

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材

# 工程 CAD

李启炎 主编



机械工业出版社

79054

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材

# 工 程 C A D

李启炎 主编



机 械 工 业 出 版 社

(京)新登字 054 号

## 内 容 简 介

本书是计算机辅助设计 (CAD) 应用工程系列培训教材之一。本书简明扼要、通俗易懂地介绍了各种工程 CAD 软件的功能、基本操作和设计思想。主要内容包括 CAD 技术基础、建筑 CAD、结构 CAD、道路 CAD、桥梁 CAD、城市规划地理信息系统 (GIS) 以及地基基础 CAD 等。

本书可供广大工程技术人员及工程技术部门的领导和管理人员参考, 可作为工程 CAD 技术培训教材, 亦可作为大专院校工程专业的 CAD 课程参考资料。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

工程 CAD/李启炎主编. -北京:机械工业出版社, 1996  
计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材  
ISBN 7-111-04922-5

I. 工… II. 李… III. 工程计算机辅助设计-应用程序  
包 N. ①YB21②TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 16159 号

出 版 人 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)  
责任编辑: 韩中光 李尔斌 版式设计: 李松山 责任校对: 李尔斌  
封面设计: 林 波 责任印制: 金嘉楠  
北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
1995 年 12 月第 1 版·1995 年 12 月第 1 次印刷  
787mm×1092mm<sup>1/16</sup>·13.5 印张·3.31 千字·216 页  
0 001—5000 册  
定价: 16.00 元

## 编 审 委 员 会

主任委员：石定环

副主任委员：路继广 石教英 唐泽圣 陈贤杰 周全胜

韩中光

委 员：王豪才 冯辛安 刘永贤 孙林夫 陆皓

周济 周嘉玉 赵汝嘉 胡树根 贾昌传

黄陆光 葛巧琴 蔡青

## 序 言

计算机辅助设计 (CAD) 是随着计算机、外围设备及其软件的发展而形成的一门新技术。经过最近 20 多年的发展, CAD 技术在国外工业发达国家已被广泛应用于机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、轻工、纺织、建筑及工程建设等各个领域, 成为提高产品与工程设计水平、降低消耗、缩短产品开发与工程建设周期、大幅度提高劳动生产率和产品质量的重要手段; 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。

自 80 年代开始, CAD 技术应用工作在我国逐步得到了开展, 经过“七五”的努力, 取得了明显的效益。采用 CAD 技术以后, 工程设计行业提高工效 3~10 倍, 航空、航天部门的科研试制周期缩短了 1~3 年; 机械行业的科研和产品设计周期缩短了 1/3~1/2, 提高工效 5 倍以上。特别是近两年以来, 我国在 CAD 技术的开发和应用方面, 取得了较大的进展。但是, 从总体水平上来看, 我国的 CAD 技术开发和应用水平与国外工业发达国家相比, 存在着较大的差距。各地、各行业的 CAD 技术应用, 发展很不平衡, 特别是在 CAD 技术应用的广度和深度上, 以及在 CAD 技术对促进生产力发展的重要作用的认识上, 都存在着亟待解决的问题。

1991 年, 国家科委、原国务院电子办、国家技术监督局、原机电部、建设部、原航空航天部、国家教委、中国科学院等八个部委联合向国务院提交了《关于大力协同开展我国“计算机辅助设计 (CAD) 应用工程”的报告》。经国务院有关领导批示, 国务院于 1992 年以国办通〔1992〕13 号文批复了该报告, 同意由国家科委牵头, 原国务院电子办、国家技术监督局协助, 会同国家计委、国家教委、国防科工委、原国务院生产办、建设部、原机电部、原航空航天部、中国科学院等部门联合组成 CAD 应用工程协调指导小组, 协调指导开展这项工作。CAD 应用工程的总体目标是, 到 2000 年, 我国 CAD 科研开发及应用水平达到国外中等发达国家 90 年代中后期水平。

众所周知, 人才培养是开展 CAD 应用工程的重要环节之一。只有

广大工程技术人员掌握了CAD技术,才有可能使之转化为生产力,促进CAD应用工程向纵深发展。80年代初期,美国从事CAD/CAM的技术人员已达30万人,日本有20万人。据有关部门的调查分析,到2000年,我国必须分别培养出10万CAD技术研究开发人才、50万操作应用人才和250万普及型人才,才能满足CAD技术开发与应用的需求。因此,CAD应用工程协调指导小组把CAD技术人才培训工作放在CAD应用工程“先行一步”的战略位置来抓;并把建立全国CAD应用培训网络、开展CAD技术培训工作纳入了国家“八五”科技攻关项目,有组织、有计划、有步骤地开展CAD技术培训工作,满足CAD应用工程的需要。到目前为止,已分别建立了北京、上海(工程设计)、杭州、南京、东北(沈阳、大连)、武汉、西安、成都、华南(广州、深圳)九个培训中心,并以此辐射建立了80多个二级培训基地和三级培训点,全国CAD应用工程培训网络初具规模;在组建培训网络的同时,已组织举办了400期CAD技术培训班,培训了在职职工约1万多名。

通过几年来的CAD培训工作的实践,大家感到,有一套适合工程技术人员CAD应用培训的统一教材,是全面、深入开展CAD培训工作,提高培训质量的关键。因此,经1993年的全国CAD应用工程第一次培训工作会议讨论,决定委托机械部科技信息研究院机电产品设计信息中心统一组织有关专家、教授编写一套CAD培训教材,即《计算机辅助设计(CAD)应用工程统一培训教材》,并由机械工业出版社公开出版、发行。

从广义上说,CAD涉及的技术内容非常广泛。但是,CAD技术应用培训应以普及、学以致用为原则。因此,本套教材以广大工程技术人员为对象,以深入浅出、理论联系生产实际为编写原则。参加本套教材编写工作的近50多名作者,大都是在CAD技术推广、应用中具有丰富的教学经验和实践经验的专家、学者。

全套教材共分八个分册。通过《CAD基础及应用》、《计算机绘图》、《工程数据库技术》、《计算机辅助工艺设计(CAPP)》、《CAD/CAM技术概论》等五个分册,力图让广大读者比较全面、系统地学习、掌握CAD的基本知识和应用方法;通过《机械CAD》、《电子设计自动化技术》、《工程CAD》三个分册,力图让机械、电子、工程设计与

建设行业的读者进一步掌握 CAD 的应用技术。希望广大读者在实践中了解和学习本套教材；更希望 CAD 技术能在我国各行业的实际应用中发挥应有的作用！

国家科委工业科技司 国家教委科技司

《计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材》编委会

1994 年 8 月

## 前 言

工程 CAD 是指利用计算机辅助工程设计的技术。在计算机辅助设计技术的应用领域中,工程 CAD 占有相当大的比例,而且是发展最快的领域。我国这几年来在工程 CAD 技术应用方面给予了很大的关注。建设部对各工程设计单位提出了明确的等级指标。无论从人员、设备以及应用上都有了明确的要求。近几年由于我国正处于改革开放的飞速发展阶段,各项建设任务相当繁忙。设计单位和工程师们迫切希望使用 CAD 技术,以提高工程设计的质量和设计速度。特别是首先使设计人员从大量重复、繁杂的绘图工作中解脱出来,有精力去提高设计方案的质量。又因为改革开放的需要,大量新型的、结构复杂的、造型别致的、要求较高的工程上马,更需要计算机辅助设计技术推广应用。

近一阶段国家投入了大量人力、物力从事工程 CAD 应用软件与支撑软件的开发,已经出现了一批适合我国国情的工程 CAD 应用软件。由于这些软件是由我国从事工程设计的人员、计算机技术人员共同开发研制的,采用的是中国规范、标准,很受广大工程界欢迎,并且以很快的速度在推广使用。很多设计院、所大量购置 CAD 设备。如计算机(包括工作站和 PC 机)、绘图仪、硬拷贝机等。在工程界出现了设计院、所纷纷争上 CAD 项目,设计人员争着参加 CAD 技术培训的现象。各国 CAD 厂商也看好中国这一生机勃勃的市场,纷纷打入中国,进行各种展销活动。

在我国工程界推广应用 CAD 技术,人才培养是关键。不让广大工程技术人员了解、掌握 CAD 技术,就不可能普及、提高。为适应工程界 CAD 技术应用推广的需求,在国家科委和国家教委的领导支持下,为全国 CAD 应用培训网络开展工程 CAD 技术的培训工作,特编写本书供广大工程设计技术人员培训时参考。

《工程 CAD》一书共分八章。第一章由同济大学李启炎编写。第二章由孙山东、李启炎编写。第三章由西南交大孙林夫编写。第四章由西安公路交通大学贾昌传、武奇生编写。第五章由同济大学宋小冬编



写。第六章由同济大学洪锦如编写。第七章由西安公路交通大学贾昌传、徐建民、许宏科编写。第八章由同济大学吕海川编写。全书由李启炎任主编，贾昌传、孙林夫任副主编。

同济大学陆皓教授审查全书书稿，提出了很多有价值的修改意见。在此表示衷心的感谢。由于CAD技术发展日新月异，加之编者水平所限，错谬之处望读者不吝指正。

编者

1994年4月

# 目 录

|                       |     |  |
|-----------------------|-----|--|
| 序言                    |     |  |
| 前言                    |     |  |
| 第 1 章 概论              | 1   |  |
| 1.1 CAD 系统发展概况        | 1   |  |
| 1.2 工程设计 CAD 技术的发展    | 2   |  |
| 1.3 工程 CAD 系统对支撑环境的要求 | 3   |  |
| 第 2 章 工程 CAD 系统的配置    | 6   |  |
| 2.1 工程 CAD 系统中的计算机    | 6   |  |
| 2.2 图形设备              | 8   |  |
| 2.3 大容量存储设备           | 12  |  |
| 2.4 通信与网络设备           | 15  |  |
| 2.5 工程 CAD 系统中的软件支撑环境 | 16  |  |
| 第 3 章 工程结构 CAD        | 21  |  |
| 3.1 工程结构 CAD 系统的总体结构  | 21  |  |
| 3.2 工程结构 CAD 模型建造     | 27  |  |
| 3.3 工程结构 CAD 数据库      | 34  |  |
| 3.4 工程结构分析系统          | 38  |  |
| 3.5 工程结构 CAD 图形系统     | 43  |  |
| 第 4 章 建筑 CAD          | 47  |  |
| 4.1 建筑基础知识            | 47  |  |
| 4.2 建筑设计的计算机描述        | 48  |  |
| 4.3 建筑 CAD 软件的开发      | 59  |  |
| 4.4 建筑 CAD 的重要应用      | 68  |  |
| 第 5 章 地理信息系统          | 75  |  |
| 5.1 概述                | 75  |  |
| 5.2 空间数据结构与数据模型       | 77  |  |
| 5.3 数据输入与数据转换         | 84  |  |
| 5.4 空间查询与空间分析         | 86  |  |
| 5.5 若干典型应用简介          | 88  |  |
| 5.6 GIS 软件产品          | 90  |  |
| 第 6 章 桥梁 CAD          | 93  |  |
| 6.1 概述                | 93  |  |
| 6.2 桥梁方案草图拟定          | 95  |  |
| 6.3 大桥初步设计结构分析子系统 STA | 99  |  |
| 6.4 桥梁结构有限元分析及前后处理    | 110 |  |
| 6.5 中小跨桥梁的技术设计        | 123 |  |
| 第 7 章 道路 CAD          | 137 |  |
| 7.1 基础知识              | 137 |  |
| 7.2 道路工程 CAD          | 141 |  |
| 7.3 涵洞工程 CAD          | 155 |  |
| 7.4 城市道路与交通规划工程 CAD   | 163 |  |
| 第 8 章 地基基础 CAD        | 171 |  |
| 8.1 概述                | 171 |  |
| 8.2 独立基础 CAD          | 173 |  |
| 8.3 条形基础 CAD          | 182 |  |
| 8.4 井格基础 CAD          | 185 |  |
| 8.5 筏板基础 CAD          | 195 |  |
| 8.6 箱形基础与桩基 CAD       | 197 |  |

# 第1章 概 论

## 1.1 CAD 系统发展概况

计算机辅助设计(CAD)概念是在60年代计算机图形处理技术推出之后提出的。1963年,年轻的美国麻省理工学院博士 Ivan Suther Land 研制出了 SKETCHPAD 系统。这个系统包括了一个阴极射线显象管 CRT,由 Lincoln-TX2 计算机驱动,可以用光笔对图形进行操作处理。Ivan Suther Land 首次指出:工程师可以坐在计算机前,操纵光笔进行设计,并由计算机产生出所需的设计图。此后,计算机辅助设计技术开始形成,并在工程界、工业界逐渐应用。但是,在60年代,由于计算机及图形设备价格昂贵,只有少数几家实力雄厚的大公司(如波音飞机制造公司、通用汽车公司等)有能力使用这一技术,这就大大地限制了CAD技术的发展和推广。然而,60年代却是CAD技术基础之一的计算机图形学发展很快的时期。例如,美国 MIT 的 Steve Coons 的曲面片技术,洛克希德(Lock head)公司研制了用于数控的计算机图形系统,1965年贝尔电话实验室推出了图形显示系统 Graphic 1 等等。

在70年代,由于在电子电路设计中使用了CAD技术,集成电路技术迅速发展,中规模、大规模集成电路出现,并应用在计算机技术上,推出了性能价格比很高的小型计算机(Mini Computer),图形显示器 CRT 质量提高,价格下降,图形学理论又有了很大进展。所有这些都为CAD技术的完善和推广应用提供了理论基础和技术条件。特别是生产了以小型计算机为基础的CAD系统,价格大幅度下降,CAD技术不再为少数几家大公司所独有,而且能为大量的中小企业所应用,使之产生了飞速的发展。这期间,消除隐藏线图形技术、有限元理论和程序设计等方面都取得了可喜的成果。也就在70年代初期推出了土木工程CAD系统 ICES。

在70年代,CAD技术应用领域越来越广,很快便形成了CAD系统的产业。很多知名的CAD厂商便是在这一期间出现的。例如,Applicon、Computer vision、Calma、Ivans & Suther Land、Intergraph 等公司。至今,这些公司仍然活跃在CAD产业界。这些公司推出了以小型计算机为支撑的CAD系统,集硬件、CAD软件于一体。其价格不很高,可以为企业接受。这种CAD系统被称之为 Turn Key 系统(交钥匙系统)。这种系统的推出为CAD技术的应用起了很好的推广促进作用。

由于CAD技术的推广应用,电路设计提高到一个新的水平。在70年代后期80年代初,大规模集成电路及超大规模集成电路技术得到了很大发展,相继出现了8位,16位乃至32位微处理器。微型计算机及CAD工作站(以超级微计算机为平台)成为CAD系统的主要支撑环境。实际上,即使在8位微型计算机上,如著名的APPLE机已具有相当出色的图形功能。但要在这种微型机上(个人计算机)开展CAD工作还是相当困难的。

80年代CAD系统的主体是工作站。其目标是让设计工程师能坐在计算机前完成从方案、初步设计、计算分析、绘制设计图、完成设计文档等一系列工作。80年代初美国阿波罗公司推出了第一台工作站。其运行环境为 DOMAIN 系统。1982年新成立的 SUN 微系统公司针对

DOMAIN 系统的封闭性,敏锐地提出了开放性系统的概念,采用发展势头很看好的 UNIX 系统作为支撑环境,推出了 SUN 工作站。该工作站一推出就受到广大科技界、教育界及工业界的青睐,很快被广泛应用,并发展成当今处于领先地位的工作站制造商,而阿波罗公司则不断走下坡路,终于在 1985 年被惠普公司 (HP) 吞并。这期间出现了 SUN、SGI 等工作站厂商,IBM, DEC, HP 等公司都看好工作站这一市场,纷纷投入,竞争相当激烈。激烈的市场竞争促进了技术的发展,各 CAD 厂商不断推出新技术、新产品。RISC 技术在 CAD 工作站系统上的应用使工作站性能得到了很大提高。图形学理论和图形处理技术在 80 年代亦有了很大的进步,特别是三维造型,真实感图形技术更使 CAD 技术的应用上了一个新的台阶,如三维建筑造型,建筑渲染图,动态景观,室内漫游等到了出神入化的地步,令广大工程设计人员进入了新的境地。

90 年代将是 CAD 技术继续发展的时期。有人预估 90 年代的 CAD 技术将进一步沿着标准化、智能化、集成化方向发展。80 年代已经在计算机图形学和 CAD 技术领域形成了一些标准,这一趋势将在以下几个方面进一步发展和完善。

- 计算机图形学方面

- 1) 计算机图形接口 CGI。
- 2) 图形核心系统 GKS、GKS-3D。
- 3) 层次结构图形系统 PHIGS。

- 数据交换接口

- 1) IGES——基本图形交换规范。
- 2) STEP——产品模型数据交换标准。

- 图形用户界面 GUI、OPEN LOOK、MOTIF。

此外,作为 CAD 系统的支撑环境,开放性的操作系统,如 UNIX, WINDOWS 等将是今后 CAD 系统的主流。面向对象的编程技术和数据库技术将为 CAD 系统的发展作出贡献。

系统的智能化结合专家系统、知识工程,将各个领域的专家经验融合于 CAD 系统中,并开发出智能化用户界面使之更为广大工程设计人员所接受。

系统的集成化是大势所趋。80 年代中 CAD/CAM 技术的集成形成了 CIMS 高科技系统。今后的系统集成将会在以下几个方面发展:

- 集成化:继续发展本行业领域的业务性集成,如 CIMS 系统、工程设计建筑结构、水、电、暖一体化的集成。

- 分布式:网络环境下的分布式 CAD 系统,将各种不同的 CAD 作业,不同的硬、软件支撑环境集成于一个网络环境,或者客户/服务器的环境下。

- 多媒体:各种不同的信息表示与传输媒体,如声音、图形、图象、数据等集成于一系统内,即多媒体系统。这也是 90 年代发展的重要趋势。

## 1.2 工程设计 CAD 技术的发展

工程设计广而言之包括了一切机械、电子、汽车、造船、建筑等各个领域。但本书中将工程设计的范畴限制在建筑工程、土木工程及市政工程的范围。

国外在工程设计领域内应用 CAD 技术始于 70 年代。它所占份额在整个 CAD 领域并不大,至 80 年代中期占有 18% 的份额。但它却是发展最快的一个领域,并且取得了明显的经

经济效益。最初用于工程设计(AEC)的CAD系统是以小型机(DEC PDP/11)为平台的Turnkey系统。较先进的CAD系统有Intergraph的AEC系统,它包括了图形处理系统IGDS和数据管理与检索系统DMRS。还有Computervision公司的CADDs系统以及Calma公司的DIMENSION系统。80年代,国外在AEC领域推出了不少以工作站为平台的结构分析软件包,如SAP5、ADINA、NASTRAN、PAFEC等。还有建筑设计软件如SONATA、Aris、Modeview等。为适应市政建设规划与发展的需要,地理信息系统的应用发展很快。相继推出的地理信息系统GIS软件有ARC-INFO、MAPINFO、GENERMAP等。

建筑设计是科学与艺术,即逻辑思维与形象思维相结合的多学科综合性劳动。这一特点使得CAD技术在建筑领域的应用具有更大的难度。但80年代计算机图形学的发展,三维造型技术,真实感图形可视化技术的提高,已成功地用于建筑设计CAD软件中去。逼真的建筑渲染图,动态的景观模拟等已使建筑师们对计算机辅助设计技术刮目相看。现在,不仅仅是计算机绘图,在方案设计,动画模型设计过程中都用上了CAD技术。

80年代中期,我国开始在建筑工程领域引用CAD技术。多年来从引进消化,二次开发国外的有关软件,独立自主开发了适合我国国情的工程设计软件。例如,华东建筑设计院开发出《ABS建筑设计通用绘图软件包》、北京市建筑设计研究院开发出《建筑集成化微机辅助设计系统》,专业涉及建筑、电气、结构、设备、经济等。更值得一提的是中国建筑科学研究院近几年来结合我国国情开发出建筑设计软件ABD;结构设计软件PK、PM、以及TBSA等软件,用户已达几千家,覆盖了全国大多数设计院所。可喜的是一些实力不太强的乙级、丙级设计院所也已成批购置计算机和绘图设备,不少院所已做到人手一套微机的水平。可以预见,21世纪将是工程设计CAD技术应用的大发展时期。现在,我国的工程CAD技术和国外相比还有很大差距,软件水平还有待继续提高;如软件的集成化、支撑软件的完善和开发、以及高档工作站软件的开发都是今后要花大力气去做的事情。

### 1.3 工程CAD系统对支撑环境的需求

工程CAD系统的组成为CAD硬件和CAD软件两大部分,如图1-1所示。

由于工程设计的主要对象是房屋、道路、桥梁及各种市政设施。对CAD系统有其特别的要求,归纳起来有:

#### 1.3.1 硬件支撑环境

1. 运算速度快 如前所述,早期的CAD系统建立在小型计算机上。自80年代以来,以工作站为主体的CAD系统推出,特别是RISC技术的发展,使工作站的性能得到很大提高,很多大型工程设计的计算分析任务都可在工作站环境下完成。近几年来,由于PC机CPU的性能越来越高,386、486以及Pentium(奔腾586)CPU芯片,使PC机进入了CAD系统。特别是在我国还不很富裕的情况下,以PC机为平台的CAD系统得到广泛使用,为我国工程设计CAD技术的发展打下了良好的基础。鉴于工程设计的特点,其CAD系统宜选择性能较高的PC机,例如386/33以上带80387协处理器,最好使用486和586(pentium)PC机。

2. 有大容量存储能力 因为工程设计中不仅有大量的数据需要运算、存放,而且有大量的工程图样,从方案图到施工图,还有大量的文字规范、设计说明书需要存放和生成,以一张图样约占0.5M到1M字节计,大型工程有成百上千的工程图样,这就要占用相当大的容量。目前常用的大容量存储设备是硬磁盘,PC机上用的磁盘容量约几十兆字节到几百兆字

节,工作站上用的磁盘容量约在几百兆字节到几千兆字节。另一种大容量存储设备是磁带机。磁带分为 1/2in, 1/4in, 4mm 或 8mm 几种,容量从几十兆字节到几千兆字节。近几年来光盘已发展成熟,除只读性光盘外,还有可擦除的读写光盘,容量多在 600M 字节。

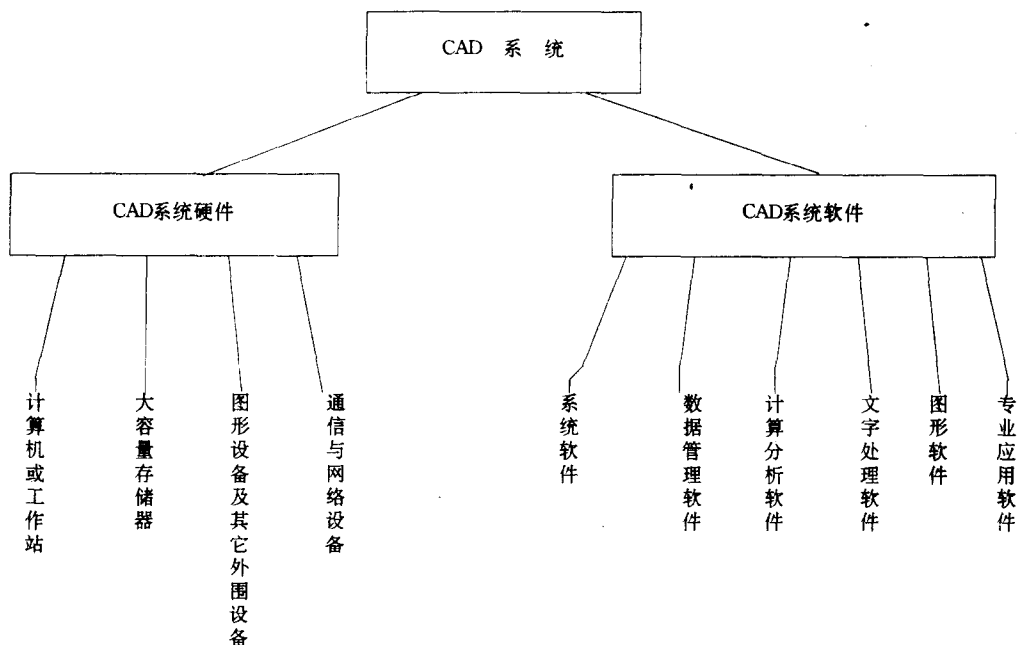


图 1-1 工程 CAD 系统组成

3. 高性能的图形设备 图形设备是 CAD 系统必不可少的部分。工程设计最终以图样作为设计成果。其设计过程很大一部分是交互式的绘图过程。图形设备有以下几大类：

(1) 图形显示设备 显示器是用户在从事 CAD 工作过程中最直观的人机对话的界面,分辨率和色彩种类是显示器的主要性能指标。根据显示适配器(显示卡)性能可分为 CGA、EGA、VGA、TVGA 等,目前使用的多是 VGA 和 TVGA。显示器分辨率大小在 PC 上最常用的是 VGA640×480 和 TVGA1024×768。显示器尺寸大小多为 14in,也可使用 17in、19in 等大屏幕显示器。在工作站上使用的显示器多为 16in、19in、21in,分辨率为 1024×1024 或 1280×1024。

(2) 图形输入设备 常用的图形输入设备是数字化仪 (Digitizer)、数字台板 (Tablet)、扫描仪等。数字化仪的精度可以很高;数字台板配合鼠标器操作亦较方便;扫描仪能快速将图样录入,但存在着矢量转化的问题。

(3) 图形输出设备 最常见的图形输出设备是绘图机。若按照工作的机理则可分为笔式、喷墨、激光、静电等各种类型。笔式绘图机是矢量式设备,有单笔和多笔(彩色)之分;从机械结构上分有平板式和滚筒式。笔式绘图机精度高,幅面从 A3 到 A1, A0 大小不等。喷墨、激光、静电等类型的绘图机属于光栅型设备。其特点是出图快,如喷墨绘图仪几分钟就可以出一幅 A0 图样。

硬拷贝机是另一种图形输出设备。它可将显示器上的图形原封不动地拷贝到纸或胶片等其它媒体上。彩色硬拷贝机亦能做到真彩色输出,如热升华拷贝机可以绘出质量很高的彩色

渲染图。

4. 健全的网络通信设备 工程设计 CAD 的工作环境将向分布式网络环境发展。在网络环境下可以共享数据库和软、硬件设备资源。设计人员根据自己的不同需要获取不同的数据,产生出不同的设计结果。近几年来,一种称为客户机/服务器的系统受到广大客户的青睐。这是一种以工作站、小型机作为服务器,以低档工作站,PC 机、或 X 终端为客户机,通过以太网缆连接在一起的系统,采用的通信协议如 TCP/IP 等。

### 1.3.2 软件支撑环境

1. 系统软件 首先,系统软件是指整个计算机硬件系统工作的。对系统软件的需求不仅仅是在功能上的完善,更重要的是系统的开放性,以支撑开发商和用户进行 CAD 软件的开发。自 80 年代开始 UNIX 系统,WINDOWS 系统已逐渐被人们接受为标准化的支撑平台。我国在 CAD 应用开发的前期,PC 机上的 CAD 应用软件大多是 DOS 环境下开发的。国际上著名的 PC 机图形软件 Auto CAD 也是在 DOS 下运行的。但 DOS 环境有较大的局限性。现在,大多数的图形软件和应用软件都逐渐转向 WINDOWS 环境。

2. 图形支撑软件 如前所述,图形输出是工程设计 CAD 的重要组成部分。但计算机的图形必须在图形软件支撑下生成、输出。对图形软件的需求是图形生成算法先进、占用存储量小、速度快、用户界面好、使用方便;还有很重要的就是标准化,使开发的应用软件可移植性好。AUTODESK 公司的图形软件 Auto CAD 是当今使用最广泛的图形软件之一,目前已有第 12 版推出。Intergraph 公司的 Microstation 也是比较优秀的图形支撑软件,其易于操作的用户图形界面,高级语言开发工具等受到各方赞誉。

各国标准化组织和国际标准化组织对图形软件的标准化都给予极大的关注。美国的 CORE 系统。ISO 的 GKS、GKS-3D、以及 PHIGS 等都是当前流行于计算机工业界的图形软件标准。

3. 数据管理软件 工程设计 CAD 系统中,除了大量的工程数据外,更重要的是图形数据信息和文字信息。这就要求在 CAD 系统中的数据库管理系统能满足同时处理数值、图形、文字等信息的要求。随着多媒体技术的应用推广,还需要处理语音、图象等信息。由于 CAD 系统数据的复杂性以及特殊性,它对数据管理软件也有其特殊需求。下一章中将作必要的讨论。

4. 计算分析软件 对工程设计 CAD 系统而言,最重要的分析计算软件是有限元分析软件。有限元分析方法使结构计算、应力应变分析的计算机化成为可能。目前,它已经比较成熟,并被广泛应用于机械、建筑、汽车、飞机、造船等各个领域。国际上成熟的有限元分析软件也不少,如 SAP5、ADINA, NASTRAN, PAFEC, ANSYS 等。对这些软件的性能,工程师们往往更关注他们的前后处理功能。优秀的有限元分析软件必须包括完善的前处理和后处理功能。前处理主要解决单元的自动划分和建模;后处理则主要解决图形输出等。

5. 文字处理软件 主要为解决设计文档的建立,能处理中、西文字,并便于进行文档管理。目前,国内主要使用 WPS、Wordstar、Word 等软件,在此不作详述。

6. 专业应用软件 为适应不同专业需求的应用软件,如建筑结构计算和设计;地理信息系统,机械、桥梁、道路等各种专业软件。这些软件必须有良好的用户界面,完善的功能,方便的图形输出等。

## 第2章 工程CAD系统的配置

### 2.1 工程CAD系统中的计算机

#### 2.1.1 小型计算机及交钥匙 (Turn Key) 系统

70年代出现的以小型计算机为平台的CAD系统使CAD技术的应用得到了飞速发展,也使CAD技术进入工程设计界成为可能。这一时期的CAD系统是在小型计算机系统上配以适用的专业CAD应用软件以及相应的图形显示器和图形外设。该系统成为专用CAD系统,用户开机启动即能进入CAD工作状态。这种CAD系统称为Turn Key系统,或称为交钥匙系统。

70年代典型的小型计算机是美国DEC公司的PDP/11系列。这是一种16位字长的计算机,当时的价格能适应中、小企业的承受能力,受到用户的欢迎。Turn Key系统最早是由美国Applicon公司开发的,相继推出这类系统的还有CV (Computer Vision), Intergraph、Calma、Autotrol等公司。在32位字长的超级小型计算机出现后,这种交钥匙系统又向超级小型机平台上转移。最负盛名的超级小型计算机是DEC公司的VAX-11系列机。其它,还有PRime、PE、DG、HP等公司的小型机。对于CAD系统的应用而言,使用32位字长的计算机比较适应于工程计算分析。因为在考虑工程图坐标值时,计算机内部表示为二进制数据,32位字长可表示为 $2^{32}$ (约4亿)个增量,坐标系统可用二进制32位或者十进制10位来表示。对于大多数工程结构计算、有限元分析、三维建筑造型以及模拟程序等都需要有32位的精度。当前,这种Turn Key系统已很少使用,我们这里不作详细论述。

#### 2.1.2 个人计算机 (Personnal Computer)

个人计算机是微型计算机的一种分支。早在70年代由于大规模集成电路技术的发展,出现了4位,8位微处理器,以后又出现了16位机。典型的有Intel公司的8080、8088、8086, Motorola公司的68000等。以Intel8088为CPU的IBM PC机是PC机中比较成功的,它和Apple公司的PC机Apple-2等共同占领了绝大多数的PC机市场。但在我国市场上则始终是IBM PC机及其兼容机的天下。

80年代以来,PC机系列相继推出了以Intel 80286, 80386, 80486为CPU的机种,90年代又推出了奔腾系列(80586, Pentium)。用于CAD系统的PC机,必需满足其高速运算的要求,特别是工程中浮点运算的要求,所以在PC机中增加了8087, 80287, 80387浮点运算协处理器。在486CPU中,已将协处理器集成在内,一般不必另加协处理器,但对于运算速度要求更高时,还可另加一种Weitek协处理器。

建立以PC机为平台的CAD系统,其对PC机有如下要求:

1. 具有较高速的运算能力 CPU以386以上为好。而同类CPU还由不同的时钟频率决定CPU的速度。以80386为例,有386/25, 33, 40, 50等。它们分别表示的时钟频率为25MHz、33MHz、40MHz、50MHz。此外还有SX和DX之分,如386SX/25表示CPU为386, SX表示其内部总线结构仍保留286的特性, 25表示时钟为25MHz。386DX表示CPU为386, 内



部总线结构为 32 位的,性能较 SX 要高。

2. 配备有较大容量的存储设备 对于工程 CAD 系统,因为有大量的工程设计图、标准图、规范、设计说明书等各种文字和图形档案,需占用大量存储,故大容量存储器是工程 CAD 系统必须具备的。对于 PC 机系统而言,最好选用 100MB 以上的硬盘,能配备 170MB,210MB,500MB 更好。现市场上还推出了活动硬盘。有 105MB,270MB……等容量的硬盘体。配置了活动硬盘驱动器,盘体可以更换,对于工程 CAD 的存档系统是很好的一种选择。

3. 性能优越的图形设备 图形显示器是人机交互的主要设备。PC 机上配置的显示器,是如前所述的 14in VGA、TVGA 显示卡,分辨率为  $1024 \times 768$ 。当然,也可以配备  $1024 \times 1024$  高分辨率显示器。考虑到工程 CAD 系统,特别是建筑设计中需要逼真的渲染效果,对色彩有其特殊的要求,普通的显示器配备了 512kB 显示帧存的显示卡,最多只能显示 16 种色彩。这对于要求较高的建筑设计显然是不够的。一般,至少要配置 1MB,2MB 显示帧存以上才能够提供 256 种色彩,或 64k 种色彩 (Hi-Color) 甚至 16MB 种色彩 (真彩色 True-Color)。这一点在选购系统时必须予以注意。

### 2.1.3 工程工作站

工程工作站或称 CAD 工作站是 80 年代出现的机种。它是为适应工程师及科技人员进行工程设计,图形绘制,计算分析等需求而推出的。工作站建立在超级微型机的平台上,80 年代初美国阿波罗公司研制了第一台工作站。以 Motorola 公司的超级微处理器 68000 系列为 CPU 构造了一种运算速度快,存储容量大,能连接多种外设的高性能工作站。最初,这种工作站是以单用户方式工作,或以一定方式连成网络,但它的系统开放性能较差,约在 1982 年,美国 SUN 微系统公司成立,以一种全新的开放式系统的概念,推出了 SUN 工作站,很快 SUN 工作站就为大家接受,并且以绝对优势占据了很大的市场份额。

这种工作站以 UNIX 系统为其操作系统,提供给用户有力的开发工具,也吸引了大量的第三方软件商为之开发了各种应用软件和工具软件。开放性的核心是标准化,现在 Windows 已成为工作站的标准环境。在用户界面上也走向标准化图形用户界面。例如, SUN 工作站的 Open Look; HP, DEC, SGI, IBM 等公司则采用 OSF-Motif。这些界面已成为国际上通用的标准。

从图形功能上看,工作站具有更强的功能。不仅配备了大尺寸 (19in, 21in) 的高分辨率显示器 ( $1280 \times 1024$ ),具有 24 位真彩色 (16M 种颜色)。而且,很多图形处理的功能都已由硬件实现,便如三维造型,阴影处理,多光源,反走样,多边形填充等等。在工作站上大多配置了高性能的图形卡,用户在选用工作站时必须根据不同情况,选用不同的图形卡。

从存储能力上看,工作站上有功能强的外设通道,装有能连接大容量设备的 SCSI 接口。这种接口可以连接多台各种外设,7 个串接的大容量磁盘,容量可达几个 GB ( $1\text{GB} = 1000\text{MB}$ ),而且这种磁盘的存取速度更高。除磁盘外,工作站上一般可安装不同类型的磁带机,如  $1/2\text{in}$  磁带机,  $1/4\text{in}$  盒式磁带机,  $4\text{mm}$  或  $8\text{mm}$  磁带机等容量从几十兆字节到几千兆字节。当然,现代工作站都有连接光盘的能力,这就更加强它的存储容量,并进行多媒体信息的处理和应用。

工作站的通信能力更强,在工作站上除了有并行口和串行口外,都配有网络接口,可以直接连接到 Ethernet 网上,各种网络协议可以运行。很方便地进行同种、异种机的通信。

工作站的运行速度,过去常用 MIPS 和 MFLOPS (即每秒钟执行的指令数)这一指标来