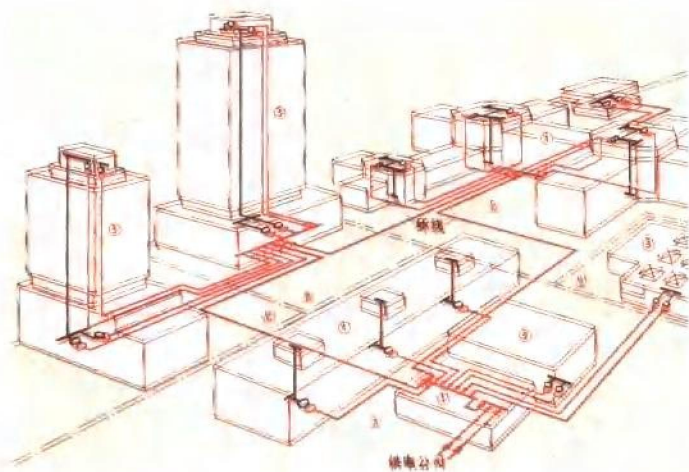


高等学校建筑电气技术系列教材

建筑电气 CAD

朱学莉 主编

● 中国建筑工业出版社



高等学校建筑电气技术系列教材

建筑电气 CAD

朱学莉 主编

ND29/02

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑电气 CAD/朱学莉主编. -北京: 中国建筑工业出版社, 1997

高等学校建筑电气技术系列教材

ISBN 7-112-03185-0

I. 建… II 朱… III. 建筑物-电气设备-计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. TU85-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 04569 号

本书在简单地介绍了 CAD 基础知识的基础上,重点介绍了 AutoCAD 12.0 版软件的基本功能、操作命令与使用方法, MicroStation 的主要特点及实用命令, AutoLISP 语言及编程方法, 用户菜单开发方法及几个建筑电气 CAD 软件包的使用方法。为了提高可读性, 本书提供了内容丰富的实例, 每章后都附有一定数量的思考题与习题。

本书概念清楚, 内容丰富, 实用性强, 既可作为大专院校建筑电气 CAD 课程的教材, 也可作为从事建筑电气专业设计与研究、开发人员的参考书。

高等学校建筑电气技术系列教材

建筑电气 CAD

朱学莉 主编

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 16¹/₄ 字数: 395 千字

1997 年 12 月第一版 1999 年 8 月第三次印刷

印数: 4,501—6,000 册 定价: 19.90 元

ISBN 7-112-03185-0

TU · 2454 (8325)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

高等学校建筑电气技术系列教材 编审委员会成员

- 名誉主任：谭静文 沈阳建筑工程学院
赵铁凡 中国建设教育协会
- 主任：梁延东 沈阳建筑工程学院
- 副主任：汪纪锋 重庆建筑大学
孙光伟 哈尔滨建筑大学
贺智修 北京建筑工程学院
- 委员：（以姓氏笔画为序）
- 王 俭 西北建筑工程学院
邓亦仁 重庆建筑大学
兰瑞生 沈阳建筑工程学院
孙建民 南京建筑工程学院
李 伟 山东建筑工程学院
李尔学 辽宁工学院
朱首明 中国建筑工业出版社
寿大云 北京建筑工程学院
张 重 吉林建筑工程学院
张九根 南京建筑工程学院
张汉杰 哈尔滨建筑大学
张德江 吉林建筑工程学院
武 夫 安徽建筑工业学院
赵安兴 山东建筑工程学院
赵良斌 西北建筑工程学院
赵彦强 安徽建筑工业学院
高延伟 建设部人事教育劳动司
阎 钊 辽宁工学院
- 秘 书：李文阁 沈阳建筑工程学院

序 言

高等学校建筑电气技术系列教材是根据 1995 年 7 月 31 日至 8 月 2 日在沈阳召开的建设部部分高等学校建筑电气技术系列教材研讨会的会议精神，由高等学校建筑电气技术系列教材编审委员会组织编写的。

本系列教材以适应和满足高等学校电气技术专业（建筑电气技术）教学和科研的需要，培养建筑电气技术专业人才为主要目标，同时也面向从事建筑电气自动化技术的科研、设计、运行及施工单位，提供建筑电气技术标准、规范以及必备的基础理论知识。

本系列教材努力做到内容充实，重点突出，条理清楚，叙述严谨。参加本系列教材编写的教师，均长期工作在电气技术专业的教学、科研、开发与应用的第一线。多年的教学与科研实践，使他们具备了扎实的理论基础及较丰富的实践经验。

我们真诚地希望，使用本系列教材的广大读者提出宝贵的批评意见，以便改进我们的工作。

我们深信，为加速我国建筑电气技术的全面发展，完善与提高我国高等学校建筑电气技术教学与科研工作的建设，高等学校建筑电气技术系列教材的出版将是及时的，也是完全必要的。

高等学校建筑电气技术系列教材
编审委员会

1996 年 10 月 6 日

前 言

目前, 计算机辅助设计 (Computer Aided Design) 已成为计算机应用领域中一个十分活跃而重要的科学分支。追溯其发展历史, CAD 作为一个科学分支提出至今还不到 40 年, 但其应用范围却已遍及各行各业, 迅速成为科研、设计和开发工作的重要手段。在我国的建筑工程设计领域, CAD 的发展速度远远超出了人们的预料, 已从 10 年前的初期引进而进入了目前的普及应用阶段。

近年来, 在众多微型计算机上使用的绘图软件中, AutoCAD 图形软件包已成为用户最多的图形软件。AutoCAD 是美国 Autodesk 公司的计算机绘图软件包, 由于其结构的开放性, 既方便了用户的使用, 也使系统自身得到了不断的完善。1992 年 7 月推出的版本——AutoCAD 12.0, 则是目前最完整、最强有力且最容易使用的一个版本。本书将向读者全面系统地介绍 AutoCAD 12.0 版的基本功能, 实用命令及在其上进行开发的方法。

MicroStation 是目前国际上广泛使用的另一个绘图支撑软件, 从用户数量上来看, 虽然 MicroStation 远不及 AutoCAD, 但由于其出色的图形窗口界面, 独特的双屏幕技术, 安全可靠性及强大的开发功能, 正逐渐地为人们所认识, 因而本书也用了一定的篇幅向读者作了介绍。

本书的作者多年来一直从事计算机辅助设计的教学、科研及开发工作, 并将 CAD 技术用于科研及工程实践中, 积累了一定的经验。编写本书的目的就是从应用的角度出发, 向读者介绍 CAD 的基本知识, AutoCAD 12.0 和 MicroStation 图形软件的法, 以及在 AutoCAD 12.0 上开发建筑电气 CAD 软件的基本方法。

本书共分七章。由哈尔滨建筑大学朱学莉主编。其中, 第一、二章由哈尔滨建筑大学孙光伟编写, 第三、五章由山东建筑工程学院张桂青编写, 第四、六、七章由朱学莉编写。

本书的内容是这样安排的:

第一章主要介绍了 CAD 的发展简史, CAD 的主要功能及 CAD 的软、硬件系统的构成。

第二章介绍了有关图形输入设备、图形显示设备和图形硬拷贝设备的有关知识。

第三章首先概述了 AutoCAD 的发展历程, AutoCAD 的基本功能和所要求的硬件环境。然后介绍了 AutoCAD 12.0 软件的安装、配置方法。最后介绍了汉化 AutoCAD 的使用方法。

第四章主要介绍了 AutoCAD 12.0 的操作命令, 其中包括: 服务命令、绘图命令、编辑与询问命令、显示控制命令、绘图工具、图层、颜色与线型、图形输出和尺寸标注等。

第五章较为详细地介绍了 MicroStation 绘图软件包, 其中包括 MicroStation 所要求的软件及硬件环境、MicroStation 的安装与配置和 MicroStation 的实用命令, 即绘图命令、编辑命令、层操作、尺寸标注、文本输入及图形输出等。

第六章主要介绍幻灯片显示法、AutoLISP 语言及编程方法、电气图形库的建立方法和

用户菜单设计方法。

第七章则介绍了三个建筑电气 CAD 软件包的使用方法，其中有中国建筑科学研究院的 ABD—E、北京华远软件工程有限公司的 HOUSE—E95 和北京浩辰技术开发公司的 INTER—DQ。

本书以实用为主，根据设计与绘图的需要，尽量深入浅出，循序渐近，在命令介绍过程中给出了大量的运行实例，每章后都提供了一定数量的思考题与习题，以便读者随时检查自己的学习程度。

蔡又新高级工程师审阅了全部书稿，并提出了许多宝贵意见。此外，在本书编写过程中，还得到了王琳、许先明、潘立等同志的热情帮助，在此一并表示感谢。

由于我们水平有限，加之时间仓促，书中难免会有疏漏与不妥之处，恳请广大师生及读者批评指正。

目 录

第一章 CAD 的基本概念	1
第一节 CAD 概论	1
第二节 CAD 的软硬件系统	5
第三节 CAD 的关键技术	7
第四节 CAD 的发展趋势	8
思考题与习题	10
第二章 CAD 系统的图形设备	11
第一节 图形输入设备	11
第二节 图形显示设备	13
第三节 图形硬拷贝设备	15
思考题与习题	18
第三章 AutoCAD 基础知识	19
第一节 AutoCAD 概述	19
第二节 AutoCAD 的使用	21
第三节 汉化 AutoCAD 的使用方法	41
思考题与习题	50
第四章 AutoCAD 操作命令	51
第一节 服务命令	51
第二节 实体绘图命令	58
第三节 编辑及询问命令	75
第四节 显示控制命令	98
第五节 绘图工具	107
第六节 图层、颜色和线型	112
第七节 块及应用	119
第八节 尺寸标注和图案填充	124
第九节 图形输出	129
思考题与习题	134
第五章 MicroStation 绘图软件包简介	135
第一节 MicroStation 软件及硬件环境	136
第二节 MicroStation 的主要特点	136
第三节 MicroStation 的运行	139
第四节 MicroStation 的实用命令	149
思考题与习题	167
第六章 建筑电气 CAD 软件包开发方法	168
第一节 建筑电气 CAD 软件包的组成	168
第二节 幻灯片显示法	169

第三节 AutoLISP 语言及编程	170
第四节 计算程序的开发	182
第五节 电气图形库的建立	183
第六节 用户菜单设计	183
思考题与习题	201
第七章 建筑电气 CAD 软件包简介	203
第一节 ABD-E 电气 CAD 软件	203
第二节 HOUSE-E95 电气设计绘图软件	221
第三节 INTER-DQ 建筑电气 CAD 软件	235
思考题与习题	251
参考文献	252

第一章 CAD 的基本概念

第一节 CAD 概 论

一、CAD 的发展简史

CAD 是英文 Computer Aided Design 的缩写,其含义为计算机辅助设计。是计算机在科学计算、数据处理和信息加工、工业控制应用之外的另一大应用领域。CAD 的应用以及进一步深化为 CAM (Computer Aided Manufacture),促进了各行各业技术的发展,逐步形成了计算机辅助教学、计算机辅助管理、计算机辅助工程等多项分支,成为当代发展最迅速的新兴产业之一。

长期以来,设计工作一直停留在手工作业状态,效率低、精度差,同时也使得标准化工作难以实施。这与生产的机械化、自动化水平日益提高形成了鲜明的对照。可以说,在第二次世界大战以后,设计已成为整个生产系统中的薄弱环节,远远不能适应市场剧烈的变化和工程建设飞速发展的需要,因而迫切要求实现设计自动化。从 20 世纪 50 年代开始,计算机被用于设计计算,先后发明了能显示数字、符号及图形的阴极射线管显示器、数字控制的绘图仪等,为用电子数字计算机实现自动绘图提供了硬件基础。1959 年美国将 CAD 正式列为研究项目。1963 年春,在美国计算机联合会的年会上,麻省理工学院的 CAD 研究小组在他们发表的一篇论文中对 CAD 提出了预测:在不久的将来,设计者可以坐在计算机前,利用键盘、光笔和 CRT 的操作,进行人机对话,实现从概念设计到生产设计的自动化过程。从此,各国都开始了 CAD 的探讨和研究,经过 30 多年不断的努力,CAD 技术日趋完善,不仅成为一门新的学科,而且为其他行业创造出了可观的价值。

CAD 的发展历程,大致可划分为以下几个时期。

50 年代初属技术准备时期。随着计算机技术的发展,图形显示设备和绘图仪的出现,为计算机绘图的输出提供了外围设备。接着,图形功能更强的图形显示设备等硬件相继研制成功。在此基础上,相应的各种绘图软件陆续研制出来,这一切都表明:计算机辅助设计的技术条件已趋成熟。

60 年代属 CAD 的开发应用期。1963 年,美国麻省理工学院研制出了 Sketchpad 交互图形系统,首先提出了 CAD 这一概念。随后,各国的一些大公司开始研究 CAD 的实用技术。通用汽车公司为汽车车身和外形设计开发了 DAC-1 系统。这是一个用来分析三维曲面的多终端分时操作的计算机系统。美国的洛克希德航空公司和 IBM 公司合作开发了用于二维飞机设计的 CADAM 系统。这是一个应用大型计算机为基础的 CAD/CAM 的典型系统,它已经具有设计绘图、数字控制编制程序和机械强度分析计算等功能。1965 年贝尔实验室推出的远地显示系统 Graphic1,可以实现印刷线路板和框图的方案设计、元件的摆放、器件的连接、文本的组织编辑以及交互式布线等计算机辅助设计功能。其他公司对 CAD 开发性的研究也取得了不同程度的进展。

到了 70 年代, CAD 进入了实用期。集成电路技术有了很大发展, 出现了 32 位小型计算机和微型计算机, 特别是出现了运算速度更快、存储容量更大的工作站, 大容量硬盘和数字化仪的投产使用, 从硬件上为 CAD 实用化创造了更充实的条件。在这个时期软件方面发展了结构程序、数据库、虚拟存储, 并开始应用软件工程方法编制了更多的实用软件, 形成了图形软件包和以有限元为基础的各种运算软件包, 构成了专用 CAD 系统软件。从而可用小型计算机组成适用于中等企业的 CAD 系统。该时期 CAD 专业公司和专门开发 CAD 的软件公司开发出一系列 CAD 产品应用到了实际生产中。使 CAD 系统真正从实验研究走向了工业实用阶段。

32 位高档微型机的问世, 以及高分辨率大屏幕彩色显示器、鼠标和触摸屏的研制成功, 为建立 CAD 工作站和工程工作站提供了更加方便、灵活的外围设备。显示方式从二维平面图发展到三维立体图形。大量应用软件的开发, 标志着 CAD 已进入了普及应用时期。这期间在技术先进国家, CAD 已成为一个独立的产业部门, 市场环境、设计环境、制造环境的变化又促进了 CAD 的应用, 软件的商品化已渐成熟。

在 80 年代, 国外的建筑师们就已直接在计算机上设计完成绝大多数图纸。功能很强的 CAD 软件包含了建筑、结构、给排水、暖通及电气等各个专业。从设计方案阶段就可以利用彩色透视图显示整个小区或整幢建筑图, 可以做到从不同的高度、不同的角度、不同视点、不同的距离观察, 甚至可以模拟进入建筑物内部观看建筑物建成后的视觉效果。

进入 90 年代, CAD 技术又有了进一步的发展, 促使设计方式产生了更加深刻的变革, 其直接的结果是, 极大地缩短了产品研究制造周期, 提高了开发新产品的成功率, 美、英、日及西欧等技术先进国家的 CAD 产值已超过千亿美元。

我国从 80 年代初开始从国外引进一批基本绘图软件包, 并着手研制开发 CAD 应用软件和相应的汉化工作。相继出现了一些 CAD 专业研究开发和经销部门, 建立了国内 CAD 的发展基础。

在建筑工程界, 国内的一些设计部门也于 80 年代初期分别从美国的 Intergraph、CV、Calma 和 Autodesk 公司引进了一批适用于中、小型和微型计算机的 CAD 系统, 自发地开展了 CAD 技术的研究。为了适应工程建设的发展, 推动 CAD 在建筑工程设计中的应用, 1983 年 7 月, 国务院电子振兴小组责成城乡建设环境保护部研制《建筑工程设计软件包》, 城乡环境保护部确定由中国建筑科学研究院负责该研究项目, 该软件包于 1986 年 5 月通过了技术鉴定。其内容主要包括建筑物的上部结构、地基基础、暖通空调、建筑物理、特种结构、施工管理六个方面的应用程序。

大约从 1984 年开始, 国内一些大的设计单位开始研究、开发建筑电气 CAD 软件。由于设计部门对建筑电气 CAD 的广泛关注, 促使更多的设计、开发部门从事此方面的研究、开发工作, 从而也推动了建筑电气 CAD 技术的进一步发展。从总的情况来看, 虽然建筑电气 CAD 的研究起步较晚, 但其发展速度很快。目前在国内, 已形成了一批专门从事建筑电气 CAD 开发的专业队伍。中国建筑科学研究院电子计算中心、北京华远软件工程有限公司、北京浩辰技术开发公司当属其中的佼佼者。从应用情况来看, 大、中、小设计院、所的大多数均已使用计算机绘制施工图纸, 建筑电气 CAD 软件已成为电气设计者手中的工具。

经过 30 多年的发展, “计算机辅助” 这个概念也在不断地扩展, 不仅仅是在设计方面,

继而在计算机辅助制造 CAM (Computer Aided Manufacture)、计算机辅助测试 CAT (Computer Aided Test)、计算机辅助诊断 (Computer Aided Diagnosis)、计算机辅助教学 CAI (Computer Assisted Instruction)、计算机辅助工程 CAE (Computer Aided Engineering)、计算机辅助管理 (Computer Aided Management) 和计算机辅助学习 CAL (Computer Assisted Learning) 等许多方面得到了应用和发展,形成了新的学科群体。

二、CAD 的基本概念

早期的 CAD 是用计算机来辅助设计中的数值求解计算。随着计算机的外部设备、图形学、计算方法以及软件技术的发展, CAD 的内涵也在不断发展,不断增添新的内容和更深的含义。

严格的说 CAD 并没有统一的、确切的定义,有人认为 CAD 是一项在设计过程中人和计算机以及外部设备紧密联系的作业技术;也有人认为 CAD 是在人的参与下,以计算机为中心的一整套系统对设计对象自动进行最佳设计的过程。即用计算机辅助设计人员完成包括资料检索、计算、确定结构形状、自动绘图和输出图纸等一系列过程。还有人试图把 CAD 定义为各种设计信息(如数据、资料、规则、公式、图表、方法、档案、标准图素、设计图)的存储、传递、加工和处理的系统工程。

对 CAD 本质的探讨,较合适的定义是:CAD 是将计算机硬件、软件合理组合起来辅助设计人员进行设计的系统。

在某些方面计算机的能力要强于人,而从另一方面讲,计算机是由人制造和操作的,人的创造性、智慧、能力要强于计算机,在 CAD 中则是把人和计算机各自的特长有机地结合在一起,在设计中发挥出比人手工设计要巨大得多的威力,这种威力恰好体现出了 CAD 丰富的内容和深刻的含义。

设计的过程需要经验与判断的结合,计算机有对过去的参考资料、设计经验提供快速调用的能力,而人可以按照设计要求去灵活的选择,通过思维判断,把过去前人大量的经验与新的构想融合在一起决定设计结构,设计师又可把自己的新的经验、新的成果、新的规则输入给计算机以丰富原有信息,备以后自己和他人调用。

设计过程需要作信息处理。设计之前从任务书中取得必要信息, CAD 设计人员与计算机进行文字、数字、图表和图形信息的交流,最后输出设计图纸及有关说明。在 CAD 中由于有了计算机的参与,才使设计人员能从繁杂的劳动中解脱出来,迅速、准确、高质量地完成设计图。

修改是设计过程中必不可少的一部分,在设计人员的直觉检测、监督下,由计算机来改正错误,弥补不足则成了轻而易举的工作。

分析冗长的数据是一项耗时的工作,在 CAD 中计算机可以在千万个数据中很快找到设计人员所需要的数值,提供给设计人员作进一步决策。

总之, CAD 是人机有机的配合,计算机使人的记忆扩展、分析和逻辑判断能力增强。设计人员控制计算机实施信息分配,应用自己的经验、智慧和创造力进行设计。CAD 不是简单地让计算机代替人工计算和制图,而是通过强有力的人机交互作用,从本质上增强了人的创造设计能力,从而提高了设计水平。

三、CAD 的主要功能

几何模型的建立是 CAD 的基本功能。几何模型就是存入计算机内存中数据库里描述

各式各样几何图形的信息。这些信息是设计图形的素材，信息越丰富，计算机的选择度越大，CAD 的能力就越强。

几何模型是如何建立的呢？最简单的是用线条图形法，即用基本图素如直线、圆、弧等输入到图形终端上组合构成各种曲线赋予定义后存入数据库，这些被定义的曲线就是几何模型，这类图素是简单的基本信息，重组复杂模型时费时麻烦。后来又发展了表面描述法，即用平面、圆柱面、旋转面等基本图素建立用户定义的几何模型，丰富了数据库，对于设计中需要面式图形时，就可以随时调用，而较用线式图形临时再加工成面要快捷方便得多。目前，已采用实体模型，即把球体、立方体、锥体、椭圆球体等各种实体作为图素，并可由用户自己定义一些不规则的各种实体作为辅助图素扩展数据库中的几何模型信息量，CAD 中在屏幕上可自动生成轴侧图、主视图、俯视图和侧视图，甚至可以产生任意方向的视图，并可实现改动其中的一幅图，其他三幅都能自动得到相应的修改。对图形进行放大、缩小、旋转、移动、重新组合，使用户从各个角度观察设计，计算机在人的操作下可擦去任一部分图形，也可随时恢复原来的图形。这样建立几何模型并能方便灵活地改变，为设计图形提供了方便。

CAD 的另一主要功能是利用几何模型或由基本几何模型组合设计的复杂模型进行工程分析，对一些如体积、表面积、重量、重心、转动惯量、用料等结构设计人员所关心的参数进行分析，提供出来作进一步修改设计的依据。CAD 中最重要、最常用的分析是利用有限元法分析应力、应变及其他结构特征。由于以往人工分析方式分析结果，用数字表格输出，数据量一般很大，设计人员阅读解释进行二次分析也很麻烦，计算机的工程分析可辅助人来作有限元分析的前后处理，即利用几何模型自动或辅助划分网格，生成单元作为前处理。后处理是将有限元分析得到的结果以利于理解的图形输出在显示器或打印纸上，供设计人员选择决策。还有一种模态分析技术，它将实际的结构划分为网格图，而网格结点上的受力情况则由实验测得，直接输入计算机，经过模态分析软件处理就可以在屏幕上看到一个由网格表示的实际结构的实际结构的变形图。这样直观形象的工程分析在设计中是很重要的。

在机械结构系统的 CAD 设计中，还要作运动分析，即机构的分析与综合。分析时，将机构简化成连杆机构，然后在计算机上输入必要的参数，计算机就可算出各部分的位移、速度和加速度，并且可以显示出代表该机构运动的活动图形，从图上显示出位移、速度与加速度。在机构综合中，用户只要给出要求的轨迹，计算机就能自动设计产生出实现这种要求的运动机构。

CAD 最主要的功能表现为自动绘图。设计人员根据设计任务把有关要求输入到计算机中，对存储的图形数据库、各种有关技术参数、标准图例、要求和规范进行分析处理和计算，并把设计图显示在图形显示器上，在设计人员对其进行调整后自动输出符合设计要求的图纸。

从上述 CAD 的主要功能可以看出，用计算机辅助设计可以大大减少查表、计算和绘图的时间，减轻设计人员的劳动强度，提高工作效率，缩短设计周期。同时，有利于设计的标准化、系列化，进一步提高设计水平。

第二节 CAD 的软硬件系统

一、CAD 的硬件系统

CAD 的硬件系统，根据所用计算机类型和规模不同，一般可分为四种配置形式。

(一) 单一主机系统

这是一种以单机结构为主体的组成方式，其特点是用大型机、中型机或小型机作为主机，用分时方式连接几十个或更多个图形输入输出终端设备。

如 IBM 4381、3081 都可作为主机，每台内存可达几十 MB，磁盘容量可达几百 GB，能存储上百万张图纸和技术文档。图形终端 5080 可与主机以高速通道方式进行通讯传递信息。

这种单一主机系统配置形式价格昂贵，适于大型集团采用。

(二) 多机分布式系统

为了适应和扩大 CAD 的功能，当主机在性能上不能满足应用上的需要时，采用多个 CPU 并行操作，这就构成了多处理机分布式 CAD 系统。各并行操作部分都有自己的处理机和主存储器。指令的处理、显示转换和一些数据库处理都可自行独立操作，协调完成一项任务。

Apollo、SUN、HP、VAX 等公司生产的多机分布式系统，都是国内外应用较多、技术较成熟的系统，有些还具有三维图形加速器，可以支持实时动态显示。

这种多机分布式系统适合于中、小型部门采用。

(三) PC 机系统

用普及型个人计算机如 IBM—PC 及其兼容机作为 CAD 的主机，这种系统较前两种内存少，速度低。随着电子技术的发展，个人微型计算机的档次也在不断提高，从原来的 CPU 为 Intel 8086 已先后升级为 80286，80386，80486，80586，80686，内存容量从原来的 KB 级已提高到 MB 级，外存磁盘容量也扩大到 GB 级，图形显示器的分辨率能够支持 1152×864 等高分彩显，色彩达到 8 个位面，可以利用键盘，鼠标，数字化仪进行操作，可用外接口连接绘图仪输出图形，独立运行 AutoCAD、MicroStation 和 Windows 等许多软件，完成各种专业设计。

IBM—PC 机及其兼容机可以联入 DECNET 网变成 VT—100 终端，并在 VMS 操作系统下分时运行 VAX 机程序。当 PC 机在 MS—DOS 操作系统平台运行时，PC 机可以将联网的 VAX 机信息变成自己的 E~Z 硬盘信息处理。IBM—PC 机也可以通过专用接口直接与 Apollo DN3000 工作站相联，PC 机会把 Apollo 的磁盘文件作为自己的 D 盘文件。这样组织系统，许多高性能方便灵活的软件大大增强了硬件系统的机动性，使个人计算机变成整个网络中的一个结点，共享主机和工程工作站的资源，国外各大公司已从 80 年代初就开始着手于硬件接口及软件版本移植方面的工作，许多机种都可以与 PC 机联网，许多 CAD 软件都可供 PC 机使用。

二、CAD 的软件系统

软件是指能完成各种功能的计算机程序的总和。一旦 CAD 系统的硬件确定后，整个系统的动作要在软件支持下进行协调工作。利用计算机进行辅助设计涉及三类软件：一类是

计算机系统软件；另一类是 CAD 系统软件；还有一类是 CAD 应用软件。

(一) 计算机系统软件

计算机系统软件是由计算机设计者提供的，专门用来使用和管理计算机本身的程序。系统软件包括机器的监控管理程序、操作系统、磁盘操作系统、调试诊断系统。还有一些用于开发编制程序的软件工具，如汇编语言和各种高级语言；有处理各种语言的汇编程序、解释程序、翻译程序；有为各种程序服务的装配程序、连接程序和编辑程序；有为系统模拟的仿真程序和移植程序；还有为信息处理的文字、资料检索和数字管理程序。

计算机软件的各种程序不需要应用计算机的用户设计，但需要用户了解其基本原理和使用方法，利用这些程序去操作计算机。

(二) CAD 系统软件

还有一类软件是专业公司针对 CAD 这一特定任务而设计的，可称为 CAD 系统软件。主要包括：图形处理软件、几何造型软件、有限元分析软件、优化设计软件、动态仿真软件，检测与质量控制软件、CAD 数据库、数据库管理软件等。

1. 图形处理软件

图形处理软件是 CAD 系统中最基础、最重要的软件。开发图形软件的基本原则如下：

(1) 简单 软件要容易使用。

(2) 一致 其功能、调用序列、错误处理以及坐标系都应协调一致。

(3) 完整 提供的各种功能程序组不应有缺省和遗漏，应自成体系。

(4) 容错 应能识别错误，并自动修改，使程序能按正确的方式继续运行，对于一些小的缺省、遗漏、重复等简单错误，应能在不给出注释的情况下自行纠正。只有在错误严重无法判断，以致会使用户丧失有意义的结果时，才使程序停止运行，在显示器上显示出错误信息，提示操作者处理。

(5) 范围 图形软件系统的性能是有一定范围的。根据系统软件和硬件的条件，有些图形功能要受到约束，只允许设计人在应范围内使用。

(6) 经济 图形软件应尽量短小、优化，并且使用户有扩充的余地，以利逐步扩大和完善其功能。

图形处理软件中最常用的是交互式图形软件，具有图形元素生成、变换、窗口控制、图段、输入输出等五大类功能。交互式图形软件配置包括：图形包、应用程序、数据库三个模块。

图形包模块可以是标准图形软件，也可以是自行开发的某些图形软件。它在图形软件系统中可作为用户和图形终端之间的支撑软件，在用户和系统之间交互作用时起管理作用，它也是用户利用输入输出终端设备编制、开发、运行应用程序的接口。

图形包一般由输入子程序和输出子程序构成。输入子程序接收用户输入的指令和数据，并把它传送给应用程序。输出子程序控制显示终端，并将应用模型数据转换为二维或三维图形显示在屏幕上。

应用程序模块是图形软件系统的中心模块，它指挥和控制数据库中数据的存取。该模块由用户通过图形软件包驱动。用户可以利用应用程序在屏幕上构成设计几何模型，进行相应数据的图形显示、数学分析以及艺术加工和描绘。

数据库模块是用来存储应用模块的数字和逻辑定义以及有关信息，如二次电气线路、断

路保护器、配电箱的一些定义，也包括与模型相关联的型号、材料类别、外型尺寸、技术参数等数字、字母及其符号数据信息，应用数据库中的各种信息既可以在显示屏上查阅，也可以用打印机输出，或用其他硬拷贝的形式输出。

2. 几何造型软件

几何造型软件是 CAD 系统软件中的关键。设计人员可以利用几何造型构造各种几何模型。建筑图中需要三维造型，而且形状复杂，在平面显示屏上描述三维物体是较为困难的，所以三维造型软件也很复杂。三维造型软件为用户提供出所设计图形的直观几何形状，不仅可显示线框模型，而且也可以构造曲面模型和实体模型，甚至还能有消除隐藏线、着色和浓淡处理。所定义的几何模型的数据可以供 CAD 系统的有限元分析、绘图、加工等软件模块使用。近几年还有动态几何造型软件，并将继续向前发展。

3. 有限元分析软件

有限元分析软件是 CAD 系统软件中进行辅助设计和工程分析的重要工具。其中包括前置处理程序、计算分析程序和后置处理程序三大部分。

有限元法 (FEM) 是结构或多自由度体系分析的有力工具，它用数值离散化的方法将复杂的连续体结构，人为地分割成在数量和尺寸上有限的元素，并以这些元素组成的集合体代替原先的连续体进行研究。

4. CAD 数据库及数据库管理软件

CAD 系统软件中需要建立工程数据库及数据库管理系统，用以存储并管理各种工程数据、图形数据及其他各种有关数据。CAD 数据库按结构形式可分为综合型数据库、组合型数据库和概念型数据库，按着所存储的信息性质分为直接数据库和间接数据库。

在设计过程中涉及到的与设计有直接关系的信息，称直接数据库。这里的信息有经过数值模型化的形状和属性，是每个设计对象的固有信息，这些信息随着设计的进行不断修改。数据复杂，内容和结构方式要便于改变，对数据库管理要求也较高。

间接数据库的信息是与设计有间接关系的信息，其中包括收集到的有关设计的文献情报、专用资料、原始和标准设计图例、实验数据和样品资料等。

(三) CAD 应用软件

CAD 应用软件是指为了解决各个设计领域的专项任务而进行二次开发的程序包。

例如建筑设计就可以利用 AutoCAD, MicroStation 图形支撑软件开发建筑 CAD 应用软件、具体又分成建筑专业、结构专业、暖通专业、给排水专业及电气专业应用软件包。每个专业又要开发出适合应用的程序，如建筑电气软件包中有完成建筑电气设计所需的各种计算、自动绘制电气原理图、二次线展开图、二次线安装图、配电盘平面布置图、配电盘盘面布置图、电缆布线图、动力照明平面图及系统图、防雷接地平面图、保安、消防、电缆电视、通讯等各类系统图，电气说明报表、元件和材料汇总表等程序，连同大量的批处理文件，专业图表、资料、文献、数据等组成应用软件包。

第三节 CAD 的关键技术

CAD 是一门综合性多学科的新技术，目前还在不断地进行开发研究。其关键技术有如下几个方面：

几何造型技术主要研究设计几何形状、数学模型的产生和操作方法，以便对设计对象进行几何描述和在计算机中进行处理。它是 CAD 的关键技术之一。

传统的工程制图工具是丁字尺、三角板和圆规。应用计算机进行辅助设计、一切图形的输入和输出信息都必须采用数字量的形式。解析几何和离散点的曲线拟合算法成为最基本的绘图方法。为了绘制几何图形，需要计算出直线的交点、圆弧的切点、样条曲线系数等，然后再把计算结果转换成图形显示设备或绘图机所能识别的指令，由控制机进行处理，成为输出的光束或画笔的动作。

CAD 工作对象的造型有三个层次，即线框、曲面和实体，分别对应一维、二维、三维几何造型技术。用三维体素进行拼合操作的实体几何造型技术，可以实现用较少的命令，避免人工干预完成更多的型体修改。其几何和拓扑结构严密，在显示器上可以显示实体的真实感外貌，并可在几何模型上进行剖切、干涉、检查、应力应变和温度场分析。这种几何造型技术的不断提高，使 CAD 的操作变得越来越容易。

除有限元分析软件外，为适应 CAD 向更快、更容易地进行分析计算，需要开发各种更先进的软件，这是国内外都在研究的又一关键技术。各专业都有各自需要的计算分析软件，近些年出现的“专家系统”就是把大量计算分析程序，判断决策程序集合在一起，使其达到某一领域专家求解问题能力的一种软件。

CAD 专家系统是一种基于知识的系统，它存储了相应领域中 CAD 所需要的解决问题的专门知识。其中，给出解决问题的方法，启示或判断的推理规则部分也可称为知识库；求解计算分析数据和求解方式软件部分称为数据库，再加上推理机、知识获取部分和解释系统，这五部分构成的计算分析专家系统是 CAD 需要研究的又一关键技术。

CAD 的数据库属工程数据库，它与一般的管理用数据库有所不同，其数据结构直接影响算法的选择和效率，数据的产生和处理是非定型的，所处理的数据内容也是复杂多变的。如数据库中有五棱锥点、线、面的各个数据。我们可以查询某个顶点由哪几个边相交构成，某个面又是由哪些边组成，若这个五棱锥体与一个正方体进行拼合运算，则根据运算类型要删除掉棱锥原来体素中的某些点、线、面，生成一些新的点、线、面而构成新的数据关系。研究 CAD 中的数据结构如线性表结构、链表结构、树结构，以及对这些数据如何进行动态处理；如何进行查找，排序和运算；如何对数据进行图形处理；如何对生成新数据进行校验；如何保证数据的统一性。总之，使数据库更适合 CAD 的需要，更具有智能性，这是 CAD 系统要研究的又一关键技术。

人-机接口是 CAD 系统中设计人员与计算机进行对话的渠道，人-机接口的方便多样会使操作更加灵活。现在输入设备不断改进，其速度、精度、功能都在提高，对有线式人-机接口还需进一步的研究。各国正在研究无线式人-机接口，如触摸屏、语言识别、手写识别以及其他更直接的对话方式。

CAD 中的联网技术、通讯技术、模块化技术也都是将来要研究探讨的关键技术。

第四节 CAD 的发展趋势

随着电子技术的发展，特别是大规模和超大规模集成电路的发展，计算机及其外围设备不断更新换代，性能价格比大大提高，使 CAD 能够在更多部门的工程设计和产品设计中