新世纪高职高专教改项目成果教材

CAD/CAM 应用软件——Pro/ENGINEER 训练教程

陈国聪　主编
何金彪　杜　静　副主编
何援军　审阅

高等教育出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

策划编辑　赵　亮
责任编辑　胡　纯
封面设计　于　涛
责任绘图　朱　静
版式设计　王艳红
责任校对　尤　静
责任印制

内容提要

本书是新世纪高职高专教改项目成果教材,是根据教育部《关于加强高职高专教材建设的若干意见》文件的精神并结合编者多年来机械 CAD /CAM 教学、科研和工程培训的实践经验编写的。

全书共 11 章分为三部分。第 1 章 CAD /CAM 技术概论,简要介绍了 CAD、CAM 的概念和发展及技术基础。第 2 ~ 6 章是 CAD 部分,详细介绍了最新的基于 PC 平台在 W indows 环境下的三维 CAD /CAM 一体化的 Pro/ENGINEER 2001 软件的实体造型功能,让学生以全新的设计概念,利用三维设计功能完成机械零件的实体特征和曲面特征的设计。第 7 ~10 章为 CAM 部分,详细介绍了 Pro/ENGINEER 用于数控编程和数控加工的各个方面,包括加工方法介绍、工艺参数设置、刀轨生成和加工仿真、后置处理和 NC 代码生成等。第 11 章为综合实例,详细介绍了 Pro/NEGINEER 用于模具设计和模具加工的工程实际操作过程。附录 1 介绍了 Pro/ENGINEER 2001 软件的安装。附录 2 为实训图例,是作者多年教学中积累的为学生提供的练习图例。本书附有配套光盘。配套光盘把教材中的每个实例按步骤演示了一遍。读者只要在计算机上照着做,就可以基本上了解和掌握 CAD /CAM 的功能及其使用方法。

本书主要作为高职高专及成人院校数控技术应用专业及模具设计与制造专业的 CAD /CAM 教材,也可作为高等工科院校机械工程类本科相关专业的 CAD /CAM 教材,亦可供从事 CAD /CAM 技术研究和应用的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

CAD /CAM 应用软件.Pro/ENGINEER 训练教程/陈国聪主编.—北京:高等教育出版社,2003.7
ISBN 7 - 04 - 012630 - 3

Ⅰ.C…Ⅱ.陈…Ⅲ.①机械设计:计算机辅助设计 - 高等学校:技术学校 - 教材②机械制造:计算机辅助制造 - 高等学校:技术学校 - 教材③机械设计:计算机辅助设计 - 应用软件,Pro/ENGINEER - 高等学校:技术学校 - 教材 Ⅳ.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 045386 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 64054588
社　　址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网　　址	http://www.hep.edu.cn
总　　机	010 - 82028899		http://www.hep.com.cn
经　　销	新华书店北京发行所		
排　　版	高等教育出版社照排中心		
印　　刷			
开　　本	787× 1092　1/16	版　　次	年　月第　版
印　　张	18.75	印　　次	年　月第　次印刷
字　　数	450 000	定　　价	31.60 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。
版权所有　侵权必究

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话:(010) 82028899 转 6897　(010)82086060

传真:(010) 82086060

E-mail:dd@hep.com.cn

通信地址:北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社法律事务部

邮编:100011

购书请拨打读者服务部电话:(010)64054588

出 版 说 明

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向21世纪教育振兴行动计划》,研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施,整体推进高职高专教学改革,教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》(教高[2000]3号,以下简称《计划》)。《计划》的目标是:“经过五年的努力,初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面,重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革,先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时,为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》(教高[2000]2号)的精神,教育部高等教育司决定从2000年起,在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校,成人高等学校以及本科院校的职业技术学院(以下简称高职高专院校)中广泛开展专业教学改革试点工作,目标是:在全国高职高专院校中,遴选若干专业点,进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点,经过几年的努力,力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业,推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来,各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力,在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践,取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广,从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量,我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨,并从中遴选出了一些较为成熟的成果,组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果,反映了最新的教学改革方向,很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2002年11月30日

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

为了适应新世纪培养高素质应用性工程技术人才的需要,根据对新世纪数控技术人员应具备的能力、素质和知识结构的分析,结合我们多年来在机械 CAD/CAM 教学、科研和工程培训实践的经验编写了本教材。

数控技术给制造业带来了革命性的变化。机械 CAD/CAM 以数控技术为基础,数控技术又依靠机械 CAD/CAM 不断向前发展。机械 CAD/CAM 应用能力是数控技术人员必备的素质,机械 CAD/CAM 是企业十分需要、数控专业的学生必须要熟练掌握的技术。

Pro/ENGINEER(简称 Pro/E)是美国 PTC(参数技术)公司最新推出的集实体造型、工程分析、模具设计、数控加工等功能于一体的大型 CAD/CAE/CAM 软件,广泛应用于航天航空、汽车、模具等行业,是目前进行产品研制开发、模具设计加工的最为有效的工具之一。Pro/ENGINEER 所采用的造型技术和加工处理技术与其他同类型软件相比具有明显的优势。单一数据库、参数化、基于智能的特征造型、全相关以及工程数据再利用等概念改变了机械设计自动化的传统观念,成为当今机械设计自动化的新标准。Pro/ENGINEER 软件能将从设计到制造的全过程集成在一起,让所有的用户同时进行同一产品的设计和制造。这种产品开发的理念符合并行工程的基本思想,因此 Pro/ENGINEER 软件深受工程界的喜爱。

本教材从 Pro/ENGINEER 2001 软件的教学入手,让学生以全新的设计概念,利用三维设计功能完成机械零件的设计,并生成数控刀轨和 NC 代码,通过现场网络,进行数控加工。本教材强调实战和提高解决实际问题的能力,是本实用性很强的教材。每一个章节都有实用案例,带领读者去学习相关的技能和应用方法,从工程应用的角度出发,不留任何疑点。与教材配套的光盘把教材的每个实例都按步骤演示了一遍,读者只要在计算机上照着做一遍,就可以基本上了解和掌握 CAD/CAM 的功能以及使用它们的方法了,边学边做是学习本教材的方法。经过该课程的学习、实训,学生不仅能掌握计算机三维辅助设计的技能,而且能熟练掌握数控自动编程的能力。

本书共 11 章,分为三部分。第 1 章 CAD/CAM 技术概论,简要介绍了 CAD、CAM 的概念、发展及技术基础。让读者建立起 CAD、CAM 的概念,了解 CAD、CAM 的概貌,浏览流行的 CAD/CAM 软件,从集成的角度了解 CAD、CAM 的核心基础技术。读者明确功能如此强大的 CAD/CAM 软件的技术原理,对学习理解并应用 CAD/CAM 软件是很有益处的。第 2 ~6 章是 CAD 部分,详细介绍了最新的基于 PC 平台在 Windows 环境下的三维 CAD/CAM 一体化的 Pro/ENGINEER 2001 软件的实体造型功能,让学生以全新的设计概念,利用三维设计功能完成机械零件的实体特征和曲面特征的设计。第 7 ~10 章为 CAM 部分,详细介绍了 Pro/ENGINEER 用于数控编程和数控加工的各个方面,包括加工方法、工艺参数设置,刀轨生成和加工仿真、后置处理和 NC 代码生成等。第 11 章为综合实例,详细介绍了 Pro/ENGINEER 用于模具设计和模具加工的工程实际操作过程。附录 1 介绍了 Pro/ENGINEER 2001 软件的安装。附录 2 为实训图例,是作者多年教学中积累的为读者提供的练习图例。

本书第 1 章由陈国聪编写,第 2 章至第 4 章第 1 节由刘雪梅编写,第 4 章第 2 节至第 6 章由杜静编定,第 7 章至第 1 章由何金彪、陈国聪共同编写,附录及配套光盘由陈国聪、何金彪、姜宜生、彭绍明编写制作,陈国聪为主编,何金彪、杜静为副主编。上海交通大学计算机系何援军教授审阅,他为本书的编写提出了许多宝贵的建议,在此表示感谢。

由于水平有限,加之 CAD /CAM 技术发展迅猛,本书错误及疏漏难免,敬请读者批评指正。

编　者

2003 年 2 月

目　　录

第 1 章　CAD/CAM 技术概论 …… 1
1.1　CAD/CAM 的概念和发展 …… 1
1.1.1　CAD 概念的产生和发展 …… 1
1.1.2　CAM 概念的产生和发展 …… 2
1.2　CAD/CAM 系统组成 …… 4
1.2.1　CAD/CAM 系统硬件组成 …… 4
1.2.2　CAD/CAM 系统软件组成 …… 5
1.3　CAD/CAM 技术基础 …… 5
1.3.1　CAD 技术基础 …… 5
1.3.2　CAM 技术基础 …… 6
1.3.3　CAD/CAM 系统集成技术基础 …… 10
1.4　CAD/CAM 集成软件介绍 …… 11
1.4.1　CATIA …… 11
1.4.2　UGⅡ(UNIGRAPHICS Ⅱ) …… 12
1.4.3　I-DEAS …… 12
1.4.4　Pro/ENGINEER …… 13
1.5　CAD 系统的选型 …… 13
1.5.1　准备工作 …… 14
1.5.2　系统选择工作 …… 14
1.6　教材编写指导思想 …… 16
1.6.1　课程性质、目的和任务 …… 16
1.6.2　为什么推出三维 CAD/CAM 教学 … 16
1.6.3　为什么选用 Pro/E 软件作为数控自动编程平台 …… 16
1.6.4　Pro/E 软件在机床数控系统中能做什么 …… 17
第 2 章　Pro/E 基本操作 …… 18
2.1　Pro/E 操作界面简介 …… 18
2.2　主菜单 …… 19
2.3　文件的存取 …… 19
2.4　窗口的基本操作 …… 22
第 3 章　二维剖面草绘设计 …… 24
3.1　草绘环境的设置 …… 24
3.1.1　草绘界面 …… 24
3.1.2　设置草绘环境 …… 25
3.2　绘制二维几何图元 …… 27
3.2.1　绘制二维几何图元的菜单及工具条 …… 28
3.2.2　创建二维基本几何图元 …… 28
3.2.3　创建二维高级几何图元 …… 33
3.3　编辑几何图元 …… 35
3.4　尺寸和约束 …… 37
3.4.1　创建约束 …… 37
3.4.2　创建尺寸 …… 37
3.5　二维截面草绘设计实例 …… 41
第 4 章　Pro/E 的特征造型设计 …… 49
4.1　特征概述及其分类 …… 49
4.2　基准特征 …… 50
4.2.1　基准坐标系 …… 50
4.2.2　基准点 …… 53
4.2.3　基准面 …… 56
4.2.4　基准曲线 …… 58
4.2.5　基准轴 …… 59
4.2.6　基准特征的显示控制 …… 61
4.3　基础实体特征的创建 …… 62
4.3.1　创建基础特征 …… 63
4.3.2　创建拉伸特征 …… 64
4.3.3　创建旋转特征 …… 71
4.3.4　创建扫掠特征 …… 74
4.3.5　创建混成特征 …… 77
4.3.6　基础特征创建实例 …… 84
4.4　放置实体特征的创建 …… 87
4.4.1　创建倒圆角特征 …… 87
4.4.2　创建倒角特征 …… 90
4.4.3　创建圆孔特征 …… 91
4.4.4　创建拔模特征 …… 94
4.4.5　创建壳特征 …… 99
4.4.6　创建加强筋特征 …… 101
4.4.7　放置特征创建实例 …… 101
第 5 章　特征的基本操作 …… 109

5.1 特征的阵列 …… 109
5.2 特征复制 …… 115
5.3 特征的镜像 …… 120
5.4 特征的修改 …… 121
5.5 重定义特征 …… 124
第 6 章 曲面特征设计 …… 128
6.1 使用拉伸、旋转、扫掠、混成方法创建曲面特征 …… 128
6.1.1 使用拉伸方法创建曲面特征 …… 128
6.1.2 使用旋转方法创建曲面特征 …… 130
6.1.3 使用扫掠方法创建曲面特征 …… 131
6.1.4 使用混成方法创建曲面特征 …… 133
6.1.5 创建 FLAT 平面曲面特征 …… 135
6.1.6 利用偏置 Offset方法创建曲面特征 …… 136
6.1.7 复制曲面 …… 138
6.2 曲面特征的操作 …… 139
6.2.1 合并曲面特征 …… 139
6.2.2 修剪曲面特征 …… 141
6.2.3 延伸曲面特征 …… 143
6.2.4 转换曲面特征 …… 145
6.2.5 利用曲面特征创建实体特征 …… 147
6.3 曲面特征设计实例 …… 149
第 7 章 Pro/E 加工简介 …… 153
7.1 Pro/E 数控加工环境 …… 153
7.2 Pro/E 数控加工的一般过程 …… 154
7.3 Pro/E 数控加工一般过程实例 …… 156
第 8 章 Pro/E 通用加工工艺参数 …… 168
第 9 章 常用数控铣床加工方法 …… 173
9.1 体积块加工 …… 173
9.1.1 体积块加工基本参数的设置 …… 173
9.1.2 体积块加工参数——扫描类型(SCAN - TYPE) …… 181
9.1.3 体积块加工参数——ROUGH - OPTION(粗糙选项) …… 183
9.2 平面加工 …… 185
9.2.1 平面加工基本参数的设置 …… 185
9.2.2 平面加工参数 …… 190
9.3 轮廓加工 …… 192
9.3.1 轮廓加工基本参数的设置 …… 192
9.3.2 轮廓加工多重铣削方法 …… 198
9.4 腔槽加工 …… 199
9.5 曲面加工 …… 204
9.5.1 加工基本参数的设置 …… 204
9.5.2 异形曲面铣削 …… 210
9.6 局部加工 …… 216
9.7 雕刻 …… 224
第 10 章 后置处理 …… 230
10.1 建立后处理文件 …… 231
10.1.1 初始化创建的新后处理文件 …… 231
10.1.2 后处理文件的主要参数设置 …… 232
10.2 Pro/E 后置处理实例 …… 244
第 11 章 综合实例 …… 247
11.1 电吹风模型的建立 …… 247
11.2 电吹风模型模具型腔的建立 …… 254
11.3 电吹风下模的加工 …… 261
附录 1 Pro/ENGINEER 2001 安装 …… 272
附录 2 实训图例 …… 280
参考文献 …… 290

第1章
CAD/CAM 技术概论

1.1 CAD/CAM 的概念和发展

CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing)指的是以计算机为主要技术手段处理各种数字信息与图形信息,辅助完成产品设计和制造中的各项活动。

自从20世纪40年代世界上第一台计算机诞生以来,世界各国的专家、工程技术人员对计算机的研究、开发和应用一直进行着不懈的努力。CAD 是人和计算机相结合,各尽所长的新型设计方法。机械设计过程总是包含分析和综合两个方面的内容。人可以进行创造性思维活动,将设计方法经过综合、分析、转换成计算机可以处理的数字模型和解析这些模型的程序。在程序运算过程中,人可以评价设计的效果,控制设计的过程;计算机则可以发挥其强大的分析计算和存储信息的能力,完成产品设计信息的管理、绘图、模拟、优化及其他一系列的数值分析任务。人机结合,各自发挥优势,有利于获得最优的设计效果,缩短设计周期。而 CAM 是指以计算机为主要技术手段处理有关的信息,从而控制制造的全过程。一般说来,计算机辅助制造包括工艺设计、数控自动编程等内容。工艺设计主要是确定加工方法、加工顺序和加工设备。数控编程主要是为数控机床编制控制程序。最初,CAD 和 CAM 是独立的分支,随着它们的推广应用,二者的关系越来越密切。CAD 只有配合数控加工,才能充分显示其巨大的优越性,而数控技术只有依靠 CAD 才能提高其效率。数控自动编程系统利用 CAD 系统产生的 3D 模型,形成数控加工机床所需要的各种信息。集成的 CAD/CAM 系统可以大大缩短产品的制造周期,显著提高产品质量,产生巨大的经济效益。

1.1.1 CAD 概念的产生和发展

CAD(Computer Aided Design)指使用计算机系统进行设计的全过程,包括资料检索、方案构思、零件造型、工程分析、工程制图、文档编制等。在设计的各个阶段计算机都能发挥它的辅助作用,因此 CAD 概念一产生,就成为一门新兴的学科,引起了工程界的关注和支持,迅速地得到发展并日益完善。

20世纪60年代初,美国麻省理工学院 MIT 开发了名为 Sketchpad 的计算机交互图形处理系统,并描述了人机对话设计和制造的全过程,这就是 CAD/CAM 的雏型,形成了最初的 CAD 概念:科学计算、绘图。随着计算机软、硬件的发展,计算机逐步应用于设计过程,形成了 CAD 系

统,同时给 CAD 概念注入新的含义,逐步形成了当今应用十分广泛的 CAD /CAE /CAM 集成的 CAD 系统。从 CAD 概念产生至今,CAD 经历了多个发展时期。

从 20 世纪 60 年代初到 70 年代中期,CAD 从封闭的专用系统走向商品化。其主要技术特点是二维、三维线框造型,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,需配备大型计算机系统,价格昂贵。20 世纪 70 年代后期进入发展时期。由于集成电路的问世,CAD 系统价格下降。同时,此时正值飞机和汽车工业蓬勃发展时期,飞机和汽车制造中遇到了大量的自由曲面问题,法国达索飞机制造公司率先开发出以表面模型为特点的自由曲面建模方法,推出了三维曲面造型系统 CATIA,采用多截面视图、特征纬线的方式来近似表达自由曲面。该阶段的主要技术特点是自由曲面造型。曲面造型系统为人类带来了第一次 CAD 技术革命。20 世纪 80 年代初,由于计算机技术的大步前进,CAE、CAM 技术也开始有了较大的发展,由于表面模型技术只能表达形体的表面信息,难以准确地表达零件的其他属性,如质量、质心、惯性矩等,对工程分析十分不利,分析的前处理特别困难。基于对 CAD /CAE /CAM 一体化技术发展的探索,SDRC 公司第一个开发了基于实体造型技术的 CAD /CAE 软件 I - DEAS。由于实体造型技术能够精确地表达零件的全部属性,被称之为 CAD 发展史上的第二次技术革命。20 世纪 80 年代中期,CV 公司的一些人提出了参数化实体造型方法,其特点是基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改等。策划参数化技术的这些人成立了一个参数技术公司(Parametric Technology Corp,PTC),开始研制 Pro/ENGINEER 的参数化软件。进入 20 世纪 90 年代,PTC 公司在 CAD 市场所占份额中名列前茅。可以认为,参数化技术的应用主导了 CAD 发展史上的第三次技术革命。20 世纪 90 年代初期,SDRC 公司在摸索了几年参数化技术后,开发人员发现参数化技术尚存在许多不足之处。“全尺寸约束”这一硬性规定就干扰和制约着设计者创造力及想象力的发挥。为此,SDRC 公司的开发者提出了一种比参数化技术更为先进的实体造型技术——变量化技术,并历经 3 年时间,投资一亿多美元,推出了全新体系的 I - DEAS Master Serise 软件。变量化技术成就了 SDRC 公司,也推动了 CAD 技术发展的第四次技术革命。

目前,CAD 技术日益完善,许多发达国家相继推出成熟的 CAD /CAE /CAM 集成化的商品软件,在设计理论、设计方法、设计环境、设计工具等各方面出现许多成熟的现代 CAD 技术。当今 CAD 技术是计算机在工程中最有影响的应用技术,它作为现代工程制造技术的重要组成部分,是促进科研成果的开发和转化,促进传统产业和学科的更新与改造,实现设计自动化,增强企业及其产品在市场上的竞争力,加强国民经济发展的一项关键性高新技术。

1.1.2 CAM 概念的产生和发展

1. CAM 的基本概念

计算机辅助制造(CAM)是指利用计算机系统,通过计算机与数控机床等生产设备的直接的或间接的联系,进行产品生产制造的规划、设计、管理和控制的过程。CAM 的概念有狭义和广义之分。狭义的 CAM 指数控自动编程,包括 NC 代码生成、与数控机床的软件接口等,其功能模块如图 1 - 1 所示。

广义的 CAM,除数控自动编程外,还包括工艺过程设计(CAPP)、制造过程仿真(MPS)、自动化装配(FA)、车间生产计划控制(SFC)及制造过程检测与故障诊断等,涉及到产品的加工、检测、装配、检验等全过程。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

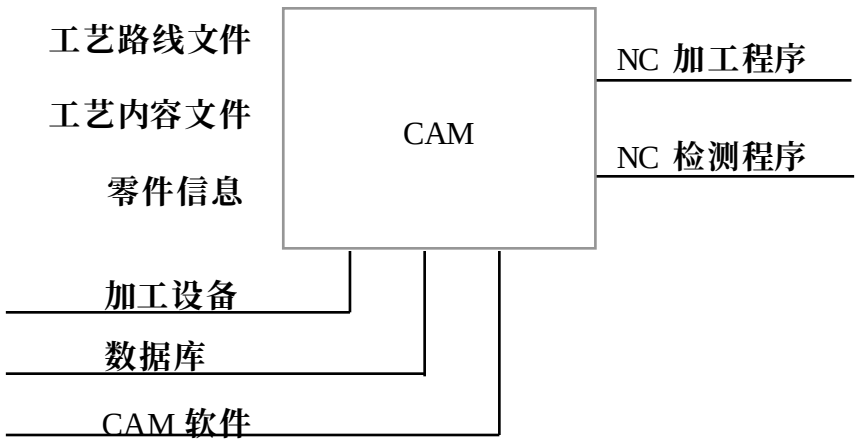


图1-1 狭义CAM功能模块

2. CAM 系统的发展历史

CAM 技术从APT(Automatically Programmed Tools)语言开始。20 世纪 50 年代,美国麻省理工学院先后推出 APTⅠ、APTⅡ,用立体定义曲线,自动求解线段的终点坐标,20 世纪 60 年代推出 APTⅢ,可求解 3 ~5 轴立体曲面,到 20 世纪 70 年代,推出 APTⅣ,能求解空间自由曲面。CAM 技术发展大致分为三个阶段:20 世纪 60 年代,CAM 以大型计算机为基础,价格昂贵;20 世纪 70 年代,CAM 系统以小型机为主,CAM 技术已趋成熟;20 世纪 80 年代,CAM 系统以小型工作站为基础,系统功能越来越强;20 世纪 90 年代至今,由于 PC 机性能价格比大幅度提高,以 PC 机为主的 CAM 系统已成为主流趋势。

3. CAM 的发展趋势

(1) 在微机平台上发展模块化的多功能编程系统　输入方式可以是词汇式输入、图形式输入和图形交互式输入方法。处理能力既可以处理几何图形,也可以处理工艺信息。功能模块包括了点位、车削、铣削、线切割、复杂型腔加工等。

(2) 发展 CAD/CAPP/CAM 一体化集成系统　从 CAD 开始,建立统一的工程数据库,由此自动产生刀轨数据、工艺数据,自动产生 NC 代码文件。

(3) 发展 CNC 控制和编程一体化系统　在线编程,即后台加工,前台编程,编程不产生中间结果,直接控制机床加工。

(4) 发展数字化编程技术　对无尺寸的图形或实物模型,用扫描仪或坐标测量机获得几何数据,经过数据处理,自动形式三维 CAD 模型,进而产生数控加工指令。

4. 图形交互式自动编程技术

图形交互式自动编程是指以 CAD 产生的零件几何信息为基础,采用人机交互对话方式,在计算机屏幕上指定被加工零件的几何特征,定义相关的加工参数,由计算机进行数据处理,并显示加工路径,经后置处理,最后输出 NC 代码数据。这是目前应用得最多的自动编程方式。

图形交互式自动编程一般分为七个步骤:

(1) 建立加工环境　包括:建立毛坯设计系统,使毛坯模型与 CAD 产品模型数据相关;建立夹具设计系统,完成夹具设计的三维模型,能生成夹具装配图、部件图和夹具配套明细表;建立刀具设计三维模型;建立数控机床约束模型等。

(2) 加工方案设计　根据零件毛坯与夹具之间的几何关系及刀具特征和参数选择最适用的加工方法,拟定进刀、切削和退刀路径,预测可能发生的干涉和碰撞,并及时进行加工环境的

调整。

(3) 加工路径初步设计　建立坐标系,选择刀具,设定加工参数,确定起刀点、退刀点位置。

(4) 加工路径优化。

(5) 加工路径检查。

(6) 后置处理及信息输出　输出信息包括 NC 代码文件、工艺路线表、刀具装配清单、刀具安装使用明细表,夹具装配使用明细表,加工参数表,工序参数表等。

(7) 工序切换环境准备。

1.2　CAD /CAM 系统组成

CAD /CAM 系统由硬件系统和软件系统组成。

1.2.1　CAD /CAM 系统硬件组成

系统硬件是组成 CAD /CAM 系统的物质基础,是 CAD /CAM 系统的基本支持环境,它包括计算机系统和加工设备等,如图 1 - 2 所示。

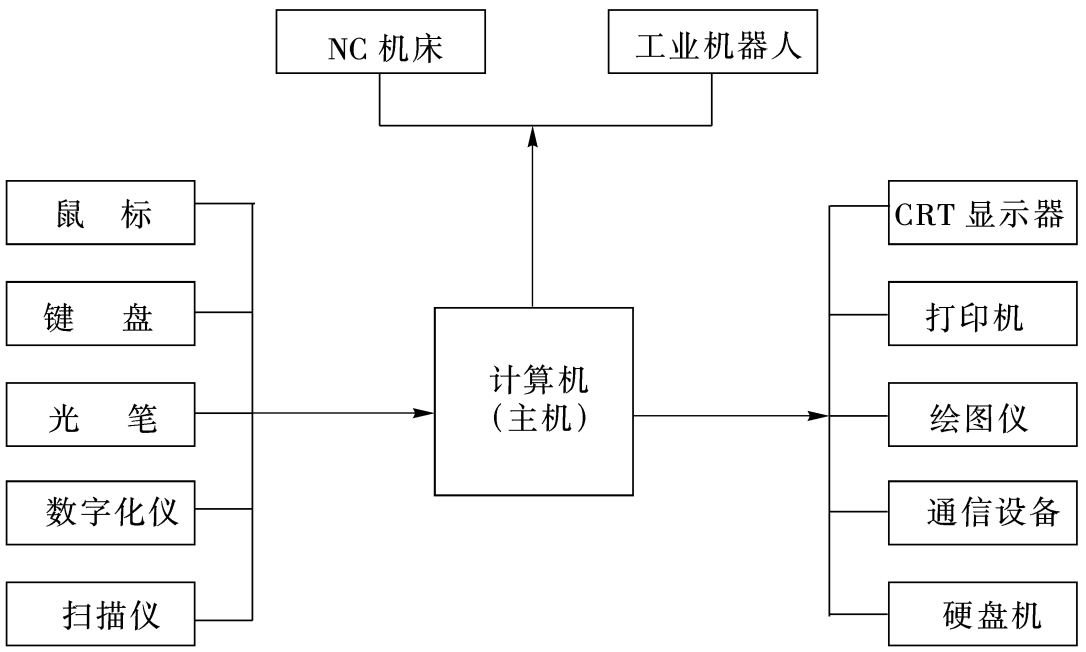


图 1 - 2　CAD /CAM 系统硬件组成

1. 计算机系统

计算机系统是 CAD /CAM 系统的核心,根据运行环境和配置的不同,可分为小型机系统、工作站系统和微机系统等多种类型。通常由以下设备组成:

主机:CAD /CAM 系统的中枢,执行运算和逻辑判断任务,控制和指挥整个系统。

硬盘机:存储 CAD /CAM 系统的系统软件、支撑软件、应用软件以及用户的各种图形和文本文件。

图形输入设备:主要有鼠标、光笔、数字化仪、扫描仪等。

图形显示设备:有标准 CRT 显示器、液晶显示器、激光显示器等。

图形输出设备:常用的图形输出设备有打印机和绘图仪。打印机是最廉价的产生图形硬拷

贝的设备,输出图形质量有限。常用的绘图仪分为笔式绘图仪、喷墨绘图仪、静电绘图仪或激光绘图仪。结构上又分为滚筒式和平板式两大类。滚筒式结构简单,价格便宜,但速度和精度不太高;而平板式绘图仪速度高,精度高,维修方便,但价格高。

2. 加工设备

加工设备是 CAD /CAM 的控制对象,CAD /CAM 的发展与加工设备的发展是相辅相成的。常用的加工设备有数控加工中心、CNC 数控机床、工业机器人以及相应的联接和控制设备。

1.2.2 CAD /CAM 系统软件组成

CAD /CAM 系统的软件按功能可分为三个层次,即系统软件、支撑软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件即操作系统,是指挥计算机运行、管理计算机资源和用户作业的软件,是用户和计算机的接口。

2. 支撑软件

支撑软件包括图形软件、几何造型软件、计算机分析软件以及 NC 编程软件等。

图形软件:图形软件是 CAD /CAM 系统中最基础最重要的软件,用于图形的生成、编辑和变换等操作。

几何造型软件:用于建立物体的三维几何模型,生成线框模型、表面模型和实体模型等。

计算分析、优化、仿真软件:这些软件是辅助设计和工程分析的重要工具。包括常用的算法程序库、有限元分析程序、优化程序、各种数字仿真程序等。

数据库管理系统:在 CAD /CAM 系统中,几乎所有的应用软件都离不开数据库。交互设计、绘图和数控加工信息的管理均由数据库管理系统完成,以实现数据共享。

网络软件:为网络型 CAD /CAM 系统提供联网支持。

NC 编程软件:供 CAD /CAM 系统自动转换生成和输出 NC 加工程序。

3. 应用软件

应用软件是指针对某个特定领域而专门设计的应用程序。

1.3 CAD /CAM 技术基础

1.3.1 CAD 技术基础

1. CAD 系统模块结构

CAD 系统一般由许多功能模块构成,各功能模块相互独立工作,又相互传递信息,形成一个相互协调有序的系统。CAD 一般含有以下功能模块:

图形处理模块:供用户进行零件图和装配图的二维绘图和编辑。

三维几何造型模块:为用户提供完整、准确的三维几何形状的描述和显示的方法和工具,如消隐、着色、灰度处理,实体参数计算、质量特性计算等。

装配模块:完成从零件到部件或产品的三维装配,建立产品结构信息模型和产品明细表,以及进行静态干涉检查等。

计算机辅助分析模块:如有限元分析模块、优化方法模块等。

机构动态仿真模块:求解各构件的重心、质量、惯性矩等物理特性,设定各构件的运动规律和参数,并进行运动仿真和运动干涉检查。

数据库模块:完成对 CAD 系统的数据维护和管理。

用户编程模块:包括用户编程语言和图形库,以便用户对 CAD 系统作二次开发,提高 CAD 系统用户化程度,以充分发挥系统的性能和提高使用效率。

产品设计人员关心的重点是前 5 个模块,系统开发人员关心重点是后两个模块。

2. 几何造型技术

几何造型也称几何建模,它是通过计算机表示、控制、分析和输出几何实体的一种技术。产品设计制造涉及到产品几何形状的描述、结构分析、工艺设计、加工仿真等方面的技术,其中几何形状的定义与描述是基础。

为了让计算机处理三维实体,就需要解决几何建模问题,即以计算机能够理解的方式,对实体进行确切的定义及数学描述,再以一定的数据结构形式在计算机内部构造这种描述,用以建立该实体的模型。CAD 实体模型是结构分析、工艺规划及数控加工的基础。CAD 几何建模功能的水平很大程度上决定了 CAD /CAM 系统的水平,它是 CAD /CAM 系统中的关键技术。

几何建模方法建立在对几何信息、拓扑信息和特征信息处理的基础上。几何信息是实体在空间的形状、尺寸及位置的描述;拓扑信息描述实体各分量的数目及相互间的关系;特征信息包括实体的精度信息、材料信息等与加工有关的信息。根据对几何信息、拓扑信息和特征信息处理方法的不同,几何建模可分为线框建模、曲线建模、实体建模、特征建模等。

1.3.2 CAM 技术基础

1. 数控机床和数控加工

CAM (计算机辅助制造)是指以计算机为主要技术手段,处理与制造有关的信息,从而控制制造的全过程。狭义的 CAM 就是指数控自动编程技术。依据 CAD 系统产生的产品数学模型,选择加工工艺参数,生成、编辑刀具的运动轨迹,以实现产品的虚拟加工和产生实际数控机床的零件加工数控程序单。

数控机床:数控机床是一种利用数字控制技术,准确地按照给定的工艺流程实现规定加工动作和运动轨迹的机床。

数控加工:在数控机床上执行根据零件图及工艺要求编制的数控程序单,从而控制数控机床中的刀具与工件的相对运动,以完成零件制造的加工。

数控机床坐标系:数控机床坐标系是为了确定工件及刀具在机床中的位置及运动范围等而建立的几何坐标系。与 CAD 系统中采用的标准相同,都采用国标 ISO841 标准。规定如下:

采用右手直角笛卡尔坐标系,由右手定则规定 X、Y、Z 的关系及其正方向;用右手螺旋法则规定围绕 X、Y、Z 各轴的回转运动及其正方向 +A、+B、+C。

2. 数控加工切削过程

数控机床切削加工零件的完整过程一般分为九个阶段,如图 1 - 3 所示。

(1) 各坐标轴快速由机床原点移动到循环起点。

(2) 以 G00 指令方式快速由起点到位于安全面的接近点。

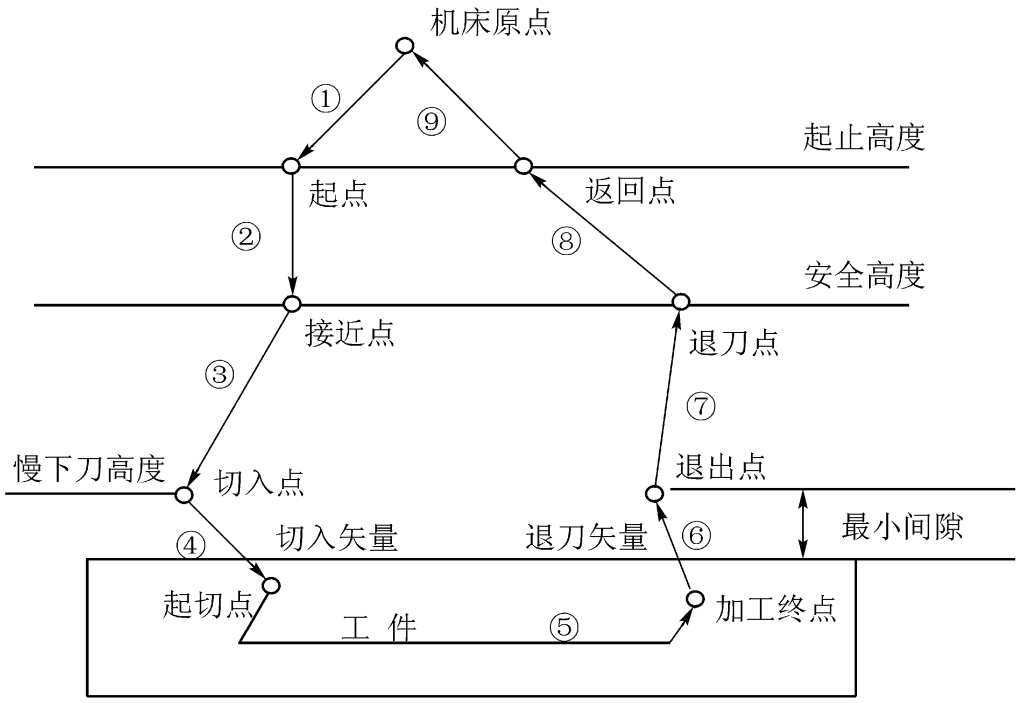


图 1 - 3　数控加工切削过程

(3) 以接近速度由接近点到位于慢下刀高度的切入点。

(4) 以切削速度由切入点按给定的切入矢量方向,进给到工件加工起切点。

(5) 切削:以切削速度由起切点到加工终点。

(6) 以切削速度由加工终点按退刀矢量方向退到退出点(退出点离工件上表面的距离应满足最小间隙的规定)。

(7) 以退刀速度由退出点退到位于安全面的退刀点。

(8) 以 G00 指令方式快速由退刀点移到位于起止高度的返回点。

(9) 快速由返回点返回机床原点。

3. 数控编程的内容与步骤

数控编程的内容与步骤,即 CAD /CAM 系统的操作过程如图 1 - 4 所示,可分为五步:

(1) 零件几何信息的描述　利用 CAD /CAM 系统软件对零件进行几何造型,形成零件的三维几何信息。

(2) 加工工艺参数的确定　根据零件的几何信息(三维模型)确定零件的加工工艺参数以及被加工面等信息。通过 CAM 系统提供的交互界面将这些信息输入计算机内。工艺参数包括加工方法、刀具参数、切削用量等;被加工面信息输入包括选择被加工面或被加工面的边界、进刀退刀方式、进给路线等。

(3) 刀轨生成　根据几何信息和工艺信息,CAM 系统将自动进行有关数据的计算,生成刀具轨迹,并将相关信息分别保存在零件的轮廓数据文件、刀位数据文件及工艺参数文件中。它们是系统自动生成 NC 代码和仿真加工的基础。

(4) 刀轨编辑与仿真　刀轨仿真可验证刀轨的合理性,如有错误和缺陷,可以对刀轨进行一

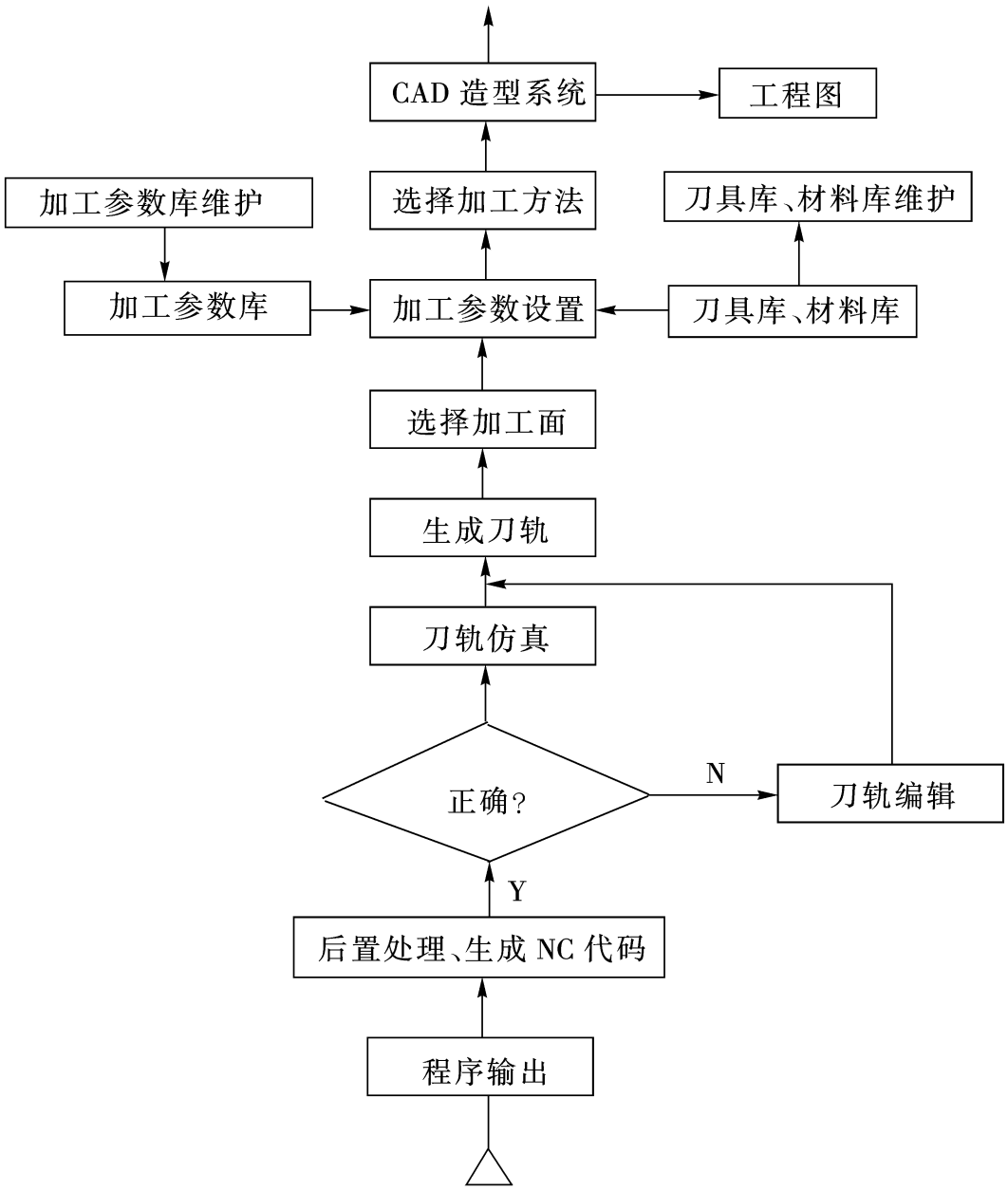


图 1 - 4　CAD /CAM 系统操作过程

定的编辑,包括刀轨的裁剪、分割、连接、转置、反向,刀位点的增加、删除、修改与均化等。

(5) 数控程序的产生——后置处理　将编辑好的刀位文件转换成指定数控机床系统能执行的数控程序单。这些程序单可以直接输入到数控机床中,用于控制数控加工。

4. CAM 系统中的基本术语

(1) 坐标数与坐标轴联动数　坐标数是数控机床的进给运动采用数字控制的数目,如两坐标、三坐标、五坐标等。坐标轴联动数指数控机床在加工零件过程中可以同时进给的坐标轴数目。

(2) 轮廓、岛和区域　轮廓、岛和区域用来指定加工对象。

轮廓:轮廓是一系列首尾相连的曲线的集合,有开轮廓、闭轮廓和有自交点的轮廓三种形式。

岛:岛由一个闭轮廓界定。

区域:由一个闭轮廓和若干个岛围成的内部空间,如图 1 - 5 所示。

(3) 机床参数　主要指数控加工时的切削用量。

主轴转速:切削加工时,主轴的角速度,¦Ã/m in。

切削速度:正常切削时,刀具的进给速度,m m /m in。

需要全本请访问 www.ertongbook.com