



全国职业技能Pro/ENGINEER认证指导用书

全程语音视频讲解 在线答疑解惑 互动学习

# Pro/ENGINEER野火版 5.0

## 曲面设计快速入门、进阶与精通

应学成·编著

### 功能全面：

集理论概述、软件操作、实际工程案例助读者迅速运用Pro/E野火版5.0来完成设计工作。

### 实用性强：

书中实例、案例等均来自生产一线真实产品，融入一线产品设计师多年的Pro/E使用经验、技巧。

### 附加值高：

附1张DVD，制作了274个Pro/ENGINEER曲面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11小时（660分钟）。

全程语音视频  
多媒体讲解设计  
技巧和综合案例

274个



全程同步多媒体  
语音视频教程

11小时



融入生产一线  
工程师多年的  
Pro/ENGINEER使用  
经验、技巧



DVD

660分钟

1张DVD  
超大容量  
视频教学



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

http://www.phei.com.cn

全国职业技能 Pro/ENGINEER 认证指导用书

# Pro/ENGINEER 野火版 5.0 曲面设计快速入门、进阶与精通

应学成 编著



電子工業出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是全面、系统学习 Pro/ENGINEER 野火版 5.0 曲面设计的快速入门、进阶与精通的书籍，内容包括曲面设计概要、曲面基准特征、简单曲面造型、复杂曲面的创建、曲面的修改与编辑、曲面中的倒圆角、曲线和曲面的信息与分析、TOP\_DOWN 自顶向下产品设计、ISDX 曲面的设计及逆向工程和曲面设计综合范例等。

在内容安排上，本书紧密结合大量范例对 Pro/ENGINEER 曲面设计的原理、方法、构思与技巧进行讲解和说明，这些范例都是实际工程设计中具有代表性的例子，这样的安排可增加本书的实用性和可操作性。在写作方式上，本书紧贴软件的实际操作界面，采用软件中真实的对话框、操控板和按钮等进行讲解，使初学者能够准确地操作软件，提高学习效率。本书附带 1 张超值多媒体 DVD 教学光盘，内含 274 个 Pro/ENGINEER 曲面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 11 小时（660 分钟）。光盘中还包含本书所有实例的源文件等。

本书可作为广大工程技术人员和三维设计爱好者学习 Pro/ENGINEER 的自学教程和参考书，也可作为大中专院校学生和各类培训学校学员的 CAD/CAM 课程上课及上机练习教材。

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

图书在版编目（CIP）数据

Pro/ENGINEER 野火版 5.0 曲面设计快速入门、进阶与精通：全程音视频讲解/应学成编著. —北京：电子工业出版社，2015.1

全国职业技能 Pro/ENGINEER 认证指导用书

ISBN 978-7-121-25276-1

I. ①P… II. ①应… III. ①曲面—机械设计—计算机辅助设计—应用软件—职业技能—资格认证—自学参考资料 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 303503 号

策划编辑：管晓伟

责任编辑：管晓伟 特约编辑：李兴 等

印 刷：北京京科印刷有限公司

装 订：三河市鹏成印业有限公司

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：787×1092 1/16 印张：31.25 字数：750 千字

版 次：2015 年 1 月第 1 版

印 次：2015 年 1 月第 1 次印刷

定 价：79.90 元（含多媒体 DVD 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 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线：（010）88258888。

# 前 言

Pro/ENGINEER(简称 Pro/E)是由美国 PTC 公司推出的一套博大精深的三维 CAD/CAM 参数化软件系统,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,其中还包含了大量的电缆及管道布线、模具设计与分析等实用模块,应用范围涉及航空航天、汽车、机械、数控(NC)加工和电子等诸多领域。

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,产品设计师在很多时候需要用复杂的曲面来表现产品外观。Pro/ENGINEER 曲面设计模块是产品造型设计的典范,本书是全面、系统学习和运用 Pro/ENGINEER 野火版 5.0 曲面设计的快速入门、进阶与精通书籍,其特色如下:

- ◆ **内容全面。**与其他的同类书籍相比,包括更多的 Pro/ENGINEER 曲面设计内容,例如产品的自顶向下产品设计、ISDX 曲面设计和逆向设计等。
- ◆ **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地学习书中介绍的 Pro/ENGINEER 高级功能。
- ◆ **写法独特。**采用 Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 软件中真实的对话框、操控板和按钮等进行讲解,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。
- ◆ **附加值极高。**本书附带 1 张多媒体 DVD 教学光盘,制作了 274 个 Pro/ENGINEER 曲面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,时长达 11 小时(660 分钟),可以帮助读者轻松、高效地学习。

本书由应学成编著,参加编写的人员还有王双兴、郭如涛、马志伟、师磊、李东亮、白超文、张建秋、任彦芳、杨作为、陈爱君、夏佩、谢白雪、王志磊、张党杰、张娟、马斯雨、车小平、曾为劲。本书已经经过多次审校,但仍不免有疏漏之处,恳请广大读者予以指正。

电子邮箱:bookwellok@163.com

编 者

# 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。

## 【写作软件蓝本】

本书采用的写作蓝本是 Pro/ENGINEER 野火版 5.0 版。

## 【写作计算机操作系统】

本书使用的操作系统为 Windows XP，对于 Windows 2000 /Server 或 Win7 操作系统，本书的内容和范例也同样适用。

## 【光盘使用说明】

为了使读者方便、高效地学习本书，特将本书中所有的练习文件、素材文件、已完成的实例、范例或案例文件、软件的相关配置文件和视频语音讲解文件等按章节顺序放入随书附带的光盘中，读者在学习过程中可以打开相应的文件进行操作、练习和查看视频。

本书附带多媒体 DVD 助学光盘 1 张，建议读者在学习本书前，先将 DVD 光盘中的所有内容复制到计算机硬盘的 D 盘中。

在光盘的 proewf5.8 目录下共有 3 个子目录。

(1) proewf5\_system\_file 子目录：包含一些系统文件。

(2) work 子目录：包含本书讲解中所用到的文件。

(3) video 子目录：包含本书讲解中的视频录像文件（含语音讲解）。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实例、范例或案例。

## 【本书约定】

◆ 本书中有关鼠标操作的简略表述说明如下。

- 单击：将鼠标指针光标移至某位置处，然后按一下鼠标的左键。
- 双击：将鼠标指针光标移至某位置处，然后连续快速地按两次鼠标的左键。
- 右击：将鼠标指针光标移至某位置处，然后按一下鼠标的右键。
- 单击中键：将鼠标指针光标移至某位置处，然后按一下鼠标的中键。
- 滚动中键：只是滚动鼠标的中键，而不是按中键。

- 选择（选取）某对象：将鼠标指针光标移至某对象上，单击以选取该对象。
- 拖移某对象：将鼠标指针光标移至某对象上，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。
- 本书所有涉及的参数，限于软件的特殊性，一律与对应软件一致，作为正体表述。

◆ 本书中的操作步骤分为“任务”和“步骤”两个级别，说明如下。

- 对于一般的软件操作，每个操作步骤以 **步骤 01** 开始。例如，下面是草绘环境中绘制矩形操作步骤的表述。

**步骤 01** 单击“矩形”命令按钮 。

**步骤 02** 在绘图区的某位置单击，放置矩形的一个角点，然后将该矩形拖至所需大小。

**步骤 03** 再次单击，放置矩形的另一个角点。此时，系统即在两个角点间绘制一个矩形。

- 每个“步骤”操作视其复杂程度，其下面可含有多级子操作。例如，**步骤 01** 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。
- 对于多个任务的操作，则每个“任务”冠以 **任务 01**、**任务 02**、**任务 03** 等，每个“任务”操作下则包含“步骤”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。

# 目 录

## 第一篇 Pro/ENGINEER 野火版 5.0 曲面快速入门

第 1 章	曲面设计概要 .....	1
1.1	曲面设计的发展概况 .....	1
1.2	曲面造型方法 .....	2
1.3	光滑曲面造型技巧 .....	5
第 2 章	曲面基准的创建 .....	7
2.1	基准特征和系统设置 .....	7
2.1.1	概述 .....	7
2.1.2	属性设置 .....	7
2.2	基准平面的创建 .....	9
2.3	基准轴的创建 .....	13
2.4	基准点的创建方法 .....	16
2.4.1	在曲线/边线上创建基准点 .....	16
2.4.2	在顶点上创建基准点 .....	17
2.4.3	过中心点创建基准点 .....	18
2.4.4	在曲面上创建基准点 .....	18
2.4.5	偏移曲面创建基准点 .....	19
2.4.6	利用曲线与曲面相交创建基准点 .....	20
2.4.7	利用坐标系原点创建基准点 .....	21
2.4.8	通过给定坐标值创建基准点 .....	21
2.4.9	在三个曲面相交处创建基准点 .....	22
2.4.10	利用两条曲线相交创建基准点 .....	23
2.4.11	偏移一点创建基准点 .....	23
2.4.12	创建域点 .....	24
2.5	坐标系的创建方法 .....	25
2.5.1	使用三个平面创建坐标系 .....	25
2.5.2	使用两个相交的基准轴(边)创建坐标系 .....	26
2.5.3	使用一个点和两个不相交的基准轴(边)创建坐标系 .....	27
2.5.4	创建偏距坐标系 .....	28
2.5.5	创建与屏幕正交的坐标系 .....	29
2.5.6	使用一个平面和两个基准轴(边)创建坐标系 .....	29
2.5.7	从文件创建坐标系 .....	30
2.5.8	坐标系的应用 .....	30
2.6	基准曲线的创建方法 .....	31
2.6.1	草绘曲线 .....	31
2.6.2	过基准点的曲线 .....	32
2.6.3	复制曲线 .....	33
2.6.4	从文件创建基准曲线 .....	33

2.6.5	使用剖截面创建基准曲线 .....	34
2.6.6	从方程创建基准曲线 .....	35
2.6.7	在两个曲面相交处创建基准曲线 .....	36
2.6.8	用修剪创建基准曲线 .....	37
2.6.9	沿曲面创建偏移基准曲线 .....	38
2.6.10	垂直于曲面创建偏移基准曲线 .....	39
2.6.11	从曲面边界创建基准曲线 .....	40
2.6.12	通过投影创建基准曲线 .....	42
2.6.13	创建包络曲线 .....	42
2.6.14	用二次投影创建基准曲线 .....	43
2.6.15	基准曲线应用范例——在特殊位置创建筋特征 .....	44
2.7	图形特征 .....	45
2.7.1	图形特征基础 .....	45
2.7.2	图形特征应用范例 .....	46
<b>第 3 章</b>	<b>简单曲面的创建 .....</b>	<b>51</b>
3.1	曲面网格显示 .....	51
3.2	创建拉伸和旋转曲面 .....	51
3.3	创建平整曲面——填充特征 .....	53
3.4	偏移曲面 .....	53
3.5	复制曲面 .....	56

## 第二篇 Pro/ENGINEER 野火版 5.0 曲面进阶

<b>第 4 章</b>	<b>复杂曲面的创建 .....</b>	<b>60</b>
4.1	创建边界混合曲面 .....	60
4.1.1	创建一般边界混合曲面 .....	61
4.1.2	创建边界闭合混合曲面 .....	63
4.1.3	边界混合曲面的练习 .....	64
4.2	创建混合曲面 .....	67
4.2.1	混合特征概述 .....	67
4.2.2	创建混合曲面的一般过程 .....	68
4.3	扫描曲面 .....	72
4.3.1	普通扫描 .....	72
4.3.2	螺旋扫描 .....	77
4.3.3	扫描混合 .....	79
4.3.4	可变截面扫描 .....	88
4.4	圆锥曲面和 N 侧曲面片 .....	96
4.4.1	创建圆锥曲面 .....	96
4.4.2	创建 N 侧曲面片 .....	98
4.5	将截面混合到曲面 .....	100
4.6	将切面混合到曲面 .....	101
4.7	两曲面之间的混合 .....	103
4.8	曲面自由形状 .....	103
4.9	曲面的环形折弯 .....	105
4.10	展平面组 .....	106
4.11	“带”曲面 .....	108
4.12	曲面的扭曲 .....	110



4.12.1	进入扭曲 ( Warp ) 操控板.....	110
4.12.2	变换工具.....	111
4.12.3	扭曲工具.....	112
4.12.4	骨架工具.....	114
4.12.5	拉伸工具.....	115
4.12.6	折弯工具.....	116
4.12.7	扭转工具.....	117
4.12.8	雕刻工具.....	118
4.13	数据共享.....	119
4.13.1	数据传递.....	119
4.13.2	几何传递.....	120
4.13.3	数据共享的几种常用方法.....	120
4.14	参数化设计.....	129
4.14.1	关于关系.....	129
4.14.2	关于用户参数.....	137
4.14.3	曲面的参数化设计应用范例.....	138
<b>第 5 章</b>	<b>曲面的修改与编辑.....</b>	<b>142</b>
5.1	曲面的修剪.....	142
5.1.1	一般的曲面修剪.....	142
5.1.2	用面组或曲线修剪面组.....	143
5.1.3	用“顶点倒圆角”选项修剪面组.....	144
5.1.4	薄曲面的修剪.....	145
5.2	曲面的合并和延伸操作.....	145
5.2.1	曲面的合并.....	145
5.2.2	曲面的延伸.....	147
5.3	曲面的移动和旋转.....	148
5.3.1	曲面的移动.....	148
5.3.2	曲面的旋转.....	149
5.4	曲面的拔模.....	149
5.4.1	拔模特征概述.....	149
5.4.2	使用枢轴平面拔模.....	150
5.4.3	草绘分割拔模.....	153
5.4.4	枢轴曲线拔模.....	155
5.5	曲面实体化.....	156
5.5.1	“实体化”命令创建实体.....	156
5.5.2	“偏移”命令创建实体.....	157
5.5.3	“加厚”命令创建实体.....	158
<b>第 6 章</b>	<b>曲面中的倒圆角.....</b>	<b>160</b>
6.1	倒圆角的特征.....	160
6.2	倒圆角的参照.....	160
6.3	倒圆角的类型.....	161
6.3.1	恒定倒圆角.....	161
6.3.2	可变倒圆角.....	162
6.3.3	曲面至曲面可变倒圆角.....	162
6.3.4	由曲线驱动的倒圆角.....	164
6.3.5	完全倒圆角.....	164
6.3.6	圆锥倒圆角.....	165

第 7 章	曲线和曲面的信息与分析 .....	167
7.1	曲线的分析 .....	167
7.1.1	曲线上某点信息分析 .....	167
7.1.2	半径分析 .....	168
7.1.3	曲率分析 .....	169
7.1.4	对曲线进行偏差分析 .....	169
7.2	曲面的分析 .....	170
7.2.1	曲面上某点信息分析 .....	170
7.2.2	半径分析 .....	171
7.2.3	曲率分析 .....	172
7.2.4	截面分析 .....	173
7.2.5	偏移分析 .....	175
7.2.6	对曲面进行偏差分析 .....	175
7.2.7	高斯曲率分析 .....	176
7.2.8	拔模分析 .....	176
7.2.9	反射分析 .....	177
7.3	用户定义分析——UDA .....	178
7.3.1	概述 .....	178
7.3.2	使用 UDA 功能的规则和建议 .....	178
第 8 章	TOP_DOWN 自顶向下产品设计 .....	184
8.1	概述 .....	184
8.2	创建手机的骨架模型 .....	186
8.3	创建二级主控件 1 .....	192
8.4	创建三级主控件 .....	195
8.5	创建二级主控件 2 .....	197
8.6	创建手机屏幕 .....	200
8.7	创建手机上盖 .....	201
8.8	创建手机按键 .....	204
8.9	创建手机下盖 .....	209
8.10	创建电池盖 .....	212

### 第三篇 Pro/ENGINEER 野火版 5.0 曲面精通

第 9 章	ISDX 曲面基础 .....	215
9.1	关于 ISDX 曲面模块 .....	215
9.1.1	模型构建概念 .....	215
9.1.2	ISDX 曲面模块特点及应用 .....	215
9.1.3	造型特征属性 .....	216
9.2	ISDX 曲面模块的进入 .....	218
9.3	ISDX 曲面模块环境 .....	218
9.3.1	模块中的用户界面 .....	218
9.3.2	模块中的下拉菜单 .....	219
9.3.3	模块中的命令按钮 .....	219
9.3.4	再生更新 .....	223
9.4	ISDX 曲面模块入门 .....	223
9.4.1	查看 ISDX 曲线及曲率图、ISDX 曲面 .....	223
9.4.2	查看及设置活动平面 .....	225

9.4.3	查看 ISDX 环境中的四个视图及设置视图方向	226
9.4.4	ISDX 环境的优先设置	227
<b>第 10 章</b>	<b>创建 ISDX 曲线</b>	<b>228</b>
10.1	ISDX 曲线基础	228
10.2	ISDX 曲线上点的类型	229
10.2.1	自由点	229
10.2.2	软点	230
10.2.3	固定点	231
10.2.4	相交点	232
10.3	ISDX 曲线的类型	233
10.3.1	自由 (Free) 类型的 ISDX 曲线	233
10.3.2	平面 (Planar) 类型的 ISDX 曲线	235
10.3.3	创建 COS 类型的 ISDX 曲线	237
10.3.4	下落 (Drop) 类型的 ISDX 曲线	239
<b>第 11 章</b>	<b>编辑 ISDX 曲线</b>	<b>242</b>
11.1	ISDX 曲线的曲率图	242
11.2	ISDX 曲线上点的编辑	243
11.2.1	移动点	244
11.2.2	比例更新	248
11.2.3	端点的相切设置	248
11.2.4	添加/删除点	255
11.3	延伸 ISDX 曲线	256
11.4	分割 ISDX 曲线	257
11.5	组合 ISDX 曲线	258
11.6	复制和移动 ISDX 曲线	259
11.7	删除 ISDX 曲线	260
11.8	ISDX 多变曲面与修饰造型	261
<b>第 12 章</b>	<b>创建 ISDX 曲面</b>	<b>263</b>
12.1	采用不同的方法创建 ISDX 曲面	263
12.1.1	边界	263
12.1.2	放样	267
12.1.3	混合	268
12.2	编辑 ISDX 曲面	270
12.2.1	ISDX 曲线编辑	270
12.2.2	曲面编辑命令	272
12.3	连接 ISDX 曲面	275
12.4	修剪 ISDX 曲面	277
12.5	特殊 ISDX 曲面	278
12.5.1	三角曲面	278
12.5.2	圆润曲面	281
12.5.3	渐消曲面	289
<b>第 13 章</b>	<b>逆向工程</b>	<b>299</b>
13.1	逆向工程概述	299
13.1.1	概念	299
13.1.2	设计前的准备工作	299

13.2	独立几何 .....	300
13.2.1	概述 .....	300
13.2.2	扫描曲线的创建 .....	300
13.2.3	扫描曲线的修改 .....	305
13.2.4	型曲线的创建 .....	307
13.2.5	型曲线的修改 .....	308
13.2.6	创建型曲面 .....	313
13.2.7	型曲面的修改 .....	314
13.3	小平面对象 .....	320
13.4	重新造型 .....	324

#### 第四篇 Pro/ENGINEER 野火版 5.0 曲面综合应用案例

第 14 章	普通曲面设计综合范例 .....	333
14.1	普通曲面综合范例 1——淋浴把手 .....	333
14.2	普通曲面综合范例 2——面板 .....	341
14.3	普通曲面综合范例 3——加热丝 .....	348
14.4	普通曲面综合范例 4——涡轮 .....	356
14.5	普通曲面综合范例 5——异型环装饰曲面造型 .....	361
14.6	普通曲面综合范例 6——门把手 .....	367
14.7	普通曲面综合范例 7——参数化圆柱齿轮 .....	377
14.8	普通曲面综合范例 8——参数化蜗杆 .....	385
14.9	普通曲面综合范例 9——参数化锥齿轮 .....	392
第 15 章	ISDX 曲面设计综合范例 .....	406
15.1	ISDX 曲面设计范例 1——钟表表面 .....	406
15.2	ISDX 曲面设计范例 2——勺子 .....	415
15.3	ISDX 曲面设计范例 3——吸尘器盖 .....	431
15.4	ISDX 曲面设计范例 4——玩具汽车 .....	457

# 第一篇

## Pro/ENGINEER 野火版 5.0 曲面快速入门

### 第 1 章 曲面设计概要

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,主要包括:曲面设计的发展概况、曲面设计的基本方法和应用技巧。与一般实体零件的创建相比,曲面的设计是较难掌握的部分,其技巧性比较强,需要读者用心体会,多加练习。

#### 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, 以网格细分为特征的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。

当今在 CAD/CAM 系统的曲面造型领域, 有一些功能强大的软件系统, 如: 美国 PTC 公司的 Pro/ENGINEER、美国 SDRC 公司的 I-DEASMasterSeries、美国 Unigraphics Solutions 公司的 UG 以及法国达索系统的 CATIA 等, 它们各具特色和优势, 在曲面造型领域都发挥着举足轻重的作用。

美国 PTC 公司的 Pro/ENGINEER, 以其参数化、基于特征、全相关等新概念闻名于 CAD 领域。它在曲面的创建生成、编辑修改、计算分析等方面功能强大。另外它还可以将特殊的曲面造型实例作为一个特征加入特征库中, 使其功能得到不断扩充。

## 1.2 曲面造型方法

曲面造型的方法有多种, 下面介绍最常见的几种方法。

### 1. 拉伸面

将一条截面曲线沿一定的方向滑动所形成的曲面, 称为拉伸面, 如图 1.3.1 所示。

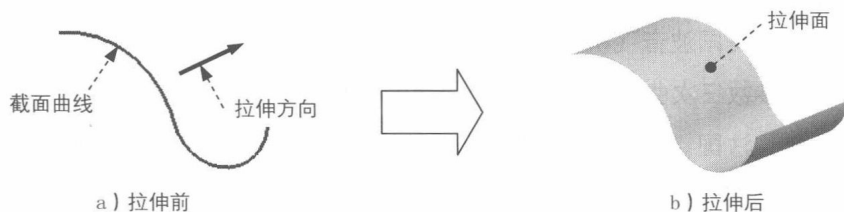


图 1.3.1 拉伸面

## 2. 直纹面

将两条形状相似且具有相同次数和相同节点矢量的曲线上的对应点用直线段相连，便构成直纹面，如图 1.3.2 所示。圆柱面、圆锥面其实都是直纹面。

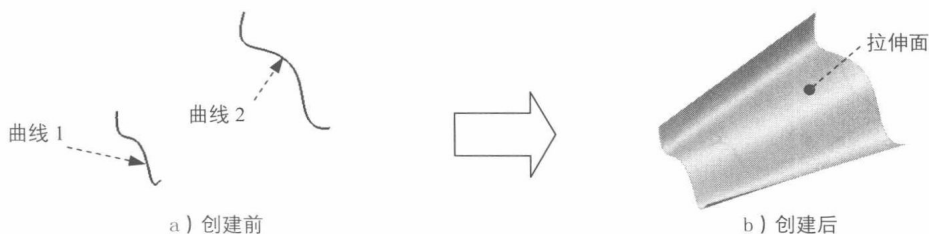


图 1.3.2 直纹面

当构成直纹面的两条边界曲线具有不同的阶数和不同的节点时，需要首先将次数或节点数较低的一条曲线通过升阶、插入节点等方法，提高到与另一条曲线相同的次数或节点数，再创建直纹面。另外，构成直纹面的两条曲线的走向必须相同，否则曲面将会出现扭曲。

## 3. 旋转面

将一条截面曲线沿着某一旋转轴旋转一定的角度，就形成了一个旋转面，如图 1.3.3 所示。

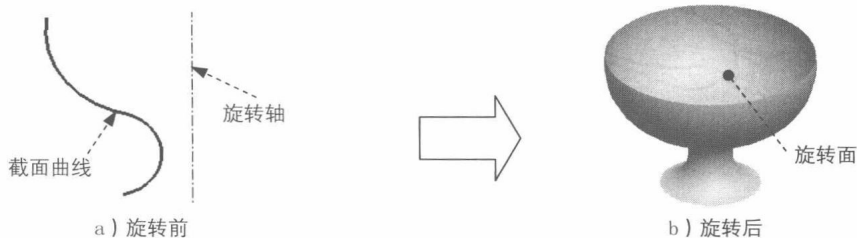


图 1.3.3 旋转面

## 4. 扫描面

将截面曲线沿着轨迹曲线扫描而形成的曲面为扫描面，如图 1.3.4 所示。

截面曲线和轨迹线可以有多条，截面曲线形状可以不同，可以封闭也可以不封闭，生成扫描时，软件会自动过渡，生成光滑连续的曲面。

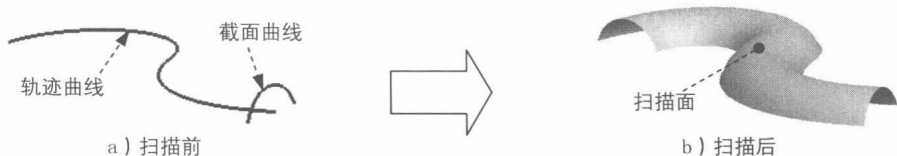


图 1.3.4 扫描面

## 5. 混合面

混合面是以一系列曲线为骨架进行形状控制，且通过这些曲线自然过渡生成曲面，如图 1.3.5 所示。

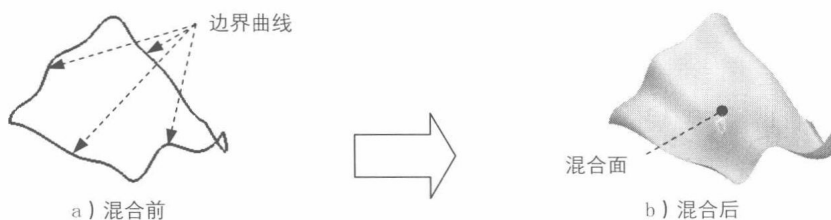


图 1.3.5 混合面

## 6. 网格曲面

网格曲面是在两组相互交叉、形成一张网格骨架的截面曲线上生成的曲面。网格曲面生成的思想是首先构造出曲面的特征网格线（U 线和 V 线），比如，用曲面的边界线和曲面的截面线来确定曲面的初始骨架形状，然后用自由曲面插值特征网格生成曲面，如图 1.3.6 所示。

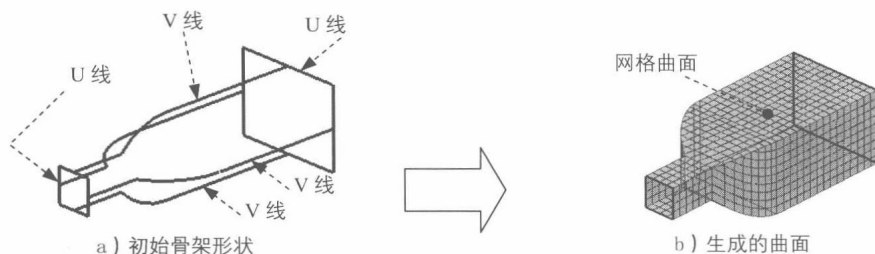


图 1.3.6 网格曲面

由于骨架曲线采用不同方向上的两组截面线形成一个网格骨架，控制两个方向的变化趋势，使特征网格线能基本上反映出设计者想要的曲面形状，在此基础上，插值网格骨架生成的曲面必然将满足设计者的要求。

## 7. 偏距曲面

偏距曲面就是把曲面特征沿某方向偏移一定的距离来创建的曲面，如图 1.3.7 所示。机械加工或钣金零件在装配时为了得到光滑的外表面，往往需要确定一个曲面的偏距曲面。

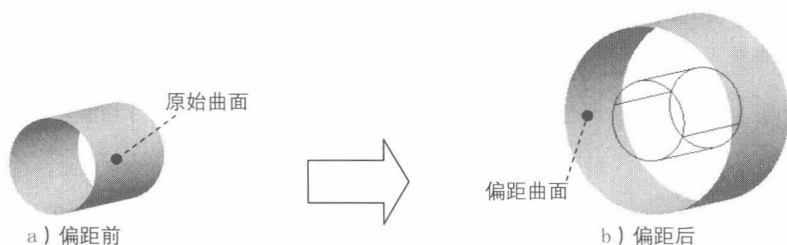


图 1.3.7 偏距曲面



现在常用的偏距曲面的生成方法一般是先将原始曲面离散细分，然后求取原始曲面离散点上的等距点，最后将这些等距点拟合成等距面。

### 1.3 光滑曲面造型技巧

一个美观的产品外形往往是光滑而圆顺的。光滑的曲面，从外表看流线顺畅，不会引起视觉上的凸凹感，从理论上讲是指具有二阶几何连续、不存在奇点与多余拐点、曲率变化较小以及应变较小等特点的曲面。

要保证构造出来的曲面既光滑又能满足一定的精度要求，就必须掌握一定的曲面造型技巧，下面我们就一些常用的技巧进行介绍。

#### 1. 区域划分，先局部再整体

一个产品的外形，往往用一张曲面去描述是不切实际和不可行的，这时就要根据应用软件曲面造型方法，结合产品的外形特点，将其划分为多个区域来构造几张曲面，然后再将它们合并在一起，或用过渡面进行连接。当今的三维 CAD 系统中的曲面几乎都是定义在四边形域上。因此，在划分区域时，应尽量将各个子域定义在四边形域内，即每个子面片都具有四条边。

#### 2. 创建光滑的控制曲线是关键

控制曲线的光滑程度往往决定着曲面的品质。要创建一条高质量的控制曲线，主要应从以下几点着手：①要达到精度的要求；②曲率主方向要尽可能一致；③曲线曲率要大于将作圆角过渡的半径值。

在创建步骤上，首先利用投影、插补、光滑等手段生成样条曲线，然后根据其曲率图的显示来调整曲线段，从而实现交互式的曲线修改，达到光滑的效果。有时也可通过调整空间曲线的参数一致性，或生成足够数目的曲线上的点，再通过这些点重新拟合曲线，以达到使曲面光滑的目的。

#### 3. 光滑连接曲面片

曲面片的光滑连接，应具备以下两个条件：①要保证各连接面片间具有公共边；②要保证各曲面片的控制线连接光滑。其中第二条是保证曲面片连接光滑的必要条件，可通过修改控制线起点、终点的约束条件，使其曲率或切线在接点处保证一致。