

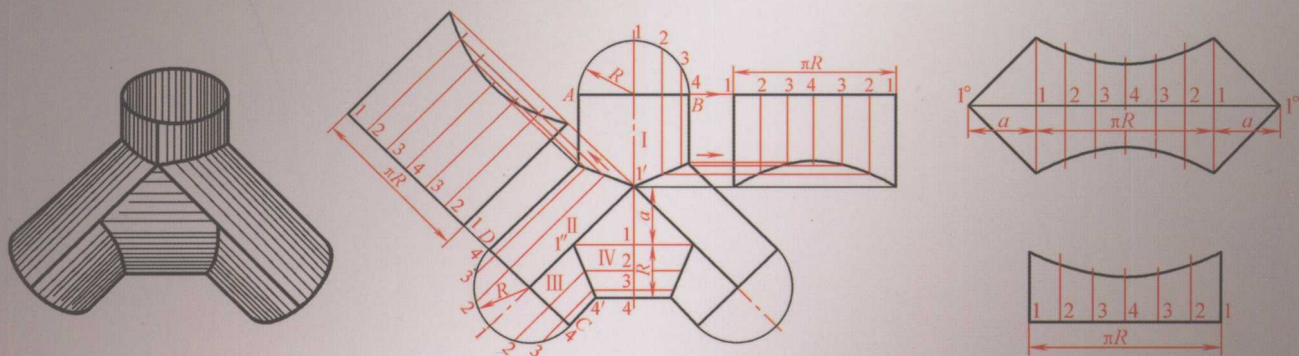


钣金职业技能培训系列教程

# 钣金放样技术

BAN JIN FANG YANG JI SHU

王爱珍◎编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



本书是依据劳动和社会保障部新颁布的《国家职业标准》及职业技能鉴定规范的要求而编写的厚知识、宽口径的“钣金职业技能培训系列教程”之一。主要内容有放样技术基础、立体表面展开放样、计算机绘图放样、放样施工图、放样施工技术以及典型钣金构件放样技术等。本书从传统绘图、计算机绘图、展开放样、备料检验与号料,直至典型钣金构件的放样过程,均由生产中的实际零件和典型构件为例逐步说明。本书还配有电子教案,同时章前设有导读、章后设有思考练习题。

本书既可作为机械、化工、汽车、航天、电器仪表等行业钣金技术人员的中、高级技能培训教材,又可作为机械类工程技术人员再修、高职及中专院校的专业教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

钣金放样技术/王爱珍编著. —北京:机械工业出版社, 2007.10

(钣金职业技能培训系列教程)

ISBN 978-7-111-22454-9

I. 钣… II. 王… III. 钣金工—制图—技术培训—教材 IV. TG38

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第152493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:徐彤 责任编辑:侯宪国 版式设计:霍永明

责任校对:姜婷 封面设计:王伟光 责任印制:杨曦

三河市国英印务有限公司印刷

2008年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.75印张·460千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-22454-9

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

# 前言

随着经济与科技的快速发展,各行业对高技能人才提出了数量、质量和结构的要求,快速培养掌握钣金技术的高级技工和技师已成为当务之急。针对这一需求,配合“国家高技能人才培养工程”,依据劳动和社会保障部新颁布的《国家职业标准》及职业技能鉴定规范的要求,特编写了该套厚知识、宽口径、高技能的钣金职业技能培训系列教程。

本系列教程按钣金成形顺序编排,分为《钣金放样技术》、《钣金加工技术》、《钣金连接技术》和《钣金表面技术》四本,各本书均系统地论述了钣金传统技术和新技术,又介绍了相关设备的工作原理和操作方法,涵盖了全部钣金技术和技能鉴定要点。同时,还贯穿“绘图、放样、备料、成形、拼装、装饰”这条主线,使各本书间紧密衔接、前呼后应,保持套书的整体性。

本系列教程的培训模式是使读者通过对每本书中应用实例的学习,不仅可学会多种典型钣金结构件的放样号料、加工成形、装配连接和表面处理的各种方法及其所应遵循的工艺原理和步骤,同时还可学会各种工艺的拟定及工装设计方法和各种设备的操作方法,为以后的职业等级资格取证和专业技术职务任职资格奠定良好的基础。

本系列教程不仅汇集了钣金成形过程所需的全部技术及设备,考虑到教学方便,还提供了生产实践中的案例,同时章前设有导读、章后设有思考练习题,并配有多媒体课件。

本系列教程由郑州轻工业学院王爱珍教授编著,在编写过程中参考了许多相关教材、同类培训读本和手册,采纳了有关企业技术和人力资源部门的建议和提供的各种典型实例由李烁、王世军、郑冰岩、郭霄、王世杰、李维海、符绍先、荆利杰、余显芳等帮助整理、绘集。在此一并致以衷心的感谢。

本系列教程既可作为机械、化工、汽车、航天、电器仪表等行业钣金技术人员的中、高级技能培训教材,又可作为机械类工程技术人员再修、高职及中专院校的专业教材。

《钣金放样技术》是本系列教材之一,主要内容为放样技术基础、立体表面展开放样、计算机绘图放样、放样施工图、放样施工技术以及典型钣金构件放样技术。从传统绘图、计算机绘图、展开放样、备料检验与号料,直至典型钣金构件的放样过程,均由生产中的实际零件和典型构件为例逐步说明。

钣金放样是钣金技术的基础,也是钣金制品成形的初步工序。该书既包括传统的机械工程识图和绘图的方法,又包括新的计算机绘图方法;既有展开图、放样图和施工图,还有以典型构件施工图为例的综合放样图。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有不妥之处,敬请广大读者和专家批评指教,不胜感激。

作者 王爱珍

# 目 录

## 前言

## 第1章 放样技术基础 ..... 1

### 1.1 基本图形绘制..... 1

#### 1.1.1 平面几何作图..... 1

#### 1.1.2 立体投影作图 ..... 16

#### 1.1.3 组合体投影作图 ..... 19

### 1.2 线段实长求作 ..... 26

#### 1.2.1 直线段实长求作 ..... 26

#### 1.2.2 曲线段实长求作 ..... 30

### 1.3 平断面实形求作 ..... 32

#### 1.3.1 平面实形求作 ..... 32

#### 1.3.2 断面实形求作 ..... 35

#### 1.3.3 断面实形应用 ..... 38

### 思考练习题 ..... 40

## 第2章 表面展开放样 ..... 41

### 2.1 展开结构分析 ..... 41

#### 2.1.1 表面素线分布规律 ..... 41

#### 2.1.2 表面曲线可展性分析 ..... 46

#### 2.1.3 表面展开基本方法 ..... 48

### 2.2 作图法展开放样 ..... 51

#### 2.2.1 柱面构件展开 ..... 51

#### 2.2.2 锥面构件展开 ..... 60

#### 2.2.3 平面构件展开 ..... 67

#### 2.2.4 球面构件展开 ..... 71

### 2.3 计算法展开放样 ..... 74

#### 2.3.1 曲面构件计算展开 ..... 74

#### 2.3.2 螺面球面计算展开 ..... 86

#### 2.3.3 平面构件计算展开 ..... 95

### 2.4 结构处理方法 ..... 99

#### 2.4.1 弯板厚度处理 ..... 99

#### 2.4.2 简单件厚度处理..... 104

#### 2.4.3 相贯件接口处理..... 107

### 思考练习题 ..... 108

## 第3章 计算机绘图放样 ..... 110

### 3.1 AutoCAD 绘图基础 ..... 110

#### 3.1.1 软件界面及操作..... 110

#### 3.1.2 图形创建与管理..... 116

#### 3.1.3 图形绘制与编辑..... 122

### 3.2 平板件绘图放样..... 124

#### 3.2.1 连接板放样..... 124

#### 3.2.2 挂钩件放样..... 131

#### 3.2.3 气缸垫片放样..... 133

### 3.3 结构件绘图放样..... 138

#### 3.3.1 炉体壳放样..... 138

#### 3.3.2 气缸体放样..... 147

### 思考练习题 ..... 161

## 第4章 放样施工图样 ..... 162

### 4.1 放样施工图技术要求..... 162

#### 4.1.1 冷作表面质量..... 162

#### 4.1.2 冷作加工精度..... 168

#### 4.1.3 冷作极限及公差..... 180

### 4.2 焊接结构图..... 188

#### 4.2.1 焊接图表达方法..... 188

#### 4.2.2 焊接图标注方法..... 194

#### 4.2.3 焊接图绘制方法..... 198

### 4.3 连接结构图..... 200

#### 4.3.1 连接图表达方法..... 200

#### 4.3.2 连接图绘制方法..... 207

### 思考练习题 ..... 209

## 第5章 放样施工技术 ..... 211

### 5.1 放样施工准备..... 211

#### 5.1.1 钣金材质检验..... 211

#### 5.1.2 钣金形状矫正..... 219

#### 5.1.3 矫正工艺方法..... 223

### 5.2 放样施工工艺..... 236

#### 5.2.1 放样图及其应用..... 236

#### 5.2.2 放样程序及过程..... 239

#### 5.2.3 样板及样杆制作..... 250

### 5.3 放样号料技术..... 253

#### 5.3.1 划线号料程序..... 253

#### 5.3.2 号料技术方法..... 255

#### 5.3.3 型钢切口号料..... 258

### 思考练习题 ..... 261

## 第6章 典型钣金件放样技术 ..... 263

|                      |     |                       |     |
|----------------------|-----|-----------------------|-----|
| 6.1 板壳类构件的放样.....    | 263 | 6.2.2 压缩空气储气包的放样..... | 280 |
| 6.1.1 通风机机壳的放样.....  | 263 | 6.3 支架类构件的放样.....     | 283 |
| 6.1.2 除尘器筒体的放样.....  | 266 | 6.3.1 管道支架的放样.....    | 283 |
| 6.1.3 螺旋送料管道的放样..... | 273 | 6.3.2 压力机架的放样.....    | 287 |
| 6.2 容器类构件的放样.....    | 276 | 思考练习题 .....           | 291 |
| 6.2.1 物料集粉装置的放样..... | 276 | 参考文献 .....            | 292 |

# 第1章 放样技术基础

**导读** 本章主要介绍钣金件几何作图方法、计算作图方法、平面图形绘制及标注、投影作图原理及对应规律、结合线投影规律以及构件线段实长和面实形求作方法。

本章重点是钣金件的基本图形绘制与尺寸标注方法，难点是结合线投影规律、构件线段实长及面实形的求作方法，要点是将钣金结构或零部件按比例在规定的图样上绘出结构总图和零部件工作图，并注明尺寸及技术要求。

## 1.1 基本图形绘制

### 1.1.1 平面几何作图

平面图形是由直线、圆弧和非圆曲线组成。钣金图样中常见的有正多边形、矩形、直角三角形和等腰三角形、圆和椭圆以及包含圆弧连接的复杂图形等。

#### 1.1.1.1 基本几何作图

##### (1) 等分线段与角作图

1) 等分线段。等分线段可用试分法(见图 1-1a)和平行线法(见图 1-1d)。试分法作图时，对已知线段凭目测用圆规进行等分，而平行线法则是分成如下三步依次进行。

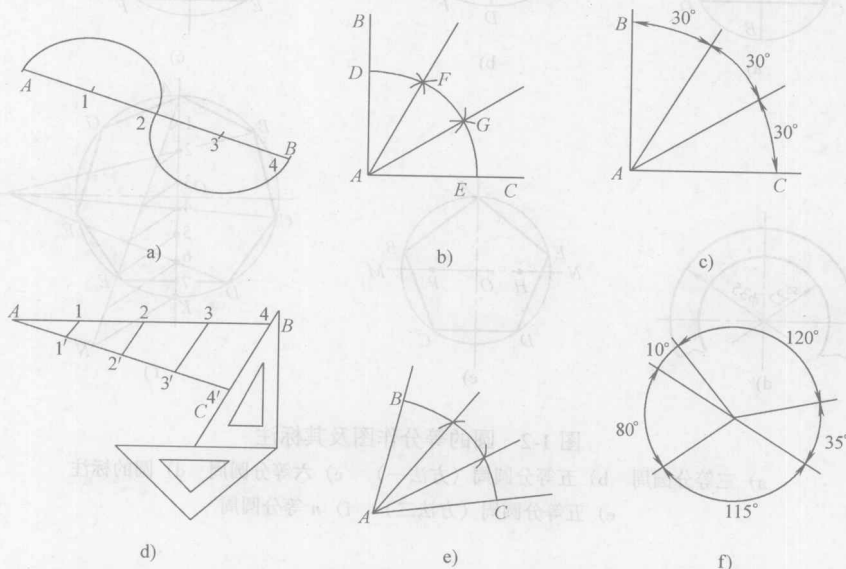


图 1-1 线段与角等分作图及标注

a) 试分法 b) 三等分直角 c) 直角标注法 d) 平行线法 e) 等分任意角 f) 周角标注法

首先,过端点  $A$  作直线  $AC$ ,与已知线段  $AB$  成任意锐角。然后,再用圆规在  $AC$  上任意取等长各分点。最后,连接线段  $4'B$ ,并且分别过  $3'$ 、 $2'$ 、 $1'$  各点作  $4'B$  的平行线,即得出  $AB$  线段上的  $3$ 、 $2$ 、 $1$  各等分点。

2) 三等分直角。如图 1-1b 所示,三等分直角的作图步骤如下:

首先,以  $A$  为圆心,任意长  $R$  为半径画弧,与两边交于  $D$ 、 $E$  两点。然后,再分别以  $D$ 、 $E$  点为圆心,  $R$  为半径画弧,两圆弧分别与第一个圆弧交于  $G$ 、 $F$ 。最后,分别连接线段  $AF$ 、 $AG$  并延伸成射线,则三等分直角完成。

3) 等分任意角。如图 1-1e 所示,试等分任意角步骤如下:首先,以角顶点  $A$  为圆心,以任意长为半径画弧  $BC$ ,试分三等分。然后,再用圆规一次截取弧  $BC$  长的  $1/3$ ,试分并调整圆规,直至将弧  $BC$  长分尽。最后,将角顶点  $A$  与各分点连接,等分角。

各种角的尺寸标注方法,如图 1-1c、f 所示。

## (2) 等分圆周作图

1) 三等分圆周。用作正三角形的方法三等分圆周,如图 1-2a 所示,其作图步骤如下:

首先,过已知圆心  $O$  点作直线  $AB$ 。然后,再以  $B$  点为圆心,  $BO$  为半径作圆弧与已知圆相交,得交点  $C$  及  $D$ 。最后,连接  $AC$ 、 $CD$ 、 $DA$ ,即得一等边三角形,  $A$ 、 $C$ 、 $D$  三点将圆周三等分。

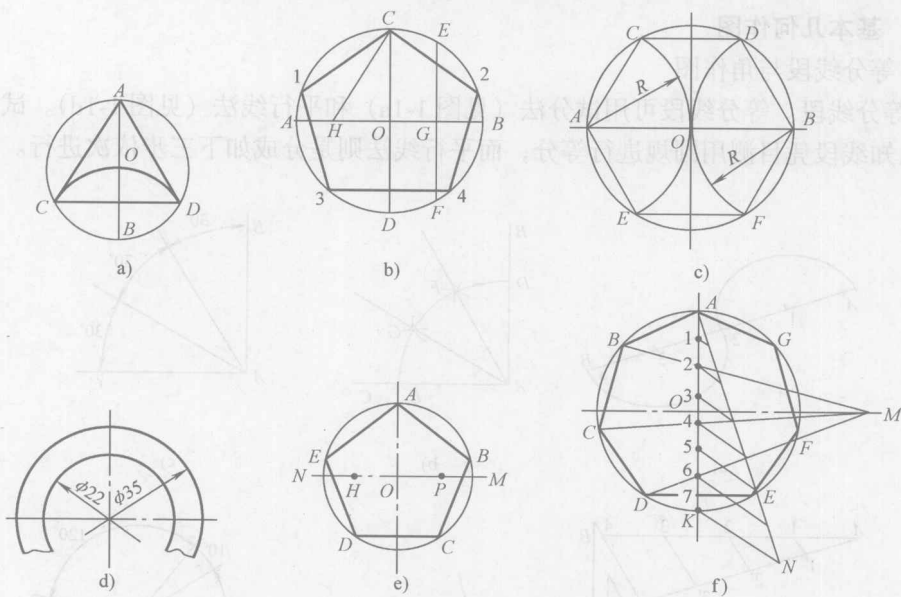


图 1-2 圆的等分作图及其标注

- a) 三等分圆周 b) 五等分圆周 (方法一) c) 六等分圆周 d) 圆的标注  
e) 五等分圆周 (方法二) f)  $n$  等分圆周

2) 五等分圆周。可用两种作正五边形法五等分圆周,如图 1-2b、e 所示。

如图 1-2b 所示方法的作图步骤如下:

首先,过圆心  $O$  作  $AB$ 、 $CD$  两条相互垂直的直线。再以  $B$  点为圆心,  $BO$  为半径画

弧,与圆周交于  $E$ 、 $F$  两点。然后,连接  $EF$  两点,与  $AB$  交于  $G$  点,以  $G$  点为圆心,  $GC$  为半径画弧交于  $AB$  于  $H$  点,连接  $CH$  两点。最后,以  $C$  点为圆心,  $CH$  为半径画弧,交于圆周上 1、2 两点,再分别以 1、2 点为圆心,半径不变画弧,得出交点 3、4。这时所得出的  $C$ 、1、2、3、4 各点将圆周五等分,相邻点依次连接后即得一正五边形。

如图 1-2e 所示方法的作图步骤则不同,其步骤如下:

首先,平分半径  $OM$  得点  $P$ ,以  $P$  为圆心、 $PA$  为半径画弧,交  $ON$  于点  $H$ 。然后,从  $A$  点开始,取  $HA$  为边长等分圆周,获得  $E$ 、 $D$ 、 $C$ 、 $B$  等分点,依次连接各点后即得正五边形。

3) 六等分圆周。六等分圆周可用作正六边形法,利用半径六等分圆周,如图 1-2c 所示。以已知圆直径的两端点  $A$ 、 $B$  为圆心,以已知圆半径  $R$  为半径画弧交圆周分别得  $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$  点,依次连接各点,即得正六边形,并将圆六等分。

同理,  $n$  等分圆周可作正  $n$  边形,如图 1-2f 所示,以正七边形为例作图,步骤如下:

首先,将过圆心的已知垂线  $AK$  七等分,再以  $A$  点为圆心,  $AK$  为半径画弧,交水平直径的延长线于  $M$  点。然后,再延长连线  $M2$ 、 $M4$ 、 $M6$  与圆周交于  $B$ 、 $C$ 、 $D$  点,同时作出相对于  $AK$  垂线的对称点  $G$ 、 $F$ 、 $E$ 。最后依次连接即得正七边形,并将圆周七等分。

圆的尺寸标注方法如图 1-2d 所示。

### (3) 非圆曲线作图

1) 椭圆形作图。在已知长轴和短轴的条件下,可采用四心圆法近似地画椭圆,如图 1-3a 所示,其作图步骤如下:

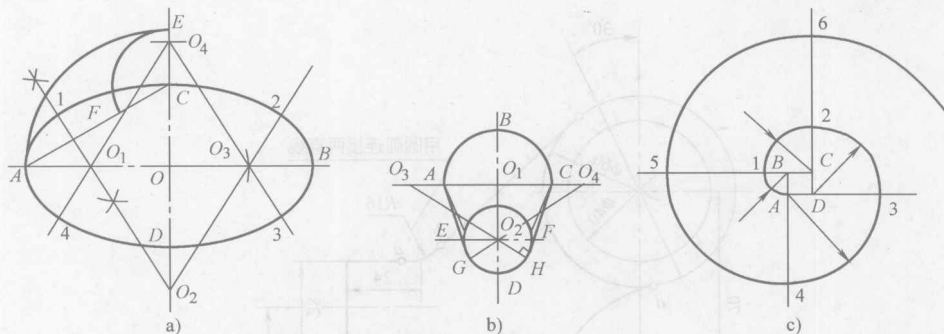


图 1-3 非圆曲线作图

a) 画椭圆 b) 画卵形 c) 画螺旋线

首先作两条相互垂直的中心线,分别量取长轴  $AB$ 、短轴  $CD$ ,同时连接  $AC$  两点成一线段。再以  $O$  为圆心、 $OA$  为半径画弧,与  $CD$  的延长线交于点  $E$ 。

以点  $C$  为圆心,  $CE$  为半径画弧,然后,与  $AC$  交于点  $F$ ,作  $AF$  的垂直平分线,交  $AB$  于  $O_1$ ,交  $CD$  于  $O_2$ 。再以  $O$  为圆心、 $OO_1$  为半径画弧,交  $OB$  于  $O_3$ ,并以  $O$  为圆心、 $OO_2$  为半径画弧,交  $OC$  于  $O_4$ 。 $O_1$ 、 $O_2$ 、 $O_3$ 、 $O_4$  分别是 4 段圆弧的圆心。

最后,先分别连接  $O_1O_2$ 、 $O_2O_3$ 、 $O_3O_4$ 、 $O_4O_1$ ,并适当延长,得 4 段圆弧的分界线。再分别以  $O_1$ 、 $O_2$ 、 $O_3$ 、 $O_4$  为圆心,以  $O_1A$ 、 $O_2C$ 、 $O_3B$ 、 $O_4D$  为半径,作 4 段相连圆

弧, 即得一近似椭圆。

2) 卵形作图。图 1-3b 所示为已知卵形的长  $BD$  和宽  $AC$ , 卵形的作图步骤如下: 首先作两条相互垂直的中心线, 交于  $O_1$  点并量取宽  $AC$  并将  $O_1$  作为  $AC$  的中点。再以  $O_1$  为圆心, 以宽  $AC$  的一半 (即  $O_1A$ ) 为半径画一半圆, 与  $AC$  的垂直平分线交于  $B$  点并得到卵形的大头  $ABC$ 。

然后在中心线  $BD$  上, 从  $B$  点量取长度  $BD$ , 找出  $D$  点。以  $D$  点为圆心, 以小头  $r$  为半径画弧, 与  $BD$  交于  $O_2$  点。再以  $O_2$  为圆心,  $r$  为半径画圆, 并通过  $O_2$  作与  $AC$  的平行线, 交小圆周水平中心线的延长线上于  $E$ 、 $F$  两点。最后, 连接  $AE$  和  $CF$  并延长, 与小圆交于  $G$  和  $H$  点。先通过  $G$  和  $O_2$  作直线, 与  $AC$  交于  $O_4$  点。再通过  $H$  和  $O_2$  作直线, 与  $AC$  交于  $O_3$  点。并分别以  $O_3$  和  $O_4$  为圆心, 以  $O_3C$  为半径画弧连接  $C$  与  $H$ 、 $A$  与  $G$ , 便可得出卵形。

3) 螺旋线作图。图 1-3c 所示为已知正方形  $ABCD$ , 分别以 4 个已知顶点为圆心, 近似地作一螺旋线, 其作图步骤为: 首先分别延长  $BA$ 、 $CB$ 、 $DC$ 、 $AD$  线段, 再以  $B$  为圆心、 $BA$  为半径, 从  $A$  点作  $1/4$  圆周至 1 点。然后, 以  $C$  为圆心、 $C1$  为半径, 从 1 点作  $1/4$  圆周至 2 点, 再依次以  $D$  为圆心、 $D2$  为半径, 从 2 点做  $1/4$  圆周至 3 点, 以  $A$  为圆心,  $A3$  为半径, 从 3 点作  $1/4$  圆周至 4 点, 至此完成螺旋线第一转。用同样方法递推, 可作出以后各转。

(4) 圆弧连接作图

1) 作图原理。圆弧连接是指用已知半径的圆弧, 光滑地连接相邻两已知线段或圆弧的作图方法, 如图 1-4 所示。

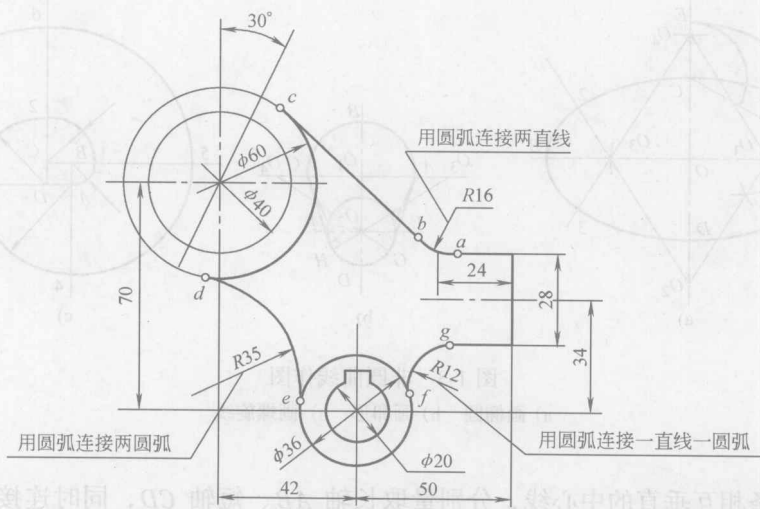
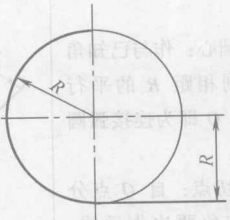
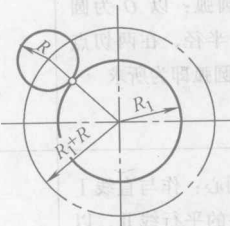
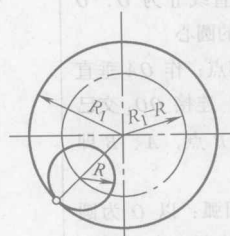


图 1-4 冲压件图样上的各种圆弧连接及尺寸标注

圆弧连接的关键是保证连接圆弧与已知线段或圆弧相切, 即必须正确作出连接圆弧的圆心和切点 (即连接点  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$ 、 $g$ )。

工程上常用的连接有直线与直线、直线与圆弧、圆弧与圆弧, 而两个圆弧的连接又有内切和外切之分, 其切点位置与连接圆弧的轨迹有关, 见表 1-1。

表 1-1 圆弧连接的圆心轨迹及切点位置

| 分 类             | 圆弧连接图形                                                                             | 圆心及切点位置确定                                                                    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 圆弧与直线连接<br>(相切) |   | 1) 连接弧圆心的轨迹为一平行于已知直线的直线，两直线的垂直距离为连接弧的半径 $R$<br>2) 由圆心向已知直线作垂线，其垂足即为切点        |
| 圆弧与圆弧连接<br>(外切) |   | 1) 连接弧圆心的轨迹为已知圆弧的同心圆，该圆的半径为两圆弧半径之和 ( $R + R_1$ )<br>2) 两圆心的连线与已知圆弧的交点即为切点    |
| 圆弧与圆弧连接<br>(内切) |  | 1) 连接弧圆心的轨迹为已知圆弧的同心圆，该圆的半径为两圆弧半径之差 ( $R_1 - R$ )<br>2) 两圆心连线的延长线与已知圆弧的交点即为切点 |

2) 作图步骤。各种连接的作图步骤见表 1-2 所示，圆弧连接的作图步骤可以归纳为如下四步：

第一步：根据圆弧连接的作图原理，求出连接圆弧的圆心。

第二步：求出切点位置。

第三步：用连接圆弧半径过切点画连接弧。

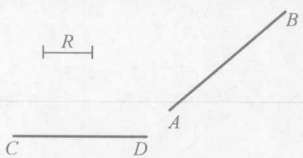
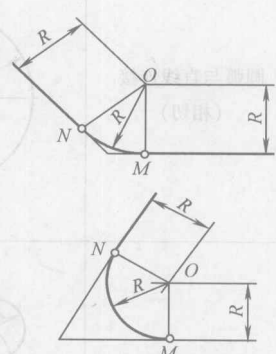
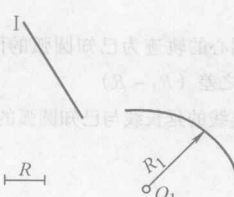
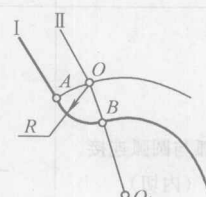
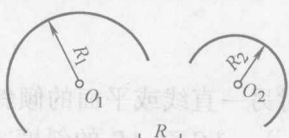
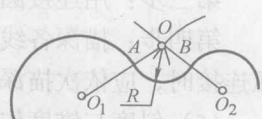
第四步：描深各线，应先描深圆弧，后描深直线，以便保证圆弧连接光滑。当有几个圆弧连接时，应依次描深接头，避免同时连接两端。

#### (5) 斜度与锥度作图

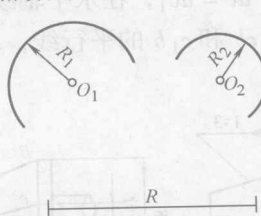
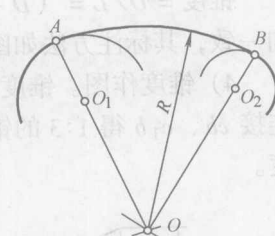
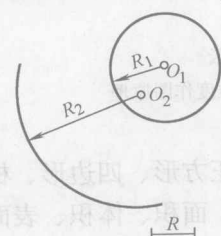
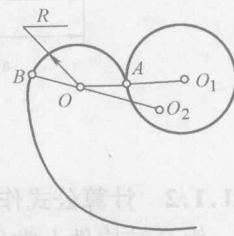
1) 斜度符号及标注。斜度是指一直线或平面相对另一直线或平面的倾斜程度，其大小用该两直线或两平面间的夹角的正切表示（见图 1-5a）， $AC$  对  $AB$  的斜度  $= BC/AB = H/L$ ，即  $\tan \alpha = H/L$ 。

在图样中，一般将斜度化成  $1:N$  ( $= H/N$ ) 的形式表示，其标注形式如图 1-5c 所示，斜度符号为“ $\angle$ ”，其方向应与所画斜度方向一致。

表 1-2 圆弧连接的作图条件及步骤

| 分 类            | 已知条件及要求                                                                                                                                                                                                                                                    | 作 图 步 骤                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 图 形                                                                                  |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 圆弧连接两直线        | <p>已知：相交两直线 <math>AB</math>、<math>CD</math></p> <p>求作：半径为 <math>R</math> 的圆弧与 <math>AB</math>、<math>CD</math> 两直径相切</p>  <p>(以锐角和钝角相交为例)</p>                              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 求圆心：作与已知角两边分别相距 <math>R</math> 的平行线，交点 <math>O</math> 即为连接弧圆心</li> <li>2) 求切点：自 <math>O</math> 点分别向已知角两边作垂线，垂足 <math>M</math>、<math>N</math> 即为切点</li> <li>3) 作圆弧：以 <math>O</math> 为圆心、<math>R</math> 为半径，在两切点间画连接圆弧即为所求</li> </ol>                                                                                                                                                                 |    |
| 圆弧连接直线和圆弧      | <p>已知：连接半径为 <math>R_1</math> 的圆弧和直线 <math>AB</math></p> <p>求作：半径为 <math>R</math> 的圆弧外切于直线 <math>I</math> 和半径为 <math>R_1</math> 圆弧</p>                                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 求圆心：作与直线 <math>I</math> 距离为 <math>R</math> 的平行线 <math>II</math>，以 <math>O_1</math> 为圆心、<math>R + R_1</math> 为半径作弧交直线 <math>II</math> 为 <math>O</math>，<math>O</math> 即为所求的圆心</li> <li>2) 求切点：作 <math>OA</math> 垂直于直线 <math>I</math>，连接 <math>OO_1</math> 交已知圆弧于 <math>B</math> 点，<math>A</math>、<math>B</math> 即切点</li> <li>3) 作圆弧：以 <math>O</math> 为圆心、<math>R</math> 为半径，在两切点之间画圆弧完成作图</li> </ol> |   |
| 圆弧连接两圆弧<br>外连接 | <p>已知：半径为 <math>R_1</math>、<math>R_2</math>，圆心为 <math>O_1</math>、<math>O_2</math> 的两个圆弧</p> <p>求作：半径为 <math>R</math> 的圆弧与 <math>O_1</math>、<math>O_2</math> 两圆弧相外切</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 求圆心：以 <math>O_1</math> 为圆心、<math>R_1 + R</math> 为半径，<math>O_2</math> 为圆心、<math>R_2 + R</math> 为半径分别画圆弧，两圆弧之交点 <math>O</math> 即为所求的圆心</li> <li>2) 求切点：连接 <math>O_1O</math> 和 <math>O_2O</math> 与已知圆弧的交点 <math>A</math>、<math>B</math> 即为切点</li> <li>3) 作圆弧：以 <math>O</math> 为圆心、<math>R</math> 为半径，在两切点之间画圆弧完成作图</li> </ol>                                                                          |  |

(续)

| 分类      | 已知条件及要求                                                                                                                                                                                                                                                              | 作图步骤                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 图 形                                                                                  |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 圆弧连接两圆弧 | <p>混合连接</p> <p>已知：半径为 <math>R_1</math>、<math>R_2</math>，圆心为 <math>O_1</math>、<math>O_2</math> 的两个圆弧<br/>求作：半径为 <math>R</math> 的圆弧与 <math>O_1</math>、<math>O_2</math> 两圆弧相内切</p>     | <p>1) 求圆心：分别以 <math>R - R_1</math> 和 <math>R - R_2</math> 为半径、<math>O_1</math> 和 <math>O_2</math> 为圆心画弧，相交于 <math>O</math> 点，即为所求圆心</p> <p>2) 求切点：<math>O_1O</math> 和 <math>O_2O</math> 连接的延长与已知圆弧交点 <math>A</math>、<math>B</math> 即为切点</p> <p>3) 作圆弧：以 <math>O</math> 为圆心、<math>R</math> 为半径，在两切点之间画圆弧完成作图</p> |    |
|         | <p>内连接</p> <p>已知：半径为 <math>R_1</math>、<math>R_2</math>，圆心为 <math>O_1</math>、<math>O_2</math> 的两个圆弧<br/>求作：半径为 <math>R</math> 的圆弧与 <math>O_1</math> 弧相外切 <math>O_2</math> 弧相内切</p>  | <p>1) 求圆心：分别以 <math>R + R_1</math> 和 <math>R - R_2</math> 为半径、<math>O_1</math> 和 <math>O_2</math> 为圆心画弧，相交于 <math>O</math> 点，即为所求圆心</p> <p>2) 求切点：<math>OO_1</math>、<math>OO_2</math> 连线或其延长线与已知圆弧交点 <math>A</math>、<math>B</math> 即为切点</p> <p>3) 作圆弧：以 <math>O</math> 为圆心、<math>R</math> 为半径，在两切点之间画圆弧完成作图</p> |  |

2) 斜度作图。以图 1-5b 的槽钢为例，已知其斜面的斜度为  $1:6$ ，并用 24 和 12 两个尺寸给出  $K$  点的位置，作出此斜面。

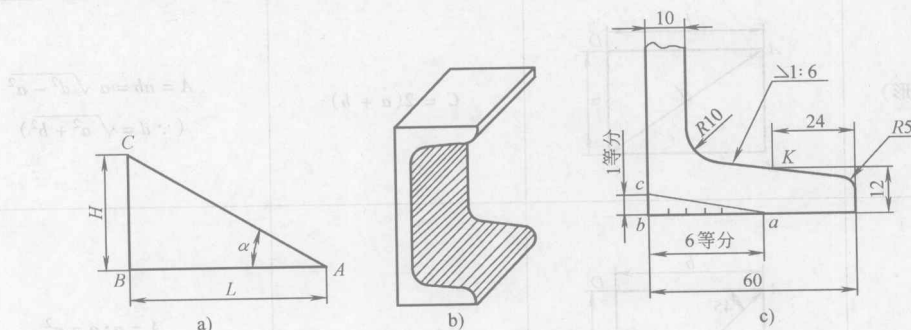


图 1-5 斜度标注及其画法

a) 斜度 b) 槽钢 c) 画法及标注

斜面的作图步骤一般是：先在槽钢左下角取一点  $b$ ，并在左侧垂线上由  $b$  点向上取 1 个等分（等分长度可自己确定，但为便于准确作图不宜取得太小，至少为 5mm）至  $c$  点。然

后,再由  $b$  点向右水平线取 6 个等分至  $a$  点。连接  $a$ 、 $c$  两点成  $ac$  线,则  $ac$  的斜度即为 1:6。最后过  $K$  点作  $ac$  的水平线即为所求画的斜面。

3) 锥度符号及标注。锥度是指正圆锥体底圆直径与圆锥高度之比,或正圆锥台两底圆直径之差与锥台高度之比,如图 1-6a 所示。

锥度  $= D/L = (D - d)/l = 2\tan\alpha = 1:N$ , 锥度符号为 “ $\triangleright$ ”, 其方向应与所画锥度方向一致,其标注方法如图 1-6b 所示。

4) 锥度作图。锥度的作图过程如图 1-6c 所示,取  $ac = ac_1$ , 在水平轴线上取  $ab = 3cc_1$ , 连接  $cb$ 、 $c_1b$  得 1:3 的锥度辅助线;过  $B$ 、 $B_1$  分别作  $cb$  和  $c_1b$  的平行线,即为所求画的锥度。

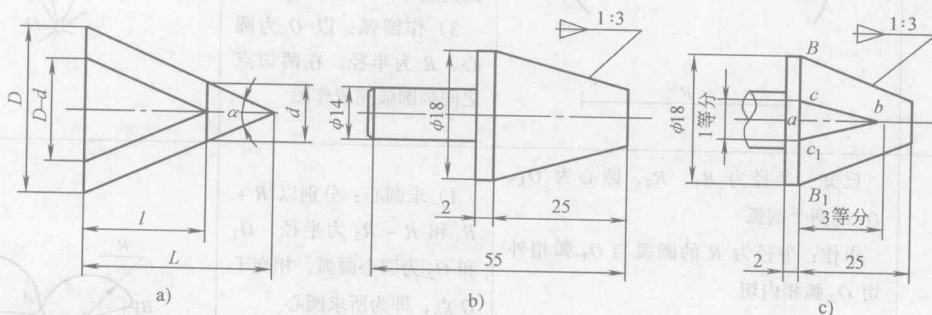


图 1-6 锥度标注及其画法

a) 锥度尺寸示意 b) 锥度标注 c) 锥度作图原理

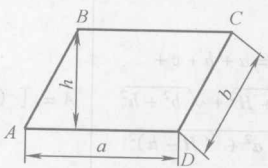
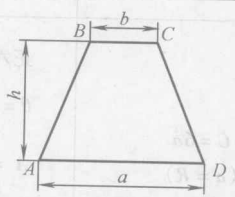
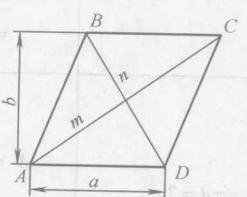
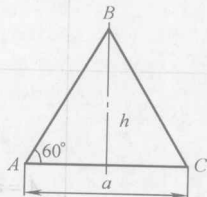
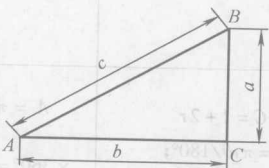
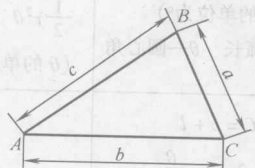
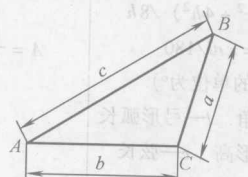
### 1.1.1.2 计算公式作图

钣金结构件上常见的各种简单几何图形,如矩形、正方形、四边形、梯形、菱形、三角形、六角形、圆形及椭圆形等,也可利用其各自的周长、面积、体积、表面积及侧表面积等数学公式计算(见表 1-3 和表 1-4)作图或直接下料。

表 1-3 常用几何图形周长和面积的计算公式

| 几何名称     | 几何图形 | 周长 ( $C$ ) 公式  | 面积 ( $A$ ) 公式                                                                 |
|----------|------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 矩形 (长方形) |      | $C = 2(a + b)$ | $A = ab = a \sqrt{d^2 - a^2}$<br>( $\because d = \sqrt{a^2 + b^2}$ )          |
| 正方形      |      | $C = 4a$       | $A = a \cdot a = a^2$<br>$a = d \sin 45^\circ = 0.7071 d$<br>$A = 0.4999 d^2$ |

(续)

| 几何名称  | 几何图形                                                                                | 周长 (C) 公式       | 面积 (A) 公式                                                                     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 平行四边形 |    | $C = 2(a + b)$  | $A = ah$                                                                      |
| 梯形    |    |                 | $A = \frac{1}{2}(a + b)h$<br>$A = mh$<br>(m 是梯形中位线的长度)                        |
| 菱形    |    | $C = 4a$        | $A = ah$<br>$A = \frac{1}{2}mn$<br>(m、n 是两对角线的长度)                             |
| 等边三角形 |   | $C = 3a$        | $A = \frac{1}{2}ah = 0.433a^2$<br>( $\because h = a \sin 60^\circ = 0.866a$ ) |
| 直角三角形 |  | $C = a + b + c$ | $A = \frac{1}{2}ab$<br>斜边 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$                              |
| 锐角三角形 |  | $C = a + b + c$ | $A = \frac{1}{2}b\sqrt{a^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2b}\right)^2}$      |
| 钝角三角形 |  | $C = a + b + c$ | $A = \frac{1}{2}b\sqrt{a^2 - \left(\frac{c^2 - a^2 - b^2}{2b}\right)^2}$      |

(续)

| 几何名称   | 几何图形 | 周长 (C) 公式                                                                                                                                                                                          | 面积 (A) 公式                                                                                                                                                                                                  |
|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 非平行四边形 |      | $C = a + b + c + \sqrt{c^2 + H^2} + \sqrt{b^2 + h^2} + \sqrt{a^2 + (H - h)^2}$                                                                                                                     | $A = [(H + h)a + bh + cH] / 2$                                                                                                                                                                             |
| 正六边形   |      | $C = 6a$<br>( $a = R$ )                                                                                                                                                                            | 正六边形的中心角度数<br>$\theta = \frac{1}{6} \times 360^\circ = 60^\circ$<br>$A = \frac{1}{2} \times 6aR \cos(60^\circ/2)$<br>$= 3a^2 \cos 30^\circ = 2.5981a^2$<br>$= 2.5981R^2$                                   |
| 圆      |      | $C = \pi d = 2\pi r$                                                                                                                                                                               | $A = \pi r^2 = 3.14159r^2$<br>$= \frac{1}{4} \pi d^2 = 0.7854d^2$                                                                                                                                          |
| 椭圆     |      |                                                                                                                                                                                                    | $A = \pi ab \approx 3.14159ab$                                                                                                                                                                             |
| 扇形     |      | $C = l + 2r$<br>$l = \pi r \theta / 180^\circ;$<br>$\theta = 180l / \pi r$<br>( $\theta$ 的单位为 $^\circ$ )<br>$l$ —扇形弧长 $\theta$ —圆心角                                                                | $A = \pi r^2 \theta / 360^\circ = \frac{\pi r^2}{360^\circ} \times \frac{l}{2\pi r}$<br>$\times 360^\circ = \frac{1}{2} rl$ 或 $A = \pi r^2 \theta / 2\pi = \frac{1}{2} r^2 \theta$<br>( $\theta$ 的单位为 rad) |
| 弓形     |      | $C = c + l$<br>$c = 2r \cdot \sin \frac{\theta}{2}$<br>$r = (c^2 + 4h^2) / 8h$<br>$l = \pi r \theta / 180$<br>( $\theta$ 的单位为 $^\circ$ )<br>$\theta$ —圆心角 $l$ —弓形弧长<br>$h$ —弓形高 $c$ —弦长<br>$r$ —半径 | $A = \frac{1}{2} [rl - c(r - h)]$                                                                                                                                                                          |

(续)

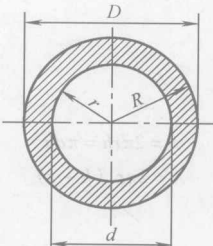
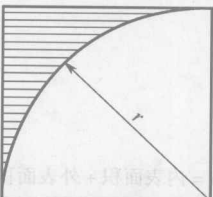
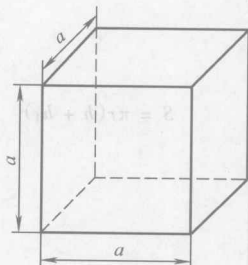
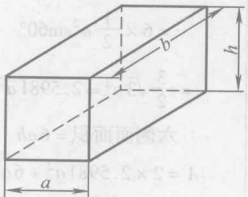
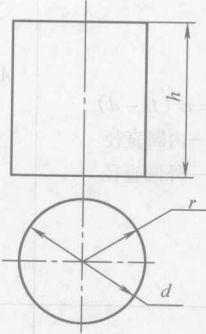
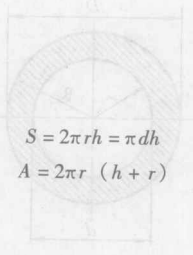
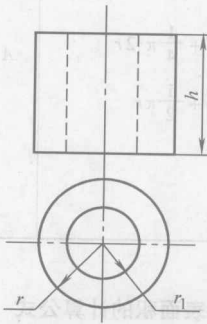
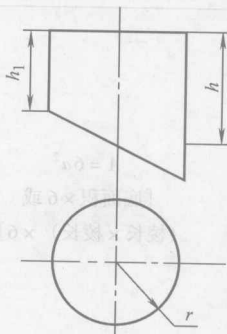
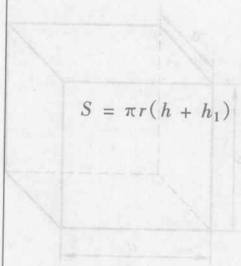
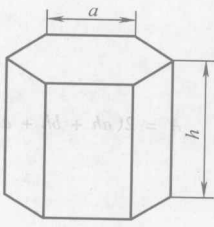
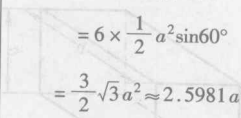
| 几何名称 | 几何图形                                                                              | 周长 (C) 公式                                                         | 面积 (A) 公式                                                                    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 环形   |  | $C = \pi (D - d)$<br>d—内圆直径<br>D—外圆直径                             | $A = \pi (R^2 - r^2)$<br>$= \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2)$<br>R—外圆半径<br>r—内圆半径 |
| 角椽形  |  | $C = 2r + \frac{1}{4} \pi \cdot 2r$<br>$= 2r + \frac{1}{2} \pi r$ | $A = r^2 - \pi r^2 / 4 = r^2 (4 - \pi) / 4$<br>$\approx 0.2146 r^2$          |

表 1-4 常用几何图形体积及表面积的计算公式

| 几何体名称 | 平面立体图形                                                                              | 表面积 A 或侧表面积 S                        | 体积 V      |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------|
| 正方体   |  | $A = 6a^2$<br>[底面积×6 或<br>(棱长×棱长)×6] | $V = a^3$ |
| 长方体   |  | $A = 2(ah + bh + ab)$                | $V = abh$ |

(续)

| 几何体名称 | 平面立体图形                                                                              | 表面积 $A$ 或侧表面积 $S$                                                                                                                                                                                                                                                        | 体积 $V$                                     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 圆柱体   |    |  $S = 2\pi rh = \pi dh$ $A = 2\pi r (h + r)$                                                                                                                                            | $V = \pi r^2 h = \frac{1}{4} \pi d^2 h$    |
| 空心圆柱体 |   |  $S = \text{内表面积} + \text{外表面积}$ $= 2\pi h(r + r_1)$                                                                                                                                    | $V = \pi h(r^2 - r_1^2)$                   |
| 斜截圆柱体 |  |  $S = \pi r(h + h_1)$                                                                                                                                                                 | $V = \pi r^2(h + h_1)/2$                   |
| 正六棱柱体 |  |  $\text{上下两底面积}$ $= 6 \times \frac{1}{2} a^2 \sin 60^\circ$ $= \frac{3}{2} \sqrt{3} a^2 \approx 2.5981 a^2$ $\text{六侧面面积} = 6ah$ $A = 2 \times 2.5981 a^2 + 6ah$ $= 5.1962 a^2 + 6ah$ | $V = \text{底面积} \times h$ $= 2.5981 a^2 h$ |