

专题3（综合应用类）：绘制先天八卦图

【应用背景】先天八卦图

中国《易经》发展中，有先天八卦、后天八卦、64卦等多种图案样式，每种样式又分别有多种绘制方法，本专题选择其中的一种先天八卦图方式进行绘制，结果如图1所示，其主要特征有：(1)阴阳鱼眼在水平方向；(2)乾坤两卦在上下位置；(3)阴阳边界线为“心”形线。

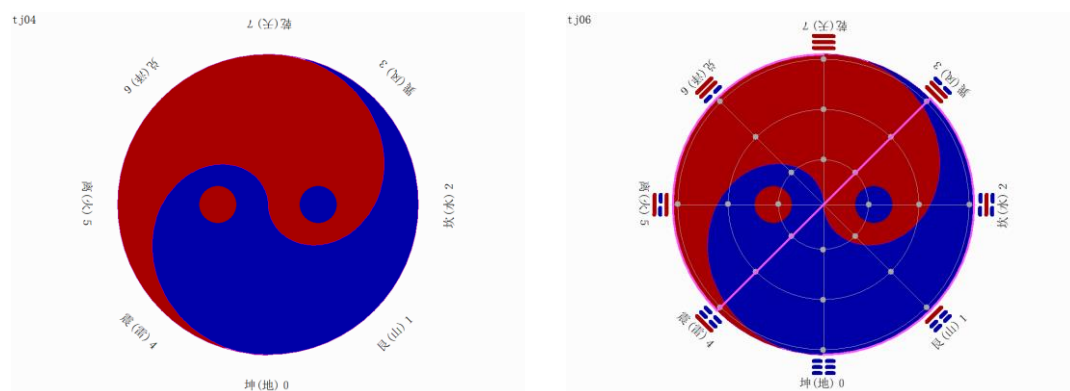


图1. 专题第4问、第6问的运行结果

【各问摘要】

- 第1问：基础问答，单项选择题
第2问：程序改错，tj02.c，绘制坐标轴与圆
第3问：规范优化，tj03.c，绘制心形线与太极线
第4问：程序集成，tj04.c，绘制阴阳鱼眼及八卦名称
第5问：功能提升，tj05.c，绘制八卦符号
第6问：综合应用，tj06.c，八卦符号与太极图映射关系

【第1问，基础问答，具体答题在考试客户端中单项选择题部分】

【第2问，程序调试，tj02.c，绘制坐标轴与圆】

调试要求：打开文件“C:\KS\tj02Err.c”，该程序包含了**3个错误**，请按题中的功能要求，调试并修改该程序(在所修改语句后加“/*_*/”或“//_”作为标记)，使其运行能得到正确的结果。修改后的程序保存为**C:\KS\tj02.c**。

程序功能：参考运行示例，输出含2个窗口，如图2所示，文本窗口显示运行状态，图形窗口显示图形及坐标轴等。

- (1) 程序创建一个“tj02.txt”的文本文件，用于保存以下绘图相关的指令。
 - a) 创建一个1024*768像素的图形窗口，窗口背景设为白色。
 - b) 图形窗口坐标系：水平向右为X轴递增方向，垂直向下为Y轴递增方向，坐标单位为像素点。穿过直角坐标点(30, 30)绘制坐标轴。
 - c) 以直角坐标点(512, 384)为圆心绘制一个圆，圆半径为300。绘制水平直径线，颜色取紫色（红色+蓝色）。上半圆填充红色，下半圆填充蓝色。
 - d) 图形窗口的图像保存为tj02.png。

- (2) 程序关闭图形指令文件，生成“tj02.txt”。
- (3) 程序调用“egeRun”命令，读取“tj02.txt”以显示图像。

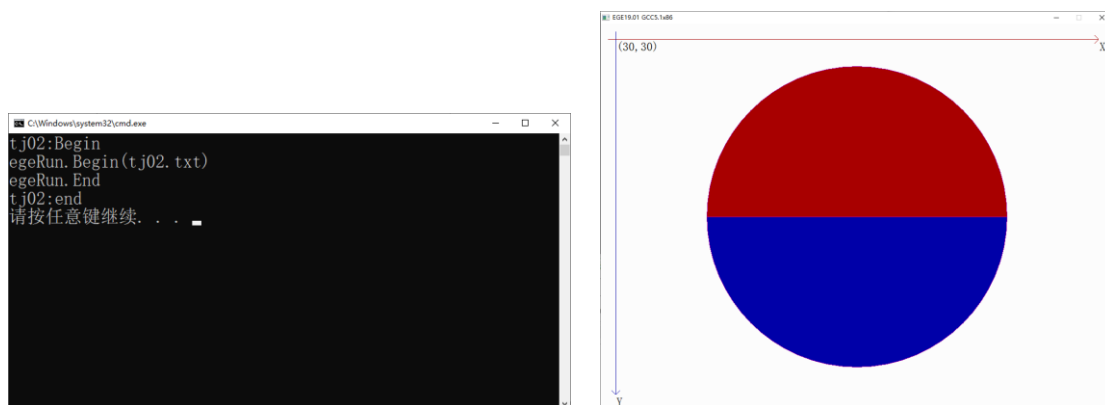


图2. 程序tj02.c的运行结果

egeSend.h的部分代码:

//EGE 图形指令集中保存在文本文件中（由 egeRun.cpp 程序读取并绘制图形）

char *SNDfn; //EGE 图形指令文件名称，全局变量

FILE *SNDfp; //EGE 图形指令文件指针，全局变量

void SNDinit(char *fn); //创建 EGE 图形指令文件

void SNDend(void); //关闭 EGE 图形指令文件

//各 EGE 图形指令的“接口”函数，将指令及参数保存在 SNDfp 文件

void SNDinitgraph(int w,int h); //创建 EGE 窗口，大小 w*h 像素

void SNDsetbkcolor(int bk); //设置 EGE 窗口背景颜色

void SNDsetcolor(int cr); //设置 EGE 窗口绘制颜色

void SNDline(int x1,int y1,int x2,int y2); //绘制直线，坐标(x1,y1)至(x2,y2)

void SNDcircle(int x0,int y0,int r); //绘制圆，圆心(x0,y0)，半径r

void SNDfill(int x0,int y0,int cr,int newcr); //填充，(x0,y0)颜色cr填充为newcr

含错误的源程序（包含3个错误）:

//tj02.c，使用图形发送系列函数，绘制坐标轴与圆

```
#include "egeSend.h"
```

```
#define WinW 1024 //窗口宽度，像素
```

```
#define WinH 768 //窗口高度，像素
```

```
#define X0 512 //中心圆圆心 X 坐标，X0
```

```
#define Y0 384 //中心圆圆心 Y 坐标，Y0
```

```
#define R =300 //中心圆半径，R
```

```
#define K 30 //坐标轴长度缩减
```

```
int main(void)
```

```
{ //主函数
```

```
    printf("tj02:Begin\n") //在文本主窗口上显示信息
```

```
    //EGE 窗口初始设置
```

```
    SNDinit("tj02.txt");
```

```
    SNDinitgraph(WinW, WinH); //初始化 EGE 窗口，大小 WinW*WinH
```

```
    SNDsetbkcolor(WHITE); //设置窗口背景颜色=白色
```

```
    //坐标轴
```

```
    SNDsetcolor(RED); //设置颜色=红色，横坐标
```

```

SNDline(K/2,K,WinW-K,WinH-K); //横坐标轴
SNDline(WinW-K-8,K+8,WinW-K,K); //横坐标轴下半箭头
SNDline(WinW-K-8,K-8,WinW-K,K); //横坐标轴上半箭头
//纵坐标（略）.....
//文字（略）.....
//中心圆
SNDsetcolor(RED|BLUE); //设置绘图颜色，红色+蓝色=紫色
SNDcircle(X0,Y0,R); //绘制中心圆，圆心坐标为(X0,Y0)，半径为R
SNDline(X0-R,Y0,X0+R,Y0); //中心圆的中央横直线
SNDfill(X0,Y0-R/2,WHITE,RED); //上半圆填充为红色
SNDfill(X0,Y0+R/2,WHITE,BLUE); //下半圆填充为蓝色
//保存图像
SNDsaveimg("tj02.png");
//绘制发送完成
SNDend();
//调用外部程序绘制图像
system("egeRun tj02.txt");
printf("tj02:end\n");
return 0;
}

```

背景与设计说明：EGE（Easy Graphics Engine）是C/C++语言下简单易用的一种图形库工具，兼容多种编程环境，具有画圆、画线、区域填充、颜色与模式选择、书写文字、图像存取等丰富功能。为充分利用 EGE 的灵活性，同时避开 EGE 库安装等问题，本专题通过“EGE 图形指令文件”实现间接绘图，各模块关系如图 3 所示。

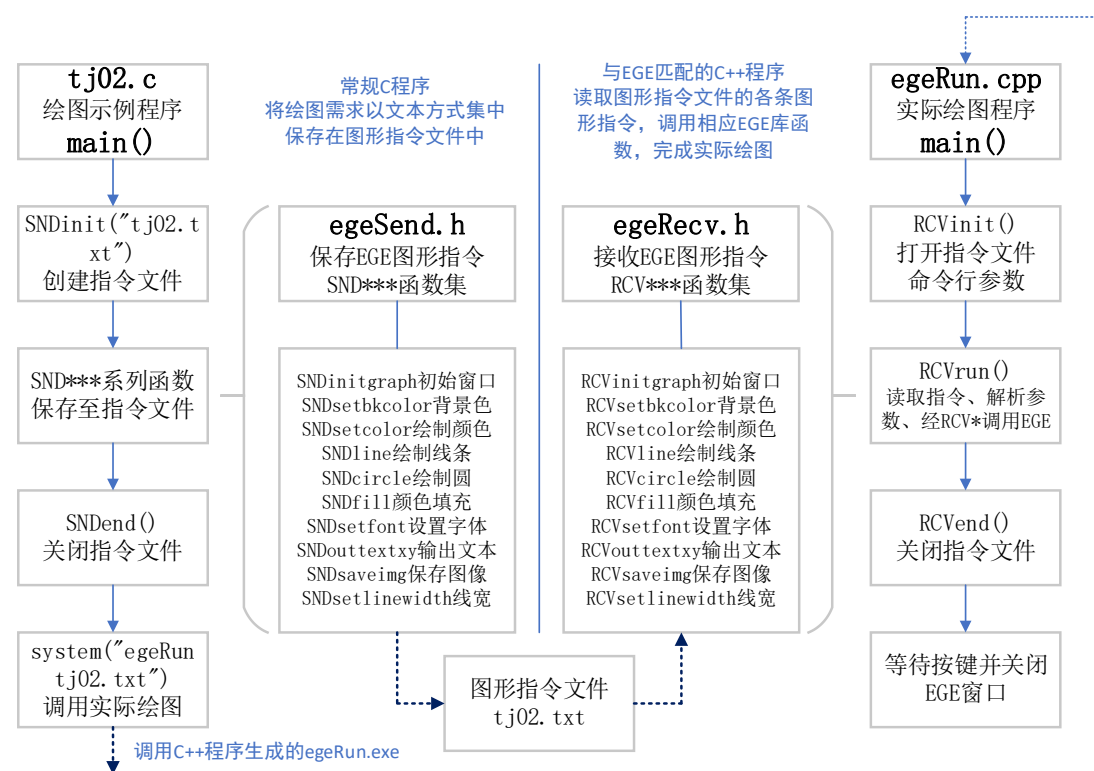


图 3. tj02.c 相关程序模块及函数关系图

- (1) egeSend.h 是 C 程序头文件，包含“SND”开头的系列函数及其功能说明，每个 SND 函数对应一或多个 EGE 绘图函数，将 EGE 绘图要求及参数保存到文件。
- (2) tj02.c 是个常规 C 程序，包含 egeSend.h 后，通过调用“SND”开头的系列函数，将绘制图形的需求保存在指令文件（tj02.txt）中。
- (3) egeRecv.h 是 C 程序头文件，RCVrun() 函数读取图形指令文件，解析各指令及参数，经 RCV***系列函数调用对应的 EGE 库。
- (4) egeRun.cpp 是个与 EGE 要求匹配的 C++ 程序，通过命令行参数打开 EGE 图形指令文件，解析并执行各图形指令，全部执行后，等待按键再关闭 EGE 窗口。egeRun.cpp 已编译为可执行文件 egeRun.exe，直接在 tj02.c 中调用。
- (5) 本专题各问中，egeSend.h、egeRecv.h、egeRun.cpp 都不需要修改，供调用相关函数时参考。

【第 3 问，程序优化，tj03.c，绘制心形线与太极线】

编程要求：打开文件“tj03org.c”，该程序可以正确运行，运行结果见图4(左)，修改程序代码，使运行结果如图4(右)所示。修改后程序保存为C:\KS\tj03.c。

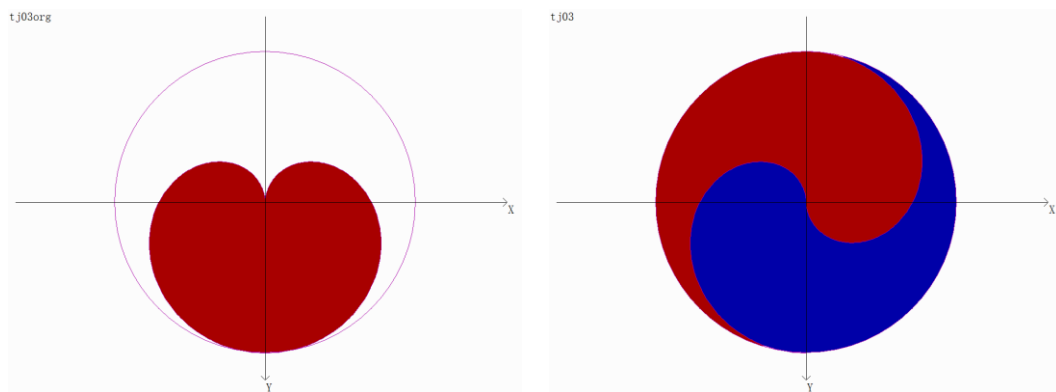


图4. 程序tj03org.c与tj03.c的运行结果

背景说明：太极图中上方红色区域称为阳鱼，下方蓝色区域称为阴鱼，阴阳鱼之间的边界线称为太极线，太极线的一种画法与心形线有类似之处，图 5(左)为心形线，图 5(右)为太极线，心形线右半边图形向上翻转，即是太极线。

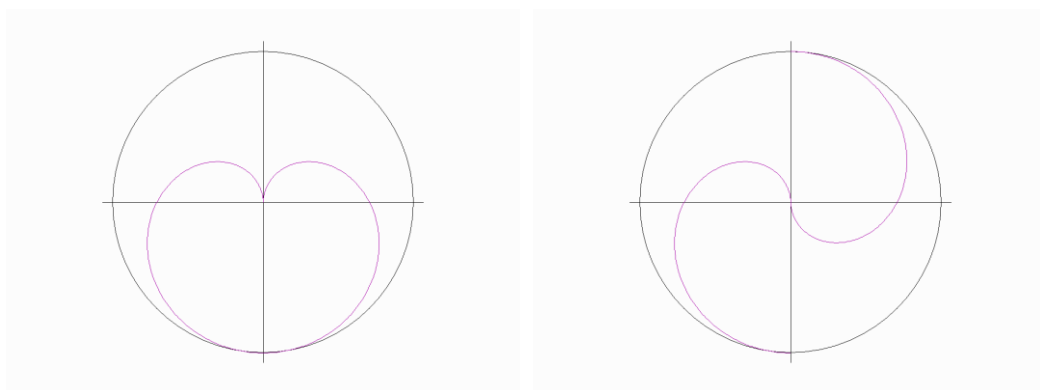
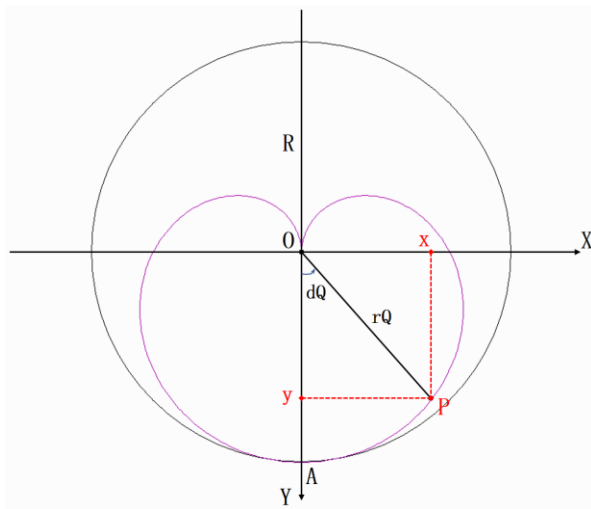


图 5. 心形线与太极线关系

心形线的绘制：绘制心形线，需要计算心形线上各点的坐标值。参考图 6，为方便计算，以圆中心为原点建立极坐标系，当心形线上点 P 从 A 点逆时针移动到原点 O 时，角度 dQ 从 0 度增加至 180 度，P 与圆心距离 rQ 按余弦函数递减，有： $rQ = R \cdot \cos(dQ/2)$ 。当 P 继续从原

点O移动到A点时，角度dQ从180度增至360度，rQ也从0增至半径R。控制角度dQ从0递增至360度，计算相应rQ的值，从极坐标(rQ, dQ)转换为直角坐标(x, y)，相邻两点的直角坐标值绘制线段，360个点连在一起，得到心形线。



心形线的绘制：

- (1) 坐标轴 X 水平向右，Y 垂直向下。
原点为 O，圆半径为 R。
- (2) 心形线上 P 与原点的距离记为 dQ，即： $dQ = |OP|$
- (3) P 点的直角坐标记为 (x, y)，有
 $x = rQ * \sin(dQ)$ ， $y = rQ * \cos(dQ)$
- (4) P 点的极坐标记为 (rQ, dQ)，
极坐标与直角坐标可相互换算。
- (5) 当 dQ 从 0 度递增至 180 度时，
rQ 从 R 减至 0。有 $rQ = R * \cos(dQ/2)$

图 6. 心形线的绘制

绘制心形线的程序代码：绘制太极线需要先理解心形线的绘制代码。程序tj03org.c调用drawHeartLine()函数以绘制心形线，调用数学库sin和cos时，需要将常规角度转换为弧度，180度对应弧度 π (3.1415926)。

```
struct point
{ //声明“点”结构体
    float x;        //点的X坐标
    float y;        //点的Y坐标
};

void drawHeartLine(void)
{ //绘制心形线
    struct point xy[361]; //心形线上361个点，相邻点连成线段
    float dQ; //连接心形线的点与原点，该连线与y轴夹角为dQ，dQ从0至360度
    float rQ; //该连线的长度为rQ，rQ从R减至0再增至R
    int i;
    //极坐标系，这里垂直向下方向为0度，逆时针旋转360度
    for (i=0; i<=360; i++)
    { //360度循环，前180度生成心形线右侧各点坐标，后180度生成左侧各点坐标
        dQ = PI*i/180; //角度转换为弧度
        rQ = R*cos(dQ/2); //极坐标长度使用余弦递减
        if (rQ<0)
            rQ = -rQ; //取长度为正值
        xy[i].x = rQ*sin(dQ) + 0.5; //极坐标转换为X坐标值
        xy[i].y = rQ*cos(dQ) + 0.5; //极坐标转换为Y坐标值
    }
    for (i=0; i<360; i++) //绘制360个线段，相邻2点连成线段
        SNDline(X0+xy[i].x, Y0+xy[i].y, X0+xy[i+1].x, Y0+xy[i+1].y);
}
```

设计建议（从心形线修改为太极线）：

- (1) 修改drawHeartLine()函数，改名为drawTJLine()函数，主函数对drawHeartLine()的调用同样改名。
- (2) drawTJLine()函数中，在心形线坐标值计算完成的基础上（调用绘制线段之前），调整前180度的坐标值，使前180度各点位置向上翻转（即y变为-y）。
- (3) 修改主函数，原填充心形区域红色，改为填充太极线上方为红色（RED），下方为蓝色（BLUE）。原心形图案的填充代码如下。
drawHeartLine();
SNDfill(X0, Y0+R/2, WHITE, RED); //心形线以内原白色填充为红色
- (4) 程序中所有标识“tj03org”，全部改为“tj03”。即图像显示“tj03”，并生成文件“tj03.txt”、“tj03.png”。

【第4问，程序集成，tj04.c，绘制阴阳鱼眼及八卦名称】

程序功能：在第3问基础上，增加以下功能，使运行结果如图7所示，修改后程序保存为C:\KS\tj04.c。

- (1) 绘制阴阳鱼眼，鱼眼是2个小圆，其半径为外圆的1/8，其中左边的阳眼在太极中心点左侧1/3处，填充为红色，右边阴眼在太极中心点右侧1/3处，填充为蓝色。即阳眼中心点处于坐标(412, 384)，阴眼中心点处于(612, 384)，半径均为38。
- (2) 在太极图外的8个方位上，显示八卦名称，名称与中心点垂直距离348，注意文字角度与文字内容与图示一致。
- (3) 去除坐标轴显示，程序中原标识“tj03”，全部改为“tj04”。即图像显示“tj04”，并生成文件“tj04.txt”、“tj04.png”。

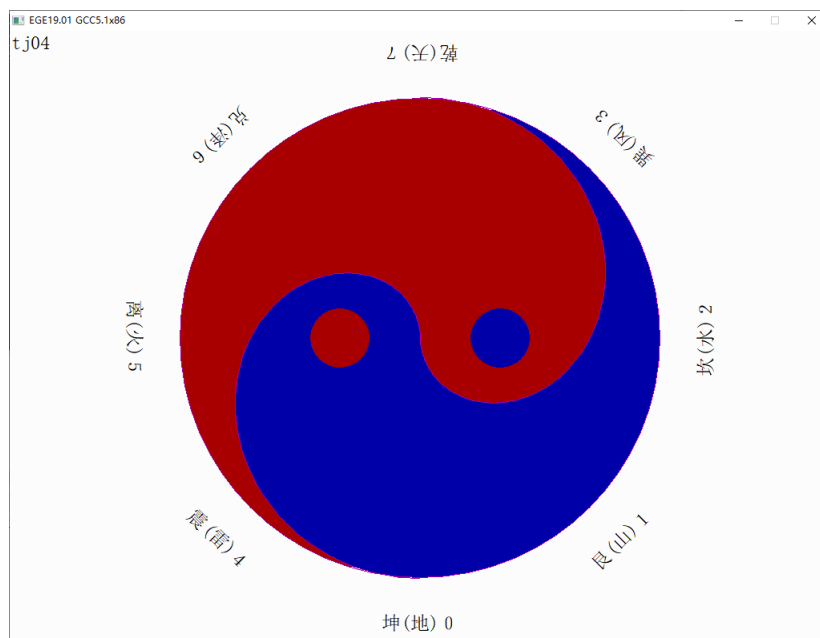


图7. 程序 tj04.c 的运行结果

设计建议：

- (1) 绘制鱼眼使用SNDcircle()函数，填充使用SNDfill()函数，调用方法见第3问相关代码及注释。注意先填充阴阳鱼眼，再填充阴阳鱼。
- (2) 设置文字角度使用SNDsetfont(h, font, d)函数，其中参数h为字号，一般取24，参

- 数font为字体，取“宋体”，参数d为角度（以0.1度为单位）。注意这里角度d以水平X轴正向为0度，如“坤(地) 0”以0度显示，“坎(水) 2”以90度显示。
- (3) 输出文本使用SNDouttextxy(x0, y0, text)函数，在坐标(x0, y0)处按设定的角度输出文本text。注意输出“巽(风) 3”时，坐标(x0, y0)指的是“巽”字左上角“巳”字角的坐标。
 - (4) 建议设计ringText()函数，声明如下。

```
void ringText(int r, int deg1, int deg2, char *text); //以X轴右向为0度
        环绕中心圆，在极坐标(r, deg1)处输出文本text，文本角度deg2。如
        ringText(348, -45, 45, "艮(山) 1")表示在极坐标(348, -45)处以45度输出文本。
```
 - (5) 调用ringText()函数时，为保持居中效果，deg1适当减少一定角度（如8度），如调用ringText(348, -53, 45, "艮(山) 1")效果更好些。
 - (6) 八卦名称可以使用以下字符串数组。

```
char *texts[] = {"坤(地) 0", "艮(山) 1", "坎(水) 2", "巽(风) 3",
                "乾(天) 7", "兑(泽) 6", "离(火) 5", "震(雷) 4"};
```

【第5问，功能提升，tj05.c，绘制太极图八卦符号】

程序功能：在第4问基础上，增加以下功能，使运行结果如图8所示，修改后程序保存为C:\KS\tj05.c。

- (1) 在太极图外的8个方位上，绘制八卦符号，八卦符号的位置、角度及效果如图8。
- (2) 八卦符号分别是：坤☷、艮☶、坎☵、巽☴、震☳、离☲、兑☱、乾☰，八卦符号从下到上有3根“爻”，长实线称为阳爻，短虚线称为阴爻。
- (3) 八卦符号通过画线方式实现，线宽为8。阳爻符号是线长为40的长红线，阴爻符号是2根线长为14的短蓝线（短线之间的间隔为12）。上下阴阳爻的间距为12。阴阳爻的绘制也可以采用其他参数，如角度跨越8度等。
- (4) 程序中原标识“tj04”，全部改为“tj05”。即图像显示“tj05”，并生成文件“tj05.txt”、“tj05.png”。

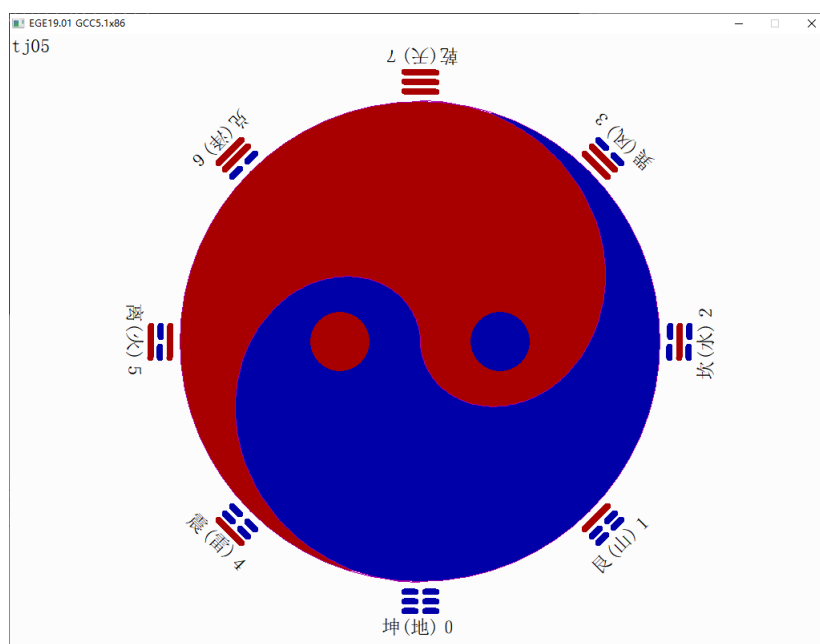


图8. 程序 tj05.c 的运行结果

设计建议:

- (1) 设置线宽使用 `SNDsetlinewidth()` 函数, 如 `SNDsetlinewidth(8)`。绘制阴阳爻就是画线, 画线使用 `SNDline()` 函数, 调用方法参考第 3 问或第 4 问。
- (2) 建议设计绘制单根阴阳爻的函数, 声明如下。
`void drawYY1(int x0, int y0, int degree, int yy);` //以 X 轴右向为 0 度
阴阳爻以坐标(x0,y0)为中心点, degree 为阴阳爻的显示角度, yy 为阴阳值 (不为 0 时表示阳爻, 为 0 时表示阴爻)。
- (3) 再设计一个绘制八卦符号的函数, 声明如下。
`void ringYY3(int r, int deg1, int deg2, int yy);` //以 X 轴右向为 0 度
极坐标(r,deg1)为第 1 爻的中心点, 第 2 第 3 爻的中心点分别是(r+12,deg1)和(r+24,deg1)。deg2 为卦爻的显示角度, yy 为八卦符号的编码, 从 0 到 7, 表达式 yy&1、yy&2、yy&4 得到三爻的阴阳值。ringYY3()通过调用 3 次 drawYY1()函数, 实现八卦符号绘制。
- (4) 注意八卦符号所在位置的方位角度、与符号本身的显示角度, 不是同一个角度。

【第 6 问, 综合应用, tj06.c, 八卦符号与太极图映射关系】

程序功能: 在第 5 问基础上, 增加以下功能, 使运行结果如图 9 所示, 修改后程序保存为 C:\KS\tj06.c。

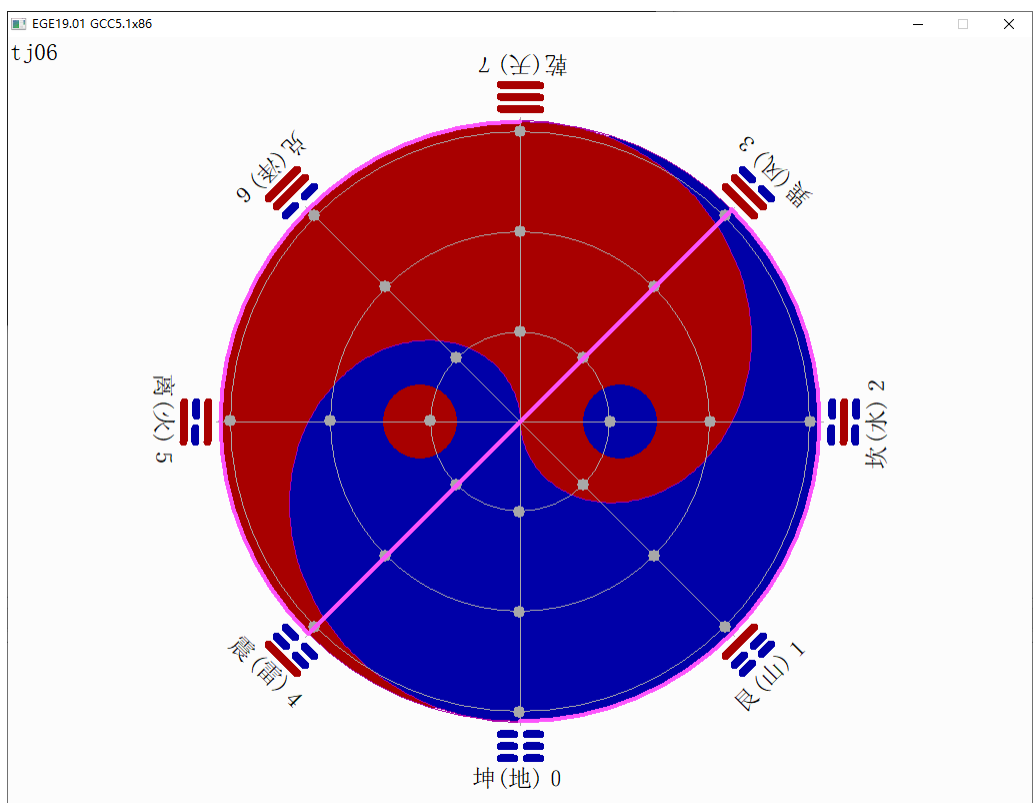


图 9. 程序 tj06.c 的运行结果

- (1) 在太极图上绘制4根直径线, 直径线长度608, 穿过圆心, 颜色取LIGHTGRAY。设置颜色使用`SNDsetcolor()`函数。
- (2) 在太极图上绘制3个同心圆, 半径依次为90、190、290。

- (3) 在直径线与同心圆的24个交叉位置绘制小圆，小圆半径为6，实心填充。绘制小圆需要调用SNDfillellipse()函数，其函数声明如下。
- ```
void SNDfillellipse(int x, int y, int xr, int yr); //椭圆填充LIGHTGRAY色
```
- 椭圆的圆心为(x, y)坐标，xr为椭圆的x轴半径，yr为椭圆的y轴半径。本问绘制小圆时，xr与yr均取6。
- (4) 沿外圆绘制紫色的“S”形曲线，以八卦乾为起点，画弧线经兑卦、离卦至震卦，穿过圆心到巽卦，再经过坎卦、艮卦到坤卦。颜色亮紫色 LIGHTBLUE|RED，线宽取4。绘制弧线需要调用 SNDarc() 函数，函数声明如下。
- ```
void SNDarc(int x, int y, int deg1, int deg2, int r); //绘制弧线
```
- 弧线圆心(x, y)、半径 r，从角度 deg1 画弧线至角度 deg2。注意这里的角度以 X 轴右方向为 0 度，如乾在 90 度位置，震在 225 度位置。
- (5) 程序中原标识“tj05”，全部改为“tj06”。即图像显示“tj06”，并生成文件“tj06.txt”、“tj06.png”。

设计建议：

- (1) 设计 ringJunc() 函数，函数声明如下，在极坐标(r, deg)处绘制连接点，连接点是半径为 6 的实心小椭圆。
- ```
void ringJunc(int r, int deg); //在极坐标(r, deg)处绘制连接点
```

#### 八卦符号特征说明：

- (1) 八卦的每个卦有 3 个阴阳爻，共 24 个爻，与图 9 的 24 个交叉点一一对应。以右下方方向的艮为例，从圆心向右下方向，经过 3 个交叉点，3 个交叉点分别落在红、蓝、蓝区域，对应阳、阴、阴，则艮卦符号为☶（从上到下为阳-阴-阴）。检查先天八卦图的每一方位卦象均有相同的特征。
- (2) 本专题中，设八卦符号的阴爻对应二进制 0，阳爻对应二进制 1，上爻对应二进制低位，下爻对应二进制的高位。则每个八卦符号对应 3 位二进制，编码为 0 至 7。如艮卦☶对应二进制 001（上爻阳对应低位的 1），兑卦☱对应二进制 110（编码为 6）。
- (3) S 形曲线经过的八卦，八卦符号的编码，依序为“7654-3210”。