

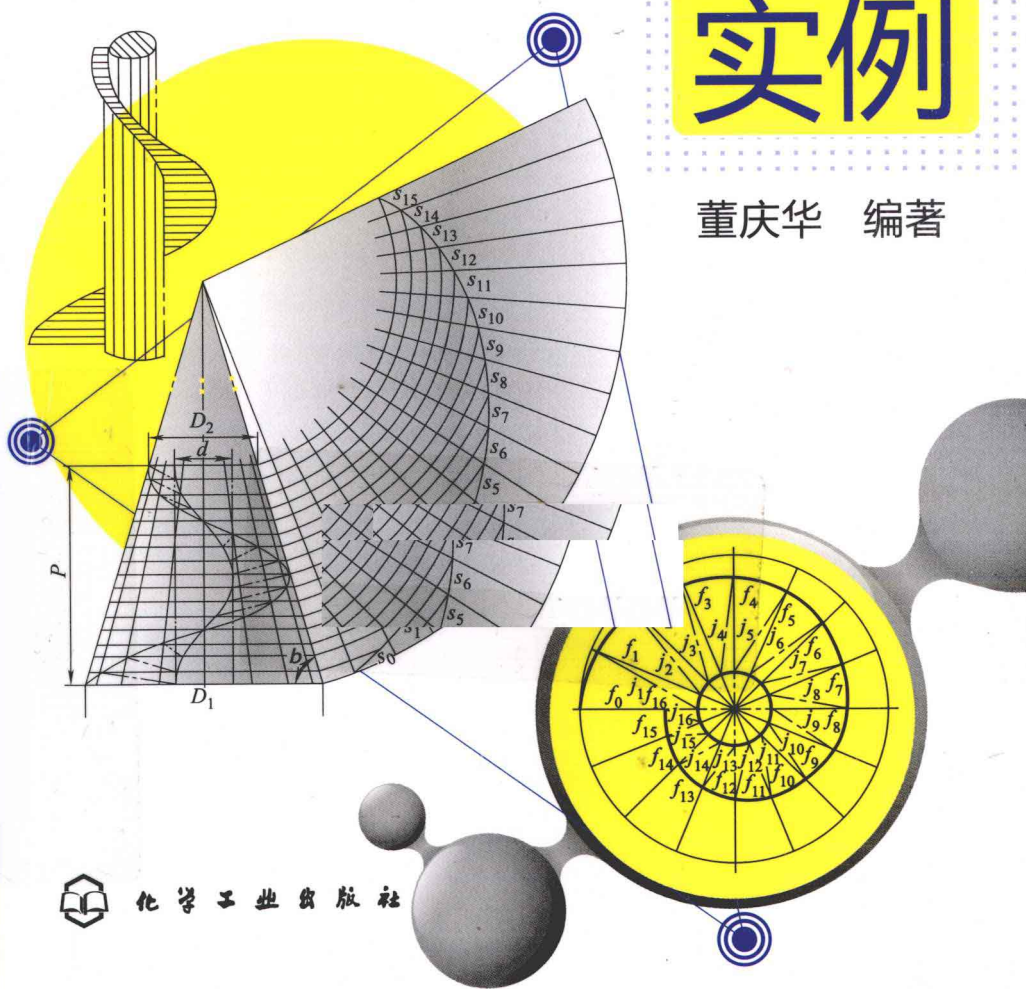
钣金下料

BANJIN XIALIAO JI
YINGYONG SHILI

及

应用
实例

董庆华 编著



钣金下料

BANJIN XIALIAO JI
YINGYONG SHILI

及应用 实例

董庆华 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书注重介绍钣金展开下料的专业知识和操作技能,重点解决生产中的实际问题,所举实例代表性强。内容主要包括:钣金下料基础知识,下料常用工具及设备,下料方法,以及各种典型形状钣金件的展开下料应用实例。

本书可供从事钣金工作的工程技术人员、技术工人以及职业院校师生学习、查阅和参考。

图书在版编目(CIP)数据

钣金下料及应用实例/董庆华编著. —北京:化学工业出版社, 2011. 4

ISBN 978-7-122-10498-4

I. 钣… II. 董… III. 钣金工-基本知识 IV. TG936

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 015946 号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:闫 敏

责任校对:郑 捷

装帧设计:王晓宇

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 1/32 印张12¼ 字数337千字

2011年5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

前 言

钣金构件和制品在机械、冶金、石油化工、航空、造船等行业应用非常广泛，其中钣金展开下料是钣金构件和制品生产中的一个重要环节。掌握钣金展开下料方法和操作技能是准确、快速下料的前提，是保证产品质量、降低材料消耗、提高工作效率的关键。

本书共分 8 章，分别是钣金下料基础知识、下料常用工具及设备、下料方法、图解法展开下料图画法、算法展开下料、型钢构件下料、不可展曲面构件的近似展开下料、封头的近似展开下料。

本书内容由浅入深，并配以大量实例讲解，既适合读者系统入门学习，也适合读者进一步提高钣金下料技能。

本书以介绍实用技能为主，图文并茂，简明实用，突出实用性、针对性和可操作性。着重介绍钣金下料人员必须掌握的专业知识与操作技能，将专业知识与操作技能有机地融合在一起，力求解决生产中的实际问题；并以各种典型钣金构件为例，详细介绍其展开下料方法，所举实例代表性强，能举一反三，实例按构件种类分类，相对集中，便于查阅。

本书使用术语、名词、标准、单位等均贯彻了国家最新标准。

本书由承德石油高等专科学校董庆华高级工程师编著。

由于时间仓促和作者水平所限，书中难免存在缺点和不足之处，恳请各位读者不吝指正。

编 者

目 录

第 1 章 钣金下料基础知识	1
1.1 常用数学计算公式	1
1.1.1 正多边形的内切、外接圆半径计算公式	1
1.1.2 常用几何图形长度、面积和体积计算公式	2
1.2 识图基本知识	6
1.2.1 钣金图样的特点	6
1.2.2 图线种类	7
1.2.3 图线应用	7
1.2.4 三视图的形成及其对应关系	8
1.2.5 简单零件剖视、剖面的表达方法	11
1.2.6 螺纹的规定画法	15
1.2.7 螺纹标记	16
1.2.8 识读钣金图样的步骤	16
1.3 常用几何图形作法	19
1.3.1 直线的作法	19
1.3.2 垂线的作法	19
1.3.3 平行线的作法	20
1.3.4 圆弧线的作法	21
1.3.5 线段的等分	22
1.3.6 角的任意等分	23
1.3.7 圆的等分	23
1.3.8 直角作法	24
1.3.9 任意角度的计算作法	25
1.3.10 求一段圆弧的圆心	25
1.3.11 用已知半径的圆弧光滑连接两直线	26
1.3.12 用已知半径的圆弧光滑连接直线和圆弧	26
1.3.13 用已知半径的圆弧光滑连接两圆弧	27
1.3.14 两圆外公切线的作法	28
1.3.15 两圆内公切线的作法	28

1.3.16	正三角形作法	29
1.3.17	正四边形作法	29
1.3.18	正五边形作法	29
1.3.19	正多边形的内切圆和外接圆的作法	29
1.3.20	椭圆的作法	30
1.3.21	渐开螺旋线的作法	30
1.3.22	阿基米德螺旋线的作法	31
1.3.23	等距螺旋线的作法	31
1.3.24	正弦曲线的作法	32
1.4	钣金划线	33
1.4.1	划线方法	33
1.4.2	划线常用工具	33
1.4.3	划线基本规则	37
1.4.4	划线注意事项	37
1.4.5	划线时考虑的工艺因素	37
1.4.6	划线禁忌	37
1.4.7	划线常用符号	37
1.5	展开放样	38
1.5.1	实尺放样	38
1.5.2	放样尺寸的确定	39
1.5.3	样板的制作	41
1.5.4	合理用料	43
1.6	钣金展开方法	46
1.6.1	计算法展开放样	46
1.6.2	图解法展开放样	48
1.6.3	钣金展开中的等分	52
1.7	展开实长与实形的求法	54
1.7.1	求一般位置直线的实长	54
1.7.2	求平面的实形	56
1.8	相贯体交线的求法	59
1.8.1	切线法	60
1.8.2	素线法	63
1.8.3	纬圆法	66
1.8.4	辅助平面法	67
1.8.5	辅助球面法	70

1.9 接口放加工余量及板厚处理	72
1.9.1 焊接时放加工余量	72
1.9.2 铆接时放加工余量	73
1.9.3 卷边时放加工余量	73
1.9.4 展开图中的加工余量	76
1.10 板厚处理	78
1.10.1 板材弯曲中性层位置的确定	78
1.10.2 单件的板厚处理	78
1.10.3 相贯形体的板厚处理	81
1.11 板材展开长度计算	84
1.11.1 圆角弯曲展开长度计算	84
1.11.2 折弯角展开长度计算	85
第2章 下料常用工具及设备	86
2.1 下料常用量具	86
2.2 下料常用工具	87
2.3 下料常用设备	90
2.3.1 压力机	90
2.3.2 剪板机	91
2.3.3 刨边机	95
2.3.4 板料校平机	95
第3章 下料方法	97
3.1 剪切下料	97
3.1.1 机器剪切	97
3.1.2 手工剪切	98
3.2 锯切下料	106
3.2.1 锯切工具及选用	106
3.2.2 锯切方法及参数	107
3.3 冲裁下料	108
3.3.1 冲裁下料方法	109
3.3.2 冲裁下料工艺	115
3.3.3 典型冲裁模结构	124
3.4 气割下料	136
3.4.1 气割切割过程	137
3.4.2 气割工艺参数	139
3.4.3 气割设备及工具	142

3.4.4	气割注意事项及操作禁忌	147
3.5	等离子切割下料	148
3.5.1	等离子切割方法	148
3.5.2	等离子切割设备	152
3.5.3	等离子切割工艺	153
3.6	激光切割下料	156
3.6.1	切割方法及机理	156
3.6.2	切割工艺参数	158
3.6.3	切割特点及应用	159
3.7	其他切割方法	160
3.7.1	高压水切割	160
3.7.2	电火花线切割	161
第4章	图解法展开下料图画法	163
4.1	平行线法的展开下料图画法	163
4.1.1	平行线法的展开原理	163
4.1.2	常用实体构件的平行线法展开下料实例	164
4.2	放射线法的展开下料图画法	173
4.2.1	放射线法的展开原理	173
4.2.2	常用实体构件的放射线法展开下料实例	175
4.3	三角形法的展开下料图画法	183
4.3.1	三角形法的展开原理	183
4.3.2	常用实体构件的三角形法展开下料实例	183
第5章	算法展开下料	192
5.1	算法展开基础	192
5.1.1	常用坐标系	192
5.1.2	直线实长的计算	194
5.1.3	圆的计算	194
5.1.4	椭圆的计算	194
5.2	实长算法展开下料实例	195
5.2.1	天圆地方接头展开下料	196
5.2.2	方顶圆底漏斗展开下料	197
5.2.3	方顶U形底漏斗展开下料	201
5.2.4	底口倾斜圆方过渡接头展开下料	204
5.2.5	90°长圆换向台展开下料	208
5.2.6	斜马蹄形展开下料	210

5.2.7	圆顶长方底偏心过渡接头展开下料	212
5.2.8	圆方过渡 90°换向接头展开下料	214
5.2.9	圆长方过渡 90°换向接头展开下料	217
5.2.10	方圆裤形三通管展开下料	220
5.2.11	圆腰长方腿裤形三通管展开下料	223
5.2.12	圆方过渡四通管展开下料	225
5.2.13	方圆过渡五通管展开下料	227
5.2.14	异径五通管展开下料	230
5.2.15	异径裤形三通管展开下料	233
5.3	坐标算法展开下料实例	238
5.3.1	两节等径直角弯头展开下料	238
5.3.2	多节等径直角弯头展开下料	240
5.3.3	两节直角矩形弯头展开下料	241
5.3.4	两节直角方弯头展开下料	242
5.3.5	90°蛇形管展开下料	243
5.3.6	等径 Y 形圆柱三通管展开下料	246
5.3.7	等径 Y 形四通管展开下料	248
5.3.8	等径直交补料三通管展开下料	251
5.3.9	矩形直角曲面弯头展开下料	252
5.3.10	人字形三通管展开下料	253
5.3.11	螺旋管展开下料	255
5.3.12	90°换向矩形管弯头展开下料	259
5.3.13	异径直交三通管展开下料	263
5.3.14	异径斜交三通管展开下料	266
5.3.15	异径错心直交三通管展开下料	269
5.3.16	等径圆管错心直交四通管展开下料	272
5.3.17	异径圆管错心直交四通管展开下料	274
5.3.18	异径圆管错心斜交四通管展开下料	277
5.3.19	方口三通管展开下料	281
5.3.20	方管矩形管直交三通管展开下料	281
5.3.21	方管矩形管斜交三通管展开下料	282
5.3.22	方管圆管直交三通管展开下料	284
5.3.23	圆管方管直交三通管展开下料	285
5.3.24	矩形管圆管斜交三通管展开下料	287
5.3.25	矩形断面裤形三通管展开下料	290

5.3.26	方口曲面三通管展开下料	292
5.3.27	正心圆锥管展开下料 (薄板)	293
5.3.28	正心圆锥管展开下料 (厚板)	294
5.3.29	斜圆锥管展开下料	295
5.3.30	椭圆锥展开下料	298
5.3.31	正三棱锥展开下料	299
5.3.32	正四棱锥展开下料	300
5.3.33	锥形长方台展开下料	301
5.3.34	正六棱锥展开下料	303
5.3.35	正六棱锥台展开下料	303
5.3.36	斜圆锥裤形三通管展开下料	305
5.3.37	三节渐进直角弯头展开下料	306
5.3.38	裤形圆管圆锥管展开下料	310
5.3.39	圆管圆锥管直交三通管展开下料	315
5.3.40	方管直交圆锥管展开下料	318

第6章 型钢构件下料 322

6.1	各种型钢圈展开下料实例	322
6.1.1	角钢圈	322
6.1.2	槽钢圈	324
6.1.3	工字钢圈	324
6.2	各种型钢的切角和弯曲下料实例	325
6.2.1	角钢的切角	325
6.2.2	角钢折角内弯 90°	326
6.2.3	角钢外弯直角	327
6.2.4	角钢内弯矩形框	327
6.2.5	角钢内弯 90° 圆角	328
6.2.6	角钢外弯 90° 圆角	329
6.2.7	角钢内弯圆角矩形框	330
6.2.8	角钢折角内弯任意角度	331
6.2.9	角钢拼接矩形框	331
6.2.10	槽钢折角大面弯折 90°	332
6.2.11	槽钢大面弯折 90° 圆角	333
6.2.12	槽钢折角大面弯折任意角度	333
6.2.13	槽钢大面双弯折角	335
6.2.14	槽钢立面内弯组对矩形框	335

6.2.15 工字钢的切角	336
第7章 不可展曲面构件的近似展开下料	338
7.1 螺旋面构件的近似展开下料实例	338
7.1.1 圆柱螺旋输送机的回转叶片展开下料	338
7.1.2 方形螺旋管展开下料	340
7.1.3 方-矩形迂回 180°螺旋管展开下料	342
7.1.4 圆锥绞龙渐缩叶片展开下料	344
7.1.5 圆锥绞龙等宽叶片展开下料	350
7.2 回转曲面构件的近似展开下料实例	356
7.2.1 拱顶罐分瓣搭接顶板展开下料	356
7.2.2 球面分瓣展开下料	359
7.2.3 球面分带展开下料	360
7.2.4 平顶圆角封头展开下料	361
第8章 封头的近似展开下料	364
8.1 整体成形封头坯料直径的近似计算	364
8.1.1 标准椭圆形封头坯料直径计算	364
8.1.2 抹边锥形封头坯料直径计算	365
8.1.3 半球封头坯料直径计算	366
8.1.4 半球平边封头坯料直径计算	366
8.1.5 半球直边封头坯料直径计算	367
8.1.6 球缺封头坯料直径计算	367
8.1.7 球缺平边封头坯料直径计算	368
8.1.8 球缺直边封头坯料直径计算	368
8.1.9 碟形封头坯料直径计算	368
8.2 需组拼成形坯料的近似展开计算	370
8.2.1 球缺分片成形的展开计算	370
8.2.2 标准椭圆形封头的分瓣展开计算	372
8.2.3 拱顶储罐对接顶板的展开计算	373
8.2.4 环形圆弧带的分瓣展开计算	374
参考文献	376

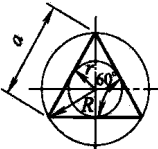
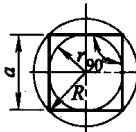
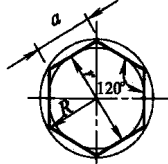
第 1 章 钣金下料基础知识

1.1 常用数学计算公式

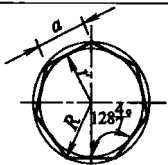
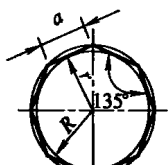
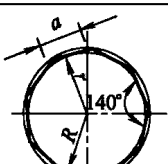
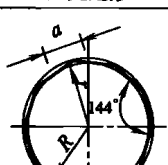
1.1.1 正多边形的内切、外接圆半径计算公式

常用正多边形的边长、内切圆半径、外接圆半径间的关系如表 1.1 所示。

表 1.1 正多边形的边长、内切圆半径、外接圆半径间的关系

名称和图形	正多边形的边长 a	内切圆半径 r	外接圆半径 R
 正三角形	$3.464r$ $1.7321R$	$0.2887a$ $0.5R$	$0.5774a$ $2r$
 正方形	$2r$ $1.4142R$	$0.5a$ $0.7071R$	$0.7071a$ $1.4142r$
 正五边形	$1.4531r$ $1.1756R$	$0.6882a$ $0.809R$	$0.8506a$ $1.2361r$
 正六边形	$1.1547r$ R	$0.866a$ $0.866R$	a $1.1547r$

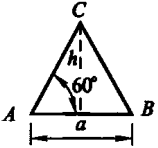
续表

名称和图形	正多边形的边长 a	内切圆半径 r	外接圆半径 R
 正七边形	$0.9631r$ $0.8679R$	$1.0383a$ $0.901R$	$1.1524a$ $1.1099r$
 正八边形	$0.8284r$ $0.7654R$	$1.2071a$ $0.9239R$	$1.3066a$ $1.0824r$
 正九边形	$0.7279r$ $0.684R$	$1.3737a$ $0.9397R$	$1.4619a$ $1.0542r$
 正十边形	$0.6498r$ $0.618R$	$1.5388a$ $0.9510R$	$1.618a$ $1.0515r$

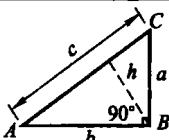
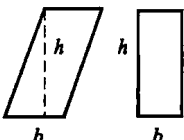
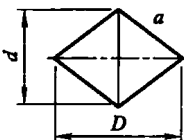
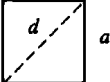
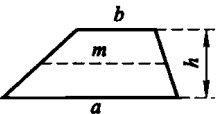
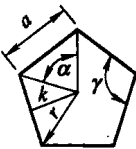
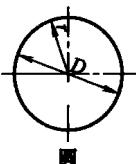
1.1.2 常用几何图形长度、面积和体积计算公式

常用几何图形长度、面积和体积计算公式如表 1.2 所示。

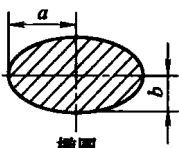
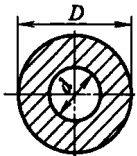
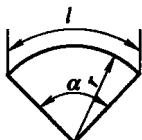
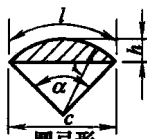
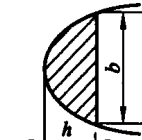
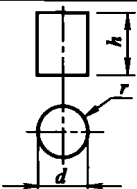
表 1.2 常用几何图形长度、面积和体积计算公式

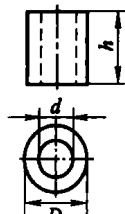
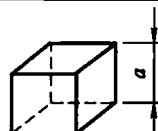
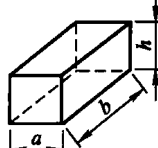
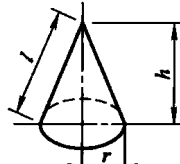
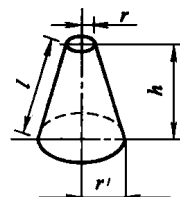
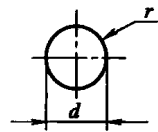
名称和图形	计算公式
 等边三角形	面积 $S = \frac{ah}{2} = 0.433a^2$ 或 $S = 0.578h^2$ 底边 $a = 1.155h$ 高 $h = 0.866a$

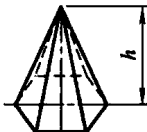
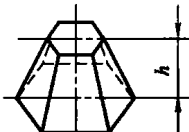
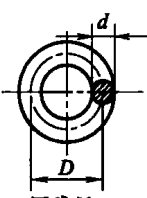
续表

名称和图形	计算公式
 直角三角形	面积 $S = \frac{ab}{2}$ 直角边 $a = \sqrt{c^2 - b^2}, b = \sqrt{c^2 - a^2}$ 斜边 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ 直角高 $h = \frac{ab}{c}$
 平行四边形和矩形	面积 $S = bh$
 菱形	面积 $S = \frac{Dd}{2}$ 边 $a = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + d^2}$
 正方形	面积 $S = a^2$ 或 $S = \frac{d^2}{2}$ 边 $a = 0.707d = \sqrt{S}$ 对角线 $d = 1.414a = 1.414\sqrt{S}$
 梯形	面积 $S = \frac{a+b}{2}h$ 或 $S = mh$ 中线 $m = \frac{a+b}{2}$
 正多边形	面积 $S = \frac{\text{边长} + \text{弦距}}{2} \times \text{边数} = \frac{ak}{2}n$ $= \frac{an}{2} \sqrt{r^2 - \frac{a^2}{4}}$ 圆心角 $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ 内角 $\gamma = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n}$
 圆	面积 $S = \frac{\pi}{4}D^2 = 0.7854D^2$ 或 $S = \pi r^2 = 3.1416r^2$ 圆周长 $L = \pi D$ 或 $L = 2\pi r$

续表

名称和图形	计算公式
 椭圆	面积 $S = \pi ab = 3.1416ab$ 椭圆周长近似 $L = \pi(a+b)$
 圆环	面积 $S = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ $= 0.7854(D^2 - d^2)$
 扇形	面积 $S = \frac{\pi r^2 \alpha}{360^\circ} = 0.008727r^2 \alpha$ 式中 α ——圆心角, (°)。 或 $S = \frac{rl}{2}$ 式中 l ——弧长
 圆弓形	面积 $S = \frac{lr}{2} - \frac{c(r-h)}{2}$ 式中 l ——弧长
 抛物线弓形	面积 $S = \frac{2}{3}bh$
 角楔形	面积 $S = r^2 - \frac{\pi r^2}{4} = 0.2146r^2$
 圆柱体	侧表面面积 $S = 2\pi rh = \pi dh$ 体积 $V = \pi r^2 h = \frac{\pi d^2 h}{4}$

名称和图形	计算公式
 中空圆柱体	表面积 $S = \frac{\pi}{2} (D+d) (D-d+2h)$ 体积 $V = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) h$
 正方体	表面积 $S = 6a^2$ 体积 $V = a^3$
 长方体	表面积 $S = 2(ah + ab + bh)$ 体积 $V = abh$
 正圆锥体	侧表面面积 $S = \pi r l = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$ 体积 $V = \frac{\pi r^2 h}{3}$ 斜边 $l = \sqrt{r^2 + h^2}$
 正圆锥台	侧表面面积 $S = \pi l (r + r')$ 体积 $V = \frac{\pi h}{3} (r^2 + r'^2 + rr')$ 斜边 $l = \sqrt{(r' - r)^2 + h^2}$
 球	表面积 $S = \pi d^2 = 4\pi r^2$ 体积 $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{\pi d^3}{6}$

名称和图形	计算公式
 正棱锥体	表面积 $S = \text{各三角形面积的总和} + \text{底面积}$ 体积 $V = \frac{\text{底面积}}{3} \times h$
 正棱锥台	表面积 $S = \text{各梯形面积的总和} + f_1 + f_2$ 体积 $V = \frac{h}{3} (f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 f_2})$ 式中 f_1 ——顶面积; f_2 ——底面积
 圆球环	表面积 $S = \pi^2 D d$ 体积 $V = \frac{\pi^2}{4} D d^2$

1.2 识图基本知识

1.2.1 钣金图样的特点

钣金图样和其他加工方式的图样相比,由于钣金加工的对象和加工工艺的特殊性,其图样有以下特点:

① 钣金加工的对象往往是由许多零件组成的构件或部件,为了清楚地表示这些构件或部件的加工要求,不仅需要零件图,还往往需要相关的装配图和部件图。因此,图样较多、较复杂。

② 由于板厚和构件的尺寸相差很大,造成图样上轮廓结合处的线条密集。为了表达一些与加工有关的细节,往往有多处采用放大的局部视图、局部剖视和省略等画法。

③ 一般图样上只标注主要尺寸,有些零件的尺寸没有标注,只有等到实际放样后才能确定。

④ 对于尺寸较大的构件,由于受到坯料尺寸的限制,需要进行拼接,而图样上通常不予标注,这就需要按技术要求、受力等情况合