

西北工业大学出版基金
国家自然科学基金 资助
航空科学基金



蔡 青 高光焘 主编



CAD/CAM 系统的可视化 集成化 智能化 网络化

西北工业大学出版社

西北工业大学出版基金
国家自然科学基金 资助
航空科学基金

CAD/CAM 系统的 可视化 集成化 智能化 网络化

主编 蔡 青 高光焘

西北工业大学出版社
1996 年 11 月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 本书是论述 CAD/CAM 系统最新技术的专著。书中首先介绍了 CAD/CAM 系统的基本知识、基本理论,抓住 CAD/CAM 技术发展的热点,重点论述了 CAD/CAM 系统的可视化、集成化、智能化与网络化技术。其内容包括:图形仿真、多维空间显示模型、可视化、多媒体技术、CAD 虚拟环境、集成系统的开发、图形支持、工程数据库、系统功能模型分析方法、专家系统、智能制造、神经网络模型、网络技术、制造自动化技术、压缩/还原技术等等。书中不仅反映了 CAD/CAM 技术的新进展,而且其中融汇了作者最新的科研成果。

本书可作为高等工科院校的本科生、研究生的教材,也可供工厂与科研单位工程技术人员参考。

西北工业大学出版基金
国家自然科学基金 资助
航空科学基金

CAD/CAM 系统的可视化 集成化 智能化 网络化

蔡 青 高光焘 主编

责任编辑 王 璐

责任校对 钱伟峰

*

©1996 西北工业大学出版社出版发行
(710072 西安市友谊西路 127 号 电话 8493844)
全国各地新华书店经销

西北工业大学出版社印刷厂印装
ISBN 7-5612-0841-3/TP·104

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15.25 插页 2 字数: 364 千字
1996 年 5 月第 1 版 1996 年 11 月第 2 次印刷
印数: 2 001—6 000 册 定价: 21.00 元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

前 言

当前以信息为中心的新工业正在兴起,在新的工业革命中,主要是以电子计算机的应用为现代社会发展的标志。其中,计算机辅助设计与辅助制造(CAD/CAM)就是一个对国民经济最有实际经济效果的新技术之一。今天,CAD/CAM 技术已成为新一代生产技术的核心,是实现计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,简称 CIMS)的不可缺少的主要技术发展阶段。

由于 CAD/CAM 技术把人和机器的各自优点结合了起来,使 CAD/CAM 具有应用范围广、直观、优质、高效的特点,这些优点已在国内外许多应用实例中得到了验证。当前,在市场经济的环境下,CAD/CAM 技术已成为加速产品更新、提高产品质量和增强市场竞争能力的强大工具;是促进和实现智能劳动自动化,加快国民经济发展和国防现代化的一项关键新技术;是提高产品和工程设计的技术水平,降低消耗,缩短科研和新产品开发、工程建设周期,大幅度提高劳动生产率的重要手段。CAD/CAM 又是科研单位提高自主研究开发能力,企业提高应变能力和管理水平,适应多品种、小批量高效生产,满足市场瞬息多变的需求,参与国际合作和竞争的重要条件。CAD/CAM 技术对传统产业的进一步改造、新兴产业的发展、劳动生产率的提高、国内外竞争能力的增强起着巨大的带动作用。因此,有人把 CAD/CAM 技术及应用水平作为衡量一个国家的科技现代化和工业现代化程度的重要标志之一。

但是,CAD/CAM 技术发展日新月异,更新迅速。本书所论述的几个问题,都是涉及最近国际上在 CAD/CAM 领域发展和关心的一些技术问题,希望对我国研究、开发 CAD/CAM 技术的科研、教学与产业的人员有所帮助,使这一技术不仅是一项应用技术,而且也能转化为增长速度最快的高技术产业之一。

近十几年来,CAD/CAM 技术发展几经更新换代,最初的 CAD 系统只能用于二维绘图、标注符号和尺寸;第二代 CAD 系统将绘图系统与几何数据管理结合起来;第三代 CAD 系统包括了三维图形描述及其他软件包(如优化计算、有限元分析等)的接口;第四代 CAD 系统以数据库为核心,并包括曲面和实体造型技术的集成化系统;第五代 CAD 系统是智能性的系统。对 CAD/CAM 技术来说,计算机辅助几何设计(Computer Aided Geometric Design,简称 CAGD)是它的理论和关键技术之一,CAGD 的产生和发展极大地影响着 CAD/CAM 技术的水平。现在,新的几何造型方法一出现,往往很快就会反映到实用的 CAD/CAM 系统中去。人们使用几何造型方法通过计算机对产品(如飞机、船舶、汽车及机械零件等)几何外形进行描述、修改和控制。在一个好的、适用于某种目的(工程设计或产品设计)的 CAD/CAM 系统中,几何建模系统的关键是选用合适的几何造型方法,特别是描述产品外形的数学方法及其在计算机中的实现方法。在设计和制造过程中所需的特征信息都可以从几何模型上提取,或通过计算机运算自动产生。几何造型方法的选用依赖于所解决的实际问题,不同的应用领域具有不同的造型特点,因而对不同的要求就有各异的造型方法。随着事物的发展,要求产品外形有明确定义的数学表达式,这就诞生了我们现在普遍使用的各种曲面片方法,如:Coons、Bezier、B 样条、NURBS 等方法。人们不断地研究和发展,使得矩形拓扑网上的曲面造型技术逐渐地走向

成熟,但在实际应用中并不是所有的曲面都可以用矩形网曲面来描述,为了能对任意曲面进行准确的描述,人们又发展了任意剖分下的曲面描述方法,如 Shepard 曲面和三角曲面等方法。

可视化(Visualization in Scientific Computing,简称 VISC)技术是国际上 80 年代末期提出并发展起来的一门新技术。它是将科学计算过程中及计算结果的数据和结论转换为图象信息(或几何图形),在计算机的图形显示器上显示出来,并进行交互处理。有人认为 VISC 技术是当今信息时代人类处理大量复杂数据的需要,是现代科学交流的需要,是研究人员和工程技术人员控制、干涉计算过程和设计过程的需要,作为科学研究的新工具,对科学的发展有着极大的推动作用,它将成为超越应用和技术界限的人类信息交流的新形式。CAD 虚拟环境使设计者处在自己想像的设计空间,亲临现场似地对产品和工程进行设计和布置,这样能够充分发挥设计者的聪明智慧,使设计进行得尽善尽美。

智能 CAD 是由于现有的 CAD/CAM 系统存在有一定的限制和不足,传统的 CAD/CAM 系统缺乏综合和选择能力,用户在使用系统时,需要具备较高的专业知识和较丰富的实践经验,为此,人们研究并提出了人工智能专家系统。

在实践中,人们发现,现有的和正在开发的专家系统是冯·诺依曼(Von Neumann)在串行机上实现的。首先必须把处理问题转化成一个符号序列,还必须给出处理这些符号的规则,这就使得传统的人工智能专家系统方法限制了人的思维解决问题的范围。经过人们研究发现,人工神经网络适用于解决形象思维问题;符号处理方法适合于解决逻辑思维能力,故人们采用人工神经网络专家系统方法来解决工程中 CAD/CAM 技术问题,发挥各自的特长,互相补充。目前国际上研制的第五代计算机(也称知识信息处理系统)就是在“超过诺依曼”的口号或打破“冯·诺依曼狭口”的口号下进行的,该体系结构基于知识的管理和智能输入/输出接口的应用,美国、日本研制第五代计算机的四项关键性技术之一就是“以专门知识为基础的智能系统”。新一代专家系统应用了并行推理技术和新的专家系统专用语言,配备智能获取系统,提供建造专家系统的工具系统,具有智能性人机接口等。

网络化技术愈来愈引起人们的重视。人们在解决了计算机的高速度、大容量、强功能、低价格等一系列问题之后,极其关心计算机之间的通信,以及硬件、软件、信息资源共享问题。由于每一个用户都可以共享网中任意位置上的资源,所以网络设计者可以全面统一地考虑各工作站上的具体配置,从而达到用最低的开销获得最好的效果。例如,只在个别工作站配备某些昂贵的软、硬件资源,其他工作站可以通过网络调用,而无须使每个工作站都备齐全部的软、硬件资源。总之,根据需要资源的程度,配备尽量少的软、硬件资源,需要使用时,可以相互调用。这样使整个建网费用和网络功能的选择被控制在最佳状态。美、日及欧盟各国加紧推进的“信息高速公路”(又称国家信息基础(NII)交互网络)计划,其目的是通过大容量联网,为每个企业、政府机构、大学、科研机构及家庭,提供语言、数据和视频业务。美国拟在 2000 年把所有教室、图书馆及卫生诊所联入一个交互式的信息网络,它是由光导纤维和电缆线路组成的网络。虽然目前它不直接与 CAD/CAM 技术有关,但它可以使不同的网络互相沟通。它们的网络无处不在,并为所有的竞争者使用,允许任何信息公司提供任何信息服务。工厂将全厂的计算机系统连结成为一个统一计算机网络的计算机集成制造系统(CIMS),被认为是制造业的发展方向。它是将整个工厂综合成有机的整体,实现信息的集成和传递。显然,这种网络必然是多机种的计算机网络,以 CAD/CAM 为主体,并以综合数据库管理系统为核心,管理全厂信息,准确、及时和可靠地产生、存储、检索和转换信息,并能快速地进行产品的生产。

最近出版的 CAD/CAM 方面的书籍较多,本书意图从一个新的角度阐述 CAD/CAM 技术的现状和最新发展,供工程技术人员和学校师生阅读。全书由蔡青、高光焘主编,其中第一章的第 1.2、1.3、1.7 节由蔡华编写,第二章由桂业英编写,第三章的第 3.4、3.5、3.6 节由莫蓉编写,第四章的第 4.3、4.4 节由张树生编写,第 4.5、4.6 节由王小同编写,第五章由高传善编写,其余部分由蔡青编写。在编写过程中,英国 LEEDS 大学法明贤博士提供了宝贵的资料。唐荣锡教授、杨彭基教授、赵汝嘉教授、周正寅研高工给予了热情的支持。本书由西北工业大学出版基金、国家自然科学基金和航空科学基金资助,在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平所限,书中谬误、遗漏之处难以避免,如蒙读者惠予指正,将不胜感谢之至。

编 者

1996 年 1 月

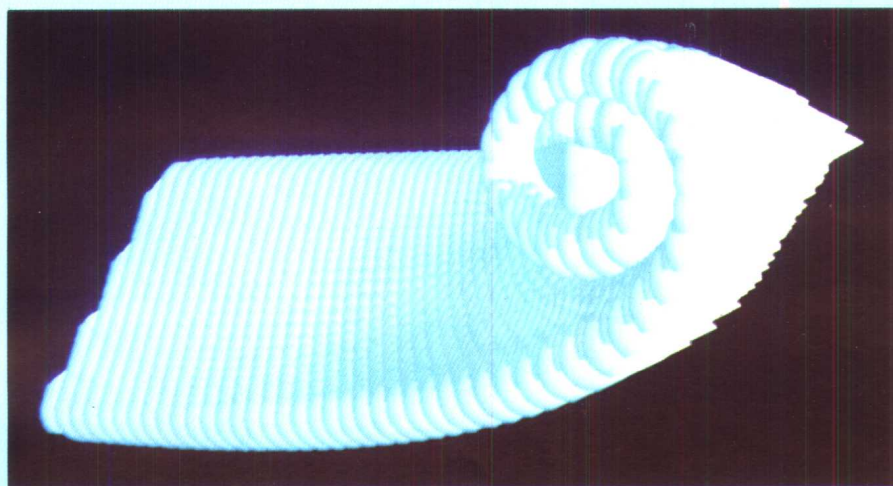


图 1 尾迹彩照

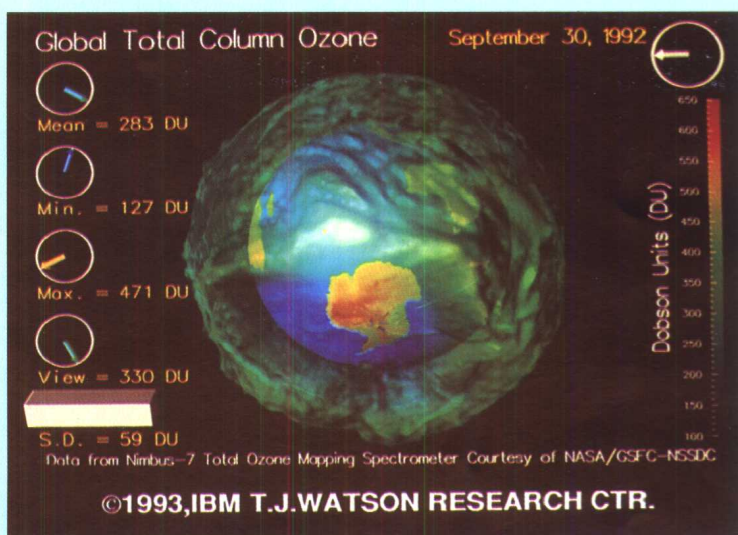


图 2 气象图

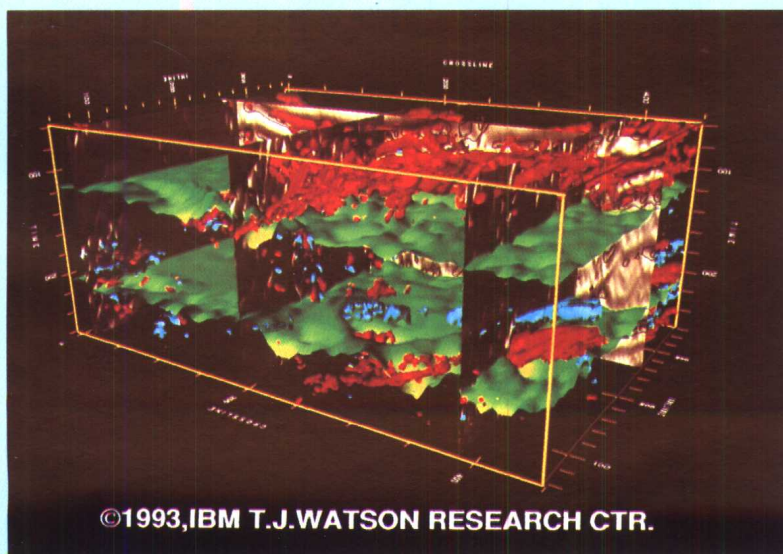


图 3 分子结构研究图

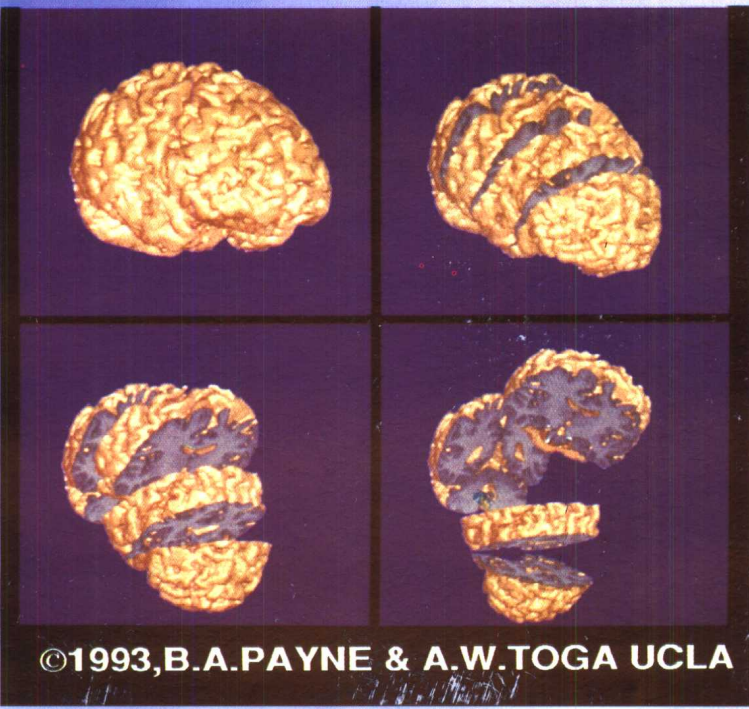


图 4 脑切片图

图 5 血管分布图



图 6 场分布图



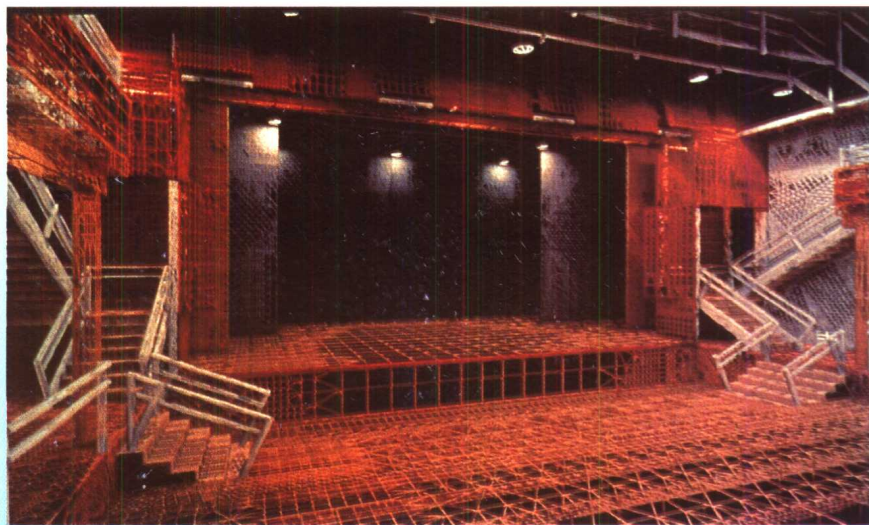


图 7 剧院设计图

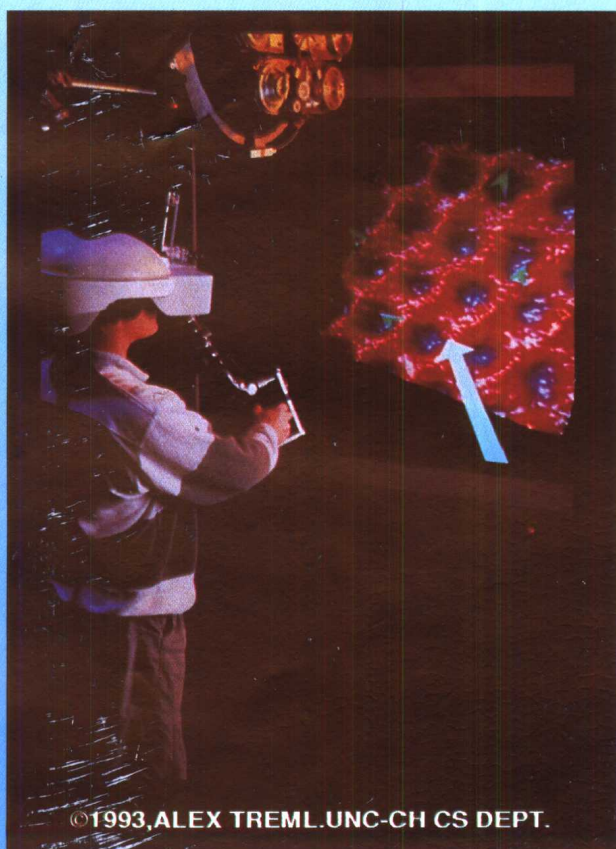


图 8 虚拟环境实例



图 9 数据手套图

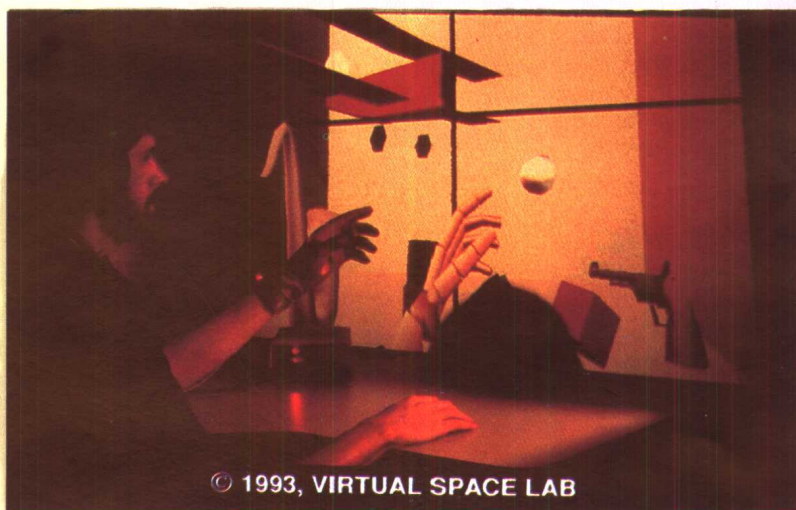


图 10 数据手套环境图

目 录

第一章 CAD/CAM 系统综述	1
1.1 系统的组成	1
1.2 系统的选择与配置	5
1.3 系统的软件开发	7
1.4 系统的几何建模	9
1.5 系统的支撑软件	22
1.6 经济效益分析	25
1.7 软件系统的测试技术	28
1.7.1 测试的种类及错误类型	29
1.7.2 测试原则	30
1.7.3 测试方法	31
1.7.4 测试计划	32
1.7.5 测试技巧	32
第二章 CAD/CAM 系统的可视化	34
2.1 概述	34
2.2 可视化技术与多维视觉化模型	35
2.2.1 什么是可视化技术	35
2.2.2 可视化技术研究的三个层次	35
2.2.3 可视化技术的研究步骤	36
2.2.4 视觉化建模简介	38
2.3 面向对象方法与可视化技术	44
2.3.1 什么是面向对象方法	44
2.3.2 面向对象方法常用的术语	45
2.3.3 面向对象方法的基本概念和特色	46
2.3.4 面向对象的图形核心系统	47
2.4 CAD/CAM 中的多媒体技术	55
2.4.1 什么是多媒体技术	55
2.4.2 多媒体信息的特点	56
2.4.3 多媒体技术的组成	57
2.5 CAD 虚拟环境技术	74
2.5.1 什么是虚拟环境技术	74
2.5.2 虚拟环境技术的发展及应用概况	74

2.5.3	虚拟环境系统的硬设备	75
2.5.4	虚拟环境技术研究的主要问题	76
2.5.5	一个实例:虚拟风洞	76
第三章	CAD/CAM 系统的集成化	78
3.1	CAD/CAM 集成系统	79
3.1.1	什么是集成化(Integration)	79
3.1.2	CAD/CAM 系统集成化的目的与原则	80
3.1.3	CAD/CAM 系统集成化的内容	80
3.2	集成系统的开发	82
3.2.1	选择合适的支撑软件	82
3.2.2	集成方式	82
3.2.3	一种实用的集成方法——面向图形的集成	84
3.3	集成系统的图形支撑软件	86
3.3.1	图形软件在集成系统中的地位和作用	86
3.3.2	图形应用软件与图形支撑系统(软件)	87
3.4	系统的接口及交换标准	88
3.4.1	常用的内部接口	88
3.4.2	通用图形标准	90
3.4.3	数据交换标准	92
3.4.4	STEP 简述	94
3.5	集成分析系统	98
3.5.1	CAD/CAM 集成系统的组成及主要功能	98
3.5.2	有限元技术简介	100
3.5.3	优化技术简介	101
3.6	集成系统的开发和分析方法	102
3.6.1	生命周期法	102
3.6.2	快速原型法	105
3.6.3	IDEF ₀ 方法	106
3.6.4	IDEF _{1X} 方法	109
3.7	集成系统的工程数据库(EDB)	114
3.7.1	工程数据库管理系统与商用数据库管理系统的差异	115
3.7.2	工程数据库及其管理系统的一般结构	116
3.7.3	工程数据库的几项关键技术	116
3.7.4	几个典型的工程数据库管理系统	118
3.7.5	面向对象数据库(Object - Oriented Data Base)	119
3.8	特征设计	122
3.8.1	特征定义	123
3.8.2	特征分类	125

3.8.3	特征设计	128
3.8.4	特征的进一步应用	133
第四章	CAD/CAM 系统的智能化	135
4.1	专家系统	136
4.1.1	CAD/CAM 专家系统的研究目的和特点	137
4.1.2	智能 CAD/CAM 的工作步骤	138
4.1.3	智能 CAD 和专家系统的发展历史及现状	139
4.1.4	专家系统使用的语言	140
4.1.5	CAD/CAM 专家系统的基本结构	141
4.1.6	CAD/CAM 专家系统的开发方法及研制步骤	142
4.1.7	CAD/CAM 专家系统结构模式的改进	143
4.1.8	知识的采集和提取	143
4.1.9	知识表示方法	144
4.1.10	推理机	150
4.1.11	系统的开发设计技巧	157
4.1.12	CAD/CAM 专家系统的评价	159
4.1.13	CAD/CAM 专家系统的发展动向	160
4.2	专家系统开发工具	160
4.2.1	专家系统开发工具的类型	161
4.2.2	专家系统开发工具系统的语言	163
4.2.3	专家系统工具的组成	165
4.3	工程图的扫描输入与智能识别	166
4.3.1	工程图扫描输入与智能识别的原理和实现	166
4.3.2	工程图扫描输入与智能识别技术的存在问题和的发展方向	171
4.4	智能制造技术	172
4.4.1	IMT 和 IMS 的主要研究内容	172
4.4.2	IMT 和 IMS 的研究现状	173
4.4.3	IMT 和 IMS 的研究方向	173
4.5	基于人工神经网络的智能设计系统	175
4.5.1	基于逻辑的设计型专家系统的缺陷	175
4.5.2	基于人工神经网络的形象思维模拟	175
4.5.3	基于人工神经网络智能设计系统的一般框架	177
4.5.4	基于人工神经网络智能设计系统开发的关键技术	181
4.6	神经网络模型的建立	182
4.6.1	神经网络的构成原理	182
4.6.2	前向网络学习算法	184
4.6.3	神经网络知识处理的知识表示方式和结构模式	186
4.7	神经网络 CAD 专家系统	186

4.7.1 神经网络专家系统	187
4.7.2 神经网络专家系统的模式	188
第五章 CAD/CAM 系统的网络化	191
5.1 CAD/CAM 系统的网络技术	191
5.2 网络七层模型	193
5.2.1 网络的层次体系结构	193
5.2.2 开放系统互连参考模型	195
5.2.3 OSI 基本标准集	199
5.3 局部区域网	200
5.3.1 局域网的特点	200
5.3.2 局域网的类型	201
5.3.3 局域网的高层软件	203
5.4 制造自动化协议	204
5.4.1 MAP 概述	204
5.4.2 MAP/TOP 在工业自动化中的应用	206
5.5 压缩/还原技术	208
5.5.1 数据冗余	208
5.5.2 数据压缩方法的分类	209
5.5.3 多媒体数据压缩技术的应用	211
5.5.4 JPEG 和 MPEG	211
附录	215
附录 1 前向网络 LRM 学习算法主程序	215
附录 2 前向计算子程序	218
附录 3 并行反向传播子程序	220
附录 4 国外五种专家系统工具的系统能力比较	222
附录 5 国外五种专家系统工具的工作规则比较	224
参考文献	228

第一章 CAD/CAM 系统综述

1.1 系统的组成

CAD/CAM 技术是围绕着产品(工程)的设计与制造两大部分独立发展起来的。CAD 从方程求解计算和绘图入手,到现在的诸项内容:建立数学模型,工程分析,产品(工程)设计(包括方案设计、总体设计、零部件设计),动态模拟,自动绘图等;CAM 从手工编程、自动编程,到现在的诸项内容:工艺装备设计,数字化(图形化)控制,工艺过程计划(CAPP),机器人,柔性制造系统(FMS),工厂管理,甚至个别企业正在发展 CIMS 项目。纵观历史,国内外的 development 情况都是先由数控机床的出现,进而发展了 CAM,由于 CAM 的要求,促进了 CAD 的发展。过去复杂外形零件生产方面的致命弱点是模拟量的信息传递,CAM 中自动编程的出现,迫切要求用数学方法来定义零件。此外,CAD 系统的出现彻底改变设计工作过程的流程,也改变了与生产相关的处理。1963 年图形显示器的出现使原来的 CAD 工作发生了根本的变革,通过数学方法建立产品的统一、完整的三维几何模型,信息流直接从 CAD 流到 CAM,达到了真正的 CAD 和 CAM 的结合。正像美国数控协会第二次年会在调查后指出的那样,由于设计人员最清楚设计意图,故用数学方法定义零件的工作,从数控人员手中转到设计人员手中,不仅减少了定义零件的工作量,而且还能减少工作中的差错,使 CAD 和 CAM 的信息自然沟通起来。CAD 的输出正好就是 CAM 的输入,从而使 CAD 和 CAM 连结起来,综合成为 CAD/CAM。随着计算机技术的发展,要求 CAD/CAM 系统中,不同功能子系统(或模块)都和公用的工程数据库连接,使信息流能连续传递,以便把越来越多的 CAD/CAM 功能融合为一体,组成 CAD/CAM 集成系统。图 1-1 示出了一般 CAD/CAM 系统应用工作图。

根据 CAD/CAM 系统的目的和功用,确定系统的组成,在某些工程领域(如航空、航天、汽车、船舶等),设计的技术条件是需要严格定义的,而其他领域的设计(如农业机械、建筑工程),则可以有一定的选择自由。尽管各行各业之间的产品设计、生产存在着很多差异,它们应用的 CAD/CAM 系统都有共同点。一般一套完整的 CAD/CAM 系统包括硬件系统和软件系统,硬件与软件的结合与匹配,才能充分发挥 CAD/CAM 系统的高效、优质的特点。

CAD/CAM 硬件系统包括计算机及其选用的外部设备,根据系统是否有人机交互功能,选用计算机的类型。系统总体结构按配置方式来分类:

1. 按是否具有人机交互功能来划分

一种是交互式人机对话型;另一种是非交互型。

2. 按是否具有智能功能来划分

智能型和非智能型。

3. 按选用计算机的类型(通常根据计算速度、字长、存储容量等)来划分

大中型机、工作站、微型机。

(1) 对于大中型机组成的硬件系统的特点是:采用具有大容量、高速度、多功能的大型通

用计算机;可提供功能较强的通道硬设备;通过终端设备,特别是图形终端联机形式实现人机对话操作;便于统一管理。其缺点是系统的初始投资较高,且随着计算机的总负荷的增加,系统的响应速度将降低;若主机(CPU)发生故障,会使整个系统瘫痪,不能工作。

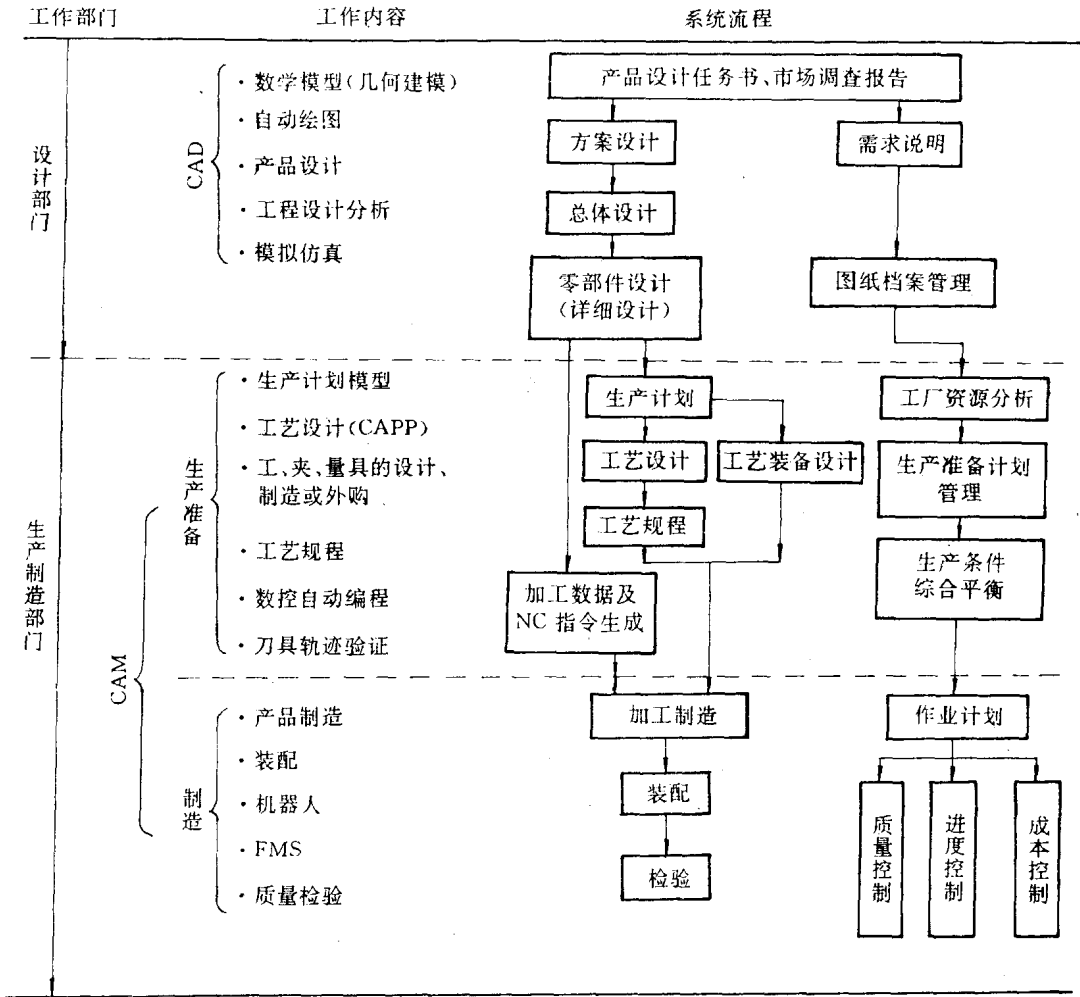


图 1-1 CAD/CAM 系统应用工作图

(2) 对于工作站组成的硬件系统的特点是:运算速度快;可使主存和外存储容量大;数据处理和图形处理功能强,且具有交互功能的图形设备屏幕分辨率高;联网通信能力好;易于符合国际通用标准;便于与异种计算机集成。

(3) 对于微型机(有人简称为微机)组成的硬件系统的特点是:价格便宜,使用方便。近年来,微机性能不断提高,价格不断下降,内储存不断扩大,运行速度不断提高。若配备高分辨率的图形显示器或图形板与控制板,采用大容量外存储器,改进联网功能,其性能接近于工作站系统的功能。一般适用于中、小型企业使用。

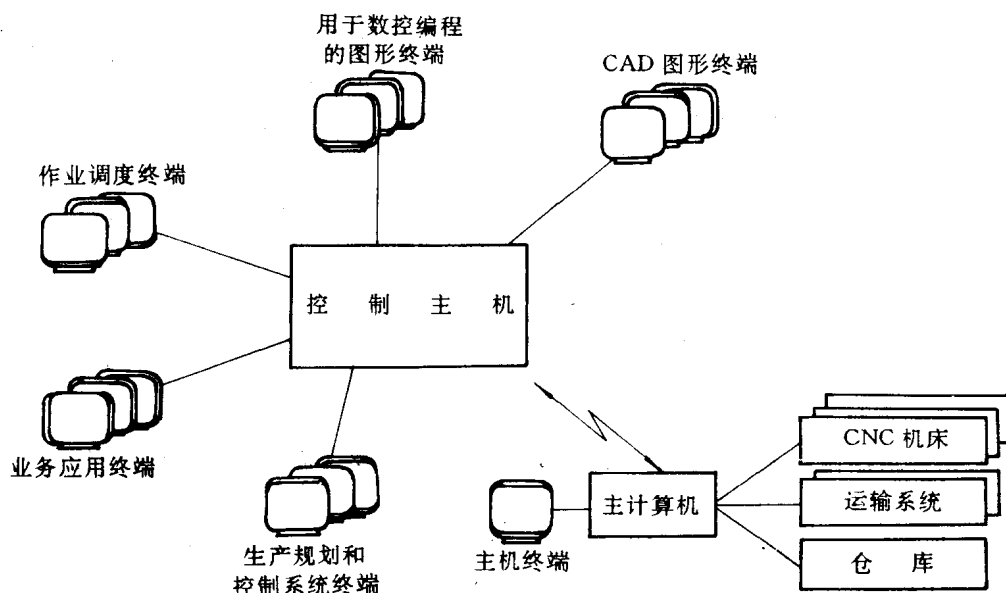
另外,由于网络技术的发展,微机、工作站、大型机可以进行异机联网,形成一个有机的整

体,在网络中发挥各自的优点和特长。

4. 按系统总体结构配置来划分

主机系统、成套系统、工作站或微机系统。

(1) 主机系统也称集中式或中心式配置,由一个中央处理机(CPU)配有多台图形终端等外设组成的系统,如图 1-2 所示。



(2) 成套系统(Turn - Key System),也称交钥匙系统。供应商根据用户要求,提供一套包括硬、软件配套的系统,交付即可使用,用户无需再开发。

(3) 工作站或微机系统又称分布式或非中心式系统,如图 1-3 所示,工作站系统也称作超级微型机系统。它采用高分辨率的图形显示器,一般联网,在网上软件资源可以共享。目前在网往往配备一台服务器,以负责管理网上资源为主。微型机的计算能力与图形能力的不断增强,使微机的应用范围不断扩大。由承担低层次二维绘图和简单计算任务,发展到完成较高层次三维造型、有限元计算等任务。微机的不断发展,促使它和工作站的差别将逐渐消失。

不管 CAD/CAM 硬件系统的分类如何,其运行的典型硬件包括以下几个组成部分:

(1) 中央处理机(CPU) 由运算器与控制器组成。

(2) 数控存储器 如磁存储器、光存储器等。

CPU 和存储器通常组装在一个机壳内,合称为主机。

(3) 输入/输出设备 如键盘、数字化仪、鼠标器、图形显示器、打印机、绘图机等。

各部分的组成及关系如图 1-4 所示。

计算机的软件系统是将解决问题的思想方法和过程用程序进行描述。软件按功能分为系统软件和应用软件两大类。CAD/CAM 软件系统属于应用软件。

系统软件用于实现计算机系统的管理、控制、调度、监视和服务等功能,其目的是与计算机