PTC 工程师系列丛书

Pro/ENGINEER 2001

数控加工教程

孙江宏
陈秀梅 编著

清 华 大 学 出 版 社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

Pro/ENGINEER 是美国参数技术公司 1988 首家推出的使用参数化特征造型技术的大型 CAD/CAM/CAE 集成软件，具有造型设计、零件设计、装配设计、二维工程图制作、结构分析、运动仿真、模具设计、钣金设计、管路设计、数控加工、数据库管理等功能。近年来，在我国大型工厂、科研单位和部分大学得到了较为普遍的应用，深受广大从事三维产品设计和研究人员的喜爱。

本书是《PTC 工程师系列丛书》中的《Pro/ENGINEER 2001 数控加工教程》，内容包括：Pro/ENGINEER 与 CAM 之间的关系，数控加工流程，制造设置，铣削加工方法，装配制造模式加工，零件制造模式加工，钣金件制造，模具与铸造件加工以及制造模型的后处理。本书的附书光盘中还包括配置文件、训练文件和标准件库。

本书内容全面实用、条理清晰、通俗易懂，全书贯穿了特征命令的综合应用，紧密结合实例进行透彻讲解，给出的实例都是在工程设计中具有代表性和实用性的例子，让读者能够综合运用本书所讲述的各项功能，确保读者在学习后能够迅速掌握 Pro/ENGINEER 数控加工技术。

本书适合初、中级用户和从事数控加工的专业人员学习使用，可作为工科院校相关专业学生的培训教程，也可供从事 CAD/CAM 的工程技术人员参考。

版权所有，翻印必究。
本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

书　　名：Pro/ENGINEER 2001 数控加工教程
作　　者：孙江宏　陈秀梅　编著
责任编辑：杨作梅
出 版 者：清华大学出版社(北京清华大学学研大厦，邮编 100084)
　　http://www.tup.com.cn
　　http://www.tup.tsinghua.edu.cn
印 刷 者：
发 行 者：新华书店总店北京发行所
开　　本：787×1092　1/16　印张：22.5　字数：534 千字
版　　次：2003 年 1 月第 1 版　2003 年 1 月第 1 次印刷
书　　号：ISBN 7-89494-004-6
印　　数：0001~5000
定　　价：37.00 元(含 1 张光盘)

前　言

1. Pro/ENGINEER 2001中文版简介

Pro/ENGINEER 是美国参数技术公司(PTC)1988 首家推出的使用参数化特征造型技术的大型 CAD/CAM/CAE 集成软件，具有造型设计、零件设计、装配设计、二维工程图制作、结构分析、运动仿真、模具设计、钣金设计、管路设计、数控加工、数据库管理等功能。近年来在我国大型工厂、科研单位和部分大学得到了较为普遍的应用，深受广大从事三维产品设计和研究人员的喜爱。

Pro /ENGINEER 是一个全方位的三维产品开发软件，集成了零件设计、产品装配、模具开发、数控加工、钣金设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、机构仿真、应力分析、电路布线、装配管路设计等功能模块和专有模块于一体，可以实现面向制造的设计(Design For Manufacturing，DFM)、面向装配的设计(Design For Assembly，DFA)、逆向设计(Inverse Design，ID)、并行工程(Concurrent Engineer，CE)等先进的设计方法的模式。

Pro /ENGINEER 参数化设计的特性：

- 三维实体模型：三维实体模型除了可以将用户的设计概念以最真实的模型在计算机上表现以外，还可以随时计算出产品的体积、面积、质心、质量和惯性矩等，以便了解产品的真实情况，可以减少以上参数的人为计算时间。
- 单一数据库：Pro/ENGINEER 是建立在单一数据库上的，即工程的资料全部来自一个库，使多个独立用户可以同时处理同一个产品的造型。并可随时由三维实体模型产生二维工程图，而且自动标注工程图的尺寸，在三维实体模型或二维图形上作尺寸修正时，其相关的二维图形或三维实体模型均自动修改，同时装配、制造等相关设计也会自动修改，这样可确保数据的正确性，并避免反复修改的耗时性。
- 以特征作为设计的单位：Pro/ENGINEER 以最自然的思考方式从事设计工作，如凸起(Protrusion)、切削(Cut)、钻孔(Hole)、开槽(Slot)、圆角(Round)、斜角(Chamfer)、圆轴(Shaft)、轴颈(Neck)、凸缘(Flange)、薄壳(Shell)、加强肋(Rib)及管件(Pipe)等均视为基本特征。也正因为以特征作为设计的单元，因此可随时对特征做出合理、不违反几何关系的修改操作，如重新定义(Redefine)、重新排序(Reorder)、重新参考(Reroute)、插入模式(Insert Mode)、替换模式(Change Mode)和删除(Delete)等。
- 参数式设计：配合单一数据库，所有的设计过程中使用的尺寸(参数)都存储在数据库中，设计者只要更改三维零件(Part)的尺寸，则二维工程图(Drawing)、三维装配图(Assembly)、模具(Mold)等立即依照尺寸的更改做几何形状的变化，这样可以保证设计修改工作的一致性。正因为用参数式的设计，用户可以运用强大的数学运算方式，创建各尺寸参数间的关系式，自动计算出模型应有的外形，减少了逐

一修改尺寸的时间并避免错误的发生。

Pro/ENGINEER 2001 具有 400 余项新特征和附加功能，使用起来更加直观。增加自由形式曲面处理等新技术，并强化建模和模型检测等原有的模块。PTC 公司同时提供了新的装配功能、数据管理功能、仿真功能和扩展了 Pro/ENGINEER 的使用范围。

- 直接建模：让用户在最小限度的界面交互和较少的鼠标使用情况下，交互地建立和修改特征。
- 灵活的草绘和骨架：柔性特征可以很容易地对复杂的几何体进行有效更改。
- 过程变形：能够对变形进行详尽的更改， 而不需要修改原设计。
- 自由形式曲面处理：使用方便的工具条和鼠标，自由设计美学曲面和曲线。
- 行为建模：行为建模(BMX)已经成为一个设计过程自动化的流行工具。
- 小组数据管理：具有安全多点协作功能，便于本地数据管理。
- 系统互连设计：用于制作电路图，以及过程和测量示意图。
- 全相关二维制图：新的智能化约束捕捉功能加快了制图实体的创建。
- 制造：高速加工的改进功能。
- 仿真：Pro/MECHANICA 是一个分析工具，可单独使用。
- 模型检查：ModelCHECK 使 CAD 检查过程自动化。
- 造船：具有船体整体布局和细分的船体概念设计功能，具有建立详尽的船舶结构化框架的钢结构生成功能。

Pro/ENGINEER 能够在 UNIX、Windows NT、 Windows 98、Windows 2000 和 Windows XP 上运行。

2． 本书导读

本书是《PTC 工程师系列丛书》中的《Pro/ENGINEER 2001 数控加工教程》，其具体内容如下：

第 1 章为基础知识。包括 Pro/ENGINEER 简介、Pro/ENGINEER 的功能模块和 Pro/ENGINEER 同 CAM 的联系，Pro/ENGINEER 的制造流程。

第 2 章为制造设置。包括操作设置、机床设置、刀具设置、夹具设置和 CL 数据等。

第 3 章为制造模型。包括制造模型基本概念、制造模型菜单、夹具设置和制造几何形状。

第 4 章为铣削加工方法。包括 Pro/NC 加工制造简介、铣削加工方法、加工区域设置和加工参数设置。

第 5 章为装配制造模式加工。包括装配体的铣削加工方法、设置操作参数、设置加工方法、创建刀具路径和刀具路径模拟。

第 6 章为零件制造模式加工。包括 NC 零件和 NC 组件、进行操作设置、加工方法设置和刀具路径模拟。

第 7 章为钣金件制造。讲解了钣金的设计和加工。

第 8 章为模具与铸造件加工。包括零件的建立、模具模式和模具模型、使用分型面分割工件、产生模型内腔、开模、操作实例和模具加工制造等。

第 9 章为制造模型的后处理。包括基本概念、设置 CL 数据后处理器和后处理选项等

3. 本书特点

本书具有如下特点：

- 内容全，适合作为培训教程。本书完全结合 PTC 基础训练培训要求，介绍了 Pro/ENGINEER 2001 的制造功能模块。
- 语言通俗易懂，由浅入深。切实从培训与读者学习、使用的实际出发，安排章节顺序及内容。
- 实例多，图文并茂。书中采用了部分 PTC 公司的原厂训练练习并列举了大量的工业实例，培养读者实际的设计能力，力求易于理解并方便学习和实践过程中的使用。
- 兼顾新老用户。本书是根据 Pro/ENGINEER 2001 编写的，但也涵盖了 Pro/ENGINEER 2000i、Pro/ENGINEER 2000i^2 的用法，光盘中所附全部训练文件在 Pro/ENGINEER 2000i、Pro/ENGINEER 2000i^2 中也可以使用。

本书适用于初、中级用户和从事于数控加工的专业人员学习，可作为工科院校相关专业学生的培训教程，也可供从事 CAD/CAM 的工程技术人员参考。

4. 本书约定

- 书中所有的中文屏幕项皆用【】括起来，以示区分。例如，【文件】|【保存】表示打开【文件】菜单，再选择【保存】命令。
- 用+连接的两个或 3 个键表示组合键，在操作时应同时按下这两个或 3 个键。例如，Alt + Tab 表示在按下 Alt 键的同时，按下 Tab 键；Ctrl + Alt + F10 表示在按下 Ctrl 和 Alt 的同时，按下功能键 F10。
- 在没有特别指明时，“单击”、“双击”和“拖动”表示用鼠标左键单击、双击和拖动，“右击”则表示用鼠标右键单击。

本书的作者孙江宏长期从事 CAD/CAE/CAM 方面的教学和研究工作，并对其有着透彻的理解和掌握。曾经出版过相关领域的《Pro/ENGINEER 2000i 基础设计功能教程》、《Pro/ENGINEER 2000i 高级功能应用及二次开发》、《AutoCAD 2000 中文版应用与开发技巧》、《UG/CAD 工程设计基础教程》、《MicroStation J 三维工程设计应用教程》(独立编译)等书籍。

本书由北京机械工业学院机械工程系孙江宏主编，由陈秀梅编写了大部分章节，参加本书编写工作的还有段大高、王迎春、石丽梅、解文龙、王丽华、曹东兴、黄小龙等。

十分感谢本系列丛书的主编黄忠耀高级工程师，他在百忙之中主审了本书并提出了许多宝贵的意见和建议。

本书在编写过程中，得到了美国参数技术公司经销处中国区总监赵恒先生和东方人华王景先老师的大力支持和帮助，在此一并表示忠心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免出现错误或疏漏，希望广大读者给予批评指正。

作者 2002 年 8 月于北京
E-mail：Sunjianghong@263.net

需要全本请访问 www.ertongbook.com

丛 书 序

Pro/ENGINEER 是美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation)于 1988 年首家推出以参数化为基础的 CAD/CAE/CAM 系统，是一个三维全方位的产品开发系统。具有造型设计、零件设计、装配设计、二维工程图制作、结构分析、运动仿真、模具设计、钣金设计、管路设计、数控加工和数据库管理等功能。该软件于 1993 年正式进入中国，由于其功能强大、界面友好、能够充分体现设计人员的思想等优点，被广泛地应用在机械、电子、航空航天、汽车、模具、家用电器和玩具等各个领域。

作者从 1994 年起开始使用 Pro/ENGINEER，利用该软件成功地进行了多项产品的开发和设计，并建立了符合中国国家标准的标准件库，具有一定的实际设计经验。为使广大机械设计人员尽快掌握这套软件的使用方法，提高设计水平，特编写了这套系列教程，将于 2002 年内陆续出版完成，各类设计人员可根据具体情况选读，具体书目如下：

(1) Pro/ENGINEER 2001基础训练教程(附书光盘包括：配置文件、练习文件和标准件库，以下各书附书光盘均包括配置文件、练习文件和标准件库)
(2) Pro/ENGINEER 2001零件设计教程
(3) Pro/ENGINEER 2001装配设计教程
(4) Pro/ENGINEER 2001二维工程图设计教程
(5) Pro/ENGINEER 2001钣金设计教程
(6) Pro/ENGINEER 2001数控加工教程
(7) Pro/ ENGINEER 2001仿真与结构分析教程
(8) Pro/ ENGINEER 2001综合设计实例教程

本套系列丛书是基于 Pro/ENGINEER 2001 版编写的，也涵盖了 Pro/ENGINEER 2000 i 和 Pro/ENGINEER 2000i^2 的用法，操作方法及书中所附的练习文件，也适用于上述两个版本。

本丛书的编写过程中，得到了美国参数技术公司赵恒先生的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中难免出现错误或疏漏，希望广大读者给予批评指正。

主　编　黄忠耀
副主编　王景先　孙江宏
编　委　黄忠耀　王景先　孙江宏
罗　珅　李冬梅　陈秀梅

随书光盘使用说明

本书所附光盘含系统配置文件、工程图配置文件、范例文件及标准件库。

- **系统配置文件 config.pro**：要求将系统配置文件 config.pro 复制到 Pro/ENGINEER 的启动目录下，如 D:\start。具体操作和设置可参见本系列丛书《Pro/Engineer 2001 基础训练教程》的 1.4 节的有关内容。
- **工程图配置文件 gb.dtl**：要求将工程图配置文件复制在硬盘的\…\GB_lib\drawing\ 目录下，同时需要将系统配置文件(config.pro)中的 drawing_setup_file 语句的值赋值为：\…\GB_lib\drawing\gb.dtl。具体操作和设置请参见本系列丛书《Pro/Engineer 2001 基础训练教程》的第 15 章系统配置的有关内容。
- **范例文件 Exercise**：本书各章的所有范例及练习文件都放在 Exercise 目录下，要求用户将其复制到硬盘的\…\Exercise \目录下。本书是以 Pro/ENGINEER 2001 来编写的，但也涵盖了 Pro/ENGINEER 2000i、Pro/ENGINEER 2000i^2 的用法，光盘中所附全部训练文件在 Pro/ENGINEER 2000i、Pro/ENGINEER 2000i^2 中也可打开使用。
- **模板文件 Template**：要求用户将模板文件夹 Template 复制到计算机硬盘上，如 D:\Template 目录下。为了保证正常使用，在启动 Pro/ENGINEER 系统后，选择【功能】|【选项】命令，打开【选项】对话框，单击【查找】按钮，打开【查找选项】对话框，在【输入关键字】文本框中输入 Template，单击【立即查找】按钮。
  - 指定用作默认零件模板的类型
    从选择选项列表框中选择 template_soildpart(指定用作默认零件模板的类型)，在【设置值】文本框中输入“ D:\ Template\Part.prt.1 ”，单击【增加/改变】按钮，然后单击【关闭】按钮关闭【查找选项】对话框，在【选项】对话框中，单击【确定】按钮保存文件改变并关闭对话框。此后在新建装配模型文件时，如果在【新增】对话框中选中【使用缺省模板】复选框，则系统就会以 Part.prt.1 作为默认设计模板。
  - 指定用作默认装配模板的类型
    从选择选项列表框中选择 template_designasm(指定用作默认的装配模板的类型)，在【设置值】文本框中输入“ D:\ Template\ Assembly.asm.1 ”，单击【增加/改变】按钮，然后单击【关闭】按钮关闭【查找选项】对话框，在【选项】对话框中，单击【确定】按钮保存文件改变并关闭对话框。此后再新建零件则系统就会以 Assembly.asm.1 作为缺省设计模板。
  - 指定用作默认二维工程图模板的类型
    从选择选项列表框中选择 template_drawing(指定用作默认的二维工程图模板的类型)，在【设置值】文本框中输入“ D:\ Template\A3_prt.drw.1 ”，单击【增

加/改变】按钮，然后单击【关闭】按钮关闭【查找选项】对话框，在【选项】对话框中，单击【确定】按钮保存文件改变并关闭对话框。此后，如果用户在创建零件或装配模型时，使用的是本光盘附带的模板文件 Template(Part.prt.1 或 Assembly.asm.1)创建的，在创建相应的二维工程图时，如果在【新增】对话框中选中【使用缺省模板】复选框，单击【确定】按钮后，用户就可在系统弹出的【新制图】对话框中的【模板】列表框中，选择图纸的大小和格式，并可形成标准的三视图和所有尺寸。

- **标准件库 GB_lib：**GB_lib 是作者基于 Pro/ENGINEER 系统而开发的符合国家标准的标准件库，包括：工程图标准、法兰标准、齿轮标准、联结与紧固标准、滚动轴承标准、弹簧标准等六大类近 1000 个国家标准。用户在使用时，将文件复制到计算机上，并在 Pro/ENGINEER 系统配置文件(config.pro)中设置全部零部件的路径搜索目录，在产品设计时即可正常使用。

标准件库的内容介绍如下。

1．工程图(Drawing)

工程图标准主要包括图样格式和符号两类，应在 Pro/ENGINEER 系统的绘图模式下使用。图样格式包括 0 号图纸、1 号图纸、2 号图纸、3 号图纸和 4 号图纸；符号包括表面粗糙度符号、形位公差符号、焊接符号和装配件序列号等。

- 使用格式图纸(Sheets)

  如果要正常使用格式图纸，必须使 Pro/ENGINEER 系统能够随时找到它。有下面两种方式能够满足要求，根据作者的经验建议用户使用第二种方式，它的优点在于不破坏系统的完整性，即使系统瘫痪图纸文件也不会丢失。

  第一种方式是把光盘中 GB_lib\Drawing\Sheets\目录下的所有格式文件(.frm)复制到 Pro/ENGINEER 系统中的格式文件目录下，如“C:\Pro2001\Formats”，此项操作实际上是将用户格式添加到系统格式中。在成功启动 Pro/ENGINEER 系统后，创建绘图文件时，如果在【新绘图】对话框中选择【格式为空】单选框，系统会自动检索系统格式目录下的所有格式文件，用户可根据要求选用合适的图纸。

  第二种方式是把光盘中 GB_lib\Drawing\Sheets\目录下的所有格式文件复制到用户指定的目录下，如 D:\GB_lib\Drawing\Sheets\，此时需要将 Pro/ENGINEER 系统配置文件(config.pro)中的语句行 pro_format_dir 赋值为 D:\GB_lib\Drawing\Sheets\。在启动 Pro/ENGINEER 后，创建绘图文件时，如果在【新绘图】对话框中选择【格式为空】单选按钮，系统会自动检索用户设置格式目录下的所有格式文件，可根据要求选用合适的图纸。

- 使用符号(Symbols)

  如果要正常使用各种符号，必须使 Pro/ENGINEER 能够随时找到它。设置方式是把光盘中 GB_lib\Drawing\Symbols\目录下的所有符号文件(.sym)复制到用户指定的目录下，如 D:\GB_lib\Drawing\Symbols\，此时需要将 Pro/ENGINEER 系统配置文件(config.pro)中的语句行 pro_symbol_dir 赋值为 D:\GB_lib\Drawing\Symbols\。在启动 Pro/ENGINEER 后，创建绘图文件时，如果需要插入符号，在【插入】菜

单中选择【符号实例】命令，打开【符号实例】对话框，单击【检索】按钮后，系统会自动显示用户指定目录下的所有符号文件，可根据要求选用合适的符号。

注意： 由于各种符号有所差异，为便于文件管理，作者在创建符号库时，将它们置于符号总目录下的不同目录内，用户在复制符号文件时，可以将它们置于同一目录下，也可将它们置于符号总目录下的不同目录内，此时将语句行“ pro_symbol_dir ”赋值为总的符号目录，使用各类符号时可在下一级目录中检索。

2．法兰(Flanges)

法兰的结构形式和压力等级均有相应的国家标准相对应，所以作者对所有的法兰文件均是按照标准号命名，用户在使用时只要标准号就能找到需要的文件，只不过要注意所使用的法兰文件是零件文件(.prt)还是装配文件(.asm)。用户在使用法兰文件时，一般多用于装配模型的设计，将其作为装配元件装配至产品中，如果正常使用，必须使 Pro/ENGINEER 能够随时找到它，避免再次调用装配文件时系统找不到元件，需要在 Pro/ENGINEER 系统配置文件(config.pro)中设置搜寻法兰文件的完全路径。如果国家标准件库安装在 D 盘的根目录下，设置内容为：

```
search_path    D:\GB_lib\Flanges\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9113\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9114\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9115\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9116\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9117\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9118\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9119\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9120\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9121\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9122\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9123\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9126\
search_path    D:\GB_lib\Flanges\GB9128\
```

3．齿轮(Gear)

由于齿轮参数的多变性，作者在设计齿轮标准件时，只设计了基本模型，用户在使用时还需进行进一步的工作，才能满足使用要求，需要用户进行的主要工作就是添加齿轮轴孔、固定方式等。在使用齿轮标准件时，用户首先要在 Pro/ENGINEER 系统中打开所需齿轮的模型文件，然后将此文件另存为用户熟悉的名称(如：齿轮图号)，然后关闭此窗口，再重新打开用户刚刚保存文件，此模型显示在工作界面中。在【零件】菜单中选择【再生】命令，系统会显示【得到输入】菜单，在菜单中选择【输入】命令，系统会显示【输入选择】菜单，在菜单中选择【选取全部】命令，按照系统的提示，依次输入用户所需要齿轮的相关技术参数，如：模数、齿数、压力角、齿顶高系数、齿底隙系数、变位系数、齿轮宽度等，输入完成后系统会自动完成齿轮的再生。为了避免每次再生模型系统询问齿轮的

参数，此时可在【零件】菜单中选择【程序】命令，系统会显示【程序】菜单，在菜单中选择【编辑设计】命令，系统会打开记事本编辑器，将 INPUT 和 END INPUT、RELATIONS 和 END RELATIONS 之间的语句全部删除，保存文件后，系统询问“将所做的修改体现在模型中？”回答“是”，以后再生齿轮模型时，系统就不会再麻烦用户了，依据使用要求进行齿轮模型的进一步设计。

4．联结与紧固(Joint_fasten)

联结与紧固件是最常用的国家标准件，包括：螺栓(Bolts)、螺钉(Screws)、螺母(Nuts)、垫圈(Washers)、销(Pins)和铆钉(Rivets)等，结构形式有相应的国家标准相对应，作者在进行联结与紧固件的设计时，首先按照国家标准对其进行分类，再以标准号命名，用户在使用时只要知道要使用紧固件的类别和标准号就能找到需要的文件，再依据系统提供的列表选择需要的规格型号，需要注意所使用的是零件文件(.prt)还是装配文件(.asm)。用户在使用紧固件文件时，一般多用于装配模型的设计，将其作为装配元件装配至产品中，如果正常使用，必须使 Pro/ENGINEER 系统能够随时找到它，避免再次调用装配文件系统时找不到元件，需要在 Pro/ENGINEER 系统配置文件(config.pro)中设置搜寻紧固件文件的全路径。如果国家标准件库安装在 D 盘的根目录下，设置内容为：

```
search_path    D:\GB_lib\Joint_fasten\
search_path    D:\GB_lib\Joint_fasten\Assembly\
search_path    D:\GB_lib\Joint_fasten\Bolts\
search_path    D:\GB_lib\Joint_fasten\Nuts\
search_path    D:\GB_lib\Joint_fasten\Pins\
search_path    D:\GB_lib\Joint_fasten\Rivets\
search_path    D:\GB_lib\Joint_fasten\Screws\
search_path    D:\GB_lib\Joint_fasten\Washers\
```

5．滚动轴承(Rolling_bearings)

滚动轴承也是最常用的国家标准件，包括：深沟球轴承、圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承和滚针轴承等，其结构形式有相应的国家标准相对应，作者在进行滚动轴承的设计时，首先保证创建工程图时其投影的正确性，按照国家标准号对其进行分类，再以基本的轴承号命名，用户在使用时必须知道要使用轴承的标准号和基本型号，轴承基本上全是装配文件(.asm)，打开文件后再在系统列表中选择具体的轴承型号。用户在使用轴承文件时，一般多用于装配模型的设计，将其作为装配元件装配至产品中，如果正常使用，必须使 Pro/ENGINEER 能够随时找到它，避免再次调用装配文件系统时找不到元件，需要在 Pro/ENGINEER 系统配置文件(config.pro)中设置搜寻紧固件文件的全路径。如果国家标准件库安装在 D 盘的根目录下，设置内容为：

```
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB276\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB277\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB278\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB279\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB280\
```

```
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB281\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB282\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB283\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB284\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB285\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB286\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB287\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB288\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB290\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB292\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB293\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB294\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB295\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB296\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB297\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB299\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB300\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB301\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB3882\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB4221\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB4663\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB5801\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB5859\
search_path    D:\GB_lib\Rolling_bearings\GB7218\
search_path    D:\GB_lib\rolling_bearings\GB7219\
```

6. 弹簧(Springs)

弹簧参数也具有多变性的特点，作者在设计弹簧标准件时，需要用户输入弹簧的相关技术参数，才能满足使用要求。在使用弹簧标准件时，用户首先要在 Pro/ENGINEER 系统中打开所需弹簧的模型文件，然后将此文件另存为用户熟悉的名称(如：弹簧图号)，然后关闭此窗口，再重新打开用户刚刚保存的文件，此模型显示在工作界面中，在【零件】菜单中选择【再生】命令，系统会显示【得到输入】菜单，在菜单中选择【输入】命令，系统会显示【输入选择】菜单，在菜单中选择【选取全部】命令，按照系统的提示，依次输入用户所需要弹簧的相关技术参数，如：钢丝直径、弹簧外径、弹簧长度、有效圈数等，输入完成后系统会自动完成弹簧的再生。为了避免每次再生模型系统询问弹簧的参数，此时可在【零件】菜单中选择【程序】命令，系统会显示【程序】菜单，在菜单中选择【编辑设计】命令，系统会打开记事本编辑器，将 INPUT 和 END INPUT、RELATIONS 和 END RELATIONS 之间的语句全部删除，保存文件后，系统询问“将所做的修改体现在模型中？”，回答“是”即可。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

前言 vii

随书光盘使用说明 xi

第 1 章　基本知识 1

1.1　Pro/ENGINEER 简介 1
1.1.1　Pro/ENGINEER 功能模块 1
1.1.2　数控编程技术的发展概述 2
1.1.3　Pro/ENGINEER 同 CAM 的联系 3
1.2　主窗口 4
1.2.1　Pro/ENGINEER 的操作窗口 4
1.2.2　加工制造模式 6
1.3　工作菜单 8
1.4　制造过程操作流程 8
1.5　操作实例 9

第 2 章　制造设置 21

2.1　操作设定 21
2.2　机床选择 25
2.2.1　机床设定 25
2.2.2　机床坐标系 27
2.3　刀具选择 28
2.3.1　刀具设定 28
2.3.2　退刀高度设置 32
2.4　制造参数 34
2.5　CL 数据设置 39
2.5.1　CL 数据环境 39
2.5.2　CL 数据 42
2.6　实例训练 44

第 3 章　制造模型 48

3.1　基本概念 48
3.2　制造模型创建 50
3.2.1　以装配方式创建制造模型 50
3.2.2　以创建方式创建制造模型 52
3.2.3　操作训练 53
3.3　夹具设置 57
3.4　加工几何模型的设置 59
3.4.1　铣削体积块 60
3.4.2　铣削曲面 62
3.4.3　铣削窗口 63
3.4.4　车削加工轮廓 64
3.4.5　钻孔组 64
3.4.6　基准特征 68
3.4.7　操作实例 68

第 4 章　铣削加工方法 75

4.1　Pro/ENGINEER 数控加工制造简介 75
4.2　体积加工 77
4.2.1　加工区域的常用设置方法 77
4.2.2　常用加工参数 77
4.2.3　操作实例 79
4.3　局部铣削 82
4.3.1　加工区域的常用设置方法 82
4.3.2　常用加工参数 82
4.3.3　操作实例 83
4.4　曲面铣削 86
4.4.1　加工区域的常用设置方法 86
4.4.2　常用加工参数 86
4.4.3　操作实例 87
4.5　表面加工(平面加工) 89
4.5.1　加工区域的常用设置方法 89
4.5.2　常用加工参数 89
4.5.3　操作实例 90
4.6　轮廓加工 92
4.6.1　加工区域的常用设置方法 92

4.6.2 常用加工参数 92
4.6.3 操作实例 93
4.7 腔槽加工(挖槽)..... 95
4.7.1 加工区域的常用设置方法..... 95
4.7.2 常用加工参数 95
4.7.3 操作实例 96
4.8 轨迹加工 98
4.8.1 加工区域的常用设置方法..... 98
4.8.2 常用加工参数 99
4.8.3 操作实例 99
4.9 孔加工 102
4.9.1 加工区域的常用设置方法.....102
4.9.2 常用加工参数 103
4.9.3 操作实例 104
4.10 螺纹加工 106
4.10.1 加工区域的常用设置方法....106
4.10.2 常用加工参数 107
4.10.3 操作实例 108
4.11 刻模加工(雕刻).....110
4.11.1 加工区域的常用设置方法....110
4.11.2 常用加工参数 110
4.11.3 操作实例 111
4.12 陷入加工(插削).....112
4.12.1 加工区域的常用设置方法 113
4.12.2 常用加工参数 113
4.12.3 操作实例 113

第 5 章 装配制造模式加工 116

5.1 加工实例 1 116
5.1.1 平面加工 117
5.1.2 轮廓加工 128
5.1.3 挖槽加工 133
5.1.4 插削加工 136
5.1.5 体积加工 139
5.1.6 局部铣削加工 149
5.1.7 孔加工 154
5.1.8 螺纹加工 162
5.1.9 雕刻 167
5.2 加工实例 2..... 170
5.2.1 轨迹加工 170
5.2.2 曲面铣削 180

第 6 章 零件制造模式加工 188

6.1 数控零件和数控装配件..... 188
6.2 加工实例 1..... 188
6.2.1 轮廓加工 189
6.2.2 平面加工 197
6.2.3 插削加工 199
6.2.4 孔加工 202
6.3 加工实例 2..... 207

第 7 章 钣金件制造..... 217

7.1 钣金件设计模块..... 217
7.1.1 钣金件概述 217
7.1.2 钣金件设计模块..... 218
7.1.3 钣金件设计方法..... 220
7.2 钣金制造模块..... 220
7.2.1 钣金件制造模块的启动..... 220
7.2.2 钣金件制造方法和流程..... 222
7.3 钣金件制造设置..... 223
7.3.1 设置工作环境及各项参数..... 223
7.3.2 钣金零件处理..... 225
7.3.3 工作机床和操作..... 227
7.3.4 钣金制造后置处理..... 230
7.4 综合实例..... 232

第 8 章 模具与铸造件加工 241

8.1 模具的基本知识..... 241
8.2 模具模式..... 242
8.3 建立零件..... 243
8.3.1 零件模式下创建设计模型..... 244
8.3.2 模具模式下创建设计模型..... 248
8.4 模具模型..... 255
8.4.1 模具模型的建立..... 255
8.4.2 建立浇道系统..... 259
8.5 创建收缩率..... 264
8.5.1 收缩设置选项..... 264
8.5.2 收缩操作方法的步骤..... 265

8.6 用分型面分割工件.....267
8.6.1 定义分型面.....267
8.6.2 分割工件.....270
8.7 产生模型内腔.....274
8.8 开模操作和仿真.....277
8.8.1 提取模具元件.....277
8.8.2 生成铸件.....278
8.8.3 开模操作.....279
8.9 操作训练.....283
8.10 模具加工制造.....298
8.10.1 轮廓加工.....298
8.10.2 插削加工.....308
8.10.3 平面加工.....310
第 9 章 制造模型的后处理.....314
9.1 后处理概述.....314
9.2 后处理器.....314
9.2.1 后置处理器模式.....315
9.2.2 打开后置处理器.....319
9.2.3 创建新的后置处理器.....330
9.3 后置处理.....334
9.3.1 后置处理方法.....334
9.3.2 操作实例.....336

第 1 章　基 本 知 识

在利用 Pro/ENGINEER 进行数控加工操作设置学习之前，首先来了解一下 Pro/ENGINEER 的基础知识、Pro/NC 模式的主窗口及其工作菜单，最后学习制造过程的整个操作流程，以便用户能够对制造加工有初步的了解。

本章主要讲解 Pro/ENGINEER 的基本特点和功能模块，重点介绍其制造功能、制造模式操作界面和数控加工的操作流程。目的是让用户对 Pro/ENGINEER 数控加工有一个大致的了解，以便于以后更好、更快地学习。

1.1　Pro/ENGINEER 简介

Pro/ENGINEER 是美国 PTC 公司推出的新一代 CAD/CAE/CAM 软件，它是一个集成化的软件，其功能是非常强大的，利用它可以进行零件设计、产品装配、数控加工、钣金件设计、铸造件设计、机构分析、有限元分析和产品数据库管理、应力分析、逆向造型优化设计等。从目前的市场来看，它所涉及的主要行业包括工业设计、机械、仿真、制造和数据管理、电路设计、汽车、航天、玩具等，它在我国的 CAD/CAM 研究所和工厂中得到了广泛的应用，同时，国内的许多大学也纷纷选用该软件作为其研究开发的基础软件。

使用 Pro/ENGINEER 进行开发设计，比使用其他软件要快几倍。利用该软件可以直接进行三维、二维图形的相互转换。它具有统一的产品数据库管理功能，在零件设计、模具设计、加工制造等任何环节中对数据的修改，都可自动反映到其他相关的各个环节，从而保证设计和制造等各个环节数据的统一。

可以说，Pro/ENGINEER 为业界人士提供了理想的工作环境，大大缩短了机械产品的设计、制造周期，提高了产品开发的效率，推动了企业的技术进步。

1.1.1　Pro/ENGINEER 功能模块

Pro /ENGINEER 可谓是一个全方位的三维产品开发的综合性软件，集成了零件设计、产品装配、模具开发、数控加工、钣金设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、机构仿真、应力分析、电路布线和装配管路设计等功能模块和专有模块于一体。本书中的重点是介绍如何进行数控加工制造，因此只介绍与数控加工制造相关的功能模块。至于其他方面的功能模块的具体内容，读者可参照本丛书的相应部分。

1. Pro/ENGINEER模块

Pro/ENGINEER 模块是基本模块，其功能包括参数化功能定义、实体零件及组装造型、着色渲染、生成不同视图等。Pro/ENGINEER 同其他模块配合使用，将进一步提高扩展其

基本功能，增强了软件的综合处理能力。它具有以下功能：

- 可以轻易实现一个零件的多个不同版本的设计。
- 特征功能及参数化设计。
- 可以通过删除、重定义等控制零件的特征。

2. Pro/Assembly模块

该模块是一个组装管理系统，它可以自动更换零件并进行组装。但是其使用必须配合 Pro/ENGINEER 进行。它具有以下功能：

- 支持自动更换零件功能和装配模式下的零件生成。
- 规则排列的装配功能。
- 提供 Pro/Program 模块，可以编写参数化零件及组装的自动化程序，从而保证用户只需要输入简单参数就可以生成设计。

3. Pro/NC模块

Pro/NC 模块用于生成数控加工的相关文件，能够生成数控加工的全过程。Pro/ENGINEER 系统的相关性能将设计模型变化体现到加工信息中。Pro/NC 生成的文件包括：刀位数据文件、刀具清单、操作报告、中间模型和机床控制文件。用户可以通过 NC-Check 对生成的刀具轨迹进行检查，如果不符合要求，则可以对 NC 数控工序进行修改；如果刀具轨迹符合要求，则可以使用 NCPost 对其进行后处理，以便生成数控加工代码，为数控机床提供加工数据。本书主要对该部分内容进行介绍和学习。

1.1.2 数控编程技术的发展概述

自 1956 年麻省理工学院(MIT)研究 NC 程序系统以来，已经开发了 100 多种 NC 程序语言，大部分为满足特定需要、特定机床开发的语言没能经受住时间的检验被淘汰。然而，现今仍有一部分语言继续使用，如 APT 语言。本小节将简单介绍编程技术的发展。

1. 手工编程

手工编程是指由人工编制零件数控加工程序的各个步骤，即零件图纸分析，工艺分析，确定工艺路线和工艺参数，计算机数控机床所需要输入的数据，编写零件的数控加工程序单至程序的检验，均由人工来完成。该方法可在零件形状不太复杂的情况下使用，而对于复杂形状的零件，利用该方法编程非常麻烦，工作量大，容易出错，且很难校对，因此，为了缩短生产周期，提高生产效率，有效地解决复杂零件的加工问题，可以采用自动编程技术。

2. 自动编程

自动编程是用计算机来帮助人们解决复杂零件的数控加工编程问题，大部分工作由计算机来完成，能提高编程效率，还解决了手工编程无法解决的许多复杂形状零件的加工编程问题。

1.1.3　Pro/ENGINEER 同 CAM 的联系

CAD/CAM 是计算机辅助设计(Computer Aided Design)和计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing)的简称，指的是以人为本，以计算机为主要辅助手段进行产品的设计、并对制造过程进行管理和控制。CAD 解决的是设计问题。而 CAM 从狭义上说，是 NC 编程的同义词，CAM 早期的含义就指数控机床的应用。从广义上讲，是从产品设计到加工制造之间的一切生产准备活动，主要包括 CAPP(计算机辅助工艺过程设计)、NC 编程、MRP 制造资源计划三部分，即 CAM 广义概念除包括上述狭义定义中的所有内容外，还包括制造活动中与物流有关的所有过程(如加工、装配、检验、输送)的监视、控制和管理。CAD 中建立的模型是 CAM 的基础。

CAD/CAM 软件经历了从二维绘图到三维数字建模、从零部件设计到产品设计，从物理样机到电子虚拟样机，从工程分析到产品优化的发展过程，技术日臻成熟完善，在工业领域中得到了广泛的应用。在世界范围内比较领先的有 Pro/ENGINEER、UG、CATIA、MasterCAM 等。它们的 NC 编程能力都比较强，且各有特色，在机械、汽车、交通、电子工业、航空航天以及玩具制造业等领域中逐步实现了真正意义上的虚拟产品开发，彻底改变了传统的机械设计方式。

在产品开发前，首先要进行的是满足技术指标要求的功能设计，以便进行方案设计；接着在确定方案后进行三维模型的技术设计和分析，包括二维零件样图，虚拟样机模装机构干涉分析，机构动态特性分析，二维装配图样；然后进行模拟加工、数控机床加工；最后进行产品装配。

NC 加工技术在生产制造方面具有下列优点：

- 减少加工前的准备工作：利用数控加工机床进行 NC 加工制造，配合计算机工具，可以减少夹具的设计与制造、工件的定位与装夹时间。
- 减少加工误差：利用计算机辅助制造技术可以在制造加工前进行加工路径模拟仿真，可以减少加工过程中的误差和干涉检查，进而节约制造成本。
- 提高加工的灵活性：配合各种多轴加工机床，可以在同一机床上对复杂的零件按照各种不同的程序进行加工。
- 生产时间容易控制：数控加工机床按照所设计的程序进行加工，可准确地预估加工所需的时间，以控制零件的制造加工时间。
- 加工重复性好：设计程序数据可以重复利用。

本书将以 Pro/ENGINEER 2001 为例，介绍使用 Pro/ENGINEER 进行计算机辅助制造的功能和使用方法。

Pro/ENGINEER 具有制造业所需要的各方面功能设计，包括全过程制造数据的管理、数控分析与编程、制造计划(生产计划、工艺工序计划)、加工仿真、质量检验、CAM 后处理、NC 文档及所需资源(刀具、夹具和机床等)的设置。具有铣削、钻孔、车削、多轴加工、电火花线切割等加工编程能力。由于其功能强大，再加上篇幅的限制，不可能在一本书中完全、详细地介绍清楚，本书主要介绍 Pro/ENGINEER 2001 提供的铣削加工中的相关知识，并通过典型的实例进行讲解，希望能够满足广大用户和读者的要求。

需要全本请访问 www.ertongbook.com