

21世纪高等教育计算机规划教材

COMPUTER

AutoCAD

应用教程（第2版）

AutoCAD and Its Applications

■ 李善锋 姜东华 姜勇 主编

■ 赵艳 邵东伟 副主编

— 即学即练掌握命令功能

— 综合练习提升绘图效率

— 专业绘图培养工作能力



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

C14009097

TP391.72
1243-2

21世纪高等教育计算机规划教材

COMPUTER

AutoCAD

应用教程 (第2版)

AutoCAD and Its Applications

■ 李善锋 姜东华 姜勇 主编

■ 赵艳 邵东伟 副主编



北航

C1697956

人民邮电出版社

北京

TP391.72

1243-2

图书在版编目(CIP)数据

AutoCAD应用教程 / 李善锋, 姜东华, 姜勇主编. —
2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2013. 11
21世纪高等教育计算机规划教材
ISBN 978-7-115-33010-9

I. ①A… II. ①李… ②姜… ③姜… III. ①
AutoCAD软件—高等学校—教材 IV. ①TP391.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第223436号

内 容 提 要

本书系统介绍了 AutoCAD 2012 中文版的基本功能及用 AutoCAD 绘制二维、三维图形的方法和提高作图效率的技巧。在内容编排上, 本书突出实用性, 强调理论与实践相结合。在介绍理论知识的同时, 书中提供了大量实践性教学内容, 重点培养学生的绘图技能及解决实际问题的能力。

全书共有 17 章, 其中第 1~11 章主要介绍二维图形绘制及编辑命令、查询图形几何信息、书写文字、标注尺寸、图块及外部引用等; 第 12~13 章介绍机械及建筑图的绘制方法与技巧; 第 14~16 章介绍三维绘图基本知识及如何创建三维实体模型; 第 17 章则通过实例介绍了输出图形的方法。

本书可作为高等院校机械、建筑、电子及工业设计等专业计算机辅助绘图课程的教材, 也可作为初学者和广大工程技术人员的自学用书。

◆ 主 编 李善锋 姜东华 姜 勇

副 主 编 赵 艳 邵东伟

责任编辑 武恩玉

责任印制 彭志环 杨林杰

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京鑫正大印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 21.5

字数: 589 千字

2013 年 11 月第 2 版

2013 年 11 月北京第 1 次印刷

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

第2版前言

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司研发的一款优秀的计算机辅助设计及绘图软件,其应用范围遍及机械、建筑、航天、轻工及军事等领域。由于它具有易于学习、使用方便、体系结构开放等优点,因而深受广大工程技术人员喜爱。

作为当代大学生,掌握 CAD 技术的基础应用软件——AutoCAD 是十分必要的,学习过程中要了解该软件的基本功能,但更为重要的是要结合专业,学会利用软件解决实际问题。本书编者从事 CAD 教学及科研工作十几年,在教学中发现许多学生仅仅是学会了 AutoCAD 的基本命令,而面对实际问题时却束手无策,这与 AutoCAD 课程的教学内容及方法有直接的、密切的关系。于是,我们结合十几年的教学经验及体会,编写了这本全新的 AutoCAD 教材,在介绍理论知识的同时,提供了大量实践性教学内容,以重点培养学生的绘图技能及解决实际问题的能力。

本书突出实用性,强调理论与实践相结合,具有以下特色。

(1)在充分考虑课程教学内容及特点的基础上组织本书内容及编排方式,书中既介绍了 AutoCAD 的基础理论知识,又提供了非常丰富的绘图练习,便于教师采取“边讲边练”的教学方式。

(2)在内容的组织上突出了实用的原则,精心选取 AutoCAD 的一些常用功能及与工程绘图密切相关的知识构成全书的主要内容。

(3)以绘图实例贯穿全书,将理论知识融入大量的实例中,使学生在实际绘图过程中不知不觉地掌握理论知识,提高绘图技能。

(4)本书专门安排两章内容介绍用 AutoCAD 绘制机械图及建筑图的方法。通过这部分内容的学习,学生可以了解用 AutoCAD 绘制工程图的特点,并掌握一些实用的作图技巧。

本书参考学时为 64 学时,各章的教学课时可参考下面的学时分配表。

章节	课程内容	学 时	
		讲授	实训
第 1 章	AutoCAD 用户界面及基本操作	0.5	0.5
第 2 章	设置图层、线型、线宽及颜色	0.5	0.5
第 3 章	基本绘图与编辑(一)	4	8
第 4 章	基本绘图与编辑(二)	4	8
第 5 章	高级绘图与编辑	1	1
第 6 章	复杂图形绘制实例	1	3
第 7 章	查询图形信息	1	1
第 8 章	在图形中添加文字	1	1
第 9 章	标注尺寸	1	1
第 10 章	参数化绘图	1	1
第 11 章	图块及外部引用	1	1

续表

章节	课程内容	学 时	
		讲授	实训
第 12 章	机械绘图实例	2	6
第 13 章	建筑绘图实例	2	4
第 14 章	三维绘图基础	1	1
第 15 章	创建 3D 实体、曲面及投影视图	1	1
第 16 章	编辑 3D 对象	1	1
第 17 章	打印图形	1	1
学时总计		24	40

本书所附相关素材，请到人民邮电出版社教学服务与资源网（www.ptpedu.com.cn）上免费下载。书中用到的“.dwg”图形文件都按章收录在素材的“dwg\第x章”文件夹下，任课教师可以调用和参考这些图形文件。

参加本书编写工作的还有沈精虎、黄业清、宋一兵、谭雪松、冯辉、郭英文、计晓明、董彩霞、滕玲、管振起等。由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者

2013 年 7 月

初 学		学习内容	章节
安装	安装	AutoCAD 用户界面及基本操作	第 1 章
2.0	2.0	坐标输入、坐标、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 2 章
2.0	2.0	（一）圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 3 章
2.0	2.0	（二）圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 4 章
2.0	2.0	圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 5 章
2.0	2.0	圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 6 章
2.0	2.0	圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 7 章
2.0	2.0	圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 8 章
2.0	2.0	圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 9 章
2.0	2.0	圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 10 章
2.0	2.0	圆、圆弧、椭圆、椭圆弧	第 11 章

目 录

第 1 章 AutoCAD 用户界面及

基本操作.....1

1.1 CAD 技术简介.....1

1.2 AutoCAD 的发展及基本功能.....4

1.3 了解用户界面并学习基本操作.....5

1.3.1 AutoCAD 用户界面.....5

1.3.2 用 AutoCAD 绘图的基本过程.....7

1.3.3 切换工作空间.....10

1.3.4 调用命令.....10

1.3.5 鼠标操作.....11

1.3.6 选择对象的常用方法.....11

1.3.7 删除对象.....13

1.3.8 撤销和重复命令.....13

1.3.9 取消已执行的操作.....13

1.3.10 快速缩放及移动图形.....13

1.3.11 利用矩形窗口放大视图及返回

上一次的显示.....14

1.3.12 将图形全部显示在窗口中.....15

1.3.13 设定绘图区域的大小.....15

1.3.14 预览打开的文件及

在文件间切换.....16

1.3.15 上机练习——布置用户界面及

设定绘图区域大小.....17

1.4 模型空间及图纸空间.....18

1.5 AutoCAD 多文档设计环境.....18

1.6 图形文件管理.....19

1.6.1 新建、打开及保存图形文件.....19

1.6.2 输入及输出其他格式文件.....21

1.7 习题.....22

第 2 章 设置图层、线型、线宽及

颜色.....24

2.1 创建及设置图层.....24

2.2 控制图层状态.....26

2.3 有效地使用图层.....27

2.3.1 切换当前图层.....27

2.3.2 使某一个图形对象所在的图层

成为当前层.....28

2.3.3 修改图层状态.....28

2.3.4 修改已有对象的图层.....28

2.4 改变对象颜色、线型及线宽.....29

2.4.1 修改对象颜色.....29

2.4.2 设置当前颜色.....29

2.4.3 修改已有对象的线型或线宽.....29

2.4.4 设置当前线型或线宽.....30

2.5 管理图层.....30

2.5.1 排序图层及按名称搜索图层.....30

2.5.2 使用图层特性过滤器.....30

2.5.3 删除图层.....31

2.5.4 重新命名图层.....32

2.6 修改非连续线型外观.....32

2.6.1 改变全局线型比例因子以

修改线型外观.....32

2.6.2 改变当前对象线型比例.....33

2.7 习题.....33

第 3 章 基本绘图与编辑（一）.....35

3.1 绘制线段.....35

3.1.1 输入点的坐标画线.....36

3.1.2 使用对象捕捉精确画线.....37

3.1.3 利用正交模式辅助画线.....39

3.1.4 结合极轴追踪、自动追踪功能

画线.....40

3.1.5 利用动态输入及动态提示功能

画线.....42

3.1.6 调整线条长度.....43

3.1.7 剪断线段.....44

3.1.8 例题——画线的方法.....45

3.2 延伸、打断对象.....46

3.2.1 延伸线条.....	46	多边形.....	72
3.2.2 打断线条.....	47	4.2 绘制均布及对称几何特征.....	72
3.3 画平行线.....	48	4.2.1 矩形阵列对象.....	73
3.3.1 用 OFFSET 命令绘制平行线.....	48	4.2.2 环形阵列对象.....	74
3.3.2 利用平行捕捉“PAR” 绘制平行线.....	49	4.2.3 沿路径阵列对象.....	75
3.3.3 例题二——用 OFFSET 和 TRIM 命令构图.....	49	4.2.4 编辑关联阵列.....	76
3.4 画垂线、斜线及切线.....	50	4.2.5 镜像对象.....	76
3.4.1 利用垂足捕捉“PER”画垂线.....	51	4.2.6 例题二——练习阵列及镜像命令.....	77
3.4.2 利用角度覆盖方式画垂线及 倾斜线段.....	51	4.3 旋转及对齐图形.....	78
3.4.3 用 XLINE 命令画任意角度斜线.....	51	4.3.1 旋转实体.....	79
3.4.4 画切线.....	52	4.3.2 对齐实体.....	79
3.4.5 例题三——画斜线、切线及 垂线的方法.....	53	4.3.3 例题三——用旋转及 对齐命令绘图.....	80
3.5 画圆及圆弧连接.....	55	4.4 拉伸图形对象.....	81
3.5.1 画圆.....	55	4.5 按比例缩放对象.....	82
3.5.2 画圆弧连接.....	55	4.6 关键点编辑方式.....	83
3.5.3 例题四——画简单圆弧连接.....	56	4.6.1 利用关键点拉伸对象.....	83
3.6 移动及复制对象.....	57	4.6.2 利用关键点移动及复制对象.....	84
3.6.1 移动对象.....	57	4.6.3 利用关键点旋转对象.....	85
3.6.2 复制对象.....	58	4.6.4 利用关键点缩放对象.....	85
3.6.3 用 MOVE 及 COPY 命令绘图.....	59	4.6.5 利用关键点镜像对象.....	86
3.7 倒圆角和倒角.....	60	4.7 绘制断裂线.....	87
3.7.1 倒圆角.....	60	4.8 填充剖面图案.....	88
3.7.2 倒角.....	61	4.8.1 填充封闭区域.....	88
3.8 综合练习一——画线段构成的图形.....	61	4.8.2 填充不封闭的区域.....	89
3.9 综合练习二——用 OFFSET 和 TRIM 命令构图.....	63	4.8.3 填充复杂图形的方法.....	89
3.10 综合练习三——画线段及圆弧连接.....	64	4.8.4 使用渐变色填充图形.....	90
3.11 综合练习四——画直线及圆弧连接.....	65	4.8.5 剖面线的比例.....	90
3.12 习题.....	66	4.8.6 剖面线角度.....	90
第4章 基本绘图与编辑(二)	69	4.8.7 编辑图案填充.....	91
4.1 绘制多边形.....	69	4.9 编辑图形元素属性.....	91
4.1.1 画矩形.....	69	4.9.1 用 PROPERTIES 命令 改变对象属性.....	92
4.1.2 画正多边形.....	70	4.9.2 对象特性匹配.....	93
4.1.3 画椭圆.....	71	4.10 综合练习一——画具有均布特征的 图形.....	94
4.1.4 例题一——画矩形、椭圆及 多边形.....	72	4.11 综合练习二——创建矩形阵列及 环形阵列.....	95
		4.12 综合练习三——画由多边形、 椭圆等对象组成的图形.....	97

4.13 综合练习四——利用已有图形 生成新图形	98
4.14 习题	100

第5章 高级绘图与编辑

5.1 绘制多段线	103
5.2 编辑多段线	104
5.3 多线	105
5.3.1 创建多线	105
5.3.2 创建多线样式	106
5.3.3 编辑多线	107
5.4 用多段线及多线命令绘图的实例	108
5.5 画云状线	110
5.6 徒手画线	110
5.7 点对象	111
5.7.1 设置点样式	111
5.7.2 创建点	111
5.7.3 画测量点	112
5.7.4 画等分点	112
5.8 绘制填充圆环	113
5.9 画射线	114
5.10 画实心多边形	114
5.11 分解对象	115
5.12 面域造型	115
5.12.1 创建面域	116
5.12.2 并运算	116
5.12.3 差运算	117
5.12.4 交运算	117
5.12.5 面域造型应用实例	118
5.13 习题	119

第6章 复杂图形绘制实例

6.1 画复杂平面图形的的方法	121
6.1.1 创建图形主要定位线	121
6.1.2 画主要已知线段	122
6.1.3 画主要连接线段	123
6.1.4 画次要细节特征定位线	123
6.1.5 画次要特征已知线段	124
6.1.6 画次要特征连接线段	125
6.1.7 修饰平面图形	126

6.2 例题一——画具有均布特征的 复杂图形	126
6.3 例题二——画倾斜图形的技巧	128
6.4 例题三——画三视图的方法	129
6.5 例题四——创建矩形及环形阵列	132
6.6 例题五——掌握绘制复杂平面图形的 一般方法	133
6.7 例题六——作图技巧训练	134
6.8 例题七——用 ROTATE 和 ALIGN 命令绘制倾斜图形	136
6.9 例题八——画三视图	137
6.10 习题	139

第7章 查询图形信息

7.1 获取点的坐标	141
7.2 测量距离	141
7.3 计算图形面积及周长	142
7.4 列出对象的图形信息	143
7.5 查询图形信息综合练习	144
7.6 习题	145

第8章 在图形中添加文字

8.1 文字样式	146
8.1.1 创建文字样式	146
8.1.2 修改文字样式	147
8.2 单行文字	148
8.2.1 创建单行文字	148
8.2.2 单行文字的对齐方式	149
8.2.3 在单行文字中加入特殊符号	149
8.2.4 用 DTEXT 命令填写 标题栏实例	150
8.3 使用多行文字	151
8.3.1 多行文字编辑器	151
8.3.2 创建多行文字	153
8.3.3 添加特殊字符	154
8.3.4 在多行文字中设置不同字体 及字高	155
8.3.5 创建分数及公差形式文字	156
8.4 编辑文字	156
8.4.1 修改文字内容	156

8.4.2 改变字体及字高	157	典型标注形式	183
8.4.3 调整多行文字边界宽度	157	9.6 引线标注	184
8.4.4 为文字指定新的文字样式	158	9.7 尺寸及形位公差标注	186
8.5 填写明细表的技巧	159	9.7.1 标注尺寸公差	186
8.6 创建表格对象	160	9.7.2 标注形位公差	187
8.6.1 表格样式	160	9.8 快速标注	188
8.6.2 创建及修改空白表格	161	9.9 编辑尺寸标注	189
8.6.3 在表格对象中填写文字	164	9.9.1 修改尺寸标注文字	190
8.7 习题	165	9.9.2 改变尺寸界线及文字的 倾斜角度	190
第9章 标注尺寸	167	9.9.3 利用关键点调整标注位置	191
9.1 尺寸样式	167	9.9.4 编辑尺寸标注属性	191
9.1.1 尺寸标注的组成元素	167	9.9.5 更新标注	192
9.1.2 创建尺寸样式	168	9.10 尺寸标注例题一	192
9.1.3 控制尺寸线、尺寸界线	169	9.11 尺寸标注例题二	194
9.1.4 控制尺寸箭头及圆心标记	170	9.12 习题	197
9.1.5 控制尺寸文本外观和位置	170	第10章 参数化绘图	198
9.1.6 调整箭头、标注文字及尺寸界线 的位置关系	171	10.1 几何约束	198
9.1.7 设置线性及角度尺寸精度	173	10.1.1 添加几何约束	198
9.1.8 设置不同单位尺寸间的换算格式 及精度	174	10.1.2 编辑几何约束	200
9.1.9 设置尺寸公差	174	10.1.3 修改已添加几何约束的对象	201
9.1.10 修改尺寸标注样式	175	10.2 尺寸约束	201
9.1.11 标注样式的覆盖方式	176	10.2.1 添加尺寸约束	201
9.1.12 删除和重命名标注样式	176	10.2.2 编辑尺寸约束	204
9.2 标注尺寸的准备工作	177	10.2.3 用户变量及方程式	204
9.3 创建长度型尺寸	177	10.3 参数化绘图的一般步骤	206
9.3.1 标注水平、竖直及 倾斜方向尺寸	177	10.4 综合训练——利用参数化功能绘图	209
9.3.2 创建对齐尺寸	178	10.5 习题	212
9.3.3 创建连续型及基线型尺寸标注	179	第11章 图块及外部引用	213
9.4 创建角度尺寸	180	11.1 图块	213
9.4.1 利用尺寸样式覆盖方式 标注角度	181	11.1.1 创建图块	213
9.4.2 使用角度尺寸样式簇标注角度	181	11.1.2 插入图块或外部文件	214
9.5 直径和半径型尺寸	182	11.1.3 定义图形文件的插入基点	215
9.5.1 标注直径尺寸	182	11.1.4 参数化动态块	215
9.5.2 标注半径尺寸	183	11.1.5 利用表格参数驱动动态块	216
9.5.3 直径及半径尺寸的几种	184	11.2 块属性	218
		11.2.1 创建及使用块属性	218
		11.2.2 编辑属性定义	220

11.2.3 编辑块的属性	221	13.4 习题	251
11.3 块及属性综合练习——创建表面粗糙度块	221	第 14 章 三维绘图基础	253
11.4 使用外部引用	222	14.1 三维建模空间	253
11.4.1 引用外部图形	222	14.2 理解三维图形	254
11.4.2 更新外部引用文件	223	14.2.1 线框模型	254
11.4.3 转化外部引用文件的内容为当前图样的一部分	224	14.2.2 表面模型	254
11.5 习题	224	14.2.3 实体模型	254
第 12 章 机械绘图实例	226	14.3 三维坐标系	255
12.1 画轴类零件	226	14.3.1 世界坐标系	255
12.1.1 轴类零件的画法特点	226	14.3.2 用户坐标系及动态用户坐标系	255
12.1.2 轴类零件绘制实例	227	14.3.3 管理 UCS 坐标系	256
12.2 画叉架类零件	230	14.3.4 有关用户坐标系的练习	257
12.2.1 叉架类零件的画法特点	230	14.4 观察三维模型的方法	259
12.2.2 叉架类零件绘制实例	232	14.4.1 用标准视点观察 3D 模型	259
12.3 画箱体类零件	234	14.4.2 设置视点	260
12.3.1 箱体类零件的画法特点	234	14.4.3 三维动态旋转	262
12.3.2 箱体类零件绘制实例	235	14.4.4 快速建立平面视图	263
12.4 装配图	237	14.4.5 利用多个视口观察 3D 图形	264
12.4.1 由装配图拆画零件图	237	14.4.6 平行投影模式及透视投影模式	266
12.4.2 “装配”零件图以检验配合尺寸的正确性	238	14.5 视觉样式——创建消隐图及着色图	266
12.4.3 由零件图组合装配图	239	14.6 习题	267
12.4.4 标注零件序号	241	第 15 章 创建 3D 实体、曲面及投影视图	268
12.4.5 编写明细表	242	15.1 创建三维实体和曲面	268
12.5 习题	243	15.1.1 三维基本立体	268
第 13 章 建筑绘图实例	244	15.1.2 多段体	270
13.1 画建筑平面图	244	15.1.3 将二维对象拉伸成实体或曲面	270
13.1.1 用 AutoCAD 绘制平面图的步骤	244	15.1.4 旋转二维对象形成实体或曲面	272
13.1.2 平面图绘制实例	244	15.1.5 通过扫掠创建实体或曲面	273
13.2 画建筑立面图	247	15.1.6 通过放样创建实体或曲面	274
13.2.1 用 AutoCAD 画立面图的步骤	248	15.1.7 创建平面	275
13.2.2 立面图绘制实例	248	15.1.8 加厚曲面形成实体	275
13.3 画建筑剖面图	249	15.1.9 将对象转化为曲面或实体	276
13.3.1 用 AutoCAD 画剖面图的步骤	249	15.1.10 利用平面或曲面切割实体	276
13.3.2 剖面图绘制实例	250	15.1.11 螺旋线、涡状线及弹簧	277
		15.1.12 与实体显示有关的系统变量	277

15.2 利用布尔运算构建复杂实体模型	278
15.3 根据三维模型生成二维视图	280
15.4 习题	284

第16章 编辑3D对象

16.1 3D 移动	285
16.2 3D 旋转	286
16.3 3D 阵列	287
16.4 3D 镜像	288
16.5 3D 对齐	289
16.6 3D 倒圆角	290
16.7 3D 倒角	291
16.8 编辑实心体的面、体	291
16.8.1 拉伸面	292
16.8.2 移动面	293
16.8.3 偏移面	294
16.8.4 旋转面	294
16.8.5 锥化面	295
16.8.6 抽壳	295
16.8.7 压印	296
16.9 利用“选择并拖动”方式创建及修改 实体	296
16.10 实体建模典型实例	297
16.10.1 实体建模的一般方法	297
16.10.2 利用编辑命令构建实体模型	299
16.10.3 3D 建模技巧	300
16.10.4 复杂实体建模	302

16.11 习题	303
----------------	-----

第17章 打印图形

17.1 打印图形的过程	305
17.2 设置打印参数	306
17.2.1 选择打印设备	307
17.2.2 使用打印样式	308
17.2.3 选择图纸幅面	308
17.2.4 设定打印区域	309
17.2.5 设定打印比例	310
17.2.6 设定着色打印	310
17.2.7 调整图形打印方向和位置	311
17.2.8 预览打印效果	312
17.2.9 保存打印设置	312
17.3 打印图形实例	313
17.4 将多张图纸布置在一起打印	314
17.5 习题	315

附录 综合实验

实验一 根据已有视图补画第三个视图	316
实验二 绘制组合体视图并标注尺寸	317
实验三 根据已有视图绘制剖视图	319
实验四 根据轴测图绘制视图及剖视图	321
实验五 绘制传动轴零件图	322
实验六 绘制托架零件图	324
实验七 绘制平口虎钳装配图	326
实验八 绘制建筑图	329

第 1 章

AutoCAD 用户界面及基本操作

【学习目标】

- 熟悉 AutoCAD 2012 的工作界面。
- 了解 AutoCAD 2012 的工作空间。
- 掌握调用 AutoCAD 2012 命令的方法。
- 掌握选择对象的常用方法。
- 掌握删除对象、撤销和重复命令、取消已执行的操作方法。
- 掌握快速缩放、移动图形及全部缩放图形的方法。
- 掌握设定绘图区域大小的方法。
- 掌握新建、打开及保存图形文件的方法。
- 熟悉输入、输出图形文件的方法。

通过本章内容的学习,读者可以了解 AutoCAD 2012 的用户界面,掌握与 AutoCAD 2012 程序交流的一些基本操作和 CAD 制图的一般规定。

1.1 CAD 技术简介

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是一种把电子计算机技术应用于工程领域及产品设计中的新兴交叉技术。其定义为, CAD 是计算机系统在工程和产品设计的整个过程中,为设计人员提供各种有效工具和手段,加快设计过程,优化设计结果,从而达到最佳设计效果的一种技术。

CAD 包含的内容很多,例如概念设计、工程绘图、三维设计、优化设计、有限元分析、数控加工、计算机仿真及产品数据管理等。在工程设计中,许多繁重的工作,如复杂的数学与力学计算、多种方案的综合分析比较、工程图的绘制及生产信息的整理等,均可借助计算机来完成。设计人员则可对处理的中间结果做出判断和修改,以便更有效地完成设计工作。一个好的 CAD 系统既要很好地利用计算机进行高速分析计算的能力,又要能充分发挥人的创造性作用,还要能找到人和计算机的最佳结合点。

在当代,广义的 CAD 一般是指 CAD/CAE/CAM 的高度集成,其中 CAD 侧重于产品的设计与开发, CAE (Computer Aided Engineering) 侧重于产品的优化与分析, CAM (Computer Aided Manufacturing) 侧重于产品的加工与制造。

CAD 涉及以下一些基础技术。

- (1) 图形处理技术:自动绘图、几何建模、图形仿真及其他图形输入、输出技术等。
- (2) 工程分析技术:有限元分析、优化设计及面向各种专业的工程分析等。
- (3) 数据管理与数据交换技术:数据库管理、产品数据管理、产品数据交换规范及接口技

术等。

(4) 文档处理技术: 文档制作、编辑及文字处理等。

(5) 软件设计技术: 窗口界面设计、软件工具、软件工程规范等。

一、CAD 技术发展历程

CAD 技术起始于 20 世纪 50 年代后期。进入 60 年代, CAD 技术随着绘图在计算机屏幕上变为可行而开始迅猛发展。最初的 CAD 技术主要体现为二维计算机辅助绘图, 人们借助此项技术来摆脱繁琐、费时的手工绘图, 这种情况一直持续到 20 世纪 70 年代末, 此后计算机辅助绘图作为 CAD 技术的一个分支而相对独立、平稳地发展着。

(1) 第 1 次 CAD 技术革命——曲面造型系统。

早期的 CAD 系统, 都采用线框造型技术。以点、线、圆、圆弧及简单曲线作为构图因素, 利用顶点和棱边的集合来描述产品几何形状, 操作简单、交互功能强, 为设计与制造带来了许多便利。但因无法表达几何数据间的拓扑关系, 缺乏形体的表面信息, CAE 和 CAM 均无法实现。

进入 20 世纪 70 年代, 飞机和汽车工业的蓬勃发展, 在其制造过程中遇到了大量的自由曲面问题, 当时只能采用多截面视图等方式来近似表达所设计的曲面。由于三视图方法表达的不完整性, 使得按图制作出来的样品与设计者的想象差异很大, 甚至完全不同。所以必须按比例制作油泥模型, 作为设计评审或方案比较的依据。该制作过程既缓慢又繁琐, 大大拖延了产品的研发时间。此时, 法国人提出了贝赛尔算法, 使得人们可以利用计算机处理曲线及曲面问题。法国达索飞机制造公司在二维绘图系统的基础上, 开发出了以表面建模为特点的曲面造型系统 CATIA。它的出现, 标志着计算机辅助设计技术从单纯模仿工程图纸的三视图模式中解放出来, 首次实现了以曲面模型完整描述产品零件的主要信息, 同时也使得 CAM 技术的开发有了现实的基础。曲面造型系统 CATIA 为人类带来了第一次 CAD 技术革命, 改变了以往只能借助油泥模型来近似表达曲面的落后工作方式。

(2) 第 2 次 CAD 技术革命——实体造型技术。

有了产品的表面模型, CAM 的问题基本可以解决。但由于表面模型只能表达形体的表面信息, 难以准确表达零件的其他特性, 如质量、重心、惯性矩等, 对 CAE 十分不利。基于对 CAD/CAE 一体化技术的探索, 美国 SDRC 公司于 1979 年发布了世界上第一个完全基于实体造型技术的大型 CAD/CAE 软件——I-DEAS。由于实体造型技术能够精确表达零件的全部属性, 在理论上可以统一 CAD、CAE 和 CAM 的模型表达, 给设计及制造带来了极大的便利。它代表着 CAD 技术进一步发展的方向, 实体造型技术的普及应用标志着 CAD 发展史上的第二次技术革命。

(3) 第 3 次 CAD 技术革命——参数化造型技术。

进入 20 世纪 80 年代中期, 在实体造型技术逐渐普及并蓬勃发展之时, CAD 技术的研究又有了重大进展。人们提出了一种比无约束自由造型更新颖、更好的算法——参数化实体造型方法。

1985 年, 美国 PTC 公司 (Parametric Technology Corporation) 成立, 研制并发布了第一款参数化设计软件 Pro/E, 并取得了巨大的成功, 推动了 CAD 技术的再次变革。参数化技术基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改, 彻底克服了自由建模的无约束状态, 使几何形状均以尺寸的形式加以控制。

20 世纪 80 年代末, 计算机技术迅猛发展, 硬件成本大幅度下降, CAD 技术的硬件平台成本从二十几万美元一下子降到只需几万美元, 很多中小型企业有能力使用 CAD 技术。由于这些企业的设计工作量不大, 零部件形状也不复杂, 因此很自然地选择了中低档的 Pro/E 软件。

进入 20 世纪 90 年代后, 参数化技术变得比较成熟起来, 其在通用件、零部件设计上存在的优势充分体现出来。三维参数化造型技术得到迅速普及应用, Pro/E 软件在 CAD 市场份额中的排

名快速上升。

可以认为,参数化技术的应用主导了CAD发展史上的第3次技术革命。

(4) 第4次CAD技术革命——变量化技术。

参数化技术的成功应用,使得它在20世纪90年代几乎成为CAD业界的标准。随着该技术的深入应用,人们发现参数化技术尚有许多不足之外。首先,“全尺寸约束”这一硬性规定就干扰和制约着设计者创造力及想象力的发挥。全尺寸约束,即设计者在设计初期及全过程中,必须将形状和尺寸联合起来考虑,且利用尺寸来控制形状,通过改变尺寸来驱动形状的改变,一切以尺寸(即所谓的“参数”)为出发点。一旦零件形状过于复杂,面对满屏幕的尺寸,如何改变这些尺寸以达到所需要的形状就很不直观。再者,如果在设计中关键形体的拓扑关系发生改变,将会造成系统数据混乱。

针对上述这些问题,美国SDRC公司根据多年的探索,以参数化技术为蓝本,提出了变量化技术,于1993年推出了I-DEAS Master Series软件,推动了CAD技术的又一次跨越发展。

变量化技术既保持了参数化技术的原有优点,同时又克服了它的不足之处。在约束定义上做了根本性的改变,加入了工程约束,并将尺寸参数进一步区分为形状约束和尺寸约束。允许设计者采用先形状后尺寸的欠约束设计方法,同时做到了尺寸驱动和约束驱动建模。

变量化技术的成功应用为CAD技术的发展提供了更大的空间和机遇,驱动了CAD发展的第4次技术革命。

总地说来,CAD技术的发展过程就是从计算机辅助绘图到计算机辅助设计,从二维绘图到三维造型,进而到三维加工制造的过程。目前,CAD软件已经能够做到将设计与制造过程高度集成,不仅可进行产品的设计计算和绘图,还能实现自由曲面设计、工程造型、有限元分析、机构仿真及加工制造等。该技术已全面进入实用化阶段,广泛服务于机械、建筑、电子、宇航及纺织等领域的产品总体设计、造型设计、结构设计及工艺过程设计等各环节。

二、CAD系统组成

CAD系统由硬件和软件组成,要充分发挥CAD的作用,就要有高性能的硬件和功能强大的软件。

硬件是CAD系统的基础,由计算机及其外围设备组成。计算机分为大型机、工作站及高档微机等,目前应用较多的是工作站及微机。外围设备包括鼠标、键盘、数字化仪及扫描仪等输入设备和显示器、打印机及绘图仪等输出设备。

软件是CAD系统的核心,分为系统软件和应用软件。系统软件包括操作系统、计算机语言、网络通信软件及数据库管理软件等。应用软件包括CAD支撑软件 and 用户开发的CAD专用软件,如常用数学方法库、常规设计计算方法库、优化设计方法库、产品设计软件包及机械零件设计计算库等。

三、典型CAD软件

CAD软件发展很快,就其技术和功能来看,可分为3代。第1代的CAD软件开发于20世纪60年代,其主要特征是二维设计和绘图,用于解决人们繁重的手工绘图问题。第2代CAD软件开发于20世纪70年代,主要具有二维绘图、三维造型、有限元分析和数控加工编程等功能,但它是多个数据库的软件系统,各功能模块间的数据传递主要借助于数据文件,因此工作方式是顺序型的。第3代CAD软件产品开发于20世纪80年代末,它以三维设计为基础,把所有的功能集成在一个数据库结构中,使设计到制造的全过程能并行进行。

目前,CAD软件主要运行在工作站及微机平台上。工作站虽然性能优越,图形处理速度快,

但价格却较昂贵，这在一定程度上限制了 CAD 技术的推广。随着 Pentium 芯片和 Windows 系统的发展，以前只能运行在工作站上的著名 CAD 软件（如 UG、Pro/E 等）现在也可轻松运行在微机上了。

20 世纪 80 年代以来，国际上推出了一大批通用 CAD 集成软件，表 1-1 中简单介绍了几个比较优秀、比较流行的商品化软件的情况。

表 1-1

著名 CAD 软件情况介绍

软件名称	厂家	主要功能
Unigraphics (UG)	UG 软件起源于美国麦道飞机公司，于 1991 年加入世界上最大的软件公司——EDS 公司，随后以 Unigraphics Solutions 公司（简称 UGS）运作。UGS 是全球著名的 CAD/CAE/CAM 供应商，主要为汽车、航空航天及通用机械等领域的 CAD/CAE/CAM 提供完整的解决方案。其主要的 CAD 产品是 UG。美国通用汽车公司是 UG 软件的最大用户	基于 UNIX 和 Windows 操作系统 参数化和变量化建模技术相结合 全套工程分析、装配设计等强大功能 三维模型自动生成二维图档 曲面造型和数控加工等方面有一定的特色 在航空及汽车工业应用广泛
Pro/ENGINEER	美国 PTC 公司，1985 年成立于波士顿，是全球 CAD/CAE/CAM 领域最具代表性的著名软件公司，同时也是世界上第一大 CAD/CAE/CAM 软件公司	基于 UNIX 和 Windows 操作系统 基于特征的参数化建模 强大的装配设计 三维模型自动生成二维图档 曲面造型、数控加工编程 真正的全相关性，任何地方的修改都会自动反映到所有相关地方 有限元分析
SolidWorks	美国 SolidWorks 公司，成立于 1993 年，是全世界最早将三维参数化造型功能发展到微型计算机上的公司。该公司主要从事三维机械设计、工程分析及产品数据管理等软件的开发和营销	基于 Windows 平台 参数化造型 包含装配设计、零件设计、工程图及钣金等模块 图形界面友好，操作简便
AutoCAD	Autodesk 公司是世界第 4 大 PC 软件公司，成立于 1982 年。在 CAD 领域内，该公司拥有全球最多的用户量，它也是全球规模最大的基于 PC 平台的 CAD、动画及可视化软件企业	基于 Windows 平台，是当今最流行的二维绘图软件 强大的二维绘图和编辑功能 三维实体造型 具有很强的定制和二次开发功能

1.2 AutoCAD 的发展及基本功能

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司开发研制的一种通用计算机辅助设计软件包，它在设计、绘

图及相互协作等方面展示了强大的技术实力。由于其具有易于学习、使用方便及体系结构开放等优点,因而深受广大工程技术人员的喜爱。

Autodesk 公司在 1982 年推出了 AutoCAD 的第一个版本 V1.0,随后经由 V2.6、R9、R10、R12、R13、R14、AutoCAD 2000~AutoCAD 2010 等典型版本,发展到目前较新的 AutoCAD 2012 版。在这 30 多年的时间里,AutoCAD 产品在不断适应计算机软、硬件发展的同时,其自身功能也日益增强且趋于完善。早期的版本只是绘制二维图的简单工具,画图过程也非常慢,但现在 AutoCAD 已经集平面绘图、三维造型、数据库管理、渲染着色及互联网等功能于一体,并提供了丰富的工具集。这些功能使用户不仅能够轻松快捷的进行设计工作,而且还能方便的重利用各种已有数据,从而极大的提高了设计效率。如今,AutoCAD 在机械、建筑、电子、纺织、地理及航空等领域得到了广泛的使用。AutoCAD 在全世界 150 多个国家和地区广为流行,占据了近 75% 的国际 CAD 市场。全球现有近千家 AutoCAD 授权培训中心,每年约有十几万名各国的工程师接受培训。此外,世界各地大约有十多亿份 DWG 格式的图形文件在使用、交换和存储,其他多数 CAD 系统也都能读入 DWG 格式的图形文件。可以这样说,AutoCAD 已经成为二维 CAD 系统的标准,而 DWG 格式文件已是工程设计人员交流思想的公共语言。

AutoCAD 是当今最流行的二维绘图软件之一,下面介绍它的一些基本功能。

- 平面绘图:能以多种方式创建直线、圆、椭圆、多边形及样条曲线等基本图形对象。
- 绘图辅助工具:AutoCAD 提供正交、极轴、对象捕捉及对象追踪等绘图辅助工具。正交功能使用户可以很方便地绘制水平和竖直直线,对象捕捉可帮助拾取几何对象上的特殊点,而追踪功能使画斜线及沿不同方向定位点变得更加容易。
- 编辑图形:AutoCAD 具有强大的编辑功能,可以移动、复制、旋转、阵列、拉伸、延长、修剪及缩放对象等。
- 标注尺寸:可以创建多种类型尺寸,标注外观可以自行设定。
- 书写文字:能轻易的在图形的任何位置和沿任何方向书写文字,可设定文字字体、倾斜角度及宽度缩放比例等属性。
- 图层管理功能:图形对象都位于某一图层上,可设定图层颜色、线型及线宽等特性。
- 三维绘图:可创建 3D 实体及表面模型,能对实体本身进行编辑。
- 网络功能:可将图形在网络上发布或是通过网络访问 AutoCAD 资源。
- 数据交换:AutoCAD 提供了多种图形图像数据交换格式及相应命令。
- 二次开发:AutoCAD 允许用户自定义菜单和工具栏,并能利用内嵌语言 Autolisp、Visual Lisp、ActiveX、VBA 及 ObjectARX 等进行二次开发。

1.3 了解用户界面并学习基本操作

本节将介绍 AutoCAD 2012 用户界面的组成,并讲解一些常用的基本操作。

1.3.1 AutoCAD 用户界面

启动 AutoCAD 2012,其用户界面主要由菜单浏览器、快速访问工具栏、功能区、绘图窗口、命令提示窗口、导航栏和状态栏等部分组成,如图 1-1 所示,下面分别介绍各部分的功能。

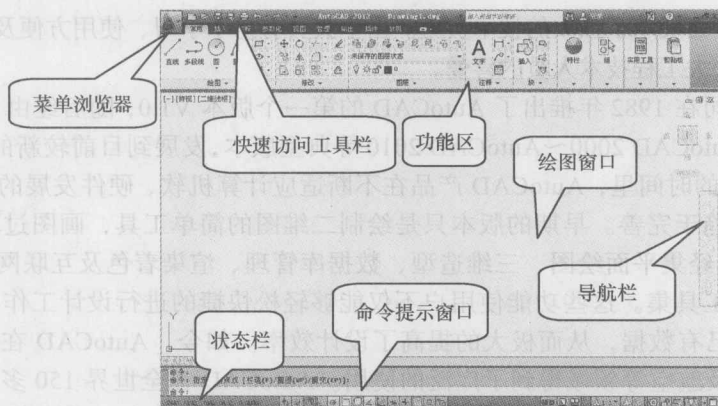


图 1-1 AutoCAD 2012 用户界面

一、菜单浏览器

单击菜单浏览器按钮, 展开菜单浏览器, 如图 1-2 所示。该菜单包含【新建】、【打开】及【保存】等常用命令。在菜单浏览器顶部的搜索栏中输入关键字或短语, 就可定位相应的菜单命令。选择搜索结果, 即可执行命令。

单击菜单浏览器顶部的按钮, 显示最近使用的文件。单击按钮, 显示已打开的所有图形文件。将鼠标光标悬停在文件名上时, 将显示预览图片及文件路径、修改日期等信息。

二、快速访问工具栏及其他工具栏

快速访问工具栏用于存放经常访问的命令按钮, 在按钮上单击鼠标右键, 弹出快捷菜单, 如图 1-3 所示。选择【自定义快速访问工具栏】命令就可向工具栏中添加命令按钮, 选择【从快速访问工具栏中删除】命令就可删除相应命令按钮。

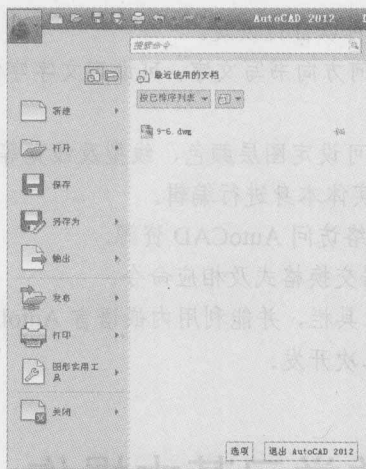


图 1-2 菜单浏览器

从快速访问工具栏中删除 (R)
添加分隔符 (A)
自定义快速访问工具栏 (C)
在功能区下方显示快速访问工具栏

图 1-3 快捷菜单

单击快速访问工具栏上的按钮, 显示, 单击按钮选择【显示菜单栏】命令, 显示 AutoCAD 主菜单。

除快速访问工具栏外, AutoCAD 还提供了许多其他工具栏。在菜单命令【工具】/【工具栏】/【AutoCAD】下选择相应的命令, 即可打开相应的工具栏。

三、功能区

功能区由【常用】、【插入】及【注释】等选项卡组成, 如图 1-4 所示。每个选项卡又由多个