

第2版

实用钣金工

夏巨谔 等编著

 机械工业出版社
China Machine Press



本书着重阐述各种金属材料的钣金成形工艺和基本操作方法。全书共七章,系统地介绍了坯料展开图的常规作法和计算机辅助设计(CAD)、下料、手工成形和工模具成形、连接方法等。

本书可供从事钣金加工的工人、技术人员以及大、中专和技工学校的钣金冲压专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用钣金工/夏巨谔等编著. —2版. —北京:机械工业出版社, 2002.3

ISBN 7-111-04650-1

I. 实… II. 夏… III. 钣金加工 IV. TG936

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第019357号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:曲彩云 版式设计:张世琴 责任校对:韩晶

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002年6月第2版·第1次印刷

1000mm×1400mm B5·14.125印张·548千字

19 001—23 000册

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着汽车、拖拉机、飞机、造船、轻工和日用五金制造工业的发展,尤其是随着我国加入 WTO,由于基础设施良好,劳动力资源丰富、劳动力便宜,中国正在成为“世界工厂”,进一步促使地方中、小型企业和乡镇企业的迅速发展,从事金属钣金加工的工人和技术人员迅速增加,对钣金加工基础知识、成形工艺和操作技术的了解和学习正变得日益广泛和迫切。随着科技水平的迅速提高、现代加工方法及设备的不断涌现,钣金加工的概念、方法及手段也正在发生深刻变化。基于这种发展趋势,作者根据长期从事板料金属塑性加工工艺、模具及设备的教学和科研的体会,对于钣金加工生产的调查总结以及参考国内外有关资料文献,编写了此书。

本书共分七章,其内容按钣金加工工艺及操作顺序阐述和介绍。其中,第二章系统而简要地介绍了钣金制件计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)的基本概念,软硬件系统组成,国内外主要实用的软件、钣金件设计与展开、排样、图形描述、数控冲压指令编程及开目软件系统(KMSM)。第三章中激光自动切割是近代高技术在钣金下料中的应用,等离子切割也是一种钣金下料的新方法。第五章全面介绍了板料弯曲、拉延、局部成形和翻边、介质成形、拉弯、旋压、落料与冲孔及校平等成形方法的工艺、工模具及所用设备的典型结构、操作过程与操作要领,包含了数控新技术、新设备及多种新工艺。第六章介绍了管料的冲孔、缩口与缩径、扩口与翻边、翻(卷)管、弯曲和胀形等工艺方法与工装模具结构。第七章既归纳了传统的连接方法,也收集了激光焊接及近代金属粘接技术等新型连接方法。其余章节在保留目前仍广泛使用的钣金加工方法的基础上,对其内容进行了精练和整理,并加进了不少新内容。以上构成了本书的系统 and 特色。

本书系统连贯,内容新颖,数据资料丰富,实用性强。文字简练,便于学习掌握。

全书由夏巨湛教授主编,具体参加编写的有:胡国安(第一章)、严晓光(第二章)、陈国清(第三、四章)、夏巨湛(第三、四、五、六章)、刘顺洪(第七章)。本书由肖景容教授审查。

由于编者水平有限,难免有谬误之处,热忱欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 坯料展开图的作法	1
第一节 基本几何作图法	1
一、直线、垂线、直角线的作法	1
二、等分线段法	3
三、平行线的作法	3
四、角及角的等分作法	3
五、圆弧及等分圆弧的作法	5
六、点、线、弧间的连接	6
七、倾斜线	7
八、几何图形	7
九、圆及椭圆	10
十、圆弧的伸直	12
十一、抛物线	13
十二、渐开线	13
十三、螺旋线	14
第二节 等径圆管制件展开图画法	14
一、圆周长及圆管展开图画法	14
二、两节圆管接头	15
三、任意角度的三节弯头	17
四、四节 90°弯头	19
第三节 圆管三通管展开图作法	20
一、等径圆管三通管展开法	20
二、异径圆管三通管展开法	23
第四节 多面体制件展开图的作法	28
一、矩形方盒	29
二、正方形大小头	30
三、矩形管两节 90°弯头	30
四、方管两节 90°弯头	31
五、方漏斗	31

六、凸五角星	32
第五节 圆锥体制件展开图画法	33
一、正、斜圆锥及圆锥管	33
二、正圆锥管直交圆管	37
三、圆管渐缩多通管	38
四、方管直交斜锥管	40
五、圆管平交正圆锥管	42
六、圆管偏心直交正圆锥	43
七、矩形管偏心平交正圆锥管	44
八、圆锥——圆管两节 90°弯头	45
九、圆锥管三节任意角度弯头	46
第六节 方圆过渡管件展开图的作法	47
一、圆顶方底管的展开图	47
二、圆顶矩形底连接管	50
三、圆顶圆角方底连接管	51
四、方顶圆底连接管	52
五、上下方圆两节弯头	53
第二章 钣金制件的计算机辅助设计/制造 (CAD/CAM)	58
第一节 概述	58
一、计算机辅助设计/制造 (CAD/CAM) 的基本概念	58
二、计算机辅助设计/制造 (CAD/CAM) 的基本组成	61
三、计算机辅助设计/制造 (CAD/CAM) 实用软件简介	64
第二节 钣金制件计算机辅助设计/制造的主要工作	70
一、计算机辅助钣金制件设计和展开	70
二、计算机辅助坯料排样	74
三、数控冲压指令编制	77
第三节 制件模型及坯料展开图的描述	79
一、三视图方法描述模型	79
二、造型法描述模型	84
第四节 数控冲压指令系统	86
一、数控指令的基本功能	87
二、FANUC—P 数控冲压指令	88
三、其他数控冲压指令系统简介	100
第五节 开目钣金计算机辅助设计/制造系统 (KMSM) 介绍	104
一、KMSM 概述及绘图操作	104

二、基于制件库的参数化钣金制件设计及展开	108
三、基于面融合的钣金制件设计及展开	118
四、KMSM 系统的数控冲压指令编程	123
第三章 下料方法	134
第一节 剪切下料	134
一、剪切机下料	134
二、滚剪机下料	138
第二节 铣切下料	141
一、铣切程序	141
二、手动操作的工艺及设备	143
第三节 冲切下料	147
一、基本原理	147
二、单工序落料模的典型结构和特点	149
三、冲切设备	150
第四节 氧气自动切割	154
一、气割的原理和条件	155
二、气割操作方式	156
三、等离子切割	158
第五节 激光自动切割	159
一、工作原理	159
二、激光切割	161
三、安全保护	164
第六节 薄壁管料的冲切下料	164
一、冲切过程	164
二、切刀形状及尺寸	165
三、模具结构	166
第四章 手工成形	171
第一节 弯曲	171
一、角形件的弯曲	171
二、弯制封闭的角形件	171
三、弯制圆筒	172
四、弯制锥形工件	172
第二节 放边	173
一、捶放方法	173
二、放边零件展开尺寸的计算	174

第三节 收边	174
一、收边方法	175
二、收边零件的展开计算	175
第四节 拔缘	176
一、自由拔缘的操作过程	176
二、胎型拔缘的操作过程	177
第五节 拱曲	178
一、冷拱曲	178
二、热拱曲	179
第六节 卷边	181
一、卷边零件展开尺寸的计算	181
二、卷边操作过程	181
三、应用实例	182
第七节 咬缝	183
一、咬缝的结构形式	183
二、咬缝操作	183
第八节 矫正	190
一、矫正的要领	191
二、矫正的方法	191
第九节 管料弯曲	197
第五章 板料的工模具成形	200
第一节 弯曲	200
一、弯曲的基本原理及弯曲过程	200
二、弯曲件的展开方法	203
三、折弯设备	209
四、弯曲模具	220
五、冲压弯曲	224
六、卷弯	234
第二节 拉延	244
一、拉延的基本原理及变形过程分析	245
二、拉延工艺	248
三、拉延模具	263
四、压力机的选择及拉延模具的安装	270
五、其他方法拉延	271
第三节 局部成形和翻边	275

一、局部成形	275
二、翻边	277
第四节 成形	284
一、橡皮成形	284
二、液压成形	286
三、低熔点塑性物质成形	288
第五节 拉弯成形	289
一、拉弯设备	289
二、拉弯工艺	290
三、拉弯成形模具装置	292
第六节 旋压成形	294
一、基本原理	294
二、旋压工具及模具	294
三、旋压设备	297
四、旋压操作方法	298
五、实例	300
第七节 落料与冲孔	302
一、工艺分析	302
二、凸模和凹模间隙、刃口尺寸及公差	304
三、落料和冲孔力	309
四、落料与冲孔模	311
第八节 校平	318
第六章 管件的工具成形	321
第一节 管端冲裁与管壁冲孔	321
一、管端冲裁	321
二、管壁冲孔	322
第二节 管料缩口与缩径	326
一、缩口（缩径）工艺参数的确定	326
二、冲压缩口（缩径）	329
三、加热旋压缩口与封口	333
四、端部缩颈与中间缩颈	334
第三节 管料扩口与翻边	335
一、扩口	335
二、翻边	340
第四节 翻管	345

一、管端翻卷（卷边）	346
二、翻管	346
第五节 管料弯曲	349
一、绕弯	349
二、推弯	353
三、压弯	357
四、加热弯管	357
第六节 管料的胀形	360
一、胀形工艺	360
二、胀形介质	367
三、胀形模具装置	370
四、提高支管挤压胀形长径比的措施	378
第七章 连接技术	380
第一节 焊接	380
一、焊条电弧焊	380
二、钨极氩弧焊	400
三、熔化极气体保护电弧焊	405
四、激光焊接与切割	412
五、气焊	413
六、接触焊	415
七、锻焊	417
八、钎焊	417
九、减小焊接变形和应力的措施	418
第二节 铆接	420
一、铆钉	420
二、铆接的形式	423
三、铆钉直径、长度、孔径的确定	424
四、铆接的方法	425
五、铆接的优点及其局限性	427
第三节 螺纹连接	427
一、螺钉连接形式	427
二、螺栓连接	429
三、冲压连接	429
第四节 金属粘接	431
一、工作原理	431

二、粘结剂	432
三、接头设计	434
四、表面准备	436
五、粘结剂的调配	437
六、粘结剂的涂敷和固化	437
七、粘接的优点和缺点	438
八、安全实践	438
参考文献	439

第一章 坯料展开图的作法

制作金属板件的首道工序就是下料，下料前需在原始板料毛坯上画线，画线就是把制件准确的展开图画在原始板料上。本章着重介绍各种形状的金属板材制件展开图的作图方法及作图过程。

第一节 基本几何作图法

任何图形都是由线条构成的，为便于下料有必要熟练掌握一些基本几何作图方法。

一、直线、垂线、直角线的作法

1. 直线

作小型构件展开图时，直线一般是用画针配合钢板尺画出的；作大型构件展开图时，所画直线较长，可用粉线弹出。

2. 垂线

(1) 中垂线法 见图 1-1，画线步骤如下：以直线 a 上任一点 1 为圆心，任意长 R 为半径画弧，交直线 a 于 2 和 2' 两点；以大于 R 的长 r 为半径，以 2、2' 分别为圆心画弧，交于 3 点和 4 点，用直线连接 3—4，则直线 3—4 就是直线 a 的垂线。

(2) 半圆法 见图 1-2，步骤如下：以任意长 1—2 线段为直径画半圆；在半圆上任取一点 4，把 1—4 和 2—4 分别用直线相连接，于是 1—4 就和 2—4 垂直。

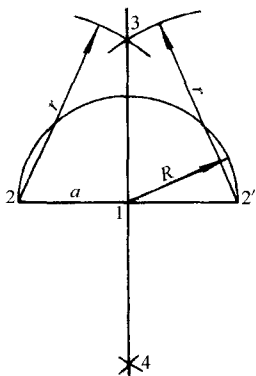


图 1-1 中垂线法

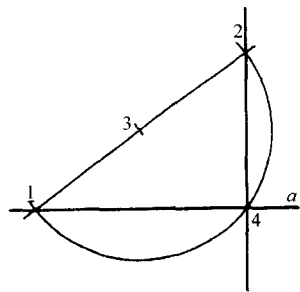


图 1-2 半圆法

3. 直角线

方法一是用画规作直角线，如图 1-3，步骤如下：在水平线上任作倾斜直线（但应是锐角，在 $40^\circ \sim 70^\circ$ 中间为好）1—2，以 1—2 的中点 3 为圆心，1—3（或 2—3）为半径画圆弧与水平线交于点 4，以直线连接点 2、4 即得出所求直角线。

方法二是用直尺作直角线，在放大样和现场下料时，用直尺作直角线比较简便，如图 1-4 所示。在基准线上任作倾斜直线（但应是锐角）1—2（ $a = 1600$ ），然后取中点 3，将尺的 0 点对准中点 3，并以中点 3 为圆心转动直尺，与参照线得交点为 4，使得线段 3—4 的长度恰为： $\frac{a}{2} = 800$ 。以直线连接点 2、4 即得出所求直角线。作完的直角是否精确，需要检查才能证明。

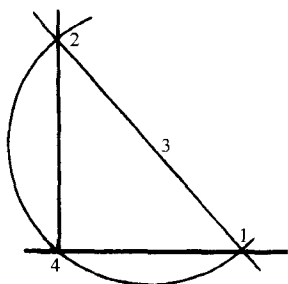


图 1-3 直角线的画法

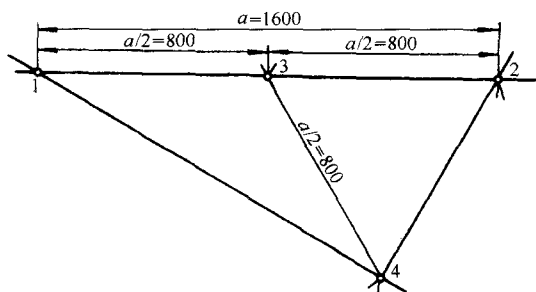


图 1-4 用直尺作直角线的画法

检查的第一种方法如图 1-5a 所示。取 1—2 等于 300，取 2—3 等于 400，1—3 必须是 500，否则就不精确。检查的第二种方法，如图 1-5b 所示，取 1—2 和 2—3 等于 1000，1—3 必须是 1414，如取 1—2 和 2—3 等于 500 时，则 1—3 必须是 707，否则也不精确。在使用钢板之前就要用上述的方法校验一下钢板的角度是不是直角，如图 1-6 所示。利用钢板直角下料，可以节省工料。

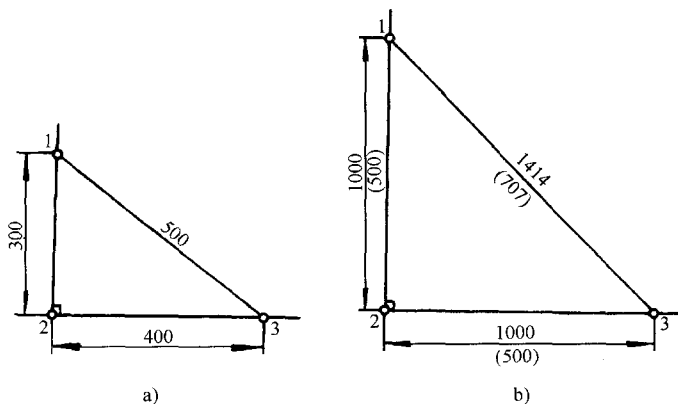


图 1-5 直角线的检查方法

二、等分线段法

第一种方法：如图 1-7 所示，将 1—2 线段 6 等分。由 1—2 线段的任意端点 2（或点 1）以适当角度（锐角）作一斜线 2—9，在线段 2—9 上，以画规的适当开度 2—3 为定长，从点 2 开始依次截取 6 等分，相应点为 3、4、5、6、7、8。以直线连接点 1、8，由直线 2—8 上的各点分别引线段 1—8 的平行线，与线段 1—2 相交，对应交点为 7'、6'、5'、4'、3'，所得各点分成的等分，即为所求的 6 等分。

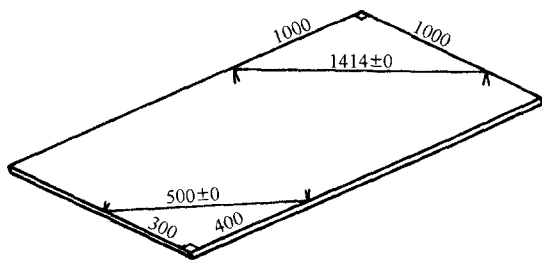


图 1-6 钢板直角的检查方法

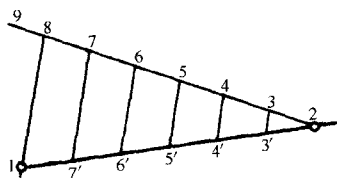


图 1-7 等分线段法（一）

第二种方法：如图 1-8 所示，首先用直尺画出 4 等分，等分点为 1、4、7、10。然后再将已等分出的线段用画规等分。由于这种方法简便，所以用得比较广泛。

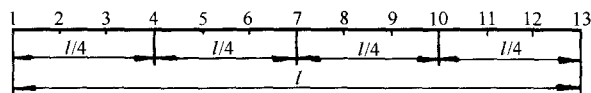


图 1-8 等分线段法（二）

三、平行线的作法

用画规作平行线：已知直线 l 和距离 a ，求作这条直线的平行线。如图 1-9 所示，定画规开度为 a ，在直线上任取点 1、2 为圆心，画两个圆弧，作圆弧的切线，即为已知直线的平行线。

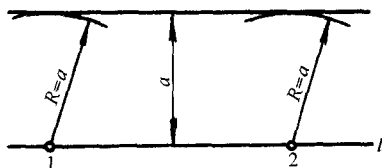


图 1-9 平行线的作法

四、角及角的等分作法

1. 角的作法

30°角的作法：如图 1-10 所示，在水平线上任取一点 O ，以 O 为圆心取适当长作半径画圆弧与水平线相交于 B 、 C 两点，再以 O 、 C 分别为圆心，线段 OC 长作半径画圆弧，得交叉点为 A ，以直线连接 B 、 A ， $\angle ABC$ 就是所求的 30°角。

60°角的作法：如图 1-11 所示，在水平线上任取两点 B 、 C ，分别以 B 、 C 点

为圆心，BC 长为半径画圆弧得交叉点 A，连接 B、A，则 $\angle ABC$ 即为所求的 60° 角。

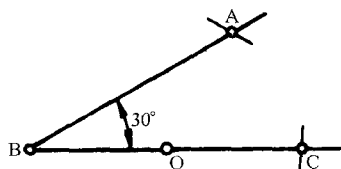


图 1-10 30°角的作法

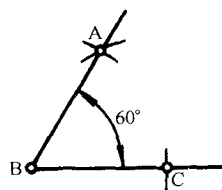


图 1-11 60°角的作法

任意角的作法：如图 1-12 所示，以 57.3mm 为半径画圆弧，在所画的圆弧线上，以每隔 1mm 作半径等分圆弧，在所画的圆弧线上，以每隔 1mm 的两个等分点分别与圆心 O 连线，其所得连线的角度即为 1° 。图 1-12 中所列角度一个是 75° ，另一个是 95° 。其作法是：首先在水平线上取任一点 O，以 O 为圆心，57.3mm 作半径画圆弧与水平线交于点 C，由点 C 开始求取弧长 75mm 得点 A，以直线连接点 A、O， $\angle AOC$ 即为 75° 。再由点 C 开始求取弧长 95mm 得点 B，以直线连接点 OB， $\angle BOC$ 即为 95° 。

2. 角的等分作法

二等分法：将一角分成二等分的作法如图 1-13 所示，以角顶点 B 为圆心，取适当长度作半径画圆弧分别与两边相交，得交点为 A、C，再分别以 A、C 为圆心、取适当长度作半径画圆弧，所得相交于 D，两圆弧以直线连接点 B、D，即得出二等分角。

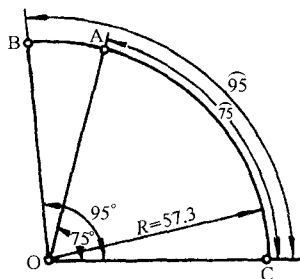


图 1-12 任意角的作法

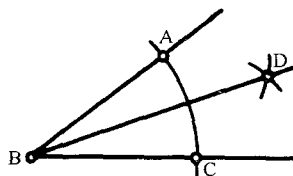


图 1-13 角的二等分法

直角三等分法：将一直角分成三等分的作法如图 1-14 所示。以 O 为圆心，取适当长度 OA 为半径画圆弧得点为 A、B，再以 A、B 为圆心，OA 为半径画圆弧，所画圆弧分别与 AB 相交，得交点为 1、2，连接 O—1，O—2 即得出所求三等分角。

若干等分法：以图 1-15 为例，将角 12 等分。已知 $\angle AOB$ ，以角顶点 O 为圆

心画圆弧得 $\widehat{AB}$ ，首先将 $\widehat{AB}$ 分为2等分得A—7、7—B，再将A—7、7—B分为2等分得A—10、10—7及7—4、4—B每个距离之间可作三等分，用画规定其开度为4—B的三分之一，三等分各段圆弧，所得的各点与O连线，即得出所求的12等分。

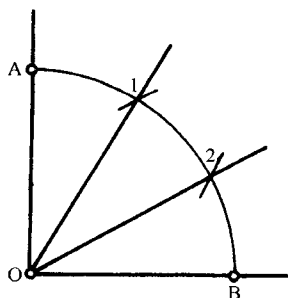


图 1-14 直角的三等分法

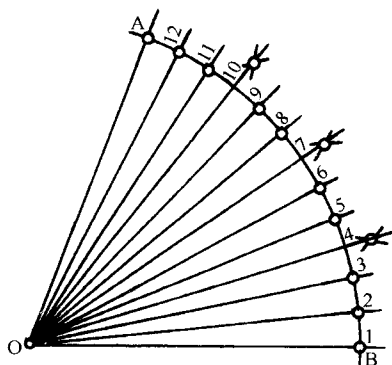


图 1-15 角的十二等分法

五、圆弧及等分圆弧的作法

1. 圆弧的作法

已知半径 R 和两点 1、2 作一圆弧：如图 1-16 所示，以点 1、2 分别为圆心，用已知半径 R 画圆弧得交叉点为 3，再以 3 为圆心，用已知半径 R 画圆弧，连接点 1、2 即得出所求圆弧。

已知三点作一圆弧：如图 1-17 所示，以点 1、2、3 分别为圆心，取适当长度作半径画四个圆弧，得交叉点为 4、5、6、7，以直线连接点 4、5 和 6、7，并延长得交点 O，以 O 为圆心，O—1（O—2 或 O—3）为半径画圆弧，连接点 1、2、3 即得到所求圆弧。

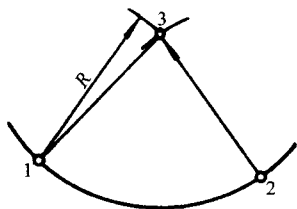


图 1-16 圆弧的作法

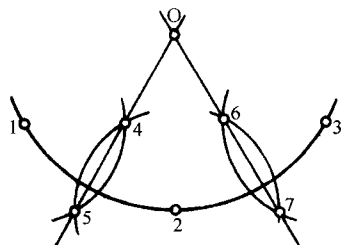


图 1-17 圆弧的作法

2. 等分圆弧的画法

如图 1-18，本例是 $\widehat{AB}$ 弧四等分，具体方法是：①作弦 A—B 的中垂线交弧

于1点；1点将弧二等分；②作 A—1、B—1 的中垂线交弧于 2、3 两点，于是 2、3、1 三点将 AB 弧四等分。

如果八等分 AB 弧，则只要再作 A—2、2—1、1—3、3—B 的中垂线，找到各中垂线与弧的交点就行了，至于 16、32、64、…等分，可依此类推。

六、点、线、弧间的连接

1. 作过三定点的圆（三点不在同一直线上）

如图 1-19，具体作法是：①分别连接 A—B 和 B—C，且作 A—B 和 B—C 的中垂线交于 O 点；②以 O 为圆心，以 O—A 为半径画圆，此圆即为所求作的圆。

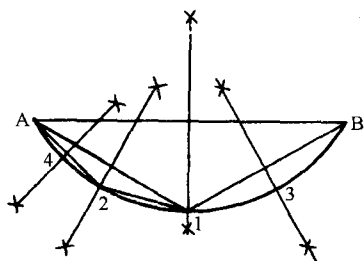


图 1-18 圆弧四等分法

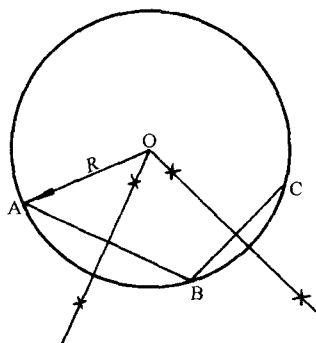


图 1-19 过三定点作圆的方法

2. 用已知半径画圆弧，连接两条相交直线的方法

如图 1-20 所示，图 1-20a 为两直线所夹角为锐角的情况；图 1-20b 为两直线所夹角为钝角的情况。分别作两条直线的平行线，使其距离等于已知半径 R ，所引的两条直线相交于 O，点 O 即为连接弧的圆心。由点 O 引两直线的垂线得点 4、5，以 O 为圆心，O—4 作半径画圆弧连接两直线即为所求的连接圆弧。

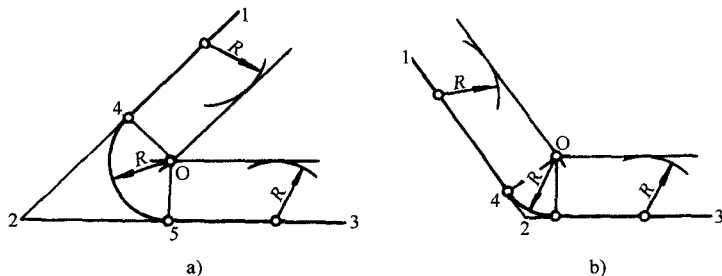


图 1-20 用圆弧连接两条相交直线的作法

3. 用两个已知半径 R 、 r 连接三直线的方法

如图 1-21 所示，先分别引 1—2、3—4 的平行线，并使其距离等于已知半径 R ，所引的两条直线相交于 O；再引 3—4、5—6 的平行线，并使其距离等于 r ，

所引的两直线相交于 O_1 ，由 O 、 O_1 分别引直线 1—2、3—4、5—6 的垂线，得点为 7、8、9、10。以 O 、 O_1 分别为圆心， $O-7$ ($O-8$)、 O_1-9 (O_1-10) 分别为半径画圆弧，即得出所求的圆弧。

4. 用已知半径为 R_1 的圆弧连接一直线和一已知圆弧的方法

如图 1-22 所示，先画水平线 1—2，然后用已知尺寸（本例未给出）定出点 O ，以 O 为圆心，已知半径 R 、 $R + R_1$ 画同心圆弧，再引 1—2 的平行线，使其距离等于已知半径 R_1 ，得交点为 O_1 ，由 O_1 引直线 1—2 的垂直线，得交点为 4，再以直线连接点 O 、 O_1 得与圆弧交点 3，点 3、4 就是圆弧与直线连接点。以 O_1 为圆心， O_1-3 (O_1-4) 为半径画圆弧 34，即为所求的连接圆弧。

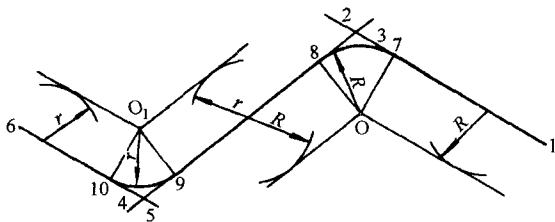


图 1-21 用圆弧连接三直线的作法

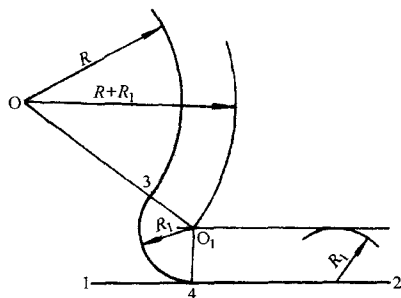


图 1-22 用圆弧连接直线和圆弧的作法

七、倾斜线

如图 1-23 所示（设斜度为 1:6 的倾斜线），先画直线 $a-b$ ，再作直角 $\angle cad$ ，在垂直线 $a-c$ 上，定出任意长度 ac ，再在 $a-b$ 线上定出相当于 6 倍 ac 长度的点 d ，连接点 d 、 c 所得的直线，即与直线 $a-c$ 的斜度为 1:6。

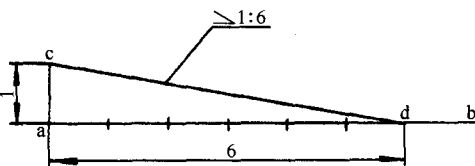


图 1-23 倾斜线的作法

八、几何图形

1. 三角形的作法

已知三边长 a 、 b 、 c 作三角形如图 1-24 所示。在基准线上取线段 1—2 等于已知长度 a ，以点 1、2 分别为圆心，用已知长度 b 、 c 分别作半径画圆弧得交点为 3。以直线连接点 1、3 和 2、3，即得出所求三角形。

2. 正方形的作法

如图 1-25 所示，已知正方形的边长为 a ，求作一正方形。首先作一水平线，取 1—2 等于已知长度 a ，以点 1、2 分别为圆心，已知长度 a 为半径画圆弧，与以点 1、2 分别为圆心，用 b ($b = 1.4142a$) 为半径所画的圆弧相交，得交点为