

示范性职业教育“十四五”建设项目

# 工程制图及AutoCAD基础

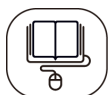
(含实训) (智媒体版)

主 编 倪 伟

副主编 张棋宣



课程思政



新形态一体化教材



动画



校企合作

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

---

图书在版编目 ( C I P ) 数据

工程制图及 AutoCAD 基础 : 含实训. 工程制图及  
AutoCAD 基础 / 倪伟主编. —成都 : 西南交通大学出版  
社, 2021.8

ISBN 978-7-5643-8222-3

工... 倪... 工程制图—AutoCAD 软  
件—高等职业教育—教材 . TB237

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 2021 ) 第 175529 号

---

Gongcheng Zhitu ji AutoCAD Jichu

工程制图及 AutoCAD 基础

( 含实训 )

主编 倪 伟

---

责任编辑 李华宇

封面设计 吴 兵

---

出版发行 西南交通大学出版社  
( 四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号  
西南交通大学创新大厦 21 楼 )

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川森林印务有限责任公司

---

成品尺寸 185 mm × 260 mm

总印张 18.75

总字数 466 千

版次 2021 年 8 月第 1 版

印次 2021 年 8 月第 1 次

套价 58.00 元

书号 ISBN 978-7-5643-8222-3

课件咨询电话 : 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话 : 028-87600562

# 贵阳职业技术学院教材建设

## 委员会

主 任：刘 雁

常务副主任：代 琼

副 主 任：陈开明 张正保 杨 鹏 陈 刚

委 员：熊光奎 马 骏 杨竹君 邓 涛 王德义

徐 敏 王絮飞 邓军琳 凌泽生 张书凤

吴 焱 郁盛梅 胡 然 余 萍 陈 健

彭再兴 刘裕红 童永坤 郑全才 董作君

吴仕萍 田小刚



# 前 言

高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,承担着培养高素质技术技能人才服务经济建设的重任。近年来,随着产业结构的升级和社会岗位的更新变化,要求职业教育改革,要整合资源建设专业群对接产业链、人才链,更好服务经济社会的发展。“工程制图及 AutoCAD 基础”是轨道交通专业群(省级重点专业群)的专业平台课。为了适应轨道交通职业教育发展的需要,本教材结合轨道交通专业群各专业的人才培养方案,以培养技术型、技能型人才为目标,突出高等职业教育的特点。为更好地调动学生自主学习的积极性,落实教学效果,书中对工程图学的内容进行了筛选和整合,坚持突出能力,注重基础,融合轨道交通的职业特色,采用项目教学、任务驱动、延伸思考等教学方法,力求体现现代职业教育新理念,紧跟轨道交通行业发展。识读和绘制机械工程图样是每一个工程技术人员必备的技能,通过本课程的学习,重点培养学生在工程实践中如何进行识读和绘制机械图样的职业能力。

本教材由贵阳职业技术学院倪伟担任主编,贵阳职业技术学院张棋宣担任副主编,贵阳职业技术学院王慧担任主审。具体编写分工如下:项目一由贵阳职业技术学院赵鑫负责编写;项目二由贵阳职业技术学院倪伟负责编写;项目三和项目四由贵阳职业技术学院李慧负责编写;项目五由贵阳职业技术学院张棋宣负责编写。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2021年7月



## 数字资源目录

序号	资源名称	资源类型	页码
1	中心投影法	动画	23
2	平行投影法	动画	23
3	三视图的形成	动画	25
4	三视图的性质	动画	26
5	点的三面投影	动画	27
6	直线的投影	动画	31
7	一般位置平面	动画	36
8	圆柱的截交线	动画	45
9	圆锥的截交线	动画	47
10	表面取点法求曲面立体相贯线	动画	50
11	辅助平面法求曲面立体相贯线	动画	51
12	平面立体的正等轴测图画法	动画	55
13	组合体的分析方法	动画	61
14	切割式组合体的画法	动画	64
15	读组合体的三视图	动画	65
16	基本视图	动画	75
17	机件的局部表示	动画	76
18	斜视图	动画	77
19	展开绘制的剖面图	动画	85
20	轴的断面图	动画	89
21	螺栓连接	动画	101
22	键连接	动画	108
23	套管单耳	动画	115
24	制动杠杆	动画	133
25	车钩缓冲装置装配图	动画	137





# 目 录

项目一 制图基础知识	001
任务一 制图国家标准的基本规定	002
任务二 常用绘图工具	012
任务三 常见几何图形画法	014
项目二 投 影	021
任务一 投影与视图	022
任务二 点、直线和平面的投影	026
任务三 基本体的投影及其表面交线	039
任务四 轴测投影	053
任务五 组合体	058
项目三 图样表达方法	074
任务一 视 图	075
任务二 剖视图	078
任务三 断面图	088
任务四 其他表示方法	090
项目四 制图应用	093
任务一 螺 纹	094
任务二 常用螺纹紧固件及其连接	099
任务三 齿 轮	103
任务四 键连接和销连接	108
任务五 常用滚动轴承和圆柱螺旋压缩弹簧	110
任务六 零件图的作用和内容	115
任务七 零件表达方案的选择	116

任务八 零件图的尺寸标注 .....	119
任务九 零件上常见的工艺结构 .....	122
任务十 零件图上的技术要求 .....	123
任务十一 看零件图 .....	133
任务十二 零件图的绘制 .....	135
任务十三 装配图的作用和内容 .....	137
任务十四 装配图的视图选择和画法 .....	138
任务十五 装配图的尺寸标注 .....	140
任务十六 装配图的零件序号和明细栏 .....	141
任务十七 识读装配图 .....	143
<b>项目五 AutoCAD 绘图基础 .....</b>	<b>148</b>
任务一 AutoCAD 基础知识 .....	149
任务二 二维图形的绘制 .....	164
<b>参考文献 .....</b>	<b>206</b>

## 项目一

# 制图基础知识

### 项目一 制图基础知识

#### 项目导入

机械图样是设计和制造产品的重要技术文件，是设计与生产过程中交流的技术语言。为了设计与生产的一致性，国家制定了机械制图相关标准，包括图纸幅面和格式、标题栏、比例、字体、图线、尺寸标注等。除掌握国家标准外，还应该能正确使用绘图工具，掌握常见几何图形的作图方法和技能等。本项目主要介绍上述内容。

#### 学习目标

1. 掌握机械制图相关国家标准的基本规定；
2. 掌握常用绘图工具的使用方法；
3. 掌握常见几何图形的画法；
4. 掌握徒手绘制草图的方法和技巧。

## 任务一 制图国家标准的基本规定

### 【图示引导】

图样（见图 1-1-1）是工程技术界的共同语言，是产品或工程设计结果的一种表达形式，是产品制造或工程施工的依据，是组织和管理生产的重要技术文件。为了便于技术信息交流，对图样必须作出统一的规定，这个统一的规定就是制图标准。



图 1-1-1 图样

由国家指定专门机关负责组织制定的全国范围内执行的标准，称为“国家标准”，简称“国标”，代号为“GB”。由“国际标准化组织”制定的世界范围内使用的国际标准，其代号为“ISO”。目前，在土木水利方面，国内执行的制图标准主要有《技术制图标准》《总图制图标准》《水利水电工程制图标准》《房屋建筑制图统一标准》《建筑制图标准》《建筑结构制图标准》《建筑给排水制图标准》《机械制图标准》等。

下面将分别就工程制图标准中规定的基本内容（包括图纸的幅面及格式、比例、字体、图线、尺寸标注等）作简要介绍。

### 【相关知识】

#### 一、图纸幅面和格式（GB/T 14689—2008）

国家标准对机械图样的图纸幅面尺寸和格式有明确的规定，在绘图时，应估计零件的尺寸选择合适的幅面尺寸。

## (一) 图纸幅面

图纸幅面指绘制工程图时所用图纸的大小，幅面代号和图框尺寸可查表 1-1-1。基本代号有 A0、A1、A2、A3、A4 五种，其尺寸大小对应关系为  $1 \times A0 = 2 \times A1 = 4 \times A2 = 8 \times A3 = 16 \times A4$ ，如图 1-1-2 所示。必要时可以加长幅面，加长图纸幅面尺寸由基本幅面短边以整数倍增加而得。绘图时图纸可以横放或竖放。

表 1-1-1 幅面代号和图框尺寸

单位：mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
$a$	20				
$c$	10			5	
$e$	20		10		

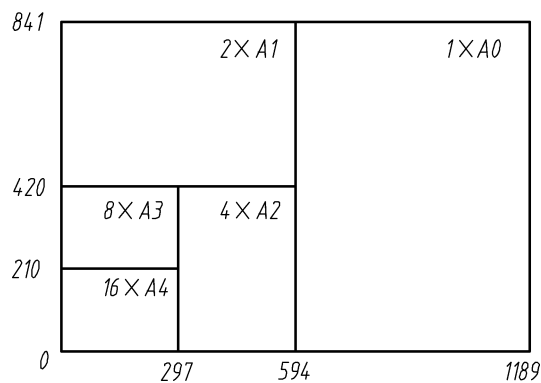


图 1-1-2 图纸大小及对应关系

## (二) 图框格式

在绘图时我们把限定绘图区域的线框称为图框，用粗实线画出，其格式分为留装订边和不留装订边两种。图 1-1-3 所示为留装订边图纸的图框格式， $a$ 、 $c$  值可按表 1-1-1 规定选取。图 1-1-4 所示为不留装订边图纸的图框格式， $e$  值可按表 1-1-1 规定选取。在同一产品的图样中只能选用其中一种格式。

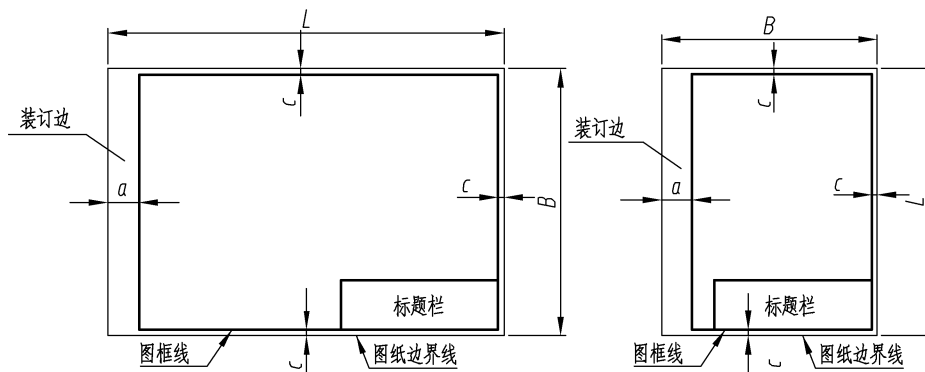


图 1-1-3 留装订边图纸的图框格式

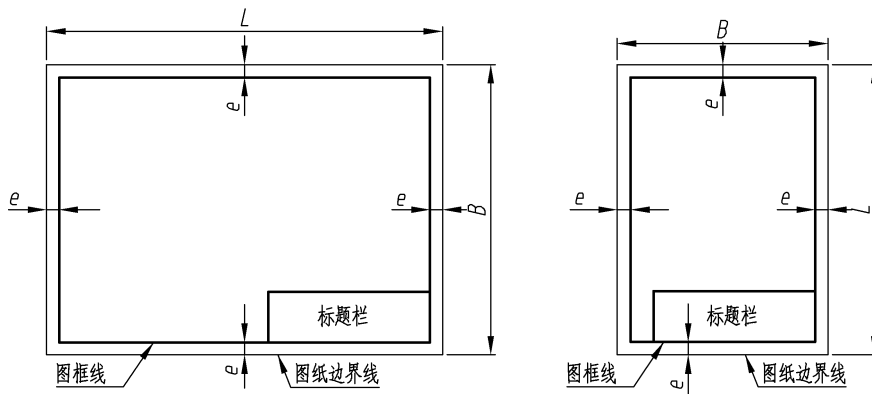
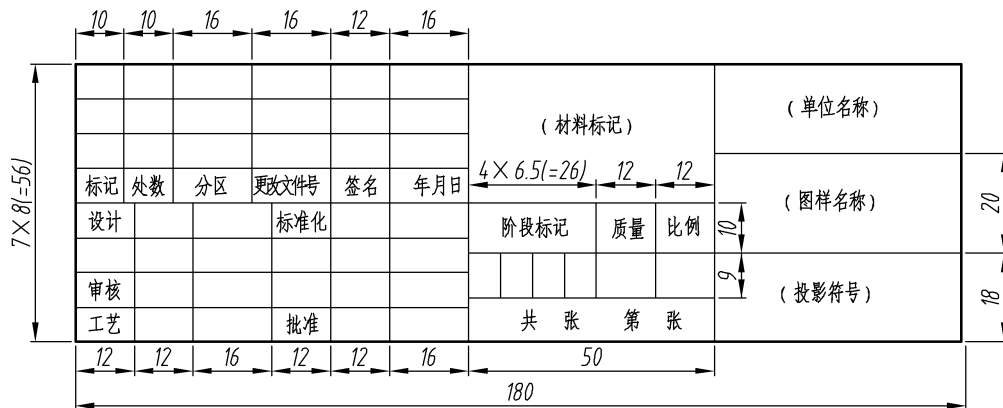


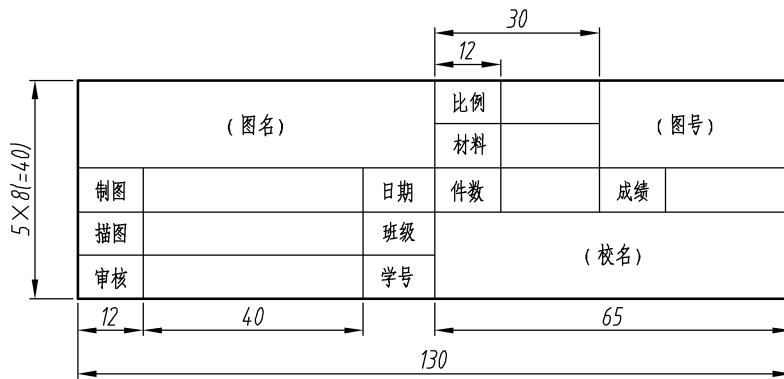
图 1-1-4 不留装订边图纸的图框格式

## 二、标题栏 (GB/T 10609.1—2008)

标题栏位于图纸的右下角，它提供图样的诸多内容，是图样不可缺少的部分。在国家标准 (GB/T 10609.1—2008) 中对标题栏的格式、尺寸和线型作了详细规定，标题栏处框用粗实线、框内用细实线绘制，如图 1-1-5 (a) 所示。在教学中我们常用简化标题栏，如图 1-1-5 (b) 所示。



(a) 国标规定格式



(b) 简化学生用格式

图 1-1-5 标题栏

### 三、比例 (GB/T 14690—1993)

图样中，图形要素与其所表达实物相应要素的线性尺寸之比称为比例，分为原值比例、放大比例和缩小比例。

原值比例：比值为 1 的比例，即图形与实物相同。

放大比例：比值大于 1 的比例，即图形大于实物。

缩小比例：比值小于 1 的比例，即图形小于实物。

绘制图样时，尽量按机件的实际大小画出，以方便读图。如机件太大或太小，按国标规定可从表 1-1-2 中选取合适的比例。在同一张图纸中，应尽量选用同一比例并在标题栏中标明。若某个视图需要其他比例时，可在视图名称下方或右侧标明即可。无论选用何种比例绘图时，尺寸标注的大小均按实物的实际尺寸大小标注，如图 1-1-6 所示。

表 1-1-2 绘图比例

比例类型	优先选用	允许选用
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 : $10^n$ , 1 : $2 \times 10^n$ , 1 : $5 \times 10^n$	1 : 1.5, 1 : 2.5, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 6, 1 : $1.5 \times 10^n$ , 1 : $2.5 \times 10^n$ , 1 : $3 \times 10^n$ , 1 : $4 \times 10^n$ , 1 : $6 \times 10^n$

### 四、字体 (GB/T 14691—1993)

国标对图样中的汉字、字母和数字作了标准化的规定，在图样中书写汉字时必须做到：字体工整、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀。字体的大小用字号表示，分为 20 mm、14 mm、10 mm、7 mm、5 mm、3.5 mm、2.5 mm、1.8 mm 八种。

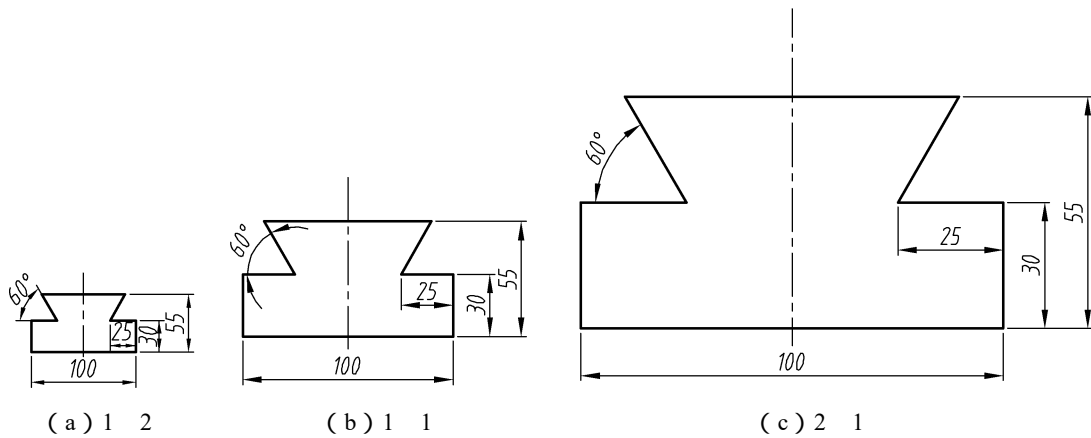


图 1-1-6 不同比例编制同一图形

### (一) 汉字

汉字应写成长仿宋体，并采用国家规定的简化汉字书写。长仿宋体的书写要点是：横平竖直、结构均匀、注意起落、填满方格。汉字的高度  $h$  不小于 3.5 mm，其字宽一般为  $h/\sqrt{2}$ ，如图 1-1-7 所示。

**字体工整 笔画清楚**  
**排列整齐 间隔均匀**

图 1-1-7 长仿宋体字书写示例

### (二) 数字和字母

数字和字母分为 A、B 型。A 型字体的笔画宽度等于字高的 1/14；B 型字体的笔画宽度等于字高的 1/10。书写数字和字母时可采用直体或斜体，斜体字与水平基准线成  $75^\circ$ ，如图 1-1-8 所示。

数字：A 型斜体 *0123456789*  
B 型直体 **0123456789**

字母：A 型大写斜体 *ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ*  
B 型大写直体 **ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ**  
A 型小写斜体 *abcdefghijklmnopqrstu vwxyz*  
B 型小写直体 **abcdefghijklmnopqrstu vwxyz**

图 1-1-8 数字和字母书写示例





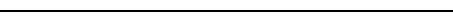
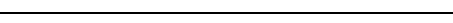





## 五、图线 (GB/T 4457.4—2002)

### (一) 线型及应用

绘制图样时,应采用国家标准规定的线型来绘图,机械图样中常用的9种线型分别为:粗实线、细实线、细虚线、粗虚线、细点画线、粗点画线、双点画线、波浪线和双折线。线型及应用说明见表1-1-3。图线应用示例如图1-1-9所示。

表 1-1-3 图线及用途

图线名称	线型	线宽	应用
粗实线		$d$	可见轮廓线
细实线		$d/2$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线、过渡线、指引线等
粗虚线		$d$	允许表面处理的表示线(长 $12d$ , 间隔长 $3d$ )
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线(长 $12d$ , 间隔长 $3d$ )
粗点画线		$d$	有特殊要求的线或表面的表示线(长 $24d$ , 间隔长 $3d$ , 点长 $0.5d$ )
细点画线		$d/2$	轴线、对称中心线等(长 $24d$ , 间隔长 $3d$ , 点长 $0.5d$ )
细双点画线		$d/2$	极限位置的轮廓线、相邻辅助零件的轮廓线等(长 $24d$ , 间隔长 $3d$ , 点长 $0.5d$ )
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

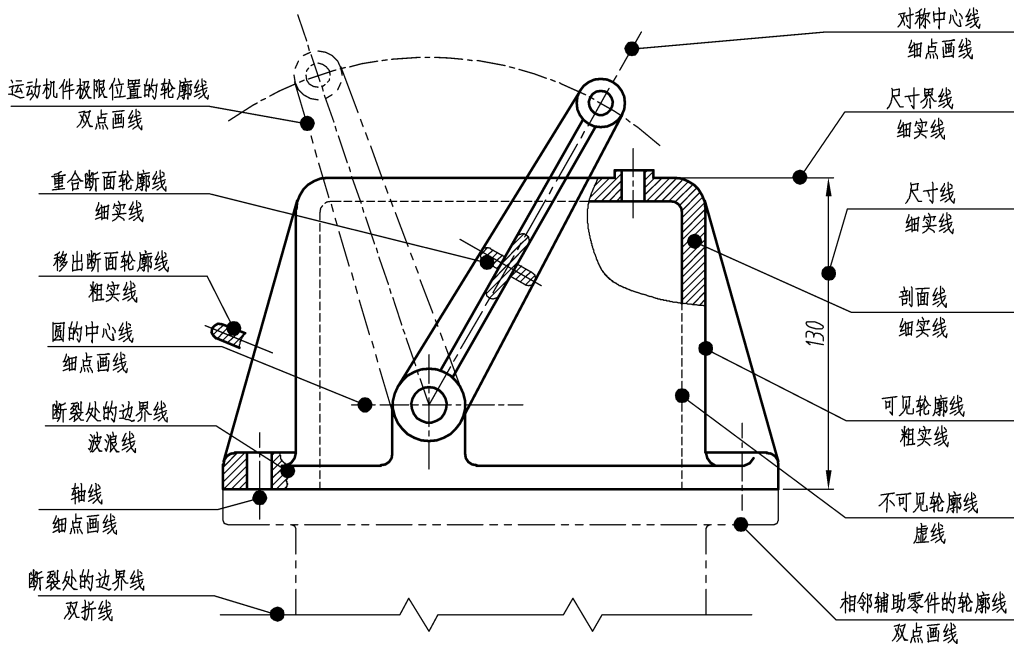


图 1-1-9 图线应用示例

## (二) 图线宽度

图样中图线分为粗、细两种规格。粗线的宽度  $d$  可根据图形大小和复杂程度来选用，在国家图线标准系列中选择，细线的宽度为  $d/2$ 。

国家图线标准系列为 0.13 mm、0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1.4 mm、2.0 mm。粗线宽度一般选择 0.5 mm 或 0.7 mm。

## (三) 注意事项

(1) 同一图样中，同类型图线的宽度保持一致，虚线、点画线和双点画线的线段长度和点的长度各自大体相等。

(2) 两条平行线、剖面线之间的距离不小于粗线的两倍宽度，即不小于 0.7 mm。

(3) 虚线、点画线、双点画线与图线相交时，应在线段处相交。点画线和双点画线的首尾端应是线段并超出图形的轮廓线 3 ~ 5 mm。小图形尺寸较小时可用细实线代替点画线，如图 1-1-10 所示。

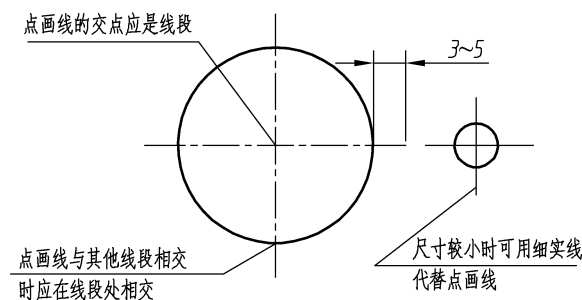


图 1-1-10 点画线的画法

(4) 当虚线位于粗实线的延长线时，粗实线应画到分界点，而虚线应留有空隙。当虚线圆弧与虚线直线相切时，虚线圆弧的线段应画到切点，而虚线直线应留有空隙。

## 六、尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003)

图形只能表达机件的形状，而不能确定机件的大小和相对位置，只有通过尺寸来确定。标注尺寸时应做到正确、齐全、清晰，并严格遵守国家标准对尺寸标注的一系列规定。

### (一) 基本规则

(1) 机件上实际大小以图样上所标注的尺寸数值为准，与图样的比例和绘图的准确度无关。

(2) 图样中的尺寸数字，以毫米 (mm) 为单位时，无须标注计量单位的名称或代号，即尺寸数字默认的单位是毫米 (mm)。如采用其单位，则必须注明所用计量单位的名称或代号。

(3) 图样上所标注的尺寸为最后加工完的尺寸，否则应另加说明。

(4) 机件上每一尺寸一般只标注一次，并标注在反映该结构最清晰的视图上。

## (二) 尺寸要素

一个完整的尺寸包括尺寸界线、尺寸线、尺寸数字和尺寸终端（箭头或斜线）四个要素组成，如图 1-1-11 所示。

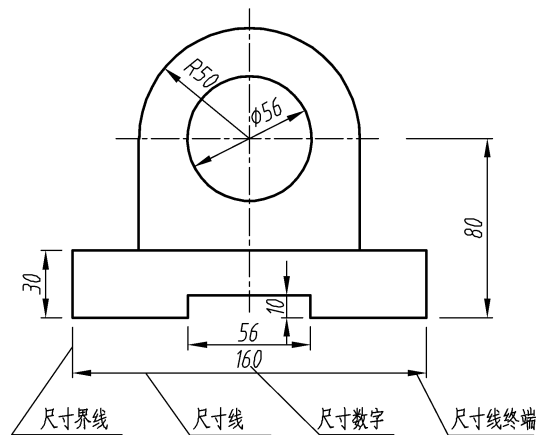


图 1-1-11 尺寸要素

### 1. 尺寸界线

尺寸界线用细实线绘制，并由图形的轮廓线、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为尺寸界线。尺寸界线一般与尺寸线垂直并超出尺寸线 2 mm 左右，特殊情况下可以倾斜。

### 2. 尺寸线

尺寸线用细实线绘制。尺寸线必须单独画出，不能与图形线重合或在其延长线上，尺寸线与所标注的线段平行。

### 3. 尺寸数字

按国标规定字体书写尺寸数字。在同一图样上，尺寸数字高度应保持一致；水平方向的尺寸，数字需标在尺寸线的上方、字头向上；垂直方向的尺寸，数字需标注在尺寸线的左侧、字头向左；当数字在图中遇到图线时需将图线断开。

### 4. 尺寸终端

一般有三种结构形式：箭头、45°细斜线和圆点，如图 1-1-12 所示。

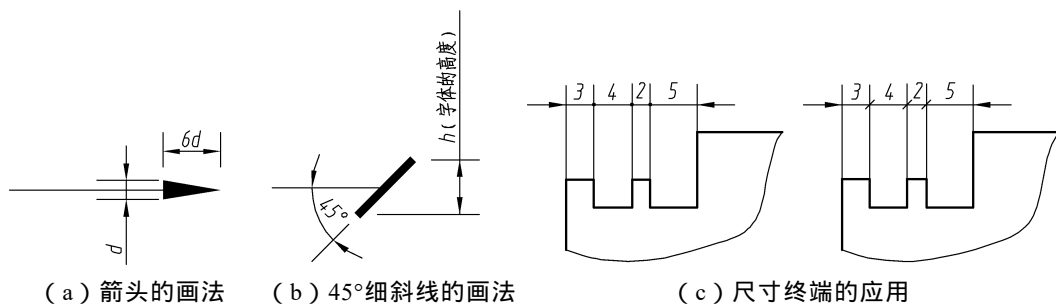


图 1-1-12 尺寸终端的画法与应用

### (三) 尺寸的标注方法

#### 1. 尺寸简化标注

标注尺寸时尽量采用标注符号和缩写词，如直径 $\phi$ 、半径 $R$ 等，见表 1-1-4。

表 1-1-4 尺寸标注符号和缩写词

名称	符号或缩写词	名称	符号或缩写词
直径	$\phi$	厚度	$t$
半径	$R$	45°倒角	C
球	$S\phi$	深度	$\nabla$
均布	EQS	沉孔或铰平	$\sqcup$
斜度		锥度	$\triangleleft$
正方形	$\square$	埋头孔	$\sphericalangle$

#### 2. 常用尺寸标注示例

常用尺寸标注示例见表 1-1-5。

表 1-1-5 常用尺寸标注示例

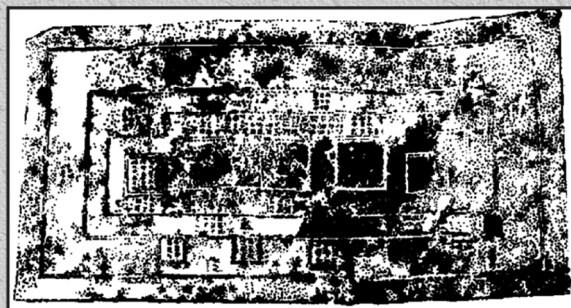
标注内容	示例	说明
线性尺寸	<p>(a) (b)</p>	<p>尺寸线必须与所标注的线段平行，尺寸数字一般标注在尺寸线的上方或左侧，也可标注在尺寸线的中断处，大尺寸要注在小尺寸外面，尺寸数字按图(a)中所示的方向标注，尽可能避免在图示 30°范围内标注尺寸，当无法避免时应采用图(b)形式标注</p>
圆弧	<p>直径</p>	<p>标注圆的直径时要在尺寸数字前加直径符号“<math>\phi</math>”，尺寸线通过圆心，以圆周为尺寸界线</p>
	<p>半径</p>	<p>标注半径时，尺寸线通过圆心指向圆弧，只画一个箭头，尺寸数字前加半径符号“<math>R</math>”</p>
大圆弧		<p>当圆弧或球的半径过大或图纸范围内无法标注其圆心时，可采用折线形式标注</p>

续表

标注内容	示例	说明
小尺寸		<p>对于尺寸较小的图形，标注时没有足够的位置标注箭头和书写数字时，可采用外尺寸界线外或小圆点代替箭头，尺寸数字也可采用旁注或引出标注</p>
角度		<p>角度标注时尺寸数字应水平书写，尺寸界线沿角边径向引出，尺寸线画成圆弧，圆心指向角的顶点</p>
球面		<p>球面标注直径或半径时，应在尺寸数字前分别加注符号“Sφ”或“SR”</p>
弦长和弧长		<p>标注弦长时，尺寸线应垂直于弦的垂直线。标注弧长时尺寸线与圆弧为同心弧，并在尺寸数字上方加注符号“<math>\widehat{\quad}</math>”</p>

思考延伸：我国是一个具有丰富图学传统的国家，而工程图学是中国科学技术之萃萃大者。我国古代的图学家们创造了人类文明史上堪称凿空之举的奇迹，无论是图学思想、图学理论，或是制图技术，都取得了巨大的科学成就；这些思想和成就闪烁着中华文明的奇光异彩，为近现代工程图学打下了基础。特别是我国古代工程图学所具有的科学技术与艺术的完美结合，为当今科学技术和艺术的整体发展趋势提供了历史的借鉴。作为新时代的大学生更应该努力学好知识，储备能量，为祖国的发展复兴贡献自己的力量。

在河北省平山县1977年出土的战国时代中山王墓建筑规划平面图  
(约公元前308—309年)



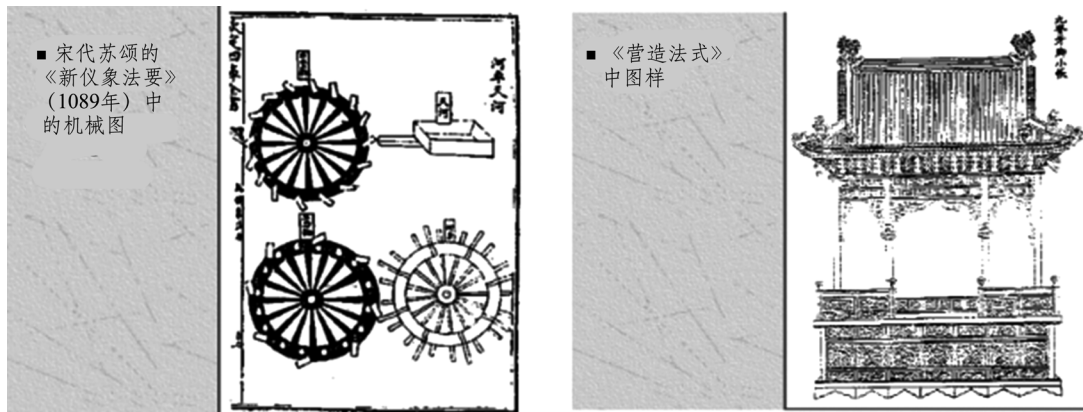


图 1-1-13 我国古代工程图样

## 任务二 常用绘图工具

### 【相关知识】

#### 一、铅笔

铅笔分为软、中、硬三种。用“B”表示软，用“H”表示硬，用数字表示软硬程度，“B”前面数字越大越软，如B、2B、3B、4B、5B、6B，其中6B最软。“H”前面数字越大越硬，如H、1H、2H、3H、4H、5H、6H，其中6H最硬。还有一种HB，软硬适中。

绘制图形底稿时，建议采用2H或3H铅笔，笔尖削成尖锐的圆锥形；描黑底稿时，建议采用B或2B铅笔，笔尖削成扁平形；写字或尺寸标注时，建议采用H或HB的铅笔。

#### 二、图板和丁字尺

作图时，要求图纸平整，需将图纸平铺在图板上并用胶带固定，所以要求图板表面光洁平整，四边平直。图板的左侧边称为导边，配合丁字尺使用，必须平直。常用图板规格有A0、A1、A2三种。

丁字尺主要用于画水平线，它由尺头和尺身组成。尺头内侧边与尺身上边必须垂直。使用时，尺头内侧紧贴图板左侧导边，用左手扶住尺头上下移动，即可画出不同位置的水平线，如图1-2-1所示。

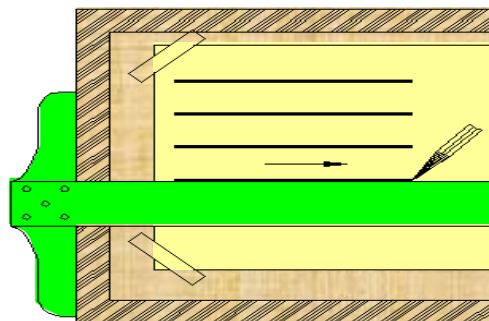


图 1-2-1 图板和丁字尺

### 三、三角板

三角板有  $45^\circ$  和  $30^\circ$  (或  $60^\circ$ ) 两种, 与丁字尺配合使用可画出  $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $90^\circ$  线段。两块三角板与丁字尺的使用方法如图 1-2-2 所示。

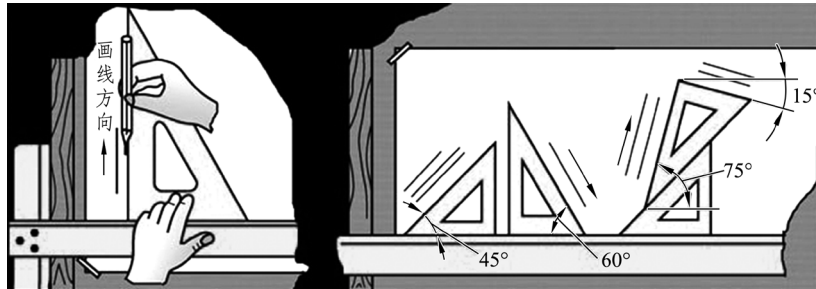


图 1-2-2 三角板

### 四、圆规和分规

圆规主要用于画圆或圆弧。画图时尽量使钢针和铅芯都垂直于纸面, 圆规的钢针肩台与铅芯尖平齐。圆规的使用方法如图 1-2-3 所示。

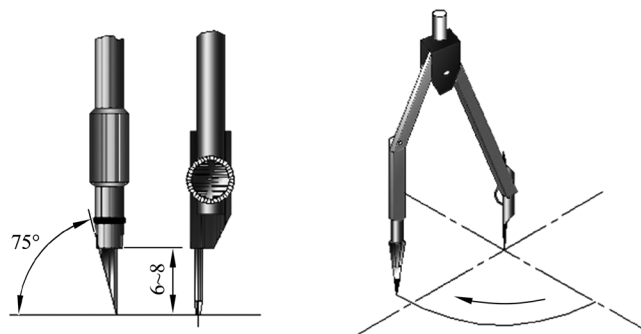


图 1-2-3 圆规和分规

### 五、曲线板

曲线板是用来绘制曲率半径不同的非圆曲线的工具。作图时, 先用铅笔徒手把各点依次连成曲线; 然后找出曲线板上与曲线相吻合的线段, 每次至少要吻合四个点 (三段线), 画出前两段曲线; 按同样的方法找出下一段, 相邻曲线段之间应留一小段共同段作为过渡, 即应有一小段与已画曲线段重合, 以保证最后画成的曲线光滑、流畅, 如图 1-2-4 所示。

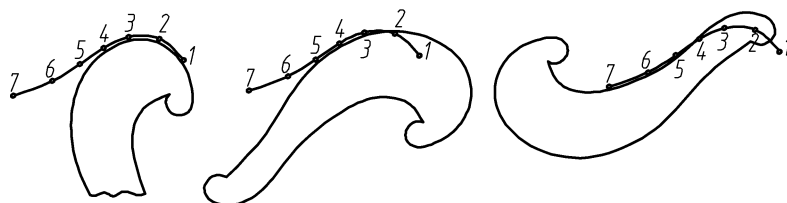


图 1-2-4 曲线板

思考延伸：每个绘图工具都有其使用的方法，我们都要按照其规定的方法作图，才能准确、高效地完成工作任务。请同学们想一想，做人处世是否也一样，不逾矩，认认真真做事，清清白白做人，对得起天地良心，于人于己问心无愧，才能一辈子活得坦然，活得轻松，活得自在。

## 任务三 常见几何图形画法

### 【相关知识】

#### 一、等分线段

平行线法：首先过等分线段一端点画任意辅助直线，用分规在这条直线上截取任意等长的  $n$  等份，然后连接等分的终点和已知线段的另一个端点，得一条线段，记为“ $m$ ”。过辅助直线上各等分点分别作平行线与  $m$  平行，各平行线也等分线段的交点即将线段  $n$  等份。

如图 1-3-1 所示，将已知线段  $AB$  五等分。

画法：

过端点  $A$  作任一直线  $AC$ ，用分规以任意等长在  $AC$  上量取五份，等分点分别记为  $D$ 、 $E$ 、 $F$ 、 $G$ 、 $H$ ，连接  $BH$ ，过等分点  $D$ 、 $E$ 、 $F$ 、 $G$  作  $BH$  的平行线与  $AB$  相交，交点记为 1、2、3、4，即为线段  $AB$  的等分点。

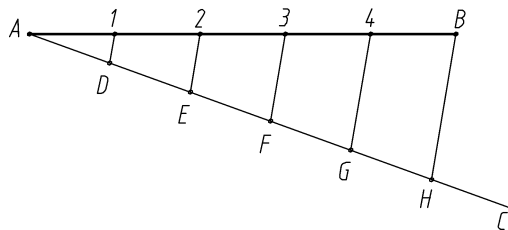


图 1-3-1 线段五等分

#### 二、等分圆周和作正多边形

##### (一) 六等分圆周及画正六边形

六等分圆周有两种作图方法，即用三角板与丁字尺配合作图和用圆规作图。

##### 1. 用三角板与丁字尺

作已知圆的六等分，使用  $30^\circ$  ( $60^\circ$ ) 三角板与丁字尺配合作图，如图 1-3-2 (a) 所示。过圆心作水平线交已知圆于  $A$ 、 $B$  两点，过  $A$ 、 $B$  点用  $60^\circ$  三角板分别画出两条线段交已知圆于 1、2 点，用三角板直角边过 1、2 点分别作直线与已知圆相交于 3、4 点，点  $A$ 、1、2、 $B$ 、4、3 分别为圆的六等分点，依次连接各等分点即得正六边形。



## 2. 用圆规

作已知圆的六等分,使用圆规作图,如图 1-3-2 (b) 所示。过圆心作水平线交已知圆于  $A$ 、 $D$  两点,过  $A$ 、 $D$  两点为圆心,以已知圆的半径为半径,画弧交已知圆于  $B$ 、 $F$ 、 $C$ 、 $E$ ,则  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$  即为已知圆的六等分点,依次连接各等分点即得正六边形。

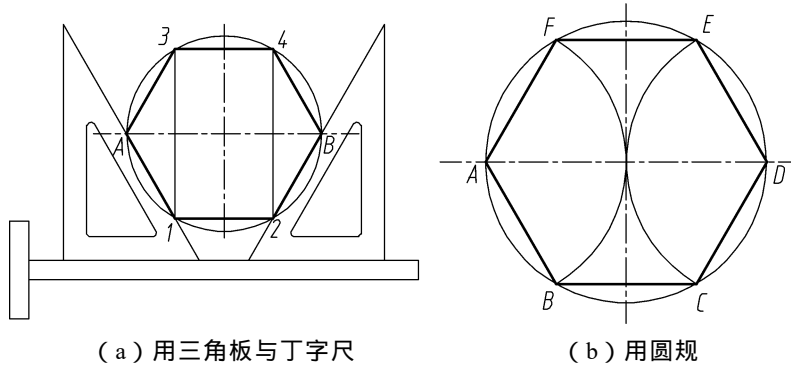


图 1-3-2 正六边形画法

## (二) 五等分圆周及画正五边形

已知外接圆直径,绘制正五边形的作图方法如图 1-3-3 所示。

(1) 取外接圆半径  $OA$  的中点  $B$ 。

(2) 以  $B$  点为圆心,  $BC$  为半径画圆弧交水平轴线于  $D$  点,  $CD$  即为正五边形的边长。

(3) 以  $C$  点为圆心,  $CD$  为半径画圆弧,交圆于 1、2 两点,分别以 1、2 两点为圆心,  $CD$  长为半径画圆弧,交外接圆于 4、3 两点,1、 $C$ 、2、3、4 即为外接圆的五个等分点,依次连接各等分点即得正五边形。

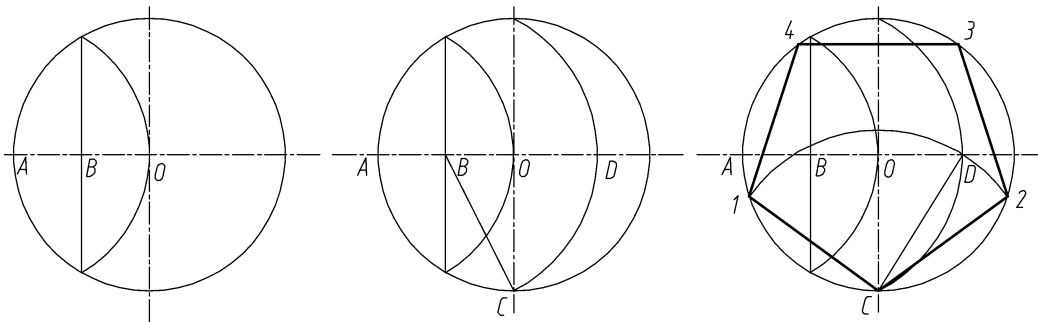
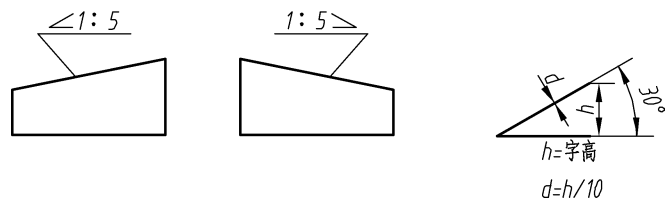


图 1-3-3 五等分圆周及正五边形画法

## 三、斜度和锥度

### (一) 斜 度

斜度是指一直线或平面相对另一直线或平面的倾斜程度,其大小用它们之间夹角的正切值表示,即斜度  $\tan\alpha = H/L$ 。在图样中,用  $1/n$  加上斜度符号“ ”标注,  $n$  为正整数,斜度符号的斜线方向与斜度方向一致,如图 1-3-4 所示。

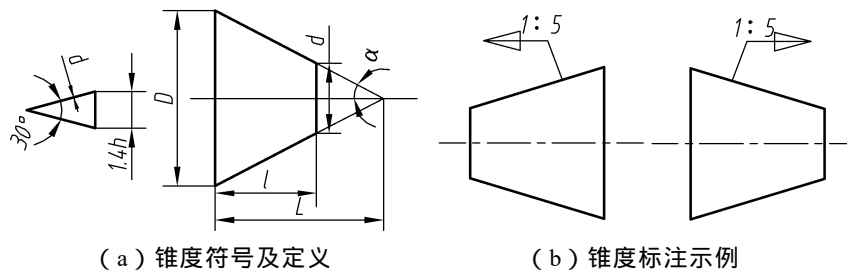


(a) 斜度标注 (b) 斜度符号画法

图 1-3-4 斜度及其符号画法

## (二) 锥 度

锥度是指圆锥的底圆直径  $D$  与高  $H$  之比, 如图 1-3-5 (a) 所示,  $\text{锥度} = 2 \tan \alpha = D/L = (D-d)/l$ 。在图样中, 用  $1/n$  加上锥度符号 “ $\triangleleft$ ” 标注,  $n$  为正整数, 锥度符号的斜线方向与斜度方向一致, 如图 1-3-5 (b) 所示。



(a) 锥度符号及定义 (b) 锥度标注示例

图 1-3-5 锥度及其标注

## 四、椭 圆

椭圆的作图方法有同心圆法和四心法。

### (一) 同心圆法

同心圆法作图步骤如图 1-3-6 (a) 所示。

- (1) 分别以长轴、短轴为直径, 中点为圆心作同心圆;
- (2) 过同心圆的圆心作一系列放射线, 分别与大圆和小圆相交, 得若干点;
- (3) 对同一条放射线, 过大圆上的交点作竖直线与对应小圆交点作水平线相交于一点, 如此可得一系列交点;
- (4) 用光滑的曲线过  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  点及步骤 (3) 中所得各交点连接起来即得椭圆。

### (二) 四心法

四心法作图步骤如图 1-3-6 (b) 所示。

- (1) 连接长轴  $AB$  和短轴  $CD$  的端点  $AC$ , 以  $O$  点为圆心,  $OA$  为半径画圆弧交  $DC$  延长线于  $E$  点, 再以  $C$  点为圆心,  $CE$  为半径画圆弧交  $AC$  于  $F$  点;
- (2) 作  $AF$  的中垂线, 分别交长轴和短轴于  $O_1$  和  $O_2$  点, 再作  $O_1$ 、 $O_2$  的对称点  $O_3$ 、 $O_4$ , 即得各圆弧的圆心;

(3) 分别以  $O_1$ 、 $O_3$  和  $O_2$ 、 $O_4$  为圆心，以  $O_1A$ 、 $O_3B$  和  $O_2C$ 、 $O_4D$  为半径画圆弧，使四段圆弧相切于  $K$ 、 $H$ 、 $M$ 、 $N$  点，即得椭圆。

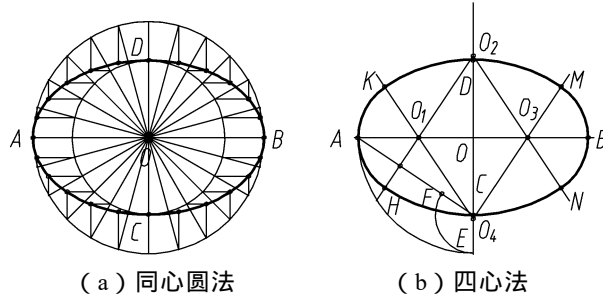


图 1-3-6 椭圆的近似画法

## 五、线段圆弧连接

用圆弧光滑连接两已知线段（直线段或圆弧）称为圆弧连接。圆弧连接的关键在于准确找出线段圆弧连接的圆心和切点。

### (一) 两相交直线连接

两相交直线圆弧连接的作图步骤如图 1-3-7 (a) 所示，已知直线  $A$ 、 $B$ ，要求用半径为  $R$  的圆弧连接。分别作两已知直线  $A$ 、 $B$  的平行线  $M$ 、 $N$ ， $M$ 、 $N$  分别到已知直线  $A$ 、 $B$  的距离为  $R$ ， $M$ 、 $N$  的交点  $O$  即为连接圆弧的圆心；过  $O$  点分别作  $A$ 、 $B$  的垂线，垂足为  $K_1$ 、 $K_2$ ， $K_1$ 、 $K_2$  即为连接圆弧与直线  $A$ 、 $B$  的切点；以  $O$  为圆心， $R$  为半径，连接  $K_1$ 、 $K_2$  即为所求圆弧。

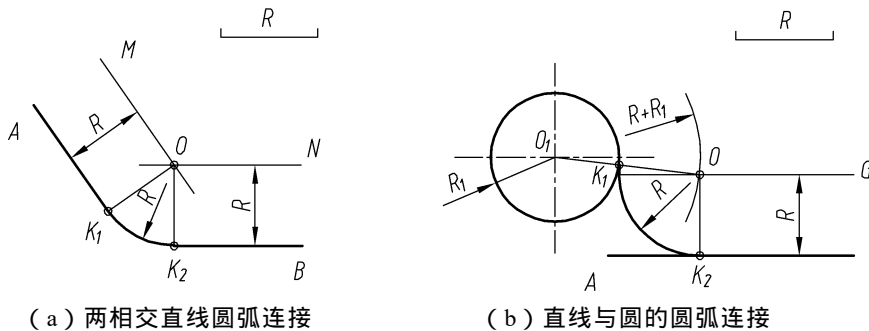


图 1-3-7 直线与直线、直线与圆的圆弧连接

### (二) 直线与圆弧的连接

直线与圆弧连接可分为连接圆弧与已知圆弧外切和内切两种情况。连接圆弧与已知圆弧外切连接作图步骤如图 1-3-7 (b) 所示。以  $O_1$  为圆心， $R + R_1$  为半径画圆弧与相距直线  $A$  距离为  $R$  的平行线  $G$  相交于点  $O$ ，即为所求连接圆弧的圆心，连接  $O$  和  $O_1$  相交于点  $K_1$ ，过  $O$  点作直线  $A$  的垂线垂足为  $K_2$ ， $K_1$ 、 $K_2$  即为切点。以  $O$  为圆心， $R$  为半径，连接  $K_1$ 、 $K_2$  即为所求圆弧。连接圆弧与已知圆弧内切连接的作图方法原理相同。

### (三) 两圆弧的连接

已知圆弧连接有三种情况：连接圆弧与两已知圆弧外切，如图 1-3-8 (a) 所示；连接圆弧与两已知圆弧内切，如图 1-3-8 (b) 所示；连接圆弧与一已知圆弧外切与另一已知圆弧内切。作图步骤：分别以  $O_1$ 、 $O_2$  为圆心，外切时以  $R+R_1$ 、 $R+R_2$  为半径，内切时以  $R-R_1$ 、 $R-R_2$  为半径画圆弧，两圆弧的交点即为连接圆弧的圆心；再连接  $O_1O$  和  $O_2O$ ，与已经圆弧相交点分别是  $K_1$ 、 $K_2$ ， $K_1$ 、 $K_2$  即为切点。以  $O$  为圆心， $R$  为半径，连接  $K_1$ 、 $K_2$  即为所求圆弧。

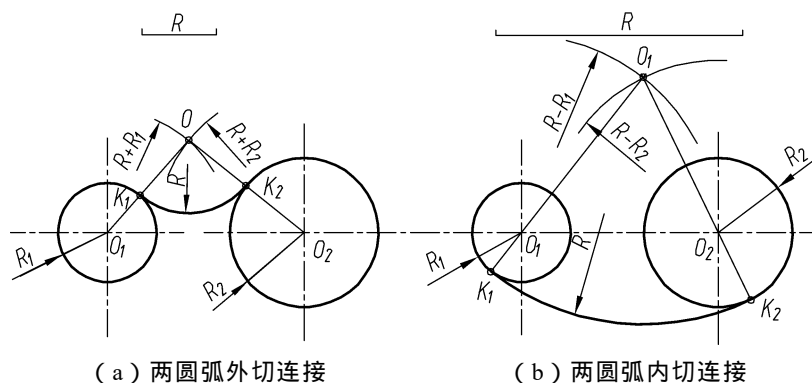


图 1-3-8 两圆弧连接

## 六、绘制平面图形

平面图形是由若干线段（包括直线、曲线、圆弧等）连接而成。这些线段之间的连接和相对位置关系用给定的尺寸来确定，一个平面图形能否正确绘制出来，取决于图中所给定的尺寸是否正确和齐全，所以在平面图形绘制前，应先进行尺寸和线段分析，以明确作图步骤。

### (一) 平面图形的尺寸分析

图形尺寸可以分为定形尺寸和定位尺寸两大类。

#### 1. 尺寸基准

尺寸基准就是标注尺寸的起点。在平面图形中一般有水平方向的尺寸基准和竖直方向的尺寸基准。当在某个方向需要多个基准时，其中起主要作用的为主基准，其余为辅助基准。常用点基准有圆心、球心、多边形中心点、角点等；线基准有对称图形的对称轴线、圆的对称中心线和较长的直线，如图 1-3-9 所示。

#### 2. 定形尺寸

确定平面图形中各种线段形状和大小尺寸称为定形尺寸，如线段的长度，圆弧的半径、直径等，如图 1-3-9 所示的  $\phi 20$ 、 $\phi 5$ 、 $R15$ 、 $R12$ 、 $R50$ 、 $R10$  等。

#### 3. 定位尺寸

确定平面图形中各要素之间相对位置的尺寸。它一般与尺寸基准相联系，以确定其他图形要素的位置，如图 1-3-9 所示的 8、45、75 等。

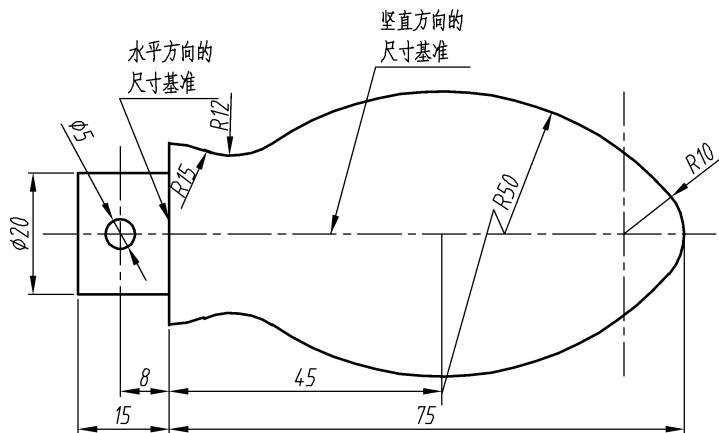


图 1-3-9 手柄

## (二) 绘制方法和步骤

### 1. 绘图前的工作准备

(1) 准备好所有的绘图仪器和工具，如图板、图纸、丁字尺、圆规、三角板、铅笔、橡皮等。

(2) 根据图样大小，选择合适的图纸。

### 2. 线段分析

根据所提供的图形尺寸情况，可将图形中的线段分为已知线段、中间线段和连接线段。

(1) 已知线段：有齐全的定位尺寸和定形尺寸，作图时可直接按所给尺寸画出的尺寸叫作已知线段，如图 1-3-9 所示的尺寸  $\phi 20$ 、 $\phi 5$ 、 $R10$  等。

(2) 中间线段：有定形尺寸，缺少一个定位尺寸，必须依靠线段的两端与另外线段相切才能画出的线段叫作中间线段，如图 1-3-9 所示的半径为  $R50$  的圆弧。

(3) 连接线段：有定形尺寸、无定位尺寸的线段叫作连接线段，必须依靠线段的两端与另外线段相切才能画出的线段叫作连接线段，如图 1-3-9 所示的半径为  $R12$  的圆弧。

由此可见，在画圆弧连接部分的线段时，应先画已知线段，再画中间线段，最后画连接线段。

### 3. 画底稿

用较硬的铅笔，如 H 或 2H，在图纸上用细线轻轻画出图样底稿。现以图 1-3-9 所示的手柄图形为例，一般步骤如下：

(1) 画图框线和标题栏：按国家标准中规定的格式和尺寸，在图纸上画好图框线和标题栏。学生可以采用简化标题栏。

(2) 图形布局：根据图形的大小，选择绘图比例，并在图纸的适当位置画出图形的基准线，即完成布局。

(3) 画图：根据前面对图形的分析，先画出已知线段，然后画中间线段，最后再画连接线段。可保留作图痕迹，最后再擦除，如图 1-3-10 所示。要求方法正确，作图准确，最后再加深。

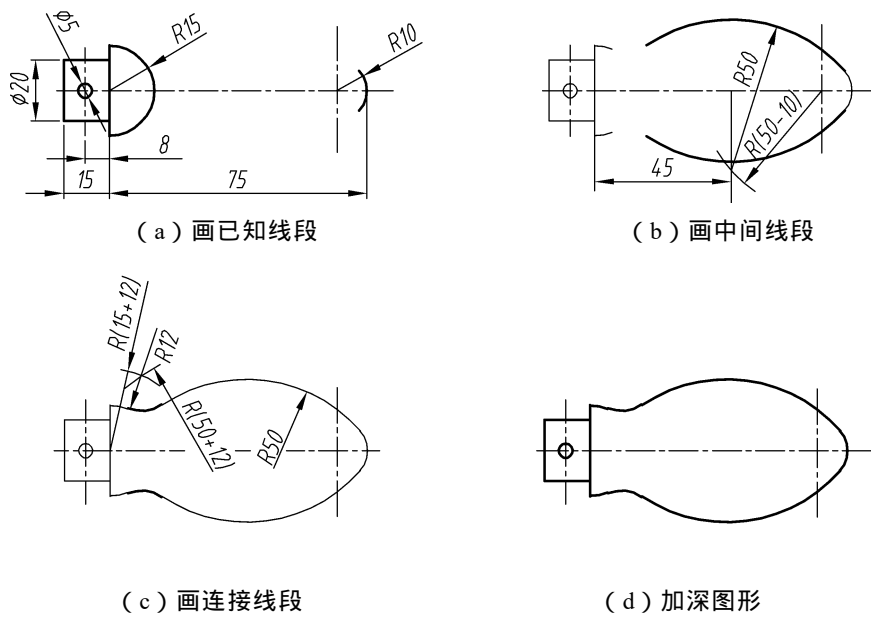


图 1-3-10 手柄的作图步骤

#### 4. 标注尺寸

标注尺寸要完整、清晰，遵守国家标准的规定。

#### 5. 检查

对整个图形线段和尺寸标注进行检查，修改错误，擦除多余的辅助线。

### 七、徒手绘制草图的方法

在实际工作中，由于现场条件或时间的限制，常常会遇到徒手画图的情况，我们把这种不用绘图工具和绘图仪器作图的方法称为绘制草图的方法，所得到的图形称为草图。

