



普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材

机电产品数字化设计

苏少辉 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材

机电产品数字化设计

主 编 苏少辉
参 编 林 剑 龚友平 陈国金 李国栋
主 审 张建辉



机械工业出版社

本书根据作者对数字化设计的理解,从机械设计工程师的角度出发,介绍怎样应用 Solid Edge 先进的三维设计软件去完成机械设计的任务。

本书共分 6 章,重点介绍了 Solid Edge 三维设计软件的应用。本书由浅入深、由点到面,通过应用实例详细讲解基本特征命令的功能、使用方法与技巧。书中主要内容分为两大块:第一块围绕机械设计中常见的“一级圆柱齿轮减速器”和“直线滚动导轨工作台”的设计实例,介绍了从零件设计开始到装配件设计,最后到工程图样设计的整个过程;第二块介绍与数字化设计相关的变型设计、配置设计、工艺变型设计等,并结合电动工具、千斤顶等产品进行了应用案例分析。全书贯穿了特征命令的综合应用,围绕一个个实例进行分步操作,使读者通过对本书的学习,加深对数字化设计理念与 Solid Edge 软件的理解和掌握。

本书适用于从事机械专业的读者,特别适用于那些三维想象力不强的读者,在学习机械设计中帮助他们很快提高设计能力,也同样适用于非机械专业(电子、自动化等专业)作为提高机械设计的理念与能力的实训教材。鉴于本书的实用性与新颖性可作为机械设计、机电工程等专业的本科教材,也可作为高职、专科等相关专业学习现代机械设计的教材,还可作为各类现代机械设计培训班的培训教材以及广大工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机电产品数字化设计/苏少辉主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 11
普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材
ISBN 978-7-111-44241-7

I. ①机… II. ①苏… III. ①机电设备—数字化—设计—高等学校—教材 IV. ①TH122—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 233932 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:蔡开颖 责任编辑:蔡开颖 范成欣 卢若薇
版式设计:常天培 责任校对:申春香
封面设计:张 静 责任印制:张 楠
涿州市京南印刷厂印刷
2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·16 印张·393 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-44241-7
定价:29.90 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

数字化设计是先进制造业的基础，国家目前正大力开展“卓越工程师教育培养计划”，旨在培养一批创新型工程人才，掌握数字化设计是机械工程师应该具备的条件。为帮助读者尽快掌握机电产品数字化设计方法，我们编写了本书。书中提供了大量的工程案例，希望通过这些案例为“卓越工程师”培养提供工程实践方面的帮助。

本书的编写以 Solid Edge V19 软件为操作平台。三维 CAD 软件的应用，为机械设计开辟了一条捷径，基于 CAD 软件可以方便地进行零件设计和装配设计，笔者进一步在该软件的基础上进行了二次开发，帮助设计人员实现变型设计和配置设计，从而达到快速设计的目的。

本书力求简明扼要，注重实用。作为实践性设计书，在编写中尽量突出设计思路 and 具体方法，加入应用实例，以帮助读者提高分析问题和解决问题的能力。许多实例用文字进行简要说明，配以真实图片，将设计过程分段进行剖析；在执行设计步骤命令后插入各自的标识图符，便于识别；同时将操作界面上的“智能动态步骤工具条”复制、粘贴到图的上方，使读者可以较快地掌握设计方法。

本书将知识点与能力点紧密结合，使读者通过应用实例的操作能“举一反三”解决工程实际设计问题。每章节相对独立，读者可根据需求，进行选择学习。

本书的第2章为零件设计，介绍了机械零件三维建模设计，将机械设计中常碰到的“一级圆柱齿轮减速器”和“直线滚动导轨工作台”零件库的建立及零件创建过程作为练习编入。第3章为装配设计，利用第2章创建的零件，进行装配设计。第4章为基于事物特性表的产品变型设计，在 CAD 软件中进行零件设计和装配设计的基础上，对软件进行二次开发，实现零部件的变型设计。第5章为机电产品配置设计和第6章机电产品工艺变型设计作为前几章的有益补充，同样有实例应用贯穿设计主线，帮助读者在较短时间内理解、掌握设计思路与方法。

本书撰写分工如下：第1章，苏少辉；第2章，林剑、李国栋；第3章，李国栋、龚友平；第4章，苏少辉、林剑；第5章，陈国金、龚友平；第6章，苏少辉。全书由苏少辉统稿，由张建辉教授主审。

在本书的编写过程中，得到许多专家的指点，在此深表感谢。由于时间仓促和水平所限，书中不足之处在所难免，恳请专家、广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 数字化设计基础	1
1.1 信息技术与先进产品设计技术	1
1.1.1 信息技术	1
1.1.2 先进产品设计技术	2
1.2 机电产品的设计	3
1.2.1 机电产品的设计过程	3
1.2.2 产品模型的发展	4
1.2.3 基于零部件重用的机电产品 数字化设计	6
1.3 三维 CAD 系统 Solid Edge	6
1.3.1 装配设计	7
1.3.2 零件设计	8
1.3.3 钣金设计	9
1.3.4 流畅的制图模块	10
1.3.5 渲染和其他高效工具	10
1.3.6 管道设计与线缆设计	11
1.3.7 焊接设计	12
1.3.8 用户界面	12
第2章 零件设计	13
2.1 零件设计理念	13
2.1.1 简单几何体的构成方式	14
2.1.2 复杂几何体的构成	14
2.2 零件设计模块设计流程概述	17
2.3 零件设计应用举例	19
2.3.1 创建风叶轮	19
2.3.2 创建轴类零件	32
2.3.3 创建盘形传动零件	35
2.3.4 创建箱体零件	40
2.3.5 创建轴型壳体零件	47
2.4 曲面零件设计	54
2.4.1 创建曲面	54
2.4.2 编辑点与曲线	58
2.4.3 编辑曲面	62

2.4.4 曲面的应用	65
2.4.5 曲面设计应用实例	69
2.5 创建工程零件库	76
2.5.1 一级圆柱齿轮减速器零件库	76
2.5.2 直线滚动导轨工作台零件库	84
第3章 装配设计	102
3.1 装配基础理论	103
3.1.1 装配设计方法	103
3.1.2 装配关系	103
3.2 装配设计的界面、命令及基本步骤	105
3.2.1 装配界面与操作步骤	105
3.2.2 装配关系命令总汇	107
3.3 一级圆柱齿轮减速器装配实例	108
3.3.1 小齿轮轴装配件的创建	108
3.3.2 大齿轮轴装配件的创建	111
3.3.3 一级圆柱齿轮减速器总装 配件	112
3.3.4 一级圆柱齿轮减速器箱盖的 配作	122
3.4 直线滚动导轨工作台装配实例	130
3.4.1 直线滚动导轨底座子装配件	131
3.4.2 直线滚动导轨滑块子装配件	139
3.4.3 直线滚动导轨传动螺母子装 配件	144
3.4.4 滚动导轨工作台子装配件	149
3.4.5 直线滚动导轨工作台总装配件	156
3.5 装配件爆炸图（分解装配件）	164
3.5.1 装配爆炸图的界面与命令	164
3.5.2 一级圆柱齿轮减速器爆炸图的 创建实例	165
3.6 创建装配件的相似装配模块	178
3.6.1 创建装配族的新成员进行子装 配件的替换	178
3.6.2 创建装配族的新成员进行零件重装	

与变量定义	182	5.2.1 产品结构模型	214
3.7 创建装配件剖视图	185	5.2.2 基于事物特性表的产品配置 模型描述	216
3.7.1 创建装配件剖视图的界面与动态 工具条	185	5.2.3 配置知识的约束分类	217
3.7.2 创建一级圆柱齿轮减速器总装配件的 剖视图实例	186	5.3 产品配置知识库的构建	218
第4章 基于事物特性表的产品变型 设计	190	5.3.1 产品配置知识的表达	218
4.1 事物特性表技术	190	5.3.2 配置知识的解析	221
4.2 基于事物特性表的产品建模原理	191	5.4 基于实例的产品配置推理	223
4.2.1 产品模型分析	191	5.4.1 基于实例推理的原理	224
4.2.2 基于事物特性表的产品模型	193	5.4.2 基于实例推理的步骤	224
4.3 基于事物特性表的变型设计技术	195	5.4.3 实例检索和提取	225
4.3.1 基于事物特性表的零件变型 设计原理	195	5.5 千斤顶产品配置设计系统	226
4.3.2 基于事物特性表的部件变型 设计原理	195	5.5.1 系统体系结构	226
4.3.3 产品变型设计原理	197	5.5.2 系统管理模块	227
4.4 基于 Solid Edge 二次开发的变型 设计系统	198	5.5.3 零部件管理与变型设计模块	229
4.4.1 Solid Edge 二次开发概述	198	5.5.4 配置设计	232
4.4.2 系统的体系结构	200	第6章 机电产品工艺变型设计	235
4.4.3 系统的功能模型	201	6.1 工艺变型设计原理	235
4.4.4 变型设计过程	203	6.1.1 机械加工工艺的组成	235
4.4.5 变型设计系统与 PDM 系统的 集成原理	204	6.1.2 参数化主文档	236
4.4.6 系统集成对变型设计过程的 支持	205	6.1.3 实例工艺文档派生	237
4.5 电动工具的变型设计	207	6.2 工艺变型设计关键技术	238
4.5.1 电动工具事物特性表	207	6.2.1 产品结构树管理	238
4.5.2 基于事物特性表的电动工具零件 变型设计	208	6.2.2 零部件工艺数据库管理	238
4.5.3 电动工具部件变型设计	209	6.2.3 工艺匹配检索技术	239
第5章 机电产品配置设计	211	6.3 电动工具工艺变型系统设计	240
5.1 配置设计原理	211	6.3.1 产品结构树管理子系统设计	240
5.2 产品配置模型	213	6.3.2 工艺报表定制子系统设计	242
5.2.1 产品结构模型	214	6.4 电动工具工艺变型系统实现	243
5.2.2 基于事物特性表的产品配置 模型描述	216	6.4.1 系统主界面	243
5.2.3 配置知识的约束分类	217	6.4.2 零部件编码以及实例检索模块	244
5.3 产品配置知识库的构建	218	6.4.3 产品结构树管理	245
5.3.1 产品配置知识的表达	218	6.4.4 制造资源管理模块	246
5.3.2 配置知识的解析	221	6.4.5 工艺设计管理	247
5.4 基于实例的产品配置推理	223	6.4.6 工艺报表定制管理模块	247
5.4.1 基于实例推理的原理	224	参考文献	249
5.4.2 基于实例推理的步骤	224		
5.4.3 实例检索和提取	225		
5.5 千斤顶产品配置设计系统	226		
5.5.1 系统体系结构	226		
5.5.2 系统管理模块	227		
5.5.3 零部件管理与变型设计模块	229		
5.5.4 配置设计	232		

第 1 章 数字化设计基础

随着技术的进步和市场竞争的日益激烈,产品的技术含量和复杂程度在不断增加,而产品的生命周期不断缩短。因此,缩短新产品的开发和上市周期成为企业产品竞争优势的重要因素。在这种形势下,在计算机上完成产品的开发,通过对产品模型的分析,改进产品设计方案,在数字状态下进行产品的虚拟试验和制造,再对设计进行改进或完善的数字化产品开发技术变得越来越重要。现代产品开发要求有效地组织多学科的产品开发队伍,充分利用各种计算机辅助工具,并有效地考虑产品开发与生产的全过程,从而缩短产品开发周期、降低成本、提高质量,生产出满足用户需要的产品,使企业在市场竞争中立于不败之地。

1.1 信息技术与先进产品设计技术

1.1.1 信息技术

信息技术的发展,不但改变了人们的工作方式和生活方式,还对人们的思维方式产生了十分深刻的影响,这种影响已经渗透到人类社会的每一个角落。

自从 1946 年第一台电子计算机问世以来,计算机技术得到了飞速的发展。大规模集成电路的出现与发展,使得计算机小型化和微型化。微处理器的性能呈指数型变化的规律增长,这一规律可以用摩尔定律加以描述。摩尔定律指出,集成电路芯片的性能每 18 ~ 24 个月就翻一番。存储技术的发展,使得一片指甲大小的芯片上可以存放两年《人民日报》的信息,一张光盘可以存储一部大百科全书的内容。计算机的普及扩大了计算机及相关产品的生产批量,降低了生产成本,提高了性价比,为计算机技术的更广泛应用奠定了坚实的物质基础。

随着计算机硬件技术的发展,软件技术也得到了迅速发展和普及。应用软件的功能迅速完善和增强,CAD 系统从线框模型、特征模型到实体模型,从绘图工具发展到智能产品建模;企业管理软件从物料需求计划(MRP)发展到企业资源规划(ERP)和供应链管理系统。应用软件不仅能够替代人们的许多重复性工作,而且能代替人们的部分智力劳动。通过应用系统的标准化和集成,可以实现各部门的信息共享,解决了信息孤岛的问题,计算机应用系统逐步向智能化、集成化和网络化方向发展。

多媒体技术是计算机领域最引人注目的技术之一。多媒体计算机技术和多媒体通信技术的紧密结合是多媒体技术的发展方向。在功能上,逐步增强声音、图形及图像的识别处理能力,实现图文一体化、视听一体化,朝着拟人化方向发展。

20 世纪 60 年代末,因特网一直作为美国国防和科技界使用的工具。直到 1991 年,美国全国科学技术基金会才取消了对因特网商业应用的限制。短短的十年间,因特网的应用和发展影响到社会、政治、经济和生活的方方面面。因特网采用 TCP/IP 通信协议,客户只需简单的鼠标操作便可浏览因特网上的各种内容。目前,因特网是全球最大的、开放的计算机

网络。通过计算机网络,可以跨地区、跨国界地实现网上资源共享。

信息高速公路是因特网发展的主要方向。信息高速公路又称全球信息基础结构 G II,包括有线通信、地面无线通信和卫星通信 3 条通道,整个世界将通过网络连成一个整体。随着网络技术的发展,一种全新的经济模式正在全球形成和快速发展,这就是网络经济。制造业不仅可以通过网络进行广告宣传,还可以在网上进行采购、销售,甚至可以在网上进行异地设计、制造、管理以及电子商务等。

1.1.2 先进产品设计技术

先进产品开发设计技术实现了产品设计手段与设计过程的数字化和智能化,缩短了产品开发周期,提高了企业的产品创新能力。先进产品开发设计技术包括产品设计技术与过程设计技术,前者的对象是产品,而後者的对象则是产品的制造过程。先进产品开发设计技术是先进制造技术的重要组成部分之一,也是应用最广泛、研究最深入、效益最明显的领域。目前,先进产品开发设计技术的特点大致可以概括为标准化、智能化、虚拟化和集成化。

经过近十年的发展,先进产品开发设计技术已经在航空航天、电子、机械、计算机和通信设备等制造企业获得了成功的应用。例如,美国波音公司在波音 777 和 737-800 两种机型的研制过程中,采用并行工程和虚拟制造等方法,组建集成产品开发团队(IPT),采用并行产品定义(CPD)和百分之百的数字化预装配,大量使用 CAD/CAM 技术,实现了无图样设计。其中,波音 777 飞机仅用了 3 年零 8 个月就一次试飞成功。洛克西德导弹与空间公司(LMSC)采用并行工程的方法,改进产品开发流程、实现信息集成与共享,并组织集成的产品开发团队,从而使新型导弹的开发周期由原来的 5 年缩短到了 24 个月,缩短研制周期 60%。德国戴姆勒-克莱斯勒公司和法国雷诺公司的轿车、NFT Ericsson 公司的军用雷达、法国 Alcatel Espace 公司的卫星设备、德国西门子公司的雷达设备等都采用了并行工程方法,使产品开发周期缩短了 30%~60%,成本降低了 15%~30%。

先进产品开发设计技术集成了多项先进技术(如智能设计、虚拟设计/制造技术、标准化技术、产品数据管理技术和并行工程等),是一门跨学科的综合技术。其中很多技术在面向大批量定制的设计中有广泛的应用。

智能化是实现设计自动化的重要途径。智能设计应用现代信息技术,采用计算机模拟人类的思维活动,提高计算机的智能水平,从而使计算机能够更多、更好地承担设计过程中各种复杂任务,成为设计人员的重要辅助工具。智能设计系统的关键技术包括设计过程的再认识、设计知识的表达、多专家系统协同技术、再设计与自学习机制、多种推理机制的综合应用、智能化人机接口等。

虚拟设计/制造技术是计算机图形学、人工智能、计算机网络、信息处理、计算机仿真技术、机械设计和制造技术等技术综合发展的产物。虚拟设计/制造技术在制造业有广泛的应用前景,如虚拟布局、虚拟装配、产品原型快速生成和虚拟加工等。尽管虚拟设计/制造技术的出现只有短短的几年时间,但它对传统设计方法的革命性的影响却很快地显现出来。虚拟设计/制造系统基本上不消耗资源和能量,通过计算机建立实体模型来模拟和预估产品的功能、性能、可加工性和可装配性等各方面可能存在的问题,从而避免了传统的“试验一出错一修正”方法的费用高、周期长、质量差等缺点,实现了产品的快速制造。

为了实现设计资源的共享,国际上对与产品开发和设计有关的标准化技术进行了深入研

究,其中最重要的是由国际标准化组织(ISO)颁布的关于产品数据表达与交换标准 STEP (ISO 10303),以及零件库标准(ISO 13584),这两个系列标准对大批量定制产生了非常重要的影响。

1.2 机电产品的设计

1.2.1 机电产品的设计过程

在如今激烈的市场竞争大环境下,机电产品在企业、产业乃至国家的经济生活中扮演着越来越重要的角色。从某种程度上讲,机电产品开发、设计和制造技术形成了现代经济的技术骨干,关系到国家整体开发创新和生产制造水平,对国家竞争力具有重要的影响。随着客户个性化需求越来越明显,机电产品大多是依据客户个性化要求专门设计的,产品品种繁多,零部件种类庞杂,产品结构的复杂性和特殊性要求企业具备较强的产品设计研发能力,使设计出的产品既能满足客户个性化需求,又不以牺牲成本为代价。此外,企业之间的激烈竞争使产品交付时间逐渐前移,从而导致机电产品的设计任务工作量加剧,设计环节的效率难以保证等情况出现。由此可见,机电产品的设计是一个涉及范围广泛、工作任务繁多、管理信息多样的复杂过程。

通常情况下,在接到客户复杂机电产品订单后,依据客户的个性化产品功能和技术要求,由企业进行设计,设计结果由双方协调认可,然后企业根据设计结果组织生产。根据具体产品和使用环境的不同,其产品规范和特性要求往往也千差万别。典型复杂机电产品(如工业汽轮机、飞机、舰船等)的设计流程(见图1-1)涉及多专业信息的集成、多学科团队的合作,是一个跨组织、跨部门和跨学科的、复杂且不断迭代的协同设计过程。

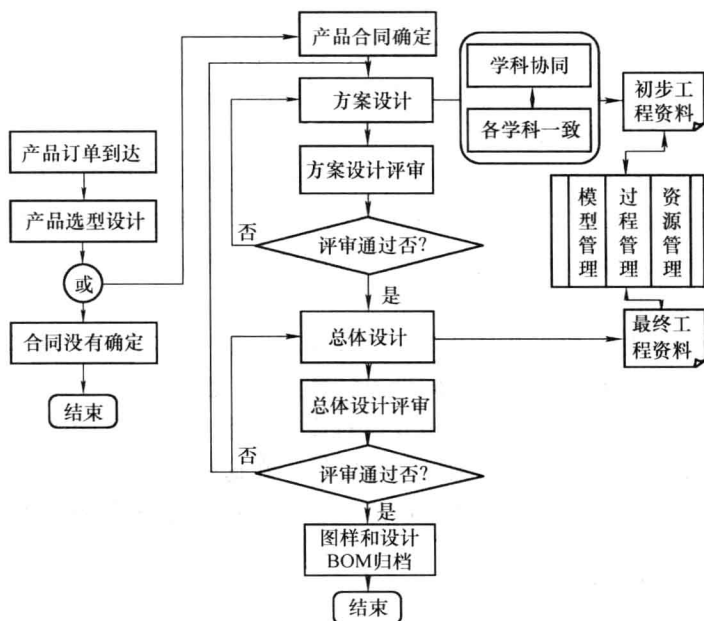


图 1-1 典型复杂机电产品的设计流程

产品设计问题是一个多变量的复杂处理过程,为了实现合理的设计,设计人员通常要引入多种设计方法,运用多种设计数据和知识来达到设计目的。例如,复杂产品的设计往往需要综合诸如结构、强度、振动、材料、加工等多方面的知识,而且还要顾及产品性能、重量、成本、交货期等约束条件,各种因素相互影响制约。因此,产品设计问题是一个典型的具有动态特征的多变量、非线性相关的求解问题。随着现代产品复杂性的增加,传统的独立的设计者难以依靠自身设计能力来掌控和完成整个设计过程,往往需要由多学科领域的设计人员参与,在综合运用多学科知识的基础上,共同来承担整个产品的设计任务。

面对复杂机电产品设计出现的更高要求,现代企业需要通过有效地组织多学科的产品开发团队,充分利用各种计算机辅助工具,并应用相关的现代先进设计方法及其管理技术,快速有效地完成整个产品的协同设计过程,从而能够在快速地响应市场需求的基础上,实现缩短产品开发周期、降低产品成本、提高产品质量等设计目标。这些目标的实现对复杂机电产品设计提出了从有序到优化的要求,意味着其所包含的内容和范围发生了如下的变化:

(1) 设计人员的多学科化。

对于跨越组织、部门和学科的开发设计过程,参与产品设计的人员构成也日趋多学科化。各种人员的学科专业具有多样性,面对复杂机电产品设计的各个不同侧面,不同学科的设计人员从不同角度对产品设计进行学科综合分析和评价。

(2) 产品开发设计的分布化。

机电产品的开发设计所处地理位置的分布、异构特征更加明显,随着设计过程复杂程度的不断提高,需要更多不同学科专业人士的加入,不可避免地导致了设计人员的工作地点趋于分布化,网络技术的飞速发展更加速了这一趋势。通过网络可以为分散在各地的设计人员提供一个虚拟的设计环境,在这个环境中设计人员地点的分布对于设计任务来说是影响甚微的。

(3) 组织行为的并行化。

为了缩短产品的开发周期,要求设计过程尽量并行,通过组织协同设计团队进行设计活动。协同设计通过对设计任务进行分解与分配、过程建模、过程协调等机制,使设计任务能够顺利有序地并发进行,从而达到缩短产品设计进程的目的。

(4) 信息工具的多样化和集成化。

设计过程的复杂特性使得设计人员使用的计算机信息工具也向多样化发展,不仅有传统的 CAD 系统,还有诸如 CAE、CAPP、CAM 等 CAX 工具以及进行产品数据管理的 PDM 系统等。为了实现多学科的协同设计,需要将不同的信息工具进行集成。

(5) 客户需求驱动的市场环境动态变化。

市场环境的快速变化,要求产品开发设计根据客户需求变化作出快速反应,通过动态变化的市场环境支持,充分利用分散在不同地点的数据、资源、设备与知识等技术和手段,来执行机电产品的开发设计。市场环境动态变化对设计过程的影响可能既有来自系统内部的、又有来自系统外部的干扰,带有相当大的不确定性。在这种情况下,要求我们充分考虑市场环境变化对设计过程带来的影响,并通过制定相应的措施或协调手段抵御可能引起的风险。

1.2.2 产品模型的发展

1. 二维模型

在 CAD 技术出现之前,二维工程图样是企业生产过程中产品信息表达的媒介。依据有

关的国家标准将产品信息表达在二维图样上,设计师、工艺师及制造人员可以通过这种媒介进行技术交流。CAD 技术的出现,提供了对产品信息进行可视化表达的手段。其初步应用是将工程图样上的几何信息转化为计算机能够处理的二维信息,方便地实现图形生成、修改和几何信息的传递,这时的几何模型称为二维模型,它是设计、绘图手段的一次革命性进展。然而,由于存在无法直观地反映产品空间形状、无法根据各视图直接生成 NC 指令等缺点,二维模型在实际应用中具有很大的局限性。

2. 三维几何模型

作为二维模型的延伸,三维几何模型比二维模型具有明显的优越性。三维模型中的线框模型、曲面模型、实体模型代表了三维几何模型由低到高的发展里程。线框模型是将一个三维物体描述成一个由一系列反映立体形状的棱线、轮廓线和交线等构成的框架。线框模型只能表达基本的几何信息,不能有效表达几何数据间的拓扑关系,由于缺乏形体的表面信息,CAE 和 CAM 等均无法实现。进入 20 世纪 70 年代,飞机及汽车制造中遇到了大量的自由曲面问题,二维模型和线框模型已无法满足要求,在这种背景下,曲面建模方法首先由法国人提出。曲面模型采用曲面块来构造几何对象的表面,曲面块可以是平面、由解析方程式定义的解析曲面或者是由若干平面片或参数曲面片拼接而成的任意曲面,如 Ferguson 曲面、Coons 曲面、Bezier 曲面及非均匀有理 B 样条(NURBS)曲面等。曲面模型只能表达实体的表面信息,难以准确表达零件的其他特性,如质量、重心、惯性矩等,因此虽然可以基本解决 CAM,却无法解决 CAE,尤其是其前端处理特别困难。基于此,产生了能够精确表达零件全部属性、存储物体完整三维几何信息的实体模型。实体模型可以区分物体的内部和外部,可以提供各部分的几何位置和相互关系,代表了三维几何模型的最高发展水平。其中的边界表示法(B-rep)和几何体素构造法(CSG)是目前几何造型系统中最常用的两种造型方法。

几何模型以定义和表达产品的几何形状为核心,由几何信息和拓扑结构两部分组成。几何信息描述了形体各部分的几何形状及其在空间中的位置,拓扑信息描述了形体各部分之间的连接关系。几何模型虽然能够完整地表达产品的几何及拓扑信息,但它所表达的几何信息缺少工程语义,对非几何信息(如产品的材料、公差及表面粗糙度等)、产品上的辅助几何元素(如中心线等)以及它们之间的关系无法合理表达。虽然如此,几何模型对 CAD 技术的发展产生了巨大的推动作用和深远的影响,它在产品生命周期的某些阶段(如有限元分析——FEM)是有意义的。

3. 特征模型

三维几何模型只能产生较低层次的几何信息(如点、线、面、基本体素等),无法描述制造、装配等过程中的高层次信息(如精度信息、工艺信息、材料信息、装配需求等),因而几何模型无法实现产品信息在设计、制造、检验、装配等环节中的共享。随着人们对缩短产品生产周期的迫切需要和 CAD/CAM 一体化技术的飞速发展,1978 年以美国麻省理工学院机械工程系的一篇学士论文《CAD 零件的特征表示》为标志,揭开了特征建模的序幕。

特征是一组与零件描述相关的、完整的、相互关联的、有工程意义的信息集合。特征独立于具体应用,没有任何特定的非几何语义,它可以分为形状特征、精度特征、工艺特征、材料特征、装配特征、管理特征等多种。以特征为基本建模元素完成产品定义与表达的模型称为特征模型,它扩展了几何模型的表达能力,在前者的基础上考虑了更多的高层次信息,

便于实现产品信息的全局性共享。特征概念的提出具有重要的理论及工程意义,1988年年末国际标准化组织(ISO)颁布的 PDES/STEP 标准草案中将形状、公差及材料特征列为产品模型的构成要素,使特征建模技术获得了法定地位。特征及特征模型的概念一经提出,便受到了人们极大的关注,并一直成为学术研究和实践应用的热点。

特征模型继承了前一代建模方法完善的几何表达能力,着眼于完整地表达产品技术和生产管理信息,使设计人员可以应用特征在更高的层次上从事产品设计,并有效地促进了产品信息在设计、工艺、制造等环节的传递及共享,为建立集成产品模型和开发新一代 CAD/CAM 集成系统打下了基础。

1.2.3 基于零部件重用的机电产品数字化设计

CAD 的应用目的是提高设计质量、传播和保存设计经验、提高设计效率、降低设计成本、提高设计管理水平等。而事实上,到目前为止,二维 CAD 技术在解决以上问题中还存在许多不足之处,如机械部件几何关系和运动关系的分析讨论问题、设计的更新与修改问题、设计工程管理等。用二维绘图技术解决上述问题时的确存在许多困难。这是因为在二维图形的数据结构中,没有足够充分的原始数据,无法组织和使用这些数据。

随着计算机技术的飞速发展,应用三维设计软件建立充分而完整的设计数据库,并以此为基础,进一步进行应力分析制作、质量属性分析、空间运动分析、NC 控制加工性分析、高正确率的二维图样生成、外观色彩和造型效果评价、商业广告造型与动画生成等,才是对设计全过程的有效辅助。

在产品设计中,要尽可能地避免新结构和新形状的零件的出现,以免对生产系统造成不必要的浪费。我们目前所习惯的产品开发方法和支持产品设计的 CAD 系统仅仅被作为绘图工具,更有利于设计人员设计新的零件,而不是使用已有的产品设计资源。支持参数化技术的 CAD 系统为产品设计提供了可变型的产品模型,基于参数化 CAD 系统的标准件库开始出现。用户可以通过零件库将标准件的几何模型调入他们的绘图模型中,但这类零件库局限在对标准件和少数通用件的管理和使用上。随着以客户为中心的市场环境变化,企业产品及零部件的种类、数量和信息日益增多,企业希望对标准件、自制件和外购件进行统一管理,促进企业自制件的通用化和标准化,使企业零部件资源得到最大限度的共享和重用。

产品平台和产品族的开发方法有很多,同单个产品开发方法不同,它考虑的是一类产品的设计,是在对市场分析和进行合理分割的基础上进行的开发。在产品平台和产品族开发过程中,其设计或者优化的准则要兼顾各种性能之间的折中和平衡,其考虑的优化范围是一种全局优化,从而决定了在产品平台和产品族基础上设计出的产品是一个可行解,而不是单个最优解。

1.3 三维 CAD 系统 Solid Edge

Solid Edge 软件是美国 UGS 公司推出的普及型主流 CAD 产品。在微软公司 Windows 操作系统平台开发的 Solid Edge,兼容了所有 Windows 的卓越性能,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。

1.3.1 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。装配草图的分发与关联,使装配的关联设计得到了进一步加强。增强的“Zero D”设计技术,将虚拟的装配结构与实际模型进行关联,拓宽了整个装配设计思想,用户能够以“Zero D”方法开始设计,建立局部或者完整的装配件结构,而并不需要创建真实的文件。新的或者已有的二维或三维设计元素能够与装配件结构关联,以创建出虚拟的二维零件和子装配结构。当设计概念建立后,就可以详细地设计三维模型。这种有效的工作流程设计理念,可以帮助我们快速应对新的目标和客户的需要,如图 1-2 和图 1-3 所示。

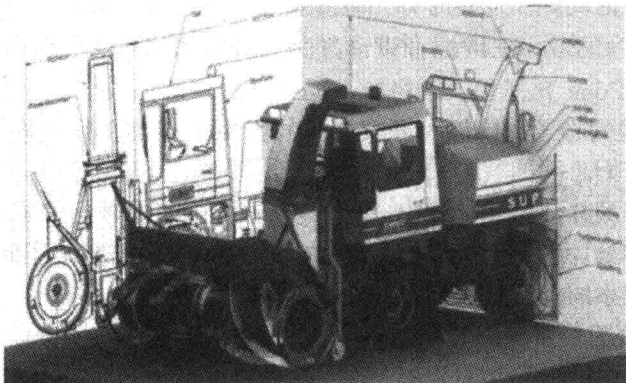


图 1-2 2D/3D 混合设计 (一)

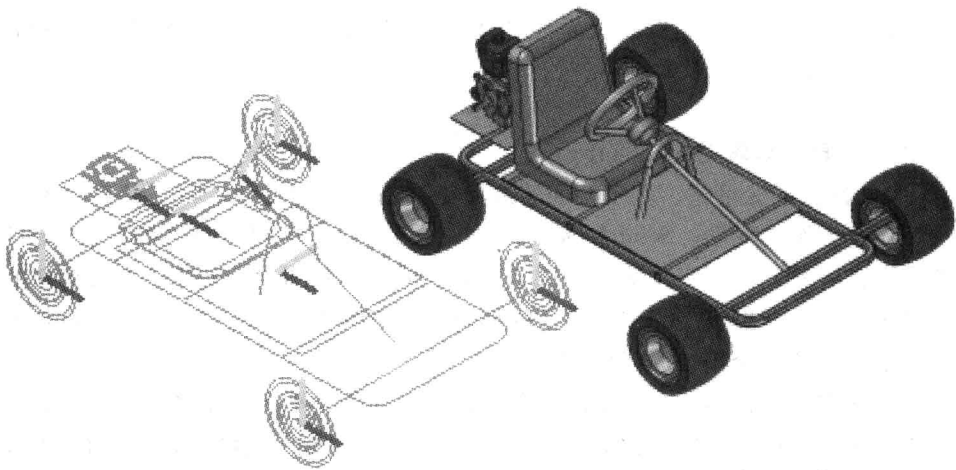


图 1-3 2D/3D 混合设计 (二)

2. 智能装配

面向装配关系相同的装配过程,可以使用参照装配命令,让系统“记忆”零件的装配

关系,并自动映射到新装入的零件上,提高装配效率。也可以采用自动装配命令,这时无需指定,只要选择恰当的结合面,系统就能自动判定并施加相应的装配关系。

3. 装配结构管理

为便于管理大型装配体,可以使用零部件转移、零件归并、部件拆分和重新排序等装配整理工具。零部件转移能将零部件由一个装配体转移至另一个装配体而保持其装配关系。零部件归并能够将选定的一组零件下浮一级,归并为一个新的子装配体。部件拆分能将子装配体拆散,并使其组成零件上浮一级。重新排序能在同一级装有结构中对具有固定装配关系或自由零件重新编排装配顺序。

4. 装配检测与干涉分析

装配检测通过在装配过程中设置装配距离传感器、变量传感器或自定义传感器,检测零件之间的相对距离、装配变量或某特殊变量。这些传感器不受系统的影响,实时提供反馈,帮助用户建立正确的装配体。

干涉分析用于验证装配体运转时有无碰撞发生。通过指定两个检查对象,并指定提供反馈的形式,系统就能自动分析判断零件是否干涉,并给出相应的反馈信息。

5. 企业知识库

Solid Edge 在设计系统中率先引入的企业知识工程的概念,它允许用户将经过验证的一组零件或子装配及它们之间的装配关系、装配工艺工程,通过数字化方式完全保存下来,然后再将该知识库应用到其他装配环境中。Solid Edge 将以前保存的装配关系在新装配件中完成诸多企业标准件的设计,不仅可以提高产品设计的标准化程度,降低产品设计的复杂度,同时也是企业知识积累的一部分。

6. 运动模拟与紧固件系统

通过定义装配体中的零部件的装配条件,系统自动根据 Solid Edge 的装配关系,完成各零件之间的运动副定义,实现设计产品的工况模拟。

紧固件系统是指 Solid Edge 会根据孔的尺寸,自动将对应的紧固件及其关联配件放置到装配体中,完成相对应的紧固件的快速有效装配。若改变孔的尺寸,紧固件也将随着变化。

1.3.2 零件设计

1. 三维零件直接编辑功能(直接建模)

Solid Edge 提供了变量化、基于特征的造型工具,零件的尺寸、特征关系等都能够快速修改以反映设计方案的变动。Solid Edge V19 增加了针对三维实体零件的直接编辑功能,使得修改造型异常容易,只要直观地改变选定三维实体的某些图素,就能立即获得新的造型结果。如图 1-4 所示,如果单击图中深颜色的部分,在三维工作环境中就可直接对其进行动态修改,不用了解具体的全相关的建模方法。

对一些图形的修改,如某个图素的位置、方向,孔的大小、圆角半径、多个面平移,钣金折弯半径、角度等特征参数重新配置更便捷。拥有这个功能,就能对所有的三维数据进行直接编辑,进行后参数化处理。

2. 特征管理器

特征管理器是一种特征管理的综合工具,包含了特征管理、特征库、零件族、传感器和特征回放等工具。特征管理工具具有特征选择、删除、更名、抑制、排序等特征编辑功能。

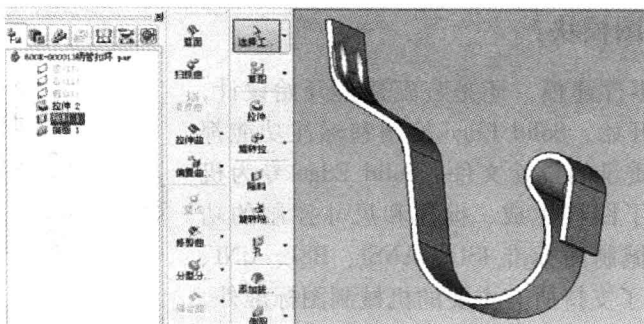


图 1-4 三维零件直接编辑

特征库可以存放各种典型特征,以备造型时直接使用。零件族是具有多个共同特征和个别不同特征的一组零件,可以通过特征抑制(或增加特征)和更改设计几何尺寸来构造。它实现了由一个造型而派生出多种造型方案的目的。传感器可为造型提供动态监测服务。特征回放播放零件的构造过程,是了解造型步骤或回顾设计历程的理想工具。

3. 复杂曲面设计工具

Rapid Blue 技术突破了传统的基于历史树构造曲面的缺陷,使得设计者能灵活、动态地修改。Rapid Blue 中的曲线组合了 3 种不同类型的点:编辑点、控制顶点、轮廓点(只存在于 Solid Edge),可以用于编辑和约束。Rapid Blue 的柔性曲线意味着可以设计出自己想设计的所有形状。

Rapid Blue 提供“外形维持曲线”维持外形的特征。若要对曲线进行修改时,则原始的设计意图就被集成到了曲线中,而不是由设计者通过繁琐的手工调整每条曲线来完成。

Rapid Blue 动态编辑功能,允许设计者在特征树的任何位置进行修改,并且随着鼠标在屏幕上的拖动,能马上看到编辑所产生的效果。

BlueDots(蓝点)用于连接两个不相关的曲线,同时该点可作为编辑点控制。

BlueSurf(蓝面)是唯一能提供混合扫描、放样和层叠的一个命令。如果最初的简单蓝面不理想时,不需要手工修改特征树,一个 BlueSurf(蓝面)就能拟合这个 1×1 的扫描面,然后沿着导轨和截面,完成与邻面相切,产生 $N \times M$ 型曲面。图 1-5 显示了零件的曲面造型。

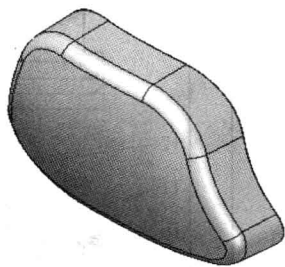


图 1-5 曲面造型

1.3.3 钣金设计

Solid Edge 钣金提供了一个专业、高效的设计环境,可以容易地进行各种钣金件设计。同时钣金设计环境中所有的命令和功能都使用了钣金设计行业所熟知的术语,如动态拖放、板材生成、自动放置弯曲和切口、自动展平/重新弯曲造型、生成相关的展开图、单击封闭角边、百叶窗、冲压凸台和二次折弯等。

Solid Edge 钣金和 Solid Edge 的装配、零件设计、工程图的生成、数据管理结合在一起,向用户提供了一个强大的钣金设计模块,有助于提高工作效率,大大减少设计时间。钣金设计,如图 1-6 所示。

1.3.4 流畅的制图模块

无论是从实体零件建模，还是装配建模开始设计，甚至是从草图设计开始，Solid Edge 绘图和标注功能都能帮助用户完成高质量的设计文件。Solid Edge 专为机械制图开发，提供了图样生成、标注和尺寸控制的功能，并自动遵守机械制图标准 ISO、ANSI、BSI、UNI、DIN、JIS 或 GB。除了支持所有主要的机械制图标准外，Solid Edge 还允许建立专用于其公司或特殊行业的用户化制图标准。

Solid Edge 是完成产品设计的软件，可以用来实现基于实体建模流畅的工作流程而生成工程图样，用户可以轻松地用 Solid Edge 生成和保存 2D 工程图样。它与 3D 零件动态相关。当修改生成视图的 3D 模型时，零件视图、尺寸和注释都自动地更新，这样就可以节约图样管理和维护的时间。同时，设计者也可在 2D 工程图下决定尺寸修改以达到最佳的设计效果，如图 1-7 所示。

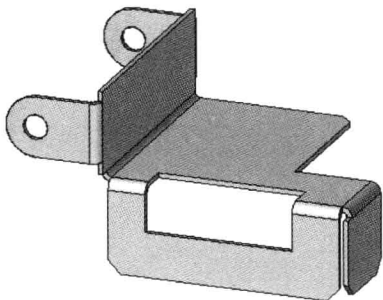


图 1-6 钣金设计

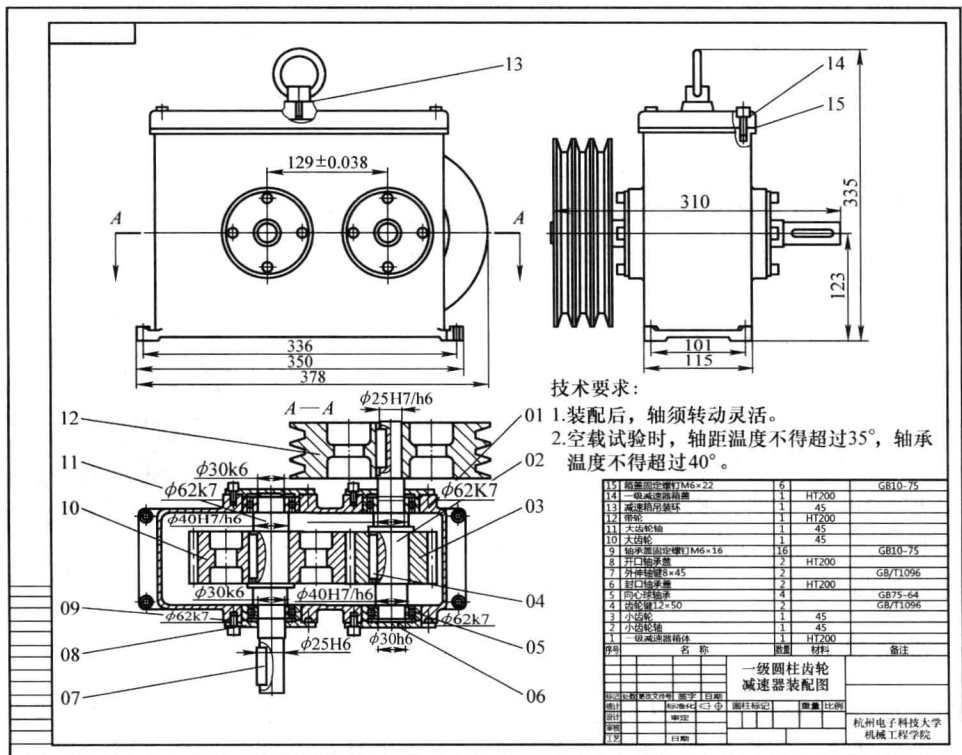


图 1-7 制图模块

1.3.5 渲染和其他高效工具

Solid Edge 的渲染工具采用给定的材料库，指定产品的材质、添加前景、背景、模拟最终产品真实的工作环境，将产品模型展现为真实的显示效果，可帮助用户以真实的照片有效

地交流其设计。用户可以快速地完成高质量 Solid Edge 的零件和装配件渲染效果图,用于演示、设计检查、市场销售或其他目的。Solid Edge 具有特殊效果的模型渲染,包括彩色光源、阴影、背景图片、透明、反射、纹理和块映像。3 种渲染选项包括隐藏线、phong 渲染和真实光线追踪。虚拟工作室只需提供漫游路径,就能生成漫游效果,并以 AVI 格式保存,如图 1-8 所示。Solid Edge V19 还包含了一个可选的高级渲染包。

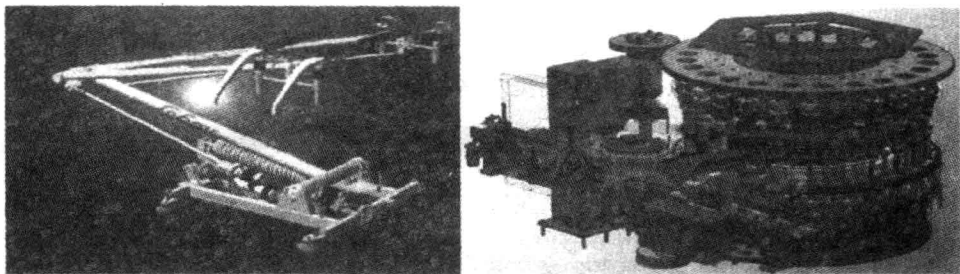


图 1-8 零件效果图

1.3.6 管道设计与线缆设计

Solid Edge 在装配设计环境下,提供自动与人工的设计方式,完成三维管道、线缆和钢结构设计,自动产生管道与线缆、钢结构报告,此模块是 Solid Edge 的附加模块。

管道模块主要对于气压管道和液压管道而言。管道模块通过预定义管道路径生成管道和接头,生成管道系统的实物模型。管路模块提供了一种快速定义零件间 3D 路径和管道零件特性的结构流程。这些参数确定后,软件自动构造管道零件。

线缆设计与管道设计相类似,先定义线缆的走向,再确定线缆的类型,最后产生符合实际的三维线缆实体。在 Solid Edge 的线缆布置中,可以方便地指定多芯线的分支走向,并及时提供相应的加工信息。线缆与三维模型也是全相关。

钢结构设计主要针对加工设备行业的特点,提供了卓越的钢结构设计工具。钢结构设计也是在装配环境下完成的,设计方式类似于上两种设计模式。所生成的钢结构也与三维模型全相关,如图 1-9 所示。

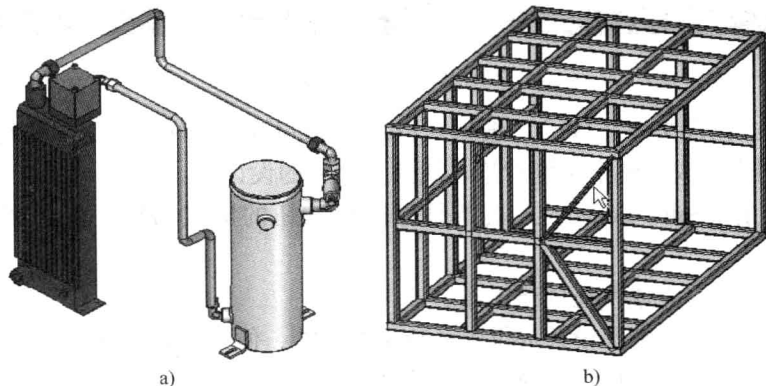


图 1-9 管道与钢架结构设计

a) 管道设计 b) 钢架结构设计