

公路工程

毛大德 罗云飞 编著

CAD

中南大学出版社
www.csupress.com.cn

公路工程 CAD

毛大德 罗云飞 编著

中南大学出版社

网址: www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

公路工程 CAD/毛大德,罗云飞编著. —长沙:中南大学出版社,
2008. 12

ISBN 978-7-81105-885-7

I. 公... II. ①毛...②罗... III. 道路工程—计算机辅助设计—
应用软件, AutoCAD IV. U412. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 001619 号

公路工程 CAD

毛大德 罗云飞 编著

☐责任编辑 谭 平

☐责任印制 周 颖

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:9731-8876770

传真:0731-8710482

☐印 装 长沙利君漾印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 17 ☐字数 415 千字

☐版 次 2009 年 1 月第 1 版 ☐2009 年 1 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN978-7-81105-885-7

☐定 价 36.00 元

图书出现印装问题,请与出版社调换

前 言

在我国,公路 CAD 技术已有近 30 年的研究开发历史,目前已广泛应用于公路规划、勘察设计、施工、监理、检测、工程管理等各个领域,并且随着计算机科学和各种高新技术的发展,正不断向自动化、现代化方向迈进。公路 CAD 技术的推广应用,显著地提高了公路建设的工作进度和工作质量,有利于实现公路建设项目方案优、投资省、工期短、效益好的总体目标,极大地促进了我国公路建设事业的快速发展。公路 CAD 技术已成为公路工程技术中不可或缺的重要工具,公路 CAD 知识已成为公路工程技术人员知识结构的重要组成部分,熟练掌握和高效运用公路 CAD 技术已成为公路工程师必须具备的一种基本技能。

为了适应公路建设技术现代化对人才培养的需要,目前国内一些高等院校的交通土建类专业相继开设了公路 CAD 技术方面的课程,所用教科书主要有两类:一类是以公路 CAD 技术科研成果为基础,重点介绍公路 CAD 软件的开发原理、开发技术及开发过程,理论性较强、内容较深、难度较大,其教学目标主要是使学生具备较强的公路 CAD 软件研发能力。这类教材在研究生及本科生“研究型”人才的培养中,发挥了非常重要的作用。另一类是以介绍国际通用绘图软件 AutoCAD 使用方法为主的,目标主要是培养学生的计算机绘图技能,对公路工程 CAD 专用软件方面的知识则涉及较少。这类教材主要面向高职高专等职业教育基层技术人才的培养。

根据多年在公路 CAD 技术课程的教学实践中所听到的广大学生对教材及教学内容的反馈意见,尤其是依照正在通过自学考试深造提高的长期工作在公路建设生产第一线的广大工程技术人员的要求,普遍希望能有更多更侧重于专业性、操作性和实用性方面的公路 CAD 技术教材或参考书。本书就是为满足“应用型”人才培养的这种社会需求而编写的。本书内容主要包括公路 CAD 基础知识和专业软件应用两大部分。基础知识部分主要包括公路 CAD 硬件软件支撑环境、公路工程数据处理、AutoCAD 使用方法及二次开发技术等内容;专业软件应用部分主要介绍国内比较典型的公路 CAD 软件的主要功能、使用方法、操作过程和技巧,同时也介绍一些公路 CAD 专业软件的开发原理和编程思路,以培养综合运用 CAD 技术解决公路工程实际问题的能力。

本书共分为 11 章,其中第 1 章、第 5~9 章及第 10 章的 10.2 节由毛大德编写,第 2~4 章及第 10 章的 10.1 节由罗云飞编写,全书由毛大德统稿。本书可作为应用型交通土建类专业的公路 CAD 教材,也可作为土木工程专业学生的 CAD 教学参考书,同时也可作为公路设计、施工、监理、工程管理等各个领域的广大工程技术人员的参考用书。

在本书的编写过程中,参考了国内知名学者的有关著作、论文和一些研究成果;得到了相关公路 CAD 软件开发人员及开发部门的大力协助;长沙理工大学继续教育学院单金德、苏汉元、刘冰兰等有关领导对本书的出版给予了极大的关心和支持;中南大学出版社谭平、周兴武两位编审对本书的结构及章节安排提出了宝贵的意见,并为本书的出版给予了极大的帮助。特此一并致以深深的谢意。

公路 CAD 技术发展迅速, 内容丰富。由于作者水平有限, 加之编写时间紧迫, 书中难免有不当及疏漏之处, 敬请读者批评指正。

作者

2009 年 1 月

目 录

第1章 概 述	(1)
1.1 公路 CAD 技术简介	(1)
1.1.1 公路 CAD 系统的工作流程及系统功能	(1)
1.1.2 公路 CAD 技术人员的基本要求	(3)
1.2 公路 CAD 发展概况	(4)
1.2.1 国外发展概况	(4)
1.2.2 国内发展概况	(6)
1.3 公路 CAD 发展趋势	(9)
第2章 公路 CAD 基础	(14)
2.1 公路 CAD 的支撑环境	(14)
2.1.1 硬件支撑环境	(14)
2.1.2 软件支撑环境	(21)
2.1.3 公路工程 CAD 系统的选型	(23)
2.2 公路工程数据处理	(24)
2.2.1 公路工程数据的特点	(25)
2.2.2 数据采集	(26)
2.2.3 数据处理	(29)
2.2.4 工程数据库	(32)
2.2.5 数字地面模型及应用	(36)
第3章 图形支撑软件 AutoCAD	(40)
3.1 AutoCAD 基础知识	(40)
3.1.1 AutoCAD 概述	(40)
3.1.2 AutoCAD 工作界面	(41)
3.1.3 AutoCAD 基本概念	(41)
3.1.4 AutoCAD 基本操作	(45)
3.1.5 AutoCAD 基本绘图功能	(47)
3.2 设置 AutoCAD 的绘图环境	(53)
3.2.1 设置系统参数	(53)
3.2.2 图层、线型、线宽及颜色设置	(56)
3.2.3 精确绘图的定位方法	(57)

3.2.4 图幅布置和输出设置	(60)
3.3 文字、尺寸标注与图案填充	(64)
3.3.1 文字标注	(64)
3.3.2 尺寸标注	(68)
3.3.3 图案填充	(70)
3.4 图块及数据交换	(72)
3.4.1 图块	(72)
3.4.2 数据交换与格式交换	(73)
第 4 章 AutoCAD 二次开发技术	(79)
4.1 AutoCAD 二次开发的主要内容和工具	(79)
4.1.1 AutoCAD 二次开发的主要内容	(79)
4.1.2 AutoCAD 二次开发的主要工具	(79)
4.2 AutoCAD 二次开发技术	(80)
4.2.1 Auto LISP 开发环境	(80)
4.2.2 Auto LISP 程序设计	(83)
4.2.3 Visual LISP 集成开发环境	(92)
4.2.4 Visual LISP 编辑和调试	(95)
4.2.5 工程管理器与应用程序生成	(100)
第 5 章 公路测设外业 CAD	(106)
5.1 数字化测量技术简介	(106)
5.1.1 全站仪测量简介	(106)
5.1.2 GPS 测量简介	(108)
5.2 坐标换带	(109)
5.2.1 坐标换带计算方法	(111)
5.2.2 坐标换带电算程序及应用	(112)
5.3 导线测量计算	(112)
5.3.1 导线计算方法	(112)
5.3.2 导线计算程序	(115)
5.4 路线放样	(115)
5.4.1 路线放样方法及放样计算	(115)
5.4.2 路线放样程序及应用	(117)
5.5 公路外业测设软件系统简介	(118)
第 6 章 公路路线 CAD	(123)
6.1 路线平面设计	(123)
6.1.1 平面设计计算	(123)
6.1.2 路线平面交互设计	(125)

6.1.3	路线平面程序化设计	(127)
6.2	路线纵断面设计	(128)
6.2.1	纵断面设计计算	(128)
6.2.2	路线纵断面交互设计	(131)
6.2.3	路线纵断面程序化设计	(134)
6.3	路线横断面设计	(135)
6.3.1	横断面设计及土石方工程量计算	(136)
6.3.2	路线横断面交互设计	(139)
6.3.3	路线横断面程序化设计	(140)
6.4	路线优化设计	(143)
6.4.1	路线优化设计过程及优化方法	(143)
6.4.2	路线平面优化设计	(147)
6.4.3	路线纵断面优化设计	(149)
6.4.4	路线三维可视化设计	(152)
第 7 章	路基、路面及交通工程 CAD	(155)
7.1	路基边坡及挡土墙设计	(155)
7.1.1	边坡稳定分析	(155)
7.1.2	挡土墙设计与计算	(156)
7.2	路面结构设计	(160)
7.2.1	柔性路面设计	(160)
7.2.2	刚性路面设计	(165)
7.3	道路交通工程设计	(170)
7.3.1	道路交通工程 CAD 概述	(170)
7.3.2	高等级公路交通工程 CAD 系统简介	(170)
第 8 章	桥梁与涵洞工程 CAD	(177)
8.1	中小桥涵 CAD 系统的总体设计	(177)
8.1.1	系统的设计目标与功能设计	(177)
8.1.2	系统的结构	(178)
8.2	中小桥梁设计及图形实现	(179)
8.2.1	中小桥梁结构设计与计算	(179)
8.2.2	桥梁设计图的自动绘制	(181)
8.3	涵洞设计与图形的实现	(190)
8.3.1	涵洞设计软件的结构及功能	(191)
8.3.2	涵洞设计软件的开发	(191)
8.4	国内桥涵设计软件简介	(194)

第 9 章 公路工程造价及工程项目管理 CAD	(197)
9.1 同望 WCOST 公路造价管理系统应用简介	(197)
9.1.1 同望 WCOST 公路造价管理系统基础知识	(197)
9.1.2 同望 WCOST 公路造价管理系统操作应用简介	(198)
9.2 同望 EasyPlan 项目计划管理系统应用简介	(219)
9.2.1 同望 EasyPlan 项目计划管理系统基础知识	(219)
9.2.2 同望 EasyPlan 项目计划管理系统操作应用简介	(220)
第 10 章 典型道路 CAD 软件应用简介	(233)
10.1 纬地道路 CAD 系统(HintCAD)应用简介	(233)
10.1.1 系统主要功能	(233)
10.1.2 系统应用常规步骤	(236)
10.1.3 道路路线设计	(238)
10.2 唯择市政道路 CAD 系统应用简介	(255)
10.2.1 系统结构及主要特点	(256)
10.2.2 系统应用简介	(257)
参考文献	(261)

第1章 概述

CAD 是 Computer Aided Design 的简称,其含义是计算机辅助设计。它是研究计算机在工程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,正在深刻地影响着各行各业及各个工程领域。自 1963 年美国麻省理工学院的一位研究生首次提出 CAD 的概念至今,各国的科研、设计部门投入了大量的人力、财力进行开发,伴随着计算机及其外围设备的飞速发展,CAD 技术也逐渐成熟和完善,成为一门实用的技术,在工程技术领域得到广泛的应用。CAD 技术的崛起和发展,极大地提高了经济效益。据美国 20 世纪 80 年代统计,设计生产部门引入 CAD 技术后,设计效率大大提高,超大规模集成电路的效率提高 18 倍,机械工业效率提高 5 倍,建筑行业效率提高 3 倍,出版行业效率提高 4.4 倍。随着 CAD 技术的飞速发展,其效益还会迅速提高。毫无疑问,公路 CAD 作为 CAD 技术的重要应用领域之一,正在交通行业发挥着极其重要的作用。

1.1 公路 CAD 技术简介

1.1.1 公路 CAD 系统的工作流程及系统功能

公路 CAD 是公路计算机辅助设计的简称,公路计算机辅助设计涉及公路路线、路基工程、路面工程、桥涵工程、交通工程等的设计,是一门与诸多学科相联系的综合学科。目前,CAD 技术已在公路工程设计领域的各个阶段得到广泛的应用,显著提高了公路设计的质量,加快了设计进度,使公路建设项目达到方案优、投资省、工期短、效益好的要求。根据国内外有关统计资料,在工程设计中采用 CAD 技术,一般可使设计效率提高 1~25 倍,绘图效率提高 20 倍,设计周期缩短为原来的 1/3~1/6,工程投资节省 5%~10%。国外已经把 CAD 系统作为确定工程咨询公司投标资格的必备条件之一。

公路 CAD 作为一个完整的计算机辅助设计系统,绝不只是单纯的工程计算分析,也不只是单纯的计算机自动绘图。其主要内容包括设计方案的构思和形成、方案的比较和优选、工程的分析与计算、设计图表的绘制与设计文件

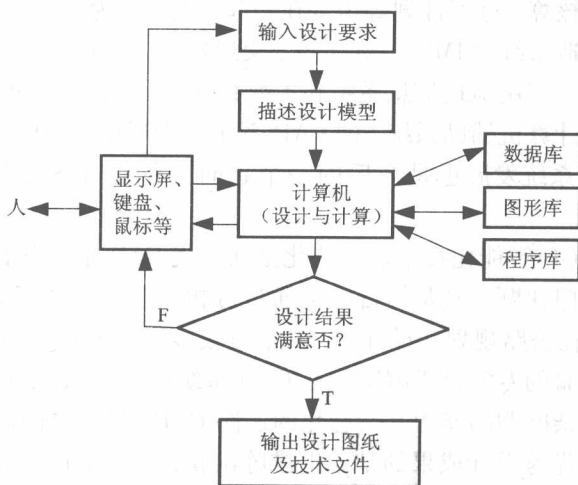


图 1-1 公路 CAD 系统工作流程示意图

设计方案的构思和形成、方案的比较和优选、工程的分析与计算、设计图表的绘制与设计文件

的输出等一系列工作。

公路 CAD 的工作过程如图 1-1 所示。

一个完备的公路 CAD 系统对计算机的要求除硬件设施外,一般应具备以下条件:

(1) 具备内容丰富、功能强大的工程数据库。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、地形地质等基础数据,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) 具备良好界面和高交互性能的图形支撑系统。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) 具备设计所需的各种应用程序。用以进行工程的计算、分析,生成设计图、表,完成工程设计。

现代公路 CAD 系统,除上述基本条件外还应具备一些更先进的功能:

(1) 数据采集和输入技术。数据采集的方法有地形图的数字化、全站仪地面速测、地面摄影测量、航空摄影测量等,依靠电子手簿可以直接自动录入地形变化点的三维坐标建立数字地形模型,不必通过绘制等高线地形图而直接提供 CAD 系统使用。近年来,更有由测绘部门建立大面积的地理信息系统(GIS),以软件的形式直接与 CAD 系统接口;还有运用卫星全球定位系统(GPS)和 GPS 全站仪采集数据为 GIS 服务。为此,必须对现代化的工程测量方法和 GIS、GPS 技术有所掌握。

(2) 优化技术。计算机的快速运算使我们有可能在短时间内形成多个甚至几十个设计方案,通过评价和优化可以选取最优方案,达到降低造价提高工程质量的目的。运筹学中的最优化技术、数学规划、层次分析、多目标决策等内容使我们可以建立用于方案优化的计算机子模块纳入 CAD 系统中。

(3) 集成化技术。集成化系统的发展是当今 CAD 技术的主要趋向之一。在机械和电气行业中,已将设计和制造集成起来,把产品设计、分析、绘图、工艺流程、数控、仿真、检测、成本核算、进度计划等组合在一起,统一成为数据和信息的处理和加工过程,形成计算机集成制造系统(CIMS)。在土木、交通建设方面也是一样,从工程规划、设计、施工到管理,可以统一享用地理信息系统和工程数据库,在评价、决策、分析、计算、管理等各方面构成一体化的计算机辅助系统,即 CAD 系统。为适应 CAD 集成化一体化的需要,向网络化、分布式 CAD 系统发展也是今后的一个趋向。利用网络技术,使多个用户能共享网络中的软硬件资源。

(4) 智能化技术。智能化是新一代 CAD 系统发展的一个重要方向,也是目前正在研究中的热门课题。其基本目的是通过分析人类的智能活动,力图由计算机实现类似的功能。例如,在公路规划和设计过程中,有很多属于经验性和推理性的复杂问题,它的处理一般需由有经验的专家分析解决。在 CAD 系统中引入人工智能和专家系统,就能扩展计算机处理这些复杂问题的能力。智能化的道路 CAD 系统更能在总结各方面专家的宝贵设计经验,继承已有优秀设计成果的基础上推陈出新,提高工程师的设计水平。另外,采用人工智能改进公路 CAD 系统,着手建立一种知识处理机构控制下的模块集成系统,从而可以达到增强系统的柔软性,便于适应不断变化的新环境。

在公路 CAD 工作中,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。在整个设计过程中,人的聪明才智、经验、创造性思维与计算机高速、准确的优点得到完美的结合。

1.1.2 公路 CAD 技术人员的基本要求

公路 CAD 技术,其速度快、精度高、费用省、调整和修改十分方便等优势,是传统设计方法无可比拟的。因此,其应用日益广泛,掌握公路 CAD 技术已成为工程技术人员知识结构的重要组成部分。从目前公路 CAD 技术的发展水平和公路工程的实际需要出发,一个合格的公路工程 CAD 技术人员应掌握以下基本知识。

(一)具备计算机的基本知识

- (1) 计算机的组成、结构及工作原理
- (2) 程序设计语言与数据库语言
- (3) 微机操作系统
- (4) 常用微机工具软件
- (5) CAD 基础
- (6) 计算机病毒知识

(二)掌握计算机的操作技能

- (1) 微机系统及其外围设备的操作使用
- (2) 键盘操作技能
- (3) 各种工具软件的操作使用
- (4) 程序的编制、输入、编辑、调试及运行

(三)能使用和维护工程技术软件

当前,国内公路交通部门已引进和开发了若干较为成熟的公路专业电算软件,在公路路线、路基、路面、桥涵、挡土墙、施工组织管理等方面都有可供使用的电算程序。对于具备基本电算知识和操作技能的一般工程技术人员,只要按照使用说明进行操作,都能掌握和使用这些软件。但是,公路科学技术和计算机科学技术都在不断发展,例如,新材料、新技术的出现,工程设计标准、规范的修改,计算机功能的增强等,都将导致现有软件的功能落后于现实的科技水平,这就不可避免地要对现有的软件作不同程度的修改、调整、扩充,使之适应变化了的情况,或符合本地区、本部门的设计惯例,或掌握计算机的新功能等,这就是所谓的软件维护。进行软件维护,首先要能读懂、理解源程序;其次要求有一定的编程经验,同时还必须对软件涉及的实际工程技术问题有较深入的了解。因此,软件维护对公路工程师的计算机知识水平和实际的操作能力都提出了较高的要求。

(四)能开发和研制公路专业应用软件

这是对公路工程师的更高要求。一般的专业软件由公路专业电算人员完成,必要时还需要计算机专业人员的协助和配合。

软件开发,包括一般计算程序设计和大型软件系统设计两个层次。

一般计算程序设计就是通常所说的计算机编程,即针对某一工程设计的计算问题,用计算机语言编制的能解决该问题的独立程序。任何程序都由相互关联的语句系列组成,如路线设计高程计算、土压力计算、公路交通量换算、边坡稳定性验算等,都属于一般计算程序设计。

大型软件系统设计,就是将单个的独立应用程序有机地组合起来,形成一个能完成整个工程设计任务的综合性程序系统的过程。大型软件系统设计,不仅要有高级语言和娴熟编程技术的支持,而且还应注重按软件工程的观点和方法进行设计,并同时考虑使用方便。因此,实际工作中一般都要经过系统分析、设计、编程、调试和运行等五个阶段。所谓软件开发,主要就是指大型软件系统设计,如公路路线 CAD 系统、桥梁 CAD 系统等就属于大型软件系统设计的成果。

公路工程 CAD 技术在我国日益普及,传统的公路设计方法和步骤正在被日新月异的 CAD 技术所取代。一个合格的公路工程师,应该很快学会使用商品化的软件,并具备一定的软件维护能力和初步的软件开发能力,才能跟上时代前进的步伐,使我国的公路 CAD 水平不断提高。

1.2 公路 CAD 发展概况

1.2.1 国外发展概况

公路 CAD 技术是工业发达国家计算机技术应用的重要领域之一,是伴随着计算机技术的发展而逐步成熟、完善的。

20 世纪 60 年代,由于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。由于计算机的高速运行,使得设计时间大为缩短,从而为多方案比选以及路线优化设计创造了有利条件。各国先后开发了较为成熟的路线纵断面优化设计程序系统,这其中较成功的有英国的 HOPS 程序系统、法国的 Appolo 程序系统和德国的 EPOS 程序系统。联合国经济合作开发组织于 1973 年在意大利西西里岛用 14km 路线对英、法、德、丹麦等国的纵断面优化设计程序进行了联合试验对比,表明纵断面优化结果可使土石方量节省 8%~17%,平均为 10% 左右,充分肯定了优化设计在公路设计中的重要作用。

与此同时,计算机的发展也促使结构分析软件迅速发展,特别是 20 世纪 60 年代末 70 年代初大型通用有限元程序系统的出现,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性边值问题之外,其重大突破在于解决各类非线性结构问题的能力,使这些在过去仅限于科学家们的论文和书斋内、对广大结构工程人员可望而不可及的各类非线性结构问题相继得到满意的解决并达到实用化、工程化的水平,并凭借其功能强大、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普及。

20 世纪 70 年代开始,计算机绘图功能的开发,图形软件的逐步完善,以及办公系统的开发,使得工程设计中大量设计图样的绘制与设计文件的编制工作逐步由计算机来完成。大容

量、高速度电子计算机的出现,使数字地面模型(DTM)系统开始进入实用阶段,为加速数模原始地形数据的采集和输入、地形图数字化创造了有利条件,并使航测精密光学立体测图仪从航空摄像片采集的地形数据成为数字地面模型中地形原始数据的主要来源。数字地面模型在公路设计中的应用,使公路优化设计技术从纵断面优化拓宽到平面优化和空间(三维)线形优化。例如,在平面选线优化方面,有英国的 NOAN 程序、美国普度大学的 GCARS 程序、德国的 EPOS-1 程序,公路路线三维空间优化方面有美国麻省理工开发的 OPTLOG 程序等。由于计算机本身及其外设如绘图机、数字化仪等硬件设备,以及计算机操作系统、编译系统和公路设计软件及数字地面模型等软件的进一步发展,使公路 CAD 系统功能不断完善,逐步走向实用阶段。

到了 20 世纪 80 年代,公路 CAD 系统的发展更加成熟,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)和专用公路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的作用。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。这阶段的公路 CAD 系统在人机交互、可视化技术等方面有了很大的发展,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 和 SICAD 系统、美国路易斯·百杰公司的 CANDID 系统、英国的 MOSS 和美国 Intergraph 公司推出的 INROADS 系统以及芬兰的 ROADCAD 系统等公路 CAD 系统,均是结构完整、功能强大且商品化程度很高的著名软件,在国际市场上占有较大的份额。

进入 20 世纪 90 年代以来,随着计算机内存及运行速度的大幅度提高,各种界面友好、功能强大、资源丰富的操作系统,具有高交互性能的真三维图形支撑系统及面向对象的语言编译系统的相继推出,伴随着多媒体技术、网络技术和可视化技术的发展,进一步促进了道路 CAD 系统软件水平的提高,软件友好性、适应性、智能化、可视化及交互性进一步增强。公路 CAD 系统以更新、更先进的面貌出现在人们面前。通过市场竞争,国外一些优秀的道路 CAD 系统脱颖而出,已逐步向国际化发展,以满足多元化的设计标准。目前应用比较广泛、具有一定代表性且已进入中国市场的软件有英国的 Moss(MX),美国的 InRoads,德国的 Card/1 等道路设计系统。国外这些软件的共同特点是:建立在功能强大的三维数字地面模型及结构物模型的基础上,有较完善的测量数据采集与处理子系统,能完成除构造物设计之外的路线设计全过程。软件开发技术紧跟计算机技术发展潮流,软件水平较高,硬件配置亦要求较高。此外,这些软件都注重可视化技术、用户界面技术(交互技术),并寻求一定的智能化功能以及系统的集成和设计的一体化。软件的商品化程度也较高。

另外在数据采集方面,GPS、数字摄影测量、遥感地质判释等新技术、新设备、新理论在公路设计中的应用,给传统的公路测设手段带来巨大的变革,使实现公路设计所必需的原始地形数据采集工作的自动化成为可能,公路设计也将逐步由计算机辅助设计向自动化设计过渡。

CAD 技术在公路测设中的应用,使得传统的公路设计手段、设计方法产生了重大变革,极大地促进了公路交通行业的技术进步,促进了公路学科水平的提高。目前,CAD 技术已成为公路设计中必不可少的重要手段,成为公路测设现代化的主要标志之一。

1.2.2 国内发展概况

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,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关系的数学模型还不易客观真实地得到,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,对公路 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微机辅助设计系统、公路中小桥 CAD 系统、涵洞 CAD 系统、立交 CAD 系统等公路设计软件,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。在国内众多的公路 CAD 软件系统中,除路线 CAD 和概预算系统的功能完备、实用性强、普及面广,几乎已推广到各级公路设计院外,其余系统也不同程度地得到应用和推广,但其中也有部分软件尚处于完善、试用和开发过程之中。

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。

路线 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、长安大学、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,由数字地形模型子系统,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,公路工程估价分析子系统六大专业设计子系统组成。该系统覆盖了地形数据采集→数字地面模型建立→人机交互的路线平、纵、横断面设计,优化设计和人工构造物的设计→图和表的屏幕编辑,并最终完成图样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,并推广到全国 10 多个省部级公路设计院。在该系统的推动和影响下,使全国 3 个部级公路设计院和 2/3 以上的省级公路设计院普遍掌握了路线 CAD 技术,并分别装备了两台以上的超级小型计算机工作站及外部设备组成的 CAD 硬件环境,其他省级公路设计院和省级以下的公路设计和施工单位也大多装备了微机工作站并从事 CAD 设计工作。由于 HICAD 系统所选用的硬件平台 Apollo 工作站后来在市场上逐渐被淘汰,加上课题完成后缺乏固定的维护组织,该系统在推广中存在一些问题,但是,它的开发研究使我国道路 CAD 技术的水平向前推进了一大步,并培养造就了一大批既懂专业又懂计算机知识的复合型人才,为我

国计算机高新技术的开发和应用奠定了良好的基础。

进入20世纪90年代,随着GPS、航测、全站仪等测量新技术在公路领域的应用,高效、准确获得设计所需的大范围内的地形原始数据已成为可能,公路CAD逐步向测设一体化集成系统方向发展。在“七五”攻关项目“路线CAD系统(HICAD)”基础上,前长沙交通学院与河北省交通设计院、河北省第三测绘院合作,结合实际工程设计,对航测、数模技术在公路路线施工图设计中的应用进行了深入的研究,提出了采用航测、数模技术进行公路路线施工图设计的新方法以及相应的作业程序,并提出了覆盖从地形数据采集与处理、路线设计与优化至设计成果输出的公路设计全过程的“基于航测、数模技术的公路测设一体化系统”,该系统于1994年1月通过鉴定。系统由航测数据的转换与原始数据的查错,原始数据的改错与质量控制,原始数据预处理,散点数模的建立,地物断裂线的处理及路线纵横断面地面线内插,路线计算机辅助设计与绘图等主要部分组成。该系统在国内首次将航测数模技术应用于公路路线施工图设计,产生了显著的效益。前长沙交通学院与吉林省公路设计院合作开发的“数字地面模型及公路路线集成化CAD系统”于1995年完成。该系统以三角网数字地面模型为基础,利用计算机自动处理由全站仪野外实测记录的地形原始数据,建立沿公路走向的带状数模,为公路路线设计自动提供纵、横断面地面数据,并自动绘制等高线地形图、路线平面设计图,形成从数据采集与处理、路线设计与计算到各种设计图表输出的覆盖路线测设全过程的一体化技术。这些系统已在高等级公路设计中得到推广应用,产生了显著的社会经济效益。

从1996年开始由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”已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完成。该项目于2000年7月通过国家级鉴定,并获2003年度国家科技进步二等奖。该集成系统由全球卫星定位(GPS)测量系统、数字摄影测量系统、公路数字地面模型、遥感地质图像及解译、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。系统规模庞大,功能全面,充分反映了测量高新技术的最新发展及在公路测设中的应用前景。在CAD系统开发方面充分吸收了国内外先进软件的特点以及计算机软硬件技术的最新成果,技术先进、软件水平高。

另外,交通部“九五”科技攻关项目“高等级公路数模、路线设计与仿真系统”由前长沙交通学院与山西省交通设计院联合开发完成,并于1999年9月通过部级鉴定。该项目后获山西省科技进步一等奖。该系统在原有数字地面模型、公路CAD系统研究成果的基础上,以满足实际工程需要为目标,充分反映了有关最新科研成果和计算机技术的发展水平,建立了一个包括数字地面模型、路线设计、挡墙设计、涵洞设计、道路三维工程模型的覆盖从数据采集、处理、初步设计、施工图设计到三维模型生成等全过程的路线设计集成系统。该系统具有如下主要特点:

(1)数字地面模型子系统:具有开放的数据接口和编码转换系统,可接受航测,地形图数字化,野外实测等多种数据源,提供完善的标准编码以及用户自定义编码的数据转换和处理;对原始数据无限制(仅取决于计算机硬盘大小)的海量数据的带状三角网快速整体建模;完善、高效的地物、地形断裂线处理,高速的数据查询、检索、内插系统;地形原始数据点的粗差检测和剔除;三角网的动态交互修改、编辑,实时更新。

(2)路线设计子系统:基于数据库,建立在数字地面模型基础上的集平面交互、纵断面

交互、横断面模板设计和交互修改、平面视距保证、土石方计算与调配、设计图表输出,并与排水、边坡稳定性分析,三维模型生成为一体的路线设计集成系统,充分支持路线多方案比选,以及各种等级公路各个不同设计阶段的设计需要。

(3)挡墙设计与绘图子系统:基于数据库,完成路肩墙、路堤墙、路堑墙、护脚墙等多种挡墙类型以及重力式、衡重式等挡墙结构形式的设计、验算与绘图;丰富的断面预算、挡墙分段、图面自动布置、挡墙三维绘图,以及对各种挡墙形式的处理,使系统更为方便实用。功能齐全、交互式程度高、高度可视化,是其主要特点。

(4)涵洞设计与绘图子系统:不仅能完成公路设计中常见的圆管涵、盖板涵、石拱涵的设计与绘图,亦可处理山区高等级公路中常见的阶梯涵等多种涵洞形式,洞口考虑了八字、一字、跌水井和山区公路中常见的急流槽等多种形式。

(5)三维道路工程模型子系统:直接由三维地面模型与路线设计成果自动生成带地面景观的三维道路工程模型,无需人工干预和修饰,快速、准确、客观地实现道路设计的可视化。

该系统是一套技术先进、功能全面、运行可靠、实用性强、高度灵活,完全专业化、集成化,基于 Windows 环境下运行的道路设计集成系统。目前该系统已在高等级公路设计中应用。

除上面具体介绍的一些系统外,在国内公路方面有代表性的程序还有:20世纪80年代中期前南京工学院早期开发的“公路初步设计程序系统(GLCBSJ)”和“公路技术设计程序系统(GLJSSJ)”；前西安公路学院开发的“公路路线微机辅助设计程序系统”；交通部第二公路勘察设计院推出的“微机路线辅助设计系统”。同济大学在十余个省、市级公路设计院的资助下,历时4年于1990年推出的“微机道路设计系统(TJRD)”,该系统通过多年的完善和维护,目前已升级为 Windows 版本。东南大学和交通部第二公路勘察设计院各自推出的立体交叉设计软件;中交公路规划设计院于1996年推出的“微机道路设计集成系统(RICAD)”；东南大学道路与交通 CAD 工程研究中心推出的基于 Windows 环境下的“动态交互道路 CAD 系统(Road)”；由交通部第一公路勘察设计院开发的“道路 CAD 系统 HintCAD”及西安海德公司推出的具有自主图形平台的“公路工程辅助设计系统(Highway Engineering Aided Design System, 简称 HEAD)”；长沙唯择科技有限公司推出的“唯择市政道路 CAD 系统”；此外,辽宁、河南、广东、吉林等众多的省交通设计院也相继推出了各自的路线设计系统。

在桥梁 CAD 技术方面,由同济大学、交通部公路规划设计院、重庆公路科学研究所等单位联合开发的桥梁 CAD 系统(JT—HBCADS),与公路 CAD 系统(HICAD)同期开发并完成。从1986年至1990年,软件的研制工作量相当于150人工作一年的工作量,1991年推出了作为第一期开发成果的1.0版本,共有源程序26万条。JT—HBCADS是在APOLLO、HP—APOLLO等工作站上开发和运行的大型集成化桥梁 CAD 软件系统。按照桥梁设计的特点,它分为桥梁结构布置、桥梁结构有限元分析、桥梁施工详图设计、桥梁工程造价分析等子系统,具备拟制草图、拼装三维模型、进行强度检验及完成常用中小桥自动设计等功能,能覆盖整体桥梁设计内业工作的50%。“八五”期间作为第二期工程,桥梁 CAD 系统在1.0版基础上进行了继续开发,着重研究大跨度和弯、坡、斜桥的 CAD 技术,桥梁结构与设计参数的优化技术,新型桥梁结构理论与计算,以及桥梁设计专家系统等内容,以求进一步提高内业工作的覆盖面,提高软件的人性化设计水平,逐步实现桥梁 CAD 系统的智能化。

当前国内有代表性的桥涵设计软件还包括桥梁大师、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。上述桥涵设计软件各有所长,都能帮助