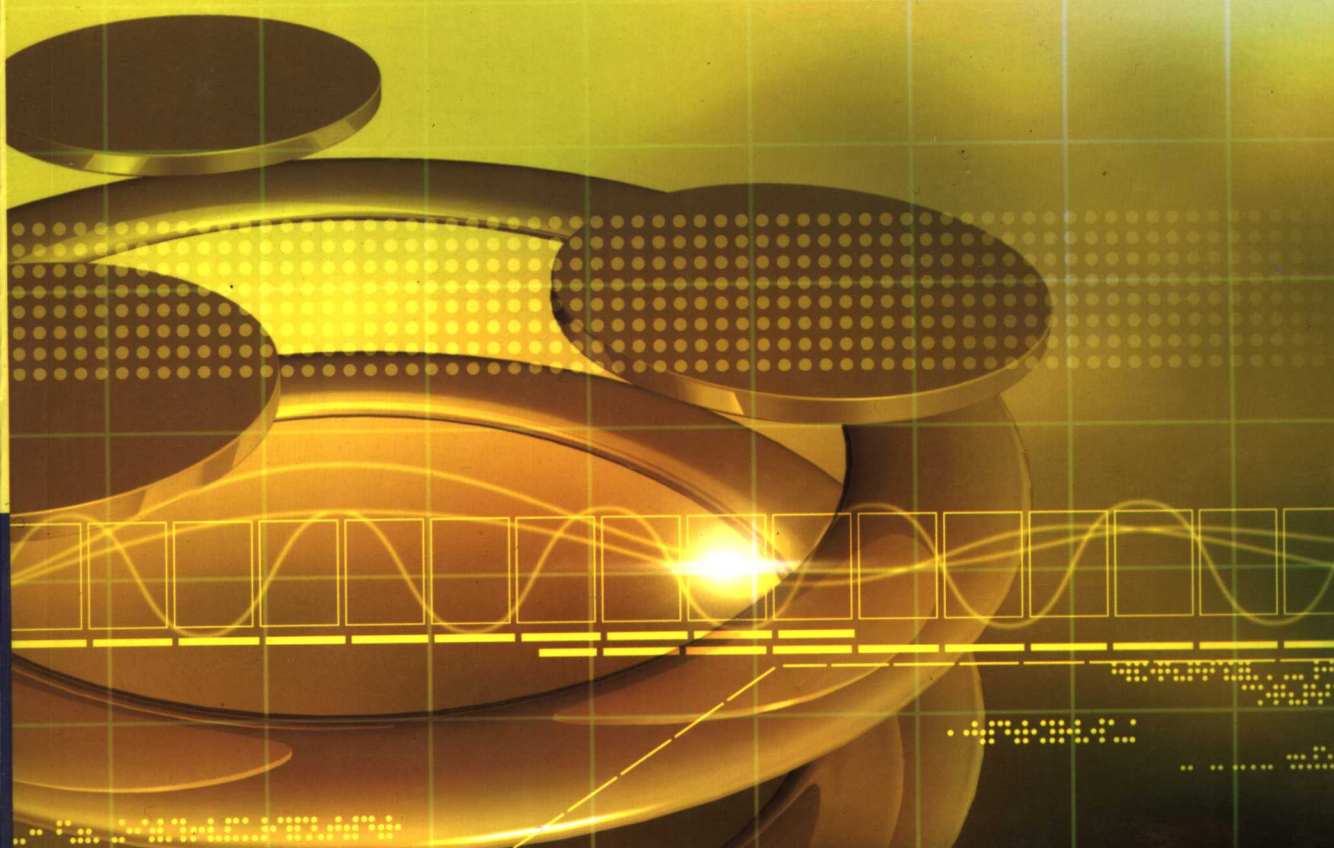


中国矿业大学研究生教育专项资金资助出版教材

Pro / ENGINEER

三维造型应用及机构仿真

主编 孙海波 陈 功



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

Pro/ENGINEER 三维造型 应用及机构仿真

孙海波 陈 功 主编

中国矿业大学出版社

内容提要

本书是一本讲述如何使用 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 进行三维造型的教材,主要内容包括参数化草图的绘制、三维模型的建立、基准特征的建立与应用、曲面模型的建立与应用、零件装配的建立、工程图的创建,等等。全书深入浅出地介绍了使用 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 进行三维造型的步骤、方法和操作技能。其特点是:内容全面,重点突出,条理清晰,通俗易懂,实用性强,对读者不易理解的内容,均给出了一个或多个具有代表性的示例,并介绍了我们在使用过程中积累的一些经验和处理问题的思路,有助于学习者掌握相关内容的基本方法和思路。

本书在编写有关章节内容的注意结合我国工程制图国家标准的要求,是一本实用性很强的教科书,可以作为研究生、大学生的教学用书,也可用作专业工程技术人员的参考资料和培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER 三维造型应用及机构仿真/孙海波,陈功主编.

—徐州:中国矿业大学出版社,2007.2

ISBN 978 - 7 - 81107 - 592 - 2

I. P… II. ①孙…②陈… III. 三维—机械设计:计算机辅助设计—应用软件,Pro/ENGINEER IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 022916 号

书 名 Pro/ENGINEER 三维造型应用及机构仿真

主 编 孙海波 陈 功

责任编辑 钟 诚

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 462 千字

版次印次 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

定 价 29.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序 言

Pro/ENGINEER 号称“震撼业界的机械设计软件和世纪最强大的模具设计软件”，是 1988 年由美国 PTC (Parametric Technology Corporation, 参数技术公司) 推出的集成了 CAD/CAM/CAE 于一体的全方位的 3D 产品开发软件, 在世界 CAD/CAM 领域具有领先地位并取得了相当的成功, 广泛应用于电子、机械、模具、工业设计、汽机车、自行车、航天、家电、玩具等各行业, 是目前世界上最为流行的三维 CAD/CAM 软件。其特点为: ① 全参数化设计。② 全相关。即不论在 3D 实体还是 2D 工程图上做尺寸修正, 其相关的 2D 图形或 3D 实体均自动修改, 同时装配、制造、模具等相关设计也会自动修改。③ 基于特征的实体建模。它改变了设计工程师的传统工作方法, 提高了企业的工作效率, 因此, 受到了很多用户的欢迎。

该软件于 1993 年正式进入中国, 但由于对硬件的要求比较高, 同时学习起来上手比较困难, 而且在 2001 年之前没有汉化的版本, 这些因素都大大制约了它在我国的推广和应用。进入 21 世纪以后, 随着三维 CAD 应用技术的突飞猛进, 三维 CAD 取代二维已是必然的趋势, Pro/ENGINEER 在中国的用户群也日益扩大。使更多的学生掌握 Pro/ENGINEER 这一代表当今 CAD/CAM 软件最先进技术特点的三维 CAD 主流软件进行产品设计和造型的技能, 有利于创新设计能力的培养和综合素质的提高。

Pro/ENGINEER 自推出以后, 软件不断完善, 版本也不断更新。在经历了 19 版、20 版、2000i 版、2000i2 版、2001 版以后, 于 2003 年推出了 Pro/ENGINEER Wildfire 版, 即野火版。Pro/ENGINEER 野火版相对于 Pro/ENGINEER 2001 在界面和操作风格方面的变化十分巨大, 这也许就是 PTC 公司不以 Pro/ENGINEER 2003, 而是采用全新名称命名软件的原因。Pro/ENGINEER 野火版在 Windows 化和逻辑化方面进步许多, 操作过程大量使用图形化界面的命令操控面板形式, 更加直观灵活, 从而提高了建模效率。

本书主要针对 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 编写, 也适用于该版本之前的 2001 版本。全书共分十章, 全面系统地讲解了 Pro/ENGINEER 软件在机械零件设计、零件装配、工程图等方面的具体应用、使用方法、操作技巧和相应的文件管理。主要包括: ① Pro/ENGINEER 概述及基本知识。② 参数化草图的绘制及标注。③ 基础特征的建立。④ 工程特征的建立。⑤ 基准特征的建立。⑥ 曲面特征的建立和应用。⑦ 特征的复制与操作。⑧ 零件装配的建立。⑨ 工程图纸的创建。⑩ 机构运动及仿真。

本书作者从事 CAD/CG (计算机辅助设计/计算机图形学) 方面的教学和研究工作多年, 在内容的编排上, 与许多传统的讲解 CAD 软件的书籍不同之处在于: 不是集中介绍软件的菜单选项和相应命令, 而是采用基于任务的方式着重讲解完成某一特定任务所要遵循的过程和步骤, 从而使读者在学习过程中, 不仅学会了如何使用软件的菜单选项和软件命令, 更重要的是掌握零件建模、装配、工程图创建等的基本方法和思路。

本书由孙海波和陈功主编。第 1 章~第 6 章、第 10 章、附录由孙海波编写, 第 7 章~第

9 章由陈功编写。本书在编写过程中得到中国矿业大学机电工程学院机械基础及 CAD 中心的支持,在出版过程中得到中国矿业大学研究生院和出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

因作者水平有限,书中难免会有错误和疏漏之处,欢迎广大读者批评指正。

目 录

序	1
第 1 章 Pro/ENGINEER 概述及基本知识	1
1.1 Pro/ENGINEER 概述	1
1.1.1 特点	1
1.1.2 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 安装的硬件要求	2
1.1.3 Pro/ENGINEER 的建模原理	2
1.2 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 用户界面	3
1.2.1 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 工作界面	3
1.2.2 工具栏和屏幕的定制	10
1.2.3 环境的设置	11
1.2.4 文件的存取操作	11
1.2.5 窗口的基本操作规则	14
1.3 显示控制和设置	15
1.3.1 模型的显示方式	15
1.3.2 模型的显示控制	15
1.3.3 相切边的显示方式	18
1.3.4 曲面的网格显示	18
1.3.5 鼠标的基本操作	18
1.3.6 层的使用	20
1.3.7 颜色的设置	22
1.4 模型设置和对象的选取方法	24
1.4.1 单位设置	24
1.4.2 模板的使用设置	25
1.4.3 对象的选取方法	28
第 2 章 参数化草图的绘制	30
2.1 参数化草图绘制的基本知识	30
2.1.1 参数化草图的作用	30
2.1.2 参数化草图(剖面、截面)的概念	30

2.1.3	进入草绘模式的方法	30
2.1.4	草绘模式的工作界面	30
2.1.5	草绘器中的术语	31
2.1.6	草绘工作环境的设置	32
2.2	几何实体的绘制	33
2.2.1	点的绘制	33
2.2.2	直线的绘制	33
2.2.3	矩形的绘制	34
2.2.4	圆的绘制	34
2.2.5	圆弧的绘制	36
2.2.6	圆角的绘制	37
2.2.7	样条曲线的绘制	37
2.2.8	文本的建立	37
2.3	参数化草图的尺寸标注	38
2.3.1	直线的尺寸标注	38
2.3.2	圆和弧的尺寸标注	39
2.3.3	角度的尺寸标注	39
2.3.4	尺寸标注值的修改	40
2.3.5	其他需要注意的问题	40
2.4	截面几何图元的编辑修改	41
2.4.1	求交	41
2.4.2	动态修剪	41
2.4.3	剪切和延伸	41
2.4.4	镜像	41
2.4.5	缩放/旋转	41
2.4.6	复制	42
2.4.7	使用已有边	42
2.4.8	偏距已有边	42
2.5	几何约束条件的使用	42
第3章	零件建模的基础特征	44
3.1	概述	44
3.1.1	概念	44
3.1.2	零件设计步骤	44
3.1.3	有关零件设计的预备知识	44
3.2	拉伸特征	45
3.2.1	概念	45
3.2.2	操作步骤	45
3.2.3	举例	46

3.2.4 说明	47
3.2.5 有关 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 中直接建模的操作方法说明	48
3.3 旋转特征	49
3.3.1 概念	49
3.3.2 操作步骤	49
3.3.3 举例	50
3.3.4 说明	50
3.4 扫描特征	51
3.4.1 概念	51
3.4.2 操作步骤	51
3.4.3 举例	52
3.4.4 说明	53
3.5 混合特征	54
3.5.1 概念	54
3.5.2 操作步骤	54
3.5.3 举例	55
3.5.4 说明	57
3.5.5 旋转类型的混合特征举例	59
3.5.6 一般类型的混合特征举例	60
3.5.7 关于拉伸、旋转、扫描和混合特征的共同说明	61
3.6 草绘的薄板特征	61
3.6.1 概念	61
3.6.2 操作步骤	61
3.7 特征的“加材料”和“切除材料”方式的比较	62
3.7.1 概念	62
3.7.2 操作步骤	63
3.7.3 说明	63
第 4 章 零件建模的工程特征	64
4.1 概述	64
4.1.1 概念	64
4.1.2 工程特征的分类	64
4.2 打孔特征	64
4.2.1 功能及分类	64
4.2.2 操作步骤	65
4.2.3 说明	65
4.3 圆角特征	66
4.3.1 功能及分类	66
4.3.2 操作步骤	66

4.3.3	说明	67
4.3.4	举例	69
4.3.5	有关圆角特征中直接建模的操作说明	70
4.3.6	圆角的空间表现形态及设定	71
4.3.7	过渡区域的设定方法	73
4.4	倒角特征	74
4.4.1	功能及分类	74
4.4.2	边线倒角的操作步骤	75
4.4.3	有关边线倒角的说明	75
4.4.4	边线倒角举例	77
4.4.5	拐角倒角的操作步骤	78
4.5	加强筋特征	79
4.5.1	功能及分类	79
4.5.2	操作步骤	79
4.5.3	说明	79
4.5.4	举例	79
4.6	抽壳特征	80
4.6.1	功能及分类	80
4.6.2	操作步骤	80
4.6.3	说明	80
4.6.4	举例	81
4.7	拔模特征	81
4.7.1	功能及分类	81
4.7.2	几个与拔模特征有关的术语	82
4.7.3	操作步骤	82
4.7.4	说明	83
4.7.5	举例	84
4.8	剖截面的建立	86
4.8.1	剖切面的种类	86
4.8.2	创建平面剖截面(单一剖)	86
4.8.3	创建偏距剖截面(阶梯剖)	87
4.8.4	创建偏距剖截面(复合剖)	89
4.8.5	修改剖截面	89
4.8.6	使用剖截面修剪模型	90
4.9	机械零件建模实例分析	91
4.9.1	轴类零件举例	91
4.9.2	叉架类零件举例	92
4.9.3	盖类零件举例	93
4.9.4	球阀阀体零件建模举例	94

第 5 章 基准特征的建立	96
5.1 基准的基本知识	96
5.1.1 基准的概念和作用	96
5.1.2 基准的种类	96
5.1.3 基准的显示控制方法	96
5.1.4 基准的命名	96
5.1.5 基准特征的建立方法	97
5.2 基准平面	97
5.2.1 基准平面的用途	97
5.2.2 基准平面的分类	97
5.2.3 基准平面的方向	98
5.2.4 建立基准平面的步骤	98
5.2.5 建立基准平面的约束条件	98
5.2.6 举例	98
5.3 基准轴线	100
5.3.1 基准轴线的用途	100
5.3.2 建立基准轴线的步骤	100
5.3.3 建立基准轴的约束条件	100
5.3.4 举例	100
5.4 基准点	102
5.4.1 基准点的用途	102
5.4.2 基准点的分类	102
5.4.3 建立基准点的步骤	102
5.4.4 建立一般基准点的约束条件	102
5.4.5 举例	103
5.5 基准曲线	104
5.5.1 基准曲线的用途	104
5.5.2 基准曲线的分类	105
5.5.3 建立草绘的基准曲线的步骤	105
5.5.4 建立一般基准曲线的步骤	105
5.5.5 建立一般基准曲线的方法说明	105
5.5.6 举例	106
5.6 基准坐标系	110
5.6.1 坐标系的用途	110
5.6.2 坐标系的分类	110
5.6.3 建立坐标系的步骤	110
5.6.4 说明	111
5.6.5 建立坐标系的约束条件	111
5.6.6 举例	111

第 6 章 曲面特征的建立及其应用	114
6.1 曲面特征的基本概念	114
6.1.1 曲面的颜色	114
6.1.2 曲面的显示模式	115
6.2 基本曲面特征的建立	115
6.2.1 建立拉伸曲面	115
6.2.2 建立旋转曲面	117
6.2.3 建立扫描曲面	119
6.2.4 建立混合曲面	120
6.2.5 建立平面式曲面——填充特征	121
6.3 曲面特征的编辑修改操作	123
6.3.1 复制曲面	123
6.3.2 建立偏移曲面	125
6.3.3 曲面的合并	129
6.3.4 曲面的修剪	132
6.3.5 曲面的延伸	136
6.3.6 曲面的移动	139
6.3.7 镜像操作	140
6.3.8 曲面的拔模	141
6.4 将曲面实体化	142
6.4.1 将整个曲面模型转换成实体模型	142
6.4.2 将整个曲面模型转换成薄板实体	143
6.4.3 利用曲面来切割实体	144
6.4.4 利用曲面来替代实体的表面	145
第 7 章 特征的操作	146
7.1 特征的阵列、复制与镜像	146
7.1.1 特征的阵列	146
7.1.2 特征的复制	153
7.1.3 特征的镜像	156
7.2 特征的父子关系	157
7.2.1 父子关系的定义	157
7.2.2 特征信息的查看	157
7.2.3 父子关系产生的原因	158
7.3 特征的修改	160
7.3.1 修改特征	160
7.3.2 重定参照	161
7.3.3 特征的重定义	164
7.4 特征的插入	166

7.4.1 操作步骤	166
7.4.2 特征的插入操作实例	167
7.5 特征的重新排序	167
7.5.1 操作步骤	167
7.5.2 重新排序操作实例	168
7.6 特征的隐含、删除和恢复	169
7.6.1 操作步骤	169
7.6.2 特征的隐含与恢复操作实例	171
第8章 零件装配的基本操作	173
8.1 零件装配的步骤及装配约束类型	173
8.1.1 装配的基本概念	173
8.1.2 零件装配的步骤	173
8.1.3 装配约束的类型	179
8.2 零件装配的修改及相关操作	186
8.2.1 重定义零件的装配约束关系	186
8.2.2 元件的隐含、恢复、删除及修改	186
8.2.3 装配零件的重新排序	189
8.2.4 装配元件的复制与阵列	189
8.2.5 装配零件间的布尔运算	192
8.2.6 装配的干涉检查	194
8.3 零件装配范例	195
第9章 工程图的创建	205
9.1 工程图模块简介	205
9.1.1 工程图基本知识	205
9.1.2 工程图设计的一般流程	206
9.1.3 工程图界面介绍	206
9.2 工程图视图	211
9.2.1 视图基本类型	212
9.2.2 视图创建详解	212
9.2.3 视图编辑	227
9.3 工程图的尺寸与注释	232
9.3.1 标注尺寸	233
9.3.2 尺寸公差和几何公差	237
9.3.3 添加注释	239
9.4 工程图的表格与二维草绘	240
9.4.1 工程图中表格的绘制与编辑	240
9.4.2 工程图中的二维草绘	241

9.5 工程图绘图环境的设置	243
9.5.1 绘图环境设置的方法	243
9.5.2 绘图环境设置的主要选项	244
第 10 章 机构运动与仿真	245
10.1 机构运动仿真——Mechanism	245
10.1.1 Pro/ENGINEER 机构运动仿真概述	245
10.1.2 Pro/ENGINEER 机构运动仿真中的一些概念	247
10.2 动画制作——Animation	264
10.2.1 概述	264
10.2.2 动画制作常用命令	266
10.3 机构运动仿真实例	269
10.3.1 机构运动仿真实例一:牛头刨床机构	269
10.3.2 机械动态仿真实例二:偏置直动滚子从动件盘形凸轮机构	276
附录	282

第1章 Pro/ENGINEER 概述及基本知识

1.1 Pro/ENGINEER 概述

Pro/ENGINEER 号称“震撼业界的机械设计软件和世纪最强大的模拟设计软件”，是1988年由美国 PTC (Parametric Technology Corporation, 参数技术公司) 推出的、集成了 CAD/CAM/CAE 于一体的、全方位的 3D 产品开发软件，在世界 CAD/CAM 领域具有领先技术并取得了相当的成功。自从 1988 年面世以来，就以其先进的参数化设计、基于特征设计的实体造型而成为业界的领头羊。如今，Pro/ENGINEER 已被越来越多的用户所接受和推崇，广泛应用于电子、机械、模具、工业设计、汽车制造、航空航天、家电等各个行业，是目前世界上最为流行的三维 CAD/CAM/CAE 软件。

Pro/ENGINEER 提供了一套完整的机械产品解决方案，包括零件设计、产品装配、模具开发、加工制造、钣金设计、逆向工程、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。它为业界专业人士提供了一个理想的设计环境，使得机械产品的设计周期大为缩短，有力地推动了企业的技术进步。

1.1.1 特点

Pro/ENGINEER 三维造型的特点主要体现在以下几个方面：

1. 三维实体造型

三维实体模型可以将设计者的设计思想以最真实的模型在计算机上体现出来，并且可以随时计算出产品的体积、表面积、重量、重心、惯性张量、惯性矩等等，以了解产品的真实性。

2. 采用全相关的单一数据库

Pro/ENGINEER 虽然包含众多的模块，但是所有模块使用的尺寸参数都是建立在单一的数据库之上，使得零件设计、模具设计、装配及加工制造等任何一个环节对于数据的修改都可以自动地反映到其他相关的各个环节。例如，不管在三维的造型模块还是二维的工程图模块作了尺寸修改，其相关的二维工程图或三维实体模型都会自动地进行修改；同时，装配、制造等模块中的相关尺寸也会自动地加以更新。这样就可确保所有 CAD 资料的一致性和准确性。由于采用单一的数据库，提供了所谓的“双向关联”的功能，符合现代设计中同步工程和并行设计的思想。

3. 全参数化设计

参数化设计是指用尺寸参数来描述和驱动零件的结构和外形，是 PTC 公司在世界上首次提出并将之应用于 Pro/ENGINEER 软件中。全参数化的设计使得零件的设计、修改方便易行。例如，要在零件上打一个孔时，只要指定孔的中心线的位置、孔的大小和深度就可以了。不仅如此，在 Pro/ENGINEER 中还可以利用强大的数学运算方式建立各尺寸间的关系式，减少了尺寸逐一修改的繁琐、费时和不必要的错误。

4. 基于特征的实体建模

系统采用基于特征的具有智能特性的功能去生成模型,零件由许多特征经过叠加、相交、切除等操作构成,使得设计工作简单易行。在造型过程中,可以方便地对特征进行编辑修改等操作。例如,特征的复制、镜像、阵列、重新定义、重新排序、重定参考等。

另外,从 Pro/ENGINEER 2000i 开始引入“行为建模技术”,该技术被业界称为第五代 CAD 技术。它把导出值包含到参数特征中,再反过来使用它们生成和控制其他模型的几何图形。使用行为建模技术,首先要定义一个工程分析模型,其中包括名称、类型和定义。然后,要建立分析模型中的新特征,为分析模型设置约束条件,包括目标值、一个参数的最小和最大值。这时,系统会出现解决方案的图表,协助用户为设计选择最优方案。采用行为建模技术的自动求解,能在最短的时间内找到满足工程标准的最佳设计。

2003 年 4 月 11 日,PTC 公司在北京举行新闻发布会,宣布推出 Wildfire 版本(野火版)。这是业界领先的产品设计和开发软件的一个突破性版本。本书就介绍 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 的造型设计、装配和工程图纸的建立过程。

1.1.2 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 安装的硬件要求

- CPU:建议使用 Pentium 4 以上产品;
- 内存:因为 Pro/ENGINEER 野火版的图形处理需要耗费大量内存,因此内存至少 256MB;
- 硬盘:安装需要大约 1.5G 以上的硬盘空间,建议保留 2G 以上的硬盘空间;
- 显卡:要求独立的显卡,能够支持 Open GL 的开发;
- 网卡:不限,如果没有物理网卡,可以使用虚拟网卡;
- 鼠标:三键鼠标;
- 显示器:至少 15 英寸以上,分辨率设为 1024×768 。

1.1.3 Pro/ENGINEER 的建模原理

1. 基本概念

(1) 特征的概念:指可以用参数驱动的实体模型。

(2) 特征分类:

基础特征(草绘特征):基础特征是指由二维截面草图经过拉伸、旋转、扫描和混合等方式形成的一类实体特征。因为截面是以草图的方式绘制,故又称为草绘特征。首先要选择一个草绘平面和一个定向参考平面,二者互相垂直。草绘平面用于绘制特征的二维截面,参考平面用于确定草绘平面的放置方向。

工程特征(放置特征):系统内部定义的一些参数化特征。在建立这类特征时,用户只要给出特征的放置平面、定位尺寸和定形尺寸即可。

(3) 参数化:

指以尺寸参数来描述和驱动零件或装配体等模型实体,而不是直接指定模型尺寸的固定数值。这样,任何一个模型参数的改变都将导致其相关特征的自动更新,而且还可以运用数学运算方式建立各尺寸间的关系式,从而减少了尺寸逐一修改的繁琐、费时和不必要的错误。

2. 设计准则及方法

(1) 分析零件,确定基本特征及特征顺序。例如,需要建立哪些特征,按照什么样的顺序建立,等等。

(1) 分析零件特征, 确定特征的创建顺序;

(3) 创建基体特征,它是其他特征的父特征;

(6) 保存图形。

1.2.1 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 工作界面

图 1-1 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 工作界面

1. 主窗口标题栏

列有当前的软件版本、工作模块和正在操作的文件名称。如果有多个窗口同时打开，则标有“活动的”标志者为当前的活动窗口。

2. 主菜单栏

用于控制整个 Pro/ENGINEER 的整体工作环境。包括以下各项内容：

(1) 文件：包括处理文件的各项命令，如图 1-2 所示。

(2) 编辑：包括对模型进行操作的命令，主要用于对所建立的特征进行编辑管理，如图 1-3 所示。

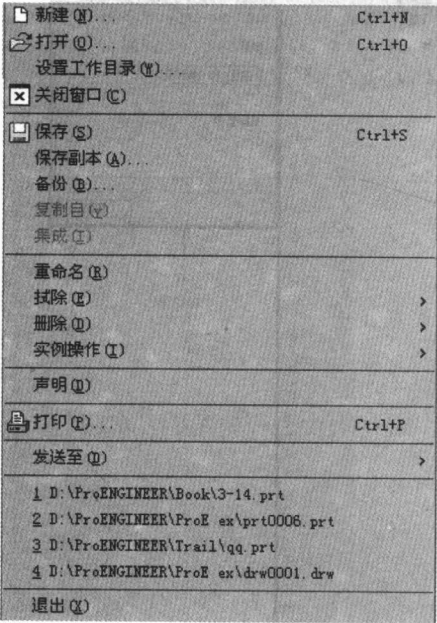


图 1-2 【文件】菜单

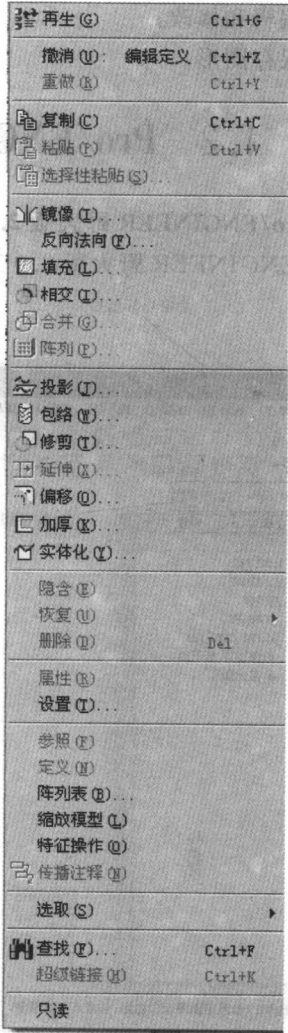


图 1-3 【编辑】菜单

在这里需要特别指出的是，在 Pro/ENGINEER 野火版 2.0 中一个比较大的变化是：大量的操作都增加了【取消】(Undo)和【重做】(Redo)功能，并且可以使用快捷键、图标或者命令来执行这些操作。同其他的图形软件一样，利用【取消】和【重做】命令，可以恢复到上一