

应用型高等院校改革创新示范教材

土木工程 CAD 教程

主 编 董 强 刘 勇

副主编 王 留 赵晓华 张春娥

主 审 王保群



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

APPLICATION-ORIENTED&INNOVATIVE&TYPICAL

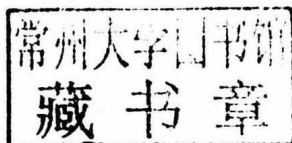
应用型高等院校改革创新示范教材

土木工程 CAD 教程

主 编 董 强 刘 勇

副主编 王 留 赵晓华 张春娥

主 审 王保群



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

随着社会经济发展对应用型人才的需求不断增加,土木工程 CAD 已成为土木工程专业学生的必修课程。本书是针对高等院校土木工程专业学生和广大工程技术人员对土木工程计算机辅助设计学习和工作的需要而编写的。本书共 14 章,主要介绍 AutoCAD 2014 的基本操作和高级技能,特别推荐了当前土木工程学科常用的一系列设计软件,如快速三维建模软件——SketchUp、建筑绘图 CAD 软件——天正建筑 TArch、BIM 通用软件——Revit、道路线路工程辅助设计软件——纬地 HintCAD。

本书通俗易懂、图文并茂,方便自学,可作为高等院校土木工程专业的本、专科学生的教材,也可作为道路工程、铁道工程、市政工程、建筑工程等行业从业人员的参考用书。

图书在版编目 (C I P) 数据

土木工程CAD教程 / 董强, 刘勇主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2019.6

应用型高等院校改革创新示范教材

ISBN 978-7-5170-7820-3

I. ①土… II. ①董… ②刘… III. ①土木工程—建筑制图—计算机制图—AutoCAD软件—高等学校—教材
IV. ①TU204-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第145014号

策划编辑: 杜 威 责任编辑: 高 辉 加工编辑: 王玉梅 封面设计: 李 佳

书 名	应用型高等院校改革创新示范教材 土木工程 CAD 教程 TUMU GONGCHENG CAD JIAOCHENG
作 者	主 编 董 强 刘 勇 副主编 王 留 赵晓华 张春娥 主 审 王保群
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河航远印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 18.25 印张 448 千字
版 次	2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	46.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

编 委 会

主 编 董 强 刘 勇

副主编 王 留 赵晓华 张春娥

主 审 王保群

参 编 赵之仲 董丽娜

前 言

本书根据《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2010)的要求、结合典型工程应用实例,系统地介绍了土木工程计算机辅助制图的方法和技巧,是一本全面介绍土木工程领域计算机辅助设计的教材。土木工程涵盖了道路、铁路、建筑、水利、地下工程等多个学科,本书主要介绍道路工程、铁道工程和建筑工程三个学科的CAD与BIM的知识和技术。

本书是针对高等院校土木工程专业学生和广大工程技术人员对土木工程计算机辅助设计学习和工作的需要而编写的。本书共14章,主要介绍AutoCAD 2014的基本操作和高级技能,特别推荐了当前土木工程学科常用的一系列设计软件,如快速三维建模软件——SketchUp、建筑绘图CAD软件——天正建筑TArch、BIM通用软件——Revit、道路线路工程辅助设计软件——纬地HintCAD。

本书适用于作为高等院校建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程、铁道工程等专业的本、专科学生的教材,也可供从事道路工程、市政工程、建筑工程等行业的设计、施工、科研及教学人员应用和参考。

本书由董强、刘勇任主编,王留、赵晓华、张春娥任副主编。具体编写分工如下:第3、5、11章由山东交通学院董强编写,第1、7、8章由山东交通学院刘勇编写,第13章由山东省公路设计咨询有限公司王留编写,第14章由山东交通学院赵晓华编写,第4、9、10章由山东交通学院张春娥编写,第12章由山东交通学院赵之仲编写,第2、6章由山东交通学院董丽娜编写。

本书由山东交通学院王保群教授任主审。他对本书提出了若干建设性的修改意见,在此深表感谢!

本书参考了部分同类教材、使用手册等文献(详见书后的“参考文献”),在此谨向文献的有关作者致以衷心的感谢。

由于时间仓促,错误在所难免,恳请广大读者及同行批评指正。

编者
2019年4月

目 录

前言

第1章 概述	1	3.3.4 复制对象	29
1.1 CAD的发展历史	1	3.3.5 偏移(OFFSET)命令	31
1.2 CAD的主要应用领域	2	3.3.6 修剪(TRIM)命令	31
1.3 CAD在土木工程中的应用	3	3.4 精确绘图	31
1.4 土木工程CAD的发展趋势	5	3.4.1 调整捕捉和栅格对齐方式	32
第2章 AutoCAD 绘图系统	8	3.4.2 捕捉对象上的几何点	34
2.1 AutoCAD 概述	8	3.4.3 使用自动追踪	35
2.2 AutoCAD 的基本操作	9	3.5 基本尺寸标注	37
2.2.1 启动 AutoCAD	9	3.5.1 尺寸标注的组成及类型	37
2.2.2 AutoCAD 窗口操作	10	3.5.2 基本尺寸标注命令	38
2.2.3 常用功能键	12	3.6 屏幕显示	38
2.3 图形文件的使用	12	3.6.1 实时缩放和平移	38
2.3.1 用新建(NEW)命令建立一幅新图	12	3.6.2 定义缩放窗口	39
2.3.2 打开一幅已有的图	13	3.6.3 显示前一个视图	39
2.3.3 保存图形	13	3.6.4 按比例缩放视图	39
2.3.4 关闭图形	14	3.6.5 显示图形界限和范围	40
2.3.5 快捷菜单的使用	14	3.7 实训	40
第3章 绘图入门	17	3.7.1 基本操作练习	40
3.1 《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2010)的有关规定设置	17	3.7.2 简单平面图形作图	42
3.1.1 图纸幅面的设置	17	第4章 绘图命令	44
3.1.2 文字样式	18	4.1 绘制椭圆和圆弧	44
3.1.3 图层、线型、颜色、线宽的设置	18	4.1.1 绘制椭圆	44
3.1.4 设置尺寸标注样式	22	4.1.2 绘制圆弧	44
3.2 基本绘图命令	23	4.2 绘制等边多边形	45
3.2.1 直线(LINE)命令	24	4.3 绘制多段线和多线	46
3.2.2 矩形(RECTANGLE)命令	25	4.3.1 绘制多段线(带宽度的实体)	46
3.2.3 画圆(CIRCLE)命令	25	4.3.2 绘制多线	47
3.2.4 圆弧(ARC)命令	25	4.4 绘制样条曲线	50
3.3 基本编辑命令	26	4.5 绘制点	51
3.3.1 选择对象	26	4.5.1 绘制单点或多点	51
3.3.2 删除(ERASE)命令	28	4.5.2 绘制等分点	52
3.3.3 移动(MOVE)命令	28	4.5.3 绘制测量点	52
		4.6 AutoCAD 的图案填充	52

4.6.1 定义图案填充边界	52	第6章 尺寸标注	84
4.6.2 图案填充的操作	53	6.1 尺寸标注的基本方法	84
4.6.3 剖面线填充示例	55	6.1.1 尺寸标注的组成及类型	84
4.7 绘制圆环或填充圆	55	6.1.2 尺寸标注(DIM)命令	85
4.7.1 绘制圆环	55	6.2 尺寸变量	87
4.7.2 绘制填充圆	55	6.2.1 尺寸变量显示(STATUS)命令	87
4.8 文字标注	56	6.2.2 尺寸变量的改变	88
4.8.1 设置文字样式	56	6.3 尺寸的标注编辑	89
4.8.2 单行文字的输入	57	6.3.1 用特性管理器修改尺寸特性	89
4.8.3 多行文字的输入	59	6.3.2 编辑尺寸(DIMEDIT)命令	89
4.9 表格	59	6.3.3 尺寸标注的编辑	89
4.9.1 创建表格样式	60	6.3.4 修改尺寸文本的位置	90
4.9.2 插入表格	61	6.3.5 更新标注(UPDATE)命令	90
4.10 实训	62	6.4 实训	91
4.10.1 平面图形作图	62	第7章 图形的显示与图层	92
4.10.2 绘制剖视图	64	7.1 图形显示	92
第5章 编辑命令	66	7.1.1 图形缩放(ZOOM)命令	92
5.1 图形编辑的选择方式	66	7.1.2 平移(PAN)命令	92
5.1.1 对象选取方法	66	7.1.3 重画(REDRAW)与重生成 (REGEN)命令	93
5.1.2 对话框确定选择目标	66	7.1.4 图形信息的查询	93
5.2 图形编辑命令	66	7.2 图层、线型和颜色命令	93
5.2.1 旋转(ROTATE)命令	67	7.2.1 图层	93
5.2.2 镜像(MIRROR)命令	68	7.2.2 线型(LINETYPE)命令	96
5.2.3 比例(SCALE)命令	68	7.2.3 颜色(COLOR)命令	99
5.2.4 阵列(ARRAY)命令	68	7.3 实训	100
5.2.5 拉伸(STRETCH)命令	70	7.3.1 图层、线型、颜色综合应用	100
5.2.6 延伸(EXTEND)命令	70	7.3.2 房屋平面图的绘制方法和步骤	101
5.2.7 断开(BREAK)命令	70	7.3.3 断面图的绘制方法和步骤	104
5.2.8 圆角(FILLET)命令	71	第8章 块与外部参照	106
5.2.9 倒角(CHAMFER)命令	71	8.1 块的生成和使用	106
5.2.10 打散(EXPLODE)命令	72	8.1.1 块的定义	106
5.2.11 多段线编辑(PEDIT)命令	72	8.1.2 块的使用	107
5.2.12 文字编辑(DDEDIT)命令	73	8.2 块属性及其应用	110
5.2.13 多线编辑(MLEDIT)命令	73	8.2.1 建立块属性	110
5.2.14 图案填充编辑	76	8.2.2 插入带有属性的块	112
5.2.15 对象特性	76	8.2.3 抽取属性数据	112
5.3 实训	77	8.3 外部参照	113
5.3.1 绘制平面图形	77	8.3.1 外部参照概述	113
5.3.2 三视图的绘制方法和步骤	80		

8.3.2 附着外部参照	115	11.1.1 SketchUp 8.0 的特点	152
8.3.3 绑定外部参照	115	11.1.2 SketchUp 8.0 新增功能简介	152
8.4 实训	116	11.1.3 SketchUp 8.0 工作界面	152
8.4.1 工程图的绘制方法和步骤	116	11.2 SketchUp 8.0 的工具栏	155
8.4.2 标准件的绘制方法和步骤	119	11.2.1 绘图工具栏	155
8.4.3 由零件图拼画装配图	120	11.2.2 常用工具栏	158
第 9 章 绘制三维实体	124	11.2.3 编辑工具栏	161
9.1 坐标系的建立	124	11.2.4 构造工具栏	166
9.1.1 用户坐标系 UCS 命令	124	11.2.5 相机工具栏	168
9.1.2 管理已定义的 UCS	125	11.2.6 漫游工具栏	170
9.2 三维图形显示	125	11.3 SketchUp 8.0 的辅助工具	171
9.2.1 轴测视图和正交视图	125	11.3.1 视图工具栏	171
9.2.2 视点 (VPOINT)	126	11.3.2 风格工具栏	172
9.2.3 动态观察 (3D orbit)	126	11.3.3 图层工具栏	173
9.3 三维图形绘制	127	11.3.4 剖切工具栏	174
9.3.1 等轴测图绘制	127	11.3.5 阴影工具栏	175
9.3.2 三维实体绘制	127	第 12 章 TArch 天正建筑	177
9.4 三维实体的编辑	130	12.1 绘制住宅标准层平面图	177
9.4.1 三维实体的剖切与圆滑	130	12.1.1 新建文件和天正选项设置	178
9.4.2 布尔运算	131	12.1.2 轴网的绘制与编辑	178
9.4.3 三维阵列	131	12.1.3 绘制墙体和阳台	181
9.5 三维表面绘制	131	12.1.4 添加构造柱	183
9.5.1 基本形体表面绘制	131	12.1.5 门窗的插入和修改	185
9.5.2 绘制三维面	133	12.1.6 房间家具的布置	191
9.6 三维图形的视觉处理	133	12.1.7 楼梯的创建	196
9.6.1 三维图形的消隐	134	12.1.8 尺寸标注	198
9.6.2 三维图形的视觉样式	134	12.1.9 符号标注	202
9.6.3 渲染	136	12.2 天正建筑绘制立面图	206
9.7 实训	141	12.2.1 创建楼层表	206
第 10 章 图形输出	146	12.2.2 生成立面图	206
10.1 打印图形	146	12.2.3 修改深化立面图	208
10.1.1 打印样式	146	12.2.4 立面标注	211
10.1.2 样式管理器	147	12.3 天正建筑绘制剖面图	215
10.1.3 打印样式表编辑器	147	12.3.1 创建楼层表	215
10.1.4 打印输出	148	12.3.2 生成剖面图	215
10.2 图形格式转换	150	12.3.3 修改深化剖面图	216
10.3 实训	150	12.3.4 添加楼梯栏杆	223
第 11 章 SketchUp 快速建模	152	12.3.5 剖面标注	226
11.1 SketchUp 8.0 概述	152	12.4 三维建筑图形的输出	226

第 13 章 BIM 技术入门	228	14.1.5 平交口自动设计	257
13.1 BIM 技术概述	228	14.1.6 其他功能	257
13.1.1 BIM 技术的概念	228	14.1.7 数据输入与准备	257
13.1.2 BIM 技术的特点	228	14.1.8 输出成果	257
13.1.3 BIM 技术与 CAD 技术的比较	229	14.2 系统应用常规步骤	258
13.1.4 BIM 技术应用软件的选择	229	14.2.1 常规公路施工图设计项目	258
13.2 BIM 技术常用软件介绍	230	14.2.2 低等级公路设计项目	259
13.2.1 Autodesk 系列	230	14.3 纬地设计向导	260
13.2.2 Bentley 系列	231	14.4 平曲线的“交点设计法”	265
13.2.3 Tekla Structures	232	14.4.1 交点设计法简介	265
13.2.4 CATIA	232	14.4.2 主线平面设计主对话框功能介绍	265
13.3 Revit 操作基础	233	14.5 纵断面地面线数据输入	268
13.3.1 Revit 中的一些基本概念	233	14.6 横断面地面线数据输入	269
13.3.2 Revit 的工作界面	234	14.7 纵断面动态拉坡设计	270
13.3.3 族的创建	235	14.8 路线纵断面图绘制	273
13.3.4 项目的创建	245	14.9 横断面设计与绘图	275
13.3.5 认识 Dynamo	252	14.9.1 设计控制	276
第 14 章 纬地 HintCAD 道路 BIM	254	14.9.2 土方控制	277
14.1 系统主要功能	254	14.9.3 绘图控制	278
14.1.1 路线辅助设计	254	14.9.4 生成土方数据文件	279
14.1.2 互通式立交辅助设计	255	14.9.5 桩号列表和绘图范围	279
14.1.3 数字化地面模型应用 (DTM)	256	14.9.6 绘横断面地面线	279
14.1.4 公路三维真实模型的建立 (3DRoad)	257	14.9.7 设计绘图	279
		参考文献	282

第 1 章 概述

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是指工程技术人员以计算机为工具, 用其专业知识, 对产品进行总体设计、绘图、分析和编写技术文档等设计活动的总称。

1.1 CAD 的发展历史

自 1946 年第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) 诞生以来, 至今仅仅 70 多年, 但计算机技术作为科技的先导技术得到了飞速的发展和广泛的应用, 对人类社会产生了巨大影响, 以至于改变了我们这个时代的生活方式, 使人类文明进入了信息时代。目前, 随着网络技术、多媒体技术、人工智能等技术的相互渗透, 计算机成为更加得心应手、更加方便的工具, 其踪影已无所不见, 几乎渗透到人类生产、科研乃至生活的各个领域, 改变着人们的生活方式及观察世界的方式, 并成为人类离不开的帮手。

CAD 技术是伴随着计算机软、硬件技术和计算机图形学技术的进步而迅速发展成长起来的, 是近代计算机科学、图形图像处理技术和现代工程设计技术的发展、交汇和融合的硕果。CAD 技术的发展大致经历了如下四个阶段。

(1) 第一阶段是 20 世纪 40 年代末至 50 年代末, 是孕育、形成阶段。这个阶段使用的是电子管式计算机, 用户要用代码 (机器语言) 编写求解数学问题的程序, 较难掌握, 只有专家能够应用。计算机仅起解题中的数值计算作用。1950 年, 第一台图形显示器作为美国麻省理工学院“旋风”1 号 (Whirlwind I) 计算机的附件诞生了。1958 年美国 Calcomp 公司将联机的数字记录仪发展成为滚筒式绘图仪; GerBer 公司根据数控铣床原理研制出平板式绘图仪。20 世纪 50 年代末期, 麻省理工学院在“旋风”计算机上开发的 SAGE 空防系统中, 第一次使用了具有控制功能的 CRT 显示器和光笔。少数大公司开始实际使用, 美国通用电气公司曾用于进行变压器、电动机等的设计计算。后来类似的技术也在工程设计与生产过程中得到使用。以上种种, 可算作是最早的 CAD 输入/输出设备和“交互式图形系统”的雏形。

(2) 第二阶段是 20 世纪 50 年代末至 60 年代中后期, 是成长阶段。晶体管成为电子计算机的基本元件, 计算机的运算与存储功能有较大提高, 陆续开发出一批高级程序设计语言, 如 FORTRAN II (1958 年)、ALGOR-60 (1960 年)、COBOL (1960 年)、FORTRAN IV (1960 年) 以及 PL/I 语言 (1965 年), 能通用于科学计算与事务管理, 且较易为广大工程技术人员掌握和使用。1962 年, 麻省理工学院所属林肯实验室的学者 Ivan E. Sutherland 在其博士论文中提出并阐述了交互式图形生成技术的基本概念与原理, 研制了第一个人机通信图形处理系统 SKETCH-PAD, 采用与计算机连接的阴极射线管 CRT 和光笔, 在屏幕上显示、定位与修改图形, 实现人机交互式的工作, 不久又出现了自动绘图机, 解决了图形输出问题。在数据处理方面, 由于直接访问设备——磁鼓和磁盘——的出现及性能改进, 出现了文件系统, 到 20 世纪 60 年代中后期得到较大的完善, 形成数据管理方法的雏形。在这个阶段后期, 由于计算机软、硬件的迅速进展, CAD 技术有很大飞跃, 从简单的零部构件的设计计算, 推广应用于大型电

站锅炉、核反应堆热交换器等成套设备的设计。其中美国通用汽车公司开发的 DAC-I (Design Augmented by Computer) 系统被用于汽车车身外形和结构设计, 是这方面的先驱。此后几年, 美国麻省理工学院、贝尔实验室、洛克希德公司和英国剑桥大学等先后展开了对计算机图形学和 CAD 理论与技术的大规模研究, 从而使计算机图形学和 CAD 进入了迅速发展并逐步得到广泛应用的新时期。

(3) 第三阶段是 20 世纪 70 年代以后, 进入开发应用阶段。此时计算机已采用集成电路, 计算速度与内存容量均有极大的增长, 发展了“分时系统”, 使大型机可与几十个终端连接。图形输入/输出设备也获得了进一步发展, 质量不断提高, 从 CRT 显示器发展出光栅扫描图形显示器、彩色图形终端等, 使图形更加形象逼真, 全电子式坐标数字化仪及其他图形输入设备 (如 Xerox 公司的数字化鼠标器) 取代了光笔并得到广泛应用, 机控精密绘图机能高速、高质量地绘制实用图纸。图形信息处理技术问题已基本解决。数据处理也从文件系统发展成为数据库系统, 使数据管理更趋完善。与此同时, 各种数值分析技术 (偏微分方程的数值解法、数值模拟、数值积分、离散数学、有限元等) 和现代设计方法 (如优化算法、可靠性设计)、系统工程等也在计算机应用的刺激下有了很大的发展。它们反过来又推动 CAD 的应用, 逐步开发出一批应用于工程和产品设计的完整的 CAD 系统, 涌现出了诸如美国 CV 公司的 CADDs、美国 SDRC 公司的 I-DEAS、美国 M-D 公司的 UG II、美国 CDC 公司的 ICEM、英国剑桥 CIS 公司的 Medusa 等一大批优秀的 CAD 软件。这些软件被广泛地应用于工程领域的产品和工程设计中, 大大提高了设计效率, 使工程设计质量与设计深度达到一个崭新的水平。

(4) 第四阶段是进入 20 世纪 80 年代以来, 电子器件的集成度迅速提高。随着芯片技术的发展, 使小型机与微型机的性能日益完善, 专门的图形处理与数据库处理机的出现, 软件方面虚拟存储操作系统、分布式数据库技术与网络技术的应用, 这些都使 CAD 技术有了长足的进展。过去因设备价格过于昂贵, 只有大型企业与公司才能使用的 CAD, 现在移植到小型机与微型机上, 已能为中、小企业甚至个人广泛使用。其应用部门也从航空、汽车、机械制造行业扩展到电子电器、化工、土木、水利、交通、纺织服装、资源勘探、医疗保健等各行各业。CAD 步入广泛实用阶段。

CAD 技术的进步与普及, 大大促进了社会生产力的发展, 正如美国科学基金中心指出的那样: 对直接提高生产力而言, CAD 技术比电气化以来的任何发展, 具有更大的潜力, 它触发了新的产业革命。现时的 CAD 技术几乎已经到了“无所不能、无所不包”的程度, 投资数十亿美元的全世界第一架无图样生产的波音 777 飞机, 采用了现代先进的 CAD 技术才成为当时的世界之最, 是现代 CAD 技术应用的硕果。

1.2 CAD 的主要应用领域

目前 CAD 应用的领域非常广泛, 主要有航空航天工业、汽车工业、机械设计、建筑设计、工程结构设计、集成电路设计等。在这里仅作一些简单的介绍。

(1) 在航空和汽车工业中的应用。在机械加工、制造过程中, 与 CAD 技术相对应的技术是 CAM, 即计算机辅助制造技术。通常把 CAD 与 CAM 结合起来使用, 称为 CAD/CAM 技术。利用它, 可以将设计过程和制造过程通过计算机统一起来。飞机制造和汽车制造是最早应用 CAD/CAM 技术的两个行业。在飞机制造业中, 利用 CAD/CAM 技术除了进行机械设计、

加工外, 还进行机体表面形状的定义, 并根据定义进行数控制造。在汽车制造业中, CAD/CAM 技术也为外观造型设计、制图等方面提供了经济而有效的途径。

(2) 在电子工业中的应用。CAD 技术在电子工业中的应用最早始于印制电路板的设计。现在, 设计半导体的逻辑电路及其布局, 由于其复杂性的增加, 已经到了非利用 CAD 技术不可的地步。据统计, 现在 75% 的 CAD 设备是应用于电子工业的设计与生产。

(3) 在机械制造行业中的应用。目前, 在发达国家的机械制造行业主要生产环节中已应用了 CAD 技术。近几年, 在 CAD/CAM 技术的基础上又产生了 CIMS 技术, 它使多品种、中小批量生产, 实现总体利益的智能化制造成为可能。

(4) 在土木工程中的应用。在土木工程中, CAD 技术是发展最快的技术之一。传统的设计方法、设计手段、设计速度 and 设计质量已远不能适应土木工程的各种新的需要, 现代 CAD 技术应用到土木工程的各个领域是必然的。土木工程 CAD 技术也不再只是局限于建筑设计、结构计算和绘制施工图, 而是扩展到了包括从工程项目招投标到施工管理在内的几乎全部领域; 土木工程 CAD 软件也从各分散功能程序进步到大型的集成化多功能建筑 CAD 软件系统。使用 CAD 的水平已成为企业技术水平的象征, 也是对外竞争投标的重要手段。

(5) 在其他行业中的应用。在模具行业, 进行模具的自动设计和加工过程的仿真; 在服装制作行业, 根据体形自动设计剪裁形状、尺寸等; 在化工行业, 进行分子模型表示等。

我国 CAD 技术的应用与研究始于 20 世纪 60 年代末。经过 40 多年的努力, 我国目前在机械、电子、航天、化工、建筑、服装等行业, 已广泛应用了 CAD 技术, 取得了较好的发展并达到了较高的水平, 特别是微机 CAD 技术在社会上的普及。

1.3 CAD 在土木工程中的应用

在 CAD 技术出现以前, 工程设计的全过程都是借助铅笔、尺子、图板、计算器等工具来完成的。当然, 在工程设计中包含着需要由人来完成的创造性的工作, 但是也确实包含了很多重复性高、劳动量大以及某些单纯靠人难以完成的工作, 如单调的绘图、烦琐的计算等。这些重复性的工作现在可以由计算机更快、更好地去完成, 这就是 CAD 技术的意义所在。

计算机的主要特点是运算速度快、存储数据多、精确度高、具有记忆和逻辑判断能力, 可以处理图形。所有这些特点都可被用于辅助设计过程。一般地, 利用 CAD 技术可以收到以下效果。

首先, 可以缩短设计工期。由于计算机处理速度快, 并能不间断地工作, 因此可以大大地提高设计效率, 缩短设计工期。缩短设计工期就意味着能早日推出新产品, 可以产生更多的设计方案, 以便进行方案比较, 选出最佳设计方案, 从而更好地达到预期的目的。

其次, 可以提高设计质量。使用自动化程度较高的 CAD 系统进行设计时, 设计者只需输入一些有关设计初始条件的数据, 由计算机调用结构分析程序进行分析计算, 就可得到设计结果。此外, 利用计算机可以得到清晰、整齐、美观的设计图和文档, 便于校核和修改, 从而有效地防止手工绘图过程中尺寸标注错误、不同图纸在表达同一构件时的不一致等错误的产生, 提高了设计质量。

最后, 可以降低设计成本。应用 CAD 技术可以帮助设计者提高设计效率, 当设计劳务费较高而 CAD 系统的费用较低时, 就会降低设计成本。工程设计中应用了 CAD 技术以后, 已

取得明显的经济效益。

目前, CAD 技术在土木工程中的应用非常广泛, 已经延伸到工程项目建设的各个阶段: 从建设项目的规划、设计、施工几个阶段, 到建成以后的维护管理阶段。

1. 在规划中的应用

对任何工程项目, 规划工作都是十分重要的。一般土木建筑工程的规划都需要考虑众多的因素, 如土地利用、经济、交通、法律、景观等有关社会经济的因素, 气象、地质、地形、水等有关自然的因素, 以及水质、噪声、土地污染、绿化等生活环境的因素。任何一项规划都是一项决策, 其中人始终是主体。

对应于该阶段的 CAD 系统主要有以下三类:

第一类是有关规划信息的存储和查询系统, 如土质数据库系统、地域信息系统、地理信息系统、城市政策信息系统等。这一类系统多采用数据库系统的形式。

第二类为信息分析系统, 如规划信息分析系统等。

第三类为规划的辅助表现及作图系统, 如景观表现系统、交通规划辅助系统等。

这里特别说明如下两点。首先, 有关规划信息的数据库, 由于其公共性高, 应由政府或公共部门建立并提供服务。这类数据库是否健全, 反映了一个国家的文明发展程度。其次, 通过利用景观表现系统, 可以在建造前就看到实物的形象及其和周围的协调情况, 对于做出优秀的规划具有重要意义。

2. 在设计中的应用

一般土木建筑结构的设计都包含结构形式的选定、形状尺寸的假定、模型化、结构分析、验算、图面绘制、材料计算等过程。CAD 技术在土木建筑领域中最早就应用在设计中的。所以, 设计 CAD 系统的历史较长, 发展比较成熟。据有关资料显示, 目前我国土木建筑领域各部级设计院 CAD 出图率为 100%。运用计算机进行分析计算达 98% 以上, 进行方案设计已达 80% 以上。采用 CAD 技术进行设计, 设计的出错率由手工设计的 5% 降低到 1%, 提高工效一般为 6~8 倍, 有的可达 20 倍。由于多方案优化, 节省工程投资一般为 2%~5%, 个别专业可达 10% 以上。

对应于设计的 CAD 系统也可分为以下三类:

第一类为对应于各个设计过程的系统, 如结构形式选择系统、结构分析系统、设计系统、绘图系统、材料计算系统等。其中每个系统都可以处理多种结构形式。其缺点是为完成一项设计需使用多个系统, 不但需要掌握每个系统的使用方法, 还导致大量数据的重复输入。

第二类系统为通用 CAD 系统, 如 AutoCAD。这类系统只提供基本的图形处理功能, 可以用来绘制各个工程领域的设计图纸。

第三类系统为集成化设计系统。这类系统的自动化程度一般较高, 只要输入少量的数据, 即可完成设计的全过程。设计时, 只需输入基本的参数, 如结构尺寸、截面尺寸、材料性质等, 系统即可自动进行结构分析, 直至生成施工图。这类系统虽可减轻人们学习新系统的负担并避免数据的重复输入, 但一般在使用时有一定的限制, 是面向特定对象的专用软件, 或是根据专业要求进行二次开发的软件。与前面的两类系统相比, 使用这类系统具有作业效率较高, 专用性高, 相关专业数据可共享等特点。例如目前在我国建筑工程设计中应用最广泛的系统, 由中国建筑科学研究院研制开发的具有自主知识产权的集成化 PKPM 系列软件系统。

3. 在施工中的应用

一般的土木建筑工程的施工包含以下过程,即投标报价—施工调查—施工组织设计—人员、器材和资金的调配—具体施工及项目工程管理—验收等。目前,CAD 技术在每个过程中均有应用,如投标报价与合同管理、工程项目管理、网络计划、质量和安全的评价与分析、劳动人事工资、材料物资、机械设备、财务会计和行政管理、施工图的绘制等系统。其中,应用计算机编绘网络计划图已成为参与国际投标的必要条件之一。CAD 技术的应用有效地提高了施工企业的工作效率和管理水平。

现在国外已开发出一些建筑物和构筑物的集成化施工系统,例如,隧道的集成化施工系统。在该系统中,包含隧道设计子系统、施工图及施工平面图绘制子系统、施工管理子系统、材料表生成子系统以及施工组织设计书生成子系统等。虽然开发这种集成化系统都伴随着极其庞大的工作量,但使用它极大地提高了工作效率。

4. 在维护管理中的应用

像人有生老病死一样,土木建筑结构物在使用期内也会出现老化、功能下降等情况,因此,对其必须进行适当的维护和管理。一般地,对土木建筑结构物的维护和管理包括定期检查、维修和加固等。

CAD 技术在维护管理中最早的应用是煤气、上下水管线图的计算机管理,其中包含管线的位置以及管线的埋设条件,如管线的材质、管径、埋深等。这样的系统无疑对管路的分析、检查等提供了极大的方便。近年来,出现了以数据库为中心的道路设施维护管理 CAD 系统。这种系统具有两种作用:一种是用于保存定期检查结果等信息,另一种是用于辅助维修和加固的规划设计。

当前,土木建筑“向空间要面积、向地下要根基”的势头日盛,而施工技术和建筑新材料的创新、智能型建筑的兴起等更是对土木工程设计提出了新的挑战。随着计算机技术和土木工程技术的飞速发展,现代 CAD 技术在土木工程中的应用也必将得到进一步的发展。

1.4 土木工程 CAD 的发展趋势

20 世纪 80 年代中期以后是 CAD 向标准化、集成化、网络化、智能化方向发展的时期。标准化指研究开发符合国际标准化组织颁布的产品数据转换标准、制定网络多媒体环境下数据信息的表示和传输标准、制定统一的国家 CAD 技术标准体系。集成化包括软件硬件的集成、不同系统之间的集成以及通过网络多媒体数据库实现异地系统协同共享信息资源等。网络化指充分发挥网络系统的优势,共享昂贵的设备;借助现有的网络,用高性能的 PC 代替昂贵的工作站;在网络上方便地交换设计数据。智能化指将领域专家的知识 and 经验归纳成必要的规则形成知识库,再利用知识的推理机制进行推理和判断,以获得设计专家水平的设计结果。当今计算机技术及相应支撑软件系统的发展日新月异、更新迅速,大大促进了 CAD 技术的发展。土木工程 CAD 技术在软件、系统方面的发展集中在可视化技术、集成化技术、智能化技术、网络化技术、虚拟现实技术和 3S (GIS、GPS、RS) 技术等方面。

(1) 可视化技术。随着 CAD 系统的深入发展其功能越来越多,而 CAD 系统的操作过程就越复杂,成果也越丰富,如何将工程设计和结果清晰直观地表现出来是 CAD 系统能否实用化的关键所在。科学计算可视化 (Visualization In Scientific Computing, VISC) 技术正是基于

上述需求,于 20 世纪 80 年代末期提出并发展起来的一门新技术。它是运用人的视觉对颜色、动作和几何关系等直观模式的识别能力,将科学计算过程、算法及计算结果通过图形、图表、动画等手段直观地表现出来的一门技术。可视化技术作为实现操作过程与功能对接的工具,不仅可以改进传统设计手段,还可以改变设计环境,如 CAD 虚拟环境,使设计者处于虚拟的三维空间进行工程设计,提高设计质量。可视化技术应包括良好的数据输入输出界面、中间数据的实时查询、人机交互的设计过程、可引导可控制的设计流程、设计结果自动处理等内容。

(2) 集成化技术。集成化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进行统一的管理,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。国外发达国家在工程设计领域集成化技术的研究与应用已日趋成熟,能够构成从市场分析、招标投标、工程规划、工程设计到计划进度、质量成本控制、施工与管理等一体的计算机辅助系统。发展集成化技术是当今 CAD 技术的主要趋势之一,与国外发达国家相比,我国工程设计领域在这一方面还存在很大差距,应加快研究、开发、建设和应用集成系统的步伐。CAD 技术的集成化主要体现在系统构造由原来单一功能变成综合功能,出现由 CAD、CAM、CAE、MIS 构成的计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacture, CAM)、计算机辅助工程(Computer Aided Engineering, CAE)、管理信息系统(Management Information System, MIS)。集成化还体现在下列几个方面:一是 CAD 中有关软件和算法不断地被固化,即用集成电路及其功能块来实现有关软件和算法的功能;二是多处理机、并行处理技术用于 CAD 中,使工作速度成百倍增加;三是网络技术在 CAD 中被采用,这样近程和远程资源及成果都能即时共享。当前人工智能和专家系统技术已在 CAD 中逐步被应用,把工程数据库及其管理系统、知识库及专家系统、用户接口管理系统和应用程序系统集成于一体,形成智能计算机辅助设计(Intelligent CAD, ICAD),大大提高了设计的自动化程度。

(3) 智能化技术。智能化 CAD 系统是把人工智能的思想、方法和技术引进到 CAD 领域而产生的,它是 CAD 发展的必然方向。传统 CAD 系统基本上都是采用基于算法的技术,这种方法比较简单,处理的费用比较低,但处理能力局限性较大,特别是缺乏综合和选择、判断的能力,系统在使用时常常需要具有较高的专业知识和较丰富的实践经验的设计人员,通过人机交互手段才能完成设计。智能化 CAD 系统是具有某种程度人工智能的 CAD 系统,是基于知识的技术,目前主要通过 CAD 系统中运用专家系统、知识库系统和人工神经网络等人工智能技术来实现。知识库系统包括知识库的建立和知识库的管理。人工神经网络是以一种简单的方式从结构上来模拟人脑神经元,从而实现模拟人脑思维活动的功能。目前智能化技术已经在光谱分析与解释、疾病诊断、石油探测、市场分析、仪器故障分析、产品分级、图像识别、运动员训练优化、质量控制、语言教学、计算机辅助翻译、金属试验等方面得到了应用,在土木工程领域地基处理中布桩方案的确定也得到了应用。

(4) 网络化技术。利用计算机网络资源共享的特点,可实现网络中的硬件、软件和数据共享,优化资源配置。利用网络信息快速传输、远程通信的特点,它可以将一个复杂的大型工程划分为若干个较小的子工程,分散在几个不同地点的终端上进行协同设计,通过网络将各子工程数据和设计结果进行传输、交换、更新和汇总,最后完成全部设计任务,从而可以加快设计速度,提高设计效率。计算机网络可分为局域网、城域网和广域网。局域网的地理范围一般在 10km 之内,如一个学校的校园网。广域网的地理范围可以很大,从几十千米到几万千米,

即采用远程通信技术把局域网连接起来,如一个城市、国家或洲际网络。城域网介于局域网和广域网之间,一般覆盖一个城市或地区。

(5) 虚拟现实技术。虚拟现实技术是一种逼真地模拟人在自然环境中视觉、听觉、运动等行为的人机界面技术。它将真实世界的各种媒体信息有机地融合进虚拟世界,构造用户能与之进行各个层次的交互处理的虚拟信息空间。一个虚拟现实系统主要由实时计算机图像生成系统、立体图形显示系统、三维交互式跟踪系统、三维数据库及相应的软件组成。虚拟技术的第一个特征是沉浸,让参与者有身临其境的真实感觉;第二个特征是交互,它主要通过使用虚拟交互接口设备实现人类利用自然技能对虚拟环境对象的交互考察与操作;第三个特征是构想,它强调的是三维图形的立体显示。运用虚拟现实技术,可以用狭小的空间代替广阔的空间,可以体验到由于危险、经济代价高昂等原因而达不到的地方,还可以体验到因大小关系而无法体验的事情。利用虚拟现实技术还可以检验设计的合理性,如建筑物的外观、道路线形等。虚拟现实技术在土木工程领域也有广阔的应用前景,如景观表现系统、交通规划系统等。

(6) 3S 技术。3S 技术是地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)和遥感(RS)技术的一种简称。GIS、GPS、RS 三者紧密结合,共同构成一个对地进行观测、处理、分析、制图和工程应用的系统。GIS 是用于采集、模拟、处理、检索、分析和表达地理空间数据的计算机系统。它将现实世界表达成一系列的地理要素和地理现象等地理信息,通过对信息的处理、分析来提供多种空间和动态地理信息,为地理研究和地理决策服务。目前 GIS 技术在城市规划和规划和管理、农作物规划与管理、地下管网规划与管理以及灾害风险预测等方面得到了广泛的应用。GPS 是通过卫星通信、测距和导航来获取地面上静止点和动态点的三维空间坐标。它是一种全新的测量手段,具有测量精度高、速度快、全天候作业、不受通视条件和点位限制等优点。如今 GPS 技术在测绘方面的应用范围越来越广阔,它被用于大地测量、海洋测绘、监测地球板块运动、工程测量等。此外,在军事、交通、通信、地矿、石油、建筑、气象、土地管理等部门也开展了 GPS 技术的研究和应用。RS 技术是在 20 世纪 60 年代发展起来的综合了空间技术、无线电技术、光学技术和计算机技术的一门新技术。它利用光学、电子学、电子光学传感器,不经与被测物体直接接触,远距离接收物体辐射或反射的电磁波信息,经过处理分析,从中提取对研究目标有用的信息。RS 技术促使摄影测量发生了革命性的变化,目前已经发展到比较成熟的阶段,在地理学和环境学方面有着广泛的应用。利用 RS 技术可以对灾害范围进行实时跟踪和监控。利用卫星照片或航片上含有的丰富信息,通过立体观察和照片判读来获取道路沿线的各种地质、地貌、水文、建材等资料。

第 2 章 AutoCAD 绘图系统

本章主要介绍 AutoCAD 绘图系统的基本概念，以及如何快速入门，包括如何打开、关闭并管理图形，利用 AutoCAD 窗口组件高效、快速地绘图和设计。

2.1 AutoCAD 概述

近年来，随着计算机技术、信息技术以及网络技术的成熟和飞速发展，计算机辅助设计技术得到了充分的发展和應用。计算机辅助设计已被越来越多的行业和领域（如机械、电子、航空、航天、轻工、纺织等）普遍接受。CAD 技术具有高效益、更新快等特点，它的发展和應用水平已成为衡量一个国家科技和工业现代化水平的重要标志之一。

AutoCAD 2014 是应当今技术的快速发展和用户的需求而开发的面向 21 世纪的 CAD 软件包，实现了向 Windows/Objects/Web 的战略性转移，体现了世界 CAD 技术的发展趋势。它的推出正迅速而深刻地影响着人们设计和绘图的基本方式。

AutoCAD 2014 从概念设计到草图和局部详图，提供了创建、展示、记录和共享构想所需的所有功能。AutoCAD 2014 将用户惯用的 AutoCAD 命令和熟悉的用户界面与更新的设计环境结合起来，能够以前所未有的方式实现并探索构想。

1. 概念设计

更新的概念设计环境使实体和曲面的创建、编辑和导航变得简单且直观。所有工具都集中在一个位置，因此可以方便地将构想转化为设计。改进的导航工具使设计人员可以在创建和编辑期间直接与其模型进行交互，从而可以更加有效地对备选设计进行筛选。

2. 可视化工具

无论处于项目生命周期中的哪个阶段，在 AutoCAD 2014 中用户都可以通过强大的可视化工具（例如漫游动画和真实渲染）来表达所构思的设计。通过新的动画工具，可以在设计过程早期发现设计缺陷，而不是在缺陷可能变得难以解决时才发现它们。

3. 文档

有时必须将设计付诸实现，在此情况下，AutoCAD 2014 可以方便快捷地将设计模型转化为一组构造文档，以便清晰准确地描绘要构建的内容。截面和展平工具使用户可以直接通过设计模型进行操作来创建截面和视图，随后可以将其集成到图形中。由于无需为设计文档包重新创建模型信息，因此，能够节省时间和资金，并避免在手动重新创建期间可能发生的任何错误。

4. 共享

AutoCAD 2014 扩展了已有的功能强大的共享工具（例如，可将当前 DWG 文件输出为旧版本的 DWG 文件，而且可以输出和输入具有红线圈阅和标记信息的 DWF 文件），并且改进了输入并将 DWF 文件作为图形参考底图进行操作的功能。