



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学土木工程系列教材

Computer Aided Civil Engineering

土木工程CAD技术

任爱珠 张建平 编著

Ren Aizhu Zhang Jianping



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学土木工程系列教材

Computer Aided Civil Engineering

土木工程CAD技术

任爱珠 张建平 编著

Ren Aizhu Zhang Jianping



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机辅助设计技术及其在土木、建筑领域中的应用。

全书共分8章,主要内容有:CAD硬件系统和软件系统的基本知识;CAD技术的基本原理,如图形元素的生成、图形的显示和变换、三维几何造型原理、人机交互技术和工程数据管理技术;CAD应用基础知识,如工程绘图软件AutoCAD、三维造型软件3DS MAX、图像处理软件Photoshop和结构分析与计算软件PKPM、TUS等的使用方法和应用实例;图形交换标准,如中性文件的概念、国际图形标准和图形交换接口;CAD应用开发技术,如ADSRX编程基础、ObjectARX编程基础、面向对象技术在AutoCAD编程中的应用和在AutoCAD编程中使用MFC技术;CAD应用系统的需求分析、系统设计、程序编写和系统测试方法;科学计算可视化技术、虚拟现实技术、多媒体技术和网络技术、人工智能技术、激光扫描技术和3S技术等土木工程CAD领域的应用前景与发展趋势等。

本书内容的选取和安排基于作者多年的工作经验和教学实践,充分考虑了土木、建筑领域的工程技术人员的专业背景,并伴以相应的实例,使读者能通过学习这些实例快速掌握相关内容。

本书可作为高等院校土木、建筑、水利、环境专业的“计算机辅助设计”课程教材,也可以作为土建类设计院工程技术人员掌握CAD技术的自学教材。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

土木工程CAD技术/任爱珠,张建平编著. —北京:清华大学出版社,2006.12

ISBN 7-302-13504-5

I. 土… II. ①任… ②张… III. 土木工程—建筑制图—计算机辅助设计—应用软件, AutoCAD
IV. TU204

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第085028号

责任编辑:汪亚丁 赵从棉

责任校对:赵丽敏

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京市清华园胶印厂

装订者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:203×253 印 张:28.75 字 数:760千字

(附光盘1张)

版 次:2006年12月第1版 印 次:2006年12月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:47.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:013992-01

前 言

计算机辅助设计技术(Computer Aided Design, CAD)作为计算机技术的一个重要组成部分,在国民经济发展中起着重要的作用。它是提高工程和产品的设计质量,缩短设计周期,提高设计工作的科学性和创造性,加速产品更新换代和提高市场竞争力的一项关键技术和强大工具。CAD的发展水平已经成为衡量一个国家科技与工业现代化水平的重要标志之一。

自作者 1996 年编写的《建筑结构 CAD 技术基础》出版以来,已经过去了 10 年时间。这 10 年来,计算机硬件随着工艺水平的提高,在高速并行、大容量、微型化方面取得了长足的进步。而大容量光盘存储技术、图形图像处理、声音处理、数据压缩、光纤通信、互联网等技术的推动,更是大大拓宽了计算机的应用领域。在土木工程领域,计算机的应用已不再局限于计算机辅助设计,而是扩展到了工程项目全生命周期的每一个方面和每一个环节。CAD 已经向着 CAE(Computer-Aided Engineering)的方向发展,即在工程项目全生命周期的每一个方面和每一个环节中全面地应用计算机辅助设计技术(CAD)、科学计算可视化技术(VISC)、虚拟现实技术(VR)、互联网技术(Internet)、多媒体技术(Multimedia)、3S(地理信息系统 GIS、全球定位系统 GPS、遥感系统 RS)等计算机新技术。

此外,这 10 年来,结构工程专业的培养目标和课程设置也对本门课程提出了更高的要求。为了适应社会对结构工程专业学生在计算机应用能力方面的新要求,以及在课程中反映计算机技术发展的新成果,我们重新编写了本书。

土木工程 CAD 技术是一门综合性很强的技术,它包括的内容很多。作为非计算机专业的土建工程技术人员,要全面和深入地掌握 CAD 技术的理论基础和各种技能是有一定难度的。但是,作为一个土建工程技术人员,仅会使用现成的商品软件,不了解 CAD 技术的基本原理和应用开发方法也是不够的。因此,本书在内容的选取和章节的安排上,既考虑了 CAD 应用能力的培养,也考虑了应用开发方法的介绍,同时还讲解了 CAD 技术的基本原理。本书在兼顾 CAD 技术的系统性和完整性的基础上,力求从实际出发,深入浅出、循序渐进地帮助读者更好地提高对 CAD 技术的应用能力和应用开发能力。

全书共分 8 章。第 1 章介绍 CAD 的基本知识,CAD 在土木建筑领域中的应用以及 CAD 软、硬件系统知识。第 2 章介绍 CAD 技术的基本原理,如基本图形的生成、图形变换和显示、三维几何造型原理和人机交互技术。第 3 章介绍 CAD 应用基础知识,如工程绘图软件 AutoCAD,三维造型软件 3DS MAX,图像处理软件 Photoshop 和结构分析与计算软件 PKPM、TUS,建筑设计软件 Revit Building 和土木工程软件 Civil 3D 等的使用方法。第 4 章介绍 CAD 应用实例,其中包括用 AutoCAD 绘制实际的工程图纸;用 3DS Max 制作三维建筑模型并用 PhotoShop 进行效果图的后期处理;用 PKPM 和 TUS 对实际的建筑结构进行分析与设计;用 Civil 3D 建立数字地形模型和设计土石方工程。

第5章介绍图形交换标准,其中包括中性文件的概念、国际图形标准和图形交换接口。第6章介绍CAD应用开发技术,其中包括AutoCAD二次开发技术ADSRX编程基础、ObjectARX编程基础、面向对象技术在AutoCAD编程中的应用和在AutoCAD编程中使用MFC技术。通过本章的学习,可以掌握CAD应用开发的基本技能。第7章介绍CAD应用系统的开发技术,其中包括软件工程的基本概念与方法、系统的需求分析、系统设计、程序编写和系统测试方法。读者可以了解到开发应用软件过程中要考虑的问题以及CAD软件设计的基本方法。第8章介绍土木工程CAD的发展趋势,其中包括科学计算可视化技术、虚拟现实技术、多媒体技术和网络技术、人工智能技术、激光扫描技术和3S技术等土木工程CAD领域的应用。

清华大学土木工程系开设的“土木工程CAD技术”是本科生的必修课,本书是结构工程专业和建设管理专业的教材。讲授本书的内容需要64学时,当学时不够时,可以对书中的内容进行适当取舍。

由于CAD技术还在不断发展之中,在讲授这门课程时,还需不断更新内容。

本书第1、2、6章由张建平编写,第8章由任爱珠编写,第3章3.1节及3.6节、第4章4.1节由张建平编写,第3章3.2节至3.5节、第4章4.2节至4.4节由任爱珠编写,第5章5.1节、第7章7.3节及7.4节由任爱珠编写,第5章5.2节及5.3节、第7章7.1节、7.2节及7.5节至7.7节由邓祖玄编写。全书由任爱珠主编、修改并定稿。

本书的编写得到了许多同志的帮助。刘斌、张洋参加了第6章的编写,郭建锋参加了第3章的编写,张洋编制并调试了第2、6章的程序,陈驰为本书编写了建筑效果图制作例题,陈适才为本书编写了PKPM例题,陈宇军为本书编写了TUS例题,韩冰绘制了第2章的插图。在此向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,疏漏和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

任爱珠

2006年5月

目 录

第 1 章 引论	1
1.1 概述	1
1.1.1 CAD 的内涵	1
1.1.2 CAD 的目的和意义	2
1.2 CAD 的发展和应用领域	2
1.2.1 CAD 的发展历史	2
1.2.2 CAD 的应用领域	3
1.3 CAD 技术在土木工程中的应用	4
1.3.1 规划阶段的应用	5
1.3.2 设计阶段的应用	5
1.3.3 施工阶段的应用	6
1.3.4 维护管理阶段的应用	6
1.4 CAD 系统	6
1.4.1 CAD 系统的组成	6
1.4.2 CAD 硬件系统	6
1.4.3 CAD 软件系统	12
1.4.4 土木工程 CAD 系统的选型	15
第 2 章 CAD 技术基础	18
2.1 基本图形的生成	18
2.1.1 常用的图形坐标系	18
2.1.2 光栅图形	19
2.1.3 图形元素及其属性	21
2.1.4 直线图形	21
2.1.5 曲线图形	30
2.2 图形变换和显示	38
2.2.1 图形几何变换	38
2.2.2 窗口视图变换	45
2.2.3 图形裁剪	46
2.2.4 三维图形的投影变换	50
2.3 三维几何造型原理	53
2.3.1 三维形体的几何表示	54
2.3.2 体素的集合运算	56

2.3.3	消隐处理	57
2.3.4	明暗效应	61
2.4	人机交互技术	63
2.4.1	逻辑交互设备与设备模拟	63
2.4.2	交互技术	64
2.4.3	交互输入方法	68
2.4.4	交互式图形构造	74
2.4.5	图形用户界面	79
第 3 章	CAD 应用基础	93
3.1	工程绘图软件 AutoCAD	93
3.1.1	AutoCAD 概述	93
3.1.2	AutoCAD 工作界面	93
3.1.3	AutoCAD 基本概念	93
3.1.4	AutoCAD 基本操作	99
3.1.5	AutoCAD 基本功能	101
3.2	三维造型软件	112
3.2.1	用 AutoCAD 进行立体造型和真实感表现	112
3.2.2	用 3DS MAX 进行立体造型和真实感表现	120
3.3	图像处理软件	135
3.3.1	图像的色彩处理	135
3.3.2	图像处理	139
3.4	建筑设计软件 Revit Building	146
3.4.1	Revit Building 概述	146
3.4.2	Revit Building 工作界面	146
3.4.3	Revit Building 基本概念	146
3.4.4	Revit Building 基本功能	149
3.5	结构分析与计算软件	152
3.5.1	PKPM 软件	154
3.5.2	TUS 软件	162
3.6	土木工程软件 Civil 3D	166
3.6.1	Civil 3D 概述	166
3.6.2	Civil 3D 工作界面	166
3.6.3	Civil 3D 基本概念	167
3.6.4	Civil 3D 基本功能	169
第 4 章	CAD 应用实例	179
4.1	绘制工程图纸	179
4.1.1	作图要求	179

4.1.2 作图步骤	180
4.2 制作建筑效果图	191
4.2.1 模型制作	191
4.2.2 材质与贴图	207
4.2.3 相机与灯光设置	210
4.2.4 效果图的后期处理	213
4.3 结构分析与设计	217
4.3.1 用 PKPM 软件进行结构分析与设计	217
4.3.2 用 TUS 软件进行结构分析与设计	232
4.4 用 Civil 3D 进行土方工程设计	255
4.4.1 数字地形模型创建与分析实例	256
4.4.2 土方量计算实例	262
4.4.3 放坡设计实例	268
第 5 章 CAD 数据交换标准	277
5.1 中性文件的概念	277
5.1.1 数据及数据交换	277
5.1.2 中性文件格式	278
5.2 国际图形标准	283
5.2.1 概述	283
5.2.2 图形标准简介	283
5.2.3 DXF	285
5.2.4 IGES	289
5.2.5 STEP	292
5.3 数据交换接口	299
5.3.1 概述	299
5.3.2 Windows 系统提供的数据库交换工具	299
5.3.3 图形系统与高级语言的接口	300
5.3.4 DBF 格式数据库与高级语言的接口	301
5.3.5 数据库与面向对象编程语言的接口	302
第 6 章 CAD 应用开发技术	303
6.1 AutoCAD 的二次开发工具	303
6.1.1 AutoLISP/Visual LISP	303
6.1.2 VBA	303
6.1.3 ADS/ARX/ADSRX	304
6.1.4 ObjectARX	304
6.2 ObjectARX 概述	305
6.2.1 什么是 ObjectARX	305

6.2.2	ObjectARX 的用途	305
6.2.3	ObjectARX 各版本的关系	306
6.3	ObjectARX 开发环境	307
6.3.1	ObjectARX 开发环境	307
6.3.2	ObjectARX 类库简介	308
6.4	ObjectARX 应用程序设计方法	314
6.4.1	ObjectARX 应用程序框架	314
6.4.2	ObjectARX 程序说明	315
6.4.3	ObjectARX 帮助	316
6.4.4	编写 firstARX 应用程序	316
6.5	ObjectARX 应用程序的编译和链接	320
6.5.1	配置 Microsoft Visual Studio .NET	320
6.5.2	编译和链接应用程序	321
6.6	ObjectARX 应用程序的加载与执行	321
6.6.1	加载和运行	321
6.6.2	卸载	321
6.7	ObjectARX Wizard	323
6.8	AutoCAD 数据库	325
6.8.1	概述	325
6.8.2	应用实例	328
6.9	人机交互	334
6.9.1	基本用户交互	334
6.9.2	选择集操作	338
6.10	在 ObjectARX 中使用 MFC	344
6.10.1	创建 ARX-MFC Project	344
6.10.2	创建对话框类	345
6.10.3	设计对话框	346
6.10.4	添加对话框成员变量	347
6.10.5	添加对话框成员函数	348
6.10.6	添加 ARX 命令	349
6.10.7	运行程序	350

第 7 章 CAD 应用系统的开发

7.1	软件工程的基本概念与方法	351
7.1.1	软件生命周期	352
7.1.2	计划与评审	353
7.1.3	编制软件文档	353
7.1.4	软件开发过程模型	354
7.1.5	软件开发方法	356

7.1.6 计算机辅助软件工程	360
7.2 可行性研究	362
7.3 系统需求分析	363
7.3.1 系统需求分析要求	363
7.3.2 土木工程 CAD 的任务	364
7.3.3 土木工程 CAD 的需求分析	366
7.4 系统设计	368
7.4.1 概要设计	369
7.4.2 详细设计	377
7.4.3 CAD 系统中的人机配合	382
7.4.4 CAD 系统的用户界面设计	383
7.4.5 数据库系统和文件系统	389
7.4.6 数据结构	390
7.5 程序编码	397
7.5.1 程序设计语言的特性	397
7.5.2 程序设计语言的选择	398
7.5.3 程序设计风格	399
7.6 系统测试	401
7.6.1 软件测试的基本内容	401
7.6.2 软件测试步骤	402
7.6.3 测试用例的设计	403
7.6.4 调试	406
7.7 软件维护	408
第 8 章 土木工程 CAD 的发展趋势	409
8.1 科学计算可视化	409
8.2 虚拟现实技术	412
8.3 多媒体技术和网络技术	417
8.4 人工智能技术	420
8.5 激光扫描技术	424
8.6 3S 技术	425
8.7 结束语	427
附录 A 可行性研究报告的编写大纲(参考件)	428
附录 B ISO 软件工程模板之《概要设计说明书》	434
附录 C 软件详细设计说明书模板	437
附录 D 系统设计实例(某图形库管理系统)	440
参考文献	443

第 1 章

引 论

1.1 概 述

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是随着计算机技术和计算机设备的飞速发展而产生的一门新兴学科,是建立在近代计算机软、硬件技术和工程技术基础之上的交叉学科。最近十几年 CAD 得到了迅猛发展,已广泛进入了各个设计领域,并向传统的设计方法提出了严峻的挑战,部分或全部取代了手工设计,成为利用计算机辅助人工进行最佳工程设计的一门技术。这是一场深刻的技术革命,世界上发达国家都为此投入了大量的人力和物力,计算机辅助设计水平已经成为国家科学技术进步的标志之一。

1.1.1 CAD 的内涵

CAD 是利用计算机硬件、软件系统辅助人们进行工程和产品设计的方法和技术。CAD 技术涉及多个学科,是计算机硬件和软件技术与相关专业学科的有机结合。应用 CAD 可完成包括工程分析、技术计算、优化设计、自动绘图、文档制作以及资料管理等设计的全过程。

CAD 的理论基础是计算机图形学和有限元方法。计算机图形学(Computer Graphics, CG)是研究利用计算机表示、生成、处理和显示图形的原理、方法和技术的学科,其研究内容包括图形硬件、图形标准、图形生成和处理、图形交互技术、图形几何造型、真实感图形显示,以及计算机动画、仿真、可视化和虚拟现实等。追溯 CAD 的发展过程可以得知,CG 的图形处理理论和方法是 CAD 形成、发展和应用的重要基础。对工程和产品结构进行受力分析计算,是工程和产品设计的核心内容。有限元分析法经过三十多年的发展,其理论、算法及其计算机分析技术日趋成熟,已成为工程和产品结构分析计算和结构优化的重要方法和工具,也是利用 CAD 进行工程分析、技术计算和优化设计的理论基础和核心内容。

CAD 的技术基础主要涉及图形图像处理技术、人机交互技术、工程分析技术、数据管理与数据交换技术、文档处理技术、软件开发技术等。

(1) 图形图像处理技术:包括二维图形技术,三维几何造型技术,图形仿真技术,真实感显示技术以及图形输入、输出技术,支持设计过程中的图形数据输入,三维几何建模,图形绘制和输出,图形仿真等。

(2) 人机交互技术:包括交互输入技术,交互控制技术,图形拾取技术,用户接口设

计以及图形用户界面开发,用以实现 CAD 系统的人机通信和交互处理。

(3) 工程分析技术:包括有限元分析、优化设计以及各专业的工程分析与处理。

(4) 数据管理与数据交换技术:包括数据库管理、工程数据处理以及 CAD 系统之间的数据交换标准与接口。

(5) 文档处理技术:包括设计文档和报表的制作、编辑和输出。

(6) 软件开发技术:包括软件工程设计方法和软件开发技术。

1.1.2 CAD 的目的和意义

工程设计中,繁杂的设计工作可归纳为两类:创造性工作和重复性工作。创造性工作指的是研究和分析方面的工作,重复性工作则是大量繁琐的运算和绘图。

应用 CAD 技术以前,整个设计工作都是由人来完成。CAD 实现了人与计算机的有机结合,充分发挥设计者的思维、概念化和创造性能力,利用计算机高速准确的计算、大容量的数据存储、准确的逻辑判断以及直观的图形显示的特长,由设计者从事创造性工作,计算机完成重复性工作,从而减轻了人的工作强度,提高了工作效率,实际扩展了设计者的能力。这种将人和计算机结合起来所组成的合成系统,其能力应超过各组成部分的总和,称之为协同效应。

一般情况下,应用 CAD 技术可取得以下效果。

(1) 缩短设计周期。计算机处理速度快,可不间断工作,能提高分析计算速度,解决复杂的计算问题;通过直观地了解设计对象,可减少综合分析时间;可大幅度提高绘图效率。因而可以大大提高设计效率,缩短设计周期。

(2) 提高设计质量。利用计算机准确的计算和逻辑判断能力,可进行周密的工程分析,提供多种可选择的设计方案;减少设计误差,便于修改设计;利用计算机得到清晰、规范的设计图纸和文档,便于校核和修改,有效防止手工绘图过程中各种错误的产生,从而可以提高设计质量。

(3) 促进设计规范化和标准化。CAD 技术的广泛应用可以使设计方法、设计文档和制图标准得到统一;计算机生成的规范设计图纸和文档可改进各专业设计间的信息传递;通过建立统一数据库,实现信息共享,可促进设计的规范化和标准化。

(4) 降低设计成本。CAD 系统可帮助设计者提高设计效率和设计质量,随着设计劳务费日趋提高,计算机性能价格比不断改善,应用 CAD 系统可降低设计劳务费用,取得明显经济效益。

1.2 CAD 的发展和应用领域

1.2.1 CAD 的发展历史

CAD 的发展可追溯到 20 世纪中期,从 1949 年利用计算机处理物体外形,应用于飞机制造的数控加工领域,1950 年第一台图形显示器诞生,到 1958 年美国 GERBER 公司用笔代替数控机床的刀具,发展成平板绘图仪,奠定了 CAD 发展的物质基础,这段时间被称为 CAD 的准备阶段。1962 年美国麻省理工学院林肯实验室的 I. E. Sutherland 发表题为《Sketchpad: 人机通信图形系统》的博士论文,首次将光

笔和图形显示器连接在计算机上,通过操作光笔在图形显示器上生成和识别图形,提出了计算机图形学和交互技术等新思想,从而确立了计算机图形学作为一门新学科的独立地位,同时也为 CAD 技术的发展和应用奠定了理论基础,标志着 CAD 技术的诞生。

CAD 的发展与计算机设备的发展紧密相连,其发展过程大致分为四个阶段。

1. 第一代 CAD 系统

处于 20 世纪 60 年代,为大型机 CAD 阶段。其典型硬件设备为大型计算机、刷新式随机扫描图形显示器和光笔,图形支撑软件为二维图形系统。由于当时硬件设备价格昂贵,软件研制不完善,CAD 实际处于实验阶段。典型的 CAD 系统有美国通用汽车公司的 DAC-I 系统和美国洛克希德公司的 CADAM 系统,分别用于汽车和航空业。

2. 第二代 CAD 系统

处于 20 世纪 60 年代末—70 年代末,为小型机 CAD 阶段。其典型硬件设备为小型计算机、存储管式图形显示器和图形输入板,图形支撑软件基于二维图形系统,增加了非几何数据处理和数据库管理。这时期硬件设备和 CAD 技术都得到较快发展,CAD 进入到应用阶段。典型的 CAD 系统有美国 Applicon 公司的 AGS 系统和 Computer Vision 公司的 CADDS 系统,主要应用于电子行业,用于设计集成电路和印刷电路板。

3. 第三代 CAD 系统

处于 20 世纪 70 年代末—90 年代,为微机与工作站 CAD 阶段。典型硬件设备为微机(工作站)、光栅扫描图形显示器、绘图仪、图形输入装置,图形支撑软件为三维图形系统。这期间计算机硬件的性能不断提高,价格大幅下降,使用越来越方便,很大程度拓宽了 CAD 的应用范围,使 CAD 广泛应用于各个设计领域,出现了一批实用的 CAD 系统,是 CAD 高速发展的阶段。典型的 CAD 系统有美国 Autodesk 公司推出的 AutoCAD 和 Bentley 公司的 MicroStation。这两个系统由于具有良好的工作界面、强大的图形功能、方便的交互设计功能以及灵活的用户定制和二次开发功能,而被广泛应用于机械、土建、电子、航天、航空、造船、石化、冶金等各个设计领域。

4. 第四代 CAD 系统

20 世纪 90 年代至今,随着用户界面技术的发展,尤其图形用户界面(Graphics User Interface, GUI)的普遍使用,显著提高了 CAD 的易用性。CAD 技术与数据库技术、网络技术、人工智能技术紧密结合,使 CAD 系统向着网络化和智能化方向发展。三维曲面和实体几何造型技术的发展和应用,可显示产品的三维模型,使 CAD/CAM(Computer Aided Manufacturing)的信息集成,实现工程和产品的设计、生产、管理一体化成为可能。

1.2.2 CAD 的应用领域

1. 工程和产品设计

CAD 技术广泛应用于包括航空、汽车、电子、机械、造船、石化、土木、轻工等各个领域,推动了工程

和产品的的设计革命,促进了这些领域的信息化建设。其应用从绘制二维工程图,已深入到三维造型、工程分析、技术计算、优化设计、自动绘图等全过程设计。目前,工程和产品设计普遍采用计算机绘图和设计,CAD 已成为不可缺少的工具和手段。

2. 过程控制与管理

目前,广义 CAD 的应用已贯穿于工程和产品生命期中规划设计、施工生产以及维护管理的各个阶段,涉及工艺设计、产品数控加工、模拟仿真、检测监控、数据管理、资源管理、项目管理等各个方面,可对工程和产品的设计与建造过程,以至其成本、进度、资源、质量及安全进行控制和管理。

3. 计算机可视化模拟

应用高性能的 3D-CAD 系统可以真实模拟工程建造、产品加工以及结构受力破坏等过程。基于 4D 模型的 4D-CAD 技术,通过在 3D 模型的基础上附加时间因素,可将工程的建造过程以动态的 3D 方式展现出来,形成动态的建造过程模拟,进而实现工程的 4D 可视化管理。

4. 勘探测量及地理信息管理

CAD 技术早已应用于勘探测量领域,用于绘制地理、地质以及自然现象的勘探、测量图,如地理图、地形图、矿藏分布图、海洋地理图、气象图、人口分布图等。目前,CAD 技术与地理信息系统(GIS)相结合,已广泛应用于土地管理、城市区域规划、城市基础设施、交通运输以及防灾减灾等各个领域。

5. 计算机艺术

CAD 技术应用于影视、广告和娱乐业,可用来生成动画片、特技效果和数字电影,进行图案、花纹、工艺和广告设计,以及艺术品制作和场景模拟等。

1.3 CAD 技术在土木工程中的应用

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的总称,它既指工程建设的对象,即建在地上、地下、水中的各种工程设施,也指所应用的材料、设备和所进行的勘测设计、施工、保养、维护等技术。土木工程所包含的内容极为广泛,而且种类繁多。常见的土木工程一般可以分为基础工程、建筑工程、道路工程、铁路工程、桥梁工程、机场工程、港口工程、隧道和地下工程、水利水电工程以及给排水工程等。

土木工程是 CAD 技术应用最早、发展最快的领域。目前,我国工程设计已普遍采用计算机绘图和设计,全面实施了国务院提出的“CAD 应用工程”,甲、乙级设计企业计算机出图率达到 100%。CAD 技术已成为土木工程设计不可缺少的工具和手段,并贯穿于工程的规划、设计和施工管理等全过程,取得了缩短设计工期、提高设计质量、降低设计成本的显著效果。随着人工智能技术、多媒体技术、科学计算可视化技术以及网络技术的迅猛发展和广泛应用,土木工程计算机应用的范围和深度不断扩展。土木工程 CAD 正在向着智能化、集成化和网络化的方向发展,实现异地设计、协同工作,信息共享已近在咫尺,信息化施工正受到广泛的重视,而智能交通的研究和应用已经展示出美好的前景。

一般土木工程的建设都要经过规划、设计、施工几个阶段,建成以后进入维护管理阶段。目前 CAD

技术已用于规划、设计、施工、维护管理等各个阶段。

1.3.1 规划阶段的应用

对于任何工程项目,规划工作十分重要,其主要任务包括项目可行性分析、方案设计等。规划中需要综合考虑诸多因素,例如土地利用、经济、交通、景观、法律等社会经济因素,资源、气象、地质、地形、水流等自然因素,以及耗能、污染、绿化等环境因素。规划工作实际上是一个决策过程,其中人始终是决策主体,将CAD技术与人工智能、GIS技术结合起来,可以辅助支持决策过程,从而提高人的决策水平。应用于规划阶段的CAD系统主要有三类。

(1) 规划信息管理系统:用于规划信息的存储、查询和管理,包括地理信息管理系统、资源信息系统、规划政策信息系统等。

(2) 规划决策支持系统:用于提供城市、地域乃至工程项目建设规划的方案制定和决策支持,包括规划信息分析系统、规划方案评估系统等。

(3) 规划设计系统:用于展示规划的表现和效果,包括规划总图设计系统、景观表现系统、交通规划系统等。

1.3.2 设计阶段的应用

土木工程的设计过程是指工程项目在完成可行性研究和投资决策(即下达建设任务书)后,从设计准备开始,直到完成施工图设计的过程。对于一般工程设计项目而言,土木工程设计包括方案设计、初步设计、技术设计和施工图设计等阶段。

目前,在土木工程领域,对应各专业工程的各阶段设计都有相应的CAD系统。应用比较广泛的是对应于各设计过程或不同结构类型的CAD系统。这类系统针对某一设计环节或任务,具有功能齐全、操作方便的特点。但为完成一项设计需要使用多个系统,导致大量数据重复输入,影响了设计效率。随着CAD技术的发展,面向设计全过程的集成化CAD系统日趋成熟,得到了应用和推广。集成化CAD系统实现了各阶段设计的信息共享,避免了数据重复输入,极大提高了CAD系统的效率和水平。

CAD技术在土木工程设计中的应用主要包括如下几方面。

(1) 建筑工程设计:包括建筑设计、结构设计以及水、电、暖等设备设计。

① 建筑设计:包括三维造型、建筑渲染、平面布景、建筑构造、小区规划、日照分析、室内装潢等设计。

② 结构设计:包括结构选型、有限元分析、结构设计、施工图绘制等设计。

③ 设备设计:包括水、电、暖等各种设备及管道设计。

(2) 城市规划和市政工程设计:包括城市道路、高架桥、轻轨、地铁等市政工程设计。

(3) 市政管网设计:包括自来水、污水排放、煤气、电力、暖气、通信(包括电话、有线电视、数据通信)等各类市政管道线路设计。

(4) 交通工程设计:包括公路、桥梁、铁路、航空、机场、港口、码头等工程设计。

(5) 水利水电工程设计:包括大坝、水渠、水利枢纽、河海工程等。

1.3.3 施工阶段的应用

土木工程施工一般包括投标报价、施工组织、资源调配、具体施工及工程项目管理、工程验收等。目前 CAD 技术应用于施工过程的各个环节,具体包括以下几方面。

(1) 工程施工技术:包括基坑支护设计系统、模板设计系统、脚手架设计系统、混凝土工程计算软件、钢筋下料计算软件、冬季施工的热工计算软件等。

(2) 工程施工管理:包括施工组织设计系统、工程项目管理系统、工程造价管理系统、工程质量管理体系、施工安全管理系统、施工设备管理系统、工程材料管理系统、施工人力资源管理系统等。

(3) 施工企业管理:投标报价、合同管理、工程概预算、网络计划、人事工资以及财务管理等方面的专业软件已得到广泛应用,在项目管理、企业信息化综合管理方面也已经起步。

随着建设领域信息化的发展,4D-CAD 技术、虚拟建造技术以及信息化施工在工程施工中都得到了研究和应用,将进一步提高工程施工技术和管理的现代化水平。

1.3.4 维护管理阶段的应用

维护管理包括工程的定期检测,维修加固的规划、设计和施工。CAD 技术主要用于检测信息和维护检查结果的存储管理及分析评估、维修和加固的方案制定、设计计算和施工图绘制等。当前的研究和应用方向是综合结构安全性、材料耐久性分析以及灾害研究,对工程在使用阶段的功能及安全进行预测分析和追踪管理。

1.4 CAD 系统

1.4.1 CAD 系统的组成

一个 CAD 系统是由设计者和 CAD 计算机系统两个重要部分组成的。CAD 计算机系统是一系列硬件和软件的集合,包括 CAD 硬件系统和 CAD 软件系统。

(1) CAD 硬件系统:指专门用于 CAD 应用的计算机硬件,由计算机主机、常用外围设备和各种图形输入/输出设备组成,是 CAD 技术的物质基础。

(2) CAD 软件系统:指设计者完成设计任务所需的计算机软件资源的集合,由计算机系统软件、CAD 支撑软件和 CAD 应用软件组成,是 CAD 技术的灵魂。

CAD 系统的组成结构如图 1-1 所示。

1.4.2 CAD 硬件系统

1. CAD 硬件系统的基本配置

图 1-2 表示了一个典型的 CAD 硬件系统的基本配置,主要由以下几部分组成。

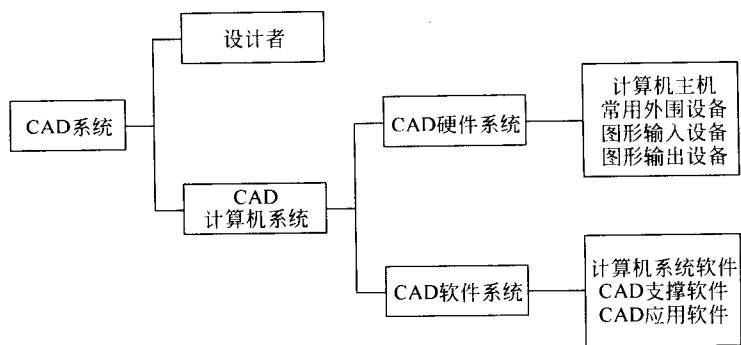


图 1-1 CAD 系统的组成

(1) 计算机主机：用于控制和指挥整个系统运行、处理各种数据、执行实际运算和逻辑分析。

(2) 图形输入设备：用于输入数据、图形和各种信息，与图形显示设备相结合，可实时修改图形。

(3) 键盘：用于输入数字和字符，也可完成图形操作的特定功能。

(4) 图形显示设备：用于显示图形，反馈信息。

(5) 图形输出设备：用于在纸或其他介质上输出图形，以便长期保存。

(6) 存储设备：用于存储数据、图形和各种设计信息。

(7) 打印设备：用于输出文档资料。

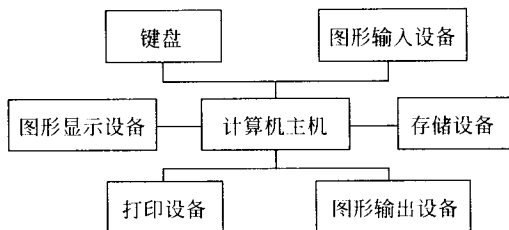


图 1-2 CAD 硬件系统的基本配置

2. CAD 硬件设备

1) 计算机主机

计算机主机主要由中央处理器(Central Processing Unit, CPU)和内存存储器组成，是整个 CAD 系统的核心。

CPU 包括控制器、运算器及各种寄存器。其中，控制器指挥和协调整个计算机有条不紊地工作，具体功能包括提取主存储器内的指令；分析指令的操作类型；接通各有关电路，执行各种指令；控制数据在各部件之间传输。运算器是执行计算和逻辑操作的部件，其任务是按照指令要求进行算术和逻辑运算，并输出运算结果。在控制器和运算器中都有寄存器用于暂时的信息存取，其存取速度比从内存存储器存取要快。

内存存储器是直接与 CPU 相连的存储装置，用来存储指令、数据和运算结果。内存存储器一般包括随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)和只读存储器(Read-Only Memory, ROM)。RAM 可以读出也可以写入信息，用来存放各种输入、输出数据及中间结果，与外存储器交换信息；ROM 只能读出，不可写入，其中的所有信息不会改变，也不易丢失，用来存放管理、监控、汇编、诊断等固定程序。

2) 外存储设备

外存储设备是作为内存后援的存储装置，用来存放暂时不用或等待调用的程序和数据。外存储设备的特点是容量大，可达到上百 GB，但与内存相比存取速度较慢。目前常用的外存储设备有硬盘、光盘