

画法几何及机械制图



类目：机械类

书名：画法几何及机械制图

主编：李恩义 周肖阳 王玉梅

出版社：电子科大出版社

开本：大 16 开

书号：978-7-5770-1204-9

使用层次：通用

出版时间：2024 年 11 月

定价：59.80 元

印刷方式：双色

是否有资源：是

机械类创新教材
教育改革新理念教材



机械类创新教材
教育改革新理念教材

画法几何及机械制图

画法几何及机械制图

画法几何 及机械制图



主 编 李恩义 周肖阳 王玉梅

主 编 李恩义 周肖阳 王玉梅

电子科技大学出版社



策划编辑: 万晓桐
责任编辑: 刘 凡
封面设计: 旗语书装

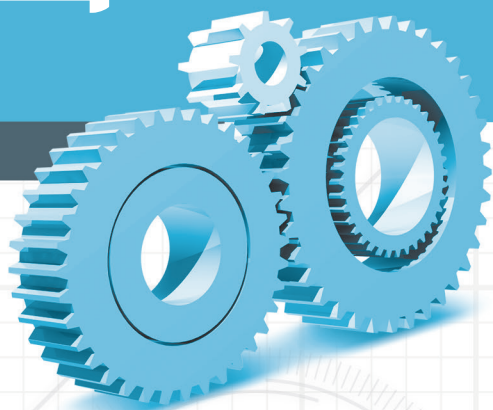
电子科技大学出版社
University of Electronic Science and Technology of China Press



机械类创新教材
教育改革新理念教材

画法几何 及机械制图

主 编 ◎ 李恩义 周肖阳 王玉梅
副主编 ◎ 王同珍



电子科技大学出版社
University of Electronic Science and Technology of China Press

· 成都 ·

图书在版编目(CIP)数据

画法几何及机械制图 / 李恩义, 周肖阳, 王玉梅主
编. --成都: 成都电子科大出版社, 2024. 11. -- ISBN
978-7-5770-1204-9

I. TH126

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024R61R71 号

画法几何及机械制图

HUAFU JIHE JI JIXIE ZHITU

李恩义 周肖阳 王玉梅 主编

策划编辑 万晓桐

责任编辑 刘 凡

责任校对 解梦淘

责任印制 梁 硕

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 www.uestcp.com.cn

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 涿州汇美亿浓印刷有限公司

成品尺寸 210mm×285mm

印 张 16

字 数 433 千字

版 次 2024 年 11 月第 1 版

印 次 2024 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5770-1204-9

定 价 59.80 元

版权所有, 侵权必究



前言

本书根据高等教育“机械制图”课程的教学计划与教学大纲，由在高等教育教学一线具有多年教学经验及多年工厂实践经验的双师型教师，在充分调研并汲取多所高等院校教学改革经验和成果的基础上编写而成。本书具有以下几个主要特点。

(1) 书中的标准全部采用“技术制图”和“机械制图”等国家标准，及与制图有关的其他标准。

(2) 贯彻先进的教学理念，突出职业教育特色。根据电气类专业毕业生所从事职业的实际需要，对书中内容的深度、难度做了较大程度的调整。全书以能力为主线，本着“读图为主、读画结合、强化应用、培养技能”的原则，精心安排重要知识点和技能点的结构和顺序，突出了“以例代理、简明扼要、通俗易懂、图文并茂”的编写风格。

(3) 本书注重手工绘制草图能力和计算机绘图能力的综合培养，介绍了 AutoCAD 软件的应用，以培养学生的综合图样处理能力和动手绘图能力。

本书的主要内容包括制图的基本知识和技能、投影作图基础、变换投影面法、立体及表面交线、组合体、轴测图、机件的表示法、标准件和常用件、零件图、装配图、计算机绘图基础。

由于编者水平有限，书中难免有欠妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2024 年 3 月

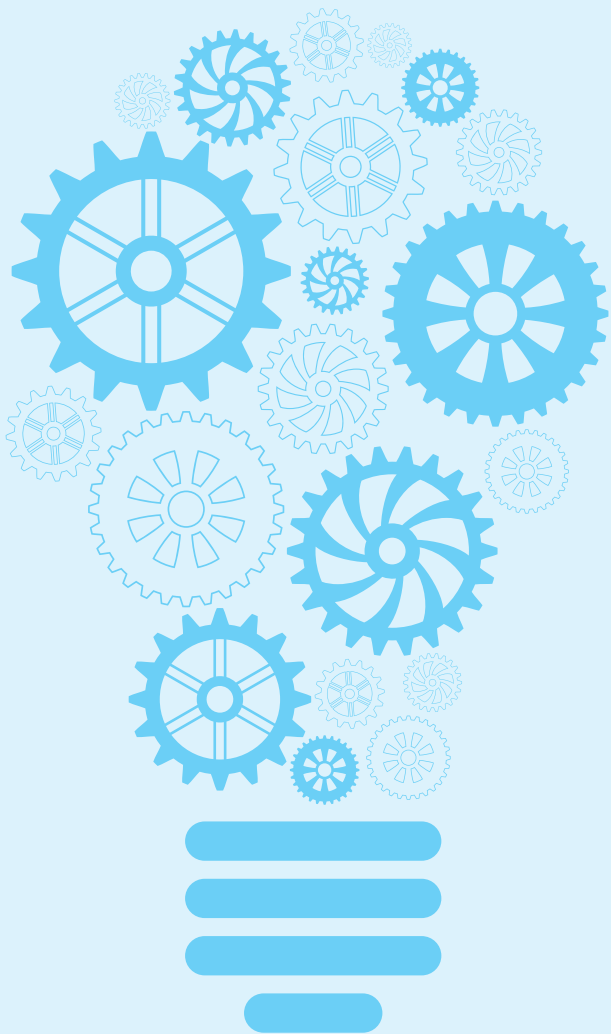
目 录

第一章 制图的基本知识和技能	1
第一节 国家标准关于制图的规定	2
第二节 常用的绘图工具与用品	13
第三节 几何作图	16
第四节 平面图形的绘制	21
第二章 投影作图基础	29
第一节 投影法的基本概念	30
第二节 点的投影	33
第三节 直线的投影	36
第四节 点与直线及两直线的相对位置	40
第五节 直角的投影	43
第六节 平面的分类及投影	44
第七节 平面、直线与点的相对位置	49
第三章 变换投影面法	53
第一节 变换投影面法的概念	54
第二节 点的投影变换	55
第三节 直线的投影变换	57
第四节 平面的投影变换	60
第四章 立体及表面交线	63
第一节 立体的投影	64

第二节 截交线	73
第三节 相贯线	81
第五章 组合体	85
第一节 三视图的形成及其投影规律	86
第二节 组合体的组合方式、形体分析及表面间的关系	88
第三节 组合体视图的画法	92
第四节 组合体的尺寸标注方法	96
第六章 轴测图	105
第一节 轴测图的基本知识	106
第二节 正等轴测图	108
第三节 斜二等轴测图	115
第七章 机件的表示法	119
第一节 视图	120
第二节 剖视图	124
第三节 断面图	131
第四节 局部放大图与简化画法	134
第八章 标准件和常用件	137
第一节 螺纹	138
第二节 螺纹连接件及连接画法	144
第三节 键及其连接	150
第四节 销及其连接	155
第九章 零件图	157
第一节 零件图的作用和内容	158
第二节 零件的工艺结构	159
第三节 零件视图的选择	162
第四节 零件图中的尺寸标注	164
第五节 表面粗糙度及其注法	172
第六节 公差与配合及其注法	176
第七节 几何公差及其注法	182
第八节 零件图的识读	184

第十章 装配图	191
第一节 装配图的作用和内容	192
第二节 装配图的表达方法	193
第三节 装配图的视图选择	196
第四节 装配图中的尺寸和技术要求	198
第五节 装配图中的零、部件序号和标题栏与明细栏	199
第六节 机器上常见的装配结构	202
第七节 装配图的识读	204
第十一章 计算机绘图基础	207
第一节 AutoCAD 工作环境	208
第二节 AutoCAD 常用命令	210
第三节 精确绘图方法	223
第四节 二维绘图实例及技巧	227
第五节 AutoCAD 三维绘图简介	239
第六节 图样输出	246
参考文献	248

第一章 制图的基本知识和技能



01

第一节

国家标准关于制图的规定

一、图纸幅面和图框格式

1. 图纸幅面

为了便于装订和保存图纸,《技术制图 图纸幅面和格式》(GB/T 14689—2008)对图纸幅面做了统一的规定。

在绘制技术图样时,图纸的幅面和图框应采用表 1-1 中规定的基本尺寸。必要时,允许选用加长幅面,如图 1-1 所示。

表 1-1 基本幅面尺寸和图框尺寸

单位:mm

幅面代号	尺寸(B×L)	图框		
		a	c	e
A0	841×1 189	25	10	20
A1	594×841			
A2	420×594			
A3	297×420		5	10
A4	210×297			

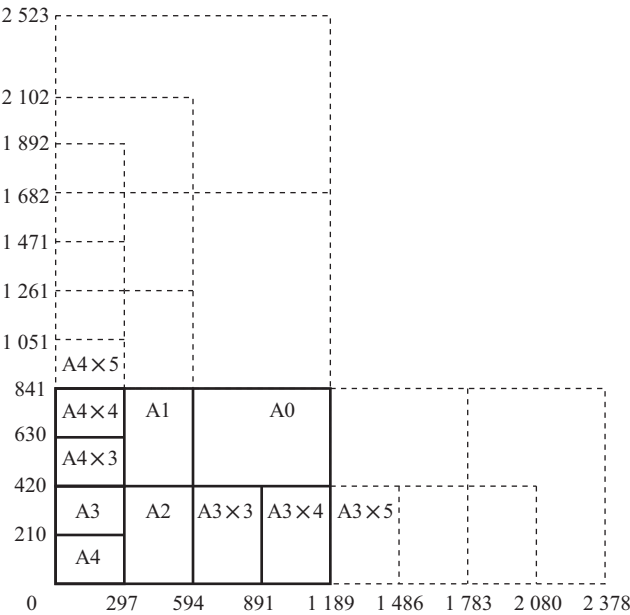


图 1-1 图纸幅面与加长幅面(单位:mm)

2. 图框格式

图框格式分为不留装订边和留装订边两种,如图 1-2 所示。

在同一种产品的图样中只能采用一种图框格式。在图纸上必须用粗实线画出图框,两种图框格式的周边尺寸 a 、 c 、 e 按表 1-1 中的规定选取。

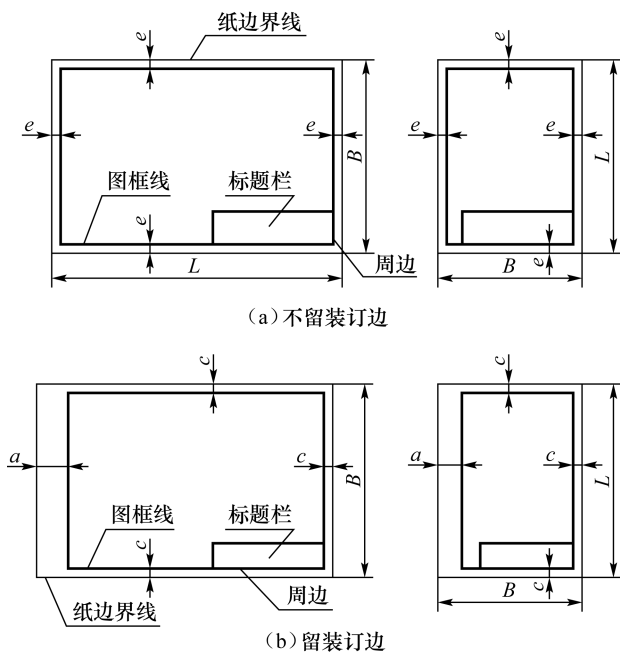


图 1-2 图框格式

3. 对中符号

为了复制图样时定位方便,在各边长的中点处应分别画出对中符号(粗实线),如图 1-3 所示。

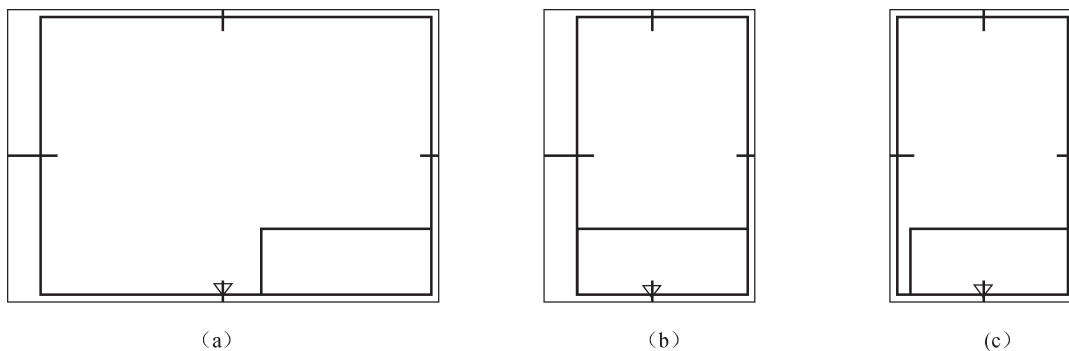


图 1-3 对中符号

4. 标题栏

在绘图时,必须在每张图纸的右下角画出标题栏,标题栏中的文字方向即看图方向。对于标题栏的格式,《技术制图 标题栏》(GB/T 10609.1—2008)做了统一规定,如图 1-4 所示。



为了方便学习,建议学生作业中的标题栏采用如图 1-5 所示的格式。

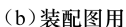


图 1-5 学生作业中的标题栏格式



说明

当标题栏的长边置于水平方向并与图纸的长边平行时,则构成 X 型图纸;当标题栏的长边与图纸的长边垂直时,则构成 Y 型图纸。

二、比例

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比,根据《技术制图 比例》(GB/T 14690—1993)确定。

比例分为原值比例、放大比例和缩小比例三种类型。为了能从图样上得到与实物大小一致的真实

概念,应尽量采用原值比例绘图。当不适宜采用 1 : 1 的原值比例时,可根据实际情况适当地放大比例或缩小比例。

在绘图时,应优先选用比例系列 1(见表 1-2 所列),必要时可选用比例系列 2(见表 1-3 所列)。

表 1-2 比例系列 1

种类	比例
原值比例	1 : 1
放大比例	5 : 1 2 : 1 (5 × 10 ⁿ) : 1 (2 × 10 ⁿ) : 1 (1 × 10 ⁿ) : 1
缩小比例	1 : 5 1 : 2 1 : (5 × 10 ⁿ) 1 : (2 × 10 ⁿ) 1 : (1 × 10 ⁿ)

注: n 为正整数。

表 1-3 比例系列 2

种类	比例
放大比例	4 : 1 2.5 : 1 (4 × 10 ⁿ) : 1 (2.5 × 10 ⁿ) : 1
缩小比例	1 : 1.5 1 : 2.5 1 : 3 1 : 4 1 : 6 1 : (1.5 × 10 ⁿ) 1 : (2.5 × 10 ⁿ) 1 : (3 × 10 ⁿ) 1 : (4 × 10 ⁿ) 1 : (6 × 10 ⁿ)

注: n 为正整数。

不论是放大还是缩小比例绘图,图样中标注的尺寸均应为机件的实际尺寸。图 1-6 为同一机件采用不同比例所画出的图形。

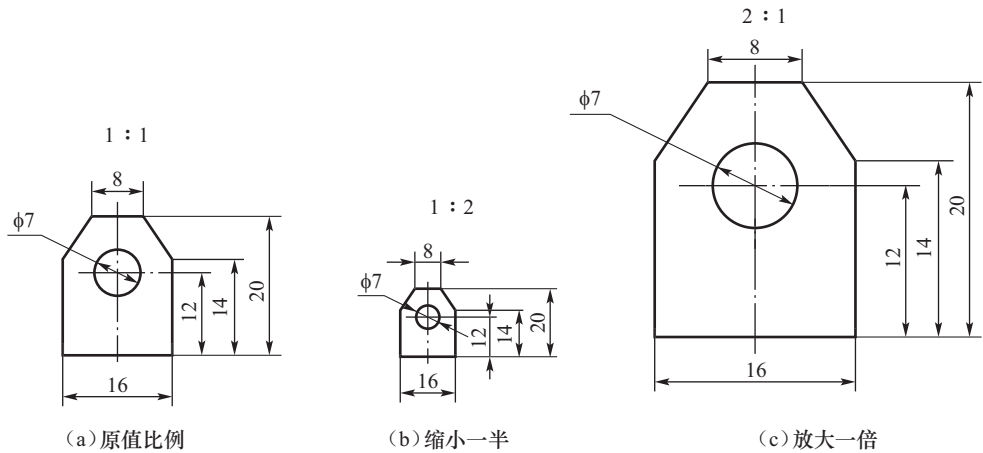


图 1-6 以不同比例画出的同一机件的图形



说 明

- (1) 比例符号应以“:”表示,如 1 : 1、2 : 1、1 : 2 等。
- (2) 比例一般应标注在标题栏的比例栏中。原则上,对于同一张图样上的各个图形应采用相同的比例绘制,但当机件的局部需要放大表示时,可采用不同的比例绘制,将比例数值写在相应视图的上方。
- (3) 带角度的图形,不论放大还是缩小,均应按实际角度绘制和标注。

三、字体

在机械图样中,除了表示机件形状的图形外,还需用汉字、字母和数字来标注尺寸和说明机件在设计、制造及装配时的技术要求,根据《技术制图 字体》(GB/T 14691—1993)确定。

1. 字体要求

图样中的字体要求为:字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。

字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列包括:1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm,共 8 种。字体高度代表字体的号数。若要书写大于 20 号的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

2. 汉字

图样上的汉字应写成长仿宋体,并采用国家正式公布推行的简化字。汉字的高度不应小于 3.5 mm,其字宽一般为 $\frac{h}{\sqrt{2}}$,如图 1-7 所示。

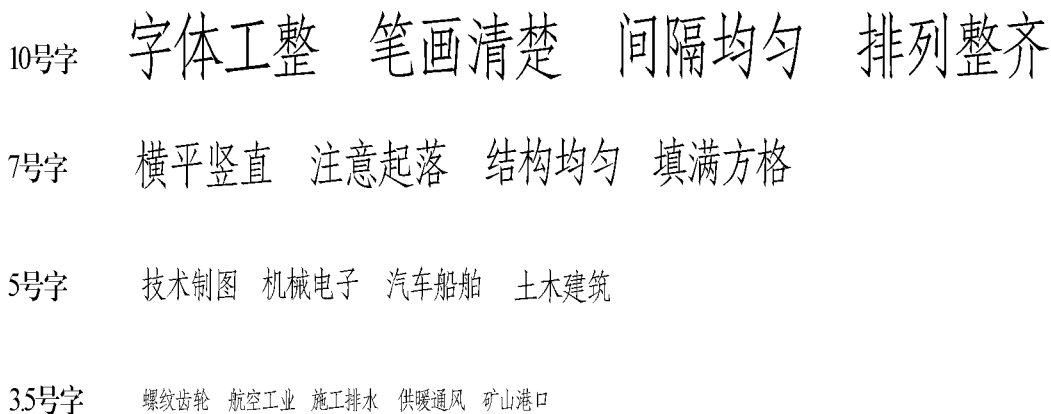


图 1-7 汉字书写示例

书写长仿宋体的要领如下:

- (1) 结构均匀、填满方格;
- (2) 横平竖直、注意起落;
- (3) 写成的字应该字体细长、字形挺拔、棱角分明;
- (4) 在书写时,笔画起落应有笔锋,字要一笔写成,不要勾描。

3. 字母和数字

字母和数字可写成斜体或直体(常用斜体)。斜体字的字头向右倾斜,与水平基准线所成夹角约为 75° 。

字母和数字分为 A 型和 B 型两种。A、B 型字体的笔画宽度(d)分别为字高(h)的 $1/14$ 和 $1/10$ 。在同一图样上,只允许选用一种形式的字体,一般采用 B 型。

字母和数字示例,如图 1-8 所示。



图 1-8 字母和数字示例(一)

用作指数、分数、极限偏差和注脚等的数字及字母，一般应采用小一号的字体，如图 1-9 所示。

10^3

S^{-1}

D_1

T_d

$\phi 20^{+0.010}_{-0.023}$

$7^{\circ+1^{\circ}}_{-2^{\circ}}$

$\frac{3}{5}$



说明

图 1-9 字母和数字示例(二)

图样中的数字符号、物理量符号、计量单位符号及其他符号、代号，应分别符合国家有关标准的规定。一般量的符号采用斜体，单位的符号采用正体。

四、图线

图样中的图形是由各种图线组成的。国家标准对图线的名称、线型、尺寸、应用和画法都做了规定，以便进行绘图和技术交流。

1. 图线的线型及其应用

《机械制图 图样画法 图线》(GB/T 4457.4—2002)中规定了技术制图的 15 种基本线型，以及多种基本线型的变形和图线的组合。表 1-4 仅列出了机械制图常用的基本线型、基本线型的变形(波浪线)和图线的组合(双折线)。

表 1-4 图线及其应用

序号	代码	线型		一般应用举例
1	01.1	细实线		尺寸线及尺寸界线、过渡线、剖面线、指引线和基准线、弯折线、牙底线、齿根线、辅助线等
2		波浪线		断裂处的边界线、剖视与视图的分界线等
3		双折线		断裂处的边界线、剖视与视图的分界线等
4	01.2	粗实线		可见轮廓线、剖切符号等
5	02.1	细虚线		不可见轮廓线
6	02.2	粗虚线		允许表面处理的表示线
7	04.1	细点画线		轴线、对称线、分度圆(线)、剖切线等
8	04.2	粗点画线		限定范围表示线
9	05.1	细双点画线		相邻辅助零件的轮廓线、可动零件的极限位置的轮廓线、成形前轮廓线、剖切面前的结构轮廓线、轨迹线、中断线等

注：①代码中的前两位表示基本线型；最后一位表示线宽种类，其中“1”表示细，“2”表示粗。

②序号 2 线型和序号 3 线型，即波浪线和双折线，在同一张图样中一般只采用一种。

2. 图线宽度

《机械制图 图样画法 图线》(GB/T 4457.4—2002)中明确规定，在机械图样中采用粗、细两种线宽，它们宽度的比率为 2 : 1。这样，当粗线的宽度为 b 时，细线的宽度应为 $\frac{b}{2}$ 。

图线宽度系列为 0.13 mm、0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1 mm、1.4 mm、2 mm。该图线宽度系数的公比为 $1 : \sqrt{2}$ (即 1 : 1.4)。

机械图样中常用粗线的宽度建议采用 0.7 mm 或 1 mm, 应该尽量避免采用 0.18 mm 以下的图线宽度。

各种图线的应用举例, 如图 1-10 所示。

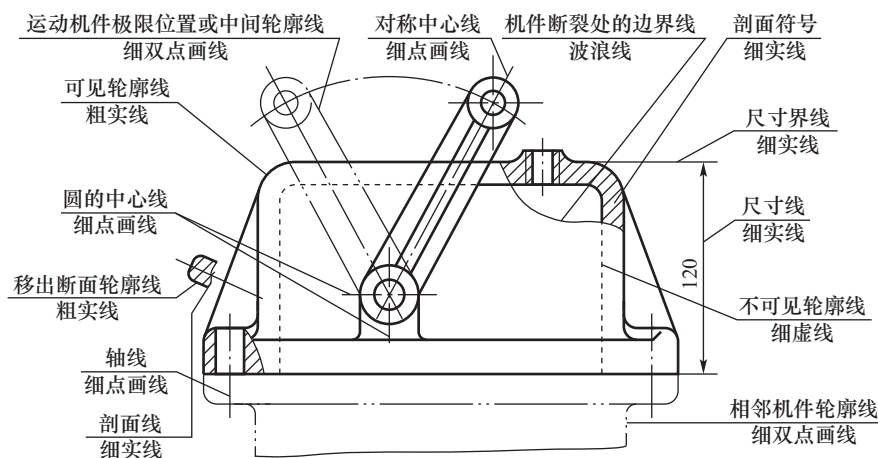


图 1-10 各种图线的应用举例

3. 图线画法

在绘图时, 图线画法通常应遵循以下几个原则。

- (1) 两条平行线 (包括剖面线) 之间的距离不小于粗实线的两倍宽度, 其最小距离不得小于 0.7 mm。
- (2) 在同一图样中, 同类图线的宽度应保持一致。
- (3) 虚线、细点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等。
- (4) 在绘制虚线、点画线时, 线和线相交处应为线段相交形式。点画线超出轮廓线的长度为 3~5 mm, 如图 1-11 所示。
- (5) 绘制圆的对称中心线时, 圆心应为线段的交点, 如图 1-11 所示。
- (6) 当在较小的图形上绘制点画线、双点画线有困难时, 可用细实线代替, 如图 1-11 所示。
- (7) 当虚线处于粗实线的延长线上时, 粗实线应画到分界线处, 而虚线应留有空隙; 当虚线圆弧和虚线直线相切时, 虚线圆弧的线段应画到切点, 而虚线直线需留有空隙。

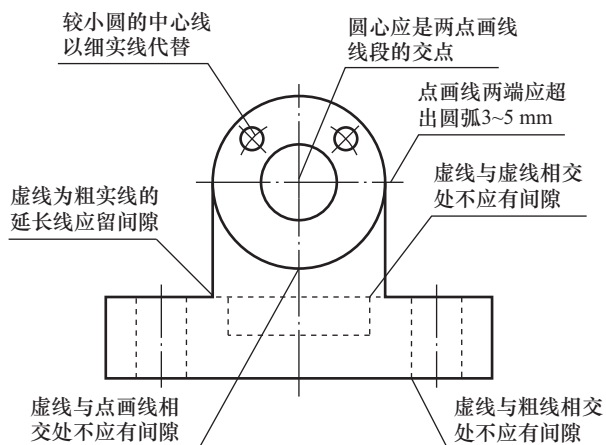


图 1-11 图线的应用举例

五、尺寸标注

尺寸是图样的重要内容之一,是制造机件的直接依据。因此,在标注尺寸时,必须严格遵守《机械制图 尺寸注法》(GB/T 4458.4—2003)的有关规定,认真细致、一丝不苟。如果尺寸有遗漏或错误,会给生产带来困难,甚至造成重大损失。

1. 基本原则

- (1) 图样中所标注的尺寸是工件最后完工的尺寸。
- (2) 图样中所标注的尺寸一般只标注一次,并应标注在能够反映该结构的最清晰的图形上。
- (3) 图样中的尺寸以毫米(mm)为单位时,不需标注计量单位的代号或名称;如采用其他单位,则必须注明相应的计量单位的代号或名称。
- (4) 机件的真实大小应以图样上所标注的尺寸数值为依据,与图形的大小及绘图的准确度无关。

2. 尺寸的组成

完整的尺寸组成一般应该包括尺寸界线、尺寸线和尺寸数字(包括符号)三个基本要素,如图 1-12 所示。

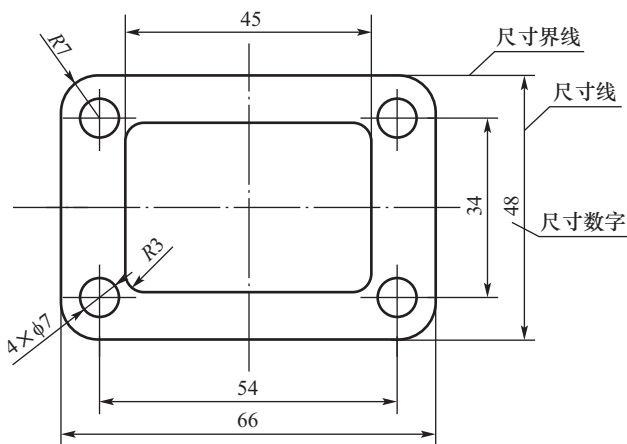


图 1-12 尺寸的组成

(1) 尺寸界线:表示所注尺寸的范围,用细实线绘制,并应从图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出,也可直接将这些线作为尺寸界线,如图 1-13 所示。

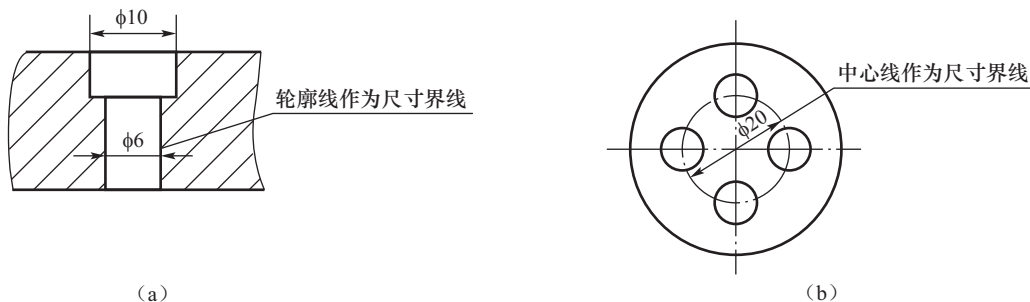


图 1-13 尺寸界线

尺寸界线一般应与尺寸线垂直,且超过尺寸线 2~5 mm,必要时允许倾斜。在光滑过渡处标注尺寸时,必须用细实线将轮廓线延长,从它们的交点处引出尺寸界线,如图 1-14 所示。

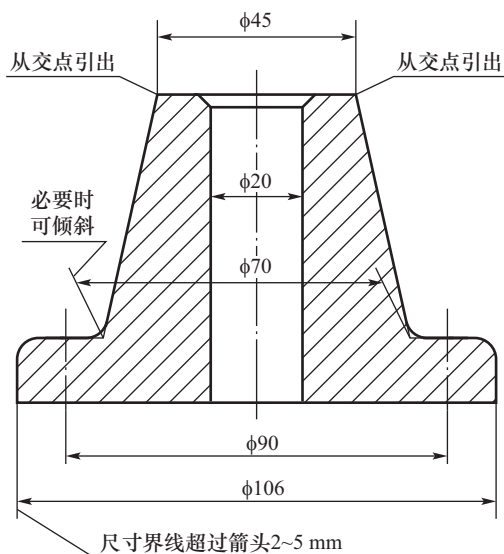


图 1-14 尺寸界线的画法

(2) 尺寸线: 尺寸线表示度量尺寸的方向, 必须用细实线单独绘制, 不能用图中的任何图线来代替, 也不得画在其他图线的延长线上。

在圆或圆弧上标注直径或者半径尺寸时, 尺寸线或其延长线应该通过圆心, 如图 1-15 所示。

尺寸线的终端有两种形式, 即箭头和斜线, 如图 1-16 所示。

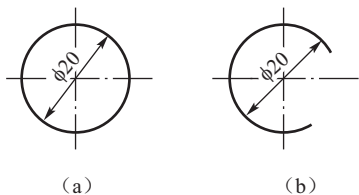
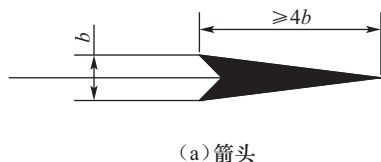
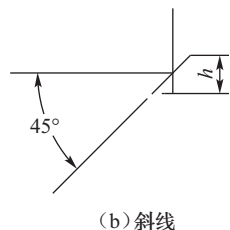


图 1-15 尺寸线的画法



(a) 箭头



(b) 斜线

图 1-16 尺寸线的终端形式



说明

在同一张图样上只允许采用一种尺寸线的终端形式。机械图样中的尺寸线终端一般为箭头。在采用斜线时, 尺寸线与尺寸界线必须相互垂直, 斜线用细实线绘制。

(3) 尺寸数字: 用来表示机件的实际大小, 一般应该注写在尺寸线的上方, 也允许注写在尺寸线的中断处, 如图 1-17 所示。

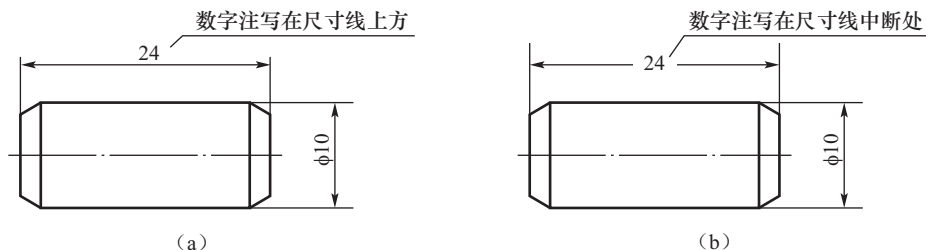


图 1-17 尺寸数字的标注

尺寸数字不允许被任何图线通过,当不可避免时,必须把图线断开,如图 1-18 所示。

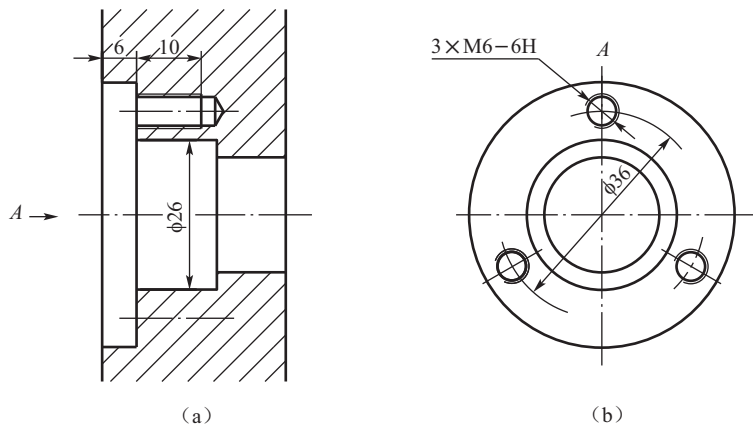


图 1-18 任何图线不能通过尺寸数字的示意图

线性尺寸数字的注写方向,一般按图 1-19(a)所示的方向注写,应尽量避免在图示 30° 范围内标注尺寸。当无法避免时,可按图 1-19(b)所示的形式标注。

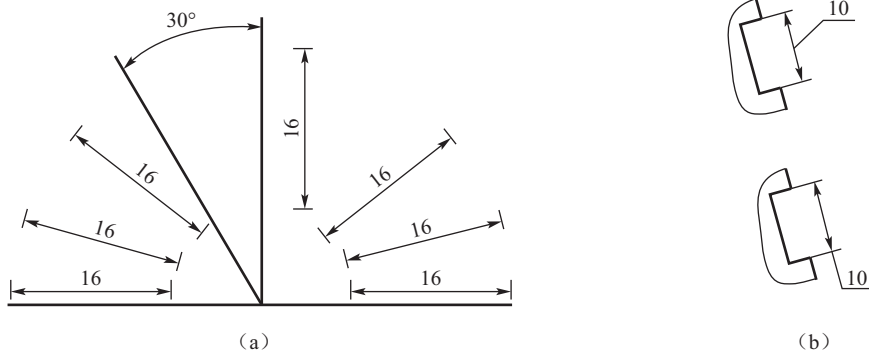


图 1-19 线性尺寸数字的注写方法

3. 正确标注尺寸

(1)在标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行;当有几条互相平行的尺寸线时,大尺寸要标注在小尺寸的外面,以避免尺寸线与尺寸界线相交,如图 1-20 所示。

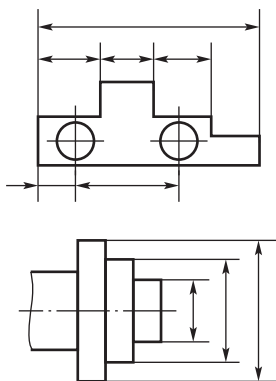


图 1-20 线性尺寸标注

(2) 简化标注: 在同一图形中, 对于尺寸相同的孔、槽等成组要素, 可仅在一个要素上标注其数量和尺寸, 均匀分布在圆上的孔可在尺寸数字后加注“EQS^①”, 成组要素的定位和分布情况在图中已明确时, 可省略“EQS”, 如图 1-21 所示。

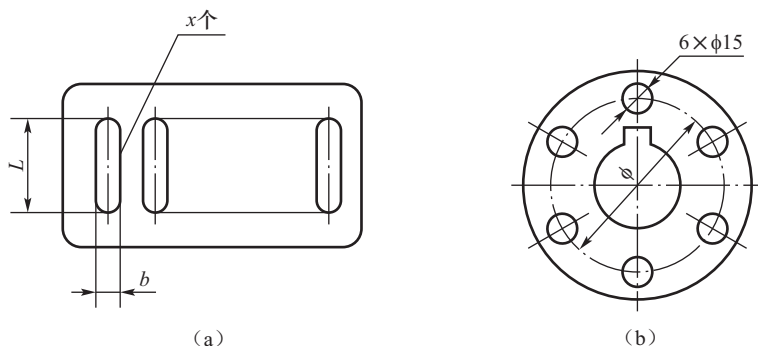


图 1-21 成组要素的尺寸标注

(3) 尺寸标注中的符号: 圆心角大于 180° 时, 要标注圆的直径, 且尺寸数字前加“ ϕ ”; 圆心角小于或等于 180° 时, 要标注圆的半径, 且尺寸数字前加“ R ”; 标注球面直径或半径尺寸时, 应在符号“ ϕ ”或“ R ”前再加符号“ S ”, 如图 1-22 所示。

(4) 角度数字的方向一律为水平方向, 一般注写在尺寸线的中断处, 也可注写在尺寸线的上方或引出标注, 如图 1-23 所示。

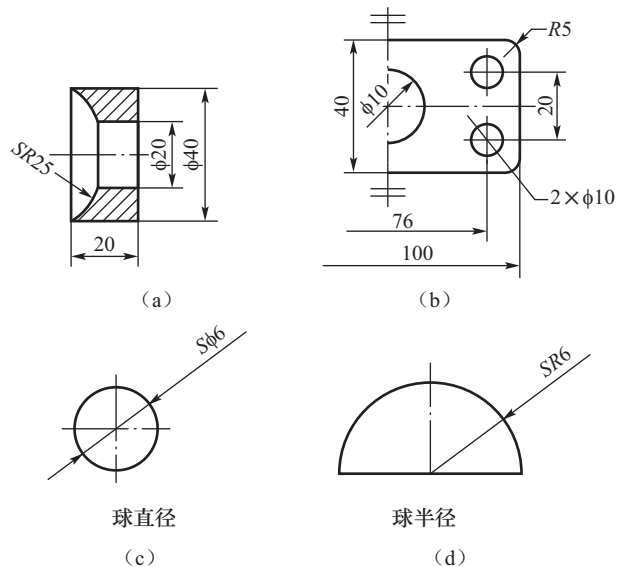


图 1-22 直径和半径的标注

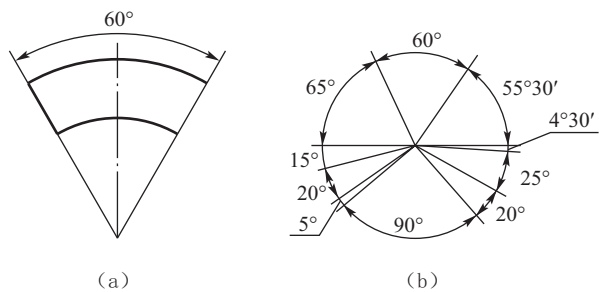


图 1-23 角度数字的注写方法

(5) 斜度和锥度可按如图 1-24 所示的方法标注。斜度和锥度符号的方向应与斜度和锥度的方向一致。

① Equally Spaced, 均布。

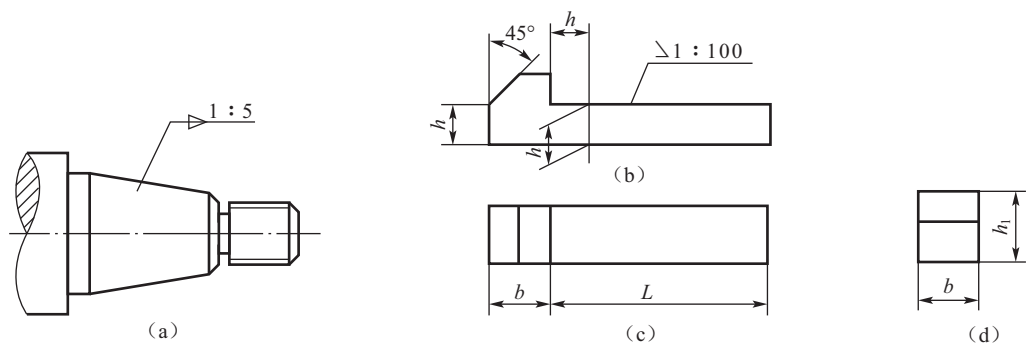


图 1-24 锥度和斜度的标注

第二节

常用的绘图工具与用品

熟练地使用绘图工具与用品,掌握正确的绘图方法,既可保证绘图质量,又可提高绘图速度。本节主要介绍常用的绘图工具与用品的使用方法。

一、图板、丁字尺

1. 图板

图板是用来固定图纸并进行绘图的,如图 1-25 所示。

图板的工作表面要求平坦光洁,其左侧被当作导边,因此必须平直。固定图纸时,应用胶带纸粘贴。

2. 丁字尺

丁字尺由尺头和尺身组成,主要用于画水平线,如图 1-25 所示。

在绘图时,应使尺头始终紧靠图板左侧的导边,自左向右画水平线,如图 1-26 所示。

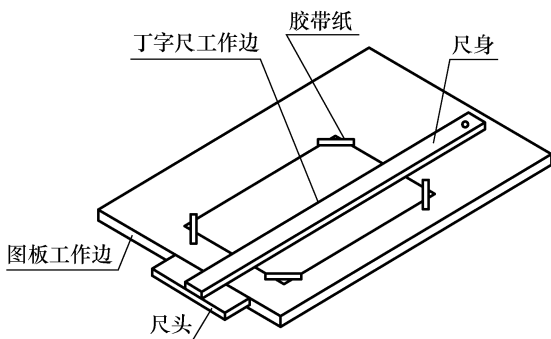


图 1-25 图板与丁字尺

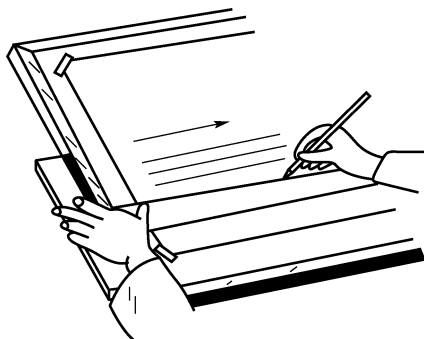


图 1-26 用丁字尺画水平线

二、三角板和曲线板

1. 三角板

三角板由一块 45° 三角板和两块 30° (60°) 三角板合为一副。三角板和丁字尺配合使用,可绘制垂

直线、倾斜线,如图 1-27 所示。

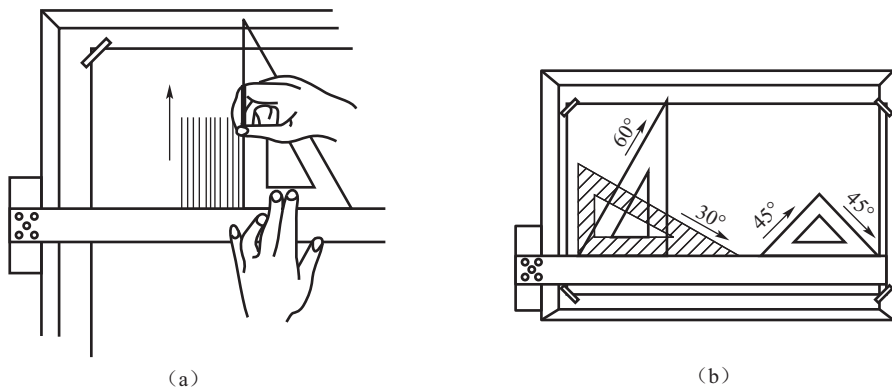


图 1-27 绘制垂直线、倾斜线

三角板与丁字尺配合,还可绘制与水平线成 15° 、 75° 等 15° 倍数角的倾斜线,如图 1-28 所示。

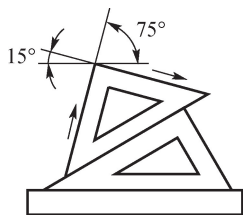


图 1-28 用三角板画 15° 倍数角的倾斜线

2. 曲线板

曲线板是用来绘制非圆曲线的。

在用曲线板绘图时,首先要定出曲线上足够数量的点;然后用铅笔轻轻地将各点光滑地连接起来;再选择曲线板上曲率与之相吻合的部分,分段画出各段曲线,如图 1-29 所示。

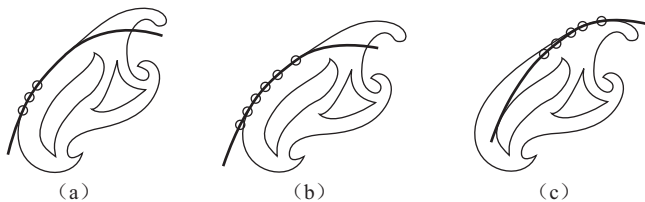


图 1-29 用曲线板作图



说明

在使用曲线板绘制曲线时,应留出各段曲线末端的一小段不画,用于连接下一段曲线,这样绘制完成的曲线才显得光滑。

三、圆规和分规

1. 圆规

圆规用于画圆和圆弧。

圆规的固定腿装有钢针,钢针两端不同:一端为带台肩针尖,用于画圆和圆弧时定心;另一端是锥形针尖,作分规使用。

圆规的另一条腿有活动关节,可换插脚,装上铅芯插脚可画圆或者圆弧;装上钢针插脚可作分规使用。

在画圆时,首先应该将圆规插脚中的铅芯调整到与钢针台肩面平齐的位置,根据不同的要求将铅芯修磨成不同的形状;然后将针尖扎入图板,按顺时针方向转动圆规,并稍向画线方向倾斜。其正确的使用方法如图 1-30 所示。

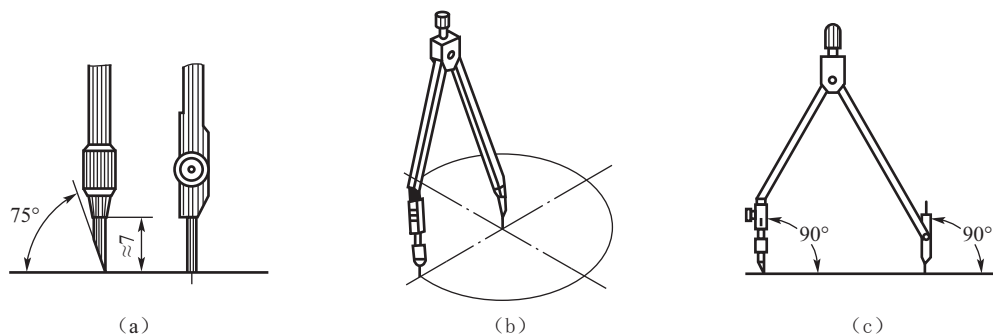


图 1-30 圆规的正确使用方法

2. 分规

分规用来量取尺寸和等分线段。当两脚并拢时,两针尖应对齐,其正确的使用方法如图 1-31 所示。

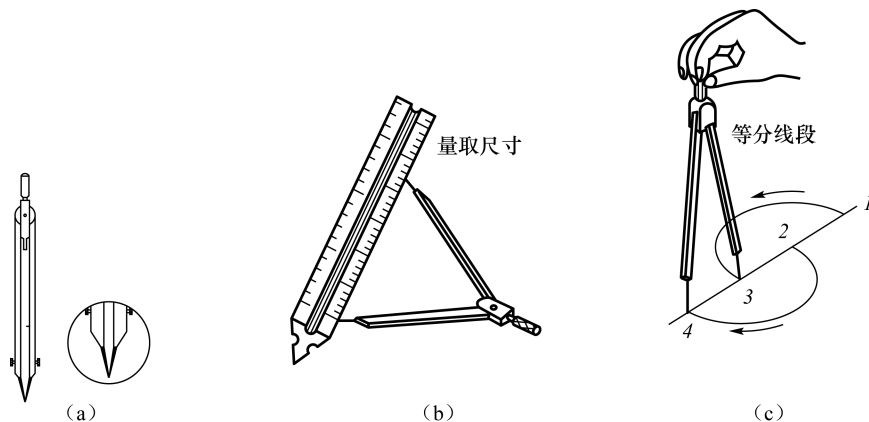


图 1-31 分规的正确使用方法

四、常用绘图用品

1. 铅笔

绘图铅笔分为软、硬两种型号,用字母 B 和 H 表示。字母 B 之前的数字越大,表示铅芯越软;字母 H 之前的数字越大,表示铅芯越硬。字母 HB 表示软硬适中的铅芯。

铅芯硬度按表 1-5 提供的选用。

表 1-5 铅芯硬度的选用

类别	铅芯软硬度	用途
铅笔	2H	画底稿线
	H	描深 细实线 点画线
	HB	写字 画箭头
	HB B	描深 粗实线
圆规铅芯	H	画底稿线
	HB	描深 点画线 细实线 虚线
	B 2B	描深 粗实线

铅笔的修磨方法如图 1-32 所示。

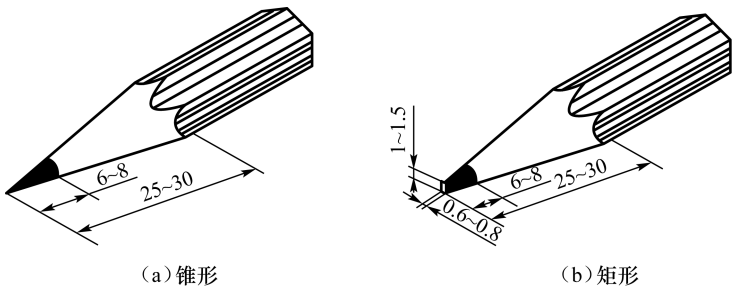


图 1-32 铅笔的修磨方法

2. 其他用品

在绘图时,除上述工具外,还需要准备一些其他用品,如图纸、比例尺、橡皮、胶带纸、砂纸、小刀和软毛刷等。

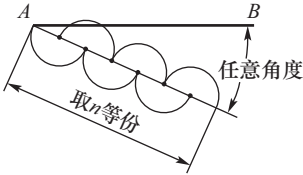
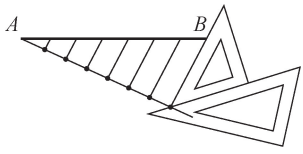
第三节 几何作图

机件的形状虽然多种多样,但它们都是由各种基本几何图形组成的。因此,在绘制机械图样时,应首先掌握常见几何图形的作图原理和作图方法。本节主要介绍基本几何图形的作图方法。

一、等分线段

等分线段的方法见表 1-6 所列。

表 1-6 等分线段的方法

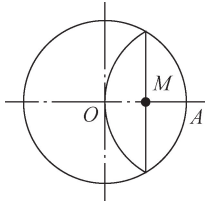
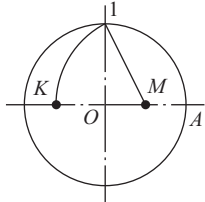
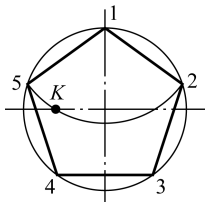
步骤	方法	示意图
1	过已知线段的一个端点,画任意角度的直线,并用分规自线段的起点量取 n 个线段; 将等分后的最末点与已知线段的另一端点相连	
2	过各等分点作该线的平行线与已知线段相交,即得到等分点	

二、等分圆周

1. 正五边形等分圆周

正五边形等分圆周的相关内容见表 1-7 所列。

表 1-7 正五边形等分圆周

步骤	方法	示意图
1	作 OA 的中点 M	
2	以 M 点为圆心, $M1$ 为半径作弧, 交水平直径于 K 点	
3	以 1 为圆心, $1K$ 为半径作圆弧, 交圆于 $5, 2$ 两点。用同样的方法绘出 $3, 4$ 两点, 连接 $1, 2, 3, 4, 5$ 即为圆内接正五边形	

2. 正六边形等分圆周

(1) 用三角板作图: 先以 60° 三角板配合丁字尺作平行线, 画出 4 条斜边; 然后以丁字尺作上、下水平边, 即得到圆内接正六边形, 如图 1-33 所示。

(2) 用圆规作图: 分别以已知圆在水平直径上的两处交点 A 、 D 为圆心, 以半径 $R = \frac{d}{2}$ 作圆弧, 与圆交于 B 、 C 、 E 、 F 点, 依次连接 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 点, 即得到圆内接正六边形, 如图 1-34 所示。

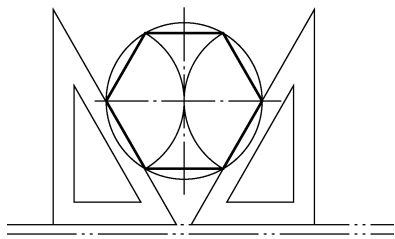


图 1-33 正六边形等分圆周方法一

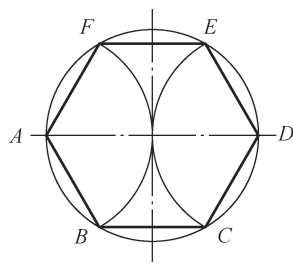


图 1-34 正六边形等分圆周方法二

3. 正 n 边形等分圆周 (以正七边形为例)

n 等分铅垂直径 AK (以 $n=7$ 为例), 如图 1-35 所示, 以 A 点为圆心、 AK 为半径作弧, 交水平中心线于点 S , 延长连线 $S2$ 、 $S4$ 、 $S6$, 与圆周相交得到点 E 、 F 、 G , 再作出它们的对称点, 即可作出圆内接正 n 边形。

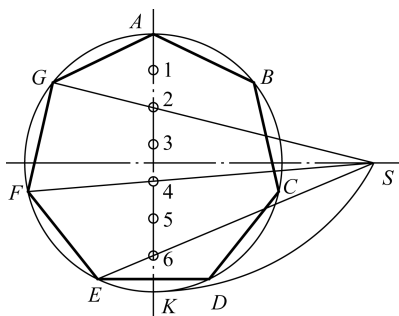


图 1-35 正 n 边形等分圆周

三、斜度和锥度

1. 斜度

斜度是指一直线(平面)相对另一直线(平面)的倾斜程度, 如图 1-36 所示。

斜度大小用直线(平面)间夹角的正切表示, 并把比值化为 $1:n$ 的形式, 即

$$\text{斜度} = \tan \alpha = \frac{H}{L} = 1 : \frac{L}{H}$$

斜度的画法(以斜度 $1:6$ 为例), 如图 1-37 所示。

(1) 自 A 点在水平线上任取 6 等份, 得到 B 点。

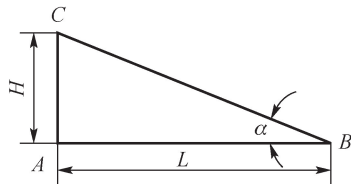


图 1-36 斜度及其符号

- (2) 自 A 点在 AB 的垂线上取一个相同的等份得到 C 点。
- (3) 连接 B、C 两点,即得到 1 : 6 的斜度。
- (4) 过 K 点作 BC 的平行线,即得到 1 : 6 的斜度线。

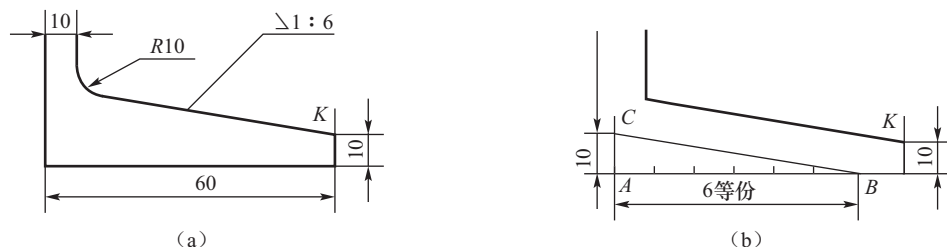


图 1-37 斜度的画法

在标注斜度时,在比数之前用斜度符号“ $\angle$ ”表示,符号的倾斜方向应与斜度方向一致,如图 1-38 所示。

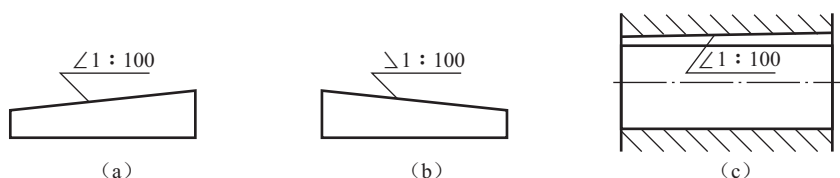


图 1-38 斜度的标注

2. 锥度

锥度是指正圆锥体的底圆直径与正圆锥体的高度之比。

对于圆锥台,其锥度为上、下两底圆直径之差与其高度之比,如图 1-39 所示,一般把比值化为 1 : n 的形式,即

$$\text{锥度} = \frac{D}{L_1} = \frac{D-d}{L_2} = 2 \tan \frac{\beta}{2}$$

锥度的画法(以锥度 1 : 3, 高为 50 mm, 底径为 20 mm 的锥台为例)如图 1-40 所示。

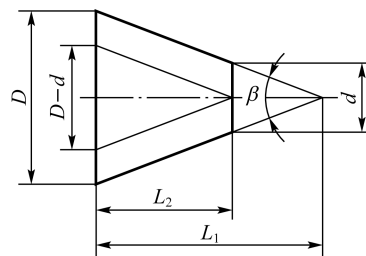


图 1-39 锥度及其符号

- (1) 由点 A 沿轴线向右取 3 等份得点 B。
- (2) 由点 A 沿垂线向上和向下分别取 1/2 等份,得点 C、 C_1 。
- (3) 连接 BC、 BC_1 ,即得到 1 : 3 的锥度。
- (4) 过点 E、F 作 BC、 BC_1 的平行线,即得到所求圆锥台的锥度线。

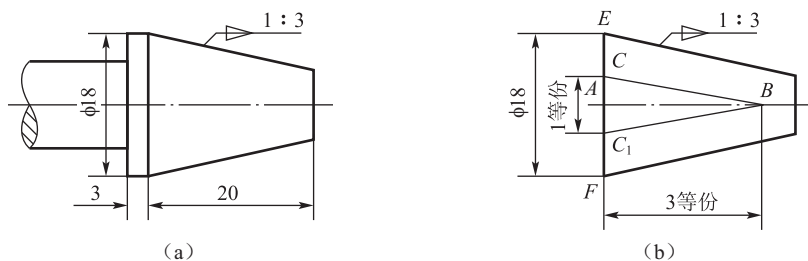


图 1-40 锥度的画法

在标注锥度时,在比数前用锥度符号“ $\triangleleft$ ”或“ $\triangleright$ ”表示,同时标注在与引出线相连的基准线上,保证基准线与圆锥的轴线平行,锥度符号的方向与圆锥方向应一致,其符号的画法如图 1-41 所示。

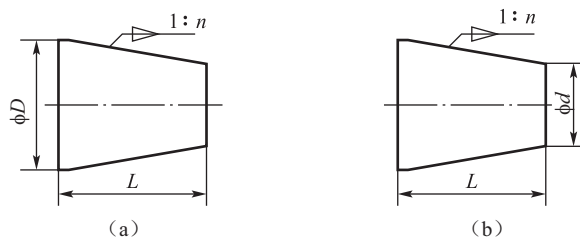


图 1-41 锥度的标注

四、椭圆的画法

椭圆的常见画法有同心圆法和四心圆弧法两种。

1. 同心圆法(理论画法)

同心圆法是先求出曲线上一定数量的点,再用曲线板将其光滑地连接起来。

已知长轴 AB 和短轴 CD ,其作图步骤如下。

(1)先以长轴 AB 和短轴 CD 为直径画两个同心圆,然后过圆心作一系列的直线与两圆相交,如图 1-42(a)所示。

(2)自大圆交点作垂线、小圆交点作水平线,二者相交得到的交点就是椭圆上的点,如图 1-42(b)所示。

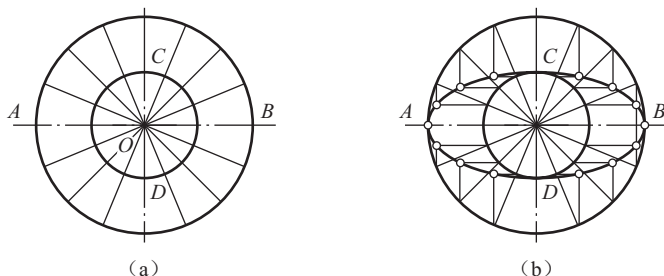


图 1-42 同心圆法

(3)用曲线板光滑地连接各点,即得到所求椭圆。

2. 四心圆弧法(近似画法)

已知椭圆的长轴 AB 和短轴 CD ,用四心圆弧法(如图 1-43 所示)作椭圆的过程和步骤如下:

- (1)连接椭圆的长轴 AB 、短轴 CD ;
- (2)取 $CE_1 = CE = OA - OC$;
- (3)作 AE_1 的中垂线,与两轴分别交于 O_1 、 O_2 ;
- (4)取对称点 O_3 、 O_4 ;
- (5)分别以 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 为圆心, O_1A 、 O_2C 、 O_3B 、 O_4D 为半径作弧,拼成近似椭圆,切点为 K 、 N 、 N_1 、 K_1 ;

(6)光滑地连接各点,即得到所求椭圆。

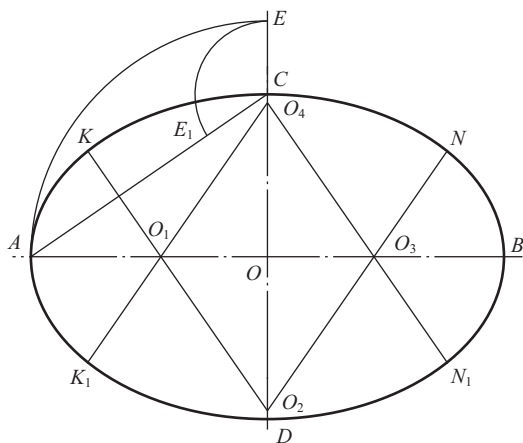


图 1-43 四心圆弧法

第四节

平面图形的绘制

平面图形是由一些线段或线框构成的,有些线段可以根据给定的尺寸直接画出,而有些线段则需要利用线段的连接关系间接画出。因此,在画平面图形之前,应对平面图形中各尺寸的作用和平面图形中各线段的性质及它们之间的关系进行分析,以明确绘图步骤,正确且快速地画出图形,并标注尺寸。本节主要介绍平面图形的分析与绘图方法。

任何平面图形都是由基本几何图形构成的,为便于作图和标注尺寸,应首先对其进行分析,在此基础上明确合理的作图方法和步骤,并标注尺寸。

一、尺寸分析

1. 定形尺寸

定形尺寸是指确定平面图形上几何元素形状大小的尺寸。

在一般情况下,确定几何图形所需定形尺寸的个数是一定的,如直线的定形尺寸是长度、圆的定形尺寸是直径、圆弧的定形尺寸是半径、正多边形的定形尺寸是边长、矩形的定形尺寸是长和宽两个参数。

如图 1-44 所示的 $\phi 14$ 、 $R13$ 、 $R26$ 、 $R7$ 、 $R10$ 、50 和 10 都属于定形尺寸。

2. 定位尺寸

定位尺寸是指确定各几何元素相对位置的尺寸。

确定平面图形位置需要两个方向的定位尺寸,即水平方向和垂直方向。平面图形也可以用极坐标形式(半径和角度)定位。

如图 1-44 所示的 18、42 都属于定位尺寸。

3. 尺寸基准

标注尺寸的起点称为尺寸基准,简称“基准”。平面图形中的尺寸基准是点或线。常用的点基准有圆心、球心和多边形中心点等,线基准往往是图形的对称中心线或图形中的边线。

平面图形尺寸有水平和垂直两个方向(相当于坐标轴 x 方向和 y 方向),因此基准也必须从水平和垂直两个方向考虑。绘制平面图形,应根据图形和所标注的尺寸进行尺寸分析,并确定尺寸基准。

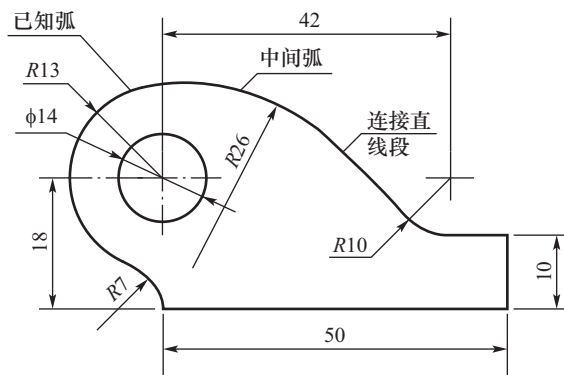


图 1-44 平面图形示意



说明

根据所学知识对如图 1-45 所示的机架平面图形进行分析。

机架平面图形的定形尺寸、定位尺寸和尺寸基准分析如下。

(1) 定形尺寸: 确定图形几何元素形状大小的尺寸为 $\phi 112$ 、 $\phi 62$ 。

(2) 定位尺寸: 确定圆心位置的尺寸为 $R108$ 、 108 、 30° 。

(3) 尺寸基准: $\phi 112$ 的圆心和垂直中心线是 108 和 30° 等尺寸的起始位置。

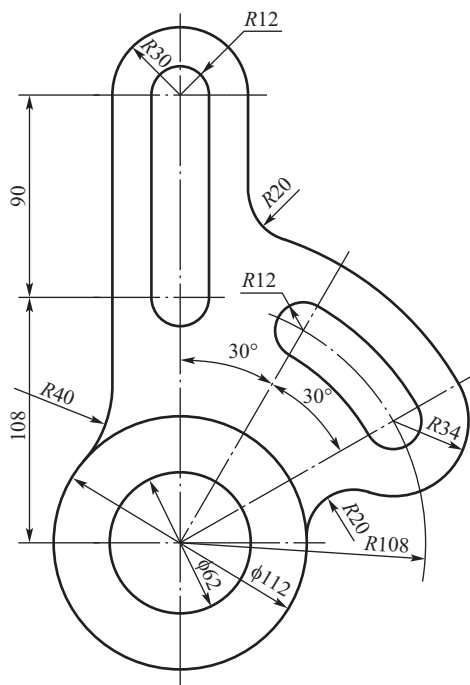


图 1-45 机架平面图形

二、线段分析

根据定形尺寸和定位尺寸是否齐全, 可以将平面图形中的图线分为以下 3 种类型。

1. 已知线段

定形尺寸和定位尺寸齐全的线段称为已知线段。

作图时该类线段可以直接根据尺寸作图, 如图 1-44 所示的 $\phi 14$ 的圆、 $R13$ 的圆弧、50 和 10 的直线均属已知线段。

2. 中间线段

定形尺寸齐全, 但定位尺寸不齐全的线段称为中间线段。在两条已知线段之间, 可以有多条中间线段。

中间线段的定位尺寸必须根据中间线段与相邻已知线段的几何关系, 通过几何作图的方法作出, 如图 1-44 所示的 $R26$ 和 $R10$ 两段圆弧。

3. 连接线段

只有定形尺寸没有定位尺寸的线段称为连接线段。

连接线段的定位尺寸需根据与该线段相邻的两个线段的几何关系, 通过几何作图的方法作出, 如图 1-44 所示的 $R7$ 圆弧段、 $R26$ 和 $R10$ 间的连接直线段。

说明

在两条已知线段之间,只能有一条连接线段;否则,尺寸将出现缺少或多余。

思考与分析

根据所学的知识对如图 1-45 所示的机架平面图形进行线段分析。

机架平面图形的线段分析如下。

(1)已知线段: $\phi 112$ 、 $\phi 62$ 等可以直接画出的线段。

(2)中间线段:圆弧 $R34$ 和 $R34$ 相接的圆弧 $R142$ (图中 $R142$ 未注出),其线段的两个端点中只有一个端点可直接确定,另一个端点可由线段与其他线段的关系确定。

(3)连接线段: $R20$ 、 $R45$ (图中 $R45$ 未注出)的圆弧和两个圆弧的公切线等,其线段两个端点都不能直接画出,要根据与线段相接的两端线段的关系来确定。

三、圆弧连接

在绘制机械图形时,经常会遇到用圆弧光滑地过渡到另一条直线或圆弧的情况,这种光滑过渡就是平面几何中的相切,在制图中称为连接,如图 1-46 所示。

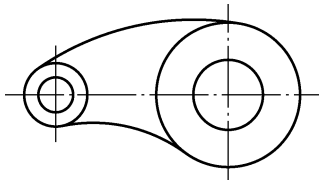


图 1-46 圆弧连接

光滑连接,实质上就是圆弧与直线或圆弧与圆弧相切,其切点即连接点。因此,圆弧连接作图的关键为确定连接圆弧的圆心和切点的位置。

1. 直线间的圆弧连接

直线间的圆弧连接作图方法见表 1-8 所列。

表 1-8 直线间的圆弧连接作图法

作图要点	方法	示意图
已知条件	已知两直线和 R 线段的长度	
定距	作与两个已知直线分别相距为 R (连接圆弧的半径)的平行线。两个平行线的交点 O 即为圆心	
定连接点 (切点)	从圆心 O 向两个已知直线作垂线,垂足即连接点(切点)	

续表

作图要点	方法	示意图
作弧线	以 O 为圆心, 以 R 为半径, 在两个连接点(切点)之间画弧	

2. 圆弧与直线、圆弧与圆弧间的圆弧连接

圆弧与直线、圆弧与圆弧间的圆弧连接作图方法见表 1-9 所列。

表 1-9 圆弧与直线、圆弧与圆弧间的圆弧连接作图法

类别	步骤和方法	示意图
用半径为 R 的圆弧连接已知直线和已知圆 O_1	以 R 为距离作已知直线的平行线; 以 O_1 为圆心、 $R+R_1$ 为半径作已知圆的同心圆; 平行线与圆的交点即圆心 O	
用半径为 R 的圆弧外接两已知圆弧 O_1 和 O_2	以 O_1 为圆心、 $R+R_1$ 为半径作已知圆 O_1 的同心圆; 以 O_2 为圆心、 $R+R_2$ 为半径作已知圆 O_2 的同心圆; 两圆的交点即圆心 O	
用半径为 R 的圆弧内接两已知圆弧 O_1 和 O_2 ($R > O_1O_2$)	以 O_1 为圆心、 $R-R_1$ 为半径作已知圆 O_1 的同心圆; 以 O_2 为圆心、 $R-R_2$ 为半径作已知圆 O_2 的同心圆; 两圆的交点即圆心 O	
用半径为 R 的圆弧混合连接两已知圆弧 O_1 和 O_2	以已知的连接弧半径 R 画弧, 与圆 O_1 外切, 与圆 O_2 内切	
	以 O_1 为圆心、 R_1-R 为半径作已知圆 O_1 的同心圆; 以 O_2 为圆心、 R_2-R 为半径作已知圆 O_2 的同心圆; 两圆的交点即圆心 O	

续表

类别	步骤和方法	示意图
	连接 OO_1 交已知弧 O_1 于 A 点;连接 OO_2 的反向延长线交已知弧 O_2 于 B 点, A 点、 B 点即切点	
	以 O 为圆心、 R 为半径画圆弧,连接两个已知弧于 A 点、 B 点,即完成作图	

四、绘图方法与步骤

工程技术人员时常需用图样表达自己的设计意图,因此必须具备熟练使用仪器绘图的能力。为了提高绘图速度和绘图质量,绘图要按一定的步骤进行,其步骤如下。

- (1)分析平面图形中哪些是已知线段,哪些是连接线段,给定的连接条件有哪些。
- (2)绘图前要准备好绘图工具和仪器,按照各种线型的要求削好铅笔和圆规中的铅芯,并根据图形大小选择比例及图纸幅面。
- (3)绘制出图框和标题栏。
- (4)根据各组成部分的尺寸关系确定作图基准、定位线。
- (5)依次画出已知线段、中间线段和连接线段。
- (6)将图线加粗、加深。
- (7)画出尺寸界线、尺寸线、箭头,标注尺寸。
- (8)填写标题栏。

五、绘图实例

1. 手柄平面图形的绘制

图 1-47 为手柄平面图形,其绘制步骤如下。

- (1)定形尺寸、定位尺寸和尺寸基准分析如下。
 - ①定形尺寸:确定图形几何元素形状大小的尺寸 $R15$ 、 $R12$ 、 $R10$ 。
 - ②定位尺寸:确定圆心位置的尺寸 8 、 $\phi 5$ 。
 - ③尺寸基准:尺寸基准的分析,如图 1-48 所示。
- (2)手柄平面图形的线段分析,如图 1-48 所示。

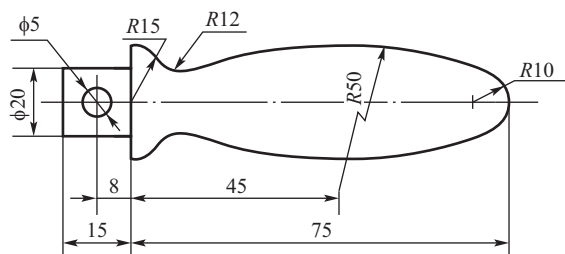


图 1-47 手柄平面图形

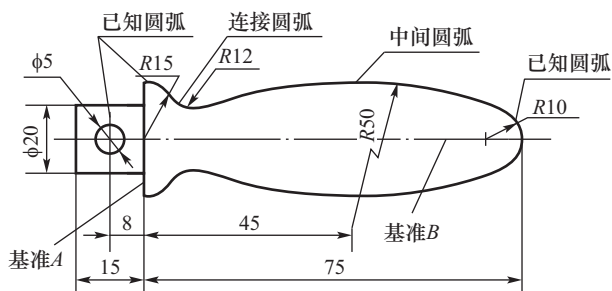


图 1-48 手柄平面图形的线段分析

(3) 具体绘制步骤如下。

- ① 画出基准线, 如图 1-49(a) 所示。
- ② 画出已知线段, 如图 1-49(b) 所示。
- ③ 画出中间线段, 如图 1-49(c) 所示。
- ④ 画出连接线段, 如图 1-49(d) 所示。
- ⑤ 将图线加粗加深。
- ⑥ 画出尺寸界线、尺寸线、箭头, 标注尺寸。

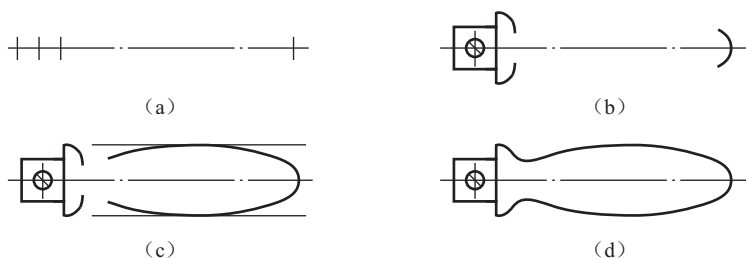


图 1-49 手柄平面图形的绘图步骤

2. 支架平面图形的画法

图 1-50 为支架平面图形, 其绘制步骤如下。

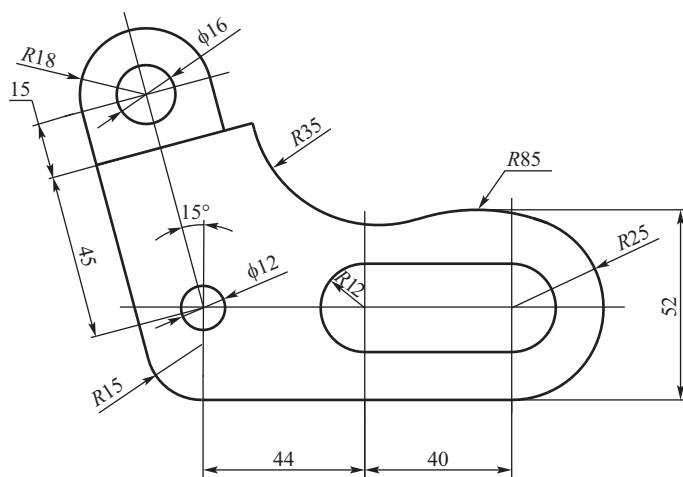
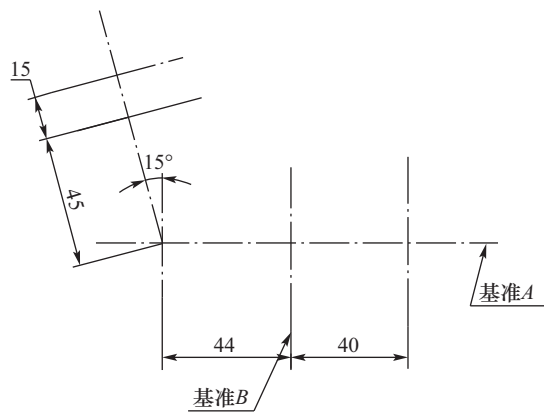


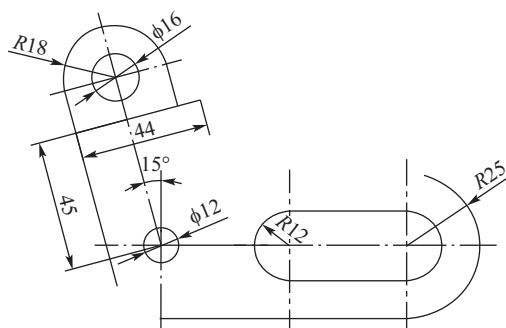
图 1-50 支架平面图形

- (1) 画出基准线, 并根据定位尺寸画出定位线, 如图 1-51(a) 所示。

(2) 画出已知线段和圆线, 如图 1-51(b) 所示。



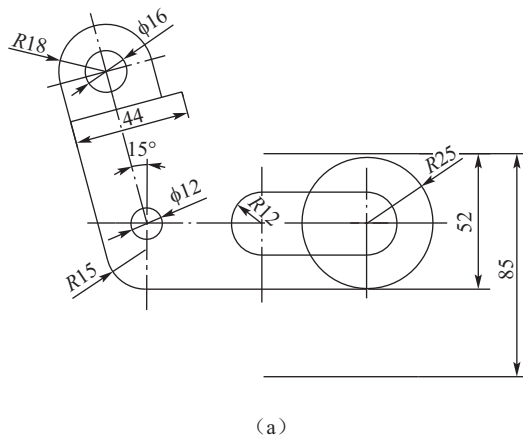
(a) 画出基准线、定位线



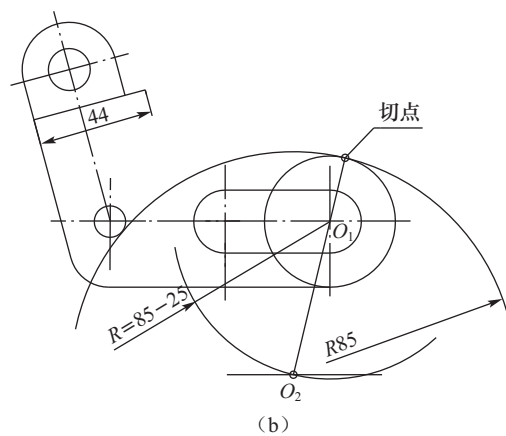
(b) 画出已知线段和圆线

图 1-51 支架平面图形的绘图步骤

(3) 画出中间圆弧, 如图 1-52 所示。



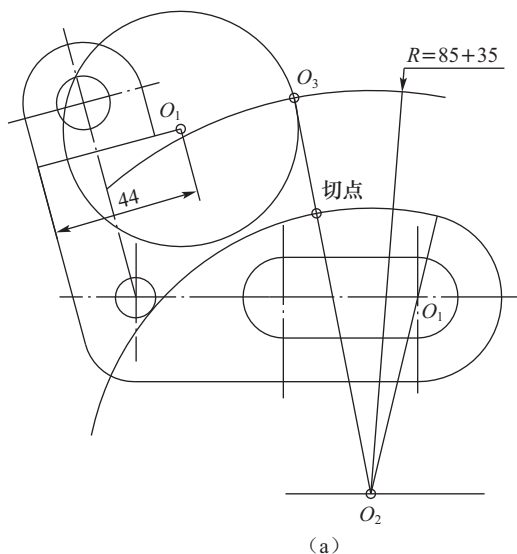
(a)



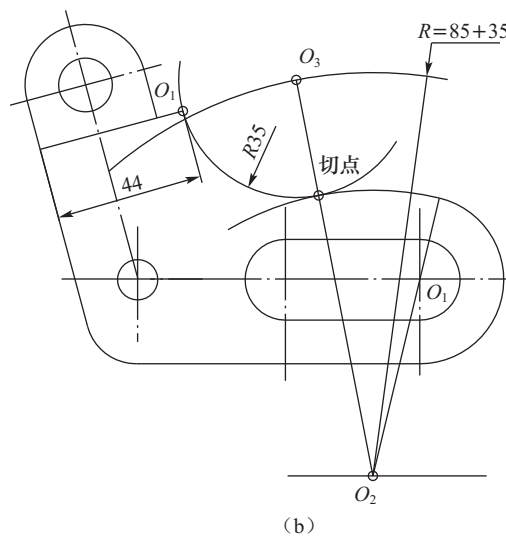
(b)

图 1-52 画出中间圆弧 R15 和 R85

(4) 画出连接圆弧, 如图 1-53 所示。



(a)



(b)

图 1-53 连接圆弧

(5)整理、加深图线,如图 1-54 所示。

(6)画出尺寸界线、尺寸线、箭头,标注尺寸。

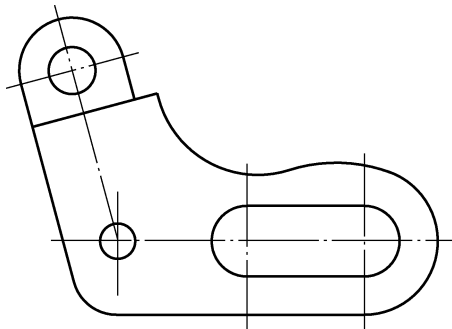
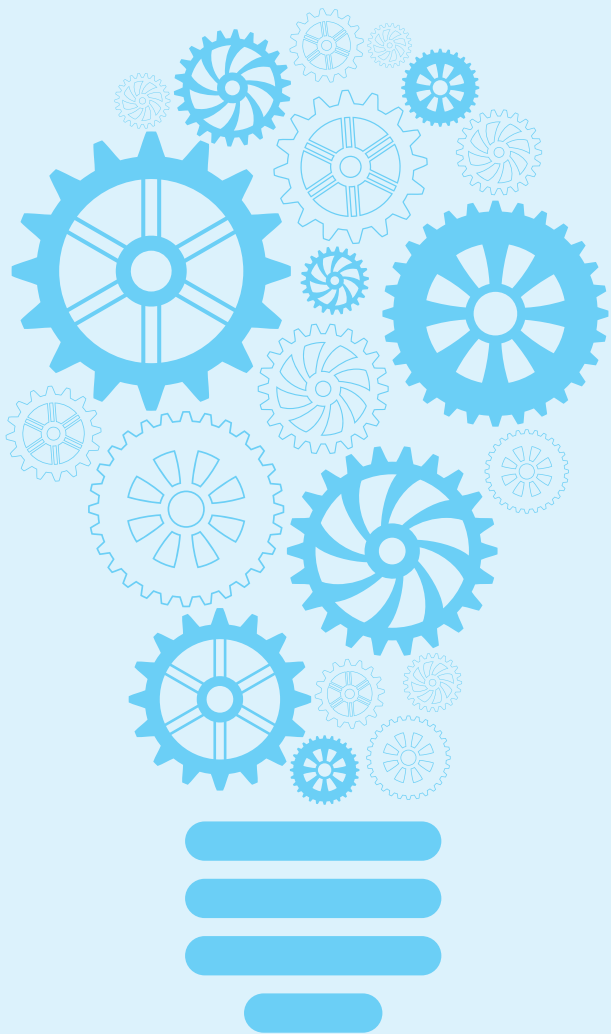


图 1-54 整理、加深图线

第二章 投影作图基础



02

第一节

投影法的基本概念

一、投影法的概念和分类

在生活中,投影现象随处可见,阳光下各种物体都会在地面上留下影子。人们根据生产活动的需要,科学抽象地总结出影子和物体之间的几何关系,逐步形成了投影法。

1. 投影法的概念

研究空间物体与投影之间关系的方法,称为投影法。下面介绍投影法中的几个概念,如图 2-1 所示。

- (1) 投影中心:光源 P 抽象为一点,称为投影中心。
- (2) 投影面:投影所在的平面称为投影面,如图 2-1 所示的 H 面。

(3) 投射射线:投影中心点与物体上任意一点之间的连线,称为投射射线,如图 2-1 中所示的 PA 、 PB 、 PC 。

(4) 投影:延长 PA 、 PB 、 PC 与投影面 H 相交,其交点 a 、 b 、 c 称为 A 、 B 、 C 点在 H 面的投影。

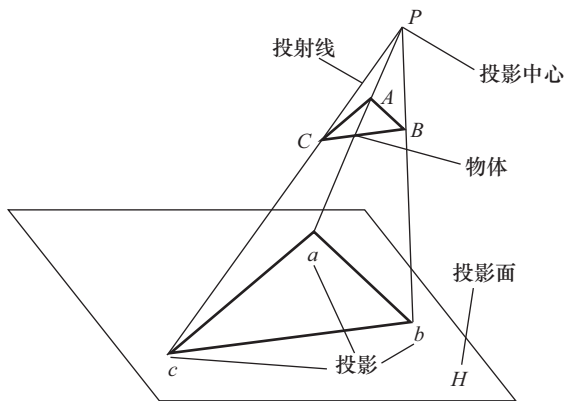


图 2-1 投影法

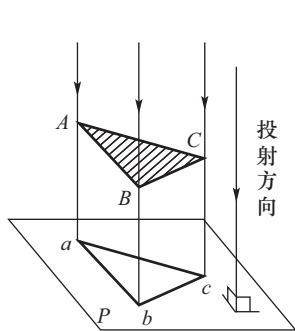
2. 投影的分类

根据投射射线是否交于一点,可以将投影分为两种:平行投影和中心投影。

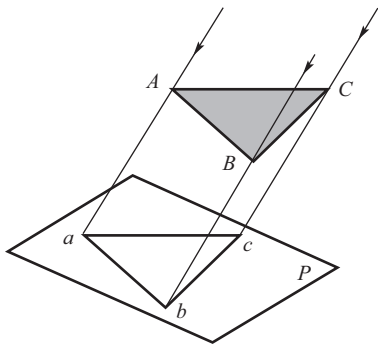
(1) 假设将中心投影的光源移到无限远处,投射射线可以看作互相平行的,在这种情况下得到的投影,称为平行投影。

平行投影又可分为正投影和斜投影。正投影是投射射线与投影面垂直时得到的投影,如图 2-2(a)所示。斜投影是投射射线与投影面不垂直时得到的投影,如图 2-2(b)所示。

(2) 中心投影是投射射线交于一点的投影,如图 2-3 所示。



(a) 正投影



(b) 斜投影

图 2-2 平行投影

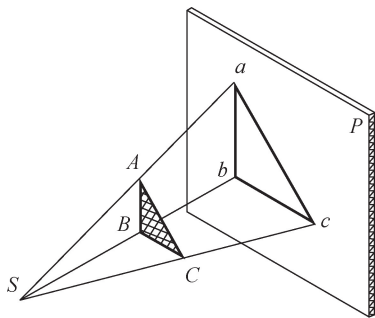


图 2-3 中心投影



说明

绘制机械图样主要采用正投影法,在后文中,本书若不作特殊说明,所采用的投影都是正投影。

二、投影的基本特性

1. 相仿性

当直线、平面倾斜于投影面时,其投影小于实长或实形,但投影形状与原图形具有相仿性,如图 2-4(a)所示。

2. 度量性

当直线、平面平行于投影面时,直线投影反映实长,平面投影反映实形,如图 2-4(b)所示。

3. 积聚性

当直线、平面垂直于投影面时,直线的投影积聚为一点,平面的投影积聚成一条直线,如图 2-4(c)所示。

4. 定比性

直线上两条线段的长度之比等于它们的投影长度之比,如图 2-4(d)所示。

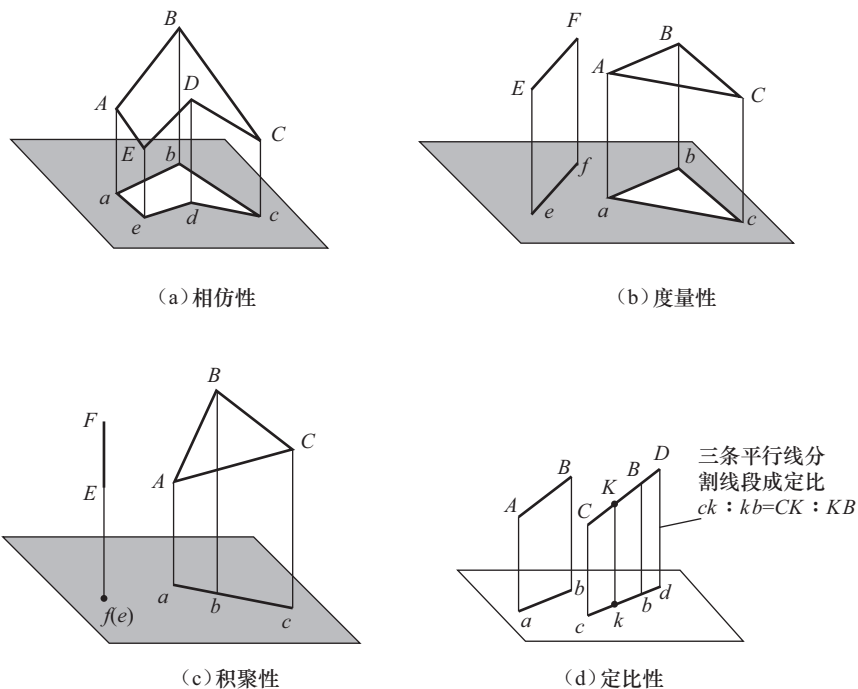


图 2-4 投影的基本特性

扩展阅读

工程上常用的几种投影图

1. 透视投影图

透视投影图是指在中心投影的条件下得到的单面投影。

透视投影图的投影中心相当于人的眼睛,因此在中心投影情况下得到的图形非常逼真、形象,符合人的视觉。但透视图作图复杂,一般用于建筑的室内外效果图,如图 2-5 所示。

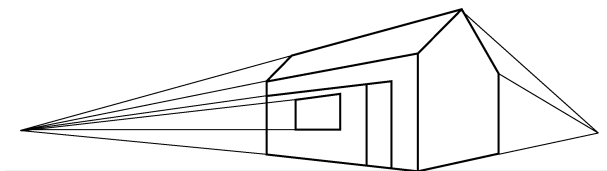


图 2-5 透视投影图实例

2. 多面正投影图

多面正投影图是在正投影的条件下生成的。

多面正投影图具有度量性好、绘图简单等优点,因此在工程实际中应用得最广,图 2-6 为轴零件的多面正投影图。

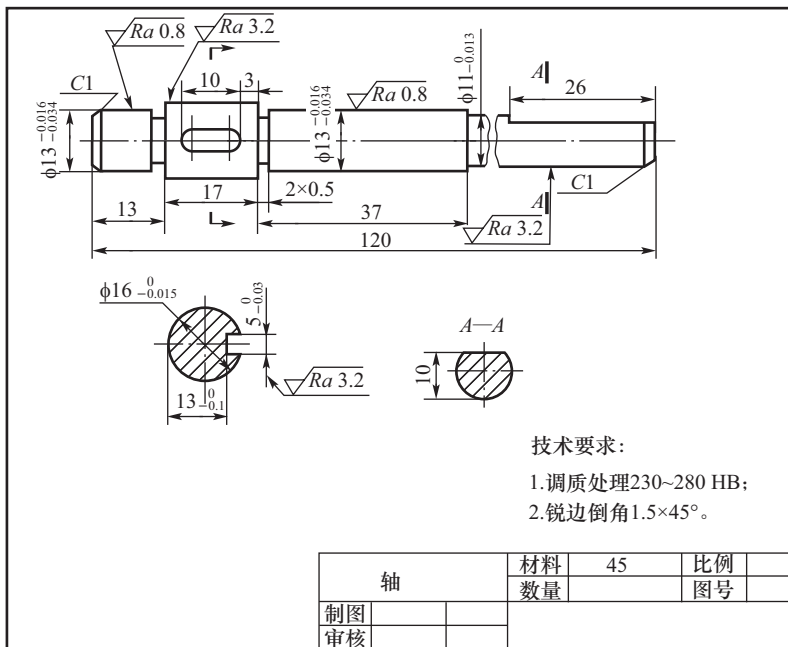


图 2-6 轴零件的多面正投影图

3. 轴测投影图

轴测投影图是在平行投影的条件下得到的单面投影图,如图 2-7 所示。

轴测投影图的优点是立体感强,物体形象表达得较清楚,但作图较麻烦,度量性差。一般可作为正投影图的辅助图样。

4. 标高投影图

标高投影图是用正投影法画出的单面投影图,它是由单面正投影和注脚数字组成的,用于绘制地图及复杂的曲面体不同截面的形状,如图 2-8 所示。