

GONGLU GONGCHENG CAD

公路工程CAD

郑益民 主编



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

公路工程 CAD

郑益民 主编

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共 13 章, 分为 5 个部分: 第一部分介绍公路工程 CAD 概念和基础知识, 包括公路工程 CAD 系统的软硬件环境、软件工程基础知识和工程数据库的概念; 第二部分介绍国际通用绘图软件 AutoCAD 2006 的二维绘图和编辑命令、文字标注、尺寸标注; 第三部分介绍公路工程 CAD 系统的结构与应用, 包括地形数据采集和数字地面模型的原理、建立方法及应用, 公路工程 CAD 系统的基本原理、总体结构, 路线平、纵、横设计方法, 涵洞设计方法; 第四部分介绍 AutoCAD 与 Windows 其他应用程序的数据交换和格式转换、AutoCAD 的第三代开发工具 Visual Basic for Application 及公路工程 CAD 二次开发技术; 第五部分介绍国内外优秀道路 CAD 软件。

本书适合作为高等院校土木工程专业的本、专科学生的教材, 也可供从事道路工程、市政工程、建筑等行业的设计、施工、科研、教学人员应用和参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

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

公路工程 CAD / 郑益民主编. — 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2010. 5
ISBN 978-7-5121-0106-7

I. ①公… II. ①郑… III. ①道路工程—计算机辅助设计 IV. ①U412.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 077308 号

责任编辑: 刘 洵

出版发行: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010-62776969

北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010-51686414

印刷者: 北京泽宇印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×230 印张: 22.5 字数: 502 千字

版 次: 2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5121-0106-7/U·54

印 数: 1~4 000 册 定价: 33.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前言

随着计算机科学技术的快速发展和测量新技术的不断出现,公路勘测设计技术进入了一个以计算机新技术和测量新技术相结合的公路测设现代化新阶段。测设手段逐步完善,设计速度显著提高,设计成果更加合理。公路工程 CAD 技术是当今公路测设新技术的重要组成部分,学习和掌握 CAD 知识与技术是学生利用计算机进行公路设计不可缺少的教学环节。通过学习本书可以较系统地掌握公路工程 CAD 的基础知识和技能、专业软件的二次开发及编程基础,为将来从事公路工程设计、施工和管理等工作打下一个良好的基础。

目前国内有关道路 CAD 的教材或书籍有多种,或注重理论或强调操作。本书力求理论知识与实践操作相并重、能力培养与创新思维相结合,内容上循序渐进,紧贴公路设计行业所需。在较系统介绍公路 CAD 理论知识的基础上,讲解国际通用绘图软件 AutoCAD 2006 的操作方法和技能,以增加实用性。在介绍公路 CAD 系统的基本原理及路线平、纵、横设计方法的同时,还介绍常用公路工程 CAD 软件的使用方法,以增加可读性和可操作性。在介绍 CAD 基础理论和 CAD 操作技能的基础上,介绍 CAD 二次开发技术,以培养学生的创新能力。为便于学生学习,书中加入了很多操作实例,并在每一章后面附有练习与思考。

本书共 13 章。第一章介绍公路工程 CAD 的基本概念;第二章介绍公路工程 CAD 的基础知识;第三、四、五章分别介绍 AutoCAD 的基础知识、二维图形绘制和编辑命令、文字标注、尺寸标注;第六章介绍图块和外部参照;第七章介绍 AutoCAD 与其他应用程序的数据交换和格式转换;第八章介绍公路测设数据的采集方法;第九章介绍路线设计的基本原理, CAD 系统的总体结构,路线平、纵、横设计方法;第十章介绍道路工程三维建模的基本概念和方法;第十一章介绍涵洞设计的 CAD 方法;第十二章介绍 AutoCAD 的第三代开发工具 Visual Basic for Application 及公路工程 CAD 二次开发技术;第十三章介绍国内外优秀公路工程 CAD 软件。

本书适合作为高等院校的土木工程、公路与城市道路等专业的本、专科学生的教材,也可供从事道路工程、市政工程、建筑工程等行业的设计、施工、科研及教学人员应用和参考。

本书由鲁东大学郑益民主编,其中郑益民编写第九章第一、二节和第十一、十二章;鲁东大学郭兰英编写第一、二、十章和第九章第三、四节;刘智儒编写第四、五章;内蒙古大学交通学院伍必庆编写第六、七章;鲁东大学孙树贤编写第三、八、十三章,最后由郑益民统稿。

由于时间仓促,本人水平有限,书中难免存在错误和疏漏,敬请广大读者批评指正。

鲁东大学土木学院

郑益民

2010 年 5 月

目 录

第一章 公路工程 CAD 概述	1
第一节 CAD 基本概念.....	1
第二节 公路工程 CAD 研究及发展状况.....	2
第三节 现有公路工程 CAD 系统及其应用存在的问题.....	5
第四节 公路工程 CAD 的发展趋势.....	6
练习与思考.....	8
第二章 公路工程 CAD 基础	9
第一节 公路工程 CAD 系统的硬、软件环境.....	9
第二节 软件工程概要.....	18
第三节 工程数据库概述.....	28
练习与思考.....	36
第三章 AutoCAD 基础知识	38
第一节 AutoCAD 概述.....	38
第二节 AutoCAD 2006 的用户界面.....	39
第三节 AutoCAD 的文件操作.....	41
第四节 AutoCAD 的坐标系及坐标点选取.....	43
第五节 设置 AutoCAD 的绘图环境.....	45
第六节 图层、线型、线宽及颜色控制.....	48
练习与思考.....	54
第四章 二维图形的绘制和编辑	55
第一节 绘制二维图形.....	55
第二节 精确绘图的定位方法.....	83
第三节 编辑二维图形.....	91
练习与思考.....	121
第五章 文字标注及尺寸标注	123
第一节 文字标注.....	123
第二节 尺寸标注.....	131
练习与思考.....	154

第六章 图块与外部参照	156
第一节 定义图块	156
第二节 图块存盘	158
第三节 插入图块	159
第四节 图块属性	160
第五节 外部参照	163
练习与思考	167
第七章 数据交换与格式转换	168
第一节 数据交换	168
第二节 格式转换	171
第三节 DXF 文件格式和应用	172
练习与思考	177
第八章 数据采集方法	178
第一节 航测数据采集	178
第二节 全球定位系统及其数据采集	182
第三节 地形图数字化	190
第四节 全站仪野外数据采集和应用	192
第五节 数字地面模型	196
练习与思考	205
第九章 路线设计	206
第一节 路线 CAD 系统总体结构及设计流程	206
第二节 平面设计	210
第三节 纵断面设计	224
第四节 横断面设计	228
练习与思考	236
第十章 道路工程三维建模方法	237
第一节 道路工程三维建模的内容	237
第二节 三维物体的构造模型和创建方法	238
第三节 道路三维建模方法	248
第四节 桥梁三维建模方法	252
第五节 附属设施三维建模	256
第六节 三维动画制作	256
练习与思考	258
第十一章 涵洞设计	260
第一节 涵洞 CAD 系统功能及结构	260

第二节	涵洞设计数据管理	261
第三节	涵洞绘图	263
第四节	涵洞设计的工作流程、方法及步骤	266
	练习与思考	270
第十二章	公路工程 CAD 二次开发技术	271
第一节	公路工程 CAD 二次开发的主要内容和工具	271
第二节	定制公路工程 CAD 系统	273
第三节	VBA 开发环境与编程基础	285
第四节	ActiveX 技术	292
第五节	用 VBA 创建图形函数	302
第六节	桥梁专用函数示例	313
第七节	道路工程专用函数示例	317
第八节	VBA 程序加密、加载和运行	321
	练习与思考	324
第十三章	国内外优秀公路工程 CAD 软件简介	325
第一节	德国 CARD/1 软件	325
第二节	英国 MXRoad 软件	327
第三节	纬地道路辅助设计系统	327
	练习与思考	349
	参考文献	351

第一章

公路工程 CAD 概述

第一节 CAD 基本概念

CAD 是计算机辅助设计 (Computer Aided Design) 的简称。它是指以计算机为主要工具和手段进行产品或工程设计。它特别适用于承担设计过程中机械的、繁重的事务,使设计人员将更多的精力用于设计方案的比选和决策上,提高设计质量和设计效率,使劳动密集型产业逐步被技术密集型产业所代替。CAD 技术通常包括方案优化、交互设计、计算与分析、绘图和文档制作等内容。

CAD 技术是研究计算机在设计领域中应用的综合技术,它作为 20 世纪公认的重大技术成果之一,正在深刻地影响着当今工业界和各个工程领域。它是一门涉及计算机科学、计算数学、计算几何、计算机图形学、数据结构、数据库、软件工程、仿真技术、人工智能等多学科、多领域的新兴学科。CAD 技术具有高智力、知识密集、更新速度快、综合性强、投入高和效益大等特点,是当今国际科技领域的前沿课题。

与传统设计方法相比 CAD 技术具有如下优点:

- ① 提高设计效率,缩短设计周期,据有关资料显示能提高设计效率 10~25 倍,缩短设计周期为原来的 $1/3 \sim 1/6$;
- ② 提高设计质量,优化设计成果;
- ③ 减轻劳动强度,充分发挥人的智慧;
- ④ 有利于设计工作规范化,设计成果标准化。

由于 CAD 技术具有上述优点,在 20 世纪 70 年代 CAD 技术发展的初期便很快受到产品设计和工程设计领域的追捧,并随着计算机技术的快速发展逐步向各个领域拓展。目前,CAD 技术在发达国家已广泛应用于机械、电子、航空、汽车、船舶和土木工程等各个领域,成为改善产品质量与提高工程应用水平、降低成本、缩短工程建设周期和解放生产力的重要手段。迄今为止,CAD 技术已成为一个推动行业技术进步、能够创造大量财富、具有相当规模的新兴产业部门——软件产业,CAD 技术的开发与应用水平正逐步成为衡量一个国家科技现代化与工业现代化程度的重要标志之一。



与早期的用计算机程序进行工程设计相比,现代 CAD 技术的主要特征之一是交互式设计。用程序进行设计时人机没有交互过程,设计进程完全由计算机控制,设计者对中间结果完全不知。而 CAD 系统的设计过程是由人机交互进行的,中间结果及最后成果可以实时显示。设计进程由人来控制,当设计结果不满意时可以从某个阶段重新进行,反复设计。

CAD 系统由硬件系统和软件系统组成。CAD 硬件系统主要包括计算机主机和外围设备两大部分。一个理想的 CAD 软件系统应包括科学计算、图形系统和数据库三个方面。

科学计算包括通用数学库、系统数学库及设计过程中占有很大比例的常规设计、优化设计、有限元分析等,它是实现相应专业的工程设计、计算分析及绘图等具体专用功能的程序系统,是 CAD 技术应用于工程实践的保证。

图形系统包括几何建模、绘制工程设计图、绘制各种函数曲线、绘制各种数据表格、在图形显示器上进行图形变换及分析、模拟与仿真等内容,是 CAD 系统进行图形操作的平台。

数据库是一个通用的、综合性的减少数据重复存储的“数据集合”。它按照信息的自然联系来构成数据,用各种方法来对数据进行各种组合和管理,以满足各种需要,使设计所需的数据便于提取、新的数据易于补充。内容包括原始资料、设计标准及规范、中间结果、图表和文件等。在一个完整的 CAD 系统中,需要对大量的数据资源进行组织和管理,从某种意义上讲,数据库是 CAD 系统的基础。

公路工程 CAD 系统是公路设计领域中的计算机辅助设计系统,它是集数据采集、方案优化、设计与计算、图表绘制和输出于一体的综合设计系统。系统所涉及的工程包括公路路线、路基工程、路面工程、桥涵工程、交通工程等。其主要内容包括初始设计方案的构思和形成、方案比选和优化、工程计算与分析、设计图表绘制与设计文件输出等一系列工作。

第二节 公路工程 CAD 研究及发展状况

一、国外公路工程 CAD 的发展状况

国外在 20 世纪 60 年代就将计算机应用于公路设计中,但当时只是单纯用于解决一些计算上的问题,如平面和纵断面几何线形的计算、横断面和土石方的计算、路面结构力学计算及输出数表等。由于计算时间的节省,为多个方案的比较创造了条件。随着计算机设备的快速发展,英国、美国、法国、德国和丹麦等国家先后开发出了路线纵断面优化设计系统,如英国的 HOPS 程序、德国的 EPOS 程序、法国的 Appolon 系统、丹麦哥本哈根工业大学的程序等,这些程序在提高道路设计质量的基础上降低了工程费用。联合国经济合作与开发组织于 1973 年在意大利的一条已建道路上对上述各国优化程序进行联合测试,结果表明:纵断面优化设计系统可节省土石方工程量 8%~17%,平均 10%左右,纵断面优化效果比较明显。

20 世纪 70 年代,计算机硬件技术得到快速发展,大容量、高速度的计算机开始应用于 CAD 系统,为数字地面模型(DTM)的应用提供了条件,使道路路线优化技术拓宽到平面和空间三维选线。其代表性软件有英国的 NOAN 程序、美国普度大学的 GCARS 程序、前联邦



德国的 EPOS-1 程序、美国麻省理工学院的 OPTLOG 公路路线三维空间优化程序。随着计算机绘图功能的逐步完善,计算机绘图、出图质量及速度得到明显提高,计算机绘图技术可直接提供设计和施工图纸。

20 世纪 80 年代,很多国家已建立了由航测设备、计算机(包括绘图机、数字化仪等外设)和专用软件包形成的公路工程 CAD 组合系统。软件包通常包括从数据采集、建立数字地面模型、优化技术以至全套计算机计算、绘图和报表的完整系统。例如,美国路易斯·百杰公司的 CANDID 系统以阿波罗超级小型机为主,可用于公路、涵洞、桥梁、房屋建筑等方面的设计和绘图工作,还有德国的 CARD/1 系统、英国的 MOSS 系统和美国 Infracsoft 公司的 InRoads 系统等。

进入 20 世纪 90 年代,微型计算机技术的空前发展,为公路工程 CAD 技术的普及应用创造了良好的硬件环境,一些运行于小型机或工作站上的优秀软件不失时机地移植到微型计算机上,这极大地促进了公路工程 CAD 技术的推广应用。随着计算机容量和运行速度的快速提高,操作系统在操作界面、功能等方面的改善和提高,一批具有高交互性能的图形支撑软件相继推出,进一步促进了公路工程 CAD 软件水平的提高。通过激烈的市场竞争,国外一些优秀的道路 CAD 系统最终脱颖而出,为走向国际化、满足多元化设计标准,它们克服各国文字、测设方法、设计标准、技术规范等方面的差别,开发出能适应于不同国家的版本。目前在中国市场应用比较广泛的软件有德国 Ingenieurbuero Basedow & Tornow 公司开发的 CARD/1 系统;英国 Infracsoft 公司的 MXRoad 软件(即前 MOSS 软件公司的 MOSS 系统);美国 Intergraph 公司的 InRoads 系统。这期间道路 CAD 软件的特点是以数字地面模型为依托,有较完善的地面数据采集与处理子系统,能完成除构造物之外的公路、城市道路、铁路等选线任务和设计全过程。在系统研发方面吸收先进的计算机界面技术来提高软件可视化程度,采用面向对象方法设计总体结构、提高系统的集成化程度。

二、国内公路工程 CAD 的发展状况

我国公路工程 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、西安公路学院、重庆交通学院与重庆公路研究所、交通部第二公路勘察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,并开发了各自的优化设计程序。例如,同济大学采用随机搜索—动态规划法编制的纵断面优化、空间线性优化和山区地形的平面优化程序;重庆交通学院、上海铁道学院等采用动态规划法编制的纵断面优化程序;西安公路学院考虑了目标函数中包括道路建造费用的纵断面优化程序等。这些程序经在已建工程中测试,证明其优化效果是令人满意的。

20 世纪 80 年代,国内多所高等院校和交通设计院相继开发了公路路线微机辅助设计系统、涵洞 CAD 系统、立交 CAD 系统等公路设计软件,其中有些 CAD 系统已在实际工程设计中得到不同程度的应用,并在使用和推广过程中不断完善。例如,1985 年底鉴定的交通部第二公路勘察设计院所研制的公路航测和电算系统;同济大学开发的微机道路初步设计系统在好几个省得到应用;西安公路学院的公路微机辅助设计系统也在一定范围内使用。还通过

引进国外一些辅助设计系统进行二次开发和工程设计应用,如 1984 年交通部公路规划设计院以中美合营方式成立“华杰工程咨询公司”,引进了美国路易斯·伯杰公司以 CANDID 为图形平台的 ESPADD 软件系统,从事道路 CAD 的二次开发工作,并进行实际的工程设计,并取得了良好的效果。

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 技术作出了较大贡献。

公路 CAD 系统(HICAD)的开发始于 1986 年,由交通部公路规划设计院、东南大学、西安公路交通大学、湖南省交通设计院、交通部第一公路勘察设计院、长沙交通学院等 6 家单位的 30 多位工程技术人员和教师组成的攻关队伍经过 3 年的努力而完成,并通过国家鉴定和验收。该系统以 APOLLO 图形工作站作为硬件平台,软件由数字地面模型子系统,路线平、纵断面优化子系统,路线设计子系统,立交设计子系统,公路中、小桥涵设计子系统,公路工程造价分析子系统等六大专业设计子系统组成。该系统覆盖了地形数据采集→建立数字地面模型→人机交互进行路线平、纵横设计,优化设计和人工构造物的设计→图和表的屏幕编辑,并最终完成图纸的绘制及工程造价分析等成套 CAD 技术。该系统一经推出就在多项高等级公路建设中应用,并推广到 10 多个省部级公路设计院。由于 APOLLO 图形工作站在价格和使用方面与微机 CAD 系统相比都没有优势,加上 HICAD 系统的维护和推广工作也存在问题,逐渐被后来的能适应市场需求的微机公路 CAD 系统淘汰。但是该系统的研究和应用使我国公路工程 CAD 技术向前迈了一大步,并培养了一批既熟悉专业又精通计算机技术的复合型人才,为我国公路工程 CAD 的深入研究和普及推广奠定了良好的基础。

20 世纪 90 年代,国内交通设施建设规模空前扩大,道路建设速度明显加快,对公路工程 CAD 软件的需求越来越大。1996 年,交通部组织实施的国家“九五”重点科技攻关项目“GPS、航测遥感、公路 CAD 集成技术”由交通部第二公路勘察设计院、交通部公路研究所、交通部第一公路勘察设计院合作开发。该项目于 2000 年 7 月通过国家鉴定,并获 2003 年度国家科技进步二等奖。该系统由全球卫星定位(GPS)测量系统、数字摄影测量系统、数字地面模型、遥感地质图像及判释、公路路线及立交设计集成 CAD 系统、桥梁设计集成 CAD 系统等几大部分组成。该系统在地形数据采集、工程数据库、系统的集成化、可视化、智能化、三维设计、商品化等方面有较大突破,它的研发与应用使我国的公路工程 CAD 技术在理论和实际应用上有一个新的飞跃。这一时期也是计算机软、硬件技术快速发展的阶段,Windows 操作系统和奔腾微机进入国内市场,由于其在价格和性能具有绝对优势,使之迅速成为市场主导。软件开发商为适应 CAD 软件市场的刚性需求,不失时机地大力开发和推销微机系统的道路 CAD 软件产品,并逐渐取代了工作站系统的软件。这期间道路 CAD 软件发展的特点表现为:① 软件操作系统以 Windows 系统为主,操作界面及交互性能有较大改善和提高;② 图形支撑平台选用性能稳定、功能强大、开放性好的优秀图形软件如 AutoCAD,



或自主开发专业图形平台,提高系统的实用性;③ 软件应用的深度和广度都有较大提高,应用范围基本涉及道路设计的各个方面,如地形数据采集(GPS 测量系统、数字摄影测量系统、数字地面模型、遥感地质图像及判释、野外速测)、路线设计、互通立交设计、支挡工程设计、工程概预算、道路三维建模和动画等;④ 在系统的集成方面能跟踪国际计算机应用技术的最新发展,开始了 CAD 系统的集成研究,如 1996 年国家发展计划改革委员会下达的国家“九五”重点科技攻关项目“国道主干线设计集成系统开发研究”,1998 年原交通部重点项目“集成化道路 CAD 系统”研究等;⑤ 道路 CAD 系统的商品化有了较大进展,国内一些高等院校和公路勘察设计院相继推出了一些具有特色的商品化道路 CAD 系统,如由东南大学开发的 ICAD 及 DICAD 系统可用于道路三维设计和互通立交设计;交通部第一公路勘察设计院开发的纬地道路系统(HintCAD)可直接利用设计原始数据生成公路及其构造物的精确三维模型;西安海德公司开发的具有自主图形平台的 Highway Engineering Aided Design System(HEADS)可用于道路勘测设计和互通立交设计。

目前,公路工程 CAD 技术的普及工作已在公路设计领域内全面铺开,全国所有省、部级、大多数地市级公路和市政设计单位,在道路设计工作中都采用了道路 CAD 系统,道路设计计算机出图率已达到 90%以上,公路工程 CAD 技术已成为道路设计工作中必不可少的工具。此外,在一些大型公路建设项目的可行性研究中,具有真实背景的三维工程模型及动画也正在悄然兴起。

第三节 现有公路工程 CAD 系统及其应用存在的问题

目前,公路工程 CAD 技术在我国公路工程测设工作中已得到广泛的应用,CAD 软件在提高设计效率、优化设计成果、提高设计图纸质量等方面已经取得了显著成效。但这些成效还主要局限于提高设计效率和优化最终设计成果上,对设计过程中的决策和判断仍然依赖于设计者的经验和知识水平,系统还不能支持设计的全过程。我国的公路工程 CAD 技术在系统开发和应用上滞后于快速发展的计算机软硬件技术,还不能完全吸收最新测绘技术的研究成果。主要表现在以下几个方面。

① 在 CAD 系统开发方面,缺乏深层的道路设计理论支持,没有统一的设计思想,不能完全采用面向对象的设计方法。现有的公路 CAD 系统的设计思想还是依据传统的道路勘测设计理论,将三维的道路空间实体用平面、纵断面、横断面三个二维面来描述,按照平、纵、横设计模块开发系统。这种用二维的概念来描述三维空间实体的方法,不利于设计对象的抽象和准确描述,无法采用真正的面向对象的开发方法对系统进行总体设计、开发、维护和扩充。现有国内公路工程 CAD 系统大都是针对各种功能或各种目的进行开发的,因而造成 CAD 系统功能单一,缺乏整体性,通用性差,缺乏标准化、规范化,集成化程度低的局面。随着计算机软硬件技术的不断发展,将成熟的数字地面模型技术与道路三维建模技术相结合,建立三维实体模型进行公路设计已成为可能。如何依据三维实体模型来改进传统道路设计理



论, 创建一个全新的道路 CAD 系统, 是公路设计理论亟待深入探讨和研究的一个问题。

② 在原始数据采集方面, 没有充分利用 GPS、航测摄影测量等先进数据采集手段。虽然国内部、省级设计院中已普遍采用航测方法, 但主要作用仅仅是测绘大比例尺地形图, 没有充分利用航测提供的丰富信息, 特别是地形数据资料。直接从航片采集地形数据或利用全站仪野外采集数据, 与数字地面模型及 CAD 系统相结合进行公路路线设计的方法, 采用遥感手段进行地质判释等方法, 虽然已在实际工程中应用, 但还没有得到大范围推广。传统的测设技术仍然落后于 CAD 技术的发展, 地形数据的获取成为公路设计中的一个薄弱环节, 形成了一个“瓶颈”, 严重阻碍了公路测设速度和质量的提高, 这是我国公路测设中亟待解决的一个难题。

③ 在数据管理上缺乏工程数据库的支持。目前国内公路工程 CAD 系统在数据管理上基本上采用数据文件的方法, 存在数据整体性差, 传输效率低, 程序与数据高度耦合, 数据冗余度大, 各功能模块之间数据不能共享, 不同 CAD 软件之间数据不能交换等缺点。

④ 数字地面模型的应用还不普及。目前国内已开发出基于航测、数模的路线测设一体化系统, 并已在工程实际中得到应用, 但在认识上还没有得到充分重视, 在数模应用上还存在不少问题, 普及程度较低。数模是实现公路测设自动化的基础, 只有将数模技术普及推广到实际工程中, 我国公路工程 CAD 技术才有新的突破。

⑤ 在系统功能上还不能支持设计的全过程。现有的公路工程 CAD 软件功能主要表现在占很大比例的计算机辅助绘图、制表和数据计算, 以及少量的人机交互设计上, 在需要作出决策的设计问题上, 系统只有较少的辅助作用, 设计质量的好坏还依赖于设计者的经验和专业水平。在设计过程上还没有开发出一套集初始方案、智能决策、交互设计与修改、自动化图表于一体的完整系统; 在设计范围方面还不能支持包括可行性研究、初步设计、技术设计和施工图设计等全套设计过程。

第四节 公路工程 CAD 的发展趋势

当今计算机技术及相应支撑软件系统的发展日新月异、更新迅速, 大大促进了 CAD 技术的发展。公路工程 CAD 技术在软件、系统方面的发展集中在可视化、集成化、智能化与网络化技术方面。

功能与操作是一对矛盾, 随着 CAD 系统的深入发展, 其功能越来越多, 而 CAD 系统的操作就愈加复杂, 如何解决好这个矛盾是关系到 CAD 系统能否实用化的关键所在。可视化 (Visualization in Scientific Computing, VISC) 技术正是基于上述需求, 于 20 世纪 80 年代末期提出并发展起来的一门新技术, 它将科学计算过程中的数据和结论及计算结果转换为图像信息或几何图形, 在计算机的屏幕上显示出来并进行交互处理。可视化技术作为实现操作与功能对接的工具, 不仅可以改进传统设计手段, 还可以改变设计环境, 如 CAD 虚拟环境, 使设计者处于虚拟的三维空间进行路线设计, 提高设计质量。可视化应包括良好的数据输入

输出界面、中间数据的实时查询、人机交互的设计过程、可引导可控制的设计流程、设计结果自动化等内容。

集成化 (Integration) 技术主要实现对系统中各应用程序所需要的信息及所产生的信息进行统一的管理, 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。国外发达国家在工程设计领域集成化技术的研究与应用已日趋成熟, 能够构成从市场分析、招标投标、工程规划、设计到计划进度、质量成本控制、施工与管理等一体的计算机辅助系统。发展集成化技术是当今 CAD 技术的主要趋势之一, 在这一方面我国工程设计领域与国外发达国家相比, 还存在很大差距, 应加快研究、开发、建设和应用集成系统的步伐。

智能化 CAD 系统是把人工智能的思想、方法和技术引进 CAD 领域而产生的, 它是 CAD 发展的必然方向。现有的传统 CAD 系统基本上都是采用基于算法的技术, 这种方法比较简单, 处理的费用比较低, 但处理能力局限性较大, 特别是缺乏综合和选择、判断的能力, 系统在使用时常常需要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。智能化 CAD 系统是具有某种程度人工智能的 CAD 系统, 它是基于知识的技术, 目前主要通过 CAD 系统中运用专家系统、人工神经网络等人工智能技术来实现。

网络化技术利用计算机网络资源共享的特点, 可实现网络中的硬件、软件和数据共享, 优化资源配置, 从而达到用较低的开销获取较好的效果。利用网络信息快速传输、远程通信的特点, 可以将一个复杂的大型工程划分为若干个较小的子工程, 分散在几个不同地点的终端上进行协同设计, 通过网络对各子工程的数据和设计结果进行传输、交换、更新和汇总, 最后完成全部设计任务, 从而可以加快设计速度, 提高设计效率。

目前, 国外发达国家大规模的公路建设时期已经过去, 公路工程 CAD 技术的应用规模呈萎缩趋势, 这些国家的公路工程 CAD 软件开发以走向国际市场、满足多元化设计标准为主。而我国在今后相当长一段时间内, 公路交通建设规模仍将处于高速发展阶段, 公路设计和施工部门所面临的任务仍将十分艰巨。国内现有软件与国外优秀软件相比较, 仍处于低水平、不完整和不稳定状态, 与当前任务多、时间紧迫的发展形势不相适应。研究与开发功能完整、性能优越、应用范围大的新一代 CAD 系统是道路设计人员所面临的重要任务。为实现这一目标, 在 CAD 技术研究、软件开发和系统应用方面应重视如下几个方面的发展。

① CAD 技术研究内容包括: 图形仿真、多维空间显示模型、多媒体技术、CAD 虚拟环境、图形支撑系统、(CAD、CAM 和 CAE) 一体化信息集成、工程数据库、专家系统、遗传算法、人工神经网络模型和网络技术等。

② 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。采用先进的测设方法、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。

③ 在应用范围方面, 除了在传统道路路线、互通立交等方面继续发展外, 在以下各方面还有较大的发展空间, 如道路三维造型和动画技术、计算机局域网建设和应用、数据和信息



采集新技术和 GPS 与 GIS 的应用、道路工程库和道路信息系统的建立,包括开发由高速公路安全、监控、通信、计费等子系统组成的交通工程 CAD 系统、工程项目管理系统和计算机在道路施工管理与营运等方面的应用等。

④ 在公路工程 CAD 软件开发方面,应以自力更生为主,努力吸取国外先进经验,密切跟踪国际上公路测设最新技术及计算机科学的最新发展,进一步提高软件开发的水平和能力,促进公路 CAD 技术向高交互、集成化、智能化、网络化方面的发展,做好软件商品化工作。



练习与思考

1. CAD 技术的优点是什么?其最主要特征是什么?
2. 国内公路工程 CAD 技术的发展主要经历了哪些阶段?与国外相比,我国公路工程 CAD 主要存在那些差距?
3. 国外公路工程 CAD 优秀软件的代表主要有哪些?
4. 公路工程 CAD 的发展趋势是什么?

第二章

公路工程 CAD 基础

CAD 技术是以计算机硬、软件为基础，并随之改进而快速发展起来的一门新技术。随着计算机各种新技术的开发和应用，公路工程 CAD 系统经历了 40 多年的发展历史，从最初的仅能满足单一功能的简单系统已发展成为能够完成多种设计任务、兼有各种功能的综合设计系统。目前，公路工程 CAD 技术已逐步成为一种先进的、成熟的实用技术，也是衡量公路测设现代化程度的重要标志之一。掌握公路工程 CAD 技术的基础理论，对公路工程 CAD 系统的开发、维护、扩充及应用具有重要的意义。

第一节 公路工程 CAD 系统的硬、软件环境

公路工程 CAD 系统由硬件、软件两大部分组成。一个完整的公路 CAD 系统的硬件部分包括主机、图形输入设备、图形显示及输出等设备，软件部分通常由系统软件、支撑软件和应用软件三个层次组成。

一、公路工程 CAD 系统的硬件环境

在 20 世纪 80 年代，交通部组织专家论证时，曾选用 VAX-II 中型机，或 Apollo 小型机来配置公路工程 CAD 系统。自从 80 年代微型计算机快速发展以来，原来要在小型计算机或工作站上才能实现的技术已逐步引入微型计算机系统。90 年代，出现了奔腾 586 机型，其性能完全可以代替小型机。到目前为止，微型计算机系统几乎可以满足公路工程 CAD 领域内的所有任务。

所谓硬件，是指计算机系统实际存在的物理设备，包括计算机本身及其外围设备。CAD 硬件系统根据工作需要可以是单机系统，也可以是由多台计算机组成的网络系统，目前常用的类型有普通 PC 系统、工作站系统和网络工作站系统等。其中以普通 PC 系统应用最为广泛，其硬件系统的配置由主机、外存储器、输出设备和输入设备四部分组成，如图 2-1 所示。而大型 CAD 系统则可以采用工作站网络系统。

1. 主机

主机主要由中央处理器及内存存储器两部分组成。中央处理器简称 CPU，它是计算机系统

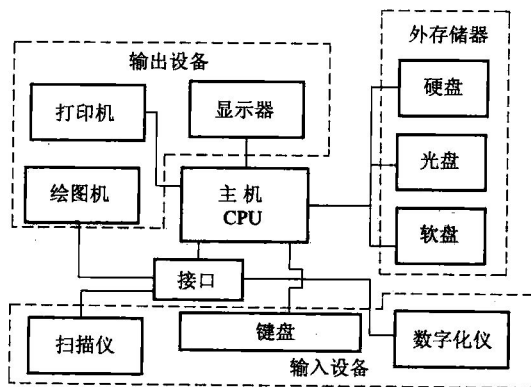


图 2-1 CAD 系统的普通计算机配置

的核心，其主要功能是控制程序的执行，完成对数据的处理和对输入输出设备的控制。CPU 主要由运算器和控制器组成。运算器负责对数据的加工处理，包括对数据的算术和逻辑运算。控制器是指挥与控制计算机各功能部件协同动作、自动执行计算机程序的部件。它把运算器、存储器及输入输出设备组成一个有机的整体，其基本功能是解释指令的执行。内存存储器是 CPU 可以直接访问的存储器，它用来容纳当前正在使用的或者经常要使用的程序和数据。

衡量主机的指标主要有三项：运算速度、字长和内存容量。

① 运算速度。以 CPU 每秒钟可执行的指令数目或可进行的浮点运算次数表示，常以 MIPS 为单位，即每秒可执行 100 万条指令，或用时钟频率（主频）来表示运算速度。目前由美国英特尔公司生产的 Inter Core 2 双核处理器的主频已达到 2.0~4.0 GB。

② 字长。CPU 在一个指令周期内能从内存提取并进行处理的数据位数称为字长。字长越多，则计算机速度越快，计算精度也越高。字长取决于计算机芯片的类型，目前一般微机的 CPU 为 32 位，最近美国英特尔公司推出了 64 位的处理器，用于服务器和 workstation。

③ 内存容量。是指能够存放信息的总数量，通常以字节（Byte）为单位，内存容量的大小要受 CPU 地址总线位数的限制。目前生产的台式计算机内存容量可达 4.0 GB。

2. 外存储器

计算机的外存储器是区别于内存存储器，由操作系统控制的存储设备，它可以弥补内存存储器容量的不足。在 CAD 作业中，将那些暂时不用的应用程序、数据和图像存贮在外存储器中，待需要时再调入内存。

计算机系统常用的外存储器主要有软盘、可移动盘、硬盘和光盘存储器等 4 种。

① 软盘。软盘曾是计算机广泛配置的外设之一，其特点是容量小、价格便宜。常用的软盘有 5.25 in、3.5 in 和 2.5 in 等几种类型。由于软盘存在容量小、读盘速度慢、数据保存时间短等缺点，目前已被 U 盘和活动硬盘所替代。

② 可移动盘。包括 U 盘和活动硬盘，是一种可移动的外存储器，它与主机的 USB 插口连接，在 Windows 2000 以上系统中使用，无须驱动程序，可即插即用。U 盘也称闪存盘，其