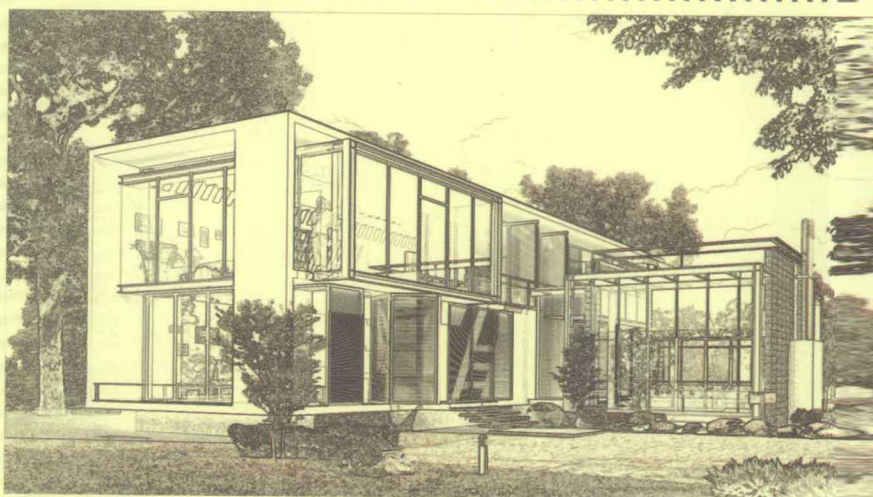


普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

土木工程CAD与 计算软件的应用

● 周雪峰 陈翔 主编

EDUCATION



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

土木工程 CAD 与 计算软件的应用

主 编 周雪峰 陈 翔
参 编 乔艳妮 乔文静 张 立

机械工业出版社

随着社会发展对应用型人才的需求,“土木工程 CAD 与计算软件的应用”已成为土木工程专业学生的必修课程。本书分 8 章,主要介绍 AutoCAD 的基本操作和高级技能,特别推荐了当前土木工程学科常用的一系列设计软件,如建筑绘图 CAD 软件——天正建筑 TArch;结构绘图 CAD 软件——探索者 TSSD;PKPM 系列软件中的结构设计软件;道路路线 Hint CAD 系列设计软件;桥梁工程设计软件——桥梁博士;工程量清单计价软件——广联达计价软件。

本书可作为土木工程专业计算机制图的基础教程,也可以作为工程设计人员自学的参考书以及各类培训班教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程 CAD 与计算软件的应用/周雪峰,陈翔主编. —北京:机械工业出版社,2011.8

普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-35126-9

I. ①土… II. ①周… ②陈… III. ①土木工程—建筑制图:计算机制图—AutoCAD 软件—高等学校—教材 IV. ①TU204-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 119296 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:马军平 责任编辑:马军平 任正一

版式设计:霍永明 责任校对:姜 婷

封面设计:张 静 责任印制:杨 曦

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.25 印张·476 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-35126-9

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

编 审 委 员 会

主任委员:

姜忻良 天津大学 教授、博导

副主任委员:

张向东 辽宁工程技术大学 教授、博导

李自林 天津城市建设学院 教授、博导

委 员:

李 珠 太原理工大学 教授、博导

魏连雨 河北工业大学 教授、博导

王成华 天津大学 教授

李 斌 内蒙古科技大学 教授

赵根田 内蒙古科技大学 教授

胡启平 河北工程技术大学 教授

张瑞云 石家庄铁道大学 教授

段树金 石家庄铁道大学 教授

段敬民 天津城市建设学院 教授

张敏江 沈阳建筑大学 教授

徐世法 北京建筑工程学院 教授

曹启坤 辽宁工程技术大学 教授

张泽平 太原理工大学 教授

前 言

随着社会发展对应用型人才的需求,“土木工程 CAD 与计算软件的应用”已成为土木工程专业学生的必修课程。

本书是针对高等学校土木工程专业学生和广大工程技术人员对工程结构计算机辅助设计学习和工作的需要而编写的,全书分 8 章,主要介绍 AutoCAD 的基本操作和高级技能,特别推荐了当前土木工程学科常用的一系列设计软件,如建筑绘图 CAD 软件——天正建筑 TArch;结构绘图 CAD 软件——探索者 TSSD;PKPM 系列软件中的结构设计软件;道路路线 HintCAD 系列设计软件;桥梁工程设计软件——桥梁博士;工程量清单计价软件——广联达计价软件。

本书编写人员多为“双师型”教师,分布国家建设各领域,理论知识扎实,专业技能精通,具有丰富的教学和工程实践经验。本书由西安工业大学周雪峰、陈翔主编,具体编写分工如下:周雪峰编写第 1 章、第 4 章、第 5 章;陈翔编写第 2 章和第 3 章;乔艳妮编写第 6 章;乔文静编写第 7 章;张立编写第 8 章。

本书在编写中紧密结合现行建筑、结构、道路、桥梁设计规范及制图标准,循序渐进地对土木工程 CAD 与计算软件的应用技术进行了系统的介绍。本书通俗易懂,方便自学,为学生步入工作岗位奠定良好基础。本书可作为土木工程专业计算机制图的基础教程,也可以作为工程设计人员自学的参考书以及各类培训班教材。

本书在编写过程中参考了大量同行出版的文献和资料,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者、专家和同行批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 概述 1

- 1.1 CAD 的发展历史 1
- 1.2 CAD 在土木工程中的应用 4
- 1.3 CAD 硬件与软件系统 6
- 1.4 CAD 应用软件的发展、选配及设计 11
- 1.5 计算机与建筑基础知识 15
- 1.6 土木工程 CAD 的学习方法 25

第2章 AutoCAD 图形系统 26

- 2.1 AutoCAD 概述 26
- 2.2 AutoCAD 基础知识和操作 28
- 2.3 AutoCAD 绘图辅助设置与工具 36
- 2.4 AutoCAD 绘制二维图形 49
- 2.5 AutoCAD 编辑二维图形 60
- 2.6 AutoCAD 文本和尺寸标注 72
- 2.7 AutoCAD 的命令及简化 77
- 练习题 80

第3章 天正建筑软件 TArch 85

- 3.1 天正建筑软件介绍 85
- 3.2 软件交互界面 87
- 3.3 软件基本操作 89
- 3.4 天正建筑软件综合实例 94

第4章 结构绘图 CAD 软件——探索者 TSSD 134

- 4.1 TSSD 系列软件功能简介 134
- 4.2 柱、基础平面图 140
- 4.3 梁、板平面图 146
- 4.4 圈梁详图 153
- 4.5 PKPM 接口 157
- 4.6 TSSD 比例设置 158

第5章 PKPM 系列设计软件 161

- 5.1 建筑结构设计 with CAD 系统 161

- 5.2 PKPM 系列软件简介 162

- 5.3 结构平面计算机辅助设计——PMCAD 172

- 5.4 框排架计算机辅助设计——PK 182

- 5.5 结构三维分析与设计软件——TAT 189

- 5.6 梁、柱施工图设计 194

第6章 道路路线设计软件 203

- 6.1 道路路线设计介绍 203
- 6.2 Hint CAD 辅助道路路线设计软件简介 204
- 6.3 Hint CAD 辅助道路路线设计实例 206
- 6.4 其他辅助道路路线设计软件简介 231

第7章 桥梁工程设计软件 233

- 7.1 桥梁工程设计基本方法 233
- 7.2 桥梁工程计算机辅助设计软件桥梁博士简介 234
- 7.3 桥梁博士辅助设计实例 236
- 7.4 其他桥梁工程计算机辅助设计软件简介 262

第8章 工程量清单计价软件 265

- 8.1 广联达计价软件 GBQ4.0 简介 265
- 8.2 应用广联达计价软件 GBQ4.0 制作电子招标书 267
- 8.3 应用广联达计价软件 GBQ4.0 生成电子投标书 279
- 8.4 广联达图形算量软件 GCL2008 和钢筋抽样软件 GGJ2009 钢筋算量软件简介 300

参考文献 302

第1章 概述

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是指工程技术人员以计算机为工具, 用其专业知识, 对产品进行总体设计、绘图、分析和编写技术文档等设计活动的总称。

一般 CAD 工作内容主要有三方面。

(1) 建立产品设计数据库 产品设计数据库用来存储设计某类产品时所需的各种信息, 如有关标准、线图、表格、计算公式等。数据库可供 CAD 作业时检索和调用, 也便于数据的管理及数据资源的共享。

(2) 建立多功能交互式图形程序库 这个图形程序库可以进行二维、三维图形的信息处理, 能在此基础上绘制二维设计图样、多种函数曲线, 可进行图形变换和投影变换、可做三维几何造型和形体的真实感处理。

(3) 建立应用程序库 编制及汇集解决某一类工程 (或产品) 设计问题的通用及专用设计程序, 如通用数学程序、常规机械设计程序、优化设计程序、有限元计算程序等。

CAD 技术能实现将计算机高速而精确的计算能力、大容量的存储和处理数据的能力、直观而实时的图形显示能力与设计者的综合分析能力、逻辑判断能力、设计经验积累及灵感和创造性思维相结合, 从而起到加快工程或产品设计过程, 缩短设计周期, 提高设计质量和效率, 降低工程造价等作用。正由于此, 美国国家工程科学院将计算机辅助设计评选为当代 (1964—1989 年) 十项最杰出的工程技术成就之一。在我国, CAD 技术已经广泛地应用于机械、航空、电子、土木建筑及轻工等各个行业, 并取得了长足的进步和迅猛发展。目前, CAD 技术作为现代计算机技术的一个重要组成部分, 已经成为促进科研成果的开发和转化、促进传统产业和学科的更新与发展、实现设计自动化、增强企业及其产品在市场上的竞争力、促进国民经济发展和国防现代化的一项关键高新技术。CAD 技术的应用, 使得产品和工程设计、制造的内容和方式都发生了根本性的变革。每一位学习和从事工程技术的人员, 都应该学习、熟悉和掌握 CAD 技术。

1.1 CAD 的发展历史

1.1.1 CAD 技术的发展

自 1946 年第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) 诞生以来, 至今仅仅 60 多年, 但计算机技术作为科技的先导技术得到了飞速的发展和广泛的应用, 对人类社会产生了巨大影响, 以至于改变了我们这个时代的生活方式, 使人类文明进入了信息时代。目前, 随着网络技术、多媒体技术、人工智能等技术的相互渗透, 计算机成为更加得心应手、更加方便的工具, 其踪影已无所不见, 几乎渗透到人类生产、科研乃至生活的各个领域, 改变着人们的生活方式及观察世界的方式, 并成为人类离不开的帮手。

CAD 技术是伴随着计算机软、硬件技术和计算机图形学技术的进步而迅速发展成长起

来的,它是近代计算机科学、图形图像处理技术和现代工程设计技术的发展、交汇和融合的硕果。CAD 技术的发展大致经历了如下四个阶段。

1) 第一阶段是 20 世纪 40 年代末至 50 年代末,是孕育、形成阶段。这个阶段使用的是电子管式计算机,用户要用代码(机器语言)编写求解数学问题的程序,较难掌握,只有专家能够应用。计算机仅起解题中的数值计算作用。1950 年,第一台图形显示器作为美国麻省理工学院“旋风”1 号(Whirlwind 1)计算机的附件诞生了。1958 年美国 Calcomp 公司将联机的数字记录仪发展成为滚筒式绘图仪;GerBer 公司根据数控铣床原理研制出平板式绘图仪。20 世纪 50 年代末期,麻省理工学院在“旋风”计算机上开发的 SAGE 空防系统中,第一次使用了具有控制功能的 CRT 显示器和光笔。少数大公司开始实际使用,美国通用电气公司曾用于进行变压器、电动机等的设计计算。后来类似的技术也在工程设计与生产过程中得到使用。以上种种,可算作是最早的 CAD 输入/输出设备和“交互式图形系统”的雏形。

2) 第二阶段是 20 世纪 50 年代末至 60 年代中后期,是成长阶段。晶体管成为电子计算机的基本元件,计算机的运算与存储功能有较大提高,陆续开发出一批高级程序设计语言,如 FOR II (1958 年)、ALGOR-60 (1960 年)、COBOL (1960 年)、FOR IV (1960 年)以及 PL/I 语言(1965 年),能通用于科学计算与事务管理,且较易为广大工程技术人员掌握和使用。1962 年,麻省理工学院所属林肯实验室的学者 Ivan E. Sutherland 在其博士论文中提出并阐述了交互式图形生成技术的基本概念与原理,研制了第一个人机通信图形处理系统 SKETCH-PAD,采用与计算机连接的阴极射线管 CRT 和光笔,在屏幕上显示、定位与修改图形,实现人机交互式地工作,不久又出现了自动绘图机,解决了图形输出问题。在数据处理方面,由于直接访问设备——磁鼓和磁盘的出现及性能改进,出现了文件系统,到 60 年代中后期得到较大的完善,形成数据管理方法的雏形。在这个阶段后期,由于计算机软、硬件的迅速进展,CAD 技术有很大飞跃,它从简单的零部件的设计计算,推广应用于大型电站锅炉、核反应堆热交换器等成套设备的设计,其中美国通用汽车公司开发的 DAC-I (Design Augmented by Computer) 系统被用于汽车车身外形和结构设计,是这方面的先驱例子。此后几年,美国麻省理工学院、贝尔电话实验室、洛克希德公司和英国剑桥大学等先后展开了对计算机图形学和 CAD 理论与技术的大规模研究,从而使计算机图形学和 CAD 进入了迅速发展并逐步得到广泛应用的新时期。

3) 第三阶段是 20 世纪 70 年代以后,进入开发应用阶段。此时计算机已采用集成电路,计算速度与内存容量均有极大的增长,发展了“分时系统”,使大型机可与几十个终端连接。图形输入/输出设备也获得了进一步发展,质量不断提高,从 CRT 显示器发展出光栅扫描图形显示器、彩色图形终端等,使图形更加形象逼真,全电子式坐标数字化仪及其他图形输入设备(如 Xerox 公司的数字化鼠标器)取代了光笔并得到广泛应用,机控精密绘图机能高速、高质量地绘制实用图纸。图形信息处理技术问题已基本解决。数据处理也从文件系统发展成为数据库系统,使数据管理更趋完善。与此同时,各种数值分析技术(偏微分方程的数值解法、数值模拟、数值积分、离散数学、有限元等)和现代设计方法(如优化算法、可靠性设计)、系统工程等也在计算机应用的刺激下有了很大的发展。它们反过来又推动 CAD 的应用,逐步开发出一批工程和产品设计的完整的 CAD 系统,涌现出了诸如美国 CV 公司的 CADDs、美国 SDRc 公司的 I-DEAS、美国 M-D 公司的 UG II、美国 CDC 公司的

ICEM、英国剑桥 CIS 公司的 Medusa 等一大批优秀的 CAD 软件。这些软件被广泛地应用于工程领域的产品和工程设计中,大大提高了设计效率,使工程设计质量与设计深度达到一个崭新的水平。

4) 第四阶段是进入 80 年代以来,电子器件的集成度迅速提高。随着芯片技术的发展,使小型机与微型机的性能日益完善,专门的图形处理与数据库处理机的出现,软件方面虚拟存储操作系统、分布式数据库技术与网络技术的应用,这些都使 CAD 技术有了长足的进展。过去因设备价格过于昂贵,只有大型企业与公司才能使用的 CAD,现在移植到小型机与微型机上,已能为中、小企业甚至个人广泛使用。应用部门也从航空、汽车、机械制造行业扩展到电子电器、化工、土木、水利、交通、纺织服装、资源勘探、医疗保健等各行各业。CAD 步入广泛实用阶段。

20 世纪 80 年代中期以后是 CAD 向标准化、集成化、网络化、智能化方向发展的时期。标准化指研究开发符合国际标准化组织颁布的产品数据转换标准、制定网络多媒体环境下数据信息的表示和传输标准、制定统一的国家 CAD 技术标准体系。集成化包括软硬件的集成、不同系统之间的集成以及通过网络多媒体数据库实现异地系统协同共享信息资源等。网络化指充分发挥网络系统的优势,共享昂贵的设备;借助现有的网络,用高性能的 PC 代替昂贵的工作站;在网络上方便地交换设计数据。智能化指将领域专家的知识 and 经验归纳成必要的规则形成知识库,再利用知识的推理机制进行推理和判断,以获得设计专家水平的设计结果。

CAD 技术的集成化主要体现在系统构造由原来单一功能变成综合功能,出现由 CAD/CAM/CAE/MIS 构成的计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)、计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacture, CAM)、计算机辅助工程 (Computer Aided Engineering, CAE)、管理信息系统 (Management Information System, MIS)。集成化还体现在下列几个方面:一是 CAD 中有关软件和算法不断地被固化,即用集成电路及其功能块来实现有关软件和算法的功能;二是多处理机、并行处理技术用于 CAD 中,使工作速度成百倍增加;三是网络技术在 CAD 中被采用,这样近程和远程资源及成果都能即时共享。当前人工智能和专家系统技术已在 CAD 中逐步被应用,把工程数据库及其管理系统、知识库及专家系统、用户接口管理系统和应用程序系统集成于一体,形成智能计算机辅助设计 (Intelligent CAD, ICAD),大大提高了设计的自动化程度。

CAD 技术的进步与普及,大大促进了社会生产力的发展,正如美国科学基金中心指出的那样:对直接提高生产力而言,CAD 技术比电气化以来的任何发展,具有更大的潜力,它触发了新的产业革命。现时的 CAD 技术几乎已经到了“无所不能、无所不包”的程度,大到投资数十亿美元的全世界第一架无图样生产的波音 777 飞机,小至夺得 2004 年雅典奥运会男子 110 米栏冠军的“中国飞人”刘翔的跑鞋,都是采用了现代先进的 CAD 技术才成为当时的世界之最,都是现代 CAD 技术应用的硕果。

1.1.2 CAD 技术的主要应用领域

目前 CAD 应用的领域非常广泛,主要有航空航天工业、汽车工业、机械设计、建筑设计、工程结构设计、集成电路设计等。在这里仅做一些简单的介绍。

(1) 在航空和汽车工业中的应用 在机械加工、制造过程中,与 CAD 技术相对应的技

术是 CAM, 即计算机辅助制造技术。通常把 CAD 与 CAM 结合起来使用, 称为 CAD/CAM 技术。利用它, 可以将设计过程和制造过程通过计算机统一起来。飞机制造和汽车制造是最早应用 CAD/CAM 技术的两个行业。在飞机制造业中, 利用 CAD/CAM 技术除了进行机械设计、加工外, 还进行机体表面形状的定义, 并根据定义进行数控制造。在汽车制造业中, CAD/CAM 技术也为外观造型设计、制图等方面提供了经济而有效的途径。

(2) 在电子工业中的应用 CAD 技术在电子工业中的应用最早始于印制电路板的设计。现在, 设计半导体的逻辑电路及其布局, 由于其复杂性的增加, 已经到了非利用 CAD 技术不可的地步。据统计, 现在 75% 的 CAD 设备是应用于电子工业的设计与生产。

(3) 在机械制造行业中的应用 目前, 在发达国家的机械制造行业主要生产环节中已应用了 CAD 技术。近几年, 在 CAD/CAM 技术的基础上又产生了 CIMS 技术, 它使多品种、中小批量生产, 实现总体利益的智能化制造成为可能。

(4) 在土木工程中的应用 在土木工程中, CAD 技术是发展最快的技术之一。传统的设计方法、设计手段、设计速度和设计质量已远不能适应土木工程的各种新的需要, 现代 CAD 技术应用到土木工程的各个领域是必然的。土木工程 CAD 技术也不再只是局限于建筑设计、结构计算和绘制施工图, 而是扩展到了包括从工程项目招投标到施工管理在内的几乎全部领域; 土木工程 CAD 软件也从各分散功能程序进步到大型的集成化多功能建筑 CAD 软件系统。使用 CAD 的水平已成为企业技术水平的象征, 也是对外竞争投标的重要手段。

(5) 在其他行业中的应用 在模具行业, 进行模具的自动设计和加工过程的仿真; 在服装制作行业, 根据体形自动设计剪裁形状、尺寸等; 在化工行业, 进行分子模型表示等。

我国 CAD 技术的应用与研究始于 20 世纪 60 年代末。经过 40 多年的努力, 我国目前在机械、电子、航天、化工、建筑、服装等行业, 已广泛应用了 CAD 技术, 取得了较好的发展并达到了较高的水平, 特别是微机 CAD 技术在社会上的普及。

1.2 CAD 在土木工程中的应用

在 CAD 技术出现以前, 工程设计的全过程都是借助铅笔、尺子、图板、计算器等工具来完成的。当然, 在工程设计中包含着需要由人来完成的创造性的工作, 但是也确实包含了很多重复性高、劳动量大以及某些单纯靠人难以完成的工作, 如单调的绘图、烦琐的计算等。这些重复性的工作现在可以由计算机更快、更好地去完成, 这就是 CAD 技术的意义所在。

计算机的主要特点是运算速度快、存储数据多、精确度高、具有记忆和逻辑判断能力, 可以处理图形。所有这些特点都可被用于辅助设计过程。一般地, 利用 CAD 技术可以收到以下效果。

首先, 可以缩短设计工期。由于计算机处理速度快, 并能不间断地工作, 因此可以大大地提高设计效率, 缩短设计工期。缩短设计工期就意味着能早日推出新产品, 可以产生更多的设计方案, 以便进行方案比较, 选出最佳设计方案, 从而更好地达到预期的目的。

其次, 可以提高设计质量。使用自动化程度较高的 CAD 系统进行设计时, 设计者只需输入一些有关设计初始条件的数据, 由计算机调用结构分析程序进行分析计算, 就可得到设

计结果。此外,利用计算机可以得到清晰、整齐、美观的设计图和文档,便于校核和修改,从而有效地防止手工绘图过程中尺寸标注错误、不同图纸在表达同一构件时的不一致等错误的产生,提高了设计质量。

另外,可以降低设计成本。应用 CAD 技术可以帮助设计者提高设计效率,当设计劳务费较高而 CAD 系统的费用较低时,就会降低设计成本。工程设计中应用了 CAD 技术以后,已取得明显的经济效益。

目前, CAD 技术在土木工程中的应用非常广泛,已经延伸到工程项目建设的各个阶段:从建设项目的规划、设计、施工几个阶段,到建成以后的维护管理阶段。

1. 在规划中的应用

对任何工程项目,规划工作都是十分重要的。一般土木建筑工程的规划都需要考虑众多的因素,如土地利用、经济、交通、法律、景观等有关社会经济的因素,气象、地质、地形、水等有关自然的因素,以及水质、噪声、土地污染、绿化等生活环境的因素。任何一项规划都是一项决策,其中人始终是主体。

对应于该阶段的 CAD 系统主要有三类:

第一类是有关规划信息的存储和查询系统,如土质数据库系统、地域信息系统、地理信息系统、城市政策信息系统等。这一类系统多采用数据库系统的形式。

第二类为信息分析系统,如规划信息分析系统等。

第三类为规划的辅助表现及作图系统,如景观表现系统、交通规划辅助系统等。

这里特别说明如下两点。首先,有关规划信息的数据库,由于其公共性高,应由政府或公共部门建立并提供服务。这类数据库是否健全,反映了一个国家的文明发展程度。其次,通过利用景观表现系统,可以在建造前就看到实物的形象及其和周围的协调情况,对于做出优秀的规划具有重要意义。

2. 在设计中的应用

一般土木建筑结构的设计都包含结构形式的选定、形状尺寸的假定、模型化、结构分析、验算、图面绘制、材料计算等过程。CAD 技术在土木建筑领域中最早就是应用在结构设计中的。所以,设计 CAD 系统的历史较长,发展比较成熟。据有关资料,目前我国土木建筑领域各部级设计院 CAD 出图率为 100%。运用计算机进行分析计算达 98% 以上,进行方案设计已达 80% 以上。采用 CAD 技术进行设计,设计的出错率由手工设计的 5% 降低到 1%,提高工效一般为 6~8 倍,有的可达 20 倍。由于多方案优化,节省工程投资一般为 2%~5%,个别专业可达 10% 以上。

对应于设计的 CAD 系统也可分为三类:

第一类为对应于各个设计过程的系统,如结构形式选择系统、结构分析系统、设计系统、绘图系统、材料计算系统等。其中每个系统都可以处理多种结构形式。其缺点是为完成一项设计需使用多个系统,不但需要掌握每个系统的使用方法,还导致大量数据的重复输入。

第二类系统为通用 CAD 系统,如 AutoCAD,这类系统只提供基本的图形处理功能,用来绘制各个工程领域的设计图纸。

第三类系统为集成化设计系统。这类系统的自动化程度一般较高,只要输入少量的数据,即可完成设计的全过程。设计时,只需输入基本的参数,如结构尺寸、截面尺寸、材料

性质等,系统即可自动进行结构分析,直至生成施工图。这类系统虽可减轻人们学习新系统的负担并避免数据的重复输入,但一般在使用时有一定的限制,是面向特定对象的专用软件,或是根据专业要求进行二次开发的软件。与前面的两类系统相比,使用这类系统具有作业效率较高,专用性高,相关专业数据可共享等特点。例如目前在我国建筑工程设计中应用最广泛的系统,由中国建筑科学研究院研制开发的具有自主知识产权的集成化 PKPM 系列软件系统。

3. 在施工中的应用

一般的土木建筑工程的施工包含以下过程,即投标报价→施工调查→施工组织设计→人员、器材和资金的调配→具体施工及项目工程管理→验收等。目前,CAD 技术在每个过程中均有应用。如投标报价与合同管理、工程项目管理、网络计划、质量和安全的评价与分析、劳动人事工资、材料物资、机械设备、财务会计和行政管理、施工图的绘制等系统。其中,应用计算机编绘网络计划图已成为参与国际投标的必要条件之一。CAD 技术的应用,有效地提高了施工企业的工作效率和管理水平。

现在国外已开发出一些建筑物和构筑物的集成化施工系统。例如,隧道的集成化施工系统。在该系统中,包含隧道设计子系统,施工图及施工平面图绘制子系统,施工管理子系统,材料表生成子系统以及施工组织设计书生成子系统等。虽然开发这种集成化系统都伴随着极其庞大的工作量,但使用它极大地提高了工作效率。

4. 在维护管理中的应用

像人有生老病死一样,土木建筑结构物在使用期内也会出现老化、功能下降等情况,因此,对其必须进行适当的维护和管理。一般地,对土木建筑结构物的维护和管理包括定期检查、维修和加固等。

CAD 技术在维护管理中最早的应用是煤气、上下水管线图的计算机管理,其中包含管线的位置以及管线的埋设条件,如管线的材质、管径、埋深等。这样的系统无疑对管路的分析、检查等提供了极大的方便。近年来,出现了以数据库为中心的道路设施维护管理 CAD 系统。这种系统具有两种作用:一种是用于保存定期检查结果等信息,另一种是用于辅助维修和加固的规划设计。

当前,土木建筑“向空间要面积、向地下要根基”的势头日盛,而施工技术和建筑新材料的创新、智能型建筑的兴起等更是对土木工程设计提出了新的挑战。随着计算机技术和土木工程技术的飞速发展,现代 CAD 技术在土木工程中的应用也必将得到进一步的发展。

1.3 CAD 硬件与软件系统

与一般的微机系统一样,CAD 系统也是由硬件系统和软件系统组成的。但它应具有性能较强的图形输入/输出(硬件)设备和功能较强的图形处理软件。

1.3.1 CAD 硬件系统

CAD 硬件系统是一个能进行图形操作的具有高性能计算和交互设计能力的计算机系统。

CAD 系统对硬件的要求:①强大的图形处理和人机交互功能;②需要有相当大的外存容量;③良好的通信联网功能。它的具体配置随着系统设计目标和服务功能范围的不同而相

异,并且随着计算机技术和性能的发展在不断地提高。

按配置的不同,CAD的硬件系统可分为大型机系统、小型机系统、工程工作站系统、微机CAD系统和网络分布式CAD系统。

硬件是由计算机和外围设备组成的,普通微机CAD硬件系统如图1-1所示。

1. 计算机

计算机是整个系统的核心,通过执行实际运算与逻辑分析,控制、指挥着整个系统进行有效的工作。它主要包括中央处理器CPU和内存存储器(简称内存)。

2. 输入设备

输入设备是用于向计算机输入数据、程序及各种字符、图形等信息的设备。输入设备是用户和计算机系统之间进行信息交换的主要装置之一。

专门用于图形、图像输入的设备有光笔、数字化仪、鼠标器、跟踪球、操纵杆以及扫描仪等。现分述如下。

1) 光笔,对光敏感,外形像钢笔,多用电缆与主机相连,与显示器配合使用,可以在屏幕上进行绘图等操作,依靠计算机内的光笔程序向计算机输入显示屏幕上的字符或光标位置信息的光敏传感器。其结构简单、价格低廉、响应速度快、操作简便,常用于交互式计算机图形系统中。在图形系统中光笔将人的干预、显示器和计算机三者有机地结合起来,构成人机通信系统。

通常,光笔有三种用途:①利用光笔可以完成作图、改图、使图形旋转、移位放大等多种复杂功能,这在工程设计中非常有用;②进行“菜单”选择,构成人机交互接口;③辅助编辑程序,实现编辑功能。在计算机辅助出版等系统中光笔是重要的输入设备。

2) 数字化仪,全称图形数字化仪,是将图像(胶片或相片)和图形(包括各种地图)的连续模拟量转换为离散的数字量的装置,是在专业应用领域中一种用途非常广泛的图形输入设备,由电磁感应板、游标和相应的电子电路组成。当使用者在电磁感应板上移动游标到指定位置,并将十字叉的交点对准数字化的点位时,按动按钮,数字化仪则将此时对应的命令符号和该点的位置坐标值排列成有序的一组信息,然后通过接口(多用串行接口)传送到主计算机。对于输入大量精确图形的工作,这种设备较为适用。它广泛应用于数字制图、CAD等行业。

3) 鼠标器、跟踪球和操纵杆,这三种设备都装有电位计,调整电位计可控制显示形态,如控制屏幕上的光标位置。目前,由于鼠标器操作灵活方便,应用较广泛。操纵杆和跟踪球虽比鼠标出现早,因它们只适用于自由格式的绘图,实际中不常用。

4) 扫描仪,利用光电技术和数字处理技术,以扫描方式将图形或图像信息转换成计算机可以显示、编辑、存储和输出的数字化输入装置。照片、文本页面、图纸、美术图画、照相底片、菲林软片,甚至纺织品、标牌面板、印制板样品等三维对象都可作为扫描对象,提取和将原始的线条、图形、文字、照片、平面实物转换成可以编辑及加工的文件。

5) 三维扫描仪,是集光、机、电和计算机技术于一体的高新技术产品,主要用于对物

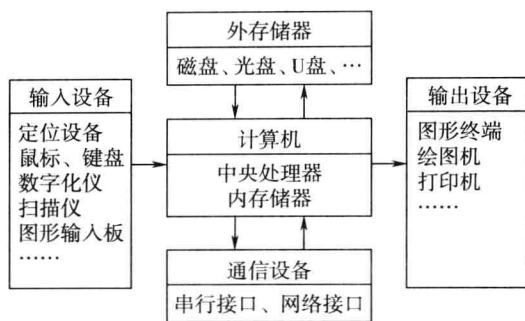


图 1-1 CAD 硬件系统的基本组成

体空间外形和结构及色彩进行扫描,以获得物体表面的空间坐标。它的重要意义在于能够将实物的立体信息转换为计算机能直接处理的数字信号,为实物数字化提供了相当方便快捷的手段。三维扫描技术能实现非接触测量,且具有速度快、精度高的优点。而且其测量结果能直接与多种软件接口,这使它在 CAD、CAM、CIMS 等技术应用日益普及的今天很受欢迎。在发达国家的制造业中,三维扫描仪作为一种快速的立体测量设备,因其测量速度快、精度高、非接触、使用方便等优点而得到越来越多的应用。用三维扫描仪对手板、样品、模型进行扫描,可以得到其立体尺寸数据,这些数据能直接与 CAD/CAM 软件接口,在 CAD 系统中可以对数据进行调整、修补,再送到加工中心或快速成型设备上制造,可以极大地缩短产品制造周期。

6) 数码相机又称为数字相机,英文全称 Digital Still Camera (DSC),是集光学、机械、电子于一体的现代高技术产品。其主要由摄像机透镜、CCD (电荷耦合器件) 或 CMOS (互补金属氧化物半导体) 光电转换器件、仿真信号处理器、A/D 转换器、DSP 数字信号处理器、图像处理器、图像存储器和输出控制单元等组成。数码相机可直接与计算机相连,将拍摄的图像数据从相机存储器传送到计算机中处理,可以立刻看到数字图像。

3. 输出设备

输出设备是人与计算机交互的一种部件,用于数据的输出。它把各种计算结果数据或信息以数字、字符、图像、声音等形式表示出来。可分为两类:软复制与硬复制设备。软复制设备的特点是只产生暂时性的景象,不能永久保留,如显示器;硬复制的特点是将输出的信息转变成永久性的物理记录,如打印机和绘图机等。

1) CRT 显示器,是一种使用阴极射线管 (Cathode Ray Tube) 的显示器,阴极射线管主要由五部分组成:电子枪 (Electron Gun)、偏转线圈 (Deflection coils)、荫罩 (Shadow mask)、高压石墨电极和荧光粉涂层 (Phosphor) 及玻璃外壳。它是利用电磁场产生的经过聚焦的高速电子束,轰击屏幕表面的荧光材料而产生光亮点。通过控制电子束的强度,可控制亮度,以使图形更加丰富。CRT 纯平显示器具有可视角度大、无坏点、色彩还原度高、色度均匀、可调节的多分辨率模式、响应时间极短等 LCD 显示器难以超过的优点,而且现在的 CRT 显示器价格要比 LCD 显示器便宜不少,因此被广泛地应用在工程以及医疗等领域。

2) 液晶显示器 (LCD),英文全称为 Liquid Crystal Display,它是一种采用了液晶控制透光度技术来实现色彩的显示器。和 CRT 显示器相比,LCD 的优点是很明显的。由于通过控制是否透光来控制亮和暗,当色彩不变时,液晶也保持不变,这样就无须考虑刷新率的问题。对于画面稳定、无闪烁感的液晶显示器,刷新率不高但图像也很稳定。LCD 显示器还通过液晶控制透光度的技术原理让底板整体发光,所以它做到了真正的完全平面。一些高档的数字 LCD 显示器采用了数字方式传输数据、显示图像,这样就不会产生由于显卡造成的色彩偏差或损失,并且完全没有辐射,即使长时间观看 LCD 显示器屏幕也不会对眼睛造成很大伤害。体积小、能耗低也是 CRT 显示器无法比拟的。如今的 LCD 显示器从普通用户的角度来看,几乎完全取代了 CRT 而成为当下主流的显示设备。

3) OLED 显示器,即有机发光二极管显示面板 (Organic Light-Emitting Diode, OLED),又称为有机电致发光显示器 (Organic Electro luminescence, OEL) 是一门相当先进的显示技术。它利用有机半导体材料和发光材料在电流的驱动下产生发光来实现显示。OLED 相比 LCD 有许多优势:超轻、超薄 (厚度可低于 1mm)、亮度高、可视角度大 (可达 170°)、由

像素本身发光而不需要背光源, 功耗低、响应速度快 (约为 LCD 速度的 1000 倍)、清晰度高、发热量低、抗震性能优异、制造成本低、可弯曲等。它被业界普遍认为是最具发展前景的新一代显示技术。

4) 绘图机, 是一种自动化绘图的设备, 可使计算机的数据以图形的形式输出, 有笔式绘图机、喷墨绘图机和静电绘图机等几种。笔式绘图通过矢量构成图像, 将很短的矢量线段依次相接即可形成各种曲线。常用的绘图机有平板式和滚筒式两种。此外还有喷墨式、热敏式、激光式绘图机, 它们输出图形的质量都很高, 目前也是较常用的。

5) 打印机, 用于将计算机处理结果打印在相关介质上。按其工作原理分为击打式和非击打式两大类。点阵打印机、针式打印机是常用的击打式打印机, 而非击打式打印机常用的有喷墨式、热敏式、静电式与激光式等。

4. 外存储器

外存储器是指除计算机内存及 CPU 缓存以外的存储器, 此类存储器一般断电后仍然能保存数据, 用来永久存放大量程序与数据。

1) 磁盘, 是在金属盘片 (硬盘) 或聚酯薄膜片 (软盘) 表面涂覆一层磁性物质的存储介质。为了能在磁盘上指定区域写入或读出数据, 要将磁盘划分为若干有地址编码的区域磁道与扇区, 利用磁头感应来有序地读/写数据。磁盘是目前应用最广泛的存储设备。

2) 光盘, 即高密度光盘 (Compact Disc), 是近代发展起来的不同于磁性载体的光学存储介质, 用聚焦的氢离子激光束处理记录介质的方法存储和再生信息, 又称激光光盘。利用激光照射在光盘片表面, 使表面物质变化, 而将“0”与“1”的数据记录下来, 在读出数据时, 也是利用激光在光盘片上产生不同强度的反射光, 判断出“0”或“1”。由于其存储容量大, 携带方便, 因此, 目前也被广泛采用。

3) U 盘, 中文全称“通用串行总线接口的无需物理驱动器的微型高容量存储盘”, 英文名“USB flash disk”。它是一个 USB 接口的无需物理驱动器的微型高容量移动存储产品, 可以通过 USB 接口与计算机连接, 实现即插即用。其最大的优点就是: 小巧便于携带、存储容量大、价格便宜、性能可靠。U 盘体积很小, 质轻, 一般在 15g 左右, 特别适合随身携带。一般的 U 盘容量有 1G、2G、4G、8G、16G、32G 等。U 盘中无任何机械式装置, 抗振性能极强。另外, U 盘还具有防潮防磁、耐高低温等特性, 安全可靠性能很好。

1.3.2 CAD 软件系统

软件是控制、指挥计算机运行的各种程序和文档的总称。CAD 系统的软件是决定微机绘图系统的效率与使用是否方便的关键因素。CAD 系统中, 软件大体上可分为三类: 系统软件 (一级软件)、支撑软件 (二级软件)、(工程、产品) 应用软件 (三级软件), 如图 1-2 所示。

1. 系统软件

系统软件是直接配合硬件工作的, 是 CAD 系统软件中最低层次的软件, 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。系统软件主要负责管理硬件资源以及各种软件资源, 是应用和开发 CAD 系统的软件平台。



图 1-2 CAD 系统中软件层次与关系

系统软件主要有操作系统、编译系统和图形接口标准等,如图 1-3 所示,用于计算机的管理、维护、控制和运行,提供了整个 CAD 系统内部的支持功能,控制着存储操作、指令执行与外围设备动作。

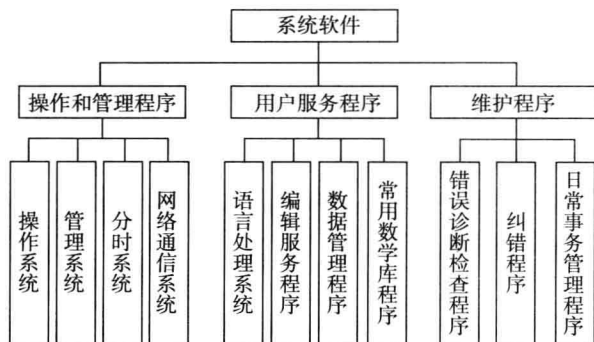


图 1-3 系统软件组成示意图

2. 支撑软件

CAD 支撑软件是在系统软件基础上开发的满足 CAD 用户一些共同需要的通用性软件。通常包括:

- 1) 几何建模和图形输出软件,辅助用户完成零部件或产品的结构设计和详细设计,输出产品的零件图、装配图或三维立体图。
- 2) 产品数据管理软件,对 CAD 过程的图纸、文档、数据文件的电子化管理。

支撑软件是 CAD 系统的核心软件,它以系统软件为基础,又是开发应用软件的基础。支撑软件可由 CAD 厂商提供(如 AutoCAD、SolidWorks、Pro/Engineer、Unigraphics),也可由用户自行开发。用户在组建 CAD 系统中,根据使用要求,选购支撑软件,在此基础上再做一些适配和补充,并和用户开发的应用程序相接,以实现预定的 CAD 系统功能。CAD 支撑软件是 CAD 软件系统的重要组成部分。随着 CAD 技术日新月异,支撑软件的内容与功能也在发展,一般来说包括图形设备驱动程序、几何造型系统、图形软件系统、真实图形生成系统、计算分析软件系统、优化算法软件系统、工程数据库及其管理系统、窗口管理系统、网络通信系统、汉字管理系统等。

3. 应用软件

CAD 应用软件是在系统软件的基础上,用高级语言编程,或基于某种支撑软件,针对特定领域、特定工程设计问题、特定产品等开发专用的软件,即面向用户的应用软件,如图 1-4 所示。

应用软件通常由用户结合当前设计工作需要自行或委托开发,是既可为一个用户使用,也可为多个用户使用的

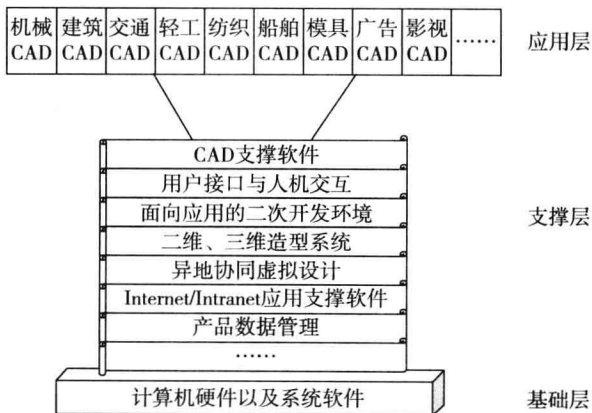


图 1-4 CAD 系统的三层结构

软件。

1.4 CAD 应用软件的发展、选配及设计

1.4.1 CAD 应用软件的发展

CAD 是将人和计算机的最优特性结合起来,完成特定设计任务的一种技术。人具有逻辑思维、识别、判断、推理和自适应的能力,计算机则以运算速度快,存储量大,精确度高,能适应重复、烦琐的工作而见长。CAD 应用软件就是根据某一专业的特点和规定,将人和计算机有机地结合在一起,去完成该专业的设计任务而编写的专用软件。

结构分析与计算是工程设计行业应用计算机最早的领域。早期的结构分析程序,一般采用数据文件方式提供数据。数据文件一般由用户事先准备好,然后再启动程序输入这些数据文件。这种方式容易产生数据错位或数据本身的错误,也不利于修改。目前国内外比较优秀的结构分析程序已不再采用这种方法,而是充分运用图形手段和人机对话技术,用友好的界面帮助用户在图形交互方式下输入数据。这种输入过程一般是由专门的叫做前处理(Pre-processor)的程序来完成。前处理程序一般具有相对的独立性,能对输入数据进行一些逻辑检查,对规则结构可以自动划分有限元网格,对用户输入的内容能用图形再现在屏幕上,一旦发现输入有误,就可以在图形状态下直接进行修改。这些手段的提供,大大提高了用户使用结构分析程序的可靠性和使用效率。

结构分析结果的输出,也从早期的数表形式过渡到数表和图形相结合的方式。图形输出一般有等值线、等高线、彩色区域图等,这些图与结构几何形状配合,非常直观,一目了然。原先用几十页、上百页打印输出的数表,仅在一两张图中就可表现无遗,因此深受用户欢迎。结构分析结果的图形输出一般是由专门的叫做后处理(Post-processor)的程序来完成的。

大型、复杂的结构一般是用结构有限元分析程序来计算。这些程序分为专用程序和通用程序。专用程序可以根据计算要求自行开发,也可以是为某一专题研制的商业软件;通用程序一般是大型程序,由一些专门从事有限元分析研制工作的公司提供。它们是一种通用性软件产品,其程序容量都很大,程序语句可以从几万行到几十万行。大型的有限元分析程序带有包含不同单元类型的单元库,如结构分析程序(Structural Analysis Program, SAP)系列的单元库中就包含了三维桁架杆件单元、三维梁单元、平面应力单元、平面应变单元、三维块体单元、薄板单元、薄壳单元、管道单元等多种单元。

虽然有限元方法从原理上来讲带有普遍性,但是不同的程序常常具有不同的解题范围,程序编制方法和技巧也不同。所以,几乎没有一个有限元分析的前后处理程序能包络品种繁多的有限元软件的输入输出。在一般情况下,前后处理程序只对应功能较强、流行较广的有限元通用程序,如 ANSYS、ABAQUS、MSC/PATRAN、MSC/NASTRAN、MARC 等,这些程序都配有标准接口。

ANSYS 软件是融合静力、动力、线性及非线性问题与结构、流体、电磁场、声场和耦合场等于一体的大型通用有限元分析软件,由世界上较大的有限元分析软件公司之一的美国 ANSYS 公司开发,它能与大多数 CAD 软件接口,实现数据的共享和交换,如 Pro/Engineer、