

电子工业部CAD技术培训系列教材

机械 CAD 技术基础

孙文焕 高光焘 魏生民 宋艳平等 编著

CAD 系统及其硬件和软件

图形变换

二维机械结构图形设计

几何造型技术

AutoCAD 软件应用

微机 CADDS 软件使用



西安电子科技大学出版社

电子工业部 CAD 技术培训系列教材

机械 CAD 技术基础

孙文焕 高光焘 魏生民 宋燕平 等编著



西安电子科技大学出版社

1995

(陕)新登字 010 号

电子部 CAD 技术培训系列教材

机械 CAD 技术基础

孙文焕 高光焘 魏生民 宋燕平 等编著

责任编辑 陈宇光

西安电子科技大学出版社出版发行

地址：西安市太白南路 2 号 邮编：710071

西安长青印刷厂印刷

各地新华书店经销

开本 787×1 092 1/16 印张 14 6/16 字数 330 千字

1995 年 11 月第 1 版 1995 年 11 月第 1 次印刷 印数 1 - 5 000

ISBN 7 - 5606 - 0363 - 7/TP · 0147 定价：13.20 元

内 容 简 介

本书是电子工业部组织编写的机械 CAD 培训教材的第二本，主要介绍 CAD 技术的特点和发展趋势、CAD 系统硬件和软件的配置以及数据管理、图形变换、二维工程图设计、三维几何造型等方面的基本概念。另外，本书还介绍了微机 CAD 软件 (AutoCAD 和 CADD5) 及其应用技术。

本书可作为工程技术人员学习机械 CAD 技术的培训教材，也可作为自学用书及参考书。

CAD 技术培训系列教材出版说明

目前,在我国已出现了一个推广应用 CAD 技术的热潮。为了配合做好电子行业 CAD 技术的推广应用和培训工作,帮助广大工程技术人员尽快掌握 CAD 基本技术,以便加快我国电子工业的发展,实现电子工业的发展战略,由电子工业部领导并组织有关专家教授编写了一套 CAD 技术培训系列教材。全套教材共 7 本,计 300 多万字,其中电子 CAD 技术共 3 本,它们是:①《电子 CAD 技术基础》,②《电子电路 CAD 技术》,③《电子系统及专用集成电路 CAD 技术》;电子机械结构 CAD 技术共 4 本,它们是:①《机械 CAD/CAM 技术概论》,②《机械 CAD 技术基础》,③《机械 CAD 应用与开发技术》,④《模具 CAD/CAM 技术》。

这套教材的培训和读者对象主要是面向全国电子行业及其有关行业从事电子系统与电路设计和从事电子产品机械结构设计的工程技术人员,同时也包括相应行业的有关领导和技术管理干部。各单位在组织培训时,可根据培训对象和培训目的与要求选择一本或几本,作为培训教材。这套教材也可作为有关工程技术人员自学用书以及高等学校相关专业学生的教学用书。

这套教材的特点是既注重内容的先进性,又突出其实用性和针对性;既介绍 CAD 技术的基本概念,又重点介绍可供实际运行的 CAD 软件及其具体使用方法。全套教材以微机上的 CAD 软件工具为主,同时也以实例形式对工作站的 CAD 软件进行了介绍。书中附有习题和思考题,可供学习人员边学习边上机练习。这套教材层次清楚,结构合理,内容由浅入深,循序渐进,符合认识规律。这套教材还配有培训教学计划和教学大纲,每本书的培训对象、培训目标和培训内容具体明确,非常适合“分层次”、“分类型”组织培训的需要。

在这套教材的编写出版过程中,得到了电子工业部的有关领导,部属各高等院校的有关专家教授的大力支持,在此,我们对他们一并表示衷心的感谢!由于 CAD 是一门迅速发展中的技术,书中难免有不完善甚至错误之处,恳请读者和各有关方面提出宝贵意见,以便再版时作进一步修改。

电子工业部 CAD 技术培训系列教材编审委员会

1994 年 5 月

电子工业部 CAD 技术培训系列教材编审委员会名单

主任委员	姚志清		
副主任委员	叶尚辉	王豪才	
	杨万海	叶树文	
秘书长	徐玉彬		
副秘书长	肖德印		
委	姚志清	叶尚辉	王豪才
	杨万海	叶树文	谢仕聘
	孙文焕	李玉山	李荣才
	贾新章	李泉永	沈裕和
	董云耀	肖德印	李爱芳
	徐玉彬		

序

随着电子计算机及其相关技术的发展,一门崭新的技术正在世界范围内兴起,这就是计算机辅助设计(CAD)技术以及以CAD为基础的计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助检测(CAT)和计算机集成制造系统(CIMS)等。(为方便计,以下统称为CAD技术)

CAD技术是电子信息技术发展的杰出成果,它的发展与应用正引发着一场工业设计和制造领域的革命。它不仅深刻地改变着产品设计和制造的传统方式,而且还直接影响到企业生产管理的模式以及商业对策,从而可给企业带来巨大的经济效益。由此,CAD技术越来越受到世界各国的普遍重视。在工业发达国家,CAD技术已进入普及阶段,商品软件已趋于成熟,被广泛应用在机械、电子、航空、航天、汽车、造船、建筑、轻纺等许多行业。在我国,CAD技术的开发和应用始于70年代中后期,10多年来,经过广大科技工作者的努力,也取得了可喜的成果和明显的效益。实践表明,推广和应用CAD技术对改造传统产业、发展新兴产业、提高劳动生产率、降低工程造价与产品成本、增强国际竞争能力等都有着巨大的推动作用。当今,CAD技术及其应用水平已成为衡量一个国家的科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

改革开放以来,我国的电子工业取得了长足的进步,现已进入了一个新的发展时期,面临着新的机遇和挑战。为了尽快实现电子工业的发展战略,努力把电子工业建成“国民经济支柱产业”,大力开拓国内和国际市场,积极参与国际竞争,电子工业部已决定“八五”、“九五”期间,在全国电子行业大力开展CAD技术的研究开发与推广应用工作。这是依靠科技进步振兴电子工业的一项重要任务,也是一条必由之路。要把这件大事落到实处,并能取得实效,有一系列的工作需要我们去完成,但当务之急就是要有计划地对各级领导干部和广大工程技术人员进行CAD技术培训,这是摆在我们面前的一项十分紧迫的任务。

为了做好CAD技术培训工作,需要有一套合适的教材。为此,由电子工业部领导组织有关人员着手统一编写了CAD技术培训系列教材。在编审委员会的专家教授和作者们的共同努力下,经过一年半的卓有成效的工作,这套共7本、300多万字的系列培训教材,现在终于能和广大读者见面了。这是一件非常有意义和值得庆贺的事情!它的出版发行必将进一步推动电子行业CAD技术培训工作的开展;对CAD技术的普及、推广和应用也必将会起到积极的促进作用。

这套系列培训教材,内容先进,实用性和针对性很强。它系统地阐述了电

子 CAD 和机械 CAD 技术的基本概念、技术和软件，并简要地介绍了国内外关于 CAD 技术应用现状及发展趋势。这套教材层次清楚，结构合理，由浅入深，循序渐进，每本教材的培训对象和培训目标明确，能较好地满足对电子行业的有关工程技术人员以及领导和管理干部进行“分层次”、“分类型”培训的需要。

当今世界，科学技术突飞猛进，以科技为先导，依靠科技发展经济，已成为我们时代的特征。经济的竞争实际上是科技的竞争，但归根到底是掌握先进的科学技术人才的竞争。我们要以高度的责任感，强烈的使命感和紧迫感全力抓好 CAD 技术的开发应用工作，全力抓好 CAD 技术的培训工作，保证培训任务的落实和完成。我们坚信，只要有了一批掌握 CAD 技术的人，CAD 技术在我国电子行业开花结果也就指日可待了！

电子工业部副部长

全国电子信息系统推广办公室主任

1994 年 4 月 10 日

曲维枝

前 言

计算机辅助设计(CAD)是当代最杰出的工程技术成就之一。它集结构设计、分析计算、仿真和绘图于一体,并可向数控加工提供信息。这不仅有利于提高设计质量,缩短设计周期、降低设计费用,而且从根本上改变了过去传统的设计过程。为了应用 CAD 技术对一个产品进行设计,必须建立一个完整的 CAD 系统。这里所说的一个 CAD 系统,应理解为是一种新的设计体制,这种新的设计体制可以实现:①组织产品的平行设计作业,即产品设计的总体组、各个部件组、分析计算组和试验组都可以及时地从计算机的图形屏幕上清楚地看到产品总体形状和结构,各有关专业组可以并行地进行各自的设计工作,并对有关问题进行协调;②在产品的设计阶段就可进行产品的装配和零件加工模拟,能及早地发现各零部件之间的相互干涉和可制造性等问题;③在产品的设计期间就可进行性能的仿真,这将大幅度地减少试验工作量和费用。

进入 90 年代,在国际市场上,各国之间的商品竞争更加激烈,为此,对 CAD 技术的要求更迫切,工业发达的国家都把发展 CAD 技术,进一步实现 CAD 和 CAM 技术一体化作为战略目标。这就极大地推动了 CAD 技术的发展。

当前,我国正大力贯彻科学技术是第一生产力的方针,强化科学技术进步,加速对传统产业的改造,并大力发展高新技术产业。这些都为我国推广应用 CAD 技术提供了极为有利的条件。

电子工业是我国的领航工业,为了加速电子工业的发展,提高电子产品的生产速度和质量,增强电子产品在国际市场上的竞争能力。电子工业部和电子总公司十分重视 CAD 技术的发展和运用,并对所属单位提出具体要求。

为了做好推广应用 CAD 技术的工作,电子工业部提出要对所属单位的有关人员有计划地、分期分批地进行 CAD 技术培训,以提高各级领导干部和广大科技人员对应用 CAD 技术的认识并掌握有关 CAD 技术方面的基本知识和技能。本书就是为此目的而编写的。

CAD 技术涉及的知识面很广,而且发展十分迅速,本书按编写大纲要求,重点介绍一些 CAD 技术方面的基础知识和技术,为进一步深入应用和研究 CAD 技术打下一个基础。同时,为了适应微机 CAD 技术的应用,本书还专门对 AutoCAD 和微机 CADD 软件的应用作了详细的介绍。特别对 AutoCAD 12.0 版中新功能作了详细的分析。这些内容对初学 CAD 技术的人员来讲是很实用的。

全书共七章,由孙文焕主编,第一章和第四章由孙文焕编写,第二章由魏生民编写,第三章和第五章由高光焘编写,第六章由宋燕平和杨一编写,该章的插图和 6-4 节后面一部分内容由詹海生编写。第七章由邵晓东编写。

本书由桂林电子工业学院李泉永教授主审,他在审阅中提出很多宝贵的意见。

本书编写过程中得到电子工业部人事教育司李雅玲、徐玉彬及西安电子科技大学成人教育学院和出版社的大力支持。在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中谬误之处在所难免,如蒙指正,将不胜感谢之至。

目 录

第一章 绪 论	1	二、网络通讯系统	53
§ 1-1 引言	1	§ 2-7 CAD 系统配置方案	55
§ 1-2 CAD 技术概况	2	一、选择 CAD 系统配置的原则	55
一、CAD 技术的兴起和发展	2	二、工作站 CAD 系统的配置方案	55
二、CAD 技术的发展趋势	4	习题	56
三、CAD 技术的应用	11	第三章 图形变换	57
四、应用 CAD 技术的好处	13	§ 3-1 引言	57
§ 1-3 产品(或工程)设计的 CAD 过程	14	§ 3-2 齐次坐标与坐标系	57
一、产品设计的过程	14	一、点的齐次坐标表示	57
二、产品设计的 CAD 过程	15	二、坐标系	58
习题	15	§ 3-3 二维和三维图形变换	58
第二章 CAD 系统及其硬件和软件	17	一、二维图形变换	58
§ 2-1 引言	17	二、三维图形变换	66
一、CAD 系统的规模	17	§ 3-4 投影变换	72
二、CAD 系统的扩充和升级	18	一、平行投影变换	72
三、CAD 硬件系统类型的划分		二、三视图的投影变换	73
及功能的选择	18	三、轴测投影变换	74
四、CAD 系统中硬件与软件系统的匹配	19	四、透视变换	75
§ 2-2 CAD 系统的组成及其类型	19	习题	79
一、主机系统	19	第四章 二维机械结构图形设计	80
二、小型机成套系统	19	§ 4-1 引言	80
三、工作站系统	20	§ 4-2 二维基本几何元素的	
四、微机 CAD 系统	21	描述及其相互关系	81
§ 2-3 CAD 系统硬件	21	一、点与直线	81
一、计算机	21	二、圆	83
二、常用外围设备	22	三、几何元素之间的相互关系	84
三、图形输入输出设备	23	四、几何元素和图形边界的方向	87
§ 2-4 CAD 系统软件	30	§ 4-3 二维图形的生成	90
一、系统软件	31	一、利用正投影变换生成二维图形	90
二、支撑软件	32	二、由布尔运算生成二维图形	91
三、应用软件	33	三、参数化设计	94
四、常用 CAD 软件介绍	35	四、剖面线	96
§ 2-5 CAD 系统的数据管理	38	五、图形尺寸和符号标注	98
一、基本概念	39	§ 4-4 装配图的生成	98
二、数据结构	41	一、层次拼接法	98
三、文件组织	45	二、混合法	100
四、CAD 系统的数据库及数据库		三、实体造型法	100
管理系统	47	习题	100
§ 2-6 CAD/CAM 系统网络	53	第五章 几何造型技术	101
一、联网的目的	53		

§ 5-1 引言	101	五、AutoCAD R10 的图形交换	141
§ 5-2 曲线和曲面设计的理论基础	102	§ 6-4 AutoCAD R12 的使用	142
一、曲线的参数表示	102	一、概述	142
二、曲线的切线和法平面	103	二、高级造型扩展 AME	143
三、曲线的活动坐标系	104	三、AutoCAD 的 C 语言开发系统 ADS	146
四、曲线论的基本公式	104	四、AutoCAD 的 SQL 扩展 ASE	151
五、曲面的参数表示	105	五、AutoCAD R12 编辑功能的改进	156
六、曲面的法矢和切平面	106	六、AutoCAD R12 的具体使用	159
七、曲面上任意曲线及其切矢	107	七、AutoCAD R12 的应用举例	161
§ 5-3 曲线设计方法	107	八、AutoCAD R12 中 ADS 及 ASI 的 应用程序设计举例	164
一、样条插值曲线	107	习题	169
二、自由型曲线	110	第七章 微机 CADDS 软件使用	170
§ 5-4 曲面设计方法	118	§ 7-1 引言	170
一、孔斯曲面片	118	一、PD 软件的特点	170
二、贝齐埃曲面	121	二、运行环境	170
三、B 样条曲面	123	§ 7-2 基本作图命令	171
§ 5-5 实体造型及实体表示方法	125	一、命令结构	171
一、线框表示法	125	二、图形生成命令	175
二、边界表示法	126	三、图形编辑命令	186
三、结构实体几何法	126	四、系统设置命令	193
四、八叉树表示法	127	§ 7-3 曲线和曲面设计	198
§ 5-6 集合运算	128	一、曲线构造	199
习题	130	二、曲线的修改和处理	202
第六章 AutoCAD 软件应用	131	三、构造曲面	208
§ 6-1 引言	131	四、曲面的修改和处理	211
§ 6-2 Auto CAD 的发展简史	131	五、平面的构造	213
§ 6-3 Auto CAD R10 的使用	132	六、曲线、曲面的求交	214
一、概述	132	习题	216
二、AutoCAD R10 的组成、安装和配置	133	参考文献	217
三、AutoCAD R10 的启动	133		
四、AutoCAD R10 的图形编辑	134		

第一章 绪 论

§ 1-1 引 言

计算机辅助设计——CAD(Computer Aided Design)至今还没有一个统一的定义,但一般认为是指设计人员(或称用户)在产品或工程设计过程中借助于CAD系统(包括硬件和软件)的帮助来完成设计任务,并达到提高设计质量和缩短设计周期的目的。当然,对于不同的产品和工程设计领域,CAD的具体内容是有很大差别的。例如,机电产品机械结构设计CAD主要是描述产品总体机械结构模型和机械零部件的形状、结构以及进行必要的静动力方面的分析与计算等,同时,还为制造产品提供充分的信息(如工程图纸或数控加工信息);而电子电路CAD主要是用结点网络表示电路拓扑结构并进行相应的分析计算。但是,不管用于完成何种任务,CAD系统都应该最大限度地与设计人员(用户)紧密结合在一起,在设计人员的控制下完成复杂的设计任务。因此,一个CAD系统除了配置适当的硬件(计算机和相应的外部设备)外,还应具有能满足产品设计需要又与硬件相匹配的软件,如操作系统、交互式图形系统、好的用户界面、存贮和管理设计数据的数据库管理系统及相应的分析计算的程序库等。在CAD过程中,要使产品或工程设计的结果为最佳,要经过一系列的人——机交互对话、反复修改设计对象的动态过程。所以,交互式图形设计软件和数据库管理系统是CAD系统的重要组成部分。

CAD是一项综合性的、技术复杂的系统工程,涉及许多学科领域,如计算机科学、计算数学、几何造型、计算机图形显示、数据结构和数据库、仿真和人工智能技术等。另外,还涉及了相关的产品设计和制造等方面的理论知识。当然,CAD技术有自己的发展规律和特点,而且随着科学技术的发展还在不断地提出新的问题和要求,如新的造型方法、人工智能在CAD技术中的应用和并行工程(CE Concurrent Engineering)等。所以,为了推动CAD技术向前发展,必须培养一批CAD技术的应用和研究人员去不断地探索和研究新的理论和算法。

目前,发展CAD技术的意义和重要性已被越来越多的人所认识,应用范围和领域也在不断地扩大。在工业发达的国家中,不仅大型企业、军工企业采用了CAD技术,在纺织、服装、装饰、家具设计和制鞋等工业领域也越来越多地应用CAD技术。同时,CAD技术还是CAD和CAM技术集成的基础,而CAD和CAM集成又是更高层次的集成制造系统(CIMS Computer Integrated Manufacturing System)的基础。当今世界上很多国家或工业部门都十分重视在CAD技术的推广应用方面投资。

CAD技术的推广应用对传统产业的改造,新兴产业的发展,劳动生产力的提高,原材料消耗的降低,国际市场上竞争能力的增强均具有巨大的推动作用。CAD技术的发展水平和应用范围正成为衡量一个国家现代化水平的重要标志之一。

对于我国而言,大力推广应用CAD技术是科研部门提高研究开发能力,企业提高生存

和应变能力及劳动生产率的重要技术保证,也是促使传统技术发生革命性变革的重要手段。同时,还是缩短与发达国家的差距,实现社会主义现代化建设目标的一场技术革命,是一项刻不容缓的战略任务。

我国党和国家领导人对发展和推广应用 CAD 技术十分重视。江泽民主席在 1991 年 4 月对应用 CAD 技术的意义作了十分精辟的论述:“计算机辅助设计,推动了几乎一切领域的革命……”。同年秋,国家科委也要求各行各业不失时机地开展 CAD 应用工程,大力推广普及 CAD 技术。另外,我国工业技术还比较落后,不少的企业和技术要用高新技术进行改造。所以,在我国开发和应用 CAD 技术具有相当广阔的前景。

由于 CAD 技术是一项高新技术,所以,要更好地推广应用 CAD 技术,首先必须提高人们的 CAD 意识,尽快地培养一批掌握 CAD 技术的工程技术人员。这也是编写本书的目的之一。

§ 1-2 CAD 技术概况

一、CAD 技术的兴起和发展

CAD 系统由必要的硬件(计算机与外部设备)和相应的软件组成,所以,CAD 技术的兴起和发展与计算机和 CAD 外部设备的发展密切相关。CAD 系统的外部设备主要指用于图形等信息输入/输出的设备,如图形显示器、光笔、数字化仪、图形输入板、操纵杆、轨迹球和鼠标器及绘图机等。这些设备的发展对 CAD 技术的发展起了很大的作用。

1. CAD 技术的兴起

40 年代中期第一台计算机的问世,推动了许多学科的发展和许多新学科的建立。CAD 技术就是在这个基础上逐渐兴起和发展起来的。50 年代中期,计算机主要用来进行科学计算。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,这些显示器只能显示字符,不具备人机交互功能。1952 年美国麻省理工学院研制成功第一台三坐标数控铣床,并着手研制数控自动编程系统 APT(Automatically Programmed Tolls)。当时在美国学习的奥地利人 H. Josph Gerber 根据数控加工的原理和方法为美国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,由此开始了由计算机辅助绘图代替人工绘图的历史,这不仅仅使古老的绘图科学有了突破性的发展,更重要的是解决了一些用手工绘图不能完成的任务,如绘制大规模集成电路中的掩膜图等。

50 年代末期,美国麻省理工学院林肯实验室研制出空中防御系统(SAGE System)。这一系统能将雷达的信号转换为显示器上的图形,操作者可以用光笔(Light Pen)指向显示器屏幕上的目标图形,从而拾取所需要的信息,这种功能的出现标志着交互式图形技术的诞生。绘图机和交互式图形显示技术的诞生为 CAD 技术的兴起作出了贡献。

1963 年,美国麻省理工学院的 I. E. 萨瑟兰德(I. E. Sutherland)在他的博士论文中提出了 SKETCHPAD 系统。在该系统中使用的计算机为 TX2。在这个系统中,可以用光笔在图形显示器上实现选择和定位等交互功能,而且计算机可以根据光笔指定的点在屏幕上画出直线,或者用光笔在屏幕上指定圆心和半径后画出圆。另外,该系统在存贮符号和图形时,

采用了分层的数据结构,使一幅完整的、较复杂的图形可以通过分层调用各有关子图来产生。尽管该系统还比较原始,但这些基本理论和技术至今仍是 CAD 技术的基础,所以, I. E. 萨瑟兰德的博士论文被公认为交互式图形生成和显示技术的发展奠定了基础。

计算机、自动绘图机、光笔、图形显示器等图数和数图转换设备的问世与发展,加上对图形数据处理方法的深入研究,推动了 CAD 技术的形成。在经历了理论探讨、设备研制、简单 CAD 系统的实现及某些方面的实际应用研究等阶段后,一门新兴的学科——计算机辅助设计技术开始形成。

2. CAD 技术的发展

交互式图形生成技术的出现,促成了计算机辅助设计技术的迅速发展。60 年代中期后,美国的各大公司都十分重视 CAD 技术,投入了相当资金对其进行研究和开发,并研制了一些 CAD 系统。如 IBM 公司的 SMS、SLT/MST 设计自动化系统和美国洛克希德飞机公司研制的主要用于二维绘图的 CADAM 系统;美国通用汽车公司为设计汽车车身和外形而开发的 CAD-1 系统(该系统在大型计算机上运行,成为该公司设计小轿车和卡车时必不可少的工具);美国的 CDC 公司开发的,作为商品销售的 Digigraphic CAD 等。与此同时,英国剑桥大学等著名大学也开展了 CAD 方面的研究工作。这一时期的 CAD 系统的特点是:规模庞大,价格昂贵,只有经济实力雄厚和技术力量较强的大型企业和研究单位才能研究和应用 CAD 技术。

从 60 年代末期到 70 年代中期,这一时期可称为 CAD 技术的成熟阶段。由于在这一时期计算机硬件的性能价格比不断提高,图形输入板、大容量的磁盘存贮器和廉价的存贮管显示器等相继出现以及数据库管理系统等软件的开发等,使得以小型和超级小型计算机为主机的 CAD 系统进入市场并形成主流。这些 CAD 系统的特点是硬件和软件配套齐全,与大型计算机 CAD 系统相比,其价格相对便宜,使用和维护也相对简单。在这一时期内,CAD 技术的应用领域主要集中于航空、电子和机械工业部门,同时在理论上,也开始了三维几何造型技术的研究。

70 年代末以后,32 位工程工作站和微型计算机的出现对 CAD 技术的发展起了极大地推动作用。32 位工程工作站是单用户的计算机系统,具有较高的速度,特别适用于计算机辅助设计系统。另外,各个工程工作站之间可以联网,以达共享系统内资源和发挥各台计算机的特点。因此可以根据工作需要和经济条件以及 CAD 技术的发展水平逐步投资,逐步发展和扩大 CAD 系统的功能和规模。

80 年代中期后以工程工作站为基础的 CAD 系统发展很快,其功能已达到甚至超过小型机 CAD 系统。可以预见这种系统将成为 CAD 系统的主流。这种系统的制造厂商只提供硬件和系统软件,而基础和应用软件则由其它专门的软件公司研制和销售。近年来在我国市场上销售这类产品的公司为:IBM 公司、HP 公司、SUN 公司、DEC 公司、SGI 公司等,产品的种类很多,且各具特色。

近年来,由于微型计算机的性能和价格比的提高,故以 PC386、486 为主机的 CAD 系统不断增加。该类系统的特点是容量小、处理速度慢,但价格十分便宜,应用软件丰富,便于学习使用和维护。另外,还可以进入网络系统共享资源,并可代替工作站完成一部分 CAD 作业,很适合中、小企业和刚开始应用 CAD 技术的单位。

我国在 CAD 技术方面的研究始于 70 年代中期,当时主要是研究开发二维绘图软件,

并利用绘图机输出二维图形,主要研究单位是高等学校,而航空和造船工业是应用 CAD 技术较早的部门。80 年代初,有些大型企业和设计院成套地引进 CAD 系统,并在此基础上进行开发和应用,取得一定的成果。80 年代中后期,我国的 CAD 技术有了较大的发展,而且 CAD 技术的优点被越来越多的人所注意。部分单位已较好地应用 CAD 技术,提高设计质量,提高了社会和经济效益。一批高等院校和研究院(所)也对 CAD 技术的理论和软件开发进行了大量的研究,并取得了成果(如清华大学、浙江大学、西北工业大学、北京航空航天大学、西安交通大学、华中理工大学和中科院计算所等)。

进入 90 年代后,国家科委、各工业部门都十分重视 CAD 技术的发展,并有计划、有步骤地在全国各地建立 CAD 培训基地,对有关人员进行 CAD 技术方面的培训。在此同时,有些工业部门还对所属单位提出应用 CAD 技术的具体要求。预计在 90 年代,我国的 CAD 技术将有一个较大的发展和提高,有可能促使 CAD 硬件和软件的研究及生产这一新兴的高科技产业的形成。

二、CAD 技术的发展趋势

CAD 技术从兴起到现在已 30 年了,但就应用程度而言,各个地区和国家相差很大。由于计算机的发展,CAD 系统已从仅有单一功能的系统逐步发展到能实现完整设计过程的多功能系统;由于工程数据库的发展和应用,现在已有基于工程数据库管理系统的集成化 CAD 系统。为不断提高 CAD 技术功能,使产品的生产过程自动化,CAD 技术进一步向着集成化、智能化、可视化和标准化的方向发展。

1. CAD 和 CAM 系统的集成

所谓 CAD 系统的集成,一般包含以下几个方面的内容:

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,每一设计步骤都能有效地使用 CAD 技术。这就要求 CAD 系统(硬件和软件)的功能要齐全,软件集成度高。

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形成一个以工厂生产自动化为目标的计算机集成制造系统 CIMS。

在 CAD/CAM 集成化系统中,工程数据库管理系统是一个重要的组成部分,如图 1-1 所示。

在该系统中,所有 CAD/CAM 功能模块都跟工程数据库直接连接。设计人员(用户)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,实现产品设计和制造过程的自动化。如果该集成系统中再包括企业管理信息系统,就成为自动化工厂系统。

从图 1-1 中可以看到,系统的 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,进一步用有关机构运动和动力分析软件对各机构进行运动和动力学的分析计算,用有限元分析软件对主要零部件进行强刚度分析计算,在此基础上

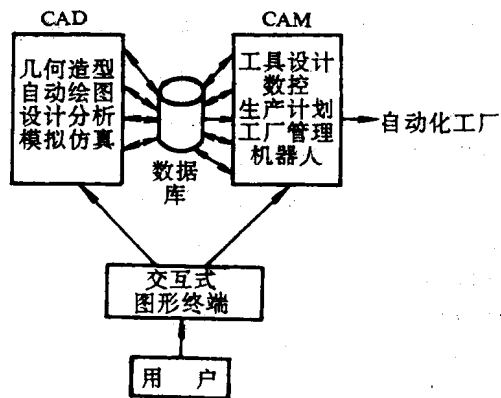


图 1-1 CAD/CAM 集成系统的模式

可对产品的性能指标进行仿真和综合评价。如果不符合设计要求,则可对有关部分作修改,然后再重复进行上述分析计算,直到获得要求的结果。最后,可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。

把 CAD 和 CAM 系统的功能有机地结合在一起就成为一个 CAD/CAM 集成系统。从目前的实际情况看,在一个产品的设计与制造全过程中, CAD 和 CAM 技术一般仍处于单独使用的状态,使用一个 CAD 系统完成设计后所形成的有关信息,仍不能自动地传送给与之相关的 CAM 系统。这在 CAD 与 CAM 之间形成了一个间隙,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涉,这不仅造成时间上的浪费,而且还容易出错。所以这种“孤岛”型的 CAD 和 CAM 系统的效率仍有待提高。目前正在开展的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,正是要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,达到共享硬件和软件资源,使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,从理论上讲是在上述的 CAD/CAM 集成系统的基础之上,再增加上企业的生产管理信息系统来实现的, CIMS 系统的结构模型如图 1-2 所示。

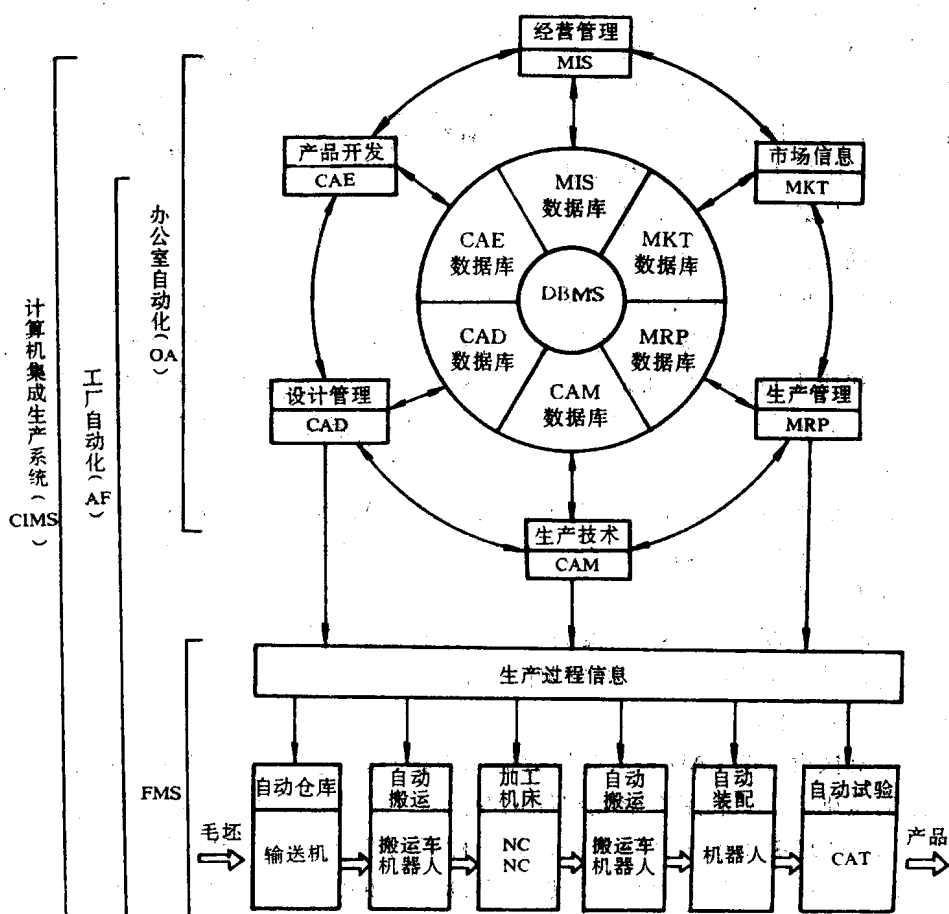


图 1-2 CIMS 系统结构模型

2. CAD 系统的智能化

机械 CAD 技术在近 10 多年来有很大的发展,许多功能很强的商品化的软件,如 I-DEAS、EUCLID、CATIA、CADDs 和 CADAM 等都可用于进行机械设计。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。不过,这样的 CAD 系统仍存在着明显的不足。大家都知道,产品的设计过程是一个复杂的综合、分析和反复修改的过程,需要多学科的专门知识与丰富的经验才能得到一个好的设计结果。在设计过程中很多工作是非数据计算性的,不是以数字公式为核心,而是要通过反复思考、推理和判断来解决的。目前以分析计算和图形为核心的 CAD 系统难以解决上述问题,这往往使设计结果与设计者有关,即对于同一设计对象,由于设计人员素质不同,设计出的结果亦不同。有经验的设计者可能设计得又快又好,而没有设计经验的设计者则可能得到不理想的结果。

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,而在这一阶段中又难以应用仿真技术。为此,提出了在 CAD 系统中引进人工智能(Artificial Intelligence)技术,即采用专家系统将人工智能技术引入产品设计领域的问题。

1) 专家系统

目前,专家系统还没有统一严格的定义,但在以下三方面的认识是一致的,即专家系统是一个智能的程序系统;在系统内部具有大量专家水平的领域知识和经验;它能使用人类专家采用的知识、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,它可应

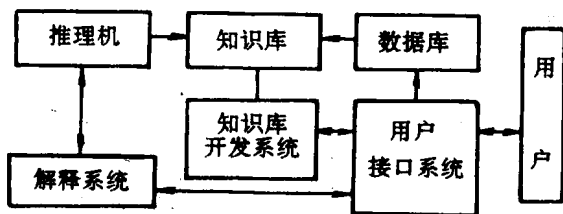


图 1-3 专家系统的组成

用人工智能技术,根据一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,也就是说能处理那些需要专家才能决定的复杂问题。由于专家系统的功能主要依赖于大量的专家知识,所以,又称它为“知识基系统”,这个领域有时也称知识工程。一个专家系统一般由知识库、数据库、推理机、解释系统、知识获取等几个部分组成,如图 1-3 所示。

将人工智能引入 CAD 系统是 CAD 技术发展的必然趋势,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。在产品或工程设计中专家系统一般可用于解决以下几方面的问题:

- ① 拟订产品设计方案,为 CAD 提供一个优良的初始方案;
- ② 与现代设计方法相结合,形成完善的 CAD 系统。

2) 机械 CAD 专家系统

目前用于机械设计的 CAD 系统是以数据库为核心,以交互图形设计为手段,在建立产品几何模型的基础之上,利用有限元和优化设计对产品的性能进行分析计算的,对推理和判断无能为力。在这类系统中计算机是作为一种辅助设计工具,所以称之为计算机辅助设计。实际上在产品的设计过程中有许多问题需要设计者决策,如何进行决策才是设计的核心问题。设计中的决策一般分为概念决策、技术决策和目标决策三种类型。

概念决策主要是在初始设计阶段,包括设计任务书的拟订,初步选择总体性能参数和