

计算机科学
与技术丛书

徐正杰 编著

计算机辅助设计与应用

科学技术文献出版社重庆分社

计算机辅助设计与应用

徐正杰 编著

科学技术文献出版社重庆分社

内容简介

本书分四大部分：导论，CAD系统硬件，CAD系统软件和CAD技术应用。在系统硬件中介绍图形显示终端，图形数字化仪和图形输入输出设备；在系统软件中介绍数据结构，数据库，交互图形软件，三维图形处理技术等；在技术应用中介绍典型的CAD系统，给出有代表性的应用实例，并附有大量的源程序可供选用。

计算机辅助设计与应用

编 著：徐正杰

责任编辑：林云梯

科学技术文献出版社重庆分社 出版

重庆市市中区胜利路142号

新华书店重庆发行所 发行

中国科学技术情报研究所重庆分所印刷厂 印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：28.75 字数：26万

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

科技新书目：183—307 印数：1—2600

ISBN7-5023-0284-0/TP·21 定价：4.10元

序 言

计算机科学与技术丛书是由计算机教育学会编写的，它以推广和普及计算机应用、培训计算机人才为其主要目标。

丛书以三个面向为宗旨。**面向基础**，为大专院校提供教材，为工程技术人员提供更新知识、扩大知识面的参考书；**面向应用**，为各行业从事计算机应用的工程技术人员提供实用的设计和编程范例，以资借鉴；**面向提高**，介绍计算机技术发展的新动向，以便及时了解其国内外最新技术。

丛书编委会认为，本丛书力求做到：理论联系实际，既有一定的基础理论知识，又有应用理论解决实际问题的方法和实例；普及与提高相结合，有一定的先进技术，又着眼于为当前应用服务，以满足各层次人员学习和运用计算机的需要。

本丛书力求做到内容新颖，重点突出，科学性强，条理清楚，叙述严谨，简单易懂，以适应自学的要求。

参加本丛书编写的作者，都是在计算机教学、科研、开发与应用第一线工作的同志，既有一定的理论基础，又有丰富的实践经验。相信本丛书会得到广大读者的欢迎。我们真诚地希望广大读者对丛书提出批评和监督，以利我们改进工作，更好地为读者服务。

计算机科学与技术丛书

编委会

顾文良

孙国荣

计算机科学与技术丛书编委会成员

名誉主任	邹海明	华中工学院
主任	徐洁磐	南京大学
副主任	王攻本	北京大学
	左孝凌	上海交通大学

委 员 (以姓氏笔画为序)

庄心谷	西北电讯工程学院	
朱树春	华东工学院	
李 勇	国防科技大学	
李盘林	大连工学院	
陈 禹	中国人民大学	
陈增武	浙江大学	
张太行	华中工学院	
杨文龙	北京航空学院	
杨祥金	南京工学院	
郑人杰	清华大学	
周冠雄	华中工学院	
胡铭曾	哈尔滨工业大学	
侯广坤	中山大学	
洪声贵	辽宁大学	
袁开榜	重庆大学	
徐君毅	复旦大学	
董继润	山东大学	
秘 书	朱树春	南京大学

编者按

本书的编写旨在为适应国内CAD技术的飞速发展的形势，为从事CAD技术的工程技术人员和高等院校的学生提供一本基础而实用的读物，为推广和普及CAD技术起促进作用。

中国科学院学部委员张钟俊教授为本书的编写作了精心的指导，并为此书写前言。复旦大学计算机系何永保教授审阅全书。在本书的编写过程中，得到左孝凌副教授很多帮助，吴佩芳同志负责全书的资料整理和抄写工作，在此谨表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，又缺乏经验，书中肯定存在不少缺点和错误，希望广大读者提出宝贵意见。

编者

1987年10月

前 言

计算机辅助设计(CAD)是近年来发展极为迅速的新兴技术,属发展中的高技术领域。它将计算机快速、准确的处理能力和设计者的创造力、判断力有机地结合在一起。CAD技术现在已渗透到几乎所有的工业领域中。应用CAD技术是提高产品质量,缩短生产周期,提高经济效益,加强产品竞争能力的有效手段,是对工业技术进行改造的必由之路,CAD技术的推广和应用对我国的经济建设将有重要的意义。本书为适应这个新兴技术的发展趋势,充分应用近几年来从国外引进的先进的CAD技术和设备,并结合一些研究成果而编写的,期望能对我国CAD技术的发展做一些有益的工作。

本书共分四大部分:导论,CAD系统硬件,CAD系统软件,CAD技术应用。

导论着重介绍CAD系统的定义、过程、组成和应用,使读者对CAD有一个初步概念。

第二到三章为CAD系统硬件,主要介绍一般计算机系统所不配置的黑白、彩色图形显示终端,图形数字化仪,图形输入输出设备。由于CAD系统硬件更新速度快,本编除介绍上述设备的原理、构造和技术指标外,并选取几种新型的先进设备予以介绍,使读者了解当前CAD技术水平。本编取材新颖,技术指标完整,可供读者配置CAD系统时参考。

第五到九章为CAD系统软件,是本书的重点。从CAD系统软件的层次结构概略地介绍了CAD系统软件的全貌。以PLOT-IGL交互图形库的实例介绍CAD系统的基础——交

互图形软件。熟悉数据结构和数据库技术是掌握 CAD 技术的一个重要方面。本编从CAD技术的特点以一定的篇幅来对数据结构和数据库进行讨论。交互处理技术是设计者在CAD系统上进行设计的重要手段。通过交互处理,设计者能影响已显示的图形。本编以实例介绍交互技术最有效的手段——菜单的编制。三维图形处理是CAD技术中仍在进行研究的实现高级软件的重要手段,本编以较多的篇幅介绍三维图形的处理技术,并给出若干处理算法及子程序,供读者参考或选用。

第十到十五章为CAD技术应用。首先介绍为提高CAD技术的经济效益,将设计尽快转换为产品的CAD/CAM系统。微机CAD系统是近年来在CAD技术市场上涌现出的新军,是CAD系统发展的一个重要方向。CAD技术指标及典型CAD系统介绍,是为了给准备从事CAD工作或准备引进CAD系统的单位作选择参考。

本书的最后三章讨论机械工程软件包、电路原理图与管道系统布线图的绘制以及CAD数据库应用系统设计。给出有代表性和综合性的应用实例,并附有大量的源程序供读者选用。

本书可供从事CAD技术的工程技术人员阅读,也可作为高等院校高年级学生和研究生的教材。

徐正杰同志所编《计算机辅助设计与应用》一书取材新颖,内容丰富,并选用了很多实例,为普及和推广CAD技术做了很好的工作,本人乐于为之写前言。

张钟俊

于上海交通大学

87. 2. 25

目 录

第一章 导论	(1)
1.1 什么是CAD?	(1)
1.2 CAD的发展简史	(2)
1.3 CAD系统类型	(3)
1.4 图形工作站	(5)
1.5 CAD系统的硬件和软件	(7)
1.6 CAD系统应用	(10)
1.7 CAD技术的发展趋势	(13)
第二章 CAD系统的图形显示装置	(15)
2.1 图形显示技术	(15)
2.2 随机扫描显示处理器	(28)
2.3 存贮管显示器	(32)
2.4 TV光栅扫描显示器	(34)
第三章 图形输入装置	(41)
3.1 图形数字化仪	(41)
3.2 图形输入板	(46)
3.3 鼠形输入器	(47)
3.4 光笔	(48)
3.5 快速图纸输入设备	(50)
第四章 图形输出设备	(52)
4.1 数控笔式绘图机	(52)
4.2 点阵式绘图机	(58)
4.3 静电式绘图机	(59)
4.4 光学绘图机	(60)
第五章 CAD系统软件概述	(61)
5.1 CAD系统软件的层次结构	(61)

5.2	操作系统	(62)
5.3	设计模型数据库	(62)
5.4	交互绘图软件	(63)
5.5	应用软件和后处理程序	(63)
	第六章 数据结构和数据库简介	(64)
6.1	数据结构	(64)
6.2	物体的描述	(70)
6.3	数据库	(74)
6.4	数据库管理系统	(80)
6.5	CAD系统数据库的特点	(84)
	第七章 交互图形软件	(87)
7.1	PLOT-10IGL交互图形程序库简介	(87)
7.2	基本图形功能和开窗口功能	(88)
7.3	二维变换功能	(96)
7.4	图形的保存、增添、置换和删除	(109)
7.5	IGL的其他功能	(115)
	第八章 交互处理技术	(118)
8.1	定位技术	(119)
8.2	网格功能	(120)
8.3	上墨功能	(121)
8.4	橡皮筋功能	(122)
8.5	拖动功能	(123)
8.6	菜单的选择及编制	(123)
	第九章 三维图形显示和处理	(131)
9.1	概述	(131)
9.2	三维图形的描述——几何模型	(133)
9.3	三维变换	(139)
9.4	投影变换	(146)
9.5	三维变换程序设计	(155)

第十章 CAD和CAM	(169)
10.1 概述	(169)
10.2 CAM	(170)
10.3 CAD/CAM系统	(176)
10.4 CAM的发展趋势	(183)
第十一章 微机CAD系统	(187)
11.1 微机组成CAD系统所受的限制	(187)
11.2 以微机为基础的CAD系统	(188)
11.3 微机系统的选择	(193)
11.4 典型的微机CAD系统	(198)
第十二章 CAD系统选择和典型CAD系统	(216)
12.1 CAD系统选择	(216)
12.2 典型CAD系统介绍	(218)
第十三章 机械工程软件包	(235)
13.1 概述	(235)
13.2 基本绘图软件	(240)
13.3 典型零件部件的设计和分析	(260)
第十四章 电路原理图和管道系统布线图的 绘制	(305)
14.1 概述	(305)
14.2 可定义键	(305)
14.3 电路原理图绘制程序E. MODULE	(306)
14.4 管道系统布线图绘制	(332)
第十五章 CAD数据库应用系统设计	(355)
15.1 数据库设计的基本概念	(355)
15.2 机械工程CAD数据库应用系统的设计	(360)
主要参考资料	(379)

第一章 导 论

1.1 什么是CAD？

随着科学技术的飞速发展，很多产品和工程设计的复杂程度大大提高（如一超大规模半导体芯片将集成几十万个元件），单靠人力已无法完成。为此，设计者需借助于计算机的帮助从事设计工作，于是一门新兴的学科——计算机辅助设计（CAD）便脱颖而出，成为数字计算机在工程技术领域里应用的重要方面，它使计算机的快速而准确的处理能力和设计者的创造力、判断力结合起来，从而加快设计进程，提高设计质量，加速产品更新换代，提高产品竞争能力，缩短基建周期，尽快形成生产能力，因而具有显著的经济效益和广阔的发展前途。CAD技术现已渗透到飞机、造船、建筑、机械、电子、化工、汽车等几十个工业领域，并正继续向其他领域扩展。

计算机辅助设计的过程可由图1-1来说明。

在整个设计过程中，设计者运用他的实践经验、知识进行构思、判断的时间是很短的，大量的劳动花在对初步设计进行计算、分析以及设计定型后把产品信息输入生产阶段的绘图工作，而这些精确的计算、分析以及产品信息的传递工作完全可由计算机完成。利用交互技术完成这一设计过程时，设计计算的中间结果实时地以图形方式显示于屏幕上以供设计者判断。设计者判断后如需要修改设计，则立即将修改数据输入计算机，计算机使用设计者输入的新信息再进行计

算、分析，这种交互过程可以进行多次直至取得理想的结果，最后制成硬拷贝，或绘制图纸或生成加工纸带，把产品信息传递到生产中去。因而人实时地参与了计算机计算、分析的过程。

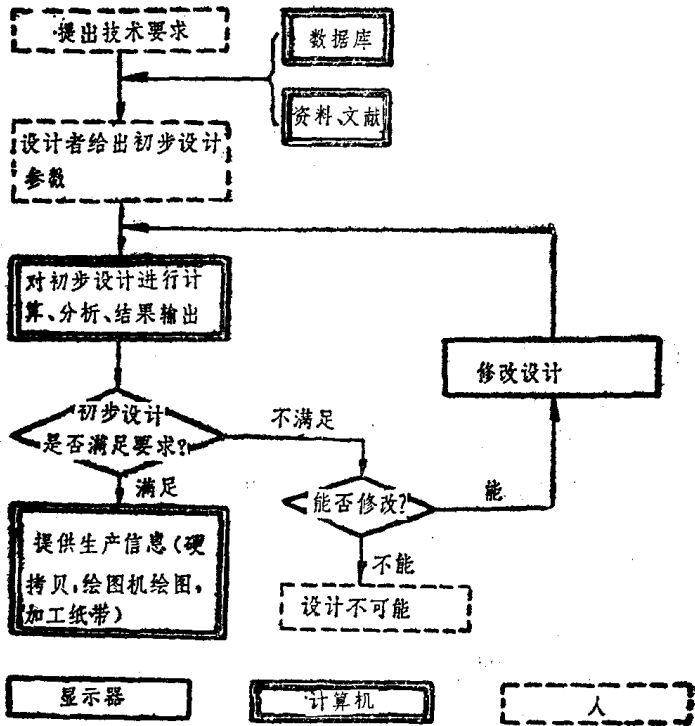


图1-1 CAD过程

1.2 CAD的发展简史

CAD发展大致可以分为三个阶段。

早期的CAD是以研究图形系统为主，美国麻省理工学

院的I. E. Sutherland研制成了人机通信的图形系统，该系统虽原始，但却代表了计算机应用的一个重要方向。在此期间一些大公司和高校都投入了相当的资金对此进行研究和开发，建成了一些样板系统，如IBM公司的SMS、SLT/MST设计自动化系统和主要用于二维绘图的CADAM系统，通用汽车公司为设计汽车本身和外形而开发的CAD-1系统等，此阶段可称为CAD的形成阶段。

自六十年代末期至七十年代中期可称为CAD的成熟阶段，由于此时小型计算机、图形输入板，磁盘和廉价的存贮管显示器相继出现，使得CAD系统进入商品化阶段，并出现了很多专门开发CAD系统的公司，如Computer Vision、Calma、Applicon等。

这些CAD系统的应用领域主要集中在电子工业，如印制板的布局、布线和集成电路的版图设计等，同时对三维图形的研究也成为各大公司和高校的重要研究课题。

七十年代后期至今是CAD高速发展的阶段，随着计算机技术的飞速发展，特别是超大规模集成电路的出现，使得计算机价格大幅度下降或成本保持不变而计算机存贮容量大大增加。由于微处理器的广泛应用，智能化的图形终端、彩色光栅扫描图形终端、大容量的磁盘、高性能的数字仪和图形输入板大量涌现，加上各类绘图软件和应用软件的配合，使得CAD系统得以高速发展，特别是价格低廉、配套齐全、功能较强的小型机CAD系统，目前在CAD领域中占着领导地位，不少小型机已走向专用市场，生产CAD专用系统。

在此同时，微机和超微机的出现，微机CAD系统又成为当前CAD系统发展的一个重要方向。

最近, 各公司相继推出种类繁多的微机CAD系统, 这类系统虽具有CAD功能, 但其性能指标远不如小型机CAD系统, 然而由于低廉的价格及存贮技术的新发展, 微机CAD系统将是小型机CAD系统的竞争对手。

CAD技术的发展不断将各类工业技术推向不同的新高度, 现今CAD技术的发展不仅和计算机辅助制造(CAM)融为一体, 而且出现了计算机辅助工程(CAE)的新概念, 它将设计、制造、测试以至管理组成一集成系统, 以求达到最大的经济效益。

1.3 CAD系统类型

CAD系统按设计终端或图形工作站和计算机之间不同的联接方式, 可组成多种类型。目前一个典型的CAD系统是一台或多台计算机控制下的若干个交互图形工作站及其他一些图形输出输入设备所组成的综合体。现在习惯上将CAD系统分为四类:

1. 大型直联式CAD

此类CAD系统以大型通用计算机为主机, 连接若干台交互图形工作站。主机以分时系统的控制方式, 除负责控制、处理各图形工作站的交互图形工作外, 还负责控制绘图机、大型数字化仪等绘图设备和数控加工设备、输出数控磁带或纸带。此外, 主机还接有磁带机、磁盘机等大容量存储器, 用来存放设计模型和绘图数据库。

此类CAD系统的通信功能较差, 但处理能力较强, 主要用于复杂大型的CAD工作。

2. 智能终端式CAD

智能终端式CAD是大型直联式CAD的一种改进。由于在图形处理过程中，有大量的数据需要输入、输出、存储和处理，而直联式的每个图形工作站都直接和主机挂接，因而导致主机担负的数据处理工作过于繁重。智能终端式CAD是将大量的图形和非图形的数据进行预处理，然后再送至主机。这样可以大大地减轻主机的负担，从而提高处理速度，弥补大型直联式CAD的不足之处。

3. 独立型CAD

独立型CAD是以小型机为主机，配以若干图形工作站及其他外设。这类系统具有配置灵活、功能强、价格便宜的特点，是一种主要的商品化CAD系统。图1-2所示的CAD系统采用32位字长，1M内存的超小型机，具有若干个图形工作站。

4. 微机网络式CAD

随着价格低廉、性能较高的微机的出现，人们使用高性能的微机来替代原有的小型计算机，这种替代不是用一台微机来完成原来主机担任的工作，而是用多台微机组成的微机网络来替代原有的单个主机。同时在微机网络式CAD中将原来的集中控制改变为分散控制。这种系统具有较高的性能价格比，而且便于补充和维护。

1.4 图形工作站

除主机以外，设计终端或称图形工作站是CAD系统的主要部分。在设计工作中，图形的显示、修改、存储和输出等工作都由设计人员在图形工作站完成。

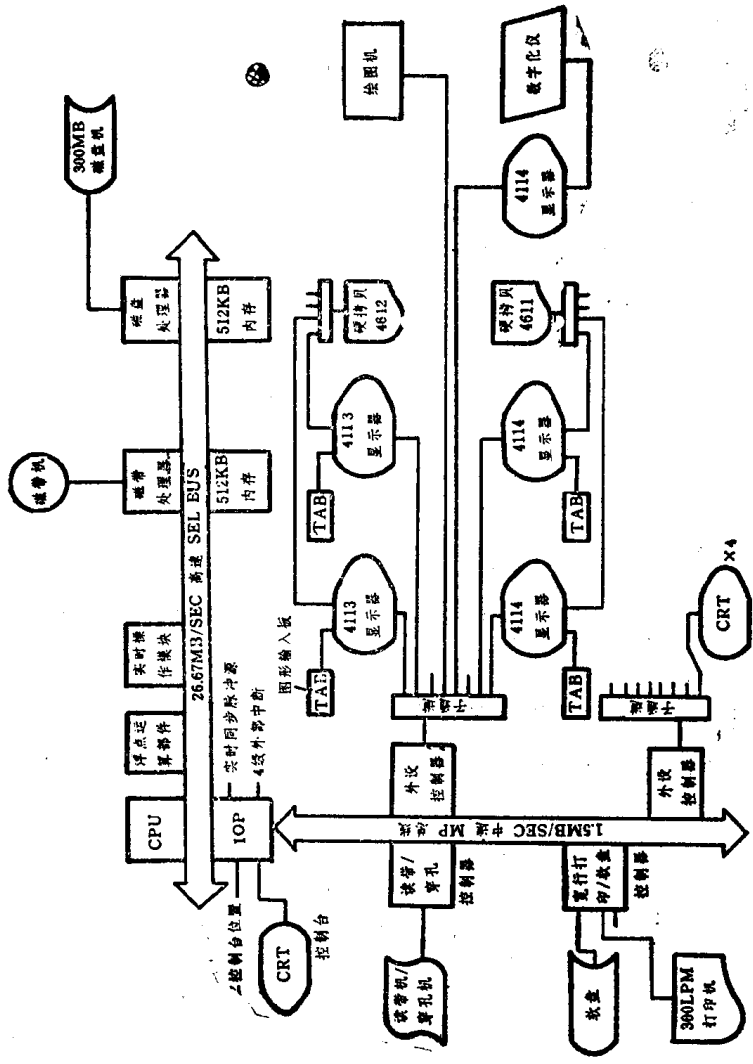


图1-2 独立型CAD系统