

普通高等教育“十二五”规划教材

计算机绘图——

AutoCAD

Computer Drawing——
AutoCAD 2014

2014

李 刚 王亮申 戚 宁 主 编
王卫东 夏利江 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

计算机绘图

——AutoCAD 2014

主 编 王亮申 戚 宁
副主编 李 刚 王卫东 夏利江
参 编 赵仙花 马勇鑫 王 梅 杨意品
刘建霞 程鲁鹏 楚文婷 杨 力
李 爽
主 审 吴昌林



机械工业出版社

本书依据高等学校工程图学教学指导委员会制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》编写。作为计算机绘图基础性教材，本书充分考虑了工科专业教学特点，力求内容编排系统、简洁。以 AutoCAD 2014 为基础，以文字和图形相结合的形式详细介绍了 AutoCAD 2014 操作的基本方法和不同功能，包括计算机绘图技术简介、操作界面与绘图环境、命令操作、二维及三维图形绘制与编辑、图层的使用、提高绘图效率手段、图案填充、文字输入与编辑、尺寸标注与编辑、块的定义与使用等内容。全书以螺旋千斤顶为实例，绘制了每个零件图，体现出如何利用所学知识解决实际问题过程。本书附有教学课件和所有图形的源文件，每章都附有习题供教学时参考（任课教师可访问机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com 获取相关资源）。

本书知识结构编排合理，概念简洁、清楚，操作方便，易学易用，可作为机械类、土建类专业大学本科教材，也可作为工程技术人员的参考书，还可作为培训用教材或自学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机绘图: AutoCAD 2014 应用案例. 戚宁主编. —北京: 机械工业出版社, 2013. 10

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-44270-7

I. ①计… II. ①戚… III. ①AutoCAD 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 235898 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 舒恬 责任编辑: 舒恬 吴超莉 任正一

版式设计: 常天培 责任校对: 陈延翔

封面设计: 张静 责任印制: 张楠

唐山丰电印务有限公司印刷

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.75 印张 · 435 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-44270-7

定价: 34.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

高等学校工程图学教学指导委员会在《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》中特别说明：“计算机二维绘图和三维造型是适应现代化建设的新技术，对学生以后掌握计算机辅助设计技术有着重要的影响。”由此可见，计算机绘图是“工程图学”课程的重要组成部分。

随着 CAD/CAE/CAM 技术的发展和人们对设计软件要求的提高，软件公司不断提升自己的软件技术水平，以应对可能面临的各种挑战。AutoCAD 因其价格低、易学易用等特点，被广泛地应用于机械、建筑、电子、航天、造船、石油化工、土木工程、冶金等行业领域。AutoCAD 是由美国 Autodesk 公司研制开发的，以二维图形绘制功能见长，逐渐融入三维功能并不断加强。Autodesk 公司每年都会推出 AutoCAD 的新版本，对软件功能进行改进。AutoCAD 2014 增加了很多新功能，提供了全新的【欢迎】屏幕，方便用户使用该软件。新增剖面与详图的功能选项，方便建立常用的剖面图；新增云端服务的链接，可以在 AutoCAD 直接登入使用 Autodesk360 云服务，可以上传、同步或共享文档。此外，AutoCAD 2014 操作界面也与早期版本有很大不同，因此，有必要介绍 AutoCAD 2014 的使用方法和功能。

本书以中文版 AutoCAD 2014 为基础，结合计算机绘图的基本原理，讲解了利用 AutoCAD 进行图形设计的基本方法和设计技巧。全书共分 13 章，其中第 1 章介绍了计算机绘图技术及现有 CAD/CAM 软件；第 2 章介绍了 AutoCAD 2014 绘图环境；第 3 章介绍了简单图形，如点、线、圆等的绘制方法；第 4 章介绍了为提高绘图效率所采用的辅助工具及其操作方法；第 5~7 章介绍了二维图形的绘制与编辑；第 8 章介绍了视图概念及操作方法；第 9 章介绍了文本操作、尺寸标注及表格编制方法；第 10 章介绍了块定义、块属性等内容；第 11 章以螺旋千斤顶箱体为实例，综合应用前面所学知识，完成箱体三维视图绘制；第 12~13 章介绍了三维图形的绘制与编辑操作。

本书由王亮申、戚宁担任主编，李刚、王卫东、夏利江担任副主编。参编人员有赵仙花、马勇磊、王梅、杨意品、刘建霞。其中王亮申、王卫东、赵仙花编写了第 1~3 章；戚宁、王梅、杨意品编写了第 4~7 章；马勇磊、夏利江编写了第 8~11 章；李刚、刘建霞编写了第 12、13 章；王亮申对全书进行了统稿。此外，参与本书编写的还有程鲁鹏、楚文婷、杨力和李爽。

本书由国家级教学名师、全国工程图学学会常务理事、华中科技大学博士生导师吴昌林教授担任主审。吴昌林教授、闫平、宋进桂、刘长霞对教材的编写提出了很多意见或建议，在此一并表示感谢。书后所列参考文献对本教材的编写借鉴意义颇大，在此对这些参考文献的编著者及出版社表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免出现疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 计算机绘图技术概述	1
1.1 计算机绘图技术简介	1
1.1.1 计算机绘图系统	1
1.1.2 图形软件标准	3
1.1.3 造型技术	4
1.2 常用的计算机绘图软件简介	6
1.2.1 AutoCAD 发展史	6
1.2.2 常用的计算机绘图软件介绍	7
1.3 本章小结	8
习题	8
第 2 章 AutoCAD 2014 的绘图环境	9
2.1 界面介绍	9
2.1.1 标题栏	10
2.1.2 菜单栏	10
2.1.3 快捷菜单	12
2.1.4 工具栏	12
2.1.5 绘图窗口	12
2.1.6 命令行与文本窗口	13
2.1.7 状态栏	14
2.1.8 工具选项板	15
2.2 文件操作	15
2.2.1 创建新图形文件	16
2.2.2 打开文件	17
2.2.3 保存文件	19
2.2.4 加密保存绘图文件	20
2.3 坐标系	21
2.3.1 直角坐标系	21
2.3.2 极坐标系	22
2.3.3 相对坐标	22
2.4 界面设置	23
2.4.1 调整视窗	23
2.4.2 设置绘图单位	24
2.5 帮助	25
2.6 实例	26
2.7 本章小结	29
习题	29

第 3 章 简单图形的绘制	31
3.1 点的绘制	31
3.1.1 绘制点	31
3.1.2 设置点样式	32
3.2 直线的绘制	33
3.2.1 绘制直线段	33
3.2.2 绘制射线	36
3.2.3 绘制构造线	36
3.3 圆及圆弧的绘制	39
3.3.1 绘制圆	39
3.3.2 绘制圆弧	40
3.3.3 绘制椭圆与椭圆弧	43
3.4 多边形的绘制	44
3.4.1 绘制矩形	45
3.4.2 绘制正多边形	45
3.5 实例	47
3.6 本章小结	49
习题	49
第 4 章 使用绘图辅助工具提高绘图效率	51
4.1 设置工具栏	51
4.1.1 工具栏的控制	51
4.1.2 创建个性化工具栏	52
4.2 图层管理	53
4.2.1 设置图层特性	53
4.2.2 图层使用与切换	57
4.3 绘图辅助工具	57
4.3.1 推断约束	57
4.3.2 捕捉	58
4.3.3 栅格显示	59
4.3.4 正交	60
4.3.5 极轴追踪	60
4.3.6 对象捕捉	62
4.3.7 三维对象捕捉	65
4.3.8 对象捕捉追踪	66
4.3.9 动态 UCS	67
4.3.10 动态输入	67
4.3.11 线宽	68
4.3.12 透明度	69
4.3.13 快捷特性	69
4.4 快速计算器	70
4.5 控制现有对象的特性	70
4.6 实例	71
4.7 本章小结	75

习题	75
第5章 复杂图形绘制	76
5.1 多段线	76
5.1.1 绘制多段线	76
5.1.2 编辑多段线	78
5.2 样条曲线	80
5.2.1 绘制样条曲线	81
5.2.2 编辑样条曲线	81
5.3 多线	83
5.3.1 创建多线样式	83
5.3.2 绘制多线	85
5.3.3 修改多线样式	86
5.3.4 编辑多线	87
5.4 实例	91
5.5 本章小结	94
习题	94
第6章 图案填充与创建面域	96
6.1 图案填充	96
6.1.1 使用【图案填充】选项卡创建图案填充	97
6.1.2 使用【渐变色】选项卡创建图案填充	101
6.1.3 编辑图案填充	102
6.1.4 控制图案填充的可见性	103
6.2 面域	104
6.2.1 创建面域	104
6.2.2 从面域中提取数据	106
6.2.3 面域间的布尔运算	106
6.3 实例	107
6.4 本章小结	110
习题	111
第7章 图形编辑	112
7.1 选择对象	112
7.1.1 选择对象的方法	112
7.1.2 快速选择	114
7.2 删除与恢复对象	115
7.3 复制对象	116
7.3.1 使用【编辑】菜单复制对象	116
7.3.2 使用【修改】菜单复制对象	117
7.4 使用夹点编辑图形	119
7.4.1 控制夹点的显示	120
7.4.2 使用夹点编辑对象	120
7.4.3 多功能夹点	122
7.5 使用【修改】菜单命令编辑图形	124

7.5.1 镜像对象	124
7.5.2 偏移对象	124
7.5.3 阵列对象	125
7.5.4 移动对象	129
7.5.5 旋转对象	129
7.5.6 缩放对象	130
7.5.7 拉伸对象	131
7.5.8 拉长对象	132
7.5.9 修剪对象	132
7.5.10 延伸对象	133
7.5.11 打断	133
7.5.12 合并对象	134
7.5.13 倒角	135
7.5.14 圆角	136
7.5.15 分解对象	136
7.6 实例	137
7.7 本章小结	142
习题	142
第8章 视图操作	144
8.1 重画与重新生成图形	144
8.1.1 重画	144
8.1.2 重新生成	144
8.2 缩放视图	147
8.2.1 实时缩放	147
8.2.2 窗口缩放	148
8.2.3 显示前一个视图	149
8.2.4 动态缩放	149
8.2.5 按比例缩放	149
8.2.6 重设视图中心点	151
8.2.7 根据绘图范围或实际图形显示	152
8.3 平移视图	153
8.4 实例	154
8.5 本章小结	157
习题	158
第9章 文本、尺寸标注与表格	159
9.1 文字样式及字体	159
9.1.1 文字样式	159
9.1.2 字体	159
9.2 单行文本	161
9.3 多行文本	161
9.4 尺寸标注简介	162
9.4.1 组成	162
9.4.2 类型与步骤	163

9.5 创建标注样式	169
9.6 表格	173
9.6.1 创建表格	174
9.6.2 创建表格样式	174
9.6.3 编辑表格和表格单元	176
9.7 实例	180
9.8 本章小结	187
习题	187
第 10 章 块设定	188
10.1 块的特点	188
10.2 块定义	188
10.3 插入块	189
10.4 块的属性	190
10.5 块的分解	192
10.6 修改块定义	192
10.7 修改块属性	194
10.8 实例	195
10.9 本章小结	199
习题	200
第 11 章 螺旋千斤顶箱体绘制实例	202
习题	212
第 12 章 三维图形绘制	213
12.1 三维绘图基础	213
12.1.1 常用术语	213
12.1.2 三维建模工作空间	213
12.1.3 三维坐标系	214
12.1.4 用户坐标系	215
12.2 设置视点	218
12.2.1 使用【视点预设】对话框设置视点	218
12.2.2 使用罗盘设置视点	219
12.2.3 设置特殊视点	219
12.2.4 ViewCube	220
12.3 观察三维图形	221
12.3.1 受约束的动态观察	221
12.3.2 自由动态观察	222
12.3.3 连续动态观察	223
12.3.4 控制盘	223
12.4 视觉样式	224
12.4.1 二维线框	224
12.4.2 线框	224
12.4.3 消隐	225
12.4.4 真实	225

12.4.5	概念	225
12.4.6	着色	226
12.4.7	带边缘着色	226
12.4.8	灰度	226
12.4.9	勾画	227
12.4.10	X射线	227
12.5	绘制简单三维图形	228
12.5.1	绘制点、线段、射线、构造线	228
12.5.2	绘制其他二维图形	228
12.5.3	绘制三维螺旋线	229
12.5.4	绘制平面曲面	230
12.6	绘制三维网格	230
12.6.1	旋转网格	230
12.6.2	平移网格	231
12.6.3	直纹网格	232
12.6.4	边界网格	232
12.7	绘制基本实体	234
12.7.1	多段体	234
12.7.2	长方体	235
12.7.3	楔体	236
12.7.4	圆锥体	237
12.7.5	球体	239
12.7.6	圆柱体	240
12.7.7	圆环体	241
12.7.8	棱锥体	242
12.8	通过二维图形创建实体	243
12.8.1	将二维图形拉伸成实体	243
12.8.2	将二维图形旋转成实体	245
12.8.3	将二维图形扫掠成实体	246
12.8.4	将二维图形放样成实体	248
12.9	布尔运算	249
12.9.1	并集	250
12.9.2	差集	250
12.9.3	交集	251
12.10	实例	251
12.11	本章小结	253
	习题	254
第13章	编辑三维图形	255
13.1	三维小控件	255
13.2	修改三维图形	259
13.2.1	三维移动	259
13.2.2	三维旋转	260
13.2.3	三维对齐	260

13.2.4	三维镜像	262
13.2.5	三维阵列	263
13.3	编辑三维实体	264
13.3.1	倒角	264
13.3.2	圆角	265
13.3.3	分解实体	265
13.3.4	剖切实体	266
13.3.5	加厚实体	266
13.4	实例	267
13.5	本章小结	268
	习题	269
	参考文献	270
	参考文献1	270
	参考文献2	270
	参考文献3	270
	参考文献4	270
	参考文献5	270
	参考文献6	270
	参考文献7	270
	参考文献8	270
	参考文献9	270
	参考文献10	270
	参考文献11	270
	参考文献12	270
	参考文献13	270
	参考文献14	270
	参考文献15	270
	参考文献16	270
	参考文献17	270
	参考文献18	270
	参考文献19	270
	参考文献20	270
	参考文献21	270
	参考文献22	270
	参考文献23	270
	参考文献24	270
	参考文献25	270
	参考文献26	270
	参考文献27	270
	参考文献28	270
	参考文献29	270
	参考文献30	270
	参考文献31	270
	参考文献32	270
	参考文献33	270
	参考文献34	270
	参考文献35	270
	参考文献36	270
	参考文献37	270
	参考文献38	270
	参考文献39	270
	参考文献40	270
	参考文献41	270
	参考文献42	270
	参考文献43	270
	参考文献44	270
	参考文献45	270
	参考文献46	270
	参考文献47	270
	参考文献48	270
	参考文献49	270
	参考文献50	270
	参考文献51	270
	参考文献52	270
	参考文献53	270
	参考文献54	270
	参考文献55	270
	参考文献56	270
	参考文献57	270
	参考文献58	270
	参考文献59	270
	参考文献60	270
	参考文献61	270
	参考文献62	270
	参考文献63	270
	参考文献64	270
	参考文献65	270
	参考文献66	270
	参考文献67	270
	参考文献68	270
	参考文献69	270
	参考文献70	270
	参考文献71	270
	参考文献72	270
	参考文献73	270
	参考文献74	270
	参考文献75	270
	参考文献76	270
	参考文献77	270
	参考文献78	270
	参考文献79	270
	参考文献80	270
	参考文献81	270
	参考文献82	270
	参考文献83	270
	参考文献84	270
	参考文献85	270
	参考文献86	270
	参考文献87	270
	参考文献88	270
	参考文献89	270
	参考文献90	270
	参考文献91	270
	参考文献92	270
	参考文献93	270
	参考文献94	270
	参考文献95	270
	参考文献96	270
	参考文献97	270
	参考文献98	270
	参考文献99	270
	参考文献100	270

第 1 章 计算机绘图技术概述

图形是表达和交流技术思想的工具，工程图是工程师的语言。在信息交流中，图形表达方式有更多的优点。常见的绘图方式有手工绘图和计算机绘图两种方式。手工绘图是一项细致、复杂和耗时冗长的工作，不但效率低、质量差，而且周期长，不易于修改。因此，现在计算机绘图方式已逐渐取代了手工绘图方式。

1.1 计算机绘图技术简介

计算机绘图是一种高效率、高质量的绘图技术。把数字化的图形信息通过计算机存储、处理，并通过输出设备将图形显示或打印出来，这个过程称为计算机绘图。而研究计算机绘图领域中各种理论与实际问题的学科称为计算机图形学。计算机绘图是计算机图形学的一个分支，它的主要特点是给计算机输入非图形信息，经过计算机的处理，生成图形信息输出。

1.1.1 计算机绘图系统

计算机绘图系统由硬件、软件和设计人员组成。其中硬件是基础，决定着计算机计算处理速度的快慢，包括主机、计算机外部设备以及网络通信设备等；软件是核心，决定着系统性能的优劣，包括操作系统、支撑软件、应用软件等；人是关键，起着不可替代的主导作用，决定着图形设计的成败。将硬件、软件及人这三者有效地融合在一起，是发挥计算机绘图系统强大功能的前提。计算机绘图系统的组成如图 1-1 所示。

1. 计算机绘图系统的硬件组成

一般来说，将可进行计算机绘图作业的独立硬件环境称为计算机绘图的硬件系统。计算机绘图系统的硬件主要由主机、输入设备（键盘、鼠标、扫描仪等）、输出设备（显示器、绘图仪、打印机等）、信息存储设备（主要指外存，如硬盘、软盘、光盘等），以及网络设备、多媒体设备等组成。计算机绘图系统的基本硬件构成如图 1-2 所示。

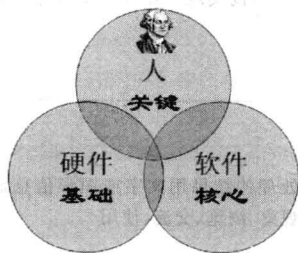


图 1-1 计算机绘图系统的组成

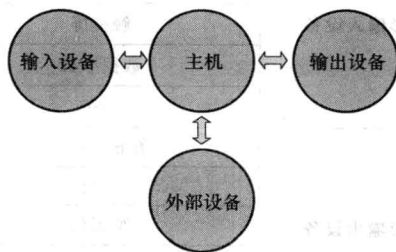


图 1-2 计算机绘图系统的基本硬件构成

2. 计算机绘图系统的软件组成

计算机软件是指控制计算机运行,并使计算机发挥最大功效的各种程序、数据及文档的集合。在计算机绘图系统中,软件配置水平决定着整个计算机绘图系统的性能优劣。因此,可以说硬件是计算机绘图系统的物质基础,而软件则是计算机绘图系统的核心。

可以将计算机绘图系统的软件分为3个层次,即系统软件、支撑软件和应用软件。系统软件是与计算机硬件直接关联的软件,一般由专业的软件开发人员研制,它起着扩充计算机的功能,以及合理调度与使用计算机的作用。支撑软件是在系统软件的基础上研制的,它包括进行计算机绘图作业时所需的各种通用软件。应用软件则是在系统软件及支撑软件支持下,为实现某个应用领域内的特定任务而开发的软件,如机床设计、夹具设计、汽车车身设计等CAD软件系统。计算机绘图系统的基本软件构成如图1-3所示。

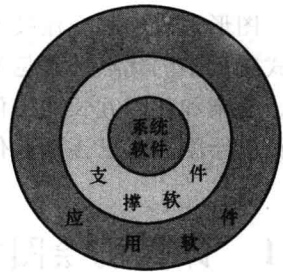


图 1-3 计算机绘图系统的基本软件构成

表 1-1 简单列举了计算机绘图系统的组成及功能。从表中可以看出,计算机绘图系统组成十分复杂,每个环节都可能决定绘图质量、效率,复杂图形能否表达,信息输入是否快捷、准确,信息输出是否清晰,协同工作是否便捷、安全、可靠。

表 1-1 计算机绘图系统的组成及功能

主 体	组 件	功 能
主机	中央处理器(CPU)	数据运算与处理
	内存储器	
	主板	
	……	
外部设备	硬盘	存储必要的文字和图形信息,保证协同设计、云计算过程顺利进行
	光盘	
	移动存储设备	
	网络设备	
	……	
图形输入设备	键盘	输入待处理信息,辅助实现计算机计算和绘图操作
	鼠标	
	触摸屏	
	数据手套	
	……	
图形输出设备	图形显示器	将计算机计算处理的结果用文字或图形信息显示出来,供设计人员及用户观察、浏览、交流、使用
	打印机	
	绘图仪	
	数据头盔	
	……	

(续)

主体	组 件	功 能
支撑软件	AutoCAD	提供绘图工具,辅助设计人员绘图
	UG	
	CATIA	
	

1.1.2 图形软件标准

图形是 CAD/CAE/CAM 的重要基础。随着 CAD/CAM 技术的迅猛发展和推广应用, CAD/CAM 技术得到了广泛的应用,越来越多的用户需要将产品数据在不同的应用系统间进行交换,但各 CAD/CAM 软件的内部数据记录方式和处理方式不尽相同,开发软件的语言也不完全一致,因此, CAD/CAM 系统的数据交换与共享是目前面临的重要问题。

20 世纪 80 年代初以来,国外对数据交换标准做了大量的研究、制订工作,也产生了许多标准。如美国的 DXF、IGES、ESP、PDES,法国的 SET,德国的 GKS、VDAFS,国际标准化组织 (ISO) 的 STEP 等。这些标准都对 CAD 及 CAM 技术在各国的推广应用起到了极大的促进作用。表 1-2 简单介绍了计算机绘图软件的接口标准。

表 1-2 计算机绘图软件的接口标准

图形软件标准	标准名称	特 点
图形标准	GKS	图形核心系统 (Graphic Kernel System, GKS) 是由原联邦德国工业标准化组织 (DIN) 于 1979 年提出, ISO 于 1985 年采用其作为国际标准。它是一个为应用程序服务的基本图形系统。它提供了应用程序和一组图形输入、输出设备之间的功能性接口。为了满足三维图形的需要, DIN 与 ISO 合作制定了三维图形核心系统 GKS-3D, 作为 GKS 的扩充
	PHIGS	程序员层次交互图形系统 (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System, PHIGS) 是美国计算机图形技术委员会于 1986 年推出的, 后被接受为国际标准。它是为应用程序员提供的控制图形设备的图形软件系统接口, 以及动态修改、绘制和显示图形数据的手段。PHIGS 的图形数据按照层次结构组织, 使多层次的应用模型能方便地利用它进行描述。它是 GKS 的扩展, 是为具有高度动态性、交互性的三维图形的应用而设计的图形软件工具包
图形和图像编码	CGM	计算机图形元文件 (Computer Graphics Metafile, CGM) 是 ISO 正式发布的国际标准。它采用了高效率的图形编码方法, 规定了存储图形数据的格式, 由一套与设备无关的用于定义图形的语法和词法元素组成, 作为图形数据的中性格式, 能适用于不同的图形系统和图形设备
	CGI	计算机图形接口 (Computer Graphics Interface, CGI) 是美国标准化协会 (ANSI) 于 1984 年起草的, 后被 ISO 接受为国际标准。它描述了通用的抽象图形设备的软件接口, 定义了一个虚拟的设备坐标空间、一组图形命令及其参数格式

(续)

图形软件标准	标准名称	特 点
数据交换标准	IGES	初始图形交换规范 (Initial Graphics Exchange Specification, IGES) 是美国国家标准和技术研究所 (NIST) 主持, 波音公司和通用电气公司参加编制的, 后经 ANSI 批准于 1980 年发布的美国国家标准。它建立了用于产品定义的数据表示方法与通信信息结构, 作用是在不同的 CAD/CAM 系统间交换产品定义数据。其原理是: 通过前处理器把发送系统的内部产品定义文件翻译成符合 IGES 规范的中性格式文件, 再通过后处理器将中性格式文件翻译成接收系统的内部文件
	STEP	产品模型数据交换标准 (Standard for the Exchange of Product model data, STEP) 是由 ISO 制定并于 1992 年公布的国际标准。它是一套系列标准, 其目标是在产品生存周期内为产品数据的表示与通信提供一种中性数字形式, 这种数字形式完整地表达产品信息并独立于应用软件, 也就是建立统一的产品模型数据描述

1.1.3 造型技术

造型技术是绘图软件的基础。三维模型有 3 种, 即线框、曲面和实体。早期的 CAD 系统往往分别对待以上 3 种造型。而当前的高级三维软件, 例如 CATIA、UG、Pro/Engineer 等则是将三者有机结合起来, 形成一个整体, 在建立产品几何模型时兼用线、面、体 3 种设计手段。其所有的几何造型享有公共的数据库, 造型方法间可互相替换, 而不需要进行数据交换。

1. 线框造型

线框造型可以生成、修改、处理二维和三维线框几何体, 可以生成点、直线、圆、二次曲线、样条曲线等, 还可以对这些基本线框元素进行修剪、延伸、分段、连接等处理, 生成更复杂的曲线。线框造型是通过三维曲面的处理来进行的, 即利用曲面与曲面的求交、曲面的等参数线、曲面边界线、曲线在曲面上的投影、曲面在某一方向的分模线等方法来生成复杂曲线。实际上, 线框造型是进一步构造曲面和实体模型的基础工具。在复杂的产品设计中, 往往是先用线条勾画出基本轮廓, 即所谓“控制线”, 然后逐步细化, 在此基础上构造出曲面和实体模型。

线框造型的缺点是明显的, 它用顶点和棱边来表示物体, 由于没有面的信息, 不能表示表面含有曲面的物体; 另外, 它不能明确地定义给定点与物体之间的关系 (点在物体内部、外部或表面上), 所以线框造型不能处理许多重要问题, 如不能生成剖切图、消隐图、明暗色彩图, 不能用于数控加工等, 应用范围受到了很大的限制。

2. 曲面造型

曲面模型是在线框造型的基础上, 增加了物体中面的信息, 用面的集合来表示物体, 用环来定义面的边界。曲面模型扩大了线框造型的应用范围, 能够满足面面求交、线面消隐、明暗色彩图、数控加工等需要。但在这种模型中, 只有一张张面的信息, 对物体究竟存在于表面的哪一侧, 并没有给出明确的定义, 无法计算和分析物体的整体性质, 如物体的表面积、体积、重心等, 也不能将这个物体作为一个整体去考查它与其他物体相互关联的性质, 如是否相交等。

曲面造型分两种方法，一是由曲线构造曲面；二是由曲面派生曲面。

(1) 由曲线构造曲面

- 1) 旋转曲面：轮廓曲线绕某一轴线旋转某一角度而生成的曲面。
- 2) 线性拉伸面：曲线沿某一矢量方向拉伸一段距离而得到的曲面。
- 3) 直纹面：在两曲线间，把其参数值相同的点用直线段连接而成的曲面。
- 4) 扫描面：截面发生曲线沿一条、两条或三条方向控制曲线运动、变化而生成的曲面。可根据各发生曲线与脊骨曲线的运动关系，把扫描面分为平行扫描曲面、法向扫描曲面和放射状扫描曲面。
- 5) 网格曲面：由一系列曲线构成的曲面。根据构造曲面的曲线的分布规律，网格曲面可分为单方向网格曲面和双方向网格曲面。单方向网格曲面由一组平行或近似平行的曲线构成；而双方向网格曲面由一组横向曲线和另一组与之相交的纵向曲线构成。
- 6) 拟合曲面：由一系列有序点拟合而成的曲面。
- 7) 平面轮廓面：由一条封闭的平面曲线所构成的曲面。
- 8) 二次曲面：椭圆面、抛物面、双曲面等。

(2) 由曲面派生曲面

- 1) 等半径倒圆曲面：一定半径的圆弧段与两原始曲面相切，并沿着它们的交线方向运动而生成的圆弧形过渡面。
- 2) 变半径倒圆曲面：半径值按一定的规律变化的圆弧段与两原始曲面相切，并沿它们的交线方向运动而生成的圆弧形过渡面。
- 3) 等厚度偏移曲面：与原始曲面偏移一均匀厚度值的曲面。
- 4) 变厚度偏移曲面：在原始曲面的角点处，沿该点曲面法矢量方向偏移给定值而得到的曲面。
- 5) 混合曲面（桥接曲面）：在两个（或多个）分离曲面的指定边界线处生成的，一个以指定边界为生成曲面的边界线，与所选周围原始曲面圆滑连接的中间曲面。
- 6) 延伸曲面：在曲面的指定边界线处，按曲面的原有趋势（或某一给定的矢量方向）进行给定条件的曲面扩展而生成的曲面。
- 7) 修剪曲面：把原始曲面的某一部分去掉而生成的曲面。
- 8) 拓扑连接曲面：把具有公共边界线的两个曲面进行拓扑相加后的曲面。

3. 实体造型

实体造型是最高级的三维物体模型，它能完整地表示物体的所有形状信息。可以无歧义地确定一个点是在物体外部、内部或表面上，这种模型能够进一步满足物性计算、有限元分析等应用的要求。

(1) 基本体素

- 1) 拉伸体：一条封闭的曲线沿某一矢量方向拉伸一段距离而得到的实体，包括长方体等。
- 2) 旋转体：一条封闭曲线绕某一轴线旋转某一角度而生成的实体，包括圆柱体、圆锥体、球体等。
- 3) 扫描体：一条或多条封闭的截面曲线沿一条轨道按一定的规律运动而生成的实体。
- 4) 等厚体：与原始曲面偏移给定厚度值而形成的实体。

5) 缝合体: 由一组封闭曲面缝合而成的实体。

6) 倒圆体: 在实体的棱线处, 生成一个与该棱线处的两相邻表面相切的圆弧形过渡体。

7) 倒角体: 在实体的棱线处, 生成一个给定角度和长度的倒角体。

(2) 工艺特征形体

工艺特征形体包括凸台、凹腔、孔、键槽、螺纹、筋等。

(3) 拓扑操作

对体素进行并、交、差布尔运算及用曲面片体修剪体素而生成的新的实体。

1.2 常用的计算机绘图软件简介

1.2.1 AutoCAD 发展史

AutoCAD 是由美国 Autodesk 公司开发的通用计算机辅助设计软件, 是目前世界上应用最广的 CAD 软件。随着时间的推移和软件的不断完善, AutoCAD 已由原先的侧重于二维绘图技术, 发展到二维、三维绘图技术兼备, 并且具有网上设计的多功能 CAD 软件系统。

1. 良好的用户界面

AutoCAD 具有良好的用户界面, 通过交互菜单或命令行方式便可以进行各种操作。AutoCAD 具有广泛的适应性, 它可以在各种操作系统支持的微型计算机和工作站上运行, 并支持分辨率由 320×200 像素到 2048×1024 像素的各种图形显示器 40 多种, 这为 AutoCAD 的普及创造了条件。

2. 发展过程

AutoCAD 的发展过程可分为初级阶段、发展阶段、高级发展阶段、完善阶段、改进阶段、协同工作和云存储阶段。

在初级阶段, AutoCAD 更新了 5 个版本。由 1982 年的 AutoCAD 1.0 版本发展到 1984 年的 AutoCAD 2.0 版本。

在发展阶段, AutoCAD 更新了以下版本。由 1985 年的 AutoCAD 2.17 版本发展到 1987 年的 AutoCAD 9.0 版本和 AutoCAD 9.03 版本。

在高级发展阶段, AutoCAD 经历了 3 个版本, 使 AutoCAD 的高级协助设计功能逐步完善。1988 年 8 月推出了 AutoCAD 10.0 版本、1990 年推出了 AutoCAD 11.0 版本和 1992 年推出了 AutoCAD 12.0 版本。

在完善阶段, AutoCAD 逐步由 DOS 平台转向 Windows 平台。从 1996 年的 AutoCAD R13 版本问世, 到 2003 年推出的 AutoCAD 2004、2004 年推出的 AutoCAD 2005 和 2005 年推出的 AutoCAD 2006 版本, 实现了技术革命。

在改进阶段, AutoCAD 经历了 6 个版本, 使三维绘图功能日趋完善。从 2006 年推出的 AutoCAD 2007、2007 年推出的 AutoCAD 2008、2008 年推出的 AutoCAD 2009、2009 年推出的 AutoCAD 2010、2010 年推出的 AutoCAD 2011, 到 2011 年推出的 AutoCAD 2012。

在协同工作和云存储阶段, 2012 年推出的 AutoCAD 2013 和 2013 年推出的 AutoCAD