

21 世纪高等职业技术教育规划教材
国家示范性高等职业院校规划教材

道路与桥梁工程类

AutoCAD 公路工程制图

主编 阮志刚 主审 李全文

AutoCAD GONGLU GONGCHENG ZHITU



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等职业技术教育规划教材 —— 道路与桥梁工程类
国家示范性高等职业院校规划教材

AutoCAD 公路工程制图

主编 阮志刚

主审 李全文

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书以 AutoCAD 2006 中文版软件为平台, 针对公路工程领域的制图内容, 结合实例讲述了使用 AutoCAD 软件的基本操作以及使用 AutoCAD 完成公路工程图样的绘制、编辑修改、标注、打印的方法和技巧。

全书共 10 章, 内容包括: 绪论, AutoCAD 2006 基本知识, 二维图形绘制, 二维图形编辑, 文字、表格与尺寸标注, 道路工程制图, 桥梁工程制图, 三维图形绘制, 高级应用技巧, 图形打印输出。

本书使用了大量公路工程制图实例, 并有针对性地选择了大量练习题, 具有较强的可读性和可操作性, 适合各级职业院校道路桥梁工程技术专业及相关专业师生使用, 亦可供相关工程技术人员学习参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

AutoCAD 公路工程制图 / 阮志刚主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2008.1

21 世纪高等职业技术教育规划教材. 道路与桥梁工程类

国家示范性高等职业院校规划教材
ISBN 978-7-81104-796-7

I. A… II. 阮… III. 道路工程—工程制图: 计算机制图—应用软件, AutoCAD—高等学校: 技术学校—教材
IV. U412.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 205494 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材 —— 道路与桥梁工程类
国家示范性高等职业院校规划教材

AutoCAD 公路工程制图

主编 阮志刚

*

责任编辑 孟苏成

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都营军广告印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 16.125

字数: 401 千字 印数: 1—3 000 册

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-796-7

定价: 25.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着计算机技术的迅速发展和公路测设新技术、新手段的不断涌现,特别是当前计算机硬件和软件系统已经达到了很高的水平,使公路设计工作逐渐向自动化、智能化方向发展,大大提高了公路工程设计效率。同时,计算机的普及也促进了 AutoCAD 在公路工程设计中的广泛应用,越来越多的人认识到了 AutoCAD 在公路工程设计中的重要性和便捷性,AutoCAD 也成为道路与桥梁工程专业教学的一门重要课程。计算机绘图的趋势要求道路与桥梁工程等土木类专业学生在学习完“道路工程制图”和相关专业课程的基础上,必须要学习并熟练掌握使用 AutoCAD 绘图的相关知识和操作技能,这样才能跟上当今土木工程的设计潮流。

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司开发的一种通用计算机辅助设计软件,它在世界上拥有广泛的用户群,在工程技术辅助设计领域有着极高的市场占有率,因其具有良好的二次开发功能而且简单易学,目前,国内外有大量的公路工程设计软件依赖于 AutoCAD 这个软件平台开发和应用。自 1982 年 AutoCAD 的第一个版本 AutoCAD1.0 版推出至今,Autodesk 公司不断对其进行改进,已先后发布了 20 多个版本。本书基于其目前使用最为广泛的 AutoCAD 2006 版本,针对公路工程制图的特点,精选了大量典型实例,全面系统地介绍了如何使用 AutoCAD 完成公路工程图样的绘制、编辑、标注、打印等工作。

公路工程制图与其他工程制图相比,有很多特殊的线型、构造、图例和标注等。本书针对公路工程制图的这些特征,采用了大量典型的道路与桥梁工程图例来进行介绍,并尽可能将命令的讲解融入典型例图的绘制过程中。结合道路与桥梁工程的平面图、纵断面图、结构图、钢筋构造图等,介绍了使用 AutoCAD 完成道路与桥梁工程制图的步骤和要点、可能出现的问题与解决方法等。对于常用的 AutoCAD 命令,本书均从其调用方式、功能和操作要点几个方面进行详细介绍,并在每一章后都选编了大量有针对性并且与公路工程联系紧密的习题,可以有效地帮助读者巩固所学内容。

本书主要包括:绪论,AutoCAD 2006 基础知识,二维图形绘制,二维图形编辑,文字、表格与尺寸标注,道路工程制图,桥梁工程制图,三维图形绘制,高级应用技巧和图形打印输出。

参加本书编写工作的有四川交通职业技术学院阮志刚(编写第一、二、七章)、申莉(编写第三、六章)、吴莉(第八章),山东交通职业技术学院张晓燕(编写第三、四章),天津铁道职业技术学院颜炳君(编写第九、十章)。全书由阮志刚统稿。

四川交通职业技术学院副院长李全文任本书主审。在本书编写过程中得到了西南交通大学计算机与通信学院赖欣博士,湖南交通职业技术学院潘理、郭嘉老师以及四川交通职业技术学院杨平、李刚、陈华卫等老师的大力支持,在此表示感谢。

限于作者的水平和经验,书中难免有不当之处,恳请各位读者予以批评指正。

编 者

2008 年 1 月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 公路 CAD 的概况	1
第二节 CAD 系统的组成	7
第三节 本课程的学习目标、任务及方法	12
本章小结	12
第二章 AutoCAD2006 基础知识	13
第一节 AutoCAD 2006 基本操作	13
第二节 AutoCAD 2006 的坐标输入	21
第三节 AutoCAD 2006 的绘图环境设置	23
第四节 AutoCAD 的绘图流程	35
本章小结	36
操作实训	37
第三章 二维图形绘制	38
第一节 点、直线及折线图形的绘制	38
第二节 曲线图形的绘制	54
第三节 图案填充	61
本章小结	68
操作实训	68
第四章 二维图形编辑	71
第一节 对象的选取	71
第二节 常用编辑命令	75
第三节 高级编辑命令	95
本章小结	99
操作实训	100
第五章 文字、表格与尺寸标注	102
第一节 向图形中添加文本	102
第二节 向图形中加入表格	110
第三节 尺寸标注样式	117
第四节 尺寸标注	128
本章小结	136
操作实训	136
第六章 道路工程制图	139
第一节 绘图前的准备	139

第二节 道路路线图	142
第三节 路基、路面及排水防护工程图	148
第四节 路线平面交叉图及标志标牌设计图	152
本章小结	154
操作实训	155
第七章 桥梁工程制图	156
第一节 桥梁总体布置图的绘制	156
第二节 桥梁结构图的绘制	160
第三节 桥梁钢筋构造图的绘制	169
本章小结	172
操作实训	172
第八章 三维图形绘制	174
第一节 用户坐标系的创建与应用	174
第二节 三维实体的创建与编辑	177
第三节 三维视图	185
第四节 三维建模在道路与桥梁工程中的应用	191
第五节 轴测图	196
本章小结	199
操作实训	199
第九章 高级应用技巧	200
第一节 高级图形查询与选择	200
第二节 图块与外部参照	205
第三节 工具选项板与设计中心	213
第四节 Excel、Word 与 AutoCAD 的结合与应用	216
本章小结	227
操作实训	227
第十章 图形打印输出	230
第一节 模型空间与图纸空间	230
第二节 在图纸空间中创建打印布局	232
第三节 图形的打印输出	238
本章小结	243
操作实训	243
附 录	244
附表 1 AutoCAD2006 命令与快捷键对照表	244
附表 2 主要键盘快捷键功能对照表	249
参考文献	251

第一章 绪 论

学习目的: 1. 了解公路 CAD 基本概念及其发展概况、发展趋势。

2. 了解公路 CAD 对计算机软硬件的要求。

3. 掌握本课程的学习内容和方法。

本章重点: 公路 CAD 的发展趋势与应用领域, AutoCAD 的功能与基本特点。

第一节 公路 CAD 的概况

CAD (Computer Aided Design) 是计算机辅助设计的简称。公路 CAD 是公路计算机辅助设计的简称, 它又包括道路工程计算机辅助设计和桥梁工程计算机辅助设计两个方向, 其中道路计算机辅助设计涉及路线、路基工程, 路面工程, 桥涵工程, 交通设施等的设计, 而桥梁计算机辅助设计则包括桥梁的总体设计、结构分析与设计、荷载分析计算等。

一、计算机辅助设计的发展

计算机辅助设计 (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, 它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 技术及其应用得到了迅猛发展, 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。在很多领域 CAD 已经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重要手段。CAD 技术是一场深刻的技术革命, 自 1963 年 MIT (麻省理工学院) 的一位研究生首次提出 CAD 的概念至今, 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。

目前, CAD 技术已在各项工程设计领域的各个阶段得到广泛应用, 显著提高了公路设计的质量, 加速了设计进度, 使工程建设项目达到方案优、投资省、工期短、效益好的要求。

作为计算机技术应用的重要领域之一, CAD 技术是伴随着计算机技术的发展而逐步成熟、完善的, 其发展过程大致可以分为四个阶段。

1. 第一代 CAD 系统

该阶段处于 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 技术实质上还处于实验阶段。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。由于这一阶段的电子计算机还不具备实用的图形处理功能, 计算机在公路设计中的应用, 只局限于解决单纯的计算问题, 如平面和纵面几何线形的计算, 横断面设计和土石方工程量的计算以及输出设计数据表等。

2. 第二代 CAD 系统

该阶段处于 20 世纪 60 年代末至 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,图形支撑软件同样基于二维图形系统,但增加了非几何数据处理和数据库管理。这个时期硬件设备和 CAD 技术都得到较快发展,CAD 进入到应用阶段。计算机的发展促使结构分析软件迅速发展,特别是随着大型通用有限元程序的出现,使长期困扰固体力学、结构力学领域的大量问题得以解决。它除了可以求解各种线边值问题之外,还具备解决各类非线性结构问题的能力,这使那些在过去对广大结构工程人员来说可望而不可即的各类非线性结构问题相继得到了满意的解决,并达到实用化、工程化。这一阶段 CAD 技术凭借其功能强大、使用方便、计算可靠、效率高的优点而逐渐成为商品,成为结构工程领域强有力且不可缺少的分析工具,在全球得到迅速的推广和普及。

3. 第三代 CAD 系统

该阶段处于 20 世纪 70 年代末至 90 年代,为微机与工作站 CAD 阶段。其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,很大程度上拓宽了 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、冶金等各个领域。

这一阶段的公路 CAD 技术发展更成熟,并逐步走向系统化、集成化和商品化阶段。很多国家已建立了由航测设备,计算机(包括计算机主机、绘图机、数字化仪等硬件)和专用的公路、桥梁工程设计软件包组成的集成系统,并作为商品软件推向市场,在公路工程设计中发挥了极大作用。这些系统往往包含从数据采集、建立数字地形模型、优化设计以及进行公路设计的全套计算,到绘图和表格编制的完整过程,并都有极为成功的图形环境作为支撑。同时,这一阶段的公路 CAD 系统在人机交互、可视化技术等方面都有了很大的发展,具有交互能力强、运行速度快、使用灵活方便等突出优点。如德国的 CARD/1、英国的 MOSS 和美国 Intergraph 公司推出的 INROADS 等公路 CAD 系统,均是结构完整、功能强大且商品化程度很高的软件,在国际市场上占有较大的份额。

4. 第四代 CAD 系统

该阶段从 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 GUI (Graphics User Interface) 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运用,可以实时显示设计成果的三维模型,使 CAD/CAM (Computer Aided Manufacturing) 的信息集成,使工程和产品的设计、生产、管理一体化成为可能。

伴随着多媒体技术、网络技术和可视化技术的发展,这一阶段的公路 CAD 系统以更新、更先进的面貌出现在人们面前。在数据采集方面,GPS (全球定位系统),数字摄影测量,遥感地址解释等新技术、新设备、新理论在公路设计中的应用,给传统的工程勘测、设计手段

带来巨大的变革,使实现工程设计所必需的原始地形数据采集的自动化成为可能,公路与桥梁的设计也将逐步由计算机辅助设计向自动化设计过渡。

二、CAD 的目的与意义

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,重复性工作则主要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;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;可以减少设计误差,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,取得明显的经济效益。

三、CAD 在土木工程中的运用

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

本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。

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. 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(地理信息系统)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订和决策支持,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。

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,极大地提高了 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以下几个方面:

(1) 建筑工程设计:包括建筑设计、结构设计以及安装工程设计。其中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;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;安装工程设计包括水、电、暖通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、市政管网设计等。

(3) 交通工程设计:包括公路、桥梁、铁路、机场、港口、码头等工程设计。

(4) 水利水电工程设计:包括大坝、水渠、水利枢纽、河海工程等。

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、具体施工及工程进度管理、工程验收等环节。目前,CAD 技术已经广泛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, 虚拟建造技术以及信息化施工技术在工程施工中都得到了研究和应用, 这将进一步提高工程施工技术和管理的现代化水平。

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订、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。

四、我国公路 CAD 的发展

我国公路 CAD 的研究始于 20 世纪 70 年代后期, 虽然起步较晚, 但发展迅速。

自 1979 年起, 同济大学、长安大学、重庆交通学院、重庆公路研究所、交通部第二公路勘测设计院等单位先后对公路的纵断面优化技术、平面及空间线性优化技术等进行了研究, 开发了各自的优化设计程序。这些程序经试算, 证明其优化效果是令人满意的。但优化设计中目标函数的确定, 如反映公路几何线形、工程造价与汽车的行驶时间、燃油消耗以及运营费用等这些主要因素之间的数学模型等, 还不易客观真实地得到, 这使得对方案的优化缺乏客观、符合实际的评价尺度, 影响了其在实际工程设计中的应用。因此, 在优化设计系统方面, 还有待于进一步的理论探讨和研究开发。

20 世纪 80 年代以来, 随着我国公路建设的高速发展, 对 CAD 技术的需求不断增大, 大大促进了我国公路 CAD 系统的开发与应用, 许多院校、交通设计院相继开发了公路路线计算机辅助设计系统、公路中小桥 CAD 系统、涵洞 CAD 系统、城市道路 CAD 系统等道桥工程设计软件, 有不少 CAD 成果已不同程度地在实际工程设计中得到应用, 并在使用和推广过程中不断得到完善。国内公路 CAD 研究的内容几乎涉及公路设计的各个方面, 如路线、路基、路面、桥梁、涵洞、立交、挡墙、交通工程、规划、预可行性研究报告、工程可行性研究报告、成本效益分析、概预算、后评估、工程项目管理、监理和公路数据库等。

从 1989 年开始, 由交通部组织实施的国家“七五”重点科技攻关项目“高等级公路路线综合优化和计算机辅助设计系统”(简称路线 CAD 系统 HICAD) 和“高等级公路桥梁计算机辅助设计系统”(简称桥梁 CAD 系统 JT-HBCADS) 的开发成功与推广应用, 为我国公路行业大规模使用 CAD 技术作出了重大的贡献。

进入 21 世纪以来, 我国的公路 CAD 技术基于国内已有公路 CAD 系统和当前的计算机软硬件平台, 在地形数据采集(如 GPS、航测及数字测图、遥感、地面速测等)、工程数据库和系统的集成化、可视化、智能化、三维设计、动态仿真、高交互性、商品化程度上有所突破,

使我国的公路 CAD 基础理论及实际应用上了一个新台阶,提高了我国公路的测设水平,加强了我国公路的测设能力,有利于逐步实现公路测设的自动化。

当前,国内有代表性的路线软件包括路线大师、纬地公路设计系统、海德路线设计系统、道路集成 CAD 系统、海地公路优化设计系统、路线与互通立交集成 CAD 系统等。桥涵设计软件包括桥梁大师、海地公路优化设计系统、桥梁通和桥梁集成 CAD 系统、桥梁博士(力学计算专用)、海特 PCV(涵洞设计专用)等。路基稳定性及挡土墙设计软件包括理正系统软件以及同济大学的“启明星”软件等。路面软件包括沥青路面设计演算软件 APDS,东南大学开发的公路路面设计系统 HPDS 等。

五、公路 CAD 的发展趋势

1. CAD 技术发展的总趋势

当前,计算机技术及相应支撑软件系统的发展日新月异,大大促进了 CAD 技术的发展。其发展的热点首推 CAD 系统的可视化、集成化、智能化与网络化技术。

(1) 可视化。科学计算中的可视化技术(Visualization in Scientific Computing, VISC)是于 20 世纪 80 年代末提出并发展起来的一门新技术。它是利用计算机图形学和图像处理技术,将数据转换成图形或图像在屏幕上显示出来,并进行交互处理的理论、方法和技术。它能把各种数据,包括测量获得的数值、图像,或是计算中涉及、产生的数字信息,变为直观的、以图形图像信息表示的、随时间和空间变化的物理现象或物理量呈现在研究者面前,使他们能够观察、模拟和计算。而在可视化基础上发展起来的 CAD 虚拟环境可使设计者处在自己想象的设计空间中,亲临现场似的对工程进行设计和布置,这样能够充分发挥设计者的聪明智慧,使设计质量趋于完美。可视化技术的发展满足了当前信息时代人类处理大量复杂数据的需要,也满足了研究人员和工程技术人员控制、干预计算过程和设计过程的需要。作为科学研究的新工具,可视化技术对科学的发展有着极大的推动作用,它将作为超越应用和技术界限的人类信息交流的新形式。

(2) 集成化。集成(Integration)技术主要是实现对系统中各应用程序所需要的信息及所产生的信息的统一管理,达到软件资源和信息的高度共享和交换,避免不必要的重复和冗余,充分提高计算机资源的利用率。CAD 技术的集成化体现在三个层次上:其一是广义 CAD 功能,CAD/CAM/CAE/EPR/PDM 等经过多种集成形式成为企业一体化解决方案,推动信息化进程。目前创新设计能力(CAD)与现代企业管理能力(ERP、PDM)的集成,已成为信息化的重点;其二是将 CAD 技术能采用的算法做成专用芯片以提高 CAD 系统的效率;其三是 CAD 基于网络计算环境实现异地、异构系统在企业间的集成。应运而生的虚拟设计、虚拟制造、虚拟企业就是该集成层次上的应用。

(3) 智能化。设计工作是一个含有高度智能的人类创造性活动领域,智能 CAD 是 CAD 发展的必然方向。从人类认识和思维的模式来看,现有的人工智能技术对模拟人类的思维活动(包括形象思维、抽象思维和创造性思维等多种形式)往往是束手无策的。现有的传统 CAD 系统,基本上都是采用基于算法的技术。这种基于算法的传统的 CAD 系统虽然采用的方法比较简单,处理的费用比较低廉,但处理能力局限性较大,特别是缺乏综合分析和选择、判断的能力,系统在使用时常常需要具有较高专业知识和较丰富实践经验的设计人员,通过人机交互手段才能完成设计。因此,智能 CAD 不仅仅是简单地将现有的智能技术与 CAD 技术相结合,更要深入研究人类设计的思维模型,并用信息技术来表达和模拟。这样不仅会产生高

效的 CAD 系统，而且必将为人工智能领域提供新的理论和方法。CAD 的这个发展趋势，将对信息科学的发展产生深刻的影响。

(4) 网络化。网络技术越来越引起人们的重视，资源共享问题是网络化社会共同关注的问题。由于每一个用户都可以共享网中任意位置上的资源，所以网络设计者可以全面统一地考虑各工作站上的具体配置，从而达到用最低的费用获得最好的效果的目标。总之，CAD 系统的网络化建设可以根据资源需要的程度，配备尽量少的软、硬件资源，需要使用时，可以相互调用，这样使整个建网费用和网络功能的选择被控制在最佳状态。

综上所述，CAD 系统的可视化、集成化、智能化与网络化技术是当今 CAD 技术的主要发展方向。

2. 公路 CAD 技术的发展趋势

(1) CAD 软件技术的发展。公路 CAD 技术是 CAD 技术在道路、桥梁设计领域的具体应用，是伴随着 CAD 技术的发展而发展起来的。所以，公路 CAD 技术在软件、系统方面的发展也与当今国际上 CAD 技术发展方向一致，也集中在可视化、集成化、智能化与网络化技术方面。其具体内容包括三维图形仿真、多维空间显示模型、可视化、高交互性、多媒体技术、CAD 虚拟环境、集成系统的开发、工程数据库、图形支持、专家系统、神经网络模型和网络技术等方面。

(2) 公路 CAD 系统功能的发展。从公路 CAD 系统对设计的支持来看，主要是向实现设计全过程的整体自动化方向发展。即将先进的测设方法、设计理论与 CAD 技术融为一体，从有效的数据自动采集，到设计、分析、计算与优化，直至最终输出设计成果，形成覆盖设计全过程的自动化设计系统是公路 CAD 系统发展的主要发展方向。

第二节 CAD 系统的组成

一、CAD 系统的组成

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计算机硬件和软件的集合，包括 CAD 硬件系统和 CAD 软件系统，如图 1.1 所示。

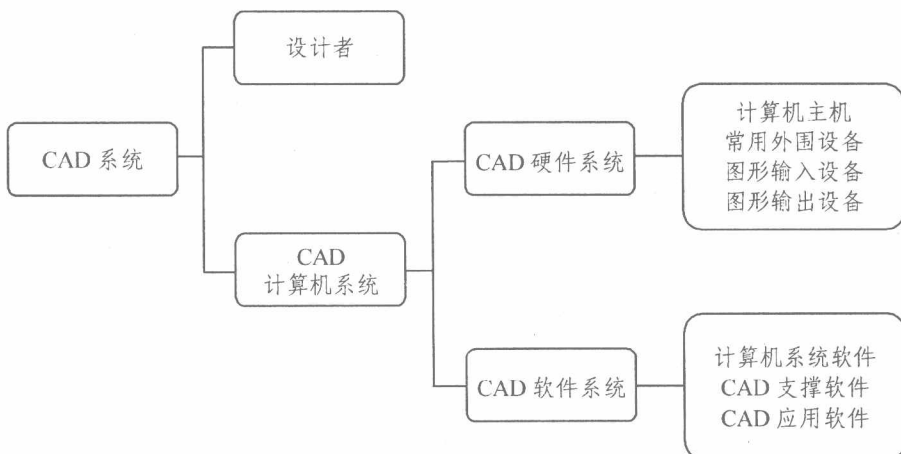


图 1.1 CAD 系统的组成

1. CAD 硬件系统

CAD 硬件系统是指专门用于 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。CAD 硬件系统组成如图 1.2 所示。

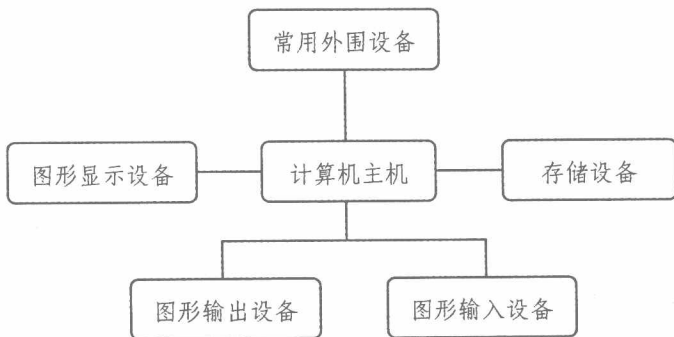


图 1.2 CAD 硬件系统组成

(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。为保证 CAD 系统的顺畅运行, 建议采用如下硬件配置:

CPU: 选择 P4 2.4 GHz 或 AMD Athon64 3000+以上主频 CPU。

内存: 512 MB 以上 DDR400 双通道内存。

硬盘: 80 GB 以上容量, 有条件可以选择串口硬盘或 SCSI 接口硬盘。

显卡: 一般应用选择主流 64 MB 以上显存显卡即可, 如果需要进行比较复杂的三维建模, 可以选择专业图形显卡。

光驱: 选择主流光驱即可, 如有需要可以选择 DVD 刻录光驱以满足大容量图形文件备份的需要。

(2) 外围设备: 主要包括鼠标、键盘, 用于输入字符和数字, 也可以完成图形操作的特定功能。

(3) 图形显示设备: 用于显示图形, 反馈信息。用于执行绘图等工作的显示器, 最好选择在 17 英寸以上, 以便有更大的显示区域满足观察图形需要。

(4) 图形输入设备: 包括电子绘图仪、扫描仪等, 用于与鼠标、键盘配合输入数据、图形和各种信息等。与图形显示设备相结合还可以实时修改图形。

(5) 图形输出设备: 包括打印机、绘图仪等, 用于在图纸或其他介质上输出图形, 便于实际使用。

(6) 存储设备: 用于存储和管理各种数据、图形资料和各种设计信息。

2. CAD 软件系统

计算机辅助设计过程中, 计算机是帮助设计人员完成设计工作的工具, 这个工具的效率高低, 不仅取决于计算机的硬件性能, 还取决于计算机的软件资源。CAD 的软件系统由计算机系统软件、CAD 支撑软件和 CAD 应用软件组成。

(1) 计算机系统软件的任务是使计算机的各个部件、相关软件和数据相互协调、高效地工作。系统软件包括操作系统、语言编译系统和服务性软件等。操作系统是一组对计算机的硬件资源和软件资源进行统一管理的程序, 它对整个计算机系统起到监控、管理、调度和指挥的作用, 如 Windows XP、Mac OS X 等。语言编译系统用于将高级语言编写的程序翻译成计算机能够直接执行的机器指令, 包括各种计算机语言的编译程序、调试程序等。服务性软件是为用户对计算机进行操作和维护提供方便的程序, 主要包括监控管理程序、故障检查程序、测试诊断程序等。

(2) CAD 支撑软件是为应用软件的开发者提供一系列服务的开发工具, 从而减少软件开发的工作量, 缩短开发周期, 也使应用软件更加易于修改和维护。本书所介绍的美国 Autodesk 公司开发的 AutoCAD 系统就是属于这一类的 CAD 支撑软件系统, 它除了能完成基本图形的绘制、编辑等工作外, 还为很多专业软件提供了支撑平台。目前所使用的大多数专业设计软件都是基于 AutoCAD 二次开发完成的。

(3) CAD 应用软件。应用软件是帮助设计人员完成特定领域工作的软件, 如前面提到的专门用于公路设计的海地公路优化设计系统, 用于桥梁设计的桥梁大师、用于涵洞设计的海特 PCV 等。

二、公路 CAD 的特点与工作流程

公路 CAD 的主要工作是辅助设计人员完成道路与桥梁工程的设计工作, 其内容包括设计方案的构思和形成, 方案的比较和选择, 工程的计算与优化, 设计图表的绘制与设计文件的输出等一系列工作。从这个过程来看, 公路 CAD 并不是单纯的计算分析, 也不是单纯的计算机自动绘图, 而是设计者的才智、经验、创造性思维与计算机高速、准确等优势完美结合。计算机的任务实质上是进行大量的信息加工、管理和交换, 也就是在设计人员初步构思、判断、决策以及提供各种规范、约束、经验等的基础上, 由计算机对大量的设计数据进行检索、提取, 根据设计要求进行计算分析及优化, 并将设计结果以图形或表格的方式显示出来供设计人员进行决策, 或采用人机交互手段反复加以修改, 最终完成工程设计的过程。公路 CAD 的工作过程如图 1.3 所示。

一个完备的公路 CAD 系统对计算机的要求除硬件外, 还必须具备一些其他条件。

(1) 工程数据库。用来存储与管理设计有关的所有信息, 如设计标准与规范、标准设计图集、地形地质等原始数据, 设计原始数据, 设计过程中生成的中间数据及成果数据等, 并对工程设计的全过程进行支持。

(2) 具有良好界面和高交互性能的图形库。能对设计过程中二维及三维图形的信息进行处理, 并能在此基础上建立工程设计所需的基本图形库, 快速产生设计图样, 并能提供方便灵活、功能强大的图形交互设计、修改的功能。

(3) 具有设计所需的工程设计、分析与绘图等各种应用程序, 用以进行工程的计算、分析, 生成设计图、表, 完成工程设计。

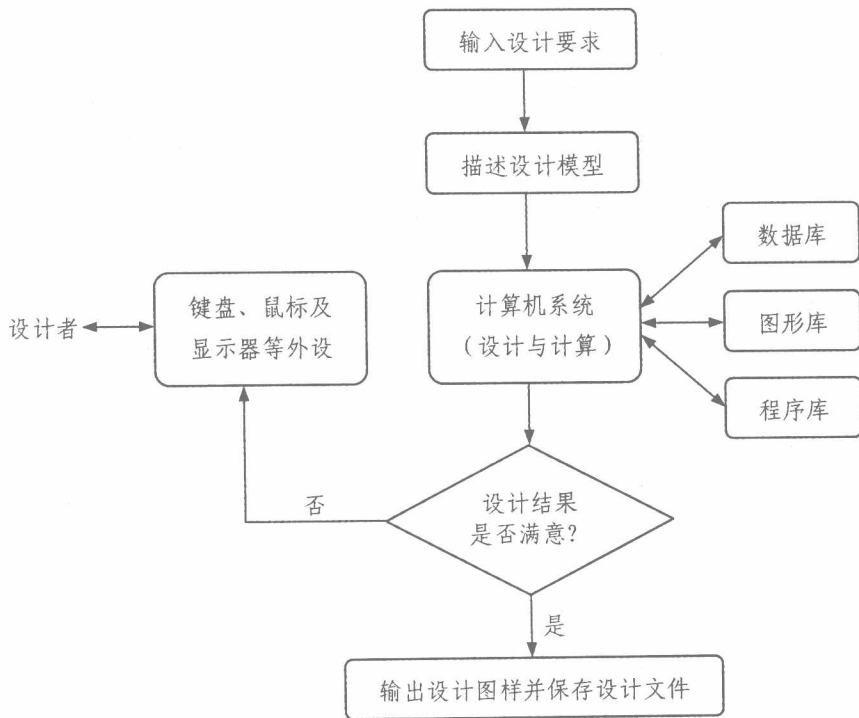


图 1.3 CAD 系统工作流程示意图

三、AutoCAD 软件简介

AutoCAD 是由美国 Autodesk 公司于 20 世纪 80 年代初为微机上应用 CAD 技术而开发的绘图程序软件包，经过不断地完善，现已经成为国际上广为流行的绘图工具。

AutoCAD 可以绘制任意二维和三维图形，并且同传统的手工绘图相比，用 AutoCAD 绘图速度更快、精度更高，已经在航空、航天、造船、建筑、机械、电子、化工、美工、轻纺等很多领域得到了广泛应用，并取得了丰硕的成果和巨大的经济效益。

AutoCAD 具有良好的用户界面，通过交互菜单或命令行方式便可以进行各种操作。它的多文档设计环境，让非计算机专业人员也能很快地学会使用，在不断实践的过程中更好地掌握它的各种应用和开发技巧，从而不断提高工作效率。

AutoCAD 具有广泛的适应性，它可以在各种操作系统支持的微型计算机和工作站上运行，并支持各种图形显示设备、数字仪、绘图仪和打印机，为 CAD 的普及创造了条件。

AutoCAD 的发展过程可分为初级阶段、发展阶段、高级发展阶段、完善阶段和进一步完善阶段五个阶段。

1982—1984 年为 AutoCAD 发展的初级阶段，在这一阶段里 AutoCAD 更新了五个版本：1982 年 11 月，首次推出了 AutoCAD 1.0 版本，其容量仅为一张 360 KB 的软盘，无菜单，命令需要死记硬背，其执行方式类似 DOS 命令。1983 年 4 月，推出了 AutoCAD 1.2 版本，具备尺寸标注功能。1983 年 8 月，推出了 AutoCAD 1.3 版本，开始具备文字对齐及颜色定义功能以及图形输出功能。1983 年 10 月，推出了 AutoCAD 1.4 版本，其图形编辑功能加强。1984

年 10 月,推出了 AutoCAD 2.0 版本,增加了大量图形绘制及编辑功能,如 VIEW、SCRIPT,等等。

1985—1987 年为 AutoCAD 发展过程中的发展阶段,在这一阶段里,AutoCAD 更新了以下版本:1985 年 5 月,推出了 AutoCAD 2.17 版本和 2.18 版本,此时,AutoCAD 中出现了屏幕菜单,再不需要死记硬背命令,而直接在屏幕上调用。同时 Autolisp 粗具雏形,AutoCAD 的容量也增加到 2 张 360 KB 软盘。1986 年 6 月,推出了 AutoCAD 2.5 版本,在这一版本中 Autolisp 有了系统化语法,使用者可改进和推广,并随之出现了基于 AutoCAD 的第三开发商的新兴行业。1986 年 11 月,推出了 AutoCAD 2.6 版本,在这一版本中新增了 3D 功能,AutoCAD 已成为美国高校的必修课。1987 年 9 月后,陆续推出了 AutoCAD 9.0 版本和 9.03 版本,在新版本中出现了状态行、下拉式菜单等新功能。从这一版本开始,AutoCAD 开始以加密方式在国外销售。

1988—1992 年是 AutoCAD 发展的高级发展阶段,在这一阶段里,AutoCAD 经历了三个版本,使 AutoCAD 的高级协助设计功能逐步完善。它们是 1988 年 8 月推出的 AutoCAD 10.0 版本、1990 年推出的 11.0 版本和 1992 年推出的 12.0 版本,其中 AutoCAD R12 版本首次开始采用 DOS 与 Windows 两种操作环境,并出现了工具条,使得绘图操作更加便捷。

1996 年至 1999 年是 AutoCAD 的完善阶段,在这一阶段中,AutoCAD 经历了三个版本,并开始逐步由 DOS 平台转向 Windows 平台。1996 年 6 月,AutoCAD R13 版本问世,在这个版本中首次将 AME 高级造型扩展功能(Advanced Modeling Extension)纳入 AutoCAD 之中;1998 年 1 月,推出了划时代的 AutoCAD R14 版本,该版本适应当时最先进的 Pentium 机型及 Windows95/NT 操作环境,并实现了与 Internet 网络连接,操作更方便,运行更快捷,首次推出的中文版本实现了中文操作;1999 年 1 月,AutoCAD 公司推出了 AutoCAD 2000 版本(AutoCAD R15),提供了更开放的二次开发环境,出现了 Vlisip 独立编程环境,同时,3D 绘图及编辑更方便。

自 2001 年起,AutoCAD 的发展进入了进一步完善阶段,在这一阶段中 AutoCAD 几乎每一年推出一个新的版本,无论从功能上还是易用性上都在不断地改进和加强。2001 年 9 月 Autodesk 公司向用户发布了 AutoCAD 2002 版本,在这一版本中提供了以设计为中心的合作工具和标准以及展开管理功能,使用户可以与设计组密切而高效地共享信息;2003 年 5 月,Autodesk 公司推出 AutoCAD 2004 简体中文版,与它的前一版本 AutoCAD 2002 相比,AutoCAD 2004 在速度、数据共享和软件管理方面有明显的改进和提高。AutoCAD 2004 拥有轻松的设计环境,它将把用户的注意力从键盘、鼠标和其他输入设备转移到设计上来。在完成任务的自动化方面,AutoCAD 2004 还向用户提供实时的信息和数据访问,帮助用户进行设计。

2005 年 3 月,Autodesk 公司发布了 AutoCAD2006 版本,该版本对用户界面进行了很大的改进,它让用户能更简单的与软件交互,使用户能更注重自己的设计。同时,在 AutoCAD 2006 版本中,大多数的绘图和编辑命令都被增强,使绘图和编辑任务变得更加流畅。AutoCAD 2006 凭借其强大的功能、新颖的界面,一经推出就得到广大工程设计人员的广泛欢迎。本书也将基于 AutoCAD 2006 向大家介绍使用 AutoCAD 绘制公路工程图样的方法和技巧。