

CAD/CAM技能型人才培养丛书

实例源文件
实例视频讲解
PPT教学课件



Pro/E Wildfire 4.0

三维造型技术教程

吴立军 高舫 程亮 编著



清华大学出版社

CAD/CAM 技能型人才培养丛书

Pro/E Wildfire 4.0 三维造型技术教程

吴立军 高 舢 程 亮 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是 CAD/CAM 技能型人才培养丛书之一,是 Pro/E Wildfire 4.0 的初、中级教程。全书共分 12 章,主要包括 Pro/E 概述、界面操作、草图绘制、基准特征、实体特征、高级特征、编辑特征、基础曲面特征、高级曲面特征、装配体、工程图以及综合实例等,涵盖了 Pro/E 常用的功能,并详细介绍(重点突出)了高级曲面特征和曲面设计等。

本书不仅仅局限于功能的讲解,而且着重实现特征的分析、技术精华的剖析和操作技巧的指点,因而更能让读者切实、深入地理解软件的奥秘。

本书所附光盘中配有每章的讲义及相应实例操作过程的多媒体演示文件和实例源文件,便于读者练习与揣摩造型思路与技巧,帮助读者更形象直观地学习本书。读者还可登录 51CAX 培训网,随时进行答疑。

本书层次清晰、实例丰富、讲述具体,可以作为相关培训机构的培训教材,也可以作为高等院校机械类专业的 CAD/CAM 专业教材,同时为广大机械技术人员提供参考资料。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

Pro/E Wildfire 4.0 三维造型技术教程/ 吴立军,高舫,程亮 编著. —北京:清华大学出版社,2010.1
(CAD/CAM 技能型人才培养丛书)

ISBN 978-7-302-21348-2

I. P… II. ①吴… ②高… ③程… III. 三维—机械设计:计算机辅助设计—应用软件,

Pro/E Wildfire 4.0—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 191798 号

责任编辑:刘金喜 鲍 芳

封面设计:久久度文化

版式设计:李 杨

责任校对:胡雁翎

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24.75 字 数:602 千字

附 DVD 光盘 1 张

版 次:2010 年 1 月第 1 版

印 次:2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:42.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系
调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:027843-01

前 言

作为目前世界范围内最为普及的三维 CAD/CAM 应用系统之一, Pro/ENGINEER 软件自 1988 年问世以来,就广泛应用于机械、航天、汽车、通讯、电子、家电等各个领域。Pro/ENGINEER 的参数化、基于特征设计的方法是对传统三维造型软件的重大突破,是机械设计自动化领域的新标准。2002 年推出的 Wildfire(野火版)是世界上第一套用于产品开发领域的“全方位”一体化系统,也是 PTC 产品生命周期管理解决方案的核心。Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 是美国 PTC(Parametric Technology Corporation, 参数技术公司)2008 年 1 月 16 日推出的最新版本。它是一套包含了由设计至生产的机械自动化软件,可以帮助用户更快、更轻松地完成工作。新版本旨在增强功能和卓越质量,大幅提高个人和流程的效率。

本书是关于 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0(以下简称 Pro/E 野火版 4.0)的初、中级教程。首先,本书以一个简单的实例来引导读者快速了解 Pro/ENGINEER 的工作界面与工作流程,然后才是最常用的模块与功能的讲解,因而上手更容易,学习起来更轻松。其次,在讲解功能时,本书并没有面面俱到,而只介绍 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中最常用的功能,从而让读者能集中精力,在很短的时间内就快速掌握 Pro/ENGINEER 的核心功能,并运用这些核心功能完成工程设计。再次,本书附以大量的图形,让图形说话,阅读起来更轻松。另外,本书配有大量的功能实例,所附光盘包含了书中提及的所有实例及相应的多媒体演示文件,让读者在学习过程中可以亲自动手创建高质量的三维设计图。更重要的是,无论何时,如果您在学习过程中有疑问,都可以通过 51CAX 培训网向作者及众多高手请教。

本书中安排了大量的如提示、注意等特色段落,提醒读者应特别注意的技术细节。

本书由吴立军(浙江科技学院)、高舫(广州机电高级技工学校)、程亮(浙江大学)、徐军民(浙江科技学院)、曹淼龙(浙江科技学院)、徐勤雁(浙大旭日科技)、丁学恭(杭州职业技术学院)、单岩(浙江大学)编写。杭州浙大旭日科技开发有限公司的工程师们为本书提供了大量实例并完成部分实例图的绘制,在此深表谢意。

限于作者的知识水平和经验,书中难免存在疏漏之处,恳请广大读者批评指正。读者可通过网站 <http://www.51cax.com> 或电子邮件 book@51CAX.com 与我们交流。服务邮箱: wkservice@vip.163.com。

作 者

目 录

第 1 章 Pro/ENGINEER 概述	1
1.1 CAD 技术概述	2
1.2 三维造型技术基础	3
1.3 Pro/ENGINEER 软件介绍	4
1.4 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 的特点和新功能	5
1.4.1 主要模块及其应用领域	5
1.4.2 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 的新功能	7
1.5 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 使用初步	9
1.5.1 初识 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 界面	9
1.5.2 Pro/ENGINEER 的产品设计流程	11
【实例】 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 参数化三维建模实例	12
1.6 本章小结	17
1.7 练习	18
1.7.1 思考题	18
1.7.2 操作题	18
第 2 章 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 界面及基本操作	19
2.1 工作模式	20
2.1.1 草绘模式	21
2.1.2 零件模式	22
2.1.3 装配体模式	23
2.1.4 工程图模式	24

2.2 文件操作	25
2.2.1 新建文件	26
2.2.2 打开文件	27
2.2.3 保存文件	29
2.2.4 备份文件	29
2.2.5 设置工作目录	30
2.2.6 重命名文件	31
2.2.7 拭除文件	32
2.2.8 删除文件	32
2.3 系统设置	33
2.3.1 自定义工具栏	33
2.3.2 设置系统颜色	35
2.3.3 设置单位	37
2.3.4 设置质量属性	37
2.4 视图操作	39
2.4.1 显示模式设置	39
2.4.2 模型查看	42
2.4.3 模型显示方式	43
2.4.4 视图方向	45
2.5 本章小结	47
2.6 练习	47
2.6.1 思考题	47
2.6.2 操作题	47
第 3 章 草图绘制	49
3.1 草绘环境	50
3.1.1 基本概念	50
3.1.2 进入草绘模式	51
3.1.3 目的管理器	51
3.1.4 草绘器工具	53

3.1.5 草绘模式工具栏.....	56	【实例 3-20】 使用文本工具	
3.2 绘制草绘.....	56	插入文字.....	69
3.2.1 绘制直线.....	56	3.2.9 调色板.....	70
【实例 3-1】 绘制两点直线.....	57	【实例 3-21】 使用调色板插入	
【实例 3-2】 绘制相切线.....	57	六边形对象.....	70
【实例 3-3】 绘制中心线.....	58	3.3 草绘编辑.....	71
3.2.2 绘制矩形.....	59	3.3.1 选择和删除.....	71
【实例 3-4】 绘制矩形.....	59	3.3.2 移动.....	72
3.2.3 绘制圆和椭圆.....	60	3.3.3 修改.....	73
【实例 3-5】 通过圆心和圆上		3.3.4 缩放和旋转.....	75
一点绘制圆.....	60	3.3.5 复制和镜像.....	76
【实例 3-6】 绘制同心圆.....	60	3.3.6 修剪.....	77
【实例 3-7】 通过三点绘制圆.....	61	3.4 尺寸标注.....	78
【实例 3-8】 绘制三点相切圆.....	61	3.4.1 标注距离与长度.....	79
【实例 3-9】 绘制椭圆.....	62	3.4.2 标注圆和圆弧.....	79
3.2.4 绘制圆弧.....	63	3.4.3 标注角度.....	81
【实例 3-10】 通过三点		3.4.4 标注样条曲线.....	81
创建圆弧.....	63	3.4.5 标注周长尺寸.....	82
【实例 3-11】 绘制同心圆弧.....	63	3.4.6 创建参照尺寸.....	83
【实例 3-12】 通过三点相切		3.4.7 基线尺寸标注.....	83
来绘制圆弧.....	64	3.5 约束应用.....	84
【实例 3-13】 通过圆心/端点		3.5.1 约束概述.....	84
来绘制圆弧.....	65	3.5.2 设置约束.....	85
【实例 3-14】 绘制圆锥弧.....	66	3.5.3 关于约束的其他操作.....	89
3.2.5 绘制圆角.....	66	3.6 草图绘制实例.....	91
【实例 3-15】 绘制圆形圆角.....	67	【实例 3-22】 绘制二维剖面图.....	91
【实例 3-16】 椭圆形圆角.....	67	3.7 本章小结.....	97
3.2.6 绘制样条曲线.....	68	3.8 练习.....	98
【实例 3-17】 通过控制点绘制		3.8.1 思考题.....	98
样条曲线.....	68	3.8.2 操作题.....	98
3.2.7 绘制点和坐标系.....	68	第 4 章 基准特征.....	101
【实例 3-18】 绘制点.....	68	4.1 基准特征简介.....	102
【实例 3-19】 创建坐标系.....	69	4.2 坐标系.....	103
3.2.8 创建文本.....	69	4.2.1 坐标系基础知识.....	103
		4.2.2 坐标系创建工具.....	104

4.2.3 建立坐标系	105	4.5 基准点	119
【实例 4-1】 根据“三平面交点” 创建坐标系	105	4.5.1 一般基准点	120
【实例 4-2】 根据“点和两轴” 创建坐标系	106	【实例 4-13】 创建一般 基准点	121
【实例 4-3】 根据“两轴” 创建坐标系	106	4.5.2 草绘基准点	126
【实例 4-4】 根据“偏移” 创建坐标系	107	【实例 4-14】 创建草绘基准点	126
【实例 4-5】 根据“从文件” 创建坐标系	108	4.5.3 偏移坐标系基准点工具	127
4.3 基准平面	108	【实例 4-15】 创建偏移坐标系 基准点	127
4.3.1 基准平面基础知识	108	4.5.4 域基准点工具	128
4.3.2 基准平面用户界面	110	【实例 4-16】 创建域基准点	129
【实例 4-6】 根据“通过轴” 创建基准面	111	4.6 基准曲线	129
4.3.3 建立基准平面	112	4.7 实例	132
【实例 4-7】 创建偏移基准 平面	113	【实例 4-17】 创建多种 基准特征	132
4.3.4 基准平面的设置	114	4.8 本章小结	135
4.4 基准轴	115	4.9 练习	135
4.4.1 基准轴基础知识	115	4.9.1 思考题	135
4.4.2 建立基准轴	116	4.9.2 操作题	135
【实例 4-8】 创建垂直于已有 平面的基准轴	116	第 5 章 实体特征	137
【实例 4-9】 创建通过两个给定 面的基准轴	117	5.1 实体特征简介	138
【实例 4-10】 创建通过曲面上 的给定点并与曲面 垂直的基准轴	117	5.2 拉伸特征	139
【实例 4-11】 创建通过曲线上 的给定点并与曲线 相切的基准轴	118	5.2.1 拉伸用户界面	139
【实例 4-12】 创建通过圆柱体 轴线的基准轴	119	5.2.2 预选取草绘平面	141
		5.2.3 深度选项	141
		5.2.4 拉伸类型	142
		【实例 5-1】 拉伸特征实例	143
		5.3 旋转特征	144
		5.3.1 旋转用户界面	144
		5.3.2 旋转类型	146
		5.3.3 旋转轴和旋转角度	146
		5.4 扫描特征	148
		5.4.1 扫描工具面板	149
		5.4.2 扫描特征的创建流程	151

5.5 混合特征.....	152	【实例 6-3】 创建草绘分割的 拔模特征	188
5.5.1 混合方式及设置	152	6.1.4 使用枢轴曲线的 拔模特征	189
5.5.2 混合特征的规则	153	【实例 6-4】 创建使用枢轴曲线 的拔模特征	189
5.5.3 平行混合特征的创建	154	6.1.5 拔模特征的相交	191
5.6 父子关系	156	【实例 6-5】 创建相交的 拔模特征	191
5.7 孔特征	156	6.2 混合特征	192
5.7.1 创建简单孔	157	6.2.1 旋转混合特征	192
5.7.2 创建草绘孔	159	6.2.2 一般混合特征	193
5.7.3 创建标准孔	160	【实例 6-6】 创建一般混合 特征	193
5.8 倒角特征和圆角特征	162	【实例 6-7】 基于草绘创建 一般混合特征	195
5.8.1 圆角特征	162	6.3 可变截面扫描特征	196
5.8.2 倒角特征	164	6.3.1 可变截面扫描特征 选项的说明	197
5.9 其他工程特征	166	6.3.2 确定截面法向	198
5.9.1 壳特征	166	【实例 6-8】 利用“垂直于轨迹” 确定截面的法向	198
5.9.2 筋特征	167	【实例 6-9】 利用“垂直于投影” 确定截面的法向	199
5.10 工程特征实例	169	【实例 6-10】 利用“恒定方向” 确定截面的法向	200
5.10.1 【实例 5-2】 曲轴模型	169	【实例 6-11】 利用“X 轨迹线” 确定截面的法向	201
5.10.2 【实例 5-3】 齿轮箱 盖板	175	6.3.3 使用轨迹线控制 特征的形状	201
5.11 本章小结	181	【实例 6-12】 用两条自由曲线 控制可变截面 扫描特征的形状	201
5.12 练习	181	6.4 扫描混合特征	202
5.12.1 思考题	181	6.4.1 上滑面板	203
5.12.2 操作题	181		
第 6 章 高级特征	183		
6.1 拔模特征	184		
6.1.1 拔模特征基础	184		
6.1.2 使用枢轴平面创建 拔模特征	186		
【实例 6-1】 创建不分离的 拔模特征	186		
【实例 6-2】 创建分离的 拔模特征	187		
6.1.3 使用草绘分割的 拔模特征	188		

6.4.2 对话框	205	7.3.1 阵列特征的分类和方法	228
6.4.3 扫描混合建立过程	206	7.3.2 尺寸阵列	230
【实例 6-13】 利用扫描混合 特征建立模型	206	【实例 7-5】 尺寸变化阵列 的操作	232
6.5 螺旋扫描特征	208	7.3.3 方向阵列	233
6.5.1 用恒定螺距值创建 螺旋扫描	209	【实例 7-6】 方向阵列操作	233
【实例 6-14】 创建恒定螺距的 螺旋扫描	209	7.3.4 轴阵列	235
6.5.2 用可变螺距值创建 螺旋扫描	211	【实例 7-7】 为圆盘添加 6 个 关于零件轴线 对称的筋特征	235
【实例 6-15】 创建可变螺距的 螺旋扫描	211	7.3.5 表阵列	236
6.6 高级特征实例	213	【实例 7-8】 表阵列操作	236
【实例 6-16】 运用高级特征工具 完成瓶容器模型	213	7.3.6 参照阵列	237
6.7 本章小结	217	7.3.7 填充阵列	238
6.8 练习	217	【实例 7-9】 填充阵列操作	240
6.8.1 思考题	217	7.4 组	241
6.8.2 操作题	217	7.5 编辑特征综合实例	243
第 7 章 编辑特征	219	【实例 7-10】 阀体实体模型	243
7.1 复制特征	220	7.6 本章小结	250
7.1.1 复制特征基础与方法	220	7.7 练习	251
7.1.2 相同参考复制	221	7.7.1 思考题	251
【实例 7-1】 利用相同参考 复制特征	221	7.7.2 操作题	251
7.1.3 镜像复制	222	第 8 章 基础曲面特征	253
【实例 7-2】 镜像特征操作	222	8.1 曲面基础知识	254
7.1.4 移动复制	223	8.1.1 曲面特征的创建	254
【实例 7-3】 移动复制特征 的操作	223	8.1.2 曲面的颜色	254
7.1.5 新参考复制	225	8.1.3 曲面的网格	255
7.2 镜像特征	225	8.2 拉伸曲面	255
【实例 7-4】 镜像特征操作	227	【实例 8-1】 创建并编辑一个 拉伸曲面	256
7.3 阵列特征	227	8.3 旋转曲面	257
		【实例 8-2】 创建旋转曲面	258
		8.4 扫描曲面	259
		【实例 8-3】 创建扫描曲面	260
		8.5 混合曲面	261

【实例 8-4】 创建混合曲面 特征..... 261	9.3.1 建立四条曲线..... 283
8.6 螺旋扫描曲面 262	【实例 9-1】 通过曲线定义 管口形状..... 283
【实例 8-5】 创建螺旋扫描 曲面..... 262	9.3.2 显示点 284
8.7 填充曲面 263	9.3.3 建立曲面 284
【实例 8-6】 填充曲面 263	9.3.4 曲面连接 285
8.8 编辑曲面 263	9.3.5 垂直连接 285
8.8.1 复制曲面 263	9.3.6 退出 286
8.8.2 镜像曲面 264	9.3.7 重定义 287
8.8.3 偏移曲面 265	9.4 造型曲面的创建 287
8.8.4 平移和旋转曲面 265	9.4.1 边界曲面 287
8.8.5 加厚曲面 266	【实例 9-2】 创建边界曲面 288
8.8.6 实体化曲面 266	9.4.2 放样曲面 289
8.8.7 修剪曲面 267	【实例 9-3】 通过非相交曲线 创建放样曲面 289
【实例 8-7】 曲面修剪的操作 268	9.4.3 混合曲面 290
8.8.8 合并曲面 268	【实例 9-4】 通过交叉曲线 创建混合曲面 290
【实例 8-8】 曲面合并的操作 269	9.5 高级曲面特征实例 290
8.8.9 相交曲面 269	9.6 本章小结 298
8.8.10 延伸曲面 270	9.7 练习 298
【实例 8-9】 曲面延伸的操作 270	9.7.1 思考题 298
8.9 基本曲面特征实例 271	9.7.2 操作题 298
8.10 本章小结 274	
8.11 练习 275	
8.11.1 思考题 275	
8.11.2 操作题 275	
第 9 章 高级曲面特征 277	第 10 章 装配体 301
9.1 ISDX 曲面基础 278	10.1 装配模块基础 302
9.1.1 造型接口技术 278	10.1.1 基本术语 302
9.1.2 造型曲面的操作环境 278	10.1.2 创建组件 304
9.2 基本造型曲线 281	10.2 放置约束 305
9.2.1 自由曲线 281	10.2.1 组件环境 305
9.2.2 平面曲线 282	10.2.2 匹配约束 307
9.2.3 COS 曲线 282	【实例 10-1】 匹配约束的 操作 307
9.3 自由曲面建模概述 283	10.2.3 对齐约束 309
	【实例 10-2】 对齐约束操作 309
	10.2.4 其他放置约束 310

10.3	预定义约束集	313	11.3.2	标注尺寸	349
10.3.1	刚性约束集	313	11.3.3	调整尺寸	350
	【实例 10-3】 刚性约束集 的操作	314	11.4	注释	351
10.3.2	其他预定义约束集	315	11.4.1	注释的生成	351
10.4	移动元件	318	11.4.2	注释的编辑	352
10.4.1	定向模式	318	11.5	表面粗糙度	352
10.4.2	平移	320		【实例 11-3】 粗糙度的标注	353
10.4.3	旋转	320	11.6	几何公差	354
10.4.4	调整	321	11.7	材料明细表	355
10.5	视图管理	321		【实例 11-4】 创建材料 明细表	355
10.5.1	简化表示视图	321	11.8	工程图实例	356
10.5.2	样式视图	322		【实例 11-5】 箱体底座 工程图	356
10.5.3	分解视图	324	11.9	本章小结	362
10.5.4	定向视图	325	11.10	练习	362
10.5.5	X 截面视图	326		11.10.1 思考题	362
10.6	本章小结	329		11.10.2 操作题	362
10.7	练习	329	第 12 章	综合实例	363
	10.7.1 思考题	329	12.1	模型设计	364
	10.7.2 操作题	329	12.1.1	模型简介	364
第 11 章	工程图	331	12.1.2	设计思路	364
11.1	工程图基础	332	12.1.3	设计过程	365
	11.1.1 工程图分类及 制作流程	332	12.2	装配设计	374
	11.1.2 工程图环境	333	12.2.1	装配简介	374
	11.1.3 创建工程图模板	335	12.2.2	设计思路	375
	【实例 11-1】 创建一张 A4 图纸	335	12.2.3	设计过程	375
11.2	工程图视图	338	12.3	工程图设计	377
	11.2.1 使用模板工程图	338	12.3.1	设计思路	377
	【实例 11-2】 使用模板工程图	338	12.3.2	设计过程	378
	11.2.2 创建基础视图	339	12.4	本章小结	383
	11.2.3 修改绘图视图	345			
11.3	尺寸标注	347			
	11.3.1 显示和拭除尺寸	347			

第 1 章

Pro/ENGINEER概述

本章重点内容

本章初步介绍 CAD 技术的概况、三维造型的基础及 Pro/ENGINEER 的基础知识，包括 Pro/ENGINEER 软件的模块、最新版本的特点及新增功能。最后通过一个简单的入门实例，引导读者快速熟悉 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 的工作环境 with 零件设计的基本流程。

本章学习目标

- ✓ 掌握 CAD 技术的概念和三维造型的一般过程
- ✓ 了解 Pro/ENGINEER 系列软件的相关基础知识、优势及其特点
- ✓ 了解 Pro/ENGINEER 软件所能实现的功能
- ✓ 认识 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 的界面
- ✓ 熟悉参数化三维建模的基本过程

Pro/ENGINEER 是美国 PTC 公司推出的一套集 CAD/CAM/CAE 为一体的三维参数化设计软件,是当今世界上最先进的计算机辅助设计、制造和分析软件之一。它自 1988 年推出之后,版本不断更新,功能也越来越强大,目前已经成为全世界应用最广泛、拥有用户最多、在全球 CAID/CAD/CAE/CAM/PDM 领域最具有代表性的三维软件。限于篇幅,本书将只介绍 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中三维 CAD 部分的功能。

1.1 CAD 技术概述

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是在产品开发过程中使用计算机系统辅助产品创建、修改、分析和优化的有关技术。任何嵌入了计算机图形学的计算机程序和在设计过程中使工程设计变得容易的应用程序都可以归类为 CAD 软件。也就是说, CAD 工具包括从创建形体的几何建模工具到诸如分析和优化程序的所有工具。

最早的计算机绘图系统诞生于 20 世纪 50 年代的美国。最初的 CAD 系统仅仅是只具有简单绘图输出功能的被动式计算机辅助设计技术。到了 20 世纪 70 年代,完整的 CAD 系统开始形成。之后,随着计算机硬件的快速发展,特别是 80 年代超大规模集成电路制成的微处理器和存储器的出现, CAD 技术也得到了快速发展,并得以普及。

到了 20 世纪 80 年代,分布式联网的工作站已成为 CAD 典型的硬件环境,其性价比年复一年地迅速提高,光栅扫描显示器及其算法统治了图形学硬、软件, CAD 方法从绘图进入造型,实体模型系统开始成熟,计算机动画也开始兴起,集成 CAD 系统开始商业化, CAD 的应用迅猛发展,市场十分繁荣。如 1980 年 CAD 软件在世界市场上的销售额为 9 亿美元,1986 年猛增至 58 亿美元。

进入 20 世纪 90 年代, CAD 的发展呈现如下特点。

- CAD 的硬件支撑已从工作站扩展到个人计算机(PC),彩色图形显示系统和图形加速卡已经成为或正在成为工作站和 PC 的通用设备。
- 各种各样的模型描述方法出现,并逐步标准化。工程数据库的研究和实现日益重要,以设计为核心的集成制造系统越来越实用和普及。
- CAD 技术逐渐智能化,使 CAD 系统更灵活、易用、高效,并且有创造性。
- CAD 技术逐渐多媒体化,使得设计的结果容易控制,质量更高。
- 由于 CAD 系统性价比的提高,工程、制作和娱乐行业开始普遍使用 CAD 技术。CAD 逐步成为计算机应用中最重要领域之一。
- 工科类专业教学中普遍开设 CAD 课程,从而使 CAD 技术迅速普及。
- 各种新的计算机图形的输入输出设备不断涌现,特别是 3D 彩色数字化仪的出现,使得造型和数据库的建立越来越容易。

现在,以 CAD 的概念为核心,已经发展出了 CAM、CAE、CAPP 和 CIMS 等一系列相邻或相关的技术。CAD 已在电子电气、科学研究、机械设计、软件开发、机器人、服装

业、出版业、工厂自动化、土木建筑、地质、计算机艺术等各个领域得到广泛应用。CAD 的应用对象也从原来少数的大型企业,向中、小企业甚至个人普及。

CAD 最基本的功能是定义设计的几何形状。设计人员通常用草图开始设计,将草图变为工作图的繁重工作可以交给计算机来完成。由计算机自动产生的设计结果可以快速通过图形显示出来,使设计人员能及时地对设计做出判断和修改;利用计算机可以对图形进行编辑、放大、缩小、平移和旋转等有关的图形数据加工工作。因而,CAD 能够减轻设计人员的劳动量,缩短设计周期,提高设计质量。

现代 CAD 系统一般包括以下功能。

- 简易的修改和版本控制功能。
- 组件重用和标准组件自动生成功能。
- 检验设计是否满足要求和规则的功能。
- 结构运动模拟仿真功能。
- 设计装配件(零件或者其他装配件)的功能。
- 输出工程文档(如工程图材料明细表)的功能。
- 从设计到生产设备直接输出的功能。

1.2 三维造型技术基础

三维 CAD 根据其发展历程,主要分为三个层次的建模系统,即线框建模系统、表面建模系统和实体建模系统,分别对应于用一维的线、二维的面和三维的体来构造三维形体。实体建模系统解决了设计过程中使用物理模型所遇到的问题,这些系统提供了类似于任意操纵物理模型的真实环境。在使用这种系统时,设计者在细化形状的过程中,可以对三维模型进行修改、添加、去除等操作,如同小孩子捏泥人一样对物理模型进行操作。三维模型虽然是虚拟的,但它具有大量的模型数据信息,因此设计时几乎可以替代实物模型。

目前三维 CAD 系统中的实体建模大多使用基于特征和参数化的建模方法。在基于特征和参数化的建模系统中,设计者通过使用各个元素的几何约束和尺寸数据来建立图形。几何约束描述的是各元素之间的关系,例如,两条线垂直,点在平面上,圆和直线相切等。尺寸数据不仅包括标在图形上的尺寸,还包括尺寸之间的关系。设计者以数学方程式的形式将这些关系给出,这样参数化建模系统就可以通过尺寸及尺寸之间关系的几何约束方程来建立所需要的图形。

参数化建模通常有以下步骤。

- (1) 输入二维草图。
- (2) 交互输入几何尺寸数据和约束。
- (3) 根据输入的尺寸和约束重新生成二维图形。
- (4) 重复步骤(2)和(3),直至建立起所需要的图形。

(5) 通过扫描或旋转二维图形等操作建立起三维的实体, 此步骤需要输入厚度值或旋转角度值, 这些值也可以成为尺寸数据。

参数化建模的优点是, 可以很容易地对已经完成的三维实体进行修改。

通过计算机辅助设计软件建立起来的立体的、有光的、有色的、有材质的生动画面, 可以逼真地表达设计者大脑中的产品设计效果, 因而较传统的二维设计更符合人的思维习惯与视觉习惯。目前基于特征造型和参数化设计的常用三维软件有 Pro/ENGINEER、SolidWorks、UG(Unigraphics)、CATIA 等。

1.3 Pro/ENGINEER 软件介绍

著名的三维建模软件 Pro/ENGINEER 是美国 PTC(Parametric Technology Corporation, 参数技术公司)的产品。自 1988 年 Pro/ENGINEER 问世以来, 就以其先进的参数化设计模式、基于特征的实体造型而受到广大用户的欢迎。在此之后, Pro/ENGINEER 软件经历了 2000、2000i、2001、Wildfire、Wildfire 2.0、Wildfire 3.0 版本的升级过程, 直至目前最新的 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 版本, PTC 始终在不断发展和完善 Pro/ENGINEER, 使其成为一个集零件设计、产品装配、模具开发、NC 加工、钣金件设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、机构模拟、压力分析、产品数据管理等功能于一体, 广泛应用于电子、机械、模具、工业设计、汽车、航空航天、家电、玩具等行业的一个全方位的 3D 产品开发软件, 成为世界上最为普及的 CAD/CAM/CAE 软件之一。

Pro/ENGINEER 一开始就建立在工作站上, 使系统独立于硬件, 便于移植; 其用户界面简单, 概念清晰, 符合工程人员的设计思想和习惯; Pro/ENGINEER 无缝地集成了从设计至生产的二十多个模块, 且整个系统建立在统一的数据库上, 具有完整而统一的模型。正是如此, Pro/ENGINEER 已经成为三维机械设计领域里最有魅力的系统。

Pro/ENGINEER Wildfire 是 PTC 历史性的突破, 是历年来功能和性能最强的 Pro/ENGINEER 版本。Pro/ENGINEER 具有快速建立优质、精确数字化模型的能力。作为 PTC 产品开发系统中的核心设计产品, Pro/ENGINEER 详细描述产品的外形、结构和功能。利用其无缝的 Web 连接性, 产品团队能访问所需的资源、信息和功能——从概念设计到模具开发和加工。此外, 利用 Pro/ENGINEER 建立的高精度的数字化模型具有全相关性, 从而使得在任何地方所做的产品变更无论在哪里都能更新交付数据, 充分发挥 PTC 产品的最大优势。

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 版本相对于 3.0 版本在使用习惯上的改动不是很大, 对于熟悉 Pro/ENGINEER 的用户来说, 很容易上手。但 Wildfire 4.0 在功能的加强和软件的易用性上作了进一步的改进, 丰富了设计工具, 可以帮助用户更快、更轻松地完成工作。新版本全方位的功能和完善的品质, 可以大幅度地提高设计人员的工作效率, 帮助设计团队更快速更智能地完成工作。

使用 Pro/ENGINEER 进行产品的设计, 要经过三个基本阶段, 即零件模式、装配体模

式和工程图模式。在零件模式下,用户创建零件文件,也就是在装配体文件中会被组装到一起的独立元件。在零件模式下创建和编辑特征,如拉伸、旋转和混合等。创建零件之后,先创建一个空的装配体文件,然后在装配体文件中组装各个零件,并为零件分配其在成品中的位置。工程图模式 F,用户可直接根据 3D 零件或者装配体中所存储的数据和尺寸,为产品创建精确的机械工程图。

Pro/ENGINEER 软件系统主要有以下几个方面的功能和优化。

- 概念和工业设计。
- 详细的零件和组件设计。
- 结构、热力和运动仿真/分析。
- 布线系统设计。
- 设计外包。
- 变型设计和生成。
- 制造业模具和设备设计。

1.4 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 的特点和新功能

1.4.1 主要模块及其应用领域

在众多的三维造型软件中,Pro/ENGINEER 产品的开发环境之所以受到众多用户的青睐,主要在于其支持同步工程。通过 Pro/ENGINEER 及其相关软件组件和模块,可以实现综合工业设计、机械设计、功能和运动仿真以及加工制造等多项功能。Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 作为 PTC 最新的综合性软件,其包括主要的模块如下。

1. Pro/ENGINEER 模块

Pro/ENGINEER 模块是 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 最基本的部分,是软件系统的主体,包括基本三维造型所需要的全部功能。其主要功能是进行参数化的实体设计。

2. Pro/Assembly 模块

Pro/Assembly 模块是一个参数化的组装管理模块。利用该模块可以将一个个由 Pro/ENGINEER 模块创建的三维实体零件按照设计者的要求装配成一个整体,从而实现虚拟装配。该虚拟装配可用来检验是否有装配干涉发生,以便使设计者能及时发现问题并进行修改。

3. Pro/Detail 模块

Pro/Detail 模块可以独立于基本模块也可以和基本模块配合使用,提供全几何公差配合和尺寸标注以生成标准工程图。

4. Pro/Toolkit 模块

Pro/Toolkit 模块提供二次开发工具,支持 C 语言程序库,支持 Pro/ENGINEER 的接口,可直接访问 Pro/ENGINEER 的数据库。该模块可以满足用户的特殊需求,但所开发的程序必须在 Pro/ENGINEER 环境下运行。

5. Pro/Draft 模块

Pro/Draft 是一个二维绘图系统,设计人员可直接利用它生成剖面图和工程图。Pro/draft 也可以接收其他 CAD 系统生成的 .dxf 等文件。

6. Pro/Design 模块

Pro/Design 原名为 Pro/CDRS,是一套概念设计工具,主要应用于工业设计。使用 Pro/Design 除了可以让产品开发人员快速地创造、评估、修改多种产品概念,还可以用来产生超越数学方程所规范的自由曲面。Pro/Design 在加快设计大型及复杂的装配工作,生成二维平面图布置上的非参数化装配概念设计、参数化概念分析及三维部件的平面布置等方面有其独特的优势。

7. Pro/Feature 模块

Pro/Feature 模块扩展了 Pro/ENGINEER 中的特征。它可以将 Pro/ENGINEER 中的各种功能任意组合,形成用户定义的特征。Pro/Feature 具有将零件从一个位置复制到另一个位置的能力,具有镜像复制带有复杂雕刻轮廓的实体模型的能力。

8. Pro/Molddesign 模块

Pro/Molddesign 是专门用于模具设计的软件包,利用它可以完成模具部件的设计和模板的组装,包括自动生成模具型腔几何体,采用不同的收缩补充方式进行型腔几何体的修改,进行充模模拟,还可以直接生成模具的特定特征,包括浇口、流道、冷凝口等。

9. Pro/Manufacturing 模块

Pro/Manufacturing 是 Pro/ENGINEER 的 CAM 模块,它能生成生产过程规划及刀具轨迹,它允许设计者采用参数化的方法定义数控刀具轨迹,以对模型进行加工,并通过后置处理生成数控(NC)程序,包括铣削(Milling)、车削(Turning)和钻削(Drilling)等加工工艺。

10. Pro/Sheetmetal 模块

Pro/Sheetmetal 是用于钣金设计的专门模块,设计者可利用它进行参数化的钣金造型和组装设计,包括产生钣金设计模型及其展开图,为钣金设计提供了良好的工具,使钣金设计变得较为容易。

11. Pro/Surface 模块

利用 Pro/Surface 模块,设计者可以快速地生成严格的自由曲面和几何曲面。随着对产