

高等学校工程管理系列教材

桥梁工程 CAD

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

本书介绍桥梁工程 CAD 基础知识和二次开发技术。全书共 14 章，分三部分内容：第一部分主要介绍桥梁 CAD 的基本概念和基础知识；第二部分介绍 AutoCAD 2004 的图形操作命令及绘图方法、桥梁三维建模方法；第三部分介绍 AutoCAD 与 Windows 其他应用程序的格式及数据交换、AutoCAD 的第三代开发工具 Visual Basic for Application 及桥梁 CAD 二次开发技术。

本书深入浅出，实用易学，突出实例教学，逐步提高。为了便于读者学习，书中附有大量实例和讲解，并在大部分章末安排了习题与思考，可以加深对桥梁 CAD 知识及技能的理解和巩固。

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，还可供从事于公路工程 and 市政工程的技术人员参考使用。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁工程 CAD 郑益民, 赵永平主编. —北京: 清华大学出版社; 北京交通大学出版社, 2006. 5

(高等学校工程管理系列教材)

ISBN 7-81082-700-6

. 桥... . 郑... 赵... . 桥梁工程-计算机辅助设计-高等学校-教材
. U442.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 016187 号

责任编辑: 刘 洵

出版者: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010-62776969

北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010-51686414

印刷者: 北京东光印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印张: 22.25 字数: 496 千字

版 次: 2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-81082-700-6/U·9

印 数: 1~4 000 册 定价: 29.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监局反映。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@center.bjtu.edu.cn。

前 言

随着计算机软、硬件的快速发展，计算机技术日新月异，桥梁工程计算机辅助设计以崭新的面目进入了一个快速发展阶段。设计成果实现逐步优化，设计速度显著提高，设计手段更加完善。尽管国内工程 CAD 方面的书籍不少，但关于桥梁工程 CAD 方面的教材却较少。在校内不能系统地学习桥梁工程计算机辅助设计的知识和技术，限制了计算机在桥梁工程应用方面的发展和推广。学生通过学习本书可以较系统地掌握桥梁工程 CAD 的基本知识和技术、专业软件的二次开发及编程基础，为将来从事桥梁工程设计、施工和监理等工作打下一个良好的基础。

本书在内容上突出实用易学，实例教学、深入浅出，适当提高。近几年来，随着 CAD 应用技术的普及推广，在掌握计算机绘图基本方法的基础上，提高学生对专业 CAD 软件的应用能力，加强对 AutoCAD 二次开发技术的培养是 CAD 应用技术的发展趋势，本书在此方面以较大的篇幅讲述了定制桥梁 CAD 系统的方法、ActiveX 技术及用 AutoCAD 的第三代开发工具 Visual Basic for Application 开发桥梁图形函数的方法。

本书分为三个部分。第一部分含第 1、2 章，主要介绍桥梁 CAD 的基本概念、研究及应用现状、桥梁 CAD 基础知识等内容。第二部分含第 3~7、11~12 章，主要介绍国际通用绘图软件 AutoCAD 2004 的二维绘图和编辑、三维建模的命令及方法，大部分绘图命令都配有详细的例题供学生练习之用。学生在学习制图、计算机文化基础后，或在学习制图课程的同时，学习该部分内容，重点掌握计算机绘图的基础知识和方法。第三部分含第 8~10、13~14 章，介绍桥梁专业图形的绘制、AutoCAD 与 Windows 其他应用程序的格式及数据交换、AutoCAD 的第三代开发工具 Visual Basic for Application 及桥梁 CAD 二次开发技术。对第三部分内容，学生必须在学完常用文字处理软件（如 Word，WPS）、桥梁工程等专业课程后，或在学习这些课程的同时学习该部分内容。结合课程设计、毕业设计进行操作训练效果会更好。为了方便学生学习，在大部分章后都安排了习题与思考，可以加深对桥梁 CAD 知识及技能的理解和巩固。

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应用。

本书由鲁东大学郑益民副教授、黑龙江工程学院赵永平教授主编。其中郑益民编写第 1~3、12~14 章；赵永平编写第 5~7、11 章；鲁东大学刘智儒编写第 4 章；黑龙江工

程学院王国锋编写第 8 ~ 10 章；最后由郑益民统稿。北京交通大学出版社孙秀翠副总编为本书的出版给予了支持和帮助，于此表示感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免存在错误和疏漏，敬请广大读者批评指正。作者 *E-mail*: *zhym1954@yahoo.com.cn*。

鲁东大学土木工程学院 郑益民

2006 年 5 月

目 录

第 1 章 桥梁 CAD 概述	(1)
1.1 桥梁 CAD 软件技术发展现状	(1)
1.1.1 国内桥梁 CAD 软件技术发展现状	(1)
1.1.2 国外桥梁 CAD 软件技术发展现状	(3)
1.2 现行桥梁 CAD 软件技术的局限性	(4)
1.3 桥梁 CAD 软件技术的发展趋势	(5)
第 2 章 桥梁工程 CAD 基础	(6)
2.1 桥梁 CAD 系统的硬、软件环境	(6)
2.2 软件工程概要	(15)
2.2.1 软件与软件危机	(15)
2.2.2 软件的分类	(16)
2.2.3 软件开发模型和软件过程	(17)
2.2.4 软件开发方法	(21)
2.3 工程数据库概述	(23)
2.3.1 数据库系统的特点与组成	(23)
2.3.2 工程数据库的发展和特点	(27)
2.3.3 工程数据库的数据模型	(29)
2.3.4 工程数据库管理系统的功能	(31)
2.3.5 工程数据库的体系结构	(32)
练习与思考	(34)
第 3 章 AutoCAD 基础知识	(36)
3.1 AutoCAD 2004 的用户界面	(36)
3.2 AutoCAD 的文件操作	(38)
3.3 AutoCAD 坐标系及其坐标	(41)
3.3.1 AutoCAD 的坐标系	(41)

3.3.2	坐标的选取	(42)
3.4	设置 AutoCAD 的绘图环境	(43)
3.5	图层、线型、线宽及颜色控制	(47)
3.5.1	图层控制	(47)
3.5.2	图层线型控制	(50)
3.5.3	图层线宽控制	(52)
3.5.4	图层颜色控制	(53)
3.5.5	随层颜色、线型和线宽	(54)
3.5.6	使用帮助	(54)
	练习与思考	(57)
第 4 章	二维图形的绘制与编辑	(58)
4.1	基本图形的绘制	(58)
4.1.1	绘制直线	(58)
4.1.2	绘制多段线	(60)
4.1.3	绘制圆	(65)
4.1.4	绘制椭圆和椭圆弧	(67)
4.1.5	绘制多边形	(70)
4.1.6	绘制圆环	(73)
4.1.7	绘制点	(75)
4.1.8	绘制填充体	(77)
4.1.9	图案填充	(78)
4.2	基本图形的编辑	(84)
4.2.1	对象捕捉	(84)
4.2.2	草图设置	(86)
4.2.3	实体的选择方法	(93)
4.2.4	删除与复制	(97)
4.2.5	平移与旋转	(99)
4.2.6	镜像与阵列	(102)
4.2.7	缩放与折断	(106)
4.2.8	剪切与延伸	(108)
4.2.9	拉伸与偏移	(112)
4.2.10	倒角和圆角	(114)
4.2.11	编辑多段线	(118)
4.3	视图缩放与视窗	(121)

4.3.1	视图缩放	(121)
4.3.2	视窗平移	(123)
4.3.3	鸟瞰视图	(124)
4.3.4	重画命令	(125)
4.3.5	重生成命令	(125)
	练习与思考	(126)
第5章	图块与外部参照	(128)
5.1	定义图块	(128)
5.1.1	用【块定义】对话框定义图块	(128)
5.1.2	用“-Block”命令定义图块	(130)
5.2	图块存盘	(131)
5.3	插入图块	(132)
5.4	图块属性的概念	(134)
5.4.1	定义属性	(134)
5.4.2	建立带属性的块	(136)
5.5	外部参照	(138)
5.5.1	外部参照的基本概念	(138)
5.5.2	使用外部参照	(138)
5.5.3	外部参照从属符号的管理	(141)
	练习与思考	(142)
第6章	文本标注	(143)
6.1	定义文字样式	(143)
6.2	文本标注	(145)
6.3	编辑文字	(148)
	练习与思考	(150)
第7章	尺寸标注	(151)
7.1	尺寸标注基础	(151)
7.1.1	尺寸标注的组成	(151)
7.1.2	尺寸标注的关联性	(152)
7.1.3	尺寸标注的类型	(152)
7.1.4	设置标注样式	(153)
7.1.5	创建新标注样式	(156)

7.2	线性尺寸标注	(167)
7.2.1	标注水平和垂直尺寸	(167)
7.2.2	标注对齐尺寸	(170)
7.2.3	基线标注	(171)
7.2.4	连续标注	(172)
7.3	径向尺寸标注	(173)
7.3.1	标注半径尺寸	(173)
7.3.2	标注直径尺寸	(174)
7.4	角度尺寸标注	(175)
7.5	坐标尺寸标注	(176)
7.6	引线标注	(177)
7.7	编辑尺寸标注	(178)
	练习与思考	(179)
第8章 桥梁总体布置图的绘制		(181)
8.1	拱桥总体布置图的绘制	(181)
8.1.1	模板文件的创建	(181)
8.1.2	总体布置图的绘制	(182)
8.2	梁桥总体布置图的绘制	(187)
	练习与思考	(190)
第9章 桥梁结构图的绘制		(191)
9.1	桥梁上部结构图的绘制	(191)
9.1.1	拱桥上部结构图的绘制	(191)
9.1.2	梁桥上部结构图的绘制	(194)
9.2	桥梁下部结构图的绘制	(197)
9.2.1	桥墩构造图的绘制	(197)
9.2.2	桥台构造图的绘制	(200)
9.2.3	基础构造图的绘制	(202)
9.3	桥梁附属结构图的绘制	(202)
9.3.1	桥头锥坡构造图的绘制	(202)
9.3.2	八字墙构造图的绘制	(204)
9.3.3	桥头搭板的绘制	(207)
9.3.4	示坡线、地面线的绘制	(208)
	练习与思考	(208)

第 10 章 桥梁钢筋构造图的绘制	(209)
10.1 各种钢筋大样图的绘制.....	(209)
10.2 实心矩形板钢筋构造图的绘制.....	(210)
10.2.1 新建文件和设置绘图环境	(210)
10.2.2 绘制过程	(210)
10.3 空心板钢筋构造图的绘制.....	(213)
10.3.1 新建文件和设置绘图环境	(213)
10.3.2 绘制过程	(213)
10.4 T 形梁钢筋构造图的绘制.....	(216)
10.4.1 新建文件和设置绘图环境	(216)
10.4.2 绘制过程	(216)
10.5 盖梁钢筋构造图的绘制.....	(218)
10.5.1 新建文件和设置绘图环境	(218)
10.5.2 绘制过程	(220)
10.6 灌注桩钢筋构造图的绘制.....	(221)
10.6.1 新建文件和设置绘图环境	(221)
10.6.2 绘制过程	(221)
练习与思考	(222)
第 11 章 桥梁三维建模技术	(223)
11.1 三维建模基础.....	(223)
11.1.1 三维构造模型	(223)
11.1.2 设置三维坐标系	(224)
11.1.3 设置三维视点	(228)
11.1.4 设置多视窗	(230)
11.2 绘制三维面.....	(232)
11.2.1 绘制三维平面	(232)
11.2.2 绘制三维多边形网格	(233)
11.2.3 绘制直纹曲面	(234)
11.2.4 绘制旋转曲面	(235)
11.2.5 绘制平移曲面	(236)
11.3 绘制三维形体表面.....	(236)
11.3.1 长方体表面	(237)
11.3.2 棱锥面.....	(237)
11.3.3 楔形体表面	(238)

11.3.4	上半球面	(239)
11.3.5	球面	(239)
11.3.6	圆锥面.....	(239)
11.3.7	圆环面.....	(240)
11.3.8	下半球面	(240)
11.4	绘制三维实体.....	(241)
11.4.1	用命令直接绘制三维实体	(241)
11.4.2	拉伸二维实体	(244)
11.4.3	旋转实体	(245)
11.4.4	布尔操作生成实体	(247)
11.5	三维实体渲染.....	(248)
11.5.1	光源	(248)
11.5.2	渲染	(251)
11.6	桥梁三维建模示例.....	(252)
11.6.1	重力式梁桥桥墩建模	(252)
11.6.2	重力式梁桥桥台建模	(255)
11.6.3	20m T形梁上部结构建模	(258)
11.6.4	重力式墩台、20m T形梁桥建模	(259)
	练习与思考	(260)
第 12 章 布局与图形输出		(261)
12.1	模型空间与图纸空间.....	(261)
12.1.1	模型空间	(261)
12.1.2	图纸空间	(261)
12.2	图纸布局.....	(262)
12.2.1	创建图纸布局	(262)
12.2.2	页面设置	(262)
12.3	浮动视口.....	(265)
12.3.1	创建浮动视口	(265)
12.3.2	浮动视口的管理	(266)
12.4	配置出图设备.....	(267)
	练习与思考	(269)
第 13 章 数据交换与格式交换		(270)
13.1	数据交换.....	(270)

13.1.1	用剪贴板进行数据交换	(270)
13.1.2	用对象链接与嵌埋来进行数据交换	(271)
13.2	格式转换.....	(274)
13.3	DXF 文件	(275)
13.3.1	DXF 文件格式	(275)
13.3.2	由 DXF 文件生成 DWG 文件.....	(277)
	练习与思考	(278)
第 14 章	桥梁 CAD 二次开发技术	(279)
14.1	桥梁 CAD 二次开发的主要内容和工具	(279)
14.1.1	桥梁 CAD 二次开发的主要内容	(279)
14.1.2	桥梁 CAD 二次开发的主要工具	(280)
14.2	定制桥梁 CAD 系统	(281)
14.2.1	建立桥梁样板图形	(281)
14.2.2	定制专业标准库文件	(282)
14.2.3	定制专业菜单	(286)
14.2.4	设计专业宏命令	(292)
14.3	VBA 开发环境与编程基础	(294)
14.3.1	VBA 开发环境	(294)
14.3.2	VBA 编程基础	(296)
14.4	ActiveX 技术	(302)
14.4.1	AutoCAD ActiveX 技术简介	(302)
14.4.2	AutoCAD ActiveX 对象模型	(303)
14.5	用 VBA 创建图形函数	(313)
14.5.1	图形函数的分类	(313)
14.5.2	图形函数的语法格式	(314)
14.5.3	基本图形函数示例	(315)
14.6	桥梁专用函数示例.....	(326)
14.6.1	上部结构专用函数	(326)
14.6.2	桥梁墩台图形函数示例	(333)
14.6.3	VBA 程序加密、加载和运行	(338)
	练习与思考	(340)
	参考文献.....	(341)

第 1 章

桥梁 CAD 概述

1.1 桥梁 CAD 软件技术发展现状

1.1.1 国内桥梁 CAD 软件技术发展现状

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 机性能的飞速提高，使在微型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 软件有如下几种。

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 个子系统 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；结构有限元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工作的 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开发的。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

桥梁博士系统是由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、弯桥及异形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拉力等。

该系统提供了现行公路桥梁规范中的所有荷载，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，该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 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。该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。该系统利用 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. 其他桥梁 CAD 软件

目前国内软件市场上具有特色的桥梁 CAD 软件有如下几种。

(1) 曲线梁桥设计计算程序 CurveBridge

该系统早期版本采用 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计算宽度，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。利用该系统对墩台、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

该系统采用 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、悬索桥；下部结构包括 U 型台、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

该系统的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 BrideExpert

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。

1.1.2 国外桥梁 CAD 软件技术发展现状

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。由于桥梁结构复杂、类型繁多、施工方法各异等方面的原因，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，新一代计算机硬件和软件技术的强力推动给桥梁 CAD 软件开发带来了生机，一些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，如下所述。

日本恒河技术情报公司研制的桥梁设计自动化系统 ADAMS 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。

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 Drafting 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。

美国交互设计系统 IDS (Interactive Design System) 公司的 Bridge Designer 和 Bridge Design Modeler 3D 集成桥梁 CAD 系统。Bridge Designer 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及具备桥梁施工阶段的计算功能是 Bridge Designer 的两个突出特点。

英国 LUSAS 公司开发的桥梁结构分析和设计软件 LUSAS Bridge。LUSAS Bridge 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 机和工作站两种平台，采用了直观的图形界面技术，配备了丰富的有限元前后处理功能。

1.2 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数，桥梁 CAD 系统的研究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。具体表现在以下几方面。

运行平台落后。现在的桥梁 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。

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。

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得到。

缺乏强有力的图形支撑系统。国内现有的许多桥梁 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面。在自动化绘图方面主要集中在中小桥梁，对大跨径桥梁的结构施工图的自动绘制方面研究得较少。

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考虑受力，还不能达到结构的全优化。

1.3 桥梁 CAD 软件技术的发展趋势

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

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、(CAD、CAM 和 CAE) 一体化信息集成、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。

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。

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的桥梁 CAD 软件开发力量，避免资源浪费，从而尽快提高我国的桥梁 CAD 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。

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。

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 2 章

桥梁工程 CAD 基础

2.1 桥梁 CAD 系统的硬、软件环境

1. 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-11 中型机，或 APOLLO 小型机来配置桥梁 CAD 系统。自从 20 世纪 80 年代微型计算机快速发展以来，原来要在中、小型计算机上才能实现的技术都已逐步引入微型计算机领域。20 世纪 90 年代，出现了奔腾机型，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 领域内的所有任务的要求。

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。通常工程 CAD 微机系统的计算机配置由主机、外存储器、输出设备和输入设备 4 部分组成，如图 2-1 所示。

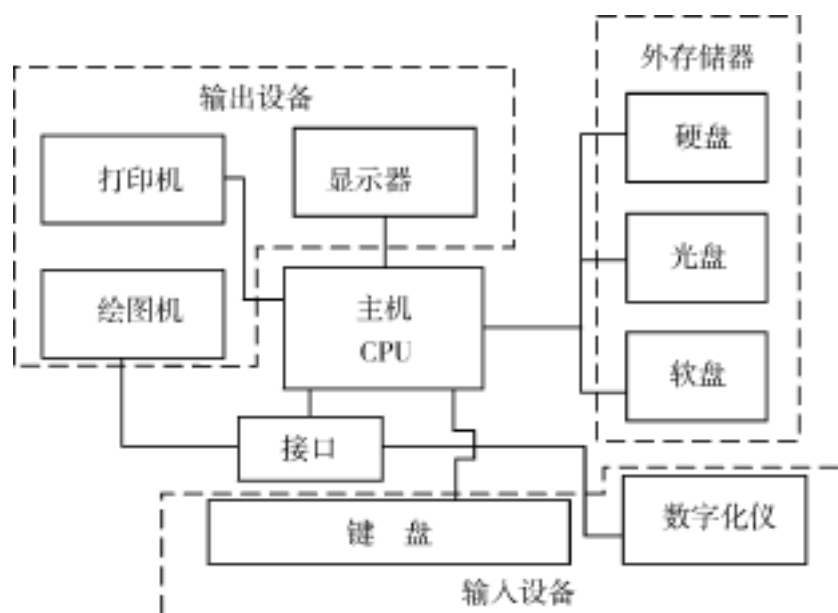


图 2-1 CAD 系统计算机配置