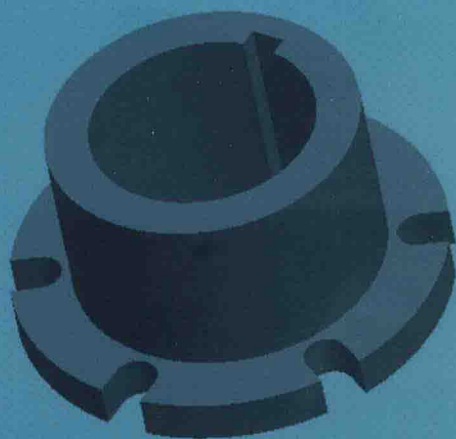
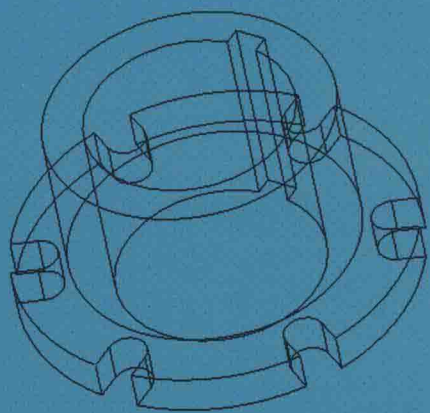


# Pro/ENGINEER 三维设计建模及 ANSYS Workbench

## 有限元仿真分析实例详解

朱春霞 张海权 编著



東北大學出版社  
Northeastern University Press

# Pro/ENGINEER 三维设计建模及 ANSYS Workbench 有限元仿真分析实例详解

朱春霞 张海权 编著



东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 朱春霞 张海权 2018

图书在版编目 (CIP) 数据

Pro/ENGINEER 三维设计建模及 ANSYS Workbench 有限元仿真分析实例详解 / 朱春霞, 张海权编著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2018. 8

ISBN 978-7-5517-1978-0

I. ①P… II. ①朱… ②张… III. ①机械设计-计算机辅助设计-应用软件 ②有限元分析-应用软件 IV.

①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 184438 号

---

出版者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路三号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024-83687331(市场部) 83680267(社务部)

传真: 024-83680180(市场部) 83680265(社务部)

网址: <http://www.neupress.com>

E-mail: [neuph@neupress.com](mailto:neuph@neupress.com)

印刷者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发行者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 12.75

字 数: 310 千字

出版时间: 2018 年 8 月第 1 版

印刷时间: 2018 年 8 月第 1 次印刷

策划编辑: 汪子琚

责任编辑: 李 佳

责任校对: 王 君

封面设计: 潘正一

责任出版: 唐敏志

---

ISBN 978-7-5517-1978-0

定 价: 48.00 元

# 前 言

Pro/ENGINEER 是一款功能强大的三维 CAD/CAE/CAM 软件系统，应用范围涉及多个领域，能够进行复杂零件的设计、制造和分析等工作。ANSYS Workbench 是一款强大的有限元分析处理工具，应用范围同样广泛。但两者各有优缺点，Pro/ENGINEER 进行有限元分析的能力与 ANSYS Workbench 相比较弱，而 ANSYS Workbench 进行复杂零件建模的功能又不如 Pro/ENGINEER 方便、快捷。因此，本书主要结合二者优势功能，介绍 Pro/ENGINEER 5.0 的三维建模过程和其中一部分模型导入 ANSYS Workbench 15.0 进行有限元分析的操作过程。

## (1) 本书特点

本书讲解细致、步骤详尽，从软件的基础操作讲起，再结合生活实际及机械等领域的经典实例进行介绍，使读者可以更熟练地掌握使用技巧。此外，本书系统地描述了零件建模及进行有限元分析的整个过程，便于读者学习。

## (2) 本书内容

本书共有 6 章，主要分三个部分进行介绍。其中，第 1 章对 Pro/ENGINEER 5.0 和 ANSYS Workbench 15.0 进行了基础性介绍；第 2~4 章从草图绘制、零件设计和装配体设计等方面介绍了 Pro/ENGINEER 5.0 的一些具体操作过程；第 5~6 章主要介绍使用 ANSYS Workbench 15.0 进行有限元分析的过程。

## (3) 读者对象

本书内容主要针对 Pro/ENGINEER 和 ANSYS Workbench 的初学者而编写，又适用于有一定基础的工程技术人员。本书内容清晰、简洁，可以引导读者在短时间内掌握零件三维设计及对其进行有限元分析的整个过程。

本书在编写过程中，力求做到准确、完善，但由于编者水平有限，不免有疏漏之处，望广大读者及时予以指正。

最后，希望本书能够为读者的学习和工作提供帮助。

编 者

2018 年 5 月

<h1>目 录</h1>	
第 1 章 绪 论 .....	001
1.1 Pro/ENGINEER 软件概述 .....	001
1.2 Pro/ENGINEER 5.0 工作环境 .....	002
1.2.1 Pro/ENGINEER 5.0 启动与退出 .....	002
1.2.2 Pro/ENGINEER 5.0 工作界面 .....	002
1.3 Pro/ENGINEER 5.0 文件管理基本操作 .....	003
1.3.1 建立工作文件目录 .....	003
1.3.2 新建文件 .....	004
1.3.3 打开文件 .....	004
1.3.4 保存文件 .....	005
1.3.5 保存副本 .....	005
1.3.6 关闭与拭除文件 .....	006
1.3.7 删除文件 .....	007
1.4 Pro/ENGINEER 5.0 模型显示的基本操作 .....	008
1.4.1 模型的显示 .....	008
1.4.2 模型的观察 .....	009
1.4.3 模型的定向 .....	009
1.5 ANSYS Workbench 软件概述 .....	011
1.6 ANSYS Workbench 15.0 软件界面 .....	011
1.6.1 启动 ANSYS Workbench 15.0 .....	011
1.6.2 ANSYS Workbench 15.0 工作界面 .....	012
1.7 ANSYS Workbench 15.0 项目工程图 .....	013
1.7.1 项目工程图组成 .....	013
1.7.2 项目工程图基本操作 .....	015
1.8 本章小结 .....	015
第 2 章 二维草图绘制 .....	016
2.1 二维草图绘制基础 .....	016
2.1.1 草绘环境 .....	016
2.1.2 草绘方法 .....	018

2.1.3 草绘的一般步骤 .....	018
2.2 综合应用草图实例一 .....	019
2.2.1 实例概述 .....	019
2.2.2 绘制步骤 .....	019
2.3 综合应用草图实例二 .....	023
2.3.1 实例概述 .....	023
2.3.2 绘制步骤 .....	023
2.4 本章小结 .....	026
<b>第3章 机械实例绘制 .....</b>	<b>027</b>
3.1 端盖绘制 .....	027
3.1.1 实例概述 .....	027
3.1.2 绘制步骤 .....	027
3.2 座盖绘制 .....	034
3.2.1 实例概述 .....	034
3.2.2 绘制步骤 .....	034
3.3 齿轮轴绘制 .....	042
3.3.1 实例概述 .....	042
3.3.2 绘制步骤 .....	042
3.4 制动盘绘制 .....	050
3.4.1 实例概述 .....	050
3.4.2 绘制步骤 .....	050
3.5 麻花钻绘制 .....	054
3.5.1 实例概述 .....	054
3.5.2 绘制步骤 .....	054
3.6 本章小结 .....	062
<b>第4章 装配图绘制 .....</b>	<b>063</b>
4.1 十字滑块联轴器装配 .....	063
4.1.1 实例概述 .....	063
4.1.2 绘制步骤 .....	063
4.2 肘接头装配 .....	070
4.2.1 实例概述 .....	070
4.2.2 创建步骤 .....	070
4.3 深沟球轴承装配 .....	086
4.3.1 实例概述 .....	086
4.3.2 创建步骤 .....	086
4.4 车床刀架装配 .....	096

4.4.1 实例概述 .....	096
4.4.2 创建步骤 .....	096
4.5 本章小结 .....	139
<b>第5章 零件有限元分析 .....</b>	<b>140</b>
5.1 齿轮轴静力学分析与模态分析 .....	140
5.1.1 实例分析 .....	140
5.1.2 分析步骤 .....	140
5.2 制动盘变形分析和稳态热分析 .....	153
5.2.1 实例概述 .....	153
5.2.2 分析步骤 .....	153
5.3 麻花钻静力学、模态及谐响应分析 .....	161
5.3.1 实例概述 .....	161
5.3.2 分析步骤 .....	161
5.4 本章小结 .....	173
<b>第6章 装配体有限元分析 .....</b>	<b>174</b>
6.1 十字滑块联轴器装配体接触分析 .....	174
6.1.1 实例概述 .....	174
6.1.2 分析步骤 .....	174
6.2 车床刀架装配体静力学、模态及谐响应分析 .....	184
6.2.1 实例概述 .....	184
6.2.2 分析步骤 .....	184
6.3 本章小结 .....	195
<b>参考文献 .....</b>	<b>196</b>

# 第1章 绪论

本章详细介绍了三维建模软件 Pro/ENGINEER 的发展历程、设计理念、工作环境、文件管理基本操作、模型显示基本操作等内容。通过对本章的学习,使读者对 Pro/ENGINEER 5.0 的构造和工作方式有基本了解,能够运用其进行一些简单的操作,便于以后建模实例的学习。此外,又介绍了有限元分析软件 ANSYS Workbench 的软件界面、分析项目管理等内容,为以后对 Pro/ENGINEER 建立的三维模型进行有限元分析打下基础。

## 1.1 Pro/ENGINEER 软件概述

Pro/ENGINEER (Pro/E) 操作软件是美国参数技术公司 (PTC) 旗下的一款三维软件。Pro/ENGINEER 软件以参数化著称,是参数化技术的最早应用者,在目前的三维造型软件领域中占有重要的地位。Pro/ENGINEER 作为当今世界机械 CAD/ CAE/ CAM 领域的新标准而得到业界的认可和推广,是现今主流的 CAD/ CAE/ CAM 软件之一,特别是在国内产品设计领域占据重要的位置。Pro/ENGINEER 是当今世界上最普及的三维 CAD/CAE 系统软件之一,具有零件设计、产品装配、模具开发、钣金设计、NC 开发、造型设计、机构仿真和铸造件设计等强大功能,在航空航天、机械、电子、汽车、家电及玩具等工程设计领域中,大量设计任务是通过它来完成的。

(1) Pro/ENGINEER 软件包含多个模块

①草绘模块:用于绘制和编辑二维平面草图。

②零件模块:用于创建和编辑三维模型,即进行三维零件设计。

③装配模块:将各相关零件组装在一起,形成一个完整的产品。

④工程图模块:用于绘制工程图。

⑤曲面模块:用于创建各种类型的曲面。

⑥数控 (NC) 加工模块:在数控 (NC) 加工模块中,当用户设定加工环境和加工参数后,系统能够自动生成零件加工的刀位文,并能在屏幕上模拟加工过程。

⑦仿真分析模块:可以让工程师对结构、动力学、热传导及疲劳等性能进行虚拟测试,并据此进行优化设计。

(2) Pro/ENGINEER 软件的主要特性

①参数化设计:对于产品而言,我们可以把它看成几何模型,无论多么复杂的几何模型,都可以分解成有限数量的构成特征,而每一种构成特征,都可以用有限的参数完全约束,这就是参数化的基本概念。但是,无法在零件模块下隐藏实体特征。参数化设计极大地方便了特征的创建过程。

②基于特征建模:Pro/ENGINEER 是基于特征的实体模型化系统,工程设计人员采



用具有智能特性的基于特征的功能去生成模型，如腔、壳、倒角及圆角，使用者可以随意勾画草图，轻易改变模型。这一功能特性给工程设计者提供了在设计上从未有过的简易和灵活。

③单一数据库：Pro/ENGINEER 是建立在统一基层的数据库上，不像一些传统的CAD/CAM系统建立在多个数据库上。在整个设计过程的任何一处发生改动，也可前后反映在整个设计过程的相关环节上。例如，一旦工程详图有改动，数控（NC）工具路径也会自动更新；组装工程图如有任何变动，也完全同样反映在整个三维模型上。这种独特的数据结构与工程设计的完整结合，使得设计更优化、成品质量更高、产品能更好地推向市场、价格也更便宜。

## 1.2 Pro/ENGINEER 5.0 工作环境

### 1.2.1 Pro/ENGINEER 5.0 启动与退出

#### (1) 启动

- ①双击 Windows 桌面上的 Pro/ENGINEER 5.0 软件快捷方式图标。
- ②在 Windows 系统“开始”菜单中找到“Pro/ENGINEER 5.0”，单击打开。

#### (2) 退出

- ①执行“文件”中的“退出”命令。
- ②单击 Pro/ENGINEER 5.0 应用程序主窗口标题栏右上端的关闭图标。

### 1.2.2 Pro/ENGINEER 5.0 工作界面

Pro/ENGINEER 5.0 工作界面主要由标题栏、菜单栏、工具栏、导航栏、绘图区、信息栏和过滤器等组成，如图 1-1 所示。

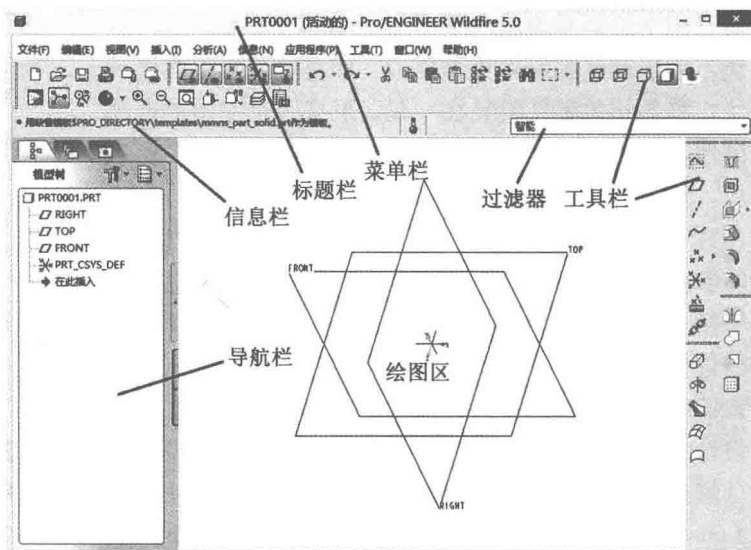


图 1-1 Pro/ENGINEER 5.0 工作界面

①标题栏：位于主界面的顶部，用于显示当前正在运行的 Pro/ENGINEER 5.0 应用程序名称和打开的文件名等信息。

②菜单栏：位于标题栏的下方，默认共有 10 个菜单项，包括“文件”“编辑”“视图”“插入”“分析”“信息”“应用程序”“工具”“窗口”“帮助”等。单击菜单项将打开对应的下拉菜单，下拉菜单对应 Pro/ENGINEER 的操作命令。但调用不同的模块，菜单栏的内容会有所不同。

③工具栏：工具栏是 Pro/ENGINEER 为用户提供的又一种调用命令的方式。位于绘图区顶部的为系统工具栏，位于绘图区右侧的为特征工具栏。单击工具栏图标按钮，即可执行该图标按钮对应的 Pro/ENGINEER 命令。

④导航栏：位于绘图区的左侧，在导航栏顶部依次排列着“模型树”、“文件夹浏览器”、“收藏夹”和“连接”四个选项卡。模型树以树状结构按照创建的顺序显示当前活动模型所包含的特征或零件，可以利用模型树选择要编辑、排序或重定义的特征。

⑤绘图区：位于界面中间的空白区域。在默认情况下，背景颜色是灰色，用户可以在该区域绘制、编辑和显示模型。

⑥信息栏：信息栏显示当前窗口中操作的相关信息与提示。

⑦过滤器：利用过滤器可以设置要选取特征的类型，这样，可以快捷地选取到要操作的对象。

## 1.3 Pro/ENGINEER 5.0 文件管理基本操作

### 1.3.1 建立工作文件目录

“设置工作目录”命令可以直接按设置好的路径，在指定的目录中打开和保存文件。建立方式如下：

①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“设置工作目录”命令，将弹出如图 1-2 所示“选取工作目录”对话框；

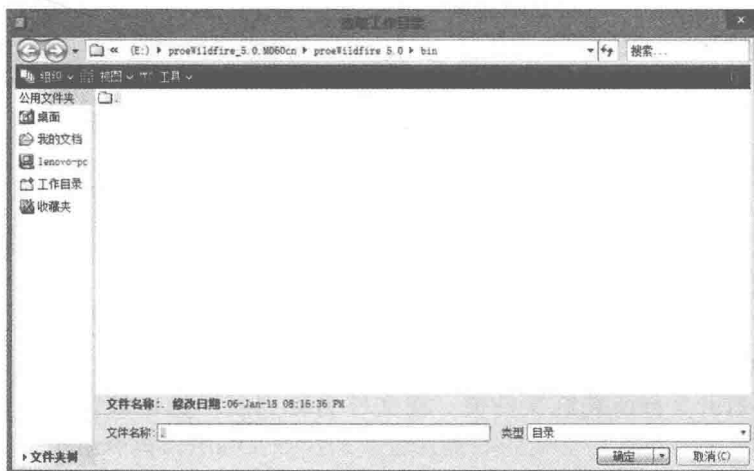



图 1-2 “选取工作目录”对话框

- ②选择目标路径设置工作目录；
- ③单击“确定”按钮。

### 1.3.2 新建文件

在 Pro/ENGINEER 中可以利用“新建”命令调用相关的功能模块，创建不同类型的新文件。创建方式如下：

- ①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“新建”命令（或单击系统工具栏中的“新建”图标按钮 ），系统将弹出如图 1-3 所示“新建”对话框；
- ②在“类型”选项组中，选择相关的功能模块单选按钮。系统默认为“零件”模块，子类型模块为“实体”；
- ③在“名称”文本框中输入文件名；
- ④单击“确定”按钮（也可以设置模板类型，即取消选中“使用缺省模板”复选框。再单击“确定”按钮，将弹出如图 1-4 所示“新文件选项”对话框，选择模板类型）。

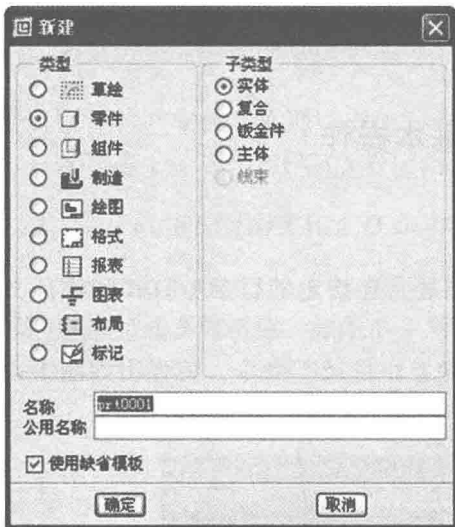



图 1-3 “新建”对话框 (1)



图 1-4 “新文件选项”对话框

### 1.3.3 打开文件

“打开”命令可以打开已保存的文件。打开方式如下：

- ①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“打开”命令（或单击系统工具栏中的“新建”图标按钮 ），系统将弹出如图 1-5 所示“文件打开”对话框；
- ②选择要打开文件所在的文件夹，在文件名称列表框选中该文件，单击“预览”按钮；
- ③单击“打开”按钮。

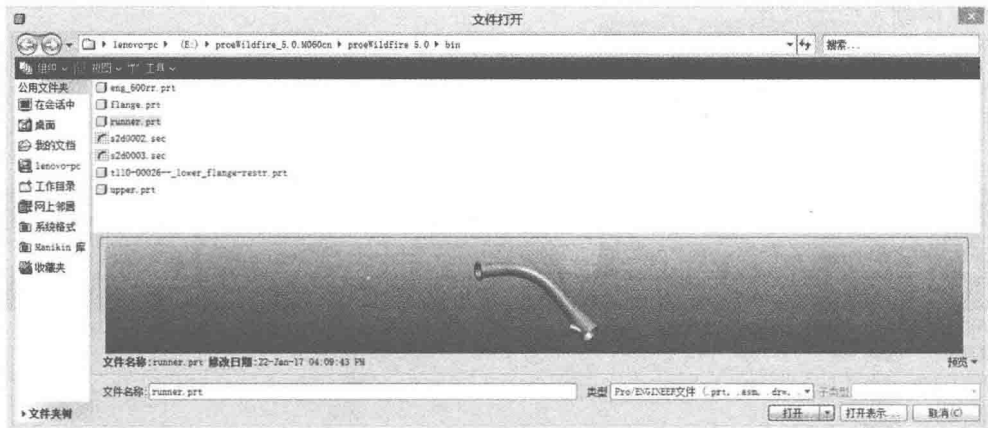



图 1-5 “文件打开”对话框

### 1.3.4 保存文件

可以利用“保存”命令保存文件。保存方式如下：

- ①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“保存”命令（或单击系统工具栏中的“保存”图标按钮），系统将弹出如图 1-6 所示“保存对象”对话框；
- ②指定文件的保存路径；
- ③单击“确定”按钮。

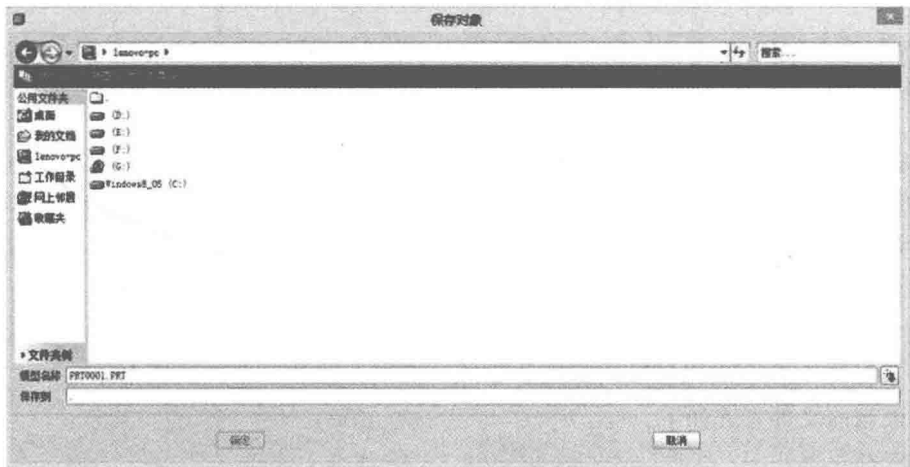


图 1-6 “保存对象”对话框

### 1.3.5 保存副本

“保存副本”命令可以用新文件名保存当前图形或保存为其他类型的文件。保存副本方式如下：

- ①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“保存副本”命令，系统将弹出如图 1-7 所

示“保存副本”对话框；

- ②在“新建名称”文本框中输入新文件名；
- ③单击“类型”下拉列表框，选择文件保存的类型；
- ④单击“确定”按钮。

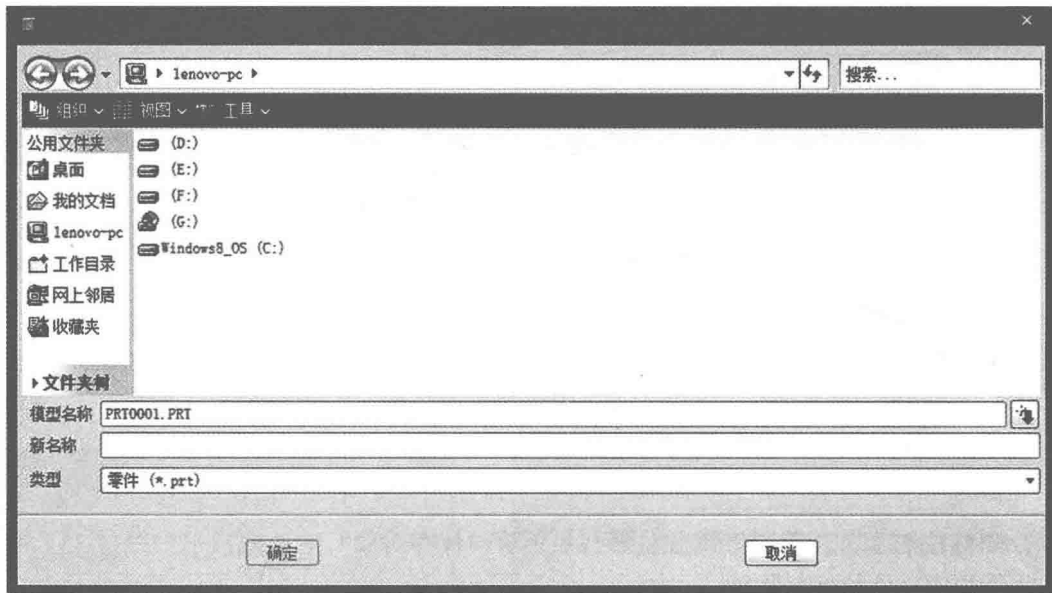


图 1-7 “保存副本”对话框

### 1.3.6 关闭与拭除文件

#### (1) 关闭文件

即关闭当前模型工作窗口。关闭方式有以下 3 种：

- ①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“关闭窗口”命令；
- ②选择菜单栏中“窗口”下拉菜单中的“关闭口”命令；
- ③单击当前模型工作窗口标题栏右端的图标按钮

#### (2) 拭除文件

即“拭除”命令可以拭除内存中的文件，但不会删除硬盘中的原文件。

拭除当前文件方式如下：

①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“拭除”命令中的“当前”选项，系统将弹出如图 1-8 所示“拭除确认”对话框；

②单击“是”按钮，则将当前活动窗口中的零件文件从内存中删除。

拭除不显示文件方式如下：

①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“拭除”命令中的“不显示”选项，系统将弹出如图 1-9 所示“拭除未显示的”对话框；

②单击“确定”按钮，则将所有没有显示在当前窗口中的零件文件从内存中删除。



图 1-8 “拭除确认”对话框



图 1-9 “拭除未显示的”对话框

### 1.3.7 删除文件

“删除”命令可以删除当前零件的所有版本文件，或仅删除其所有旧版本文件。

(1) 删除所有版本文件方式

①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“删除”命令中的“所有版本”选项，系统将弹出如图 1-10 所示“删除所有确认”对话框；

②单击“是”按钮，则删除当前零件的所有版本文件。

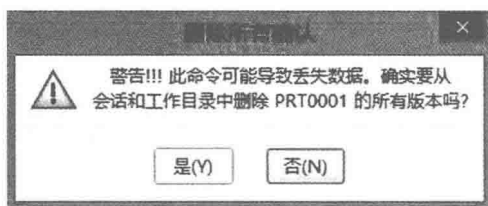


图 1-10 “删除所有确认”对话框

(2) 删除旧版本文件方式

①选择菜单栏中“文件”下拉菜单中的“删除”命令中的“旧版本”选项，系统将弹出如图 1-11 所示“输入其旧版本要被删除的对象”对话框；

②输入要被删除的对象的文件名；

③单击  按钮，则该零件文件的旧版本将会被删除，系统只保留最新版本。







图 1-11 “输入其旧版本要被删除的对象”对话框

## 1.4 Pro/ENGINEER 5.0 模型显示的基本操作

### 1.4.1 模型的显示

在 Pro/ENGINEER 中模型的显示方式有四种，可以单击下拉菜单看“视图”——“显示设置”——“模型显示”命令，在“模型显示”对话框中设置，也可以单击系统工具栏中下列图标按钮来控制。

- ①  线框：使隐藏线显示为实线，如图 1-12 所示。
- ②  隐藏线：使隐藏线以灰色显示，如图 1-13 所示。
- ③  消隐：不显示隐藏线，如图 1-14 所示。
- ④  着色：模型着色显示，如图 1-15 所示。

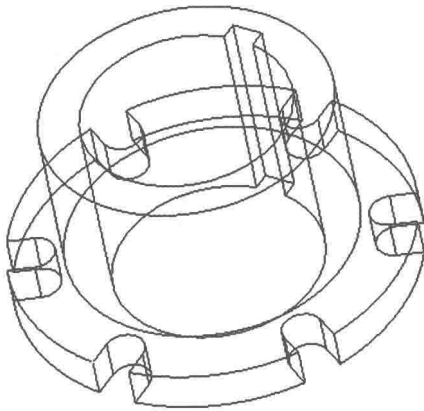


图 1-12 “线框”显示方式

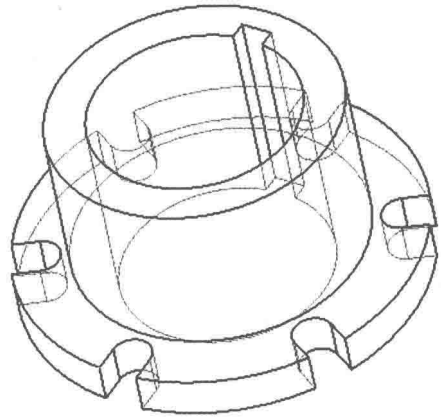


图 1-13 “隐藏线”显示方式

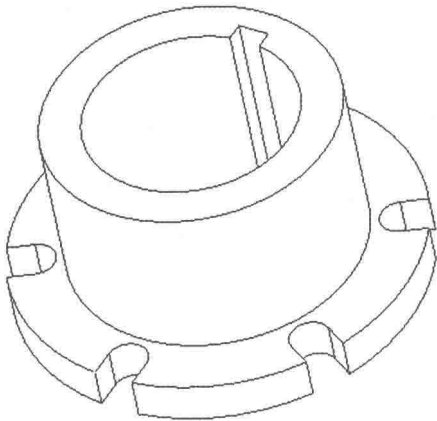


图 1-14 “消隐”显示方式

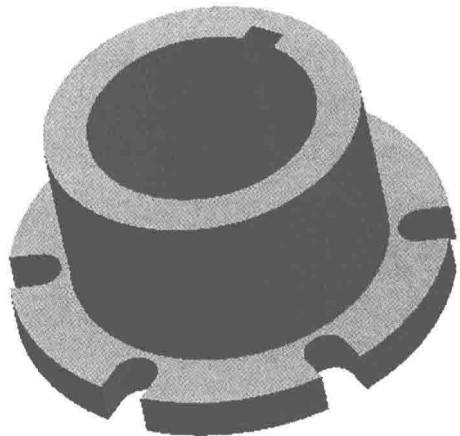


图 1-15 “着色”显示方式

### 1.4.2 模型的观察

为了从不同角度观察模型局部细节，需要放大、缩小、平移和旋转模型。在 Pro/ENGINEER 中，可以用三键鼠标来完成下列不同的操作。

- ① 旋转模型：按住鼠标中键+移动鼠标。
- ② 翻转模型：按住鼠标中键+Ctrl 键+水平移动鼠标。
- ③ 平移模型：按住鼠标中键+Shift 键+移动鼠标。
- ④ 缩放模型：按住鼠标中键+Ctrl 键+垂直移动鼠标。
- ⑤ 动态缩放模型：转动鼠标中键滚轮。

另外，系统工具栏中还有以下与模型观察相关的图标按钮，其操作方法类似于 AutoCAD 中的相关命令。

- ①  缩小：缩小模型。
- ②  放大：窗口放大模型。
- ③  重新调整：相对屏幕重新调整模型，使其完全显示在绘图窗口。

### 1.4.3 模型的定向

#### (1) 选择默认的视图

在建模过程中，有时还需要按常用视图显示模型。可以单击系统工具栏中图标按钮，在其下拉列表中选择默认的视图，如图 1-16 所示，其中包括：标准方向、缺省方向、BACK、BOTTOM、FRONT、LEFT、RIGHT 和 TOP。



图 1-16 保存的视图列表

#### (2) 定向的视图

除了选择默认的视图，用户可根据需要重新定向视图，具体操作步骤如下：


- ① 单击系统工具栏中的  图标按钮，将弹出如图 1-17 所示的“方向”对话框；





图 1-17 “方向”对话框

- ②选取 FRONT 基准平面为参照 1，如图 1-18 所示；
- ③选取 TOP 基准平面为参照 2；
- ④单击“保存的视图”按钮，在名称文本框中输入“001”，单击“保存”按钮；

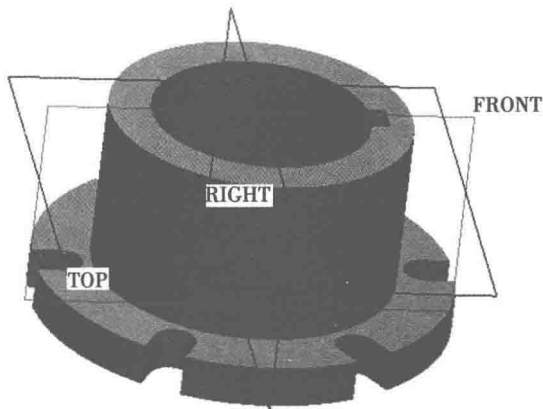


图 1-18 DTM1 选取平面作为参照

⑤单击“确定”按钮，模型显示如图 1-19 所示。同时，“001”视图保存在如图 1-19所示视图列表中。