



中等职业学校规划教材

中等职业教育规划教材审定委员会审定

主编 孙经署 陈德洪



机械制图

J I X I E Z H I T U



机械制图

主编 孙经署 陈德洪

北京出版集团公司
北京出版社

北京出版集团公司
北京出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制图 / 孙经署, 陈德洪主编. — 北京 : 北京出版社, 2010.5 (2021 重印)

ISBN 978-7-200-08246-3

I. ①机… II. ①孙… ②陈… III. ①机械制图—专业学校—教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 085744 号

机械制图

JIXIE ZHITU

主 编: 孙经署 陈德洪

出 版: 北京出版集团公司

北 京 出 版 社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总发行: 北京出版集团公司

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版 次: 2010 年 5 月第 1 版 2018 年 12 月修订 2021 年 9 月第 7 次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张: 21

字 数: 484 千字

书 号: ISBN 978-7-200-08246-3

定 价: 36.00 元 (含两册)

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

绪论	1
----------	---

基础模块

第一章 机械制图的基本知识	3
---------------------	---

1.1 制图国家标准的基本规定	4
1.1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)	4
1.1.2 比例(GB/T 14690—1993)	6
1.1.3 字体(GB/T 14691—1993)	7
1.1.4 图线(GB/T 17450—1998、 GB/T 4457.4—2002)	9
1.1.5 尺寸标注	11
1.2 常用的绘图工具、用品及仪器	16
1.2.1 图纸与图板	16
1.2.2 丁字尺和三角板	16
1.2.3 圆规和分规	17
1.2.4 铅笔	18
1.2.5 其他绘图工具	18
1.3 常用几何图形及平面的画法	19
1.3.1 等分圆周和作正多形	19
1.3.2 椭圆的画法	20
1.3.3 斜度和锥度	20
1.3.4 圆弧的连接	23
1.3.5 绘制简单平面图形	25
本章小结	27

第二章 投影作图基础	28
------------------	----

2.1 投影法的基本知识	28
2.1.1 投影法的概念	28
2.1.2 投影法的种类	29
2.2 三视图的形成及投影规律	29
2.2.1 三视图的形成	29
2.2.2 三视图的关系及投影规律	31

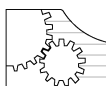
本章小结	33
------------	----

第三章 点、直线、平面的投影	34
----------------------	----

3.1 点的投影	34
3.1.1 点的三面投影	34
3.1.2 点的投影规律	35
3.1.3 点的投影与直角坐标的 关系	35
3.1.4 两点的相对位置	36
3.2 直线的投影	37
3.2.1 直线的投影	37
3.2.2 各种位置直线及其投影 特性	37
3.2.3 直线上的点	39
3.3 平面的投影	40
3.3.1 平面的投影表示法	40
3.3.2 平面投影的作图方法	40
3.3.3 平面对于一个投影面的 投影特性	41
3.3.4 平面在三投影面体系中的 投影特性	41
本章小结	44

第四章 基本体	46
---------------	----

4.1 平面立体的视图画法	46
4.1.1 棱柱	46
4.1.2 棱锥	49
4.2 曲面立体的视图画法	52
4.2.1 圆柱	52
4.2.2 圆锥	54
4.2.3 圆球	55
4.3 基本体的尺寸标注	57
4.3.1 平面体的尺寸标注	57
4.3.2 回转体的尺寸标注	57



本章小结	58	6.4.2 组合体的尺寸注法	87
第五章 轴测投影图	59	6.4.3 标注组合体尺寸的方法 和步骤	89
5.1 轴测投影基本知识	59	6.5 读组合体视图	92
5.1.1 轴测投影的形成	59	6.5.1 读组合体视图的基本 要领	92
5.1.2 确定轴测轴的参数	59	6.5.2 看图的基本方法	95
5.1.3 轴测图的种类	60	6.5.3 看组合体视图的辅助 方法训练	100
5.2 正等轴测图	61	本章小结	101
5.2.1 正等轴测图的轴间角和 轴向伸缩系数	61	第七章 图样画法	102
5.2.2 正等轴测图的画法	61	7.1 基本视图	102
5.2.3 曲面立体正等轴测图的 画法	63	7.1.1 基本视图的形成	102
5.3 斜二轴测图及其画法	64	7.1.2 基本视图的名称和 配置关系	103
5.3.1 轴间角及轴向伸缩系数	64	7.2 向视图、局部视图与斜视图	104
5.3.2 斜二轴测图的画法	64	7.2.1 向视图的画法与标注	104
本章小结	66	7.2.2 局部视图的画法与标注	105
第六章 组合体投影	67	7.2.3 斜视图的画法与标注	105
6.1 组合体的组合形式分析	67	7.3 剖视图	107
6.1.1 组合体的组成	67	7.3.1 剖视图的基本概念	107
6.1.2 组合体的表面连接关系	68	7.3.2 剖视图的种类	110
6.1.3 组合体的形体分析法	70	7.3.3 剖切面	112
6.2 立体的表面交线	71	7.4 断面图与其他表达方法	116
6.2.1 常见的零件表面交线 类型	71	7.4.1 断面图的概念	116
6.2.2 截交线	72	7.4.2 断面图的种类	117
6.2.3 立体表面的相贯线	76	7.4.3 局部放大图	118
6.3 画组合体视图的方法和步骤	81	7.4.4 常用图形的简化画法	119
6.3.1 形体分析	81	本章小结	122
6.3.2 选择视图	82	第八章 标准件、常用件及其 规定画法	123
6.3.3 选比例、定图幅	82	8.1 螺纹	124
6.3.4 固定图纸、布置视图、 画基准线	83	8.1.1 螺纹的形成	124
6.3.5 绘制底稿	83	8.1.2 螺纹的种类	125
6.3.6 检查、描深, 完成全图	85	8.1.3 螺纹的基本要素	125
6.3.7 标注尺寸	85	8.1.4 螺纹的画法规定 (GB/T 4459.1—1995)	127
6.4 组合体视图的尺寸标注	86		
6.4.1 标注尺寸的基本要求	86		



8.1.5 螺纹的标注规定	129	9.6 典型零件的图例分析	174
8.2 常用螺纹紧固件及其连接	131	9.6.1 轴套类零件	174
8.2.1 螺栓连接的画法	131	9.6.2 盘盖类零件	175
8.2.2 双头螺柱连接的画法	132	9.6.3 叉架类零件	177
8.2.3 螺钉连接的画法	133	9.6.4 箱体类零件	178
8.3 标准直齿圆柱齿轮	134	9.7 零件图的阅读	179
8.3.1 齿轮各部分名称及 计算公式	135	本章小结	181
8.3.2 圆柱齿轮的画法规定 (GB/T 4459.2—2003)	136	第十章 装配图	183
8.3.3 圆柱齿轮啮合的画法	136	10.1 装配图的内容	183
8.3.4 直齿圆柱齿轮测绘	137	10.1.1 装配图的作用	183
8.4 键连接和销连接	139	10.1.2 装配图的内容	183
8.4.1 键连接	139	10.2 装配图的表达方法	186
8.4.2 销连接	140	10.2.1 规定画法	186
8.5 常用滚动轴承	141	10.2.2 特殊画法	187
8.5.1 滚动轴承的结构和 分类	141	10.3 装配结构	189
8.5.2 滚动轴承的代号	142	10.4 装配图的绘制	191
8.5.3 滚动轴承的画法	144	10.4.1 装配体的分析	191
本章小结	146	10.4.2 拟定表达方案	191
第九章 零件图	147	10.4.3 确定比例和图幅	192
9.1 零件图的作用和内容	147	10.4.4 画图步骤	192
9.2 零件的视图选择	149	10.4.5 检查、加深, 完成 全图	192
9.2.1 主视图的选择	149	10.5 装配图的阅读	192
9.2.2 其他视图的选择	151	10.5.1 阅读装配图的要求	192
9.3 零件图的尺寸标注	151	10.5.2 阅读装配图的步骤和 方法	193
9.3.1 尺寸基准	151	10.6 由装配图拆画零件图	193
9.3.2 零件图上的尺寸标注	153	本章小结	194
9.3.3 零件上常见结构的 尺寸注法	155	选学模块	
9.4 零件图的技术要求	157	第十一章 AutoCAD 入门	195
9.4.1 表面粗糙度	157	11.1 AutoCAD 2008 工作界面	195
9.4.2 公差与配合	161	11.1.1 标题栏	196
9.4.3 形状和位置公差	168	11.1.2 菜单栏	196
9.5 零件上常见的工艺结构	171	11.1.3 【面板】选项板	196
9.5.1 铸造工艺结构	171	11.1.4 工具栏	197
9.5.2 机械加工工艺结构	172		



11.1.5 绘图窗口·····	197	12.3.1 绘制矩形·····	205
11.1.6 命令行及文本窗口·····	197	12.3.2 绘制多边形·····	205
11.1.7 状态栏·····	198	12.4 绘制圆和圆弧·····	206
11.2 设置绘图环境·····	198	12.4.1 绘制圆·····	206
11.2.1 设置参数选项·····	198	12.4.2 绘制圆弧·····	206
11.2.2 设置绘图单位·····	198	12.5 图案填充与面域·····	207
11.2.3 设置图形界限·····	199	12.5.1 图案填充·····	207
11.3 基本输入操作——命令的 输入·····	199	12.5.2 面域·····	208
11.3.1 输入命令·····	199	12.6 基本编辑命令·····	208
11.3.2 命令的重复、撤销 与重做·····	200	12.6.1 删除、恢复与移动·····	208
12.3.1 绘制矩形·····	205	12.6.2 复制与镜像·····	209
12.3.2 绘制多边形·····	205	12.6.3 阵列与偏移·····	210
12.4 绘制圆和圆弧·····	206	12.6.4 修改对象的形状和 大小·····	212
12.4.1 绘制圆·····	206	12.6.5 倒角、圆角和打断、 合并·····	214
12.4.2 绘制圆弧·····	206		
12.5 图案填充与面域·····	207		
12.5.1 图案填充·····	207		
12.5.2 面域·····	208		
12.6 基本编辑命令·····	208		
12.6.1 删除、恢复与移动·····	208		
12.6.2 复制与镜像·····	209		
12.6.3 阵列与偏移·····	210		
12.6.4 修改对象的形状和 大小·····	212		
12.6.5 倒角、圆角和打断、 合并·····	214		
12.1 绘制线·····	202		
12.1.1 直线·····	202		
12.1.2 构造线·····	203		
12.1.3 绘制多段线·····	203		
12.2 绘制点·····	204		
12.2.1 点·····	204		
12.2.2 定数等分·····	204		
12.2.3 定距等分·····	205		
12.3 绘制矩形和多边形·····	205		

综合实践模块

装配体测绘指导书·····	216
附录·····	224
参考文献·····	240

绪 论

一、什么是机械制图

图 0-1 所示为车床正在加工零件的示意图。为什么工人按照图样就可以把零件精确无误地加工出来呢？这正是机械制图研究的一个方面：看平面图形，想象物体的空间形状的方法。

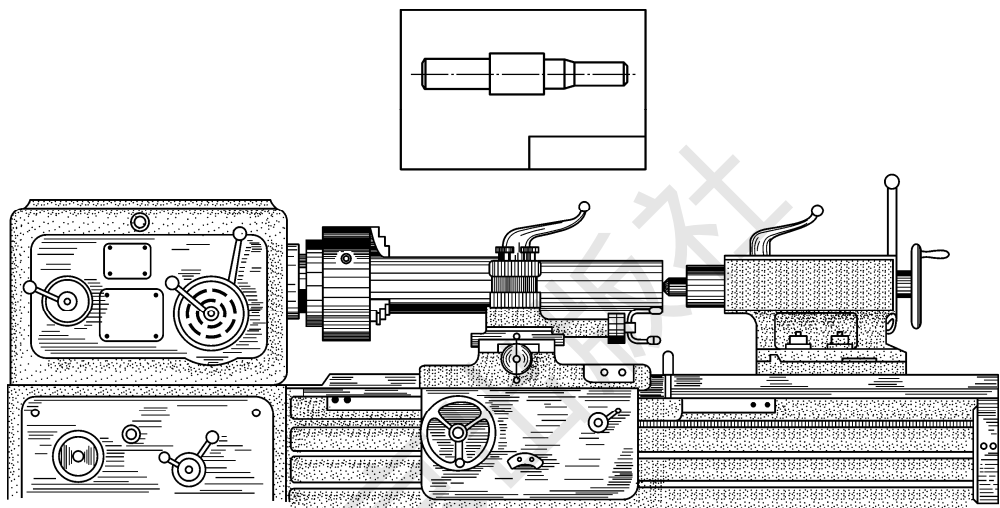


图 0-1 按图样加工零件

图 0-2 所示为一个加工完成的零件（一根轴）的直观图。图 0-3 所示为轴的图样。这是根据什么原理把这根轴画到图纸平面上去的呢？这是机械制图研究的另一个方面：把空间物体表达达到图纸平面上去的方法。

总的来说，机械制图是研究在平面上用平面图形表达物体，以及由平面图形想象物体空间形状的一门学科。

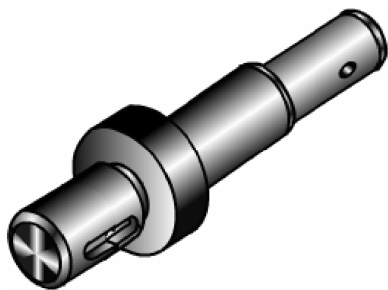


图 0-2 轴的直观图

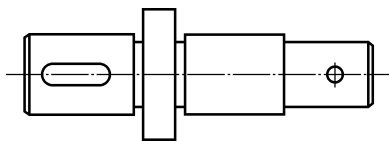
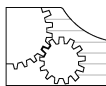


图 0-3 轴的图样



二、为什么要学习机械制图

在工程技术中，为了准确地表达机械、仪器、建筑物等的形状、结构和大小，根据投影原理、标准或有关规定画出，并有必要的技术说明的图，称为图样。不同性质的生产部门对图样有不同的要求，图样也会有不同的名称，机械制造业中使用的图样称为机械图样。本课程就是研究阅读和绘制机械图样的原理与方法的一门重要技术基础课。

图样是机械行业时刻不能离开的共同语言，通过它，人们可以表达设计思想，可以了解机器设备的结构形状和性能，可以进行科技交流，可以进行加工制造和施工。总而言之，不但加工零件、装配机器离不开图样，而且进行技术革新、技术交流，也需要图样。乃至了解产品的结构性能，编排生产计划，制定工艺，核算成本，供应材料，设备维修、保养，也都要按图样上的要求进行。

工程图样具有形象、直观的特点，可以弥补语言和文字的不足，尤其是对机器设备结构形状的刻画及运动轨迹的描述，更是语言和文字无法相比的，此时“无声胜有声”，因此说，图“画”=图“话”。

三、学习机械制图的目的和任务

本课程是培养工程技术人员的一门重要的技术基础课，是后续学习专业课程的基础。本课程的主要学习目的是：

1. 学习正投影法的基本理论和基本方法。
2. 正确使用绘图仪器和工具。
3. 初步掌握查阅国家标准的方法。
4. 掌握绘制工程图样的基本技能和阅读工程图样的方法。
5. 培养耐心细致的工作作风和严谨的工作态度。

四、机械制图的学习方法和学习要求

机械制图是一门既有理论又有实践，且应用性很强的重要技术基础课。在学习本课程时，除了通过课堂学习理解并掌握基本理论、基本知识和基本方法以外，还必须按计划完成练习。

本课程的主要学习要求是：

1. 学习本课程要理论联系实际，多想、多看、多画，逐步建立空间想象力。

从将空间物体表达成平面图形，再由平面图形想象空间物体的反复训练中，掌握空间物体和平面图形的转化规律。通过反复的画图和看图实践，逐步培养空间想象和形象思维能力，提高看图和画图技能。

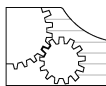
2. 工程图样必须符合国家标准的规定和要求。

图样是工程界的语言。因此在阅读和绘制图样的过程中，都必须遵守国家标准《技术制图》《机械制图》和有关的技术标准。

3. 遵守学习纪律，认真完成作业。

要认真遵守学习纪律，及时完成规定的作业，作业批改后，要将错处改正过来，这是学好本课程的重要环节。

第一章 机械制图的基本知识



件的图样称为零件图。机械加工工人主要使用这种图样指导生产。

2. **装配图** 如图 1-2 所示, 在这幅图上一共有 8 个零件, 按一定的配合关系装配在一起。还有几十个甚至上百个零件画在一幅图上, 表示一台机器的组成。这种表达一个部件或一台机器的图样称为装配图。在装配机器时, 就要按装配图上的各项要求, 把按零件图加工合格的零件有顺序地装配在一起, 以生产出机器。

初步认识图样, 可以先看零件图和装配图都具有的内容。

1. **一组图形** 图样上用一组图形来表达零件或机器的形状。

2. **尺寸** 零件的大小或机器的各部分大小和相对位置是靠图样中的尺寸来说明的。

3. **技术要求** 用文字或符号指出零件或机器在加工装配、检测中应达到的力学性能或指标。

4. **标题栏** 零件图上的标题栏中列出了零件名称、材料、设计者姓名和图样编号。在装配图上除有标题栏外, 在标题栏上方还有零件的明细栏。

由此可见: 识读和绘制零件图和装配图, 首先必须要掌握机械制图的基本知识。

1.1 制图国家标准的基本规定

图样是工程界的共同语言, 故对于图样的幅面、比例、字体、图线及画法和标注方法, 国家标准《技术制图》《机械制图》中都有统一的规定, 对图样中涉及的各种技术要求也有标准可循。因此, 读者在阅读和绘制图样的实践过程中, 要注意逐步熟悉国家标准《技术制图》《机械制图》和有关的技术标准, 并严格遵守其中的规定。

1.1.1 图纸幅面和格式(GB/T 14689—2008)

1. 基本幅面

为了便于图样管理, 用于绘制图样的图纸, 其幅面的大小和格式必须遵循 GB/T 14689—2008 中的规定。

绘制技术图样时, 应优先采用表 1-1 中所规定的基本幅面。基本幅面有 A0、A1、A2、A3 和 A4, 共 5 种规格, 如图 1-3 所示, 画图时应根据需要来选择。

表 1-1 基本幅面及其尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1 189	594×841	420×594	297×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

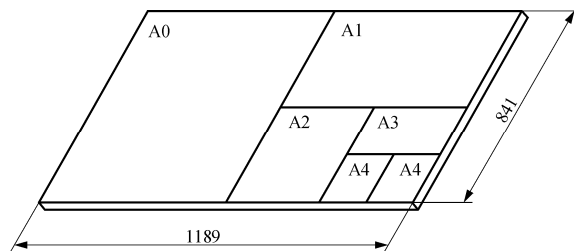


图 1-3 幅面尺寸的图示

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框。图框有两种格式：不留装订边和留装订边。同一产品中所有图样均应采用同一种格式。

不留装订边的图纸，其图框格式如图 1-4(a)、(b)所示。

留有装订边的图纸，其图框格式如图 1-4(c)、(d)所示。

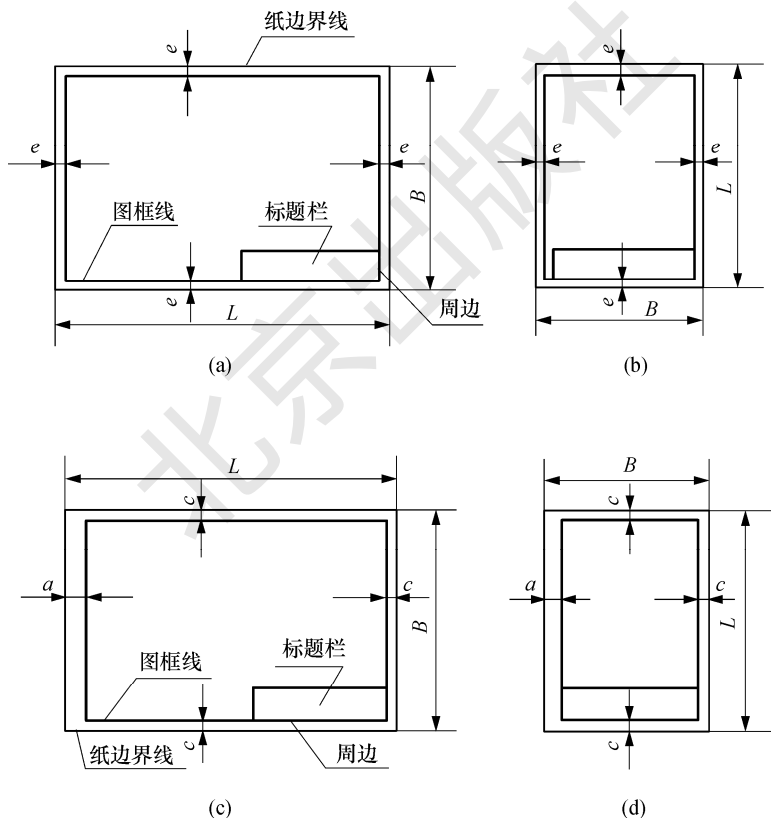


图 1-4 图框格式

3. 图框尺寸

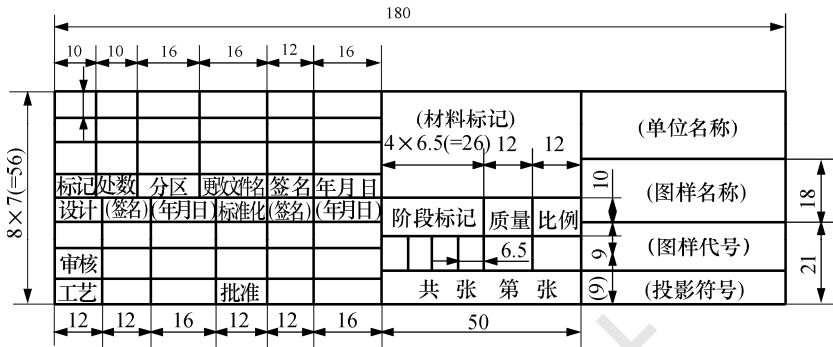
不留装订边的图纸，其四周边框的宽度均为 e ；留装订边的图纸，其装订边宽度一律为 25 mm，其他三边均为 c ，具体尺寸见表 1-1。



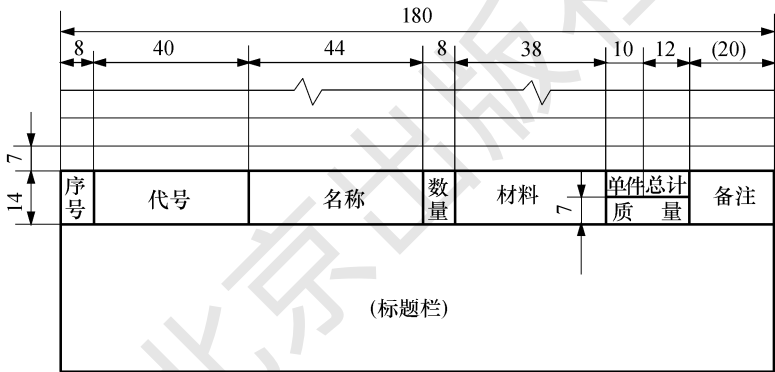
4. 标题栏

国家标准《技术制图标题栏》(GB/T 10609.1—2008)和《技术制图明细栏》(GB/T 10609.2—1989)中对标题栏与明细栏的基本要求、内容、尺寸与格式作了明确规定，其格式如图 1-5 所示。标题栏一般应位于图纸的右下角，标题栏的文字方向为看图方向。

标题栏的格式比较复杂，在制图练习中一般采用简化的通用格式，如图 1-6 所示。



(a) 标题栏的格式



(b) 明细栏的格式

图 1-5 标题栏与明细栏的格式

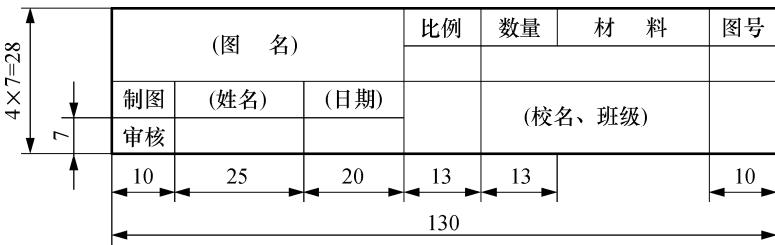


图 1-6 简化的标题栏格式

1.1.2 比例(GB/T 14690—1993)

图样及技术文件中的比例是指图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。比例分为以下 3 种。



(1) 原值比例：比值为 1 的比例，即 1 : 1，图上的 1 mm 就表示实物的 1 mm 长。画图时尽量用 1 : 1 的比例。

(2) 放大比例：比值大于 1 的比例，如 2 : 1，就是图上 2 mm 代表实物上的 1 mm，图形比实物放大了。

(3) 缩小比例：比值小于 1 的比例，如 1 : 2，就是图上 1 mm 代表实物上的 2 mm，图形比实物缩小了。

表 1-2 常用绘图比例

原值比例	1 : 1				
放大比例	2 : 1	5 : 1	$1 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$5 \times 10^n : 1$
	(2.5 : 1)	(4 : 1)	(2.5 $\times 10^n$: 1)	(4 $\times 10^n$: 1)	
缩小比例	1 : 2	1 : 5	$1 : 1 \times 10^n$	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$
	(1 : 1.5)	(1 : 2.5)	(1 : 3)	(1 : 4)	(1 : 6)

如图 1-7 所示为同一物体采用不同比例绘制的图形。

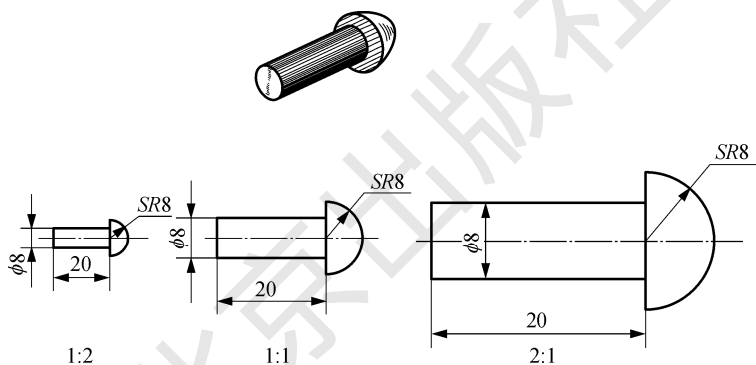


图 1-7 采用不同比例绘制的图形

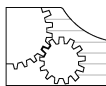
不管用什么比例画图，图上尺寸仍按零件的实际尺寸标注。比例一般应标注在标题栏中的比例栏内。

1.1.3 字体(GB/T 14691—1993)

1. 基本要求

图样上除了绘制机件的图形外，还要用文字填写标题栏、技术要求，用数字标注尺寸等。为了易读、统一、便于缩微摄影及照相复制，国家标准《技术制图字体》(GB/T 14691—1993)中对字体做了如下规定。

- (1) 书写字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。
- (2) 字体高度(h)的公称尺寸系列为：1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm 8 种。字体高度代表字体的号数。
- (3) 汉字应写成长仿宋体字，并应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉



字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm, 其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

(4) 字母和数字分 A 型和 B 型, 一般采用 B 型字体。B 型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的 1/10。

(5) 字母和数字可写成斜体或直体。斜体字字头向右倾斜, 与水平基准线成 75° 。

(6) 用做指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母, 一般应采用小一号的字体。在同一图样上, 只允许选用一种形式的字体。

2. 字体示例

(1) 长仿宋体汉字示例。

10 号字:

字体工整笔画清楚间隔均匀排列整齐

7 号字:

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

5 号字:

技术制图机械电子汽车航空船舶土木建筑矿山井坑港口纺织服装

(2) 拉丁字母示例。

B 型字体如图 1-8 所示。



图 1-8 拉丁字母

(3) B 型斜体阿拉伯数字示例(图 1-9)。



图 1-9 阿拉伯数字

(4) B 型斜体罗马数字示例(图 1-10)。



图 1-10 罗马数字



(5) 其他应用示例(图 1-11)。

$$10^3 \quad S^{-1} \quad D_1 \quad T_d \quad \phi 20_{-0.023}^{+0.010} \quad 7^{\circ}_{-2^{\circ}} \\ 10JS5(\pm 0.003) \quad M24-6h \quad R8 \quad 5\% \\ \phi 25 \frac{H6}{m5} \quad \frac{\text{II}}{2:1} \quad \frac{3}{5} \quad \sqrt{Ra6.3}$$

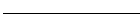
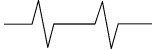
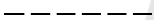
图 1-11 字体的综合应用

1.1.4 图线(GB/T 17450—1998、GB/T 4457.4—2002)

1. 线型及其应用

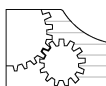
机械图样中常用图线的代号、线型及用途见表 1-3。

表 1-3 机械图样中的线型及其应用

图线名称	线型	图线宽度	一般应用
细实线		$d/2$	1. 过渡线 2. 尺寸线和尺寸界线 3. 指引线和基准线 4. 剖面线、重合断面的轮廓线 5. 短中心线、范围线及分界线 6. 螺纹牙底线 7. 辅助线
波浪线		$d/2$	断裂处边界线；视图与剖视图的分界线
双折线		$d/2$	断裂处边界线；视图与剖视图的分界线
粗实线		d	1. 可见轮廓线 2. 螺纹牙顶线和螺纹长度终止线 3. 齿顶圆(线)
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线
细点画线		$d/2$	1. 轴线 2. 对称中心线 3. 分度圆(线) 4. 剖切线
粗点画线		d	限定范围表示线
双点画线		$d/2$	1. 相邻辅助零件的轮廓线 2. 可动零件的极限位置的轮廓线 3. 成型前轮廓线 4. 轨迹线 5. 中断线

所有线型的图线宽度(d)应按图样的类型和尺寸大小在 0.13 mm、0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1.0 mm、1.4 mm、2.0 mm 数系中选择。

绘制机械图样的图线分粗、细两种。粗线的宽度 d 可在 0.5~2 mm 之间选择(练习时



一般用 0.7 mm), 粗、细线宽之比为 2:1。

各种图线的部分应用如图 1-12 所示。

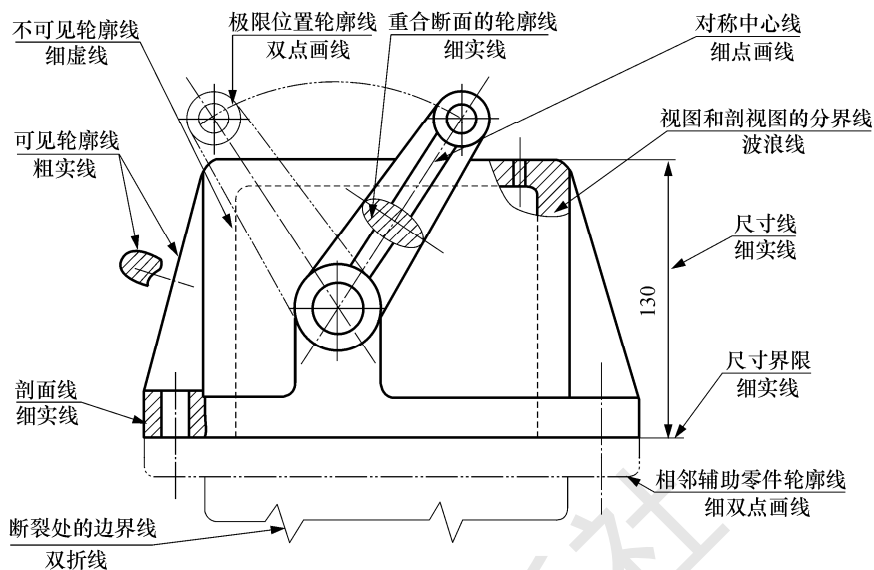


图 1-12 图线的部分应用示例

2. 图线的画法

(1) 图线长度与间隙 在同一图样中, 同类的图线宽度应一致, 线段长度和间隔应大致相等。除非另有规定, 两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.7 mm。常用的图线长度和间隔如图 1-13 所示。

(2) 相交 虚线及各种点画线相交时应恰当地相交于画, 而不应相交于点或间隔, 点画线超出图形轮廓约 5 mm。较小的图形, 其中心线可用细实线代替, 超出图形轮廓约 3 mm, 如图 1-14 所示。

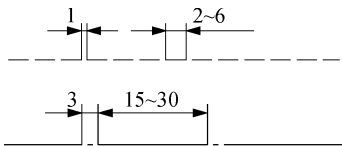


图 1-13 图线长度和间隔

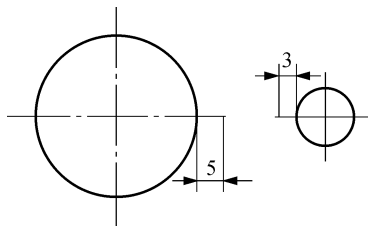


图 1-14 圆的中心线的画法

(3) 图线接头处的画法 这里主要介绍虚线与粗实线、虚线与虚线、虚线与点画线相接处的画法, 如图 1-15 所示。

(4) 图线重叠时的画法 当两种或两种以上图线重叠时, 应按以下顺序优先画出所需的图线: 可见轮廓线→不可见轮廓线→轴线和对称中心线→细双点画线。

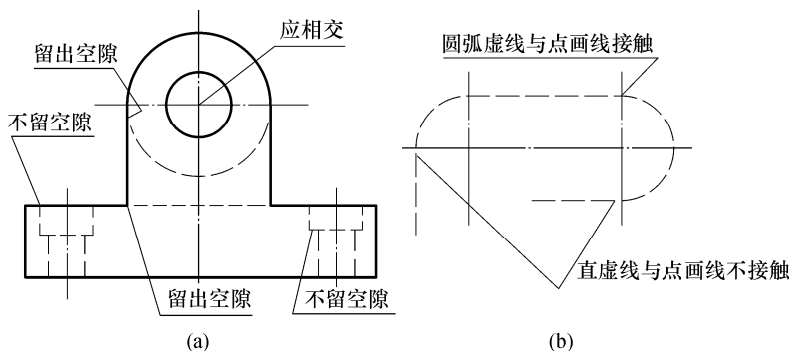


图 1-15 图线相交、接头处的画法

1.1.5 尺寸标注

在图样中,说明零件的大小靠尺寸。标注的尺寸是否正确清晰,关系到加工者能否准确地加工零件。这里介绍的尺寸注法的基本内容,都是国家标准《机械制图 尺寸注法》(GB/T 4458.4—2003)中规定的事项。

(一)基本规则

(1) 机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据,与图形的大小及绘图的确度无关。

(2) 图样中所有的尺寸,以毫米(mm)为单位时,不需标注计量单位的符号或名称。若采用其他单位,则必须注明相应的计量单位的符号或名称。

(3) 图样中所标注的尺寸,为该图样所示机件的最后完工尺寸,否则应另加说明。

(4) 机件的每一尺寸,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

(二)标注尺寸的要素

一个标注完整的尺寸应标注出尺寸数字、尺寸线和尺寸界线。尺寸数字表示尺寸的大小,尺寸线表示尺寸的方向,而尺寸界线则表示尺寸的范围,如图 1-16 所示。

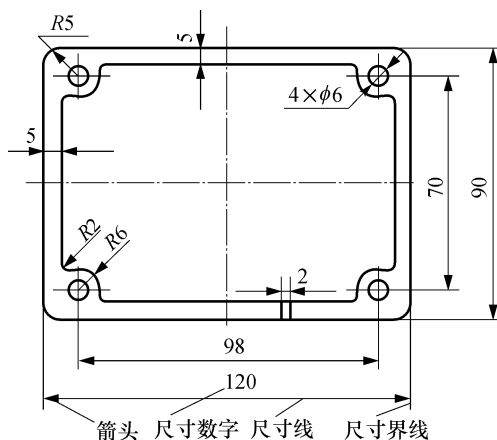


图 1-16 尺寸数字、尺寸线和尺寸界线



1. 尺寸数字

(1) 线性尺寸的数字一般应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。

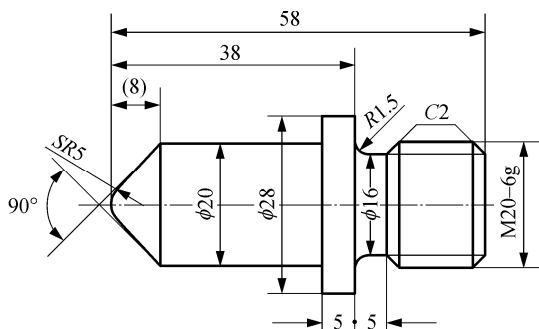


图 1-17 线性尺寸数字的注写

(2) 线性尺寸数字一般应按图 1-18(a)所示的方向注写，并尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸，当无法避免时可按图 1-18(b)的形式标注。

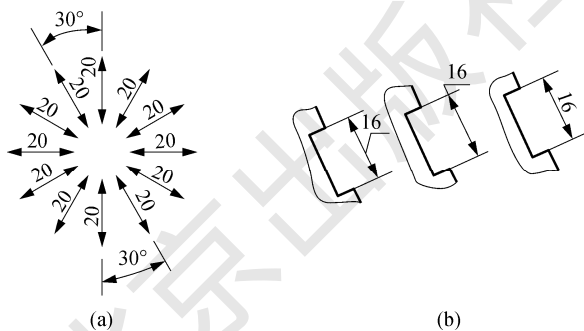


图 1-18 线性尺寸数字的注写方向

2. 尺寸线

(1) 尺寸线用细实线绘制，用以表示所注尺寸的方向。尺寸线的终端结构有两种形式——箭头和斜线。

① 箭头。箭头的形式如图 1-19(a)所示，适用于各种类型的图样。

② 斜线。斜线用细实线绘制，其方向和画法如图 1-19(b)所示。当尺寸线的终端采用斜线形式时，尺寸线与尺寸界线应相互垂直。这种形式适用于建筑图样。



图 1-19 尺寸线的两种终端形式

当尺寸线与尺寸界线相互垂直时，同一张图样中只能采用一种尺寸线终端形式。

(2) 标注线性尺寸时，尺寸线应与所标注的线段平行。尺寸线不能用其他图线代替，一般也不得与其他图线重合或画在其延长线上。

3. 尺寸界线

(1) 尺寸界线用细实线绘制，并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出，也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线，如图 1-20 所示。

(2) 尺寸界线一般应与尺寸线垂直并略超过尺寸线(3~4 mm 为宜)；在特殊情况下也可以不相垂直，但两尺寸界线必须互相平行，如图 1-21 所示。

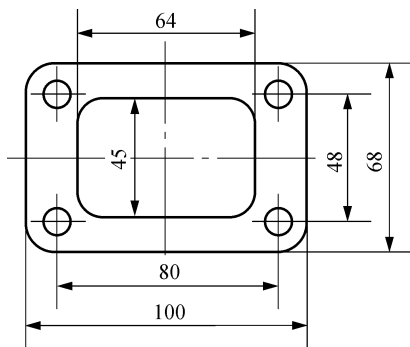


图 1-20 尺寸界线的画法

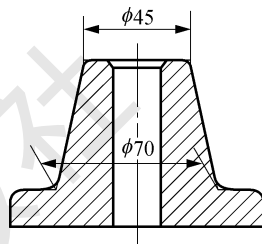


图 1-21 尺寸界线与尺寸线倾斜

(三) 常见的尺寸注法

1. 圆的尺寸注法

标注圆的直径时，应在尺寸数字前加注符号“ ϕ ”，表示这个尺寸的值是直径值，尺寸线的终端应画成箭头，并按图 1-22 所示的方法标注。

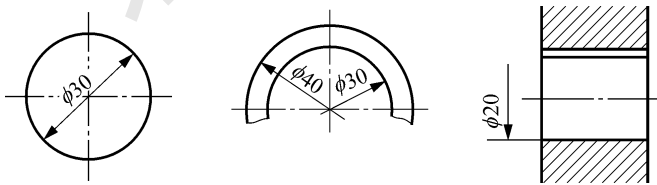


图 1-22 圆的尺寸注法

2. 圆弧的尺寸注法

圆弧的半径标注圆弧的半径时，应在尺寸数字前加注符号“ R ”，尺寸线的终端应画成箭头，并按图 1-23(a)、(b)、(c)所示的方法标注。

当圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置时，可将圆心移在近处表示出来，将半径的尺寸线画成折线，如图 1-23(d)所示。若不需要标出其圆心位置时，可按图 1-23(e)的形式标注。

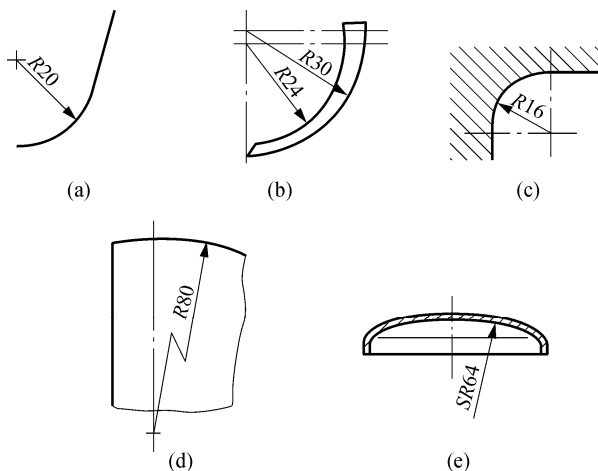


图 1-23 圆弧半径的尺寸标注法

3. 球的尺寸注法

标注球面的直径或半径时，应在符号“ ϕ ”或“ R ”前加注符号“ S ”，如图 1-24(a)、(b)所示。

对于铆钉的头部、轴(包括螺杆)的端部及手柄的端部等，在不致引起误解的情况下可省略符号“ S ”，如图 1-24(c)、(d)所示。

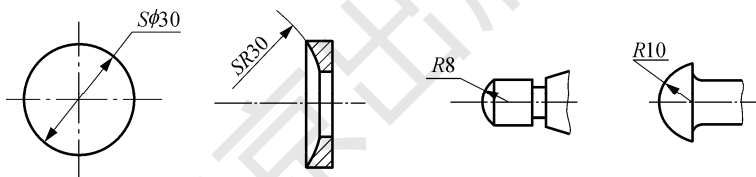


图 1-24 球的尺寸注法

4. 角度的尺寸注法

(1) 标注角度时，角度的数字一律写成水平方向，一般注写在尺寸线的中断处(图 1-25(a))。必要时也可按图 1-25(b)的形式标注。

(2) 标注角度时，尺寸界线应沿径向引出，尺寸线应画成圆弧，其圆心是该角的顶点，如图 1-25 所示。

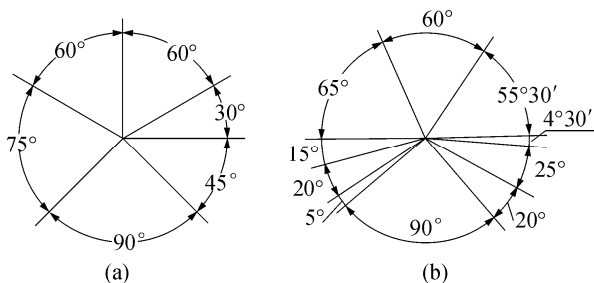


图 1-25 角度尺寸数字的注法



5. 小尺寸的尺寸注法

在图样上进行尺寸标注时, 如果没有足够的位置画箭头或注写数字时, 可按图 1-26 的形式标注。

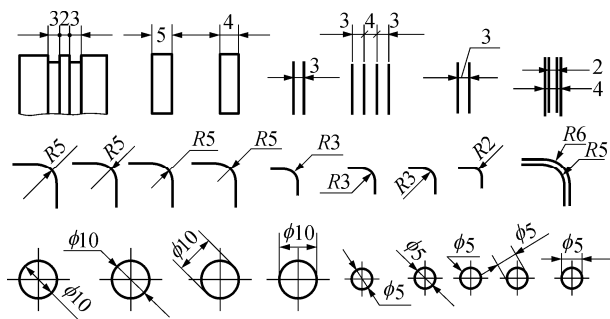


图 1-26 小尺寸的尺寸注法

(四) 尺寸标注的注意事项

(1) 在进行尺寸标注时, 尺寸数字不可被任何图线所通过, 否则应将该图线断开, 如图 1-27 所示。

(2) 标注参考尺寸时, 应将尺寸数字加上圆括弧, 如图 1-28 所示。

(3) 标注板状零件的厚度时, 可在尺寸数字前加注符号“ t ”, 如图 1-29 所示。

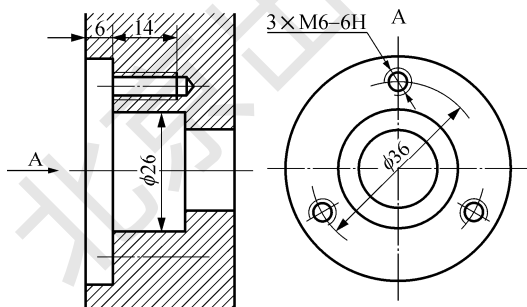


图 1-27 尺寸数字不可被任何图线所通过

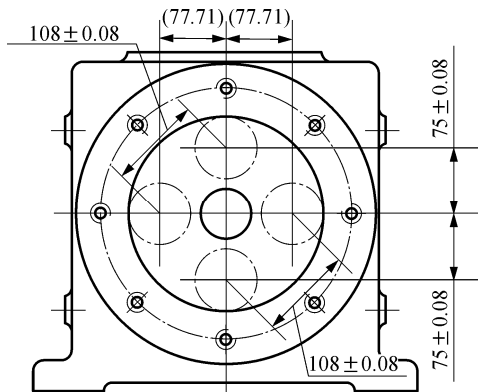


图 1-28 参考尺寸的注法

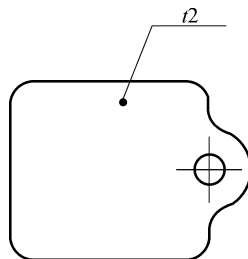
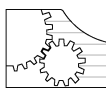


图 1-29 板状零件厚度的尺寸注法



1.2 常用的绘图工具、用品及仪器

在机械加工中,常会遇到如图 1-30 所示的零件,需要用几何作图的方法先画出图形后,才进行加工。因此掌握几何图形的基本作图方法和步骤,是绘图技能形成的基础。为了正确、迅速而又美观地绘制图样,除了具备基本的绘图工具和用品外(图 1-31),还必须正确使用和维护这些工具和用品。

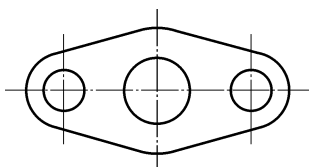


图 1-30 垫片

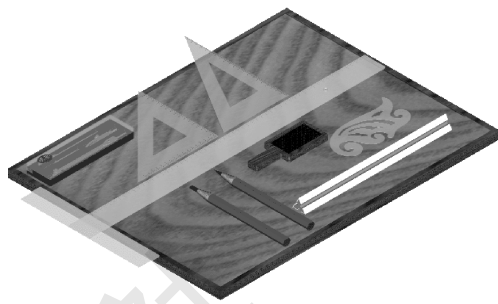


图 1-31 常用绘图工具及仪器

1.2.1 图纸与图板

一般选用质地坚硬、纸面洁白、用橡皮擦不易起毛和上墨时不渗化的纸型作为图纸。画图时,将图纸用胶带纸固定在图板的左下角。图纸下方以留出足够丁字尺放置的地方为宜,如图 1-32 所示。

制图板(简称图板)由具有平坦光滑表面的胶合板制成,四周镶有硬木边(图 1-31),作为画图时用的垫板。由于图板的左右两边作为导边,故必须平直。

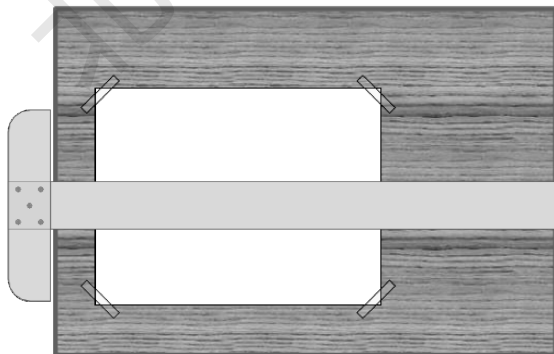


图 1-32 图纸、图板和丁字尺

1.2.2 丁字尺和三角板

丁字尺主要用来画水平线,一般用有机玻璃等制成,由尺头和尺身两部分垂直相交构成丁字形(图 1-32)。尺头的内边缘为丁字尺导边,尺身的上边缘为工作边,都要求平直



光滑。尺头与尺身结合处必须牢固不松动。

使用丁字尺画水平线时,可用左手握住尺头推动丁字尺沿左面的导边上下移动(图 1-33(a));等移到要画水平线的位置后,用左手使尺头内侧导边靠紧图板左侧导边,把丁字尺调整到准确的位置,随即将左手移到画线部位将尺身压住,以免画线时丁字尺位置发生变动。然后用右手执笔沿尺身工作边自左向右画线,笔尖应紧靠尺身,笔杆略向右倾斜(图 1-33(b))。将丁字尺沿图板导边上下移动,可作得一系列相互平行的水平线。

一副三角板包括 $45^\circ \times 45^\circ$ 和 $30^\circ \times 60^\circ$ 两块,一般用透明有机玻璃板制成。

三角板与丁字尺配合可画出一系列不同位置的铅垂线,如图 1-34(a)所示;还可画出与水平线成 30° 、 45° 、 60° 及 15° 倍数角的各种倾斜线,如图 1-34(b)所示。

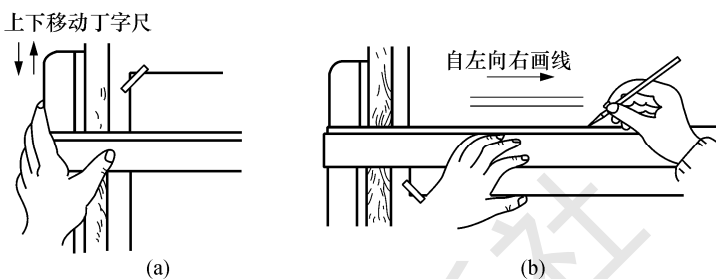


图 1-33 用丁字尺画水平线

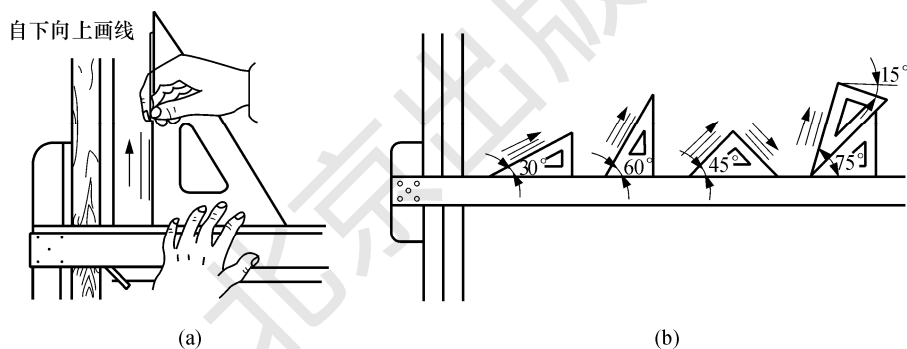


图 1-34 三角板与丁字尺配合画垂直线和角度线

1.2.3 圆规和分规

圆规和分规都属于绘图仪器,常用的四件套装绘图仪器如图 1-35 所示,该绘图仪的使用功能基本能满足学习要求且价格便宜。

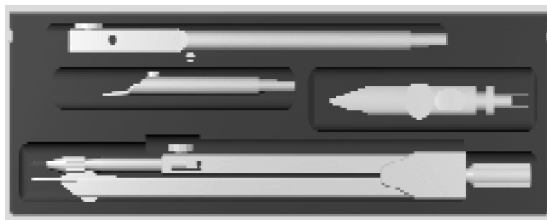


图 1-35 常用的四件套装绘图仪器



圆规主要用来画圆和圆弧(图 1-36)。圆规的一条腿上装有带台阶的小钢针,用来定圆心,并防止针孔扩大;另一条腿上可安装铅芯,用来画圆和圆弧,画圆时笔尖与纸面应保持垂直,也可安装钢针代替分规,分规主要用来量取线段和等分线段。

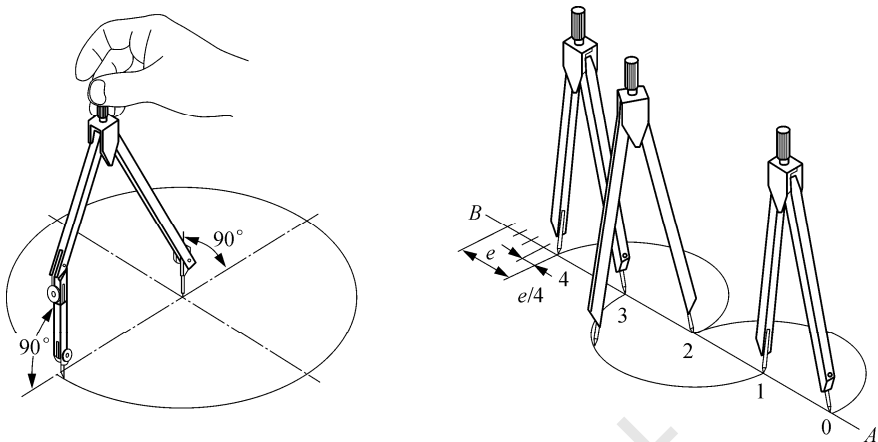


图 1-36 圆规和分规的使用方法

1.2.4 铅笔

绘图铅笔用 H 和 B 代表铅芯的软硬。H 表示硬性铅笔, H 前边的数字越大,表示铅芯越硬。B 表示软性铅笔, B 前的数字越大,表示铅芯越软。HB 表示中性铅笔,软硬适中。标号有 6H、5H、4H、3H、2H、H、HB、B、2B、3B、4B、5B、6B 13 种。

绘制图形底稿时,建议采用 H 或 HB 铅笔,并削成锥形;描黑底稿时,建议采用 B 或 2B 铅笔,削成四棱柱形,如图 1-37 所示)。写字采用 HB 铅笔,铅笔应从没有标号的一端开始使用,以便保留软硬的标号。

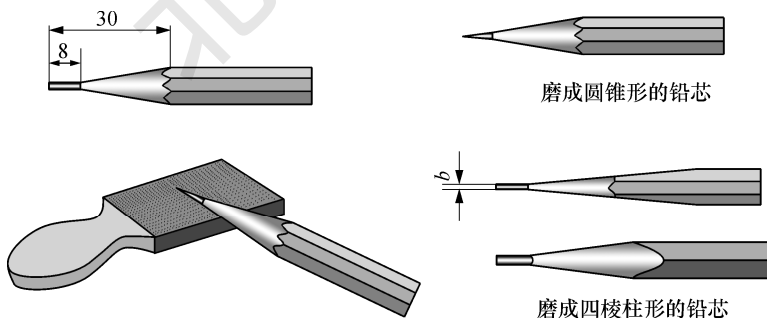


图 1-37 铅笔的削磨

1.2.5 其他绘图工具

除了上述常用的绘图工具外,绘图时还要备有削铅笔的小刀、固定图纸的透明胶和橡皮等。有时为了画非圆曲线还会用到曲线板,如图 1-38 所示。



图 1-38 曲线板

1.3 常用几何图形及平面的画法

1.3.1 等分圆周和作正多边形

1. 圆周三、六等分和作正三、六边形

(1) 用圆规可直接对圆周进行三、六等分，将各等分点依次连线，即可分别作出圆的内接正三角形、正六边形，如图 1-39 所示。

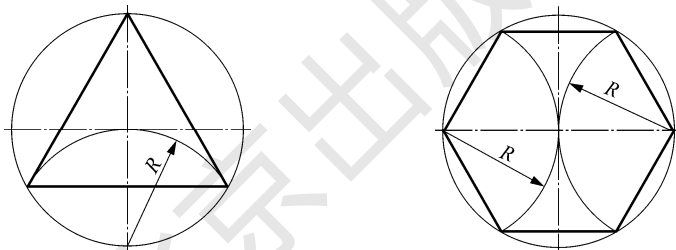


图 1-39 用圆规等分圆周(三、六等分)和作正三、六边形

(2) 利用三角板与丁字尺配合，也可以很方便地作出圆的六等分点和正六边形，如图 1-40 所示。

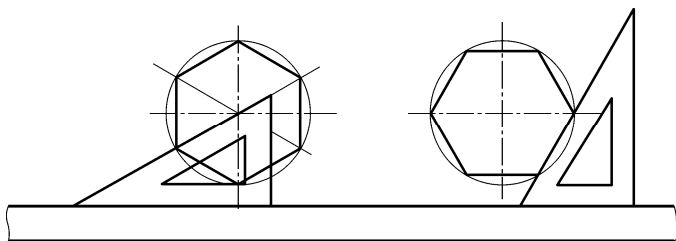


图 1-40 利用三角板与丁字尺作正六边形

2. 圆的五等分及作正五边形

圆的五等分及正五边形的作图步骤如下：

(1) 如图 1-41(a)所示，作 OB 的垂直平分线交 OB 于点 P 。

- (2) 如图 1-41(b)所示, 以 P 为圆心, PC 长为半径画弧交直径 AB 于点 H 。
- (3) 如图 1-41(c)所示, CH 即为五边形的边长, 等分圆周得五等分点 C 、 E 、 G 、 K 、 F 。
- (4) 如图 1-41(d)所示, 连接圆周各等分点, 即为正五边形。

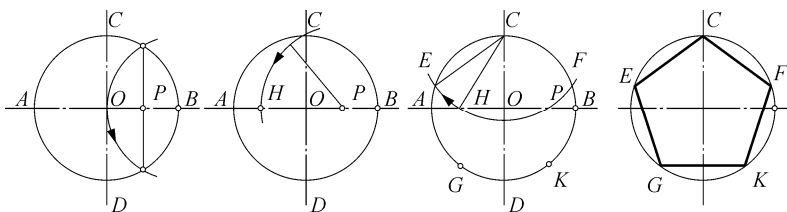


图 1-41 圆的五等分及作正五边形

1.3.2 椭圆的画法

椭圆的画法很多, 常用的有同心圆法和四心圆法。四心圆法是作椭圆的近似画法, 多用之。

已知椭圆长轴 AB 和短轴 CD , 用四心圆法作椭圆的步骤如下:

- (1) 画出相互垂直且平分的长轴 AB 与短轴 CD 。
- (2) 连接 AC , 并在 AC 上取 $CE=OA-OC$, 如图 1-42(a)所示;
- (3) 作 AE 的中垂线, 与长、短轴分别交于 O_1 、 O_2 , 再作对称点 O_3 、 O_4 , 如图 1-42(b)所示。
- (4) 以 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 各点为圆心, O_1A 、 O_2C 、 O_3B 、 O_4D 为半径, 分别画弧, 即得近似椭圆, 如图 1-42(c)所示。

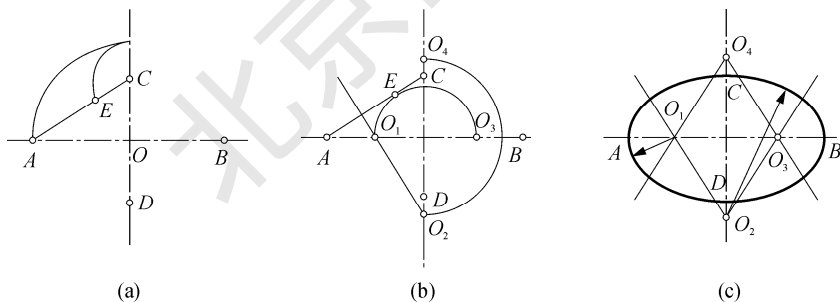


图 1-42 用四心圆法画椭圆

1.3.3 斜度和锥度

1. 斜度的概念

斜度是指一直线(或平面)相对于另一直线(或平面)的倾斜程度, 其大小用该两直线(或两平面)间夹角的正切值来表示, 通常在图样中把比值化成 $1:n$ 的形式。在图 1-43(a)中有:

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



在图 1-43(b)中有:

$$\text{斜度} = \frac{H-h}{l} = 1:n$$

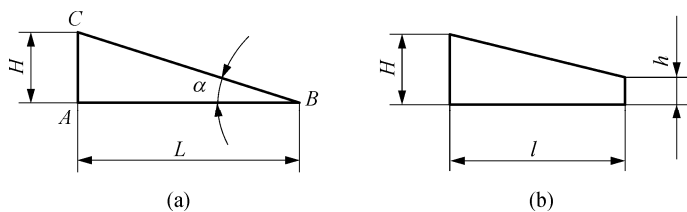


图 1-43 斜度

2. 斜度的画法

图 1-44(a)所示斜度为 1:6, 其作图方法如图 1-44(b)所示。

作图步骤如下:

- (1) 自点 A 在水平上任取六等分, 得到点 B 。
- (2) 自点 A 在 AB 的垂线上取相同的一个等分得点 C 。
- (3) 连接 BC 即得 1:6 的斜度。
- (4) 过点 K 作 BC 的平行线, 即得 1:6 的斜度线。

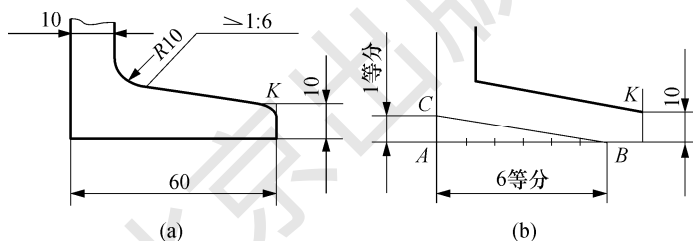


图 1-44 斜度的画法

3. 斜度的标注

斜度的符号如图 1-45(a)所示。符号的方向应与斜度的方向一致。

标注斜度时, 可按图 1-45(b)、(c)、(d)所示的方法标注。

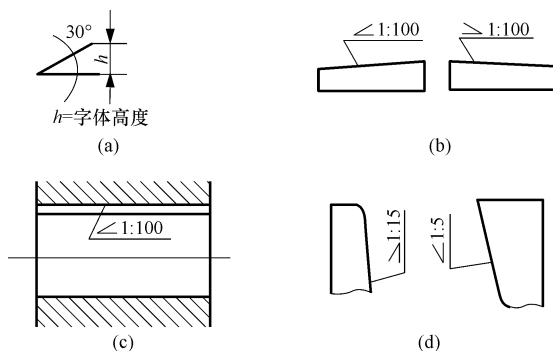


图 1-45 斜度的标注

4. 锥度的概念

锥度是指正圆锥体底圆直径与锥高之比。如果是圆锥台，则为上、下底圆直径之差与圆锥台高度之比，锥度在图样上也以 $1:n$ 的简化形式表示。

在图 1-46 所示中有：

$$\text{锥度} = 2 \tan \alpha = \frac{D-d}{L} = \frac{D-d}{l} = 1:n$$

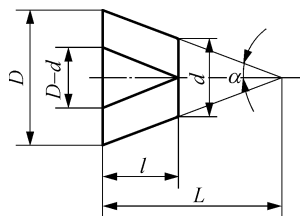


图 1-46 锥度

5. 锥度的画法

图 1-47(a)所示物体的右部是一个锥度为 $1:3$ 的圆锥台，其作图方法如图 1-47(b)所示。

作图步骤：

- (1) 由点 A 沿轴线向右取三等分得点 B 。
- (2) 由点 A 沿垂线向上和向下分别取 $1/2$ 等分，得点 C 和 C_1 。
- (3) 连接 BC 、 BC_1 ，即得 $1:3$ 的锥度。
- (4) 过点 E 、 F 分别作 BC 、 BC_1 的平行线，即得所求圆锥台的锥度线。

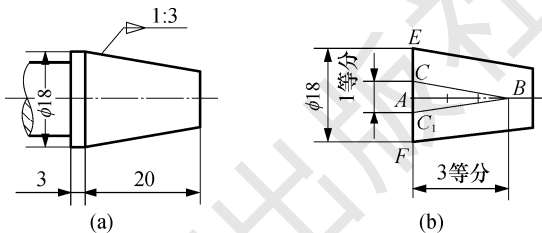


图 1-47 锥度的画法

6. 锥度的标注(GB/T 15754—1995)

在图样上应采用图 1-48(a)所示的图形符号表示锥度，该符号应配置在基准线上(图 1-48(b))。表示锥度的图形符号和锥度应靠近圆锥轮廓标注，基准线应通过指引线与圆锥的轮廓素线相连。基准线应与圆锥的轴线平行，图形符号的方向应与圆锥方向相一致。

锥度在图样上的标注如图 1-48(c)、(d)所示(图中的 C 为锥度)。

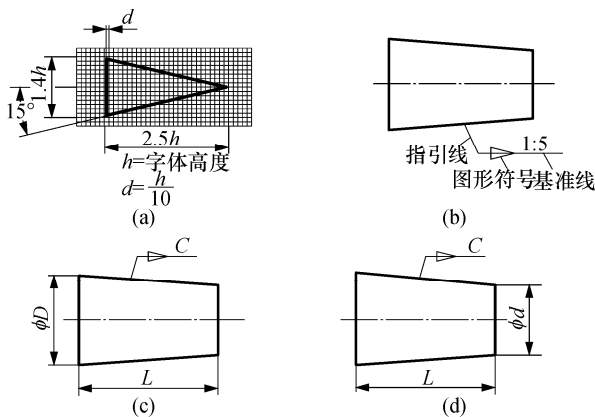


图 1-48 锥度的标注



1.3.4 圆弧的连接

画图时,经常需要用一段圆弧光滑地连接相邻两已知线段。例如,在图 1-49 中,要用圆弧 $R16$ 连接两直线,用圆弧 $R12$ 连接一直线和一圆弧,用圆弧 $R35$ 连接两圆弧等。这种用一段圆弧光滑地连接相邻两线段的作图方法称为圆弧连接。

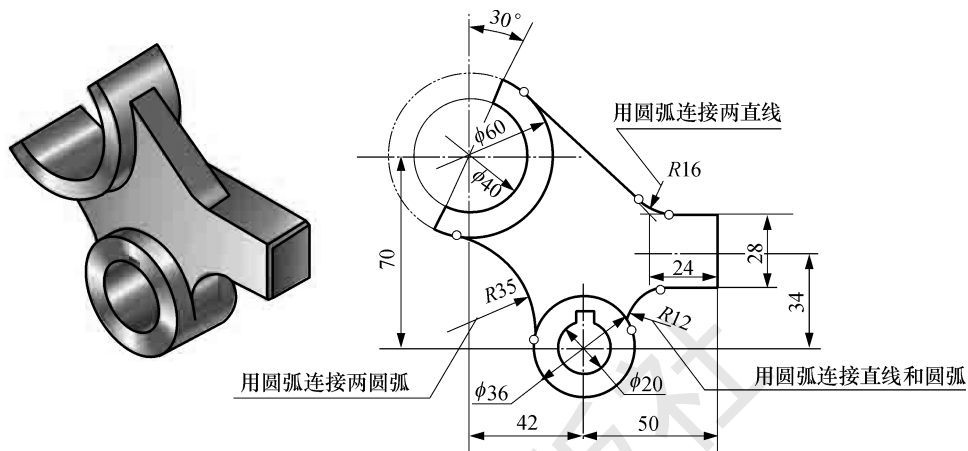


图 1-49 圆弧连接的 3 种情况

圆弧连接的实质,就是要使连接圆弧与相邻线段相切,以达到光滑连接的目的。因此,圆弧连接的作图可归结为:

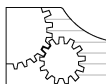
- (1) 求连接圆弧的圆心。
- (2) 找出连接点(即切点)的位置。
- (3) 在两连接点之间画出连接圆弧。

(一)两直线间的圆弧连接

两直线相交,其交角有锐角、钝角、直角 3 种情况。用已知半径的圆弧连接两相交直线的作图方法见表 1-4。

表 1-4 两直线间的圆弧连接

作图说明	作图步骤		
	锐角弧	钝角弧	直角弧
已知两相交直线 AB 、 BC 和连接弧半径 R 要求用半径为 R 的圆弧连接两条已知直线 AB 和 BC			
(1) 定圆心 分别作 AB 、 BC 的平行线,距离= R ,得交点 O ,即为连接弧的圆心			



续表

作图说明	作图步骤		
	锐角弧	钝角弧	直角弧
(2) 找连接点(切点) 自点 O 向 AB 及 BC 分别作垂线, 垂足 1 和 2 即为连接点			
(3) 画连接弧 以 O 为圆心, O_1 为半径, 作圆弧 12 把 AB 、 BC 连接起来, 这段圆弧即为所求			

(二)直线与圆弧间的圆弧连接

用已知半径为 R 的圆弧外接一已知直线和一已知圆弧的作图步骤见表 1-5。

表 1-5 直线与圆弧间的圆弧连接

作图说明	作图步骤
已知连接弧半径 R 、直线 AB 和半径为 R_1 的圆弧 要求用半径为 R 的圆弧, 外切已知直线 AB 和已知半径为 R_1 的圆弧	
(1) 定圆心 作直线 AB 的平行线, 距离= R ; 以 O_1 为圆心, 以 $R+R_1=R_2$ 为半径画圆弧; 圆弧与平行线的交点 O , 即为连接弧的圆心	
(2) 定连接点(切点) 过点 O 作 AB 的垂线 O_1 得交点 1, 画连心线 OO_1 得交点 2, 1、2 即为圆弧连接的两个切点	
(3) 画连接弧 以 O 为圆心, R 为半径, 画圆弧 12, 即为所求的连接弧	

(三)两圆弧之间的圆弧连接

用已知半径为 R 的圆弧连接两圆弧, 有外连接和内连接两种。作图方法见表 1-6。



表 1-6 两圆弧之间的圆弧连接

作图说明	作图步骤	
	外连接	内连接
已知连接弧半径 R 和两已知圆弧半径 R_1 、 R_2 ， 圆心位置 O_1 、 O_2 要求用半径为 R 的圆弧连接两已知圆弧		
(1) 定圆心 以 O_1 为圆心，外切时以 $R+R_1$ (内切时以 $R-R_1$) 为半径画圆弧； 以 O_2 为圆心，外切时以 $R+R_2$ (内切时以 $R-R_2$) 为半径画圆弧； 两圆弧的交点 O 即为连接弧的圆心		
(2) 定连接点(切点) 连接 O 、 O_1 及 O 、 O_2 (内切时延长)交已知圆弧 于 1、2 两点		
(3) 画连接弧 以 O 为圆心，以 R 为半径，画连接弧 1、2，即 为所求连接弧		

1.3.5 绘制简单平面图形

虽然零件图和装配图的图形较多，也较复杂，但每一个图形都可以看做平面图形。画平面图形有一定的方法，掌握这些方法，有助于绘制和阅读平面图形。在平面图形中，尺寸不但确定了图形的大小，而且对画图的顺序也有很大的影响。分析尺寸与图形的关系，就可以知道先画哪些线，后画哪些线，再运用前面学过的几何作图方法，顺利地画出平面图形。

(一) 尺寸分析

平面图形中的尺寸，根据所起的作用不同，分为定形尺寸和定位尺寸两类。而在标注和分析尺寸前，首先必须确定基准。

1. 基准

所谓基准就是标注尺寸的起点。平面图形的尺寸有水平和垂直两个方向，因而就有水平基准和垂直基准。图形中有很多尺寸都是以基准为出发点的。一般的平面图形常用以下的线为基准。

- (1) 对称中心线。如图 1-50 所示的手柄是以水平轴线作为垂直方向的尺寸基准的。
- (2) 主要的垂直或水平轮廓直线。如图 1-50 所示的手柄是以中间铅垂线作为水平方向的尺寸基准的。



(3) 较大的圆的中心线及较长的直线等。

2. 定形尺寸

凡确定图形几何形状大小的尺寸称为定形尺寸。在图 1-50 中, $\phi 20$ 和 $\phi 15$ 确定矩形的大小; $\phi 5$ 确定小圆的大小; $R10$ 和 $R15$ 确定圆弧半径的大小, 这些尺寸都是定形尺寸。

3. 定位尺寸

凡确定图形中各部分与基准之间相对位置的尺寸均称为定位尺寸。在图 1-50 中, 尺寸 8 确定了 $\phi 5$ 小圆的位置; $\phi 30$ 是以水平对称轴线为基准定 $R50$ 圆弧的位置; 75 是以中间的铅垂线为基准定 $R10$ 圆弧的中心位置; 这些尺寸都是定位尺寸。

分析尺寸时, 常会遇到同一尺寸既是定形尺寸又是定位尺寸的情况, 图 1-50 中尺寸 75 既是确定手柄长度的定形尺寸, 也是间接确定尺寸 $R10$ 圆弧圆心的定位尺寸。

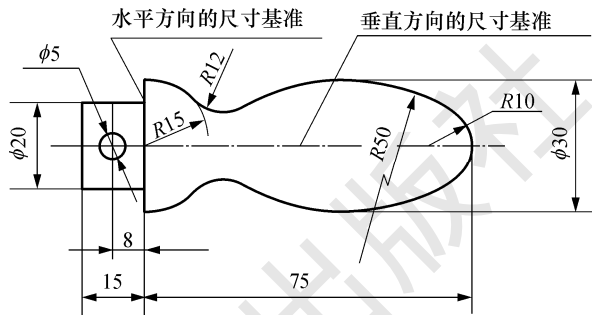


图 1-50 手柄

(二) 线段分析

平面图形中的线段(直线或圆弧)按所给的尺寸齐全与否可分为 3 类: 已知线段、中间线段和连接线段。下面就圆弧的连接情况进行线段分析。

1. 已知弧

凡具有完整的定形尺寸(ϕ 及 R)和定位尺寸(圆心的两个定位尺寸), 能直接画出的圆弧, 称为已知弧。图 1-50 中, $R15$ 是已知弧, 圆心定位尺寸为(0,0); $R10$ 也是已知弧, 圆心定位尺寸为(65,0)。

2. 中间弧

仅知道圆弧的定形尺寸(ϕ 及 R)和圆心的一个定位尺寸, 需借助与其一端相切的已知线段, 求出圆心的另一个定位尺寸后才能画出的圆弧, 称为中间弧。图 1-50 中, $R50$ 是中间弧, 其中的一个圆心定位尺寸即铅垂方向的定位尺寸 35 是已知的, 而圆心的另一个定位尺寸则需借助与其相切的已知圆弧($R10$)才能确定。

3. 连接弧

只有定形尺寸(ϕ 及 R)而无定位尺寸, 需借助与其两端相切的线段方能求出圆心而画



出的圆弧,称为连接弧。图 1-50 中, $R12$ 是连接弧,圆心的两个定位尺寸都没有注出,需借助与其两端相切的线段($R15$ 圆弧和 $R50$ 圆弧),求出圆心后才能画出。

(三)画图步骤

根据上述分析,画平面图形时,必须首先进行尺寸分析和线段分析,按先画已知线段,再画中间线段和连接线段的顺序依次进行,才能顺利进行制图。例如,要画图 1-50 所示的手柄的平面图形,应按下列步骤进行:

- (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,如图 1-51(b)所示。
- (3) 画出中间线段,如图 1-51(c)所示。
- (4) 画出连接线段并加深,如图 1-51(d)所示。

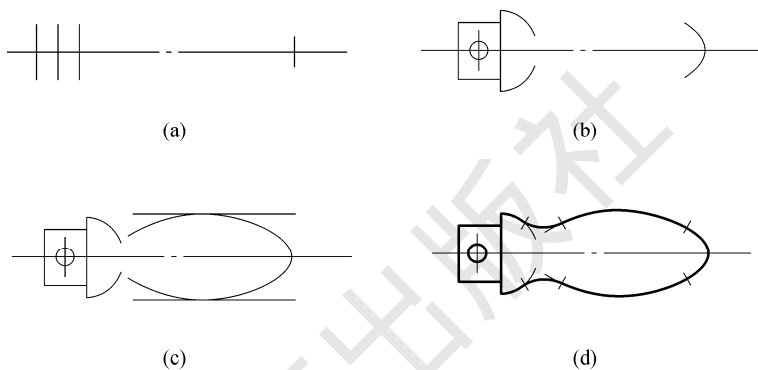


图 1-51 画平面图形的步骤

本章小结

1. 主要介绍了国家标准《技术制图》《机械制图》中的图纸幅面及格式、比例、字体、图线、尺寸标注法等内容。在阅读和绘制图样的实践过程中,要注意逐步熟悉,并严格遵守国家标准中的规定。

2. 必须正确使用和维护绘图工具和用品。

3. 介绍常用几何图形及平面的画法。几何图形的绘制是机械图样的基础,绘图速度的快慢、图面质量的高低,在很大程度上取决于是否能应用正确的作图方法和步骤,因此要从作正边形开始,到圆弧连接,多练习,做到自如地运用各种绘图工具绘制几何图形。

思考题

1. 绘制机械图样用的图线有多少种?线的宽度各为多少?
2. 图样上的尺寸单位是什么?机件的真实大小与绘图的准确度是否有关?
3. 圆弧连接的作图方法可归纳为哪几点?如何求连接弧的圆心及连接弧与已知线段的连接点?