



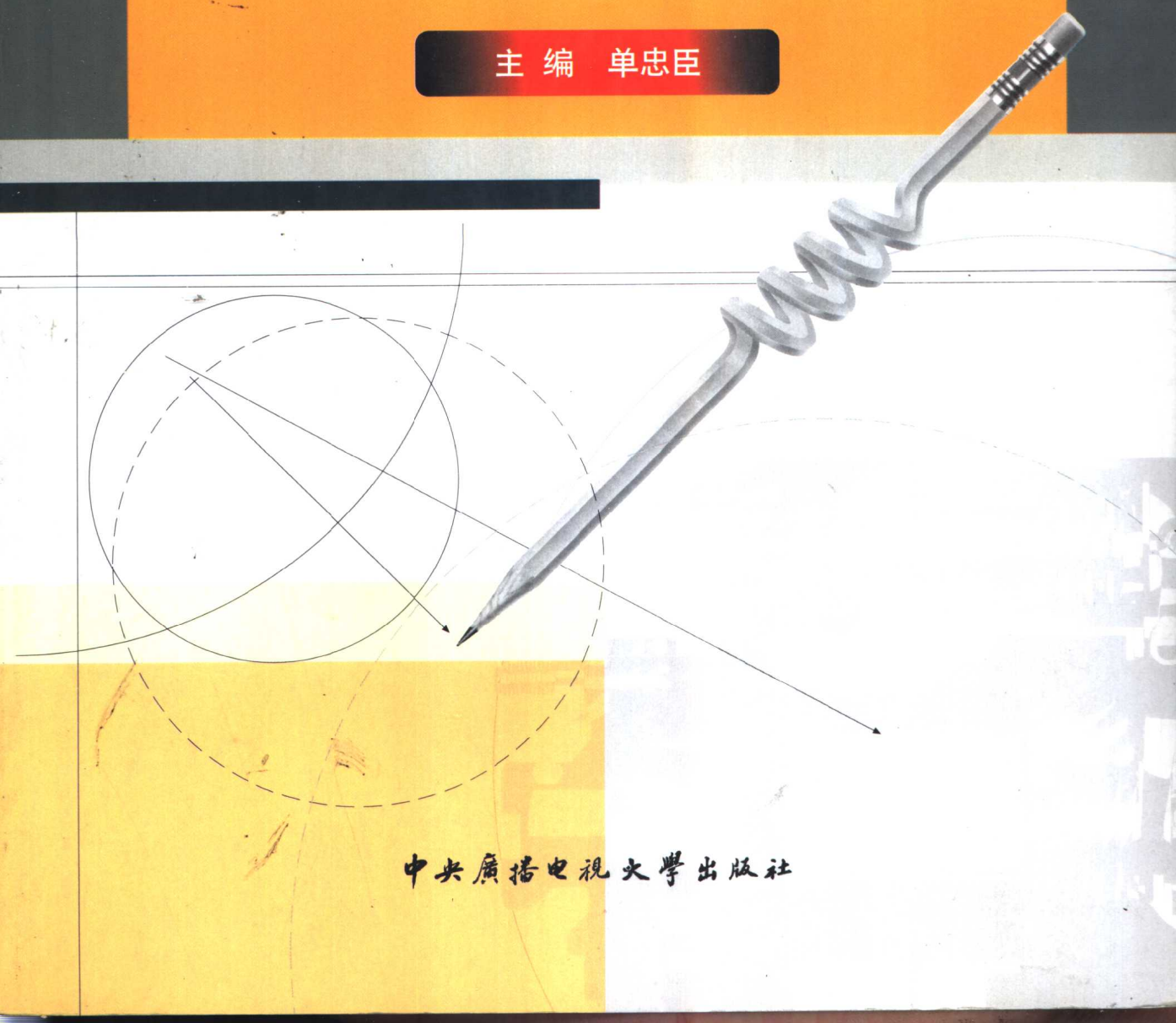
教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

# 机械CAD/CAM

机械设计制造及其自动化专业系列教材

主 编 单忠臣

中央广播电视大学出版社



教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材  
机械设计制造及其自动化专业系列教材

# 机械 CAD/CAM

主编 单忠臣

中央广播电视大学出版社  
北京·2002

## 图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM/ 单忠臣主编. —北京:中央广播电视大学出版社, 2002. 6

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材 机械设计制造及其自动化专业系列教材

ISBN 7 - 304 - 02233 - 7

I. 机... II. 单... III. ①机械设计: 计算机辅助设计—高等学校—教材 ②机械制造: 计算机辅助制造—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 045455 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

机械设计制造及其自动化专业系列教材

**机械 CAD/CAM**

主编 单忠臣

---

出版·发行/中央广播电视大学出版社

经销/新华书店北京发行所

印刷/北京云浩印刷有限责任公司

开本/787×1092 1/16 印张/19.25 字数/442 千字

---

版本/2002 年 4 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印数/0001—2000

---

社址/北京市复兴门内大街 160 号 邮编/100031

电话/66419791 68519502 (本书如有缺页或倒装, 本社负责退换)

---

书号: ISBN 7 - 304 - 02233 - 7 / TH·49

定价: 26.00 元

# 内容提要

CAD/CAM 技术从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式,对产品结构、企业结构、管理模式、生产方式以及人才知识结构等都产生了重大影响,使产品更新换代加快。CAD/CAM 技术已经成为衡量一个企业、一个国家科技进步和工业现代化水平的重要标志之一。

本书共分 8 章,第 1 章绪论介绍了 CAD/CAM 基本概念、发展概况及 CAD/CAM 技术的应用;第 2 章 CAD/CAM 系统的组成及其软硬件;第 3 章 CAD/CAM 软件基础;第 4 章 CAD 系统开发技术;第 5 章数控技术;第 6 章计算机辅助工艺过程设计;第 7 章 CAD/CAPP/CAM 集成和 CIMS 技术;第 8 章 CAD/CAM 系统的规划和实施。

本书力求详简得当,重点突出,便于自学,融会了作者多年的教学经验和科研成果,适合有关专业教学使用,亦可作为专业人员自学参考。

11/15/99

# 前 言

随着计算机技术的迅猛发展, CAD/CAM 技术在各个领域中得到了广泛的应用。CAD/CAM 技术是一项综合性的高新技术, 它的应用和不断发展正在引起一场深刻的产品设计与制造的技术革命。CAD/CAM 技术从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式, 对产品结构、企业结构、管理模式、生产方式以及人才知识结构等都产生了重大影响。在当前经济发展的新形势下, 产品更新换代加快, 促使世界上许多国家把发展 CAD/CAM 技术作为本国制造业的发展策略。我国也非常重视 CAD/CAM 技术的研究与发展, 并将它列为我国高新技术发展计划 CIMS 主题中的一项关键技术。因此, CAD/CAM 技术已经成为衡量一个企业乃至一个国家科技进步和工业现代化水平的重要标志之一。

本书是按照教育部人才培养模式改革和开放教育试点“机械设计制造及其自动化专业”本科教学计划要求编写的。全书共分 8 章。第 1 章介绍 CAD/CAM 基本概念、发展概况及 CAD/CAM 技术的应用; 第 2 章介绍 CAD/CAM 系统的组成及其硬件和软件; 第 3 章介绍工程数据库的概念、数据结构和数据库系统; 第 4 章介绍 CAD 系统的开发, 主要包括菜单文件的结构与设计、AutoLISP 语言与程序设计、对话框控制语言与设计, 并简述 CAD 系统的开发方法; 第 5 章介绍数控的基本概念、数控系统的硬件和软件、数控语言和数控编程方法; 第 6 章介绍成组技术的基本概念、零件分类成组方法、CAPP 工作原理, 并简述派生式 CAPP 系统和创成式 CAPP 系统的设计方法; 第 7 章介绍 CAD/CAPP/CAM 集成技术、CIMS 和柔性制造系统; 第 8 章介绍 CAD/CAM 系统的规划和实施步骤。

为了满足开放教育的需要, 本书力求详简得当, 突出重点, 便于自学。书中融会了作者多年的教学经验和科研成果。重点章节中编入了较多的程序和例题, 每章末附有自测题和习题, 在附录中编写了上机实验指导, 并给出了各章自测题的参考答案, 便于学生巩固本课程的学习效果。

本书由单忠臣任主编, 第 1, 4, 5 章由单忠臣编写, 第 2, 3 章由张旭编写, 第 6 章由赵长发编写, 第 7 章由赵刚编写, 第 8 章由张家泰编写, 附录中实验 1 由张家泰编写, 实验 2, 3, 4 由单忠臣编写。

本书由哈尔滨工业大学赵维缓教授、哈尔滨工程大学宋本基教授和哈尔滨理工大学杨守成教授审阅，并由赵维缓教授担任主审。专家们对书稿进行了认真仔细的审阅并提出了许多宝贵的修改意见；在本书编写过程中自始至终得到了中央广播电视大学齐宏同志的大力支持和帮助，在此一并表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限，加之对远程开放教育经验较少，书中难免出现错误和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编著者

2001年10月

# 目 录

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 第1章 绪 论 .....                  | ( 1 )  |
| 1.1 CAD/CAM 的基本概念 .....        | ( 1 )  |
| 1.2 CAD/CAM 的发展概况及发展趋势 .....   | ( 2 )  |
| 1.2.1 CAD/CAM 技术的发展概况 .....    | ( 2 )  |
| 1.2.2 CAD/CAM 技术的发展趋势 .....    | ( 4 )  |
| 1.3 CAD/CAM 技术的应用 .....        | ( 9 )  |
| 1.3.1 机械制造业中的应用 .....          | ( 9 )  |
| 1.3.2 电子工业中的应用 .....           | ( 10 ) |
| 1.3.3 其它方面的应用 .....            | ( 10 ) |
| 1.4 产品 CAD/CAM 过程 .....        | ( 11 ) |
| 第2章 CAD/CAM 系统组成及其软硬件 .....    | ( 15 ) |
| 2.1 CAD/CAM 系统组成及工作方式 .....    | ( 15 ) |
| 2.2 CAD/CAM 系统中硬件配置及选型原则 ..... | ( 16 ) |
| 2.2.1 CAD/CAM 系统硬件选择原则 .....   | ( 16 ) |
| 2.2.2 CAD/CAM 系统中计算机的配置 .....  | ( 17 ) |
| 2.2.3 图形输入输出设备 .....           | ( 19 ) |
| 2.3 CAD/CAM 系统的软件 .....        | ( 22 ) |
| 2.3.1 系统软件 .....               | ( 22 ) |
| 2.3.2 应用软件 .....               | ( 24 ) |
| 2.3.3 产品设计软件 .....             | ( 25 ) |
| 2.3.4 CAD/CAM 应用软件的选择原则 .....  | ( 25 ) |
| 2.3.5 常用的 CAD/CAM 软件 .....     | ( 26 ) |
| 第3章 CAD/CAM 软件基础 .....         | ( 30 ) |
| 3.1 数据的有关概念 .....              | ( 30 ) |

|            |                         |             |
|------------|-------------------------|-------------|
| 3.2        | 数据结构 .....              | (31)        |
| 3.2.1      | 线性表 .....               | (31)        |
| 3.2.2      | 树和二叉树 .....             | (35)        |
| 3.3        | 工程数据库 .....             | (38)        |
| 3.3.1      | 工程数据与数据库管理系统 .....      | (38)        |
| 3.3.2      | FoxPro 关系型数据库系统 .....   | (40)        |
| 3.4        | 软件工程方法和开发过程 .....       | (50)        |
| 3.4.1      | 软件开发与软件工程 .....         | (50)        |
| 3.4.2      | 软件开发步骤 .....            | (51)        |
| 3.4.3      | 软件开发方法 .....            | (54)        |
| <b>第4章</b> | <b>CAD 系统开发技术 .....</b> | <b>(57)</b> |
| 4.1        | 菜单开发 .....              | (57)        |
| 4.1.1      | AutoCAD 菜单类型 .....      | (57)        |
| 4.1.2      | 菜单文件结构 .....            | (60)        |
| 4.1.3      | 下拉菜单设计 .....            | (62)        |
| 4.1.4      | 图标菜单设计 .....            | (67)        |
| 4.1.5      | 菜单的编译 .....             | (70)        |
| 4.2        | AutoLISP 程序语言设计 .....   | (71)        |
| 4.2.1      | AutoLISP 数据类型 .....     | (72)        |
| 4.2.2      | AutoLISP 程序结构 .....     | (75)        |
| 4.2.3      | AutoLISP 内部函数 .....     | (77)        |
| 4.2.4      | 函数定义及装载 .....           | (95)        |
| 4.2.5      | AutoLISP 编程实例 .....     | (98)        |
| 4.3        | 对话框设计技术 .....           | (101)       |
| 4.3.1      | 对话框的组成 .....            | (101)       |
| 4.3.2      | 构件的属性 .....             | (108)       |
| 4.3.3      | 对话框控制语言和设计原则 .....      | (114)       |
| 4.3.4      | 对话框驱动程序设计 .....         | (122)       |
| 4.3.5      | 对话框应用实例 .....           | (129)       |
| 4.4        | 机械 CAD 系统开发方法 .....     | (136)       |
| 4.4.1      | CAD 系统设计阶段的划分 .....     | (136)       |
| 4.4.2      | 程序系统分析 .....            | (137)       |
| 4.4.3      | 总体设计 .....              | (137)       |
| 4.4.4      | 详细设计 .....              | (139)       |



|                                           |              |
|-------------------------------------------|--------------|
| 4.4.5 开发实例 .....                          | (141)        |
| <b>第5章 数控技术 .....</b>                     | <b>(148)</b> |
| 5.1 数控机床简介 .....                          | (148)        |
| 5.1.1 数控机床的组成 .....                       | (148)        |
| 5.1.2 数控机床的特点 .....                       | (149)        |
| 5.1.3 数控机床的类型与功能 .....                    | (150)        |
| 5.1.4 数控机床的坐标系 .....                      | (153)        |
| 5.1.5 数控机床加工零件的步骤 .....                   | (154)        |
| 5.2 数控编程 .....                            | (154)        |
| 5.2.1 手工编程 .....                          | (155)        |
| 5.2.2 数控语言编程 .....                        | (165)        |
| 5.2.3 数控后置处理 .....                        | (172)        |
| 5.3 计算机数控系统 .....                         | (173)        |
| 5.3.1 CNC 系统的组成 .....                     | (173)        |
| 5.3.2 CNC 装置的功能 .....                     | (174)        |
| 5.3.3 CNC 系统的硬件与软件 .....                  | (176)        |
| <b>第6章 计算机辅助工艺过程设计 .....</b>              | <b>(181)</b> |
| 6.1 成组技术 .....                            | (181)        |
| 6.1.1 零件分类编码系统 .....                      | (182)        |
| 6.1.2 零件分类成组方法 .....                      | (193)        |
| 6.2 工艺设计自动化的意义和发展概况 .....                 | (211)        |
| 6.2.1 计算机辅助工艺过程设计的意义 .....                | (211)        |
| 6.2.2 CAPP 的发展概况 .....                    | (212)        |
| 6.2.3 CAPP 的经济效果 .....                    | (214)        |
| 6.3 CAPP 工作原理 .....                       | (214)        |
| 6.3.1 CAPP 的零件信息描述与输入 .....               | (215)        |
| 6.3.2 派生式 CAPP 系统 .....                   | (217)        |
| 6.3.3 创成式 CAPP 系统 .....                   | (218)        |
| <b>第7章 CAD/CAPP/CAM 集成和 CIMS 技术 .....</b> | <b>(230)</b> |
| 7.1 概 述 .....                             | (230)        |
| 7.2 CAD/CAPP/CAM 集成系统的组成 .....            | (231)        |
| 7.2.1 CAD/CAPP/CAM 集成系统的类型 .....          | (231)        |

|                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| 7.2.2 CAD/CAPP/CAM 集成系统的组成 .....    | (232)        |
| 7.3 CIMS 技术简介 .....                 | (235)        |
| 7.3.1 CIMS 体系结构及组成 .....            | (236)        |
| 7.3.2 实现 CIMS 的关键技术 .....           | (241)        |
| 7.4 FMS 简介 .....                    | (245)        |
| 7.4.1 柔性制造系统的基本概念及组成 .....          | (245)        |
| 7.4.2 柔性制造系统的设计与实施 .....            | (249)        |
| 7.4.3 柔性制造系统的关键技术 .....             | (252)        |
| <b>第 8 章 CAD/CAM 系统的规划与实施 .....</b> | <b>(260)</b> |
| 8.1 概 述 .....                       | (260)        |
| 8.2 CAD/CAM 系统的规划和实施步骤 .....        | (261)        |
| 8.2.1 制定规划的原则 .....                 | (261)        |
| 8.2.2 需求分析 .....                    | (262)        |
| 8.2.3 系统规划与实施步骤 .....               | (266)        |
| 8.3 CAD/CAM 系统的管理体制 .....           | (266)        |
| 8.3.1 建立管理机构的必要性 .....              | (267)        |
| 8.3.2 领导机构和管理体制的建立 .....            | (267)        |
| 8.4 CAD/CAM 技术人员的培养 .....           | (269)        |
| 8.4.1 CAD/CAM 系统和应用软件维护人员的培训 .....  | (269)        |
| 8.4.2 CAD/CAM 技术专业人员的培训 .....       | (270)        |
| <b>附录 1 实 验 .....</b>               | <b>(274)</b> |
| 实验 1 数据库与数据通信 .....                 | (274)        |
| 实验 2 建立 AutoCAD 菜单文件 .....          | (276)        |
| 实验 3 AutoLISP 语言编程 .....            | (278)        |
| 实验 4 建立对话框 .....                    | (284)        |
| <b>附录 2 自测题参考答案 .....</b>           | <b>(294)</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                   | <b>(298)</b> |

# 第1章 绪 论

## 学习目标

随着计算机技术的迅速发展, CAD/CAM 技术在各个领域, 尤其在机械、电子、轻纺和建筑等工业领域得到广泛的应用。CAD/CAM 技术是一项综合性的高新技术, 它的应用和不断发展正在引起一场深刻的产品设计与制造的技术革命。

本章主要介绍 CAD/CAM 的基本概念, CAD/CAM 的兴起及发展过程和 CAD/CAM 系统的集成化、智能化、标准化和网络化的发展趋势, 介绍 CAD/CAM 技术在各个领域特别是在机械制造业中的应用情况, 并在论述机电产品传统生产过程的基础上介绍 CAD/CAM 技术的过程。

## 1.1 CAD/CAM 的基本概念

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 和计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, 简称 CAM), 常称为 CAD/CAM。CAD/CAM 技术是产品设计人员和组织产品制造的工艺设计人员在 CAD 和 CAM 系统的辅助之下, 根据产品的设计和制造程序进行设计和制造的一项新技术, 是人的智慧和创造力与计算机系统功能的巧妙组合。设计人员通过人机交互操作的方式进行产品设计构思和论证, 产品的总体设计、技术设计、零部件设计, 有关零件的强度、刚度、热、电、磁的分析计算和零件加工信息 (工程图纸或数控加工信息等) 的输出, 以及技术文档和有关技术报告的编制。而工艺设计人员则可根据 CAD 过程提供的信息和 CAM 系统的功能, 进行零件加工工艺路线的控制和加工状况的预显, 以及生成控制零件加工过程的信息, 这种过程称为计算机辅助工艺过程设计 (Computer Aided Process Planning, 简称 CAPP)。然而应该指出, CAD/CAM 技术不能代替人的设计和制造行为, 而只是实现这些行为的先进手段。人的设计制造行为, 则由专业技术人员的创造能力和工作经验以及现代设计方法等所提供的科学思维方法和实施办法来确定。

CAD/CAM 技术是一项综合性的高新技术, 该技术的应用和发展正在引起一场深刻的产品设计与制造的技术革命, 并将对产品结构、产业结构、管理模式、生产方式以及人才知识结构等产生重大影响。因此, 它是当前国际上科技领域的前沿课题, 也是世界各国十分关注

的投资力度很大的计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, 简称 CIMS) 的重要组成部分之一。目前 CAD/CAM 技术的鲜明优点已经为越来越多的人所公认。世界上发达国家 CAD/CAM 技术不仅应用于机械、电子、航空航天、汽车、船舶等一系列产品和工程设计领域, 而且迅速向其它工业产业 (例如服装、家具等轻工业) 领域发展。

在当前经济发展新形势下, 产品更新换代速度加快, 从电子技术到重型机电行业强烈提出了缩短开发周期、提高产品质量、减少开发费用等要求。在这种形势下, CAD/CAM 技术发挥着越来越重要的作用, 在许多制造业中设计与制造部门采用 CAD/CAM 技术已成为本行业的当务之急。CAD/CAM 产业以每年 30 % 左右的速度递增, 这说明 CAD/CAM 技术在各行业中的应用具有广阔的前景和强大的生命力, 普及 CAD/CAM 应用技术是未来新技术发展的必然趋势。

## 1.2 CAD/CAM 的发展概况及发展趋势

### 1.2.1 CAD/CAM 技术的发展概况

#### 1. CAD/CAM 技术的兴起

自 1946 年世界上第一台电子计算机在美国问世后, 人们就不断地将计算机技术引入机械设计、制造领域。到 20 世纪 50 年代中期, 计算机主要处理科学计算。尽管当时已在计算机中配置了显示器, 但由于计算机图形显示技术的理论还没有形成, 只用于字符的显示, 不具备人机交互功能。1952 年美国麻省理工学院研究成功第一台三坐标数控铣床, 并开始着手研制数控自动编程系统 APT (Automatically Programmed Tools)。当时在美国学习的奥地利人 H. Josph Gerber 根据数控加工原理和方法为波音飞机制造公司研制出世界上第一台平板绘图机。1959 年美国的 Calcomp 公司根据打印机的原理研制出世界上第一台滚筒式绘图机, 从而开创了由计算机辅助绘图仪代替人工绘图的历史。

1963 年美国麻省理工学院的 I. E. Sutherland 在他的博士论文《人机对话图形通信系统》中提出了 SKETCHPAD 系统。该系统允许设计者在图形显示器前操作光笔和键盘, 同时在屏幕上显示图形。他的论文首次提出了计算机图形学、交互技术及图形符号的存贮采用分层的数据结构等思想, 为 CAD 技术提供了理论基础。

计算机、自动绘图机、光笔、图形显示器等设备的问世和发展, 及图形数据处理方法的深入研究, 促进了 CAD/CAM 技术的形成。在经历了理论探讨、设备研制和简单 CAD 系统的实现及某些方面的实际应用研究等几个阶段后, 计算机辅助设计技术开始形成。

#### 2. CAD/CAM 技术的发展

交互式图形生成技术的出现, 促使计算机辅助设计技术迅速发展。20 世纪 60 年代中期后, 美国的一些大公司都十分重视这一高新技术。例如, 美国的 IBM 公司开发了以大型机为基础的 CAD/CAM 系统, 具有绘图、数控编程和强度分析等功能; 美国通用汽车公司研制

了 DAC-1 系统,用于汽车车身和外形的设计。还有洛克希德公司的 CADAM 等。此外,英国剑桥大学等也开展了 CAD 方面的研究工作。在制造领域,1962 年在机床数控技术的基础上研制成功了第一台工业机器人,实现了物料搬运的自动化;1966 年出现了用大型通用计算机直接控制多台数控机床的 DNC 系统。这一时期的 CAD/CAM 系统的共同缺点是规模庞大且价格昂贵。

20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期是 CAD/CAM 技术趋于成熟的阶段。随着计算机硬件的发展,以小型机、超小型机为主机的 CAD 系统进入市场,针对某个特定问题的 CAD 成套系统蓬勃发展。这种成套系统由 16 位小型机、图形输入设备、显示装置以及绘图机等硬件与相应的应用软件配套而成,通常也称为交钥匙系统 (Turnkey System)。与此同时,为了适应设计和加工的要求,三维几何处理软件也发展起来,出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统。1967 年,英国的莫林公司建造了一条由计算机集中控制的自动化制造系统,包括 6 台加工中心和 1 条由计算机控制的自动运输线,可进行 24 小时连续加工,并用计算机编制 NC 程序和作业计划、统计报表。20 世纪 70 年代初,美国的辛辛那提公司研制了一套 FMS 系统,即柔性制造系统。

20 世纪 80 年代是 CAD/CAM 技术迅速发展的时期。超大规模集成电路的出现,使计算机硬件成本大幅度下降,计算机外围设备(例如彩色高分辨率图形显示器、大型数字化仪、自动绘图机等品种齐全的输入输出装置)已成系列产品,为推进 CAD/CAM 技术向高水平发展提供了必要的条件。同时,相应的软件技术如数据库技术、有限元分析技术、优化设计技术等也迅速提高,这些商品化软件的出现促进了 CAD/CAM 技术的推广及应用,使其从大中型企业向小企业发展,从发达国家向发展中国家发展;从用于产品设计发展到用于工程设计。在此期间,还相应发展了一些与制造过程相关的计算机辅助技术,如计算机辅助工艺过程设计 (CAPP)、计算机辅助工装设计、计算机辅助质量控制 (CAQ) 等。然而作为单项技术,只能带来局部效益。20 世纪 80 年代以后,人们在上述计算机辅助技术的基础上,致力于计算机集成制造系统的研究,这是一种总体高效益、高柔性的智能化制造系统。

进入 20 世纪 90 年代, CAD/CAM 技术已不再停留于过去单一模式、单一功能、单一领域的水平,而向着标准化、集成化、智能化的方向发展。为了实现系统的集成,实现资源共享和产品生产与组织管理的高度自动化,提高产品的竞争能力,就需在企业内、集团内的 CAD/CAM 系统之间或各个子系统之间进行统一的数据交换,为此,一些工业先进国家和国际标准化组织都在从事标准接口的开发工作。与此同时,面向对象技术、并行工程思想、分布式环境技术及人工智能技术的研究,都有利于 CAD/CAM 技术向高水平发展。

我国 CAD/CAM 技术的引进是从 20 世纪 60 年代开始的,最早起步于航空工业,最近十几年发展很快,现已在机械、电子、建筑、服装等行业逐步进入实用阶段。一方面,直接引进一些国际水平的商品化软件投入实际应用,如 I-DEAS, Pro/Engineer, CADAM, UG-II 等,另一方面,很多研究单位自行开发 CAD/CAM 系统,有些已达到国际先进水平,进一步促进了 CAD/CAM 技术在我国的应用和发展。

### 1.2.2 CAD/CAM 技术的发展趋势

为了不断提高 CAD/CAM 技术功能,使产品的生产向自动化方向发展,目前 CAD/CAM 技术的主要发展方向正朝着集成化、智能化和标准化的方向发展。

#### 1. CAD/CAM 系统的集成化

所谓集成化,一般包含下述内容:①提高 CAD 系统的集成度,即要求在整个产品设计过程中的各个阶段和每一设计步骤都能有效地使用 CAD 技术;②CAD 和 CAM 集成,即要求设计信息能自动地转换成 CAM 系统的信息;③逐步形成一个以工厂生产自动化为目标的 CIMS。

图 1-1 为 CAD/CAM 集成系统模式图。在 CAD/CAM 集成系统中,工程数据库管理系统是一个重要的组成部分。在该系统中所有 CAD/CAM 功能模块都同工程数据库直接联结。设计人员利用图形终端与计算机对话,使用存贮在公共数据库中的有关信息,实现产品的设计、控制和制造过程的自动化。

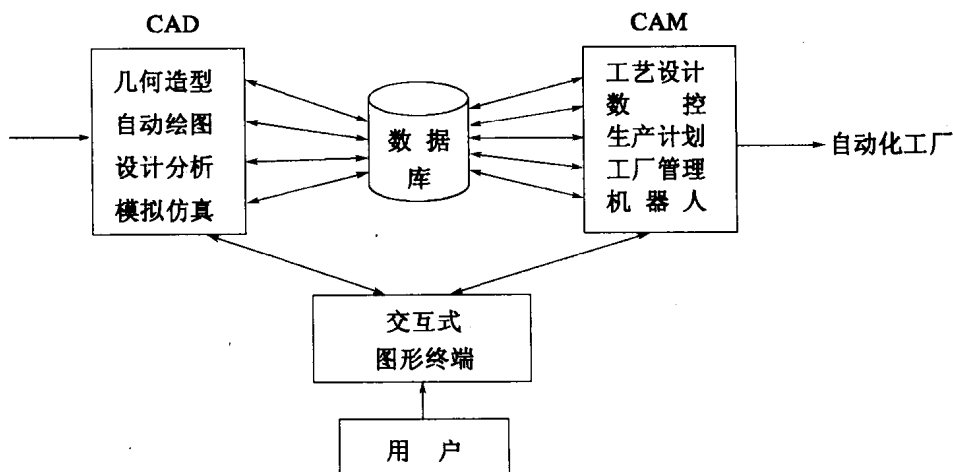


图 1-1 CAD/CAM 集成系统模式

图中的 CAD 部分主要以三维实体建模软件为基础,设计人员用它建立设计对象的几何模型,并使用有关机构运动和动力分析软件对各机构进行运动学和动力学的分析计算,采用有限元分析软件对主要部件进行强度和刚度分析计算。在此基础上对产品性能指标进行仿真和综合评价,如果不符合设计要求,可进一步对有关部分进行修改。最后自动绘出二维工程图纸或把有关数据传送到公共数据库中供 CAM 系统调用。CAM 部分根据设计输出信息进行工艺过程设计、数据程序编制以及生产计划的编制等,实现产品的加工制造过程。

将 CAD 和 CAM 系统的功能有机地结合起来可形成一个 CAD/CAM 集成系统。从目前的实际情况看,对于一个产品的设计与制造的全过程而言,CAD/CAM 技术一般仍处于单独使用的状态。就是说,使用 CAD 系统完成其设计任务后所形成的有关信息,只能作图形输出,

而不能自动地传送给与之相关的 CAM 系统,在 CAD 与 CAM 之间形成一个间隙,使产品的数据流中断;在 CAD 阶段形成的数据,往往在 CAM 系统中还需再进行人工干预,这不仅造成时间上的浪费,而且还容易出错。所以这种“孤岛”式的 CAD 和 CAM 系统的效率不高,经济效益也不显著。为了真正地实现 CAD/CAM 系统的集成,目前正在开展以工程数据库系统和网络通信技术为主要技术内容的集成化技术的研究,以便把散布在各种独立设备中的 CAD/CAM 资源和计算机设备集成起来,共享硬件和软件资源,使集成系统内部的信息按需要自动地流动。

CIMS 技术是更高层次的集成系统,从理论上讲在上述的 CAD/CAM 集成系统的基础上加上企业的生产管理信息系统就可实现,但实际上还存在许多具体问题有待解决。有关 CIMS 技术可参看第 7 章。

## 2. CAD/CAM 系统的智能化

机械 CAD 技术在近 20 年来有很大的发展,工程工作站的问世极大地推动了 CAD 技术的发展,产生了一批功能很强的商品化软件,如 I-DEAS, EUCLID, CATIA, UG-II, Pro/Engineer, CADDs 和 CADAM 等。这些软件都可用于进行机械设计,在产品几何造型、分析计算与绘图方面的功能都很强,设计人员在这些软件支持下能对设计对象进行交互式设计。但这样的 CAD 系统存在着明显的不足。众所周知,产品设计过程是一个复杂的综合、分析和反复修改的过程,设计人员只有具备多学科的专门知识与丰富的经验才能得到一个较佳的设计结果。产品设计是一项创造性的活动,设计过程中很多工作是非数据计算性的,不是以数学公式为核心的,需要通过反复思考、推理和判断来解决。因此,目前以分析计算和图形为核心的 CAD 系统是不能解决上述问题的。对于同一设计对象,由于设计人员不同,可能设计出不同的结果,即设计结果与设计者的经验和所掌握专业知识的程度有关。

在产品设计初始阶段,特别是在概念设计和构思及评价阶段,专家在该领域的经验十分重要。为此,提出了在 CAD 系统中引进人工智能(Artificial Intelligence)技术,而专家系统(Expert System)是将人工智能技术首先引入产品设计领域的。

### (1) 专家系统

目前对专家系统还没有统一的严格的定义,但在以下三方面的认识是一致的,即,它是一个智能的程序系统;在系统内部具有大量的专家水平领域知识和经验;它能使用人类专家可用的知识、解决问题的方法来解决某领域的问题。因此,专家系统是一个具有大量专家知识与经验的程序系统,它应用人工智能技术,根据 1 个或多个人类专家提供的特殊领域知识、经验进行推理和判断,模拟人类专家做决定的过程来处理那些需要专家才能决定的复杂问题。简单地说,专家系统是一种计算机程序,可以达到某一领域专家的水平,完成专门的、一般是困难的专业任务。由于专家系统的功能主要依赖于大量的专家知识,所以,又被称为“知识基系统”,这个领域有时也称为知识工程。一个专家系统一般由以下 5 个部分组成:①知识库;②数据库;③推理机;④解释系统;⑤知识获取部分。如图 1-2 所示。

由上述可知,将人工智能引入 CAD 系统是必然的发展趋势,而专家系统又是人工智能

在产品和工程设计中最早获得成功应用的一个领域。

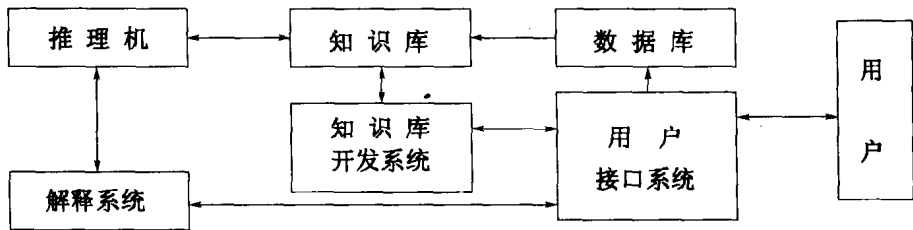


图 1-2 专家系统的组成

## (2) 机械 CAD 专家系统

在机电产品设计中需要反复决策,决策一般分为3种类型,即概念决策、技术决策和目标决策。概念决策主要用在初始设计阶段,其中包括设计任务书的拟订,总体性能参数和总体结构方案的初步选择。技术决策用于安排和解决特殊技术问题,如特殊零件的材料选择和它的结构形状的确定及加工方法的拟订等。目标决策是确定充分满足目标要求的方案。实现上面3个决策过程,主要是运用专家的经验性知识和启发性知识,通过分析、推理和判断来完成的。另外,在决策过程中,还需要各种支撑性资源的支持,包括规划资源、创新资源、分析资源、评价资源、数据资源和图形资源等,如图1-3所示。上述这些资源是CAD的主要技术基础。

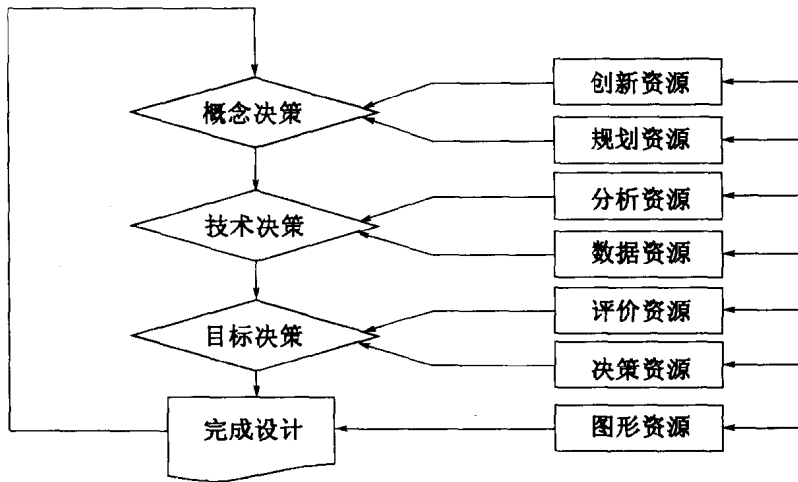


图 1-3 机械 CAD 专家系统决策过程

在建立一个用于机械设计的 CAD 专家系统时, 必须采用一种适合于这种过程的求解策略, 以便更好地运用专家经验和支撑资源进行决策。求解策略有各种形式, 图 1-4 是一种常见的形式。在这种策略中包括参数方案设计, 结构方案设计, 工艺参数设计和图形设计。在求解过程中, 通过过程控制模块把各个子问题的求解策略有机地结合起来, 而对某一个子



