

B

普通高等教育机电类规划教材

现代工程设计图学

北京航空航天大学 佟国治 主编



71126-43
T73

普通高等教育机电类规划教材

现代工程设计图学

主编 佟国治

参编 侯洪生 董冰 刘苏
宋子玉 刘静华 赵淑媛
唐嘉璞 刘二莉 刘潭玉
杨光 卜林森

主审 许隆文



A0926713



机械工业出版社

本书是在教改的基础上集中六院校多年来的教学精华,编出的一本新型教材——《现代工程设计图学》。本教材以“计算机几何造型”为核心,将“画法几何”、“机械制图”、“计算机绘图”融合为一体;以设计为主线,为机械基础系列课程打好手工与计算机绘图的基础;强调理论的系统性、完整性,处理好继承与发展的新关系,注意内容的多项结合,教材有鲜明的特色和新意,突出重点,拓宽使用面,在知识、素质和能力的综合培养中发挥作用,为培养跨世纪人才服务。

本书内容包括:绪论、空间形体、投影与视图、几何元素的投影、几何元素的相对位置、图形变换、量度与算法、曲线与曲面、立体的投影、构形与表达、标准件与常用件、零件图、装配图、现代工程设计中的计算机绘图、造型设计、简明绘图手册共十六章。

本书可作为高等学校机械类各专业教材,也可供自学者、其它各类学校有关师生参考。与本教材配套使用的《现代工程设计图学习题集》(北京航空航天大学 佟国治主编)可供选用。

图书在版编目(CIP)数据

现代工程设计图学/佟国治主编. —北京:机械工业出版社, 2000.4

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7-111-07593-5

I. 现… II. 佟… III. 机械制图:计算机制图—高等学校-教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 04044 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:邓海平 版式设计:张世琴 责任校对:刘志文

封面设计:方 芬 责任印制:何全君

三河市宏达印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·23 印张·560 千字

0 001—5000 册

定价:31.50 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)68993821、68326677-2527

前 言

现代工程设计图学是一种新型教材，该教材是以“几何造型”为核心，将“画法几何”、“机械制图”、“计算机绘图”融合为一体，以设计为主线，为机械基础系列课程打好手工与计算机绘图理论和实践的基础，培养学生综合设计和创新能力。

本教材强调投影理论和构形理论的系统性和完整性，处理好继承和发展的关系，注意内容的有机结合，即：三维与二维、形与数、投影与视图、体与几何元素、形体分析与构形分析、构形与造型设计、形体与尺寸、手工绘图与计算机绘图等结合，全面贯彻《机械制图》国家标准。

《现代工程设计图学》是全国高等学校机械工程专业教学指导委员会审定的原机械工业部“九五”规划教材，它是根据机械类教学大纲编写的，它与《现代工程设计图学习题集》配套使用。

在教学改革实践的基础上，以北京航空航天大学为主编单位，北京理工大学、南京航空航天大学、上海理工大学、湖南大学和吉林工业大学为参编单位，集中六院校多年来的教学精华，共同编写了这本新型教材。本教材指导思想明确，有鲜明的特色和新意，重点突出，拓宽使用面，在知识、素质和能力的综合培养中发挥作用，为培养跨世纪人才服务。

本教材由北京航空航天大学佟国治教授任主编，清华大学许隆文教授任主审。参加教材编写的有：北京航空航天大学佟国治(第一、二、十六章)，宋子玉(第七章)，刘静华(第八章)，刘二莉和唐嘉瑛(第十章)，杨光(第十三、十四章)；北京理工大学赵淑媛(第九章、第十一章的标准件部分)；南京航空航天大学刘苏(第六章)，卜林森(第十五章)；上海理工大学董冰(第五章)；湖南大学刘潭玉(第十二章)；吉林工业大学侯洪生(第三、四章、第十一章的常用件部分)等同志。感谢黄毓瑜、丁亚军等同志曾参加教材方案的讨论和部分审稿工作。本教材编写组对六院校的领导及所属系或教研室的同志们，给予教材编写组的大力支持表示诚挚的谢意。

由于我们水平有限，书中的缺点和错误在所难免，希望读者批评指正。

现代工程设计图学教材编写组

第一章 绪 论

多少年来,人们习惯用图表达思想、表现生活,这主要是因为它具有直观性和形象化的特点。随着生产和科学技术的发展,图的用途也更加广泛了。

图样是人们在生产活动中表达和交流设计思想的一种重要工具,它同人类的语言一样,是生产不断发展的产物,它也随着生产的继续发展而发展。

人们把工程图样比喻为工程界的语言是非常确切的。对于现代化的大生产,工程图样是生产中不可缺少的依据,它在生产的整个过程中都起着重要的作用。如果说用语言、文字还能表达最简单的形体,那么对于一个稍微复杂的机器零件、装配体及产品,就很难用语言、文字表达清楚,甚至根本无法表达,必须借助于工程图样。

生产的发展对绘图精度和速度提出了更高的要求,有些复杂的形体,单纯用简单的手工绘图设备和工具进行绘图是比较困难的,必须用更精密的绘图机才能实现。1879年坎波(Kempe)从理论上证明了所有代数平面曲线,用适当的连杆机构可以完成其绘图工作。此后,随着精密机械技术的发展,出现了各种绘制平面曲线的精密绘图机械。

从手工绘图到用精密机械绘图,是绘图方法上一个很大进步。生产实践中不断的出现各种各样的复杂图形,有待人们去解决;而有些图形只是从绘图方法上去实现还是不够的,甚至也是不可能的。为此,必须从理论上深入研究各种图形的性质和规律,这就是用数学方法研究图形。在实际工作中,也常常是把绘图和计算相互结合,即所谓形数结合。实践证明:任何一个图形,都可以用数学方程表示它、讨论它;反之,数学问题也可以用图形来描绘。这就为形与数结合奠定了理论基础。在实践中去实现这一理论,也不是一件很容易的事,由于有些图形的数学表达式是很复杂的,用人工计算是非常困难的,受到计算时间的限制。这样,将直接影响到对复杂图形的研究与表达。

电子计算机的出现,为形数结合开辟了新的道路。由于它的飞速发展,给工程图学在理论和实践上提出一系列需要解决的问题,促使其向前发展和广泛的应用,形成了现代工程图学。现在它已深入到各行各业、各种学科之中,表现出巨大的生命力。

现代工程图学从体系上已发展成理论图学、应用图学和计算机图学。为了满足生产技术要求,提高生产效率和产品质量,便于技术交流,产生了工程制图标准。它是根据生产实践中总结出的规律制订的,它标志着一个国家工业化发展的水平。制图技术在不断的发展,工程制图的装备和绘图工具,也随之不断更新和发展。它不仅直接关系到设计制图工作效率和质量,而且关系到设计水平的高低。为此,现代制图技术必须有现代化的绘图装备和工具。

计算机制图是现代工程制图发展的标志,而计算机辅助机械设计(简称机械CAD)是它的最广泛、最活跃的应用领域。它使现代工程制图进入一个崭新的阶段,无论从工程图学理论、工程制图标准化及制图技术与方法上都产生巨大的变化,做到了工程制图理论到绘图实践的完美统一。

第一节 工程图学的发展

现代社会中,工程技术界使用最广泛的“语言”是工程图样,而画法几何学则是它的理论基础。自法国著名科学家加斯帕·蒙日(Gaspard Monge 1746—1818)在18世纪末创立画法几何以来,已有200多年的历史。在此期间,由于工业大生产和科学研究不断对“图”提出新的要求,在经过许多科学工作者的努力之后,逐渐形成了一门独立的学科——工程图学。

工程图学是研究图的理论与技术的学科。它包括理论图学、应用图学、计算机图学和制图技术,它广泛地深入到生产建设和科学研究的各个领域,与此同时也不断的丰富和发展了本学科的内容。

一、理论图学的发展

理论图学是工程图学的主干。理论图学除了传统的“画法几何”之外,还包括各种与之密切相关的几何学,如仿射和射影几何、几何变换、解析画法几何、微分画法几何和多维画法几何等。

画法几何是理论图学的核心。由于人类对于客观事物的认识,是随着抽象的提高而深入的,当人们对空间的理解前进一步时,几何学就会取得新的进展;当人们把这种新的几何概念引入画法几何时,画法几何就会达到一个新的高度。

例如把微分几何引入画法几何时,使得在分析曲线和曲面的性质时,在图示和图解中更加严密、完善和准确。把拓扑学、甚至代数学的某些概念引入画法几何时,则产生了各种非线性变换的图解方法。反之,由于画法几何在图示和图解时的需要,也促进了某些几何学的发展。如射影几何学,是研究透视规律而发展起来的;而射影几何学的成就,也促进了画法几何学的深入研究,产生用仿射几何和射影几何学,来研究画法几何中一些图示和图解问题。

理论图学随着生产实践的发展而发展。例如产品需要某些特殊形式的曲面,就形成了骨架曲面的图示和图解问题。又如研究工程曲面解析表达式、研究根据离散点拟定光滑型线的算法、根据已知的边界线上点的坐标算法、在透视投影中研究变换前后点的坐标关系解析表达式等等,都属于图解解析法研究范畴。

如果说传统的画法几何是以人工绘图为基础的话,那么随着计算机绘图的发展,出现了为计算机绘图服务的画法几何。它给理论图学带来了许多新问题,不仅研究图解法,同时还要研究解析法,更要研究与画法几何、计算机图学有关各门学科的内容。

二、应用图学的发展

应用图学的研究范围比较广泛,主要是应用工程图学的理论与数学结合的方法,来解决工程技术上或其他学科中所遇到的各种空间关系问题。随着我国经济建设的发展,对于应用图学的研究,无论在理论分析的深度上或者在应用领域的开拓上,都提出较高的要求。不少课题的研究用于生产实际之后,提高了产品的质量或机械加工精度,也有的课题结合新产品的研制与开发取得较好的效益。

70年代以来,我国应用图学方面的研究确有很大发展。如空间角度的图解计算、空间机构设计、工程曲线曲面、体视投影、诺谟图和图算法、离散工程图学、多维画法几何、模拟与仿真、分形几何学等。

总之，应用图学的研究早已超越传统专题的老框架，它的发展与新技术有密切关系，已伸向各学科领域，逐步走向现代化发展的提高阶段。

三、计算机图学的发展

计算机图学是伴随着电子计算机及其外围设备而产生和发展起来的。在航空、造船、汽车、电子、建筑、气象甚至艺术等各个部门中的广泛应用，推动了这门学科不断发展，而且在不断的解决应用中提出的各类新课题之后，又进一步充实和丰富这门学科的内容。

电子计算机控制的自动绘图机的出现，使工程图学进入一个崭新的阶段，无论从图学理论、绘图方法方面都产生了巨大的变化。计算机图学是在电子计算机科学、应用数学和工程图学等学科的基础上综合发展起来的新学科。计算机图学研究如何运用电子计算机的先进技术，对图形进行数学处理(算法)，进而研究工程图学领域中各种理论和实践问题。它不同于单纯用几何方法研究图形的各种几何学，也不同于用一般数学计算来研究各种图形的纯数学方法，而是用电子计算机便于处理的数学方法(即计算机数学)，来研究各种图形及空间关系，如虚拟现实、科学计算可视化，并把电子计算机处理的结果送到自动绘图机或显示器，画出或显示出相应的图形。

由于计算机图形设备的不断更新和图形软件系统功能的不断扩充，由于计算机硬件功能的不断增强和系统软件的不断完善，使得计算机图学得到广泛的应用。主要应用的领域有计算机辅助设计和辅助制造(CAD/CAM)，科学、技术及事务管理中的交互式绘图，绘制勘探、测量图形，系统模拟及动画片，过程控制，办公室自动化绘制各种图表，艺术品的花纹、图案、中国画，商业广告，计算机辅助教学(CAI)、农业上模拟植物生长过程，轻工业中印染、纺织、服装配料和剪裁，医学中为诊断治疗提供形象、直观手段等。

计算机图学应用最广的是 CAD/CAM。而传统的 CAD 在机械设计中只能处理数值计算型的工作，包括计算、分析与绘图。可是在设计活动中存在着另一类符号推理型工作，包括方案构思与拟定、最佳方案选择、结构设计、评价与决策、参数选择等。这些工作依赖于一定的知识模型，采用符号推理方法才能圆满解决。因此，将人工智能技术，特别是专家系统的技术与传统的 CAD 技术有机地结合起来，形成智能化的 CAD 系统。智能 CAD 技术，还包括遗传算法、神经网络、数据仓库与数据挖掘等，显示出它的实用价值，迈着巨大的步伐进入了现实世界。

集成问题研究提出一个新课题，所谓集成是指在 CAD、CAPP(装配及加工工艺规程设计)与 CAM 各模块间信息的提取、交换、共享和处理的集成，即信息流的整体集成。它使得图形系统将朝着更灵活的用户界面、更好的开放性 & 更高的实用化水平发展。

四、制图技术

“制图技术”的涵义很广，内容也很丰富。可以这样认为：“向人们提供以图形或图像为主的形象信息技术，皆可称为制图技术”。它是由手工工具描绘生产物的技艺发展起来的，至今仍然含有大量的手工技艺成分，但在科学技术突飞猛进的今天，制图技术已远非手工技艺所能满足。一方面改进设计制图的装备和用品，为广大设计人员服务，以提高制图技术水平和图样质量；另一方面向人们提供传递直观信息的先进手段。计算机绘图就是一种高级制图技术、图像显示及摄影技术在工业中得到广泛应用。现代制图技术，无论从理论、内容、绘图技巧、绘图工具及其装备等，都有很大发展，已形成一门综合性的学科。该学科中手工技艺与高科技相结合，使制图技术达到一个新的高度。

手工绘图必将由计算机绘图取代,在生产中图样不再是几何信息传递的唯一手段,而将用磁盘所代替,实现无图纸生产。为此,要求现代工程图学不仅仅只产生图样,而是可以生成设计、制造、装配检验各生产过程所需的基本信息,解决生产中的问题。

第二节 现代工程设计图学的研究对象和任务

现代工程设计图学是以计算机几何造型为核心,将“画法几何”、“机械制图”、“计算机绘图”融合为一体,从机械基础系列课程改革的要求出发,总体规划了现代工程设计图学的课程体系和教学内容,打好手工与计算机绘图的理论和实践基础。强调理论的系统性和完整性,处理好继承与发展的关系,注意内容的结合。

现代工程设计图学的研究对象有两方面内容:其一,运用投影理论研究空间几何元素和形体的空间关系与表达问题。所谓空间关系,即包括定位问题(从属关系、平行、相交等)和量度问题(实长、距离、角度等),将这些关系运用画法几何的方法表达在一个平面上。其二,运用构形理论研究空间物体的构形规律和表达方法。所谓构形规律,即是研究空间物体成型的原因和相互位置关系。就是说,要研究其定形问题和定位问题,正确地表达出空间形体,以满足生产的需要。

现代工程设计图学的任务是研究五个问题、培养三个能力。即研究现代工程图学理论基础;研究形与数的结合;研究三维到二维的思维方法;研究形体分析,构形分析和造型设计规律;研究建立以计算机几何造型为核心的工程图学教学体系,更新教学内容与方法。培养空间思维几何抽象能力;培养零、部件构形表达能力;培养计算机绘图与手工绘图并重的综合作图能力。在知识、素质和能力的综合培养中发挥作用,为培养跨世纪人才服务。

第三节 本课程的学习方法

要学好本课程的主要内容,只有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,不断地分析和想象空间形体与图样上图形之间的对应关系,逐步提高空间想象能力和分析能力,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,必须完成一系列的作业与练习题,这就决定了它是一门实践性较强的课程。因此,必须做到:

- 1) 准备一套合乎要求的制图用具、工具和仪器,按照正确的方法和步骤来画图。
- 2) 认真听课,及时复习,弄懂基本原理和基本方法,学会线面分析、形体分析和构形分析等分析问题的方法。
- 3) 注意画图与看图相结合,物体与图样相结合,构形与表达相结合,视图与尺寸相结合,图形与数学表达相结合,培养空间想象能力和构思能力。
- 4) 严格遵守《机械制图》国家标准的规定,并学会查阅有关标准和资料手册的方法。
- 5) 计算机绘图部分的学习,要熟练掌握各种绘图命令的使用与操作方法,要有较多的上机时间练习才能掌握。
- 6) 不断改进学习方法,提高独立工作能力和自学能力。

第二章 空间形体

空间任何形体，从几何构形的观点来看，是有规律的，是可以认识的，同时还可以将它正确的表达出来。问题是需要研究物体的类型和形成的规律，要研究空间形体的分析方法，通过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。

如图 2-1 所示，这是某飞机主起落架中的锁钩部件，该图表达了对锁钩壳体零件的认识过程。图 2-1b 所示为锁钩部件分解系列组成，它是由锁钩液压缸和单向活门系统两部分构成的，其中锁钩壳体在这两部分中为核心零件。如图 2-2 所示，整个锁钩壳体从功能上可分为单向活门形体和液压缸形体两部分。它们从几何的观点来看都是组合体，进一步可以分解为一些不完整的基本几何体，如棱柱体、圆柱体、圆锥体等；还可以研究这些基本几何体的几何特征(定形问题)及其相互关系(定位问题)；再进一步探讨几何形体最基本的几何元素(点、线、面)的定位(平行、相交、交叉、垂直等)和量度(实长,实形,距离、角度等)问题。从上述空间形体的分解过程，可以看出任何一个空间形体都是可以认识的，而且从本质上认识其几何特征。相反地，根据功能结构的要求，充分运用形体的几何特征，也可以逐步构造出这个锁钩壳体零件。

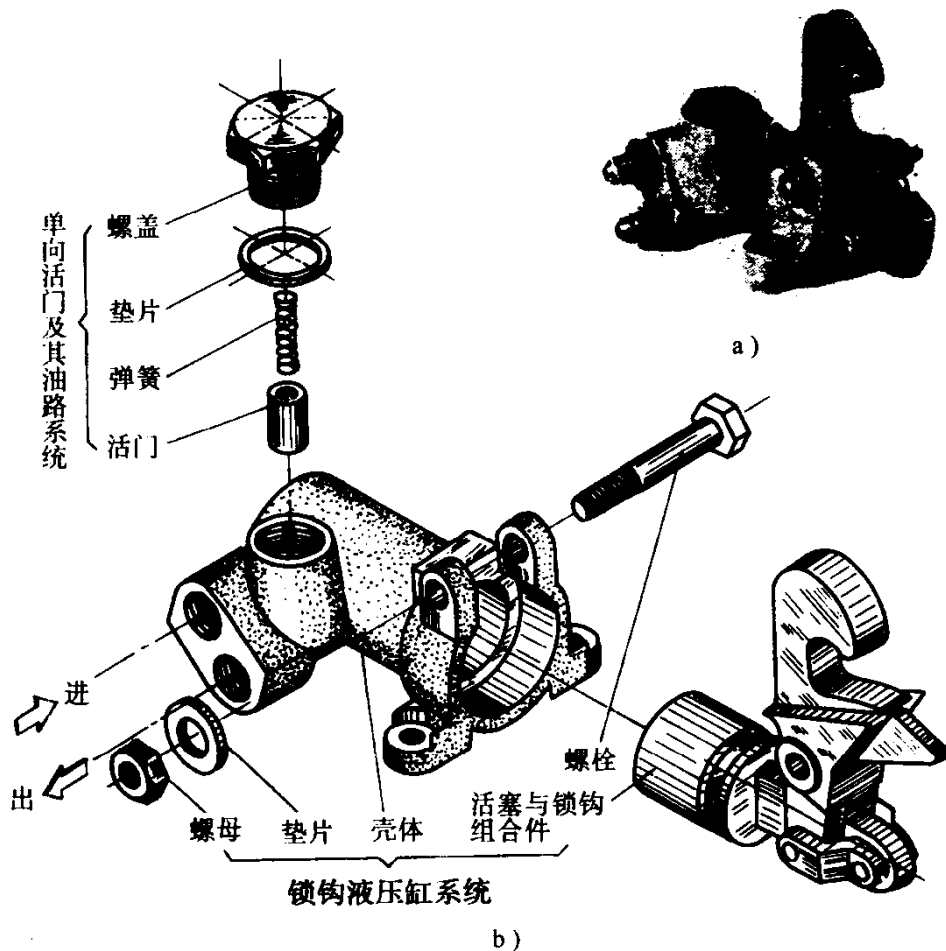


图 2-1 锁钩

a) 锁钩部件 b) 锁钩部件分解系列图

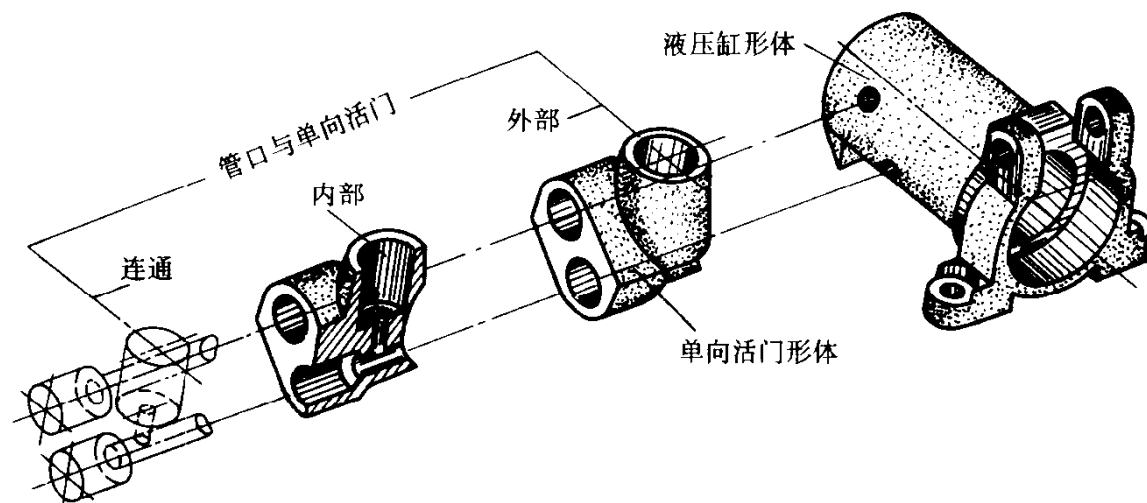


图 2-2 锁钩壳体分解

第一节 形体的分类

空间形体可以分为基本形体和组合形体。

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、圆环体。组合形体的结构千变万化，种类繁多。尽管如此，可以说它们都是用特定的方法由基本形体组合而成的。

一、基本形体

基本形体是形体的最基本的组成，按其表面形成的特点，分为平面和回转面基本几何体。

(一) 平面基本几何体

平面基本几何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 2-3 所示。可以看出，棱柱体的特点：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，可得到与基面全等的平面形状。而棱锥体的特点：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的平面形状。

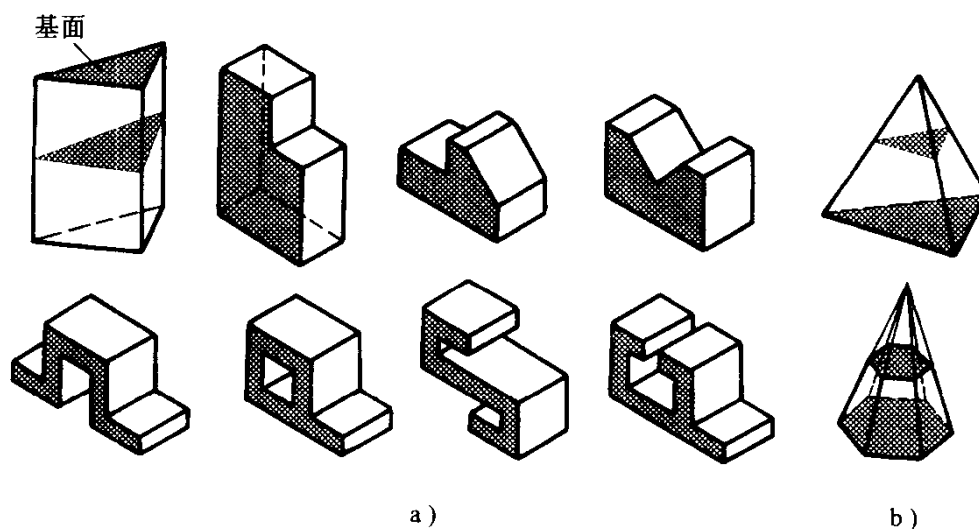


图 2-3 平面基本几何体

a) 棱柱体 b) 棱锥体

(二) 回转基本几何体

回转基本几何体的表面主要是由回转面围成的。通常有四种表现形式,即圆柱体、圆锥体、圆球体、圆环体。如图 2-4 所示,它们的共同特点是,用平面垂直轴线剖切后,可得圆的形状。而不同点是,回转面中的素线的形状和素线与轴线的位置不同。如圆柱体回转面的素线为直线,并与轴线平行;圆锥体回转面的素线亦为直线,但与其轴线交于一点;圆球体回转面的素线为一半圆,其圆心位于轴线上;圆环体回转面的素线为一整圆,其圆心不在轴线上。

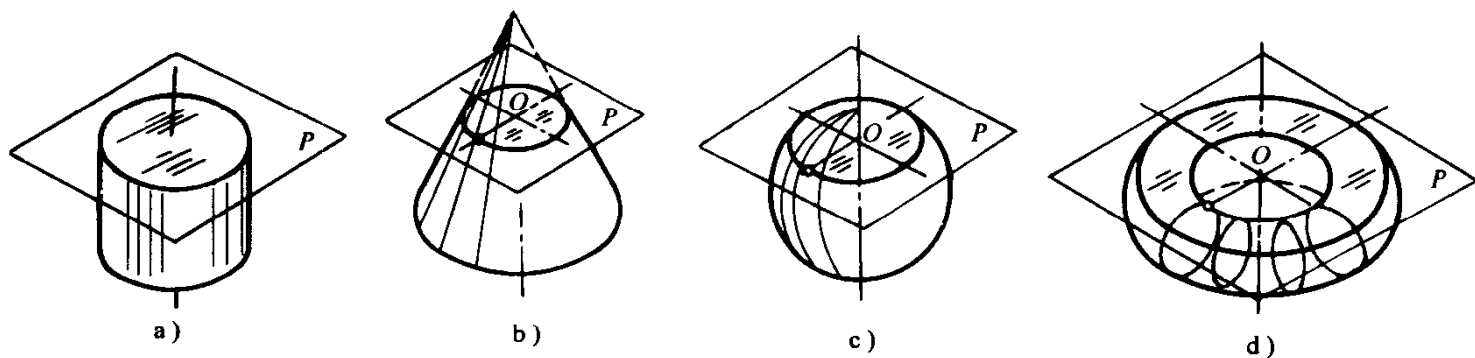


图 2-4 回转基本几何体

a) 圆柱体 b) 圆锥体 c) 圆球体 d) 圆环体

二、组合形体

组合形体是由若干个基本形体组合而成。由于组合方式不同,可分为堆垒型组合形体、切割型组合形体、相贯型组合形体和复合型组合形体。

(一) 堆垒型组合形体(图 2-5)

这种组合形体像积木块一样,将若干个基本形体简单的叠加,并保持各自基本形体的完整性。但叠加的方式各有不同,如积木组合式(图 2-5a)和同轴回转式(图 2-5b)等。

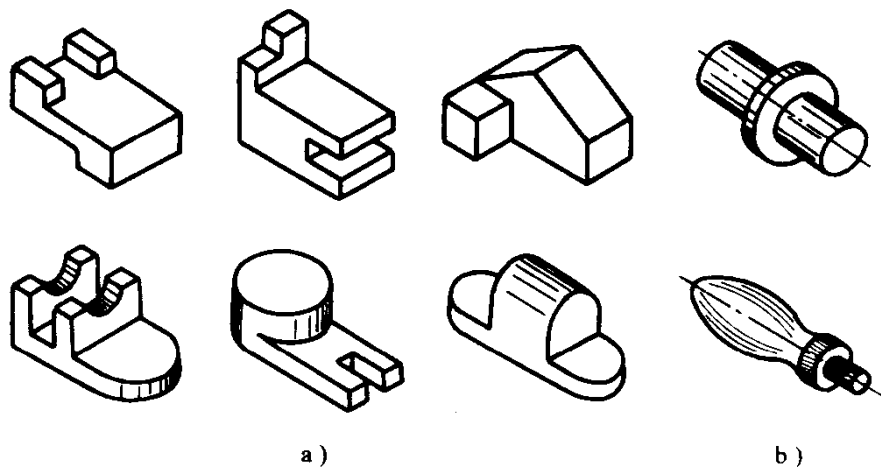


图 2-5 堆垒型组合形体

a) 积木组合式 b) 同轴回转式

(二) 切割型组合形体(图 2-6)

这种组合形体的特点是用若干个平面切割基本形体而成,使得基本形体不能保持它的完整性,称为不完整的基本形体。对于不完整基本形体的认识,应该首先将其完整化,确认是哪种基本形体,然后研究用平面切割

成形的过程。用这种方法来认识不完整基本形体是行之有效的。切割型组合形体,也可用其他面切割形成。如图 2-6 所示,圆孔可视为圆柱面切割而成。

(三) 相贯型组合形体

这种组合形体充分体现了若干个基本形体的相交关系,由于这种相交关系是相互的,又称为相贯型组合形体。它可以分实体与实体相贯、实体与空体相贯、空体与空体相贯。对这种组合体,不但要研究其组成的基本形体及其位置,更要深入研究各基本形体之间相交的相贯线,它是两个基本形体表面的分界线或公共线,是一条封闭的空间折线或空间曲线。对于

多个基本形体相贯的组合形体，其相贯线的形式是比较复杂的。必须首先研究每两个基本形体的完整的相贯线，然后根据每个基本形体的范围来确定其相贯线的范围，为此，这种组合体的相贯线是若干个相贯线的组合。

图 2-7 为基本相贯组合形体，这是两个基本形体的相贯组合。图 2-8 为多个基本形体相贯组合，称为复合式相贯组合。图 2-8a 为三个圆柱体同时与一个半圆柱体相贯组合，可以看出其位置不同相贯线的形式亦不同。

图 2-8b 为圆柱体、四棱柱体、圆环体相互贯穿，其相贯线是三条相贯线组成的复合式相贯线。图 2-8c 为三个圆柱体、一个圆锥体 and 两个平面立体相互贯穿，其复合相贯线是比较复杂的。

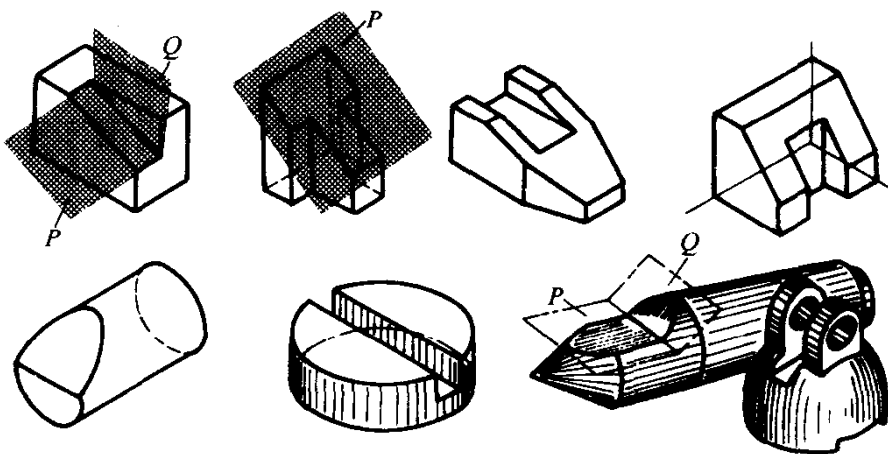


图 2-6 切割型组合形体

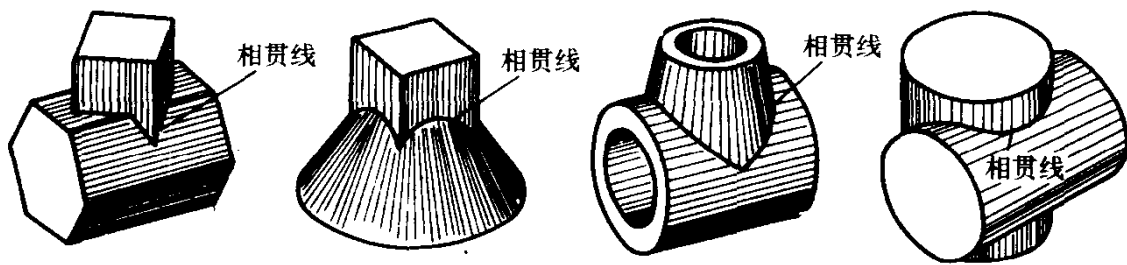


图 2-7 基本相贯组合

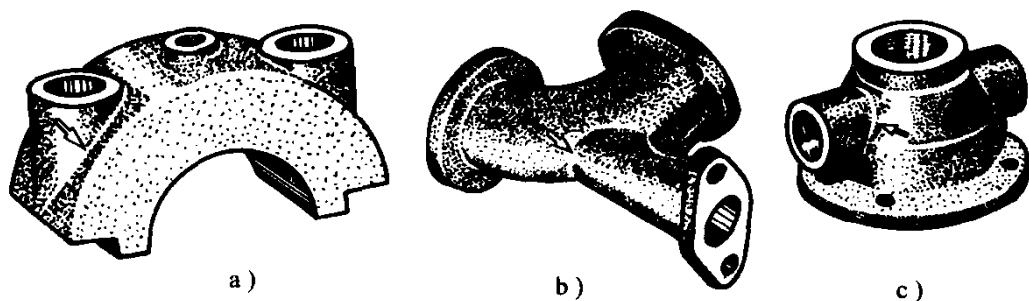


图 2-8 复合相贯组合形体

(四) 复合型组合形体

复合型组合形体可以认为是堆垒、切割、相贯型组合形体的综合。这种组合形体是比较复杂的，它接近于机器零件的主要几何形体，往往称作机件体。它的形体也体现了某种零件的功能。

图 2-9 为阶梯轴式的复合型组合形体，它的工作形体是堆垒型同轴回转式组合形体。其中键槽形体是连接形体，它是切割与相贯型的组合形体。

图 2-10 为轴承座式的复合型组合形体。它的上部形体为工作形体，体现了堆垒、切割、相贯型组合形体的特征形状；它的下部和中部形体，是一种连接用的形体，同样，也体现出了三种类型组合形体的特征。

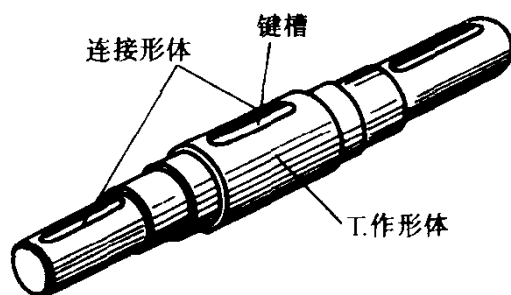


图 2-9 阶梯轴式复合型组合形体

图 2-11 为箱体式复合型组合形体。它的主要工作形体是箱体，其功用是放入一对蜗杆和蜗轮传动零件，底部和箱体上的凸台小孔为连接用形体。它的组合特征主要是堆垒和切割（圆柱面切割）。

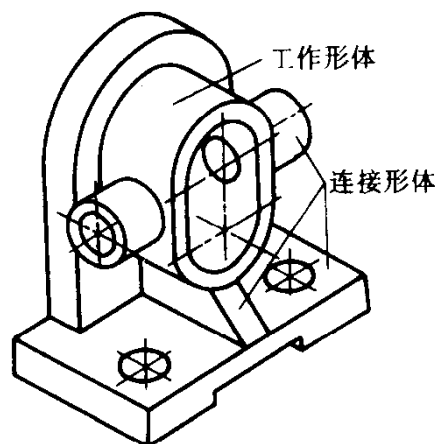
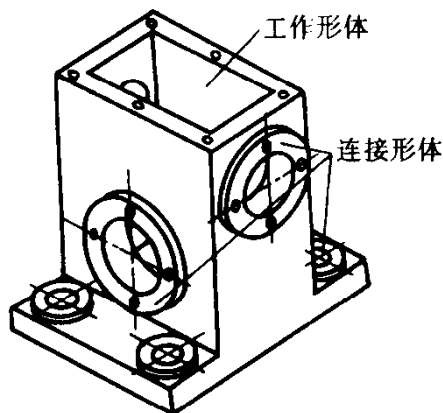
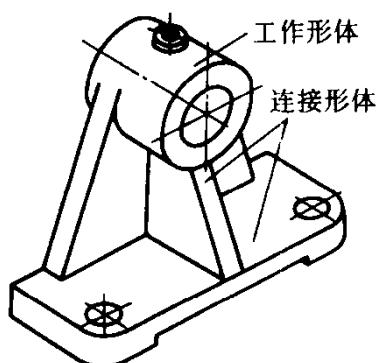


图 2-12 为壳体式的复合型组合形体。它有工作形体——长圆形内腔形体（放入一对齿轮），也有几个连接形体——安装用连接形体、与泵盖连接和进出口管路连接形体。这些形体中同样也体现出堆垒、切割和相贯型的组合形体。

第二节 形体的生成与分解

对于不同的形体，有不同的生成方法，一般有两种方法，即运动生成法和组合生成法。形体的分解是生成的逆过程。掌握形体生成的过程，就清楚地了解了形体形成的原因，能够将任何形体进行分解。形体分解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）。

一、形体的生成

（一）线面运动生成体

1. 回转法

回转法生成回转体，生成的条件为：回转轴线和运动母线（或平面图形）。不同性质的运动母线（或平面图形），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

a. 圆柱体 母线为直线，与回转轴线平行，回转后所形成的回转面围成的形体，如图 2-13a 所示。

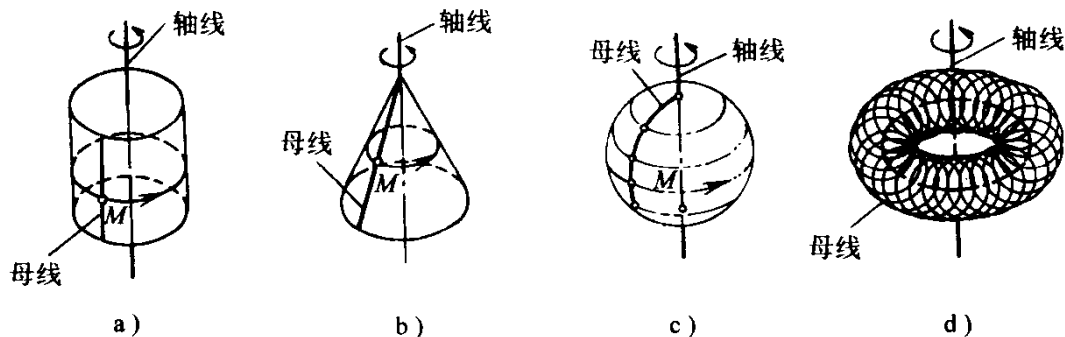


图 2-13 基本回转体

a) 圆柱体 b) 圆锥体 c) 圆球体 d) 圆环体

b. 圆锥体 母线为直线, 但与回转轴相交, 回转后所形成的回转面围成的形体, 如图 2-13b 所示。

c. 圆球体 母线为一半圆, 圆心在轴线上, 回转后所形成的回转面围成的形体, 如图 2-13c 所示。

d. 圆环体 母线为一整圆, 圆心不在轴线上, 回转后所形成的回转面围成的形体, 如图 2-13d 所示。

(2) 组合型回转体的生成 此种回转体不是由单一的母线回转形成的。如图 2-14a 所示, 母线是由三段直线组成, 二条线段平行轴线, 一条线与轴线相交。因此, 该组合型回转体是由两个圆柱体和一个圆锥体组合而成的。如图 2-14b 所示, 增加一个与上部圆柱体相切的半圆球体, 即在上部增加一个与直线相切的 $1/4$ 圆母线。如图 2-14c 所示, 两圆柱体中间加 $1/4$ 圆环体, 即在中间加一 $1/4$ 圆母线, 与上部直母线相切, 与下部直母线相交。

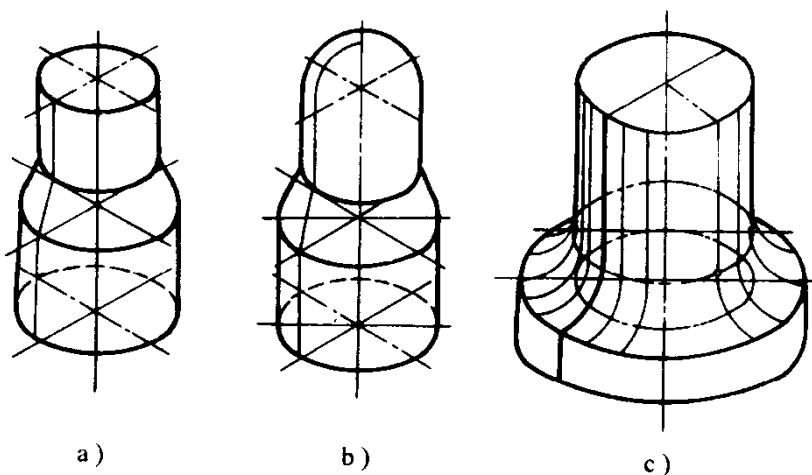


图 2-14 组合型回转体

2. 移动法

(1) 平移 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 2-15 所示, 正圆柱体也可以看作是圆沿着垂直于圆平面的运动方向平移的结果; 同理, 如图 2-16 所示, 正六棱柱体可看成正六边形沿垂直于正六边形平面的方向平移运动的结果。

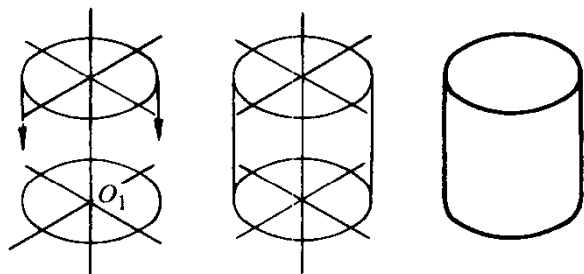


图 2-15 平移法生成正圆柱体

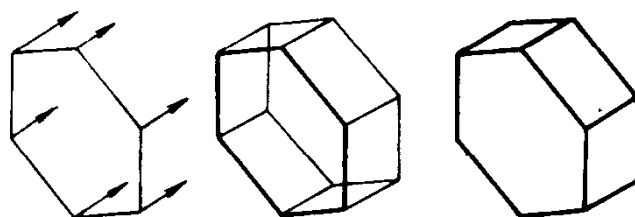


图 2-16 平移法生成正六棱柱体

(2) 导向 母线在规定的导线或导面方向的运动, 也可生成某种形体。如图 2-17a 所示, 母线为一圆, 它沿着一条圆柱螺旋线方向运动, 生成一条圆柱螺旋体, 它就是工程上常见的圆柱螺旋弹簧。如图 2-17b 所示, 母线为一一直线, 它沿着规定的圆弧导线和线段运动, 同时与一导平面平行, 则可生成锥状面的形体。

(二) 组合法

(1) 堆垒组合体 将各种基本形体用叠加的方法, 组合成堆垒型的形体。如图 2-18 所示, 由基本形体 I、II、III 叠加, 组合成堆垒组合体。

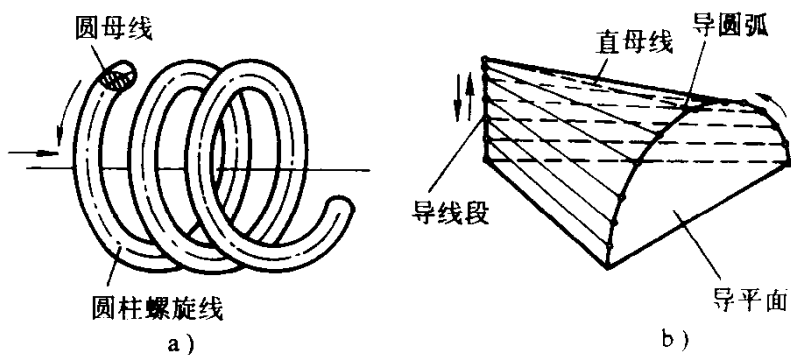


图 2-17 导向法生成形体

a) 圆柱螺旋形体 b) 锥状面形体

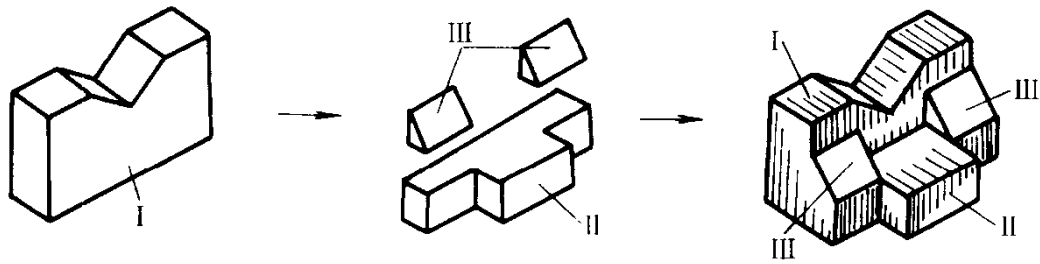


图 2-18 堆垒组合体生成

(2) 切割型组合体 将基本形体用面剖切的方法，组合成切割型的形体。如图 2-19 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，最后形成切割型组合体。

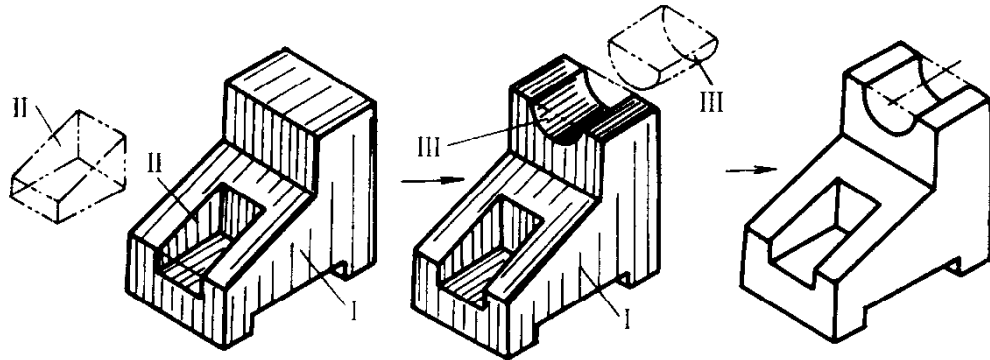


图 2-19 平面立体切割型组合体的生成

如图 2-20 所示，将基本形体(圆柱体)用七个平面逐渐切割成图 2-20c 所示的形体，再用圆柱面打穿孔，形成图 2-20d 所示的形体，最后形成切割型组合形体如图 2-20e 所示。

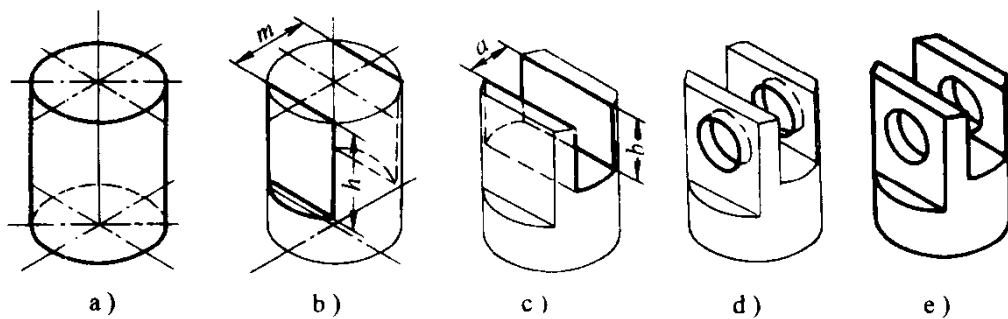


图 2-20 圆柱切割型组合体的生成

(3) 相贯型组合体 用若干个基本形体之间的各种相交关系组合成相贯型的组合形体，如图 2-21 所示。

(4) 复合式组合体。用若干个基本形体，通过堆垒、切割、相贯的方法，综合的组合而成的形体，如图 2-22 所示。

二、形体的分解

(一) 组合形体的分解

组合形体是由各种基本形体组合而成的，因此，它可以分解成若干个基本形体。在分解的过程中，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。

1. 简单组合体的分解

对于简单组合体的分解，要用堆垒、切割、相贯的方法去分析它的生成，还应确定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，它们之间的界线，从而分清各基本形体的范围，即所谓定位问题。图 2-23 为堆垒和切割型

简单组合体的分解过程：首先分解两个有堆垒关系的基本形体(棱柱体)，然后分别在两个基本形体上切割成所需要的形体。

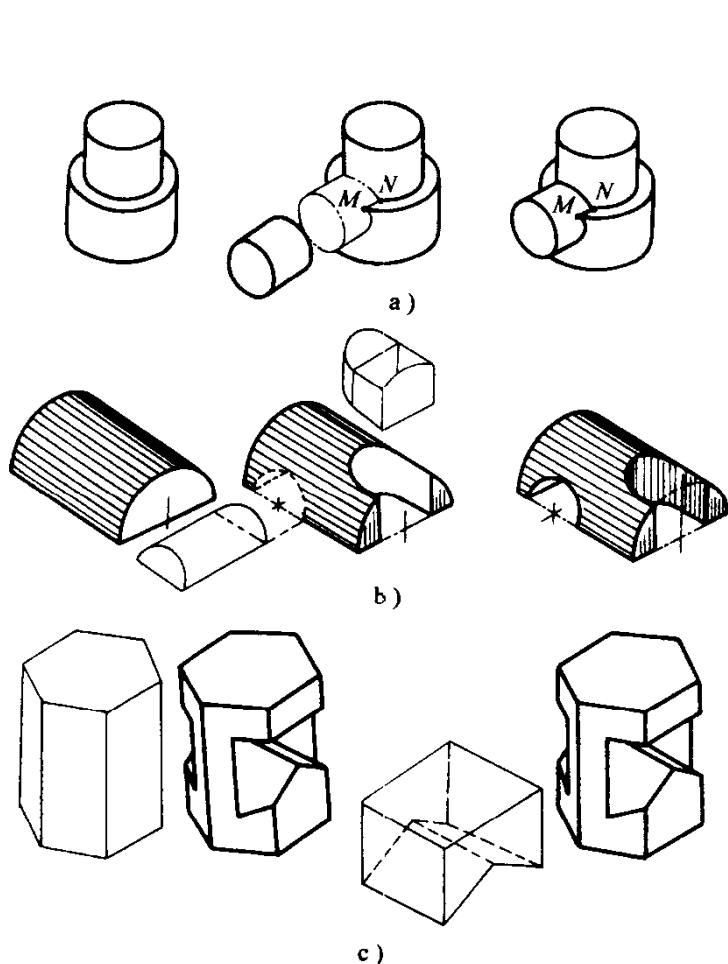


图 2-21 相贯型组合体的生成

a) 堆垒相贯组合 b) 切割相贯组合 c) 贯穿相贯组合

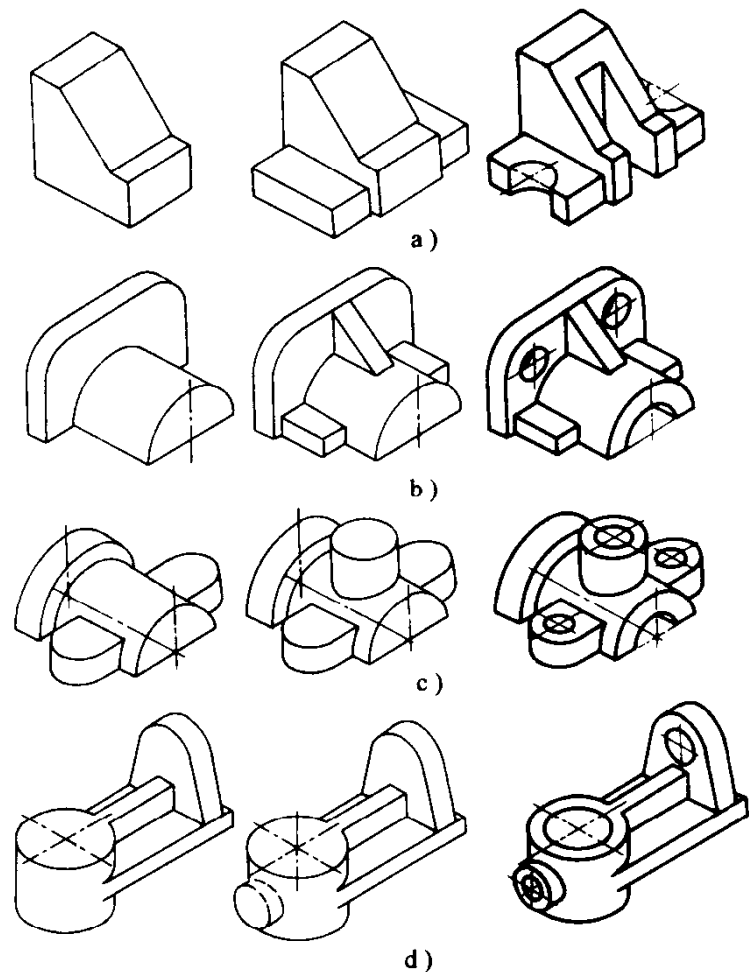


图 2-22 复合式组合体的生成

a) 堆垒与切割形成的组合体 b) 堆垒、切割，相贯形成的组合体 c) 堆垒与相贯形成的组合体 d) 堆垒、相贯、切割形成的组合体

图 2-24 为堆垒和相贯型简单组合体的分解过程：首先分解四个堆垒的基本形体，再分解两个相贯形体。

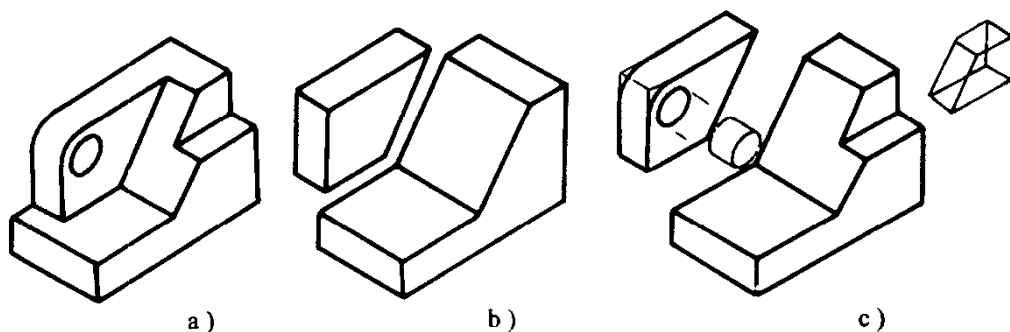


图 2-23 堆垒与切割形组合体的分解

a) 简单组合体 b) 分解两个基本棱柱体 c) 切割后成形

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，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 2-25 所示，该复杂组合体可分解成工作形体和连接形体的功能性的简单组合体，然后再由简单组

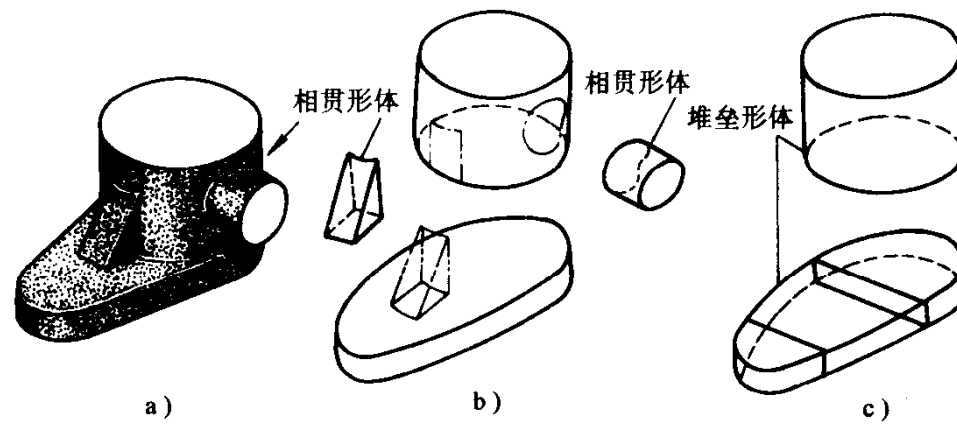


图 2-24 堆垒与相贯型组合形体的分解

a) 简单组合体 b) 分解四个基本相贯形体 c) 分解二个堆垒形体

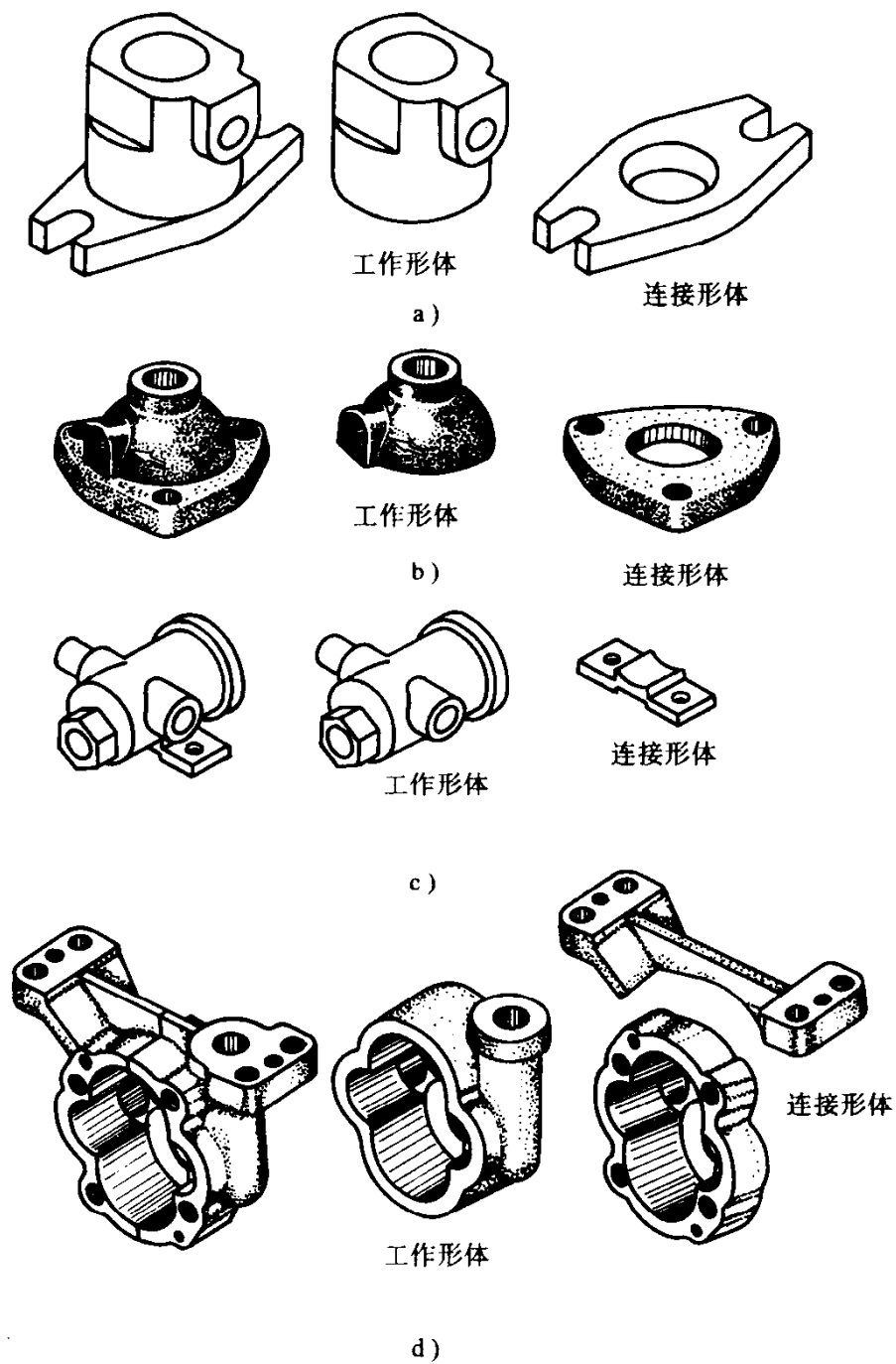


图 2-25 复杂组合体的分解

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