

已知 $\theta_1, \theta_2, A'A$, 求得 $S=R, D, H$

`P1` 55 `RUN` 60 `RUN` 44 `RUN` 40 `RUN` 20 `RUN` 34

本文所用数据都取了整数。

经过试验, 求地层断距和求总滑距, 用电算器与用其他方法比较, 显然精度很高, 速度也相当快, 尤其是当计算器上有现成的有关程序并重复计算同类型的课题, 效果更为突出。

应当指出, 本文探讨的内容还不完善, 限于求直移运动造成的断距, 对于求旋转运动造成的断距, 因涉及到旋转轴的产状和所处部位, 旋转角度, 甚至弧形断层面的曲率和半径, 尚须增列公式, 加编程序, 在此从略。

参 考 文 献

- [1] 毕令斯, M. P.: 构造地质学 (张炳熹等译), 北京, 中国工业出版社, 1965年, 第155~160, 500~504, 523~527 页
- [2] Dennis, J. C.: International tectonic dictionary, Am. Assoc. Petrol., Tulsa, 1967, P. 132~133, 138, 155
- [3] 徐开礼等: 构造地质学, 北京, 地质出版社, 1984年, 第125~126 页
- [4] 库什纳列夫, И. П.: 确定断裂的方向和断距, 矿田和矿床构造 (秦国兴等译), 北京, 中国工业出版社, 1966年, 第139~164 页
- [5] Кушнарев, И. П.: Методы изучения разрывных нарушений, «Недра», Москва, 1977, С. 25~26, 160~198
- [6] 何绍勋: 构造地质学中的赤平极射投影, 北京, 地质出版社, 1979年, 第147~152 页
- [7] 张伯南等: 成都地质学院学报, 1982, 第1 期, 第48~49 页

用共轭剪节理计算及绘制主应力

图解的 BASIC 语言程序

高德臻

(武汉地质学院北京研究生部)

一个区域某一构造运动时期的应力分布状态, 一般是用测量到的同一应力场作用所形成的共轭剪节理的产状求解出三个主应力轴的空间方位来表示, 这是反演古构造应力场时经常应用的方法。目前利用极射赤平投影的方法来分析古构造应力场仍是一种行之有效的手段。本程序即按极射赤平投影原理, 根据共轭剪节理的产状用 PC-1500 随机 BASIC 语言来求解三个主应力轴的产状及绘制主应力图解的。

计算原理

1. 共轭剪切破裂面与主应力的几何关系及其在吴氏网上的极射赤平投影特征 (图 1):

1) 共轭剪切破裂面的交线方向, 就是中间主应力轴 σ_2 的作用方向。同理, 如果两平面 (如褶皱的两翼) 相交的交线即为两平面的交面线理 (如褶皱的枢纽)。

2) 设共轭剪切破裂面的锐角夹角平分线的方向为最大主应力轴 σ_1 的作用方向。

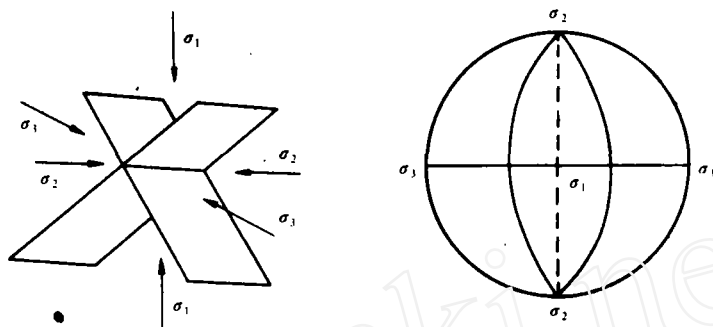


图1 共轭剪切破裂面与主应力轴关系 (左) 及极射赤平投影特征 (右)

3) 设共轭剪切破裂面钝角夹角平分线的方向为最小主应力轴 σ_3 的作用方向。

2. 极射赤平投影的几何关系与解析式:

1) 大圆弧的作图圆心与作图半径的平面关系见图2。

$$(x - r \tan \theta)^2 + (y - 0)^2 = \left(\frac{r}{\cos \theta} \right)^2 \quad (2)$$

2) 小圆弧的作图圆心与作图半径的平面几何关系见图3。

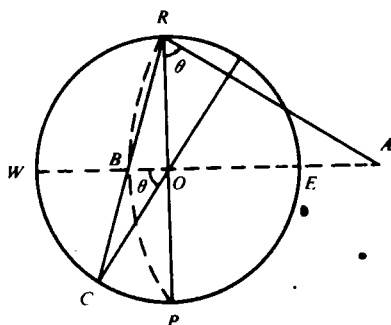


图2 大圆弧 $\widehat{RBP}$ 与作图圆心及作图半径的几何关系 (据何绍勋)

在图2中, OR 为基准圆的半径 r ; θ 为大圆弧 $\widehat{RBP}$ 的倾角, $\angle ORA = \angle WOC = \theta$; A 为大圆弧 $\widehat{RBP}$ 的作图圆心, A 的坐标为 $(r \tan \theta, 0)$; RA 为大圆弧 $\widehat{RBP}$ 的作图半径, RA 线段长为 $\frac{r}{\cos \theta}$; W 为大圆弧的倾向方位角。

大圆弧的解析几何方程为:

$$\begin{aligned} (x - r \sin w \tan \theta)^2 + (y - r \cos w \tan \theta)^2 \\ = \left(\frac{r}{\cos \theta} \right)^2 \end{aligned} \quad (1)$$

当大圆弧的倾向方位角为正东 (90°) 时, 由 (1) 式得:

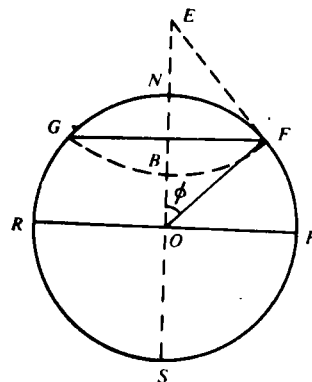


图3 小圆弧 $\widehat{GBF}$ 与作图圆心及作图半径的几何关系 (据何绍勋)

在图3中, OR 为基准圆的半径 r ; ϕ 相当于直立平面 GF 的纬度余角, $\angle NOF = \phi$; E 为小圆弧 $\widehat{GBF}$ 的作图圆心, E 的坐标为 $(0, \frac{r}{\cos \phi})$; EF 为小圆弧 $\widehat{GBF}$ 的作图半径, EF 线段长为 $r \tan \phi$ 。

小圆弧的平面解析几何方程为:

$$(x - 0)^2 + (y - \frac{r}{\cos \phi})^2 = (r \tan \phi)^2 \quad (3)$$

计算步骤

1. 根据两共轭剪节理 (或两相交面理) 的产

状, 依 (1) 式确定两个大圆弧的方程 a 和 b 。

2. 将方程 a 与 b 联立求解并利用 (2) 式即可解出中间主应力轴 B_2 (或交面线理 L) 的产状。

3. 根据 B_2 的产状确定与 B_2 成 90° 角距的大圆弧的方程 c 。

4. 将方程 c 分别与方程 a 及 b 联立求解, 得出大圆弧 c 与大圆弧 a 及 b 的交点 K_1 和 K_2 在吴氏网上的坐标值。

5. 将 K_1 和 K_2 的坐标值进行旋转变换, 即相当于将大圆弧 C 旋转至使其倾向方位为 90° 时其上的 K_1 , K_2 的坐标值。依 (3) 式即可解出旋转后 K_1 , K_2 所处的吴氏网小圆的纬度余角值 ϕ_1 , ϕ_2 。

6. 根据 ϕ_1 与 ϕ_2 的差值 J 即可确定最大主应力轴 B'_1 与最小主应力轴 B'_3 所处的吴氏网小圆的纬度余角值 ϕ_3 , ϕ_4 。

7. 将大圆弧 C 的倾角及 ϕ_3 , ϕ_4 分别代入 (2) 式和 (3) 式, 并依次将 (2) 式和 (3) 式联立求解, 即可得出 B'_1 与 B'_3 在吴氏网上的坐标值。

8. 将 B'_1 , B'_3 的坐标值进行旋转变换, 即相当于将大圆弧 C 恢复到原来位置, 就可得出最大主应力轴 B_1 及最小主应力轴 B_3 在吴氏网上的真正坐标值。

9. 将 B_1 , B_3 的坐标值代入 (2) 式即可解出 B_1 , B_3 的产状。

程序说明

1. 本程序有三种解题及打印类型 (即 TYPE = 1, 2, 3): 当 TYPE = 1 时, 可求解 σ_1 , σ_2 , σ_3 的产状并打印出应力图解; 当 TYPE = 2 时, 只求解 σ_1 , σ_2 , σ_3 的产状; 当 TYPE = 3 时, 只求解交面线理 L 的产状。

2. 输入数值的代号:

步骤	输入	显示
1	RUN	TYPE = 1, 2, 3
2	1	R =
3	90	$W_1 =$
4	110	$Q_1 =$
5	70	$W_2 =$

R — 主应力图解的基准圆半径, R 由使用者根据需要进行选择, 但由于 PC-1500 机打印纸的宽度以及打印笔的打印精度所限, R 值最好选在 $50 < R < 100$, 即 10 毫米 $< R < 20$ 毫米之间为宜;

W_1 — 第一个面理的倾向方位角 ($0 \sim 360^\circ$);

Q_1 — 第一个面理的倾角 ($0 \sim 90^\circ$);

W_2 — 第二个面理的倾向方位角 ($0 \sim 360^\circ$);

Q_2 — 第二个面理的倾角 ($0 \sim 90^\circ$)。

3. 解题及打印类型的变换

变换的方法有两种: (1) 当程序开始运行时, 窗口显示 “TYPE = 1, 2, 3”, 此时使用者可根据需要进行选择, 并将选好的类型数字键入计算机。(2) 当窗口显示 “R =” 或 “ $W_1 =$ ” 时, 键入 N 则窗口即显示 “TYPE = 1, 2, 3” 以供选择。这就给使用者提供了很大方便, 例如当使用类型 1 (TYPE = 1), 解完 σ_1 , σ_2 , σ_3 的产状并打印出应力图解之后, 使用者想使用类型 2 (TYPE = 2), 则只要在显示 “R =” 时键入 N , 在显示 “TYPE = 1, 2, 3” 时键入 2 即可, 不必重新启动机器。当显示 “TYPE = 1, 2, 3” 时, 若使用者不再计算, 则只要键入 N , 程序就自动结束出现提示符 “>”。

4. 同一种类型的连续运算

本程序为多组数据的连续处理提供了方便:

(1) 当 TYPE = 1 且上一组数据已处理完毕时, 窗口即显示 “R =”。这时只要键入处理下一组数据的基准圆的半径值即可仍在 TYPE = 1 类型下继续运算。(2) 当 TYPE = 2 (或 3) 且上一组数据已处理完毕时, 打印纸将自动提升两行并在窗口显示 “ $W_1 =$ ”。这时只要键入下一组的 W_1 数值即可仍在 TYPE = 2 (或 3) 类型下继续运算。

5. 操作步骤 (以 TYPE = 1 为例):

注	释
启动运行程序	
选择类型 1	
确定应力图解的基准圆半径为 90	
第一个面理倾向方位角为 110°	
第一个面理倾角为 70°	

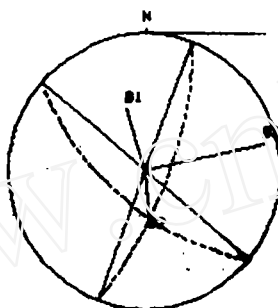
6 220 $Q_2 =$
7 60 $Q_2 = 60$

第二个面理倾向方位角为 220°
第二个面理倾向角为 60° , 等待打印结果

6. 三种类型的打印结果

TYPE=1

TYPE=2



110< 70
220< 60
B1= 341< 39
B2= 174< 50
B3= 76< 6

TYPE=3

110< 70
220< 60
B1= 341< 39
B2= 174< 50
B3= 76< 6

110< 70
220< 60
L= 174< 50

前两类型产状为使用者所给的两共轭剪节理
(或相交面理)的产状, B_1, B_2, B_3 分别代表 σ_1 ,

σ_2, σ_3 。

程 序

```
1: INPUT "TYPE=1,
2, 3"; U
2: IF U=NTHEN
GOTO 399
3: IF U=2THEN LET
R=90: GOTO 100
4: IF U=3THEN LET
R=90: GOTO 100
5: INPUT "R="; R
7: IF R=NTHEN
GOTO 1
10: GRAPH
GLCURSOR (110,
-125): SORGN
20: D=12: Y=90: R=R:
C=0
30: FOR L=1 TO 31
40: X1=R*SIN C: Y1=
R*COS C
45: LINE (X, Y)-(X1
, Y1): X=X1: Y=Y1
: C=C+D
50: NEXT L
55: CSIZE 1
60: GLCURSOR (0, 0)
: LPRINT "+"
62: GLCURSOR (0, R)
```

```
: LINE (0, R)-(0
, (R+3))
65: GLCURSOR (-2, (
R+8)): LPRINT "
N"
100: INPUT "W1="; P1
102: IF P1=NTHEN
GOTO 1
105: INPUT "Q1="; Z1
110: IF U=2THEN 138
120: IF U=3THEN 138
135: LET W=P1: Q=Z1:
GOSUB 550
137: LET P1=A: Z1=Q
138: INPUT "W2="; P2
: INPUT "Q2="; Z
2
140: IF U=2THEN 143
141: IF U=3THEN 143
142: LET W=P2: Q=Z2:
GOSUB 550
143: LET W1=P1: Q1=Z
1: W2=P2: Q2=Z2
144: GOSUB 400
145: GOSUB 500
147: LET P4=W: Z4=Q
148: IF U=3THEN 384
```

```
149: IF U=2THEN 170
150: GLCURSOR (X, Y)
: LINE (X, Y)-(0
, 0), 0
160: GLCURSOR (X, Y-
5): LPRINT "B2"
170: IF W<180 LET P
3=W+180: Z3=90-
Q: GOTO 190
175: IF W>180 LET P3
=W-180: Z3=90-Q
190: LET W1=P3: LET
Q1=Z3: W2=P2: Q2
=Z2: GOSUB 400
197: GOSUB 710
198: LET K1=D
200: LET W1=P1: Q1=Z
1: W2=P3: Q2=Z3:
GOSUB 400
210: GOSUB 710
215: K2=D
270: IF K1>K2THEN
LET J=K1-K2: K3
=K2+J/2
280: IF K2>K1THEN
LET J=K2-K1: K3
=K1+J/2
```

```
320: LET K4=K3+90
322: IF K4>180THEN
LET K4=K4-180
325: LET Q=Z3: LET Z
=K3: GOSUB 600
345: LET T=X*COS U-
Y*SIN U
346: I=X*SIN U+Y*
COS U
348: IF U=2THEN 355
351: GLCURSOR (T, 1)
: LINE (T, 1)-(0
, 0), 0: GLCURSOR
(T, 1+5)
352: IF J<90THEN
LPRINT "B1"
353: IF J>90THEN
LPRINT "B3"
355: LET X=T: Y=I:
GOSUB 500
360: LET P5=W: Z5=Q
362: LET Q=Z3: LET Z
=K4: GOSUB 600
365: U=U: T2=X*COS U
-Y*SIN U
366: I2=X*SIN U+Y*
COS U
```

```

368: IF U=2 THEN 375      1*TAN Q1:B1=R*
371: GLCURSOR (T2, I      COS W1*TAN Q1
2): LINE (T2, I2        410: LET C1=R/COS Q
) -(0,0),0              1
372: GLCURSOR (T2, I      415: LET A2=R*SIN W
2+5)                    2*TAN Q2:B2=R*
373: IF J<90 THEN        COS W2*TAN Q2
LPRINT "B3"            420: LET C2=R/COS Q
374: IF J>90 THEN        2
LPRINT "B1"            425: LET M=(C1^2-C2
375: X=T2:Y=I2:          ^2+A2^2-A1^2+B
GOSUB 500              2^2-B1^2)/(2*(
A2-A1))
380: LET P6=W:Z6=Q      430: N=(B2-B1)/(A2-
381: IF U=2 THEN 384      A1)
382: GLCURSOR (0, -      435: LET K=M-A1
R+35))                 440: LET E=N^2+1:F=
384: TEXT :LPRINT P      2*K*N+2*B1:G=K
1;"<";Z1              ^2+B1^2-C1^2
386: LPRINT P2;"<":      445: Y1=(-F+J*(F^2-4
Z2                      *E*G))/(2*E)
387: IF U=3 THEN         450: X1=M-N*Y1
LPRINT "L=";P4         455: Y2=(-F-J*(F^2-4
);"<";Z4:LF 2:         *E*G))/(2*E)
LET U=3:GOTO 1          460: X2=M-N*Y2
388: IF J<90 THEN        470: IF (J*(X1^2+Y1^
LPRINT "B1=";P         2))<R THEN LET
5;"<";Z5              X=X1:Y=Y1:GOTO
390: IF J>90 THEN        495
LPRINT "B1=";P         480: X=X2:Y=Y2
6;"<";Z6              495: RETURN
392: LPRINT "B2=";P      500: IF Y=0 AND X>0
4;"<";Z4              THEN W=0:S=W+1
394: IF J<90 THEN        :GOTO 525
LPRINT "B3=";P         501: IF Y=0 AND X<0
6;"<";Z6              THEN LET W=180
396: IF J>90 THEN        :S=W+1:GOTO 52
5;"<";Z5              5
397: IF U=2 THEN LF      503: W=ATN (X/Y):W=
2:LET U=2:GOTO 100     ABS W:S=W
398: IF U=1 THEN LET     505: IF Y>0 AND X>0
U=1:GOTO 5             LET W=W
399: END                510: IF Y>0 AND X<0
400: LET R=R            LET W=360-W
401: IF Q1=90 THEN       515: IF X>0 AND Y<0
LET Q1=Q1-1            LET W=180-W
402: IF Q2=90 THEN       520: IF X<0 AND Y<0
LET Q2=Q2-1            LET W=180+W
405: LET A1=R*SIN W      525: LET R=R:A=X/
                        COS (90-S):A=
                        ABS A
530: LET Q=90-2*ATN     *E*G))/(2*E)
(A/R):LET Q=          625: Y1=M-N*X1
ABS Q                  630: X2=(-F-J*(F^2-4
535: LET W=INT W:      *E*G))/(2*E)
LET Q=INT Q            635: Y2=M-N*X2
540: RETURN            640: IF X1<=RAND X1
550: LET A=W:LET W=     >=-R THEN 655
W-90:T=450-W          645: IF X2<=RAND X2
555: IF Q=90 LET Q=Q   >=-R THEN 650
-2                     650: IF Y2<=RAND Y2
560: X=R*COS (W+90)    >=-RGOTO 660
:Y=R*SIN (W+90        655: IF Y1<=RAND Y1
)                       >=-RGOTO 665
565: M=R*TAN Q*COS     660: LET X=X2:Y=Y2:
W:N=R*TAN Q*          GOTO 670
SIN W                 665: LET X=X1:Y=Y1
570: X=R*COS (W-90)    670: RETURN
:Y=R*SIN (W+90        710: IF W>=0 AND W<9
)                       0 THEN LET U=-
572: GLCURSOR (-X, Y   90+S):GOTO 735
):LINE (-X, Y)-        713: IF W>90 AND W<1
(X, -Y),0              80 THEN LET U=(
575: GLCURSOR (-X, Y   90+S):GOTO 735
)                       715: IF W>270 AND W<
580: X1=M+R/COS Q*     360 THEN LET U=
COS (W+90+Q):Y         -(90-S):GOTO 7
1=N+R/COS Q*          35
SIN (W+90+Q)          720: IF W>=180 AND W
585: IF W>(A+90-2*Q    <270 THEN LET U
) THEN GOTO 597        =(90-S):GOTO 7
590: LINE (-X, Y)-(-   35
X1, Y1),2             725: IF W=90 THEN
595: X=X1:Y=Y1:W=W+    LET X=-X:Y=Y:
6-(6/89*Q):           GOTO 746
GOTO 580              730: IF W=270 THEN
597: RETURN            LET X=X:Y=Y:
600: IF Q=90 THEN      GOTO 746
LET Q=Q-1             735: O=X*COS U+Y*
601: IF Z=90 THEN      SIN U
LET Z=Z-2             740: H=Y*COS U-SIN
603: A1=R*TAN Q:C1=    U*X
R/COS Q               745: D=ACS ((2*R*H)
605: B2=R/COS Z:C2=    /(O^2+H^2+R^2)
R*TAN Z               ):GOTO 750
610: M=(C1^2-C2^2-A    746: D=ACS ((2*R*Y)
1^2+B2^2)/(2*B        )/(X^2+Y^2+R^2)
2):N=A1/B2            750: RETURN
615: E=N^2+1:F=-2*M   620: X1=(-F+J*(F^2-4
+N+2*A1:G=A1^2
+M^2-C1^2

```

作者撰写此文的本意是与致力于在构造地质学研究应用中对软件程序开发的同行们进行探讨,为地质数据处理的自动化作些工作。

本文经李东旭副教授审阅并提出修改意见,在此表示感谢。

参 考 文 献

[1] 何绍勋:《构造地质学中的赤平极射投影》,北京,地质出版社,1979年

[2] 武汉地质学院等:《构造地质学》,北京,地质出版社,1979年

[3] 汤经武等:《成都地质学院学报》,1983年,第3期,第99~106页

[4] 谭浩强等:《BASIC语言》,北京,科学普及出版社,1983年

[5] Ramsay, J. G.: Folding and Fracturing of Rocks, New York, McGraw-Hill, 1967