

# 实用钣金工

夏巨谔 陈国清 编著  
王 英 胡国安

机械工业出版社



# 实 用 钹 金 工

夏巨谌 陈国清  
王 英 胡国安 编著



机 械 工 业 出 版 社

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。全书共分六章,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/夏巨湛等编著。—北京:机械工业出版社,1995  
ISBN 7-111-04650-1

I. 实… I. 夏… II. 钣金工 N. TG38

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第00671号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)  
责任编辑:李骏带 张秀恩 版式设计:王颖 责任校对:姚培新  
封面设计:郭景云 责任印制:王国光  
机械工业出版社北京印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
1995年12月第1版第1次印刷  
787mm×1092mm<sup>1</sup>/16·17.5印张·423千字  
0 001—6 000册  
定价:20.00元

## 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。

本书共分六章,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坯料展开图计算机辅助设计CAD系统的硬件与软件配置、图形描述与生成、常用的Auto CAD图形软件包和计算机语言(常用语句和指令),编制了五种常用钣金制件坯料展开图的CAD程序作为应用实例。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。第五章全面介绍了弯曲、拉延、局部成形和翻边、缩口、缩颈、扩口和胀形、拉弯、旋压、落料与冲孔及校平等机械成形方法的工艺、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。

全书由夏巨谔教授主编,具体参加编写的有:胡国安(第一章)、王英(第二章)、陈国清(第三、四、六章)、夏巨谔(第五章)。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

ISBN 7-111-04650-1/TG·963

定 价： 20.00 元

# 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.....2

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.....4

六、点、线、弧间的连接.....5

七、倾斜线.....6

八、几何图形.....6

九、圆及椭圆.....8

十、圆弧的伸直.....10

十一、抛物线.....11

十二、渐开线.....11

十三、螺旋线.....11

### 第二节 等径圆管制件展开图画法.....12

一、圆周长及圆管展开图画法.....12

二、两节圆管接头.....13

三、任意角度的三节弯头.....15

四、四节90°弯头.....16

### 第三节 圆管三通管展开图作法.....16

一、等径圆管三通管展开法.....16

二、异径圆管三通管展开法.....19

### 第四节 多面体制件展开图的作法.....24

一、矩形方盒.....24

二、正方形大小头.....24

三、矩形管两节90°弯头.....24

四、方管两节90°弯头.....25

五、方漏斗.....26

六、凸五角星.....26

### 第五节 圆锥体制件展开图画法.....28

一、正、斜圆锥及圆锥管.....28

二、正圆锥管直交圆管.....31

三、圆管渐缩多通管.....31

四、方管直交斜锥管.....33

五、圆管平交正圆锥管.....34

六、圆管偏心直交正圆锥.....35

七、矩形管偏心平穿正圆锥管.....36

八、圆锥——圆管两节90°弯头.....37

九、圆锥管三节任意角度弯头.....37

### 第六节 方圆过渡管件展开图的作法.....40

一、圆顶方底管的展开图.....40

二、圆顶矩形底连接管.....41

三、圆顶圆角方底连接管.....42

四、方顶圆底连接管.....43

五、上方下圆两节弯头.....43

## 第二章 坯料展开图的计算机辅助

### 设计(CAD).....48

### 第一节 概述.....48

一、计算机辅助设计的概念.....48

二、计算机辅助制造的概念.....49

### 第二节 计算机辅助设计系统的基本组成.....49

一、CAD的硬件系统.....49

二、CAD软件系统.....50

### 第三节 图形的表示与生成.....52

一、曲线的描述与生成.....53

二、圆弧的表示与生成.....53

### 第四节 Auto CAD简介.....55

### 第五节 高级语言FORTRAN与Auto

CAD之间的连接.....55

一、如何实现高级语言FORTRAN与

Auto CAD之间的连接.....56

二、FA参数化绘图.....58

三、FA的一般使用过程.....60

### 第六节 计算机展开CAD程序实例.....60

一、等径圆管制件CAD程序.....61

二、等径圆管三通管CAD程序.....61

三、异径圆管三通管CAD程序.....61

四、多面体制件CAD程序.....62

五、圆锥体制件CAD程序.....62

## 第三章 下料方法.....85

### 第一节 剪切下料.....85

一、剪切机下料.....85

二、滚剪机下料.....89

### 第二节 铣切下料.....91

一、铣切程序.....91

|                  |     |
|------------------|-----|
| 二、手动操作的工艺及设备     | 93  |
| 第三节 冲切下料         | 96  |
| 一、基本原理           | 96  |
| 二、单工序落料模的典型结构和特点 | 98  |
| 三、冲切设备           | 99  |
| 第四节 氧气自动切割       | 103 |
| 一、气割的原理和条件       | 103 |
| 二、气割操作方式         | 105 |
| 三、等离子切割          | 106 |
| 第五节 激光自动切割       | 107 |
| 一、工作原理           | 107 |
| 二、激光切割           | 109 |
| 三、安全保护           | 111 |
| 第四章 手工成形         | 112 |
| 第一节 弯曲           | 112 |
| 一、角形件的弯曲         | 112 |
| 二、弯制封闭的角形件       | 112 |
| 三、弯制圆筒           | 112 |
| 四、弯制锥形工件         | 113 |
| 第二节 放边           | 114 |
| 一、捶放方法           | 114 |
| 二、放边零件展开尺寸的计算    | 114 |
| 第三节 收边           | 115 |
| 一、收边方法           | 115 |
| 二、收边零件的展开计算      | 116 |
| 第四节 拔缘           | 116 |
| 一、自由拔缘的操作过程      | 117 |
| 二、胎型拔缘的操作过程      | 117 |
| 第五节 拱曲           | 118 |
| 一、冷拱曲            | 118 |
| 二、热拱曲            | 120 |
| 第六节 卷边           | 120 |
| 一、卷边零件展开尺寸的计算    | 120 |
| 二、卷边操作过程         | 121 |
| 三、应用实例           | 121 |
| 第七节 咬缝           | 123 |
| 一、咬缝的结构形式        | 123 |
| 二、咬缝操作           | 123 |
| 第八节 矫正           | 128 |
| 一、矫正的要领          | 128 |
| 二、矫正的方法          | 128 |
| 第五章 工模具成形        | 134 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第一节 弯曲            | 134 |
| 一、弯曲的基本原理及弯曲过程    | 134 |
| 二、弯曲件的展开方法        | 136 |
| 三、折弯设备            | 141 |
| 四、弯曲模具            | 150 |
| 五、冲压弯曲            | 153 |
| 六、卷弯              | 162 |
| 第二节 拉延            | 171 |
| 一、拉延的基本原理及变形过程分析  | 171 |
| 二、拉延工艺            | 173 |
| 三、拉延模具            | 187 |
| 四、压力机的选择及拉延模具的安装  | 193 |
| 五、其他方法拉延          | 194 |
| 第三节 局部成形和翻边       | 198 |
| 一、局部成形            | 198 |
| 二、翻边              | 199 |
| 第四节 缩口、缩颈、扩口和胀形   | 206 |
| 一、缩口              | 206 |
| 二、缩颈              | 210 |
| 三、扩口              | 211 |
| 四、胀形              | 212 |
| 第五节 成形            | 216 |
| 一、橡皮成形            | 216 |
| 二、液压成形            | 217 |
| 三、低熔点塑性物质成形       | 219 |
| 第六节 拉弯成形          | 219 |
| 一、拉弯设备            | 220 |
| 二、拉弯工艺            | 221 |
| 三、拉弯成形模具装置        | 222 |
| 第七节 旋压成形          | 223 |
| 一、基本原理            | 223 |
| 二、旋压工具及模具         | 224 |
| 三、旋压设备            | 226 |
| 四、旋压操作方法          | 227 |
| 五、实例              | 228 |
| 第八节 落料与冲孔         | 230 |
| 一、工艺分析            | 230 |
| 二、凸模和凹模间隙、刃口尺寸及公差 | 232 |
| 三、落料和冲孔力          | 236 |
| 四、落料与冲孔模          | 238 |
| 第九节 校平            | 245 |

|                       |     |                    |     |
|-----------------------|-----|--------------------|-----|
| <b>第六章 连接方法</b> ..... | 247 | 四、铆接的方法 .....      | 261 |
| 第一节 焊接 .....          | 247 | 五、铆接的优点及其局限性 ..... | 263 |
| 一、手工电弧焊 .....         | 247 | 第三节 螺纹连接 .....     | 263 |
| 二、气体保护电弧焊 .....       | 249 | 一、螺纹连接形式 .....     | 263 |
| 三、激光焊 .....           | 249 | 二、螺栓连接 .....       | 264 |
| 四、气焊 .....            | 250 | 第四节 金属粘接 .....     | 265 |
| 五、接触焊 .....           | 252 | 一、工作原理 .....       | 265 |
| 六、锻焊 .....            | 253 | 二、粘结剂 .....        | 265 |
| 七、钎焊 .....            | 254 | 三、接头设计 .....       | 267 |
| 八、减小焊接变形和应力的措施 .....  | 255 | 四、表面准备 .....       | 269 |
| 第二节 铆接 .....          | 257 | 五、粘结剂的调配 .....     | 269 |
| 一、铆接 .....            | 257 | 六、粘结剂的涂敷和固化 .....  | 270 |
| 二、铆接的形式 .....         | 259 | 七、粘接的优点和缺点 .....   | 270 |
| 三、铆钉直径、长度、孔径的确定 ..... | 260 | 八、安全实践 .....       | 271 |
|                       |     | 参考文献 .....         | 271 |

# 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，画线就是把制作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作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。

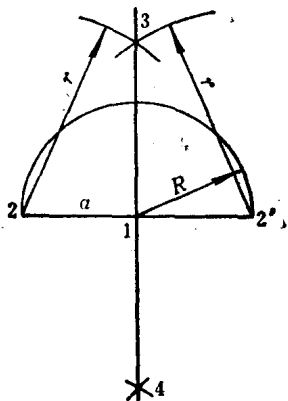


图1-1 中垂线法

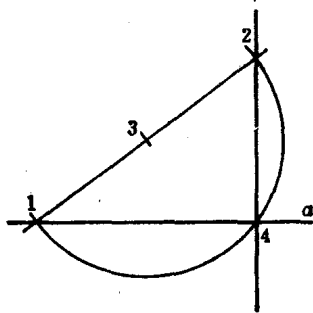


图1-2 半圆法

#### 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（ $\alpha = 1600$ ），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。

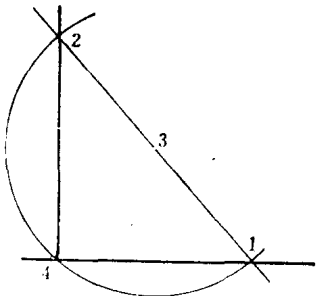


图1-3 直角线的画法

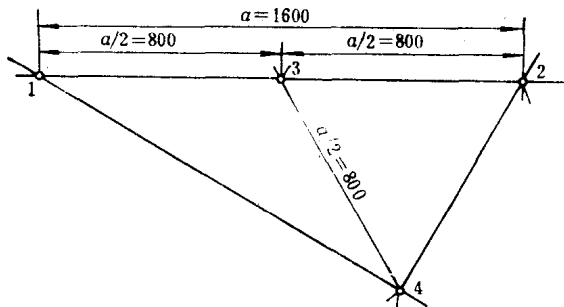
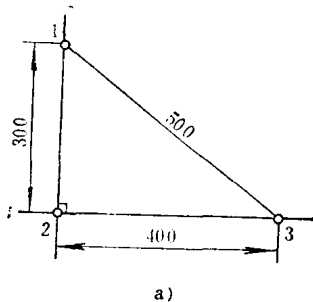
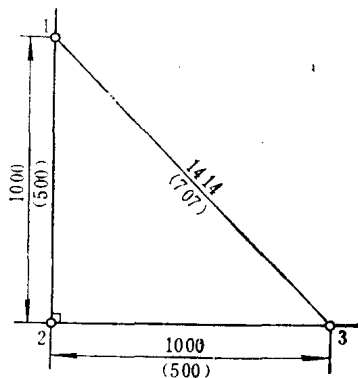


图1-4 用直尺作直角线的画法

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。



a)



b)

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。

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。

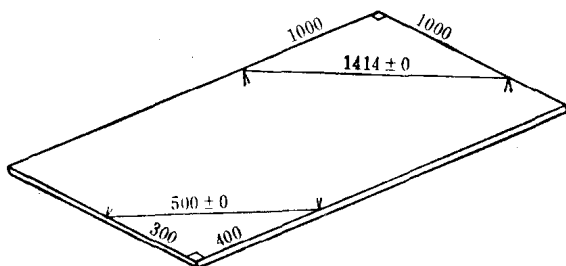


图1-6 钢板直角的检查方法

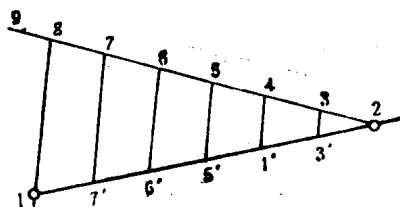


图1-7 等分线段法(一)

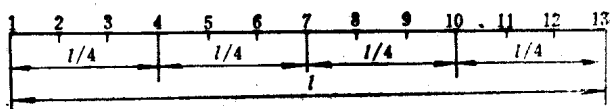


图1-8 等分线段法(二)

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。

### 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。

### 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。

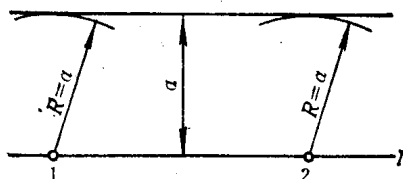


图1-9 平行线的作法

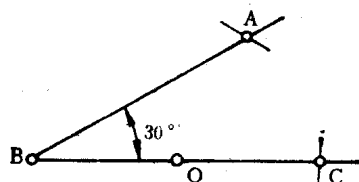


图1-10 30°角的作法

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。

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：首先在水平线上上任取一点  $O$ ，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°。

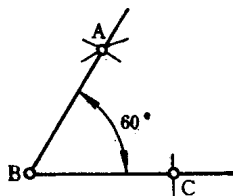


图1-11 60°角的作法

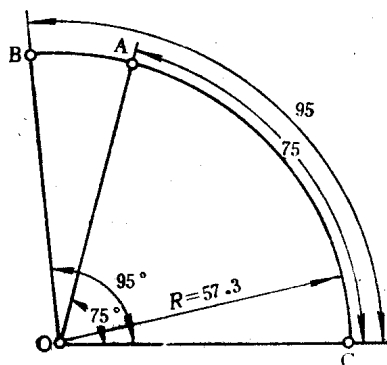


图1-12 任意角的作法

## 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。

**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。

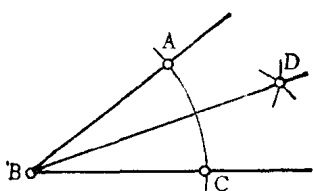


图1-13 角的二等分法

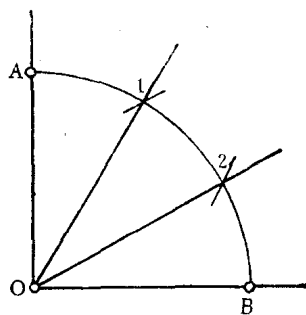


图1-14 直角的三等分法

**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AB，首先将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。

## 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。

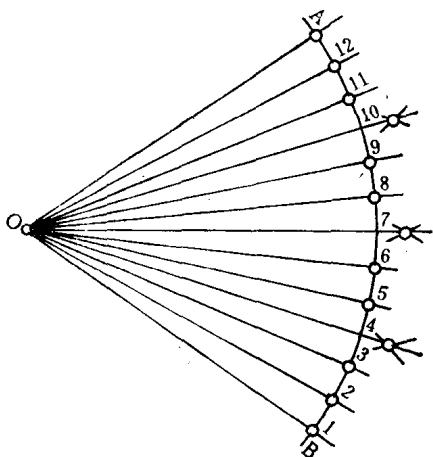


图1-15 角的十二等分法

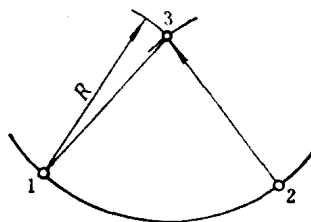


图1-16 圆弧的作法

**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。

## 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 $\widehat{AB}$ 弧四等分。

如果八等分 $\widehat{AB}$ 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。

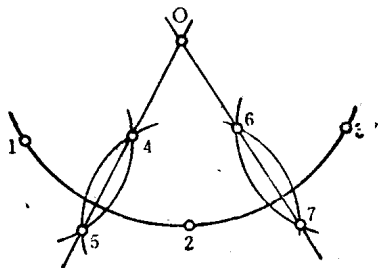


图1-17 圆弧的作法

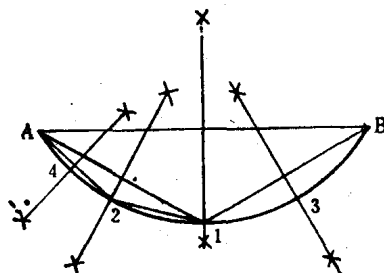


图1-18 圆弧四等分法

## 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。

### 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,  $O-4$ 为半径画圆弧连接两直线即为所求的连接圆弧。

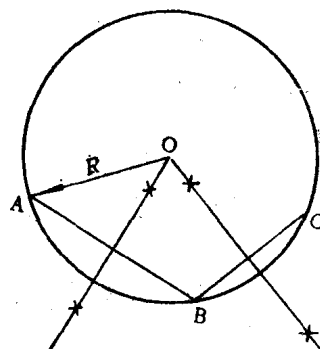
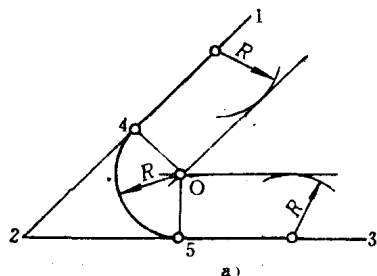
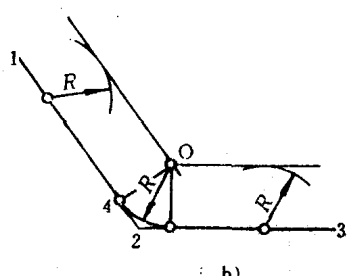


图1-19 过三定点作圆的方法

### 3. 用两个已知半径 $R$ 、 $r$ 连接三直线的方法



a)



b)

图1-20 用圆弧连接两条相交直线的作法

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。

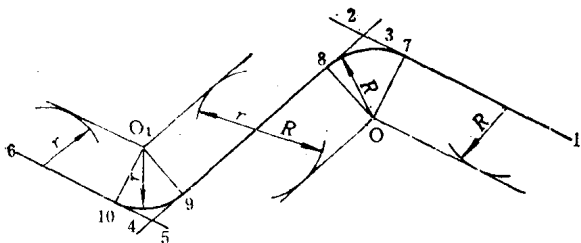


图1-21 用圆弧连接三直线的作法

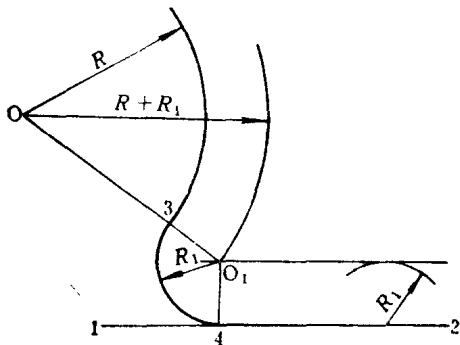


图1-22 用圆弧连接直线和圆弧的作法

### 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 $a-b$ 的斜度为1:6。

### 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。

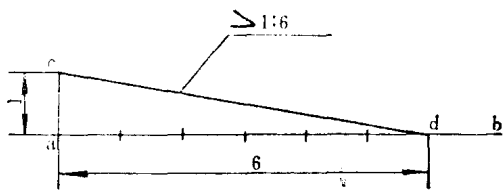


图1-23 倾斜线的作法

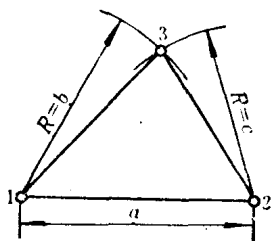


图1-24 三角形的作法

#### 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3、4。分别以直线连接各点, 即得出所求正方形。

#### 3. 矩形作法

已知两边长度 $a$ 和 $b$ 作一矩形, 如图1-26所示。作矩形的方法很多, 其中简便而准确的

要算对角线法。对角线的长度可以用图解法或通过计算得出。计算式为：

$$\text{对角线 } c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

用图解画法如图1-26a所示。先画两条平行线1—2和3—4，其距离等于已知宽度  $a$ 。在1—2和3—4线上分别取等于已知长度  $b$  的点为5、6、7、8。以点5为圆心，6—7对角线长为半径画圆弧与直线3—4相交，交点为9；连接点5及8—9之中点10，则5—10即为所求对角线  $c$ 。已知矩形对角线距离  $c$  和宽度  $a$ ，求作矩形的方法如图1-26b所示。

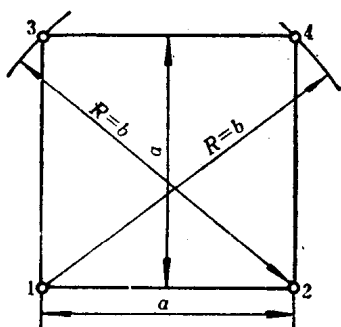
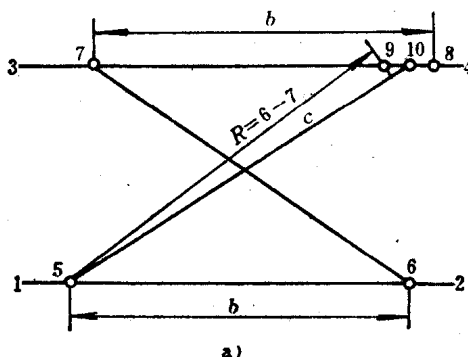


图1-25 正方形的作法

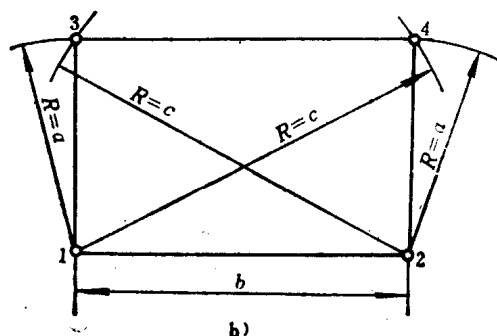


图1-26 矩形的作法

#### 4. 五边形作法

已知正五边形的外接圆，求作正五边形。作法如图1-27a所示。以O为圆心，作已知外接圆相互垂直的直径1—2和3—4，以O—2的中点5为圆心，3—5为半径画圆弧与1—O交于点6；以点3为圆心，3—6为半径画圆弧，所画圆弧与外接圆交于点7；以点7为圆心，3—7为半径画圆弧得与外接圆交点为8；以点8为圆心，3—7为半径画圆弧得与外接圆交点为9；以点9为圆心，3—7为半径画圆弧得与外接圆交点为10；点3、7、8、9、10为五边形顶点，分别以直线连接各点，即得出所求正五边形（图1-27b）

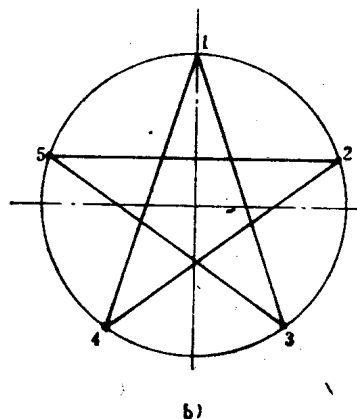
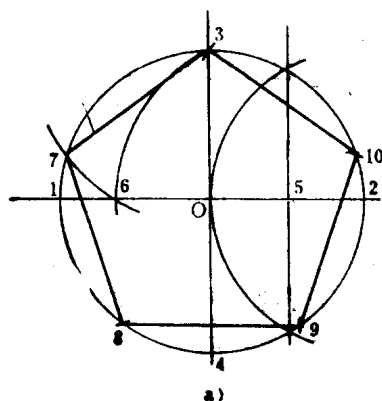


图1-27 正五边形的作法

### 5. 正六边形作法

已知外接圆，求正六边形如图1-28所示。以1—2为外接圆直径，O为圆心。分别以点1、2为圆心，O—1（或O—2）为半径画圆弧得与圆周交点为3、4、5、6，分别以直线连接各点，即得出所求的正六边形。

### 6. 正七边形的作法

已知正七边形的外接圆，求作正七边形如图1-29所示。A—B等于已知外接圆的直径，以点A、B分别为圆心，A—B为半径画圆弧得交点为7，7等分直径A—B得点1、2、3……6，以直线连接点7、2并延长与圆周交于点8，A—8则为七边形一边长度，用画规量取A—8间距，在圆周上逐次地截割，得点8、9、10、11、12、13，分别以直线连接各点，即得出所求的正七边形。

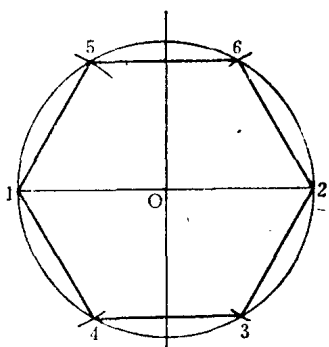


图1-28 正六边形的作法

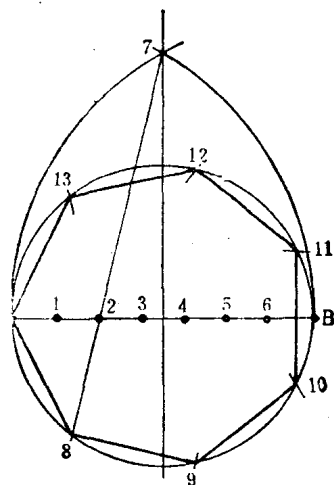


图1-29 正七边形的作法

### 7. 正八边形的作法

已知八边形的外接圆，求作正八边形如图1-30所示。1—2和3—4为已知外接圆的两相互垂直的直径，O为圆心；分别以点1、3为圆心，取任意长度为半径画圆弧得交点为5。连接点O、5得与圆周交点为6。以2、4分别为圆心，1—6（或6—3）为半径画圆弧得与圆周交点为7、8、9。以直线连接圆周各点，即得出所求正八边形。

## 九、圆及椭圆

### 1. 将圆周分成若干等分的方法

如图1-31所示，可应用画规逐次量出，等分段的长度 $p$ 可通过计算得出。已知直径 $D$ 和等分数 $n$ ，求弦长 $p$ 时，可利用计算器把已知条件代入公式求得，没有计算器可查用表1-1的系数进行计算，迅速而准确。

$$p = D \sin \frac{180^\circ}{n}$$

或

$$p = KD$$

例如：已知 $D=250\text{mm}$ ，等分数 $n=12$ ，由表1中查得12等分的系数 $K$ 为0.25882，

则

$$p = 0.25882 \times 250 = 64.705\text{mm}$$

或

$$p = 250 \sin \frac{180}{12} = 64.705\text{mm}$$

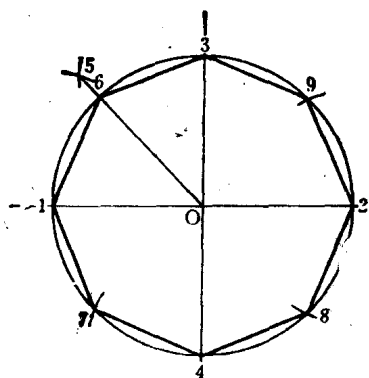


图1-30 正八边形的作法

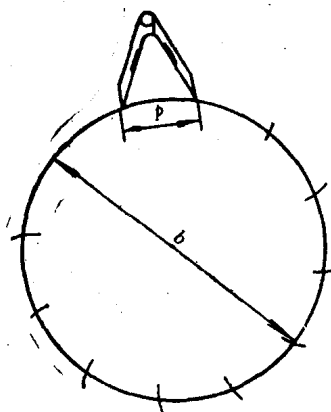


图1-31 等分圆周的方法

表1-1 圆周的等分系数K值

| n  | K       | n  | K       | n  | K       | n  | K       | n   | K       |
|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|
| 1  | 0.00000 | 21 | 0.14904 | 41 | 0.07655 | 61 | 0.05148 | 81  | 0.03878 |
| 2  | 1.00000 | 22 | 0.14231 | 42 | 0.07473 | 62 | 0.05065 | 82  | 0.03830 |
| 3  | 0.86603 | 23 | 0.13617 | 43 | 0.07300 | 63 | 0.04985 | 83  | 0.03784 |
| 4  | 0.70711 | 24 | 0.13053 | 44 | 0.07134 | 64 | 0.04907 | 84  | 0.03739 |
| 5  | 0.58779 | 25 | 0.12533 | 45 | 0.06976 | 65 | 0.04831 | 85  | 0.03695 |
| 6  | 0.50000 | 26 | 0.12054 | 46 | 0.06824 | 66 | 0.04758 | 86  | 0.03652 |
| 7  | 0.43388 | 27 | 0.11609 | 47 | 0.06679 | 67 | 0.04687 | 87  | 0.03610 |
| 8  | 0.38268 | 28 | 0.11196 | 48 | 0.06540 | 68 | 0.04618 | 88  | 0.03569 |
| 9  | 0.34202 | 29 | 0.10812 | 49 | 0.06407 | 69 | 0.04552 | 89  | 0.03529 |
| 10 | 0.30902 | 30 | 0.10453 | 50 | 0.06279 | 70 | 0.04486 | 90  | 0.03490 |
| 11 | 0.28173 | 31 | 0.10117 | 51 | 0.06156 | 71 | 0.04423 | 91  | 0.03452 |
| 12 | 0.25882 | 32 | 0.09802 | 52 | 0.06038 | 72 | 0.04362 | 92  | 0.03414 |
| 13 | 0.23932 | 33 | 0.09506 | 53 | 0.05924 | 73 | 0.04302 | 93  | 0.03377 |
| 14 | 0.22252 | 34 | 0.09227 | 54 | 0.05814 | 74 | 0.04244 | 94  | 0.03341 |
| 15 | 0.20791 | 35 | 0.08964 | 55 | 0.05709 | 75 | 0.04188 | 95  | 0.03306 |
| 16 | 0.19509 | 36 | 0.08716 | 56 | 0.05607 | 76 | 0.04132 | 96  | 0.03272 |
| 17 | 0.18375 | 37 | 0.08481 | 57 | 0.05509 | 77 | 0.04079 | 97  | 0.03238 |
| 18 | 0.17365 | 38 | 0.08258 | 58 | 0.05414 | 78 | 0.04027 | 98  | 0.03205 |
| 19 | 0.16459 | 39 | 0.08047 | 59 | 0.05322 | 79 | 0.03976 | 99  | 0.03173 |
| 20 | 0.15643 | 40 | 0.07846 | 60 | 0.05234 | 80 | 0.03926 | 100 | 0.03141 |

## 2. 椭圆的近似作图法

如图1-32所示,以长短轴的交点为圆心,  $a-b$  和  $c-d$  为直径作两个辅助圆,将 $\widehat{ab}$ 半圆分为若干等分(图为6等分),等分点为1、2……5。将各等分点与O连接,得与 $\widehat{cd}$ 圆交点为1'、2'……5'。由等分点1'、2'……5'引 $ab$ 的平行线,与由等分点1、2……5引的O—3的平行线得交点为1''、2''……5''。通过各点连成曲线,即得出所求椭圆。除上述椭圆的近似作法外,在实际作图时,椭圆也可用圆规近似画出。近似的作法很多,这里只介绍最常用的一种,如图1-33所示。已知长轴  $ab$  和短轴  $cd$ ,求作椭圆。以直线连接  $ac$ ,以O为圆心,  $Oa$  为半径画圆弧,与  $Oc$  延长线交点为1。以c为圆心,  $1-c$  为半径画圆弧,得与  $ac$  交点为2。以a和2分别为圆心,取适当长度为半径画圆弧得两交点并连成直线,此直线同 $ab$