

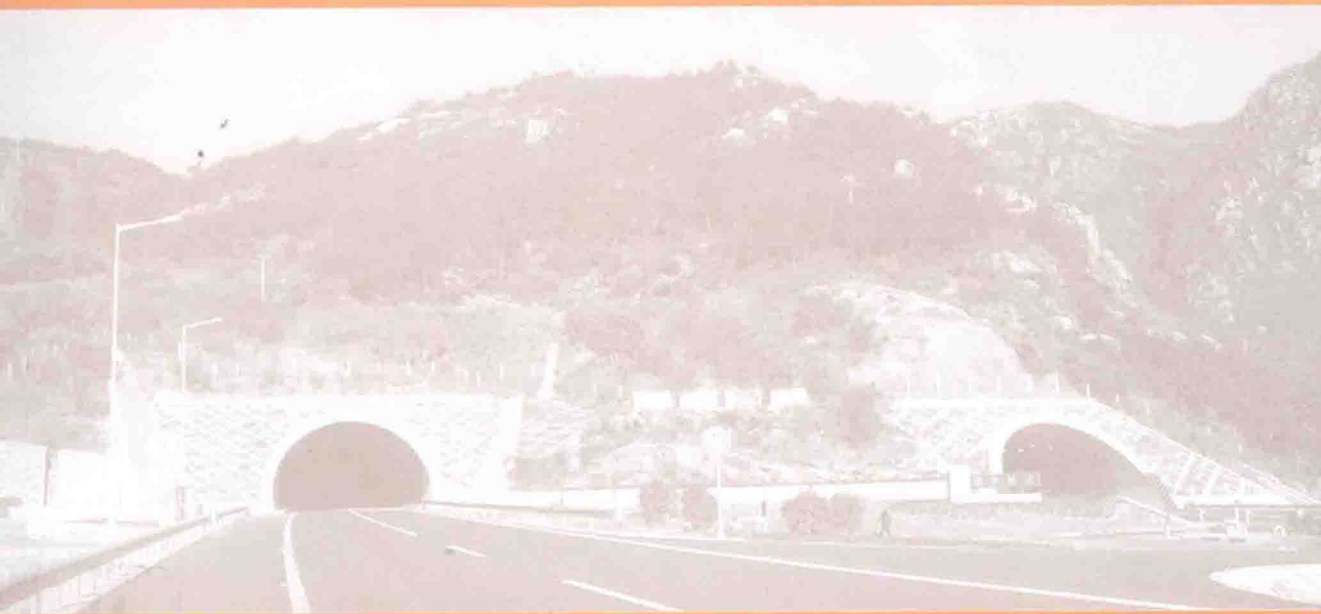


高等学校土木工程专业规划教材
隧道与地下工程系列教材

公路隧道设计CAD

The CAD of Road Tunnel Design

王亚琼 赖金星 等 主 编
蒋树屏 涂忠仁 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高等学校土木工程专业规划教材
隧道与地下工程系列教材

公路隧道设计 CAD

王亚琼 赖金星 等 编 著
蒋树屏 涂忠仁 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书是高等学校土木工程专业规划教材隧道与地下工程系列教材之一,全书分为四个部分。第一部分含第一章,主要介绍隧道 CAD 的基本概念、研究及应用现状等内容。第二部分含第二~五章、第十二章,主要介绍隧道 CAD 基础知识、国际通用绘图软件 AutoCAD 2007 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例题,供学生练习使用。学生在学习制图、计算机基础后,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。第三部分含第六~十一章,主要介绍隧道主体结构、细部构造、机电设计等专业图形的设计绘制。第四部分含第十三~十五章,主要介绍 AutoCAD 与 Windows 其他应用程序的格式及数据交换、隧道 CAD 二次开发技术。

本书可作为高等学校隧道工程、公路与城市道路工程、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和市政工程的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路隧道设计 CAD / 王亚琼等编著. — 北京:人民
交通出版社股份有限公司, 2014. 8
ISBN 978-7-114-11512-7

I. ①公… II. ①王… III. ①公路隧道—隧道工程—
计算机辅助设计—AutoCAD 软件 IV. ①U459.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 144998 号

高等学校土木工程专业规划教材
隧道与地下工程系列教材

书 名:公路隧道设计 CAD

编 著:王亚琼 赖金星 等

责任编辑:曲 乐 李 喆

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.cccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19

字 数:430 千

版 次:2014 年 8 月 第 1 版

印 次:2014 年 8 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-14-11512-7

定 价:40.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前言

PREFACE

随着计算机软、硬件的快速发展,计算机技术日新月异,隧道工程计算机辅助设计已进入了一个快速发展的阶段。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。国内工程 CAD 方面的书籍很多,但关于隧道工程 CAD 方面的教材却较少。在校内不能系统地学习隧道工程计算机辅助设计的知识和技术,限制了计算机在隧道工程应用方面的发展和推广。特别是近几年,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,本书以较大的篇幅讲述了定制隧道 CAD 系统的方法、ObjectARX 技术及开发隧道图形函数的方法。学生通过学习本书可以较系统地掌握隧道工程 CAD 的基本知识和技术、隧道结构和附属设施的设计、隧道 CAD 二次开发技术及编程基础,为将来从事隧道工程设计、施工和监理等工作打下良好的基础。

本书在内容上突出实用易学、深入浅出、实例教学、提高技能的特点。全书分为四个部分。第一部分含第一章,主要介绍隧道 CAD 的基本概念、研究及应用现状等内容。第二部分含第二~五章、第十二章,主要介绍隧道 CAD 基础知识、国际通用绘图软件 AutoCAD 2007 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例题,供学生练习使用。学生在学习制图、计算机基础后,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。第三部分含第六~十一章,主要介绍隧道主体结构、细部构造、机电设计等专业图

形的设计绘制。第四部分含第十三~十五章,主要介绍 AutoCAD 与 Windows 其他应用程序的格式及数据交换、隧道 CAD 二次开发技术。对第三、第四部分内容,学生必须在学完常用文字处理软件、隧道工程相关专业课程后,或在学习这些课程的同时学习该部分内容。为了方便学生学习,在大部分章节后都布置了复习思考题,可以加深对隧道工程 CAD 知识及技能的理解和巩固。本书如果结合隧道课程设计、毕业设计进行操作训练效果会更好。

本书由王亚琼、赖金星等编著。其中,赖金星编写第四、五、八章;刘生编写第二、三、六、七章;彭挺编写第十二、十五章;李杰编写第十三、十四章;王亚琼编写其余章节并统稿。中交第一公路勘察设计研究院有限公司的王万平、曹校勇,陕西省交通规划设计研究院的张国庆、徐磊为本书的编写给予了支持和帮助;全书由招商局重庆交通科研设计院有限公司蒋树屏、重庆交通大学涂忠仁主审,在此表示衷心的感谢。

书中引用了部分国内外已有的专著、文章、规范等成果,在此向相关作者一并表示感谢。虽然我们尽了很大努力,但由于水平有限,难免存在错误和疏漏,敬请批评指正,如有问题或建议请反馈给编者(E-mail:ys08@gl.chd.edu.cn)。

编 者

2014 年 7 月于长安大学公路学院

目录

CONTENTS

第一章 隧道 CAD 概述	1
第二章 AutoCAD 基础知识	5
第一节 AutoCAD 2007 的用户界面	5
第二节 AutoCAD 的文件操作	7
第三节 AutoCAD 坐标系及其坐标	9
第四节 设置 AutoCAD 的绘图环境	12
第五节 图层、线型、线宽及颜色控制	15
复习思考题	23
第三章 二维图形的绘制与编辑	24
第一节 基本图形的绘制	24
第二节 基本图形的编辑	48
第三节 视图缩放与视窗	81
复习思考题	85
第四章 图块与外部参照	87
第一节 图块	87
第二节 外部参照	95
复习思考题	99
第五章 文本注释与尺寸标注	100
第一节 文本注释	100
第二节 尺寸标注	107

复习思考题.....	130
第六章 隧道平面图、纵断面图的绘制	131
第一节 模板文件的创建.....	131
第二节 隧道平面图绘制.....	132
第三节 隧道纵断面图绘制.....	135
复习思考题.....	137
第七章 隧道结构图绘制.....	138
第一节 建筑限界的绘制.....	138
第二节 隧道内轮廓图绘制.....	140
第三节 隧道衬砌结构图绘制.....	144
第四节 隧道明洞衬砌结构图绘制.....	146
第五节 隧道拱架结构图绘制.....	150
第六节 超前支护构造图的绘制.....	155
复习思考题.....	157
第八章 隧道钢筋构造图的绘制.....	158
第一节 各种钢筋大样图的绘制.....	158
第二节 衬砌钢筋构造图绘制.....	159
第三节 耳墙型明洞钢筋构造图的绘制.....	162
第四节 棚洞钢筋构造图的绘制.....	164
复习思考题.....	166
第九章 隧道防排水细部设计.....	167
第一节 隧道防水板施工图绘制.....	167
第二节 隧道衬砌排水施工图绘制.....	170
第三节 隧道中心排水管排水施工图绘制.....	172
第四节 隧道路面排水施工图绘制.....	177
复习思考题.....	180
第十章 隧道洞门结构图绘制.....	181
第一节 削竹式洞门.....	181
第二节 端墙式洞门.....	185
第三节 翼墙式洞门.....	188
第四节 洞门平面图.....	189

复习思考题·····	194
第十一章 隧道机电设计 ·····	195
第一节 隧道通风照明图的绘制·····	195
第二节 隧道其他机电设备图的绘制·····	198
复习思考题·····	201
第十二章 隧道三维建模技术 ·····	202
第一节 三维建模基础·····	202
第二节 绘制三维面·····	210
第三节 绘制三维实体·····	213
第四节 隧道三维建模示例·····	219
复习思考题·····	226
第十三章 布局与图形输出 ·····	227
第一节 模型空间与图纸空间·····	227
第二节 图纸布局·····	229
第三节 浮动视口·····	232
第四节 配置出图设备·····	234
第五节 布局应用实例·····	238
复习思考题·····	240
第十四章 数据交换与格式转换 ·····	241
第一节 数据交换·····	241
第二节 格式转换·····	245
第三节 DXF 文件 ·····	246
复习思考题·····	249
第十五章 隧道 CAD 二次开发技术 ·····	250
第一节 二次开发的主要内容及工具·····	250
第二节 ObjectARX 编程初步 ·····	252
第三节 基于 ObjectARX 的隧道 CAD 开发实例 ·····	262
复习思考题·····	279
附录 ·····	280
一、隧道初步设计要求 ·····	280
二、某隧道施工图设计总说明 ·····	281

三、某隧道施工图设计文件目录	283
四、隧道表	286
五、隧道工程数量表	287
六、隧道防排水工程数量表	289
七、隧道路面工程数量表	291
参考文献	292

第一章

隧道 CAD 概述

一、隧道 CAD 软件技术发展现状

1. 国外隧道 CAD 软件技术发展现状

CAD 技术起步于 20 世纪 50 年代后期,进入 20 世纪 60 年代,CAD 技术随着在计算机屏幕上绘图变为可行而迅速发展。CAD 软件发展初期,CAD 的含义仅仅是图板的替代品,即 Computer Aided Drawing,而非现在我们经常讨论的 Computer Aided Design 所包含的全部内容。

CAD 技术发展到现在,主要经历了曲面造型、实体造型、参数化技术和变量化技术几个重要阶段,其中,变量化技术是 20 世纪 90 年代以后才提出来的新技术。

随着人类改造自然活动向地下空间的延伸,各国的地下工程有了迅猛的发展。地下工程由于不确定性因素较多,信息化设计及施工是必然的趋势。将 CAD 技术应用于地下工程的勘测、设计与施工,无疑会大大提高劳动生产率及设计质量,缩短地下工程的建设周期。隧道 CAD 技术源于 CAD 技术,与 CAD 技术的发展历程又有所差别,CAD 技术引入隧道工程的最初目的并不是为了实现绘图功能,而是计算机辅助工程分析(CAE)及产品数据和文档管理(PDMS),直到 20 世纪 80 年代后期,在通用 CAD 的图形处理功能变得较强的情况下,计算机辅助绘图 CAD 才开始提上日程,由于隧道工程是一门边缘学科,其发展历史较短,因此隧道 CAD 技术发展历史也自然较短,同时,隧道 CAD 技术是地下理论与计算机软件科学的交叉学科,其发展受限于地下理论与计算机硬件及软件科学的发展水平。

隧道 CAD 技术发展到现在,按地下理论和计算机软件科学的结合程度大致可分为以下 4 个阶段:第一阶段:20 世纪 70 年代末以前,该阶段的主要特征是隧道工程和计算机软件科学结合程度较低;第二阶段:20 世纪 70 年代末到 20 世纪 90 年代初期,隧道工程理论与计算机软件科学的结合产生了计算机辅助分析和产品数据及文档管理(PDMS);第三阶段:20 世纪 90 年代以后,计算机辅助绘图引入隧道 CAD,逐渐形成了智能化、系统化的隧道 CAD 体系;第四阶段:21 世纪以后,在 CAD 技术中植入了互联网技术,参数化技术的应用使得隧道 CAD 的智能性和协同性得到了进一步的拓展。

2. 国内隧道 CAD 软件技术发展现状

我国隧道 CAD 的研究始于 20 世纪 80 年代中后期,主要研制针对隧道结构分析和设计的专用软件。在未引入计算机辅助分析(CAE)之前,科研及设计人员采用手算法或套标准图法进行工程设计及分析。在引入计算机辅助分析(CAE)之后,隧道力学数值方法有了较程度的发展。通用的有限元技术不能对岩体开挖过程中的力学行为进行描述,不能考虑岩体中的节理裂隙,不能处理先期固结沉降等,甚至有些通用软件中连土体的本构关系都很少提供。在此期间,许多学者进行了数值方法的研究,编制了一系列适用于隧道工程分析的有限元程序,以用来进行隧道工程的二维或三维的弹性、弹塑性、弹黏性及弹黏塑性的分析。

20 世纪 90 年代以后,计算机性能的飞速提高,使在微型计算机上开发可视化的隧道 CAD 软件成为可能。科研及设计人员还利用数据库技术及相关知识编制了许多设计及计算的程序模块,如通风设计、照明设计、参数查询及管理程序,来进行隧道工程的设计与分析。数据库技术能有效地管理大量数据,提高查询效率。在许多的软件开发过程中采用了数据库技术进行参数的选择、处理和存储。与此同时,隧道智能 CAD 技术成为一个重要的科研方向,很多高校中开设了“计算机在地下工程中的应用”、“工程 CAD”等相关课程。

国家科学技术委员会于 1992 年组织实施了 CAD 应用工程方面的课题,从而使隧道 CAD 技术进入了蓬勃发展时期。各科研所、设计院、高等院校和软件公司开发了功能不同的隧道 CAD 应用软件,在生产和科研中取得了较好的效益。隧道 CAD 技术所取得的主要成果可概括如下:①系统地研制并开发了适用于铁路及公路工程的隧道 CAD 软件,形成了较为成熟的系统化隧道 CAD 理论;②隧道 CAD 软件功能囊括了计算机结构设计、工程图绘制、有限元分析、数据库管理、反演分析、施工组织及监测和事故预报及处理等多方面内容,基本上使隧道 CAD 技术渗透到了隧道建设的每一个环节;③目前隧道 CAD 系统开发的主导思想,已经从传统的套标准图法转化为参数化技术;④形成了具有代表性的隧道 CAD 软件。代表性的隧道 CAD 软件及主要功能如下。

(1) 杰图隧道 AutoCAD 设计软件

隧道软件是一套基于 AutoDesk 公司 AutoCAD 平台的计算机辅助设计软件,集设计、施工图绘制、配筋、工程量统计等为一体的 CAD 集成软件,它包含了隧道结构中的大部分常规构件。

(2) 纬地公路与铁路隧道设计系统 HintSD

最新开发的纬地隧道 CAD 系统适用于各等级公路和铁路项目。与纬地三维道路 CAD 系统集成,直接共享路线设计数据,完成隧道的平纵布设,自动根据围岩地质情况进行衬砌分段,完成衬砌设计,自动统计隧道工程量,其主要功能如下:

①隧道内轮廓设计:支持标准内轮廓(新规范)、单心圆、三心圆。

- ②隧道动态分段:支持单洞、连拱形式的隧道。
- ③隧道衬砌设计:支持整体式、复合式衬砌。
- ④隧道洞门设计:削竹式、端墙式洞门。
- ⑤生成洞口三维模型:直观浏览洞门与地形的配合情况,便于优化洞门设计。

二、现行隧道 CAD 软件技术的局限性

隧道 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,但由于隧道类型的多样性、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,隧道 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。具体表现在以下几方面:

(1)隧道 CAD 开发力量不足。很多企业只是把 CAD 作为绘图工具,研发力量投入不足,参数化技术应用程度不够深入,标准的参数化绘图模块库不完善,软件适用范围较窄。

(2)系统建模方法亟待改进。目前隧道 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隧道 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。大多数隧道 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。

(4)缺乏强有力的图形支撑系统。国内现有的许多隧道 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。

(5)CAD 系统的集成程度不高。没有系统集成各个软件的功能和信息,实现各系统之间经济有效的优化。

三、隧道 CAD 软件技术的发展趋势

针对当前隧道软件存在的一些缺陷,隧道 CAD 软件技术正朝以下几个方面发展:

(1)隧道 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。

(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)隧道 CAD 软件构件化。在隧道 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。它可以充分发挥现有的隧道 CAD 软件开发力量,避免资源浪费,从而尽快提高我国的隧道 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。

(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)隧道 CAD 软件在内容上全方位扩展。目前隧道 CAD 软件主要集中在隧道结构布置、隧道结构分析、隧道施工图设计、隧道工程造价分析等几个方面。从隧道建设的全过程来看,未来的隧道 CAD 系统除了应该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外,还应该包括隧道位置选择、隧道优化设计、隧道施工控制及网络技术和隧道信息管理专家等子系统。

第二章

AutoCAD 基础知识

第一节 AutoCAD 2007 的用户界面

启动 AutoCAD 2007 后,将看到如图 2-1 所示的用户界面,这就是您的绘图环境——AutoCAD 2007 应用程序窗口。

用户界面主要分为标题栏、菜单栏、工具栏、绘图区、命令窗口和状态栏 6 个区域。

一、标题栏和菜单栏

标题栏位于屏幕的最顶部,它显示了软件的名称和图形文件的名称。标题栏的右侧,有一个“缩小窗口按钮”、一个“还原窗口按钮”和一个“关闭应用程序按钮”。标题栏的下面是菜单栏,AutoCAD 2007 提供了 11 项下拉菜单,下拉菜单涵盖 AutoCAD 中大多数命令功能。

二、标准工具栏和其他工具栏

使用工具栏进行操作是 AutoCAD 2007 的另一种重要的操作方法。工具栏中包含了最常用的 AutoCAD 2007 命令,如图 2-2 所示。

标准工具栏内包含两类 AutoCAD 的命令:第一类用于 AutoCAD 与 Windows 系统之间的传递和共享数据,如创建、打开、保存和打印图形等;第二类命令是用户经常要用到的操作命令,如缩放、平移、捕捉等。

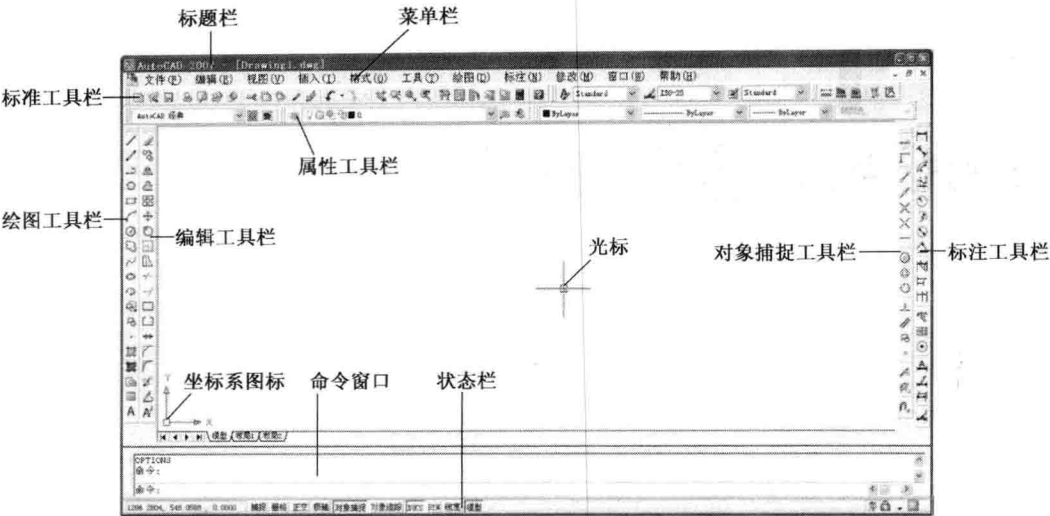


图 2-1 AutoCAD 2007 用户界面



图 2-2 标准工具栏

除标准工具栏之外,AutoCAD 2007 的初始界面上还有位于标准工具栏下面的属性工具栏(图 2-3)。利用该工具栏可以设置线型、线宽、颜色等属性。



图 2-3 属性工具栏

在 AutoCAD 2007 初始界面的左、右两侧分别是绘图工具栏和图形编辑工具栏,利用这两个工具栏可以绘制和编辑图形,如图 2-4 所示。

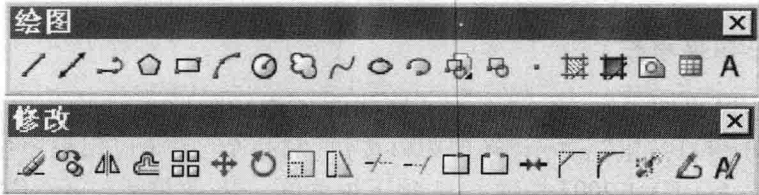


图 2-4 绘图工具栏和图形编辑工具栏

三、绘图区

绘图区也称视图窗口,它是用户绘图的工作区域。绘图区的右边和下边分别是两个滚动条,可使窗口上下或左右移动,便于观看绘图区中的图形。

绘图区的左下角,有两个互相垂直的箭头图形,它是 AutoCAD 2007 坐标系的图标。

四、命令窗口(信息栏)

在绘图区的下方是命令窗口或文本窗口,用户可以通过鼠标对该窗口进行放大或缩小。用户从键盘上输入的命令及提示信息全部在该窗口内,可用滚动条上下翻看。命令窗口是用户和 AutoCAD 进行对话的窗口,用户可以在此窗口内发出任何绘图命令,与菜单和图标的操作完全等效。当出现错误操作时,此窗口内会及时发出错误信息,提示用户,用户使用时应注意 AutoCAD 发出的信息。按 F2 键将命令窗口放大成充满屏幕的文本窗口,通过该窗口,用户可以查看前面操作过的命令和执行过程。F2 键也是文本窗口与图形窗口的切换键。

五、状态栏

界面的最底部是状态栏,状态栏的左侧显示了当前十字光标的三维坐标,右侧显示了绘图辅助工具的运行状态,如捕捉(SNAP)、栅格(GRID)、正交(ORTHO)、极轴(POLAR)、对象捕捉(OSNAP)、对象追踪(OTRACK)、线宽(LWT)和模型(MODEL)等。显示区域即是开关切换按钮,单击这些按钮可以切换成打开(ON)或关闭(OFF)的状态,如图 2-5 所示。

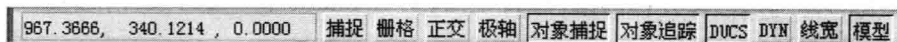


图 2-5 状态栏

第二节 AutoCAD 的文件操作

一、新建图形文件

对 AutoCAD 2007 的绘图环境有了基本的了解之后,就可以开始绘图准备工作。计算机绘图与手工作图一样,绘图前要准备好纸张和绘图工具,这项工作叫作新建图形文件。

在 AutoCAD 2007 中,创建新图有三种途径。

- (1) 下拉菜单:【文件】|【新建】。
- (2) 单击标准工具栏中的  图标。
- (3) 命令行:New。

操作完毕后,屏幕上会弹出如图 2-6 所示的窗口。在 AutoCAD 中,总是选用某个样板文件作为新文件的绘图环境。在【选择样板】窗口中的列表文本框中,系统列出了 50 多个样板文件供用户选择。列表框右边的白色区域是样板文件的预览区。系统默认的模板是“Acadiso.dwt”,用户也可以选择其他的图形模板。选完图形模板后单击【打开】按钮进入该模板绘图环境。

二、打开已有图形文件

打开已有图形文件可采用如下 3 种方法之一。

- (1) 下拉菜单:【文件】|【打开】。



图 2-6 【选择样板】对话框

- (2)单击标准工具栏上的图标。
- (3)命令行:Open。

进行以上操作后,会弹出如图 2-7 所示的对话框。在该对话框内,用户可以在【文件名(N):】文本框中直接输入已存在的文件名,单击【打开】按钮打开已有文件,也可在选择框中双击需要打开的文件。

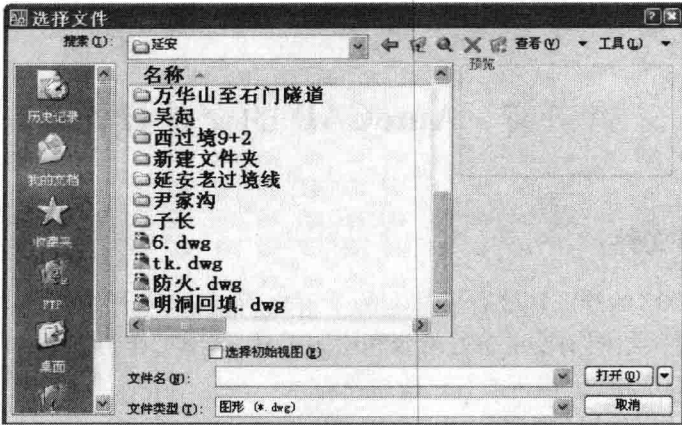


图 2-7 【选择文件】对话框

图 2-7 中【搜索(I)】下拉文本框用于手工搜寻其他文件夹下的图形文件。右边是【预览】区,用户可以对准备要打开的图形文件进行预览,找到所需要的文件。

三、保存图形文件

用户在绘图结束后,或在绘图过程中,需要将当前的图形文件存盘,可以采用如下 3 种方法之一。

- (1)下拉菜单:【文件】|【保存】。
- (2)单击标准工具栏上的图标。
- (3)命令行:Save。

如果当前图形文件尚未命名,在您执行存盘命令后,会弹出【图形另存为】对话框,如