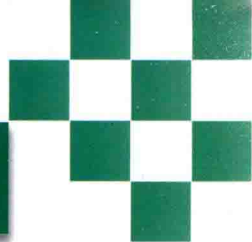




全国交通土建高职高专规划教材



道路工程

计算机绘图

曹雪梅 汪谷香 主编

陈美华 [湖南大学] 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

Daolu Gongcheng Jisuanji Huitu

道路工程计算机绘图

曹雪梅 汪谷香
陈美华[湖南大学]

主编

主审



人民交通出版社

内 容 提 要

本书以 AutoCAD 中文版软件为平台,针对道路工程领域的制图内容,结合工程实例讲述了使用 AutoCAD 软件的基本操作以及使用 AutoCAD 完成道路工程图样的绘制、编辑修改、标注、打印的方法和技巧。本书以学习任务为主线,采用了大量道路工程制图实例,并将工程实例引入操作命令中,有针对性地选择了大量练习题,具有较强的可操作性。

本书共分七个模块:道路工程计算机绘图概述,AutoCAD 的工作界面及其基本操作,点、线及几何图形的绘制,几何体的绘制,图形的编辑,图形的输出,道路工程专业图的绘制。

本书为全国交通土建高职高专规划教材,可供高职、中职院校道路桥梁工程技术专业及相关专业师生使用,亦可供相关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

道路工程计算机绘图:计算机绘图版/曹雪梅,汪谷香主编. —北京:人民交通出版社, 2013. 10

全国交通土建高职高专规划教材

ISBN 978-7-114-10647-7

I. ①道… II. ①曹… ②汪… III. ①道路工程制图—计算机制图—高等职业教育—教材 IV.

①U412.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 111063 号



全国交通土建高职高专规划教材

书 名: 道路工程计算机绘图

著 作 者: 曹雪梅 汪谷香

责任编辑: 卢仲贤 袁 方 王绍科

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)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

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: 12.75

字 数: 320 千

版 次: 2013 年 10 月 第 1 版

印 次: 2013 年 10 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10647-7

印 数: 0001~2000 册

定 价: 36.00 元

(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)

刘建明(青海交通职业技术学院)

李加林(广东交通职业技术学院)

陆春其(江苏省无锡交通高等职业技术学校)

钟建民(山西交通职业技术学院)

郭发忠(浙江交通职业技术学院)

刘 志(贵州交通职业技术学院)

陈方晔(湖北交通职业技术学院)

李全文(四川交通职业技术学院)

张润虎(贵州交通职业技术学院)

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)

委 员 (按姓氏笔画为序)

王丰胜(安徽交通职业技术学院)

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)

孙元桃(宁夏交通学校)

刘福明(南昌工程学院)

杨 平(四川交通职业技术学院)

付清华(甘肃交通职业技术学院)

张保成(内蒙古大学交通学院)

杨晓丰(黑龙江工程学院)

吴继锋(江西交通职业技术学院)

周传林(南京交通职业技术学院)

周志坚(福建交通职业技术学院)

易 操(湖北城市建设职业技术学院)

赵树青(山东交通职业学院)

晏 杉(云南交通职业技术学院)

夏连学(河南交通职业技术学院)

梁金江(广西交通职业技术学院)

程兴新(陕西省交通厅交通工程定额站)

谢远光(重庆交通职业技术学院)

薛安顺(陕西交通职业技术学院)

王 彤(辽宁交通高等专科学校)

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)

曹孝柏(湖南城建职业技术学院)

李中秋(河北交通职业技术学院)

李仕东(鲁东大学交通学院)

沈建康(徐州建筑职业技术学院)

张美珍(山西交通职业技术学院)

张铁成(广东同望科技股份有限公司)

阿巴克力(维)(新疆交通职业技术学院)

金仲秋(浙江交通职业技术学院)

金 桃(贵州交通职业技术学院)

姚 丽(辽宁交通高等专科学校)

高占云(呼和浩特职业学院)

郭秀芹(山东省公路高级技工学校)

栗振锋(太原科技大学)

曹雪梅(四川交通职业技术学院)

彭 芳(内蒙古河套大学)

裴俊华(甘肃林业职业技术学院)

朱小辉(内蒙古交通职业技术学院)

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,2008年1月,又有六种教材在“十一五”国家级规划教材补报中列选,共计21种,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作出了具体安排,全面启动“十一五”国家级规划教材的编写与出版工作。

2008年4月,编委会在广东珠海召开工作会议,研讨了“工学结合”高职高专教材编写思路,决定在“十一五”国家级规划教材编写过程中,注重高职教学改革新方向,注重工程实践经验的引入,倡导“工学结合”。

2010年9月和2011年8月,编委会分别在北京和大连召开研讨会,就申报“十二五”国家级规划教材、2007年以来公路工程行业标准规范的变动、“工学结合、校企合作”职教改革的方向做了深入讨论。会议决定从2012年起,对本套教材进行全面修订改版。

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2007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,本套教材特别配套有实训类辅导教材;

——为方便教学,本套教材配套有《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》、《桥涵施工技术多媒体教材》、《现代道路测量仪器与技术多媒体教材》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

2012年5月

前 言

随着计算机技术的迅速发展和道路测设新技术、新手段的不断涌现,特别是当前计算机硬件和软件系统已经达到了很高的水平,使道路设计工作逐渐向自动化、智能化方向发展,大大提高了道路工程设计效率。同时,计算机的普及也促进了 AutoCAD 在道路工程设计中的广泛应用,越来越多的人都认识到了 AutoCAD 在道路工程设计中的重要性和便捷性,AutoCAD 也已成为道路与桥梁工程技术专业教学的一门重要课程。计算机绘图的趋势要求道路与桥梁工程技术等土木类专业学生在学习完“道路工程制图”和相关专业课程的基础上,必须学习并熟练掌握使用 AutoCAD 绘图的相关知识和操作技能,才能跟上当今土木工程的设计潮流。

道路工程制图与其他工程制图相比,有很多特殊的线型、构造、图例和标注等。本书针对道路工程制图的这些特征,采用了大量典型的道路与桥梁工程图例来进行介绍,并尽可能将命令的讲解融入典型图例的绘制过程中。结合道路与桥梁工程的平面图、纵断面图、结构图、钢筋构造图等,介绍了使用 AutoCAD 完成道路与桥梁工程制图的步骤和要点、可能出现的问题与解决方法等。对于常用的 AutoCAD 命令,本书均从其调用方式、功能和操作要点几个方面进行详细介绍,并在每一项目后都选编了大量有针对性并且与道路工程紧密联系的习题,可以有效地帮助学生巩固所学内容。

本书以 AutoCAD 中文版软件为平台,针对道路工程领域的制图内容,结合工程实例讲述了使用 AutoCAD 软件的基本操作以及使用 AutoCAD 完成道路工程图样的绘制、编辑修改、标注、打印的方法和技巧。本书以学习任务为主线,采用了大量道路工程制图实例,并将工程实例引入操作命令中,并有针对性地选择了大量练习题,具有较强的可读性和可操作性。

本书共分七个模块:道路工程计算机绘图概述,AutoCAD 的工作界面及其基本操作,点、线及几何图形的绘制,几何体的绘制,图形的编辑,图形的输出,道路工程专业图的绘制。

本书为全国交通土建高职高专规划教材,可供高职、中职院校道路桥梁工程技术专业及相关专业师生使用,亦可供相关工程技术人员学习参考。

参加本书编写工作的有四川交通职业技术学院曹雪梅(项目五、项目六、项目七)、湖南交通职业技术学院汪谷香(项目一、项目二、项目三、项目四)。本书由曹雪梅统稿,曹雪梅、汪谷香担任主编,湖南大学陈美华担任主审。

了解 AutoCAD 并不难,精通它则很不易。要想应用 AutoCAD 高效率、高质量地绘图,必须非常熟悉 AutoCAD 的操作,并做大量的绘图练习。因此,我们希望读者拿到这本书后细心研读,并拿出大量时间上机练习,其间要特别注意细心体会,总结经验,琢磨技巧。经过一段时间的实践,AutoCAD 一定会成为您得心应手的绘图工具。

由于作者水平有限,本书难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 4 月

目 录

项目一 道路工程计算机绘图概述	1
任务一 了解公路 CAD 的概况	1
任务二 认识 CAD 系统的组成	7
任务三 了解本课程的学习目标、任务及方法	11
项目二 AutoCAD 的工作界面及其基本操作	12
任务一 认识 AutoCAD 工作界面	12
任务二 学习 AutoCAD 200X 的基本操作	22
项目三 点、线及几何图形的绘制	31
任务一 使用坐标和辅助工具精确绘制直线	31
任务二 绘制矩形	37
任务三 绘制多段线构成的平面图形	44
任务四 样条曲线的绘制	52
任务五 圆、圆弧、椭圆的绘制	57
任务六 使用点等分对象	61
项目四 工程构造物的绘制	70
任务一 用构造线绘制三面投影图	70
任务二 用图层绘制涵洞一字墙洞口三面投影图	73
任务三 桥墩图的绘制	81
任务四 绘制纵断面图的资料部分	89
任务五 U 形桥台尺寸标注	93
任务六 轴测投影图的绘制	108
任务七 U 形桥台的三维建模	111
项目五 图形的编辑	128
任务一 形成圆弧连接关系	128
任务二 调整图形的位置及倾斜方向	134
任务三 改变图形对象的形状	138
任务四 缩放图形对象	143
项目六 图形的输出	151
任务一 认识模型空间与图纸空间	151
任务二 在图纸空间中创建打印布局	153

任务三 图形的打印输出	158
项目七 道路工程专业图的绘制	163
任务一 绘制工程图的基础工作	163
任务二 道路路线工程图的绘制	166
任务三 路基、路面及排水防护工程图	172
任务四 路线平面交叉图及标志标牌设计图	175
任务五 桥梁工程制图	177
参考文献	194

项目一 道路工程计算机绘图概述



学习要点

1. 公路 CAD 基本概念及其发展概况、发展趋势。
2. 公路 CAD 对计算机软硬件的要求。
3. 本课程的学习目标、任务及方法。

任务一 了解公路 CAD 的概况

CAD(Computer Aided Design)是计算机辅助设计的简称。公路 CAD 是公路计算机辅助设计的简称,它又包括道路工程计算机辅助设计和桥梁工程计算机辅助设计两个方向,其中道路工程计算机辅助设计涉及路线、路基工程、路面工程、桥涵工程、交通设施等的设计,而桥梁工程计算机辅助设计则包括桥梁的总体设计、结构分析与设计、荷载分析计算等。

一、计算机辅助设计的发展

计算机辅助设计(CAD)是随着计算机技术和计算机设备的飞速发展而产生的一门新兴学科,它是建立在近代计算机软、硬件技术和工程技术基础之上的交叉学科。最近十几年,CAD 技术及其应用得到了迅猛发展,已广泛进入了各个设计领域,并对传统的设计方法提出了严峻的挑战。在很多领域,CAD 已经部分或全部取代了手工设计,成为利用计算机辅助人工进行最佳工程设计的重要手段。CAD 技术是一场深刻的技术革命,自 1963 年 MIT(麻省理工学院)的一位研究生首次提出 CAD 的概念至今,世界上发达国家都为此投入了大量的人力和物力,计算机辅助设计水平已经成为一个国家科学技术进步的标志之一。

目前,CAD 技术已在各项工程设计领域的各个阶段得到广泛应用,显著提高了公路设计的质量,加快了设计进度,使工程建设项目达到方案优、投资省、工期短、效益好的要求。

作为计算机技术应用的重要领域之一,CAD 技术是伴随着计算机技术的发展而逐步成熟、完善的,其发展过程大致可以分为以下四个阶段。

1. 第一代 CAD 系统

该阶段处于 20 世纪 60 年代,为大型机 CAD 阶段。其典型硬件设备为大型计算机、刷新式随机扫描图形显示器和光笔,图形支撑软件为二维图形系统。由于当时硬件设备价格昂贵,软件研制不完善,CAD 技术实质上还处于试验阶段。典型的 CAD 系统有美国通用汽车公司的 DAC-I 系统和美国洛克希德公司的 CADAM 系统,分别用于汽车业和航空业。由于这一阶段的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,如平面和纵断面几何线形的计算,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。

2. 第二代 CAD 系统

该阶段处于 20 世纪 60 年代末至 70 年代末,为小型机 CAD 阶段。其典型硬件设备为小型计算机、存储管式图形显示器和图形输入板,图形支撑软件同样基于二维图形系统,但增加了非几何数据处理和数据库管理功能。这个时期,硬件设备和 CAD 技术都得到了较快发展,CAD 进入到应用阶段。计算机的发展促使结构分析软件迅速发展,特别是随着大型通用有限元程序的出现,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边值问题之外,还具备解决各类非线性结构问题的能力,这使那些在过去对广大结构工程人员来说可望而不可即的各类非线性结构问题相继得到了满意的解决,并达到实用化、工程化。这一阶段 CAD 技术凭借其功能强大、使用方便、计算可靠、效率高的优点而逐渐成为结构工程领域强有力且不可缺少的分析工具,并在全球得到迅速的推广和普及。

3. 第三代 CAD 系统

该阶段处于 20 世纪 70 年代末至 90 年代,为微机与工作站 CAD 阶段。其典型硬件设备为微机(工作站)、光栅扫描图形显示器、绘图仪、图形输入装置,图形支撑软件为三维图形系统。这期间,计算机硬件的性能不断提高,价格大幅下降,使用越来越方便,很大程度上拓宽了 CAD 的应用范围,使 CAD 广泛应用于各个设计领域,出现了一批实用的 CAD 系统,是 CAD 高速发展的阶段。典型的 CAD 系统有美国 Autodesk 公司推出的 AutoCAD 和 Bentley 公司的 MicroStation。这两个系统由于具有良好的工作界面、强大的图形功能、方便的交互设计功能以及灵活的用户定制和二次开发功能,而被广泛应用于机械、土建、电子、航天、航空、造船、石化、冶金等各个领域。

这一阶段的道路 CAD 技术发展更成熟,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)和专用的公路、桥梁工程设计软件包组成的集成系统,并作为商品软件推向市场,在道路工程设计中发挥了极大作用。这些系统往往包含从数据采集、建立数字地形模型、优化设计以及进行道路设计的全套计算,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。同时,这一阶段的道路 CAD 系统在人机交互、可视化技术等方面都有了很大的发展,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、英国的 MOSS 和美国 Intergraph 公司推出的 INROADS 等道路 CAD 系统,均是结构完整、功能强大且商品化程度很高的软件,在国际市场上占有较大的份额。

4. 第四代 CAD 系统

该阶段从 20 世纪 90 年代至今,随着用户界面技术的发展,尤其是图形用户界面 GUI (Graphics User Interface) 的普遍使用,显著提高了 CAD 的易用性。CAD 技术与数据库技术、网络技术、人工智能技术紧密结合,使 CAD 系统向着网络化和智能化方向发展。三维曲面和实体几何造型技术的发展和运用,可以实时显示设计成果的三维模型,使 CAD/CAM (Computer Aided Manufacturing) 的信息集成,使工程和产品的设计、生产、管理一体化成为可能。

伴随着多媒体技术、网络技术和可视化技术的发展,这一阶段的道路 CAD 系统以更新、更先进的面貌出现在人们面前。在数据采集方面,GPS(全球定位系统)、数字摄影测量、遥感地址解释等新技术、新设备、新理论在道路设计中的应用,使传统的工程勘测、设计手段发生了巨大的变革,使实现工程设计所必需的原始地形数据采集的自动化成为可能,道路与桥梁的设计也将逐步由计算机辅助设计向自动化设计过渡。

二、CAD 的目的与意义

工程设计中,繁杂的设计工作可归纳为两类:创造性工作和重复性工作。创造性工作是指研究和分析方面的工作,重复性工作则主要是指大量繁琐的运算和绘图。

CAD 技术产生以前,整个设计工作都是由人来完成。CAD 实现了人与计算机的有机结合,充分发挥设计者的思维能力和创造能力,利用计算机高速准确的计算、大容量的数据存储、准确的逻辑判断以及直观的图形显示特长,由设计者从事创造性工作,计算机完成重复性工作,从而减轻了人的工作强度,提高了工作效率,实际拓展了设计者的能力。这种将人和计算机结合起来所组成的合成系统,其能力应超过各组成部分的总和,称之为协同效应。

一般情况下,应用 CAD 技术可取得以下效果:

(1)缩短设计周期。计算机处理速度快,可不间断工作,能提高分析计算速度,解决复杂的计算问题;通过直观地了解设计对象,可减少综合分析时间;可大幅度提高绘图效率;可以大大提高设计效率,缩短设计周期。

(2)提高设计质量。利用计算机准确的计算和逻辑判断能力,可进行周密的工程分析,提供多种可选择的设计方案;可以减少设计误差,便于修改设计;利用计算机得到清晰、规范的设计图纸和文档,便于校核和修改,有效防止手工绘图过程中各种错误的产生,从而提高设计质量。

(3)促进设计规范化和标准化。CAD 技术的广泛应用可以使设计方法、设计文档和制图标准得到统一;计算机生成的规范设计图纸和文档可改进各专业设计间的信息传递;通过建立统一数据库,实现信息共享,可促进设计的规范化和标准化。

(4)降低设计成本。CAD 系统可帮助设计者提高设计效率和设计质量,随着设计劳务费的日趋提高及计算机性能价格比不断改善,应用 CAD 系统可降低设计劳务费用,取得明显的经济效益。

三、CAD 在土木工程中的运用

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的总称,它既指工程建设的对象,即建在地上、地下、水中的各种工程设施,也指所应用的材料、设备和所进行的勘测设计、施工、保养、维护等技术。土木工程所包含的内容极为广泛,而且种类繁多。常见的土木工程一般可以分为基础工程、建筑工程、道路工程、铁路工程、桥梁工程、机场工程、港口工程、隧道和地下工程、水利水电工程以及给排水工程等。

土木工程是 CAD 技术应用最早、发展最快的领域。目前,我国工程设计已普遍采用计算机绘图和设计,全面实施了国务院提出的“CAD 应用工程”,甲、乙级设计企业计算机出图率达到 100%。CAD 技术已成为土木工程设计不可缺少的工具和手段,并贯穿于工程的规划、设计和施工管理等全过程,取得了缩短设计工期、提高设计质量、降低设计成本的显著效果。随着人工智能技术、多媒体技术、科学计算可视化技术以及网络技术的迅猛发展和广泛应用,土木工程计算机应用的范围和深度不断扩展。土木工程 CAD 正在向着智能化、集成化和网络化的方向发展,实现异地设计、协同工作、信息共享已近在咫尺,信息化施工正受到广泛的重视。

一般土木工程的建设都要经过规划、设计、施工几个阶段,建成以后进入维护管理阶段。目前 CAD 技术已用于规划、设计、施工、维护管理等各个阶段。

1. 规划阶段的应用

对于任何工程项目,规划工作十分重要,其主要任务包括项目可行性分析、方案设计等。规划中需要综合考虑诸多因素,例如,土地利用、经济、交通、景观、法律等社会经济因素,资源、气象、地质、地形、水流等自然因素,以及耗能、污染、绿化等环境因素。规划工作实际上是一个决策过程,其中人始终是决策主体,将 CAD 技术与人工智能、GIS(地理信息系统)技术结合起来,可以辅助支持决策过程,从而提高决策水平。

应用于规划阶段的 CAD 系统主要有以下三类:

(1) 规划信息管理系统。用于规划信息的存储、查询和管理,包括地理信息管理系统、资源信息系统、规划政策信息系统等。

(2) 规划决策支持系统。用于提供城市、地域乃至工程项目建设规划的方案制订和决策支持,包括规划信息分析系统、规划方案评估系统等。

(3) 规划设计系统。用于展示规划的表现和效果,包括规划总图设计系统、景观表现系统、交通规划系统等。

2. 设计阶段的应用

土木工程的设计过程是指工程项目在完成可行性研究和投资决策后,从设计准备开始,直到完成施工图设计的过程。对于一般工程设计项目而言,土木工程设计包括方案设计、初步设计、技术设计和施工图设计等阶段。

目前,在土木工程领域,对应各专业工程的各阶段设计都有相应的 CAD 系统。应用比较广泛的是对应于各设计过程或不同结构类型的 CAD 系统。这类系统针对某一设计环节或任务,具有功能齐全、操作方便的特点。但为完成一项设计需要使用多个系统,导致大量数据重复输入,影响了设计效率。随着 CAD 技术的发展,面向设计全过程的集成化 CAD 系统日趋成熟,得到了应用和推广。集成化 CAD 系统实现了各阶段设计的信息共享,避免了数据重复输入,极大地提高了 CAD 系统的效率和水平。

CAD 技术在土木工程设计中的应用主要包括以下几个方面:

(1) 建筑工程设计。包括建筑设计、结构设计以及安装工程设计。其中,建筑设计包括三维造型、建筑渲染、平面布景、建筑构造、小区规划、日照分析、室内装潢等设计;结构设计包括结构选型、有限元分析、结构设计、施工图绘制等设计;安装工程设计包括水、电、暖通等各种设备及管道设计。

(2) 城市规划和市政工程设计。包括城市道路、高架桥、轻轨、地铁、市政管网设计等。

(3) 交通工程设计。包括公路、桥梁、铁路、机场、港口、码头等工程设计。

(4) 水利水电工程设计。包括大坝、水渠、水利枢纽、河海工程设计等。

3. 施工阶段的应用

土木工程施工一般包括投标报价、施工组织、资源调配、具体施工及工程进度管理、工程验收等环节。目前,CAD 技术已经广泛应用于施工过程的各个环节,具体包括以下几个方面:

(1) 工程施工技术。包括基坑支护设计系统、模板设计系统、脚手架设计系统、混凝土工程计算软件、钢筋下料计算软件、冬季施工的热工计算软件等。

(2) 工程施工管理。包括施工组织设计系统、工程项目管理系统、工程造价管理系统、工程质量管理体系、施工安全管理系统、施工设备管理系统、工程材料管理系统、施工人力资源管理系统等。

(3)施工企业管理。投标报价、合同管理、工程概预算、网络计划、人事工资以及财务管理等方面的专业软件已得到广泛应用,在项目管理、企业信息化综合管理方面也已经起步。

随着建设领域信息化的发展,虚拟建造技术以及信息化施工技术在工程施工中都得到了研究和应用,这将进一步提高工程施工技术和管理的现代化水平。

4. 维护管理阶段的应用

维护管理包括工程的定期检测,维修加固的规划、设计和施工。CAD 技术主要用于检测信息和维护检查结果的存储管理及分析评估、维修和加固的方案制订、设计计算和施工图绘制等。当前的研究和应用方向是综合结构安全性、材料耐久性分析以及灾害研究,对工程在使用阶段的功能及安全进行预测分析和追踪管理。

四、我国公路 CAD 的发展

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主要因素之间的数学模型等,还不易客观真实地得到,这使得对方案的优化缺乏客观、符合实际的评价尺度,影响其在实际工程设计中的应用。因此,在优化设计系统方面,还有待进一步探究。

20 世纪 80 年代以来,随着我国公路建设的高速发展,对 CAD 技术的需求不断增加,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计算机辅助设计系统、公路中小桥 CAD 系统、涵洞 CAD 系统、城市道路 CAD 系统等道桥工程设计软件,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、挡土墙、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。

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 技术做出了重大的贡献。

进入 21 世纪以来,我国的公路 CAD 技术基于国内已有公路 CAD 系统和当前的计算机软硬件平台,在地形数据采集(如 GPS、航测及数字测图、遥感、地面速测等)、工程数据库和系统的集成化、可视化、智能化、三维设计、动态仿真、高交互性、商品化程度上有所突破,使我国的公路 CAD 基础理论及实际应用上了一个新台阶,提高了我国公路的测设水平,加强了我国公路的测设能力,有利于逐步实现公路测设的自动化。

当前,国内有代表性的路线软件包括路线大师、纬地公路设计系统、海德路线设计系统、道路集成 CAD 系统、海地公路优化设计系统、路线与互通立交集成 CAD 系统等。桥涵设计软件包括桥梁大师、海地公路优化设计系统、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。路基稳定性及挡土墙设计软件包括理正系统软件以及同济大学的“启明星”软件等。路面软件包括沥青路面设计演算软件 APDS,东南大

学开发的公路路面设计系统 HPDS 等。

五、公路 CAD 的发展趋势

1. CAD 技术发展的总趋势

当前,计算机技术及相应支撑软件系统的发展日新月异,大大促进了 CAD 技术的发展。其发展的热点首推 CAD 系统的可视化、集成化、智能化与网络化技术。

(1)可视化。科学计算中的可视化技术(Visualization in Scientific Computing, VISC)是于 20 世纪 80 年代末提出并发展起来的一门新技术。它是利用计算机图形学和图像处理技术,将数据转换成图形或图像在屏幕上显示出来,并进行交互处理的理论、方法和技术。它能把各种数据,包括测量获得的数值、图像,或是计算中涉及、产生的数字信息,变为直观的、以图形和图像信息表示的、随时间和空间变化的物理现象或物理量呈现在研究者面前,使他们能够观察、模拟和计算。而在可视化基础上发展起来的 CAD 虚拟环境可使设计者处在自己想象的设计空间中,亲临现场似地对工程进行设计和布置,这样能够充分发挥设计者的聪明智慧,使设计质量趋于完美。可视化技术的发展满足了当前信息时代人类处理大量复杂数据的需要,也满足了研究人员和工程技术人员控制、干预计算过程和设计过程的需要。作为科学研究的新工具,可视化技术对科学的发展有着极大的推动作用,它将作为超越应用和技术界限的人类信息交流的新形式。

(2)集成化。集成(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信息的统一管理,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。CAD 技术的集成化体现在三个层次上:其一是广义 CAD 功能,CAD/CAM/CAE/EPR/PDM 等经过多种集成形式成为企业一体化解决方案,推动信息化进程。目前创新设计能力(CAD)与现代企业管理能力(ERP、PDM)的集成,已成为信息化的重点。其二是将 CAD 技术能采用的算法做成专用芯片以提高 CAD 系统的效率。其三是 CAD 基于网络计算环境实现异地、异构系统在企业间的集成。应运而生的虚拟设计、虚拟制造、虚拟企业就是该集成层次上的应用。

(3)智能化。设计工作是一个含有高度智能的人类创造性活动,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。这种基于算法的传统的 CAD 系统虽然采用的方法比较简单,处理的费用比较低廉,但处理能力局限性较大,特别是缺乏综合分析和选择、判断的能力,使用系统时常常需要具有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。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。

(4)网络化。网络技术越来越引起人们的重视,资源共享问题是网络化社会共同关注的问题之一。由于每一个用户都可以共享网络中任意位置上的资源,所以网络设计者可以全面统一地考虑各工作站上的具体配置,从而达到用最低的费用获得最好效果的目标。总之,CAD 系统的网络化建设可以根据资源需要的程度,配备尽量少的软、硬件资源,需要使用时,可以相互调用,这样使整个建网费用和网络功能的选择被控制在最佳状态。

综上所述,CAD 系统的可视化、集成化、智能化与网络化技术是当今 CAD 技术的主要发展方向。

2. 公路 CAD 技术的发展趋势

(1)CAD 软件技术的发展。公路 CAD 技术是 CAD 技术在道路、桥梁设计领域的具体应用,是伴随着 CAD 技术的发展而发展起来的。所以,公路 CAD 技术在软件、系统方面的发展也与当今国际上 CAD 技术发展方向一致,也集中在可视化、集成化、智能化与网络化技术方面。其具体内容包括三维图形仿真、多维空间显示模型、可视化、高交互性、多媒体技术、CAD 虚拟环境、集成系统的开发、工程数据库、图形支持、专家系统、神经网络模型和网络技术等方面。

(2)公路 CAD 系统功能的发展。从公路 CAD 系统对设计的支持来看,主要是向实现设计全过程的整体自动化方向发展。即将先进的测设方法、设计理论与 CAD 技术融为一体,从有效的数据自动采集,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 系统发展的主要方向。

任务二 认识 CAD 系统的组成

一、CAD 系统的组成

CAD 系统是由设计者和 CAD 计算机系统两个重要部分组成。CAD 计算机系统是一系列计算机硬件和软件的集合,包括 CAD 硬件系统和 CAD 软件系统,如图 1-1 所示。

1. CAD 硬件系统

CAD 硬件系统是指专门用于 CAD 应用的计算机硬件,由计算机主机、常用外围设备和各种图形输入/输出设备组成,是 CAD 技术的物质基础。CAD 硬件系统组成如图 1-2 所示。

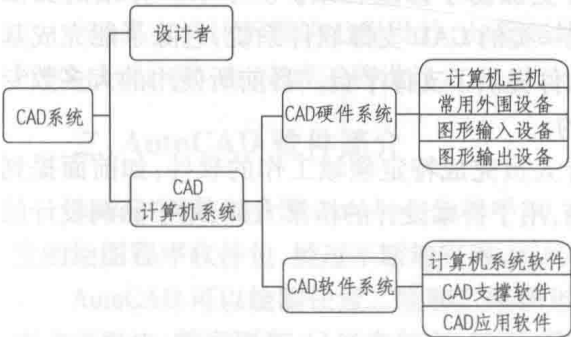


图 1-1 CAD 系统的组成



图 1-2 CAD 硬件系统组成

(1)计算机主机:用于控制和指挥整个系统运行、处理各种数据、执行实际运算和逻辑分析。为保证 CAD 系统的顺畅运行,建议采用如下硬件配置:

CPU:选择 P4 2.4GHz 或 AMD Athon64 3000 + 以上主频 CPU。

内存:512MB 以上 DDR400 双通道内存。

硬盘:80GB 以上容量,有条件可以选择串口硬盘或 SCSI 接口硬盘。

显卡:一般选择主流 64MB 以上显存显卡即可,如果需要进行比较复杂的三维建模,可以选择专业图形显卡。

光驱:选择主流光驱即可,如有需要可以选择 DVD 刻录光驱,以满足大容量图形文件备份的需要。

(2) 常用外围设备:主要包括鼠标、键盘,用于输入字符和数字,也可以完成图形操作的特定功能。

(3) 图形显示设备:用于显示图形,反馈信息。用于执行绘图等工作时,最好选择 17 英寸以上显示器,以便有更大的显示区域满足观察图形需要。

(4) 图形输入设备:包括电子绘图仪、扫描仪等,用于与鼠标、键盘配合输入数据、图形和各种信息等。与图形显示设备相结合还可以实时修改图形。

(5) 图形输出设备:包括打印机、绘图仪等,用于在图纸或其他介质上输出图形,便于实际使用。

(6) 存储设备:用于存储和管理各种数据、图形资料和各种设计信息。

2. CAD 软件系统

计算机辅助设计过程中,计算机是帮助设计人员完成设计工作的工具,其效率的高低,不仅取决于计算机的硬件性能,还取决于计算机的软件资源。CAD 的软件系统由计算机系统软件、CAD 支撑软件和 CAD 应用软件组成。

(1) 计算机系统软件的任务是使计算机的各个部件、相关软件和数据相互协调、高效地工作。系统软件包括操作系统、语言编译系统和服务性软件等。操作系统是一组对计算机的硬件资源和软件资源进行统一管理的程序,它对整个计算机系统起到监控、管理、调度和指挥的作用,如 Windows XP、Mac OS X 等。语言编译系统用于将高级语言编写的程序翻译成计算机能够直接执行的机器指令,包括各种计算机语言的编译程序、调试程序等。服务性软件是为用户对计算机进行操作和维护提供方便的程序,主要包括监控管理程序、故障检查程序、测试诊断程序等。

(2) CAD 支撑软件是为应用软件的开发者提供一系列服务的开发工具,从而减少软件开发的工作量,缩短开发周期,也使应用软件更加易于修改和维护。本书所介绍的美国 Autodesk 公司开发的 AutoCAD 系统就是属于这一类的 CAD 支撑软件系统,它除了能完成基本图形的绘制、编辑等工作外,还为很多专业软件提供了支撑平台。目前所使用的大多数专业设计软件都是基于 AutoCAD 二次开发完成的。

(3) CAD 应用软件。应用软件是帮助设计人员完成特定领域工作的软件,如前面提到的专门用于公路设计的海地公路优化设计系统,用于桥梁设计的桥梁大师,用于涵洞设计的海特 PCV 等。

二、公路 CAD 的特点与工作流程

公路 CAD 的主要工作是辅助设计人员完成公路与桥梁工程的设计工作,其内容包括设计方案的构思和形成,方案的比较和选择,工程的计算与优化,设计图表的绘制与设计文件的输出等一系列工作。从这个过程来看,公路 CAD 并不是单纯的计算分析,也不是单纯的计算机自动绘图,而是设计者的才智、经验、创造性思维与计算机高速、准确等优势完美结合。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,最终完成工程设计的过程。公