

• 中文版 •

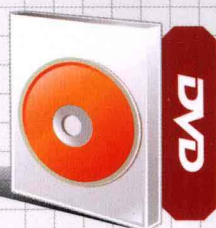
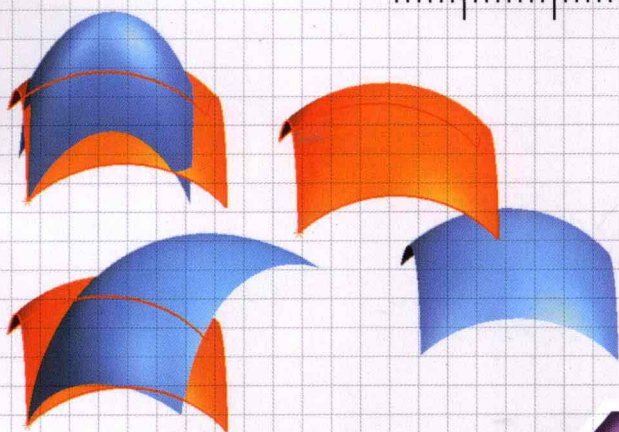
UG NX 5

曲面造型 基础教程



老虎工作室

何鹏 刘利 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

UG NX 5

UG NX 5

曲面造型

基础教程

作者：[作者姓名]



• 中文版 •

UG NX 5

曲面造型 基础教程



老虎工作室

何鹏 刘利 编著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

UG NX 5中文版曲面造型基础教程 / 何鹏, 刘利编著.
北京: 人民邮电出版社, 2009. 6
ISBN 978-7-115-20506-3

I. U… II. ①何…②刘… III. 曲面—机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, UG NX 5—教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第034832号

内 容 提 要

UG NX 5 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、通用机械和电子等领域, 其功能强大, 可以轻松地完成绝大多数机械类设计、分析和制造任务。

本书全面介绍了 UG NX 5 的曲面造型功能, 包括曲面造型基础、由曲线创建曲面、由曲面创建曲面、自由曲面、曲面分析、逆向工程造型和渲染等内容。书中不但详细介绍了各种操作功能的用法和参数, 还配合相应的操作练习和典型工程实例来帮助读者掌握书中所介绍的各种知识。

为方便读者学习, 随书光盘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。

本书既适合大专院校的机械及相关专业作为教材使用, 也可以作为相关专业技术人员的参考书。

UG NX 5 中文版曲面造型基础教程

- ◆ 编 著 老虎工作室 何 鹏 刘 利
责任编辑 陈 昇
执行编辑 王雅倩
- ◆ 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>
北京鸿佳印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.5
字数: 435 千字 2009 年 6 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2009 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-20506-3/TP

定价: 39.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



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 钟廷志 向先波 毕丽蕴
郭万军 宋雪岩 詹 翔 周 锦 冯 辉
王海英 蔡汉明 李 仲 赵治国 赵 晶
张 伟 朱 凯 臧乐善 郭英文 计晓明
尹志超 滕 玲 张艳花 董彩霞 郝庆文

关于本书

UG NX 5 为用户提供了集成先进技术和一流实践经验的解决方案,能把众多产品构想付诸于实际。UG NX 5 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、加工和分析的一体化生产。

内容和特点

为了更好地使读者掌握 UG NX 5 的使用方法,本书特别注重内容的实用性,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 8 章,各章内容简要介绍如下。

- 第 1 章 曲面造型基础:介绍曲面造型设计过程中需要用到的基础知识,包括点、曲线和曲面的构造方法。
- 第 2 章 由曲线创建曲面:重点介绍了由曲线创建曲面的 7 种主要建模方法,包括拉伸曲面、回转曲面、直纹面、通过曲线组曲面、通过曲线网格曲面、扫描曲面和截型体曲面。
- 第 3 章 由曲面创建曲面:重点介绍了曲面操作功能,包括桥接曲面、N 边曲面过渡曲面、延伸曲面、轮廓线弯边、圆角曲面、偏置曲面、修剪曲面和编辑曲面等功能。
- 第 4 章 曲面造型综合实例:通过“手机上盖”、“鼠标外壳”、“自行车座”和“汽车座椅”4 个综合实例,对第 2 章和第 3 章所介绍的功能进行了深入的综合应用,从而使读者对前面所掌握的知识能够融会贯通。
- 第 5 章 自由曲面:介绍自由曲面设计的基本知识,包括曲面变换、曲面变形、样式圆角、样式拐角和样式扫描等功能。
- 第 6 章 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、曲线的质量分析和截面的质量分析等功能。
- 第 7 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——瓶子的制作,详细介绍了逆向造型的基本造型方法。
- 第 8 章 渲染:介绍 UG NX 5 的渲染功能,包括生成图片、材料/纹理的设置、高级灯光效果以及视觉效果等内容。

读者对象

本书面向 UG NX 5 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。

配套光盘内容简介

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

1. “prt” 目录

该目录中包含了本书所涉及的所有 NX 源文件，其内容是按照书中的章节来组织的，每个子文件夹名称中的数字对应于本书相应的章节，如“prt\ch2”代表第 2 章中相应文件所存放的文件夹。

注意：UG NX 5 不支持中文名，所以如果用户要把实例文件复制到自己的计算机上（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的名称都必须使用英文，这样才能通过 UG NX 5 打开该实例文件。

2. “avi” 目录

在光盘的“avi”文件夹下，提供了本书中所有实例的操作过程录像文件，它们的名称和“prt”目录中实例的命名方式一致，读者可以对应起来进行学习。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：播放文件前要安装配套光盘根目录下的“avi_tsc.exe”插件。

感谢您选择了本书，希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助，也欢迎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>，电子邮箱 postmaster@laohu.net。

老虎工作室

2009 年 2 月

第 1 章 曲面造型基础	1
1.1 曲面造型数学基础.....	1
1.1.1 曲线.....	1
1.1.2 曲面.....	2
1.2 点和曲线操作.....	3
1.2.1 创建点.....	4
1.2.2 创建直线、圆弧和样条曲线	6
1.2.3 创建二次曲线.....	12
1.2.4 由曲面生成曲线	15
1.3 小结.....	18
第 2 章 由曲线创建曲面	19
2.1 拉伸曲面.....	19
2.2 回转曲面.....	21
2.3 直纹面.....	23
2.3.1 创建直纹面的操作步骤	23
2.3.2 创建直纹面的 6 种方式	23
2.4 通过曲线组的曲面.....	26
2.4.1 创建通过曲线组的曲面	26
2.4.2 创建通过曲线组的曲面时的参数设置	28
2.5 通过曲线网格的曲面	30
2.5.1 创建通过曲线网格的曲面	30
2.5.2 创建通过曲线网格的曲面时的参数设置	32
2.6 扫掠曲面.....	32
2.6.1 创建扫掠曲面.....	32
2.6.2 扫掠曲面的定位方法	35
2.6.3 扫掠曲面的缩放方法	38
2.7 截型体曲面.....	42
2.7.1 端点-顶点-肩点.....	42
2.7.2 端点-斜率-肩点.....	44
2.7.3 圆角-肩点	45
2.7.4 三点作圆弧.....	46
2.7.5 端点-顶点-Rho	46
2.7.6 端点-斜率-Rho	48
2.7.7 圆角-Rho.....	49

2.7.8 两点-半径	50
2.7.9 端点-顶点-顶线	52
2.7.10 端点-斜率-顶线	53
2.7.11 圆角-顶线	53
2.7.12 端点-斜率-圆弧	54
2.7.13 四点-斜率	55
2.7.14 端点-斜率-三次	56
2.7.15 圆角-桥接	58
2.7.16 点-半径-角度-圆弧	60
2.7.17 五点	61
2.7.18 线性-相切	62
2.7.19 圆弧-相切	63
2.7.20 圆	64
2.8 小结	65

第3章 由曲面创建曲面 66

3.1 桥接曲面	66
3.2 N边曲面	70
3.2.1 修剪的单片体	70
3.2.2 多个三角补片	72
3.3 过渡曲面	74
3.4 延伸曲面	76
3.4.1 相切的延伸曲面	76
3.4.2 垂直于曲面的延伸曲面	79
3.4.3 有角度的延伸曲面	80
3.4.4 圆的延伸曲面	81
3.5 规律延伸曲面	82
3.6 轮廓线弯边	85
3.6.1 基本型轮廓线弯边	86
3.6.2 绝对缝隙型轮廓线弯边	87
3.6.3 视觉差型轮廓线弯边	88
3.7 圆角曲面	89
3.8 偏置曲面	93
3.9 大致偏置曲面	94
3.10 修剪曲面	96
3.11 编辑曲面	100
3.11.1 移动定义点	100
3.11.2 移动极点	103
3.11.3 扩大曲面	104

3.11.4 等参数修剪/分割	106
3.11.5 改变曲面边界	108
3.12 小结	110
第4章 曲面造型综合实例	111
4.1 手机上盖造型	111
4.1.1 创建手机上盖侧表面	112
4.1.2 创建手机上盖上表面	117
4.1.3 创建手机按键孔	123
4.1.4 创建手机显示屏和语音孔	131
4.2 鼠标造型	136
4.3 自行车座造型	145
4.4 汽车座椅造型	154
4.4.1 创建汽车座椅座垫	154
4.4.2 创建汽车座椅靠背	161
4.5 小结	170
第5章 自由曲面	171
5.1 表面上的曲线	171
5.2 四点曲面	173
5.3 整体突变	175
5.4 曲面变换	176
5.5 按模板成型	178
5.6 曲面变形	179
5.7 样式圆角	181
5.7.1 规律型样式圆角	181
5.7.2 曲线型样式圆角	183
5.7.3 配置文件型样式圆角	183
5.8 样式拐角	184
5.9 样式扫掠	186
5.10 小结	188
第6章 曲面分析	189
6.1 测量距离	189
6.2 测量角度	192
6.3 曲线分析	195
6.4 截面分析	198

6.5 高亮线分析.....	201
6.6 曲面连续性分析.....	204
6.7 曲率半径分析.....	205
6.8 反射分析.....	208
6.9 斜率分析.....	209
6.10 小结.....	210

第7章 逆向工程造型211

7.1 逆向工程概述.....	211
7.2 通过点的曲面.....	212
7.3 由极点创建曲面.....	214
7.4 由点云创建曲面.....	216
7.5 瓶子逆向造型实例.....	218
7.5.1 创建瓶身曲面.....	218
7.5.2 创建瓶底曲面.....	232
7.5.3 创建瓶口曲面.....	237
7.5.4 完成瓶子曲面.....	239
7.6 小结.....	240

第8章 渲染.....241

8.1 高品质图像.....	241
8.2 艺术图像.....	246
8.3 材料/纹理设置	249
8.4 高级灯光.....	263
8.5 视觉效果.....	266
8.6 小结.....	270

第1章 曲面造型基础

曲面造型功能是 UG NX 5 的重要组成部分。在一般的产品设计过程中,设计者经常需要通过曲面造型来完成产品复杂表面的构建。曲面模型通过点、曲线、曲面表示三维物体的外形。曲线主要采用 B 样条 (B-Spline) 曲线,曲面主要采用 B 样条曲面。在介绍 UG NX 5 的曲面造型功能之前,本章将介绍曲面造型相关的基础知识和基本操作。

1.1 曲面造型数学基础

如果对 B 样条曲线和 B 样条曲面的数学理论有一些基本理解,则对曲线与曲面的创建与控制有较大帮助。

1.1.1 曲线

一、点

空间中的点具有 x 、 y 、 z 这 3 个坐标。在自由曲线和曲面的表示中,点分为控制点和型值点。用于构造曲线和曲面的点叫做控制点,一般情况下曲线不通过控制点,曲线位于由控制点构成的控制多边形中。型值点是曲线和曲面要通过的点。相应的,曲线和曲面的调整主要有两种方法:调整控制点的位置和调整型值点的位置。

二、曲线

曲线主要包括基本曲线、二次曲线和自由曲线。其中,基本曲线包括直线、圆弧和圆等。二次曲线包括椭圆、双曲线、抛物线、螺旋线和一般二次曲线等。自由曲线又分为 Bézier (贝塞尔) 曲线、B 样条曲线和非均匀有理 B 样条曲线等。自由曲线是一般函数不能表达的曲线。现实生活中这种曲线比比皆是,如汽车发动机的气道等。

基本曲线和二次曲线比较简单,不再赘述,下面主要对自由曲线进行简要的介绍。

(1) Bézier 曲线

Bézier 曲线的每一段 k 阶曲线可以表示如下。

$$p_k(u) = \sum_{i=0}^k Q_i C(k, i) u^i (1-u)^{k-i} \quad u \in [0, 1] \quad (1-1)$$

其中

$$C(k, i) = \frac{k!}{i!(k-i)!}$$

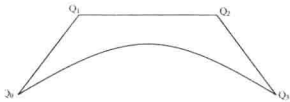


图1-1 三阶 Bézier 曲线

Bézier 曲线是曲线造型中的一个里程碑,它以逼近原理为基础,应用 Bézier 曲线逼近自由曲线或由设计师勾画的草图,真正起到“辅助设计”的作用。Bézier 曲线在 CAD/CAM 领域发挥了重要的作用。

Bézier 曲线也有其缺点。首先,Bézier 曲线不具备局部性,即特征多边形的每一个控制点都对曲线的形状产生影响,修改一处就会影响整条曲线的形状,故不能作局部修改;其次,当曲线的形状复杂时,需要增加特征多边形的顶点数,曲线的幂次也随之增高,从而增加了计算量;最后,当曲线的幂次较高时,Bézier 曲线的形状与其定义的多边形有较大差异时,不够直观。吸收 Bézier 曲线的优点,去除其缺点,就产生了 B 样条曲线。

(2) B 样条曲线

B 样条曲线的参数方程表示如下:

$$r(u) = \sum_{i=0}^k Q_i N_{k,i}(u) \quad (1-2)$$

其中 Q_i 是控制点, $N_{k,i}(u)$ 为基函数, k 为 B 样条曲线的阶次。

B 样条曲线的基函数可以递推。

$$N_{1,i}(u) = \begin{cases} 1 & u_i \leq u \leq u_{i+1} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$$N_{k,i}(u) = \frac{u - u_i}{u_{i+k-1} - u_i} N_{k-1,i}(u) + \frac{u_{i+k} - u}{u_{i+k} - u_{i+1}} N_{k-1,i+1}(u)$$

其中 u_i 为节点值。如果节点值等间隔,则对应均匀 B 样条曲线,否则为非均匀 B 样条曲线。三阶均匀 B 样条曲线的形式为

$$P_i(u) = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} u^3 & u^2 & u & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_i \\ Q_{i+1} \\ Q_{i+2} \\ Q_{i+3} \end{bmatrix} \quad (1-3)$$

均匀 B 样条曲线的特点是节点等距分布,由于各节点集形成的 B 样条函数相同,故可看作同一条 B 样条曲线的简单平移。一般情况下,应用均匀 B 样条方法可获得满意的结果,而且计算效率高。但均匀 B 样条曲线存在如下问题:(1)不能贴切地反映控制顶点的分布特点;(2)当型值点分布不均匀时,难以获得理想的插值曲线。对于这两种情况,可借助非均匀 B 样条曲线以获得良好的效果。此外,在自由曲线设计中经常会遇到传统的圆锥曲线,但无论是均匀 B 样条曲线还是非均匀 B 样条曲线都不能对其作精确表示。在此种情况下,需要应用非均匀有理 B 样条曲线,即 NURBS 曲线。NURBS 曲线可以用统一的方式表示一条由直线、圆锥曲线和自由曲线构造的复合曲线。

1.1.2 曲面

(1) Bézier 曲面

Bézier 曲面的参数表示形式如下。

$$r(u, v) = \sum_{i=0}^k \sum_{j=0}^k Q_{ij} N_i(u) N_j(v) \quad u \in [0,1] \quad v \in [0,1] \quad (1-4)$$

其中

$$N_i(u) = \frac{k!}{i!(k-i)!} u^i (1-u)^{k-i} \quad N_j(v) = \frac{k!}{j!(k-j)!} u^j (1-u)^{k-j}$$

控制多边形的4个角点落在曲面的4个角点上,其他控制点一般不在曲面上,控制多边形的4条边界定义了曲面的4条边界。

三阶 Bézier 曲面可以表示为如下形式。

$$r(u, v) = UMQM^T V^T \quad (1-5)$$

其中

$$\begin{aligned} & \bullet \quad U = \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 \end{bmatrix} & V = \begin{bmatrix} 1 & v & v^2 & v^3 \end{bmatrix}^T \\ & \bullet \quad M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -1 & 3 & -3 & 1 \end{bmatrix} & Q = \begin{bmatrix} Q_{00} & Q_{01} & Q_{02} & Q_{03} \\ Q_{10} & Q_{11} & Q_{12} & Q_{13} \\ Q_{20} & Q_{21} & Q_{22} & Q_{23} \\ Q_{30} & Q_{31} & Q_{32} & Q_{33} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

它表示可以用16个控制点确定三阶 Bézier 曲面。

Bézier 曲面与 Bézier 曲线一样不具有局部修改性。只要修改一处控制点,曲面就发生变化。曲面片之间不具有曲率连续性,如果要达到曲率连续的条件就要对控制点提出要求。为了解决这个问题,引入 B 样条曲面, B 样条曲面同 B 样条曲线一样较好地解决了这个问题。

(2) B 样条曲面

B 样条曲面表示形式如下。

$$r(u, v) = \sum_{i=0}^k \sum_{j=0}^k Q_{ij} N_{k,i}(u) N_{k,j}(v) \quad (1-6)$$

其中 $N_{k,i}(u)$ 、 $N_{k,j}(v)$ 与 B 样条曲线的基函数完全相同。

三阶 B 样条曲线的参数表示形式。

$$r(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 Q_{ij} N_{3,i}(u) N_{3,j}(v) \quad (1-7)$$

它是由16个控制点确定一个曲面片。三阶 B 样条曲面内部的二阶曲率是连续的。

1.2 点和曲线操作

本节介绍 UG NX 5 创建点、直线、圆弧、二次曲线、样条曲线以及由曲面创建曲线的相关操作方法,如图 1-2 所示。这些功能主要通过【曲线】工具栏中的按钮来实现。

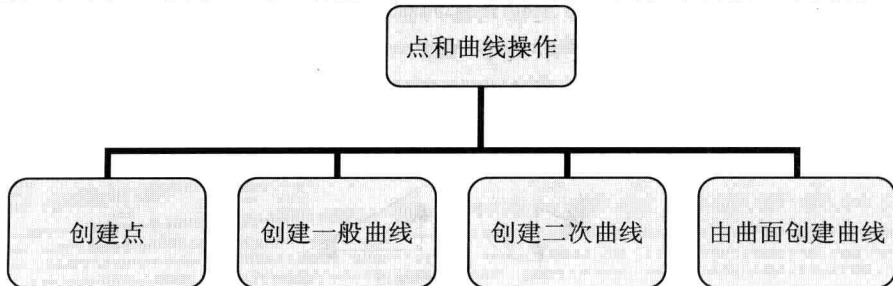


图1-2 点和曲线操作

1.2.1 创建点

在【曲线】工具栏中单击按钮或选择菜单命令【插入】/【基准/点】/【点】，系统调用创建点功能。创建点功能可以通过输入点的坐标、通过两点之间间距比例系数或在曲线、平面或曲面上取点等方法生成点。

调用创建点功能会弹出如图 1-3 所示的【点】对话框。通过【类型】下拉列表可以选择生成点的方法。



图1-3 【点】对话框

(1) 通过坐标确定点

选择如图 1-3 所示【点】对话框中【类型】下拉列表中的【自动判断的点】选项，分别在坐标分组栏内的【X】、【Y】、【Z】文本框中输入 x 、 y 、 z 的坐标值，单击按钮，即可创建点。如果单击按钮，还可以继续输入坐标值来生成点。

(2) 通过在【类型】下拉列表选择不同生成点的方法来创建点

- **【自动判断的点】**：该方式根据光标点选取的位置，系统自动推断出选取点，可以用于选取光标位置、现有点、端点、控制点和交点等，它涵盖了所有点的选取方式。
- **【光标位置】**：该方式通过定位光标的坐标位置来创建点。
- **【现有点】**：该方式用于选取某个已经存在的点在该位置创建点。
- **【端点】**：该方式用于在已经存在的直线、圆弧、二次曲线和样条曲线等曲线的端点位置创建点。图 1-4 为在几种曲线的端点位置创建点的示意图。

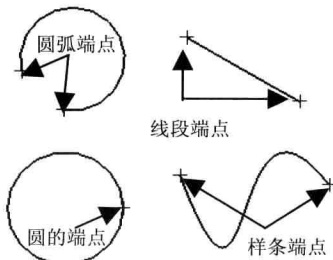


图1-4 创建端点

- **【控制点】**: 该方式用于在曲线的控制点上创建点。控制点与曲线的类型有关, 可以是线段的中点或端点, 开口圆弧的端点、圆心或中点, 二次曲线的端点以及样条曲线的控制点等。图 1-5 为在几种曲线的控制点位置创建点的示意图。

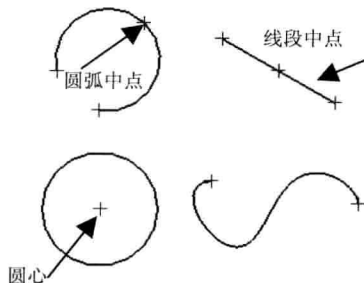


图1-5 创建控制点

- **【交点】**: 该方式用于在两条曲线的交点或者一条曲线和一个曲面的交点位置创建点。图 1-6 为创建交点的示意图。

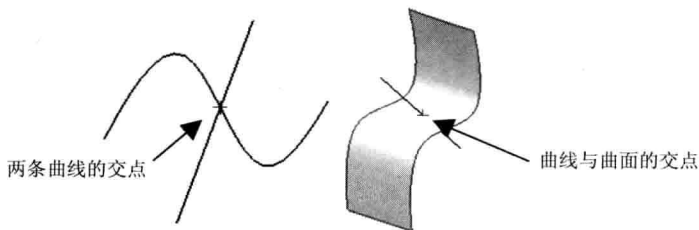


图1-6 创建交点

- **【圆弧中心/椭圆中心/球心】**: 该方式用于在已经存在的圆弧、椭圆或球的中心处创建点。
- **【圆弧/椭圆上的角度】**: 该方式用于在沿选取圆弧或椭圆成指定角度的位置创建点。图 1-7 为在圆上按角度创建点的示意图。

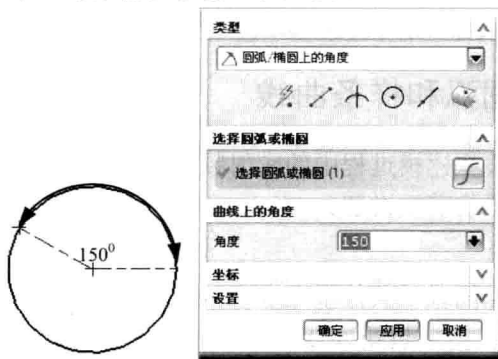
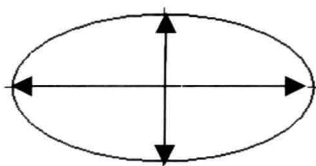


图1-7 按角度创建点

- **【象限点】**: 该方式用于在圆弧或椭圆的象限点处创建点, 所选取的点是离光标选择球最近的那个象限点。图 1-8 为创建椭圆象限点的示意图。
- **【点在曲线/边上】**: 该方式用于在已经存在的曲线或曲面的边上创建点, 点在曲线上的位置通过 U 向参数确定。



椭圆的4个象限点

图1-8 创建象限点

- **【面上的点】**: 该方式用于在已经存在的曲面上创建点, 如图 1-9 所示。

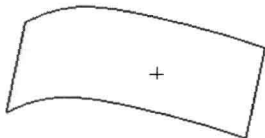


图1-9 创建表面上的点

- **【两点之间】**: 该方式通过两点之间间距比例系数创建点。图 1-10 为在两点之间创建点的示意图。

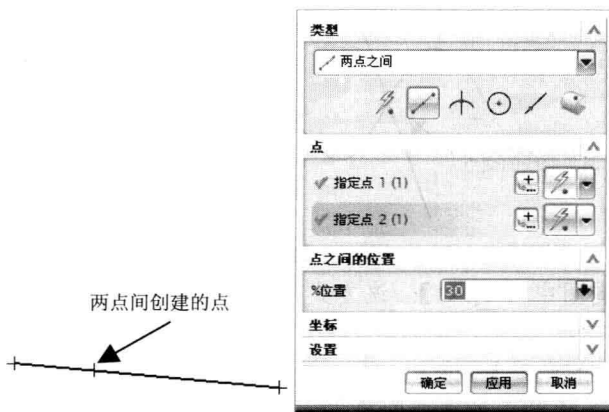


图1-10 在两点之间创建点

1.2.2 创建直线、圆弧和样条曲线

直线、圆弧和样条曲线在建模过程中的应用频率很高, 其中样条曲线是曲面建模生成主体结构的重要方法, 在这里将着重讲解。

一、创建直线

直线功能用于绘制两点间或以其他限定方式创建空间连续线段。

在**【曲线】**工具栏中单击按钮或选择菜单命令**【插入】/【曲线】/【直线】**, 弹出如图 1-11 左图所示的**【直线】**对话框。

在**【曲线】**工具栏中单击按钮, 系统进入创建基本曲线功能, 弹出如图 1-11 右图所示的**【基本曲线】**对话框, 其中包含了创建直线、圆弧、圆、倒圆角、修剪曲线和编辑曲线参数等功能。