



21st CENTURY

十一五规划

21世纪全国应用型本科

大机械系列 实用规划教材

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0

实用教程

主 编 黄卫东 任国栋
副主编 郝用兴 张克义
主 审 王 宵

中国林业出版社
China Forestry Publishing House



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 实用教程

主 编	黄卫东	任国栋
副主编	郝用兴	张克义
参 编	丁时锋	贾 娜
主 审	王 宵	

中国林业出版社
China Forestry Publishing House



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 是美国 PTC 公司最新推出的功能强大的参数化三维设计软件包, 它集零件设计、装配、工程图、钣金设计、模具设计、NC 加工、造型设计、逆向工程、运动模拟以及有限元分析等功能于一体, 涵盖了产品设计制造的全过程。

本书着重介绍了 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 中文版的基本知识和实践应用。全书共 12 章。前 3 章介绍 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的主要功能与模块、工作环境以及二维草绘的建立方法; 第 4~8 章介绍了 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的基本使用方法和基本操作; 第 9~10 章介绍了 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的高级建模功能, 包括高级实体造型和曲面特征的创建方法; 第 11 章介绍了装配的基本知识和自顶向下的设计思路; 第 12 章介绍了建立工程图的方法。

本书内容丰富, 文字通俗易懂, 实用性和可操作性强, 可以作为高等院校相关专业师生的教材或教学参考书, 也适用于工程设计人员阅读参考。随书所附光盘内容为书中范例、练习源文件。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 实用教程/黄卫东, 任国栋主编. —北京: 中国林业出版社; 北京大学出版社, 2006.7

(21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材)

ISBN 7-5038-4437-X

I. P… II. ①黄… ②任… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 2.0—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 073172 号

书 名: Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 实用教程

著作责任者: 黄卫东 任国栋 主编

策划编辑: 李昱涛

责任编辑: 郭穗娟 杜 娟

标准书号: ISBN 7-5038-4437-X

出 版 者: 中国林业出版社(地址: 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号 邮编: 100009)

<http://www.cfph.com.cn> E-mail: cfphz@public.bta.net.cn

电话: 编辑部 66170109 营销中心 66187711

北京大学出版社(地址: 北京市海淀区成府路 205 号 邮编: 100871)

<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com> E-mail: pup_6@163.com

电话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社 中国林业出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 518 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

《21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材》

专家编审委员会

名 誉 主 任 胡正寰

主 任 委 员 殷国富

副主任委员 (按拼音排序)

戴冠军 江征风 李郝林 梅 宁 任乃飞

王述洋 杨化仁 张成忠 张新义

顾 问 (按拼音排序)

傅水根 姜继海 孔祥东 陆国栋

陆启建 孙建东 张 金 赵松年

委 员 (按拼音排序)

方 新 郭秀云 韩健海 洪 波

侯书林 胡如风 胡亚民 胡志勇

华 林 姜军生 李自光 刘仲国

柳舟通 毛 磊 孟宪颐 任建平

陶健民 田 勇 王亮申 王守城

魏 建 魏修亭 杨振中 袁根福

曾 忠 张伟强 郑竹林 周晓福

丛书总序

殷国富*

机械是人类生产和生活的基本工具要素之一,是人类物质文明最重要的一个组成部分。机械工业担负着向国民经济各部门,包括工业、农业和社会生活各个方面提供各种性能先进、使用安全可靠的技术装备的任务,在国家现代化建设中占有举足轻重的地位。20 世纪 80 年代以来,以微电子、信息、新材料、系统科学等为代表的新一代科学技术的发展及其在机械工程领域中的广泛渗透、应用和衍生,极大地拓展了机械产品设计制造活动的深度和广度,改变了现代制造业的产品设计方法、产品结构、生产方式、生产工艺和设备以及生产组织模式,产生了一大批新的机械设计制造方法和制造系统。这些机械方面的新方法和系统的主要技术特征表现在以下几个方面:

(1) 信息技术在机械行业的广泛渗透和应用,使得现代机电产品已不再是单纯的机械构件,而是由机械、电子、信息、计算机与自动控制等集成的机电一体化产品,其功能不仅限于加强、延伸或取代人的体力劳动,而且扩大到加强、延伸或取代人的某些感官功能与大脑功能。

(2) 随着设计手段的计算机化和数字化, CAD/CAM/CAE/PDM 集成技术和软件系统得到广泛使用,促进了产品创新设计、并行设计、快速设计、虚拟设计、智能设计、反求设计、广义优化设计、绿色产品设计、面向全寿命周期设计等现代设计理论和技术方法的不断发展。机械产品的设计不只是单纯追求某项性能指标的先进和高低,而是注重综合考虑质量、市场、价格、安全、美学、资源、环境等方面的影响。

(3) 传统机械制造技术在不断吸收电子、信息、材料、能源和现代管理等方面成果的基础上形成了先进制造技术,并将其综合应用于机械产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务的机械产品制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产,提高对动态多变的市场的适应能力和竞争能力。

(4) 机械产品加工制造的精密化、快速化,制造过程的网络化、全球化得到很大的发展,涌现出 CIMS、并行工程、敏捷制造、绿色制造、网络制造、虚拟制造、智能制造、大规模定制等先进生产模式,制造装备和制造系统的柔性及可重组已成为 21 世纪制造技术的显著特征。

(5) 机械工程的理论基础不再局限于力学,制造过程的基础也不只是设计与制造经验及技艺的总结。今天的机械工程学科比以往任何时候都更紧密地依赖诸如现代数学、材料科学、微电子技术、计算机信息科学、生命科学、系统论与控制论等多门学科及其最新成就。

上述机械科学与工程特征和发展趋势表明,现代机械工程学科越来越多地体现着知识经济的特征。因此,加快培养适应我国国民经济建设所需要的高综合素质的机械工程学科人才的意义十分重大、任务十分繁重。我们必须通过各种层次和形式的教育,培养出适应世界机械工业发展潮流与我国机械制造业实际需要的技术人才与管理人才,不断推动我国机械科学与工程技术的进步。

为使机械工程学科毕业生的知识结构由较专、较深、适应性差向较通用、较广泛、适

*殷国富教授:现为教育部机械学科教学指导委员会委员,现任四川大学制造科学与工程学院院长

应性强方向转化,在教育部的领导与组织下,1998 年对本科专业目录进行了第 3 次大的修订。调整后的机械类专业变成 4 类 8 个专业,它们是:机械类 4 个专业(机械设计制造及其自动化、材料成型及控制工程、过程装备与控制、工业设计);仪器仪表类 1 个专业(测控技术与仪器);能源动力类 2 个专业(热能与动力工程、核工程与核技术);工程力学类 1 个专业(工程力学)。此外还提出了面向更宽的引导性专业,即机械工程及自动化。因此,建立现代“大机械、全过程、多学科”的观点,探讨机械科学与工程技术学科专业创新人才的培养模式,是高校从事制造学科教学的教育工作者的责任;建立培养富有创新能力人才的教学体系和教材资源环境,是我们努力的目标。

要达到这一目标,进行适应现代机械学科发展要求的教材建设是十分重要的基础工作之一。因此,组织编写出版面向大机械学科的系列教材就显得很有意义和十分必要。北京大学出版社和中国林业出版社的领导和编辑们通过对国内大学机械工程学科教材实际情况的调研,在与众多专家学者讨论的基础上,决定面向机械工程学科类专业的学生出版一套系列教材,这是促进高校教学改革发展的重大决策。按照教材编审委员会的规划,本系列教材将逐步出版。

本系列教材是按照高等学校机械学科本科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求,合理定位,由长期在教学第一线从事教学工作的教师立足于 21 世纪机械工程学科发展的需要,以科学性、先进性、系统性和实用性为目标进行编写,以适应不同类型、不同层次的学校结合学校实际情况的需要。本系列教材编写的特色体现以下几个方面:

(1) 关注全球机械科学与工程技术学科发展的大背景,建立现代大机械工程学科的新理念,拓宽理论基础和专业基础知识,特别是突出创造能力和创新意识。

(2) 重视强基础与宽专业知识面的要求。在保持较宽学科专业知识的前提下,在强化产品设计、制造、管理、市场、环境等基础理论方面,突出重点,进一步密切学科内各专业知识面之间的综合内在联系,尽快建立起系统性的知识体系结构。

(3) 学科交叉与综合的观念。现代力学、信息科学、生命科学、材料科学、系统科学等新兴学科与机械学科结合的内容在系列教材编写中得到一定的体现。

(4) 注重能力的培养,力求做到不断强化自我的自学能力、思维能力、创造性地解决问题的能力以及不断自我更新知识的能力,促进学生向着富有鲜明个性的方向发展。

总之,本系列教材注意了调整课程结构,加强学科基础,反映系列教材各门课程之间的联系和衔接,内容合理分配,既相互联系又避免不必要的重复,努力拓宽知识面,在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索。当然,本系列教材还需要在内容的精选、音像电子课件、网络多媒体教学等方面进一步加强,使之能满足普通高等院校本科教学的需要,在众多的机械类教材中形成自己的特色。

最后,我要感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动,也要感谢北京大学出版社和中国林业出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因,本系列教材还存在一些不足和错漏。我相信,在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下,不断改进和完善这套教材,使之在我国机械工程类学科专业的教学改革和课程体系建设中起到应有的促进作用。

前 言

Pro/Engineer 是美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation, 缩写 PTC)推出的大型工程技术软件, 是一套由设计至生产的机械自动化软件, 是一个参数化、基于特征的实体造型系统, 并且具有单一数据库功能。它的内容涵盖了概念设计、工业造型设计、三维模型设计、分析计算、动态模拟与仿真、工程图的输出以及生产加工的全过程, 由于其强大而完美的功能, Pro/ENGINEER 为专业人士提供了一个理想的设计环境, 有力地推动了企业的技术进步。

该公司最近推出的 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 较之以前的版本有了极大的改进, 在功能上有了很大增强, 在界面和使用风格上更加桌面化, 操作更简捷、方便, 更容易学习和掌握。该软件在原有 Pro/ENGINEER 2001 版本基础上新增众多实用功能, 特别强调了设计过程的易用性及设计人员之间的互联性。

本书以 Pro/Engineer Wildfire 2.0 版本为基础, 介绍了 Pro/Engineer 零件设计的基础知识, 内容包括零件的三维建模、基本曲面特征的创建、其他特征的创建、装配设计及二维工程图的建立等。全书共 12 章: 第 1 章介绍了 Pro/ENGINEER 软件的发展历史以及 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的主要功能与模块; 第 2 章介绍了 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的工作环境, 以及系统的基本操作方法; 第 3 章介绍了二维截面的草绘方法及其标注和编辑; 第 4 章介绍了拉伸、旋转、扫描和混合四种草绘特征的创建方法; 第 5 章介绍了基准平面、基准轴、基准点、基准曲线等基准特征的创建方法; 第 6 章介绍了孔、倒角、倒圆、抽壳等放置特征的创建方法; 第 7 章介绍了复制特征、阵列特征和特征群组的常用方法; 第 8 章介绍了特征的编辑修改以及特征失败的解决方法和技巧; 第 9 章介绍了可变剖面扫描、扫描混合及螺旋扫描等几种高级实体造型的基本方法; 第 10 章介绍了基本曲面特征和高级曲面特征的创建方法; 第 11 章介绍了装配的基本知识和自顶向下的设计思路; 第 12 章介绍了建立工程图的方法。本书内容深入浅出、通俗易懂, 有丰富翔实的图例、重点难点的提示、经验技巧的介绍, 随书含有包含范例、练习源文件的压缩包, 请到 <http://www.pup6.com> 网上下载。使读者借助此书能轻松掌握 Pro/Engineer Wildfire 2.0 的零件设计方法。

下面是本教材的课时安排计划, 供教学中参考。

章 节	理 论 学 时	上 机 学 时
第 1 章 Pro/ENGINEER 系统概述	1	
第 2 章 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的基本操作	1	1
第 3 章 草绘二维截面	2	2
第 4 章 创建草绘实体特征	4	4
第 5 章 创建基准特征	2	2
第 6 章 创建放置实体特征	4	4

(续)

章 节	理 论 学 时	上 机 学 时
第 7 章 特征的复制	2	2
第 8 章 特征的操作	2	1
第 9 章 高级实体特征	4	4
第 10 章 创建曲面特征	4	4
第 11 章 装配特征	2	2
第 12 章 建立工程图	4	4
合 计	32	30

参加本书编著工作的有：福建工程学院黄卫东(第 1 章、第 9 章、第 12 章和第 7 章的第五节)、江苏大学任国栋(第 8 章、第 10 章、第 11 章)、华北水利水电学院郝用兴(第 2 章、第 3 章)、东华理工学院张克义(第 5 章、第 6 章)、九江学院丁时锋(第 4 章)、东北林业大学贾娜(第 7 章)。全书由黄卫东、任国栋担任主编，郝用兴、张克义担任副主编，江苏大学的王宵副教授担任主审。

由于编者水平有限，书中难免存在一些不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2006.4

目 录

第 1 章 Pro/ENGINEER 系统概述.....	1
1.1 Pro/ENGINEER 系统的产生与发展	1
1.2 Pro/ENGINEER 系统的参数化设计特性	2
1.2.1 基于特征的造型 (Feature-based design)	2
1.2.2 单一数据库(Single database)	3
1.2.3 参数化设计 (Parametric design)	4
1.3 行为建模技术	4
1.4 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的模块	5
1.4.1 Pro/Engineer	5
1.4.2 Pro/ASSEMBLY	6
1.4.3 Pro/DEVELOP	6
1.4.4 Pro/DESIGN	6
1.4.5 Pro/DETAIL	6
1.4.6 Pro/DIAGRAM	7
1.4.7 Pro/DRAFT	7
1.4.8 Pro/ECAD	7
1.4.9 Pro/FEATURE	7
1.4.10 Pro/LIBRARYACCESS	7
1.4.11 Pro/MESH	7
1.4.12 Pro/MOLDESIGN	8
1.4.13 Pro/MANUFACTURING	8
1.4.14 Pro/PROJECT	8
1.5 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的新功能	9
1.5.1 支持“3D 图面”作业	9
1.5.2 对于其他 CAD 文件有更好的支持	9
1.5.3 更多熟悉的用户界面工具	9
1.5.4 与时俱进的 Pro/ENGINEER 应用程序	10

1.5.5 更轻松地建立更高品质的设计图面	10
1.5.6 更强大的进阶设计工具	10
1.5.7 更简单、更灵活的管理方式 ...	10
1.5.8 整个设计流程都能获得更好的回馈	11
1.5.9 效率更高的数值控制流程	11
1.5.10 与网络连接功能	11
小结	12
思考与练习	12
第 2 章 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的基本操作	13
2.1 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的启动与退出	13
2.1.1 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的启动	13
2.1.2 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的退出	14
2.2 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的工作界面	15
2.2.1 初始工作界面	15
2.2.2 主菜单栏	16
2.2.3 工具栏	18
2.2.4 操控面板	19
2.2.5 导航栏	19
2.2.6 信息提示栏	20
2.2.7 命令解释区及帮助中心	20
2.2.8 绘图区	21
2.2.9 选择过滤器	21
2.2.10 模型对话框	21
2.3 文件基本操作	22
2.3.1 当前工作目录的设置	22
2.3.2 文件操作	23

2.3.3 打印及数据交换.....	27	3.5 几何约束	53
2.4 鼠标的操作	28	3.5.1 几何约束的类型	53
2.5 模型浏览	28	3.5.2 解决过度约束	54
2.5.1 动态浏览	29	3.6 几何图元的尺寸标注	54
2.5.2 模型显示	29	3.6.1 尺寸强化	54
2.5.3 视图定向	31	3.6.2 尺寸标注	55
2.5.4 命名、保存与调用视图	33	3.6.3 尺寸修改	58
2.6 窗口操作	34	3.6.4 尺寸锁定	59
2.6.1 激活窗口	34	3.6.5 尺寸删除	60
2.6.2 关闭窗口	34	3.7 草绘综合实例	60
2.6.3 打开系统窗口	34	小结	63
小结	35	思考与练习	63
思考与练习	35		
第3章 草绘二维截面	36	第4章 创建草绘实体特征	65
3.1 草绘工作环境	36	4.1 基础知识	65
3.1.1 进入草绘模式	36	4.1.1 草绘平面与参考平面的概念	65
3.1.2 “草绘器工具”及 “草绘器”工具栏	38	4.1.2 伸出项与切口	65
3.1.3 使用目的管理器	39	4.1.3 创建实体特征的基本方法	66
3.1.4 设定草图绘制环境	40	4.2 拉伸实体特征	67
3.2 基本几何图元的绘制	42	4.2.1 拉伸特征创建的基本操作	67
3.2.1 点的绘制	42	4.2.2 草绘截面创建	68
3.2.2 圆与椭圆的绘制	42	4.2.3 拉伸深度的定义	68
3.2.3 圆弧、圆锥曲线的绘制	43	4.2.4 特征预览	69
3.2.4 直线的绘制	44	4.2.5 创建拉伸特征实例	69
3.2.5 矩形的绘制	46	4.3 旋转实体特征	73
3.3 编辑几何图元	46	4.3.1 旋转特征创建的基本操作	73
3.3.1 几何图元的修剪	46	4.3.2 草绘截面创建	73
3.3.2 几何图元的镜像	48	4.3.3 旋转角度的定义	74
3.3.3 几何图元的移动、缩放、 旋转	48	4.3.4 创建旋转特征实例	75
3.3.4 几何图元的复制	49	4.4 扫描实体特征	77
3.4 高级几何图元的绘制	49	4.4.1 扫描实体特征创建的基本 操作	77
3.4.1 圆锥曲线的绘制	49	4.4.2 轨迹线和截面的关系	79
3.4.2 绘制相对坐标系	50	4.4.3 创建扫描实体特征实例	80
3.4.3 绘制圆角、椭圆形圆角	50	4.5 混合实体特征	83
3.4.4 绘制样条曲线	50	4.5.1 混合实体特征基本概念	83
3.4.5 文字的绘制	52	4.5.2 平行混合特征的创建	83
		4.5.3 旋转混合特征的创建	86
		4.5.4 一般混合特征的创建	88

4.6 草绘实体特征综合实例.....	90	7.1.2 【新参考】方式复制.....	154
小结.....	96	7.1.3 【相同参考】方式复制.....	156
思考与练习.....	97	7.1.4 【镜像】方式复制.....	157
第5章 创建基准特征	99	7.1.5 【移动】方式复制.....	159
5.1 基准平面.....	99	7.2 镜像几何.....	161
5.1.1 基准平面基本知识.....	99	7.3 阵列特征.....	162
5.1.2 基准平面的创建.....	100	7.3.1 【尺寸】阵列.....	163
5.2 基准轴.....	104	7.3.2 【方向】阵列.....	165
5.2.1 基准轴基本知识.....	104	7.3.3 【轴】阵列.....	166
5.2.2 基准轴的创建.....	104	7.3.4 【表】阵列.....	168
5.3 基准点.....	108	7.3.5 【参照】阵列.....	169
5.3.1 一般基准点.....	108	7.3.6 【填充】阵列.....	170
5.3.2 草绘基准点.....	112	7.4 特征群组.....	171
5.3.3 偏移坐标系基准点.....	112	7.4.1 建立群组.....	172
5.4 基准曲线.....	113	7.4.2 群组复制.....	173
5.5 基准坐标系.....	117	7.5 特征复制综合实例.....	173
5.6 基准特征综合实例.....	119	小结.....	179
小结.....	122	思考与练习.....	179
思考与练习.....	122	第8章 特征的操作	181
第6章 创建放置实体特征	124	8.1 父子关系.....	181
6.1 基础知识.....	124	8.2 修改特征.....	182
6.2 孔特征.....	125	8.3 重定义特征.....	182
6.2.1 孔的定位方式.....	125	8.4 更改特征间的父子关系.....	183
6.2.2 直孔.....	127	8.5 插入特征.....	184
6.2.3 草绘孔.....	129	8.6 调整特征建立的顺序.....	184
6.2.4 标准孔.....	130	8.7 特征的隐含、恢复和删除.....	184
6.3 圆角特征.....	133	8.7.1 特征隐含方法一.....	185
6.4 倒角特征.....	136	8.7.2 特征隐含方法二.....	185
6.5 抽壳特征.....	138	8.7.3 隐含特征的恢复.....	186
6.6 筋特征.....	140	8.7.4 特征删除.....	187
6.7 拔模特征.....	141	8.8 特征生成失败及其解决办法.....	187
6.8 构造特征综合实例.....	148	8.9 特征操作综合实例.....	189
小结.....	150	小结.....	197
思考与练习.....	151	思考与练习.....	197
第7章 特征的复制	153	第9章 高级实体特征	198
7.1 复制特征.....	153	9.1 可变剖面扫描.....	198
7.1.1 复制特征菜单命令.....	153	9.1.1 基本概念.....	198

9.1.2 可变剖面扫描特征的创建 方法	200	10.4.5 曲面的区域偏移和拔模 偏移	241
9.1.3 创建可变剖面扫描实体特 征实例	201	10.5 利用面组建立实体特征	244
9.2 扫描混合	203	10.5.1 曲面的加厚	245
9.2.1 基本概念	203	10.5.2 曲面的实体化	246
9.2.2 扫描混合特征的创建方法	204	10.5.3 曲面替换实体表面	247
9.2.3 创建扫描混合实体特征 实例	205	10.6 创建曲面特征综合实例	248
9.3 螺旋扫描	207	小结	260
9.3.1 基本概念	207	思考与练习	261
9.3.2 螺旋扫描特征的创建方法	208	第 11 章 装配特征	262
9.3.3 创建螺旋扫描实体特征 实例	209	11.1 装配模块	262
9.4 高级实体特征综合实例	210	11.1.1 装配模块简介	262
小结	219	11.1.2 装配对话框	263
思考与练习	219	11.2 装配约束	266
第 10 章 创建曲面特征	221	11.3 装配步骤	269
10.1 曲面特征简介	221	11.4 装配修改和分析	270
10.1.1 曲面的渲染	221	11.4.1 装配修改	270
10.1.2 曲面的创建方式	222	11.4.2 间隙分析	271
10.2 创建基本曲面特征	224	11.4.3 干涉分析	272
10.2.1 与实体特征相似的曲面 特征	224	11.5 装配爆炸图	273
10.2.2 平面型曲面	225	11.5.1 建立装配爆炸图	273
10.2.3 复制曲面特征	226	11.5.2 建立偏距线	275
10.2.4 镜像曲面特征	227	11.6 自顶向下的装配体设计	275
10.2.5 偏移曲面特征	228	11.6.1 骨架装配	276
10.2.6 圆角曲面特征	229	11.6.2 布局装配	276
10.3 创建高级曲面特征	230	11.7 创建装配件综合实例	278
10.3.1 边界混合曲面特征	230	小结	291
10.3.2 圆锥曲面	232	思考与练习	291
10.3.3 N 侧曲面片	233	第 12 章 建立工程图	292
10.4 曲面特征的操作	234	12.1 工程图基础知识	292
10.4.1 曲面的合并	234	12.1.1 图纸的选择与设置	292
10.4.2 曲面的修剪	236	12.1.2 图纸模板的生成	294
10.4.3 曲面的延伸	239	12.1.3 基本视图类型	295
10.4.4 曲面的变换	241	12.2 视图的建立	296
		12.2.1 一般视图	296
		12.2.2 投影视图	298
		12.2.3 辅助视图	299

12.2.4 局部放大视图.....	299	12.6.1 在工程图模块中创建基 准轴.....	315
12.3 视图的编辑	300	12.6.2 在工程图模块中创建基准 平面.....	315
12.3.1 移动视图	300	12.7 几何公差.....	316
12.3.2 视图修改	301	12.8 表面粗糙度.....	317
12.3.3 拭除与恢复视图.....	301	12.9 创建工程图综合实例.....	319
12.3.4 删除视图	302	小结	324
12.3.5 显示模式	302	思考与练习	324
12.4 尺寸标注	305	附录 A Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 软件安装.....	325
12.4.1 尺寸的显示与拭除.....	305	附录 B 系统环境的设置.....	334
12.4.2 尺寸的标注.....	307	附录 C 工程图配置文件.....	336
12.4.3 尺寸编辑	307		
12.5 创建注释文本	312		
12.5.1 注释标注	312		
12.5.2 注释的编辑.....	314		
12.6 基准	315		

第1章 Pro/ENGINEER 系统概述

教学提示: Pro/Engineer 是美国 PTC 公司推出的大型工程技术软件,是一套由设计至生产的机械自动化软件,是一个参数化、基于特征的实体造型系统,并且具有单一数据库功能。Pro/ENGINEER2000i 版后增加的行为建模技术使其成为把梦想变为现实的杰出工具。Pro/ENGINEER 软件包的产品开发环境支持并行工作,它通过一系列完全相关的模块表述产品的外形、装配及其他功能。PRO/ENGINEER 能够让多个部门同时致力于单一的产品模型。包括对大型项目的装配体管理、功能仿真、制造、数据管理等。PTC 公司最近推出的 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 较之以前的版本有了很多改进,界面更加友好,操作更加方便、实用、高效,功能更加强大。

教学要求: 本章要求了解 Pro/ENGINEER 软件的发展历史,Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的主要功能与模块;重点是掌握基于特征的造型、单一数据库功能、参数化设计以及行为建模技术的概念。

1.1 Pro/ENGINEER 系统的产生与发展

计算机辅助设计(CAD)技术是近年来工程技术领域中发展最迅速、最引人注目的一项高级技术,它已成为工业生产现代化的重要标志。它对加速工程和产品的设计、缩短产品设计制造周期、提高产品质量、降低成本、增强企业市场竞争能力与创新能力发挥着重要作用。它的应用及发展正引起一场产品工程设计与制造的技术革命,并对产品结构、产业结构、企业结构、管理结构、生产方式以及人才知识结构方面带来巨大影响。

作为 CAD 技术的主要载体,CAD 方面的应用软件就显得越来越重要。目前,国内市场上的 CAD 软件十分丰富,不仅有质优价廉的国产软件,还有一些为某个行业而专门设计的行业性 CAD 软件,更有许多在计算机辅助设计领域驰骋多年的老牌国外软件提供商的经典之作,它不仅为中国的用户带来了先进的设计思想和理念,而且为国内的 CAD 产业提供了与世界同步发展的机会。

Pro/ENGINEER 系统是美国 PTC 公司推出的全参数化大型三维 CAD/CAM 一体化通用软件包。PTC 公司 1985 年成立于波士顿,现已发展为全球 CAD/CAE/CAM/PDM 领域最具代表性的著名软件公司,其软件产品的总体设计思想体现了 MDA(Mechanical Design Automation)软件的新发展,所采用的新技术比其他 MDA 软件具有优越性。

Pro/ENGINEER 是同步工程(Concurrent Engineering)观念的产物,也为实现同步工程创建了良好的软件环境。所谓同步工程,其主要目的是以已有的系统步骤来整合产品设计及相关的制造和支援程序,以便大幅度缩短产品的设计时间,降低产品生产、测试成本。

PTC 公司提出的单一数据库、参数化、基于特征、全相关及工程数据库再利用等概念改变了 CAD 的传统观念,这种全新的概念已成为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的标准。利用该概念开发出来的第三代机械 CAD/CAE/CAM 产品——Pro/ENGINEER 软件能将

产品从设计至生产全过程集成到一起, 让所有的用户能够同时进行统一产品的设计制造工作, 即所谓的并行工程。Pro/ENGINEER 软件的功能非常强大, 有 80 多个专用模块, 为工业产品设计提供了完整的解决方案, 集零件设计、产品装配、模具开发、NC 加工、钣金设计、铸件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、机构仿真、应力分析、产品数据库管理等功能于一身。它主要包括三维实体造型、装配模拟、加工仿真、NC 自动编程以及有限元分析等常规功能模块, 同时也有模具设计、钣金设计、电路布线和装配管路设计等专有模块, 以实现 DFM(Design For Manufacturing)、DFA(Design For Assemble)、ID(Inverse Design) 以及 CE(Concurrent Engineering)等先进的设计方法和模式, 广泛应用于机械、电子、汽车、模具、航空、航天、家电、工业设计等行业。

PTC 公司于 1988 年推出 Pro/ENGINEER 第一版, 此后, 以每年两个版本的速度向世界推出。1998 年 PTC 公司收购了 CV(产品 CADAS)和 Winchill 产品数据管理(PDM)软件, 使其成为一个企业信息管理解决方案的超级供应商。PTC 公司推出的 Pro/ENGINEER2000i 更是 MDA 历史上的一个里程碑。随着设计理念和设计方法的进步, Pro/ENGINEER 也在不断地推出新的版本。2003 年 6 月正式发布的 Pro/ENGINEER Wildfire(野火版), 在功能上有了很大增强, 在界面和使用风格上更加桌面化, 操作更简捷、方便, 更容易学习和掌握。该软件在 Pro/ENGINEER 2001 版本基础上新增众多新的功能, 特别强调了设计过程的易用性及设计人员之间的互联性。2004 年 5 月, PTC 公司正式推出了 Pro/ENGINEER 的最新版本——Pro/ENGINEER Wildfire 2.0。Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 提供直接融入到核心产品的符合 ASMEY14.41 标准的 3D 绘图功能, 以及与所有主要 CAD 系统的互操作性能。此外, 此版本通过将 Pro/ENGINEER 野火版用户模型扩展到钣金件、模拟和解决方案的其他领域, 从而显著地增强了软件的实用性。

Pro/ENGINEER 于 1993 年正式进入我国, 并在相关领域迅速普及。发展至今, 已拥有相当大的用户群, 目前许多大型企业都选用 Pro/ENGINEER, 同时国内许多大学也选用 Pro/ENGINEER 作为其研究开发的基础软件平台。可以说, Pro/ENGINEER 为专业人士提供了一个理想的设计环境, 有力地推动了企业的技术进步。

1.2 Pro/ENGINEER 系统的参数化设计特性

Pro/ENGINEER 是一个参数化、基于特征的实体造型系统, 具有单一数据库功能, 并且软件组成模块化, 其最大的特点是参数化设计。参数化设计就是指用参数来表示零件的形状、尺寸和属性, 工程技术人员可以通过修改参数的值来修改零件大小、形状和属性。这种参数化设计的功能不但改变了设计的概念, 并且将设计的便捷性推进了一大步。本节将就 Pro/ENGINEER 的 3 个主要特性加以说明。

1.2.1 基于特征的造型(Feature-based design)

Pro/ENGINEER 是一个基于特征的实体模型建模工具。它可根据工程设计人员的习惯思维模式, 以各种特征(Feature)作为设计的基本单位, 方便地创建零件的实体模型。如孔(Hole)、倒角(Chamfer)、倒圆(Round)、筋板(Rib)和抽壳(Shell)等, 均为零件设计的基本特征。用这种方法来建立形体, 更自然、更直观, 无须采用复杂的几何设计方式; 可以随意

勾画草图, 轻松改变模型。这一功能也被称为特征驱动。

此外, 因为以特征作为设计的单元, 工程技术人员可以在设计过程中导入实际制造观念, 在模型中可随时对特征做合理、不违反几何规则之顺序调整(Reorder)、插入(Insert)、删除>Delete)、重新定义(Redefine)等修正操作。

图 1.1 所示即为由一个个特征创建的模型。

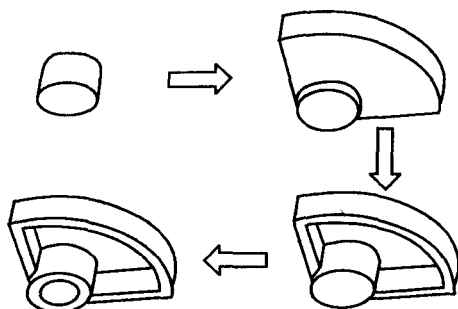


图 1.1 由一个个特征创建的模型

1.2.2 单一数据库(Single database)

单一数据库是指 Pro/ENGINEER 的零件、装配、工程图、加工等模块全部建立在统一的基础数据库上, 在设计过程的任何一处进行改动, 都反映在整个设计过程的相关环节上。即 Pro/ENGINEER 具备了贯穿所有应用的完全关联性。例如, 随时由 3D 实体模型产生 2D 工程图, 而且自动标注工程图尺寸。不论在 3D 或 2D 图形上作尺寸修正时, 其相关的 2D 图形或 3D 实体模型均自动修改, 同时组合、制造等相关设计也会自动修改, 这样可确保资料的正确性, 并避免反复修正之耗时性。

由于采用单一数据库, 提供了所谓完全关联性的功能。该功能允许在开发周期的任一阶段对产品进行修改, 并且能够自动消除与前后阶段产生的冲突, 使得并行工程成为可能, 进而缩短了产品的开发周期。

图 1.2 所示即为一个 Pro/ENGINEER 完全关联性的例子。

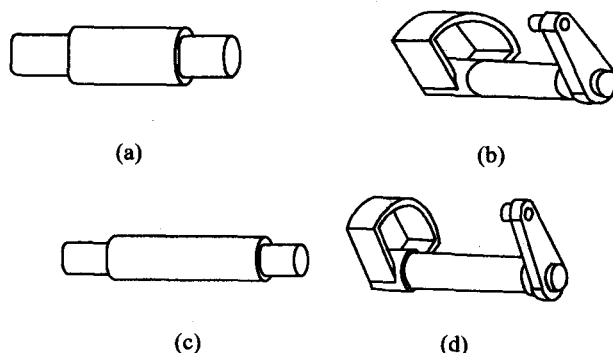


图 1.2 Pro/ENGINEER 完全关联性的例子

(a) 长度修改前的原始轴; (b) 与轴相关联的装配; (c) 长度修改后的原始轴; (d) 装配自动更新

1.2.3 参数化设计(Parametric design)

Pro/ENGINEER 是一个参数化系统,在工程设计中,用可变参数而不是固定尺寸表达零件形状或部件装配关系,即通过设置参数就可以表达零件形状或部件装配关系,同时也允许通过改变参数以完成零件的形状或部件的装配关系的修改。这样,工程设计人员可任意建立形体尺寸和功能之间的关系。任何一个参数改变,其相关的特征也会自动修正,以保持设计者的设计意图。当特征之间存在参考关系时,特征之间即产生所谓的父/子(parent/child)关系。同时,模型参数不仅表达模型的形状,而且具有实际的物理意义。通过引用系统参数(System parameters)或设置用户定义参数(User-defined parameters),设计人员可以方便地得出模型的体积、面积、质心、重量、惯性矩。Pro/ENGINEER 是第一个参数化实体建模系统,而参数化设计实际上已成为 CAD/CAM 系统的发展趋势。

正因为采用参数化设计,在设计过程中,工程技术人员可以随时改变模型的驱动尺寸,还可以通过加入关系式(relations)增加特征之间的参数关系。关系式是数学方程,用于驱动模型,并提高捕捉设计意图层次的关联尺寸或其他参数,通过关系式可以减少模型的独立驱动尺寸,这样在修改模型时可以减少逐一修改尺寸的工作,并可减少错误发生。图 1.3 所示为一个改变模型的驱动尺寸的例子。

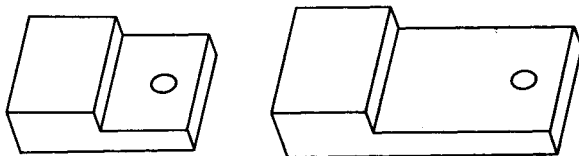


图 1.3 改变模型的驱动尺寸的例子

1.3 行为建模技术

行为建模技术(Behavioral Modeler)是 PTC 公司在 Pro/ENGINEER2000i 版本中开始使用的新技术。所谓行为建模技术就是在设计产品时,综合考虑产品所要求的功能行为、设计背景和几何图形。它采用知识捕捉和迭代求解的智能方法,使工程师可以面对不断变化的要求,追求高度创新的、能满足行为和完美性要求的设计。

在传统的机械设计自动化系统中,设计人员用手工绘制设计的几何图形,以期接近设计目标,这是一个很费时的重复工作。经过许多次反复,理想的解决方案还是不能确定下来,设计人员只能用一种尽可能接近原始设计意图的模型来作为最终设计。而 Pro/ENGINEER 的行为建模器为设计人员提供了他们需要的工具,用来建立满足工程师或客户目标的智能化产品模型。

行为建模技术被业界称为第五代 CAD 技术。它通过把导出值(比如,容积)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,用户首先要定义一个工程分析模型,其中包括名称、类型和定义;接着,要建立“操作”——定义和引用一类用在分析模型中的新特征,比如,体积;然后为分析模型设置约束条件——