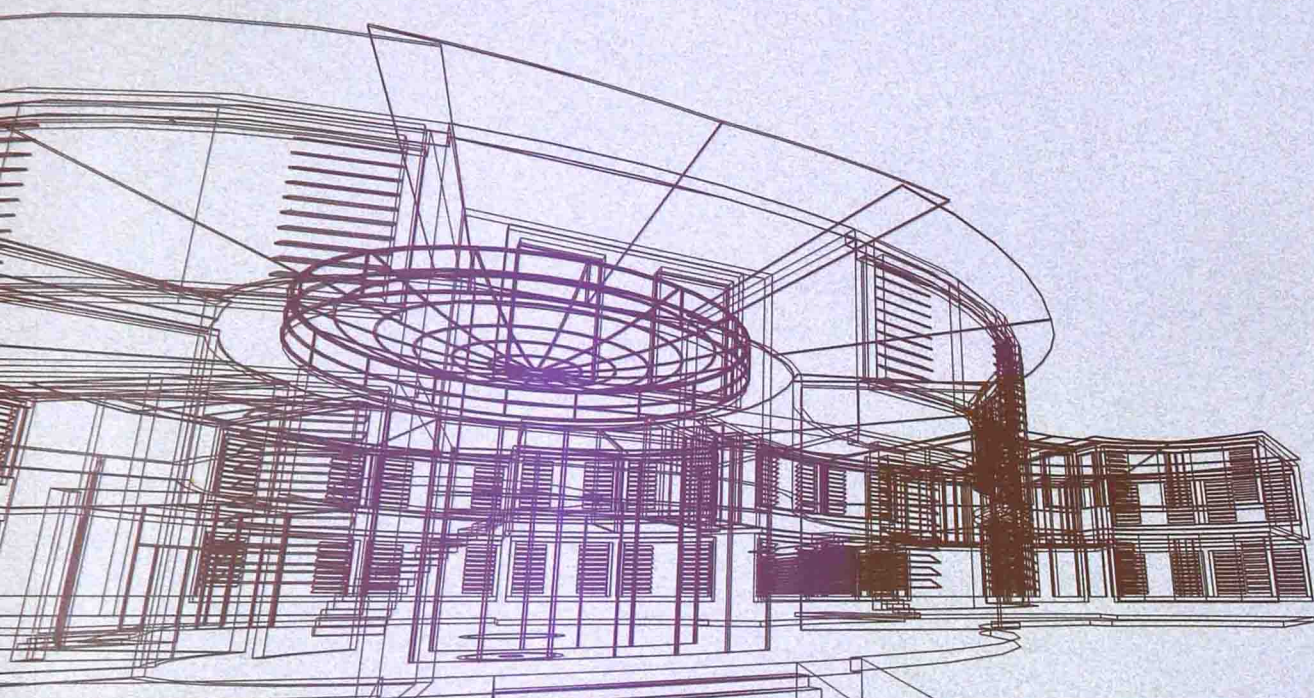




普通高等院校“十二五”规划教材



土木工程CAD 软件应用教程

TUMU GONGCHENG CAD
RUANJIAN-YINGYONG JIAOCHENG

主编 董强 刘勇



国防工业出版社

National Defense Industry Press

土木工程 CAD 软件应用教程

主 编 董 强 刘 勇
副主编 赵晓华 范圣伟 曾宪宝
参 编 罗发明



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是针对高等学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,全书共16章,可分为两部分。第1~10章为第一部分,主要介绍AutoCAD 2014的基本操作和高级技能;第11~16章为第二部分,特别推荐了当前土木工程学科常用的一系列专业设计软件,每章介绍一种软件,图文并茂,深入浅出,便于学生领会贯通。

本书通俗易懂、方便自学,可作为高等院校土木工程专业学生的基础教程,也可作为道路工程、桥梁工程、建筑工程等行业的从业人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程 CAD 软件应用教程 / 董强, 刘勇主编. —北京:
国防工业出版社, 2014. 9
ISBN 978-7-118-09687-3

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—教材 IV. ①TU204-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 221063 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 493 千字

2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

本书根据最新专业制图规范要求、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。土木工程学科涵盖了道路、铁路、桥梁、建筑、水利、地下工程等多个学科,本书主要介绍道路工程、桥梁工程和建筑工程三个学科的 CAD 知识和技术。

本书是为满足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,全书分 16 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;道路线路工程辅助设计软件——纬地 HintCAD 软件;桥梁 CAD 软件——海地桥梁工程师系统;地形图绘制专业软件——CASS;工程量清单计价软件——纵横公路工程造管理软件。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、铁道工程等专业方向的本、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、刘勇主编,赵晓华、范圣伟、曾宪宝副主编,罗发明参编。编写分工如下:第 1、8、14 章由刘勇编写;第 2、3 章由曾宪宝编写;第 4、9、10 章由范圣伟编写;第 5、11、12、13 章由董强编写;第 6、7、15 章由赵晓华编写;第 16 章由珠海纵横创新软件有限公司罗发明编写。另外,土木 115 班的李登同学参与部分图形的绘制与采集,在此表示感谢。

本书由王喜仓教授主审,他对本书提出了若干建设性的修改意见,在此深表感谢!

由于时间仓促,不足之处在所难免,恳请批评指正。

编 者

2014 年 7 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 CAD 的发展历史	1
1.2 CAD 的主要应用领域	2
1.3 CAD 在土木工程中的应用	3
1.4 土木工程 CAD 的发展趋势	5
第 2 章 AutoCAD 绘图系统	8
2.1 AutoCAD 概述	8
2.2 AutoCAD 的基本操作	9
2.2.1 启动 AutoCAD	9
2.2.2 AutoCAD 窗口操作	10
2.2.3 常用功能键	12
2.3 图形文件的使用	12
2.3.1 用新建(NEW)命令建立一幅新图	12
2.3.2 打开一幅旧图	12
2.3.3 保存图形	13
2.3.4 关闭图形	13
2.3.5 快捷菜单的使用	13
第 3 章 绘图入门	16
3.1 国家标准《工程制图》的有关规定设置	16
3.1.1 图纸幅面的设置	16
3.1.2 文字样式	17
3.1.3 图层、线型、颜色、线宽的设置	17
3.1.4 设置尺寸标注样式	18
3.2 基本绘图命令	20
3.2.1 直线(Line)命令	20
3.2.2 矩形(Rectanglf)命令	21
3.2.3 画圆(Circle)命令	21
3.2.4 圆弧(Arc)命令	22
3.3 基本编辑命令	23
3.3.1 选择对象	23

3.3.2	删除(Erase)命令	24
3.3.3	移动(Move)命令	25
3.3.4	复制对象	26
3.3.5	偏移(Offset)命令	27
3.3.6	修剪(Trim)命令	27
3.4	精确绘图	28
3.4.1	调整捕捉和栅格对齐方式	28
3.4.2	捕捉对象上的几何点	30
3.4.3	使用自动追踪	31
3.5	基本尺寸标注	32
3.5.1	尺寸标注的组成及类型	33
3.5.2	基本尺寸标注命令	33
3.6	屏幕显示	35
3.6.1	实时缩放和平移	35
3.6.2	定义缩放窗口	36
3.6.3	显示前一个视图	36
3.6.4	按比例缩放视图	36
3.6.5	显示图形界限和范围	37
3.7	实训	37
3.7.1	基本操作练习	37
3.7.2	简单平面图形作图	39
第4章	绘图命令	41
4.1	绘椭圆和椭圆弧	41
4.1.1	绘制椭圆	41
4.1.2	绘制椭圆弧	41
4.2	绘制等边多边形	42
4.3	多段线和多线	43
4.3.1	多段线(带宽度的实体)	43
4.3.2	多线	44
4.4	绘制样条曲线	47
4.5	绘制点	48
4.5.1	绘制单点或多点	48
4.5.2	绘制等分点	48
4.5.3	绘制测量点	49
4.6	AutoCAD 的图案填充	49
4.6.1	定义图案填充边界	50
4.6.2	图案填充的操作	50
4.6.3	剖面线填充示例	51
4.7	绘圆环或填充圆	52

4.7.1	绘制圆环	52
4.7.2	绘制填充圆	52
4.8	文字标注	53
4.8.1	设置文字样式	53
4.8.2	单行文字的输入	53
4.8.3	多行文字	56
4.9	表格	56
4.9.1	创建表格样式	56
4.9.2	插入表格	58
4.10	实训	59
4.10.1	平面图形作图	59
4.10.2	绘制剖视图	61
第5章	编辑命令	63
5.1	图形编辑的选择方式	63
5.1.1	对象选取方法	63
5.1.2	对话框确定选择目标	63
5.2	图形编辑命令	64
5.2.1	旋转(Rotate)命令	64
5.2.2	镜像(Mirror)命令	65
5.2.3	比例(Scale)命令	65
5.2.4	阵列(Array)命令	66
5.2.5	拉伸(Stretch)命令	67
5.2.6	延伸(Extend)命令	67
5.2.7	断开(Break)命令	68
5.2.8	圆角(Fillet)命令	68
5.2.9	倒角(Chamfer)命令	68
5.2.10	打散(Explode)命令	69
5.2.11	多段线编辑(Pedit)命令	69
5.2.12	文字编辑(Ddedit)命令	70
5.2.13	多线编辑(Mledit)命令	71
5.2.14	图案填充编辑	73
5.2.15	对象特性	73
5.3	实训	74
5.3.1	绘制平面图形	74
5.3.2	三视图的绘制方法和步骤	77
第6章	尺寸标注	81
6.1	尺寸标注的基本方法	81
6.1.1	尺寸标注的组成及类型	81

6.1.2	尺寸标注(Dim)命令	82
6.2	尺寸变量	84
6.2.1	尺寸变量显示(Status)命令	84
6.2.2	尺寸变量的改变	84
6.3	尺寸的标注编辑	85
6.3.1	用特性管理器修改尺寸特性	86
6.3.2	编辑尺寸(Dimedit)命令	86
6.3.3	尺寸标注的编辑	86
6.3.4	修改尺寸文本的位置	87
6.3.5	更新尺寸标注(Update)命令	87
6.4	实训	87
第7章	图形的显示与图层	89
7.1	图形显示	89
7.1.1	图形缩放(Zoom)命令	89
7.1.2	平移(Pan)命令	89
7.1.3	重画(Redraw)与重生(Regen)命令	89
7.1.4	图形信息的查询	90
7.2	图层、线型和颜色命令	90
7.2.1	图层	90
7.2.2	线型(Linetype)命令	93
7.2.3	颜色(Color)命令	95
7.3	实训	97
7.3.1	图层、线型、颜色综合应用	97
7.3.2	房屋平面图的绘制方法和步骤	98
7.3.3	断面图的绘制方法和步骤	100
第8章	块与外部参照	103
8.1	块的生成和使用	103
8.1.1	块的定义	103
8.1.2	块的使用	104
8.2	块属性及其应用	107
8.2.1	建立块属性	107
8.2.2	插入带有属性的块	108
8.2.3	抽取属性数据	109
8.3	外部参照	110
8.3.1	外部参照	110
8.3.2	附着外部参照	111
8.3.3	绑定外部参照	112
8.4	实训	112

8.4.1	工程图的绘制方法和步骤	112
8.4.2	标准件绘制方法和步骤	115
8.4.3	由零件图拼画装配图	116
第9章	绘制三维实体	120
9.1	坐标系的建立	120
9.1.1	用户坐标系 UCS 命令	120
9.1.2	管理已定义的 UCS	121
9.2	三维图形显示	121
9.2.1	轴测视图和正交视图	122
9.2.2	视点 (Vpoint)	122
9.2.3	动态观察 (3D orbit)	122
9.3	三维图形绘制	123
9.3.1	等轴测图的绘制	123
9.3.2	三维实体绘制	124
9.4	三维实体的编辑	126
9.4.1	三维实体的剖切与圆滑	126
9.4.2	布尔运算	127
9.4.3	三维阵列	127
9.5	三维表面的绘制	128
9.5.1	基本形体表面绘制	128
9.5.2	绘制三维面 (3Dface)	128
9.5.3	绘制直纹面	129
9.5.4	绘制旋转曲面	129
9.6	三维图形的视觉处理	129
9.6.1	三维图形的消隐	130
9.6.2	三维图形的视觉样式	130
9.6.3	渲染	131
9.7	实训	137
第10章	图形输出	142
10.1	打印图形	142
10.1.1	打印样式	142
10.1.2	样式管理器	143
10.1.3	打印样式表编辑器	143
10.1.4	打印输出	144
10.2	图形格式转换	146
10.3	实训	146

第 11 章	快速建模 SketchUp 8.0	148
11.1	SketchUp 8.0 概述	148
11.1.1	SketchUp 8.0 的特点	148
11.1.2	SketchUp 8.0 新增功能简介	148
11.1.3	SketchUp 8.0 工作界面	148
11.2	SketchUp 8.0 的工具栏	150
11.2.1	绘图工具栏	151
11.2.2	常用工具栏	153
11.2.3	编辑工具栏	156
11.2.4	构造工具栏	161
11.2.5	相机工具栏	164
11.2.6	漫游工具栏	166
11.3	SketchUp 8.0 的辅助工具	167
11.3.1	视图工具栏	167
11.3.2	风格工具栏	167
11.3.3	图层工具栏	169
11.3.4	剖切工具栏	169
11.3.5	阴影工具栏	170
第 12 章	天正建筑 TArch 8.2	173
12.1	简介	173
12.2	天正建筑 TArch 8.2 的基本使用方法	174
12.3	TArch 8.2 基本参数设置	175
12.4	轴网绘制	175
12.4.1	绘制直线轴网	175
12.4.2	轴改线型	178
12.5	轴线标注	178
12.5.1	两点轴标	178
12.5.2	操作示例	179
12.6	轴号编辑	181
12.6.1	调整轴号位置	181
12.6.2	轴号编号修改	181
12.7	墙体的绘制与修改	183
12.7.1	墙体的绘制	183
12.7.2	墙体高度的修改	184
12.8	柱子的创建与修改	186
12.8.1	标准柱	186
12.8.2	柱子高度修改	186
12.8.3	柱齐墙边	189

12.8.4	三维模型显示	190
12.9	门窗的插入与修改	191
12.9.1	门窗对话框概述	191
12.9.2	首层平面图门窗的插入	192
12.10	楼梯绘制	194
12.10.1	直线梯段	194
12.10.2	双跑楼梯	196
12.11	台阶	197
12.11.1	添加两根标准柱	197
12.11.2	台阶	198
12.12	镜像处理	201
12.12.1	镜像	201
12.12.2	修改上下开轴号及两道尺寸线	202
12.12.3	楼梯修改	204
12.13	尺寸、文字及符号标注	204
12.13.1	门窗标注	204
12.13.2	墙厚标注	205
12.13.3	文字标注	206
12.13.4	符号标注	206
12.14	生成立面图	210
12.14.1	新建工程	210
12.14.2	添加图纸	210
12.14.3	建立楼层表	211
12.14.4	生成立面	212
12.15	细化立面图	213
12.15.1	构件立面	213
12.15.2	立面门窗	213
12.15.3	立面阳台	214
12.15.4	立面屋顶	214
12.15.5	雨水管线	215
12.16	生成与细化剖面图	217
12.16.1	生成剖面图	217
12.16.2	加深剖面图	217
12.16.3	修饰剖面图	220
第 13 章	纬地道路 HintCAD	223
13.1	系统主要功能	223
13.1.1	路线辅助设计	223
13.1.2	互通式立交辅助设计	224
13.1.3	数字化地面模型应用(DTM)	225

13.1.4	公路三维真实模型的建立(3DRoad)	226
13.1.5	平交口自动设计	226
13.1.6	其他功能	226
13.1.7	数据输入与准备	226
13.1.8	输出成果	226
13.2	系统应用常规步骤	227
13.2.1	常规公路施工图设计项目	227
13.2.2	低等级公路设计项目	228
13.3	纬地设计向导	228
13.4	平曲线的“交点设计法”	233
13.4.1	交点设计法简介	233
13.4.2	主线平面设计主对话框功能介绍	234
13.5	纵断面地面线数据输入	236
13.6	横断面地面线数据输入	237
13.7	纵断面动态拉坡设计	238
13.8	路线纵断面图绘制	240
13.9	横断面设计与绘图	242
13.9.1	设计控制	243
13.9.2	土方控制	244
13.9.3	绘图控制	245
13.9.4	生成土方数据文件	246
13.9.5	桩号列表和绘图范围	246
13.9.6	绘横断面地面线按钮	246
13.9.7	设计绘图按钮	246
第 14 章	海地桥梁 HardBE 2013 系统	248
14.1	桥型总体布置图	248
14.1.1	总体说明	248
14.1.2	操作步骤	249
14.2	桥梁上部结构	254
14.2.1	总体说明	254
14.2.2	简支板设计步骤	254
14.2.3	简支板类型及参数说明	254
14.3	拱桥	256
14.3.1	总体说明	256
14.3.2	操作步骤	256
14.3.3	参数说明	257
14.4	柱式墩台	257
14.4.1	总体说明	257
14.4.2	操作步骤	258

14.4.3	参数说明	259
14.5	重力式墩台	260
14.5.1	总体说明	260
14.5.2	功能及操作步骤	260
14.5.3	参数说明	261
14.6	石砌轻型墩台	261
14.6.1	总体说明	261
14.6.2	功能	261
14.6.3	参数说明	262
14.7	钢筋混凝土薄壁墩台	262
14.7.1	总体说明	262
14.7.2	功能	262
14.7.3	参数说明	262
第 15 章	工程测绘软件 CASS 9.0	264
15.1	CASS 9.0 快速入门	264
15.2	道路断面法土方计算	275
15.3	断面图的绘制	283
15.4	公路曲线设计	285
15.4.1	单个交点处理	285
15.4.2	多个交点处理	286
15.5	面积应用	289
第 16 章	纵横公路造价软件	291
16.1	道桥工程概预算编制	291
16.1.1	程序功能及流程说明	291
16.1.2	预算编制示例	298
16.2	道桥工程报价编制	302
16.2.1	程序功能及流程说明	302
16.2.2	报价编制示例	304
参考文献		308

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,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,它是近代计算机科学、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 1)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 FOR II(1958 年)、ALGOR-60(1960 年)、COBOL(1960 年)、FOR 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,实现人机交互式地工作,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 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,它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,是这方面的先驱例子。此后几年,美国麻省理工学院、贝尔电话实验室、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。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 技术应用的典型。

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。在这里仅做一些简单的介绍。

(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(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS),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,特别是微型计算机 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。

另外,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。

特别说明两点: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是应用在结构设计中的。所以,设计 CAD 系统的历史较长,发展比较成熟。据有关资料,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。例如目前我国建筑工程设计中应用最广泛的系统,是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