

CATIA V5 工程应用精解丛书

CATIA软件应用认证指导用书

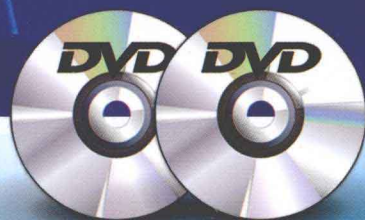
国家职业技能CATIA认证指导用书

CATIA V5 R20

曲面设计教程

QUMIAN SHEJI JIAOCHENG

詹熙达 ◎ 主编



- ◆ 附2张DVD光盘，6.6G的教学文件
- ◆ 光盘中含600分钟的详细语音视频讲解
- ◆ 309个设计技巧和实例的语音视频讲解

- ★ 全面、系统介绍CATIA的曲面设计方法
- ★ 实例丰富、典型，注重实用，工程性强
- ★ 讲解通俗易懂、条理清晰、图文并茂
- ★ 图标式讲解，使读者能够准确操作软件
- ★ 融入CATIA曲面设计高手的经验和心得



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

CATIA V5 工程应用精解丛书

CATIA 软件应用认证指导用书
国家职业技能 CATIA 认证指导用书

CATIA V5R20 曲面设计教程

詹熙达 主编



机械工业出版社

本书全面、系统地介绍了 CATIA V5R20 的曲面设计方法和技巧,包括曲面设计的发展概况、曲面造型的数学概念、线框的构建、简单曲面的创建、复杂曲面设计、曲线与曲面的编辑、曲面中的圆角、自由曲面设计、曲线和曲面的信息与分析、自顶向下设计、逆向工程以及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几十家不同行业的著名公司(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 309 个知识点、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 600 分钟;另外,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 6.6GB)。

在内容安排上,为了使读者能够更快地掌握该软件的基本功能,书中结合大量的实例对 CATIA V5R20 软件中的一些抽象的曲面概念、命令和功能进行讲解;另外,书中以范例的形式讲述了一些实际产品的设计过程,能使读者较快地进入设计状态;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 CATIA 自学入门教程和参考书籍,也可以作为大中专院校学生和各类培训学校学员的 CATIA 课程上课或上机练习教材。

图书在版编目(CIP)数据

CATIA V5R20 曲面设计教程/詹熙达主编。—2 版。

—北京:机械工业出版社,2012.8

(CATIA V5 工程应用精解丛书)

ISBN 978-7-111-39494-5

I. ①C… II. ①詹… 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(2012)第 193556 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

责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·24.25 印张·582 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-39494-5

ISBN 978-7-89433-613-2(光盘)

定价:59.80 元(附多媒体 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、法等国家之所以被称为发达国家，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，制造业是现代国民经济的支柱，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中。

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的方向发展；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通过并行工程、网络技术和数据库技术等先进技术，将 CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/ERP 等为制造业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、制造等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，为打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的优势，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 CATIA、Ansys、Adams 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软件园，专门从事 CAD/CAM/CAE 技术的开发、咨询及产品设计与制造等服务，并提供专业的 CATIA、Ansys、Adams 等软件的培训。该系列丛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。中关村软件园是北京市科技、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 and 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软件园的人才优势，在机械工业出版社的大力支持下，已经推出了或将陆续推出 CATIA、Ansys、Adams 等软件的“工程应用精解”系列图书，包括：

- CATIA V5 R20 工程应用精解丛书
- CATIA V5 工程应用精解丛书

- CATIA V5 R20 宝典
- CATIA V5 R20 实例宝典
- CATIA V5R20 机械设计教程（高校本科教材）
- MasterCAM 工程应用精解丛书
- Cimatron 工程应用精解丛书

“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产品设计、制造中的实际问题，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。
- **实例来源于实际，丰富而经典。**对软件中的主要命令和功能，先结合简单的实例进行讲解，然后安排一些较复杂的综合实例帮助读者深入理解、灵活应用。
- **写法独特，易于上手。**图书全部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。**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，能够高效地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

CATIA 是法国达索 (Dassault) 系统公司的大型高端 CAD/CAE/CAM 一体化应用软件, 在世界 CAD/CAE/CAM 领域中处于领导地位, 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。CATIA V5 是达索公司在为数字化企业服务过程中不断探索的结晶, 代表着当今这一领域的高水平, 包含了众多先进的技术和全新的概念, 指明了企业未来发展的方向, 与其他同类软件相比具有领先地位。

本书全面、系统地介绍了 CATIA V5R20 的曲面设计方法和技巧, 其特色如下:

- 内容全面, 与其他的同类书籍相比, 包括更多的 CATIA 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、灵活运用。
- 讲解详细, 条理清晰, 保证自学的读者能独立学习书中介绍的 CATIA 曲面功能。
- 写法独特, 采用 CATIA V5R20 软件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 309 个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, 时间长达 600 分钟, 2 张 DVD 光盘教学文件容量共计 6.6GB, 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) 的培训案例整理而成的, 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 CATIA、Ansys、Adams 等软件的专业培训及技术咨询。在本书的编写过程中得到了该公司的大力帮助, 在此衷心表示感谢。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> 来获得帮助。

本书由詹熙达主编, 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. 《CATIA V5R20 快速入门教程》
2. 《CATIA V5R20 高级应用教程》
3. 《CATIA V5R20 曲面设计教程》
4. 《CATIA V5R20 钣金设计教程》
5. 《CATIA V5R20 产品设计实例教程》
6. 《CATIA V5R20 曲面设计实例精解》
7. 《CATIA V5R20 钣金设计实例精解》
8. 《CATIA V5R20 工程图教程》
9. 《CATIA V5R20 管道设计教程》
10. 《CATIA V5R20 电缆布线设计教程》

（二）模具设计工程师学习流程

1. 《CATIA V5R20 快速入门教程》
2. 《CATIA V5R20 高级应用教程》
3. 《CATIA V5R20 工程图教程》
4. 《CATIA V5R20 模具设计教程》
5. 《CATIA V5R20 模具设计实例精解》

（三）数控加工工程师学习流程

1. 《CATIA V5R20 快速入门教程》
2. 《CATIA V5R20 高级应用教程》
3. 《CATIA V5R20 钣金设计教程》
4. 《CATIA V5R20 数控加工教程》
5. 《CATIA V5R20 数控加工实例教程》

（四）产品分析工程师学习流程

1. 《CATIA V5R20 快速入门教程》
2. 《CATIA V5R20 高级应用教程》
3. 《CATIA V5R20 运动分析教程》
4. 《CATIA V5R20 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

本书全面、系统地介绍了 CATIA V5R20 的曲面设计方法和技巧，可作为工程技术人员 CATIA 学习教程和参考书，也可作为大中专院校的学生和各类培训学校学员的 CATIA 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，本书采用的写作蓝本是 CATIA V5R20 中文版。

光盘使用

为方便读者练习，特将本书所有素材文件、已完成的实例等放入随书附带的光盘中，读者在学习过程中可以打开这些实例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 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 cat20.8 目录下共有 2 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（含语音讲解，时间长达 600 分钟）。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范例。

建议读者在学习本书前，先将随书光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中。

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。
- ☑ 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）的培训案例整理而成的，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 CATIA、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 光滑曲面造型技巧	6
1.5 CATIA 曲面模块简介	7
第 2 章 线框的构建	9
2.1 概述	9
2.2 点的创建	10
2.2.1 一般点的创建	10
2.2.2 点面复制	19
2.2.3 极值点的创建	21
2.2.4 极坐标极值定义	21
2.3 线的创建	23
2.3.1 直线	23
2.3.2 轴线	31
2.3.3 折线	34
2.3.4 圆	34
2.3.5 圆角	43
2.3.6 连接曲线	44
2.3.7 二次曲线	47
2.3.8 样条线	49
2.3.9 螺旋线	50
2.3.10 螺线	52
2.3.11 脊线	53
2.3.12 等参数曲线	55
2.3.13 投影	56
2.3.14 混合	58
2.3.15 反射线	59
2.3.16 相交	60

2.3.17	平行曲线	63
2.3.18	3D 曲线偏移	64
2.4	平面的创建	65
2.4.1	偏移平面	65
2.4.2	平行通过点	66
2.4.3	平面的角度/垂直	66
2.4.4	通过三个点	67
2.4.5	通过两条直线	68
2.4.6	通过点和直线	69
2.4.7	通过平面曲线	70
2.4.8	曲线的法线	70
2.4.9	曲面的切线	71
2.4.10	方程式	72
2.4.11	平均通过点	73
第 3 章	简单曲面的创建	74
3.1	概述	74
3.2	拉伸曲面	74
3.3	旋转曲面	75
3.4	球面	76
3.5	圆柱面	77
第 4 章	复杂曲面设计	79
4.1	偏移曲面	79
4.1.1	一般偏移曲面	79
4.1.2	可变偏移曲面	81
4.1.3	粗略偏移曲面	82
4.2	扫掠曲面	83
4.2.1	显示扫掠	83
4.2.2	直线式扫掠	87
4.2.3	圆式扫掠	95
4.2.4	二次曲线式扫掠	102
4.3	适应性扫掠曲面	106
4.4	填充曲面	107
4.5	创建多截面曲面	109
4.6	创建桥接曲面	110
第 5 章	曲线与曲面的编辑	111
5.1	接合曲面	111
5.2	修复曲面	113

5.3	取消修剪曲面	114
5.4	拆解	115
5.5	分割	116
5.6	修剪	118
5.7	边/面的提取	119
5.7.1	提取边界	120
5.7.2	提取曲面	121
5.7.3	多重提取	121
5.8	平移	122
5.9	旋转	123
5.10	对称	124
5.11	缩放	125
5.12	仿射	126
5.13	定位变换	127
5.14	外插延伸	128
5.15	反转方向	129
5.16	近接	130
5.17	将曲面转化为实体	130
5.17.1	使用“封闭曲面”命令创建实体	130
5.17.2	使用“分割”命令创建实体	131
5.17.3	使用“厚曲面”命令创建实体	132
第 6 章	曲面中的圆角	133
6.1	概述	133
6.2	简单圆角	133
6.3	一般倒圆角	135
6.4	可变圆角	136
6.5	面与面的圆角	138
6.6	三切线内圆角	139
第 7 章	自由曲面设计	141
7.1	概述	141
7.2	曲线的创建	141
7.2.1	概述	141
7.2.2	3D 曲线	141
7.2.3	在曲面上的空间曲线	145
7.2.4	投影曲线	146
7.2.5	桥接曲线	147
7.2.6	样式圆角	148

7.2.7	匹配曲线	149
7.3	曲面的创建	150
7.3.1	概述	150
7.3.2	缀面	150
7.3.3	在现有曲面上创建曲面	152
7.3.4	拉伸曲面	153
7.3.5	旋转曲面	154
7.3.6	偏移曲面	155
7.3.7	外插延伸	157
7.3.8	桥接	158
7.3.9	样式圆角	159
7.3.10	填充	162
7.3.11	自由填充	163
7.3.12	网状曲面	165
7.3.13	扫掠曲面	166
7.4	曲线与曲面操作	168
7.4.1	中断	168
7.4.2	取消修剪	170
7.4.3	连接	170
7.4.4	分割	171
7.4.5	曲线/曲面的转换	172
7.4.6	复制几何参数	174
7.5	曲面修改与变形	175
7.5.1	概述	175
7.5.2	控制点调整	175
7.5.3	匹配曲面	179
7.5.4	外形拟合	182
7.5.5	全局变形	183
7.5.6	扩展	186
第 8 章	曲线和曲面的信息与分析	187
8.1	曲线的分析	187
8.1.1	曲线的曲率分析	187
8.1.2	曲线的连续性分析	189
8.2	曲面的分析	190
8.2.1	曲面的曲率分析	190
8.2.2	曲面的连续性分析	192
8.2.3	曲面的拔模分析	194
8.2.4	曲面的距离分析	196

8.2.5	切除面分析	200
8.2.6	反射线分析	202
8.2.7	衍射线分析	203
8.2.8	强调线分析	204
8.2.9	映射分析	205
8.2.10	斑马线分析	206
第 9 章	自顶向下设计	209
9.1	自顶向下设计概述	209
9.2	自顶向下设计的一般过程	209
9.2.1	创建一级控件	211
9.2.2	创建二级控件	214
9.2.3	创建 U 盘上盖	218
9.2.4	创建 U 盘下盖	221
9.2.5	创建 U 盘顶盖	224
第 10 章	逆向工程	228
10.1	逆向工程概述	228
10.1.1	概念	228
10.1.2	逆向工程设计前的准备工作	229
10.1.3	CATIA V5R20 逆向设计简介	229
10.2	点云处理	230
10.2.1	点云数据的加载和输出	230
10.2.2	编辑点云	232
10.2.3	对齐点云	239
10.2.4	点云分析	245
10.3	点云网格化	248
10.3.1	创建网格面	248
10.3.2	偏移网格面	250
10.3.3	粗略偏移	251
10.3.4	翻转边线	252
10.3.5	平顺网格面	253
10.3.6	修补网格面	254
10.3.7	创建三角面	255
10.3.8	降低网格密度	257
10.3.9	优化网格	258
10.3.10	合并网格面	259
10.3.11	分割网格面	260

10.3.12	修剪/分割	260
10.3.13	平面上投影	262
10.4	创建曲线	263
10.4.1	3D 曲线	263
10.4.2	在网格面上绘制曲线	264
10.4.3	离散点云创建曲线	266
10.4.4	投影曲线	267
10.4.5	截面曲线	269
10.5	快速曲面重建	271
10.5.1	曲线分割	271
10.5.2	校正连接点	272
10.5.3	整理轮廓	273
10.5.4	曲线网格	274
10.5.5	拟合基础曲面	275
10.5.6	强制拟合曲面	277
10.5.7	曲面网格	280
10.5.8	自动曲面	281
10.6	范例——电吹风的逆向造型设计	282
第 11 章	曲面设计综合范例	295
11.1	曲面设计范例——水嘴旋钮	295
11.2	曲面设计范例——充电器上盖	303
11.3	曲面设计范例——电话机面板	315
11.4	曲面设计范例——遥控手柄	328
11.5	曲面设计范例——洗发水瓶	347

第 1 章 曲面设计概要

本章提要

随着时代的进步,人们的生活水平和生活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,人们在要求其具有完备的功能外,越来越追求外形的美观。因此,产品设计者在很多时候需要用复杂的曲面来表现产品外观。本章将针对曲面设计进行概要性讲解,主要内容包括:曲面设计的发展概况、曲面设计的基本方法和 CATIA 所有曲面应用模块简介。

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。

随着计算机图形技术以及工业制造技术的不断发展,曲面造型在近几年又得到了长足的发展,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,以网格细分为特征离散造型方法得到了广泛的运用。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。

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进步，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、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起点和终点的切线方向，其他折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，同时便于局部修改。与 Bezier 曲面生成过程相似，由 B 样条曲线可很容易地推广到 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（非统一）：指一个控制顶点的影响力的范围能够改变。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，同时也可方便地转换对应的 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