

高职高专机电类系列教材



CAD/CAM实用技术

——Pro/E野火2.0版技术综合教程

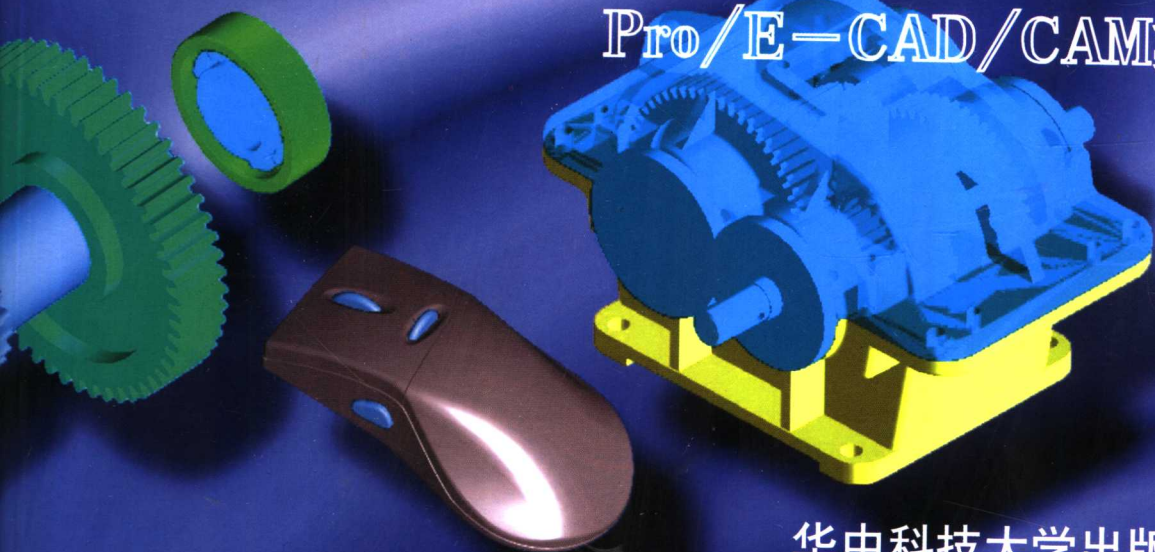
● 黄诚驹 等编著

● 董兆伟 主 审

Pro/E造型技术

Pro/E NC制造

Pro/E—CAD/CAM集成



华中科技大学出版社

高职高专机电类系列教材

CAD/CAM 实用技术

——Pro/E 野火 2.0 版技术综合教程

黄诚驹 等编著
董兆伟 主审

江苏工业学院图书馆
藏书章

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 实用技术——Pro/E 野火 2.0 版技术综合教程/黄诚驹 等编著
武汉:华中科技大学出版社,2006 年 5 月
ISBN 7-5609-3692-X

I. C...

II. 黄...

III. 计算机辅助设计-基本知识;计算机辅助制造-基本知识

IV. TP391.7

CAD/CAM 实用技术

——Pro/E 野火 2.0 版技术综合教程

黄诚驹 等编著

策划编辑:徐正达

责任编辑:刘丽昆

责任校对:胡金贤

封面设计:潘 群

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山

邮编:430074

电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:14

字数:307 000

版次:2006 年 5 月第 2 版

印次:2006 年 5 月第 2 次印刷

定价:22.80 元

ISBN 7-5609-3692-X/TP·604

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

现代化的产品设计、制造系统,是一个以贯穿产品研制全过程的计算机集成辅助系统。本书以具有代表性的基于特征造型的参数化设计系统 Pro/E 为蓝本进行介绍,内容包括 Pro/E 的运行环境及基本操作,基准、绘图面及模型显示,草绘截面,实体特征构建,曲面特征构建,变更设计,Pro/E 零件设计的其他功能,绘制工程图,装配零件(部件),UG 加工模块快速入门及范例实训。

本教材依照职业教育特点和面向 21 世纪的要求,满足大机电类职业岗位群对 CAD/CAM 应用技术的能力培养需求。教材编写突出实训技能的培养要求,以章为实训单元并在每章的单元练习中配有大量的练习实例,以帮助读者能在实践的过程中迅速掌握命令的使用,相信这种实训的思路使本书具备较好的职教特色和实用性。同时,教材力求采用应用普及和最新的软件版本进行介绍,保证教材在 CAD/CAM 的应用技术上具有新型的知识含量。

本书可作为高职高专学校中机械、模具、数控加工、机电一体化专业的相应课程教材,也可作为本科生相应课程的上机手册和相关专业工程技术人员的参考资料。

序 言

在千年钟声敲响、人类跨入新世纪之际，我们欣喜地看到，高等教育的模式正在从单一化向多样化、柔性化、社会化和现代化方向发展；正是这一发展，使得高等教育展现出蓬勃的生命力。真可谓“忽如一夜春风来，千树万树梨花开”。

以信息科技为重要标志的高新科技革命的飞速发展，正在改变着世界的面貌和人类的生活方式，推动着知识经济的到来。这就给高等教育改革的探索和研究提出了更高的要求。世界经济发展中最激烈的竞争，将不仅表现在经济和生产领域，而且更表现在培养人才的教育领域，特别是高等教育领域。因为在当今，经济的竞争，科技的竞争，一切的竞争，归根结底是教育的竞争，是人才的竞争，所以，江泽民同志指出：高等教育是教育的龙头。随着高新科技同机械行业的结合，现代机电产品不再是单纯的机械构件，而是由机械、电子、计算机等有机集成的所谓“机电信息一体化”产品。因此，现代机械制造越来越多地体现着知识经济的特征，“以人为本”的新观念正在取代“以技术为本”、“以先进设备为本”的传统观念。在这种情况下，社会对机械类高素质人才的需求也随之变化，人才的创新能力、实践能力需要大力加强，知识结构需要向通用、广泛、适应性强的方向转化。

现代机电工程就是机械工程科技与信息科技等现代科技的紧密结合，然而，既是机电专业而不是别的专业，自己专业的基础、自己专业的实践是丝毫不能忽视的。“九层之台，起于垒土”，“千里之行，始于足下”，离开了基础，离开了实践，一切将会成为空洞的，机电专业就更是如此。

为顺应高等教育改革的潮流，华中科技大学出版社继推出“21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”之后，又推出了这套“高职高专机电类系列教材”。两套教材各有侧重，相得益彰，不同的学校可以根据自己的特点和教学要求选择不同的教材。

这套系列教材的特色在于：体现了人才培养的层次性、知识结构的交融性和教学内容的实践性。它降低了专业重心，拓宽了学科基础，对传统的课程内容进行了整合，加强各方面知识的融会贯通。特别值得一提的是，它强调实践能力的培养和基本技能的训练，以培养综合型、实用型人才为主要目标。

这套教材是20多所高校长期从事教学和教学改革的教师用辛勤的汗水编写而成的，特别是一些高等职业技术学院、高等专科学校的参与，给这套教材增

添了更多的色彩。教材的作者认真贯彻了“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”的战略思想，倾注了他们教学改革中的大量心血，反映了他们丰富的教学经验。“衷心藏之，何日忘之？”我们对参加这套教材编写的老师们和积极支持这套教材出版的学校表示衷心的感谢。我们相信，这套系列教材对各学校的教学改革、机电工程类高质量人才的培养能够起到积极的促进作用。

人非圣贤，孰能无过？书非白璧，孰能无瑕？由于编者经验不足，时间有限，形势的发展也在不断提出新的要求，因此，这套系列教材还需在使用中不断修改和完善。“嚶其鸣矣，求其友声。”我们期望广大读者不吝赐教。

江泽民同志指出：“创新是一个民族进步的灵魂，是国家兴旺发达的不竭动力。”高等教育的改革，也需要不断地创新，不断地前进。一声号角撼大地，千红万紫进军来。21 世纪教育的春天，已经来临。

全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员
中国科学院院士
华中科技大学教授

杨叔子

2001 年 3 月 10 日

前 言

计算机辅助设计和辅助制造 (CAD/CAM) 是一门新型的应用技术, 随着现代制造技术的发展, 这门技术已经得到越来越普遍的应用, 工程技术人员掌握这门技术已经变得越来越重要了。

西方发达国家迅速推进现代化进程的一个经验, 即是重视了新技术的推广应用, 而有效的职业教育体制, 是它们推广应用新技术的重要途径。学习它们的先进经验, 建立现代化的职教体系, 包括不同层次的职教学校, 相应的师资、适宜的教材等都将成为中国现代化进程中的迫切问题。本书力图适应当前中国社会的这种发展需要, 争取成为一本具有高等职业技术教育特色的教材。

在实践操作中学习软件的使用, 无疑是最直接、最有效的方式。基于这样的认识, 让读者在练习中去学, 是贯穿本书的一条主线, 也是本书所反映出的高等职业教育特色。因此, 教材的编写突出实训培养特点, 基本上每章为一实训单元, 在每个单元中除了集合这个单元训练所需要的知识点外, 还配有适合操作的单元练习, 以此强化实践教学环节, 同时也为一大批自学的读者提供一根学习走路的拐杖。我们希望通过单元练习实践, 指导读者自行完成相关命令的操作练习, 从而在实践中学习掌握本单元的知识点。我们建议读者在学习每单元的内容之前, 先上机完成每单元的练习操作, 从中悟出命令的功能及操作要领, 再返回去学习命令及命令操作介绍。这种学习方式, 会使你更清楚命令的含义和操作步骤的具体内涵, 使你学习 CAD/CAM 技术的应用变得更生动、更容易。

全书按计算机辅助系统的两种不同应用范畴分为 10 章。1~9 章为计算机辅助设计部分, 包括第 1 章 Pro/E 的运行环境及基本操作, 第 2 章基准、绘图面及模型显示, 第 3 章草绘截面, 第 4 章实体特征构建, 第 5 章曲面特征构建, 第 6 章变更设计, 第 7 章 Pro/E 零件设计的其他功能, 第 8 章绘制工程图, 第 9 章装配零件 (部件) 及 CAD 综合实训; 第 10 章为 UG 加工模块快速入门及范例实训。

本书由武汉职业技术学院副教授黄诚驹等编著, 由河北工业职业技术学院院长、教授董兆伟主审。参加编写工作的有武汉职业技术学院培训讲师罗俊岭、培训讲师黄允恒和武汉市第二轻工业学校高级讲师禹诚。黄诚驹编写绪论、第 1 章至第 8 章、第 9 章中的 1~2 节, 禹诚编写第 10 章中的 1~4 节, 罗俊岭编写第 9 章中的第 3 节中 CAD 综合实训单元 2, 黄允恒编写第 10 章中的第 5 节。

本书打破了原有同类教材的理论体系, 以适合单元式训练的要求为目的, 以实用的相关知识点构建了新的编写单元, 最后形成一本颇具职教特色的教材。这次修订, 补充了反映本领域发展的最新内容, 改正第一版中的差错。编者相信, 本书将在我国贯彻单元训练的职教模式中作出有益的探索, 并成为配合职教改革的一本创新教材。

编 者

2006 年 2 月

目 录

绪论	(1)
0.1 计算机辅助系统的含义	(1)
0.2 计算机辅助设计、辅助制造的应用及发展	(1)
0.2.1 计算机辅助系统在现代机械制造中的应用	(1)
0.2.2 现代 CAD 系统提供的辅助功能	(2)
0.2.3 CAD/CAM 技术的发展趋势	(5)
第 1 章 Pro/E 的运行环境及基本操作	(7)
1.1 Pro/E 的特点概述	(7)
1.2 Pro/E 的运行界面	(8)
1.3 下拉菜单项功能和文件操作	(9)
1.4 视窗设置	(12)
1.5 记录文件	(16)
1.6 约定说明	(16)
第 2 章 基准、绘图面及模型显示	(18)
2.1 基准特征	(18)
2.1.1 基准面	(18)
2.1.2 绘图面及方位确定	(19)
2.1.3 基准坐标系	(20)
2.1.4 基准点	(20)
2.1.5 基准线	(22)
2.1.6 基准轴线	(23)
2.2 模型显示及显示控制	(23)
2.2.1 模型显示的操作	(23)
2.2.2 模型旋转、平移的快捷方式及模型显示设定	(27)
2.2.3 模型显示方向设定	(27)
2.2.4 着色颜色的设定	(28)
2.3 单元练习	(28)

第 3 章 草绘截面	(34)
3.1 截面轮廓绘制步骤	(34)
3.2 截面绘制指令	(35)
3.2.1 截面绘制模式	(35)
3.2.2 截面绘制菜单项功能介绍	(35)
3.2.3 常用绘图方式介绍	(36)
3.2.4 编辑修改命令	(37)
3.3 截面绘制的尺寸标注	(38)
3.4 重新计算生成失败后的处理	(41)
3.5 单元练习	(42)
第 4 章 实体特征构建	(44)
4.1 特征	(44)
4.1.1 特征的定义	(45)
4.1.2 特征的分类	(46)
4.1.3 Pro/E 中的特征	(47)
4.2 构建立体基础特征	(49)
4.3 单元练习	(53)
4.4 构建实体结构细节特征	(54)
4.4.1 规则形状的特征构建	(54)
4.4.2 不规则形状的特征构建	(56)
4.5 构建不规则形状特征的有关问题讨论	(62)
4.5.1 草图截面的方向	(62)
4.5.2 绘图参考面的方向	(62)
4.5.3 关于基本特征的绘制面的选择	(64)
4.6 特征复制	(64)
4.6.1 阵列复制	(64)
4.6.2 拷贝复制	(64)
4.7 单元练习	(65)
第 5 章 曲面特征构建	(74)
5.1 构建曲面特征的颜色说明	(74)
5.2 曲面特征的构建方式	(74)
5.2.1 直接构建方式	(74)
5.2.2 间接构建方式	(76)

5.3 单元练习	(78)
5.4 曲线特征的编辑	(79)
5.5 曲面特征的编辑	(80)
5.5.1 曲面合并	(80)
5.5.2 曲面修剪	(80)
5.5.3 曲面延伸	(81)
5.6 曲面特征的变换	(82)
5.7 单元练习	(82)
第 6 章 变更设计	(90)
6.1 父子特征关系	(90)
6.2 变更特征间的逻辑关系 (编辑参照)	(91)
6.2.1 操作方式	(91)
6.2.2 编辑参照的命令选项	(91)
6.3 重新定义特征构建方式 (编辑定义)	(92)
6.3.1 操作步骤	(92)
6.3.2 操作选项及内容	(92)
6.4 调整特征构建顺序 (重新排序) 的操作步骤	(93)
6.5 零件设计变更总结	(93)
6.6 单元练习	(93)
第 7 章 Pro/E 零件设计的其他功能	(95)
7.1 关系式设计	(95)
7.1.1 关系式分类及参数类型	(95)
7.1.2 建立数学关系式的步骤	(96)
7.1.3 数学关系式的运算符及数学函数	(96)
7.1.4 单元练习	(97)
7.2 系统参数设定	(98)
7.3 零件资料查询	(99)
7.4 模型树 (Model Tree) 的使用	(101)
7.5 文件转换	(102)
7.5.1 文件输入	(102)
7.5.2 文件输出	(102)
7.6 零件 (模型) 图的打印	(103)
7.7 单元练习	(103)

第 8 章 绘制工程图	(106)
8.1 三视图的生成步骤.....	(106)
8.2 视图编辑.....	(108)
8.3 工程图的细化处置功能.....	(109)
8.4 工程图的尺寸标注及注解.....	(110)
8.4.1 尺寸标注的步骤.....	(110)
8.4.2 尺寸移动的步骤.....	(111)
8.4.3 显示工程图注解的步骤.....	(111)
8.4.4 修改注解的步骤.....	(111)
8.5 剖视图.....	(111)
8.5.1 剖视图的种类及剖面选项.....	(111)
8.5.2 生成剖视图的步骤.....	(113)
8.5.3 绘图选项设置范例操作.....	(113)
8.6 一般位置上的向视图.....	(114)
8.7 局部放大视图.....	(114)
8.8 半视图.....	(114)
8.9 单元练习.....	(115)
第 9 章 装配零件（部件）及 CAD 综合实训	(118)
9.1 零件装配步骤.....	(118)
9.2 CAD 综合实训单元 1.....	(120)
9.3 CAD 综合实训单元 2.....	(136)
第 10 章 UG 加工模块应用基础	(162)
10.1 入门知识.....	(162)
10.2 快速入门实例.....	(164)
10.3 平面铣操作实例.....	(171)
10.4 轮廓铣操作实例.....	(189)
10.5 CAM 综合实训.....	(200)

绪 论

0.1 计算机辅助系统的含义

从广义上定义,计算机辅助系统泛指一切以计算机作为辅助工具的应用系统。从目前主要的应用方面看,它包括:

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD);

计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, 简称 CAM);

计算机辅助教学 (Computer Aided Instruction, 简称 CAI);

计算机辅助测试 (Computer Aided Test, 简称 CAT);

计算机辅助生产计划 (Computer Aided Production Planning, 简称 CAP);

计算机辅助工艺规划 (Computer Aided Process Planning, 简称 CAPP);

计算机辅助工程 (Computer Aided Engineering, 简称 CAE)。

本书将针对目前应用最广的 CAD、CAM 进行研究。

CAD 是由人与计算机合作、完成各种设计(如机械设备设计、集成电路设计、建筑土木工程设计、服装设计、动画影片设计等)的一种技术。这种技术在对设计过程进行认真分析后,根据人与计算机的各自特点,由他们各自去完成最合适的工作。如设计的经验和判断必须由人来完成,而存储和组织数据以及繁重的计算、绘图由计算机来完成,使设计的效果比人或计算机任何一方单独工作都要好要快,这就是 CAD 备受各行业重视和欢迎的原因。它不仅提高了设计的速度和质量,而且能在设计完成后由计算机预先显示产品最终的外形结构及估价,使设计者在投产之前可进行评价并作出决策。

CAM 是利用计算机辅助完成生产计划和控制生产过程的一种技术。运用这种技术,人可以凭借丰富的生产实践经验,选择合适的工艺路线及加工方法、加工刀路、切削用量,而计算机则以其强大的数值计算和分析处理能力,完成对加工过程的控制、干涉处理,将工步、工序的优化后置处理成数控(NC)加工程序,通过两者的紧密结合,完美地实现高质量生产加工产品的自动化过程。CAM 与 CAD 密切相关, CAD/CAM 系统使设计与生产连接成自动化工程。CAM 直接使用 CAD 产生的数据完成对生产过程的控制,所以在机械、模具制造领域中, CAD/CAM 集成化的软件越来越多,并已经成为这类软件的一种发展趋势。在当今的机械、模具制造领域中, CAD/CAM 系统愈加成为制造那些结构复杂、精度要求高的产品不可缺少的工具。

0.2 计算机辅助设计、辅助制造的应用及发展

0.2.1 计算机辅助系统在现代机械制造中的应用

在一般的机械产品生产厂,产品的生产过程要经过多个环节,其主要过程如表 1.1 所示。

表 1.1 机械产品的生产过程

过 程	内 容	人 工 方 法	计算机辅助方法
外观造型	确定产品外形、色泽	用石膏等做模型	曲面造型
结构设计	确定产品机械结构	制图或制作木模	实体造型
性能分析	零件强度、刚度和振动分析	估算或做模型实验	有限元分析
工艺编制	制定加工工艺流程	根据经验编制工艺卡片	CAPP
工装设计	模具、夹具设计	根据经验设计并反复试验	自动设计和加工模拟
机械加工	按要求加工零件	车、铣、磨、刨、钻等	数控加工
装配	将零件装配成产品	手工装配	机器人装配
检验	检查产品性能是否符合要求	用各种量具手工测量	自动测量机
入库	库房管理	账本、推车	数据库、自动货架

由表 1.1 可以看出,计算机在很多方面都可以协助人来更好地完成工作,从而进一步实现机械设计自动化(MDA)。目前,计算机应用已经渗透到机械产品生产的各个环节。利用计算机可以进行产品的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助绘图(Computer Aided Drawing)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工程分析(CAE)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、产品数据管理(Product Data Management,简称PDM)、企业资源计划(ERP)等。这些技术一开始是各自独立、平行地开发应用的,因而被称为孤岛技术。由于它们在技术上和应用上都密切相关,后来在工程实践中,这些孤岛逐渐结合在一起,为企业带来了更大的经济效益。计算机辅助绘图主要解决机械制图问题,是计算机辅助设计的一个组成部分,其概念范畴比计算机辅助设计要小得多。由于英文 Drawing 和 Design 的首字母同为 D,所以容易造成 CAD 这一概念的混乱。准确地讲,CAD 系统是指计算机辅助设计系统,其内容涵盖了产品设计的各个方面。把计算机辅助设计和计算机辅助制造集成在一起,就成为 CAD/CAM 系统。把计算机辅助工程分析和计算机辅助设计、计算机辅助制造集成在一起,就成为 CAD/CAM/CAE 系统。由于机械设计、制造和分析的密切相关,很多 CAD 系统逐渐添加 CAM 和 CAE 的功能,所以工程界习惯上把 CAD/CAM 系统或者 CAD/CAM/CAE 系统仍然叫做 CAD 系统,这样,CAD 系统的内涵就扩大了。用企业资源计划 ERP 制定生产计划、销售计划和采购计划时,需要从 CAD 系统获得产品结构,从计算机辅助工艺规划 CAPP 系统获得制造每个零件的工时和材料定额等基础数据,同时需要产品数据管理 PDM 作为集成的桥梁,因此,出现了 CAD/CAM/CAPP/ERP/PDM 的集成。这些不同程度的集成,可以满足从“甩图板”、构建中小规模 CAD/CAM 系统到建立企业级 CIMS、实施并行工程等各个层次的需求。

现代计算机辅助设计(Modern Computer Aided Design)以机械工业 CAD 应用为核心,是实现机械设计自动化的关键技术。计算机辅助设计是内涵相当丰富的 CIMS 工程的核心内容。

0.2.2 现代 CAD 系统提供的辅助功能

现代 CAD 系统为机械设计和制造提供了丰富的功能,从产品概念设计、详细设计、分

析、加工到工程管理,提供了全方位的解决方案和辅助手段,用于产品生产的各个方面。下面介绍 CAD 系统的一些主要功能。

1. 轮廓的参数化设计

参数化的轮廓及路径的设计方法被称为草绘,所生成的轮廓和路径一般用于零件的实体造型。零件的大部分尺寸是在草绘过程中产生的,在产品设计的各个阶段都能修改。尺寸修改以后,零件的形状将随之改变。设计人员可以在草绘模块中体现自己的设计思想。草绘是先进 CAD 系统的基本功能,草绘与零件造型往往是密不可分的。

2. 零件造型

零件造型是指在计算机中建立零件的三维实体模型。设计人员可以根据自己的设想将零件从计算机中逐步“制作”出来。在制作过程中,设计人员可以从各个角度观察具有真实感的零件造型,如果不满意,可以立即修改。常用的零件可以存储在零件库中,供需要时调用。零件造型能够准确表达零件的形状、尺寸、色泽、体积、质心、表面信息、材料信息等,对已有的零件造型提供方便的管理,以便存储、归档或与其他系统交换数据。先进的 CAD 系统都提供参数化的、基于特征的实体造型方法。

3. 曲面造型

现在,人们越来越注重日常生活用品的人性化外观设计,如飞机、汽车、轮船的外形,必须具有良好的流体动力学特性的曲面,以改善其运动性能。曲面造型是一种在计算机中生成、编辑自由曲线和曲面的方法,比采用石膏造型更快捷、更精确,效果更好。曲面造型完成以后,可以将设计结果直接送到零件造型模块中进行零件设计,也可以送到分析系统中分析其流体动力特性。曲面造型有时也可以在设计完成后和在产品出厂前产生供产品宣传使用的仿真图片,即效果图。

4. 装配造型

装配造型能够模仿实际生成产品的装配过程。通过装配造型可以发现因设计不当而在实际装配时可能出现的问题,如间隙过小或过大、零件之间的干涉等。装配造型还能够提供产品的外观效果图和反映装配关系的装配关系分解图。对于复杂的产品,装配造型可提供多种方法来提高造型的效率。装配造型还提供了完善的系列化产品的设计方法,如通过更换部分零件来改变一种产品的类型。

5. 工程图生成

大型 CAD 系统均提供了很强的生成工程图的能力,其目的是生成符合标准的工程图样。同样是生成工程图样,在生成方法上,计算机辅助设计与计算机辅助绘图有很大的差异。

先进的 CAD 系统根据零件和装配造型自动生成投影图、辅助图、剖面图和局部视图,自动标注尺寸,其工程图样与零件造型密切相关。如果改变了图样中的尺寸,相关零件的造型尺寸也将随之改变。图样中的线条长度和位置也将反映这种变化,从而保证能够对设计进行快速、一致的修改。

6. 数据交换功能

数据交换功能提供与其他设计自动化系统之间的各种标准数据交换,其主要交换标准有 IGES、SET、STEP、DXF 等。交换内容包括二维图形、三维模型、三维线框模型、三维曲面模型、任意形状曲面、光栅图像、特征、表面和公差信息等。数据交换使得利用不同 CAD 系统的优势共同协作完成同一产品的开发成为可能。

7. 二次开发

二次开发是 CAD 系统向用户提供的开发工具。由于机械产品的用途多种多样,任何强大的 CAD 系统都不可能向用户提供各种具体产品的完善解决方案。提供二次开发工具的目的是让用户将自己或者第三方编写的程序集成到 CAD 系统中。大部分 CAD 系统都提供 C 语言的子程序库。利用这些子程序提供的函数和方法可以调用 CAD 系统内部命令,直接存取 CAD 内部数据库。

8. 标准件库

大多数 CAD 系统均提供通用标准零件和特征的扩展库,用户可以很方便地选取标准特征或零件,并将它们组合进零件或部件的设计中。

常用的标准零件有六角形螺母、螺栓、普通垫圈、弹簧垫圈、半圆销、内六角螺钉、铆钉、开口销等。

标准特征包括孔、槽、轴、颈、法兰、加强肋、壳、耳、螺纹、通风格栅、管特征等。

9. 有限元前处理

有限元前处理提供了在现有实体模型和薄壁模型上自动生成有限元网格的能力,也就是说,它自动地将实体模型划分成有限元网格,以便进行有限元分析。所有参数化的载荷和边界条件可直接在实体模型上指定,系统根据设定自动生成各种类型的单元。载荷、边界条件和网格都直接与实体模型相关联,并能像设计一样进行交互式修改。有限元模型确定以后就可以调用有限元分析程序进行分析。

10. 有限元后处理

有限元后处理提供了对有限元分析结果的直观显示和输出能力。零件上的应力、应变、应变能等参数的分布可以采用不同色彩的云图、箭头、等值线以静态和动态的方式在实体上清楚地表达出来。这样,零件上的应力集中情况、应变情况就一目了然了。

11. 叠层复合材料

叠层材料在工程上的应用越来越多,其设计和分析方法比较独特。用户可以设计叠层的顺序、材料纤维方向,定义防止胶结失效的许用应力,评价复合材料的性能。这项功能为开发和利用叠层复合材料提供了极大的便利。

12. 注塑模具设计

随着工程塑料的推广,注塑模具的应用也越来越多。目前,工程上要求模具的设计周期越来越短,这就必须借助注塑模具设计软件。系统根据注塑件模型自动生成模具型腔,协助确定分型面的位置,选择模架,确定浇口、浇道的合理位置,根据不同材料的收缩率补偿修改注塑件的实体模型,模拟注塑过程,确定合理的注射工艺参数,分析零件的冷凝线和融合线,提高注塑件的质量。

13. 数控加工

数控加工功能用于产生加工工序规划、刀路轨迹并且根据加工工序做出时间及成本估计。数控加工能将加工工序规划与设计造型连接起来,任何设计上的修改都能将已做过的生产上的程序和加工过程自动更新,而无须用户专门修正。用户可以采用参数化的方法定义数控刀具路径,进一步对这些信息作后期处理,产生驱动数控设备所需的数控编码。

常见的数控加工方式有铣削加工、车削加工、线切割、电火花加工、分步冲裁、钻床加工等。

14. 加工过程仿真

加工过程仿真提供图像界面,对铣削加工及钻床加工操作所产生的物料作模拟清除。用户选定的工具会依照预先定义的切削路径移动,用户可以清楚地看到物料清除的进度。这样使工件、刀具、夹具及工具路径一目了然。用户可以对工具及夹具快速验证及评估,以节省不必要的、在昂贵机器上进行的试验。利用加工过程仿真不仅体现了贵重资源得以节省的好处,亦可以提供一个加工制造的良好方案。

15. 钣金设计

钣金件是采用特殊的加工方法加工而成的。用户可建立参数化的钣金件造型,然后进行装配。钣金设计的一个主要功能是钣金件的展平及平板的折弯。系统能自动计算钣金件展开后的尺寸长度,确定最小折弯半径,同时提供了丰富的钣金加工特征。

16. 模具CAD/CAM技术应用

模具 CAD/CAM 技术发展得很快,应用范围日益扩大。在冲模、锻模、注塑模和压铸模等方面都有比较成功的 CAD/CAM 系统。采用 CAD/CAM 技术是模具生产的一次革命,是模具技术发展的一个显著特点。

模具 CAM 在国外应用较广。早在 20 世纪 80 年代末期,由数控机床及加工中心 (MC) 加工的模具就占了 30%~50%,此外,柔性制造系统 (FMS) 也已开始用于模具制造。一般来说, CAM 比 CAD 的应用更为广泛。当时,世界上用传统的机械加工方法生产的模具和用 NC、CNC 机加工方法生产的模具之比为 70:30,而在日本为 40:60。

我国模具 CAD/CAM 的开发开始于 20 世纪 70 年代末,发展也很迅速。到目前为止,先后通过国家有关部门鉴定的有华中科技大学、北京航空航天大学等院校与企业联合开发的精冲模、普通冲裁模、辊锻模、铸模和注塑模等 CAD/CAM 系统。1997 年,北京航空航天的北京华正软件工程研究所正式推出“CAXA 电子图板”CAD 软件。目前,CAXA 已经成为国内 CAD/CAM/CAE 中较为著名的应用软件,在模具设计、注塑工艺分析和数控加工领域中得到较为广泛的应用,据华正软件研究所报道,截至 2004 年 12 月,CAXA 正版用户已突破 150 000 家。

0.2.3 CAD/CAM 技术的发展趋势

从 1952 年诞生第一台数控铣床至今,CAD/CAM 已有五十多年的发展历程,现已成为一种应用日益广泛的高新技术,并转变成得到各国政府和各企业重视的巨大生产力。我们相信,CAD/CAM 技术将会逐步取代机械应用领域中的落后技术,并由此推动工业产品向高、精、尖的方向突飞猛进。

目前,CAD/CAM 正向智能化、三维化、集成化、网络化的方向发展。

1. 智能化

现有计算机辅助设计系统的智能化程度越来越高,原来的烦琐操作逐渐由计算机智能化地进行处理。如图样尺寸标注,原来每增加 1 个尺寸,都要进行很多操作,现在用户只要指明要标注的对象,尺寸就能在图上适当的位置标注出来,甚至整个设计对象都能用一个命令完成。在图形的绘制和串连加工刀路方面,很多系统增加了智能导引的机制。在规划多个相关曲面加工中是否产生过切问题方面,系统能正确判断、猜测用户的意图,用户使用这些软件系统感到更加得心应手。

2. 三维化

目前,普遍应用的 CAD/CAM 软件大多具有三维功能。计算机中的三维曲面和实体更接近真实的产品,并能方便地生成各个二维工程视图,同时又为数控编程提供了必要的刀路模型。建立三维实体模型后,还可以进行装配、干涉检查、有限元分析、运动分析等高级的计算机辅助设计工作。

在产品的设计、制造过程中,对于设计和制造的工程人员来讲,对象是三维物体,而工程上一直习惯用二维图形表示三维物体,这种习惯方式具有很大的局限性。随着三维图形技术的发展,二维绘图将很快被三维实体造型所代替。

3. 集成化

计算机辅助设计在工程中是一项基本的技术。随着技术的发展,CAE、CAM、CAPP 也逐步在企业中得到推广和应用。由于这些系统大多是作为自主系统独立开发的,同一产品的表示方法在不同系统中有很大的差异。例如,CAD 系统应用的是几何模型,这种模型较为完善地描述了产品的几何特征,工艺参数只是当做图样上的标注加以处理。这些模型进入 CAPP 后,需要人工介入,以提取 CAPP 所需的几何信息,补充面向加工的信息。同样,在 CAD 与 CAM 之间也需要由数控加工人员进行大量的数据提取、组织和重新输入的工作。这不仅造成了信息中断和劳动重复,严重影响工作效率的进一步提高,而且可能发生信息丢失和错误,降低系统的可靠性。因此,必须使计算机绘图所建立的模型能被 CAD/CAM/CAE 所接受,以达到总体最优的效果。

为了解决这一问题,目前,在工作站和微机 CAD/CAM 系统中正推出越来越多的集成度很高的软件,如国外有 UGII、Pro/E 和 MasterCAM、Cimatron 等,国内有开目 CAD/CAPP、CAXA、CAD/CAM 等。这些软件除了能完成二维绘图、结构设计外,还能进行曲面或实体造型,并能进行结构有限元分析及动、静态干涉分析,最后还能完成工艺过程设计、数控编程加工,今后还能进一步发展为集成有生产管理与调度的应用软件。

4. 网络化

随着计算机网络的飞速发展,计算机辅助设计系统的网络化已经成为不可阻挡的历史潮流。网络化可以充分发挥系统的总体优势,共享昂贵的设备资源,节省投资。借助现有的网络,用户可以用高性能的 PC 代替昂贵的工作站,不同设计人员可以在网络上方便地进行交流。这种交流是一种全球性的交流,只要企业的网络与 Internet 相连,任何设计、制造活动都可在 Internet 上进行。

随着消费市场的瞬息多变,在今后的机械工业中,多品种、小批量的生产形式将成为生产领域中的主流形式。因此,柔性自动化生产将成为机械制造过程生产技术的重要发展趋势。计算机辅助集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,简称 CIMS)也已成为万众瞩目的高新技术之一,它体现了当前机械制造生产的最高水平。为适应 CIMS 的要求,在 CAD/CAM/CAPP 集成系统中,要努力实现自动化、网络化、集成化和智能化。还要强调的是,人们对 CAPP 也有了新的认识,“PP”不再单纯理解为“Process Planning”,它的意义已扩展为“Production Planning”,兼有工艺过程设计与生产规划两方面的作用,向上扩展为计算机辅助生产管理系统,向下扩展为自动形成 NC 加工控制指令的通用 NC 信息生成器。通过这样的集成系统将完成生产加工领域中的重大革命,机械工程的应用领域也将开始一个新的时代。这就是 CAD/CAM 未来的发展方向。