

Gaodeng xuexiao jiaotong yunshu yu gongchenglei
zhuan ye gui hua jiao cai

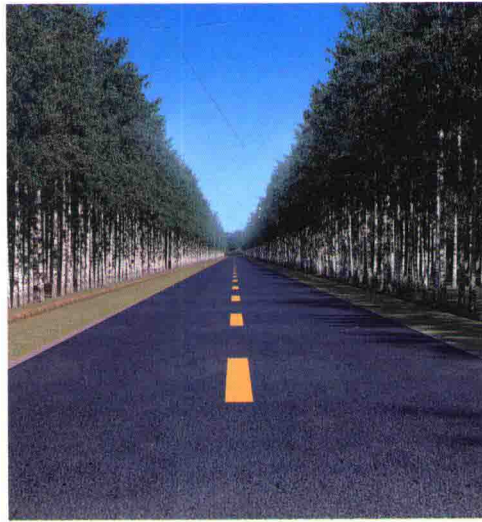
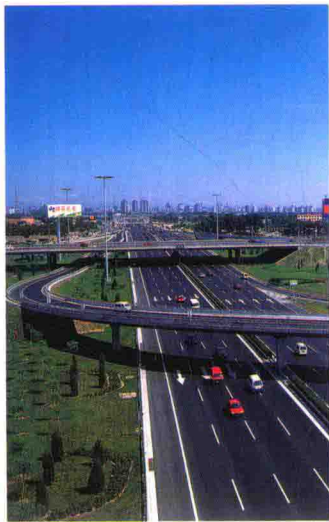
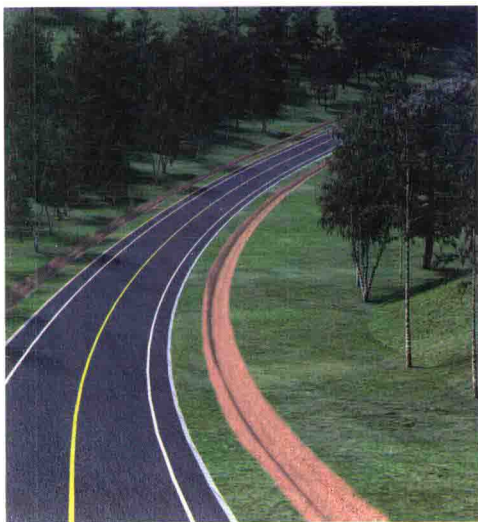
■ 高等学校交通运输与工程类专业规划教材
高等学校应用型本科规划教材

Computer Aided Design in Road Engineering

道路工程CAD

(第二版)

主编 / 杨宏志 贾兴利



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

高等学校应用型本科规划教材

道路工程 CAD

(第二版)

主编 杨宏志 贾兴利



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本教材是高等学校交通运输与工程类专业应用型本科规划教材。本教材注重理论与实践相结合,侧重于学生应用能力的培养。全书共分 12 章,包括:绪论,道路工程 CAD 基础,AutoCAD 图形平台的使用,数据采集技术与数据处理方法,路线平面、纵断面、横断面计算机辅助设计,道路三维建模及透视图绘制,路线设计图表绘制,路基、路面计算机辅助设计,道路交叉计算机辅助设计,国内外优秀道路 CAD 软件介绍。教材的许多内容取自作者多年来从事道路 CAD 技术研究和教学的成果、经验,部分章节配有源程序清单。

本教材可作为高等学校交通类应用型本科生教材,也可作为土木工程专业学生的 CAD 教学参考书,同时也可供工程技术人员及相关专业硕士研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

道路工程 CAD / 杨宏志, 贾兴利主编. — 2 版. —
北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.6

ISBN 978-7-114-13836-2

I. ①道… II. ①杨… ②贾… III. ①道路工程—工
程制图—AutoCAD 软件—高等学校—教材 IV. ①U412.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 112794 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

高等学校应用型本科规划教材

书 名: 道路工程 CAD(第二版)

著 作 者: 杨宏志 贾兴利

责任编辑: 李 瑞 卢 珊

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.5

字 数: 424 千

版 次: 2009 年 2 月 第 1 版

2017 年 6 月 第 2 版

印 次: 2017 年 6 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 9 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13836-2

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

高等学校应用型本科规划教材

编委会

主任委员:张起森

副主任委员:(按姓氏笔画排序)

万德臣 马鹤龄 刘培文 伍必庆
汤跃群 张永清 吴宗元 杨少伟
杨渡军 武 鹤 赵永平 谈传生
倪宏革 章剑青

编写委员:(按姓氏笔画排序)

于吉太 于少春 王丽荣 王保群
朱 霞 张鹏飞 陈道军 谷 趣
赵志蒙 查旭东 唐 军 曹晓岩
葛建民 韩雪峰 蔡 瑛

主要参编院校:长沙理工大学

长安大学

重庆交通大学

东南大学

华中科技大学

山东交通学院

黑龙江工程学院

内蒙古大学

交通运输部管理干部学院

辽宁省交通高等专科学校

鲁东大学

秘 书 组:李 喆 黎小东(人民交通出版社股份有限公司)

第二版前言

本书是高等学校交通运输与工程类专业应用型本科系列教材,是在 2009 年杨宏志教授主编、人民交通出版社出版的《道路工程 CAD》教材的基础上,为交通类及土木类应用型本科生学习道路工程 CAD 技术而编写的教材,同时也兼顾了从事道路设计工作不久的工程技术人员的实际需要。

道路工程 CAD 技术经过几十年的发展,目前已成为道路工程设计的基础技术,道路工程 CAD 软件也成为道路设计的基本工具。道路工程 CAD 技术在工程领域的应用,提高了道路工程设计效率和质量,减轻了设计人员的劳动强度,提升了设计方案研究的精度和深度。近几年来,测绘技术、工程设计理论的进一步发展,促使道路工程 CAD 技术在理论和实践层面都有了进步。因此,本次修订一方面体现了道路工程 CAD 技术的发展情况,分析了道路工程 CAD 技术的发展现状及趋势;介绍了数据采集技术中数字摄影测量、激光摄影测量技术,国内外常用的 EICAD、Civil 3D、CARD/1 软件。另一方面,考虑到应用型本科的教学特点,加强了对道路 CAD 技术应用环节设置,以纬地道路辅助设计软件(HintCAD)为平台,介绍了道路平面、纵断面、横断面设计及立体交叉设计的软件使用方法。

本书第一、五、六、七章由杨宏志编写,第二、三、四、八、九章由贾兴利编写,第十章由戴青苗编写,第十一章由薛晓姣编写,第十二章由肖伯南编写。全书由杨宏志、贾兴利统稿、主编。由于编者水平有限,读者若发现本书有错误和不完善之处,请予以批评指正。

编 者

2017 年 3 月

第一版前言

本书是 21 世纪交通版高等学校应用型本科教材,专门为道路、桥梁与渡河工程专业应用型本科学生学习道路工程 CAD 技术而编写的,同时也兼顾了从事道路设计工作不久的工程技术人员的实际需要。

计算机辅助设计(CAD)作为 20 世纪世界公认的重大技术成就之一,在工程设计领域占据越来越重要的地位,使工程设计的技术手段发生了根本性的变化。道路工程 CAD 技术的应用,对于加快工程测设进度、提高工程设计质量、减轻劳动强度、实现公路设计多目标协调统一,具有重大的实际意义。本教材根据应用型本科教学特点,理论与实践相结合,侧重于对道路 CAD 技术的应用,从道路 CAD 基础理论出发,概略介绍道路 CAD 技术应用所需具备的基础理论和专业知识,便于学生进入道路 CAD 技术应用领域;然后系统介绍 AutoCAD 图形平台,数据采集及数据处理技术,道路平面、纵断面、横断面计算机辅助设计开发与应用,路基、路面及交叉口等 CAD 系统的开发与应用,国内外常用 CAD 软件的介绍,以培养学生对道路 CAD 系统的使用、维护及设计能力。

本书具体分工如下:第一、五章由许金良编写,第二、八、十二章由于娇编写,其余各章由杨宏志编写。其中刘家庆、宋柳、李庆贺参与了第三章的编写工作,王鹏、贾兴利参与了第四章的编写工作,赵立苹、王安勳、亢小雪参与了第十二章的编写工作。全书由杨宏志、于娇、许金良统稿,并由华南理工大学符铎砂担任主审。由于编者水平有限,读者若发现本书有错误和不完善之处,请予以批评指正。

编 者

2008 年 8 月

目录

CONTENTS

第一章 绪论	1
第一节 CAD 技术概述	1
第二节 道路 CAD 技术发展概况	3
第三节 道路 CAD 系统的总体结构	7
第二章 道路工程 CAD 基础	9
第一节 硬件支撑环境	9
第二节 软件支撑环境	17
第三章 AutoCAD 图形平台的使用	25
第一节 计算机图形学概要	25
第二节 AutoCAD 的基础知识	28
第三节 AutoCAD 基本作图工具及使用技巧	32
第四章 数据采集技术与数据处理方法	69
第一节 现代化地面速测	69
第二节 地形图数字化	71
第三节 航测技术	72
第四节 全球卫星定位技术及其应用	76
第五节 激光(LiDAR)点云技术	80
第六节 数字地面模型理论与方法	84
第七节 数据处理方法与工程数据库	94

第五章 路线平面计算机辅助设计..... 100

第一节 交互式平面 CAD 系统总体设计 100

第二节 导线法平面设计原理..... 104

第三节 纬地道路辅助设计系统及路线平面设计..... 115

第六章 路线纵断面计算机辅助设计..... 125

第一节 纵断面交互 CAD 系统的总体设计 125

第二节 纵断面设计计算..... 129

第三节 纬地道路辅助设计系统的纵断面设计..... 133

第七章 路线横断面计算机辅助设计..... 139

第一节 横断面 CAD 系统的总体设计 139

第二节 横断面设计模板..... 142

第三节 横断面自动设计..... 145

第四节 横断面交互设计..... 149

第五节 纬地道路辅助设计系统的横断面设计..... 151

第八章 道路三维建模及透视图绘制..... 163

第一节 道路三维建模程序的基本内容与功能..... 163

第二节 三维建模表示方法..... 165

第三节 道路桥梁三维建模..... 166

第四节 动态、静态全景透视图的绘制 170

第五节 基于 UC-win/Road 道路三维建模与仿真 171

第九章 路线设计图表绘制..... 176

第一节 图形与表格处理技术概述..... 176

第二节 平面设计图表的绘制..... 181

第三节 纵断面设计图表的绘制..... 187

第四节 横断面设计图表的绘制..... 191

第十章 路基、路面计算机辅助设计 197

第一节 路基边坡稳定性验算..... 197

第二节 挡土墙计算机辅助设计..... 200

第三节 路面计算机辅助设计与计算..... 207

第十一章 道路交叉计算机辅助设计..... 211

 第一节 平面交叉口计算机辅助设计..... 211

 第二节 互通式立交计算机辅助设计..... 217

第十二章 国内外优秀道路 CAD 软件介绍 232

 第一节 EICAD 软件介绍 232

 第二节 AutoCAD Civil 3D 软件介绍 245

 第三节 CARD/1 软件介绍 257

参考文献..... 266

第一章

绪论

第一节 CAD 技术概述

一、CAD 技术的概念与内涵

CAD(Computer Aided Design)技术自 20 世纪 50 年代后期问世以来,经过几十年的发展,现已成为计算机应用领域的重要组成部分,是工程领域的关键技术之一。CAD 技术将计算机迅速、准确地处理信息的特点与人类的创造思维能力及推理能力巧妙地结合起来,为现代设计提供理想的手段。这种技术在对设计过程进行认真分析后,按照人与计算机的特点去分配各自最适合的工作部分。

CAD 技术可定义为以工程技术人员为主导,借助计算机系统来辅助一项设计的建立、修改、分析、优化等过程的一种现代设计方法和手段。实际应用中,由于计算机辅助设计中“辅助”是一个不十分明确的概念,在 CAD 系统中,技术人员主观参与程度和计算机系统辅助程度,从不同层面理解,会形成对 CAD 的不同认识。

对于道路工程设计,其设计过程一般可以分为工程可行性研究阶段(概念设计)、初步设计阶段(方案设计)、施工图设计阶段(详细设计)。设计过程中,由概念设计到方案设计、详细设计,是一个由宏观到微观、由整体到局部、由粗到细的过程。由计算机辅助道路设计工作,是

有着不同程度的。这些不同的程度具体反映为究竟需要在设计过程的哪个阶段“辅助”设计工作。按照辅助程度和阶段,可以分为三种不同程度的 CAD 方法。

第一种 CAD 方法是以人工设计为基础,在设计者进行了概念设计、方案设计和部分详细设计工作后,CAD 系统依据人工初步设计的成果,根据相应标准、设计条件等完成一些常用工程设计,如道路线形计算、横断面设计计算、路面结构计算等。计算机主要完成计算和绘图工作。这种程度上的 CAD 方法,并不需要在计算机内生成设计对象的三维模型或系统信息模型,数据管理采用数据文件的管理方式,是一种较为初级的 CAD 方法。这种 CAD 方法需要将大量人工设计数据输入到系统中,设计人员工作量较大,计算机辅助程度不高。

第二种 CAD 方法是从方案设计开始,在人工进行总体构思后,CAD 系统根据基本设计参数完成局部方案推荐,如道路平面线形组合及其参数的推荐。然后,通过交互设计的形式反馈给设计人员,设计人员进行比选和修改后,再进行详细设计。这一过程中,CAD 系统通过为设计人员提供备选方案和决策参考指标的方式,辅助设计人员完成设计工作。目前的道路 CAD 系统基本上达到了这种 CAD 水平,其主要研发重点集中在如何在设计过程中为设计人员提供更多的设计及决策信息支持,进一步完善交互设计手段并提高交互的深度。

第三种 CAD 方法是更完善的 CAD 方法。它要求从设计工作一开始就由计算机参与,用智能 CAD 来辅助设计者进行设计的分析和思考,决定整个设计的总体设想和布局,依次再辅助进行方案设计和详细设计工作。

二、CAD 技术基础

CAD 技术是现代设计方法的综合和应用,是设计方法学,同时也是计算机图形技术、环境数据采集及输入技术、数据管理技术、工程分析技术、软件设计技术等多学科的综合应用技术。

(1) 计算机图形技术。包括曲线、曲面等二维图形及三维图形的几何造型技术,在 CAD 硬件系统的基础上完成图形的生成及对图形的几何处理,自动产生用户所需的各种图形设计。

(2) 环境数据采集及输入技术。道路、铁路、机场等土木工程构筑物建设在大面积的土地上,在设计过程中,地形、地质、植被等环境数据形成了设计的背景和约束条件。因此,应将 CAD 技术与数字摄影测量、GPS、RS 以及激光摄影测量(LiDAR)等先进测绘技术融合,辅助完成工程设计。

(3) 数据管理技术。描述工程实体的解析模型需要大量的数字、符号和各种其他信息,统称为数据。进行过程规划和管理,也需要有大量的信息和数据。这些数据需要按一定的规则组织起来,形成有效的组合体,即所谓的数据库。建立工程数据库,实现数据的存储、检索、增减和修改,避免数据的重复配置,对于提高 CAD 的辅助程度,是至关重要的。

(4) 工程分析技术。在工程设计过程中,涉及设计方案优化、分析、比选和评价等设计活动,多目标优化技术、多属性评价技术、有限元分析技术、计算机仿真技术等可以使 CAD 系统在设计过程中为设计人员提供更多设计信息和决策依据。

(5) 软件设计技术。CAD 系统的软件工程设计、人机界面设计、软件工具的二次开发等是 CAD 系统的基础。随着技术的发展和设计理念的更新,考虑道路工程全寿命周期的软件集成化技术也成为 CAD 技术的主要发展趋势。

因此,作为一个道路工程设计人员,应当努力掌握如下与计算机辅助设计有关的计算机应用技术。

(1) 具备计算机的基本知识及基本操作技能,主要包括:

①了解计算机的组成、结构和工作原理。

②熟练使用 Windows 操作系统。

③掌握常用办公软件主要是 Office 软件(Word、Excel、PowerPoint)、掌握通用文档 pdf 格式文档的创建、阅读和编辑。

④熟练掌握矢量格式绘图软件平台 AutoCAD 或者 MicroStation 的基本功能和使用方法,掌握图像处理软件 Photoshop 的使用。

⑤掌握网络工具的使用,能够利用网络查找资料、协同工作。

(2) 具备使用和维护工程应用软件的能力。随着工程技术的进步和发展以及设计理念的更新,道路计算机辅助设计软件也在不断完善和升级。作为道路设计人员应能及时掌握不断发展的工程应用软件,从而不断地提高设计的品质和水准。例如,近年来建筑信息模型(BIM)成为道路交通行业的热点技术之一,应及时掌握与 BIM 相关的软件平台及工具软件,如 Autodesk 公司的 Civil 3D 和 Revit、Bentley 公司的 PowerCivil、地理信息系统通用平台 ArcGIS 等。另外,有些应用软件还提供了二次开发的工具,道路设计人员应能掌握这些开发工具,根据工程实际情况进行开发和定制,以适应实践工作的需要。

(3) 具备一定的软件开发能力。软件技术的进步使得道路计算机辅助设计软件功能越来越多,软件规模也越来越大。由道路专业技术人员开发和研制道路 CAD 软件也变得困难重重且不现实。然而,如果把软件研制工作完全交给计算机软件专业人员去开发,由于他们很难掌握和了解道路工程的专门知识,开发成果很难符合实际工程的需要。因此,道路设计人员具备一定的软件开发知识和能力,可以在计算机软件专业人员的辅助下完成道路 CAD 软件的开发和研制。

另外,即使不考虑软件开发的需求,由于 Office 系列软件、AutoCAD、ArcGIS 等软件平台均支持 VBA 定制,具备一定的软件开发能力,可以根据工作需要,开发一些实用的辅助工具,以提高工作效率。

第二节 道路 CAD 技术发展概况

一、国外道路 CAD 技术的发展状况

计算机在道路工程领域的应用可以追溯到 20 世纪 60 年代初,至今已有 50 余年的历史。

20 世纪 60 年代,计算机运用到道路设计主要是完成繁重的计算任务,如多层路面结构力学计算、路基稳定性分析与计算、桥梁结构计算、路基土石方计算及平面和纵断面线形计算等。为了获得更大的经济效益,欧美发达国家,如英国、美国、法国、德国和丹麦等先后展开了道路路线纵断面优化技术研究,开发了较为成熟的路线纵断面优化程序,有代表性的为英国 HOPS 纵断面选线最优化程序系统、法国的 APPOLON 系统、德国的 EPOS 程序等。纵断面优化程序系统的应用,在一定程度上提高了道路设计的质量并相应降低了工程费用。联合国经济合作与发展组织于 1973 年在意大利西西里岛的一条道路上对上述各国的优化程序进行了联合试验,结果表明:使用纵断面优化程序可以节省土石方工程量 8%~17%,平均 10%,这使得整个

道路的建造费用大大节省。

20 世纪 80 年代,在西西里岛联合试验之后的 10 多年时间内,道路优化技术从单一的纵断面优化扩展到一定宽度范围内的平面线形优化和平纵面线形综合优化,数字地面模型开始应用,计算机绘图技术发展至实用阶段。平面优化技术有代表性的成果包括英国的 NOAN 程序、美国的 GCARS 程序、德国的 EPOS-1 程序。路线优化设计在理论和应用上已基本形成了一门独立的学科,但由于路线的优化设计涉及大量的非技术性因素,给研究工作带来了很大困难,因此,就整体而言,路线优化技术仍处在研究探索阶段。数字地面模型主要用于等高线地形图绘制、土地填挖面积计算、路线优化设计等。70 年代末期计算机图形功能逐步完善,这期间开发的辅助设计系统均可完成大量的设计图纸绘制工作,系统的功能进一步增强,逐步走向实用阶段。

二十一世纪八九十年代,道路 CAD 系统的发展更加完善,并逐步向系统化、集成化方向发展。很多国家建立了由航测设备、计算机和专用软件包组成的成套系统,可以完成从数据采集、建立数字地面模型、优化设计到设计文件编制的全部工作,系统都有成功的图形环境支撑,商品化程度很高。如英国的 MOSS 系统、美国的 INROADS、德国的 CARD/1 等。MOSS 系统是英国 MOSS 系统有限公司经过 20 多年的不懈努力,开发出的大型三维道路路线设计计算机辅助设计分析软件,已在欧美一些发达国家的道路、铁路设计中广泛使用,使这些国家的道路、铁路设计完全摆脱了图板,实现了无纸化设计。CARD/1 是德国 IB&T 有限公司推出的,包括测量、道路、铁道、排水四个子系统的复杂系统,特别适用于道路的勘测与设计,对于铁道、排水以及建筑景观规划、水利工程、矿山工程等各种土木工程也能有效地使用。这期间道路 CAD 系统的另一个特点是系统的开发环境由小型机或工作站向计算机过渡,并以计算机为主。

近年来,国外道路 CAD 软件以面向基础设施全寿命周期为目标,向着标准化、集成化、三维模型一体化、云存储及计算等方面迅速发展,其中以 Autodesk 公司基于 AutoCAD 图形平台的 Civil 3D 软件和 Bentley 公司基于 MicroStation 图形平台的 OpenRoads、GEOPAK、InRoads、MXROAD 等系列软件为典型代表,并占据了国外道路设计软件的绝大部分市场份额。这些软件的总体特点表现在:

(1) 在主流通用图形平台(AutoCAD、MicroStation)支撑下,以三维建模技术为基础,集成数字高程模型、道路特征模型、地理要素模型等,将道路设计的全过程转化为系统模型的建立、修改、分析与评价,从而充分保证了设计信息的一致性和可重用性,提高了设计的效率和精度。

(2) 充分集成了数据采集技术、GIS 技术、计算机仿真技术、云服务技术等先进技术。数据采集技术的集成使 CAD 系统能够接受各种来源的地形数据,如 GPS 数据、点云数据等,并迅速建立数字高程模型(DEM)。GIS 技术的集成,可以在设计过程中,快速对设计背景信息进行查询和分析,如 Civil 3D 软件本身就包含 Autodesk 公司的 GIS 产品 Map 3D。计算机仿真技术的集成,可以对设计结果进行仿真分析,如 Civil 3D 可以集成 Vehicle Tracking,对车辆行驶轨迹进行分析,以改进设计。

(3) 面向基础设施全寿命周期,将道路工程设计的各个功能模块充分集成,形成 BIM (Building Information Model) 软件体系。以 Autodesk 公司为例,在概念设计阶段,将 InfraWorks 360 与 Civil 3D 整合,完成工程可行性研究道路路线走廊带方案的设计与研究。结构设计方面,将 Revit Structure 与 Civil 3D 整合,完成道路路线设计与结构设计之间的协作。另外,Civil 3D 还集成了河流及洪水分析、雨水管理(Stormwater management)、项目审阅(Navisworks)等功

能软件,从而形成了面向全寿命周期的 CAD 系统。

二、国内道路 CAD 技术的发展状况

我国道路部门应用计算机起步较晚。对道路 CAD 技术的研究开始于 20 世纪 70 年代末,经历了 70 年代末与 80 年代初期的探索、80 年代中后期的发展和 90 年代的提高普及,到目前为止,已在数据采集、内业辅助设计和图形处理各方面取得了较大成就。回顾历史,可以看出道路 CAD 技术发展的大致历程。

20 世纪 70 年代末期至 80 年代初期,国内有关高等院校和设计单位在收集和翻译国外路线优化技术和 CAD 技术资料的基础上,首先开展了道路路线优化技术方面的研究,编制相关优化程序。在辅助设计方面,编制了一些生产实际中急需的路线计算程序,如中桩坐标计算、土石方计算等,开发了针对某种绘图机的绘图程序。这一阶段,路线优化设计是当时计算机在道路设计应用的主流,由于受当时计算机软硬件环境的限制,所编制的程序都是针对某一项工作,以替代手工计算为目的,功能单一,缺乏系统性,因此应用面较窄。

20 世纪 80 年代中后期,随着我国道路建设的快速发展,对道路 CAD 技术的需求也不断增大,促进了道路 CAD 技术的发展。1986 年,交通部在多次技术论证的基础上,把“道路和桥梁 CAD”列入国家“七五”重点科技攻关项目,进行研究开发。道路 CAD 的研究内容包括数字地面模型、路线平纵面线形综合优化、路线设计、立交设计、中小桥涵设计、支挡构造物设计等许多方面;桥梁 CAD 的研究内容包括桥梁结构布置、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。该项目以工作站为硬件平台,应用对象为一些较大的设计单位。在这一阶段,大量高档次计算机和外围设备不断出现,为计算机专门配备的图形软件也更趋成熟,给道路计算机 CAD 软件的开发提供了良好的条件,有关科研院所和设计单位,根据各自单位的实际需要,也纷纷开展了道路 CAD 软件的开发工作,推出了一些各具特色的计算机道路 CAD 系统。这一阶段 CAD 软件的特点是计算分析和成图一体化,以提高软件的自动化程度为目标,大多缺乏交互性能或交互性能不高,软件的子系统之间接口繁多,没有统一的数据管理。

20 世纪 90 年代至今是道路基础设施建设大发展时期,道路建设的速度明显加快,建设规模空前,对 CAD 软件的要求越来越高。这一时期也是 CAD 软件的商品化发展阶段,软件开发为满足市场需求和适应计算机硬、软件技术的迅速发展,在大力推销其软件产品的同时,对软件的功能、性能,特别是用户界面和图形处理能力,进行了大幅度扩充;对软件的内部结构和部分软件模块,特别是数据管理部分,进行了重大改造。新增的软件部分大都采用了面向对象的软件设计方法和面向对象语言。以计算机为平台的道路 CAD 系统很快占据了优势,并逐渐取代了以工作站为平台的 CAD 软件。这期间道路 CAD 软件发展的特点表现为:①软件支撑平台由 DOS 系统向 Windows 系统过渡,软件界面及交互性能有所改善;②部分软件自主开发了专业的图形支撑平台,系统具有较强的针对性和实用性;③道路 CAD 软件的应用深度和广度都有较大提高,应用范围基本覆盖了道路初步设计和施工图设计的各个方面(不包括方案设计、方案评价选优等),到 1996 年年底,道路 CAD 技术已普及地市级设计单位,设计文件全部由计算机完成,而且在立交和独立大桥等复杂工程中应用了三维技术进行渲染和动画,同时,开始实施院内计算机网络管理;④跟踪国际计算机应用技术的最新发展,开始了领域内不同新技术的集成研究,如 1996 年原国家计委下达的国家“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年交通部重点资助项目“集成化道路CAD系统”研究等,研究的起点比以前有较大提高。

目前,国内常见的道路辅助设计软件主要有纬地道路辅助设计系统(HintCAD)和集成交互式道路与立交设计系统(EICAD)等。国内的道路CAD软件一般基于AutoCAD平台完成绘图功能,基于Microsoft Office软件完成表格输出功能,独立性不强。相比国外软件,国内CAD软件更符合我国的设计习惯和图表输出要求。在技术层面,一方面引入建筑信息模型(BIM)的理念,向服务于道路工程全寿命周期与应用的集成解决方案发展,另一方面充分集成地形数据采集与处理技术、可视化技术、挡墙设计、平交口设计等功能模块,以满足设计人员对软件功能的需求。

三、现有道路CAD系统存在的问题

道路设计工作是一个从无到有的反复修正过程。设计人员根据所掌握的知识、经验、规范,通过分析、计算、判断,多次修改,最后形成一项满足预定功能要求的设计。实践证明,计算机辅助设计(CAD)在提高设计质量、加快设计进度、节省人力物力上起到不可估量的作用。然而,纵观传统的道路CAD软件,计算机辅助设计的重要作用之一主要表现在建模上,即通过图形的输入建立计算模型和获取相应的数据。这一阶段一般不进行或很少进行物理或功能上的分析计算,基本上仅涉及问题的几何方面,即将设计人员的思想用几何图形表示出来。分析计算通常在后续阶段单独进行。在确定每一图形元素时以几何坐标来定位,相互之间不发生直接联系,只有通过其几何坐标的一致来建立相互关系,形成整体结构。因此,原则上讲这仅是一个计算机绘图的过程,某一操作所产生的物理作用及对其他部分的影响很难考虑。这一做法的另一个缺点是机时利用率很低,因为当某一操作命令发布后,计算机在刹那间就已执行完成并显示图形。在操作人员从这一操作转向下一操作的动作过程中,计算机处于等待状态。因此,现有的道路CAD系统是以计算机辅助绘图和计算为主要特征的计算机辅助设计技术,虽然在数值计算和图形绘制方面扩展了人的能力,在设计中获得广泛应用,并已成为提高设计质量和效率的一种现代化工具。但是,仍存在一些问题。

(1) 现有道路CAD系统把需要经验或知识决策的设计问题留给用户,因而设计质量的好坏在一定程度上依赖于用户经验的多少和知识水平的高低,也就是说,CAD的支持层次较低,这是国内外道路CAD系统普遍存在的问题。由于道路设计是设计人员的创造力与环境条件交互作用的物化过程,是一种智能行为,所以,在道路设计方案的拟定、设计模型的建立、主要参数的确定、线形设计等环节中,有相当多的工作需要设计人员发挥自己的创造性,应用多学科的知识 and 实践经验,进行分析推理,运筹决策才能取得合理的结果,从这一方面考虑,现有的道路CAD系统只是将设计过程的最后阶段——绘图搬到了计算机上,而设计过程仍然在设计者的头脑中完成,这样CAD技术在应用高度方面还有待提高。

(2) 现有的道路CAD系统在数据管理上基本沿用文件系统,程序功能模块之间数据的流动是通过数据文件方式来实现的,每个应用系统都是孤立地、封闭地存储和管理自己的数据,缺乏数据库的支持,数据转换效率低下,数据冗余,而共享差,软件内部接口繁多,两个不同的CAD系统之间无法直接进行数据交换。

(3) 道路CAD系统的开发缺乏组织,低层次上重复开发严重。现有道路CAD系统的各单项功能或单方面功能均是开发单位针对不同的目的、各自的设计要求、不同的软硬件环境开发

的,在系统的总体性、软件的通用性、系统接口技术等方面缺乏良好的总体设计,虽然各单项(单方面)功能较强,有较大的实用价值,但整个系统功能单一,缺乏标准化、规范化、系统化,集成化程度低。因此,现有的道路 CAD 系统很难有效地支持设计的全过程。

(4)道路 CAD 软件与支撑软件之间连接功能差,致使 CAD 环境不完善。目前道路 CAD 软件的支撑软件大多采用市场上成熟的软件,如 WPS、Word、Excel、AutoCAD 等,专业软件与这些系统软件的连接通常采用高级语言的外部调用或通过操作系统来实现,道路 CAD 系统没有提供一个集成的平台,设计者在应用上述软件时,需要在不同的软件之间频繁切换,给使用带来诸多不便。

(5)现有道路 CAD 系统常把设计思想、原则与实现设计的具体方法和技巧,处理算法与表示处理对象的环境混在一起,这样系统就难以随着环境的改变或处理技术的更换而方便地修改和扩充。

(6)现有道路 CAD 系统在道路勘测设计中的应用,还只局限在整个道路设计过程中的某些方面,没有开发出一套功能完整的道路设计 CAD 软件。从纵向看,道路设计要经过可行性研究、初步设计、技术设计和施工图设计等几个阶段;从横向看,道路设计包括路线、路基路面、桥涵、支挡构造物等各工程实体设计,每个设计阶段或设计实体又包括深度不同的地形测量、计算和绘图等多方面的工作,因此道路设计是一项非常复杂而又要求十分细致的工作。无论从纵向,还是从横向衡量,现有的 CAD 系统距实际要求都存在较大差距。

上述存在的问题,不仅是今后道路 CAD 软件开发所面临的困难,同时也是提高道路 CAD 系统应用层次和应用深度迫切需要解决的关键问题。

第三节 道路 CAD 系统的总体结构

以计算机技术和公路设计理论为基础的公路 CAD 技术经过五十多年的发展,由最初的单纯完成设计计算发展到今天的计算绘图一体化,在缩短公路设计周期,提高公路设计效率方面发挥了重要作用。随着人们认识的提高和设计理念的转变,公路设计由单纯注重经济性、追求高指标向协调安全、环保、经济、功能、舒适、美观等多目标转变。以几何模型、数值计算模型为基础的传统道路 CAD 软件并不能满足多目标设计和决策的要求。近年来,工程设计理论、地理数据采集与管理技术、多目标优化与决策理论方法、工程数据库、CAD 基础平台等技术的发展,客观上要求提高道路 CAD 系统对道路设计的支持层次和深度,具体表现在:

(1)系统应具有强大的数据管理功能。道路 CAD 系统应建立在工程数据库的基础上,对道路设计的原始数据和设计过程数据进行有效的管理。道路设计的原始数据包含通过数字摄影测量、LiDAR 激光摄影测量、传统测量手段获得的地形数据,RS 遥感解译获得的地质、生态等数据,交通和社会调查等设计背景数据,工程技术标准和规范数据,设计案例与专家经验等。设计过程数据则包括设计模型数据、设计图形数据、设计成果数据等。

(2)系统应能在设计过程中提供多目标优化与决策支持。在专家系统的支持下,系统应能对道路平面设计方案、纵断面设计方案、平纵组合设计方案进行多目标(安全、经济、环保、美观等)优化。路线初始方案确定后,系统能进行规范符合性检查,并对方案进行交通安全、交通质量、工程经济、景观与环保等方面的多属性评价。

(3)系统应具有完善的数字地形模型。面对海量的地形数据,数字地形模型能够高效地完成建模工作及数模简化、数据内插、模型重构等工作,为纵横断面地面线内插、道路三维模型建立、路域地形分析等提供支持。

(4)系统应集成道路设计中的基本模块,包括路线设计模块、交叉设计模块(平面交叉、立体交叉)、挡土墙设计模块、排水设计模块(包括小桥涵模块)、路基路面模块、图表输出模块。各功能模块应能实现设计过程中的基本分析、计算和绘图工作。

(5)系统应能在通用图形平台(AutoCAD、MicroStation)的支持下,提供设计过程中强大的人机交互与修改功能,包括显示与动画、平纵横断面设计与修改、约束条件(如切线长、曲线长、半径、回旋线参数、外距、变坡点位置等)的增删与修改等内容,同计算机自动计算结合,使每次设计或修改后,计算机能及时跟踪计算。例如,当移动某变坡点时,计算机能立即自动计算并显示有关纵坡、竖曲线长、直坡段长度及是否违反约束条件等信息。

根据以上要求,道路 CAD 系统的基本结构如图 1-1 所示。需要指出的是,这里的基本结构反映了道路 CAD 系统的发展趋势,是目前道路 CAD 系统需要深入研究的方向。

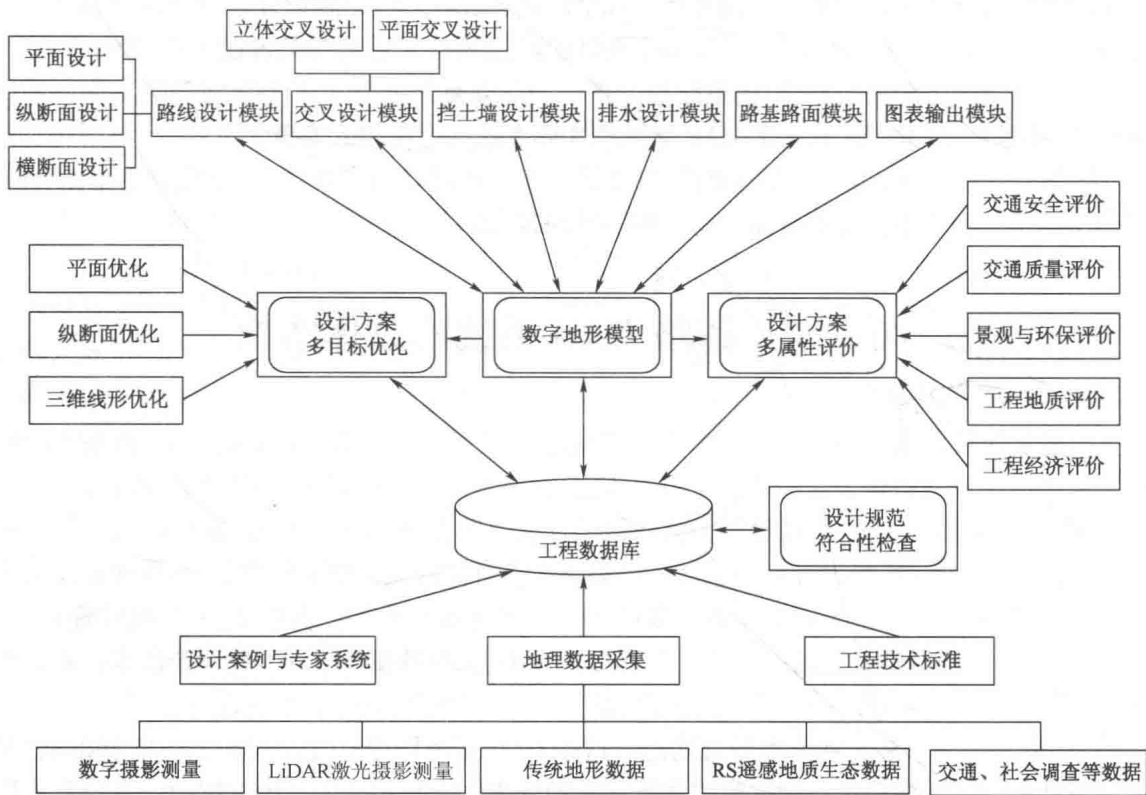


图 1-1 道路 CAD 系统总体结构图