



UG NX 软件应用认证指导用书

# UG NX 6.0 曲面设计教程

(修订版)

展迪优◎主编



附 视频光盘  
含 语音讲解



- ◆ 附2张DVD，6.5GB，11.2小时的详细语音视频讲解解
- ◆ 278个UG曲面设计技巧和实例的语音视频教学文件
- ◆ 融入UG曲面设计高手多年的实战经验、心得与技巧
- ◆ 提供低版本源文件，适合UG NX5.0-6.0的用户使用



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

**UG NX 6.0 工程应用精解丛书**

**UG NX 软件应用认证指导用书**

# **UG NX 6.0 曲面设计教程**

展迪优 主编



机械工业出版社

本书全面、系统地介绍了使用 UG NX 6.0 进行曲面设计的过程、方法和技巧,内容包括曲面设计的发展概况、曲面造型的数学概念、基准特征的创建、曲线设计、简单曲面的创建、自由曲面的创建、曲面的编辑、曲面中的倒圆角、TOP\_DOWN 自顶向下产品设计以及大量的曲面设计综合范例等。

本书是根据北京兆迪科技有限公司给国内外众多行业的著名公司(含国外独资和合资公司)的培训教案整理而成的,具有很强的实用性和广泛的适用性。本书附带 2 张多媒体 DVD 学习光盘,制作了 278 个 UG 曲面设计技巧和具有针对性的实例教学视频并进行了详细的语音讲解,时间长达 11.2 个小时(670 分钟),光盘中还包含本书所有的模型文件、范例文件和练习素材文件(2 张 DVD 光盘教学文件容量共计 6.8GB)。另外,为方便 UG 低版本用户和读者的学习,光盘中还特提供了 UG NX 5.0 版本的主要素材源文件。

本书在内容安排上,为了使读者更快地掌握 UG 软件的曲面功能,书中结合大量的曲面设计范例对软件中的一些抽象的曲面概念、命令和功能进行讲解,同时结合范例讲述了一些实际生产一线曲面产品的真实设计过程,能使读者较快地进入曲面设计实战状态;在写作方式上,本书紧贴软件的实际操作界面,使初学者能够尽快地上手,提高学习效率。本书内容全面,条理清晰,实例丰富,讲解详细,可作为工程技术人员的 UG 曲面自学教程和参考书籍,也可作为大中专院校学生和各类培训学校学员的 UG 课程上课或上机练习的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

UG NX 6.0 曲面设计教程/展迪优主编. —2 版(修订本).  
—北京:机械工业出版社,2013.9

ISBN 978-7-111-44218-9

I. ①U… II. ①展… III. ①曲面—机械设计—计算机  
辅助设计—应用软件—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 231532 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:管晓伟 责任编辑:管晓伟

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2013 年 10 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22.5 印张·557 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-44218-9

ISBN 978-7-89405-102-8(光盘)

定价:59.90 元(含多媒体 DVD 光盘 2 张)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

# 出版说明

制造业是一个国家经济发展的基础，当今世界任何经济实力强大的国家都拥有发达的制造业，美、日、德、英、法等国家之所以称为发达国家，很大程度上是由于它们拥有世界上最发达的制造业。我国在大力推进国民经济信息化的同时，必须清醒地认识到，制造业是现代经济的支柱，加强和提高制造业科技水平是一项长期而艰巨的任务。发展信息产业，首先要把信息技术应用到制造业。

众所周知，制造业信息化是企业发展的必要手段，国家已将制造业信息化提到关系到国家生存的高度上来。信息化是当今时代现代化的突出标志。以信息化带动工业化，使信息化与工业化融为一体，互相促进，共同发展，是具有中国特色的跨越式发展之路。信息化主导着新时期工业化的方向，使工业朝着高附加值化发展；工业化是信息化的基础，为信息化的发展提供物资、能源、资金、人才以及市场，只有用信息化武装起来的自主和完整的工业体系，才能为信息化提供坚实的物质基础。

制造业信息化集成平台是通过并行工程、网络技术、数据库技术等先进技术将 CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/ERP 等为制造服务的软件个体有机地集成起来，采用统一的架构体系和统一的基础数据平台，涵盖目前常用的 CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/ERP 软件，使软件交互和信息传递顺畅，从而有效提高产品开发、制造各个领域的数据集成管理和共享水平，提高产品开发、生产和销售全过程中的数据整合、流程的组织管理水平以及企业的综合实力，为营造一流的企业提供现代化的技术保证。

机械工业出版社作为全国优秀出版社，在出版制造业信息化技术类图书方面有着独特优势，一直致力于 CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/ERP 等领域相关技术的跟踪，出版了大量学习这些领域的软件（如 UG、Pro/ENGINEER、CATIA、SolidWorks、AutoCAD 等）的优秀图书，同时也积累了许多宝贵的经验。

北京兆迪科技有限公司位于中关村科技园区，专门从事 CAD/CAM/CAE 技术的开发、咨询及产品设计与制造服务，并提供专业的 UG、Pro/ENGINEER、CATIA、SolidWorks、AutoCAD 等软件的培训。中关村科技园区是北京市科技、智力、人才和信息资源最密集的区域，园区内有清华大学、北京大学和中国科学院等著名大学和科研机构，同时聚集了一些国内外著名公司，如西门子、联想集团、清华紫光和清华同方等。近年来，北京兆迪科技有限公司充分依托中关村科技园区人才优势，在机械工业出版社的大力支持下，陆续推出一系列 UG “工程应用精解” 图书，包括：

- UG NX 8.5 工程应用精解丛书
- UG NX 8.0 工程应用精解丛书
- UG NX 7.0 工程应用精解丛书
- UG NX 6.0 工程应用精解丛书



- UG NX 5.0 工程应用精解丛书
- UG NX 8.0 宝典
- UG NX 8.0 实例宝典

“工程应用精解”系列图书具有以下特色：

- **注重实用，讲解详细，条理清晰。**由于作者队伍和顾问均是来自一线的专业工程师和高校教师，所以图书既注重解决实际产品设计、制造中的问题，同时又将软件的使用方法和技巧进行全面、系统、有条不紊、由浅入深的讲解。
- **范例来源于实际，丰富而经典。**对软件中的主要命令和功能，先结合简单的范例进行讲解，然后安排一些较复杂的综合范例帮助读者深入理解、灵活应用。
- **写法独特，易于上手。**全部图书采用软件中真实的菜单、对话框和按钮等进行讲解，使初学者能够直观、准确地操作软件，从而大大提高学习效率。
- **随书光盘配有视频录像。**每本书的随书光盘中制作了超长时间的操作视频文件，帮助读者轻松、高效地学习。
- **网站技术支持。**读者购买“工程应用精解”系列图书，可以通过北京兆迪科技有限公司的网站（<http://www.zalldy.com>）获得技术支持。

我们真诚地希望广大读者通过学习“工程应用精解”系列图书，能够高效掌握有关制造业信息化软件的功能和使用技巧，并将学到的知识运用到实际工作中，也期待您给我们提出宝贵的意见，以便今后为大家提供更优秀的图书作品，共同为我国制造业的发展尽一份力量。

机械工业出版社  
北京兆迪科技有限公司

# 前 言

UG 是由美国 UGS 公司推出的功能强大的三维 CAD/CAM/CAE 软件系统,其内容涵盖了产品从概念设计、工业造型设计、三维模型设计、分析计算、动态模拟与仿真、工程图输出,到生产加工成产品的全过程,应用范围涉及航空航天、汽车、机械、造船、通用机械、数控(NC)加工、医疗器械和电子等诸多领域。

由于具有强大而完美的功能,UG 近几年几乎成为三维 CAD/CAM 领域的一面旗帜和标准,它在国外大学院校里已成为学习工程类专业必修的课程,也成为工程技术人员必备的技术。作为提高产品研发效率和竞争力的有效工具和手段,UG 也正在国内形成一个广泛应用的热潮。UG NX 6.0 版本在易用性、数字化模拟、知识捕捉、可用性和系统工程、模具设计和数控编程等方面进行了创新,对以前版本进行了数百项以客户为中心的改进。

本书全面、系统地介绍了 UG NX 6.0 曲面设计一般过程、方法和技巧,其特色如下:

- 内容全面。与其他的同类书籍相比,包括更多的 UG 曲面设计内容。
- 范例丰富。对软件中的主要命令和功能,先结合简单的范例进行讲解,然后安排一些较复杂的综合范例帮助读者深入理解和灵活运用。
- 讲解详细。条理清晰,保证自学的读者能独立学习。
- 写法独特。采用 UG NX 6.0 中文版中真实的对话框和按钮等进行讲解,使初学者能够直观、准确地操作软件,从而大大提高学习效率。
- 附加值高。本书附带 2 张多媒体 DVD 学习光盘,制作了 278 个 UG 曲面设计技巧和具有针对性的实例教学视频并进行了详细的语音讲解,时间长达 11.2 个小时(670 分钟),2 张 DVD 光盘教学文件容量共计 6.8GB,可以帮助读者轻松、高效地学习。

本书是根据北京兆迪科技有限公司给国内外一些著名公司(含国外独资和合资公司)的培训教案整理而成的,具有很强的实用性,其主编和参编人员主要来自北京兆迪科技有限公司,该公司专门从事 CAD/CAM/CAE 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务,并提供 UG、Ansys、Adams 等软件的专业培训及技术咨询,在编写过程中得到了该公司的大力帮助,在此衷心表示感谢。

本书由展迪优主编,参加编写的人员还有王焕田、刘静、雷保珍、刘海起、魏俊岭、任慧华、詹路、冯元超、刘江波、周涛、段进敏、赵枫、邵为龙、侯俊飞、龙宇、施志杰、詹棋、高政、孙润、李倩倩、黄红霞、尹泉、李行、詹超、尹佩文、赵磊、王晓萍、陈淑童、周攀、吴伟、王海波、高策、冯华超、周思思、黄光辉、党辉、冯峰、詹聪、平迪、管璇、王平、李友荣。本书已经多次校对,如有疏漏之处,恳请广大读者予以指正。

电子邮箱:zhanygjames@163.com

编 者

# 丛书导读

## （一）产品设计工程师学习流程

1. 《UG NX 6.0 快速入门教程（修订版）》
2. 《UG NX 6.0 高级应用教程》
3. 《UG NX 6.0 曲面设计教程》
4. 《UG NX 6.0 钣金设计教程（修订版）》
5. 《UG NX 6.0 钣金实例精解》
6. 《UG NX 6.0 产品设计实例精解》
7. 《UG NX 6.0 曲面设计实例精解》
8. 《UG NX 6.0 工程图教程》
9. 《UG NX 6.0 管道设计教程》
10. 《UG NX 6.0 电缆布线设计教程》

## （二）模具设计工程师学习流程

1. 《UG NX 6.0 快速入门教程（修订版）》
2. 《UG NX 6.0 高级应用教程》
3. 《UG NX 6.0 工程图教程》
4. 《UG NX 6.0 模具设计教程（修订版）》
5. 《UG NX 6.0 模具设计实例精解（修订版）》

## （三）数控加工工程师学习流程

1. 《UG NX 6.0 快速入门教程（修订版）》
2. 《UG NX 6.0 高级应用教程》
3. 《UG NX 6.0 钣金设计教程》
4. 《UG NX 6.0 数控加工教程（修订版）》
5. 《UG NX 6.0 数控加工实例精解》

## （四）产品分析工程师学习流程

1. 《UG NX 6.0 快速入门教程（修订版）》
2. 《UG NX 6.0 高级应用教程》
3. 《UG NX 6.0 运动分析教程》
4. 《UG NX 6.0 结构分析教程》

# 本书导读

为了更好地学习本书的知识,请您仔细阅读下面的内容:

## 读者对象

本书是学习 UG NX 6.0 曲面设计的书籍,可作为工程技术人员学习曲面设计的自学教程和参考书,也可作为大专院校学生和各类培训学校学员的 UG 课程上课或上机练习教材。

## 写作环境

本书使用的操作系统为 Windows XP Professional,对于 Windows 2000 /Server 操作系统,本书的内容和范例也同样适用。

本书采用的写作蓝本是 UG NX6.0 版。

## 光盘使用

为方便读者练习,特将本书所有素材文件、已完成的范例文件、配置文件和视频语音讲解文件等放入随书附带的光盘中,读者在学习过程中可以打开相应素材文件进行操作和练习。

本书附带多媒体 DVD 光盘 2 张,建议读者在学习本书前,先将两张 DVD 光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中,然后再将第二张光盘 ug6.8-video2 文件夹中的所有文件复制到第一张光盘的 video 文件夹中。在 D 盘上 ug6.8 目录下共有 3 个子目录:

- (1) work 子目录: 包含本书的全部已完成的实例文件。
- (2) video 子目录: 包含本书讲解中的视频录像文件。读者学习时,可在该子目录中按顺序查找所需的视频文件。
- (3) before 子目录: 为方便 UG 低版本用户和读者的学习,光盘中特提供了 UG NX 5.0 版本的主要素材源文件。

## 本书约定

- 本书中有关鼠标操作的简略表述说明如下:

- ☑ 单击: 将鼠标指针移至某位置处,然后按一下鼠标的左键。
- ☑ 双击: 将鼠标指针移至某位置处,然后连续快速地按两次鼠标的左键。
- ☑ 右击: 将鼠标指针移至某位置处,然后按一下鼠标的右键。
- ☑ 单击中键: 将鼠标指针移至某位置处,然后按一下鼠标的中键。
- ☑ 滚动中键: 只是滚动鼠标的中键,而不能按中键。
- ☑ 选择(选取)某对象: 将鼠标指针移至某对象上,单击以选取该对象。
- ☑ 拖移某对象: 将鼠标指针移至某对象上,然后按下鼠标的左键不放,同时移动

鼠标, 将该对象移动到指定的位置后再松开鼠标的左键。

- 本书中的操作步骤分为 Task、Stage 和 Step 三个级别, 说明如下:

- ☒ 对于一般的软件操作, 每个操作步骤以 Step 字符开始, 例如, 下面是草绘环境中绘制矩形操作步骤的表述:

Step1. 单击  按钮。

Step2. 在绘图区某位置单击, 放置矩形的第一个角点, 此时矩形呈“橡皮筋”样变化。

Step3. 单击  按钮, 再次在绘图区某位置单击, 放置矩形的另一个角点。此时, 系统即在两个角点间绘制一个矩形, 如图 4.7.13 所示。

- ☒ 每个 Step 操作视其复杂程度, 其下面可含有多级子操作, 例如 Step1 下可能包含 (1)、(2)、(3) 等子操作、(1) 子操作下可能包含 ①、②、③ 等子操作, ①子操作下可能包含 a)、b)、c) 等子操作。
  - ☒ 如果操作较复杂, 需要几个大的操作步骤才能完成, 则每个大的操作冠以 Stage1、Stage2、Stage3 等, Stage 级别的操作下再分 Step1、Step2、Step3 等操作。
  - ☒ 对于多个任务的操作, 则每个任务冠以 Task1、Task2、Task3 等, 每个 Task 操作下则可包含 Stage 和 Step 级别的操作。
- 由于已建议读者将随书光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中, 所以书中在要求设置工作目录或打开光盘文件时, 所述的路径均以“D:”开始。

### 技术支持

本书是根据北京兆迪科技有限公司给国内外一些著名公司(含国外独资和合资公司)的培训教案整理而成的, 具有很强的实用性, 其主编和参编人员均来自北京兆迪科技有限公司, 该公司专门从事 CAD/CAM/CAE 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务, 并提供 UG、Ansys、Adams 等软件的专业培训及技术咨询, 读者在学习本书的过程中如果遇到问题, 可通过访问该公司的网站 <http://www.zalldy.com> 来获得技术支持。

咨询电话: 010-82176248, 010-82176249。



# 目 录

出版说明

前言

丛书导读

本书导读

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 曲面设计概要 .....           | 1  |
| 1.1 曲面设计的发展概况 .....          | 1  |
| 1.2 曲面造型的数学概念 .....          | 2  |
| 1.3 曲面造型方法 .....             | 3  |
| 1.4 光顺曲面设计技巧 .....           | 5  |
| 第 2 章 基准特征的创建 .....          | 7  |
| 2.1 基准特征和系统设置 .....          | 7  |
| 2.2 基准平面的创建 .....            | 8  |
| 2.3 基准轴的创建 .....             | 15 |
| 2.4 基准点的创建 .....             | 18 |
| 2.4.1 创建“点在曲线/边上”的基准点 .....  | 18 |
| 2.4.2 创建在“终点”的基准点 .....      | 20 |
| 2.4.3 过圆心点创建点 .....          | 20 |
| 2.4.4 在草图环境中创建基准点 .....      | 21 |
| 2.4.5 在曲面上创建基准点 .....        | 21 |
| 2.4.6 利用曲线与曲面相交创建点 .....     | 21 |
| 2.4.7 通过给定坐标值创建点 .....       | 22 |
| 2.4.8 利用两条曲线相交创建点 .....      | 22 |
| 2.4.9 创建点集 .....             | 23 |
| 2.5 基准坐标系的创建 .....           | 25 |
| 2.5.1 使用三个点创建坐标系 .....       | 25 |
| 2.5.2 使用三个平面创建坐标系 .....      | 27 |
| 2.5.3 使用两个相交的轴(边)创建坐标系 ..... | 27 |
| 2.5.4 创建偏置 CSYS 坐标系 .....    | 28 |
| 2.5.5 创建绝对坐标系 .....          | 28 |
| 2.5.6 创建当前视图坐标系 .....        | 29 |
| 第 3 章 曲线设计 .....             | 30 |
| 3.1 草图曲线 .....               | 30 |
| 3.2 基本空间曲线 .....             | 31 |
| 3.2.1 直线 .....               | 31 |
| 3.2.2 圆弧/圆 .....             | 34 |
| 3.2.3 曲线倒圆角 .....            | 38 |
| 3.2.4 倒斜角 .....              | 41 |

|       |                 |    |
|-------|-----------------|----|
| 3.3   | 高级空间曲线 .....    | 43 |
| 3.3.1 | 样条曲线 .....      | 44 |
| 3.3.2 | 二次曲线 .....      | 45 |
| 3.3.3 | 规律曲线 .....      | 47 |
| 3.3.4 | 螺旋线 .....       | 50 |
| 3.3.5 | 文本曲线 .....      | 52 |
| 3.4   | 来自曲线集的曲线 .....  | 53 |
| 3.4.1 | 镜像 .....        | 53 |
| 3.4.2 | 偏置 .....        | 54 |
| 3.4.3 | 在面上偏置曲线 .....   | 57 |
| 3.4.4 | 投影 .....        | 58 |
| 3.4.5 | 组合投影 .....      | 59 |
| 3.4.6 | 桥接 .....        | 60 |
| 3.5   | 来自实体集的曲线 .....  | 62 |
| 3.5.1 | 相交曲线 .....      | 62 |
| 3.5.2 | 截面曲线 .....      | 64 |
| 3.5.3 | 抽取曲线 .....      | 65 |
| 3.6   | 曲线分析 .....      | 67 |
| 3.6.1 | 显示极点 .....      | 68 |
| 3.6.2 | 曲率梳分析 .....     | 68 |
| 3.6.3 | 峰值分析 .....      | 69 |
| 3.6.4 | 拐点分析 .....      | 70 |
| 3.6.5 | 图表分析 .....      | 71 |
| 3.6.6 | 输出列表 .....      | 72 |
| 3.7   | 曲线编辑 .....      | 72 |
| 3.7.1 | 修剪曲线 .....      | 73 |
| 3.7.2 | 修剪角 .....       | 75 |
| 3.7.3 | 分割 .....        | 75 |
| 3.7.4 | 圆角 .....        | 78 |
| 3.7.5 | 拉长 .....        | 79 |
| 3.7.6 | 曲线长度的编辑 .....   | 80 |
| 第4章   | 简单曲面的创建 .....   | 82 |
| 4.1   | 曲面网格显示 .....    | 82 |
| 4.2   | 创建拉伸和回转曲面 ..... | 83 |
| 4.2.1 | 创建拉伸曲面 .....    | 83 |
| 4.2.2 | 创建回转曲面 .....    | 84 |
| 4.3   | 创建有界平面 .....    | 85 |
| 4.4   | 曲面的偏置 .....     | 85 |
| 4.4.1 | 创建偏置曲面 .....    | 86 |
| 4.4.2 | 偏移现有曲面 .....    | 86 |
| 4.5   | 曲面的抽取 .....     | 87 |
| 4.5.1 | 抽取独立曲面 .....    | 87 |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 4.5.2 抽取区域曲面 .....       | 89         |
| <b>第5章 自由曲面的创建 .....</b> | <b>91</b>  |
| 5.1 网格曲面 .....           | 91         |
| 5.1.1 直纹面 .....          | 91         |
| 5.1.2 通过曲线组 .....        | 92         |
| 5.1.3 通过曲线网格 .....       | 94         |
| 5.2 扫掠曲面 .....           | 98         |
| 5.2.1 普通扫掠 .....         | 98         |
| 5.2.2 沿引导线扫掠 .....       | 104        |
| 5.2.3 样式扫掠 .....         | 105        |
| 5.2.4 变化的扫掠 .....        | 106        |
| 5.2.5 管道 .....           | 108        |
| 5.3 桥接曲面 .....           | 109        |
| 5.4 艺术曲面 .....           | 112        |
| 5.4.1 艺术曲面构建方法 .....     | 112        |
| 5.4.2 艺术曲面应用范例 .....     | 115        |
| 5.5 截面体曲面 .....          | 121        |
| 5.6 N边曲面 .....           | 139        |
| 5.7 弯边曲面 .....           | 142        |
| 5.8 渐消曲面的构建 .....        | 144        |
| 5.8.1 渐消曲面的概念 .....      | 144        |
| 5.8.2 渐消曲面的构建——范例1 ..... | 145        |
| 5.8.3 渐消曲面的构建——范例2 ..... | 148        |
| 5.9 曲面分析 .....           | 150        |
| 5.9.1 曲面分析概述 .....       | 150        |
| 5.9.2 曲面分析 .....         | 150        |
| <b>第6章 曲面的编辑 .....</b>   | <b>168</b> |
| 6.1 曲面的修剪 .....          | 168        |
| 6.1.1 一般的曲面修剪 .....      | 168        |
| 6.1.2 修整片体 .....         | 169        |
| 6.1.3 分割表面 .....         | 170        |
| 6.1.4 等参数修剪/分割 .....     | 171        |
| 6.1.5 修剪与延伸 .....        | 173        |
| 6.2 曲面的延伸 .....          | 174        |
| 6.2.1 延伸 .....           | 174        |
| 6.2.2 规律延伸 .....         | 179        |
| 6.2.3 扩大曲面 .....         | 181        |
| 6.3 X-成形 .....           | 183        |
| 6.3.1 平移 .....           | 183        |
| 6.3.2 旋转 .....           | 184        |
| 6.3.3 比例 .....           | 186        |

|        |                         |     |
|--------|-------------------------|-----|
| 6.3.4  | 极点行平面化 .....            | 187 |
| 6.4    | 曲面的变形与变换 .....          | 188 |
| 6.4.1  | 曲面的变形 .....             | 188 |
| 6.4.2  | 曲面的变换 .....             | 191 |
| 6.4.3  | 整体突变 .....              | 192 |
| 6.5    | 曲面边缘的编辑 .....           | 193 |
| 6.5.1  | 匹配边 .....               | 193 |
| 6.5.2  | 编辑片体边界 .....            | 194 |
| 6.5.3  | 更改片体边缘 .....            | 196 |
| 6.6    | 曲面的缝合 .....             | 198 |
| 6.7    | 曲面的实体化 .....            | 198 |
| 6.7.1  | 开放曲面的加厚 .....           | 198 |
| 6.7.2  | 封闭曲面的实体化 .....          | 200 |
| 6.7.3  | 使用补片创建实体 .....          | 201 |
| 第 7 章  | 曲面中的倒圆角 .....           | 202 |
| 7.1    | 倒圆角类型 .....             | 202 |
| 7.1.1  | 边倒圆 .....               | 202 |
| 7.1.2  | 面倒圆 .....               | 204 |
| 7.1.3  | 软倒圆 .....               | 208 |
| 7.1.4  | 样式圆角 .....              | 210 |
| 7.2    | 倒圆角失败处理 .....           | 216 |
| 第 8 章  | TOP_DOWN 自顶向下产品设计 ..... | 219 |
| 8.1    | WAVE 几何链接器 .....        | 219 |
| 8.2    | 自顶向下设计的一般过程 .....       | 221 |
| 8.3    | 范例——手机的自顶向下设计 .....     | 227 |
| 8.3.1  | 范例概述 .....              | 227 |
| 8.3.2  | 创建一级控件 .....            | 229 |
| 8.3.3  | 创建上部二级控件 .....          | 232 |
| 8.3.4  | 创建下部二级控件 .....          | 235 |
| 8.3.5  | 创建三级控件 .....            | 238 |
| 8.3.6  | 创建屏幕 .....              | 240 |
| 8.3.7  | 创建下盖 .....              | 241 |
| 8.3.8  | 创建电池盖 .....             | 243 |
| 8.3.9  | 创建上盖 .....              | 244 |
| 8.3.10 | 创建按键 .....              | 247 |
| 8.3.11 | 编辑模型显示 .....            | 252 |
| 第 9 章  | 逆向造型工程 .....            | 253 |
| 9.1    | 逆向工程基本概念 .....          | 253 |
| 9.2    | 由点云创建曲线 .....           | 253 |
| 9.2.1  | 创建一般曲线 .....            | 254 |

|        |                         |     |
|--------|-------------------------|-----|
| 9.2.2  | 创建样条曲线 .....            | 255 |
| 9.3    | 由点云创建曲面 .....           | 258 |
| 9.3.1  | 通过点构面 .....             | 258 |
| 9.3.2  | 由点云构面 .....             | 260 |
| 9.4    | 范例——电吹风的逆向造型设计 .....    | 261 |
| 9.4.1  | 范例概述 .....              | 261 |
| 9.4.2  | 操作过程 .....              | 261 |
| 9.4.3  | 本例小结 .....              | 289 |
| 第 10 章 | 曲面设计综合范例.....           | 290 |
| 10.1   | 范例 1——实体文字的制作 .....     | 290 |
| 10.2   | 范例 2——汽车后视镜的设计 .....    | 292 |
| 10.3   | 范例 3——自行车座 .....        | 296 |
| 10.4   | 范例 4——皮靴鞋面 .....        | 299 |
| 10.5   | 范例 5——加热丝 .....         | 304 |
| 10.6   | 范例 6——笔帽的设计 .....       | 308 |
| 10.7   | 范例 7——叶轮的设计 .....       | 312 |
| 10.8   | 范例 8——淋浴喷头的设计 .....     | 316 |
| 10.9   | 范例 9——咖啡壶的设计 .....      | 320 |
| 10.10  | 范例 10——水嘴旋钮的设计 .....    | 325 |
| 10.11  | 范例 11——订书机盖的设计 .....    | 330 |
| 10.12  | 范例 12——遥控器控制面板的设计 ..... | 338 |

# 第 1 章 曲面设计概要

## 本章提要

随着时代的进步,人们的生活水平和质量都在不断地提高,追求完美日益成为时尚。对消费产品来说,人们在要求其完备的功能外,越来越追求外形的美观。因此,产品设计者很多时候需要用复杂的曲面来表现产品外观。本章主要包括:

- 曲面设计的发展概况
- 曲面造型的数学概念
- 曲面造型方法
- 光顺曲面的设计技巧

## 1.1 曲面设计的发展概况

曲面造型 (Surface Modeling) 是随着计算机技术和数学方法的不断发展而逐步产生和完善起来的。它是计算机辅助几何设计 (Computer Aided Geometric Design, 简称 CAGD) 和计算机图形学 (Computer Graphics) 的一项重要内容, 主要研究在计算机图像系统的环境下对曲面的表达、创建、显示以及分析等。

早在 1963 年, 美国波音飞机公司的 Ferguson 首先提出将曲线曲面表示为参数的矢量函数方法, 并引入参数三次曲线。从此, 曲线曲面的参数化形式成为形状数学描述的标准形式。

到了 1971 年, 法国雷诺汽车公司的 Bezier 又提出一种控制多边形设计曲线的新方法, 这种方法很好地解决了整体形状控制问题, 从而将曲线曲面的设计向前推进了一大步。然而 Bezier 的方法仍存在连接问题和局部修改问题。

直到 1975 年, 美国 Syracuse 大学的 Versprille 首次提出具有划时代意义的有理 B 样条 (NURBS) 方法。NURBS 方法可以精确地表示二次规则曲线曲面, 从而能用统一的数学形式表示规则曲面与自由曲面。这一方法的提出, 终于使非均匀有理 B 样条方法成为现代曲面造型中最为广泛流行的技术。

当今在 CAD / CAM 系统的曲面造型领域, 有一些功能强大的软件系统, 如美国 Unigraphics Solutions 公司的 UG, 美国 PTC 公司的 Pro / ENGINEER, 美国 SDRC 公司的 I-DEAS MasterSeries 以及法国达索系统的 CATIA 等, 他们各具特色和优势, 在曲面造型领域中都发挥着举足轻重的作用。

美国 Unigraphics Solutions 公司的 UG 软件, 以其参数化、基于特征、全相关等新概念闻名于 CAD 领域。它在曲面的创建生成、编辑修改、计算分析等方面功能强劲, 另外它还可以将特殊的曲面造型实例作为一个特征加入特征库中, 使其功能得到不断地扩充。

随着计算机图形技术以及工业制造技术的不断发展, 曲面造型在近几年得到了长足的

发展,这主要表现在以下几个方面:

(1) 从研究领域来看,曲面造型技术已从传统的研究曲面表示、曲面求交和曲面拼接扩充到曲面变形、曲面重建、曲面简化、曲面转换和曲面等距性等。

(2) 从表示方法来看,以网格细分为特征的离散造型方法得到了高度的运用。这种曲面造型方法在生动逼真的特征动画和雕塑曲面的设计加工中更是独具优势。

(3) 从曲面造型方法来看,出现了一些新的方法,如基于物理模型的曲面造型方法、基于偏微分方程的曲面造型方法、流曲线曲面造型方法等。

如今,人们对产品的使用远远超出了只要求性能符合的底线,在此基础上人们更愿意接受能在视觉上带来冲击的产品。在较为生硬的三维建模设计中,曲面扮演的就是让模型更活泼,甚至具有装饰性的角色。不仅如此,在普通产品的设计中也对曲面的连续性提出了更高的要求,由原来的点连续提高到了相切连续甚至更高。在生活中,人们随处可见的电子产品、儿童玩具以及办公用品等产品的设计中都可以见证曲面设计的必要性以及重要性。

## 1.2 曲面造型的数学概念

曲面造型技术随着数学相关研究领域的不断深入而得到长足的发展,多种曲线、曲面被广泛应用。我们在此主要介绍其中最基本的一些曲线、曲面的理论及构造方法,使读者在原理和概念上有一个大致的了解。

### 1. 贝塞尔(Bezier)曲线与曲面

Bezier曲线与曲面是法国雷诺公司的Bezier在1962年提出的一种构造曲线曲面的方法,是三次曲线的形成原理,这是由四个位置矢量 $Q_0$ 、 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 定义的曲线。通常将 $Q_0$ 、 $Q_1$ 、……、 $Q_n$ 组成的多边形折线称为Bezier控制多边形,多边形的第一条折线和最后一条折线代表曲线的起点和终点的切线方向,其他曲线用于定义曲线的阶次与形状。

### 2. B样条曲线与曲面

B样条曲线继承了Bezier曲线的优点,仍采用特征多边形及权函数定义曲线,所不同的是权函数不采用伯恩斯坦基函数,而采用B样条基函数。

B样条曲线与特征多边形十分接近,同时便于进行局部修改。与Bezier曲面生成过程相似,由B样条曲线可以很容易推广到B样条曲面。

### 3. 非均匀有理B样条(NURBS)曲线与曲面

NURBS是Non-Uniform Rational B-Splines的缩写,是非均匀有理B样条的意思。具体



解释是:

- **Non-Uniform (非均匀)**: 指能够改变控制顶点的影响力范围。当创建一个不规则曲面的时候, 这一点非常有用。同样, 统一的曲线和曲面在透视投影下也不是无变化的, 对于交互的 3D 建模来说, 这是一个严重的缺陷。
- **Rational (有理)**: 指每个 NURBS 物体都可以用数学表达式来定义。
- **B-Spline (B 样条)**: 指用路线来构建一条曲线, 在一个或更多的点之间以内插值替换。

NURBS 技术提供了对标准解析几何和自由曲线、曲面的统一数学描述方法, 它可通过调整控制顶点和因子, 方便地改变曲面的形状, 同时也可以方便地转换成对应的 Bezier 曲面, 因此 NURBS 方法已成为曲线、曲面建模中最为流行的技术。STEP 产品数据交换标准也将非均匀有理 B 样条 (NURBS) 作为曲面几何描述的唯一方法。

#### 4. NURBS 曲面的特性及曲面连续性定义

##### (1) NURBS 曲面的特性。

NURBS 是用数学方式来描述形体, 采用解析几何图形, 曲线或曲面上任何一点都有其对应的坐标  $(x,y,z)$ , 所以具有高度的精确性。NURBS 曲面可以由任何曲线生成。

对于 NURBS 曲面而言, 剪切是不会对曲面的  $uv$  方向产生影响的, 也就是说不会对网格产生影响, 如图 1.2.1 所示。剪切前后, 网格 ( $u$  方向和  $v$  方向) 并不会发生实质的改变, 这也是通过剪切四边面来构成三边面和五边面等多边面的理论基础。

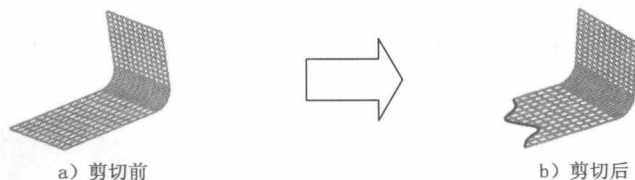


图 1.2.1 剪切曲面

##### (2) 曲面 $G1$ 与 $G2$ 连续性定义。

$G_n$  表示两个几何对象间的实际连续程度。例如:

- $G0$  意味着两个对象相连或两个对象的位置是连续的。
- $G1$  意味着两个对象光滑连接, 一阶微分连续, 或者是相切连续的。
- $G2$  意味着两个对象光滑连接, 二阶微分连续, 或者两个对象的曲率是连续的。
- $G3$  意味着两个对象光滑连接, 三阶微分连续。

## 1.3 曲面造型方法

曲面造型的方法有很多种, 下面介绍最常见的几种方法。