

普通高等教育“十三五”规划教材

工程制图基础

姚春东 王巍 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

工程制图基础

主 编 姚春东 王 巍
副主编 宋剑锋 李兴东 单彦霞 梁瑛娜
主 审 贾春玉

机械工业出版社

本书根据教育部工程图学教学指导委员会最新修订的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》并结合当前 CDIO 教学改革的实践编写而成。

本书共 11 章, 内容包括: 绪论, 工程制图的基本知识和技能, 点、直线、平面的投影, 立体及其表面交线的投影, 组合体, 物体常用的表达方法, 工程中的标准件和常用件, 零件图, 装配图, CAXA 二维计算机绘图基础, SolidWorks 三维建模基础。

由李兴东、宋剑锋主编的《工程制图基础习题集》与本书配套使用。

本书可作为高等工科院校近机械类和非机械类各专业的工程制图教材, 也可供其他类型学校的相关专业选用。

本书配有电子教案、多媒体教学素材, 向选用本书作为教材的教师免费提供, 需要者可登录机工教育服务网 (www.cmpedu.com) 下载。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程制图基础/姚春东, 王巍主编. —北京: 机械工业出版社, 2016.6

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-53672-7

I. ①工… II. ①姚… ②王… 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 (2016) 第 087147 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 蔡开颖 责任编辑: 蔡开颖 朱琳琳 舒 恬

责任校对: 佟瑞鑫 封面设计: 张 静

责任印制: 李 洋

三河市国英印务有限公司印刷

2016 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.25 印张·435 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-53672-7

定价: 39.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前言

本书根据教育部工程图学教学指导委员会最新修订的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》并结合当前 CDIO 教学改革的实践,参考了国内外精品教材的写作思路,在总结了编者多年教学经验的基础上编写而成。

本书突出应用性,从满足社会发展对应用型人才的需要出发,在课程结构以及教学内容编排上进行了有意义的探索和改进。全书叙述由浅入深,内容循序渐进,文字简练,通俗易懂,结构紧凑,图文并茂,而且突出了实用性和先进性。本书采用国家颁布的最新标准,充分体现了工程图学学科的发展。计算机绘图软件采用当前最新版本。课程体系和授课顺序遵循教改主流模式。

本书以满足 CDIO 培养目标为出发点,强化案例式教学,重视认知实践环节。为了激发学生的学习兴趣,构建以学生为主体、教师为主导,集理论教学、项目实施、实践教学有机融合的一体化培养模式和课程体系,在每章的开头安排了“本章学习要点”和一个与该章内容相关的案例或者应用实例作为“引例”,使学生形象地了解所学知识的有用之处,形成兴趣引领学习。为便于实施项目式教学,在相关章节设置了“综合实训”和“认知实验”等内容,强化学生的感性认识,培养学生的创新能力和团队协作能力。随着计算机技术的飞速发展,企业广泛应用二维绘图软件及三维设计技术,为了更加适应人才市场的需求和培养目标,书中引入了 CAXA 二维计算机绘图基础及 SolidWorks 三维建模基础的内容,使学生掌握多种绘图手段,提高工程实现的能力。

全书共 11 章,内容包括绪论,工程制图的基本知识和技能,点、直线、平面的投影,立体及其表面交线的投影,组合体,物体常用的表达方法,工程中的标准件和常用件,零件图,装配图, CAXA 二维计算机绘图基础, SolidWorks 三维建模基础,书后附有相关附录。

本书由燕山大学的宋剑锋编写第 1 章及第 5 章、梁瑛娜编写第 2 章及第 3 章、单彦霞编写第 4 章、王巍编写第 6 章及第 9 章、姚春东编写第 8 章、第 10 章及第 11 章、李兴东编写第 7 章及附录,另外参与编写的有东北石油大学秦皇岛分校的哈明达、中国环境管理干部学院的李国会以及燕山大学的董永刚、朱虹、李大龙、董志奎、郭长虹等。全书由姚春东统稿,由燕山大学图学部具有丰富教学经验的贾春玉教授担任主审。贾教授提出了很多宝贵意见,在此表示由衷的谢意。



本书在编写过程中得到了燕山大学机械工程学院图学部领导及教师的大力支持，在此致以深深的谢意。本书在编写过程中参考了一些国内外的同类著作，特向有关作者表示感谢。

由李兴东、宋剑锋主编的《工程制图基础习题集》与本书配套使用。

为便于读者学习，本书附有部分相关动画资源，手机扫描图中二维码，即可观看（建议在 WiFi 环境下）。

本书可作为高等工科院校近机械类和非机械类各专业的工程制图教材，也可供其他类型学校的相关专业选用。

限于编者的经验和水平，书中不当之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编者

目录

前言

第1章 绪论..... 1

本章学习要点..... 1

引例..... 1

1.1 工程制图的学习目的..... 3

1.2 工程制图的研究对象和研究方法..... 3

1.3 工程制图的研究内容和学习方法..... 6

1.4 工程投影图简介..... 7

认知实验..... 8

第2章 工程制图的基本知识和技能..... 9

本章学习要点..... 9

引例..... 9

2.1 国家标准《技术制图》与《机械制图》

摘录..... 9

2.2 尺规绘图..... 22

2.3 徒手绘图..... 30

认知实验..... 33

第3章 点、直线、平面的投影..... 34

本章学习要点..... 34

引例..... 34

3.1 点的投影..... 34

3.2 直线的投影..... 40

3.3 平面的投影..... 48

认知实验..... 55

第4章 立体及其表面交线的投影..... 56

本章学习要点..... 56

引例..... 56

4.1 平面立体及其与平面相交..... 56

4.2 曲面立体及其与平面相交..... 62

4.3 立体与立体表面相交..... 77

认知实验..... 83

第5章 组合体..... 84

本章学习要点..... 84

引例..... 84

5.1 基本概念..... 85

5.2 组合体三视图的画法和步骤..... 88

5.3 读组合体视图的方法和步骤..... 91

5.4 读组合体视图举例..... 95

5.5 组合体的尺寸标注..... 98

认知实验..... 104

第6章 物体常用的表达方法..... 105

本章学习要点..... 105

引例..... 105

6.1 视图..... 106

6.2 剖视图..... 109

6.3 断面图..... 118

6.4 局部放大图..... 121

6.5 其他规定画法和简化画法..... 123

6.6 表达方法综合应用举例..... 127

认知实验..... 129

第7章 工程中的标准件和常用件..... 130

本章学习要点..... 130

引例..... 130

7.1 螺纹及螺纹紧固件..... 131

7.2 键联结..... 141

7.3 销联接..... 143

7.4 滚动轴承..... 144



7.5 齿轮	146	9.6 装配图的视图选择和画图步骤	202
7.6 弹簧	149	9.7 读装配图和拆画零件图	206
认知实验	151	认知实验	210
第8章 零件图	152	第10章 CAXA 二维计算机绘图	
本章学习要点	152	基础	211
引例	152	本章学习要点	211
8.1 零件图概述	153	引例	211
8.2 零件的工艺结构	154	10.1 CAXA 电子图版简介	212
8.3 零件图的尺寸标注	157	10.2 平面图形的绘制	214
8.4 零件图的技术要求	162	10.3 组合体三视图的绘制及尺寸标注	217
8.5 典型零件的表达与分析	174	10.4 零件图的绘制	221
8.6 零件图的读图	181	10.5 标准件的绘制	225
8.7 零件的测绘	183	10.6 装配图的绘制	228
8.8 零件分析综合实训	187	认知实验	233
认知实验	190	第11章 SolidWorks 三维建模基础	234
第9章 装配图	191	本章学习要点	234
本章学习要点	191	引例	234
引例	191	11.1 SolidWorks 2015 软件简介	235
9.1 装配图的作用和内容	193	11.2 SolidWorks 2015 草图绘制	236
9.2 装配图的表达方法	193	11.3 SolidWorks 2015 三维造型	238
9.3 装配图中的尺寸标注	195	11.4 由三维立体零件生成工程图	241
9.4 装配图中的零部件序号、明细栏和		认知实验	245
技术要求	196	附录	247
9.5 装配结构	198	参考文献	269

第 1 章

绪 论

本章学习要点

初步认识工程图样，探索适合自己的工程制图课程学习方法，培养学习兴趣，熟悉本课程的研究方法——正投影法的主要特性。



引例

在机械生产中，工程图样是“工程界进行技术交流的语言”，将所生产的机器及其零部件等复杂的空间立体结构用图形表达出来的能力以及通过工程图样获取零件或设备信息的能力（即绘图和读图能力）是合格的工程技术人员必须具备的素质。例如：拟定生产机器部件油杯轴承装配立体图（见图 1-1），工程技术人员想象机器部件空间立体结构，绘制油杯轴承装配图（见图 1-2）以及非标准的零件图，如装配图中序号 4 的轴承盖零件图（见图 1-3），并依据工程图样安排生产。

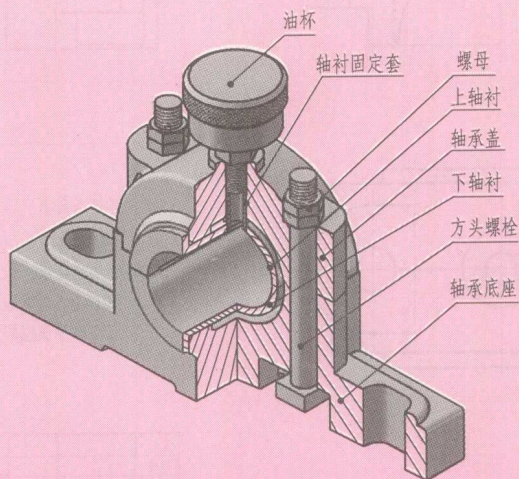


图 1-1 油杯轴承的装配立体图



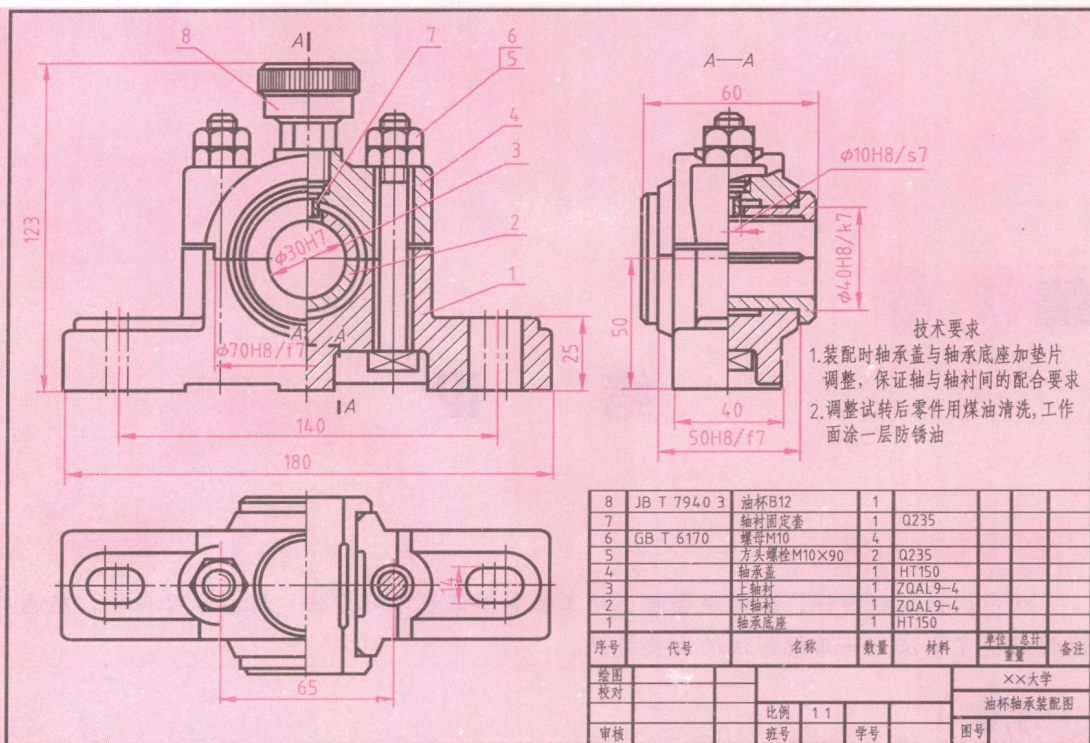


图 1-2 油杯轴承的装配图

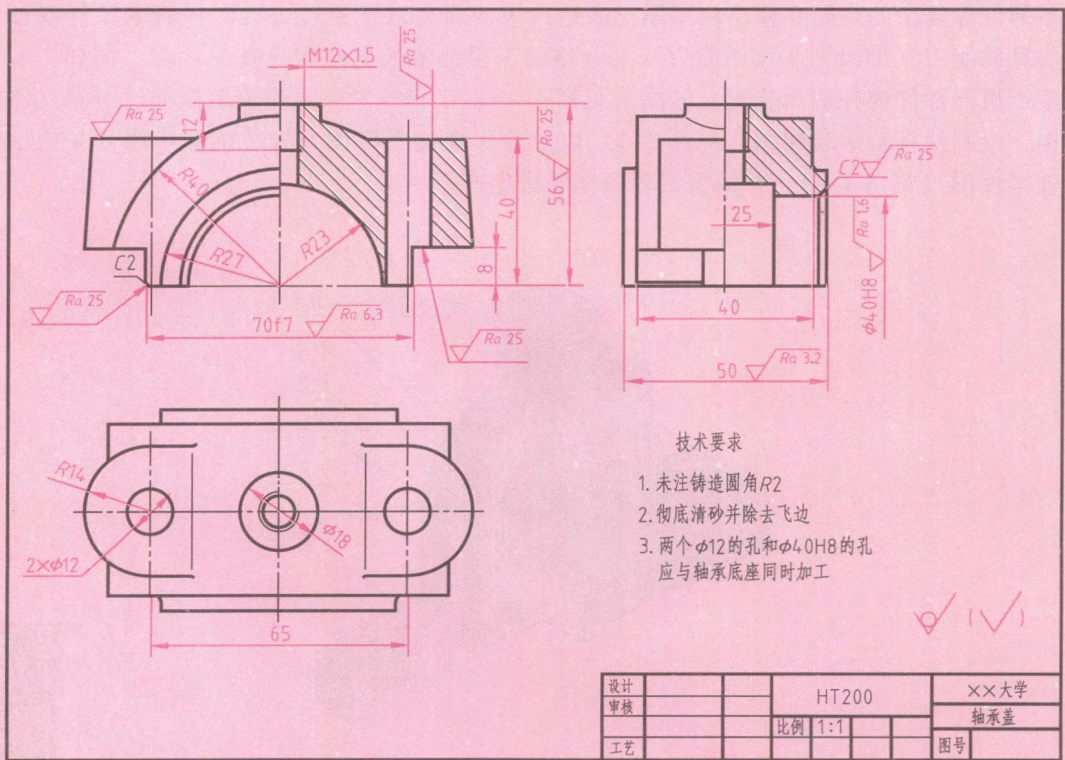


图 1-3 轴承盖零件图



1.1 工程制图的学习目的

机械行业生产的产品,是依据“工程图样”进行加工制造的。在加工制造前,必须绘制出反映机器总体结构的“装配图”(见图 1-2),以及组成机器所需零件的“零件图”(见图 1-3)，“装配图和零件图”都可以称为“工程图样”。工程图样是“工程界进行技术交流的语言”。机器设计和生产流程如图 1-4 所示。

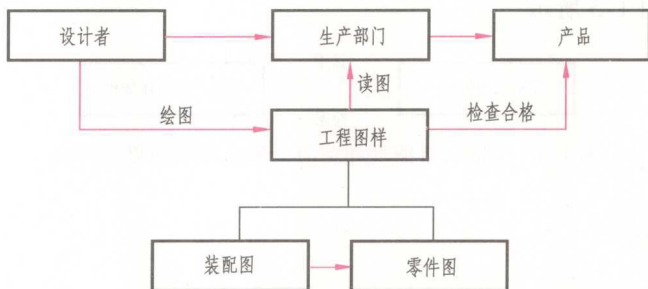


图 1-4 机器设计和生产流程图

机器在加工制造前由设计部门绘制“工程图样”,一般来讲,先设计反映机器总体结构的“装配图”,再依据“装配图”制作“零件图”。设计部门制作的“工程图样”描述设计对象,表达设计意图,完成后交给生产部门,生产部门首先依据“工程图样”了解设计意图,组织施工,编排机器组装工艺以及零部件生产的工艺,然后将所编排的工艺和“零件图”交给生产部门“车、铣、刨、磨、镗”等工种进行零件生产,最后将编排的工艺和“装配图”交给生产部门的“钳工”进行机器的组装,组装成为机器后在出厂前需要依据“工程图样”由检查部门检测产品是否达到图样上的技术要求,如果没有达到技术要求,需要进行返修,经过检测后合格的产品可以出厂交付用户。

通过上述对机器或部件生产流程的简介可以知道:“工程图样”是工程界的技术语言,从设计、生产到检查部门都需要依据“工程图样”的技术要求进行生产和检测,因此“工程图样”是表达和交流技术思想不可缺少的重要工具,是现代工业生产中不可缺少的技术文件。绘制和读懂“工程图样”是每个工程技术人员必须掌握的技能。

本课程学习目的明确:掌握本课程所介绍的绘制和读懂“工程图样”的方法和知识点,力争学习完本课程可具备熟练绘制“工程图样”的能力以及读懂其他人所绘制的“工程图样”的能力,为将来成为一名合格的工程技术人员做技术储备。

1.2 工程制图的研究对象和研究方法

1.2.1 研究对象

工程制图课程的研究对象就是“工程图样”。所谓“工程图样”指的是在工程技术中,根据投影原理、国家标准或有关规定,表示工程对象,并有必要的技术说明的图。工程制图课程是一门研究绘制和阅读工程图样的技术基础课,是一门以几何学为基础、工程构形为目



标的学科。

1.2.2 研究方法

工程图样的绘制是以投影法为依据的,绘制的工程图样是在投影原理基础上,在平面上采用图示和图解的方法解决空间几何问题。工程制图课程是一门系统地研究物体在空间和平面之间相互转换规律,并根据投影规律来绘制和阅读工程图样的学科。

在学习工程制图课程的过程中,需要进行空间三维立体结构和平面二维图形之间的转换,其转换关系如图 1-5 所示。

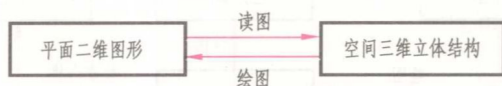


图 1-5 平面二维图形和空间三维立体结构思维转换

1.2.3 投影法简介

工程上常用的投影方法有中心投影法和平行投影法。

1. 中心投影法

在日常生活中,物体在阳光或灯管照射下,在墙上或地面上出现物体的影子,人们根据这种自然现象,在预设的平面上绘制被投射物体图形的方法,称为中心投影法,如图 1-6 所示为抽象出的中心投影法示意图, S 为“投射中心”,将投射中心 S 所发出的光线 SB 、 SC 、 SD 称为“投射线”,物体 BCD 的影子 bcd 称为“投影”,物体影子所投射平面 P 称为“投影面”。

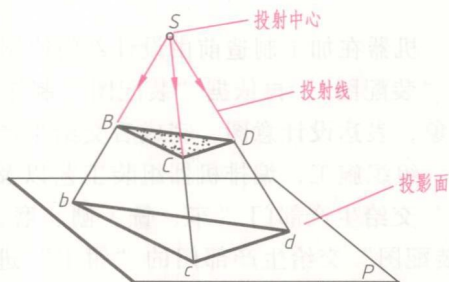


图 1-6 中心投影法

一般情况下,中心投影法中的投影不能反映物体真实形状和大小,投影和物体之间形状及大小的相互关系不易确定。

2. 平行投影法

如果将中心投影法的投射中心 S 移动到投影面 P 的无穷远处,那么可以将投射线 SB 、 SC 、 SD 看作相互平行,将投射线相互平行的投影方法称为平行投影法。在平行投影中,投射线 SB 、 SC 、 SD 与投影面 P 相倾斜,称为斜投影,如图 1-7 所示;投射线 SB 、 SC 、 SD 与投影面 P 垂直,称为正投影,如图 1-8 所示。

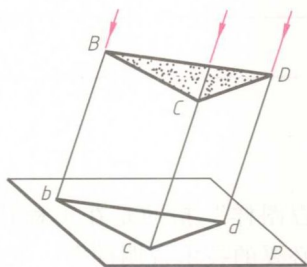


图 1-7 斜投影法

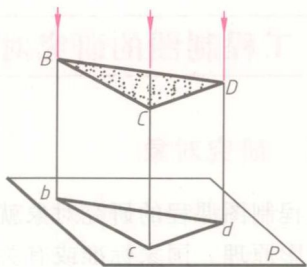


图 1-8 正投影法





一般情况下,平行投影法由于投射线相互平行,投影和物体之间形状及大小的相互关系容易确定。平行投影法中的正投影能准确地表达物体真实形状和大小,投影不随物体与投影面的距离不同而改变,并且画图方便。

在机械工业中,主要用正投影法绘图。因此,工程制图课程主要研究正投影的投影规律和投影方法。

3. 平行投影(正投影)法的主要特性

投影特性是指投影法中空间形状与平面图形之间具有规律性的关系。

(1) 从属性 如图 1-9 所示,点 C 属于直线 AB ,则点 C 的投影 c 必定属于直线 AB 的投影 ab 。

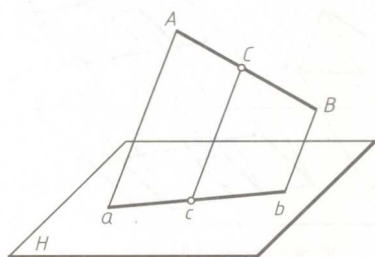


图 1-9 平行投影的从属性

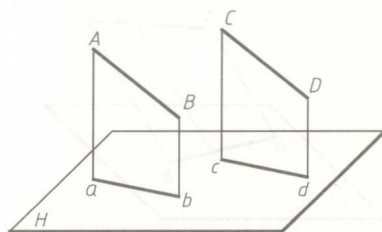


图 1-10 平行投影的平行性

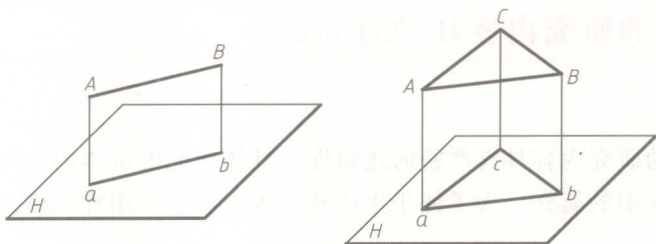


图 1-11 平行投影的实形性

(3) 实形性 如图 1-11 所示,平行于投影面的直线 AB 的投影 ab 必定反映其原形的实长。平行于投影面的形体边界 ABC 的投影 abc 必定反映其原形的实形。

(4) 积聚性 如图 1-12 所示,直线 AB 平行于投射方向 S 时,直线的投影为点 $a(b)$;平面 ABC 平行于投射方向 S 时,平面的投影为直线 acb 。

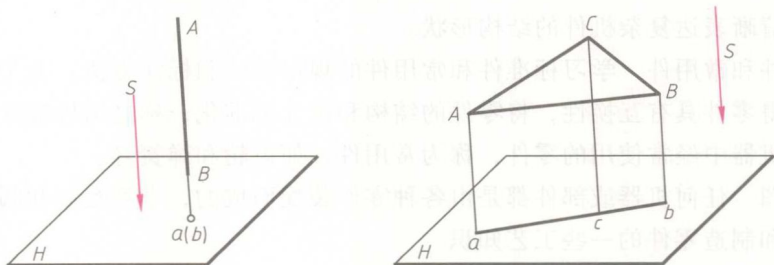


图 1-12 平行投影的积聚性



(5) 等比性 如图 1-13 所示, 点 C 分直线段 AB 为两部分 AC 和 CB , AC 和 CB 的投影 ac 和 cb 之比与两条直线段 AC 和 CB 的对应比相等, 即 $AC : CB = ac : cb$ 。

(6) 类似性 一般来讲, 平面的投影都要发生变形, 但投影形状与原形类似 (相仿), 即平面投影后, 与原形的对应线段保持定比性, 表现为投影形状与原形的边数相同、平行性相同、凸凹性相同及边的直线或曲线性质不变。

如图 1-14 所示, 倾斜于投影面的三角形 ABC 的投影必是三角形 abc , abc 是实形 ABC 的类似形并且小于实形; 倾斜于投影面的八边形 $ABCDEFGH$ 的投影必是八边形 $abcdefgh$, 投影的凸凹形和原形的凸凹形相同。

注意: 类似形不是相似形, 因为在多边形中只有同方向各边界的投影与原长之比相等。

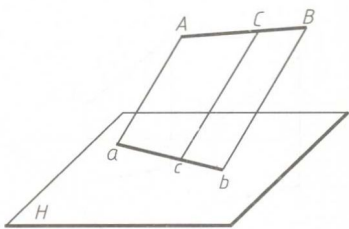


图 1-13 平行投影的等比性

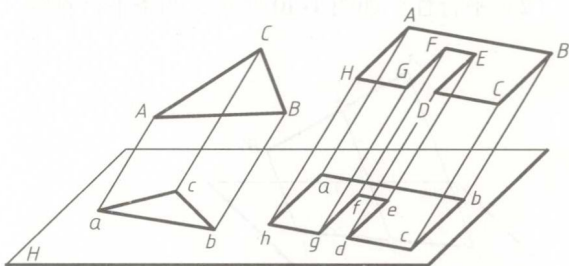


图 1-14 平行投影的类似性

1.3 工程制图的研究内容和学习方法

1. 研究内容

工程制图课程的研究内容具有严密的逻辑性, 具体研究的基本内容如下所示:

(1) 制图基本知识的简介 为了便于生产和技术交流, 对图样的格式、表达方法、符号做出统一的规定。

(2) 点线面的投影 为了明确立体投影规律, 从构成立体的点线面投影入手学习, 为立体投影规律学习奠定基础。

(3) 立体的投影 研究空间中基本立体的投影规律, 为复杂立体的投影学习奠定基础。

(4) 组合体的投影 实际生活中复杂立体随处可见, 研究复杂立体的组合形式、画图方法、读图方法和尺寸标注等问题。

(5) 物体的表达方法 复杂机械产品结构形状多变, 采用视图、剖视图、断面图和其他表达方法可以清晰表达复杂机件的结构形状。

(6) 标准件和常用件 学习标准件和常用件的规定画法和标注方法。为了便于大批量生产零件以及使得零件具有互换性, 将零件的结构和尺寸标准化, 称之为标准件, 如螺栓和螺母等; 在成品机器中经常使用的零件, 称为常用件, 如齿轮和弹簧等。

(7) 零件图 任何机器或部件都是由各种零件装配而成的, 学习绘制和阅读零件图的方法, 以及设计和制造零件的一些工艺知识。

(8) 装配图 学习画装配图和拆画零件图的方法。

(9) 计算机绘图 随着计算机技术发展, 计算机绘制三维立体图和二维平面图应用越来越



越广泛, 计算机绘图是必须掌握的一种技能。

2. 学习方法

工程制图课程顾名思义, 研究的是根据实际情况抽象出的“工程图样”, 因此工程制图课程的难点在于其抽象性。学习工程制图课程要充分运用大脑的空间想象力和空间构思力, 充分运用形象思维和分析思维能力, 课程的学习过程应该是主动积极学习的过程, 如果一味被动接纳, 学习效果就会事倍功半。

工程制图课程有系统的理论为支撑, 同时又具有很强的实践性。掌握本门课程系统理论精髓的前提是进行大量的作图实践, 只有平时进行了系统的训练, 才能将本门课程的理论知识灵活运用到生产实践当中去, 解决在生产实践当中遇到的问题。由于工程图样在生产和施工中起着重要的作用, 绘图和读图的差错都会给生产带来损失, 甚至负有法律责任, 所以在完成绘图作业过程中, 要做到精益求精, 一丝不苟, 学好本课程可为后续的生产实习、课程设计和毕业设计学习打下良好基础。同时也可以在以上各环节中使绘图和读图能力得到进一步的巩固和提高。

具体的学习方法有如下提醒和建议:

- 1) 注重培养自己的空间想象力和空间构思能力, 培养自己的创新思维能力。
- 2) 注重对本门课程兴趣的培养, 兴趣是学习最好的老师, 它能引导人们不断探索未知的知识。
- 3) 注重基本功的训练, 在认真听课掌握课上讲解基本理论的同时, 课下要通过大量的练习以及绘图读图, 消化吸收课上的基本理论, 日积月累达到熟能生巧的效果。
- 4) 注重绘图习惯的培养, 差之毫厘谬以千里, 严谨认真是学习工程制图课程必有的学习态度, 所绘制的工程图样只是达到正确的要求是不够的, 工程图样既然是进行技术交流的语言, 为了扫清与同行进行技术交流的障碍, 工程图样不但要标准、正确还要美观、清晰、合理。
- 5) 注重在绘图学习过程中, 树立严格遵守国家标准的概念, 贯彻执行国家标准。

1.4 工程投影图简介

1.4.1 正投影图

正投影一般用两个或两个以上互相垂直的投影面上的投影来表达物体。因为在单一的投影面上, 不同的物体所获得的投影有可能是相同的, 如图 1-15 所示。在每个投影面上分别用正投影法投射, 所得到的图形称为正投影图。

1.4.2 轴测图

轴测图是单面投影图, 用平行投影法, 将物体及其直角坐标系沿不平行于

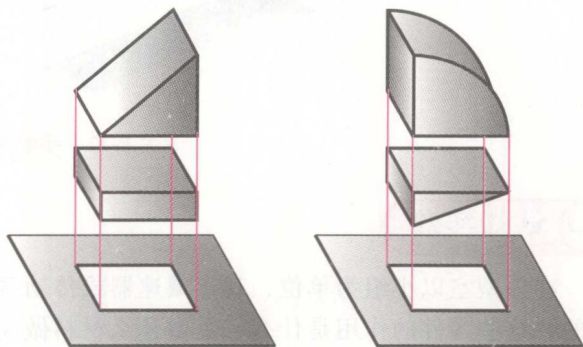


图 1-15 单一投影面上的不同物体相同的正投影



任一坐标平面的方向, 投射到单一投影面上, 所得到的图形称为轴测图, 如图 1-16 所示。

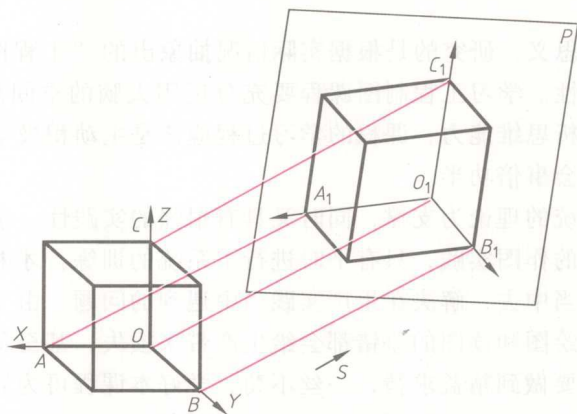


图 1-16 轴测图

1.4.3 透视图

透视图是利用中心投影法绘制的。由于它符合人的视觉规律, 因此形象逼真, 极富立体感, 常用于建筑、桥梁及各种土木工程的绘制。缺点是作图复杂、度量性差, 如图 1-17 所示。

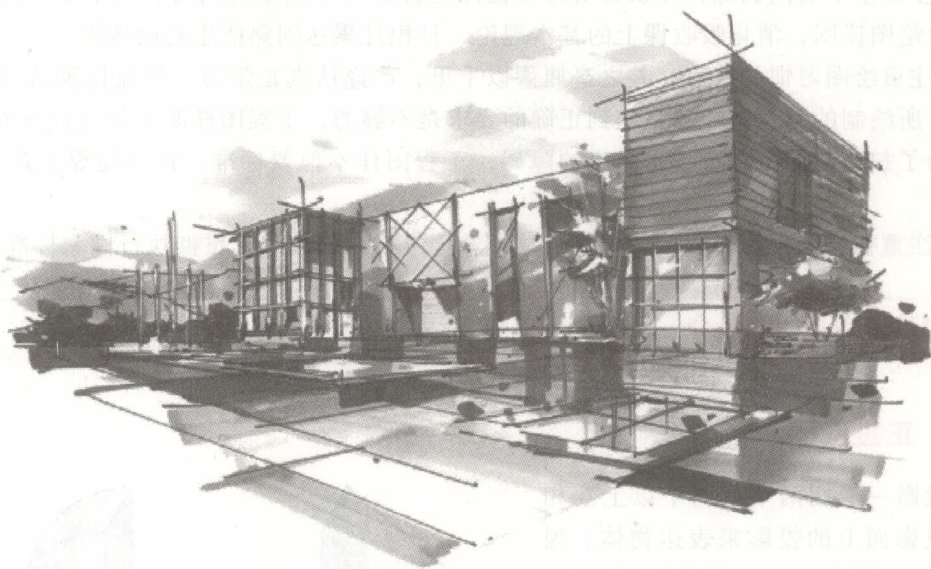


图 1-17 手绘透视图

认知实验

在模型室以小组为单位, 观察减速器或传动器、旋塞阀等, 分析讨论它是由哪些零件组成的, 这些零件的作用是什么, 是由什么材料做成的, 如何装配到一起的, 最佳安装顺序是什么。从感官上认识机器。

第 2 章

工程制图的基本知识和技能

本章学习要点

了解国家标准中对图纸幅面和格式、标题栏和明细栏、比例、字体、图线和尺寸注法等的要求；掌握常用绘图工具的使用方法，以及正六边形、斜度与锥度、圆弧连接等的几何作图方法；重点掌握平面图形的尺寸及线段分析、平面图形的绘制方法及尺寸标注、尺规绘图的步骤；了解徒手画草图的概念和简单的作图方法。

引例

绪论中图 1-2 所示的是工程上常用的滑动轴承的装配图，图 1-3 所示的是组成滑动轴承的一个零件——轴承盖的零件图，这些图是按照制图的相应规则 and 规定绘制的。绘制这样的工程图所遵循的相应规则就是制图的基本理论和国家标准等。以下主要介绍国家标准有关制图方面的一些规定。

工程图样是现代工业生产中必不可少的技术资料，是交流技术思想的语言，对图样格式、表达方法和尺寸注法等都有统一规定，每个工程技术人员均应熟悉和掌握相关基本知识。

在学习工程制图的过程中，必须重视制图基本技能的训练，正确使用绘图工具和仪器，掌握基本的绘图方法和徒手绘图的技能，培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工程意识。

2.1 国家标准《技术制图》与《机械制图》摘录

国家标准《技术制图》是我国颁布的一项重要技术标准，对各类技术图样和有关技术文件做出了一些共同适用的统一规定；我国还按科学技术和生产建设发展的需要，分别发布了不同技术部门只适用于自身的、更明确和细化的制图标准，如国家标准《机械制图》等。本节摘录了国家标准《技术制图》和《机械制图》中对图纸的幅面及格式、比例、字体、图线、尺寸注法等有关规定，在绘制工程图样时，必须严格遵守。（GB/T 14689—2008：“GB/T”



表示该国家标准为推荐性标准，“14689”为标准编号，“2008”为该标准发布年代号)

2.1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)

1. 图纸幅面

绘制图样时，应优先选用表 2-1 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 2-1 图纸幅面 (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
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 2-1 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。

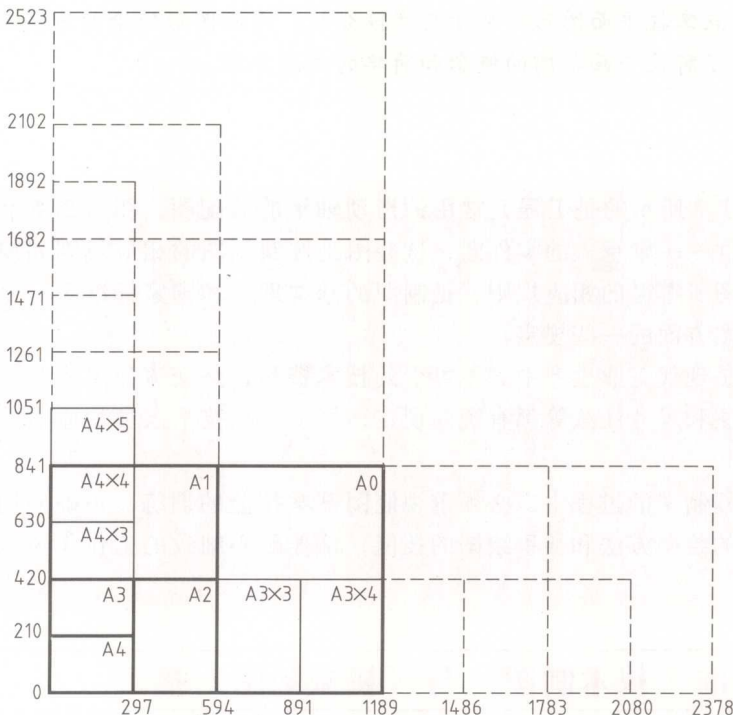


图 2-1 图纸幅面

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。其格式分为不留装订边和留有装订边两种，如图 2-2 所示，其尺寸规定见表 2-1。但同一产品的图样只能采用一种格式。