

机械制图



类目：机械类

书名：机械制图

主编：鲁德海 张倩 邵明宇

出版社：电子科技大学出版社

开本：大 16 开

书号：978-7-5770-0412-9

使用层次：通用

出版时间：2025 年 6 月

定价：65.00 元

印刷方式：双色

是否有资源：是

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制图 / 鲁德海, 张倩, 邵明宇主编. — 成都 :
电子科技大学出版社, 2025. 6
机械类创新融合系列教材 “互联网 +” 教育改革新
理念教材
ISBN 978-7-5770-0412-9
I. ①机… II. ①鲁… ②张… ③邵… III. ①机械制
图-教材 IV. ①TH126
中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 134930 号

机械制图

JIXIE ZHITU

鲁德海 张倩 邵明宇 主编

策划编辑 万晓桐
责任编辑 杨梦婷
责任校对 刘亚莉
责任印制 梁 硕

出版发行 电子科技大学出版社
成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051
主 页 www.uestp.com.cn
服务电话 028-83203399
邮购电话 028-83201495

印 刷 涿州汇美亿浓印刷有限公司
成品尺寸 210mm × 285mm
印 张 20.25
字 数 500 千字
版 次 2025 年 6 月第 1 版
印 次 2025 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5770-0412-9
定 价 65.00 元

版权所有 侵权必究



Preface 前言

“机械制图”作为机械类专业的一门重要专业基础课程，是工程师们进行技术交流、设计表达和制造生产的通用“语言”，也是连接设计理念与实际产品的桥梁。无论是简单的机械零件，还是复杂的机械设备，都需要通过精确、规范的机械制图来呈现其形状、尺寸和技术要求。

本书以培养学生的空间思维能力和制图实践能力为核心目标，紧密围绕机械制图的教学大纲和实际工程需求进行编写。在内容编排上，我们摒弃了单纯理论灌输的模式，采用项目化教学的方式，将知识点融入一个个具体的项目中，让学生在实践操作的过程中逐步掌握机械制图的基本知识和技能。

本书的特色如下：

(1) 从制图的基本知识与基本技能入手，引导学生熟悉机械制图标准，掌握在标准幅面上绘制平面图形的方法，为后续的学习打下坚实的基础。接着，深入讲解投影与视图的原理，通过绘制简单形体的三视图、分析点线面的投影以及基本体的投影作图，帮助学生建立起空间想象能力和投影分析能力。

(2) 通过立体表面交线的投影作图、轴测图的绘制、组合体视图的绘制与识读等内容，进一步深化学生对机械制图的理解和应用能力。机械图样的基本表达方法、标准件与常用件的规定画法等章节，则紧密结合实际工程应用，让学生了解如何准确、清晰地表达机械零件和装配体的结构和技术要求。

(3) 通过识读和绘制各种机械样图（零件图和装配图），使学生掌握零部件测绘的方法和技巧，从而具备机械产品设计和制造过程中所需的制图能力。

此外，本书还附有详细的附表，为学生在学习和实践过程中提供必要的参考数据。

本书适合机械专业的学生使用，也可作为相关工程技术人员的参考用书。

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

2025 年 3 月

Contents 目录

01	绪论	1
01	模块一 制图的基本知识与基本技能	5
	项目一 机械制图标准	6
	任务1 绘制顶盖的平面图形	6
	任务2 绘制带圆弧连接的简单平面图形	13
	项目二 标准幅面上绘制平面图形	23
02	模块二 投影与视图	30
	项目一 绘制简单形体的三视图	31
	任务1 绘制物体的正投影图	31
	任务2 绘制物体的三视图	35
	项目二 点、线、面的投影	42
	任务1 点的投影	42
	任务2 直线的投影	46
	任务3 平面的投影	51
	项目三 基本体的投影作图	56
	任务1 绘制正六棱柱的三视图	56
	任务2 绘制正三棱锥的三视图	59
	任务3 绘制圆柱的三视图	62
	任务4 绘制圆锥的三视图	65
	任务5 绘制圆球三视图	68

03 模块三 立体表面交线的投影作图 71

项目一 截交线的投影	72
任务1 绘制斜切六棱柱的三视图	72
任务2 绘制棱锥截断体的三视图	75
任务3 绘制切割圆柱体的三视图	77
任务4 绘制切割圆锥体的三视图	82
项目二 相贯线的投影	88
任务1 绘制正交两圆柱相贯线的投影	88
任务2 绘制圆柱与圆锥正交相贯线的投影	92

04 模块四 轴测图 96

项目一 绘制正等轴测图	97
任务1 绘制四棱台正等轴测图	97
任务2 绘制垫块正等轴测图	101
任务3 绘制圆柱体正等轴测图	104
项目二 绘制带孔圆台斜二轴测图	110
项目三 徒手绘制垫片的平面图	114

05 模块五 绘制与识读组合体视图 119

项目一 绘制组合体三视图	120
任务1 绘制支座的三视图	120
任务2 绘制底座的三视图	126
项目二 标注轴承座尺寸	129
项目三 识读组合体的三视图	135
任务1 识读支承座的三视图	135
任务2 识读压块的三视图	139

06 模块六 机械图样的基本表达方法 146

项目一 视图	147
任务1 绘制异形块的视图（基本视图、向视图）	147
任务2 绘制支座的视图（局部视图）	150

任务3 绘制压紧杆的视图 (斜视图)	153
项目二 剖视图	156
任务1 绘制全剖视图	156
任务2 绘制半剖视图	160
任务3 绘制局部剖视图	163
项目三 绘制直轴断面图	169
项目四 其他表达方法	174
任务1 识读局部放大图	174
任务2 识读用规定画法和简化画法绘制的剖视图	176

07 模块七 标准件与常用件的规定画法 180

项目一 绘制标准件	181
任务1 绘制螺栓、螺母的视图	181
任务2 绘制螺栓连接图	190
任务3 绘制键连接图与销连接图	196
任务4 绘制滚动轴承的视图	200
项目二 绘制常用件	205
任务1 绘制直齿圆柱齿轮的视图	205
任务2 绘制圆柱螺旋压缩弹簧的视图	214

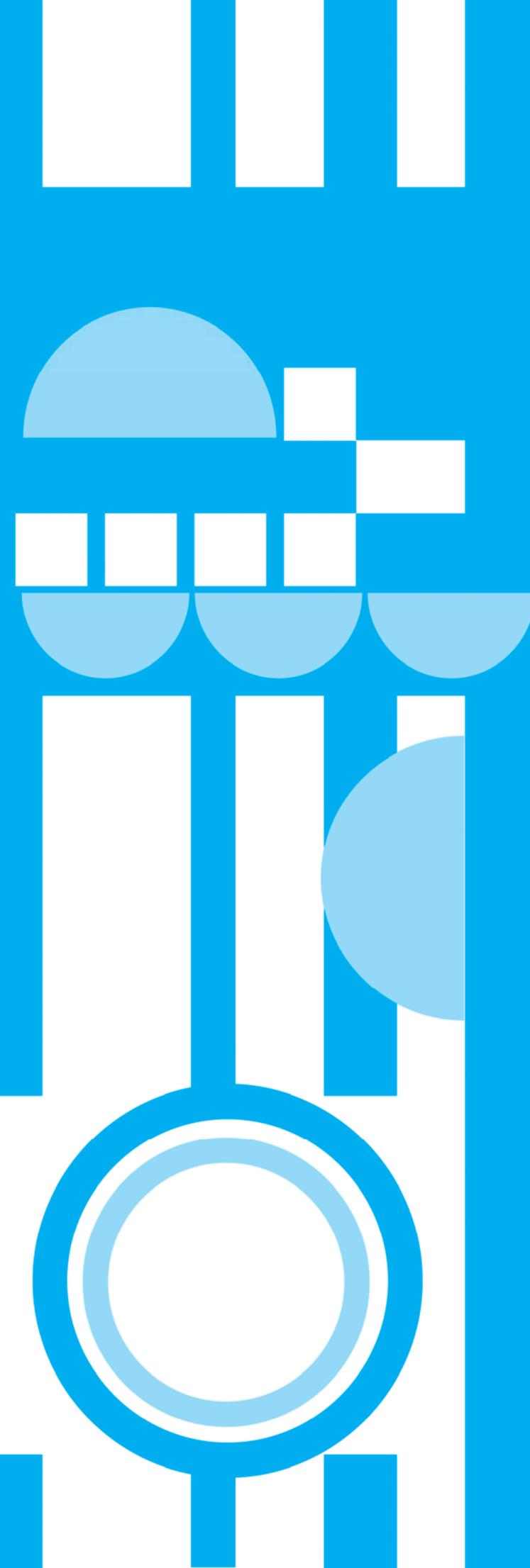
08 模块八 零件图 220

项目一 认识零件图	221
任务1 认识零件图	221
任务2 零件图中的零件结构形状表达	224
任务3 零件图中的尺寸	232
任务4 零件的表面结构	242
任务5 零件的几何公差	248
项目二 识读零件图	254
任务1 识读轴套类零件	254
任务2 识读轮盘类零件	256
任务3 识读叉架类零件	258
任务4 识读箱体类零件	261

09 模块九 装配图 265

项目一 识读装配图	266
任务1 识读球阀的装配图	266
任务2 识读齿轮泵的装配图	272
任务3 拆画零件图	282
项目二 绘制千斤顶装配图	287
项目三 零部件测绘	292
任务1 测绘机用虎钳螺母块	292
任务2 测绘机用虎钳	296

附表 308



绪 论

“机械制图”是研究识读和绘制机械图样的一门学科，也是机械类专业学生必修的一门专业技术基础课程。

一、机械制图的概念

在工程技术中，为了准确表达机械的结构、形状、大小和技术要求，在产品的设计和制造中所使用的，按照投影原理及国家标准的规定绘制的图，称为机械图样，简称“图样”。

图 0-1-1 为机用虎钳实物图，是机床加工时用于夹紧加工工件的一种机床附件。其原理是用扳手转动丝杠，通过丝杠螺母带动活动钳身移动，形成对工件的加紧与松开。

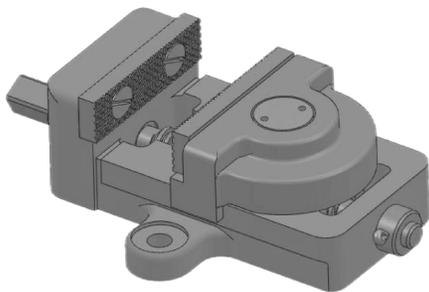


图 0-1-1 机用虎钳实物图

若要制造机用台虎钳，就要将实物转换成机械图样，图 0-1-2 为机用台虎钳的装配图样。装配图是表示组成机器或部件中各零件间连接方式和装配关系，并反映机器或部件工作原理的图样。从图 0-1-2 可以看出，机用台虎钳由 11 种零件装配而成。

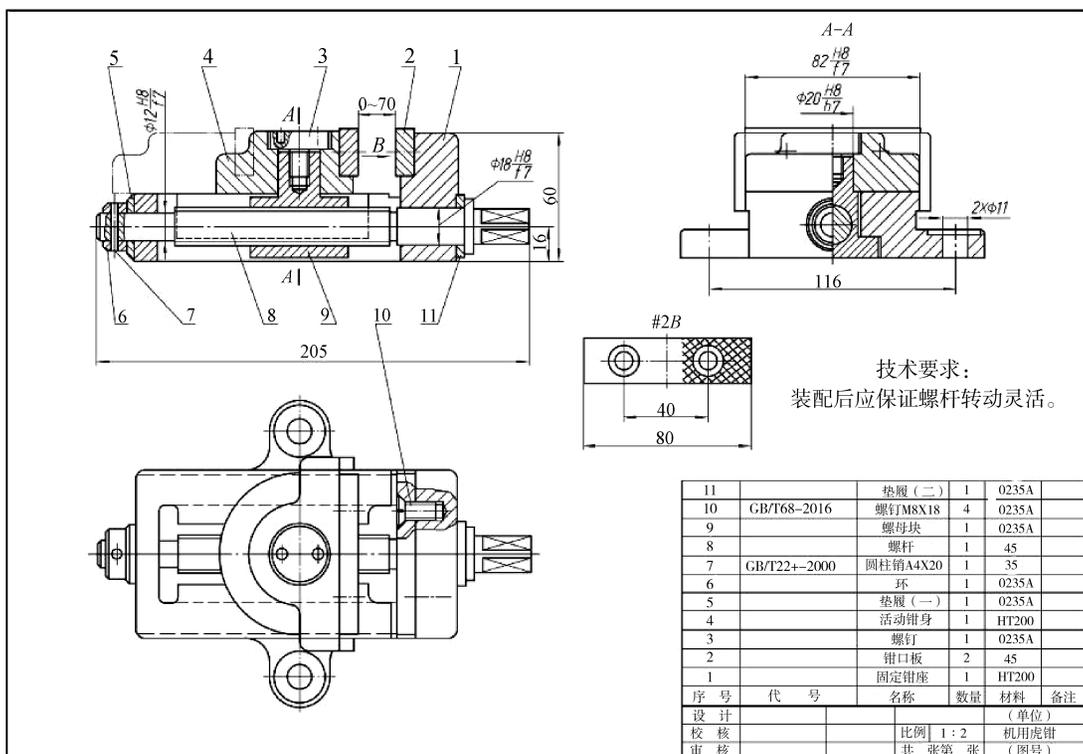


图 0-1-2 机用台虎钳的装配图样

在制造由多个零件构成的机器或部件时，根据需要画出相应的零件图样，零件图是表达零件结构、形状、大小及技术要求的图样。图 0-1-3 为机用台虎钳 1 号零件固定钳座零件图。

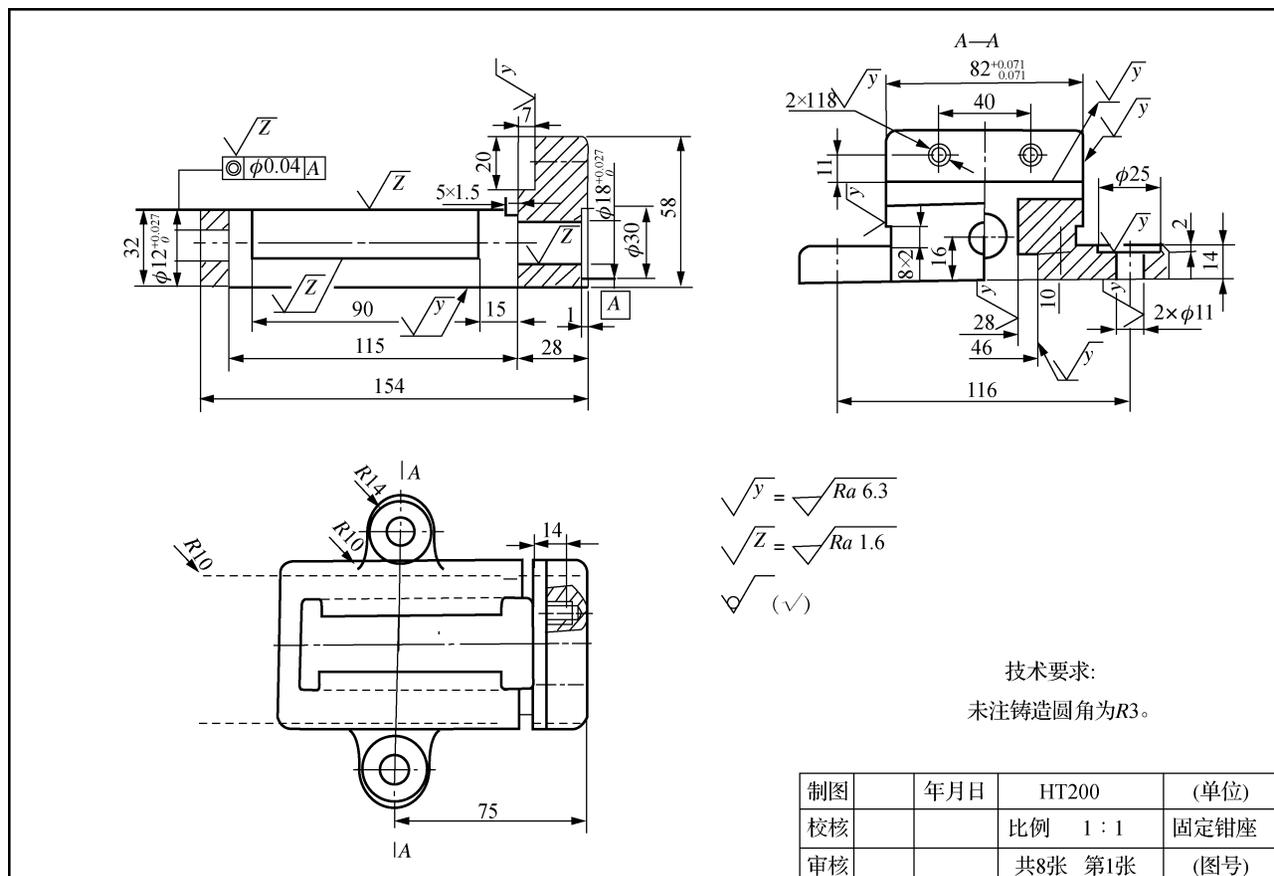


图 0-1-3 机用台虎钳 1 号零件固定钳座零件图

二、学习内容与基本要求

本课程的主要学习内容包括制图的基本知识与基本技能、投影与视图、立体表面交线的投影作图、轴测图、绘制与识读组合体视图、机械图样的基体表达方法、标准件与常用件的规定画法、零件图、装配图九个模块。

本课程的基本要求如下:

- (1) 掌握相关国家标准,学会正确使用绘图工具,掌握绘图的基本技能。
- (2) 了解正投影的基本规律,掌握运用正投影法表达空间形体的图示图解方法,熟悉剖视图、断面图的画法和标注规定。
- (3) 掌握常用件的作图方法,了解装配图的表示方法。
- (4) 能运用所学知识识读零件的零件图和装配图。

三、学习方法

(1) 本课程的核心内容是如何用二维平面图形来表达三维空间物质的形状,以及由二维平面图形想象三维空间物体的形状。因此,学习本课程的主要方法是自始至终把物体的投影与物体的形状紧密联系在一起,不断地“由物画图”和“由图想物”,既要想象物体的形状,又要思考视图的形成,在图与物的相互转换中,逐步提高空间想象和思维能力。

(2) 学与练应紧密结合,在学中练,在练中学。每堂课后要认真完成相应的习题作业,及时巩固所学知识。虽然本课程的教学目标是以识图为主,但是读图源于画图,所以要读画结合,以画促

读，通过画图训练促进读图能力的提高。

工程图样是国际工程界通用的技术语言，是按国际上共同遵守的规则绘制的。图样在工程建设中起着很重要的作用，绘图和读图的差错都会造成损失。因此，在平时学习过程中应养成认真负责的态度和严谨细致的学风，严格执行相关国家标准。

模块一

制图的基本知识与基本技能

机械图样是设计和制造机械的重要技术文件，是交流技术思想的一种工程语言。因此，绘制机械图样，必须严格遵守机械制图国家标准中的有关规定，正确使用绘图工具和仪器，掌握正确的绘图步骤。

项目一

机械制图标准

国家标准对图样中包含的图幅、标题栏、比例、字体、图线、尺寸注法等内容作出了统一的规定。

国家标准的注写形式由编号和名称两部分组成，如 GB/T 14691—2017《技术制图 字体》和 GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》。其中，“GB”是国家标准的简称“国标”二字的汉语拼音字头，“T”为“推”字汉语拼音字头，14691、4457.4 为标准顺序代号，2017、2002 为标准发布的年号。

本项目主要介绍技术制图、机械制图相关的国家标准中的基本规定和绘制图样的方法步骤。

任务 1 绘制顶盖的平面图形

教学目标

1. 掌握相关国家标准中图线的有关规定。
2. 了解三角板、圆规、分规、曲线板和铅笔的使用方法。
3. 能正确使用常用的绘图工具，绘制简单平面图形。

任务提出

图 1-1-1 为端盖，其中 (a) 图为 (b) 图、(c) 图所示立体图形的投影图。试绘制这一平面图形，要求：符合制图国家标准中图线及应用的有关规定。

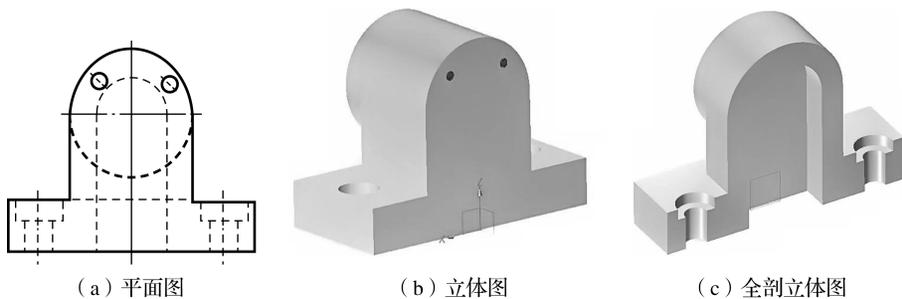


图 1-1-1 端盖

任务分析

如图 1-1-1 (a) 所示, 平面图形是由各种图线组合而成的, 准确地表达出了端盖的外形和内部结构。在绘制平面图形时, 应了解与制图有关的国家标准中对各种图线的规定和要求, 熟练掌握各种绘图工具的使用方法, 掌握科学的绘图方法及步骤。

相关知识

一、图线 (GB/T 4457. 4—2002)

1. 图线的线型及应用

图中采用各种形式的线, 称为图线。绘图时应采用国家标准规定的图线线型和画法。国家标准 GB/T 4457. 4—2002《机械制图 图样画法 图线》中规定了在机械图样中使用的 9 种图线, 其名称、线型及应用示例见表 1-1-1 所列和图 1-1-2 所示。

表 1-1-1 图线的线型及应用 (根据 GB/T 4457. 4—2002)

图线名称	图线形式	图线宽度	一般应用举例
粗实线		粗 (d)	可见轮廓线
细实线		细 ($d/2$)	尺寸线及尺寸界线 剖面线 重合断面的轮廓线 过渡线
细虚线		细 ($d/2$)	不可见轮廓线
细点画线		细 ($d/2$)	轴线 对称中心线
粗点画线		粗 (d)	限定范围表示线
细双点画线		细 ($d/2$)	相邻辅助零件的轮廓线 轨迹线 可动零件的极限位置的轮廓线 中断线
波浪线		细 ($d/2$)	断裂处边界线
双折线		细 ($d/2$)	视图与剖视图的分界线
粗虚线		粗 (d)	允许表面处理的表示线

机械图样中采用粗、细两种图线宽度, 它们的比例为 $2:1$ 。图线宽度 (d) 应按图样的类型和尺寸大小, 在以下数系中选取 (数系公比为 $1:\sqrt{2}$): 0.13、0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1.0、1.4、2 (单位为 mm)。粗线宽度一般采用 0.5 mm 或 0.7 mm。

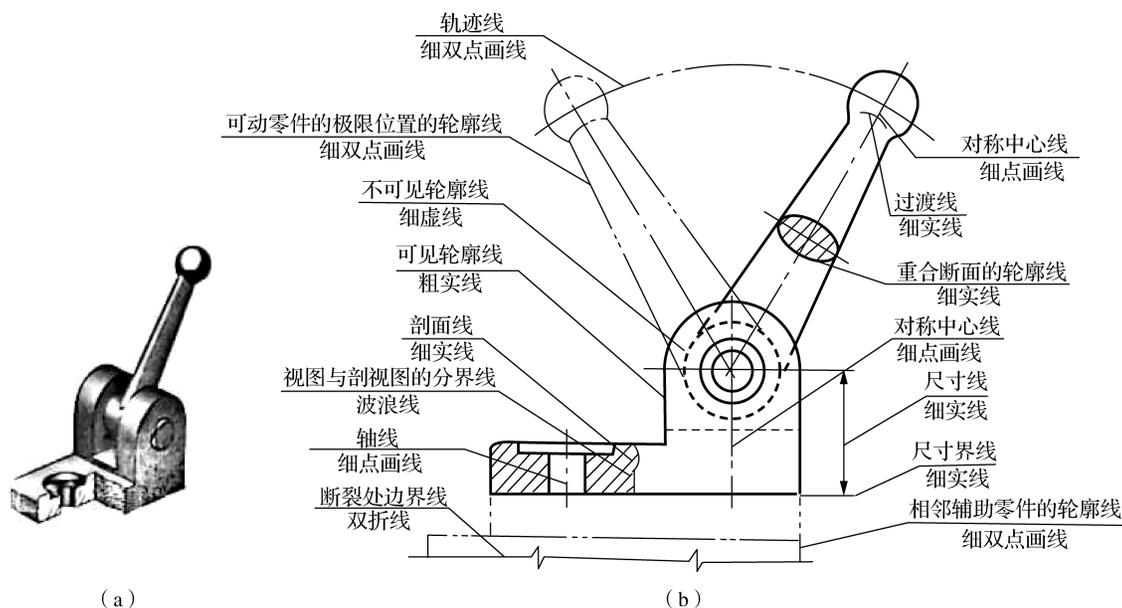


图 1-1-2 图线的应用

2. 图线的画法规定

(1) 同一图样中同类图线的宽度应基本一致。虚线、点画线和双点画线的线段长度和间隔应各自大致相同。

(2) 在绘制圆的对称中心线时，圆心应为线段的交点。细点画线的首尾两端应是线段而不是点，并超出轮廓线 3~5 mm。

(3) 在较小的图形上绘制细点画线有困难时，可用细实线代替，如图 1-1-3 所示。

(4) 细虚线与细虚线、细虚线与其他线相交，应是线段相交。当细虚线是粗实线的延长线时，细虚线与粗实线间应留有间隙，如图 1-1-3 所示。

(5) 在线型不同的图线相互重叠时，一般按照粗实线、细虚线、细点画线的顺序，只绘制出排序在前的图线。

(6) 图线不得与文字、数字或符号重叠、混淆。不可避免时，应首先保证文字、数字或符号清晰。

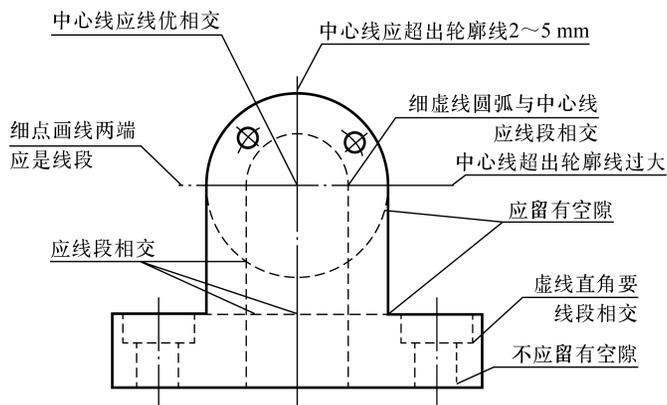


图 1-1-3 图线在相切、相交处容易出现的错误

二、绘图工具及其应用

图样绘制质量的好坏与速度的快慢取决于绘图工具和仪器的质量，同时也取决于能否正确使用

绘图工具和仪器。因此，要正确挑选绘图工具和仪器，并养成正确使用和经常维护、保养绘图工具和仪器的良好习惯。常用的绘图工具有图板、丁字尺、三角板和绘图仪器等，使用方法见表 1-1-2 所列。

表 1-1-2 常用绘图工具的使用方法

名称	图例	说明
铅笔	<p>(a) B或2B铅笔的削法</p> <p>(b) H和HB铅笔的削法</p>	<p>代号 H、B、HB 表示铅芯的软硬程度。B 前的数字越大，表示铅芯越软，绘出的图线颜色越深；H 前的数字越大，表示铅芯越硬，绘出的图线颜色越浅；HB 表示铅芯为中等软硬程度</p> <p>画粗实线常用 B 或 2B 铅笔，画细实线、细虚线、细点画线和写字常用 H 或 HB 铅笔，画底稿常用 H 或 2H 铅笔</p> <p>铅笔的削法如左图所示</p>
图板与丁字尺		<p>图板用于铺放图纸，表面平整光洁，左侧工作边应平直</p> <p>丁字尺由尺头和尺身组成。尺身的工作边一侧有刻度，便于画线时度量。使用时，将尺头内侧贴紧图板的左侧工作边上下移动，沿尺身上边可画出一系列水平线，如左图所示</p>
三角板	<p>三角板与丁字尺的配合使用</p>	<p>三角板由 45° 三角板和 30° (60°) 三角板组成。三角板和丁字尺配合使用，可画出垂直线（自下而上画出）和与水平方向成 15° 整倍数的斜线</p>
	<p>两块三角板的配合使用</p>	<p>两块三角板配合使用，可画出已知直线的平行线或垂直线</p>

名称	图例	说明
圆规		<p>圆规是画圆及圆弧的工具。使用前，应先调整好针脚，使针尖（带台阶端）稍长于铅芯，如左图（a）所示。画图时，先将两腿分开至所需的半径尺寸，借左手食指把针尖放在圆心位置，应尽量使针尖和铅心同时与图面垂直，按顺时针方向一次画成，如左图（b）、（c）所示。要注意用力均匀</p>

任务实施

平面图形的画图步骤见表 1-1-3 所列。

表 1-1-3 平面图形的画图步骤

具体步骤	图示	具体步骤	图示
(1) 在 A4 纸上确定作图的位置（绘制作图基准线）		(4) 绘制不可见轮廓线	
(2) 绘制可见的外轮廓线		(5) 绘制上部两小圆	
(3) 确定并绘制底座两端沉孔的轴线		(6) 检查、擦除作图线，加深图线	

知识拓展

机件的轮廓形状基本上是由直线、圆弧和一些其他曲线组成的，绘制几何图形称为几何作图。下面介绍几种最常用的几何作图方法。

1. 等分圆周与正多边形

等分圆周与正多边形的作图方法和步骤见表 1-1-4 所列。

表 1-1-4 等分圆周与正多边形的作图方法和步骤

种类	图示作图方法	说明
圆周四、八等分		用 45° 三角板与丁字尺配合或与另一块三角板配合作图, 可直接分圆周为四、八等份, 连接各等分点即可得到正四边形和正八边形
圆周三、六等分		用圆规分圆周为三、六等份, 连接各等分点, 即可作出正三角形和正六边形
		分别用 30° 、 60° 三角板与丁字尺配合作图, 可作出不同位置的正三角形或正六边形
圆周五等分		(1) 作半径 OF 的中点 G (2) 以 G 为圆心, AG 为半径画弧, 与水平直径线交于点 H (3) 以 AH 为半径, 分圆周为五等份, 顺次连接各等分点即可得到正五边形 (或五角星)

2. 斜度与锥度

(1) 斜度: 指一直线对另一直线或一平面对另一平面的倾斜程度。在图样中以 $1:n$ 的形式标注, 并在数字前加标斜度符号。

(2) 锥度: 指正圆锥底圆直径与圆锥高度之比。在图样中以 $1:n$ 的形式标注, 并在数字前加标锥度符号。

应注意: 标注斜度符号或锥度符号都应与其相应图形的斜度或锥度方向保持一致。斜度和锥度的画法与标注见表 1-1-5 所列。

3. 已知长、短轴, 用四心圆法作椭圆

(1) 画出长、短轴 AB 、 CD , 连接 AC , 以 C 为圆心, 长半轴与短半轴之差为半径画弧交 AC 于 E 点 [图 1-1-4 (a)]。

(2) 作 AE 中垂线与长、短轴交于 O_3 、 O_1 点, 并作出其对称点 O_4 、 O_2 [图 1-1-4 (b)]。

(3) 分别以 O_1 、 O_2 为圆心, O_1C 为半径画大弧; 以 O_3 、 O_4 为圆心, O_3A 为半径画小弧 (大、

小弧的切点 K 在相应的连心线上), 即得椭圆 [图 1-1-4 (c)]。

表 1-1-5 斜度和锥度的画法与标注

名称	图示作图方法	说明
斜度		<p>(1) 给定图形</p> <p>(2) 作斜度 1 : 6 的辅助线</p> <p>(3) 过指定点作辅助线的平行线, 完成作图并标注尺寸</p> <p>注: 右上角图为斜度符号</p>
锥度		<p>(1) 给定图形</p> <p>(2) 作锥度 1 : 3 的辅助线</p> <p>(3) 过指定点作辅助线的平行线, 完成作图并标注尺寸</p> <p>注: 右上角图为锥度符号</p>

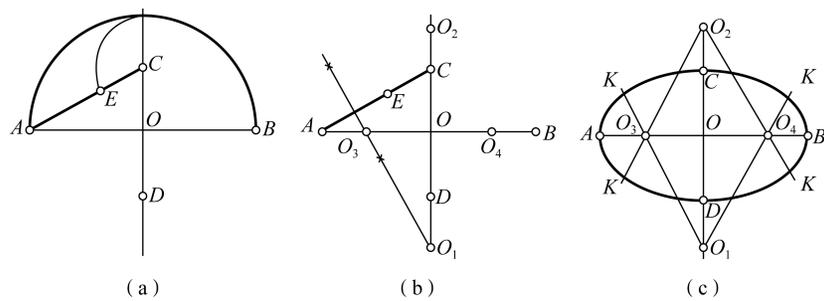


图 1-1-4 用四心圆法作椭圆

任务2 绘制带圆弧连接的简单平面图形

教学目标

1. 掌握国家标准中字体、尺寸注法的有关规定。
2. 理解基准、定形尺寸、定位尺寸的概念。理解已知线段、中间线段、连接线段的概念。
3. 理解圆弧连接的概念。
4. 能绘制圆的切线，作两已知直线间的圆弧连接，作已知直线和圆弧间的圆弧连接。

任务提出

绘制如图 1-1-5 所示的手柄平面图及标注尺寸，要求符合有关制图的国家标准的规定。

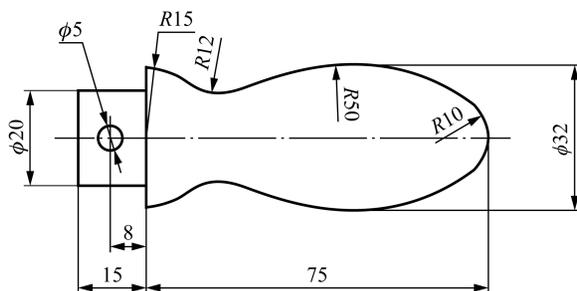


图 1-1-5 手柄平面图

任务分析

分析图 1-1-5 可知，平面图形是由若干段线段组成的，线段之间的连接是光滑的。线段的形状、大小和位置，是根据给定的尺寸确定的。图形只能反映物体的结构形状，物体的真实大小要靠所标注的尺寸来决定。国家标准对尺寸标注作了统一的规定。尺寸标注的一般要求是正确、完整、清晰、合理。

相关知识

一、国家标准中尺寸注法的有关规定

有关尺寸注法的国家标准包括 GB/T 4458.4—2003《机械制图 尺寸注法》和 GB/T 16675.2—2012《技术制图 简化表示法 第2部分：尺寸注法》。

1. 基本规则

(1) 机件的真实大小应以图样所注的尺寸数值为依据，与图形的大小、所使用的比例及绘图的准确程度无关。

(2) 图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸,以毫米为单位时,不需标注计量单位的代号或名称;若采用其他单位,则必须注明相应的计量单位的代号或名称。

(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。

2. 尺寸的组成

标注一个尺寸,一般应包括尺寸界线、尺寸线和尺寸数字三个部分,如图 1-1-6 所示。

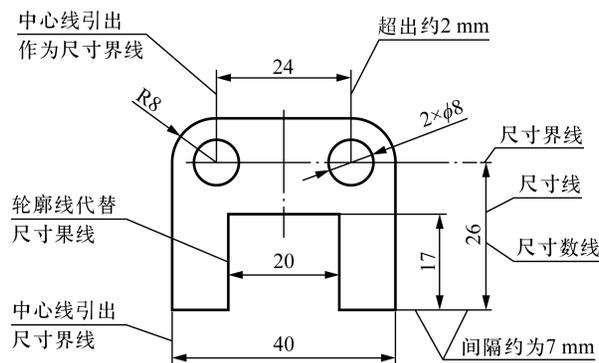


图 1-1-6 标注尺寸的要素

(1) 尺寸界线。

尺寸界线表示尺寸的度量范围,用细实线绘制,由图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出,也可以直接利用轮廓线、轴线或对称中心线作为尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,并超出尺寸线 2~5 mm。必要时才允许倾斜。在光滑过渡处标注尺寸时,必须用细实线将轮廓线延长,从它们的交点处引出尺寸界线,如图 1-1-7 所示。

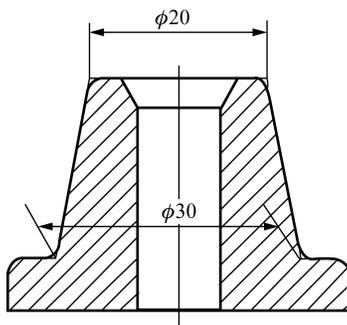


图 1-1-7 尺寸界线的绘制方法

(2) 尺寸线。

尺寸线表示尺寸度量的方向,用细实线绘制,应平行于被标注的线段,相同方向各尺寸线之间的间隔约为 7 mm。尺寸线一般不能用图形上的其他图线代替,也不能与其他图线重合或画在其延长线上,并应尽量避免与其他尺寸线或尺寸界线相交。

尺寸线终端有箭头 [图 1-1-8 (a)] 和斜线 [图 1-1-8 (b)] 两种形式。通常,机械图样的尺寸线终端画箭头。当没有足够的位置画箭头时,可用小圆点 [图 1-1-8 (c)] 或斜线代替 [图 1-1-8 (d)]。

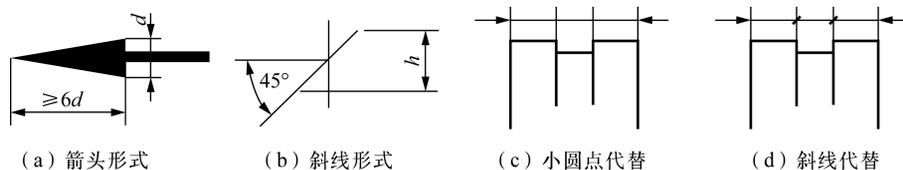


图 1-1-8 尺寸线的终端

(3) 尺寸数字。

尺寸数字表示尺寸度的大小。线性尺寸数字一般应注写在尺寸线的上方或左方，也允许注写在尺寸线的中断处。注写线性尺寸数字，如尺寸线为水平方向时，尺寸数字规定由左向右书写，字头朝上；如尺寸线为竖直方向时，尺寸数字规定由下向上书写，字头朝左；在倾斜的尺寸线上注写尺寸数字时，必须使字头方向有向上的趋势。

尺寸数字不可被任何图线所通过，当不可避免时，图线必须断开，如图 1-1-9 所示。线性尺寸、角度尺寸、圆及圆弧尺寸、小尺寸等的注法见表 1-1-6 所列。

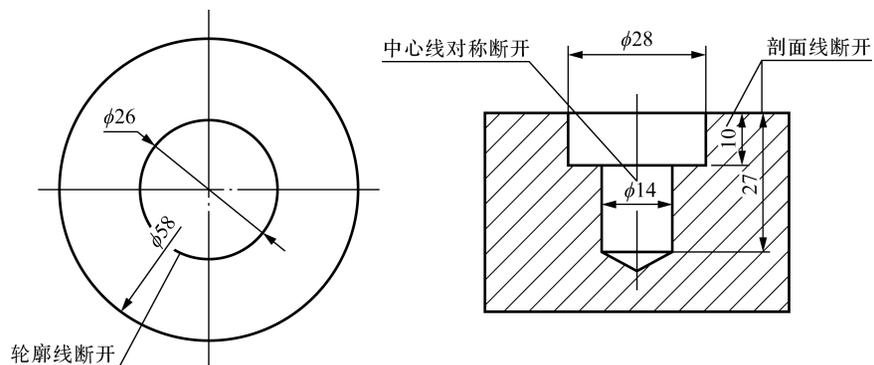
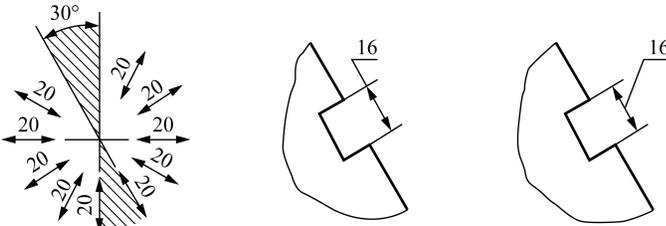
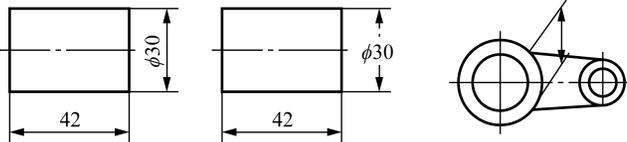
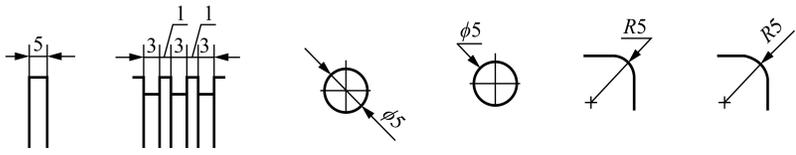
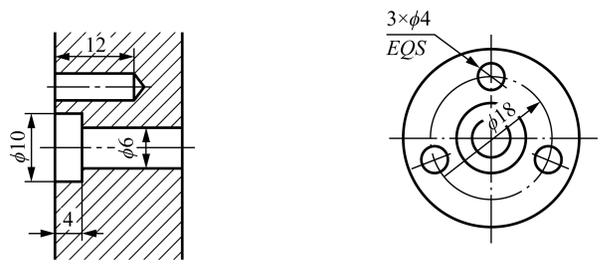
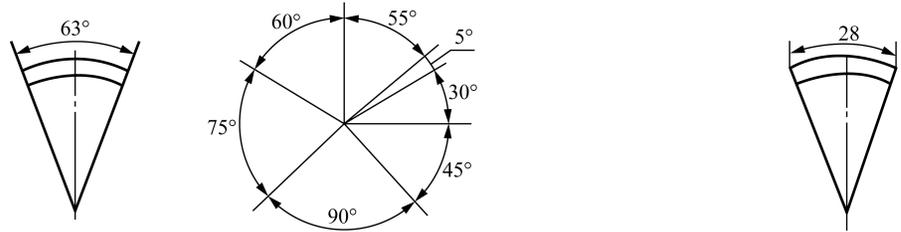


图 1-1-9 尺寸数字示意图

表 1-1-6 尺寸注法示例

内容	图例及说明
线性尺寸数字方向	 <p>当尺寸线在图示 30° 范围内（红色）时，可采用 H 上边几种形式标注，同一张图样中标注形式要统一</p>
线性尺寸注法	 <p>第一种方法 第二种方法 必要时尺寸界线与尺寸线允许倾斜 优先采用第一种方法，同一张图样中标注形式要统一</p>

内容	图例及说明
<p>圆及圆弧尺寸注法</p>	 <p>圆的直径数字前面加注“ϕ”。当尺寸线的一端无法画出箭头时，尺寸线要超过圆心一段</p> <p>圆弧半径数字前面加注“R”。半径尺寸线一般应通过圆心</p>
<p>小尺寸注法</p>	 <p>当无足够位置标注小尺寸时，箭头可外移或用小圆点代替两个箭头，尺寸数字也可注写在尺寸界线外或引出标注</p>
<p>避免图线通过尺寸数字</p>	 <p>当尺寸数字无法避免被图线通过时，图线必须断开。图中“$3 \times \phi 4$ EQS”表示3个$\phi 4$孔均布</p>
<p>角度和弧长尺寸注法</p>	 <p>角度的尺寸界线应沿径向引出，尺寸线画成圆弧，其圆心是该角的顶点。角度的尺寸数字一律水平书写，一般注写在尺寸线的中断处，必要时也可注写在尺寸线的上方、外侧或引出标注</p> <p>弧长的尺寸线是该圆弧的同心弧，尺寸界线平行于对应弦长的垂直平分线。“$\overset{\frown}{28}$”表示弧长28</p>
<p>对称机件的尺寸注法</p>	 <p>78, 90 两尺寸线的一端无法注全时，它们的尺寸线要超过对称线一段。图中“$4 \times \phi 6$”表示有4个$\phi 6$孔</p> <p>分布在对称线两侧相同结构，可仅标注其中一侧的结构尺寸</p>

二、字体 (GB/T 14691—2017)

字体是指图中文字、字母、数字的书写形式。在图样上除了要用图形来表达零件的结构形状外,还必须用文字、字母及数字来说明它的大小和技术要求等其他内容。

1. 基本规定

(1) 字体高度代表字体的号数,用 h 表示。字号分为 8 种,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。

(2) 汉字应写成长仿宋体字,并应采用国家正式公布的简化字。汉字的高度 h 应不小于 3.5 mm,字宽 $= \frac{h}{\sqrt{2}}$ 。

(3) 字母和数字分 A 型和 B 型两种。A 型字体的笔画宽度 $d = \frac{h}{14}$, B 型字体的笔画宽度 $d = \frac{h}{10}$ 。同一张图样中,只允许选用一种类型的字体。

(4) 字母和数字可写成直体(正体)或斜体。斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成 75° 。

2. 字体示例

汉字、数字和字母的示例见表 1-1-7 所列。

表 1-1-7 字体应用示例

类型		示例
长仿宋体汉字	10号	字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐
	7号	横竖撇捺 挑折弯勾 横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格
	5号	机械制图 技术要求 计算机绘图 国家标准 基本几何体 组合体 正投影 轴测图
	3.5号	螺纹 紧固件 齿轮 键销 轴承 传动轴 端盖 架叉 箱体 零件图 装配图 比例 材料 机用虎钳 铣刀头 球阀
拉丁字母	大写斜体	<i>ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ</i>
	小写斜体	<i>abcdefghijklmnopqrstuvwxyz</i>
阿拉伯数字	正体	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
	斜体	<i>1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0</i>
罗马数字	斜体	<i>I II III IV V VI VII VIII IX X</i>
	正体	I II III IV V VI VII VIII IX X
字体应用		$20^{+0.027}_0$ $\sqrt{\text{Ra } 6.3}$ $\begin{matrix} \nearrow \\ 0.02 \\ A \end{matrix}$ 380kPa m/kg $\frac{II}{5:1}$ 10JS5 (± 0.003) 460r/min 220V M24-6h

任务实施

平面图形是由许多线段连接而成的，这些线段之间的相对位置和连接关系靠给定的尺寸来确定。画平面图形时，只有通过分析尺寸，确定线段性质，明确作图顺序，才能正确地画出图形。

一、尺寸分析

尺寸基准指标注尺寸的起点。平面图形有水平和垂直两个方向的尺寸基准，尺寸基准通常为图形的中心线、较长直线，如图 1-1-10 中的对称中心线和手柄左端较长直线（端面）。画图时，应先画这些基准线。

平面图形中所注尺寸按其作用可分为以下两类：

(1) 定形尺寸：确定形状大小的尺寸，如图 1-1-10 中的 $\phi 20$ 、 $\phi 5$ 、15、 $R15$ 、 $R12$ 、 $R50$ 、 $R10$ 的尺寸。

(2) 定位尺寸：确定各组成部分相对位置的尺寸，如图 1-1-10 中的 8 是确定 $\phi 5$ 小孔位置的定位尺寸。

有的尺寸既有定形尺寸的作用，又有定位尺寸的作用，如图 1-1-11 中的 75、 $\phi 32$ 。

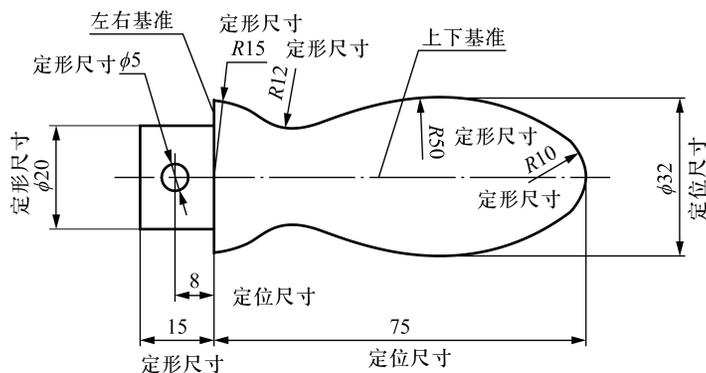


图 1-1-10 手柄平面图形尺寸分析

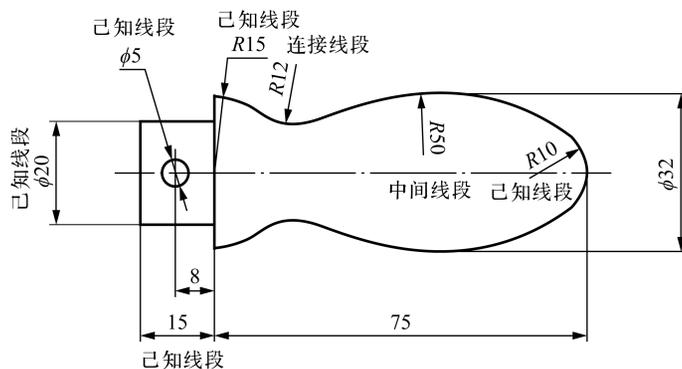


图 1-1-11 手柄平面图形线段分析

二、线段分析

平面图形中的各线段，有的尺寸齐全，可以根据其定形尺寸、定位尺寸直接作图画出；有的尺

寸不齐全，必须根据其连接关系用几何作图的方法画出。按尺寸是否齐全，线段分为以下三类：

- (1) 已知线段：定形尺寸、定位尺寸均齐全的线段，如手柄的 $\phi 5$ 圆、 $R10$ 圆弧、 $R15$ 圆弧。
- (2) 中间线段：只有定形尺寸和一个定位尺寸，而缺少另一定位尺寸的线段。这类线段要在其相邻一端的线段画出后，再根据连接关系（如相切）用几何作图的方法画出，如手柄的 $R50$ 弧圆。
- (3) 连接线段：只有定形尺寸而缺少定位尺寸的线段，如手柄的 $R12$ 圆弧。

三、绘制手柄平面图

画图时，先画出基准线及定位线，再依次画出已知线段、中间线段、连接线段。绘制手柄平面图的作图步骤见表 1-1-8 所列。

表 1-1-8 手柄平面图形作图步骤

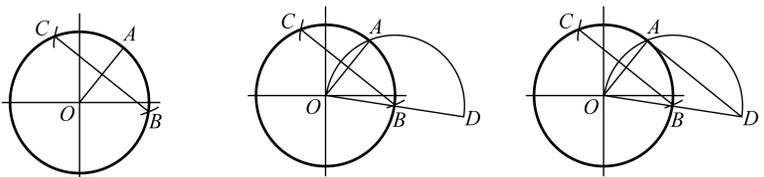
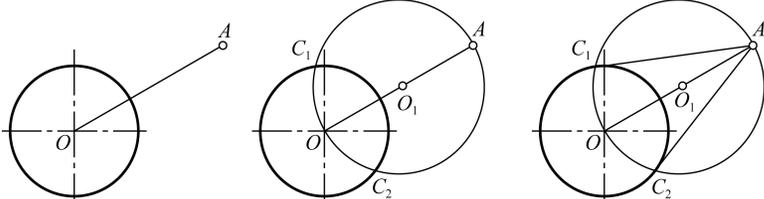
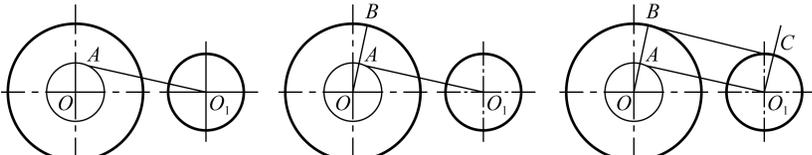
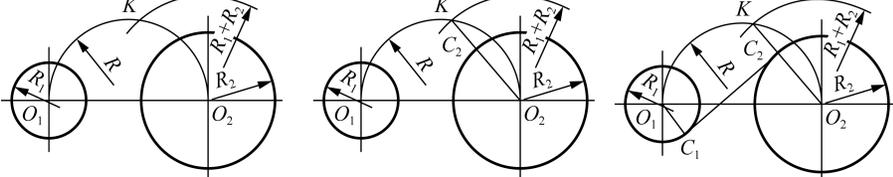
画法与步骤	图示
1. 画基准线与定位线 作出左右基准与上下基准线 定位线：15 左端定位； 75 右端定位； 8 小孔定位； 10 右端弧定位	
2. 画出已知线段 $\phi 20$ 轮廓线、 $\phi 5$ 圆、 $R15$ 圆弧、 $R10$ 圆弧	
3. 画出中间线段 $R50$ 上下圆弧	
4. 画出连接线段 上下 $R12$ 圆弧	
5. 检查 检查无误，去掉多余的辅助线，加深图线，标注尺寸，完成平面图形	

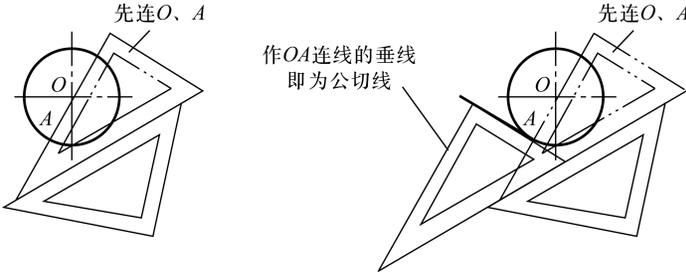
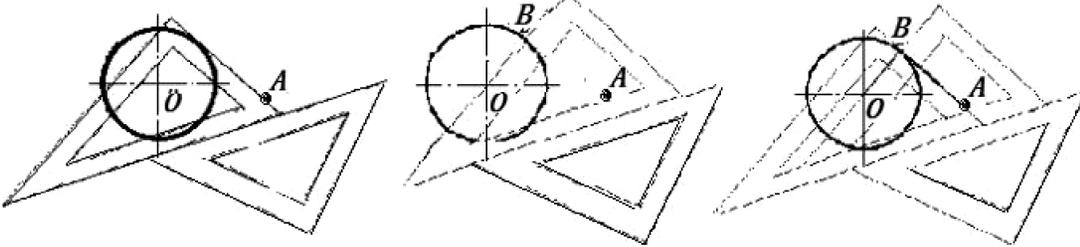
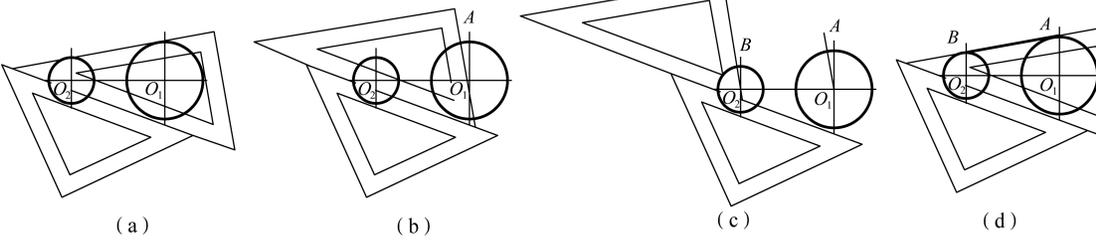
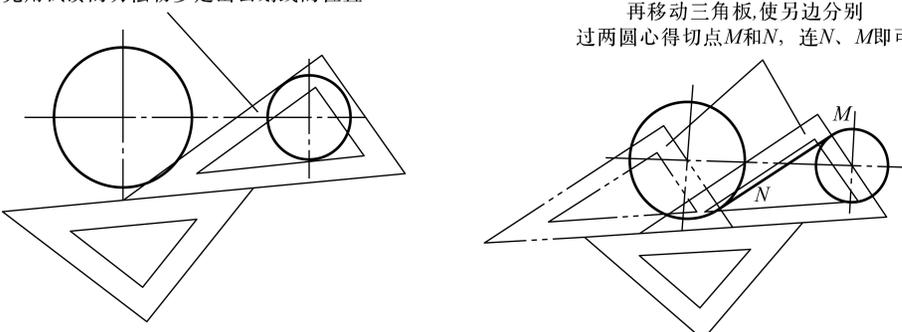
知识拓展

1. 圆弧切线

零件的平面轮廓常用直线光滑地与圆弧相切。作直线与圆弧相切时，通常借助圆规、三角板作图，求出其切点。圆弧切线画法见表 1-1-9 所列。

表 1-1-9 圆弧切线画法

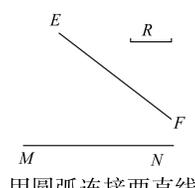
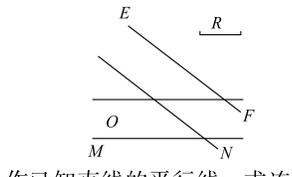
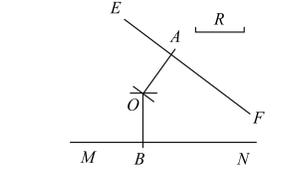
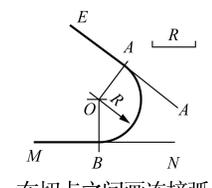
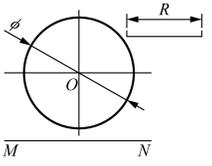
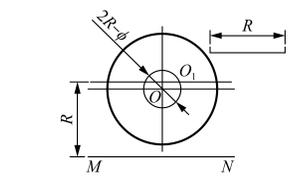
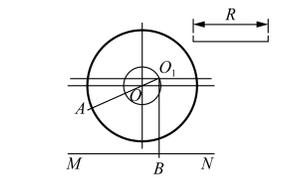
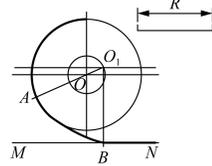
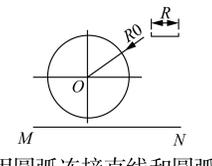
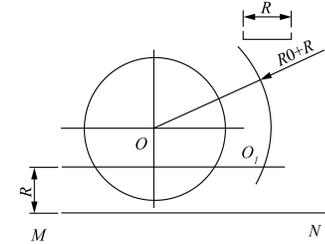
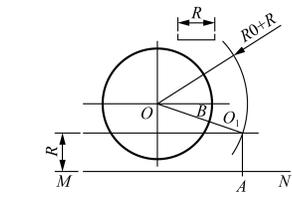
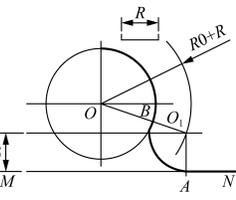
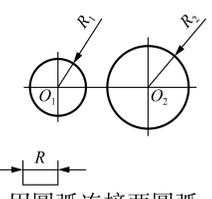
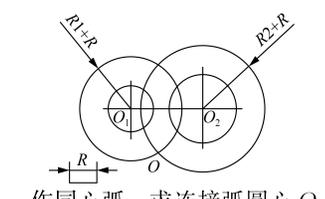
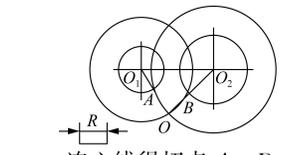
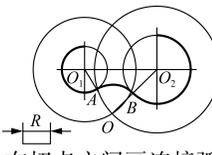
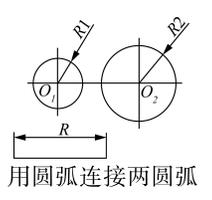
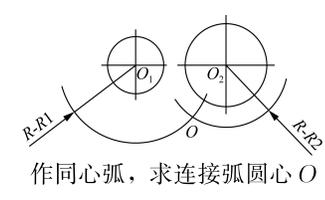
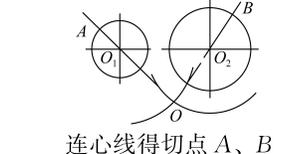
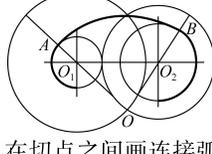
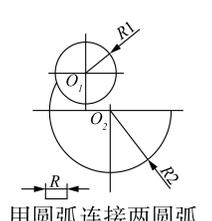
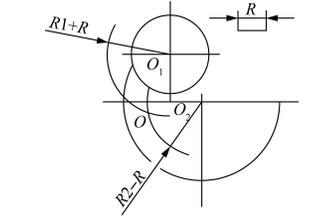
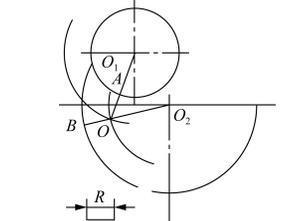
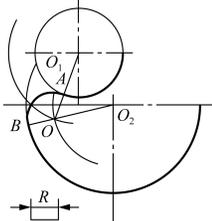
类型	作图方法与步骤
过圆上点 A 作圆切线	 <p>连 O 和 A，作 OA 的垂直平分线，得 B、C 两点，以点 B 为圆心，BO 为半径画半圆，交 OB 的延长线于点 D，连接 A、D 两点，AD 即为所求的切线</p>
过圆外点 A 作圆切线	 <p>作点 A 与圆心 O 的连线，求出 OA 的中点 O_1，以 O_1 为圆心，OO_1 为半径画弧，与已知圆相交于点 C_1、C_2，分别连接 AC_1 和 AC_2，AC_1 和 AC_2 即为所求的切线</p>
两圆的同侧 公切线	 <p>以 O_1 为圆心，R_1 为半径画辅助圆，过 O_1 作辅助圆的切线 O_1A，连接 OA 并延长，与圆 O 交于点 B。作 $O_1C \parallel OB$，连接 B、C 即得到所求的公切线</p>
两圆的异侧 公切线	 <p>以 O_1O_2 为直径（半径为 R）画辅助圆，以 O_2 为圆心，R_1+R_2 为半径画弧，与辅助圆相交于点 K 连接 O_2K，与圆 O_2 交于点 C_2 作 $O_1C_1 \parallel O_2C_2$，连接点 C_1、C_2 即得到所求的公切线</p>

类型	作图方法与步骤
过圆上点 A 作圆切线	 <p>先连 O、A</p> <p>作 OA 连线的垂线 即为公切线</p> <p>先连 O、A</p> <p>先连 O、A，OA 连线的垂线即为公切线</p>
过圆外点 A 作圆切线	 <p>先用试凑法确定切线位置</p> <p>移动过圆心确定切点位置 B</p> <p>连接 AB 即得到所求切线</p>
两圆的同侧公切线	 <p>(a) (b) (c) (d)</p> <p>将一块三角板的直角边调整到与两圆相切，另一块三角板紧靠在第一块三角板的斜边上，如图 (a) 所示；推移第一块三角板，使其另一直角边分别过圆心 O_1、O_2，作直线 O_1A、O_2B 分别与两圆相交，求得切点 A、B，如图 (b)、(c) 所示；连接 A、B 两点，AB 即为所求切线，如图 (d) 所示</p>
两圆的异侧公切线	 <p>先用试凑的方法初步定出公切线的位置</p> <p>再移动三角板，使另一边分别过两圆心得切点 M 和 N，连 N、M 即可</p> <p>先用试凑法初步定出公切线的位置；再移动三角板，使另一边分别过两圆心得切点 M 和 N，连 N、M 即可</p>

2. 圆弧连接

用一段圆弧光滑地连接另外两条已知线段（直线或圆弧）的作图方法称为圆弧连接。要保证圆弧连接光滑，就必须使线段与线段在连接处相切，作图时应先求作连接圆弧的圆心及确定连接圆弧与已知线段的切点。圆弧连接画法见表 1-1-10 所列。

表 1-1-10 圆弧连接画法

类型	已知条件	作图方法和步骤		
		求连接圆弧圆心	求切点	画连接弧
圆弧连接两已知直线	 <p>用圆弧连接两直线</p>	 <p>作已知直线的平行线，求连接弧圆心</p>	 <p>过圆心作已知直线的垂线，求切点</p>	 <p>在切点之间画连接弧</p>
圆弧内连接已知直线和圆弧	 <p>用圆弧连接直线和圆弧</p>	 <p>作平行线和同心圆，求连接弧圆心</p>	 <p>作垂线和连心线，定切点</p>	 <p>在切点之间画连接弧</p>
圆弧外连接已知直线与圆弧	 <p>用圆弧连接直线和圆弧</p>	 <p>作平行线和同心弧，求连接弧圆心</p>	 <p>作垂线和连心线，定切点 A、B</p>	 <p>在切点之间画连接弧</p>
圆弧外切连接两已知圆弧	 <p>用圆弧连接两圆弧</p>	 <p>作同心弧，求连接弧圆心 O</p>	 <p>连心线得切点 A、B</p>	 <p>在切点之间画连接弧</p>
圆弧内切连接两已知圆弧	 <p>用圆弧连接两圆弧</p>	 <p>作同心弧，求连接弧圆心 O</p>	 <p>连心线得切点 A、B</p>	 <p>在切点之间画连接弧</p>
圆弧分别内外切连接两已知圆弧	 <p>用圆弧连接两圆弧</p>	 <p>作同心弧，求连接弧圆心 O</p>	 <p>连心线得切点 A、B</p>	 <p>在切点之间画连接弧</p>

项目二

标准幅面上绘制平面图形

教学目标

1. 掌握国家标准中图纸幅面、图框、标题栏的有关规定。
2. 理解比例的概念。掌握国家标准中比例的有关规定。
3. 能根据图形的大小及复杂程度正确选择图纸幅面、确定比例，合理布置图形、标注尺寸。
4. 能按国家标准规定绘制图框、填写标题栏。

任务提出

选择合适图纸绘制平面图形，要求符合国家制图标准的有关规定，平面图形示例如图 1-2-1 所示。

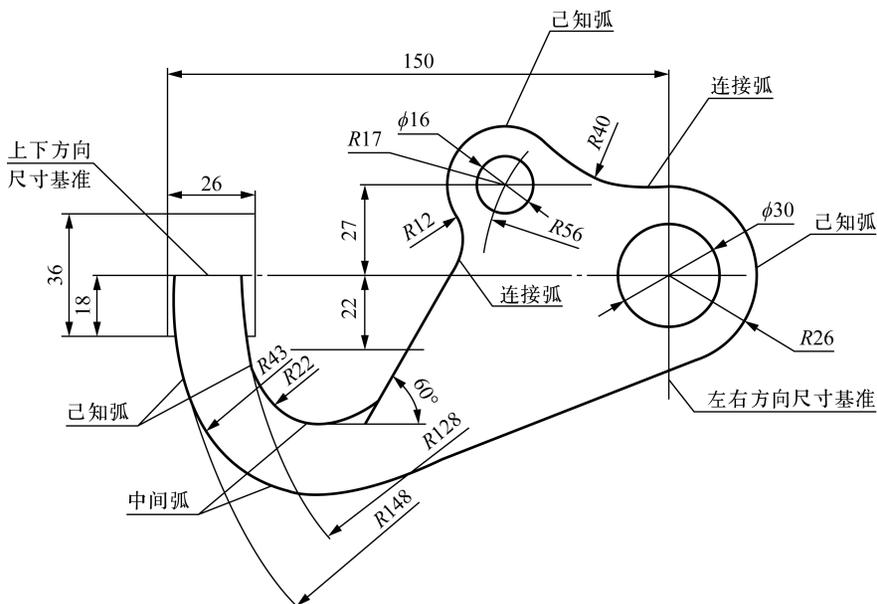


图 1-2-1 平面图形

任务分析

一张完整的图纸一般由图幅、标题栏、图形、尺寸、技术要求等组成，如图 1-2-1 形就是一张完整的图纸。

相关知识

一、图纸幅面、图框格式、标题栏

1. 图纸幅面 (GB/T 14689—2008)

图纸宽度与长度组成的图面，称为图纸幅面。图纸的基本幅面共有五种，其代号由“A”和相应的幅面号组成，见表 1-2-1 所列。基本幅面的尺寸关系如图 1-2-2 所示，绘图时优先采用表 1-2-1 中的基本幅面。

表 1-2-1 基本幅面 (第一选择)

(单位: mm)

幅面代号	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4
(短边×长边) $B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
(无装订边的留边宽度) e	20		10		
(有装订边的留边宽度) c	10		5		
(装订边的宽度) a	25				

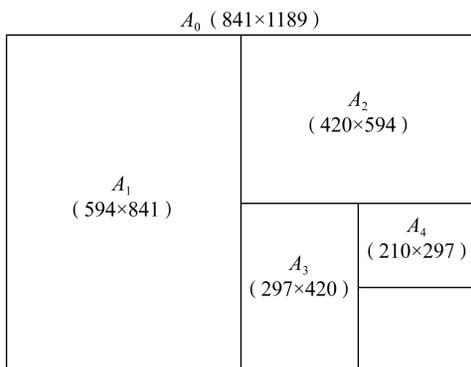


图 1-2-2 基本幅面的尺寸关系

2. 图框格式 (GB/T 14689—2008)

图框是图纸上限定绘图区域的线框，在图纸上必须用粗实线画出图框，其格式分为不留装订边和留装订边两种，如图 1-2-3、1-2-4 所示。基本幅面的图框留边宽度按表 1-2-1 中的规定绘制，但同一产品的图样图框只能采用一种格式。

3. 标题栏 (GB/T 10609.1—2008)

标题栏是用来记录该图纸的有关信息的，标题栏的内容、格式和尺寸应按照国家标准 GB/T 10609.1—2008《技术制图 标题栏》的规定绘制，如图 1-2-5 所示。装配图一般应有明细栏。明细栏一般配置在装配图中标题栏的上方。明细栏的内容、格式和尺寸应按 GB/T 10609.2—2009

《技术制图明细栏》的规定绘制。

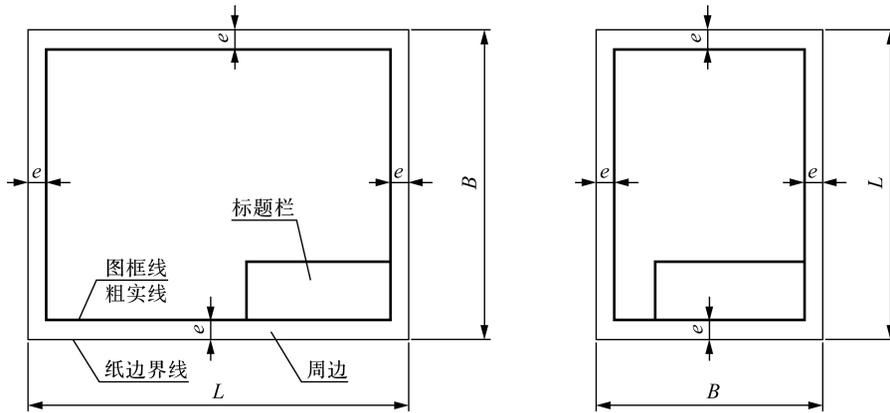


图 1-2-3 不留装订边的图框格式

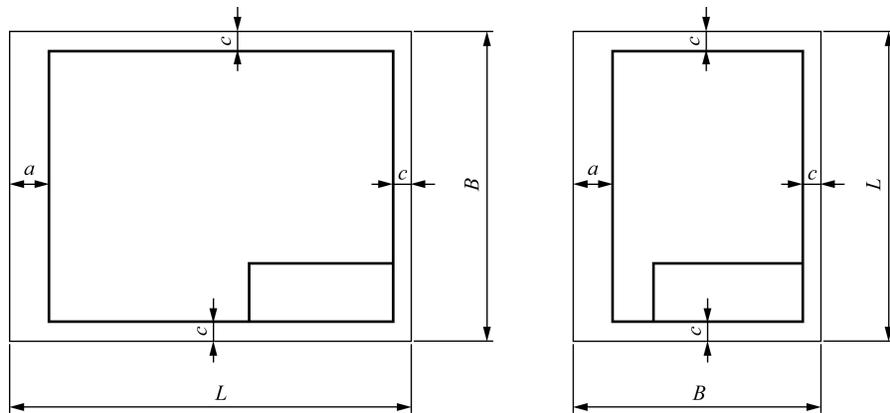


图 1-2-4 留装订边的图框格式

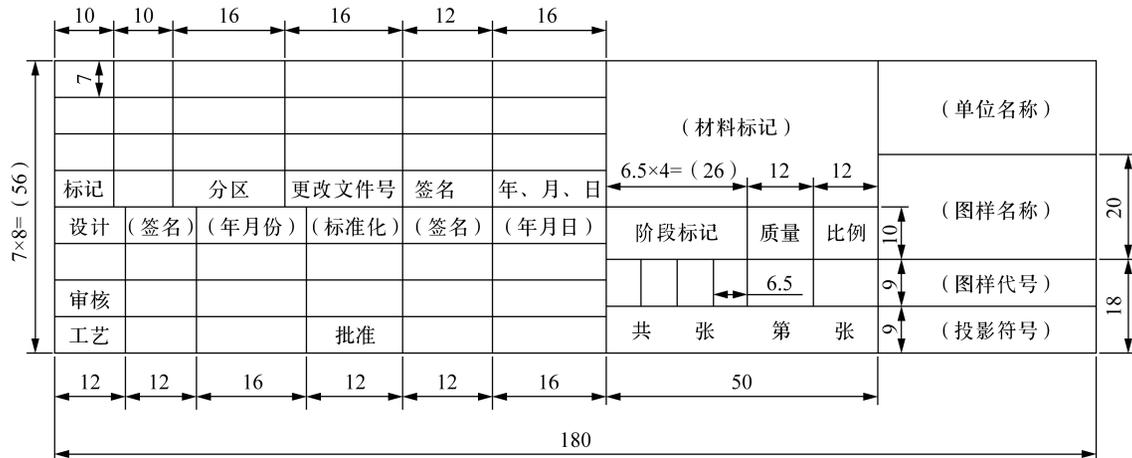


图 1-2-5 标题栏

建议学生在制图作业中采用图 1-2-6 所示的简化标题栏。

$3 \times 8 = 24$	15	25	20	15	
	制图		年月日	(材料标记)	(单位)
	校核			比例	(图样名称)
	审核		共 张 第 张		(图号)
	150				

图 1-2-6 学生用简化标题栏

标题栏一般置于图纸的右下角，标题栏中的文字方向为看图方向。如果使用预先印制的图纸，需要改变标题栏的方位时，必须将其旋转至图纸的左上角，此时，为了明确看图的方向，应在图纸的下边对中符号处画一个方向符号（细实线绘制的正三角形），如图 1-2-7 所示。

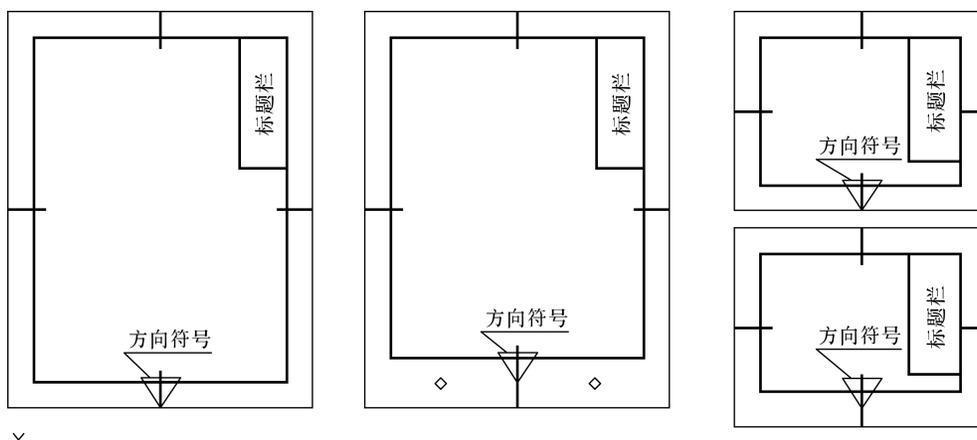


图 1-2-7 预先印制的图纸上的对中符号与方向符号

二、比例 (GB/T 14690—2023)

比例是指图样中图形要素与其实物相应要素的线性尺寸之比。比例分为原值比例、放大比例和缩小比例。一般绘图时尽量采用原值比例。因各种实物的大小与结构千差万别，绘图时，可以根据实际情况采用放大或缩小比例。比例的应用效果如图 1-2-8 所示，表 1-2-2 为图样中采用的比例系列。

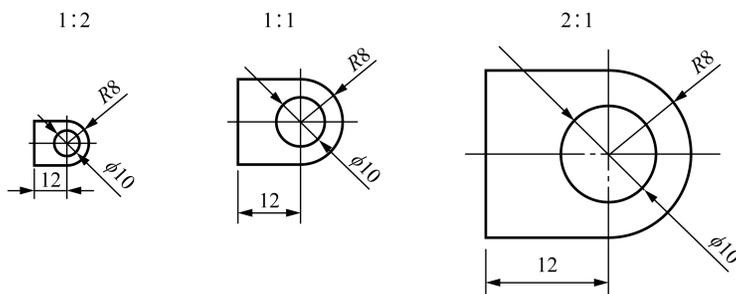


图 1-2-8 比例的应用效果

表 1-2-2 比例 (GB/T 14690—2023)

种类	定义	优先选择系列	允许选择系列
原值比例	比值为 1 的比例	1 : 1	
放大比例	比值大于 1 的比例	5 : 1 2 : 1 5 × 10 ⁿ : 1 2 × 10 ⁿ : 1 1 × 10 ⁿ : 1	4 : 1 2.5 : 1 4 × 10 ⁿ : 1 2.5 × 10 ⁿ : 1
缩小比例	比值小于 1 的比例	1 : 2 1 : 5 1 : 10 1 : 2 × 10 ⁿ 1 : 5 × 10 ⁿ 1 : 1 × 10 ⁿ	1 : 1.5 1 : 2.5 1 : 3 1 : 4 1 : 6 1 : 1.5 × 10 ⁿ 1 : 2.5 × 10 ⁿ 1 : 4 × 10 ⁿ 1 : 6 × 10 ⁿ

任务实施

一、平面图形的绘图方法和步骤

1. 准备工作

分析平面图形的尺寸及线段, 拟订作图步骤, 即确定图形大小→确定比例→选择图幅→固定图纸→画出图框、对中符号和标题栏。

2. 绘制底稿

合理、匀称地布图, (用 2H 或 H 铅笔) 画出基准线、定位线→画已知线段→画中间线段→画连接线段。绘制底稿时, 图线要尽量干净、准确, 并保持图面整洁。

3. 加深描粗

全面检查底稿, 修正错误, 擦去画错的线条及作图辅助线。画出尺寸界线和尺寸线, 加深描粗。加深描粗时要注意以下几点:

(1) 先粗后细: 先(用 B 或 2B 铅笔)加深全部粗实线, 再(用 HB 铅笔)加深全部细虚线、细点画线及细实线等。

(2) 先曲后直: 在加深同一种线(特别是粗实线)时, 应先画弧或圆, 后画直线。

(3) 先水平, 后垂斜: 先用丁字尺自上而下画出水平线, 再用三角板自左向右画出垂直线, 最后画倾斜的直线。

加深描粗时, 应尽量做到同类图线粗细、浓淡一致, 圆弧连接光滑, 图面整洁。

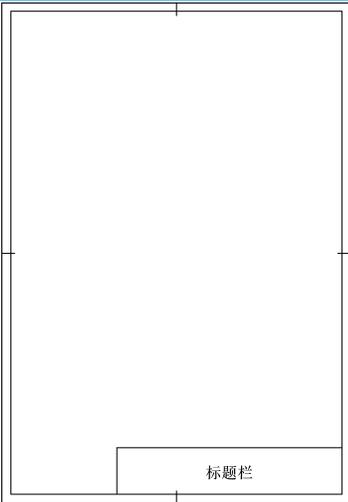
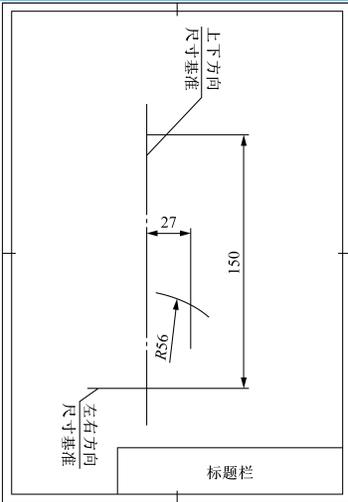
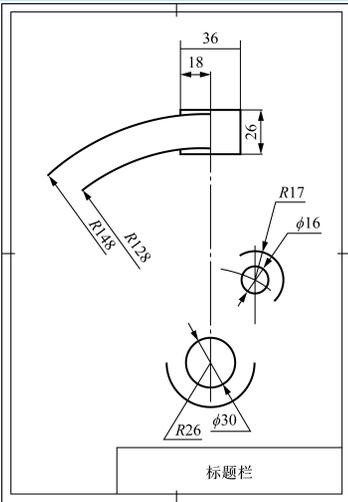
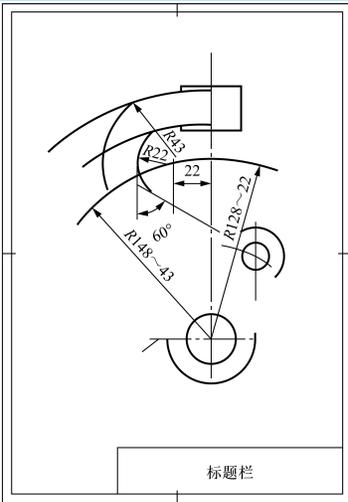
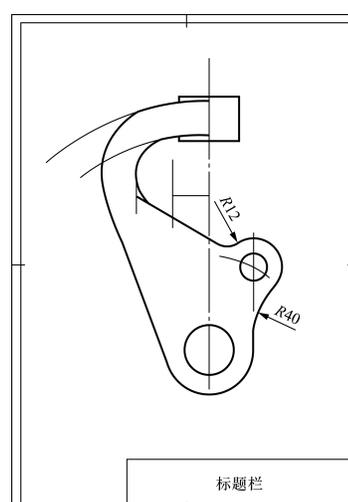
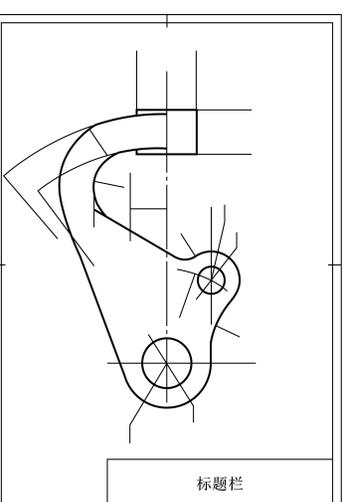
4. 标注尺寸、书写技术要求、填写标题栏

用 HB 铅笔标注尺寸数字, 书写技术要求, 最后填写标题栏。

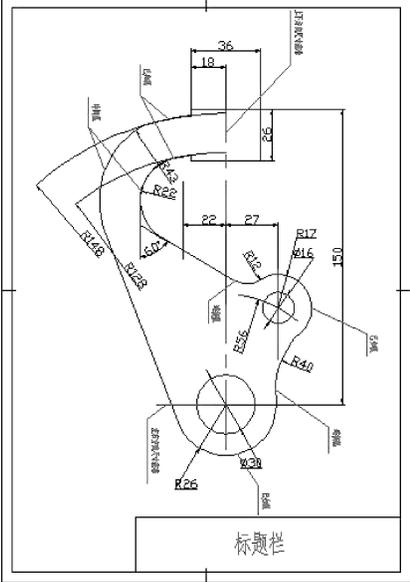
二、绘制图纸

平面图纸的画图步骤见表 1-2-3 所列。

表 1-2-3 平面图纸的画图步骤

步骤	方法	图示	
1. 选图幅， 画图框、对中 符号和标题栏	确定图形外围尺寸 上下： $150+R26=176$ 左右： $R17+27+22+R43=109$ 确定比例为 1:1 定图幅为 A4 无装订边图框		
2. 画出作图基准线	平面图形上下定位、左右定位，置于绘图区域的中间，以 R56 对称中心线作上下基准与左右基准，画出 R56、150、22、27 定位线		
3. 画已知线段	圆或圆弧： $R26$ 、 $\phi 30$ 、 $R17$ 、 $\phi 16$ 、 $R148$ 、 $R128$ 直线段：36、26、18		
4. 画中间线段	圆或圆弧： $R43$ 、 $R22$ 直线段： $\angle 60^\circ$		
5. 画连接线段	圆弧： $R20$ 、 $R40$ 直线段： $R43$ 、 $R26$ 的外公切线		
6. 画尺寸线、 尺寸界线	同方向尺寸内小外大		

续表

步骤	方法	图示
<p>7. 校核、去辅助线、描粗、标注尺寸、填写标题栏和技术要求</p>	<p>先粗后细、先曲后直、先水平后垂直再倾斜、自上而下、自左而右</p>	<p style="text-align: center;">图示</p>  <p>The diagram shows a technical drawing of a mechanical part within a rectangular frame. The drawing includes various geometric features such as arcs, lines, and circles. Key dimensions are labeled: 36, 18, 22, 27, 15.0, and 10.0. Radii are indicated as R14.9, R12.8, R17, R16.6, R12, R11.6, R4.0, R26, and R23. The drawing is annotated with construction lines and dimension lines. At the bottom center of the frame, there is a rectangular box labeled '标题栏' (Title Block).</p>

模块二

投影与视图

在机械设计与生产过程中，需要用图形准确表达机器零件的形状。正投影图由于能准确表达物体的形状，度量性好，作图方便，因此，在工程上得到广泛应用，机械图样主要是用正投影法绘制的。本模块重点讨论正投影图的投影规律和作图方法，它是识读和绘制机械图样的重要理论基础，也是机械制图课程的核心内容。

项目一

绘制简单形体的三视图

任务1 绘制物体的正投影图

教学目标

1. 理解投影的概念，掌握投影法的分类、正投影法的特性。
2. 了解正投影图的形成，掌握正投影图的投影规律。
3. 能作出简单形体的正投影图。

任务提出

用图形表达图 2-1-1 “U”形块前面形状。要求表达准确，全面完整，图线规范。

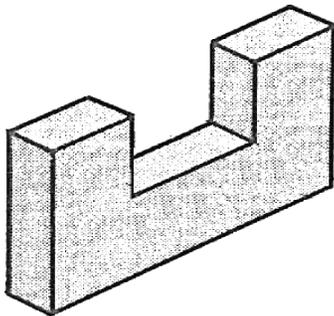


图 2-1-1 “U”形块的立体图

任务分析

如图 2-1-2 所示，把投影面放在正前方，“U”形块放在人与投影面之间，让互相平行且与投影面垂直的投影线投射“U”形块，就会在投影面上得到正投影图。很显然，该正投影图能准确地表达“U”形块物体前表面的形状和大小。

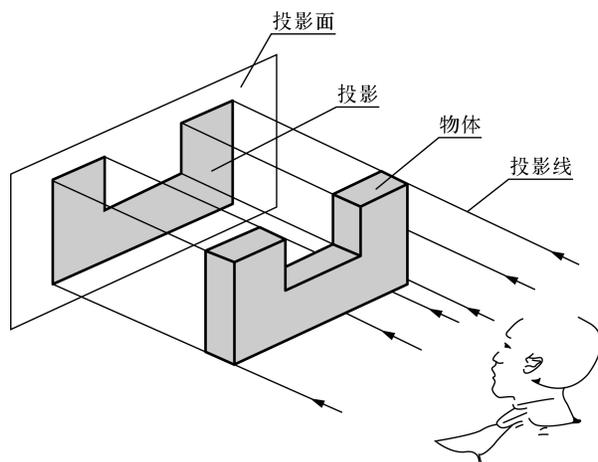


图 2-1-2 “U”形块正投影图的形成

相关知识

物体在光线照射下，在地面或墙面上会产生影子，人们对这种现象加以抽象研究，总结其中规律，形成了投影法。投影法是指投射射线通过物体，向选定的面投射，并在该面上得到图形的方法。

一、投影法分类

1. 中心投影法

投射射线交汇于一点的投影法（投射中心到投影面为有限远），称为中心投影法；所得到的投影，称为中心投影，如图 2-1-3 所示。工程上常用的透视图，就是用中心投影法将物体投射在单一投影面上，所得到的图形符合人的视觉，直观性强，该法多用于绘画及建筑制图。

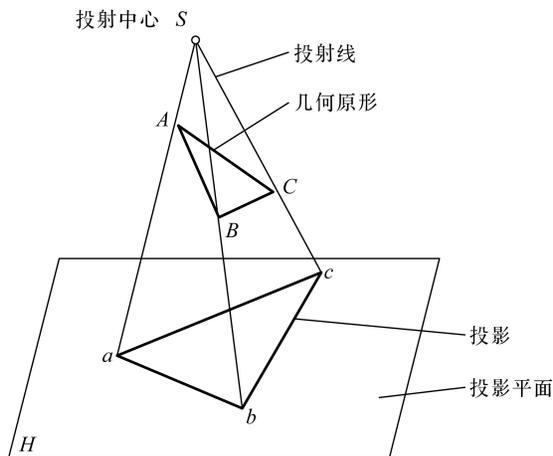


图 2-1-3 中心投影法