

入 · 门 · 与 · 提 · 高 · 系 · 列 · 丛 · 书



恒

提

入

门

与

高



Pro/ENGINEER
2000i

i SERIES

Pro/ENGINEER 2000i

入门与提高

r u m e n y u t i g a o

◆ 戴向国 唐海燕 张桂香 编著

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

入门与提高系列丛书

Pro/ENGINEER 2000i

入门与提高

戴向国 唐海燕 张桂香 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Pro/ENGINEER 2000i 入门与提高/戴向国, 唐海燕, 张桂香编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2001.7

(入门与提高系列)

ISBN 7-115-09438-1

I.P... II.①戴...②唐...③张... III.机械设计计算机辅助设计—应用软件,

Pro/ENGINEER 2000i IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 039257 号

内容提要

Pro/ENGINEER 作为当今世界上拥有用户最多的三维 CAD 软件, 被广泛应用于机械、模具、工业设计、汽车、航天、玩具等行业。读者可以通过对 Pro/ENGINEER 2000i 基础概念、训练实例以及大量练习的学习全面掌握 Pro/ENGINEER 2000i 在机械零件设计、零件装配和工程图等方面的具体功能、使用方法和操作技巧。

本书是 Pro/ENGINEER 2000i 的实例教材, 主要面向初、中级的 CAD 用户和 Pro/ENGINEER 的初学者。

入门与提高系列丛书

Pro/ENGINEER 2000i 入门与提高

◆ 编 著 戴向国 唐海燕 张桂香

◆ 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@pptph.com.cn

网址 <http://www.pptph.com.cn>

读者热线 010-67129212 010-67129211(传真)

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京顺义向阳胶印厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787 × 1092 1/16

印张: 35.25

字数: 863 千字

印数: 1-6 000 册

2001 年 7 月第 1 版

2001 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09438-1/TP·2322

定价: 49.00 元

前 言

CAD 技术起步于 20 世纪 50 年代后期,它经历了一个由二维向三维逐步转变的发展历程。早期的 CAD 技术,是利用计算机进行辅助绘图,以摆脱烦琐、费时和绘图精度低的传统手工绘图,此阶段的 CAD 技术称之为二维计算机绘图技术。进入 80 年代,CAD 技术逐步由二维向三维过渡,设计者可借助于计算机将构思的产品形体,转变为可视、可模拟加工的零件模型,这使计算机辅助设计和计算机辅助制造一体化成为可能。但早期的三维 CAD 软件,对硬件要求相当高,只能在工作站上运行,昂贵的软、硬件价格使许多企业望而却步。进入 90 年代,随着技术的进步,微型计算机的性能有了很大的提高,于是各大软件公司纷纷推出自己的微机版三维 CAD 软件,这为三维设计软件的广泛应用创造了条件,许多专家认为三维设计时代已经来临。

目前在国际市场上最有影响的 CAD 软件有:Pro/ENGINEER、I-DEAS、UG、EUCLID、CADD5 和 AutoCAD,这 6 大软件占 CAD 软件市场的 70%以上。在这 6 大软件中,只有 AutoCAD 是二维设计软件,其他 5 种都是集成化的三维设计软件。可以相信:随着三维设计技术的进一步推广应用,三维设计软件将逐步取代二维设计软件,成为设计师的设计工作中不可缺少的辅助工具。

Pro/ENGINEER 自 1988 年问世以来,发展迅速,其首次提出的参数化技术被称为 CAD 技术发展史上的第三次技术革命,如今推出该软件的美国 PTC 公司已成为全球最大的 CAD/CAM 软件供应商。目前 Pro/ENGINEER 广泛应用于模具、工业设计、汽车、航天、玩具等行业,是当今世界上拥有用户最多的三维 CAD 软件。

本书主要面向初、中级的 CAD 用户和 Pro/ENGINEER 的初学者,全书共分 16 章,全面介绍了 Pro/ENGINEER 在机械零件设计、零件装配和工程图等方面的具体功能、使用方法、操作技巧和相应的文件管理。本书的特点是将理论讲解和典型实例设计相结合,采用面向任务的方式着重讲解完成某一特定任务所要遵循的操作步骤,力图使读者快速掌握三维机械设计的基本方法和技巧,达到事半功倍的效果。通过本书学习,读者将全面掌握 Pro/ENGINEER 的参数化实体造型和曲面造型技术,为以后学习计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助分析(CAE)打下坚实的零件建模基础。另外,本书虽然以 Pro/ENGINEER 2000i 版进行讲解,但其所述方法、理论适合于 Pro/ENGINEER 所有版本,这也是作者追求的写作目标。

全书由戴向国、唐海燕、张桂香编著,其中张桂香编写了 3、4、5、6 章。清华大学的傅水根教授、王先逵教授对本书的写作,提出了许多很好的建议,在此表示感谢;作者还要特别感谢轻骑集团 CAD/CAM 中心的李如海、庞静、朱弘波、张军波等人,他们为作者提供了许多相关资料及素材。另外,清华大学博士生江思敏、李方义、刘刚、吴鸿钟等人对全书初稿进行了文字上的校正,在此一并表示感谢。

本书虽经反复校对,但疏漏之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

2001 年 6 月

目 录

第 1 章 基础知识	1
1.1 CAD 技术发展历程概述	2
1.2 Pro/ENGINEER 简介	3
1.3 启动 Pro/ENGINEER	5
1.4 Pro/ENGINEER 环境界面	6
1.4.1 Pro/ENGINEER 的主菜单	7
1.4.2 Pro/ENGINEER 的主工具栏	8
1.4.3 Pro/ENGINEER 的状态栏	9
1.4.4 Pro/ENGINEER 的命令菜单	9
1.4.5 Pro/ENGINEER 的模型特征树	11
1.5 设置当前工作目录	11
1.6 新建一个图形文件	12
1.7 打开一个已存在的图形文件	13
1.8 保存图形文件	14
1.9 删除图形文件	15
1.9.1 删除旧版本	15
1.9.2 删除所有版本	16
1.10 历史文件的使用	16
1.11 退出 Pro/ENGINEER	17
1.12 本章小结	17
第 2 章 基于特征的零件三维实体建模方法	19
2.1 零件建模的基本概念	20
2.1.1 特征	20
2.1.2 参数化	20
2.1.3 实体模型	21
2.2 零件特征分析	21
2.3 基本特征	24
2.4 构造特征	24
2.5 零件三维实体建模的基本过程	24
2.6 训练实例	25
练习 1 创建相交体	25
练习 2 构造叠加体零件	32
练习 3 构建切割组合体零件	41
2.7 本章小结	45

第3章 参数化草图绘制	47
3.1 参数化草图的基本概念	48
3.2 草绘模式的环境界面	48
3.3 基本绘图命令	49
3.3.1 绘制直线	50
3.3.2 绘制矩形	54
3.3.3 绘制圆弧	54
3.3.4 绘制圆	56
3.3.5 绘制高级几何图素	59
3.4 基本图形编辑命令	61
3.4.1 Intersect (相交命令)	62
3.4.2 Divide (分割命令)	62
3.4.3 Trim (修剪命令)	62
3.4.4 Mirror (镜像命令)	63
3.5 尺寸标注	64
3.5.1 直线尺寸标注	64
3.5.2 直径和半径尺寸标注	64
3.5.3 直线角度标注	65
3.5.4 圆弧角度标注	66
3.6 几何约束	66
3.7 草绘修正	70
3.8 草绘时的注意事项	72
3.9 训练实例	73
练习1 关闭设计意图管理器草绘	73
练习2 打开设计意图管理器重新草绘	79
练习3 关闭意图管理器草绘	82
练习4 打开意图管理器重新草绘	86
3.10 本章小结	88
第4章 零件建模的草绘特征	91
4.1 基础知识	92
4.1.1 草绘平面 (Sketch Plane)	92
4.1.2 参考平面 (Reference Plane)	93
4.2 拉伸特征 (Extrude)	93
4.2.1 拉伸特征的草绘截面	94
4.2.2 拉伸特征属性和拉伸长度	94
4.3 旋转特征 (Revolve)	96
4.3.1 旋转特征的草绘截面	97
4.3.2 旋转特征的旋转角度	97
4.4 扫描特征 (Sweep)	99

4.4.1 扫描特征的开口轨迹线与扫描属性	99
4.4.2 扫描特征的封闭轨迹线与扫描属性	100
4.5 融合特征 (Blend)	101
4.5.1 融合特征的类型	101
4.5.2 融合特征的属性	103
4.6 加强筋特征 (Rib)	103
4.7 训练实例	104
练习 1 运用拉伸特征进行零件建模	104
练习 2 运用旋转特征进行零件建模	114
练习 3 运用扫描特征进行零件建模	125
练习 4 运用平行融合特征进行零件建模	129
练习 5 运用加强筋特征建模零件	134
练习 6 运用拉伸特征、融合特征和加强筋特征创建零件	139
4.8 本章小结	144
第 5 章 零件建模的放置特征	147
5.1 基础知识	148
5.2 打孔特征 (Hole)	148
5.2.1 平直型圆孔	148
5.2.2 草绘型孔特征	150
5.3 圆角特征 (Round)	151
5.4 倒角特征 (Chamfer)	154
5.5 抽壳特征 (Shell)	157
5.6 拔模斜度特征 (Draft)	158
5.7 训练实例	158
练习 1 运用平直型圆孔特征进行零件建模	158
练习 2 运用草绘型孔进行零件建模	167
练习 3 运用圆角和倒角特征进行零件建模	172
练习 4 运用变半径圆角、抽壳等特征进行零件建模	183
练习 5 运用拔模斜度特征进行零件建模	190
5.8 本章小结	193
第 6 章 基准特征	195
6.1 基础知识	196
6.2 基准平面 (Datum Plane)	197
6.3 基准轴 (DATUM AXIS)	200
6.4 基准曲线 (Datum Curve)	202
6.5 基准点 (Datum Point)	204
6.6 坐标系 (Coordinate Systems)	207
6.7 GRAPH 曲线	209

6.8 训练实例	209
练习 1 运用基准平面特征辅助进行零件建模	209
练习 2 运用基准平面和基准轴线辅助进行零件建模	215
练习 3 运用基准曲线辅助创建零件模型	225
练习 4 运用 GRAPH 曲线进行零件建模	230
6.9 本章小结	238
第 7 章 综合练习	239
7.1 综合练习	240
练习 1 创建零件模型	240
练习 2 创建一个带键的六角螺栓模型	249
练习 3 创建零件模型	253
练习 4 创建零件模型	266
练习 5 创建零件模型	273
7.2 本章小结	278
第 8 章 特征复制	279
8.1 特征拷贝 (Copy)	280
8.2 特征阵列 (Pattern)	281
8.3 模型镜像 (Mirror Geom)	283
8.4 用户自定义特征 (UDF)	284
8.5 特征群组 (Local Group)	284
8.6 训练实例	285
练习 1 运用拷贝特征和模型镜像建模零件	285
练习 2 运用特征阵列进行零件建模	293
练习 3 运用 UDF 进行零件建模	306
练习 4 运用 Local Group 建模零件	313
8.7 本章小结	318
第 9 章 特征操作	319
9.1 基本概念	320
9.2 改变父子关系的方法	320
9.3 特征重定义 (Redefine)	321
9.4 特征排序 (Reorder)	321
9.5 插入特征 (Insert Feat)	322
9.6 压缩与恢复特征 (Suppress and Resume)	322
9.7 训练实例	323
练习 1 在零件建模过程中使用特征重定义、特征压缩、特征恢复	323
练习 2 在零件建模过程中插入特征操作	329
练习 3 将零件建模过程中特征排序	333
9.8 本章小结	337

第 10 章 关系式	339
10.1 关系式类型	340
10.2 关系式中的参数符号	340
10.3 系统参数	341
10.4 关系式中的运算符和函数	341
10.5 关系式的修改与排序	342
10.6 使用联立方程式建立关系式	342
10.7 训练实例	343
练习 1 在草绘截面和特征中添加关系式	343
练习 2 在零件建模过程中修改关系式和对关系式排序	348
练习 3 在零件建模上使用联立方程式和用户自定义参数	352
10.8 本章小结	357
第 11 章 家族表	359
11.1 基本概念	360
11.2 创建零件家族表的方法	360
11.3 如何使用零件家族表中的成员	361
11.4 如何修改零件家族表	362
11.5 训练实例	363
练习 1 创建一个简单的零件家族表	363
练习 2 添加特征创建零件族	368
11.6 本章小结	373
第 12 章 层	375
12.1 基本概念	376
12.2 层的建立方法	376
12.3 在层中添加或删除对象	377
12.4 层的操作	378
12.5 训练实例	379
练习 1 在零件建模过程中使用层简化模型显示	379
12.6 本章小结	387
第 13 章 零件建模的复杂特征	389
13.1 偏移特征	390
13.2 非平行融合特征	390
13.3 扫描融合特征	391
13.4 变截面扫描特征	392
13.5 训练实例	393
练习 1 运用偏移特征进行零件建模	393
练习 2 运用非平行融合特征进行零件建模	403

练习 3 运用扫描融合特征进行零件建模	414
练习 4 运用变截面扫描特征进行零件建模	420
练习 5 创建一个特征截面为椭圆的零件	435
13.6 本章小结	439
第 14 章 零件建模的曲面特征	441
14.1 基础知识	442
14.2 曲面特征的创建	443
14.2.1 规则曲面的创建	444
14.2.2 自由曲面的创建	445
14.3 曲面特征的操作	447
14.4 训练实例	448
练习 1 使用曲面特征创建零件模型 (1)	448
练习 2 使用曲面特征创建零件模型 (2)	457
练习 3 创建零件模型	467
14.5 本章小结	475
第 15 章 零件装配	477
15.1 基本概念	478
15.2 装配约束类型	478
15.3 零件装配步骤	480
15.4 生成爆炸图	480
15.5 装配模型的简化显示	481
15.6 训练实例	481
练习 1 零件装配实例 (1)	481
练习 2 零件装配实例 (2)	497
15.7 本章小结	501
第 16 章 创建工程图	503
16.1 基本概念	504
16.2 规划和设置视图	504
16.2.1 创建三视图	505
16.2.2 剖视图	506
16.3 图纸格式	507
16.4 视图操作	508
16.5 尺寸标注	509
16.6 技术要求	510
16.7 打印工程图	510
16.8 训练实例	511
练习 1 创建图纸格式	511
练习 2 使用给出的零件模型创建一张工程图	517

练习 3 创建工程图	536
16.9 本章小结	552

第 1 章

基 础 知 识

本章要点

本章介绍了 CAD 技术的发展历程和 Pro/ENGINEER 2000i 的性能特点。Pro/ENGINEER 是一个集成化的 CAD/CAE/CAM 软件，参数化实体造型技术是其核心技术。

本章的主要内容如下：

- CAD 技术的发展历程；
- Pro/ENGINEER 概述；
- Pro/ENGINEER 2000i 的启动与退出；
- Pro/ENGINEER 2000i 的环境界面；
- Pro/ENGINEER 2000i 的文件操作与管理。

1.1 CAD 技术发展历程概述

CAD 技术起源于美国,它经历了一个由二维设计技术向三维设计技术发展的过程。早期的二维机械 CAD 技术实际上是计算机辅助绘图(Computer Aided Drafting),它只是起到了一个电子图板的作用,因为二维机械 CAD 技术没能很好地解决设计中最困难的几个问题,如复杂的投影线生成问题、尺寸漏标问题、漏画图线问题、机构几何关系和运动关系的分析讨论问题、设计的更新与修改问题、设计工程管理问题等,所以二维机械 CAD 没有起到真正的计算机辅助设计的作用。其实,人在设计零件时的思维活动是三维的,是与颜色、材料、硬度、形状、尺寸、位置、相关零件、制造工艺等概念相关联的,甚至带有相当复杂的运动关系,只是由于以前的手段有限,人们不得不共同约定了在第一象限平行正投影的二维视图表达规则,用有限个相关联的二维投影图表达自己的三维设想。通常,二维图的表达信息是极不完整的,而且绘图、读图要经过专门训练的人来进行,以便“纠正”人类头脑中原始的、关于几何形体表达的“错误”,于是人们迫切渴望三维 CAD 技术的出现。

三维 CAD 技术发展到现在已经经历了四次技术革命。第一次技术革命是曲面造型系统。60 年代出现的三维 CAD 系统只是极为简单的线框式系统,只能表达零件的基本几何信息,不能有效表达零件几何数据间的拓扑关系。由于缺乏形体的表面信息,CAM 及 CAE 均无法实现。进入 70 年代,发达国家的汽车及飞机工业飞速发展,此时在飞机和汽车制造中遇到了大量的自由曲面问题,由于当时设计师只能采用多截面视图、特征纬线的方式来近似表达所设计的自由曲面,往往出现制作出来的样品与设计者所想象的形状有很大差异,于是要求更新设计手段的呼声越来越高,此时出现的曲面造型系统 CATIA 为人类带来了第一次 CAD 技术革命,CATIA 改变了以往只能借助油泥模型来近似表达曲面的工作方式,使人们可以用计算机进行曲线、曲面的处理操作。它的出现,首次实现了计算机完整描述产品零件的主要信息,同时也使得 CAM 技术的开发有了现实的基础。

但是曲面造型技术只能描述零件形体的表面信息,难以准确表达零件的其他特性,如质量、重心、转动惯量等,对 CAE 技术十分不利,于是 1979 年美国的 SDRC 公司推出了世界上第一个基于实体造型技术的大型 CAD/CAM 软件——I-DEAS,实体造型技术是 CAD 技术上的第二次技术革命。由于实体造型技术能够精确表达零件的全部属性,在理论上有助于统一 CAD、CAE、CAM 的模型表达,因而给设计带来了惊人的方便。实体造型技术代表着未来 CAD 技术的发展方向,基于这样的认识,各 CAD 软件厂商积极仿效。然而实体造型技术既带来了算法的改进和未来发展的希望,也带来了数据计算量的极度膨胀。在当时的硬件条件下,实体造型的计算及显示速度很慢,在实际应用中进行设计显得比较勉强,实体造型技术因此没能迅速在整个行业中全面推广。在以后的 10 年间,随着硬件性能的提高,实体造型技术又逐渐为众多 CAD 系统所采用。美国的 CV 公司最先在曲面算法上取得突破,计算速度提高较大,另外由于 CV 公司提出了集成各种软件,为企业提供全方位解决方案的思路,并采取了将软件的运行平台向价格较低的小型机转移等有利措施,一跃成为 CAD 领域的领导者。

进入 80 年代中期,CV 公司内部以高级副总裁为首的一批人提出了参数化实体造型方法,这是一种很好的设想,它的主要特点是:基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设

计修改。由于各种原因, CV 公司内部否决了参数化技术方案, 于是策划参数化技术的这些人集体离开了 CV 公司, 成立了参数技术公司 PTC (Parametic Technology Corp), 开始研制命名为 Pro/ENGINEER 的参数化软件。参数化技术的成功应用, 引起了 CAD 技术的第三次技术革命, Pro/ENGINEER 也于 1990 年前后几乎成为 CAD 业界的标准, 许多软件厂商纷纷起步追赶。SDRC 公司的开发人员以参数化技术为蓝本, 提出了一种比参数化技术更为先进的实体造型技术——变量化技术, 作为今后的开发方向。变量化技术既保持了参数化技术的原有优点, 同时又克服了它的许多不利之处, 它的成功应用, 将为 CAD 技术的发展提供更大的空间和机遇, 目前被视为 CAD 技术的第四次技术革命。

目前流行的 CAD 技术基础理论主要有以 Pro/ENGINEER 为代表的参数化造型理论和以 I-DEAS 为代表的变量化造型理论两大流派, 它们都属于基于约束的实体造型技术。近 10 多年来, 只产生了这两种理论, 并赢得了广泛的认同。在这两种理论之前, 基本上是以曲面及线框造型技术为代表的无约束自由造型技术。CAD/CAM 技术发展到现在, 目前在国际市场上最有影响的机械 CAD/CAM 软件有 Pro/ENGINEER、I-DEAS、UGII、Eulid、CADD5 和 Autocad。这六大软件约占全世界 CAD 软件市场的 70% 以上, 除了 AutoCAD 是二维设计软件外, 其他五种软件都是三维 CAD/CAM 软件。前几年, PTC 公司兼并了 CV 公司, 已成为当今世界上最大的机械 CAD/CAM 软件供应商, 在国内外拥有庞大的用户群。

三维 CAD 技术符合人的设计思维习惯, 整个设计过程可以完全在三维模型上讨论, 直观形象。另外, 应用三维 CAD 设计能建立充分而完整的设计数据库, 并以此为基础, 进一步进行应力/应变分析、质量属性分析、空间运动分析、装配干涉分析、模具设计与 NC 可加工性分析、高效率、高正确率的二维工程图生成、外观效果和造型效果评价等工作, 因而三维 CAD 技术才是真正意义上的计算机辅助设计技术 (Computer Aided Design)。

1.2 Pro/ENGINEER 简介

Pro/ENGINEER 是美国参数技术公司 (PTC) 推出的新一代 CAD/CAE/CAM 软件, 它具有基于特征、全参数、全相关、单一数据库等特点。自推出以来, 由于其强大的功能, 很快得到业内人士的普遍欢迎, 并迅速成为当今世界最为流行的 CAD 软件之一。为进一步实现机械设计自动化, PTC 公司于世纪末又成功推出了 i 系列产品。在 i 系列产品中, PTC 引入了新的建模技术——行为建模技术, 此技术现已成为 Pro/ENGINEER 的核心技术。另外, 由于其微机版本的推出和操作界面的完全视窗化, 使初学者学习更为便利。目前 Pro/ENGINEER 已成为易学易用的 CAD/CAE/CAM 应用软件, 并风靡欧、美、日、中国香港特别行政区及中国台湾省等地区。在中国大陆地区, 自 90 年代中期, 许多大型企业开始选用 Pro/ENGINEER, 发展至今, 已拥有相当大的用户群。同时, 国内许多大学也纷纷选用 Pro/ENGINEER 作为其研究开发的基础软件平台。

Pro/ENGINEER 系统的核心技术特点如下:

- (1) 基于特征: 将某些具有代表性的平面几何形状定义为特征, 并将其所有尺寸存为可变参数, 进而形成实体, 以此为基础来进行更为复杂的几何形体的构造。
- (2) 全尺寸约束: 将形状和尺寸结合起来考虑, 通过尺寸约束实现对几何形状的控制。造

型必须以完整的尺寸参数为出发点（全约束），不能漏标尺寸（欠约束），不能多标尺寸（过约束）。

- (3) 尺寸驱动设计修改：通过编辑尺寸数值来驱动几何形状的改变。
- (4) 全数据相关：尺寸参数的修改导致其他相关模块中的相关尺寸得以全盘更新。采用参数化技术的好处在于它彻底改变了自由建模的无约束状态，几何形状均以尺寸的形式而被有效控制。如打算修改零件形状时，只需修改一下尺寸即可实现形状的改变。尺寸驱动已经成为当今造型系统的基本功能，无此功能的造型系统已不复存在。

Pro/ENGINEER 与传统的 CAD 系统仅提供绘图工具有着极大的不同，它提供了一个完整的机械产品解决方案，包括工业设计、机械设计、模具设计、加工制造、机构分析、有限元分析和产品数据库管理，甚至包括产品生命周期的管理。图 1-1 是 Pro/ENGINEER 功能简图。可以说，Pro/ENGINEER 为业界专业人士提供了一个理想的设计环境，使机械产品的设计周期大为缩短，有利地推动了企业的技术进步。

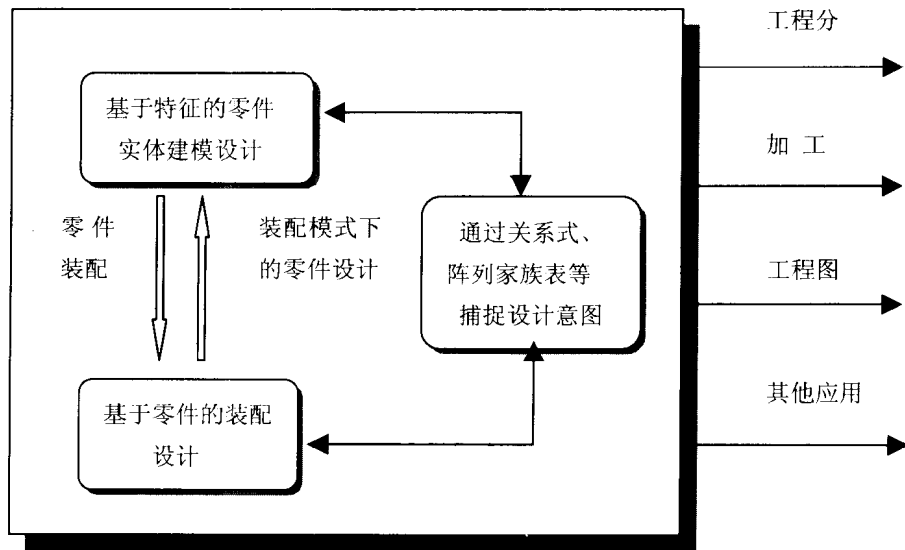


图 1-1 Pro/ENGINEER 功能简图

Pro/ENGINEER 是建立在单一数据库上的大型 CAD/CAM/CAE 软件，它不像一些传统的 CAD/CAM 系统建立在多个数据库上。所谓单一数据库，就是工程中的数据全部来自一个数据库，使得多个独立用户可以同时为同一个产品的造型而工作。换言之，在整个设计过程中的任何一处发生参数改动，可以反应至整个设计过程的相关环节，此种功能称之为全相关。举例来说，如果二维工程图有改变，零件的三维模型会相应改变，NC 加工路径也会自动更新。单一数据库技术和全相关功能，为并行工程的实施提供一个很好的软件平台。

Pro/ENGINEER 版本更新较快，最新的 Pro/ENGINEER 2000i 除界面环境有所变化外，其功能也随之增加。在特征绘制方面，Pro/ENGINEER 2000i 导入了所谓设计意图管理器（Intent Manager）功能。在绘制草图时，系统将会自动加入约束条件并标注尺寸，用户也可自己定义几何约束条件，使几何关系满足自己的实际要求。新系统提供完整的自上向下的设计程序（Top-Down Design）功能，让用户能够方便掌握产品由设计到制造的完整程序。另外，更为重要的一点便是行为建模技术的引入。

行为建模技术是这样一种技术：它在设计产品时，综合考虑产品所要求的功能行为、设计背景和几何图形。它采用知识捕捉和迭代求解的智能化方法，使工程师可以面对不断变化的要求，追求高度创新的、能满足行为和完善性要求的设计。

行为建模技术的强大功能体现在3个方面：智能模型、目标驱动式设计工具和一个开放式可扩展环境。

- (1) 智能模型——能捕捉设计和过程信息以及定义一件产品所需要的各种工程规范。它是一些智能设计，提供了一组远远超过传统核心几何特征范围的自适应过程特征。这些特征有两个不同的类型：一个是应用特征，它封装了产品和过程信息；另一个是行为特征，它包括工程和功能规范。自适应过程特征提供了大量信息，进一步详细确定了设计意图，是产品模型的一个完整部分，它们使得智能模型具有高度灵活性，从而对环境的变化反应迅速。
- (2) 目标驱动式设计——能优化每件产品的设计，以满足使用自适应过程特征从智能模型中捕捉的多个目标和不断变化的市场需求。同时，它还能解决相互冲突的目标问题，而采用传统方法不可能完成这一工作。由于规范是智能模型特征中固有的，所以模型一旦被修改，工程师就能快速和简单地重新生成和重新校验是否符合规范，即用规范来实际地驱动设计。由于目标驱动式设计能自动满足工程规范，所以工程师可以集中精力设计更高性能、更多功能的产品。在保证解决方案能满足基本设计目标的前提下，工程师能够自由发挥创造力和专业技能，改进设计。
- (3) 开放式可扩展环境——一种开放式可扩展环境是行为建模技术的第三大支柱，它提供无缝工业设计工程，能保证产品不会丢失设计意图，并避免了繁琐。为了尽可能发挥行为建模方法的优势，在允许工程师充分利用企业现有外部系统、应用程序、信息和过程的地方，要应用这项技术。这些外部资源对满足设计目标的过程很有帮助，并能返回结果，这样他们就能成为最终设计的一部分。一个开放式可扩展环境通过在整个独特的工程中提供连贯性，从而增强设计的灵活性，并能生成更可靠的设计。

Pro/ENGINEER 2000i 的内容很多，本书主要讲解 Pro/ENGINEER 2000i 在机械零件设计、零件装配、工程图等方面的具体功能、使用方法、操作技巧和相应的文件管理，重点介绍零件的参数化实体建模技术和曲面建模技术。

1.3 启动 Pro/ENGINEER

启动 Pro/ENGINEER 的方法主要有4种。

- (1) 双击桌面上的快捷方式图标，启动 Pro/ENGINEER 2000i。
- (2) 利用 Windows 操作系统的程序启动方式。方法是在 Windows 桌面左下方依次选取：开始 | 程序 | Pro/ENGINEER | Proc2000i。此方法实际上和方法1雷同。
- (3) 利用 Windows 操作系统的运行对话框启动。从桌面左下方 Windows 依次选取开始 | 运行，选取之后系统将会显示运行对话框，用户可利用对话框右下方的浏览按钮搜寻 Pro/ENGINEER 的系统执行文件，或直接输入其路径与文件名称，最后单击确定按钮即可启动。图 1-2 为运行对话框的设置。

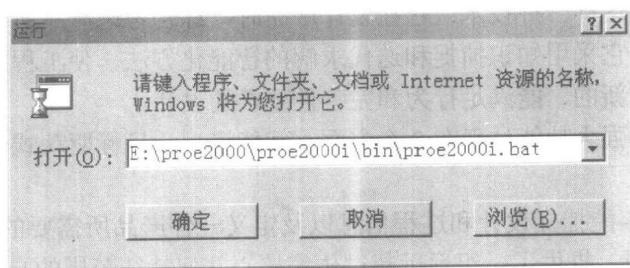


图 1-2 运行对话框的设置

- (4) 在 MS-DOS 方式下启动 Pro/ENGINEER。使用此种方式，用户必须找出 Pro/ENGINEER 执行文件所在的目录位置，然后输入系统的启动命令，回车系统即可启动。Pro/ENGINEER 启动后，显示如图 1-3 所示的画面，此画面消失后系统进入 Pro/ENGINEER 的窗口界面。

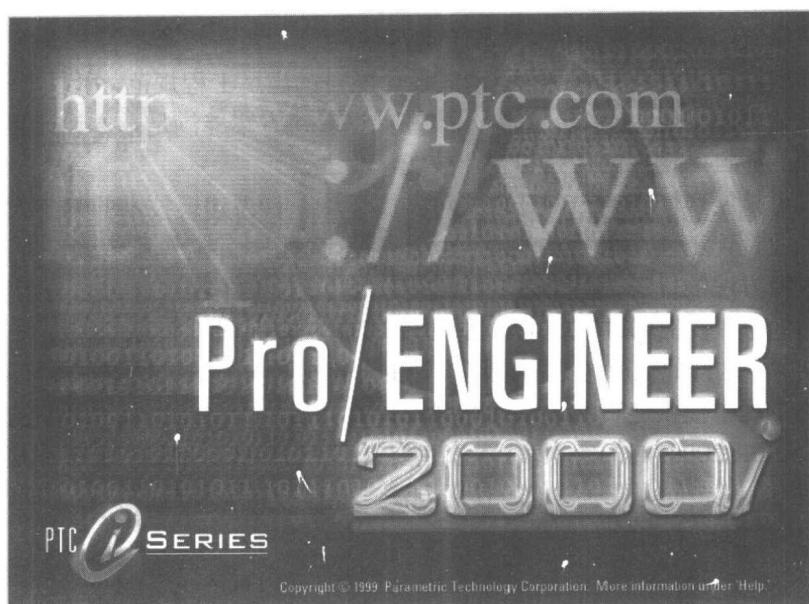


图 1-3 Pro/ENGINEER 的初始画面

1.4 Pro/ENGINEER 环境界面

Pro/ENGINEER 各个工作模式下的环境界面基本上是一致的。系统启动后，将显示 Pro/ENGINEER 最初的环境界面，其界面形式仅含单一窗口，用户必须建立或打开一个文件后，菜单窗口与其他应用窗口才会显示。图 1-4 为零件设计工作模式时的环境界面。