

高等学校水利类教材

水利

水电工程CAD技术

陈敏林 余明辉 宋维胜 主编



全国优秀出版社
武汉大学出版社

高等学校水利类教材

水利水电工程CAD技术

■ 陈敏林 余明辉 宋维胜 主编

武汉大学出版社



图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程 CAD 技术/陈敏林,余明辉,宋维胜主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2004. 10

高等学校水利类教材

ISBN 7-307-04265-7

I. 水… I. ①陈… ②余… ③宋… III. ①水利工程—计算机辅助设计 ②水力发电工程—计算机辅助设计 IV. TV222. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 061023 号

责任编辑: 瞿扬清 责任校对: 刘 欣 版式设计: 支 笛

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: wdp4@whu.edu.cn 网址: www.wdp.whu.edu.cn)

印刷: 湖北省京山德新印务有限公司

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.125 字数: 256 千字

版次: 2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-307-04265-7/TV·22 定价: 17.00 元

版权所有, 不得翻印, 凡购我社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

内 容 提 要

本书为水利水电工程专业“计算机辅助设计基础”课程的教学用书。全书共分 5 章:包括概述,AutoCAD 的基本知识及应用,AutoLISP 语言及程序设计,辅助软件及语言介绍,水利水电工程中的计算机绘图技术,水流流场图绘制程序设计。

本书除作为“水利水电工程”专业的教材使用外,还可供其他水利类专业师生和工程技术人员阅读参考。

前 言

计算机技术的普及和发展,给工程设计技术带来了一场史无前例的变革。为适应计算机时代的发展,我们通过几年来“计算机辅助设计基础”课程的教学实践,编写了“水利水电工程 CAD 技术”教材,本教材的主要内容:①基于目前流行的图形支撑软件 AutoCAD,结合水利水电工程中建筑物的构造要求,讲授计算机绘图技术的基本知识及应用;②介绍 Excel 等软件应用技术在水工结构分析计算中的应用以及图表制作;③介绍如何运用 Word 与 Excel、AutoCAD 之间的超连接关系编制工程设计报告等;④介绍 AutoCAD 的二次开发技术。

本教材为水利水电工程专业“计算机辅助设计基础”课程的教学用书。还可供其他水利类专业师生和工程技术人员参考。

本教材第一章、第二章由陈敏林编写;第三章由余明辉编写;第四章由陈敏林、余明辉编写;第五章由陈敏林编写;第六章由余明辉编写;湖南省张家界市水利局宋维胜总工参加了部分编写工作。

本教材在编写的过程中,参考了相关专著与教材,韦直林教授在第六章的程序编制中给予了许多帮助和指导,编者在此一并致谢。

由于编者的能力有限,编写过程中难免有谬误和不妥之处,请同行专家不吝赐教,以便引纠正和改进。

编 者
2004 年 7 月

目 录

第一章 概 述	1
第一节 CAD 技术(Computer-aided design)简介	1
第二节 水利水电工程 CAD 现状和发展	4
第二章 AutoCAD 的基本知识及应用	7
第一节 AutoCAD 界面	8
第二节 绘图命令	14
第三节 修改图形	20
第四节 精确绘图	24
第五节 层的创建和使用	27
第六节 文字编辑、标注	33
第七节 尺寸标注	38
第八节 图形显示控制	47
第九节 图案填充	48
第十节 获取图形环境数据	51
第十一节 打印图形	53
第十二节 使用图块和外部引用	55
第十三节 三维绘图	62
第十四节 创建其他格式的文件	73
第三章 AutoLISP 语言及程序设计	75
第一节 基本概念	75
第二节 AutoLISP 基本函数	80
第三节 与 AutoCAD 交互的函数	88
第四节 函数定义	96
第五节 控制结构	99
第四章 辅助软件及语言简介	105
第一节 EXCEL 软件应用简介	105
第二节 CAD 系统的图形交换格式	117
第三节 FORTRAN 语言	123

第五章 水利水电工程中的计算机绘图技术	137
第一节 水利水电工程 CAD 制图规定	137
第二节 水利水电工程中的 CAD 技术应用实例	141
 第六章 AutoCAD 二次开发技术及应用	 154
第一节 水流流场图程序设计	154
第二节 等值线图程序设计及扩展	158
 参考文献	 169

第一章 概 述

第一节 CAD 技术(Computer-aided design)简介

计算机辅助设计(简称 CAD 技术)是利用计算机高速而精确的计算能力、大容量存储和数据处理能力,结合设计者的综合分析、逻辑判断、创造性劳动,进行高质量的工程设计的一种专门的技术手段。计算机辅助设计可以加快设计进程,缩短设计周期,提高设计质量。

在工程设计中,达到预期结果的设计方案具有多样性和优劣性。传统的工程设计,一般是人工制定一个初始方案,然后进行结构分析,由结构分析结果改进设计,最后提交设计成果。由于改进设计的工作中的计算、制图及改图的工作量很大,这样许多情况下改进工程设计只能依靠设计者的经验,不免存在着主观性、随意性,加上改进设计的工作量大,方案比较周期长,导致工程设计往往无法达到最优方案。

世界上许多国家将 CAD 技术作为现代化设计的方法和手段,称之为设计技术起飞的“引擎”。由于 CAD 技术仍处于不断发展的过程中,各行各业对它的理解都有片面性,有人认为利用计算机进行科学计算,就是 CAD 技术;或者认为 CAD 技术就是应用计算机绘图。CAD 技术的准确含义应该是利用计算机去完成在设计过程中比较机械、烦琐的工作,如结构受力计算、设计参数优化、文件存储查询、设计图纸输出等,从而辅助一项设计工作的建立、分析、修改或参数优化以及成果输出的全过程。CAD 系统支持设计过程的各个阶段,即设计方案的建立、设计参数的选取和优化以及详图设计等。

根据工作性质来划分,工程设计过程主要包括两个方面的工作:

(1)规范化、标准化的工作,这些工作应依靠计算机辅助完成。

(2)初始设计方案的建立及对设计参数的合理性调整等一些属于人的创造性劳动,应采用人机紧密结合的交互式方式实现。

计算机辅助设计流程如图 1-1 所示。

计算机辅助技术是一种新的现代化设计方法,已带来了一场新的设计技术的变革。

例 1:波音 777 飞机的新设计系统,采用法国达索/IBM 公司的 CATA 三维设计与仿真系统。

- 设计过程不再是传统的全尺寸实物模型模拟,而是采用计算机三维设计系统进行装配仿真;
- 计算机描述整架飞机的外型及有关零件、检测它们是否有冲突;
- 有效的通讯网络工具,可以进行同期评审,加快了设计流程;
- 缩短了设计周期,为设计成果的改进提供了条件;
- 节约了设计支出成本;

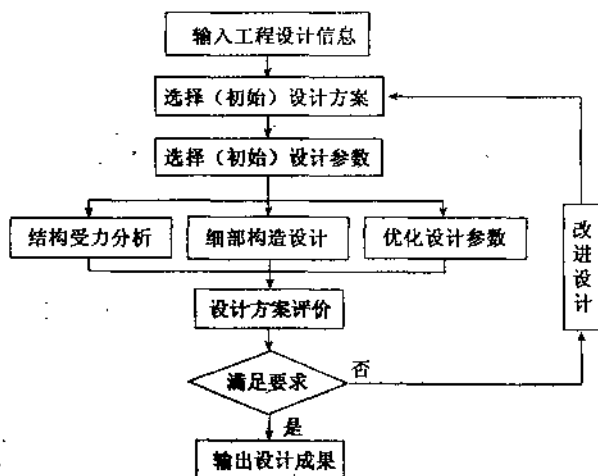


图 1-1 计算机辅助设计流程

该辅助设计系统耗资近亿元,进行了 10 万人时的训练。

例 2:刘易斯的钉鞋采用日本 Mijuno 公司的 CAD 系统。

该系统建立刘易斯的人体数字模型,重现其脚足和肌肉形状及奔跑时对钉鞋产生的压力。设计制作出的钉鞋穿着后感觉像赤足奔跑。在 1991 年东京世界田径锦标赛上,刘易斯用该系统设计的钉鞋取得了百米比赛 9 秒 86 的成绩。

CAD 技术已广泛应用在车辆冲撞模拟分析、动画、广告、服装设计、机械制造等方面。

一、CAD 辅助设计系统

CAD 辅助设计系统的组成如图 1-2 所示。

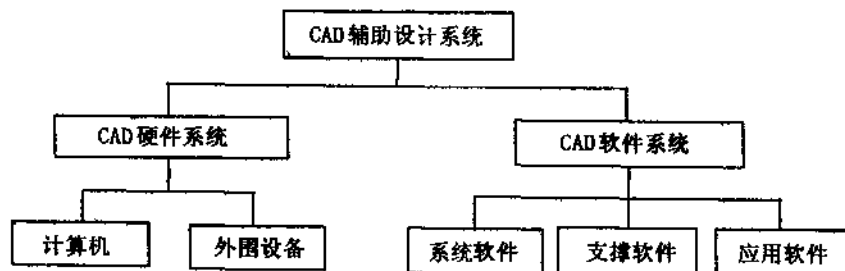


图 1-2 CAD 辅助设计系统

二、CAD 系统的硬件

20 世纪 80 年代,中型机、小型机(VAX)和工作站(SUN、HP、IBM)为支持 CAD 系统的

主要硬件。

20 世纪 90 年代随着个人微机功能的增强和普及,个人微机及联成网络的高档微型机已逐步成为 CAD 硬件的主流。目前个人微机功能的提高主要表现在:

- (1) CPU 的计算速度可望达到 100 万次/秒。
- (2) 内存储器有 3 种类型即 SDRAM、DDR、RAMBUS,性能逐步递增。
- (3) 显示器功能从原来的 4 色的 CGA,发展到现在的 $1\,024 \times 768$ 的 SVGA 和 $1\,600 \times 1\,200$ 的 XGA,图像越来越精美。

三、CAD 系统的软件

CAD 系统的软件可分为 3 个层次。

1. 系统软件(一级软件)

用于计算机的管理、维护、控制和运行。

(1) 操作系统:如 DOS、UNIX、WINDOWS 等,用于对计算机系统的资源(硬件、软件)进行管理和控制的程序,是用户与计算机的接口。UNIX 是斯坦福大学开发出来的工程网站的操作系统,曾经风靡一时,由于软、硬件的价格昂贵,操作复杂,系统维护困难,配套的应用软件匮乏等限制了其进一步发展。微软的 WINDOWS 操作系统已成功地占据了 80% 以上的计算机市场,WINDOWS 系列产品具有良好的用户界面,性能稳定,价格低廉,同时丰富的应用软件资源体现着其生气勃勃的生命力,也确立了其操作系统的主流地位。

WINDOWS 操作系统主要由以下 3 个模块组成:

- GDI. EXE,图形设备接口、图形图像输出、调色板管理。
- USER. EXE,窗口、图标、光标管理。
- KERNAL. EXE,内存管理、任务调度。

(2) 语言处理系统:FORTRAN、C++、BASIC 等多种高级语言编程服务程序,常用的数据库,错误诊断检查程序等。

2. 支撑软件(二级软件)

这是 CAD 系统的核心软件和开发应用软件的基础。

(1) 几何建模系统:如 SUPER、ANSYS 等商用软件,能应用一定的数据结构模拟、描述工程结构的几何模型,应用这类软件能形成并存储各种所需的计算信息,如三维实体参数,有限元的单元信息、结点信息等。

(2) 图形软件系统:是 CAD 系统重要支撑软件,主要为面向应用的图形程序包,有已经成为国际标准的 GKS、PHIGS 和以各种图形程序包为基础开发的,面向用户交互式图形软件系统,如 AutoCAD、MicroStation。

(3) 计算分析软件系统:CAD 系统应能进行复杂结构的受力分析,包括常规计算、有限单元法计算以及数学规划法的几何模型尺寸优化、设计变量的寻优计算。这是一个不断改进、完善、寻找最优设计方案和最优设计参数的过程。SUPER、ANSYS 等商用软件,除具有几何建模功能,更重要的是它们还是融结构、热、流体、电磁分析等于一体的大型有限元分析系统,可用于机械制造、航天航空、土木工程等方面的科学研究,该产品已为工程界广泛接受,是世界上具有权威性的产品。

(4) 工程数据库及管理软件系统:能对大量设计信息、计算成果进行存储、查找、加工和

处理;还能对设计成果进行评价和分析,如 Visual Foxpro 等。

3. 工程设计应用软件(三级软件)

这是设计者与 CAD 系统的界面,是用户根据本专业工程设计规范和要求,利用系统软件 and 支撑软件开发的专用软件。

四、CAD 图形交换及标准化

每一个 CAD 系统都有自己的数据格式,每一个 CAD 系统都有自己内部的数据模式,一般是不公开的,也各自不同。由于用户有进行图形数据交换的需要,就有了图形数据交换文件的概念出现。图形交换标准为不同图形软件所生成的图形之间的相互转换提供了方便。

IGES 是应用最广泛的国际标准的图形数据交换格式,有专门的文件格式要求。

DXF 是 CAD 系统的图形数据交换格式文件,可以实现不同的 CAD 系统之间的图形格式交换,以及 CAD 系统与高级语言编写的程序的连接。DXF 格式文件是 ASCII 文件,便于阅读和处理,目前已成为世界上不同 CAD 系统之间交换数据的标准。

例如用 AutoCAD 生成的 DWG 文件,为了能在 MicroStation 中调用出来,首先应将 AutoCAD 生成的 DWG 文件转化为 DXF 格式文件,然后在 MicroStation 中将 DXF 格式文件转化为 MicroStation 能处理的 DGN 文件。

第二节 水利水电工程 CAD 现状和发展

一、水利水电工程 CAD 现状

我国水利水电工程 CAD 技术开发与研制工作始于 20 世纪 70 年代中期。进入 80 年代,水利水电系统的各大设计研究院在美国原 Calma 公司的 DDM 软件支撑环境下,分工在 Apollo 工作站上开发了水利水电工程的 CAD 软件,如中南勘测设计研究院开发的拱坝 CAD 系统,华东勘测设计研究院开发的重力坝 CAD 系统。

随着个人微机的迅猛发展,客户/服务器架构的计算环境比小型机、中型机更灵活方便,且个人微机基本上能实现原 Apollo 工作站上开发软件的功能,因此一批微机水工 CAD 软件陆续推出。如天津勘测设计研究院的电站厂房 CAD 系统,中南勘测设计研究院的隧洞 CAD 系统等。

目前水利水电工程 CAD 软件存在的问题主要有输入信息量大、速度慢;人机对话界面复杂,不宜为设计人员掌握;可供选择的建筑物类型较少。

水利水电工程 CAD 技术开发和应用,已使水利水电设计工作发生了根本性变革。目前设计中 80% ~ 90% 的计算量已由计算机完成,设计图纸的绘制已基本告别了图板。

工程制图历来是工程设计中一项耗费大、效率低的工作,实现计算机制图是把设计者从烦琐的重复劳动中解放出来的有效途径。将各种常用的图形输入计算机形成图形零件库,就可由设计者随时调用,并由计算机控制,通过绘图机绘图,从而大大提高工作效率和绘图质量。因此,计算机辅助图形设计是 CAD 技术的一个重要组成部分,目前流行的图形支撑软件有:

(1) AutoDesk 公司推出的 AutoCAD。

(2) Intergraph 公司推出的 MicroStation。

两大软件系统的功能有:图形的生成、显示和输出,图形的变换和裁剪及二次开发技术等。

两大软件系统各具特色, MicroStation 是从小型机工作站移植到微机上的二维、三维交互式图形设计软件包,具有比 AutoCAD 更强大的功能;但由于 AutoCAD 在我国更具有广泛的应用基础,有更多的第三方专业软件和通用软件,所以水利水电部门指定推广使用 AutoCAD,作为工程图形应用软件的主流。

二、水利水电工程 CAD 技术的应用

针对水电工程的建设各设计阶段不同的特点,用于各设计阶段的 CAD 软件侧重点应有不同。

1. 前期勘测规划阶段

CAD 软件主要用于收集工程的地形、地质、气象、水文等资料,输入到系统的数据库中,建立数字化的地形地质模型,提供后续设计所需信息。

2. 可行性研究阶段

CAD 软件主要用于数据库建立和应用。根据国家政策法规、规划要求及其他工程设计资料,进行可行性设计方案分析论证。

3. 初步设计阶段

CAD 软件主要用于几何建模,设计方案的技术经济比较和形成最优设计方案,进行数值分析计算和结构参数优化。

4. 施工图设计阶段

CAD 软件主要用于具体的结构计算分析,施工图绘制,综合协调各专业成果,完成结构分析计算、绘图、材料统计、文件报表、概预算等系列工作。

前期勘测规划、可行性研究阶段属前期设计阶段,需要建立决策分析 CAD 系统。重点为从全局考虑,进行方案比较及择优和工程总体布置,而设计计算、图纸则可粗略。决策分析 CAD 系统的理论基础为线性及非线性规划理论、模糊数学、人工智能方法、专家系统等。

初步设计和施工图设计阶段属后期设计阶段,需建立数值分析计算 CAD 系统。重点为稳定计算、应力计算、配筋计算绘制施工详图、工程量、材料明细表、概预算等。数值分析计算 CAD 系统的理论基础为结构分析计算理论、材料力学、结构力学、水力学、有限单元法、数值分析法及计算机图形学等。

三、CAD 软件的集成化、标准化、智能化

要形成贯穿水利水电工程设计全过程的 CAD 集成系统,我们还需要在以下几方面努力工作:

1. 标准化

开发水工建筑物 CAD 系统除必须满足相应的设计规范外,应加强建立不同 CAD 开发平台上的标准 CAD 图例、符号、标准图库,建立统一的地形、地质 CAD 接口,统一的工程特性数据库,加强各专业、各地域间的合作,减少重复性低水平开发。

2. 人机界面

一个好的 CAD 系统,必须有良好的人机界面,采用国际标准的窗口界面,这是提高水工建筑物 CAD 系统质量的重要任务。良好的人机界面应能增强交互能力,检查输入的合法性,建立标准而直观的水工建筑物图符菜单。

3. 智能化

CAD 系统的智能化和专家系统的建立,将能进行模糊分析判断和提高 CAD 系统决策自动化水平,避免人机对话过多而造成系统运行速度慢和使用不便;并能在设计中进行自动学习,积累、更新设计经验知识。

4. 集成化

一个集成化的 CAD 系统应有决策能力、几何建模、常规分析计算、大型数值分析、生成设计报告及工程图纸等功能。集成化的 CAD 系统各部分应有良好的接口,运行效率高,以便设计人员集中精力分析设计方案的优劣,进行方案比较,形成最优设计方案。

5. 参数化设计

使用参数化建库工具,建立水工建筑物图例库,为工程设计提供参考和依据。

6. 多媒体技术应用

多媒体技术有助于 CAD 系统形成良好的人机界面,直接通过自然语言对话,以驱动系统运行,运用语音提示用户进行设计。

第二章 AutoCAD 的基本知识及应用

1999 年 3 月 Autodesk 公司推出了 AutoCAD 的跨世纪版本——AutoCAD2000,随后又推出了 AutoCAD 2002 版本。AutoCAD 200X 为用户提供了一个更智能化的二维和三维设计环境及工具,显著提高了用户的设计效率,充分发挥用户的创造能力,辅助用户将构思转化为设计。AutoCAD 200X 新特性主要体现在:

1. 多文档设计环境

AutoCAD 2000 以前的版本都是单文档设计环境,AutoCAD 2000 首先采用多文档设计环境,用户可以同时打开、编辑和修改多个图形文件,在不同的图形文件或窗口之间实现图形对象的拖放。

2. 对象特性管理窗口

对象特性管理窗口是一个无模式对话框,允许用户直接访问对象和图形的特性,修改和编辑某一对象或某一对象选择集的相应特性。

3. 自动捕捉及自动追踪

提供了更智能化的捕捉和追踪功能。利用自动捕捉及自动追踪功能,用户可以不借助构造线实现设计和编辑,更关注设计本身而不是软件本身的命令,极大地提高了绘图精度和效率。

4. 标注功能增强

提供了新的标注式样管理器,用于浏览和编辑标注属性。在标注式样管理器中提供了浏览功能,实现标注式样的所见即所得,方便用户设置标注式样。

5. 三维功能增强

AutoCAD 2000 三维实体建模以 ACIS4.0 为核心,三维绘图功能进一步增强,允许用户借助灵活的体、面、边编辑三维实体,实现面域的移动、旋转、平移、删除;引入了三维动态旋转功能,使三维视图操作和可视化变得十分容易。

6. 方便的注释文本操作

AutoCAD 2000 优化了文字格式和文字式样的控制方式,增加了多行文字编辑器功能,使注释文字操作更加便捷。

7. AutoCAD 的设计中心

AutoCAD 的设计中心是一个无模式对话框,类似 Windows 资源管理器,可以方便地访问已有的设计成果,充分利用已有设计资源中设计思想和设计内容。用户可以通过拖放操作,复制一个设计环境中线型、文字式样、标注式样、外部引用等到另一设计环境,避免了大量的重复性工作。

8. 强劲的定制和二次开发功能

AutoCAD 200X 继承了 AutoCAD 一贯的开放性和灵活性,提供了四种开发工具,即 Vis-

ual lisp、Visual Basic for Applications (VBA)、ActiveX 和 ObjectARX, 允许用户借助 AutoCAD 200X 平台集成和定制不同领域的设计要求, 以适应不同专业用户的特殊需要。

第一节 AutoCAD 界面

AutoCAD 的窗口界面主要有 6 部分:

- (1) 标题条。
- (2) 下拉菜单及上下文菜单。
- (3) 标准工具条及其他工具条。
- (4) 图形窗口。
- (5) 命令及文本窗口。
- (6) 状态条。

图 2-1 为 AutoCAD 界面。

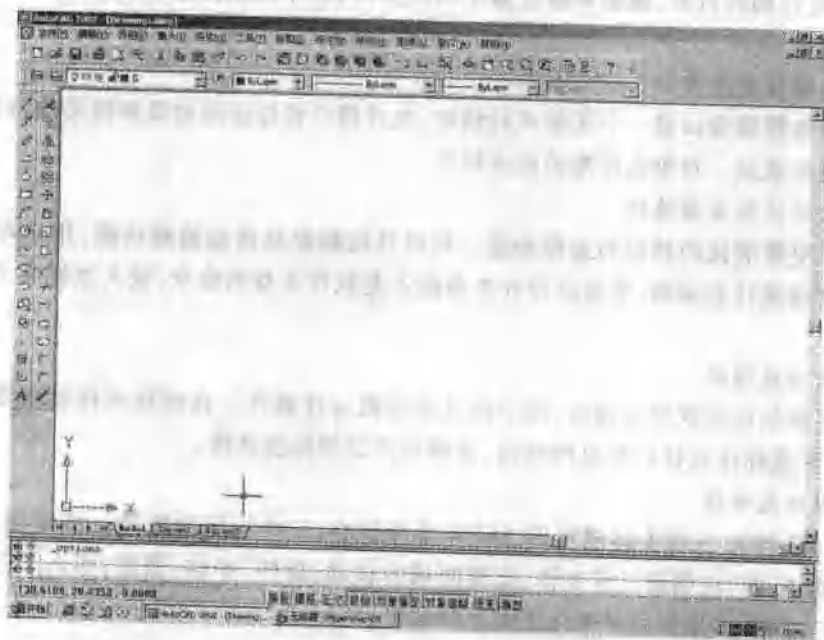


图 2-1 AutoCAD 界面

一、标题条

标题条上显示着当前正在运行的程序名称和当前打开的图形文件名称, 以及当前图形窗口的最大化、最小化状态。

二、下拉菜单及上下文菜单

AutoCAD 的窗口界面上有 10 个下拉菜单, 分别为:

- 文件 (File): 进行文件创建、保存、输出、打印等文件管理工作。

- 编辑(Edit):用于对图形的编辑、修改等操作。
- 视图(View):用于对视图进行观察、缩放、移动、改变视图观察视角及屏幕刷新等操作。
- 插入(Insert):用于引入 AutoCAD 能够接受的文件,包括图块、外部引用、图片文件等。
- 格式(Format):用于 AutoCAD 工作图形的各种宏观设置,定制一些系统变量等。
- 工具(Tool):为 AutoCAD 的用户提供各种辅助工具。
- 绘图(Draw):提供各种对象的绘图工具及命令,如直线、弧、圆等。
- 标注(Dimension):提供各种对象的标注工具及标注格式。
- 修改(Modify):用于对图形的复制、镜像、修剪、延伸等编辑操作。
- 窗口(Windows):提供对打开的文档进行管理的工具,可以通过水平平铺或垂直平铺设置同时打开多个文档。
- 帮助(Help):为用户提供不同途径的帮助和版本信息。

在这 10 个下拉菜单项中,菜单后有“…”后缀符号,表示可以弹出对话框;菜单后有“▶”后缀符号,表示有下一级菜单。

将鼠标置于屏幕任意位置,单击右键弹出上下文菜单如图 2-2 所示。

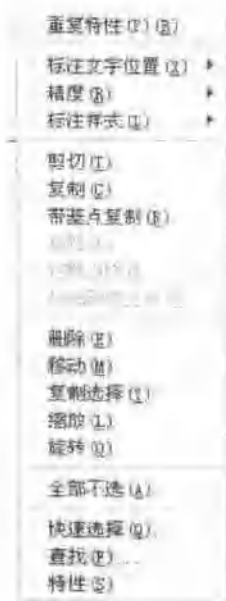


图 2-2 上下文菜单

三、工具条

在 AutoCAD 的窗口界面增加工具条,可以加入一些常用的图形处理命令的快捷按钮。AutoCAD 提供了 24 个工具条,以方便用户访问常用命令,设置常用的模式。在下拉菜单中选择:视图(View)→工具条(Toolbars),弹出工具条(Toolbars)对话框如图 2-3 所示,可以选

择工具条加入到绘图窗口中。

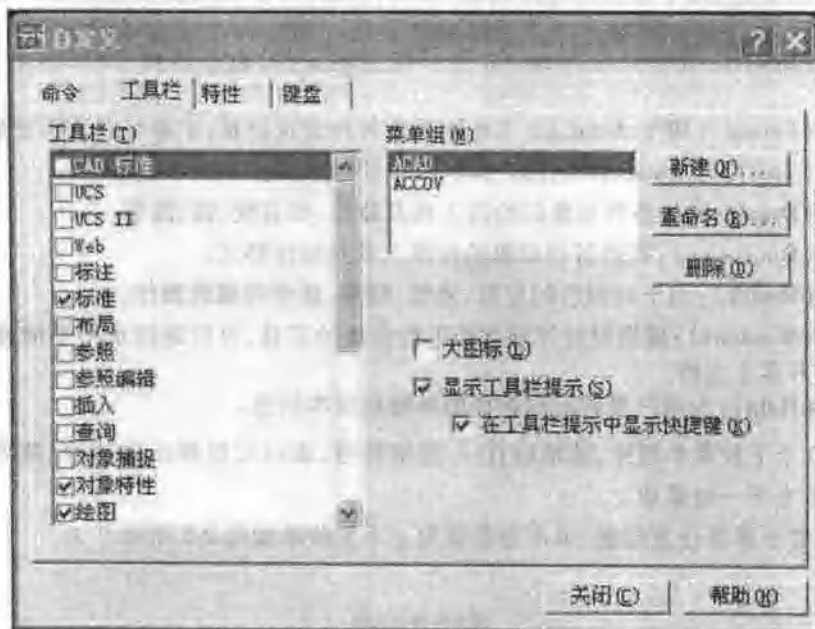


图 2-3 工具条对话框

常用的工具条有：

1. 标准工具条 (Standard)

标准工具条上排列着“新建”、“打开”、“保存”、“撤销”、“实时移动”、“实时缩放”等常用命令的快捷键，为用户的绘图操作提供方便，如图 2-4 所示。



图 2-4 标准工具条

2. 对象特性工具条 (Object Properties)

对象特性工具条显示着当前图层上对象的状态和可见性，如当前图层上对象的颜色、线型和线宽等，如图 2-5 所示。

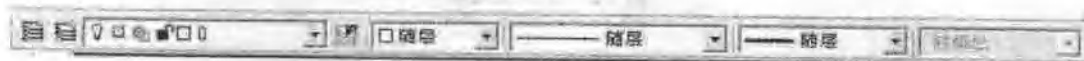


图 2-5 对象特性工具条

3. 修改工具条 (Modify)

修改工具条为用户提供了复制、镜像、修剪、延伸等编辑操作的快捷键。