

普通高等教育“十三五”规划教材

COMPUTER DRAWING
AUTOCAD 2018

计算机绘图 AutoCAD 2018

王亮申 戚宁 主编
齐慧博 李刚 刘建霞 毕俊颖 副主编

非
外
借

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十三五”规划教材

计算机绘图 AutoCAD 2018

主 编	王亮申	戚 宁	
副主编	齐慧博	李 刚	刘建霞
	毕俊颖		
参 编	夏利江	谭鲁志	王卫东
	马勇磊	杨意品	王 梅

机械工业出版社

本书是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》编写的。作为计算机绘图基础性教材，本书首先对计算机绘图技术进行了简介，再以 AutoCAD 2018 为基础，以文字和图形、实例相结合的形式详细介绍了 AutoCAD 2018 操作的基本方法和各种功能。全书共 13 章，内容包括：计算机绘图技术概述，AutoCAD 2018 的绘图环境，简单图形的绘制，提高绘图效率，复杂图形绘制，图案填充与创建面域，图形编辑，视图操作，文本、尺寸标注与表格，块设定，齿轮泵装配绘制实例，三维图形绘制，编辑三维图形。全书以液压齿轮泵为实例，在绘制零件及装配图时，将现行工程制图标准融入其中。

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。

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

本书是知名的在线教育、学分课程服务平台——智慧树的上线课程“计算机绘图”的配套教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机绘图 AutoCAD2018/王亮申, 戚宁主编. —北京: 机械工业出版社, 2018.2

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-58683-8

I. ①计… II. ①王… ②戚… III. ①计算机制图-AutoCAD 软件-高等学校-教材 IV. ①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 028005 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 任正一

责任校对: 刘志文 张晓蓉 封面设计: 张静

责任印制: 常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2018 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22.75 印张·581 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-58683-8

定价: 49.80 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

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前言

《中国制造 2025》明确提出了“数字化研发设计工具普及率”的发展目标为从 2013 年的 52%、2015 年的 58%，至 2020 年达到 72%，2025 年达到 84%。“在传统制造业、战略性新兴产业、现代服务业等重点领域开展创新设计示范，全面推广应用以绿色、智能、协同为特征的先进设计技术”。“发展各类创新设计教育，设立国家工业设计奖，激发全社会创新设计的积极性和主动性”。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”。

因此，大力普及使用数字化研发设计工具（包括计算机绘图技术）是大势所趋，是着力提升制造业水准的基本要素。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，软件运营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 2018 增加了很多新功能，将菜单栏、工具栏、命令行、功能区面板等操作方式有机地结合在系统中，大大提升了系统的可操作性。AutoCAD 具有完善的图形绘制功能和编辑功能，可以进行多种图形格式的转换，如导入 PDF 文件中的文字和几何图形。利用 Autodesk 的云服务，可以上传、同步或共享文档，以便于在多种设备和平台上查看，随时随地通过智能手机、平板计算机等进行绘制、编辑和审阅。此外，AutoCAD 2018 操作界面也与早期版本有很大不同，因此，有必要介绍 AutoCAD 2018 的使用方法和功能。

本书以中文版 AutoCAD 2018 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 章主要介绍计算机绘图技术发展及现有 CAD/CAM 软件；第 2 章介绍 AutoCAD 2018 绘图环境；第 3 章介绍简单图形如点、线、圆等的绘制方法；第 4 章介绍提高绘图效率所采用的辅助工具及其操作方法；第 5~7 章介绍二维图形的绘制与编辑；第 8 章介绍视图概念及操作方法；第 9 章介绍文本操作、尺寸标注及表格编制方法；第 10 章介绍块定义、块属性等内容；第 11 章以齿轮泵为实例，综合应用前面所学知识，完成齿轮泵装配图的绘制；第 12~13 章介绍三维图形的绘制与编辑操作。

本书由王亮申、戚宁担任主编，齐慧博、李刚、刘建霞、毕俊颖担任副主编。参编人员有夏利江、谭鲁志、王卫东、马勇焜、杨意品、王梅。其中王亮申、齐慧博、王卫东、谭鲁志编写了第 1 章、第 2 章；戚宁、王梅、杨意品编写了第 3 章、第 4 章、第 5 章；刘建霞、马勇焜编写了第 6 章、第 7 章、第 8 章；毕俊颖、夏利江编写了第 9 章、第 10 章、第 11

章；齐慧博编写了第 12 章；李刚编写了第 13 章、附录 A、附录 B。王亮申对全书进行了统稿。

书后所列参考文献对本书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。

为了方便读者学习计算机绘图技术，借助于智慧树平台，编者为本书量身定制了在线课程“计算机绘图”。读者可以在智慧树网（www.zhihuishu.com）上选本课程，注册后观看该课程的部分授课视频，在学习计算机绘图技术的同时，还可以得到修课学分。

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 计算机绘图技术的发展过程 1

1.1.2 计算机绘图技术在《中国制造 2025》中的作用 2

1.1.3 计算机绘图系统的组成 2

1.1.4 图形软件标准 3

1.1.5 造型技术 5

1.2 常用的计算机绘图软件简介 7

1.2.1 AutoCAD 7

1.2.2 CATIA 7

1.2.3 UG 7

1.2.4 Creo 7

1.2.5 SolidWorks 7

1.2.6 Cimatron 7

1.2.7 CAXA 8

1.3 本章小结 8

习题 8

第 2 章 AutoCAD 2018 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 11

2.1.4 功能区 12

2.1.5 工具栏 14

2.1.6 绘图窗口 15

2.1.7 命令行与文本窗口 15

2.1.8 状态栏 16

2.1.9 工具选项板 17

2.2 文件操作 18

2.2.1 创建新图形文件 18

2.2.2 打开文件 19

2.2.3 保存文件 20

2.3 坐标系 22

2.3.1 直角坐标系 22

2.3.2 极坐标系 22

2.3.3 相对坐标 22

2.4 界面设置 22

2.4.1 调整视窗 23

2.4.2 设置绘图单位 23

2.4.3 设置绘图边界 24

2.5 帮助 24

2.6 本章小结 25

习题 25

第 3 章 简单图形的绘制 26

3.1 直线的绘制 26

3.1.1 绘制直线段 26

3.1.2 绘制射线 28

3.1.3 绘制构造线 29

3.2 点的绘制 29

3.2.1 绘制点 29

3.2.2 设置点样式 30

3.3 多边形的绘制 31

3.3.1 绘制矩形 31

3.3.2 绘制正多边形 32

3.4 圆及圆弧的绘制 32

3.4.1 绘制圆 32

3.4.2 绘制圆弧 35

3.5 椭圆及椭圆弧的绘制 39

3.5.1 绘制椭圆 39

3.5.2 绘制椭圆弧 39

3.6 实例 40

3.7 本章小结 41

习题 41

第 4 章 提高绘图效率 42

4.1 图层管理 42

4.1.1 设置图层特性 42

4.1.2 切换与使用图层 45

4.1.3 过滤图层 45

4.1.4 保存与恢复图层状态	47	5.2.1 绘制多段线	85
4.2 工具栏	48	5.2.2 编辑多段线	87
4.2.1 控制工具栏显示	48	5.3 样条曲线	89
4.2.2 创建个性化工具栏	48	5.3.1 绘制样条曲线	89
4.3 绘图辅助工具	50	5.3.2 编辑样条曲线	90
4.3.1 栅格	50	5.4 实例	91
4.3.2 捕捉模式	52	5.5 本章小结	98
4.3.3 推断约束	52	习题	99
4.3.4 动态输入	53	第6章 图案填充与创建面域	100
4.3.5 正交模式	54	6.1 图案填充	100
4.3.6 极轴追踪	55	6.1.1 使用【图案填充创建】选项卡创建 图案填充	100
4.3.7 等轴测草图	56	6.1.2 使用【渐变色】对话框创建图案 填充	105
4.3.8 二维对象捕捉	56	6.1.3 编辑图案填充	107
4.3.9 对象捕捉追踪	58	6.2 面域	108
4.3.10 线宽	61	6.2.1 创建面域	108
4.3.11 透明度	61	6.2.2 从面域中提取数据	108
4.3.12 选择循环	62	6.2.3 面域间的布尔运算	109
4.3.13 三维对象捕捉	62	6.3 实例	110
4.3.14 动态 UCS	63	6.4 本章小结	113
4.3.15 选择过滤	63	习题	114
4.3.16 小控件	64	第7章 图形编辑	115
4.3.17 注释可见性	64	7.1 选择对象	115
4.3.18 自动缩放	64	7.1.1 选择对象的方法	115
4.3.19 注释比例	64	7.1.2 快速选择	117
4.3.20 注释监视器	64	7.2 删除与恢复对象	118
4.3.21 单位	64	7.3 复制对象	118
4.3.22 快捷特性	64	7.3.1 【编辑】菜单模式	118
4.3.23 锁定用户界面	67	7.3.2 使用【修改】菜单复制对象	120
4.3.24 隔离对象	67	7.4 使用夹点编辑图形	121
4.3.25 图形性能	67	7.4.1 控制夹点的显示	122
4.3.26 系统变量监视器	68	7.4.2 使用夹点编辑对象	122
4.3.27 全屏显示	68	7.4.3 多功能夹点	124
4.3.28 状态栏自定义	68	7.5 使用【修改】菜单命令编辑图形	126
4.4 快速计算器	69	7.5.1 镜像对象	126
4.5 对象特性	69	7.5.2 偏移对象	126
4.6 实例	70	7.5.3 阵列对象	127
4.7 本章小结	77	7.5.4 移动对象	134
习题	78	7.5.5 旋转对象	134
第5章 复杂图形绘制	79	7.5.6 缩放对象	135
5.1 多线	79	7.5.7 拉伸对象	136
5.1.1 创建多线样式	79	7.5.8 拉长对象	137
5.1.2 多线的绘制	81	7.5.9 修剪对象	138
5.1.3 多线样式的修改	82	7.5.10 延伸对象	138
5.1.4 编辑多线	83		
5.2 多段线	85		

7.5.11 打断	139	10.1 块的特点	219
7.5.12 合并对象	140	10.2 块定义	219
7.5.13 倒角	140	10.3 插入块	220
7.5.14 圆角	142	10.4 块的属性	221
7.5.15 光顺曲线	143	10.5 块的分解	223
7.5.16 分解对象	144	10.6 修改块定义	223
7.6 实例	145	10.7 修改块属性	224
7.7 本章小结	163	10.8 PDF 输入	226
习题	163	10.9 实例	228
第 8 章 视图操作	165	10.10 本章小结	231
8.1 重画与重新生成图形	165	习题	231
8.1.1 重画	165	第 11 章 齿轮泵装配绘制实例	233
8.1.2 重新生成	165	第 12 章 三维图形绘制	241
8.2 缩放视图	168	12.1 三维绘图基础	241
8.2.1 实时缩放	169	12.1.1 三维建模工作空间	241
8.2.2 窗口缩放	169	12.1.2 世界坐标系	242
8.2.3 显示上一个视图	170	12.1.3 用户坐标系	242
8.2.4 动态缩放	171	12.2 设置视点	244
8.2.5 按比例缩放	171	12.2.1 使用【视点预设】对话框设置 视点	244
8.2.6 重设视图中心点	172	12.2.2 使用罗盘设置视点	245
8.2.7 根据绘图范围或实际图形显示 ..	172	12.2.3 设置特殊视点	246
8.2.8 在视口中中心区域缩放图形	173	12.2.4 ViewCube	247
8.3 平移视图	173	12.3 观察三维图形	248
8.4 实例	174	12.3.1 受约束的动态观察	248
8.5 本章小结	181	12.3.2 自由动态观察	248
习题	182	12.3.3 连续动态观察	250
第 9 章 文本、尺寸标注与表格	183	12.3.4 控制盘	251
9.1 文字样式及字体	183	12.4 视觉样式	251
9.1.1 文字样式	183	12.4.1 二维线框	251
9.1.2 字体	184	12.4.2 线框	252
9.2 单行文本	185	12.4.3 隐藏	253
9.3 多行文本	186	12.4.4 真实	253
9.4 文字对齐	187	12.4.5 概念	253
9.5 尺寸标注简介	188	12.4.6 着色	254
9.5.1 组成	188	12.4.7 带边缘着色	254
9.5.2 类型与步骤	188	12.4.8 灰度	255
9.6 创建标注样式	197	12.4.9 勾画	255
9.7 表格	205	12.4.10 X 射线	255
9.7.1 创建表格	205	12.5 绘制简单三维图形	256
9.7.2 创建表格样式	206	12.5.1 绘制三维点、线段、射线、 构造线	256
9.7.3 编辑表格和表格单元	209	12.5.2 绘制其他二维图形	257
9.8 实例	212	12.5.3 绘制三维螺旋线	257
9.9 本章小结	218	12.5.4 绘制平面曲面	258
习题	218		
第 10 章 块设定	219		

12.6 绘制三维网格	258	12.11 本章小结	280
12.6.1 旋转网格	258	习题	280
12.6.2 平移网格	259	第 13 章 编辑三维图形	282
12.6.3 直纹网格	260	13.1 三维小控件	282
12.6.4 边界网格	260	13.2 修改三维图形	285
12.7 绘制基本实体	261	13.2.1 三维移动	285
12.7.1 多段体	262	13.2.2 三维旋转	285
12.7.2 长方体	263	13.2.3 三维对齐	287
12.7.3 楔体	264	13.2.4 三维镜像	288
12.7.4 圆锥体	265	13.2.5 三维阵列	289
12.7.5 球体	266	13.2.6 剖切实体	290
12.7.6 圆柱体	267	13.2.7 加厚实体	291
12.7.7 圆环体	268	13.3 编辑三维实体	292
12.7.8 棱锥体	269	13.3.1 倒角边	292
12.8 通过二维图形创建实体或曲面	270	13.3.2 圆角边	293
12.8.1 将二维图形拉伸成实体或 曲面	270	13.3.3 复制边	294
12.8.2 将二维图形旋转成实体或 曲面	271	13.3.4 着色边	294
12.8.3 将二维图形扫掠成实体或 曲面	272	13.3.5 抽壳	295
12.8.4 将二维图形放样成实体	274	13.3.6 分解实体	296
12.9 布尔运算	275	13.4 实例	297
12.9.1 并集	275	13.5 本章小结	299
12.9.2 差集	276	习题	299
12.9.3 交集	277	附录	301
12.10 实例	278	附录 A AutoCAD 命令一览表	301
		附录 B AutoCAD 系统变量一览表	326
		参考文献	354

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、复杂和冗长的劳动，不但效率低、质量差，而且周期长，不易于修改；因此，计算机绘图技术已几乎完全取代了手工绘图方法。

1.1 计算机绘图技术简介

计算机绘图是一种与手工绘图不同的高效率、高质量的绘图技术。把数字化了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 计算机绘图技术的发展过程

计算机绘图技术是 CAD/CAM 的重要组成部分。它的发展有力地推动了 CAD/CAM 的研究和应用，为 CAD/CAM 提供了高效的工具和手段。而 CAD/CAM 的发展又不断提出新的要求和设想，其中包括对计算机绘图技术的要求。因此，CAD/CAM 的发展与计算机绘图技术的发展有着密不可分的关系。

计算机绘图技术产生于 20 世纪 50 年代，在 60 多年的发展和应用历程中，对促进科学技术的进步产生了深远的影响，做出了重要的贡献。随着计算机技术和网络技术的发展，CAD 技术也在不断地发展和完善。1950 年，世界上第一台图形显示器“旋风一号”在美国问世，解决了图形处理的问题。1958 年美国 CALCOMP 公司制成滚筒式绘图仪，GERBER 公司制成平板式绘图仪，解决了图形输出问题。同期研制成功的光笔，为计算机绘图提供了输入设备。1963 年 MIT（美国麻省理工学院）的 I. E. Sutherland 提出并实现了一个人机交互图形系统（SKETCHPAD 系统），首次使用了 Computer Graphics（计算机图形学）这个专用名词，全面揭开了计算机绘图研究的序幕。1966 年美国 Lockheed 公司与 IBM 公司联合开发并推出了著名的 CAD/CAM 系统“计算机图形增强设计与制造软件包”。20 世纪 70 年代之后，大规模集成电路技术的应用使计算机的性能得到飞跃提高，为计算机绘图过程中大量数据的检索、存储、处理提供了保证。图形处理技术的进一步发展和完善，使人机交互图形的生成趋于完善。操作杆、鼠标器、图形输入板、数字化仪等图形输入设备取代了使用不便、易于损坏的光笔，光栅扫描图形显示器使图形显示更加形象、逼真。此时计算机绘图进

入实用阶段。20世纪80年代是计算机绘图技术、CAD/CAM技术进一步发展及推广使用的阶段，其硬件、软件都由最初的研制、开发转向成熟和使用。以超级微型计算机工作站为基础的计算机绘图系统得到迅速发展。进入20世纪90年代，计算机绘图技术进入开放式、标准化、集成化和智能化的发展时期。随着计算机软硬件技术不断完善，计算机绘图也在不断进步和发展。时至今日，计算机绘图技术不仅在工程设计领域得到广泛应用，而且已延伸到艺术、电影、动画、广告和娱乐等领域，产生了巨大的经济效益和社会效益，在国民经济和科技进步中起到了不可替代的作用。

1.1.2 计算机绘图技术在《中国制造2025》中的作用

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。18世纪中叶开启工业文明以来，世界强国的兴衰史和中华民族的奋斗史一再证明，没有强大的制造业，就没有国家和民族的强盛。打造具有国际竞争力的制造业，是我国提升综合国力、保障国家安全、建设世界强国的必由之路。

《中国制造2025》提出，坚持“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”的基本方针，坚持“市场主导、政府引导，立足当前、着眼长远，整体推进、重点突破，自主发展、开放合作”的基本原则，通过“三步走”实现制造强国的战略目标：第一步，到2025年迈入制造强国行列；第二步，到2035年我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平；第三步，到新中国成立一百年时，我国制造业大国地位更加巩固，综合实力进入世界制造强国前列。

围绕实现制造强国的战略目标，《中国制造2025》明确了9项战略任务和重点：一是提高国家制造业创新能力；二是推进信息化与工业化深度融合；三是强化工业基础能力；四是加强质量品牌建设；五是全面推行绿色制造；六是大力推动重点领域突破发展，聚焦新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、新材料、生物医药及高性能医疗器械等十大重点领域；七是深入推进制造业结构调整；八是积极发展服务型制造和生产性服务业；九是提高制造业国际化发展水平。

《中国制造2025》中明确，通过政府引导、整合资源，实施国家制造业创新中心建设、智能制造、工业强基、绿色制造、高端装备创新等五项重大工程，实现长期制约制造业发展的关键共性技术突破，提升我国制造业的整体竞争力。

为此，在《中国制造2025》中明确提出“数字化研发设计工具普及率(%)^①”的发展目标为从2013年的52%、2015年的58%，至2020年达到72%，2025年达到84%。“在传统制造业、战略性新兴产业、现代服务业等重点领域开展创新设计示范，全面推广应用以绿色、智能、协同为特征的先进设计技术。”“发展各类创新设计教育，设立国家工业设计奖，激发全社会创新设计的积极性和主动性。”

因此，大力普及使用数字化研发设计工具（包括计算机绘图技术）是大势所趋，是着力提升制造业水准的基本要素。

1.1.3 计算机绘图系统的组成

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

^① 数字化研发设计工具普及率=应用数字化研发设计工具的规模以上企业数量/规模以上企业总数量。

理速度快慢,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,有着不可替代主导作用,决定着图形设计的成败。将硬件、软件及人这三者有机地融合在一起,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作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、数据手套等)、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、固态硬盘、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。

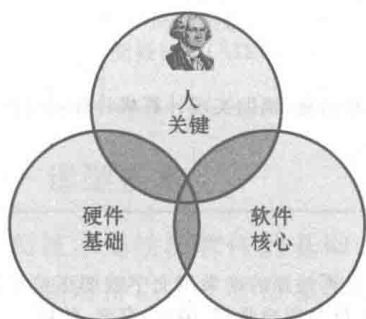


图 1-1 计算机绘图系统的组成

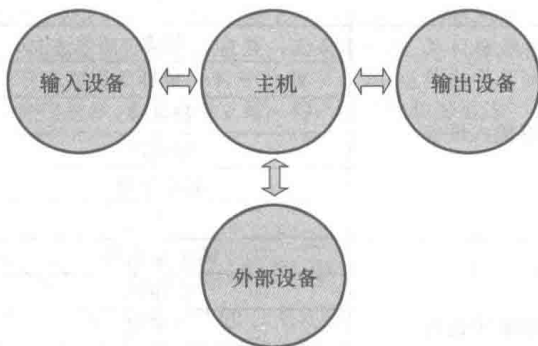


图 1-2 计算机绘图系统的基本硬件构成

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三个层次,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。

计算机绘图系统组成及功能见表 1-1。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。

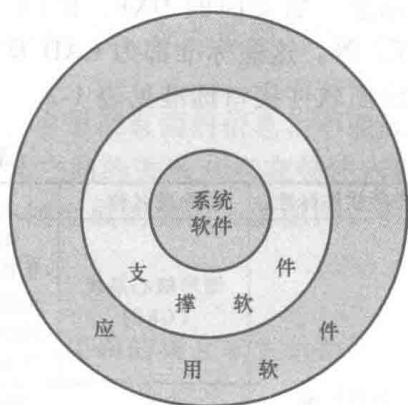


图 1-3 计算机绘图系统的基本软件构成

1.1.4 图形软件标准

图形是 CAD/CAM 的重要基础。随着 CAD/CAM 技术的迅猛发展和推广应用, CAD/CAM 技术得到了越来越广泛的应用,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

表 1-1 计算机绘图系统组成及功能

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
	固态硬盘	
	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	
	扫描仪	
	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	
	⋮	
支撑软件	AutoCAD	提供绘图工具,辅助设计人员绘图
	UG	
	CATIA	
	⋮	

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制、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,ISO 的 STEP 等。这些标准都为 CAD 及 CAM 技术在各国的推广应用起到了极大的促进作用。计算机绘图软件接口标准见表 1-2。

表 1-2 计算机绘图软件接口标准

图形软件标准	标准名称	特 点
图形标准	图形核心系统 (GKS)	图形核心系统 (Graphic Kernel System, GKS) 是由德国标准化组织 (DIN) 于 1979 年提出的,国际标准化组织 (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
	程序员层次交互图形系统 (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	计算机图形元文件 (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

(续)

图形软件标准	标准名称	特 点
图形和图像编码	计算机图形接口编码(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
数据交换标准	初始图形交换规范(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受系统的内部文件
	产品模型数据交换标准(STEP)	产品模型数据交换标准STEP(Standard for the Exchange of Product model data)是由ISO制订并于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

1.1.5 造型技术

造型技术是绘图软件的基础。三维模型有三种,即线框、曲面和实体。早期的CAD系统往往分别对待以上三种造型,而当前的高级三维软件,例如,CATIA、UG、Creo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、体三种设计手段。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。

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,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,如物体的体积、重心等,也不能将这个物体作为一个整体去考察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: 从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、螺纹和筋等。

(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

常用的计算机绘图软件有 AutoCAD、CATIA、UG、Creo、SolidWorks 和 CAXA 等，各有不同的用户群。

1.2.1 AutoCAD

美国 Autodesk 公司出品。AutoCAD 已由原先的侧重于二维绘图技术为主，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，广泛应用在机械工程、建筑工程、装饰设计、环境艺术设计、水电工程、土木施工等诸多领域内。AutoCAD 将菜单栏、工具栏、命令行、功能区面板等操作方式有机地结合在系统中，大大提升了系统的可操作性。AutoCAD 具有完善的图形绘制功能和编辑功能，可以进行多种图形格式的转换，如导入 PDF 文件中的文字和几何图形。利用 Autodesk 的云服务，可以上传、同步或共享文档，以便于在多种设备和平台上查看，随时随地通过智能手机、平板计算机等进行绘制、编辑和审阅。

1.2.2 CATIA

法国 Dassault System 公司出品。CATIA 是从 20 世纪 70 年代发展形成的，最先采用了三维线框、曲面和实体特征等多项技术。产品整个开发过程包括概念设计、详细设计、工程分析、成品定义和制造乃至成品在整个生命周期中的使用和维护，支持从项目准备阶段、具体的设计、分析、模拟、组装到维护在内的全部工业设计流程。

1.2.3 UG

德国 Siemens PLM Software 公司出品。利用 UG 可以准确地描述几乎任何几何形状。通过将这些几何形状组合起来，可以设计、分析零件，并自动生成工程图。完成设计后，便可以进行 NC 编程。

1.2.4 Creo

美国 PTC 公司出品。Creo 是整合了 PTC 公司的三个软件 Pro/Engineer 的参数化技术、CoCreate 的直接建模技术和 ProductView 的三维可视化技术的新型 CAD 设计软件包。Creo 的产品设计应用程序使企业中的每个人都能使用最适合自己的工具，为多个独立的应用程序在 2D 和 3D CAD 建模、分析及可视化方面提供了新的功能。Creo 还提供了良好的相互操作性，可确保在内部和外部团队之间轻松共享数据。

1.2.5 SolidWorks

法国 Dassault System 公司出品。SolidWorks 软件是第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统，功能强大、易学易用。SolidWorks 资源管理器同 Windows 资源管理器一样，用它可以方便地管理 CAD 文件，零件设计、装配设计和工程图之间完全相互关联。

1.2.6 Cimatron

以色列 Cimatron 公司出品。Cimatron 是专门针对模具行业设计开发的，包括易于使用的

3D 设计工具，融合了线框造型、曲面造型和实体造型，允许用户方便地处理获得的数据模型或进行产品的概念设计。

1.2.7 CAXA

北京数码大方科技有限公司出品。CAXA 包括数字化设计 (CAD)、数字化制造 (MES) 以及产品全生命周期管理 (PLM) 解决方案和工业云服务等功能。数字化设计解决方案包括二维、三维 CAD，工艺 CAPP 和产品数据管理 PDM 等模块/软件；数字化制造解决方案包括 CAM、网络 DNC、MES 和 MPM 等软件；支持企业贯通并优化营销、设计、制造和服务的业务流程，实现产品全生命周期的协同管理，提供云设计、云制造、云协同、云资源、云社区五大服务，涵盖了企业设计、制造、营销等产品创新流程所需要的各种工具和服务。

1.3 本章小结

计算机绘图技术是现代工程技术的重要基础。通过对计算机绘图技术的产生及发展过程、计算机绘图系统的组成、现代造型技术、图形交换标准，以及常用的计算机绘图软件类型的简单介绍，让读者对计算机绘图技术有一个粗略了解，有助于读者学习和掌握 AutoCAD 2018 操作方法。

习 题

1. 结合《中国制造 2025》，简述学习计算机绘图技术的意义。
2. 简述计算机绘图系统的组成。
3. 常见的计算机绘图软件有哪些类型？