

高等学校土木工程专业规划教材
GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

建筑结构 CAD应用基础 (第二版)

本教材编审委员会组织编写
叶献国 徐秀丽 主编

高等学校土木工程专业规划教材
建筑结构CAD应用基础

中国建筑工业出版社

高等学校土木工程专业规划教材

建筑结构 CAD 应用基础

(第二版)

本教材编审委员会组织编写

叶献国 徐秀丽 主编

孙伟民 主审



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构 CAD 应用基础/本教材编审委员会组织编写;
叶献国, 徐秀丽主编. —2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008

高等学校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-09837-8

I. 建… II. ①本…②叶…③徐… III. 建筑结构-计算机辅助设计-应用软件-高等学校-教材 IV. TU311.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 038747 号

为适应近年来土木工程专业计算机辅助设计 (CAD) 课程教学改革和国内建筑结构计算机辅助设计应用软件的升级和变化的实际情况, 对上版教材内容组织做了较大的调整, 重新编写了教材的第二版。新版教材由 8 章组成, 内容包括: 土木工程 CAD 应用概况; AUTOCAD 及其在土木工程中的应用; PKPM 系列软件的应用与实例; MIADS 软件的应用及实例; ETABS 软件的应用及实例; 常用土木工程工具软件的应用及实例; 钢筋混凝土基本构件编程应用实例等。

本书侧重于建筑结构 CAD 技术的实际应用, 旨在使学生通过课程学习并结合上机实际操作练习, 可迅速掌握目前国内设计部门常用专业软件的使用方法和基本操作技巧, 并通过相关课程设计和毕业设计的实际应用, 为今后从事结构设计或相关工程技术工作打下良好基础, 提高就业竞争能力。本书反映了编者多年来的教学和工程设计经验总结, 通俗易懂, 方便自学, 也可供土木工程专业领域的工程技术人员参考使用。

* * *

责任编辑: 朱首明 李 明

责任设计: 赵明霞

责任校对: 刘 钰 孟 楠

高等学校土木工程专业规划教材 建筑结构 CAD 应用基础 (第二版)

本教材编审委员会组织编写

叶献国 徐秀丽 主编

孙伟民 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京二二〇七印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15½ 字数: 375 千字

2008 年 6 月第二版 2008 年 6 月第十三次印刷

印数: 23501—26500 册 定价: 26.00 元

ISBN 978-7-112-09837-8

(16541)

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)

高等学校土木工程专业规划教材

编 审 委 员 会 名 单

顾 问：宰金珉 何若全 周 氏

主 任 委 员：刘伟庆

副主任委员：柳炳康 陈国兴 吴胜兴 艾 军 刘 平
于安林

委 员：孙伟民 曹平周 汪基伟 朱 伟 韩爱民
董 军 陈忠汉 完海鹰 叶献国 曹大富
韩静云 沈耀良 柳炳康 陈国兴 于安林
艾 军 吴胜兴 王旭东 胡夏闽 吉伯海
丰景春 张雪华

第 二 版 前 言

本书第一版《建筑结构 CAD 应用基础》自 2000 年 6 月出版发行以来,受到国内高校土木工程及相近专业的师生以及工程设计人员的欢迎,得到较广泛的采用,多次重印,截止 2007 年 8 月已发行 23500 册。随着时间的推移,国内建筑结构计算机辅助设计应用软件市场发生了较大的变化,国内高校土木工程及相近专业的建筑结构计算机辅助设计(CAD)课程也相应进行了教学改革。为了适应形势的变化和课程教学对教材的新需要,由第一版教材的主编组织各校参编教师,共同对第一版内容做了针对性的调整,重新编写了教材的第二版。

其中第 1 章土木工程 CAD 应用概况由合肥工业大学叶献国教授编写;第 2 章 AUTOCAD 及其在土木工程中的应用由河海大学周继凯副教授编写;第 3 章 PKPM 一般结构类系列软件的应用与实例由南京工业大学徐秀丽副教授编写;第 4 章 PKPM 钢结构类系列软件 STS 的应用与实例由苏州科技学院陆承铎讲师编写;第 5 章 MIADS Civil 软件的应用及实例由合肥工业大学陈丽华副教授编写;第 6 章 ETABS 软件的应用及实例由扬州大学王仪讲师编写;第 7 章常用土木工程工具软件的应用及实例由扬州大学汤保新讲师编写;第 8 章钢筋混凝土基本构件编程应用实例由合肥工业大学王辉副教授编写。全书由叶献国和徐秀丽担任主编,南京工业大学孙伟民教授担任主审。

感谢中国建筑工业出版社责任编辑朱首明、李明对本教材再版所付出的辛勤劳动。

第一版前言

计算机辅助设计 (CAD, 为英文 Computer Aided Design 的缩写) 是利用计算机硬件和软件系统强大的计算功能和高效灵活的图形处理能力, 帮助工程设计人员进行工程和产品的设计与开发, 以达到缩短设计周期、提高设计质量、降低成本、提高市场竞争力的一门先进技术。作为一项综合性的、技术复杂的系统工程, CAD 技术涉及众多学科的高新技术领域, 如计算机硬件技术、工程设计知识和方法、计算数学、计算力学、计算机图形学、数据结构和数据库、人工智能及专家系统、仿真技术等。CAD 技术这门崭新技术已广泛渗透和普及于机械制造、航空、船舶、汽车、土木工程、电子、轻工、纺织服装、大规模集成电路以及环境保护、城市规划等许多行业, 成为代表与衡量一个国家科技与工业现代化水平的一个重要标志, 已经并将进一步给人类带来巨大利益和影响。

与世界发达国家相比, 我国工程设计领域引入 CAD 技术相对比较晚。经过十几年的开发研制, 目前我国已有多种商品化应用软件在设计部门得到广泛应用。随着计算机硬件和软件技术突飞猛进的发展和我国经济建设的高速发展, 近几年来, 工程设计行业计算机应用环境有了极大的改善, 应用水平得到了很大的提高。计算机的应用基本上覆盖了勘察设计的全过程。在土木建筑设计领域, 我国的 CAD 技术应用水平与发达国家的差距已大大缩小。建筑工程从建筑方案设计、结构布置和内力分析、构件截面设计计算、施工图绘制到预算全过程可实现 CAD 一体化完成。目前在设计单位中, 已有 95% 左右的单位不同程度地应用了 CAD 技术, CAD 出图率平均达 50% 以上。绝大多数的大、中型设计院的设计技术人员已“人手一机”, 提前实现了前国家科委和建设部提出的 2000 的甩掉绘图板的目标。有些设计院还建立了计算机网络系统, 正向集成化、智能化方向发展。有些单位还将工程项目管理和电子光盘档案管理应用于网络中, 逐步向工程设计管理与生产的“无纸化”全过程管理迈进, 这样的进步将推动设计单位的技术装备水平再上新台阶, 增强市场竞争能力。实现应用环境网络化、应用系统集成比、应用软件智能化的目标, 迎接即将到来的 21 世纪的挑战, 已提到人们的议事日程上来。

形势向土木工程专业的教学培养目标提出了更高的新要求。培养和锻炼学生的计算机应用能力, 提高其计算机应用水平, 关系到毕业生在走向工作岗位时的竞争能力, 以及在实际工作环境中的适应能力。为了满足土木工程专业“建筑结构 CAD”课程教学的实际需要, 我们根据近年来的教学和工程设计经验, 编写了本教材。全书共分七章, 介绍了 CAD 技术在我国土木建筑工程中的应用现状和发展方向, CAD 系统的硬件和软件系统的构成及其最新发展, 当前国内主流结构设计 CAD 商品化软件的使用和设计实例, 以及若干值得注意的问题, 其中第 3 章 (AutoCAD)、第 4 章 (PKPM) 和第 5 章 (TBSA) 为全书重点。本书侧重 CAD 技术的实际应用, 旨在使读者结合上机实际操作, 迅速掌握常用应用软件的使用方法和有关操作技巧, 为今后的工程设计实践打下良好基础。本书可供土木工程专业本 (专) 科常日制或成人教学使用, 各校可根据具体教学时数、上机条件

等实际情况对其中内容自行取舍。本书也便于土木工程技术人员自学使用。

全书由叶献国、徐秀丽主编，南京建筑工程学院孙伟民担任本书主审。书中第1章、第2章和第7章由合肥工业大学叶献国编写，第3章由河海大学周纪凯编写，第4章由南京建筑工程学院徐秀丽编写，第5章由扬州大学汤保新编写，第6章由苏州城建环保学院曲延全、曹冬冬编写，全书由叶献国统稿。由于计算机技术发展日新月异，也限于编者水平有限，对CAD这门高新技术的最新进展了解和认识不够全面，本教材的疏漏和错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正，以利我们修订更新。

感谢中国建筑科学研究院工程部主任陈岱林高级工程师对本书编写工作的支持。

在本书编写过程中我们还参阅了有关文献，在此对这些文献的作者表示衷心的感谢。

叶献国

1999年10月

目 录

第 1 章 土木工程结构 CAD 及应用概况	1
1.1 工程结构 CAD 的发展历史	1
1.2 CAD 系统构成	2
1.3 CAD 技术在我国建筑工程行业的应用	11
1.4 土建行业 CAD 发展趋势	16
1.5 工程结构 CAD 使用中应注意的问题	18
第 2 章 AutoCAD 及其在结构工程中的应用	22
2.1 AutoCAD 的概述	22
2.2 AutoCAD 的基本操作	22
2.3 AutoCAD 使用技巧	32
2.4 AutoCAD 绘制建筑结构施工图实例	38
2.5 AutoCAD 二次开发的方法	49
2.6 建筑结构制图标准	52
第 3 章 PKPM 一般结构类系列软件的应用与实例	57
3.1 PKPM 系列软件概况	57
3.2 PKPM 系列软件的运行环境及安装	61
3.3 PKPM 系列软件功能热键	63
3.4 结构平面辅助设计软件 PMCAD	64
3.5 钢筋混凝土框排架及连续梁结构计算与施工图绘制软件 PK	88
3.6 多层及高层建筑结构三维分析软件 TAT	94
3.7 多高层建筑结构空间有限元分析软件 SATWE	107
3.8 剪力墙计算机辅助设计软件 J1Q	118
3.9 接三维结构计算结果的梁柱施工图	124
第 4 章 PKPM 钢结构类系列软件 STS 的应用	132
4.1 STS 的基本功能	132
4.2 PK 交互输入与优化计算	135
4.3 门式刚架设计	146
第 5 章 MIDAS/Civil 软件的应用与实例	168
5.1 MIDAS/Civil 软件的概况	168
5.2 MIDAS/Civil 软件的基本使用方法	174
5.3 MIDAS/Civil 软件的设计实例	180
第 6 章 ETABS 软件的应用与实例	191
6.1 ETABS 主要功能介绍	191
6.2 ETABS 软件的基本使用方法	191
6.3 ETABS 软件设计实例	197
第 7 章 常用土木工程工具软件的应用与实例	216
7.1 世纪旗云结构设计工具软件——QYCAD	216

7.2 结构快速设计工具软件——Morgain 225

第 8 章 钢筋混凝土基本构件（梁柱截面）编程 230

8.1 工程结构设计的计算机运算 230

8.2 钢筋混凝土梁的正截面承载力计算 230

8.3 钢筋混凝土梁的斜截面承载力计算 233

主要参考文献 239

第 1 章 土木工程结构 CAD 及应用概况

计算机辅助设计 (CAD, 为英文 Computer Aided Design 的缩写) 是利用计算机硬件和软件系统强大的计算功能和高效灵活的图形处理能力, 帮助工程设计人员进行工程设计和产品设计与开发, 以达到缩短设计周期、提高设计质量、降低成本、提高市场竞争力的一门先进技术。作为一项综合性的、技术复杂的系统工程, CAD 技术涉及众多学科的高新技术领域, 如计算机硬件技术、工程设计知识和方法、计算数学、计算力学、计算机图形学、数据结构和数据库、人工智能及专家系统、仿真技术等。CAD 技术这门新技术已广泛渗透和普及于机械制造、航空、船舶、汽车、土木工程、电子、轻工、纺织服装、大规模集成电路以及环境保护、城市规划等许多行业, 成为代表与衡量一个国家科技与工业现代化水平的一个重要标志。

1.1 工程结构 CAD 的发展历史

CAD 技术主要是用计算机及其图形输入/输出外围设备帮助设计人员进行工程和产品设计的技術, 它的发展与计算机硬件及其软件的发展和完善是紧密相关的。这一历程起源于 20 世纪 50 年代初期, 当时美国麻省理工学院 (MIT) 研制开发出了数控自动铣床, 随后又完成了用于数控的 APT 语言, 从此开始了对 CAD 技术的研究。20 世纪 50 年代末, 在数控铣床的基础上, 美国 GERBER 公司研制出平板式绘图仪。美国 CALCOMP 公司则制成了筒式绘图仪。这就为 CAD 技术的实现提供了最基本的物质条件。MIT 的研究人员当时提出了 CAD 技术的三个研究目标, 即: ①实现人机的交互式对话; ②以图形为媒介实现人机对话; ③实现计算机辅助模拟。

1963 年美国麻省理工学院林肯实验室的 I. E. Sutherland 开发成功了 Sketchpad 系统, 该系统将图形显示器、键盘、光笔等设备连接在计算机上, 使设计者可以和计算机进行对话, 对在显示器上显示的图形进行交互式处理, 初步实现了前述的三个目标, 标志着 CAD 技术的诞生。1964 年美国通用汽车公司开发出 DAC-1 系统, 并将它用于汽车设计, 第一个实现了 CAD 技术在工程设计中的应用。在此后的 30 年里, 随着超大规模集成电路、光栅图形显示器等计算机技术的高度发展, 计算机及各种外部设备性能价格比的不断提升和有关图形处理软件的成熟, CAD 技术随之经历了一个快速发展的历程。一般可以把 CAD 技术发展分成四个阶段:

(1) 第一阶段, 20 世纪 60 年代初期~60 年代末期。这个阶段的 CAD 系统以使用大型通用机 (晶体管电路为主) 和刷新式图形显示器为基本标志。这个时期的 CAD 系统价格昂贵, 性能简单, 全世界只有少数大企业研制或拥有大约 200 套 CAD 系统, 主要应用于航空和汽车制造业。

(2) 第二阶段, 20 世纪 60 年代末期~70 年代末期。美国 DEC 公司开始生产出价格

相当低廉的小型机，同时价格更加便宜的存储管式显示器也得到应用，光笔、图形输入板等各种形式的图形输入设备也投入应用，使得 CAD 系统的价格大幅度下降，促使 CAD 技术有可能得到快速发展和推广。这个时期开发出的 CAD 系统在微电子行业中集成电路和印刷电路板设计中得到广泛应用。Applicon 公司、Computer Vision 公司、Calma 公司等推出了被称为 TurnKey 的图形处理系统后，交互式作图已是较容易的事了。随着计算机绘图技术实用化，图形数据库得到开发，此时商品化 CAD 系统在中小企业中开始应用与推广。

(3) 第三阶段，20 世纪 80 年代初期~90 年代初期。在此时期出现了廉价的固体电路随机存储器，产生逼真图形的光栅扫描显示器、鼠标器、静电式绘图仪，伴随着超大规模集成电路技术的进步，微型机、超级微型机和图形工作站得到普及使用，商品化图形系统也获得迅速发展，使 CAD 技术从发达国家向发展中国家扩展，从用于产品设计发展到用于工程设计，标志着 CAD 技术进入了实用期。但是，到了这一程度也只能称得上是充分应用了计算机辅助绘图 (Computer Aided Drawing)，对于达到 MIT 所提出的第三个目标，即真正实现计算机辅助模拟，模拟人在以往的产品或工程设计的整个过程的所有工作，仍然是一项长期而艰巨的任务，有许多技术困难需要深入研究和加以解决。

(4) 第四阶段，即从 20 世纪 90 年代中期至今。当前计算机技术正以前所未有的速度飞跃发展，以 Intel 公司芯片技术为代表的硬件革命，为 CAD 技术的创新提供了更加强大的实现手段。计算机辅助设计作为一项多学科交叉、渗透的高科技发展产物，目前正向着集成化、协同化、智能化的方向发展，在 21 世纪里必将产生巨大的变革。

1.2 CAD 系统构成

电子计算机又称电脑，是 20 世纪科学技术的卓越成就。如果说蒸汽机的发明标志着机器代替人类体力劳动的开端，那么电子计算机的应用则把人类从简单枯燥的重复性脑力劳动中解放出来，从而能够有更多的时间和精力投入更具创造性的脑力劳动中去。

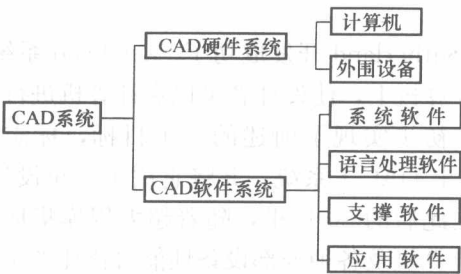


图 1-1 CAD 系统的基本构成

我们可知，进行工程结构计算机辅助设计，需在 CAD 系统的支持下方能实现。一个完整的 CAD 系统是由硬件系统 (Hardware System) 和软件系统 (Software System) 共同构成的，其基本结构组成可以用图 1-1 加以表示。硬件系统主要由电子计算机及其外围设备组成，它是计算机辅助设计技术的物质基础；软件系统是计算机辅助设计技术的核心，它决定了系统所具有的功能。一个 CAD 系统能否取得成功基本取决于硬件系统的性能和软件系统的功能是否完善，更重要的是两者完美的有机结合。硬件是指计算机的物理组成部件，通常包括有主机、输入设备、输出设备、外部存储设备、人机交互设备、通信设备等有形部件。图 1-2 表示了常见的微机 CAD 系统中硬件系统的构成。

所谓软件指的是与计算机程序、方法、规则相关的文档以及在计算机上运行时它所必

需的数据。如果说硬件是计算机的躯体，软件则是它的思想和灵魂。有了软件，用户面对的将不再是计算机内部的电子器件，而是一台名副其实的逻辑计算机，这意味着一般用户不必去具体了解计算机的复杂物理结构，却可以方便有效地操纵使用计算机。所以有人说，软件是用户与机器的接口。当今各种新型计算机硬件所具备的优良性能，已为 CAD 系统提供了前所未有的强大物质基础。这种情况下，软件系统就成了决定整个 CAD 系统性能优劣、功能强弱和方便适用的关键因素。软件内容丰富，种类繁多，分类方法也不一样。通常可以把涉及计算机辅助设计的软件分成四大类，即系统软件、计算机语言处理软件、支撑软件和应用软件。

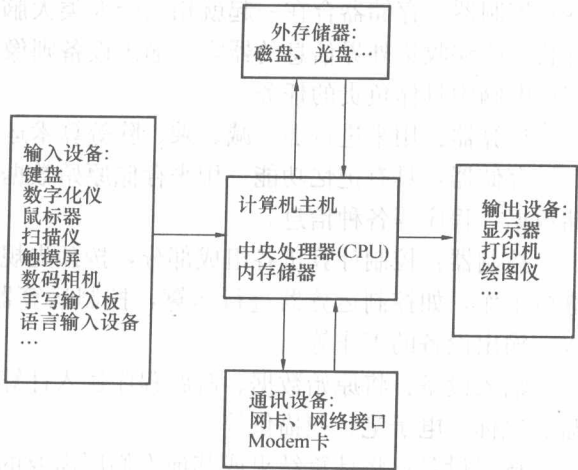


图 1-2 CAD 硬件系统的构成

了解和掌握计算机辅助设计技术，以及研究和开发计算机辅助设计系统，必须具备一定的硬件和软件知识。由于 CAD 系统比普通的计算机系统有其特殊性，在某些方面提出了较高的要求，也由于计算机技术发展日新月异，这里对 CAD 系统的构成作一简单的介绍。这将有利于读者学习 CAD 技术并进行实际应用，也便于已具备一般计算机知识的读者了解参考。

世界上第一台电子计算机“ENIAC”（Electronic Numerical Integrator and Calculator）于 1946 年诞生在美国，它用了一万八千多个电子管，重 30t，占地 170m²。每小时耗电 140 度，运算速度达 5000 次/s。研制它的目的是为军事服务，主要用于处理在实验中收集到的大量的有关弹道的数据。

第一代计算机（1946~1958）：以电子管为逻辑元件，开始出现汇编语言，主要用于科学和工程计算，运算速度达几万次/s。

第二代计算机（1958~1964）：以晶体管为逻辑元件，开始出现高级语言和操作系统并开始用于事务处理和过程控制，运算速度达几百万次/s。

第三代计算机（1964~1971）：以集成电路为逻辑元件，出现半导体存储器，操作系统得到迅速发展和普及，出现了多种高级语言，广泛用于工业控制、数据处理和科学计算各个领域，运算速度达几千万次/s。

第四代计算机（1971~1980）：以大规模集成电路为逻辑元件和内存储器。由于运算器和控制器可以做在一块半导体芯片上，这就出现了微处理器（CPU），以及以它为核心构成的微型计算机，其运算速度达几亿次/s。

第五代计算机（1980~今）：采用超大规模集成电路为逻辑元件和内存储器，其运算速度达几十亿次/s。真正的第五代计算机将像人一样能听、能看、能说、能思考，即是智能化的计算机。

计算机由五部分组成，包括输入设备、运算器、控制器、存储器和输出设备。运算

器、控制器、存储器合在一起就相当于人类大脑的功能；输入设备就像人的眼睛、耳朵、皮肤等能够收集外界信息的器官；输出设备则像人们能说话的嘴、能写字的手。下面是它们在电脑中具体负责的任务：

运算器：用来进行加、减、乘、除等算术运算和逻辑运算。

存储器：具有记忆功能，用来存储原始数据、计算步骤、中间结果和最终结果，即存储数据、程序等各种信息。

控制器：控制计算机各组成部分，按预先规定的计算步骤（事先编好的程序）自动地进行工作，如控制运算器进行运算，控制运算器、存储器之间数据信息的交换，控制输入、输出设备的工作等。

输入设备：将原始数据、解题程序送入计算机中保存起来，以便进行运算加工。如键盘、鼠标、电子笔、扫描仪等。

输出设备：将计算结果或其他人们所需要的信息从计算机中传送出来，譬如，将处理结果通过显示器显示出来；用打印机把计算结果打印在纸上。显示器、打印机、绘图仪等都属于输出设备。

计算机根据它的外观大小以及所能完成工作的复杂程度分为巨型机（超级电脑）、大型机、小型机和微型计算机。超级电脑能够控制卫星的发射和运行；可以分析预测天气变化，体积可有一个房间那么大。目前我们常见的，与我们打交道最多的是微型计算机（简称微机或个人电脑，PC 机），如今它已广泛进入了家庭生活，可帮我们做日常的各种工作，如文字处理、数学运算、统计；多媒体电脑还能播放音频和视频节目。

如今网络化的信息时代已悄然走进人类社会生活的各个方面，同样也影响着计算机辅助设计技术的发展方向。所谓计算机网络，就是用电缆线（光缆）把若干计算机联起来，再配以适当的软件和硬件，以达到计算机之间交流信息的目的。一个单位或区域内部的网络，也称为局域网。因特网，又叫国际互联网，英文是 Internet。它最早是美国国防部为支持国防研究项目而在 1960 年建立的一个试验网。它把许多大学和研究机构的计算机连接到一起，这样，研究人员就可以通过这个试验网随时进行交流，而不必再频繁地聚在一起开会讨论问题了。同时，由于各地的数据、程序和信息能够在网上实现资源共享，从而最大限度地发挥各地资源，这无疑极大地提高了工作效率，也大大地降低了工作成本。

从系统结构上看，计算机辅助设计系统过去大致可分为三大类，即单机式系统、集中式系统和 workstation 网络系统。单机式系统，即微机 CAD 系统，其价格低廉，单用户使用，灵活方便，但处理能力较弱。集中式系统一般指的是使用一台大中型计算机，多个用户可在它的多个终端上进行工作，资源可共享。workstation 网络系统则能更灵活、更有效地利用各类计算机及外部设备的资源。目前，随着计算机硬件性能的飞跃和网络技术的普遍使用，这样的划分已无太大意义。本书主要讨论的是微机 CAD 技术，这样的微机 CAD 系统既可以单独工作，也可以通过网络与其他计算机进行通信，共享资源。

所谓软件指的是与计算机程序、方法、规则相关的文档以及在计算机上运行时它所必需的数据。如果说硬件是计算机的躯体，软件则是它的思想和灵魂。有了软件，用户面对的将不再是计算机内部的电子器件，而是一台名副其实的逻辑计算机，这意味着一般用户不必去具体了解计算机的复杂物理结构，却可以方便有效地操纵使用计算机。所以有人说，软件是用户与机器的接口。当今各种新型计算机硬件所具备的优良性能，已为 CAD

系统提供了前所未有的强大物质基础。这种情况下,软件系统就成了决定整个 CAD 系统性能优劣、功能强弱和是否方便适用的关键因素。软件内容丰富,种类繁多,分类方法也不一样。为了便于介绍,这里把计算机辅助设计的软件分成四大类,即系统软件、计算机语言处理软件、支撑软件和应用软件。

1.2.1 系统软件

系统软件作为用户与计算机之间的一个接口,为用户提供使用计算机提供了方便,同时它对计算机的各种资源进行有效的管理与控制,从而能最大限度地发挥计算机的效率。系统软件处于整个软件的核心内层,主要包括操作系统、数据通讯系统及面向计算机维护的程序,如错误诊断程序、检查程序、测试程序等。它为开发各类支撑软件和面向用户的应用软件提供了必要的基础和环境。下面主要介绍操作系统部分。

(1) 操作系统是对计算机资源进行管理和控制的一组程序及相关文档的总称,它是用户与计算机之间的接口,任何一个用户都是通过操作系统来使用计算机的。所有软件都是在操作系统的管理和支持下进行工作的。它使计算机协调一致并且高效地完成各种任务。例如,执行对作业和进程的管理,用中央处理器完成各种操作或运算,对存储器进行管理以及有效地存取程序和数据,管理外围设备进行机内、机外的信息通讯传递等等。

(2) 目前通用的操作系统工作方式有如下几种类型:

批处理:批处理指的是用户集中一批待处理运行的程序,利用常驻内存中的监督程序在磁盘中形成一个执行队列,把这批程序依顺序逐个调入内存运行并输出相应结果,完成一批作业以后,再输入下一批,重复以上过程,实现作业的自动转换。

分时系统:分时系统的特征是一台计算机上挂有若干个终端,系统资源由若干个用户通过终端来共享,用户以交互方式直接控制它的程序,系统处理机的时间被划分为很小的时间间隔,称为时间片,轮流分给每个终端机。而每个用户都感到好像只有他一人在使用计算机一样,这是一种高级的联机操作方式。

实时系统:实时系统要求对特定的输入作出反应,其速度要足以控制发出实时信号,一般响应时间为毫秒或微秒量级。也就是说要求对输入数据的处理和产生这些数据的事件几乎同步进行。同时实时系统必须具有高可靠性,一般采用双工制,即有一台后备机和主机并行运行,一旦主机发生故障,后备机可立即投入运行。

网络操作系统:目前联网 CAD 工作站已是发展的必然趋势,一般由各种不同类型、型号的计算机组成各自的局域网,局域网之间又可连接形成区域网及更大规模的广域网。网络之间可互相通信、共享资源。网络操作系统集中管理网络中所有的计算机,计算机之间的通信按照规定的协议进行,如 INTERNET 就是一个全球性计算机网络,其应用与发展也必然大大拓宽 CAD 技术的应用领域。

计算机辅助设计系统与操作系统密切相关,在购置计算机时,应该选择配置功能完善、通用性好的操作系统,并注意它对高级语言的支持、内存寻址能力、是否具有虚拟存储和多用户多任务工作环境等方面的性能,特别是对已有软件的支持能力。可用作 CAD 系统中的操作系统有 DOS, WINDOWS, LINUX, 以及具有开放式产权形态的自由软件 LINUX 操作系统。MS-DOS (Microsoft Disk Operating System) 是 PC (Personal Computer) 机(亦即微机)上的工业标准。UNIX 是一个多用户操作系统,它功能强、可移植性好、不受硬件限制,可以使用多种语言,成为 32 位大中型机上广泛采用的国际标准

操作系统。对于微机 CAD 系统来说,目前常用的操作系统早已由 DOS 转向了 WINDOWS (视窗制作系统)。从早期的 WINDOWS 操作系统,即 WINDOWS 95, WINDOWS 98 或 WINDOWS NT,到今天普遍使用的 WINDOWS XP,以及微软公司最新推出的 Vista 操作系统,它们均有中文版,用户可根据需要进行选配。而 LINUX 操作系统也有可能成为一种新的主流操作系统。

(3) 操作系统的功能

操作系统的主要功能有存储管理、CPU 管理、设备管理和文件管理。具体来说为:

CPU 管理:也就是对处理器进行科学管理,包括作业调度即确定哪个作业进入执行状态;进程调度即确定哪个进程占用 CPU;以及交通控制,也就是保证各进程的不同状态之间的转换能顺利进行,不致出现阻塞,同时保持进程之间的同步通讯。

存储管理:对于存储器进行科学管理,包括记忆存储器各单元的状态,决定存储空间的分配策略,实现逻辑地址与物理地址之间的转换,及保护存储器内的各种数据和程序。

设备管理:对系统中的各种外部设备进行有效的统一管理,实现设备共享,防止错误操作,提高设备使用的效率及安全性。保证外部设备与主机之间的通讯;做到不失真、不遗漏。

文件管理:文件管理又叫文件系统。它负责对各类文件进行管理,包括文件分类、文件结构、目录管理、文件共享及存取权限等内容。使用户能方便、可靠、迅速地处理各种文件。

1.2.2 语言处理系统

语言处理系统主要是指各种计算机语言及其编译程序、解释程序或汇编程序等。在 CAD 系统的工作过程中要用到多种语言及对它们的处理,通常可以把它们分为两大类,即通用语言和专用语言处理系统。

(1) 通用语言处理系统

在 CAD 系统中曾经用的通用计算机语言有汇编语言、BASIC、FORTRAN、PASCAL、C 语言以及后来流行的 Visual Basic、Visual C++ 等。

1) 汇编语言

汇编语言是在机器语言的基础上改进的。它采用一些便于记忆的字符(例如简化的英文单词)或适当的符号来表示机器的操作码、操作数的地址等等。用汇编语言编写的符号程序叫做源程序。汇编语言除了具有机器语言的优点之外,与机器语言相比,还具有编写方便,便于阅读、理解的优点。汇编语言也是依赖于机器的。因此它也叫做面向机器的语言。用户在使用时必须了解机器的某些细节,如累加器、每条指令的执行速度、内存容量等等。用汇编语言编写的程序,同样可以把计算机运算处理信息的过程刻划得非常具体和紧凑,所以,直至今日,汇编语言仍起着重要作用,尤其对于有些用户(如实时控制及系统程序设计)是很有用的。计算机的硬件只能识别机器语言的指令并根据这些指令控制执行,所以,用汇编语言编写的程序要通过计算机自动翻译转换成机器语言。把汇编语言编写的源程序翻译转换成机器语言的过程是由汇编程序(也叫汇编器)来实现的。源程序(Source Code)经过翻译转换成机器语言的程序称为目标程序(Object Code)。

2) 高级语言

汇编语言与机器语言相比,虽然具有编写方便、便于阅读理解的优点,但是对普通用

户来讲,用汇编语言编程的效率仍然是很低的。因此,人们进一步开发出方便用户的计算机语言。这就是程序设计语言。由于它是面向用户的,所以也叫做高级语言。高级语言是一整套更接近于自然语言的标记符号系统。它严格地规定了这些符号的表达格式、结构和意义,以便对计算机的执行步骤进行描述。

高级语言不依赖于计算机的结构和机器的指令,它以通用性强且便于记忆的顺序来编制程序,以解决科学计算或数据处理等问题。这种面向算法和过程的程序设计语言使用非常广泛。常用的程序设计语言有 BASIC、FORTRAN、COBOL、LISP、PASCAL、PL/1、C 等等。此外,还有专门处理特定问题的面向问题语言,如仿真语言、表处理语言等。目前,世界上的程序设计语言已达 1000 种以上。

FORTRAN 语言是用于科学和工程计算的语言,其程序结构是分块结构,可以分块书写和分块编译,使程序的编制比较灵活方便。

C 语言是一种面向结构的程序设计语言,它具有丰富的数据类型、简练的表达式、先进的控制流程和数据结构,能够有效地描述操作系统、编译程序以及编制各种不同层次的软件。首先,C 的编译程序简单紧凑,如果将 CAD 系统中的工具软件用 C 语言来编写,将大大提高整个系统对用户指令的响应速度。其次,C 语言提供的指针和地址运算能力,便于实现对特定物理地址进行访问。此外,C 语言具有丰富的运算符和众多的库函数,使程序更为简练。

Visual C++ 是 Microsoft 公司在 C 语言基础上新推出的开发 Windows 32 位应用程序的可视化工具,它标志着面向对象技术的成熟和完善,使得用户可以开发出规模更大、功能更加复杂的应用程序,而需要的工作量却大大减少。目前新的 VisualC++ 版本已经在市场上推出。C++ 已成为举世公认的最优秀的面向对象语言,开创了以面向对象技术为主导的软件设计的新时代。

3) 编译程序

用高级语言编写的程序是源程序。由于计算机只能执行机器代码,因此用通用语言写成的源程序还必须经过翻译程序加工以后产生一个与源程序等价的的目标程序或机器代码。不同的语言有不同的翻译程序,若源程序用汇编语言写成,则其翻译程序称为汇编程序。一般来说翻译程序的执行方式有编译方式和解释执行方式,其中编译方式指的是源程序经翻译程序加工后要产生一个目标程序,再由计算机运行该目标程序;而解释执行方式指的是翻译程序按照源程序的动态执行过程,按顺序每次读一句源程序马上将它翻译成相应的机器代码,并执行该机器代码,然后再读一句源程序,并重复以上过程直到全部源程序均处理完毕。这种方式不产生一个独立的目标程序,运行速度比编译方式要慢得多。FORTRAN, PASCAL, C 语言均采用编译方式处理,而 BASIC 语言是按解释方式处理的。编译程序的工作过程是把高级语言写的源程序译成目标程序。采用的方法是先分析词法和语法,然后进行代码优化、存储分配和代码生成工作。编译程序要对源程序进行多次扫描后才能完成这些工作。编译处理中一般还要作优化处理,使目标程序的执行时间尽可能短,占用存储量少,执行效率高。

4) 装配程序

在一个大的程序中,其中有的程序块是独立编译的,有的程序块是程序库中的标准程序或标准子程序,也有些程序块是用其他语言编写的,这些程序块需要装配在一起组成一

个可运行的目标程序后才能被用户执行。这时，这些分散的程序块是不能单独运行的，因为程序中所涉及的地址会相互重叠。必须把各程序块中所涉及的地址经过修改，并重新确定其地址，装配成一个完整的目标程序后才能运行。这个过程就是由装配程序来完成的。装配程序的任务是将几个分别编译或汇编的目标程序模块（.OBJ 文件）装配连接成一块，形成可以运行的可执行文件（.EXE 文件）。

为了方便用户，计算机中常设置各种标准子程序，供用户在编制程序时调用，这些子程序的集合称为程序库。程序库中的子程序一般都采用好的计算方法，计算速度快，精度高，并按统一的标准格式编制，便于用户使用。标准子程序中最基本的一类程序，比如初等函数，像三角函数、反三角函数、对数和指数函数、开平方和开立方等程序，这类子程序使用最为频繁，一般是放在内存中。所以，在有的高级语言中，称它为内部函数。

（2）专用语言处理系统

专用计算机语言有很多种，大多是为处理某一特定领域的问题而设计的，在 CAD 系统中用到的专用语言有：

LISP 语言：这是一种函数型表处理语言，适用于字符、符号的处理。在 AutoCAD 图形系统中常用内嵌的 AutoLISP 语言进行二次开发。

PROLOG 语言：这是一种专用图形语言，适宜于描述逻辑推理过程。

APT 语言：这是一种专用图形语言，适宜于对各种图形进行描述及处理。

DDL 与 DML 语言：它们是数据描述与数据操作专用语言，在数据库系统中常用它们来描述数据结构，及对数据库进行存取数据的处理。

1.2.3 计算机支撑软件

随着计算机在各个领域中应用水平的提高，许多应用软件的功能越来越强，程序的规模和复杂性也随之增加。一个有一定规模的应用软件，除了要实现本专业的各种计算、处理以外，还要开发大量的数据管理、格式控制、图形界面等方面的程序模块或子系统，开发这些模块或子系统的工作量有时甚至超过专业程序本身的开发工作量。

计算机辅助设计是计算机应用中最复杂的问题之一，不同目的不同专业领域的 CAD 内容是千差万别的，但是大多数 CAD 系统的交互方式，图形操作以至数据管理等又有很多共同之处。对这些共同之处加以分析、归纳后开发而成的通用软件，就是 CAD 系统的支撑软件。支撑软件（Support Software）为应用软件的开发者提供一系列服务的开发工具，从而减少软件开发工作量，缩短开发周期，也使应用软件更加易于修改与维护。事实上，一个 CAD 系统的功能和效率在很大程度上取决于支撑软件的性能。CAD 支撑软件需要包括以下几方面的内容：

- 1) 基本图形元素生成程序；
- 2) 图形编辑功能程序；
- 3) 用户接口；
- 4) 三维几何造型系统；
- 5) 数据库及其管理系统；
- 6) 汉字处理系统；
- 7) 网络通讯系统。

建筑结构计算机辅助设计系统的支撑软件主要包括科学计算类支撑系统、图形支撑系