



工业设计院

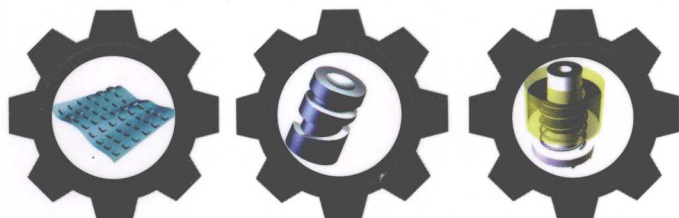
二代龙震工作室 编著

Pro/ENGINEER ISDX

Wildfire 5.0

造型设计

- 特殊的文字图例著作风格，易读易懂
- 理论与实作兼顾
- 强调正确的造型设计建模概念
- 含Pro/E人机工程分析 Manikin
- 提供动画视频教学文件
- 提供网上习题解答下载和问题咨询



清华大学出版社

工业设计院

Pro/ENGINEER ISDX Wildfire 5.0

造型设计

二代龙震工作室 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一本兼顾理论与实务,且内容完整的 Pro/E 专业权威图书,随书附赠的光盘内容为本书所有范例源文件,可以使读者在学习与工作中更加得心应手。

本书基本上是为了工业设计流程中最上游的造型设计而编写的。本书分三部分。开始的两章介绍 Pro/E 的曲面命令功能;后续的两章介绍造型设计的基础学理,让读者在设计之前,先创建应有的基本概念;随后的各章以一章一实例的方式做综合性的实例练习。

本书适合机械等相关行业的所有设计和制图人员,同时也是机械本科或相关科系的最佳学习教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER ISDX Wildfire 5.0 造型设计/二代龙震工作室编著. --北京:清华大学出版社,2011.1
(工业设计院)

ISBN 978-7-302-24096-9

I. ①P… II. ①二… III. ①工业产品—计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 5.0
IV. ①TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 206092 号

责任编辑:张彦青

装帧设计:杨玉兰

责任校对:王 晖

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:23.5 字 数:565 千字

附光盘 1 张

版 次:2011 年 1 月第 1 版 印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:43.00 元

产品编号:035095-01

丛书序

本工作室针对 Pro/ENGINEER 这个 CAD/CAM/CAE 大型软件所写的系列书包含在“Pro/ENGINEER 工业设计院”总称之下。而系列的顺序是按整个工业设计的上、下游流程，以及其所代表的几个热门职业：造型设计师、建模师、机构设计师、结构设计师、模具设计师等所设计的专业课程；然后，再搭配 Pro/ENGINEER 这个软件的各种合适模块，来诠释其技术和软件工具的应用。

工业设计院分以下四大系列。

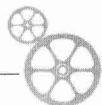
(1) 基础设计系列：主要是建模和画工程图，所有机械范畴都要用到。

(2) 造型设计系列：工业设计最上游，即产品原型的确定阶段。能主导设计的就是造型设计师，按确认图样生产或抄录的就是建模师。

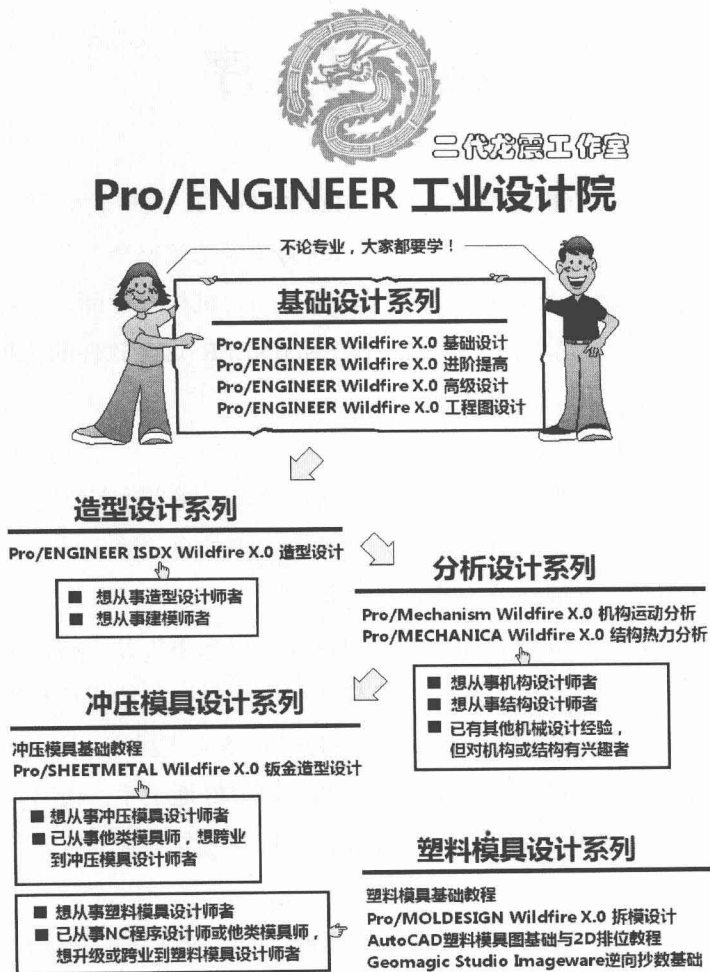
(3) 分析设计系列：工业设计流程的中间阶段，用来事先分析解决可能发生于制造阶段的难题。在以前，由于主要的分析人才来自研究所层级，一般或低技术层级的企业不易取得。近年来，由于 CAE(计算机辅助分析)软件仿真技术突飞猛进，让需求人才的门坎大幅降低！现在，只要具有设计经验，不论学历，都可以很好地上手；没有经验的，职专以上程度即可。因此，机械本科的学子们出校门时，就具备简易基本的机构、结构分析能力，已逐渐形成风潮。

(4) 模具设计：制造阶段一向是工业设计最重要的下游，其顺利与否决定产品的成败；所用的生产机械、设计时间与人力则严重影响产品的成本。在这方面，我们将按当前模具产业中市占率最大的两个(塑料模与冲压模)，来创建以下两种系列书：

- ① 塑料模具设计系列。
- ② 冲压模具设计系列。



我们再来以下图来说明本系列书。



本套书的系列名为 Pro/ENGINEER 造型设计。基本上是为了工业设计流程中最上层的造型设计专业而写的。在这个系列里，当前只包含这一本，学本书之前需要先学过基础设计系列的4本。

以下是本系列单本书的内容简述。

书 名	内容方向
Pro/ENGINEER ISDX Wildfire 5.0 造型设计	使用 Pro/E 的 Style 模块来主攻工业设计中的曲面造型设计主题。同时，提供理论和实例操作

关于《Pro/ENGINEER ISDX Wildfire 5.0 造型设计》

本书等于是在基本建模上再加上曲面建模。所以，需要学过基础设计系列的前 3 本后，再来学习本书。本书主攻工业设计中的曲面造型设计主题，希望读者暂时抛开机械设计的思维，以艺术的眼光来创作作品。造型设计模块 Style 正好是 Pro/E 的强项。

我们将在本书中提到以下的主题：

■ 自由曲线	■ 自由曲面	■ 工业设计基础(上篇)
■ 工业设计基础(下篇)	■ 艺术灯罩	■ 曲线 U 盘
■ 高级香水瓶	■ 遥控器	■ 心形饰品
■ 曲线卡片阅读机	■ 卫星导航屏幕	■ 电话听筒
■ 曲线茶壶	■ 吹风机	■ 习题专章
■ Pro/E 的人机工程功能		

二代龙震工作室

作 者 序

本书的重点是 Pro/E 的曲面功能，它虽然是 Pro/E 基本模块中的一环，但实际上是专门用于曲线造型的一组指令集。在 Wildfire 2.0 版时，将它放在“进阶设计”一书中的一章来讲，但是范例不够，深度和应用也不足，所以，现在将它独立出来，作为造型设计师这行最佳的模板。

另外还有一个重要的问题是，多数人和其他同类书籍都以机械设计的观点来学习或教导造型设计，而现在身处造型设计科系的专业教授对此是持反对态度的。他们认为“造型设计”已是一门拥有自己技术特色的独立专业，这个专业的确要配合诸如“机构设计”、“结构设计”和“模具设计”等传统机械专业，但并不代表设计的观点都如出一辙。这是读者在学习这门专业之前要非常注意的，否则一定会很快地在设计概念上出现无法突破的瓶颈。这也是本书独立出来，同时较强调造型设计特色概念的主要原因。

本书分三部分。开始的两章介绍 Pro/E 的自由曲面命令功能；后续的两章介绍造型设计的基础学理，让读者在设计之前，先掌握工业造型设计的基本概念；随后的各章以一章一实例的方式做综合性的实例练习。

为了增强读者的学习效果，从本书起，将制作动画视频文件，读者只需对照位置来选择即可。

不论是龙震工作室，还是二代龙震工作室(大陆工作室)，我们开发的计算机书籍共同的特性在于：

- 个性化的服务，理论与专业的完美组合。书中摒弃一般图书只注重理论功能介绍，而忽视读者本身专业需要的缺点，既介绍了软件功能的使用技巧，又结合了读者专业的特点，同时也注重实务的需求。
- 以图例形式来完成对操作过程的解说，避免使用冗长文字来破坏思考，这是龙震工作室所著书籍的一贯特色。
- 比拟多媒体动画的全步骤式图例。我们所展示的全步骤式图例、效果和多媒体动画教学是一样的。
- 网站技术支持。凡是购买龙震工作室开发的图书的读者，都可以通过“龙震在线”获得最快捷的支持。同时，网站的内容和服务方式还会不断扩充。

您可以通过以下工作室专属网站或电子邮件信箱来咨询。

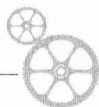
龙震在线：<http://www.dragon2g.com> E-mail: dragon.dragon2@msa.hinet.net

本书在出版过程中，得到了清华大学出版社第三事业部的大力协助，在此深表感谢。在此还要对广大支持我们的读者，致以十二万分的敬意和谢意，您的支持使我们所著书籍得以持续面世，也让我们提供的长期免费服务得以坚持！再次感谢各位！

二代龙震工作室

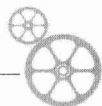
目 录

第 1 章 自由曲线	1	1.8 曲线的分级	36
1.1 前言	2	1.8.1 贝塞尔曲线的连续性	36
1.1.1 造型设计与工业设计的关系	2	1.8.2 绘制 C2 曲线	38
1.1.2 为什么要学习本书	2	第 2 章 自由曲面	43
1.1.3 本书的结构	2	2.1 自由曲面简介	44
1.1.4 本书的图例和视频文件说明	3	2.1.1 Pro/E 的自由曲面界面	44
1.2 自由曲线和自由曲面概论	4	2.1.2 以边界曲线来创建曲面	44
1.3 Pro/E 造型模块的操作界面	6	2.1.3 重新参数化曲线	46
1.4 造型环境下的系统设置	6	2.1.4 自由曲面的连接	48
1.5 自由曲线	7	2.1.5 自由曲面的剪裁	56
1.5.1 Pro/E 的自由曲线界面	7	2.2 复合曲面	57
1.5.2 造型组合键	7	2.2.1 边界自由曲面的创建	58
1.5.3 点的类型	9	2.2.2 放样自由曲面的创建	60
1.5.4 工作平面的设置	10	2.2.3 混合自由曲面的创建	61
1.5.5 自由曲线上的点或控制点 生成的自由曲线	10	2.3 以输入文件来创建自由曲面	65
1.5.6 平面曲线	11	2.4 曲面的等级	67
1.5.7 创建径向的平面曲线	12	2.4.1 A 级曲面的定义	67
1.5.8 表面上的自由曲线	13	2.4.2 G0、G1 和 G2 曲面的判断	68
1.5.9 将曲线投影到曲面创建 COS	13	2.5 Boundary 与 Style 曲面的比较	72
1.5.10 创建相交的 COS	14	2.6 直接曲面编辑	72
1.6 自由曲线的编辑	16	习题	76
1.6.1 控制自由曲线的外形	16	第 3 章 工业设计基础(上篇)	79
1.6.2 新增自由曲线上的点	21	3.1 前言	80
1.6.3 删除点、分割曲线 和组合曲线	21	3.2 工业设计概论	81
1.6.4 改变曲线类型	22	3.3 工业设计的历史	82
1.6.5 自由曲线的复制、移动、 缩放和旋转	24	3.3.1 工艺美术运动时期	82
1.6.6 自由曲线的按比例复制	25	3.3.2 德意志制造同盟时期	83
1.6.7 自由曲线的曲率	26	3.3.3 鲍豪斯时期	83
1.7 创建输入曲线	27	3.3.4 鲍豪斯在美国的 “美”梦成真	85
		3.3.5 工业设计在日本	86

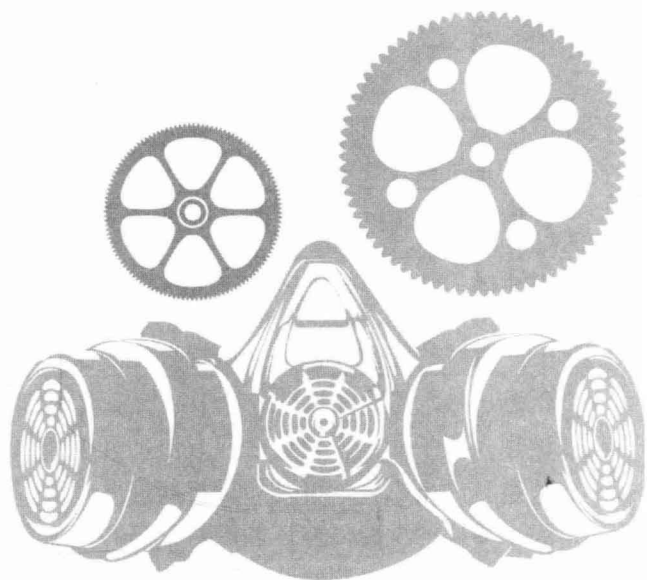


3.3.6	工业设计在欧洲	86	4.1.4	工业设计与人机工学的 关系	124
3.3.7	我国的工业设计	88	4.1.5	人机工学在工业设计中的 应用	125
3.3.8	台湾地区的工业设计	88	4.2	产品价值工程学	127
3.3.9	国际的工业设计协会时期	89	4.2.1	价值工程的由来 与发展现况	128
3.4	工业设计的条件和背景	89	4.2.2	价值工程和工业产品设计的 关系	129
3.4.1	专业素养背景	90	4.2.3	组成价值工程的概念	130
3.4.2	人文素养背景	92	4.2.4	价值工程的分析原则	131
3.4.3	计算机素养背景	93	4.2.5	运行价值工程的方法	132
3.5	造型设计原则和市场导向	94	4.3	产品设计美学	132
3.5.1	产品设计的原则和定位	95	4.3.1	是美术还是美工	133
3.5.2	产品设计的错误心态	96	4.3.2	设计美学与装饰的艺术美	134
3.6	工业设计和企业间的关系	97	4.3.3	产品造型设计的功能美	136
3.6.1	造型设计可以提高企业的 竞争力	97	4.3.4	产品造型设计的造型美	137
3.6.2	造型设计可以促进科技成果 商品化	98	4.3.5	产品外观造型的三大美学 因素	140
3.6.3	造型设计可以提高产品 附加价值	99	4.4	造型设计风格学	151
3.6.4	造型设计可以提升企业形象, 促进产品销售	100	4.4.1	设计结合生产技术所带来的 风格	151
3.7	工业设计的流程	102	4.4.2	结合艺术所形成的风格	153
3.7.1	第一阶段: 产品策划阶段	102	4.4.3	高科技时代的产品 设计风格	154
3.7.2	第二阶段: 造型草图/设计 定位阶段	104	4.5	概念设计学	155
3.7.3	第三阶段: 机构设计/结构 设计/样品制造阶段	106	4.5.1	产品设计的阶段	155
3.7.4	第四阶段: 模具设计阶段	110	4.5.2	概念设计中的创新方法	156
3.7.5	第五阶段: 产品推广阶段	111	4.6	产品语意学概述	158
3.8	结语	112	4.6.1	产品语意学在工业产品造型 设计中的应用	159
3.9	造型设计的困难和解决方案	113	4.6.2	产品语意和语境的 开发方法	160
3.10	产品设计和产品生命周期间的 关系	115	4.7	结语	161
习题		116	习题		162
第4章	工业设计基础(下篇)	117	第5章	艺术灯罩	163
4.1	人机工程学	118	5.1	前言	164
4.1.1	因为战争的需要	118	5.2	本章范例的重点说明	164
4.1.2	研究人机工学的重点因素	119			
4.1.3	实例说明	121			

5.3 开始建模绘图	165	11.3 CAD 软件中的曲面造型常识	254
5.4 构建造型曲线、曲面的概念	168	11.3.1 有理 B-样条曲面的历史	255
5.4.1 造型曲线的概念	169	11.3.2 新的曲面造型方法简介	256
5.4.2 曲线和曲面分析工具	170	第 12 章 电话听筒	259
第 6 章 曲线 U 盘	175	12.1 本章范例的重点说明	260
6.1 本章范例的重点说明	176	12.2 开始建模绘图	260
6.2 开始建模绘图	176	12.2.1 电话听筒下盖	261
第 7 章 高级香水瓶	187	12.2.2 电话听筒上盖	267
7.1 本章范例的重点说明	188	12.2.3 组装上下盖	271
7.2 开始建模绘图	188	12.3 造型拆面法	271
7.3 渲染图制作	197	12.3.1 拆面九法之一: 平面上的 突起曲面	272
7.3.1 贴附材料	197	12.3.2 拆面九法之二: 曲面上的 突出曲面	273
7.3.2 灯光布置	199	12.3.3 拆面九法之三: 不规则 曲面上的突出曲面(平面)	275
7.3.3 渲染输出	200	12.3.4 拆面九法之四: 不规则 曲面的突出不规则曲面	276
第 8 章 遥控器	207	12.3.5 拆面九法之五: 五边面 拆面法	277
8.1 本章范例的重点说明	208	12.3.6 拆面九法之六: 渐消失面 拆面法	279
8.2 开始建模绘图	208	12.3.7 拆面九法之七: 不规则曲面 拆面法	282
8.2.1 遥控器上盖部分	209	12.3.8 拆面九法之八: 多重近似 剖面混合法	283
8.2.2 遥控器下盖部分	215	12.3.9 拆面九法之九: 不相切 分型面的曲面	285
8.2.3 遥控器的组装和修改测试	220	第 13 章 曲线茶壶	289
第 9 章 心形饰品	223	13.1 本章范例的重点说明	290
9.1 本章范例的重点说明	224	13.2 开始绘图	290
9.2 开始建模绘图	224	第 14 章 吹风机	305
9.3 本范例的后续改善	233	14.1 本章范例的重点说明	306
9.4 本范例的学习心得	235	14.2 开始建模绘图	306
第 10 章 曲线卡片阅读机	237	第 15 章 习题专章	313
10.1 本章范例的重点说明	238	15.1 前言	314
10.2 开始建模绘图	239		
10.2.1 卡片阅读机上盖	239		
10.2.2 卡片阅读机下盖	242		
10.2.3 上下盖组装	243		
第 11 章 卫星导航屏幕	245		
11.1 本章范例的重点说明	246		
11.2 开始建模绘图	246		



15.2 修正类习题.....	314	16.1.2 Pro/ENGINEER Manikin 的 操作任务	339
15.3 操作类习题.....	315	16.2 Manikin 模型、情境和快照	343
15.4 造型设计实务类习题	324	16.3 Manikin 建模和分析实例	344
第 16 章 Pro/E 的人机工程功能	337	16.4 心得讨论	353
16.1 Pro/ENGINEER Manikin 概论	338	附录 A 室内尺度与人机工学.....	355
16.1.1 Pro/ENGINEER Manikin 的 界面.....	338	附录 B 如何使用本书范例光盘 和服务	359

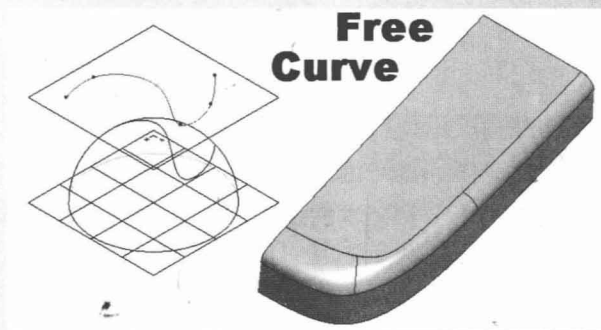


第1章

自由曲线

一般说来，造型绘图有两个主题：一个是自由曲线，另一个则是自由曲面。本章介绍自由曲线。

Pro/ENGINEER 的自由曲线/曲面功能，称为 Interactive Surface Design Extension(ISDX)。它将艺术性和技术性完美地结合在一起，使得设计师能在同一个设计环境中完成产品设计，以避免外部造型和零件的结构设计脱节。同时，新的自由曲面还能与原有的参数设计技术相互作用，为后续的加工制造及产品优化设计等工作奠定基础。





1.1 前言

从很多读者的提问中，我们了解到，很多人对“造型设计”专业有很大的误解，以为它只是机械设计的延伸。它应该是一门独立的专业。所以同样是介绍“造型设计”的书，在概念方向上，就会有截然不同的内容。

1.1.1 造型设计与工业设计的关系

正统的造型设计是一门特有的专业。它将那种只有艺术家欣赏，一般人摸不着头绪的创意，融入冰冷的机械设计中，使要设计的产品既不过于冰冷、有棱有角，又不超脱现实。试想，车子原本应该像个四方形，有棱有角的铁盒子，只要性能好就好，难看一点有什么关系！这是机械。可是如果将其外形修改得圆润平滑美观，座位按人体曲线设计得舒适怡人，一样的性能，但还能带给开车的人一个舒服的心情；更重要的是，还要能顺利地制造出来，这就是“造型设计”。

按“工业设计”的流程，将包括“造型设计”→“机构设计”→“结构设计”→“模具设计”→“NC 程序设计”。其中，“机构设计”、“结构设计”属于分析的部分；而“模具设计”和“NC 程序设计”则属制造的部分。身处最上游的“造型设计”，则是特殊的独立部分。

1.1.2 为什么要学习本书

不论学任何技能，都要给自己一个说得过去的理由。理由如下。

(1) 造型设计可以从机械设计观点出发，也可以按正统造型设计的概念来发展；在设计层次上偏创意、艺术和软件操作，较容易以低成本找到学习环境，适合初出校门的入行者。不像机构、结构或模具设计等专业，需要较长久的实际工作经验。

(2) 造型设计是时下一个热门的工作职务。这个专业的专业深度够，所以会按个人的努力和经验累积情况，而有不同发展和未来。

(3) 与其他设计工作比较起来，造型设计的平均薪水待遇算是中上。

(4) 造型设计功能一向是 Pro/ENGINEER 的强项，是当前设计市场上的应用主流。

(5) 站在造型设计基础上，还可以往机构、结构或模具设计等专业方向延伸发展。

1.1.3 本书的结构

从现实来看，当前工业产品的造型属性范畴很大，讲求机械性不求外观的产品有，讲究人机工学与美观需要的产品更多；正是因为这样，才让很多人分不出什么叫做“机械设计式的造型设计”和“讲究人机工学和艺术的造型设计”。然而，一本书是要先明确确定调的，站在教育的立场，能两者兼顾最好。

下面以表 1-1 说明“机械设计式的造型设计”和“讲究人机工学和艺术的造型设计”的区别。

表 1-1 造型设计属性的区别

比较项目	机械设计式的造型设计	讲究人机工学和艺术的造型设计
造型设计概念	不讲究外观，注重机构、结构等机械特性的表现。就是说不一定要好看，但是一定要好用(性能)	讲究人机工学和设计美学。换句话说，不但用起来要舒适好用，还要好看
建模操作	使用 Pro/E 基本模块里的工具来建模即可	先手绘产品草图，再将草图轮廓描入 Pro/E，曲面部分使用 Pro/E Style(造型)工具建模
产品类型	多为机械功能性胜于外型的金属制品。如外部罩有塑料件，作为强化结构用途的钣金件、工具机械、各种小器械等	与人体接触的日常生活用品、塑料制品，以及如汽车等讲究外观的金属或钣金制品

由于产品种类的范围实在很大，对表 1-1 中所陈述的两种造型设计属性来说，所有产品中，有具单独属性的，也有很多是混合这两种属性的。例如，很多玩具或电器产品，就需要在一个金属结构上再加上美观的塑料造型。然而不论是金属件或是塑料件，都是零件，都需要有人设计。

从表 1-1 中，可以了解一般人以为“机械设计式的造型设计”和“讲究人机工学和艺术的造型设计”都是“造型设计”；事实上，后者才是产业界承认的正统“造型设计”。因此，本书的撰写将遵循以下原则。

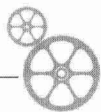
(1) 对“机械设计式的造型设计”来说，表 1-1 中已经表明，使用 Pro/E 基本模块里的工具来建模即可。所以，只要学过本工作室基础设计系列的前 3 本，就可以进行这方面的设计。这部分的曲面建模工具，主要是以“插入”菜单下的“边界混合”、“扫描混合”和“可变截面扫描”命令为主。

(2) “讲究人机工学和艺术的造型设计”是本书主要的内容，主要用来处理自由曲面。要达到此目的，必须进入 Pro/E 的 Style(造型)模块中，使用其工具群来创建曲面。

很多机械本科的学子在学造型设计时，会自然地使用机械设计观点来做，这对教“造型设计”的老师来说，是很不能同意的。因为现代的“造型设计”已经演进到可以脱离机械设计思维的境界了。这也是本书和市面上大多数同类书籍最大不同的地方。因为本书正是从正统“造型设计”观点出发，来介绍 Pro/E “造型”(Style)模块内的相关命令的，而不是以机械设计的观点。这也就是为什么本书会有两章专门介绍“工业设计”背景知识。

1.1.4 本书的图例和视频文件说明

有很多读者 E-Mail 来问：本工作室的视频文件都是无声的吗？我们一再强调：本工作室书籍的主述是书的内文和图例，视频文件只是用来辅助书中图例无法表达的细微操作处，或是前书已教过的基础操作；事实上，只看书中内文和图例，就能理解 90%以上的操作。本来，只要按本工作室整套书从头来学习，基本上连这些细微处或基础操作，都不必要看视频的。但是毕竟还有很多人只挑本工作室出版品的其中一本或数本来学，甚至以为基础



的都会了，就不挑本工作室基础的那几本来学，那当然就会有很多操作看不懂了！

如果视频文件可以解决所有的学习，那干脆就给视频，不用书了，不是吗？这充分显示有很多读者希望只靠视频来快速学习的心态。视频学习法会有以下的缺点：

(1) 将学习重心过度集中在操作上。所有的 CAD 软件都需应用于专业，它是需要配合专业概念和心法的。这样的学习心态会鼓励只会操作不会教学的人，制作一大堆看起来花俏，但不一定有内容的视频。这些视频经常在陈述一大堆的操作规则和顺序，而学子们最需要的正好不是这些。

(2) 过多的声音会影响学习专注力，打断学习者的思考。最后，学习者就只能依样画葫芦，不会有创造力，未来在职场上也无法应付更多的挑战。

当少数需要有语音的范例时，在本工作室出版品的视频文件中，其文件名中就会加注“(有声)”两个字。基本上，还是希望专注于书本内文和图例上，然后通过内文文本的思考来加深自己学习的内涵。

1.2 自由曲线和自由曲面概论

注意，自由曲线或曲面无疑是造型设计的重点。Pro/E 将这个部分称为(Interactive Surface Design，翻译为“交互式曲面设计”。本书将用两章来将其命令做一通盘式的介绍，旨在让初学者先熟悉其界面和命令功能。从第 5 章起，再以适当的实例来做更充实的实作。

随着社会的进步，人们生活水平的不断提高，追求完善已成为时尚。人们对消费产品的要求已不仅仅满足于基本功能的完备，同时更注重其外观的美感。因此，消费者对物品外观造型上要求越来越高的结果，就导致造型设计师多以复杂方式、自由变化的曲线曲面来设计产品，这种自由型的曲线或曲面，就称为“自由曲线”或“自由曲面”。由于这类造型是单纯用几何画法或手工制图所不能处理的，这就给产品的设计和制造带来了挑战。

由自由曲线或曲面所组成产品外观形状，其共同点是必须保证曲面平滑。曲面平滑从直观上，可以理解为保证曲面平滑而且圆顺，不会引起视觉上的凸凹感；从理论上，则是指具有二阶几何连续，不存在奇点与多余顶点，曲率变化较小。

要保证构建出来的曲面既平滑又能满足一定的精度要求，就必须掌握下述的一些曲面造型技巧。在这些技巧中，有很多的概念是要和 Pro/E 的基本操作连贯起来的。

1. 化整为零，各个击破

仅用一张曲面去描述一个复杂的家电产品外形，是不切实际且不可行的，以这种方法所构建出来的曲面，往往会不平滑，且会造成较大的变形。此时，可根据应用软件曲面造型方法，结合产品的外形情况，将其划分为多个区域来构造几张曲面，然后将其缝合，或用转换面与其连接。

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 4 条边。而在某一边退化为点时，构成三角形域，这种方法不会在该点处造成较大的变形。

2. 创建平滑的曲面片控制线

曲面的质量与生成它们的曲线(即控制线)有密切关系。因此,要保证平滑的曲面,必须有平滑的控制线。曲线的质量主要考虑以下几点:

- 满足精度要求;
- 曲率主方向尽可能一致;
- 曲线曲率要大于将做圆角转换的半径值。

在创建曲线时,利用投影、插补、平滑等手段生成样条曲线,然后参照其“曲率”的显示,来调整曲线段函数次数、迭代次数、曲线段数量、起点及终点结束条件、样条曲线刚度参数值等,来交互式地实现曲线的修改达到其平滑的效果。

有时,参照线束或其他方式所生成的曲面之所以发生较大的波动,往往是因为构建样条曲线的 U 、 V 参数分布不均,或段数参差不齐所引起的。此时,可根据这些空间曲线进行参数一致性调整,或生成足够(视形状与精度而定)数目的曲线上的点,再参照这些点重新拟合曲线。在曲面片之间实现平滑连接时,首先要保证各连接曲面片间具有公共边。更重要的一点是:要保证各曲面片的控制线连接平滑,这是保证曲面片连接平滑的必要条件。此时,可参照修改控制线的起点、终点约束条件,来使其曲率或切线在接点保证一致。

1. 将轮廓线删繁就简,再构建曲面

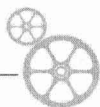
看到的曲面轮廓往往是已经裁剪过的,如果直接利用这些轮廓线来构建曲面,常常难以保证曲面的平滑性。所以造型时,在满足零件的几何特点前提下,可利用延伸、投影等方法将 3D 轮廓线还原为 2D 轮廓线,并去掉细节部分,然后构建出“原始”曲面,再利用面的裁剪方法获得曲面外轮廓。

2. 从模具的角度考虑

产品三维造型的最终目的是制造;而产品零件大都是由模具生产出来的。因此,在设计造型时,要从模具的角度去考虑,在确定产品出模方向后,应检查曲面能否出模,是否有倒扣现象(即拔模角为负角),如发现有倒扣现象,应对曲面的控制线进行修改,重构曲面。

3. 曲面平滑评估

在构建曲面时,要随时检查所建曲面的状况。一般会注意检查曲面是否平滑、是否扭曲和曲率变化情况等,以便做及时修改。检查曲面平滑的方法是对曲面进行渲染处理(即参照透视、透明度和多重光源等处理手段),以生成高清晰,且逼真性和观察性良好的彩色图像,然后再根据处理后的图像光亮度的分布规律,来判断出曲面的平滑度。图像明暗度变化比较均匀,则曲面平滑性好;如果图像在某区域的明暗度与其他区域相比变化较大,则曲面平滑性差。另外,可显示表面上的等高斯曲率线,进而显示高斯曲率的彩色图像,从等高斯曲率线的形状与分布、彩色图像的明暗区域及变化,就可以直观地了解曲面的平滑性情况。



1.3 Pro/E 造型模块的操作界面

在 Pro/E 中，处理自由曲线、曲面的地方并不是在其基本模块下，而是选择“插入”→“造型”命令，来打开图 1-1 所示的独立模块界面。

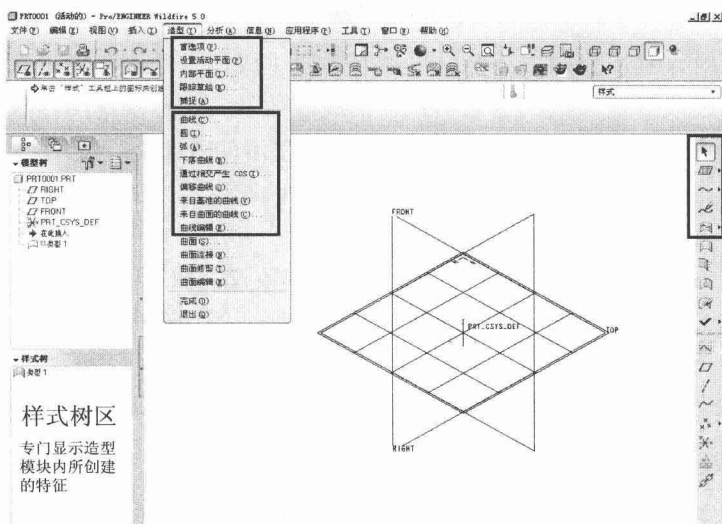


图 1-1 Pro/E 的造型模块界面

在这个模块下，所有的绘图和编辑功能都放在“造型”菜单中。同时在顶工具栏和右工具栏处，会出现配合操作的常用工具栏，尤其是顶工具栏处的“分析工具”工具栏，是用来帮助控制曲率的。右工具栏中是常用的曲线曲面绘图和编辑工具。其他的界面和基本模块一样。

1.4 造型环境下的系统设置

在自由曲面的创建过程中，可以选择“造型”→“首选项”命令，来设置“造型”模式下相关的系统默认设置。其中，最主要的是针对工作平面的网格设置，如图 1-2 所示。

注意

如果特征包含多个曲面，并且在进行曲线编辑时，需要许多交互控制，建议取消选中“自动再生”选项组中的“曲面”和“着色曲面”复选框。