

计算机绘图基础理论

与 AutoCAD R12.0

陈 为 耿 强 周冠伟

东 南 大 学 出 版 社

计算机绘图基础理论 与 AutoCAD R12.0

陈 为 耿 强 周冠伟

东南大学出版社

内 容 提 要

本书以 AutoCAD R12.0 版本为基础,介绍计算机辅助设计概况、计算机绘图的基本原理,以及该软件的基本功能、主要命令、基本操作方法和绘图技巧。

本书注重计算机绘图技巧和应用能力的培养,适合于教学与自学。书中实例丰富,例题和综合实例具有代表性,便于读者上机操作,巩固所学知识。

本书可作为工科计算机绘图课程的教材和从事 CAD 工作的科技人员的参考书,也可作为工程技术人员继续教育和岗位培训的教材。

图书在版编目(CIP)数据

计算机绘图基础理论与 AutoCAD R12.0/陈为,
耿强主编. — 南京:东南大学出版社,1999.8

ISBN 7-81050-487-8

I. 计… II. ①陈… ②耿… III. ①计算机
图形学②自动绘图-软件包, Auto- CADR12.0

IV. TP391.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 25150 号

计算机绘图基础理论与 AutoCAD R12.0

陈 为 耿 强 周冠伟

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:洪焕兴

江苏省新华书店经销 南京邮电学院印刷厂印刷

开本 787mm×1092mm 1/16 印张:22 字数:522 千

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:32.50 元

前 言

AutoCAD 是目前国内外使用最广泛的计算机绘图软件,在机械、电子、建筑、航空、汽车、轻工等部门中都得到了重视和应用。

AutoCAD 12.0 集数据库管理、CAD 和逼真感显示于一体,并提供了内容更为丰富、形式更为多样的操作系统环境。该软件具有绘图功能强、编辑速度快、性能良好、适用面广、易学习易掌握等特点,还具有开放的结构,不但便于用户使用,而且能确保系统本身可以不断地扩充和完善,便于用户进行二次开发,被用户称为“真正的用户友好版”。

本书的编者多年从事计算机辅助设计的教学和科研工作,并将 AutoCAD 绘图软件用于教学和科研中,取得了一定的成效。在此基础上,参考了有关著作和文献资料,编写了这本书。

全书共分 13 章,主要介绍计算机辅助设计概况,计算机绘图的基础理论,软件的安装、配置与启动,实用命令,绘图命令,图形显示控制命令,图形基本编辑命令,询问命令,图层、颜色与线型命令,绘图工具,图形块与属性,尺寸标注、图案文件和图案填充,命令组文件、幻灯文件、形文件和菜单文件,图形输出,三维实体,应用实例等。

参加本书编写的有:陈为(第 1 章、第 2 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章、第 12 章、第 13 章和附录),耿强(第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 9 章、第 11 章),周冠伟(第 6 章)。全书由陈为、耿强担任主编,承担了全书的策划、编写和修改工作,最后由陈为同志统稿、定稿。

本书的编写内容由浅入深、循序渐进,实例丰富,重点突出,实用性强。

本书编写过程中还得到了余斌、宋加明同志的大力帮助,在此表示由衷的感谢。

由于我们水平有限,加之时间仓促,错误和疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

1998 年 12 月

1 计算机辅助设计 (CAD) 概述

CAD 是计算机辅助设计的英文 Computer Aided Design 缩写,是一种由人和计算机合作,完成各种设计(如机械设计、电路设计、建筑设计、服装设计等)的技术。这种技术是在对设计过程认真分析后,按人与计算机的各自特点,去完成各自最合适的部分。设计的经验和判断必须由人来完成,而存储和组织数据以及繁重的计算、绘图则由计算机来完成,使设计的效果比人或计算机任何一方单独工作都好、都快。这不仅提高了设计的速度和产品质量,而且能在设计完成后由计算机预先显示产品最终的外部形状和内部结构,还能使设计者在投产之前对产品进行评估,并作出决策。

人工智能和专家系统技术在 CAD 中的应用,使设计趋于自动化、最优化,符合多方面的要求。虽然 CAD 技术的应用范围很广,但在具体应用时总是面向某个专业的。因此,建立专家系统形式的智能 CAD 系统是一个发展方向。

计算机图形学的形成与发展为 CAD 技术提供了理论依据,使 CAD 技术被广泛应用于航天、电子、机械、建筑、轻工业以及艺术领域,效益日见明显。据不完全统计,在超大规模集成电路的设计生产中引入 CAD 技术后效率提高了 18 倍,机械工业生产中引入 CAD 技术后提高了 5 倍,建筑行业提高了 3 倍,出版行业提高了 4.4 倍。随着 CAD 技术的飞速发展,生产效率还会更快提高。

CAD 是进行辅助设计而并非代替人的设计,它能够使人们从日常的重复性工作中解脱出来,有更充分的机会发挥自己的聪明才智,进行创造性的设计工作。

1.1 CAD 系统的产生、现状与发展

20 世纪 60 年代初,CAD 技术只在少数几个大公司中应用,如美国通用汽车公司及 IBM 公司,当时首先被应用于机械制造行业,如飞机制造、汽车制造、船舶制造等。70 年代后期,微型计算机、大容量存储技术及计算机图形学的飞速发展,使 CAD 在工程上的应用从单纯的分析计算变为大量信息存储、检索、绘图、计算融为一体的独立系统。

CAD 技术的发展大致经历了以下几个阶段:

(1) CAD/CAM 软件商品化阶段

这个阶段的主要特征是计算机图形软件进一步商品化,出现了各式各样的交互式图形系统,简化了图像、图表和其他图形的生成;采用计算机进行绘图和曲面造型,并把计算机图形显示技术用于数控加工零件编程;成组技术开始用于计算机辅助设计和工艺规程编制。

(2) CAD/CAM 集成系统阶段

这个阶段的主要特征是计算机辅助设计、辅助工艺规程编制、辅助制造以及辅助计划管理各大模块之间的信息流实现一体化;采用仿真技术,在计算机屏幕上可以预测产品的

性能;实现信息流的一体化和进行产品性能仿真,发展了几何实体造型和特征造型技术,使人工智能与专家系统开始应用于计算机辅助设计和辅助工艺规程编制等领域。随着微型计算机和超级计算机的大量涌现,尤其是在 80 年代初,出现了把主机和图形终端合在一起的“工程工作站”,使以工程工作站、网络服务器和局域网组成的网络化计算机系统代替了原来的以小型机或超级小型机为基础的集中式计算机系统。

(3) CIM (计算机集成制造) 阶段

这个阶段的主要特征是除了信息流实现高度的集成外,在物料流、刀具流等方面也进行集成。CAD 技术贯穿到设计、制造、管理的全过程中。近年来,数据库技术的飞速发展,使设计、制造、生产工艺集成于工程库的集成化系统开始形成,设计从工艺流程计划、加工数据及数控程序,再到控制机器人的活动路径,实现设计、制造、生产一体自动化的目标已不遥远。

目前,CAD 技术已广泛应用于工业的各个领域,乃至家庭。据报道,目前美国 100%的大型汽车行业、60%的电子行业、40%的建筑行业在使用 CAD 技术。CAD 系统的销售额在近 10 年内增长了 40 倍左右。在未来的 5 年中,预测仍将以每年 15% 的速度增长。英国、日本等发达国家近几年来在汽车制造业、飞机制造业和机械制造业中使用 CAD/CAM 的速度也显著加快。

我国 CAD/CAM 技术与国际先进水平相比,落后约 10~15 年,计算机硬件和支撑软件主要依靠进口。我国对采用 CAD/CAM 的认识也有一个发展的过程,从开始的单纯为了减少重复性劳动提高到目前的改造传统产业、增强企业活力、进入国际市场的高度,因此,企业使用 CAD/CAM 的积极性和投资强度也随着提高。尤其在当前,为适应社会主义市场经济的发展,要搞活大中型企业,需要对企业传统的产品结构、生产装备和管理模式进行改造,以提高企业的活力和适应市场的应变能力。其中,首当其冲的是进行产品结构的调整,提高产品的技术档次,缩短新产品的开发周期,提高产品设计质量,降低物耗和造价,以适应当代产品的多品种、小批量和及时更新换代的要求,提高产品在国内外市场的竞争能力。要达到这一目标,采用 CAD/CAM 技术是唯一的出路。所以,一些有远见的企业家不惜在这方面投入大量的资金和人力,适当超前一些进行技术开发。因为 CAD/CAM 技术的应用通常较难做到当年投资当年见效,需要有一段时间进行应用软件的开发和进行企业内部机制的调整,使之适应 CAD/CAM 技术的应用环境。

我国的 CAD/CAM 技术是从“六五”开始起步的,当时的计算机硬、软件条件均很落后,较多的是采用计算机进行一些分析计算。从“七五”以后,国家在 CAD/CAM 技术方面有较大投资。

据调查,就 CAD/CAM 的应用情况分析,目前国内的企业可分为三类:

第一类,设备、技术力量及系统基本配套,并已开展零部件设计、绘图、分析计算、数控编程、计算机辅助工艺规程编制和计算机辅助管理等方面的应用。这些企业需要扩充系统功能,增加应用的深度和广度,向 CAD/CAM 集成化努力。

第二类,只有较简单的设备,仅进行过绘图、分析计算等单项技术的应用。这些企业需要进行系统配套,提高应用水平。

第三类,尚缺设备和技术力量,但有一定的应用需求。

上述三类企业中,第三类占绝大多数。为了更有效地推动 CAD/CAM 技术的应用,实现上述目标,国家科委等八个部委 1991 年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》。实施 CAD 应用工程的目标是:在国民经济主要部门的科研、设计单位和企业的产品开发机构,大面积普及 CAD 技术,加速摆脱手工计算、绘图,为实现科研设计现代化,提高科研设计工作效率和质量,逐步建立我国的 CAD 产业创造条件。到 2000 年,我国 CAD 开发的应用水平要达到中等发达国家 90 年代中后期水平。

1.2 CAD 的应用

下面从几个主要应用方面来论述 CAD 的应用概况。

1) 航空和汽车工业

飞机制造和汽车制造是最早应用 CAD 技术的两个行业。美国波音飞机制造公司在 60 年代初已有 CAD 程序,主要用于计算分析及绘图输出方面。到 80 年代初已发展成为利用 CAD/CAM 的集成化系统进行飞机外形设计计算;利用专用 APT 自动编程工具语言自动生成可供生产用的设计图纸,并有设计的详细说明文档。在 1975 年洛克希德飞机制造公司公布的 CAD 系统中,仅在绘图方面的经济效益就足以说明 CAD 技术具有可大大降低成本、减少返工、提前纠错的重大收益。

在汽车制造业中,CAD 技术为汽车造型设计、生产图纸以及新产品试制方面提供了经济而有效的途径。60 年代的 DAC-1 系统首先应用于汽车行业,70 年代出现的 CADANCE、FBX 等系统都是汽车制造工业内部开发的。到 80 年代,在发达国家中,70%以上的汽车部件,如汽车的发动机、底盘、车轮、刹车、燃料系统、排气系统、转向器以及驾驶盘等的设计制造均已采用了 CAD 技术。

在我国,随着改革开放,在飞机及汽车制造中也已引入许多 CAD 系统,有的厂家正向集成化系统发展,还有些企业建立了 CIMS 计算机集成制造系统。

2) 机械制造行业

CAD 技术最初应用于机械制造业是数控(NC)系统,它由专用计算机的指令程序控制机床加工。现在,随着微机的飞速发展,CAD 技术已由国际标准语言 APT 为编程语言,从 NC 向 CNC(计算机数控)、DNC(直接数控)及 ACNC(自适应数控)发展。目前,在发达国家中机械行业的主要生产环节已实现 CAD 技术。18 世纪工业革命使机械制造业从手工工厂变为机械工厂,这是机械制造业的第一次飞跃。当今 CAD/CAM 的综合制造系统的诞生,是机械制造业技术发展上的第二次飞跃,使机器可在无人操纵下自动运转。欧洲信息技术研究战略计划(ESPRIT)制定的计算机综合制造系统由五个子系统构成:

- (1) 计算机辅助设计(Computer Aided Design);
- (2) 计算机辅助生产工程(Computer Aided Production Engineering);
- (3) 计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing);
- (4) 计算机辅助存储和运输(Computer Aided Storage and Transportation);
- (5) 计算机辅助生产计划(Computer Aided Production Planning)。

其中计算机辅助生产工程又包括:

- (1) 计算机辅助工艺过程设计 (Computer Aided Process Planning);
- (2) 计算机辅助工厂布置;
- (3) 计算机辅助零件编程;
- (4) 计算机辅助生产工具和夹具设计;
- (5) 材料运输。

总之,在机械制造业,CAD 技术已从计算机控制机床到自动校正加工公差的闭环系统,向综合计算机辅助制造方向发展。

3) 电子工业

CAD 技术在电子工业方面的应用最早始于印刷电路版的制造设计。1966 年 IBM 元件分公司研制了一个 CAD 系统,在 IBM/360 机上运行;1977 年又推出 IWS/370 系统,在 IBM 公司内部使用交互图形设计计算机的插件板、底板、模板及框架等,降低成本 50%。据有关统计,现在,美国 75% 的 CAD 设备是应用于电子工业的设计与生产。

在我国电子工业中,CAD 技术主要应用在集成电路的版图设计及逻辑模拟分析方面。自行开发的 PANDA 集成化系统是国家“七五”攻关成果,它是一个以数据库为核心,将电路逻辑模拟、时序模拟、电路模拟、版图设计、版图验证、掩膜生成集成为一体的系统。

4) 建筑行业

在建筑行业中,CAD 技术是应用发展速度最快的技术。据统计,美国在 1979~1983 年的短短几年中,CAD 系统的投资占其总投资的 18%。首先建立了房屋设计的 CAD 图形网络,实现分布式 CAD 技术的应用,共享图形资源,减少工程费用,加快设计过程。现在,使用 CAD 技术水平已成为工程公司技术水平的象征,是对外竞争投标的重要手段和标志。目前,许多 CAD 软件公司已有成套的建筑工程软件商品,如 Intergraph 公司在 VAX-11 系列机上有以数据库 (DMRS) 和图形处理 (IGDS) 为核心,并配有测绘应用的一整套建筑工程设计软件系统;CV 公司的 CADDS4 系统是由多道操作系统和二维/三维图形数据库组成的多任务软件;Calma 公司有 DIMENSIONIII 系统等。目前,在建筑行业中,从勘测、设计、建筑结构、管道、电气五大类都有软件产品,CAD 技术已渗透到建筑工程各专业内部的主要环节中。

1.3 CAD 系统的主要功能

现代 CAD 系统可以完成四个方面 (指设计过程中) 的主要功能:建立几何模型、工程分析、设计审查与评价、自动绘图。

1) 建立几何模型

从需求分析开始,包括产品的构思、设计方案的确定,建立产品的几何模型,在图形显示器上显示产品的形象,以帮助设计人员进一步构思,确定产品的几何模型。

在 CAD 中,建立产品的几何模型就是在计算机上完成产品的几何描述。设计人员可以通过交互式计算机图形系统在显示器上观察产品的几何模型。常用几何模型有曲面模型、实体模型和特征模型三大类,线框模型有时也使用。

2) 工程分析

在工程设计中需要进行某些分析,包括应力-应变分析、动态特性分析等。这些分析可以是工程设计人员为解决某一特定问题而编制的专用软件。常用的分析软件有质量特性分析软件和有限元分析软件两类。

质量特性分析在 CAD 软件中使用较广,它可以提供物体的一系列质量特征,如表面积、体积、重量、重心、惯性矩等;针对平面或形体的某一截面,计算其周长或截面积等。有限元分析方法是將物体分成大量的基本单元(如长方形、三角形),将这些单元在边界的有限节点上互相连接,通过计算每一节点处的位移来完成物体的应力-应变分析。一个物体的应力-应变分析的输出是将受力后变形的物体形状叠加在非受力状态下物体形状上显示的。如果有限元分析给出的结果不理想,设计人员可根据其结果修改物体的形状。计算机在解微分方程中是很有用的工具,在工程分析中常采用有限差分法来解微分方程,也就是把微分方程变成差分方程。有些差分方程是联立的线性方程组,一般不用矩阵方法求解,而是采用迭代法求解。迭代时,一般从给定解的初始条件来推算过程的发展,或者是给出边界条件来定解。

3) 设计审查与评价

在图形显示器上检查设计的正确性是很方便的。例如,用来进行尺寸和公差确定的子程序可以减小尺寸确定过程中出错的可能性;设计人员还可以在图形显示器上放大零件的某一局部或整个形体,以供检查和修改。

某些 CAD 系统对设计的审查与评价采用动态系统。动态系统软件包可以提供模拟简单机构运动的功能,这一功能可以使设计人员直接观察机构的运动过程及与其他部件有无碰撞。机器人或机械手的设计就要用到动态系统软件包。

4) 自动绘图

自动绘图是指直接从 CAD 数据库生成工程图纸的硬拷贝。CAD 系统在绘图方面可以比人工提高 5 倍以上的效率,而且绘制出来的图纸质量好,有利于图样的规范化。多数 CAD 系统还具有自动标注尺寸、绘制剖面线、加注文字说明及彩色喷墨输出等功能。工程图纸的输入及存档系统对于企业设计人员来说是十分有用的,有了该系统可对存档图纸重新编辑,然后再绘制出来。

采用 CAD 技术有许多优越性,具体表现为:减少绘图劳动量;减少各工序间的周转时间;提高设计精度;易于修改设计;易于建立标准图及标准设计库;便于管理和查询。总的来说,应用 CAD 技术,可以缩短设计周期,节省人力物力,降低成本和提高质量。

由于计算机没有自我学习能力,没有创造性,判断能力也差,因此,只有把人的直观处理、经验、创造性、判断能力等与计算机的高速度、大容量、正确的处理能力结合起来,才会获得良好的效益。

1.4 CAD 硬件系统

一个典型的 CAD 系统由如图 1.1 所示的几部分组成,其中包括:

- 计算机(主机);
- 图形终端和字符终端;

- 外存储器,如磁带、软盘、硬盘和光盘等;
- 输入装置,如键盘、数字化仪、图形输入板和图形扫描输入仪等;
- 输出装置,如打印机、绘图机、硬拷贝机等;
- 网络。

将以上各个硬件连接在一起,以实现一定程度的硬、软件资源共享,并实现计算机网络间的通信。

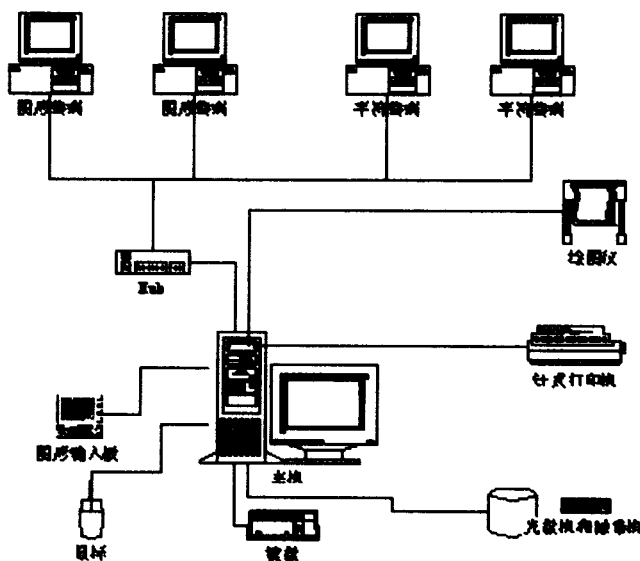


图 1.1 CAD/CAM 硬件系统的组成

1.4.1 计算机

计算机由中央处理器（ ）、内存储器（简称内存）和输入/输出（ ）接口组成。计算机的内存是 可以直接访问的存储器 用于存储常驻控制程序、用户程序指令和准备接受处理的数据。 一般由控制单元和算术逻辑单元（ ）两部分组成 控制单元使系统内各部分相互协调工作 进行人机之间、计算机之间、计算机与各外部设备之间信息的传输和资源的调度 指挥系统中各个部分去执行各自的功能。算术逻辑单元从内存中获得数据,按内存中的程序指令执行数据的算术和逻辑操作。输入/输出接口实现计算机与外界之间的通信联系。

CAD/CAM 系统选用哪个档次的计算机,应根据产品的复杂程度、处理信息量的多少、终端数目和输入/输出外部设备的配置情况而定。目前,在 CAD/CAM 系统中采用的计算机有小型机或超级小型机、超级微机和个人微机三个档次。区分计算机的档次主要根据其计算速度、字长和内存容量三个指标而定。

1) 超级小型机主机系统

超级小型机与小型机的主要区别是字长。小型机的字长通常是 32 位,而超级小型机的

字长至少为 32 位,还有 48 位、64 位,甚至更多。此外,超级小型机的内存容量、外存容量和运算速度等指标普遍比小型机有所提高。在 80 年代初,曾一度风靡市场的所谓“Turnkey”(交钥匙)CAD/CAM 系统是在小型机或超级小型机的基础上增加图形处理功能。按分时处理的原理,一台主机可以带几个至十几个图形终端。这种配置适用于大、中型设计部门。

上述系统属于集中式计算机系统,或称分时系统。如图 1.2 所示,系统连接多个终端和外设,共享同一个 CPU,每个用户都能在内存中占有一个小区,并分到一个瞬间的计算机时间片来处理自己的业务。这种系统的优点有:所有数据由一个集中数据库管理系统统一管理和维护;在用户需要较多台图形终端时,平均每个终端的投资较小;系统技术较易掌握,系统开发维护工作量较少。主要缺点为:整个系统的投资较大;每个终端的处理速度和响应时间随终端数的增多而减慢;如主机坏了,整个系统将处于瘫痪状态;终端与主机连接时受距离的限制。

2) 工程工作站

80 年代初期,在个人微机和超级小型机之间产生了一类新型计算机,即工程工作站(简称工作站)。这种系统是以 32 位超级微机为基础,配有高级整数和浮点运算处理器、大的虚拟存储空间、网络通信以及友好的人机交互图形显示功能,具有很高的性能价格比,发展速度极为迅速。特别是采用了分布式超级微机网络,目前其功能已达到超级小型机 CAD/CAM 系统的功能,而价格仅为其十分之一到五分之一,很有竞争力,是目前我国许多企业引进时主要选择的配置方案。

之所以称为工程工作站(Engineering Workstation),是指为工程技术人员提供了一种环境,使工程技术人员能高效、方便地从事工程设计和计算、程序编制、文件书写、交互绘图、信息存放、合作通信、资源共享等。

工程工作站的出现在一定程度上与 CAD/CAM 软件功能的不断完善和增强有密切的关系。高性能的 CAD/CAM 软件在运行时大量占用 CPU 的资源,采用分时计算机系统往往造成交互等待时间过长,工作效率明显下降。解决的最好方法是每个设计人员独占一台计算机。要做到这一点,计算机必须有足够强的功能和可以接受的价格。随着 80 年代计算机硬、软件技术的迅速发展而出现的工程工作站是最好的选择。

从技术上分析,工程工作站总的发展趋势是:

(1) 采用新一代的 RISC(精简指令系统结构)的 CPU。相对于 CISC(复杂指令系统结构)来说,其长处是运算速度快、成本低、可靠性高、可以充分利用 VLSI 工艺技术等。

(2) 引入多处理结构。随着计算机图形学的发展,从二维线框发展到二维动态、三维动

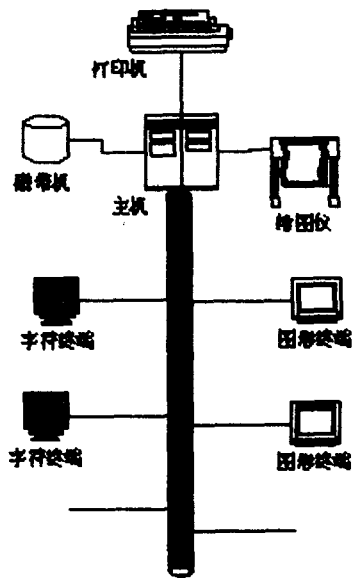


图 1.2 超小型机系统

态、三维动态浓淡模型、三维动态实体模型和高度真实感图形。每增加一个级别的显示功能,数据量和计算能力差不多就要求提高一个数量级。所以,现代的高级图形工作站普遍采用多处理结构,即采用多个 CPU 并行工作,以提高图形处理的速度。

(3) 高档工程工作站的性能进一步上升。这一档次的工程工作站是用于静态和动态的三维且有真实感的图形处理,如机械 CAD/CAM、运动仿真、动画创作等。其高性能集中反映在每秒钟处理三维矢量和棱面的能力。

(4) 随机软件采用标准化品种。目前,许多工程工作站制造商力求使自己产品的随机软件紧紧与标准靠拢,如操作系统采用 UNIX,网络采用以太网和 TCP/IP 协议,窗口采用 X-WINDOW,图形用户接口采用 Motif、Open Look、Open GL 等。

工程工作站成功的标志是,同时克服了大型机及小型机响应时间慢以及微型机软、硬件资源贫乏的缺点;采用网络技术后,又进一步克服了计算机资源私有和共享的矛盾。

工作站之所以受到广大用户的欢迎,是受益于计算机图形学的成熟,光栅图形技术的发展,GKS 和 PHIGS 等软件标准的充分应用,以及 CPU 计算能力的增强,最后通过局域网形成了当代新型的 CAD/CAM 系统。

随着半导体技术的不断发展,工作站的发展也方兴未艾。今后发展的趋势是功能将不断完善,价格也将会不断下降。

3) PC 机系统

PC 机系统指的是使用价格低廉的个人微型计算机(PC)系统。个人微型计算机自产生至今,发展异常迅速。

随着个人微机性能的不断提高,目前采用个人微机进行 CAD/CAM 不仅成为可能,而且发展很快。一般均采用 586 及其以上档次的个人微机,配置 20 英寸高分辨率(1280×1024)图形显示器、鼠标器或图形输入板、打印机和绘图机等,组成一个微机 CAD/CAM 工作站。采用局域网将多台微机连接起来,以实现部分硬、软件资源的共享。

虽然个人微机的功能有限,不能与主机系统或工程工作站相比,但也有它的特点:

(1) PC-CAD 系统操作方便,易使用。PC 机最突出的优点是对用户的“友好性”,强有力的操作系统向用户提供了高级的命令系统、多窗口和多重菜单选择方式,这大大方便了用户使用 PC 机,即使对计算机了解不多的用户,也能很快学会使用 PC 机来画图和从事业务范围内的设计工作。

(2) PC-CAD 系统易于修改和扩充。PC-CAD 系统在硬件配置上有很大的灵活性,不少厂商可以向用户提供应用软件,有的还提供软件接口,这就为用户自己修改和扩充系统提供了有利条件。

(3) PC-CAD 系统的价格低廉。该系统售价仅约为小型机 CAD 系统的 1/3~1/10,故可被许多中小型企业接受。而 80 年代以前,各种 CAD 系统,在数量、价格、“友好性”等方面无法满足中小企业的要求。价格低廉,使用方便,易于更新和无需维护的 PC-CAD 系统,正好填补了这一空白。

主机系统、工作站、PC 机系统这三者已不再是相互割裂、相互排斥的系统,它们可以联成一个整体,在良好的工作环境中发挥各自的作用。

1.4.2 图形输入设备

一般地说,图形输入设备的作用是把平面上点的坐标送入计算机,用于交互绘图功能的选择。

输入装置主要有鼠标器(mouse)、操纵杆、跟踪球、触摸屏、图形输入板(Tablet)、图形扫描仪、数码摄像机等。这些装置最主要的技术指标是分辨率、直线性、重复精度和工作范围。分辨率是指在单位距离内设备所能鉴别的点数;直线性是测量设备随操作者手的移动所给出的输入坐标增减值的忠实程度;重复精度是指从某点出发返回该点时所产生的最小误差,一般以厘米 $\times 10^{-3}$ 来表示;工作范围是设备的最大工作区域。

下面对几种常用的输入装置作一简介。

1) 操纵杆和跟踪球

操纵杆和飞机驾驶员使用的控制杆类似,不过它的尺寸很小,放置在控制台上,供操作员移动和控制光标在显示屏上的位置之用。

操纵杆内装有两个电位计,一个电位计的运动与操纵杆上下移动的距离成比例,另一个电位计则与其左右移动的距离成比例。电位计的输出电压经过电压/数字转换器转换成二进制码,然后送往计算机。光标在屏幕的位置可直接由操纵杆来控制。

跟踪球是一个可用手掌使其在任意方向旋转的圆球。圆球的运动使两个互成直角安装的转轴带动各自的电位计(或编码盘)转动,从而控制光标在显示屏上的移动。

2) 鼠标器

鼠标器是一种手握的,可在桌面上行走的输入装置,其主要作用是控制显示屏上光标的位置,也可配合图形输入板使用。

鼠标器的底部装有两个相互垂直安装的滚轮,有两个电位计分别与滚轮相连。当鼠标器在桌面上行走时,电位计记录了它在 X 及 Y 方向的增量,经模拟/数字转换后送入计算机,就可移动光标的位置。应当指出,鼠标器仅是反映光标的相对运动,它只提供运动的增量,而不依赖于一个给定的坐标原点作为起始位置。鼠标器的运动只是使光标当前的位置增加或减少,因此只要滚轮不运动,鼠标器放在桌面上任何位置,光标也不会移动。

3) 图形输入板

图形输入板也称坐标数字化仪。它有一块平滑的板面,板面上有一支可移动的触笔或手动游标,也可以是一个鼠标器。触笔或手动游标的位置可以加到计算机中。触笔通常包括一个对压力敏感的开关,当用户将触笔向下压时,开关接通,故而给应用程序指出了触笔所在位置。大多数手动游标及鼠标器上装有几个按钮,它们除了可以指示游标或鼠标所在的位置外,还可由用户操作以输入某些命令。

绝大多数图形输入板使用一种电气敏感机构来测量触笔或手动游标的位置,其中一种做法是,在板面下方埋设金属丝以构成坐标网,坐标网内与触笔或游标内的电信号之间存在着电磁耦合,电磁耦合的强度与触笔或游标和图形板之间的距离有关。当距离较近或两者接触时,在图形显示器上的运动和笔在图形板上的运动是一致的,这就给用户提供了可以观察的反馈信号。图形输入板是 CAD 系统中与显示器互相配合的一种主要的人机对话装置。

4) 图形扫描仪

图形扫描仪是直接把图形(如工程图等)和图像(如照片、广告画等)扫描输入到计

算机中,以像素信息进行存储表示的设备。按所支持的颜色分类,可分为单色扫描仪和彩色扫描仪;按所采用的固态器件可分为电荷耦合器件(CCD)扫描仪、MOS 电路扫描仪、紧贴型扫描仪;按扫描宽度和操作方式可分为大型扫描仪、台式扫描仪和手动扫描仪。

1.4.3 图形输出设备

CAD 系统需要字符显示器、字符打印机等常用输出设备,但更需要图形输出设备。

图形输出设备可分为“硬拷贝”和“软拷贝”两大类,前者指的是能输出长期保存的图纸资料的设备,如绘图机等;后者指的是显示设备,在显示设备上出现的画面是变化的,当新的画面出现时,旧的画面便被“冲掉”。

1) 显示器

就图形显示设备而言,主要有两类:一类可用连续的线条勾画一幅图形的矢量显示器;另一类是以不连续的像素构成画面的光栅图形显示器。

(1) 刷新式矢量显示器: 矢量显示器可使电子束偏转,从而在显示屏上形成直线、文字等以构成画面。这种显示器一般只能产生亮度可控的单色图形,其最大优点是精度高,能产生由平滑的线条构成的线框图。

(2) 光栅图形显示器: 与矢量显示器(也称随机扫描显示器)不同,光栅扫描显示器的电子束不断地从左至右、从上至下进行扫描,其刷新过程与画面复杂程度无关。随着画面内容的增加,矢量显示器信息处理量也随之增加。

由于光栅扫描显示器中每个像素的亮度和色彩都可以得到控制,因而能生成逼真度很高的画面。例如,借助于隐线隐面消除、阴影、明暗、色彩浓淡等技术,可以逼真地显示物体的图形,但精度不如矢量显示器,因为它用离散的像素来形成画面的。当然,如果显示器的分辨率较高,线条呈锯齿形的现象就不那么严重,人眼是看不出来的。不过工程上要求的分辨率比人眼的可视分辨率还要高。

在光栅扫描系统中通常要有一个专门的存储器,用来存储一帧画面的信息,一般称作帧缓存器。帧缓存器的每个存储单元和屏幕上的每个像素之间存在着——对应的关系。所谓光栅扫描显示,实质上是一种不连续的数字显示方式。许多 CAD 应用要求达到 1024×1024 的分辨率,即 1 帧画面要由 100 万个像素组成。不仅如此,为使画面不发生闪烁,每秒钟要形成 24~30 个画面,即画面必须刷新,为此就需用一个显示处理器(Display Processing Unit,简称 DPU)。DPU 可以看作是一个专用的 CPU,它有本身的一套命令、数据格式和指令计数器,执行一个显示指令序列(即显示文件),在显示设备上产生画面。DPU 可以通过光栅扫描方式来构成画面。用户把用来输入命令和信息的交互设备与 DPU 连接,DPU 再和 CPU 相连接。

工程设计离不开图形处理。计算机图形处理单元应当有能力快速生成矢量,进行三维变换、图形剪取、区域填充、隐线隐面消除、明暗处理等操作。图形显示器应有很高的分辨率。

2) 绘图机

图形显示用于观察、修改图形,但是屏幕上的图形不能形成永久性文件而保存下来,更无法充当生产和加工的图纸,因此在计算机绘图时必须有绘图机。近年来,绘图机的发展非

常快,种类也很多,总的趋势是朝高速度、高精度、大面积、低成本、便于观察的方向发展。目前市场上的绘图机种类繁多、样式各异,但基本原理相同,都是通过读入设备输入介质上的图形信息数据,经过信息处理,再通过插补器发出一系列 X,Y 方向或 XY 合成方向的指令脉冲,经过放大驱动伺服系统、机械传动系统,最后通过画笔画出图形。

下面介绍绘图机的结构与功能。

(1) 结构

常用的绘图机分为滚筒式与平板式两类:

① 滚筒式绘图机的绘图纸卷在滚筒上,滚筒的两边有链轮,带动图纸两侧的链孔。当步进电机通过传动机构带动滚筒旋转时,链轮就带动纸来回移动,形成 X 方向运动。Y 方向的运动是由笔架的移动来完成的。这种绘图机结构简单,在 X 方向的长度不限。绘图纸外观上类似打印纸,两侧有孔。

② 平台式绘图机有导轨和横梁,形成 X,Y 两个方向的运动,由此形成图形。由于移动部件的惯性较大,故绘图速度低,但精度比较高。

这两类绘图机的控制系统、运动机构,与数控机床相比较,有许多相似之处,但比数控机床简单。

(2) 几个重要的性能指标

① 绘图速度 这里指绘图机上画笔移动的速度,它有最高速度和加速度两个指标。画笔由静止状态到运动状态再停下来,画笔是作变速运动,即使绘图机的速度很快,其加速度也必须与之匹配,否则绘图机总的速度仍不会很快。绘图机的加速度取决于驱动元件的转矩及运动部件的惯量,所以大型平台式绘图机要做到速度和加速度都高,有一定困难。快速绘图机中,小型机占多数。一般绘图机的速度为 12~60m/min,常见的加速度是 7.2m/s^2 。

② 步距(亦称脉冲当量) 当计算机向驱动部件发出 1 个步进脉冲时,驱动部件就带动画笔走 1 个步距。绘图机的步距一般在 0.1~0.01mm 之间,步距越小,绘图机精度越高,但成本也高。

③ 绘图精度 即实际绘图线与理论绘图线之间的误差率,有如下几项:

- 重复精度: 画笔从出发点移动一定距离后,再回到出发位置时,出发点与实际终点之间的偏差,一般是 $\pm 0.02\text{mm}$;

- 零位精度: 画笔从零位移动到绘图台面所允许的最大距离,再返回零位时,零位和实际距离之间的偏差,这主要在平板式绘图机上才有这个指标,一般是 $\pm 0.0125\text{mm}$;

- 静态精度: 画笔作单方向移动时,实际移动距离与按脉冲计算的位移之差;

- 总精度: 积累误差的允许值。

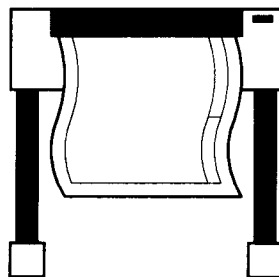


图 1.3 滚筒式绘图机

1.4.4 计算机网络

把众多的 CAD 工作站组成一个有效的计算机网络是十分必要的。这样一个网络既能保证每个工作站的用户拥有为自己使用的处理能力和存档手段,又能共享网中的软件和硬件资源。

计算机网络是用通信线路和通信设备将分散在不同地点并具有独立功能的计算机互相连接,按照网络协议进行数据通信,实现资源共享。计算机网络与前面提到的分布式计算机系统不一样。一个分布式计算机系统计算机是互相兼容的,并具有一个全系统范围的操作系统,分布在各节点上的计算机如同一台机器一样,各计算机的作业分配、调度、文件在磁盘上的分配、文件的传送等都是自动完成的。而计算机网络系统一般做不到这些,在网络内允许有异种机,各个计算机可以是不同的支撑环境。分布式计算机系统是计算机网络的一个特例。

计算机网络具有以下功能:计算机之间实现数据传送;网内各站点上的数据库实现共享;网内各站点上的软件,包括各种语言处理程序、服务程序等实现共享;网内的计算机和外部设备等硬件资源实现共享;网内各站点可互为后备,以提高系统的可靠性;网内各站点实现负荷合理分配等。

计算机网络有广域网和局域网两种。广域网用于地区之间的通信,距离可达几千公里,通常要租用邮电部门的通信线路,如宽带载波、微波通信线路、甚至卫星通信线路等。由于距离远,需要采用调制解调器,将数字信号先调制成模拟信号进行远距离传送,到了目的地后,再将模拟信号解调成数字信号送入目的地计算机。其传送速率较低,通常小于 9600bps。

对于网络内的计算机位于一幢大楼或覆盖面积仅数公里范围的建筑群内,可以采用专用的较廉价的线路,如双绞线、同轴电缆和光纤等。由于线路短,可直接传送数字信号,不必进行调制解调,其传送速率较快,可达 1~20Mbps,这种网络称之为局域网 (LAN),CAD/CAM 系统所采用的网络属于局域网。

工厂的计算机网络通常可包括以下几部分:行政管理、生产计划和控制、工程和销售,每部分均是一个局域网,如图 1.4 所示。中央计算机用于高速度执行大程序,机内装有中央数据库。工厂所有部门的局域网计算机都有自己的局部数据库,并能访问中央数据库以及其他各个局域网计算机。各计算机之间的通信线路是宽带同轴电缆或光缆,按照以太 (Ethernet) 网配置。如果需要,一个站点可以同任何其他站点配置数据通路。站点可由计算机或智能终端组成,各终端通常连接到可对网络进行访问的终端控制器上。站点控制器设计成发送器和接受器,它由一组硬件电路和算法组成,管理对总线的访问。

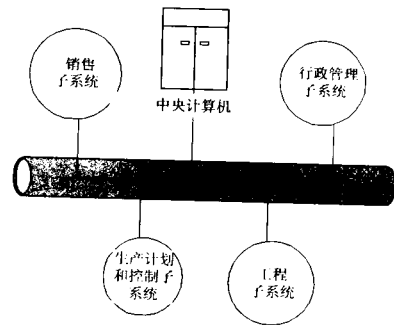


图 1.4 工厂计算机网络

局域网有两种形式:

(1) 采用点到点通道。这时网中每条线路连接一对通信计算机,组成局域网的计算机之间的通信采用存储转发的方式工作,网络的拓扑结构可以有各种形式,如星形、环形、树形及一般的网状结构等形式。

(2) 采用广播信道。采用广播信道时,网上所有计算机的通信共享同一个通信信道。一个计算机发送的信息可以被网上所有其他计算机收到。常用的拓扑结构是总线式和环形。

计算机网络的拓扑结构是它的通信子网的各节点之间连接方式的几何抽象,它决定了

网中任意一对通信站之间可能利用的各种传输通道。

在远程网络中,各节点之间的距离较远,常常只能是哪里需要一条线就在哪里增加一条线,因此,网络拓扑结构是不规则的。局域网是在一个较小的地域范围内工作,所以,可以采用比较规则的拓扑结构。

局域网的拓扑结构主要有总线网、树形网、星形网和环形网等(如图 1.5 所示)。

(1) 总线网。这是目前市场上最常见的局域网拓扑结构,其结构如图 1.5 (a) 所示。所有的通信站经过网络适配器直接挂在总线上。在总线网中数据传输采用广播方式,即任何一个通信站发出的信号均沿总线向两个相反方向传输,可以被所有通信站收到。为了防止信号在总线末端反射,干扰正常通信,在总线的两端需加末端吸收器。

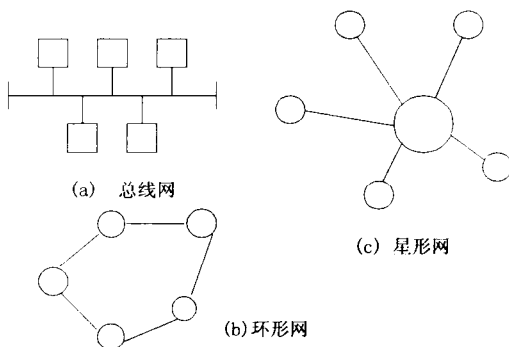


图 1.5 局域网的拓扑结构

(2) 树形网。这是在总线网上加上分叉形成的,但是不允许有闭合回路存在。树形网是总线网的一般化形式,它们的子网都是无源的,即子网上所有设备都没有自己的电源。

(3) 环形网。这是由一系列通信链路把一系列节点连接成首尾相连的闭合环路构成的。信息在环上的流动是单方向的,其结构如图 1.5 (b) 所示。因此,常常可以说,信号是从“上游”流过来,流过这个节点,又流往它的“下游”。环形网络中采用有源节点,即为了保证通信子网正常工作,所有节点都必须自己供电。根据环形网中的节点是否有存储功能,可把环形网进一步分成存储转发子网和多点共享子网两类。大多数环形网属于多点共享子网。

以上三种网比较适合于以信息包为单位进行的数据传输。发送站将报文分割为信息包,接收站从信息包上携带的目的地址识别应该接收的信息包,恢复成报文后送往目的地计算机。

(4) 星形网。这是由一个中央节点连接诸多通信站构成的网,其结构如图 1.5 (c) 所示。中央节点的主要功能是进行电路转换,因此,常常又称作中央转接站。网络中一个通信站要向另一个通信站发送数据,必须先向中央转接站发出请求,由中央转接站在它们之间建立通路之后,通信方可进行。

目前,网络的操作系统有 Unix、Novell、Windows NT 等等。

1.5 CAD 软件系统

1.5.1 CAD 软件支撑系统

一般地说,CAD 的支撑环境应该包括硬件(如 CAD 工作站、图形输入/输出设备等)、系统软件(如操作系统、主语言等)、支撑软件及其有关算法。CAD 的应用软件是在支撑