



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

工程制图

第二版

焦永和 张彤 张京英 主编



高等教育出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

工程制图

Gongcheng Zhitu

第二版

焦永和 张彤 张京英 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会2010年制订的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》及有关最新国家标准,参考国内、外同类教材,并总结作者近年来的教学改革实践经验,在第一版的基础上修订而成的。

全书除绪论外共分为10章,包括制图的基础知识、正投影基础、基本立体及其表面交线的投影、组合体的视图、轴测投影、图样画法、标准件与常用件、零件图、装配图、计算机绘图及三维造型基础等内容。

与本书配套使用的焦永和、张彤、张京英主编《工程制图习题集》同时修订出版。本书后还附有《工程制图(第二版)教学辅助系统》,可供教学和自学使用。

本书可作为高等学校本科近机类、非机类各专业的教材,也可供中等及高等职业学校的教师和有关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程制图/焦永和,张彤,张京英主编.--2版.

--北京:高等教育出版社,2015.12

ISBN 978-7-04-044164-2

I. ①工… II. ①焦… ②张… ③张… III. ①工程制图-高等学校-教材 IV. ①TB23

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第260652号

策划编辑 薛立华
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 薛立华
责任校对 胡美萍

封面设计 杨立新
责任印制 尤 静

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京四季青印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 22.25
字 数 540千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2008年6月第1版
2015年12月第2版
印 次 2015年12月第1次印刷
定 价 42.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 44164-00

第二版前言

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2010 年制订的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》及有关最新国家标准,在第一版的基础上修订而成的。本次修订基本保留第一版的内容、结构体系和叙述风格,局部更新、调整了部分章节的内容和插图,全面校正了第一版中的文字和插图错误。

“组合体的视图”一章是工程制图课程最主要的内容之一,而组合体的尺寸标注和读组合体的视图是学生学习中的难点问题。作者在这一章中将自己多年来在教学中总结出来的方法做了详细介绍:提出了组合体的定形与定位尺寸的划分,取决于形体分析时对组合体的分解方式;提出了读组合体视图时需注意的六个方面问题,其中“关注层次、线段的有效交点、圆的象限点以及通孔与板厚的关系等”是本书的独到之处,也是本书突出的特点。

除此之外,修订后本书还有以下主要特点:

(1) 投影理论是全书的基础和主体。投影法是绘制几何形体、零部件图的理论基础,投影理论构成了全书的主体和核心,体现了工程制图与画法几何的内在联系。

(2) 在每章的开始时给出本章的学习目的与学习内容,便于学生预习时参考。在每章的最后给出本章小结和一定数量的复习思考题,有利于学生的课后复习。

(3) 采用有关的最新国家标准。全书采用最新颁布的《技术制图》《机械制图》等有关国家标准,并根据课程内容的需要,分别编排在正文或附录中,以培养学生树立贯彻最新国家标准的意识和查阅国家标准的能力。

(4) 增加计算机三维造型的内容。在计算机二维绘图内容的基础上增加三维造型的内容,并将其集中在最后一章,便于在教学中灵活选用。二维绘图部分主要介绍 AutoCAD 绘图软件的基本绘图功能;三维造型部分主要介绍用 Inventor 构造三维形体的功能。工程制图课程的计算机绘图部分,其主要任务是培养学生合理地运用软件绘制工程图以及三维造型的能力,而不是系统地掌握 AutoCAD 与 Inventor 软件的全部知识和具体操作。

(5) 加强徒手绘图能力的培养。徒手绘图是现代工程技术设计尤其是创意设计必需的一种能力。本书在第一章集中介绍了徒手绘制平面图的方法,之后将徒手绘图的训练贯穿在全课程的作业实践中。教学中可将一部分传统的尺规绘图作业改为徒手绘图,以加强徒手绘图能力的培养。

与本书配套的《工程制图(第二版)教学辅助系统》包括 CAI 课件、习题答案及模拟试卷等内容,以光盘形式附于书后。

本书由焦永和、张彤、张京英主编。参加本书修订工作的有:北京理工大学焦永和(绪论、第三章、第四章、附录)、张彤(第一章、第七章、§ 8.5)、张辉(第五章)、张京英(第六章)、李莉(§ 10.1)、罗会甫(§ 10.2),北京理工大学珠海学院熊南峰(第二章)、薛广红(第九章),北京工商大学刘斌(第八章其余小节)。书中的三维立体模型均由刘斌构造。中国人民解放军装备指

挥技术学院陈梅参与了部分章节的修订。

清华大学刘朝儒教授认真审阅了全书并提出了许多宝贵的修改意见,尤其是对“组合体的视图”一章,无偿提供了自己在教学中使用多年的读图图例(图 4-39~图 4-42),使得这一章的内容更加丰满。在此深深致谢。

由于水平所限,书中不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2015年6月于北京

目 录

绪论	1	§ 5.2 正等轴测图	127
第一章 制图的基础知识	2	§ 5.3 斜二等轴测图	134
§ 1.1 国家标准有关制图的基本规定	2	§ 5.4 轴测图的剖切画法	138
§ 1.2 几何作图	15	本章小结	140
§ 1.3 平面图形的分析和尺寸注法	20	复习思考题	141
§ 1.4 徒手图	26	第六章 图样画法	142
本章小结	28	§ 6.1 视图	142
复习思考题	28	§ 6.2 剖视图	147
第二章 正投影基础	29	§ 6.3 断面图	157
§ 2.1 投影法	29	§ 6.4 其他规定画法和简化画法	161
§ 2.2 点的投影	32	本章小结	167
§ 2.3 直线的投影	37	复习思考题	167
§ 2.4 平面的投影	43	第七章 标准件与常用件	168
§ 2.5 直线与平面的相对位置	50	§ 7.1 螺纹	168
本章小结	56	§ 7.2 螺纹紧固件及其连接的画法	179
复习思考题	56	§ 7.3 键及其连接	187
第三章 基本立体及其表面交线的 投影	57	§ 7.4 销及其连接	189
§ 3.1 平面立体的投影	58	§ 7.5 滚动轴承	190
§ 3.2 回转曲面立体的投影	60	§ 7.6 齿轮	193
§ 3.3 平面立体的截交线	67	§ 7.7 弹簧	201
§ 3.4 回转体的截交线	71	本章小结	204
§ 3.5 回转体的相贯线	82	复习思考题	204
本章小结	90	第八章 零件图	205
复习思考题	91	§ 8.1 零件图的内容和特点	205
第四章 组合体的视图	92	§ 8.2 零件的结构分析	207
§ 4.1 概述	92	§ 8.3 零件表达方案的选择	210
§ 4.2 画组合体的视图	96	§ 8.4 零件图的尺寸标注	214
§ 4.3 组合体的尺寸标注	100	§ 8.5 零件图的技术要求	220
§ 4.4 读组合体的视图	111	§ 8.6 零件测绘	232
本章小结	123	§ 8.7 零件图的阅读	236
复习思考题	123	本章小结	239
第五章 轴测投影	124	复习思考题	239
§ 5.1 轴测投影的基本知识	124	第九章 装配图	242
		§ 9.1 装配图的作用和内容	242
		§ 9.2 部件或机器的表达方法	244

§ 9.3 零件结构的装配合理性	249	复习思考题	301
§ 9.4 装配图的尺寸标注和技术要求	252	附录	302
§ 9.5 装配图中零、部件序号和明细栏	253	§ 1 螺纹	302
§ 9.6 画装配图的方法和步骤	255	§ 2 倒圆、倒角、退刀槽、螺栓通孔	307
§ 9.7 装配体测绘	260	§ 3 螺纹紧固件	310
§ 9.8 读装配图和拆画零件图	267	§ 4 键、销	325
本章小结	271	§ 5 滚动轴承和钢球	328
复习思考题	271	§ 6 表面粗糙度参数	334
第十章 计算机绘图及三维造型基础	272	§ 7 极限与配合	335
§ 10.1 AutoCAD 软件应用简介	272	§ 8 常用材料	344
§ 10.2 三维造型基础	288	§ 9 热处理名词简介	347
本章小结	301		

绪 论

一、本课程的性质

图形是人类社会生活与生产过程中进行信息交流的重要媒体。采用一定的投影方法及按有关规定绘制的图形称为图样。

在生产和科学研究中,设计者用图样表达设计的产品,制造者从图样了解产品的设计要求并制造产品,图样还被用来进行技术交流,以及产品的安装、检验与维修。因此,图样是设计的成果、制造与检验维修的依据、交流的工具。生产实践与科学研究都离不开图样,它是工程界的技术语言。工程技术人员应当熟练地掌握这一技术语言。

工程制图是研究工程图样的阅读与绘制的一门技术基础课程。

二、本课程的任务

- (1) 学习正投影法的基本理论及其应用。
- (2) 培养对三维形体的空间思维能力。
- (3) 培养阅读与绘制工程图样的基本能力。
- (4) 培养利用计算机绘制图样以及用计算机构造三维形体的初步能力。

此外,在教学过程中,应注重培养分析问题和解决问题的能力,培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风,这些对于工程技术人员来说都是十分重要的。

三、本课程的主要内容

- (1) 用投影的方法在二维平面上表达三维空间几何元素和形体的基本理论和方法。
- (2) 绘制和阅读工程图样的理论、方法和国家标准的有关规定。
- (3) 使用仪器绘图、徒手绘图的基本方法与技能。
- (4) 一般机械零件和部件的结构知识、技术要求等。

第一章 制图的基础知识

本章学习目标

掌握有关工程制图国家标准;了解几何作图和徒手草图的概念和作图方法;掌握平面图形分析和绘制。

本章学习内容

1. 国家标准中图纸幅面和格式、标题栏和明细栏、比例、字体、图线和尺寸标注等要求;
2. 正多边形、斜度与锥度、圆弧连接、椭圆等的几何作图;
3. 平面图形尺寸及线段分析,平面图形绘制方法及尺寸标注;
4. 徒手草图的概念和简单作图方法。

工程图样是现代工业生产中必不可少的技术资料,每个工程技术人员均应熟悉和掌握有关制图的基本知识和技能。本章将着重介绍国家标准《技术制图》和《机械制图》中关于图纸幅面和格式、比例、字体、图线、尺寸标注等的有关规定,并简略介绍平面图形的基本作图方法、尺寸标注及徒手草图的概念和作图方法。

§ 1.1 国家标准有关制图的基本规定

为了适应现代化生产、管理的需要和便于技术交流,国家标准机构依据国际标准化组织制定的国际标准,结合我国具体情况,制定并颁布出相应的一系列国家标准,代号“GB”。“GB/T”表示该国家标准为推荐标准。本节摘录了国家标准《技术制图》和《机械制图》中有关制图的基本规定,在绘制工程图样时,必须严格遵守这些规定。

一、图纸幅面和格式(GB/T 14689—2008)

1. 图纸幅面

绘制图样时,应优先采用表 1-1 中规定的图纸幅面尺寸。图幅代号分别为 A0、A1、A2、A3、A4 五种。

表 1-1 图纸幅面

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1 189	594×841	420×594	297×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

必要时,可以按规定加长图纸的幅面。加长幅面的尺寸由基本幅面的短边成整数倍增加后得出,如图 1-1 所示。图中粗实线为第一选择的基本幅面;细实线为第二选择的加长幅面;细虚线为第三选择的加长幅面。

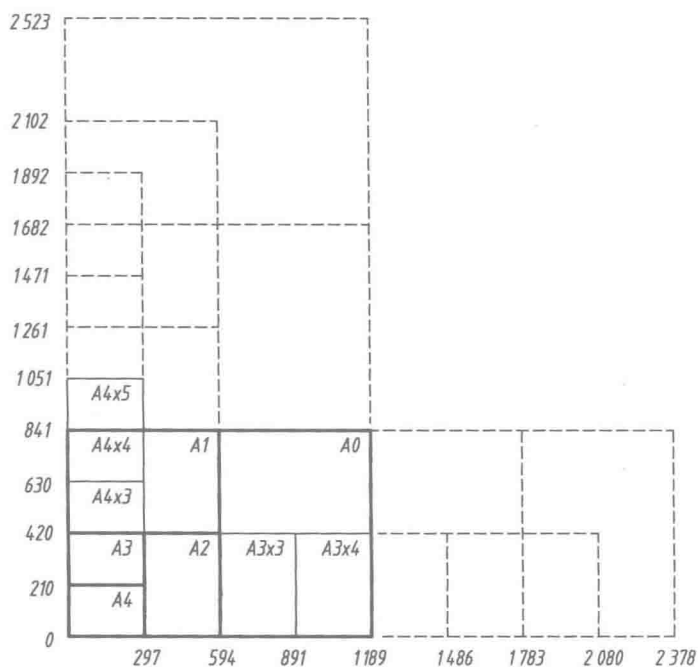


图 1-1 图纸幅面

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框,图样必须绘制在图框内部。其格式分为留有装订边和不留装订边两种,如图 1-2 所示,其尺寸规定见表 1-1。同一产品的图样只能采用一种图框格式。

为使图样复制和缩微摄影时方便定位,对图 1-1 和表 1-1 中的各号图纸,均应在各边中点处分别用粗实线绘制对中符号,自周边深入图框内约 5 mm,如图 1-2e 所示。

当标题栏(下文介绍)的长边置于水平方向且和图纸的长边平行时构成 X 型图纸,标题栏的长边和图纸的长边垂直时则构成 Y 型图纸,如图 1-2 所示。

采用 X 型图纸与 Y 型图纸时,看图的方向与看标题栏的方向一致。有时为了充分利用已印刷好的图纸,允许将 X 型图纸的短边或 Y 型图纸的长边置于水平位置使用,但必须用方向符号指示看图方向,方向符号是用细实线绘制的等边三角形,放置在图纸下端对中符

号处,如图 1-2e 所示。此时,标题栏的填写方法仍按常规处理,与图样的尺寸标注、文字说明无确定的直接关系。

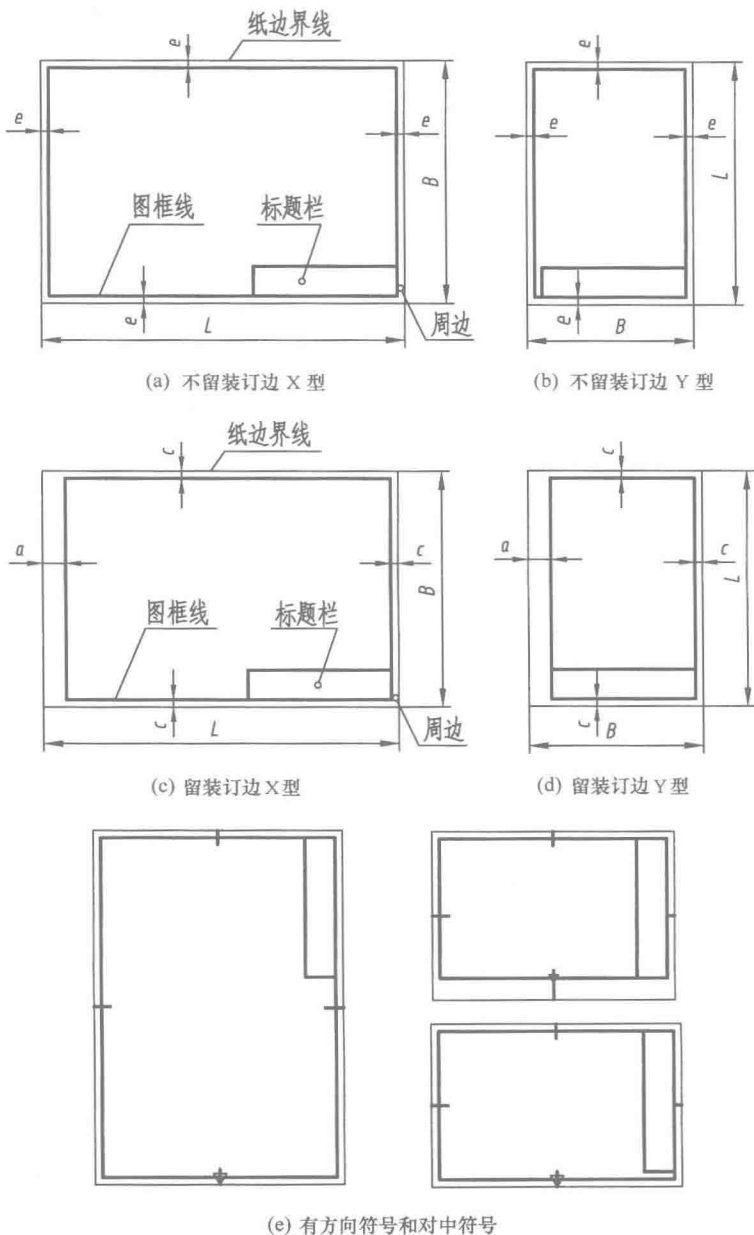


图 1-2 图框格式

二、标题栏和明细栏

1. 标题栏(GB/T 10609.1—2008)

每张图纸上都必须画有标题栏。标题栏位于图纸的右下角,其格式和尺寸要遵守国家标准

GB/T 10609.1—2008 的规定,在该标准的附录中列出了一个标题栏的格式举例,作为标题栏的统一格式,如图 1-3 所示。

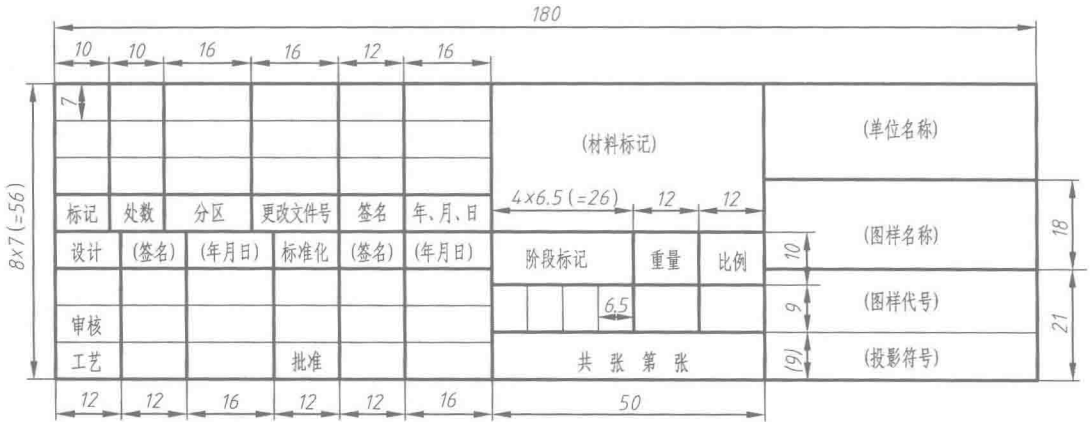


图 1-3 标题栏的格式

2. 明细栏 (GB/T 10609.2—2009)

装配图中的明细栏由国家标准 GB/T 10609.2—2009 规定,其格式和尺寸如图 1-4 所示。

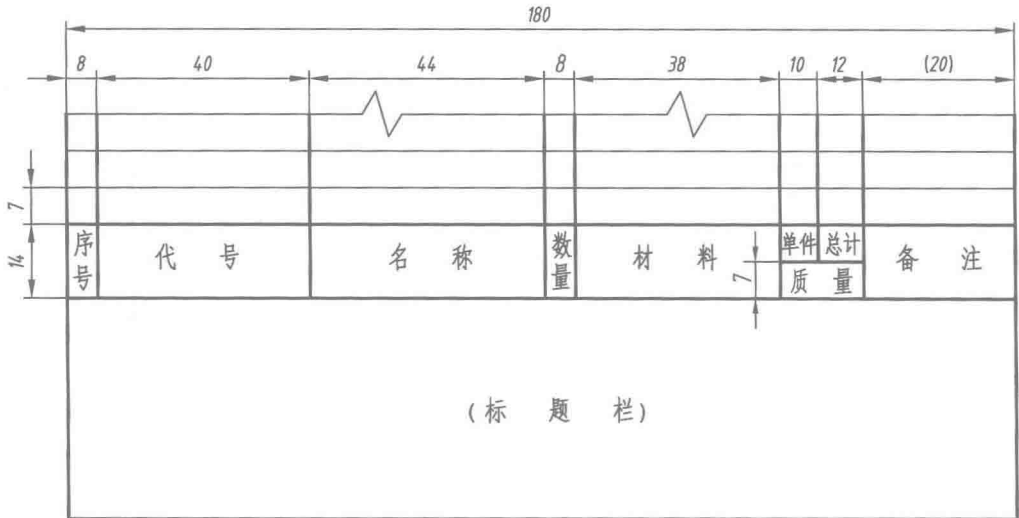


图 1-4 装配图中明细栏的格式

为了简化练习,本教材推荐制图练习用的标题栏和明细栏如图 1-5 所示。

三、比例 (GB/T 14690—1993)

图样的比例是指图样中机件要素的线性尺寸与实物相应要素的线性尺寸之比。线性尺寸是指尺寸线能用直线表达的尺寸,例如直线长度、圆的直径等,而角度则为非线性尺寸。

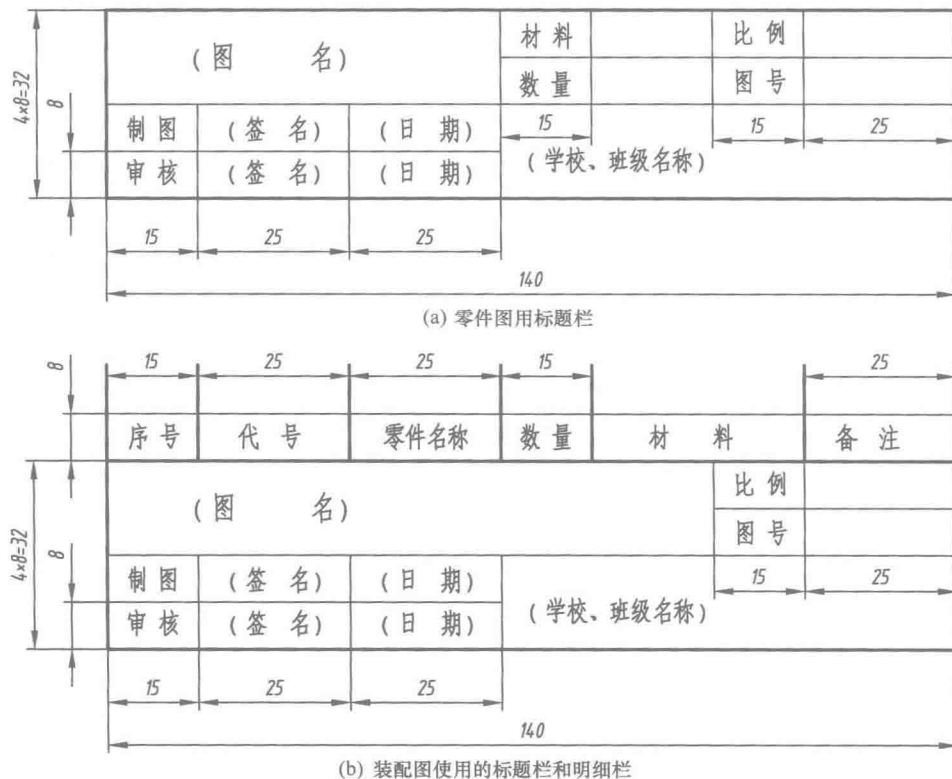


图 1-5 练习使用的标题栏和明细栏

图样比例分为原值比例、放大比例、缩小比例三种,绘制图样时,应根据实际需要按表 1-2 中规定的系列选取适当的比例。应尽量按机件的实际大小(1:1)画图,以便能直接从图样上看出机件的真实大小。必要时,亦允许采用表 1-3 的比例。

表 1-2 标准比例系列

种类	比例		
原值比例	1:1		
放大比例	2:1	5:1	
	$2 \times 10^n : 1$	$5 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$
缩小比例	1:2	1:5	1:10
	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$

注: n 为正整数。

表 1-3 比例系列

种类	比例					
放大比例	4:1	$4 \times 10^n : 1$	2.5:1	$2.5 \times 10^n : 1$		
缩小比例	1:3	$1:3 \times 10^n$	1:4	$1:4 \times 10^n$	1:6	$1:6 \times 10^n$

注: n 为正整数。

绘制同一机件的各个视图应采用相同的比例,并在标题栏的“比例”一栏中标明。当某个视图需要采用不同的比例时,必须另行标注。应注意,不论采用何种比例绘图,尺寸数值均按原值注出,如图 1-6 所示。

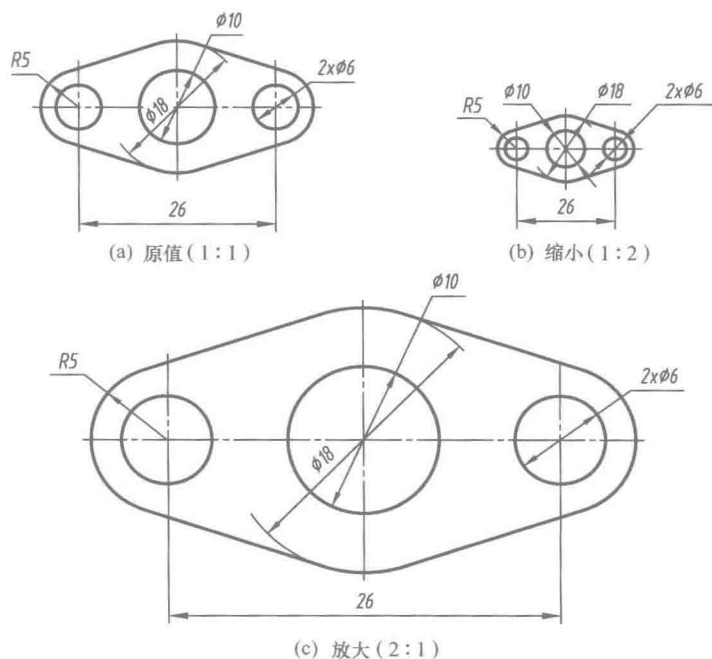


图 1-6 比例

四、字体(GB/T 14691—1993)

图样中的字体书写必须做到:字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体高度(用 h 表示,单位为 mm)的公称尺寸系列为:1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20。如需书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增,字体高度代表字的号数。

1. 汉字

汉字应写成长仿宋体字,并应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

长仿宋体汉字的书写要领是:横平竖直、注意起落、结构匀称、填满方格。

汉字除单体字外,一般由上、下或左、右几部分组成,书写时各部分的比例要匀称,结构要紧湊。

汉字书写示例——长仿宋体:

10 号字

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

7 号字

横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

5 号字

技术制图 机械电子 汽车航空 船舶港口 土木建筑 矿山井坑 纺织服装

2. 数字和字母

数字和字母分为 A 型和 B 型。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。数字和字母均可写成斜体或直体,斜体字字头向右倾斜,与水平线成约 75° 角。在同一张图样上,只允许选用一种形式的字体。

阿拉伯数字书写示例:

A 型斜体

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

A 型直体

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

字母书写示例:

A 型大写斜体

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

A 型小写斜体

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

3. 图样中书写规定与示例

(1) 用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母,一般应采用小一号的字体。

$$10^3 \quad 5^{-1} \quad D_1 \quad T_d \quad \phi 20_{-0.023}^{+0.010} \quad 7^{\circ+1^\circ}_{-2^\circ} \quad \frac{3}{5}$$

(2) 其他应用示例。

$$10J_s5(\pm 0.003) \quad M24-6h \quad \phi 25 \frac{H6}{m5} \quad \frac{11}{2:1} \quad \frac{A}{5:1} \quad \sqrt{Ra \ 6.3} \quad R8 \quad 5\%$$

五、图线 (GB/T 17450—1998, GB/T 4457. 4—2002)

国家标准规定了技术制图所用图线的名称、形式、结构、标记及画法规则。它适用于各种技术图样,如机械、电气、土木工程图样等。

1. 线型

GB/T 17450—1998 中规定了绘制各种技术图样的 15 种基本线型。机械制图用线型有 9 种,表 1-4 和图 1-7 给出了机械制图中常用的几种线型的名称、画法和应用。

表 1-4 线型及应用

名称	图示	应用	名称	图示	应用
细实线		尺寸线、尺寸界线、指引线、剖面线等	细虚线		不可见轮廓线
粗实线		可见轮廓线、螺纹牙顶线、螺纹终止线	细点画线		中心线、对称线、齿轮的节圆、剖切线等
波浪线		断裂边界线	粗点画线		有特殊要求表面的表示线
双折线			细双点画线		假想轮廓线、极限位置轮廓线

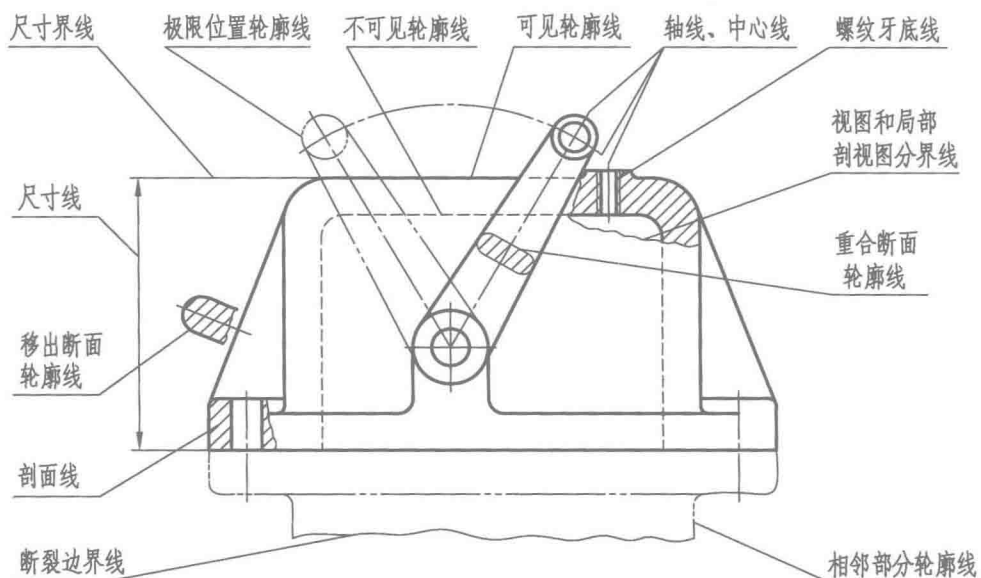


图 1-7 各种线型的应用

2. 图线宽度

技术制图国家标准规定了 9 种图线宽度(用 d 表示)。绘制工程图样时所有线型宽度值 d 应在下面的系列中选择:0.13,0.18,0.25,0.35,0.5,0.7,1,1.4,2,单位为 mm。

同一张图样中,相同线型的宽度应一致,如有特殊需要,线宽应按 $\sqrt{2}$ 的级数派生。

机械制图国家标准通常采用粗、细两种线宽,其比例关系为 2:1。

3. 图线的画法

虚线、点画线、双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等,在图样中要显得匀称协调,国家标准建议绘图时采用图 1-8 的图线规格。另外,还应注意:

(1) 虚线、点画线、双点画线应恰当地交于画处,而不是点或间隔处,如图 1-9a 所示;

(2) 画圆的中心线时,圆心应是画的交点,细点画线两端应超出轮廓 2~5 mm;当圆心较小时,允许用细实线代替细点画线,如图 1-9b 所示。

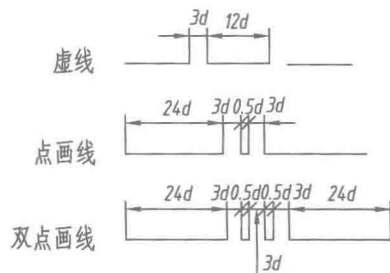


图 1-8 建议采用的图线规格

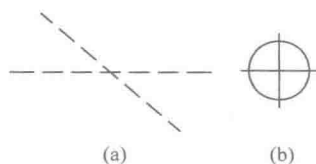


图 1-9 画法示例

(3) 细虚线直接在实线延长线上相接时,细虚线应留出间隙,如图 1-10 所示;

(4) 细虚线圆弧与实线相切时,细虚线圆弧应留出间隙。

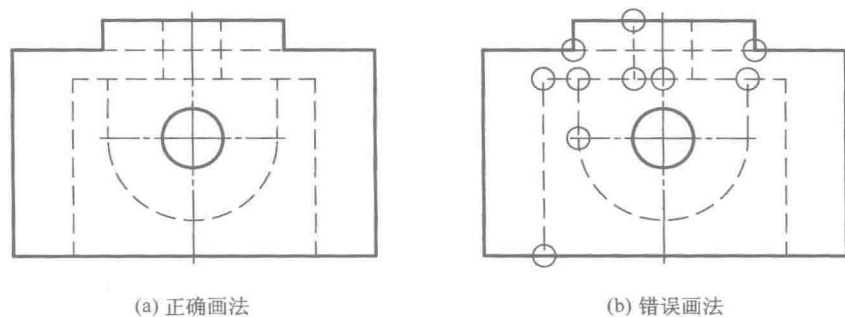


图 1-10 各种图线相交、相接的画法

六、尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003)

在图样中,除需表达形体的结构形状外,还需标注尺寸,以确定形体的大小。因此,尺寸是图样的重要组成部分。尺寸标注是否正确、合理,会直接影响图样的质量。为了便于交流,国家标准 GB/T 4458.4—2003 对尺寸标注的基本方法做了一系列规定,在绘图过程中必须严格遵守。

1. 基本规则

(1) 图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸,以 mm 为单位时,不需标注单位符号(或名称);如采用其他单位,则必须注明相应的单位符号。

(2) 图样上所标注尺寸数值为机件的真实大小,与图形的大小和绘图的准确度无关。

(3) 机件的每一个尺寸在图样中一般只标注一次。

(4) 图样中所标注的尺寸为该机件的最后完工尺寸,否则应另加说明。

2. 尺寸要素

(1) 尺寸界线。尺寸界线表示所注尺寸的起止范围,用细实线绘制,并应由图形的轮廓线、