

Unigraphics 应用指导系列丛书

# UG 自由形状特征建模

## 培训教程

[美] Unigraphics Solution Inc. 编著

龚 勉 翻 译

章 军 审 校

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

## 内 容 简 介

本教材是《Unigraphics 应用指导》系列丛书之一,根据美国 UGS 公司的优秀教材翻译而成。内容安排涉及自由形状特征的大部分内容,并且安排一定数量的基础练习,以基础和常用为准则,内容叙述力求简明,通俗易懂。

本系列丛书可作为 UG 培训的基础教材,也可以作为大专院校机械类专业的 CAD/CAM 专业教材,同时为广大 UG 用户和 CAD 爱好者提供 UG 的中文参考资料。

## 版 权 声 明

本系列丛书为优集系统(中国)有限公司独家授权的中文版培训教程与使用指导。本书的专有出版权属清华大学出版社所有。在没有得到本丛书原版出版者和本丛书出版者的书面许可,任何单位和个人不得复制与翻印。

版权所有,违者必究。

“Copyright 2000 by Unigraphics Solutions Inc.

Original English language Edition Copyright

2000 by Unigraphics Solutions Inc. All rights reserved.”

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名:UG 自由形状特征建模培训教程

作 者:[美] Unigraphics Solution Inc. 编著

翻 译:龚 勉

审 校:章 军

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑:刘建昌

印 刷 者: 印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:11.75 字数:265 千字

版 次:2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-900637-96-6

印 数:0001~4000

定 价:27.00 元

# 前 言

UG 是 Unigraphics 的简称,是美国 UGS 公司的核心软件产品。UG 软件以强大的功能、先进的技术、优质的服务闻名于 CAD/CAM/CAE 领域,经过将近半个世纪的不完善、开拓与发展,积累了航天、航空、汽车和机械等众多专业领域的丰富经验和技能,形成独具特色的优秀 CAD/CAM/CAE 软件。

UG 所采用的复合建模方法,使用方便、功能强大、应用灵活,用户可以根据企业产品的特点,选择一种最合适的建模方法。同时,各种方法可以在建模过程中交替使用,以满足不同领域用户快速、方便、合理的各种复杂零件的建模要求。

自由形状特征建模是 CAD 模块的重要组成部分,也往往是评价一种 CAD 软件建模能力的重要依据,因为绝大多数的实际产品都必须使用自由形状特征来完成建模。因此,快速、正确地理解和掌握自由形状特征对于用户显得非常重要。由于自由形状特征的建模在 CAD 模块有一定的难度,专业术语和概念较多,市场上中文教材和参考资料缺乏,中文翻译不够统一,这都给广大用户和读者用好 UG 带来一定的困难。

本教材是《Unigraphics 应用指导》系列丛书之一,以美国 UGS 公司的优秀教材 Student Guide 为主要参考依据。内容安排涉及自由形状特征的大部分内容,并且安排一定数量的基础练习,以基础和常用为准则,内容叙述力求简明,通俗易懂。本系列丛书可作为 UG 培训的基础教材,也可以作为大专院校机械类专业的 CAD/CAM 专业教材,同时为广大 UG 用户和 CAD 爱好者提供 UG 的中文参考资料。

在本书的编写和修改过程中,得到 UGS 公司高级顾问洪如瑾女士的大力帮助和指导,并且为本书的最后定稿做了大量细致认真的审阅和修改工作,在此表示特别的感谢!

本书由上海 UGS 公司章军工程师主审,对本书做了非常仔细和认真地审阅和修改,并且提供了大量的修改建议,在此表示衷心的感谢!

限于作者水平,书中的缺点和错误,恳请读者批评指正。

译 者

2001 年 10 月

## Unigraphics 应用指导系列丛书序

Unigraphics (简称 UG) 是当前世界上最先进和紧密集成的、面向制造行业的 CAID/CAD/CAE/CAM 高端软件。它为制造行业产品开发的全过程提供解决方案,功能包括:概念设计、工程设计、性能分析和制造。

Unigraphics 是知识驱动自动化技术领域中的领先者。它实现了设计优化技术与基于产品和过程的知识工程的组合,显著地改进了如汽车、航天航空、机械、消费产品、医疗仪器和工具等工业的生产率。

Unigraphics 为各种规模的企业递交可测量的价值;更快地递交产品到市场;使复杂产品的设计简化;减少产品成本和增加企业的竞争实力。它已成为世界上最优秀公司广泛使用的系统,这些公司包括:通用汽车、波音飞机、通用电气、普惠发动机、爱立信、飞利浦、松下、精工和柯达,今天 Unigraphics 在全球已拥有 17000 多个客户。

Unigraphics 自 1990 年进入中国市场以来,发展迅速,已经成为中国航天航空、汽车、机械、计算机及外设、家用电器等部门首选软件。目前在上海、北京、广州、成都设有四个办事处,全国授权培训点 13 个。

计算机辅助技术发展与应用极为迅速,软件的技术含量和功能更新极快。为了帮助我们的客户正确、高效地把 Unigraphics 应用于产品开发过程中,满足广大用户了解和学习 Unigraphics 的需求,UGS 公司与清华大学出版社联合组织出版这套 Unigraphics 应用指导系列丛书。

系列丛书由两部分组成:

### (1) UG CAD/CAE/CAM 培训教程

培训教程均采用全球通用的、最优秀的学员指导(UG Student Guide)教材为来源,组织国内优秀的 UG 培训教员与 UG 应用工程师编译。最后由 UGS 公司指定的专家们审校。

### (2) UG CAD/CAE/CAM 使用指导

使用指导汇集有关专家的使用经验,追求简洁清晰的风格形式,帮助广大用户快速掌握和正确应用相应的 UG 模块与功能。

系列丛书的读者对象为:

#### (1) 已购 UG 的广大用户

培训教程可作为离线培训与现场培训的教材,或自学参考书。

使用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

#### (2) 选型中的 UG 潜在用户

培训教程可作为预培训的教材,或深入了解 UG 模块与功能的参考书。

#### (3) 在校机械、机电专业本科生与研究生

培训教程可作为 CAD 专业课教材,研究生做课题中的自学参考书。

使用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

(4) 机械类工程技术人员

培训教程可作为再教育的教材或自学参考书。

使用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

系列丛书的编译、编著、审校工作得到优集系统(中国)有限公司与各UG培训中心的大力支持,在此表示衷心的感谢。

参与系列丛书的编译、编著、审校的全体工作人员认真细致地写稿、审稿、改稿,正是他们付出的辛勤劳动,系列丛书才得以在短时间内完成,在此也表示衷心的感谢。

最后要感谢清华大学出版社北京清大金地科技有限公司,在系列丛书的策划、出版过程中给予的特别关注、指导与支持。

UG软件在继续发展与升版,随着新版本、新模块与新功能的推出,UG系列丛书也将定时更新和不断增册。

由于时间仓促,书中难免有疏漏与出错之处,敬请广大读者批评指正。

Unigraphics 应用指导系列丛书工作组

2001年10月

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第 1 章 概述.....        | 1  |
| 1.1 课程简介.....        | 1  |
| 1.1.1 概述.....        | 1  |
| 1.1.2 曲面构造的一般方法..... | 1  |
| 1.1.3 全息片体.....      | 1  |
| 1.1.4 使用对象和预先要求..... | 2  |
| 1.2 课程内容安排.....      | 2  |
| 1.3 上机练习.....        | 3  |
| 1.4 参考资料.....        | 3  |
| 第 2 章 曲线的构造和编辑.....  | 4  |
| 2.1 概述.....          | 4  |
| 2.1.1 曲线的分类.....     | 4  |
| 2.1.2 曲线的多项式和阶次..... | 4  |
| 2.2 样条.....          | 5  |
| 2.2.1 概述.....        | 5  |
| 2.2.2 样条的构造方法.....   | 6  |
| 2.2.3 样条的阶次.....     | 6  |
| 2.2.4 单段样条和多段样条..... | 7  |
| 2.2.5 定义点和节点.....    | 7  |
| 2.2.6 封闭样条.....      | 7  |
| 2.2.7 从文件输入点.....    | 7  |
| 2.2.8 曲线分析的显示.....   | 8  |
| 2.2.9 指定斜率.....      | 9  |
| 2.2.10 选点方式.....     | 10 |
| 2.2.11 拟合方式.....     | 10 |
| 2.2.12 改变权值.....     | 10 |
| 2.3 二次曲线.....        | 11 |
| 2.3.1 概述.....        | 11 |
| 2.3.2 通用二次曲线.....    | 12 |
| 2.4 规律曲线.....        | 17 |

|              |                    |           |
|--------------|--------------------|-----------|
| 2.4.1        | 概述.....            | 17        |
| 2.4.2        | 控制规律曲线的方向.....     | 18        |
| 2.4.3        | 规律子功能.....         | 18        |
| 2.5          | 螺旋线.....           | 21        |
| 2.5.1        | 概述.....            | 21        |
| 2.5.2        | 操作步骤.....          | 21        |
| 2.5.3        | 螺旋线半径方式.....       | 21        |
| 2.5.4        | 定义方向.....          | 22        |
| 2.6          | 样条分析.....          | 25        |
| 2.6.1        | 概述.....            | 25        |
| 2.6.2        | 样条分析.....          | 25        |
| 2.7          | 编辑样条.....          | 29        |
| 2.7.1        | 概述.....            | 29        |
| 2.7.2        | 编辑定义点.....         | 30        |
| 2.7.3        | 编辑极点.....          | 32        |
| 2.7.4        | 改变斜率.....          | 34        |
| 2.7.5        | 改变曲率.....          | 35        |
| 2.7.6        | 改变阶次.....          | 36        |
| 2.7.7        | 改变刚度.....          | 36        |
| 2.7.8        | 拟合.....            | 37        |
| 2.7.9        | 光顺.....            | 37        |
| <b>第 3 章</b> | <b>自由形状特征.....</b> | <b>39</b> |
| 3.1          | 概述.....            | 39        |
| 3.1.1        | 应用范围.....          | 39        |
| 3.1.2        | 曲面构造基本原则和技巧.....   | 39        |
| 3.1.3        | 曲面的类型.....         | 40        |
| 3.2          | 基本概念及术语.....       | 41        |
| 3.2.1        | 全息片体.....          | 41        |
| 3.2.2        | 体的类型.....          | 41        |
| 3.2.3        | 自由形状构造结果.....      | 42        |
| 3.2.4        | 行与列.....           | 42        |
| 3.2.5        | 补片的类型.....         | 43        |
| 3.2.6        | 曲面的阶次.....         | 43        |
| 3.2.7        | 公差.....            | 43        |
| 3.2.8        | 栅格线.....           | 44        |
| 3.3          | 直纹.....            | 45        |
| 3.3.1        | 概述.....            | 45        |

---

|        |                    |    |
|--------|--------------------|----|
| 3.3.2  | 操作步骤               | 45 |
| 3.3.3  | 指定参数               | 46 |
| 3.3.4  | 对齐方式               | 47 |
| 3.4    | 通过曲线               | 51 |
| 3.4.1  | 概述                 | 51 |
| 3.4.2  | 操作步骤               | 51 |
| 3.4.3  | 阶次与补片类型            | 53 |
| 3.4.4  | 封闭特征               | 53 |
| 3.4.5  | 对齐方式               | 54 |
| 3.4.6  | 第一条（最后一条）截面线串的约束条件 | 56 |
| 3.5    | 过曲线网格              | 62 |
| 3.5.1  | 概述                 | 62 |
| 3.5.2  | 操作步骤               | 63 |
| 3.5.3  | 对话框选项              | 64 |
| 3.5.4  | 线串的选择              | 65 |
| 3.5.5  | 脊柱线                | 65 |
| 3.6    | 扫描                 | 71 |
| 3.6.1  | 概述                 | 71 |
| 3.6.2  | 引导线串（1~3 条）        | 71 |
| 3.6.3  | 截面线（1~150 条）       | 73 |
| 3.6.4  | 插值方法               | 74 |
| 3.6.5  | 公差                 | 74 |
| 3.6.6  | 脊柱线                | 75 |
| 3.6.7  | 方位控制——使用一条引导向线     | 75 |
| 3.6.8  | 比例控制——使用一条引导线      | 76 |
| 3.7    | 截面体                | 88 |
| 3.7.1  | 概述                 | 88 |
| 3.7.2  | 截面类型               | 89 |
| 3.7.3  | 拟合类型               | 89 |
| 3.7.4  | Highlight Conic    | 89 |
| 3.7.5  | 脊柱线串               | 89 |
| 3.7.6  | 确定体长度              | 90 |
| 3.7.7  | 顶点线串               | 91 |
| 3.7.8  | Rho                | 91 |
| 3.7.9  | 五点方式               | 91 |
| 3.7.10 | 圆角-rho             | 92 |
| 3.7.11 | 圆角-桥接              | 93 |
| 3.8    | 延伸                 | 98 |

|        |            |     |
|--------|------------|-----|
| 3.8.1  | 概述         | 98  |
| 3.8.2  | 自相交片体      | 99  |
| 3.8.3  | 一般操作步骤     | 100 |
| 3.8.4  | 相切延伸       | 100 |
| 3.8.5  | 法向延伸       | 101 |
| 3.8.6  | 角度延伸       | 101 |
| 3.8.7  | 圆弧延伸       | 102 |
| 3.8.8  | 规律控制延伸     | 102 |
| 3.9    | 偏置面        | 105 |
| 3.9.1  | 概述         | 105 |
| 3.9.2  | 距离公差       | 105 |
| 3.9.3  | 关联偏置       | 105 |
| 3.9.4  | 编辑偏置面      | 106 |
| 3.9.5  | 操作步骤       | 106 |
| 3.9.6  | 偏置距离       | 106 |
| 3.9.7  | 变距偏置       | 106 |
| 3.10   | 桥接片体       | 108 |
| 3.10.1 | 概述         | 108 |
| 3.10.2 | 操作步骤       | 108 |
| 3.10.3 | 主曲面和侧面的选择  | 108 |
| 3.10.4 | 连续类型       | 109 |
| 3.10.5 | 拖曳和重设置     | 110 |
| 3.11   | 修剪片体       | 111 |
| 3.11.1 | 概述         | 111 |
| 3.11.2 | 操作步骤       | 112 |
| 3.11.3 | 选择步骤       | 113 |
| 3.11.4 | 投射方向       | 113 |
| 3.11.5 | 保留或删除区域    | 113 |
| 3.12   | 面倒圆        | 115 |
| 3.12.1 | 概述         | 115 |
| 3.12.2 | 圆角类型       | 117 |
| 3.12.3 | 半径方法       | 117 |
| 3.12.4 | 选择步骤图标     | 118 |
| 3.12.5 | 其他选项       | 118 |
| 3.13   | 软圆角        | 126 |
| 3.13.1 | 概述         | 126 |
| 3.13.2 | 操作步骤       | 127 |
| 3.13.3 | Rho 和 Skew | 128 |

---

|         |                   |     |
|---------|-------------------|-----|
| 3.13.4  | 其他选项.....         | 128 |
| 3.14    | 缝合.....           | 130 |
| 3.14.1  | 概述.....           | 130 |
| 3.14.2  | 操作步骤.....         | 130 |
| 3.14.3  | 选项说明.....         | 131 |
| 3.15    | 增厚片体.....         | 131 |
| 3.15.1  | 概述.....           | 131 |
| 3.15.2  | 操作步骤.....         | 132 |
| 3.15.3  | 选择目标实体.....       | 133 |
| 3.16    | 表面分析.....         | 134 |
| 3.16.1  | 概述.....           | 134 |
| 3.16.2  | 截平面.....          | 134 |
| 3.16.3  | 一般操作步骤.....       | 134 |
| 3.16.4  | 显示类型.....         | 135 |
| 3.16.5  | 分辨率.....          | 135 |
| 3.16.6  | 曲面的选择.....        | 136 |
| 3.16.7  | 半径分析.....         | 136 |
| 3.16.8  | 反射分析.....         | 137 |
| 3.16.9  | 斜率, 距离分析.....     | 138 |
| 3.16.10 | 曲面曲率分析的说明.....    | 138 |
| 第 4 章   | 编辑自由形状特征.....     | 141 |
| 4.1     | 概述.....           | 141 |
| 4.1.1   | 编辑自由形状特征的类型.....  | 141 |
| 4.1.2   | 编辑时延迟更新和更新控制..... | 142 |
| 4.1.3   | 恢复原始片体.....       | 142 |
| 4.1.4   | 编辑原始片体/编辑复制体..... | 142 |
| 4.2     | 参数化编辑方法.....      | 143 |
| 4.2.1   | 概述.....           | 143 |
| 4.2.2   | 编辑方法.....         | 143 |
| 4.2.3   | 编辑选项.....         | 145 |
| 4.3     | 移动定义点.....        | 145 |
| 4.3.1   | 概述.....           | 145 |
| 4.3.2   | 移动定义点对话框.....     | 146 |
| 4.3.3   | 移动单个点.....        | 147 |
| 4.3.4   | 移动多个点.....        | 147 |
| 4.4     | 移动极点.....         | 147 |
| 4.4.1   | 概述.....           | 147 |

|       |                           |     |
|-------|---------------------------|-----|
| 4.4.2 | 移动极点对话框.....              | 148 |
| 4.4.3 | 移动定义的极点.....              | 148 |
| 4.5   | 等参数修剪/分割.....             | 150 |
| 4.5.1 | 概述.....                   | 150 |
| 4.5.2 | 修剪类型.....                 | 150 |
| 4.5.3 | 修剪参数.....                 | 151 |
| 4.5.4 | 分割参数.....                 | 151 |
| 4.5.5 | 操作步骤.....                 | 152 |
| 4.6   | 改变阶次.....                 | 152 |
| 4.6.1 | 概述.....                   | 152 |
| 4.6.2 | 增加阶次.....                 | 152 |
| 4.6.3 | 降低阶次.....                 | 152 |
| 4.7   | 改变刚度.....                 | 153 |
| 4.7.1 | 概述.....                   | 153 |
| 4.7.2 | 减小刚度.....                 | 153 |
| 4.7.3 | 增大刚度.....                 | 154 |
| 4.7.4 | 输入阶次参数.....               | 154 |
| 4.8   | 改变边缘.....                 | 155 |
| 4.8.1 | 概述.....                   | 155 |
| 4.8.2 | 编辑类型.....                 | 155 |
| 4.8.3 | 主、从片体.....                | 155 |
| 4.8.4 | 只改变边缘.....                | 156 |
| 4.8.5 | 边缘和法向.....                | 158 |
| 4.8.6 | 边缘和横向切线.....              | 159 |
| 4.8.7 | 改变边缘曲率.....               | 161 |
| 4.9   | 片体边界.....                 | 162 |
| 4.9.1 | 概述.....                   | 162 |
| 4.9.2 | 操作步骤.....                 | 162 |
| 附录 A  | Point From File 数据格式..... | 164 |
| 附录 B  | .....                     | 167 |

# 第 1 章 概 述

## 1.1 课程简介

### 1.1.1 概述

自由形状特征 (Free Form Features) 是 CAD 模块的重要组成部分,也是体现 CAD/CAM 软件建模能力的重要标志。只使用特征建模方法就能够完成设计的产品是有限的,绝大多数实际产品的设计都离不开自由形状特征。

现代产品的设计主要包括设计与仿形两大类。无论采用哪种方法,一般的设计过程是:根据产品的造型效果(或三维真实模型),进行曲面数据采样、曲线拟合、曲面构造,生成计算机三维实体模型,最后进行编辑和修改等。

UG 自由形状特征的构造方法繁多,功能强大,使用方便,全面地掌握和正确、合理地使用该模块是用好 UG 的关键之一。体基于面,面依靠线,因此,用好曲面的基础是曲线的构造。在构造曲线时应该尽可能仔细精确,避免缺陷,如曲线重叠、交叉、断点等,否则会造成后续加工的一系列问题。

### 1.1.2 曲面构造的一般方法

根据产品外形要求,首先建立用于构造曲面的边界曲线,或者根据实样测量的数据点生成曲线,使用 UG 提供的各种曲面构造方法构造曲面。一般来讲,对于简单的曲面,可以一次完成建模。而实际产品的形状往往比较复杂,一般都难于一次完成,对于复杂的曲面,首先应该采用曲线构造方法生成主要或大面积的片体,然后进行曲面的过渡连接,光滑处理,曲面的编辑等方法完成整体造型。

### 1.1.3 全息片体

所谓全息片体 (Smart Sheet) 就是指全参数化、全相关曲面。在 UG 系统中,大多数命令所构造的曲面都具有参数化的特征,在 Free Form Features 中称为 Smart Sheet。这类曲面的共同特点是都由曲线生成,曲面与曲线具有关联性,即当构造曲面的曲线编辑修改后,曲面会自动更新。

为了保证所构造曲面的参数化特性,即关联性、宜于编辑的性能,构造曲面时应该注意以下几点:

- 避免使用非参数化命令构造曲面（Through Point，From Pole，From Point Cloud，Foreign 四种方法为非参数化方法，尽可能不要使用，本教材不介绍这些命令）；
- 构造曲面的曲线尽可能采用草图方法生成。
- 编辑曲面时尽可能采用参数化的编辑方法，即使用 Edit ? Feature ? Parameters 方法来编辑曲面，而 Edit ? Free Form Feature 方法均为非参数编辑方法，如果必须使用，建议采用编辑复制体方法（Edit a Copy）。
- 尽可能采用实体切割、抽空方法建模。

### 1.1.4 使用对象和预先要求

本教材是《Unigraphics 应用指导系列丛书》之一，以 UGS 公司的 Student Guide 教材为主要依据。可作为 UG 基础培训的中文教材，也可用于大专院校机械类学生的 CAD 课程教材，并为使用 UG 的工程技术人员提供参考。

作为曲面建模的基础教程。要求读者预先完成 UG 基础，特征建模和各种曲线构造方法等课程。无需其他特别的专业基础知识。

## 1.2 课程内容安排

在特征建模课程中，已经完成基本曲线和其他多种曲线的构造方法，是进行曲面建模的基础。曲面构造在 CAD 部分有一定难度，牵涉的基本概念和各种术语较多，为了精简教材内容，避免重复，前面已经介绍过的概念，后续课程的内容一般不再重复。因此，对于初学者要求尽可能按顺序进行，本课程主要介绍以下内容：

### 1. 曲线的构造和编辑

- 样条曲线的构造和编辑方法。
- 二次曲线的构造和编辑方法。
- 规律曲线的构造和编辑方法。
- 螺旋线的构造和编辑方法。

### 2. 曲面构造的常用类型和方法

- 基本概念和术语。
- 基于曲线的构造方法：直纹面、通过曲线、过曲线网格、扫描和截面体。
- 基于片体的构造方法：延伸片体、桥接片体、增厚片体、面圆角、软圆角、偏置面。
- 表面分析：包括半径分析、距离分析、表面反射分析、曲率分析。

### 3. 曲面编辑方法

- 参数化的编辑方法。
- 非参数化的编辑方法。

移动定义点 ( Move Defining Point )  
移动极点 ( Move Pole )  
等参数修剪/分割 ( IsoparametricTrim/Divide )  
改变阶数 ( Change Degree )  
改变刚度 ( Change Stiffness )  
改变边缘 ( Change Edge )  
改变片体边界 ( Sheet Boundary )

### 1.3 上机练习

上机操作是学习 UG 的重要内容，本教材提供了一定的练习，并且包括较为详细的具体操作步骤。读者可以根据步骤自己独立完成练习。内容安排力求简明，具有一定的针对性。同时，练习的内容有一定的前后连续性，即前面的练习可能会在后面的练习中再使用。因此，要求读者保存好前面的练习，以备后续练习的使用。

课程最后还设计有综合练习，同时提供简要的操作说明，目的是使读者能够较为全面地掌握曲面构造的基本方法和步骤，提高学习 UG 的效率和兴趣。

### 1.4 参考资料

- 需要更加全面地了解和掌握 UG 的曲面构造，请参考 UG 用户手册 (UG Document)。
- 需要学习更多的练习操作，请使用 UGS 公司编写的 CAST 教程。

注：

CAST ( Computer Aid Self-Teaching ) 是计算机辅助自学教程的缩写。

- 需要获得技术咨询和问题解答，可以上网：<http://www.ugs.com.cn>

# 第 2 章 曲线的建立和编辑

## 2.1 概 述

### 2.1.1 曲线的分类

#### 1. 计算曲线

以数学形式定义的曲线，例如：

- 直线
- 二次曲线(Conic)：圆弧、圆、椭圆、双曲线、抛物线等。

根据其他几何体的计算而定义的曲线，例如：

- 抽取曲线(Extract Curve)
- 交线 (Intersection)
- 投射曲线 (Project)
- 偏置曲线 (Offset)
- 桥接曲线 (Bridge)
- 曲线缠绕/曲线展开 (Wrap/Unwrap)
- 曲线简化 (Simplify)
- 曲线连接 (Join)

#### 2. 构造曲线

过点、极点或用参数用户定义的曲线，例如：

- 样条 (Splines)
- 螺旋线 (Helixes)
- 规律曲线 (Law Curves)

### 2.1.2 曲线的多项式和阶次

由不同幂指数变量组成的表达式称为多项式。多项式中最大指数称为多项式的阶次。

例如：

$$7X^2 + 5X - 3 = 35 \quad (\text{阶次} = 2)$$

$$2t^3 - 3t^2 + t = 6 \quad (\text{阶次} = 3)$$

曲线的阶次用于判断曲线的复杂程度，而不是精确程度。对于 1、2、3 次曲线，可以

判断曲线的顶点和曲率反向数量，观察图 2-1 的公式。

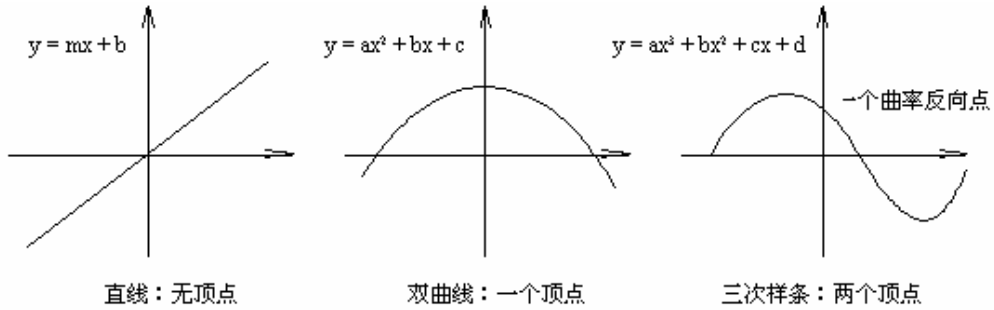


图 2-1 最大顶点数 = 阶次 - 1

低次多项式有特别的名称，见表 2-1。一般来讲，最好使用低阶次的多项式，UG 使用的样条的最高阶次是 24。

表 2-1 低次多项式有特别的名称

| 阶次(Degree) | 多项式名称                   |
|------------|-------------------------|
| 1          | Linear (线性)             |
| 2          | Quadratic or Conic (二次) |
| 3          | Cubic (三次)              |
| 4          | Quartic (四次)            |
| 5          | Quintic (五次)            |

低阶次曲线的优点：

- 更加灵活。
- 更加靠近它们的极点。
- 使得后续操作(加工和显示等)运行速度更快。
- 便于数据的转换，因为许多系统只接受 3 次曲线。

高阶次曲线的缺点：

- 灵活性差。
- 可能引起不可预见的曲率波动。
- 造成数据转换的问题。
- 导致后续操作执行速度变慢。

## 2.2 样 条

### 2.2.1 概述

样条 (Spline) 是构造曲面的重要曲线, 它可以是二维平面样条, 也可以是三维空间样条。样条种类很多, UG 采用 NURBS 样条。NURBS 使用广泛, 曲线拟合逼真, 形状控制方便, 能够满足绝大部分实际产品的设计要求。NURBS 已经成为当前 CAD/CAM 领域描述曲线和曲面的标准。

NURBS 是英文 Non-Uniform Rational B-Spline(非均匀有理 B 样条)的缩写。

编者注: 样条起源于车身设计, 车身设计时通常需要将一系列无规则的离散点连接成光滑曲线, 手工绘图采用一根弹性材料做的样条, 通过调整样条外形, 使其尽量逼近离散点从而绘制出所需的曲线。

利用计算机绘制曲线必须给出公式, 如圆弧、椭圆和双曲线等, 将一系列离散点连接成光滑曲线通常称为曲线拟合, 实际上是定义公式的问题。人们从绘制车身曲线得到启发, 根据材料力学方法, 将样条看成为弹性细曲梁, 从而创造出样条计算公式。

### 2.2.2 样条的构造方法

- By Poles (过极点法)

样条不通过定义的极点, 定义的极点作为样条的控制多边形顶点, 该方法有助于控制样条的整体形状。

- Through Points (过点法)

样条精确通过每个定义点, 该方法常用于逆向工程中的仿形设计。

- Fit (最小二乘方拟合样条)

将一系列定义点拟合成样条的方法, 所有在样条上的点和定义点之间点距离平方之和是最小的。该方法有助于减少定义样条所需的点数, 并确保样条的光顺。

上述三种样条构造方法见图 2-2。

- Perpendicular to Plane (垂直于平面法)