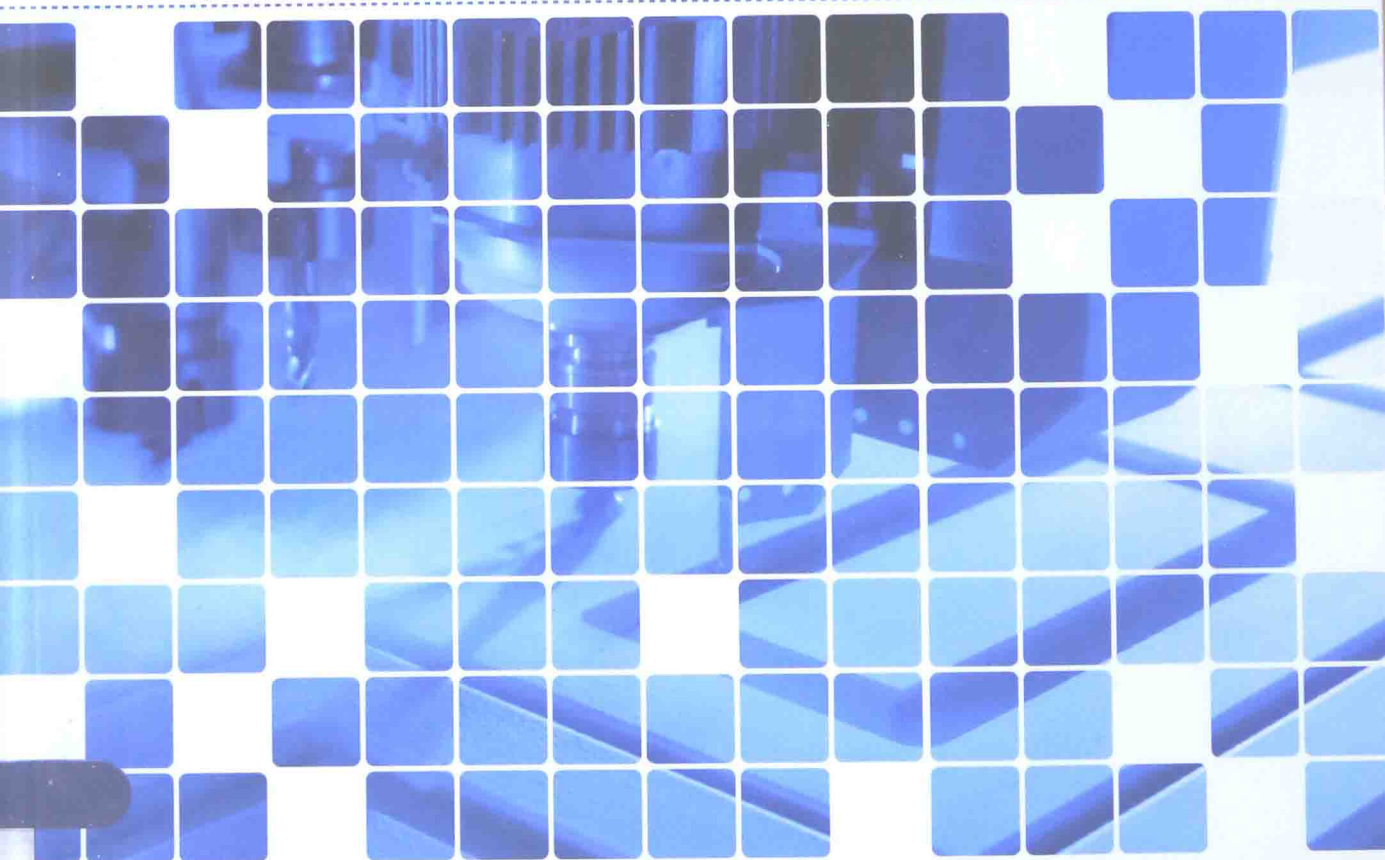


高等教育“十二五”部委级规划教材

工程制图

单鸿波 金 怡 于海燕 编著



GONGCHENG ZHITU

东华大学出版社

工程制图

单鸿波 金 怡 于海燕 编著

东华大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程制图/单鸿波等编著. —上海:东华大学出版社,

2014. 9

ISBN 978-7-5669-0366-2

I. ①工… II. ①单… 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(2014)第 229517 号

主 审 王晓红

责任编辑 竺海娟

封面设计 李 博

出 版: 东华大学出版社(上海市延安西路 1882 号, 200051)

本 社 网 址: <http://www.dhupress.net>

天猫旗舰店: <http://dhdx.tmall.com>

营 销 中 心: 021-62193056 62373056 62379558

印 刷: 常熟大宏印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 10.25

字 数: 312 千字

版 次: 2014 年 9 月第 1 版

印 次: 2014 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5669-0366-2/TB·001

定 价: 26.80 元

序

工程是将自然科学的原理应用到工农业生产部门中而形成的各学科之总称。机械工程、化学工程、电气工程等分别为“工程”这一总称中的一个门类，每一工程门类都有各自的专业体系及专业规范。工程图样是用图形、文字、数字和规定符号表示工程信息的载体，设计者用图样表达设计意图，制造者依据图样进行生产。因此，工程图样享有“跨国界的工程技术语言”之称，是指导生产和技术交流的重要技术文件。

东华大学（原中国纺织大学）工程图学教育在国内有着非常悠久且辉煌的历史，原中国纺织大学制图教研室主持的“工程图学课程改革与建设”项目曾获国家级教学成果优秀奖、上海市特等奖（1989年），以及制图教研室主持的“机械设计与制图一条线综合课程建设与改革”项目获国家教学成果二等奖、上海市一等奖（1993年）。近年，东华大学图学课程先后被评为上海市精品课程（2006年）和上海市重点课程（2007年），且“以学会为桥梁，高校、学会和企业协同推进工程图学教学改革探索和实践”项目获上海市教学成果二等奖（2013年）、“依托课外科技竞赛平台，以强化实践为特色的图学课程理论与实践教学体系建设与改革”项目获中国纺织工业联合会教学成果奖（2013年），并先后涌现出以曹桃教授、王继成教授两位教育部全国优秀教师为代表的图学教学团队，在图学教育方面做了大量富有成效的工作。本教材编写团队正是在秉承东华图学历史沉淀基础之上，完成了对本教材的编写。

本教材以培养读者“看图、识图、绘图”能力为目标，从点、线、面的投影到零件图和装配图的规范表达、从传统手工绘图到现代的计算机辅助工程制图，由浅入深、循序渐进，全书涵盖的知识点全面，体系性强，符合教育部高等学校工程图学教学指导委员会规定的教学基本要求，特色鲜明、重点突出，并以目前工厂企业普遍使用的 SolidWorks 软件为工具，导入最新的计算机绘图内容，通过引用工程实际案例较好地贯彻了“理论与实践相结合、教师讲授与学生动手实践一体化”的教学法则。

随着设计科学、制造科学、信息科学等不同学科的迅猛发展，必将对现有的技术流程和规范带来变革，也必将直接影响到工程图学的教学内容，就如同当年声势浩大“计算机绘图替代手工绘图”的“甩图板工程”对图学教育带来的历史变革，藉此希望中国图学教育的改革能与时俱进、不断超越！



中国工程院院士
2013年12月

前 言

工程图学是画法几何学与工程制图技术规范相结合的学科,工程图样实际是机械图样、化工图样、电气图样、建筑图样、服装图样、水工图样等的总称。本教材重点介绍工程图学的基本知识和应用最为广泛的机械图样,采用最新颁布的《技术制图》《机械制图》国家标准,以 CAD 软件为工具,从基本体和组合体表达、零件图和装配图规范表达两个方面进行了详细撰写,特别是将 CAD 软件三维构形的思想贯穿到形体的表达,以期达到“使抽象的表达具体化、可操作化”的教学目标。

本教材与东华大学朱辉教授等主编的《画法几何与工程制图》(第六版)为“双胞胎”系列教材,本教材主要是面向非机械类各专业的工程制图教学使用,相比机械专业而言,非机械类工程制图的教学面临学时少、实践环节薄弱等不利因素,因此,学生在选用本教材时应首先掌握工程图学的基础理论——正投影法,正投影法是用二维图形表达三维实体几何形状的基本原理和基本方法,理解多面正投影的投影规律以及基本体、组合体的图示特点,领会“长对正、高平齐、宽相等”的图样表达精髓,是工程图学的理论基础。其次,掌握工程图学的思维方式——形象思维和抽象思维相结合,在绘制三维实体的视图时,对三维实体的观察不应停留在感性认识,而应通过构形分析,对三维实体进行几何抽象和重组,变复杂几何体为简单几何体的集合,使绘图的思维有条不紊,从而准确、快速地完成绘图工作。最后,一定要重视动手实践,通过完成一定数量的手工作业是巩固工程图学基础理论和掌握绘图、识图方法的基本保证;掌握计算机软件的操作同样需要一定数量的上机训练。因此,对课后作业、上机练习都应高度重视,认真、按时、优质地完成必要的手工绘图作业与上机练习内容。

本次再版得到了第一版、第二版作者王晓红副教授的细心审阅和全程支持,并提出了许多富有价值的宝贵意见和建议,同时也得到了东华大学朱辉教授、王继成教授的指导,谨在此表示衷心的感谢!此外,在教材的编写、出版过程中,得到了东华大学教务处、东华大学出版社、东华大学机械工程学院等诸位领导的关心和支持,在使用过程中也得到了师生们对内容再版的热心反馈和提出真知灼见的修改建议,在此一并表示诚挚的谢意!

全体编者诚挚希望广大读者和同行对本书继续予以关心和支持,并提出宝贵的意见和建议,您的支持和建议是本教材永葆质量的保证!

全体编者

2013 年 12 月

于东华大学松江校区

目 录

第一章 工程图学概述	1
第一节 正投影图	1
第二节 轴测投影图	4
第三节 工程制图相关技术标准	5
第四节 平面图形的绘制	10
第五节 三维 CAD 建模概述	12
第二章 点、直线、平面的投影	16
第一节 点的投影	16
第二节 直线的投影	19
第三节 平面的投影	23
第三章 基本体的视图表达	27
第一节 基本体的投影	27
第二节 基本体被平面截断	30
第三节 相贯体的投影	34
第四章 组合体的视图表达	38
第一节 组合体视图的绘制	38
第二节 组合体的尺寸标注	41
第三节 组合体视图的识读	45
第五章 图样的基本表示法	49
第一节 视图	49
第二节 剖视图	51
第三节 断面图、局部放大图	58
第四节 常用简化画法	61
第六章 图样的特殊表示法	63
第一节 螺纹	63
第二节 螺纹紧固件	68
第三节 键和销	74
第四节 齿轮	76
第七章 零件图	80
第一节 零件图的视图选择	80
第二节 零件图的尺寸标注	84
第三节 零件图上的技术要求	87
第四节 常见的零件工艺结构	96

第八章 装配图	99
第一节 装配图的画法	99
第二节 装配图的尺寸和技术要求	103
第三节 装配图的部件序号和零件明细栏	104
第四节 几种常见的装配工艺结构	106
第九章 计算机辅助制图	107
第一节 基本体的构形分析与建模流程	107
第二节 组合体的构形分析与建模流程	120
第三节 装配体建模的基本流程	130
第四节 三维实体工程图样的生成	134
附录 相关技术标准	142
附录 1 极限与偏差	142
附录 2 螺纹紧固件	149
附录 3 销与键	156

第一章 工程图学概述

在各行各业的产品生命周期过程中，任何零件都可以抽象地看成是由许多方位不同、形状不同、大小不同的面组合成的几何体。在工程图学中，通常假设几何体是实心、不透明、有界、封闭且内部连通的三维实体。当用户从不同的视角看某个三维实体时，总有可视面和不可视面之分。

工程图样作为工程信息的载体，必须确切、唯一地反映所表达对象的原形。所以，同样是在平面上表达具有长度、宽度、高度的三维实体，工程图样所依赖的图示技法与素描、油画等视觉艺术的绘画技法不尽相同。工程图样通常用多面正投影图来表达工程对象，有时辅以轴测图。随着现代图形技术、信息技术的日益成熟，用 CAD 软件建构三维实体模型直接表达工程对象是工程图样表达的发展趋势。

第一节 正投影图

1.1 投影法及其分类

如图 1-1 所示，用一组假想的光线将 $\triangle ABC$ 的轮廓线投射到平面 P 上，在平面 P 上得到的图形称“ $\triangle ABC$ 的投影(图)”；平面 P 称“投影面”；光线称“投射线”。这种用投射线将物体的轮廓线向投影面投射，并在投影面得到投影的方法称“投影法”。

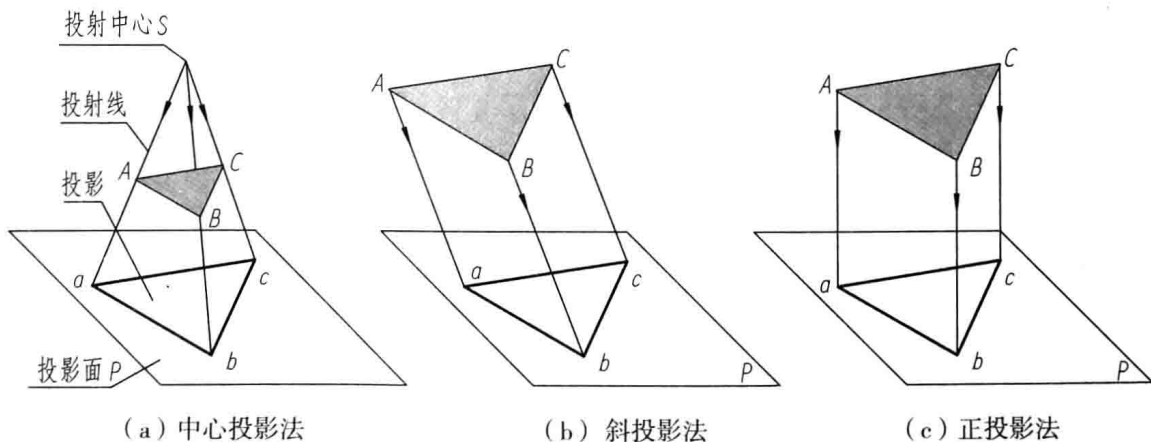


图 1-1 投影法

根据投射线的类型(汇交或平行),投影法可分为中心投影法和平行投影法两类。

1.1.1 中心投影法

在图 1-1(a)中，所有投射线汇交于投射中心 S ，这种投影法称“中心投影法”。

用中心投影法绘制的图形称“透视图”，绘画艺术正是应用中心投影法即透视原理表达画者的视觉感受。按特定规则画出的透视图显示近大远小的透视变化，具有立体感强的优点，但作图复杂且度量性差，多用于绘制效果图，如产品设计中视觉传达的广告宣传图样、建筑物的直观图等。

1.1.2 平行投影法

在图 1-1(b)、(c)中，投射射线相互平行，这种投影法称“平行投影法”，其中，投射射线与投影面倾斜的称“斜投影法”，如图 1-1(b)所示；投射射线与投影面垂直的称“正投影法”，如图 1-1(c)所示。

用平行投影法绘制的具有立体感的图形称“轴测投影图”，图 1-1 均为轴测图。

用正投影法绘制的图形称“正投影图”，简称“视图”。在绘图时，若将三维实体按自然位置放平、摆正，使其主要平面平行于投影面，就可以在投影面上得到这些平面的实形，便于手工作图。由于正投影图作图方便且具有便捷的度量性，因此，国家标准《技术制图投影法》(GB/T14692—1993)规定：绘制工程图样时，应以采用正投影法为主，以轴测投影法及透视投影法为辅。

1.2 多面正投影图

空间的任意形体均可直观体现为三维实体，但绝大多数书面表达和技术文件传输的主要媒介主要是二维平面内，如我们的书本、图纸。如何将三维实体在二维平面上正确、无歧义地表达是负有“跨国家的工程技术语言”工程图样首要解决的问题，特别是在缺乏信息化硬件条件的情况下，目前，要实现三维实体表达的“所见即所得、所绘即所表”的目的，均离不开正投影法的应用。

1.2.1 第一角画法与第三角画法

工程图样的视图投影体系有两种，一种是中国、德国、法国等国家采用的第一角画法，另一种是美国、日本、加拿大等国家采用的第三角画法。它们的主要区别是，第一角画法是將三维实体置于观察者和透明的投影面之间，如图 1-2(a)所示，而第三角画法是將透明的投影面置于观察者和三维实体之间，如图 1-2(b)所示。由于是对同一三维实体的同一方位作正投影，所以无论采用何种画法其结果必然是相同的。也就是说，所谓正投影图，即视图，

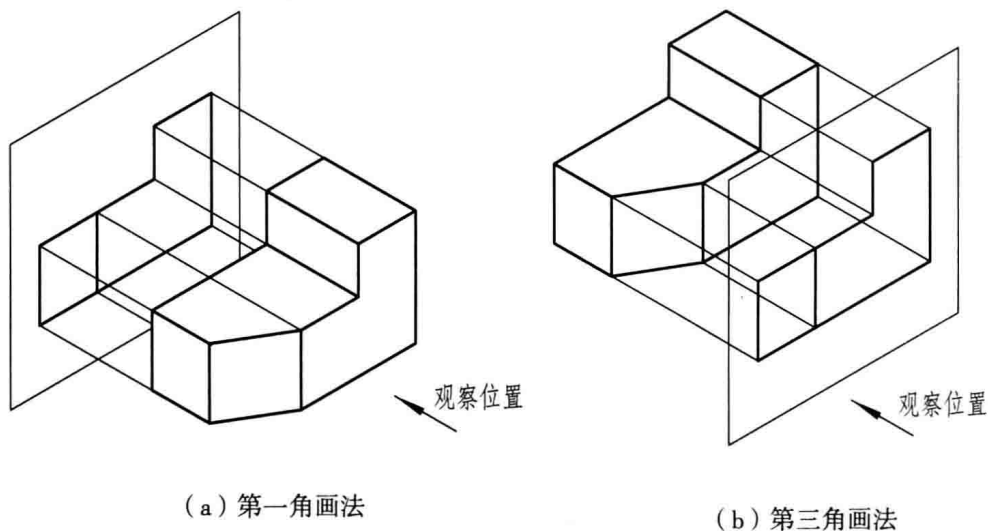


图 1-2 投影体系

可看成是观察者正对着投影面,假想用垂直于投影面的平行视线观察三维实体的结果。为方便国际间的技术交流,消除技术壁垒,全国技术制图标准化委员会在1998年发布的GB/T17451中规定:工程图样应采用正投影法绘制,并优先采用第一角画法,必要时允许使用第三角画法。

1.2.2 多面正投影图

一般情况下,三维实体的一个投影无法完整地表现与三维实体之间的一一映射关系,如图1-3所示,不同形状的三维实体可能有相同的投影。

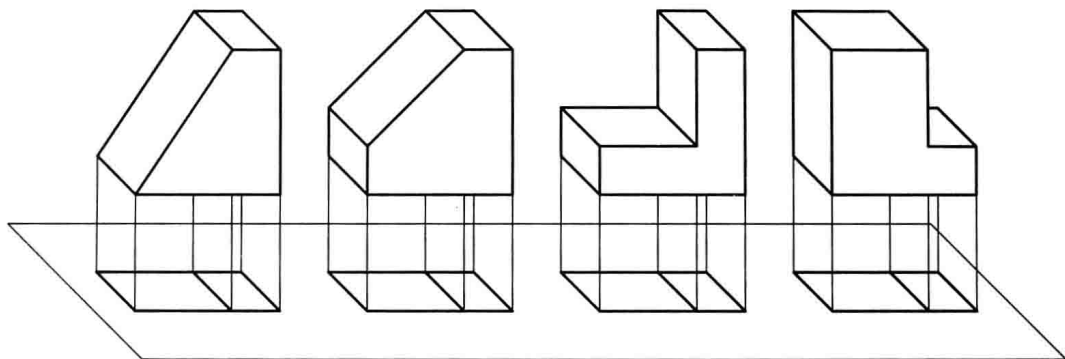


图 1-3 三维实体与其一个投影的映射关系

因此,工程上通常采用多面正投影图实现三维实体与其投影之间的一一映射关系,即假想将三维实体置于一个透明的正六面体内,如图1-4所示。

其中,正六面体的六个面为基本投影面,分别向六个投影面作正投影,得到三维实体前、后、左、右、上、下六个方位的六个正投影图。在国家标准中,这六个正投影图统称“基本视图”。六个基本视图的名称及其对应的投射方向如表1-1所示。

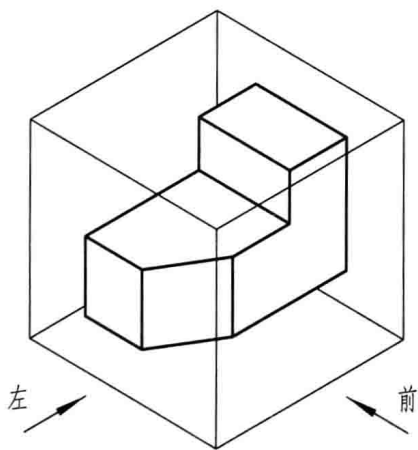


图 1-4 基本投影面

表 1-1 基本视图的名称及其对应的投射方向

视图名称	投射方向
主视图	自前方投影
后视图	自后方投影
左视图	自左方投影
右视图	自右方投影
俯视图	自上方投影
仰视图	自下方投影

为使六个基本视图有规则地配置在同一图面上,以主视图为基准,将其他视图所在的投影面分别旋转展开至同一平面内。图1-5为六个基本视图在第一角画法中的展开方法。

图1-6为第一角画法六个基本视图的配置位置。绘图时,若按规定的位置配置各基本视图,则可以省略各个视图的名称。

一个基本视图能表达三维实体一个方位的形状、两个方向的尺寸,六个基本视图所反映的信息有一定的重叠。所以,在对三维实体进行绘图表达时,应根据“完整、清晰、简便”的原则,依照三维实体的形状特点及复杂程度,选择若干个基本视图。在第一角画法中,最为常用的是主视图、左视图和俯视图。其中,如图 1-6 所示,主视图反映了实体上下、左右位置关系,即反映了实体的高度和长度;俯视图反映了实体左右、前后位置关系,即反映了实体的长度和宽度;左视图反映了实体上下、前后位置关系,即反映了实体的高度和宽度。

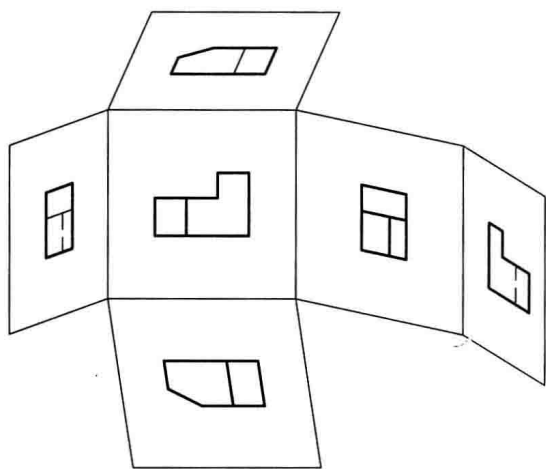


图 1-5 基本视图展开方法

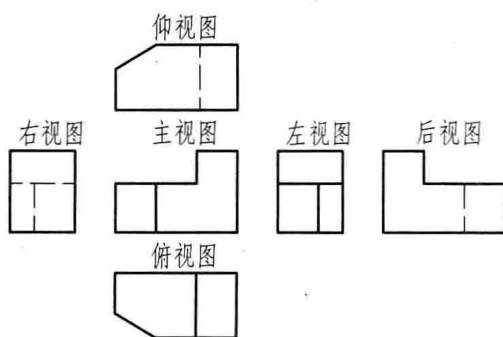


图 1-6 基本视图配置位置

第二节 轴测投影图

2.1 轴测投影图

轴测投影图简称“轴测图”。如图 1-7 所示,轴测图是将三维实体连同其参考直角坐标系,沿不平行于任一坐标面的方向,用平行投影法将其投射在单一投影面上所得的图形。轴测图能同时反映三维实体三个方向上的表面形状,具有立体感强、形象直观的优点,缺点是手工作图较为复杂。一般用于表达形体的立体效果,如教科书中的插图。

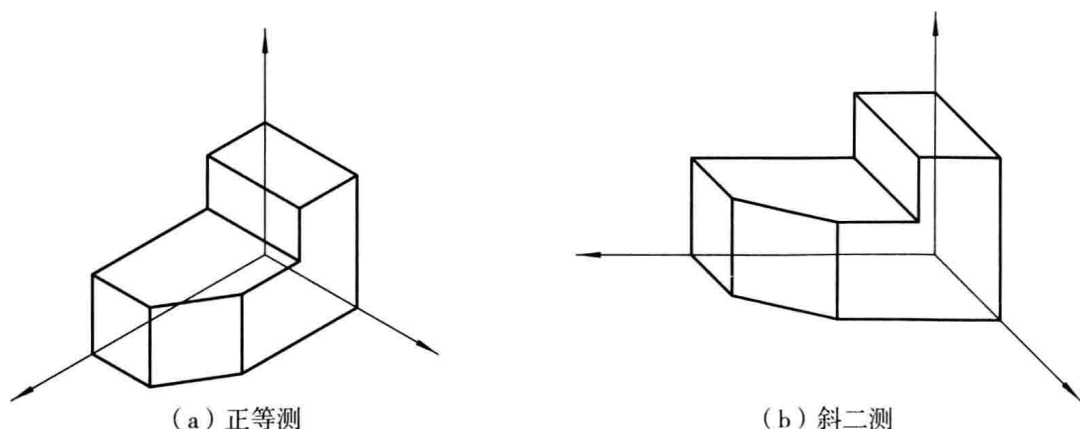


图 1-7 正等测与斜二测

轴测图有正轴测图与斜轴测图之分,用正投影法得到的轴测图形称“正轴测图”,用斜投影法得到的轴测图称“斜轴测图”。根据三维实体的三根坐标轴与投影面夹角的不同,轴测图又分为正(斜)等轴测图,简称正(斜)等测,正(斜)二测轴测图,简称正(斜)二等测。其中,正等测如图 1-7(a)所示,斜二测如图 1-7(b)所示,它们的手工作图相对比较容易,使用率较高。

2.2 轴测图的方位

由于第一、第三角画法所采用的三视图左、右视图有别,所以轴测图在第一、第三角画法中的方位定义有所不同。在第一角画法中,为了能反映三维实体左侧面的形状特征,一般将图 1-8 所示轴测图中的 A 向,定义为左视图的投影方向,如图 1-8(a)所示;但在第三角画法中,为了能反映三维实体右侧面的形状特征,通常将 A 向定义为主视图的投影方向,如图 1-8(b)所示。即同一轴测图在第一、第三角画法中对前、侧面的方位定义刚好相反。

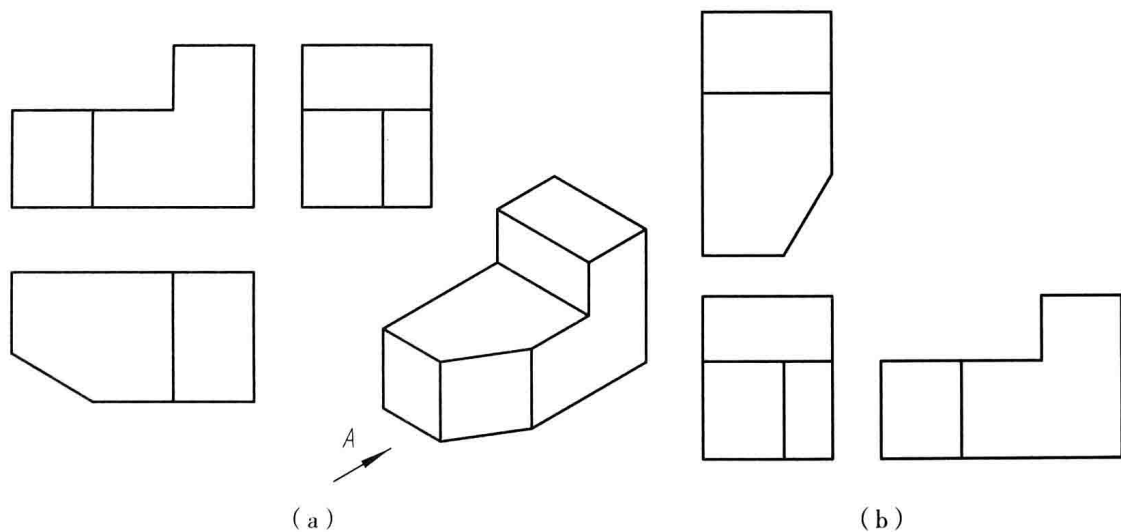


图 1-8 轴测图的方位

第三节 工程制图的相关技术标准

工程图样被公认为是工程界中的技术语言。工程图样是设计、制造与维修机器等过程中必不可少的技术资料。为了便于进行生产和技术交流,我国的国家标准对技术图样中的各项内容均作了统一的规定。国家标准(简称“国标”)的代号为“GB/Q”(GB 是“国标”两字拼音首写字母的缩写)或“GB/T”,前者表示“强制性标准”,后者表示“推荐性标准”。上述两种标准,只要是相应的国家标准化行政管理部门批准发布的标准,都是正式标准,必须严格贯彻与执行。要正确地绘制工程图样,必须遵守国家标准的各项规定。

3.1 图样的线型及其应用

国家标准《技术制图图线(GB/T17450—1998)》和《机械制图图样画法图线》(GB/T4457.4—2002)对使用于各种技术图样的线型做了规定。绘制机械图样所使用的线型见表 1-2。粗细两种线宽的比率为 2:1,线宽 d 的尺寸系列为:0.13, 0.18, 0.25, 0.35, 0.5, 0.7, 1, 1.4, 2 mm, 表 1-2 中宽度 d 为本教材推荐值,同一张图样中,同类图线的宽度应一致,不同类的图线宽度应保持相应的比例关系,如粗线的宽度为 d ,细线的宽度应为 $d/2$ 。



各类图线中，不连续的独立部分称为线素，如点、长度不同的划和间隔。在手工绘图时，两条线相交应以划相交，不应相交在点或间隔处。当细虚线为粗实线的延长线时，细虚线与粗实线之间应留出间隔。细点画线、细双点画线的首末两端应为长划，图线较短(例如 $<8\text{ mm}$)时，可用细实线代替。细点画线的两端应超出所示要素的图形轮廓线 $3\sim 5\text{ mm}$ 。

图 1-9 为上述几种图线的应用举例。其中粗实线表示该零件的可见轮廓线，细虚线表示不可见轮廓线，细实线表示尺寸线、尺寸界线及剖面线，波浪线表示断裂处的边界线及视图与剖视图的分界线，细点画线表示轴线及对称中心线，细双点画线表示假想的相邻辅助零件的轮廓线。

表 1-2 线型

名称	线型	宽度 d/mm		一般应用及线素长度	
粗实线		0.7	0.5	表示可见轮廓线	
细实线		0.35	0.25	表示尺寸线及尺寸界线、剖面线、引出线	
细虚线				表示不可见轮廓线	虚线画长 $12d$ ，点画线长画长 $24d$ ，短间隔长 $3d$ ，点长 $\leq 0.5d$ 。
细点画线				表示轴线、对称中心线	
细双点画线				表示假想轮廓线	
波浪线				表示断裂处的边界线	

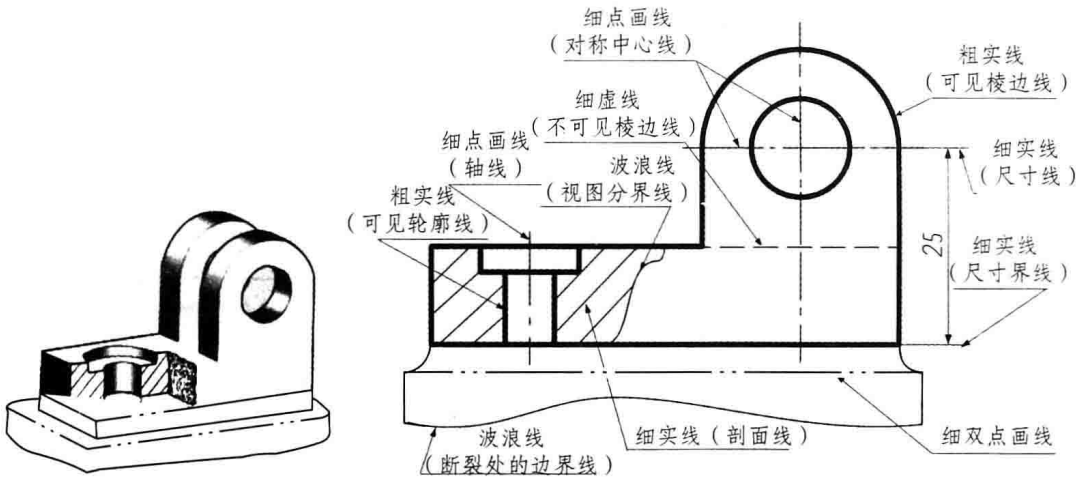


图 1-9 图样的线型及其应用

3.2 图纸幅面和标题栏

绘制技术图样时，应该优先采用表 1-3 所规定的图纸幅面及幅面尺寸。

表 1-3 图纸幅面

mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
B×L	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

3.3 绘图的比例及字体

绘图的比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。绘制图样时,一般应优先选择表 1-4 所规定的比例。

表 1-4 比例

原值比例	1:1
缩小比例	(1:1.5), 1:2, (1:1.25), (1:3), (1:4), 1:5, 1:1×10 ⁿ , (1:1.5×10 ⁿ), 1:2×10 ⁿ , (1:3×10 ⁿ), (1:4×10 ⁿ), 1:5×10 ⁿ
放大比例	2:1, (2.5:1), (4:1), 5:1, 1×10 ⁿ :1, 2×10 ⁿ :1, (4×10 ⁿ :1)

技术图样中的字体必须做到:字体工整,笔画清楚,间隔均匀,排列整齐。字体号数(即字体高度 h)的公称尺寸系列为 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20mm。汉字高度 h 不应小于 3.5mm, 其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的 1/14; B 型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的 1/10。可书写成直体或斜体(字头向右倾斜,与水平成 75°)。

汉字示例如图 1-13 所示:

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

图 1-13 汉字示例

字母示例如图 1-14 所示:

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
 12345678910 I II III IV V VI VII VIII IX X
 R3 2×45° M24-6H Φ60H7 Φ30g6
 Φ20 ^{+0.021}₀ Φ25 ^{-0.007}_{-0.020} Q235 HT200

图 1-14 字母示例

3.4 尺寸注法

图样上必须标注尺寸,以表达零件的真实大小,如图 1-15 所示。国家标准《机械制图 尺寸注法》(GB/T4458.4—2003)规定了一系列标注尺寸的基本规则和方法,绘图时必须遵守。

3.4.1 基本规则

(1)机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据,与图样的大小及绘图的准确度无关,

(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,不需标注单位符号(或名称),如采用其他单位,则应注明相应的单位符号。

(3)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。

(4)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。

3.4.2 尺寸要素

组成尺寸的要素有尺寸界线、尺寸线、尺寸箭头、尺寸数字及相关符号，如图 3-6 所示。

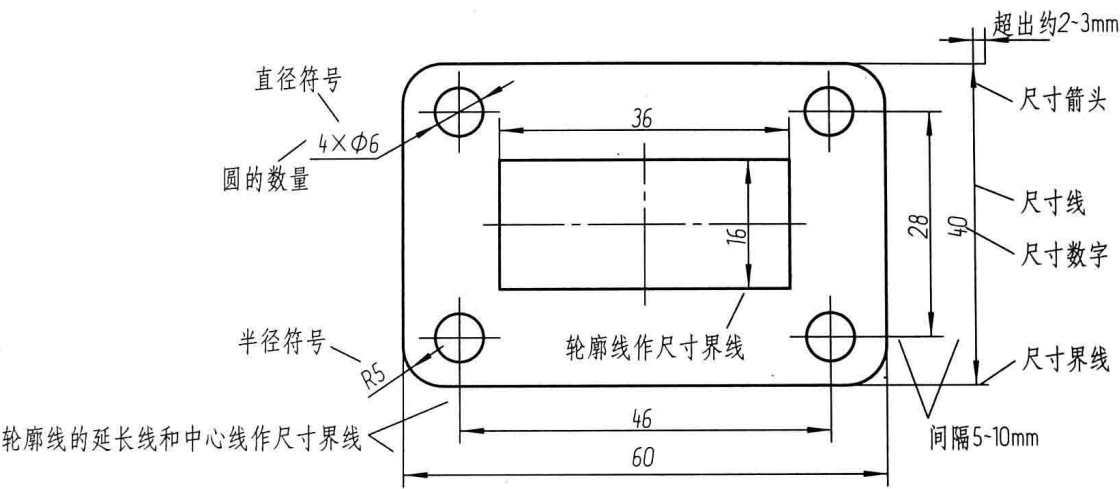
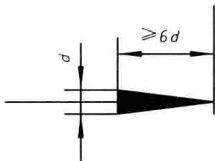
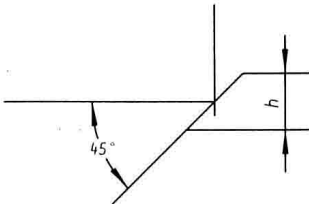
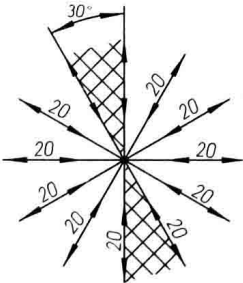
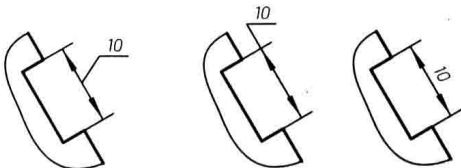


图 1-15 尺寸要素

3.4.3 尺寸注法

常用的尺寸注法见表 1-5 所列。

表 1-5 常用的尺寸注法

项目	图例及说明
尺寸线 终端形式	  注: d 为粗实线宽度, h 为尺寸数字高度 机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端
线性尺寸 数字方向	  当尺寸线在图示打网线的 30°内时, 可采用右边的几种形式标注尺寸数字, 同一张图样中, 标注形式要统一

项目	图例及说明
圆及圆弧 尺寸	圆的直径数字前面应加注“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。圆弧半径数字前面应加注“R”，当半径较大，尺寸线不便于通过圆心时，可采用折线形式
小尺寸的 注法	在没有足够的位置画箭头或注写数字时，允许用圆点代替箭头，尺寸数字可写在尺寸界线外面或引出标注
标注尺寸的 符号	S 表示圆球 □ 表示正方形 t 表示厚度 ∇ 表示锥度 $\angle$ 表示斜度
角度和弧长 尺寸	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。弧长尺寸数值前加。

第四节 平面图形的绘制

正投影图是由直线或曲线构成的线框图，它们是三维实体表面轮廓线的投影集合，而三维实体的建模过程实际是针对一个二维的平面图形对象，通过特征建模的方法转化为三维实体。所以，平面几何作图对正投影图和特征建模同样重要。要快速、准确地绘制平面图形，必须掌握正确的绘图方法。

4.1 平面图形的尺寸分析

平面图形的作图步骤与其尺寸标注密切相关。平面图形上所标注的尺寸,根据其作用可分为定形尺寸和定位尺寸两类。