

面向“十二五”高等院校应用型人才培养规划教材

现代工程制图

精品课主讲人 谢 军 王国顺◎主 编
朱 静◎副主编

省级
精品课程
配套教材

Modern
Engineering
Graphics

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

面向“十二五”高等院校应用型人才培养规划教材

现代工程制图

Modern Engineering Graphics

精品课主讲人 谢 军 王国顺◎主 编
朱 静◎副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

现代工程制图/谢军, 王国顺主编. —北京: 中国铁道出版社, 2010. 8

面向“十二五”高等院校应用型人才培养规划教材

ISBN 978-7-113-10769-7

I. 现… II. ①谢…②王… III. 工程制图-高等学校-教材 IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 210271 号

书 名: 面向“十二五”高等院校应用型人才培养规划教材
现代工程制图

作 者: 谢 军 王国顺 主 编

责任编辑: 曾亚非 电话: 010-51873014

封面设计: 薛小卉

责任校对: 张玉华

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京市昌平开拓印刷厂

版 次: 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 15.25 字数: 372 千

印 数: 1~4 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-10769-7/TB·96

定 价: 28.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社读者服务部调换。

电 话: 010-51873170 (发行部)

工程制图课程是工科院校的一门技术基础课,同时也是教育部教学优秀评价指定的六门课程之一。其传统的教学方法是以投影理论为基础,以圆规、直尺、图板为工具,以黑板、挂图、模型为媒介,从点、线、面的投影入手,是在学生缺少对空间形体的感性认识的基础上进行的,从而给人以枯燥无味、空洞抽象的印象。尽管目前已经实现了以“甩掉图板”为目标的计算机辅助绘图,但是,工程制图课程教学体系仍延续传统模式。而实际上,人类的认知过程是从三维到二维,首先在脑海里形成三维立体,再运用投影知识与理论进行二维表达。传统的教学方法恰恰与之相反,增加了学习难度。

大连交通大学(原大连铁道学院)的《画法几何与工程制图》课程,1996年被评为铁道部优秀课程,2001年为辽宁省首批优秀课程,2003年为辽宁省精品课程。几代制图人在本课程的教学工作中进行了多年的探索工作,本书在总结多年教学改革成果的基础上,结合工程类、电子类专业特点编写而成。本教材的特点如下。

(1)从立体入手,了解立体的分类与形成,了解立体的三维与二维表达方式,理解课程的研究对象、方法和手段,在此基础上进入课程的研究与学习。这种先见森林后见树木的学习方式,有利于学生有目的、有计划地开展学习,有利于调动学生学习的主动性、积极性。

(2)把传统制图与计算机绘图的基本原理统一起来,将几何图形的信息量化为坐标形式,引入平面图形完全定义、欠定义及过定义的概念,使几何图形的描述具有可检验性。

(3)用二叉树表达基于特征的参数化实体造型的形体分析思路,与传统教学中仅限于简单的叠加、挖切相比,更重视指导学生按符合实际的设计思路进行形体的空间构形,从而培养更强的形体分析能力和工程意识。

(4)以三维立体为主线,贯穿整个教材内容,解决了传统教学中的凭空想象问题。强调基本几何要素在立体上的表达,强调组合体的空间分析,强调机件的功能、工艺结构,强调装配体的工作原理,使空间想象直观、形象地表现出来,逐渐实现由三维空间表达达到二维平面表达的思维转换,有利于空间想象力的培养。

(5)在计算机绘图部分,结合实例重点讲解应用 AutoCAD 2008 绘制图样的思路、方法,具有快速入门的指导作用。通过计算机绘图技术的引导性学习和绘图实践,达到熟练运用软件的目的。

(6)本教材采用最新颁布的《机械制图》、《技术制图》、《CAD 制图》及相关的国家标准。

《现代工程制图习题集》与本书配套使用。本教材可供普通高等院校近机械类、电子类专业学生使用,也可供其他专业学生和工程技术人员参考。

参加本教材编写工作的有:大连交通大学谢军(第1章、第3章部分)、王国顺(第7章、第8章)、朱静(第4章、第5章)、阎晓琳(第2章、第6章、第10章)、张凤莲(第9章、附录)、辽宁科技大学石加联(第3章部分),谢军、王国顺任主编,朱静任副主编,高中保教授任主审。

本教材在编写过程中,参考了相关的教材、习题集及论文等(见书后的参考文献),在此向有关作者表示谢意。限于我们水平和教改实践的局限,加之时间紧迫,内容不当之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者

教学建议

本课程的研究对象与任务

本课程的研究对象是工程图样。图样是工程界用来表达物体形状、大小和有关技术要求的图形技术文件。设计者通过图样表达设计意图和要求,制造者通过图样了解设计要求、组织生产,使用者通过图样了解产品结构和性能、掌握使用及维护方法。因此,图样和文字、数字一样,是人们进行技术交流的重要工具,被誉为工程界的技术语言。

本课程是工科院校一门重要的技术基础课程,是应用投影的方法在平面上表示空间立体、图解空间几何问题,研究绘制和阅读工程图的原理和方法。目的是培养绘制、阅读工程图样的能力。其主要任务:

- (1)学习投影理论,培养空间思维能力;
- (2)学习机械制图国家标准的有关知识,培养贯彻、执行国家标准的意识;
- (3)培养仪器绘图、徒手绘图及计算机绘图的能力以及阅读工程图样的能力;
- (4)通过绘图实践,培养耐心细致、一丝不苟的工作作风。

本课程的基本内容

本课程基本内容可分为画法几何、制图基础及工程图三个方面。画法几何部分主要包括正投影理论及图解一般空间几何问题;制图基础部分主要包括机械制图、工程制图的相关国家标准及组合体的绘图与读图的方法,培养学生的空间想象能力;工程图部分主要包括零件图、装配图的绘制和阅读,标准零件的种类、用途和规定画法等。计算机绘图与实践环节将贯穿整个教学过程。常见的 72 学时及 48 学时的教学学时安排建议见下表。

教学学时安排建议

章 节 内 容	建议学时(72学时)	建议学时(48学时)
第1章 绪论	2	3
第2章 制图的基本知识与基本技能	6(含绘图实践 2)	5(含绘图实践 2)
第3章 工程图的投影基础	16(含习题课)	10(含习题课)
第4章 组合体	12(含绘图实践 4)	10(含绘图实践 2)
第5章 图样的基本表示方法	8(含绘图实践 4)	8(含绘图实践 2)
第6章 零件与零件图	8(含绘图实践 2)	4
第7章 标准件与常用件	4(含绘图实践 2)	2
第8章 装配体与装配图	8(含绘图实践 2)	2
第9章 计算机绘图基础	6	4
第10章 展开图与焊接图	2	

□ 本课程的学习方法

本课程是一门既有系统的理论又有较强实践性的技术基础课。要学好本课程必须要注意实践,即在认真学习投影理论的基础上,通过由浅入深的绘图、读图实践,来不断地分析、想象空间形体与二维图样的对应关系,逐步提高空间想象能力和分析能力。学习中要做到:

(1)在学习投影理论的同时,要注意积累对空间立体模型、零件、部件的感性认识,为提高空间想象能力奠定基础;

(2)除上课认真听讲、积极思考以外,更重要的是多动手画图、多想象立体,深入理解三维立体与二维图形之间的转换规律;

(3)在仪器绘图、徒手绘图及计算机绘图练习中,掌握绘图技能并培养贯彻国家标准的工程意识。

目录 Contents

现代工程制图
Modern Engineering Graphics

前言	I
教学建议	I
第 1 章 绪 论	1
1.1 立体的分类与形成	1
1.2 立体的二维与三维表述	5
第 2 章 制图的基本知识与基本技能	16
2.1 常用机械制图国家标准	16
2.2 绘图工具及其使用方法	23
2.3 几何作图	25
2.4 平面图形	28
2.5 手工绘图的方法和步骤	33
第 3 章 工程图的投影基础	36
3.1 基本几何元素的投影	36
3.2 基本几何元素的相对位置关系	44
3.3 基本立体的投影	49
3.4 平面与立体相交	55
3.5 两立体表面相交	61
3.6 辅助投影	66
第 4 章 组 合 体	72
4.1 组合体构形的投影分析	72
4.2 组合体投影图的画图步骤	73
4.3 组合体的尺寸标注	77
4.4 组合体投影图的识读	81
4.5 组合体构形设计	87
第 5 章 图样的基本表示方法	92
5.1 视 图	92
5.2 剖 视 图	95
5.3 断 面 图	102
5.4 其他表达方法	104
第 6 章 零件与零件图	109
6.1 零件与零件图概述	109
6.2 常见结构的表达	110
6.3 零件的表达	118
6.4 零件图的尺寸标注	122
6.5 零件图的技术要求	126

6.6 读零件图	135
第7章 标准件与常用件	139
7.1 螺纹紧固件	139
7.2 键与键连接	144
7.3 销与销连接	147
7.4 齿轮与齿轮啮合	148
7.5 弹 簧	152
7.6 滚动轴承	154
第8章 装配体与装配图	159
8.1 装 配 体	159
8.2 装配图的内容	160
8.3 装配图的画法	165
8.4 读装配图及拆画零件图	171
第9章 计算机绘图基础	177
9.1 AutoCAD 2008 用户界面	177
9.2 图形绘制与编辑	179
9.3 绘图环境的设置	179
9.4 绘图实例	187
第10章 展开图及焊接图	195
10.1 展 开 图	195
10.2 焊 接 图	200
附录	208
附录 I 标准结构	208
附录 II 标 准 件	211
附录 III 公差与偏差	219
附录 IV 推荐选用的配合	225
附录 V 滚动轴承	226
附录 VI 常用材料及热处理	228
附录 VII AutoCAD 2008 常见命令一览表	231
参考文献	233

第 1 章 绪 论

1.1 立体的分类与形成

从形体分析的观点来研究形体的分类、组成规律,从而更深刻地认识空间形体,以便正确的表达空间形体。

1.1.1 立体的分类

立体分为基本立体和组合体。常见的基本立体有棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、圆球等。组合体则结构千变万化,但其都是由基本立体按一定规律组合而成。

1. 基本立体

基本立体可以看成是由若干表面所围成的形状简单的几何体,依据表面性质不同分为平面立体和曲面立体,常见的曲面立体为回转体。

完全由平面包围而成的实体称为平面立体,常见的平面立体有棱柱和棱锥两种。平面与平面的交线称为棱线,棱线与棱线的交点称为顶点。通常按其底面边数来命名,如图 1.1(a)、(b)所示分别为六棱柱、三棱锥。

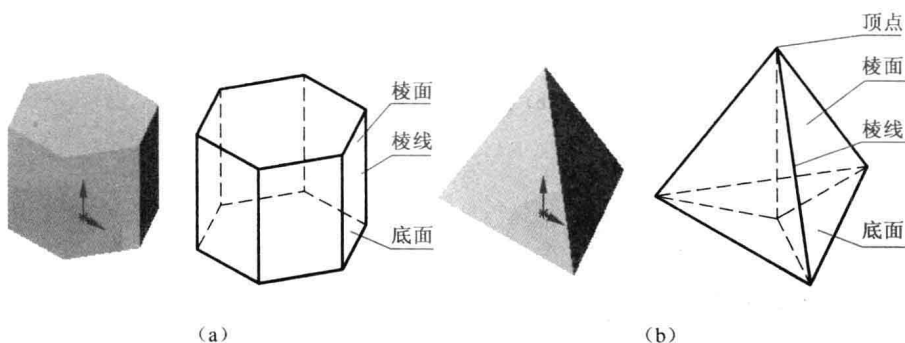


图 1.1 平面立体

回转体是由回转面或回转面和平面围成的实体,形成回转面的动线(直线、圆或其他曲线)称为母线,围绕其旋转的定线称为轴线,任意位置的母线称为素线,母线上任意一点的运动轨迹均为垂直于轴线的圆,称为纬圆,如图 1.2(a)所示。常见的回转体有圆柱、圆锥、圆球和圆

环,如图 1.2(b)所示。

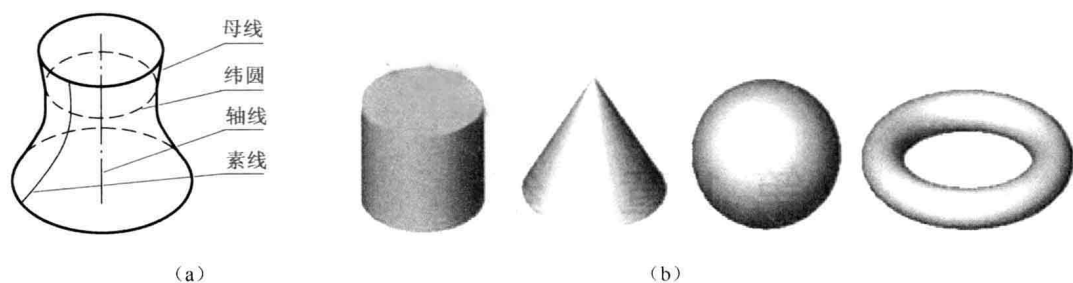


图 1.2 回转面的形成及常见回转体

2. 组合体

基本立体是构成组合体的基本单元,组合体由基本立体通过叠加、挖切等组合方式生成叠加式组合体、挖切式组合体以及更为复杂的综合式组合体,如图 1.3 所示。

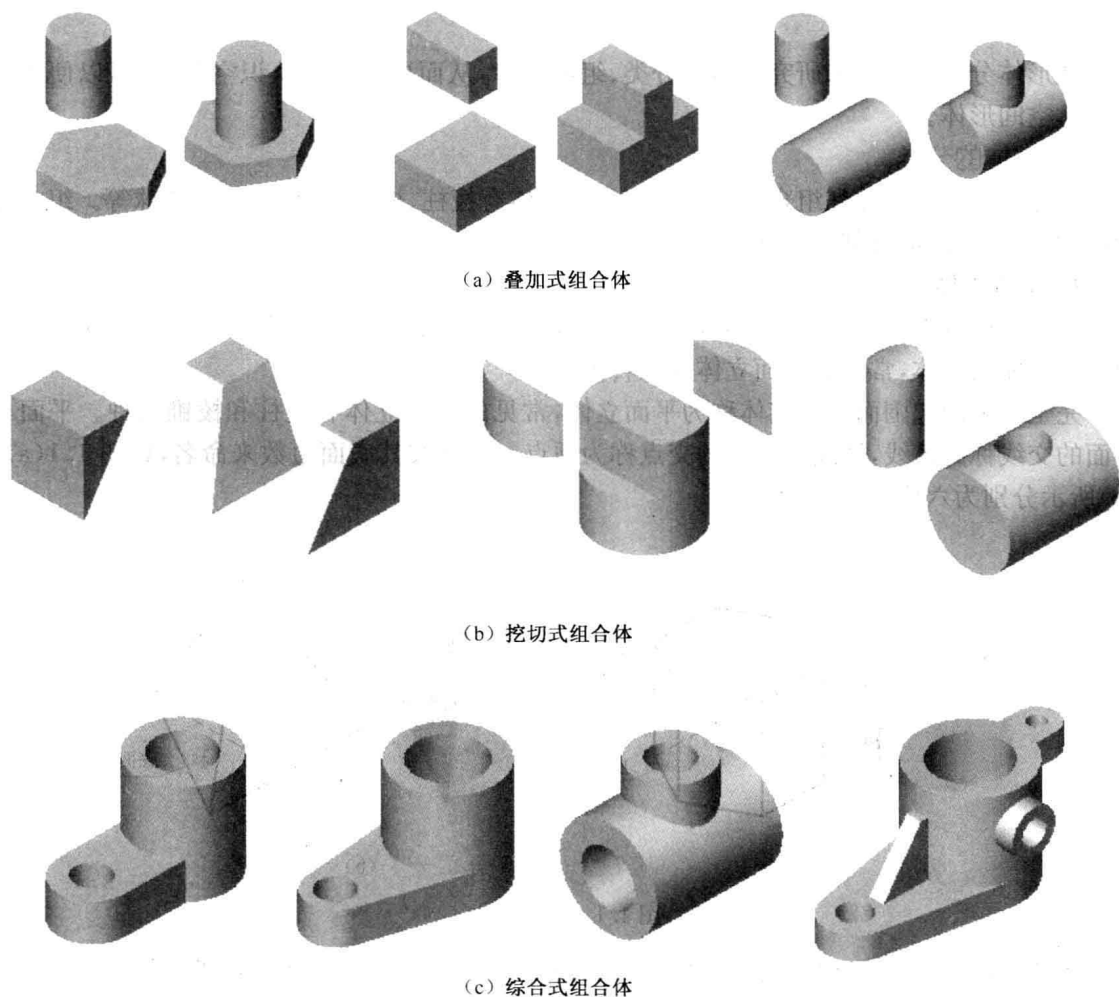


图 1.3 组合体

1.1.2 立体的形成

立体可由不同的方式形成,这里以计算机三维实体造型的观点来阐述立体的形成方式。常见的计算机实体造型方法为特征建模法。特征是指各个基本体及可一次成形的简单体,组合体的建模即是各种特征的组合。特征的形成是通过特征面的拉伸、旋转、放样等不同运算方式而形成。

1. 基本体的形成

棱柱、圆柱等柱类基本体,其特征面即为其底面,沿与底面垂直的方向拉伸,即形成各种柱类形体,如图 1.4 所示。

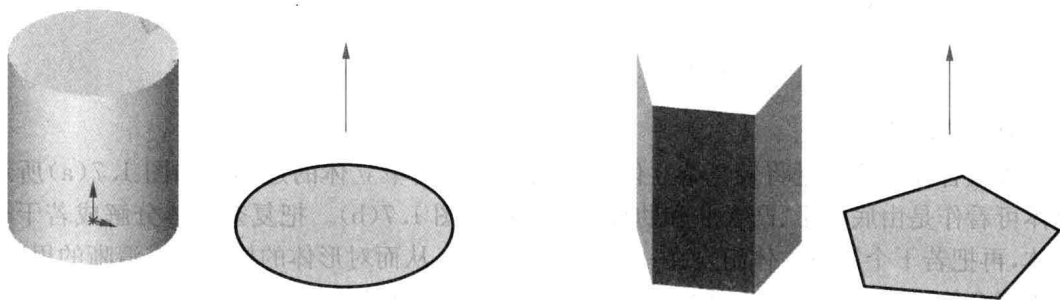


图 1.4 拉伸方式形成的柱类基本体

回转体均可由特征面绕轴线旋转而成,特征面相对于轴线的位置不同则生成不同的回转体,如图 1.5 所示。

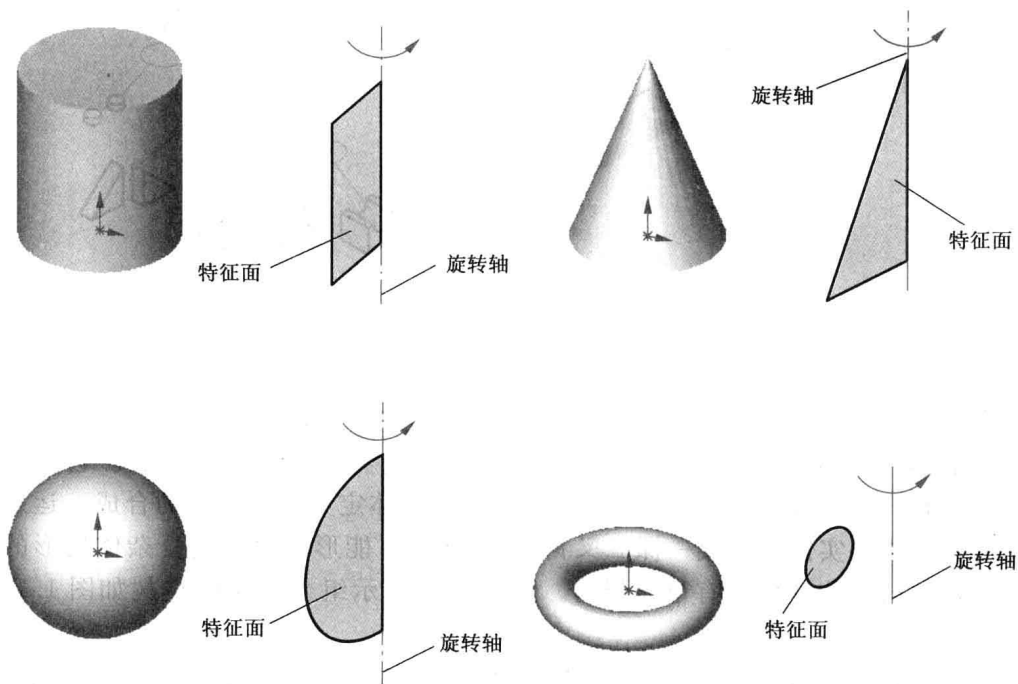


图 1.5 旋转方式形成的回转体

棱锥、圆锥等变截面基本体,是通过不同形状的特征平面,按一定的顺序、相同的线性比例变化过渡而形成的,即是用放样的方式形成的,如图 1.6 所示。

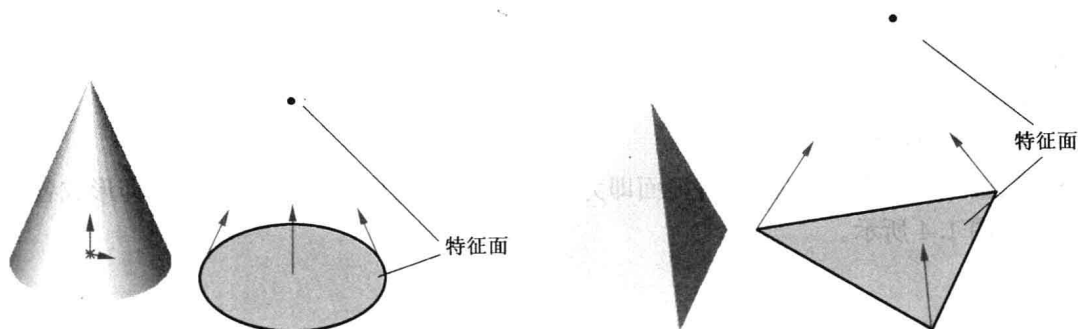


图 1.6 放样方式形成的锥形基本体

2. 组合体的形成

分析组合体的形成是将较复杂立体分解成若干个简单立体的过程。如图 1.7(a)所示的组合体可看作是由底板 I、凸台 II 和肋板 III 叠加构成图 1.7(b)。把复杂立体分解成若干个简单立体,再把若干个简单立体组合在一起,还原成原形,从而对形体的构成形成清晰的思路,这种分析组合体形成过程的方法,称为形体分析法。形体分析法“化整为零、积零为整”的思想是进行空间构思造型的基础,也是构建组合体的关键所在。

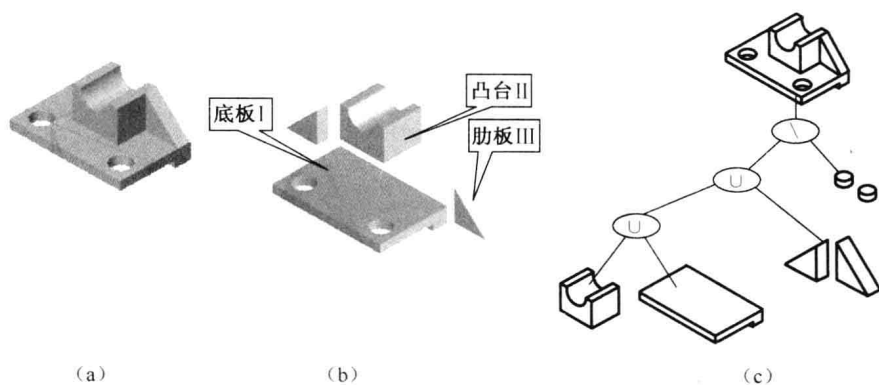


图 1.7 组合体的构形分析

形体分析方法可以通过构造实体几何表示法 CSG(Constructive Solid Geometry)来直观地加以描述。构造实体几何表示法是计算机实体造型的一种构形方法。它利用正则集合运算,即并($\cup$)、交($\cap$)、差($\setminus$)运算方式,将复杂体定义为简单体的合成。运用构造实体几何表示法将实体表示成一棵二叉树,即 CSG 树,能形象地描述复杂体构形的整个思维过程,对分析、构建模型有很大帮助。图 1.7(a)所示组合体的 CSG 树如图 1.7(c)所示。

通过以上分析可见,要构建一个复杂体,形体分析是关键。针对同一复杂体可能存在几种不同的拆分方法,以分解为构成的简单体数量最少、最能反映立体特征为最终目的。图 1.8 b)~(d)反映了针对同一立体图 1.8(a)所能采取的不同分解方案。

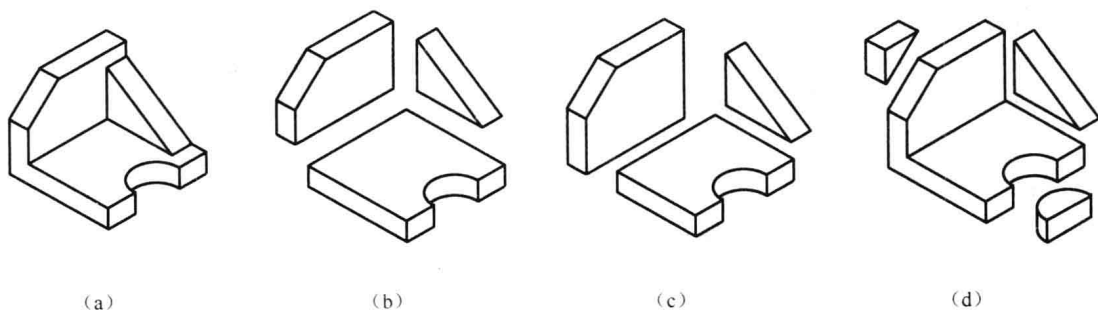


图 1.8 组合体的不同构形方案

1.2 立体的二维与三维表述

1.2.1 投影法的基本知识

日常生活中随处可见在光线的照射下,物体会在墙面、地面上出现影子,这就是投影法在自然界中的原型。

投影法就是投射射线通过物体,向选定的面投射,并在该面上得到图形的方法。根据投影法所得到的图形称为投影(投影图)。投影法中得到图形的面称为投影面,投射射线的起源点称为投射中心,发自投射中心且通过被投射形体上各点的直线称为投射射线,如图 1.9 所示。

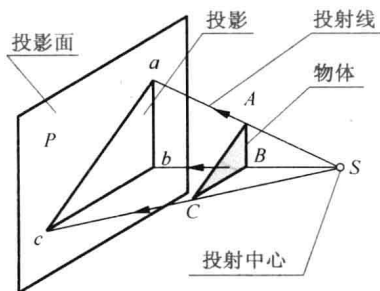


图 1.9 中心投影法

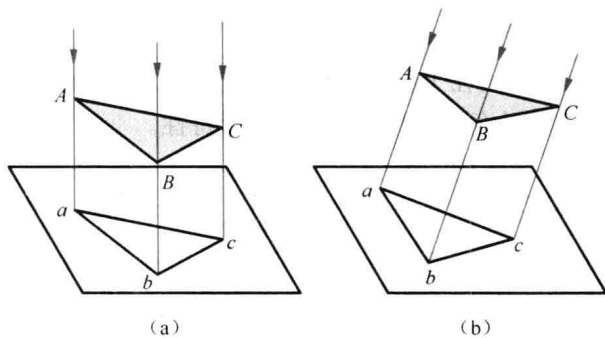


图 1.10 平行投影法

根据投射射线间的相对位置,将投影法分为中心投影法和平行投影法。投射射线交汇于一点的投影法称为中心投影法,此时物体投影的大小与其相对投影面的距离有关,且不能反映物体的真实形状,如图 1.9 所示。

将投影中心 S 移至无穷远,则所有投射射线将彼此平行,这种投射射线相互平行的投影方法称为平行投影法。平行投影法中,又根据投射射线与投影面间夹角不同分为正投影法和斜投影法。投射射线与投影面相垂直的平行投影法,称正投影法;投射射线与投影面相倾斜的平行投影法,称斜投影法如图 1.10 所示。

1.2.2 工程中常用的投影图

用不同的投影法可以得到工程上常用的各种投影图。

1. 轴测投影图

轴测投影图简称轴测图,是用平行投影法投影得到的单面正投影或单面斜投影图,如图 1.11(a)所示。轴测图具有较好的立体感,但度量性较差,常用作工程上的辅助图样。

2. 透视投影图

透视投影图简称透视图,是用中心投影法投影得到单面中心投影图,如图 1.11(b)所示。透视图的图像接近于人的视觉影像,富有逼真的立体感,多用于房屋、桥梁等建筑设计的效果图。其缺点是作图复杂、度量性差。

3. 正投影图

将物体向两个或两个以上相互垂直的投影面分别进行正投影,并将投影与投影面一起按一定的规则展开到同一平面上,即得到物体的正投影图,如图 1.11(c)所示,为圆柱的正投影图。正投影图虽然立体感差,但能完整地表达物体各个方向的形状,度量性好且作图简便,在工程上被广泛应用。

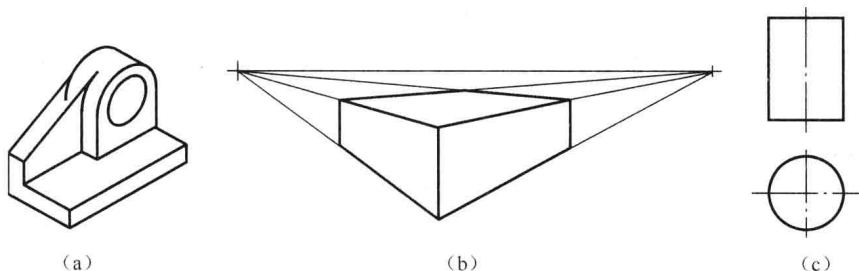


图 1.11 工程上常用的各种投影图

1.2.3 正投影的投影特性

正投影法在工程上得到广泛应用,以后不加说明的投影法均指正投影法。图 1.12 以形体上的线、面为例,说明正投影的投影特性。

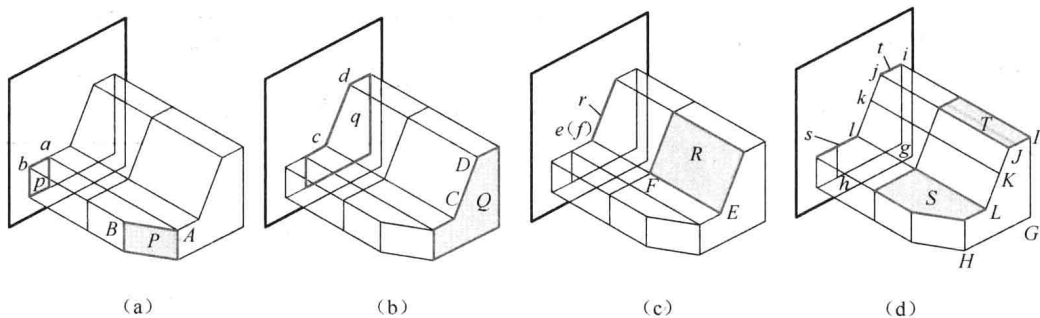


图 1.12 正投影的投影特性

1. 单一几何元素与投影面处于不同位置时的投影特性

(1)类似性。如图 1.12(a)所示,倾斜于投影面的平面 P 及直线 AB 的投影必为小于原形的类似形 p 和缩短了直线段 ab 。

(2)显实性。如图 1.12(b)所示,平行于投影面的平面 Q 及直线 CD 的投影必为反映原形的实形 q 和实长 cd 。

(3)积聚性。如图 1.12(c)所示,垂直于投影面的平面 R 及直线 EF 的投影必积聚为直线

段 r 和点 e 或 f 。

2. 两个几何要素处于不同相对位置时的投影特性,如图 1.12(d)所示

(1) 平行性。两条平行线($GH \parallel IJ$)的投影仍保持平行($gh \parallel ij$)。

(2) 从属性。点 K 属于直线 JL , 点 K 的投影 k 必定属于该直线的投影 jl 。

(3) 等比性。两条平行线的长度比和属于直线段的点分线段之比, 投影中均保持不变, 即 $gh : ij = GH : IJ, jk : kl = JK : KL$ 。

1.2.4 多面投影体系及视图

国家标准(GB/T 16948—1997)规定: 多面正投影是指物体在相互垂直的两个或多个投影面上所得到的正投影, 并将这些投影面旋转展开到同一图面上, 使该物体的各正投影图有规则地配置, 相互之间形成对应关系。在机械制图中, 根据国家标准中图样画法、配置、标注等有关规定, 物体用正投影法得到的图形称为视图。

1. 多面投影体系

相互垂直的三个投影面, 分别用 H (水平投影面)、 V (正立投影面)、 W (侧立投影面)表示, 两个投影面的交线称为投影轴, 分别用 OX 、 OY 、 OZ 表示, 三个投影面和三根投影轴构成了常见的三面正投影体系。 H 、 V 、 W 三个投影面将空间分为八个区域, 称为分角, 排序如图 1.13 所示。在 V 面上的投影称为正面投影, 在 H 面上的投影称为水平投影, 在 W 面上的投影称为侧面投影。将投影图旋转展开到同一图面上时, 保持 V 面不动, 其他面旋转至与 V 面重合。

工程界采用多面正投影有以下两种画法。

(1) 第一角投影。也称第一角画法(简称 E 法)。将物体置于第一分角内, 并使其处于观察者与投影面之间而得到多面正投影。中国、俄罗斯、英国、法国和德国等国家均采用该画法, 其投影方向如图 1.14(a)所示, 展开后的投影位置如图 1.14(b)所示。

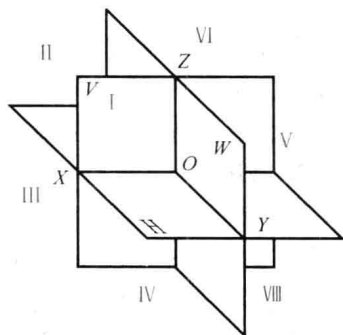
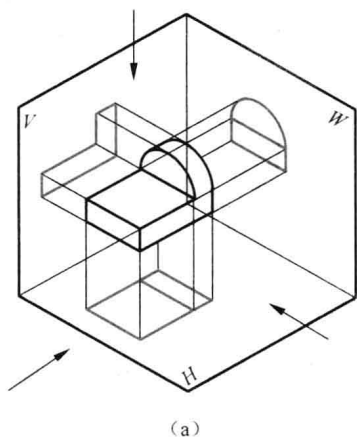
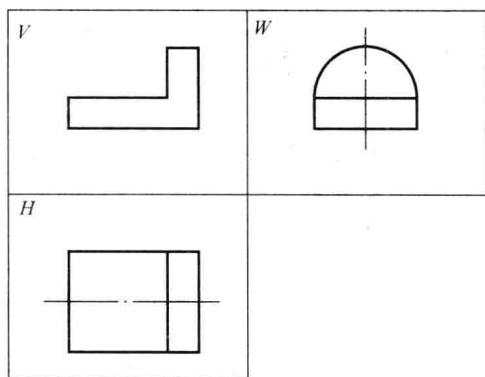


图 1.13 投影面、投影轴及分角



(a)



(b)

图 1.14 第一角投影

(2) 第三角投影。也称第三角画法(简称 A 法)。将物体置于第三分角内, 并使投影面处于观察者与物体之间而得到多面正投影。美国、日本、加拿大和澳大利亚等国家均采用该画

法。图 1.15(a)所示为其投影方向,展开后的投影位置如图 1.15(b)所示。该画法中,假想投影面是透明的,观察者可以看见投影面后面的立体。

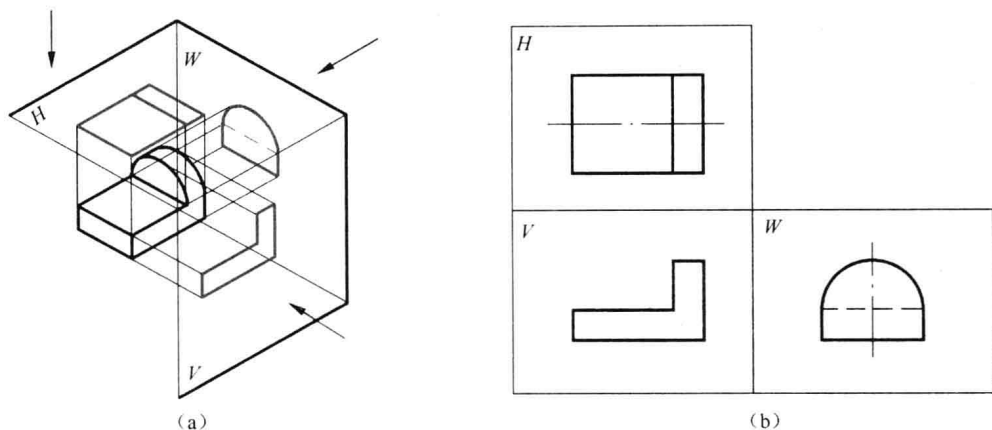


图 1.15 第三角投影

多面正投影具有度量性好、绘图简单等优点,广泛应用于机械行业。但由于其每个投影只能反映二维形状,所以立体感差,必须综合多面投影知识并通过空间想象和推理,才能确定物体全貌。以下所讲述的投影,均指第一角投影。

2. 视图

在机械制图中,正面投影称为主视图,水平投影称为俯视图,侧面投影称为左视图。视图的形成过程如图 1.16(a)所示,使 V 面不动, H 面绕 X 轴向下翻转 90° ,与 V 面重合; W 面绕 Z 轴向右翻转 90° ,与 V 面重合,即得到一组视图。视图用来表达物体的形状,与物体和投影面之间的距离无关,因此不必画出投影轴,如图 1.16(b)所示。

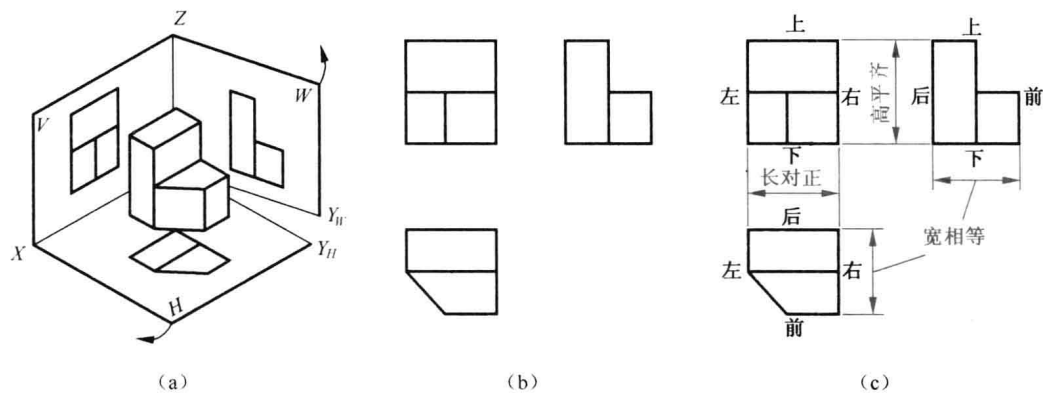


图 1.16 视图的形成过程及投影规律

由视图的形成过程可知:同一张图纸上同时反映上下、左右、前后六个方向。如图 1.16(c)所示,沿 X 轴的左右方向为物体的长度方向,沿 Y 轴的前后方向为物体的宽度方向,沿 Z 轴的上下方向为物体的高度方向。

各视图间的关系即投影规律:主视图和俯视图都反映物体的长度即长对正;主视图和左视图都反映物体的高度即高平齐;俯视图和左视图都反映物体的宽度即宽相等。

常见基本立体的视图见表 1.1。