高等学校适用教材

计算机绘图原理及绘图软件的应用

主编　朱泽平　徐滕岗　魏莉

机械工业出版社

高等学校适用教材

计算机绘图原理及绘图软件的应用

主　编　朱泽平　徐滕岗　魏　莉

副主编　罗　英　陆世元　张志勤

参　编　李　林　张文忠　赵胜祥　陈　集

刘小键　孟庆尧　雷晓玉　曹维江

陈越美　白　岩　解晓梅

主　审　曾子愚　张　鉴

机械工业出版社

(京)新登字 054 号

本书是为进一步推广计算机绘图这一门新兴学科而编写的。

全书共分十四章。前两章为绪论和绘图基本原理，主要介绍计算机绘图的常用设备，图形变换及二、三维图形的数字处理及编程方法。后面几章介绍 Auto CAD 绘图软件的使用方法。在这一部分里除了较为全面地介绍了软件所包含的各种命令，还简单介绍了命令组文件、图形交换文件以及 Auto LISP 语言等。在本书的附录中，介绍了与 Auto CAD 使用有关的部分资料，并附有一定数量的习题供初学者或学生选作。

本书由山东轻工业学院、大连轻工业学院、上海工程技术大学、沈阳化工学院、齐齐哈尔轻工业学院等院校联合编写，可供高等院校师生及广大计算机用户学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机绘图原理及绘图软件的应用/朱泽平，徐滕岗，魏莉主编．北京：机械工业出版社，1995.11
高等学校适用教材
ISBN 7-111-04921-7

Ⅰ.计… Ⅱ.①朱… ②徐… ③魏… ①计算机制图：计算机图形学②图形软件-应用 Ⅳ.①TP391.4②TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 15845 号

出 版 人：马九荣(北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)
责任编辑：李宣春 版式设计：杨丽华 责任校对：罗利华
封面设计：郭景云 责任印制：侯新民
北京市昌平振南印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1995 年 11 月第 1 版·1995 年 11 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16·12 3/4 印张·314 千字
0 001—5 000 册
定价：15.00 元

前　　言

近年来，随着微型计算机与图形输入、输出设备的日益普及与发展，计算机绘图的应用越来越广泛。它不但在生产、科研、教育、广告等部门大显身手，而且已步入了办公自动化、艺术、家庭生活等领域，给人们的工作与生活带来了很大的方便。在计算机绘图中，Auto CAD 绘图软件是当前最为流行的 CAD 软件之一，它具有易学易用、功能强、便于二次开发等优点，成为实际应用中客户最多、倍受工程技术人员青睐的绘图软件。

为了进一步推广计算机绘图这门新兴学科，各大专院校相继开设了计算机绘图课程。但从国内出版的各类计算机绘图教材来看，大多以介绍计算机绘图原理与方法为主，而轻工、化工类各专业的学生，毕业后则主要侧重于使用绘图软件来绘图。目前国内适合学生使用的、以介绍绘图软件为主的教材尚不多见。为此，我们根据轻工、化工类专业的学生特点，在总结了多年教学经验的基础上，编写了这本《计算机绘图原理及绘图软件的应用》。

全书共分十四章。前两章为绪论和绘图基本原理，主要介绍计算机绘图的常用设备，图形变换及二、三维图形的数字处理与编程方法。后面几章介绍 Auto CAD 绘图软件的使用方法。在这一部分里除了较为全面地介绍了软件所包含的各种命令，还简单介绍了命令组文件、图形交换文件以及 Auto LISP 语言等在最后的附录中，除了介绍与 Auto CAD 使用有关的部分资料外，还附有一定数量的习题供学生选作。

本书由山东轻工业学院、大连轻工业学院、上海工程技术大学、沈阳化工学院、齐齐哈尔轻工业学院等院校联合编写。

由于我们水平所限，书中错误与不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

1995 年 6 月

目　　录

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

第一章 绪　论

§ 1-1 概　述

计算机图形学(Computer Graphics)是随着计算机的发展而形成的计算机应用领域的一个重要分支,它是传统图学、几何学与现代的计算机技术相结合而形成的一门新兴学科。

作为计算机图形学的重要内容之一,计算机绘图将传统的工程绘图技术与计算机有机地结合起来,使得工程图学这一传统的学科进入了近代技术的行列。

计算机绘图的优点是速度快、精度高,且能绘制形状复杂的曲线、曲面图形。尤其是在汽车、飞机和造船等行业中,有许多图样很复杂,手工绘制相当困难,近些年都逐步由计算机绘图所取代。图 1-1 所示是由计算机绘出的一大型船体曲面图,其绘图速度和精度是人工绘图无法相比的。

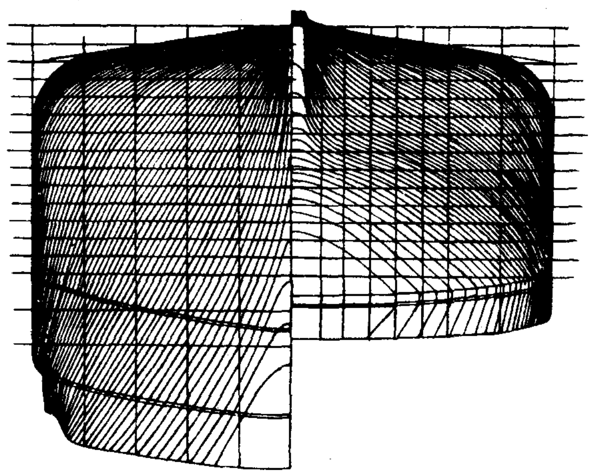

图 1-1

在现代化生产中,为了不断更新产品、提高生产率、降低成本,就必须缩短设计、绘图与制造周期,其有效途径是利用计算机辅助工程,主要是计算机绘图(CG)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM),以实现设计、绘图和制造管理的全自动化。而计算机绘图在此有着重要的作用。

随着计算机与智能绘图机的迅速发展,计算机绘图越来越普及,不仅在工业生产中有广泛的应用,在医学、气象、军事、教学、管理及影视、出版业中的作用也日益增加。并且计算机绘图还在向诸多方向迅速发展,如由静态绘图向动态绘图方向发展;由二维图形软件向三维实体造型方向发展;向 CAD、CAM、CG 三位一体化方向发展;向多媒体方向发展。

§ 1-2 图形输入输出设备

一、计算机绘图系统

计算机绘图系统应包括一台主机、图形输入设备和输出设备以及相应的图形支持软件。主要的图形输入设备包括键盘、数字化仪、鼠标器、扫描仪等。图形输出设备主要有显示器、绘图机、打印机等。计算机绘图的系统配置如图 1-2 所示。

二、输入设备

1. 键盘

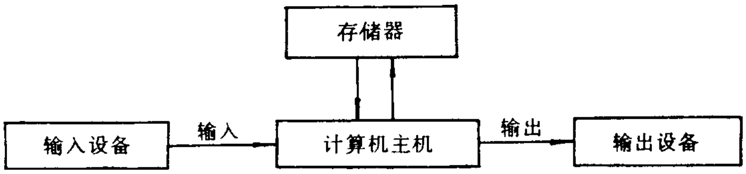

图 1-2

键盘是计算机系统不可缺少的设备，也是常用的图形输入设备之一。通过键盘，可以输入字符，图形数据及命令等。

键盘由若干键、相应的开关元件、编码器及寄存器等组成。按键的作用分，有字符键、光标键、数字键及编辑功能键等。

2. 数字化仪

它是一种图形数据坐标输入设备。利用数字化仪，可将图样上的点或线变成坐标数据输入计算机。数字化仪有机械式、超声波式及电磁式等几种。由图形输入板将点的数据坐标送入计算机的功能称为定位功能。通过移动数字化仪面板上的指示器带动屏幕光标移动，以选取所操作的图形实体，这种功能称为拾取功能。另外，利用数字化仪还可选择菜单，从而执行该菜单项所对应的功能，这称为选择功能。

3. 鼠标器

鼠标器有光电式和机械式两种。

光电式鼠标器利用光电管在特制的反射衬垫上检测鼠标器的移动。而机械式鼠标器利用鼠标器底面上的滚轮转动，使电位器移动，将位置信号送给系统。鼠标器主要用来实现图形的定位、拾取与选择功能，但它的定位功能是由屏幕光标位置提供的，其坐标精度不如数字化仪精确。但鼠标器结构简单，价格低廉，目前已广泛用于计算机系统。

4. 扫描仪

扫描仪是一种将各种形式的图象信息输入计算机的设备。按扫描图象幅面的大小可分为小幅面的手持式扫描仪、中等幅面的台式扫描仪和大幅面的工程图样扫描仪。

扫描仪是利用其光源照射到图象表面后的漫反射光线，经过 A/D（模/数）转换和适当的处理，使图象数据存储到计算机中并使之重新显示在屏幕上的。

三、输出设备

1. 图形显示器

图形显示器是一种用于输出字符或图形的设备。现在，绝大多数计算机系统均配有带图形显示功能的显示器。由于可通过图形、字符实现操作者与计算机对话，且可实时修改和编辑，目前已成为图形系统中的关键设备。显示器分单显和彩显两种，其主要指标为屏幕的分辨率。其分辨率从 320×200 到 4096×4096 不等，目前微机系统较常用的为 VGA640×480。

2. 绘图机

绘图机是计算机绘图系统中重要的输出设备，它可以高速度绘制高精度的单色或彩色图样。绘图机主要有以下几种类型。

(1)平台式

图 1-3 是典型的平台式绘图机。其特点是工作台面大(幅面可达 A1 以上)，绘图精度高。

绘图时，图纸固定在台面上，通过绘图笔在 x、y 方向上运动而画出图形。这种绘图机要求制造精度较高，因而价格比较昂贵。

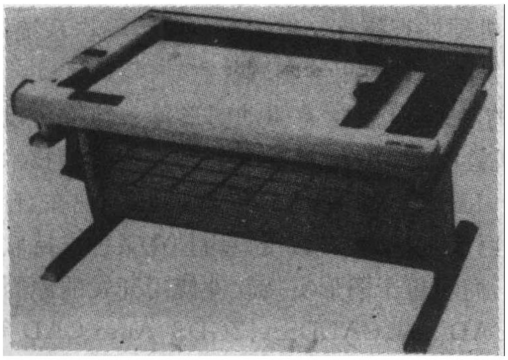

图 1-3

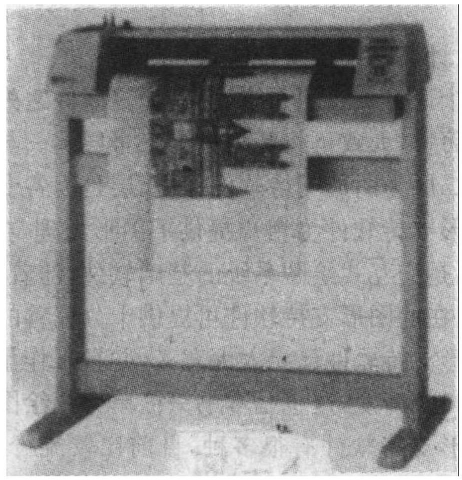

图 1-4

(2)滚筒式

图 1-4 是滚筒式绘图机的外形图。滚筒式绘图机是利用装在滚筒上的绘图纸随滚筒的来回移动形成 x 方向的运动，再由电动机带动笔架移动实现 y 方向移动。由 x、y 方向的组合运动来完成绘图的。这种绘图机结构简单，绘图速度较高，价格较平台式绘图机低，但绘图精度较低。

3. 打印机

由于打印机能够迅速打印图形，因而可利用它来检查所画的图形。

打印机有点阵式打印机、喷墨打印机和激光打印机三种。一个 9 针打印机的标准输出是每英寸 120×120 点，通过使用加强型打印机软件，可增加到每英寸 240×180 点。24 针打印机还可有更高的分辨率。

激光打印机能打印出比点阵式打印机质量更高的图线，且打印速度更快。但激光打印机的打印区域通常限制在 8 ½in×11in 的范围。

图 1-5 是一套典型的微型计算机绘图系统的配置示意图。

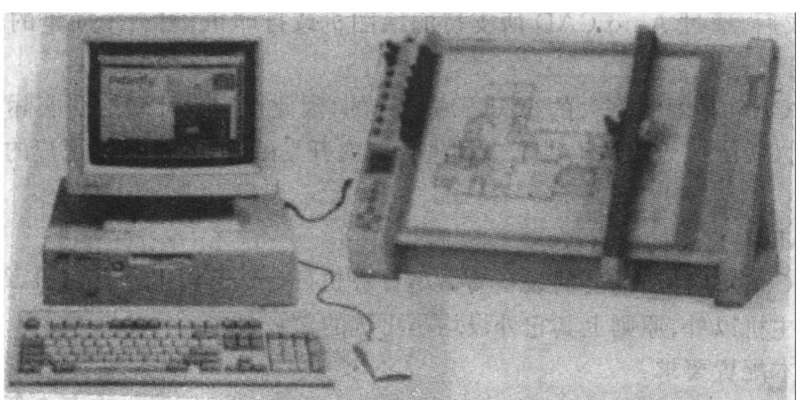

图 1-5

§ 1-3 Auto CAD 图形软件简介

一、计算机绘图系统的软件配置

一个计算机绘图系统，除需配置硬件之外，还必须配置相应的软件才能有效地工作。就软件配置而言，大致可将其划分为三个层次。与计算机硬件直接打交道的第一层为操作系统，中间的第二层为图形支持软件，第三层是为各专业开发的各种专用绘图软件。

图形支持软件为用户提供了图形处理与编辑的功能，并包含有驱动图形输入与输出设备的程序，是交互式绘图系统的基础软件。随着计算机绘图原理的不断完善与计算机软件技术的发展，现在的图形支持软件可提供十分完善的二维和三维绘图功能。基于以上原因，现在，自行开发图形支持软件已无太大意义，并且工作量十分巨大。现绝大多数用户均是在某种支持软件上进行二次开发，这也是本书只简单介绍绘图原理，而着重于图形支持软件使用开发的原因。

图形支持软件有很多种，目前比较流行的有 CAD key、CADDSA、ZGDS、Auto CAD 等。其中最著名的、用于个人计算机的图形支持软件当属美国 Auto desk 公司的 Auto CAD 软件。据有关资料介绍，世界范围内微机系统中有 50%左右采用了 Auto CAD 软件。在我国，大多数厂矿、设计院、研究所也采用该软件进行二次开发。因此，本书以 Auto CAD 软件作为图形支持软件，来介绍计算机绘图的理论知识、实际的交互绘图技术、软件的使用方法，为软件的开发打下良好的基础。

二、Auto CAD 软件的特点

Auto CAD 是美国 Auto desk 公司研制的通用设计、绘图软件包。从 1982 年 12 月推出 1.0 版开始，到 1992 年已发展到 12.0 版。在这期间，其版本不断更新，功能逐步增强，现已成为一种强有力的辅助设计和绘图工具。

1. Auto CAD 的基本功能

Auto CAD 通过一组实体构造图形，这些实体为直线、圆、圆弧、点、文字、轨迹、实心体、形、块、属性、尺寸、折线、三维面、三维网格等。用户通过输入命令，告诉 Auto CAD 要生成何种实体，然后根据屏幕上的提示，输入相应参数，从而在显示器上生成图形。图形完成后，可利用擦除、移动、复制、剪切、拉伸、旋转等操作对图形进行编辑处理。用户可在显示器上看到每次操作的结果。Auto CAD 还嵌入了 Auto LISP 语言，可进行编程和计算。

在设计完成后，通过 Auto CAD 所支持的绘图机或打印机，用一个简单的命令就可将图形绘出或打印出来。

由于 Auto CAD 是面向广大的绘图领域设计的，因此用它设计和绘图实际上不受任何专业的限制。同时，系统还为用户提供了多种进行二次开发的方法，以满足用户的专业化设计和绘图的要求。

2. Auto CAD 对设备的配置要求

使用 Auto CAD 软件所需要的设备有微型计算机（PC/XT 以上）、打印机、绘图机、数字化仪、鼠标器。除主机以外，原则上其它外设均是可选的。

通常，其基本配置要求：

1）IBM-PC（XT，AT）或更高的微机。主机内存 640KB 以上。至少有两个低密软盘驱动器（360KB）或一个高密驱动器（1.2MB）（仅对 2.18 以下版本）。Auto CAD9.0 以上版本必须配

有 80287 或 80387 协处理器和硬盘。

2)绘图机必须是由 Auto CAD 支持的。Auto CAD 支持多种型号的绘图机,如 ROLAND DXY 系列绘图机等。

3)Auto CAD 支持的多种型号打印机,如 EPSON 系列、HP 系列等。

4)数字化仪和鼠标器。

5)MS-DOS 或 PC-DOS 操作系统 2.0 版以上的版本。

3. Auto CAD 软件的特点

Auto CAD 自 80 年代开发出来后,在短短几年时间里,迅速普及,半数以上的绘图系统均采用这套软件。这主要是由于它有以下几个优点:

1)具有完善的图形构造功能。利用 Auto CAD 提供的实体绘图命令,可以构造任何复杂的图形。

2)具有较强的图形编辑功能。Auto CAD 提供了图形缩放、平移、旋转、插入、复制及删除等图形编辑功能。且版本每一次更新都加入一些新的编辑命令,为用户修改图形提供了极大方便。

3)向用户提供了多种开发手段。从 2.5 版开始,Auto CAD 中嵌入了 Auto LISP 语言。使用这种语言,可以把 Auto CAD 的基本命令同 Auto LISP 函数结合起来,既能进行计算,又能调用 Auto CAD 命令生成和修改图形。通过图形交换文件等可与其它高级语言或系统连接。通过二次开发,很容易扩展其功能,方便用户使用。

4)具有直观的三维图形功能。从 9.0 版开始,增加了许多三维命令及 Auto LISP 三维操作函数。应用这些命令和函数可以十分方便地生成三维图形。在三维图形生成后,就能产生各个视图。并可利用 Auto SHADE 对三维图形进行渲染。这些以前在中、大型机上才能实现的功能,现在 Auto CAD 中也已经实现了。

5)可运行的硬件设备较多。软件本身提供了多种图形输入、输出设备的驱动程序,以适应不同类型的硬件设备要求。

6)具有广泛的用户基础。Auto CAD 在我国和世界上拥有大量用户,从而为整个 Auto CAD 用户提供了一种良好的学习、交流条件,使得 Auto CAD 应用水平不断提高,并在此基础上,开发出了大量的适合不同专业的应用软件。

7)容易学会使用与开发技术。系统提供了人机对话的作图方式。即使对计算机和算法语言不大懂的人也很容易掌握其使用技术。系统还提供了许多开放性的可读文件,使用户很容易进行开发。

第二章　计算机绘图原理

§ 2-1　图 形 变 换

一、二维图形的变换

在二维空间里，一个点的位置可以用它的两个坐标来表示。这两个坐标可以写成矩阵形式$[x\quad y]$或$\begin{bmatrix}x\\y\end{bmatrix}$。图形上的每一个点相对于一个坐标系来说，都是一个位置向量。x 和 y 称为这个向量沿坐标轴方向的分量。

在 xoy 直角坐标系中，如图 2-1，设有一点 A 的坐标矩阵为$[x\quad y]$，将其与一个 2×2 矩阵 $T=\begin{bmatrix}a & b\\c & d\end{bmatrix}$相乘，得

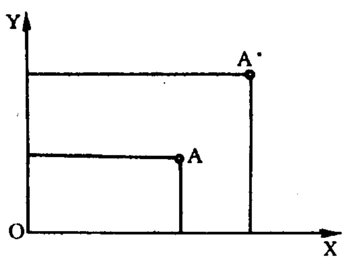

图　2-1

$$[x\quad y]\begin{bmatrix}a & b\\c & d\end{bmatrix}=[ax+cy\quad bx+dy]=[x^*\quad y^*]$$

式中 $\begin{cases}x^*=ax+cy\\y^*=bx+dy\end{cases}$

由此可见，变换后点的坐标是由变换矩阵 $T=\begin{bmatrix}a & b\\c & d\end{bmatrix}$中的各元素决定的。根据矩阵 T 中各元素的取值不同，可实现下述各种不同的变换。

1. 比例变换

在变换矩阵 $T=\begin{bmatrix}a & b\\c & d\end{bmatrix}$中，若令 $b=c=0$，而 $a\neq0,d\neq0$，则 $T=\begin{bmatrix}a & 0\\0 & d\end{bmatrix}$

$$[x\quad y]\begin{bmatrix}a & 0\\0 & d\end{bmatrix}=[ax\quad dy]=[x^*\quad y^*]$$

变换后点 A* 的坐标 $x^*=ax,y^*=dy$。可以看出，a 为 x 方向的缩放因子，d 为 y 方向的缩放因子。

(1)$a=d$，图形沿 x、y 方向等比例缩放

①若 $a=d>1$，图形沿 x、y 方向等比例放大。

②若 $0<a=d<1$，图形沿 x、y 方向等比例缩小。

③若 $a=d=1$，图形不变，称之为恒等变换。这时的变换矩阵 $T=\begin{bmatrix}1 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}$，称为单位矩阵，其变换结果为

$$[x\quad y]=\begin{bmatrix}1 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}=[x\quad y]=[x^*\quad y^*]$$

由此可见，变换前后点的坐标不变。

(2)$a\neq d$，图形产生畸变

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

①若 a=1、d≠1，变换后的 x 坐标不变，仅 y 坐标发生变化。变换矩阵 $T=\begin{bmatrix}1 & 0\\0 & d\end{bmatrix}$使点 A 沿 y 轴方向伸(d>1)或缩(d<1)。

②若 a≠1、d=1，变换后的 y 坐标不变，仅 x 坐标发生变化，变换矩阵 $T=\begin{bmatrix}a & 0\\0 & 1\end{bmatrix}$使点 A 沿 x 轴方向伸(a>1)或缩(a<1)。

③若 a=0，则图形被压缩到 y 轴上；若 d=0，则图形被压缩到 x 轴上。

2. 反射变换(又称对称变换)

(1)对 x 轴的反射

在变换矩阵 $T=\begin{bmatrix}a & b\\c & d\end{bmatrix}$中，若令 a=1、d=−1 和 b=c=0，则 $T=\begin{bmatrix}1 & 0\\0 & -1\end{bmatrix}$

$$[x \quad y]\begin{bmatrix}1 & 0\\0 & -1\end{bmatrix}=[x \quad -y]=[x^* \quad y^*]$$

即 $x^*=x$，$y^*=-y$。如图 2-2 所示，变换后的点 A^* 与变换前的点 A 对称于 x 轴，故称为 A^* 为点 A 对于 x 轴的反射。

(2)对 y 轴的反射

若令 a=−1、d=1 和 b=c=0，则 $T=\begin{bmatrix}-1 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}$

$$[x \quad y]\begin{bmatrix}-1 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}=[-x \quad y]=[x^* \quad y^*]$$

即 $x^*=-x$，$y^*=y$。如图 2-2 所示，变换后的点 B^* 与变换前的点 B 对称于 y 轴，故称 B^* 为点 B 对于 y 轴的反射。

(3)对原点的反射

若令 a=d=−1 和 b=c=0，则 $T=\begin{bmatrix}-1 & 0\\0 & -1\end{bmatrix}$

$$[x \quad y]\begin{bmatrix}-1 & 0\\0 & -1\end{bmatrix}=[-x \quad -y]=[x^* \quad y^*]$$

即 $x^*=-x$，$y^*=-y$。如图 2-2 所示，变换后的点 C^* 与变换前的点 C 对称于原点，故称 C^* 为点 C 对于原点的反射。

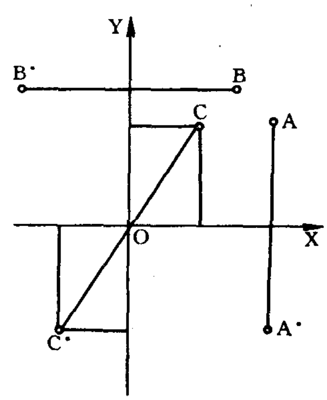

图 2-2

(4)对 45°线的反射

若令 a=d=0 和 b=c=1，则 $T=\begin{bmatrix}0 & 1\\1 & 0\end{bmatrix}$

$$[x \quad y]\begin{bmatrix}0 & 1\\1 & 0\end{bmatrix}=[y \quad x]=[x^* \quad y^*]$$

即 $x^*=y$，$y^*=x$。如图 2-3 所示，变换后的点 A^* 与变换前的点 A 对称于 45°线，故称 A^* 为点 A 对于 45°线的反射。

(5)对−45°线的反射

若令 a=d=0 和 b=c=−1，则 $T=\begin{bmatrix}0 & -1\\-1 & 0\end{bmatrix}$

$$[x \quad y]\begin{bmatrix}0 & -1\\-1 & 0\end{bmatrix}=[-y \quad -x]=[x^* \quad y^*]$$

即 $x^*=-y$，$y^*=-x$。如图 2-3 所示，变换后的点 B^* 与变换前的点 B 对−45°线对称，故称

B^*为点 B 对于$-45°$线的反射。

3. 错移变换(又称错切变换)

(1)沿 x 轴方向错移

在变换矩阵 $T=\begin{bmatrix}a & b\\ c & d\end{bmatrix}$中,若令 $a=d=1$ 和 $b=0$,则 $T=\begin{bmatrix}1 & 0\\ c & 1\end{bmatrix}$

$$[x\quad y]\begin{bmatrix}1 & 0\\ c & 1\end{bmatrix}=[(x+cy)\quad y]=[x^*\quad y^*]$$

即 $x^*=x+cy$,$y^*=y$。如图 2-4 所示,变换后点 A^*的 y^*坐标不变,而 x^*坐标为点 A 的 x 坐标再加上 cy。这种变换称为沿 x 轴方向的错移(又称水平错移)。$c>0$ 时,沿$+x$ 方向错移;$c<0$ 时,沿$-x$ 方向错移。

(2)沿 y 轴方向错移

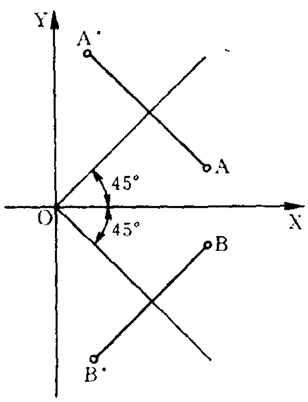

图 2-3

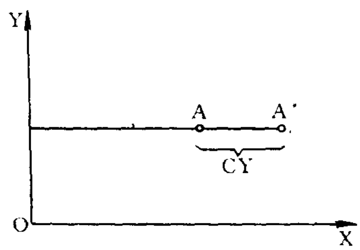

图 2-4

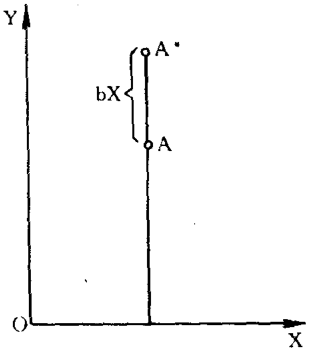

图 2-5

若令 $a=d=1$ 和 $c=0$,则 $T=\begin{bmatrix}1 & b\\ 0 & 1\end{bmatrix}$

$$[x\quad y]\begin{bmatrix}1 & b\\ 0 & 1\end{bmatrix}=[x\quad (bx+y)]=[x^*\quad y^*]$$

即 $x^*=x$, $y^*=bx+y$。如图 2-5 所示,变换后点 A^*的 x^*坐标不变,而 y^*坐标为点 A 的 y 坐标再加上 bx。这种变换称为沿 y 轴方向的错移(又称铅垂错移)。$b>0$ 时,沿$+y$ 方向错移;$b<0$ 时,沿$-y$ 方向错移。

(3)沿 x 轴和 y 轴两个方向的错移。

若令 $a=d=1$ 和 b、c 均不为零,则 $T=\begin{bmatrix}1 & b\\ c & 1\end{bmatrix}$

$$[x\quad y]\begin{bmatrix}1 & b\\ c & 1\end{bmatrix}=[(x+cy)\quad (y+bx)]=[x^*\quad y^*]$$

即 $x^*=x+cy$, $y^*=y+bx$。如图 2-6 所示,变换后点 A^*的 x^*和 y^*都发生了变化。这种变换称 x 轴和 y 轴两个方向的错移,又称斜错移。

综上所述,在错移变换时,变换矩阵的特点是:变换矩阵的主对角线元素全为 1,次对角线元素至少有一个不为零。

4. 旋转变换

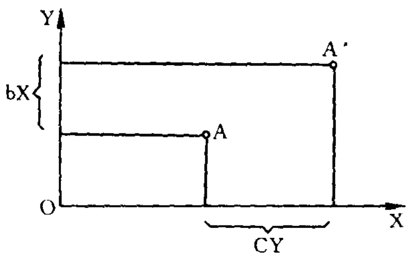

图　2-6

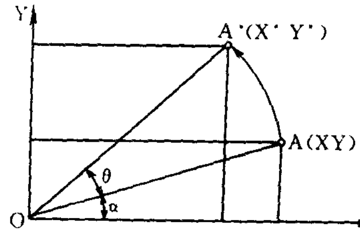

图　2-7

如图 2-7 所示，设点 A(x,y)在 xoy 坐标系中，oA 与 ox 轴的夹角为 α，将 A 绕原点逆时针方向旋转 θ 角后变为 $A^*(x^*\quad y^*)$，则

$$x^*=oA^*\cos(\alpha+\theta)=oA^*(\cos\alpha\cos\theta-\sin\alpha\sin\theta)=x\cos\theta-y\sin\theta$$

$$y^*=oA^*\sin(\alpha+\theta)=oA^*(\sin\alpha\cos\theta+\sin\theta\cos\alpha)=x\sin\theta+y\cos\theta$$

若将其写成矩阵形式，即得点 A 绕原点旋转 θ 角后新位置 A^* 的坐标变换矩阵 $T=\begin{pmatrix}\cos\theta & \sin\theta\\ -\sin\theta & \cos\theta\end{pmatrix}$

对 θ 角做如下规定：逆时针方向旋转为正，顺时针方向旋转为负。

点 A 的变换为

$$[x\quad y]\begin{pmatrix}\cos\theta & \sin\theta\\ -\sin\theta & \cos\theta\end{pmatrix}=[x\cos\theta-y\sin\theta\quad x\sin\theta+y\cos\theta]=[x^*\quad y^*]$$

几种特殊角度的旋转变换矩阵为

(1)绕坐标原点逆时针方向旋转 90°

$$T=\begin{pmatrix}\cos90^\circ & \sin90^\circ\\ -\sin90^\circ & \cos90^\circ\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0 & 1\\ -1 & 0\end{pmatrix}$$

(2)绕坐标原点顺时针方向旋转 90°

$$T=\begin{pmatrix}\cos(-90^\circ) & \sin(-90^\circ)\\ -\sin(-90^\circ) & \cos(-90^\circ)\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0 & -1\\ 1 & 0\end{pmatrix}$$

(3)绕坐标原点逆(顺)时针方向旋转 180°

$$T=\begin{pmatrix}\cos(180^\circ) & \sin(180^\circ)\\ -\sin(180^\circ) & \cos(180^\circ)\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-1 & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}$$

该变换相当于对坐标原点的反射变换。

以上介绍了二维图形变换的各种情况，现归纳为表 2-1，以便查阅。

二、齐次坐标

在上述二维图形的变换中，还有一种图形变换——平移变换没有讨论。这是因为 2×2 的变换矩阵无法实现平移。为此，在点的位置向量中人为地增加一个坐标向量(即引入平移常数)把点的位置向量扩充为 1×3 的行矩阵$[x\quad y\quad 1]$，而把平移后点的位置向量表示为$[x^*y^*\ 1]$。

前面所讨论的二维变换　　$[x\quad y]\begin{pmatrix}a & b\\ c & d\end{pmatrix}=[x^*y^*]$

表 2-1　二维图形的变换

变换名称	变换矩阵中各元素的值		变换矩阵	说明
恒等变换	b=c=0	a=d=1	$T=\begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}$	点的位置在变换前后不发生变化
比例变换	a≠d	a=d>1	$T=\begin{pmatrix}a & 0\\ 0 & b\end{pmatrix}$	a、d 是比例因子 图形沿 x、y 方向等比例放大
		0<a=d<1		图形沿 x、y 方向等比例缩小
	b=c=0 a≠d	a=1 d≠1	$T=\begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & d\end{pmatrix}$	d 是沿 y 轴方向的伸(d>1)缩(d<1)系数
		a≠1 d=1	$T=\begin{pmatrix}a & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}$	a 是沿 x 轴方向的伸(a>1)缩(a<1)系数
		a=0 d≠0	$T=\begin{pmatrix}0 & 0\\ 0 & d\end{pmatrix}$	图形被压缩到 y 轴上
		a≠0 d=0	$T=\begin{pmatrix}a & 0\\ 0 & 0\end{pmatrix}$	图形被压缩到 x 轴上
反射变换	b=c=0	a=1 d=−1	$T=\begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & -1\end{pmatrix}$	对 x 轴反射
		a=−1 d=1	$T=\begin{pmatrix}-1 & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}$	对 y 轴反射
		a=d=−1	$T=\begin{pmatrix}-1 & 0\\ 0 & -1\end{pmatrix}$	对坐标原点反射
	a=d=0	b=c=1	$T=\begin{pmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{pmatrix}$	对 45°线反射
		b=c=−1	$T=\begin{pmatrix}0 & -1\\ -1 & 0\end{pmatrix}$	对−45°线反射
错移变换	a=d=1	c=0 b≠0	$T=\begin{pmatrix}1 & b\\ 0 & 1\end{pmatrix}$	b 是沿 y 轴方向的错移系数 b>0 沿+y 方向错移;b<0 沿−y 方向错移
		b=0 c≠0	$T=\begin{pmatrix}1 & 0\\ c & 1\end{pmatrix}$	c 是沿 x 轴方向的错移系数 c>0 沿+x 方向错移;c<0;沿−x 方向错移
		b≠c≠0	$T=\begin{pmatrix}1 & b\\ c & 1\end{pmatrix}$	x 轴和 y 轴两个方向的错移,又称斜错移
旋转变换	一般形式		$T\begin{pmatrix}\cos\theta & \sin\theta\\ -\sin\theta & \cos\theta\end{pmatrix}$	θ 是绕坐标原点的旋转角度 逆时针方向为正,顺时针方向为负
	θ=90°		$T=\begin{pmatrix}0 & 1\\ -1 & 0\end{pmatrix}$	绕坐标原点逆时针方向旋转 90°
	θ=−90°		$T=\begin{pmatrix}0 & -1\\ 1 & 0\end{pmatrix}$	绕坐标原点顺时针方向旋转 90°
	θ=180°或−180°		$T=\begin{pmatrix}-1 & 0\\ 0 & -1\end{pmatrix}$	绕坐标原点逆(顺)时针方向旋转 180°

现在表示为：

$$[x\quad y\quad 1]\begin{bmatrix}a & b & 0\\ c & d & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}=[x^*\ y^*\ 1]$$

变换矩阵 $T=\begin{bmatrix}a & b & 0\\ c & d & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$ 是 3×3 的方阵。如果变换矩阵 $T=\begin{bmatrix}1 & 1 & 0\\ 1 & 1 & 0\\ m & n & 1\end{bmatrix}$,则

$$[x \quad y \quad 1]\begin{bmatrix}1 & 1 & 0\\ 1 & 1 & 0\\ m & n & 1\end{bmatrix}=[x+m \quad y+n \quad 1]=[x^* y^* 1]$$

$$\begin{cases}x^*=x+m\\ y^*=y+n\end{cases}$$

这样就实现了平移变换，平移的距离和方向取决于 m 和 n。

用三维空间中的点(xy1)来表示二维空间中的点(x　y)，这种用 n+1 维向量来表示 n 维向量的方法称为齐次坐标表示法。3×3 的变换矩阵不仅可以实现图形的平移，还可以实现图形的透视变换。3×3 的变换矩阵的一般形式为：

$$T=\begin{bmatrix}a & b & p\\ c & d & q\\ m & n & s\end{bmatrix}$$

二维向量[x　y]的齐次坐标表示法的一般形式为[Hx　Hy　1]，其中 $H\neq0$。当 $H=1$ 时，[x　y　1]就是点[x　y　1]正常化的齐次坐标。

三、三维图形变换

如前所述，n 维图形的位置向量要用 n+1 个分量表示。因此，对于三维空间的立体就要用[x　y　z　1]来表示它们的各个位置分量。变换矩阵要用 4×4 的方阵。这个变换矩阵的一般形式可表示为

$$T=\begin{bmatrix}a & b & c & p\\ d & e & f & q\\ h & i & j & r\\ l & m & n & s\end{bmatrix}$$

如果用[xyz1]表示变换前空间点的位置向量，用[$x^*y^*z^*$1]表示变换后空间点的位置向量，那么空间点位置向量的变换可以写成：

$$[x \quad y \quad z \quad 1]\cdot T=[x^* y^* z^* \quad 1]$$

4×4 的变换矩阵 T 可以分成四个子矩阵，即

$$\begin{bmatrix}3\times3 & \vdots & 3\times1\\ \cdots & \cdots & \cdots\\ 1\times3 & \vdots & 1\times1\end{bmatrix}$$

每个子矩阵对图形变换的作用如下：

$\begin{bmatrix}a & b & c\\ d & e & f\\ h & i & j\end{bmatrix}$可使图形产生比例、反射、错移和旋转等变换；

[l　m　n]可使图形沿 x、y、z 三个方向产生平移变换；

$\begin{bmatrix}p\\ q\\ r\end{bmatrix}$可使图形产生透视变换；

[s]可使图形产生全比例变换。

1. 比例变换

空间立体各点的坐标按某一比例放大或缩小，这种变换称为比例变换。4×4 矩阵中主对

角线上的元素 a、e、j 起局部比例变换的作用，而元素 s 起全比例变换的作用。

先研究元素 a、e、j 的作用。为使讨论问题简化起见，令矩阵中其它元素全为零，而 s=1，于是局部比例变换矩阵为

$$T=\begin{bmatrix} a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

用它对点的位置向量进行变换

$$[x \quad y \quad z \quad 1]\begin{bmatrix} a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}=[ax \quad ey \quad jz \quad 1]=[x^* y^* z^* 1]$$

即 $x^*=ax$、$y^*=ey$、$z^*=jz$。由此可见，空间点的 x、y、z 坐标是分别按比例 a、e、j 变化的。

元素 s 的作用是使图形产生全比例变换（又称整体比例变换），其变换矩阵为：

$$T=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s \end{bmatrix}$$

用它对点的位置向量进行变换

$$[x \quad y \quad z \quad 1]\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s \end{bmatrix}=[x \quad y \quad z \quad s]\Rightarrow[\frac{x}{s} \quad \frac{y}{s} \quad \frac{z}{s} \quad 1]=[x^* y^* z^* 1]$$

即 $x^*=x/s$、$y^*=y/s$、$z^*=z/s$。由此可见，元素 s 使 x、y、z 坐标都发生了变化。当 $s>1$ 时，图形按比例缩小；当 $s<1$ 时，图形按比例放大。

2. 反射变换

所谓反射是指立体对坐标平面的镜照图形。

(1)对 xoz 平面的反射

其变换矩阵 $T_{xoz}=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

从矩阵可以看出：主管 y 坐标的元素为"−1"，变换后立体各点的 y 坐标值将变成负值，而 x、z 坐标值不变。

(2)对 zoy 平面和 xoy 平面的反射变换矩阵分别为：

$$T_{zoy}=\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{和 } T_{xoy}=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3. 平移变换

平移变换是使立体在空间平行移动到一个新的位置，而立体的形状不发生变化。它的变换

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com