

普通高等教育机械工程类精品课程规划教材

工程图学 CAD实践

GONGCHENGTUXUE CAD SHIJIAN

(Inventor 2010版)

◎主 编 杨光辉
◎副主编 杨 皓

普

程类精品课程规划教材

工程图学 CAD 实践

(Inventor 2010 版)

主 编 杨光辉

副主编 杨 皓

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

计算机辅助设计(CAD)广泛应用于机械、工业设计等相关行业。本书以 Inventor 2010 为设计平台,在多年计算机工程图学教学改革中吸收现代工程制图改革新成果,为培养现代工程技术人员的计算机工程实践能力和创新设计能力而编写的。全书共 8 章,突出应用性和实用性,突出产品造型设计、实体装配设计、工程图设计、渲染和动画等。本书适合作为高等学校、高等专科学校机械工程各专业的通用教材,也可供其他相近专业和科技工作者使用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程图学 CAD 实践:Inventor 2010 版/杨光辉主编. —北京:中国铁道出版社,2015. 1

普通高等教育机械工程类精品课程规划教材
ISBN 978-7-113-19352-2

I. ①工… II. ①杨… III. ①工程制图—计算机辅助设计—
应用软件—高等学校—教材 IV. ①TU202-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 232296 号

书 名:工程图学 CAD 实践(Inventor 2010 版)
作 者:杨光辉 主编

策 划:李中宝
责任编辑:李中宝
编辑助理:姚 远
封面设计:刘 颖
责任校对:汤淑梅
责任印制:李 佳

读者热线:400-668-0820

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址:<http://www.51eds.com>

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

版 次:2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:17 字数:410 千

书 号:ISBN 978-7-113-19352-2

定 价:33.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话(010)63550836

打击盗版举报电话:(010)51873659

前 言

计算机辅助设计(CAD)技术推动了产品设计和工程设计的革命,受到了极大重视并正在被广泛地推广应用。Inventor(Autodesk Inventor Professional)是美国Autodesk公司推出的一款面向工业产品设计师的三维产品设计软件。它融合了当前CAD所采用的最新技术,具有强大的造型能力;其独特的自适应技术使得以装配为中心的“自上而下”的设计思想成为可能,广泛应用于机械、工业设计等相关行业。

本书以Inventor 2010为设计平台,在多年计算机工程图学教学改革的基础上,吸收现代工程制图教学改革的新成果,选取了以工程制图与设计为主线的体系结构和内容,以便加强引导和培养现代工程技术人员的计算机工程实践能力和创新设计能力。全书共分8章,第1章叙述了形体和零件的构形及分析设计方法;第2章通过实例了解简单零件的三维设计过程和参数化设计过程;第3章讲述了草图设计和零件特征设计过程;第4章通过大量实例详细介绍了不同产品造型的思路、方法和过程;第5章通过典型实例讲述了三维实体装配设计的基本方法;第6章给出部件分解表达方法;第7章介绍了二维工程图的生成;第8章通过典型实例介绍了零部件的渲染技术和动画方法。

本书的主要特色是:

1. 突出了应用性和实用性,通过丰富的实例强化技能培训,因此可以作为应用型高等学校和高等专科学校相关专业教材,也可作为广大科技工作者的工具书。

2. 选用了“全国大学生先进图形技能与创新大赛”的部分典型比赛真题,便于设计者准确了解对三维几何建模技术所要求掌握的程度。

3. 在编写过程中注重启发设计者的建模思路和方法,每个实例都包含模型分

析部分,同时每章后附有练习题,方便设计者进行针对性练习。为了方便设计者学习,本书的部分素材可从中国铁道出版社的网站下载。

4. 选用了在教学实践环节中遇到的一些难点和重点部分进行重点讲解,能够帮助设计者快速掌握 Inventor 的三维建模技能。

本教材是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》《全国大学生先进图形技能与创新大赛机械类竞赛大纲》和中国图学学会《CAD 技能等级考评大纲》构思整体框架,参考国内外同类教材,在我校教学实践的基础上编写而成,适合工业产品类 CAD 技能的各个专业人员的学习和培训。本教材的编写得到了“十二五”期间高等学校本科教学质量与教学改革工程建设项目和北京科技大学教材建设经费资助。

本教材由北京科技大学杨光辉副教授任主编,杨皓任副主编,万静、曹彤、陈平、和丽、樊百林、许倩、陈华、李晓武参与了编写,凝聚了北京科技大学现代工程图学教学团队全体人员的智慧和心血。北京科技大学窦忠强教授、北京航空航天大学尚凤武教授对本书进行了审阅,并提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免仍有疏漏之处,敬请广大读者及任课教师批评指正。作者 E-mail 联系方式:yanggh@ustb.edu.cn。

编者

2014.8

目 录

第1章 形体和零件的构形及分析设计方法	1
1.1 简单形体的形成方式和结构特点	1
1.1.1 平面立体	1
1.1.2 回转体	2
1.2 复杂形体的构形和分析方法	2
1.2.1 构形方法	2
1.2.2 组合体构形的描述	5
1.2.3 形体间的相对位置和邻接表面关系	6
1.3 组合体的构形设计	6
1.3.1 构形设计的基本要求	7
1.3.2 构形常用的原则	9
1.3.3 构形设计方法	10
1.3.4 构形设计实例	11
1.4 零件的构形设计	13
练习题	18
第2章 零件参数化特征设计	20
2.1 参数化设计	20
2.1.1 参数尺寸和图形的关联性	21
2.1.2 参数形式	21
2.2 特征设计	23
2.3 Inventor 工作环境	24
2.3.1 界面切换	27
2.3.2 工作环境	28
2.3.3 快捷键	32
2.4 简单零件的三维设计过程实例	33
2.4.1 零件的三维设计流程	33
2.4.2 生成零件模型的环境	34
2.4.3 主特征的草图设计阶段	34
2.4.4 三维实体设计阶段	36
2.4.5 二维工程图设计阶段	38
2.5 简单零件参数化设计实例	40
练习题	43

第3章 草图设计和零件特征设计	45
3.1 三维零件的草图设计	45
3.1.1 草图设计流程	45
3.1.2 草图平面	46
3.1.3 草图的生成及规则	47
3.1.4 绘制草图命令	48
3.1.5 修改编辑草图	49
3.1.6 草图约束	51
3.1.7 草图样式工具	53
3.2 零件特征设计	54
3.2.1 零件设计流程	54
3.2.2 草图特征	55
3.2.3 放置特征	56
3.2.4 定位特征	57
3.3 零件建模分析	61
3.3.1 零件建模总流程	61
3.3.2 零件模型设计分析	61
3.3.3 零件的三维设计综合举例	62
练习题	72
第4章 产品造型设计	75
4.1 拉伸特征	75
4.1.1 叉子	75
4.1.2 连接板	77
4.1.3 烟灰缸	79
4.2 旋转特征	81
4.3 放样特征	84
4.3.1 五角星	84
4.3.2 花瓶	86
4.4 f_x 参数和阵列特征	89
4.4.1 齿轮	89
4.4.2 梳子	93
4.5 凸雕特征	95
4.5.1 旋钮	95
4.5.2 电风扇叶片	98
4.5.3 旋转楼梯	100
4.6 螺旋扫掠特征	102
4.6.1 垃圾桶	102
4.6.2 纸篓	105
4.7 三维草图	108

4.7.1 非圆柱螺旋弹簧	108
4.7.2 三维弯管	112
4.7.3 三维支架管	114
4.8 衍生	118
4.8.1 节能灯	118
4.8.2 鼠标	122
4.9 曲面	129
4.9.1 水果盘模型	129
4.9.2 瓶子	131
4.10 创建自定义特征(iFeature)和参数驱动零件族(ipart)	137
4.10.1 骰子	137
4.10.2 一次性水杯	141
4.11 钣金	145
练习题	148
第5章 实体装配设计	153
5.1 装配设计流程	153
5.2 装配设计环境	154
5.3 装配设计中的约束	155
5.3.1 零件的自由度	155
5.3.2 约束类型	155
5.3.3 部件约束	155
5.3.4 运动约束	157
5.4 “自下向上”的三维装配设计	158
5.4.1 低速滑轮装置	159
5.4.2 钟表	161
5.5 “自上向下”的三维装配设计	166
5.5.1 齿轮油泵	167
5.5.2 手机	169
5.5.3 手压阀	173
5.6 设计加速器	182
5.6.1 轴	182
5.6.2 齿轮	187
5.6.3 带轮	190
5.7 轴系部件综合设计	192
练习题	197
第6章 部件分解表达	200
6.1 表达视图的作用	200
6.2 定滑轮模型	201
6.2.1 创建表达视图	201

6.2.2 编辑表达视图	205
6.2.3 动画模拟	206
6.3 齿轮泵装置	207
练习题	214
第7章 工程图设计	216
7.1 工程图的设计流程	216
7.2 设置工程图环境	216
7.3 创建工程图中的视图	217
7.3.1 基础视图	217
7.3.2 投影视图	218
7.3.3 向视图	220
7.3.4 局部视图	220
7.3.5 全剖视图	223
7.3.6 半剖视图	227
7.3.7 局部剖视图	229
7.4 工程图的标注	231
7.4.1 标注尺寸	231
7.4.2 表面粗糙度代号	235
7.4.3 工程图的技术要求	235
7.4.4 工程图的标题栏	237
7.5 部件装配工程图	238
练习题	247
第8章 渲染和动画	250
8.1 渲染	250
8.2 动画	253
练习题	261
参考文献	262

第 1 章 形体和零件的构形及分析设计方法

学习目标

1. 学习形体的形成方式和构形方法。
2. 熟悉组合体构形设计中的原则和方法。
3. 零件的构形设计方法。

学习内容

1. 简单形体的形成方式。
2. 复杂形体的分类、构形和分析方法。
3. 组合体构形设计中的基本要求、原则和方法。
4. 零件的构形设计要求和方法。

1.1 简单形体的形成方式和结构特点

简单形体主要指形状比较简单的平面立体和曲面立体(回转体为常见的曲面体)。


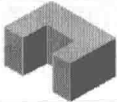



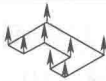


平面立体指各表面都是由平面围成的立体。平面立体多种多样最常见的有棱柱和棱锥。

曲面立体指表面全部或部分由曲面围成的立体。工程中常见的曲面立体为回转体,其上的曲面为回转面。

1.1.1 平面立体

常见平面立体的形成方式和结构特点见表 1-1。





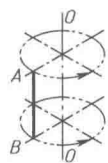
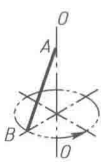
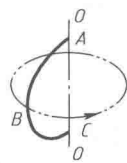
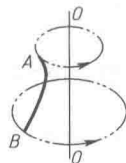




表 1-1 常见平面立体的形成方式和结构特点

名称	六棱柱	棱柱体	四棱锥	棱锥体
直观图				
形成方式				
结构特点	由上、下两底面和若干棱面组成,棱面垂直于底面,各条棱线互相平行; 底面形状反映立体特征,为特征平面,不同的特征平面形成不同的柱体		由一个或两个底面和具有公共顶点的棱面组成,各棱线交于顶点; 不同形状的底面形成不同的锥体	

1.1.2 回转体

常见回转体的形成方式和结构特点见表 1-2。

表 1-2 常见回转体的形成方式和结构特点

名称	圆柱面	圆锥面	圆球面	圆弧回转面
直观图				
回转面形成方式				
回转体形成方式				
结构特点	由上、下两底面和一个回转面组成,回转面垂直于底面,各条素线与轴线平行	由一个底面和一个回转面组成,各条素线与轴线交于公共顶点	由一圆绕过直径的轴线回转而成	由上、下两底面和一圆弧回转面组成,两底面互相平行,素线为一段圆弧

1.2 复杂形体的构形和分析方法

复杂形体主要指组合体、放样体和扫掠体等。

组合体可看作是由一些简单形体(基本几何体)包括棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、圆球、圆环等,按一定方式组合而成。有叠加类、切割类和综合类三种类型。

放样体是不在同一平面上的两个或多个截面轮廓之间进行连接过渡,产生表面光滑、形状复杂的三维实体。

扫掠体是将截面轮廓沿着一条路径移动,其截面轮廓移动的轨迹构成三维实体。扫掠体包含二维路径扫掠体、三维路径扫掠体和螺旋扫掠体。

1.2.1 构形方法

复杂形体构形的基本方法包括**叠加**(并运算)、**挖切**(差运算)、**求交**(交运算)三种集合运算方法和**拉伸**、**旋转**、**放样**、**扫掠**等动平面轨迹运算方法。

- (1) **叠加**: 并运算, 求形体的并集(\cup), 如图 1-1(a) 所示。
 (2) **挖切**: 差运算, 求形体的差集(\setminus), 如图 1-1(b) 所示。
 (3) **求交**: 交运算, 求形体的交集(\cap), 如图 1-1(c) 所示。

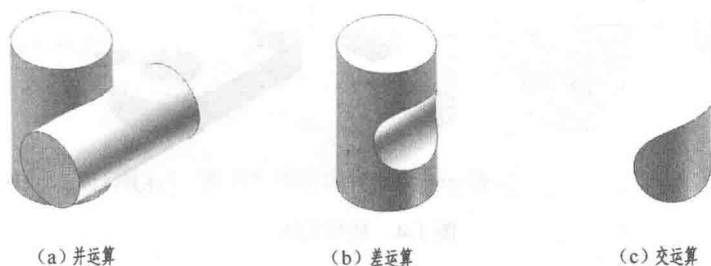


图 1-1 形体的并、差、交运算示例

- (4) **拉伸**: 一动平面沿着其法线方向拉伸形成拉伸体。截面不变拉伸时形成柱体, 截面变化时形成锥体, 如图 1-2 所示。

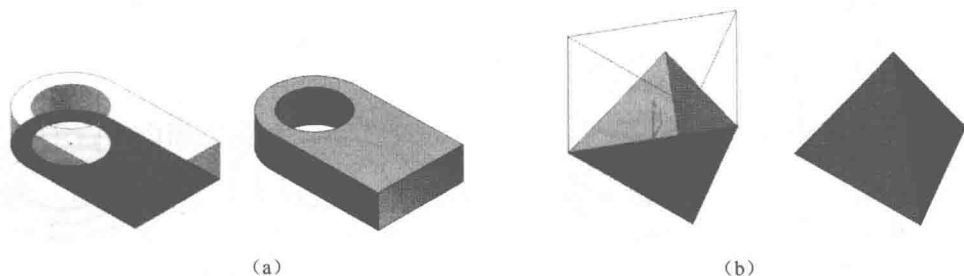


图 1-2 常见的拉伸构形

- (5) **旋转**: 一动平面绕轴线旋转(动平面与轴线共面)形成回转体, 如图 1-3 所示。

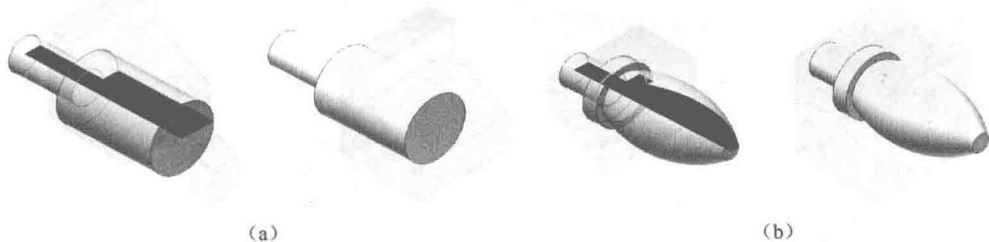


图 1-3 常见的旋转构形

- (6) **放样**: 不在同一平面上的两个或多个平面之间进行表面光滑连接过渡而产生放样体, 如图 1-4 所示。

- (7) **扫掠**: 将动平面沿着一条路径移动, 其动平面移动的轨迹构成三维实体。如果路径是二维路径(平面曲线), 就会得到二维路径扫掠体; 如果路径是三维路径(空间曲线), 就会得到三维路径扫掠体; 如果路径是螺旋线, 就会得到螺旋扫掠体, 如图 1-5 所示。

从工程制造实现角度考虑, 形体组合构成复杂体的基本形式是**叠加**(并运算)和**挖切**(差运算), 较复杂的组合体常常是综合运用**叠加**、**挖切**和**综合**(叠加和挖切的复合)三种形式得到的, 如图 1-6~图 1-8 所示。

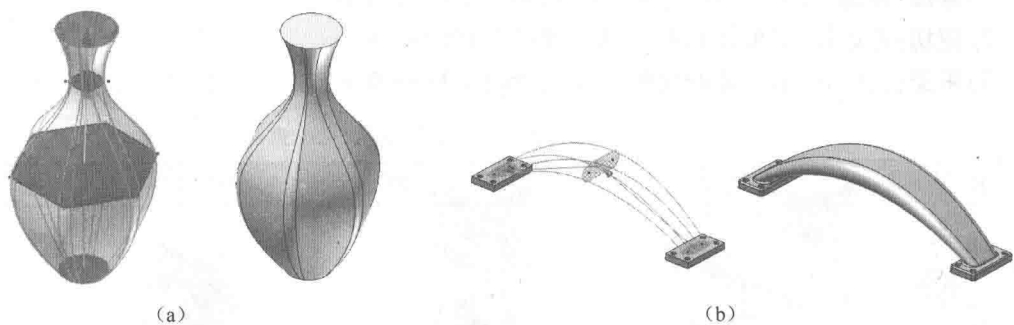


图 1-4 放样构形

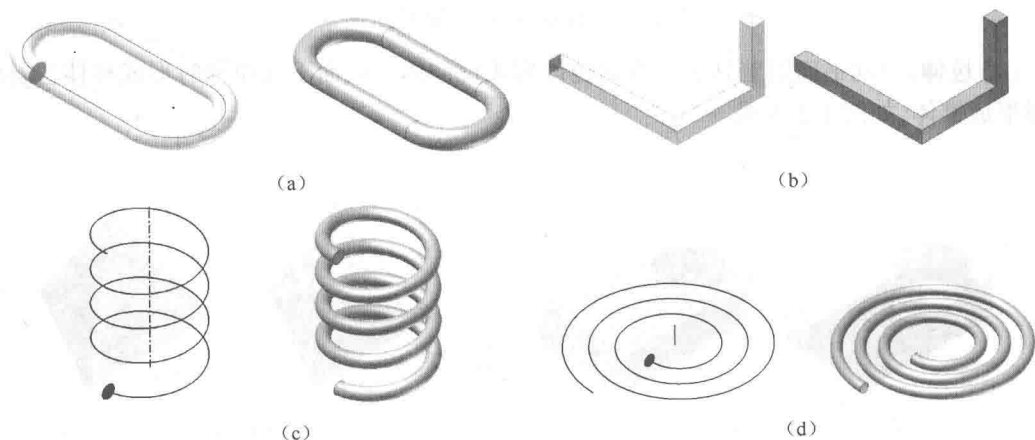


图 1-5 扫掠构形

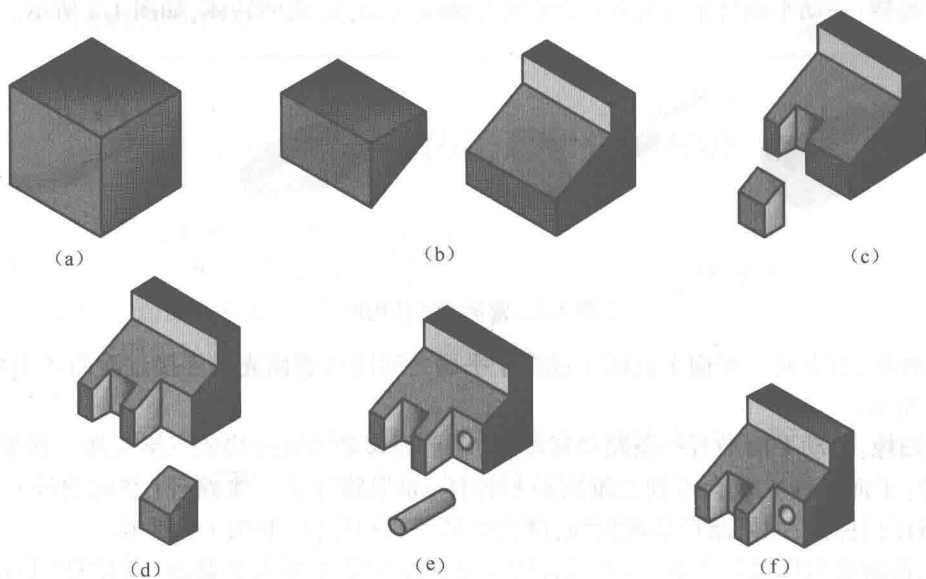


图 1-6 复杂形体的组合形式——挖切(差运算)

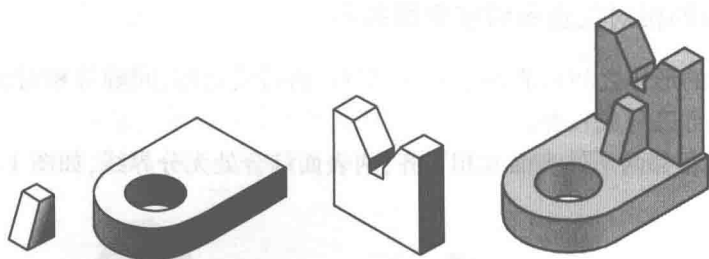


图 1-7 复杂形体的组合形式——叠加(并运算)

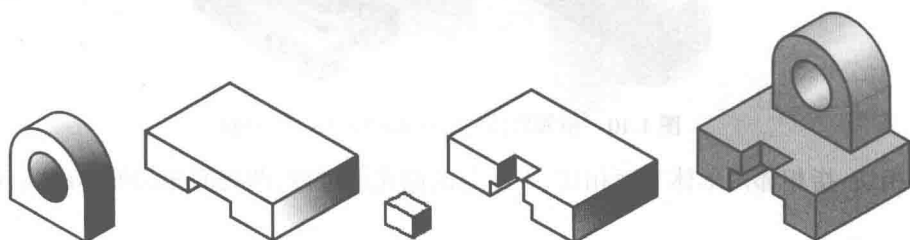


图 1-8 复杂形体的组合形式——综合(并运算和差运算的复合)

1.2.2 组合体构形的描述

CSG 法(Constructive Solid Geometry, 实体几何构造法)是一种常用的三维模型表示法。通过 CSG 法可将体素(即形体)通过并(\cup)、交(\cap)、差(\setminus)集合运算,构成更为复杂的三维实体模型。用 CSG 法表示一个物体可用二叉树的形式,即 CSG 树加以描述。

CSG 树是用一棵有序的倒置二叉树来表示组合体的集合构成方式。CSG 树的叶节点是形体,根节点是复杂形体,中间节点是集合运算符号。CSG 树能够形象地描述组合体构形的思维过程,有助于建模构思。图 1-9 给出了一个组合体构形 CSG 树的例子。

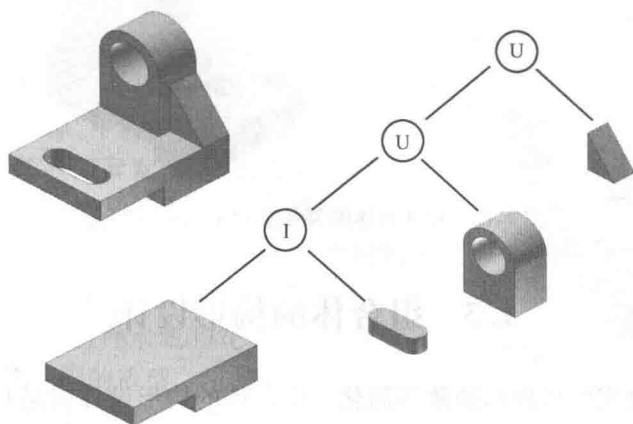


图 1-9 组合体构形的 CSG 树

1.2.3 形体间的相对位置和邻接表面关系

构成组合体的形体之间可能处于上下、左右、前后或对称、同轴等相对位置。相邻两形体表面的过渡关系可以分成三种：

(1) **共面**：指相邻两形体表面互相平齐，两表面结合处无分界线，如图 1-10 所示。

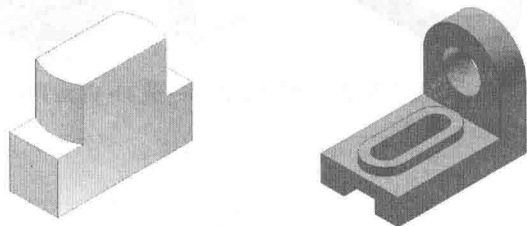


图 1-10 相邻形体的邻接表面关系——共面

(2) **相切**：指相邻两形体表面相切，平面与曲面光滑过渡，两表面相切处不画线，如图 1-11 所示。

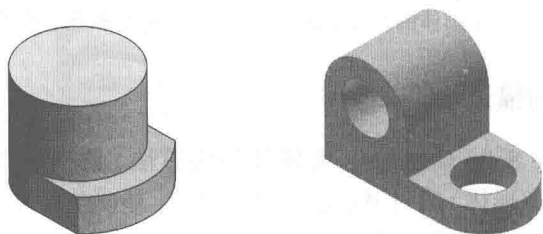


图 1-11 相邻形体的邻接表面关系——相切

(3) **相交**：指相邻两形体表面相交，两表面相交处要画交线，如图 1-12 所示。

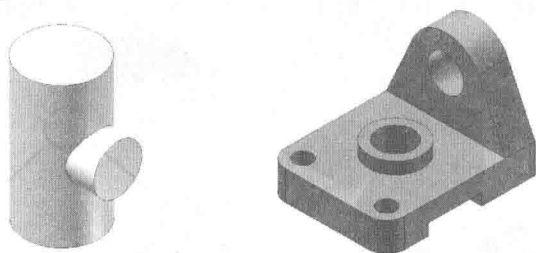


图 1-12 相邻形体的邻接表面关系——相交

1.3 组合体的构形设计

组合体可看作是实际机件的**抽象和简化**。组合体的构形设计就是利用基本几何形体构建组合体，并将其表达成图样。即淡化设计和工艺的专业性要求，只是把形状构造出来，实现物体形状的模拟或根据给定条件（例如：与给定的视图相符合）构造实体。这种创意构形、形体表达的过程，对于空间想象能力和创新能力的培养非常有利。

1.3.1 构形设计的基本要求

1. 构形应为现实的实体

构形设计的组合体应是实际可以存在的实体。两形体之间不能用点连接(仅一点接触)[图 1-13(a)],不能用线连接[图 1-13(b)、(c)]。另外,封闭的内腔不便于成形,一般不要采用[图 1-13(d)]。

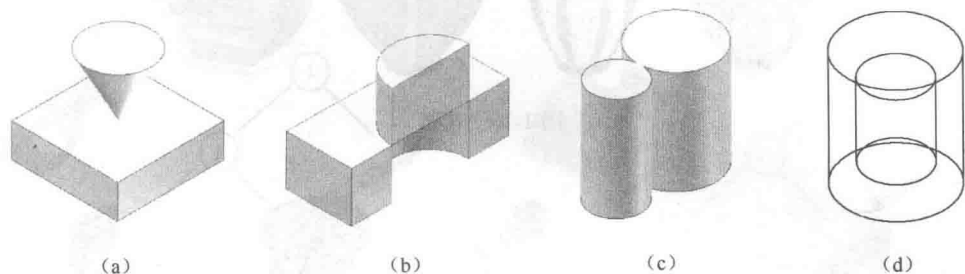


图 1-13 形体构形中的错误

2. 组合体构形过程中使用的基本形体尽可能简单

一般使用平面立体、回转体来构形,没有特殊需要不用其他曲面,这样绘图、标注尺寸和制作都比较方便。如图 1-14 所示的台灯和书柜,构形中体现着简单、大方、时尚。

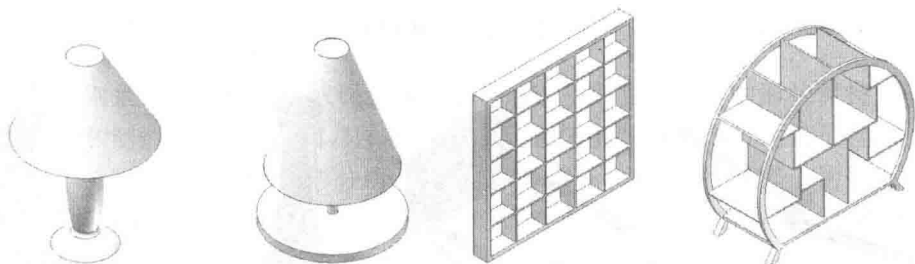


图 1-14 构形简单示例

3. 多样、变异、新颖

构建组合体的各形体的形状(平曲、凹凸)、大小、相对位置(相切、相交、对称、平行、垂直、倾斜等)和虚实(空形体、实形体)的任一因素发生变化,就将引起构形的变化。这些变化的组合就是千变万化的构形结果。

应充分发挥想象力、创新思维、发散思维,激励构形的灵感,力求构想出打破常规、与众不同的新颖方案。如图 1-15 和图 1-16 所示的香水瓶和花瓶,通过改变不同的因素,构形设计出不同的造型。



图 1-15 香水瓶

4. 体现稳定、平衡、动、静等造型艺术法则

使组合体的重心落在支承面之内,会给人稳定和平衡感,对称形体应符合这种要求,如图 1-17 所示。非对称形体应注意形体分布,以获得力学和视觉上的稳定和平衡感,如图 1-18 所

示。如图 1-19 所示的小轿车和飞机的造型,显得静中有动,给人以美观、轻便、可快速行驶的感觉。



图 1-16 花瓶

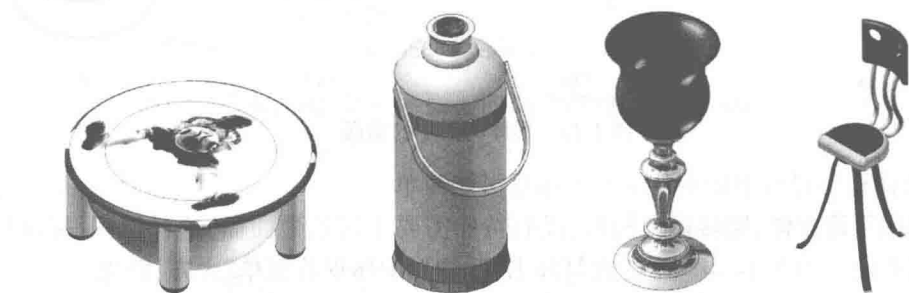


图 1-17 对称形体构形设计

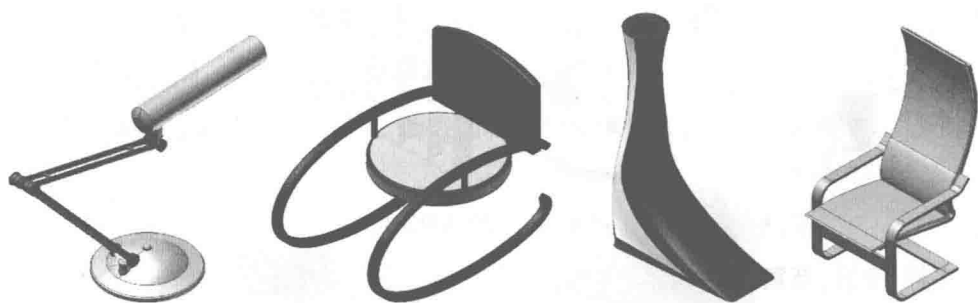


图 1-18 非对称形体构形设计

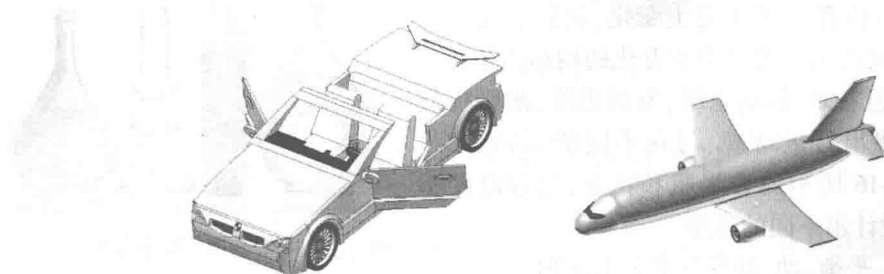


图 1-19 小轿车和飞机造型