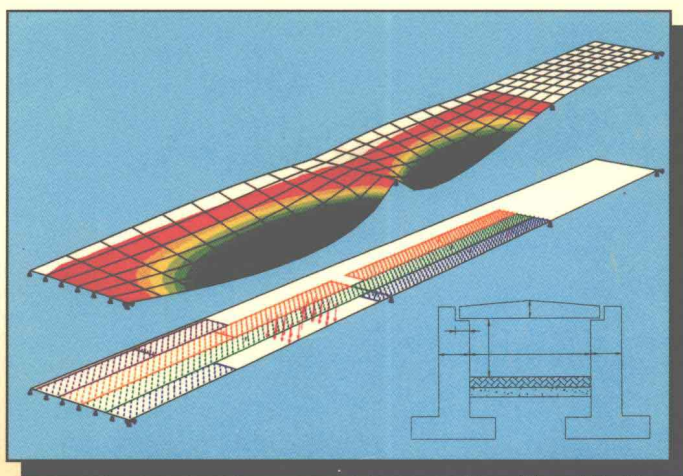


东 北 林 业 大 学 出 版 基 金 资 助 出 版

桥梁 CAD 应用

Q i a o l i a n g C A D Y i n g y o n g

姜 泉 编



东 北 林 业 大 学 出 版 社

桥梁 CAD 应用

姜 泉 编

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁 CAD 应用/姜泉编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2001. 7

ISBN 7-81076-200-1

I. 桥... II. 姜... III. 桥梁工程 - 计算机辅助设计
IV. U442. 5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 045975 号

责任编辑: 袁俊琦

封面设计: 曹 晖



NEFUP

桥梁 CAD 应用

Qiaoliang CAD Yingyong

姜 泉 编

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北林业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 9.5 字数 218 千字

2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-200-1
U·36 定价: 18.00 元

内 容 提 要

本书以桥梁设计全过程为主线,以设计过程中计算机应用为主导,将工程师的思维方法、计算机的辅助功能以及二者的高效结合作为一个有机的整体,深入浅出地介绍了 CAD 的基本概念、CAD 系统的基本组成以及 CAD 技术在桥梁工程中的应用过程等知识。重点介绍了一些典型专业软件的使用方法。

本书以交通土建专业本科生和其他相关专业的研究生为对象,力求培养学生的专业兴趣,提高专业水平,以便更好地适应工程界对所需专业人员的需求。真诚地希望本书能够起到抛砖引玉、激发学生学习专业 CAD 技术积极性的良好作用。

前言

计算机在工程上的应用由来已久,随着计算机软硬件技术的不断成熟,市场价格的不
断下降,在我们的日常工作和学习中,计算机辅助设计已经应用得越来越广了。

尤其是近 20 年来,计算机图形技术和 CAD 技术的飞速发展对土木工程领域传统的
人工计算、手工绘图的设计方式产生了深刻的变革和影响。计算机辅助设计同计算机辅
助绘图虽然英文缩写都是 CAD,但其内容有很大的差别。由于计算机应用领域的不断扩
展,今天的 CAD 已不再局限于辅助设计工程的个别阶段和部分,而是将计算机技术有机
地应用到设计的每个阶段和所有环节。

当前,工程界对高校毕业生计算机应用能力的要求越来越高,他们一般希望工科大学
毕业生不仅一参加工作就可以熟练地应用计算机进行日常字表处理工作,而且还能够掌
握一些图形软件的使用;同时更希望这些毕业生们了解一些典型专业软件的使用,并且可
以利用所学的专业知识及计算机知识,初步掌握运用计算机进行结构分析计算、绘制设计
图、编制施工图以及制作效果图等方面的专业技能。有些单位甚至还希望毕业生能具备
一些小型应用程序的研制开发能力。因此,本书在介绍 CAD 基础知识及结构分析基本常
识的基础上,重点介绍了一些典型专业软件的使用,以使学生深刻了解 CAD 软件的内涵,
为以后从事专业工作打下一个初步基础。

由于专业 CAD 软件十分丰富,仅土木工程专业 CAD 的内容就涉及房屋建筑工程、道
路桥梁工程、港口工程、地下工程、给水排水工程、采暖通风工程、建筑设备与电气工程、特
种结构工程等等诸多方面,限于篇幅,本教材不可能针对每一专业方向 CAD 的特点逐一
介绍,只能仅以交通土建工程中比较常见的一些桥梁工程为例,选取两个入门性的专业程
序即 SAP90 程序和涵洞程序来介绍专业 CAD 的特点和应用方法,起到一个抛砖引玉的
作用。相信学生们通过这本教材的学习,既能够知晓专业 CAD 应用的一般共性,又能够
掌握专业 CAD 的特殊个性,从而达到举一反三的目的。

在土木工程专业的所有课程中,CAD 这门课的内容可能是发展更新最快的一门课程
随着计算机硬件和软件的飞速发展,本教材的内容也必将紧紧随之更新,以便更好地
适应教学和学习的需要,但是,万变不离其宗,大家在不断更新知识的同时,切莫忽略基础
知识的积累和基本技能的锻炼。同时,专业 CAD 又是一门工程性、实践性很强的技术,要
想能够运用 CAD 技术去解决实际问题,仅凭看书、听课显然是不够的,还必须要经过大
量的上机实践才可以达到良好的预期目的。

全书由姜泉编写,书中主要内容是作者十年来从事桥梁设计、施工、监理、教学及
CAD 工作的体会,部分内容取自国内外的文献资料。但由于作者水平有限,疏漏和错误
之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2001 年 1 月

目 录

1 概 述	(1)
1.1 CAD 的历史与发展	(1)
1.1.1 CAD 技术的发展简史	(1)
1.1.2 CAD 技术在土木工程中的应用与发展	(2)
1.1.3 CAD 未来发展方向	(2)
1.2 CAD 的基本概念	(4)
1.2.1 CAD 的基本概念	(4)
1.2.2 CAD 技术特点	(4)
1.2.3 CAD 与计算机绘图等其他辅助功能的联系和区别	(5)
1.2.4 桥梁 CAD 技术涉及的知识领域	(6)
1.3 CAD 在桥梁工程中的应用	(7)
1.3.1 桥梁设计的基本原则	(7)
1.3.2 桥梁设计的主要程序	(7)
1.3.3 CAD 技术在桥梁设计中的应用过程	(8)
1.4 CAD 的学习方法	(9)
1.4.1 专业基础知识	(9)
1.4.2 计算机运用技能	(9)
1.4.3 工程师思维的建立	(10)
1.4.4 程序设计一般方法	(10)
2 CAD 系统	(12)
2.1 CAD 硬件系统	(12)
2.1.1 CAD 硬件系统概述	(12)
2.1.2 一个适用的 PC 机	(13)
2.1.3 信息采集设备	(18)
2.1.4 图形硬拷贝设备	(20)
2.2 CAD 软件系统	(20)
2.2.1 概述	(20)
2.2.2 系统软件	(21)
2.2.3 通用软件	(22)
2.2.4 专业软件	(24)

3 有限元基础知识	(26)
3.1 有限元方法概述.....	(26)
3.2 有限元法解题的简单过程.....	(27)
3.2.1 前处理.....	(27)
3.2.2 有限元计算.....	(27)
3.2.3 后处理.....	(28)
3.2.4 有限元分析示例.....	(29)
3.3 有限元分析的前处理.....	(30)
3.3.1 有限元前处理的主要功能.....	(31)
3.3.2 有限元网格剖分基本要求.....	(32)
3.4 有限元分析的后处理.....	(34)
3.5 工程优化设计方法.....	(35)
4 桥梁结构分析软件——SAP90	(36)
4.1 SAP90 程序简介	(36)
4.1.1 SAP90 程序简介	(36)
4.1.2 SAP90 程序输入数据文件的结构	(37)
4.1.3 SAP90 程序输出文件简介	(39)
4.2 SAP90 程序输入数据详细说明	(39)
4.2.1 前处理.....	(40)
4.2.2 边界约束条件.....	(45)
4.2.3 结构外部环境描述.....	(48)
4.2.4 单元模型.....	(57)
4.2.5 后处理.....	(73)
4.3 SAP90 程序的图形文件	(75)
4.4 解题实例.....	(79)
4.4.1 梁单元练习题.....	(79)
4.4.2 板单元练习题.....	(82)
4.4.3 二维实体单元示例.....	(83)
4.4.4 三维实体单元示例.....	(84)
5 涵洞 CAD 系统	(86)
5.1 涵洞基本知识.....	(86)
5.1.1 涵洞分类.....	(86)
5.1.2 涵洞洞身构造.....	(87)
5.1.3 涵洞洞口构造.....	(92)
5.2 系统简介.....	(96)
5.2.1 系统研制依据.....	(96)
5.2.2 系统工程模型.....	(96)
5.2.3 系统功能.....	(97)

5.2.4 系统的运行	(97)
5.3 几种常见涵洞设计	(98)
5.3.1 盖板暗涵数据文件格式	(99)
5.3.2 盖板明涵数据文件格式	(106)
5.3.3 圆管涵数据文件格式	(112)
5.3.4 箱涵数据文件格式	(115)
附录 1 SAP90 图形输出文件示例	(122)
附录 2 涵洞系统图形输出文件示例	(125)
参考文献	(142)

1 概 述

1.1 CAD 的历史与发展

随着电子信息技术的不断发展,计算机辅助设计系统在工程设计、产品制造与技术文件信息化管理等方面的应用也正在不断完善与发展。在我国,CAD 技术已经广泛地应用于建筑、机械、电子、航空、船舶等各个行业,获得了良好的社会效益和经济效益。

1.1.1 CAD 技术的发展简史

CAD 技术是随着计算机及外围设备,尤其是图形设备以及相关软件的发展而发展的。从 CAD 出现至今的整个发展阶段来看,通常可以划分为以下 5 个阶段:

1.1.1.1 初始准备阶段 (20 世纪 50 年代)

1950 年美国麻省理工学院 (MIT) 研制出“旋风 1 号”(Whirl Wind I),一个类似于示波器的图形设备,用它可以显示简单的图形。1958 年,美国 Calcomp 公司研制出滚筒式自动绘图仪,Gerber 公司研制出平板式绘图仪。1959 年 12 月在 MIT 召开的一次计划会议上,明确提出了 CAD 的概念,对以后 CAD 的发展起了很大作用。这一阶段主要特点是提出 CAD 设想,为 CAD 研制提供了硬、软件的准备工作,CAD 技术处于被动式的图形处理阶段。

1.1.1.2 研制试验阶段 (20 世纪 60 年代)

在 20 世纪 60 年代初发生了两件对 CAD 发展有重大影响的事件,第一件是美国 MIT 林肯实验室的 I. E. Sutherland 发表了《Sketchpad: 一个人机通讯的图形系统》的博士论文,首次提出了计算机图形学、交互技术、分层存储符号的数据结构等新思想,从而为 CAD 技术的发展和应用打下了理论基础。第二件是 1964 年美国通用汽车公司 (GM) 和 IBM 公司成功开发了用于汽车前窗玻璃线型设计的 DAC-1 系统,这是 CAD 最早用于具体对象的系统。由于这两件事的发生,使得讲求实效的工程界对 CAD 的发展前景充满了信心,此后 CAD 技术在世界范围内得到迅速而全面的发展。

1.1.1.3 技术商品化阶段 (20 世纪 70 年代)

在此阶段,CAD 技术开始实用化。从二维的电路设计发展到三维的飞机、造船、汽车等设计,出现了许多开发 CAD 系统的公司,1979 年美国 Applicon 公司第一个推出完整的 CAD 系统,一些大公司开始在 CAD 技术应用中取得经济效益。同期还出现了廉价的固体电路随机存储器、产生逼真图形的光栅扫描显示器、光笔、图形输入板等多种

形式的图形输入设备,出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统。CAD 技术进入了大多数工程和产品的设计领域。

1.1.1.4 高速发展阶段 (20 世纪 80 年代)

在此期间,由于科学技术的飞速发展,计算机硬、软件的功能都达到了新的水平,加之价格大大降低,使得图形系统和 CAD/CAM 工作站的销售量与日俱增,1981 年美国实际安装 CAD 系统 5 000 套,1983 年超过 12 000 套,1988 年发展到 63 000 套。CAD/CAM 技术从大中小企业向小企业扩展;从发达国家向发展中国家扩展。特别是 CAD 技术在个人计算机上实现以后,CAD 技术市场得到了巨大的发展。1983 年美国 Tand 公司、BG 图形公司分别推出 Versa CAD、Drawing Processor 和 CAD 三个通用的微机 CAD 系统,Autodesk 公司自 1982 年推出微机辅助设计与绘图软件系统 AutoCAD 以来,多次更新版本,改善功能,在世界范围内有较大影响。

1.1.1.5 全面普及阶段 (20 世纪 90 年代)

随着 CAD 技术的急速发展和市场竞争的日益加剧,使得商品化 CAD 系统的性能提高,价格降低;与此同时,计算机的软、硬件以及计算机网络等都得到了飞速发展,由此形成了微机、工作站和网络环境下的高性能 CAD 系统,使得 CAD 技术在设计领域全面普及,成为工程界必不可少的设计工具。

1.1.2 CAD 技术在土木工程中的应用与发展

我国在 CAD 技术研究开发方面起步较晚,最早始于航空工业,1965 年曾研制出机翼外形计算机程序,并陆续在曲线、曲面处理系统等方面取得显著成果。我国的造船工业也是 CAD 技术应用卓有成效的一个行业。

然而直到 20 世纪 80 年代,CAD 技术才在我国的机械、电子等多个行业中迅速发展起来。在开始阶段,主要依靠外国引进的通用或专用图形软件包在屏幕上作交互式图形设计,与结构计算和构件设计没有结合,参与者主要是长期与计算机打交道的专门人员。可以说,一直到 80 年代末,土木工程 CAD 才有了真正的发展和较广泛的应用,而这一时期各单位大量购进国产和进口的廉价高性能微机,又在很大程度上促进了 CAD 软件的开发和应用。

土木工程 CAD 的内容很广泛,涉及房屋建筑工程、道路桥梁工程、港口工程、水工工程、地下工程、给水排水工程、采暖通风工程、建筑设备与电器工程、特种结构工程等诸多方面。

本教材将在第 4、5 章中介绍几种在道路桥梁方面广泛应用的一些专业软件。

1.1.3 CAD 未来发展方向

从总体上讲,CAD 技术发展趋势是参数化、智能化、三维化、集成化、网络化和标准化。

1.1.3.1 参数化

设计参数化是 CAD 系统十几年来所追求的目标。参数化能够极大地提高机械化效率。通过尺寸驱动既能为用户提供设计对象的直观、准确的反馈,又能随时对设计加以

修改,同时减少设计中的疏忽。在先进的 CAD 软件中,设计过程中所涉及到的所有参数都可以当作变量,可以建立相互间的约束和关系式,增加程序逻辑。这些变量间的关系可以跨越 CAD 软件的不同模块,从而实现设计数据的全相关。

1.1.3.2 智能化

现有的计算机辅助设计系统智能化程度越来越高,原来繁琐的操作逐渐由计算机智能化地进行处理。如,图纸尺寸标注,原来每增加一个尺寸,都要做很多操作,现在用户只要指明要标注的对象,尺寸就能在图上适当的位置标注出来,甚至对整个设计对象自动标注尺寸。图形的修改更加方便了,用户只需要很少的操作就能把图形作合理的修改。在图形的绘制方面,很多系统增加了智能导引的机制,系统始终猜测用户的设计意图,并根据当时的设计环境提供不同的人机交互工具,使用户感觉非常顺手。

人工智能是计算机几大功能之一,将人工智能引入 CAD 系统,使其具有专家的经验 and 知识,具有学习、推理、联想和判断的能力,以及智能化的视觉、听觉、语言的处理能力,从而达到设计自动化的目的。

1.1.3.3 三维化

目前二维绘图软件的使用相当普遍,这主要是由于工程设计上传统的绘图习惯。从设计的观点看,人们头脑中所构思的设计对象是三维物体。用二维图形表示三维物体有很多局限性。随着三维图形技术的发展,在计算机内部建立相应的三维实体模型能够更直观、更全面地反映设计意图。在三维模型的基础上可以进行装配、检查、有限元分析、运动分析等高级的计算机辅助设计工作。建立三维实体模型以后根据需要可以由该模型方便地生成传统的二维工程图纸。

1.1.3.4 集成化

随着技术的发展,计算机辅助设计、计算机辅助分析、计算机辅助制造、计算机辅助工艺编制将逐步得到推广和应用。由于这些系统大都是作为自主系统独立开发的,所以无论在标准还是在表示方法上都有很大的差异。这不仅容易造成信息流的中断和无为的重复劳动,而且可能发生信息丢失和错误,降低设计的可靠性,因此 CAD 系统的集成化已是大势所趋。

1.1.3.5 网络化

随着计算机网络的飞速发展,CAD 系统的网络化已经是不可阻挡的历史潮流。网络化可以充分发挥系统的总体优势共享昂贵的设备,节省投资。借助现有的网络,用户可以用高性能的 PC 机代替昂贵的工作站。不同设计人员可以在网络上方便地交换设计数据,在未来的设计活动中很多软件并不需要一定安装在自己的计算机中,用户只是需要在 Internet 上找到它,然后在浏览器上运行就可以使用了。从此,设计工作将变得轻松而快捷,这个美好的设想离我们越来越近了。

现代 CAD 系统已经实现了从单机到局域网的转变,目前正在与企业的网整合。在企业行为国际化的大潮下,建立国际化 CAD 系统不久将成为现实。

1.1.3.6 标准化

随着 CAD 系统的集成和网络化,制定各种产品设计、评价、检测和数据交换标准势在必行。目前国际标准化组织已经颁布了新的产品数据转换标准 STEP。建立符合

STEP 标准的全局产品数据模型是企业未来发展的需要。同时,国家还将建立图文并茂、参数化的标准件库,替代现行的各种形式的标准化手册。

1.2 CAD 的基本概念

1.2.1 CAD 的基本概念

最早的 CAD 的含义是计算机辅助绘图 (Computer Aided Drawing)。随着 CAD 技术的不断发展,当今的 CAD 含义已变为计算机辅助设计 (Computer Aided Design)。

那么,设计的内涵是什么呢?我们说设计是具有高级思维的人类所特有的本能,从广义上讲,设计就是把人类的梦想变为现实。传统设计是以经验、试验、静态和定性为其核心,导致设计周期长,设计质量差,设计费用高和产品缺乏竞争力,一种新构思若要变为现实,常常要经过多轮研讨,待定型后可能又落后于时代的要求。如何在设计过程中运用新的原理和方法来较真实地解决工程中的实际问题,从粗略的经验估算上升到精确的计算分析,是计算机辅助设计要解决的问题。概括地说,就是要从经验、试验、静态、定性的传统设计模式向分析、优化、动态、定量的新设计模式发展,由人工设计向设计过程的计算机智能化和自动化方向发展。

计算机辅助设计 (CAD),就是利用计算机系统来辅助完成工程设计领域中的各项工作。由于计算机应用领域的不断扩展,今天人们常说的 CAD 已不再局限于工程设计的某个阶段或部分,而是有机地应用到设计的每个阶段和所有环节。应用计算机去完成那些重复性高、劳动量大以及某些单纯靠人难以完成的工作,使工程师有更多的时间和精力去从事更高一层的创造性劳动,即从事设计工作中首要的工作——构思,而后再利用计算机进行分析计算和绘图,从而把工程师头脑中的专业设想变成指导实践的蓝图。

1.2.2 CAD 技术特点

CAD 技术是用高新技术改造传统产业的一项重要技术,是加快国民经济发展的一项关键性新技术。CAD 能够大幅度提高设计质量,缩短科研和设计的开发周期,降低消耗,提高劳动生产率,实现脑力劳动自动化。

总体来讲,CAD 系统具有以下特点:

1.2.2.1 缩短设计开发周期

由于计算机运算速度及数据查询速度极快,用户根据设计目标向计算机发出指令,计算机则根据人的意图做出反应。由于计算机能够直观地将设计结果展示出来,设计者根据计算机的显示可以做出快速的反应。在计算机上修改设计比在图纸上修改要容易得多,而且计算机能提供复制、查询等功能。因此,采用 CAD 系统能够极大地提高设计效率。

1.2.2.2 提高设计质量

由于计算精度高和便于优化设计,设计人员在具备专业知识的基础上利用 CAD 手段可以完成更高质量的设计。设计人员利用实体造型可以直观地在计算机中将工程实体

制作出来,采用先进的参数化设计技术及全相关数据库技术可以最大限度地避免设计上的疏忽。

1.2.2.3 提高管理水平

CAD 系统所生成的设计结果主要是计算机数据,保存和检索都比较容易,采用数据库管理技术易于实现全局性的管理,从而提高企业的管理水平。

1.2.2.4 应用人才匮乏

尽管 CAD 系统功能非常强大,但如果没有人能够正确地操作和使用, CAD 系统根本不可能产生经济效益。CAD 对操作者的专业知识、外语能力和计算机水平要求较高,技术人员一般需要相当长的时间才能了解其功能和用法。培养一个优秀的 CAD 系统使用人员相当困难,这一点已经取得了工程界的共识。

1.2.3 CAD 与计算机绘图等其他辅助功能的联系和区别

到目前为止计算机应用从字面上有计算机图形学 (Computer Graphics, 简称 CG)、计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD)、计算机辅助绘图 (Computer Aided Drawing)、计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, 简称 CAM)、计算机辅助工程 (Computer Aided Engineering, 简称 CAE) 以及计算机辅助工艺规划 (CAPP)、产品数据管理 (PDM)、企业资源计划 (ERP) 等。这些技术一开始是各自独立、平行地开发应用的,因而被称为孤岛技术,由于在技术上和应用上都密切相关,后来在工程实践中这些孤岛技术逐渐结合在一起,为企业带来了更大的经济效益。

计算机图形学是研究用计算机及其图形输入输出设备生成图形的技术。它是建立在图学、应用数学及计算机科学相结合的基础上,是 CAD、CAM、CAE 的基础之一。

计算机辅助绘图主要解决制图问题,是计算机辅助设计的一个组成部分,其概念比计算机辅助设计要小得多。由于英文 Drawing 和 Design 的缩写同为 D,所以容易造成 CAD 这一概念的混乱。

计算机辅助设计是建立某种模式和算法、支撑及其应用软件,使计算机按设计人员的意图去进行科学分析和计算,作出判断和选择,最后输出满意的设计结果并生产图纸。首先,由设计人员向 CAD 系统输入按设计要求建立的数学模型和设计参数,然后由计算机去检索有关的资料,并根据相应的公式和标准规范进行结构分析计算和方案优化,并显示设计结果,用户可以对设计结果在屏幕上进行放缩、平移、旋转等变换,还可以对所设计的图形进行修改、剪裁、拼接等处理,直到获得满意的设计结果,最后,由绘图机输出图纸,设计结果仍保存在计算机中,随时可以调用或修改。计算机辅助设计把人的智能和创造力与计算机的高速运算和推理能力成功地结合起来,这样不但加快了设计速度,而且提高了设计质量。设计过程中产生的工程信息可以直接为工程的施工、管理所使用,因此,它也是实现信息集成化、管理现代化的重要环节之一。

计算机辅助制造是通过把计算机与生产设备联系起来,实现用计算机系统生产计划、管理、控制及操作的过程,是应用计算机对所有信息进行处理的总称。CAM 主要是针对机械行业或采用机械加工的产品,例如各种机械零件加工、木器家具的加工、集成电路的光刻和印刷电路板的钻孔等。计算机辅助制造是实现机械加工等行业生

产自动化或半自动化和管理现代化的技术,它不仅应用计算机实现生产过程的操作与控制,而且还可应用计算机来参与生产计划和经营管理。

计算机辅助工程是研究用计算机来帮助设计人员和工程(生产)管理人员进行工程(生产)计划、管理、设计和控制的技术。CAE 包括有工程项目计划管理、工程项目的辅助设计、工程项目的辅助施工管理等内容。CAE 技术是将工程的各个环节有机地组织起来,应用计算机技术实现全过程的科学化、信息化管理,以取得良好的经济效益和优良的工程质量。

综上所述,在这些常用的计算机辅助技术中,从广义上看,CAE 应该比 CAD、CAM 有更广泛的内涵,它包含更大的应用范围和更全面的功能;从狭义上讲,工程界一般认为 CAE 就是计算机辅助工程分析,所以目前工程界把 CAD/CAM 系统或 CAD/CAM/CAE 系统仍叫做 CAD 系统,也就是说, CAD 系统具有更大的内涵。从实质上讲,不论是 CAD 还是 CAE,它们都是 CIMS(计算机集成制造系统)的一个重要组成部分。

1.2.4 桥梁 CAD 技术涉及的知识领域

桥梁 CAD 的开发和研究是一个多学科知识的综合应用领域,涉及数学、力学、计算机图形学、软件工程学以及专业设计理论等等,还与工程经济、工程管理、工程决策等知识有关。对于集成化 CAD 系统和智能化 CAD 系统,还涉及数据库理论和人工智能理论,以及专家系统、人工神经网络等技术。在这里仅介绍几门相关科目以供参考。

1.2.4.1 计算机图形学

计算机图形学是利用计算机进行图形处理而独立发展起来的并与 CAD 技术密切相关的学科。它除图形处理外,还包括图像处理技术和动画制作等内容。

1.2.4.2 设计方法学

计算机辅助设计的一个前提条件是设计过程的算法化、格式化,设计过程是一个复杂的过程,包括从方案的制定到工程图样的绘制等一系列任务。应该说,仅仅利用计算机辅助绘图和计算,还不能真正称为 CAD 技术。为了使计算机代替人类完成更多的设计活动,必须研究设计过程的规律及设计过程中人脑的思维活动,以实现设计过程的自动化。

1.2.4.3 有限元法

有限元法 FEM (Finite Element Method) 是用来对工程结构进行应力应变分析、传热及温度场分析,以及压力分布和流量分布等实际工程问题进行研究的一种结构分析方法,是整个设计工作中的主要环节。有限元法需要进行大量的数据计算和单元网格划分工作,需要大容量的数据存储设备和较长的计算时间,而这些工作正适合由计算机来辅助完成。

1.2.4.4 计算机网络

计算机网络是计算机和通信这两大现代技术相结合的产物。随着网络技术和通信技术的发展,计算机网络将能够实现多台计算机用户的连接,从而更好地实现数据通信、资源共享和分布数据处理等。

综上所述,土木工程 CAD 软件的开发是一件技术难度大、工程浩繁的工作,需要

科技人员付出极大劳动和代价,特别是开发土木工程 CAD 系列软件,牵涉的面很广,需要大量的人力、财力和物力。

本书作为一本专业 CAD 的入门教材,则只侧重应用,主要指导学生学会使用一些典型的专业 CAD 软件,在第 4、5 章中将有详述。

1.3 CAD 在桥梁工程中的应用

1.3.1 桥梁设计的基本原则

当前,我国的桥梁设计必须遵照“适用、经济、安全和适当照顾美观”的基本原则进行。

桥梁必须适用,要有足够的承载能力,能够保证行车的畅通、舒适和安全;既满足当前的需要,又照顾今后的发展;既满足交通运输本身的需要,也要考虑到支援农业,满足农田排灌的需要;通航河流上的桥梁,应满足航运的要求;靠近城市、村镇、铁路及水利设施的桥梁还应结合各有关方面的要求,考虑综合利用;对桥梁还应考虑在战时适应国防的要求,在特定地区,桥梁还应满足特定条件下的特殊要求(如地震等)。

只有在满足了“适用”这一基本条件后,才能谈得上对桥梁结构的其他要求。

桥梁设计应体现经济上的合理性。一切设计必须经过详细周密的技术经济比较,使桥梁在建造时消耗最少量的材料、机具和劳动力,在使用期间养护维修费用最省,并且经久耐用。另一方面,桥梁设计还应满足快速施工的要求,缩短工期不仅能降低施工费用,而且提早通车,在运输上带来很大的经济效益,因此结构形式要便于施工和制造,能够采用先进的施工技术和施工机械,以便于加快施工速度,保证工程质量和施工安全。

在适用、经济和安全的前提下,尽可能使桥梁具有优美的外形,并与周围的环境相协调,这就是美观的要求。合理的轮廓是美观的主要因素,在城市和游览地区,可较多地考虑桥梁的建筑艺术,但是不要把美观片面地理解为豪华的细部装饰,因为在这方面增加很多费用是不妥当的。

桥梁设计必须积极采用新结构、新设备、新材料、新工艺,认真学习国外的先进技术,充分利用国际最新科学技术成就,为我所用,把学习国外先进技术和自己独立创造发明结合起来,只有这样才能更好地贯彻适用、经济、安全和美观的原则,提高我国的桥梁建设水平,赶上和超过世界先进水平。

1.3.2 桥梁设计的主要程序

一座大桥工程的设计工作,可分为桥梁规划设计(包括可行性方案研究)、初步设计(又称方案设计)和编制施工图三个阶段。

在公路上的桥梁规划设计要服从所建公路的总体规划。大桥工程可在公路路线可能走向的局部地区内进行桥梁规划设计,特别是在路线经过城市或市郊地区时,桥梁对当地的政治、经济、国防都具有重要意义。城市桥梁规划是城市交通工程建设规划中的一

个重要组成部分,应根据桥梁的交通性质、过境性质以及是否为过境交通、市内交通或城市对外交通等因素来预测不同的交通流量和增长率,并根据国家投资的经济效益来制定。桥梁规划设计是桥梁初步设计之前的计划阶段,是解决一座桥梁工程的现实性、可能性与经济性的大问题,当前我国对重要的大桥工程都要进行规划设计、委托设计,科研或高等院校等单位进行桥梁可行性方案研究。

在通过调查研究、分析比较所制定的桥梁规划设计的基础上,经过讨论审查并根据国家建设计划的安排,确定一座桥梁工程的建设项目,并编制计划任务书。建设单位可采用招标形式进行桥梁工程的初步设计。在初步设计阶段,应根据桥梁规划设计中所定出的桥位、桥梁荷载等级、桥梁的各项设计要求,如在纵、横、平面上的布置要求(包括桥宽、桥梁建筑高度、桥上和桥下的净空要求、航道要求)等,以及根据适用、经济、安全、美观的设计原则进行桥梁方案设计,拟定结构形式(体系、分孔、桥型布置)与主要构造尺寸,确定需要的附属结构物,提出主要建筑材料数量指标,选择施工方案,并据此编制工程概算与文字说明、图表资料等技术文件,由建设单位聘请的评审委员会对各个投标的不同方案进行综合评比。

一般由中标方案的设计单位承担编制施工图阶段的设计任务。初步设计阶段,如建设单位不采取招标评选,也可进行委托设计。在这种情况下,接受委托设计的单位必须在初步设计阶段拟定2~3个以上的方案供建设单位选择,也可在方案比较后,说明推荐方案的优点,提出材料用量及概算,然后直接报请上级单位审批,经上级批准后再据此进行施工图设计。

在编制施工图阶段,主要内容为根据已批准的初步设计方案进行结构设计计算,绘制施工详图,编制施工组织设计和施工预算。对于修建任务急迫的桥梁建设项目,或技术要求简单的中、小桥建设项目,可以采用两阶段设计,即初步设计和编制施工图这两个阶段。

1.3.3 CAD 技术在桥梁设计中的应用过程

在计算机应用高速发展的今天,桥梁工程的每个环节、每个阶段的部分或全部工作都可借助计算机来完成。对于桥梁结构 CAD,它的主要内容包括结构计算、构件设计和绘制结构施工图三部分。

1.3.3.1 结构计算

结构计算要求计算机完成的工作是:对结构计算简图进行静力、动力、线性、非线性等力学分析;按规范要求进行内力和荷载组合,找出控制截面的控制内力;进行截面和构件的强度设计,即计算截面所需的钢筋面积;依据规范对各分析阶段作可行性判断及优化处理等。随着 CAD 软件技术的发展和硬件设备的提高,结构计算的前后处理程序的开发和应用也有较大的进展。

1.3.3.2 构造设计

构造设计是整个 CAD 系统中技术难度较大的一部分,主要任务是根据结构计算的结果,完成构件和截面的选配筋等工作。构件选配筋设计不但要使各截面满足内力包络图的强度要求,而且整个构件中的主筋、箍筋和其他构造筋都必须符合有关的规范规定

和设计习惯作法。

1.3.3.3 绘制施工图

结构施工图的绘制可以分成几何图形构成和施工图形输出两部分。尽管 CAD 的成图过程有多种形式,但通常都需经过将几何图形转换成点的坐标和图形符号的步骤。绘图则是将成图后的信息经绘图机(或其他图形输出设备)处理后,以线条和符号的形式表示在图纸上,构成一张完整的施工图。

1.4 CAD 的学习方法

CAD 是一门应用非常广泛的技术,在土木工程的各个领域都占有很重要的地位,因此,它是一门很重要的技术基础课,同学们一方面应认真地学习专业知识,另一方面也要努力掌握计算机及 CAD 的基本原理和应用技巧,还要不断提高外语水平,最好还能熟练地进行一些简单的程序设计,为今后的工作和学习打下坚实的基础。

1.4.1 专业基础知识

桥梁 CAD 的开发和研究是一个多学科知识综合应用的过程,这在前文中已有叙述,在本书中主要希望大家及时复习巩固以下几方面的内容:

- (1) 矩阵及其各种计算,如转置、求逆等;
- (2) 几何特性求解,如面积、惯性矩等;
- (3) 影响线及其应用,如加载方法、图乘法等;
- (4) 板的力学常识,如板的定义、表面力、薄膜力等;
- (5) 力学基本概念,如自由度、约束、刚度等;
- (6) 桥梁工程中的基本概念、常见桥型的构造及其计算理论等。

总之,要对以往学过的数学、力学(材料力学、理论力学、结构力学、弹性力学)、桥梁工程和 AutoCAD 等知识善于温故知新,善于融会贯通,逐步培养自己综合运用所学知识的能力。

1.4.2 计算机运用技能

计算机技术是 20 世纪人类最大的发明之一,是跨世纪人才所必须很好掌握的一门生存技能。为此,在学习本课程时,针对我们以往所学,至少应该做到以下几点:

- (1) 熟练运用 DOS、WINDOWS 等操作系统;
- (2) 熟练运用 OFFICE 等办公自动化软件;
- (3) 熟练使用 AutoCAD 等专业支撑软件;
- (4) 能够运用所学高级计算机语言进行简单的程序设计。

另外,还要善于领会本书中所述 CAD 系统的总体结构及操作流程。一般来讲,在学习使用一个 CAD 软件之前,认真地领会该 CAD 系统的总体结构及操作流程是非常必要的,它对于快速顺利地使用软件有很大的帮助。