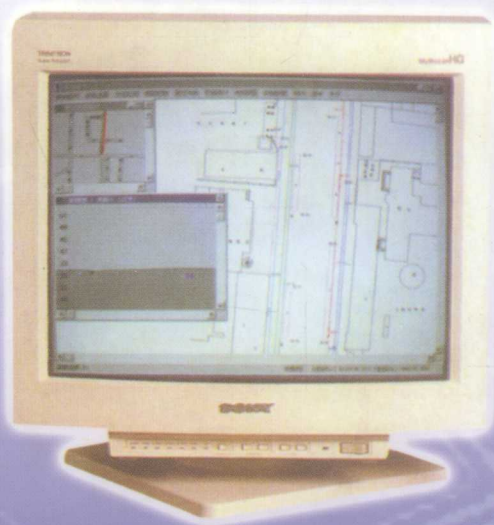


❖ 现代测绘科技丛书

计算机绘图原理及应用

杜明义 包永德 朱伟刚 李 巍 编著



86

教育科学出版社

计算机绘图原理及其应用

杜明义 包永德 朱伟刚 李巍 编著



教育科学出版社



0224686

责任编辑:徐长发

封面设计:安广军

图书在版编目(CIP)数据

现代测绘科技丛书/武文波 主编

计算机绘图原理及其应用/杜明义 包永德 朱伟刚 李 巍 编著

北京:教育科学出版社,2000.05

ISBN 7-5014-1648-6

I. ①现…②武…

II. ①计…②杜…③包…④朱…⑤李…

III. 计算机绘图原理—应用

IV. P. 209

中国版本图书馆 CIP 数据核字(20)第 01469 号

计算机绘图原理及其应用

编著 杜明义 包永德 朱伟刚 李 巍

教育科学出版社出版

(北京海淀区北三环中路 46 号)

通州印刷厂印刷

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月北京第 1 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:12.25

字数:300 千字

印数:1000 册

ISBN 7-5014-1648-6/P. 208-3(课)

定价:24.00 元

《现代测绘科技丛书》编著说明

辽宁工程技术大学测量工程系具有近五十年的办学历史,具有雄厚的师资力量、较先进的教学设备及丰富的办学经验。“大地测量学与测量工程”学科为辽宁省重点学科,“测量工程实验室”为国家煤炭工业重点实验室。现有“大地测量学与测量工程”、“地图制图学与地理信息工程”、“摄影测量与遥感”三个硕士授权点。近年来在科研和教学上均取得了可观的成果和经验,在东北地区、煤炭工业系统乃至全国都有一定的影响。

随着计算机技术、微电子技术、空间技术、通讯技术和信息技术的不断进步,测绘仪器设备不断更新换代,测绘技术领域也发生了深刻的变化。从数据的采集、处理和管理,到数据的存储、输出,不断向自动化、数字化、集成化、科学化的方向迈进。GPS技术、RS技术、GIS技术、数字化测绘技术开始广泛地应用于国民经济建设的各个领域。为了适应测绘科学技术的迅猛发展,满足科教兴国战略方针的需要,从1995年开始,我们进行了面向二十一世纪的课程体系和教学内容的改革,已取得显著成果,并按新的教学体系和教学内容组织编著了这套《现代测绘科技丛书》。该科技丛书是按新科学体系经过优化组合后编著而成,其特点是面向未来、面向现代化,删除陈旧内容,纳入新理论和新技术。每部书既注意基本原理、基础知识的阐述,又大量的融入高新技术,并具有大量的实际操作内容。这些都是全体科技人员的科研成果、生产实践和教学经验的科学总结。该科技丛书密切结合教学实践妥善处理了传统技术与新技术之间的关系,各书之间既相互衔接,又自成体系。

在本科技丛书的编著中,徐州师范大学、东北大学、河北理工学院、黑龙江工程学院、鞍山钢铁学院、长春建筑高等专科学校、本溪冶金高等专科学校等院校的有关专家参加了编著工作,并提出了宝贵意见,对本科技丛书的完成给予了有益的帮助。

本科技丛书是经过多年教学试用后重新组织编著的。编著者都是具有丰富教学、科研和生产实践经验的教授和副教授,同时组织了专家审阅和修改,现决定正式出版。该科技丛书适用对象为测绘生产及科研工作者的参考和自学用书,亦可作为“测绘工程”、“地理信息系统”、“城市规划”、“土地管理”及相关专业本、专科生教学用书。

《现代测绘科技丛书》编著委员会成员:

主 任:武文波

副主任:宋伟东、金继读、刘谊、马洪滨、王仲锋、包永德、王晏民

编委(以姓氏笔画为序):马洪滨、马明栋、马振利、马俊海、王家贵、王仲锋、王国君、王晏民、石金锋、包永德、宋伟东、刘立忱、刘谊、乔仰文、朱伟刚、邢贵和、任秀、杜维甲、杜明义、李勇、李正中、金继读、武文波、张永彬、徐爱功、施群德、赵长胜、赵波、景海涛、谢宏全

秘书:马振利、朱伟刚

《现代测绘科技丛书》(第一部分)名称、编著者:

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| 1、数据库原理及在测量中应用 | 武文波、马洪滨、景海涛、王崇倡 |
| 2、面向对象的测量程序设计 | 马明栋、赵长胜、施群德、杜维甲 |
| 3、计算机绘图原理及应用 | 杜明义、包永德、朱伟刚、李巍 |
| 4、数字化测图原理及应用 | 宋伟东、张永彬、金继读、赵波 |
| 5、GPS 卫星定位原理及其在测绘中的应用 | 乔仰文、赵长胜、谢宏全、徐爱功 |
| 6、测量平差 | 赵长胜、石金锋、王仲锋、李勇 |
| 7、测绘学基础 | 王家贵、金继读、刘立忱、马俊海 |
| 8、地理信息系统原理 | 马明栋、武文波、申立群、宋伟东 |
| 9、遥感技术基础 | 徐爱功、杜明义、刘谊、武文波 |
| 10、现代路线工程测量 | 李正中、任秀、周涌波、武文波 |
| 11、测量学(非测绘专业用) | 刘谊、邢贵和、马振利、王国君 |

《现代测绘科技丛书》编著委员会

辽宁工程技术大学测量工程系

2000 年 1 月 20 日

前 言

计算机绘图是研究利用计算机来处理图形的原理、方法和技术的学科,是近三十年飞速发展并取得巨大成就的学科之一。如今,计算机绘图已在计算机辅助设计、科学研究、办公室自动化、计算机仿真、过程控制等领域中发挥着巨大的作用。

本书是作者在高校长期从事这一领域的教学和科研的基础上,参阅了国内外大量有关文献资料编写而成的。全书分成三篇加一个绪论,三篇分别是理论篇、实现篇和 AutoCAD 篇。在理论篇中安排了第二章(图形变换)、第三章(曲线与曲面)和第四章(窗口与裁剪),详细介绍了计算机绘图中的教学基础知识。实现篇讲述了如何设计一个成功的图形系统,该篇安排有第五章(计算机图形软件技术)和第六章(图形软件标准化)。第三篇 AutoCAD 篇详细介绍了利用 AutoCAD 进行图形绘制、图形编辑和二次开发,具体安排有第七章(AutoCAD 命令)、第八章(绘图设置)、第九章(属性和图形数据)、第十章(三维绘图)、第十一章(AutoCAD 开发)。

本书以基本概念、原理、技术和应用为主,系统地阐述了计算机绘图的主要内容,这些内容反映了目前国内外计算机绘图领域的最新成果。

本书在编写中得到了辽宁工程技术大学测量工程系领导和同事的大力支持,书后所列参考文献也给了编者极大的启发,在以往的计算机绘图课程讲授中,许多学生也对课程体系和内容提出了很多想法。值此机会,编者向他们,以及一切在本书编写过程中给予帮助的同志表示衷心的感谢。

本书编写中,参考了大量参考文献,但往往赶不上这个技术领域的迅速发展,使许多新概念和新技术无法收入本书,更由于编者水平有限,书中难免有不足甚至错误之处,恳切希望广大读者及同行不吝指正。

编 者

二〇〇〇年二月二十日

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 计算机绘图发展概况	1
第二节 计算机绘图的应用	2
第三节 计算机绘图的研究内容	3
第四节 计算机绘图系统的组成	3

理 论 篇

第二章 图形变换	5
第一节 引 言	5
第二节 二维图形的变换	5
一、二维基本变换	5
二、二维图形的组合变换	10
第三节 三维图形的变换	13
一、三维图形的基本变换	13
二、三维正投影变换	18
三、轴测投影变换	19
四、透视投影变换	21
第三章 曲线与曲面	27
第一节 引 言	27
第二节 曲线的数值表示	27
第三节 拟合曲线	29
一、最小二乘拟合曲线	29
二、孔斯曲线(Coons)	30
三、三次样条曲线(Spline)	31
四、贝塞尔曲线(Bezier)	33
五、B样条曲线(B-Spline)	34
第四节 曲面拟合	36
一、Coons 曲面	36
二、B样条曲面	38

第四章 窗口与裁剪	41
第一节 引言	41
第二节 计算机绘图常用坐标系统及关系	42
第三节 窗口、视口及剪取	43
第四节 线段裁剪	45
一、矢量裁剪法	46
二、编码裁剪法	47
第五节 多边形裁剪算法	48

实 现 篇

第五章 计算机图形软件技术	50
第一节 图形数据结构	50
一、图形信息	50
二、几何模型化	51
三、图形层次结构	54
第二节 图形数据库	59
一、图形数据库及其特点	59
二、图形数据库的结构	60
三、图形数据库的设计	61
第三节 图形软件系统设计	62
一、图形系统概念化结构	62
二、图形软件系统的设计原则	64
三、图形功能程序组的设计	65
四、用户接口及其组成	66
五、用户模型	68
六、菜单设计	69
七、其它接口设计技术	70
第六章 图形软件的标准化	72
第一节 图形软件的标准化	72
第二节 计算机图形元文件(CGM)	73
一、图形元文件	73
二、图形元文件的解释	74
三、CGM 的组成	74
第三节 计算机图形设备接口(CGI)	76
第四节 图形核心系统(GKS)	77

一、GKS 的功能	77
二、图形输入与输出	78
三、工作站	78
四、坐标系	79
五、图段	79
六、GKS 的文件接口	79
七、GKS 的分级管理	79
八、GKS-3D	79
第五节 交互式程序员级层次结构图形系统 (PHIGS)	81
一、PHIGS 的基本概念	81
二、PHIGS 与 GKS 的比较	83
第六节 基本图形转换规范 (IGES)	84
一、IGES 的作用	84
二、IGES 的的实体	84
三、IGES 的文件结构	84
四、IGES 的出错处理	84

AUTOCAD 篇

第七章 AutoCAD 命令	86
第一节 常用绘图命令	86
一、画点	86
二、画线	87
三、画等宽线	88
四、画二维多义线	88
五、画多重线	89
六、画圆弧	92
七、画圆	92
八、画实心圆和圆环	93
九、画椭圆和椭圆弧	94
十、画正多边形	94
十一、画矩形	95
十二、区域的填充	96
第二节 基本编辑命令	96
一、选取编辑对象	97
二、复制实体	99
三、镜像	100
四、平行复制实体	101

五、删除	102
六、移动	102
七、平移	102
八、旋转	103
九、比例放大	104
十、延伸	105
十一、修剪	106
十二、打断	106
第八章 绘图设置	106
第一节 图形界限与单位设置	106
一、图形界限设置	106
二、绘图单位设置	107
第二节 图层设置	107
一、设置新图层	108
二、查找图层	108
三、设置当前层	109
四、创建新图层并把它设置为当前层	109
五、图层的打开与关闭	109
六、图层的冻结和解冻	110
七、图层的锁定和解锁	110
八、设置图层的颜色	110
九、设置图层的线型	111
十、利用对话框来设置图层	111
第三节 实体的颜色与线型设置	115
一、实体颜色设置	115
二、实体线型设置	115
1. 查询线型	116
2. 创建线型	116
3. 装入线型	116
4. 设置当前线型	117
5. 线型比例设置	117
第四节 图块设置	117
一、块及其特点	117
二、块的定义	118
三、插入块	119
四、多重插入	120
五、储存块	121
六、分解	121

七、确定基准点	122
第九章 属性和图形数据	123
第一节 属性及其特点	123
第二节 定义与编辑属性	123
一、定义属性	123
二、编辑属性	125
第三节 修改属性定义	128
一、“Change”命令修改属性定义	128
二、对话框修改属性定义	128
第四节 属性和图形数据提取	128
第五节 使用对话框提取图形属性信息	130
第十章 三维绘图	131
第一节 绘制三维图形的方法	131
第二节 三维实体的高度设置和修改	131
一、使用命令“Elev”设置实体的高度	131
二、改变实体高度	132
第三节 三维曲面	132
一、设定网格曲面的密度	133
二、“3Dmesh”命令	133
三、绘制规则曲面	133
四、平移曲面	133
五、回旋曲面	134
第四节 消除隐藏线	134
第五节 观察三维图形	135
一、给定坐标设置观察点	135
二、使用两个旋转角度确定新视点	136
三、使用罗盘和坐标架图标确定新视点	136
四、动态观察视图	136
五、平面视图	139
六、通过菜单确定新视点	139
第十一章 AUTOCAD 的定制与开发	140
第一节 AutoCAD 的定制	140
一、菜单类型	140
二、菜单文件的结构	141
三、菜单节和子菜单节的起始标记	141
四、菜单开发的一般方法	148

五、菜单开发举例	149
六、定制工具栏	153
七、线型和线型文件	161
八、阴影图案及其定制	165
第二节 AutoCAD 的开发	169
一、Autolisp 简介	169
二、ADS 与 ARX 简介	170
三、装入 Autolisp、ADS、ARX 程序	170
第三节 Autolisp 编程简介	172
一、使用 Autolisp 的方法和常用的数据类型	172
二、Autolisp 基本函数	173
三、用户自定义函数	175
四、类型测试函数	176
五、Autolisp 编程实例	178
参考文献	181

第一章 绪 论

第一节 计算机绘图发展概况

计算机绘图(CG)是伴随着电子计算机及其外围设备而产生和发展起来的一门新兴的绘图技术。它将传统的图形语言与先进的计算机相结合,为国民经济各行各业提供了高速、高效率和高精度的图形设计及输出方法,是继印刷、照相技术之后产生的图形信息的又一次重大革命。

1950年,美国麻省理工学院(MIT)的“旋风一号”(Whirlwind I)通过控制阴极射线示波器(CRT),生成和显示了一些简单的图形。随后,一些公司和研究所也陆续地研制了绘图仪等一些简单的图形设备。但这些为计算机配置的各种图形设备仅仅具有图形输出功能,因此可以称当时的图形学为“被动”的图形学。50年代中期,MIT开发的SAGE空中警戒雷达系统,成功地把雷达波形转换成计算机图形,并且第一次用光笔在显示器上选取图形。这个系统可以说是交互式计算机图形系统的雏形,预示着交互式图形生成技术的诞生。

60年代是计算机绘图兴起和确立的年代。1962年,美国MIT的I.E. Sutherland发表了一篇题为“图板:一个人机图形通信系统”的博士论文,被公认为计算机绘图理论研究的第一篇论文,他在论文中首次使用了“Computer Graphics”这个术语。这个通信系统是一个功能相当完美的交互式图形系统,能够产生直线、圆、圆弧等图形,并有一定的变换功能。论文作者指出:交互式计算机图形学是一个有生命力的、有前途的振奋人心的研究领域,从而确立了计算机图形学作为一个崭新的科学分支的地位。随后,美国的各大公司及院校对计算机图形学展开了大规模的研究,同时计算机辅助设计(CAD)及计算机辅助制造(CAM)作为一个技术概念于1968年的美国国防与工业会议上被正式采纳,从而使计算机图形学进入迅速发展并逐步得到广泛应用的新时期。

70年代是计算机图形学蓬勃发展、开花结果的年代。在这10年中,交互式的计算机图形系统得到了广泛的应用,不仅在传统的军事和工业领域,而且还进入了教育、科研、艺术及事务管理等领域。这些应用极大地推动了计算机图形学的发展,尤其是对图形硬件设备的研制和发展。

80年代是计算机图形系统迅速推广应用的年代。计算机图形软件功能开始部分地由硬件实现,尤其是微机的大面积推广,更进一步地拓宽了图形学的研究和应用,三维计算机图形学的国际标准PHIGS和GKS-3D的颁布,为研制通用的图形系统提供了良好的基础。90年代,随着多媒体概念的提出,计算机图形系统已成为计算机系统必不可缺的一个组成部分,并且迅投入使用之中。同时,随着面向对象的程序设计语言的发展,也提出了面向对象的计算机图形系统。

作为计算机图形系统的一个重要组成部分——图形显示器。随着计算机图形学的确立和发展也经历了从向量显示器、存储管显示器到光栅显示器的发展过程。图形输入设备也在发展,出现了操纵杆、跟踪球、鼠标、叉丝以及数字化仪等。

随着硬件的发展,图形系统的软件也得到了研究和发展,各种图形方法、图形语言等逐渐发展成熟并投入使用,使计算机绘图逐渐成为一门成熟的学科。

第二节 计算机绘图的应用

随着计算机绘图的发展,用计算机处理图形的领域正越来越广泛,下面列出一些主要的有代表性的应用领域。

1. 计算机辅助设计与制造

这是计算机绘图最早也是最主要的一个应用领域。计算机辅助设计是用计算机产生设计方案并加以修改、分析和优化的一个过程。包括计算机辅助几何设计、结构设计等等。

对所有设计领域几乎均可以用计算机图形系统。它不但能以人机交互的方式设计出精确图形,而且能审核设计的正确性和可行性,减轻设计人员的体力劳动,加快设计进程,提高设计质量,加速产品的更新换代;更进一步可以降低设计成本,提高产品的竞争力。

从计算机角度来看,计算机辅助设计的任务可以概括为以下三个部分:

- (1)建立工程数据库,以便存储和管理设计信息;
- (2)建立交互式图形软件,以进行图形信息处理和交换;
- (3)建立专门的应用程序库,以完成各种类型的设计计算和数据处理,如有限元分析等。

2. 管理和办公室自动化

无论是企业还是事业行政管理中,都存在着大量的图表,如作业进程图,生产产量图、库存量图,以及统计分析方面的各种图表,这些图表都可以利用计算机图形系统完成。国内自行开发的大量管理信息系统都不同程度地利用了一些图表,如直方图、饼图等。

在办公室自动化方面,计算机图形系统不仅能完成一般的数据管理业务,同时可以把这些数据组织起来,以清晰明了的图表进行反映。

3. 科学研究

科学可视化的重要任务就是把科学研究的结果用图形进行显示或保存。典型的如对高分子物质的结构研究,计算机绘图提供了一个强有力的研究手段,在显示器上显示出高分子结构模型的立体图案。

4. 过程监控和指挥系统

各种实时过程,如火箭的运行、发电厂电力输送等,这些过程的监视可以用计算机来完成,准确地显示当前的运行状态,并同时可以对这些过程进行反馈控制,一旦发现异常,可以采取相应措施。

此外,现在大量的指挥系统,尤其是军用指挥系统,都采用了计算机图形处理技术,类似于铁路调度、机场指挥等这样的系统,也用图形进行监视与控制。

5. 计算机辅助教育

计算机辅助教育是用计算机部分地代替教师的授课、辅导等教学活动。类似于科教电影,可以更形象、生动地阐述有些难以用语言表达的概念或动态过程。如有些化学分子式或化学反映过程等。

6. 多媒体技术

多媒体技术是目前国内外最新的技术,它包括比普通电视清晰度高的彩色图像显示,电

子感应触摸屏幕、调频、高保真立体声电子音乐、数字化语音高保真存放等多方面的处理技术。它以计算机技术为核心,将图、文、声融合在一起,把一个复杂的计算机系统变得直观、生动、形象。国内已成功研制了多媒体电视图文节目制播系统,这种系统集成三维动画、活动视频信号、图形、图像、字幕特技、激光音乐为一体,制作出各种各样的广告、艺术等电视节目。

第三节 计算机绘图的研究内容

计算机绘图就是用计算机来处理图形,1982年,国际标准化组织 ISO 给出定义是:研究用计算机进行数据与图形之间相互转换的方法和技术。同年,美国的 James Foley 在他的著作中给出了如下的一般定义:计算机绘图是运用计算机产生、存储、处理物体和物理模型及它们的图画的一门学科。

在众多的定义之中,尽管各个定义有不同的侧重点,但是,从这些定义里却可以看出,计算机这门新兴学科所要涉及和探讨的主要问题是:用计算机进行图形信息的表达、输入、存储、显示、输出、检索、变换及图形运算等。具体地说,大致有以下这些内容:

(1)图形的输入:研究如何把要处理的图形输入到计算机内,以便让计算机进行各种处理。

(2)产生图形的算法:研究在显示器或其它输出设备上产生图形的各种算法;

(3)图形的数据结构:研究图形在计算机内的表示方法;

(4)图形的变换:研究图形的各种几何变换;

(5)图形运算:包括图形的分解、组合等;

(6)图形语言:研究具有各种图形处理功能的语言;

(7)图形软件的标准化:研究图形软件像高级语言那样与具体设备无关。

因此,总的来说,计算机图形学应该解决和研究下列一些问题:

(1)图形表示和处理的数学方法及其实现的计算机算法;

(2)设计一个好的图形软件系统;

(3)设计与实际应用相结合的图形应用系统。

计算机绘图不仅涉及到计算机的各个学科,同时也涉及到诸如线性代数、计算几何、制图学、光学等多门学科。它既是理论性很强的学科,同时又是实践性学科。

第四节 计算机绘图系统的组成

一个微型计算机绘图系统,可以有各种不同的组合形式,微机带有许多标准接口,以便能跟多种外部设备相连,构成各类用户所需的理想绘图系统,其中最简单的就是一台微机加一台图形显示器,或一台微机加一台绘图机。

作为一个完整的绘图系统,除了必须的硬设备,还应当配有各种软件,包括为机器服务的系统软件 and 为用户服务的应用软件。

下面给大家介绍一下绘图系统的最基本的输入、输出设备。

1. 输入设备

大多数的微机绘图系统,都采用键盘作为输入信息的设备,将要输入的图形用算法语言

和相应的绘图或显示语句,对图形进行描述,并编制成源程序,然后通过键盘输入计算机。

另外还有鼠标、光笔、数字化仪等。

2. 输出设备

(1) 图形显示器

它是一种观察者临时观察和修改图形的输出设备。

早期是 CGA 图形显示器。

后来推出 EGA/VGA 显示卡,可以达到的分辨率: $320 \times 200 \times 256$ 或 $640 \times 480 \times 16$ 色。

TVGA 卡,可以达到的分辨率: $1024 \times 768 \times 256$ 或 $800 \times 600 \times 256$ 色。

最新推出的 SVGA 显示卡,分辨率可达: 1320×1024 , 24 位真彩色。

(2) 图形打印机

它通过接口与微机相连,将微机输出的信息送到打印机控制部分,产生相应的动作,打印出图形。

打印机有点阵式打印机、激光打印机、喷墨打印机三种。

点阵式打印机:价格便宜,但绘图精度不高,不能绘出各种灰度图象。

激光打印机:精度较高,打印速度也较快,常用于电子出版。

喷墨打印机:能绘出细腻的灰度和彩色图象,但寿命有限,价格较高。

(3) 绘图机

绘图机的类型很多,有超大型、精密型、高速型、普及型以及小型智能型等。

按绘图机的结构形式,又可分为平台式、滚筒式和小型智能式三种,微机绘图系统中,大都采用小型智能台式或轻便滚筒式绘图机。

理 论 篇

第二章 图形变换

第一节 引 言

图形的几何变换是计算机绘图的基本技术之一,用它可以节省图形数据的准备时间,可以用一些很简单的图,组合成复杂的图,可以用一些平面图反映立体,也可以在交互处理的过程中随时按用户要求对图形进行一系列连续的几何变换,应用几何变换的方法可使的静止的图按一定的几何规则运动,从而更有利于形体的设计。

一般图形的几何变换包括窗口和视图、裁剪、平移、缩放、旋转、投影、透视等内容,本章先讨论平移、缩放、旋转、投影、透视,在第四章将讨论窗口与裁剪技术。

为实现上述各种变换,首先要建立图形的数学模型。

我们可以用一个行矢量 (x, y) 或一个列矢量 $\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ 表示平面点的坐标,也同样可以用行矢量 (x, y, z) 或列矢量 $\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$ 表示空间点的坐标。平面图形或立体都可以看成由许多点连线而成,所以它们可以用一个点集表示,其中每个点对应于一个行矢量或一个列矢量,将这些矢量写成如下 $n \times 2$ 或 $n \times 3$ 阶矩阵形式

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n \end{bmatrix}$$

这就是平面图形或立体图形的数学模型。

有了平面图形或立体的数学模型,就可以对其进行各种几何变换,这些变换实质上就是要改变平面图形或立体各点的坐标,即通过对图形或立体的点集矩阵进行运算来实现。

本章讨论的内容,一是如何建立图形或立体的矩阵数学模型,二是建立使图形或立体产生各种变换的变换矩阵,并通过矩阵运算实现对图形或立体的各种变换。

第二节 二维图形的变换

一、二维基本变换

我们通过平面上的一个点 $[x, y]$ 来研究变换,变换后的点 $[x', y']$ 用 $[x, y]$ 与 2×2 阶矩