

UG NX



附2张
教学光盘

中文版

曲面造型



基础教程

老虎工作室 谢龙汉 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

ISBN 7-115-13739-1

老虎工作室 谢龙汉 编著



人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

UG NX 中文版曲面造型基础教程 / 谢龙汉编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.1
ISBN 7-115-13733-1

I. U... II. 谢... III. 工业产品—造型设计—计算机辅助设计—应用软件, UG NX3
IV. TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 144037 号

内 容 提 要

UG 是目前最先进的计算机辅助设计、分析和制造软件之一, 广泛应用于航空、航天、汽车、造船、通用机械和电子等工业领域, 它的功能强大, 可以轻松地完成绝大多数机械类设计、分析和制造等任务。

本书是一本实用性很强的 UG 计算机辅助设计教程, 全面介绍了 UG NX 3 软件的曲面造型功能, 包括由曲线创建曲面、曲面操作、曲面造型、曲线曲面分析、逆向工程造型和渲染等内容。本书结合实例详细介绍 UG 各个功能, 并且通过综合实例对各个功能示范综合应用。

为了方便读者学习, 本书附盘中收录了书中的全部实例文件和各实例操作过程的动画演示文件, 读者可以参考使用。

本书既适合大专院校的机械及相关专业学生使用, 也可以作为相关专业技术人员的 CAD 参考资料。

UG NX 中文版曲面造型基础教程

- ◆ 编 著 老虎工作室 谢龙汉
责任编辑 李永涛
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.5
字数: 449 千字 2006 年 1 月第 1 版
印数: 6 001—9 000 册 2006 年 3 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-115-13733-1/TP · 4853

定价: 38.00 元 (附 2 张光盘)

读者服务热线: (010) 67132692 印装质量热线: (010) 67129223



老虎工作室

主 编：沈精虎

编 委：	许曰滨	黄业清	姜 勇	宋一兵	高长铎
	田博文	谭雪松	杜俭业	向先波	毕丽蕴
	郭万军	宋雪岩	詹 翔	张 琴	周 锦
	冯 辉	王海英	蔡汉明	李 仲	马 震
	赵治国	赵 晶	张 伟	朱 凯	臧乐善
	郭英文	计晓明	张艳花	孙海侠	姜继红

内容和特点

UG 软件作为美国 UGS (Unigraphics Solutions) 公司的旗舰产品, 为用户提供了集成先进技术和一流实践经验的解决方案, 能够把任何产品构想付诸于实际。UG NX 3 由多个应用模块组成, 使用这些模块, 可以实现工业设计、绘图、装配、辅助制造和分析的一体化。

为了更好地使读者掌握 UG NX 3 软件的使用方法, 本书特别注重了内容的实用性, 结合实例详细介绍了曲面造型相关的操作功能, 并用综合实例对各项功能进行了综合应用。

全书共分 7 章, 各章内容简要介绍如下。

- 第 1 章 曲面造型数学基础: 介绍曲面造型设计过程中需要用到的基本数学知识, 包括点、曲线和曲面的构造方法。
- 第 2 章 由曲线创建曲面: 重点介绍了由线创建曲面的 5 种主要建模方法, 包括直纹面、通过曲线曲面、通过曲线网格曲面、扫描曲面和截面体曲面等。
- 第 3 章 曲面操作: 重点介绍了曲面操作功能, 包括延伸曲面、曲面偏置、桥接曲面、倒圆角、曲面缝合和曲面编辑等功能。
- 第 4 章 曲面造型应用实例: 本章通过“冷冻箱灯罩建模”和“饮料瓶造型”两个综合实例, 对第 3、4 章所述的功能进行综合应用, 从而使读者对前面所掌握的知识能够融会贯通。
- 第 5 章 曲线曲面分析: 介绍了曲面建模过程中常用的分析方法, 包括距离和角度的测量、曲线的质量分析、曲面的质量分析以及拔模分析等。
- 第 6 章 逆向工程造型: 介绍了由点、点云构建曲面的方法, 概述逆向工程曲面造型的一般方法, 并通过一个具体的实例——摩托车后视镜的制作, 详细介绍逆向造型的基本设立和造型方法。
- 第 7 章 渲染: 结合实例介绍生成图片、材料及纹理的设置、灯光效果, 视觉效果以及可视化参数设置等内容, 介绍 UG 的渲染功能。

读者对象

本书面向 UG 的中、高级用户, 既适合于大专院校的机械及相关专业学生使用, 也可以作为相关专业技术人员的 CAD 参考资料。

配套光盘的使用方法

一、运行环境

- 硬件环境: CPU 为奔腾 400MHz 以上多媒体计算机, 最好有 64MB 内存 (推荐 128MB 以上内存)。

- 软件环境: Windows 98/Me/NT/2000/XP, 并安装了 UG NX 3 软件和视频播放软件。

二、使用方法

在计算机中安装并运行 UG 软件, 通过该软件打开光盘中对应于各章的实例文件, 即可观察到实例模型的效果。

对于实例操作的视频文件只要安装了常用的媒体播放软件后, 双击该文件即可进行观看。

配套光盘内容简介

为了方便读者的学习, 我们将书中实例所涉及到的全部操作文件都收录到本书的配套光盘中, 光盘内容分为两大部分。

一、在“Ch*”目录

“Ch*”中的*号代表章号, 例如 Ch2 文件夹中的“*.prt”文件, 就是第 2 章中所使用的操作实例文件。

注意: 由于 UG 软件不支持中文名, 所以如果用户要把实例文件拷贝到自己的计算机上(如果要修改文件, 必须去掉文件的“只读”属性), 所起的文件夹和文件名都必须使用英文, 这样才能通过 UG 软件打开该实例文件。

二、“Ch*”目录中的 AVI 文件夹

该文件夹中的“*.avi”文件是典型实例的操作过程录像文件。录像文件是“*.avi”格式的, 用常用的视频播放软件即可观看。

注意: 播放文件前要安装光盘根目录下的“TSCC.EXE”插件。

感谢您选择了本书, 也请您把对本书的意见和建议告诉我们。

老虎工作室网站 <http://www.laohu.net>, 电子函件 postmaster@laohu.net。

老虎工作室

2005 年 10 月

第 1 章 曲面造型数学基础	1
1.1 几何元素	1
1.2 自由曲线的构造方法	2
1.3 自由曲面的构造方法	3
1.4 曲线曲面的连续性	4
1.5 小结	6
第 2 章 由线创建曲面	7
2.1 基本概念	7
2.2 直纹面	10
2.2.1 创建直纹面的操作步骤	10
2.2.2 直纹面的对齐方式	12
2.3 通过曲线曲面	18
2.3.1 创建通过曲线曲面的操作步骤	19
2.3.2 通过曲线曲面的参数设置	20
2.4 通过曲线网格曲面	26
2.4.1 通过曲线网格曲面的操作步骤	26
2.4.2 通过曲线网格曲面的参数设置	28
2.5 扫描曲面	34
2.5.1 扫描曲面的操作步骤	34
2.5.2 扫描曲面的方向控制	37
2.5.3 扫描曲面的缩放方式	42
2.5.4 扫描曲面的插值方式	43
2.5.5 扫描曲面的对齐方式	44
2.5.6 扫描曲面的比例控制	46
2.6 截面体曲面	51
2.6.1 端点-顶点-肩点	51
2.6.2 端点-斜率-肩点	53
2.6.3 圆角-肩点	54
2.6.4 三点圆弧	55
2.6.5 端点-顶点-Rho	56

2.6.6	端点-斜率-Rho	57
2.6.7	圆角-Rho	58
2.6.8	两点-半径	59
2.6.9	端点-顶点-高亮	60
2.6.10	端点-斜率-高亮	61
2.6.11	圆角-高亮	62
2.6.12	端点-斜率-圆弧	63
2.6.13	四点-斜率	64
2.6.14	端点-斜率-三次	64
2.6.15	圆角-桥接	65
2.6.16	五点	67
2.6.17	线性-相切	68
2.6.18	圆弧-相切	69
2.6.19	圆	69
2.6.20	点-半径-角度-圆弧	70
2.7	小结	72

第3章	曲面操作	73
3.1	延伸曲面	73
3.1.1	相切延伸	73
3.1.2	法向延伸	77
3.1.3	角度延伸	78
3.1.4	圆弧延伸	79
3.1.5	规律控制延伸	80
3.2	轮廓线弯边	83
3.3	曲面偏置	85
3.4	桥接曲面	87
3.5	裁剪曲面	89
3.6	倒圆角	92
3.6.1	面倒圆	92
3.6.2	软倒圆	98
3.7	N边曲面	99
3.8	曲面缝合	102
3.9	曲面增厚	103
3.10	曲面编辑	106
3.10.1	参数化编辑	106
3.10.2	移动定义点	108
3.10.3	移动极点	110

3.10.4 扩大曲面	112
3.10.5 等参数裁剪/分割	113
3.10.6 改变边界	115
3.11 小结	116
第4章 曲面造型应用实例	117
4.1 冷冻箱灯罩建模	117
4.1.1 主体曲面	119
4.1.2 灯孔	137
4.1.3 脊柱面	144
4.1.4 生成实体	147
4.2 饮料瓶造型	152
4.2.1 瓶底建模	152
4.2.2 瓶身建模	159
4.2.3 瓶颈建模	164
4.2.4 曲面整合	169
4.3 手机造型	172
4.3.1 整体模型	172
4.3.2 模型中间部分	186
4.3.3 模型下壳	193
4.3.4 模型上壳	195
4.4 小结	208
第5章 曲线曲面分析	209
5.1 测量距离	209
5.2 测量角度	211
5.3 曲线分析	215
5.4 截面分析	218
5.5 高亮反射线分析	222
5.6 曲面连续性分析	224
5.7 曲率半径分析	226
5.8 反射分析	228
5.9 斜率分析	229
5.10 拔模分析	230
5.11 小结	232

第6章 逆向工程造型 233

6.1 由点创建曲面.....	233
6.1.1 通过点曲面.....	233
6.1.2 从极点曲面.....	236
6.1.3 由点云曲面.....	238
6.2 逆向造型概述.....	239
6.3 后视镜的逆向造型设计.....	240
6.3.1 产品分析.....	240
6.3.2 导入点云.....	241
6.3.3 顶面的制作.....	242
6.3.4 侧面的制作.....	247
6.4 小结.....	256

第7章 渲染..... 257

7.1 建立高质量图片.....	257
7.2 建立艺术图片.....	262
7.3 材料/纹理设置.....	266
7.4 灯光效果.....	278
7.5 视觉效果.....	281
7.6 小结.....	286

第1章 曲面造型数学基础

主要内容

- 几何元素。
- 自由曲线的构造方法。
- 自由曲面的构造方法。
- 曲线曲面的连续性。

曲面模型通常使用点、曲线和曲面来表示三维物体的外形。本章将简要介绍曲面造型中构建物体外形的一些基本概念，帮助读者对曲面造型的数学原理有初步的了解，从而加深对曲面造型构建方法的理解。

1.1 几何元素

几何元素包括点、曲线和曲面3类，下面简单介绍这3类几何元素。

- 点：空间中的点通常表示为 (x, y, z) ，也就是一个点含有3个坐标分量。但有理曲线、有理曲面所使用的控制点，除了这3个坐标分量之外，还需要一个权重值，也就是控制点的坐标为 (wx_i, wy_i, wz_i, w_i) 。
- 曲线：曲线的几何元素包括直线、圆弧、椭圆、抛物线、双曲线、NURBS 样条曲线，如图1-1所示。

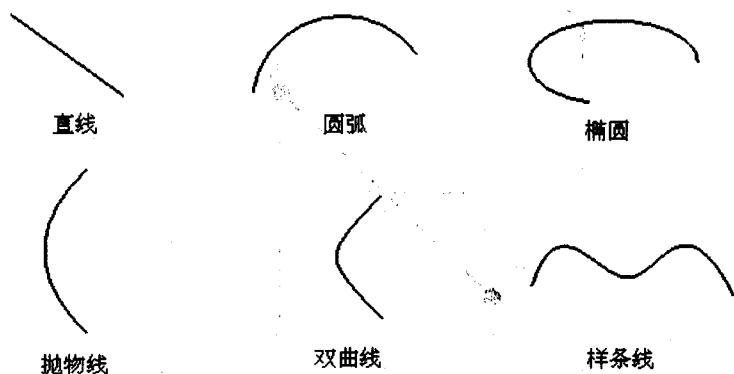


图1-1 曲线类型

- 曲面：曲面的种类包括圆柱面、圆锥面、球面、拉伸曲面、旋转曲面、B 样条曲面。在 UG 系统中，利用直纹面、扫描曲面、过曲线曲面、过网格曲线曲面以及自由曲面成型等功能构建的曲面是 B 样条曲面。曲面类型如图1-2所示。

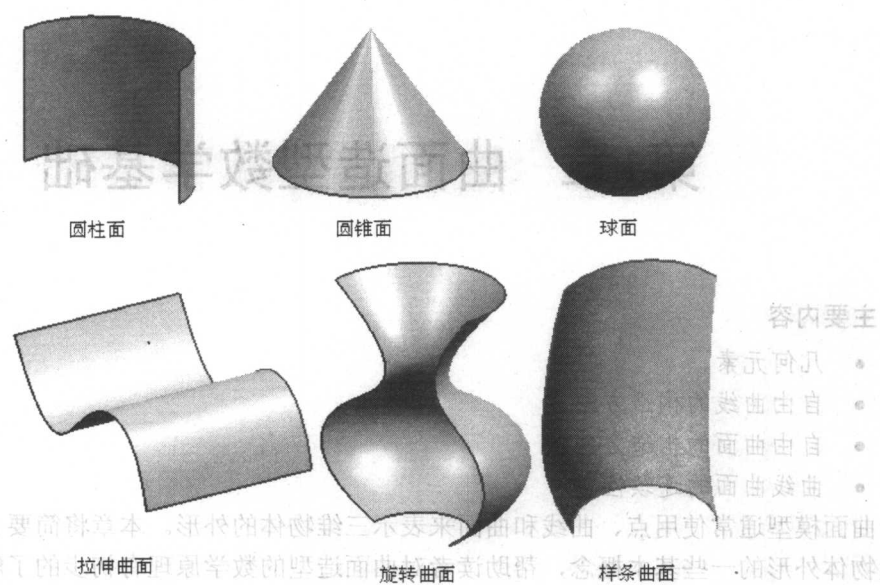


图1-2 曲面类型

1.2 自由曲线的构造方法

自由曲线的生成原理比较复杂，这里从最简单的样条曲线——线段开始说起。

在图 1-3 中，线段上的任意点 P 可以用线段的两个端点来表示，用线段两点式表示如下。其中@是“记做”符号。

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{|PP_1|}{|P_2P_1|} @t$$

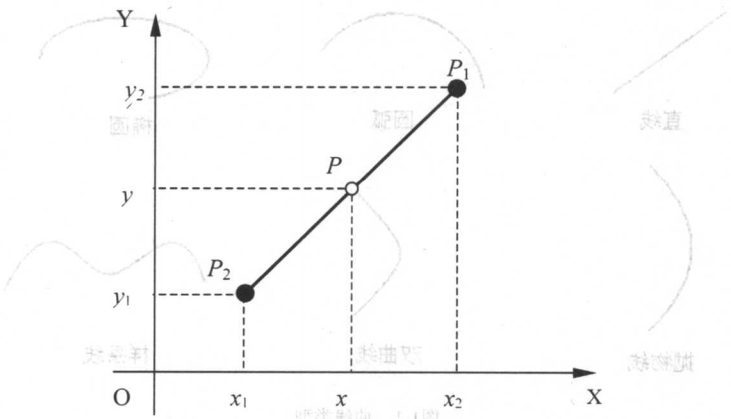


图1-3 线段示意图

其中， t 是线段的参数，其值域通常规定为 $0 \sim 1$ ，上式也就称为参数表达式。可将上式改写为以下表达式。



$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = (1-t) \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix}$$

由于 $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ 和 $\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$ 和 $\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix}$ 分别是 P 、 P_1 和 P_2 等3个点的坐标,因此我们可以将上式进一步简化如下。

$$P = (1-t)P_1 + tP_2$$

显然, P_1 和 P_2 控制了 P 的位置,因此我们称 P_1 和 P_2 为控制点。 t 和 $(1-t)$ 也影响了 P 的位置,反映了 P_1 和 P_2 点对 P 点的贡献量,因此,我们称 t 和 $(1-t)$ 为权重。

线段的这种参数化表达式称为一阶 Bezier。

下面我们讨论二阶的 Bezier 样条曲线的构造方法。

对于如图 1-4 所示的 3 个点 P_1 、 P_2 和 P_3 ,我们按照前面一阶 Bezier 样条曲线的构建方法,则 P_{11} 和 P_{12} 的表达式如下。

$$P_{11} = (1-t)P_1 + tP_2$$

$$P_{12} = (1-t)P_2 + tP_3$$

进一步,如果将 P_{11} 和 P_{12} 作为直线的两个端点,其上的任意点 P_t 表达式如下。

$$P_t = (1-t)P_{11} + tP_{12}$$

将 P_{11} 和 P_{12} 的表达式代入上式,得到:

$$P_t = (1-t)^2 P_1 + 2t(1-t)P_2 + t^2 P_3$$

这就是二阶 Bezier 样条曲线的表达式。

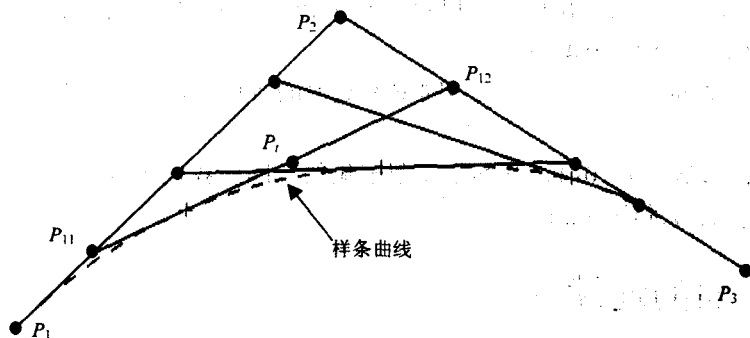


图1-4 二阶 Bezier 样条曲线构造方法

依次类推,我们可以得到对于 $n+1$ 个控制点 $P_i (i=0, 1, 2, \dots, n)$, 然后进行类似的插值构造,最终得到 n 阶 Bezier 样条曲线的表达式如下。

$$P_t = \sum_{i=0}^n P_i \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}$$

1.3 自由曲面的构造方法

自由曲面的构造可以看作是自由曲线构造方法的扩展,图 1-5 所示是 Bezier 曲面生成示意图。

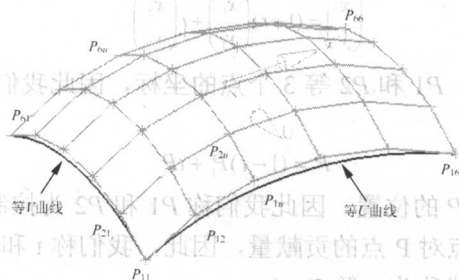


图1-5 Bezier 曲面生成示意图

上图中的自由曲面含有 6×6 个控制点，每个控制点可以记为 P_{ij} ($i=1, 2, \dots, 6; j=1, 2, \dots, 6$)。在第 1 行的控制点上，可以按照自由曲线的构造方法得到 Bezier 曲线，该曲线上的参数点记为 $P_1(u)$ 。同理，我们可以得到第 2~6 行的参数点 $P_i(u)$ ($i=2, 3, \dots, 6$)。我们再以 $P_i(u)$ ($i=1, 2, \dots, 6$) 为控制点，生成新的 Bezier 曲线，该曲线上的参数 v 的点记为 $P(u, v)$ 。当 u, v 在 $0 \sim 1$ 之间变化时， $P(u, v)$ 的位置也随之变化，从而就形成了一张 Bezier 曲面。

我们来考察沿着参数 u 方向进行第一轮插值得到的结果 $P_1(u), P_2(u), \dots, P_6(u)$ ，它们具有相同的 u 参数值，那么以这些为控制点的 Bezier 曲线称为曲面 $P(u, v)$ 上沿着参数 u 方向的等参数线。例如，当取 $u=0.4$ 时，沿着参数 u 方向进行第一轮插值得到的结果为 $P_1(0.4), P_2(0.4), \dots, P_6(0.4)$ ，而以这些点为控制点的曲线就称为曲面 $P(u, v)$ 上 $u=0.4$ 的等参数线，记为 $P(0.4, v)$ 。

同样的，自由曲面 $P(u, v)$ 上以相同 v 参数值的点作为控制点的曲线称为沿 v 方向的等参数线。

由于 u, v 的参数域是 $0 \sim 1$ ，其间是无限密集的，因此我们可以将自由曲面看成是由无数条等 u 和等 v 参数线编织而成的。

1.4 曲线曲面的连续性

在曲面造型过程中，经常需要关注曲线和曲面的连续性问题。曲线的连续性通常是曲线之间的端点连续问题，而曲面的连续性通常是曲面的边线之间的连续问题。曲线和曲面的连续性通常有位置连续、斜率连续、曲率连续和曲率的变化率连续等 4 种类型。

- 位置连续性：曲线在端点处连接或者曲面在边线处连接，通常称为 G0 连续，如图 1-6 所示。

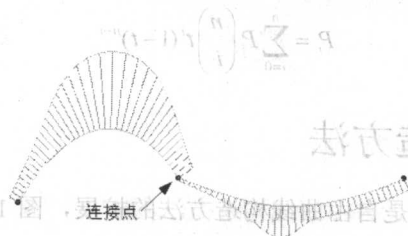


图1-6 位置连续



- 斜率连续性：对于曲线的斜率连续，要求曲线在端点处连接，并且两条曲线在连接点处具有相同的切向并且切向夹角为 0° 。对于曲面的斜率连续，要求曲面在边线处连接，并且在连接线上的任何一点，两个曲面都具有相同的法向。斜率连续通常称为 G1 连续，如图 1-7 所示。

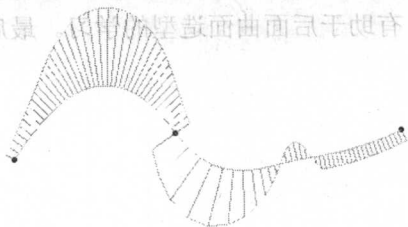


图1-7 斜率连续

- 曲率连续性：通常称为 G2 连续。对于曲线的曲率连续，要求在 G1 连续的基础上，还要求曲线在连接点处曲率具有相同的方向，以及曲率大小相等。对于曲面的曲率连续，要求在 G1 连续的基础上，还要求两个曲面与公共曲面的交线也具有 G2 连续。曲率误差是一种相对误差，如果两条曲线在连接点处分别具有曲率 R 和 r ，并且 $R > r$ ，那么曲率误差计算如下式。曲率误差的最大值为 2，或者用百分比表示为 200%，如图 1-8 所示。

$$\text{Error}(G_2) = 2 \times \frac{R-r}{R+r}$$

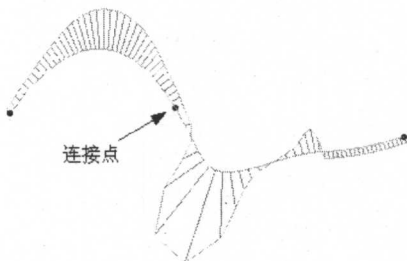


图1-8 曲率连续

- 曲率的变化率连续：通常称为 G3 连续。对于曲线的曲率变化率连续，要求曲线具有 G2 连续，并且要求曲率梳具有 G1 连续，如图 1-9 所示。对于曲面的曲率变化率连续，同样要求具有 G2 连续，并且两个曲面与公共曲面的交线也具有 G3 连续。

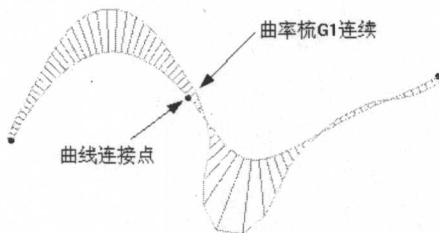


图1-9 曲率的变化率连续



1.5 小结

本章简要介绍了曲面造型中使用到的几何元素的分类，包括点、曲线和曲面的分类。通过简单的演绎，介绍了自由曲线和自由曲面的构造方法，读者可以通过这部分内容初步了解曲线和曲面的一般生成过程，有助于后面曲面造型的学习。最后介绍了在曲面造型中经常使用的曲线曲面连续性知识。

第2章 由线创建曲面

主要内容

- 基本概念。
- 直纹面。
- 通过曲线曲面。
- 通过曲线网格曲面。
- 扫描曲面。
- 截面体曲面。

曲面建模是 UG CAD 模块的重要组成部分,很多实际产品都需要采用曲面造型来完成复杂形状的构建,因此掌握 UG 曲面造型对造型工程师来说是至关重要的,这也是体现 CAD 建模能力的重要标志。

当今产品设计主要包括两个方向:设计和仿形。设计是直接在 CAD 系统中构建所需的模型,再进行产品加工等后面的流程。而仿形是首先用油泥等材料建立产品的实际模型,接着通过三坐标测量得到模型的云点,再通过云点构建 CAD 数据模型,最后再进行产品加工。在这两个设计方向中,通常都需要进行曲线拟合和曲面构造这两个过程。

曲线构建部分在本系列丛书的《UG NX 中文版机械设计基础教程》一书中有详细的介绍,本书从略,但在相关实例中将涉及到这方面的应用。本章将结合大量实例,主要介绍由线创建曲面的 5 种主要建模方法,包括直纹面、通过曲线曲面、通过曲线网格曲面、扫描曲面和截面体曲面等。

2.1 基本概念

在曲面造型中,有一些概念需要明确一下,这些概念在曲面建模中经常用到。

- (1) 片体 (Sheet body): 是厚度为 0 的实体,也就是曲面。在几何上,我们将曲面定义为厚度为 0 的实体。片体相对的是实体 (Solid body),也就是有一定厚度和封闭的体积。

在曲面建模中,利用直纹面、通过曲线、通过曲线网格、扫描以及截面体等功能通过一些封闭曲线进行建模时,可以设置生成片体或者实体。选择菜单命令【预设置】/【建模】,弹出如图 2-1 所示的对话框,如果选中  片体 选项,那么所生成的是片体,如图 2-2 左图所示,如果选中  实体 选项,那么在封闭的线串上生成的将是实体,如图 2-2 右图所示。

建模预设置

读者可以打开附带光盘中的“\Ch2\Sheet and solid body.prt”文件进行练习,比较实体和