

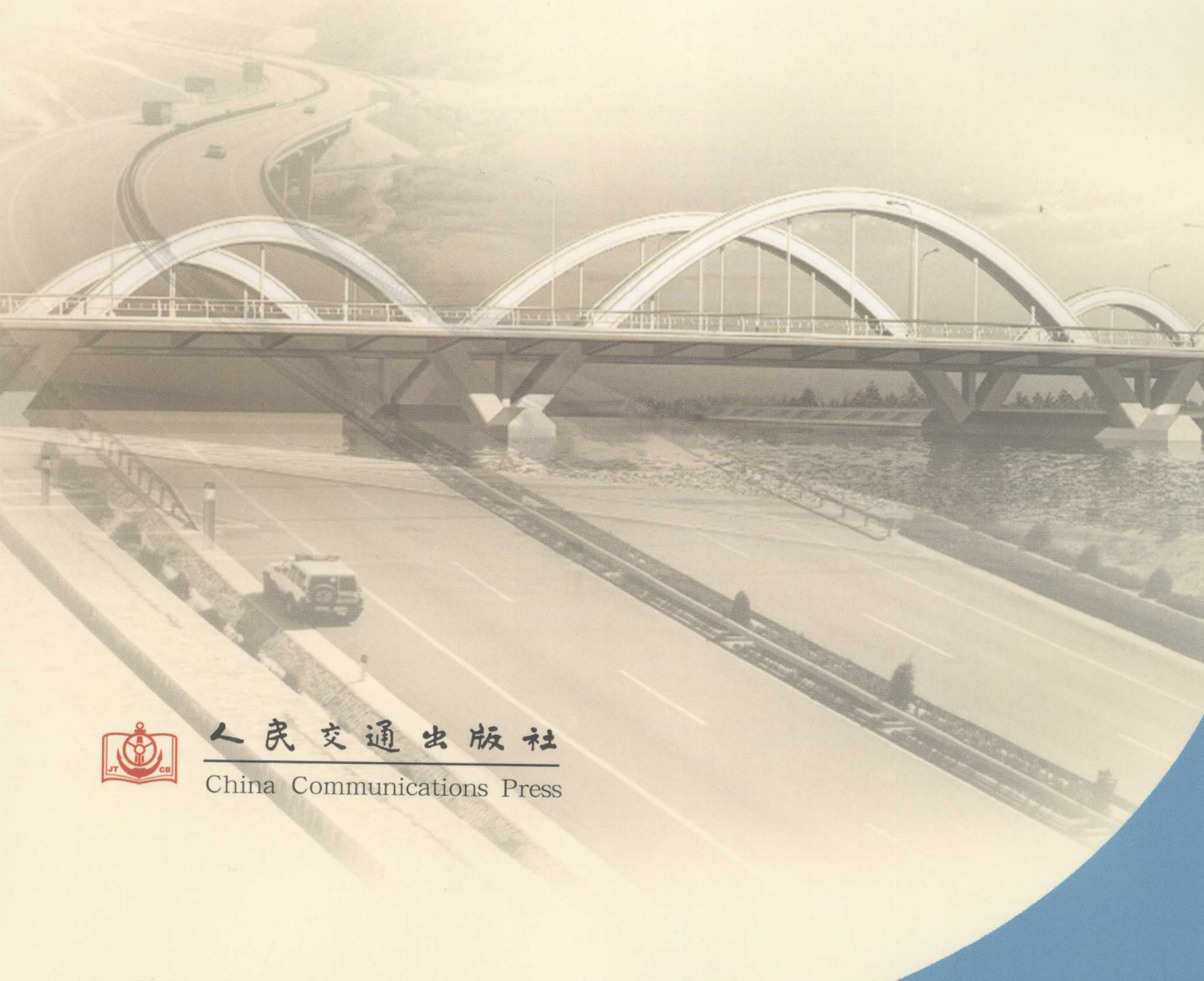


高等学校**应用型本科**规划教材

道路工程CAD

主编 杨宏志 于 娇 许金良

主审 符铎砂



人民交通出版社

China Communications Press

高等学校应用型本科规划教材

Daolu Gongcheng CAD

道路工程 CAD

主编 杨宏志 于 娇 许金良

主审 符铎砂

人民交通出版社

内 容 提 要

本教材是 21 世纪交通版高等学校应用型本科教材。本教材注重理论与应用相结合,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 的软硬件支撑环境、AutoCAD 图形平台的使用、数据采集技术、路线平面计算机辅助设计、路线纵断面计算机辅助设计、路线横断面计算机辅助设计、道路三维建模及透视图绘制、路线设计图表的绘制、路基路面计算机辅助设计、交叉口计算机辅助设计、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,有些章节配有源程序清单。

本教材可作为高等学校道路桥梁与渡河工程专业应用型本科学生教材,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 / 杨宏志等主编. —北京:人民交通出版社,2009. 1

ISBN 978 - 7 - 114 - 07540 - 7

I. 道… II. 杨… III. 道路工程—计算机辅助设计—应用软件, AutoCAD IV. U412. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 003824 号

高等学校应用型本科规划教材

书 名: 道路工程 CAD

著 作 者: 杨宏志 于 娇 许金良

责任编辑: 岑 瑜

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) 59757969, 59757973

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: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 12.5

字 数: 310 千

版 次: 2009 年 1 月 第 1 版

印 次: 2009 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 07540 - 7

印 数: 0001 ~ 3000 册

定 价: 23.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版

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:(按姓氏笔画序)

万德臣	马鹤龄	王 彤	刘培文
伍必庆	李香菊	张维全	杨少伟
杨渡军	赵丕友	赵永平	倪宏革
章剑青			

编 写 委 员:(按姓氏笔画序)

于吉太	于少春	王丽荣	王保群
朱 霞	张永清	陈道军	赵志蒙
查旭东	高清莹	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
北京交通管理干部学院 辽宁交通高等专科学校
鲁东大学

秘 书 组:毛 鹏 岑 瑜(人民交通出版社)

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,赵立革、王安勤、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锌砂担任主审。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

第一章 绪论	1
第一节 CAD 技术的概念和内涵	1
第二节 CAD 技术发展概况	2
第三节 国内外道路 CAD 技术发展状况	2
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	14
第三节 CAD 软件开发方法与步骤	21
第四节 数据处理方法与工程数据库	23
第三章 AutoCAD 图形平台的使用	29
第一节 计算机图形学概要	29
第二节 AutoCAD 的基础知识	31
第三节 AutoCAD 基本作图工具及使用技巧	35
第四章 数据采集技术	69
第一节 现代化地面速测	69
第二节 地形图数字化	70
第三节 航测技术	72
第四节 全球卫星定位技术及其应用	75
第五节 数字地面模型理论与方法	79
第五章 路线平面计算机辅助设计	85
第一节 交互式平面 CAD 系统总体设计	85
第二节 导线法平面设计原理	88
第六章 路线纵断面计算机辅助设计	99
第一节 纵断面交互 CAD 系统的总体设计	99
第二节 纵断面设计计算	103
第七章 路线横断面计算机辅助设计	107
第一节 横断面 CAD 系统总体设计	107
第二节 横断面设计模板	109
第三节 横断面自动设计	112
第四节 横断面交互设计	116
第八章 道路三维建模及透视图绘制	119
第一节 道路三维建模程序的基本内容与功能	119

第二节	三维建模表示方法	120
第三节	道路与桥梁三维建模	121
第四节	动态、静态全景透视图的绘制	124
第九章	路线设计图表的绘制	126
第一节	图形与表格处理技术概述	126
第二节	平面设计图的自动生成	131
第三节	纵断面设计图的自动生成	133
第四节	横断面设计图表的绘制	136
第十章	路基、路面计算机辅助设计	140
第一节	路基边坡稳定性验算	140
第二节	挡土墙计算机辅助设计	143
第三节	路面计算机辅助设计与计算	149
第十一章	交叉口计算机辅助设计	152
第一节	平面交叉口计算机辅助设计	152
第二节	立交方案评价系统	157
第三节	立交 CAD 系统的总体设计	160
第十二章	国内外优秀道路 CAD 软件介绍	163
第一节	德国 CARD/1 软件	163
第二节	集成化公路 CAD 系统	165
第三节	纬地道路辅助设计系统	170
第四节	其他道路 CAD 软件简介	186
参考文献		190

第一章 绪 论

第一节 CAD 技术的概念和内涵

CAD(Computer Aided Design)技术是 20 世纪工程技术领域发展最迅速、最引人注目的高新技术之一。它的内涵随着时代的发展,特别是计算机及其相关技术的发展而不断变化。1972 年 10 月,国际信息处理联合会(IFIP)给 CAD 作出了权威的定义,描述如下:CAD 是一种技术,它将计算机迅速、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认真分析后,按照人与计算机各自的特点去完成各自最合适的部分。如设计的经验和判断由人来完成,而存储和组织数据,以及繁重的计算和绘图等由计算机来完成,这样可以使得设计的效果,比人或计算机任何一方单独完成工作都要好而快。CAD 技术包括设计、绘图、工程计算与分析、文档制作等设计活动。

CAD 技术涉及的基础技术如下(这里只列出说明,部分技术的详细内容后面章节介绍。有的技术,读者可以根据兴趣和需要,查阅相关文献):

(1) 图形处理技术。如自动绘图、几何建模、图形仿真及其他图形输入、输出技术。

(2) 数据管理与数据交换技术。如数据库管理、产品数据管理、产品数据交换规范及接口技术等。

(3) 工程分析技术。如优化技术、有限元分析及面向各个工程专业的工程分析方法等。

(4) 文档处理技术。如文档制作、编辑及文字处理等。

(5) 软件设计技术。如窗口界面设计、软件工具、软件工程规范等。

随着计算机技术的飞速发展,CAD 技术的内涵也在快速扩展中,CAD 技术所涉及的内容也不断扩充。

另外需要指出,不能将 CAD 与计算机绘图、计算机图形学混淆起来。现分别对计算机绘图和计算机图形学加以简要介绍:

(1) 计算机绘图是使用图形软件和硬件进行绘图的一种方法和技术,以摆脱繁重的手工绘图为目标。

(2) 计算机图形学(Computer Graphics,CG)是研究通过计算机将数据转换为图形,并在专业显示设备上显示的原理、方法和技术的科学。其研究的内容如下:

① 硬件。如图形输入设备、图形处理设备、图形显示设备和图形绘制设备等。

② 图形软件开发。如二维绘图系统、三维造型系统、动画制作系统等。

③ 图形处理技术。如几何元素和图形生成方法、实体表示和拼合、图形变换、图形的消隐与裁剪、真实感图形的生成等。

④ 实际应用中的图形处理问题。计算机绘图只是 CG 中涉及工程图形绘制的一个部分,计算机绘图不是 CAD 的全部内涵,但它是 CAD 技术的基础之一,CG 是一门独立的学科,有自己丰富的技术内涵,与 CAD 技术有明显的区别,是 CAD 技术的重要基础。

第二节 CAD 技术发展概况

工程和制造业的生命力在于工程和产品创新,而实现创新的关键,除了设计思想和概念以外,最主要的技术保障,就是采用先进可靠的 CAD/CAE 软件。CAD 软件是迅速发展中的计算数学、相关的工程科学、工程管理学与计算机技术相结合,而形成的一种综合性、知识密集型信息产品。CAD 技术作为 20 世纪世界公认的重大技术成就之一,正深刻地影响着当今工业和各个工程领域,已为各行各业带来巨大的经济效益和社会效益,成为人们所熟悉的并能推动生产力前进的新技术。

最早的 CAD 技术研究始于 20 世纪 50 年代,但人们公认的第一个真正应用于设计工作的 CAD 系统,是 1963 年美国麻省理工学院的 Ivan Sutherland 博士研制的 SKETCHPAD-A 系统。该系统由一个阴极射线管显示装置(CRT)及林肯—TXT 计算机组成,该系统为设计者提供了人机对话的工作方式,被认为是图形库的最初尝试,是最早实现人机之间信息交换的系统。这一新技术的发展,促成了计算机图形学的产生。这一代 CAD 系统主要用于二维绘图,当时首先被应用于机械制造行业,如飞机制造、汽车制造、船舶制造等。其技术特征是利用解析几何的方法定义有关点、线、圆等图素。这一时期是 CAD 技术的形成阶段。

20 世纪 70 年代,随着计算机技术和计算机图形学的飞速发展,特别是小型机和微型机的出现,使系统的价格大幅度下降,从此 CAD 技术获得飞跃发展,使 CAD 在工程上的应用从单纯的分析计算变为大量信息存储、检索、绘图、计算为一体的独立系统,应用领域不断扩大。其代表是 1976 年市场上出现的“TURNKEY SYSTEM”。这一代系统直到现在还在应用,其技术也在不断发展,它们主要是二维交互绘图系统和三维几何造型系统。在几何造型方面分别采用了三维线框模型、曲面模型和实体模型,并将绘图系统与几何数据管理结合起来。这一时期是 CAD 技术的发展阶段。

20 世纪 80 年代中期至 90 年代中期,CAD 系统开发人员在 CAD 系统的几何建模方面开展了大量的研究工作,并取得了众多研究成果。在建模方法上出现了基于特征建模和基于约束的参数化建模方法,由此出现了各种基于特征的建模系统以及二维或三维的参数化设计系统,并出现了这两种建模方法互相交叉、互相融合的系统。这种系统常常在二维、三维模型之间以及与 CAM 系统之间有内部统一的数据结构及共同的数据库。这一时期是 CAD 技术的兴旺和提高阶段。

20 世纪 90 年代至今,随着微机性能的大幅度提高,操作系统、编程语言、网络技术及数据库技术的日益成熟,系统研究人员除继续完善 CAD 模型外,研究的重点内容还包括 CAD 系统的体系结构研究、领域内部不同技术的集成技术研究、特征信息提取和识别技术研究、海量数据管理及处理技术研究等,这一时期的 CAD 软件多以面向对象的数据库为核心,采用面向对象的编程语言来开发,系统的柔韧性、兼容性和稳定性均比以前的系统有很大提高,交互性能也更强。

第三节 国内外道路 CAD 技术发展状况

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 40 多年的历史。

20 世纪 60 年代,在道路设计方面,计算机主要用以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、德国和丹麦等先后开展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。联合国经济合作与开发组织于 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 70 年代,在意大利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为实用阶段。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、支持路线优化设计等。20 世纪 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。

20 世纪 80 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 4 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微机过渡,并以微机为主。

进入 20 世纪 90 年代,国外若干优秀的道路 CAD 软件,有向国际化方向发展的趋势,在系统开发过程中,积极研究相关国家的技术标准,尽量提高软件的适应性,使其满足不同国家的设计标准的要求。在数据采集方面,研究采用 GPS、数字摄影测量、遥感地质判识等新技术和新设备。

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,可以看出我国道路 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单项工作,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,原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,大量高档次微机和外围设备不断出现,为微机专门配备的图形软件也更趋成熟,给道路微机 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微机道路 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,建设规模空前扩大,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,软件开发商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的语言。以微机为平台的道路 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 年底,道路 CAD 技术已普及到地市级设计单位,设计文件全部由计算机完成,而且在立交工程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 年国家发展计划委员会(现为发展和改革委员会)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。

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、经验和规范,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,建模是计算机辅助设计的重要作用之一,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。在人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,在设计中成功地获得广泛应用,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,现分析如下:

(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的经验和知识水平,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、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,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,给使用者带来诸多不便。

(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合在一起,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,还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的差距。

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。

四、道路 CAD 技术的发展趋势

(一) CAD 技术的发展动态

CAD 既然是一种集多种科学与工程技術于一体的综合性、知识密集型的产品,当然就应当随着科学技术的迅速发展、知识经济的到来、互联网技术的普及和全球信息化进程的加快,有一个新的大发展,不仅功能会进一步扩充,性能会进一步提高,而且伴随网络化、智能化,特别是多媒体和虚拟现实技术的发展,用户界面会有全新的变化。下面从以下几方面简述其发展趋势。

1. 微机 CAD 平台环境进一步发展成为“高级的集成开放环境”

目前,微机 CAD 平台环境已经达到“基本的集成开放环境”,这种平台环境具有以下特点:有专用的转换接口,有众多的增值软件,与合作伙伴软件的无缝集成,良好的系统开放性。微机 CAD 平台环境将进一步发展成为“高级的集成开放环境”,平台的功能进一步增强:具有完备的数字化产品模型定义及产品数据管理和过程管理的能力,使无纸设计与制造成为可能;具备广域网上协同设计和虚拟设计的环境,例如,AutoDesk 公司拟定了在互联网上传输图形文件的 DWF(Drawing Web Format)格式,开发了 web 上的 DWF 文件浏览器 Whip!;信息交换标准化;高度的系统开放性,具备各种应用接口 API(Application Interface)、工具箱、语言联编等手段,极大地方便了用户的二次开发。

2. CAD 系统的集成化是目前的研究热点和今后一段时期内发展的主要趋势

最早进行应用系统集成技术研究与应用的行业是制造业。各种形式、不同规模、不同水平的计算机集成制造系统(CIMS)相继开发建设并投入运行,取得了巨大的经济效益,成为制造业提高综合竞争能力的强有力手段。工程设计领域集成化技术的研究与应用也紧随 CIMS 之后快速发展。原电力工业部在 1993 年曾组团对美国 4 个大型工程公司进行考察,发现这些公司均建成了以工程项目管理为中心,以 DSS、CAE、CAD 密切结合的工程设计与管理集成应用系统,提供从市场分析、招标投标、工程规划、计划进度、质量成本控制、设计与施工等一条龙服务。我国工程设计领域在这方面与国外发达国家相比,还存在很大的差距,尽快研究、开发、建设和应用集成系统是当前和今后一段时期内的紧迫任务。

3. CAD 将向可视化方向发展

可视化技术是发达国家在 20 世纪 80 年代后期提出并发展起来的一个新的研究领域。它借助于计算机图形学及图像处理技术,将科学计算过程中的数据及计算结果的数据转换为图像或图形信息,在屏幕上显示出来并进行交互处理。它是发现和理解科学计算过程中各种现象的有力工具;可以大大加快数据的处理速度;可以在人与数据、人与人之间实现图像通信,而不是目前的文字通信或数据通信;可以使人们对计算过程实现引导和控制,通过交互手段改变计算依据的条件并观察其影响。可视化技术用于 CAD,使 CAD 技术主要在两个方面得到提高:一是更逼真地看到正在设计的产品及其开发过程;二是提高交互能力,使设计人员或群体可以直接和所设计产品交互操作。可视化技术在 CAD 中的应用,必将使科学计算和工程设计方式发生根本性变化。

4. CAD 将向网络化方向发展

随着社会的进步和经济的不断发展,超大规模项目和跨国界项目日益增多,参加设计的技术人员数量也随之增加。这些设计人员可能处在不同的地域,而项目设计本身却要求设计人员之间进行密切地联系与交流。这一矛盾要求 CAD 系统给予解决,传统的 CAD 系统显然无法满足这一要求,而计算机支持的协同设计则可较好地解决这些问题。多个设计者通过联网的计算机进行图形、图像、文字和声音的交流,讨论方案,协同工作,可以大大提高设计质量和进度。实现这一协作的基础就是开发网络化 CAD 系统。另外通过网络化 CAD 可以实现软硬件资源的共享,使整个建网费用和网络功能的选择被控制在最佳状态。

5. 智能化是 CAD 发展的必然方向

设计是一个含有高度智能的人类创造性的活动,因此,智能 CAD 是 CAD 发展的必然方向。从人类认识和思维的模型来看,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。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。

(二)道路 CAD 技术的发展趋势

由于欧美发达国家大规模的道路建设时期已经过去,道路 CAD 技术的应用规模呈萎缩趋势,这些国家的道路 CAD 软件开发以走向国际市场、满足多元化设计标准、提高软件的柔软性(适应性)为主。

道路 CAD 技术是 CAD 技术在道路设计领域的具体应用,是伴随 CAD 技术的发展而发展起来的。因此,道路 CAD 技术在软件、系统方面发展的总趋势也与当前国际上 CAD 技术发展趋势一致,研究热点也集中在可视化、集成化、智能化和网络化方面。我国道路设计是 CAD 技术应用发展快、效益高的先进行业之一,在今后相当长一段时间内,我国的道路建设仍将处于高速发展阶段,道路设计和建设部门所面临的任务仍将十分艰巨。目前,国内已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,与当前的任务多、时间紧的发展形式不相适应。如何加快测设速度、缩短设计周期、优化设计方案、提高设计质量是道路设计人员所面临的重要任务。要实现上述目的,道路 CAD 技术应在对道路设计支持的广度和深度方面作进一步发展,而系统集成是解决这一问题的关键。探讨系统集成模式和方法是当前道路 CAD 软件开发面临的主要问题。其原因如下:

(1)道路和铁路设计外业数据采集环节多、工作量大、重复烦琐、勘测效率低,尤其是传统的以文字、图表提供资料的模式与先进的 CAD 技术极不谐调,大量数据必须经过人工转换才能进入 CAD 系统,这种滞后局面,已成为严重制约勘测设计的质量和速度的“瓶颈”,CAD 的优越性不能得到充分发挥。系统集成可将道路勘测设计全过程中采集、处理和产生的数据统一纳入计算机进行数据管理,做到从原始资料、过程数据以及文档数据资源共享,减少数据处理环节及其相互接口,提高程序工作效率。

(2)系统的集成可以将不同的硬件设备、操作系统、数据库管理系统、图形处理系统、开发工具以及其他系统支撑软件(如 Word、Excel 等)集成为一个系统,形成一个统一的高效协调运行的应用平台,用户可共享系统的软硬件资源,最大限度地方便用户使用。

(3)由于设计的各个环节是不可分割的,设计的过程实质上是信息的采集、传递和加工处

理的过程。设计单位将逐渐从单一的对 CAD 软件的需求发展成为对数据采集与处理技术、计算机决策支持(DSS)、CAD 等技术的集成软件的需求,从单一考虑某个软件的功能发展为考虑企业级信息集成系统的整体功能和各个子系统的信息共享。企业对设计集成技术的需求将会迅速增长。目前,我国道路设计领域,多数单位具有一定的计算机应用基础,通过系统集成,可在总体规划设计基础上,将现有道路 CAD 系统的软硬件资源进行更新改造,符合集成要求者保留,部分符合者改造,完全无法集成者舍弃,缺少的功能部分重新设计开发,将尽可能多的道路 CAD 功能集中到一个系统中,这样不仅可以提高系统对设计的支持广度和深度,而且系统在技术上具有一定的先进性和可扩充性,生命周期也较长,符合我国道路设计部门的实际情况。

随着道路设计行业计算机应用水平的提高,设计单位对 CAD 软件的需求将不再局限于单一的 CAD 软件,而是向集成化、智能化方向发展。集成化是指 CAD 软件与其他软件(如数据库、图形库、网络等)的集成,智能化是指 CAD 软件具有人工智能功能,如自动推理、自动设计等。集成化和智能化是 CAD 软件发展的两个重要方向,也是提高 CAD 软件应用水平的关键。

在集成化方面,目前已有许多 CAD 软件与其他软件进行了集成,如 CAD 与数据库的集成、CAD 与图形库的集成、CAD 与网络的集成等。这些集成使得 CAD 软件能够与其他软件共享数据、共享资源,提高了 CAD 软件的应用效率和灵活性。在智能化方面,目前已有许多 CAD 软件具有人工智能功能,如自动推理、自动设计等。这些智能化功能使得 CAD 软件能够根据设计人员的意图,自动完成设计任务,提高了设计效率。

随着道路设计行业计算机应用水平的提高,设计单位对 CAD 软件的需求将不再局限于单一的 CAD 软件,而是向集成化、智能化方向发展。集成化是指 CAD 软件与其他软件(如数据库、图形库、网络等)的集成,智能化是指 CAD 软件具有人工智能功能,如自动推理、自动设计等。集成化和智能化是 CAD 软件发展的两个重要方向,也是提高 CAD 软件应用水平的关键。

在集成化方面,目前已有许多 CAD 软件与其他软件进行了集成,如 CAD 与数据库的集成、CAD 与图形库的集成、CAD 与网络的集成等。这些集成使得 CAD 软件能够与其他软件共享数据、共享资源,提高了 CAD 软件的应用效率和灵活性。在智能化方面,目前已有许多 CAD 软件具有人工智能功能,如自动推理、自动设计等。这些智能化功能使得 CAD 软件能够根据设计人员的意图,自动完成设计任务,提高了设计效率。

随着道路设计行业计算机应用水平的提高,设计单位对 CAD 软件的需求将不再局限于单一的 CAD 软件,而是向集成化、智能化方向发展。集成化是指 CAD 软件与其他软件(如数据库、图形库、网络等)的集成,智能化是指 CAD 软件具有人工智能功能,如自动推理、自动设计等。集成化和智能化是 CAD 软件发展的两个重要方向,也是提高 CAD 软件应用水平的关键。

第二章 道路工程 CAD 基础

道路工程 CAD 系统是由硬件系统和软件系统两大部分组成。CAD 系统的功能是在一定的硬件和软件的支撑下实现的,在系统软件开发过程中需要遵循科学的软件开发方法,并提供有效的工程数据管理的手段。

第一节 硬件支撑环境

各类计算机是 CAD 系统硬件的核心。在计算机领域中,CAD 系统所用的设备,主要有普及型的微型计算机和专用的 CAD 工作站。随着近些年来微型计算机的快速发展,计算机性能飞速提高,可作为计算机辅助设计的微型计算机和专用工作站日益增多,可以按照自身的工作要求合理选择。计算机的外围设备包括:输入设备、输出设备及网络设施。一个完整的 CAD 系统还应包括数据采集设备,如航空摄影和成图设施、地面测设设施等。

一、微型计算机

微型计算机的硬件系统主要是由计算机本身及其外围设备组成。一般来说,微型计算机的硬件系统包括:主机、外存储器、输入输出设备等,见图 2-1。

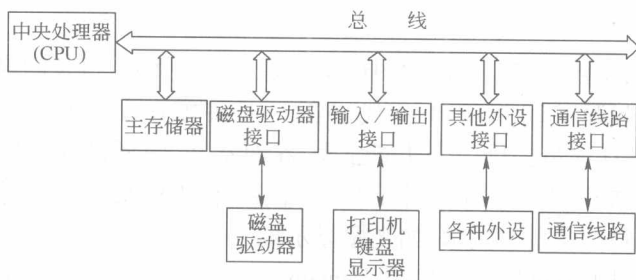


图 2-1 微型计算机硬件系统

1. 主机

主机是控制及指挥整个系统并执行实际运算、逻辑分析的装置,是整个硬件系统的核心。它包括:

(1) 中央处理器,即 CPU (Central Processing Unit):它主要由运算器和控制器组成,是计算机的指挥、控制、计算中心。计算机的性能主要取决于 CPU 的性能,而 CPU 的性能主要决定于它在每个时钟周期处理数据的能力,即主频。近几年,双核、四核等多核 CPU 的出现,增强了计算机处理多任务的能力,大大提高了计算机的性能。

(2) 内存存储器,即内存:它是 CPU 可以直接访问的存储器,装置在主板插槽上,主要由集成电路芯片构成。现在计算机的内存基本上都在 1GB 以上。

2. 外存储器

用来存储需要长期保存的各种程序和数据,外存不能为 CPU 直接访问。微机的外存储器

一般采用磁盘和光盘。

(1) 磁盘: 用户使用计算机的信息数据大多数存储在磁盘上。组装在计算机内的磁盘称为硬盘。为了适应使用上的需要, 目前硬盘的容量越来越大, 主轴转速越来越快, 微机主流产品硬盘容量已达到 160GB, 转速达到 7 200r/min 以上。

(2) 光盘: 光盘是用激光技术实现的一种海量存储器。现在市面上的光盘根据光盘结构可分为 CD、DVD、蓝光光盘等几种类型。其中 CD 的容量只有 650MB, DVD 的容量可以达到 4.7GB, 而蓝光光盘更可以达到 25GB。目前, 可读写光盘(CD-R、DVD-R 等)已得到普遍使用, 但需在计算机中装置光盘刻录器。

3. 输入设备

在 CAD 系统中, 图形输入设备是人与计算机通信的工具。用户通过它将各种图形送入计算机并发出指令, 由计算机完成某些功能处理。与计算机组装在一起的输入设备有鼠标、键盘、光笔等。另外配置的输入设备有扫描仪、数字化仪等, 也被称为 CAD 系统的外围设备。

4. 输出设备

输出设备负责把计算机处理数据完成的结果, 转换成用户需要的形式送给使用者, 或发送给某种存储设备。微机最常用的输出设备是显示器。现在主流的普及型显示器为 17 英寸、19 英寸的阴极射线管(CRT)显示器, 以及 17 英寸、19 英寸的液晶显示器(LCD)。

在机箱中插槽内的图形显示卡和相应的驱动程序, 也是必不可少的重要部件。显示卡主要解决(I/O)总线速度远远慢于 CPU 内部处理速度的问题, 其一般都有显示缓存, 如果配置的 CAD 硬件系统需要绘制高标准的彩色和渲染图的话, 就宜选用有较大缓存量的显示卡。现在市场上的主流显示卡产品的显存在 128MB 以上。

二、工作站

工作站是具有高速的科学计算、丰富的图形功能处理、灵活的窗口及网络管理功能的交互式计算机系统。工作站起源于 20 世纪 70 年代, 是由一些专家在设想下一代计算机时提出来的, 其目的是想为程序设计人员提供一个功能强大、界面友好、图形设计和程序设计方便的高档计算机。1973 年美国施乐(Xerox)研究中心生产出第一台工作站样机, 取名为 Alto。Alto 采用了当时先进的计算机硬件设备和技术, 如光栅显示器, 使图文并茂, 采用了鼠标器和光笔等交互设备等。1980 年美国 Apollo 公司推出 Domain 工作站, 1981 年 Sun 公司推出 Sun/1 工作站, Xerox 公司推出了面向办公自动化的 Star 工作站, 这些工作站都是采用 Unix 或类似于 Unix 操作系统。近年来, 工作站作为独立的机种在计算机行业中得到普及, 并逐年处于上升的地位, 特别是在 CAD/CAM、电脑动画、影视制作等图形系统行业, SGI 图形工作站见图 2-2。相比高性能的个人电脑(PC), 工作站主要有以下特点。

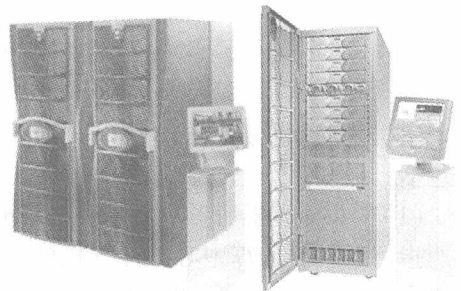


图 2-2 SGI 图形工作站

1. 制造工艺

工作站虽然也是由 CPU、显卡、主板、内存等部件组成, 但是工作站选用配件的标准要比普通 PC 严格得多, 其主板、显卡、内存、硬盘和机箱电源等都是工作站专用的配件, 由这些优