

Pro/ENGINEER 2000i 系列丛书
PRO/E 入门基础

功能剖析

上

- ◆ 全书分上、下两册
- ◆ 上册为指令解析及功能介绍
- ◆ 下册是为上册各章节(除第1章~第3章、第11章以外)所设计的实例练习,所附光盘中提供了练习所需的文件

张益三·黄圣杰 编著



机械工业出版社
China Machine Press

TP391.72
219-1

Pro/ENGINEER 2000i 系列丛书

PRO/E 入门基础 (上)

——功能剖析

张益三 黄圣杰 编著



机械工业出版社

Pro/ENGINEER 2000i 是美国参数技术公司 (PTC) 在 1999 年推出的 3D CAD/CAE/CAM 软件, 它采用参数化行为建模技术, 在实体造型方面, 功能更强, 装配更方便, 效率更高, 因此在制造业尤其是机械制造业获得了广泛的应用。本书分为上下两册, 上册配合图例详细讲解软件的使用方法, 共有 17 章, 分别介绍了 PRO/E 的操作界面、基准特征、实体特征和曲面特征的建立、零件装配和二维工程图的制作等; 下册则是与之配套的实例演练和配套光盘。

本书中文简体字版由台湾全华科技图书股份公司独家授权机械工业出版社出版。本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有, 翻版必究。

图字: 01-2000-3757

图书在版编目 (CIP) 数据

PRO/E 入门基础 / 张益三等编著. —北京: 机械工业出版社, 2001. 3
(PRO/ENGINEER 2000i 系列丛书)
ISBN 7-111-08825-5

I. P… II. 张… III. 关系数据库—数据库管理系统, FoxPro
IV. TP311.138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 11695 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 吉 玲 封面设计: 姚 毅

责任印制: 郭景龙

三河市宏达印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·25.25 印张·624 千字

0 001—4 000 册

定价: 39.00 元 (上、下册共 78.00 元)

投稿专线: jiling@mail.machineinfo.gov.cn

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation, 网址 www.ptc.com) 在 1999 年初推出的 Pro/ENGINEER 2000i 3D 机械设计自动化 (Mechanical Design Automation, MDA) 应用软件, 是 i 系列 (从 R20 版到 2000i 版) 的最新版本, 可应用于许多行业, 如航空航天、汽车、模具、外观设计、信息家电和通信等。功能包括实体与曲面设计、零件装配、二维工程图制作、管路设计、多种图形格式文件的处理、机构仿真与有限元分析、钣金设计、模具设计、电路设计、制造加工、逆向工程和同步工程等。由于应用范围相当广泛, 要求工程师完全精通是不现实的, 最佳方式是按照实际使用要求, 学习适用的模块。

常听朋友问道: 该如何学习 Pro/E? 笔者认为, 不管是学习 Pro/E 系统或一般计算机软件, 除了到培训中心聆听教师的讲课外, 拥有一系列优质的学习教材是相当重要的。因此, 笔者将多年使用 Pro/E 的经验与教学心得, 编写成此系列图书以飨读者。

上册为功能剖析, 希望以最有效的方式帮助读者熟悉整个模型创建过程, 是以入门学习为主, 以熟悉各种特征功能。

上册共分 17 章, 主题包括实体特征、曲面特征、零件装配和工程图制作等, 内容充实并配有大量图例。以下就各章节内容, 分别说明学习要领。

第 1 章是简介 Pro/ENGINEER 系统的特色。第 2 章是浏览窗口化操作界面, 详细讲述各项功能。第 3 章是特征类型, 分草绘型特征与点放型特征两大部分, 并且说明绘图面与参考面的选用原则。第 4 章是二维草绘技巧, 讲述各种几何图元的建立方式、尺寸标注技巧与约束条件的使用。第 5 章是有关操作界面的设置, 说明针对个人习惯如何建立具有个人特色的操作界面。第 6 章是基础实体特征, 说明四种最基本和最常用的特征功能。第 7 章是进行设计修改时, 会使用到的修改工具。第 8 章是各种基准特征的建立方式, 包括基准面、基准点、基准轴、基准曲线、函数与计量特征等, 其中, 基准曲线是产生曲面最佳的工具, 希望读者能熟悉所有产生曲线的方式。第 9 章是倒圆特征的类型与创建方法, 值得一提的是过渡区的设置原则。第 10 章是曲面特征, 它可协助模型设计, 使产品外形更富变化。第 11 章讲述两个实用工具, 一是历史文件的使用, 二是渲染模型的技巧。第 12 章是复制功能, 讲述各种特征复制工具。第 13 章是依据前面各章节的特征功能, 继续介绍其他的实体特征。第 14 章的拔模角特征, 是产品制造过程必不可少的设计。第 15 章再次引入曲面特征, 介绍进阶曲面功能与利用曲面修补倒圆的技巧。第 16 章是零件装配, 说明各种装配约束形式与零件复制功能。第 17 章是平面工程图的制作, 说明如何将实体模型转换成工程图。

在对本书的改编过程中, 我们要感谢为本书做出了大量工作的朋友, 他们是关雪、彭齐、苏岚、李达、肖小波、王闽、李平等。至于本书可能存在的疏漏, 恳请有关专家和技术人员批评指正。

成 凯

2000. 12

目 录

前言

第 1 章 Pro/ENGINEER 系统简介	1
1.1 Pro/ENGINEER 从 R20 到 2000i 的发展	1
1.1.1 Behavioral Modeler (行为建模)	1
1.1.2 User-Defined Analysis (使用者自定分析)	1
1.1.3 Mechanical Design (机械设计)	2
1.1.4 Import Data Doctor (输入数据医生)	2
1.1.5 Expert Machinist Production Machining (制造加工专家系统)	2
1.1.6 纵观 i 系列	3
1.2 Pro/ENGINEER 系统	3
1.2.1 Pro/ENGINEER	3
1.2.2 参数式与变数式系统的比较 (Parametric vs. Variational Design Systems)	5
1.2.3 硬件与安装	5
1.2.4 如何使用本书	6
第 2 章 Pro/ENGINEER 2000i 的操作界面	7
2.1 浏览 Pro/ENGINEER 的操作界面	7
2.2 下拉式菜单 (Menu Bar) 的使用说明	10
2.2.1 File (文件)	11
2.2.2 Info (信息)	16
2.2.3 View (视图)	18
2.2.4 Utilities (公用工具)	21
2.2.5 Applications (应用模块)	24
2.2.6 Analysis (分析工具)	25
2.2.7 Window (窗口操作)	25
2.2.8 Help (辅助说明)	26
2.3 操作界面的补充	26
2.3.1 数值输入	27
2.3.2 弹出式功能菜单	27
2.3.3 特征结构树窗口	28
第 3 章 特征类型	32
3.1 草绘型特征 (Sketched Feature)	32
3.2 点放型特征 (Pick & Place Feature)	32
3.3 绘图面与参考面 (Sketching Plane & Reference Plane)	33

第 4 章 2D 剖面草绘 (2D Sketcher)	37
4.1 2D 剖面绘制环境的介绍	37
4.2 Intent Manager (草绘智能引导模式)	38
4.3 实用技巧	42
4.4 几何图元的建立	45
4.5 几何图元工具 (Geometry Tools)	54
4.6 剖面工具 (Section Tools)	59
4.7 尺寸标注 (Dimension)	63
4.7.1 一般型尺寸标注 (Normal Dimension)	64
4.7.2 周长型尺寸标注 (Perimeter Dimension)	69
4.7.3 参考型尺寸标注 (Reference Dimension)	70
4.7.4 基准线型尺寸标注 (Baseline Dimension)	71
4.7.5 取代型尺寸标注 (Replace Dimension)	72
4.7.6 尺寸标注的技巧	72
4.8 几何约束 (Constraint)	75
第 5 章 个人环境设置	81
5.1 Config.pro 的设置	82
5.2 快捷钮 (键) 的设置	86
5.3 定制操作界面 (Customize Screen)	88
第 6 章 基础实体特征	97
6.1 Part 菜单的指令介绍	97
6.1.1 单位 (Units)	98
6.1.2 样板模型 (Template Model)	101
6.1.3 材料 (Material)	101
6.1.4 收缩率 (Shrinkage)	102
6.2 长出 (Protrusion)、切除 (Cut)、沟槽 (Slot)	104
6.3 挤出 (Extrude)	106
6.4 旋转 (Revolve)	111
6.5 扫掠 (Sweep)	114
6.6 混成 (Blend)	117
6.6.1 平行混成 (Parallel Blend)	120
6.6.2 旋转混成 (Rotational Blend)	121
6.6.3 一般混成 (General Blend)	123
第 7 章 设计修改工具	126
7.1 修改 (Modify)	126
7.2 重新定义 (Redefine)	131
7.3 特征父子关系 (Parent / Child Relationship)	133
7.4 重新定义参考物 (Reroute)	135

7.5	调整顺序 (Reorder).....	136
7.6	插入 (Insert Mode).....	137
第 8 章	基准特征.....	139
8.1	基准特征的显示状况.....	139
8.1.1	显示状态 (Display)	139
8.1.2	显示颜色 (Color)	142
8.1.3	更名 (Set Up-Name)	143
8.2	基准面 (Datum Plane)	144
8.2.1	辅助断面 (X-section)	144
8.2.2	基准面显示范围.....	146
8.2.3	基准面的建立方式.....	147
8.3	平移型基准面 (Offset Planes)	150
8.4	基准点 (Datum Point)	152
8.5	基准轴 (Datum Axis)	157
8.6	坐标系 (Coordinate System)	159
8.7	基准曲线 (Datum Curve)	161
8.8	函数 (Graph)	172
8.9	计量 (Evaluate)	174
第 9 章	倒圆特征.....	177
9.1	简易倒圆 (Simple Round)	178
9.2	进阶倒圆 (Advanced Round)	183
第 10 章	基本曲面特征.....	191
10.1	基本曲面	191
10.1.1	挤压 (Extrude)	192
10.1.2	旋转 (Revolve)	193
10.1.3	扫掠 (Sweep)	193
10.1.4	混成 (Blend)	193
10.1.5	平面型曲面 (Flat)	194
10.1.6	平移复制 (Offset)	194
10.1.7	复制曲面 (Copy)	198
10.1.8	倒圆曲面 (Fillet)	198
10.2	曲面处理工具 (Manipulating Surface)	199
10.2.1	融合 (Merge)	199
10.2.2	修剪 (Trim)	202
10.2.3	延伸 (Extend)	206
10.2.4	变换复制 (Transform)	212
10.2.5	拔模角 (Draft)	212
10.2.6	区域平移 (Area Offset)	214

10.2.7 拔模平移 (Draft Offset)	215
第 11 章 实用技巧	218
11.1 历史文件 (Trail File)	218
11.2 模型渲染设置 (Model Setup)	219
11.2.1 色彩外观 (Color Appearances)	219
11.2.2 光源 (Lights)	230
11.2.3 进阶设置 (Advanced)	234
第 12 章 特征复制	238
12.1 复制 (Copy)	238
12.2 阵列复制 (Pattern)	242
12.3 镜像模型 (Mirror Geometry)	247
12.4 局部特征群组 (Local Group)	248
12.5 阵列复制表 (Pattern Table)	251
第 13 章 实体特征	253
13.1 孔与轴特征 (Hole & Shaft Features)	254
13.1.1 孔 (Hole)	254
13.1.2 轴 (Shaft)	257
13.2 倒角 (Chamfer)	258
13.3 加强肋 (Rib)	261
13.4 抽壳 (Shell)	264
13.5 管 (Pipe)	267
13.6 轴颈与凸缘特征 (Neck & Flange Features)	270
13.6.1 轴颈 (Neck)	270
13.6.2 凸缘 (Flange)	270
13.7 扭曲 (Tweak)	271
13.7.1 截面圆顶 (Section Dome)	271
13.7.2 平移 (Offset)	273
13.7.3 拔模平移 (Draft Offset)	275
13.7.4 唇 (Lip)	278
13.7.5 局部浮推 (Local Push)	279
13.7.6 圆顶 (Radius Dome)	281
13.7.7 耳 (Ear)	283
13.7.8 自由造形 (Free Form)	285
第 14 章 拔模角特征	291
14.1 中性面拔模 (Neutral Plane Draft)	293
14.2 中性曲线拔模 (Neutral Curve Draft)	299
第 15 章 进阶曲面特征	304
15.1 进阶曲面 (Advanced Surface)	304

15.2	边界型曲面 (Boundaries)	306
15.2.1	混成型曲面 (Blended Surf)	308
15.2.2	圆锥形曲面 (Conic Surf)	311
15.2.3	近似混成型曲面 (Approx Blend)	312
15.2.4	多边形曲面 (N-Sided Surf)	313
15.3	From File	314
15.4	Sect to Srfs	315
15.5	Srfs to Srfs	315
15.6	TangentToSrf	316
15.7	自由造形 (Free Form)	318
15.8	曲面生成实体的工具	324
15.8.1	Use Quilt	324
15.8.2	取代 (Replace)	326
15.8.3	贴面 (Patch)	327
15.9	曲面修补倒圆 (Fixed Rounds by Surface Technique)	328
第 16 章	零件装配	332
16.1	装配约束形式 (Constraint Type)	333
16.2	零组件复制功能	347
16.2.1	Repeat —— 重复装配相同的零件	347
16.2.2	Pattern —— 阵列复制零件	347
16.2.3	Copy —— 多重复制零件	349
16.3	爆炸图	351
16.3.1	Mod Expld 与 ExplodeState	351
16.3.2	爆炸位置 (Position)	352
16.3.3	平移线 (Offset Lines)	354
16.4	干涉与间隙检查	355
16.4.1	干涉检查	355
16.4.2	间隙检查	356
16.5	在装配模式下进行零件设计	358
16.6	其他实用功能	362
16.6.1	零组件的更名原则	362
16.6.2	装配文件的信息	363
16.6.3	零组件的显示状态设置	363
第 17 章	工程图	366
17.1	图面规格	366
17.2	各种视图的建立	368
17.2.1	一般视图 (General)	370
17.2.2	正投影视图 (Projection)	371

17.2.3 辅助视图 (Auxiliary)	372
17.2.4 局部放大视图 (Detailed)	373
17.2.5 旋转剖面视图 (Revolved)	374
17.3 视图的处理	375
17.4 尺寸标注与注解的建立	377
17.5 新增尺寸与注解	378
17.6 图面编辑	382
17.7 表格 (Table)	386
17.7.1 表格的创建	386
17.7.2 文字输入、复制、存储	389
17.7.3 表格处理	390
17.8 工程图参数	392

第 1 章 Pro/ENGINEER 系统简介

1.1 Pro/ENGINEER 从 R20 到 2000i 的发展

Pro/ENGINEER 3D 实体模型设计系统是 PTC (Parametric Technology Corporation) 在 1989 年开发出来的, 迄今已历经了 10 年的考验, 每半年推出一个新版本, 并对其及时修改并新增各种实用功能, 许多设计工作者都对该软件给予了充分的肯定。

在 1998 年 9 月全球同步上市的 R20 版, 具有:

- (1) 视窗化用户界面 (Windows Look User Interface)
- (2) 草绘智能引导系统 (Intent Manager)
- (3) 3D 注解说明 (3D Notes)
- (4) 从上到下的设计应用 (Top-Down Design)

等许多独特的新概念。首创参数式设计概念 (Parametric-Design Concept), 直接冲击传统模型设计观念, 强调实体模型 (Solid Model) 架构优于传统的面模型 (Surface Model) 架构和线模型 (Wireframe Model) 架构。

参数式设计概念是: 以尺寸 (Dimension) 作为可变参数来驱动剖面外形, 设计者只要改变尺寸数值即可产生所需要的外形; 实体模型架构可使设计的产品更具真实性, 可立即得到产品的重量、体积和重心等物理特性。

PTC 在 1999 年初推出划时代的 Pro/ENGINEER 2000i 业界标准版本, 作为 Pro/ENGINEER 机械设计自动化 (Mechanical Design Automation, MDA) 应用程序的 i 系列初始版本, 特色是: 超过 500 项功能的增强 (其中, 最具特色的 Behavioral Modeler 使工程师能够迅速抓住设计理念, 只要定义设计参数就可由系统估算出最佳解)、大型装配的新功能、专家系统辅助机械加工程序, 通过互联网络让设计者非常容易地分享工程信息。i 系列是基于实体模型的 CAD/CAM/CAE 解决方案, 将产品每个设计阶段的设计信息传递给每位设计者并扩展到整个企业, 提供整合性的工具来自动处理设计、分析与制造过程中的变化。

1.1.1 Behavioral Modeler (行为建模)

有了 Behavioral Modeler, 工程师能迅速抓住设计理念, 定义设计参数, 规划出最佳解决方案, 而不须在手动重复操作及计算分析上浪费时间, 设计者可以在短时间内由电脑算出最佳解。

只要将基本造型创建完成, 并利用物理特性分析功能 (Analysis-Model Analysis) 进行计算, 即可得到体积、重心、质心和惯性矩等物理特性参数。

1.1.2 User-Defined Analysis (使用者自定分析)

User-Defined Analysis 简称 UDA (使用者自定分析), 将设计过程中的物理特性参数与

特征尺寸相关联,以限制条件控制这些尺寸,如:重心要与中心轴对齐,最佳高度是多少等等,Pro/ENGINEER 会按所定义的限制条件求得最佳设计结果,让工程师随时更改参数,同时可得到不同结果,而不浪费时间在手动重复操作及计算分析上。

1.1.3 Mechanical Design (机械设计)

Mechanical Design 提供运动学模拟,通过简单的定义与动画连接,例如插销连接(Pin Joint)和球形连接(Ball Joint),并结合零件装配约束条件[Constraint Type,如 Mate(贴合)、Align(对齐)与 Insert(插入)等]进行装配,装配完成后,工程师即可观察零件运动情况,以确定是否符合机构设计要求。在组件上的任何点都可被拉动,并看到机构的同步运动,工程师借助这种交互式的设计手段,非常容易地完成最佳的机构设计。

1.1.4 Import Data Doctor (输入数据医生)

Import Data Doctor 是 Pro/ENGINEER 2000i 的新模块,提供读入数据的自动修复功能,大大缩短了需要以人工清除或输入旧形式数据所需的时间。这套系统会自动重建读入的几何形状的基础线、自动封闭间隙、调整顶点以及重建边界等。传统补 IGES 破面是利用手动的方式慢慢地修补,Import Data Doctor 则针对读入的数据进行自动修复、自动诊断曲面,并提供如下的约束控制方式:

- (1) Froze ——保持曲面的曲率固定不变。
- (2) Froze W/Boundary ——保持曲面位置及边界固定不动。
- (3) Master ——各曲面间的主从关系,以一个曲面为主,其他曲面来配合该曲面。
- (4) Tangent ——保持曲面间斜率连续(相切)。
- (5) Split ——分割曲面。

当自动修复还是无法完成时,可以使用手动修复,此时已经节省了补 IGES 破面的时间。值得一提的是,手动补破面会在 Model Tree 中增加许多特征,系统允许使用者将这些特征全部并入 Import Feature 中,这样可使数据更加简洁。

1.1.5 Expert Machinist Production Machining (制造加工专家系统)

Expert Machinist Production Machining (制造加工专家系统)能让制造工程师进行几何形状的分类作业。为产生 NC 刀具路径,该软件能对使用者的环境自行调整制定,方便快速产生加工程式。

整个操作界面更利于现场加工,当工程师打开要加工的零件文件后,系统会自动计算出所需材料的大小,而且不管是矩形或圆柱形毛坯料,系统都会重新估算出所需最小材料的毛坯料,工程师也可自行调整毛坯料的大小。

制定加工程序。把加工边界定义完成后,系统会自动延伸其他边界围成一封闭区域,并将它建成区块,如果对此区块所定义的延伸位置不满意,可修改到满意为止。这些定义的加工程序都会成为 Model Tree 的一员,在定义这些区块时,系统会自动判断附近是否有已经定义的区块,如果有的话,系统会自动避开已定义的区块,并且可直接在 Model Tree 中调整加工区块的先后顺序,待调整完毕,即可看到模型区块已自动重新定义区块形状。

利用鼠标右键功能，直接从 Model Tree 中选取刚刚定义的区块来指定刀具参数设置，也可直接读取现存的加工刀具参数，来重新定义样板内的刀具参数，以及用于哪一种加工型态等，所存储的文件名为：xx.tp1。这样，将会更方便刀具库的扩展。

1.1.6 纵观 i 系列

i 系列为下一代 MDA 业界标准 (Industrial Standard)，所代表的意义如下：

Innovative ——创新的科技。

Interoperable ——数据互通性。

Internet-centric ——以网络为轴心。

Intuitive ——直觉式应用。

Individualized ——个性化设计。

其他更详细的资料，请查询 PTC 网页：<http://www.ptc.com/>。

1.2 Pro/ENGINEER 系统

Pro/ENGINEER 系统包括三大模块，分别是：Pro/ENGINEER、Pro/CDRS、Pro/MECHANICA。

1. Pro/ENGINEER

是 3D 实体模型设计最主要的工具，包括实体模型设计、曲面设计、平面工程图、零件装配、制造加工、模具设计、钣金零件设计、点数据建模设计、有限元模型格式的输出与简单的有限元分析等等。

2. Pro/CDRS

主要支持工业设计应用，提供超越数学方程式所规范的自由曲面的建立。

3. Pro/MECHANICA

为数值计算与结构模拟系统，如负载应力分析、热负载热应力估算、结构最优化、机构运动分析与振动分析等。

最后，以一系列方框图（图 1-1）说明 CAD/CAE/CAM 工程设计流程。

1.2.1 Pro/ENGINEER

Pro/ENGINEER 是一个强有力的 3D 实体模型 (3D Solid Model) 设计软件，不仅 CAD 功能超强，而且同时具有 CAE 和 CAM 功能。内容包括工业设计、大型装配件设计、数值模拟、制造加工与产品数据管理等。另一方面，支持同时针对同一个产品进行同步工程 (Concurrent Engineering) 设计。

Pro/ENGINEER 独特的参数式理念 (Parametric Concept)，强调单一数据库管理系统，视尺寸为可变的参数，尺寸修改后实体模型立即重新产生。

Pro/ENGINEER 特性的简介：

1. 3D 实体模型 (Solid Model)

强调 3D 实体模型，可随时计算出产品的质量、体积、表面积、重心和惯性矩等相关物理量，能清楚明了产品的真实性；优于传统面模型架构和线模型架构。

2. 单一数据库 (Single Data Base)、全相关性 (Full Associativity)

Pro/ENGINEER 设计理念是从 3D 实体模型产生 2D 工程图, 并且自动标注相关尺寸, 即不论设计者在 3D 或 2D 环境下修改任何尺寸, 其相关的 2D 或 3D 实体模型均自动改变。产品开发过程中, 使用者在任何时候所做的改变, 都会传送到整个设计中, 并自动更新所有的工程文件。

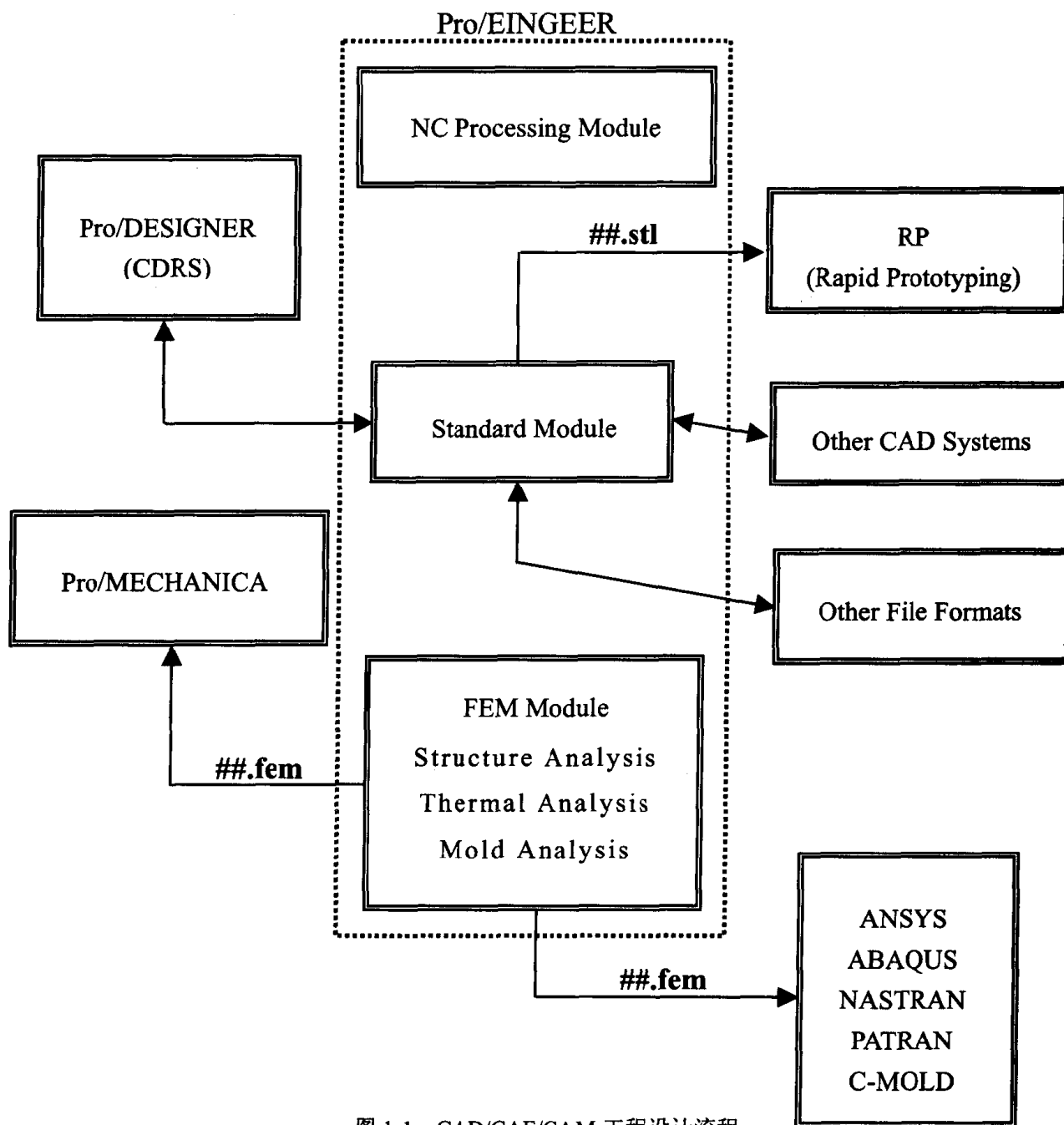


图 1-1 CAD/CAE/CAM 工程设计流程

3. 以特征为基础的参数式模型 (Feature-Based Parametric Modeling)

特征就是利用较高阶的组成图元来产生具有工程意义的元件, 如倒圆、抽壳和钻孔等。这些特征可实现重新定义 (Redefine)、顺序调整 (Reorder)、删除 (Delete)、插入 (Insert Mode) 等动作。

4. 数据管理 (Data Management)

要加速产品上市的进程,就必须以最少的时间完成最多的开发工作,为达到这样的高效率,必须允许多位工程师同时处理一件产品。Pro/ENGINEER 数据管理即为同步工程而开发,使产品数据具有全相关性。

5. 易于利用 (Ease of Use)

折叠式功能菜单以直觉的方式流动,提供合乎逻辑的选项;另一方面,系统也提供简短的功能说明及完整的在线帮助。使用者操作界面与视窗操作环境类似。

6. 硬件独立 (Hardware Independence)

Pro/ENGINEER 可在 UNIX、Windows NT 与 Windows 95/98/2000 等操作系统上运行,并在每个系统中都保持相同的外观。使用者可按自己的要求,选购最经济的硬件设备,再配以适合的操作系统。

7. 尺寸参数化 (Parametric Dimension)

视尺寸为可变的参数,尺寸修改后,实体模型立即重新产生,非常方便。

1.2.2 参数式与变数式系统的比较 (Parametric vs. Variational Design Systems)

在许多机械设计 CAD 软件数据中,常会见到所谓的参数式和变数式设计系统,这些名词的意义与功能是什么,有必要作一简单说明,两者最大的差别在于约束方程式的求解方式:

1. 参数式设计系统

- (1) 系统运算较简单,几何图形改变范围有限。
- (2) 系统先求解尺寸关系约束,再将尺寸值代入几何约束关系。
- (3) 系统无法求解复杂的工程关系约束。
- (4) 系统不能求解几何与尺寸耦合的约束条件。

2. 变数式设计系统

- (1) 系统将工程约束关系一并纳入求解,几何图形改变较大。
- (2) 系统将工程、尺寸与几何约束关系同时求解,
- (3) 系统能求解复杂的工程关系约束。
- (4) 系统能同时求解几何与尺寸耦合的约束条件。
- (5) 系统对每个改变不需要重新定义关系。
- (6) 系统采用数值方法求解联立方程式。

由于变数式设计系统主张将工程设计关系纳入系统与几何约束关系一起解,可解有几何耦合的关系式 $(F(X, Y, Z, d)=0)$, 其中 X, Y, Z 为几何位置变数向量, d 为几何尺寸变数向量) 因此学术界均认为此种系统较好。反观参数式设计系统,此系统比较简单,也较符合实际设计应用,所以实用性较高。

Pro/ENGINEER 为第一套将参数式设计系统实际应用的软件,它巧妙地将 2D 剖面参数化后,结合特征的概念,创造了实用的 3D 特征参数式设计系统。

1.2.3 硬件与安装

Pro/ENGINEER 系统特色是硬件独立,可在 UNIX、Windows NT 与 Windows 95/98/2000

等操作系统上运行,并在每个系统中都维持相同的外观。而对于中小型企业、个人工作室与学术单位等,购买个人电脑(Personal Computer, PC)是最普遍的。随着电子信息业的蓬勃发展,使用PC级电脑执行3D CAD软件已不是什么难事,更何况其价格比起工作站级电脑实在是太便宜了。故以往只能在工作站上执行的商用软件,现在绝大部分陆续移植到PC级电脑平台上。

到底何种配置的硬件配备才能执行Pro/ENGINEER呢?以目前的PC级电脑运行Pro/ENGINEER系统当然可以,只是硬件等级越高,使用效率越高。不过,还是应针对个人的工作性质而定,经常处理大型装配或多种颜色材质贴图的情况,最好能使用更高级的配置。在此,针对个人工作室和学术单位,提出软硬件配备建议:

- (1) 三键鼠标
- (2) 17吋以上的显示器
- (3) CPU至少为400MHz以上
- (4) RAM至少为128MB以上
- (5) 显卡至少支持OPEN GL
- (6) 操作系统为Windows NT 4.0 (Windows 95/98/2000亦可)

谈到系统安装,比起其他3D CAD软件,Pro/ENGINEER算是最容易安装的了。

主要过程是:(1)经网络从PTC下载授权文件(License.dat),(2)准备好系统安装光盘,(3)复制Pro/HELP光盘内容到硬盘中,(4)进行安装。

安装过程中,记得指定授权文件与Pro/HELP在硬盘中的完整路径。由于安装过程并不困难,故在此不说明每一个安装步骤,读者可按安装画面的提示,或参考相关网站(例如:www.mdi.ncku.edu.tw)上的说明,应该是可以顺利完成的。

1.2.4 如何使用本书

目前3D CAD/CAM软件蓬勃发展,各式软件品牌众多,也各有其特色。开始接触Pro/ENGINEER系统并学习使用操作的用户可被分为多种情况:

- (1) 已熟悉多种3D CAD软件,现在要使用Pro/E。
- (2) 企业跨入3D CAD领域,须全盘评估各种商用软件。
- (3) 一位完全没有任何3D CAD软件使用基础者,第一次接触该领域即刚好碰上Pro/E。

不管你是哪一类情况,学习Pro/E系统时最好能保持愉快的心情,脑海中尽可能暂时抛开其他3D CAD软件观念的束缚,专心接受参数式设计理念和特征父子关系的原则,相信一定可以从入门到上手进而熟练精通。

本书内容以Pro/ENGINEER 3D实体设计模型为主,适用于2000i版本的所有指令功能,内容包括简易实体模型创建、基础曲面设计技巧、零件装配、平面工程图制作、倒圆特征、拔模特征和复制功能等。本书尽可能按自习形式编写,各种指令功能都附上图例说明,练习题的设计与步骤说明力求详细完整。

本书并不只是属于入门基础阶段教程,书中所述功能实为学习Pro/E系统所应该熟悉的,尤其是曲面功能。本书能加速初学者提高到中级使用者的过程。

第2章 Pro/ENGINEER 2000i 的操作界面

2.1 浏览 Pro/ENGINEER 的操作界面

本章内容，先从 Pro/ENGINEER 的操作界面谈起，先浏览窗口化功能，再详细说明系统各部分的功能与使用方法。

激活 Pro/ENGINEER 系统后，映入眼帘的是亲切的窗口化操作环境（图 2-1），等待使用者着手进行设计工作。

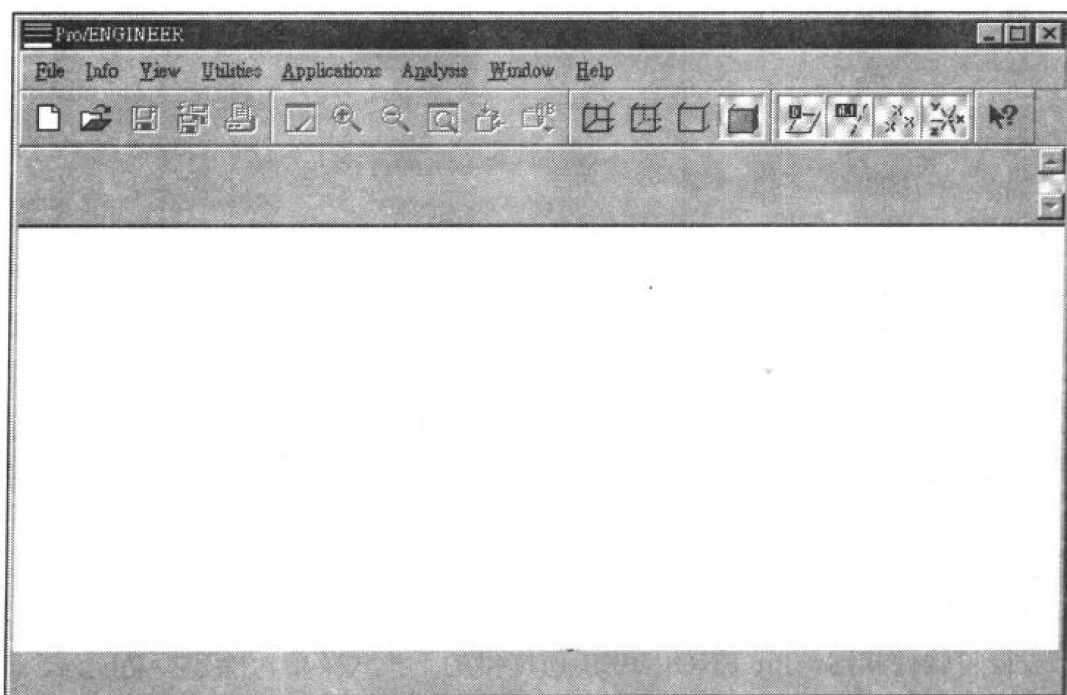


图 2-1 窗口化操作环境

试着打开一新设计文件，形式（Type）有草绘（Sketch）、零件设计（Part）、零件装配（Assembly）、机械加工（Manufacturing）等，每一种不同形式的文件又可分数种次形式（Sub-type），例如：Part 形式文件包含 Solid、Composite 与 Sheetmetal 三种次形式（见§2.2）。

以 Part—Solid 为例，新增一零件设计文件后，会出现如图 2-2 所示的设计环境，最上方是该设计文件的名称，接下来排列着大家所熟悉的下拉式菜单（Menu Bar，可以新增 Mapkeys 菜单，见第 5 章内容），分别有 File、Info、View、Utilities、Applications、Analysis、Window、Help。

在下拉式菜单下方的是一行 Icon 图形钮工具栏（Tool Bar），可按照个人习惯自行重组或新增 Icon 图形钮。接下来是信息提示区（Message Area）与指令实时说明区（On-Line Help Area），中央左方有一特征结构树窗口（Model Tree Window），以上各部分的位置为系统默认情况，使用者可自行调整（见第 5 章）。中间最大区域是设计工作区（Working Area），