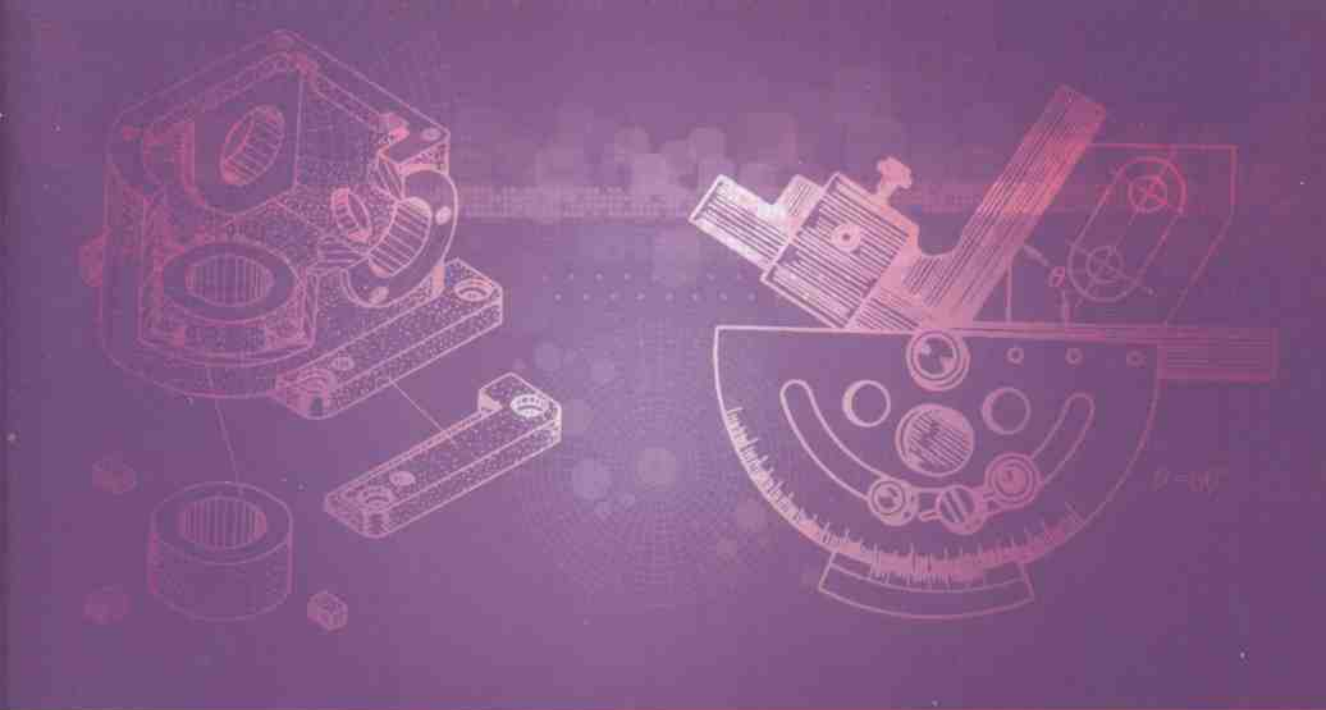




普通高等教育规划教材

工程图学 第2版

● 高金莲 主编 ● 张建军 刘淑英 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



湛师图书馆



A0802533

普通高等教育规划教材

工程图学

第2版

主 编 高金莲
副主编 张建军 刘淑英
参 编 丁承君 张瑞红 段 萍 刘宇红
主 审 王金敏 苑彩云

TB23
43



机械工业出版社

本书是根据新世纪对高素质人才的要求,参考国内外同类教材,在总结和吸取多年教学改革经验的基础上编写的。本书根据本学科知识的逻辑性、系统性、规律性,在不同阶段、不同环节中,对学生进行不同程度的空间思维能力、构形能力和创新能力的培养。本书的主要特点是:加强基础理论,精练传统内容,革新传统知识,理论联系实际,全面贯彻《技术制图》、《机械制图》等有关最新国家标准。本书的主要内容包括:绪论,点、直线、平面的投影,投影变换,曲线与曲面,立体的投影,轴测投影,制图的基本知识,组合体,机件的表达方法,标准件及常用件,零件图,装配图,立体表面的展开图及焊接图。《工程图学习题集》与本书配套使用。本套教材可供高等学校机械类专业学生使用,也可供其他专业学生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程图学/高金莲主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2005.9

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-10540-0

I. 工... II. 高... 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(2005)第109611号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:郑丹 版式设计:张世琴 责任校对:张媛

封面设计:饶薇 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2005年10月第2版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·21印张·518千字

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

工程图学是高等工科院校学生必修的基础课程之一,培养学生空间思维能力、构形能力、创新能力及工程图样的阅读及绘制能力是本课程的主要任务。改革传统的教学内容和课程体系,为21世纪培养高素质的人才成为当前教学改革的重点。本书是根据新世纪对高素质人才的要求,参考国内外同类教材,在总结和吸取多年教学改革经验的基础上编写的。

本书根据本学科知识的逻辑性、系统性、规律性,在不同阶段、不同环节中,对学生进行不同程度的空间思维能力、构形能力和创新能力的培养。本书的主要特点是:加强理论基础,精练传统内容、革新传统知识,理论联系实际,全面贯彻《机械制图》及《技术制图》最新国家标准。

《工程图学习题集》与本书配套使用。本教材可供高等学校机械类专业学生使用,也可供其他专业学生和工程技术人员参考。

本次《工程图学》教材主要在以下几个方面进行了修订:

(1) 删减了一些基本知识在后续课程中的应用,因为后续课程中再讲这些内容会更容易理解。

(2) 引入了构形设计,包括组合体构形、机械零件构形、装配体构形等,并且在构形设计中选用了更简单明了的图例,这也与“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”相符合。

(3) 本书还大力加强徒手绘图能力的训练,加强了零件测绘、徒手绘制零件图等内容,普及三维绘图能力的应用。力求做到理论性与实用性相结合,最大限度地调动学生的学习积极性。

(4) 本书还摘录有《机械制图》及《技术制图》最新国家标准,使本书的读者接触到的都是最新的标准和规范,从而成为使用和推行新标准和新规范的先行者。

本书主编高金莲,副主编张建军、刘淑英。

本书凝聚着河北工业大学工程图学教研室全体教师多年来教学改革的经验 and 体会。参加本书编写的有(按所撰写的章次排序):刘淑英(第一章、第二章、第十三章),段萍(第三章、第六章),张建军(第四章、第五章),丁承君(第七章),高金莲(第八章、第九章、第十一章、第十二章),张瑞红(第十章),刘宇红(附录)。

全书由天津大学王金敏教授、河北工业大学苑彩云教授担任主审。

由于水平所限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2005年9月

第1版前言

工程图学是高等工科院校学生必修的基础课程之一,培养学生空间思维能力、构形能力、创新能力及工程图样的阅读及绘制能力是本课程的主要任务。改革传统的教学内容和课程体系,为21世纪培养高素质的人才成为当前教学改革的重点。本书是根据新世纪对高素质人才的要求,参考国内外同类教材,在总结和吸取多年教学改革经验的基础上编写的。

本书根据本学科知识的逻辑性、系统性、规律性,在不同阶段、不同环节中,对学生进行不同程度的空间思维能力、构形能力和创新能力的培养。本书的主要特点是:加强基础理论,精练传统内容,革新传统知识,理论联系实际,全面贯彻《技术制图》、《机械制图》等有关最新国家标准。

《工程图学习题集》与本书配套使用。本套教材可供高等学校机械类专业学生使用,也可供其他专业学生和工程技术人员参考。

《计算机辅助设计绘图》与本书同时出版。

本书主编苑彩云,副主编关玉明、张顺心、高金莲。

本书凝聚着教研室全体教师多年来教学改革的经验 and 体会。参加本书编写的有(按所撰写的章次排序):苑彩云(第一章、第二章、第五章、第六章),孙少辰(第三章、第七章、第九章),张顺心(第四章、第十三章),高金莲(第八章、第十二章),关玉明(第十章、第十一章),刘淑英(附录)。

全书由天津大学焦法成教授、河北工业大学刘文润教授任主审。

由于水平所限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2001年12月

目 录

第2版前言

第1版前言

第一章 绪论	1
第一节 工程图学的研究对象、任务及学习方法	1
第二节 空间形体的分类、生成与分解	2
第三节 投影法的基本知识及工程中常用的投影图	9
第二章 点、直线、平面的投影	13
第一节 点的投影	13
第二节 直线的投影	21
第三节 平面的投影	31
第四节 直线与平面的相对位置和两平面的相对位置	40
*第五节 综合题及其解法	50
第三章 投影变换	53
第一节 概述	53
第二节 换面法	54
*第三节 绕垂直于投影面的轴的旋转法	62
*第四章 曲线与曲面	68
第一节 曲线概述	68
第二节 平面曲线	69
第三节 螺旋线	72
第四节 曲面概述	73
第五节 常见的回转面	77
第六节 不规则曲面	79
第七节 曲面的切平面	81
第五章 立体的投影	83
第一节 基本立体的投影	83
第二节 平面与立体相交	91
*第三节 直线与立体表面相交	101
第四节 两曲面立体相交	104
第六章 轴测投影	116
第一节 概述	116
第二节 正等轴测图的画法	118
第三节 正面斜二轴测图的画法	126

第四节 轴测剖视图的画法	128
第七章 制图的基本知识	131
第一节 制图的一般规定	131
第二节 绘图工具简介	141
第三节 几何作图	145
第四节 平面图形的尺寸分析及绘图步骤	149
第五节 徒手绘图的方法	151
第六节 绘图的一般步骤	153
第八章 组合体	155
第一节 组合体及其组合分析	155
第二节 画组合体的三视图	159
第三节 读组合体视图	162
第四节 组合体的尺寸注法	167
第五节 组合体的构形设计	171
第九章 机件的表达方法	176
第一节 视图	176
第二节 剖视图	179
第三节 断面图	189
第四节 局部放大图和简化画法	191
第五节 机件表达的综合举例	196
第六节 第三角画法简介	197
第十章 标准件及常用件	200
第一节 螺纹	200
第二节 螺纹紧固件	207
第三节 键和销	213
第四节 齿轮	217
第五节 弹簧	226
第六节 滚动轴承	229
第十一章 零件图	232
第一节 零件图的内容	232
第二节 零件图的视图选择及尺寸标注	233
第三节 零件结构工艺性简介	243
第四节 零件图的技术要求	247
第五节 零件测绘	263
第六节 读零件图	266

第十二章 装配图	269	接图	287
第一节 装配图的作用和内容	269	第一节 立体表面的展开图	287
第二节 装配图的表达方法	271	第二节 焊接图	293
第三节 装配图上的尺寸标注和技术 要求	274	附录	298
第四节 装配图上零部件的序号和明 细栏	275	一、标准尺寸	298
第五节 装配体结构构形设计	276	二、极限与配合	299
第六节 装配图的画法	279	三、螺纹	308
第七节 读装配图	282	四、常用标准件	313
第八节 由装配图拆画零件图	284	五、标准结构	323
第十三章 立体表面的展开图及焊		六、螺孔、销孔及沉孔的注法	326
		七、标注尺寸用符号和缩写词	327
		参考文献	328

第一章 绪 论

第一节 工程图学的研究对象、任务及学习方法

图样是工程界用来准确表达物体形状、大小及有关技术要求的技术文件。近代一切机器、仪器、工程建筑等产品和设备的设计、制造与施工、使用与维护等都是通过图样来实现的。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、组织生产加工,使用者根据图样了解产品构造和性能、正确的使用方法和维护方法。因此,图样与文字、数字一样是表达设计意图、记录创新构思灵感、交流技术思想的重要工具之一,被喻为工程界的技术语言。工程技术人员必须熟练地掌握这种语言。

一、研究对象

本课程是高等工科院校一门重要的技术基础课,主要研究对象是应用投影法在平面上图示空间形体、图解空间几何问题以及工程图样的绘制和阅读。课程包括画法几何和机械制图两部分。

二、任务

学习本课程的主要目的是培养绘制和阅读机械图样的能力,培养科学思维、空间想像和构形设计的初步能力和创新意识。具备这种能力对学好后续课程和进行创造性设计是非常必要的,也是 21 世纪科技创新人才必备的基本素质之一。

本课程的主要任务是:

- 1) 学习投影理论,培养学生绘制和阅读机械图样的基本能力,为创造性形体设计打下坚实的理论基础。
- 2) 培养学生空间构思能力和创造性的三维形体设计能力,为机械基础系列课程的学习奠定基础。
- 3) 培养学生掌握机械制图国家标准的有关知识,并能熟练地查阅设计制图中的常用标准。
- 4) 在教学全过程中,注意培养学生的自学能力、独立分析问题和解决问题的能力,以及认真负责的工作态度和耐心细致、一丝不苟的工作作风。

三、学习方法

本课程是一门既有系统理论又有较强实践性的技术基础课。要学好本课程必须认真学习投影理论和构形理论,在理解基本概念的基础上,由浅入深地通过一系列的绘图和读图实践不断地分析和想像空间形体与图样上图形的对应关系,逐步提高空间想像能力和分析能力,掌握正投影的基本作图方法和构形规律。因此,在学习本课程时,应该做到:

- 1) 认真听课,及时复习,弄懂基本原理和基本方法,通过完成一定量的作业,掌握线面分析、形体分析和构形分析等分析问题的方法。
- 2) 注意画图与读图相结合,物体与图样相结合,构形与表达相结合,培养空间想像力和构思能力。
- 3) 严格遵守《机械制图》国家标准的规定,学会查阅有关标准和资料的方法。

- 4) 不断改进学习方法, 有意识地培养自学能力和创新能力。
- 5) 准备一套合乎要求的绘图工具, 按照正确的方法和步骤画图。

第二节 空间形体的分类、生成与分解

空间任何形体, 从形体分析 (几何构形) 的观点来看, 都是有规律的、可认识的, 同时还可以将其正确地表达出来。问题是需要研究形体的类型和形成的规律, 研究空间形体的生成和分解, 在这个过程中更加深刻地认识空间形体。

一、形体的分类

空间形体可以分为基本形体和组合体。在工程结构的应用中, 常用的基本形体有棱柱体、棱锥体、圆柱体、圆锥体、圆球体和圆环体。组合体的结构则千变万化, 种类繁多。尽管如此, 可以说, 组合体都是基本形体用特定的方法组合而成的。

1. 基本形体

最简单的形体称作基本形体, 简称基本体。按其表面的特点, 分为平面立体和回转体。

(1) 平面立体 平面立体的表面是由若干个平面围成的。它有两种表现形式, 即棱柱体和棱锥体, 如图 1-1 所示。可以看出, 棱柱体的特点是: 它有不同形状的基面, 侧棱相互平行; 若用平行于基面的平面在不同位置剖切, 可得到基面的全等形。而棱锥体的特点是: 有不同形状的基面, 但侧棱交于一点; 若用平行于基面的平面在不同位置剖切, 可得到与基面大小不等的相似形。

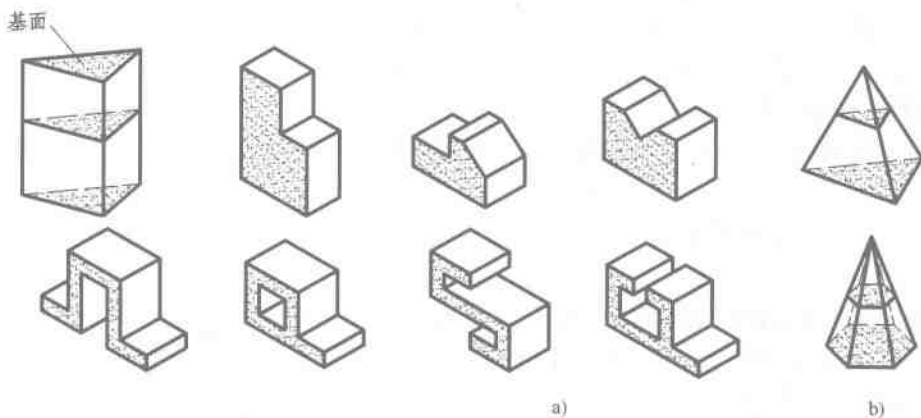


图 1-1 平面立体
a) 棱柱体 b) 棱锥体

(2) 回转体 由回转面或回转面和平面围成的立体称作回转体。常见的回转体有四种, 即圆柱体、圆锥体、圆球体和圆环体, 如图 1-2 所示。它们的共同特点是, 用垂直于轴线的平面剖切后, 可得圆的形状。所不同的是回转面中的母线的形状及母线与轴线的位置不同。如圆柱体的母线为直线并与轴线平行; 圆锥体的母线亦为直线, 且与轴线相交; 圆球体的母线为圆, 其圆心位于轴线上; 圆环体的母线亦为圆, 轴线为与母线共面但不过圆心的直线。

2. 组合体

组合体是由若干个基本形体组合而成的。组合方式有叠加和挖切两种。由于组合方式不

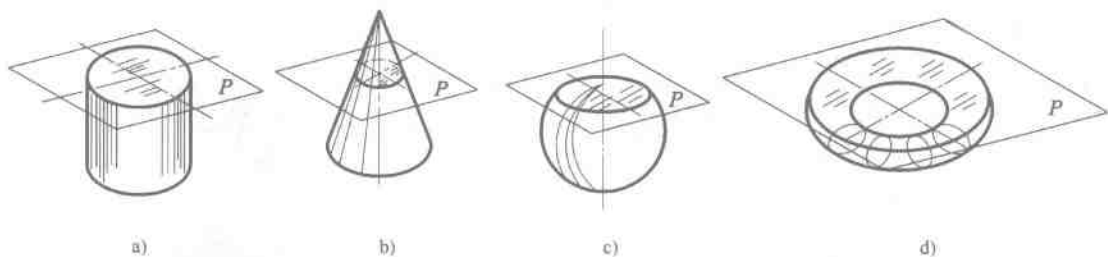


图 1-2 回转体

a) 圆柱体 b) 圆锥体 c) 圆球体 d) 圆环体

同,可分为叠加型组合体、挖切型组合体和复合型组合体。基本形体组合时相邻表面的关系又有几种情况:共面与不共面、相切和相交。因此,基本形体的组合方式不同、相邻表面的关系不同、大小及相互位置不同,形成组合体的形状不同。

(1) 叠加型组合体 这种组合形体是将若干个基本形体的实体叠加组合。由于相邻表面的关系不同、大小和相互位置不同,所以叠加的方式不同,如积木组合式如图 1-3a 所示、同轴回转式如图 1-3b 所示和基本相贯组合如图 1-4 所示。

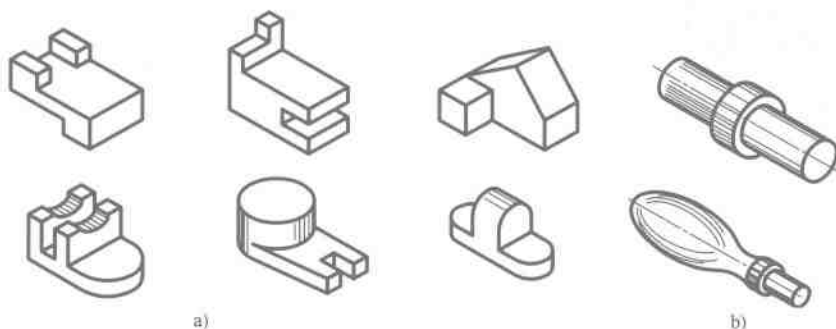


图 1-3 叠加型组合体

a) 积木组合式 b) 同轴回转式

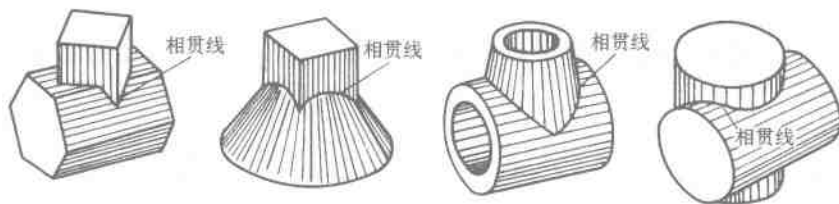


图 1-4 基本相贯组合

(2) 挖切型组合体 这种组合形体是用若干个面切割基本形体而成的,如图 1-5 所示。

(3) 复合型组合体 复合型组合体可以认为是叠加与挖切的组合。这种组合体比较复杂,接近于机器零件的主要几何形体,它的形体也体现了某种零件的功能。

图 1-6a 所示为阶梯轴,它的工作形体是叠加型同轴回转式组合形体,其中键槽是连接形体,是在工作形体上挖切形成的。图 1-6b 为轴承座,它的上部为工作形体,体现了叠加挖切组合的特征;中部和下部形体,是一种连接用的形体,也体现了两种组合的特征。

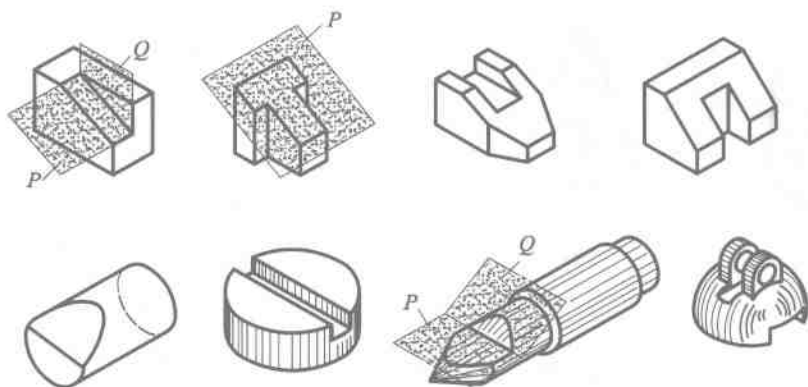


图 1-5 挖切型组合体

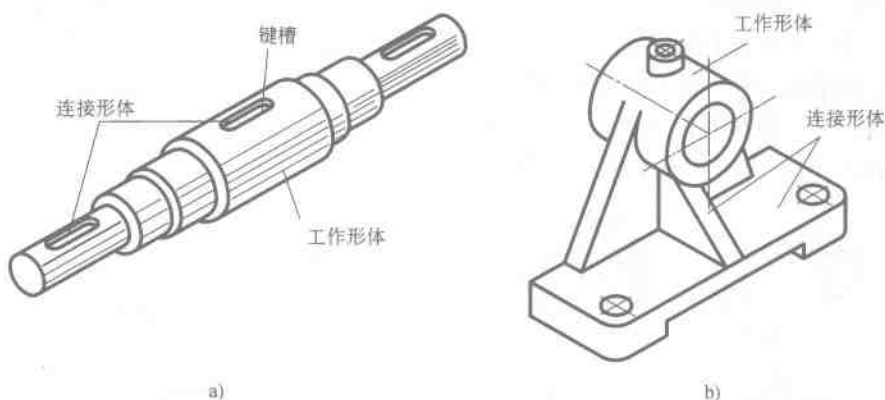


图 1-6 复合型组合体

a) 阶梯轴 b) 轴承座

二、形体的生成

不同的形体，有不同的生成方法。一般有两种生成形体的方法，运动生成法和组合生成法。

1. 线面运动生成法。

(1) 回转法 不同形状的运动母线（或平面图形）及其与回转轴线相对位置不同，可生成不同的回转体。

1) 基本回转体的生成。

① 圆柱体：母线为直线，且与回转轴线平行，回转后所形成的回转面和两端面所围成的形体，如图 1-7a 所示。

② 圆锥体：母线为直线，且与回转轴相交，回转后所形成的回转面和底圆平面所围成的形体，如图 1-7b 所示。

③ 圆球体：母线为圆，且圆心在回转轴线上，回转后所形成的回转面围成的形体，如图 1-7c 所示。

④ 圆环体：母线为圆，轴线在与母线共面的圆外，回转后所形成的回转面围成的形体，如图 1-7d 所示。

2) 复合回转体的生成。此种回转体不是由单一的母线回转形成的。如图 1-8a 所示，母线

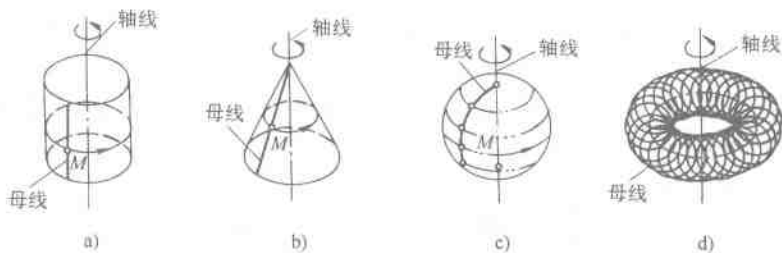


图 1-7 基本回转体

a) 圆柱体 b) 圆锥体 c) 圆球体 d) 圆环体

由三段直线组成, 两条线段平行于轴线, 一条与轴线相交。因此, 该复合回转体是由两个圆柱体和一个圆锥体组合而成的。如图 1-8b 所示的回转体, 是在图 1-8a 的基础上增加一条与上部圆柱体相切的半圆球体, 即在上部增加一条与直线相切的 $1/4$ 圆母线。如图 1-8c 所示, 其回转体由两个圆柱体和 $1/4$ 圆环体组成, 即在两直母线中间加 $1/4$ 圆母线, 与上部母线相切与下部母线相交。

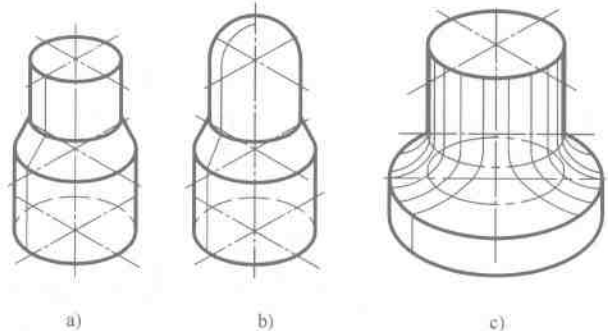


图 1-8 组合型回转体

(2) 移动法

1) 平移法。任一平面图形(基面)沿

某一方向平移运动可生成某种形体。如图 1-9 所示, 正圆柱体也可以看作是圆形沿垂直于圆平面方向平移的结果; 同理, 如图 1-10 所示, 正六棱柱可看作正六边形沿垂直于正六边形平面的方向平移的结果。

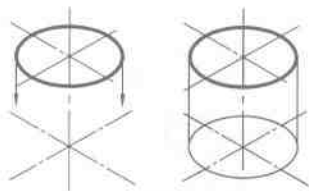


图 1-9 平移法生成圆柱体

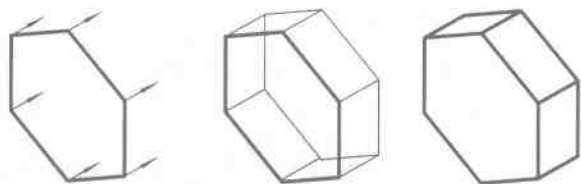


图 1-10 平移法生成正六棱柱体

2) 导向法。母线(或平面图形)沿规定的导线或导面运动, 也可生成某种形体。如图 1-11a 所示, 一圆沿着一条圆柱螺旋线运动, 生成一条圆柱螺旋体, 即工程上常见的圆柱螺旋弹簧。如图 1-11b 所示, 母线为一直线, 沿着规定的导圆弧线和直导线运动, 同时与一导平面平行, 则可生成锥状面的形体。

2. 组合法

(1) 叠加组合体 将各种基本形体用叠加的方法组合成叠加型的形体。如图 1-12 所示, 将基本形体 I、II、III 叠加, 组合成叠加组合体。

(2) 挖切型组合体 将基本形体用挖切的方法组合成的挖切组合体。如图 1-13 所示, 将基本形体 I, 用四个平面切去平面立体 II, 再用圆柱面切去半个圆柱体 III, 最后形成挖切型组合体。

(3) 复合型组合体 用若干个基本形体, 通过叠加和挖切的方法组合而成的形体, 如图 1-14 所示。

三、形体的分解

形体的分解是形体生成的逆过程。掌握了形体生成的过程, 就了解了形体生成的原因, 能够将任何形体进行分解。形体分解就是将组合体分解成若干个基本形体, 再将基本形体分解成几何元素(面、线、点)的过程。

1. 组合体的分解

组合体是由各种基本形体组合而成的, 因此, 可以分解成若干个基本形体。在分解过程中, 首先要搞清楚该组合体是由哪些基本形体组合而成的, 其次是要分清楚各基本形体的相互关系。前者要掌握定形问题, 后者要了解定位问题。

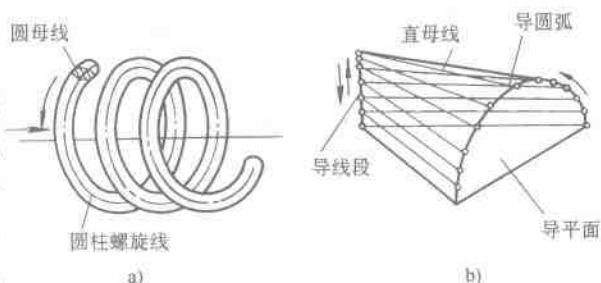


图 1-11 导向法生成形体

a) 圆柱螺旋形体 b) 锥状面形体

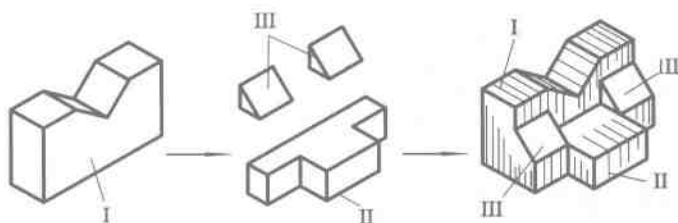


图 1-12 叠加组合体生成

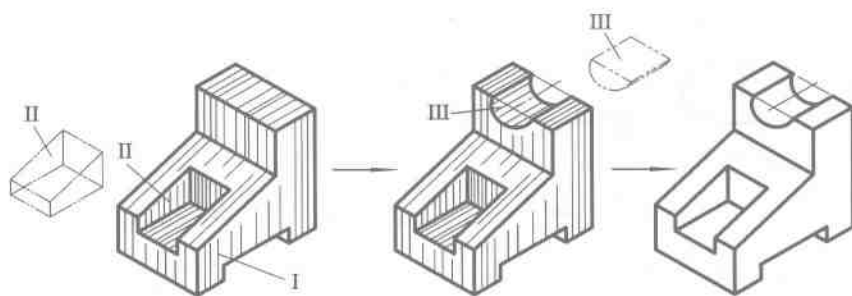


图 1-13 挖切组合体生成

(1) 简单组合体的分解 对于简单组合体的分解, 要用叠加、挖切的方法分析它的生成, 还应确定组合体是由哪些基本形体组成的, 即所谓定形问题; 与此同时, 要研究这些基本形体的相互位置关系, 相邻表面之间的关系, 它们之间的界限, 从而分清各基本形体的范围, 即所谓定位问题。图 1-15 所示为叠加和挖切简单组合体的分解过程: 首先分解为两个有叠加关系的基本形体(棱柱体), 然后分别在两个基本形体上挖切所需要的形体。

(2) 复杂组合体的分解 复杂组合体是由若干个简单组合体组合而成的, 是具有功能性的组合体。因此, 它的分解过程是首先分解成带有某种功能的简单组合体, 然后再分解成若干个基本形体。如图 1-16 所示, 该复杂组合体可分解成工作形体和连接形体等功能性的简单

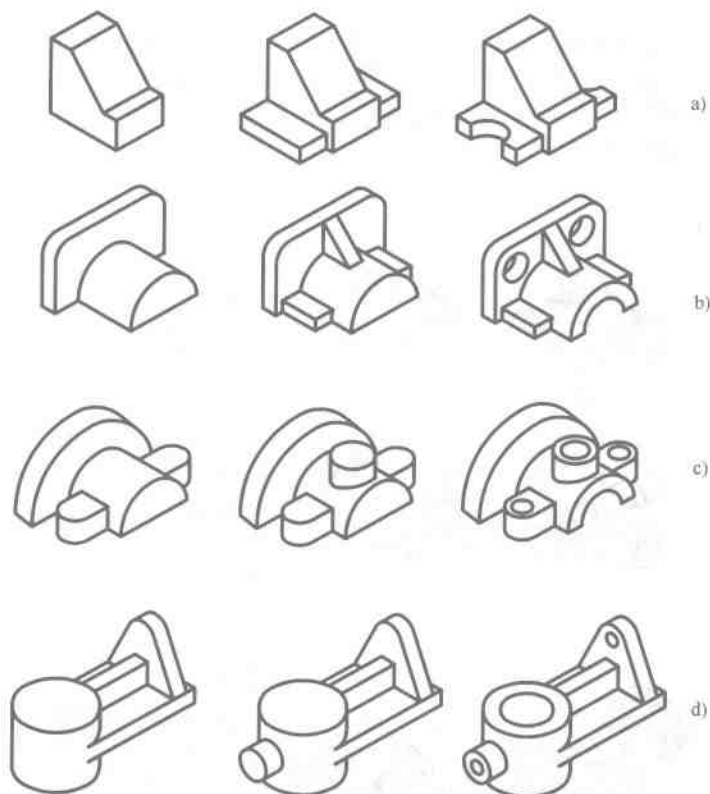


图 1-14 复合型组合体的生成

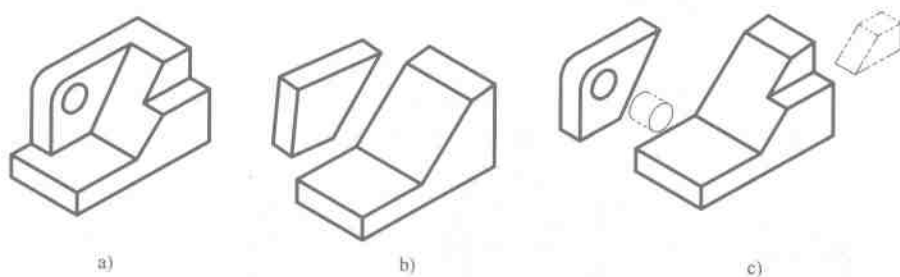


图 1-15 简单组合体的分解

a) 简单组合体 b) 分解为两个基本棱柱体 c) 挖切后形成

组合体，然后再由简单组合体分解成各种基本形体。

2. 基本形体的分解

基本形体是由几何元素（点、线、面）组合而成的，因此，可以再分解为最基本的几何元素。首先分析各种面的几何特征，再分析线和点。分析它们的相互位置，即平行、相交、交叉、垂直等定位问题，以及它们之间的长度、距离、形状大小、角度等度量问题。

图 1-17 所示的正三棱柱体由五个平面围成，其中上下底为两个全等三角形，侧面为三个全等的矩形。该正三棱柱体，也可以认为是由九条直线段或六个点构成的。它的上下底平

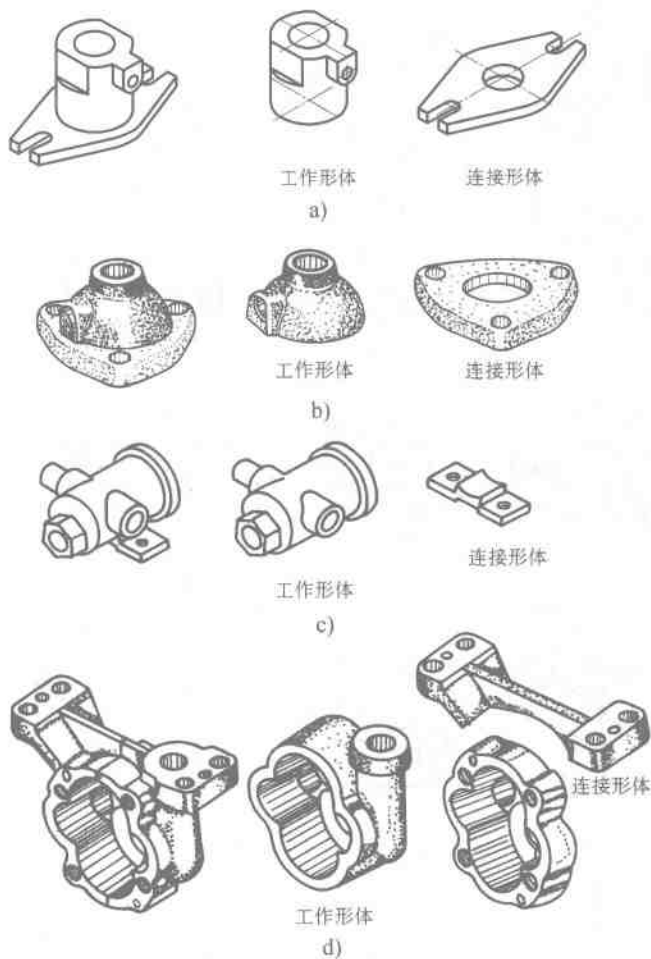


图 1-16 复杂组合体的分解

a) 支座型组合体分解 b) 端盖型组合体分解 c) 壳体型组合体分解 d) 泵体型组合体分解

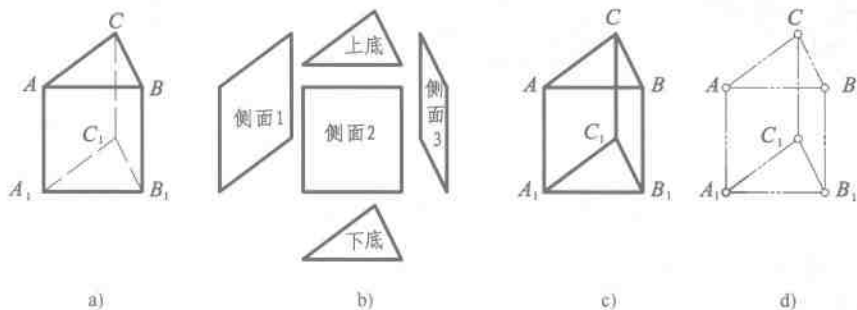


图 1-17 正三棱柱形体分解

a) 正三棱柱 b) 分解五个平面 c) 分解九条线段 d) 分解六个点

面保持平行关系，其三条棱线也是平行关系。此外，几何元素之间还存在相交、交叉、垂直等关系，这些就是定位问题。同时，点与点、线、面的关系以及线、面平行关系存在距离问题，而相交关系存在角度问题，这就是度量问题，如图 1-18 所示。

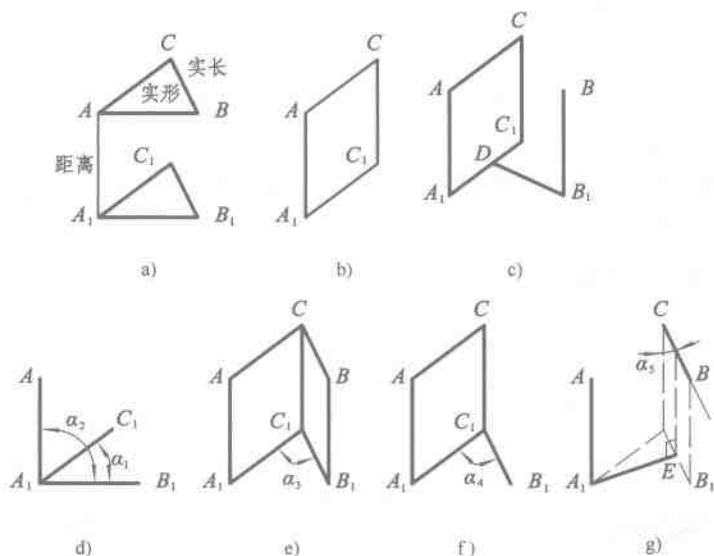


图 1-18 点线面的定位问题与度量问题

a) 面//面 AA_1 为两面的距离 b) 线//线 A_1C_1 为两线的距离 c) 线//面 B_1D 为线与平面的距离 d) 线与线相交 A_1 为交点, α_1 、 α_2 为夹角 e) 面与面相交 CC_1 为交线, α_3 为夹角 f) 线与面相交 C_1 为交点, α_4 为夹角 g) 线与线交叉 A_1E 为距离, α_5 为夹角

第三节 投影法的基本知识及工程中常用的投影图

一、投影法的基本知识

在光线的照射下,物体在给定的平面上产生影像,这就是投影法的原型。工程上常用的投影法有中心投影法和平行投影法。

1. 中心投影法

如图 1-19a 所示,在空间设平面 P 为投影面,以不在投影面上的点 S 为投射中心,则平面 P 和点 S 构成中心投影法的投影条件。投影条件确定后,在空间任取点 A 连接 SA ,若直线 SA 与平面 P 相交于点 a ,则点 a 就称为空间点 A 以 S 为投射中心,在投影面 P 上的投影。同样,点 b 为空间点 B 在投影面 P 上的投影。 SA 、 SB 称为投射射线。投射射线汇交于一点的投影法称为中心投影法。

图 1-19b 中 $\triangle abc$ 为 $\triangle ABC$ 的中心投影。

中心投影的特点是投射中心 S 选定在空间的有限范围内,且所有的投射射线均通过投射中心 S 。

2. 平行投影法

将图 1-19a 中的投射中心 S 移至无穷远,则所有投射射线将彼此平行,如图 1-20 所示,这种投射射线互相平行的投影方法称为平行投影法。

平行投影法按其投射射线(投射方向 S)与投影面夹角的不同又分为两种。

(1) 斜投影法 投射射线与投影面相倾斜的平行投影法,如图 1-20 所示。

(2) 正投影法 投射射线与投影面相垂直的平行投影法,如图 1-21 所示。

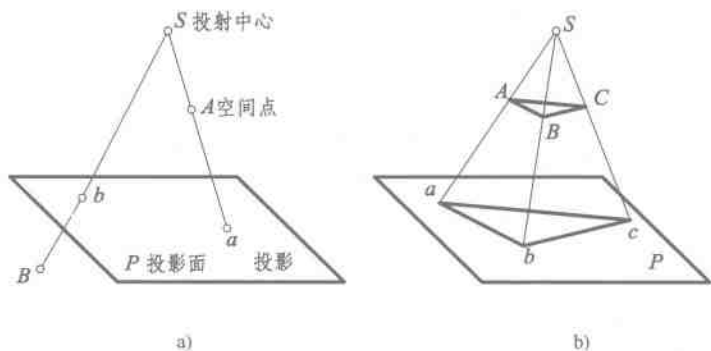


图 1-19 中心投影

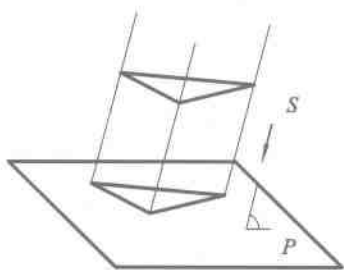


图 1-20 斜投影法

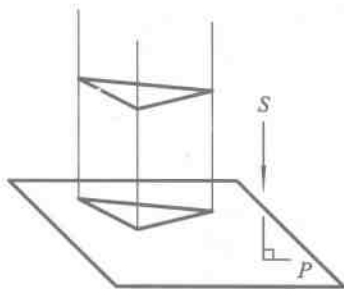


图 1-21 正投影法

平行投影法的特点是作图方便、度量性好。

二、平行投影法的基本性质

(1) 同素性 点的投影仍为点，一般情况下线段（或平面）的投影仍为线段（或平面）。空间几何元素与其投影之间都有这种一一对应关系，如图 1-22 所示。

(2) 从属性 点属于线段，则点的投影一定属于线段的投影。同理，点和线段属于平面，则点和线段的投影属于平面的投影。如图 1-22a 所示，点 E 属于直线 AB ，则 E 点的投影 e 一定属于 AB 的投影 ab 。

(3) 平行性 两平行线段，其投影仍平行。如图 1-22a 所示，空间线段 $AB // CD$ ，其投影 $ab // cd$ 。

(4) 定比性 点分线段之比，投影后保持不变，即 $AE : EB = ae : eb$ ，如图 1-22a 所示。

(5) 保真性 当线段或平面图形平行于投影面时，其投影反映线段实长或图形的实形。如图 1-22b 所示，线段 $AB // H$ 、 $AE // H$ ，则有 $AB = ab$ ， $AE = ae$ 。多边形平面平行于 H 面，则其投影反映实形。

(6) 积聚性 当直线或平面平行于投射方向时，直线的投影积聚为点，平面的投影积聚为直线。如图 1-23 所示，直线 AB 和平面 CDE 平行于 S 方向，则在投影面 H 上的投影分别积聚成点和直线。

(7) 类似性 平面不平行于投射方向，其投影不具有积聚性。平面图形也不平行于投影面，其投影也不反映实形。平面的投影形状发生了变化，与原形相仿但不相似，边数相等，凹凸性不变。这种性质称为类似性，如图 1-24 所示。