

石材三维设计 及加工技术

赵民 等编著



内容简明实用★图片丰富精美



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

石材三维设计及 加工技术

赵 民 袁 哲 赵晓旭 编著
盖瑞波 王晓军 秦自放



机械工业出版社

本书结合典型石材产品的设计实例,系统介绍了三维设计软件 Pro/E 在现代装饰石材产品设计及辅助数控加工方面的运用。其主要内容包括:石材三维造型设计基础、墓碑三维造型设计、石材楼梯三维造型设计、石材柱三维造型设计、室内石材装饰三维造型设计、石材幕墙干挂三维造型设计、石材整体造型设计和石材数控加工。本书深入解析了石材产品借助于 Pro/E 软件的设计思想和设计方法,通过对本书的学习,读者可迅速掌握建筑装饰石材的三维设计方法和数控加工技术。

本书可供石材行业设计和加工技术人员参考,也可供相关专业在校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

石材三维设计及加工技术/赵民等编著. —北京:机械工业出版社, 2014. 1

ISBN 978 - 7 - 111 - 44638 - 5

I. ①石… II. ①赵… III. ①建筑材料 - 石料 - 造型设计
②建筑材料 - 石料 - 加工 IV. ①TU754. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 258562 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:陈保华 责任编辑:陈保华 雷云辉

版式设计:霍永明 责任校对:张莉娟

责任印制:张楠

北京京丰印刷厂印刷

2014 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm × 239mm · 15.75 印张 · 349 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 44638 - 5

定价: 46.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

天然石材从古至今一直是人类生活的伴侣，是人类文化的传承者，同时也是人们寻求远古文化的载体。石材加工一直伴随人类文明的发展而不断进步。随着当代新材料技术、电子技术和计算机技术的飞跃发展，石材加工设备已从传统的手动加工向自动化、智能化方向发展。目前石材设计装饰凸显个性化和艺术化，不但设计手段正从手工绘图向计算机绘图方向发展，石材设计也正从平面设计向三维设计发展。尤其是 Pro/E 软件的面世，使石材设计迈向一个新的台阶。该软件对石材工业产品造型设计、加工制造、功能仿真以及关系数据库管理等方面都有着重大的贡献，是当今最优秀的三维实体建模软件之一。

本书以 Pro/E 软件为基础，简单地介绍了 Pro/E 各功能模块在石材设计和加工中的使用方法和技巧。读者在掌握本书内容的基础上结合工程实践，将所学知识融会贯通，即可真正领略石材三维实体造型的风采和魅力，同时可以培养创新能力。该书作为石材专业的著作，系统地论述了各种石材造型设计实例，使读者通过石材实例，掌握从简单零件设计到总体设计的方法，并通过实际演练设计过程培养独立设计能力。目前，石材的设计与加工可由计算机实现一体化，即从三维设计到数控加工完成设计与加工一体化。经过本书的系统介绍，读者可以了解和掌握石材从三维设计到自动生成数控加工代码的方法，通过数控加工实例掌握石材产品的典型数控加工工艺。

全书共分成 8 章：第 1 章主要介绍石材三维造型设计基础；第 2 章主要介绍墓碑三维造型设计；第 3 章主要介绍石材楼梯三维造型设计；第 4 章主要介绍石材柱三维造型设计；第 5 章主要介绍室内石材装饰三维造型设计；第 6 章主要介绍石材幕墙干挂三维造型设计；第 7 章主要介绍石材整体造型设计；第 8 章主要介绍石材的数控加工。本书可供石材行业设计和加工技术人员参考，也可供相关专业在校师生参考。

本书对石材的设计、加工具有一定的参考价值，希望能为中国石材技术的进步和发展作出一些贡献。

参加本书编写的主要人员有赵民、袁哲、赵晓旭、盖瑞波、王晓军、秦自放。此外在编写本书过程中也得到了相关石材企业的大力支持和帮助，在此谨表谢意。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免有错误与不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 石材三维造型设计基础	1
1.1 石材三维造型技术概述	1
1.2 石材产品的 Pro/E 三维设计	3
1.3 Pro/E 基本模块介绍	3
1.4 Pro/E 用户界面	5
1.4.1 界面概述	5
1.4.2 基本界面要素	5
1.5 Pro/E 基本操作	8
第 2 章 墓碑三维造型设计	16
2.1 墓碑简介	16
2.2 日式墓碑三维设计	16
2.2.1 日式墓碑的制作	17
2.2.2 墓碑各部件的装配	28
2.3 欧式墓碑三维设计	34
2.4 中式墓碑三维设计	41
2.5 韩式墓碑三维设计	45
第 3 章 石材楼梯三维造型设计	52
3.1 直楼梯三维设计	52
3.1.1 楼梯地基设计	52
3.1.2 楼梯踏步设计	54
3.1.3 楼梯侧板、立板、踏步隔离板、隔离板立板的设计	56
3.1.4 楼梯栏杆、护栏设计	56
3.1.5 直楼梯装配设计	57
3.2 旋转楼梯三维设计	64
3.2.1 旋转楼梯设计	64
3.2.2 旋转楼梯的装配设计	66
第 4 章 石材柱三维造型设计	71
4.1 四拼五段石材柱三维设计	71
4.1.1 石材柱柱芯绘制	71
4.1.2 干挂件的设计	76
4.1.3 石材柱底座的设计	78
4.1.4 石材柱身的设计	80

4.1.5 石材柱头的设计	82
4.1.6 销钉的设计	82
4.1.7 实体装配	83
4.2 罗马柱三维设计	89
4.2.1 罗马柱柱身设计	89
4.2.2 罗马柱柱脚设计	91
4.2.3 罗马柱柱头设计	93
4.2.4 罗马柱的装配	100
第5章 室内石材装饰三维造型设计	102
5.1 壁炉三维设计	102
5.1.1 底座设计	102
5.1.2 立柱方座设计	111
5.1.3 立柱圆座设计	114
5.1.4 立柱设计	117
5.1.5 顶板设计	120
5.1.6 后墙壁设计	124
5.1.7 台板设计	127
5.1.8 壁炉装配	129
5.2 风水球三维设计	136
5.2.1 风水球简介	136
5.2.2 三维造型设计	137
5.3 石材门套三维设计	141
5.3.1 加工工艺性分析	142
5.3.2 门套左侧、右侧部分的设计	143
5.3.3 门套顶部设计	144
5.3.4 模拟装配	144
第6章 石材幕墙干挂三维造型设计	146
6.1 楼房外墙面三维设计	146
6.2 一号石材板的三维设计	148
6.3 二号石材板的三维设计	150
6.4 一号干挂件的三维设计	151
6.5 二号干挂件的三维设计	153
6.6 连接板三维设计	155
6.7 干挂设计整体装配	156
第7章 石材整体造型设计	172
7.1 石材拱门外饰件设计	173
7.1.1 门厅侧面石材门拱外墙装饰设计	173
7.1.2 门厅正面石材门拱外墙装饰设计	175
7.1.3 门头部分设计	176

7.1.4 顶棚石材饰件设计	177
7.2 石材圆柱外饰件设计	179
7.3 石材方柱外饰件设计及装配	188
7.3.1 石材方柱设计	188
7.3.2 方柱的装配	189
7.4 地面创建	190
7.4.1 地面拼花	190
7.4.2 楼梯与地面装配	196
7.5 石材拱门的总装配	196
第8章 石材数控加工	198
8.1 Pro/E 中 NC 模块的加工流程	198
8.1.1 Pro/NC 模块的建立	198
8.1.2 仿真加工	204
8.1.3 Pro/NC 模块的后置处理	204
8.2 石柱数控车削加工	208
8.2.1 石柱三维造型设计	208
8.2.2 石材柱加工工艺	210
8.2.3 石材柱车削加工	210
8.3 石材平面浮雕数控加工	222
8.3.1 浮雕三维造型设计	222
8.3.2 浮雕加工工艺分析	229
8.3.3 平面浮雕数控加工	229
参考文献	244

第 1 章 石材三维造型设计基础

1.1 石材三维造型技术概述

随着建筑装饰技术的不断发展，现代石材装饰设计在从平面设计向三维设计方向发展，石材装饰产品也正从单一化向多元化发展。异形石材制品的三维设计和辅助加工不仅可以提高石材产品的附加值，还可以提高其使用价值，使石材从单一的建筑装饰品向艺术化作品方向发展，提高石材产品的艺术价值。

异形石材产品种类繁多，按照不同的划分标准可进行如下分类：按其表面形状不同可分成回转面类和异形面类，其中回转面包括圆柱面、球面，而异形面包括各种雕刻表面和其他曲面等；按其表面形状形成原理的不同又可分为成型加工类、仿形加工类和展成加工类。

成型加工是利用成型金刚石刀具对石材表面进行加工的方法。成型金刚石刀具的廓形即为石材表面的外形，成型刀具的运动轨迹即为直线进给运动，从而减少了运动的复合程度，提高了加工效率，减少了机床进给机构和控制系统的设计难度。石材表面的形状精度取决于成型刀具的廓形精度。这种加工方法通常适用于各种成型金刚石磨轮加工石材曲面，如图 1-1 所示。

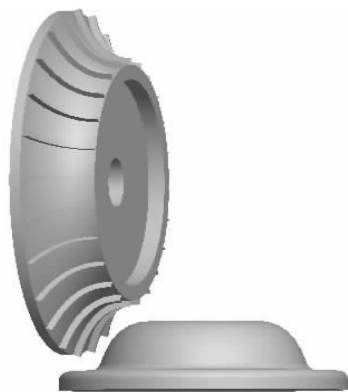


图 1-1 石材曲面成型加工

仿形加工是金刚石刀具按照仿形装置进给对石材表面进行加工的方法，其加工精度取决于仿形装置的精度和机床精度等。石材车削仿形加工就是其重要用途之一。

1. 仿形机械结构

仿形机械结构如图 1-2 所示，它由工作台 2、悬臂梁 5、刀架 9、立柱 10 和机架 12 五大部分组成。模板 6 固定在立柱上，光电装置 7 装在刀架 9 上，它通过升降驱动装置 8 和横向驱动装置 11 驱动刀盘 4 按模板的形状进行仿形运动。石材工件 3 置于工作台 2 上，在工作台驱动装置 1 的驱动下，作左右往复进给运动。工作台驱动装置 1 采用变频调速，可以根据石材工件的材质或加工性来调节进给速度。

2. 仿形加工工作原理

仿形机的工作原理如图 1-3 所示。在完成对刀、供冷却水和刀盘旋转启动等操作程序后，即可启动自动控制程序。首先，由工作台装载着石材工件作水平进给运动，到达设定位置后，由行程检测器 1 发出信号使工作台停止进给，并使反向控制器反向（左向

空间轨迹法主要采用空间曲线控制刀具轨迹来对石材表面廓形进行加工,如石材雕刻、石材圆柱面加工等。空间轨迹法加工的精度主要取决于金刚石刀具和加工设备的进给精度。空间轨迹法一般都采用数控机床进行加工。

此外,石材产品按产品用途可分为功能型、装饰型和艺术型。功能型的石材制品能实现一定的功能,如家用洗手盆;装饰型的产品则起到一定的装饰作用,如楼梯扶手、门套、窗套、各种立柱、风水球等;而艺术型的产品主要有观赏性,如园林中的各种人体雕塑、动物雕塑等。

各种三维石材按加工形式还可以分为手动加工型、半机械化加工型和全自动加工型等。

1.2 石材产品的 Pro/E 三维设计

目前,石材产品的设计主要采用 CAD,尤其是工程装饰石材的设计。CAD 的应用始于 20 世纪 60 年代,它具有强大的设计功能,从直线和圆弧等简单的几何元素到曲线、曲面和实体等复杂的几何元素,从单一的几何信息到包括艺术信息在内的全部产品信息,从静态设计到以参数化造型为基础的动态设计,能够展示产品的整个创造过程。

20 世纪 90 年代以后,参数化造型理论已经发展为 CAD 应用的重要理论。使用参数化建模设计效率高,其应用日趋广泛。美国 PTC (Parametric Technology Corporation) 公司率先使用参数化设计理论开发了 CAD 软件,提出基于数据库、参数化和特征相关的三维设计概念,改变了 CAD 的传统观念,开发出了集 CAD/CAM/CAE 于一体的 Pro/E 软件。

该软件摒弃了以往繁琐的级联菜单结构,采用可视化的图标主程序界面。在设计时一旦创建某项设计任务后,系统以对话框的形式将所需参数全面展示,用户仅需要为这些参数确定数值。

Pro/E 具有直接建模的强大功能,可以进行实体建模、特征建模、参数化设计、产品组装、数控加工、机构仿真等虚拟设计。为用户提供便捷、功能强大的设计及分析平台,可以解决以往异型石材设计中所面临的许多棘手问题,实现设计与加工一体化。

1.3 Pro/E 基本模块介绍

Pro/E 是包含多个模块的大型设计软件,其功能强大,内容丰富。设计功能包括创建二维截面、创建三维实体、创建曲面特征,创建装配组件及创建工程图等。

创建二维截面,使用该软件的草绘模块可以创建和编辑二维截面。二维截面使用点和线组成石材的各种平面图形,如石材铺设、平面拼花、石材马赛克等。二维草绘在异型石材设计中占有重要地位。创建三维石材模型时,大都需要使用二维草绘,如石线拉伸,如图 1-4 所示。

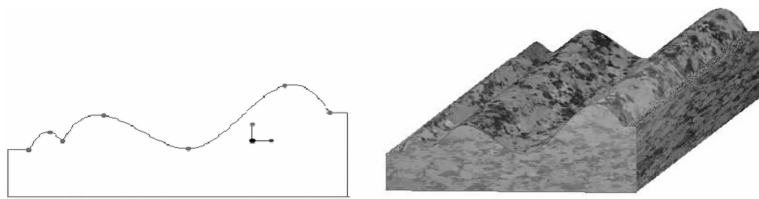


图 1-4 平面→立体

使用 Pro/E 创建三维模型的过程实际就是使用零件模块创建各种类型特征的过程。实体模型的各个组成部分具有质量、体积、惯量和几何重心等实体属性。创建的每个石材实体模型应与实际石材产品相一致。

复合石材制品是由多个零件组装起来构成的一个装配体产品。例如，石材墓碑中的日式墓碑由碑石、墓台、墓志、供物台、基础割石、拜石、敷板石、玉垣、柱、手水钵、植木、延石、墓前灯等构成；普通的圆柱则由柱头、柱身、柱脚构成，如图 1-5 所示。



图 1-5 石柱装配实例

石材产品的装配是将多个石材零件组装成一个整体的过程，使用 Pro/E 装配模块可以

轻松完成整个装配设计。由此可以直观展示整体模型的效果和各个零部件之间的位置关系。

石材产品设计制作过程最终体现在每个石材产品的加工零件图上，使用工程图模块可以由三维实体模型直接生成二维工程图。Pro/E 提供的二维工程图包括一般视图、投影视图、局部视图以及剖视图等多种视图类型。使用 Pro/E 软件将三维石材模型生成工程图简单方便，用户只需对自动生成的视图加以简单的修改，重新添加必要的尺寸标注即可用于生产加工，如图 1-6 所示。

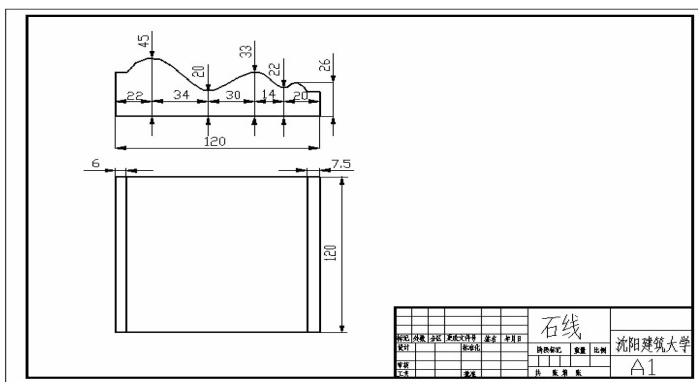


图 1-6 石线工程图

数控加工是对复杂形状石材进行加工的一种先进方法和手段。随着电子计算机技术的迅速发展,石材加工设备也在向数控方向发展,特别是大型 CAD/CAM/CAE 软件的不断推出和更新,简化了数控程序的编写过程,大大降低了数控加工的复杂程度。

使用 Pro/E 提供的数控加工模块可以方便地完成对各种石材零件的数控加工。使用石材三维实体模型作为技术元件,可以方便快捷地创建刀具加工路径,并对加工过程进行动态仿真,最后创建可供石材数控加工设备直接读取的 NC 数控程序。

1.4 Pro/E 用户界面

Pro/E 用户界面友好,便于实现人机交互。利用用户界面可以方便地访问各种资源,包括访问本地计算机和远程网络资源。Pro/E 用户界面如图 1-7 所示。



图 1-7 用户界面

1.4.1 界面概述

单击浏览器右侧的切换开关,关闭浏览器窗口。这时,可以看到整个用户界面,中央区域为设计工作区,这里是用户进行设计创作以及展示创作成果的舞台,图 1-8 所示为创建好的模型,左侧为模型树。

1.4.2 基本界面要素

下面简要介绍 Pro/E 用户界面的基本组成元素及其功能。

1. 标题栏

标题栏用于显示视窗内当前已经打开模型文件的名称,当前软件的版本。打开多个文件时,这些文件分别显示在独立的视窗中,其中当前可编辑的窗口称为活动窗口,其

文件名后有“活动的”字样，如图 1-9 所示。若要将指定窗口设置为活动窗口，可以直接单击菜单栏中的“窗口”→“激活”命令。

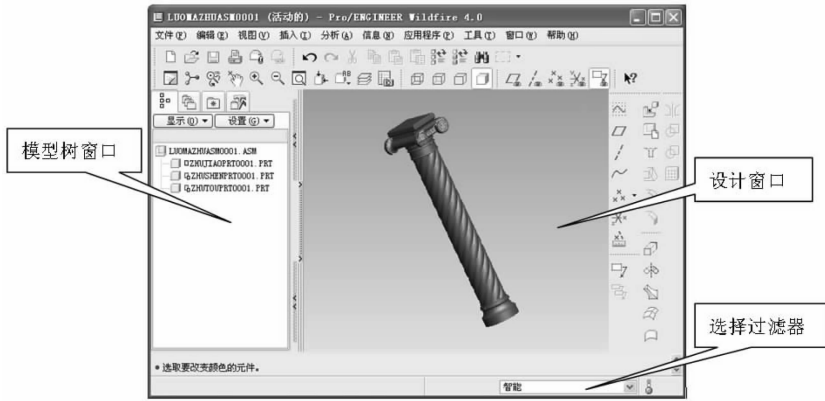


图 1-8 打开设计工作区时的用户界面



图 1-9 标题栏

2. 主菜单

Pro/E 主菜单项包括文件、编辑、视图、插入、分析、信息、应用程序、工具、窗口、帮助等，如图 1-10 所示。几乎所有的 Pro/E 命令都可以在主菜单项中调用。



图 1-10 下拉主菜单

(1) “文件 (F)” 菜单 包括处理文件的各项命令，如新建、打开、保存、重命名等常用操作以及拭除、删除等 Pro/E 特殊操作。

(2) “编辑 (E)” 菜单 包括对模型进行编辑操作的命令，主要对建立的特征进行编辑管理。

(3) “视图 (V)” 菜单 包括控制模型显示与选择显示的命令，“视图” 菜单可以控制 Pro/E 当前的显示、模型的缩放及模型视角等。

(4) “插入 (I)” 菜单 包括加入各种类型特征的命令。

(5) “分析 (A)” 菜单 包括对模型进行分析的各项命令，主要就所建立的截面、工程图、三维模型等进行分析。例如，距离、角度、质量分析、曲线曲面分析等。

(6) “信息 (N)” 菜单 包括显示各项工程数据的命令，借助它可以获得一些已经建立好的模型关系信息，并列出报告。

(7) “应用程序 (P)” 菜单 包括利用各种不同的 Pro/E 模块的命令，使用“应用程序” 菜单可以在 Pro/E 的各种组件间切换，不同模型的“应用程序” 菜单不同。

- (8) “窗口 (W)” 菜单 包括管理多个窗口的命令。
- (9) “工具 (T)” 菜单 包括添加关系式和表达式、定制工作环境的命令。
- (10) “帮助 (H)” 菜单 包括使用帮助文件的命令。

3. 上工具箱和右工具箱

上工具箱布置了常用操作命令的图形按钮。位于上工具箱上的图形按钮主要取自使用频率较高的主菜单按钮, 用来实现对菜单命令的快速访问, 以提高设计效率, 是各个设计模块中的通用工具, 如图 1-11 所示。位于右工具箱上的图形按钮都是专用设计工具, 其内容根据当前使用设计模块的变化而改变, 如图 1-12 所示。



图 1-11 上工具箱上的设计工具



图 1-12 右工具箱上的设计工具

4. 资源导航区

这一区域中包括“模型树”“文件夹浏览器”“收藏夹”三个选项卡。在“模型树”选项卡中将显示模型的特征构成, 用于查看模型结构以及对模型的编辑修改; “文件夹浏览器”选项卡用于访问各类文件资源; “收藏夹”选项卡用于访问个人收藏的资源。

5. 浏览器

使用软件中嵌入的浏览器可以快速访问各类网络资源。

6. 系统信息栏

在设计过程中, 系统通过系统信息栏向用户提示当前正在进行的操作以及需要用户继续执行的操作。通常, 系统在系统信息栏中使用不同的图标给出不同种类的信息提示, 见表 1-1, 设计者在设计过程中要养成随时通过系统信息栏浏览系统信息的习惯。

表 1-1 系统信息栏给出的基本信息

提示图标	信息类型	示 例
	系统提示	选取一个草绘
	系统信息	特征成功重定义
	错误信息	没有对象被复制
	警告信息	此工具不能使用选定的几何, 请选取新参照

7. 模型树窗口

该窗口展示模型的特征构成, 是分析和编辑模型的重要辅助工具。其具体用法将在稍后的章节中详细介绍。

8. 设计窗口

该窗口绘制和编辑模型, 并进行其他设计工作, 是完成设计工作的重要舞台。

9. 选择过滤器

过滤器提供了一个下拉列表，其中列出了模型上常见的图形元素类型，选中某一种类型后可以滤去其他类型。常见的图形元素类型包括几何、尺寸及面组等。过滤器中的内容随着当前设计功能的不同而有所差异。

1.5 Pro/E 基本操作

Pro/E 的基本操作包括文件操作和鼠标操作。

1. Pro/E 文件操作

Pro/E 的文件操作包括设置工作目录、创建新文档、打开文件、保存文件、保存副本、删除文件、拭除文件、退出 Pro/E 等。

(1) 设置工作目录 工作目录是 Pro/E 存取文件的默认工作目录，也是 Pro/E 启动的初始目录，设置工作目录可以方便地管理与操作文件，设置工作目录的具体步骤如下。

第 1 步：选择菜单栏中的“文件”→“设置工作目录”命令，系统弹出图 1-13 所示的“选取工作目录”对话框。


第 2 步：选择目标路径，设置工作目录，单击“确定”按钮。



图 1-13 “选取工作目录”对话框

(2) 创建新文档 在 Pro/E 中可以利用“新建”命令调用相关的功能模块，创建

不同类型新文件，具体操作步骤如下。

第1步：选择菜单栏中的“文件”→“新建”命令，或直接单击“文件”工具栏中的“新建”按钮，弹出图 1-14 所示的“新建”对话框。

第2步：在“类型”“子类型”选项组中选择相关的功能模块单选按钮，“类型”的默认选项为“零件”，“子类型”的默认选项为“实体”。其中有以下几种常用文件类型。

草绘：用于二维截面绘制，文件扩展名为 . sec。

零件：用于三维模型设计、三维钣金件设计等，文件扩展名为 . prt。

组件：用于三维零件装配、动态机构设计等，文件扩展名为 . asm。

制造：用于模具制造、生成 NC 加工程序等，文件扩展名为 . mfg。

绘图：用于平面工程图的绘制（即工程图）。文件扩展名为 . drw。

格式：用于二维工程图图框制作，文件扩展名为 . frm。

第3步：在“名称”文本框中输入文件名，取消选中“使用缺省模板”复选框，单击“确定”按钮，弹出图 1-15 所示的“新文件选项”对话框。

图 1-14 中“公用名称”项是指对模型的公共描述，公用名称将映射到 winchill 中的 CAD 文档名称中去，以便于多位用户通过网络交换产品数据，同步设计一个产品。

“使用缺省模板”复选框勾选为系统默认状态，在缺省模板状态下，模型单位为寸制单位。如果用户需要使用米制单位，则取消勾选“使用缺省模板”复选框。

第4步：在“模板”选项组的列表框中单击选择“mmns_part_solid”选项，或者单击“浏览”按钮，选取其他模板，单击“确定”按钮。



图 1-14 “新建”对话框



图 1-15 “新文件选项”对话框

在新建文件的过程中，为了避免造成不必要的麻烦，用户也可以通过更改配置文件“Config. pro”中的参数，重新指定米制单位的缺省模板文件，具体操作步骤如下。

第1步：选择菜单栏中的“工具”→“选项”命令，如图1-16所示。

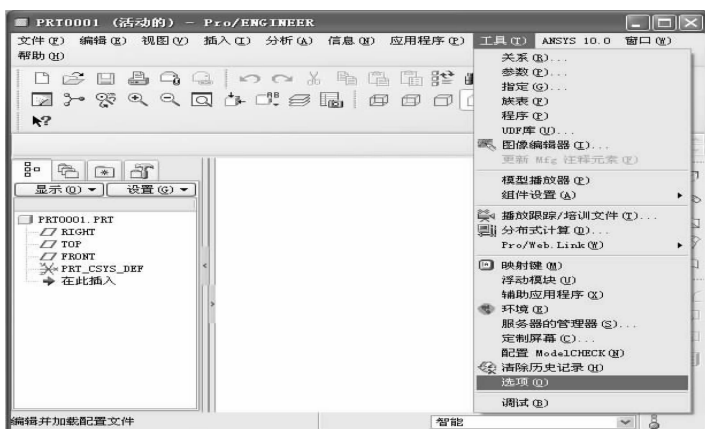


图1-16 “工具”菜单

第2步：系统弹出“选项”对话框，如图1-17所示。在“选项”对话框中，取消勾选“仅显示从文件载入的选项”复选框。在对话框内左下角“选项”文本框中输入变量名“template_solidpart”后单击“查找”按钮，系统自动定位到要查找的文件，显示当前设置为寸制模板。

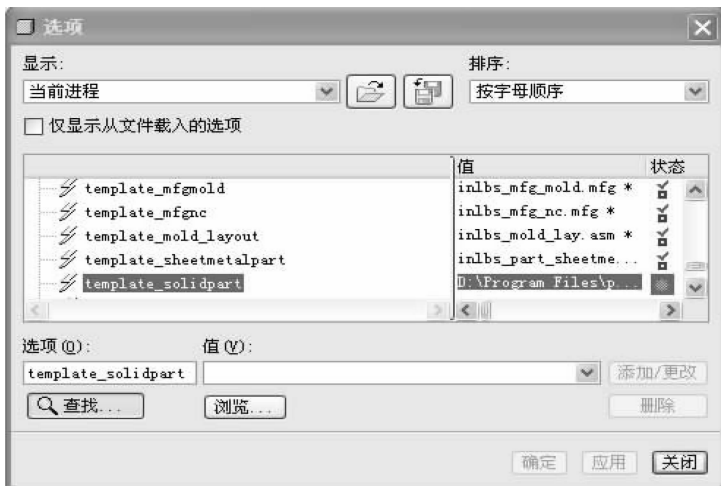


图1-17 “选项”对话框

第3步：单击上一步中的“浏览”按钮，出现图1-18所示的“Select File”对话框。在Pro/E安装目录下的proe/templates文件夹中选择“mmns_part_solid.prt”文件，单击“打开”按钮即可进入下一步。