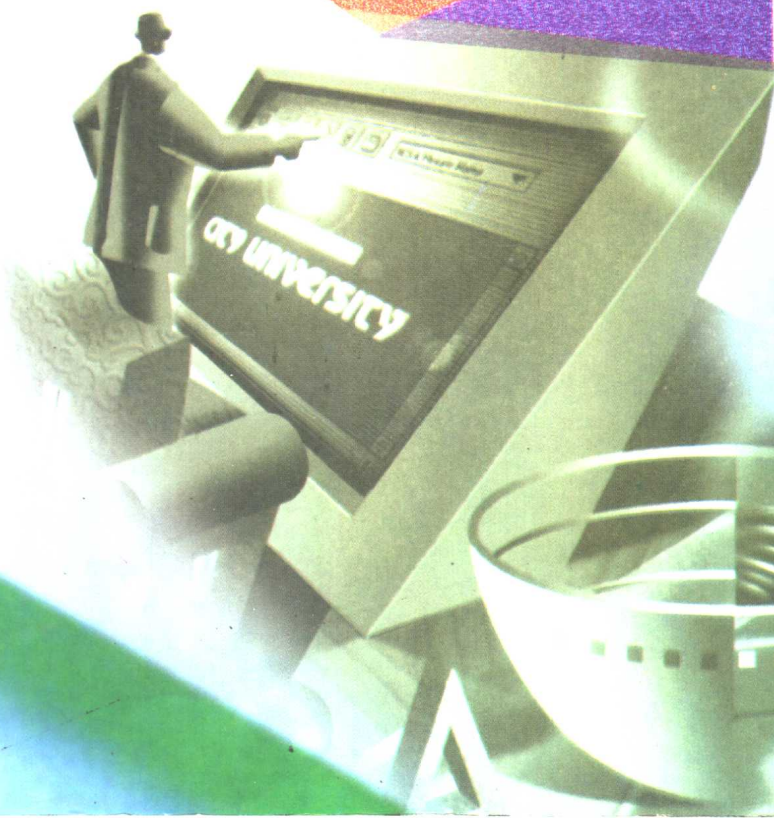


高 / 等 / 学 / 校 / 教 / 材

工程CAD 基础及应用

刘恩福 杨松林 主编



机械工业出版社

高等学校教材

工程 CAD 基础及应用

主 编 刘恩福 杨松林
副主编 崔洪斌 于奕峰
韩鹏彪 贾辉然

机械工业出版社

本书分为基础篇和应用篇。基础篇系统论述了 CAD 技术的通用理论和方法,如 CAD 系统的软硬件、图形处理技术、工程数据处理以及 CAD 中常用的数值方法;应用篇为 CAD 技术在工程设计中的具体应用,如模具 CAD、铸造工艺 CAD、化工 CAD 以及自动控制系统 CAD 等。书中还介绍了当今 CAD 技术的最新发展,如虚拟现实技术、快速原形技术等。图形软件介绍了 AutoCAD R12 For Windows 的使用和绘制工程图的方法,并以实例介绍了 AutoCAD 的二次开发技术。书中提供的源程序均已经过上机调试。

本书可作为工程类各专业的本科生教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程 CAD 基础及应用/刘恩福,杨松林主编. —北京:机械工业出版社,1998. 12

高等学校教材

ISBN 7-111-06773-8

I. 工… II. ①刘… ②杨… III. 计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 29279 号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 贡克勤 版式设计: 张世琴 责任校对: 孙志筠

封面设计: 海之帆 责任印制: 路 琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·17 印张·413 千字

0 001—3500 册

定价: 26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

计算机辅助设计 (CAD) 是指工程技术人员以计算机为工具, 用各自的专业知识, 对产品进行总体设计、绘图、分析和编写技术文件等设计活动的总称。随着计算机技术的迅猛发展, CAD 作为一门新技术已广泛应用于机械、电子、纺织、化工和环境保护等行业, 并已成为提高产品与工程设计水平, 降低消耗, 缩短产品开发周期, 提高劳动生产率和产品质量的重要手段。

本书根据全国高等工业学校各专业教学指导委员会有关“计算机辅助设计”课程教学的基本要求, 结合我们多年的教学经验和已经取得的一些 CAD 方面的科研成果编写而成, 可作为工程类各专业的本科生教材, 也可供工程技术人员参考。

本书分为基础篇和应用篇。基础篇论述了 CAD 技术的通用理论和方法, 如 CAD 系统的软硬件、图形处理技术、工程数据处理以及 CAD 中常用的数值方法; 应用篇为 CAD 技术在工程设计中的具体应用, 如模具 CAD、铸造工艺 CAD、化工 CAD 以及自动控制系统 CAD 技术等。书中内容力求反映当今 CAD 技术的最新动向, 如虚拟现实技术、快速原形技术和特征建模技术; 图形软件介绍 AutoCAD R12 For Windows 的使用和绘制工程图的方法, 并以实例介绍 AutoCAD 的二次开发技术。书中提供的源程序均已经过上机调试。

课程讲授时, 应根据本专业的教学要求和学时安排, 选讲应用篇中的内容。

本书编者: 第 1 章 刘恩福; 第 2 章 郭彦书, 于岩; 第 3 章 杨松林, 陈曹维; 第 4 章 吴书迎; 第 5 章 崔洪斌, 杨松林, 吕希敏; 第 6 章 韩鹏彪; 第 7 章 杨松林, 刘超颖; 第 8 章 刘恩福, 吕希敏; 第 9 章 韩鹏彪, 鲁素玲; 第 10 章 冀俊峰; 第 11 章 于奕峰, 韩同义, 刘宝树; 第 12 章 贾辉然, 张锡爱。

限于编者水平, 本书难免会存在各种缺点和错误, 殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1998 年 7 月于石家庄

目 录

前言

基 础 篇

第1章 计算机辅助设计概述	1	1 概述	54
1 CAD 的出现和发展历程	1	2 基本绘图命令	60
2 CAD 的基本概念和特点	2	3 图形编辑	70
3 CAD 技术的相关学科	4	4 确定绘图范围	81
4 CAD 技术的现状和发展趋势	5	5 显示控制	81
第2章 计算机辅助设计系统		6 目标捕捉	83
硬件及软件	8	7 绘图辅助工具	84
1 CAD 系统的分类与组成	8	8 设置绘图单位	87
2 CAD 系统硬件配置	10	9 图层与线型	88
3 计算机辅助设计软件	15	10 块	91
4 CAD 系统的选型原则	18	11 图案填充	93
第3章 工程数据的计算机处理	19	12 尺寸标注	95
1 概述	19	13 AutoLISP 语言简介	99
2 设计表格的计算机处理	19	14 AutoCAD 软件的二次开发方法及	
3 设计线图的计算机处理	25	应用举例	102
4 文件系统与数据库系统	27	第6章 计算机辅助工程分析与数值	
5 FoxPro 数据库管理系统	30	计算方法	113
6 工程数据库简介	33	1 概述	113
第4章 计算机图形处理技术与几何		2 最优化设计方法	113
造型基础	35	3 有限元方法	124
1 坐标系与基本图素	35	4 计算机模拟	129
2 基本图形生成原理与图形变换	35	第7章 CAD 技术的发展	133
3 图形软件标准	41	1 智能 CAD	133
4 几何造型基础	44	2 虚拟现实	136
第5章 计算机辅助设计图形		3 快速原形	137
软件包 AutoCAD	54		

应 用 篇

第8章 计算机辅助工艺规程设计	139	3 铸造工艺数据库系统	188
1 概述	139	4 铸件凝固过程的数学模拟	191
2 CAPP 系统原理和系统结构	141	第11章 CAD 技术在化工设计中的	
3 派生式 CAPP 系统	142	应用	195
4 创成式 CAPP 系统	150	1 概述	195
5 CAD/CAPP/CAM 集成	159	2 工艺流程图计算机辅助设计	195
第9章 计算机辅助模具设计	162	3 设备布置图计算机辅助设计	210
1 概述	162	4 管道布置图计算机辅助设计	220
2 冲模 CAD/CAM	163	第12章 CAD 技术在自控系统分析及电子	
3 锻模 CAD/CAM	171	电路设计中的应用	231
4 注塑模 CAD/CAM 简介	178	1 MATLAB 语言及应用	231
第10章 铸造工艺计算机辅助		2 大规模可编程逻辑器件的数字	
设计系统	183	逻辑设计及仿真	253
1 概述	183	参考文献	264
2 铸件几何造型系统	187		

基 础 篇

第 1 章 计算机辅助设计概述

1 CAD 的出现和发展历程

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 是从 50 年代开始, 随着计算机技术及其外围设备的发展而形成的一门新技术。如今, CAD 技术已广泛应用于电子、机械、航空、汽车、建筑以及环境工程等领域。了解 CAD 的发展历史, 是为了更好地了解它的现状与发展, 有助于我们今后更有效地应用这门新兴技术。

1.1 CAD 的出现

第二次世界大战以后, 生产机械化、自动化程度日益提高, 但设计工作却一直是手工操作, 效率低、周期长、精度差。因此, 设计工作成为整个生产体系的薄弱环节, 远远不能适应市场急剧变化和工程建设的需要, 迫切要求实现设计自动化。20 世纪 50 年代计算机开始用于设计计算, 1956 年发明了 CRT 显示装置, 1958 年又发明了数控绘图仪, 这就为设计自动化提供了可能。CAD 的研究就是在这个时期为谋求电力变压器等的设计自动化而开展起来的, 1959 年美国麻省理工学院 (MIT) 将 CAD 正式列为研究项目进行研究。

1963 年春, 在美国计算机联合会的年会上, MIT 的研究小组发表了有关 CAD 项目的五篇论文, 给工程界以很大的震动, 其中在 24 岁的研究生 I. E. Sutherland 发表的“SKETCH-PAD——一种人机对话系统”论文中, 介绍了这个系统能在 10~15min 内完成通常需要几周时间才能完成的工作。当时, MIT 研究小组的报告对 CAD 作了这样的设想: 设计者坐在 CRT 控制台前, 通过光笔操作, 进行人机对话, 实现从概念设计到生产设计以至制造的全过程, 这是一种带有人工智能的设想。从此, CAD 开始发展起来, 经过 30 多年计算机硬件和软件技术的发展, CAD 技术已成为一门新的学科, 并成为计算机应用的及其重要的新领域。

1.2 CAD 的发展历程

50 年代初, 随着计算机技术的发展, 出现了图形显示设备和绘图仪, 为计算机系统提供了外围设备, 图形显示和绘图软件也相继研制出来, 从此, 计算机开始应用于产品设计。美国麻省理工学院伺服机构试验室采用 Whirlwind 计算机研制成功第一台自动铣床, 同时研制出数控加工语言 APT 等, 这些都为 CAD 的进一步发展提供了初步条件。

60 年代, 计算机硬件从晶体管计算机发展到集成电路计算机。计算机运行速度和存储容量有了很大的提高。以大型计算机为基础的 CAD 技术, 开始在少数大型企业, 特别是在汽车与飞机制造业中得到发展。美国通用汽车公司为汽车车身和外形设计开发了 DAC-1 (Design Augmented Computer-1) 系统, 这是一个用来分析三维曲面的多终端分时系统。1965 年贝尔电话实验室研制出远地显示系统 Graphicl。该系统用于印制电路元件与接线的布局、电路或框

图的方案设计、文本的组织 and 编辑以及交互式布线。在此期间,有关 CAD 的理论研究有了较大的发展,为以后的 CAD 技术的发展奠定了基础。这一时期,被认为是 CAD 技术的开发应用期。

70 年代,计算机硬件从集成电路发展到大规模集成电路,相继出现了 32 位小型计算机和微型计算机。基于小型机的 CAD 成套系统(Turnkey System)研制成功,它包括图形输入及输出设备和相应的应用软件,软硬件配套使用。在此期间,为 CAD 开发了大量的图形软件包和以有限元为基础的各种强度的运算软件包。专业的 CAD 系统公司和专门开发 CAD 软件的公司相继出现,并有一系列的 CAD 产品投入市场。这一时期,是 CAD 技术的实用化期。

80 年代是 CAD 技术迅速发展的时期,特别是小型计算机及微型计算机的性能不断提高,价格不断下降,计算机外围设备如高分辨率图形显示器、大型数字化仪、自动绘图仪等品种齐全的图形处理装置已逐步形成质量可靠的系列产品,并已成为 CAD 的一般配置,为推动 CAD 技术向更高水平发展提供了必要条件。在此期间,适用于小型机及微机的软件技术业迅速提高,发展了数据库技术,开发出大量图形软件以及与现代设计方法相适应的各种软件(如有限元结构分析软件、优化设计软件等)。大量成熟的商品化软件不断涌现,又促进了 CAD 技术的应用和发展。

2 CAD 的基本概念和特点

2.1 产品设计的过程

在讨论 CAD 概念前,应对产品设计过程有所了解。产品设计过程可概括为以下几个阶段。

2.1.1 提出设计任务

通常,人们是根据市场或社会需求提出任务的。产品设计的目的是将提供的资料(如原材料、能源等)设法转化为具有某种功能的技术装置,以满足社会客观的需求。因此,产品设计任务的提出应以社会需求为前提和目标。

2.1.2 明确设计要求

根据设计任务,通过对现有同类产品资料的检索及调查研究,对所设计产品的功能、生产率、可靠性、使用寿命、生产成本等方面,提出明确而详细的量化指标,形成具体的设计任务书。

2.1.3 方案设计

在满足设计要求的条件下,由设计人员构思多种可行的方案,并用方案图和原理图表达出来。经过对各方案的比较和筛选,从几个可行方案中优选出一个功能满足要求、工作原理可靠、结构设计可行、成本低廉的方案。

2.1.4 技术设计

在既定设计方案的基础上,完成产品的总体设计、部件设计、零件设计。将设计结果以工程图样及计算说明书形式确定下来。

2.1.5 制造加工及试验

经过加工制造、样机试验或生产现场试用,将加工、试验过程中发现的问题反馈给设计人员,作为进一步修改的依据。

上述设计过程如图 1-1 所示。由图中产品设计工作流程可见,产品设计是多次“设计-评

价-再设计(修改)”的反复过程,它是以满足社会客观需求及提高社会生产力为目标的一种创造性劳动。

设计工作是新产品研制的第一道工序,设计工作的质量和水平,直接关系到产品质量、性能、研制周期和技术经济效益。因此,在商品竞争剧烈的市场经济条件下,使设计方法及设计手段科学化、系统化、现代化是十分必要的。应用计算机辅助设计就是实现设计现代化的重要途径之一。

2.2 CAD 的基本概念

计算机辅助设计是指应用计算机系统,协助工程技术人员完成产品设计过程中各阶段的工作。在方案设计及技术设计阶段,CAD 应用尤为广泛。计算机辅助设计系统则是指进行 CAD 作业时,所需的硬件及软件两大部分集合。一个完整 CAD 系统的硬件部分应包括主机、图形输入设备、图形显示器及自动绘图仪。它区别于一般事务处理计算机系统之处,主要在于 CAD 系统具有较强的图形处理能力。

在计算机辅助设计工作中,计算机的任务实质上是进行大量的信息加工、管理和交换。也就是在设计人员初步构思、判断、决策的基础上,由计算机对数据库中大量设计资料进行检索,根据设计要求进行计算、分析及优化,将初步设计结果显示在图形显示器上,以人机交互方式反复加以修改。经设计人员确认之后,在自动绘图机及打印机上输出设计结果。上述 CAD 作业过程如图 1-2 所示。由此可见,CAD 工作内容主要有以下三个方面。

2.2.1 建立产品设计数据库

产品设计数据库是用来存储设计某类产品时所需的各种信息,如有关标准、线图、表格、计算公式等。数据库可供 CAD 作业时检索或调用,也便于数据的管理及数据资源的共享。

2.2.2 建立多功能交互式图形程序库

利用图形程序库可以进行二维及三维图形的信息处理。能在此基础上绘制工程设计图样,建立标准零、部件图形库等图形处理工作。

2.2.3 建立应用程序库

汇集解决某一类工程设计问题的通用及专用设计程序,如通用数学方法计算程序、常规机械设计程序、优化设计程序、有限元方法计算程序等。

在建立了上述产品设计数据库、图形程序库、应用程序库的基础上,就能开展以下 CAD 工作。

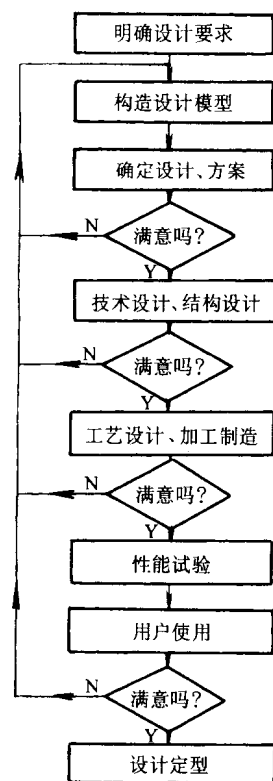


图 1-1 产品设计流程图

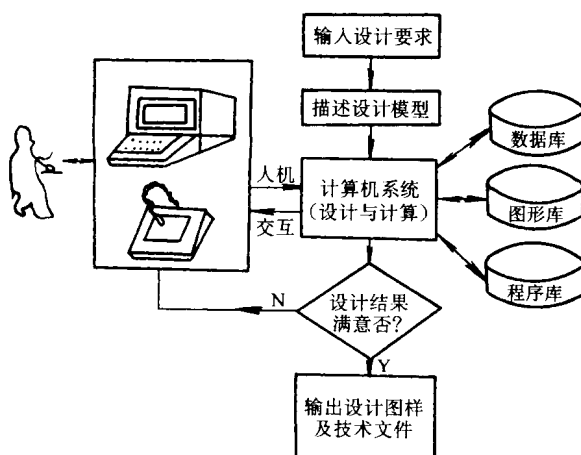


图 1-2 CAD 的工作过程

①向 CAD 系统输入设计要求,以及根据设计要求建立产品模型。包括几何模型和诸如材

料处理、制造精度等非几何模型，并存储于数据库中。

②利用应用程序库中已编制的各种应用程序，进行设计计算及优化设计，确定设计方案及产品零部件的主要参数。

③运用交互式图形程序库，以人机交互作业方式对初步设计的图形进行实时修改，最后由设计人员确认设计结果。

④利用图形处理和动画技术，对产品模型进行图形仿真，为评估设计方案提供逼真和直接的依据。

⑤输出设计结果，其中包括设计计算数据、图样及文档等。

2.3 CAD 的特点

经过多年的实践，证明 CAD 有以下优点：

2.3.1 制图速度快

一个制图人员用 CAD 技术绘图可提高工效 3~5 倍，加速了设计过程，使新产品能早日投入市场。

2.3.2 图样格式统一，质量高

不同技术人员在绘制同类零件时，由于习惯不一，绘出图样的格式不尽相同，给生产加工带来不便。用同一计算机绘图软件绘制的各种同类零件的格式是相同的，解决了这个问题。

2.3.3 修改设计快

当零件的图样存入计算机后，若需要对其作局部修改，以成为另一张新的零件图时，CAD 系统能非常方便、极快地完成此项工作。

2.3.4 设计计算快

若把零件的设计计算公式和表格编成程序存入计算机，使用时只要给出原始数据或边界条件，计算机就会很快地告诉用户最佳的计算结果。

2.3.5 设计时可预计产品的性能

在设计机器或零件时，有时要求对它们进行力学分析与仿真，这种工作靠人力完成非常困难，但用计算机来做却很方便。这样，普通的技术人员也能采用复杂的计算方法（如：有限元法和优化方法等）来改善产品的设计质量，提高它的性能，降低成本，从而做到在设计阶段就可以预估产品的性能。

3 CAD 技术的相关学科

3.1 计算机图学

计算机图学 CG (Computer Graphics) 是利用计算机进行图形处理而独立发展起来的并与 CAD 密切相关的学科。前述的 SKETCHPAD 系统与其说是 CAD 系统，还不如说成是 CG 系统更为合适。

计算机图学除图形处理外，还包括图像处理技术和动画制作等内容。其中与 CAD 密切相关的部分主要有三个方面：①交互式图形处理技术；②图形数据库；③三维图形处理技术。

3.2 设计方法学

计算机辅助设计的一个前提条件是设计过程的算法化、格式化。设计过程是一个复杂的过程，包括从方案的制定到工程图样的绘制等一系列的任务。应该说，仅仅利用计算机辅助绘图和计算，还不能称作为 CAD 技术。为了使计算机代替人类完成更多的设计活动，必须研

究设计过程的规律及设计过程中人脑的思维活动,以实现设计过程的自动化。目前关于设计方法学的研究有很多学派,例如从拓扑学的观点或集论的观点进行研究等。

3.3 有限元法

有限元法 FEM (Finite Element Method) 最初只应用于航空工程中,随着计算机技术的发展,目前已广泛用于汽车、建筑和机械制造等各类行业中,用来进行应力及变形分析,传热及温度场分析,以及压力分布和流量分析等。由于有限元法本身需要进行大量计算和网格划分,因此要求大容量计算机和较长的计算时间。目前已研究开发出了网格自动生成器,使有限元问题的处理大为简化。

3.4 计算机网络

计算机网络属于多机系统范畴,是计算机和通信这两大现代技术相结合的产物。它代表着当代计算机体系结构发展的一个重要方向。在网络发展史上最早出现的是分布在很大地理范围内的远程网络 WAN (Wide Area Network), 70 年代中期,由于微型计算机的发展以及对计算机间进行短距离、高速通信的要求,局域网 LAN (Local Area Network) 应运而生,它与远程网不同,通常被限制在有限的距离范围内,例如限于一幢大楼或建筑群内,通信的距离只有几千米,且数据传输速率也较高。

随着网络技术和通信技术的发展,计算机网络将能实现多台用户计算机连接,从而更好地实现数据通信、资源共享和分布数据处理等。

4 CAD 技术的现状和发展趋势

4.1 CAD 技术的现状

目前,CAD 技术在一些先进的工业国家中已经得到了广泛的应用,在日本有 80% 以上的公司已不同程度地应用了 CAD 技术。在美国,CAD/CAM (CAM, 计算机辅助制造,即 Computer Aided Manufacturing) 公司已超过 300 家,CAD 的应用领域已从早期的计算机辅助设计、印制电路板设计,逐步扩展到超大规模集成电路设计,服装与花样设计、管道布局设计等方面,从大规模生产企业,发展到广泛应用于中、小型民用工业。

在工业发达国家中,不仅 CAD 的普及率高,而且重视 CAD 基础软件的商品化工作,如在图形系统方面,美国 Autodesk 公司推出的 AutoCAD 图形软件包,已由 1.6 版发展到 14.0 版本,已成为微机绘图的主要基础软件。此外,如 SDRC 公司的 I-DEAS、EDS 公司的 Uni-graphics、IBM 公司的 CADAM 以及 PTC 公司的 Pro-Engineering 等都是在工程工作站上应用的具有很强绘图功能的图形基础软件。除此之外,在有限元分析、优化设计、数据库管理系统等方面,近年来,也相继推出了许多很实用的商品化软件。由于这些商品化软件大量投入市场,极大地促进了 CAD 技术在企业中的应用。

我国 CAD 技术起步于 60 年代末,可以说与工业发达国家基本同步。“六五”和“七五”期间,我国在 CAD 技术的各个方面,开展了许多研究、开发和推广应用工作,所取得的成果,为生产力的发展注入了技术进步的因素,起到了可喜的促进作用。“八五”期间,根据抓应用、促发展的方针,又重点抓了 CAD 技术的推广应用工作。根据 1992 年抽样调查的结果知,机械电子行业已有 CAD 系统 16076 套,航空工业系统约有 90% 以上配备了不同档次的计算机,工程设计院 90% 以上的工作量、50% 左右的方案设计、30% 左右的绘图工作量通过 CAD 完成。近几年来,在国产化 CAD 软件的开发方面也取得了新的发展,这对进一步促进 CAD 技

术在我国企业中的应用起到了很大的作用。

尽管我国在 CAD 技术的研究、开发和在企业推广应用等方面,取得了很大的成绩,但与工业发达国家相比,在应用或开发的广度和深度上,还存在着很大的差距,主要表现在:①我国自主知识产权的软件,其商品化程度低、可靠性较差、功能单一、集成化程度低,难以进入市场;②国内 CAD 技术的推广应用还很不普遍。据统计,在制造业领域,真正用 CAD 技术进行产品设计的,其覆盖率还不足 5%;③虽然引进了许多 CAD 软件,但其功能都没有充分利用。而且 CAD 软件的引用和应用,行业之间,地区之间的发展也很不平衡。因此,进一步开展 CAD 技术的研究、开发和在企业中推广应用,仍是我国从事 CAD 技术工作的人员的一项繁重而又十分迫切的任务。

4.2 CAD 技术的发展趋势

根据当今计算机硬件及软件的发展状况。预计 CAD 技术今后将在以下几方面进行重点研究,并将取得进展。

4.2.1 CAD 技术的智能化

用于设计的 CAD 系统近十多年有了迅速的发展,很多著名 CAD 系统软件,在产品设计、分析、计算与绘图等方面发挥了重要的作用。但设计工作并不仅限于此,在设计过程中,尤其是方案设计阶段,还必须根据专家丰富的经验与知识,作出合理的判断与决策,才能获得优良的设计结果。

将领域专家的知识与经验,运用人工智能技术,归纳成一些规则,形成知识库。再利用推理机制,进行推理及判断,最终应用计算机处理后,获得具有专家水平的设计结果。这种将人工智能技术与 CAD 技术相结合,使 CAD 系统智能化的计算机程序,又称为专家系统。90 年代初,应用于工程设计的专家系统已取得令人瞩目的成绩,充分展示了它所具有的应用潜力和广阔的应用前景。

4.2.2 实体造型与仿真

三维几何造型是近年来为适应 CAD 发展而不断完善的一种绘制三维形体的软件系统。表达一个三维形体的建模方法基本上有三种:线框建模、表面建模、实体造型。前两种建模方法的缺点是不能唯一地表达空间三维物体,而且无法对物体进行剖切,以表达物体的内部结构。因而近年来又发展了实体造型(Solid Modeling)。实体造型是用基本体素组合,并通过集合运算和变形操作来建立三维形体的建模方法。它不仅可静态造型,还可进行动态造型:不仅能准确地表达三维物体的形状,还可通过彩色、光照、浓淡处理来增强显示物体的真实感;不仅能对所建立的模型提供几何信息,还能提供物体的体积、质量、加工要求等非几何信息。目前市场上已推出有实体造型功能的商品化软件。专家们预测,90 年代,实体建模将会有很大发展,并达到实用化水平。

计算机仿真就是在计算机上建立一个工程设计的实际系统(如机构、机器、机械手、机器人等)的计算机模型,并通过运行仿真软件代替实际系统的运行,以便对设计结果进行试验和考核。仿真的内容十分广泛,设计阶段的仿真有应力分析、振动分析、机构动态分析等。制造阶段的仿真有数控仿真、机器人仿真、搬运仿真、测试仿真、加工刀具轨迹仿真等。仿真与三维实体造型关系十分密切,它的发展将依赖于实体造型与计算机图形学的发展。

4.2.3 CAD 系统的集成化

CAD 系统的集成化是当前 CAD 技术发展的另一个重要方面。集成化形式之一,是将

CAD 与 CAM 集成为一个 CAD/CAM 系统。在这样的系统中，设计师可利用计算机，经过运动分析、动力分析、应力分析、确定零、部件的合理结构形状，自动生成工程图样文件，存放在数据库中。再由 CAD/CAM 系统，对数据库中的图形数据文件，转换后记录在磁带上，直接用它控制计算机数控机床（CNC）去加工制造，形成所谓的“无图样生产”。CAD/CAM 的优点是技术先进、降低了成本、提高了产品竞争力。目前在印制电路板和集成电路设计制造中已取得明显的经济效益。

随着 CAD 技术的发展和日趋完善，以及 CAD 系统的普及和应用，可以预料，计算机辅助设计系统必将成为设计工作中不可缺少的手段，计算机辅助设计方法也将成为从事设计工作的工程技术人员必须掌握的基本技能。对一位跨世纪的工程技术人员来说，尽早掌握 CAD 技术是十分必要的。

第2章 计算机辅助设计系统硬件及软件

1 CAD 系统的分类与组成

随着微电子技术的迅速发展,计算机以飞快的速度小型化。近年来已推出第四代 32 位超级微机,其性能已接近 70 年代大中型机水平。以 32 位微机为主机构成的 CAD 工作站正越来越受到人们的重视。通常,用户将可进行 CAD 作业的独立硬件环境称作 CAD 工作站。它除了有主机外,还配备图形显示器、数字化仪、自动绘图机、打印机等交互式输入输出设备。

计算机技术及通信技术的发展,为构成多种型式的 CAD 系统创造了条件。目前国内外为了适应各个层次和不同规模 CAD 作业的要求,组成了型式众多各具特色的 CAD 系统。按照 CAD 系统和采用的计算机形式、外围设备,以及它们之间的联系方式,CAD 系统大致可分成以下几种类型。

1.1 集中式大(中)型机 CAD 系统

这类系统是以一台大(中)型机为中心,用分时操作系统集中支持十几个,甚至几十个 CAD 终端运行。图 2-1 所示为一个典型的以 IBM4381 为主机的集中式大型机 CAD 系统配置情况。集中式 CAD 系统主要优点是:具有高速、大容量的内存和外存,可配置高精度、高速度、大幅面的图形输入和输出设备;它是一个多用户的系统,共用一个集中的大型数据库,全部由一个数据库系统统一管理;可运行规模较大的应用软件,有功能强的图形支撑软件,可以将设计、分析、计算、图形处理等工作结合起来,进行复杂的 CAD 工作。它的主要缺点是:一旦主机出现故障,将影响所有用户;随着同时使用终端的增加,或计算工作量加大时,系统响应将变得很慢。这种情况在曲面模型处理、消除隐藏线、大型有限元分析时尤为显著;原始投资较大。因而,这类 CAD 系统适用于大型厂矿企业。

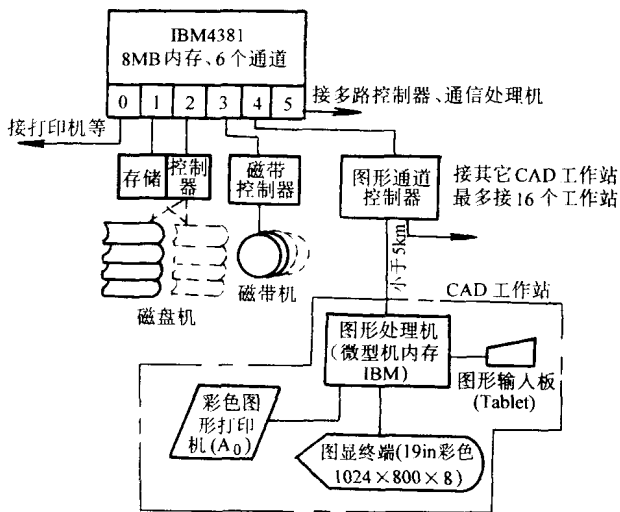


图 2-1 集中式大型机 CAD 系统

1.2 独立型成套 CAD 系统

这类系统是从从事 CAD/CAM 技术开发的公司专门为用户配置的计算机软硬件配套系统。系统配有专用应用软件及硬件(如高性能图形处理机),两者紧密结合配套使用。这类 CAD 系统工作的针对性很强。其配置如图 2-2 所示。它所采用主机一般为小型机,CAD 作业的水平主要取决于所配置的软件功能。这类 CAD 系统适于中等规模工厂企业的应用要求。缺点是这类系统针对性太强,用户在此基础上难于进一步开发,应用范围受到限制。

1.3 CAD 工作站系统

随着 CAD 在工业、军事、建筑等领域的应用,原有大型计算机和小型计算机由于系统庞大已不能适应 CAD 的要求,于是人们专门为 CAD 研制了专用计算机,这就是早期的工作站,目前工作站通常为单用户。相对于微机,工作站有着更鲜明的特点,主要表现在:①先进的操作系统,如 UNIX 操作系统,它具有可移植、可伸缩、可链接,兼容性

好,有优越的多用户、多任务功能;②极高的运算速度,主频通常在 200MHz 以上,有时其运算峰值可达更高的水平;③巨大的内存,内存有时可达 100~300MB,为三维图形显示及其有限元分析计算提供了物质基础;④强有力的联网能力,通过联网能够很方便地提供分布处理环境,进行网络计算,充分利用其它工作站资源;⑤强大的图形功能,高档图形系统一般具有 24 个或更多的彩色位面,并提供 Z 缓冲。典型的 CAD 工作站系统如图 2-3 所示。

工作站最初只有工程工作站和图形工作站两种,主要用于产品设计和制造,可以明显地提高产品设计的质量,缩短设计周期,节省原材料和加工时间,并可以给出详细的工艺要求,从而可以及时地设计出适销对路的产品。特别对于那些小批量多品种的产品,工作站更能大显身手,在激烈的竞争中取胜。工作站对于许多企业来说,是技术改造的一个重要手段,对产品设计、质量、成本、时间、管理、市场有着十分重要的意义。当前工作在科学计算、图形图像处理、网络工程、软件工程、CAD/CAM、事物处理、信息管理等各个领域大显身手,形成了与微机平分秋色的局面。目前在我国市场上的国外工作站产品有 HP、SGI、SUN、IBM、DEC 等型号,国内常见的品牌有华胜、大同等工作站。

1.4 微机 CAD 系统

常用 32 位超级微型机作主机,配置有高分辨率图形显示系统、数字化仪、大幅面自动绘图机、1GB~2GB 硬磁盘等 CAD 必备的硬件,保证 CAD 作业的顺利进行。在微机 CAD 系统上有丰富的商品化支撑软件及应用软件,不少过去只能在大中型机上运行的著名支撑软件如 CADAM、CADKEY 等,目前均已移植到超级微型机上,支持微机 CAD 工作。使微机系统不仅具有较强的分析计算能力,还能满足处理三维图形的要求。

微机 CAD 系统类型很多。国外著名的 32 位微机有 Intel、HP、IBMPentium 等公司的系列微机,其性能优越。目前,微机 CAD 系统的发展已经呈现出非常迅速的趋势,大有与工作站相媲美的趋势,二者的差异正在日益缩小,甚至已经没有什么区别了。这些微机及工作站

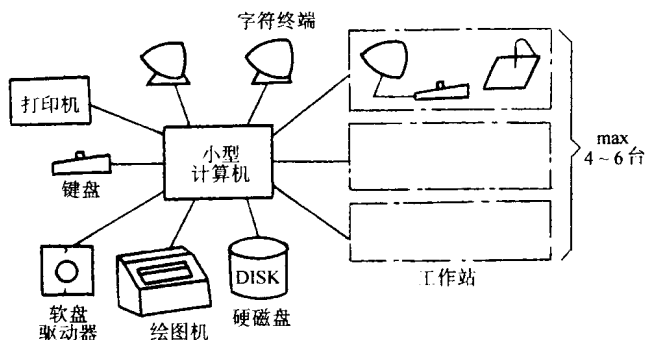


图 2-2 独立型成套 CAD 系统配制

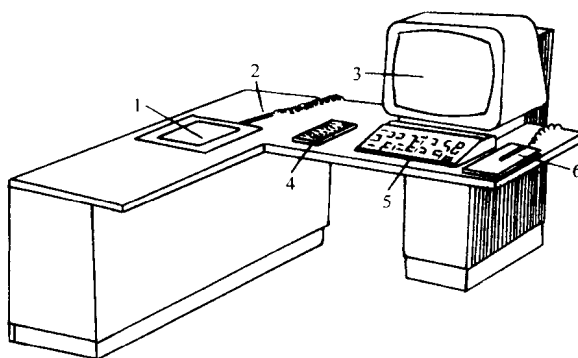


图 2-3 工作站的典型配置

1—图形输入板 2—触笔 3—屏幕

4—功能键 5—字符键 6—光笔式鼠标器

其中大多已引进国内并投入运行。国内较著名的是长城系列、联想系列微机，以长城联想系列微机为主机，配置各种图形输入输出设备。配上国内自行研制的 GHCAD、PICAD 等交互式图形支撑软件，具有二维及三维图形处理功能。此外，还提供适应国情的电子、机械、建筑等 CAD 应用软件。典型的微机 CAD 系统如图 2-4 所示。微机 CAD 系统的优点是：原始投资少，见效快；支撑软件及应用软件十分丰富；具有良好的可扩充性。这类系统受到中小企业普遍欢迎，预计它将成为 90 年代国内中小企业开展 CAD 工作的主要型式。

1.5 网络型工作站分布式 CAD 系统

微机 CAD 工作站虽能独立进行 CAD 工作，但毕竟由于其硬件资源有限而受到限制。为了增强微机 CAD 工作站的功能，并使分散于同一工厂企业不同部门的微机工作站能共享软硬件资源，就要求在微机工作站的基础上，发展一种新的 CAD 系统型式。这种迫切的社会需求，促使网络型工作站 CAD 系统在近几年得到迅速地发展。

网络型工作站 CAD 系统应用计算机技术和通信技术，将分布于各处

和多台各类计算机以网络型式联接起来。目前应用较多的是近距离的联网型式，距离一般在 2km 以内。如在一座大楼、整个工厂、一所学校范围联网。常用同轴电缆作为传输媒体可以在各个连接点之间传输数据、图像、声音。这种在小范围内松散联接的联网型式，称为“局域网”（Local Area Network）。它按联网方式又分为通道式、星式、环式等分布型式。

当前，国外微机局域网产品种类很多，著名的有 NOVELL NETWARE、10BASET 等。NOVELL 网的基本组成由以下五部分组成：网卡与媒体、网络工作站、网络服务器、网间连接器、网络系统软件。

网络型分布式 CAD 系统的主要优点有：①每个工作站有其自己独立的系统，在独立工作时其工作性能不受其它工作站负荷的影响；②容易扩展，增加工作站到网络上去，实际上只是个简单的插件操作。可逐步将网络扩展到整个工厂、企业；③在网络上增添新的硬件，如新型自动绘图机、大容量硬磁盘、激光打印机等设备，网络上各工作站均可共享；④引进的商品化软件也可共享避免重复引进；⑤网络上各工作站之间，可以传递数据与文件信息，使用公共数据库、图形库；⑥用少量资金联网后，可使用户获得具有相当于大中型机的数据处理能力，投资风险小，效益大。

近年来，由于大规模集成电路技术的迅速发展，各种微机局域网大量涌现，使计算机网络工程已逐步成为一种系列产品。用户只需根据现有条件及工作要求选择合适的局域网产品即可，十分便利。

2 CAD 系统硬件配置

CAD 系统的硬件配置与通用计算机系统有所不同，其主要差异在于 CAD 系统硬件配置

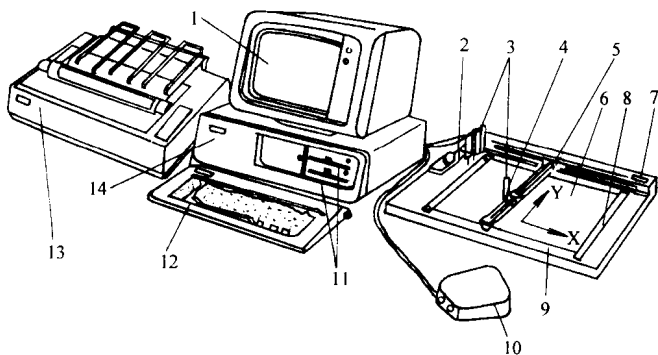


图 2-4 微机 CAD 系统

- 1—显示终端 2—笔座 3—画笔 4—笔架 5—横梁
6—图纸 7—电源开关 8—压条 9—绘图仪 10—鼠标
11—磁盘驱动器 12—键盘 13—打印机 14—主机（微型机）

中,应具有较强的交互设备及图形输入、输出装置,即 CAD 系统有专门的输入及输出设备来处理图形的显示和输出,为产品的 CAD 过程提供一个良好的硬件环境。下面扼要介绍 CAD 系统的主要硬件设备,如图 2-5 所示。

2.1 主机部分

主机由中央处理机(简称 CPU)及内存储器(简称内存)两部分组成。

中央处理机包括运算器和控制器两部分。运算器负责执行指令所规定的算术和逻辑运算。控制器负责解释指令等操作,并控制指令的执行顺序及访问(查找)存储器等操作。内存储器可存放指令和数据。主机是整个 CAD 系统的核心,衡量主机指标主要有三项:

1. 运算速度 以中央处理机每秒可执行指令数目或可进行的浮点运算次数表示。常以 MIPS 为单位,即每秒可执行一百万条指令。或以取决芯片类型的时钟频率表示运算速度,时钟频率越高速度越快,如 80486 芯片为 60MHz 左右,80586 芯片为 80~233MHz。

2. 字长 中央处理机在一个指令周期内能从内存提取并进行处理的数据位数称为字长。字长越多,计算速度越快,计算精度也越高。字长取决于微处理器芯片类型,如 80286 为 16 位,80386 为 32 位。目前一般微机为 16 位,超级微机为 32 位,大型机则以 64 位机为主。

3. 内存容量 内存单位为单字节(Byte),或千字节(KB)、兆字节(MB)。内存容量越大,主机能容纳和处理的信息量也越大。一般微机内存容量为 4~8MB,超级微机为 16~32MB,大型机可达 64~128MB,甚至更高。CAD 系统选用哪种机型,要视所设计产品的生产规模、复杂程度、设计工作量大小等情况而定。微型机由于体积小、价格便宜、性能可靠,可用于开发中、小型 CAD 项目,已成为当前国内中、小企业采用的主要机型。

2.2 外存储器(简称外存)

计算机中的内存可以直接和运算器、控制器交换信息,存取速度很快。但是 CAD 作业中包含了科学计算及绘制图形,信息量很大,要求有较大的内存。若为此而扩大内存,势必造成计算机系统价格过高。因此目前计算机系统均以外存作为内存的后援。将暂时不用的部分程序及数据“赶到”外存中,待需用时再调入内存。这样就能实现以较小的内存,完成信息量较大的题目。不过,由于程序及数据在内、外存之间交换,会影响 CAD 系统的工作速度和效率。因此人们又研究了如何合理地进行内、外存信息交换的方法,以期对此缺陷有所弥补。经过计算机工作者长期的努力,目前已有不少成熟的调度算法可供使用。

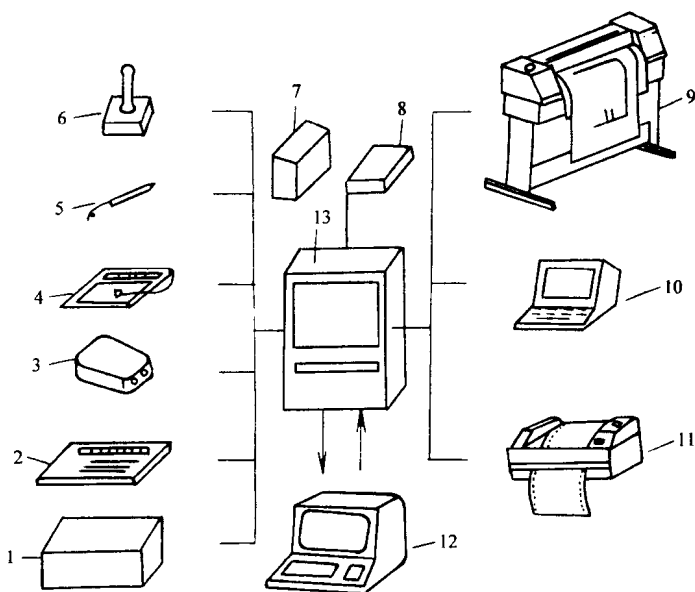


图 2-5 CAD 系统硬件组成

1—扫描仪 2—键盘 3—鼠标 4—数字化仪 5—光笔
6—操纵杆 7—硬盘机 8—磁带机 9—绘图机
10—图形终端 11—打印机 12—字符终端 13—主机