



21世纪高等学校新理念教材建设工程

计算机绘图

主编 于晓丹 李卫民 贺 奇



NEUPRESS
东北大学出版社



21 世纪高等学校新理念教材建设工程

计 算 机 绘 图

主 编 于晓丹 李卫民 贺 奇

副主编 曾 红 晋伶俐 周桂芬
胡亚彬 张玉成

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 于晓丹 等 2005

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机绘图 / 于晓丹, 李卫民, 贺奇主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2005.12
(21 世纪高等学校新理念教材建设工程)

ISBN 7-81102-202-8

I. 计… II. ①于…②李…③贺… III. 计算机绘图—高等学校—教学参考资料
IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 124789 号

内容简介

本书由三部分构成。其中, 图形学部分包括矩阵及其运算, 二维图形的矩阵变换, 组合变换, 三维图形的矩阵变换, 三视图矩阵变换, 轴测图矩阵变换; AutoCAD 部分包括 AutoCAD 基础知识, 绘制基本图形, 图层、颜色和线型, 图形编辑, 绘图设置与绘图技巧, 图块与属性, 尺寸、公差及文本的标注; CAXA 电子图板部分包括 CAXA 电子图板界面简介, 图形绘制, 图形编辑, 图层, 工程标注, 图库, 图幅。

本书的特点是注重二维图形的绘制, 加强了实践性的教学环节, 每部分配有例题、综合实例和课后练习作业题。内容由浅入深, 循序渐进, 适合于各大、中专院校及电脑爱好者作为必修教材和辅修教材, 可安排 32~64 学时。

出版者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: //www.neupress.com

印刷者: 沈阳市光华印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm×260mm

印 张: 14.875

字 数: 390 千字

出版时间: 2005 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2005 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 牛连功

封面设计: 唐敏智

责任校对: 铁 履

责任出版: 秦 力

定 价: 25.00 元

前 言

计算机绘图是一门发展迅速的新兴学科,它被广泛地应用于机械、电子、建筑、军事、航空以及教育等领域,并正在发挥越来越大的作用。

计算机图形学是用计算机来显示、生成和处理图形的一门学科。图形变换是计算机图形学的一个重要内容。一个简单的原始图形,经过各种变换,可以生成一个复杂的、丰富多彩的图案或图形。

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司推出的绘图设计软件。本书对 AutoCAD 命令的调用方式、格式、简化的命令行、命令的功能和有关说明都进行了详细的介绍,并采用了英汉结合的方式,使读者容易接受。

CAXA 电子图板是北京北航海尔软件有限公司开发的、功能齐全的通用二维计算机辅助设计 (CAD) 软件。CAXA 电子图板虽是中文界面,但本书对其中的一些命令的英文形式也进行了介绍。

本书由辽宁工学院于晓丹、李卫民、贺奇主编。其中:于晓丹负责全书的组织、策划并编写 AutoCAD 部分的第 11 章 11.5~11.10 节、AutoCAD 部分第 13 章和 CAXA 电子图板的全部内容;李卫民编写 AutoCAD 部分的第 10 章;贺奇编写 AutoCAD 部分第 11 章 11.1~11.4 节;周桂芬编写 AutoCAD 部分第 8 章 8.1~8.3 节;晋伶俐编写 AutoCAD 部分第 9 章和第 12 章;胡亚彬编写 AutoCAD 部分第 7 章;张玉成编写 AutoCAD 部分第 8 章 8.4~8.6 节;曾红编写图形学全部内容。

辽宁工学院高秀艳老师对本书的编写给予了非常大的帮助,在此表示感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中疏漏和不足之处在所难免,恳请读者不吝赐教。

· 编 者

2005 年 9 月

目 录

第一部分 图形学

第 1 章 矩阵及其运算	1
1.1 矩阵的基本概念	1
1.2 矩阵的运算	1
1.2.1 矩阵加法和减法	1
1.2.2 矩阵乘法	2
第 2 章 二维图形的矩阵变换	3
2.1 恒等变换	4
2.2 比例变换	5
2.3 反射变换	5
2.3.1 对 y 轴的反射	5
2.3.2 对 x 轴的反射	6
2.3.3 对 45° 线的反射	6
2.3.4 对 -45° 线的反射	6
2.3.5 对原点的反射	6
2.4 错切变换	7
2.4.1 沿 x 轴方向的错切	7
2.4.2 沿 y 轴方向的错切	7
2.5 旋转变换	8
2.6 平移变换及齐次坐标	9
第 3 章 组合变换	11
3.1 平面图形绕任意点旋转的变换	11
3.2 平面图形以任意点为中心的比例变换	12
第 4 章 三维图形的矩阵变换	14
4.1 平移变换	14

4.2 比例变换	16
4.3 旋转变换	17
4.3.1 绕 x 轴旋转	18
4.3.2 绕 y 轴旋转	19
4.3.3 绕 z 轴旋转	19
4.4 正投影变换	19
第5章 三视图矩阵变换	22
5.1 主视图变换矩阵	22
5.2 俯视图变换矩阵	22
5.3 左视图变换矩阵	23
5.4 三视图变换矩阵应注意的问题	23
第6章 轴测图矩阵变换	24

第二部分 AutoCAD

第7章 AutoCAD 基础知识	25
7.1 AutoCAD 2002 界面简介	25
7.1.1 标题栏	26
7.1.2 下拉菜单	26
7.1.3 工具栏	26
7.1.4 绘图窗口	27
7.1.5 命令窗口	27
7.1.6 状态栏	27
7.2 AutoCAD 2002 文件管理	28
7.2.1 新建文件	28
7.2.2 打开文件	31
7.2.3 保存文件	32
7.3 命令输入法	33
7.3.1 坐标输入	33
7.3.2 命令输入	34
7.3.3 常用功能键	34
7.4 课后练习	35
第8章 绘制基本图形	36
8.1 点的样式及点的绘制	36

8.1.1 点的样式(PPOINT STYLE)	36
8.1.2 点的绘制(PPOINT)	36
8.2 线的绘制	37
8.2.1 直线(LINE)	37
8.2.2 多段线(PLINE)	38
8.2.3 构造线(XLINE)	40
8.3 圆(弧)、椭圆(弧)和圆环的绘制	40
8.3.1 圆(CIRCLE)	40
8.3.2 圆弧(ARC)	42
8.3.3 椭圆(ELLIPSE)或椭圆弧(ELLIPSE ARC)	43
8.3.4 圆环(DONUT)	43
8.4 多边形的绘制	44
8.4.1 矩形(RECTANGLE)	44
8.4.2 正多边形(POLYGON)	44
8.5 综合实例	45
8.6 课后练习	48
第9章 图层、线型和颜色	49
9.1 图层、线型和颜色的概念	49
9.2 图层设置	50
9.2.1 利用命令设置图层	50
9.2.2 利用图层特性管理器设置图层	52
9.2.3 对象特性工具栏	55
9.3 颜色设置	55
9.3.1 利用命令设置颜色	57
9.3.2 利用“Select Color”对话框设置颜色	57
9.4 线型设置	58
9.4.1 利用命令设置线型	58
9.4.2 设置线型比例	60
9.4.3 利用“Linetype Manager”(线型管理器)设置线型	60
9.5 线宽设置	61
9.6 综合实例	62
9.7 课后练习	67
第10章 图形编辑	68
10.1 对象选择	68
10.2 图形的多种复制	69
10.2.1 复制(COPY)	69
10.2.2 剪贴板复制(COPYCLIP)和粘贴(PASTECLIP)	70

10.2.3 镜像(MIRROR)	71
10.2.4 偏移(OFFSET)	72
10.2.5 阵列(ARRAY)	73
10.3 图形的变动	76
10.3.1 移动(MOVE)	76
10.3.2 旋转(ROTATE)	76
10.3.3 拉伸(STRETCH)	77
10.3.4 延长(LENGTHEN)	79
10.4 图形的修改	80
10.4.1 剪切(TRIM)	80
10.4.2 延伸(EXTEND)	81
10.4.3 删除(ERASE)	82
10.4.4 打断(BREAK)	82
10.4.5 分解(EXPLOD)	83
10.4.6 倒角(CHAMFER)	83
10.4.7 圆角(FILLET)	84
10.4.8 比例缩放(SCALE)	85
10.4.9 取消(UNDO)	86
10.4.10 重做(REDO)	86
10.5 图案填充	87
10.5.1 创建图案填充	87
10.5.2 用对话框编辑图案填充	92
10.5.3 用对象特性管理器编辑图案填充	92
10.6 综合实例	93
10.7 课后练习	96
第 11 章 绘图设置与绘图技巧	98
11.1 绘图参数设置	98
11.1.1 绘图单位设置	98
11.1.2 绘图边界设置	99
11.2 目标捕捉	100
11.2.1 对象捕捉	100
11.2.2 对象自动追踪	104
11.2.3 栅格捕捉	106
11.3 图形显示	107
11.3.1 图形缩放	107
11.3.2 图形实时平移	108
11.3.3 图形缩放与平移的快速转换	109
11.3.4 图形的重画	109

11.3.5 图形的重新生成	109
11.4 正交模式	110
11.5 等轴测平面	110
11.6 创建图形样板文件	112
11.7 多文档设计环境	113
11.7.1 同时打开多个图形	113
11.7.2 在多个图形之间快速复制和粘贴	114
11.7.3 在多个图形之间快速复制特性	116
11.8 AutoCAD 2002 设计中心	117
11.8.1 启动 AutoCAD 2002 设计中心	117
11.8.2 AutoCAD 2002 设计中心的使用	118
11.9 综合实例	121
11.10 课后练习	124
第 12 章 图块与属性	125
12.1 定义图块	125
12.1.1 定义内部图块	125
12.1.2 定义外部图块	127
12.2 插入图块	131
12.2.1 利用命令插入图块	131
12.2.2 图块的多重插入	133
12.2.3 利用对话框插入图块	133
12.2.4 图块的分解	134
12.3 编辑图块	135
12.4 图块属性	136
12.4.1 用命令定义图块的属性	136
12.4.2 利用对话框来定义属性	136
12.4.3 属性附着于图块	138
12.4.4 引用图块属性	138
12.4.5 修改属性	139
12.4.6 图块属性的显示	139
12.5 综合实例	141
12.6 课后练习	144
第 13 章 尺寸、公差及文本的标注	145
13.1 尺寸标注	145
13.1.1 尺寸的组成与标注方法	145
13.1.2 尺寸标注样式设置	146
13.1.3 尺寸标注	158

13.1.4 编辑尺寸标注	171
13.2 形位公差标注	173
13.3 文本标注和编辑	175
13.3.1 文本设置	175
13.3.2 文本标注	177
13.3.3 文本编辑	179
13.4 综合实例	180
13.5 课后练习	183

第三部分 CAXA 电子图板

第 14 章 CAXA 电子图板界面简介 184

14.1 CAXA 电子图板 V2 界面	184
14.1.1 老面孔	184
14.1.2 新面孔	185
14.1.3 老面孔加新面孔	185
14.2 界面简介	185
14.2.1 绘图区	185
14.2.2 菜单系统	185
14.2.3 属性条	186
14.2.4 状态栏	187
14.2.5 工具栏	187
14.3 CAXA 电子图板 V2 版系统定义的快捷键	187
14.4 课后练习	188

第 15 章 图形绘制 189

15.1 基本曲线	189
15.1.1 直线(Line)	189
15.1.2 圆(Circle)	192
15.1.3 圆弧(Arc)	193
15.1.4 矩形(Rect)	194
15.1.5 剖面线(Hatch)	194
15.1.6 中心线(Centerl)	194
15.1.7 其他基本曲线	195
15.2 高级曲线	195
15.2.1 正多边形(Polygon)	195
15.2.2 孔/轴(Hole)	196

15.2.3 椭圆(Ellipse)	196
15.2.4 其他高级曲线	197
15.3 课后练习	197
第16章 图形编辑	199
16.1 曲线编辑	199
16.1.1 裁剪(Trim)	199
16.1.2 齐边(Edge)	200
16.1.3 打断(Break)	200
16.1.4 拉伸(Stretch)	200
16.1.5 过渡(Corner)	201
16.1.6 平移(Move)	203
16.1.7 镜像(Mirror)	203
16.1.8 其他编辑命令	204
16.2 图形编辑	204
16.2.1 删除(Del)	204
16.2.2 取消操作(Undo)	205
16.2.3 重复操作(Redo)	205
16.2.4 其他图形编辑命令	205
16.3 课后练习	205
第17章 图 层	207
17.1 图层的概念	207
17.2 设置当前图层	207
17.3 新建图层	208
17.4 编修图层	208
17.5 课后练习	208
第18章 工程标注	209
18.1 尺寸标注	209
18.1.1 基本标注	209
18.1.2 特殊尺寸标注	211
18.1.3 标注尺寸公差	211
18.2 工程符号的标注	212
18.2.1 表面粗糙度	212
18.2.2 形位公差和基准代号	213
18.2.3 剖切符号	213
18.3 文字标注	214
18.3.1 文字参数设置	214

18.3.2 文字标注	214
18.4 标注编辑.....	215
18.4.1 尺寸编辑	215
18.4.2 文字编辑	215
18.4.3 工程符号编辑	215
18.5 尺寸驱动.....	215
18.6 课后练习.....	216
第19章 图 库	218
19.1 提取图符.....	218
19.2 驱动图符.....	220
19.3 技术要求.....	220
19.4 课后练习.....	221
第20章 图 幅	222
20.1 图纸幅面.....	222
20.2 图框设置.....	222
20.3 标题栏.....	222
20.4 零件序号.....	223
20.5 明细表.....	224
20.6 课后练习.....	224

第一部分 图形学

图形学部分的主要内容是图形变换。图形变换是用已有的简单图形通过几何变换和运算，构造出复杂的图形。以下讨论的是如何利用矩阵的方法来进行图形的几何变换。

第1章 矩阵及其运算

1.1 矩阵的基本概念

矩阵具有非常广泛的应用。目前，人们已经研究出了大量的矩阵公式和方法。这里我们研究用于表示图形变换的矩阵，它主要涉及到矩阵的基本概念和矩阵乘法。

矩阵就是一组元素所排成的数表。例如：

$$A = \begin{bmatrix} 3 & -9 \\ 4 & 2 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 5 & 2 & 3 \\ 8 & 1 & 4 \end{bmatrix}.$$

由 $m \times n$ 个数排成 m 行 n 列的数表叫做 $m \times n$ 阶矩阵。当 $m = n$ 时，又叫做 m (或 n) 阶方阵。所以，矩阵 A 是一个 2 阶方阵，矩阵 B 是一个 2×3 阶矩阵。

矩阵与行列式是两个不同的概念。在运用中不能因它们的表现形式差不多而混淆。 n 阶行列式是一个数，而 n 阶矩阵不是一个数，而是 $n \times n$ 个数排列的数表。。

1.2 矩阵的运算

1.2.1 矩阵加法和减法

如果两个矩阵的行和列都相同，则可进行加法或减法运算。两个矩阵相加或相减，就是对每对对应元素实行加法或减法。

【例 1-1】 计算下列矩阵。

$$(1) \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 2 & 5 & 8 \\ 3 & 6 & 9 \end{bmatrix}; \quad (2) \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 2 & 5 & 8 \\ 3 & 6 & 9 \end{bmatrix}.$$

解

$$(1) \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 2 & 5 & 8 \\ 3 & 6 & 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+1 & 2+4 & 3+7 \\ 4+2 & 5+5 & 6+8 \\ 7+3 & 8+6 & 9+9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 6 & 10 \\ 6 & 10 & 14 \\ 10 & 14 & 18 \end{bmatrix};$$

$$(2) \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 2 & 5 & 8 \\ 3 & 6 & 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-1 & 2-4 & 3-7 \\ 4-2 & 5-5 & 6-8 \\ 7-3 & 8-6 & 9-9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -2 & -4 \\ 2 & 0 & -2 \\ 4 & 2 & 0 \end{bmatrix}.$$

1.2.2 矩阵乘法

矩阵的乘法在计算机图形学中是最有用的矩阵运算。两个矩阵若要相乘，则第一个矩阵的列数必须等于第二个矩阵的行数。以下通过例子来说明矩阵乘法的规则。

【例 1-2】 一个 2×2 阶矩阵 A 和一个 2×3 阶矩阵 B 相乘。 A 矩阵和 B 矩阵分别为

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{bmatrix}.$$

矩阵 A 和矩阵 B 的乘积为矩阵 C ，计算矩阵 C 。

$$\begin{aligned} \text{解} \quad C = A \cdot B &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} & a_{11}b_{13} + a_{12}b_{23} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} & a_{21}b_{13} + a_{22}b_{23} \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

从例 1-2 可以看出，矩阵 A 中的第 i 行元素与矩阵 B 中的第 j 列对应元素乘积之和就是矩阵 C 中第 i 行第 j 列元素。

一个 2×2 阶矩阵乘以一个 2×3 阶矩阵产生一个 2×3 阶矩阵。一般来说，一个 $m \times n$ 阶矩阵乘以一个 $n \times q$ 阶矩阵产生一个 $m \times q$ 阶矩阵。很明显，只有在第一个矩阵的列数等于第二个矩阵的行数时，才能进行乘法运算。

【例 1-3】 现有 2×3 阶矩阵 A ， 3×3 阶矩阵 B 和 3×1 阶矩阵 C ，试运算 BC ， $A(BC)$ 和 AB ， $(AB)C$ 。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 3 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -2 & 3 & 4 \\ -1 & 4 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

$$\text{解} \quad BC = \begin{bmatrix} -2 & 3 & 4 \\ -1 & 4 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}; \quad A(BC) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 13 \end{bmatrix};$$

$$AB = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -2 & 3 & 4 \\ -1 & 4 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4 & 13 & 5 \\ -2 & 14 & 3 \end{bmatrix};$$

$$(AB)C = \begin{bmatrix} -4 & 13 & 5 \\ -2 & 14 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 13 \end{bmatrix}.$$

可以看出，矩阵乘法适用结合率，即 $A(BC) = (AB)C$ 。

还容易证明，矩阵乘法适合分配律，即 $(A+B)C = AC + BC$ ， $A(B+C) = AB + AC$ 。

但一般情况下，矩阵乘法的交换律不成立，即 $AB \neq BA$ 。所以在进行级联(矩阵连乘)时，应特别注意矩阵的前后次序。

第 2 章 二维图形的矩阵变换

二维空间(平面)的一个点 P , 可以用它的坐标 (X, Y) 来表示, 也可以用一个 1×2 阶矩阵 $[X \ Y]$ 来表示。点由某一位置 (X, Y) 变换到另一个位置 (X^*, Y^*) , 如图 2-1 所示, 可以利用矩阵乘法来实现。即

$$[X^* \ Y^*] = [X \ Y] \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = [AX + CY \ BX + DY],$$

$$\begin{cases} X^* = AX + CY, \\ Y^* = BX + DY. \end{cases}$$

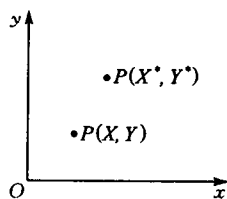


图 2-1 点的变换

我们把 2×2 阶矩阵 $T = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$ 称为变换矩阵。很明显, 变换后, 点的新坐标 (X^*, Y^*) 取决于 A, B, C, D 的值。下面讨论各元素对变换所起的作用。

为了对变换矩阵 T 中各元素有较直观的了解, 我们先编一简单的小程序, 用来画一个 40×20 的矩形, 键入不同的 A, B, C, D 值, 观察其对图形的影响。

程序如下:

```
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>

int main(void)
{
    /* request auto detection */
    int gdriver = DETECT, gmode, errorcode;
    int i, xmax, ymax;
    float A, B, C, D;
    float px[10], py[10], x[10], y[10];
    /* initialize graphics and local variables */
    initgraph(&gdriver, &gmode, "c:\\borlandc\\bgi");

    /* read result of initialization */
    errorcode = graphresult();
    /* an error occurred */
    if (errorcode != grOk)
    {
        printf("Graphics error: %s\n", grapherrormsg(errorcode));
        printf("Press any key to halt:");
        getch();
    }
}
```

```

exit(1);
}
printf("A,B,C,D=");
scanf("%f,%f,%f,%f",&A,&B,&C,&D);

px[1]=0.0;py[1]=20.0;
px[2]=40.0;py[2]=20.0;
px[3]=40.0;py[3]=0.0;
px[4]=0.0;py[4]=0.0;
px[5]=0.0;py[5]=20.0;

setcolor(getmaxcolor());
xmax=getmaxx();
ymax=getmaxy();

/* draw a diagonal line */
line(0, 0, 0, ymax);
line(0, ymax, xmax, ymax);
line(xmax, ymax, xmax, 0);
line(xmax, 0, 0, 0);

i=1;
do {
    x[i]=A*px[i]+C*py[i];
    y[i]=B*px[i]+D*py[i];
    x[i+1]=A*px[i+1]+C*py[i+1];
    y[i+1]=B*px[i+1]+D*py[i+1];

    setcolor(5);
    line(160+px[i],300-py[i],160+px[i+1],300-py[i+1]);
    setcolor(11);
    line(160+x[i],300-y[i],160+x[i+1],300-y[i+1]);
    i++;
} while (i < 5);

/* clean up */
getch();
closegraph();
return 0;
}

```

下面用程序来说明几种变换。

2.1 恒等变换

若想使图形按原位置、原大小显示出来, 则应使 $A = D = 1$, $B = C = 0$, 变换矩阵为

$$T = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & D \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} X & Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AX & DY \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X^* & Y^* \end{bmatrix}.$$

显然, 新坐标与旧坐标相等, 点的位置在变化前后没有发生变化。所以, 此时变换矩阵 T 称为恒等变换矩阵。这种变换即为恒等变换。

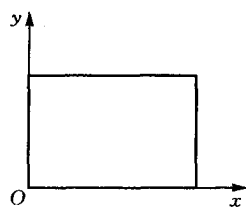


图 2-2 恒等变换

运行前面程序, 并键入 $A = 1$, $B = 0$, $C = 0$ 和 $D = 1$, 图形即按原位置、原大小显示出。显示结果如图 2-2 所示。

2.2 比例变换

人们经常要对一个图形进行放大或缩小, 这可以通过比例变换来实现。使 $B = C = 0$, 则比例变换矩阵为

$$T = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & D \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} X & Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AX & DY \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X^* & Y^* \end{bmatrix}.$$

即

$$\begin{cases} X^* = AX, \\ Y^* = DY. \end{cases}$$

A 为 x 方向的比例因子, D 为 y 方向的比例因子。

运行上述程序, 保持 $C = 0$, $B = 0$, 尝试改变 A 和 D 的值, 可以得到不同大小的正方形和不同比例的矩形。图 2-3 所示为指定 $A = 1$, $B = 0$, $C = 0$, $D = 2$ 时所显示的图形。

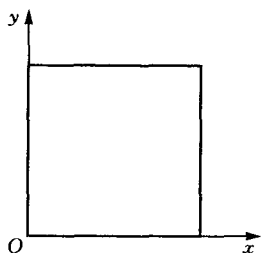


图 2-3 比例变换

2.3 反射变换

所谓反射变换, 是指变换前后的图形对称于 x 轴或 y 轴; 或对称于某一特定的直线, 如 $\pm 45^\circ$ 线; 或对称于某一特定的点, 如原点。

2.3.1 对 y 轴的反射

变换矩阵为

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

$$\begin{bmatrix} X^* & Y^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -X & Y \end{bmatrix}.$$

即

$$\begin{cases} X^* = -X, \\ Y^* = Y. \end{cases}$$

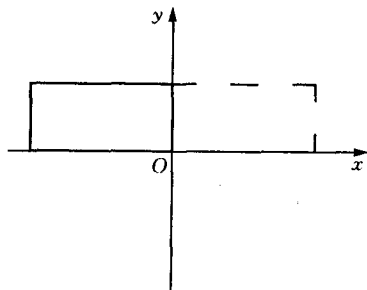
图 2-4 对 y 轴反射

图 2-4 所示为 $A = -1$, $B = 0$, $C = 0$, $D = 1$ 时所显示的对 y 轴反射的图形。