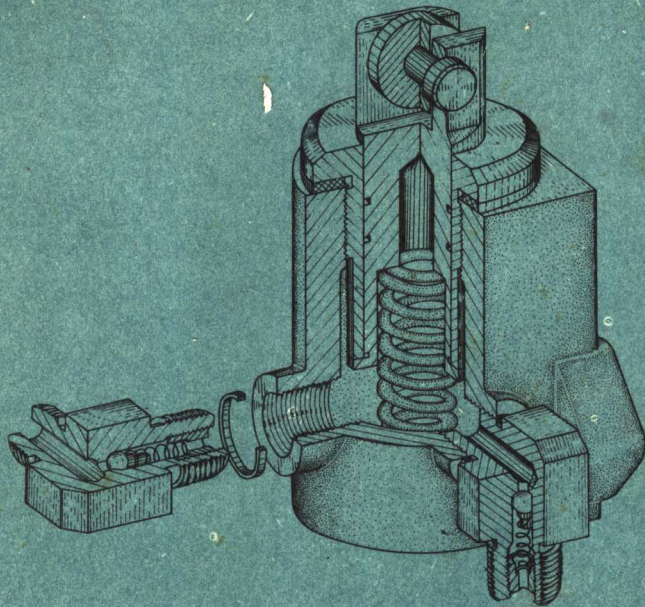


清华大学教材

机械制图

清华大学工程制图教研室编



前 言

本书是在我校所编非机类《机械制图》(校内出版)的基础上,根据新教学大纲的要求,并参考我校所编机械类《机械制图》(人民教育出版社出版)编写的。供我校80~100学时有关专业使用。

在编写过程中,我们着重考虑了以下几点:

1. 加强基本理论。点、直线、平面及其相对位置的投影,是研究图示法及图解法的基础,对培养学生的基本能力也很重要,所以尽管学时较少,我们对这部分内容仍作了适当加强。

2. 力求符合认识规律。在体系上努力使理论与应用有机地结合起来。前面几章是按点、线、面、平面立体、曲面立体及组合体等内容与顺序编写的。这样做的目的,是在介绍点、线、面及其相对位置投影的基本原理之后,在体的投影上得到应用,在组合体上加以综合训练。在叙述上则将投影分析与空间分析结合起来。

3. 为了便于教学,在教材内容、编排上,既考虑到学科的系统性与完整性,又考虑到便于教学的安排,两者尽可能兼顾。其中有些章节内容,可作为独立部分,以便于根据教学具体情况及教师的教学经验,提前或移后灵活地加以安排,如轴测图我们编在第十二章就是这样考虑的。另外,本书面向的专业很多,且有相当大的差异,篇幅不允许兼收并蓄,面面俱到,而只能包括各专业的基本的共同的要求,至于各专业的一些特殊要求及专业图例,需要时可在使用过程中作些调整和补充。书中某些内容也可根据专业需要加以取舍,如第十三章投影变换。

本书在写法上力求通俗易懂,言简意明。例如投影图、零件图、装配图我们都附加了较多的立体图,图文对照,以便加强立体感和对机件结构的了解。对画图中易犯错误采用了正误对比图例。对作图步骤采用了分解图等等。

本书在编写时考虑到内容的完整性及参考方便,内容有适当的裕量。另外,还编有《机械制图习题集》一册与本书配套使用。

在编写过程中,我们学习了兄弟院校教材的许多优点,并选用了一些图例,对此谨表谢意。

本书系集体讨论,分头执笔。由邹宜侯主编,窦墨林、沈力虎、王海梁、张秀芬、高重兰、邹宜侯等同志参加了编写工作。孙凤兰、戴祖莲同志参加了绘图工作。

由于编者水平有限,编写时间仓促,疏漏错误之处在所难免,恳请使用本教材的师生及其他同志批评指正。

编写组

1 9 8 1 . 5

目 录

第一章 制图的基本知识	1
§1.1 国家标准《机械制图》的基本规定	1
§1.2 绘图工具及其使用	11
§1.3 几何作图	17
第二章 正投影法基本原理	28
§2.1 投影方法的形成与分类	28
§2.2 点的投影	29
§2.3 直线的投影	34
§2.4 平面的投影	45
第三章 平面体的投影及三面视图	58
§3.1 平面体的投影及三面视图	58
§3.2 平面体的切割及其投影	64
第四章 回转体及其表面交线	70
§4.1 回转体的形成及其画法	70
§4.2 回转体表面截交线画法	74
§4.3 回转体表面相贯线画法	80
第五章 组合体的画图和看图	89
§5.1 组合体的形成及形体分析法	89
§5.2 组合体的画图	90
§5.3 组合体的看图	93
第六章 表达物体的常用方法	97
§6.1 表达物体外形的方法——视图	97
§6.2 表达物体内形的方法——剖视	104
§6.3 表达断面形状的方法——剖面	115
§6.4 习惯及简化画法	116
第七章 连接件及通用件的规定画法	121
§7.1 螺纹和螺纹连接件	121
§7.2 齿轮	138
§7.3 键与销	153
§7.4 弹簧	156
§7.5 滚动轴承	159
第八章 零件图的绘制	162

§8.1	零件的视图选择	163
§8.2	典型零件的视图表达	171
§8.3	零件结构的工艺性	178
§8.4	零件的测绘	182
§8.5	零件图的看图方法	188
第九章	尺寸注法	191
§9.1	组合体的尺寸标注	191
§9.2	尺寸的清晰布置	196
§9.3	尺寸的合理标注	199
§9.4	典型结构的尺寸标注	202
第十章	表面光洁度及公差配合	206
§10.1	零件的表面光洁度	206
§10.2	尺寸公差与配合	209
§10.3	1959年制订的《公差与配合》国家标准简介	224
§10.4	形状和位置公差的代号及标注方法	228
第十一章	装配图	237
§11.1	装配图的用途和内容	237
§11.2	装配图的画法和视图选择	240
§11.3	装配关系的正确表达和装配结构的合理性	244
§11.4	装配图的尺寸标注、零件编号、明细表和技术要求	248
§11.5	装配图的绘制步骤	249
§11.6	装配图的看图方法和拆画零件图	254
第十二章	轴测图	261
§12.1	轴测图的基本知识	261
§12.2	正等轴测图	264
§12.3	斜二轴测图	276
§12.4	轴测图中的剖切画法	278
第十三章	投影变换	280
§13.1	投影变换的目的	280
§13.2	换面法	281
§13.3	旋转法	291
附录 一、	螺纹	295
二、	常用的标准件	299
三、	常用的金属材料与非金属材料	317
四、	常用的热处理和表面处理名词解释	321
五、	常用的机械加工一般规范和零件的结构要素	322
六、	尺寸公差	325

第一章 制图的基本知识

图样是设计和生产过程中的重要资料，是表达和交流技术思想的工程语言。因此，图样的内容，画法和格式应有统一的规定，这样才便于设计人员和技术人员的使用，《机械制图》国家标准就是我国为设计绘图制定的技术性文件，其内容是绘图者必须熟悉和遵守的。

此外，在学习机械制图的过程中，还应重视制图的基本技能训练；正确地使用绘图工具和仪器；熟悉一些几何图形的作图；掌握绘图的基本方法和要领，培养认真细致的工作作风。这些也都是从事生产技术工作的人员所应具备的。对此，本章将对上述内容做些扼要介绍。

§ 1.1 国家标准《机械制图》

的基本规定

在国标的“一般规定”中（GB 126-74）对图纸幅面、比例、字体、图线及其画法都作了规定，画图时必须遵守这些技术标准的有关规定。现分别介绍如下。

一、图纸幅面

1. 绘制图样时应按照表 1—1 中规定的基本幅面尺寸选用图幅。其中 0 号图纸幅面最大，5 号幅面最小，应在此范围内选用。

表 1—1 基本幅面

幅面代号	0	1	2	3	4	5
$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297	148 × 210
c	10			5		
a	25					

图幅尺寸和格式如图 1—1，粗实线为边框线，它与图幅边（ B 及 L ）的距离为 a 和 c 。

装订成册时，一般按 4 号幅面竖装或按 3 号幅面横装。

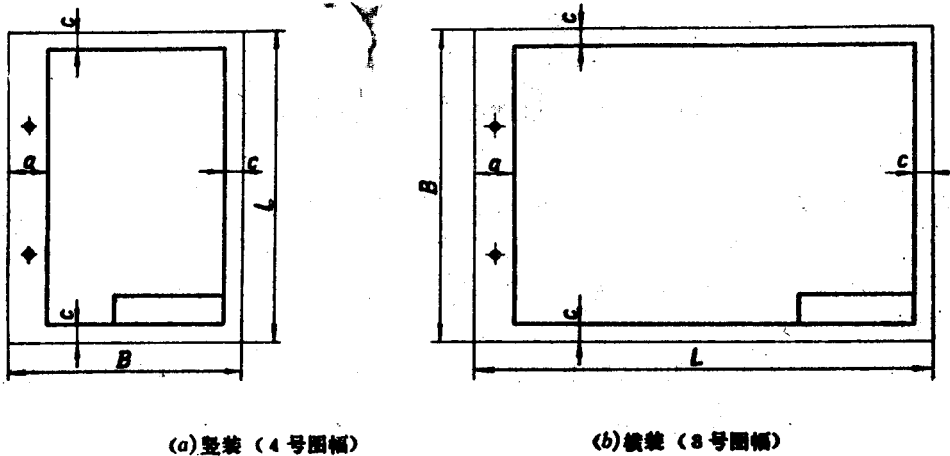


图 1-1 图幅尺寸和格式

2. 图纸的右下角应画标题栏，其格式和尺寸没有统一规定，由各单位按具体情况制定，图 1-2 所示标题栏供制图时参考使用。

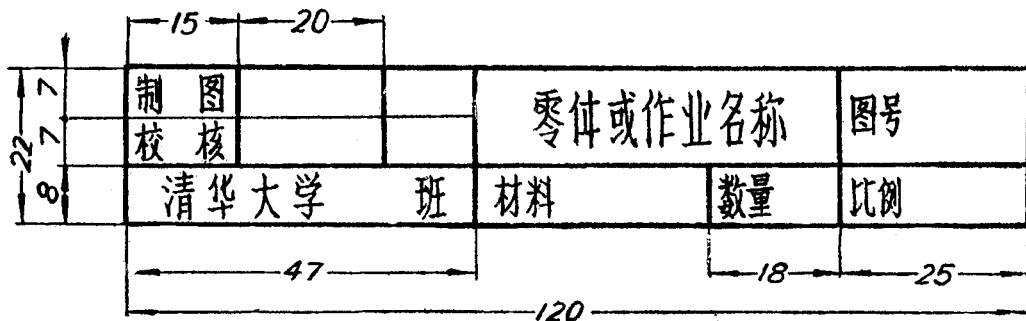


图 1-2 标题栏格式和尺寸

二、字体

字体是图样的重要组成内容之一。字体书写的好坏直接影响图面质量，学习制图时应重视字体的练习和书写。

字体包括汉字、数字和字母，应按国标规定书写。其要求是：字体端正，笔划清楚，排列整齐，间隔均匀。图样上的字体大小要选择适当，字体号数分为 20、14、10、7、5、3.5、2.5 等七种，字体号数即为字体高度（单位毫米）字宽约等于字高的 $2/3$ 。

下面介绍一下字体的结构及书写要点。

1. 汉字

图样上的汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布的简化字。长仿宋字的特点是：字形长方、粗细一致、起落分明、结构均匀。书写要领是：横平竖直、注意起落、结构匀称、填满方格。

练习仿宋字时，应先练基本笔划、常见偏旁部首，再练典型字体的间架结构。
仿宋字的基本笔划与常见偏旁部首书写方法见表 1—2 与表 1—3。

表 1—2 基本笔划











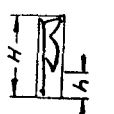
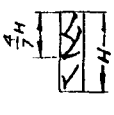

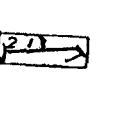
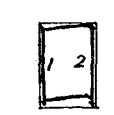
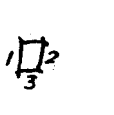
横	竖	钩	拐	撇	捺
					
顿笔 1 短小，3 可稍倾斜。	同“横”类似	2 为圆弧，4 的倾角约 45°。	1 与 5 在转角处接触。	顿笔 1 与回笔 2 应短小。	回笔 2 短小







表 1—3 偏旁部首

仿宋字的间架结构，力求做到字形外廓“成方”（指长方形），笔划排列“匀称”，也就是所谓“外方内匀”。

下面是几个典型字形结构。

表 1-4

正楷字形特点	仿宋字形结构处理要点
 横排结构，约成矩形。 左外侧不齐。	成方：左侧三点排齐。 匀称：“月”略靠上，位置适中。
 纵叠结构，呈五角形。 下部两侧空白较大。	成方：下部“横”划缩短，使外侧对齐。 匀称：下部“横”划下移，减少下方空白。
 上尖下宽，呈五角形。 上部两侧空白较大。	成方：使“撇”与“捺”的下端对齐横划端部。 匀称：“横”划上移，减少上部空白。
 纵叠结构。 上密下疏，右下角空白。	成方：顶部三“点”略放宽，“子”的“横”划对齐“一”。 匀称：“子”的“横”划稍下移，竖“钩”稍右移。
 横排结构，竖划较多。 左部比右部宽。	成方：左上角“撇”不可过大。 匀称：中间竖划（带钩）应控制在中线处。
 包围结构 “冬”上大下小。	成方：“口”成方形。 匀称：“冬”的上部不可过大，以防下部拥挤。

2. 数字

数字分直体和斜体两种。常用的是斜体，与水平线成 75° 倾角。其中“3”的起笔是直笔，“9”的收笔也是直笔。在十个数字中有七个数字是带曲线弧的，呈椭圆或部分椭圆弧。应掌握曲线弧画法，如图 1-3a 所示，“8”的写法，其中 \widehat{ab} 曲率小， \widehat{bc} 曲率大。

图 1-3b 是十个数字的写法。

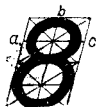


图 1-3(a)

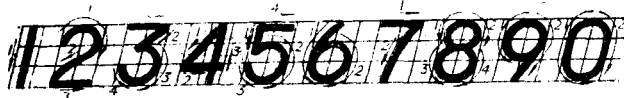


图 1-3(b)

3. 字母

字母有大写、小写和直体、斜体之分。常用的是斜体，与水平线成 75° 倾角。小写字母有的笔划向上延伸，有的笔划向下延伸。斜体字母中的曲线也是椭圆曲线弧。

图 1-4a 是大写和小写斜体字母



图 1-4(a)

其中字母 ϕ 、 R 写法应多练 (ϕ 为希腊字母), 如图 1-4b 所示。



图 1-4(b)

三、图线及其画法

图线按用途的不同, 分为不同粗度和型式。详细内容见表 1-5。

表 1-5


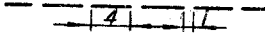

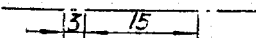
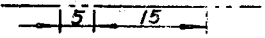
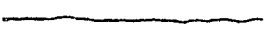
图线名称	图线型式	图线宽度	主要用途
粗实线		b	可见轮廓线
虚线		$\frac{b}{2}$ 左右	不可见轮廓线
细实线		$\frac{b}{3}$ 或更细	尺寸线, 尺寸界线, 剖面线, 引出线
点划线		$\frac{b}{3}$ 或更细	轴线, 对称中心线
双点划线		$\frac{b}{3}$ 或更细	假想轮廓线
波浪线		$\frac{b}{3}$ 或更细徒手画	断裂处的边界线

图 1—5 是各种图线应用举例。

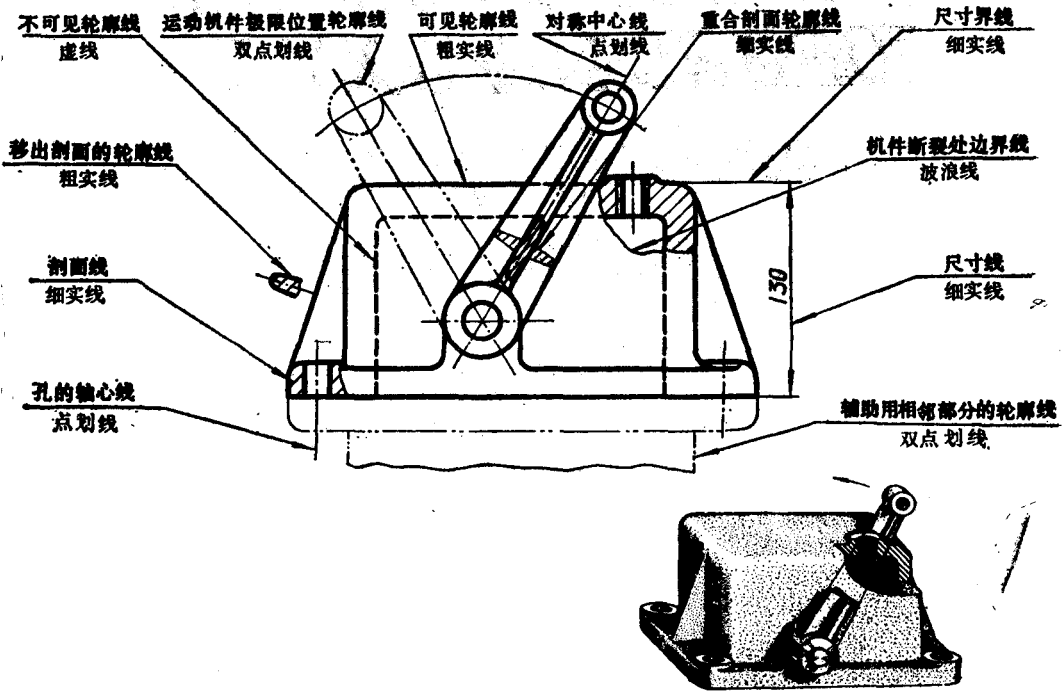


图 1—5

画图线时应符合下列要求

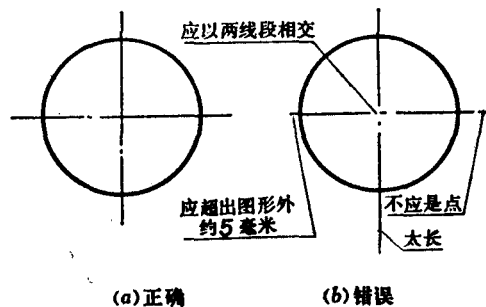
1. 同一张图样中，各类图线粗细以粗实线宽度 b 为准。 b 的选定应根据图形大小和复杂程度考虑。 b 的宽度一般为 0.4~1.2 毫米。
2. 在同一张图样中，同一种线条的图线宽度应保持一致。
3. 虚线、点划线等线段长短和间隔，视所画图形大小，可适当加长或缩短。但在同一张图样中必须均匀一致。
4. 画圆的中心线时，圆心处应为两直线路段的交点（见图 1—6）。

四、比例

当所画实物过大或过小时，可选用适当比例将它相应地缩小或放大，画出它的图形。

图样的比例是指图形大小和实物之比。

$$\text{比例} = \frac{\text{图形大小}}{\text{实物大小}}$$



(a) 正确

(b) 错误

图 1—6

若图形和实物大小一样大，应为

$$\text{比例} = \frac{1}{1} \quad \text{即} \quad 1:1$$

若图形只有实物的一半大，应为

$$\text{比例} = \frac{1}{2} \quad \text{即} \quad 1:2$$

若图形是实物的两倍，应为

$$\text{比例} = \frac{2}{1} \quad \text{即} \quad 2:1$$

在图样上标注比例时应加写代号 M ，如

$$M \quad 1:1 \quad M \quad 1:2 \quad M \quad 2:1$$

图样的比例应选用表 1—6 所列者。

表 1—6

与实物相同	1:1					
缩小的比例	1:2 1:10 ⁿ	1:2.5 1:2×10 ⁿ	1:3 1:2.5×10 ⁿ	1:4	1:5	1:5×10 ⁿ
放大的比例	2:1	2.5:1	4:1	5:1	10:1	(10×n):1

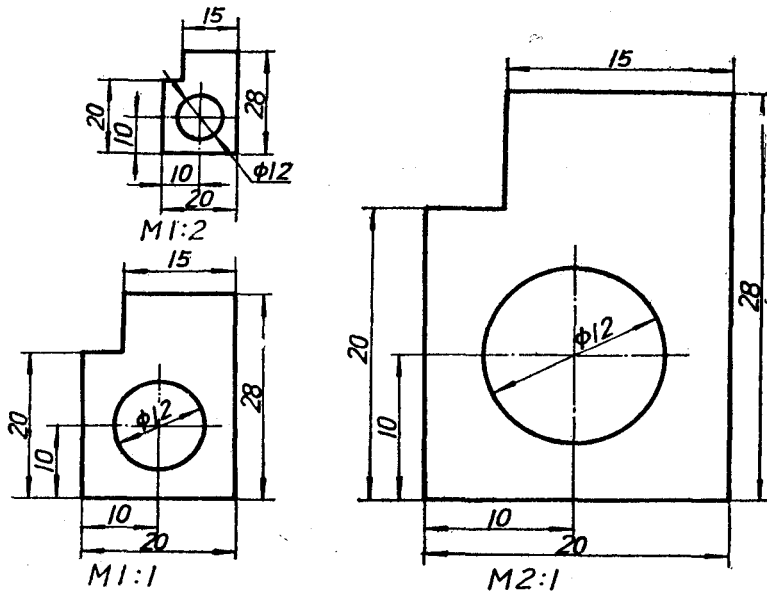


图 1—7 用不同比例画出的图形

图 1—7 是用不同比例画出图形的示例，实物较大时需用缩小的比例，实物较小时需用放大的比例。一般采用和实物大小相同的比例。

五、尺寸注法

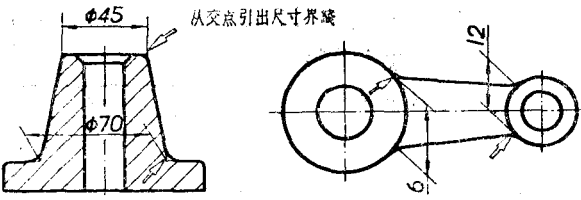
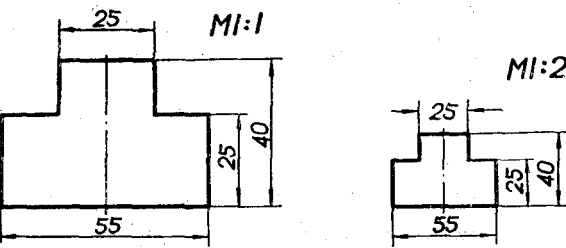
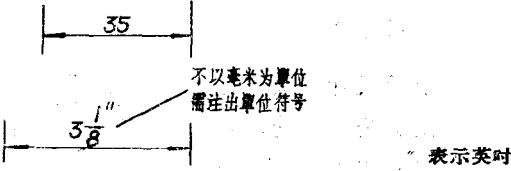
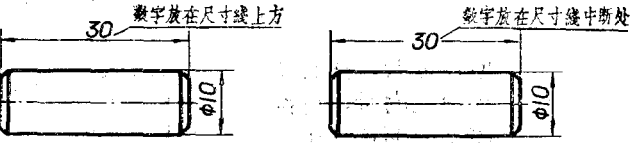
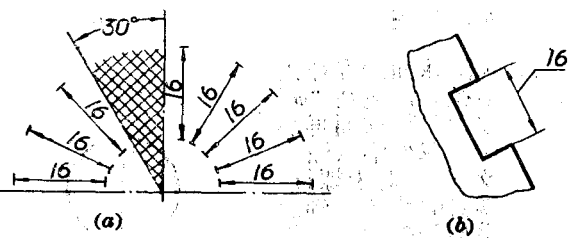
零件的大小和各部分相对位置是靠所注尺寸给定的。加工零件也是根据尺寸进行的。尺寸标注不清楚或标注错误，将会给生产带来困难，甚至造成废品。因此，对于尺寸的注写应十分重视。

注写尺寸的基本要求是：正确、完全、清晰、合理。本节只介绍《国家标准》中关于尺寸注写正确的各项规则，其它内容将在第九章中讨论。

表 1—7 列出了标注尺寸的基本规则，并作了适当说明。

表 1—7 标注尺寸的基本规则

项目	说 明	图 例
尺寸的组成	<p>1. 完整的尺寸，由下列内容组成：</p> <p>(1) 尺寸线（细实线）；</p> <p>(2) 尺寸界线（细实线）；</p> <p>(3) 尺寸数字；</p> <p>(4) 箭头。</p>	
尺寸线	<p>1. 尺寸线必须用细实线单独画出。轮廓线、中心线或它们的延长线均不可作尺寸线使用。</p> <p>2. 标注直线尺寸时，尺寸线必须与所标注的线段平行。</p>	
尺寸界线	<p>1. 尺寸界线用细实线绘制，也可以利用轮廓线（图 a）或中心线（图 b）作尺寸界线。</p>	

项目	说明	图例
	<p>2. 尺寸界线应与尺寸线垂直。当尺寸界线过于贴近轮廓线时,允许倾斜画出。</p> <p>3. 在光滑过渡处标注尺寸时,必须用细实线将轮廓线延长,从它们的交点引出尺寸界线。</p>	
尺	<p>1. 零件的真实大小,应以图上所注尺寸数值为依据,与图形的比例及绘图的准确度无关。</p>	
寸	<p>2. 尺寸单位是毫米时不需注明,采用其它单位时必须注明单位的代号或名称。在同一图样中,每一尺寸一般只标注一次。</p>	
数	<p>3. 尺寸数字一般注在尺寸线的上方或中断处。</p>	
字	<p>4. 直线尺寸的数字应按图 a 所示的方向填写,并尽量避免在图示 30° 范围内标注尺寸。当无法避免时可按图 b 标注</p>	

项目	说明	图例
	<p>5. 数字要按标准字体书写工整, 不得潦草。在同一张图上, 数字及箭头的大小应保持一致。</p>	<p>(a) 好 (b) 不好</p>
	<p>6. 数字不可被任何图线所通过。当不可避免时, 必须把图线断开。</p>	<p>轴对称线断开 中心线断开 剖面线断开</p>
<p>直 径 与 半 径</p>	<p>1. 标注直径尺寸时, 应在尺寸数字前加注符号“ϕ”, 标注半径尺寸时, 加注符号“R”。</p>	
	<p>2. 半径尺寸必须注在投影是圆弧处, 且尺寸线应通过圆心。</p>	<p>(a) 正确 (b) 错误</p>
	<p>3. 半径过大, 圆心不在图纸内时, 可按图 a 的形式标注。若圆心位置不需注明, 尺寸线可以中断, 如图 b。</p>	<p>(a) (b)</p>
	<p>4. 标注球面的直径或半径时, 应在“ϕ”或“R”前面再加注“球”字 (图 a 及 b)。对于螺钉、铆钉的头部, 轴及手柄的端部, 允许省略“球”字 (图 c)。</p>	<p>(a) (b) (c)</p>

项目	说明	图例
狭小部位	1. 当没有足够位置画箭头或数字时, 可有一个布置在外面。 2. 位置更小时, 箭头和数字可以都布置在外面。	
角度	1. 角度的尺寸数据一律水平填写。 2. 角度的尺寸数字应写在尺寸线的中断处, 必要时允许写在外面, 或引出标注。 3. 角度的尺寸界线必须沿径向引出。	
弧长及弦长	1. 标注弧长时, 应在尺寸数字上加符号“ $\overset{\frown}$ ”。 2. 弧长及弦长尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线(图a)。当弧长较大时, 尺寸界线可改用径向引出(图b)。	

§ 1.2 绘图工具及其使用

正确地使用绘图工具是使图形画的又快又好的重要因素之一。为此, 学习绘图前应对各项绘图工具的用途和正确使用方法有一了解, 并通过实践, 不断提高绘图技巧。

绘图工具一般包括: 图板、丁字尺、三角板、圆规、分规、比例尺、曲线板和铅笔等。下面分别介绍。

一、图板和丁字尺 (图 1-8)

1. 图板的板面应平坦、不应翘曲。图板的左侧边有导板, 供靠紧丁字尺的尺头用。在放置图纸之前, 应将板面擦净。不应在板面上随意涂写。

图纸应放置在图板的左下部。底边适当留有空地, 使丁字尺有活动余地。在用丁字尺校正水平后, 用塑料胶带固定在板面上。

2. 丁字尺由尺头和尺身组成。它主要用来画水平线, 使用要领如图 1-9 所示。

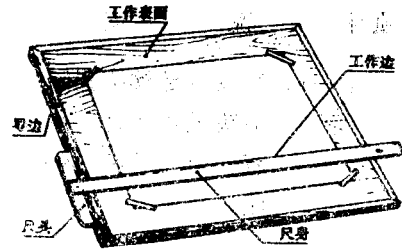


图 1-8 图板及丁字尺

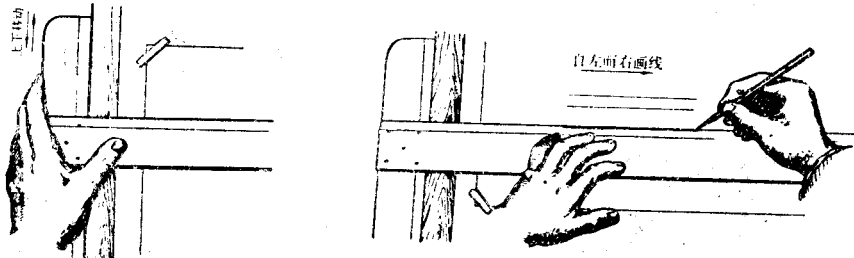


图 1-9 丁字尺的使用

左手握住尺头, 上下移动至需要位置后, 使尺头靠紧图板导向边 (图 1-9a), 然后用左手按住尺身 (图 1-9b), 右手执笔沿尺身导向边自左向右画水平线 (图 1-9b)。移动丁字尺时如图 1-9a 所示, 用左手握尺推尺, 不要用双手去抬。

使用丁字尺的要求是:

- (1) 尺身长度一般选用 100 公分;
- (2) 尺头与尺身要连接牢固, 不能有相对活动;
- (3) 尺身导向边要平直, 不应有切口、凹坑。不能用小刀靠丁字尺边缘截割图纸, 以免将尺边割坏。

二、三角板

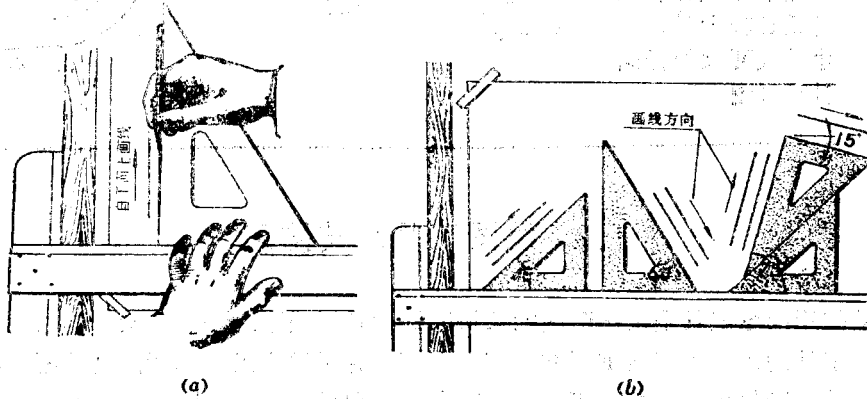
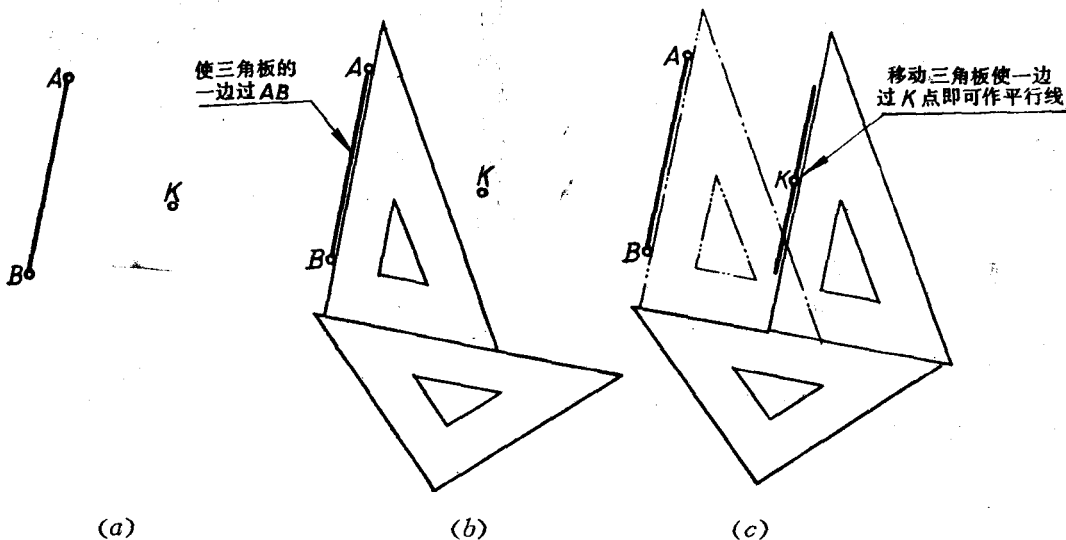


图 1-10 用三角板和丁字尺配合画垂直线和各种斜线

画图时，最好选用一付 27~30 厘米的三角板。

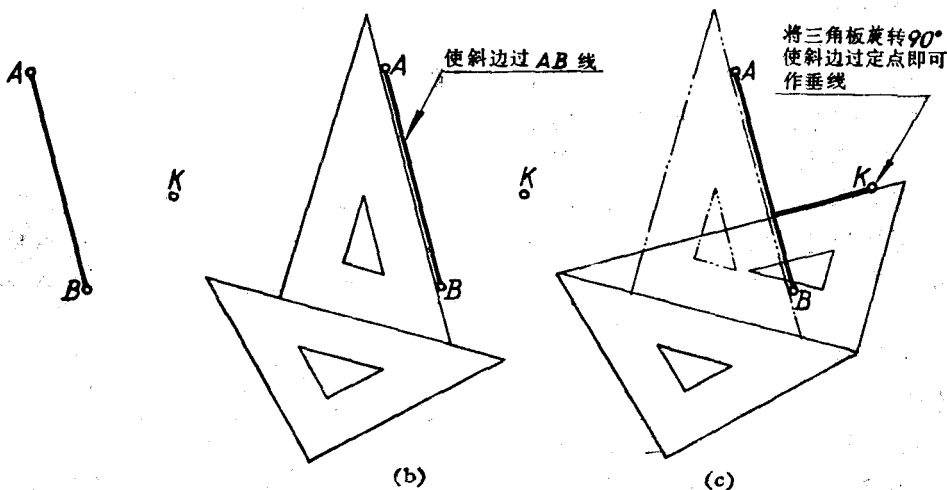
三角板的用途是：

1. 与丁字尺配合，可画铅垂线，与水平线成 30° 、 45° 、 60° 以及为 15° 整倍数的斜线（见图 1—10）。
2. 可用一付三角板作已知直线的平行线和垂直线（见图 1—11 和图 1—12）。



(a) 已知条件；(b) 将第一块三角板的一边与 AB 重合，第二块三角板与它的另一边靠紧；(c) 将第一块三角板紧靠第二块三角板移动，使平行于 AB 的一边过定点 K ，即可过 K 点作 AB 的平行线。

图 1—11 用一付三角板画平行线



(a) 已知条件；(b) 将三角板斜边与 AB 重合，第二块三角板与它的另一边靠紧；(c) 第二块三角板固定不动，将第一块三角板翻转 90° ，使它的另一直角边靠紧第二块三角板滑动，斜边过 K 点时，即可作出 AB 的垂直线。

图 1—12 用一付三角板画垂直线