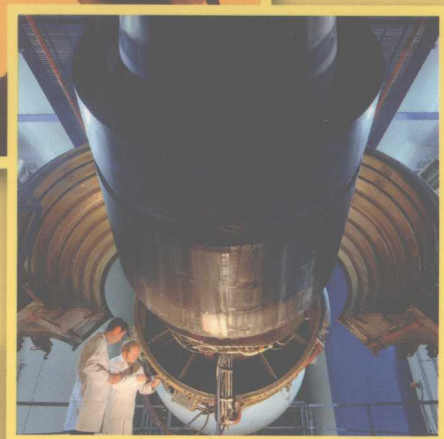
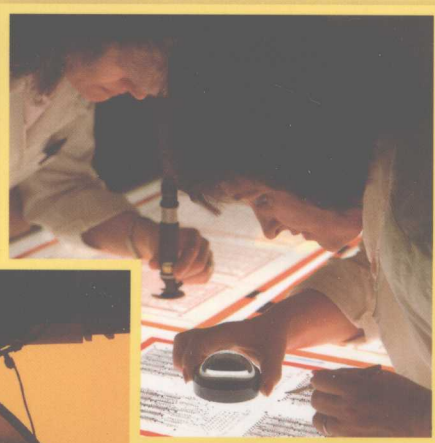




教育部高等职业教育示范专业规划教材

(机械制造及自动化专业)

机械 CAD/CAM 技术及应用



刘锡锋 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教育部高等职业教育示范专业规划教材
(机械制造及自动化专业)

机械 CAD/CAM 技 术及应用

主 编 刘锡锋
参 编 韩变枝 赵伟阁 赵 阳
主 审 洪 亮



机械工业出版社

本书以 Pro/E 野火版软件为平台, 通过介绍 Pro/E 软件的基本操作及应用实例来说明机械 CAD/CAM 技术及其应用。本书在内容上侧重实例讲解, 做到简单明了, 快捷高效, 使读者在较短的时间里掌握 Pro/E 软件的基本操作和产品数字化设计与制造的一般流程, 从而体会、理解并掌握 CAD/CAM 技术的应用。

本书可作为高职高专机械制造及自动化专业学生的教材, 也可作为从事 CAD/CAM 技术应用的工程技术人员参考用书以及 Pro/E 软件培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM 技术及应用/刘锡锋主编. —北京: 机械工业出版社, 2006.8

教育部高等职业教育示范专业规划教材. 机械制造及自动化专业

ISBN 7-111-19634-1

I. 机… II. 刘… III. ①机械设计: 计算机辅助设计-应用软件, Pro/E-高等学校: 技术学校-教材 ②机械制造: 计算机辅助制造-应用软件, Pro/E-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TH122 ②TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 082845 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: 王世刚 宋学敏 责任编辑: 崔占军 版式设计: 霍永明

责任校对: 陈延翔

责任印制: 洪汉军

北京双青印刷厂印刷

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16 印张·385 千字

0 001—4 000 册

定价: 25.00 元

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) 68326294

编辑热线电话 (010) 68354423

封面无防伪标均为盗版

本书由清华大学洪亮副教授主审。洪老师在百忙中审阅了本书，提出了很多宝贵的修改意见。

由于编者水平有限，书中不足、漏误之处在所难免，敬请同行、读者批评指正。

本书实例及练习中的图形文件(.prt)可从机械工业出版社教材服务网(www.cmpedu.com)习题解答中下载。

编者

計、繪製產品的設計及派單，從而使各分會及掌握 CAD/CAM 技術的具體應用。計、生產及裝配。本中心以主流 CAD/CAM 軟件——Pro/E 系統為平台，綜合各分會應用該軟件設計、裝配、工藝圖、加工等技術。在現基礎上突出內容的實用性和新穎性，所用技術來源於自製技術。該中心現已將 CAD/CAM 技術內容的系統性、完整性和各個 CAD/CAM 技術中木料加工、鑄造、鍛造、機械設計、工程分析、自動加工編程、優化設計等知識，作了系統性的總結和整理。本中心特設高級專業技術人員教育培養指導員，根據 CAD/CAM 技術的特點而編寫教材。本中心特設高級專業技術人員教育培養指導員，根據 CAD/CAM 技術的特點而編寫教材。本中心特設高級專業技術人員教育培養指導員，根據 CAD/CAM 技術的特點而編寫教材。

本书第1章介绍CAD/CAM技术的基本概念、应用情况及Pro/E系统简介,第2章介绍Pro/E基础模块截面草图的功能与应用,第3章介绍实体造型技术及其在Pro/E中的应用,第4章介绍装配设计技术及其应用,第5章介绍曲面设计模块功能与应用,第6章介绍工程图的形式与标注,第7章介绍高级参数化设计功能与应用,第8章通过实例介绍零件设计的过程与技巧,第9章介绍模具工程模块功能与应用,第10章介绍模具设计案例及模具设计应用。

本書由華東大學張萬鵬教授主筆。張教授在日行中學園入學時，提出「民主主義社會」的修辭
第8章由威爾遜編輯股份有限公司出版，版權歸公司所有。全書由威爾遜編輯。
第9、10章由東京大學田中元二教授編寫，第11章由東京大學田中元二教授編寫，第12章由東京大學田中元二教授編寫。
第13章由東京大學田中元二教授編寫，第14章由東京大學田中元二教授編寫，第15章由東京大學田中元二教授編寫。

目 录

前言	1
第1章 概 述	1
1.1 CAD/CAM 技术简介	1
1.1.1 CAD/CAM 技术的基本概念	1
1.1.2 现代制造技术中的新概念	3
1.2 CAD/CAM 的应用及发展趋势	4
1.3 Pro/E 系统简介	5
1.3.1 Pro/E 系统的基本功能模块	6
1.3.2 Pro/E 系统的工作界面	7
1.3.3 Pro/E 系统的操作	8
本章小结	16
第2章 Pro/E 截面草图设计	17
2.1 截面草图模块功能介绍	17
2.1.1 截面草图模块的界面	17
2.1.2 草图图形的绘制	18
2.1.3 图素尺寸的标注与编辑	23
2.1.4 几何约束	27
2.1.5 图形编辑	30
2.2 截面草图绘制实例	33
2.2.1 截面草图绘制实例一	34
2.2.2 截面草图绘制实例二	36
2.3 同类练习及作业	38
2.3.1 同类练习	38
2.3.2 作业	39
本章小结	39
第3章 Pro/E 实体设计	40
3.1 概述	40
3.2 Pro/E 基础实体特征的构建	41
3.2.1 拉伸特征	41
3.2.2 旋转特征	42
3.2.3 扫描特征	43
3.2.4 混合特征	45
3.3 Pro/E 放置特征的创建	47
3.3.1 孔特征	47
3.3.2 壳特征	49
3.3.3 筋板特征	50
3.3.4 拔模特征	50
3.3.5 圆角特征	51
3.3.6 倒角特征	52
3.4 实体特征操作工具	53
3.4.1 特征阵列	53
3.4.2 特征复制	55
3.4.3 特征重定义	57
3.4.4 特征重新排序	58
3.4.5 特征隐含、恢复与删除	59
3.5 实体设计实例	59
3.5.1 连杆实体造型实例	59
3.5.2 杯子实体造型实例	61
3.5.3 烟灰缸实体造型实例	63
3.5.4 轴承座实体造型实例	64
3.6 同类练习及作业	65
3.6.1 同类练习	65
3.6.2 作业	66
本章小结	67
第4章 Pro/E 装配设计	68
4.1 装配设计简介	68
4.1.1 概述	68
4.1.2 装配中的逻辑关系	68
4.1.3 Pro/E 装配造型方式	69
4.1.4 装配约束类型	69
4.1.5 模型装配约束对话框	73
4.2 装配设计实例	74
4.2.1 哑铃的装配	74
4.2.2 齿轮与轴的装配	79
4.3 同类练习及作业	80
4.3.1 同类练习	80
4.3.2 作业	81
本章小结	81

第 5 章 Pro/E 曲面设计	82	第 7 章 Pro/E 高级建模	133
5.1 基准特征	82	7.1 高级建模命令简介	133
5.1.1 基准点	82	7.1.1 可变剖面扫描	133
5.1.2 基准曲线	84	7.1.2 螺旋扫描	134
5.1.3 基准平面	87	7.1.3 边界混合	135
5.1.4 基准轴线	88	7.1.4 扭曲	136
5.1.5 基准坐标系	89	7.2 高级建模实例	137
5.2 创建曲面特征	90	7.2.1 创建变剖面扫描曲面和实体	137
5.2.1 拉伸曲面	90	7.2.2 创建螺旋扫描特征	139
5.2.2 旋转曲面	91	7.2.3 创建边界混合曲面	143
5.2.3 扫描曲面	91	7.2.4 创建扭曲特征	146
5.2.4 混合曲面	92	7.3 同类练习与作业	150
5.3 曲面编辑	93	7.3.1 同类练习	150
5.3.1 修剪	93	7.3.2 作业	151
5.3.2 合并	95	本章小结	152
5.3.3 延伸	95	第 8 章 Pro/E 产品设计实例训练	153
5.3.4 复制	97	8.1 气缸设计实例	153
5.4 曲面设计实例	99	8.1.1 气缸设计介绍	153
5.4.1 创建鼠标外形	99	8.1.2 准备工作	153
5.4.2 创建花瓶	102	8.1.3 端盖模型的设计	154
5.4.3 创建玩具标志牌	105	8.1.4 缸体模型的设计	157
5.5 同类练习与作业	108	8.1.5 柱塞模型的设计	158
本章小结	109	8.1.6 套筒模型的设计	158
第 6 章 Pro/E 工程图制作	110	8.1.7 螺栓模型的设计	159
6.1 工程图的基本概念	110	8.1.8 装配模型的设计	161
6.1.1 视图的形成	110	8.2 风扇设计实例	163
6.1.2 投影类型设置	111	8.2.1 风扇设计介绍	163
6.1.3 视图类型	112	8.2.2 准备工作	163
6.1.4 创建视图	113	8.2.3 圆柱基体的设计	164
6.1.5 视图操作	116	8.2.4 扇叶曲面的设计	166
6.1.6 尺寸标注与注释	118	8.2.5 扇叶实体的设计	173
6.2 工程图实例	122	本章小结	173
6.2.1 三通管	123	第 9 章 Pro/E 数控加工	174
6.2.2 阀体	125	9.1 Pro/E 数控加工的概念与一般流程	174
6.2.3 轴	129	9.1.1 Pro/NC 工作的全过程	174
6.3 同类练习与作业	131	9.1.2 基本概念	174
6.3.1 同类练习	131	9.1.3 Pro/E 中数控加工的使用流程	175
6.3.2 作业	132	9.1.4 Pro/E 中数控加工文件的 扩展名	175
本章小结	132		

9.2 Pro/E 数控加工的命令介绍	176	10.1.2 Pro/E 模具设计的一般流程	223
9.2.1 进入数控加工模式	176	10.2 Pro/E 模具设计命令简介	224
9.2.2 创建数控加工模型	177	10.2.1 进入模具设计模式	224
9.2.3 NC 工序命令详解	187	10.2.2 创建模具模型	225
9.3 Pro/E 数控加工的实例	198	10.2.3 模具模型检验	227
9.3.1 平面铣削加工实例	198	10.2.4 设置模型的收缩率	227
9.3.2 轮廓铣削加工实例	205	10.2.5 建立模具体积块	229
9.3.3 体积块铣削加工实例	208	10.2.6 建立分型面	231
9.3.4 局部铣削加工实例	210	10.2.7 建立浇口和流道	232
9.3.5 腔槽铣削加工实例	211	10.2.8 建立模具元件	233
9.3.6 孔加工实例	213	10.2.9 建立铸模	233
9.3.7 曲面铣削加工实例	215	10.2.10 进行开模	234
9.3.8 雕刻铣削加工实例	218	10.3 模具设计实例	234
9.4 同类练习及作业	220	10.3.1 水杯模具设计实例	235
9.4.1 同类练习	220	10.3.2 手机外壳模具设计实例	238
9.4.2 作业	221	10.4 同类练习及作业	245
本章小结	221	10.4.1 同类练习	245
第 10 章 Pro/E 模具设计	222	10.4.2 作业	246
10.1 Pro/E 模具设计的概念与一般 流程	222	本章小结	247
10.1.1 基本概念	222	参考文献	248

第1章 概述

随着信息技术的迅速发展,将信息技术融入传统产业与技术中,使之得到了快速更新与提升已成为一种潮流。在制造业,以 CAD/CAM 技术为基础的制造业信息化技术与系统正在业界得到认可与广泛应用,CAD/CAM、虚拟设计、虚拟制造、快速成形、网络协同设计与制造等先进制造技术的应用,使得产品制造周期大幅缩短、生产成本降低,创新产品推出的数量在惊人增加,其水平也日益提高。

CAD/CAM 技术是制造业应用最广泛的新技术,被认为是对 21 世纪影响最大的十项先进科学技术之一,它所提供的三维数字化设计、数字化装配和数字化加工等技术为开发人类创造性思维、进行创新性设计提供了强有力的手段与工具。目前制造业已普遍应用了各种 CAD/CAM 系统,从业人员队伍庞大,应用水平也逐渐提高。可以讲,CAD/CAM 技术的应用水平已从一个侧面代表了企业的技术水平高低。

本书以 CAD/CAM 的高端软件系统 Pro/E 为平台,来论述 CAD/CAM 技术的应用方法。

1.1 CAD/CAM 技术简介

1.1.1 CAD/CAM 技术的基本概念

1. CAD/CAM 技术

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 是一种用计算机硬、软件系统辅助人们对产品或工程进行设计的方法与技术,包括数字模型设计、工程分析、模拟仿真、绘图与文档制作等设计活动,它是一门多学科综合应用的新技术,是一种现代设计方法。

图 1-1 所示为 CAD 系统的工作过程。它是在计算机环境下完成产品的创建、分析、修改,以达到预期设计目标的过程。也就是说,在产品概念设计的基础上,定义产品的几何模型 (包括装配模型),然后根据后续工作抽取模型中有关数据进行处理,例如变成有限元网格数据,进而进行工程分析及计算。根据计算结果决定是否要对设计进行修改,修改满意后,编制全部设计文档,输出工程图,并将这些数据向 CAPP、CAM 系统传递,以实现数字化制造的全过程。

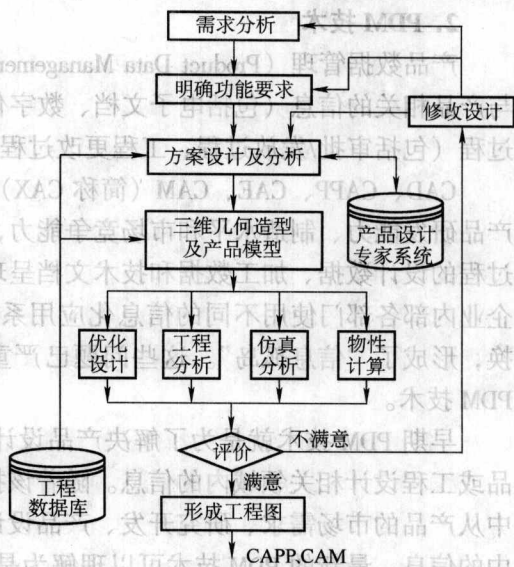


图 1-1 CAD 系统的工作过程

CAD 系统的功能一般包括零件数字造型、装配造型、工程图、工程分析、运动仿真、设计文档制作等,而系统的组成是由数字造型系统、科学计算和工程数据库等分系统构成的。数字造型系统的任务是完成包括零件几何造型、装配造型、自动绘图(二维工程图、三维实体图)、动态仿真等设计过程;科学计算包括常规物性分析计算、可靠性分析、有限元分析、优化设计、动态分析等内容;工程数据库是对设计过程中所使用或产生的数据、图形、文档等信息进行管理和存储。如果在 CAD 系统中加入人工智能和专家系统技术,使之具有按人类专家解决问题的思路和方法进行推理与决策,则可大大提高设计自动化水平,可以实现产品功能设计、总体方案设计等产品的概念级设计过程,以实现对产品设计全过程提供支持。

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing,简称 CAM),是指利用信息技术协助人们从事制造过程的技术。根据对制造的定义不同,可分为广义 CAM 和狭义 CAM。

广义 CAM 是指应用计算机进行制造信息处理的全过程,包括狭义 CAM;计算机辅助工艺规划(Computer Aided Process Planning,简称 CAPP),即利用计算机辅助人们编制零件加工工艺即确定工艺路线、选择加工设备和切削参数、制订合理检验方法等内容;计算机辅助质量控制(Computer Aided Quality,简称 CAQ),即利用计算机实时监控加工零件的质量,并及时反馈质量信息,辅助做出改进决策;物流过程控制,即利用计算机系统对产品各状态(包括零件从毛坯、半成品到成品,装配件、入库成品等)实施全过程的记录与控制。广义 CAM 是一个大系统,一般分为以上各个分系统进行研究与应用。

狭义 CAM 是指应用计算机辅助人们进行产品(零件)数控加工程序的编制,包括数控加工工艺(工序)规划、NC 代码生成、代码仿真等。目前讲 CAM 一般理解为狭义 CAM。

CAD/CAM 技术即计算机辅助设计与制造技术,是指将各自独立的 CAD、CAM 集成在一个软件包内,成为完整的系统。在系统内部构成统一的工程数据库,自动形成 CAD 模块与 CAM 模块间数据的“无缝”传递,以保证系统内信息交流的准确与通畅。

2. PDM 技术

产品数据管理(Product Data Management,简称 PDM)技术是指以软件技术为基础,管理与产品相关的信息(包括电子文档、数字化文件、工程数据库纪录等)和所有与产品相关的过程(包括审批/发放过程、工程更改过程、一般工作流程等)的技术。

CAD、CAPP、CAE、CAM(简称 CAX)等技术在制造业的普及,大大提高了制造企业的产品研发能力、制造水平和市场竞争能力,取得了明显的效益。与此同时,产品设计与制造过程的设计数据、加工数据和技术文档呈现“信息爆炸”性的增长势头。另外,各个企业、企业内部各部门使用不同的信息化应用系统,这些系统间的数据信息缺乏有效的交流和转换,形成了“信息孤岛”。这些问题已严重影响了 CAX 技术的应用,在这种情况下孕育了 PDM 技术。

早期 PDM 技术就是为了解决产品设计过程数据与不同系统之间的信息交换,管理与产品或工程设计相关领域内的信息。随着该技术的发展,目前可管理的信息已覆盖到整个企业中从产品的市场需求、研究开发、产品设计、工程制造、销售、服务、维护等产品生命周期中的信息。最新的 PDM 技术可以理解为是以软件为基础,以产品为核心,实现对产品相关的数据、过程、资源一体化集成管理的技术。它已成为技术数据与管理数据交流的平台。

要说明的是：在一些 CAD/CAM 系统中，含有部分 PDM 技术的功能，能够管理产品设计、制造过程中的数据，这为渐进式的产品设计、制造提供了良好的技术环境。

1.1.2 现代制造技术中的新概念

21 世纪制造业发生着巨大的变革，新的技术不断产生。目前制造技术可分为三方面：高制造技术、先进制造技术、传统制造技术。高制造技术主要是生物、纳米、新材料、新能源等高技术的发展而引发的制造技术，其最具代表的是微/纳制造技术、生物技术。先进制造技术是由传统制造技术与以计算机为核心的信息技术和现代管理技术相结合而形成的，包括数字化制造技术、CAD/CAE/CAPP/CAM 技术、快速成形技术、激光加工技术、近净成形技术、网络化制造技术等。下面介绍与本课程相关的一些概念。

1. 制造业企业信息化

制造业企业信息化是指企业利用现代信息技术，通过对信息资源的深化开发和广泛利用，不断提高企业经济效益和企业市场竞争力的过程。它包括以下内容。

(1) 企业制造过程信息化 即在制造过程中采用信息化技术。它包括设计时采用 CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM 技术，加工过程中采用数控设备，加工过程控制采用数字化智能仪表、自动控制设备等。这些技术的应用为提高产品质量、缩短制造周期提供了良好的保证，它们是制造业企业信息化的基础。

(2) 企业数据自动化、信息化 即应用信息技术、网络技术和先进的管理知识对生产、销售、财务等数据进行处理，建立企业管理信息系统，使之成为数字信息流，实现数据的快速反应与利用，实现无纸化办公，提高运行效率，降低管理成本，以实现企业优良的竞争力。企业数据自动化、信息化是制造业企业信息化工作量最大的、最难以实现的部分。

(3) 企业管理、决策信息化 利用现代通信技术，通过采集和利用国家宏观信息、企业材料供应商及合作伙伴的生产流通信息、市场信息等经营信息，提高企业对市场的快速反应能力和提高企业的正确决策能力，包括制造资源计划 (MRP II)、计算机集成制造系统 (CIMS)、办公自动化 (OA)、企业资源规划 (ERP)、电子商务系统等信息化系统都是该范畴的内容。企业管理、决策信息化是制造业企业信息化体系中较高的层次，也是效果最好的系统。目前该系统还处于快速发展阶段，没有固定的模式。

2. 逆向工程

逆向工程就是对已有的三维物体进行立体扫描 (测量)，形成各自独立的点数据 (也称点云)；然后将这些独立的点云数据整合，形成虚拟物体的三维数字模型；最后利用快速成形方法加工出物体的实物来，以验证数据模型合格与否。这种环链与“数字模型—实物”链方向相反，故称之为“逆向工程”。逆向工程技术自从 20 世纪 80 年代末出现以来快速发展，在制造业得到了迅速的应用，它所产生的经济效益非常巨大，尤其在创新设计中的作用尤为突出。实际应用中分为三个环节：三维扫描、数据整合、快速成形。

(1) 三维扫描 这里的三维扫描 (测量) 不同于传统意义上的几何体的测量，而是对物体整体面的扫描测量，它的测量密度大，测量结果是各自独立的点数据 (也称为点云)，数据量大。常用的测量方法有照相机法、扫描法。照相机法使用光学成像原理对物体表面进行三维照相测量，特点是测量速度快，但精度不高，各分段面测量时需作基准转换点。扫描法运用

激光干涉原理,采用激光窄束对物体表面进行三维扫描测量,特点是精度高、速度快,可使用软件实现各分段面测量数据的自动整合,是三维扫描测量的发展方向。需要说明的是:三维扫描测量的结果是物体表面的点云数据,而不是曲面数据,数据还需要下一步的再处理才能成为物体曲面数据。

(2) 数据整合 它是将三维扫描所得到的、各自独立的物体表面点云数据进行处理与整合,形成完整的三维曲面数字模型。常用的逆向工程软件有 Imageware、Geomagic、Rapid-Form、Polyworks、Surface 等。

(3) 快速成形 采用基于离散和堆积的原理,将零件的三维数字模型按“层”离散为离散面、离散线、离散点,再采用物理或化学手段,将这些离散的面、线段和点堆积而形成零件实体。这种方法有别于传统的加工方法,在加工成本、制作周期上都优于传统加工方法。常用的快速成形工艺有四种。一是光固化 SLA,即利用激光或紫外线对薄层液态光敏树脂进行有选择的快速照射,使之光照部分快速固化,形成构建原型所需要的一层层截面轮廓,并依次将每一层截面轮廓叠加成三维的原型;二是层堆叠 LOM,用激光对薄形材料(如底面带胶的纸)进行切割,得到每一层轮廓后,再将其叠加粘接在一起,形成三维实体原型;第三种烧结法 SLS,采用激光对粉末材料进行选择性的烧结,由烧结的离散点一层层堆积成三维实体;第四种熔融法 FDM,是对丝状材料选择性加热成半液态的材料,并在实体部一层层熔融沉积而形成实体原型。这四种方法中精度最高的是光固化 SLA,所形成实体原型的强度最高、方法环保的是熔融法 FDM,材料最廉价的是烧结法 SLS。

3. 网络化制造

网络化制造是企业为应对知识经济和制造全球化的挑战,实施的以快速响应市场需求和提高企业(企业群体)竞争力为主要目标的一种先进制造模式。它是通过采用先进的网络技术、制造技术及其它相关技术,构建面向企业特定需求的基于网络的制造系统,并在系统的支持下,突破空间地域对企业生产经营范围和方式的约束,开展覆盖产品整个生命周期全部或部分环节的企业业务活动(如产品设计、制造、销售、采购、管理等),实现企业间的协同和各种社会资源的共享与集成,高速度、高质量、低成本地为市场提供所需的产品和服务。目前网络化制造技术在国外的研究和应用是非常快的,很多大型企业普遍应用了该技术,以保持制造业中的技术优势,并获取着产品利润中的高比例份额。

上面的网络化制造是一种广义的定义与理解,还有狭义的定义,就是将加工车间的数控加工设备(数控机床)接入网络中,使之成为网络的一个节点,共享网络资源并被网络所共享,它也称为网络加工技术。目前国外已经开发出第六代数控机床,可以实现网络加工。

1.2 CAD/CAM 的应用及发展趋势

CAD/CAM 技术自从 20 世纪 60 年代产生以来,得到了快速发展,在制造业的应用也日益广泛,所产生的经济效益是巨大的,目前 CAD/CAM 技术已形成了上百种的商用软件系统。按照系统功能的大小可分为大型、中型和小型 CAD/CAM 系统。

1. 大型 CAD/CAM 系统

这类系统采用面向产品全生命周期的建模技术,具有基于工程数据库的企业级产品数据

管理 (PDM) 功能, 提供工程工作站或高性能微机组成的客户机/服务器 (C/S) 的网络系统, 支持设计群体小组的协同设计工作模式。大型 CAD/CAM 系统功能强大, 具备设计、分析、制造等产品制造全流程数字化功能, 工程应用性好。目前有代表的系统有美国 PTC 公司的产品 Pro/Engineer 系统, 法国达索 (Dassault) 公司开发的 CATIA 系统, 美国 UGS 公司的产品 Unigraphics (UG) 系统, 美国 SDRC 公司开发 I-DEAS 系统, 它们占据着目前世界上 CAD/CAM 市场份额的 70% 以上。

Pro/Engineer 系统首先提出的单一数据库、参数化、基于特征、全相关等概念, 改变了机械 CAD/CAE/CAM 的传统观念, 利用该概念开发出来的 Pro/E 软件能将设计至加工全过程集成到一起, 让所有的用户能够同时进行同一产品的设计制造工作, 即实现所谓的并行工程。Pro/E 系统用户界面简洁, 概念清晰, 符合工程人员的设计思想与习惯。Pro/E 系统在国内拥有很大的用户群。

CATIA 软件以其强大的曲面设计功能而著称, 它的曲面造型功能体现在提供了极丰富的造型工具来支持用户的造型需求, 比如其特有的高次 Bezier 曲线曲面功能, 次数能达到 15, 能满足特殊行业对曲面光滑性的苛刻要求。在飞机、汽车、轮船、摩托车及航空航天等设计领域享有很高的声誉。同时, CATIA 也大量地进入了其它行业, 如机车制造、通用机械、家电等。CATIA 应用的成功案例是波音 777、737 均成功地用该系统进行的 100% 数字模型设计、无纸加工, 它是世界上首个工业化的数字化设计产品。CATIA 最新版本提供了网络协同设计、并行工程等功能; 它已成为世界工业的事实标准。

UG 系统将优越的参数化和变量化技术与传统的实体、线框和表面功能结合在一起, 构造了良好的建模技术, 并被大多数 CAD/CAM 软件厂商所采用。它在数控加工编程、曲面造型方面的性能尤为突出。

I-DEAS 系统在 CAD/CAE 一体化技术方面一直雄居世界榜首, 软件内含结构分析、热力分析、优化设计、耐久性分析等真正提高产品性能的高级分析功能。系统提供在单一数字模型中完成从产品设计、仿真分析、测试直至数控加工的产品研发全过程的环境。

2. 中型 CAD/CAM 系统

这类系统提供工作在微机上的、功能完善的产品设计、装配、工程图、分析、加工等数字化环境, 具备参数化特征造型技术, 系统应用方便、高效, 为大多数中小型企业所欢迎。代表的系统有生信国际有限公司推出的 SolidWorks、以色列 Cimatron 公司的 Cimatron、UGS/SDRC 公司的 SolidEdge、北航海尔软件有限公司推出的 CAXA 实体设计/制造工程师系统等。

3. 小型 CAD/CAM 系统

这类系统工作在微机系统上, 具有完善的二维绘图功能和简单的数控加工代码生成功能, 在小型企业普遍应用。代表作有美国 Autodesk 公司的 AutoCAD 系统、北京北航海尔软件有限公司的 CAXA 电子图板/线切割系统、武汉开目公司的开目 CAD 系统等。

1.3 Pro/E 系统简介

Pro/Engineer 系统是美国 PTC (Parametric Technology Corporation, 参数技术公司) 公司研制的 CAD/CAE/CAM 大型集成软件系统, 包括设计、分析、加工等功能, 可用于工业设计、机

械、汽车、航天、电路设计、玩具等行业。该公司在 1988 年首推出 V1.0 版本后, 经过了 R20、2000i、2001 等版本的升级, 2003 年推出了 Wildfire (野火) 版。Pro/Engineer Wildfire 具有更好的操作界面, 简化了工作流程, 更加便于设计人员的创新设计; 在曲面设计上提供了更完善的自由曲面设计手段, 在工程分析、制造、协同设计、PDM 方面增强了解决方案的能力; 同时新提供了逆向工程、布线系统、实时图片渲染等功能, 是一个具有突破性的版本。

1.3.1 Pro/E 系统的基本功能模块

Pro/Engineer 是一个综合系统, 它划分了各个功能模块, 分别实现不同的功能。主要的功能模块如下。

1. Pro/Engineer 模块

该模块是系统的基本模块, 提供基本的三维造型功能、参数化功能定义、装配造型、工程视图生成和三维实物着色渲染等。

2. Pro/Assembly 模块

该模块是参数化组装管理模块, 能提供用户表格手段去产生组装系列, 并在组装中自动更换零件。该模块中还包括 Pro/Program 模块, 提供用户自行编写参数化组装程序的开发工具。

3. Pro/Design 模块

该模块提供在二维或三维状态下的装配图组装设计。可以方便地生成装配图层次等级, 使用二维平面图自动装配零件, 以及三维部件平面布置等。

4. Pro/Detail 模块

该模块是系统基本模块在工程图方面的扩充模块, 提供多种工程图处理命令, 可以实现附加视图、多张图样、向视图添加信息、自定义工程图格式等。

5. Pro/Manufacture 模块

该模块是 CAM 系统, 提供数控加工工艺规划、工艺参数的设置、数控加工程序的自动编程、刀具轨迹仿真等。

6. Pro/Moldsign 模块

该模块是注射模具设计系统, 提供塑料注射模具的设计与分析, 能够完成包括凸模、凹模、流道系统、冷却系统等的设计。另外, Pro/E 还提供了一些外挂应用程序和库来辅助模具的设计, 如塑料顾问和 MOLDBASE、EMX。

对于模具, Pro/E 系统还提供了 Pro/Casting 和 Pro/Die 系统, 可分别用来设计浇注压铸模具和冷冲模具。

7. Pro/Interface 模块

该模块是工业标准数据传输系统, 提供与其它 CAD/CAM 系统间的数据交换标准格式, 如 IGES、STP、SET、VDA、DXF、SLA、TIF 等。

8. Pro/ToolKit 模块

该模块是二次开发系统, 提供 C 语言程序的二次开发库, 以方便用户在 Pro/E 环境下进行 CAD/CAE/CAM 程序的设计与开发。

1.3.2 Pro/E 系统的工作界面

Pro/Engineer Wildfire 的工作界面是一个典型的 Windows 界面，它采用交互式图形界面，通过菜单、工具按钮和对话框等形式来实现操作，可实现便利、高效的工作流程。

图 1-2 所示为 Pro/Engineer Wildfire 的工作界面，包含 7 个部分。

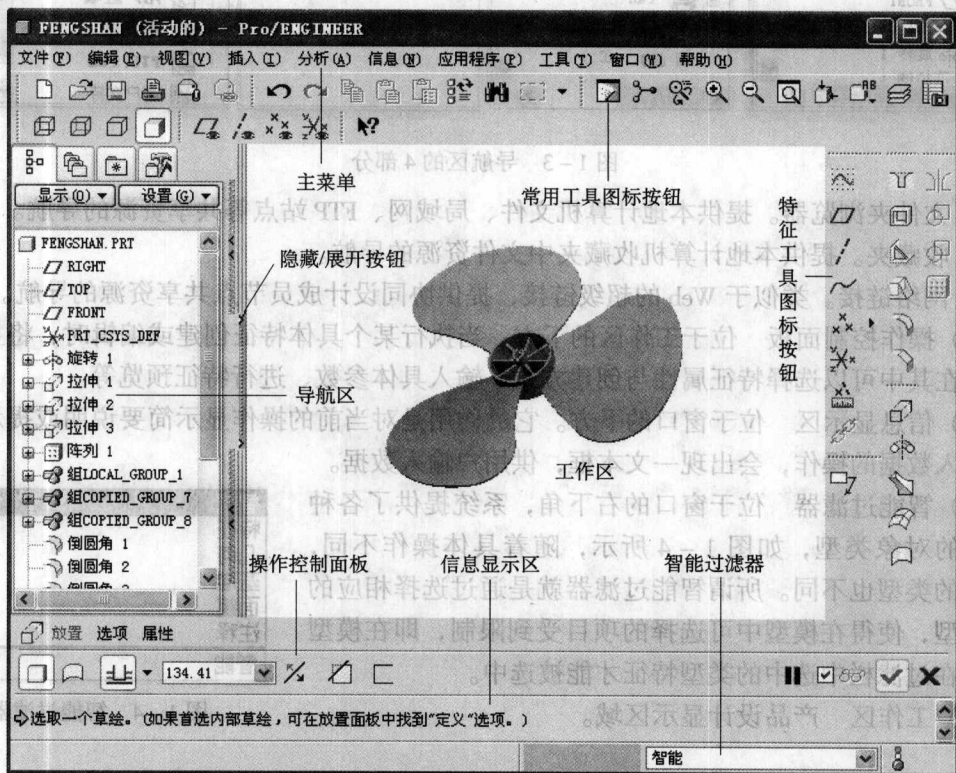


图 1-2 Pro/Engineer Wildfire 的工作界面

(1) 主菜单 位于窗口的上方，由许多菜单组成，每个菜单又有多个选项组成，故又称为下拉式菜单。主菜单主要提供系统的各种操作技巧和方法。在不同的模块中，其菜单内容有所不同。

(2) 常用工具图标按钮 它是用来代替下拉式菜单中的某些常用命令，以提高操作效率。常见的文件工具图标按钮（位于主菜单下面）、特征工具图标按钮（位于窗口右侧）；系统还提供了其它工具图标按钮，用户可以自行设置其显示与否，方法是將光标移至任一个按钮上点鼠标右键，在出现的快捷菜单中选择要显示的工具按钮名称即可将其显示在窗口中。

(3) 导航区 位于窗口的左侧，用于搜索、获取和管理设计进程和模型数据。它包括模型特征树、文件夹浏览器、收藏夹、网络链接 4 部分，如图 1-3 所示。对于导航区可以使用隐藏/展开按钮，以控制窗口的显示和隐藏。

1) 模型特征树。它包含了创建当前文件的所有特征或零件列表，并以树状的形式显示构造过程。它是 Pro/E 特有的信息显示方式，可在其中做许多特征操作。

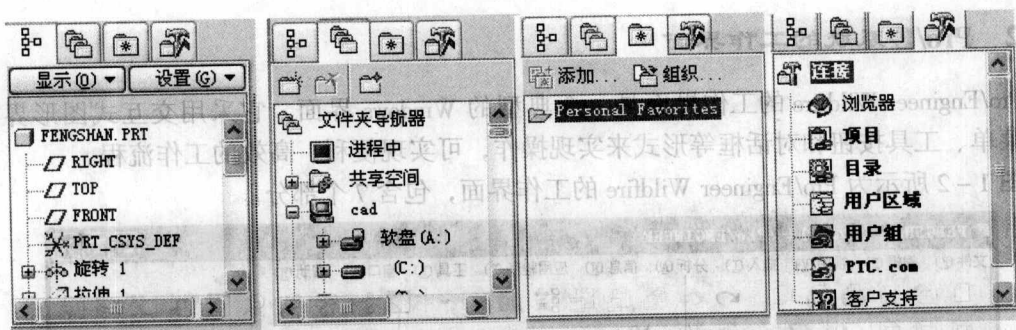


图 1-3 导航区的 4 部分

2) 文件夹浏览器。提供本地计算机文件、局域网、FTP 站点等共享资源的导航。

3) 收藏夹。提供本地计算机收藏夹中文件资源的导航。

4) 网络链接。类似于 Web 的超级链接，提供协同设计成员节点共享资源的导航。

(4) 操作控制面板 位于工作区的下方。当执行某个具体特征创建或编辑时，将显示该面板。在其中可以选择特征属性与创建方式、输入具体参数、进行特征预览等。

(5) 信息显示区 位于窗口的下方。它的作用是对当前的操作显示简要说明或提示；对需要输入数据的操作，会出现一文本框，供用户输入数据。

(6) 智能过滤器 位于窗口的右下角，系统提供了各种可选择的对象类型，如图 1-4 所示，随着具体操作不同，可提供的类型也不同。所谓智能过滤器就是通过选择相应的对象类型，使得在模型中可选择的项目受到限制，即在模型中只有在过滤栏中选中的类型特征才能被选中。



图 1-4 智能过滤器

(7) 工作区 产品设计显示区域。

1.3.3 Pro/E 系统的操作

Pro/E 系统的操作采用典型的 Windows 窗口操作方式，同时也具有自己的操作特点。

1. Pro/E 的文件操作与管理

在 Pro/E 中，可以通过“文件”菜单来进行文件的操作与管理。点按文件菜单后，系统显示其菜单项，如图 1-5 所示。

(1) 新建 用于建立 Pro/E 文件，对应主工具栏中的  图标按钮。单击该项后，系统出现新建对话框，如图 1-6 所示。在对话框中可以确定新建文件类型、名称和选择模板等。Pro/E 提供了 10 种文件类型，它们以不同的扩展名来区分，某些文件类型又分为多个子类型，其说明见表 1-1。

(2) 打开 用于打开已建立的 Pro/E 文件，对应主工具栏中的  图标按钮。单击该项后，系统出现文件打开对话框，如图 1-7 所示。在对话框中可以打开指定位置（硬盘或内存中）、指定类型、指定版本的文件。在对话框中显示内存可按对话框中的  按钮。

(续)

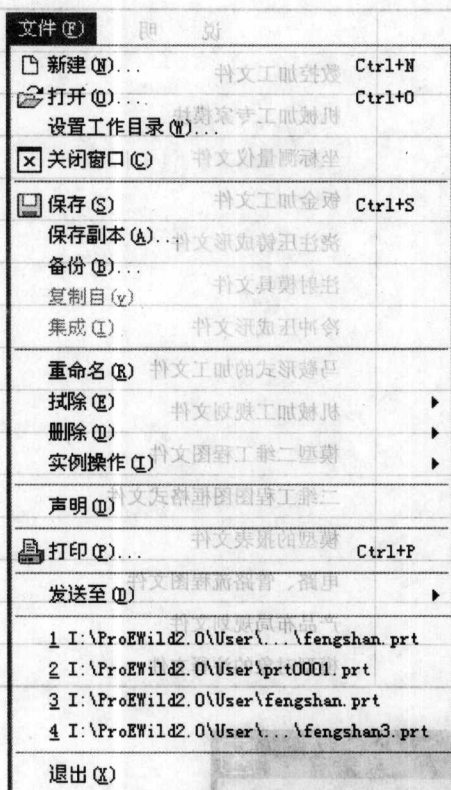


图 1-5 文件菜单

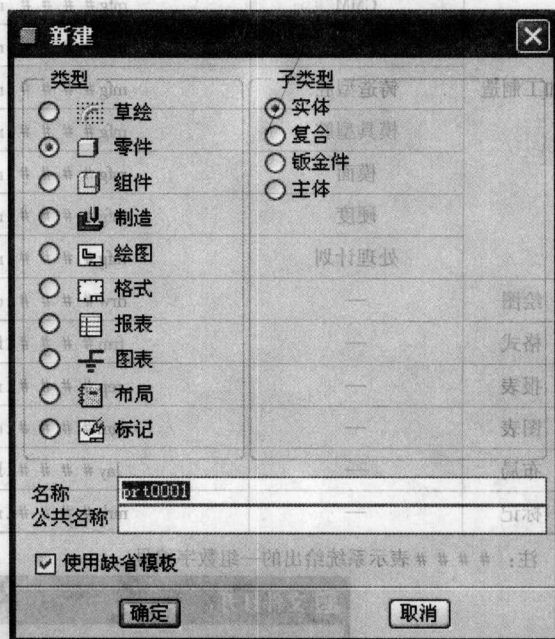


图 1-6 新建对话框

表 1-1 Pro/E 文件类型的说明

文件类型	子类型	默认文件名	说 明
草图	—	s2d # # # # .sec	截面草图文件
零件模型	实体	prt # # # # .prt	三维实体模型文件
	复合	prt # # # # .prt	复合零件模型文件
	钣金件	prt # # # # .prt	钣金零件模型文件
	主体	blk # # # # .prt	主体模型文件
组件模型	设计	asm # # # # .asm	装配模型文件
	互换	asm # # # # .asm	自动替换装配零件文件
	校验	asm # # # # .asm	零件模型的验证文件
	处理计划	asm # # # # .asm	零件模型装配的规划文件
	NC 模型	asm # # # # .asm	数控加工模型的装配文件
	模具布局	asm # # # # .asm	模具布局规划文件
	Ext. 简化表示	asm # # # # .asm	外部简化表示装配文件