

计算机图形处理技术与CAD/CAM

的兴起及其发展

陈亚年

(精密机械工程系)

摘 要

本文系统地综述了计算机图形处理技术与CAD/CAM的发展状况,从技术和系统的角度阐明了CAD/CAM的基本概念,同时对计算机图形处理技术与CAD/CAM 在各个时期的发展水平和应用状况进行了详尽的介绍,广泛涉及工业、军事、科学、教学、医学、服装业、艺术及人材培养等领域,在大量文献检索和市场情况了解以及技术分析的基础上,预测CAD/CAM的发展的趨勢。

关键词 CAD, CAM, 图形显示系统, 自动绘图, 计算机图形处理技术

一、CAD/CAM概述

CAD从50年代初迄今经30多年的历程,它是随着计算机硬件以及图形显示和自动绘图技术的迅速发展而形成的一门新兴的科学技术。CAD是设计者把计算机的快速性、准确性和设计者本人的设计思维、综合分析能力结合起来去进行设计绘图和工程计算,以达到加快工程(或产品)的设计进程,提高设计质量的一种计算机应用方面的科学技术。从系统的角度看,CAD是CAM的一个组成部分。这种技术使传统的设计方法和技术发生了巨大的变革。实际上给工程领域中设计室内的工作带来了一次革命。若从计算机科学的角度观察CAD,一个设计过程只不过是一个信息管理、信息加工和信息交换的过程。因此,计算机辅助设计过程中的任务,有以下三方面的内容:

- 1. 建立综合数据库,以及存贮和管理某种专业的设计信息;
- 2. 建立多功能的交互式图形程序系统以及进行图形处理和图形信息的交换(输入和输出);
- 3. 建立专业的应用程序库,以及用于完成各种类型的设计计算和数据处理。

所以一个完善的CAD系统应包括数据库、交互式图形程序及应用程序库三大组成部分。同时一个CAD系统也必须是由硬件和软件两大部分组成的。一般的CAD硬件系统的构成如图1所示。硬件系统中计算机的大小、规模,取决于CAD系统的规模,大型CAD系统则要采用

本文1988年9月15日收到。

大型机，如果用微型机为主机，则构成一个微机CAD系统。目前要求功能较强的CAD系统，一般都要采用超级小型机。上述系统中的键盘字符显示器、图形显示器以及打印机是每种CAD系统都需要配置的，微机CAD系统就毋需配置磁带机，其它设备则视系统需要而定。

CAD的软件分为面向用户、面向管理和面向机器的。一般的CAD工作地的基本软件结构如图2所示。

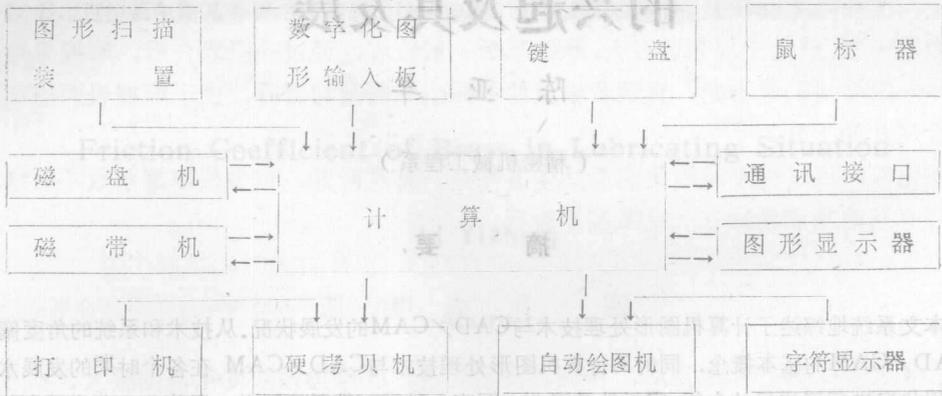


图 1 CAD硬件系统的构成

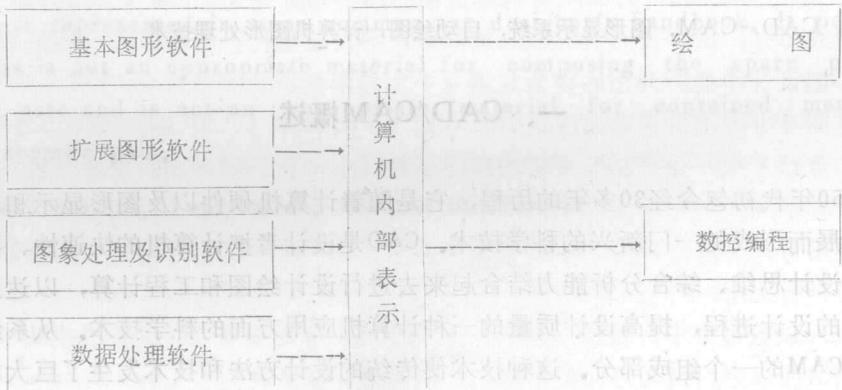


图 2

一般CAD系统软件的层次关系是这样的：以操作系统为核心，用系统所配置的程序设计语言，开发交互式图形程序库以及数据库，组成一个最基本的CAD系统。用户可以在这个层次上开发自己的应用程序，从而建立应用程序库。在这些应用程序中，可能用到一些相同的基本方法。可以把这些方法独立出来，建立一个方法库，以供不同的用户调用这些方法。若干个CAD系统可以联成网络，以便共享资源。

目前常用的CAD系统软件有：

- 用于复杂形状设计的COMVAR系统；
- 用于大型零件设计的CADD系统；

- 用于立方基零件设计的EUCLID系统；
- 用于飞机设计的GEOLAN系统；
- 灵活多用的TURNKEY系统；
- 广泛使用的COMPUTERVISION系统；
- 动感设计的GEONAD系统；
- 立体设计的TIPSI系统；
- 高性能的UNISURF系统；
- 一体化CADAM系统。

另外就是在CAD中建立专家系统的问题。目前虽然在国内外的有关部门和机构还没有建立起真正能够实际应用的专家系统，但它却是个非常值得重视的发展方向。在美、日等发达国家的一些机构和高等院校都正在争相开发建立这方面的系统，并将陆续问世。据美国的COMPUTER WORLD杂志预测，到1990年人工智能和专家系统的市场销售额将达50亿美元。另外CAD的优化问题也是当前国际上一个比较热门的题目。

CAM是指在制造过程中利用计算机控制设备，处理和描述制品的数据，以及控制和处理整个制造系统的物质流。其结构如图3所示。

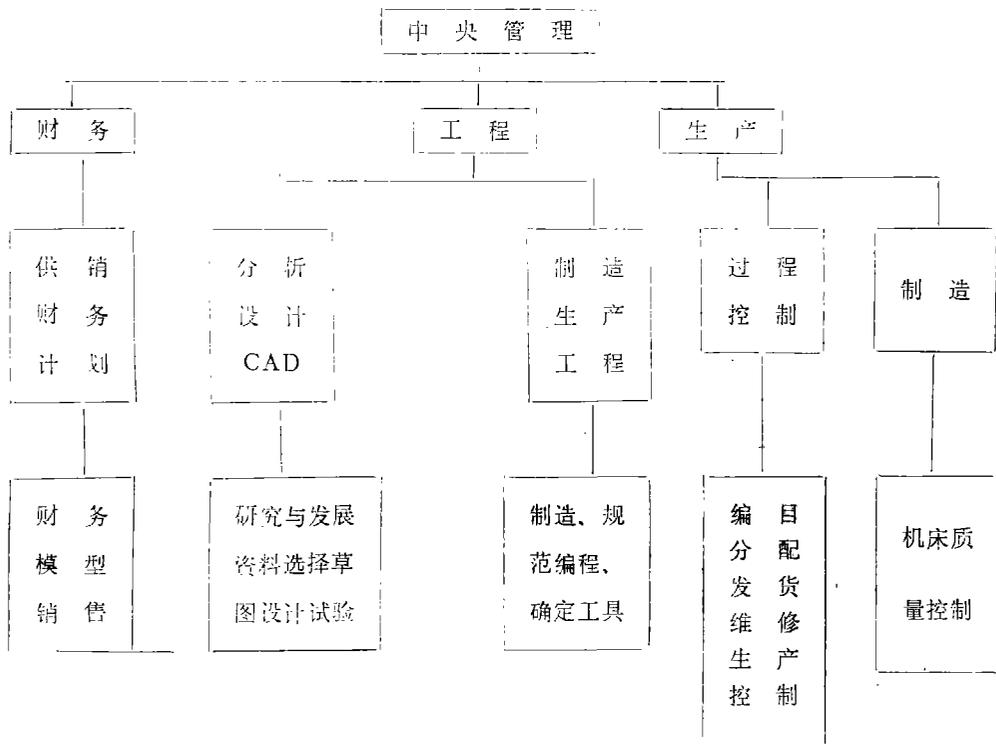


图 3

CAM包括的内容较广，有自动制订加工计划、计算机辅助制订工艺路线、自动确定工艺参数、自动分类及描述零件、自动编程、自动控制及CAM和MIS的结合。一般适应数控加工

的CAM系统如图4所示。

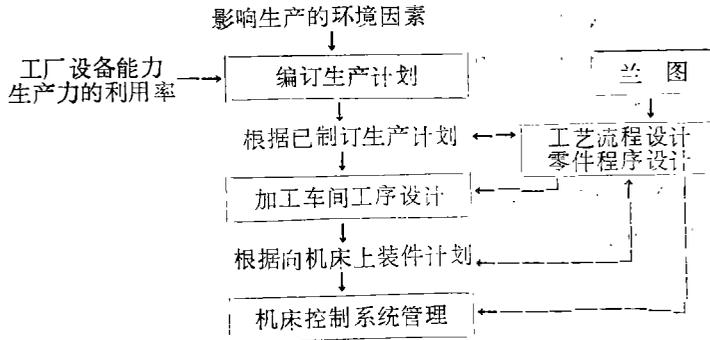


图4

除了加工设备以外，CAM的硬件设备基本上和CAD的设备相同，只是不需太多的交互设备，但必须备有后置处理设备如穿孔机、纸带读入读出装置、编程装置、模拟设备等。

CAM的软件主要有工艺过程自动设计软件、自动编程软件和数控软件系统。目前常用的有：

- IBM公司的AMP (automatic making procedule) 系统；
- 日本的CAR (computer aided routing) 系统；
- 工艺过程自动设计系统AUTOPROS；
- 自动编程系统APT、APT_{ac}、ADAPT、AUTOSPOT、COMPACTII、2CL、EXPT、IFAPT、FAPT、HAPT以及我国的SKC、ZCX系统；
- 数控软件FANAC、TX系统。

另外，还有近几年来在CAD/CAM技术领域里盛开的一朵鲜花，就是价格低廉、易于掌握、使用维修方便、深受中小企业欢迎的微型计算机CAD/CAM系统、其软件系统有ITSYS和MCSYS。

二、CAD/CAM的兴起与图形处理技术

CAD技术是伴随着计算机图形显示技术与计算机自动绘图技术的发展而兴起的。从50年代初期、第一台图形显示器(CRT)作为美国麻省理工学院(MIT)旋风1号(*whirlwind I*)计算机的附件而问世后，CAD技术也就诞生了。50年代末期美国的CALCOMP公司研制推出了滚筒式绘图仪，同时期美国的GERBER公司把数控机床发展成平板绘图仪；60年代初，麻省理工学院林肯实验室的Sutherland博士发表了题为“Sketchpad：一个人机对话的图形显示系统”的论文，当时他就把缩放、旋转、平移、分频等原理提出来了。我们认为他是世界上CAD的创始人之一，他在论文中首次使用了computer graphics这个术语，他证明了计算机图形交互是一个可行的技术和有用的研究领域。从而为CAD的图形显示和自动绘图提供了基本概念和基本理论，为计算机图形处理技术的发展和应开辟了广阔的道路。60年代中期，具有较高分辨率和良好动态性能的随机扫描显示器的出现，虽然当时它需要的刷新存储器相

当昂贵,因而影响了它的普及,但毕竟它为发展交互式图形生成的硬件技术奠定了一个良好的基础。60年代末,存贮管式显示器的出现,使图形显示又增添了新的器件和新的技术。

如果说60年代是CAD技术的图形处理技术系统奠定基础和大发展的时期,那么整个70年代则是其全面发展和开花结果的阶段,主要体现在存贮管式显示器成熟地应用在一些图形的交互处理,而且价格低廉。与此同时,廉价的固体电路随机存贮器提供了较大的刷新缓冲存贮器,广泛地采用了在电视基础上的光栅扫描图形显示器,使计算机图形显示技术和电视技术结合起来,能生成更加形象、逼真的图形,这也是当前光栅扫描显示器受到普遍欢迎和重视并迅速发展的主要原因之一。

新的图形输出设备和技术大显身手之后,使得CAD技术根据飞机、汽车和船舶的外形,处理平滑表面等问题的需要,就从有限元分析这个重点,转移到了以计算机图形处理为重点了。例如1987年洛克希德飞机公司的Chasen在文章中对计算机图形显示用于CAD系统的经济效益作了分析,Eastman介绍了一个可用的CAD数据库,从此,计算机图形显示技术和自动绘图技术结合起来形成了一门新兴的学科——Computer graphics,有些国家把它叫做计算机图形学,有的则称其为计算机图形处理(学),成为CAD技术系统中的一个重要分支。现在随着CAD系统技术的提高和先进设备的出现,计算机图形处理(学)在CAD系统中的地位更加显著和重要了,有人讲过,没有图形处理的CAD系统是不可思议的!也有人把计算机图形学和CAD系统的关系比喻为画法几何学和工程制图的关系。这种比喻虽然有点牵强附会,但毕竟还是说明一点问题。在70年代中后期,由于计算机图形显示和自动绘图在CAD系统领域产生了极大的影响,当时以及后来就有些人误认为设计过程中的图形处理——交互图形处理和自动绘图这段过程,就是CAD。随着图形输出设备的发展,图形输入设备也出现了新的类型,取代了旧的设备。现在普遍使用各种类型的图形输入板代替了定位和拾取用的光笔,另外,还有操纵杆、跟踪球、定位老鼠、指轮等新的定位、拾取装置。在软件方面,近10年来,主要还是以现有的某种高级语言研制开发图形子程序包为核心发展起来的。市场已有多种商品化了的图形软件系统,用户有了这种软件后,便可按高级语言的规定,调用所需的子程序去生成各种图形。随着计算机系统,图形输入输出设备的发展,促使计算机图形软件朝向通用、高级和与设备无关的方向发展。如美国的“核心图形系统”(Core graphics system)和西德的GKS是当前世界上图形软件的标准化典型规范。作为应用软件和图形支持系统之间接口的标准草案,又出现了PHIGS图形标准。这些程序包能实现图形输出设备的各种基本绘图及显示能力,实现交互式的图形设计和处理。

计算机图形处理这门技术的应用,已远远超出了设计部门所规定的,它已广泛地应用于许多科学技术及事务管理等各个领域,同时也使与CAD相继诞生的CAM技术成为现实。例如用计算机图形处理技术进行系统模拟;如飞行模拟可以在地面进行飞行员的飞行训练;利用图形处理技术可以使石油化工、金属冶炼厂和电力网控制人员进行过程控制,以达到有效和准确的控制作用;运用计算机图形系统,生成的运行状态图去准确迅速而有效地调度、调整铁路和空中交通运输;运用在艺术上,产生图案以及绘画等;绘制企业管理方面的图表;绘制勘探、测量图,如地形、地理、矿藏,还有农业上的作物生长分析;服装业的配料、剪裁;医学上的超声波、X光技术结合为准确诊断和治疗提供形象和直观的手段(CT技术)等等方面。总之,作为CAD/CAM技术系统中的主要分支的计算机图形技术,将随着微

型计算机和各种终端的发展、图形软件的不断开发,其应用范围将会更加广泛,其前景是非常可观的。

在CAD/CAM技术的人材培养方面,在发达国家里,很多工科院校早已把计算机图形课和CAD/CAM技术深入到教学计划,如美国,这类课在一至四年级及研究生课程中都有设置,使用的教材参考书有“计算机制图教学基础”、“交互性计算机图形技术原理”、“CAD入门”、“CAD/CAM基础”等。

在我国,CAD/CAM方面的研究工作,60年代末期起步,开始绘图仪的研制。1969年北京周报就介绍过呼和浩特市电子仪器厂研制出我国第一台平板式单笔自动绘图仪;70年代中期上海大华仪表厂开始了图形显示器的研制,到80年代初已取得较好效果,还有一些研究部门和工厂陆续研制出一些图形处理设备,虽然取得一些进展,但在商品化和实用化方面远远落后于许多先进国家。近10年来我国在大量引进国外CAD/CAM技术系统的基础上,开发研制以及应用方面的进程得到迅速加快,有的软件系统已商品化,如1986年我国北京航空研究所研制的图形系统软件已打入国际市场,出口到西欧一些国家。在一些重点高等院校,各专业早已设置有关CAD/CAM方面的课程,积极开展有关CAD/CAM方面的科研工作、招收研究生。在社会上推广CAD/CAM技术,办讲习班,逐年有所增加,国际和国内的学术交流逐年更加频繁。几次国际会议上,我国学者的CAD方面的论文,有些已达到世界先进水平。

目前在我国,主要是CAD/CAM系统硬件研制方面还有相当一段差距,尤其是在交互功能图形设备的研制,需要作很大努力才能达到突破。

三、CAD/CAM技术系统的发展趋势

80年代初,CAD/CAM技术系统已经全面打入国际市场,今后逐渐发展成为设计部门的不可缺少的重要工具,这是不容怀疑的。发达国家正在突飞猛进,不发达国家为了摆脱落后的面貌,已认识到非赶上不可。在世界上CAD/CAM技术将成为一切工业企业部门的最基本的技术组成部分。

随着今后超级微型机的开发与发展,可以预计CAD/CAM技术也将随之转移。例如1986年7月在北京的CAD展览会上展出的Auto-trol,CALMA两种软件,是具有三维曲面、体素合并线架模型、运动机构、动态分析、形象处理等一系列的三维功能。这些过去只能在大型机上才能实现的功能,现在阿波罗DN3000上已实现了。

在美国的许多企业中,微机CAD系统基本上已经以IBM-PC/AT代替了PC/XT,个别企业已开始用RT去代替AT,其趋势将是以RT代替AT。

工作站连网也是CAD系统发展的必然趋势,所谓工作站就是以微型机为基础的一个单元CAD系统,一些工业先进国家已有许多用户选用了工作站系统,例如日本已有一些中、小企业选用了工作站系统。其优点是投资少,特别是集中一次性投资较少,而见效快。工作站不仅提供局部计算能力,而且能与更强大的数据处理设备及中央数据库相连。这就说明连网是必然的趋势。把工作站连成网,并与主计算机的系统相连,有人说今后5—10年由于工作站、连网和数据库技术的提高,将使设计室的工作来一个大的面貌改观。

总之,CAD/CAM的发展趋势有以下几方面的特点:

- 所有的paper数据都成为computer数据。
- 建立起交互网络的数据库系统；
- 人工智能在数据库中的开发应用；
- 宽声域和图形计算的应用；
- 完善的CAPP, APT和后置处理系统；
- 完善的DND、FMC、FMS及UMS的实现。

参 考 文 献

- [1] Gardan, Y. and Lucas, M., *Interactive Graphics in CAD*, Kogan Page, (1984), 25
- [2] Ryan, D.L., *Computer-Aided Graphics and Design*, Marcel Dekker, INC, New York and Basel, (1979), 18.
- [3] [美] Y.C.Pao著, 许耀昌等译, 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)基础, 电子工业出版社, (1986), 15.
- [4] 山口富士夫编著, CAD/CAM入门, 工业调查会, (1982), 3.
- [5] 水下秀範, CAD/CAM, 机械技术, 32, 7(1984), 85.
- [6] 孙家广、许隆文编著, 计算机图形学, 清华大学出版社, (1986), 16.
- [7] 尾崎省太郎, 加藤太雄, FMCにおけるトータルシステム, 精密机械, 49, 8(1983), 996.
- [8] 铃木一荣, CAD/CAMの经济性与市场性, CAD/CAMがイデオロギ, 工业调查会, (1985), 20.
- [9] [美] James DFoley, Andries Van Dam著, 唐泽圣、周嘉玉等译, 交互式计算机图形学基础, 清华大学出版社, (1986), 13.

The Rise and Development of Computer Graphics and CAD/CAM

Chen Yanian

Abstract

This paper is a comprehensive survey of computer graphics and CAD/CAM, With technique and system as red lines, the author gives a detailed survey on the basic concepts, the development in different phases, and the applications in different fields. He also gives a forecast on the trend and prospect based on literature analysis, market analysis and technical analysis.

key words computer aided design, computer aided manufacturing, graphics display system, automatic plotting, computer graphics processing technics.