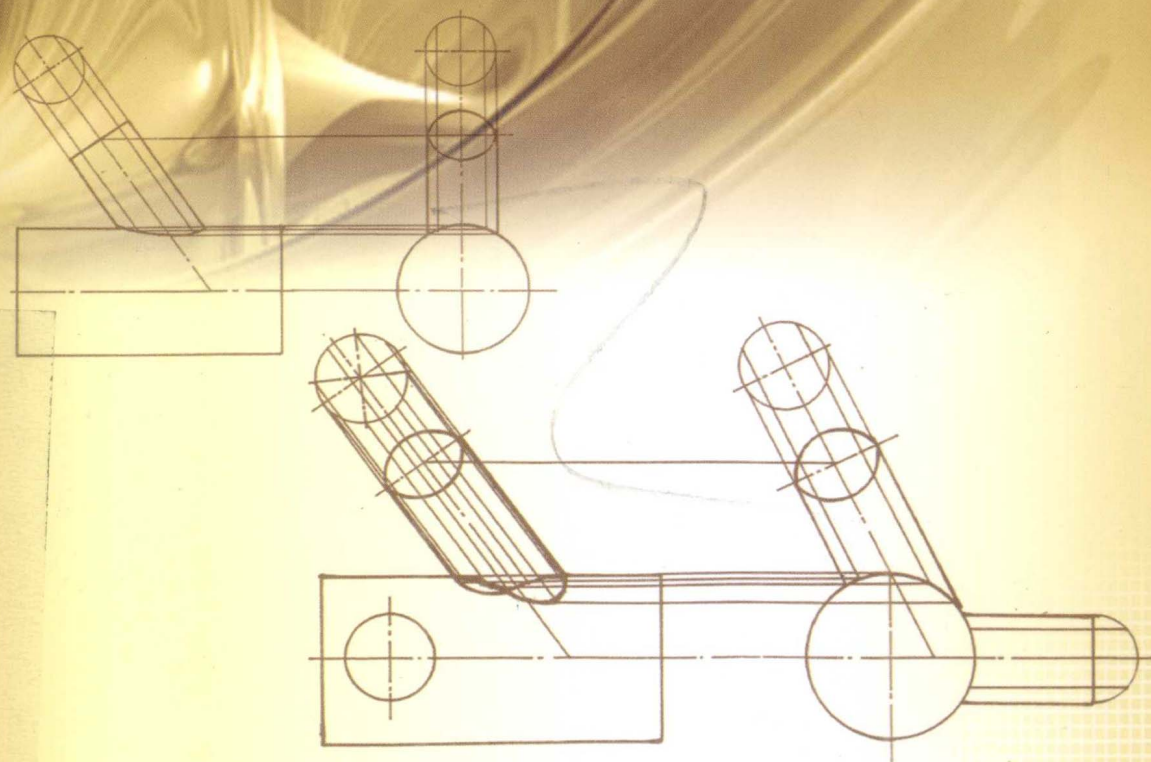


钣金展开下料

技法与实例

BANJIN ZHANKAI XIALIAO JIFA YU SHILI

● 姜文深 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是专门介绍金属板材展开下料方法的图书。全书共分六章,按照展开方法和结构形式的不同进行分类,举例 169 个,并配有示意图、施工图、放样图、实长图、展开图共计 700 余幅。重点突出金属板材展开的基础理论,从基本原理讲起,由简入繁,循序渐进。在板材的展开计算、板厚处理、画放样图、求实长线、求展开图,以及作复杂构件的展开等方面,配合典型的图解,做了非常详细和系统的说明。

本书既适合钣金行业初学者阅读,也适合于从事钣金工作的工人学习。同时也可供技工学校的学生学习,以及工程技术人员和设计工作者的参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

钣金展开下料技法与实例/姜文深编著. —北京:机械工业出版社, 2011. 11

ISBN 978-7-111-36277-7

I. ①钣… II. ①姜… III. ①钣金工 IV. ①TG936

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 221318 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李俊玲 侯宪国 责任编辑:侯宪国

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21.25 印张·534 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-36277-7

定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

钣金工在工业制造生产中，起着举足轻重的作用。它涉及冶金、船舶、生产设备、大型机械、桥梁、交通运输等各个方面。金属板材和型材制作的千变万化的各种构件，是工业生产中其他手段和产品无法替代的。

钣金工是技术性极强的一个工种。在日常生产活动中，它分为看图下料和制作装配两大部分。其中制作装配部分较为简单，牵涉理论知识并不多，主要是积累实际操作经验，比较容易掌握。而看图下料部分要复杂得多，理论知识内容多，且不易全面掌握。因此，理论部分就制约了从业人员的整体水平提高，在实际工作中，能够快速准确地作出展开下料，是制作出产品的关键一步。

本书从最基础原理讲起，由浅入深、通俗易懂，突出实用性。书中着重讲解了求实长、求相贯线、作展开图的基本原理，并且有针对性地根据各个知识点，列举实例进行说明。同时，按照构件特点和相贯线形式进行分类介绍，让读者能够轻松系统地掌握展开下料这一技能。

由于本人水平有限，加之编写时间仓促，如果书中出现缺点、错误，恳请广大读者给予批评指正。

著 者

目 录

前言

第一章 下料的基础知识	1
第一节 概述	1
第二节 计算	2
第三节 常用几何作图法	5
第四节 放样	8
第五节 求实长线的方法	10
第六节 作展开图的方法	15
一、平行线法	15
实例 1 斜截圆管的展开	16
实例 2 大圆弧斜截两端面管的展开	16
实例 3 大圆弧斜截方管的展开	17
实例 4 方管“马鞍”的展开	18
实例 5 斜截挡板的展开	19
二、放射线法	19
实例 6 正圆台的展开	19
实例 7 斜截圆台的展开	20
实例 8 斜圆台的展开	21
实例 9 曲面斜截四棱台的展开	22
实例 10 斜四棱台的展开	24
三、三角形法	25
实例 11 天圆地方的展开	25
实例 12 斜天圆地方的展开	26
实例 13 圆角过渡矩形倾斜管展开	27
实例 14 异形曲面台的展开	28
实例 15 腰圆异形口过渡节的展开	30
第七节 近似展开	31
实例 16 球体的展开	31
实例 17 直纹螺旋面板的展开	34
实例 18 直纹锥状面板的展开	36
第八节 断面图的形成和它的作用	37
第二章 相交构件的相贯线	40
第一节 相贯线的产生和分类	40
第二节 截交线与相贯线的关系	42
一、棱柱体的截面形式	43

二、棱锥体的截面形式	43
三、圆柱体的截面形式	44
四、圆锥体的截面形式	45
五、斜圆锥的截面形式	46
第三节 求相贯线的方法	47
一、人为相贯线	47
实例 1 二合一天圆地方三通管的展开	47
实例 2 天方地圆 90° 渐缩弯头的展开	48
二、直线型相贯线	52
实例 3 方变圆渐缩过渡节的展开	53
实例 4 任意角锥管变直管二节弯头的展开	54
实例 5 四合一渐缩五通管的展开	56
三、素线定位法	58
实例 6 异径直交三通管的展开	59
实例 7 圆管正交圆锥体的展开	61
四、纬线定位法	62
实例 8 圆管水平相交正圆锥的展开	62
实例 9 矩形管水平正交四棱锥的展开	63
五、切面求点法	65
实例 10 圆管斜交正圆台的展开	66
实例 11 矩形管偏心斜交正圆台的展开	68
实例 12 斜圆台斜交正圆台的展开	70
实例 13 矩形管水平斜交斜圆台的展开	73
实例 14 小圆台斜交大圆台的展开	77
实例 15 四棱台平交圆台的展开	79
六、球面求点法	81
第三章 变换投影面法	85
第一节 变换投影面的形成和目的	85
第二节 多次变换投影面的方法	87
第三节 变换投影面法应用的相关问题	89
第四节 变换投影面法的应用	91
实例 1 立体变化的 90° 三节弯头的展开	91
实例 2 立体变化的 90° 四节双向弯头展开	94
实例 3 双向弯曲平行端四节过渡管的展开	98
实例 4 任意角度倾斜两管间的过渡管展开	102
第四章 独立构件的展开	108
第一节 曲面体的展开	108
实例 1 任意斜截圆管的展开	108
实例 2 锥度很小的正圆台展开	108
实例 3 圆顶椭圆底曲面台的展开	110

实例 4 椭圆锥的展开	111
实例 5 任意角度倾斜的变径曲面圆台展开	112
实例 6 腰圆变规则圆的平行口过渡节展开	113
实例 7 腰圆变规则圆上下口呈任意角度倾斜偏心过渡节的展开	115
实例 8 上下口扭曲 90°腰圆过渡节的展开	116
实例 9 上下口扭曲 90°平行端过渡节的展开	118
实例 10 90°角变径过渡节的展开	120
实例 11 一边直偏心圆台的展开	121
第二节 棱角体的展开	122
实例 12 矩形四棱锥的展开	122
实例 13 正四棱锥的展开	123
实例 14 偏心四棱锥的展开	123
实例 15 正四棱台的展开	125
实例 16 斜截正四棱台的展开 (一)	126
实例 17 斜截正四棱台的展开 (二)	127
实例 18 带补料的斜截四棱台展开 (三)	129
实例 19 斜截正四棱台的展开 (四)	132
实例 20 异形四棱台的展开 (五)	135
实例 21 上下口扭曲 45°的方口八棱台展开 (一)	136
实例 22 上下口扭曲 45°的偏心方口八棱台展开 (二)	138
实例 23 上下口扭曲 45°的方口倾斜八棱台展开 (三)	139
实例 24 正六方与正四方过渡的八棱台展开	144
实例 25 上下口扭曲 90°的矩形过渡管展开 (一)	145
实例 26 上下口扭曲 90°的矩形偏心过渡管展开 (二)	146
实例 27 双向倾斜的矩形连接管展开	147
实例 28 90°偏心矩形连接管的展开 (一)	149
实例 29 90°偏心矩形连接管的展开 (二)	151
实例 30 五角星的展开	154
实例 31 矩形换向弯头的展开	155
第三节 曲面和棱角的结合体展开	158
实例 32 两端口等面积的矩形天圆地方展开	158
实例 33 等径天圆地方的展开	159
实例 34 斜天圆地方的展开	160
实例 35 异形天圆地方展开	162
实例 36 上口呈倾斜状天圆地方的展开	163
实例 37 下口呈倾斜偏心天圆地方的展开	165
实例 38 天六方地圆的展开	166
实例 39 双向弯曲 90°方管弯头的展开	167
实例 40 偏心扭曲方管 90°弯头的展开	169
实例 41 矩形管口 90°换向弯头的展开	171

实例 42 双向迂回弯方管的展开	174
实例 43 方口变矩形口单边倾斜迂回弯管的展开	176
实例 44 矩形口变向单边倾斜迂回弯管的展开	179
实例 45 方口变矩形口带直边 90°弯头展开	181
实例 46 单边倾斜方变矩形口 90°弯头展开	183
实例 47 方口螺旋 90°弯头展开	185
实例 48 矩形口变向螺旋 180°弯头展开	188
实例 49 矩形口锥体 360°螺旋管的展开	190
实例 50 矩形口双向 90°迂回弯管展开	194
第五章 相交构件的展开	197
第一节 旋转体相交构件的展开	197
实例 1 90°二节弯头的展开	197
实例 2 90°三节弯头的展开	198
实例 3 90°四节弯头的展开	199
实例 4 任意角五节弯头的展开	200
实例 5 平行过渡管的展开	200
实例 6 双向扭转任意角三节弯头的展开	202
实例 7 等径任意角 Y 形三通管的展开	205
实例 8 不在同一平面的任意角等径 Y 形三通展开	206
实例 9 等径斜交 T 形三通管的展开	208
实例 10 异径斜交 T 形三通管的展开	210
实例 11 异径直交偏心三通的展开	212
实例 12 任意角度二节渐缩弯头的展开	213
实例 13 任意角度四节渐缩弯头的展开	214
实例 14 双向四节渐缩三通的展开	215
实例 15 异径对称二圆台相交圆管三通的展开	217
实例 16 等径三圆台相交四通的展开	219
实例 17 异径二圆台相交圆管的展开	221
实例 18 二合一变径 V 形三通的展开 (一)	223
实例 19 二合一变径 V 形三通的展开 (二)	224
实例 20 二合一变径 V 形三通的展开 (三)	227
实例 21 二合一变径 V 形三通的展开 (四)	230
实例 22 二合一变径偏心 V 形三通的展开 (五)	234
实例 23 正圆台直交圆管的展开	236
实例 24 斜圆台相交圆管的展开	237
实例 25 斜圆台偏心相交圆管的展开	239
实例 26 三合一三脚四通的展开	241
实例 27 三合一 W 形四通的展开	243
实例 28 圆管偏心斜交正圆台的展开	245
实例 29 圆管水平斜交斜圆台的展开	248

实例 30	正圆台偏心斜交正圆台的展开	251
实例 31	圆管斜交斜圆台的展开	254
实例 32	圆管垂直偏心相交斜圆台的展开	257
实例 33	小正圆台水平相交大正圆台的展开	260
第二节	棱角体与棱角体相交构件的展开	263
实例 34	矩形管斜交方管的展开	263
实例 35	二合一斜四棱台三通的展开	265
实例 36	矩形管偏心斜交正四棱台的展开	266
实例 37	正四棱台斜交正四棱台的展开	268
实例 38	四合一斜四棱台五通的展开	270
第三节	棱角体与曲面体的相交构件展开	272
实例 39	矩形管偏心斜交正圆台的展开	272
实例 40	矩形管斜交斜圆台的展开	274
实例 41	四棱锥斜交正圆台的展开	276
实例 42	圆管水平相交正四棱锥的展开	278
实例 43	斜圆锥斜交正四棱台的展开	280
实例 44	斜四棱锥斜交斜圆台的展开	282
实例 45	圆管垂直相交斜四棱台的展开	285
第六章	综合类型的构件展开	287
第一节	复杂构件的展开	287
实例 1	多项四通管的展开	287
实例 2	支管垂直相交 90°弯头的展开	289
实例 3	支管水平相交 90°弯头的展开	292
实例 4	支管单向倾斜相交 90°弯头的展开	294
实例 5	支管双向倾斜相交 90°弯头的展开	297
实例 6	四等径正圆台相交体的展开	300
实例 7	正圆台垂直相交斜四棱台的展开	302
第二节	单片板类构件的展开	305
实例 8	罐体封头的座板展开	305
实例 9	梯形板的展开	306
实例 10	棱形板的展开	307
实例 11	斜卡角板的展开	308
实例 12	钝角折角板的展开	309
实例 13	斜面螺旋叶片的展开	310
实例 14	锥体螺旋叶片的展开	312
实例 15	不对称梯形圆角围板的展开	314
实例 16	一边斜圆角围板的展开	315
第三节	型钢下料	316
实例 17	角钢 90°内弯制件	316
实例 18	角钢 90°外弯制件	316

实例 19	带补料的角钢外弯 90° 制件	317
实例 20	角钢 90° 外弯制件	317
实例 21	角钢钝角内弯制件	317
实例 22	角钢锐角内弯制件	318
实例 23	等边角钢 T 形结构的直角形式	318
实例 24	等边角钢 T 形结构锐角和钝角形式	318
实例 25	等边角钢 90° 内弯圆角过渡制件	319
实例 26	角钢锐角和钝角内弯圆角过渡制件	319
实例 27	角钢 90° 内弯圆角过渡制件	319
实例 28	角钢 90° 内弯大圆弧过渡制件	320
实例 29	角钢的内弯圈制件	320
实例 30	角钢外弯圈制件	320
实例 31	槽钢的小面钝角制件	321
实例 32	槽钢的大面锐角制件	321
实例 33	槽钢内弯圈制件	321
实例 34	槽钢外弯圈制件	322
第四节	几种常用构件的计算下料方法	322
实例 35	90° 三节弯头的展开	322
实例 36	圆锥、圆台的展开	324
实例 37	圆管三通展开	325

第一章 下料的基础知识

第一节 概 述

我们知道，机械图样是工业制造中的重要技术资料。它是工程领域的流通“语言”，它能准确完整地表述设计意图，传递相关信息，然后经过多道工序地加工，制造出各种零部件和机器设备。

作为一名钣金工，除了要熟练地掌握机械制图投影原理外，还必须学会下料的计算方法和展开图画法。要想知道什么是展开图画法，首先得了解什么是展开图。在不改变构件表面面积的前提下，将它们依次摊开在同一平面上，称为构件的表面展开，表达这种展开的图形，就称为展开图。显然，作出这些展开图的方法，叫做展开图画法。一般情况下，要想画出展开图，必须先画出放样图。钣金工所画的放样图与机械制图相比，虽然有相同之处，但是却有很大差别，所指的相同部分名称也不一样。生产中的半成品一般称为构件。画放样图时，可根据展开原理来处理板厚，线条的长短粗细等都可以根据需要来画，也不必标注尺寸。钣金工的操作步骤分为：看图、下料、制作、矫正、检验五个环节。

1) 看图：就是看施工图，理解设计者的意图，通过图样给出的相关信息，从陌生到熟悉，在头脑中形成立体概念、想象组成构件的形体结合关系等，看懂图样，为下料作好准备。

2) 下料：下料分为两种，一种是对简单构件的下料，无需放样，只需要简单的计算后，便可直接下料；另一种是较复杂的构件下料，它需要画放样图，作出展开样板，然后描画在钢板上。

3) 制作：包括剪切、切割、弯曲、拼接、组对、定位焊等工序。

4) 矫正：主要针对大部分构件因为焊接后变形进行的整形，以达到设计和工艺要求。

5) 检验：是对制作的产品或者构件进行测量校对的过程，检验构件是否达到图样设计要求，以便发现问题，及时纠正，积累经验。

在这五个环节当中，下料是最关键的一环，也是最难的。因为对于较复杂的构件展开，它要经过计算、放样、求相贯线、求实长线、作展开图和加放余料等过程。作展开图的理论性是很强的，如果操作不当，在作出错误的展开时，下料阶段是不易发现的，待进行到制作组对阶段时才会发现，将造成返工浪费。所以正确全面地掌握展开图画法是钣金工的必修课，通过学会一些典型的构件下料展开方法，举一反三，牢记关键环节的知识点，并且在实践中逐步体会，不断地总结经验，提高技术水平。

第二节 计 算

计算是下料的第一步，在作简单的构件下料时，不需要放样，可以直接根据图样给出的尺寸进行计算，得出展开料的尺寸大小和几何形状。比如制作圆管、方管、阶梯、箱体等。

计算构件展开料尺寸大小，不是简单的把图样上给出的尺寸叠加起来，得出所需材料长宽等尺寸。这就需引出一个新的概念：板厚处理。

原来，构件的形状不同，板厚的处理方法也不同。从板材断面的角度去观察，它是按照断面形状分为曲线和折线两部分来计算的。

断面形状为曲线的构件计算方法，无论板材厚度大小，都把它们分为里皮、中心层、外皮。由于金属板材的塑性很好，当板材受外力弯曲时，里皮压缩，外皮拉伸，它们都改变了原来的长度，只有中心层的长度不变。如果制作一个圆筒，从它的断面角度去看，就形成不同的大小直径，有里皮和外皮两个直径，便产生了皮厚差异。显然，里皮直径小、外皮直径大，外皮的周长当然要比里皮的周长长。这时，只有中心层周长保持了原来的长度。如图 1-1 所示，当一张平直的板材弯曲前，它的里皮（上面）、中心层、外皮（下面）都是相同的长度。当经过弯曲后，便产生了三个长度，很显然，采用里皮直径计算展开周长下料尺寸就短了，采用外皮直径计算展开周长下料尺寸就长了，只能采用中心层下料计算周长。所以断面为曲线的构件必须以中径为准计算展开长。因此，我们得出结论是“里加外减”。其含义是：当已知直径是里皮时，计算周长时，直径就加一个板厚尺寸，当已知直径是外皮时，计算周长直径就是减掉一个板厚尺寸，最后的结果是用中径计算展开周长。

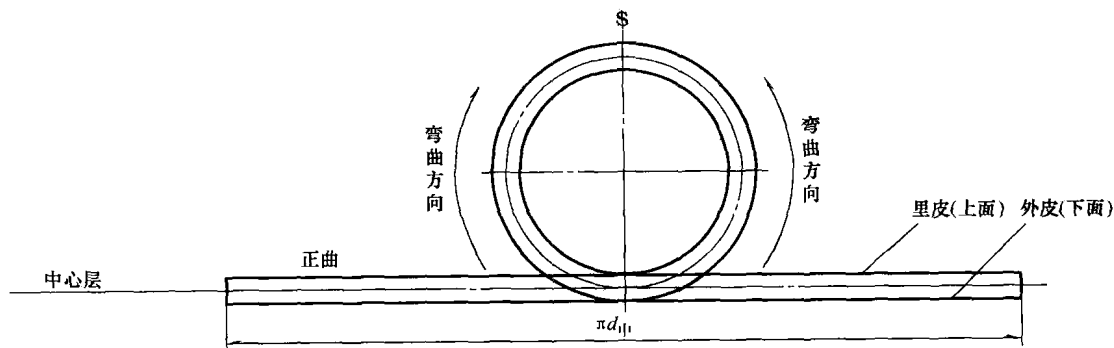


图 1-1 板材由弯曲前的一个长度，变成了弯曲后的里皮、中心层、外皮三个长度

通过以上分析，我们已经了解了板材被弯曲成曲面时的长度计算方法，为了更进一步加深理解，下面将举例加以说明。

例 1 如图 1-2 所示为圆筒，已知尺寸： $D_{\text{外}} = 1000\text{mm}$ ， $h = 1500\text{mm}$ ， $\delta = 20\text{mm}$ ，求圆管展开周长 l 。

$$\begin{aligned} \text{解：} l &= (D_{\text{外}} - \delta) \cdot \pi \\ &= (1000\text{mm} - 20\text{mm}) \times 3.1416 \\ &= 3079\text{mm} \end{aligned}$$

经过计算得出，该圆管的展开料是 $3079\text{mm} \times 1500\text{mm}$ 的一块钢板弯曲。

如果要计算的展开长不是一个整圆周长，而只是一部分圆弧、或者是一段圆弧是正曲，

而另一段圆弧是反曲，则都一律按照中心层计算。即靠近圆心的一侧为里皮，并且以此来推算中心层，然后以中心层来计算出这段圆弧的长度。

例 2 如图 1-3 所示，已知尺寸 $R = 600\text{mm}$ ， $r = 400\text{mm}$ ， $\angle AOC = 90^\circ$ ， $\angle CO'B = 30^\circ$ ， $\delta = 20\text{mm}$ ，求 l 。

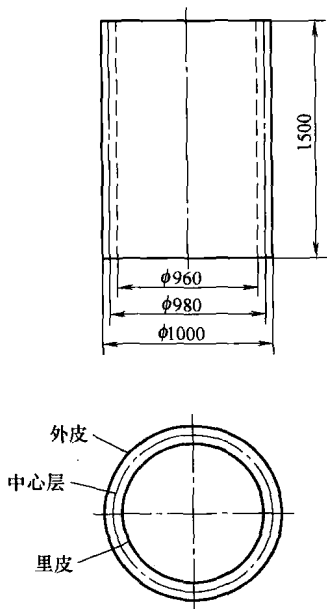


图 1-2 圆筒

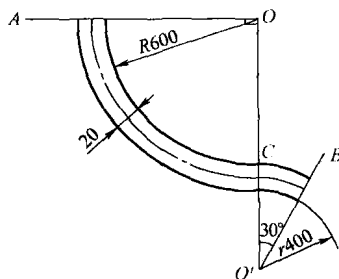


图 1-3 部分圆弧的展开

$$\begin{aligned}
 \text{解: } l &= 2\pi\left(R + \frac{\delta}{2}\right) \div 4 + 2\pi\left(r + \frac{\delta}{2}\right) \div 12 \\
 &= 3.1416 \times \left(600 + \frac{20}{2}\right) \times \frac{1}{2} \text{mm} + 3.1416 \times \left(400 + \frac{20}{2}\right) \times \frac{1}{6} \text{mm} \\
 &= 1173 \text{mm}
 \end{aligned}$$

经过计算得出，这段圆弧展开长为 1173mm。

断面为折线形状的构件，其板厚处理是不分中心层的，而是以里皮为准。为什么以里皮为准呢？当板材在折角处局部发生弯曲时，包括中心层和外皮在内，板材里皮以外的所有层面，都发生了不同程度的拉伸变化，只有里皮的长度不变。如图 1-4a 所示，为一个槽形构件。板材弯曲前的断面如图 1-4b 所示， $AB = h - \delta$ ， $BC = a - 2\delta$ ， $CD = h - \delta$ 、 $C-C$ 垂直于 AD ， $B-B$ 垂直于 AD 。然后按照划线的位置折直角弯，板材弯曲后的断面如图 1-4c 所示， $AB = h - \delta$ ， $BC = a - 2\delta$ ， $CD = h - \delta$ ，但是它们的外皮却发生了变化，宽度是 a 、高度是 h 。 $C-C$ 和 $B-B$ 线都转到了 45° 角平分线上，并且被均匀地拉伸成扇形。显然， b_1-b_2 和 c_1-c_2 弧长的距离，都是金属板材拉伸的结果。 $ABCD$ 由折弯前的在同一直线上的关系，变成了折弯后 AB 和 CD 都垂直于 BC 的关系， BC 的延长线上多了两个板材厚度， AB 和 CD 的延长线上，都多了一个板材厚度。所以断面为折线的板材弯曲时，一律按照里皮的长度来计算。

断面为折线形状的构件，展开长计算方法是以里皮为准的，下面将举例加以说明，仍以图 1-4a 为例。

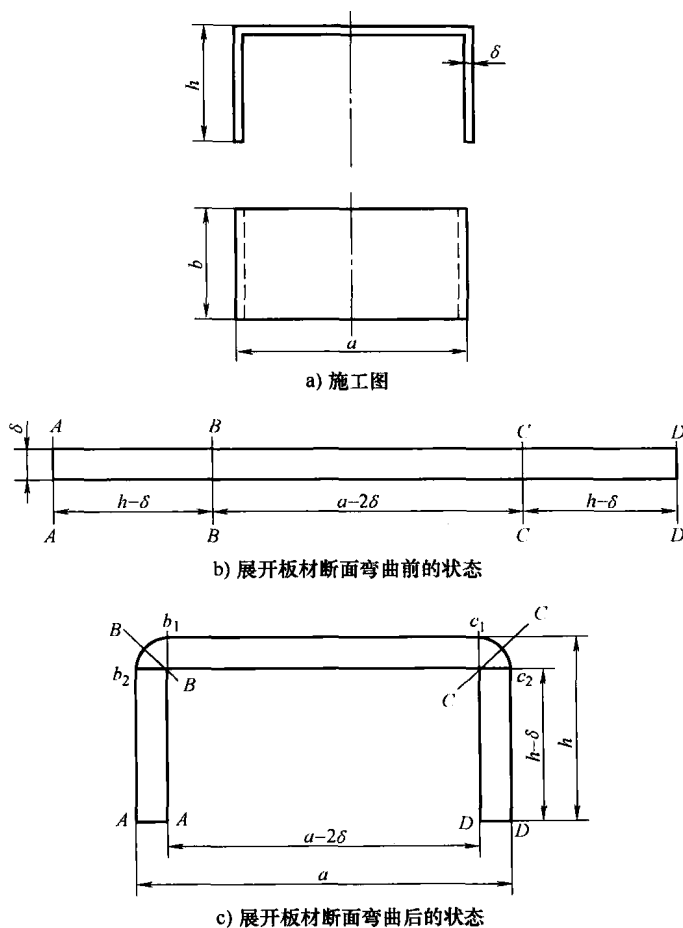


图 1-4 断面为直角折线形状的构件展开

例 3 已知尺寸 $a = 1000\text{mm}$, $b = 600\text{mm}$, $h = 500\text{mm}$, $\delta = 10\text{mm}$, 求 l 。

解: $l = a - 2\delta + 2(h - \delta)$

$$= 1000\text{mm} - 2 \times 10\text{mm} + 2 \times (500\text{mm} - 10\text{mm})$$

$$= 1960\text{mm}$$

经过计算得出, 该槽形板展开尺寸是 $1960\text{mm} \times 600\text{mm}$ 。

断面为折线形状的构件展开, 是以里皮为准的计算方法, 同样适用于断面是折线, 而不是直角的正反曲构件展开计算, 如图 1-5a 和图 1-5b 所示。

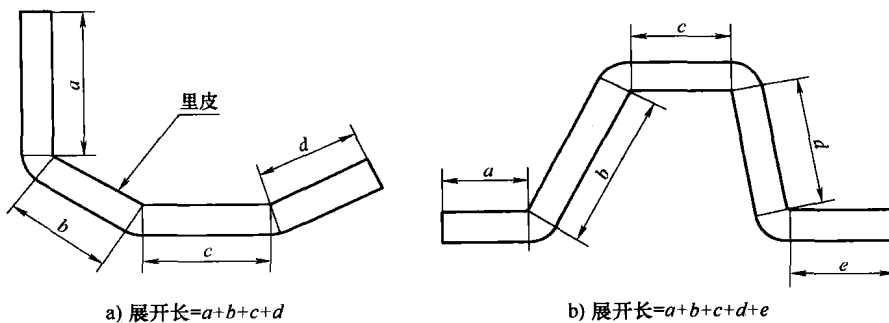
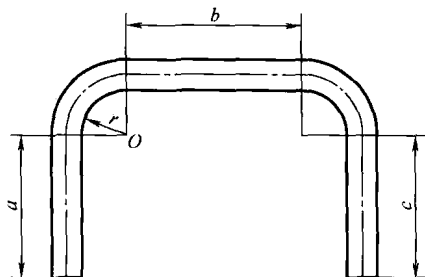


图 1-5 断面为非直角折线的正反曲构件的展开

对于断面是直线和有圆角过渡的混合形式构件，下料展开长的计算方法是：所有的直边长度和圆角中径弧长相加的长度总和，如图 1-6 所示。



$$\text{展开长} = a + \frac{\pi r_{\text{中}}}{2} + b + \frac{\pi r_{\text{中}}}{2} + c$$

图 1-6 混合形式构件的展开

第三节 常用几何作图法

在实际生产工作中，有很多的构件是必须经过放样才能解决展开问题的。同时，放样又离不开画直线、直角、圆等分等基本方法，因此，在讲放样之前，先讲一下常用几何作图法。

1. 垂直平分线

如图 1-7 所示，在一直线上，以 O 点为圆心，以任意长 r 为半径画弧，交直线于 A 、 B 两点，然后分别以 A 、 B 两点为圆心，以超过 r 的长度 R 为半径画弧、相交得 C 、 D 两点，则连线 CD 就是 AB 线的垂直平分线。

2. 任意角的平分线

如图 1-8 所示，以 O 点为圆心，以适当长 R 为半径画弧交两角边 A 、 B 两点，然后分别以 A 、 B 两点为圆心，以小于 R 长度 r 为半径画弧，相交于 C 点，用直线连接 O 、 C ，则 OC 线就是 $\angle AOB$ 的角平分线。

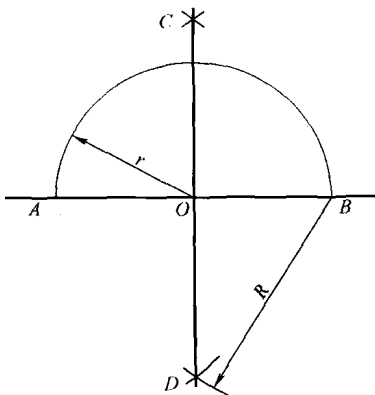


图 1-7 作线段垂直平分线

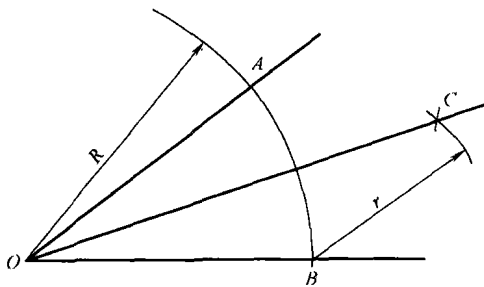


图 1-8 作任意角平分线

3. 任意角的已知 r 圆弧过渡

如图 1-9a ~ 图 1-9c 所示，这里以钝角、直角、锐角三种形式为例。以已知半径 r 作 OA

和 OB 的平行线，相交于 P 点，以 P 点为圆心，已知 r 长为半径画弧，相切于 OA 、 OB 直线上，就是以 r 为半径作 $\angle AOB$ 的圆弧过渡。

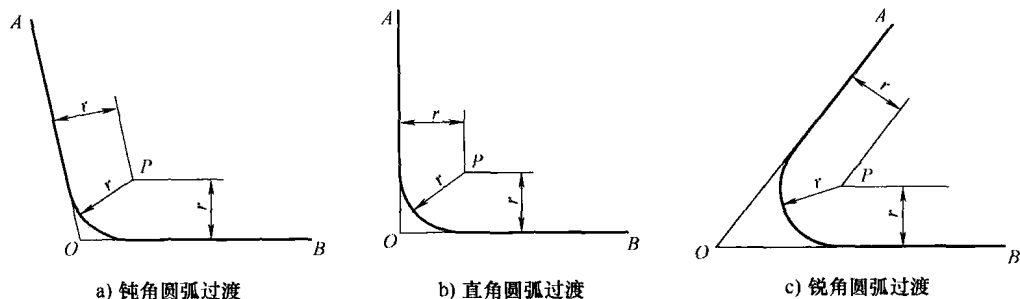


图 1-9 各种角度圆弧过渡

4. 作直角线

如图 1-10a 所示，俗称弯尺线，常用的有两种方法，这两种方法不仅仅是放样时用，更主要是在钢板上下料时应用较多。这是一种非常简捷实用的作法，用墨斗线在钢板长边拉直线检验板边是否直，如果是直边，可以用板边作直线基准。如果不直，可以在与板边适当的距离处作一直线 AB 。以 A 为基准点，以基数 3 量取在 AB 线上得 C 点，再以 A 点为基准，以基数 4 作 AB 线的平行线 DE ，以 5 为基数，以 C 点为基准，量取相交在 DE 线上，得点 F ，连接 AF 线， $AF \perp AB$ 。基数 3、4、5 是个变量，可以根据板幅大小选择倍数，比如 300mm、400mm、500mm，3m、4m、5m，或者 600mm、800mm、1000mm 等，这种方法是基于勾股弦定理。

另一种方法如图 1-10b 所示为三规法。在钢板长边上作一平行板边的直线 AB ，以 A 点为圆心，以任意长 r 为半径画弧，相交于 AB 线于 C 点，再分别以 A 、 C 点为圆心，仍以 r 长为半径画弧，相交于 D 点，再以 D 点为圆心，仍以 r 长为半径画弧，与 C 、 D 的延长线交于 E 点，直线连接 AE 两点， $AE \perp AB$ 。

5. 圆的多等分

圆的等分画法很多，钣金工在工作中经常遇到，常用的 3、4、5、6、12 等分用圆规和直尺可以直接作出，7、9 等分是近似法。

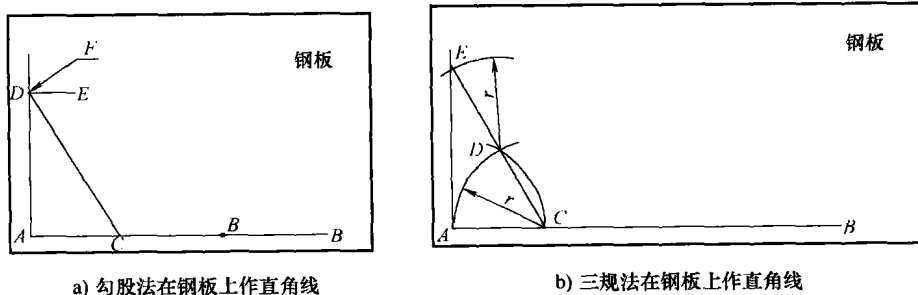


图 1-10 作直角线

(1) 圆的五等分画法 如图 1-11a 所示，以 O 点为圆心，以已知 r 为半径画圆，过 O 点作一组垂直平分线，相交圆周上得 A 、 B 、 C 、 D 四点。然后作 OB 的垂直平分线 EF ，相

交 AB 于 G 点, 以 G 点为圆心, 以 GC 长为半径画弧, 相交 OA 于 H 点, 则 CH 就是圆周的 $\frac{1}{5}$ 弦长, 以此定长在圆周上依次截取四次, 即圆周五等分。

(2) 圆的六等分画法 如图 1-11b 所示, 用已知半径 r 画圆, 圆的半径 r 就是圆周的 $\frac{1}{6}$ 弦长, 以此定长在圆周上依次截取五次, 即圆周六等分。

(3) 圆的七等分画法 如图 1-11c 所示, 以 O 点为圆心, 已知尺寸 r 为半径画圆, 作 OA 的垂直平分线, 相交圆周于 B 、 C 两点, 相交 OA 于中点 D , 则 BD 就是圆周的 $\frac{1}{7}$ 弦长。

(4) 圆的九等分画法 如图 1-11d 所示, 以 O 点为圆心, 已知尺寸 r 为半径画圆, 过圆心作一直径 AB , 将直径 AB 九等分, 取其中 3 分为定长, 即为圆周 $\frac{1}{9}$ 弦长。

(5) 圆的十二等分画法 如图 1-11e 所示, 以 O 点为圆心, 以已知尺寸 r 为半径画圆, 然后过圆心 O 点作一组垂直平分线, 得到圆周上四个交点 A 、 B 、 C 、 D 。分别以 A 、 B 、 C 、 D 为圆心, 以已知半径 r 为定长, 在圆周上各截取两次, 即得圆周十二等分。

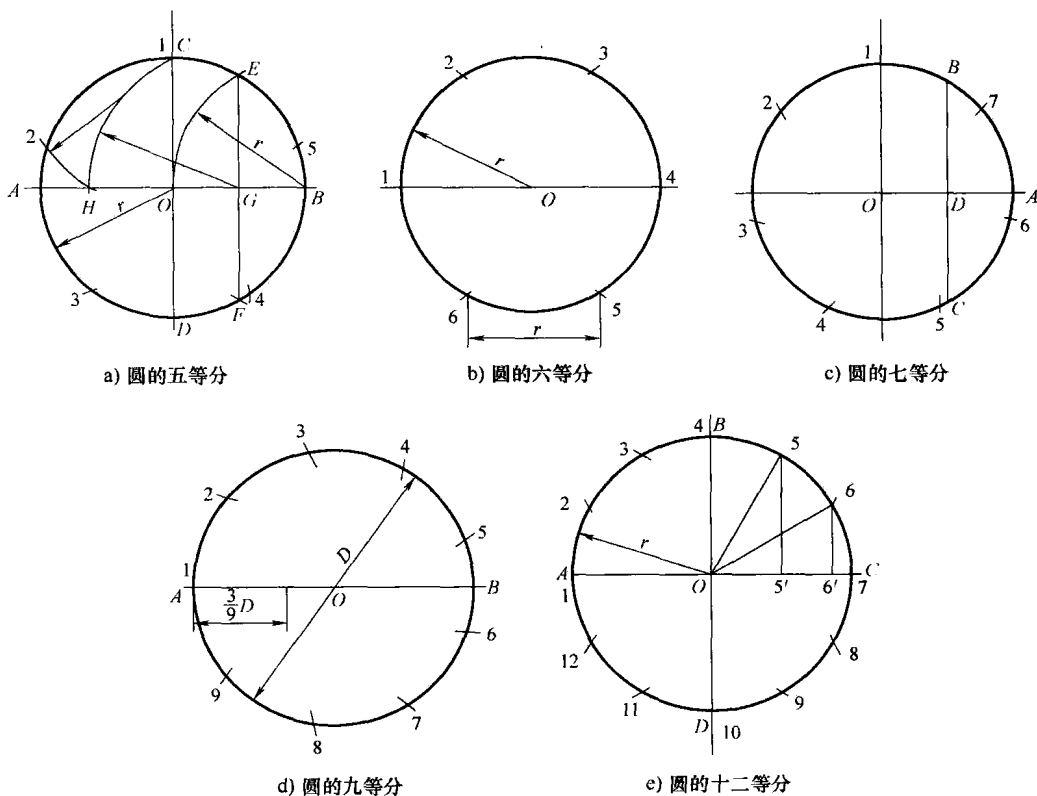


图 1-11 圆的多等分

圆周的十二等分应用广泛, 所以, 在这里单独提出: $5-5' = O-6' = 0.866r$ $6-6' = O-5' = 0.5r$ (证明略)。

圆周的等分也可以用计算方法作出: $b = 2r \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$

式中 b ——一个边长的长度；

n ——边数；

r ——外接圆半径。

6. 三点求圆法

如图 1-12 所示, 这是根据已知点 A 、 B 、 C 求出圆心的方法, 用直线连接 AB 、 BC , 分别作 AB 、 BC 的垂直平分线, 相交于 O 点并得出半径 R , 然后, 以 O 为圆心, R 长为半径画圆。

7. 四心圆弧法画椭圆

如图 1-13 所示, 这是一种近似画法, 但比较常用。定出长短轴 A 、 B 、 C 、 D 四点, 连接 AC , 以 O 为圆心, OB 长为半径画弧, 相交短轴延长线于 B' 点, $B'C$ 等于长半轴减去短半轴, 作 AB' 的垂直平分线, 相交长轴于 O_1 和短轴于 O_2 , O_3 是 O_1 关于 O 点的对称点, O_4 是 O_2 关于 O 点的对称点, 则 $O_1 \sim O_4$ 是四个圆心。以 O_1 为圆心, O_1A 为半径画弧, O_2 为圆心, O_2C 为半径画弧, 用同样方法画另一半, 最后, 四段圆相接成一个完整的椭圆。

8. 同心圆法画椭圆

如图 1-14 所示, 与四心圆弧法相比, 同心(圆法)比较精确, 但操作步骤麻烦。首先过长轴和短轴分别画两个圆, 即以 O 点为圆心, 分别以 OA 长为半径和 OB 长为半径画同心圆, 12 等分大圆, 得等分点 1~12。连接 2、8, 3、9, 5、11, 6、12, (为了图面清晰, 本例只画两条线), 与小圆相交得到 1'~12' 各点, 过大圆各等分点作短轴的平行线, 过小圆各等分点作长轴的平行线, 得到交点 2⁺、3⁺、5⁺、6⁺、8⁺、9⁺、11⁺、12⁺, 用平滑曲线连接 1、2⁺、3⁺、4⁺、5⁺、...、12⁺ 各点, 即完成作图。

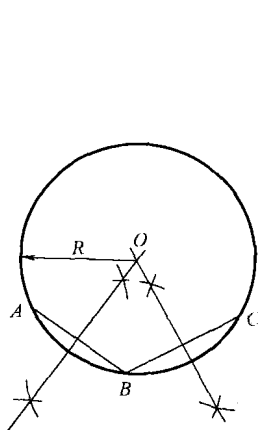


图 1-12 三点求圆法

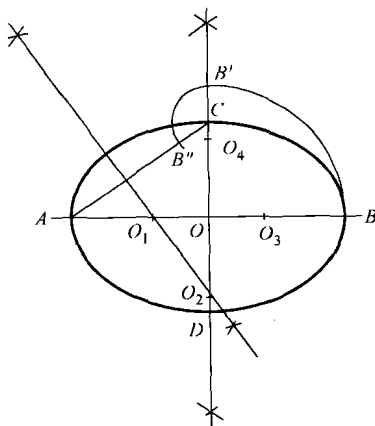


图 1-13 四心圆弧法画椭圆

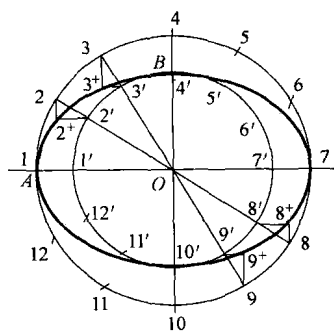


图 1-14 同心圆法画椭圆

第四节 放 样

前面讲到简单的计算是解决简单构件的下料问题, 但是, 在实际生产中, 还有很大部分的构件展开用计算是解决不了的。即便能计算出来, 也是非常复杂, 不方便也不实用, 所以, 解决这个问题方法就是放样。何为放样呢? 俗称放大样, 顾名思义, 放大样就是把图样放大了。放大的图样叫做放样图。放样图是遵循机械制图正投影规律, 按照已知尺寸根据