

新编钣金展开计算手册

毛 昕 编著

辽宁科学技术出版社

· 沈阳 ·

前 言

现代工业生产中,钣金结构和制件以其生产效率高、成本低和工艺简单等优点,在化工、机械、冶金、轻工等众多行业中占有越来越大的比重。

钣金制件的展开主要有图解法、算法和计算机辅助方法。传统的图解方法是用作图完成全部展开步骤,效率低、误差大、操作繁杂。随着计算技术水平的不断提高,钣金展开的计算方法得到了越来越广泛的应用。算法用解析计算替代了图解法中的绝大部分作图求解,不但数据准确、效率高,而且计算公式还可作为计算机辅助展开的参数化数学模型。

为满足广大读者对钣金构件计算展开技术的需求,我们编写了《新编钣金展开计算手册》一书。本书是一本钣金构件计算展开的工具书,按照基础知识、常用构件和一般构件共分为 12 章、约 160 种构件。本书的编写具有以下几个特点:

(1) 考虑到读者的不同层次和使用目的,在列举展开构件实例的同时,编排了钣金展开的基础知识部分。其中包括几何作图方法、常用计算公式、投影原理、曲线曲面、钣金展开的原理和方法及钣金展开中的板厚处理等内容,内容丰富精练,便于查阅使用;

(2) 书中计算公式的推导力求简明、准确和通用。对各类常用钣金构件不但给出计算公式,还给出了参数化展开数表,以便展开时直接获取所需数据。书中不少公式的推导和数表的设计具有独到之处;

(3) 本书涉及的构件种类比较齐全,对于书中列举的每个构件,既有展开计算方法,又给出计算举例,便于公式的参照使用。另外,构件配有计算机三维实体造型的立体图,使查阅时更加直观、准确。

参加本书工作的有黄英、李晓桥、肖平阳、张以忱、李晓林、陈述平、那履弘、范功伟、杨广衍、宋翠娥、张振伟、耿鹏、李晓雯、杨军、刘英杰、徐进、孙红、施旭东、潘树伟、许乃学、关阳、杨树平、于阳、高薇、孙大明、孙小龙、齐建华和李琳琳等同志。

本书编写过程中曾参阅了一些文献资料,对这些著作的编著者深表谢意。特别感谢责任编辑韩延本同志,他的辛勤工作使本书得以早日面世。

由于水平有限,书中难免存在不当之处,恳请读者提出宝贵意见。作者电子邮箱:ddmx54@sina.com。

作 者

目 录

第一章 几何作图和计算公式	1	1. 圆柱螺旋线	27
第一节 几何作图	1	2. 圆锥螺旋线	28
第二节 常用计算公式	11	四、不规则空间曲线的展开	29
一、勾股定理	11	五、曲面的形成与分类	30
二、三角函数	11	1. 曲面的形成	30
1. 弧度与度的换算	11	2. 曲面的分类	30
2. 三角函数的定义	11	六、单曲面	30
3. 特殊角的三角函数值	11	1. 柱面	30
4. 三角函数基本关系公式	12	2. 锥面	31
5. 三角函数的诱导公式	12	3. 盘旋面	32
6. 正弦定理和余弦定理	12	七、扭曲面	32
三、反三角函数	12	1. 柱状面	32
1. 反三角函数的定义	12	2. 锥状面	33
2. 反三角函数的相互关系	13	3. 螺旋面	33
四、圆和椭圆的周长	13	八、曲线面	34
五、常见平面图形的面积和重心	13	第三节 构件表面的结合线	35
六、代数运算	15	一、结合线及其性质	35
1. 乘法公式与因式分解	15	二、平面与曲面的结合线	35
2. 分式运算	15	三、结合线的求作方法	37
3. 比例	15	四、两曲面结合线为平面曲线	
4. 根式运算	15	时的特殊情况	38
5. 指数运算	16	第三章 钣金展开的原理和方法	40
6. 行列式	16	第一节 钣金展开原理	40
第二章 投影原理和曲线曲面	18	第二节 钣金展开的作图方法	40
第一节 投影原理	18	一、用平行线法作展开图	40
第二节 曲线曲面	26	二、用放射线法作展开图	42
一、曲线的形成与分类	26	三、用三角线法作展开图	43
1. 点的运动轨迹	26	第三节 钣金展开的计算方法	44
2. 线的包络	26	第四节 钣金展开的计算机辅助	
3. 曲面的交线	26	方法	48
二、圆的投影	26	第五节 钣金展开中的板厚处理	49
三、螺旋线	27	一、厚板构件弯曲时的板厚处理	49

1. 曲面板构件弯曲时的板厚处理	49	1. 正三棱锥	238
2. 平板构件弯折时的板厚处理	51	2. 正四棱锥	239
二、厚板构件接口处的板厚处理	51	3. 正六棱锥	240
1. 圆柱管与平板结合时的板厚处理	52	4. 方锥管	241
2. 圆锥管与平板结合时的板厚处理	52	5. 矩形锥管	242
3. 结合线为平面曲线的对接接口的板厚处理	53	6. 斜下口方锥管	243
4. 曲面管与曲面板结合时的板厚处理	53	7. 斜上口矩形棱柱管	245
5. 构件接口处铲坡口时的板厚处理	54	8. 矩形换向连接管	246
第四章 等径圆柱弯头的展开计算和数表	55	9. 斜下口方锥管	247
第一节 两节等径圆柱弯头	55	10. 斜上口方锥管	248
一、两节等径直角圆柱弯头	55	11. 上口扭转 45°的方锥管	250
二、两节等径任意角圆柱弯头	57	12. 上口扭转 45°的连接管	251
第二节 多节等径圆柱弯头	63	13. 方口直角连接管	252
一、多节等径直角圆柱弯头	63	14. 方口斜漏斗	253
二、多节等径任意角圆柱弯头	72	15. 方口直角偏心连接管	254
第五章 圆柱三通管的展开计算和数表	82	第二节 平板弯管和多通管	255
第一节 等径圆柱三通管	82	1. 两节直角矩形弯管	255
第二节 等径 Y 形圆柱三通管	89	2. 方漏斗	256
第三节 异径圆柱三通管	98	3. 两节直角方弯管	257
一、异径正交圆柱三通管	99	4. 两节矩形口斜漏斗	258
二、异径斜交圆柱三通管	110	5. 两节方形任意角弯管	260
第六章 渐缩弯头的展开计算和数表	160	6. 三节矩形连接管	263
第一节 渐缩弯头的计算展开	160	7. 三节直角换向矩形弯管	263
第二节 渐缩弯头的展开数表	165	8. 三节直角矩形口连接管	266
一、直角($\lambda = 90^\circ$)渐缩弯头的展开数表	166	9. 三节错位矩形口连接管	268
二、任意角渐缩弯头的展开数表	216	10. 四节渐变直角弯管	269
第七章 平板构件的计算展开	238	11. 直角换向三节矩形弯管	274
第一节 单节平板构件	238	12. 方口裤形三通管	275
		13. 矩形口裤形三通管	277
		14. 方口直角三通管	279
		15. 矩形口叉形三通管	280
		第八章 柱面管和锥面管构件的计算展开	283
		第一节 单节柱面管和锥面管	283
		1. 斜截圆柱管	283
		2. 斜截椭圆柱管	284
		3. 平行圆口椭圆柱连接管	287
		4. 截头正圆锥管	289

5. 斜截正圆锥管	290
6. 正椭圆锥	292
7. 平行圆口斜圆锥管	293
第二节 弯管和多通管	295
1. 三节平行口等径圆柱弯管	295
2. 两节任意角圆锥弯管	296
3. 两节直角圆柱圆锥弯管	299
4. 两节任意角圆柱圆锥弯管	301
5. 两节任意角圆锥圆柱弯管	305
6. 三节平行口异径圆柱圆锥弯管	308
7. 三节直角异径圆柱圆锥弯管	312
8. 等径裤形圆柱三通管	317
9. 带斜插管的等径圆柱三通管	319
10. 四节等径直角双向圆柱三通管	321
11. 等径 Y 形补料圆柱三通管	322
12. 等径补料圆柱三通管	324
13. 等径正交补料圆柱三通管	325
14. 丁字形等径补料圆柱三通管	327
15. 带补料正交等径圆柱三通管	329
16. 异径斜、偏交圆柱三通管	331
17. 异径偏交圆柱四通管	333
18. 正交圆锥圆柱三通管	336
19. 裤形圆锥三通管	339
20. 圆锥正交圆柱支管	342
21. 圆柱主管接三锥支管四通管	345
22. Y 形圆锥圆柱三通管	347
23. Y 形圆柱圆锥三通管	350
第三节 蛇形管	354
1. 三节等径蛇形弯管	354
2. 三节等径直角蛇形弯管	358
3. 五节等径蛇形三通管	359
第九章 平面和曲面板组合构件的计算展开	361
第一节 长圆管	361
1. 单圆角方形连接管	361
2. 带圆角方形连接管	362
3. 两节拱形弯管	363

4. 三节直角拱形弯管	365
5. 四节直角拱形弯管	366
6. 两节横拱形弯管	368
7. 三节直角横拱形弯管	369
8. 四节直角长圆形弯管	371
9. 直角长圆三通管	373
10. 平行口长圆裤形三通管	374
第二节 平面与曲面相贯构件	375
1. 圆柱管正交两节矩形弯管	375
2. 小圆柱管直插 V 形顶大圆柱管	377
3. 方管正交圆柱三通管	379
4. 矩形管斜交圆柱三通管	381
5. 矩形管偏斜交圆柱三通管	383
6. 方管正交圆锥管	386
7. 扭转 45° 方管正交圆柱三通管	388
8. 圆管正交方柱三通管	389
9. 圆管斜交方柱三通管	391
10. 倒四棱锥正交圆柱三通管	393
11. 圆柱管正交四棱锥管	396
12. 圆柱管平交四棱锥管	398
13. 圆柱管偏交四棱锥管	400
14. 圆柱管斜交四棱锥管	402
15. 矩形管横交正圆锥管	404
第十章 异形口连接管的计算展开	406
第一节 方—圆类异形口连接管	406
1. 圆顶方底连接管	406
2. 圆顶矩形底连接管	407
3. 圆顶矩形底偏心连接管	408
4. 矩形顶圆底连接管	410
5. 长圆顶矩形底连接管	412
6. 圆顶矩形斜底连接管	413
7. 圆顶矩形侧底连接管	415
8. 矩形斜顶圆侧底连接管	416
9. 斜圆顶方底连接管	419
10. 矩形斜顶长圆侧底连接管	421
11. 圆顶矩形底两节弯头	422
12. 圆顶方底裤形三通管	425
第二节 圆—圆类异形口连接管	427

1. 长圆顶圆底连接管	427
2. 圆顶长圆底连接管	429
3. 长圆顶圆底偏心连接管	431
4. 长圆顶长圆底换向连接管	432
5. 圆顶椭圆底连接管	433
6. 圆侧口圆底连接管	435
7. 圆斜顶圆底连接管	436
8. 圆顶斜椭圆底连接管	438
9. 圆顶带圆角方底连接管	440
10. 圆顶马鞍底连接管	441
第十一章 不可展曲面构件的计算	
展开	444
第一节 球面与封头构件的分块	
展开	444
1. 半球封头	444
2. 球罐	448
3. 平顶环形封头	450
第二节 封头构件的整体展开	451
第三节 螺旋面构件	454
1. 同轴两圆柱面截断的正螺旋面	454
2. 同轴圆柱面和圆锥面截断的 正螺旋面	455
3. 同轴两圆柱面截断的斜螺旋面	459
4. 矩形等截面 180°螺旋管	460
5. 矩形变截面 180°螺旋管	461
第十二章 型钢制件的计算展开	465
第一节 角钢制件	465

1. 角钢内弯 90°折角	465
2. 角钢内弯钝折角	465
3. 角钢内弯锐折角	466
4. 角钢圆角内弯任意角	466
5. 角钢内弯矩形框	467
6. 角钢内弯梯形框	467
7. 角钢内弯正五边形框	468
8. 角钢内弯正六边形框	469
9. 角钢内弯正八边形框	469
10. 角钢圆弧弯折	470
11. 角钢圈	470
第二节 槽钢制件	472
1. 槽钢折角立弯 90°	472
2. 槽钢折角立弯任意角	472
3. 槽钢双向立弯折	473
4. 槽钢圆角立弯任意角	473
5. 槽钢圆弧立弯 90°	474
6. 槽钢内弯任意角度	475
7. 槽钢外弯任意角度	475
8. 槽钢圈	476
附表一 三角函数表	478
附表二 直径 1~200mm 等分弧长	482
附表三 直径 201~400mm 等分弧长	490
附表四 圆弧中心角与弧长、弦长、弓 高换算表	494
附表五 椭圆周率表	498
主要参考文献	502

典型钣金件速查目录



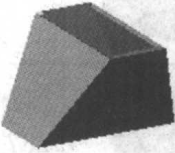
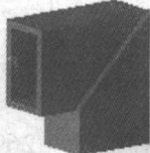


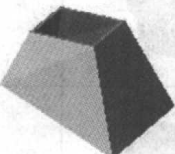
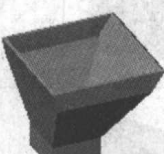

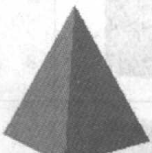
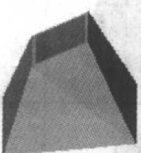


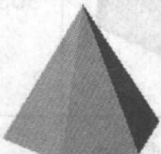
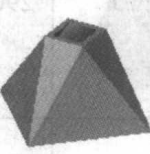


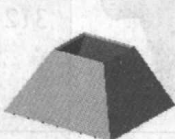

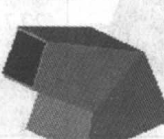

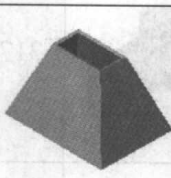
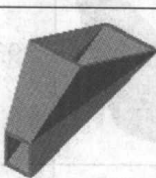

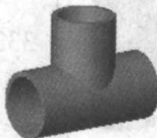
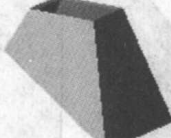
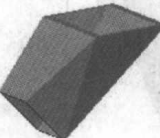
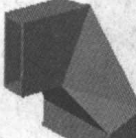


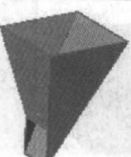

图 形	页码	图 形	页码	图 形	页码	图 形	页码
	55		160		246		255
	57		238		247		256
	63		239		248		258
	72		240		250		258
	82		241		251		260
	89		242		252		263
	99		243		253		265
	111		245		254		266




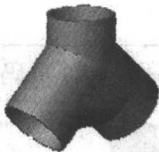

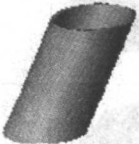









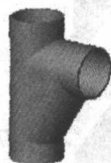
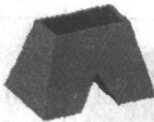



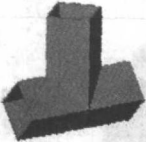
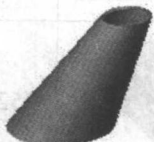



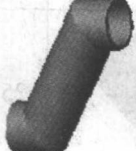
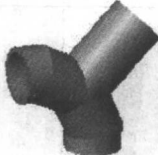


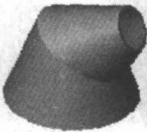

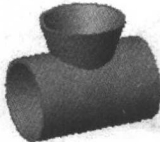
图 形	页 码	图 形	页 码	图 形	页 码	图 形	页 码
	269		286		299		322
	269		287		301		324
	274		289		305		325
	275		290		308		327
	277		292		312		329
	279		293		317		331
	280		295		319		333
	283		296		321		336


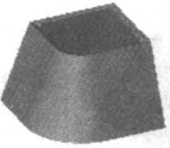
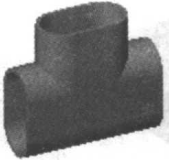
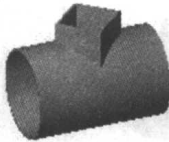
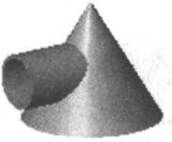
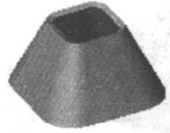

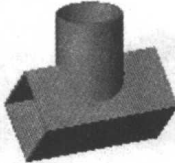

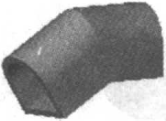
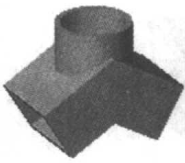
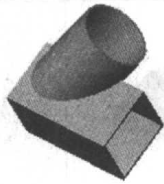



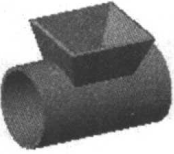


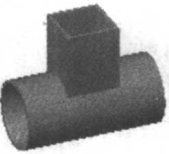


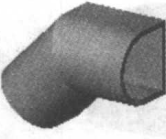

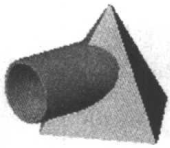

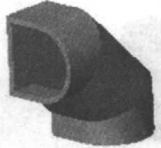
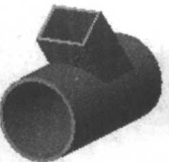
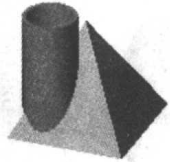

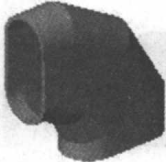
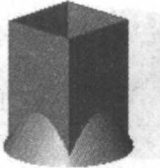
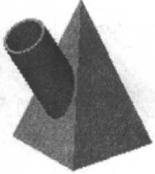
图 形	页码	图 形	页码	图 形	页码	图 形	页码
	339		361		373		388
	342		362		374		389
	345		363		375		391
	347		365		377		394
	350		366		379		396
	354		368		381		398
	358		369		384		400
	359		371		386		402

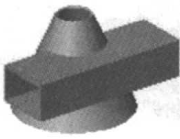
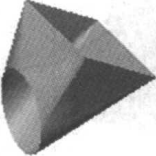

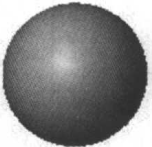
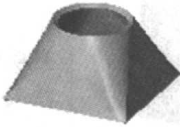
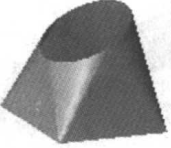


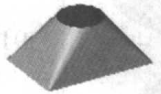
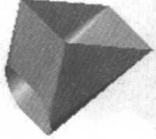


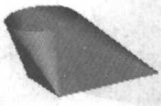
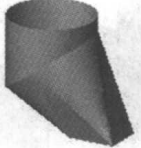


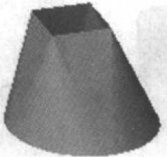



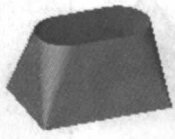
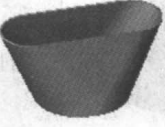
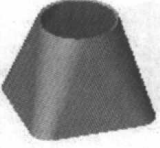
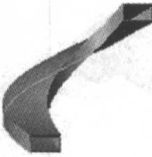
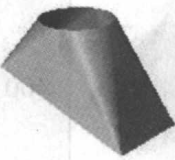
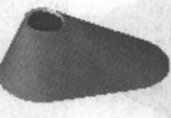
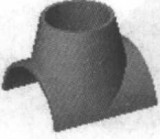
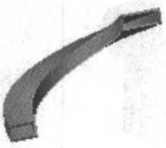
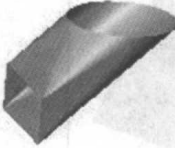

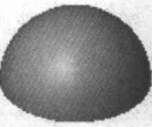
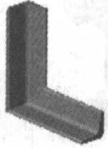

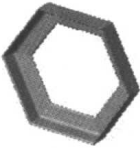










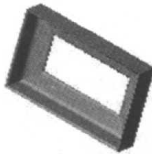

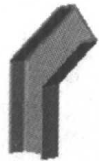

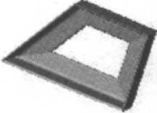




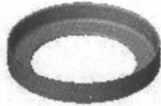

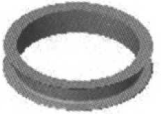
图 形	页码	图 形	页码	图 形	页码	图 形	页码
	404		416		432		449
	406		419		434		450
	407		421		435		454
	408		423		436		455
	410		426		438		459
	412		428		440		460
	413		429		441		462
	415		431		444		465

图 形	页码	图 形	页码	图 形	页码	图 形	页码
	465		469		470		474
	466		469		470		475
	466		470		472		475
	467		470		472		476
	467		470		473		476
	468		470		473		476

第一章 几何作图和计算公式

第一节 几何作图

钣金制件的计算展开,需按计算结果绘制成展开图。熟练掌握正确的几何作图方法,可以提高展开图绘制的速度和精度。常见的几何作图方法见表 1-1,圆周弦长系数见表 1-2。

表 1-1

几何作图

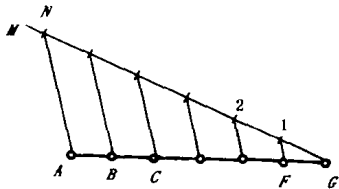
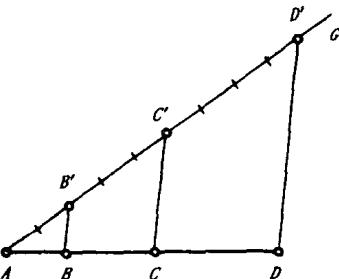
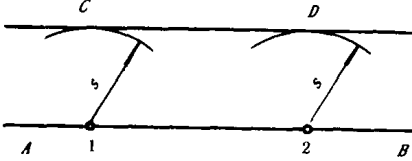
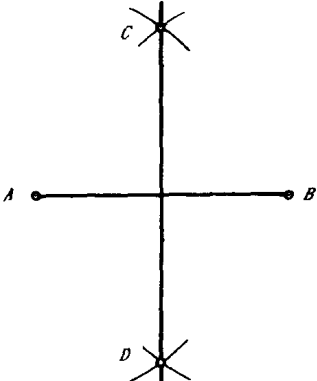
图 例	作 图 方 法
	<p>一、等分直线段</p> <p>已知直线段 AG, 将其 N 等分的方法为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 过端点 G 任作直线 GM, 以相同距离在直线 GM 上量取 N 个等分点 $1, 2, \dots, N$ 2. 用直线连接 AN, 过各等分点作 AN 的平行线分别与 AG 交于等分点 B, C, \dots, F
	<p>二、按给定比例划分直线段</p> <p>已知直线段 AD, 按比例 $AB:BC:CD = 2:3:4$ 划分该线段:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 过 A 点任作直线段 AG, 以相同距离在 AG 上量取若干等分点, 取点 B', C', D' 使 $AB':B'C':C'D' = 2:3:4$ 2. 连接 DD', 过点 B', C' 作 DD' 的平行线与 AD 相交于分点 B, C, 则 $AB:BC:CD = 2:3:4$
	<p>三、作直线的平行线</p> <p>已知直线 AB, 作与其距离为 S 的平行线:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在 AB 直线上任取两点 $1, 2$ (使它们的距离尽量大), 分别以 $1, 2$ 为中心, 以 S 为半径作两圆弧 2. 作两圆弧的公切线 CD, 即为所求
	<p>四、作线段的垂直平分线</p> <p>已知线段 AB, 作其垂直平分线:</p> <p>分别以端点 A, B 为中心, 以相同的适当长度为半径画圆弧, 它们分别交于点 C, D, 直线 CD 即为所求</p>

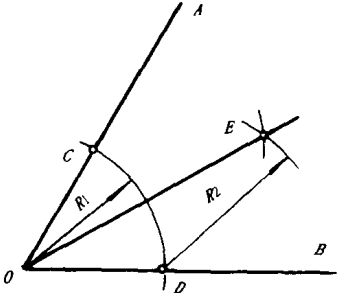
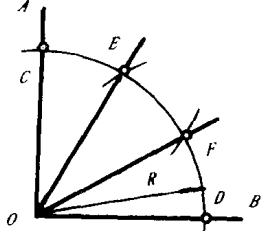
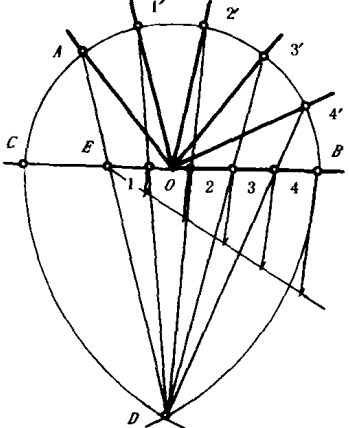
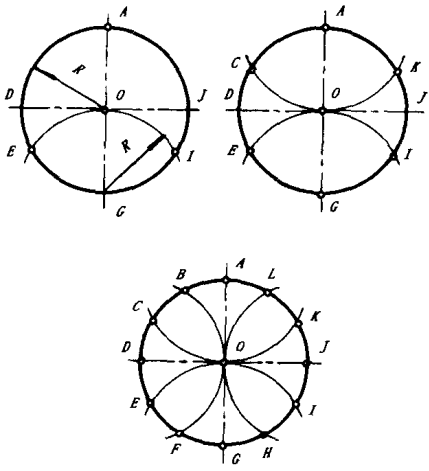
图 例	作 图 方 法
	<p>五、作角的二等分</p> <p>已知 $\angle AOB$, 作其二等分:</p> <p>以顶点 O 为中心, 适当长度 R_1 为半径画圆弧, 分别交 OA、OB 于 C、D 两点; 再分别以 C、D 为中心, 适当长度 R_2 为半径作圆弧相交于 E 点, 连接 OE 即完成角的二等分</p>
	<p>六、作直角的三等分</p> <p>已知直角 AOB, 作其三等分:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 以顶点 O 为中心, 适当长度 R 为半径作圆弧交两直角边于 C、D 两点 2. 分别以 C、D 两点为中心, 以相同长度 R 为半径作圆弧与上一步所作圆弧交于 E、F 两点 3. 连接 OE、OF 即完成直角的三等分
	<p>七、角的任意等分</p> <p>角的任意等分可以采用近似的作图方法, 下面是对 $\angle AOB$ 作五分等的例子:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 以顶点 O 为中心, 适当长度为半径作圆弧 BA, 并与 BO 的延长线交于点 C 2. 分别以 B、C 为中心, BC 为半径作圆弧交于点 D 3. 连接 AD 交 BC 于点 E. 将线段 BE 五分等, 过 D 点与各分点连直线交半圆弧于 $1'$、$2'$、$3'$、$4'$ 各点 4. 连接 $O1'$、$O2'$、$O3'$、$O4'$ 即完成角的等分
	<p>八、圆的三、六、十二等分</p> <p>已知圆 O, 半径为 R</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 过圆心 O 作相互垂直的直径 AG 和 DJ, 以 G 点为中心, R 为半径作弧交圆周于 E、I 两点, 则点 A、E、I 将圆周三等分 2. 再以点 A 为中心, R 为半径作弧交圆周于 C、K 两点, 则点 A、C、E、G、I、K 将圆周六等分 3. 再继续以 D、J 为中心, R 为半径分别作弧交圆周于 B、F、H、L 四点, 则点 A、B、\dots、L 将圆周十二等分

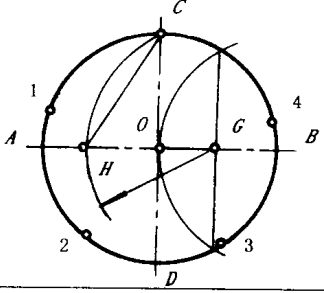
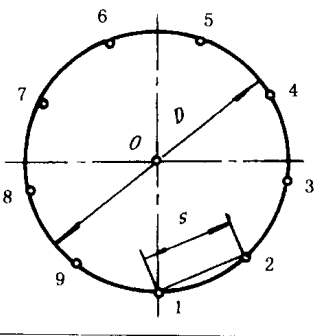
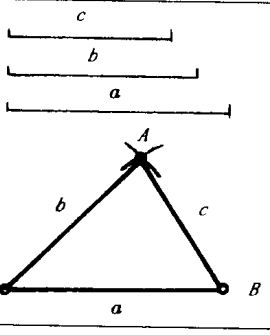
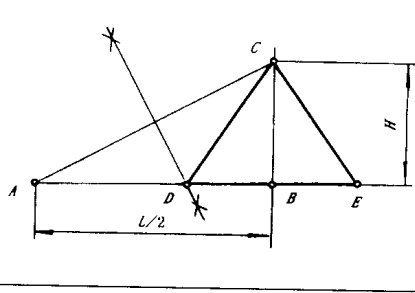
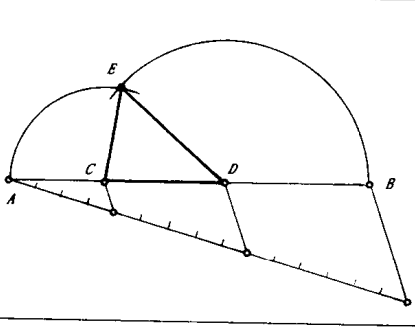
图 例	作 图 方 法
	<p>九、圆的五等分</p> <p>已知圆 O, 半径为 R</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 过圆心 O 作相互垂直的直径 AB 和 CD, 求出 OB 的中点 G 2. 以 G 为中心, CG 为半径作弧交 OA 于点 H 3. 以 CH 为弦长, 在圆周上依次截取点 1、2、3、4, 则完成圆的五等分
	<p>十、利用圆周弦长系数表等分圆周</p> <p>已知圆 O, 直径 $D = 40\text{mm}$, 以其九等分为例:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 查表 1-2, 当等份分数 $n = 9$ 时, 弦长系数 $K = 0.34202$。等分后每份圆周所对应的弦长 $S = D \cdot K = 40 \times 0.34202 = 13.68\text{mm}$ 2. 以所求弦长 S 在圆周上截取等分点 1、2、...、9, 即完成圆周的等分
	<p>十一、由三边长作三角形</p> <p>已知三角形三边长分别为 a、b 和 c, 首先作线段 CB, 长度为 a, 再分别以 C、B 为中心, 以 b、c 为半径画弧相交于点 A, 最后连接线段 AB 和 AC</p>
	<p>十二、已知等腰三角形周长和高, 作三角形</p> <p>等腰三角形的周长为 L, 高为 H。首先作线段 $AB = L/2$, 过 B 点作 $BC \perp AB$, 并取 $BC = H$; 然后连接 AC, 并作其垂直平分线交 AB 于点 D; 最后在 DB 的延长线上取点 E, 使 $BE = DB$, 三角形 CDE 即为所求</p>
	<p>十三、由周长和三边长度比作三角形</p> <p>已知三角形的周长为 L, 三边长度比为 4:5:6。作图时, 首先作线段 $AB = L$, 并按要求的比例划分线段 AB, 得分点 C、D; 然后分别以 C、D 为中心, 以 CA 和 DB 为半径作弧交于点 E, 三角形 CDE 即为所求</p>

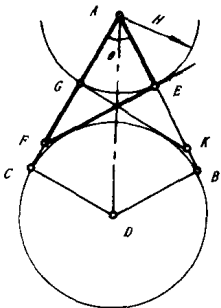
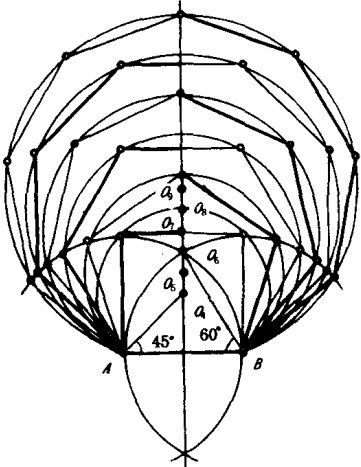
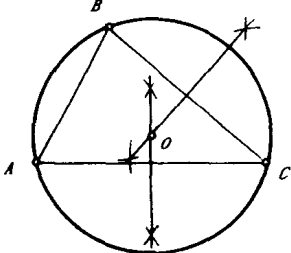
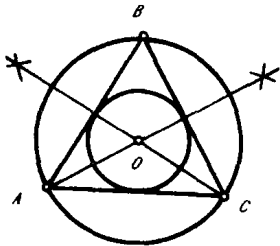
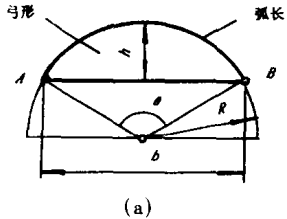
图 例	作 图 方 法
	<p>十四、由周长、高和顶角作三角形 已知三角形的周长为 L，高为 H，顶角为 θ， 作图方法为：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 作角 CAB 等于 θ，使 $AB = AC = L/2$ 2. 分别过 B、C 两点作 AB、AC 的垂线并相交于点 D，再以 D 点为中心，DB 为半径作圆 3. 以 A 点为中心，高 H 为半径作弧，然后作圆和弧的公切线交 AB 于点 E、交 AC 于点 F，三角形 AEF 即为所求(三角形 AGK 为另一解答)
	<p>十五、由边长作正多边形</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 已知正多边形的边长为 AB，作 AB 的垂直平分线。过 A 点作 45° 斜线交垂直平分线于 O_4 点，过 B 点作 60° 斜线交垂直平分线于 O_6 点 2. 求出 O_4O_6 的中点 O_5，则点 O_4、O_5、O_6 分别为以 AB 为边长的正四边、五边和六边形的外接圆中心 3. 在 AB 的垂直平分线上若再以 O_4O_5 的长度继续截取 O_7、O_8、O_9……各点，即可得到以 AB 为边长的正七边形、八边形、九边形……的外接圆中心 4. 最后以外接圆中心到 A 点距离为半径作出正多边形的外接圆，并以 AB 为弦长划分圆周，用直线顺次连接各相邻分点即可
	<p>十六、由三点作圆 已知不共直线的三点 A、B、C，作任意两点连线的垂直平分线，两垂直平分线的交点 O 即为所求圆的中心，O 点到任一已知点的距离为所求圆的半径</p>
	<p>十七、作正多边形的内切圆和外接圆 对于正多边形，任意两内角平分线的交点 O 为该正多边形内切圆和外接圆的中心，O 点到边的距离为内切圆的半径，O 点到顶点的距离为外接圆的半径。左图为正三角形的例子</p>
	<p>十八、弓形的几何关系 如左图 (a) 所示，弓形为圆周的弦 AB 与所对圆弧组成的图形，其中 b 为弦 AB 的长，h 为弓高，\widehat{AB} 为弧长，θ 为圆心角，R 为圆周的半径。 弓形的几何关系如左图 (b) 所示，其中：</p> $\text{弦长 } b = 2R \sin \frac{\theta}{2}$

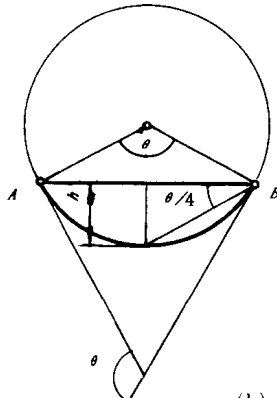
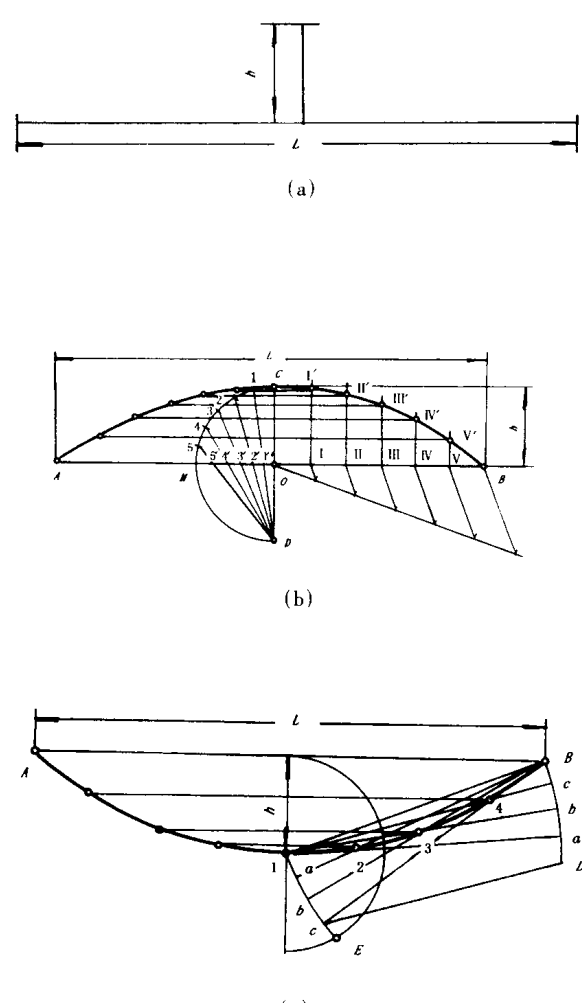
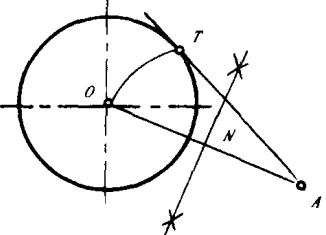
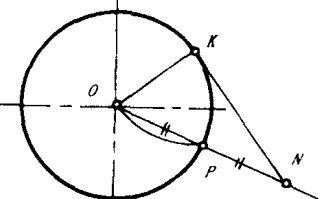
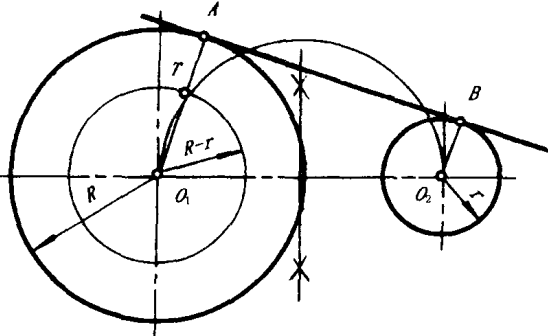
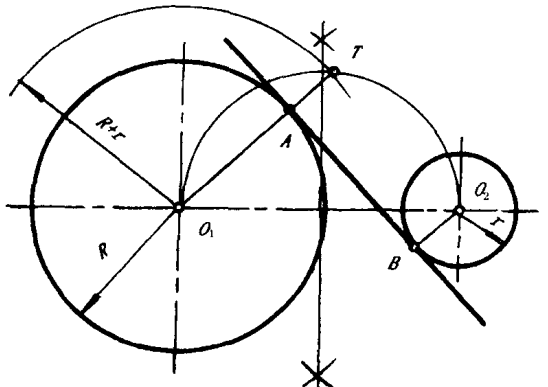
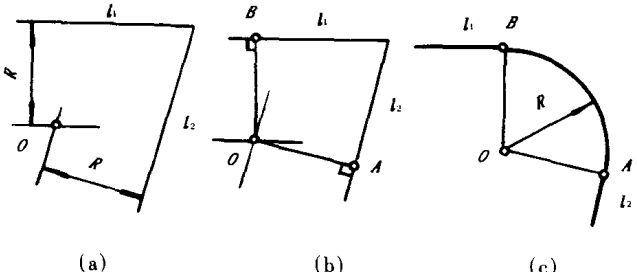
图 例	作 图 方 法
 <p style="text-align: right;">(b)</p>	<p>圆半径 $R = \frac{b^2 + 4h^2}{8h}$</p> <p>圆心角 $\theta = 4\arctan \frac{2h}{b}$</p> <p>弓高 $h = 2R\sin^2 \frac{\theta}{4} = \frac{b}{2} \tan \frac{\theta}{4}$</p>
 <p style="text-align: center;">(a)</p> <p style="text-align: center;">(b)</p> <p style="text-align: center;">(c)</p>	<p>十九、由弦长、弓高作大半径圆弧</p> <p>已知大半径圆弧的弦长为 L，弓高为 h (左图 (a))，圆弧中心距离较远不易作出，这种大半径圆弧的作图方法有两种：</p> <p>方法一如左图 (b) 所示</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 首先过弦 AB 的中点 O 作垂线，在其上取点 C 使 $OC = h$。再以 O 为中心，OC 长为半径画半圆交 CO 延长线于 D，交 OA 于 M 点。 2. 将 CM 弧作适当等分，等分数越多，作图越精确。左图中分为六等分，得等分点 $1, 2, \dots, 5$，将各等分点与 D 点连直线交 OA 于 $1', 2', \dots, 5'$ 点。 3. 将 OB 线段作相同等分，得等分点 I, II, \dots, V，过各等分点作垂线，并在其上量取 $I I' = 1 1', II II' = 2 2', \dots, V V' = 5 5'$，将 I', II', \dots, V' 点光滑连接即得到半个圆弧。圆弧的另一半可用对称图形的方法作出。 <p>方法二如左图 (c) 所示</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 作 AB 的中垂线并在其上由 h 长度取点 1，以点 1 为中心，h 为半径作半圆。 2. 以点 B 为中心，$B1$ 长为半径作弧交半圆于点 E。把弧 $1E$ 等分 (图中 $n=4$) 得等分点 a, b, c，将它们与 B 点连线得 Ba, Bb, Bc。 3. 以点 1 为中心，$B1$ 长为半径画弧 $\widehat{BD} = \widehat{1E}$，也作相同等分得等分点 a, b, c，将它们与 1 点连线得 $1a, 1b, 1c$。 4. 两组连线的对应交点 $2, 3, 4$ 即为圆弧上点，光滑连接 $1, 2, 3, 4, B$ 各点，即得到半个圆弧。圆弧的另一半可用对称图形的方法作出。

图 例	作 图 方 法
	<p>二十、过圆外一点作圆的切线</p> <p>过圆外已知点 A 作圆 O 的切线时, 先连接 AO 并求其中点 N, 再以 N 为中心, ON 为半径画弧交圆于点 T, 则 T 为切点, 连线 AT 即为所求</p>
	<p>二十一、过圆上一点作圆的切线</p> <p>过圆 O 上一点 K 作圆的切线时, 先连接 OK, 再以 K 为中心, OK 为半径作弧交圆于 P 点, 连接 OP 并在其延长线上取 N 点, 并使 $OP = PN$。连接 NK 即为所求</p>
	<p>二十二、作两圆的外公切线</p> <p>已知两圆 O_1 和 O_2, 半径为 R 和 r, 作它们的外公切线时, 先连接两圆心 O_1O_2, 并以 O_1O_2 为直径作半圆, 再以 O_1 为中心, $R-r$ 为半径作圆交半圆于 T 点, 连 O_1T 交大圆于点 A。过 O_2 作 O_1A 的平行线交小圆于点 B, 则 A、B 为切点, AB 连线即为所求</p>
	<p>二十三、作两圆的内公切线</p> <p>已知两圆 O_1 和 O_2, 半径为 R 和 r, 作它们的内公切线时, 先连接两圆心 O_1O_2, 并以 O_1O_2 为直径作半圆, 再以 O_1 为圆心, 以 $R+r$ 为半径作圆交半圆于 T 点, 连 O_1T 交大圆于点 A, 过 O_2 作 O_1A 的平行线交小圆于点 B, 则 A、B 为切点, AB 连线即为所求</p>
	<p>二十四、用已知半径的圆弧连接两直线</p> <p>已知连接弧半径为 R, 两已知直线为 l_1、l_2, 作图步骤为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 分别作与两直线相距为 R 的平行线, 两平行线的交点 O 为连接弧中心(图(a)) 2. 过中心 O 向直线 l_1、l_2 作垂线, 其垂足 A、B 即为连接点(图(b)) 3. 以 O 为圆心, R 为半径在 A、B 之间画弧即可(图(c))