



全国交通土建高职高专规划教材

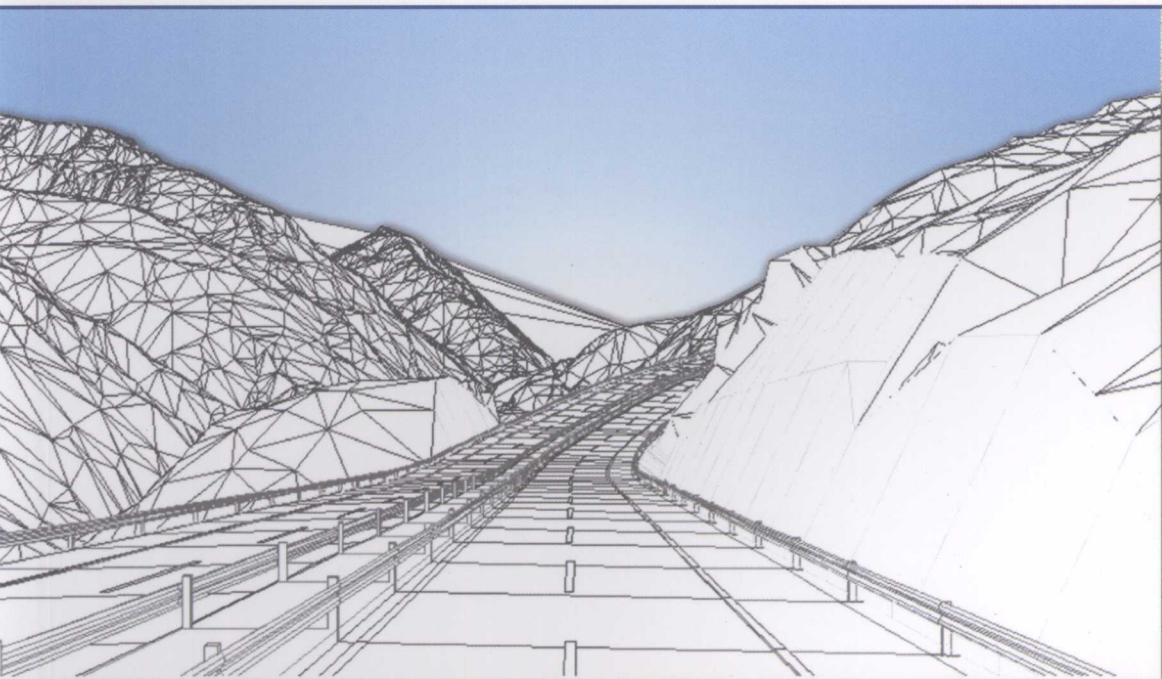
(第二版)

# 公路工程CAD基础教程

*Gonglu Gongcheng CAD Jichu Jiaocheng*

郑益民 主编

符锌砂 [华南理工大学] 主审



人民交通出版社

China Communications Press

全国交通土建高职高专规划教材

# 公路工程 CAD 基础教程

(第二版)

郑益民 主编

符铎砂[华南理工大学] 主审

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书主要介绍公路工程 CAD 基础知识和二次开发技术,全书共 10 章,分四部分内容:第一部分介绍公路 CAD 的基本概念、研究及应用现状、公路 CAD 基础知识等内容。第二部分介绍国际通用绘图软件 AutoCAD 2002 的二维绘图和编辑、三维建模的命令及方法。第三部分着重介绍公路 CAD 的基本原理、系统总体结构及路线平、纵、横设计方法等内容。第四部分介绍 AutoCAD 与 Windows 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 CAD 二次开发技术。

本书遵循深入浅出,实用易学的原则,突出实例教学,逐步提高。为了便于读者学习,书中附有大量实例和讲解,可以加深理解公路 CAD 基础知识和技术。

本书可作为高职高专院校的道路桥梁工程技术专业、公路工程监理专业的 CAD 教材或教学参考书,也可供交通工程以及土木工程等有关专业的师生选用。此外,还可供从事公路工程和市政工程工作的技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

公路工程 CAD 基础教程/郑益民主编. —2 版. —北京:  
人民交通出版社,2008. 4

全国交通土建高职高专规划教材

ISBN 978-7-114-07065-5

I. 公… II. 郑… III. 道路工程—计算机辅助设计—应用软件,  
AutoCAD—高等学校:技术学校—教材 IV. U412. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 042555 号

书 名: 全国交通土建高职高专规划教材  
公路工程 CAD 基础教程(第二版)

著 者: 郑益民

责任编辑: 卢仲贤

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 15.25

字 数: 379 千

版 次: 2001 年 9 月 第 1 版 2008 年 4 月 第 2 版

印 次: 2008 年 4 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 13 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07065-5

印 数: 37001 ~ 42000 册

定 价: 35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 全国交通土建高职高专规划教材编审委员会

主任委员 张洪滨(吉林交通职业技术学院)

副主任委员 (按姓氏笔画为序)

田 平 (河北交通职业技术学院)

李全文 (四川交通职业技术学院)

陈方晔 (湖北交通职业技术学院)

俞高明 (安徽交通职业技术学院)

彭富强 (湖南交通职业技术学院)

程兴新 (陕西交通职业技术学院)

刘建明 (青海交通职业技术学院)

张润虎 (贵州交通职业技术学院)

陆春其 (南京交通职业技术学院)

钟建民 (山西交通职业技术学院)

谢远光 (重庆交通职业技术学院)

郭发忠 (浙江交通职业技术学院)

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 彤 (辽宁交通高等专科学校)

王连威 (吉林交通职业技术学院)

王常才 (安徽交通职业技术学院)

白淑毅 (广东交通职业技术学院)

刘孟良 (湖南城建职业技术学院)

刘福明 (南昌工程学院)

张世海 (甘肃交通职业技术学院)

张美珍 (山西交通职业技术学院)

李中秋 (河北交通职业技术学院)

李加林 (广东交通职业技术学院)

杨晓丰 (黑龙江工程学院)

周传林 (南京交通职业技术学院)

金仲秋 (浙江交通职业技术学院)

赵树青 (山东交通职业学院)

曹雪梅 (四川交通职业技术学院)

黄万才 (四川交通职业技术学院)

裴俊华 (甘肃林业职业技术学院)

晏 杉 (云南交通职业技术学院)

王海春 (青海交通职业技术学院)

王穗平 (河南交通职业技术学院)

孙元桃 (宁夏交通学校)

吴继锋 (江西交通职业技术学院)

张保成 (内蒙古大学职业技术学院)

李仕东 (鲁东大学交通学院)

沈建康 (徐州建筑职业技术学院)

李绪梅 (新疆交通职业技术学院)

周志坚 (福建交通职业技术学院)

郭秀芹 (山东省公路高级技工学校)

金 桃 (贵州交通职业技术学院)

姚 丽 (辽宁交通高等专科学校)

夏连学 (河南交通职业技术学院)

彭 芳 (内蒙古河套大学)

梁金江 (广西交通职业技术学院)

薛安顺 (陕西交通职业技术学院)

秘 书 长 卢仲贤 (人民交通出版社)



# 总 序

针对高职高专教材建设与发展问题,教育部在《关于加强高职高专教材建设的若干意见》中明确指出:先用2至3年时间,解决好高职高专教材的有无问题。再用2至3年时间,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材,形成一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

2001年7月,由人民交通出版社发起组织,15所交通高职院校的路桥系主任和骨干教师相聚昆明,研讨交通土建高职高专教材的建设规划,提出了28种高职高专教材的编写与出版计划。后在交通部科教司路桥工程学科委员会的具体指导下,在人民交通出版社精心安排、精心组织下,于2002年7月前完成了28种路桥专业高职高专教材出版工作。

这套教材的出版发行首先解决了交通高职教育教材的有无问题,有力支持了路桥专业高职教育的顺利发展,也受到了全国各高职院校的普遍欢迎。

随着高职教育教学改革的深入发展、高职教学经验的丰富与积累,以及本行业有关技术标准规范的更新,本套教材在使用了2至3轮的基础上,对教材适时进行修订是十分必要的,时机也是成熟的。

2004年8月,人民交通出版社在新疆乌鲁木齐召开了有19所交通高职院校领导、系主任、骨干教师共41人参加的教材修订研讨会。会议商定了本套教材修订的基本原则、方法和具体要求。会议决定本套教材更名为“交通土建高职高专统编教材”,并成立了以吉林交通职业技术学院张洪滨为主任委员的“交通土建高职高专统编教材编审委员会”,全面负责本套教材的修订与后续补充教材的建设工作。

2005年6月,编委会在长春召开了同属交通土建大类、与路桥专业链接紧密的“工程监理专业、工程造价专业、高等级公路维护与管理专业”主干课程教材研讨会,正式规划和启动了这三个专业教材的编写出版工作。

2005年12月,教育部高等教育司发布了“关于申报普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”选题的通知(教高司函[2005]195号),人民交通出版社积极推荐本套教材参加了“十一五”国家级规划教材选题的评选。

2006年6月,经教育部组织专家评选、网上公示,本套教材中有十五种入选为“十一五”国家级规划教材,标志着广大参与本套教材编写的教师的辛勤劳动得到了社会的认可、本套教材的编写质量得到了社会的认同。

2006年7月,交通土建高职高专统编教材编审委员会及时在银川召开会议,有24所各省区交通高职院校或开办有交通土建类专业的高等学校系部主任、专业带头人、骨干教师以及人民交通出版社领导共39位代表出席了本次会议。会议就全面落实教育部“十一五”国家级规划教材的编写工作进行了研讨。与会代表一致认为必须以入选的十五种国家级规划教材为基本标准,进一步全面提升本套教材的编写质量,编审委员会将严格按照国家级规划教材的要求审稿把关,并决定本套教材更名为“全国交通土建高职高专规划教材”,原编委会



相应更名为“全国交通土建高职高专规划教材编审委员会”。以期在全国绝大多数交通高职院校和开办有交通土建类专业的高等院校的参与、统筹、规划下,本套教材中有更多的进入“十一五”国家级规划教材行列。

2007年5月,编委会在湖南长沙召开工作会议,就“十一五”国家级规划教材主参编人员的确定和教材的编写原则做出了具体安排,全面启动“十一五”国家级规划教材的编写与出版工作。

本套高职高专规划教材具有以下特色:

——顺应交通高职院校人才培养模式和教学内容体系改革的要求,按照专业培养目标,进一步加强教材内容的针对性和实用性,适应学制转变,合理精简和完善内容,调整教材体系,贴近模块式教学的要求;

——实施开放式的教材编审模式,聘请高等院校知名教授和生产一线专家直接介入教材的编审工作,更加有利于对教材基本理论的严格把关,有利于反映科研生产一线的最新技术,也使得技能培训与实际密切结合;

——全面反映2003年以来的公路工程行业已颁布实施的新标准规范;

——服务于师生、服务于教学,重点突出,逐章均配有思考题或习题,并给出本教材的参考教学大纲;

——注重学生基本素质、基本能力的培养,教材从内容上、形式上力求更加贴近实际;

——为加强学生的实际动手能力,针对《工程测量》、《道路建筑材料》等课程,本套教材特别配有实训类辅导教材;

——为方便教学,本套教材配有《道路工程制图多媒体教材》、《公路工程试验实训多媒体教材》、《路基路面施工与养护技术多媒体教材》、《桥涵设计多媒体教材》等。

本套教材的出版与修订再版始终得到了交通部科教司路桥工程学科委员会和全国交通职教路桥专业委员会的指导与支持,凝聚了交通行业专家、教师群体的智慧和辛勤劳动。愿我们共同向精品教材的目标持续努力。

向所有关心、支持本套教材编写出版的各级领导、专家、教师、同学和朋友们致以敬意和谢意。

全国交通土建高职高专规划教材编审委员会  
人民交通出版社

2007年7月

## 第二版前言

随着计算机软硬件的快速发展,计算机技术日新月异,公路工程计算机辅助设计以崭新的面目进入了一个快速发展阶段。设计成果实现逐步优化,设计速度显著提高,设计手段更加完善。国内有关 CAD 方面的书籍尽管不少,但关于公路工程 CAD 方面的教材却较少,尤其是缺少基础教程及入门教材,在校生成不能系统地学习公路工程计算机辅助设计的知识和技术,限制了计算机在公路工程应用方面的发展和推广。学生通过学习本教材可以较系统地掌握公路工程 CAD 的基本知识和技术、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、施工和监理等工作打下一个良好的基础。

本教材是在《公路工程 CAD 基础教程》(第一版)的基础上进行修订的,在章节和内容上都有较大的改动和调整;在内容上突出实用易学,实例教学、深入浅出,适当提高。近几年来,随着 AutoCAD 应用技术的普及推广,在掌握计算机绘图基本方法的基础上,提高学生对 CAD 软件的应用能力,加强对 AutoCAD 二次开发技术的培养是 CAD 应用技术的发展趋势,本书在此方面有所加强。

本书分为四个部分。第一部分主要介绍公路 CAD 的基本概念、研究及应用现状、公路 CAD 基础知识等内容。第二部分介绍国际通用绘图软件 AutoCAD 2002 的二维绘图和编辑、三维建模的命令及方法,大部分绘图命令都配有详细的例题供学生练习用。学生在学习制图、计算机文化基础后,或在学习制图课程的同时,学习该部分内容,重点掌握计算机绘图的基础知识和方法。第三部分着重介绍公路 CAD 的基本原理、系统总体结构及路线平、纵、横设计方法等内容。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 CAD 二次开发技术。对于第三、四部分内容,学生必须在学完常用文字处理软件(如 Word、WPS)、公路勘测设计、桥梁工程等专业课程后,或在学习这些课程的同时学习。结合课程设计、毕业设计进行操作训练效果更好。

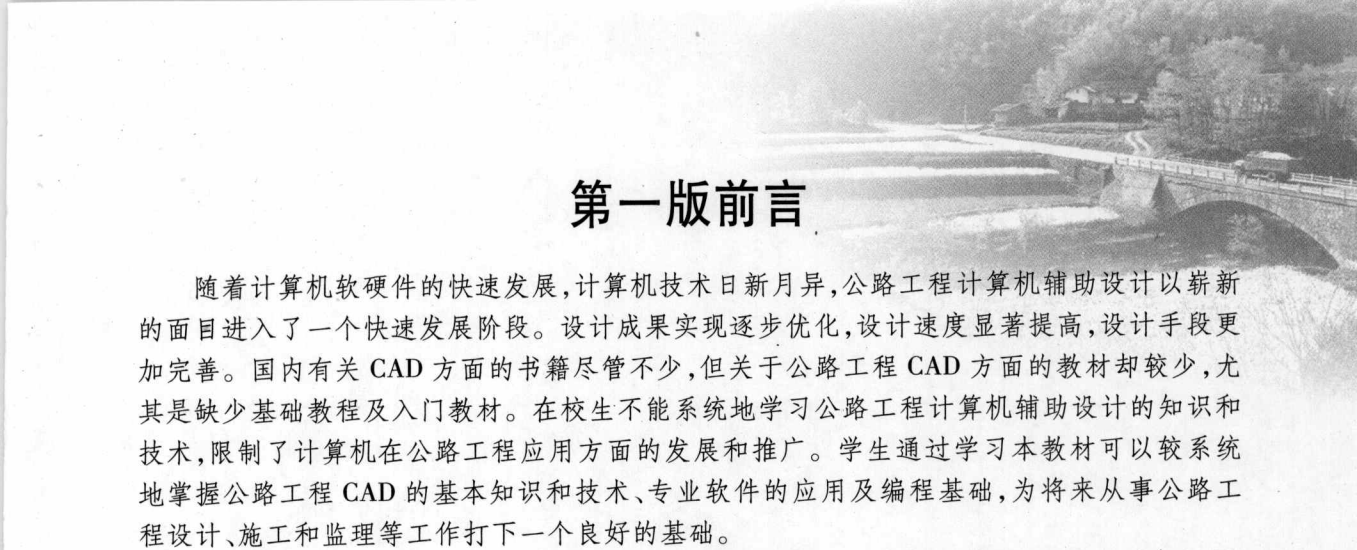
本教材适用于高职高专学校的公路与桥梁专业、公路与城市道路专业、公路工程监理专业;也可供交通工程以及土木工程等有关专业的师生选用。此外,还可供从事于公路工程和市政工程的技术人员参考应用。

本书由鲁东大学郑益民编写第一、二、六、七、八、九、十章;郭兰英编写第三章,刘智儒编写第四章、第五章;最后由郑益民统稿。华南理工大学符铨砂教授担任本书的主审。在编写过程中得到了人民交通出版社卢仲贤编审、西安立德公路工程咨询有限公司郭腾峰同志的帮助,特在此一并感谢。由于时间仓促,本人水平有限,书中难免有各种错误和疏漏,敬请广大读者批评指正,作者电子信箱为:zhym@1954yahoo.com.cn。

鲁东大学土木工程学院

郑益民

2008年4月



# 第一版前言

随着计算机软硬件的快速发展,计算机技术日新月异,公路工程计算机辅助设计以崭新的面目进入了一个快速发展阶段。设计成果实现逐步优化,设计速度显著提高,设计手段更加完善。国内有关 CAD 方面的书籍尽管不少,但关于公路工程 CAD 方面的教材却较少,尤其是缺少基础教程及入门教材。在校生不能系统地学习公路工程计算机辅助设计的知识和技术,限制了计算机在公路工程应用方面的发展和推广。学生通过学习本教材可以较系统地掌握公路工程 CAD 的基本知识和技术、专业软件的应用及编程基础,为将来从事公路工程设计、施工和监理等工作打下一个良好的基础。

本书内容主要分为三个部分。第一部分介绍国际通用绘图软件 Auto CAD R14 的二维绘图和编辑、三维绘图的命令及绘图技巧,大部分绘图命令都配有详细的例题供学生练习之用。该部分从第一章到第十二章,学生在学习制图、计算机基础知识后,或在学习制图课程的同时,学习该部分内容,重点掌握计算机制图的基础知识和方法。第二部分介绍 Auto CAD 与 Windows 其他应用程序的格式及数据交换、Auto CAD 的内嵌编程语言 AutoLISP 初步。该部分为第十四章和第十五章,学生必须在学完常用文字处理软件(Word、WPS)以及前十二章后,才可以学习该部分内容。第三部分是介绍公路工程专用软件的使用方法,该部分内容为第十六章路线 CAD 和第十七章桥梁 CAD。路线 CAD 主要介绍交通部工程设计计算机优秀软件“公路工程辅助设计系统 HEAD Version4.0”的主要功能及使用方法。桥梁 CAD 主要介绍笔者近几年开发并应用于工程实践中的部分桥梁应用程序的功能及使用方法。学生应该在学完公路勘测、桥梁工程等专业课程后,或在学习这些课程的同时学习该部分内容,结合课程设计、毕业设计进行操作训练效果更好。

本教材适用于高等职业技术教育公路与桥梁专业、公路与城市道路专业、公路工程监理专业;也可供交通工程以及土建工程等有关专业的师生选用。此外,还可供从事公路工程和市政工程的技术人员参考使用。

本书由烟台师范学院交通学院郑益民编写,在定稿过程中得到了于敦荣、卢仲贤编审等同志的帮助,特于此一并感谢。由于本人水平有限,编写的时间也较紧迫,错误缺点在所难免,敬请读者批评指正。

编 者  
2001 年 6 月



# 目 录

第一章 公路 CAD 概述 .....	1
第一节 CAD 基本概念 .....	1
第二节 公路 CAD 研究及应用现状 .....	2
第三节 公路 CAD 发展趋势 .....	4
第二章 公路工程 CAD 基础 .....	6
第一节 公路工程 CAD 系统的硬、软件环境 .....	6
第二节 软件工程概要 .....	13
第三节 工程数据库概述 .....	22
第三章 AutoCAD 基础知识 .....	27
第一节 AutoCAD 概述 .....	27
第二节 AutoCAD 2002 的用户界面 .....	28
第三节 AutoCAD 的文件操作 .....	30
第四节 AutoCAD 的坐标系及坐标点选取 .....	32
第五节 设置 AutoCAD 的绘图环境 .....	34
第六节 图层、线型、线宽及颜色控制 .....	36
第四章 二维图形的绘制和编辑 .....	43
第一节 绘制二维图形 .....	43
第二节 精确绘图的定位方法 .....	66
第三节 二维图形的编辑 .....	70
第五章 文字标注与尺寸标注 .....	93
第一节 文字标注 .....	93
第二节 尺寸标注 .....	98
第六章 图块 .....	118
第一节 定义图块 .....	118
第二节 图块存盘(Wbolck) .....	120
第三节 插入图块(Insert) .....	121
第四节 图块属性的概念 .....	122
第七章 数据交换与格式转换 .....	125
第一节 数据交换 .....	125
第二节 格式转换 .....	128
第三节 DXF 文件格式和应用 .....	128
第八章 路线设计 .....	134
第一节 路线 CAD 系统总体结构及设计流程 .....	134
第二节 平面设计 .....	137
第三节 纵断面设计 .....	147

第四节	横断面设计 .....	149
第九章	桥梁三维建模技术 .....	157
第一节	三维建模基础 .....	157
第二节	绘制三维面 .....	163
第三节	绘制三维形体表面 .....	167
第四节	绘制三维实体 .....	170
第五节	三维实体渲染 .....	176
第六节	桥梁三维建模示例 .....	178
第十章	公路 CAD 二次开发技术 .....	186
第一节	公路 CAD 二次开发的主要内容和工具 .....	186
第二节	定制公路 CAD 系统 .....	187
第三节	VBA 开发环境与编程基础 .....	199
第四节	ActiveX 技术 .....	206
第五节	用 VBA 创建图形函数 .....	215
第六节	桥梁专用函数示例 .....	225
第七节	道路横断面地面线函数示例 .....	228
第八节	VBA 程序加密、加载和运行 .....	230
参考文献	.....	232

# 第一章 公路 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,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,从而使设计工作从劳动密集型产业逐步转变成技术密集型产业。

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的各个行业和工程领域。它涉及计算机科学、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、人工智能等专业应用的多学科多领域。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,是国际上科技领域的前沿课题。

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的、能够创造大量财富的、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。

CAD 系统由软件系统和硬件系统组成。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、系统数学库以及设计过程中的常规设计、优化设计等,它是实现相应专业工程设计、计算分析及绘图等专用功能的程序系统的计算基础。

图形系统包括集合建模、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以及分析和模拟等系统。图形系统是实现人和计算机进行信息交换的桥梁,也是 CAD 技术的基础。

数据库是一个通用的、综合性的以及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,即把数据本身和实体之间的描述都存入数据库,用各种方法来对数据进行各种组合,以满足各种需要,使设计所需要的数据便于提取,新的数据易于补充。它的内容包括设计原始资料、设计标准、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,数据库在 CAD 系统中是基础。

公路 CAD 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、设计计算、图表绘制和输出为一体的综合设计系统。其主要内容包括设计方案的构思和形成,方案比选,工程计算与优化、设计图表绘制与设计文件的输出等一系列工作。

## 第二节 公路 CAD 研究及应用现状

## 一、国外公路 CAD 的发展现状

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、结构计算以及输出数表等都编写有独立的程序。从而节省了计算时间,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、美、法、德和丹麦等国家先后开发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。纵断面优化结果可使土石方节省 8% ~ 17%, 平均 10% 左右。

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,道路路线优化技术拓宽到平面和空间三维选线。其代表性的软件有英国的 NOAN 程序、美国普渡大学的 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进一步开发,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 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。

进入 20 世纪 90 年代以来,微型计算机技术的空前发展,为公路 CAD 技术的普及应用创造了良好的硬件环境,大多数运行于工作站上的优秀软件不失时机地移植到微机上,这极大地促进了公路 CAD 技术的推广应用。随着计算机容量和运行速度的不断快速提高,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的相继推出,进一步促进了公路 CAD 软件水平的提高。通过激烈的市场竞争,国外一些优秀道路 CAD 系统脱颖而出,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。目前进入中国市场应用比较广泛,具有代表性的软件有德国 Ingenieurbuero Basedow & Tornow 公司的 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。

最初的 CARD/1—V1.0 是一个专门适用于道路测量和设计的软件包,以后逐步向土木工程领域伸展,现在已推出的 CARD/1—7.7 版本已具备了测量、道路、铁路、排水 4 个子系统。该系统可以高效地完成从测量、数据采集、传输、处理、中线设计、纵断面设计和横断面设计、土石方计算、施工图纸绘制和文件的编制的全部任务。该系统采用模块化结构,各模块相对独立。道路的平、纵、横设计是 CARD/1 的核心部分,该核心部分由 9 个模块组成。

CARD/1 系统的特点主要反映在以下 4 个方面: CARD/1 软件自设图形平台,并建立独立完整的数据与图形编辑系统;勘测、设计和绘图的一体化;先进的设计思想和方法,可以获

得高效优质的设计成果;提供了各种标准程序和辅助工具。

英国 Infracsoft 公司于 1998 年推出新一代大型土木工程 MXRoad 软件,它为公路、铁路、水利工程、机场、场地工程以及露天矿山工程提供勘测设计一体化的解决方案。它的前身是 MOSS 软件公司的 MOSS 系统。MXRoad 软件系统采用了良好的用户界面;能适用于各级公路路线设计、城市道路设计、立交设计等多种项目;可动态进行平面选线、纵断面设计;动态显示横断面;可视化自动生成平面图、纵断面图和横断面图,可在 AutoCAD 或 MicroStation 平台上直接生成 DWG 或 DGN 图形文件。

InRoads 系统是美国 Intergraph 公司开发的基础设施的工程应用软件,它使交通规划和设计的全过程实现了自动化。InRoads 软件在 2D/3D 交互式图形软件 MicroStation32 支撑下提供了可以进行陆上、水上和空中的交通设计的手段,包括公路、铁路、机场、排水工程和其他相似建筑物的设计。

InRoads 软件的主要功能有:适应于各种数据输入手段;可在三维数字地面模型支持下进行三维交通基础设施设计;灵活多变的道路平面线形设计;可以展现多种形式的标准横断面和模式,并在任何时刻展示所需的横断面图。可以生成土石方计算表、土石方累计曲线和土石方运输图表。

## 二、国内公路 CAD 的发展现状

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、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、平面及空间线形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、空间线形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。这些程序经试算,证明其优化效果是令人满意的。但至今还没有广泛地应用到实际的工程设计中,还有待于进一步的完善和研究开发。

20 世纪 80 年代以来,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多个省得到应用;西安公路学院的公路微机辅助设计系统也在一定的范围内使用。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 技术作出了重大的贡献。

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、湖南省交通设院、交通部第一公路勘察设院、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→人机交互地进行路线平、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以及工程造价分析等成套 CAD 技术。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。

1998 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。这些开发工作将着重在地形数据采集、工程数据库、系统的集成化、可视化、智能化、三维设计、商品化等方面力争有所突破,使我国的公路 CAD 在理论和实际应用上有一个新的飞跃。

在目前的商品化软件中,有东南大学开发的可用于道路的三维设计和互通立交设计的 ICAD 及 DICAD 系统;交通部第一公路勘察设计院开发的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的纬地道路系统(HintCAD);海德公司开发的可用于道路勘测设计的 HEAD 系统。此外,还有各设计单位自行开发或借助 AutoCAD 图形平台进行二次开发的道路 CAD 软件等。这些软件的开发和应用,使道路 CAD 技术在国内进一步得到了推广,并培养了一大批道路 CAD 技术骨干,促使道路勘测设计手段从传统方法向现代化方向发展。

### 第三节 公路 CAD 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 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。其主要内容包括: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。

可视化(Visualization in Scientific Computing,简称 VISIC)技术是国际上于 20 世纪 80 年代末期提出并发展起来的一门新技术,它可将科学计算过程中及计算结果的数据和结论,转换为图像信息或几何图形,在计算机的图形显示器上实时显示出来,并进行交互处理。

集成化(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数据进行统一管理,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。

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。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

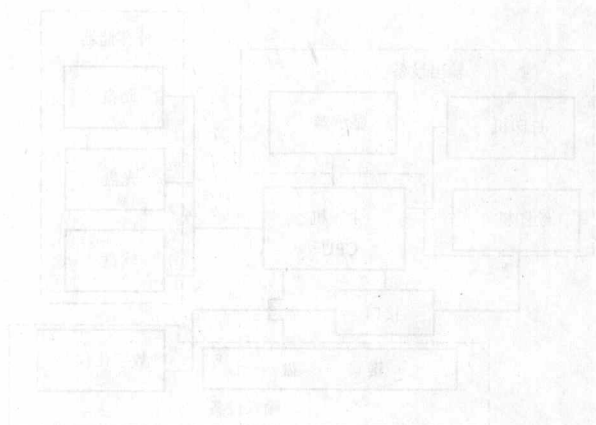
知识和较丰富实践经验的设计人员,通过人机交互手段才能完成设计。智能化 CAD 系统是具有某种程度人工智能的 CAD 系统,是基于知识的技术,目前主要通过 CAD 系统中运用专家系统、人工神经网络等人工智能技术来实现。

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效果。利用网络信息快速传输、远程通信的特点,它可将一个复杂的大型工程分成若干个较小的子工程,分散在几个不同地点的终端上同时进行设计,通过网络将各子工程数据和结果进行传输、交换、更新和汇总,最后完成全部设计任务,从而可以加快设计进度,提高设计效率。

从公路 CAD 系统对设计的支持来看,其发展方向主要是向实现设计全过程的整体自动化方面发展。将先进的测试方法、设计理论与 CAD 技术融为一体,从有效数据的自动采集,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 系统的主要发展方向。

在应用范围方面,除了传统道路路线、互通立交等方面继续发展外,还将在以下各方面有较大的发展空间: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。

在道路 CAD 软件开发方面,应继续贯彻自力更生为主,努力吸取国外先进经验,进一步提高开发软件的水平和能力。



## 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 CAD 系统经过了 40 多年的发展,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 CAD 技术已逐步成为一种先进的、成熟的、实用的技术,也是衡量公路测设现代化程度的重要标志之一。掌握公路 CAD 技术的基础理论,对公路 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 3 个层次组成。

#### 一、公路 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 CAD 系统。自从 80 年代微型计算机的快速发展以来,原来要在中、小型计算机上才能实现的技术都已逐步引入微机领域。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胜任公路 CAD 领域内的所有工作。

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。通常工程 CAD 微机系统的计算机配置由主机、外存储器、输出设备和输入设备 4 部分组成,如图 2-1 所示。

##### 1. 主机

主机主要由中央处理器及内存储器两部分组成。中央处理器简称 CPU,它是计算机系统的核心,其主要功能是控制程序的执行,完成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的运算。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、存储器以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 3 项:运算速度、字长和内存容量。

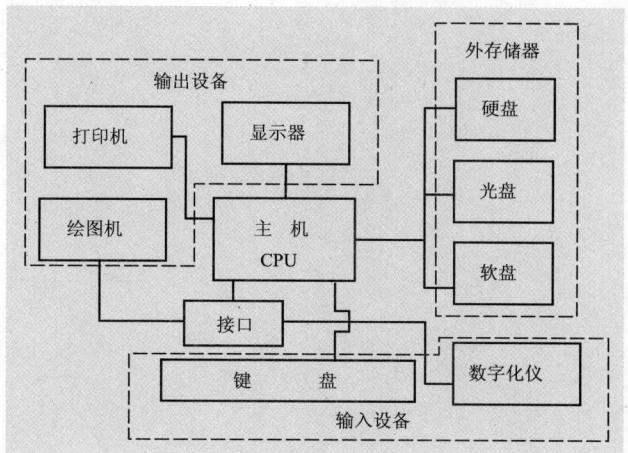


图 2-1 CAD 系统计算机配置



### 1) 运算速度

以 CPU 每秒钟可执行的指令数目或可进行浮点运算次数表示,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 2.0~3.0GHz。

### 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。字长越大,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

能够存放信息的总数量,通常以为字节(Byte)为单位,内存容量的大小要受 CPU 地址总线位数的限制。例如某微机的内存容量为 64MB,即 65536KB,其中 1KB = 1024 个字节。通常,机器能提供的寻址范围要大于机器实际所安装的存储器容量。例如某微机 CPU 的地址总线为 32 位,所能提供的寻址范围可达  $2^{32} = 4GB$ ,主板可支持 512MB~1GB 的内存,但一般实际只安装 32~256MB 的内存。目前生产的台式机内存容量可达 1.0GB。

## 2. 外存储器

计算机的外存储器是区别于内存储器由操作系统控制的存储设备,它可以弥补内存储器容量的不足。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,待需要时调入内存。

微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 5.25in、3.5in 和 2.5in 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,目前正被优盘和活动硬盘所替代。

### 2) 可移动盘

可移动盘包括优盘和活动硬盘,是一种可移动外存储器,与主机的 USB 插口连接,在 Windows 2000 以上系统中使用,无需驱动程序可即插即用。优盘也称闪存盘,其常用的容量有 64MB、128MB、256MB、512MB、1.0GB。活动硬盘也是一种即插即用的可移动外存储器,可达到 160GB 的存储量。

### 3) 硬盘

硬盘是计算机系统中重要的外存储器,固定安装在计算机主机机箱内,其特点是存储数据量大,读盘速度快,使用频率高。硬盘的容量和性能是影响计算机系统的两个重要因素,目前硬盘容量发展迅速,从几 GB 至 160GB,硬盘的旋转速度已经超过 10000r/min。目前市面上流行的硬盘种类繁多,主要有希捷、迈扩、钻石、昆腾、西部数据、三星、日立等硬盘。

### 4) 光盘

光盘是一种采用激光技术制作的存储器,其特点是存储数据量大,价格便宜,携带方便。现在流行的光盘存储器主要分两类:CD (Compact Disk)—ROM 和 DVD (Digital Versatile Disk)—ROM。CD—ROM 光盘大致可分成只读光盘、只写一次光盘和可读写光盘 3 种。DVD—ROM 光盘也称数字视频光碟,是利用 MPEG2 的压缩技术来存储影像,具有高密度、