



第1章 基本制图知识

1.1 国家标准关于制图的基本规定

图样是一种重要的技术文件，是用来指导生产和技术交流的语言，因此对图样画法、尺寸注法等都必须作出统一规定。

“ISO”是国际上统一制定的标准，我国也相应制定了与国际标准逐渐接轨的国家标准，简称“国标”，代号为“GB”。例如 GB/T 14691—1993，其中“T”为推荐性标准，“14691”是标准顺序号，“1993”是标准颁布的年代号。人人都必须树立标准化的概念，严格遵守，认真执行国家标准。

本节主要介绍国家标准中有关图纸幅面及格式、比例、字体、图线等内容，其余部分将在以后有关章节中介绍。

1.1.1 图纸幅面及格式

1. 图纸幅面尺寸

根据 GB/T 14689—2008 规定，绘制技术图样时，优先采用表 1-1 中规定的图纸基本幅面尺寸。图纸基本幅面格式如图 1-1 所示，必要时，允许选用符合规定的加长幅面。

表1-1 图纸基本幅面尺寸 (单位: mm)

| 幅面代号 | A0 | A1 | A2 | A3 | A4 |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 尺寸B×L | 841×1189 | 594×841 | 420×594 | 297×420 | 210×297 |

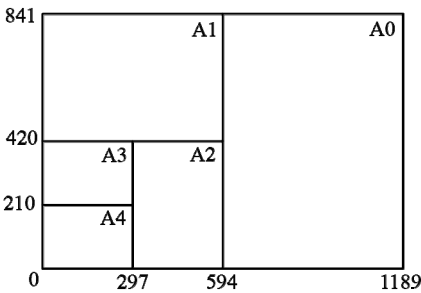


图1-1 图纸基本幅面格式

2. 图框格式及标题栏位置

图框是图纸上限定绘图区域的线框，分为留装订边和不留装订边两种格式。同一产品只能采用同一种格式。图框线用粗实线绘制，留有装订边的图框格式如图 1-2 所示，不留装订边的图框格式如图 1-3 所示。

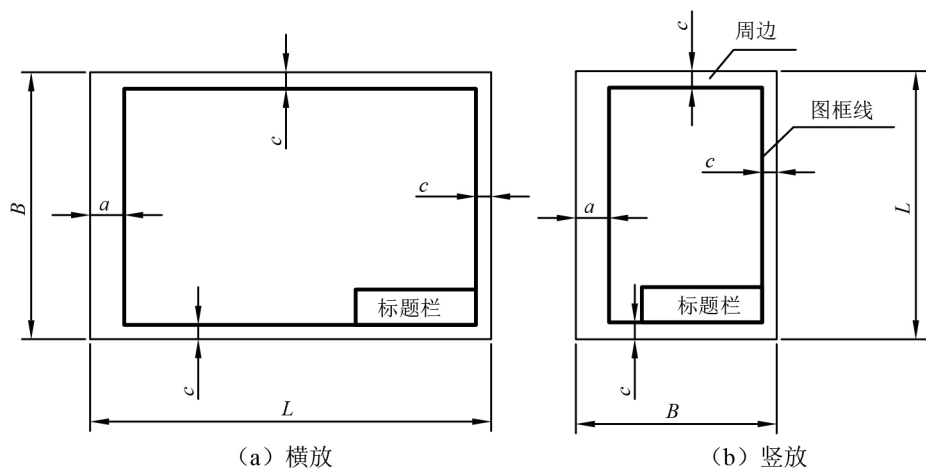


图1-2 留有装订边的图框格式

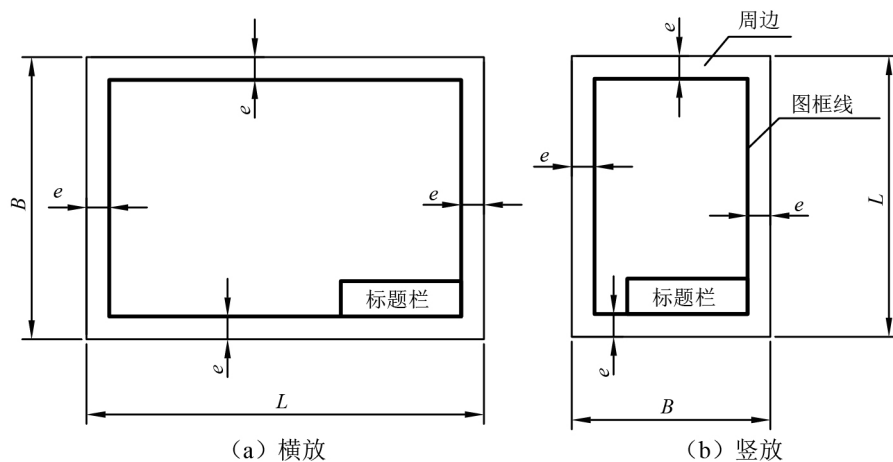


图1-3 不留装订边的图框格式

两种图框格式的尺寸按表 1-2 的规定。

表1-2 图框尺寸

(单位: mm)

| 幅面代号 | A0 | A1 | A2 | A3 | A4 |
|------|----|----|----|----|----|
| e | 20 | | 10 | | |
| c | 10 | | | 5 | |
| a | 25 | | | | |

标题栏位于图纸的右下角，看图的方向与看标题栏的方向一致。

3. 标题栏

国家标准 GB/T 10609.1—2008 规定了标题栏的组成、尺寸及格式等内容。

标题栏一般是由更改区、签字区、其他区、名称及代号区组成的，用户可根据实际需要调整相关区域的尺寸，如图 1-4 所示。标题栏的格式举例如图 1-5 所示。

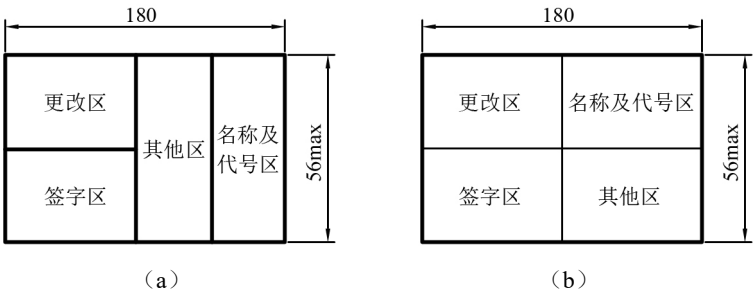


图1-4 标题栏中各区的布置及尺寸

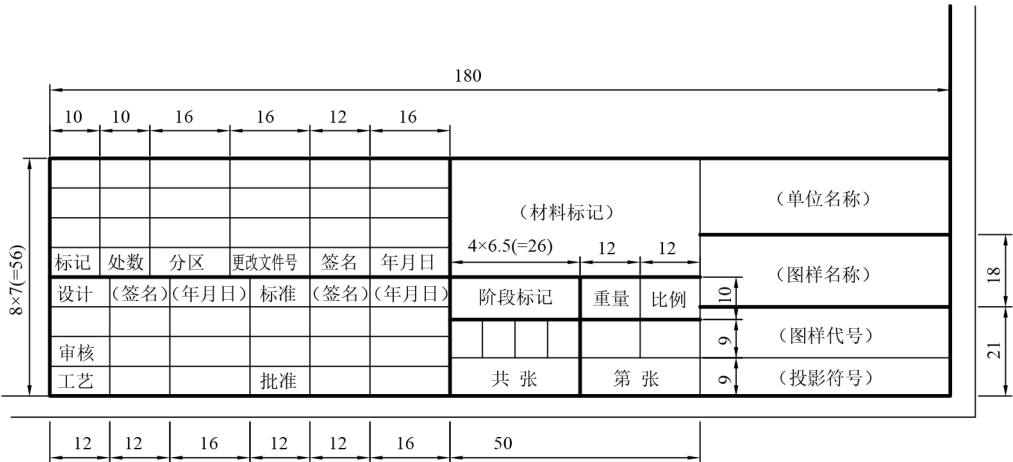


图1-5 标题栏的格式举例

装配图中一般还会有明细栏，该明细栏位于标题栏的上方。明细栏的内容、格式、尺寸应按照 GB/T 10609.2—2009 《技术制图 明细栏》的规定绘制。

读者在学习阶段做练习时，可采用如图 1-6 所示的标题栏的简化格式。

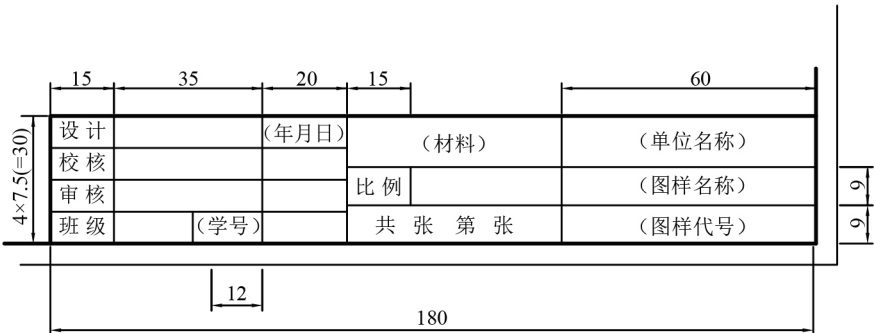


图1-6 标题栏的简化格式

1.1.2 比例

根据 GB/T 14690—1993 的规定，图样中的图形与其实物相应要素的线性尺寸之比，称为比例。绘制图样时，应在表 1-3 的“优先选择系列”中选取恰当的绘图比例进行绘制，必要时，也允许从表 1-3 的“允许选择系列”中进行选取。比例应填写在标题栏中的比例栏内。

表1-3 一般选用的比例

| 种 类 | 优先选择系列 | 允许选择系列 |
|------|---|---|
| 原值比例 | 1 : 1 | — |
| 放大比例 | 5 : 1 2 : 1 | 4 : 1 2.5 : 1 |
| | 5×10 ⁿ : 1 2×10 ⁿ : 1 1×10 ⁿ : 1 | 4×10 ⁿ : 1 2.5×10 ⁿ : 1 |
| 缩小比例 | 1 : 2 1 : 5 | 1 : 1.5 1 : 2.5 1 : 3 1 : 4 1 : 6 |
| | 1 : 2×10 ⁿ 1 : 5×10 ⁿ 1 : 1×10 ⁿ | 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

不论采用缩小的比例还是放大的比例，在图样中标注尺寸时必须标注物体的实际尺寸，与绘图的比例无关，如图 1-7 所示。

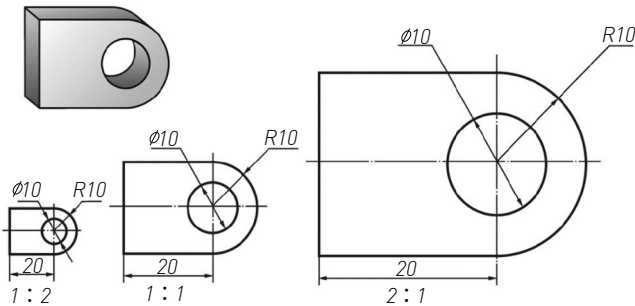


图1-7 不同比例图形的尺寸标注

1.1.3 字体

GB/T 14691—1993 规定了技术图样及有关技术文件中书写的汉字、字母、数字的结构形式和基本尺寸。字体高度称为字体的号数，用 *h* 表示，单位是 mm，其公称尺寸系列包括 1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20 共 8 种。字母和数字分 A 型和 B 型两种形式，其中 A 型字体的笔画宽度 (*d*) 为字高 (*h*) 的十四分之一，B 型字体的笔画宽度 (*d*) 为字高 (*h*) 的十分之一，一张图上只允许采用一种型式的字体。

字母及数字可写成如图 1-8 所示的斜体或直体，斜体字的字头向右倾斜，与水平基准线成 75°。汉字只能写成直体，如图 1-9 所示。国家标准规定，汉字应写成长仿宋体，并采用国务院正式公布推行的简化字。汉字的高度 (*h*) 不应小于 3.5 mm，字宽一般为 *h*/√2（即约等于字高的 2/3）。

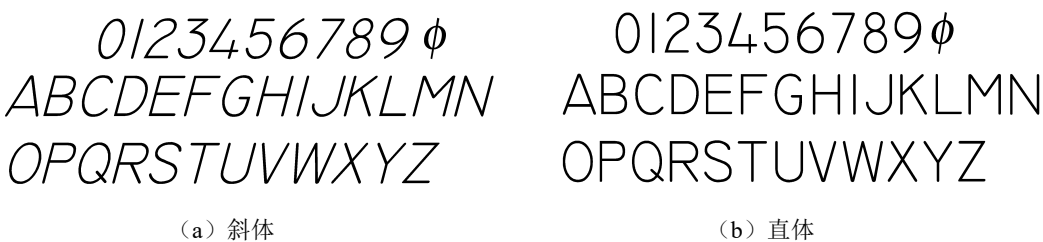
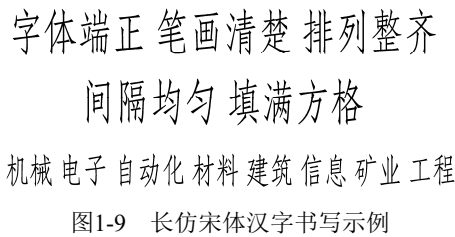


图1-8 各种数字及字母书写示例



书写长仿宋体的要领是：横平竖直，注意起落，结构匀称，填满方格。

1.1.4 图线

GB/T 17450—1998 与 GB/T 4457.4—2002 规定了图样中图线的线型、尺寸和画法。

1. 线型

在工程制图中，常用的线型包括实线、虚线、点画线、双点画线、波浪线、双折线等，如表 1-4 所示。

表1-4 工程制图常用图线

| 名 称 | 线 型 | 线 宽 | 一 般 应 用 |
|-------|-----|-------|-----------------------------------|
| 粗实线 | | d | 可见轮廓线，可见棱边线，可见相贯线，齿顶圆（线）等 |
| 细实线 | | $d/2$ | 尺寸线，尺寸界线，剖面线，弯折线，牙底线，齿根线，引出线，辅助线等 |
| 细虚线 | | $d/2$ | 不可见轮廓线，不可见棱边线，不可见相贯线等 |
| 细点画线 | | $d/2$ | 轴线，对称中心线，轨迹线，齿轮分度圆（线）等 |
| 粗点画线 | | d | 限定范围表示线 |
| 细双点画线 | | $d/2$ | 相邻辅助零件的轮廓线，可动零件极限位置的轮廓线等 |
| 波浪线 | | $d/2$ | 断裂处的边界线，剖视与视图的分界线 |
| 双折线 | | $d/2$ | 断裂处的边界线，剖视与视图的分界线 |
| 粗虚线 | | d | 允许表面处理的表示线 |

2. 图线的尺寸

机械图样中一般采用粗、细两种线宽，线宽的比例关系为 2:1。图线的宽度 d 应根据图样的类型、大小和复杂程度，在下列数系中进行选择：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。通常情况下，粗线的宽度不小于 0.25 mm，优先采用 0.5 mm 或 0.7 mm。

在同一图样中，同类图线的宽度应基本一致。

在绘制点（双点）画线和虚线时，其线素（点、画、长画和短间隔）的长度如图 1-10 所示。

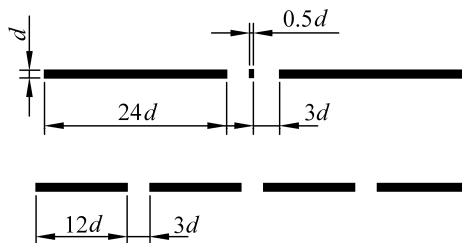


图1-10 图线中线素的长度

3. 图线的画法

(1) 同一图样中，同类图线的宽度应基本一致，各线型的线素长度应大致相等。

(2) 绘制圆的对称中心线时，线段应超出圆外 2~5 mm，首末两端应是画而不是点；圆心应是线段的交点，如图 1-11 所示。

(3) 在较小的图形中绘制细点画线或双点画线有困难时，可用细实线代替，如图 1-12 所示。

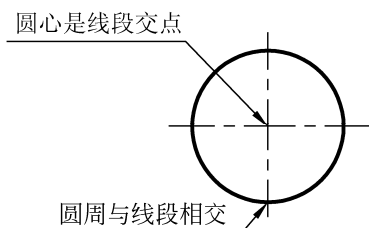


图1-11 圆的对称中心线画法

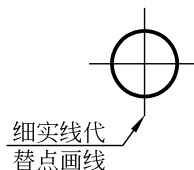


图1-12 较小图形中的细点画线画法

(4) 点画线、双点画线、虚线、粗实线彼此相交时，应交于画线处，不应留空。而虚线作为粗实线的延长线时，虚实连接处要留有空隙，如图 1-13 所示。

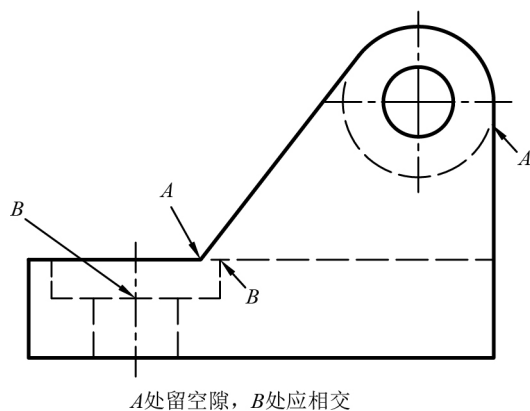


图1-13 虚线画法示例

(5) 两种或两种以上图线重合时，只需画出其中一种，优先顺序为可见轮廓线和棱线，

不可见轮廓线和棱线，轴线和对称中心线，假想轮廓线，尺寸界线。

1.1.5 CAD 制图规则

GB/T 14665—2012《机械工程 CAD 制图规则》规定了用计算机绘制工程图样的基本规则。这些规则适用于在计算机及其外围设备中进行显示、绘制、打印工程图样和有关技术文件。

1. 图线





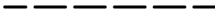
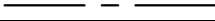


CAD 工程图中所用的图线，应遵照 GB/T 17450—1998 中的有关规定。为满足 CAD 制图需要及便于计算机信息的交换，实践中可将 GB/T 17450—1998 中规定的 8 种线型根据线宽分为 5 组，如表 1-5 所示。一般优先采用第 4 组。

表1-5 CAD制图线宽的规定

| 组 别 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 一 般 用 途 |
|-----------|-----|-----|-----|------|------|----------------------------|
| 线宽(单位:mm) | 2.0 | 1.4 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 粗实线，粗点画线，粗虚线 |
| | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 0.35 | 0.25 | 细实线，波浪线，双折线，细虚线，细点画线，细双点画线 |

屏幕上显示图线，一般应按表 1-6 中提供的颜色显示，并要求相同型式的图线采用同样的颜色。

表1-6 CAD制图图线颜色的规定

| 图 线 名 称 | 图 线 型 式 | 屏幕显示时颜色 |
|---------|---|---------|
| 粗实线 |  | 白色 |
| 细实线 |  | 绿色 |
| 波浪线 |  | |
| 双折线 |  | |
| 虚线 |  | 黄色 |
| 细点画线 |  | 红色 |
| 粗点画线 |  | 棕色 |
| 双点画线 |  | 粉色 |

2. 字体

字体大小与图纸幅面之间的选用关系如表 1-7 所示。

表1-7 CAD制图字体大小的规定

| 图 幅 字 体 | A0 | A1 | A2 | A3 | A4 | 备 注 |
|------------|----|----|-----|----|----|------------------------|
| 字母与数字 h | 5 | | 3.5 | | | h =汉字、字母及数字的高度，单位为mm |
| 汉字 h | 7 | | 5 | | | |

汉字一般以正体输出,并采用国务院正式公布和推行的简化字;数字一般以正体输出;字母除表示变量的外,一般以正体输出;小数点输出时,应占一个字位,并位于中间靠下处;标点符号应按其含义正确使用,除省略号和破折号占两个字位外,其余均为一个符号,占一个字位。

1.2 绘图方式

绘图方式包括手工绘图和计算机辅助绘图,手工绘图是传统的绘图方式,它通过正确使用各种绘图仪器来提高绘图的准确度和效率。随着计算机软硬件技术的发展,计算机作为一种强有力的工具,在设计绘图工作中发挥着越来越重要的作用,计算机辅助绘图方式在现代工程制图中占有举足轻重的地位。

1.2.1 手工绘图

1. 借助仪器准确绘图

用手工准确绘图必须借助各种绘图工具和仪器帮助,常用的绘图工具和仪器有图板、丁字尺、三角板、圆规、分规、弹簧规、铅笔、模板等。

1) 图板、丁字尺和三角板

图板是供画图时使用的垫板,要求其表面平坦光洁,左右两导边必须平直。

丁字尺由尺头和尺身组成,它是用来画水平线的长尺。使用时,应使尺头紧靠图板左侧的导边,沿尺身的工作边自左向右画出水平线,如图 1-14 所示。

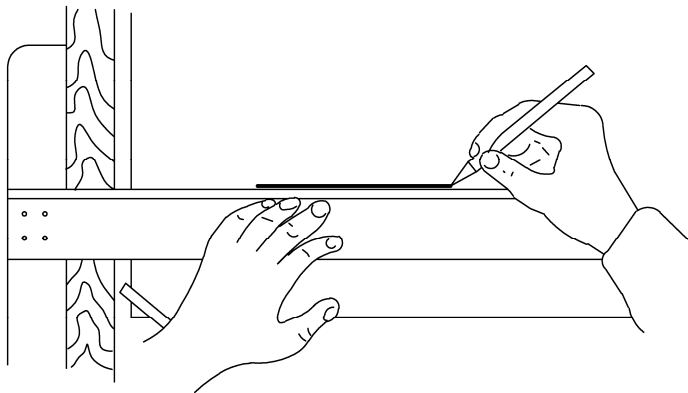


图1-14 用丁字尺画水平线

三角板除了直接用来画直线,也可配合丁字尺画垂直线和各种特殊角度的倾斜线,如图 1-15 所示。

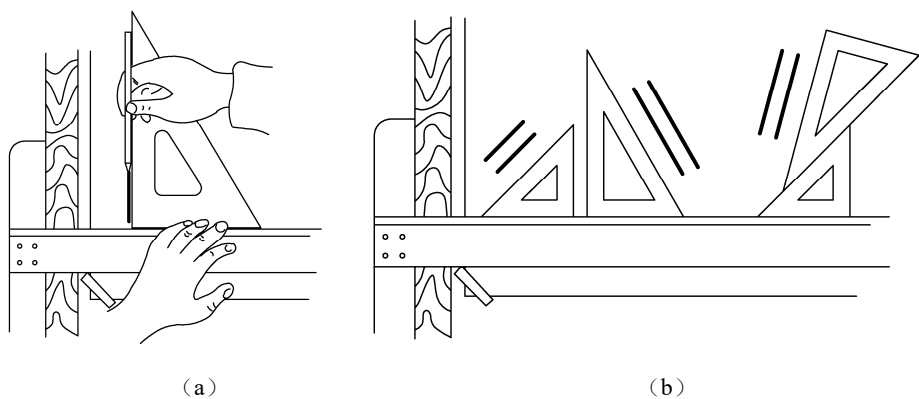


图1-15 丁字尺与三角板的配合使用

2) 绘图仪器

成套绘图仪器如图 1-16 所示，其主要件有圆规、分规、弹簧规等。

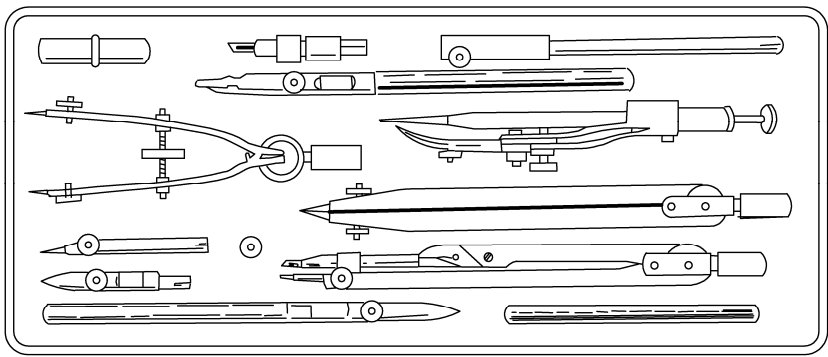


图1-16 成套绘图仪器

圆规用于绘制圆和圆弧，如图 1-17 所示。分规的用途主要是移置尺寸和等分线段，如图 1-18 所示。弹簧规主要用来绘制小半径的圆及圆弧。

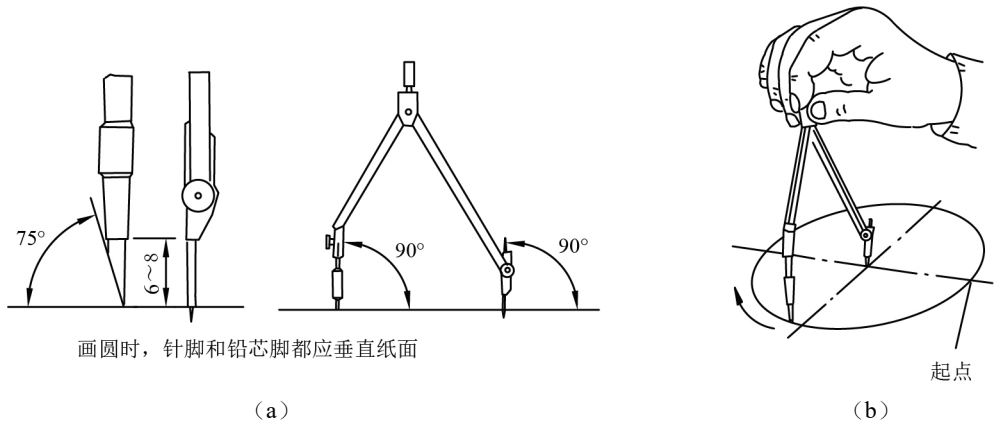


图1-17 圆规的使用方法

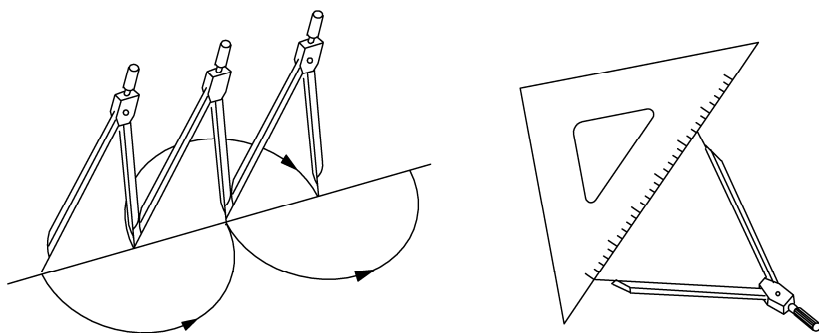


图1-18 分规的使用方法

3) 铅笔

铅笔是绘制图线的主要用具，分硬（H）、中性（HB）、软（B）三种。一般用硬铅笔画底图和描深细线型，用中性铅笔写字和描深粗线型，软铅笔则可作为圆规的铅芯来描深粗线圆及圆弧。

一般将画细线和写字的铅笔芯削成锥形，而将描深粗线的铅笔芯削成楔形，如图 1-19 所示。底图画好后，图线要依次一次描成。

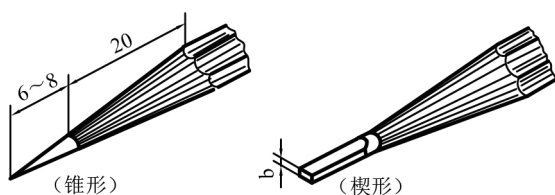


图1-19 铅笔芯的形状

4) 模板

为提高绘图效率，可使用各种模板。模板多为各种形状的塑料薄板，常见的模板有曲线板、多用模板及自制专用模板。图 1-20 所示为曲线板，用于绘制通过一系列离散点的光滑曲线；图 1-21 所示为多用模板，用于绘制圆、正六边形、螺纹连接件的六角头等；图 1-22 所示的自制模板，可用于点画线圆和虚线圆的绘制；图 1-23 所示为多功能绘图尺，它与丁字尺配合使用，可绘制正等轴测图，也可用来度量角度，绘制直线、椭圆及其他光滑曲线。



图1-20 曲线板

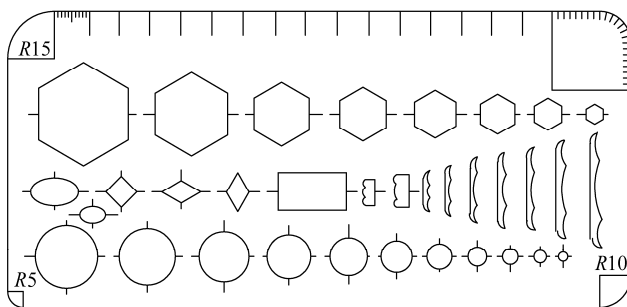


图1-21 多用模板

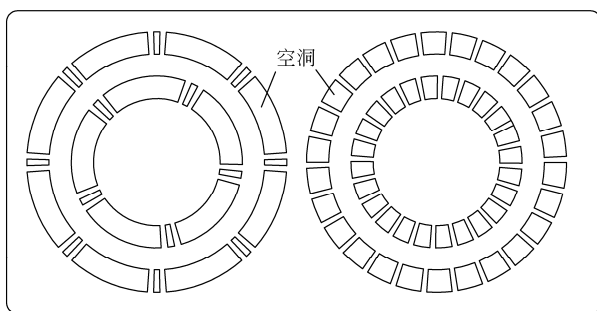


图1-22 用于画圆的自制模板

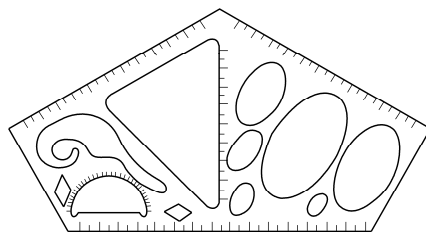


图1-23 多功能绘图尺

5) 其他

绘图时还必须有一些其他的辅助工具，如铅笔刀、橡皮、胶带等。

2. 徒手画草图

借助绘图仪器和三角板等工具画出的很规范的图样，叫作尺规图。仅仅手执铅笔按目测比例画出的图样称作徒手图或草图。

对物体进行现场测绘，工程技术人员讨论设计方案，进行技术交流，现场参观等情况下，受客观条件或时间限制，需要徒手画出草图。徒手图有时直接送交生产，但大多数徒手图需要重新整理成尺规图，或者输入计算机，由计算机输出正式图。

由此看出，徒手画图是交流、记录、创作的有力手段，广泛应用于工程技术人员的一切活动中。学习工程制图，我们应掌握徒手画图的方法和技巧。

草图之草并非潦草之意，而是指徒手作图。徒手画草图应满足如下要求：

- (1) 画线要稳，图线要清晰。
- (2) 目测尺寸要尽量符合实际，各部分比例匀称。
- (3) 绘图速度要快。
- (4) 标注尺寸无误，字体工整。
- (5) 保持图面整洁。

画草图的铅笔比借助尺规画图的铅笔软一号，削成圆锥状，画粗线要秃些，画细线可尖些。通常采用 HB、B 或 2B 铅笔先轻画底稿线，然后按要求加粗。徒手画图可采用印有浅色方格的纸画图，有利于控制图线的平直、图形的大小和比例。

要画好草图，必须掌握徒手绘制各种线条的基本手法，具体如图 1-24 所示。

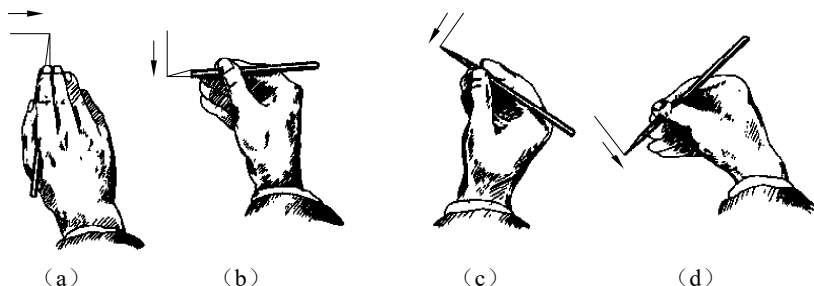


图1-24 徒手画草图的握笔方法

(1) 执笔的方法。手执笔的位置要比用仪器绘图时较高些,以利运笔和观察目标,笔杆与纸面成 $45^\circ \sim 60^\circ$ 角。

(2) 直线的画法。画直线时,手腕靠着纸面,沿着画线方向平动,保证图线画得直;眼要注意终点方向,对手腕起引导作用。当直线较长时,也可用目测在直线中间定出几个点,然后分段画出。

画倾角为 30° 、 45° 、 60° 等特殊角度的斜线时,可如图 1-25 所示,按直角边的近似比例定出端点后,连出直线;也可按图 1-26 所示,通过等份直角来确定画线方向。

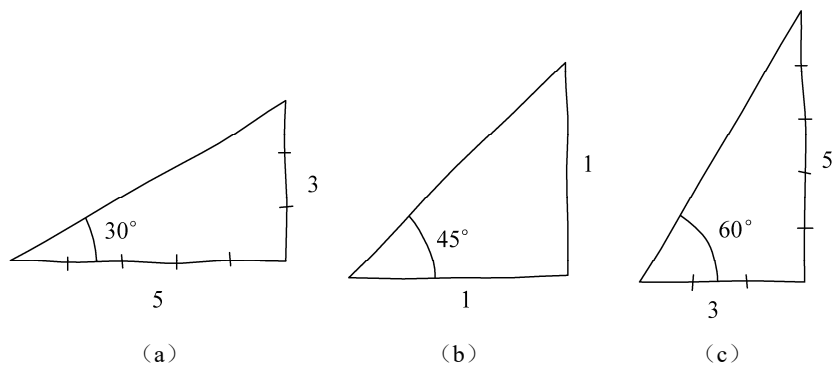


图1-25 按近似比例确定画线方向

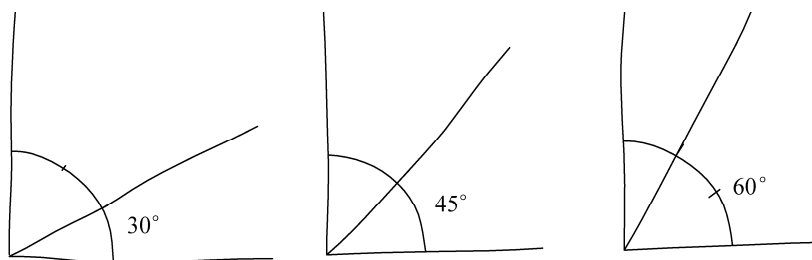


图1-26 等份直角确定画线方向

(3) 圆的画法。画圆时,应先定出圆心位置并过圆心画对称中心线,然后按目测在中心线上距圆心等于半径处定出四点,过四点徒手连线即可,如图 1-27 (a) 所示。画稍大的圆时,可过圆心再加画几条不同方向的直线,同样按半径在各线上定点,再徒手连线,如图 1-27 (b) 所示。

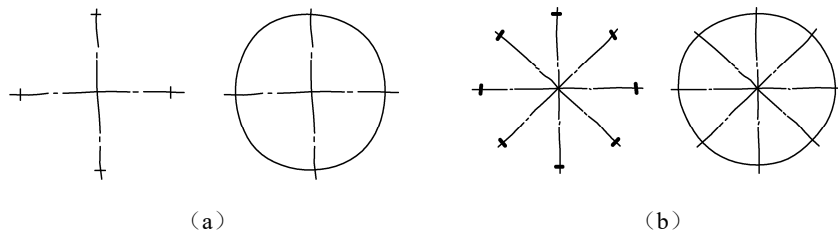


图1-27 圆的草图画法

画圆角时, 首先画出两直线边, 确定切点, 再在分角线上确定圆心和圆上的点, 然后画出与两边相切的圆弧, 如图 1-28 所示。

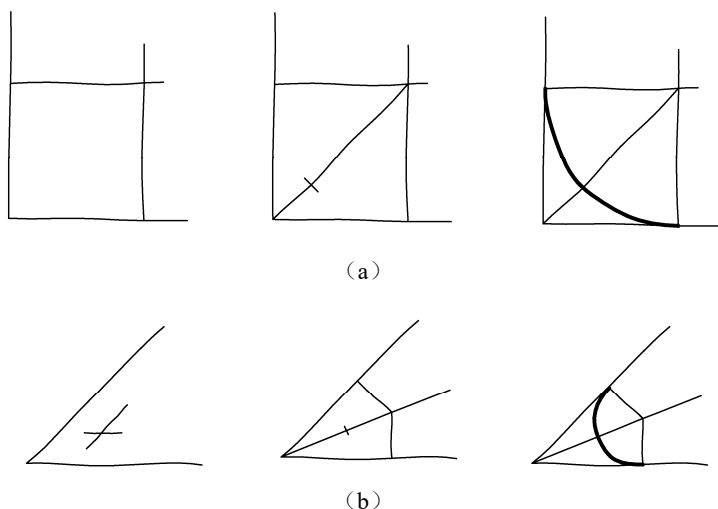


图1-28 圆角的草图画法

圆弧连接时, 也尽量利用与正方形相切的特点, 如图 1-29 所示。

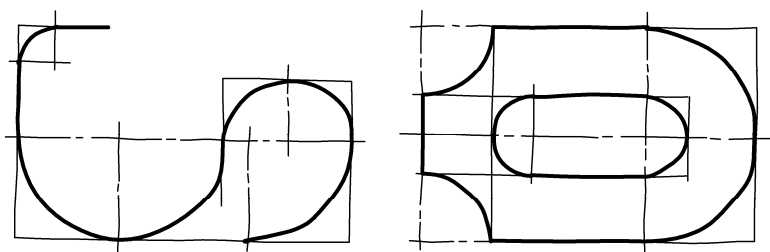


图1-29 圆弧连接的草图画法

(4) 椭圆的画法。画椭圆时, 可根据长短轴, 利用外切长方形画出, 如图 1-30 (a) 所示; 当已知共轭轴时, 可根据外切平行四边形画出, 如图 1-30 (b) 所示。

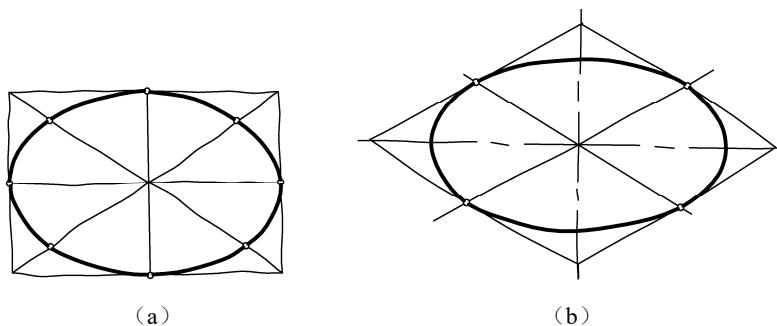


图1-30 椭圆的草图画法

(5) 曲线画法。遇到较复杂平面轮廓的形状时,常采用勾描轮廓和拓印的方法。如平面能接触纸面时,采用勾描法,直接用铅笔沿轮廓画线,如图 1-31 (a) 所示;当平面上受其他结构所限,只能采用拓印法,在被拓印表面,涂上颜料或红油,然后将纸贴上,如遇结构阻挡,可将纸挖去一块,即可拓印出曲线轮廓,如图 1-31 (b) 所示,最后再将印迹描到图纸上。

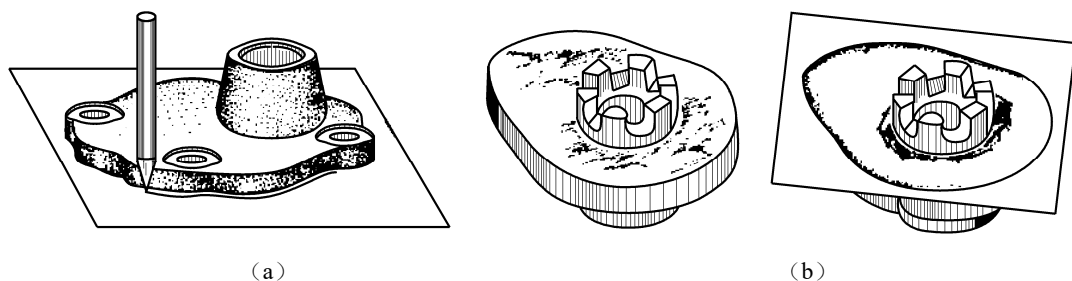


图1-31 用勾描法和拓印法画曲线

3. 绘图的一般方法和步骤

要使图样绘制得又快又好,除了能够正确使用绘图工具外还需要有一定的工作顺序。

(1) 绘图前的准备工作。首先准备好洁净的图板、丁字尺、三角板、仪器及其他工具、用品;再把铅笔按线型要求削好,圆规中的铅芯应准备几根备用;然后把手洗净。

(2) 固定图纸。确定要绘制的图样以后,按其大小和比例,选择图纸幅面。把图纸铺在图板左方,图纸放正后,用胶带纸将它固定。

(3) 画图框和标题栏。按国标规定的幅面和周边,先用细线画出。

(4) 布置图形的位置。布置图形要匀称、美观。根据每个图形的长、宽尺寸确定位置,同时要考虑标注尺寸或说明等其他内容所占的位置。位置确定之后,画出各图的基准线。最后用一张洁净的纸盖在上面,只把要画图的地方露出来。

(5) 绘制底稿。根据定好的基准线,按尺寸先画主要轮廓线,然后画细节。在画图的过程中要做到认真细致,力求图线正确,尺寸精确,图面洁净。

(6) 描深。描深是画图的最重要环节,要按线型选择不同的铅笔,描深过程中要保持铅笔芯的粗细一致,用力要均匀。

描深顺序一般从图的左上方至右下方;先描细点画线、虚线、细实线,再描粗实线;描好圆、圆弧及各种曲线,再描直线,以保证连接处光滑;最后是画箭头、注写尺寸数字、写注解。全部描深后,还须仔细检查有无错误或遗漏并给以修正。

1.2.2 计算机辅助绘图

计算机科学是发展最为迅猛的科学分支。计算机硬件和软件的交替进步,已经使如今的微型计算机成为非常好的绘图工具。计算机绘图速度快,质量好,而且便于修改,易于管理。计算机绘图技术已成为工程技术人员必须掌握的基本技术。

实现计算机绘图,必须依靠计算机绘图系统的正常运行。计算机绘图系统由硬件和软

件两大部分组成。

硬件部分主要包括微型计算机、图形输入设备和图形输出设备。微型计算机是绘图系统的核心设备，它主要负责接收输入信息，进行数据处理，控制图形输出；图形输入设备有键盘、鼠标、数字化仪、扫描仪、数码相机等，它们的主要职责是将图形数据传输给计算机，实现人机交互；图形输出设备除显示器外，还有打印机和绘图机。显示器显示图形，方便了人机交互。打印机和绘图机则把图形输出到纸介质上，成为正式图样。

软件部分包括操作系统和绘图软件。操作系统是管理计算机硬件和其他软件资源的一种系统软件，目前使用最多的是 Windows 系统。绘图软件为用户提供图形处理与编辑的功能，并包含有驱动图形输入与输出设备的程序。

绘图软件有很多，较为流行的有 SolidWorks、Pro-Engineer、AutoCAD 等。我国科研人员近年来在绘图软件的研究开发中也有不俗的表现，开目 CAD、CAXA 电子图版等优秀软件均占有了不少的市场份额，这些软件的使用性能也越来越接近国际流行软件。

不同绘图软件可能在使用方法和技巧上稍有差异，但它们的绘图原理几乎都是相同的。

1.3 几何作图

1.3.1 正六边形的画法

在绘制工程图样时，常遇到正六边形的作图问题，现将作图方法介绍如下。

1. 已知对角线长度，绘制正六边形

由于正六边形的对角线长度就是其外接圆的直径，因而可先画出其外接圆，如图 1-32 (a) 所示，再将外接圆圆周分为六等份，如图 1-32 (b) 所示，最后依次连接各等份点，即可得到一个正六边形，如图 1-32 (c) 所示。

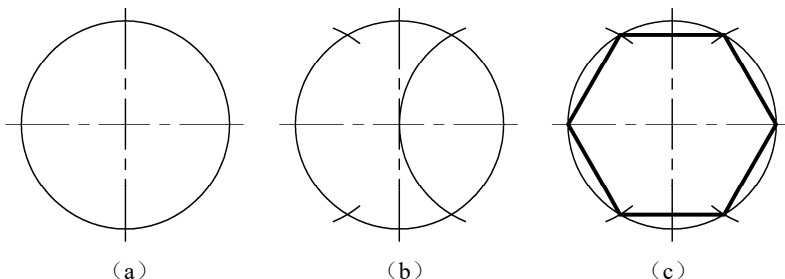


图1-32 根据对角线长度画正六边形

2. 已知对边距离，绘制正六边形

先根据对边位置，作出正六边形的中心点及对称中心线，如图 1-33 (a) 所示，再用 $30^\circ \sim 60^\circ$ 的三角板在已知对边上确定一个顶点 A，如图 1-33 (b) 所示，其余顶点可顺次求出，最后连接各顶点，得到正六边形，如图 1-33 (c) 所示。

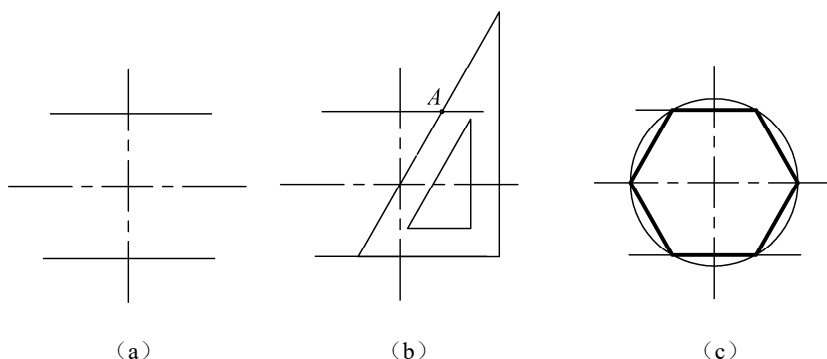


图1-33 根据对边距离画正六边形

1.3.2 椭圆的近似画法

在工程图中，经常会遇到要求绘制椭圆或椭圆弧的情况。下面介绍已知长短轴，近似画椭圆的“四心法”。

如图 1-34 所示，已知椭圆长轴的两端点分别是 A 、 B ，短轴的两端点分别是 C 、 D ，画椭圆的步骤如下：

- (1) 连接 AC ，取 $CE_1 = OA - OC$ ；
- (2) 作 AE_1 的中垂线，与长短轴分别交于 O_1 、 O_2 ，并作它们关于圆心的对称点 O_3 、 O_4 。
- (3) 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，作四段圆弧，拼成近似椭圆。

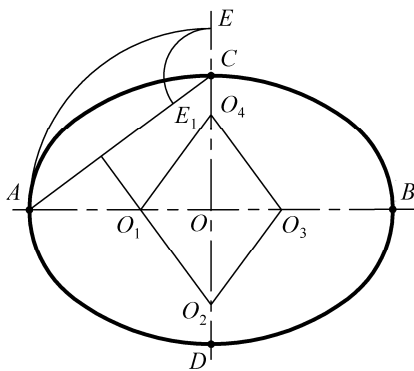


图1-34 椭圆的近似画法

1.3.3 圆弧连接的画法

在工程制图中，常用到直线与圆弧、圆弧与圆弧光滑连接的形式，统称为圆弧连接。这里的“光滑连接”，指的就是几何里讲的相切作图问题，连接点就是切点，连接已知直线或圆弧的圆弧称为连接圆弧。

圆弧连接的作图要点是：根据已知条件，确定出连接弧的圆心位置、半径及与被连接线段的相切位置。

在表 1-8 中列出了用半径为 R 的圆弧光滑连接各种情况的直线与圆的作图方法。

表1-8 各种圆弧连接的作图方法

| 连接要求 | 作图方法和步骤 | | |
|--------------|---------|-------|-------|
| | 求 圆 心 | 求 切 点 | 画连接圆弧 |
| 连接相交 两条直线 | | | |
| 连接直线 与圆弧 | | | |
| 外接 两圆弧 | | | |
| 内接 两圆弧 | | | |
| 内接外接 两圆弧 | | | |