

实战

ACTUAL COMBAT

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0

中文版

曲面造型设计



胡仁喜 杨胜军 路纯红 等编著
飞思工业设计产品研发中心 监制

作者权威

本书作者有多年的计算机辅助设计领域工作经验和教学经验，本书展示了作者多年积累的设计经验及教学的心得体会，力求全面细致地展现出Pro/ENGINEER在曲面造型设计应用领域的各种功能和使用方法。

实例专业

本书中18个实例本身就是机械工程设计项目案例，经过作者精心提炼和改编，不仅保证了读者能够学好知识点，更重要的是能帮助读者掌握实际的操作技能。

提升技能

本书将工程设计中涉及到的曲面造型设计方面的专业知识融于其中，让读者深刻体会到Pro/ENGINEER工程设计的完整过程和使用技巧。真正做到以不变应万变。为读者以后的实际工作做好技术储备，使读者能够快速掌握工作技能。

内容精彩

全书以实例为绝对核心，透彻讲解曲面造型设计中的各种案例，书中采用的案例丰富而且具有代表性，经过了多次课堂和工程检验；案例由浅入深，每一个案例所包含的重点、难点非常明确，读者学习起来会感到非常轻松。

知行合一

结合大量的实例详细讲解Pro/ENGINEER知识要点，让读者在学习案例的过程中潜移默化地掌握Pro/ENGINEER软件的操作技巧，同时培养了工程设计实践能力。



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

随书所附光盘包含书中实例源文件、素材，以及多媒体教学文件

DVD
ROM

CAD/CAM/CAE 教学基地

实战

ACTUAL COMBAT

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0

中文版

曲面造型设计

胡仁喜 杨胜军 路纯红 等编著
飞思工业设计产品研发中心 监制

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

本书是以最新的 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 版本为演示平台,以 Pro/ENGINEER 软件中的曲面操作部分为主线,着重介绍 Pro/ENGINEER 软件的曲面特征在设计中的应用方法。全书分为 3 篇共 11 章:第 1 章为曲面造型综述;第 2 章主要介绍基本操作与基础曲面的创建;第 3 章主要介绍复杂曲面的建立;第 4 章主要介绍曲面的编辑;第 5 章主要介绍 ISDX 交互式曲面的设计;第 6 章主要介绍日常生活用品造型实例;第 7 章主要介绍电器类产品造型实例;第 8 章主要介绍通信产品造型实例;第 9 章主要介绍机械产品造型实例;第 10 章主要介绍仪表板的造型设计;第 11 章主要介绍电热水器的造型设计。

随书所附光盘包含书中实例源文件及素材,以及实例制作的多媒体教学文件,读者可以像看电影一样轻松愉悦地学习本书内容。

本书突出了实用性与技巧性,使学习者可以很快地掌握 Pro/ENGINEER 中曲面造型的设计方法,同时还可以学习到曲面在造型设计中各方面的应用技巧和方法,适合广大技术人员和机械专业的学生学习使用,也可以作为相关培训班的教学参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

实战 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版曲面造型设计 / 胡仁喜等编著. 北京: 电子工业出版社, 2008.9

(CAD/CAM/CAE 教学基地)

ISBN 978-7-121-06903-1

I. 实… II. 胡… 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 087270 号

责任编辑: 王树伟

印 刷: 北京京科印刷有限公司
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 850×1168 1/16 21.75 字数: 704 千字 彩插: 2

印 次: 2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 46.00 元 (含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

Pro/ENGINEER 是 PTC 公司为工业产品设计提供完整解决方案而推出的 CAD 设计系统软件。Pro/ENGINEER 以参数化设计技术而闻名,目前广泛应用于机械、汽车、航空、航天、家电等工业设计领域,全球约有 25 万设计工程师和设计人员在使用。它可以用在造型设计、机械设计、模具设计等。

利用 CAD/CAM 软件进行三维造型是现代产品设计的重要实现手段,而曲面造型则是三维造型中的难点。我们在从事 CAD/CAM 培训的过程中发现,尽管现有的 CAD/CAM 软件提供了十分强大的曲面造型功能,但初学者面对众多的造型功能普遍感到无所适从,往往是软件功能似乎已经学会了,但面对实际产品时又感到无从下手。即使是一些有经验的造型人员,由于其学习过程中的问题,也常常在造型思路或功能使用上存在一些误区,使产品造型的正确性和可靠性打了折扣。

本书特色

市面上的 Pro/ENGINEER 学习书籍浩如烟海,读者要挑选一本自己中意的书反而很困难,真是“暖花渐欲迷人眼”。那么,本书为什么能够在您“众里寻她千百度”之际时,于“灯火阑珊”中让您“蓦然回首”呢,那是因为本书有以下五大特色:

- 作者权威

本书作者有多年的工业设计领域工作经验和教学经验。本书是作者总结多年的设计经验及教学的心得体会,历时多年精心编著,力求全面细致地展现出 Pro/ENGINEER 在曲面造型设计应用领域的各种功能和技巧。

- 实例专业

本书中有很多实例本身就是工程设计项目案例,经过作者精心提炼和改编,不仅保证了读者能够学好知识点,更重要的是能帮助读者掌握实际的操作技能。

- 提升技能

本书从全面提升 Pro/ENGINEER 曲面造型设计能力的角度出发,结合大量的案例进行讲解,真正让读者懂得计算机辅助设计并能够独立地完成各种曲面造型设计。

- 内容精彩

全书以实例为绝对核心,透彻讲解各种类型曲面造型设计案例,案例多而且具有代表性,经过了多次课堂和工程检验;案例由浅入深,每一个案例所包含的重点和难点非常明确,读者学习起来会感到非常轻松。

- 知行合一

结合大量的曲面造型设计实例详细讲解 Pro/ENGINEER 知识要点,让读者在学习案例的过程中潜移默化地掌握 Pro/ENGINEER 软件操作技巧,同时培养了工程设计实践能力。

本书的组织结构和主要内容

本书是以最新的 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 版本为演示平台,着重介绍 Pro/ENGINEER 软件在机械设计中的应用方法。全书分为 3 篇共 11 章,各部分内容介绍如下。

1. 基础知识篇——介绍必要的基本操作方法和技巧

第 1 章主要介绍曲面造型综述;

第 2 章主要介绍基本操作与基础曲面的创建;

第 3 章主要介绍复杂曲面的建立;

第4章主要介绍曲面的编辑;

第5章主要介绍 isdx 交互式曲面。

2. 行业应用实例篇——详细介绍各种行业应用的曲面造型设计方法和技巧

第6章主要介绍日常生活用品造型实例;

第7章主要介绍电器类产品造型实例;

第8章主要介绍通信产品造型实例;

第9章主要介绍机械产品造型实例。

3. 工程综合实例篇——详细介绍两个综合性的工程设计实例的曲面造型设计方法和技巧

第10章主要介绍仪表板的造型设计;

第11章主要介绍电热水器的造型设计。

本书源文件

本书所有实例操作需要的原始文件和结果文件,以及上机实验实例的原始文件和结果文件都在随书光盘的“yuanwenjian”目录下,读者可以复制到计算机硬盘下参考和使用。

光盘使用说明

本书除利用传统的书面讲解外,随书配送了多媒体学习光盘。光盘中包含全书讲解实例和练习实例的源文件素材,并制作了全程实例动画同步 AVI 文件。利用作者精心设计的多媒体界面,读者可以随心所欲,像看电影一样轻松愉悦地学习本书。

光盘中有两个重要的目录希望读者关注,“yuanwenjian”目录下是本书所有实例操作需要的原始文件和结果文件,以及上机实验实例的原始文件和结果文件。“动画”目录下是本书所有实例的操作过程视频 AVI 文件,包括以下内容:

● 动画演示/6/

灯罩.avi, 对应书中 6.1 的讲解过程, 时长 6 分钟。

喷头.avi, 对应书中 6.2 的讲解过程, 时长 16 分钟。

手表.avi, 对应书中 6.3 的讲解过程, 时长 26 分钟。

塑料瓶.avi, 对应书中 6.4 的讲解过程, 时长 32 分钟。

玩具模型.avi, 对应书中 6.5 的讲解过程, 时长 25 分钟。

足球.avi, 对应书中 6.6 的讲解过程, 时长 19 分钟。

● 动画演示/7/

手电.avi, 对应书中 7.1 的讲解过程, 时长 13 分钟。

风扇.avi, 对应书中 7.2 的讲解过程, 时长 28 分钟。

油烟机腔.avi, 对应书中 7.3 的讲解过程, 时长 9 分钟。

● 动画演示/8/

电话线.avi, 对应书中 8.1 的讲解过程, 时长 5 分钟。

遥控器.avi, 对应书中 8.2 的讲解过程, 时长 38 分钟。

● 动画演示/9/

管件接头.avi, 对应书中 9.1 的讲解过程, 时长 26 分钟。

轮毂.avi, 对应书中 9.2 的讲解过程, 时长 25 分钟。

塑料焊接器.avi, 对应书中 9.3 的讲解过程, 时长 17 分钟。

斜齿轮.avi, 对应书中 9.4 的讲解过程, 时长 36 分钟。

油底壳.avi, 对应书中 9.5 的讲解过程, 时长 12 分钟。

- 动画演示/10/

仪表盘.avi, 对应书中第 10 章的讲解过程, 时长 24 分钟。

- 动画演示/11/

电热水器.avi, 对应书中第 11 章的讲解过程, 时长 58 分钟。

总共时长 6 小时 55 分钟。

如果读者对本书提供的多媒体界面不习惯, 也可以打开该文件夹, 选用自己喜欢的播放器进行播放。

提示: 由于本书多媒体光盘插入光驱后自动播放, 有些读者不知道怎样查看文件光盘目录。具体的方法是退出本光盘自动播放模式, 然后再单击计算机桌面上的“我的电脑”图标, 打开文件根目录, 在光盘所在盘符上单击鼠标右键, 在打开的快捷菜单中选择“打开”命令, 就可以查看光盘文件目录。

读者学习导航

本书突出了实用性及技巧性, 使学习者可以很快地掌握 Pro/ENGINEER 中曲面造型设计的方法和技巧, 可供广大的技术人员和工业工程专业的学生学习使用, 也可作为各大、中专院校的教学参考书。

本书既讲述了简要的基础知识, 又讲述了各个行业的实例, 最后还讲述了工程应用中的综合实例, 学习内容导航如下。

- 如果没有任何基础: 从头开始学习;
- 如果掌握了简单的 Pro/ENGINEER 基础知识: 从第 6 章开始学习, 具体掌握各种曲面造型的设计方法;
- 如果掌握了一般的 Pro/ENGINEER 曲面造型设计知识: 从第 10 章开始学习, 熟悉具体工程设计流程。

致谢

本书由三维书屋工作室策划, 胡仁喜、杨胜军、路纯红编著。参加编写的还有王敏、刘昌丽、王义发、张日晶、王艳池、熊慧、王培合、张俊生、王玉秋、周冰、王兵学、董伟、王渊峰、李瑞、袁涛、王佩楷、李鹏、周广芬、陈丽芹、李世强等, 他们在资料的收集、整理、校对方面也做了大量的工作, 在此向他们表示感谢!

编 著 者

飞思工业设计产品研发中心

联系方式

咨询电话: (010) 68134545 88254161-4167

电子邮件: support@fecit.com.cn (飞思) win760520@126.com (作者)

服务网址: <http://www.fecit.com.cn> <http://www.fecit.net>

通用网址: 计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

目 录

第 1 篇 基础知识篇

第 1 章 曲面造型综述	3
1.1 曲面造型历史	4
1.2 曲面现状和发展趋势	4
1.3 Pro/ENGINEER 优缺点评述	5
1.4 Pro/ENGINEER 曲面建模	6
1.4.1 参数化曲面建模	6
1.4.2 直接曲面建模和逆向工程	6
1.5 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 曲面建模新功能简介	7
1.6 Pro/ENGINEER 曲面建模学习方法	9
第 2 章 基本操作与基础曲面	11
2.1 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 工作界面介绍	12
2.1.1 标题栏	13
2.1.2 菜单栏	13
2.1.3 工具栏	15
2.1.4 浏览器选项卡	17
2.1.5 主工作区	18
2.1.6 拾取过滤栏	19
2.1.7 消息显示区	19
2.1.8 命令帮助区	19
2.2 文件操作	19
2.2.1 新建文件	19
2.2.2 打开文件	20
2.2.3 打开内存中文件	21
2.2.4 保存文件	21
2.2.5 删除文件	21
2.2.6 删除内存中文件	21
2.3 模型显示	21
2.4 基本曲面特征的创建	22
2.4.1 拉伸曲面	22
2.4.2 旋转曲面	23
2.4.3 扫描曲面	24
2.4.4 混合曲面	25

第 3 章 复杂曲面的建立	27
3.1 变剖面扫描	28
3.1.1 曲面建立	28
3.1.2 垂直于轨迹	29
3.1.3 恒定法向	31
3.1.4 多轨迹线建立变截面	32
3.2 扫描混合曲面	33
3.2.1 截面垂直于原始轨迹的扫描曲面	34
3.2.2 截面垂直于曲面的混成曲面	34
3.3 螺旋扫描曲面	36
3.3.1 用恒定螺距创建曲面	37
3.3.2 用可变螺距值创建螺旋扫描	37
3.3.3 螺距恒定且截面垂直于轨迹的高级右螺旋扫描	37
3.4 边界混成曲面	39
3.4.1 在一个方向上建立混成曲面	39
3.4.2 在两个方向上建立边界混成曲面	39
3.4.3 边界混成曲面的合成	40
3.4.4 受拟合曲面控制的边界混成曲面	48
3.4.5 生成封闭的边界混合曲面	48
3.4.6 增加控制点来生成边界混成曲面	49
3.4.7 边界的选取方式影响边界混成曲面的建立	49
3.4.8 通过边界条件来控制边界混成曲面的生成	50
第 4 章 曲面的编辑	53
4.1 复制曲面	54
4.1.1 普通复制	54
4.1.2 选择性复制	55
4.2 镜像曲面	55
4.3 裁剪曲面	56
4.3.1 用曲面来裁剪曲面	56
4.3.2 用面上的曲线来裁剪曲面	57
4.4 延伸曲面	57
4.5 偏移曲面	59
4.6 合并曲面	59
4.7 曲面加厚	60
4.8 曲面拔模	60
4.9 曲面的实体化	61
4.9.1 曲面转化为实体	61
4.9.2 利用曲面切削实体	62
4.10 曲面中的倒圆角	63
4.10.1 简单倒圆角	63
4.10.2 高级倒圆角	64

第 5 章 ISDX 交互式曲面设计	65
5.1 ISDX 的用户界面	66
5.1.1 进入 ISDX 模块	66
5.1.2 造型菜单	66
5.1.3 分析菜单和分析工具栏	67
5.1.4 造型工具栏	67
5.1.5 视图设置	68
5.2 造型术语	68
5.2.1 曲线的类型	69
5.2.2 通过相交建立 COS 曲线	70
5.3 点的类型	70
5.3.1 自由点	71
5.3.2 软点	71
5.3.3 固定点	71
5.4 曲率图	72
5.5 点的编辑	72
5.5.1 拖移	73
5.5.2 添加点和删除点	73
5.5.3 端点往外延伸	73
5.6 曲线类型的转换	74
5.7 曲线的复制	74
5.8 曲线的分割与组合	74
5.9 创建曲面	75
5.10 曲面的修剪	76
5.11 跟踪草绘	76
5.11.1 图片设置	77
5.11.2 绘制编辑轮廓曲线	78
第 2 篇 行业应用实例篇	
第 6 章 日常生活用品造型实例	83
6.1 灯罩的造型设计	84
6.1.1 绘制轮廓曲线	84
6.1.2 创建第 1 片曲线	86
6.1.3 阵列曲面	89
6.1.4 曲面合并	89
6.1.5 创建各处倒角	90
6.1.6 曲面加厚	91
6.2 塑料瓶的造型设计	92
6.2.1 创建塑料瓶的主体轮廓	92
6.2.2 创建偏移特征	94
6.2.3 创建塑料瓶底	96
6.2.4 创建瓶口并抽壳	98

6.2.5	创建瓶口螺纹	99
6.3	足球的造型设计	100
6.3.1	创建球体曲面	101
6.3.2	复制球面特征	104
6.3.3	复制、阵列五边形、六边形曲面组	109
6.3.4	生成足球	111
6.3.5	着色	111
6.4	喷头的造型设计	112
6.4.1	创建喷头草绘曲线	113
6.4.2	创建侧面的辅助截面	115
6.4.3	创建喷头曲面	118
6.4.4	创建喷头喷水部特征	120
6.4.5	创建喷水孔	122
6.5	手表表盘的造型设计	124
6.5.1	创建手表的盘面特征	125
6.5.2	创建与手表带相连的表耳及侧耳	126
6.5.3	倒圆角	128
6.5.4	创建盘面上的凹陷特征	129
6.5.5	调时旋钮	132
6.5.6	着色	133
6.6	卡通玩具的造型设计	134
6.6.1	建立旋转体	134
6.6.2	创建扫描曲面	135
6.6.3	创建翅膀	138
6.6.4	创建眼睛	141
6.6.5	创建脚	143
6.6.6	创建前面的肚皮	147
6.7	上机实验——果盘	149
第7章	电器类产品造型实例	151
7.1	油烟机内腔的造型设计	152
7.1.1	上下两侧的轮廓线	153
7.1.2	绘制侧面的轮廓线	154
7.1.3	创建曲面	157
7.1.4	镜像合并	159
7.1.5	曲面延伸加厚	159
7.2	充电手电的造型设计	161
7.2.1	导入手电的内部结构	162
7.2.2	绘制前后两端的轮廓线	162
7.2.3	绘制上下两侧的轮廓线及侧面轮廓	164
7.2.4	创建把手	166
7.2.5	曲面合并及倒圆角	168
7.2.6	创建前端曲面及加厚	170
7.3	风扇的造型设计	170

7.3.1	创建风扇轴	171
7.3.2	创建基准平面和曲线	173
7.3.3	创建基准点并生成扇片轮廓曲线	176
7.3.4	创建样条曲线	177
7.3.5	通过轮廓基准曲线创建扇片曲面	178
7.3.6	通过阵列创建其他的扇片曲面	179
7.3.7	将各个叶片上的 3 个曲面合并实体化	180
7.3.8	创建扇片的圆角特征	181
7.4	上机实验——旋钮	183
第 8 章	通信产品造型实例	185
8.1	遥控器的造型设计	186
8.1.1	创建遥控器的上表面	186
8.1.2	创建遥控器按钮孔	188
8.1.3	创建遥控器的下表面	192
8.1.4	创建底部凸起及倒圆角	194
8.1.5	创建电池盖板部分	197
8.1.6	曲面加厚及创建圆角特征	198
8.2	电话线的造型设计	198
8.2.1	创建扫描轨迹	199
8.2.2	创建可变剖面扫描曲面	200
8.2.3	创建扫描特征	202
8.2.4	隐藏曲线	203
8.3	上机实验——手机壳	203
第 9 章	机械产品造型实例	207
9.1	管件接头的造型设计	208
9.1.1	创建 3 个圆管	209
9.1.2	创建标识特征	210
9.1.3	创建连接曲面	212
9.1.4	创建第 2 片曲面	214
9.1.5	创建第 3 片曲面	216
9.1.6	曲面合并	221
9.1.7	镜像加厚	221
9.1.8	创建接头螺纹	222
9.2	渐开线斜齿轮的造型设计	224
9.2.1	定义变量和关系式	225
9.2.2	创建齿轮基本圆	227
9.2.3	创建渐开线	228
9.2.4	创建齿根圆	230
9.2.5	创建减重特征及轴孔	232
9.2.6	创建分度圆曲面及投影曲线	233
9.2.7	创建扫描混合截面	234
9.2.8	创建第 1 个轮齿特征	237

9.2.9	阵列轮齿	238
9.3	油底壳的造型设计	239
9.3.1	创建初始平面	240
9.3.2	创建油底壳的底和安装孔	242
9.3.3	创建底部的偏移特征	244
9.3.4	转换到钣金模块创建成型特征	246
9.4	塑料焊接器的造型设计	249
9.4.1	创建塑料焊接器的主体轮廓	250
9.4.2	创建把手轮廓线	251
9.4.3	创建把手曲面	253
9.4.4	创建按键孔及倒圆角	254
9.4.5	创建通风孔	255
9.4.6	曲面加厚镜像	256
9.5	轮毂的造型设计	257
9.5.1	建立外圈	258
9.5.2	曲面	259
9.5.3	绘制曲线	262
9.5.4	曲线投影	266
9.5.5	边界扫描	267
9.5.6	去除材料	269
9.5.7	挖孔	270
9.5.8	修饰	274
9.6	上机实验——鼓风机	275

第3篇 工程综合实例篇

第10章	仪表板的造型设计	281
10.1	创建参照草绘和基准平面、基准点	283
10.2	创建仪表板左侧轮廓的侧面控制线	285
10.3	创建左侧轮廓	288
10.4	检测曲面质量	291
10.5	创建左侧轮廓上的凸起特征	292
10.6	创建曲面修剪特征	294
10.7	创建仪表板下侧的造型特征	295
10.8	创建仪表板下侧的按钮孔	298
10.9	创建仪表板上侧的仪表孔	300
10.10	合并曲面并镜像	301
10.11	创建仪表板的中心板	302
10.12	创建仪表板的文字铭牌	303
10.13	设置颜色渲染	304
10.14	上机实验——台灯	306
第11章	电热水器的造型设计	309
11.1	创建热水器主体曲面	311

11.2	创建热水器出水口	313
11.3	创建热水器主体上端造型	314
11.4	创建热水器主体的修饰特征	317
11.5	创建热水器的把手	318
11.6	创建热水器主体的底面	320
11.7	创建热水器底座的轮廓线	322
11.8	创建热水器底座的曲面	325
11.9	加厚倒圆角	327
11.10	模型渲染	328
11.11	上机实验——油壶	330

第1篇

基础知识篇

第1章 曲面造型综述

第2章 基本操作与基础曲面

第3章 复杂曲面的建立

第4章 曲面的编辑

第5章 ISDX 交互式曲面设计

曲面造型综述

内容提要

曲面造型是计算机辅助几何设计和计算机图形学的一项重要内容,主要研究在计算机图像系统的环境下对曲面的表示、设计、显示和分析。它起源于汽车、飞机、船舶、叶轮等的外形放样工艺,由 Coons、Bezier 等大师于 20 世纪 60 年代奠定其理论基础。经过三十多年的发展,曲面造型如今已形成了以有理 B 样条曲面 (Rational B-spline Surface) 参数化特征设计和隐式代数曲面 (Implicit Algebraic Surface) 表示这两类方法为主体,以插值 (Interpolation)、拟合 (Fitting)、逼近 (Approximation) 这三种手段为骨架的几何理论体系。

知识重点

- 曲面的历史与发展趋势
- 曲面建模概述
- 曲面建模学习方法

1.1 曲面造型历史

形状信息的核心问题是计算机表示,它是既要解决适合计算机处理问题,有效地满足形状表示与几何设计要求,又便于形状信息传递和产品数据交换的形状描述的数学方法。1963年美国波音飞机公司的 Ferguson 首先提出了将曲线曲面表示为参数的矢函数方法,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。1964年美国麻省理工学院的 Coons 发表一种具有一般性的曲面描述方法,给定围成封闭曲线的4条边界就可定义一块曲面。但这种方法存在形状控制与连接问题。1971年法国雷诺汽车公司的 Bezier 提出一种由控制多边形设计曲线的新方法。这种方法不仅简单易用,而且漂亮地解决了整体形状控制问题,把曲线曲面的设计向前推进了一大步,为曲面造型的进一步发展奠定了坚实的基础。但 Bezier 方法仍存在连接问题和局部修改问题。到了1972年,de-Boor 总结给出了关于 B 样条的一套标准算法,1974年 Gordon 和 Riesenfeld 又把 B 样条理论应用于形状描述,最终提出了 B 样条方法。这种方法继承了 Bezier 方法的一切优点,克服了 Bezier 方法的缺点,较成功地解决了局部控制问题,又轻而易举地在参数连续性基础上解决了连接问题,从而使自由型曲线曲面形状的描述问题得到较好解决。但随着生产的发展, B 样条方法显示出明显不足,即不能精确表示圆锥截线及初等解析曲面,这就造成了产品几何定义的不唯一,使曲线曲面没有统一的数学描述形式,容易造成生产管理混乱。为了满足工业发展的进一步要求,1975年美国 Syracuse 大学的 Versprille 首次提出有理 B 样条方法。后来由于 Piegl 和 Tiller 等人的功绩,终于使非均匀有理 B 样条 (NURBS) 方法成为现代曲面造型中最为广泛流行的技术。NURBS 方法的提出和广泛流行是生产发展的必然结果。

NURBS 方法的突出优点在于: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,而其他非有理方法则无法做到这一点;具有可影响曲线曲面形状的权因子,使形状更宜于控制和实现;NURBS 方法是在 4D 空间的直接推广,多数非有理 B 样条曲线曲面的性质及其相应算法也适用于 NURBS 曲线曲面,便于继承和发展。由于 NURBS 方法有这些突出的优点,国际标准化组织 (ISO) 于 1991 年颁布了关于工业产品数据交换的 STEP 国际标准,将 NURBS 方法作为定义工业产品几何形状的唯一数学描述方法,从而使 NURBS 方法成为曲面造型技术发展趋势中最重要的基础。

1.2 曲面现状和发展趋势

随着计算机图形显示对于真实性、实时性和交互性要求的日益增强,随着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,随着图形工业和制造业迈向一体化、集成化和网络化步伐的日益加快,随着激光测距扫描等 3D 数据采集技术和硬件设备的日益完善,曲面造型近几年得到了长足的发展,这主要表现在研究领域的急剧扩展和表示方法的开拓创新。

(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上来。

(2) 从表示方法来看,以网格细分 (Subdivision) 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。这种曲面造型方法在生动逼真的特征动画和雕塑曲面的设计加工中如鱼得水,得到了高度的运用。

(3) 新的曲面造型方法:

① 基于物理模型的曲面造型方法。现有的 CAD/CAM 系统中的曲面造型方法建立在传统的 CAGD