250	23	500×500	10	200	120	300	0.15	23	250	500	350	0.34	36	400	320	500	0.32
11	320×160	24	630×250	11	200	160	300	0.17	24	250	630	350	0.39	37	400	400	500	0.35
12	320×200	25	630×320	12	200	200	300	0.19	25	320	160	420	0.22	38	400	500	500	0.40
13	320×250	26	630×400	13	200	250	300	0.21	26	320	200	420	0.23	39	400	630	500	0.45

续表

主 管				支 管									
序 号	A×B mm	序 号	A×B mm	序 号	A ₃	B ₃	A ₄	F /m ²	序 号	A ₃	B ₃	A ₄	F /m ²
27	630×500	40	1250×400	40	400	800	500	0.52	53	630	250	730	0.38
28	630×630	41	1250×500	41	400	1000	500	0.61	54	630	320	730	0.41
29	800×320	42	1250×630	42	400	1250	500	0.72	55	630	400	730	0.44
30	800×400	43	1250×800	43	500	200	600	0.31	56	630	500	730	0.49
31	800×500	44	1250×1000	44	500	250	600	0.33	57	630	630	730	0.54
32	800×630	45	1600×500	45	500	320	600	0.36	58	630	800	730	0.62
33	800×800	46	1600×630	46	500	400	600	0.39	59	630	1000	730	0.70
34	1000×320	47	1600×800	47	500	500	600	0.44	60	630	1250	730	0.81
35	1000×400	48	1600×1000	48	500	630	600	0.49	61	630	1600	730	0.96
36	1000×500	49	1600×1250	49	500	800	600	0.56	62	800	320	900	0.48
37	1000×630	50	2000×800	50	500	1000	600	0.65	63	800	400	900	0.51
38	1000×800	51	2000×1000	51	500	1250	600	0.76	64	800	500	900	0.56
39	1000×1000	52	2000×1250	52	500	1600	600	0.91	65	800	630	900	0.61

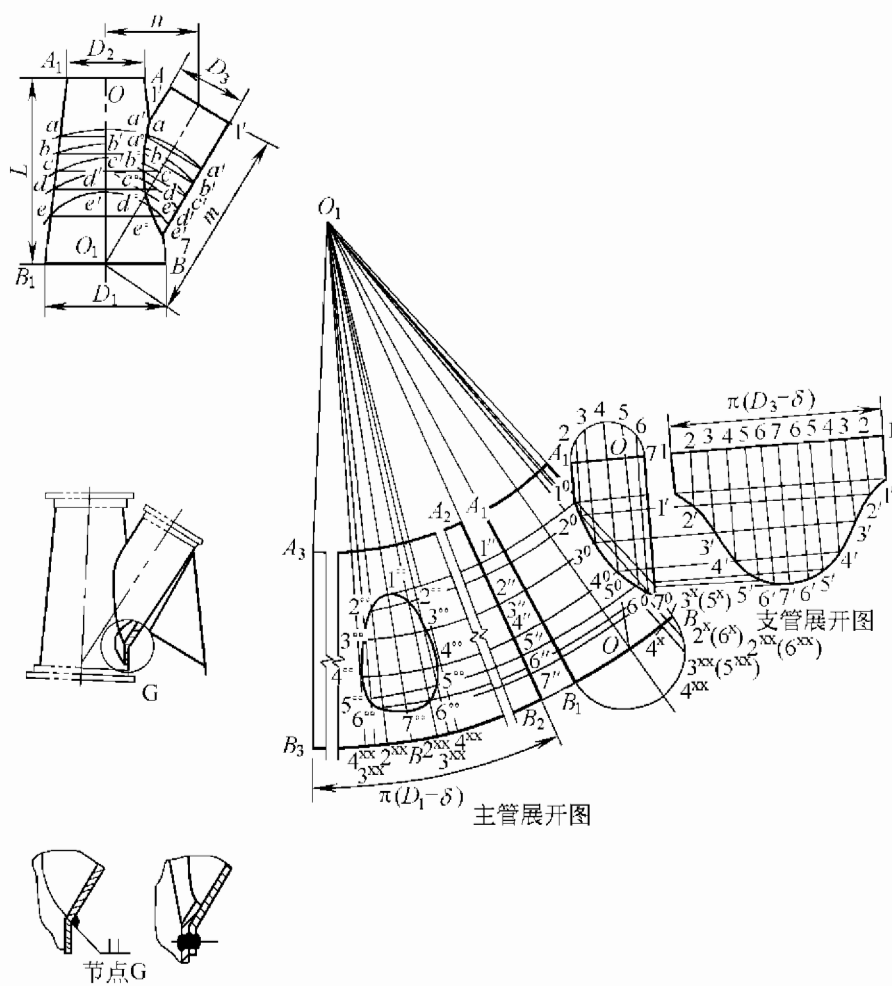
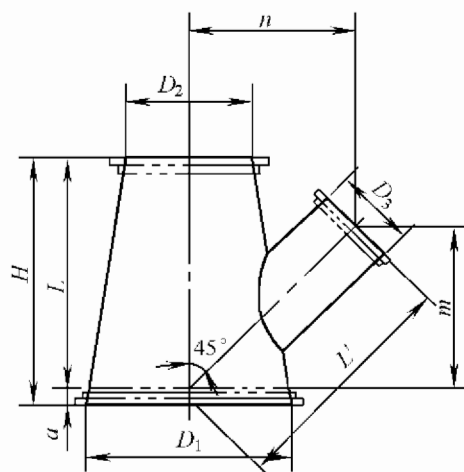


图 4.62 圆形风管三通管展开放样

当 $\alpha=30^\circ$ 、 $\alpha=45^\circ$ 和 $\alpha=60^\circ$ 时，圆形风管的规格尺寸分别见表 4.5、表 4.6 和表 4.7。

表 4.5 注：

 $\alpha=30^\circ$ 圆形风管三通管

1. 总管直径 D_1 由设计决定，但应使 D_1 符合下列公式规定的范围，并使 $D_1 \geq D_2$ 。

2. 几何尺寸按下列各式决定

$$L = D_2 + D_3 + 1.866(x_2 + x_3 + 20)$$

$$H = (L + a)$$

$$m = 0.866L$$

$$n = 0.5L$$

式中 x_2, x_3 ——分别为直通管和旁支管法兰边宽尺寸；

a ——两支管中心交点以下预留安装法兰长度。

3. 例如：当 $D_2 = 400$ ， $D_3 = 320$ 时，则 $L = 850$ ， $H = 890$ ， $m = 736$ ， $n = 425$ 。

表 4.5 $\alpha=30^\circ$ 圆形风管三通

1900	1700	1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530	480	420
2000	1800	1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560	500	450
4500	4100	3830	3630	3470	3340	3220	3110	3010	2910	2840	2770	2700	
4190	3990	3790	3590	3430	3300	3180	3070	2970	2870	2800	2730	2660	
3625	3455	3282	3109	2970	2858	2754	2659	2572	2485	2424	2364	2304	
2095	1995	1895	1795	1715	1650	1590	1535	1485	1435	1400	1365	1330	
	4070	3680	3430	3270	3140	3020	2910	2810	2710	2640	2570	2500	2450
	3790	3590	3390	3230	3100	2980	2870	2770	2670	2600	2530	2460	2410
	3282	3109	2936	2797	2685	2581	2485	2399	2312	2252	2191	2130	2087
	1895	1795	1695	1615	1550	1490	1435	1385	1335	1300	1265	1230	1205
		3650	3280	3070	2940	2820	2710	2610	2510	2440	2370	2300	2250
		3390	3190	3030	2900	2780	2670	2570	2470	2400	2330	2260	2210
		2936	2760	2624	2511	2407	2312	2226	2139	2078	2018	1957	1914
		1695	1495	1515	1450	1390	1335	1285	1235	1200	1165	1130	1105
			3220	2920	2740	2620	2510	2410	2310	2240	2170	2100	2050
			2990	2830	2700	2540	2470	2370	2270	2200	2130	2060	2010
			2589	2451	2338	2200	2139	2052	1966	1905	1845	1784	1741
			1495	1415	1350	1270	1235	1185	1135	1100	1065	1030	1005
				2880	2620	2460	2350	2250	2150	2080	2010	1940	1890
				2670	2540	2420	2310	2210	2110	2040	1970	1900	1850
				2312	2200	2096	2000	1914	1827	1767	1706	1645	1602
				1335	1270	1210	1155	1105	1055	1020	985	950	925
					2600	2360	2220	2120	2020	1950	1880	1810	1760
					2410	2290	2080	2080	1980	1910	1840	1770	1720
					2087	1983	1801	1801	1715	1654	1593	1533	1490
					1205	1145	1040	1040	990	955	920	885	860
						2350	2130	2000	1900	1830	1760	1690	1640
						2170	2060	1960	1860	1790	1720	1650	1600
						1879	1784	1697	1611	1550	1490	1429	1386
						1085	1030	980	930	890	860	825	800

mm

[illegible]

506 钣金展开速查手册

1900	1700	1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530	480	420
2000	1800	1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560	500	450
							2110	1920	1790	1720	1650	1580	1530
							1950	1850	1750	1680	1610	1540	1490
							1689	1602	1516	1455	1394	1334	1290
							975	925	875	840	805	770	745
							1900	1710	1620	1550	1480	1430	
							1750	1650	1580	1510	1440	1390	
							1516	1429	1368	1308	1274	1204	
							875	825	790	720	720	695	
								1690	1540	1450	1380	1330	
								1550	1480	1410	1340	1290	
								1342	1282	1221	1160	1117	
								775	740	705	670	645	
									1540	1400	1310	1260	
									1410	1340	1270	1220	
									1221	1160	1100	1057	
									705	670	635	610	
										1390	1260	1190	
										1270	1200	1150	
										1100	1039	996	
										635	600	575	
											1240	1140	
											1130	1080	
											979	935	
											565	540	
												1130	
												1030	
												892	
												515	

续表

380 400	340 360	300 320	260 280	240 250	210 220	190 200	170 180	150 160	130 140	110 120	90 100	80	D_3/D_2
1480 1440 1247 720	1440 1400 1212 700	1400 1360 1178 680	1360 1320 1143 660	1330 1290 1117 645									900 850
1380 1340 1160 670	1340 1300 1126 650	1300 1260 1091 630	1260 1220 1057 610	1230 1190 1031 595	1200 1160 1005 580	1170 1130 979 565							800 750
1280 1240 1074 620	1240 1200 1039 600	1200 1160 1005 580	1160 1120 970 560	1130 1090 944 545	1100 1060 918 530	1070 1030 892 515	1050 1010 875 505						700 670
1210 1170 1013 585	1170 1130 979 565	1130 1090 944 545	1090 1050 909 525	1060 1020 883 510	1030 990 857 495	1000 960 831 480	980 940 814 470	960 920 797 460					630 600
1140 1100 953 550	1100 1060 918 530	1060 1020 883 510	1020 980 849 490	990 950 823 475	960 920 797 460	930 890 771 445	910 870 753 435	890 850 736 425	870 830 719 415				560 530
1070 1030 892 515	1030 990 857 495	990 950 823 475	950 910 788 455	920 880 762 440	890 850 736 425	860 820 710 410	840 800 693 400	820 780 675 390	800 760 658 380				500 480
1030 980 849 490	980 949 814 470	940 900 779 450	900 860 745 430	870 830 719 415	840 800 693 400	810 770 667 385	790 750 650 375	770 730 632 365	750 710 615 355	730 690 598 345			450 420

508 钣金展开速查手册

1900	1700	1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530	480	420
2000	1800	1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560	500	450

续表

380	340	300	260	240	210	190	170	150	130	110	90	80	D_3/D_2
400	360	320	280	250	220	200	180	160	140	120	100	80	D_3/D_2
1030	940	890	850	820	790	760	740	720	700	680	660		
930	890	850	810	780	750	720	700	680	660	640	620		400
805	771	736	701	675	650	624	606	589	572	554	537		380
465	445	425	405	390	375	360	350	340	330	320	310		
	940	860	810	780	750	720	700	680	660	640	620	600	
	850	810	770	740	710	680	660	640	620	600	580	560	360
	736	701	667	641	615	589	572	554	537	520	502	485	340
	425	405	385	370	355	340	330	320	310	300	290	280	
		860	780	740	710	680	660	640	620	600	580	560	
		770	730	700	670	640	620	600	580	560	540	520	320
		667	632	606	580	554	537	520	502	485	468	450	300
		385	365	350	335	320	310	300	290	280	270	260	
			770	710	670	640	620	600	580	560	540	520	
			690	660	630	600	580	560	540	520	500	480	280
			598	572	546	520	502	485	468	450	433	416	260
			345	330	315	300	290	280	270	260	250	240	
				710	650	610	590	570	550	530	510	490	
				630	600	570	550	530	510	490	470	450	250
				546	520	494	476	459	442	424	407	390	240
				315	300	285	275	265	255	245	235	225	
					640	590	560	540	520	500	480	460	
					570	540	520	500	480	460	440	420	220
					494	468	450	433	416	398	381	364	210
					285	270	260	250	240	230	220	210	
						590	550	520	500	480	460	440	
						520	500	480	460	440	420	400	200
						450	433	416	398	381	364	346	190
						260	250	240	230	220	210	200	

510 钣金展开速查手册

1900	1700	1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530	480	420
2000	1800	1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560	500	450

续表

380	340	300	260	240	210	190	170	150	130	110	90		D_3 / D_2
400	360	320	280	250	220	200	180	160	140	120	100	80	
							550	510	480	460	440	420	
							480	460	440	420	400	380	180
							416	398	381	364	346	329	170
							240	230	220	200	200	190	
								500	470	440	420	400	
								480	420	400	380	360	160
								416	364	346	329	312	150
								240	210	200	190	180	
									460	420	400	380	
									400	380	360	340	140
									346	329	312	294	130
									200	190	180	170	
										420	380	360	
										360	340	320	120
										312	294	277	110
										180	170	160	
											380	340	
											340	300	100
											294	260	90
											170	150	
												330	
												280	80
												242	
												140	

表 4.6 $\alpha=45^\circ$ 圆形风管三通管的规格尺寸 [m (n)、L、H]													mm
													D_3 D_2
2000	1800	1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560	500	
3180	2900	2660	2380	2270	2190	2110	2040	1970	1910	1860	1820	1770	
2720	2590	2460	2330	2230	2150	2070	2000	1930	1870	1820	1780	1730	2000
1923	1831	1739	1647	1577	1520	1463	1414	1365	1322	1287	1258	1223	
	2880	2610	2380	2140	2060	1990	1900	1840	1780	1730	1690	1640	
	2460	2330	2200	2100	2020	1950	1860	1800	1740	1690	1650	1600	1800
	1739	1647	1555	1485	1428	1379	1315	1273	1230	1195	1167	1131	
		2570	2320	2140	1930	1850	1780	1710	1650	1600	1560	1520	
		2200	2070	1970	1890	1810	1740	1670	1610	1560	1520	1480	1600
		1555	1463	1393	1336	1280	1230	1181	1138	1103	1075	1046	
			2270	2070	1910	1730	1650	1580	1520	1470	1420	1390	
			1940	1840	1760	1680	1610	1540	1480	1430	1380	1350	1400
			1372	1301	1244	1188	1138	1089	1046	1011	976	954	
				2040	1860	1720	1550	1480	1410	1370	1320	1280	
				1740	1650	1580	1500	1440	1370	1330	1280	1240	1250
				1230	1167	1117	1061	1018	969	940	905	877	

续表													
					$D_3 \diagdown D_2$								
2000	1800	1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560	500	
					1840	1680	1550	1400	1330	1280	1240	1190	1120
					1570	1490	1420	1350	1290	1240	1200	1150	
					1110	1053	1004	954	912	877	848	813	
						1660	1520	1400	1250	1210	1160	1120	1000
						1410	1340	1280	1210	1170	1120	1080	
						997	947	905	855	827	792	764	
							1500	1360	1250	1140	1090	1040	900
							1270	1200	1140	1100	1050	1000	
							898	848	806	778	742	707	
								1350	1220	1140	1020	980	800
								1140	1070	1030	980	940	
								806	756	728	693	665	
									1200	1100	1020	920	700
									1010	960	920	870	
									714	679	650	615	

续表

											<div><div><div>D_3</div><div>D_2</div></div></div>	
	2000	1800	1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	500	630
											920	920
											830	830
											587	587
											900	900
											780	780
											551	551
											890	890
											740	740
											523	523
											450	
											400	

续表

	$D_3 \backslash D_2$									
	400	360	320	280	250	220	200	180	160	140
450	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
1160	1130	1100	1080	1050						
1120	1090	1060	1040	1010						
792	771	749	735	714						
1080	1050	1020	1000	970	950					
1040	1010	980	960	930	910					
735	714	693	679	658	643					
1010	980	950	930	900	880					
970	940	910	890	860	840					
686	665	643	629	608	594					
950	910	890	860	840	820	800	780			
910	870	850	820	800	780	760	740			
643	615	601	580	566	551	537	523			
880	850	820	800	770	750	730	710	700		
840	810	780	760	730	710	690	670	660		
594	573	551	537	516	502	488	474	467		

续表

[illegible]

续表

										<div><div><div>D_3</div><div>D_2</div></div></div>		
450	400	360	320	280	250	220	200	180	160	140	120	100
										200		
										420	320	310
										340	280	270
										240	198	191
										180		
										390	310	300
										310	270	260
										219	191	184
										160		
										360	310	300
										280	260	240
										198	184	170
										140		
										330	300	280
										260	240	230
										184	170	163
										120		
										300	280	270
										230	220	210
										163	156	148
										100		
										270	210	148

表 4.7 $\alpha=60^\circ$ 圆形风管三通

1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530
1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560
$\frac{1670}{1720}$	$\frac{1570}{1670}$	$\frac{1490}{1630}$	$\frac{1430}{1600}$	$\frac{1370}{1570}$	$\frac{1320}{1540}$				
$\frac{1446}{1490}$	$\frac{1360}{1446}$	$\frac{1290}{1412}$	$\frac{1238}{1386}$	$\frac{1186}{1360}$	$\frac{1143}{1334}$				
$\frac{835}{860}$	$\frac{785}{835}$	$\frac{745}{815}$	$\frac{715}{800}$	$\frac{685}{785}$	$\frac{660}{770}$				
$\frac{1590}{1590}$	$\frac{1490}{1540}$	$\frac{1420}{1500}$	$\frac{1350}{1470}$	$\frac{1290}{1440}$	$\frac{1240}{1410}$	$\frac{1190}{1390}$			
$\frac{1377}{1377}$	$\frac{1290}{1334}$	$\frac{1230}{1299}$	$\frac{1169}{1273}$	$\frac{1117}{1247}$	$\frac{1072}{1218}$	$\frac{1030}{1204}$			
$\frac{795}{795}$	$\frac{745}{770}$	$\frac{710}{750}$	$\frac{675}{735}$	$\frac{645}{720}$	$\frac{620}{705}$	$\frac{595}{695}$			
	$\frac{1420}{1420}$	$\frac{1340}{1380}$	$\frac{1280}{1350}$	$\frac{1220}{1320}$	$\frac{1170}{1290}$	$\frac{1120}{1270}$	$\frac{1070}{1240}$		
	$\frac{1230}{1230}$	$\frac{1160}{1195}$	$\frac{1108}{1169}$	$\frac{1057}{1143}$	$\frac{1013}{1117}$	$\frac{970}{1100}$	$\frac{927}{1074}$		
	$\frac{710}{710}$	$\frac{670}{690}$	$\frac{640}{675}$	$\frac{610}{660}$	$\frac{585}{645}$	$\frac{560}{635}$	$\frac{535}{620}$		
	$\frac{1240}{1240}$	$\frac{1170}{1210}$	$\frac{1110}{1180}$	$\frac{1060}{1150}$	$\frac{1010}{1130}$	$\frac{960}{1100}$	$\frac{930}{1080}$		
	$\frac{1074}{1074}$	$\frac{1013}{1048}$	$\frac{961}{1020}$	$\frac{918}{996}$	$\frac{875}{980}$	$\frac{831}{953}$	$\frac{805}{935}$		
	$\frac{620}{620}$	$\frac{585}{605}$	$\frac{555}{590}$	$\frac{530}{575}$	$\frac{505}{565}$	$\frac{480}{550}$	$\frac{465}{540}$		

管的规格尺寸

mm

480	420	380	340	300	260	240	210	<div><div>D_3</div><div>D_2</div></div>
500	450	400	360	320	280	250	220	
								<div>1800</div> <div>1700</div>
		<div><div>$\frac{L_1}{L_2}$</div><div>$\frac{m_1}{m_2}$</div><div>$\frac{n_1}{n_2}$</div></div>						<div>1600</div> <div>1500</div>
								<div>1400</div> <div>1320</div>
								<div>1250</div> <div>1180</div>

续表

1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530
1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560
			$\frac{1120}{1120}$	$\frac{1060}{1090}$	$\frac{1010}{1070}$	$\frac{960}{1040}$	$\frac{910}{1020}$	$\frac{880}{1000}$	$\frac{840}{980}$
			$\frac{970}{970}$	$\frac{918}{944}$	$\frac{875}{927}$	$\frac{831}{900}$	$\frac{788}{883}$	$\frac{762}{866}$	$\frac{727}{849}$
			$\frac{560}{560}$	$\frac{530}{545}$	$\frac{505}{535}$	$\frac{480}{520}$	$\frac{455}{510}$	$\frac{440}{500}$	$\frac{420}{490}$
					$\frac{1020}{1020}$	$\frac{970}{1000}$	$\frac{920}{970}$	$\frac{870}{950}$	$\frac{840}{930}$
					$\frac{883}{883}$	$\frac{840}{866}$	$\frac{797}{840}$	$\frac{753}{823}$	$\frac{727}{805}$
					$\frac{510}{510}$	$\frac{485}{500}$	$\frac{460}{485}$	$\frac{435}{475}$	$\frac{400}{465}$
							$\frac{900}{900}$	$\frac{850}{880}$	$\frac{800}{850}$
							$\frac{779}{779}$	$\frac{736}{762}$	$\frac{675}{719}$
							$\frac{450}{450}$	$\frac{425}{440}$	$\frac{400}{425}$
							$\frac{820}{820}$	$\frac{770}{790}$	$\frac{730}{770}$
							$\frac{710}{710}$	$\frac{667}{684}$	$\frac{632}{667}$
							$\frac{410}{410}$	$\frac{385}{395}$	$\frac{365}{385}$

480 500	420 450	380 400	340 360	300 320	260 280	240 250	210 220	D_3 D_2
								1120 1060
$\frac{770}{890}$								1000
$\frac{667}{770}$								950
$\frac{385}{445}$								
$\frac{700}{800}$	$\frac{680}{790}$							900
$\frac{606}{693}$	$\frac{589}{684}$							850
$\frac{350}{400}$	$\frac{340}{395}$							
$\frac{670}{740}$	$\frac{640}{730}$	$\frac{620}{720}$						800
$\frac{580}{640}$	$\frac{554}{632}$	$\frac{537}{624}$						750
$\frac{335}{370}$	$\frac{320}{365}$	$\frac{310}{360}$						

续表

190 200	170 180	150 160	130 140	110 120	90 100	80	<div><div>D_3</div><div>D_2</div></div>
							<div>1120</div> <div>1060</div>
							<div>1000</div> <div>950</div>
							<div>900</div> <div>850</div>
							<div>800</div> <div>750</div>

526 钣金展开速查手册

1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530
1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560
							$\frac{730}{730}$	$\frac{690}{710}$	$\frac{660}{690}$
							$\frac{632}{632}$	$\frac{598}{615}$	$\frac{572}{598}$
							$\frac{365}{365}$	$\frac{345}{355}$	$\frac{330}{345}$
								$\frac{670}{670}$	$\frac{630}{650}$
								$\frac{580}{580}$	$\frac{546}{563}$
								$\frac{335}{335}$	$\frac{315}{325}$
									$\frac{610}{610}$
									$\frac{476}{476}$
									$\frac{305}{305}$

续表

480 500	420 450	380 400	340 360	300 320	260 280	240 250	210 220	D_3 D_2
$\frac{630}{680}$	$\frac{600}{660}$	$\frac{580}{650}$	$\frac{560}{640}$					700 670
$\frac{546}{589}$	$\frac{520}{572}$	$\frac{502}{553}$	$\frac{485}{554}$					
$\frac{315}{340}$	$\frac{300}{330}$	$\frac{290}{325}$	$\frac{280}{320}$					
$\frac{600}{640}$	$\frac{580}{620}$	$\frac{550}{610}$	$\frac{530}{600}$	$\frac{510}{590}$				630 600
$\frac{520}{554}$	$\frac{502}{537}$	$\frac{476}{528}$	$\frac{459}{520}$	$\frac{443}{511}$				
$\frac{300}{320}$	$\frac{290}{210}$	$\frac{275}{305}$	$\frac{265}{300}$	$\frac{255}{295}$				
$\frac{580}{590}$	$\frac{550}{580}$	$\frac{530}{570}$	$\frac{510}{560}$	$\frac{490}{550}$	$\frac{470}{540}$			560 530
$\frac{502}{511}$	$\frac{476}{502}$	$\frac{459}{494}$	$\frac{443}{485}$	$\frac{424}{476}$	$\frac{407}{468}$			
$\frac{290}{295}$	$\frac{275}{290}$	$\frac{265}{285}$	$\frac{255}{280}$	$\frac{245}{275}$	$\frac{235}{270}$			
$\frac{530}{530}$	$\frac{510}{520}$	$\frac{490}{510}$	$\frac{470}{500}$	$\frac{450}{490}$	$\frac{430}{480}$	$\frac{410}{470}$		500 480
$\frac{459}{459}$	$\frac{442}{450}$	$\frac{424}{442}$	$\frac{407}{433}$	$\frac{389}{424}$	$\frac{372}{415}$	$\frac{345}{407}$		
$\frac{265}{265}$	$\frac{255}{260}$	$\frac{245}{255}$	$\frac{235}{250}$	$\frac{225}{245}$	$\frac{215}{240}$	$\frac{205}{235}$		

190 200	170 180	150 160	130 140	110 120	90 100	80	<div><div>D_3</div><div>D_2</div></div>
							<div>700</div> <div>670</div>
							<div>630</div> <div>600</div>
		<div><div>$\frac{L_1}{L_2}$</div><div>$\frac{m_1}{m_2}$</div><div>$\frac{n_1}{n_2}$</div></div>					<div><div>560</div><div>530</div></div> <div><div>500</div><div>480</div></div>

续表

1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530
1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560

530 钣金展开速查手册

480 500	420 450	380 400	340 360	300 320	260 280	240 250	210 220	D_3 D_2
	$\frac{490}{490}$ $\frac{424}{424}$	$\frac{470}{480}$ $\frac{407}{415}$	$\frac{450}{470}$ $\frac{389}{407}$	$\frac{430}{460}$ $\frac{372}{398}$	$\frac{410}{450}$ $\frac{355}{389}$	$\frac{390}{440}$ $\frac{338}{381}$	$\frac{380}{440}$ $\frac{329}{381}$	450 420
	$\frac{245}{245}$	$\frac{335}{240}$	$\frac{225}{235}$	$\frac{215}{230}$	$\frac{215}{225}$	$\frac{195}{220}$	$\frac{190}{220}$	
		$\frac{450}{450}$	$\frac{430}{440}$	$\frac{410}{430}$	$\frac{390}{420}$	$\frac{370}{410}$	$\frac{360}{400}$	400 380
		$\frac{389}{389}$	$\frac{372}{381}$	$\frac{355}{372}$	$\frac{338}{364}$	$\frac{320}{355}$	$\frac{312}{346}$	
		$\frac{225}{225}$	$\frac{215}{220}$	$\frac{205}{215}$	$\frac{195}{210}$	$\frac{185}{205}$	$\frac{180}{200}$	
			$\frac{410}{410}$	$\frac{390}{400}$	$\frac{370}{390}$	$\frac{360}{390}$	$\frac{340}{380}$	360 340
			$\frac{355}{355}$	$\frac{338}{346}$	$\frac{320}{338}$	$\frac{321}{338}$	$\frac{294}{329}$	
			$\frac{250}{250}$	$\frac{195}{200}$	$\frac{185}{195}$	$\frac{180}{195}$	$\frac{170}{190}$	
				$\frac{380}{380}$	$\frac{360}{370}$	$\frac{340}{360}$	$\frac{330}{350}$	320 300
				$\frac{329}{329}$	$\frac{312}{320}$	$\frac{294}{312}$	$\frac{285}{363}$	
				$\frac{190}{190}$	$\frac{180}{185}$	$\frac{170}{180}$	$\frac{165}{175}$	

续表

190 200	170 180	150 160	130 140	110 120	90 100	80	D_3 D_2
							450 420
$\frac{350}{400}$							400
$\frac{363}{346}$							380
$\frac{175}{200}$							
$\frac{330}{370}$	$\frac{320}{370}$						360
$\frac{285}{320}$	$\frac{277}{320}$						340
$\frac{165}{185}$	$\frac{160}{185}$						
$\frac{320}{350}$	$\frac{310}{340}$	$\frac{300}{340}$					320
$\frac{277}{363}$	$\frac{268}{294}$	$\frac{260}{294}$					300
$\frac{160}{175}$	$\frac{155}{170}$	$\frac{150}{170}$					

532 钣金展开速查手册

1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530
1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560

534 钣金展开速查手册

190 200	170 180	150 160	130 140	110 120	90 100	80	$\begin{matrix} D_3 \\ D_2 \end{matrix}$
$\frac{300}{320}$	$\frac{290}{320}$	$\frac{280}{310}$	$\frac{270}{310}$				280 260
$\frac{260}{277}$	$\frac{251}{277}$	$\frac{242}{268}$	$\frac{234}{218}$				
$\frac{150}{160}$	$\frac{145}{160}$	$\frac{140}{155}$	$\frac{135}{155}$				
$\frac{290}{310}$	$\frac{280}{300}$	$\frac{270}{300}$	$\frac{260}{290}$	$\frac{250}{290}$			250 240
$\frac{251}{268}$	$\frac{242}{260}$	$\frac{234}{260}$	$\frac{225}{251}$	$\frac{216}{251}$			
$\frac{145}{155}$	$\frac{140}{155}$	$\frac{135}{150}$	$\frac{130}{145}$	$\frac{125}{145}$			
$\frac{280}{290}$	$\frac{270}{280}$	$\frac{260}{280}$	$\frac{250}{270}$	$\frac{240}{270}$	$\frac{230}{260}$		220 210
$\frac{242}{251}$	$\frac{234}{242}$	$\frac{225}{242}$	$\frac{216}{234}$	$\frac{208}{234}$	$\frac{199}{225}$		
$\frac{140}{145}$	$\frac{135}{140}$	$\frac{130}{140}$	$\frac{125}{135}$	$\frac{120}{135}$	$\frac{115}{130}$		
$\frac{250}{250}$	$\frac{240}{250}$	$\frac{230}{240}$	$\frac{220}{240}$	$\frac{210}{230}$	$\frac{200}{230}$	$\frac{190}{220}$	200 190
$\frac{216}{216}$	$\frac{208}{216}$	$\frac{199}{208}$	$\frac{190}{208}$	$\frac{182}{199}$	$\frac{173}{199}$	$\frac{165}{190}$	
$\frac{125}{125}$	$\frac{120}{125}$	$\frac{115}{120}$	$\frac{110}{120}$	$\frac{105}{115}$	$\frac{100}{115}$	$\frac{95}{110}$	

续表

1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530
1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560

480	420	380	340	300	260	240	210	D_3
500	450	400	360	320	280	250	220	D_2
								180
								170
								160
								150
								140
								130

续表

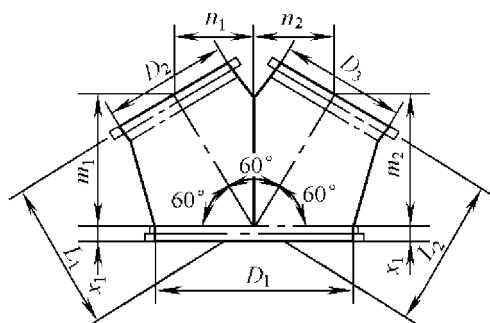
190 200	170 180	150 160	130 140	110 120	90 100	80	<div><div>D_3</div><div>D_2</div></div>
	<div><div>$\frac{240}{240}$</div></div>	<div><div>$\frac{230}{230}$</div></div>	<div><div>$\frac{220}{230}$</div></div>	<div><div>$\frac{210}{220}$</div></div>	<div><div>$\frac{200}{220}$</div></div>	<div><div>$\frac{190}{210}$</div></div>	180 170
	<div><div>$\frac{200}{208}$</div></div>	<div><div>$\frac{199}{199}$</div></div>	<div><div>$\frac{190}{199}$</div></div>	<div><div>$\frac{182}{190}$</div></div>	<div><div>$\frac{173}{190}$</div></div>	<div><div>$\frac{165}{173}$</div></div>	
	<div><div>$\frac{120}{120}$</div></div>	<div><div>$\frac{115}{115}$</div></div>	<div><div>$\frac{110}{115}$</div></div>	<div><div>$\frac{105}{110}$</div></div>	<div><div>$\frac{100}{110}$</div></div>	<div><div>$\frac{95}{105}$</div></div>	
		<div><div>$\frac{220}{220}$</div></div>	<div><div>$\frac{210}{210}$</div></div>	<div><div>$\frac{200}{210}$</div></div>	<div><div>$\frac{190}{200}$</div></div>	<div><div>$\frac{180}{200}$</div></div>	160 150
		<div><div>$\frac{190}{190}$</div></div>	<div><div>$\frac{182}{182}$</div></div>	<div><div>$\frac{173}{182}$</div></div>	<div><div>$\frac{165}{173}$</div></div>	<div><div>$\frac{156}{173}$</div></div>	
		<div><div>$\frac{110}{110}$</div></div>	<div><div>$\frac{105}{105}$</div></div>	<div><div>$\frac{100}{100}$</div></div>	<div><div>$\frac{95}{100}$</div></div>	<div><div>$\frac{90}{100}$</div></div>	
			<div><div>$\frac{200}{200}$</div></div>	<div><div>$\frac{190}{200}$</div></div>	<div><div>$\frac{180}{100}$</div></div>	<div><div>$\frac{170}{190}$</div></div>	140 130
			<div><div>$\frac{173}{173}$</div></div>	<div><div>$\frac{165}{173}$</div></div>	<div><div>$\frac{156}{165}$</div></div>	<div><div>$\frac{147}{165}$</div></div>	
			<div><div>$\frac{100}{100}$</div></div>	<div><div>$\frac{95}{100}$</div></div>	<div><div>$\frac{90}{95}$</div></div>	<div><div>$\frac{85}{95}$</div></div>	

538 钣金展开速查手册

1500	1320	1180	1060	950	850	750	670	600	530
1600	1400	1250	1120	1000	900	800	700	630	560

540 钣金展开速查手册

190 200	170 180	150 160	130 140	110 120	90 100	80	D_3 D_2
				$\frac{180}{180}$	$\frac{170}{180}$	$\frac{160}{170}$	120 110
				$\frac{156}{156}$	$\frac{147}{156}$	$\frac{138}{177}$	
				$\frac{90}{90}$	$\frac{85}{90}$	$\frac{80}{85}$	
					$\frac{170}{170}$	$\frac{160}{160}$	100 90
					$\frac{147}{147}$	$\frac{138}{138}$	
					$\frac{85}{85}$	$\frac{80}{80}$	
						$\frac{150}{150}$	80
						$\frac{130}{130}$	
						$\frac{75}{75}$	

 $\alpha=60^\circ$ 圆形风管三通管

注：1. 总管直径 D_1 由设计决定，但应使 D_1 符合下列公式规定的范围，并使 $D_1 \geq 1.15D_2$ 。

2. 几何尺寸按下列各式决定

$$L_1 = 0.37D_2 + 0.5D_3 + a$$

$$L_2 = 0.62D_2 + 0.25D_3 + a$$

$$m = 0.866L$$

$$n = 0.5L$$

式中 a ——预留安装法兰长度。

例如：当 $D_2 = 400$ ， $D_3 = 360$ 时， $L_1 = 430$ ， $L_2 = 440$ ， $m_1 = 372$ ， $m_2 = 381$ ， $n_1 = 215$ ， $n_2 = 220$ 。

3. x_1 为总管法兰尺寸。

第五章 台、罩及圆方过渡 接头展开放样

一、长圆台展开放样

图 5.1 所示长圆台两端由两个正截头圆锥台组合而成。
已知尺寸为 R 、 r 、 A 及 h 。

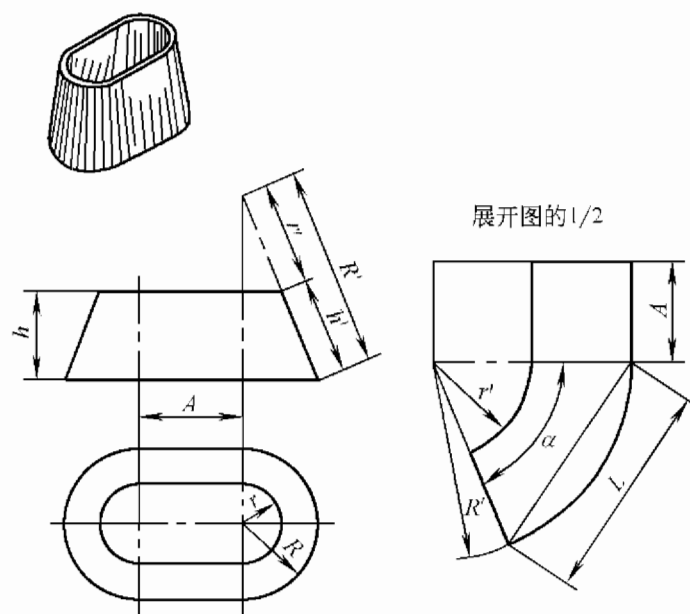


图 5.1 长圆台展开放样

计算式如下

$$h' = \sqrt{(R-r)^2 + h^2}$$

$$r' = \frac{rh'}{R-r}$$

$$R' = r' + h'$$

$$\alpha = 180^\circ \times \frac{R}{R'}$$

$$L = 2R' \sin \frac{\alpha}{2}$$

例 5-1 已知一长圆台 $R=330$, $r=150$, $h=375$, $A=420$, 试计算放样。

$$\text{解: } h' = \sqrt{(330-150)^2 + 375^2} = 416$$

$$r' = \frac{150 \times 416}{330-150} = 346.7$$

$$R' = 346.7 + 416 = 762.7$$

$$\alpha = 180^\circ \times \frac{330}{762.7} = 77.9^\circ$$

$$L = 2 \times 762.7 \sin \frac{77.9^\circ}{2} = 959$$

二、带轮罩展开放样

工厂中对暴露在机床外边的带轮或齿轮, 多以薄板罩盖之, 以保安全, 如图 5.2 所示。已知尺寸为 R 、 r 、 A 及 h 。

计算式如下

$$\sin \beta = \frac{R-r}{A}$$

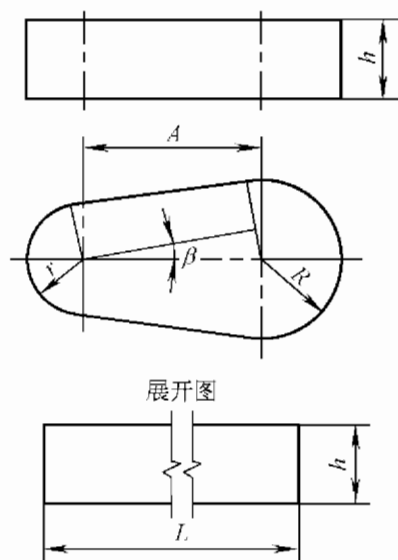


图 5.2 带轮罩展开放样

$$L = 2A \cos \beta + \pi(R + r) + \frac{\pi \beta}{90^\circ}(R - r)$$

式中 L ——罩盖周长。

例 5-2 已知一带轮罩 $R=220$, $r=85$, $A=600$, 试计算轮罩周长。

$$\text{解: } \sin \beta = \frac{220 - 85}{600} = 0.225 \quad \beta = 13^\circ$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times 600 \cos 13^\circ + \pi(220 + 85) \\ &\quad + \frac{13^\circ \pi}{90^\circ}(220 - 85) = 2188.7 \end{aligned}$$

三、圆顶长圆底罩展开放样

图 5.3 所示的圆顶长圆底罩是由两个 $1/2$ 斜圆锥管和两

个等腰三角形平面组合而成。已知尺寸为 R 、 r 、 l 及 h 。
计算式如下

$$H = \frac{hR}{R-r}$$

$$A = \frac{LR}{2(R-r)}$$

$$B = A \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

$$f_n = \sqrt{(A + R \cos \alpha_n)^2 + R^2 \sin^2 \alpha_n + H^2}$$

$$l_n = \sqrt{(B + r \cos \alpha_n)^2 + r^2 \sin^2 \alpha_n + (H-h)^2}$$

$$m = \frac{2\pi R}{n}$$

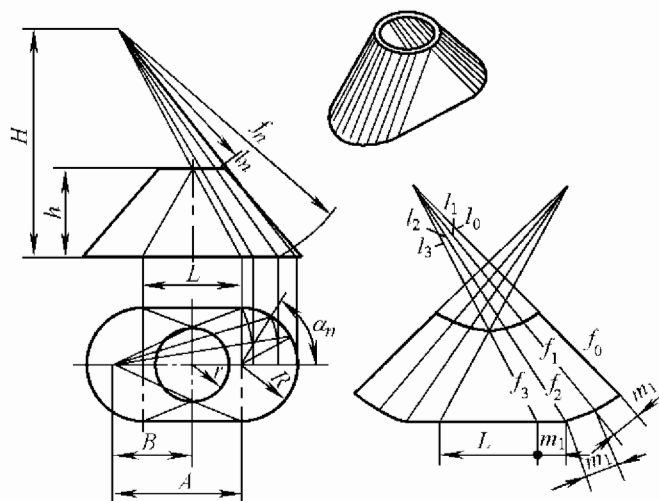


图 5.3 圆顶长圆底罩展开放样

例 5-3 已知圆顶长圆底罩 $d=320$ ， $r=160$ ， $R=320$ ， $L=480$ ， $h=500$ ，试计算放样。

解：设圆周等分数 $n=16$ ，则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ，
 $\alpha_2 = 45^\circ$ ， $\alpha_3 = 67.5^\circ$ ， $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$H = \frac{500 \times 320}{320 - 160} = 1000$$

$$A = \frac{480 \times 320}{2(320 - 160)} = 480$$

$$B = 480 \left(1 - \frac{500}{1000} \right) = 240$$

$$f_0 = \sqrt{(480 + 320 \cos 0^\circ)^2 + 320^2 \sin^2 0^\circ + 1000^2} = 1281$$

$$f_1 = \sqrt{(480 + 320 \cos 22.5^\circ)^2 + 320^2 \sin^2 22.5^\circ + 1000^2} = 1271$$

$$f_2 = \sqrt{(480 + 320 \cos 45^\circ)^2 + 320^2 \sin^2 45^\circ + 1000^2} = 1245$$

$$f_3 = \sqrt{(480 + 320 \cos 67.5^\circ)^2 + 320^2 \sin^2 67.5^\circ + 1000^2} = 1204$$

$$f_4 = \sqrt{(480 + 320 \cos 90^\circ)^2 + 320^2 \sin^2 90^\circ + 1000^2} = 1154$$

$$l_0 = \sqrt{(240 + 160 \cos 0^\circ)^2 + 160^2 \sin^2 0^\circ + (1000 - 500)^2} = 640$$

$$l_1 = \sqrt{(240 + 160 \cos 22.5^\circ)^2 + 160^2 \sin^2 22.5^\circ + (1000 - 500)^2} = 635.7$$

$$l_2 = \sqrt{(240 + 160 \cos 45^\circ)^2 + 160^2 \sin^2 45^\circ + (1000 - 500)^2} = 622.5$$

$$l_3 = \sqrt{(240 + 160 \cos 67.5^\circ)^2 + 160^2 \sin^2 67.5^\circ + (1000 - 500)^2} = 602$$

$$l_4 = \sqrt{(240 + 160 \cos 90^\circ)^2 + 160^2 \sin^2 90^\circ + (1000 - 500)^2} = 577$$

$$m_1 = \frac{2\pi \times 320}{16} = 125.6$$

$$m_2 = \frac{2\pi \times 160}{16} = 62.8$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图，如图 5.3 所示。

四、圆顶细长圆底台展开放样

图 5.4 所示的圆顶细长圆底台是由半个圆管、椭圆管和三角形平面组合而成。已知尺寸为 R 、 A 、 h 。

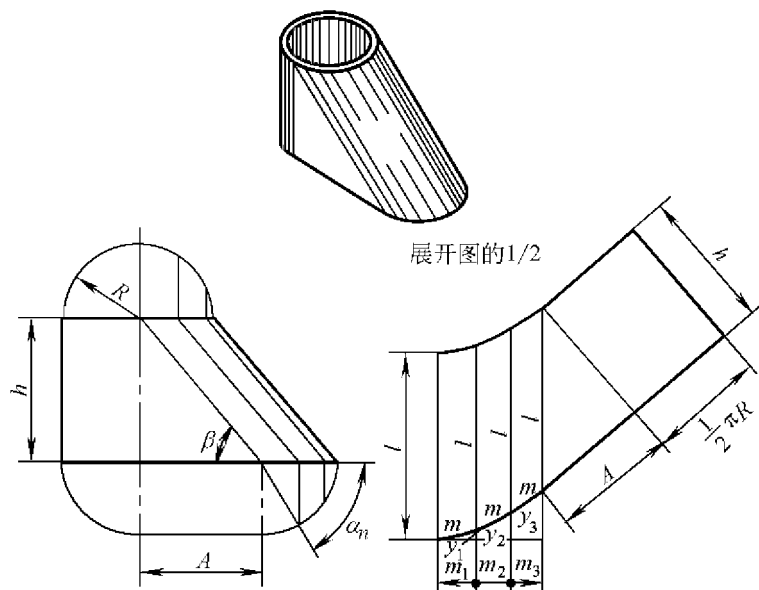


图 5.4 圆顶细长圆底台展开放样

计算式如下

$$l = \sqrt{h^2 + A^2}$$

$$\tan \beta = \frac{h}{A}$$

$$y_n = R(1 - \cos \alpha_n) \cos \beta$$

$$m = \frac{2\pi R}{n}$$

$$m_n = \sqrt{m^2 - (y_n - y_{n-1})^2}$$

式中各符号的意义如图 5.4 所示。

例 5-4 一圆顶细长圆底台 $R=280$, $A=400$, $h=600$, 试计算放样。

解：设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, $\alpha_2 = 45^\circ$, $\alpha_3 = 67.5^\circ$, $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$l = \sqrt{600^2 + 400^2} = 721$$

$$\tan\beta = \frac{600}{400} = 1.5 \quad \beta = 56.3^\circ$$

$$y_0 = 280(1 - \cos 0^\circ) \cos 56.3^\circ = 0$$

$$y_1 = 280(1 - \cos 22.5^\circ) \cos 56.3^\circ = 11.8$$

$$y_2 = 280(1 - \cos 45^\circ) \cos 56.3^\circ = 45.5$$

$$y_3 = 280(1 - \cos 67.5^\circ) \cos 56.3^\circ = 96$$

$$y_4 = 280(1 - \cos 90^\circ) \cos 56.3^\circ = 155.4$$

$$m = \frac{2\pi \times 280}{16} = 109.9$$

$$m_1 = \sqrt{109.9^2 - (11.8 - 0)^2} = 109.3$$

$$m_2 = \sqrt{109.9^2 - (45.5 - 11.8)^2} = 104.6$$

$$m_3 = \sqrt{109.9^2 - (96 - 45.5)^2} = 97.6$$

$$m_4 = \sqrt{109.9^2 - (155.4 - 96)^2} = 92.5$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图, 如图 5.4 所示。

五、90°长圆换向台展开放样

图 5.5 所示为 90°长圆换向台, 已知尺寸为 R 、 l 及 h 。

计算式

$$f_0 = \sqrt{\frac{1}{2}l^2 + h^2}$$

$$f_n = \sqrt{\left[\frac{l}{2} + R(\sin\alpha_{n-1} - \sin\alpha_n)\right]^2 + \left[\frac{l}{2} + R(\cos\alpha_n - \cos\alpha_{n-1})\right]^2 + h^2}$$

$$f = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + h^2}$$

$$m = \frac{2\pi R}{n}$$

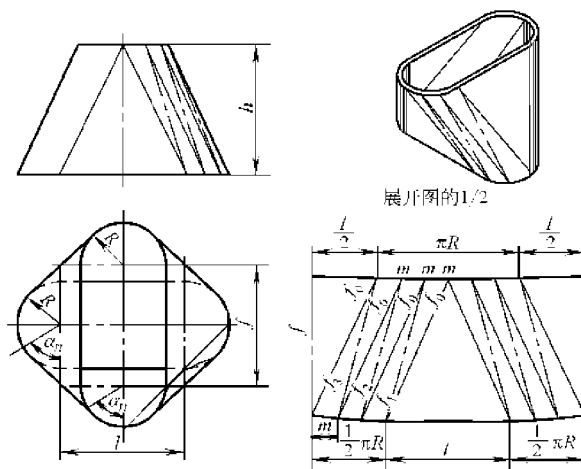


图 5.5 90°长圆换向台展开放样

例 5-5 一个 90°长圆换向台，已知 $R=216$ ， $l=540$ ， $h=500$ ，试计算放样。

解：设圆周等分数 $n=16$ ，则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， $\alpha_2 = 45^\circ$ ， $\alpha_3 = 67.5^\circ$ ， $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$f_0 = \sqrt{\frac{540^2}{2} + 500^2} = 629$$

$$f_1 = \sqrt{\left[\frac{540}{2} + 216(\sin 0^\circ - \sin 22.5^\circ) \right]^2 + \left[\frac{540}{2} + 216(\cos 22.5^\circ - \cos 0^\circ) \right]^2 + 500^2}$$

= 591

$$f_2 = \sqrt{\left[\frac{540}{2} + 216(\sin 22.5^\circ - \sin 45^\circ) \right]^2 + \left[\frac{540}{2} + 216(\cos 45^\circ - \cos 22.5^\circ) \right]^2 + 500^2}$$

= 583

$$f_3 = \sqrt{\left[\frac{540}{2} + 216(\sin 45^\circ - \sin 67.5^\circ) \right]^2 + \left[\frac{540}{2} + 216(\cos 67.5^\circ - \cos 45^\circ) \right]^2 + 500^2}$$

= 583

$$f_4 = \sqrt{\left[\frac{540}{2} + 216(\sin 67.5^\circ - \sin 90^\circ) \right]^2 + \left[\frac{540}{2} + 216(\cos 90^\circ - \cos 67.5^\circ) \right]^2 + 500^2}$$

= 591

$$f = \sqrt{\left(\frac{540}{2} \right)^2 + 500^2}$$

= 568

$$m = \frac{2\pi \times 216}{16} = 84.8$$

根据以上各式计算的值,即可作出展开图,如图 5.5 所示。

六、斜马蹄展开放样

图 5.6 所示为斜马蹄管,这种管不属于斜切圆锥管或斜圆锥台管。因此,不能用上述两种管展开放样。图中已知尺寸为 R 、 r 、 A 、 h 及 β 。

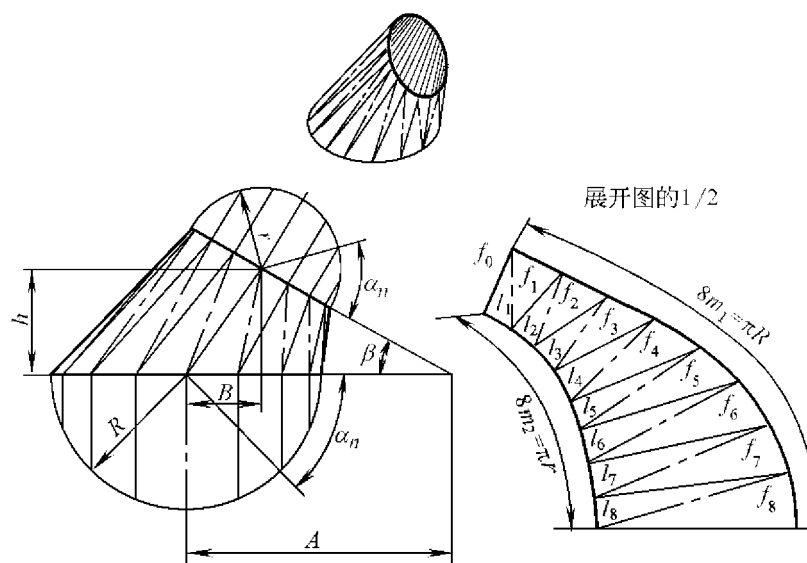


图 5.6 斜马蹄形展开放样

计算式

$$B = A - \frac{h}{\tan \beta}$$

$$f_0 = \sqrt{(R - B - r \cos \beta)^2 + (h - r \sin \beta)^2}$$

$$f_n = \sqrt{(R \cos \alpha_n - B - r \cos \alpha_n \cos \beta)^2 + (h - r \cos \alpha_n \sin \beta)^2 + (R - r)^2 \sin^2 \alpha_n}$$

$$l_n = \sqrt{(R \cos \alpha_{n-1} - B - r \cos \alpha_n \cos \beta)^2 + (h - r \cos \alpha_n \sin \beta)^2 + (R \sin \alpha_{n-1} - r \sin \alpha_n)^2}$$

$$m_1 = \frac{2\pi R}{n}$$

$$m_2 = \frac{2\pi r}{n}$$

式中各符号的意义如图5.6所示。

例 5-6 一斜马蹄 $R=400, r=240, h=320, A=776, \beta=30^\circ$, 试计算放样。

解: 设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$B = 776 - \frac{320}{\tan 30^\circ} = 222$$

$$f_0 = \sqrt{(400 - 222 - 240 \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240 \sin 30^\circ)^2} = 202$$

$$f_1 = \sqrt{(400 \cos 22.5^\circ - 222 - 240 \cos 22.5^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240 \cos 22.5^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400 - 240)^2 \sin^2 22.5^\circ} \\ = 222.4$$

$$f_2 = \sqrt{(400\cos 45^\circ - 222 - 240\cos 45^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 45^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400 - 240)^2 \sin^2 45^\circ} \\ = 275$$

$$f_3 = \sqrt{(400\cos 67.5^\circ - 222 - 240\cos 67.5^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 67.5^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400 - 240)^2 \sin^2 67.5^\circ} \\ = 345$$

$$f_4 = \sqrt{(400\cos 90^\circ - 222 - 240\cos 90^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 90^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400 - 240)^2 \sin^2 90^\circ} \\ = 421$$

$$f_5 = \sqrt{(400\cos 112.5^\circ - 222 - 240\cos 112.5^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 112.5^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400 - 240)^2 \sin^2 112.5^\circ} \\ = 493$$

$$f_6 = \sqrt{(400\cos 135^\circ - 222 - 240\cos 135^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 135^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400 - 240)^2 \sin^2 135^\circ} \\ = 552$$

$$f_7 = \sqrt{(400\cos 157.5^\circ - 222 - 240\cos 157.5^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 157.5^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400 - 240)^2 \sin^2 157.5^\circ} \\ = 591$$

$$f_8 = \sqrt{(400\cos 180^\circ - 222 - 240\cos 180^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 180^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400 - 240)^2 \sin^2 180^\circ} \\ = 604$$

$$l_1 = \sqrt{(400\cos 0^\circ - 222 - 240\cos 22.5^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 22.5^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400\sin 0^\circ - 240\sin 22.5^\circ)^2} \\ = 229$$

$$l_2 = \sqrt{(400\cos 22.5^\circ - 222 - 240\cos 45^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 45^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400\sin 22.5^\circ - 240\sin 45^\circ)^2} \\ = 236$$

$$l_3 = \sqrt{(400\cos 45^\circ - 222 - 240\cos 67.5^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 67.5^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400\sin 45^\circ - 240\sin 67.5^\circ)^2} \\ = 281$$

$$l_4 = \sqrt{(400\cos 67.5^\circ - 222 - 240\cos 90^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 90^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400\sin 67.5^\circ - 240\sin 90^\circ)^2} \\ = 352$$

$$l_5 = \sqrt{(400\cos 90^\circ - 222 - 240\cos 112.5^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 112.5^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400\sin 90^\circ - 240\sin 112.5^\circ)^2} \\ = 431$$

$$l_6 = \sqrt{(400\cos 112.5^\circ - 222 - 240\cos 135^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 135^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400\sin 112.5^\circ - 240\sin 135^\circ)^2} \\ = 506$$

$$l_7 = \sqrt{(400\cos 135^\circ - 222 - 240\cos 157.5^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 157.5^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400\sin 135^\circ - 240\sin 157.5^\circ)^2} \\ = 565.6$$

$$l_8 = \sqrt{(400\cos 157.5^\circ - 222 - 240\cos 180^\circ \cos 30^\circ)^2 + (320 - 240\cos 180^\circ \sin 30^\circ)^2 + (400\sin 157.5^\circ - 240\sin 180^\circ)^2} \\ = 603.5$$

$$m_1 = \frac{2\pi \times 400}{16} = 157$$

$$m_2 = \frac{2\pi \times 240}{16} = 94.2$$

按以上各式计算的值，即可作出展开图，如图 5.6 所示。

七、90°换向异径过渡接头展开放样

图 5.7 所示为 90°换向异径过渡连接管，已知尺寸为 R 、 r 、 A 及 h 。

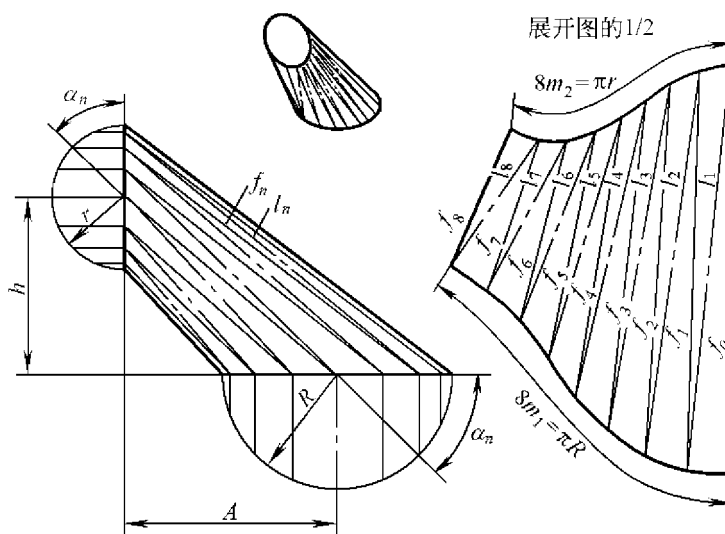


图 5.7 90°换向异径过渡接头展开放样

计算式

$$f_n = \sqrt{(A + R \cos \alpha_n)^2 + (h + r \cos \alpha_n)^2 + (R - r)^2 \sin^2 \alpha_n}$$

$$l_n = \sqrt{(A + R \cos \alpha_n)^2 + (h + r \cos \alpha_{n-1})^2 + (R \sin \alpha_n - r \sin \alpha_{n-1})^2}$$

$$m_1 = \frac{2\pi R}{n}$$

$$m_2 = \frac{2\pi r}{n}$$

式中各符号的意义如图 5.7 所示。

例 5-7 已知 90° 换向异径连接管 $R=330$, $r=210$, $A=600$, $h=525$, 试计算放样。

解: 设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$\begin{aligned} f_0 &= \sqrt{(600+330\cos 0^\circ)^2 + (525+210\cos 0^\circ)^2 + (330-210)^2 \sin^2 0^\circ} \\ &= 1185 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \sqrt{(600+330\cos 22.5^\circ)^2 + (525+210\cos 22.5^\circ)^2 + (330-210)^2 \sin^2 22.5^\circ} \\ &= 1157 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \sqrt{(600+330\cos 45^\circ)^2 + (525+210\cos 45^\circ)^2 + (330-210)^2 \sin^2 45^\circ} \\ &= 1075 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_3 &= \sqrt{(600+330\cos 67.5^\circ)^2 + (525+210\cos 67.5^\circ)^2 + (330-210)^2 \sin^2 67.5^\circ} \\ &= 952 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_4 &= \sqrt{(600+330\cos 90^\circ)^2 + (525+210\cos 90^\circ)^2 + (330-210)^2 \sin^2 90^\circ} \\ &= 806 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_5 &= \sqrt{(600+330\cos 112.5^\circ)^2 + (525+210\cos 112.5^\circ)^2 + (330-210)^2 \sin^2 112.5^\circ} \\ &= 659 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_6 &= \sqrt{(600+330\cos 135^\circ)^2 + (525+210\cos 135^\circ)^2 + (330-210)^2 \sin^2 135^\circ} \\ &= 532 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_7 &= \sqrt{(600+330\cos 157.5^\circ)^2 + (525+210\cos 157.5^\circ)^2 + (330-210)^2 \sin^2 157.5^\circ} \\ &= 446 \end{aligned}$$

$$f_8 = \sqrt{(600 + 330\cos 180^\circ)^2 + (525 + 210\cos 180^\circ)^2 + (330 - 210)^2 \sin^2 180^\circ} \\ = 415$$

$$l_1 = \sqrt{(600 + 330\cos 22.5^\circ)^2 + (525 + 210\cos 0^\circ)^2 + (330\sin 22.5^\circ - 210\sin 0^\circ)^2} \\ = 1173$$

$$l_2 = \sqrt{(600 + 330\cos 45^\circ)^2 + (525 + 210\cos 22.5^\circ)^2 + (330\sin 45^\circ - 210\sin 22.5^\circ)^2} \\ = 1111$$

$$l_3 = \sqrt{(600 + 330\cos 67.5^\circ)^2 + (525 + 210\cos 45^\circ)^2 + (330\sin 67.5^\circ - 210\sin 45^\circ)^2} \\ = 1003$$

$$l_4 = \sqrt{(600 + 330\cos 90^\circ)^2 + (525 + 210\cos 67.5^\circ)^2 + (330\sin 90^\circ - 210\sin 67.5^\circ)^2} \\ = 863$$

$$l_5 = \sqrt{(600 + 330\cos 112.5^\circ)^2 + (525 + 210\cos 90^\circ)^2 + (330\sin 112.5^\circ - 210\sin 90^\circ)^2} \\ = 713$$

$$l_6 = \sqrt{(600 + 330\cos 135^\circ)^2 + (525 + 210\cos 112.5^\circ)^2 + (330\sin 135^\circ - 210\sin 112.5^\circ)^2} \\ = 578$$

$$l_7 = \sqrt{(600 + 330\cos 157.5^\circ)^2 + (525 + 210\cos 135^\circ)^2 + (330\sin 157.5^\circ - 210\sin 135^\circ)^2} \\ = 479$$

$$l_8 = \sqrt{(600 + 330\cos 180^\circ)^2 + (525 + 210\cos 157.5^\circ)^2 + (330\sin 180^\circ - 210\sin 157.5^\circ)^2} \\ = 435$$

$$m_1 = \frac{2\pi \times 330}{16} = 129.6$$

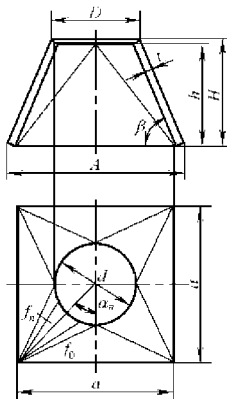
$$m_2 = \frac{2\pi \times 210}{16} = 82.5$$

根据以上各式计算的值，即可作出展开图，如图 5.7

所示。

八、天圆地方接头展开放样

图 5.8 所示为天圆地方过渡接头，已知尺寸为 D 、 A 、 H 及 t 。放样尺寸：底方以里口 a ，顶圆为平均直径 d ，高按顶圆平均直径至底距离 h 。



5.8 天圆地方接头展开放样

计算式

$$a = A - 2t \sin \beta$$

$$d = D - t \sin \beta$$

$$h = H - \frac{t}{2} \cos \beta$$

$$\tan \beta = \frac{2H}{A - D}$$

$$f_n = \frac{1}{2} \sqrt{(a - d \sin \alpha_n)^2 + (a - d \cos \alpha_n)^2 + 4h^2}$$

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{(a - d)^2 + 4h^2}$$

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

例 5-8 已知天圆地方顶圆直径 $D=550$ ，底方 $A=1200$ ，高 $H=500$ ，板厚 $t=8$ ，试计算放样。

$$\text{解：} \tan\beta = \frac{2 \times 500}{1200 - 550} = 1.5385 \quad \beta = 57^\circ$$

$$a = 1200 - 2 \times 8 \sin 57^\circ = 1186.6$$

$$d = 550 - 8 \sin 57^\circ = 543.3$$

$$h = 500 - \frac{8}{2} \cos 57^\circ = 497.8$$

设圆周等分数 $n=16$ ，则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， $\alpha_2 = 45^\circ$ 。

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{(1186.6 - 543.3)^2 + 4 \times 497.8^2} = 593$$

$$\begin{aligned} f_0 &= \frac{1}{2} \sqrt{(1186.6 - 543.3 \sin 0^\circ)^2 + (1186.6 - 543.3 \cos 0^\circ)^2 + 4 \times 497.8^2} \\ &= 838.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{1}{2} \sqrt{(1186.6 - 543.3 \sin 22.5^\circ)^2 + (1186.6 - 543.3 \cos 22.5^\circ)^2 + 4 \times 497.8^2} \\ &= 777 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \frac{1}{2} \sqrt{(1186.6 - 543.3 \sin 45^\circ)^2 + (1186.6 - 543.3 \cos 45^\circ)^2 + 4 \times 497.8^2} \\ &= 755 \end{aligned}$$

$$f_3 = f_1, f_4 = f_0$$

$$m = \frac{543.3\pi}{16} = 106.6$$

根据以上各式计算的值，即可作出展开图，如图 5.9 所示。

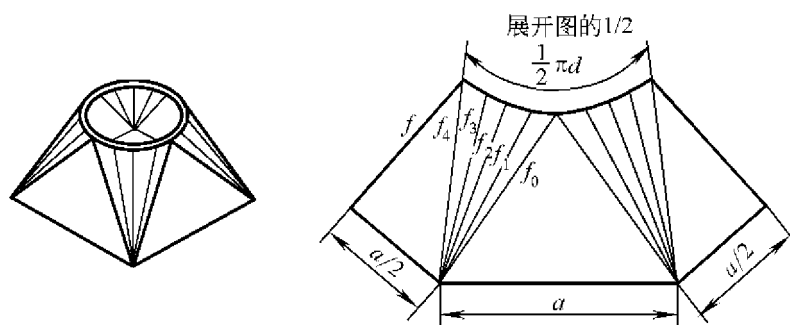


图 5.9 天圆地方接头展开图

九、底口倾斜圆方过渡接头展开放样

图 5.10 所示为底口与水平成 β 角倾斜的圆方过渡接头。由于底口倾斜使前后两三角形平面向右偏移而改变与圆的切点位置。因此，须先求出切角 ϕ 及其所对弧长 \bar{m}_T 。图中，已知尺寸为 D 、 A 、 H 、 t 及 β 。放样尺寸为 d 、 a 、 b 、 h 及 f_n 。

计算式

$$l = \frac{H}{\tan \beta} - \frac{A}{2}$$

$$c = \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + 4l^2}$$

$$\tan \phi_1 = \frac{A}{2l}$$

$$\sin \phi_2 = \frac{D}{2c}$$

$$\phi = \phi_1 - \phi_2$$

$$a = A - 2t \sin \beta_1$$

$$b = \frac{a}{\cos\beta}$$

$$\tan\beta_1 = \frac{2H}{A-D}$$

$$\tan\beta_2 = \frac{2(H - A\tan\beta)}{A-D}$$

$$h = H - \frac{t}{2}\cos\beta_1$$

$$h' = H - \left(a\tan\beta + \frac{t}{2}\cos\beta_2 \right)$$

$$\Delta h = \frac{t}{2}(\cos\beta_2 - \cos\beta_1)$$

$$d = \sqrt{(\Delta h)^2 + \left[D - \frac{t}{2}(\sin\beta_1 + \sin\beta_2) \right]^2}$$

$$\sin\gamma = \frac{\Delta h}{d}$$

$$\Delta h_T = \frac{\Delta h}{2}(1 - \sin\phi)$$

$$\Delta h_n = \frac{\Delta h}{2}(1 - \cos\alpha_n)$$

$$h_n = h - \Delta h_n$$

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

$$m_T = \frac{\pi d \phi}{360^\circ}$$

当 $0^\circ \leq \alpha_n < 90^\circ$ 时

$$f_n = \frac{1}{2} \sqrt{(a - d\sin\alpha_n)^2 + (a - d\cos\alpha_n \cos\gamma)^2 + 4(h - \Delta h_n)^2}$$

当 $90^\circ \leq \alpha_n \leq 180^\circ$ 时

$$f_n = \frac{1}{2} \sqrt{(a - d \sin \alpha_n)^2 + (a + d \cos \alpha_n \cos \gamma)^2 + 4(h' + \Delta h_n)^2}$$

$$f'_T = \frac{1}{2} \sqrt{(a + d \sin \phi \cos \gamma)^2 + (a - d \cos \phi)^2 + 4(h' + \Delta h_T)^2}$$

$$f_T = \frac{1}{2} \sqrt{[a - d \sin(90^\circ - \phi)]^2 + [a - d \cos(90^\circ - \phi) \cos \gamma]^2 + 4(h - \Delta h_T)^2}$$

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{(a - d \cos \gamma)^2 + 4h'^2}$$

式中各符号的意义如图 5.10、图 5.11 所示。

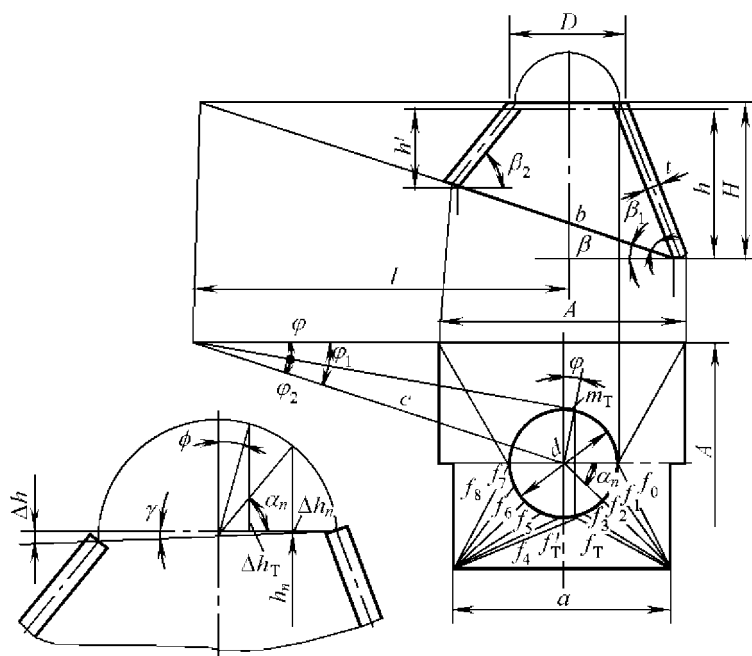


图 5.10 底口倾斜圆方过渡接头展开样

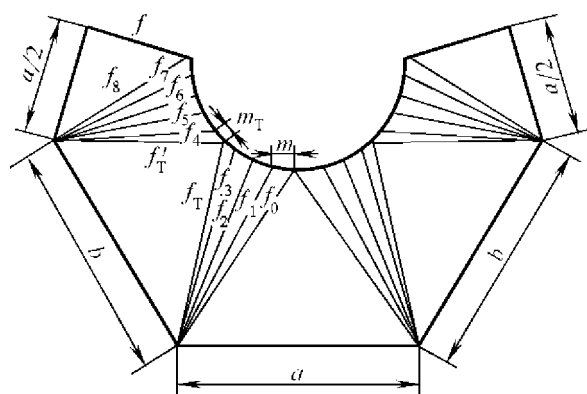


图 5.11 底口倾斜圆方过渡接头展开图

例 5-9 圆顶斜方底台的已知尺寸为：顶圆 $D=450$ ，底方 $A=750$ ，高 $H=550$ ，板厚 $t=10$ ，底口倾斜角 $\beta=20^\circ$ ，试计算放样。

解：(1) 有关参数计算

$$l = \frac{550}{\tan 20^\circ} - \frac{750}{2} = 1136$$

$$c = \frac{1}{2} \sqrt{750^2 + 4 \times 1136^2} = 1196$$

$$\tan \phi_1 = \frac{750}{2 \times 1136} = 0.3301, \phi_1 = 18.3^\circ$$

$$\sin \phi_2 = \frac{450}{2 \times 1196} = 0.18813, \phi_2 = 10.8^\circ$$

$$\phi = 18.3^\circ - 10.8^\circ = 7.5^\circ$$

$$\tan \beta_1 = \frac{2 \times 550}{750 - 450} = 3.6667, \beta_1 = 74.7^\circ$$

$$\tan \beta_2 = \frac{2(550 - 750 \tan 20^\circ)}{750 - 450} = 1.8468, \beta_2 = 61.6^\circ$$

$$h = 550 - \frac{10}{2} \cos 74.7^\circ = 548.7$$

$$a = 750 - 2 \times 10 \sin 74.7^\circ = 731$$

$$b = \frac{731}{\cos 20^\circ} = 778$$

$$h' = 550 - \left(731 \tan 20^\circ + \frac{10}{2} \cos 61.6^\circ \right) = 281.6$$

$$\Delta h = \frac{10}{2} (\cos 61.6^\circ - \cos 74.7^\circ) = 1$$

$$d = \sqrt{1^2 + \left[450 - \frac{10}{2} (\sin 74.7^\circ + \sin 61.6^\circ) \right]^2} = 441$$

$$\sin\gamma = \frac{\Delta h}{d} = \frac{1}{441} = 0.0023, \gamma = 0.13^\circ$$

由于 γ 角很小, 可忽略不计。

(2) 放样尺寸

设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$f_0 = \frac{1}{2} \sqrt{731^2 + (731 - 441 \cos 0^\circ)^2 + 4 \times 547.7^2} = 674.2$$

$$f_1 = \frac{1}{2} \sqrt{(731 - 441 \sin 22.5^\circ)^2 + (731 - 441 \cos 22.5^\circ)^2 + 4 \times 547.7^2} = 637$$

$$f_2 = \frac{1}{2} \sqrt{(731 - 441 \sin 45^\circ)^2 + (731 - 441 \cos 45^\circ)^2 + 4 \times 547.7^2} = 624$$

$$f_3 = \frac{1}{2} \sqrt{(731 - 441 \sin 67.5^\circ)^2 + (731 - 441 \cos 67.5^\circ)^2 + 4 \times 547.7^2} = 637$$

$$f_T = \frac{1}{2} \sqrt{[(731 - 441 \sin(90^\circ - 7.5^\circ))]^2 + [731 - 441 \cos(90^\circ - 7.5^\circ)]^2 + 4 \times 548.7^2} \\ = 660$$

$$f'_T = \frac{1}{2} \sqrt{(731 + 441 \sin 7.5^\circ)^2 + (731 - 441 \cos 7.5^\circ)^2 + 4 \times 282.6^2} \\ = 506$$

$$f_4 = \frac{1}{2} \sqrt{(731 - 441 \sin 90^\circ)^2 + (731 + 441 \cos 90^\circ)^2 + 4 \times 282.6^2} = 484$$

$$f_5 = \frac{1}{2} \sqrt{(731 - 441 \sin 112.5^\circ)^2 + (731 + 441 \cos 112.5^\circ)^2 + 4 \times 282.6^2} \\ = 430$$

$$f_6 = \frac{1}{2} \sqrt{(731 - 441 \sin 135^\circ)^2 + (731 + 441 \cos 135^\circ)^2 + 4 \times 282.6^2}$$

$$=409$$

$$f_7 = f_5, f_8 = f_4$$

$$m = \frac{441\pi}{16} = 86.6$$

$$m_T = \frac{441\pi \times 7.5^\circ}{360^\circ} = 29$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图，如图 5.11 所示。

十、顶圆底长方台展开放样

图 5.12 所示为顶圆底长方台，已知尺寸为 D 、 A 、 B 、 t 及 H 。放样尺寸为 d 、 a 、 b 、 f_n 。

计算式

$$\tan\beta_1 = \frac{2H}{A-D}$$

$$\tan\beta_2 = \frac{2H}{B-D}$$

$$d_1 = D - t\sin\beta_1$$

$$d_2 = D - t\sin\beta_2$$

$$d = \frac{1}{2}(d_1 + d_2)$$

$$a = A - 2t\sin\beta_1$$

$$b = B - 2t\sin\beta_2$$

$$h_1 = H - \frac{t}{2}\cos\beta_1$$

$$h_2 = H - \frac{t}{2}\cos\beta_2$$

$$h = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)$$

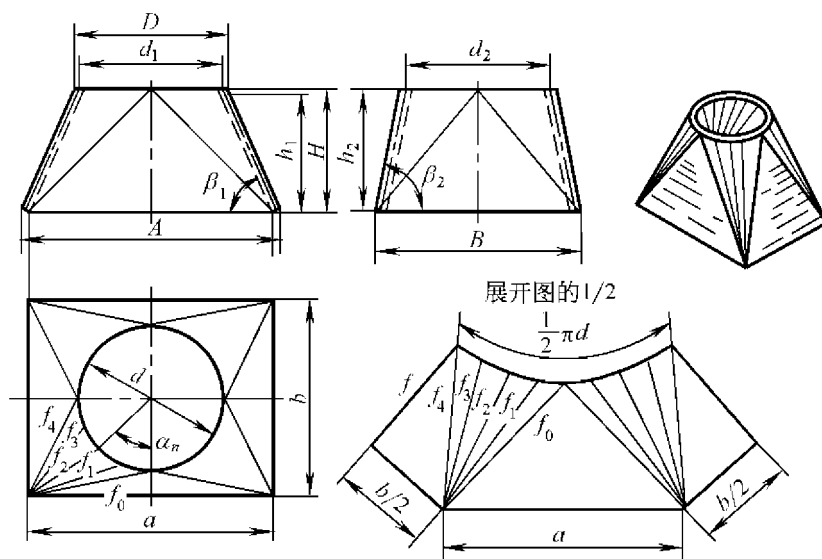


图 5.12 顶圆底长方台展开放样

$$f_0 = \frac{1}{2} \sqrt{a^2 + (b - d_2)^2 + 4h_2^2}$$

当 $0^\circ \leq \alpha_n < 90^\circ$ 时

$$f_n = \frac{1}{2} \sqrt{(a - d \sin \alpha_n)^2 + (b - d \cos \alpha_n)^2 + 4h^2}$$

当 $\alpha_n = 90^\circ$ 时

$$f_n = \frac{1}{2} \sqrt{(a - d \sin \alpha_n)^2 + (b - d \cos \alpha_n)^2 + 4h_1^2}$$

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{(a - d)^2 + 4h_1^2}$$

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

式中各符号的意义见图 5.12。

例 5-10 已知顶圆底长方台 $A=670$, $B=480$, $D=336$, $H=384$, $t=10$, 试计算放样。

解: (1) 有关参数计算

$$\tan\beta_1 = \frac{2 \times 384}{670 - 336} = 2.2994, \beta_1 = 66.5^\circ$$

$$\tan\beta_2 = \frac{2 \times 384}{480 - 336} = 5.3333, \beta_2 = 79.4^\circ$$

$$d_1 = 336 - 10\sin 66.5^\circ = 326.8$$

$$d_2 = 336 - 10\sin 79.4^\circ = 326.2$$

$$d = \frac{1}{2}(326.8 + 326.2) = 326.5$$

$$h_1 = 384 - \frac{10}{2}\cos 66.5^\circ = 382$$

$$h_2 = 384 - \frac{10}{2}\cos 79.4^\circ = 383$$

$$h = \frac{1}{2}(382 + 383) = 382.5$$

$$a = 670 - 2 \times 10\sin 66.5^\circ = 652$$

$$b = 480 - 2 \times 10\sin 79.4^\circ = 460$$

(2) 展开尺寸计算

设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$f_0 = \frac{1}{2}\sqrt{652^2 + (460 - 326.2)^2 + 4 \times 383^2} = 507$$

$$f_1 = \frac{1}{2}\sqrt{(652 - 326.5\sin 22.5^\circ)^2 + (460 - 326.5\cos 22.5^\circ)^2 + 4 \times 382.5^2}$$

$$=471$$

$$f_2 = \frac{1}{2} \sqrt{(652 - 326.5 \sin 45^\circ)^2 + (460 - 326.5 \cos 45^\circ)^2 + 4 \times 382.5^2}$$

$$=451.4$$

$$f_3 = \frac{1}{2} \sqrt{(652 - 326.5 \sin 67.5^\circ)^2 + (460 - 326.5 \cos 67.5^\circ)^2 + 4 \times 382.5^2}$$

$$=453$$

$$f_4 = \frac{1}{2} \sqrt{(652 - 326.5 \sin 90^\circ)^2 + (460 - 326.5 \cos 90^\circ)^2 + 4 \times 382^2}$$

$$=474.7$$

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{(652 - 326.5)^2 + 4 \times 382^2} = 415$$

$$m = \frac{326.5\pi}{16} = 64$$

根据以上各式计算的值，即可作出展开图，如图 5.12 所示。

十一、方顶圆底漏斗展开放样

图 5.13 所示为方顶圆底漏斗，已知尺寸为 D 、 A 、 B 、 t 、 H 及 90° ，放样尺寸 d 、 a 、 b 、 f_n 。

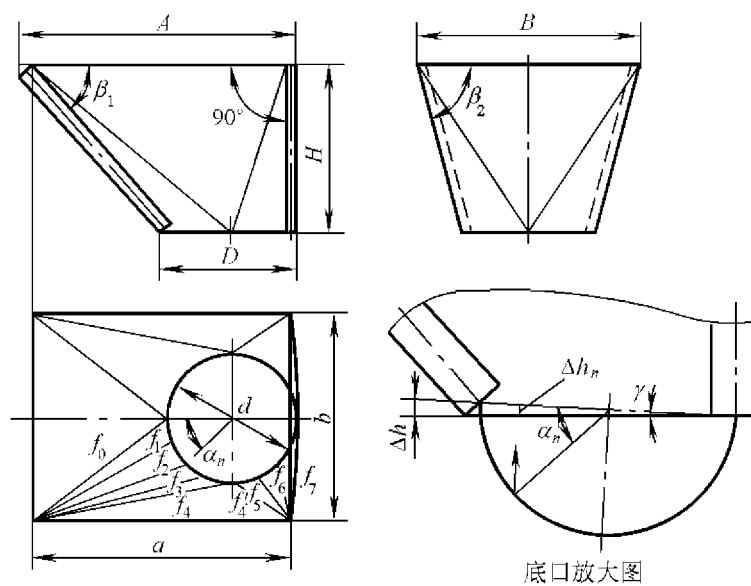


图 5.13 方顶圆底漏斗展开放样

计算式

$$\tan\beta_1 = \frac{H}{A-D}$$

$$\tan\beta_2 = \frac{2H}{B-D}$$

$$a = A - t(1 + \sin\beta_1)$$

$$b = B - 2t\sin\beta_2$$

$$\Delta h = \frac{t}{2} \cos\beta_1$$

$$\sin\gamma = \frac{\Delta h}{d}$$

$$d_1 = \sqrt{\left[D - \frac{t}{2}(1 + \sin\beta_1) \right]^2 + (\Delta h)^2}$$

$$d_2 = D - t \sin\beta_2$$

$$d = \frac{1}{2}(d_1 + d_2)$$

$$\Delta h_n = \frac{1}{2} \Delta h (1 + \cos\alpha_n)$$

$$h_n = H - \Delta h_n$$

$$f_0 = \sqrt{\left(\frac{b}{2} \right)^2 + (a - d_1)^2 \cos^2 \gamma + (H - \Delta h)^2}$$

当 $0^\circ \leq \alpha_n < 90^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{4}(b - d \sin\alpha_n)^2 + \left[a - \frac{d}{2}(1 + \cos\alpha_n) \cos\gamma \right]^2 + (H - \Delta h_n)^2}$$

当 $\alpha_n = 90^\circ$ 时

$$f'_n = \frac{1}{2} \sqrt{(b - d \sin\alpha_n)^2 + [d(1 + \cos\alpha_n) \cos\gamma]^2 + 4(H - \Delta h_n)^2}$$

当 $90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$ 时

$$f_n = \frac{1}{2} \sqrt{(b - d \sin\alpha_n)^2 + [d(1 + \cos\alpha_n) \cos\gamma]^2 + 4(H - \Delta h_n)^2}$$

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

式中各符号的意义如图 5.13 及图 5.14 所示。

例 5-11 已知方顶圆底漏斗 $A = B = 1200$, $D = 300$, $t = 12$, $H = 1000$, 顶口与漏斗右边成直角, 试计算放样。

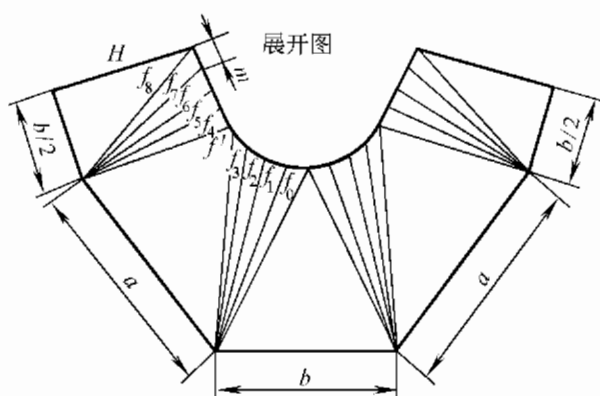


图 5.14 方顶圆底漏斗展开图

解：(1) 有关参数计算

$$\tan\beta_1 = \frac{1000}{1200 - 300} = 1.1111, \beta_1 = 48^\circ$$

$$\tan\beta_2 = \frac{2 \times 1000}{1200 - 300} = 2.2222, \beta_2 = 65.8^\circ$$

$$a = 1200 - 12(1 + \sin 48^\circ) = 1179$$

$$b = 1200 - 2 \times 12 \sin 65.8^\circ = 1178$$

$$\Delta h = \frac{12}{2} \cos 48^\circ = 4$$

$$d_1 = \sqrt{\left[300 - \frac{12}{2}(1 + \sin 48^\circ) \right]^2 + 4^2} = 289.6$$

$$d_2 = 300 - 12 \sin 65.8^\circ = 289$$

$$d = \frac{1}{2}(d_1 + d_2) = 289.3$$

$$\sin \gamma = \frac{4}{289.3} = 0.01382, \gamma = 0.8^\circ$$

设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$\Delta h_1 = \frac{\Delta h}{2}(1 + \cos \alpha_1) = \frac{4}{2}(1 + \cos 22.5^\circ) = 3.9$$

$$\Delta h_2 = 2(1 + \cos 45^\circ) = 3.4$$

$$\Delta h_3 = 2(1 + \cos 67.5^\circ) = 2.8$$

$$\Delta h_4 = 2(1 + \cos 90^\circ) = 2$$

$$\Delta h_5 = 2(1 + \cos 112.5^\circ) = 1.2$$

$$\Delta h_6 = 2(1 + \cos 135^\circ) = 0.6$$

$$\Delta h_7 = 2(1 + \cos 157.5^\circ) = 0.15$$

$$\Delta h_8 = 2(1 + \cos 180^\circ) = 0$$

(2) 展开尺寸

$$\begin{aligned} f_0 &= \sqrt{\left(\frac{1178}{2}\right)^2 + (1179 - 289.6)^2 \cos^2 0.8^\circ + (1000 - 4)^2} \\ &= 1460 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_8 &= \frac{1}{2} \sqrt{(1178 - 289.3 \sin 180^\circ)^2 + [289.3(1 + \cos 180^\circ) \cos 0.8^\circ]^2 + 4(1000 - 0)^2} \\ &= 1160 \end{aligned}$$

$$m = \frac{289.3\pi}{16} = 56.8$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot (1178 - 289.3 \sin 22.5^\circ)^2 + \left[1179 - \frac{289.3}{2} (1 + \cos 22.5^\circ) \cos 0.8^\circ \right]^2 + (1000 - 3.9)^2} = 1445$$

$$f_2 = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot (1178 - 289.3 \sin 45^\circ)^2 + \left[1179 - \frac{289.3}{2} (1 + \cos 45^\circ) \cos 0.8^\circ \right]^2 + (1000 - 3.4)^2} = 1449$$

$$f_3 = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot (1178 - 289.3 \sin 67.5^\circ)^2 + \left[1179 - \frac{289.3}{2} (1 + \cos 67.5^\circ) \cos 0.8^\circ \right]^2 + (1000 - 2.8)^2} = 1470$$

$$f_4 = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot (1178 - 289.3 \sin 90^\circ)^2 + \left[1179 - \frac{289.3}{2} (1 + \cos 90^\circ) \cos 0.8^\circ \right]^2 + (1000 - 2)^2} = 1504$$

$$f'_4 = \frac{1}{2} \sqrt{(1178 - 289.3 \sin 90^\circ)^2 + 289.3^2 (1 + \cos 90^\circ)^2 \cos^2 0.8^\circ + 4(1000 - 2)^2} = 1102$$

$$f_5 = \frac{1}{2} \sqrt{(1178 - 289.3 \sin 112.5^\circ)^2 + [289.3(1 + \cos 112.5^\circ) \cos 0.8^\circ]^2 + 4(1000 - 1.2)^2} = 1101$$

$$f_6 = \frac{1}{2} \sqrt{(1178 - 289.3 \sin 135^\circ)^2 + [289.3(1 + \cos 135^\circ) \cos 0.8^\circ]^2 + 4(1000 - 0.6)^2} = 1112$$

$$f_7 = \frac{1}{2} \sqrt{(1178 - 289.3 \sin 157.5^\circ)^2 + [289.3(1 + \cos 157.5^\circ) \cos 0.8^\circ]^2 + 4(1000 - 0.15)^2} = 1133$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图，如图 5.14 所示。

这里补充说明一点，从视图看漏斗底口成水平位置，但经板厚处理后的底口直径并不水平，而是与水平成 γ 角倾斜。由于 γ 角大小与板厚 t 成正比，若 t 较小的计算 f_n ，可不考虑 γ 影响。

十二、方顶 U 形底漏斗展开放样

图 5.15 所示的漏斗顶口为方形，底口为 U 形并与水平成 β 角倾斜。已知尺寸为 A 、 B 、 R 、 c 、 H 、 t 及 β 。放样尺寸为 a 、 b 、 f_n 。

计算式

$$\tan\beta_1 = \frac{H + R\sin\beta}{\frac{A}{2} - R\cos\beta}$$

$$\tan\beta_2 = \frac{H - c\sin\beta}{\frac{A}{2} - c\cos\beta}$$

$$\tan\beta_3 = \frac{2H}{B - 2R}$$

$$a = A - t(\sin\beta_1 + \sin\beta_2)$$

$$b = B - 2t\sin\beta_3$$

$$e = R - t$$

$$\Delta h_n = \left(R - \frac{t}{2}\right) \cos\alpha_n \sin\beta$$

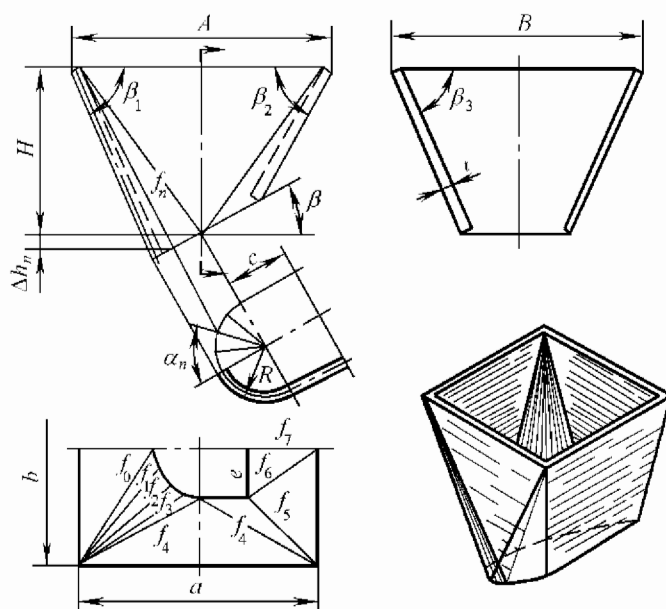


图 5.15 方顶 U 形底漏斗展开放样

当 $0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\left[\frac{b}{2} - \left(R - \frac{t}{2} \right) \sin \alpha_n \right]^2 + \left[\frac{a}{2} - \left(R - \frac{t}{2} \right) \cos \alpha_n \cos \beta \right]^2 + (H + \Delta h_n)^2}$$

$$f_{n+1} = \sqrt{\left(\frac{b}{2} - R + \frac{t}{2} \right)^2 + \left(\frac{a}{2} - c \cos \beta \right)^2 + (H - c \sin \beta)^2}$$

$$f_{n+2} = \sqrt{\left(R - \frac{t}{2} \right)^2 + \left(\frac{a}{2} - c \cos \beta \right)^2 + (H - c \sin \beta)^2}$$

$$f_{n+3} = \sqrt{\left(\frac{a}{2} - c \cos \beta \right)^2 + (H - c \sin \beta)^2}$$

式中各符号的意义如图 5.15 及图 5.16 所示。

例 5-12 一方顶 U 形底漏斗的已知尺寸： $A=B=1800$ ， $R=300$ ， $c=200$ ， $H=1100$ ， $t=12$ ， $\beta=30^\circ$ ，试计算放样。

解：(1) 有关参数计算

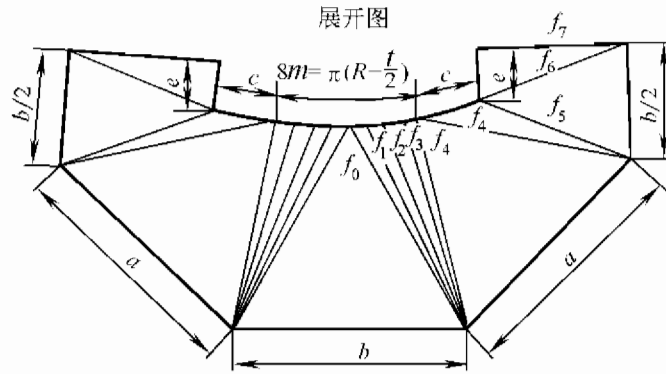


图 5.16 方顶 U 形底漏斗展开图

$$\tan\beta_1 = \frac{1100 + 300\sin 30^\circ}{\frac{1}{2} \times 1800 - 300\cos 30^\circ} = 1.95254, \beta_1 = 62.9^\circ$$

$$\tan\beta_2 = \frac{1100 - 200\sin 30^\circ}{\frac{1}{2} \times 1800 - 200\cos 30^\circ} = 1.3759, \beta_2 = 54^\circ$$

$$\tan\beta_3 = \frac{2 \times 1100}{1800 - 2 \times 300} = 1.8333, \beta_3 = 61.4^\circ$$

$$a = 1800 - 12(\sin 62.9^\circ + \sin 54^\circ) = 1780$$

$$b = 1800 - 2 \times 12\sin 61.4^\circ = 1779$$

$$\text{设半圆周等分数 } n = 8, \text{ 则 } \alpha_1 = \frac{180^\circ}{8} = 22.5^\circ, \alpha_2 = 45^\circ,$$

$$\alpha_3 = 67.5^\circ, \alpha_4 = 90^\circ.$$

$$\Delta h_0 = \left(300 - \frac{12}{2}\right) \cos 0^\circ \sin 30^\circ = 147$$

$$\Delta h_1 = 147 \cos 22.5^\circ = 136$$

$$\Delta h_2 = 147 \cos 45^\circ = 104$$

$$\Delta h_3 = 147 \cos 67.5^\circ = 56$$

$$\Delta h_4 = 147 \cos 90^\circ = 0$$

(2) 展开尺寸

$$\begin{aligned}
f_0 &= \sqrt{\left[\frac{1779}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \sin 0^\circ \right]^2 + \left[\frac{1780}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \cos 0^\circ \cos 30^\circ \right]^2 + (1100 + 147)^2} \\
&= 1658 \\
f_1 &= \sqrt{\left[\frac{1779}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \sin 22.5^\circ \right]^2 + \left[\frac{1780}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \cos 22.5^\circ \cos 30^\circ \right]^2 + (1100 + 136)^2} \\
&= 1600 \\
f_2 &= \sqrt{\left[\frac{1779}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \sin 45^\circ \right]^2 + \left[\frac{1780}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \cos 45^\circ \cos 30^\circ \right]^2 + (1100 + 104)^2} \\
&= 1555 \\
f_3 &= \sqrt{\left[\frac{1779}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \sin 67.5^\circ \right]^2 + \left[\frac{1780}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \cos 67.5^\circ \cos 30^\circ \right]^2 + (1100 + 56)^2} \\
&= 1532 \\
f_4 &= \sqrt{\left[\frac{1779}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \sin 90^\circ \right]^2 + \left[\frac{1780}{2} - \left(300 - \frac{12}{2} \right) \cos 90^\circ \cos 30^\circ \right]^2 + (1100 + 0)^2} \\
&= 1535 \\
f_5 &= \sqrt{\left(\frac{1779}{2} - 300 + \frac{12}{2} \right)^2 + \left(\frac{1780}{2} - 200 \cos 30^\circ \right)^2 + (1100 - 200 \sin 30^\circ)^2} = 1365
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_6 &= \sqrt{\left(300 - \frac{12}{2}\right)^2 + \left(\frac{1780}{2} - 200\cos 30^\circ\right)^2 + (1100 - 200\sin 30^\circ)^2} \\
 &= 1265 \\
 f_7 &= \sqrt{\left(\frac{1780}{2} - 200\cos 30^\circ\right)^2 + (1100 - 200\sin 30^\circ)^2} = 1230 \\
 m &= \frac{\left(300 - \frac{12}{2}\right)\pi}{8} = 115.4
 \end{aligned}$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图, 如图 5.16 所示。

十三、圆顶长方底偏心过渡接头展开放样

图 5.17 所示为圆顶长方底偏心过渡连接管。已知尺寸为 a 、 b 、 d 、 l 及 h 。板厚处理与前例相同, 为减少计算程序, 本例按薄板计算。

计算式

当 $0^\circ \leq \alpha_n < 90^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d\sin\alpha_n)^2 + \left(l - \frac{d}{2}\cos\alpha_n\right)^2 + h^2}$$

当 $\alpha_n = 90^\circ$ 时

$$f'_n = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d)^2 + (l - b)^2 + h^2}$$

当 $90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d\sin\alpha_n)^2 + \left(l - b - \frac{d}{2}\cos\alpha_n\right)^2 + h^2}$$

$$f_{n+1} = \sqrt{\left(l - b + \frac{d}{2}\right)^2 + h^2}$$

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

式中各符号的意义如图 5.17 及图 5.18 所示。

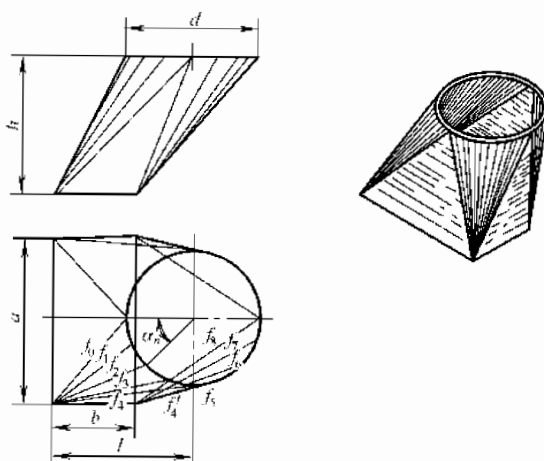
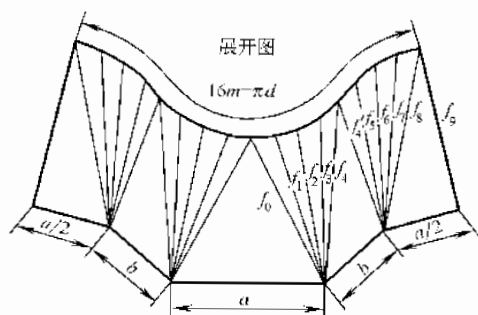


图 5.17 圆顶长方底偏心过渡接头展开放样



5.18 圆顶长方底偏心过渡接头展开图

例 5-13 一圆顶长方底过渡连接管，已知尺寸： $a=440$ ， $b=200$ ， $d=400$ ， $l=300$ ， $h=320$ ，试计算放样。

解：设圆周等分数 $n=16$ ，则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， α 角以此值递增。

$$f_0 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400\sin 0^\circ)^2 + \left(300 - \frac{400}{2}\cos 0^\circ\right)^2 + 320^2}$$

$$= 401$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400\sin 22.5^\circ)^2 + \left(300 - \frac{400}{2}\cos 22.5^\circ\right)^2 + 320^2}$$

$$= 369$$

$$f_2 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400\sin 45^\circ)^2 + \left(300 - \frac{400}{2}\cos 45^\circ\right)^2 + 320^2} = 366$$

$$f_3 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400\sin 67.5^\circ)^2 + \left(300 - \frac{400}{2}\cos 67.5^\circ\right)^2 + 320^2}$$

$$= 392$$

$$f_4 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400\sin 90^\circ)^2 + \left(300 - \frac{400}{2}\cos 90^\circ\right)^2 + 320^2}$$

$$= 439$$

$$f'_4 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400)^2 + (300 - 200)^2 + 320^2} = 336$$

$$f_5 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400\sin 112.5^\circ)^2 + \left(300 - 200 - \frac{400}{2}\cos 112.5^\circ\right)^2 + 320^2}$$

$$= 367$$

$$f_6 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400\sin 135^\circ)^2 + \left(300 - 200 - \frac{400}{2}\cos 135^\circ\right)^2 + 320^2}$$

$$= 408$$

$$f_7 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400\sin 157.5^\circ)^2 + \left(300 - 200 - \frac{400}{2}\cos 157.5^\circ\right)^2 + 320^2}$$

$$= 452$$

$$f_8 = \sqrt{\frac{1}{4}(440 - 400\sin 180^\circ)^2 + \left(300 - 200 - \frac{400}{2}\cos 180^\circ\right)^2 + 320^2}$$

$$= 491$$

$$f_9 = \sqrt{\left(300 - 200 + \frac{400}{2}\right)^2 + 320^2} = 439$$

$$m = \frac{400\pi}{16} = 78.5$$

根据以上各式计算的值，即可作出展开图，如图 5.18 所示。

十四、圆方过渡 90° 换向接头展开放样

图 5.19 所示为圆方过渡 90° 换向连接管，已知尺寸为 A 、 B 、 D 、 t 、 l 及 h 。放样尺寸为 a 、 b 、 d 、 f_n 。

计算式

$$\tan\beta_1 = \frac{h - \frac{D}{2}}{l}$$

$$\tan\beta_2 = \frac{h + \frac{D}{2}}{l + B}$$

$$a = A - 2t$$

$$b = B - t(\sin\beta_1 + \sin\beta_2)$$

$$d = D - \frac{t}{2}(\cos\beta_1 + \cos\beta_2)$$

$$\Delta l = \frac{t}{4}(\sin\beta_1 + \sin\beta_2)$$

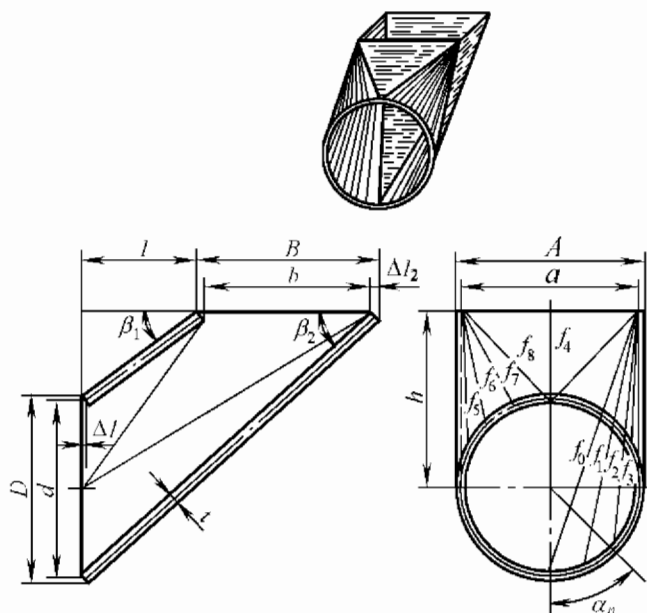


图 5.19 圆方过渡90°换向接头展开放样

$$\Delta l_2 = t \sin \beta_2$$

当 $0^\circ \leq \alpha_n \leq 90^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d \sin \alpha_n)^2 + \left(h + \frac{d}{2} \cos \alpha_n\right)^2 + (B + l - \Delta l - \Delta l_2)^2}$$

当 $\alpha_n = 90^\circ$ 时

$$f'_n = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d)^2 + h^2 + (l - \Delta l)^2}$$

当 $90^\circ < \alpha_n \leq 180^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d \sin \alpha_n)^2 + \left(h + \frac{d}{2} \cos \alpha_n\right)^2 + (l - \Delta l)^2}$$

$$f_{n+1} = \sqrt{\left(h - \frac{d}{2}\right)^2 + (l - \Delta l)^2}$$

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

式中各符号的意义如图 5.19 及图 5.20 所示。

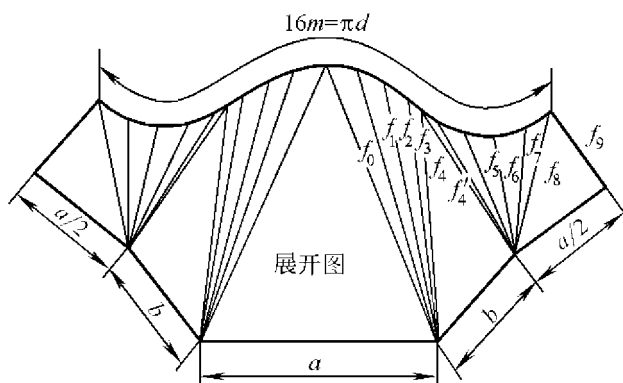


图 5.20 圆方过渡 90°换向接头展开图

例 5-14 已知圆方过渡 90°换向连接管 $A=B=D=480$, $t=12$, $l=120$, $h=420$, 试计算放样。

$$\text{解: } \tan \beta_1 = \frac{420 - \frac{480}{2}}{120} = 1.5, \beta_1 = 56.3^\circ$$

$$\tan \beta_2 = \frac{420 + \frac{480}{2}}{120 + 480} = 1.1, \beta_2 = 47.7^\circ$$

$$a = 480 - 2 \times 12 = 456$$

$$b = 480 - 12(\sin 56.3^\circ + \sin 47.7^\circ) = 461$$

$$d = 480 - \frac{12}{2}(\cos 56.3^\circ + \cos 47.7^\circ) = 472.6$$

$$\Delta l = \frac{12}{4}(\sin 56.3^\circ + \sin 47.7^\circ) = 4.7$$

$$\Delta l_2 = 12 \sin 47.7^\circ = 8.9$$

设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角为此值递增。

$$\begin{aligned} f_0 &= \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6 \sin 0^\circ)^2 + \left(420 + \frac{472.6}{2} \cos 0^\circ\right)^2 + (480 + 120 - 4.7 - 8.9)^2} \\ &= 909 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6 \sin 22.5^\circ)^2 + \left(420 + \frac{472.6}{2} \cos 22.5^\circ\right)^2 + (480 + 120 - 13.6)^2} \\ &= 877.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6 \sin 45^\circ)^2 + \left(420 + \frac{472.6}{2} \cos 45^\circ\right)^2 + (480 + 120 - 13.6)^2} \\ &= 832 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_3 &= \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6 \sin 67.5^\circ)^2 + \left(420 + \frac{472.6}{2} \cos 67.5^\circ\right)^2 + (480 + 120 - 13.6)^2} \\ &= 777.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_4 &= \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6 \sin 90^\circ)^2 + \left(420 + \frac{472.6}{2} \cos 90^\circ\right)^2 + (480 + 120 - 13.6)^2} \\ &= 721 \end{aligned}$$

$$f'_4 = \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6)^2 + 420^2 + (120 - 4.7)^2} = 436$$

$$\begin{aligned} f_5 &= \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6 \sin 112.5^\circ)^2 + \left(420 + \frac{472.6}{2} \cos 112.5^\circ\right)^2 + (120 - 4.7)^2} \\ &= 349 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_6 &= \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6 \sin 135^\circ)^2 + \left(420 + \frac{472.6}{2} \cos 135^\circ\right)^2 + (120 - 4.7)^2} \\ &= 285 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_7 &= \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6 \sin 157.5^\circ)^2 + \left(420 + \frac{472.6}{2} \cos 157.5^\circ\right)^2 + (120 - 4.7)^2} \\ &= 270 \end{aligned}$$

$$f_8 = \sqrt{\frac{1}{4}(456 - 472.6 \sin 180^\circ)^2 + \left(420 + \frac{472.6}{2} \cos 180^\circ\right)^2 + (120 - 4.7)^2}$$

$$= 315$$

$$f_9 = \sqrt{\left(420 - \frac{472.6}{2}\right)^2 + (120 - 4.7)^2} = 217$$

$$m = \frac{472.6\pi}{16} = 92.8$$

根据以上各式计算的值，即可作出展开图，如图 5.20 所示。

十五、圆长方过渡 90° 换向接头展开放样

图 5.21 所示为圆长方过渡 90° 换向连接管，已知尺寸为 a 、 b 、 d 、 h 及 l 。为使圆方光滑过渡，须先求出过渡点。

从视图中不难看出，圆方有四个过渡点，其中内外平面过渡点在圆的竖直中线上；前后平面过渡点位于平面与圆的切点，即左视图 K 、 K' 点。以 α_T 表示切点余角。为简化计算程序，本例以薄板为例。如为厚板制件，板厚处理可参考前例。

计算式

$$\tan \beta_1 = \frac{2h}{a}$$

$$\sin \beta_2 = \frac{R}{c}$$

$$\alpha_T = \beta_1 + \beta_2$$

$$c = \frac{1}{2} \sqrt{a^2 + 4h^2}$$

当 $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d \sin \alpha_n)^2 + \left(h + \frac{d}{2} \cos \alpha_n\right)^2 + (b + l)^2}$$

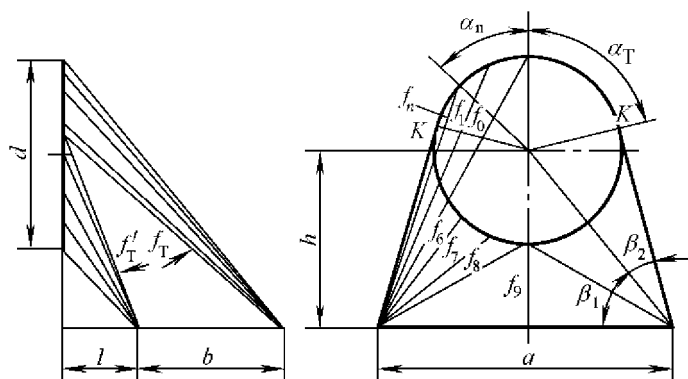


图 5.21 圆长方过渡 90°换向接头展开放样

当 $90^\circ \leq \alpha_n \leq 180^\circ$

$$f_T = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d \sin \alpha_T)^2 + \left(h + \frac{d}{2} \cos \alpha_T\right)^2 + (b + l)^2}$$

$$f'_T = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d \sin \alpha_T)^2 + \left(h + \frac{d}{2} \cos \alpha_T\right)^2 + l^2}$$

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{4}(a - d \sin \alpha_n)^2 + \left(h + \frac{d}{2} \cos \alpha_n\right)^2 + l^2}$$

$$f_{n+1} = \sqrt{\left(h - \frac{d}{2}\right)^2 + l^2}$$

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

式中各符号的意义如图 5.21 及图 5.22 所示。

例 5-15 一圆长方 90°过渡连接管，已知 $a=750$ ， $b=375$ ， $d=480$ ， $h=450$ ， $l=150$ ，试计算放样。

$$\text{解：} \tan \beta_1 = \frac{2 \times 450}{750} = 1.2 \quad \beta_1 = 50.2^\circ$$

$$c = \frac{1}{2} \sqrt{750^2 + 4 \times 450^2} = 585.77$$

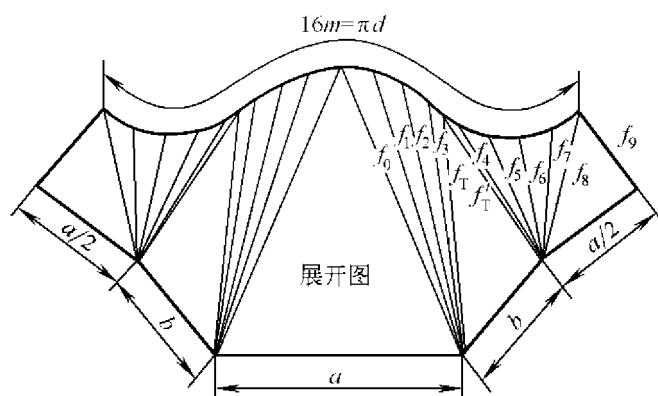


图 5.22 圆长方过渡 90°换向接头展开图

$$\sin\beta_2 = \frac{480}{2 \times 585.77} = 0.4097 \quad \beta_2 = 24.2^\circ$$

$$\alpha_T = 50.2^\circ + 24.2^\circ = 74.4^\circ$$

设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$f_0 = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 0^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 0^\circ\right)^2 + (375 + 150)^2} = 945$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 22.5^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 22.5^\circ\right)^2 + (375 + 150)^2} = 898$$

$$f_2 = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 45^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 45^\circ\right)^2 + (375 + 150)^2} = 838$$

$$f_3 = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 67.5^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 67.5^\circ\right)^2 + (375 + 150)^2} = 770$$

$$f_T = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 74.4^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 74.4^\circ\right)^2 + (375 + 150)^2} = 749$$

$$f'_T = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 74.4^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 74.4^\circ\right)^2 + 150^2} = 555$$

$$f_4 = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 90^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 90^\circ\right)^2 + 150^2}$$

$$= 493$$

$$f_5 = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 112.5^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 112.5^\circ\right)^2 + 150^2}$$

$$= 417$$

$$f_6 = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 135^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 135^\circ\right)^2 + 150^2}$$

$$= 378$$

$$f_7 = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 157.5^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 157.5^\circ\right)^2 + 150^2}$$

$$= 393$$

$$f_8 = \sqrt{\frac{1}{4}(750 - 480\sin 180^\circ)^2 + \left(450 + \frac{480}{2}\cos 180^\circ\right)^2 + 150^2}$$

$$= 455$$

$$f_9 = \sqrt{\left(450 - \frac{480}{2}\right)^2 + 150^2} = 258$$

$$m = \frac{480\pi}{16} = 94.2$$

根据以上各式计算的值，即可作出展开图，如图 5.22 所示。

十六、顶圆底长方斜扭过渡接头展开放样

图 5.23 所示的顶圆底长方斜扭过渡连接管的顶口与水平成 β 角倾斜，其水平投影为椭圆，圆心偏后与前角点 B 距离为 y ；底口呈水平位置，左端偏后，其水平投影与水平线成 γ 角倾斜，而使圆方过渡点偏离椭圆的长短轴，须

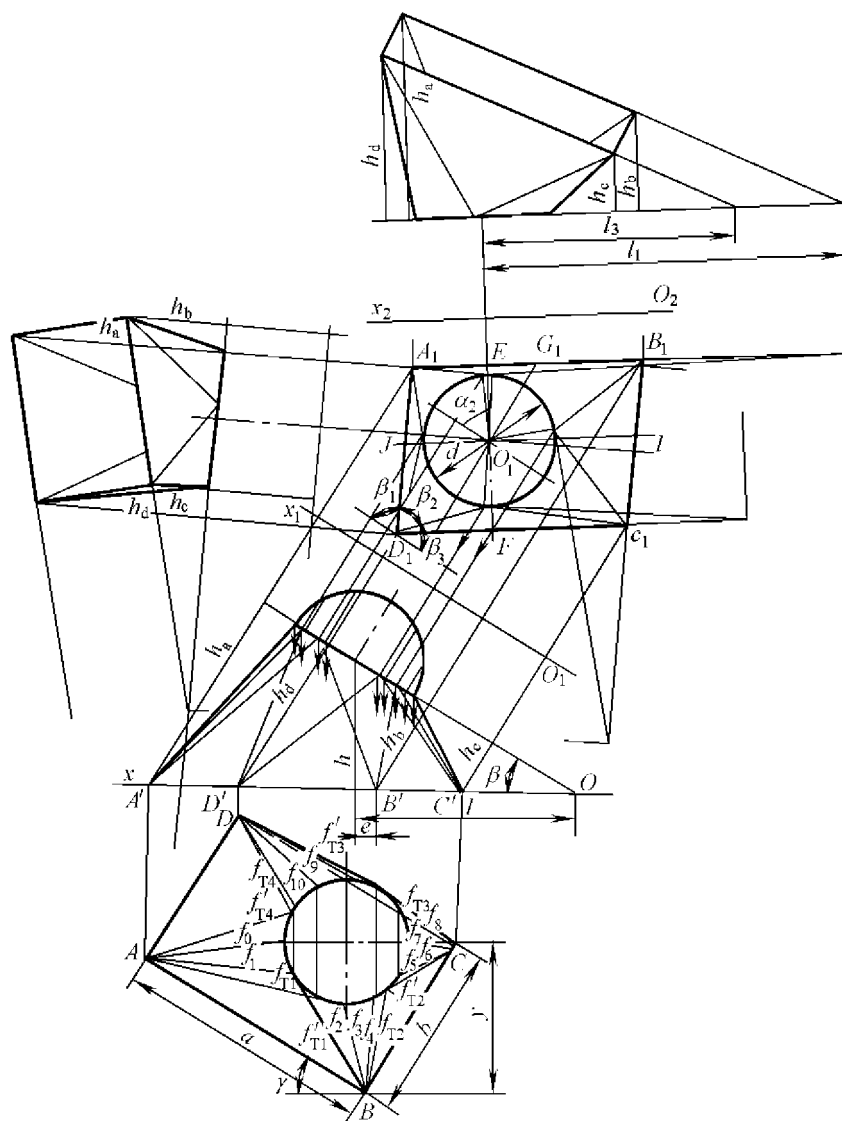


图 5.23 顶圆底长方斜扭过渡接头展开放样

用二次换面法求得。图中已知尺寸为 a 、 b 、 d 、 e 、 h 、 y 、 β 及 γ 。

① 有关参数计算公式为

$$A_1 B_2 = a \sqrt{\cos^2 \gamma \cos^2 \beta + \sin^2 \gamma}$$

$$h_a = (a \cos \gamma - e + l) \sin \beta$$

$$h_b = (l - e) \sin \beta$$

$$l = \frac{h}{\tan \beta}$$

$$\tan \beta_1 = \frac{\cot \gamma}{\cos \beta}$$

$$\tan \beta_3 = \frac{\tan \gamma}{\cos \beta}$$

$$\beta_2 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_3)$$

$$O_1 G_1 = y - e \tan \gamma - h \tan \beta \tan \gamma$$

$$O_1 E_1 = O_1 G_1 \cos(\beta + 90^\circ - \beta_2)$$

$$A_1 G_1 = \sqrt{\left[(l - e + a \cos \gamma) \cos \beta - \frac{h}{\sin \beta} \right]^2 + [y - a \sin \gamma + (h \tan \beta + e) \tan \gamma]^2}$$

$$A_1 E = A_1 G_1 - O_1 G_1 \sin(\beta + 90^\circ - \beta_2)$$

$$L_1 = \frac{h_a A_1 B_1}{h_a - h_b}$$

$$l_1 = L_1 - A_1 E$$

$$c_1 = \sqrt{l_1^2 + O_1 E^2}$$

$$\tan \phi_e = \frac{O_1 E}{l_1}$$

$$\sin \phi_{k1} = \frac{R}{c_1}$$

$$\phi_1 = \phi_e - \phi_{k1}$$

$$\cos \theta = \frac{O_1 E}{O_1 G_1}$$

$$\alpha_{T1} = 90^\circ - (\phi_1 + \theta)$$

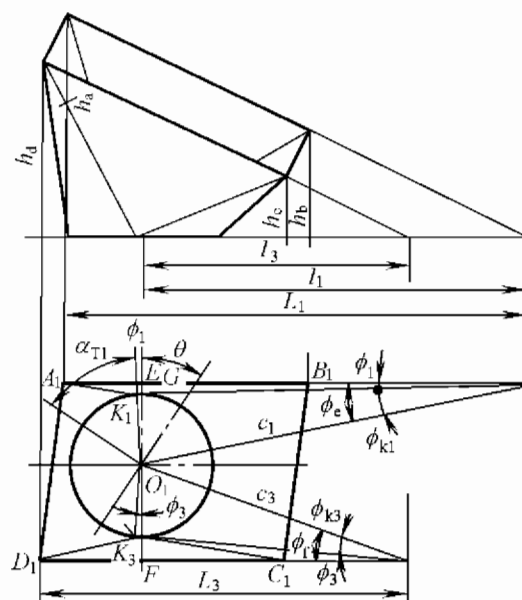


图 5.24 顶圆底长方斜扭过渡接头参数计算图 (一)

$$A_1 D_1 = b \sqrt{\cos^2 \gamma + \sin^2 \gamma \cos^2 \beta}$$

$$D_1 F = A_1 E + A_1 D_1 \cos \beta_2$$

$$h_d = (a \cos \gamma + l - b \sin \gamma - e) \sin \beta$$

$$h_c = (l - e - b \sin \gamma) \sin \beta$$

$$L_3 = \frac{h_d C_1 D_1}{h_d - h_c} \quad (C_1 D_1 = A_1 B_1)$$

$$l_3 = L_3 - D_1 F$$

$$O_1 F = A_1 D_1 \sin \beta_2 - O_1 E$$

$$c_3 = \sqrt{l_3^2 + (O_1 F)^2}$$

$$\tan \phi_f = \frac{O_1 F}{l_3}$$

$$\sin \phi_{k3} = \frac{R}{c_3}$$

$$\phi_3 = \phi_f - \phi_{k3}$$

$$\alpha_{T3} = 270^\circ - \theta + \phi_3$$

$$IB_1 = \frac{O_1 E}{\cos(90^\circ - \beta_2)}$$

$$O_1 I = A_1 B_1 - [A_1 E + IB_1 \sin(90^\circ - \beta_2)]$$

$$L_2 = \frac{h_b B_1 C_1}{h_b - h_c}$$

$$l_2 = L_2 - IB_1$$

$$c_2 = \sqrt{l_2^2 + (O_1 I)^2}$$

$$\tan \phi_1 = \frac{O_1 I}{l_2}$$

$$\sin \phi_{k2} = \frac{R}{c_2}$$

$$\phi_2 = \phi_1 - \phi_{k2}$$

$$\alpha_{T2} = 180^\circ - (\beta + \phi_2)$$

同理

$$L_4 = \frac{h_a A_1 D_1}{h_a - h_d}$$

$$l_4 = L_4 - JA_1$$

$$JA_1 = O_1 E \cos(90^\circ - \beta_2)$$

$$O_1 J = \frac{A_1 E}{\cos(90^\circ - \beta_2)}$$

$$\tan \phi_J = \frac{O_1 J}{l_4}$$

$$\sin \phi_{k4} = \frac{R}{c_4}$$

$$c_4 = \sqrt{l_4^2 + (O_1 J)^2}$$

$$\alpha_{T4} = 360^\circ - \beta + \phi_4$$

② 放样尺寸计算 (圆周等分数 $n=12$)

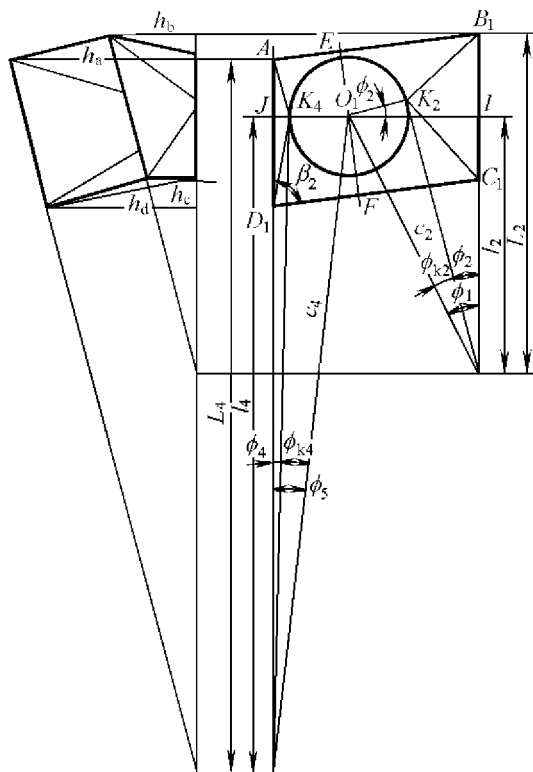


图 5.25 顶圆底长方斜扭过渡接头参数计算图 (二)

$$\begin{aligned}
 f_0 &= \sqrt{(y - a \sin \gamma)^2 + (a \cos \gamma - e - R \cos \beta)^2 + (h + R \sin \beta)^2} \\
 f_1 &= \sqrt{(a \sin \gamma - y + R \sin \alpha_1)^2 + (a \cos \gamma - e - R \cos \alpha_1 \cos \beta)^2 + (h + R \cos \alpha_1 \sin \beta)^2} \\
 f_{T1} &= \sqrt{(a \sin \gamma - y + R \sin \alpha_{T1})^2 + (a \cos \gamma - e - R \cos \alpha_{T1} \cos \beta)^2 + (h + R \cos \alpha_{T1} \sin \beta)^2} \\
 f'_{T1} &= \sqrt{(R \cos \alpha_{T1} \cos \beta + e)^2 + (y - R \sin \alpha_{T1})^2 + (h + R \cos \alpha_{T1} \sin \beta)^2} \\
 f_2 &= \sqrt{(R \cos \alpha_2 \cos \beta + e)^2 + (y - R \sin \alpha_2)^2 + (h + R \cos \alpha_2 \sin \beta)^2} \\
 f_3 &= \sqrt{e^2 + (y - R)^2 + h^2} \\
 f_4 &= \sqrt{(R \cos \alpha_4 \cos \beta + e)^2 + (y - R \sin \alpha_4)^2 + (h + R \cos \alpha_4 \sin \beta)^2} \\
 f_{T2} &= \sqrt{(R \cos \alpha_{T2} \cos \beta + e)^2 + (y - R \sin \alpha_{T2})^2 + (h + R \cos \alpha_{T2} \sin \beta)^2}
 \end{aligned}$$

$$f'_{T2} = \sqrt{(bsiny + e + R\cos\alpha_{T2}\cos\beta)^2 + (R\sin\alpha_{T2} - y + b\cos\gamma)^2 + (h + R\cos\alpha_{T2}\sin\beta)^2}$$

$$f_{5\sim7} = \sqrt{(bsiny + e + R\cos\alpha_{5\sim7}\cos\beta)^2 + (R\sin\alpha_{5\sim7} - y + b\cos\gamma)^2 + (h + R\cos\alpha_{5\sim7}\sin\beta)^2}$$

$$f_{T3} = \sqrt{(bsiny + e + R\cos\alpha_{T3}\cos\beta)^2 + (R\sin\alpha_{T3} - y + b\cos\gamma)^2 + (h + R\cos\alpha_{T3}\sin\beta)^2}$$

$$f'_{T3} = \sqrt{(acos\gamma - e - bsiny - R\cos\alpha_{T3}\cos\beta)^2 + (asiny + b\cos\gamma - y + R\sin\alpha_{T3})^2 + (h + R\cos\alpha_{T3}\sin\beta)^2}$$

$$f_{8\sim10} = \sqrt{(acos\gamma - e - bsiny - R\cos\alpha_{8\sim10}\cos\beta)^2 + (asiny + b\cos\gamma - y + R\sin\alpha_{8\sim10})^2 + (h + R\cos\alpha_{8\sim10}\sin\beta)^2}$$

$$f_{T4} = \sqrt{(acos\gamma - e - bsiny - R\cos\alpha_{T4}\cos\beta)^2 + (asiny + b\cos\gamma - y + R\sin\alpha_{T4})^2 + (h + R\cos\alpha_{T4}\sin\beta)^2}$$

$$f'_{T4} = \sqrt{(acos\gamma - e - R\cos\alpha_{T4}\cos\beta)^2 + (y - asiny + R\sin\alpha_{T4})^2 + (h + R\cos\alpha_{T4}\sin\beta)^2}$$

$$m = \frac{\pi d}{n}, m_0 = \frac{\pi R(\alpha_{12} - \alpha_{T4})}{180^\circ}, m_1 = \frac{\pi R(\alpha_{T1} - \alpha_1)}{180^\circ}, m'_1 = \frac{\pi R(\alpha_2 - \alpha_{T1})}{180^\circ}, m_2 =$$

$$\frac{\pi R(\alpha_{T2} - \alpha_4)}{180^\circ}, m_3 = \frac{\pi R(\alpha_{T3} - \alpha_7)}{180^\circ}, m_4 = \frac{\pi R(\alpha_{T4} - \alpha_{10})}{180^\circ}, m_5 = \frac{\pi R(\alpha_5 - \alpha_{T2})}{180^\circ},$$

$$m_8 = \frac{\pi R(\alpha_8 - \alpha_{T3})}{180^\circ}$$

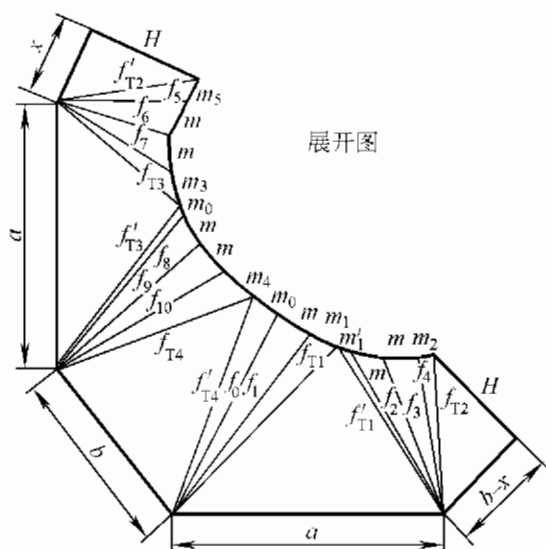


图 5.26 顶圆底长方斜扭过渡接头展开图

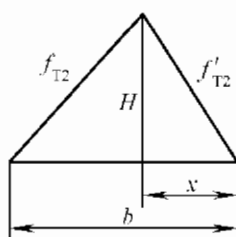


图 5.27 接口尺寸计算图

式中各符号的意义如图 5.23~图 5.27 所示。

例 5-16 已知顶圆底长方斜扭过渡连接管 $a=600$, $b=400$, $\beta=30^\circ$, $\gamma=30^\circ$, $d=320$, $R=160$, $h=300$, $e=60$, $y=350$, 试计算放样。

解: (1) 求圆方过渡点放样计算角 α_{T1}

$$A_1 B_1 = 600 \sqrt{\cos^2 30^\circ \cos^2 30^\circ + \sin^2 30^\circ} = 541$$

$$l = \frac{300}{\tan 30^\circ} = 520$$

$$h_a = (600 \cos 30^\circ - 60 + 520) \sin 30^\circ = 490$$

$$h_b = (520 - 60) \sin 30^\circ = 230$$

$$\tan \beta_1 = \frac{\cot 30^\circ}{\cos 30^\circ} = 2, \beta_1 = 63.4^\circ$$

$$\tan \beta_3 = \frac{\tan 30^\circ}{\cos 30^\circ} = 0.6667, \beta_3 = 33.7^\circ$$

$$\beta_2 = 180^\circ - (63.4^\circ + 33.7^\circ) = 82.9^\circ$$

$$O_1 G_1 = 350 - 60 \tan 30^\circ - 300 \tan 30^\circ \tan 30^\circ = 215.4$$

$$O_1 E = 215.4 \cos(30^\circ + 90^\circ - 82.9^\circ) = 172$$

$$A_1 G_1 = \sqrt{\left[(520 - 60 + 600 \cos 30^\circ) \cos 30^\circ - \frac{300}{\sin 30^\circ} \right]^2 + \left[350 - 600 \sin 30^\circ + (300 \tan 30^\circ + 60) \tan 30^\circ \right]^2}$$

= 309

$$A_1 E = 309 - 215.4 \sin(30^\circ + 90^\circ - 82.9^\circ) = 179$$

$$L_1 = \frac{490 \times 541}{490 - 230} = 1020$$

$$l_1 = 1020 - 179 = 841$$

$$c_1 = \sqrt{841^2 + 172^2} = 858$$

$$\tan \phi_e = \frac{172}{841} = 0.2045, \phi_e = 11.6^\circ$$

$$\sin \phi_{k1} = \frac{160}{858} = 0.1865, \phi_{k1} = 10.7^\circ$$

$$\phi_1 = 11.6^\circ - 10.7^\circ = 0.9^\circ$$

$$\cos \theta = \frac{172}{215.4} = 0.7985, \theta = 37^\circ$$

$$\alpha_{T1} = 90^\circ - (0.9^\circ + 37^\circ) = 52.1^\circ$$

(2) 求圆方过渡点放样计算角 α_{T3}

$$A_1 D_1 = 400 \sqrt{\cos^2 30^\circ + \sin^2 30^\circ \cos^2 30^\circ} = 387$$

$$D_1 F = 179 + 387 \cos 82.9^\circ = 227$$

$$h_d = (600 \cos 30^\circ + 520 - 400 \sin 30^\circ - 60) \sin 30^\circ = 390$$

$$h_c = (520 - 60 - 400 \sin 30^\circ) \sin 30^\circ = 130$$

$$L_3 = \frac{390 \times 541}{390 - 130} = 811.5$$

$$l_3 = 811.5 - 227 = 584.5$$

$$O_1 F = 387 \sin 82.9^\circ - 172 = 212$$

$$c_3 = \sqrt{584.5^2 + 212^2} = 622$$

$$\tan \phi_f = \frac{212}{584.5} = 0.3627, \phi_f = 20^\circ$$

$$\sin \phi_{k3} = \frac{160}{622} = 0.2572, \phi_{k3} = 14.9^\circ$$

$$\phi_3 = 20^\circ - 14.9^\circ = 5.1^\circ$$

$$\alpha_{T3} = 270^\circ - 37^\circ + 5.1^\circ = 238.1^\circ$$

(3) 求圆方过渡点放样计算角 α_{T2}

$$IB_1 = \frac{172}{\cos(90^\circ - 82.9^\circ)} = 173$$

$$L_2 = \frac{h_b B_1 C_1}{h_b - h_c}$$

$$\text{式中, } B_1 C_1 = A_1 D_1, \text{ 所以 } L_2 = \frac{230 \times 387}{230 - 130} = 890$$

$$l_2 = 890 - 173 = 717$$

$$O_1 I = 541 - 179 - 173 \sin(90^\circ - 82.9^\circ) = 340.6$$

$$c_2 = \sqrt{717^2 + 340.6^2} = 794$$

$$\tan \phi_1 = \frac{340.6}{717} = 0.475, \phi_1 = 25.4^\circ$$

$$\sin\phi_{k2} = \frac{160}{794} = 0.2015, \phi_{k2} = 11.6^\circ$$

$$\phi_2 = 25.4^\circ - 11.6^\circ = 13.8^\circ$$

$$\alpha_{T2} = 180^\circ - (30^\circ + 13.8^\circ) = 136.2^\circ$$

(4) 求圆方过渡点放样计算角 α_{T4}

$$h_d = (600\cos 30^\circ + 520 - 400\sin 30^\circ - 60)\sin 30^\circ = 390$$

$$L_4 = \frac{490 \times 387}{490 - 390} = 1896$$

$$JA_1 = 172\cos(90^\circ - 82.9^\circ) = 170.7$$

$$O_1J = \frac{179}{\cos(90^\circ - 82.9^\circ)} = 180.4$$

$$l_4 = 1896 - 170.7 = 1725.3$$

$$\tan\phi_J = \frac{180.4}{1725.3} = 0.10455, \phi_J = 6^\circ$$

$$c_4 = \sqrt{1725.3^2 + 180.4^2} = 1735$$

$$\sin\phi_{k4} = \frac{160}{1735} = 0.0922, \phi_{k4} = 5.3^\circ$$

$$\phi_4 = 6^\circ - 5.3^\circ = 0.7^\circ$$

$$\alpha_{T4} = 360^\circ - 30^\circ + 0.7^\circ = 330.7^\circ$$

(5) 展开尺寸计算

设圆周等分数 $n=12$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$, α 角以此值递增。

$$\begin{aligned}
f_0 &= \sqrt{(350 - 600 \sin 30^\circ)^2 + (600 \cos 30^\circ - 60 - 160 \cos 30^\circ)^2 + (300 + 160 \sin 30^\circ)^2} = 500 \\
f_1 &= \sqrt{(600 \sin 30^\circ - 350 + 160 \sin 30^\circ)^2 + (600 \cos 30^\circ - 60 - 160 \cos^2 30^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 30^\circ \sin 30^\circ)^2} = 503 \\
f_{T1} &= \sqrt{(600 \sin 30^\circ - 350 + 160 \sin 52.1^\circ)^2 + (600 \cos 30^\circ - 60 - 160 \cos 52.1^\circ \cos 30^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 52.1^\circ \sin 30^\circ)^2} = 518 \\
f'_{T1} &= \sqrt{(160 \cos 52.1^\circ \cos 30^\circ + 60)^2 + (350 - 160 \sin 52.1^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 52.1^\circ \sin 30^\circ)^2} = 439 \\
f_2 &= \sqrt{(160 \cos 60^\circ \cos 30^\circ + 60)^2 + (350 - 160 \sin 60^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 60^\circ \sin 30^\circ)^2} = 421 \\
f_3 &= \sqrt{60^2 + (350 - 160)^2 + 300^2} = 360 \\
f_4 &= \sqrt{(160 \cos 120^\circ \cos 30^\circ + 60)^2 + (350 - 160 \sin 120^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 120^\circ \sin 30^\circ)^2} = 335 \\
f_{T2} &= \sqrt{(160 \cos 136.2^\circ \cos 30^\circ + 60)^2 + (350 - 160 \sin 136.2^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 136.2^\circ \sin 30^\circ)^2} = 343 \\
f'_{T2} &= \sqrt{(400 \sin 30^\circ + 60 + 160 \cos 136.2^\circ \cos 30^\circ)^2 + (160 \sin 136.2^\circ - 350 + 400 \cos 30^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 136.2^\circ \sin 30^\circ)^2} = 309 \\
f_5 &= \sqrt{(400 \sin 30^\circ + 60 + 160 \cos 150^\circ \cos 30^\circ)^2 + (160 \sin 150^\circ - 350 + 400 \cos 30^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 150^\circ \sin 30^\circ)^2} = 280 \\
f_6 &= \sqrt{(400 \sin 30^\circ + 60 + 160 \cos 180^\circ \cos 30^\circ)^2 + (160 \sin 180^\circ - 350 + 400 \cos 30^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 180^\circ \sin 30^\circ)^2} = 251 \\
f_7 &= \sqrt{(400 \sin 30^\circ + 60 + 160 \cos 210^\circ \cos 30^\circ)^2 + (160 \sin 210^\circ - 350 + 400 \cos 30^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 210^\circ \sin 30^\circ)^2} = 283 \\
f_{T3} &= \sqrt{(400 \sin 30^\circ + 60 + 160 \cos 238.1^\circ \cos 30^\circ)^2 + (160 \sin 238.1^\circ - 350 + 400 \cos 30^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 238.1^\circ \sin 30^\circ)^2} = 347 \\
f'_{T3} &= \sqrt{(600 \cos 30^\circ - 60 - 400 \sin 30^\circ - 160 \cos 238.1^\circ \cos 30^\circ)^2 + (600 \sin 30^\circ + 400 \cos 30^\circ - 350 + 160 \sin 238.1^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 238.1^\circ \sin 30^\circ)^2} = 451 \\
f_8 &= \sqrt{(600 \cos 30^\circ - 60 - 400 \sin 30^\circ - 160 \cos 240^\circ \cos 30^\circ)^2 + (600 \sin 30^\circ + 400 \cos 30^\circ - 350 + 160 \sin 240^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 240^\circ \sin 30^\circ)^2} = 448 \\
f_9 &= \sqrt{(600 \cos 30^\circ - 60 - 400 \sin 30^\circ - 160 \cos 270^\circ \cos 30^\circ)^2 + (600 \sin 30^\circ + 400 \cos 30^\circ - 350 + 160 \sin 270^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 270^\circ \sin 30^\circ)^2} = 420 \\
f_{10} &= \sqrt{(600 \cos 30^\circ - 60 - 400 \sin 30^\circ - 160 \cos 300^\circ \cos 30^\circ)^2 + (600 \sin 30^\circ + 400 \cos 30^\circ - 350 + 160 \sin 300^\circ)^2 + (300 + 160 \cos 300^\circ \sin 30^\circ)^2} = 420
\end{aligned}$$

$$f_{T4} = \sqrt{(600\cos 30^\circ - 60 - 400\sin 30^\circ - 160\cos 330.7^\circ \cos 30^\circ)^2 + (600\sin 30^\circ + 400\cos 30^\circ - 350 + 160\sin 330.7^\circ \sin 30^\circ)^2} = 451$$

$$f'_{T4} = \sqrt{(600\cos 30^\circ - 60 - 160\cos 330.7^\circ \cos 30^\circ)^2 + (350 - 600\sin 30^\circ + 160\sin 330.7^\circ)^2 + (300 + 160\cos 330.7^\circ \sin 30^\circ)^2} = 502$$

$$m = \frac{320\pi}{12} = 83.7$$

$$m_0 = \frac{160\pi(360^\circ - 330.7^\circ)}{180^\circ} = 81.8$$

$$m_1 = \frac{160\pi(52.1^\circ - 30^\circ)}{180^\circ} = 61.7$$

$$m'_1 = \frac{160\pi(60^\circ - 52.1^\circ)}{180^\circ} = 22$$

$$m_2 = \frac{160\pi(136.2^\circ - 120^\circ)}{180^\circ} = 45.2$$

$$m_3 = \frac{160\pi(238.1^\circ - 210^\circ)}{180^\circ} = 78.4$$

$$m_4 = \frac{160\pi(330.7^\circ - 300^\circ)}{180^\circ} = 85.7$$

$$m_5 = \frac{160\pi(150^\circ - 136.2^\circ)}{180^\circ} = 38.5$$

$$m_8 = \frac{160\pi(240^\circ - 238.1^\circ)}{180^\circ} = 5.3$$

(6) 接口尺寸计算 (见图 5.27)

本例以短边接口为宜, 如选在短边平面上。计算公式为

$$x = \frac{f_{T2}'^2 - f_{T2}^2 + b^2}{2b}, H = \sqrt{f_{T2}'^2 - x^2}$$

将 f_{T2}' 及 f_{T2} 值分别代入上式则得

$$x = \frac{309^2 - 343^2 + 400^2}{2 \times 400} = 172.3$$

$$H = \sqrt{309^2 - 172.3^2} = 256.5$$

根据以上各式计算的值, 即可画出展开图, 如图 5.26 所示。

图中各特殊角 α_{T1} 、 α_{T2} 、 α_{T3} 及 α_{T4} 为以 f_0 线的圆周点为基准 ($\alpha_0 = 0^\circ$) 的圆周角。

十七、方裤形三通管展开放样

图 5.28 所示为方裤形管, 已知尺寸为 a 、 b 、 l 及 H 。

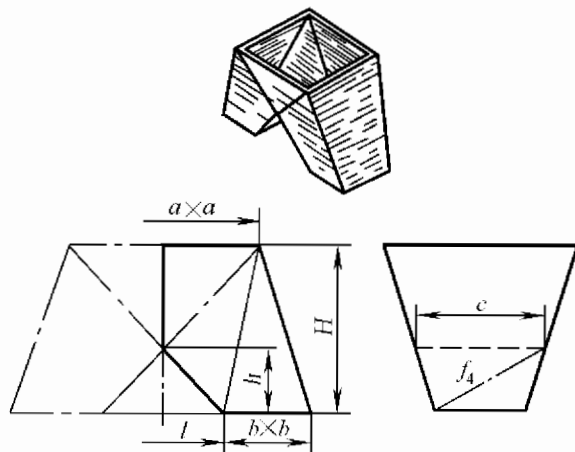


图 5.28 方裤形管展开放样

计算式

$$h = \frac{lH}{a+l}$$

$$c = b + \frac{h}{H}(a-b)$$

$$f_0 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b - \frac{a}{2}\right)^2 + H^2}$$

$$f_1 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b - \frac{a}{2}\right)^2 + \frac{1}{4}(a-b)^2 + H^2}$$

$$f_2 = \frac{1}{2}\sqrt{(a-l)^2 + (a-b)^2 + 4H^2}$$

$$f_3 = \frac{1}{2}\sqrt{(a+l)^2 + (a-b)^2 + 4H^2}$$

$$f'_3 = \frac{af_3}{a+l}$$

$$f_4 = \frac{1}{2}\sqrt{(c-b)^2 + l^2 + 4h^2}$$

$$f_5 = f_3 - f'_3$$

式中各符号的意义如图 5.28 及图 5.29 所示。

展开图

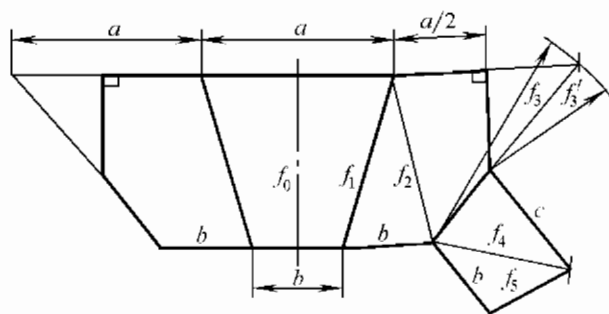


图 5.29 方裤形管展开图

例 5-17 已知方裤形管大口边长 $a=720$ ，小口边长 $b=300$ ，高 $H=640$ ， $l=600$ ，试计算放样。

解：

$$h = \frac{600 \times 640}{720 + 600} = 291$$

$$c = 300 + \frac{291}{640}(720 - 300) = 491$$

$$f_0 = \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 300 - \frac{720}{2}\right)^2 + 640^2} = 684$$

$$f_2 = \frac{1}{2}\sqrt{(720 - 600)^2 + (720 - 300)^2 + 4 \times 640^2} = 676$$

$$f_3 = \frac{1}{2}\sqrt{(720 + 600)^2 + (720 - 300)^2 + 4 \times 640^2} = 943$$

$$f'_3 = \frac{720 \times 943}{720 + 600} = 514.4$$

$$f_4 = \frac{1}{2}\sqrt{(491 - 300)^2 + 600^2 + 4 \times 291^2} = 429$$

$$f_5 = 943 - 514.4 = 428.6$$

根据以上各式计算值作展开图时，先画右侧板等腰梯形，而后再画前后板及内侧板展开图，如图 5.29 所示。

十八、方圆裤形三通管展开放样

图 5.30 所示为方底圆顶裤形管，已知尺寸为 a 、 d 、 H 、 h 及 l 。

计算式

$$b = \frac{(a-d)h}{H} + d$$

$$c = \frac{1}{2}\sqrt{a^2 + 4f^2}$$

$$f = \sqrt{\frac{1}{4}(a-b)^2 + (H-h)^2}$$

$$\Delta l = \frac{1}{2}(l-a)$$

当 $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\left(\frac{a}{2} - R \sin \alpha_n\right)^2 + (\Delta l + R \cos \alpha_n)^2 + H^2}$$

当 $\alpha = 90^\circ$ 时

$$f'_n = \sqrt{\left(\frac{b}{2} - R\right)^2 + \left(\frac{a}{2} + \Delta l\right)^2 + h^2}$$

当 $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\left(\frac{b}{2} - R \sin \alpha_n\right)^2 + \left(\frac{a}{2} + \Delta l + R \cos \alpha_n\right)^2 + h^2}$$

$$f_{n+1} = \sqrt{\left(\frac{a}{2} + \Delta l - R\right)^2 + h^2}$$

$$m = \frac{\pi d}{n}$$

式中各符号的意义如图 5.30 及图 5.31 所示。

例 5-18 一方圆过渡裤形管 $a=500$, $d=240$, $R=120$, $H=350$, $h=150$, $l=600$, 试计算放样。

解：设圆周等分数 $n=12$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$, α 角以此值递增。

$$b = \frac{(500-240) \times 150}{350} + 240 = 351.4$$

$$f = \sqrt{\frac{1}{4}(500-351.4)^2 + (350-150)^2} = 213$$

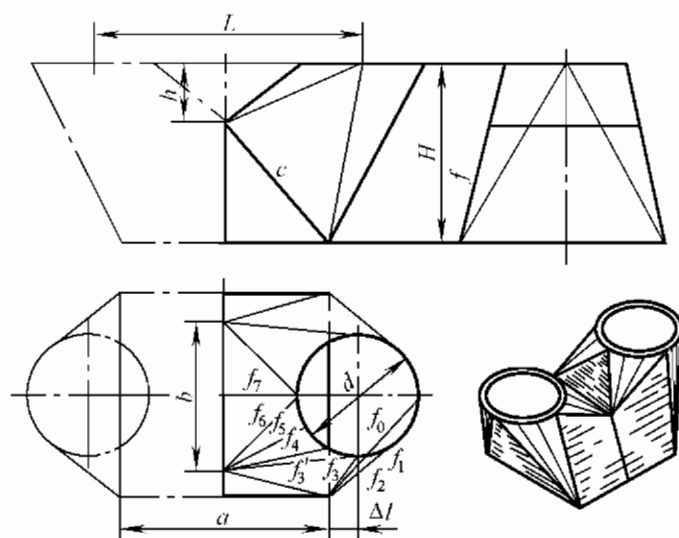


图 5.30 方圆裤形管展开放样

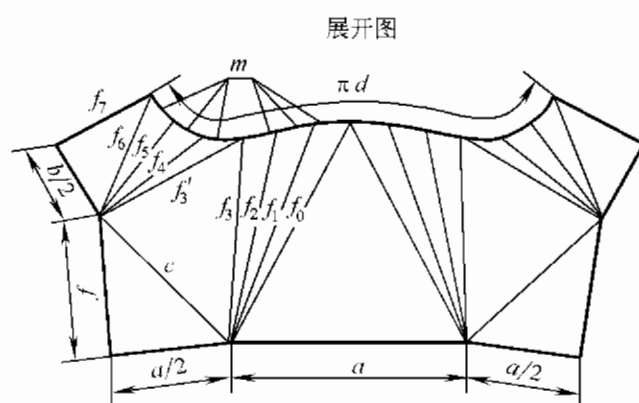


图 5.31 方圆裤形管展开图

$$c = \frac{1}{2} \sqrt{500^2 + 4 \times 213^2} = 328$$

$$\Delta l = \frac{1}{2} (600 - 500) = 50$$

$$f_0 = \sqrt{\left(\frac{500}{2} - 120\sin 0^\circ\right)^2 + (50 + 120\cos 0^\circ)^2 + 350^2} = 462$$

$$f_1 = \sqrt{\left(\frac{500}{2} - 120\sin 30^\circ\right)^2 + (50 + 120\cos 30^\circ)^2 + 350^2} = 427$$

$$f_2 = \sqrt{\left(\frac{500}{2} - 120\sin 60^\circ\right)^2 + (50 + 120\cos 60^\circ)^2 + 350^2} = 395$$

$$f_3 = \sqrt{\left(\frac{500}{2} - 120\sin 90^\circ\right)^2 + (50 + 120\cos 90^\circ)^2 + 350^2} = 377$$

$$f'_3 = \sqrt{\left(\frac{351.4}{2} - 120\right)^2 + \left(\frac{500}{2} + 50\right)^2 + 150^2} = 340$$

$$f_4 = \sqrt{\left(\frac{351.4}{2} - 120\sin 120^\circ\right)^2 + \left(\frac{500}{2} + 50 + 120\cos 120^\circ\right)^2 + 150^2} \\ = 292$$

$$f_5 = \sqrt{\left(\frac{351.4}{2} - 120\sin 150^\circ\right)^2 + \left(\frac{500}{2} + 50 + 120\cos 150^\circ\right)^2 + 150^2} \\ = 273$$

$$f_6 = \sqrt{\left(\frac{351.4}{2} - 120\sin 180^\circ\right)^2 + \left(\frac{500}{2} + 50 + 120\cos 180^\circ\right)^2 + 150^2} \\ = 293$$

$$f_7 = \sqrt{\left(\frac{500}{2} + 50 - 120\right)^2 + 150^2} = 234$$

$$m = \frac{240\pi}{12} = 62.8$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图,如图 5.31 所示。

十九、圆腰长方腿裤形三通管展开放样

圆腰长方腿裤形管两腿以人为接合线——半圆连接成对称

形, 如图 5.32 所示。已知尺寸为 a 、 b 、 R 、 H 及 l 。

计算式

$$\Delta l = \frac{l}{2} + a - R$$

当 $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\left(\frac{b}{2} - R \sin \alpha_n\right)^2 + [\Delta l + R(1 - \cos \alpha_n)]^2 + H^2}$$

当 $\alpha = 90^\circ$ 时

$$f'_n = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(R - \frac{b}{2}\right)^2 + H^2}$$

当 $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2} - R \sin \alpha_n\right)^2 + (H + R \cos \alpha_n)^2}$$

$$f_{n+1} = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + (H - R)^2}$$

$$m = \frac{2\pi R}{n}$$

式中各符号的意义如图 5.32 及图 5.33 所示。

例 5-19 已知圆腰长方腿裤形管 $R=300$, $a=240$, $b=480$, $l=450$, $H=525$, 试计算放样。

解: 设圆周等分数 $n=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增。

$$\Delta l = \frac{450}{2} + 240 - 300 = 165$$

$$f_0 = \sqrt{\left(\frac{480}{2} - 300 \sin 0^\circ\right)^2 + [165 + 300(1 - \cos 0^\circ)]^2 + 525^2} = 600$$

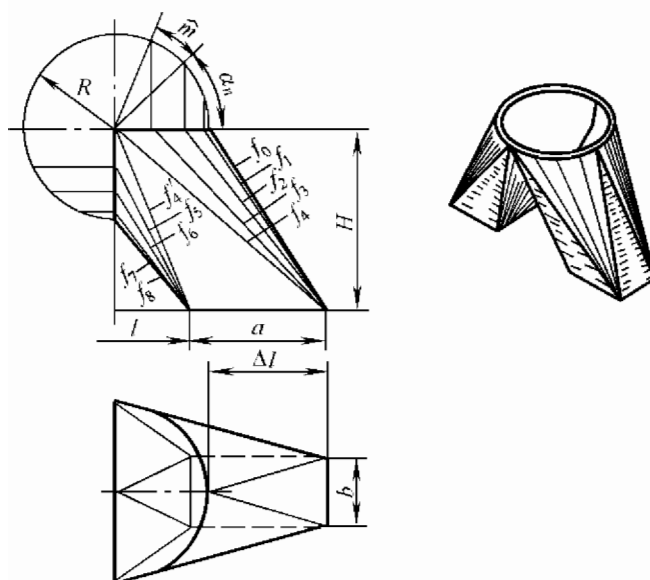


图 5.32 圆腰长方腿裤形三通管展开放样

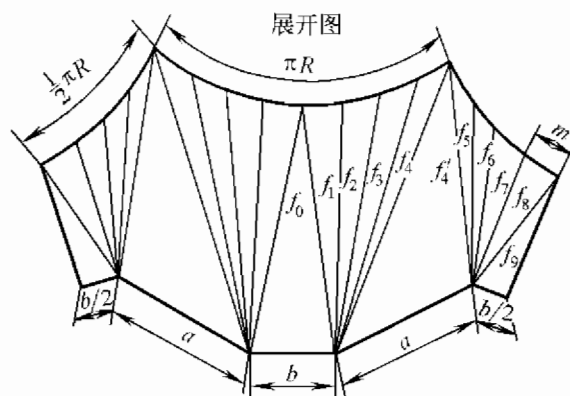


图 5.33 圆腰长方腿裤形三通管展开图

$$f_1 = \sqrt{\left(\frac{480}{2} - 300\sin 22.5^\circ\right)^2 + [165 + 300(1 - \cos 22.5^\circ)]^2 + 525^2} = 571$$

$$f_2 = \sqrt{\left(\frac{480}{2} - 300\sin 45^\circ\right)^2 + [165 + 300(1 - \cos 45^\circ)]^2 + 525^2} = 583$$

$$f_3 = \sqrt{\left(\frac{480}{2} - 300\sin 67.5^\circ\right)^2 + [165 + 300(1 - \cos 67.5^\circ)]^2 + 525^2} = 632$$

$$f_4 = \sqrt{\left(\frac{480}{2} - 300\sin 90^\circ\right)^2 + [165 + 300(1 - \cos 90^\circ)]^2 + 525^2} = 704$$

$$f'_4 = \sqrt{\left(\frac{450}{2}\right)^2 + \left(300 - \frac{480}{2}\right)^2 + 525^2} = 574$$

$$f_5 = \sqrt{\left(\frac{450}{2}\right)^2 + \left(\frac{480}{2} - 300\sin 112.5^\circ\right)^2 + (525 + 300\cos 112.5^\circ)^2} = 469$$

$$f_6 = \sqrt{\left(\frac{450}{2}\right)^2 + \left(\frac{480}{2} - 300\sin 135^\circ\right)^2 + (525 + 300\cos 135^\circ)^2} = 386$$

$$f_7 = \sqrt{\left(\frac{450}{2}\right)^2 + \left(\frac{480}{2} - 300\sin 157.5^\circ\right)^2 + (525 + 300\cos 157.5^\circ)^2} = 357$$

$$f_8 = \sqrt{\left(\frac{450}{2}\right)^2 + \left(\frac{480}{2} - 300\sin 180^\circ\right)^2 + (525 + 300\cos 180^\circ)^2} = 399$$

$$f_9 = \sqrt{\left(\frac{450}{2}\right)^2 + (525 - 300)^2} = 318$$

$$m = \frac{2 \times 300\pi}{16} = 117.8$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图，如图 5.33 所示。

二十、直角换向 Y 形管展开放样

图 5.34 所示的 Y 形管主管为大方管，直角换向两路等面积矩形管，已知尺寸为 a 、 b 、 c 、 h 及 l 。

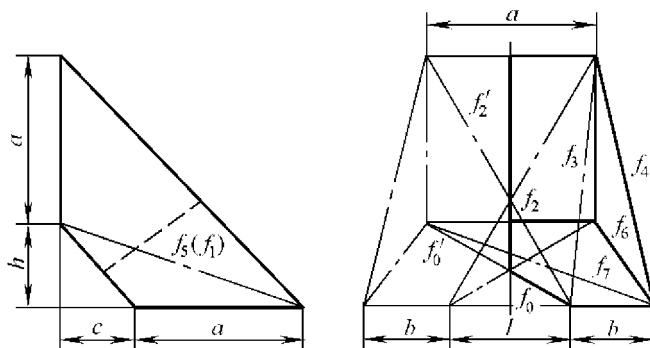


图 5.34 直角换向 Y 形管展开放样

计算式

$$f_0 = \sqrt{\frac{1}{4}(a+l)^2 + c^2 + h^2}$$

$$f'_0 = \frac{af_0}{a+l}$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{1}{4}(a+l)^2 + (a+c)^2 + h^2}$$

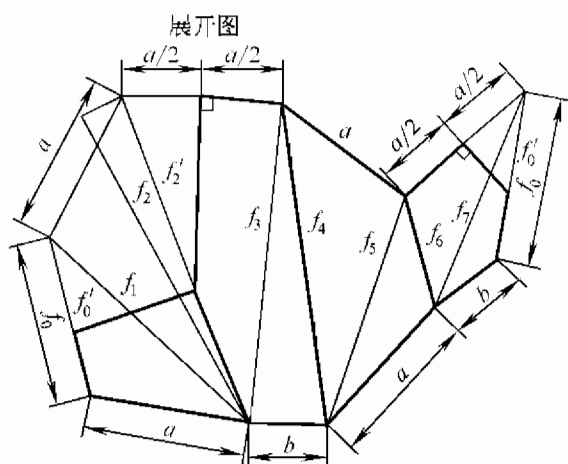


图 5.35 直角换向 Y 形管展开图

$$f_2 = \sqrt{\frac{1}{4}(a+l)^2 + (a+c)^2 + (a+h)^2}$$

$$f'_2 = \frac{af_2}{a+l}$$

$$f_3 = \sqrt{\frac{1}{4}(a-l)^2 + (a+c)^2 + (a+h)^2}$$

$$f_4 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b - \frac{a}{2}\right)^2 + (a+c)^2 + (a+h)^2}$$

$$f_5 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b - \frac{a}{2}\right)^2 + (a+c)^2 + h^2}$$

$$f_6 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b - \frac{a}{2}\right)^2 + c^2 + h^2}$$

$$f_7 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b + \frac{a}{2}\right)^2 + c^2 + h^2}$$

式中各符号的意义如图 5.34 及图 5.35 所示。

例 5-20 已知大方管 90° 换向两路矩形 Y 形管 $a=600$, $b=300$, $c=200$, $h=300$, $l=400$, 试放样计算。

$$\text{解: } f_0 = \sqrt{\frac{1}{4}(600+400)^2 + 200^2 + 300^2} = 616$$

$$f'_0 = \frac{600 \times 616}{600+400} = 370$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{1}{4}(600+400)^2 + (600+200)^2 + 300^2} = 990$$

$$f_2 = \sqrt{\frac{1}{4}(600+400)^2 + (600+200)^2 + (600+300)^2} = 1304$$

$$f'_2 = \frac{600 \times 1304}{600+400} = 782$$

$$f_3 = \sqrt{\frac{1}{4}(600-400)^2 + (600+200)^2 + (600+300)^2} = 1208$$

$$f_4 = \sqrt{\left(\frac{400}{2} + 300 - \frac{600}{2}\right)^2 + (600+200)^2 + (600+300)^2} = 1221$$

$$f_5 = \sqrt{\left(\frac{400}{2} + 300 - \frac{600}{2}\right)^2 + (600+200)^2 + 300^2} = 877$$

$$f_6 = \sqrt{\left(\frac{400}{2} + 300 - \frac{600}{2}\right)^2 + 200^2 + 300^2} = 412$$

$$f_7 = \sqrt{\left(\frac{400}{2} + 300 + \frac{600}{2}\right)^2 + 200^2 + 300^2} = 877$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图, 如图 5.35 所示。

二十一、方五通管展开放样

图 5.36 所示为大方管分成四路对称小方管的过渡连接

管，已知尺寸为 a 、 b 、 l 及 H 。

计算式

$$h = \frac{lH}{a+l}$$

$$c = \sqrt{\frac{1}{2}a^2 + (H-h)^2}$$

$$f_0 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b - \frac{a}{2}\right)^2 + H^2}$$

$$f_2 = \frac{1}{2}\sqrt{(a-l)^2 + (a-b)^2 + 4H^2}$$

$$f_3 = \frac{1}{2}\sqrt{b^2 + l^2 + 4h^2}$$

式中各符号的意义如图 5.36 及图 5.37 所示。

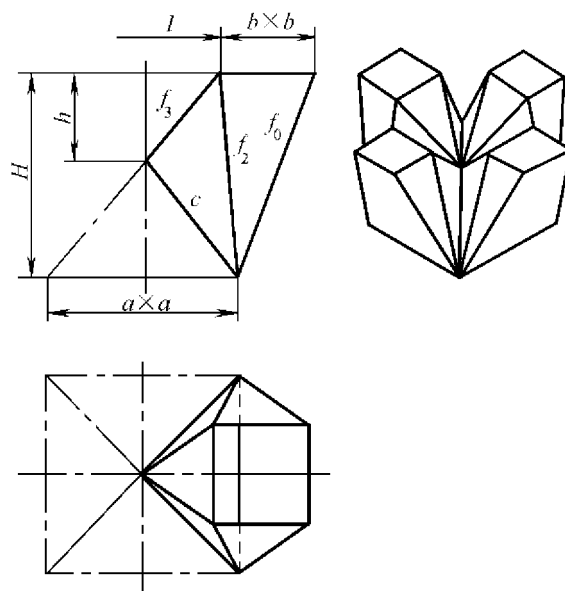


图 5.36 方五通管展开放样

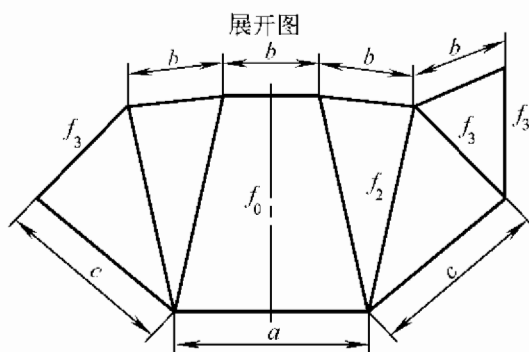


图 5.37 方五通管展开图

例 5-21 已知方五通连接管大口边长 $a=450$ ，小口边长 $b=180$ ，高 $H=510$ ， $l=450$ ，试计算放样。

解：
$$h = \frac{450 \times 510}{450 + 450} = 255$$

$$c = \sqrt{\frac{1}{2} \times 450^2 + (510 - 255)^2} = 408$$

$$f_0 = \sqrt{\left(\frac{450}{2} + 180 - \frac{450}{2}\right)^2 + 510^2} = 541$$

$$f_2 = \frac{1}{2} \sqrt{(450 - 450)^2 + (450 - 180)^2 + 4 \times 510^2} = 528$$

$$f_3 = \frac{1}{2} \sqrt{180^2 + 450^2 + 4 \times 255^2} = 352$$

根据以上各式计算值即可作出展开图，如图 5.37 所示。

二十二、圆方过渡四通管展开放样

图 5.38 所示为大圆管分成三路对称小方管的过渡连接管，已知尺寸：大圆管半径 R ，底方边长 a ，高 H 及 l 。

计算式

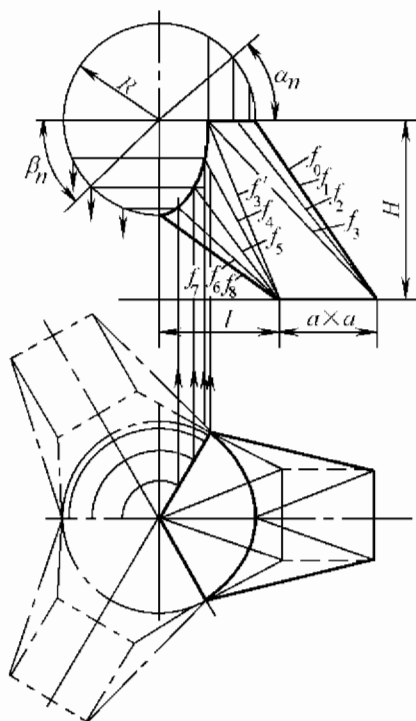


图 5.38 圆方过渡四通管展开放样

当 $0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{(l + a - R \cos \alpha_n)^2 + \left(\frac{a}{2} - R \sin \alpha_n\right)^2 + H^2}$$

当 $\alpha = 60^\circ$ 时

$$f'_n = \sqrt{\left(l - \frac{R}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2} - 0.866R\right)^2 + H^2}$$

当 $0^\circ < \beta \leq 90^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\left(l - \frac{R}{2} \cos \beta_n\right)^2 + \left(\frac{a}{2} - 0.866R \cos \beta_n\right)^2 + (H - R \sin \beta_n)^2}$$

$$f_3 = \sqrt{(300 + 225 - 270 \cos 60^\circ)^2 + \left(\frac{225}{2} - 270 \sin 60^\circ\right)^2} + 450^2 = 608$$

$$f'_3 = \sqrt{\left(300 - \frac{270}{2}\right)^2 + \left(\frac{225}{2} - 0.866 \times 270\right)^2} + 450^2 = 494$$

$$f_4 = \sqrt{\left(300 - \frac{270}{2} \cos 22.5^\circ\right)^2 + \left(\frac{225}{2} - 0.866 \times 270 \cos 22.5^\circ\right)^2} + (450 - 270 \sin 22.5^\circ)^2 \\ = 402$$

$$f_5 = \sqrt{\left(300 - \frac{270}{2} \cos 45^\circ\right)^2 + \left(\frac{225}{2} - 0.866 \times 270 \cos 45^\circ\right)^2} + (450 - 270 \sin 45^\circ)^2 \\ = 334$$

$$f_6 = \sqrt{\left(300 - \frac{270}{2} \cos 67.5^\circ\right)^2 + \left(\frac{225}{2} - 0.866 \times 270 \cos 67.5^\circ\right)^2} + (450 - 270 \sin 67.5^\circ)^2 \\ = 320$$

$$f_7 = \sqrt{\left(300 - \frac{270}{2} \cos 90^\circ\right)^2 + \left(\frac{225}{2} - 0.866 \times 270 \cos 90^\circ\right)^2} + (450 - 270 \sin 90^\circ)^2 \\ = 368$$

$$f_8 = \sqrt{300^2 + (450 - 270)^2} = 350$$

$$m_1 = \frac{2 \times 270\pi}{3 \times 6} = 94.2$$

$$m_2 = \frac{2 \times 270\pi}{2 \times 8} = 106$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图，如图 5.39 所示。

二十三、方圆过渡五通管展开放样

图 5.40 所示为大方管分成四路对称小圆管的过渡连接管，已知尺寸为 a 、 d ($d=2r$)、 l 、 H 。

计算式

$$h = \frac{H(l-d)}{a+l-d}$$

$$c = \sqrt{\frac{1}{2}a^2 + (H-h)^2}$$

$$\Delta l = \frac{1}{2}(l-a)$$

当 $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{(\Delta l + r \cos \alpha_n)^2 + \left(\frac{a}{2} - r \sin \alpha_n\right)^2 + H^2}$$

当 $\alpha = 90^\circ$ 时

$$f'_n = \sqrt{\left(\Delta l + \frac{a}{2}\right)^2 + r^2 + h^2}$$

当 $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ 时

$$f_n = \sqrt{\left(\Delta l + \frac{a}{2} + r \cos \alpha_n\right)^2 + r^2 \sin^2 \alpha_n + h^2}$$

式中各符号的意义如图 5.40 及图 5.41 所示。

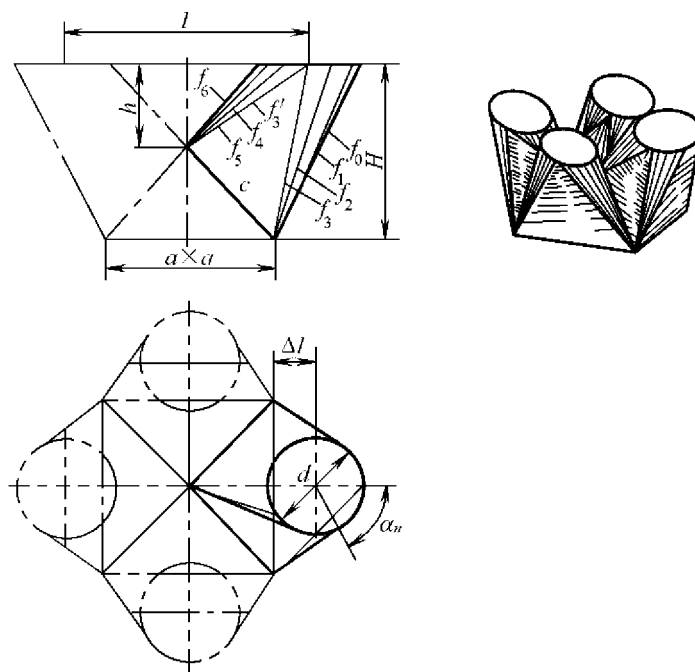


图 5.40 方圆过渡五通管展开放样

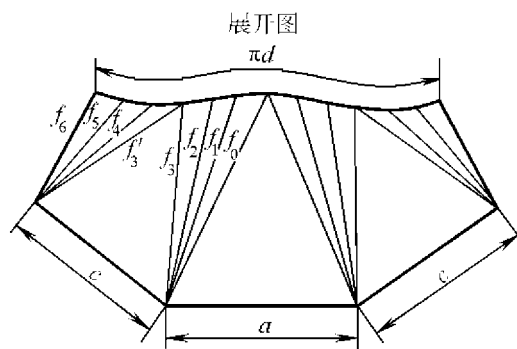


图 5.41 方圆过渡五通管展开图

例 5-23 已知方圆过渡五通管底口方边 $a=360$ ，支管直径 $d=200$ ， $r=100$ ， $l=500$ ， $H=300$ 试计算放样。

解：设圆周等分数 $n=12$ ，则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$ ， α 角以此值递增。

$$h = \frac{300(500-200)}{360+500-200} = 136.4$$

$$c = \sqrt{\frac{1}{2} \times 360^2 + (300 - 136.4)^2} = 303$$

$$\Delta l = \frac{1}{2}(500 - 360) = 70$$

$$f_0 = \sqrt{(70 + 100\cos 0^\circ)^2 + \left(\frac{360}{2} - 100\sin 0^\circ\right)^2 + 300^2} = 389$$

$$f_1 = \sqrt{(70 + 100\cos 30^\circ)^2 + \left(\frac{360}{2} - 100\sin 30^\circ\right)^2 + 300^2} = 363$$

$$f_2 = \sqrt{(70 + 100\cos 60^\circ)^2 + \left(\frac{360}{2} - 100\sin 60^\circ\right)^2 + 300^2} = 336$$

$$f_3 = \sqrt{(70 + 100\cos 90^\circ)^2 + \left(\frac{360}{2} - 100\sin 90^\circ\right)^2 + 300^2} = 318$$

$$f'_3 = \sqrt{\left(70 + \frac{360}{2}\right)^2 + 100^2 + 136.4^2} = 302$$

$$f_4 = \sqrt{\left(70 + \frac{360}{2} + 100\cos 120^\circ\right)^2 + 100^2 \sin^2 120^\circ + 136.4^2} = 257$$

$$f_5 = \sqrt{\left(70 + \frac{360}{2} + 100\cos 150^\circ\right)^2 + 100^2 \sin^2 150^\circ + 136.4^2} = 219$$

$$f_6 = \sqrt{\left(70 + \frac{360}{2} + 100\cos 180^\circ\right)^2 + 100^2 \sin^2 180^\circ + 136.4^2} = 203$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图，如图 5.41 所示。

二十四、异径五通管展开放样

图 5.42 所示的异径五通连接管是由四个对称支管组合而成的，各支管间的结合线是人为的球面曲线，其半径为 R 。已知尺寸为 R 、 r 、 h 及 l 。

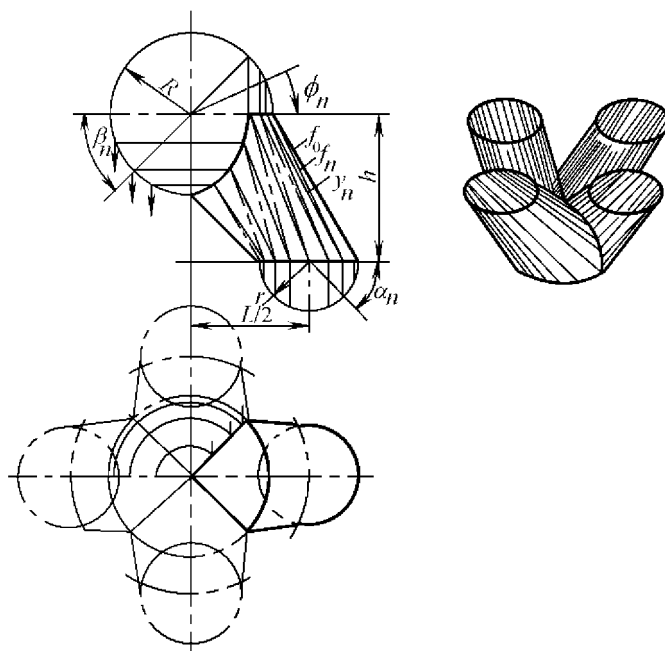


图 5.42 异径五通管展开放样

计算式

$$f_0 = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r - R\right)^2 + h^2}$$

$$f_{1\sim 4} = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r \cos \alpha_{1\sim 4} - R \cos \phi_{1\sim 4}\right)^2 + (R \sin \phi_{1\sim 4} - r \sin \alpha_{1\sim 4})^2 + h^2}$$

$$f_{5\sim 8} = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r\cos\alpha_{5\sim 8} - 0.7071R\cos\beta_{1\sim 4}\right)^2 + (0.7071R\cos\beta_{1\sim 4} - r\sin\alpha_{5\sim 8})^2 + (h - R\sin\beta_{1\sim 4})^2}$$

$$y_{1\sim 4} = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r\cos\alpha_{1\sim 4} - R\cos\phi_{0\sim 3}\right)^2 + (R\sin\phi_{0\sim 3} - r\sin\alpha_{1\sim 4})^2 + h^2}$$

$$y_{5\sim 8} = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + r\cos\alpha_{5\sim 8} - 0.7071R\cos\beta_{0\sim 3}\right)^2 + (0.7071R\cos\beta_{0\sim 3} - r\sin\alpha_{5\sim 8})^2 + (h - R\sin\beta_{0\sim 3})^2}$$

$$m_1 = \frac{2\pi r}{n_1}, m_2 = \frac{\pi R}{2n_2}, m_3 = \frac{\pi R}{n_3}$$

式中各符号的意义如图 5.42 及图 5.43 所示。

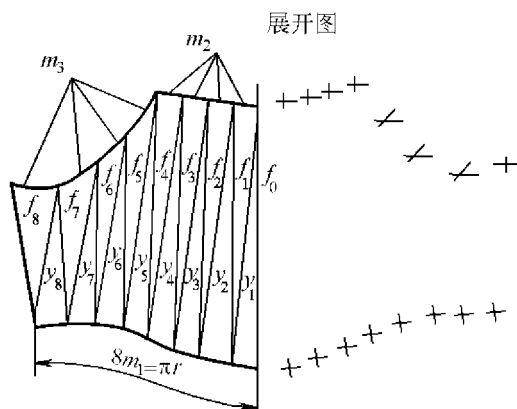


图 5.43 异径五通管展开图

例 5-24 已知异径五通管 $R=200$, $r=100$, $h=350$, $l=600$, 试计算放样。

解: 设小圆周等分数 $n_1=16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, α 角以此值递增; 分 $1/4$ 大圆周为 8 等分, 则 $\phi_1 = \frac{90^\circ}{8} = 11.25^\circ$, $\phi_2 = 2\phi_1$, $\phi_3 = 3\phi_1$, $\phi_4 = 4\phi_1 = 45^\circ$; 再分 $1/2$ 辅助圆周为 8 等分, 则 $\beta_1 = \frac{180^\circ}{8} = 22.5^\circ$, $\beta_2 = 2\beta_1 = 45^\circ$, $\beta_3 = 3\beta_1 = 67.5^\circ$, $\beta_4 = 4\beta_1$

$=90^\circ$ 。

$$\begin{aligned}
f_0 &= \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100 - 200\right)^2 + 350^2} = 403 \\
f_1 &= \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 22.5^\circ - 200\cos 11.25^\circ\right)^2 + (200\sin 11.25^\circ - 100\sin 22.5^\circ)^2 + 350^2} \\
&= 401 \\
f_2 &= \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 45^\circ - 200\cos 22.5^\circ\right)^2 + (200\sin 22.5^\circ - 100\sin 45^\circ)^2 + 350^2} = 396 \\
f_3 &= \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 67.5^\circ - 200\cos 33.75^\circ\right)^2 + (200\sin 33.75^\circ - 100\sin 67.5^\circ)^2 + 350^2} \\
&= 390 \\
f_4 &= \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 90^\circ - 200\cos 45^\circ\right)^2 + (200\sin 45^\circ - 100\sin 90^\circ)^2 + 350^2} = 386 \\
f_5 &= \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 112.5^\circ - 200 \times 0.7071\cos 22.5^\circ\right)^2 + (200 \times 0.7071\cos 22.5^\circ - 100\sin 112.5^\circ)^2 + 350^2} = 306 \\
f_6 &= \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 135^\circ - 200 \times 0.7071\cos 45^\circ\right)^2 + (200 \times 0.7071\cos 45^\circ - 100\sin 135^\circ)^2 + (350 - 200\sin 45^\circ)^2} = 247 \\
f_7 &= \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 157.5^\circ - 200 \times 0.7071\cos 67.5^\circ\right)^2 + (200 \times 0.7071\cos 67.5^\circ - 100\sin 157.5^\circ)^2 + (350 - 200\sin 67.5^\circ)^2} = 226 \\
f_8 &= \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 180^\circ - 200 \times 0.7071\cos 90^\circ\right)^2 + (200 \times 0.7071\cos 90^\circ - 100\sin 180^\circ)^2 + (350 - 200\sin 90^\circ)^2} = 250
\end{aligned}$$

$$y_1 = \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 22.5^\circ - 200\cos 0^\circ\right)^2 + (200\sin 0^\circ - 100\sin 22.5^\circ)^2 + 350^2} = 401$$

$$y_2 = \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 45^\circ - 200\cos 11.25^\circ\right)^2 + (200\sin 11.25^\circ - 100\sin 45^\circ)^2 + 350^2} = 392$$

$$y_3 = \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 67.5^\circ - 200\cos 22.5^\circ\right)^2 + (200\sin 22.5^\circ - 100\sin 67.5^\circ)^2 + 350^2} = 382$$

$$y_4 = \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 90^\circ - 200\cos 33.75^\circ\right)^2 + (200\sin 33.75^\circ - 100\sin 90^\circ)^2 + 350^2} = 375$$

$$y_5 = \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 112.5^\circ - 200 \times 0.7071\cos 0^\circ\right)^2 + (200 \times 0.7071\cos 0^\circ - 100\sin 112.5^\circ)^2 + (350 - 200\sin 0^\circ)^2} = 373$$

$$y_6 = \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 135^\circ - 200 \times 0.7071\cos 22.5^\circ\right)^2 + (200 \times 0.7071\cos 22.5^\circ - 100\sin 135^\circ)^2 + (350 - 200\sin 22.5^\circ)^2} = 297$$

$$y_7 = \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 157.5^\circ - 200 \times 0.7071\cos 45^\circ\right)^2 + (200 \times 0.7071\cos 45^\circ - 100\sin 157.5^\circ)^2 + (350 - 200\sin 45^\circ)^2} = 243$$

$$y_8 = \sqrt{\left(\frac{600}{2} + 100\cos 180^\circ - 200 \times 0.7071\cos 67.5^\circ\right)^2 + (200 \times 0.7071\cos 67.5^\circ - 100\sin 180^\circ)^2 + (350 - 200\sin 67.5^\circ)^2} = 227$$

$$m_1 = \frac{2 \times 100\pi}{16} = 39.2, m_2 = \frac{200\pi}{2 \times 8} = 39.2, m_3 = \frac{200\pi}{8} = 78.4$$

根据以上各式计算的值即可作出展开图，如图 5.43 所示。

第六章 圆筒容器及封头展开放样

在生产中对圆筒容器及封头多要求整板成形，通过锤击或压制成形而达到设计要求。其坯料为圆形板，坯料直径的计算是依据坯料制成零件过程中的质量保持不变的原理。

由于零件制成过程中，坯料与零件的密度、厚度均保持不变，所以坯料面积就等于制成零件的面积。

一、圆桶容器放样坯料直径计算

图 6.1 所示为圆桶容器，已知尺寸 d 、 h 。

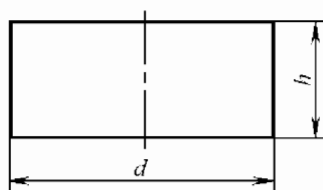


图 6.1 圆桶容器

坯料面积 $S_0 = \frac{\pi}{4} D^2$

容器总面积 $S_1 = \frac{\pi}{4} d^2 + \pi dh$

由于 $S_0 = S_1$

所以，坯料直径

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh}$$

式中 d ——圆桶容器底面直径；

h ——圆桶容器高。

例 6-1 如图 6.1 所示一圆桶容器， $d = 500$ ， $h = 800$ ，试求坯料直径。

解：坯料直径

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh} = \sqrt{500^2 + 4 \times 500 \times 800} = 1360$$

二、圆桶平边容器放样坯料直径计算

图 6.2 所示为圆桶平边容器，已知尺寸 d_1 、 d_2 及 h 。

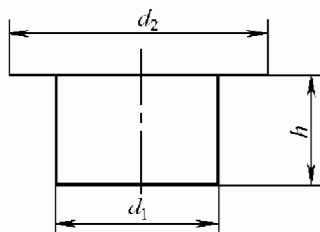


图 6.2 圆桶平边容器

坯料直径计算式为

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$$

式中 d_1 ——圆桶平边容器直径；

d_2 ——圆桶平边容器底面直径；

h ——圆桶平边容器高。

例 6-2 如图 6.2 所示一圆桶平边容器， $d_1 = 500$ ， $d_2 = 700$ ， $h = 800$ ，试求坯料直径。

解：坯料直径

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h} = \sqrt{700^2 + 4 \times 500 \times 800} = 1446$$

三、大小口容器放样坯料直径计算

图 6.3 所示为大小口容器，已知尺寸 d_1 、 d_2 及 h 。

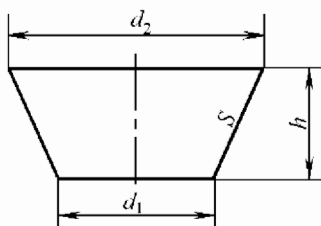


图 6.3 大小口容器

坯料直径计算式为

$$D = \sqrt{d_1^2 + 2S(d_1 + d_2)}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{4}(d_2 - d_1)^2 + h^2}$$

式中 d_1 ——大小口容器底面直径；

d_2 ——大小口容器口直径；

h ——大小口容器高。

例 6-3 已知大小口容器 $d_1 = 240$ ， $d_2 = 400$ ， $h = 200$ ，试求坯料直径。

解： $S = \sqrt{\frac{1}{4}(400 - 240)^2 + 200^2} = 215.4$

坯料直径

$$D = \sqrt{240^2 + 2 \times 215.4(240 + 400)} = 577.3$$

四、大小口平边容器放样坯料直径计算

图 6.4 所示为大小口平边容器，已知尺寸 d_1 、 d_2 、 d_3 及 h 。

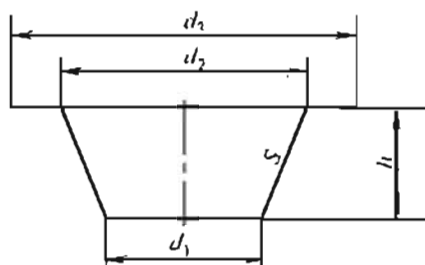


图 6.4 大小口平边容器

坯料直径计算式为

$$D = \sqrt{d_1^2 - d_2^2 + d_3^2 + 2S(d_1 + d_2)}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{4}(d_2 - d_1)^2 + h^2}$$

式中 d_1 ——大小口平边容器底面直径；

d_2 ——大小口平边容器口直径；

d_3 ——大小口平边容器平边直径；

h ——大小口平边容器高。

例 6-4 已知大小口平边容器 $d_1 = 300$, $d_2 = 540$, $d_3 = 640$, $h = 220$, 试求坯料直径。

$$\text{解: } S = \sqrt{\frac{1}{4}(540 - 300)^2 + 220^2} = 250.6$$

坯料直径

$$D = \sqrt{300^2 - 540^2 + 640^2 + 2 \times 250.6 \times (300 + 540)} = 793.1$$

五、球缺体封头放样坯料直径计算

图 6.5 所示为球缺体封头, 已知尺寸 R 、 h 、 t 。

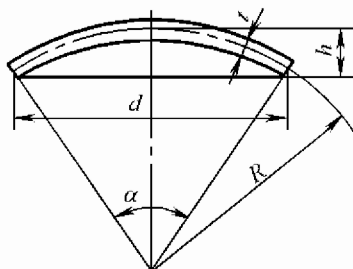


图 6.5 球缺体封头

坯料直径计算公式

$$D = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{R-h}{R}$$

$$\text{或 } D = \sqrt{8Rh}$$

若已知 d 、 h 、 t ，坯料直径则用下式计算

$$D = \sqrt{d^2 + 4h^2}$$

例 6-5 已知球缺体封头半径 $R=820$ ， $h=200$ ， $t=16$ ，试计算坯料直径。

$$\text{解：} \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{R-h}{R} = \frac{820-200}{820} = 0.7561, \alpha = 81.8^\circ$$

$$D = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ} = \frac{\pi(820-16) \times 81.8^\circ}{180^\circ} = 1148$$

例 6-6 已知球缺封头 $d=1200$ ， $h=161$ ，试计算坯料直径。

$$\text{解：} D = \sqrt{d^2 + 4h^2} = \sqrt{1200^2 + 4 \times 161^2} = 1242.5$$

六、球缺体直边封头放样坯料直径计算

图 6.6 所示为球缺体直边封头，已知尺寸 d 、 h_1 、 h_2 、 t 。

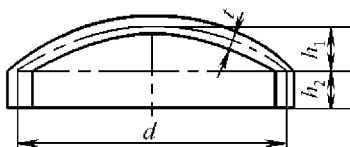


图 6.6 球缺体直边封头

坯料直径计算公式为

$$D = \sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + dh_2)}$$

例 6-7 已知一塔体直边球缺封头 $d=1000$, $h_1=134$, $h_2=40$, 试计算坯料直径。

解：坯料直径

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + dh_2)} \\ &= \sqrt{1000^2 + 4 \times (134^2 + 1000 \times 40)} \\ &= 1110 \end{aligned}$$

七、球缺体平边封头放样坯料直径计算

图 6.7 所示为球缺体平边封头, 已知尺寸 d_1 、 d_2 、 h 、 t 。

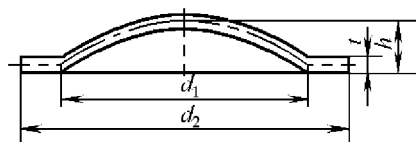


图 6.7 球缺体平边封头

坯料直径计算公式为

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4h^2}$$

例 6-8 已知一球缺体平边封头, $d_2=750$, $h=92$, 试求坯料直径。

解：坯料直径

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4h^2} = \sqrt{750^2 + 4 \times 92^2} = 772$$

八、半球体封头放样坯料直径计算

图 6.8 所示为半球体封头，已知尺寸为 d 、 t 。

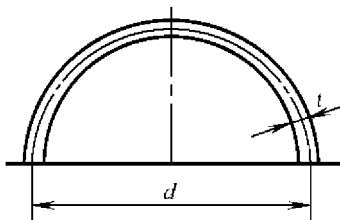


图 6.8 半球体封头

坯料直径计算公式为

$$D = \sqrt{2}d$$

例 6-9 图 6.8 为软化水管半球形封头施工图， $d=752$ ，试求坯料直径。

解：坯料直径

$$D = \sqrt{2}d = \sqrt{2} \times 752 = 1063$$

九、半球体直边封头放样坯料直径计算

图 6.9 所示为半球体直边封头，已知尺寸为 d 、 h 、 t 。

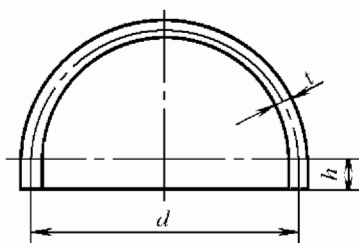


图 6.9 半球体直边封头

坯料直径计算公式为

$$D = \sqrt{2d^2 + 4dh}$$

例 6-10 图 6.9 为一塔体半球形直边封头施工图， $d=810$ ， $h=40$ ，试求坯料直径。

解：坯料直径

$$D = \sqrt{2d^2 + 4dh} = \sqrt{2 \times 810^2 + 4 \times 810 \times 40} = 1201$$

十、半球体平边封头放样坯料直径计算

图 6.10 所示为半球体平边封头，已知尺寸为 d_1 、 d_2 、 t 。

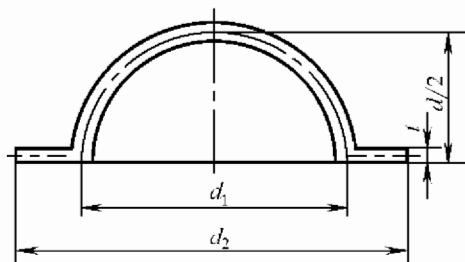


图 6.10 半球体平边封头

坯料直径计算公式为

$$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$$

例 6-11 图 6.10 为一罐底积水坑施工图, $d_1 = 800$ 、 $d_2 = 600$, 试求坯料直径。

解: 坯料直径

$$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2} = \sqrt{800^2 + 600^2} = 1000$$

十一、平顶圆角封头放样坯料直径计算

图 6.11 所示为平顶圆角封头, 已知尺寸为 d 、 R 。

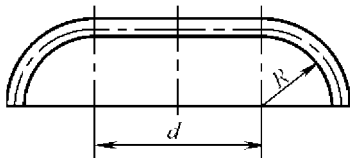


图 6.11 平顶圆角封头

坯料直径计算公式为

$$D = \sqrt{d^2 + 2\pi R d + 8R^2}$$

例 6-12 图 6.11 中, 已知 $d = 1100$, $R = 452$, 试求坯料直径大小。

解: 坯料直径

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{d^2 + 2\pi R d + 8R^2} \\ &= \sqrt{1100^2 + 2\pi \times 452 \times 1100 + 8 \times 452^2} \\ &= 2443 \end{aligned}$$

十二、平顶直边圆角封头放样坯料直径计算

图 6.12 所示为平顶直边圆角封头, 已知尺寸为 d 、 R 、 H 、 t 。

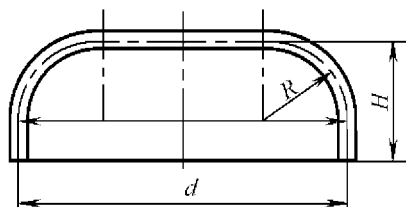


图 6.12 平顶直边圆角封头

坯料直径计算公式为

$$D = \sqrt{d^2 + 4d(H - 0.43R)}$$

例 6-13 图 6.12 为锅炉前管施工图, $d = 1514$, $H = 93$, $R = 42$, 试求坯料直径。

解: 坯料直径

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{d^2 + 4d(H - 0.43R)} \\ &= \sqrt{1514^2 + 4 \times 1514 \times (93 - 0.43 \times 42)} \\ &= 1657 \end{aligned}$$

十三、平顶平边圆角封头放样坯料直径计算

图 6.13 所示为平顶平边圆角封头, 已知尺寸为 d_1 、 d_2 、 R 、 t 。

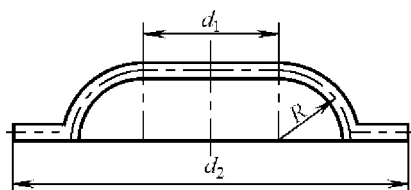


图 6.13 平顶平边圆角封头

坯料直径计算公式为

$$D = \sqrt{d_2^2 + 2.3Rd_1 + 4R^2}$$

例 6-14 图 6.13 所示为一平顶平边圆角封头，
 $d_1 = 800$ ， $d_2 = 1500$ ， $R = 100$ ，试求坯料直径。

解：坯料直径

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{d_2^2 + 2.3Rd_1 + 4R^2} \\ &= \sqrt{1500^2 + 2.3 \times 100 \times 800 + 4 \times 100^2} \\ &= 1573 \end{aligned}$$

参 考 文 献

- [1] 翟洪绪. 钣金展开计算法. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [2] 梁绍华. 简明钣金展开系数计算手册. 北京: 冶金工业出版社, 2006.
- [3] 张文祥. 展开放样技术手册. 太原: 山西科学技术出版社, 2006.
- [4] 朱觉新. 简明钣金实用手册. 太原: 山西科学技术出版社, 1999.
- [5] 樊文选等. 钣金展开技术手册. 北京: 北京出版社, 1992.
- [6] 陈华杰, 李宪麟. 简明冷作钣金工手册. 上海: 上海科学技术出版社, 2003.
- [7] 翟洪绪, 翟纯雷. 实用钣金展开计算法. 北京: 化学工业出版社, 2000.

化学工业出版社机械工人读物

冷作钣金工工作手册	29.00
仪表维修工工作手册	28.00
电焊工工作手册	25.00
铣工工作手册	28.00
加工中心操作工工作手册	24.00
磨工工作手册	28.00
数控加工工作手册	26.00
模具工工作手册	25.00
管工工作手册	26.00
机械切削工人工作手册	26.00
热处理工工作手册	36.00
实用车削操作技巧 450 例	36.00
实用五金手册	36.00
机械切削工人常用计算手册	29.00
车削刀具技术及应用实例	18.00
铣削刀具技术及应用实例	24.00
机械工人识图 100 例	22.00
数控机床技术工人培训读本(第二版)—数控电加工机床	32.00
数控机床技术工人培训读本(第二版)—数控铣床	32.00
数控机床技术工人培训读本(第二版)—数控加工中心	28.00
数控机床技术工人培训读本(第二版)—数控车床	32.00
数控机床加工实训丛书—数控电火花加工	28.00
数控机床加工实训丛书—数控加工中心	36.00
数控机床加工实训丛书—数控车床	38.00
数控机床加工实训丛书—数控铣床	32.00
FANUC 系统数控车床培训教程 (配光盘)	42.00
FANUC 系统数控铣床和加工中心培训教程 (配光盘)	42.00

数控技术与数控加工丛书—典型数控系统及应用	27.00
数控技术与数控加工丛书—数控机床刀具及其应用	32.00
数控技术与数控加工丛书—数控模具加工	24.00
数控技术与数控加工丛书—数控机床调试、使用与维护	27.00
实用数控技术丛书—数控技术英语	24.00
实用数控技术丛书—数控加工工艺	28.00
实用数控技术丛书—数控编程技术	30.00
实用数控技术丛书—数控原理与数控机床	30.00
实用数控技术丛书—CAD/CAM 与数控自动编程技术	30.00
实用数控技术丛书—数控加工综合实训	33.00
MasterCAM 实战技巧	22.00
数控机床编程与操作实训 (第二版)	41.00
数控编程手册 (原著第二版)	96.00
数控机床故障维修	36.00
数控加工与编程 (原著第二版)	45.00
数控加工生产实例	29.00
加工中心编程实例教程	32.00

以上图书由化学工业出版社 机械·电气分社出版。
如要以上图书的内容简介和详细目录,或者更多的专业图书信息,请登录 www.cip.com.cn。如要出版新著,请与编辑联系。

地址:北京市东城区青年湖南街 13 号 (100011)
购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686)
编辑:010-64519270