

板金工下料基础知识

北京市第四建筑工程公司一工区铁工小组

中国建筑工业出版社

本书着重介绍板金工在金属板上画出要制作的构件所需板料的大小和形状的过程，这一过程包括放样、求结合线、作展开图和放加工余量等步骤。书中对放样、求结合线、作展开图等下料工序的关键步骤，作了系统的介绍，以便于读者掌握板金工下料的一般性原理、规则和方法。

板金工下料基础知识

北京市第四建筑工程公司一工区铁工小组

*

中国建筑业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑业出版社印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：10 1/16 字数：375 千字

1976年8月第一版 1976年8月第一次印刷

印数：1—301,080册 定价：0.80 元

统一书号：15040·3299

毛 主 席 语 录

思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。

有工作经验的人，要向理论方面学习，要认真读书，然后才可以使经验带上条理性、综合性，上升成为理论，然后才可以不把局部经验误认为即是普遍真理，才可不犯经验主义的错误。

读书是学习，使用也是学习，而且是更重要的学习。

出 版 说 明

本书是北京市第四建筑工程公司一工区铁工小组的工人同志总结自己的实践经验编写的，由陈万里同志执笔，周福长同志校阅。

这本书的写作，是从具体构件下料讨论中归纳出一般原理、规则和方法，再用它们指导下料。这就便于读者在操作中能够灵活运用原理，收到举一反三的效果。

本书的叙述采用了一些新的术语。这些术语是铁工组的工人同志们在生产实践中逐渐形成的概念。

中国建筑工业出版社编辑部

一九七五年十一月

绪 论

从巨大的远洋货轮到很小的生活用具，用板料制成的构件和物品，几乎到处可见。在本书的叙述中，我们所说的板料都指金属板料。

对每个板金工来说，凡制作一个构件或物品，总要经过看图、下料、制作、校核等一系列工序。每道工序的做法是否正确，都关系到工作的成败。毛主席教导我们：“要过细地做工作。要过细，粗枝大叶不行，粗枝大叶往往搞错。”因此，每道工序都必须认真细致地做好。

下面就把这四道工序简略地介绍一下：

一、看图 这是我们接受任务审查图纸的过程，也就是我们对所要制作的构件（物品）的认识过程。我们使用的图，是按正投影原理画出的施工图。施工图是板金工从事生产的依据，图面上的内容主要包括构件的尺寸、形状、光洁度、标题栏和有关技术说明等五部分。我们看图也就是要看懂这五部分。经过对图纸的分析和综合，就能在我们头脑中形成该构件的立体概念，想象出该构件的各部分在空间的相互位置、大小和形状。看懂图纸以后才可以进行下料的工作。

二、下料 也叫划线，这是用笔或划针在地板、钢板或油毡上画出要制作的构件所需板料大小和形状的过程。这一过程大致又可分为：（1）放样；（2）求结合线；（3）作展开图；（4）放加工余量等步骤。其中放样，求结合线和作展开图是下料工序的关键。下料过程，在整个生产过程中占有相当地位，又因为它理论性较强，因而也就成了板金工人必须攻克的难点。

三、制作 就是将板料照展开图的样子剪切下来，按图纸要求，弯曲或拼接起来的过程。我们知道，一块下好的料，可以随意弯曲成任意形状，但是其中只有一种形状符合图纸要求，因此，在制作的时候，必须确定正确的加工方法，有步骤地制作成图纸所要求的空间形状。

四、校核 就是对制成的构件校正和检验的过程，这是不可忽视的最后一道工序。认真校核构件的尺寸、形状、技术要求等，可以发现问题，总结经验，提高质量，降低成本，杜绝浪费，避免事故。

以上谈的板金工作全过程中的四道工序是环环相扣，紧密相关的，我们不能把它们彼此割裂开来。但各道工序本身毕竟各有其特殊性和相对的独立性。在本书中，我们只讨论下料这一工序的基本知识，对于其他工序本书不作讨论，这就是本书的研究范围和对象。

目 录

绪论

第一章 放样	1
第一节 放样图	1
第二节 常用几何线、形画法	1
第三节 点、线、弧间的连接	6
第四节 心形、蛋圆形、制动销形的画法	7
第五节 椭圆画法与圆弧伸直	8
第六节 正多边形画法	10
第七节 板厚处理	15
第二章 作展开图方法	26
第一节 平行线展开法	27
第二节 求实长线方法	34
第三节 放射线展开法	39
第四节 三角线展开法	49
第五节 各种展开法的比较	55
第六节 钢板下料法	56
第七节 加工余量	59
第三章 构件的展开	64
第一节 多面体构件的展开	64
第二节 不可展曲面的近似展开	75
第三节 拱曲构件的下料	83
第四章 相交构件的结合线及结合线的求法	94
第一节 几何形体的截面	94
第二节 断面图	98
第三节 更换投影面法及用途	106
第四节 结合线的概念和分类	114
第五节 素线法	118
第六节 纬线法	122
第七节 素线法与纬线法的应用	127
第八节 辅助切面法	131

第九节 辅助球面法	141
第十节 求结合线方法的比较	144
第十一节 人为结合线	145
第十二节 直线型结合线	152
第五章 下料实例	166
第一部分 简单相交构件	167
第一节 直圆管和直圆管相交构件	167
第二节 矩形管和矩形管相交构件	175
第三节 四棱锥和四棱锥相交构件及矩形管和四棱锥相交构件	178
第四节 圆管与四棱锥、圆管与矩形管相交构件	185
第五节 矩形管和正圆锥相交、矩形管和斜圆锥相交构件	193
第六节 正圆锥和四棱锥相交构件及斜圆锥和四棱锥相交构件	203
第七节 球面与其它形体的相交构件	209
第八节 正圆锥和正圆锥相交构件、斜圆锥和斜圆锥相交构件、 正圆锥和斜圆锥相交构件	216
第九节 圆管和正圆锥相交构件、圆管和斜圆锥相交构件	226
第十节 二锥形体特殊相交构件及二形体点内切的构件	235
第二部分 复杂相交构件	247
第十一节 锥柱形体的复杂相交构件	247
第十二节 等径圆管蛇形弯构件	255
第十三节 带补料的构件	274
第十四节 下料过程的基本思考途径和提高展开料精度问题	282
第十五节 关于节约材料问题	283
第六章 型钢下料	287
第一节 概论	287
第二节 简单型钢下料	289
第三节 角钢的内弯折	291
第四节 角钢的外弯折	295
第五节 角钢圆角内弯	297
第六节 角钢方框	300
第七节 角钢圈	303
第八节 角钢支架、加固框	306
第九节 槽钢下料实例	309
思 考 题	312

第一章 放 样

本章将讨论板金“下料”工序中的第一道手续——放样。为了正确无误地放样，本章将用一定的篇幅，介绍一些几何作图的方法以及板厚处理的原则。

第一节 放 样 图

放样，又叫放大样。依照施工图的要求，按正投影的原理把构件画到地板或钢板上，这样画出的图叫放样图，画放样图的过程就叫放样。放样图和施工图有着密切的联系，参看图1-1-1；但二者又有重大区别，主要区别有：

1. 施工图的比例不确定，可以是1:2或2:1，或其他比值，而放样图一般只限于1:1；

2. 施工图是按照国家标准绘制的，而放样图则较随便，例如可以不必标注尺寸，线条的粗细长短都无关紧要等等；施工图上有前面介绍的五项内容，而放样图则可以少于这五项内容，有时只要画出形状和大小就行了；

3. 施工图上不能随意添加或去掉线条，而放样图上则可以添加各种必要的辅助线，也可去掉与下料无关的线条；

4. 施工图的目的在于示意，放样图的目的在于精确地反映实物形状。当然也还有其他方面的区别，如施工图和放样图上同一部位的尺寸也会有所不同。造成尺寸差异的原因，是板厚的影响，关于板厚的影响及其处理问题，将在本章第七节加以说明。

任何一个放样图都是由线条构成的，为了便于放样，我们有必要讨论一些基本几何图形划线的问题。

第二节 常用几何线、形画法

一、垂直线的画法 垂直线又叫十字线，它固然可以用直角弯尺画出来，但也可以用下面任何一种画法画出来。

(一) 中垂线法。见图1-2-1，画线步骤如下：(1) 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；(2) 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

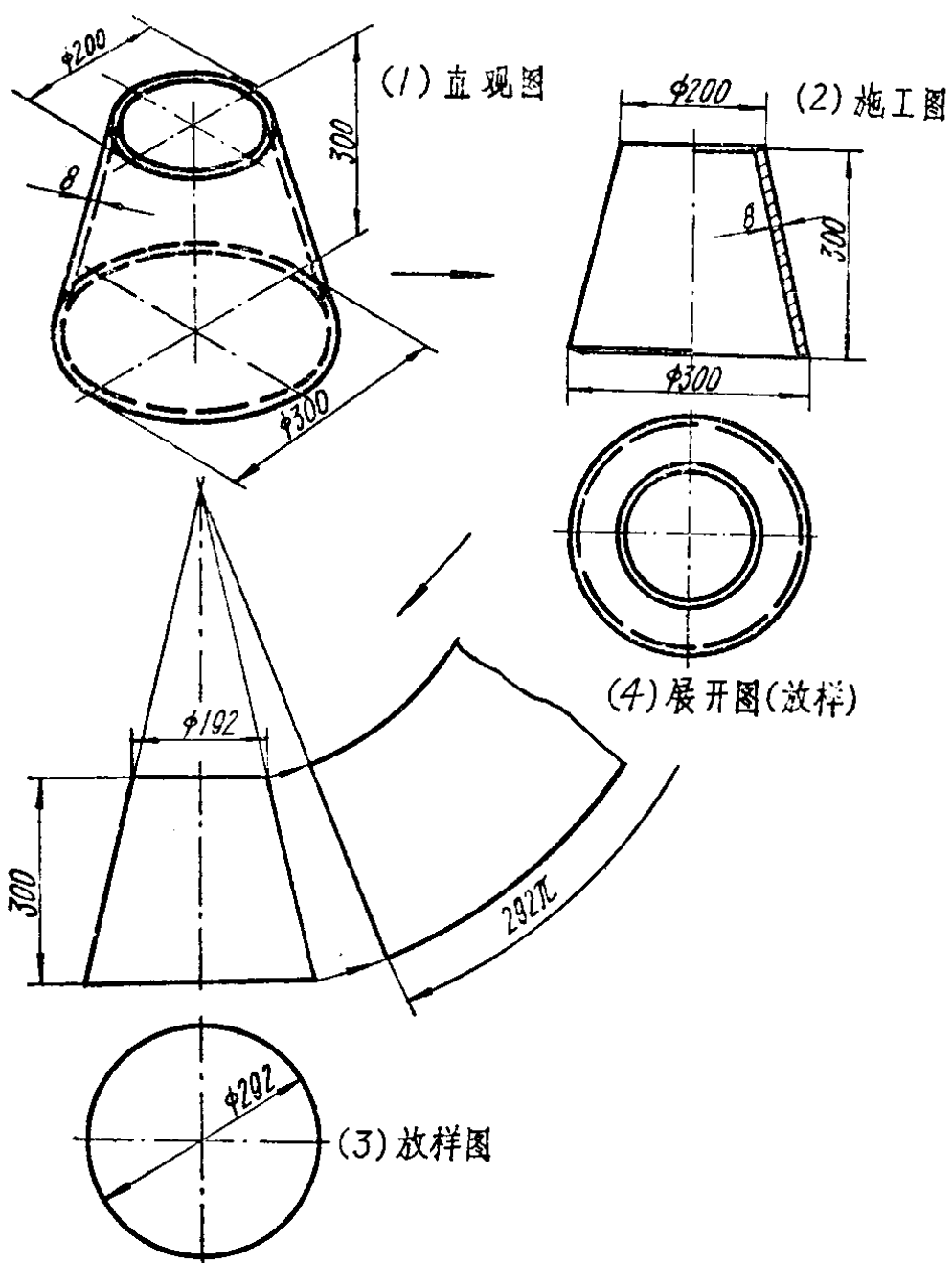


图 1-1-1

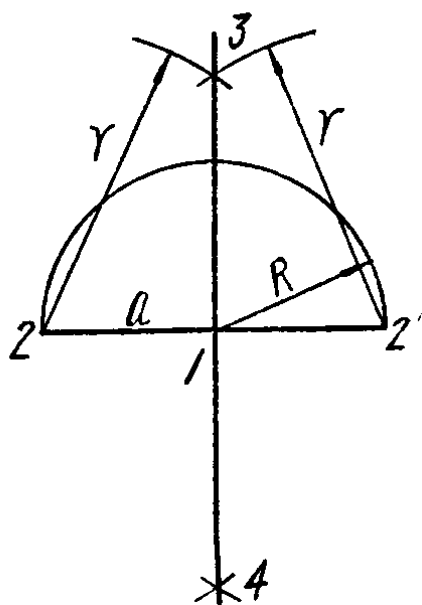


图 1-2-1

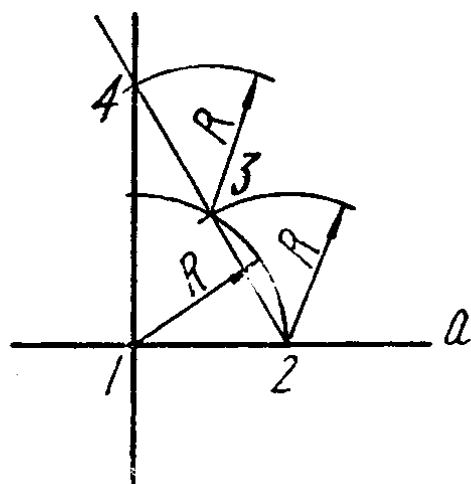


图 1-2-2

是直线 a 的垂线。

(二) 三规求方法。见图1-2-2, 步骤如下: (1) 以直线 a 上任一点 1 为圆心, 任意长 R 为半径画弧交 a 于 2 点; (2) 以 2 为圆心 R 长为半径画弧交前弧于 3 点, 以 3 为圆心以 R 长为半径画弧交过 2-3 的直线于 4 点; (3) 用直线把 1-4 连接起来, 于是直线 1-4 就和 a 垂直。

(三) 半圆法。见图 1-2-3, 步骤如下: (1) 以任意长 1-2 线段为直径画半圆; (2) 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。

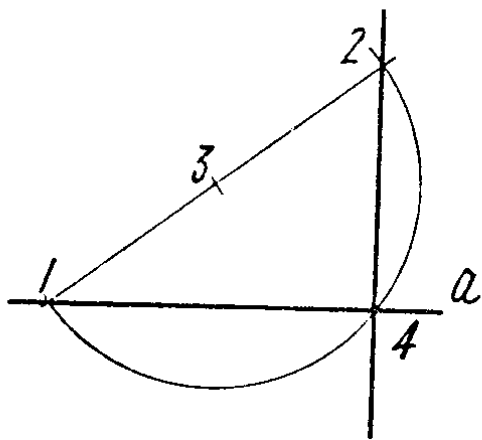


图 1-2-3

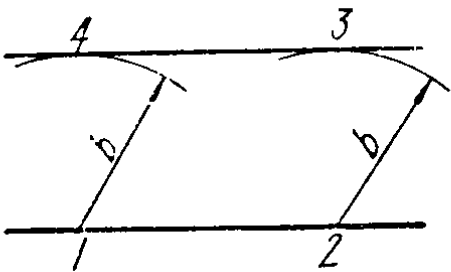


图 1-2-4

二、平行线的画法 假如要画两条相距为 b 的平行线, 那么, 可以采用下面任何一种画法作出:

(一) 切线法。见图 1-2-4, 这种方法简便而准确, 画法如下: (1) 在已知直线上任取 1、2 两点, 分别以 1 和 2 为圆心, 以 b 长为半径画弧; (2) 作二弧的外公切线 3-4, 于是直线 3-4 平行于直线 1-2, 且相距 b 。

(二) 距离法。见图1-2-5, 画法是: (1) 在已知直线上任取两点 1 和 2; (2) 过 1 和 2 分别作直线 1-2 的垂直线, 且于 1-2 同侧截取 1-4、2-3 都等于 b ; (3) 用直线把 3-4 连接起来, 则直线 3-4 平行于 1-2, 且相距 b 。

三、作已知角的平分线 如图1-2-6, $\angle AOB$ 为已知, 其平分线作法如下: (1) 以 O 为圆心以任意长为半径画弧交 $O-A$ 于 2, 交 $O-B$ 于 1; (2) 以 1 和 2 分别为圆心, 以任意同一长度为半径, 分别画弧, 交于 3 点; (3) 过 O 和 3 作直线, 则 $O-3$ 直线就是 $\angle AOB$ 角平分线。

四、已知三角形三边长, 求作这个三角形 见图 1-2-7, 可采用交规画法, 步骤如下: (1) 作直线段 1-2, 使其长为 a , 以 1 和 2 分别为圆心, 以 c 和 b 分别为半径画弧交于 3 点; (2) 连接 1-3 和 2-3, 那么三角形 $\triangle 123$ 就是所求作的三角形。

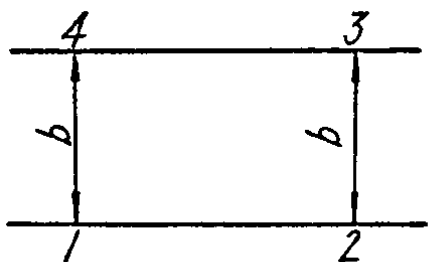


图 1-2-5

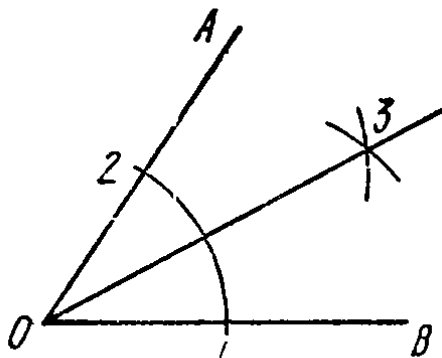


图 1-2-6

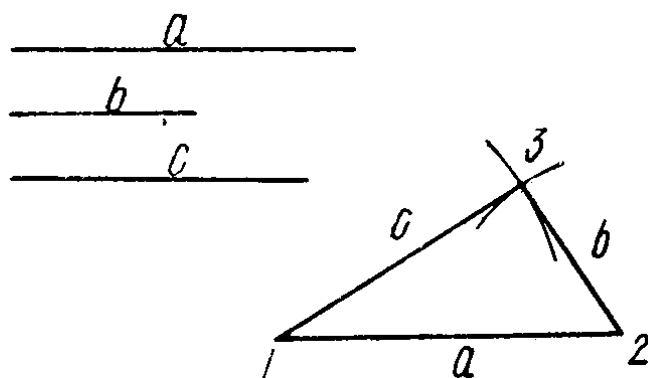


图 1-2-7

在第二章中，大家将会看到，这种作图虽然简单，但却是展开方法之一——三角线展开法的作图基础。

五、作长方形 已知长方形的邻边长分别为 a 和 b （设 $a > b$ ），求作这个长方形。一般情况下，人们习惯于计算法（即算出对角线的长 $L = \sqrt{a^2 + b^2}$ ），但要用乘方和开方运算，很不方便，不如图1-2-8所示的方法简便。画法如下：（1）作相距为 b 的两条平行线 $A-B$ 和 $1-2$ ，且使 $A-B$ 、 $1-2$ 长度为 a ；（2）以 B 为圆心，以 $A-2$ 为半径画弧交 $1-2$ 于 3 点；（3）把 $1-3$ 二等分，其中点为 D ，再量取 $D-C$ 等于 a 长，用直线连接 $A-D$ 和 $C-B$ ，则 $A-B-C-D$ 就是我们所要求的长方形。

这一方法的优点在于不用计算，而且也有足够的精度。特别是在较大尺寸长方形放大样时，常被采用。

六、等分直线段的画法 见图 1-2-9，这里采用了比例法。虽然本图将线段 $A-B$ 五等分，但作图方法却可推广到任意等分的作图中去。作图步骤为：（1）过 A 点作一射线，从 A 点起，在射线上依次截取 1 、 2 、 3 、 4 、 5 各点，使 $1-2$ 、 $2-3$ 、 $3-4$ 、 $4-5$ 的长都相等；（2）连接 $5-B$ ，且过 1 、 2 、 3 、 4 各点引

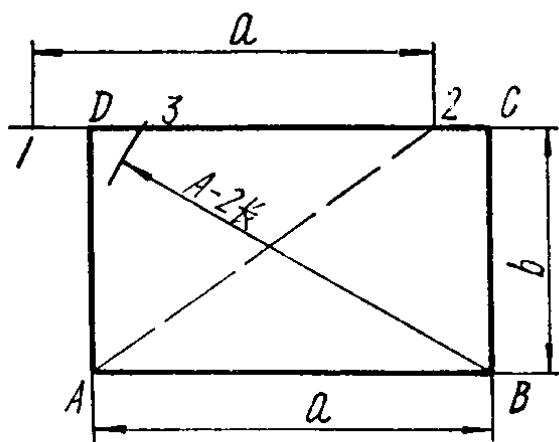


图 1-2-8

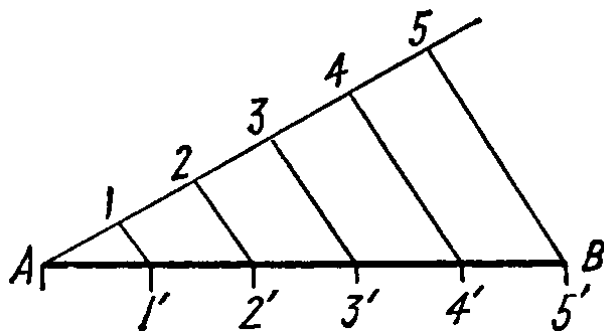


图 1-2-9

5-B的平行线，交A-B于1'、2'、3'、4'各点，则1'、2'、3'、4'就把A-B五等分。

七、等分圆弧的画法 对于圆弧的2、4、8、16…… 2^n （ n 为正整数）等分的画法可用平分弦法，而对于其他等分数目的画法，可采用渐近法。

（一）平分弦法。见图1-2-10，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 $\widehat{AB}$ ，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。

（二）渐近法。见图1-2-11。要把任意半径的一段圆弧五等分，可以这样作：（1）从弧的一端A开始，依次用约为五分之一弧长的画规量取五次，得分点1'、2'、3'、4'、5'各点，如果5'与B点不重合（本例5'在 $\widehat{AB}$ 之间），则说明画规两脚的距离需要调整（本例画规两脚距离小了些）；（2）加大画规两脚

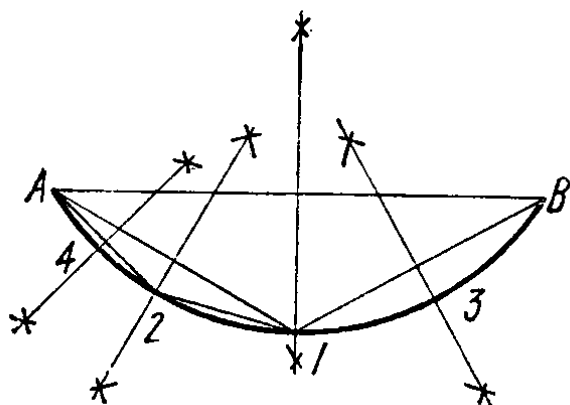


图 1-2-10

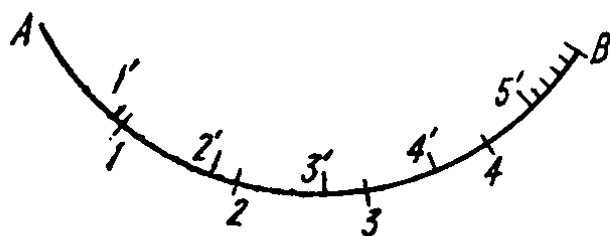


图 1-2-11

的距离，使其加大部分约等于目测出来的 $\widehat{5'-B}$ 的 $1/5$ （如果 $5'$ 画到 $\widehat{AB}$ 外面去了，则应缩小画规两脚的距离）；（3）然后用调整过的画规重新截量 $\widehat{AB}$ 。如此重复以上步骤，就可使得 $5'$ 和 B 重合，从而完成五等分圆弧的作图。图中的1、2、3、4即为渐近五等分的截点。

对于其他数目的等分作图，也可依此类推。

第三节 点、线、弧间的连接

（一）作过 A 、 B 、 C 三定点的圆（ A 、 B 、 C 三点不在同一直线上），见图1-3-1。具体作法是：（1）分别连接 $A-B$ 和 $B-C$ ，且作 $A-B$ 和 $B-C$ 的中垂线交于 O 点；（2）以 O 为圆心，以 $O-A$ 为半径画圆，此圆即为所求作的圆。

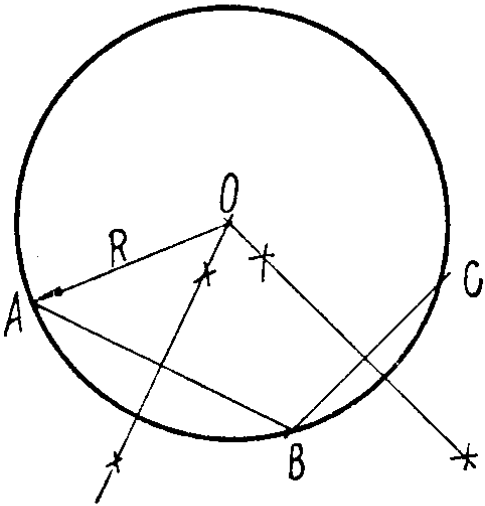


图 1-3-1

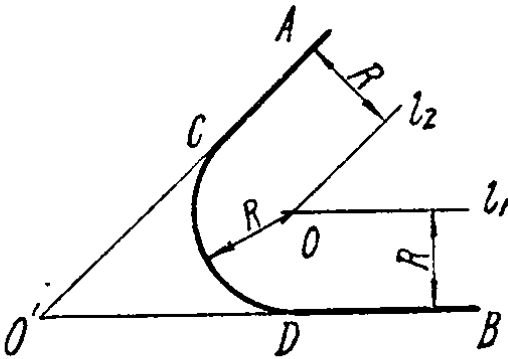


图 1-3-2

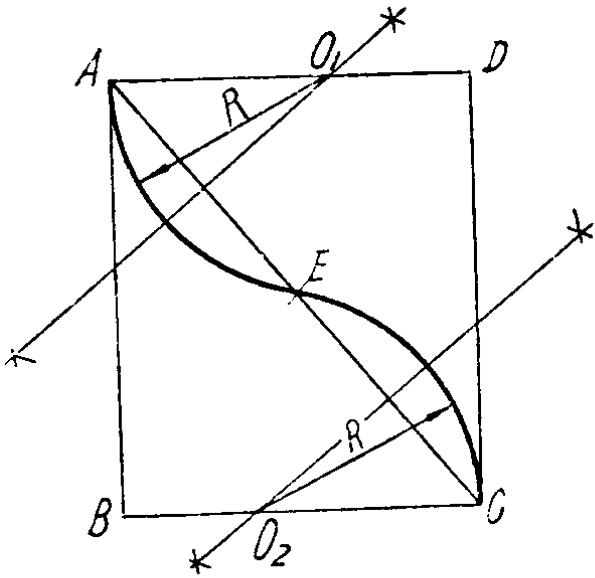


图 1-3-3

（二）用半径为定长 R 的弧连接两相交直线，见图1-3-2。画法是：（1）在两相交直线内侧，分别作 l_1 和 l_2 与 $O'-B$ 和 $O'-A$ 平行且相距 R ， l_1 和 l_2 相交于 O 点；（2）以 O 为圆心，以 R 为半径画弧，切 $O'-A$ 、 $O'-B$ 于 C 和 D 两点，于是完成作图。

（三）已知一矩形 $A-B-C-D$ ，见图1-3-3。 $AB=a$ ， $BC=b$ ，现在要作两条

相切且相等的圆弧，使两弧再分别切 $A-B$ 于 A ，切 $C-D$ 于 C 点，实际上这是要画一个迂回弯头的中心辅助线。具体作图步骤为：（1）作矩形对角线 $A-C$ 的中点 E ，作 $A-E$ 的中垂线交 $A-D$ 于 O_1 点；作 $E-C$ 的中垂线交 $B-C$ 于 O_2 点；（2）以 O_1 和 O_2 分别为圆心，以 O_1-A 或 O_2-C 为半径分别画弧，相切于 E 点，又 $\widehat{AE}$ 切 $A-B$ 于 A 点， $\widehat{EC}$ 切 $C-D$ 于 C 点，由此完成作图。

第四节 心形、蛋圆形、制动销形的画法

一、心形 见图1-4-1，已知 A 、 B 两圆半径分别为 r 和 R ，且 $R > r$ 。作图步骤为：（1）以 B 为圆心，以 $R-r$ 长为半径画弧交圆 A 于1和2两点；（2）以1和2分别为圆心，以 r 为半径分别画弧切大圆 B 于3和4两点；则 $\widehat{A4}$ 、 $\widehat{453}$ 、 $\widehat{3A}$ 组成一个心形。

二、蛋圆形 如图1-4-2，已知尺寸有 R 、 r 、 a ， $R > r$ 。画法如下：（1）过 B 作 $A-B$ 的垂直线交大圆于 C 点，截取 $C-D=r$ ；（2）连接 $A-D$ ，且作 $A-D$ 的中垂线交 $C-B$ 的延长线于 O_1 ，同时截取 $B-O_2=B-O_1$ ，得 O_2 点；（3）分别以 O_1 和 O_2 为圆心，以 O_1-C 为半径画弧。于是 $\widehat{EF}$ 、 $\widehat{FG}$ 、 $\widehat{GC}$ 、 $\widehat{CE}$ 四弧构成蛋圆形。

三、制动销形 见图1-4-3，已知尺寸有 R_1 、 R_2 和 r 。画法如下：（1）在直线上取 $A-B=2r$ ，且以 $A-B$ 为直径画圆；（2）截取 $O_1-A=R_1$ ， $O_2-B=R_2$ ，以 O_1 为圆心， R_1 为半径画弧，再以 O_2 为圆心， R_2 为半径画弧，相交于 C 点。于是 $\widehat{AB}$ 、 $\widehat{BC}$ 、 $\widehat{CA}$ 即构成制动销形。

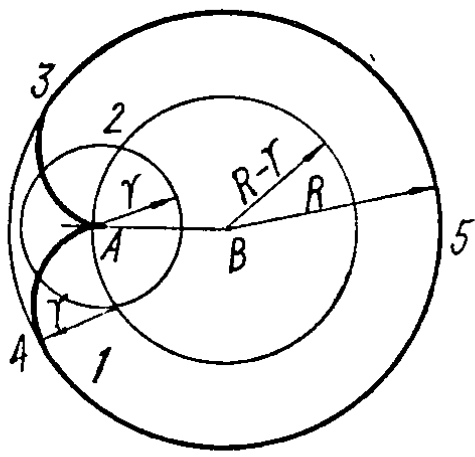


图 1-4-1

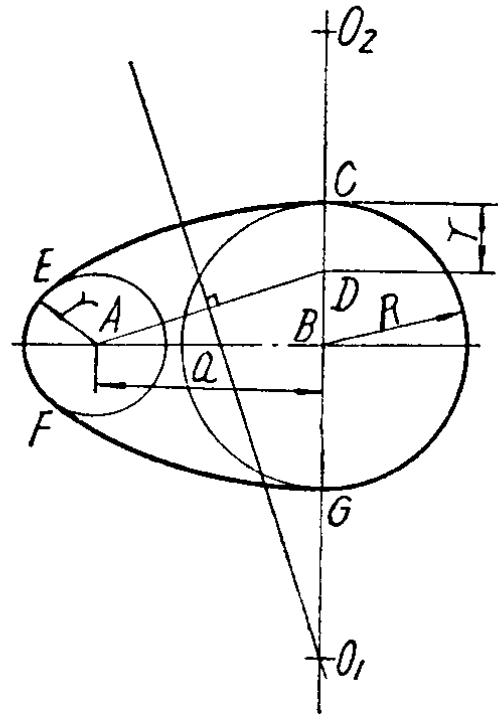


图 1-4-2

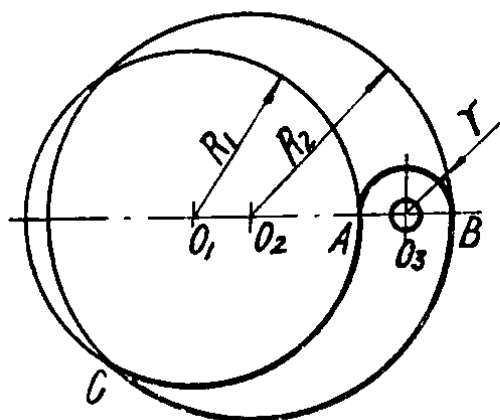


图 1-4-3

第五节 椭圆画法与圆弧伸直

一、椭圆是常见的图形之一，它有很多种画法，这里只讨论常用的三种。

(一) 圆弧近似法。见图1-5-1，已知长轴为 a ，短轴为 b 。画法为：(1) 画出两轴，以 O 为圆心，以 $O-2$ 为半径画弧交短轴延长线于 5；(2) 连接 1-3，以 3 为圆心，以 3-5 为半径画弧交 1-3 于 6 点，作 1-6 的中垂线，交长轴于 7 点，交短轴延长线于 8 点，在长轴上取 9 点，使 $O-9$ 等于 $O-7$ ，在短轴上取 10 点，使 $O-10$ 等于 $O-8$ ；(3) 以 8、10 分别为圆心，以 8-3 (或 10-4) 为半径分别画弧，再以 7、9 分别为圆心，以 7-1 (或 9-2) 为半径画弧。则此四弧相接形成所求椭圆。

(二) 描点法。见图 1-5-2，此法有可靠的精确性，但麻烦些。已知长短轴

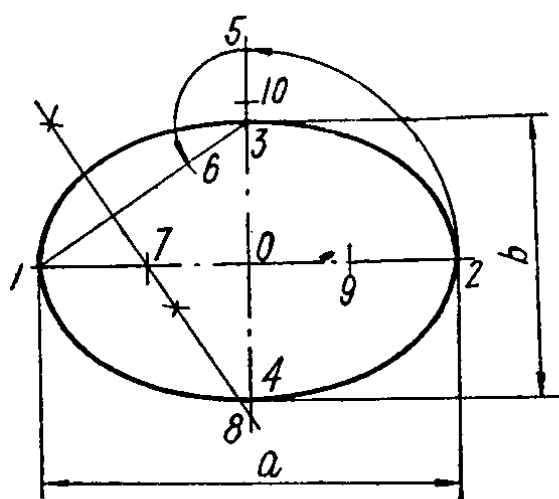
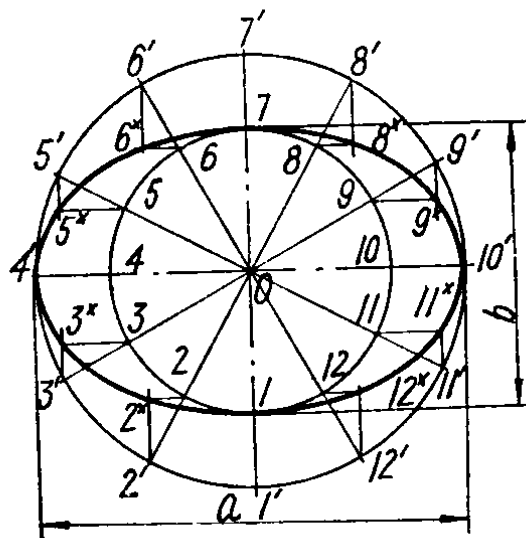


图 1-5-1



过外圆上各点1'、2'、……作短轴平行线，对应交于1^{*}、2^{*}、3^{*}、4^{*}、……各点；
 (3) 将1^{*}、2^{*}、3^{*}、4^{*}、……各点用平滑曲线连接起来即得椭圆图形。

(三) 轨迹法。见图 1-5-3，已知长轴为 a ，短轴为 b 。画法为：(1) 画出长短二轴1-2和3-4，以短轴端点 4 为圆心，以长轴一半 $a/2$ 为半径画弧交长轴于 5 和 6 两点，5、6 即椭圆焦点；(3) 取一条细绳把绳两端固定于 5、6 两点，使细绳的长恰等于长轴 a ，同时把划针套在小绳上，象图中那样，绷紧小绳旋转一周，那么划针所描出的轨迹就是个椭圆。

虽然本方法在理论上准确，但细绳不可能没有伸缩性，况且细绳两端的固定有时也是个难题，因而本方法一般用于较大尺寸的椭圆作图。

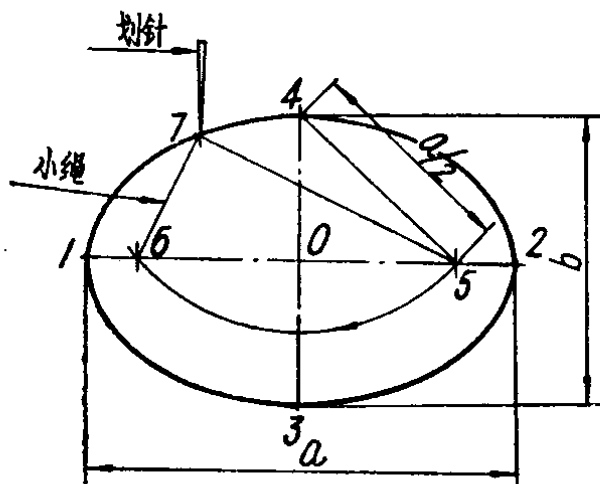


图 1-5-3

二、圆弧的伸直。将圆周或一段圆弧展开成直线，这是钣金工经常碰到的问题，一般用计算法。求圆周长的公式为：

$$S = 2\pi R = \pi d$$

式中 S ——圆周长；

π ——圆周率，约等于3.14或3.1416；

R ——圆半径；

d ——圆直径。

如果是一段圆弧，则其长度公式为：

$$L = \frac{\alpha \pi R}{180}$$

式中 L ——弧长；

α ——弧的度数；

R ——圆弧的半径。

圆周或圆弧的伸直也可用作图法。

(一) 把半径为 R 的圆周伸直, 见图 1-5-4, 作法是: (1) 作已知圆的两条相互垂直的直径 $1-1'$ 和 $4-5$, 以 1 为圆心, 以 R 为半径画弧交圆周于 2 点, 连接 $O-2$ 且延长, 交过 4 点的圆的切线于 3 点; (2) 在 $3-4$ 的延长线上, 截取 $3-9$ 等于 $3R$, 再连接 $5-6$, 则 $5-6$ 的长即为圆周展开长度的一半。

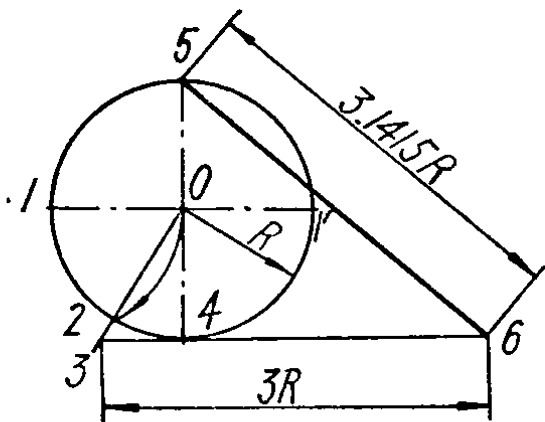


图 1-5-4

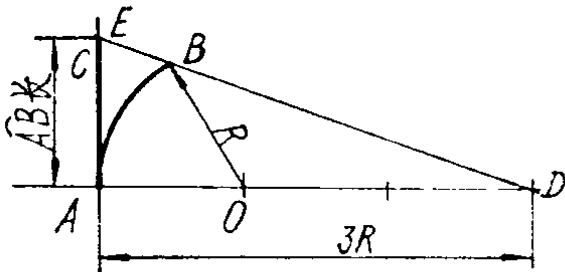


图 1-5-5

(二) 半径为 R 圆心角小于九十度的圆弧的伸直画法, 见图 1-5-5。方法是: (1) 过弧线一端点 A 作半径 $O-A$ 的垂线 $A-E$; (2) 在 $A-O$ 的延长线上取 D 点, 使 $A-D$ 等于 $3R$, 连接 D 与弧的另一端点 B 且延长之, 交 $A-E$ 于 C 点, 则 $A-C$ 长就等于 $\widehat{AB}$ 之长。

第六节 正多边形画法

画正多边形问题, 根据已知条件的不同, 可分为两大类: 第一类已知正多边形外接圆半径作正多边形; 第二类已知正多边形一边长作正多边形。下面分别讨论。

一、已知正多边形的外接圆半径作这个正多边形。其实这类问题也可叫作等分圆周问题。

(一) 已知外接圆半径为 R , 求作正六边形 (正三边形、正十二边形等), 如图 1-6-1。其画法为: (1) 从圆上任一点 1 开始, 依次用长为 R 的直线距离在圆周上截取六次, 正好得到 $1、2、3、4、5、6$ 各点; (2) 将 $1-2、2-3、\dots$ 用直线连接起来, 于是画出正六边形。

如果要作正三边形, 只要把图中的双点划线画出来即可; 如果要作正十二边形, 只要将 $\widehat{1-2}、\widehat{2-3}、\dots$ 等各二等分, 就把圆周十二等分了。依次连接各等分点, 就得到正十二边形, 正二十四、四十八边形等也可仿照上述方法求出来。

(二) 已知外接圆半径 R , 求作正四边形 (正八、正十六边形等)。如图 1-