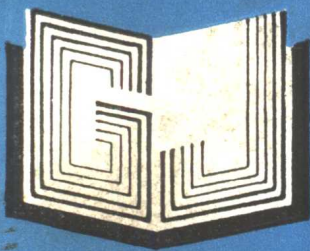


988741



高等学校教材

工程CAD技术基础

武汉水利电力大学 李钝 主编



高等学校教材



工程CAD 技术基础

武汉水利电力大学 李钝 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书介绍了工程 CAD 技术的基础知识并进一步讲述了工程 CAD 系统的建立、应用、开发等方面的知识, 主要内容包括: 总论、设计信息的准备与管理、CAD 应用软件的设计、用户图形系统的建立和计算机辅助工程设计系统的建立等。

本书为高等学校教材, 可用于本科生、研究生教学, 也可用于有关专业的科研、技术人员学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程 CAD 技术基础/李钝主编. -北京: 中国电力出版社, 1996.

高等学校教材

ISBN 7-80125-118-0

I. 工… I. 李… II. 工程-计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. TB21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 00194 号

中国电力出版社出版

(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)

北京市社科印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1996 年 9 月第一版 1996 年 9 月北京第一次印刷

787×1092 毫米 16 开本 16.625 印张 376 千字

印数 0001—1060 册 定价 13.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 是随着计算机及其外围设备和软件发展而产生的一门新兴的科学技术, 是介于工程设计科学与计算机科学之间的一门学科。因此, 从工程设计和计算机科学两方面来看, CAD 是将人的思维和计算机的最佳特性联系起来, 在设计活动中应用计算机进行设计信息处理, 并能进行最佳设计的一个系统。

为了利用计算机辅助我们进行工程设计, 首先要配置一套 CAD 系统 (包括硬件系统和软件系统), 这种系统实际上是一个通用 CAD 系统, 即 General CAD System, 简称 GCADS。然后, 再针对专业设计的需要, 作进一步地开发, 即所谓的二次开发。这样, 工程 CAD 的内容可分为两部分: 一是 GCADS 的一系列技术, 如交互设备和交互技术, 图形支撑软件, 通用数据库管理系统等; 二是在 GCADS 的基础上进行二次开发的技术, 如工程应用软件的开发, 专用图形库和数据库的设计, 各种通用应用软件 (如几何造型、结构分析等) 在专业设计中的应用, 通用图形系统的用户化开发等技术。上述所有二次开发的目的是要建立一个用户化的专业计算机辅助设计系统, 以适应反复建立模型、评价修改模型的工程设计的需要。建立专业 CAD 系统的过程, 从计算机科学角度看, 实质上是变人的设计劳动为应用软件系统的过程, 即实现设计信息的计算机管理、加工和变换的过程。

本课程的内容大体上根据以上论述确定。全书共分为总论、设计信息的准备与管理、CAD 应用软件的设计、用户图形系统的建立和计算机辅助工程设计系统的建立等五篇。

第一篇介绍了 CAD 的内涵、功能以及任务, 此外还介绍了构成 CAD 支撑环境的硬件和软件以及 CAD 系统的型式。

第二篇介绍了设计信息的准备与管理。关于设计信息的准备, 介绍了表格、线图和实验数据的处理方法。对于设计信息的管理, 介绍了数据的程序化处理方法、文件化处理方法和数据库管理的方法以及这些管理方法的实现。

第三篇中, 作者用“软件工程学”的方法取代了现行许多 CAD 教材中采用“控制流”设计软件的方法。“控制流”的设计方法是 60 年代以前欧美所采用的、并已为“软件危机”所证实了的错误方法。由于 CAD 系统的功能最终反映在解决具体设计问题的应用软件上, 因此从事工程 CAD 开发和学习的工程技术人员、研究生和大学生必须了解应用软件设计的步骤、原则和方法。为便于非计算机各工程专业的学生和工程技术人员学习、理解和掌握“软件工程学”中关于软件设计的原则和方法, 本篇采用了与工程设计相对应的“三段设计法”, 深入浅出地介绍了软件设计的原则和方法, 并给出了各工程设计专业人员均能理解的程序设计实例分析。

第四篇介绍了 CAD 的图形系统。计算机图形处理是完成 CAD 任务的重要一步, 其任务是利用计算机来产生和修改工程设计所需的各种图形。图形处理系统 (简称图形系统) 就是完成这种任务的计算机系统。工程设计中的图形有产品造型所需的三维图形和作为施工

3-ACI 01/05

用的二维图形。因此,计算机图形学就成为CAD的理论和应用中不可分割的组成部分。然而工程CAD应用中,由于作为商品的通用图形系统(如微机CAD系统所采用的AutoCAD, Micro Station等)均具有很强的图形功能,因而人们更为关心的是如何更加方便、高效地使用它们。因此,必须根据专业工程设计的特点和需要对通用图形系统进行二次开发,以建立一个专业功能很强的、使用方便的专业图形系统。为此,本篇以AutoCAD为例,系统地讨论了设计计算程序与AutoCAD间的接口、参数化绘图和交互图形系统的用户化开发等三个方面的理论和方法,以使读者能动手设计和研制工程设计所需的CAD系统。

第五篇从信息论和系统工程学的角度介绍了针对专业特点建立专业CAD系统的思想和方法。

本书的结构、体系和内容,是作者多年来从事本科生、研究生教学和科研实践中不断探索、推敲,并在湖北省教委和武汉水利电力大学教学科研基金的资助下写成的。

本书由武汉水利电力大学李钝主编,参加本书编写的有华北电力学院王藏柱(负责第四篇的编写),河海大学机械学院范永法(负责第一、二两篇的编写)。在收到参编单位的书稿后,主编对送来的书稿进行了认真的审核。并对书稿作了较大的增补和删减。1994年底,根据主审的意见,又作了一次较大的删减与增补,经过两次较大的改动,大大加强了全书的系统性、完整性和实用性。

参加本书编写的还有河海大学机械学院的朱灯林、吴玉光,华北电力学院的杨晓红等同志。武汉水利电力大学彭卫平、袁泽虎、尚涛三位同志协助主编分别参与了第十章、第十三章和第十四章的改写或增写工作。

CAD作为一门新兴技术,至今仍在迅猛发展之中,其教学体系也尚未形成。因此对于本书的结构、体系、内容和若干见解难免有错误和不妥之处,恳望读者批评指正。

华中理工大学博士导师余俊教授主审了全书的原稿,在文字和内容上都提出了许多指导性意见。武汉水利电力大学机械设计教研室程志毅、陈立平、袁泽虎、张林宣等同志都曾参入过本书的一些前期研究,对作者写作思想的形成均给予了支持和帮助。在此,对所有为本书的编写、审阅和出版给予支持和帮助的同志一并表示衷心的感谢。

作 者

1995年3月于武昌珞珈山

目 录

前 言

第一篇 总 论

第一章 CAD 概论	1
第一节 CAD 的内涵、功能和任务	1
第二节 CAD 的发展概况及应用前景	3
第二章 CAD 系统概论	5
第一节 CAD 系统的硬件	5
第二节 CAD 系统的软件	9
第三节 CAD 系统的型式	11
习题一	14

第二篇 设计信息的准备与管理

第三章 概述	15
第一节 信息、数据与数据处理	15
第二节 计算机辅助设计中的数据管理	16
第三节 信息管理中的数据结构	20
第四章 表格线图与实验数据处理	36
第一节 数表的程序化	36
第二节 数表的文件化	40
第三节 函数插值	44
第四节 线图的处理	48
第五章 数据库及数据库管理系统	55
第一节 数据模型	55
第二节 实体—联系模型	58
第三节 数据库管理系统	60
第四节 微型机数据库管理系统 dBASE III 简介	62
第五节 工程数据库简介	67
第六节 数据库设计	68
习题二	79

第三篇 CAD 应用软件的设计

第六章 应用软件的开发过程	80
第一节 软件与软件质量的评价	80

第二节 应用软件的研制过程	82
第七章 软件设计中的基本概念和原则	84
第一节 软件设计中的基本概念	84
第二节 软件设计的基本原则	87
第三节 模块化结构的质量评价	89
第四节 与设计原则有关的几个问题	92
第八章 工程 CAD 软件的设计	96
第一节 CAD 软件的方案设计	96
第二节 CAD 软件的初步设计	100
第三节 CAD 软件的详细设计	106
第四节 实例分析	110
习题三	132

第四篇 用户图形系统的建立

第九章 CAD 图形系统概述	133
第十章 计算机图形学基础	137
第一节 图形的计算机生成	137
第二节 图形处理的矩阵方法	148
第三节 二维图形的矩阵变换	150
第四节 三维图形的矩阵变换	154
第五节 三维图形变换的应用	158
第六节 开窗与裁剪	165
第七节 图形的消隐	169
第十一章 几何造型	174
第一节 概述	174
第二节 三维立体的表示方法及其数据结构	174
第三节 几种常见的几何形体表示方法	177
第十二章 图形支撑软件	181
第一节 概述	181
第二节 Auto CAD 的安装与运行	184
第十三章 应用接口及参数化绘图系统建立——通用图形系统的二次开发〈I〉	191
第一节 数据文件共享的概念	191
第二节 DXF 文件的结构及接口程序	191
第三节 参数化绘图系统的建立	200
第十四章 交互图形系统的用户化开发——通用图形系统的二次开发〈II〉	210
第一节 交互图形系统概述	210
第二节 图形数据库开发的一般知识	211
第三节 建库技术	217
第四节 交互图形系统的用户界面开发	224

习题四	234
-----------	-----

第五篇 计算机辅助工程设计系统的建立

第十五章 工程 CAD 系统及其建立	235
第一节 专业工程 CAD 系统模式	235
第二节 专业工程 CAD 系统的建立	238
第十六章 专家系统与智能 CAD 系统的建立	240
第一节 CAD 与人工智能	240
第二节 建立专家系统的基本技术	242
第十七章 计算机模拟	247
第一节 计算机模拟的概念	247
第二节 计算机模拟的基本方法	250
习题五	256
主要参考文献	257

第一篇 总 论

第一章 CAD 概 论

近 20 年来,随着计算机技术的飞速发展和计算机性能价格比的逐年提高,作为计算机技术应用重要领域之一的计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)在航空、航天、汽车、造船、机械、建筑、电子、轻工等行业得到了普遍的应用。一个完备的 CAD 系统可以全面支持从概念设计、外观造型、功能设计、性能设计直到零部件详细设计的各个步骤,并且可以快速地绘制工程图和打印各种设计文件。目前,CAD 几乎影响着工程设计的各个领域。采用 CAD 技术对于提高产品的设计效率和质量、增强产品的市场竞争力具有不可估量的作用。因此,工程设计类各专业的大学生,学习和掌握 CAD 技术的基本知识,其重要性和迫切性是不言而喻的。

第一节 CAD 的内涵、功能和任务

1973 年,当 CAD 还处于发展初期时,国际信息联合会给了 CAD 一个广义的定义:“CAD 是将人和计算机混编在解题专业组中的一种技术,从而将人和计算机的最佳特性结合起来”。人具有图形识别的能力,具有学习、联想、思维、推理、决策和创造的能力,而计算机则有巨大的信息存贮和记忆能力,有丰富灵活的图形和文字处理功能和高速精确的运算能力。上述人和计算机最佳特性的结合是通过能实现人与计算机双向通信的交互设备而实现的。

工程设计的过程可以考虑为一个反复地创造模型、分析模型、评价修改直至完善,最后用生产技术文件表示的过程。因此,同传统设计过程一样,计算机辅助设计的过程也可以分为计划 and 设计两个阶段,设计阶段又分为建模、分析、评价、表示等几个步骤。如图 1-1 所示,CAD 系统在计划阶段的信息提供方面(包括市场需求和技术信息),以及设计阶段中在几何造型、工程分析、评价决策和图形文字处理等

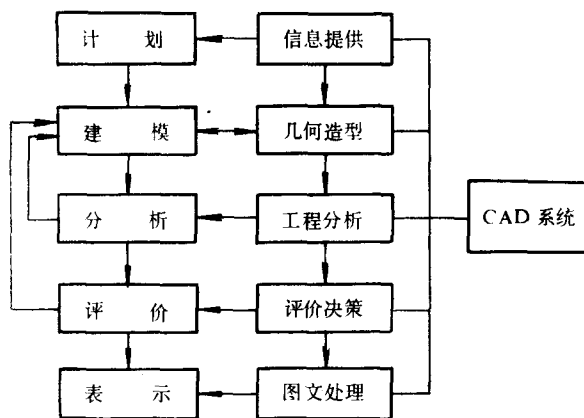


图 1-1 CAD 系统的功能对产品设计的影响

方面皆提供了传统设计方法所不可比拟的强大功能。

一、计划阶段的信息提供

每一CAD系统都有自己的图形库和数据库,并且还可以通过各种通信手段与其它大型信息库相连。因此,在设计之前的计划阶段,设计者可以大量查寻所需的市场需求信息和各种与该产品设计制造有关的先进的技术信息,以对市场需求状况作出正确的判断,并依据相关技术领域的发展情况,对产品的功能、经济性和制造要求等方面的可行性作出科学的估计。

二、几何造型(几何建模)

几何造型是用计算机及其图形系统描述物体形状,模拟物体动态处理过程的一种技术。这种技术的采用,可以使设计师的感觉、空间想像能力和表现能力都得到延伸。人具有高速摄取图形信息的能力,由于CAD系统实现了人与计算机之间图形信息的双向交流,因此设计师可面对屏幕上这种形象而又逼真的图形,探索各种解决设计问题的方案。利用这种技术,可以把图形显示与结构分析、仿真模拟、评价优化组合成一个有机的系统。在这个系统中,设计师可对模型反复而又快速地分析、评价、修改,直至达到满意的结果。

三、工程分析

电子计算机的出现为大型复杂的工程计算提供了一个有效的工具,过去许多无法解决的工程问题都可以通过“电算”方法解决。由于图形硬件和软件的出现,又使这种分析工作变得越来越直观、方便、可靠。现在各种工程分析系统、如有限元建模与分析、可靠性分析、最优化方法、机器系统运动学和动力学分析以及计算机模拟分析等系统在工程设计中越来越显示出其优越性。

四、评价与决策

人类对设计结果的评价一方面依靠分析计算,另一方面还依靠知识推理。CAD系统对设计的评价在这两方面均给了设计者以巨大的帮助。

计算机辅助工程分析为设计者提供了可靠的评价依据,如利用运动轨迹的再现可以检查各构件之间是否干涉,利用结构速度的计算机模拟可以评价结构对运动机器速度的限制,利用有限元分析提供的应力应变图可以评价结构设计的合理性等等。

随着人工智能的发展而受到工程界普遍重视的专家系统,由于它不仅集中了许多专家的知识 and 经验,而且还能积累评价过程中所获得的知识而不断完善。这样,设计师可以交替利用工程分析与专家系统对所建的模型反复地评价修改,直至获得满意的结果。

五、图形和文字处理

由于有图形软件和文字编辑排版软件的支持,计算机可以利用绘图机或打印机直接由图形文件获得工程图,还可以自动编制并打印零部件明细表,外协、外购件明细表,工艺指导文件,设计计算书和产品说明书等。

从CAD系统的功能对设计进程的作用可以看出,应用CAD技术有如下优越性:

- (1) 可以提高设计的效率,缩短设计的周期、减少设计的费用;
- (2) 为产品最佳设计提供了有效途径和可靠保证;
- (3) 利于建立标准图及标准设计库,以促进设计、绘图和文档的标准化工作;

(4) 为计算机辅助制造和检测 (CAM, CAT) 提供了数据准备;

(5) 有利于设计人员创造性的充分发挥。

CAD 对于工程设计的作用及其采用计算机辅助工程设计的优越性是明显的。要采用 CAD, 必须学会使用通用 CAD 系统 (GCADS), 并结合本专业工程设计特点进行应用开发。对于工程技术人员、大学生和研究生来说, 学会使用通用 CAD 系统不是难事, 因此关键是应用开发。为此, 计算机辅助设计的任务可概括为如下四部分:

(1) 完成设计信息的计算机存贮和管理;

(2) 开发工程设计的应用程序;

(3) 建立一个满足专业设计所需的图形系统, 以高效利用工程数据库, 完成产品造型和工程图绘制等任务;

(4) 将工程数据库、应用程序以及图形系统等部分有机地组成为一个现代设计的 CAD 系统, 以适应反复建立模型、评价模型和修改模型这种设计过程的需要。

第二节 CAD 的发展概况及应用前景

CAD 的发展可追溯到 1952 年, 当时美国麻省理工学院 (MIT) 伺服机构实验室研制出了世界上第一台数控铣床并在计算机制作数控纸带方面进行了开发, 在此基础上, 该室 D. T. Ross 的研究组于 1955~1959 年发展了自动编程工具 (APT) 系统, 实现了数控机床的计算机辅助编程, 同时 Ross 还提出了 Computer Aided Design 的概念, 并为 MIT 的电子、机械专家在讨论 APT 数控编程系统时所肯定。同一个时期, 美国 Calcomp 公司研制出滚筒式绘图仪, Gerber 公司研制出平板绘图仪。1962 年, Ross 和 S. A. Coons 合作, 开始研究设计过程中人机协同工作问题。次年, MIT 的 Lincoln 研究所的 I. E. Sutherland 在他的博士论文中论述了 CRT 显示和光笔技术在计算机图形中的应用, 同年在美国计算机联合大会上, Coons 在其《计算机辅助设计要求纲要》的报告中, 对 CAD 作了如下设想: 设计者在 CRT 显示终端前用光笔操作, 从概念设计到生产设计甚至到制造为止, 都可用人机对话方式进行。这一设想的提出, 才真正揭开了 CAD 在工程设计中应用的历史。

1964 年, 美国通用汽车公司 (GM) 开发的、用于汽车前窗玻璃型线设计的 DAC-I 系统可以认为是 CAD 应用的最早实例。随后, 美国洛克希德公司与 IBM 公司联合开发的以大型机为基础的 CADAM 具有三维线框建模、数控编程、三维结构分析等功能, 使 CAD 在飞机工业领域进入了实用阶段。1968~1969 年, 美国 CALMA 公司、Applicon 公司和 Computer Vision 公司先后推出了“成套系统”, 也称为“转钥匙系统 (Turnkey System)”。它与以往使用的大型计算机集中型 CAD 系统不同, 是一种可置于设计人员身边的分散系统。

70 年代, 出现了廉价的固体电路随机存贮器, 产生逼真图形的光栅扫描显示器、光笔、图形输入板等多种形式图形交互设备, 以中小型机为核心的 CAD 系统飞速发展, 出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统。到 70 年代后期, CAD 技术在许多工业领域已成为必不可少的重要工具。从美国安装的 CAD 工作站看, 70 年代末, 已从 60 年代的 200 多台

发展到 12000 多台,使用 CAD 的人数,也由 60 年代末的几百人增长到 2.5 万人以上。

进入 80 年代以后,由于超大规模集成电路 (VLSI) 的发展,计算机硬件成本大幅度下降,图形设备迅速向优质价廉方向发展,CAD 技术进入了广泛推广使用的阶段。由于小型机、尤其是超级微机和普通微机性能价格比的提高,极大地促进了 CAD 的发展,大量的、有实用价值的 CAD 软件不断投入工程应用。据有关资料报导,现今全球约有数百万台各种类型的 CAD 工作站在各行各业中大显身手。

近 10 年来,我国 CAD 技术发展也较快,在引进消化的基础上,正在逐步发展自己的实用 CAD 系统。“七五”期间,机械 CAD 围绕着 CAD 支撑软件系统、机械产品共性技术研究和数据的采集建库、重点机械产品 CAD 系统的建立三个方面进行了攻关,并取得了一大批成果。

过去的几十年里,人们在计算机辅助设计领域中取得了巨大的成就,但人们并不满足于这些已有的成绩,仍然在继续寻找使计算机具有更快运算速度和更大存贮容量的途径,交互设备也朝着更方便、更高效、更适用的方向发展,网络技术的发展将更有利于计算机资源的利用。人工智能技术的发展,将为 CAD 创造一个更完美的设计环境,它将使计算机具有听觉、视觉、识别和学习的功能。不久的将来,它将可以用自然语言与设计者对话,了解设计者的要求,帮助设计者完成数值分析和符号推理工作,并依仗自身模式识别与景物分析的能力,根据所需的运动轨迹进行机构综合分析,自动设计出所需的机构。计算机模拟 (Computer Simulation) 技术可使设计者形象地看到所设计的产品在正常和非正常情况下的应力分布、热分布、物体的变形乃至损坏的过程,而这些特性往往是用常规的模型实验、样机试验都很难弄清楚的。这一成果促成了集计算机辅助设计、分析、模拟、测试、制造为一体的计算机辅助工程 (Computer Aided Engineering, 简称 CAE) 的发展。人们认为,设计与制造的全过程,实际上是处理“信息流”与“物流”的过程。只要控制好“信息流”和“物流”,就可以取消设计图纸、半成品库等,直接变设计信息为产品。于是人们把 CAD、CAM (Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造)、CAT (Computer Aided Testing, 计算机辅助检测) 以及 CAE 集成起来,促成了 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System, 计算机集成制造系统) 的发展。

CAD 技术的应用是工业革命以来,工程领域中所发生的最重大的变化,国外甚至有人把 CAD 技术称之为经济起飞的“引擎”。随着工业设计与制造的发展,市场竞争将日趋激烈,工程界对 CAD 技术的需求也将越来越高,这些需求又必将反作用于计算机科学,推动其发展,使 CAD 技术日臻完善。所有这一切都将使 CAD 技术的应用前景更为广阔。

第二章 CAD 系统概论

由一定的硬件和软件组成的供辅助设计使用的系统称为 CAD 系统。由于微电子技术和软件技术的迅速发展,使得 CAD 系统可以采用多种多样的配置,不同的配置具有不同的特点,满足不同层次 CAD 作业的需要。因此,在进入 CAD 作业之前,应对组成 CAD 系统的硬件、软件以及配置方式有一个基本的了解。

第一节 CAD 系统的硬件

构成 CAD 支撑环境的硬件系统,大体上由图 2-1 所示的几部分组成。

一、主机

主机是控制及指挥整个 CAD 系统并执行实际运算和逻辑推理的装置,是 CAD 系统的核心部分。主机包括中央处理机 (CPU) 和主存储器 (简称内存) 两部分。CAD 系统的主机根据 CAD 作业规模的大小,可采用大型、中型、小型或是微型计算机。计算机技术的不同发展阶段,对计算机的分类标准也是不同的。现在的微型机已达到过去小型机、中型机甚至于是大型机的性能指标。在配置 CAD 系统的主机时,主要考虑的指标有:

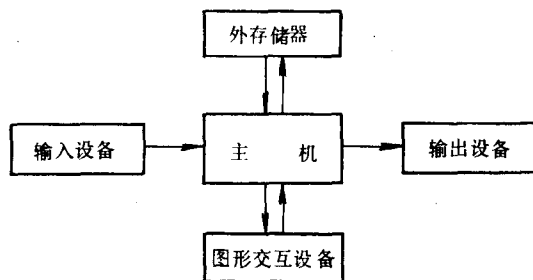


图 2-1 CAD 系统硬件的组成

1. 字长 (word length)

字长由运算器中寄存器的位数 (bit) 决定。字长越长,数的表示范围越大,精度越高,计算机处理数据的速率也越高。目前,一般大型机字长为 60~64 位,微型机字长为 16~32 位。

2. 主频 (master clock frequency)

主频也称时钟频率。计算机中的所有部件都是在同步脉冲的控制下严格地一步一步动作的。所谓同步脉冲,是计算机中的主时钟发出的定时脉冲,每一个同步脉冲,都通过电子线路传递到各部件而使它们协调地动作,完成一步操作。主时钟在 1s 内发出的同步脉冲数称为“主频”,以 MHz 为单位。显然,主频越高,则每秒钟发出的同步脉冲越多,计算机的速度也就越高。

3. 运行速度 (operational speed)

也可以用下列指标表示计算机的运行速度:①MIPS (百万条指令/秒);②Mflops (百万次浮点运算/秒);③每秒处理事务交易的数量。

4. 存储容量 (memory capacity)

计算机的内存贮器存取速度很快,可以直接与运算器、控制器交换信息。由于CAD作业中包括产品造型、数值计算与符号推理以及工程图的绘制等工作,信息处理量大,因而CAD系统主机的内存贮容量不宜过小,否则会影响CAD作业的效率,严重时甚至导致系统无法运行。目前,PC-CAD系统的内存大多均在4~16MB(兆字节)。

二、外存贮器

1. 磁带

磁带具有1/2英寸带宽和1/4英寸带宽两种,其存储容量大(可达几百兆字节)、成本低,但由于磁带是顺序存储方式,不便于随机存取,常用于存储批量大、不需随机存取的数据。

2. 磁盘

磁盘有软盘和硬盘两种。软盘具有可置换性,每张软盘的存储容量通常在360KB~1.44MB之间。硬盘存储容量一般为几十兆字节到上千兆字节。磁盘可作随机存取,具有快速、可靠等特点。

3. 光盘

虽然光盘的取数速度比磁盘慢一个数量级,但它容量大、寿命长,且同磁盘一样具有可置换性,随着光子计算机的发展,其缺陷会不断改善,它将是未来广泛采用的外存贮设备。

三、输入/输出设备

CAD系统的输入/输出设备包括传统数值计算机的键盘、字符终端、纸带机、打印机以及其它图形硬拷贝设备。需要指出的是,键盘在CAD系统中已成为控制程序模块运行、命令和菜单的重要交互设备了。

图形硬拷贝设备包括传统的打印机和各种绘图仪。

打印机有撞击式和非撞击式两种。撞击式打印机有行式打印机、点阵式打印机等。非撞击式打印机利用了喷墨、激光等技术,因此具有速度快、清晰、无噪声等优点,如喷墨打印机、激光打印机等。

绘图仪有笔式绘图仪,也有利用静电、喷墨等技术的绘图仪。工程中最常用的是笔式绘图仪,它分为滚筒式和平板式两种。评价绘图仪的主要技术指标有绘图速度、步距、绘图精度和绘图仪功能等项,具体选购时可参考有关资料。

四、图形交互设备

在人机交互过程中,图形信息的双向交流尤为重要。图形交互设备的作用就是实现这种双向交流,且在这种交互中使CAD系统按人的意志实现图形的绘制与修改中的定位、笔划、选择与拾取等功能。

所谓定位(Locator)即是指定位置的坐标,如在拼绘图形时将一个图形块准确地拼入另一图形块指定的坐标位置。笔划功能(Stroke)就是通过类似于铅笔的输入设备的移动,相应类似于图纸的屏幕上也出现这支“笔”移动的轨迹。选择(Choice)与拾取(pick)的功能是选择删改的对象并被计算机所确认,这两项功能还广泛用于菜单的选取与拾中。

交互绘图设备包括图形输入设备和输出设备两部分。

1. 常用的图形输入设备

(1) 键盘 (Keyboard)。键盘是最通用的数据和字符输入装置, 在 CAD 系统中也作为图形的输入装置。当作为图形输入装置时, 它不仅能输入数字和字符, 而且还配有许多功能键以完成程序的调用、字符命令和菜单命令的选择。键盘上的光标控制键与回车键配合, 可方便地移动光标, 实现定位、选择、拾取等交互功能。

(2) 鼠标器 (Mouse)。鼠标器如图 2-2 所示。鼠标器的下方装有一个球形走轮, 通过走轮的平面运动而控制屏幕光标的移动。鼠标的上方一般装有三个按钮用于绘图功能的控制, 可比键盘方便得多地完成定位、选择、拾取等功能, 在图形软件支撑下与各种形式菜单及屏幕多窗口显示技术配合使用能十分方便地、交互地构造图形和程序的调用。

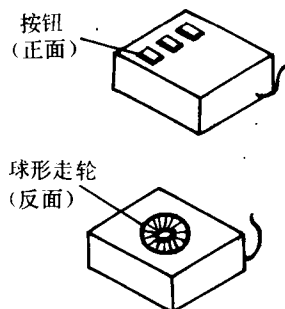


图 2-2 鼠标示意图

(3) 数字化仪 (Digitizer)。数字化仪因制作原理不同而有多种型式, 常用的电磁感应式数字化仪如图 2-3 所示, 它是一种电子图数转换设备。数字化仪通常由一块矩形台板和一个电子感应笔或者是游标指示器 [图 2-3(b)] 组成。指示器头部有一个十字形准线, 后部带有一组操纵按钮。台板下部是一块布满了纵横交叉网格的印刷线路板, 网格线路构成了 x 和 y 方向的坐标信息。线路网格愈密、精度则越高, 其精度在 $0.254 \sim 0.0254\text{mm}$ 之间。台面规格按图幅尺寸从 11 英寸 $\times$ 11 英寸到 36 英寸 $\times$ 48 英寸, 一般把小型的称作图形输入板 (tablet), 大型的叫数字化仪。图形输入板的精度较低, 大型数字化仪的精度较高。

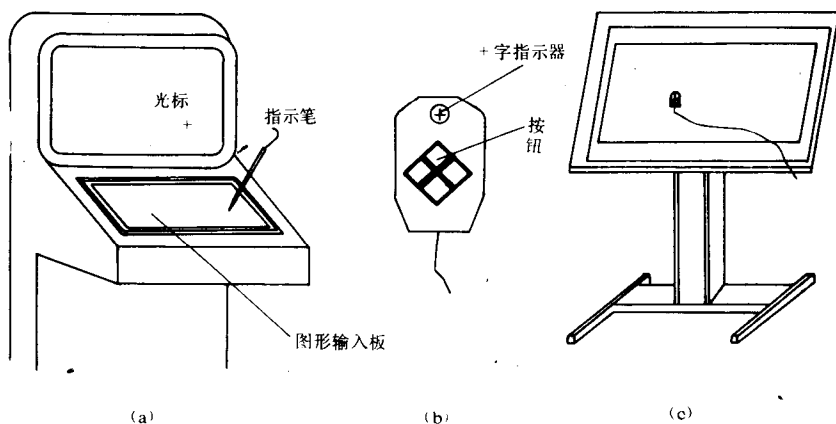


图 2-3 数字化仪

(a) 图形输入板; (b) 游标指示器; (c) 大型数字化仪

数字化仪能通过电子感应笔或是游标指示器在上面的移动而在图形屏幕上完成笔划功能、定位功能、选择与拾取等功能。除此之外, 还可用它制作台板菜单, 完成绘图子程序的调用、基本图形元素的调用、特定功能的调用以及命令的调用, 所有这些可大大地提高交互绘图的灵活性、方便性和工作效率。

(4) 光笔 (Light—Pen)。它是一种直接用于显示屏上的图形输入装置, 其形状、大小

都很像一支钢笔。如图 2-4 所示,它由笔体、透镜组、光导纤维、开关及光电转换等部分组成。它能从屏幕上选择与拾取图形、实现图形的绘制与删改。由于光笔的精度不高,不及其它一些输入设备,故目前很少采用。

(5) 扫描仪 (Scanner)。这是一种新型的大幅图纸的高速输入装置,它通过光电扫描转换装置的作用把图纸输入到计算机内,并能把扫描输入的数据转换成计算机文件记录在外存贮介质上。

2. 交互图形输出设备

图形输出设备可分为两类:一类是与图形输入设备相结合,构成具有交互功能的、可快速生成和删改图形的显示设备 (Display); 另一类则是可输出到图纸或其它介质上,提供永久保存图形的绘图设备 (Plotter)。我们

这里所指的交互图形输出设备,是指可根据设计者的意图对几何造型和工程图形进行实时删改和显示的设备,即指图形显示器。显示设备在交互系统中的作用十分重要,因为所有的交互输入装置都必须与它配合并通过它才能完成对话。

显示器所显示的数字、字符和图象都是由一个个的点所组成的。组成显示网络的象素多少决定了图形的清晰程度,通常用分辨率表示。如分辨率 1024×768 , 就表示 1024 个水平象素乘以 768 个垂直象素。然而微型机系统最大的图形能力还要取决于所安装的图形显示卡。如目前流行的 TVGA 卡相对于过去的 CGA、EGA 和 VGA 卡的显示能力都有很大的提高,而最新一代西文图形显示标准是 GUI, 它的显示速度是 TVGA 的 3~6 倍、分辨率高过 1280×1024 , 颜色远高于 256 色而达到真彩色。连到图形显示卡上的显示器的类型有时对图形显示卡的输出能力产生物理上的限制,所以图形显示卡和显示器决定了显示的分辨率、颜色和速度。

常用的图形显示器如图 2-5 所示,有随机扫描和光栅扫描两种类型。

随机扫描方式利用电子束,象用铅笔画线一样地在屏幕上产生图象。这个图象由一系列直线段组成,每段直线都由定向电子束在荧屏上从一点移动到另一点而得到,这些点可用 x 、 y 坐标确定。虽然这种方式得到的图象由直线段所组成,但把足够短的线段连接起来便可得到近似光滑的曲线。

在光栅扫描方式中,荧光屏被分成许多离散的图象单元,即象素。象素的矩阵排列构成了光栅,电子束在屏幕上从左到右顺序地水平扫描,一行行地扫描到屏幕最底部一条扫描线右端后,电子束又返回屏幕左上角。依此顺序重复进行,并根据要显示的信息来增强某些部分而产生图象,因此在显示一幅图象时必须确定每个象素的亮度、色彩等属性,这些信息存放在帧缓冲存贮器 RAM 中。显示器的分辨率越高,亮度、灰度及色彩级别越大,

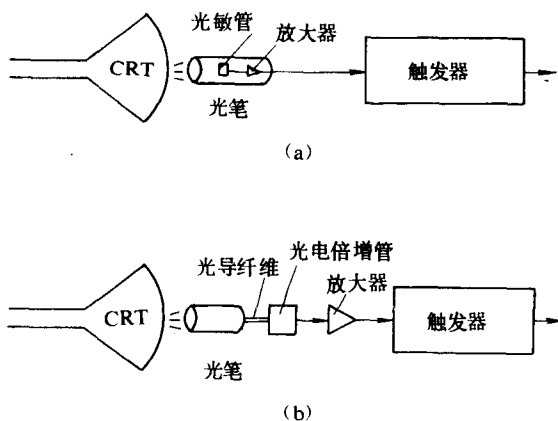


图 2-4 光笔结构示意图

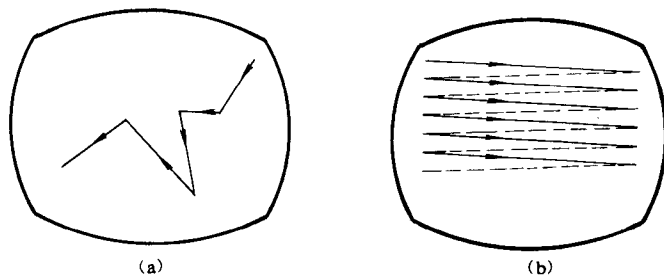


图 2-5 图形显示器的扫描方式

(a) 随机扫描; (b) 光栅扫描

则要求的帧缓冲存储器就越大。以普通电视机为例,它每幅图象扫描 512×512 个点,为了使图象不闪烁则要求每秒产生 30 帧(幅)图象,因此总共每秒要扫描 $30 \times 512 \times 512$ 个点。每一个点(即像素)又具有不同的坐标位置、不同的灰度及颜色等属性,所以帧缓冲存储器的容量十分庞大,且随显示器的分辨率、亮度、灰度和色彩级别的增加而增大。这些过去曾认为不可能实现的事,由于大规模集成电路技术的发展而变成现实。因为光栅扫描不仅可以显示物体的轮廓线、特征线等所谓的线图形,而且还可以显示被多种灰度和色彩的像素所填充的所谓面图形,这就使得输出具有光照、色彩及浓淡效应的立体图形成为可能。加之它具有较好的动态性能并可利用普通电视的显示器,所以它的应用越来越广泛。

第二节 CAD 系统的软件

计算机辅助设计的支撑环境除了硬件外,还要有各种各样的软件支持。构成 CAD 支撑环境的软件按功能可分为三个层次(图 2-6),即系统软件、支撑软件和应用软件。系统软件 and 支撑软件是 CAD 软件系统的内核,外层是应用软件。

一、系统软件

系统软件是计算机系统中最靠近硬件的一层软件,其它软件一般都通过系统软件发挥作用,它与具体的应用领域无关。系统软件所包括的成分一是用于计算机的管理、维护、控制和运行的程序;二是用于计算机程序的翻译、装入、管理、维护、控制和运行的程序。如操作系统、语言加工程序和系统实用程序。

操作系统是计算机的“管家”,如 UNIX 操作系统、MS-DOS 等等。操作系统关系到计算机有条不紊地工

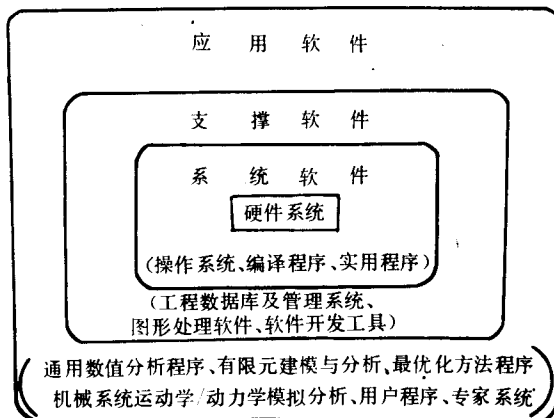


图 2-6 CAD 系统软件的层次关系