

教育部文科计算机基础教学指导委员会立项教材
艺术类动画创作与设计系列教材

丛书主编：方肃

计算机辅助 工业产品设计 Pro/E

李和森 著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书根据编者多年的教学经验和实践心得编写而成,在编写时着眼实际,坚持课堂教学与产品设计实践相结合。本书共分7章,内容包括计算机辅助工业产品设计概论、数字化建模基础、实体与曲面、自由曲面、产品建模基础实训、产品建模进阶实训、产品建模高阶实训。本书很多内容都取自实际案例,遵循由浅入深、循序渐进的学习规律,有利于递进式和差异性教学。

本书注重实际产品建模能力和产品建模思路的培养;所选建模案例均源自真实的产品设计项目,有较强的针对性;以图文相结合的形式进行操作过程的解说,从而使读者易学易懂,得心应手。最后,通过课后练习的方式巩固建模过程的要点和难点。

本书适合作为高等学校产品设计类专业的教材,也可作为各类培训学校的教材及相关设计人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助工业产品设计 Pro/E / 李和森著. — 北京:
中国铁道出版社, 2013. 11

教育部文科计算机基础教学指导委员会立项教材 艺术
类动画创作与设计系列教材

ISBN 978-7-113-17637-2

I. ①计… II. ①李… III. ①工业产品—计算机辅助
设计—应用软件—高等学校—教材 IV. ①TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 272537 号

书 名: 计算机辅助工业产品设计 Pro/E

作 者: 李和森 著

策 划: 刘丽丽

读者热线: 400-668-0820

责任编辑: 周 欣 彭立辉

封面设计: 刘 颖

责任印制: 李 佳

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: 北京市昌平百善印刷厂

版 次: 2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.75 字数: 505千

印 数: 1~2 000册

书 号: ISBN 978-7-113-17637-2

定 价: 49.00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

计算机辅助工业产品设计是产品设计程序中重要的组成部分。产品设计是一个将设计构想转化为现实产品的创造性过程。为实现这一过程,工业产品设计师除了要具备系统的工程技术知识、深厚的美学素养、扎实的造型,还须熟练掌握从设计说明书的撰写到模型制作等一系列的设计表现技能。在这诸多的技能中,计算机辅助工业设计技能尤为重要,因为无论在设计的哪个阶段和层次,它都发挥着极其重要的作用。

对于学工业设计的学生而言,掌握计算机辅助三维建模技能是非常重要的,但很多学生因表达设计不够专业而丧失学习信心。如果拥有熟练而准确的三维建模技能表达设计的能力,就可增强他们学习工业设计专业的兴趣和信心。三维建模技能是企业选用工业设计人才时考核的一项重要内容。虽然三维建模技能远不能包括设计思维和设计工作的各个方面,但是有了这一技能的支持,设计师才能在创造性的产品设计过程中,游刃有余地捕捉、追踪并升华快速运转的创作思维,开发出更多有市场潜在可能性的设计。

设计表现与设计思维是很难被截然分开的,离开视觉形象表现的设计是不存在的。一方面,即便设计构思美妙动人,但是若不能形象地表现出来,也是没有说服力的,人们终究体会不到它的美妙之处;另一方面,三维建模技能可以反映工业设计师对产品造型审美的敏锐感受和鉴别处理能力。凡拥有熟练三维建模的工业设计师在处理产品造型和外观问题方面,均比那些不能熟练三维建模的工业设计师更有效率。对三维建模练习和实践得越多,产品设计表达能力就越强,就越能得心应手地从事产品设计。这一点,编者在多年的产品设计和教学工作中已有验证。

全书借助 Pro/Engineer (简称 Pro/E) 软件环境展开讲解工业产品建模知识。全书分为 7 章:第 1 章 计算机辅助工业产品设计概论,主要介绍计算机辅助工业设计的演变发展和相关的专业知识;第 2 章 数字化建模基础,讲述建模基础知识,熟悉软件使用环境和草绘图形创建与编辑,为三维特征的创建做准备;第 3 章 实体与曲面,讲述建模的常用命令,主要展开讲解实体特征与曲面特征的创建与编辑,为后面的建模工作打下良好基础;第 4 章 自由曲面,讲述造型环境内的曲线和曲面的创建与编辑,向读者讲述参数化软件环境下自由建模的行为方式;第 5 章 产品建模基础实训,这部分选用较为简单的案例讲解建模的基本思路;第 6 章 产品建模进阶实训,通过有一定难度的案例讲述高级曲面的用法和修补曲面的制作思路;第 7 章 产品建模高阶实训,选用高难度的案例全面讲述高级曲面模型的制作思路和多种有一定难度的渐消面的解决方案。通过本书的学习,既能培养建模思路又能巩固相关的基础知识,这样安排的目的是尽量

让读者更系统化地掌握软件工具。

本书由李和森著，特别感谢湖北美术学院设计系方肃老师的深切关怀与指导，感谢康翼、张江南、刘翰弋和谢丹义等诸位同学在本书编写过程中给予的帮助。感谢中国铁道出版社的诸位编辑及工作人员为本书的编写付出的辛勤劳动，正是有他们的帮助本书才会顺利出版。

本书所配光盘包含编者精心录制的相关教学视频以及完善的案例素材，方便读者更好地学习。

由于时间仓促，编者水平有限，本书难免有疏漏与不足之处，敬请各位读者批评指正。

编者
2013年9月

第 1 章 计算机辅助工业产品设计概论	1
1.1 计算机辅助设计的溯源	1
1.2 计算机辅助工业产品设计的相关概念	1
1.3 计算机辅助工业产品设计	3
1.4 计算机辅助工业产品设计的影响	3
1.5 计算机辅助工业产品设计系统的构成及功能	4
1.6 计算机辅助工业产品设计的应用和发展	4
1.6.1 计算机辅助造型技术	4
1.6.2 逆向工程	5
1.7 计算机辅助工业产品设计软件技术基础	5
1.7.1 计算机辅助工业产品设计软件的造型原理	5
1.7.2 计算机辅助工业产品设计软件介绍	6
1.7.3 计算机辅助工业产品设计的发展方向	7
课后练习	8
第 2 章 数字化建模基础	9
2.1 Pro / Engineer 用户界面	9
2.2 文件管理	11
2.3 辅助操作	13
2.4 基准	16
2.4.1 基准点	16
2.4.2 基准轴	22
2.4.3 基准曲线	26
2.4.4 基准面	28
2.4.5 坐标系	32
2.5 草绘	33
2.5.1 草绘环境	33
2.5.2 绘制图形	34
2.5.3 编辑图形	39
2.5.4 图形约束	41
2.5.5 尺寸标注	45
2.5.6 修改工具	48
课后练习	50
第 3 章 实体与曲面	51
3.1 实体特征	51
3.1.1 拉伸	51

3.1.2	旋转	54
3.1.3	扫描	55
3.1.4	混合	59
3.1.5	扫描混合	60
3.1.6	变剖扫描	62
3.2	工程特征	63
3.2.1	孔	63
3.2.2	壳	64
3.2.3	筋	64
3.2.4	拔模	66
3.2.5	圆角	67
3.2.6	切角	68
3.3	特征编辑	69
3.3.1	镜像	69
3.3.2	阵列	69
3.4	曲面创建	74
3.4.1	拉伸	74
3.4.2	旋转	76
3.4.3	扫描	76
3.4.4	混合	78
3.4.5	扫描混合	79
3.4.6	变剖扫描	80
3.4.7	边界混合	82
3.4.8	填充	83
3.5	曲面编辑	84
3.5.1	拔模	84
3.5.2	实体化	85
3.5.3	合并	85
3.5.4	圆角	86
3.5.5	镜像	87
3.5.6	加厚	88
3.5.7	投影	88
3.5.8	相交	89
3.5.9	复制粘贴	90
3.5.10	切角	91
3.5.11	修剪	91
3.5.12	延伸	93
3.5.13	偏移	93
	课后练习	95

第4章 自由曲面	96
4.1 基准平面	96
4.1.1 活动平面	96
4.1.2 内部基准平面	97
4.1.3 插入图片	97
4.2 曲线	98
4.2.1 自由曲线	98
4.2.2 圆	99
4.2.3 圆弧	100
4.2.4 投影建线	101
4.2.5 交面建线	101
4.2.6 基准建线	102
4.2.7 曲面建线	102
4.3 曲线编辑	103
4.3.1 自由编辑	103
4.3.2 组合	103
4.3.3 移动	104
4.3.4 复制	104
4.3.5 偏移	105
4.4 曲面创建与编辑	106
4.4.1 自由曲面	106
4.4.2 三线曲面	106
4.4.3 曲面修剪	108
课后练习	108
第5章 产品建模基础实训	109
5.1 数码彩扩机建模案例解析	109
5.1.1 导入三视图	110
5.1.2 制作数码彩扩机的整体曲面	111
5.1.3 根据数码彩扩机的结构将机体分块	116
5.1.4 制作各个部件的拉手	121
5.1.5 制作数码彩扩机顶壳前部的细节	128
5.1.6 制作数码彩扩机顶壳后部的细节	135
5.1.7 数码彩扩机的散热孔	141
5.2 自动沉降细胞染色机建模案例解析	145
5.2.1 导入三视图	146
5.2.2 制作染色机的整体曲面	147
5.2.3 根据染色机的结构将机体分块	152
5.2.4 制作染色机 LOGO 面板和操作面板	158
课后练习	163

第 6 章 产品建模进阶实训	164
6.1 电动黑板擦建模案例解析	164
6.1.1 制作电动黑板擦的整体曲面	164
6.1.2 进一步明确电动黑板擦的整体曲面	169
6.1.3 制作电动黑板擦的细节	172
6.2 听力筛查仪案例解析	182
6.2.1 导入三视图	182
6.2.2 制作听力筛查仪的整体曲面	183
6.2.3 制作前壳的屏幕、按键等细节	191
6.2.4 制作后壳的电子仓及各端口等细节	199
课后练习	211
第 7 章 产品建模高阶实训	212
7.1 便携式多媒体数字平台建模案例解析	212
7.1.1 导入三视图	213
7.1.2 制作“平台”的整体曲面	216
7.1.3 制作“平台”的前端造型	225
7.1.4 制作镜头曲面并分割“平台”	231
7.1.5 制作“平台”前端散热孔和顶部按钮区等细节	237
7.1.6 完善“平台”剩下细节并制作两侧散热孔	241
7.2 玩具冲锋枪建模案例解析	245
7.2.1 制作枪管	246
7.2.2 制作前后手柄	249
7.2.3 细化枪体表面造型	262
7.2.4 制作前后手柄的底部曲面	272
7.2.5 制作前手柄的按钮及分割枪体	283
7.2.6 细化枪管前端造型	289
7.2.7 完善枪体表面细节及感应灯	291
7.2.8 制作前瞄准器	300
7.2.9 制作枪体 LED 屏幕及后瞄准器	307
7.2.10 制作枪体瞄准镜导轨	310
7.2.11 完成枪体镜像操作和圆角处理	315
课后练习	324

第 1 章 计算机辅助工业产品设计概论

数字化技术的深入发展和专业的细化使计算机辅助设计被进一步细分,包含计算机辅助工业产品设计、计算机辅助环境设计、计算机辅助图形设计等。本书将讨论计算机辅助工业产品设计的有关内容。

数字时代使艺术与科学等元素在产品设计领域得到了充分融合,产品设计这门艺术始终能不断地吸收科学技术的最新成果而得到发展,数字化社会对设计师的知识更新提出了更高的要求,尤其是计算机辅助设计等数字技术。

数字化技术是一种信息处理手段,它可以完整、准确、快速地建立、编辑、保存并配合网络技术传输各种类型的信息和数据。数字化技术除了可帮助产品设计人员完成大量信息处理的工作外,还改变了产品设计的设计内容和设计方式。

1.1 计算机辅助设计的溯源

“计算机辅助设计”一词源于 20 世纪 60 年代的美国,此期间计算机辅助设计是以二维绘图为主,不是真正意义上的计算机辅助设计。

20 世纪 70 年代,法国的达索飞机制造公司推出的三维软件 CATIA,提高了计算机处理曲线及曲面的能力,并用计算机描述产品三维模型的主要信息。基于软件的使用成本和对硬件的特殊要求,此时的计算机辅助设计技术尚未普及,只能应用于某一领域。

20 世纪 80 年代初,美国 SDRC 公司第一个推出基于实体造型技术的大型三维设计软件 I-DEAS,它能进行三维造型、自由曲面设计、有限元分析等,开创了变量化的造型技术理论基础,使计算机辅助设计在行业内得到进一步发展。

20 世纪 80 年代中期,美国 PTC 公司推出了参数化软件 Pro/E,在国际上率先实现了尺寸驱动零件及文件内及文件间相关性的设计修改,给设计师的设计工作带来了极大方便。该软件的参数化造型理论和基于特征的实体建模技术,为建立产品信息模型奠定了基础。Pro/E 软件的出现突破了三维曲面建模软件使用的局限性,拓宽了应用领域,使计算机辅助设计在行业内开始普及并充分发展。

目前,计算机辅助设计有比较细致的划分,诸多专业领域都在运用计算机辅助设计这一手段推进专业的发展,如计算机辅助环境设计、计算机辅助平面设计、计算机辅助创意设计,以及计算机辅助工业产品设计等。

1.2 计算机辅助工业产品设计的相关概念

随着专业技术的发展和深入,新的设计、制造、管理方法和理念相继出现,学科的完

善与发展,使得计算机辅助工业设计相关概念也越来越多,因此便有了计算机辅助工业设计和计算机辅助产品设计概念上的区分。但对于研究计算机辅助设计这一领域知识对工业设计专业和产品设计专业来讲内容是相同的,因此本书将两个概念综合起来称之为“计算机辅助工业产品设计”,熟悉这些计算机辅助设计的相关概念对深入了解行业内的设计制造有很大帮助。

1. 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)是指由一个多级计算机控制硬件结构,配合一套订货、销售、设计、制造和管理综合为一体的软件系统所构成的全盘自动化制造系统。它是随着计算机辅助设计与制造的发展而产生的,是在数字技术、自动化技术与制造的基础上,通过计算机技术把分散在产品设计制造过程中各种孤立的自动化子系统有机地集成起来,形成适用于多品种、小批量生产,实现整体效益的集成化和智能化制造系统。

2. 计算机绘图

计算机绘图(Computer Graph, CG)是相对于手工绘图而言的一种高效率、高质量的计算机绘图技术。

3. 计算机辅助设计

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是指利用计算机及其图形设备帮助设计人员进行设计工作。在产品设计中,计算机可以帮助设计人员担负计算、信息存储和制图等工作。在设计中通常要用计算机对不同方案进行大量的计算、分析和比较,以决定最优方案。

4. 计算机辅助工艺过程设计

计算机辅助工艺过程设计(Computer Aided Process Planning, CAPP)是利用计算机来进行零件加工工艺过程的制订,把毛坯加工成工程图纸上所要求的零件。它是通过向计算机输入被加工零件的几何信息(形状、尺寸等)和工艺信息(材料、热处理、批量等),由计算机自动输出零件的工艺路线和工序内容等工艺文件的过程。

5. 计算机辅助制造

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)是利用电子数字计算机通过各种数值控制机床和设备,自动完成分散产品的加工、装配、检测和包装等制造过程。

6. 计算机辅助工程

计算机辅助工程(Computer Aided Engineering, CAE)是把与工程相关的各个环节有机地组织起来,形成信息集合,使其产生并存在于工程的整个生命周期。

7. 计算机辅助工业设计

计算机辅助工业设计(Computer Aided Industrial Design, CAID)又称计算机辅助产品设计和计算机辅助工业产品设计。

8. 快速成形技术

快速成形技术(Rapid Prototyping Manufacturing, RPM)是集机械工程、CAD、逆向工程技术、分层制造技术、数控技术、材料科学、激光技术于一身,可以自动、直接、快速、精确地将设计思想转变为具有一定功能的原型或直接制造零件,从而为零件原型制作、新设计

思想的校验等提供一种高效低成本的实现手段。简单地说,就是利用三维 CAD 的数据,通过快速成型机,将一层层的材料堆积成实体原型。

1.3 计算机辅助工业产品设计

计算机辅助工业产品设计是设计人员在计算机及相应的计算机辅助工业产品设计系统支持下,进行产品设计领域的各类创造性活动。计算机辅助工业产品设计是一种先进的设计手段和设计方法,其特点是将人的创造能力与计算机的高速运算能力、逻辑判断能力、巨大的存储能力相结合,计算机可以代替或辅助设计师进行繁杂的数学运算、绘图、力学分析、图表处理等理性工作,从而使设计师的感性创作得到更大的释放空间和自由。

计算机辅助工业产品设计的技术特点表现在:

(1) 基于特征构建产品模型,全面描述产品的形体特征、产品的功能特征、工艺特征和加工特征,为实现计算机辅助设计和制造提供了重要条件,也方便了后续的快速成型操作。

(2) 变量化操作可以使设计人员通过约束驱动生成新的形体。参数化设计方便用户定义模型的尺寸,通过修改模型的尺寸值便可以改变模型的几何形状。

(3) 相关性的设计可使用户修改模型更方便,即改动模型的部分尺寸,系统会自动地更新与尺寸修改相关的内容。

(4) 对某些特殊的设计和制造过程,采用软件自身提供系统的设计思想,可直接提取软件系统的知识库,提高了用户设计工作的效率。

(5) 支持 IGES、STEP 等数据交换;提供 VC、VB 等语言开发接口;支持联机并行设计、网络数据管理和图纸管理。

1.4 计算机辅助工业产品设计的影响

计算机辅助工业产品设计的普及应用是发挥工业设计在当代制造业中特殊作用的必要条件,也是工业设计步入数字化时代的必要手段。

它对产品设计的影响是多方面的,表现在以下几个方面:

1. 方便沟通

数字化的产品设计信息为不同领域专家之间实现信息共享和交换创造了条件,有利于实现产品数据描述的完整性、统一性和一致性,从根本上保证工程数据库的一体化。数字化模型成为产品设计师与各个领域专家交流的共同语言。

2. 设计制造一体化

计算机辅助设计手段能够使产品设计、生产、制造和销售等环节实现有效交互;基于网络技术,实现标准的信息交换接口使计算机辅助设计系统与计算机辅助制造系统有机整合。

3. 降低成本

与产品开发过程中的其他环节有效配合,实现并行设计、协同设计、全生命周期设计等技术方式,大幅降低开发成本,缩短产品开发时间,并有助于提高设计品质。

4. 协助企业提高竞争力

通过互联网可实现异地协同工作,有助于提高企业参与国际化竞争的优势。

5. 缩短产品生产周期

产品模型信息通过快速成型进行输出,可在短时间内直接加工成产品原型,或借助 CAM 技术将 3D 模型数据转换为 NC 资料,制作出精确的产品模型。经过评价合格的 3D 数字模型,可直接转换为 NC 数据,制作成模具,进行批量生产。

1.5 计算机辅助工业产品设计系统的构成及功能

产品造型设计涉及功能、结构、材料、工艺、成本控制、市场导向等多重因素,设计师需要与用户、市场销售人员、结构工程师、工艺师、产品策划、管理人员进行实时、有效的沟通,因此独立存在的计算机辅助工业产品设计系统并不能发挥计算机的强大信息处理能力,必须与 CIMS 环境下的 CAD/CAM 集成系统,形成信息充分共享的设计平台,使各系统之间数据的交换、管理与更新顺利进行,才能发挥计算机辅助设计的重要作用。

CAD 系统是利用数字技术实现产品设计自动化的一种手段,即在网络计算机系统的帮助下,建立产品数据模型,模拟产品的真实外观、装配、工艺结构等,通过数据库管理技术,在企业范围内将策划、概念设计、论证分析、初步设计和详细设计等完整的设计过程构建并行设计环境,达到缩短产品开发周期、提高产品设计质量的目的。CAD/CAM 的系统构成应根据应用领域的性质和所要完成的任务有针对性地加以选择,对于工业产品设计、评价与制造来说,主要构成包括数值计算与处理、交互绘图和图形输入/输出、存储管理设计制造信息的工程数据库三大模块。以微机为平台的 CAD 内部子系统包括工程绘图设计系统、三维机械设计系统、真实感三维造型及产品动画制作系统,其外围环境还包括机构仿真、有限元分析、激光快速成形、激光立体扫描、数控编程加工、工艺设计生产等系统要素。CAD 系统的主要功能如下:

- (1) 辅助造型设计功能。
- (2) 有限元分析和优化设计的能力。
- (3) 三维运动机构分析与仿真。
- (4) 人机系统分析与仿真。
- (5) 提供二次开发工具以适应不同需要。
- (6) 数据管理能力。
- (7) 数据交换能力。

1.6 计算机辅助工业产品设计的应用和发展

产品设计是一门综合性的交叉学科,涉及诸多学科领域。作为计算机辅助设计系统内部支撑技术的计算机辅助工业产品设计自然也涉及诸多领域,如计算机造型技术、逆向工程、多媒体技术、人工智能技术、虚拟现实技术等数字技术领域。下面介绍两个主要的技术。

1.6.1 计算机辅助造型技术

目前,CAD 造型技术主要有参数化造型与变量化造型两种,它们都是基于约束的实体造型技术。其中,参数化技术采用预先设置的几何图形约束方法,与一个几何图形相关联的所

有尺寸参数可以用来产生其他几何图形。其特点是：基于特征、全尺寸约束、尺寸驱动设计修改、全数据相关。它作为一项成熟的实用造型技术被广泛应用在零件设计领域中，也适用于计算机辅助工业产品设计过程后期的细节设计。

变量化造型理论结合了参数化造型的优点，但在约束定义方面做了根本性的改变，给设计工作增加了灵活性。它采用先形状后尺寸的设计方式，允许不完全尺寸约束，只给出必要的设计条件，也能保证设计的正确性及效率，这种方式更符合人的创新思维习惯，即在设计中满足形状的要求是第一位的，尺寸、细节等是后来逐步完善的，变量化技术提供了相对宽松、自由的造型手段，适用于新产品开发、产品改型设计等创新设计。

1.6.2 逆向工程

在计算机辅助工业产品设计与 CAD 领域，利用多种测量手段和几何建模技术，将实物（产品原型或油泥模型等）转化为计算机上的三维数字模型，称为逆向工程（Reverse Engineering）。

在面对以下两种情况之一时，需要使用逆向工程进行辅助设计：

（1）客户要求参照现有产品的关键数据进行改良设计，而客户提供的不是 CAD 数据模型，甚至也没有图纸，只有产品或零件的实物样品。

（2）设计师在创造一些带有复杂曲面的形体时，不建立 CAD 模型，而是直接使用油泥模型塑造外观形态，然后再通过逆向工程将其转换成 CAD 数字模型，进行更深入的详细设计。

通过逆向工程重新塑造实物的 CAD 模型并不是一项简单的工作，从某种意义上看，逆向工程也是一个重新设计的过程：在做一个逆向工程前，必须首先充分理解原有模型的设计思想，还可能要修复或克服原有模型上存在的缺陷。不过逆向工程的实施，能在相对较短的时间内准确、可靠地复制实物样件，因此也是企业先进制造中不可或缺的技术之一。一些非专业的逆向设计软件（如 UG、Pro/E、CATIA 等）和一些专业的逆向设计软件（如 Surface、CopyCAD、Trace 等）是现阶段进行逆向造型的常用手段。

用于获得逆向设计数据的测量手段包括：

（1）简单工具的手工测量，即利用测量仪器手动测量。

（2）机械三坐标测量机，可以用来测量特征的空间坐标、扫描剖面、测量分型线及轮廓线等。

（3）激光、数字成像的三坐标测量，这种测量产生大批量、无序的点云数据。所谓点云，即构成曲面的大量不重叠的点数据。

1.7 计算机辅助工业产品设计软件技术基础

计算机辅助工业产品设计软件技术基础包括软件的计算机辅助工业产品设计造型原理、相关软件和未来发展方向等知识。

1.7.1 计算机辅助工业产品设计软件的造型原理

随着对计算机辅助工业产品设计研究的深入，各类计算机辅助工业产品设计的软件技术也在不断提高和成熟，虽然不同软件运用的造型方法不尽相同，但其基本原理基本一致，造

型生成过程也十分相近。利用计算机辅助工业产品设计软件进行造型设计的过程一般要经过建模和渲染两部分, 实体建模能够完整定义形体的物质特性, 因此三维计算机辅助工业产品设计软件普遍采用实体建模方式。目前的实体建模原理主要分为参数化和变量化两种。

1. 参数化造型技术的主要特点

参数化造型的主要技术特点: 基于特征、全尺寸约束、尺寸驱动设计修改、全数据相关等。

(1) 基于特征: 2D 草图曲线的形状由一定的几何特征来控制, 如垂直、平行、重合、同心圆等, 通过标注尺寸规定其位置和大小, 如定位尺寸(在坐标系中的空间位置)、长度、角度尺寸等, 再赋予 2D 曲线以三维空间的几何特征, 如拉伸、扫描、放样等, 形成实体, 并在此基础上进行更为复杂的几何形体的构造, 如叠加、减除、圆角等。整个建模过程中, 尺寸作为可调参数, 用来定义和改变实体形状。该方法广泛用于面向加工的实体建模。

(2) 全尺寸约束: 综合考虑形状和尺寸, 通过尺寸约束来控制几何形状。造型必须以完整的尺寸参数为出发点(全约束), 不能漏注尺寸(欠约束), 不能多注尺寸(过约束)。

(3) 尺寸驱动设计修改: 通过编辑尺寸数值来驱动几何形状的改变。

(4) 全数据相关: 修改某一尺寸将导致其他相关联模块的关联尺寸得以更新。

这种技术彻底改变了无约束的自由建模状态, 几何形状受到尺寸的控制。例如, 需要修改零件形状时, 要通过编辑尺寸的数值来改变形状。尺寸驱动已经成为当今造型系统的基本功能。尺寸驱动对于那些习惯看图纸、以尺寸来描述零件的设计者来说十分容易适应, 但对于习惯感性思维的设计者来说, 则在一定程度上限制了其创造力。

2. 变量化造型技术的主要特点

变量化技术是在参数化的基础上做了进一步改进后提出的设计思想。变量化造型技术保留了参数化技术基于特征、全数据相关、尺寸驱动设计修改的优点, 但根本改变了参数化技术对于尺寸约束方面的局限性。

变量化技术将参数化技术中需要定义的尺寸参数进一步区分为形状约束和尺寸约束, 而避免像参数化技术那样只用尺寸来约束全部形状。由于在新产品开发的最初阶段, 设计者首先考虑的是设计概念及粗略形状, 对这些形状的准确尺寸和它们之间严格的尺寸定位关系还很难完全确定, 尤其需要对形状更为自由的控制方式, 进一步对设计方案进行推敲。所以, 在设计初始阶段, 允许欠尺寸约束的变量化技术对设计者发挥创造力十分有利。除考虑几何约束(Geometry Constrain)之外, 变量化设计还可以将工程关系作为约束条件, 直接对现有模型数据求解, 无须另外建模。

1.7.2 计算机辅助工业产品设计软件介绍

计算机辅助工业产品设计软件有很多, 在计算机辅助工业产品设计领域内, 基于不同的设计工作内容, 选择的软件也不一样, 各个软件都有各自的优势。目前业内普及较为广泛的计算机辅助工业产品设计软件有 Pro/Engineer、Alias、3ds Max、Rhino 等软件。

1. Pro/Engineer

Pro/Engineer 是美国 PTC 公司的产品, 其率先提出了参数化设计概念, 并且采用了单一数据库来解决特征的相关性问题, 综合了参数化和变量化两种造型技术。Pro/Engineer 内含

多种模块,诸如草图绘制、零件制作、装配设计、钣金设计、加工处理等,用户可以根据自己的需要进行选用。Pro/Engineer 的基于特征功能,能够将曲面与实体造型设计、结构装配设计、模具设计和加工生产等多个环节集成在一起,实现并行工程设计。目前,Pro/Engineer 是国内外工业产品设计常用的软件之一。本书将以该款软件为例,详细介绍它的操作方法和建模思路。

2. Alias

Alias 软件是目前世界上最先进的工业造型设计软件之一。它是汽车、消费品造型设计行业的标准设计工具。Alias 能提供参数化建模系统,设计师可随时对产品造型设计进行评价和修改。该软件还包括对以下功能的支持:初步概念设计、CAD 曲面质量评估、3D 模型评价、真实感的材质贴图 and 渲染、动画展示产品的功能和操作、团体合作开发、用户双向交流、精确的 CAD 数据转换等。

3. 3ds Max

3D Studio Max 简称为 3ds Max,是 Autodesk 公司开发。它是基于 PC 系统的三维渲染和制作动画的软件,广泛应用于广告、影视、工业产品设计、建筑设计、多媒体制作、游戏、辅助教学及工程可视化等领域。3ds Max 以渲染和动画见长,它可以支持计算机辅助工业产品设计系统的一些常见数据格式,而且其特长可以弥补多数计算机辅助工业产品设计软件在渲染和动画方面的不足,可为产品设计表达提供良好的技术支持。

4. Rhino

Rhino 是一款比较强大的三维建模工具,它所提供的曲面工具可以精确地制作用来作为渲染表现、动画、工程图、分析评估以及生产用的模型。能输出 OBJ、DXF、IGES、STL、3dm 等不同格式,并几乎适用于所有 3D 软件。它可以广泛地应用于工业产品造型设计、建筑设计、三维动画制作、科学研究及机械设计等领域。

1.7.3 计算机辅助工业产品设计的发展方向

计算机辅助设计系统是一个人机一体化的智能集成设计系统。从工业设计的本身角度看,随着 CAD、人工智能、多媒体、虚拟现实等技术的进一步发展,人们对设计过程必然有更深入的认识,对设计思维的模拟必将达到新的境界。计算机辅助工业产品设计将使工业设计朝着多元化、优化、一体化的方向发展,人机交互方式更加自然,创新设计的手段更为先进、有效。从整个产品设计与制造的发展趋势看,目前,并行设计、协同设计、智能设计、虚拟设计、敏捷设计、全生命周期设计等设计方法代表了现代产品设计模式的发展方向。随着技术的进一步发展,产品设计模式在信息的基础上,必然朝着数字化、集成化、网络化、智能化的方向发展。计算机辅助下的工业设计的发展趋势则必然与上述发展趋势相一致,最终建立统一的设计支撑模型。工业设计师与工程师逐步融合,走向统一化。

设计创新技术和建模技术是上述技术的关键和难点,是今后计算机辅助工业产品设计研究的重点,而人机交互、并行协同、智能设计则是计算机辅助工业产品设计中必需的、有效的支持技术。

未来设计模式将会由于科技的进步而变得更加人性化,产品设计将是基于计算机辅助设计系统的网络作业方式,设计师将可以在全球范围进行协同设计,距离将不是障碍。计算机智能系统的提升,将有利于激发设计师的创作灵感和对设计的改进,不会像早期计算

机辅助设计那样,让设计师与计算机之间沟通困难,从而客观上限制了设计创作的自由发挥,而是将会有更友好的界面、更合理的沟通方式、更接近设计师的行为思考模式来服务于设计。

课后练习

1. 简述计算机辅助工业产品设计的发展历程。
2. 计算机辅助工业产品设计在工业设计中的应用体现在哪些方面?
3. 如果没有计算机辅助工业产品设计,工业设计会出现什么样的困境?