

# 第一章 制图基本规则和基本技能

## 第一节 制图基本规则

土木工程图是表达土木建筑工程设计的重要技术资料，是建筑施工的依据。为了统一制图技术，方便技术交流，并满足设计、施工管理等方面的要求，国家发布并实施了建筑工程各专业的制图标准。下面介绍国家标准（简称国标）《房屋建筑制图统一标准》GB/T 50001-2001 的部分内容。

### 一、图纸幅面

图纸幅面（简称图幅）必须按表 1-1 的规定选用，以便于图纸管理、装订。

表 1-1 图纸幅面尺寸（mm）

| 尺寸代码         | 幅面代号       |           |           |           |           |
|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|              | A0         | A1        | A2        | A3        | A4        |
| $l \times b$ | 1189 × 841 | 841 × 594 | 594 × 420 | 420 × 297 | 297 × 210 |
| $c$          | 10         |           |           | 5         |           |
| $a$          | 25         |           |           |           |           |

绘图时，图纸的短边一般不变，长边可以加长。长边加长后的尺寸见表 1-2。

表 1-2 图纸长边加长尺寸（mm）

| 幅面尺寸 | 长边尺寸 | 长边加长后尺寸   |
|------|------|---|
| A0   | 1189 | 1486 1635 1783 1932 2080 2230 2378              |
| A1   | 841  | 1051 1261 1471 1682 1892 2102                   |
| A2   | 594  | 743 891 1041 1189 1338 1486 1635 1783 1932 2080 |
| A3   | 420  | 630 841 1051 1261 1471 1682 1892                |

注 有特殊需要的图纸，可采用  $l \times b$  为 891 × 841 与 1261 × 1189 的幅面。

图纸的常规使用方法是长边沿水平方向布置（或横式），如图 1-1 所示，适用于 A0 ~ A3 图。必要时，也可将长边沿竖直方向布置（立式），如图 1-2 和图 1-3 所示。

### 二、图纸标题栏和会签栏

图纸标题栏简称图标，它是各专业技术人员绘图、审图的签名区及工程名称、设计单位名称、图名、图号的标注区，如图 1-4 所示。

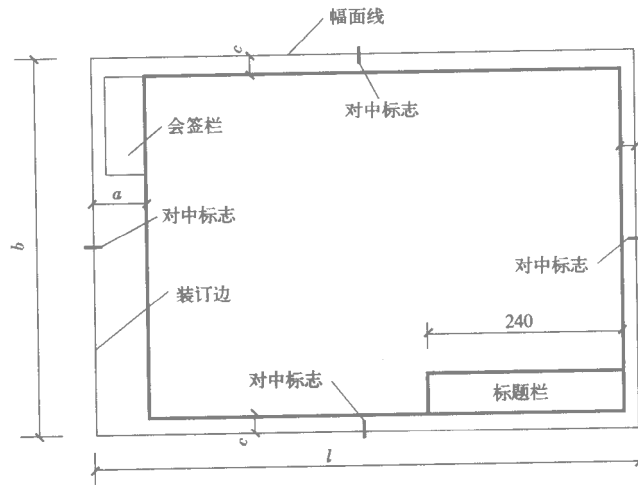


图 1-1 A0~A3 横式幅面

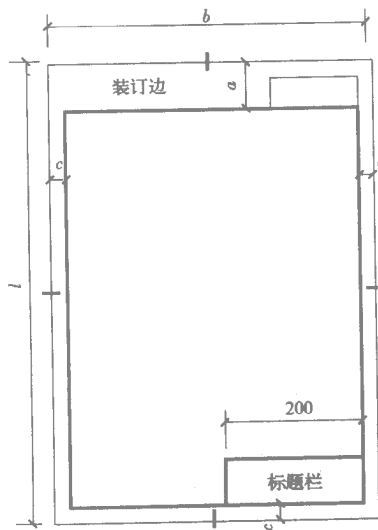


图 1-2 A0~A3 立式幅面

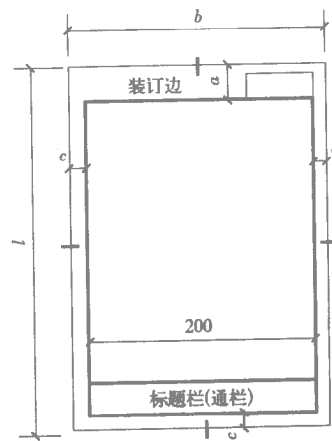


图 1-3 A4 立式幅面

图纸横式或立式使用时，标题栏总在图纸的右下角。

会签栏是各专业负责人的签字区，放在图纸的装订边一侧上端或右端如图 1-1 ~ 图 1-3 所示。

### 三、图线

在土木工程图中，使用不同的线型、线宽表达不同的内容及含义，才能

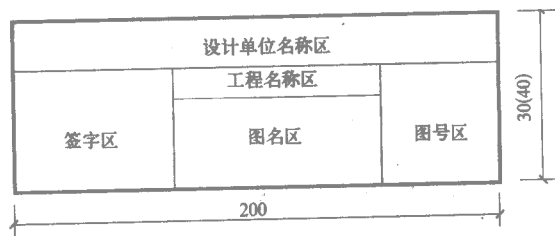











图 1-4 标题栏

使图面生动，层次清楚。表 1-3 归纳了不同图线的用途。

表 1-3 图 线

| 名 称   | 线 型   | 线宽  | 一 般 用 途 |                |
|-------|---|---|---------|----------------|
| 实线    | 粗   |  | $b$     | 主要可见轮廓线        |
|       | 中   |  | $0.5b$  | 可见轮廓线          |
|       | 细   |  | $0.25b$ | 可见轮廓线、图例线      |
| 虚线    | 粗   |  | $b$     | 见各有关专业制图标准     |
|       | 中   |  | $0.5b$  | 不可见轮廓线         |
|       | 细   |  | $0.25b$ | 不可见轮廓线、图例线     |
| 单点长画线 | 粗   |  | $b$     | 见各有关专业制图标准     |
|       | 中   |  | $0.5b$  | 见各有关专业制图标准     |
|       | 细   |  | $0.25b$ | 中心线、对称线等       |
| 双点长画线 | 粗   |  | $b$     | 见各有关专业制图标准     |
|       | 中   |  | $0.5b$  | 见各有关专业制图标准     |
|       | 细   |  | $0.25b$ | 假想轮廓线、成型前原始轮廓线 |
| 折断线   |  | $0.25b$   | 断开界线    |                |
| 波浪线   |  | $0.25b$   | 断开界线    |                |

每个图样，应根据其复杂程度及比例大小，先选定基本线宽  $b$  值，再按表 1-4 确定相应的线宽组。

表 1-4 线 宽 组 (mm)

| 线宽比     | 线宽组 |      |      |      |      |      |
|---------|-----|------|------|------|------|------|
| $b$     | 2.0 | 1.4  | 1.0  | 0.7  | 0.5  | 0.35 |
| $0.5b$  | 1.0 | 0.7  | 0.5  | 0.35 | 0.25 | 0.18 |
| $0.25b$ | 0.5 | 0.35 | 0.25 | 0.18 | -    | -    |

图线使用过程中需要注意以下几点内容：

1. 同一张图纸内，相同比例的各图样，应选用相同的线宽组。
2. 互相平行的图线，其间隙不宜小于其中的粗线宽度，且不宜小于  $0.7\text{mm}$ 。
3. 绘制比较简单的图样或比较小的图样，可以只用两种线宽，粗线和细线。
4. 图纸的图框线和标题栏线宽度的选取，可根据图幅的大小确定，如表 1-5 所列。

表 1-5 图框线、标题栏线的宽度 (mm)

| 幅面代号     | 图框线 | 标题栏外框线 | 标题栏分格线、会签栏线 |
|----------|-----|--------|-------------|
| A0、A1    | 1.4 | 0.7    | 0.35        |
| A2、A3、A4 | 1.0 | 0.7    | 0.35        |

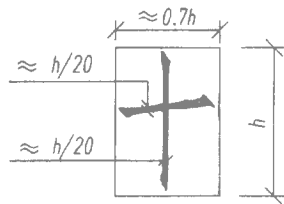
5. 图线不得与文字、数字符号重叠、混淆。不可避免时，可将重叠部位图线断开。

四、字体

图纸上要注写字母、数字、文字及各种符号，均应笔画清晰、字体端正、排列整齐，标点符号要清楚正确。

(一) 汉字

应采用国家公布的简化汉字，并用长仿宋字体。长仿宋字体的字高与字宽的比例大约为 1:0.7 如图 1-5 所示。字体高度分 20、14、10、7、5、3.5 等六级。字体宽度相应为 14、10、7、5、3.5、2.5。长仿宋字体的示例如图 1-5 所示。



工程图样的文字要求:

字体端正 笔划清楚  
排列整齐 间隔均匀

从字例可以看出，长仿宋字有如下特点：

1. 横平竖直。横笔基本要平，可稍微向上倾斜一点。竖笔要直。笔画要刚劲有力。

2. 起落分明。横、竖的起笔和收笔、撇的起笔、钩的转角等，都要顿一下笔，形成小三角。几种基本笔画的写法如表 1-6 所列。

图 1-5 长仿宋字体示例

表 1-6 长仿宋体的几种基本笔画的写法

| 名称 | 横 | 竖 | 撇 | 捺 | 挑 | 点 | 钩   |
|----|---|---|---|---|---|---|-----|
| 形状 | — |   | 丿 | ㇏ | ㇇ | 丶 | 亅 丨 |
| 笔法 |   |   |   |   |   |   |     |

3. 笔锋满格。上下左右笔锋要尽可能靠近方格 但是也有例外 如日、口等字 都要比字格略小。

4. 布局均匀。笔划布局要均匀紧凑，并注意下列各点：

(1) 字体基本对称的应保持其对称 如图 1-6 中的土、木、平、面、金等。



(2) 有一竖笔居中的应保持该笔竖直而居中 如图中的上、正、水、车、审等。



(3) 有三四横竖笔划的要大致平行等距 如图中的三、曲、垂、量等。



(4) 要注意偏旁所占的比例。有约占一半的，如图中的“比、料、机”

图 1-6 长仿宋字体笔划布局

部、轴”等,有约占  $1/3$  的,如“混、梯、钢、墙”等;有约占  $1/4$  的,如“凝”。

(5) 左右要组合紧凑,尽量少留空白,如图中的“以、砌、设、动、泥”等。

要写好长仿宋字,初学时要先按字的大小打好格子,然后书写。平时多看、多摹、多写,持之以恒,自然熟能生巧。

目前的计算机辅助设计绘图系统,已经能够生成并输出各种字体和各种大小的汉字,快捷正确,整齐美观,并可节省大量手工写字的时间。图 1-7 所示的仿宋字就是一例。

建设有中国特色的社会主义 (14号)  
 科学技术需要严肃认真一丝不苟的态度 (10号)  
 强国富家扬威造福人类敢胜利特别无疲劳坚韧不拔精神 (7号)  
 工业与民用建筑厂房车间办公楼宿舍道路桥隧涵洞平立剖详图结构基础总说明 (5号)  
 钢筋混凝土砖石水泥砂浆涂料油漆木材铝合金门窗板梁柱墙裙壁橱柜台阶梯踢脚厕所给排水地下室内外标准框架 (3.5号)

图 1-7 利用计算机系统写出的仿宋字

## (二) 拉丁字母和数字

拉丁字母和数字都可以用竖笔铅垂的正体字或竖笔与水平线成  $75^\circ$  角的斜体字。拉丁字母、少数希腊字母和数字以及书写笔画次序如图 1-8 所示。字高  $h$  不宜小于  $2.5\text{mm}$ 。小写的拉丁字母的高度应为大写字高  $h$  的  $7/10$ , 字母间隔为  $2/10h$ , 上下行的净间距最小为  $4/10h$ 。

图中的字母和数字可用斜体字,但字母或数字与汉字混合书写时,要用正体字。

在同一张图纸上,文字标注要协调,字体、字高要一致。

## 五、比例和图名

比例是指图纸上图形与实物相应的线性尺寸之比,比例有放大或缩小之分,建筑工程专业的工程图主要采用缩小的比例,比例用阿拉伯数字表示,比如  $1:20, 1:100$  等,表示图纸上一个线性长度单位,代表实际长度为 100 个单位。

比例宜书写在图名的右方,字体应比图名小一号或两号,如图 1-9 所示,图名下的横线与图名文字间隔不宜大于  $1\text{mm}$ ,其长度应以所写文字所占长度为准。

当一张图纸中的各图所用比例均相同时,可将比例注写在标题栏内。

比例的选用详见各专业施工图的介绍。

## 六、尺寸标注

图样除了画出建筑物及其各部分的形状外还必须准确、详尽和清晰地标注尺寸,以确定其大小,作为施工时的依据。

图样上的尺寸由尺寸界线、尺寸线、尺寸起止符号和尺寸数字组成,如图 1-10 所示。尺

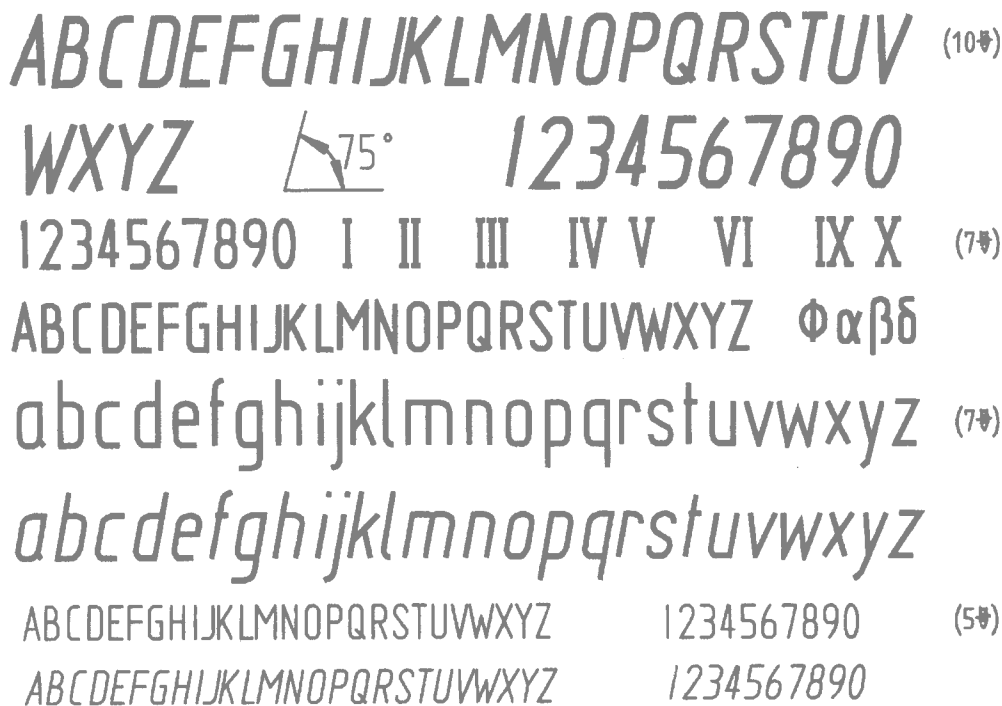


图 1-8 数字和字母的斜体与正体写法

寸界线应用细实线绘制，一般应与被注长度垂直，其一端应离开图样的轮廓线不小于 2mm 另一端宜超出尺寸线 2~3mm。必要时可利用轮廓线作为尺寸界线，如图 1-10 中的尺寸 3060。尺寸线也应应用细实线绘制，并应与被注长度平行，但不宜超出尺寸界线之外。图样上任何图线都不得用作尺寸线。尺寸起止符号一般应用中粗短斜线绘制，其倾斜方向应与尺寸界线成顺时针 45° 长宽宜为 2~3mm。在轴测图中标注尺寸时，其起止符号宜用小圆点。

“国标”规定，工程图样上标注的尺寸除标高及总平面图以米 (m) 为单位外，其余尺寸一般以毫米 (mm) 为单位，图上尺寸数字都不再注写单位。如果用其他单位，须相应注明。本书文字和插图中的数字，如没有特别注明单位的，也一律以 mm 为单位，图样上的尺寸，应以所注尺寸数字为准，不得从图上直接量取。

标注半径、直径和角度时，起止符号不用 45° 短划而用箭头表示，如图 1-11 所示，图中 R 表示半径，φ 表示直径。角度数字一律水平书写。

标注尺寸时应注意的一些问题如表 1-7 所列。

总平面图 1:500

图 1-9

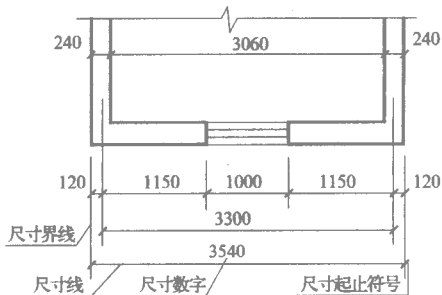


图 1-10 尺寸的组成

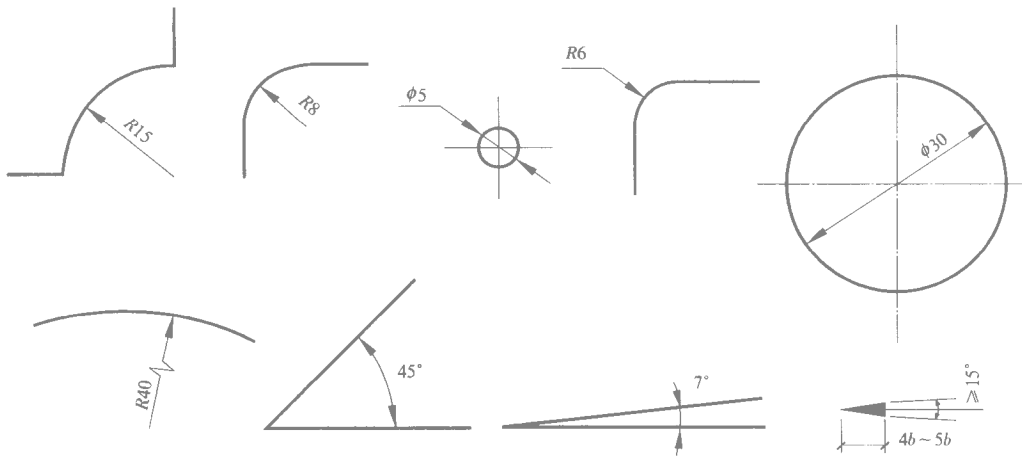
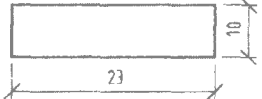



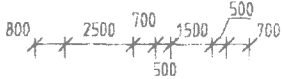

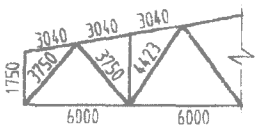
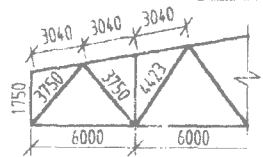


图 1-11 半径、直径、角度的尺寸标注

表 1-7 标注尺寸应注意的问题

| 说 明   | 对 | 不 对 |
|---|---|-----|
| 尺寸数字应写在尺寸线的中间，水平尺寸数字应从左到右写在尺寸线上方，竖向尺寸数字应从下到上写在尺寸线左侧 |   |     |
| 长尺寸在外，短尺寸在内   |   |     |
| 不能用尺寸界线作为尺寸线  |   |     |
| 轮廓线、中心线可以作为尺寸界线，但不能用做尺寸线                            |   |     |
| 尺寸线倾斜时数字的方向应便于阅读，尽量避免在斜线范围内注写尺寸                     |   |     |

续表

|   |   |  |
|---|---|--|
| 同一张图纸内尺寸数字应大小一致                               |  |  |
| 在断面图中写数字处, 应留空不画断面线                           |  |  |
| 两尺寸界线之间比较窄时, 尺寸数字可注在尺寸界线外侧, 或上下错开, 或后引出线引出再标注 |  |  |
| 桁架式结构的单线图, 应将尺寸直接注在杆件的一侧                      |  |  |

## 第二节 制图工具、仪器及用法

尺规制图, 在计算机制图已成为主流的今天, 仍然是绘制工程图的基础。学生必须了解各绘图工具、仪器的性能, 熟练掌握它们的使用方法, 才能保证绘图质量, 加快绘图速度。

### 一、图板、丁字尺和三角尺

图板有大小不同的规格, 如 0 号、1 号、2 号等。图板的板面用于固定图纸, 要保证平滑, 左侧板边作为工作边, 要求平直。

丁字尺的工作边, 用于画水平线。画图时, 左手扶尺头使其紧靠图板工作边上下移动, 可在需要的位置处, 按自左至右的方向画出水平线。尺头只可以和图板的左侧(工作)边配合画线, 其他板边不得使用, 如图 1-12 所示。

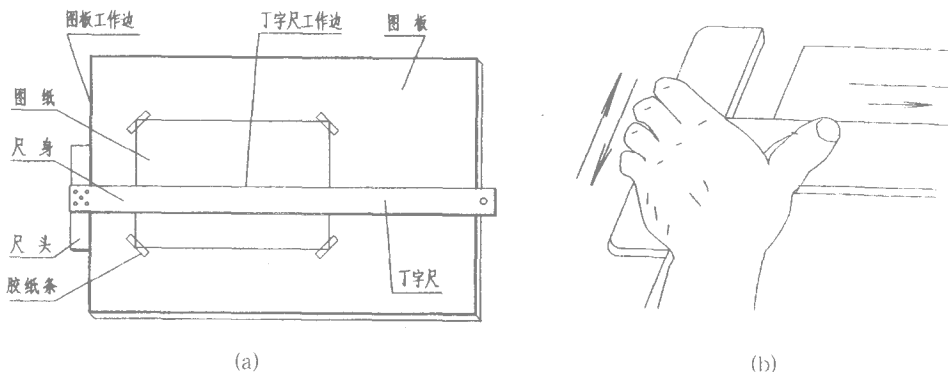


图 1-12 制图工具示意图

三角尺与丁字尺配合可画竖直线条及与水平线成  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$  角的斜线, 如图 1-13 所示。

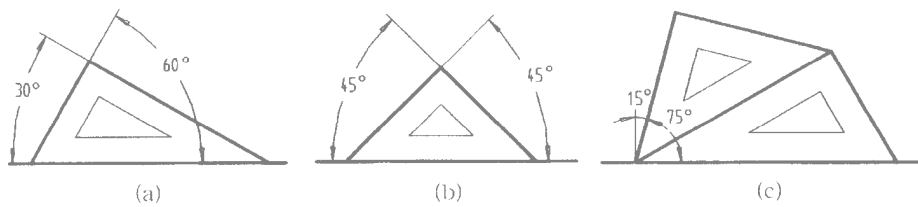


图 1-13 画 30°、45°、60°、75° 角的方法

所有竖直线，不论长短，都用三角板与丁字尺配合画。画线时将三角尺的一条直角边靠在丁字尺工作边上，另一条边放在线条的右侧，左手压尺、右手画线。竖直线条的画线方向是自下而上如图 1-14 所示。

## 二、铅笔

绘图时，常用的铅笔型号为 2H、H、HB、B、2B、2H 或 H 铅笔较硬而淡，常用于打底稿，加深图线时可按需要选用 HB 或 B 的铅笔。

绘图时，笔头可削成锥状。用力要均匀，在运笔过程中可让笔随之转动，以保持线宽一致。

学生主要学习绘制铅笔线图，所以使用的图纸为不透明的白图纸。

## 三、比例尺

比例尺是刻有不同比例的直尺，一般为三棱柱状，所以又叫三棱尺。

比例尺的每个侧面均刻有两种比例。绘图时，可直接从尺身上截取相应比例的长度。

在用于专业绘图的三角尺上也带比例尺，绘图时可以选择使用。比例尺上的刻度数字单位为米 (m)。在 1:100 比例中，尺上刻度 1M 就是实长 1m。图 1-15 是轴间距为 3300 (3.3m) 的墙体示意，用 1:100 比例画图时，可在相同比例的刻度上直接截以 3.3m；用 1:50 比例画图时，可将 1:500 的比例尺放大 10 倍使用。

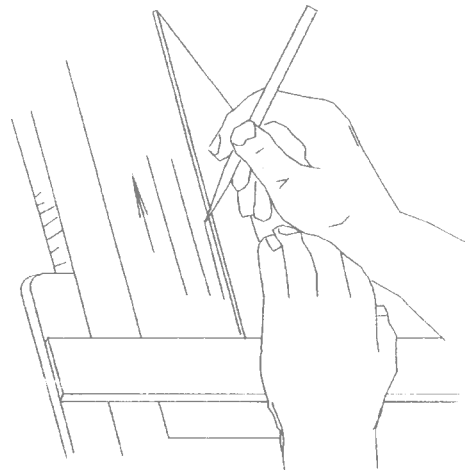


图 1-14 画竖直线

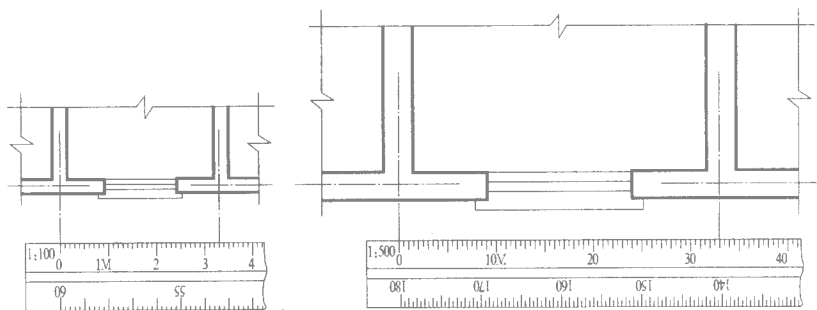


图 1-15 比例尺及其用法

#### 四、圆规和分规

圆规的铅芯应该磨削成约  $65^\circ$  的斜面,如图 1-16(a)所示,并使斜面向外。圆规的针两端不同,一端为锥形,另一端带有针肩,如图 1-16(b)所示。使用时,应当用有针肩的一端,以免图纸上的圆心针孔刺扎得过大过深。不用时,最好把锥形的一端露在外面。

使用圆规时,应注意调整铅芯与针尖的长度,使圆规两脚靠拢时,两尖对齐。画较大的圆时,要使圆规两脚都大致与纸面垂直,如图 1-16(c)所示。

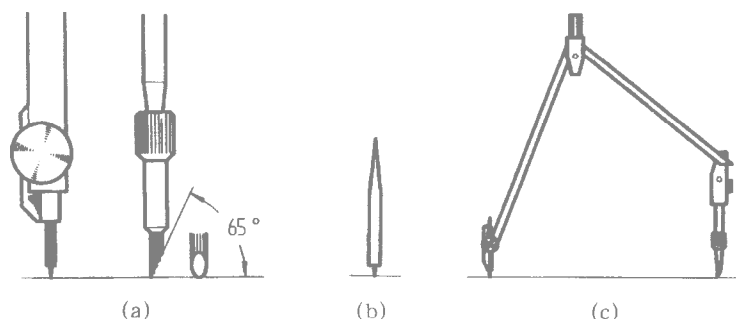


图 1-16 圆规的零件及调整

用圆规画圆或画弧时,一般从圆的中心线开始,顺时针方向转动圆规,同时使圆规往前进方向稍作倾斜,圆或圆弧应一次画完。

分规是截取长度或等分线段的仪器。分规两侧均为针,用两个针可较准确的截取长度。

#### 五、建筑模板

主要用来画各种建筑图例和常用符号,如:柱子、楼板留洞、大便器、标高符号、详图索引符号、定位轴线圆等,只要按模板中相应的图例轮廓画一周,所需图例就会产生,如图 1-17 所示。

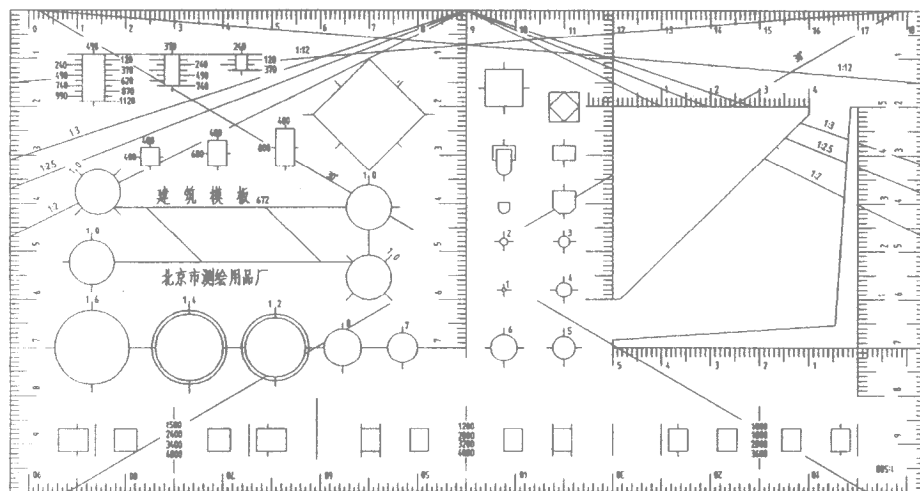


图 1-17 建筑模板

## 六、曲线板

曲线板用于画非圆曲线。首先定出待画曲线上的足够的点，徒手将这些点顺序轻轻连成曲线，然后在曲线板上找出一段使之与 3 个以上的点吻合，沿着曲线板边缘，将该段曲线画出，如此继续画出其他各段曲线，画曲线时要注意前后两段线应有一小段重合，这样才能保证曲线圆滑，如图 1-18 所示。

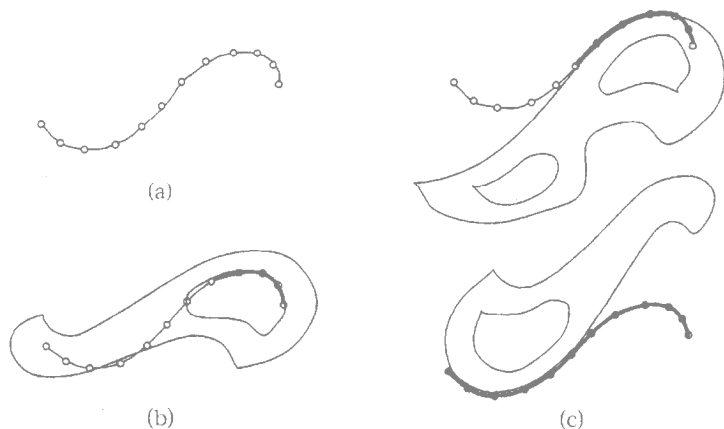


图 1-18 曲线板及曲线作法

## 第三节 绘图方法和步骤

为保证图样整洁、层次清楚，学习土木工程制图，除了能正确使用绘图工具和仪器外，还要充分理解线条的含义，以便能够准确的表达。绘图时方法和步骤要合理。

### 一、图线表达

绘图时，图线表达得正确与否，直接影响到图面的质量，所以需要注意以下几点：

1. 实线相接时，接点处要准确，即不要偏离，也不要超出。
2. 画虚线及单点长画线或双点长画线时，应注意画等长的线段及一致的间隔，各线型应视相应的线宽及总长确定各自线段长度及间隔。
3. 虚线与虚线交接或虚线与其他图线交接时，应是线段交接。虚线为实线的延长线时，线段不得与实线连接。
4. 单点长画线或双点长画线均应以线段开始和结尾。点画线与点画线交接或点画线与其他图线交接时，应是线段交接。
5. 圆心定位线应是单点长画线，当圆直径较小时，可用细实线代替。

### 二、绘图方法和步骤

#### (一) 绘图方法

常用的绘图方法应该是由整体到细部，先绘制图样中各构件的定位轴线，再绘制图样中各构件的细部轮廓及构造线；先打底稿再加重。

## (二) 绘图步骤

1. 选定图幅，固定图纸，并依次绘出图幅线、图框线及标题栏外框线。
  2. 在图框线内合理布置图面，确定各图样的位置，使图面疏密均匀。
  3. 用 H 或 2H 的铅笔，逐个画出各图样的底稿线，其中图例线、尺寸界线、尺寸线、起止符及定位轴线圆，可不打底稿，待图线加重之后直接画出。
  4. 汉字要按字高的要求，用轻细实线画出暗格线。尺寸数字标注前，应按字高画一段轻细实线平行于尺寸线，以便控制数字的高度。
  5. 加重图线、注写尺寸、文字、图名、比例。
  6. 最后加重图框线，细化并标注标题栏的内容。
- 注意：底稿线的轻细程度应以图样加重后，未经加重的稿线不影响图面的清晰度为宜。

## 第四节 平面几何图形的画法

工程图实际就是将一些基本的几何图形，按设计要求，进行具体的有针对性的表达，因此，掌握基本几何图形的画法，就成了保证准确制图的关键因素之一。

### 一、几何作图方法

#### (一) 多边形的几何画法

##### 1. 正方形

已知正方形的边长，可借助  $45^\circ$  三角尺和丁字尺完成正方形，如图 1-19 所示，过线段  $AB$  的两个端点分别作  $AB$  的垂线。用  $45^\circ$  三角板过  $A$  点作对角线  $AC$  截得点  $C$ 。过  $C$  点作  $DC$  平行于  $AB$ ， $ABCD$  即为所求。

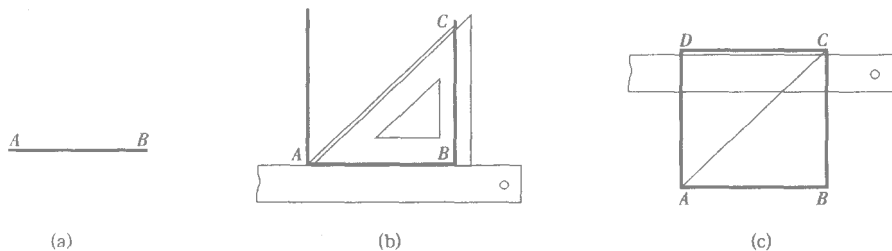


图 1-19 作已知边长为  $AB$  的正方形

##### 2. 圆的内接正五边形

已知正五边形的外接圆。先以  $OF$  的中点  $G$  为圆心，以  $GA$  为半径画弧交水平圆心定位线于  $H$  点，正五边形的边长与线段  $AH$  相等，以  $AH$  为弦长依次在圆周上截取，即可作出正五边形  $ABCDE$  如图 1-20 所示。

##### 3. 圆的内接正六边形

已知正六边形的外接圆，可借助三角尺和丁字尺完成正六边形，如图 1-21 所示。

##### 4. 正多边形

已知任意正多边形的外接圆，如图 1-22 为作圆内接正七边形的过程。将圆的竖向直径七等分以  $N$  为圆心， $AN$  为半径画弧交水平直径延长线于  $M_1、M_2$  将  $M_1、M_2$  点与  $AN$  上的偶数点（或奇数点）相连并延长，交圆周于  $B、C、D、E、F、G$ ，即可作出正七边形  $ABCDEFG$ 。

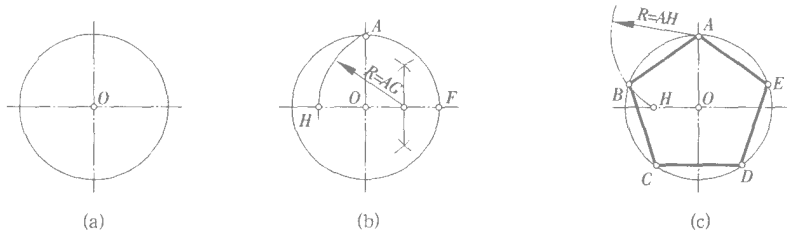


图1-20 作圆  $O$  的内接正五边形

(二) 圆弧连接

用已知半径的圆弧光滑连接（即相切）两已知线段（直线或圆弧），称为圆弧连接。这段已知半径的圆弧称为连接弧。画连接弧前，必须求出它的圆心和切点。

1. 圆弧连接的基本作图

(1) 半径为  $R$  的圆弧与已知直线  $L$  相切，圆心的轨迹是距离直线  $L$  为  $R$  的两条平行线  $L_1、L_2$ 。当圆心为  $O_1$  时，由  $O_1$  向直线  $L$  所作的垂线的垂足  $K$  就是切点，如图 1-23(a) 所示。

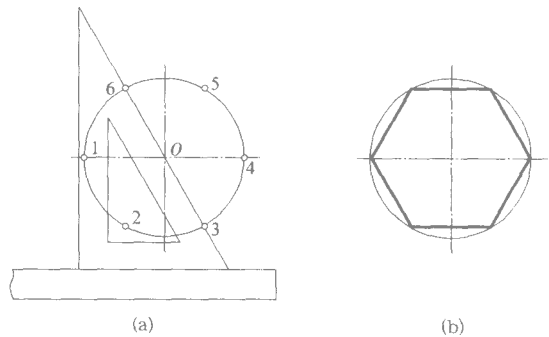


图 1-21 已知外接圆作正六边形

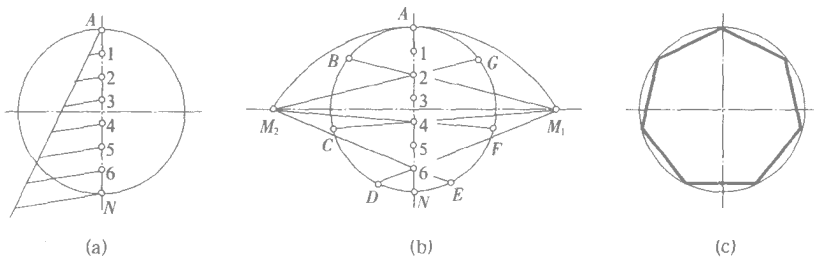


图 1-22 已知外接圆作正七边形

(2) 半径为  $R$  的圆弧与已知圆弧（半径为  $R_1$ ）外切，圆心的轨迹是已知圆弧的同心圆，其半径  $R_2 = R + R_1$ 。当圆心为  $O_1$  时，连心线  $OO_1$  与已知圆弧的交点  $K$  就是切点，如图 1-23 (b) 所示。

(3) 半径为  $R$  的圆弧与已知圆弧（半径为  $R_1$ ）内切，圆心的轨迹是已知圆弧的同心圆，其半径  $R_2 = R_1 - R$ 。当圆心为  $O_1$  时，连心线  $OO_1$  与已知圆弧的交点  $K$  就是切点，如图 1-23 (c) 所示。

2. 圆弧连接作图举例

表 1-8 列举了 4 种用已知半径为  $R$  的圆弧来连接两已知线段的作图方法和步骤。

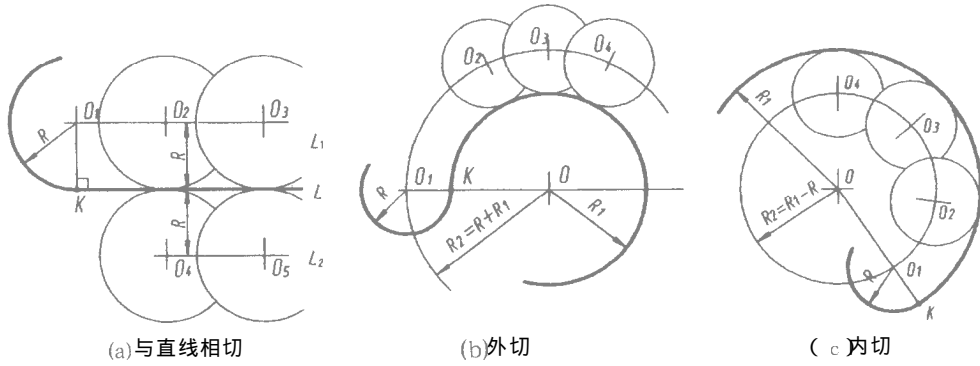


图 1-23 圆弧连接的基本作图

表 1-8 圆弧连接作图举例

| 连接要求      | 作图方法和步骤 |               |       |
|-----------|---------|---------------|-------|
|           | 求圆心 $O$ | 求切点 $K_1 K_2$ | 画连接圆弧 |
| 连接相交两直线   |         |               |       |
| 连接一直线和一圆弧 |         |               |       |
| 外接两圆弧     |         |               |       |
| 内接两圆弧     |         |               |       |

### (三) 椭圆

已知椭圆的长、短轴，可分别用同心圆法及四心法完成椭圆。

#### 1. 同心圆法

如图 1-24 所示，分别以椭圆的长轴和短轴为直径画同心圆，并等分两圆周若十等分，然后过大圆上各等分点作竖直线与过小圆各对应等分点所作的水平线相交，交点即为椭圆上各点，用曲线板光滑连接各点可得到椭圆。

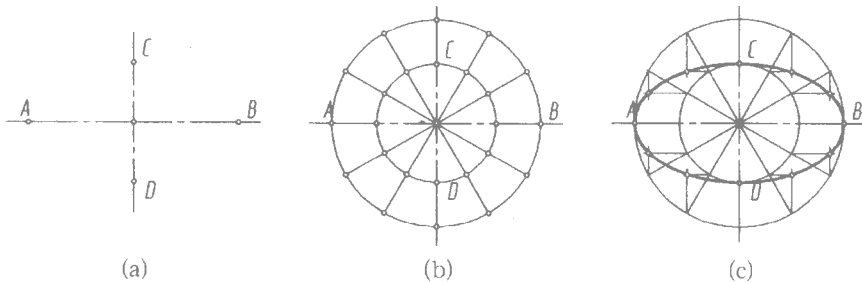


图 1-24 根据长、短轴  $AB$ 、 $CD$  用同心圆法作椭圆

#### 2. 四心法

如图 1-25 所示，这是一种近似画椭圆的方法。连接椭圆长、短轴的端点  $AC$  在  $AC$  上取一点  $F$  使  $CF = OA - OC$  然后作  $AF$  的垂直平分线，交长轴于  $O_1$  短轴于  $O_2$  作出  $O_1$ 、 $O_2$  的对称点  $O_3$ 、 $O_4$  分别以  $O_1$ 、 $O_3$  为圆心， $O_1A$  为半径，以  $O_2$ 、 $O_4$  为圆心， $O_2C$  为半径画圆弧，四段圆弧相切成椭圆，切点分别为  $G$ 、 $H$ 、 $I$ 、 $J$ 。

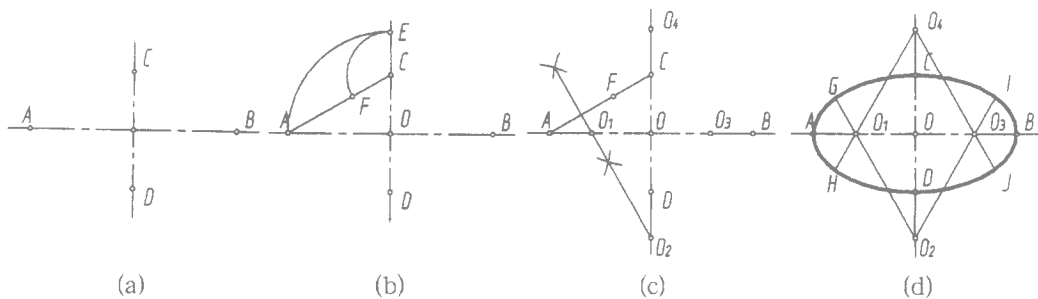


图 1-25 根据长、短轴  $AB$ 、 $CD$ ，用四心法作椭圆

### 二、平面图形的画法

平面图形是由若干条线段（直线与曲线或曲线之间）连接而成的。它就是几何作图的应用。绘图时，先对图形进行分析，确定线段绘制的先后顺序。

如图 1-26 所示，该平面图形中各直线段的长度及位置已知，半径为  $R_{12}$ 、 $R_{15}$  的四段圆弧（其圆心位置已知，均可直接画出，称为已知线段）而半径分别为  $R_{10}$ 、 $R_{70}$  的三段圆弧则需要画在已知线段之后画出（称为连接线段），最后整理图形并加深图线，标注尺寸，即可完成作图。作图的过程作为练习由学生完成。

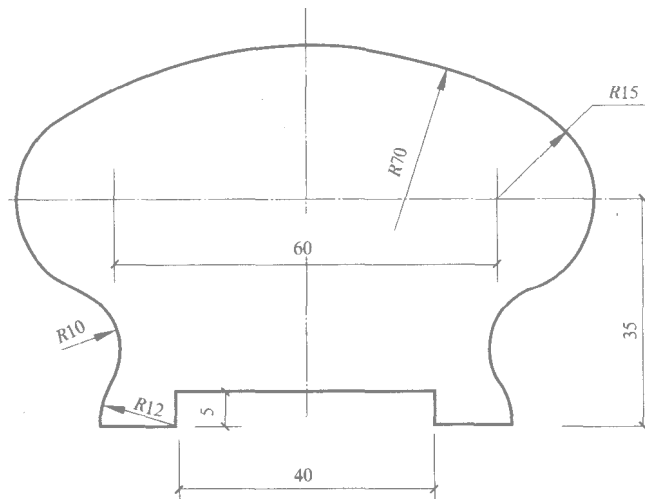


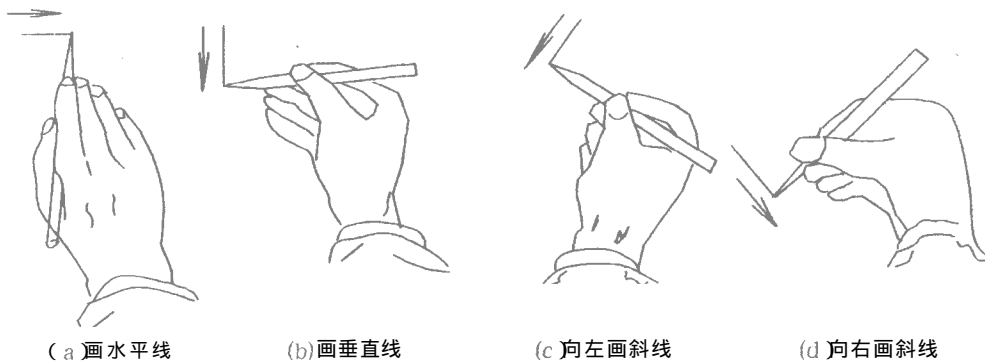
图 1-26 平面图形

## 第五节 徒手作图

铅笔画图时，不用尺规称为徒手作图（又叫草图），它是技术交流及记录思维创作的最基本技能。

徒手画图可在白纸（或方格纸）上进行，铅笔可选择 HB 或 B 型。

徒手画直线的姿势可参见图 1-27，握笔不得过紧，运笔力求自然，铅笔向运动方向倾斜，小手指微触纸面，并随时注意线段的终点。画较长线时，可依此法分段画出。画铅直线时，则应由上而下连续画出。画与水平方向成  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  的斜线时，可按图 1-28 用直角边的近似比例关系定出斜线的两 endpoint，再按徒手画直线的方法连接两 endpoint 而成。



(a) 画水平线

(b) 画垂直线

(c) 向左画斜线

(d) 向右画斜线

图 1-27 徒手画直线

徒手画图，应先画圆心定位线，再根据直径大小目测，在中心线上定出 4 点，便可画圆，如图 1-29(a) 所示。对较大的圆，过圆心画几条不同方向的直线，按直径大小在其上目测定圆周上的点，将这些点顺序连线即可，如图 1-29(b)、(c) 所示。

徒手画椭圆时，先画椭圆的长、短轴线，对小的椭圆，可在两轴线上目测定出长、短轴的端点，过每个端点分别作长、短轴的平行线，可得椭圆的外切矩形，顺序连结 4 个端点可得到近似的椭圆，如图 1-30(a) 所示。

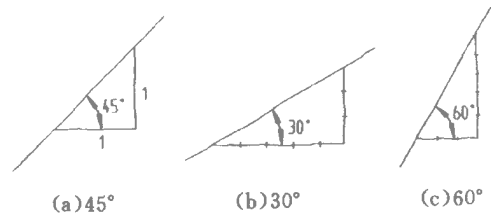


图 1-28 徒手画斜线

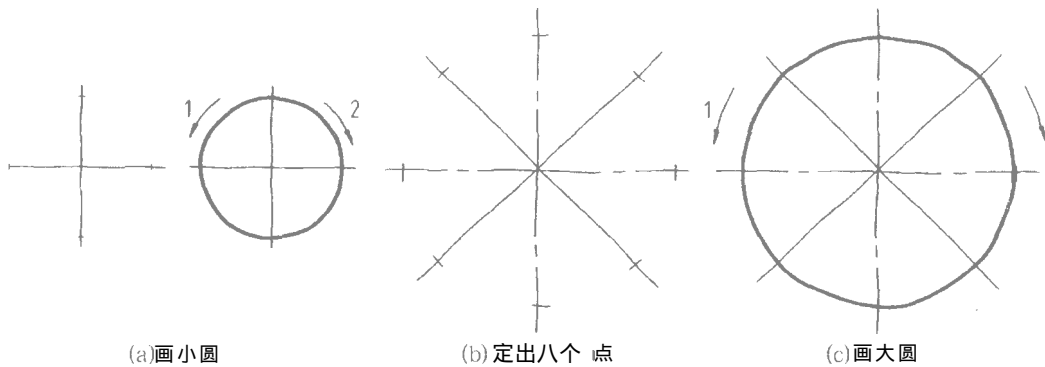


图 1-29 徒手画圆的方法

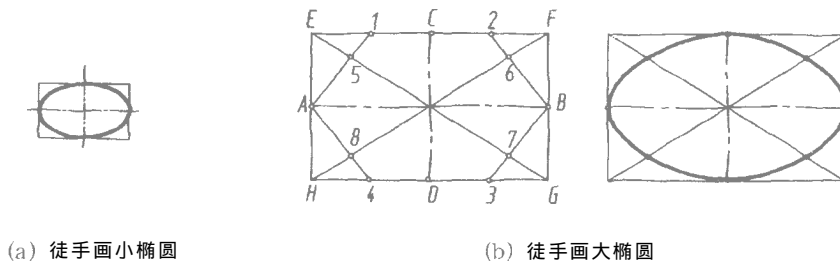


图 1-30 徒手画椭圆

已知长、短轴画较大的椭圆时，可用 8 点法。先画出长、短轴并作矩形，连接矩形对角线，并在两条对角线上目测从各个角点向中心取 3:7 的分点，最后将长、短轴上 4 个端点和对角线上 4 个分点顺序光滑连成椭圆，如图 1-30(b) 所示。