



Pro/Engineer Wildfire 4.0 中文版

曲面设计与实例解析

杨宁宁 孙晓红 李乃文 等编著

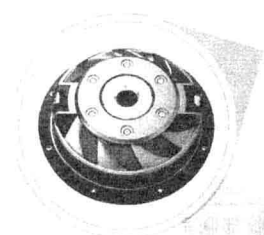
清华大学出版社



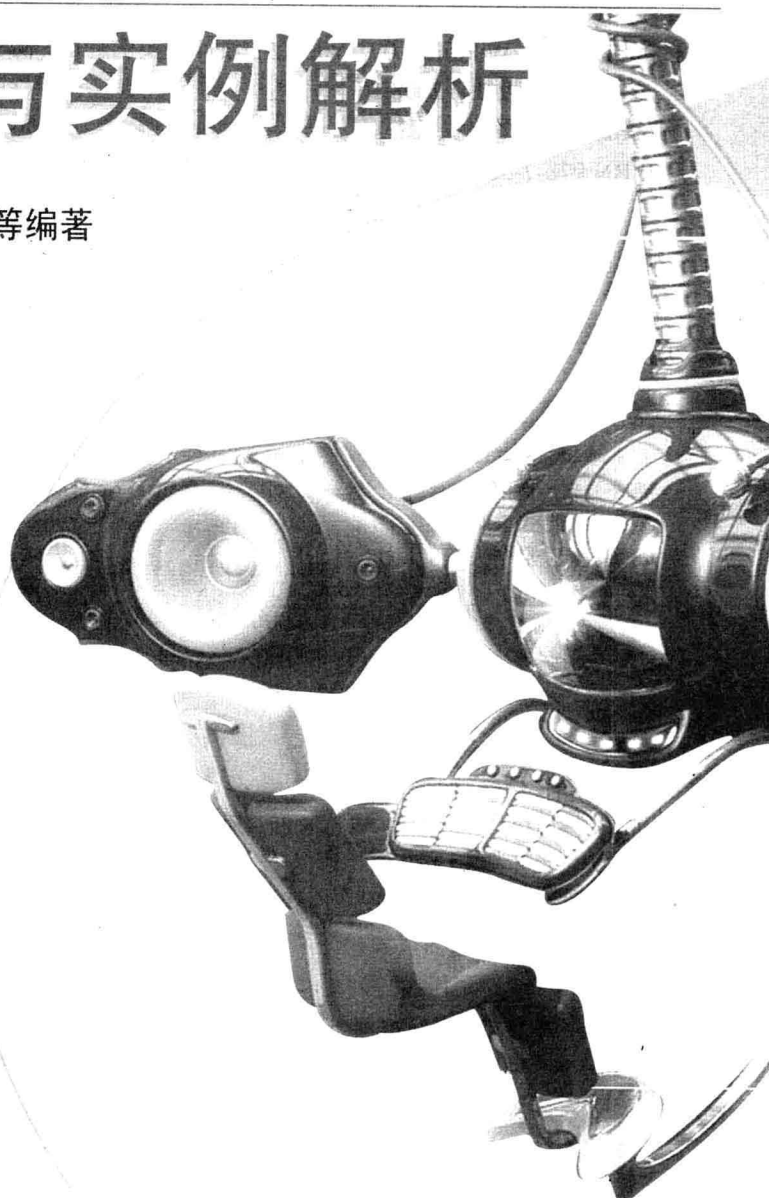


Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版 曲面设计与实例解析

杨宁宁 孙晓红 李乃文 等编著



清华大学出版社
北京



内 容 简 介

本书以最新版本 Pro/E 4.0 中文版为操作平台, 全面介绍了使用该软件创建和编辑曲线、曲面的方法和操作技巧。主要介绍了曲面特征的基础知识、基准特征、基本和高级曲面、编辑曲面、ISDX 曲面等, 全面覆盖了 Pro/E 曲面设计的应用领域。本书提供了精美的彩插, 配套光盘提供了大容量多媒体语音视频教程和实例源文件。

全书内容丰富、结构安排合理, 适合作为高校和职业技术学院 Pro/E 4.0 曲面设计培训教材, 也可以作为 Pro/E 工程设计人员的重要参考资料。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目 (CIP) 数据

Pro/Engineer Wildfire 4.0 中文版曲面设计与实例解析 / 杨宁宁, 孙晓红, 李乃文等编著. —北京: 清华大学出版社, 2008.10

(Pro/E 工程师成才之路)

ISBN 978-7-302-17958-0

I. P… II. ①杨… ②孙… ③李… III. 曲面—机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, Pro/Engineer Wildfire 4.0 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 093038 号

责任编辑: 夏兆彦 李玮琪

责任校对: 徐俊伟

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市金元印装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 190×260 印 张: 23.25 插 页: 1 字 数: 579 千字

附光盘 1 张

版 次: 2008 年 10 月第 1 版

印 次: 2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 39.80 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 028877-01

通过曲面对模型的精确描述和灵活再现,已经成为评定一个 CAD 系统功能强弱的重要标准。因为不同的模型如果仍然局限于过去的圆柱、椭圆类球体等规则的造型上,则无法适应人类现代产品迅速发展的要求,如曲面度高、光滑漂亮又实惠耐用的家电类产品。Pro/E 4.0 在此方面具有巨大的优势和垄断性,从通讯类产品、消费类产品、仪器仪表到医疗产品等,都涉及到 Pro/E 的设计,并且依然切切实实地在应用和发展中。特别是在开发的源头,很大程度上都是利用曲面工具,特别是高级曲面工具和造型工具完成设计这正是本书写作的目的。

1. 本书内容介绍

本书以最新中文版 Pro/Engineer Wildfire 4.0 软件为操作平台,将曲面设计所涉及的内容分作 10 章,详细讲述基本曲面、高级曲面的创建方法等诸多内容。

第 1 章 介绍曲面造型的基础知识,并从数学的角度介绍曲线和曲面的结构特征,以及曲面设计的主要思路和构建曲面的方法与技巧。

第 2 章 介绍在曲面设计过程中各种基准特征的功能及创建方法。详细介绍了基准点、基准轴、基准平面的功能和使用方法。

第 3 章 详细介绍绘制曲线的思路、操作方法以及曲线的调整编辑等基础知识,为曲面、复杂曲面的创建打好坚实牢固的基础。

第 4 章 介绍各种基础曲面特征的概念、分类以及特征工具等相关知识,并结合零件的具体造型来详细讲述基础特征的创建方法。

第 5 章 分别介绍边界混合、扫描混合、圆锥和 N 侧曲面等多种高级曲面的创建方法和技巧,并通过典型的案例详细介绍这些高级曲面的创建过程。

第 6 章 介绍复制、镜像、阵列和合并等多种曲面编辑工具的使用方法和操作技巧,并详细介绍了各类型曲面转换为实体的操作方法。

第 7 章 介绍 ISDX 曲面的基本知识和创建该类曲面的操作环境,并重点讲解该环境的主要创建工具和编辑 ISDX 曲线和曲面的方法与技巧。

第 8 章 通过具体的 3D 模型设计为例,详细介绍游戏机手柄模型实际开发工作的要求、建模思路和设计方法。

第9章 通过具体的轿车模型设计实例,介绍在实际工程开发领域中,执行产品逆向设计工作的具体操作方法和详细设计过程。

第10章 利用两个复杂的曲面设计模型作为本章的中心内容,将基准特征、基础曲面、高级曲面、造型曲面等各种曲面特征综合在一起,通过典型的曲面实体模型详细介绍获取曲面的方法。

2. 本书主要特色

在工程设计中,美观的外形和实用的功能永远是工业产品追求的目标,那么如何才能把握这一市场的需求呢?这就是本书中曲面设计所要讲的核心内容。本书在写作上体现以下特色:

□ 内容的实用性

在定制曲面设计知识点框架时,重心就放在内容的实用性上,无论是曲面的各种专业知识以及各个典型案例的挑选,都与工程实践设计紧密联系在一起。为了使用户更好地理解和应用工程开发领域的具体工作过程,在最后一章,采用实用案例式的讲解,同时配带简洁明了的步骤说明,使用户在案例制作过程中加深理解。

□ 知识的系统性

全书内容的阐述是一个循序渐进的过程,即从基准特征的创建、基础曲面高级曲面的创建和编辑、ISDX 曲面的创建和编辑,环环相扣。

此外,在主要章节中加入大量的典型案例,帮助用户巩固、加深对各知识点的了解及使用,引导用户快速提高上机操作能力。

3. 随书光盘内容

为了帮助用户更好地学习和使用本书,本书专门配带了多媒体学习光盘,提供了本书实例源文件、最终效果图和全程配音的教学视频文件。本光盘使用之前,需要首先安装光盘中提供的 tscc 插件才能运行视频文件。其中 example 文件夹提供了本书主要实例的全程配音教学视频文件;downloads 文件夹提供了本书实例素材文件;image 文件夹提供了本书主要实例最终效果图。

随书光盘特色如下:

□ 人性化设计

光盘主界面有4个按钮,分别是“实例欣赏”、“素材下载”、“教学视频”和“网站支持”,前3个按钮对应光盘的 image 文件夹、downloads 文件夹和 example 文件夹。用户只需单击相应的按钮,就可以进入相关程序,比如单击“网站支持”按钮可以直接链接到清华大学出版社网站。

□ 交互性

视频播放控制器功能完善,提供了“播放”、“暂停”、“快进”、“快退”、“试一试”等控制按钮,可以显示视频播放进度,用户使用非常方便。比如,在视频文件的播放过程中,单击“试一试”按钮,可以最小化视频播放界面,用户可以跟随视频文件指导,自行上机练习视频教学内容。

□ 功能完善

本光盘由专业技术人员使用 Director 技术开发,具有背景音乐控制、快进、后退、返回主菜单、推出等多项功能。用户只需单击相应的按钮,就可以灵活完成操作。比如,自动运行光盘时,单击“视频教程”按钮,可以进入视频文件界面,单击每一个视频按钮,就可以直接播放视频文件;如果手动打开光盘,可以进入 example 文件夹,双击对应的 avi 文件,直接打开视频文件。

□ 自动运行功能

本多媒体光盘具有自动运行功能,只需将光盘放入光驱中,系统将自动运行并进入主界面,展示“实例欣赏”、“素材下载”、“教学视频”和“网站支持”按钮。

4. 本书适用的对象

对于不具备任何软件操作基础的读者,本书通过丰富的练习操作,带领用户认识 Pro/E 软件,掌握软件基础操作,可以作为 Pro/E 软件曲面设计的入门读物;

对于三维软件操作基础的用户,可以初略学习三维产品设计操作内容,将学习重心放在创建和编辑曲线曲面上;

对于专业的曲面设计人员,本书后面提供了丰富的综合性案例,帮助读者掌握正向、逆向设计的方法和技巧。

本书是真正面向实际应用的 Pro/E 曲面设计入门基础图书,可以作为各类高等院校和职业技术学院机械设计相关专业的教材或教学参考书,也可作为社会相关培训中心的教材和自学参考书。

除了封面署名人员之外,参与本书编写的人员还有王敏、祁凯、徐恺、王泽波、牛仲强、温玲娟、王磊、张仕禹、赵振江、李振山、李文采、吴越胜、李海庆、王树兴、何永国、李海峰、陶丽、倪宝童、安征、张巍屹、王咏梅、张华斌、牛小平、贾栓稳、王立新、苏静、赵元庆等人。

尽管编者倾力相注,精心而为,但由于时间仓促,加之水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者批评指正,我们定会全力改进。

编 者

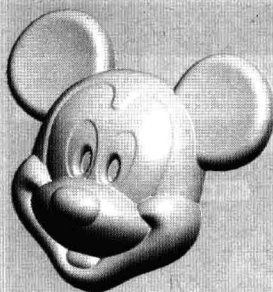
复杂曲面模型



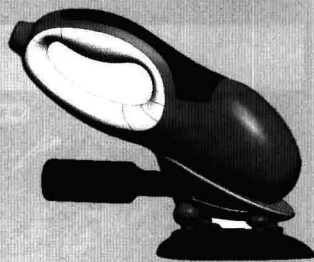
» 风扇组件模型



» 游戏机手柄模型



» 卡通猫模型

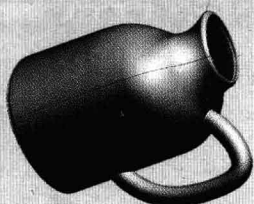


» 电熨斗

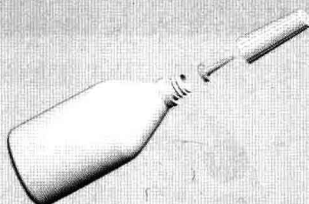
简单曲面模型



» 牙刷架模型



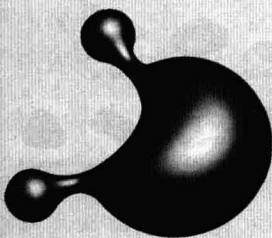
» 奶杯曲面



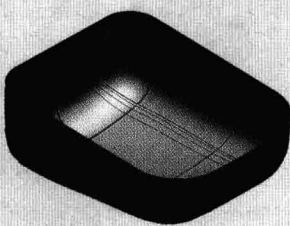
» 西瓜霜瓶



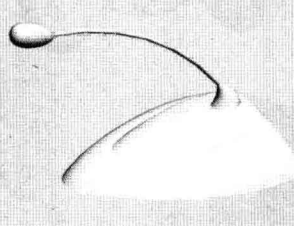
» 剃须刀



» 胃造型曲面体



» 空气过滤罩曲面



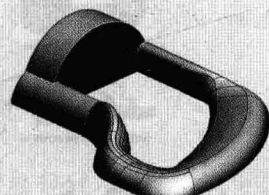
» 话筒座模型



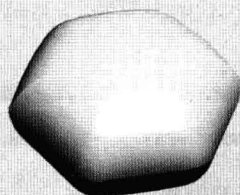
» 手柄套管



» 随身听耳机



» 电锤手柄曲面

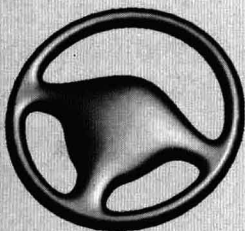


» 香香盒曲面

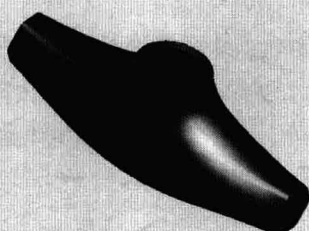


» 油壶曲面造型

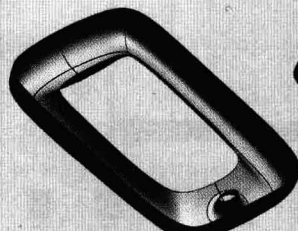
造形曲面模型



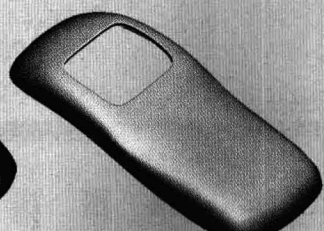
» 方向盘模型



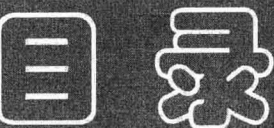
» 三通管道



» 触摸手机上壳体



» 手机上壳体



第 1 章	曲面设计概要	1
1.1	曲面的基础知识	1
1.1.1	曲面造型的发展概况	2
1.1.2	曲面的专业术语	3
1.1.3	曲面的分类	4
1.2	曲线和曲面的结构特征	5
1.2.1	曲线的结构特征	6
1.2.2	曲面的结构特征	8
1.3	曲面设计思路	9
1.3.1	学习曲面造型的方法	9
1.3.2	曲面设计的基本步骤	10
1.4	Pro/E 曲面设计的方法和特点	11
第 2 章	创建模型基准	15
2.1	基准特征概述	15
2.2	基准点	17
2.2.1	草绘基准点	17
2.2.2	利用坐标系创建点	18
2.2.3	域基准点	19
2.2.4	其他方法创建基准点	19
2.3	基准轴	23
2.3.1	利用点和线创建基准轴	23
2.3.2	利用面创建基准轴	24
2.4	基准平面	25
2.4.1	利用点和线创建基准面	26
2.4.2	利用面创建基准面	27
2.4.3	控制基准面显示	29
2.5	基准坐标系	29
2.5.1	利用点和线创建坐标系	30
2.5.2	利用面创建坐标系	30

2.5.3 利用原坐标系创建新

坐标系 31

2.6 典型案例 2-1: 创建空气过滤罩
曲面 322.7 典型案例 2-2: 创建靠背座椅
壳体 372.8 典型案例 2-3: 创建电锤手柄
曲面 41

2.9 上机练习 47

第 3 章 绘制曲线 49

3.1 草绘曲线 49

3.1.1 绘制直线 50

3.1.2 绘制圆 51

3.1.3 绘制圆弧 53

3.1.4 样条曲线 55

3.2 经过点创建曲线 60

3.3 曲面相交获得曲线 64

3.4 自文件创建曲线 64

3.5 从方程创建曲线 65

3.6 使用产品边界获得曲线 65

3.7 使用剖截面边界线创建曲线 66

3.8 投影和包络曲线 66

3.8.1 投影创建曲线 66

3.8.2 包络曲线 67

3.9 修剪曲线 68

3.10 曲面偏移创建曲线 69

3.10.1 通过曲面边界创建
曲线 693.10.2 通过表面上的曲线创建
曲线 703.11 典型案例 3-1: 六瓣花实体
模型 723.12 典型案例 3-2: 创建胃造型曲
面体 753.13 典型案例 3-3: 创建异型青苹果
曲面 81

3.14 典型案例 3-4: 油壶曲面造型 85

3.15 上机练习 93

第 4 章 基本曲面特征 95

4.1 拉伸 95

4.1.1 创建拉伸曲面 95

4.1.2 拉伸曲面修剪 96

4.1.3 编辑拉伸曲面 97

4.2 旋转 98

4.2.1 创建旋转曲面 98

4.2.2 旋转曲面修剪 99

4.2.3 编辑旋转曲面 99

4.3 扫描 100

4.3.1 创建扫描曲面 100

4.3.2 扫描曲面修剪 103

4.4 可变截面扫描 104

4.4.1 恒定剖面扫描 104

4.4.2 可变剖面扫描 107

4.5 螺旋扫描 108

4.5.1 固定螺距过轴扫描 108

4.5.2 固定螺距指定轨迹
扫描 109

4.5.3 可变螺距过轴扫描 110

4.5.4 可变螺距指定轨迹
扫描 111

4.6 混合 111

4.6.1 创建混合曲面 111

4.6.2 混合曲面修剪 115

4.7 典型案例 4-1: 创建香盒曲面
壳体 116

4.8 典型案例 4-2: 创建奶瓶零件 119

4.9 典型案例 4-3: 创建拉伸弹簧
曲面 123

4.10 上机练习 127

第 5 章 高级曲面特征 129

5.1 边界混合曲面 129

5.1.1 选取曲线 130

5.1.2 设置约束 133

5.1.3 调整控制点 134

5.1.4 【选项】上滑面板 135

5.2 扫描混合曲面 136



5.2.1	选择参照	136
5.2.2	绘制剖面	138
5.2.3	设置连接曲面相切	139
5.2.4	【选项】上滑面板	139
5.3	其他混合曲面的创建	140
5.3.1	两曲面间的混合	140
5.3.2	将剖面混合到曲面	140
5.4	圆锥曲面和 N 侧曲面	142
5.4.1	圆锥曲面	142
5.4.2	N 侧曲面	144
5.5	曲面自由形状	145
5.6	“带”曲面	148
5.7	扁平面组	149
5.8	典型案例 5-1: 创建手柄套管	150
5.9	典型案例 5-2: 钓杆支架模型	156
5.10	典型案例 5-3: 牙刷架模型	164
5.11	典型案例 5-4: 随身听耳机	170
5.12	上机练习	176

第 6 章 编辑曲面 178

6.1	复制曲面	178
6.1.1	粘贴性复制	178
6.1.2	特征的复制操作	180
6.2	镜像和阵列	184
6.2.1	镜像曲面	185
6.2.2	阵列曲面	185
6.3	填充和合并	191
6.3.1	合并曲面	191
6.3.2	填充曲面	192
6.4	延伸、偏移和修剪	192
6.4.1	延伸曲面	192
6.4.2	偏移曲面	193
6.4.3	修剪曲面	196
6.5	曲面转为实体	198
6.6	典型案例 6-1: 创建 MP3 外壳	200
6.7	典型案例 6-2: 创建手机上盖	205
6.8	典型案例 6-3: 创建话筒曲面模型	209

6.9	上机练习	213
-----	------	-----

第 7 章 ISDX 曲面 214

7.1	ISDX 曲面模块入门	214
7.1.1	认识 ISDX 曲面	214
7.1.2	ISDX 界面操作	215
7.2	创建 ISDX 曲线	218
7.2.1	自由曲线	218
7.2.2	平面曲线	219
7.2.3	COS 曲线	219
7.2.4	生成 ISDX 曲线	220
7.3	编辑 ISDX 曲线	222
7.3.1	修改 ISDX 曲线上点	222
7.3.2	改变曲线位置和类型	225
7.3.3	改变曲线形状	226
7.4	创建 ISDX 曲面	227
7.4.1	边界曲面	228
7.4.2	放样曲面	228
7.4.3	混合曲面	229
7.5	典型案例 7-1: 创建触摸手机上壳体	230
7.6	典型案例 7-2: 创建套管手柄壳体	234
7.7	典型案例 7-3: 创建三通管道	238
7.8	典型案例 7-4: 创建方向盘模型	245
7.9	上机练习	254

第 8 章 游戏机手柄模型 255

8.1	游戏机手柄模型概述	256
8.1.1	工程开发设计要求	256
8.1.2	设计思路及方法	256
8.1.3	模型设计流程	257
8.2	难点精解	258
8.2.1	绘制产品轮廓曲线	259
8.2.2	创建主体曲面	259
8.2.3	创建造型大曲面	260
8.2.4	添加裁剪曲面	260
8.2.5	填补裁剪曲面	261
8.2.6	创建组和组阵列特征	261

8.2.7	添加不同数值的圆角特征	261	9.7.8	添加车身中下部曲面特征	306
8.3	创建手柄模型	262	9.7.9	创建车身上部前端曲面	310
第 9 章	汽车上盖模型	279	9.7.10	创建汽车前轮上装饰板和整体曲面体	314
9.1	逆向工程概述	280	9.7.11	创建车门下面装饰槽	315
9.2	三坐标测量仪采集车盖数据	280	9.7.12	添加车尾车牌穴位等特征	318
9.3	逆向工程中数据采集规划	281	9.7.13	创建汽车前端修饰部分	321
9.4	工程开发设计要求	282	9.7.14	创建汽车前端大灯部分	323
9.5	设计思路及方法	282	9.7.15	添加车顶美工线	324
9.6	模型创建重要操作流程	283	9.7.16	添加车身左侧装饰槽	326
9.7	绘制图形	284	9.7.17	添加汽车左侧门	328
9.7.1	抄数创建车身主干曲线	284	9.7.18	曲面镜像创建汽车顶盖模型	332
9.7.2	创建车身顶部曲面	289	第 10 章	综合案例	333
9.7.3	创建车身中部曲面	292	10.1	卡通猫模型	333
9.7.4	创建汽车前脸曲面	294	10.2	电熨斗	346
9.7.5	添加汽车中下部曲面	296			
9.7.6	添加车身尾曲面	297			
9.7.7	合并车身顶部主要曲面	304			

曲面设计概要

流畅的曲面设计外形已经成为现代产品发展的趋向。利用 Pro/E 软件工具完成曲线式流畅造型的设计工作,是现代 Pro/E 产品设计实践中迫在眉睫的工程和市场的需要,也是本书的核心内容和写作目的。

在现代 CAD 应用软件中,对 3D 曲面建模的精确描述和灵活操作能力已经是评定三维 CAD 辅助设计功能是否强大的重要标志。传统意义上的实体造型技术仍然局限于创建规则或少数不规则的曲面形体,对于复杂的不规则曲面形体不能够完美表达,这就需要利用曲面设计功能的辅助来获得更完整的设计效果,然后通过 CAM 等软件工具加工和创建出不同的产品,以满足现代社会和市场经济的发展需要,正因为如此,曲面设计在三维造型设计中占据重要的永恒的地位。

本章主要介绍曲面造型的基础知识,并从数学的角度介绍曲线和曲面的结构特征,此外还介绍了曲面设计的主要思路和构建曲面的方法和技巧。

本章学习目的:

- 熟悉曲面的基础知识
- 了解曲面造型的发展概况
- 掌握曲线曲面的结构知识
- 掌握曲面设计的基本思路
- 认识曲面设计的方法和特征

1.1 曲面的基础知识

在现代工业设计环境中,三维 CAD 软件已经随着社会发展的步伐一步一步地革新和转变,特别是在曲面造型技术的发展和突变中,更是取得了日新月异的飞跃。小至一款简单的日用小饰

品,大到电器以及汽车等工业品的发展,都体现了这方面的变化和发展。所以,曲面已经将简单产品造型世界推向了一个另外崭新造型的曲面产品世界。

在这些工业设计中,强大的三维软件 Pro/E、UG 等是用来创建此类曲面的主要应用软件,使不同的产品能够更快速准确地解决自由曲面造型的问题,大大缩短了整个设计开发或变更的周期,而且能够准确、迅速地体现设计者的意图。这些工程三维软件共同的特点是能够提供工业设计进行概念设计、创意建模和渲染出不同的真实效果。它们不仅能够完成工业设计的要求,而且具有功能强大的结构建模能力,对于整个工程的制造生产更是提供了强大的支持。

1.1.1 曲面造型的发展概况

随着计算机图形显示对真实性、实时性和交互性要求的日益增强,几何设计对象向着多样性、特殊性和拓扑结构复杂性靠拢这一趋势的日益明显,以及图形工业和制造工业迈向一体化、集成化和网络化步伐的日益加快,曲面造型技术近几年得到了长足的发展,主要表现在研究领域的急剧扩展。

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,扩展到曲面变形、曲面重建、曲面简化、曲面转换和曲面等距性。

1. 曲面变形

传统的约束曲面模型仅允许调整控制顶点或权因子来局部改变曲面形状,至多利用层次细化模型在曲面特定点进行直接操作;一些简单的基于参数曲线的曲面设计方法,如扫描、旋转法和拉伸法也仅允许调整生成曲线来改变曲面形状。计算机动画业和实体造型业迫切需要发展与曲面表示方式无关的变形方法或形状调配方法,于是产生了自由变形法、基于弹性变形或热弹性力学等物理模型的变形法、基于求解约束的变形法、基于几何约束的变形法等曲面变形技术,以及基于多面体对应关系的曲面形状调配技术。

2. 曲面重建

在精致的轿车车身设计或人脸类雕塑曲面的动画制作中,通常是利用油泥制模,再进行三维型值点采样。在医学图像可视化中,也常用 CT 切片来得到人体脏器表面的三维数据点。

从曲面上的部分采样信息来恢复原始曲面的几何模型,称为曲面重建。采样工具为激光测距扫描器、医学成像仪、接触探测数字转换器、雷达或地震勘探仪器等。根据重建曲面的形式,它可分为函数型曲面重建和离散型曲面重建。前者的代表如离散点集拟和法,后者的常用方法是建立离散点集的平面片逼近模型。

3. 曲面简化

与曲面重建一样,曲面简化这一研究领域目前也是国际热点之一。其基本思想是从三维重建后的离散曲面或造型软件的输出结果(主要是三角网络)中去除冗余信息,同时又保证模型的准确度,以利于图形显示的实时性、数据存储的经济性和数据传输的快速性。对于多分辨率曲面模型而言,这一技术还有利于建立曲面的层次逼近模型,进行曲面的分层显示、

传输和编辑。具体的曲面简化方法有网格顶点剔除法、网格边界删除法、网格优化法、最大平面逼近多边形法以及参数化重新采样法。

4. 曲面转换

同一张曲面可以表示为不同的数学形式,这一思想不仅具有理论意义,而且具有工业应用的现实意义。例如,NURBS 曲面设计系统与多项式曲面设计系统之间的数据传递和无纸化生产工艺。

5. 曲面等距性

它在计算机图形及加工中有着广泛的应用,因而成为这几年的热门课题之一。例如,数控机床的刀具路径设计就要研究曲线的等距性。但从数学表达式中容易看出,一般而言,一条平面参数曲线的等距曲线不再是有理曲线,这就超越了通用 NURBS 系统的使用范围,造成了软件设计的复杂性和数值计算的不稳定性。

此外,曲面造型在表示方法上也进行了极大的革新,以网格细分为特征的离散造型与传统的连续造型相比,大有后来居上的创新之势,这种曲面造型方法能够创建出生动逼真的特征动画和雕塑曲面。

1.1.2 曲面的专业术语

在创建曲面过程中,会出现许多专业性概念及术语,为了能够更准确地理解创建规则曲面和自由曲面的设计过程,很有必要解释以下概念。

□ 面组

在 Pro/E 中,当创建或处理非实体曲面时,使用的是面组。面组代表相连非实体曲面的“拼接体”,它可能由单个曲面或一个曲面集合组成,包含了描述所有组成面组的曲面的几何信息,以及面组曲面的连接或交截方式等信息;相对于实体而言,它只有表面特征,没有体积和质量,并且每一个曲面都是独立的几何体,可以包含一个特征,也可以包含多个特征;而一个面组可以包含一个或多个曲面部分。传统意义上任何曲面、曲面的组合以及实体的所有表面都属于曲面的范畴。

□ 曲面的 U、V 方向

曲面一般通过不同方向中大致一致的点或曲线来定义,那么,这个大致方向一般被称为曲面中互相垂直的 U 方向和 V 方向,U 方向一般代表水平方向,而与之垂直的方向被称为 V 方向。任何一个工程特征都是通过这两个方向来进行分析和介绍的。

□ 曲面的阶次

阶次属于一个数学概念,它类似于曲线的阶次。由于曲面具有 U、V 两个方向,所以每个曲面片体均包含 U、V 两个方向的阶次。在常规的三维软件中,阶次通常介于 2~24 之间,但最好采用 3 次,方便创建和分析,否则阶次过高会使系统计算量过大、产生缓慢的意外效果并在数据交换时容易造成数据丢失。

□ 曲面片类型

面组一般都是由曲面片构成的,根据曲面片的数量可分为单片和多片两种类型。单片是

指所建立的曲面体只包含一个单一的曲面片；而多曲面片是由一系列的单补片组成的。曲面片越多，越能在更小的范围内控制曲面片体的曲率半径等，但一般情况下，尽量减少曲面片的数量，这样可以使所创建的曲面更加光滑完整。

1.1.3 曲面的分类

在工程设计软件中，曲面概念是一个广义的范畴，包含曲面体、曲面片以及实体表面和其他自由曲面等，这里不再细致讲解此类名称上面的一些分类方法，而是根据其工艺属性和构造特点来分类并介绍曲面的类型。

1. 根据工艺属性分类

随着现代社会的不断发展，Pro/E、UG、CATIA 和 SolidWorks 等三维软件广泛应用于工业产品的设计领域，随着美学和舒适性要求的日益提高，对各个工业性产品，如汽车外壳等提出了 A 级曲面的概念，对比 A 级曲面从而衍生出 B 级和 C 级曲面等不同的品质要求。

(1) A 级曲面

A 级曲面并非是曲面质量的度量，而重视产品表面曲面的品质，其标准通常起源于客户工程的需求及要求。A 级曲面不只是一般意义上的曲面质量的等级，也是伴随着工业设计的发展而产生的一种通称。

A 级曲面最重要的一个特性就是光顺，即避免在光滑表面上出现突然的凸起、凹陷等。除了局部细节需要曲率逐渐变化的过渡曲面，这样的设计足以使产品外形摆脱机械产品生硬的过渡连接。另一个特性是除了细节特征，一般来讲趋向于采用大的曲率半径和一致的曲率变化，即无多余的拐点，体现完美柔和的曲面效果。

例如，轿车、汽车或其他电动设备外壳曲面对光顺度、美学要求比较高，属于特优质的曲面特征。该类曲面采用曲率逐渐过渡，从而避免了突然的凸起、凹陷等缺陷，如图 1-1 所示。

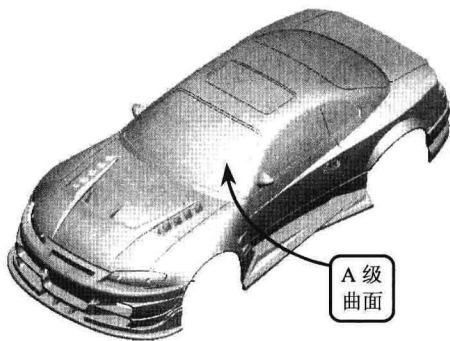


图 1-1 A 级曲面创建轿车壳体

(2) B 级曲面

一般汽车内部钣金件、结构件大部分都是初等解析几何面构成，这部分曲面与 A 级曲面设计立足点完全不同，它注重性能和工艺要求，而不必过于考虑人性化的设计。在满足性能及工艺要求后就可以认为达到要求，这一类曲面通常称为 B 级曲面。

对于一个产品来说，从外观上看不到的地方都可做成 B 级曲面，例如底板等大型不可见的曲面零部件，如图 1-2 所示。这样无论对于结构性能，还是加工成本来说，都是有益的。

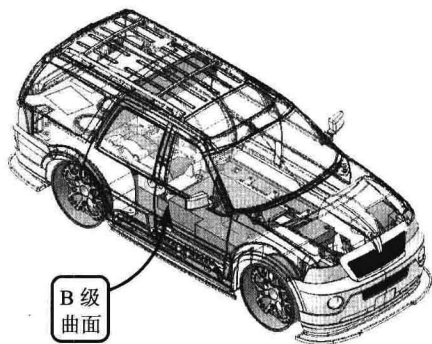


图 1-2 使用 B 级曲面创建底板

(3) C级曲面或要求更低的曲面

这种曲面在 CAD 工程中比较少用,例如用于汽车内部结构支撑件如内部支架等,一般是使用者或客户不能直视的部分。大多情况下用在雕塑和快速成型等方法创建而成的曲面,在 CAD 工程中一般做成 B 级曲面。

2. 根据曲面的构造方法分类

在计算机辅助绘图过程中,曲面是通过指定内部和外部边界曲线进行创建的,而曲线的创建又是通过单个或多个点作为参照来完成。因此可以说曲面是由点、线和面构成,分别介绍如下。

(1) 点表示曲面

点构造方法生成的曲面是非参数的,即生成的曲面与构造点没有关联性。当构造点进行编辑、修改后,曲面将不会产生关联性的更新,例如在设计时最常见的极点和点云,如图 1-3 所示,这种方法一般情况下不多用。

(2) 线表示曲面

曲线构造方法与点不同,通过曲线可生成全参数化的曲面特征,即对构造曲面的曲线进行编辑、修改后,曲面会自动更新,这种方法是最常用的曲面构造方法。例如有界面、拉伸曲面、网格曲面、曲面扫描,如图 1-4 所示。

(3) 曲面片体构成曲面

曲面片体又叫派生曲面构造方法,是指在其他片体的基础上进行构造曲面的一种方法,这种方法对于特别复杂的曲面非常有用,特别复杂的曲面仅仅利用基于曲线的构造方法有时难以完成,此时,要借助于基于曲面片体的构造方法才能完成。

这种方法生成的曲面大多数也是参数化的,也是最常用的曲面构造方法。这类曲面有:曲面的细节特征、曲面的偏置、曲面的联合体、曲面的关联复制、曲面编辑后生成的曲面等,如图 1-5 所示。

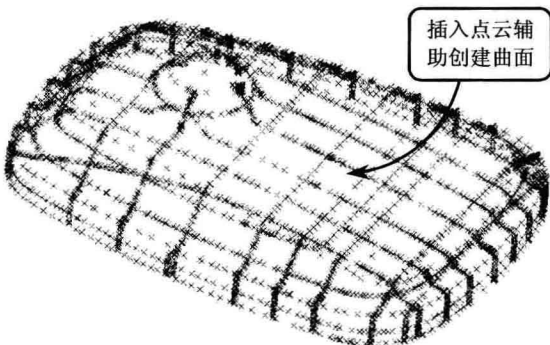


图 1-3 吸尘器点云

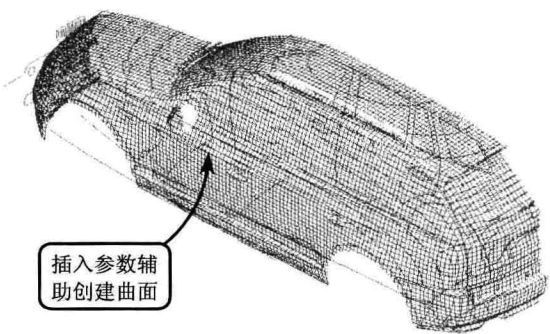


图 1-4 吉普车曲线



图 1-5 曲面片体吉普车曲面壳体

1.2 曲线和曲面的结构特征

在工程设计时,造型曲线是创建曲面的基础,曲线创建的越平滑,曲率越均匀,则获得