

电子工业部CAD技术培训系列教材

机械 CAD/CAM 技术概论

孙文焕 张铁昌 编著
王乃康 沈裕和

CAD/CAM 系统及其硬件和软件

软件开发技术

CAM 技术

CAD/CAPP/CAM 集成和 CIMS 技术

AD/CAM 系统的规划与实施



西安电子科技大学出版社

机械 CAD/CAM 技术概论

西

11164

1634

电子工业部 CAD 技术培训系列教材

机械 CAD/CAM 技术概论

孙文焕 张铁昌 编著
王乃康 沈裕和

西安电子科技大学出版社

1995

(陕)新登字 010 号

内 容 简 介

本书是电子工业部组织编写的机械 CAD 技术培训教材的第一本,较系统地介绍了计算机辅助设计和辅助制造(CAD/CAM)方面的基本概念及组建 CAD/CAM 系统方面的有关问题。其主要内容包括:CAD/CAM 技术的特点、兴起及发展趋势;CAD/CAM 系统中硬件和软件的配置与选择;CAD/CAM 作业过程中的数据管理和数据转换标准;系统网络、数控加工(数控机床和数控编程)和数控测量;CAD/CAM 系统集成与集成制造系统的基本概念及 CAD/CAM 系统的规划与实施(系统需求分析、管理体制及 CAD/CAM 技术人员培训等)。

随着 CAD/CAM 技术应用范围不断扩大,工厂和研究所等方面的领导同志需要了解该技术领域的概念以及 CAD/CAM 系统组建过程的有关知识,本书就是为满足这方面的要求而编写的。此书也可作为一般工程技术人员学习 CAD/CAM 技术的参考书。

电子工业部 CAD 技术培训系列教材

机械 CAD/CAM 技术概论

孙文清、张铁昌、王万康、沈晓斌 编著

责任编辑 夏太平

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

西安市长青印刷厂印刷

各地新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 12 8/16 字数 281 千字

1995 年 7 月第 1 版 1995 年 7 月第 1 次印刷 印数 1—5 000

ISBN 7-5606-0364-5/TP·0138

定价:11.50 元

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 员	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

曲维枝

1994 年 4 月 10 日

前 言

CAD/CAM 技术从本世纪 60 年代初兴起以来,发展十分迅速,到 80 年代初,在工业发达的国家已形成了很大的技术和产业规模。

CAD/CAM 技术不断地发展和广泛应用,不仅仅在于它能提高产品的质量和缩短产品的生产周期,而且更主要的是:CAD/CAM 技术是当代最杰出的工程技术成就之一。它从根本上改变了过去用手工绘图、依靠图纸组织整个生产过程的技术管理模式。因此,它对传统产业的改造、新兴技术和产业的兴起与发展、我国产业国际竞争力的增强等方面,均能产生巨大的推动作用。所以,CAD/CAM 技术的发展与应用程度已成为衡量一个国家科学技术和工业现代化水平的重要标志之一。目前,在工业发达国家中,CAD/CAM 技术的应用已迅速地从军事工业向民用工业延伸,由大型企业向中小型企业扩展,以适应市场的需要。

进入 90 年代后,国际市场的竞争更加激烈,企业对 CAD/CAM 技术的需求更为迫切,这将促进 CAD/CAM 技术的进一步发展。为此,世界上很多国家和企业都把发展 CAD/CAM 技术和进一步实现 CAD/CAM 技术集成化作为它们的战略目标。

我国国家科委和国家主要领导同志对发展和推广应用 CAD/CAM 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设计革命……”同年秋,国家科委领导又指出,各行各业要不失时机地开发 CAD 的应用工程,大力推广普及 CAD 技术,推动设计革命,促进科技进步,提高经济效益,加速实现“八五”计划和十年规划。所以,在我国开发应用 CAD/CAM 技术具有极其广阔的前景。

CAD/CAM 技术属于高科技范畴,技术复杂,涉及许多学科领域的知识,如计算机科学与工程、计算数学、现代设计方法学、人机工程、计算机图形学、微电子技术以及具体应用工程领域的专业知识等。我国的 CAD/CAM 技术起步并不太晚,但发展较慢,原因很多,我们认为主要是两个方面。其一是有关人员特别是领导人员缺乏开发推广 CAD/CAM 技术的意识,对应用 CAD/CAM 的重要性及深远意义认识不够,怕影响当前的生产等;其二是缺乏既掌握计算机应用技术又具备应用领域知识的从事 CAD/CAM 技术的科技人员。所以,CAD/CAM 技术能否被迅速地推广应用,并取得较大的社会经济效益,取决于以上两方面问题的尽快解决。国外工业发达国家解决这些问题的基本途径是:首先在高等学校中开设 CAD/CAM 方面的课程,使在读的工科大学生较系统地获得 CAD/CAM 技术方面的知识和技能;与此同时,对从业的广大技术人员进行 CAD/CAM 技术的培训,特别是对技术领导的培训,更新他们的观念和知识,他们一旦理解和掌握了这种高新技术就能在生产上发挥作用,特别是对非计算机专业的工程技术人员进行培训,其意义更为重要。为此,我们编写这本书,其目的是使读者了解和掌握 CAD/CAM 技术的基本概念,拓宽知识,开阔思路,认识到推广应用 CAD/CAM 技术的重要性和深远意义,为组织和发展本部门(或本单位)的 CAD/CAM 技术打下基础。

遵照编写目的和大纲的要求,全书共分六章。主要内容为:

- CAD/CAM 技术的特点、应用及其发展趋势;

- CAD/CAM 系统中硬件和软件的配置与造型；
- 开发 CAD/CAM 应用软件的基本概念；
- CAD/CAPP/CAM 集成和 CIMS 技术的基本概念；
- 组建 CAD/CAM 系统的规划与实施过程。

本书第三章由沈裕和编写，第四章由张铁昌编写，第五章由王乃康编写，第一、二、六章由孙文焕编写。全书由孙文焕统稿。

全书由西安电子科技大学谢仕聘教授主审，在编写和审阅中他提出了很多宝贵意见；本书在组织编写和出版中得到了电子工业部人事教育、西安电子科技大学成人教育学院和西安电子科技大学出版社的大力支持，其中电子工业部人事教育司院校处的李雅玲同志对本书的编写给予了热情的支持、帮助和指导，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中谬误之处在所难免，如蒙指正，不胜感谢。

编 著 者

1994 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 引言	1
§ 1-2 CAD/CAM 技术发展概况	2
一、CAD/CAM 技术的兴起	2
二、CAD/CAM 技术的发展	2
§ 1-3 CAD/CAM 技术的发展趋势	4
一、CAD 和 CAM 系统的集成化	4
二、CAD/CAM 系统的智能化	5
三、CAD/CAM 软件的标准化	7
四、CAD/CAM 系统的网络	10
§ 1-4 CAD/CAM 技术的应用	10
一、在机械制造业中的应用	11
二、在电子工业中的应用	12
三、在轻纺和服装工业中的应用	12
四、在建筑工程方面的应用	13
五、在其它方面的应用	13
六、我国 CAD/CAM 技术的发展概况	13
七、应用 CAD/CAM 技术的好处	14
§ 1-5 产品(或工程)的 CAD/CAM 过程	15
一、产品的传统生产过程	15
二、产品的 CAD/CAM 过程	16
习题	17
第二章 CAD/CAM 系统及其硬件和软件	18
§ 2-1 引言	18
§ 2-2 CAD/CAM 系统	18
一、CAD/CAM 系统的基本组成	18
二、CAD/CAM 系统的类型	19
§ 2-3 CAD/CAM 系统硬件配置与选型原则	22
一、CAD/CAM 系统硬件选择原则	22
二、CAD/CAM 系统中计算机的配置	24
三、存储器	26
四、图形显示终端	27
五、图形输入设备	33
六、图形输出设备	37
§ 2-4 CAD/CAM 系统的软件	39
一、系统软件	39

二、应用软件	42
三、数据库	43
四、产品设计软件	44
五、CAD/CAM 应用软件的选择原则	44
六、常用 CAD/CAM 软件介绍	45
习题	48
第三章 软件开发技术	49
§ 3-1 引言	49
一、计算机软件	49
二、应用软件开发	50
§ 3-2 操作系统	51
一、操作系统概述	51
二、操作系统的用户界面	53
三、微机操作系统简介	54
§ 3-3 数据结构和数据库	55
一、数据结构概述	55
二、实用数据结构简介	59
三、数据库系统概述	61
四、数据库应用开发	63
§ 3-4 图形标准和规范	65
一、图形系统的接口与标准化	65
二、图形标准简介	66
§ 3-5 软件工程方法和开展过程	68
一、软件开发与软件工程	68
二、软件开发步骤	69
三、软件开发方法	71
习题	73
第四章 CAM 技术	74
§ 4-1 引言	74
§ 4-2 数控机床及其类型和特点	75
一、数控机床的组成	75
二、数控机床的类型和功能	77
§ 4-3 数控系统指令格式	80
§ 4-4 数控编程	82
一、手工编程	82
二、数控语言编程	86
三、图像数控编程	93
四、数控后置处理	98
§ 4-5 质量保证	100

一、QA 系统质量控制的内容与特点	100
二、QA 系统的实施方案	101
三、QA 系统的多级计算机系统	102
四、QA 系统的数据获取系统	103
§ 4-6 数控测量	103
一、测量机的结构和组成	103
二、测量头	105
三、测量机的用途和常用测量方法	106
四、测量数控的采集	108
五、连续扫描测量曲面时的控制方式	109
六、工件在测量机上的安装	110
七、测量软件的配置	111
习题	111
第五章 CAD/CAPP/CAM 集成和 CIMS 技术	112
§ 5-1 引言	112
§ 5-2 CAD/CAPP/CAM 集成系统的组成	114
一、计算机辅助设计(CAD)	116
二、计算机辅助工程(CAE)	116
三、成组技术(Group Technology)	117
四、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)	119
五、计算机辅助制造(CAM)	119
六、计算机仿真(Computer Simulation)	119
七、工程数据库(Engineering Data Base)	120
八、计算机网络(Computer Network)	121
§ 5-3 CAPP 及其在集成系统中的应用	123
一、修订式 CAPP 系统	125
二、创成式 CAPP 系统	127
三、CAPP 技术的发展	134
§ 5-4 产品模型数据交换标准 STEP 与 CIMS 集成技术	139
一、产品数据交换标准的发展	140
二、STEP 标准的发展和现状	141
三、STEP 标准的技术原理和组成	145
§ 5-5 集成化系统举例	150
一、CADEMAS 系统	150
二、ICEM 集成化系统	152
三、pro/Engineer 系统	154
四、美国国家标准局的 AMRF 基地	155
五、美国通用电气公司的 CIMS	157
六、我国 CIMS 实验工程	158

七、成飞公司 CAC—CIMS 系统	161
习题	164
第六章 CAD/CAM 系统的规划与实施	165
§ 6-1 引言	165
§ 6-2 CAD/CAM 系统的规划和实施步骤	166
一、制订规划的原则	166
二、需求分析	167
三、系统规划和实施步骤	170
四、系统规划和实施步骤举例	171
§ 6-3 CAD/CAM 系统的管理体制	176
一、建立管理机构的必要性	179
二、领导机构和管理体制的建立	179
§ 6-4 CAD/CAM 技术人员的培养	180
一、CAD/CAM 系统和应用软件维护人员的培训	181
二、CAD/CAM 技术专业人员的培训	182
习题	184
参考文献	185

第一章 绪 论

§ 1-1 引 言

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 CAD/CAM。CAD/CAM 技术是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。设计人员通过人一机交互操作的方式进行产品设计构思和论证, 产品总体设计, 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以根据 CAD 过程提供的信息和 CAM 系统的功能, 进行零部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。但要指出, CAD/CAM 技术不能代替人们的设计和制造行为, 而只是实现这些行为的先进手段或工具。而人们的设计和制造行为, 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, 并对产品结构、产业结构、管理结构、生产方式以及人才知识结构等产生重大的影响。所以, 它是当前国际上科技领域的前沿课题, 也是世界各国关注的投资强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 技术的鲜明优点已为越来越多的人所公认。1985 年, 美国的一位制造专家 W. H. Slatterback 曾经预言, 从 1985 年至 2000 年的 15 年中, 美国制造业所面临的变化, 将比以前 75 年的变化大得多, 而促使这种巨变的力量就是 CAD/CAM 技术。

当前, 世界上发达国家不仅将 CAD/CAM 技术广泛用于机械、电子、航空宇航、汽车、船舶等一系列产品和工程设计领域, 而且逐步向服装、家具和制鞋等轻工业产业领域发展。以美国为例, 在 1984 年, 整个机械行业中, 应用 CAD/CAM 技术的比重为 50 %。调查资料表明, 美国应用 CAD/CAM 技术的企业, 其产品在市场上的竞争能力大为增强, 且产品的利润比过去增加了 10 % 以上。

在当前经济发展的新形势下, 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、减少开发费用的要求。CAD/CAM 技术在这种形势下大显身手, 发挥着越来越重要的作用。许多制造业中的设计和制造部门采用 CAD/CAM 技术, 已成为本行业的当务之急。即使当前世界经济萧条的情况下, CAD/CAM 产业仍以每年 30 % 以上的速度递增。这一点足以证明 CAD/CAM 技术在各行各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 技术发展概况

本节主要介绍和讨论 CAD/CAM 技术的兴起与发展过程。

一、CAD/CAM 技术的兴起

应用 CAD/CAM 技术进行产品生产时,首先要有一个 CAD/CAM 系统。该系统由必要的硬件(计算机与外部设备)和相应的软件组成。所以,CAD/CAM 技术的兴起、发展及其应用范围的不断扩大与计算机和外部设备的发展密切相关。

20 世纪 40 年代中期第一台计算机的问世及其发展,不断推动着许多学科的发展和新学科的建立。CAD/CAM 技术就是在这个环境下逐渐兴起和发展起来的。到本世纪 50 年代中期,计算机主要用来处理科学计算。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,只是作为字符的显示,不具备人一机交互功能。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 根据数控加工的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,这就开始了由计算机辅助绘图仪替代人工绘图的历史。这不仅仅使古老的绘图科学有了突破性的发展,而且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。

50 年代末期,美国麻省理工学院林肯实验室研制出的空中防御系统(SAGE System),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。这种功能的出现表示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是继计算机问世后的又一科研成果,它们都为 CAD/CAM 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)在他发表的博士论文中提出了 SKETCHPAD 系统。在该系统中采用的计算机为 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,或者当用光笔在屏幕上指定圆心和半径后可画出圆。另外,该系统对符号和图形的存贮采用了分层的数据结构,即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/CAM 技术的基础,十分有用。所以,I. E. 萨瑟兰德的博士论文至今仍被公认为交互图形生成和显示技术的发展奠定了基础。

由于计算机、自动绘图机、光笔、图形显示器等图/数和数/图转换设备的问世和发展,及图形数据处理方法的深入研究,促使 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阶段后,一门新兴的学科——计算机辅助设计技术开始形成。

二、CAD/CAM 技术的发展

由于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。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,并投入相当资金对 CAD/CAM 技术进行研究和开发,研制了一些 CAD/CAM 系统。如 IBM 公司的 SMS SLT/MST 设计自动化系统和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的必不可少的工具;与此同时,英国剑桥大学等也开展了 CAD 方面的研究工作。在此期间,美国的 CDC 公司开发了作为商品销售的 Digigraphic CAD 系统。这一时期的 CAD/CAM 系统的共同缺点是:规模庞大,价格昂贵,所以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/CAM 技术。

从 60 年代末期到 70 年代中期,这一时期可称为 CAD/CAM 技术的成熟阶段。这一时期内,计算机硬件的性能价格比不断提高;图形输入板、大容量的磁盘存储器 and 廉价的存贮管显示器等相继出现;数据库管理系统等软件陆续开发;以小型和超级小型计算机为主机的 CAD/CAM 系统进入市场并形成主流;接着出现了一批专门经营 CAD/CAM 系统硬件和软件的公司,如 Computer Vision、Intergraph、Calma、Applicon 等。这些 CAD/CAM 系统的特点是硬件和软件配套齐全,因此人们称它为“交钥匙”系统(Turnkey System),或称“一揽子”系统。与大型计算机 CAD/CAM 系统相比,其价格相对便宜,使用和维护也相对简单一些,这也是 CAD/CAM 技术得到进一步发展和扩大应用范围的原因之一。在这一时期内,CAD/CAM 技术的应用领域主要集中于航空、电子和机械工业等领域;人们对三维几何造型技术也开始进行研究。

70 年代末以后,32 位工程工作站和微型计算机的出现给 CAD/CAM 技术的发展起了极大的推动作用。工作站是以个人计算环境和分布式网络环境为前提的高性能计算机。32 位工程工作站是属单用户的计算机系统,具有较高的响应速度,因而特别适用于计算机辅助设计系统,而且 32 位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/CAM 技术的发展等逐步投资,逐步发展和扩大 CAD/CAM 系统的功能和规模。

80 年代中期后这种以工程工作站为基础的 CAD/CAM 系统发展很快,其功能达到有的甚至超过小型机 CAD/CAM 系统,Apollo 是当时的典型代表。可以预见,这种系统将成为 90 年代 CAD/CAM 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他专门开发软件的公司研制和销售。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,它们的产品种类很多且各有特色。但从图形处理角度来看,SGI 公司的工作站功能较强。

由于微型计算机的性能和价格比的提高,目前以 PC386、486 为主机的 CAD/CAM 系统不断增加。该系统的特点是:容量小,处理速度慢,但价格十分便宜,应用软件丰富,便于学习和维护,能独立完成一部分 CAD/CAM 的工作。另外,还可以进入网络系统共享资源,并可与工作站合作完成一部分 CAD/CAM 作业。它很适合中、小企业和刚开始应用 CAD/CAM 技术的单位。

我国在 CAD/CAM 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/CAM 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/CAM 系统(主要是 Turnkey System),在此基础上进行开发和应用,取得一定的成果。随着改革开放

和发展商品经济的需要,在 80 年代中后期,我国的 CAD/CAM 技术有了较大的发展,而且 CAD/CAM 技术的优点被越来越多的人所注意。进入 90 年代后,各工业部门普遍提出了开发应用 CAD/CAM 技术的计划,主要表现在以下两个方面:部分单位已较好地应用 CAD/CAM 技术,提高了设计质量,取得了较好的社会和经济效益,CAD/CAM 技术已成为它们进行设计工作不可缺少的条件;一批高等院校和研究院(所)对 CAD/CAM 技术的理论和软件开发进行了大量的研究,并取得了一定成果。

进入 90 年代后,国家科委、各工业部门都十分重视 CAD/CAM 技术的发展,并有计划、有步骤地在全国各地建立起 CAD/CAM 培训基地,对有关人员进行 CAD/CAM 技术方面的培训,以提高他们应用 CAD/CAM 技术的能力。在此同时,有些工业部门还对所属单位提出应用 CAD/CAM 技术的具体要求。预计在 90 年代,我国的 CAD/CAM 技术将有一个较大的发展和提高,有可能形成一个新兴的高科技产业——CAD/CAM 硬件和软件的研究及制造。

§ 1 - 3 CAD/CAM 技术的发展趋势

CAD/CAM 技术从兴起到现在已 30 年了。从技术上讲已经达到实用化阶段。但就应用程度讲,各个地区和国家相差很大。由于计算机的发展,CAD/CAM 硬件已突破投资大的主机型 CAD/CAM 系统;从软件来讲,已从仅有单一功能的 CAD/CAM 系统逐步发展到能实现设计过程多功能的系统。由于工程数据库的发展和应用,现在发展到基于工程数据库管理系统为基础的集成化 CAD/CAM 系统。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,现在 CAD/CAM 技术的主要发展方向正朝着集成化、智能化、可视化和标准化的方向发展。

一、CAD 和 CAM 系统的集成化

CAD/CAM 系统集成化是当前 CAD/CAM 技术发展的趋势,目标是提高产品生产的自动化程度。所谓 CAD/CAM 系统的集成化,一般包含以下 3 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,这就要求一个 CAD 系统(硬件和软件)的功能要齐全,软件集成度要高;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逐步形成一个以工厂生产自动化为目标的 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,实现对产品的设计、控制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,就可成为生产高度自动化的工厂系统。

从图 1 - 1 中可以看出,在 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,以及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