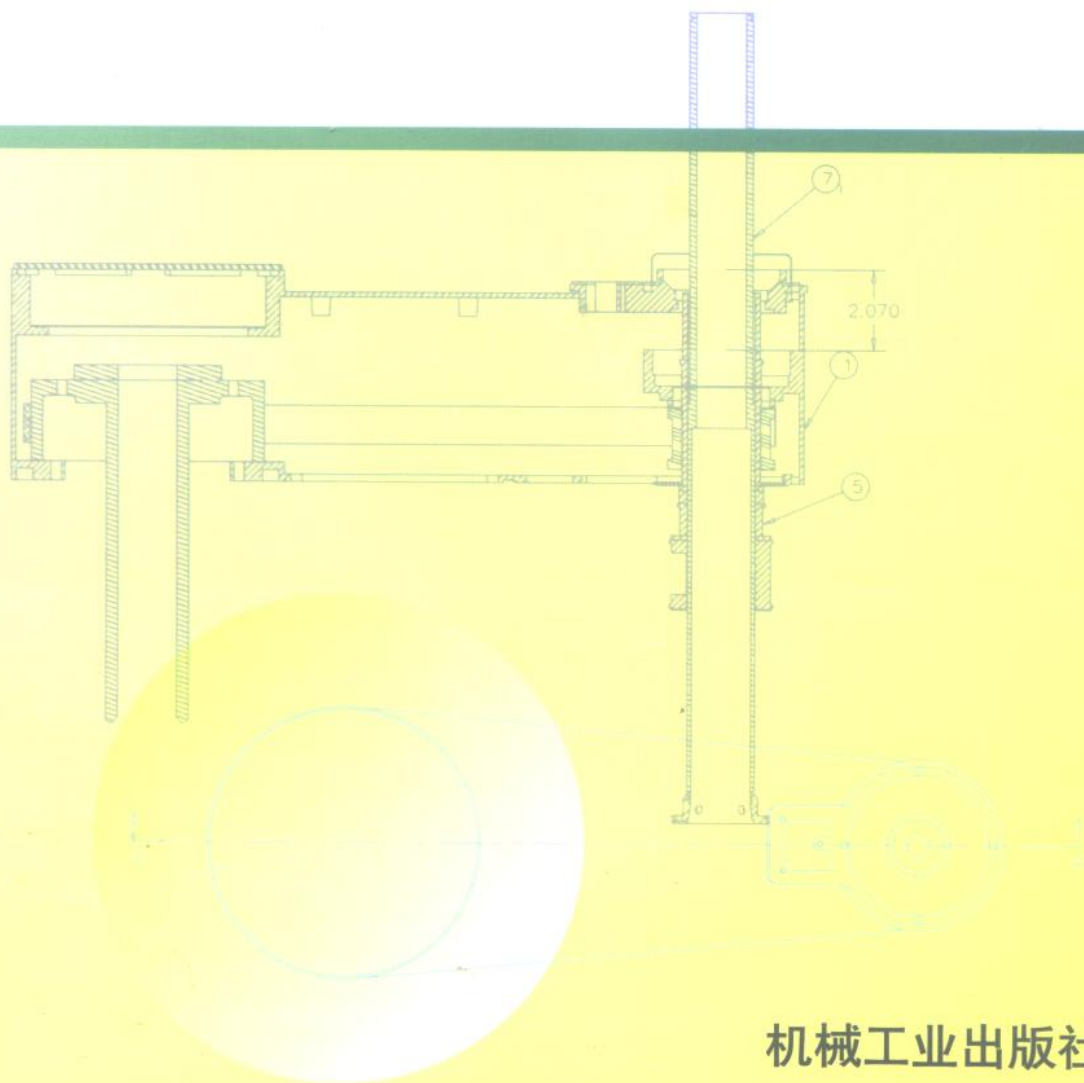




普通高等工科教育机电类规划教材

计算机辅助设计

江南学院 杨雄飞 主 编
鹭江大学 魏 刚 副主编



机械工业出版社

普通高等工科教育机电类规划教材

计算机辅助设计

主 编 杨雄飞

副主编 魏 刚

参 编 白剑宇

袁新芳

赵美虹

主 审 王爱玲



机械工业出版社

本书介绍机械CAD技术的基本原理、方法和实际应用。内容包括CAD系统软、硬件的组成,工程设计数据的计算机处理,CAD中的优化设计及有限元计算方法,AutoLISP语言初步,AutoCAD软件的应用和二次开发方法等。书中给出了大量的经上机调试通过的CAD实用程序。本书具有较高的实用性和可操作性。

本书为机械类大专院校“计算机辅助设计”课程用教材,也可作为机械工程师和工程技术人员自学的参考书及CAD技术培训班的教材。

JS, 23 / 64

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计/杨雄飞主编.-北京:机械工业出版社,1998.5

普通高等工科教育机电类规划教材

ISBN 7-111-06067-9

I. 计… II. 杨… III. 计算机辅助设计-高等学校-教材
IV. TP391.72

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第01348号

出版人:马九荣(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:赵爱宁 版式设计:张世琴 责任校对:魏俊云

封面设计:姚毅 责任印制:王国光

机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998年5月第1版第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·15.5印张·374千字

0 001—5 000册

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

21 世纪是信息化时代,计算机是信息化时代的基本工具。CAD 是计算机辅助设计的英文简称,机械 CAD 技术是计算机技术在机械工业中应用的一个重要方面,是一项高新技术,能产生巨大的经济效益。我国的 CAD 技术已由六七十年代的技术萌芽期进入全面发展期,个别领域已开始进入成熟期。开展 CAD 应用工程是我国制造业求生存、求发展的需要,是提高企业技术创新能力的关键部分。“九五”期间,国家科委颁发了《1995~2000 年我国 CAD 应用工程发展纲要》。推广、普及 CAD 技术已刻不容缓,高等学校机械类的毕业生必须掌握 CAD 技术的基本知识和技能,这是时代的要求。全国各类高等学校已先后在机械类学生中开设了《计算机辅助设计》课程,本书是为了适应这种形势而组织编写的,该书是全国机电类“九五”规划教材之一。本书介绍有关计算机辅助设计的基本知识,着重实际应用,通过实例分析,使学生掌握计算机辅助设计的基本概念和理论,掌握以计算机为工具进行机械设计的基本技术和开发 CAD 应用软件的方法,同时还介绍了一些计算机辅助设计工具软件的使用方法。

本课程的教学时数为 40,30 学时可以讲完本教材的基本内容,为适应各类不同院校的需要,教师可根据各校具体情况选讲其中部分章节(打*号的章节为选学内容)。教材全部内容的教学时数为 50。讲授本课程时,应配有适当的实验环节,实验包括学生上机操作和软件演示两大类。教材有关章节的习题中包含上机实验的内容,各校可根据具体情况采用。本书的示例程序采用 TRUE BASIC 语言和 AutoLISP 语言编写。为方便使用本书,另配有一张软盘,其中包含书中所有示例程序的源程序及第四章中介绍的通用数据拟合软件 CF427。另外,软盘中还有第九章例题程序的 WINDOWS 版本运行程序及因篇幅所限未能在书中列出的部分示例程序的相应 C 语言源程序,供学习过 C 语言的读者参考,需要者可与江苏省无锡市江南学院机械系杨雄飞联系。

本书由江南学院杨雄飞副教授任主编,鹭江大学魏刚副教授任副主编。编写人员的分工如下:杨雄飞(第一、四、九章),魏刚(第六、十、十一章),华北工学院赵美虹讲师(第八章),宁波高专白剑宇讲师(第三、七章),南京机专袁新芳讲师(第二、五章)。全书由华北工学院王爱玲教授主审。

限于编者水平,书中难免有错误及不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

1997 年 11 月

目 录

前 言

第一章 计算机辅助设计概述 1

第一节 计算机辅助设计的基本
概念和术语 1

第二节 计算机辅助设计技术的
发展和应用 2

第三节 计算机辅助设计系统的
组成 4

第四节 计算机辅助设计系统的
功能 6

第五节 计算机辅助设计系统的
优点 8

习题 9

第二章 计算机辅助设计 系统的硬件 10

第一节 微型计算机系统 10

第二节 工程工作站简介 16

第三节 微型计算机 CAD 系统
的典型配置 17

习题 18

第三章 计算机辅助设计系统 的软件 19

第一节 概述 19

第二节 系统软件 19

第三节 支撑软件 23

第四节 应用软件 25

习题 26

第四章 工程设计数据的计算 机处理 27

第一节 数表的分类 27

第二节 数表的程序化 29

第三节 插值计算 36

第四节 线图的程序化 45

第五节 数据拟合 50

第六节 有关数据的处理 58
习题 60

第五章 数据文件和数据库 61

第一节 数据文件 61

第二节 数据库管理系统 63

第三节 工程数据库简介 79

习题 81

第六章 AutoCAD R12 软件的 使用 82

第一节 概述 82

第二节 AutoCAD R12 软件
概况 82

第三节 AutoCAD R12 基本
功能和指令 85

第四节 用 AutoCAD 绘制
机械零件图 99

第五节 AutoCAD R13 的增强
功能 101

第六节 Auto CAD R14 简介 103
习题 103

第七章 AutoLISP 语言初步 105

第一节 概述 105

第二节 AutoLISP 的函数
简介 107

第三节 AutoLISP 的程序
结构与运行过程 124

第四节 AutoLISP 应用举例 125
习题 131

第八章 AutoCAD 软件的二次 开发 132

第一节 概述 132

第二节 AutoCAD 功能的
扩展 132

第三节	AutoCAD 选单	136	第十章 机械 CAD 的数值方法	
第四节	参数化图形设计	142	简介	203
第五节	AutoCAD 与高级语言的 接口	152	第一节	机械数值优化设计
习题	.....	156	第二节	有限元分析优化 设计法
第九章 计算机辅助设计应用	.....	158	习题	.....
第一节	CAD 应用程序设计	158	第十一章 CAD 发展趋势及其相关 技术	.....
第二节	应用程序中人机交互 技术的应用	163	第一节	CAD 发展趋势
第三节	V 带传动计算机辅助 设计	165	第二节	计算机辅助设计的相关 技术
习题	.....	202	参考文献	.....

第一章 计算机辅助设计概述

第一节 计算机辅助设计的基本概念和术语

计算机辅助设计简称 CAD，是英文 Computer Aided Design 的缩写。它是指工程技术人员以计算机为工具进行设计活动的全过程：包括资料检索、方案构思、计算分析、工程绘图和编制技术文件等，是随着计算机、外围设备及其软件的发展而形成的一种综合性高新技术。机械 CAD 是指利用 CAD 技术进行机械产品的设计工作。

在传统的产品或工程项目的设计中，工程技术人员根据设计任务的要求，参考已有的经验和资料，经过构思设计方案，建立设计模型，进行计算、分析、绘图、反复修改等过程，最后得到满足要求的设计方案，绘制出图样和编制出设计文件。在设计过程中，既有创造性的思维劳动（如构思设计方案）、综合性的分析及判断（如评价方案的优劣），也有复杂的计算及精密的绘图等，其工作量大，而且要做很多重复、繁琐的劳动，设计效率很低。随着现代科学技术和生产的迅速发展，市场竞争加剧，对产品设计质量和速度要求越来越高，上述传统的手工设计方法已越来越难以适应现代化发展的需要，迫切地需要采用现代设计方法来取代传统的手工设计方法。计算机辅助设计将计算机高速而精确的运算功能，大容量存储和处理数据的能力，丰富而灵活的图形、文字处理功能与设计者的创造性思维能力、综合分析及逻辑判断能力结合起来，形成一个设计者与计算机各发挥所长，又紧密配合的 CAD 系统，极大地加快了设计进程，缩短了产品研制周期，提高了设计质量。这种人机结合的交互式设计过程，构成了计算机辅助设计的工作过程。

图 1-1 所示为计算机辅助设计的工作过程，具体来说主要是：

1) 首先，向 CAD 系统输入设计要求，然后根据设计要求建立设计产品的几何模型。

2) 运用各种应用程序进行设计计算和优化设计，同时确定设计方案及产品零部件的主要参数，并将设计的初步结果以数据

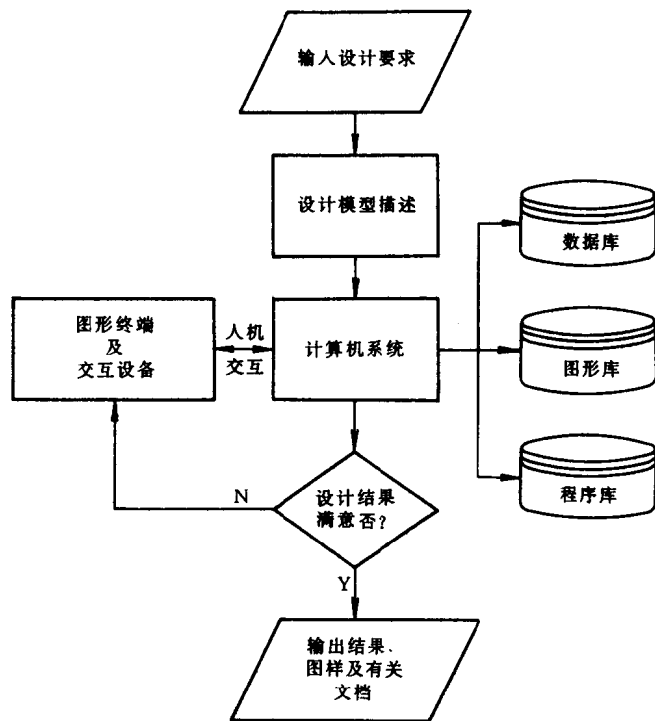


图 1-1 CAD 工作过程

或图形的方式输出到显示器上。

3) 如果对设计结果不满意, 可以用人机交互的方式, 对设计结果进行实时修改, 直到满意为止。

4) 用计算机的外围设备输出设计结果, 包括设计计算的数据及图样; 也可直接对 CAD 的信息进行进一步加工后输出数控加工机床所需用的指令和程序。

几乎和计算机辅助设计同时发展起来的还有计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing 简称 CAM), 它是把计算机和生产设备联系起来, 使用计算机系统来进行计划、管理和控制加工设备的操作等。CAM 包括很多方面, 如数控 (NC)、计算机数控 (CNC)、计算机群控 (DNC)、成组技术 (GT)、柔性制造系统 (FMS)、机器人技术 (Robots)、计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)、计算机辅助加工计划 (CAP)、计算机辅助质量检测 (CAT) 等。计算机辅助制造能够缩短生产周期、提高生产率、实现生产自动化, 并能提高产品质量、降低成本和改善制造人员的工作条件。

CAD 与 CAM 两者之间有着密切的关系, 合称 CAD/CAM。CAD 偏重于产品的设计过程, 而 CAM 则偏重于产品的生产过程, CAD 的输出结果常常作为 CAM 的输入信息。随着 CAD 和 CAM 的进一步发展, 两者必然要连接成一体, 即通过工程数据库以及有关应用接口将其联系起来, 形成一个集成系统。这样, CAD 系统的输出信息便可通过工程数据库输入 CAM 系统中, 利用计算机直接控制机床的操作, 加工出所要求的产品。具体地说, 就是从产品的最初构思、设计, 直到加工、装配、检测、计划、管理等, 都置于计算机的统一管理与控制之下, 从而实现 CAD/CAM/CAE (计算机辅助工程) 一体化。进一步发展, 就是目前国内国外引人注目的计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System)。CIMS 用以实现设计、生产的高度自动化。

第二节 计算机辅助设计技术的发展和應用

一、CAD 技术的发展

CAD 的起源可追溯到 50 年代中期, 当时美国麻省理工学院 (MIT) 开始实施 APT (Automatically Programmed Tools 刀具控制自动编程系统) 的开发计划, 该计划设想将设计图样直接转换成 NC 纸带。虽然这个计划由于种种原因最后未能完全实现, 但却促进了与此同时出现的计算机绘图的发展。

1959 年 12 月, 在麻省理工学院召开的一次会议上, 明确提出了 CAD 的概念, 对以后 CAD 的发展起了很大作用, 所以有人将此作为 CAD 发展的起点。

1963 年发生了两件对 CAD 发展影响巨大的事件: 第一件是年仅 24 岁的 MIT 研究生 I. E. Sutherland 在美国计算机联合会年会上宣读了题为 “SKETCHPAD——人机交互系统” 的论文, 文中提出了对 CAD 的设想: 设计师坐在显示器的工作台前, 通过人机对话的方式, 实现从概念设计到技术设计、制造的整个过程。第二件是美国通用汽车公司 (GM) 和 IBM 公司开发成功了用于汽车前窗玻璃线型设计的 DAC-1 系统, 这是一个最早成功地用于具体对象的 CAD 系统。由于这两个事件意义重大, 故也有不少人将 1963 年作为 CAD 发展的起点。此后, CAD 在世界范围内迅速而全面地得到发展。

CAD 从出现至现在的整个发展过程, 大致可划分为表 1-1 所示的 5 个阶段。

表 1-1 CAD 发展过程

阶 段	时 间	特 点
初始准备阶段	50 年代	提出 CAD 设想, 为 CAD 应用进行硬、软件准备
研制试验阶段	60 年代	研制成功试验性 CAD 系统, 其中具有代表性的是 IBM 和 GM 公司开发的汽车前窗玻璃线型设计 DAC-1 系统、美国贝尔电话实验室用于印制电路设计的 CAD 系统等
技术商品化阶段	70 年代	CAD 开始实用化, 从二维的电路设计发展到三维的飞机、汽车、造船等设计, 出现了许多开发 CAD 系统的公司, 如 CV、Calma、Intergraph、Applicon、IBM、CDC 等
高速发展阶段	80 年代	由于解决了三维几何造型、仿真等问题, 应用范围不断扩大, 大中型系统向微型化发展, 出现了应用极广的微机 CAD 系统和性能优良的工作站 CAD 系统
全面普及阶段	90 年代	随着 CAD 技术的发展, 其系统性能提高, 价格降低, CAD 开始在设计领域全面普及, 成为必不可少的设计工具

二、CAD 技术的应用

计算机辅助设计的发展与应用正在深刻地引起一场产品、工程设计领域的技术革命。在国外, 最早应用 CAD 技术的是从飞机、汽车等大型制造业开始的, 随着计算机硬、软件的发展, CAD 系统的价格逐渐降低, 使得中小型企业也有能力应用这一技术, 因此 CAD 技术的应用经历了一个由大型企业向中小型企业逐步扩展的过程。目前, 世界上工业发达国家已将 CAD 技术普遍应用于宇航、汽车、飞机、船舶、机械、电子、建筑、轻工及军事等领域。

进入 90 年代以来, 科学技术的急速发展和市场竞争的日益加剧, 促使发达国家的机械工业发生根本性变革。其显著特点是机械产品向着机电一体化、智能化和精密化发展, 其生产组织方式从传统的大批量、少品种的刚性生产结构向着多品种、中小批量的柔性生产结构转变。与此同时, 机械设计与制造的手段和方法也随之改变, 以 CAD/CAM 为代表的现代设计制造技术如虎添翼, 以惊人的速度向前发展。这一切预示着机械工业的发展开始进入一个崭新的时代。以美国机械行业为例, 据统计 1981 年 CAD 工作站的装机台数为 1 万台左右, 到 1990 年则达 9.5 万台。CAD 技术的普及已给企业带来了巨大的经济效益。1989 年, 美国权威科学家评出的 25 年间当代 10 项最杰出的工程技术成就中, CAD/CAM 技术名列第 4。1991 年 3 月 20 日, 即海湾战争结束后的第三周, 美国政府发表了跨世纪国家关键技术发展战略, 列举了与美国国家安全和经济繁荣至关重要的 6 大技术领域的 22 项关键项目, 其中就有两大领域的 11 个项目与 CAD/CAM 技术密切相关。

CAD 技术之所以如此重要, 是因为它推动了几乎一切领域的设计革命, CAD 技术的应用水平已成为衡量一个国家科学技术水平的重要标志之一。

在我国, CAD 技术的研究是从 70 年代开始的。从“六五”开始, 国家科委、经委及有关部委均组织和投资进行 CAD 的研究和开发。“七五”期间, 把 CAD 应用开发提到重要日程, 例如机电部选定对汽车、拖拉机、电机、机床等 20 个主要产品进行应用开发, 并已程度不同地投入应用。“八五”期间, 我国大力推广和普及 CAD 技术, 它在各种领域中发展较快。例如, 许多单位引进了成套的功能强的 CAD 系统, 出现了很多 32 位超级微型机工作站; 同时, 普及型的微机 CAD 系统逐渐得到应用; 各高等院校和研究所在 CAD 技术的基本理论、功能软件和应用软件等方面进行了大量研究工作, 并取得了较好的成果, 有些领域中的 CAD 技术

已达到国际上 80 年代中期的水平；自行开发的各种 CAD 软件已投入试用和使用，有的已商品化。在飞机、汽车、造船、电力、机械、电子、建筑等领域中，已有部分骨干企业开始或部分地实现了 CAD/CAM，有的已成为正常生产必不可少的手段。在“抓应用、促发展、见效益”的方针指导下，我国工程设计单位的 CAD 普及率已达 80%，机械行业骨干企业的 CAD 普及率达 30%，国产自主版权 CAD 支撑软件和应用软件年产值近亿元。1992 年，国务院在批转国家科委等 8 个部、委的报告中提出，正式成立国家 CAD 应用工程协调指导小组，并提出了我国“八五”期间及今后 10 年间开展 CAD 应用工程的有关政策。“九五”期间，国家科委将 CAD 应用工程列为重中之重，将进一步普及和深化 CAD 应用工程列为“科教兴国”的重要内容。提出的目标为：

1) 大规模推广和应用 CAD 技术，到 2000 年，我国 CAD 的开发和应用水平要达到国外中等发展国家 90 年代中后期的水平。

2) 大量提供软、硬件配套的 CAD 系统，要占有国内、外市场。到 2000 年，工作站 CAD 系统要普及，并建立起我国自己的 CAD 产业。

3) 加强人才培养。一方面努力提高现有技术人员的 CAD 水平；另一方面，到 2000 年，全国主要工科院校要基本普及 CAD 技术的基础教育。

第三节 计算机辅助设计系统的组成

一、CAD 系统的组成

CAD 系统的计算机部分包括硬件和软件，它为工程产品设计提供了一个计算机软件、硬件环境，一般说来，硬件是 CAD 系统的基础，软件是 CAD 系统的核心。一个完善的 CAD 系统应该具有的主要功能是：具有快速的计算、分析和生成、处理图形的能力，存储程序、数据和快速检索的能力，输入、输出信息的能力以及具有良好的人机交互功能等。

图 1-2 所示 CAD 系统由设计师、硬件系统和软件系统三部分组成。其中，硬件系统由电子计算机及其外围设备所组成，在第二章中将对对其进行详细介绍；软件系统由系统软件、支撑软件、管理软件和应用软件组成，具体内容见第三章。

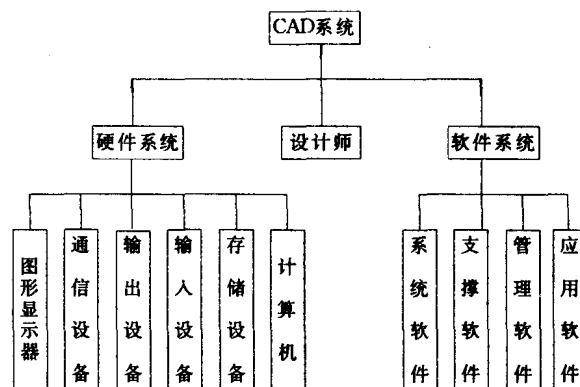


图1-2 CAD系统组成示意图

设计过程是一个信息管理、信息加工和信息交换的过程，因此，在一个完善的 CAD 系统中，应该包含下述内容：

- 1) 工程数据库, 用于存储和管理各种信息。
- 2) 多功能的交互式图形程序库, 用于进行图形信息的加工处理和交换。
- 3) 应用程序库, 用于完成各种类型的分析计算和数据处理等。

二、CAD 系统的型式

(一) 根据计算机辅助设计中所用计算机类型及外围设备的配置划分

1. 独立式 CAD 系统

(1) 以主机为基础的 CAD 系统 该系统具有一个中央处理器 CPU 和多个与其连接的图形终端。大多数早期的 CAD 系统属于这种类型。其主要优点是:

- 1) 它是一个有公用数据库的多用户 CAD 系统, 可资源共享。
- 2) 对于多用户的每一个图形终端来讲, 所需要的主机成本可以降低。

其主要缺点是:

- 1) 如果 CPU 发生故障, 将影响所有用户的工作。
- 2) 随着计算机负荷的增加, 系统的效率和响应会降低。

(2) 工作站型式的 CAD 系统 该型式为单用户的 CAD 系统。80 年代初期以来, 出现了各种微机工作站和以它为基础的 CAD 系统。超级微型机工作站与具有分时系统的超级小型机不同, 它给用户提供一个计算机, 并具有网络功能。因此, 这类 CAD 系统具有交互作用, 响应时间短, 联网后可以共享资源, 便于逐步投资、逐步发展等优点。这类系统发展迅速, 如美国 Sun、HP、SGI 等公司的产品均属此类。

(3) 以微型机为基础的 CAD 系统 近年来, 由于微型计算机的性能日益提高, 价格日趋降低, 因而以微机 (如 IBM PC 系列及其兼容机) 为基础的 CAD 系统日益得到广泛应用。

2. 分布式 CAD 系统

上述三种类型的 CAD 系统, 可以联网成为一个多处理机系统。处理机之间的通信是由制造厂商的网络软件完成的。每一个处理机都有自己的操作系统。这种系统可以资源共享, 从而大大提高了 CAD 系统的性能。它有利于多专业同时进行复杂的需要大量信息的工程设计, 但所需费用较大。

(二) 根据系统的工作方式 (是否能人一机交互) 划分

1. 非人一机交互式 CAD 系统

在 CAD 作业中, 不需要或很少需要人参与, 而是由计算机运行用户编制的程序, 自动地完成设计计算与绘图等, 直到获得满意的结果为止。这类系统适用于设计目标能用明确的目标函数来定量描述的设计问题。

(1) 检索型 CAD 系统 在这类 CAD 系统 (图 1-3a) 中, 是将已经定型的标准化产品的图样, 变成图形信息和有关加工信息同时存入数据库。系统具有选择与计算的能力, 当用户需要某种产品时, 系统可按需要选择标准规格的图形。当用户所给的初始参数不能完全满足时, 系统可在同一系列产品中, 采用经验设计中的类比方法, 计算并选择介于两种产品规格之间的满足初始要求的产品。检索型 CAD 系统可以很快地由计算机输出图样资料。这种系统适用于已标准化、系列化的产品, 对于新设计的产品就不适用了。

(2) 计算型 CAD 系统 这类系统 (图 1-3b) 主要通过优化计算得到技术上和经济上均为最优的方案和图样, 因此是以优化设计为主的系统。这种系统适于那些设计理论成熟、计算公式确定、能用数学形式描述、设计步骤及判别标准清楚、数据资料充分的工程与产品设计,

如齿轮减速箱、电动机等。只要在一定约束条件下能建立起目标函数，编入程序即可。

2. 人一机交互CAD系统 在该系统(图 1-3c)中，设计者可以通过键盘、数字化仪、鼠标器等人机交互设备与CAD系统进行人机对话。这类系统除了配置具有人机交互功能的硬件外，还需要具有便于用户学习和使用的交互式软件。

交互式也称人一机对话式，是现代CAD系统工作的主要方式。这种方式要求在系统作业过程中，设计者随时都可以进行干预。如设计者可对计算机在设计的每一个阶段提供的信息和图形进行分析判断，并作出回答，计算机根据设计者的要求(以指令形式)再进行计算并控制显示器或自动绘图仪输出结果。上述交互过程可能重复进行多次，直到取得理想的结果为止。这是目前使用最为广泛的CAD系统，适用于新产品的开发设计和老产品的修改。

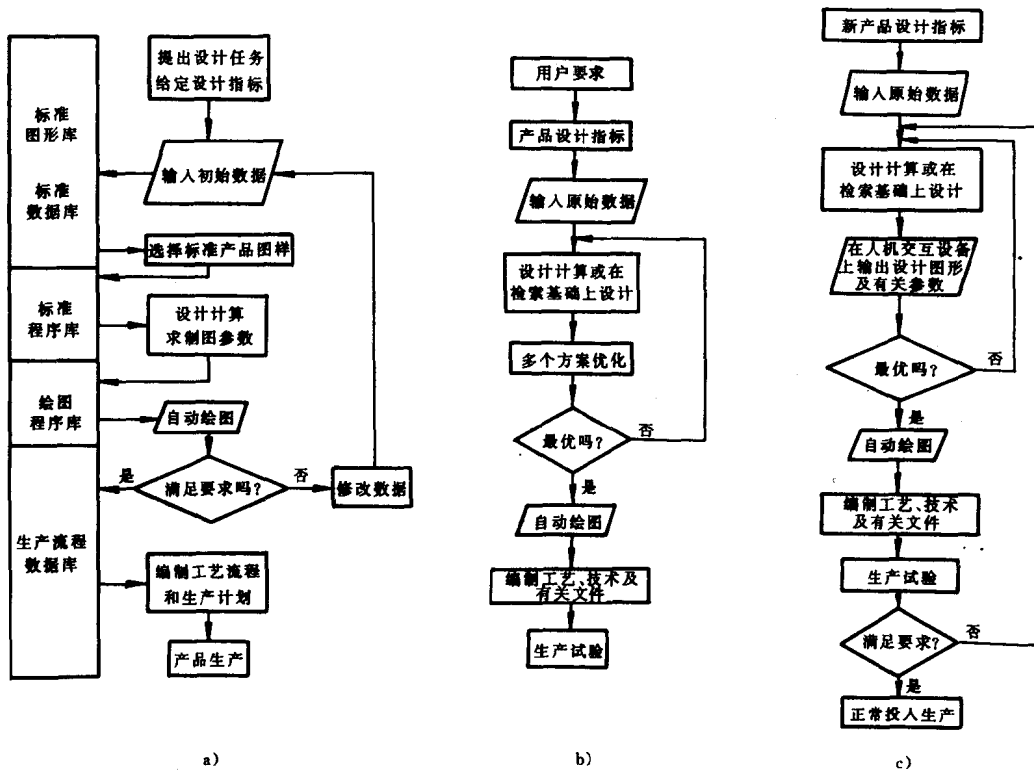


图 1-3 CAD系统的型式
a) 检索型 b) 计算型 c) 人机交互型

第四节 计算机辅助设计系统的功能

机械CAD的基本内容包括建模、分析、仿真、绘图和工程数据库的管理等5个方面。对于一个具体的CAD系统来说，由于所处理的对象不同，其功能上亦会有所差异，不一定都要包含上述全部功能。

一、几何建模

为了进行CAD工作，首先必须建立设计对象的计算机内部表示形式，也就是设计模型。

不同的设计任务需要不同性质的模型，例如几何模型、数学模型和物理模型等。在这些模型中，应用面最广、最基本的是几何模型，几何建模是把物体的几何形状转变为计算机能接受的数学描述。这种数学描述允许物体的图像通过计算机辅助设计系统在图形终端上进行显示和变换。

为了完成几何建模，设计者要给计算机输入三种命令，才能在交互式计算机图形系统的显示屏幕上构造出物体的图像。第一种命令是产生基本的几何元素，诸如点、线和圆等；第二种命令是对这些元素进行比例变换、旋转、平移等；第三种命令是把各个几何元素连接成所要求的物体形状。

目前，最常用的几何模型描述方法有下列三种方式。

(1) 线框模型 它的图元除了直线和规则的二次曲线外，还可以是一些特殊曲线，用这些相互连接的线段来描述零件的形状。其优点是模型结构简单、计算量少、易于操作，是面模型和实体模型的基础；缺点是形状用零件的棱线表示，只包含一部分形状信息，缺乏精确表现能力，应用时有很大的局限性。

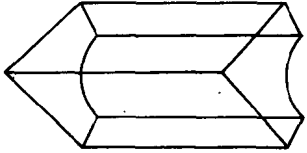
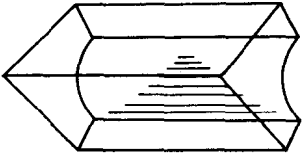
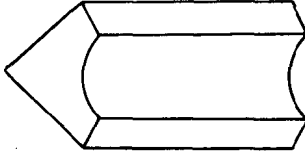
(2) 表面模型 它利用具有各种表面特征的面作为基元来描述对象，面元中最基本的是平面，此外还有圆柱面、直线曲面、旋转面等。

使用表面模型可完整定义形体的边界，因而与图形有关的大部分问题可迎刃而解，但美中不足的是边界不能明确地反映其所包围的实心部分，且数学模型复杂，计算量大。

(3) 实体模型 它有两种基本方式：一是通过三维表面描述来确定边界，生成实体的立体模型；二是采用体素来构型，以球、圆柱、多棱柱及各种柱体、锥体为基本体素，通过它们的逻辑运算来表达实体形状。

表 1-2 所示为三种几何模型的示例。

表 1-2 三种几何模型

模型类别	线框模型	表面模型	实体模型
显示			
说明	利用棱线表示，缺点是不能识别曲面及立体内部	在线框基础上加曲面部分，平面在这里虽不定义，但可处理	该立体模型是从长方体上通过与圆柱体的逻辑运算，去掉一部分而形成的

二、计算分析

在生成设计对象的模型之后，可继而对该模型进行静、动态下的强度、刚度、振动和热变形等方面的分析。

计算分析方法分为解析法和数值解法。数值解法中常用的有：有限元法、边界元法、有限差分法及数值积分法等。例如在一个集成的 CAD 系统中，用户在建立了某个零件的几何模型之后，可利用有限元前处理程序形成有限元计算用的网格，求解后可以利用后处理程序将计算所得的零件上的应力和位移情况以图形方式表达出来，以使用户对零件的结构方案作出合理的判断（确认或修改）。

三、仿真与试验

仿真就是在计算机上构造与实际系统相一致的模型进行试验和研究,以检验设计的合理性。通过仿真可以修改设计参数和系统方案,从而减少样机试制和试验次数。

在机械CAD中,用得较多的是模态试验,它可以在设计初期模拟产品的性能。这比传统的先设计,再试制,后试验,直到工程的后期才能评价出产品性能的优劣要经济得多,且大大缩短了产品开发周期。

除模态试验外,用得较多的还有运动模拟和干涉检查。运动模拟包括机构的分析与综合。以连杆机构为例,机构分析时输入必要参数之后,系统计算出连杆上各代表点每个瞬时的位移、速度和加速度,并可用图形显示出来。相反,在机构综合时,用户只要给出要求的运动轨迹,系统就能自动地产生实现这种运动的机构。

四、绘图及技术文档生成

绘图及技术文档生成包括绘制工程图(零件图、部件图及装配图等)、机械特性图及生成零件清单、设计说明书等各种技术文件。图样可由计算机辅助绘图系统绘出。在高水平的系统中,能通过几何造型产生的各向视图来形成。

当用户需要输出工程图时,绘图仪可根据输送给它的绘图数据自动绘制相应的图样,同时将这些绘图数据存入计算机存储器归档备查。一般CAD的图形系统都具有图形编辑功能,可以完成图形的复制、放大、缩小、删改、旋转及平移等。

五、工程数据库的管理与共享

产品和工程设计中的信息量是非常巨大的,而且信息的形式、属性、关系也多样而复杂,CAD系统是建立在对这些工程信息存储、管理、传递和共享的基础上的,它依靠的就是工程数据库及其管理系统。CAD工作中,利用数据库技术,统一管理工程数据和图形,为各个专业设计提供共享数据的模式和它们之间的接口,完成对设计信息的存取、加工、转换等。在CAD/CAM系统中,需要建立数据库管理各种数据,其中包括设计计算过程中所产生的各种数据,如零、部件的结构参数数据、材料规格等制造所需要的数据等。

第五节 计算机辅助设计系统的优点

运用CAD系统进行设计工作的大量实践证明,计算机辅助设计与传统的手工设计相比有以下明显的优点:

1) 提高设计效率,缩短设计周期,从而加速产品的更新,增加产品的市场竞争力。

机电产品设计中采用CAD技术后,可使设计周期缩短60%~80%,工艺设计周期缩短80%~90%,降低基建费用10%~30%,改善经济技术指标10%~25%。

2) 提高设计质量。CAD系统可对产品进行精确的计算分析,如采用先进的现代设计方法(有限元分析法、优化设计法、可靠性设计等),可以获得最佳设计方案和设计质量。由于在CAD系统中采用了人机交互式设计,设计的结果能够直观清晰地显示在屏幕上,并可以进行实时地修改,直至满足设计要求为止。采用CAD技术,可以完成某些人工不易或不能完成的设计任务,从而提高了设计水平。

3) 使设计人员从繁重的设计计算和绘图工作中解放出来,更多地进行创造性的研究与开发工作,有利于提高生产力。

4) 有利于促进产品设计的标准化、系列化工作, 从而加速产品的开发和投产过程, 使新产品更快地投入市场, 增强市场的竞争力。

5) 有利于实现 CAD 与 CAM 一体化。

习 题

- 1-1 联系一项具体的机械设计问题, 说明用手工设计时的设计过程。
- 1-2 试述采用计算机辅助设计的设计过程。
- 1-3 在 CAD 系统中, 人与计算机的作用各是什么?
- 1-4 CAD 系统是如何组成的? 各自的功能是什么?
- 1-5 试述你校所用的 CAD 系统的配置。
- 1-6 计算机辅助设计系统有哪些优点?
- 1-7 压缩机适用于采用什么型式的 CAD 系统进行设计?
- 1-8 目前, 在 CAD 中最常用的几何模型描述方法有哪几种?
- 1-9 CAD 的发展过程经历了哪几个阶段? 简述每个发展阶段的主要特点。

第二章 计算机辅助设计系统的硬件

CAD系统的硬件包括不同规模、不同结构和不同功能的计算机系统。根据应用范围和相应软件的规模，主要可分成四大类：主机系统、小型机系统、工程工作站系统和微型计算机系统。

第一节 微型计算机系统

图 2-1 表示了一个 CAD 系统硬件的基本构成。它由微型计算机、图形输入设备和绘图输出设备三部分组成。

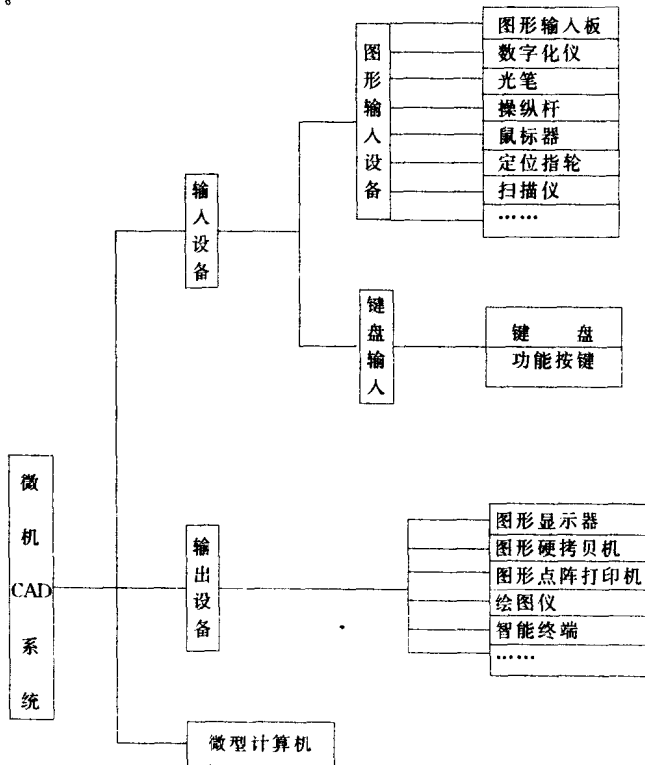


图2-1 CAD系统的基本组成

近年来，微型计算机迅速发展，已在CAD领域占领了一席之地。由于采用了高能奔腾处理器、高规格的内存容量、硬盘容量和快速图形加速卡，微机已能基本满足CAD应用的要求，而且价格越来越便宜；微型机上的各种软件，如图形软件、工程分析软件及各种应用软件，可满足用户的大部分要求；现代网络技术能将许多微机与公共外设连在一起，使在不同办公地点的工程师们可以共享昂贵的设备，使信息交流容易实现。因此，微机局域网系统在中小型企业得到了广泛应用。图 2-2 为一具 CAD 局域网系统的结构简图。

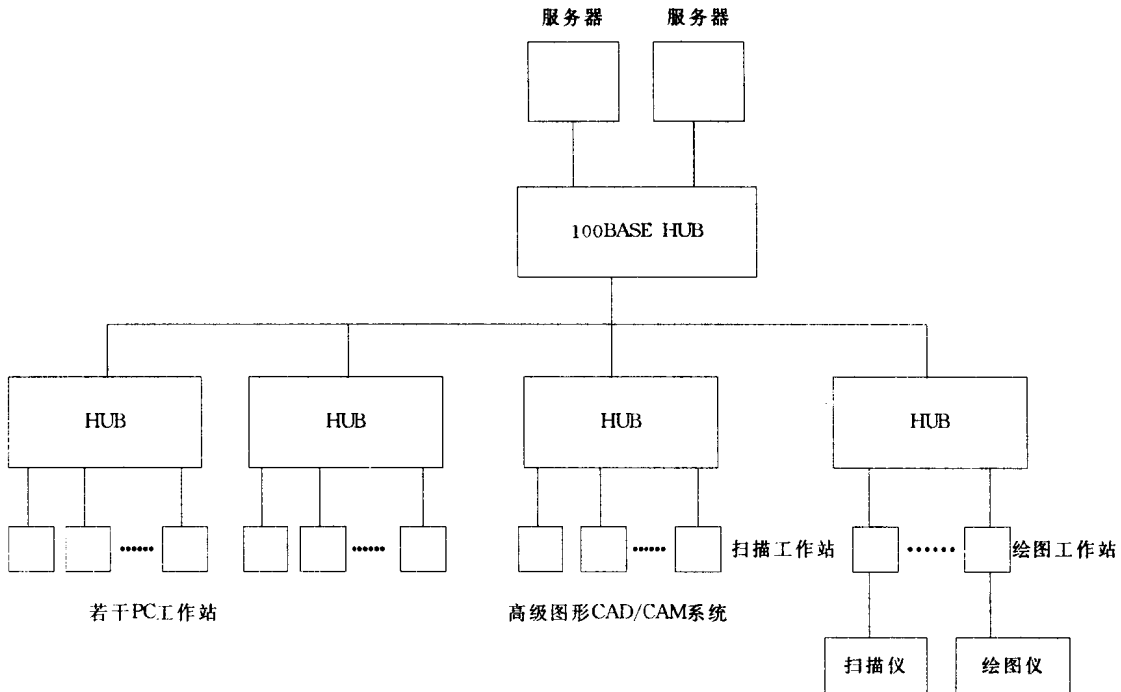


图2-2 CAD局域网系统结构简图

微型计算机系统由主机、输入设备、输出设备、外存储器组成。

一、主机

主机由中央处理机（CPU）和主存储器（也称内存）两部分组成，见图2-3。

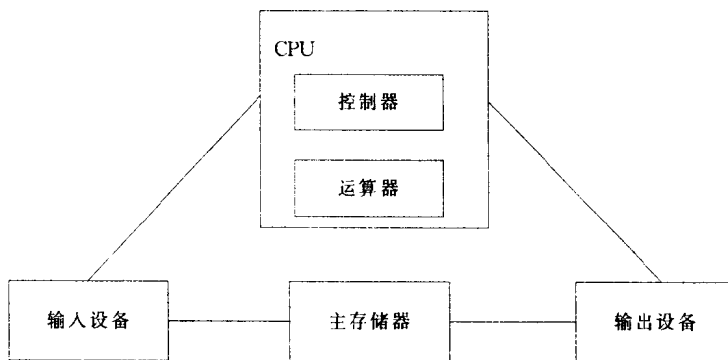


图2-3 主机结构

CPU 包括控制器和运算器。控制器指挥和协调整个计算机的工作，具体功能是提取主存储器内的指令、分析和实现各种动作、控制数据在各部分之间的传送，包括网络信息的处理；运算器进行算术和逻辑运算并输出。在控制器和运算器中都有寄存器作为暂时的信息写入与取出的地方，存取速度均比从主存储器中存取要快。

主存储器是计算机的内存，一般目前计算机的标准配置为 64MB（MB 指百万字节）。容量越大，进入内存存储器里的程序和数据就越多，存取信息的次数就越少，程序执行的速度就越快。