

桥梁工程

IAOLIANG GONGCHENG

CAD

第2版

郑益民 赵永平 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>

桥梁工程 CAD

(第2版)

郑益民 赵永平 主编



清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

第2版教材在下列几个方面做了修订和增加：①介绍了 AutoCAD 2010 版的绘图命令和操作方法；②增加了在 AutoCAD 环境中创建表格；③增加了当前 CAD 研究领域的热点内容参数化设计；④增加了中小桥梁、涵洞 CAD 辅助设计自动绘图内容；⑤增加了国内优秀桥梁设计软件内容。

本书分为4个部分：第一部分介绍 CAD 基本概念和基础知识；第二部分介绍国际通用绘图软件 AutoCAD 2010 的二维、三维图形的绘图和编辑命令、方法及技巧，文字标注、尺寸标注命令和方法；第三部分介绍桥梁工程计算机绘图的一般规则、方法、步骤和示例；第四部分介绍中小桥梁、涵洞 CAD 系统结构和功能、工程图的自动绘制，基于 AutoCAD 环境的桥梁 CAD 二次开发技术，国内优秀桥梁 CAD 软件“桥梁博士”和“桥梁设计师”。

本书可作为高等学校的桥梁工程、公路与城市道路、土木工程等专业的 CAD 教材或教学参考书。此外，还可供从事公路工程 and 市政工程的技术人员参考使用。

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

桥梁工程 CAD / 郑益民, 赵永平主编. —2 版. —北京: 清华大学出版社; 北京交通大学出版社, 2012. 10

ISBN 978-7-5121-1233-9

I. ① 桥… II. ① 郑… ② 赵… III. ① 桥梁工程 - AutoCAD 软件 - 高等学校 - 教材 IV. ① U442.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 238894 号

责任编辑: 刘 洵 特邀编辑: 关正磊

出版发行: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010-62776969 <http://www.tup.com.cn>
北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010-51686414 <http://press.bjtu.edu.cn>

印刷者: 北京时代华都印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印张: 21.25 字数: 528 千字

版 次: 2012 年 11 月第 2 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5121-1233-9/U·118

印 数: 1~3 000 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。

第2版前言

随着我国桥梁工程建设速度的快速发展，桥梁 CAD 技术得到了普及推广和不断进步，加之计算机技术的不断更新，原书已不能适应当前生产发展的需要。为此，进行本书第2版的编写工作。

本版教材以近几年新推出的 AutoCAD 2010 为平台，在原书介绍 CAD 基本概念、计算机绘图和 AutoCAD 二次开发技术的基础上，吸收了当前 CAD 发展的新技术，并补充了桥梁 CAD 软件的应用知识。第2版教材在下面几个方面做了修订和增加：① 介绍了 AutoCAD 2010 版的绘图命令和操作方法；② 增加了在 AutoCAD 环境中创建表格；③ 增加了当前 CAD 研究领域的热点内容参数化设计；④ 增加了中小桥梁、涵洞 CAD 辅助设计自动绘图内容；⑤ 增加了国内优秀桥梁设计软件内容。

本书分为4个部分：第一部分介绍 CAD 基本概念和基础知识，包括工程 CAD 系统的软硬件环境，桥梁工程 CAD 软件开发方法和工程数据库的概念；第二部分介绍国际通用绘图软件 AutoCAD 2010 的二维、三维图形的绘图和编辑命令、方法及技巧，文字标注、尺寸标注命令和方法；第三部分介绍桥梁工程计算机绘图的一般规则、方法、步骤和示例；第四部分介绍中小桥梁、涵洞 CAD 系统结构和功能、工程图的自动绘制，基于 AutoCAD 环境的桥梁 CAD 二次开发技术，国内优秀桥梁 CAD 软件“桥梁博士”和“桥梁设计师”。上述四部分内容既相互独立又相互关联，适合于土木工程、市政工程本专科学学生学习，也适合于桥梁工程设计人员学习和提高。

本书可作为高等学校的桥梁工程、公路与城市道路、土木工程等专业的 CAD 教材或教学参考书。此外，还可供从事公路工程 and 市政工程的技术人员参考使用。

本书由鲁东大学郑益民、黑龙江工程学院赵永平主编。其中，郑益民编写第一、二、三、十二章；赵永平编写第五章、第七章、九章的第一～五节；鲁东大学刘智儒编写第四、六章；鲁东大学孙树贤编写第八章的第一、二节、第九章的第六节、第十、十一、十三章；黑龙江工程学院王国锋编写第八章的第三～五节；最后由郑益民统稿。北京交通大学出版社孙秀翠编审为本书的出版给予了支持和帮助，在此表示感谢。

由于时间仓促，本人水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，敬请广大读者批评指正，作者 E-mail: ytzhyml954@163.com。

鲁东大学土木工程学院
郑益民
2012年5月

目 录

第一章 桥梁工程 CAD 概述	1
第一节 CAD 基本概念	1
第二节 桥梁 CAD 的研究与发展现状	2
第三节 现行桥梁 CAD 软件技术的局限性	5
第四节 桥梁 CAD 的发展趋势	5
第二章 桥梁工程 CAD 基础	7
第一节 桥梁工程 CAD 系统的硬、软件环境	7
第二节 桥梁工程 CAD 软件开发方法	15
第三节 工程数据库概述	24
练习与思考	31
第三章 AutoCAD 基础知识	33
第一节 AutoCAD 概述	33
第二节 AutoCAD 2010 工作界面	34
第三节 AutoCAD 的文件操作	37
第四节 AutoCAD 的坐标系及坐标表示方法	39
第五节 设置 AutoCAD 的绘图环境	41
第六节 图层、线型、线宽及颜色控制	43
第七节 快捷命令与快捷键的应用	47
练习与思考	49
第四章 二维图形绘制和编辑	50
第一节 绘制二维图形	50
第二节 编辑二维图形	78
练习与思考	103
第五章 图块与外部参照	105
第一节 定义图块	105
第二节 图块存盘	106
第三节 插入图块	107
第四节 图块属性	108
第五节 外部参照	111
练习与思考	114
第六章 实体数据查询与图形显示	115
第一节 距离、坐标及综合数据查询	115

第二节	面积查询	117
第三节	视窗缩放与视窗平移	118
第四节	图形重画与重生成	121
第五节	全部图形的重生成	121
	练习与思考	122
第七章	文字、表格与尺寸	123
第一节	文字标注	123
第二节	创建表格	129
第三节	尺寸标注	134
	练习与思考	158
第八章	桥梁工程图的绘制	160
第一节	桥梁计算机绘图的一般规则	160
第二节	桥梁工程图的绘图工作环境设置	162
第三节	桥梁总体布置图的绘制	163
第四节	桥梁结构图的绘制	173
第五节	桥梁钢筋构造图的绘制	188
	练习与思考	199
第九章	桥梁三维建模技术	200
第一节	三维建模基础	200
第二节	绘制三维面	207
第三节	绘制三维形体表面	210
第四节	创建三维实体	213
第五节	三维实体渲染	219
第六节	桥梁三维建模示例	221
	练习与思考	228
第十章	中小桥梁辅助设计和自动绘图	229
第一节	中小桥梁 CAD 系统总体设计	229
第二节	桥梁结构设计与计算	231
第三节	中小桥梁设计图的自动绘制	238
第十一章	涵洞辅助设计和自动绘图	242
第一节	涵洞 CAD 系统总体设计	242
第二节	涵洞设计数据管理	244
第三节	涵洞设计图的自动绘制	245
第四节	涵洞设计的工作流程、方法及步骤	247
第十二章	桥梁 CAD 二次开发技术	251
第一节	桥梁 CAD 二次开发的主要内容和工具	251
第二节	定制桥梁 CAD 系统	253
第三节	参数化设计	264
第四节	VBA 开发环境与编程基础	272

第五节 ActiveX 技术..... 280

第六节 用 VBA 创建图形函数 289

第七节 桥梁专用函数示例 299

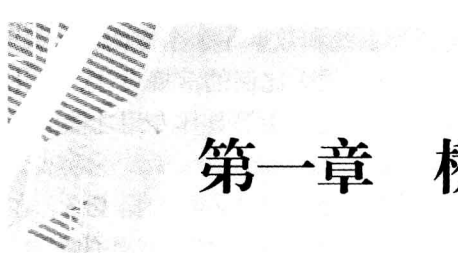
第八节 VBA 程序加密、加载和运行..... 302

第十三章 国内优秀桥梁 CAD 软件简介 305

第一节 桥梁博士 (Dr.Bridge) 软件..... 305

第二节 桥梁设计师 (BridgeWizard) 软件..... 319

参考文献 331



第一章 桥梁工程 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、设计结果输出和图表自动化等内容。

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 $1/6 \sim 1/3$ 。

(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工作人员的追捧,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、土木工程和商业产品设计等各个领域,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。

与早期使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几乎没有交互过程,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 3 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,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,使设计所需要的数据便于提取,新的数据易于补充。其内容包括原始资料、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。

桥梁工程 CAD 系统是桥梁设计领域中的计算机辅助设计系统,它是集数据输入、设计与计算、图表绘制和输出为一体的综合设计系统。其主要内容包括初始设计方案的构思和形成、力学模型的建立、各个阶段的数据分析和输入、工程计算与力学分析、设计图表绘制与设计文件输出等一系列工作。

第二节 桥梁 CAD 的研究与发展现状

一、国内桥梁 CAD 的发展现状

我国桥梁 CAD 的研究始于 20 世纪 70 年代中后期,主要研制针对桥梁结构分析和设计的专用软件。20 世纪 90 年代以后,PC 性能的飞速提高,使在计算机上开发可视化的桥梁 CAD 软件成为可能。各科研院所、设计院、高等院校和软件公司开发了功能不同的桥梁 CAD 应用软件,在生产和科研中取得了较好的效益。其中具有代表性的桥梁 CAD 软件有以下几种。

1. 高等级公路桥梁 CAD 系统 JTHBCADS

高等级公路桥梁 CAD 系统 JTHBCADS 被列为“七五”国家重点科技攻关项目,由上海同济大学、公路规划设计院、重庆公路科学研究所等单位联合研制开发。系统开发和运行的硬件平台为 APOLLO 系列和 HP—APOLLO 系列图形工作站。JTHBCADS 由结构布置、结构有限元分析、施工详图设计和造价分析 4 个系统 9 大模块组成。结构布置子系统主要用于完成大跨径桥梁的初步设计;结构分析子系统用于完成特殊桥型,如立交桥中常见的弯、坡、斜桥的内力分析;施工详图设计子系统用于完成中小跨度标准梁的设计与施工图的自动绘制,能覆盖桥梁设计内业的 50%。

2. 拓普桥梁结构分析程序

拓普桥梁结构分析程序是由原上海城建学院于 20 世纪 90 年代中期基于个人计算机研制的。系统由桥梁结构线性、非线性综合程序系统,桥梁结构线性、非线性施工控制程序系统,弯、坡、斜桥分析程序系统,悬索桥分析专用程序系统组成。

桥梁结构线性、非线性综合程序系统是针对一般桥梁结构分析的,它由前处理、恒载计算、活载计算、施工计算、空间计算、其他计算和后处理 7 个部分组成。前处理中提供了建

立梁桥、系杆拱桥、斜拉桥、悬索桥和刚构桥的参数化力学模型生成功能。

桥梁结构线性、非线性施工控制程序系统是用于桥梁结构施工控制的综合程序,除具备施工计算外,它还可以完成悬索桥和斜拉桥的施工控制计算等,包含有计入徐变的倒退分析功能。

弯、坡、斜桥分析程序系统是一套专用的结构分析程序,其特点是通过参数化生成特定类型桥梁的空间力学分析模型。系统提供了梁、板、壳和空间预应力单元等。

悬索桥分析专用程序系统是一套结合解析法计算的静动力线性、非线性程序的组合,可根据少量的结构参数,自动计算挂索初始状态无应力索长、鞍座初始偏位,并形成结构分析的力学模型。

3. 桥梁博士系统 (Dr.Bridge)

桥梁博士系统是由上海同济大学桥梁教研室利用 VC++ 研制开发的基于 32 位 Windows 平台的桥梁 CAD 系统。该系统采用空间梁格体系的空间分析手段,可以分析从简支体系到连续体系、从拱梁组合体系到斜拉桥乃至悬索桥,从正桥到斜桥、弯桥以及异型桥梁等多种桥梁结构。能够自动对斜拉桥等带索体系进行有约束条件或无约束条件的结构优化以及考虑活载效应后估算拉索面积,能够自动计算每根拉索的施工张力等。

提供了现行公路桥梁规范所有荷载,市政桥梁的城—A、城—B 活载,铁路桥梁中的活载,以及轨道交通中轻轨活载。

面向施工实际情况,系统提供模拟复杂施工操作的手段;可以模拟分次浇注断面带来的影响;能够有效模拟施工中采用的临时支架和挂篮设备等(尤其是对于挂篮的安装、前移等操作,系统采用子结构模拟,形象直观简洁);能对施工过程的任意阶段进行分析,是施工控制的有利工具。

4. 桥梁大师系统 (Bridge Master)

Bridge Master 系统以 Windows 为平台,以数据库技术为核心,采用面向对象的设计方法。系统提供的桥梁结构分析功能,能考虑多种荷载工况,自动进行结构体系转换、计算各种荷载效应、组合、配筋或验算等。系统利用 ActiveX Automation 技术与 MS Word Excel、MS Access、AutoCAD 等集成,能输出丰富的数值和图形结果。

5. 桥梁设计师软件 (Bridge Wizard)

桥梁设计师软件是集结构设计分析、施工图绘制、工程量统计为一体的桥梁施工图自动设计软件。其具有功能实用、运行稳定、出图质量标准、操作界面友好的特点。

6. 其他桥梁 CAD 软件

目前国内软件市场上具有特色的桥梁 CAD 软件有以下几种。

1) 曲线梁桥设计计算程序 (Curve Bridge)

系统早期版本采用 DOS 操作系统,改进后的版本可以在 Windows 下运行,其主要功能是采用梁桥内力横向分配理论计算梁桥翼板宽度,结合我国混凝土结构设计规范计算曲线梁桥的抗扭强度,利用压力线和压力线限制区指导调索等。对墩台、支座建立有限单元,可以计算刚构体系。

2) 桥型布置 CAD 系统 (QXCAD)

系统采用 Windows 平台,运行在 AutoCAD 图形环境下,主要功能是绘制桥型布置图,其中包括立面、平面、横断面以及设计参数表等。上部结构桥型可以是梁桥、拱桥、斜拉桥、

4 | 桥梁工程 CAD

悬索桥；下部结构包括 U 形台、轻型台、实体墩、薄壁墩、柱式墩等类型；基础为扩大基础和桩基础。

3) 公路桥梁结构设计计算系统 (GQJS)

系统主要功能是采用平面杆系处理方法，对预应力混凝土梁桥、拱桥、桥架结构桥、斜拉桥以及各种框架结构等进行结构分析。按大块吊装、悬臂浇注、逐段顶推、支架现浇等多种施工方法，对大跨径桥梁结构施工全过程进行分析，并可进行设计活载自动加载等综合分析。可读取 AutoCAD 的 DXF 文件形成单元截面信息，内力、应力、位移及影响线等内容的曲线图、包络图、彩色云图，可形成桥梁施工控制用的预拱度及阶段桥面高程表等。能在 AutoCAD 中绘制预应力混凝土桥梁施工设计图和内力、应力、位移、影响线图。

4) 桥梁综合设计计算程序 (BrgCal)

该系统的主要功能是对包括等截面梁、变截面梁、拱圈、斜拉桥、上承式拱桥、下承式系杆拱桥、中承式拱桥等结构进行建模分析，建模过程形象直观，动态反映操作过程，交互式预应力钢束输入、调整，便于模型的检查，修改。可以输出各施工阶段内力图、各施工阶段应力图、各施工阶段位移图、运营阶段内力包络图、运营阶段应力包络图、运营阶段位移包络图等，并可将模型或结果直接输出为 AutoCAD 图形。

5) 桥梁专家系统 (Bride Expert)

该系统的主要功能及特点包括施工同步模拟形成多层组合截面构件、结构状态参数多种取值方式的优化强迫调整、考虑钢筋影响的多层混凝土组合截面的收缩徐变分析、同步考虑非线性的结构分析、结构施工状态的自动控制、结构分体施工逐步组合、多阶段模拟预应力钢筋作用、广义的结构体系转换工程模型、活载加载计算、荷载组合与叠加等。

二、国外桥梁 CAD 的发展现状

国外在桥梁 CAD 方面起步较早，目前美国、英国、德国、日本等发达国家在桥梁 CAD 领域技术相对成熟，但由于桥梁结构复杂、类型繁多、施工方法各异等方面的原因，使桥梁 CAD 软件开发工作一度进展缓慢，直到 20 世纪 90 年代以后，在新一代计算机硬件和软件技术的强力推动下，给桥梁 CAD 软件开发带来了生机，一些经济发达国家率先开发出了一批性能先进的商品化桥梁 CAD 软件。现举例如下。

(1) 日本恒河技术情报公司研制的桥梁设计自动化系统 ADAMS 以及桥梁下部结构的自动设计和制图系统 ADAP 等。ADAMS 系统的特点是将计算机辅助制造技术和桥梁 CAD 技术集于一体。ADAP 系统包括自动设计、计算和自动绘制施工图两个部分，适用于重力式桥台、桥墩、薄壁墩和柱式墩等下部结构和基础的自动设计。

(2) 美国宾夕法尼亚州运输部组织开发的桥梁自动制图系统 BRADS (Bridge Automation and Draftin System)。BRADS 是一个将公路桥梁设计分析和制图集于一体的 CAD 系统，用户可以交互输入桥梁设计的基本数据，然后系统将设计分析的结果按文档要求输出到打印机上，同时生成施工图文件。

(3) 美国交互设计系统 IDS (Interactive Design System) 公司的 Bridge Designer II 和 Bridge Designer Modeler 3D 集成桥梁 CAD 系统。Bridge Designer II 是针对节段施工的混凝土桥梁，如混凝土连续梁和混凝土斜拉桥等，研制开发的集结构分析和设计于一体的桥梁 CAD 软件系统。采用核心数据库存放桥梁设计模型的全部内容以及具备桥梁施工阶段计算功能是

Bridge Designer II 的两个突出特点。

(4) 英国 LUSAS 公司开发的桥梁结构分析和设计软件 LUSAS Bridge。LUSAS 主要包括了 Analyst (汽车、航空、国防、制造和机械方面的力学分析)、Composite (组合构件设计)、Civil & Structural (土木及结构工程设计) 及 Bridge (桥梁设计)。LUSAS Bridge 提供了丰富的桥梁结构设计分析功能, 在众多的国外商品化有限元分析软件中, 其桥梁工程设计的针对性是较强的。LUSAS Bridge 采用了当代先进的软件开发技术和开发思想。系统可运行于 PC 和 workstation 两种平台, 采用了直观的图形界面, 配备了丰富的有限元前后处理功能。

第三节 现行桥梁 CAD 软件技术的局限性

桥梁 CAD 软件在提高设计效率、优化设计结果、提高图纸质量等方面取得的成效是显著的, 但由于桥梁类型的多样性、结构的复杂性, 加之计算机软硬件技术在应用过程中的局限性等因素, 桥梁 CAD 系统的研究开发工作严重滞后于计算机硬件基础、人工智能技术、新兴软件技术的发展。具体表现在以下几个方面。

(1) 运行平台落后。现在桥梁 CAD 软件, 尤其是结构分析软件大多数是基于 DOS 平台的, 不能充分利用现在具有图形界面的 32 位操作系统的优越资源, 现有软硬件的潜力还远远没有被充分认识和挖掘并运用到工程实践中。

(2) 系统建模方法落后。目前桥梁 CAD 软件大多采用结构化的建模方法, 不能满足用户越来越多的业务需求和桥梁 CAD 系统本身发展的需要, 使得软件维护困难, 复用性差, 不易扩展, 开发效率低。

(3) 缺乏核心数据库的支持。大多数桥梁 CAD 软件采用数据文件来传输和处理数据, 数据传输速度慢, 程序与数据高度耦合, 各模块或软件之间数据不能共享, 比如受力分析软件得出的内力分析数据不能被配筋设计软件所采用, 而工程图绘制所需的数据又不能直接从配筋结果中得到。

(4) 缺乏强有力的图形支撑系统。国内现有许多桥梁 CAD 软件采用自主开发的图形平台, 自主图形平台需要耗费许多人力和物力去维护、升级, 使有限的人力和技术资源不能全部用于系统的研究与开发上。在自动化绘图方面主要集中在中小桥梁, 对于大跨径桥梁的结构施工图的自动绘制方面研究得较少。

(5) 缺乏全优化功能。目前开发的桥梁结构优化设计软件中, 多采用弹塑性理论, 即认为桥梁结构在荷载作用下呈弹塑性状态, 将上、下部结构和基础作为一个整体来考虑受力, 还不能达到结构的全优化。

第四节 桥梁 CAD 的发展趋势

针对当前桥梁软件存在的一些缺陷, 桥梁 CAD 软件技术正在向以下几个方面发展。

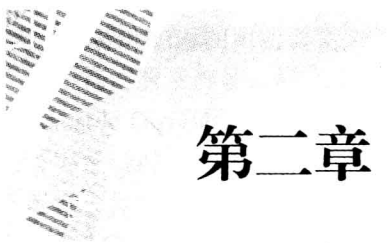
(1) 桥梁 CAD 技术在软件、系统方面的发展集中在可视化、集成化、智能化与网络化技术方面。其具体内容包括: 图形仿真、多维空间显示模型、多媒体技术、CAD 虚拟环境、图形支撑系统、一体化信息 (CAD、CAM 和 CAE) 集成、工程数据库、专家系统、遗传算法、人工神经网络模型和网络技术等。

(2) 核心数据库技术的进步和核心数据模型的建立将带动 CAD、CAE、CAM 的大范围系统级别集成,面向工程全生命周期、支持并行工程的核心信息平台将逐步建立。

(3) 桥梁 CAD 软件构件化。在桥梁 CAD 软件的开发中使用构件化技术,有助于构筑起一个由多方提供构件、构件独立进化、构件间协同工作的开放式软件开发体系。它可以充分发挥出现有桥梁 CAD 软件的开发力量,避免资源浪费,从而尽快提高我国桥梁 CAD 的软件水平。构件化技术同网络技术结合起来可以实现构件的网络共享。

(4) 知识系统和各种智能化技术的应用。在初步设计阶段,智能辅助决策系统将是科学决策更好的平台;在并行设计中,性能优越的智能人机交互系统将丰富工程师的创造力,结合网络化智能技术将实现群体智能的集成。

(5) 桥梁 CAD 软件在内容上全方位扩展。目前,桥梁 CAD 软件主要集中在桥梁结构布置、桥梁结构分析、桥梁施工图设计、桥梁工程造价分析等几个方面。从桥梁建设的全过程来看,未来的桥梁 CAD 系统应实现整个工程生命期的信息共享和反映工程全面信息的模型的建立,尚应包括桥位选择、桥梁优化设计、桥梁施工控制及网络技术和桥梁信息管理专家等子系统。



第二章 桥梁工程 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,桥梁 CAD 系统经历了四十多年的发展历史,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,桥梁 CAD 技术已逐步成为一种先进、成熟、实用的技术,也是衡量桥梁测设现代化程度的重要标志之一。掌握桥梁 CAD 技术的基础理论,对桥梁 CAD 系统的开发、维护、扩充及应用具有重要的意义。

第一节 桥梁工程 CAD 系统的硬、软件环境

桥梁工程 CAD 系统由硬件和软件两大部分组成。一个完整的桥梁 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、桥梁 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 小型机来配置桥梁 CAD 系统。20 世纪 80 年代微型计算机的快速发展以来,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计算机系统。20 世纪 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桥梁 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、输入设备和输出设备 4 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。

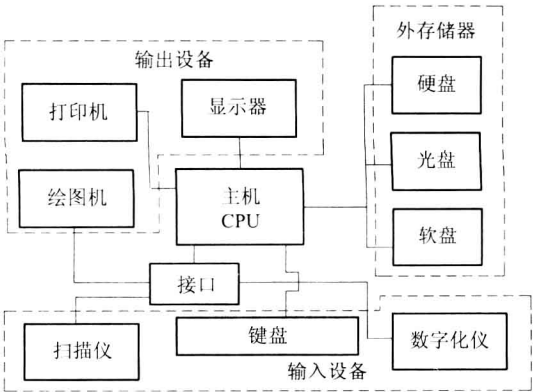


图 2-1 CAD 系统计算机配置

(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，即每秒可执行一百万条指令，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 GHz。

(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，目前一般计算机的 CPU 为 32 位，最近美国英特尔公司推出了 64 位的处理器，用于服务器和工作站。

(3) 内存容量。是指能够存放信息的总数量，通常以字节（Byte，B）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、数据和图像存储在外存储器中，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 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，无需驱动程序即可即插即用。U 盘也称闪存盘，其常用的容量有 1.0 GB、2.0 GB、4.0 GB、8.0 GB。活动硬盘也是一种即插即用的可移动外存储器，可达到 500 GB 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数，目前硬盘容量发展迅速，从几十 GB 至 500 GB，硬盘的旋转速度已经超过 10 000 r/min。目前市面上流行的硬盘种类繁多，主要有希捷、迈扩、钻石、鲲鹏、西部数据、三星、日立等硬盘。

(4) 光盘存储器。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有 3 类：CD (Compact Disc)、DVD (Digital Versatile Disc) 和蓝光光盘。CD 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，其容量一般可达 800 MB。DVD 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、高兼容性和高可靠性等特点，其容量可达 4.7 GB。蓝光光盘的容量可达到 25 GB。目前，计算机中已经普遍配置了光盘刻录器，可读写光盘已经普及，光盘的旋转速度已达 10 000 r/min。

3. 输入设备

用于 CAD 系统的输入设备主要有：键盘、鼠标器、扫描仪、数字化仪等。

(1) 键盘。键盘是计算机中不可缺少的输入设备，其使用频率最高。通常计算机键盘有 83、84、101、102、104 个按键，分为功能键、符号数字键、控制键和编辑键等。计算机键盘与主机机箱分离，通过 PS/2 插头或 USB 插头与主机主板相连，两者之间实行半双工串行通信。

(2) 鼠标器。鼠标器是计算机中重要的输入设备，分为光电式和机电式两种。其控制光标移动的原理是把鼠标器的移动距离和方向变位脉冲信号送给计算机，再由计算机把信号转换成显示器光标的坐标，从而达到指示位置的目的。鼠标器按计算机通信方式又可分为有线鼠标和无线鼠标两种。无线鼠标包括红外线型和无线电型两种。

(3) 扫描仪和数字化仪。

① 扫描仪。扫描仪有 3 种，即手持式扫描仪、平板式扫描仪和滚筒式扫描仪。用于 CAD 系统的扫描仪多为滚筒式扫描仪，也称图形扫描仪。扫描仪有以下 3 个主要指标。

- 扫描幅面。A0、A1、A2、A3、A4 等。
- 扫描速度。约 1 min 输入 1 张 A0 图纸。
- 扫描分辨率。用每英寸生成的像素数目 dpi (dots per inch) 来表示。普通扫描仪的分辨率为 300~1 200 dpi。适用于图像扫描的小型扫描仪其分辨率可达 5 347 dpi，如日本生产的 SMART 720 扫描仪。

由于扫描仪分辨率高，扫描图幅大，每个彩色像素需用 3 个字节表示，一幅 A0 图纸扫描后生成的数字信息高达 800 MB，因此在扫描仪输出信号之前总要先进行压缩，然后再输入计算机。通常的压缩比为 20。信息还要经过矢量化处理后才能输入到计算机系统内，输入计算机内后，还要经由专门软件对其进行各种校正和平滑处理，以提高图形图像的质量。

② 数字化仪。数字化仪是读取图形信息的输入设备，其主要功能是将图形转换成坐标数据并输入到计算机中。数字化仪按操作方式不同，可分为自动式和非自动式（手扶跟踪式）两大类，人们通常所指的是手扶式跟踪数字化仪。数字化仪主要由数字化平面板（也称感应板）和定点设备（也称定标器、游标、鼠标）两大部分组成。其图形数字化的工作原理是，在感应板内印刷着正交两个方向格网阵列的等距平行线路，当定标器在感应板上移动时，定标器线圈发射正弦交流信号，它被格网阵列接收而产生电磁耦合，据此可以检测出定标器的相位变化，计算出定标器的相对位置，并将这种位置信息以数字信号形式通过计算机接口送入计算机，从而实现对图形的数字化。

数字化仪的种类繁多，一般有点方式、开关流方式、步进方式、连续式、增量式等几种。数字化幅面有 A0~A4 几种。对地形图进行数字化时，主要采用点方式和开关流方式。点方式每次数字化一个点，其精度高而速度慢。开关流方式是一种动态数据采样方法，适用于对

等高线的数字化,其数据采样是连续、动态的,数据量大,但数据采集精度偏低。

4. 输出设备

桥梁 CAD 系统的输出设备主要有显示器、打印机、绘图机。

(1) 显示器。显示器分 3 种类型: CRT 阴极射线管、液晶显示器和等离子显示器。CRT 主要用于台式机,后两种可用于台式机,也可用于笔记本电脑。

显示器的主要性能指标有屏幕尺寸、点间距、灰度等级或彩色数量、对比度、行频、帧频、扫描方式和分辨率等。具体介绍如下。

① 屏幕尺寸。用显示器的对角线长度表示,单位是英寸。

② 点间距。是指显示器屏幕上像素间的距离。目前常用的有 0.28 mm、0.25 mm 和 0.22 mm。

③ 颜色数。是指每个像素可以显示出的颜色总数,颜色数越多,显示色彩越真实。对于单色显示器,用灰度等级表示,即像素的亮暗程度。

④ 对比度。又称反差,是指图像和背景的浓度差,对比度越大则清晰度越高。

⑤ 行频。单位时间内电子束从屏幕左边扫到右边的扫描次数,即扫描频率。

⑥ 帧频。也称刷新频率,是指字符或图像每秒钟在屏幕上出现的次数,即画面更新次数。频率越高,屏幕闪烁越少。一般在 75 Hz 以上。扫描方式。分为逐行扫描和隔行扫描。采用逐行扫描方式图像比较稳定。

⑦ 分辨率。是指显示器上光栅的行数和列数。例如,分辨率为 640×480 就是指横向可分辨出 640 个光点,纵向可分辨出 480 个光点。光点也称像素。

(2) 打印机。从打印方式上可分为击打式和非击打式。非击打式打印机主要有激光打印机和喷墨打印机两种。

① 激光打印机。由激光机头和打印控制器组成。其中激光机头由激光光源、旋转反射镜、聚焦透镜、感光鼓等几部分组成。控制器的主要功能是接受主机传来的数据与控制码,经过处理后交给激光机输出。激光打印机是页输出设备,每次印刷一页,以每分钟输出的页数来确定印字速度,一般每分钟能印刷 8~12 页。

② 喷墨打印机。喷墨打印机是墨水通过精细的喷头喷到纸面而产生图像。由于各著名生产厂所掌握的喷墨专利技术各不相同,喷墨打印机可分为以下 3 类产品。

- HP 喷墨打印机。采用喷嘴后方加热设计,使在喷嘴管内的墨水能经由加热过程的体积变化所产生的推力自喷嘴喷出。

- CANON 喷墨打印机。采取气泡喷墨原理,经由在喷嘴管壁上的加热器加热产生气泡,使气泡前端的墨水被气泡膨胀挤出喷嘴。

- EPSON 喷墨打印机。采取电压式喷嘴技术,以薄膜压电振荡器产生高频振荡,激发墨水自喷嘴喷出。

以 HP 喷墨打印机为例,它采用热敏喷墨技术,墨水与打印头集成为一体。喷头底部有 50 个细微的小孔,分成两列,每个小孔的直径仅为头发丝直径的一半。墨水从这些小孔中以每秒近万次的高频喷射,它具有 300 DPI 的输出效果,对打印纸没有特殊要求。

喷墨打印机的不足是耗材成本约为激光打印机的 2 倍以上。近年来,国内外开始使用填充式墨水,用户将用完的墨盒重灌墨水即可再次使用。

(3) 绘图机。绘图机可分为两大类:笔式绘图机和无笔绘图机。

① 笔式绘图机。也称为向量绘图机,它由控制器和插补器组成。控制器主要承担与主机