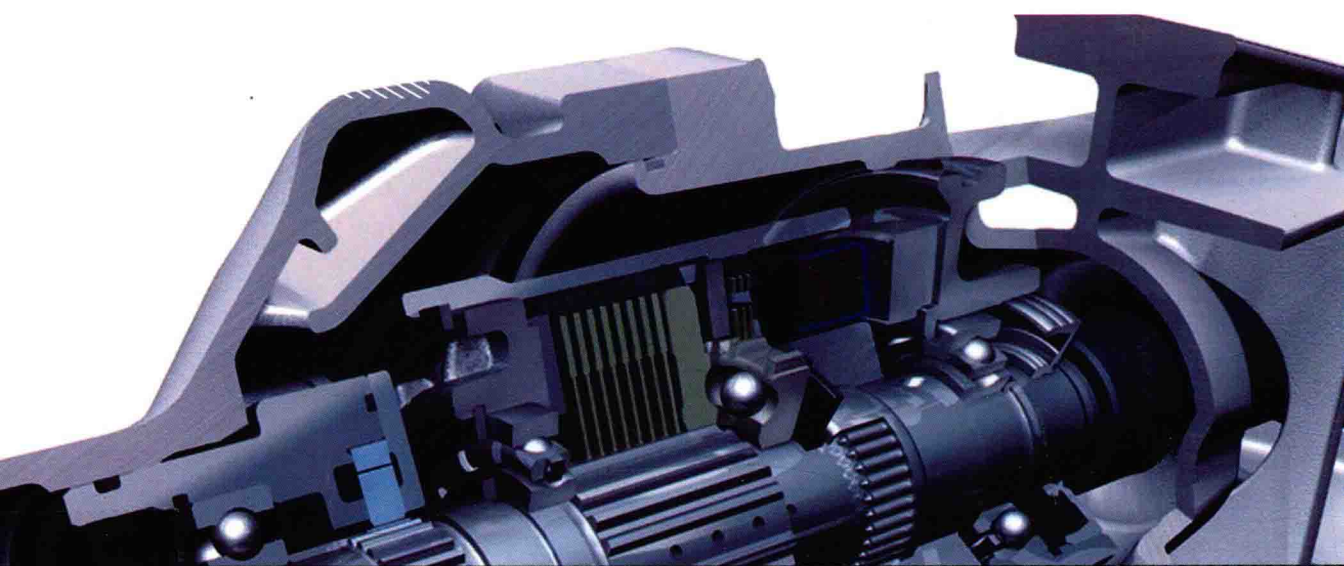





UG NX 11.0 工程应用精解丛书

UG NX 11.0 曲面设计教程

北京兆迪科技有限公司 © 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

附视频光盘
含语音讲解

UG NX 11.0 工程应用精解丛书

UG NX 11.0

教程

北京兆迪科技有限公司 编著

机械工业出版社

本书全面、系统地介绍了使用 UG NX 11.0 进行曲面设计的过程、方法和技巧。书中内容包括曲面设计的发展概况、曲面造型的数学概念、曲面基准特征的创建、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，最后一章还给出了大量的曲面设计综合范例。

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，本书紧贴软件实际操作界面，使初学者能够尽快上手，提高学习效率。本书附带 1 张多媒体 DVD 学习光盘，盘中有大量 UG 曲面设计技巧和具有针对性实例的教学视频，语音讲解详细，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。

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 曲面设计自学教程和参考书，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。

本书是“UG NX 11.0 工程应用精解丛书”中的一本，读者在阅读本书后，可根据自己工作和专业的需要，抑或为了进一步提高 UG 技能、增加职场竞争力，再购买丛书中的其他书籍。

图书在版编目 (CIP) 数据

UG NX 11.0 曲面设计教程/北京兆迪科技有限公司
编著. —7 版. —北京: 机械工业出版社, 2017.6
(UG NX 11.0 工程应用精解丛书)
ISBN 978-7-111-56870-4

I. ①U... II. ①北... 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 (2017) 第 110095 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: 杨民强 丁 锋 责任编辑: 丁 锋

封面设计: 张 静 责任校对: 张晓蓉

责任印制: 李 飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2017 年 9 月第 7 版第 1 次印刷

184mm×260 mm·22.25 印张·413 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-56870-4

ISBN 978-7-88709-958-7 (光盘)

定价: 59.90 元 (含 1DVD)

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

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

丛书介绍与选读

“UG NX 工程应用精解丛书”自出版以来，已经拥有众多读者并赢得了他们的认可和信赖，很多读者每年在软件升级后仍继续选购。UG 是一款功能十分强大的 CAD/CAM/CAE 高端软件，目前在我国工程机械、汽车零配件等行业占有很高的市场份额。近年来，随着 UG 软件功能进一步完善，其市场占有率越来越高。本套 UG 丛书的质量在不断完善，丛书涵盖的模块也不断增加。为了方便广大读者选购这套丛书，下面特对其进行介绍。首先介绍本 UG 丛书的主要特点。

- ❑ 本 UG 丛书是目前市场涵盖 UG 模块功能较多、体系完整、丛书数量（共 20 本）比较多的一套丛书。
- ❑ 本 UG 丛书在编写时充分考虑了读者的阅读习惯，语言简洁，讲解详细，条理清晰，图文并茂。
- ❑ 本 UG 丛书的每一本书都附带 1 张多媒体 DVD 学习光盘，对书中内容进行全程讲解，并且制作了大量 UG 应用技巧和具有针对性的范例教学视频，进行详细的语音讲解，读者可将光盘中语音讲解视频文件复制到个人手机、iPad 等电子工具中随时观看、学习。另外，光盘内还包含了书中所有的素材模型、练习模型、范例模型的原始文件以及配置文件，方便读者学习。
- ❑ 本 UG 丛书的每一本书在写作方式上，紧贴 UG 软件的实际操作界面，采用软件中真实的对话框、操控板和按钮等进行讲解，使初学者能够直观、准确地操作软件进行学习，从而尽快上手，提高学习效率。

本套 UG 丛书的所有 20 本图书全部是由北京兆迪科技有限公司统一组织策划、研发和编写的。当然，在策划和编写这套丛书的过程中，兆迪公司也吸纳了来自其他行业著名公司的顶尖工程师共同参与，将不同行业独特的工程案例及设计技巧、经验融入本套丛书；同时，本套丛书也获得了 UG 厂商的支持，丛书的质量得到了他们的认可。

本套 UG 丛书的优点是，丛书中的每一本书在内容上都是相互独立的，但是在工程案例的应用上又是相互关联、互为一体的；在编写风格上完全一致，因此读者可根据自己目前的需要单独购买丛书中的一本或多本。不过，读者如果以后为了进一步提高 UG 技能还需要购书学习时，建议仍购买本丛书中的其他相关书籍，这样可以保证学习的连续性和良好的学习效果。

《UG NX 11.0 快速入门教程》是学习 UG NX 11.0 中文版的快速入门与提高教程，也是学习 UG 高级或专业模块的基础教程，这些高级或专业模块包括曲面、钣金、工程图、注塑模具、冲压模具、数控加工、运动仿真与分析、管道、电气布线、结构分析和热分析等。如果读者以后根据自己工作和专业的需要，或者是为了增强职场竞争力，需要学习这些专

业模块，建议先熟练掌握本套丛书《UG NX 11.0 快速入门教程》中的基础内容，然后再学习高级或专业模块，以提高这些模块的学习效率。

《UG NX 11.0 快速入门教程》内容丰富、讲解详细、价格实惠，相比其他同类型、总页数相近的书籍，价格要便宜 20%~30%，因此《UG NX 4.0 快速入门教程》《UG NX 5.0 快速入门教程》《UG NX 6.0 快速入门教程》《UG NX 6.0 快速入门教程（修订版）》《UG NX 7.0 快速入门教程》《UG NX 8.0 快速入门教程》《UG NX 8.0 快速入门教程（修订版）》《UG NX 8.5 快速入门教程》和《UG NX 10.0 快速入门教程》已经累计被我国 100 多所大学本科院校和高等职业院校选为在校学生 CAD/CAM/CAE 等课程的授课教材。《UG NX 11.0 快速入门教程》与以前的版本相比，图书的质量和性价比有了大幅的提高，我们相信会有更多的院校选择此书作为教材。下面对本套 UG 丛书中每一本图书进行简要介绍。

（1）《UG NX 11.0 快速入门教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 的快速入门教程，内容包括 UG 功能概述、UG 软件安装方法和过程、软件的环境设置与工作界面的用户定制和各常用模块应用基础。
- 适用读者：零基础读者，或者作为中高级读者查阅 UG NX 11.0 新功能、新操作之用，抑或作为工具书放在手边以备个别功能不熟或遗忘而查询之用。

（2）《UG NX 11.0 产品设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 产品设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合中高级读者提高产品设计能力、掌握更多产品设计技巧。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

（3）《UG NX 11.0 工程图教程》

- 内容概要：本书是全面、系统学习 UG 工程图设计的中高级图书。
- 适用读者：适合中高级读者全面精通 UG 工程图设计方法和技巧之用。

（4）《UG NX 11.0 曲面设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 曲面设计的中高级图书。
- 适用读者：适合中高级读者全面精通 UG 曲面设计之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

（5）《UG NX 11.0 曲面设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 曲面造型设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合中高级读者提高曲面设计能力、掌握更多曲面设计技巧之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》《UG NX 11.0 曲面设计教程》。

（6）《UG NX 11.0 高级应用教程》

- 内容概要：本书是进一步学习 UG 高级功能的图书。
- 适用读者：适合读者进一步提高 UG 应用技能之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(7) 《UG NX 11.0 钣金设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 钣金设计的中高级图书。
- 适用读者：适合读者全面精通 UG 钣金设计之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(8) 《UG NX 11.0 钣金设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 钣金设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合读者提高钣金设计能力、掌握更多钣金设计技巧之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 钣金设计教程》。

(9) 《钣金展开实用技术手册（UG NX 11.0 版）》

- 内容概要：本书是学习 UG 钣金展开的中高级图书。
- 适用读者：适合读者全面精通 UG 钣金展开技术之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 钣金设计教程》。

(10) 《UG NX 11.0 模具设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 模具设计的中高级图书。
- 适用读者：适合读者全面精通 UG 模具设计。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(11) 《UG NX 11.0 模具设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 模具设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合读者提高模具设计能力、掌握更多模具设计技巧之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 模具设计教程》。

(12) 《UG NX 11.0 冲压模具设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 冲压模具设计的中高级图书。
- 适用读者：适合读者全面精通 UG 冲压模具设计之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(13) 《UG NX 11.0 冲压模具设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 冲压模具设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合读者提高冲压模具设计能力、掌握更多冲压模具设计技巧之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX

11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 冲压模具设计教程》。

(14) 《UG NX 11.0 数控加工教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 数控加工与编程的中高级图书。
- 适用读者：适合读者全面精通 UG 数控加工与编程之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(15) 《UG NX 11.0 数控加工实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 数控加工与编程实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合读者提高数控加工与编程能力、掌握更多数控加工与编程技巧之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 数控加工教程》。

(16) 《UG NX 11.0 运动仿真与分析教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 运动仿真与分析的中高级图书。
- 适用读者：适合中高级读者全面精通 UG 运动仿真与分析之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(17) 《UG NX 11.0 管道设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 管道设计的中高级图书。
- 适用读者：适合高级产品设计师阅读。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(18) 《UG NX 11.0 电气布线设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 电气布线设计的中高级图书。
- 适用读者：适合高级产品设计师阅读。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(19) 《UG NX 11.0 结构分析教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 结构分析的中高级图书。
- 适用读者：适合高级产品设计师和分析工程师阅读。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(20) 《UG NX 11.0 热分析教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 热分析的中高级图书。
- 适用读者：适合高级产品设计师和分析工程师阅读。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

前 言

UG 是一款功能强大的三维 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、数控加工、医疗和电子等诸多领域。由于具有强大的功能,UG 在国外大学里已成为工程类专业必修的课程,熟练运用 UG 也成为工程技术人员的必备技能。UG NX 11.0 是目前最新的版本,该版本在易用性、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。本书是学习 UG NX 11.0 的曲面设计教程,其特色如下。

- 内容全面:与其他同类书籍相比,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,首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,使读者能独立学习书中的内容。
- 写法独特:采用 UG NX 11.0 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 1 张多媒体 DVD 学习光盘,盘中包括大量 UG 曲面设计技巧和具有针对性实例的教学视频并进行了详细的语音讲解,可以帮助读者轻松、高效地学习。

本书由北京兆迪科技有限公司编著,参加编写的人员有詹友刚、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。虽然本书已经过多次审核,也难免有疏漏之处,恳请广大读者予以指正。

电子邮箱:zhanygjames@163.com 咨询电话:010-82176248, 010-82176249。

编 者

读者购书回馈活动

活动一:本书“随书光盘”中含有该“读者意见反馈卡”的电子文档,请认真填写本反馈卡,并 E-mail 给我们。E-mail:兆迪科技 zhanygjames@163.com, 丁锋 fengfener@qq.com。

活动二:扫一扫右侧二维码,关注兆迪科技官方公众微信(或搜索公众账号 zhaodikeji),参与互动,也可进行答疑。

凡参加以上活动,即可获得兆迪科技免费奉送的价值 48 元的在线课程一门,同时有机会获得价值 780 元的精品在线课程。



本书导读

为了能更高效地学习本书，务必请您仔细阅读下面的内容。

写作环境

本书使用的操作系统为 64 位的 Windows 7，系统主题采用 Windows 经典主题。本书采用的写作蓝本是 UG NX 11.0 中文版。

光盘使用

为方便读者练习，特将本书所有素材文件、已完成的实例文件、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 1 张多媒体 DVD 光盘，建议读者在学习本书前，先将光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中。D 盘上 ugnx11.8 目录下共有 3 个子目录。

(1) ugnx11_system_file 子目录：包含一些系统文件。

(2) work 子目录：包含本书的全部已完成的实例文件。

(3) 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。

光盘中带有“ok”扩展名的文件或文件夹表示已完成的实例。

相比于老版本的软件，UG NX 11.0 在功能、界面和操作上变化极小，经过简单的设置后，几乎与老版本完全一样（书中已介绍设置方法）。因此，对于软件新老版本操作完全相同的内容部分，光盘中仍然使用老版本的视频讲解，对于绝大部分读者而言，并不影响软件的学习。


本书约定

● 本书中有关鼠标操作的说明如下。

- ☑ 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椭圆操作步骤的表述。

Step1. 选择下拉菜单 **工具(T)** → **草图绘制实体(E)** → **椭圆(长短轴)(E)** 命令（或单击“草图”工具栏中的  按钮）。

Step2. 定义椭圆中心点。在图形区某位置单击，放置椭圆的中心点。

Step3. 定义椭圆长轴。在图形区某位置单击，定义椭圆的长轴和方向。

Step4. 确定椭圆大小。移动鼠标指针，将椭圆拉至所需形状并单击以定义椭圆的短轴。

- ☑ 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，子操作 (1) 下可能包含 ①、②、③ 等子操作，子操作 ① 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 UG 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务，并提供 UG 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

丛书介绍与选读

前言

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 光顺曲面的设计技巧	5
第 2 章 曲面基准特征的创建	7
2.1 基准特征和系统设置	7
2.2 基准平面的创建	9
2.3 基准轴的创建	16
2.4 基准点的创建	18
2.4.1 在曲线/边上创建基准点	19
2.4.2 在端点上创建基准点	20
2.4.3 过圆心点创建基准点	21
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	22
2.4.6 利用曲线与曲面相交创建基准点	22
2.4.7 通过给定坐标值创建基准点	23
2.4.8 利用两条曲线相交创建基准点	23
2.4.9 创建点集	24
2.5 基准坐标系的创建	26
2.5.1 使用三个点创建坐标系	26
2.5.2 使用三个平面创建坐标系	28
2.5.3 使用两个相交的轴(边)创建坐标系	29
2.5.4 创建偏置 CSYS 坐标系	29
2.5.5 创建绝对坐标系	30
2.5.6 创建当前视图坐标系	30
第 3 章 曲线设计	31
3.1 草图曲线	31
3.2 基本空间曲线	32
3.2.1 直线	32
3.2.2 圆弧/圆	36
3.2.3 曲线倒圆角	39
3.2.4 倒斜角	42
3.3 高级空间曲线	45
3.3.1 样条曲线	45
3.3.2 二次曲线	47
3.3.3 规律曲线	49
3.3.4 螺旋线	53
3.3.5 文本曲线	56

3.4	派生曲线	58
3.4.1	镜像	58
3.4.2	偏置	59
3.4.3	在面上偏置曲线	62
3.4.4	投影	63
3.4.5	组合投影	64
3.4.6	桥接	66
3.5	来自实体集的曲线	68
3.5.1	相交曲线	69
3.5.2	截面曲线	70
3.5.3	抽取曲线	72
3.6	曲线分析	73
3.6.1	显示极点	74
3.6.2	曲率梳分析	74
3.6.3	峰值分析	76
3.6.4	拐点分析	77
3.6.5	输出列表	78
3.7	曲线编辑	78
3.7.1	修剪曲线	79
3.7.2	修剪角	80
3.7.3	分割	81
3.7.4	圆角	83
3.7.5	拉长	84
3.7.6	曲线长度的编辑	85
第4章	简单曲面的创建	88
4.1	曲面网格显示	88
4.2	创建拉伸和旋转曲面	89
4.2.1	创建拉伸曲面	89
4.2.2	创建旋转曲面	90
4.3	创建有界平面	91
4.4	曲面的偏置	92
4.4.1	创建偏置曲面	92
4.4.2	创建偏置面	93
4.5	曲面的抽取	93
4.5.1	抽取独立曲面	94
4.5.2	抽取区域曲面	96
第5章	自由曲面的创建	98
5.1	网格曲面	98
5.1.1	直纹面	98
5.1.2	通过曲线组	99
5.1.3	通过曲线网格	102
5.2	扫掠曲面	106
5.2.1	普通扫掠	106
5.2.2	沿引导线扫掠	112
5.2.3	样式扫掠	113
5.2.4	变化的扫掠	115
5.2.5	管道	116
5.3	桥接曲面	117
5.4	艺术曲面	118
5.4.1	艺术曲面构建方法	118

5.4.2	艺术曲面应用范例	121
5.5	截面扫掠曲面	127
5.5.1	二次曲线截面	128
5.5.2	圆形截面	138
5.5.3	三次曲线截面	143
5.5.4	线性截面	146
5.6	N 边曲面	147
5.7	弯边曲面	150
5.8	渐消曲面的构建	154
5.8.1	渐消曲面的概念	154
5.8.2	渐消曲面的构建——范例 1	154
5.8.3	渐消曲面的构建——范例 2	157
5.9	曲面分析	160
5.9.1	曲面分析概述	160
5.9.2	曲面分析方法	160
第 6 章	曲面的编辑	178
6.1	曲面的修剪	178
6.1.1	一般的曲面修剪	178
6.1.2	修剪片体	179
6.1.3	分割表面	180
6.1.4	修剪与延伸	181
6.2	曲面的延伸	183
6.2.1	延伸	183
6.2.2	规律延伸	185
6.2.3	扩大曲面	187
6.3	X 型	189
6.3.1	平移	189
6.3.2	旋转	191
6.3.3	比例	192
6.3.4	平面化	193
6.4	曲面的变形与变换	194
6.4.1	曲面的变形	194
6.4.2	曲面的变换	195
6.4.3	整体突变	196
6.5	曲面边缘的编辑	197
6.5.1	匹配边	197
6.5.2	剪断为补片	198
6.5.3	局部取消修剪和延伸	199
6.5.4	替换边	200
6.5.5	更改片体边缘	201
6.6	曲面的缝合	202
6.7	曲面的实体化	203
6.7.1	开放曲面的加厚	203
6.7.2	封闭曲面的实体化	206
6.7.3	使用补片创建实体	207
第 7 章	曲面中的倒圆角	208
7.1	边倒圆	208
7.2	面倒圆	210
7.3	软倒圆	214
7.4	样式圆角	217

第 8 章	TOP_DOWN 自顶向下产品设计	224
8.1	WAVE 几何链接器	224
8.2	自顶向下设计的一般过程	226
8.3	范例——手机的自顶向下设计	234
8.3.1	范例概述	234
8.3.2	创建一级控件	236
8.3.3	创建上部二级控件	240
8.3.4	创建下部二级控件	244
8.3.5	创建三级控件	248
8.3.6	创建屏幕	250
8.3.7	创建下盖	251
8.3.8	创建电池盖	254
8.3.9	创建上盖	255
8.3.10	创建按键	258
8.3.11	编辑模型显示	264
第 9 章	曲面设计综合范例	265
9.1	范例 1——汽车后视镜的设计	265
9.2	范例 2——实体文字的制作	270
9.3	范例 3——肥皂的设计	273
9.4	范例 4——充电器的设计	278
9.5	范例 5——咖啡壶的设计	289
9.6	范例 6——水嘴手柄的设计	295
9.7	范例 7——吸尘器上盖的设计	304
9.8	范例 8——电话机面板的设计	314
9.9	范例 9——洗发水瓶的设计	324

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。人们在要求产品功能日益完备的同时,也越来越追求外形的美观。因此,产品设计者很多时候都需要用复杂的曲面来展现产品的外观。本章主要内容包括:

- 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, 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、法国达索系统的 CATIA 等, 它们各具特色和优势, 在曲面造型领域中都发挥着举足轻重的作用。

Siemens 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、办公用品等产品的设计中都可以见证曲面设计的必要性和重要性。

1.2 曲面造型的数学概念

曲面造型技术随着相关数学领域研究的不断深入而得到长足的发展，多种曲线、曲面被广泛应用。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 和 Q_3 定义的曲线。通常将 Q_0 、 Q_1 、 \dots 、 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，且便于进行局部修改。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

解释如下。

- **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-Splines (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) , 所以具有非常高的准确性。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。

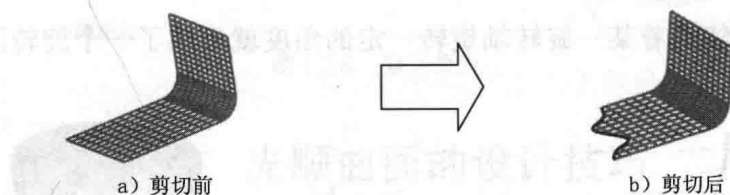


图 1.2.1 剪切曲面

(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。