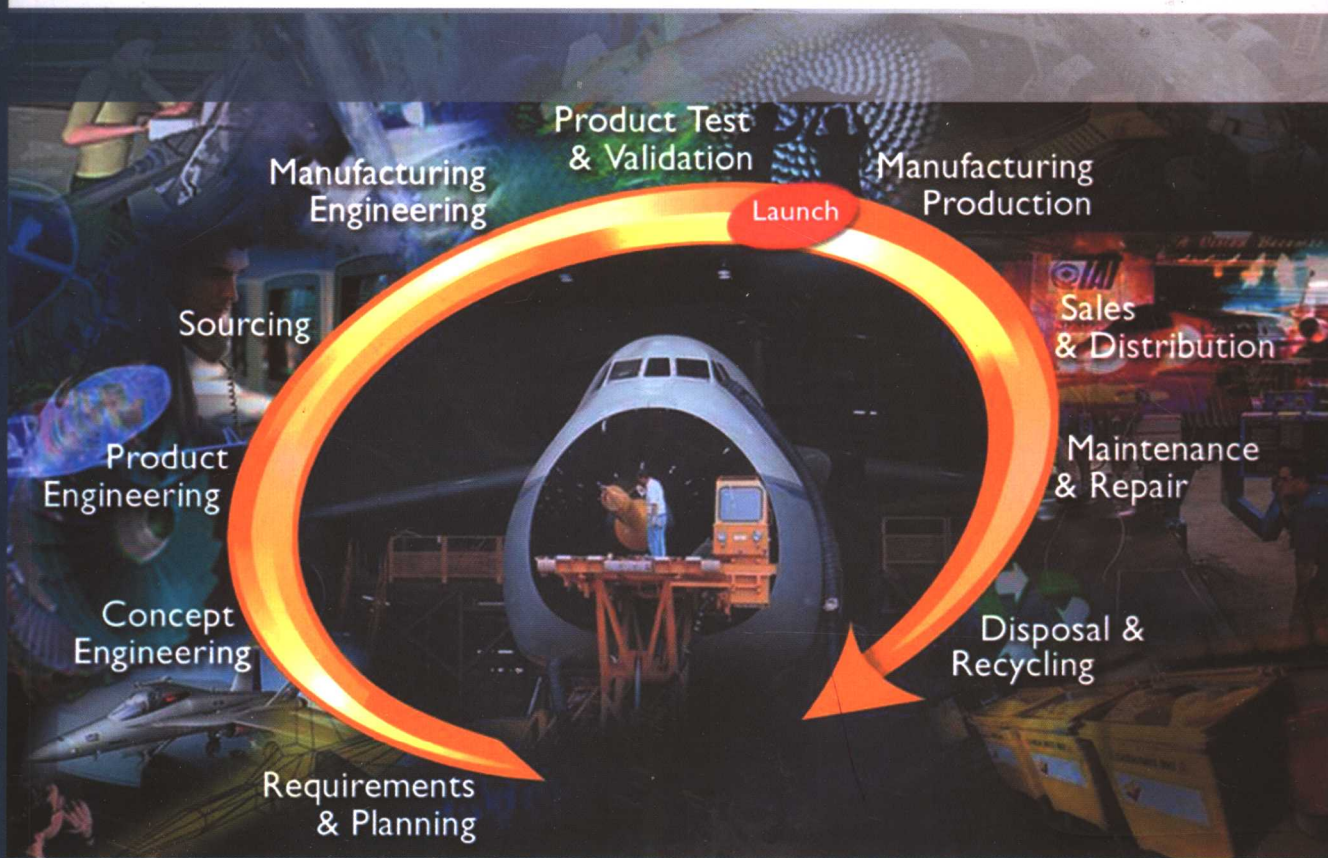




UGS PLM 应用指导系列丛书

The PLM Company

Solid Edge 基础与实践教程



续 丹 陶唐飞 黄 胜 编著
贾仲文 审校



清华大学出版社

UGS PLM 应用指导系列丛书

Solid Edge 基础与实践教程

续 丹 陶唐飞 黄 胜 编著

贾仲文 审校

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据作者使用 Solid Edge 的经验和技巧,从一个机械设计师的角度出发,由浅入深、由点至面,详细讲解了 Solid Edge 的特征命令功能、操作方法和技巧。本书的内容包括 Solid Edge 系统软件的操作界面、草图绘制、基本特征造型、钣金设计、工程图和零件装配、Insight 等内容。全书贯穿了特征命令的综合应用,围绕一个个实例进行透彻讲解,让读者能够综合运用本书所讲述的 Solid Edge 的各项功能。读完本书,读者一定可以具备进行三维实体造型设计的能力,并且能切实掌握如何从无到有地进行产品设计。同时针对产品设计的特点及需求,还介绍了运动仿真、干涉检查、碰撞等分析过程。对管道设计、线缆布置、钢架设计、标准零件库的建立、数据管理 Insight 也有相当的介绍。

本书特色就是在介绍操作原理的基础上,侧重于通过具体的操作实例,以 Solid Edge V17 中文版为蓝本详细介绍 Solid Edge 的命令结构,使读者能够遵循本书的操作步骤,来加深对 Solid Edge 的理解和掌握。

本书适用于在校机械类专业学生,也适于作为高校设计相关科系的设计课程教材,以及企业的工程技术人员使用。

版权声明

本系列丛书为 UGS PLM Solutions (中国) 公司 (原名: 优集系统 (中国) 有限公司) 独家授权的中文版培训教程与使用指导。本书的专有出版权属清华大学出版社所有。在没有得到 UGS PLM Solutions (中国) 公司和本丛书出版者的书面许可,任何单位和个人不得复制与翻印。

版权所有,违者必究。

“Copyright 2000 by Unigraphics Solutions Inc.

Original English Language Edition Copyright

2000 by Unigraphics Solutions Inc. All Rights Reserved”

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂沫清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂沫,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

Solid Edge 基础与实践教程/续丹,陶唐飞,黄胜编著. —北京:清华大学出版社,2005.9

(UGS PLM 应用指导系列丛书)

ISBN 7-302-11717-9

I. S… II. ①续… ②陶… ③黄… III. 机械设计:计算机辅助设计-应用软件, Solid Edge-教材
IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 099547 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编: 100084
社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

组稿编辑: 许存权

文稿编辑: 马 丽

封面设计: 范华明

版式设计: 侯哲芬

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185 × 260 印 张: 19.25 字 数: 416 千字

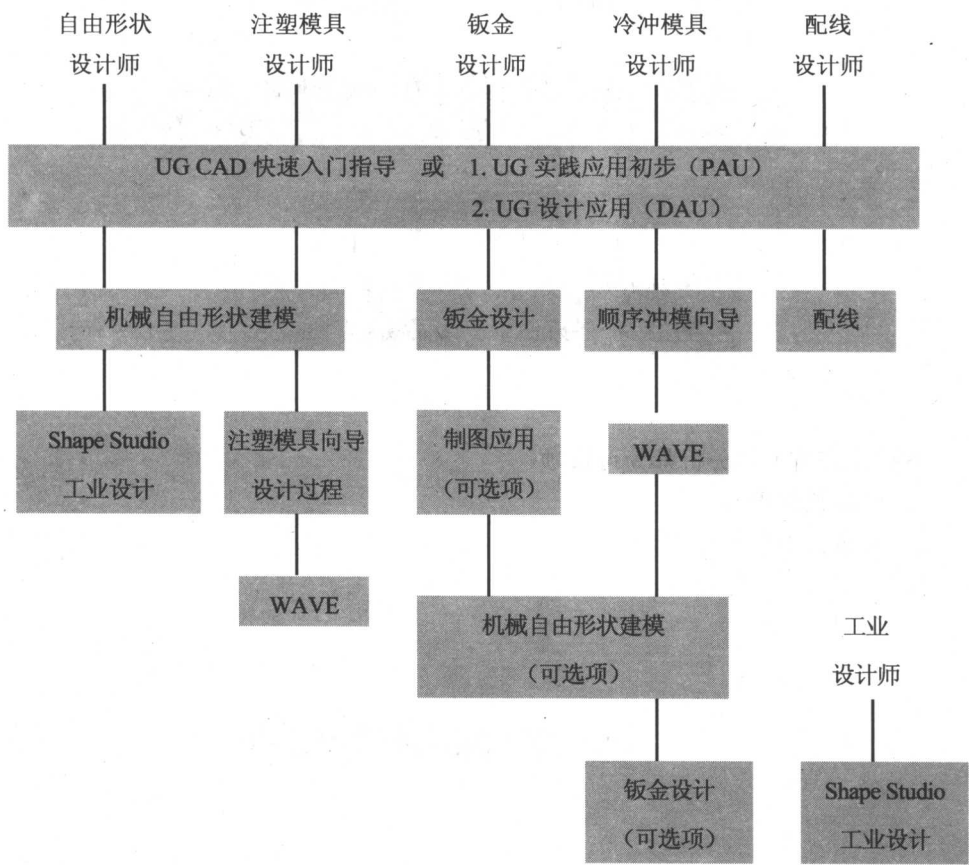
版 次: 2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-11717-9/TP · 7644

印 数: 1 ~ 5000

定 价: 29.00 元

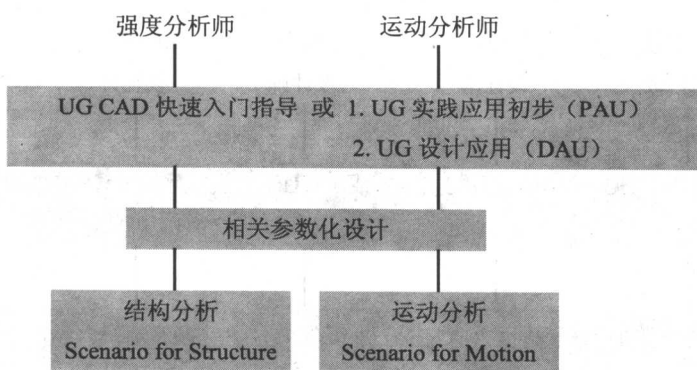
UG NX 设计师学习途径



下列课程对所有上述人员为可选项:

- 1. 产品数据管理
- 2. 相关参数化设计

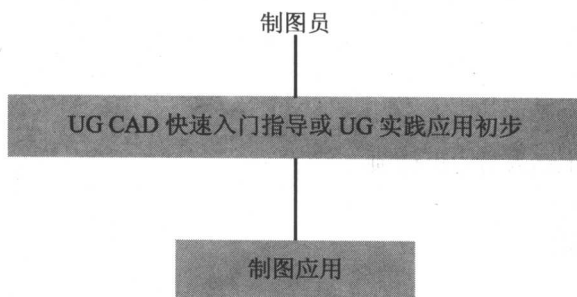
UG NX 分析师学习途径



下列课程对上述分析师为可选项：

1. 产品数据管理
2. 机械自由形状建模
3. WAVE

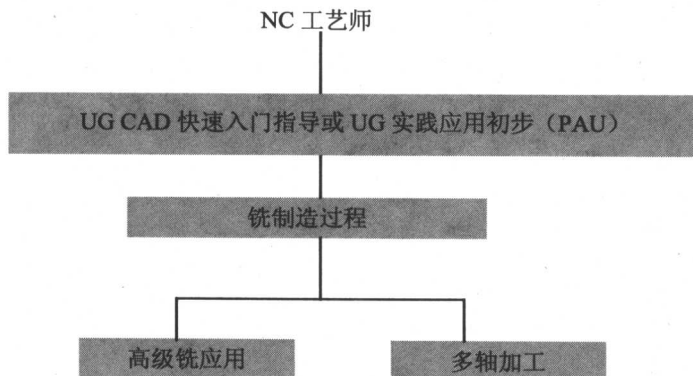
UG NX 制图员学习途径



下列课程为可选项课程：

产品数据管理

UG NX NC 加工学习途径



下列课程为可选项课程：

1. 产品数据管理
2. 车削过程
3. 后置处理器构建技术

UGS PLM 应用指导系列丛书序

UGS PLM Solutions 公司是产品生命周期管理 (PLM) 软件及相关服务领域的市场领导者, 由原来的 UGS、SDRC 和 EAI 组成, 拥有 42000 家客户, 全球装机量超过 280 万台。公司与客户密切协作, 提供产品数据管理、工程协同和产品设计、分析加工的完整解决方案, 帮助客户实现管理流程的改革与创新, 以期真正获得 PLM 所带来的价值。

为了丰富清华大学出版社计算机图书的种类, 强化品牌优势和帮助 UGS 客户正确与高效地应用 MCAD/CAE/CAM 技术于产品开发过程和满足广大 UG 学习者的要求, 清华大学出版社北京清大金地科技有限公司和优集系统 (中国) 有限公司从 2000 年起, 联合组织出版了 Unigraphics 中文版应用指导系列丛书。该系列丛书的出版深受广大用户与读者的欢迎。今天为了帮助 UGS 客户正确与高效地应用 UGS PLM 产品生命周期管理解决方案于产品开发过程和满足广大读者的进一步学习要求, 清华大学出版社北京清大金地科技有限公司和优集系统 (中国) 有限公司决定将原有的中文版 Unigraphics 应用指导系列丛书扩展为中文版 UGS PLM 应用指导系列丛书。

新扩展的系列丛书由两部分组成:

(1) NX MCAD/CAE/CAM 培训教程和应用指导

(2) Teamcenter 培训教程和应用指导

培训教程: 系列教程将采用全球通用的最优秀的学员指导 (Student Guide) 教材为原始资料, 组织国内优秀的培训教员与应用工程师编译。最后由公司指定的专家们审校。

应用指导: 将汇集有关专家的使用经验, 以简洁清晰的形式写成使用指导, 指导广大用户快速正确地应用相应的产品、模块与功能。

系列丛书的读者对象为:

(1) 已购 UGS PLM Solutions 软件的广大用户

培训教程可作为离线培训与现场培训的教材, 或自学参考书。

应用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

(2) 选型中的 UGS 潜在用户

培训教程可作为预培训的教材, 或深入了解 UGS PLM Solutions 软件产品、模块与功能的参考书。

(3) 在校机械、机电专业本科生与研究生

培训教程可作为 CAD、CAM 与 PDM 专业课教材, 研究生做课题中的自学参考书。

应用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

(4) 机械类工程技术人员

培训教程可作为再教育的教材或自学参考书。

应用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

系列丛书的编译、编著、审校工作得到优集系统（中国）有限公司与各 UG 培训中心的大力支持，特别是得到 UGS PLM Solutions 公司大中华区总裁陈杰先生、大中华区销售总监魏永强先生、大中华区技术总监宣志华先生的大力支持与指导。在此表示衷心的感谢。

参与系列丛书的编译、编著、审校的全体工作人员认真细致地写稿、审稿、改稿，正是他们付出的辛勤劳动，系列丛书才得以在短时间内完成，在此也表示衷心的感谢。

最后要感谢清华大学出版社北京清大金地科技有限公司，在系列丛书的策划、出版过程中给予的特别关注、指导与支持。

UGS PLM Solutions 软件在继续发展与升版，随着新版本、新模块与新功能的推出，UGS PLM 系列丛书将定时更新和不断增册。

由于时间仓促，书中难免有疏漏与出错之处，敬请广大读者批评指正。

UGS PLM 应用指导系列丛书工作组

2004 年 4 月

前言

Solid Edge 是 UGS 公司推出的、全球居于行业领导地位的、高性价比的三维计算机辅助设计软件, 服务于设计主流的产品生命周期管理市场。Solid Edge 以一种全新的设计理念, 基于管理的产品设计思想, 正逐步被广大的机械工程师所接受。

在数据管理的 Insight 环境下, 进行产品的概念设计与详细设计, 使设计者将数据管理的理念融入到设计过程中。当产品设计完成之时, 整个数据管理也全部完成, 所有的设计数据井井有条。

Solid Edge 易学易用的特点, 在 V17 版本中得到了极大的加强。学徒模式的引入, 使初学者倍感亲切, 加快了入门的步伐。强大的零件设计能力, 自由的曲面工具, 高效的 2D/3D 混合设计技术, 都在 CAD 行业里居于领先地位。特别是完全兼容二维数据, 独特的二维转向三维技术, 快速、准确、方便地制作符合企业要求的工程制图, 使 Solid Edge 成为真正的二维、三维一体化系统。再加上符合实际工艺的钣金、管道、线缆、钢架系统, 具有专家智能的企业知识库, 符合国标、智能的紧固件系统, 都使机械工程师如虎添翼。目前惟一直接嵌入式的数据管理工具 Insight, 提供了数据管理领域的核心功能, 如安全管理、版本管理、设计协同操作及审核批准管理等, 帮助用户节约修改和工序更改时间, 为产品设计保驾护航。最后, 不能不提的二次开发能力, 也是 Solid Edge 最具特色的功能之一。利用当今最成熟的语言 VB、VC 及 VB.Net, 将变量化设计能力发挥到极限。

Solid Edge 在全世界范围内拥有广泛的用户群, 由成千上万公司、大学中的设计人员构成, 他们来自世界各地, 包括 Alcoa、NEC Engineering、Volvo、Krones 等。Solid Edge 有超过 200 个的合作伙伴为广大客户提供工程软件应用和计算机硬件解决方案。

Solid Edge 与教育界有着广泛的合作基础。2000 年向全国教委所属的重点高校赠送了两万多套软件, 目前已成为很多高校的必修课与选修课。2005 年中国工程图学会又将 Solid Edge 作为“三维数字建模师”资格证书的惟一培训与考核软件, 相信必将在中国掀起新一轮的学习高潮。

UGS 公司是全球产品全生命周期管理 (PLM) 领域软件与服务的市场领导者, 拥有 42000 家客户, 全球装机量超过 400 万台, 占全世界三维数据的生成与管理总量的 40% 以上。公司倡导软件的开放性与标准化, 并与客户密切协作, 提供完整的企业解决方案, 帮助客户进行管理流程的不断创新, 以真正实现 PLM 所带来的价值。公司的中文网站为: <http://www.ugs.com.cn>。

本书以 Solid Edge 最新的 V17 中文版为蓝本, 结合作者长期教学与应用 Solid Edge 进行培训与产品设计的经验, 将 Solid Edge 所有的功能, 通过一个个实例的操作, 深入浅出地介绍给广大读者, 让读者在操作这些实例的同时, 领会 Solid Edge 的使用方法与技巧, 从而更快地掌握这个软件。

本书的作者都是来自于 Solid Edge 教学与应用的第一线。续丹老师从事 Solid Edge 软件教学多年,积累了丰富的教学、培训经验。陶唐飞老师也是扎根于 Solid Edge 教学的第一线,对 Solid Edge 有着深刻的认识。黄胜先生则是 UGS 公司的专家工程师,长期致力于 Solid Edge 软件的技术支持与服务工作。特别感谢 UDS 公司的资深工程师贾仲文先生,为本书带来了他安装与配置 Insight 的经验点滴,使得本书更加完善。

本书的特点就是通过每一个实例的操作过程,将 Solid Edge 命令融合到其中。因此本书的重点不是介绍单个命令的使用方法,而是将重点放在命令之间的连贯性。从产品设计角度出发,通过不同命令的连续性操作,达到完成产品设计的目的。在实例的操作过程中,再结合 Solid Edge 的具体命令来进行讲解,这是本书的特色。

本书由续丹、陶唐飞、黄胜编著,贾仲文审校。

在本书编写过程中,由于得到了西安交通大学各位领导及同行的支持,UGS 中国有限公司的大力协助,才能让本书早日与读者见面,在此表示衷心的感谢。

限于作者水平有限,时间仓促,不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

如果读者对本书或 Solid Edge 有什么建议,可以到中国工程图学网的 Solid Edge 论坛上发表,网址是 www.cgn.net.cn/bbs/index.asp。

续丹 陶唐飞 黄胜

2005 年 6 月底

目 录

第 1 章 Solid Edge 简介	1
1.1 Solid Edge 的发展	1
1.2 Solid Edge 的特点	3
1.2.1 基于 Windows 平台的实体造型工具, 友好的交互界面	3
1.2.2 无可比拟的装配设计	3
1.2.3 技高一筹的零件设计	5
1.2.4 最高效的钣金设计	7
1.2.5 流畅的制图模块	7
1.2.6 渲染和其他高效工具	8
1.2.7 管道设计与线缆设计	8
1.2.8 焊接设计	9
1.2.9 内置的标准零件库	9
1.2.10 内置的产品数据管理	9
1.3 安装 Solid Edge V17	10
1.3.1 安装 Solid Edge V17	11
1.3.2 安装 Solid Edge 附件	12
1.4 启动 Solid Edge	13
1.5 用户界面	15
1.6 常用命令介绍	16
1.6.1 尺寸属性设置	16
1.6.2 工具栏显示、隐藏设置	17
1.6.3 使用快捷菜单	17
1.6.4 视图显示工具	18
1.6.5 快速、智能拾取	19
1.6.6 打开、创建模板文件	20
1.7 特殊性能	21
1.7.1 快速浏览	21
1.7.2 XpresReview 工具	21
1.7.3 Solid Edge 应用程序接口 API	21
1.7.4 最优的无缝集成方案	21
1.8 使用帮助	22

1.9 自学教程.....	23
第2章 零件设计.....	25
2.1 零件设计理念.....	25
2.1.1 简单几何体构成方式.....	26
2.1.2 复杂几何体的构成.....	26
2.2 零件设计模块设计流程概论.....	29
2.3 零件设计应用举例.....	32
2.3.1 创建几何体.....	32
2.3.2 创建轴型壳体.....	45
2.3.3 创建电熨头外壳.....	57
2.4 零件设计中某些重要实用工具详解.....	70
2.4.1 资源管理器.....	70
2.4.2 关系显示.....	72
2.4.3 属性计算.....	73
2.4.4 塑料件设计.....	74
第3章 钣金设计.....	78
3.1 钣金设计的概念.....	78
3.1.1 概述.....	78
3.1.2 钣金设计的特点.....	78
3.2 钣金设计流程概述.....	79
3.3 钣金设计应用举例.....	81
3.3.1 构形分析.....	81
3.3.2 钣金设计过程.....	82
3.4 钣金设计命令补缺.....	98
3.4.1 弯曲类钣金设计.....	98
3.4.2 钣金的二次折弯.....	101
3.4.3 插入折弯.....	102
3.4.4 闭合边角.....	103
3.4.5 钣金与零件的互操作.....	107
第4章 装配设计.....	111
4.1 装配理论.....	111
4.1.1 装配设计.....	111
4.1.2 装配关系.....	112
4.1.3 构造装配件的典型工作流程.....	116

4.2 命令汇总.....	117
4.3 实例.....	118
4.4 高级功能.....	132
4.4.1 干涉检查.....	132
4.4.2 装配爆炸图.....	135
4.4.3 装配件剖视图.....	138
4.4.4 运动仿真.....	140
第 5 章 焊接件设计	147
5.1 焊接工艺.....	147
5.1.1 焊接基本概念.....	147
5.1.2 焊缝符号表示法.....	148
5.1.3 焊缝尺寸符号标注原则.....	148
5.2 焊接件设计流程概论.....	149
5.3 焊接件设计应用举例.....	150
第 6 章 管道与线缆布置.....	159
6.1 管件设计模块.....	159
6.2 管道设计模块.....	166
6.3 线缆设计模块.....	168
第 7 章 钢架设计.....	173
7.1 钢架设计流程概述.....	173
7.2 钢架设计实例.....	175
第 8 章 标准件库.....	178
8.1 安装及配置标准件库.....	178
8.1.1 安装标准零件库.....	179
8.1.2 配置标准零件库.....	179
8.1.3 设置标准零件库.....	183
8.2 使用标准件库.....	183
8.2.1 紧固件系统.....	183
8.2.2 调用标准件库.....	186
8.3 添加标准件.....	187
第 9 章 工程图生成	193
9.1 相关理论.....	194
9.2 工程图生成模块命令总汇.....	194

9.3 实例.....	195
第 10 章 Insight	242
10.1 Insight 介绍.....	242
10.2 规划 Insight.....	243
10.2.1 软件准备.....	244
10.2.2 硬件准备.....	244
10.2.3 人员准备.....	245
10.3 安装 Insight.....	245
10.3.1 安装 Insight 服务器.....	245
10.3.2 配置 Insight 服务器.....	255
10.3.3 建立 Solid Edge 文档库.....	258
10.3.4 安装 Insight 客户端.....	260
10.4 使用 Insight.....	261
10.4.1 上传单个 Office 文件.....	261
10.4.2 批量上传 Office 文件.....	261
10.4.3 上传 Solid Edge 文件.....	263
10.4.4 用 Web Parts 观察 Solid Edge 文件.....	264
10.5 设置 Insight.....	266
10.5.1 审批.....	266
10.5.2 通知.....	268
10.5.3 批注.....	269
10.6 备份和恢复.....	272
10.6.1 备份概述.....	272
10.6.2 备份命令.....	272
10.6.3 恢复网站.....	273
10.6.4 自动实现备份.....	273
第 11 章 Solid Edge 特色功能.....	275
11.1 学徒模式.....	275
11.2 直接编辑.....	277
11.2.1 零件环境.....	277
11.2.2 钣金环境.....	280
11.3 装配简化.....	281
11.4 浏览与红线批注.....	283
11.5 Zero_D 设计简介.....	286

第 1 章 Solid Edge 简介

随着版本的不断更新, Solid Edge 功能越来越完善, 它以卓越的性能、优异的造型功能、众口皆碑的易用性和专业化的设计环境赢得了业界广泛的赞誉。本章将针对 Solid Edge V17 的特点, 对用户界面、常用命令作一介绍。

1.1 Solid Edge 的发展

Solid Edge 是 UGS 公司推出的、面向产品设计的普及型桌面设计系统。自推出以来, 因其简洁的用户界面、流畅的操作过程、强大的设计功能、雄厚的技术服务团队, 立即在全球的三维市场掀起热潮, 成为普及型桌面设计系统的代表软件。国内的众多高校也获得了 UGS 公司的无私赞助。

Solid Edge 是为工程师而开发的系统, 处处留下了产品设计的痕迹。从零部件的设计到总装配规划, 模具制作, 最终完成符合企业标准的工程蓝图, 各种功能无所不及、无所不在。Solid Edge 在全面继承二维设计数据的基础上, 推出在业界独特的二维转三维技术, 让以前习惯于二维画图的工程师能平滑地过渡到三维产品设计, 同时又极大地保护了企业的投资。从 V16 版本开始, Solid Edge 又致力于发展全新的二、三维混合设计技术, 使自顶而下的设计思想有了具体的实现方法, 真正符合产品设计的思路过程。符合 G2 (曲率) 连续的自由曲面造型能力, 突破了传统的基于历史树的设计方式, 动态实现了设计目标。功能强大、专业化的钣金、管道、线缆、钢架、焊接及模具设计各具特色, 既与实际工艺流程相类似, 又完美实现了物理样机与数字样机的统一。而制图模块则简洁明了, 只需单击几下鼠标, 各种符合国标的视图、标注都将出现在你面前。二、三维的关联技术, 使你不再担心数据的惟一性。

不仅如此, Solid Edge 还提供了许多高效、独特的工具。网络发布 (Web Publishing), 要依据设计向导, 单击鼠标, 就能使产品在网上发布, 共享设计成果; 特征识别器 (Feature Recognizer) 则让 Solid Edge 继承外部数据的参数变成现实; 另外, 在 V17 版本里出现的直接建模功能, 使你可以随时根据设计的要求, 修改三维模型, 而不必顾及它的建模过程、建模软件; 具备仿真功能的运动模拟, 让虚拟运动与实际机器毫厘不差; 内置的国标零件库及管道元件库, 是设计者进行标准化设计必不可少的实用工具。

总之, 你所需要的, Solid Edge 都提供了。

Solid Edge 发展简史

1996 年, Solid Edge 的第一个版本在美国 Intergraph 公司诞生。当时, 几个知名的 CAD/CAM 系统正面临昂贵的价格和用户需求之间的矛盾。Solid Edge 的出现, 在当时的中端市场上激起强烈的反响。它以简洁的图标菜单、流畅的操作步骤、强大的功能吸引了大家的目光。1998 年, 在 Solid Edge 第 4 个版本发布后, 著名的软件巨头 UGS 看中了 Solid Edge 的发展潜力, 一举将 Intergraph 公司的工程设计部收购下来。只用了半年的时间, UGS 公司将 Solid Edge 的内核系统就移植到了 Parasolid 上, 同时也标志着 Solid Edge 融入到 UGS 的产品线, 进入一个快速发展的阶段, 如图 1-1 所示。

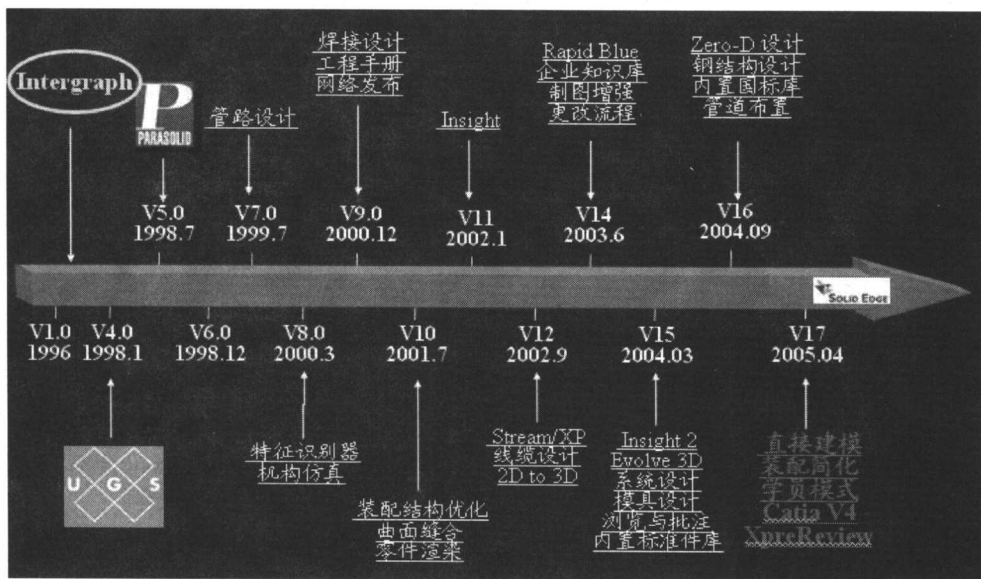


图 1-1 Solid Edge 的发展简史

从 1998 年底开始, Solid Edge 就出现在中国的大地上, 当时的版本是 V6。管道设计模块出现在 V7 中, V8 中增加了特征识别器和简单的机构仿真。在 2000 年, 还发生了一件对 Solid Edge 具有深远影响的事情, 那就是 UGS 公司向国家教委所属的二百多所高校赠送了两万多套 Solid Edge 软件, 目前很多高校的机械系采用 Solid Edge 进行教学, 就是得益于那时的赠送。

Solid Edge 每个版本的更新, 都会加入很多实用的功能。焊接设计、网络发布器出现在 V9 中, 装配结构优化、零件渲染等功能又现身于 V10 中, 这还不包含 CAD 原有设计功能的增强。

2002 年, Solid Edge V11 首先在 CAD 设计领域引入了数据管理的理念(Insight)。Insight 让广大的设计者真正体验到了带着管理的方法进行产品设计的优势。从这一版本开始, Insight 就始终是 Solid Edge 的重要组成部分。

Solid Edge V12 则引入 Stream/XP 风格, 同时在业界首次加入了线缆设计模块。Rapid Blue 在 V14 中出现, 是 Solid Edge 发展史上的一个里程碑, 使得 Solid Edge 以灵活、强大的曲面造型能力, 突入消费品设计领域。另外, 在这一版本中出现的企业知识库, 则把设计者的经验融入到产品设计中, 是设计工具的一大提升。

模具设计、系统设计、二维转三维的功能, 又使 Solid Edge V15 继续领先于其他三维软件。特别是二维转三维的能力, 使众多二维的用户, 能轻松实现将二维视图自动转成三维投影图, 既节省了时间, 又实现了对二维数据的继承, 是二维到三维的最佳选择。

Solid Edge V16 中的二、三维混合设计方法 (简称 Zero-D)、钢架设计及国标零件库, 让设计者感到 Solid Edge 真正代表了机械产品设计的最新发展方向。从产品的概念设计入手, Zero-D 利用二维的布置图, 轻松制定产品的结构树及二维图与三维实体的关联, 实现真正的 Top-Down 设计方法。

现在, 只要拥有 Solid Edge, 就能处理所有数据。V17 中的直接建模能力, 让你不再为不同数据格式、无参数而犯愁。装配简化又使设计者能轻松处理超大规模的装配及快速出图。学员模式 (或称学徒模式) 则让初学者倍感方便。这些都仅是在 V17 中比较突出的几个功能。

1.2 Solid Edge 的特点

Solid Edge 是 UGS 公司推出的一款功能强大的三维计算机辅助设计软件, 为制造业企业提供基于管理的设计工具, 帮助企业缩短产品上市周期, 提高产品品质, 降低费用, 从而增强企业竞争优势, 同时 Solid Edge 出众的建模能力和优化的设计流程, 最佳的易学、易用性, 最大程度地满足了日益复杂的产品设计。

1.2.1 基于 Windows 平台的实体造型工具, 友好的交互界面

在微软公司 Windows 操作系统平台上开发的 Solid Edge, 兼容了所有 Windows 的卓越性能, 同时也具有 Windows XP 风格 and 操作方法友好的人机交互界面, 智能化的基于流程的操作方法使用户无需对 Solid Edge 的操作进行专门学习, 就能轻而易举地掌握 Solid Edge 的基本使用方法。

1.2.2 无可比拟的装配设计

1. 强大的 2D/3D 混合设计

Solid Edge 采用多种技术, 能够轻松完成大型机器的装配, 自顶向下和由底而上的两种装配技术发展起来的 2D/3D 混合设计的技术, 使装配设计可以在工作组中齐头并进, 并确保整台机器的正常装配。设计得当的装配方法和智能装配, 提高了装配效率。装配草图