

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材

CAD 基础及应用

周 济 主编



机 械 工 业 出 版 社

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材

CAD 基础及应用

周济 戴同 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。书中系统地介绍了 CAD 的基本理论以及图形、工程数据库等共性技术, 并反映 CAD 领域的新发展。

本书内容包括 CAD 概述、工程计算及 CAD 程序设计基础、计算机辅助几何造型、计算机绘图、工程数据库管理系统及工程数据库设计、软件工程及 CAD 应用系统的开发方法、CAD 技术的发展、CAD 应用实例等。本书内容深入浅出, 注重联系实际, 便于读者自学。

本书可作为广大工程设计人员继续学习的培训教材, 并可作为高等工科院校有关专业“计算机辅助设计”课程教材, 也可供从事 CAD 技术与应用的科技人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

CAD 基础及应用/周济主编. —北京: 机械工业出版社,
1995.3

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材
ISBN 7-111-04605-6

I. C... I. 周... II. 计算机辅助设计 N. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 15333 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: 谭嘉莉 版式设计: 李松山 责任校对: 丁志伟
封面设计: 林 波 责任印制: 金嘉楠
机械工业出版社印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行
1995 年 3 月第 1 版 · 1995 年 3 月第 1 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆ · 10.50 印张 · 262 千字 · 168 页
0 001—5000 册
定价: 14.00 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 $1/3 \sim 1/2$, 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技术人才培养工作放在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

CAD 是提高产品和工程设计质量、获得明显经济效益的一项关键新技术, 它的研究与应用水平是衡量一个国家科技进步的重要标志之一。这项技术在国外已广泛应用于机械、建筑、电子等行业。在我国也愈来愈引起各行业的极大关注。随着 CAD 硬件和软件技术的发展, CAD 已逐渐成为从事工程设计和产品开发人员必须掌握的一门技能。为配合 CAD 研究与应用工作的深入开展, 我们编写了这本 CAD 基本教材, 以呈献广大读者。

全书分为 8 章, 围绕 CAD 技术的有关知识展开讨论。第 1 章介绍 CAD 的概念、特点及硬软件组成; 第 2 章介绍工程计算及 CAD 程序设计的基本方法; 第 3 章重点讨论了几何造型的基本理论; 第 4 章介绍计算机绘图的原理及方法; 第 5 章介绍工程数据库管理系统的基本知识, 并讨论工程数据库的建立; 第 6 章介绍软件工程的有关内容以及 CAD 应用系统设计的基本方法; 第 7 章介绍 CAD 的发展, 重点介绍智能 CAD、CAD/CAM 集成系统以及图形仿真等内容; 第 8 章列举了一些 CAD 应用实例。

本书由西安交通大学唐照民 (第 1 章); 华中理工大学戴同 (第 2、4 章); 王启富、向文 (第 3 章); 张翔立 (第 5 章); 钟毅芳 (第 6、8 章); 浙江大学冯培恩、陈德人、华中理工大学吴明华 (第 7 章) 等同志编写, 由周济、戴同任主编。余俊教授审定了全稿。

本书内容取材新颖, 基础与应用并重, 书中主要内容是编著者多年从事 CAD 工作的总结和体会。由于编者水平有限, 书中缺点和错误在所难免, 敬请广大读者批评指正。

编者

1994 年 4 月

目 录

序言	
前言	
第1章 计算机辅助设计概述	1
1.1 计算机辅助设计发展概况	1
1.2 CAD的基本概念和特点	3
1.3 CAD系统硬件	6
1.4 CAD系统	11
第2章 工程计算CAD程序设计	
基础	18
2.1 编制工程计算程序的基本方法	18
2.2 设计表格的计算机处理	19
2.3 设计线图的计算机处理	25
2.4 有关数据的处理	28
2.5 人机交互式程序的编制	29
第3章 计算机辅助几何造型	32
3.1 概述	32
3.2 基本图形生成原理与图形变换	33
3.3 曲线和曲面的描述	40
3.4 几何造型基础	47
第4章 计算机绘图	57
4.1 交互式绘图系统	57
4.2 参数绘图	59
第5章 工程数据库管理系统及工程	
数据库设计	67
5.1 数据库技术的发展	67
5.2 DBMS结构及功能需求	73
5.3 工程数据库设计	75
5.4 应用实例分析	79
第6章 软件工程及CAD应用系统的	
开发方法	84
6.1 软件工程概述	84
6.2 软件分析	87
6.3 软件设计	101
6.4 程序设计	114
6.5 软件测试和软件维护	118
第7章 CAD技术的发展	126
7.1 智能CAD	126
7.2 集成化CAD/CAM系统	133
7.3 建模与图形仿真	145
第8章 CAD应用实例	151
8.1 汽车车身的CAD系统	151
8.2 机床模块化设计CAD系统	
8.3 轴系零、部件CAD系统开发实例	
.....	155
参考文献	159

第1章 计算机辅助设计概述

1.1 计算机辅助设计发展概况

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 是从 50 年代开始, 随着计算机及其外围设备的发展而形成的一门新技术。至今, CAD 在电子、机械、造船、航空、汽车、建筑等领域已得到了广泛地应用。了解 CAD 的发展历史, 有助于我们更好地了解它的现状与发展, 今后能更为有效地应用这门新兴技术。

1.1.1 CAD 发展历史概况

在科学研究工作中运用计算机进行大量计算, 以及在管理工作中应用计算机进行数据处理, 在 50 年代已早见成效。相比之下, 在工程技术中, 特别是在具体设计工作中运用计算机则显得较晚。这主要是由于在设计工作中, 传统的信息传递方式是工程图纸。在计算机上需用大量数据才能描述各种几何图形, 并要求能将图形输入计算机中, 以及输出到图纸上。如果没有相应的硬件及软件, 这是难于实现的。

关于 CAD 的历史, 可以追溯到 60 年代。值得一提的是, 美国麻省理工学院 (MIT) 在这方面作了开拓性的研究工作。1963 年, MIT 在美国计算机联合会的年会上, 集中发表了五篇有关 CAD 的论文。当时他们这样来描述 CAD: 设计师坐在荧光屏的控制台前, 用光笔操作。从概念设计到生产设计, 都可以实现人机交互。设计师可随心所欲地对计算机所显示的图形进行增、删、改。利用这种计算机系统, 人们可以在十几分钟内完成通常需要几个星期才能完成的设计工作。这在当时看来, 多少带有一些神奇色彩, 然而却极大地震动了讲求实效的工程技术界。不久, 美国通用汽车公司和 IBM 公司率先设计了 DAC-1 (Design Augmented by Computer) 系统, 利用计算机来设计汽车外形与结构, 这可以说是 CAD 技术用于工程设计的最早例子。

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。计算机运行速度及内存容量有了很大提高。为在更广阔的范围内应用计算机创造了条件。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。美国洛克希德 (Lockheed) 飞机制造公司与 IBM 通用机器制造公司联合开发了基于大型计算机的 CAD/CAM 计算机辅助设计与制造系统 CADAM, 即“计算机图形增强设计与制造软件包”, 它用于设计及绘图, 并具有三维结构分析能力。这段时间, 有关 CAD 的理论研究有了较大进展, 为以后的 CAD 技术发展奠定了基础。

70 年代, 计算机硬件从集成电路发展到大规模集成电路, 使小型计算机性能价格比有了大幅度提高。开始出现基于小型机的 CAD 成套系统 (Turnkey System), 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, 中、小企业也开始关注并采用 CAD 技术。

80 年代是 CAD 技术迅速发展的时期, 特别是小型机及微型机的性能不断提高, 价格不断下跌。计算机外围设备如彩色高分辨率图形显示器、大型数字化仪、自动绘图机等品种齐全

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,适用于小型机及微型机的软件技术也迅速提高。发展了数据库技术,开发了大量图形软件,以及与现代设计方法相适应的各种应用软件(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 技术的应用与发展。由于国际上商品市场竞争日益加剧,要求加快产品更新换代。产品由原来单一品种、大批量生产模式转向多品种、高质量、小批量生产模式。因而,传统的人工设计方法已不能适应这种市场变化的要求,广大中、小企业纷纷求助于 CAD 技术。广泛的社会需求及应用,又促使 CAD 技术得到进一步发展与提高。

1.1.2 CAD 技术的现状

目前,CAD 技术在一些技术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 公司已超过 300 家。CAD 的应用领域已从早期的辅助机械设计、印刷电路板设计,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。

近年来,CAD 硬件也以令人惊异的速度在发展。80 年代后期,第四代 32 位超级微机问世。以超级微机组成的网络型分布式 CAD 工作站,由于其投资少、功能强,在 90 年代将成为中、小企业受欢迎的 CAD 系统。各种 CAD 系统外围设备不断推陈出新,如大屏幕高分辨率彩色图形显示器、高精度数字化仪、彩色激光打印机、工程图样自动扫描输入系统等先进设备,陆续进入商品市场。众多新型计算机图形输入、输出设备,为 CAD 向更高水平发展创造了条件。

CAD 软件技术在国内已取得一系列成果,主要表现在与 CAD 有关的算法取得了进展,并研制了相应的软件。如在研究优化设计理论与方法的基础上,研制了有实用价值、功能强、使用方便的优化方法程序库 OPB;在研究计算机图形学的基础上,发展了我国自行研制的实用图形系统 PCAD。解决某一类问题的专用软件也日益增多,其中不少已商品化,并应用于生产实际,取得明显的经济效益。

与此同时,从国外引进了大量 80 年代末国际水平的商品化软件。如用于工程设计的通用有限元结构分析软件 NASTRAN、SAP、ADINA、ANSYS;交互式图形软件 AutoCAD、CADAM、CADKEY;关系数据库系统 dBASE、FOXBASE、ORACLE 等。随着微型机的发展与普及,过去在中、小型计算机上运行的软件,已大量移植到高级微机上,大大丰富了微机 CAD 的内容。众多国际流行的 CAD 软件的引进,为推进国内 CAD 技术的发展也起到了积极的推动作用。

1.1.3 CAD 技术的展望

根据当今计算机硬件及软件发展状况,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。

1. CAD 系统的智能化 用于设计的 CAD 系统近十多年,有了迅速的发展,很多著名的 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成果。

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。

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的组合,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、重量、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。

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,自动生成工程图纸文件,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“无图纸生产”。CAD/CAM的优点是技术先进、降低成本、提高产品竞争力。目前在印刷电路板和集成电路设计制造中已取得明显的经济效益。

CAD/CAM进一步集成是将CAD、CAM、CAT(计算机辅助试验)集成为CAE(Computer Aided Engineering)计算机辅助工程系统,使设计、制造、测试工作一体化。

设计与制造更高层次的集成,即当今所谓的计算机集成生产系统(Computer Integrated Manufacturing System,简称CIMS)。CIMS是把产品规划、设计、制造、检验、包装、运输、销售等各个生产环节均包含在内的计算机优化和控制系统,以期实现产品生产的高度自动化。为提高产品在国际市场的竞争力,目前不少大型跨国公司都在致力于CIMS系统的开发与研究。

随着CAD技术的发展和日趋完善,以及CAD系统的普及应用,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。

1.2 CAD的基本概念和特点

1.2.1 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。

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。产品设计的目的就是提供的资料(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。因而,产品设计任务的提出应以社会需求为前提和目标。

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。

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。

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纸及计算说明书形式确定下来。

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。

上述设计过程可以图 1-1 表示。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。因而,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。

1.2.2 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机。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 作业过程可以图 1-2 表示。由此可见,CAD 工作内容主要有以下三个方面。

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,

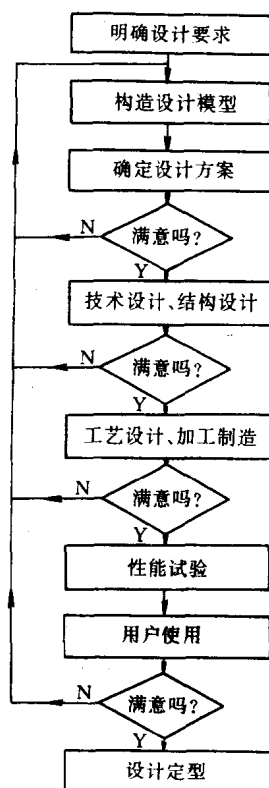


图 1-1 产品设计流程图

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。1990年,机电部在《加强机电产品设计工作的规定》中,对建立数据库工作做了规划,准备在近几年内将有关行业设计手册中的数据存入软盘中,供各有关行业设计工作者使用。这充分说明建立产品设计数据库工作是推广CAD技术的一个主要内容。

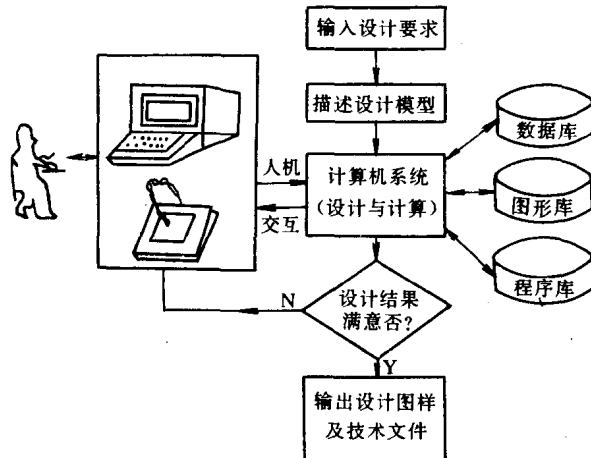


图 1-2 CAD 工作过程

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。

3. 建立应用程序库 也就是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。

(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,甚至还能提供CAPP和CAM所需的信息。从更广范围讲,CAD为CIMS提供生产制造和管理的一切必须信息。

1.2.3 CAD技术的优点

通过以上对CAD的描述,不难理解应用CAD技术具有如下优点:

(1) 提高设计工作效率,缩短设计周期,加快产品的更新换代。设计工作效率可提高3~10倍。

(2) 提高设计质量 在数据库、程序库、图形库支持下,应用人机交互方法可以在短时间内得到优化的设计结果。同时在产品结构、能耗、材料等方面取得最佳效果,使产品设计的一次成功率可达 80% 以上。

(3) 使设计人员从繁琐重复的设计工作中解放出来,以便将聪明才智及精力投入到新技术的开发研究以及现代设计理论与方法的研究之中,进行计算机所不能替代的创造性设计工作。

(4) 有利于产品标准化、系列化、通用化 应用 CAD 方法,只需改变输入参数,就能方便地实现产品系列设计,有力地促进产品的标准化、系列化。

(5) 有利于计算机辅助制造 (CAM) 的发展 通过 CAD/CAM 集成化,实现产品设计与制造一体化。

1.3 CAD 系统硬件

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 系统硬件配置中,应具有较强的交互设备及图形输入、输出装置,为产品设计的 CAD 提供一个良好的硬件环境。典型的 CAD 硬件组成如图 1-3 所示。下面扼要介绍 CAD 系统的主要硬件设备。

1.3.1 主机 (计算机简称)

主机由中央处理机 (Central Processing Unit 简写 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运算和逻辑运算。控制器负责解释指令,并控制指令的执行顺序,访问 (查找) 存储器等操作。内存储器是存放指令和数据的部件。

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。或以取决于芯片类型的时钟频率表示运算速度,时钟频率越高运算速度越快,如 80286 芯片时钟频率为 8~16MHz,80386 芯片为 16~33MHz,80486 芯片为 20~60MHz。

2. 字长 中央处理器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,则计算速度越快,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 位机,超级微机为 32 位机,大型机则以 64 位机为主。

3. 内存容量 内存单位为字节 (Byte),或 KB (1 千字节)、MB (1 兆字节)。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 0.5~1MB,超级微机为 2~10MB,大型机可达 8~32MB。

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

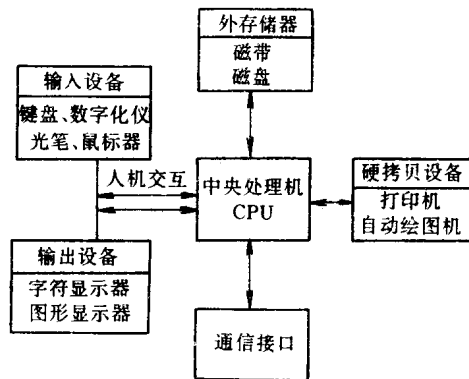


图 1-3 CAD 系统的硬件

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。

1.3.2 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。

外存有磁带及磁盘两种。磁带存储容量大(可达 20~200MB)、工作可靠、价格低廉,通常是大、中型机配备的外围设备。高速磁带机带速已达 5m/s,数据传输速度达 1.25MB/s。在磁带上记录的信息只能顺序存放,因而存取某些信息时往往要卷带及倒带,影响存取速度。它适宜用于存储量大,但使用不频繁的数据。

磁盘分硬磁盘与软磁盘两种。硬磁盘存储容量大,目前在微机上配备的硬磁盘均有几十兆存储单元,有时高达几百兆。硬磁盘采用磁盘和磁头一体化的密封结构,可靠性很高。硬磁盘存取方式为直接存取,存取速度比磁带快得多,可以作为随机存取装置,已成为 CAD 系统中不可缺少的设备。

软磁盘以其使用方便,价格低廉吸引了广大用户。它的规格有 8in、5.25in、3.5in 等多种。目前市场上的 16 位微机均配置有 5.25in 软盘驱动器,双面双密度 5.25in 软盘容量为 360kB,高密度 5.25in 软盘容量为 1.2~1.44MB。3.5in 高密软盘容量也达 1.2~1.44MB,应用日益广泛。软盘的容量及存取速度虽不如硬盘,但携带方便,价格便宜。用户可用它保存个人的软件及计算结果。

1.3.3 图形显示器

图形显示器的主要器件是阴极射线管 (CRT),它有三种类型:直接存储管式显示器、射线刷新式显示器、光栅扫描式显示器。目前交互式图形系统中广泛应用的是光栅扫描式显示器,它的工作原理与电视机相似。不同之处在于电视机是使用电视摄像机产生的模拟信号构成屏幕上的图象,而光栅扫描计算机图形显示器则是用计算机产生的数字信号来构成屏幕上的图象。

衡量图形显示清晰程度的重要指标是分辨率。同样尺寸的屏幕,在屏幕水平方向分辨线的数目与每条分辨线上的扫描点数目的多少,决定了图形显示器分辨率的高低。例如,分辨率 640×200 表示屏幕上沿水平方向有 640 条分辨线,每条分辨线上有 200 个扫描点,在屏幕上构成 $640 \times 200 = 12800$ 个像素。通过有规律地激发这些像素,使它们产生不同亮度与颜色的光点,就构成一幅幅图形及字符。像素愈多,分辨率愈高,显示的图形也愈清晰而准确。一般按屏幕在水平方向分辨线的线数,将分辨率大致分为三等:400 线以下为低分辨率;400~800 线为中等分辨率;800 线以上为高分辨率。分辨率愈高,则存储每个像素的图形信息需要的随机存储器 (RAM) 容量也随之增大。例如分辨率为 1024×1024 ,以一个字节表示一个像素的状态,就需 1MB 存储容量。在计算机图形显示系统中,均用图形卡 (图形控制芯片) 来支持图形显示工作,以免过多占用计算机内存。

图形显示系统分辨率高低取决于硬件环境,即配套的计算机、图形卡、图形显示器(显示器)。近年来,国内外市场上商品化的图形显示系统规格众多。常用的有:IBM PC/AT 机上的 CGA 卡,分辨率为 640×200 ; EGA 卡分辨率为 640×400 ; 长城 GW286 机上的 CEGA 卡,分辨率为 640×480 ; 386 及 486 系列微机采用的 TVGA 卡,分辨率为 1024×768 ; 美国 Imagraph 的 AGC 高分辨率图形卡,分辨率可达 1280×1024 。

选择 CAD 图形显示系统时,分辨率愈高,显示效果也愈好,但价格也随之升高。由于显示器分辨率并不影响图形输出到自动绘图机上的绘图精度,而且一般图形显示系统的支撑软件大多具有能在显示图形中截取部分图形,进行缩小或放大(如同“变焦距”),以及使图形在显示器上平移(如同“摇镜头”)的功能,用以改善显示效果。因而不必盲目追求图形显示系统的高分辨率,以致设备成本提高。

1.3.4 图形输入设备

在 CAD 作业过程中,常需输入产品设计初始方案的结构与图形,以及建立常用零部件标准图形库。用户不仅要求能快速输入图形,而且还要求将输入的图形以人机交互方式进行修改,以及对输入的图形进行图形变换(如缩放、平移、旋转等)。因此,仅以键盘方式输入图形是不能满足 CAD 作业快速图形输入要求的。理想的交互式图形系统中还应包含使用方便、质量可靠的图形输入设备。近年来,人们已研制了种类繁多、性能良好的图形输入装置投放市场。下面扼要介绍几种主要的图形输入设备,供配置 CAD 系统时参考。

1. 鼠标器(光标定位器) 鼠标器主要用来控制屏幕上光标位置。当鼠标器在平面上移动时,显示屏上的光标也随之移动。光标的位移与鼠标器在平面上的相对移动距离有关,而与鼠标器的绝对位置无关。它一般用于在显示屏上指示图形输入位置和点“菜单”。

鼠标器有机械式和光电式两种。机械式鼠标器在底部装有一个滚子(图 1-4a),当它在平面上移动时,滚子也依靠摩擦力而随之移动,与滚子相啮合的机械装置就探测出移动的 X、Y 方向和距离。将该信息输入计算机后,就可控制屏幕上光标的位置。光电式鼠标器(图 1-4b)是近年来研制的一种新产品,在底座上有两只光电管。当光电管式鼠标器在一块特制的栅格形铅板上滑动时,光电管接受的亮度变化,决定了它相对网格线条移动量和移动方向,从而探测到移动的距离和方向,以此控制光标的移动。

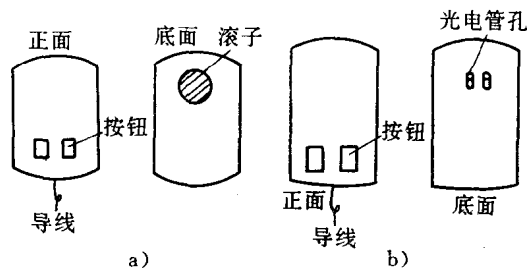


图 1-4 鼠标器
a) 机械式 b) 光电式

鼠标器结构简单,价格便宜,是 CAD 作业中经常使用的设备。它的品种很多,如 Microsoft 鼠标器、Mouse system 鼠标器都是国内常用的型式。使用时应注意它与计算机的联接方式,有时需用专用的接口卡,有时则利用 RS-232C 串行输入输出通道。

2. 数字化仪(图形输入板) 数字化仪是由一块图形输入板和一个游标定位器组成(图 1-5)。游标也可由感应电笔代替,游标定位器背面的十字准线相当电笔的笔尖。数字化仪按其工作原理可分成电磁感应式、静电耦合式、超声式等类型。目前常用的是电磁感应式数字化仪。