



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械 CAD/CAM

(机械制造与控制专业)

赵国增 主编

 机械工业出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械 CAD/CAM

(机械制造与控制专业)

主 编	赵国增		
副 主 编	林慧珠		
参 编	王立艳	韩 伟	
责任主审	罗圣国		
审 稿	程国全		

机 械 工 业 出 版 社

本书在编写上,突出能力培养,加强实践性教学环节,以培养学生操作技能为主。在内容取材上,充分体现了新知识、新技术、新工艺和新方法。介绍了最新的 CAD/CAM 技术及应用软件。全书共分七章,介绍了 CAD/CAM 技术发展的历史及其发展方向, CAD/CAM 系统、工作环境, CAD/CAM 系统的数据类型, CAD/CAM 技术常用处理方法,现代机械设计与制造技术的基本概念与模式, CAXA 制造工程师 2000 及 Mastercam 应用软件等内容。

本书作者具有多年 CAD/CAM 技术应用及课程教学经验。本书文字通俗易懂,内容由浅入深、重点突出、举例典型,强调对学生基本知识的讲述和实践技能的培养。

本书可作为中等职业教育机械类各专业的教材,也可供从事 CAD/CAM 技术应用的技术人员、操作人员、管理人员及自学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM/赵国增主编. —北京:机械工业出版社, 2002.1

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-111-09711-4

I. 机... II. 赵... III. ①计算机辅助设计—专业学校—教材②计算机辅助制造—专业学校—教材

IV. TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 096010 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郑丹 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·11.5 印张·282 千字

0 001—5 000 册

定价:14.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《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》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成[2001]1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 10 月

前 言

随着计算机技术的飞速发展,以 CAD/CAM 为核心技术的现代制造技术正迅速地在制造业中得到普及和应用,它成为当代最杰出的工程技术成就之一。尤其是全球化经济的形成,使各个企业都面临着日益激烈的市场竞争,如何提高企业的应变和生存能力,参与国际合作与竞争,是摆在各企业面前的重要课题。CAD/CAM 技术从根本上改变了传统的产品设计、生产、组织模式,它是以计算机技术为主要技术手段,通过信息化对产品的设计、生产管理进行处理,实现了产品的描述、计算、分析、优化、绘图、工艺规程设计、仿真以及 NC 加工及生产规划、管理、质量控制等。它极大地提高了产品的质量,缩短了生产周期。CAD/CAM 的应用对推动企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、促进经济增长都具有十分重要的意义。因此,世界各国都把发展 CAD/CAM 技术作为制造业的战略目标。我国也十分重视 CAD/CAM 技术的发展及应用,把它作为国民经济发展的重点项目。目前,在我国各个企业中,CAD/CAM 技术应用越来越普及。因此,迫切需要 CAD/CAM 技术方面的应用人才,CAD/CAM 技术已是从事产品开发的操作人员和技术人员必备的技能之一。

为了更好地贯彻落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》,满足中等职业教育改革的要求,以及当前各企业对 CAD/CAM 方面应用型人才的需要,编者在多年教学和应用的基础上编写了本书。

本书在内容取材上,充分体现了新知识、新技术、新工艺和新方法,介绍了最新的 CAD/CAM 技术及应用软件。加强了对 CAD/CAM 基础知识、基本概念及发展方向的介绍。特别加强了对 CAD/CAM 系统、工作环境及作业流程的介绍。介绍了 CAD/CAM 系统的基本处理技术及现代设计与制造技术的基本概念及模式。重点介绍了在我国企业中应用较为广泛的、有自主知识产权的 CAXA 制造工程师 2000 软件的操作,并简要介绍了在世界上应用十分普遍的 Mastercam 软件的功能。在编写上,突出能力培养,加强实践性教学环节,以培养学生操作技能为主。通过教学使学生掌握 CAD/CAM 系统的基本理论,并具有实际操作技能。

本教材在编写上,体现了当前中等职业教育改革的精神,注重培养学生实际操作技能、创新能力及创业精神,力求培养学生的综合素质并为继续教育打下坚实的基础。在内容取材及安排上,完全体现了中等职业教育的培养目标,以新大纲为依据,充分体现新大纲的特色,并满足不同地域学校的需求。

参加本书编写的有:河北省机电学校赵国增高级讲师(第一、二、四、七章)、韩伟讲师(第六章)、徐州化工学校林慧珠高级工程师(第三章)、唐山钢铁公司职工大学王立艳讲师(第五章),由赵国增担任主编、林慧珠担任副主编。

本书由河北工业大学李世杰教授担任主审,他对本书的编写与审阅给予了大力支持和帮助,提出了许多宝贵的修改意见。另外,本书在编写过程中得到了作者所在单位的领导和同行的大力支持,在此一并表示感谢。

在本书的编写过程中,参考了大量的有关 CAD/CAM 技术方面的论著及资料,在此对所

有作者深表谢意。

限于编写时间及编者水平，加之 CAD/CAM 技术仍处于发展之中，书中错误及不妥之处在所难免，恳请不吝指正。

编 者
2001 年 8 月

目 录

前 言

第一章 CAD/CAM 技术发展历史及

展望 1

第一节 CAD/CAM 技术发展历史 1

第二节 CAD/CAM 技术展望 5

第二章 CAD/CAM 系统、工作环境、

作业流程 10

第一节 CAD/CAM 系统的一般结构 10

第二节 CAD/CAM 系统的选型原则 和方法 14

第三节 CAD/CAM 系统硬、软件 工作环境 19

第四节 CAD/CAM 系统一般的作业流程 ... 35

第三章 CAD/CAM 系统的数据模型 ... 43

第一节 线框模型 43

第二节 表面模型 45

第三节 实体模型 46

第四节 特征模型 51

第四章 CAD/CAM 技术常用处理

方法 55

第一节 CAD/CAM 系统的数据处理 55

第二节 CAD/CAM 系统的交互技术和接口 技术 62

第三节 CAD/CAM 系统工程分析技术 67

第四节 CAD/CAM 系统集成的数控编程 技术 75

第五节 CAD/CAM 系统智能处理技术 80

第五章 现代机械设计与制造技术的

基本概念与模式 84

第一节 计算机辅助工艺规程设计 (CAPP) 84

第二节 计算机集成制造系统 CIMS 90

第三节 反求工程技术 102

第四节 分散网络化制造 110

第六章 CAXA 制造工程师 2000 118

第一节 CAXA 制造工程师简介 118

第二节 曲线绘制 126

第三节 曲面的绘制 129

第四节 实体特征 138

第五节 数控加工 146

第六节 综合实例 153

第七章 Mastercam 软件简介 165

第一节 系统的运行环境及组成 165

第二节 系统主菜单功能及功能键 166

第三节 文件管理(File)及系统设置 167

第四节 属性及显示设置 168

第五节 几何造型 169

第六节 机械加工基础 171

第七节 生成二维刀具路径 172

第八节 曲面加工 173

第九节 多轴加工和线架加工 174

第十节 车床加工 175

参考文献 177

第一章 CAD/CAM 技术发展历史及展望

计算机是现代科学技术发展的重大成就之一。随着计算机硬件、软件的飞速发展,计算机已普及应用到各个领域。以计算机为主要技术手段,将大大减轻科技人员的脑力和体力劳动、提高生产效率,极大地促进科学技术和生产力的发展。在机械制造领域中,全球化经济的形成,对各类产品的质量、产品更新换代的速度以及产品从设计制造到投放市场的周期都提出了越来越高的要求。在当今高效益、高效率、高技术竞争的时代,要适应瞬息万变的市场要求、提高产品质量、缩短生产周期,就必须采用先进的设计制造技术。计算机技术与机械设计制造技术相互结合与渗透,产生了计算机辅助设计与辅助制造(Computer Aided Design and Manufacturing)技术,简称 CAD/CAM。它是以计算机作为主要技术手段,帮助人们处理各种信息,进行产品的设计与制造。它能将传统的彼此相对独立的设计与制造作为一个整体来考虑,实现信息处理的高度一体化。

计算机辅助设计可以帮助设计人员完成大量的设计工作,如数值计算、产品性能分析、实验数据处理、计算机辅助绘图、仿真及动态模拟工作,它改变了传统的经验设计方法,由静态和线性分析向动态和非线性分析、可行性设计向优化设计过渡,并极大地提高了生产效率。

计算机辅助制造是指使用计算机系统进行规划、管理和控制产品制造的全过程,它既包括与加工过程直接联系的计算机监测与控制,也包括使用计算机来管理生产经营、提供计划进度表等。

由于制造中所需的信息和数据多来自设计阶段,因此对制造和设计来说这些数据和信息是共享的。实践证明,将计算机辅助设计和制造系统作为一个整体来规划和开发,可以取得更加明显的效益,这就是所谓的“CAD/CAM 一体化技术”。尽管目前许多企业的 CAD/CAM 系统还不能将信息直接传送给与其相关的其它系统,但随着生产技术的发展,不同功能的 CAD 和 CAM 模块信息将能够相互传递,最终把 CAD 和 CAM 功能融合为一体。

CAD/CAM 系统是一门综合性的应用技术,它具有高智力、知识密集、综合性强、效益高等特点,是当前世界科技领域的前沿课题。

第一节 CAD/CAM 技术发展历史

一、CAD/CAM 技术发展历史

CAD/CAM 技术从产生到现在已经发展了 50 多年,无论是硬件技术、软件技术还是应用领域都发生了巨大变化。CAD/CAM 技术的发展大致经历了三个阶段:

1. 单元技术的发展和应⽤阶段

在这一阶段,分别针对一些特殊的应用领域,开展了计算机辅助设计、分析、工艺、制造等单一功能系统的开发及应用。这些系统的通用性差,系统之间数据结构不统一,系统之间难以进行数据交换,因此应用受到了极大的限制。

计算机辅助制造(CAM)是在 20 世纪 50 年代初期发展起来的。当时首先研制成功了数控加工机床,通过不同的数控程序就可以实现对不同零件的加工,此时的 CAM 主要侧重于数控加工自动编程。

计算机辅助设计(CAD)是在 20 世纪 60 年代初期发展起来的。当时的 CAD 技术特点主要是交互式二维绘图和三维线框模型。利用解析几何的方法定义有关图素(如点、线、圆等),来绘制或显示直线、圆弧组成的图形。这种初期的线框模型系统只能表达图形的基本信息,不能有效地表达几何数据间的拓扑关系和表面信息。因此,无法实现计算机辅助工程分析(CAE)和计算机辅助制造(CAM)。

计算机辅助制造工艺(Computer Aided Process Planning,简称 CAPP),是对计算机给定一些规则,以便产生出工艺规程。工艺规程是根据一个产品的设计信息和企业的生产能力,确定产品生产加工的具体过程和加工指令,以便于制造产品。一个理想的工艺文件应保证工厂以最低的成本、最有效地制造出已设计好的产品。它是在 20 世纪 50 年代中期发展起来的。

计算机辅助工程分析(Computer Aided Engineering,简称 CAE),是从 20 世纪 80 年代发展起来的。CAE 的确切定义尚无统一的论述,但目前多数人都认为 CAE 是 CAD/CAM 向纵深发展的必然结果。它是有关产品设计、制造、工程分析、仿真、实验等信息处理,以及包括相应数据库和数据库管理系统在内的计算机辅助设计和生产的综合系统。CAE 技术的功能主要是指产品几何形状的模型化和工程分析与仿真,如图 1-1 所示。

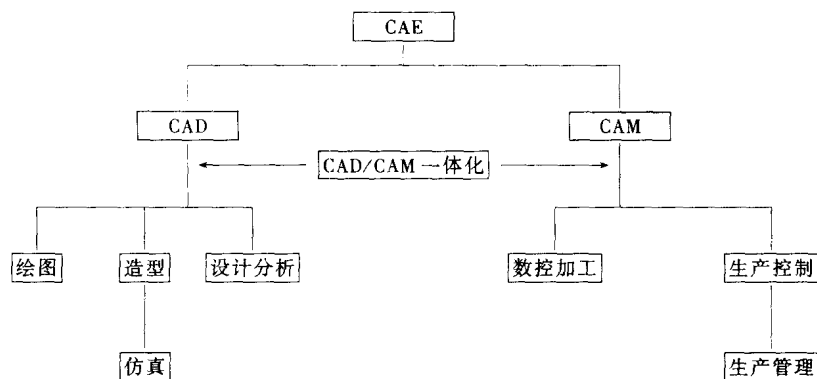


图 1-1 CAE 系统的结构模式示意图

作为 CAE 技术的核心内容——工程优化设计是在 20 世纪 50 年代末期发展起来的,在 70 年代已得到普及及广泛的应用。

2. CAD/CAM 集成阶段

随着一些专业系统的应用及普及,出现了通用的 CAD、CAM 系统,而且系统的功能迅速增强。另外,CAD 系统从二维绘图和三维线框模型迅速发展为曲面造型、实体造型、参数化技术和变量化技术,CAD、CAE、CAPP、CAM 系统实现集成化或数据交换标准化,CAD/CAM 的应用进入了广泛的普及及应用阶段。

20 世纪 60 年代中期至 70 年代,是 CAD/CAM 技术发展并趋于成熟的阶段。此时,CAD 主要技术特征是自由曲线曲面生成算法和表面造型理论,实现了曲面加工的 CAD/CAM 一体化。随着计算机硬件的迅速发展及成本的大幅度降低,以小型机、超小型机为主的 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,出现了将硬软件放在一起的成套系统,提供给用户使用,即所谓 Turnkey System 系统(交钥匙系统)。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了起来, 出现了面向各中小企业的 CAD/CAM 商品化系统。1967 年, 英国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, 它包括 6 台加工中心和 1 条由计算机控制的自动运输线, 可进行 24h 连续加工, 并用计算机编制 NC 程序和作业计划、系统报表。虽然表面造型技术可以解决 CAM 表面加工问题, 但不能表达形体的质量、重心等特征, 不利于实施 CAE。

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(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设备)已成系列产品, 为推进 CAD/CAM 技术向高水平方向发展提供了必要的条件。此时, CAD 主要技术特征是实体造型理论和几何建模方法, 它能够精确表达零件的全部属性。同时, 相应的软件技术如数据库技术、有限元分析、优化设计等技术也迅速地发展并提高。这些商品化软件的出现, 促进了 CAD/CAM 技术的推广及应用, 使其从大型企业向小型企业发展, 从发达国家向发展中国家拓展, 从用于产品设计向用于工程设计发展。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, 例如 CAPP、CAE 等。

20 世纪 90 年代以来, CAD/CAM 技术已不停留在单一模式、单一功能、单一领域的水平上, 而向着标准化、集成化、智能化方向发展。此时, CAD 主要技术特征是参数化技术和变量技术。参数化实体造型方法的特点是基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改。变量技术是对参数化技术的改进, 它克服了参数约束的不足, 同时还保持了参数技术原有的优点, 为 CAD 技术提供了更大的发展空间。为了实现系统的集成, 实现资源共享和产品生产与组织的高度自动化, 提高产品的竞争能力, 需要在企业、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 技术向更高水平发展。在这一时期, CAD/CAM 系统向 CAD、CAM、CAE、CAPP 一体化方向发展。

3. CIMS 技术推广应用阶段

计算机除了在设计、制造等领域获得深入应用外, 几乎在企业生产、管理、经营的各个领域都获得了广泛的应用。由于企业的产品开发、制造活动与企业的其它经营活动是密切相关的, 因此, 要求 CAD/CAM 等计算机辅助系统与计算机管理信息系统进行信息交流, 在正确的时刻、把正确的信息、送到正确的地方, 这是更高层次上企业内的信息集成, 这就是所谓的计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System)。

从 20 世纪 50 年代以来, 随着计算机的迅速发展, 计算机应用的许多新技术被应用到制造业, 以解决制造业所面临的一系列难题, 这些新技术主要有: 数控(NC)、分布式数控(DNC)、计算机数控(CNC)、原材料需求计划(MRP)、制造资源计划(MRP-II)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助工艺过程(CAPP)和机械制造中的成组技术(GT)及机器人等。但这些新技术的实施并没有带来人们曾经预测的巨大效益, 原因是它们离散地分布在制造业的各个子系统中, 只能局部达到自动控制和最优化, 不能使整个生产过程长期在最优化状态下运行。为了解决这个问题, 人们逐步发展了计算机集成制造(CIM)这一技术思想。

目前, 大多数人认为 CIM 不是纯粹的技术, 而应理解为一种技术思想、一种新型的生

产模式。CIM 目标在于寻找一条使企业达到预定战略目标的有效途径。这就是,通过系统工程的信息技术、生产技术及两者的有效结合,对生产过程涉及的各个局部系统进行有效的综合集成,以达到全局性的优化目的。CIM 强调:把企业经营目标与方法放在第一位,而把技术手段放在第二位,也就是说技术手段是为经营目标服务的;此外,把考虑问题和解决问题的着眼点放在企业的全局,而不是发生问题的局部点。可见,CIM 是一种总技术,是企业进行组织和管理生产的一种哲理、思想和方法,而 CIMS 则是 CIM 思想的具体体现,即贯彻 CIM 思想、具有明确的企业经营目标的具体生产系统。

从 20 世纪 80 年代中期以来,以 CIMS 为标志的综合生产自动化成为制造业的热点。其主要原因为:

1) CIMS 具有提高生产率、缩短生产周期、减少废品、适应于市场竞争需要等一系列优点。

2) CIMS 是一种管理企业及生产的新的哲理,也是在新的生产组织原理和概念指导下形成的一种新型生产模式。

3) 一些大公司由于采用 CIMS 已取得了显著的经济效益。

二、我国 CAD/CAM 技术发展历史

我国 CAD/CAM 技术起步于 20 世纪 60 年代末期,当时只有为数不多的几个产业部门(如机械、航空、船舶)和几所高等院校开始研究 CAD/CAM 技术。经过多年努力,特别是 20 世纪 80 年代的快速发展,CAD/CAM 在硬件生产、支撑软件的开发、应用软件的开发和应用、基地建设以及人才培养方面,都取得了较大的成就。

从整体情况来看,我国 CAD/CAM 技术经历了以下三个阶段。

1. 科学计算和数值计算

我国工业界计算机的应用首先是科学计算和数值计算。在 20 世纪 70 年代,一些工业产品的设计人员在解决复杂的科学计算问题和数控加工中曲线拟合的数值计算方面,开始借助于计算机,以提高运算速度和计算的精确性。这一阶段培养了一批计算机应用的科技队伍,成为以后 CAD/CAM 技术骨干力量。

2. 数控自动编程

20 世纪 70 年代,是我国 CAD/CAM 工作的起步时期。这个时期,应用计算机的有关行业不同程度地开展了 CAD 的研究工作。随着我国工业发展的需要和数控机床的引进,一些研究院所和高等院校开始了数控编程语言的开发和应用,CAD/CAM 技术进入了数控自动编程时期。在航空工业和机械工业等部门都开发出了类似于国际标准 APT 数控语言系统。这些系统是针对二轴半的数控铣床、车床、加工中心及线切割机、电火花切割机等机床的研制,有些系统至今还在应用。这时培养的技术人员对我国 CAD/CAM 技术的发展和推广应用起到了重要作用。

3. 蓬勃发展

从 20 世纪 80 年代以来,我国 CAD/CAM 技术进入了快速蓬勃发展阶段,目前已广泛应用到机械、电子、航空、船舶、建筑、汽车、轻工等各个行业。一方面,引进一些国际水平的商品化软件直接投入使用。另一方面,很多单位自行开发 CAD/CAM 系统,有些已达到了国际先进水平。

在优化设计方面,华中科技大学的优化程序库 OPB 及机械零件部分优化设计程序早在

20 世纪 80 年代末就在企业中推广,对广大工程技术人员了解和使用 CAD/CAM 系统起到了促进作用。在二维绘图系统方面,有不少自主知识产权的软件,如 GH-MDS 和 GH-InteCAD、PI-CAD、开目 CAD,凯图 CAD-TOOL 等都已经在国内企业中推广应用。在三维造型和几何设计方面,北京航空航天大学的 PAN-DA、金银花系统,清华大学和华中科技大学共同研制的 CADMIS 等都实现了参数化特征造型、曲面造型、数控加工和有限元分析的集成,但商品化程度还较低。在数控编程方面,南京航空航天大学的超人 CAD/CAM、华中科技大学的 GH-NC 均可实现复杂曲面造型和数控代码的自动生成和加工仿真。工程数据库有浙江大学的 OSCAR、华中科技大学的 GH-EDBMS 等。目前,由北航海尔公司开发的 CAXA 系列产品成为面向我国工业界的商业化系列软件,它包括数控加工、工程绘图、注塑模具设计、注塑模具分析、数控机床通信等一系列 CAD/CAM/CAE 软件,具有自主知识产权,且商品化程度高,已在我国制造业得到越来越广泛的应用。

我国在 20 世纪 90 年代初期开始了 CIMS 研究,在全国范围内进行了 CIMS 的若干个项目研究,如 CIMS 软件工程与标准化、开放系统与发展战略、CIMS 总体与集成技术、产品设计自动化、工艺设计自动化、柔性制造技术、管理与决策信息系统、质量保证技术、网络与数据库技术以及系统理论等专题。在“八五”期间,选择了十个大型企业开展了 CIMS 应用试点,并在此基础上于 1998 年在全国 100 家企业开展了 CIMS 示范工程,深入应用 CAD/CAM 技术和信息管理技术。目前,我国 CIMS 的研究工作,已经从实验示范阶段走向了实际应用阶段。CIMS 将成为 21 世纪制造业的发展方向。

第二节 CAD/CAM 技术展望

CAD/CAM 技术具有高智力、知识密集、更新速度快、综合性强、效益高及初始投入大等特点。目前世界各国无不大力发展 CAD/CAM 技术。CAD/CAM 技术是一个发展着的概念,它的含义在不断地扩展和延伸。它不但可以实现计算机辅助设计中各个过程或者若干过程的集成,而且有可能把全部生产过程集成在一起,使无图样制造成为可能。此外,随着快速成形技术的发展,快速模具制造技术也已诞生。人工智能技术也正在引入 CAD/CAM 系统,CAD/CAM 技术的未来发展将集中在如下几个方面。

1. 集成化

为了适应设计与制造自动化的要求,CAD/CAM 正在向计算机集成制造(CIM——Computer Integrated Manufacturing)技术方向发展。CIM 的最终目标是以企业为对象,借助于计算机和信息技术,使生产在从经营决策、产品开发、生产准备到生产实施及销售过程中,有关人、技术、经营管理三要素及其形成的信息流、物流和资金流有机集成,使产品上市快、质量高、消耗低、服务好,使企业达到赢得市场竞争的目的。CIMS 是一种基于 CIM 哲理构成的计算机化、信息化、智能化、集成化的制造系统。它适用于多品种、小批量市场需求,能有效地缩短生产周期,强化人、生产和经营管理联系,减少在制品,压缩流动资金,提高企业的整体效益。

CIMS 的核心技术包括:计算机辅助设计、制造、工程、工艺等技术(CAX),制造资源计划(MRP-II)技术,数据库技术和网络技术。

一般来说,CIMS 系统必须包括下述二个基本特征:

1) 在功能上, CIMS 包含了一个工厂全部的生产经营活动, 即从市场预测、产品设计、加工制造、质量管理到售后服务的全部活动, 如图 1-2 所示。

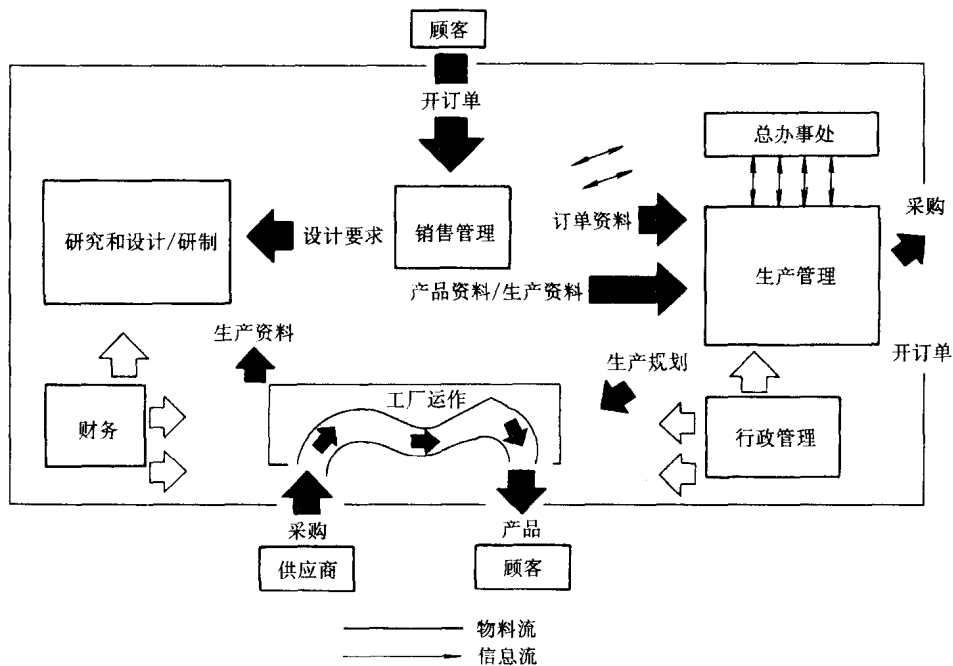


图 1-2 制造公司的 CIM 概念模型

2) CIMS 涉及的自动化不是工厂各个环节的自动化或计算机及网络的简单相加, 而是有机的集成。CIMS 是 CIM 的具体体现。CIMS 工厂各个功能块及其外部信息输入、输出关系, 如图 1-3 所示。

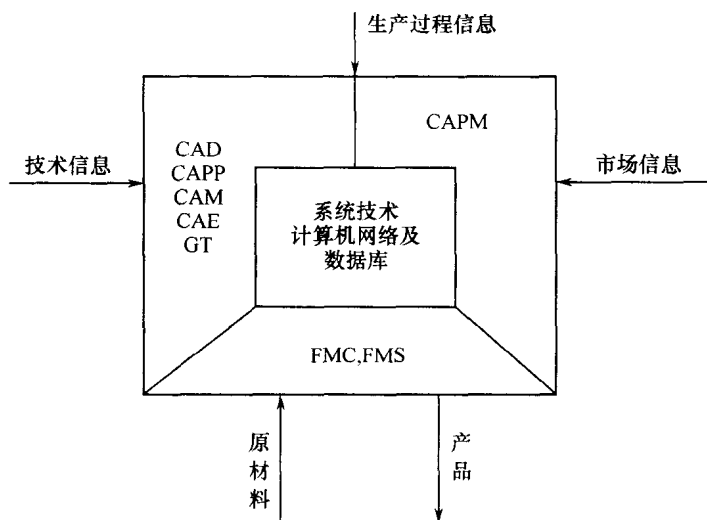


图 1-3 CIMS 功能示意图

各个行业及各个企业中的具体 CIMS 系统可能有所区别，但总体构思是相同的，即强化人、生产和经营管理联系与集成。某大型家电企业的 CIMS 系统总体结构图，如图 1-4 所示。

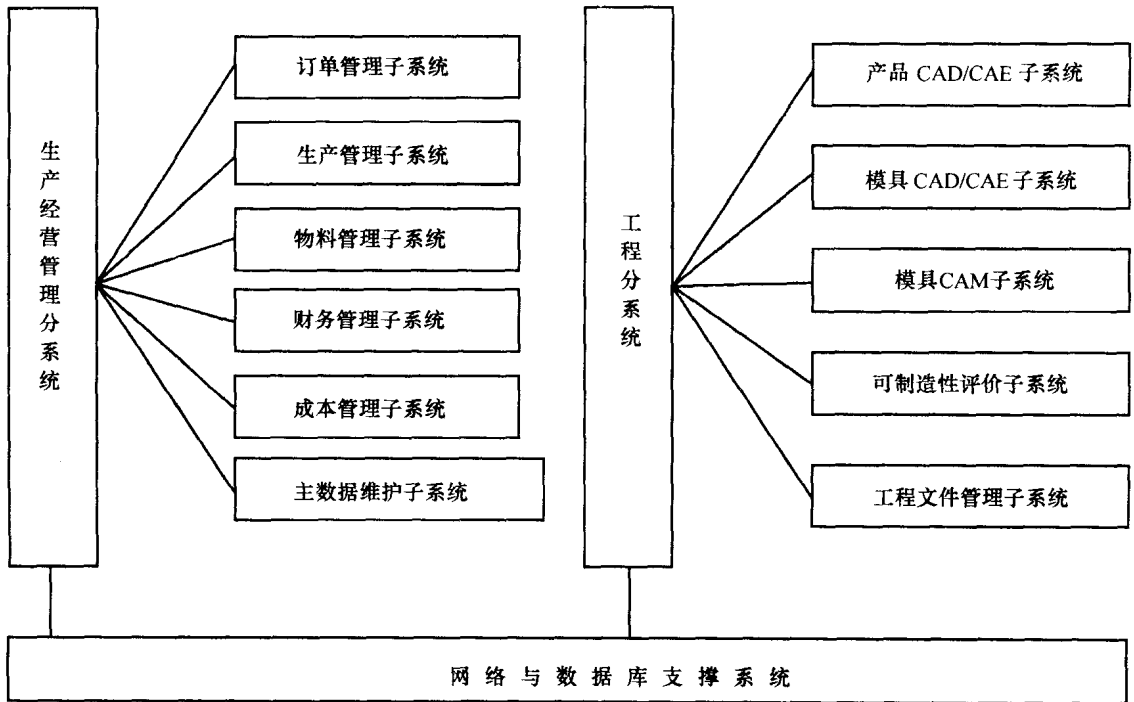


图 1-4 CIMS 系统总体结构

生产经营管理分系统中的各个子系统主要采用 MRP-Ⅱ 技术实现，工程分系统中的各个子系统主要采用 CAX 技术，网络和数据库系统实现各子系统的信息联系和数据管理，是各个子系统的运行平台。

可以看出，CIMS 是未来工厂自动化发展的方向。然而由于 CIMS 是投资大、技术含量高、建设周期长的项目，因此，不能求全、求大，应总体规划、分步实施。分步实施的第一步是 CAD/CAM 集成的实现。

2. 智能化

随着 CAD/CAM 技术的发展，除了集成化以外，将人工智能技术，特别是专家系统应用于系统，形成了智能化的 CAD/CAM 系统，使其具有人类专家的经验 and 知识，具有学习、推理、联想和判断功能及智能化视觉、听觉、语言能力，从而解决那些必须由人类专家才能解决的概念设计问题。

所谓人工智能就是通过人类的智能或思考过程的分析，将其功能机械地实现。

专家系统是人工智能技术的一个分支，是指在某个领域内能够起到人类专家的作用，具有大量知识和经验的智能系统。它能利用人类专家的知识 and 经验进行推理和判断，模仿人类专家的思维过程并作出决定，来解决那些需要人类专家作出判断和决定的复杂问题。专家系统是通过推理和判断的方法，模仿人类专家决定的过程，并得到和人类专家相同的结论。专家系统的基本结构示意图，如图 1-5 所示。

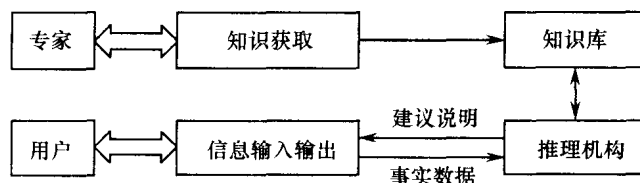


图 1-5 专家系统的基本结构示意图

在集成的 CAD/CAM 系统中，不仅有处理数值型的工作，如计算、分析与绘图，而且还存在另一类推理性工作，包括方案构思与拟定、最佳方案选择、结构设计、评价、决策以及参数选择等。这些工作需要知识、经验和推理，因此将人工智能技术，特别是将专家系统与 CAD/CAM 技术结合起来，形成智能化的 CAD/CAM 系统是 CAD 发展的必然趋势。

智能 CAD/CAM 系统具有巨大的发展潜力，它可以在更高的创造性思维活动层次上，给予设计人员有效的帮助。另外，智能化和集成化之间存在着密切联系。为了能自动生成制造过程所需的信息，必须理解设计师的意图和构思。从这个意义上讲，为实现集成，智能化是不可缺少的研究方向。

3. 网络化

自 20 世纪 90 年代以来，计算机网络已成为计算机发展进入新时代的标志。所谓计算机网络，就是用通信线路和通信设备将分散在不同地点的多台计算机，按一定的网络拓扑结构连接起来。这些功能使独立的计算机按照网络协议进行通信，实现信息交换、资源共享，即构成一个计算机网络系统。它是实现 CAD/CAM 集成的基础。随着 CAD/CAM/CAPP 集成化技术日趋成熟，可应用于越来越大的项目。这类项目往往不是一个人、一个企业能够完成的，而是由多个人、多个企业在多台计算机上协同完成的，分布式网络计算机系统非常适用于 CAD/CAM/CAPP 的作业方式。同时，随着 Internet 的发展，可针对某一特定的产品，将分散在不同地区的现有智力资源和生产设备资源迅速结合，建立动态联盟制造体系。建立动态联盟制造体系将成为全球化制造系统的发展趋势。

4. 并行化

并行工程(Concurrent Engineering)是随着 CAD、CIMS 技术的发展而提出的一种新的系统工程方法。这种方法的思路，就是并行地、集成地设计产品及其开发过程。它要求产品开发人员在设计阶段就考虑产品整个生产周期的所有要求，包括质量、成本、进度、用户要求等，以便更大限度地提高产品开发效率及一次成功率。并行工程的关键是用并行设计方法代替串行设计方法。串、并行两种方法的示意图如图 1-6 所示。

随着市场竞争的日益激烈，并行工程必将引起越来越多的重视，但其实施也并非一朝一夕的事情，目前应为并行工程的实现创造条件和环境。其中，与 CAD/CAM 密切相关的有如下几个方面：

- 1) 研究特征建模技术，发展新的设计理论和方法。
- 2) 开展制造仿真软件及虚拟制造技术的研究，提供支持并行工程运行的工具和条件。
- 3) 探索新的工艺过程设计方法，适应可制造设计的要求。
- 4) 借助网络及统一数据库管理系统(DBMS)技术，建立并行工程中数据共享的环境。
- 5) 提供多学科开发小组的协同工作环境，充分发挥人在并行工程中的作用。

以上几个方面将极大地促进 CAD/CAM/CAPP 技术的变革及发展，即 CAD/CAM 系统向

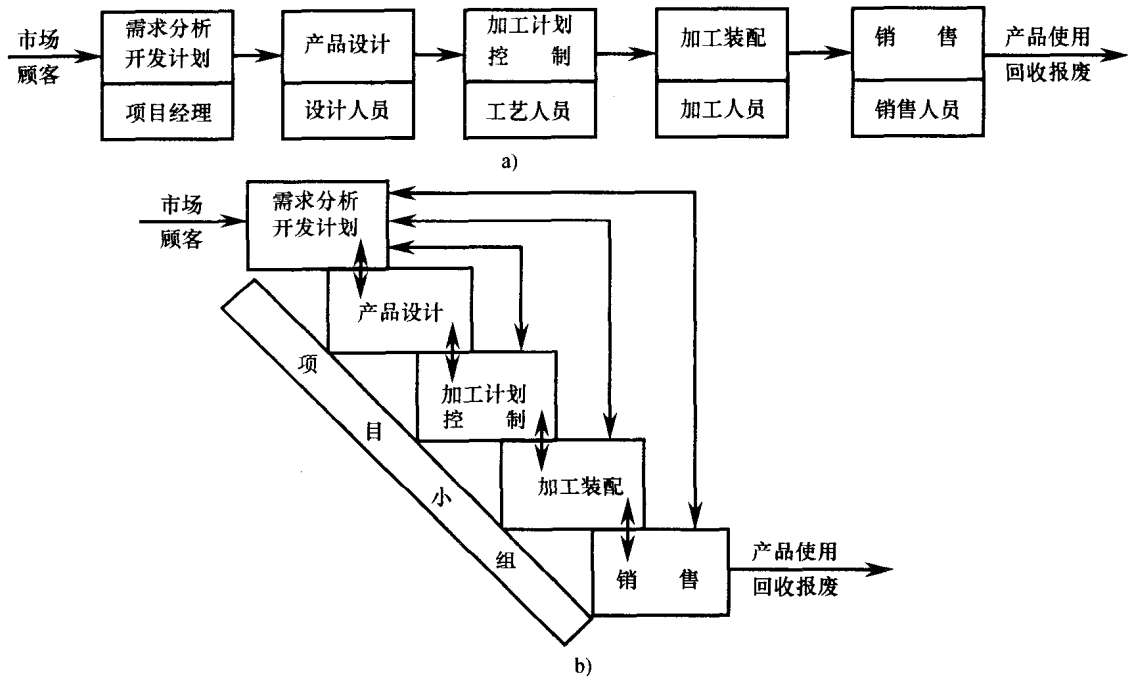


图 1-6 串、并行设计方法示意图

a) 串行 b) 并行

着并行化方向发展。

5. 标准化

为了满足 CAD/CAM 集成的需要,提高数据交换的速度,保证数据传输的完整、可靠和有效,必须使用通用的数据交换标准。目前已制定出了不少标准体系,它是开发应用 CAD/CAM 的基础,也是促进 CAD/CAM 技术普及及应用的约束手段。例如:面向图形设备的标准 CGI、面向用户的图形标准 GKS 和 PHIGS,面向不同 CAD/CAM 系统的数据交换标准 IGES 和 STEP,此外还有窗口标准等。基于这些标准的软件将是 CAD/CAM 软件市场的主流。更为重要的是有些标准还指明了 CAD/CAM 技术的进一步发展方向,例如 STEP 既是标准又是方法学,它深刻地影响着产品建模、数据管理及外部接口等。

标准化的发展方向是:

- 1) 研究开发符合国际标准化组织颁布的产品数据模型,促进 CAD/CAM 技术与国际交流、合作。
- 2) 研究制定网络多媒体环境下的不同层次、不同类型数据信息的表示和传输标准,支持异地协同设计与制造。
- 3) 建立图文并茂、参数化的标件库,替代现行的各种形式的标准化手册,促进企业掌握标准,减少重复劳动。

思 考 题

- 1-1 CAD/CAM 技术的含义是什么?
- 1-2 CAD/CAM 技术的发展经历了哪些阶段?
- 1-3 CIMS 的含义是什么?
- 1-4 CAD/CAM 技术有哪些发展方向?

第二章 CAD/CAM 系统、工作环境、作业流程

第一节 CAD/CAM 系统的一般结构

一、CAD/CAM 系统组成

CAD/CAM 系统是由若干个相互作用和相互依赖的部分集合而成的、具有特定功能的有机整体，而且其中一个子系统又属于另一个更大的系统。CAD/CAM 系统应包括实现 CAD/CAM 所必须的硬件系统、软件系统和人才系统。硬件主要指计算机及各种配套设备，如高档计算机、打印机、绘图机等，从广义讲，硬件还应包括用于数控加工的各种生产设备等。软件一般包括系统软件、支撑软件和应用软件等。人才主要包括掌握 CAD/CAM 技术基本知识、具有丰富的 CAD/CAM 技术应用实践经验的人。硬件提供了 CAD/CAM 系统的潜在能力，软件是开发、利用 CAD/CAM 系统能力的钥匙，人才是 CAD/CAM 系统价值的体现。CAD/CAM 系统的组成，如图 2-1 所示。

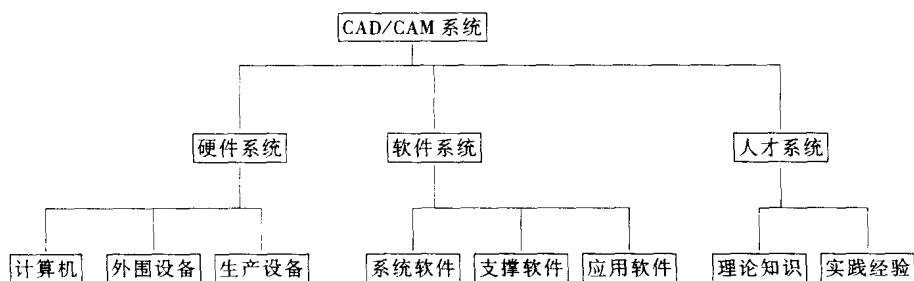


图 2-1 CAD/CAM 系统的组成

由于企业的技术水平及生产能力不同，在 CAD/CAM 技术应用上亦分为多种情况。有些大型企业全面采用了功能比较完善的 CAD/CAM 系统，有些企业则是采用了适合某种产品的功能有限的 CAD/CAM 系统，还有的一些企业采用了仅以 CAD 为主的系统。

1. 硬件系统组成

硬件(Hardware)是组成 CAD/CAM 系统的基础物质设备。它包括计算机系统和加工设备，是 CAD/CAM 系统的基本支持环境。一个典型的 CAD/CAM 硬件系统组成，如图 2-2 所示。

- 1) 计算机(主机)。
- 2) 图形终端和字符终端。
- 3) 外存储器，如磁带、软盘、硬盘和光盘等。
- 4) 输入装置，如键盘、数字化仪、图形输入板和扫描仪等。
- 5) 输出装置，如打印机、绘图机等。
- 6) 生产装置，如数控机床、机器人、搬运机械和自动测试装置等。

7) 网络，将以上各个硬件连接在一起，以实现一定程度的硬、软件资源共享，并实现与上位机或其他计算机网络进行通信。