

CASIO fx-5800P 矩阵编程计算器

《工程测量与公路测设程序加油站操作手册》

作者：覃辉(qh-506@163.com)

感谢您购买 **CASIO fx-5800P** 矩阵编程计算器！愿它给您的工程测量与公路测设工作带来更大的方便。

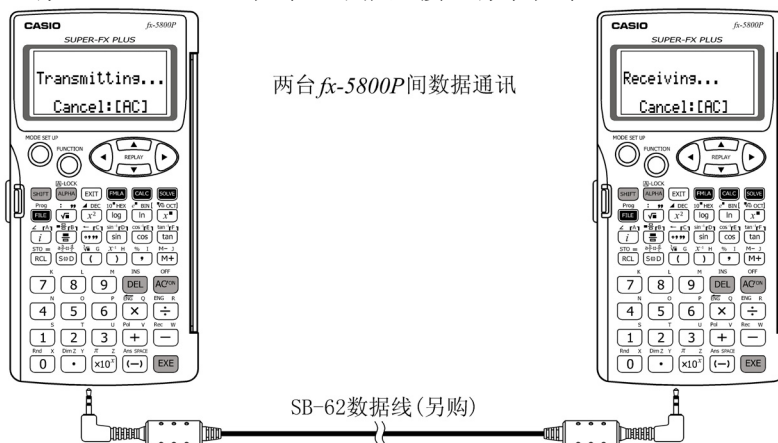
本加油站的程序只能在 **fx-5800P** 中运行，不能在 **fx-4500PA**、**fx-4800P** 及 **fx-4850P** 中运行！

本次 **fx-5800P** 程序加油站向 **fx-5800P** 用户提供 20 个常用工程测量与公路测量程序、程序名、子程序名及其功能列于表 1。

表 1 《工程测量与公路测设程序加油站》程序列表

主程序名	需要调用的子程序名	功能说明
PR1		计算一个起点至任意个端点的边长与方位角
PR2		极坐标法放样元素计算
PR3		经纬仪视距法测图计算记录
PR4		单一闭附合图根水准路线近似平差计算
PR5		单一闭附合图根导线近似平差计算
PR6		图根支导线坐标计算
PR7		测角前方交会坐标计算
PR8	ANGLE	测角后方交会坐标计算
PR9	DIST-BEAR	测边后方交会点坐标计算
PR10	COEFFICIENT,ZS,FS	54 北京系与 80 西安系高斯投影正算
PR11	COEFFICIENT,ZS,FS,DM-S	54 北京系与 80 西安系高斯投影反算
PR12	COEFFICIENT,ZS,FS	54 北京系与 80 西安系高斯投影换带计算
PR13	X[K]-GC	单交点单圆曲线偏角法中桩放样要素计算
PR14	X[K]-XY	单交点单圆曲线切线支距法中桩放样要素计算
PR15	X[K]-GCXY	单交点单圆曲线中桩坐标计算
PR16	Z[10]-XY, X[K]-HGC	单交点对称基本形曲线偏角法中桩放样要素计算
PR17	Z[10]-XY, X[K]-HXY	单交点对称基本形曲线切线支距法中桩放样要素计算
PR18	Z[10]-XY, X[K]-HOXY	单交点对称基本形曲线中桩坐标计算
PR19	X[K]-GQXY	双圆复曲线中桩测量坐标计算
PR20	X[K]-XH	竖曲线的计算

表 1 中共有 **20 个主程序**，**15 个子程序**，**占用内存 21520 字节**，占计算器总内存容量 **28500 字节**的 **75.5%**。主程序名都是以字符“**PR**”开头加数字 **1~20** 命名的，其余字符开头的程序均为子程序，用户只能运行 **PR1~PR20** 主程序，不能直接运行子程序。

图 1 两台 **fx-5800P** 间数据通讯

卡西欧(上海)贸易有限公司向中国各地的卡西欧代理商提供一台内含 20 个程序的母机，如果

您的计算器是在卡西欧代理商处购买的，请您及时向代理商申请将母机内的 20 个程序通过数据通讯的方式传输到您购买机器的内存中。操作方法为：

- ① 使用 SB-62 数据线(需要另外购买)连接两台 fx-5800P 的 3Pin 数据通讯口，见图 1 所示；
- ② 在您购买的 fx-5800P 上按 **AC** 键打开机器电源，按 **MODE** **1** (**LINK**) **2** (**Receive**) 键使您的机器处于接收数据状态，屏幕显示 “Receiving...”，表示机器正等待接收母机发送来的数据；
- ③ 在代理商的母机上按 **AC** 键打开机器电源，按 **MODE** **1** (**LINK**) **1** (**Transmit**) **1** (**All**) **EXE** (**Yes**) 键启动代理商的母机发送数据，屏幕显示 “Transmitting...”，表示正在发送数据。

传输完全部 20 主程序及 15 个子程序大约需要时间 56 秒，程序传输完毕后，两台机器的屏幕都显示 “Complete”，表示程序传输完成，屏幕显示过程见图 2 所示。

1:LINK 2:MEMORY 3:SYSTEM	Communication 1:Transmit 2:Receive	Receiving... Cancel:[AC]	Complete! Press:[EXIT]
Select Type 1:All 2:Select	Transmit OK? Yes:[EXE] No:[EXIT]	Transmitting... Cancel:[AC]	Complete! Press:[EXIT]

图 2 发送母机的全部数据到用户机器的操作过程

机器正在传输程序时，请不要进行其它操作，也不要拔出数据线，以免数据丢失。程序传输完成后即可拔出数据线，按本操作手册使用程序。

请您将程序使用中的问题与建议及时发送到 qh-506@163.com，以便改进我们的工作，更好地为您服务，卡西欧(上海)贸易有限公司感谢您的大力支持！

1、程序 PR1，计算一个起点至任意个端点的边长与方位角

"X,Y→DIST And BEARING PR1"↵

显示程序标题

Deg:ClrStat:FreqOff:Fix 3↵

基本设置

"X0(m)="?A:"Y0(m)="?B↵

提示输入 0 点的坐标

0→K↵

变量计数清零

Lbl 0

K+1→K:Norm 1:"n=":K↵

计数变量计数

Fix 3:"Xn(m)=,(0 To END)"?→C↵

提示输入 n 点的 x 坐标，输入 0 结束程序计算

While C≠0↵

"Yn(m)="?→D↵

提示输入 n 点的 y 坐标

Pol(C-A,D-B):CIs↵

调用极坐标函数并清除屏幕显示

If J<0:Then J+360→F:Else J→F:IfEnd↵

"DISTO 0→n(m)=":I↵

显示水平距离

"BEAR 0→n(DMS)=":F→DMS↵

以六十进制度显示计算出的方位角

I→List X[K]:F→List Y[K]↵

存储边长与方位角到统计串列

Goto 0: WhileEnd↵

提示重复输入端点的坐标

"PR1→END"

程序说明：运行上述程序，先输入起点的 x，y 坐标，然后输入端点的 x，y 坐标，起点坐标只提示用户输入一次，端点坐标将反复提示用户输入，每输入完一个端点的坐标后，程序显示起点→端点的边长与方位角，端点 x 坐标输入 0 时，停止程序运行。

表 1-1 中列出了使用程序 PR1 计算 0 点分别至 1，2，3，4 点的边长与方位角，表中的红色数字为计算结果。

表 1-1 使用程序 PR1 计算边长与方位角案例

点号	x (m)	y (m)	起讫点号	D_{On} (m)	α_{On} (° ' ")
----	-------	-------	------	--------------	--------------------------

0	3885.634	3114.471			
1	4281.739	3592.881	O→1	621.108	50 22 35.6
2	3356.668	3419.507	O→2	610.616	150 1 46.09
3	3373.397	2385.189	O→3	891.201	234 54 58.89
4	3968.103	3005.750	O→4	136.460	307 10 54.11

完成计算后，起点至端点的边长与方位角分别存储在统计串列 **List X**、**List Y** 中，请按 MODE $\boxed{4}$ (**REG**) 键进入双变量统计与回归模式查看。在 **List Y** 中的方位角是以十进制度显示的，若要查看其六十进制的角度值，应将光标移动到 **List Y** 的某个单元，按 SHIFT $\boxed{\leftarrow}$ 键。

2、程序 PR2，极坐标法放样元素计算

"POLAR SETTING-OUT PR2" \downarrow

Deg:ClrStat:FreqOff:Fix 3 \downarrow

"XO(m)="?A:"YO(m)="?B \downarrow

"X0(m)="?C:"Y0(m)="?D \downarrow

Pol(C-A,D-B):CIs \downarrow

If J<0:Then J+360→E:Else J→E:IfEnd \downarrow

"DIST O→0(m)="?I \downarrow

"BEAR O→0(DMS)="?E:DMS \downarrow

1→K:I→List X[K]:E→List Y[K] \downarrow

Lbl 0 \downarrow

K+1→K:Norm 1:"n"=:K \downarrow

Fix 3:"Xn(m)=,(0 To END)="?→U \downarrow

While U≠0 \downarrow

"Yn(m)="?→V \downarrow

Pol(U-A,V-B):CIs \downarrow

If J<0:Then J+360→F:Else J→F:IfEnd \downarrow

F-E→H \downarrow

If H<0:Then H+360→H:IfEnd \downarrow

"DIST O→n(m)="?I \downarrow

"BEAR O→n(DMS)="?F:DMS \downarrow

"ANGLE 0-O-n(DMS)="?H:DMS \downarrow

I→List X[K]:F→List Y[K] \downarrow

H→List Freq[K] \downarrow

Goto 0: WhileEnd \downarrow

"PR2→END"

显示程序标题

基本设置

提示输入测站点的坐标

提示输入 0 方向点的坐标

调用极坐标函数并清除屏幕显示

判断并计算方位角

显示测站→0 方向的水平距离

以六十进制度显示测站→0 方向的方位角

存储 0 方向的边长与方位角到统计串列

计数变量计数

提示输入放样点的 x 坐标，输入 0 结束程序计算

提示输入放样点的 y 坐标

调用极坐标函数并清除屏幕显示

判断并计算方位角

计算 0 方向与 n 方向的水平夹角

判断并计算水平夹角

显示测站→n 方向的水平距离

以六十进制度显示测站→n 方向的方位角

以六十进制度显示 0 方向与 n 方向的水平角

存储 O→n 方向的边长与方位角到统计串列

存储 O→n 方向的放样水平角到统计串列

提示重复输入端点的坐标

程序说明：程序先计算测站至零方向的边长与方位角，再分别计算测站至任意端点的边长与方位角，并由此计算出零方向与任意端点方向的水平夹角。

运行上述程序，先输入测站点的 x, y 坐标，再输入零方向点的 x, y 坐标，然后分别输入放样点的坐标。测站点与零方向点坐标只提示输入一次，测站点→零方向点的边长与方位角也只显示一次；放样点坐标将反复提示用户输入，每输入完一个放样点坐标后，程序显示测站点→放样点的边长、方位角及与零方向的水平夹角，放样点的 x 坐标输入 0 时，停止程序运行。

表 2-1 中列出了使用程序 PR2 计算测站点 O 至 0 点的边长与方位角，测站点分别至 1, 2, 3, 4 点的边长、方位角与水平夹角，表中的红色数字为计算结果。

表 2-1 使用程序 PR2 计算极坐标法放样数据

点号	x (m)	y (m)	起讫点号	D_{On} (m)	α_{On} (° ' ")	β_{0-O-n} (° ' ")
测站 O	4854.200	2760.279				
0 点	4826.107	2844.794	O→0	89.062	108 23 12.98	

1	4842.616	2727.851	O→1	34.435	250 20 31.73	141 57 18.75
2	4819.552	2718.204	O→2	54.505	230 31 44.99	122 08 32.01
3	4838.845	2672.077	O→3	89.529	260 07 27.86	151 44 14.89
4	4861.909	2681.723	O→4	78.933	275 36 16.95	167 13 03.97

完成计算后，零方向的边长与方位角分别存储在统计串列单元 **List X[1]**，**List Y[1]**中，从统计串列的第 2 行开始，放样方向的边长、方位角、与零方向的水平角分别存储在 **List X**，**List Y**，**List Freq** 中，请按 MODE 4 (**REG**) 键进入双变量统计与回归模式查看。若要查看 **List Y** 与 **List Freq** 中的六十进制的角值，应将光标移动到其中的某个单元，按 SHIFT ← 键。

3、程序 PR3，经纬仪视距法测图计算记录

```

"STADIA MAPPING PR3"↓          显示程序标题
Deg:FreqOn:Fix 3↓              基本设置
"HO(m)="?H↓                    提示输入测站点高程
"IO(m)="?I↓                    提示输入测站仪器高
"X(Deg)="?X↓                   提示输入经纬仪竖盘指标差
If N=0:Then ClrStat:IfEnd↓      清除统计串列 List X,List Y,List Freq
Lbl 0:Norm 1↓
"UPPER(mm)="?→A:"LOWER(mm)="?→B↓ 提示输入碎部点观测上、下丝读数
Fix 3:"VER(Deg)="?→V↓          提示输入碎部点方向竖盘读数
"HOR(Deg)="?→L↓               提示输入碎部点方向水平盘读数
0.1Abs(B-A)cos(90-V+X)²→D↓    计算测站至碎部点的水平距离
H+Dtan(90-V+X)+I-(A+B)÷2000→G↓ 计算碎部点的高程
"DI(m)="?D↓                   显示水平距离
"HI(m)="?G↓                   显示水平距离
Norm 1↓                        设置正常显示格式
"STO List,YES(1),NO(Else )."?→Y↓ 是否将碎部点展点数据存储在串列
If Y=1:Then N+1→N:L→List X[N]↓
D→List Y[N]:G→List Freq[N]↓
>List NUMBER=":N↓              显示已存储到串列中的碎部点数据个数
Else "List NUMBER=":N↓        显示已存储到串列中的碎部点数据个数
IfEnd↓
"GO ON(1),Stop(Else)."?→Z↓    按 1 EXE 键继续，按其余键停止程序运行
If Z=1:Then Goto 0:IfEnd↓      判断是否继续运行程序
"PR3→END"

```

程序说明：程序设计将每个碎部点的水平盘读数、水平距离、高程分别存储在统计串列 **List X**，**List Y** 与 **List Freq** 中，串列单元记数变量为 **N**。程序运行前，如要清除串列单元的数据，应在执行程序前先在 **COMP** 模式下执行 **0→N** 语句，将计数变量 **N** 清零。

程序先提示用户输入测站已知数据，它们包括测站点高程、测站仪器高、竖盘指标差等，程序运行后只要不中断，只提示用户输入一次测站已知数据；中断程序后又重复运行程序时，如果测站已知数据相同，则可分别按 **EXE** 键使用上次输入值。

每观测一个碎部点都要求用户依次输入上丝读数、下丝读数、竖盘读数与水平盘读数四个观测数据，程序依此计算出测站至碎部点的水平距离与碎部点高程，水平盘读数不参与计算。

每完成一个碎部点数据的输入与计算后，屏幕提示 **STO List,YES(1),NO(Else).?**，表示是否将该碎部点的水平盘读数、水平距离与高程值存储在统计串列中，按 **1 EXE** 键为存储，按其余键后按 **EXE** 键为不存储。

随后，屏幕继续提示 **GO ON(1),Stop(Else).?**，表示是否继续进行碎部点观测记录与计算，按 **1 EXE** 键为继续，按其余键后按 **EXE** 键为停止程序运行。

停止程序运行后，可以按 MODE 4 键进入 **REG** 模式查看存储在统计串列中的碎部点展点数据，

其中 **List X** 存储的是碎部点方向的水平盘读数，**List Y** 存储的是测站至碎部点的水平距离，**List Freq** 存储的是碎部点的高程值。

表 3-1 中列出了 10 个碎部点的观测与计算数据，表中的红色数字为计算结果。

表 3-1 使用程序 PR3 记录计算经纬仪视距法测图数据

测站高程=5.553m，测站仪器高=1.42m，竖盘指标差=-0° 15′

序	上丝读数 (mm)	下丝读数 (mm)	竖盘读数 (° ')	水平盘读数 (° ')	水平距离 (m)	高程 (m)
1	500	1485	91 00	8 45	98.453	3.832
2	800	1698	90 22	358 45	89.790	4.758
3	1600	1844	89 29	0 16	24.399	5.365
4	1700	2055	89 29	359 36	35.499	5.261
5	1100	1753	90 19	358 56	65.294	4.901
6	1700	2510	89 58	166.05	80.999	4.562
7	1400	2312	89 21	178 01	91.196	5.754
8	1200	2041	89 29	178 12	84.098	5.744
9	1300	1740	89 30	178 37	43.999	5.645
10	1300	1342	91 02	187 13	4.198	5.558

4、程序 PR4，单一闭附合图根水准路线近似平差计算

```

"CLOSED Or CONNECTING MAPPING LEVEL PR4"↵ 显示程序标题
"LEVEL TYPE,PLATE(1)="?P↵ 输入水准路线类型数字，1 代表平坦，其余数代表山地
"START H(m)="?A↵ 输入起点已知高程
"END H(m)="?B↵ 输入终点已知高程，闭合水准路线时为起点已知高程
ClrStat:FreqOn↵ 基本设置
"HEIGHT NUM="?N↵ 输入测段高差数
N→DimZ↵ 定义额外数组变量用于存储平差后点的高程
0→X:0→Y↵ 累加高差,路线长变量清零
For 1→I To N↵
"n=":I↵ 显示测段号
"h(m)="?→List X[I]↵ 输入测段高差
"L(km) Or n="?→List Y[I]↵ 输入测段路线长或测站数
List X[I]+X→X:List Y[I]+Y→Y↵ 累加路线长与高差
Next↵
A+X-B→F↵ 计算高差闭合差
If P=1:Then 0.04√(Y)→W:Else 0.012√(Y)→W:IfEnd↵ 图根水准高差闭合差限差
"H CLOSE ERROR(MM)="?:1000F↵ 显示高差闭合差
Σ(L)km Or Σ(n)="?Y↵ 显示总路线长或总测站数
If Abs(F)>W:Then "CLOSE ERROR OVER.":IfEnd↵ 显示高差闭合差超限
-F÷Y→V↵ 计算每 km 或每站高差改正数
For 1→I To N↵
List X[I]+VList Y[I]→List Freq[I]↵ 计算改正后的测段高差
If I=1:Then A+List Freq[I]→Z[I]:Else Z[I-1]+List Freq[I]→Z[I]:IfEnd↵
"n=":I↵ 显示测段号
"h ADJUST(m)="?:List Freq[I]↵ 显示改正后的测段高差
"Hn ADJUST(m)="?:Z[I]↵ 显示改正后点的高程
Next↵
"CLOSE TEST(mm)="?:1000(Z[I]-B)↵ 显示高程检核结果
"PR4→END"

```

程序说明：程序先提示用户输入水准路线类型，按 **1** **EXE** 键为平坦路线，要求其后续输入以 km 为单位的水准测段路线长；按其余数字键与 **EXE** 键为山地水准路线，要求其后续输入水准测段测站数。

提示用户输入起点已知高程与终点已知高程, 当为闭合水准路线时, 输入的终点高程应等于起点高程。

提示用户输入水准测段数, 按从起点到终点方向的顺序分别输入测段高差与路线长(或测站数), 并分别显示以 mm 为单位的高差闭合差、以 km 为单位的总路线长(或总测站数)。

当闭合差超限时, 程序给出提示"**CLOSE ERROR OVER.**", 并继续计算。

程序按从起点到终点方向的顺序分别显示测段高差平差值、未知点高程值及检核计算结果。

图 4-1 为按图根水准测量要求施测的某附合水准路线观测成果略图。BM-A 和 BM-B 为已知高程的水准点, 图中箭头表示水准测量前进方向, 路线上方的数字为测得的两点间的高差(以 m 为单位), 路线下方数字为该段路线的长度(以 km 为单位), 试用近似平差法计算待定点 1、2、3 点的高程。

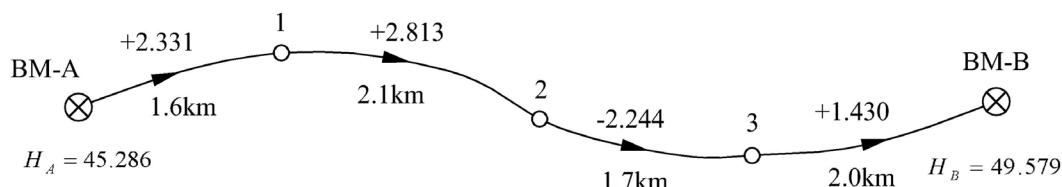


图 4-1 附合水准路线略图

表 4-1 使用程序 PR4 计算图根水准测量的成果

点名	路线长 L_i (km)	观测高差 h_i (m)	改正数 V_i (m)	改正后高差 \hat{h}_i (m)	高程 H (m)
BM-A					45.286
1	1.6	+2.331	-0.008	2.323	47.609
2	2.1	+2.813	-0.011	2.802	50.411
3	1.7	-2.244	-0.008	-2.252	48.159
BM-B	2.0	+1.430	-0.010	+1.420	49.579
Σ	7.4		-0.037		

5、程序 PR5, 单一闭附合图根导线近似平差计算

"CLOSED Or CONNECTING MAPPING TRAVERSE PR5"↵

显示程序标题

Norm 1↵

"CLOSED(0) Or CONNECTING(1)="?Z↵

导线类型, 1 为闭合导线, 0 为附合导线

"UNKNOWN POINT n="?P↵

未知导线点数

Deg:Fix 3↵

设置十进制度为单位

"XA(m)="?A:"YA(m)="?B↵

输入已知点 A 的坐标

"XB(m)="?C:"YB(m)="?D↵

输入已知点 B 的坐标

Pol(C-A,D-B):CIs↵

计算 A→B 方向的方位角

If J<0:Then J+360→R:Else J→R:IfEnd↵

"DIST A→B(m)="?I↵

显示 A→B 方向的水平距离

"BEAR A→B(DMS)="?R:↵DMS↵

显示 A→B 方向的方位角

If Z=1:Then "XC(m)="?E:"YC(m)="?F↵

若为附合导线, 则继续输入已知点 C 的坐标

"XD(m)="?G:"YD(m)="?H↵

输入已知点 D 的坐标

Pol(G-E,H-F):CIs↵

计算 C→D 方向的方位角

If J<0:Then J+360→S:Else J→S:IfEnd↵

"DIST C→D(m)="?I↵

显示 C→D 方向的水平距离

```

"BEAR C→D(DMS)=":S: DMS▲      显示 C→D 方向的方位角
Else If R>180:Then R-180→S:Else R+180→S:IfEnd↵
                                若为闭合导线，则计算 A→B 方向的反方位角
                                显示 B→A 方向的方位角
                                计算闭合导线的反方位角
"BEAR B→A(DMS)=":S: DMS▲
IfEnd↵
ClrStat:FreqOn↵                清除统计串列 List X,List Y,List Freq, 打开频度串列
0→M↵                            累加边长和变量清零
For 1→I To P+1↵
Norm 1:"n=":I▲                  显示当前输入的观测数据计数
"ANGLE(Deg)="?→List X[I]↵      输入水平角观测值
"DIST(m)="?→List Y[I]↵         输入水平距离观测值
List Y[I]+M→M↵                 累加水平距离和
If I=1:Then R+List X[I]→L:Else List Freq[I-1]+List X[I]→L:IfEnd↵ 推算导线边方位角
If L>180:Then L-180→L:Else L+180→L:IfEnd↵
If L>360:Then L-360→L:IfEnd↵   判断方位角是否大于 360
L→List Freq[I]↵                存储导线边方位角
Next↵
"LAST ANGLE(Deg)="?→List X[P+2]↵ 输入最后一个水平角
List Freq[P+1]+List X[P+2]→L
If L>180:Then L-180→L:Else L+180→L:IfEnd↵
If L>360:Then L-360→L:IfEnd↵   判断方位角是否大于 360
L→List Freq[P+2]↵              存储最后一个方位角
3600(L-S)→U↵                  以秒为单位的方位角闭合差
Fix 1:"ANGLE CLOSE ERROR(S)=":U▲ 显示方位角闭合差
60√(P+2)→W↵                  以秒为单位的方位角闭合差限差
If Abs(U)>W:Then "ANGLE CLOSE ERROR OVER.":IfEnd↵ 显示角度闭合差超限
-U÷(P+2)→V↵                  计算角度改正数
2→DimZ:0→Z[1]:0→Z[2]↵       定义额外变量数组用于存储坐标增量累加和
For 1→I To P+1↵
List X[I]+V÷3600→List X[I]↵   分配角度改正数并计算导线边的坐标增量
                                计算并存储改正后的角度
If I=1:Then R+List X[I]→L:Else List Freq[I-1]+List X[I]→L:IfEnd↵ 推算导线边方位角
If L>180:Then L-180→L:Else L+180→L:IfEnd↵
If L>360:Then L-360→L:IfEnd↵   判断方位角是否大于 360
L→List Freq[I]↵                存储角度改正后的导线边方位角
List Y[I]cos(L)→X:List Y[I]sin(L)→Y↵ 计算导线边坐标增量
X+Z[1]→Z[1]:Y+Z[2]→Z[2]↵     累加导线边坐标增量
Next↵
List Freq[P+1]+List X[P+2]+V÷3600→L↵ 计算最后一条导线边的方位角
If L>180:Then L-180→L:Else L+180→L:IfEnd↵
If L>360:Then L-360→L:IfEnd↵   判断方位角是否大于 360
L→List Freq[P+2]↵              存储最后一条导线边的方位角
3600(L-S)→U↵                  以秒为单位的方位角闭合差检核计算
"CHECK ANGLE CLOSE ERROR(S)=":U▲ 显示方位角闭合差检核结果
If Z=0:Then Z[1]→U:Z[2]→V↵   计算闭合导线的坐标增量闭合差
Else C+Z[1]-E→U:D+Z[2]-F→V:IfEnd↵ 计算附合导线的坐标增量闭合差
M÷√(U²+V²)→K↵                计算导线全长相对闭合差
Fix 3:"DELTA X(m)=":U▲         显示导线 X 坐标增量闭合差
"DELTA Y(m)=":V▲               显示导线 Y 坐标增量闭合差

```

```

Fix 0:"RELAT CLOSE ERROR=":K          显示导线全长相对闭合差
-U÷M→U:-V÷M→V          计算坐标增量闭合差每米改正数
If K<2000:Then "RELAT CLOSE ERROR OVER.":IfEnd 显示全长相对闭合差超限
2(P+1)→DimZ          定义额外变量数组用于存储未知点的坐标
For 1→I To P+1          分配坐标闭合差并计算未知点的坐标
List Y[I]cos(List Freq[I])→X>List Y[I]sin(List Freq[I])→Y 计算导线边坐标增量
X+UList Y[I]→X:Y+VList Y[I]→Y      计算改正后的导线边坐标增量
If I=1:Then C+X→Z[2I-1]:D+Y→Z[2I]
Else Z[2(I-1)-1]+X→Z[2I-1]: Z[2(I-1)]+Y→Z[2I]:IfEnd
Norm 1:"POINT n=":I      显示未知点号
Fix 3:"XP(m)=":Z[2I-1]    显示未知点的 X 坐标
"YP(m)=":Z[2I]          显示未知点的 Y 坐标
Next
If Z=0:Then Z[2(P+1)-1]-C→X:Z[2(P+1)]-D→Y 计算闭合导线的坐标检核结果
Else Z[2(P+1)-1]-E→X:Z[2(P+1)]-F→Y:IfEnd 计算附和导线的坐标检核结果
"CHECK X(m)=":X          显示 X 坐标检核计算结果
"CHECK Y(m)=":Y          显示 Y 坐标检核计算结果
ClrStat:FreqOff          清除统计串列 List X,List Y,List Freq, 关闭频度串列
For 1→I To P          分配坐标闭合差并计算未知点的坐标
Z[2I-1]→List X[I]:Z[2I]→List Y[I]    将未知点的坐标存储到统计串列 List X,List Y 中
Next
"PR5→END"

```

程序说明：程序先提示用户输入导线类型与未知点总数。当提示导线类型时，按 **[0] [EXE]** 键为选择闭合导线，其后要求输入 A, B 两点的已知坐标，程序自动计算出 A→B 与 B→A 的方位角；按 **[1] [EXE]** 键为选择附和导线，其后要求输入 A, B, C, D 四点的已知坐标，程序自动计算出 A→B, C→D 的方位角。

观测数据为导线边的水平角与水平距离，设导线点总数为 **P**，则应输入 **P+2** 个水平角，**P+1** 条水平距离。程序设计闭合导线的方位角推算路线为 A→B→1→2→3→……→B→A，附和导线的方位角推算路线为 A→B→1→2→3→……→C→D，当水平角位于方位角推算路线左边时，角度应输入正数；水平角位于方位角推算路线右边时，角度应输入负数。

完成已知数据与观测数据的输入后，屏幕依次显示以秒为单位的方位角闭合差、分配方位角闭合差后的检核结果、X, Y 坐标增量闭合差、导线全长相对闭合差、未知点的坐标、坐标计算检核结果等。

用户输入的已知点坐标依次存储在变量 **A, B, C, D, E, F, G, H** 中，角度观测数据存储在统计串列 **List X** 中，边长观测数据存储在统计串列 **List Y** 中，两次推算的方位角存储在统计串列 **List Freq** 中。计算完成后，为了便于用户使用计算成果，将全部未知点的坐标成果存储在统计串列中，其中 **X** 坐标存储在 **List X** 中，**Y** 坐标存储在 **List Y** 中，同时关闭统计串列 **List Freq**。

程序运行完成后，用户可以按 **(MODE) [4] (REG)** 键进入双变量统计回归模式查看未知点的坐标成果。

[例 5-1] 图 5-1 为某钢尺量距图根附和导线，它有四个已知点，四个未知点，观测了 6 个水平角，其中的两个为右角；5 条水平距离，运行程序 PR5 的计算结果列于表 5-1。

表 5-1 使用程序 PR5 计算图根附和导线的成果

角度闭合差	-36"	点号	\hat{x} (m)	\hat{y} (m)
X 坐标增量闭合差	-0.149m	1	2299.824	1303.798
Y 坐标增量闭合差	0.149m	2	2186.282	1383.969
全长相对闭合差	1/3520	3	2192.450	1556.396
		4	2179.740	1655.637

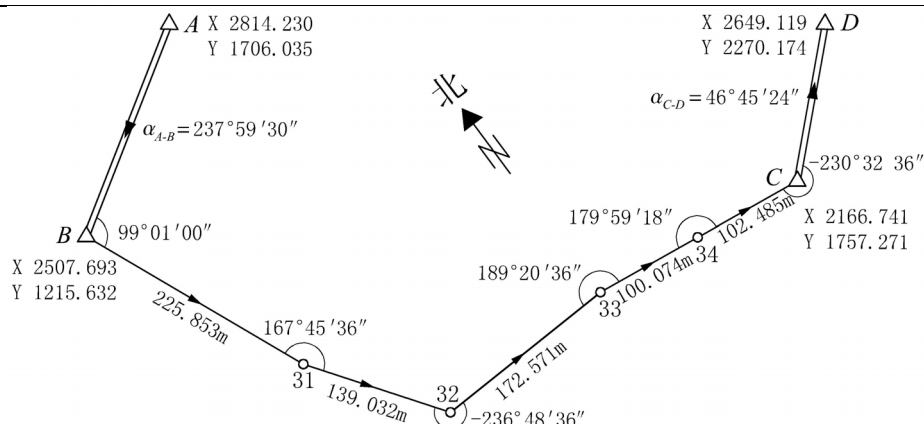


图 5-1 钢尺量距图根附合导线

[例 5-2] 图 5-2 为某光电测距图根闭合导线，它有两个已知点，三个未知点，观测了 5 个水平角；4 条水平距离，运行程序 PR5 的计算结果列于表 5-2。

表 5-2 使用程序 PR5 计算图根闭合导线的成果

角度闭合差	50"	点号	\hat{x} (m)	\hat{y} (m)
X 坐标增量闭合差	0.057m	1	445.195	301.329
Y 坐标增量闭合差	-0.070m	2	493.090	365.640
全长相对闭合差	1/4336	3	569.667	261.442

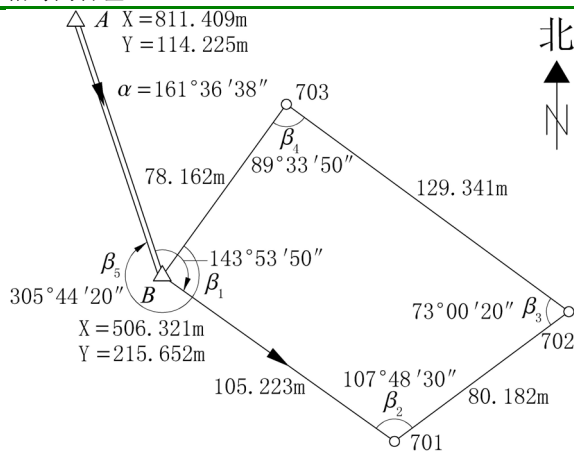


图 5-2 光电测距图根闭合导线

6、程序 PR6，图根支导线坐标计算

"MAPPING OPEN TRAVERSE PR6"↵

Norm 1:"OPEN POINT NUM="?"P↵

Fix 3:Deg:ClrStat:FreqOn↵

"XA(m)="?A:"YA(m)="?B↵

"XB(m)="?C:"YB(m)="?D↵

Pol(C-A,D-B):CIs↵

If J<0:Then J+360→R:Else J→R:IfEnd↵

"DIST A→B(m)=":I↵

"BEAR A→B(DMS)=":R→DMS↵

2P→DimZ↵

For 1→I To P↵

Norm 1:"POINT n=":I↵

"ANGLE(Deg)="?→Z[I-1]↵

显示程序标题

支导线点数

基本设置

输入已知点 A 的坐标

输入已知点 B 的坐标

计算 A→B 方向的方位角

显示 A→B 方向的水平距离

显示 A→B 方向的方位角

定义额外数组变量用于存储观测水平角与水平距离

显示支导线点号

输入水平角观测值

```

"DIST(m)="?Z[2I]↵          输入水平距离观测值
If I=1:Then R+Z[2I-1]→L:Else List Freq[I-1]+Z[2I-1]→L:IfEnd↵    推算导线边方位角
If L>180:Then L-180→L:Else L+180→L:IfEnd↵
If L>360:Then L-360→L:IfEnd↵    判断方位角是否大于 360
L→List Freq[I]↵            存储导线边方位角
Z[2I]cos(L)→X:Z[2I]sin(L)→Y↵    计算导线边的坐标增量
If I=1:Then C+X→List X[I]:D+Y→List Y[I]↵
Else List X[I-1]+X→List X[I]:List Y[I-1]+Y→List Y[I]:IfEnd↵    推算支导线点的坐标
Fix 3:"XP(m)=":List X[I]↵        显示支导线点的 X 坐标
"YP(m)=":List Y[I]↵            显示支导线点的 Y 坐标
Next↵
"PR6→END"

```

程序说明：程序先提示用户输入支导线的总点数，然后提示输入 A、B 两点的已知坐标，程序自动计算出 A→B 的边长与方位角。

观测数据为导线边的水平角与水平距离，每输入一条边的水平角与水平距离，屏幕就显示计算出的坐标。计算完成后，为了便于用户使用计算成果，将全部未知点的坐标与方位角成果存储在统计串列中，其中 X 坐标存储在 List X 中，Y 坐标存储在 List Y 中，方位角存储在 List Freq 中。

程序运行完成后，用户可以按 MODE $\boxed{4}$ (REG) 键进入双变量统计回归模式查看支导线点的坐标与方位角成果。

[例 6-1] 将图 5-1 的图根附和导线当成支导线计算，它有 A、B 两个已知点，五个未知点，观测了 5 个水平角，其中的 2 个为右角；5 条水平距离，运行程序 PR6 的计算结果列于表 6-1。

表 6-1 使用程序 PR6 计算图根支导线的成果

点号	\hat{x} (m)	\hat{y} (m)
1	2299.781	1303.850
2	2186.216	1384.055
3	2192.364	1556.516
4	2179.646	1655.779
5	2166.641	1757.435

7、程序 PR7，测角前方交会坐标计算

如图 7-1 所示，前方交会是分别在已知坐标点 A、B 安置经纬仪向未知点 P 观测水平角 α, β 和检查角 θ (应为 $\angle CAP$)，以确定待定点 P 的坐标。为保证交会定点的精度，在选定 P 点时，应使交会角 γ 位于 $30^\circ \sim 120^\circ$ 之间，最好近于 90° 。

$$\left. \begin{aligned} x_P &= \frac{x_A \cot \beta + x_B \cot \alpha + (y_B - y_A)}{\cot \alpha + \cot \beta} \\ y_P &= \frac{y_A \cot \beta + y_B \cot \alpha + (x_A - x_B)}{\cot \alpha + \cot \beta} \end{aligned} \right\} \quad (7-1)$$

应用(7-1)式时，点位编号时应保证 A、B、P 三点构成的旋转方向为逆时针方向且与实际情况相符。

按(7-1)计算出的 P 点坐标，可以通过反算坐标方位角求出检查角 θ' ，与其观测值 θ 之差为：

$$\Delta\theta = \theta - \theta' \quad (7-2)$$

一般要求 $\Delta\theta$ 应小于给定的限差。

"FORWARD INTERSECTION PR7"↵

Fix 3:Deg↵

"XA(m)="?A:"YA(m)="?B↵

"XB(m)="?C:"YB(m)="?D↵

Norm 1:"C POINT YES(1) Or NO(0)"?Z↵

Fix 3↵

If Z=1:Then "XC(m)="?E:"YC(m)="?F:IfEnd↵

"∠A(Deg)="?O↵

显示程序标题

基本设置

输入已知点 A 的坐标

输入已知点 B 的坐标

是否有检查点

输入已知点 C 的坐标

输入 α 角

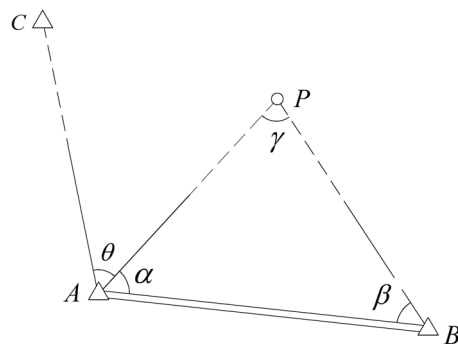


图 7-1 前方交会

```

"∠B(Deg)="?P↵
If Z=1:Then "∠C(Deg)="?Q:IfEnd↵
1÷tan(O)→M:1÷tan(P)→N↵
(AN+CM+D-B)÷(M+N)→X↵
(BN+DM+A-C)÷(M+N)→Y↵
"XP(m)="?X↵
"YP(m)="?Y↵
If Z=1:Then Pol(X-A,Y-B):Cls↵
If J<0:Then J+360→R:Else J→R:IfEnd↵
Pol(E-A,F-B):Cls↵
If J<0:Then J+360→S:Else J→S:IfEnd↵
R-S→V:If V<0:Then V+360→V:IfEnd↵
"CAL-CHECK ANGLE(DMS)="?V↵DMS↵
Q-V→W↵
"CHECK ANGLE ERROR(DMS)="?W↵DMS↵
Else "NO CHECK ANGLE.":IfEnd↵
"PR7→END"

```

输入 β 角
 当有 C 点坐标时输入 θ 角
 计算角度的余切
 使用式(7-2)计算交会点的坐标
 显示交会点的 X 坐标
 显示交会点的 Y 坐标
 计算 A→P 方向的方位角
 计算 A→C 方向的方位角
 计算 $\angle CAP$
 显示计算出的检查角
 计算检查角观测值与计算值之差
 显示检查角观测值与计算值之差
 显示没有观测检查角

程序说明：程序显示完计算标题后，先提示用户输入 A、B 点的已知坐标，然后提示是否观测了检查角，若观测了检查角，则提示输入 C 点的坐标，否则不提示输入 C 点的坐标。

观测数据输入时，要求必须输入 α 、 β 角，若观测了检查角 θ 则应输入检查角，否则，不需要输入检查角。

完成已知与观测数据输入后，屏幕显示前方交会点 P 的坐标，若有检查角，还将显示根据坐标反算出的检查角及其与观测角的差。

交会点 P 的坐标分别存储在字母变量寄存器 X、Y 中，表 7-1 为图 7-1 的计算结果，红色数据为程序计算结果。

表 7-1 使用程序 PR7 计算前方交会点的成果

点名	x 坐标(m)	y 坐标(m)	角名	水平角
A	781.227	1323.385	α	53° 33' 42"
B	769.862	1428.989	β	50° 34' 55"
C	866.294	1306.117	θ	54° 03' 08"
P	843.534	1380.641	θ'	54° 03' 20"
			差	0° 00' 11.92"

8、程序 PR8，测角后方交会坐标计算

如图 8-1 所示，测角后方交会是仅在待定点 P 上安置经纬仪，观测水平角 α, β, γ 和检查角 θ ，进而确定 P 的平面坐标。测量上称由不在一条直线上的三个已知点 A、B、C 构成的圆为危险圆，当 P 点位于危险圆上时，则 P 点的点位无法确定。因此，在选定 P 点时，应避免使 P 点位于危险圆上。

由 A、B、C 三点的坐标可以反算出三角形 ABC 的三个内角 $\angle A$ 、 $\angle B$ 、 $\angle C$ ，按下列公式计算出系数值 P_A 、 P_B 、 P_C 。

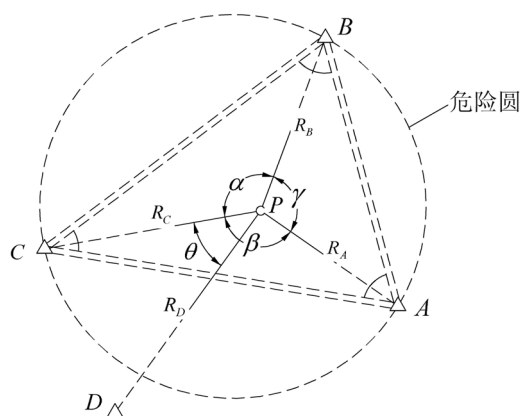


图 8-1 测角后方交会

$$\left. \begin{aligned} P_A &= \frac{1}{\cot \angle A - \cot \alpha} = \frac{\tan \alpha \tan \angle A}{\tan \alpha - \tan \angle A} \\ P_B &= \frac{1}{\cot \angle B - \cot \beta} = \frac{\tan \beta \tan \angle B}{\tan \beta - \tan \angle B} \\ P_C &= \frac{1}{\cot \angle C - \cot \gamma} = \frac{\tan \gamma \tan \angle C}{\tan \gamma - \tan \angle C} \end{aligned} \right\} \quad (8-1)$$

则 P 点坐标的计算公式为:

$$\left. \begin{aligned} x_P &= \frac{P_A x_A + P_B x_B + P_C x_C}{P_A + P_B + P_C} \\ y_P &= \frac{P_A y_A + P_B y_B + P_C y_C}{P_A + P_B + P_C} \end{aligned} \right\} \quad (8-2)$$

主程序: PR8

```

"ANGLE RESECTION PR8"↵          显示程序标题
Fix 3:Deg:ClrStat:FreqOn↵        基本设置
"XA(m)="?A:A→List X[1]↵        输入已知点 A 的 X 坐标
"YA(m)="?B:B→List Y[1]↵        输入已知点 A 的 Y 坐标
"XB(m)="?C:C→List X[2]↵        输入已知点 B 的 X 坐标
"YB(m)="?D:D→List Y[2]↵        输入已知点 B 的 Y 坐标
"XC(m)="?E:E→List X[3]↵        输入已知点 C 的 X 坐标
"YC(m)="?F:F→List Y[3]↵        输入已知点 C 的 Y 坐标
Norm 1:"D POINT YES(1) Or NO(0)"?Z↵ 是否有检查点
Fix 3↵
If Z=1:Then "XD(m)="?G:G→List X[4]↵ 输入已知点 D 的 X 坐标
"YD(m)="?H:H→List Y[4]:IfEnd↵    输入已知点 D 的 Y 坐标
14→DimZ↵                        定义额外数组变量
"ANGLE A(Deg)="?Z[11]:Z[11]→List Freq[1]↵ 输入角 A
"ANGLE B(Deg)="?Z[12]:Z[12]→List Freq[2]↵ 输入角 B
"ANGLE C(Deg)="?Z[13]:Z[13]→List Freq[3]↵ 输入角 C
If Z=1:Then "CHECK ANGLE D(Deg)="?Z[14]:Z[14]→List Freq[4]:IfEnd↵ 有 D 点坐标输入 θ 角

1→O:2→P:3→Q↵                  为调子程序计算 ∠A 准备
Prog "ANGLE"↵                    调子程序计算 ∠A
"∠A(DMS)="?V:V→DMS↵            显示 ∠A
1÷(tan(V)⁻¹-tan(List Freq[1])⁻¹)→Z[1]↵ 计算 P_A
2→O:3→P:1→Q↵                  为调子程序计算 ∠B 准备
Prog "ANGLE"↵                    调子程序计算 ∠B
"∠B(DMS)="?V:V→DMS↵            显示 ∠B
1÷(tan(V)⁻¹-tan(List Freq[2])⁻¹)→Z[2]↵ 计算 P_B
3→O:1→P:2→Q↵                  为调子程序计算 ∠C 准备
Prog "ANGLE"↵                    调子程序计算 ∠C
"∠C(DMS)="?V:V→DMS↵            显示 ∠C
1÷(tan(V)⁻¹-tan(List Freq[3])⁻¹)→Z[3]↵ 计算 P_C
(Z[1]List X[1]+Z[2]List X[2]+Z[3]List X[3])÷(Z[1]+Z[2]+Z[3])→X↵ 计算交会点坐标
(Z[1]List Y[1]+Z[2]List Y[2]+Z[3]List Y[3])÷(Z[1]+Z[2]+Z[3])→Y↵
    
```

```

"XP(m)=":X▲          显示交会点坐标
"YP(m)=":Y▲
If Z=1:Then X→List X[5]:Y→List Y[5]↓
5→O:3→P:4→Q↓
Prog "ANGLE"↓
"∠CHECK(DMS)=":V▷DMS▲
List Freq[4]-V→K↓
"CHECK ANGLE ERROR(DMS)=":K▷DMS▲
Else "NO CHECK ANGLE.":IfEnd↓
"PR8→END"

```

子程序: ANGLE

```

Pol(List X[P]-List X[O],List Y[P]-List Y[O]):Cls↓
If J<0:Then J+360→R:Else J→R:IfEnd↓      计算 O→P 方向的方位角
Pol(List X[Q]-List X[O],List Y[Q]-List Y[O]):Cls↓
If J<0:Then J+360→S:Else J→S:IfEnd↓      计算 O→Q 方向的方位角
R-S→V↓                                     计算方位角差
If V<0:Then V+360→V:IfEnd↓
Return↓                                     返回主程序

```

程序说明: 程序显示完计算标题后, 先提示用户输入 A, B, C 点的已知坐标, 然后提示是否观测了检查角, 若观测了检查角, 则提示输入 D 点的坐标, 否则不提示输入 D 点的坐标。

观测数据输入时, 要求必须输入 α , β , γ 角, 若观测了检查角 θ 则应输入检查角, 否则, 不需要输入检查角。

完成已知与观测数据输入后, 屏幕显示计算出的 $\angle A$, $\angle B$, $\angle C$ 及后方交会点 P 的坐标, 若有检查角, 还将显示根据坐标反算出的检查角及其与观测角的差。

交会点 P 的坐标存储在字母变量寄存器 X, Y 中, 表 8-1 为图 8-1 的计算结果, 红色数据为程序计算结果。

表 8-1 使用程序 PR8 计算测角后方交会点的成果

点名	x 坐标(m)	y 坐标(m)	角名	水平角	顶角	计算值
A	2502.932	5044.009	α	78° 12' 17"	$\angle A$	41° 01' 26.93"
B	3229.416	5185.604	β	161° 05' 58"	$\angle B$	87° 47' 23.94"
C	3325.006	4569.476	γ	120° 41' 45"	$\angle C$	51° 11' 09.13"
D	2724.701	4416.400	θ	71° 10' 24"		
P	2896.763	4906.241	θ'	71° 10' 23.77"		
			差	0° 00' 0.23"		

9、程序 PR9, 测边后方交会点坐标计算

如图 8-1 所示, 测边后方交会是在未知点上分别观测 A, B, C 三个已知点的边长值 R_A , R_B , R_C 来确定 P 的坐标, 它对交会角的大小没有要求, 使用 A, B, C 三点的坐标, 可以计算出 $\triangle ABC$ 的三条边长值 a , b , c 。

由余弦定理可以求出下列三个偏角

$$\delta_A = \cos^{-1} \left(\frac{R_A^2 + c^2 - R_B^2}{2R_A c} \right), \quad \delta_B = \cos^{-1} \left(\frac{R_B^2 + a^2 - R_C^2}{2R_B a} \right), \quad \delta_C = \cos^{-1} \left(\frac{R_C^2 + b^2 - R_A^2}{2R_C b} \right)$$

则 A→P, B→P, C→P 方向的方位角为

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} \pm \delta_A, \quad \alpha_{BP} = \alpha_{BC} \pm \delta_B, \quad \alpha_{CP} = \alpha_{CA} \pm \delta_C$$

式中的“±”应按图 9-1 的四种情形区别对待, 其中图 9-1(a)为全取“-”号, 图 9-1(b)依次

分别取“+”，“-”，“-”号，图 9-1(c)依次分别取“-”，“+”，“-”号，图 9-1(d)依次分别取“-”，“-”，“+”号。由 A, B, C 三点分别计算 P 点坐标的公式为

$$\left. \begin{aligned} x'_P &= x_A + R_A \cos \alpha_{AP} \\ y'_P &= y_A + R_A \sin \alpha_{AP} \end{aligned} \right\}, \quad \left. \begin{aligned} x''_P &= x_B + R_B \cos \alpha_{BP} \\ y''_P &= y_B + R_B \sin \alpha_{BP} \end{aligned} \right\}, \quad \left. \begin{aligned} x'''_P &= x_C + R_C \cos \alpha_{CP} \\ y'''_P &= y_C + R_C \sin \alpha_{CP} \end{aligned} \right\}$$

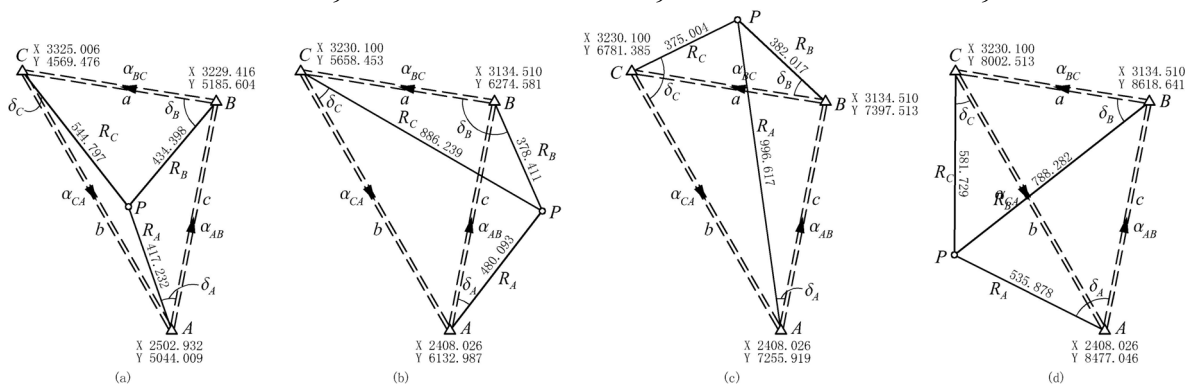


图 9-1 测边后方交会的方位角推算的四种情形

将 P 点的三个坐标取平均值即得 P 点的最后坐标。

主程序：PR9

```
"SIDE RESECTION PR9"↵
Fix 3:Deg:ClrStat:FreqOn↵
"XA(m)="?A:A→List X[1]↵
"YA(m)="?B:B→List Y[1]↵
"XB(m)="?C:C→List X[2]↵
"YB(m)="?D:D→List Y[2]↵
"XC(m)="?E:E→List X[3]↵
"YC(m)="?F:F→List Y[3]↵
26→DimZ↵
"SIDE P→A(m)="?→List Freq[1]↵
"SIDE P→B(m)="?→List Freq[2]↵
"SIDE P→C(m)="?→List Freq[3]↵
1→O:2→P↵
Prog "DIST-BEAR"
S→Z[1]:R→Z[2]↵
2→O:3→P↵
Prog "DIST-BEAR"
S→Z[3]:R→Z[4]↵
3→O:1→P↵
Prog "DIST-BEAR"
S→Z[5]:R→Z[6]↵
cos⁻¹((List Freq[1]²+Z[1]²-List Freq[2]²)÷(2List Freq[1]Z[1]))→Z[7]↵
cos⁻¹((List Freq[2]²+Z[3]²-List Freq[3]²)÷(2 List Freq[2]Z[3]))→Z[8]↵
cos⁻¹((List Freq[3]²+Z[5]²-List Freq[1]²)÷(2 List Freq[3]Z[5]))→Z[9]↵
1→O:2→P:3→Q↵
Prog "ANGLE"↵
V→Z[17]↵
2→O:3→P:1→Q↵
```

显示程序标题

基本设置

输入已知点 A 的 X 坐标

输入已知点 A 的 Y 坐标

输入已知点 B 的 X 坐标

输入已知点 B 的 Y 坐标

输入已知点 C 的 X 坐标

输入已知点 C 的 Y 坐标

定义额外数组变量

输入边长 R_A

输入角边长 R_B

输入角边长 R_C

为调子程序计算边长与方位角赋起讫点号

调子程序计算 A→B 的边长与方位角

保存 A→B 的边长 c 与方位角

为调子程序计算边长与方位角赋起讫点号

调子程序计算 B→C 的边长 a 与方位角

保存 B→C 的边长 a 与方位角

为调子程序计算边长与方位角赋起讫点号

调子程序计算 C→A 的边长 b 与方位角

保存 C→A 的边长 b 与方位角

计算 δ_A

计算 δ_B

计算 δ_C

为调子程序计算 $\angle A$ 准备

调子程序计算 $\angle A$

存储 $\angle A$

为调子程序计算 $\angle B$ 准备

Prog "ANGLE"↵	调子程序计算∠B
V→Z[18]↵	存储∠B
3→O:1→P:2→Q↵	为调子程序计算∠C 准备
Prog "ANGLE"↵	调子程序计算∠C
V→Z[19]↵	存储∠C
Z[1]sin(Z[18])→Z[11]↵	计算 A 点至 BC 边长的垂直距离
Z[3]sin(Z[19])→Z[12]↵	计算 B 点至 AC 边长的垂直距离
Z[5]sin(Z[17])→Z[13]↵	计算 C 点至 AB 边长的垂直距离
If Z[7]<Z[17] And Z[8]<Z[18] And Z[9]<Z[19]↵	P 点位于△ABC 内
Then Z[2]-Z[7]→Z[14]:Z[4]-Z[8]→Z[15]:Z[6]-Z[9]→Z[16]:IfEnd↵	
If List Freq[1]>Z[11] And Z[9]>Z[19]↵	P 点位于 BC 边外
Then Z[2]-Z[7]→Z[14]:Z[4]+Z[8]→Z[15]:Z[6]-Z[9]→Z[16]:IfEnd↵	
If List Freq[2]>Z[12] And Z[7]>Z[17]↵	P 点位于 AC 边外
Then Z[2]-Z[7]→Z[14]:Z[4]-Z[8]→Z[15]:Z[6]+Z[9]→Z[16]:IfEnd↵	
If List Freq[3]>Z[13] And Z[8]>Z[18]↵	P 点位于 AB 边外
Then Z[2]+Z[7]→Z[14]:Z[4]-Z[8]→Z[15]:Z[6]-Z[9]→Z[16]:IfEnd↵	
List X[1]+List Freq[1]cos(Z[14])→Z[21]↵	由 A 点计算 P 点的坐标
List Y[1]+List Freq[1]sin(Z[14])→Z[22]↵	
List X[2]+List Freq[2]cos(Z[15])→Z[23]↵	由 B 点计算 P 点的坐标
List Y[2]+List Freq[2]sin(Z[15])→Z[24]↵	
List X[3]+List Freq[3]cos(Z[16])→Z[25]↵	由 C 点计算 P 点的坐标
List Y[3]+List Freq[3]sin(Z[16])→Z[26]↵	
(Z[21]+Z[23]+Z[25])÷3→X↵	计算 P 点坐标的平均值
(Z[22]+Z[24]+Z[26])÷3→Y↵	计算 P 点坐标的平均值
"⊠P(m)=":X↵	显示 P 点坐标三组坐标的平均值
"⊠P(m)=":Y↵	
"⊠P-X1(m)=":X-Z[21]↵	显示 P 点第一组坐标与平均值的差
"⊠P-Y1(m)=":Y-Z[22]↵	
"⊠P-X2(m)=":X-Z[23]↵	显示 P 点第二组坐标与平均值的差
"⊠P-Y2(m)=":Y-Z[24]↵	
"⊠P-X3(m)=":X-Z[25]↵	显示 P 点第三组坐标与平均值的差
"⊠P-Y3(m)=":Y-Z[25]↵	
"PR9→END"	

子程序: DIST-BEAR

Pol(List X[P]-List X[O],List Y[P]-List Y[O]):Cls↵	
I→S↵	保存 O→P 方向的边长
If J<0:Then J+360→R:Else J→R:IfEnd↵	计算 O→P 方向的方位角
Return↵	返回主程序

程序说明: 程序显示完计算标题后, 先提示用户输入 A, B, C 三点的已知坐标, 然后顺序提示输入 P 点分别至 A, B, C 点的水平距离值 R_A , R_B , R_C 。

完成已知与观测数据输入后, 屏幕显示分别从 A, B, C 三点计算出的三组 P 点坐标的平均值及其三组 P 点坐标的最大 X 坐标差与最大 Y 坐标差。交会点 P 的坐标存储在字母变量寄存器 X, Y 中, X, Y 最大坐标差存储在字母变量寄存器 U, V 中。

表 9-1 为图 8-1 的计算结果, 红色数据为程序计算结果。

表 9-1 使用程序 PR9 计算图 9-1 四种情形的测边后方交会点的成果

情形	点名	x (m)	y (m)	边名	平距 (m)	x_p (m)	y_p (m)	Δx_{\max} (m)	Δy_{\max} (m)
图	A	2502.932	5044.009	R_A	417.232	2896.763	4906.242	0.000	0.001

9-1	B	3229.416	5185.604	R_B	434.398			0.000	0.000
(a)	C	3325.006	4569.476	R_C	544.797			0.000	-0.001
图	A	2408.026	6132.987	R_A	480.093	2787.938	6426.511	0.000	0.000
9-1	B	3134.510	6274.581	R_B	378.411			0.000	0.000
(b)	C	3230.100	5658.453	R_C	886.239			0.000	0.000
图	A	2408.026	7255.919	R_A	996.617	3395.075	7118.151	0.000	0.000
9-1	B	3134.510	7397.513	R_B	382.017			0.000	0.000
(c)	C	3230.100	6781.385	R_C	375.004			0.000	0.000
图	A	2408.026	8477.046	R_A	535.878	2648.388	7998.098	0.000	0.000
9-1	B	3134.510	8618.641	R_B	788.282			0.000	0.000
(d)	C	3230.100	8002.513	R_C	581.729			0.000	0.000

10、程序 PR10，54 北京系与 80 西安系高斯投影正算

确定参考椭球大小的初始元素值只有长半轴 a 和扁率 f ，我国使用的 3 个参考椭球初始元素值列于表 10-1。在高斯投影计算公式中，使用的全部系数值都是由 a ， f 计算而来。

表 10-1 参考椭球的初始元素值

坐标系名	1954 北京坐标系	1980 西安坐标系	WGS-84 坐标系(GPS 用)
参考椭球名	克拉索夫斯基椭球	IUGG—1975 椭球	IUGG—1979 椭球
a	6378245	6378140	6378137
f	1:298.3	1:298.257	1:298.257223563

主程序：PR10

```

"GAUSS PROJECT ZS PR10"↵          显示程序标题
Norm 1:Deg:ClrStat:FreqOn:Norm1↵  基本设置
Lbl 0↵
"COORDINATE SYSTEM(54) Or (80)="?W↵  坐标系数字，只能输入数值 54 或 80
If W≠54:Then If W≠80:Then "NOT BE 54 Or 80,REINPUT.":Goto 0:IfEnd:IfEnd↵
10→DimZ↵          定义额外数组变量
Prog "COEFFICIENT"
"CENTER L0(Deg)="?I↵          输入中央子午线经度
"X +CONSTANT(m)="?→Z[6]↵      输入 X 坐标加常数
"Y +CONSTANT(m)="?→Z[7]↵      输入 Y 坐标加常数
0→K↵              点计数变量清零
Lbl 1↵
K+1→K↵            点计数变量计数
"POINT L(Deg)="?J↵          输入点的经度
"POINT B(Deg)="?B↵          输入点的纬度
J→List X[2K-1]↵          存点的经度到统计串列
B→List Y[2K-1]↵          存点的纬度到统计串列
J-I→L↵            计算点的经度差
Prog "ZS"↵          调正算子程序
X+Z[6]→List X[2K]↵        存加常数后的高斯 X 坐标到统计串列
Y+Z[7]→List Y[2K]↵        存加常数后的高斯 Y 坐标到统计串列
R→List Freq[2K]↵          存子午线收敛角到统计串列
"n=":K↵            显示点号
Fix 3:"X(m)=":List X[2K]↵    显示高斯 X 坐标
"Y(m)=":List Y[2K]↵        显示高斯 Y 坐标
"r(DMS)=":R↵DMS↵        显示子午线收敛角

```

```

Prog "FS"
"GAUSS PROJECT FS CHECK. "
Norm 1
"DELTA L(S)=":3600(List X[2K-1]-I-L)
"DELTA B(S)=":3600(List Y[2K-1]-B)
"COMP Next POINT YES(1) Or NO(0)="?:Z[8]
If Z[8]=1:Then Goto 1:IfEnd
"PR10→END"

```

调反算子程序检核计算
提示高斯投影反算检核结果

显示反算检核的经度差
显示反算检核的纬度差

计算子午圈弧长系数子程序: COEFFICIENT

入口参数为 W=54 或 W=80, 出口参数为子午圈弧长系数值 Z[1]~Z[5]。

```

If W=54:Then 6378245→A:298.3→F
Else 6378140→A:298.257→F:IfEnd
√(2F-F²)→E
√(1÷(1-F)²-1)→Z
A(1-F)→N
A²÷N→C
N²÷A→D
D(1+3J4E²+45J64E^(4)+175J256E^(6)+11025J16384E^(8))π÷180→Z[1]
D(3J4E²+45J64E^(4)+175J256E^(6)+11025J16384E^(8))→Z[2]
D(15J32E^(4)+175J384E^(6)+3675J8192E^(8))→Z[3]
D(35J96E^(6)+735J2048E^(8))→Z[4]
D×315J1024E^(8)→Z[5]
Return

```

54 北京坐标系椭球参数
80 西安坐标系椭球参数
第一偏心率
第二偏心率
椭球短半径
极点子午曲率半径
赤道子午曲率半径

计算子午圈弧长公式中的 5 个系数值
返回主程序

高斯投影正算子程序: ZS

入口参数为子午圈弧长系数值 Z[1]~Z[5]系数值、经度差 L 与纬度 B, 输出结果为 x,y 坐标。

```

Sin(B)→P:cos(B)→Q:Zcos(B)→U:tan(B)→T
Z[1]B-(Z[2]P+Z[3]P³+Z[4]P⁵+Z[5]P⁷)Q→X
√(1+U²)→V:C÷V→N
QLπ÷180→M
X+NT(0.5M²+1J24(5-T²+9U²+4U⁴)M⁴+1J720(61-58T²+T⁴)+270U²-330U²T²)M⁶)→X
N(M+1J6(1-T²+U²)M³+1J120(5-18T²+T⁴)+14U²-58U²T²)M⁵)→Y
T÷π×(180M+60(1+3U²+2U⁴)M³+12(2-T²)M⁵)→R
Return

```

纬度的函数
子午圈弧长
卯酉圈曲率半径
纬度与经度差的函数
x 坐标
y 坐标
子午线收敛角 r
返回主程序

高斯投影反算子程序: FS

入口参数子午圈弧长系数值 Z[1]~Z[5]系数值、x, y 坐标, 输出计算结果为经度差 L 与纬度 B。

```

X÷Z[1]→B
Do
B→H:sin(H)→P:cos(H)→Q
-(Z[2]P+Z[3]P³+Z[4]P⁵+Z[5]P⁷)Q→G
(X-G)÷Z[1]→B
Abs (B-H)→O
LpWhile O>1×10-12
Zcos(B)→U:tan(B)→T:cos(B)→Q
√(1+U²)→V:YV÷C→N
B-(1+U²)T÷π×(90N²-7.5(5+3T²+U²-9U²T²)N⁴+0.25(61+90T²+45T⁴)N⁶)
→B

```

底点纬度初始值
迭代计算底点纬度
底点纬度的函数
底点纬度迭代误差
底点纬度迭代误差
底点纬度的函数

纬度

$(\pi Q)^{-1}(180N-30(1+2T^2+U^2)N^{\wedge}(3)+1.5(5+28T^2+24T^{\wedge}(4))N^{\wedge}(5))\rightarrow L^{\downarrow}$ 经度

Return \leftarrow

返回主程序

程序说明：主程序需要调用 COEFFICIENT, ZS, FS 三个子程序，其中反算子程序的作用为检核正算计算结果的正确性。

程序显示完计算标题后，先提示用户输入高斯投影正算的已知数据：大地坐标系选择数值，输入 54 表示选择克拉索夫斯基椭球参数，输入 80 表示选择 IUGG1975 椭球参数；中央子午线的经度；正算后高斯坐标的 X, Y 加常数，没有加常数时应输入 0 响应。

然后提示输入点的大地经纬度，每输入完一个点的经纬度值后，屏幕显示计算出的高斯 X 坐标、Y 坐标与子午线收敛角 r，然后由 x, y 反算出经纬度值，屏幕显示以秒为单位的经度差与纬度差值。fx-5800P 的数值计算经度非常高，一般情况下，反算检核计算结果与原大地坐标的经度差 $<3\times 10^{-6}''$ ，纬度差 $<-5\times 10^{-7}''$ 。计算案例数据见表 10-2 所示。

每完成一个点的换带计算后，屏幕显示“**COMP Next POINT YES(1) Or NO(0)=?**”，按 **[1]** **[EXE]** 键为继续下一个点的正算，按 **[0]** **[EXE]** 键为结束程序，屏幕显示“**END**”。

表 10-2 使用程序 PR10 进行高斯投影正算成果案例

1954 北京坐标系，中央子午线经度 $L_0=111^\circ$ ，x 坐标加常数=0m, y 坐标加常数=500000m

序	L(° ' ")	B(° ' ")	X(m)	Y(m)	r(° ' ")	经度检核差 $\Delta L('')$	纬度检核差 $\Delta B('')$
1	113 05 13.685	22 38 49.526	2507005.772	714567.798	0 48 14.28	2.88×10^{-6}	-5.9292×10^{-7}
2	113 04 55.002	22 31 54.967	2494239.989	714212.261	0 47 53.17	2.861136×10^{-6}	-5.886×10^{-7}
3	113 03 20.216	22 38 39.704	2506658.355	711330.656	0 47 30.22	2.683584×10^{-6}	-5.5872×10^{-7}
4	113 02 42.902	22 38 03.524	2505530.213	710280.051	0 47 14.64	2.62224×10^{-6}	-5.4756×10^{-7}
5	113 02 29.798	22 36 54.359	2503396.508	709934.887	0 47 07.32	2.602764×10^{-6}	-5.436×10^{-7}
6	113 04 02.832	22 36 52.280	2503369.195	712593.951	0 47 43.06	2.759904×10^{-6}	-5.7168×10^{-7}
7	113 03 43.973	22 38 09.061	2505724.695	712022.373	0 47 38.36	2.724912×10^{-6}	-5.6556×10^{-7}
8	113 05 42.003	22 38 00.707	2505514.694	715397.885	0 48 23.55	2.932452×10^{-6}	-6.0228×10^{-7}

完成计算后，用户输入点的经度、纬度分别存储在 **List X** 与 **List Y** 的奇数行，如 1 行、3 行、5 行等……，正算结果高斯 X, Y 坐标与子午线收敛角 r 分别存储在 **List X**, **List Y**, **List Freq** 的偶数行，如 2 行、3 行、5 行等……。用户可以按 **[MODE]** **[4]** **(REG)** 键进入双变量统计与回归模式查看。

11、程序 PR11，54 北京系与 80 西安系高斯投影反算

主程序：PR11

"GAUSS PROJECT FS PR11" \leftarrow

显示程序标题

Deg:ClrStat:FreqOn:Norm1 \leftarrow

基本设置

Lbl 0 \leftarrow

"COORDINATE SYSTEM(54) Or (80)="?"W \leftarrow 坐标系数字，只能输入数值 54 或 80

If W \neq 54:Then If W \neq 80:Then "NOT BE 54 Or 80,REINPUT.":Goto 0:IfEnd:IfEnd \leftarrow

14 \rightarrow DimZ \leftarrow

定义额外数组变量

Prog "COEFFICIENT" \leftarrow

"CENTER L0(Deg)="?"I \leftarrow

输入中央子午线经度

"X +CONSTANT(m)="?" \rightarrow Z[6] \leftarrow

输入 X 坐标加常数

"Y +CONSTANT(m)="?" \rightarrow Z[7] \leftarrow

输入 Y 坐标加常数

0 \rightarrow K \leftarrow

点计数变量清零

Lbl 1 \leftarrow

K+1 \rightarrow K \leftarrow

点计数变量计数

"POINT X(m)="?"X \leftarrow

输入点的 X 坐标

"POINT Y(m)="?"Y \leftarrow

输入点的 Y 坐标

X \rightarrow List X[2K-1] \leftarrow

存点的 X 坐标到统计串列

Y \rightarrow List Y[2K-1] \leftarrow

存点的 Y 坐标到统计串列

X-Z[6] \rightarrow X \leftarrow

去掉 X 坐标加常数后的 X 坐标

Y-Z[7]→Y	去掉 Y 坐标加常数后的 Y 坐标
Prog "FS"	调反算子程序
L+I→List X[2K]	存点的经度到统计串列
B→List Y[2K]	存点的纬度到统计串列
Norm 1:"NUMBER=":K	显示点号
List X[2K]→J	
Prog "DM-S":Fix 4	调子程序分离经度的度分与秒值
"L(DM)=":Z[13]▷DMS	显示点的经度到度分
" + L(S)=":Z[14]	显示点的经度到秒
List Y[2K]→J	
Prog "DM-S"	调子程序分离纬度的度分与秒值
"B(DM)=":Z[13]▷DMS	显示点的纬度到度分
" + B(S)=":Z[14]	显示点的纬度到秒
Prog "ZS"	调正算子程序检核
R→List Freq[2K]	存子午线收敛角到统计串列
R→J	
Prog "DM-S"	调子程序分离经度的度分与秒值
"r(DM)=":Z[13]▷DMS	显示点的子午线收敛角到度分
" + r(S)=":Z[14]	显示点的子午线收敛角到秒
"GAUSS PROJECT ZS CHECK. "	提示高斯投影正算检核结果
Norm 1	设置显示格式
"DELTA X(m)=":List X[2K-1]-Z[6]-X	显示反算检核的 X 坐标差
"DELTA Y(m)=":List Y[2K-1]-Z[7]-Y	显示反算检核的 Y 坐标差
"COMP Next POINT YES(1) Or NO(0)="?:Z[8]	
If Z[8]=1:Then Goto 1:IfEnd	
"PR11→END"	

分离角度的度分与秒值子程序: DM-S

入口参数为角度变量 J, 输出结果的度分存储在 Z[13]中, 秒值存储在 Z[14]中。

Int(J)→Z[11]	取出经度值的度数
Int(60(J-Z[11]))→Z[12]	取出经度值的分数
Z[11]+Z[12]÷60→Z[13]	取出经度值的度分值
3600(J-Z[13])→Z[14]	取出经度值的秒数

程序说明: 主程序需要调用 COEFFICIENT, ZS, FS 三个子程序, 这些程序与 PR10 使用的同名子程序完全相同, 其中正算子程序的作用为检核反算计算结果的正确性。

由于反算的结果为点的经纬度, 使用角度函数以六十进制显示角度时, 一般只能显示到 0.1", 为了使经度、纬度与子午线收敛角的秒数能角度显示到 0.0001", 设置了子程序 DM-S, 其作用为分离角度的度分与秒值。

程序显示完计算标题后, 先提示用户输入高斯投影反算的已知数据: 大地坐标系选择数值, 输入 54 表示选择克拉索夫斯基椭球参数, 输入 80 表示选择 IUGG1975 椭球参数; 中央子午线的经度; 反算前高斯坐标的 X, Y 加常数, 没有加常数时应输入 0 响应。

然后提示输入点的高斯 X, Y 坐标, 每输入完一个点的高斯坐标值后, 屏幕显示计算出的大地经度 L、纬度 B 与子午线收敛角 r, 然后计算由 L, B 正算出的高斯坐标 X, Y 值, 屏幕显示以 m 为单位的正算检核 X 坐标差与 Y 坐标差值。fx-5800P 的数值计算经度非常高, 一般情况下, 正算检核计算结果与原高斯坐标的 X 坐标差 $<2\times 10^{-5}$ m, Y 坐标差 $<9\times 10^{-5}$ m。计算案例数据见表 11-1 所示。

每完成一个点的换带计算后, 屏幕显示"**COMP Next POINT YES(1) Or NO(0)='?**", 按 **[1]** **[EXE]** 键为继续下一个点的反算, 按 **[0]** **[EXE]** 键为结束程序, 屏幕显示 "**END**"。

表 11-1 使用程序 PR11 进行高斯投影反算成果案例

1954 北京坐标系, 中央子午线经度 $L_0=111^\circ$, x 坐标加常数=0m, y 坐标加常数=500000m

序	X(m)	Y(m)	L(° ' ")	B(° ' ")	r(° ' ")	X 检核差 ΔX (m)	Y 检核差 ΔY (m)
1	2507005.772	714567.7979	113 05 13.685	22 38 49.526	0 48 14.28	-1.709×10 ⁻⁵	8.2528×10 ⁻⁵
2	2494239.989	714212.2611	113 04 55.002	22 31 54.967	0 47 53.17	-1.697×10 ⁻⁵	8.2052×10 ⁻⁵
3	2506658.355	711330.6563	113 03 20.216	22 38 39.704	0 47 30.22	-1.615×10 ⁻⁵	7.6898×10 ⁻⁵
4	2505530.213	710280.0514	113 02 42.902	22 38 03.524	0 47 14.64	-1.583×10 ⁻⁵	7.5144×10 ⁻⁵
5	2503396.508	709934.8869	113 02 29.798	22 36 54.359	0 47 07.32	-1.572×10 ⁻⁵	7.4594×10 ⁻⁵
6	2503369.195	712593.9511	113 04 02.832	22 36 52.280	0 47 43.06	-1.649×10 ⁻⁵	7.9105×10 ⁻⁵
7	2505724.695	712022.3725	113 03 43.973	22 38 09.061	0 47 38.36	-1.632×10 ⁻⁵	7.8088×10 ⁻⁵
8	2505514.694	715397.8851	113 05 42.003	22 38 00.707	0 48 23.55	-1.734×10 ⁻⁵	8.4038×10 ⁻⁵

完成计算后,用户输入的点的 X, Y 坐标分别存储在 **List X** 与 **List Y** 的奇数行,如 1 行、3 行、5 行等……,反算结果大地经度 L, 纬度 B 与子午线收敛角 r 分别存储在 **List X**, **List Y**, **List Freq** 的偶数行,如 2 行、3 行、5 行等……。用户可以按 MODE $\boxed{4}$ **(REG)** 键进入双变量统计与回归模式查看。

12、程序 PR12, 54 北京系与 80 西安系高斯投影换带计算

主程序: PR12

"GAUSS PROJECT HD PR12"↵	显示程序标题
Deg:ClrStat:FreqOn:Norm1↵	基本设置
Lbl 0↵	
"COORDINATE SYSTEM(54) Or (80)="?W↵	坐标系数字, 只能输入数值 54 或 80
If W≠54:Then If W≠80:Then "NOT BE 54 Or 80,REINPUT.":Goto 0:IfEnd:IfEnd↵	
10→DimZ↵	定义额外数组变量
Prog "COEFFICIENT"↵	
"CENTER L0 1(Deg)="?I↵	输入源坐标中央子午线经度
"CENTER L0 2(Deg)="?J↵	输入目标坐标中央子午线经度
"X1 +CONSTANT(m)="?→Z[6]↵	输入源坐标的 X 坐标加常数
"Y1 +CONSTANT(m)="?→Z[7]↵	输入源坐标的 Y 坐标加常数
"X2 +CONSTANT(m)="?→Z[8]↵	输入目标坐标的 X 坐标加常数
"Y2 +CONSTANT(m)="?→Z[9]↵	输入目标坐标的 Y 坐标加常数
0→K↵	点计数变量清零
Lbl 1↵	
K+1→K↵	点计数变量计数
"POINT X(m)="?X↵	输入点的 X 坐标
"POINT Y(m)="?Y↵	输入点的 Y 坐标
X→List X[2K-1]↵	存点的 X 坐标到统计串列
Y→List Y[2K-1]↵	存点的 Y 坐标到统计串列
X-Z[6]→X↵	去掉 X 坐标加常数后的 X 坐标
Y-Z[7]→Y↵	去掉 Y 坐标加常数后的 Y 坐标
Prog "FS"↵	调反算子程序
L+I-J→L↵	计算点在目标坐标系的经度差
Prog "ZS"↵	调正算子程序
X+Z[8]→List X[2K]↵	存加常数后的高斯 X 坐标到统计串列
Y+Z[9]→List Y[2K]↵	存加常数后的高斯 Y 坐标到统计串列
R→List Freq[2K]↵	存子午线收敛角到统计串列
Norm 1:"NUMBER=":K▲	显示点号
"X(m)=":List X[2K]▲	显示高斯 X 坐标
"Y(m)=":List Y[2K]▲	显示高斯 Y 坐标
"r(DMS)=":R↵DMS▲	显示子午线收敛角

```
"GAUSS PROJECT HD CHECK."↵
Prog "FS"↵
L+J-I→L↵
Prog "ZS"↵
R→List Freq[2K-1]↵
"DELTA X(m)=":X+Z[6]-List X[2K-1]↵
"DELTA Y(m)=":Y+Z[7]-List Y[2K-1]↵
"COMP Next POINT YES(1) Or NO(0)="?:Z[10]↵
If Z[10]=1:Then Goto 1:IfEnd↵
"PR12→END"
```

提示高斯投影正算检核结果
调反算子程序
计算点在源坐标系的经度差
调正算子程序
存源坐标系子午线收敛角到统计串列
显示源坐标检核计算结果
显示源坐标检核计算结果

程序说明：主程序需要调用 COEFFICIENT, ZS, FS 三个子程序，这些程序与 PR10 使用的同名子程序完全相同，换带计算流程是：调反算子程序计算 $X_1, Y_1 \rightarrow L, B$ ；调正算子程序计算 $L, B \rightarrow X_2, Y_2, r_2$ 。检核计算流程为调反算子程序计算 $X_2, Y_2 \rightarrow L, B$ ；调正算子程序计算 $L, B \rightarrow X_1, Y_1, r_1$ 。

程序显示完计算标题后，先提示用户输入高斯投影换带计算的已知数据：大地坐标系选择数值，输入 54 表示选择克拉索夫斯基椭球参数，输入 80 表示选择 IUGG1975 椭球参数；源坐标系中央子午线经度，高斯坐标的 X, Y 加常数，没有加常数时应输入 0 响应；目标坐标系中央子午线经度，高斯坐标的 X, Y 加常数，没有加常数时应输入 0 响应。

然后提示输入源坐标系点的高斯 X_1, Y_1 坐标，每输入完一个点的高斯坐标值后，屏幕显示换带计算出目标坐标系的高斯坐标 X_2, Y_2 与子午线收敛角 r_2 ，然后再 X_2, Y_2 由计算出源坐标系的高斯坐标 X_1, Y_1 ，屏幕显示以 m 为单位的换带检核计算的 X 坐标差与 Y 坐标差值，计算案例数据见表 12-1 所示。

每完成一个点的换带计算后，屏幕显示“COMP Next POINT YES(1) Or NO(0)=?”，按 **[1]** **[EXE]** 键为继续下一个点的换带计算，按 **[0]** **[EXE]** 键为结束程序，屏幕显示“END”。

表 12-1 使用程序 PR12 进行高斯投影换带成果案例

源坐标：1980 西安坐标系，3.38 带，中央子午线经度 $L_0=114^\circ$ ， x 坐标加常数=0m, y 坐标加常数=500000m
目标坐标：1980 西安坐标系，6.19 带，中央子午线经度 $L_0=111^\circ$ ， x 坐标加常数=0m, y 坐标加常数=500000m

序	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	$r(^{\circ} ' ")$	X 检核差 $\Delta X (m)$	Y 检核差 $\Delta Y (m)$
1	2505729.753	406105.944	2506945.934	714504.1634	0 48 13.45	1.937×10^{-5}	-8.0677×10^{-5}
2	2492979.498	405493.918	2494180.107	714148.5971	0 47 52.34	1.924×10^{-5}	-8.0074×10^{-5}
3	2491915.738	390106.501	2492807.288	698779.5148	0 44 24.73	1.512×10^{-5}	-5.4332×10^{-5}
4	2493333.329	422112.671	2494867.775	730765.5270	0 51 35.95	2.51×10^{-5}	-1.1459×10^{-4}
5	2480319.093	404845.484	2481503.502	713753.5780	0 47 30.90	1.911×10^{-5}	-7.9421×10^{-5}
6	2475928.889	390710.926	2476830.262	699703.8386	0 44 18.11	1.523×10^{-5}	-5.5845×10^{-5}

完成计算后，用户输入的点的经度、纬度分别存储在 **List X** 与 **List Y** 的奇数行，通过换带检核计算求出的源坐标系子午线收敛角存储在 **List Freq** 的奇数行，如 1 行、3 行、5 行等……，换带后的高斯坐标 X_2, Y_2 与子午线收敛角 r_2 分别存储在 **List X, List Y, List Freq** 的偶数行，如 2 行、3 行、5 行等……。用户可以按 **(MODE)** **[4]** **(REG)** 键进入双变量统计与回归模式查看。

13、程序 PR13，单交点单圆曲线偏角法中桩放样要素计算

偏角法测设圆曲线是以曲线起点 ZY 或终点 YZ 作为测站，计算出测站至曲线上任一细部点 P_i 的弦线与切线的夹角 γ_i (弦切角，也称偏角) 和弦长 c_i ，据此确定 P_i 点的位置，见图 13-1 所示。

① 测设数据计算

设 P_1 为曲线上的第一个整桩，它与曲线起点 ZY 间弧长为 l' ($l' < l_0$)，以后 P_1 与 P_2 ， P_2 与 P_3 ， P_i 与 P_{i+1} ，…弧长都是 l_0 。设 l' 所对圆心角为 φ' ， l_0 所对圆心角为 φ_0 ， l'' 圆心角为 φ'' ，则 φ' ， φ_0 ， φ'' 按下式计算

$$\varphi' = \frac{l' 180}{R \pi}, \quad \varphi_0 = \frac{l_0 180}{R \pi}, \quad \varphi'' = \frac{l'' 180}{R \pi} \quad (13-1)$$

设圆曲线起点 ZY 至 P_i 点的弧长为 l_i ，所对的圆心角为 φ_i ，则有

$$\left. \begin{aligned} l_i &= l' + (i-1)l_0 \\ \varphi_i &= \varphi' + (i-1)\varphi_0 = \frac{l_i 180}{R \pi} \end{aligned} \right\} \quad (13-2)$$

作为计算检核，所有 φ 角之和应等于交点的转角 Δ ，即有

$$\varphi' + (n-1)\varphi_0 + \varphi'' = \Delta \quad (13-3)$$

曲线起点至任一细部点的弦长为

$$c_i = 2R \sin \frac{\varphi_i}{2} = 2R \sin \gamma_i \quad (13-3)$$

式中，弦切角 γ_i 等于同弧所对圆心角 φ_i 的一半，即有

$\gamma_i = \varphi_i / 2$ 。弧弦差为

$$\delta_i = l_i - c_i = l_i - 2R \sin \frac{l_i}{R} \quad (13-4)$$

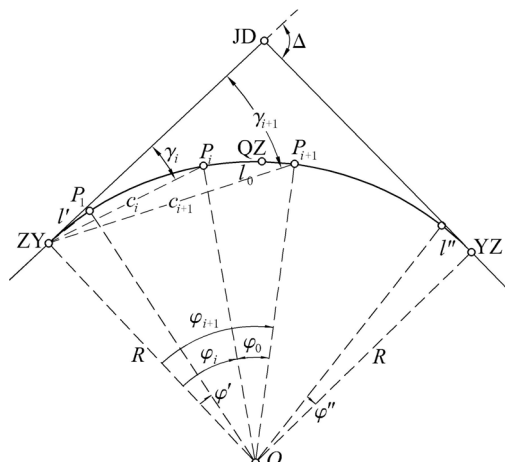


图 13-1 圆曲线及其测设元素

主程序: PR13

"SINGLE CIRCLE CURVE"↵

"METHOD OF DEFLECTION ANGLE"↵

Deg:ClrStat:FreqOn:Fix 3↵

4→DimZ↵

"JD MILEAGE PEG(m)"=?Z↵

"TURNING ANGLE -L,+R(Deg)"=?Q↵

Q→Z[4]:Abs(Q)→D↵

"R(m)"=?R↵

If R<30:Then 5→I:Else If R<60:Then 10→I:Else 20→I:IfEnd:IfEnd↵

确定整桩间距

Rtan(0.5D)→T↵

RD π ÷ 180→L↵

R(cos(0.5D)-1)→E↵

2T-L→J↵

"T(m)"=:T↵

"L(m)"=:L↵

"E(m)"=:E↵

"J(m)"=:J↵

Z-T→Z[1]↵

Z[1]+0.5L→Z[2]↵

Z[2]+0.5L→Z[3]↵

"ZY(m)"=:Z[1]↵

"QZ(m)"=:Z[2]↵

"YZ(m)"=:Z[3]↵

Z[1]→List X[1]:0→List Freq[1]↵

2→K↵

Int(Z[1]÷D)+I→List X[K]↵

Prog "X[K]-GC"↵

显示程序标题 1

显示偏角法英文标题 2

设置角度单位为十进制度

定义额外数组变量

输入以 m 为单位的交点桩号

输入交点路线转角,左偏为负,右偏为正

保存转角及符号

输入圆曲线半径

计算切线长

计算曲线长

计算外距

计算切曲差

显示切线长

显示曲线长

显示外距

显示切曲差

计算 ZY 点桩号

计算 QZ 点桩号

计算 YZ 点桩号

显示 ZY 点桩号

显示 QZ 点桩号

显示 YZ 点桩号

存储 ZY 点桩号

为计数变量赋初值

计算并存储从 ZY 点开始的第一个整桩号

调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C

```

Do
K+1→K
List X[K-1]+I→List X[K]
Prog "X[K]-GC"
LpWhile List X[K]+I<Z[2]
K+1→K
Z[2]→List X[K]
Prog "X[K]-GC"
K+1→K
Int(Z[2]÷D)I+I→List X[K]
Prog "X[K]-GC"
Do
K+1→K
List X[K-1]+I→List X[K]
Prog "X[K]-GC"
LpWhile List X[K]+I<Z[3]
K+1→K:Z[3]→List X[K]:0→List Freq[K]
"END"

```

计算 ZY 点至 QZ 点
计数变量计数
计算并存储整桩号
调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
还没有计算到 QZ 点时继续循环
计数变量计数
QZ 点的桩号
调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
计数变量计数
计算并存储从 QZ 点开始的第一个整桩号
调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
计算 YZ 点至逐桩点的弦长
计数变量计数
计算并存储整桩号
调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
还没有计算到 QZ 点时继续循环
存储 YZ 点桩号

由逐桩点桩号计算弧长、弦切角与弦长子程序: X[K]-GC

入口参数为逐桩点桩号 **List X[K]**, 计算出的弦切角存储在 **List Y[K]**, 弦长存储在 **List Freq[K]**。

```

If List X[K]≤Z[2]:Then List X[K]-Z[1]→H
Else Z[3]-List X[K]→H:IfEnd
90H÷(Rπ)→G
2Rsin(G)→C
If Z[4]<0 Then If X[K]≤Z[2]:Then -G→List Y[K]:Else G→List Y[K]:IfEnd
Else If X[K]≤Z[2]:Then G→List Y[K]:Else -G→List Y[K]:IfEnd:IfEnd
C→List Freq[K]
If List X[K]=Z[2]:Then "QZ PEG(m)="
Else "INT PEG(m)=":IfEnd
List X[K]
"DEFLECTION ANGLE-L,+R(Deg)=":List Y[K]DMS
"CHORDAL LENGTH(m)=":List Freq[K]
Return

```

计算 ZY 点至逐桩点的弧长
计算 YZ 点至逐桩点的弧长
计算 ZY 或 YZ 点至逐桩点的弦切角
计算 ZY 或 YZ 点至逐桩点的弦长
判断正拨角与反拨角
判断正拨角与反拨角
存储弦长到统计串列
判断桩号提示字符
左偏为负,右偏为正

程序说明: 主程序需要调用子程序 X[K]-GC。

程序显示完计算标题后, 提示用户输入的三个已知数据分别为: 以米为单位的交点桩号、路线转角(左转输入负数, 右转输入正数)与圆曲线半径。

完成已知数据输入后, 屏幕先显示曲线要素: 切线长、曲线长、外距、切曲差及 ZY, QZ, YZ 三个主点的桩号; 然后依次显示逐桩点的桩号、偏角与弦长。表 13-1 为左转角计算案例。

表 13-1 单交点单圆曲线左转角偏角与弦长计算案例

序	桩号	$\gamma(^{\circ} \ ' \ '')$	c (m)	已知数据与要素
1	ZY K254+600.526	0	0	JD=K254+708.84
2	620	-0 41 50.54	19.474	$\Delta_L = -15^{\circ} 25' 16''$
3	640	-1 24 48.85	39.470	R = 800m
4	660	-2 07 47.16	59.461	T = 108.314m
5	680	-2 50 45.47	79.442	L = 215.319m
6	700	-3 33 43.78	99.410	E = 7.299m

7	QZ K254+708.185	-3 51 19	107.578	$J = 1.309\text{m}$
8	720	3 25 55.91	95.788	ZY=K254+600.526
9	740	2 42 57.60	75.817	QZ=K254+708.185
10	760	1 59 59.29	55.834	YZ=K254+815.845
11	780	1 17 00.98	35.842	
12	800	0 34 02.67	15.845	
13	YZ K254+815.845	0	0	

完成计算后，切线长、曲线长、外距、切曲差分别存储在字母变量 **T**、**L**、**E**、**J** 中，**ZY**、**QZ**、**YZ** 三个主点的桩号分别存储在额外数组变量 **Z[1]**、**Z[2]**、**Z[3]** 中，路线转角存储在 **Z[4]** 中，逐桩点的桩号、偏角与弦长分别存储在 **List X**、**List Y**、**List Freq** 中，用户可以按 MODE $\boxed{4}$ (**REG**) 键进入双变量统计与回归模式查看。

14、程序 PR14，单交点单圆曲线切线支距法中桩放样要素计算

切线支距法是以曲线起点 **ZY**(或终点 **YZ**) 为独立坐标系的原点，切线为 **x** 轴，过原点的半径方向为 **y** 轴，计算出曲线细部点 P_i 在该独立坐标系中的坐标 (x_i, y_i) 进行测设。该法适合于使用钢尺作为量距工具进行测设。

图 14-1 标出了曲线起点 **ZY** 至曲线中点 **QZ** 的半条圆曲线上各点的直角坐标。另外半条圆曲线为曲线终点 **YZ** 至曲线中点 **QZ** 之间，测设方法相同。

如图 14-1 所示，设 **ZY** 点至 P_i 点的弧长为 l_i ，所对的圆心角为 φ_i ，曲线半径为 R ，则 x_i, y_i 的计算公式为：

$$\varphi_i = \frac{l_i}{R} \frac{180}{\pi} \quad (14-1)$$

$$\left. \begin{aligned} x_i &= R \sin \varphi_i \\ y_i &= R(1 - \cos \varphi_i) \end{aligned} \right\} \quad (14-2)$$

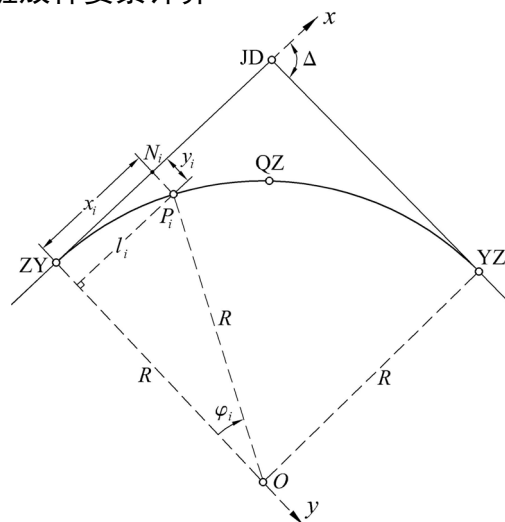


图 14-1 切线支距法测设圆曲线

主程序：PR14

```
"SINGLE CIRCLE CURVE PR14"↵
"TANGENT OFF-SET METHOD"↵
Deg:ClrStat:FreqOn:Norm 1↵
4→DimZ↵
"JD MILEAGE PEG(m)="?Z↵
"TURNING ANGLE -L,+R(Deg)="?Q↵
Q→Z[4]:Abs(Q)→D↵
Fix 3↵
"R(m)="?R↵
If R<30:Then 5→I:Else If R<60:Then 10→I:Else 20→I:IfEnd:IfEnd↵
Rtan(0.5D)→T↵
RD π ÷ 180→L↵
R(cos(0.5D)-1-1)→E↵
2T-L→J↵
"T(m)="?T↵
"L(m)="?L↵
"E(m)="?E↵
```

显示程序标题 1
 显示偏角法英文标题 2
 基本设置
 定义额外数组变量
 输入以 **m** 为单位的交点桩号
 输入交点路线转角,左偏为负,右偏为正
 保存转角及符号
 输入圆曲线半径
 确定整桩间距
 计算切线长
 计算曲线长
 计算外距
 计算切曲差
 显示切线长
 显示曲线长
 显示外距

"J(m)=":J▲	显示切曲差
Z-T→Z[1]↵	计算 ZY 点桩号
Z[1]+0.5L→Z[2]↵	计算 QZ 点桩号
Z[2]+0.5L→Z[3]↵	计算 YZ 点桩号
"ZY(m)=":Z[1]▲	显示 ZY 点桩号
"QZ(m)=":Z[2]▲	显示 QZ 点桩号
"YZ(m)=":Z[3]▲	显示 YZ 点桩号
Z[1]→List X[1]:0→List Freq[1]↵	存储 ZY 点桩号
2→K↵	为计数变量赋初值
Int(Z[1]÷D)I+I→List X[K]↵	计算并存储从 ZY 点开始的第一个整桩号
Prog "X[K]-XY"↵	调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
Do↵	计算 ZY 点至 QZ 点
K+1→K↵	计数变量计数
List X[K-1]+I→List X[K]↵	计算并存储整桩号
Prog "X[K]-XY"↵	调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
LpWhile List X[K]+I<Z[2]↵	还没有计算到 QZ 点时继续循环
K+1→K↵	计数变量计数
Z[2]→List X[K]↵	QZ 点的桩号
Prog "X[K]-XY"↵	调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
K+1→K↵	计数变量计数
Int(Z[2]÷D)I+I→List X[K]↵	计算并存储从 QZ 点开始的第一个整桩号
Prog "X[K]-XY"↵	调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
Do↵	计算 YZ 点至逐桩点的弦长
K+1→K↵	计数变量计数
List X[K-1]+I→List X[K]↵	计算并存储整桩号
Prog "X[K]-XY"↵	调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
LpWhile List X[K]+I<Z[3]↵	还没有计算到 QZ 点时继续循环
K+1→K:Z[3]→List X[K]:0→List Freq[K]↵	存储 YZ 点桩号
"PR14→END"	

由逐桩点桩号计算弧长与切线支距: X[K]-XY

入口参数为逐桩点桩号 List X[K], 计算出的切线存储在 List Y[K], 支距存储在 List Freq[K]。

If List X[K]≤Z[2]:Then List X[K]-Z[1]→H↵	计算 ZY 点至逐桩点的弧长
Else Z[3]-List X[K]→H:IfEnd↵	计算 YZ 点至逐桩点的弧长
180H÷(R π)→F↵	计算 ZY 或 YZ 点至逐桩点的圆心角
Rsin(F)→List Y[K]↵	计算 ZY 或 YZ 点至逐桩点的切线
R(1-cos(F))→List Freq[K]↵	存储支距到统计串列
If List X[K]=Z[2]:Then "QZ PEG(m)="↵	判断桩号提示字符
Else "INT PEG(m)=":IfEnd↵	
List X[K]▲	
"X(m)=":List Y[K]▲	
"Y(m)=":List Freq[K]▲	
Return	

程序说明: 主程序需要调用子程序 X[K]-XY。

程序显示完计算标题后, 提示用户输入的三个已知数据分别为: 以米为单位的交点桩号、路线转角(左转输入负数, 右转输入正数)与圆曲线半径。

完成已知数据输入后, 屏幕先显示曲线要素: 切线长、曲线长、外距、切曲差及 ZY, QZ, YZ 三个主点的桩号; 然后依次显示逐桩点的桩号、切线与支距。表 14-1 为右转角计算案例。

表 14-1 使用程序 PR14 进行单交点单圆曲线右转角切线与支距计算案例

序	桩号	x (m)	y (m)	已知数据与要素
1	ZY K3+114.043	0	0	JD=K3+182.76
2	120	5.956	0.059	$\Delta_R=25^\circ 48' 10''$
3	140	25.924	1.122	$R=300\text{m}$
4	160	45.777	3.513	$T=68.717\text{m}$
5	180	65.427	7.221	$L=135.103\text{m}$
6	QZ K3+181.595	66.982	7.573	$E=7.769\text{m}$
7	200	48.927	4.017	$J=2.331\text{m}$
8	220	29.100	1.415	ZY=K3+114.043
9	240	9.145	0.139	QZ=K3+181.595
10	YZ K3+249.146	0	0	YZ=K3+249.146

完成计算后,切线长、曲线长、外距、切曲差分别存储在字母变量 **T**, **L**, **E**, **J** 中, **ZY**, **QZ**, **YZ** 三个主点的桩号分别存储在额外数组变量 **Z[1]**, **Z[2]**, **Z[3]** 中, 路线转角存储在 **Z[4]** 中, 逐桩点的桩号、切线与支距分别存储在 **List X**, **List Y**, **List Freq** 中, 用户可以按 MODE $\boxed{4}$ (**REG**) 键进入双变量统计与回归模式查看。

15、程序 PR15, 单交点单圆曲线中桩坐标计算

坐标放样法是计算出圆曲线三个主点与逐桩点的测量坐标, 利用全站仪直接放样中桩点的坐标。由图 13-1 可知, 逐桩点测量坐标可以根据偏角与弦长推算出, 由于是计算点的坐标, 可以只从 ZY 点推算出全部点的测量坐标, 而不必再从 YZ 点计算。

设 ZY 点至 JD 的方位角为 α_0 , 则 ZY 点至逐桩点 P_i 的方位角为

$$\alpha_i = \alpha_0 \pm \gamma_i \quad (15-1)$$

式中的 \pm , 为右转角 $\Delta > 0$ 时取 “+”, 为左转角 $\Delta < 0$ 时取 “-”。 P_i 坐标的计算公式为

$$\begin{cases} x_i = x_{ZY} + c_i \cos \alpha_i \\ y_i = y_{ZY} + c_i \sin \alpha_i \end{cases} \quad (15-2)$$

主程序: PR15

"SINGLE CIRCLE CURVE PR15"↵

"METHOD OF COORDINATE"↵

Deg:ClrStat:FreqOn:Norm 1↵

4↵DimZ↵

"JD MILEAGE PEG(m)="?Z↵

"JD X(m)="?U↵

"JD Y(m)="?V↵

"ZD X(m)="?M↵

"ZD Y(m)="?N↵

Pol(U-M,V-N):Cls↵

If J<0:Then J+360→A:Else J→A:IfEnd↵

"TURNING ANGLE -L,+R(Deg)="?Q↵

Q→Z[4]:Abs(Q)→D↵

Fix 3↵

"R(m)="?R↵

If R<30:Then 5→I:Else If R<60:Then 10→I:Else 20→I:IfEnd:IfEnd↵

Rtan(0.5D)→T↵

RD $\pi \div 180$ →L↵

R(cos(0.5D)⁻¹-1)→E↵

2T-L→J:Fix 3↵

"T(m)="?T↵

显示程序标题 1

显示坐标法英文标题 2

设置角度单位为十进制度

定义额外数组变量

输入以 m 为单位的交点桩号

输入交点 X 坐标

输入交点 Y 坐标

输入转点 X 坐标

输入转点 Y 坐标

判断 ZD→JD 的方位角

输入交点路线转角,左偏为负,右偏为正

保存转角及符号

输入圆曲线半径

确定整桩间距

计算切线长

计算曲线长

计算外距

计算切曲差

显示切线长

"L(m)=":L▲	显示曲线长
"E(m)=":E▲	显示外距
"J(m)=":J▲	显示切曲差
Z-T→Z[1]↵	计算 ZY 点桩号
Z[1]+0.5L→Z[2]↵	计算 QZ 点桩号
Z[2]+0.5L→Z[3]↵	计算 YZ 点桩号
"ZY(m)=":Z[1]▲	显示 ZY 点桩号
"QZ(m)=":Z[2]▲	显示 QZ 点桩号
"YZ(m)=":Z[3]▲	显示 YZ 点桩号
Z[1]→List X[1]↵	存储 ZY 点的桩号到统计串列
U-Tcos(A)→List Y[1]:V-Tsin(A)→List Freq[1]↵	计算并存储 ZY 点的测量坐标到统计串列
"ZY PEG(m)=":List X[1]▲	
"ZY-X(m)=":List Y[1]▲	
"ZY-Y(m)=":List Freq[1]▲	
2→K↵	为计数变量赋初值
Int(Z[1]÷D)+I→List X[K]↵	计算并存储从 ZY 点开始的第一个整桩号
Prog "X[K]-GCXY"↵	调子程序计算并显示逐桩点的测量坐标
0→F↵	设置没有计算 QZ 点坐标标记数字
Do↵	
K+1→K↵	计数变量计数
List X[K-1]+I→List X[K]↵	计算并存储整桩号
If F=0 Then If List X[K]<Z[2]:Then Prog "X[K]-GCXY"↵	整桩点的测量坐标
Else List X[K]→List X[K+1]:Z[2]→List X[K]↵	
Prog "X[K]-GCXY"↵	调子程序计算并显示 QZ 点的测量坐标
1→F↵	标记已完成 QZ 点的测量坐标计算
K+1→K↵	计数变量计数
Prog "X[K]-GCXY"↵	调子程序计算并显示整桩点的测量坐标
IfEnd↵	
Else Prog "X[K]-GCXY"↵	调子程序计算并显示整桩点的测量坐标
IfEnd↵	
LpWhile List X[K]+I<Z[3]↵	还没有计算到 YZ 点时继续循环
K+1→K↵	计数变量计数
Z[3]→List X[K]↵	
Prog "X[K]-GCXY"↵	调子程序计算并显示 YZ 点的测量坐标
"PR15→END"	

由逐桩点桩号计算弧长、弦切角、弦长与测量坐标子程序: X[K]-GCXY

入口参数为逐桩点桩号 List X[K], 计算出的 X 坐标存储在 List Y[K], Y 坐标存储在 List Freq[K]。

List X[K]-Z[1]→H↵	计算 ZY 点至逐桩点的弧长
90H÷(R π)→G↵	计算 ZY 点至逐桩点的弦切角
2Rsin(G)→C↵	计算 ZY 点至逐桩点的弦长
If Z[4]<0 Then A-G→W:Else A+G→W:IfEnd↵	计算 ZY 点至逐桩点的方位角
List Y[1]+Ccos(W)→List Y[K]↵	存储 X 坐标到统计串列
List Freq[1]+Csin(W)→List Freq[K]↵	存储 Y 坐标到统计串列
If List X[K]=Z[2]:Then "QZ PEG(m)=":List X[K]▲	判断桩号提示字符
Else If List X[K]=Z[3]:Then "YZ PEG(m)=":List X[K]▲	
Else "INT PEG(m)=":List X[K]▲	
IfEnd:IfEnd↵	

"X(m)":"List Y[K]▲

"Y(m)":"List Freq[K]▲

Return

程序说明：主程序需要调用子程序 X[K]-GCXY。

程序显示完计算标题后，提示用户输入的已知数据分别为：交点桩号及其 X, Y 坐标、转点桩号及其 X, Y 坐标，路线转角(左转输入负数，右转输入正数)与圆曲线半径。

完成已知数据输入后，屏幕先显示曲线要素：切线长、曲线长、外距、切曲差及 ZY, QZ, YZ 三个主点的桩号；然后按桩号大小顺序显示主点与逐桩点的桩号及其 X, Y 坐标。表 15-1 为左转角坐标计算案例。

表 15-1 使用程序 PR15 进行单交点单圆曲线左转角中桩坐标计算案例

序	桩号	x (m)	y (m)	已知数据与要素	x (m)	y (m)
1	ZY K62+24.764	7639.376	3185.731	JD=K62+118.74	7624.394	3278.506
2	40	7637.176	3200.808	ZD	7643.251	3161.732
3	60	7634.988	3220.686	$\Delta = -21^\circ 17' 22''$		
4	80	7633.597	3240.636	R=500m		
5	100	7633.004	3260.626	T=93.976m		
6	QZ K62+117.656	7633.146	3278.281	L=185.785m		
7	120	7633.212	3280.624	E=8.755m		
8	140	7634.219	3300.597	J=2.167m		
9	160	7636.024	3320.514	ZY=62024.764m		
10	180	7638.623	3340.343	QZ=62117.656m		
11	200	7642.014	3360.052	YZ=62210.549m		
12	YZ K62+210.549	7644.119	3370.389			

完成计算后，切线长、曲线长、外距、切曲差分别存储在字母变量 **T, L, E, J** 中，**ZY, QZ, YZ** 三个主点的桩号分别存储在额外数组变量 **Z[1], Z[2], Z[3]** 中，路线转角存储在 **Z[4]** 中，主点与逐桩点的桩号及其 X, Y 坐标分别存储在 **List X, List Y, List Freq** 中，用户可以按 **(MODE) 4 (REG)** 键进入双变量统计与回归模式查看。

16、程序 PR16，单交点对称基本形曲线偏角法中桩放样要素计算

如图 16-1 所示，基本型曲线是由“缓和曲线+圆曲线+缓和曲线”连接而成的组合曲线，它有 **ZH, HY, QZ, YH, HZ** 五个主点，在主点 **ZH, HY, YH, HZ** 处不存在曲率突变。

基本型曲线的设计元素为路线转角 Δ 、半径 R 、缓和曲线参数 A 、缓和曲线长 L_h 和交点里程 Z_{JD} 。

圆曲线内移值 p 和切线增量 q 的计算公式为：

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{L_h^2}{24R} \\ q &= \frac{L_h}{2} - \frac{L_h^3}{240R^2} \end{aligned} \right\} \quad (16-1)$$

曲线主点测设要素的计算公式为：

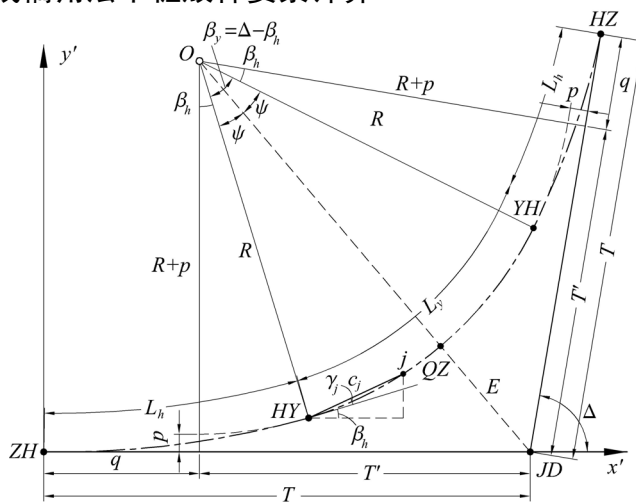


图 16-1 对称基本型曲线元素

$$\left. \begin{array}{l} \text{切线长} \quad T = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + q \\ \text{曲线长} \quad L = R(\Delta - 2\beta_h) \frac{\pi}{180} + 2L_h \\ \text{其中圆曲线长} \quad L_y = R(\Delta - 2\beta_h) \frac{\pi}{180} \\ \text{外距} \quad E = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \\ \text{切曲差} \quad J = 2T - L \end{array} \right\} \quad (16-2)$$

式中, $\beta_h = \frac{L_h}{2R} \frac{180}{\pi} = \frac{90L_h}{\pi R}$, 为缓和曲线末端偏角, 缓和曲线长为 l 的偏角计算公式为

$$\beta = \frac{l^2}{2A^2} = \frac{l^2}{2(RL_h)^2} \quad (16-3)$$

五个主点 ZH、HY、QZ、YH、HZ 桩号的计算公式为:

$$\left. \begin{array}{l} Z_{ZH} = Z_{JD} - T \\ Z_{HY} = Z_{ZH} + L_h \\ Z_{QZ} = Z_{ZH} + \frac{L}{2} \\ Z_{YH} = Z_{HY} + L_y \\ Z_{HZ} = Z_{YH} + L_h \\ Z_{HZ} = Z_{JD} + T - J \end{array} \right\} \quad (16-4)$$

偏角法测设测设元素的计算

① 细部点 j 位于 ZH~HY 段的情形

设缓和曲线段上任一点 j 的桩号为 Z_j , 则 ZH 点至 j 点的曲线长为 $l_j = Z_j - Z_{ZH}$ 。在图 16-1 的 $ZH - x' - y'$ 坐标系中, j 点坐标的计算公式为:

$$\left. \begin{array}{l} x'_j = l_j - \frac{l_j^5}{40R^2L_h^2} + \frac{l_j^9}{3456R^4L_h^4} \\ y'_j = \frac{l_j^3}{6RL_h} - \frac{l_j^7}{336R^3L_h^3} + \frac{l_j^{11}}{42240R^5L_h^5} \end{array} \right\} \quad (16-5)$$

由此计算出 j 点的偏角与弦长为

$$\gamma_j = \tan \frac{y'_j}{x'_j}, \quad d_j = \sqrt{x'^2_j + y'^2_j} \quad (16-6)$$

② 细部点 j 位于 HY~QZ 段的情形

HY 点在独立坐标系 $ZH - x' - y'$ 中的坐标计算公式为:

$$\left. \begin{array}{l} x'_{HY} = L_h - \frac{L_h^3}{40R^2} + \frac{L_h^5}{3456R^4} \\ y'_{HY} = \frac{L_h^2}{6R} - \frac{L_h^4}{336R^3} + \frac{L_h^6}{42240R^5} \end{array} \right\} \quad (16-7)$$

j 点至 HY 点的弧长为 $l_j - L_h$, 则有弦切角与弦长计算公式为

$$\gamma_j = \frac{l_j - L_h}{2R} \frac{180}{\pi} = \frac{l_j - L_h}{R} \frac{90}{\pi} \quad (16-8)$$

$$c_j = 2R \sin \gamma_j \quad (16-9)$$

j 点的坐标计算公式为

$$\left. \begin{aligned} x'_j &= x'_{HY} + c_j \cos(\beta_h + \gamma_j) \\ y'_j &= y'_{HY} + c_j \sin(\beta_h + \gamma_j) \end{aligned} \right\} \quad (16-10)$$

j 点的偏角与弦长仍然按式(16-6)计算。

由于曲线相对于 $O-QZ$ 线对称, 当细部点位于 $QZ \sim YH$ 及 $YH \sim HZ$ 段时, 可以参照上述公式计算偏角及弦长。

主程序: PR16

"BASIC TYPE CURVE"↵

显示程序标题 1

"METHOD OF COORDINATE PR16"↵

显示坐标法英文标题 2

Deg:ClrStat:FreqOn:Norm 1↵

设置角度单位为十进制度

14→DimZ↵

定义额外数组变量

"JD MILEAGE PEG(m)="?Z↵

输入以 m 为单位的交点桩号

"TURNING ANGLE -L,+R(Deg)="?D↵

输入交点路线转角,左偏为负,右偏为正

D→Z[6]:Abs(D)→D↵

保存转角及符号

Fix 3↵

"R(m)="?R↵

输入圆曲线半径

"Lh(m)="?H↵

输入缓和曲线长

If R<30:Then 5→I:Else If R<60:Then 10→I:Else 20→I:IfEnd:IfEnd↵

确定整桩间距

H²÷(24R)→P:0.5H-H^(3)÷(240R²)→Q↵

计算切线增量与内移值

(R+P)tan(0.5D)+Q→T↵

计算切线长

90H÷(πR)→B↵

计算缓和曲线偏角

πR(D-2B)÷180→A↵

计算圆曲线长

A+2H→L↵

计算曲线长

(R+P)cos(0.5D)⁻¹-R→E↵

计算外距

2T-L→J:Fix 3↵

计算切曲差

"T(m)="?T↵

显示切线长

"LY(m)="?A↵

显示圆曲线长

"L(m)="?L↵

显示曲线长

"E(m)="?E↵

显示外距

"J(m)="?J↵

显示切曲差

Z-T→Z[1]↵

计算 ZH 点桩号 1

Z[1]+H→Z[2]↵

计算 HY 点桩号 2

Z[2]+0.5A→Z[3]↵

计算 QZ 点桩号 3

Z[3]+0.5A→Z[4]↵

计算 YH 点桩号 4

Z[4]+H→Z[5]↵

计算 HZ 点桩号 5

"ZH(m)="?Z[1]↵

显示 ZH 点桩号 1

"HY(m)="?Z[2]↵

显示 HY 点桩号 2

"QZ(m)="?Z[3]↵

显示 QZ 点桩号 3

"YH(m)="?Z[4]↵

显示 YH 点桩号 4

"HZ(m)="?Z[5]↵

显示 HZ 点桩号 5

Z[1]→List X[1]:0→List Freq[1]↵

存储 ZH 点桩号

2→K↵

为计数变量赋初值

```

H→Z[10]:Prog "Z[10]-XY"↵
Z[13]→Z[11]:Z[14]→Z[12]↵
Int(Z[1]÷D)I+I→List X[K]↵
Prog "X[K]-HGC"↵
0→F↵
Do↵
K+1→K↵
List X[K-1]+I→List X[K]↵
If List X[K]<Z[2]↵
Then Prog "X[K]-HGC"↵
Else If F=0:Then X[K]→List X[K+1]↵
Z[2]→List X[K]↵
Prog "X[K]-HGC"↵
1→F:K+1→K↵
Prog "X[K]-HGC"↵
Else Prog "X[K]-HGC"↵
IfEnd:IfEnd↵
LpWhile List X[K]+I<Z[3]↵
K+1→K↵
Z[3]→List X[K]↵
Prog "X[K]-HGC"↵
K+1→K↵
Int(Z[3]÷D)I+I→List X[K]↵
Prog "X[K]-HGC"↵
0→F↵
Do↵
K+1→K↵
List X[K-1]+I→List X[K]↵
If List X[K]<Z[4]↵
Then Prog "X[K]-HGC"↵
Else If F=0:Then X[K]→List X[K+1]↵
Z[4]→List X[K]↵
Prog "X[K]-HGC"↵
1→F:K+1→K↵
Prog "X[K]-HGC"↵
Else Prog "X[K]-HGC"↵
IfEnd:IfEnd↵
LpWhile List X[K]+I<Z[5]↵
K+1→K:Z[5]→List X[K]:0→List Freq[K]↵
"PR16→END"

```

调子程序计算 HY 或 YH 点的独立坐标
 存储 HY 点的独立坐标
 计算并存储从 ZH 点开始的第一个整桩号
 调子程序计算并显示弦切角 G 与弦长 C
 清除 HY 点计算标记
 计算 ZH 点至 QZ 点
 计数变量计数
 计算并存储整桩号
 ZH~HY 点间
 调子程序计算 ZH~HY 点间的点

调子程序计算 HY 点
 标记 HY 点已完成，计数变量计数，再计算逐桩点
 调子程序计算 HY 点后的第一个整桩点
 调子程序计算 HY~QZ 点间的点

还没有计算到 QZ 点时继续循环
 计数变量计数
 QZ 点的桩号
 调子程序计算 QZ 点
 计数变量计数

调子程序计算 QZ 点开始的第一个整桩号
 清除 YH 点计算标记
 计算 QZ~HZ 点间的点
 计数变量计数
 计算并存储整桩号
 QZ~YH 点间
 调子程序计算 ZH~HY 点间的点

调子程序计算 YH 点
 标记 YH 点已完成，计数变量计数，再计算逐桩点
 调子程序计算 YH 点后的第一个整桩点
 调子程序计算 YH~HZ 点间的点

还没有计算到 HZ 点时继续循环
 存储 HZ 点桩号

由缓和曲线长 Z[10]计算 x' ， y' 子程序：Z[10]-XY

入口参数为缓和曲线长 Z[10]，计算出的 x' ， y' 分别存储在 Z[13]与 Z[14]中。

```

Z[10]-Z[10]^(5)÷(40R²H²)+Z[10]^(9)÷(3456R^(4)H^(4))→Z[13]↵
Z[10]^(3)÷(6RH)-Z[10]^(7)÷(336R^(3)H^(3))+Z[10]^(11)÷(42240R^(5)
H^(5))→Z[14]↵

```

Return

由逐桩点桩号计算弧长、弦切角与弦长子程序：X[K]-HGC

入口参数为逐桩点桩号 List X[K]，计算出的弦切角存储在 List Y[K]，弦长存储在 List

Freq[K]。

```

If List X[K]≤Z[3]↵                               逐桩点位于 ZH~QZ 之间
Then If List X[K]≤Z[2]:Then List X[K]-Z[1]→Z[10]↵       计算 ZH 点至逐桩点的弧长
Progr "Z[10]-XY"↵                                       调子程序计算逐桩点的独立坐标
Else List X[K]-Z[2]→Z[10]↵
90Z[10]÷(πR)→G↵                                       反算 HY 点至逐桩点的弦切角
2Rsin(G)→C↵                                           反算 HY 点至逐桩点的弦长
Z[11]+Ccos(B+G)→Z[13]↵                               位于 HY~QZ 段的逐桩点独立坐标
Z[12]+Csin(B+G)→Z[14]↵
IfEnd↵
tan-1(Z[14]÷Z[13])→G↵                               计算 HY 点至逐桩点的圆弧长
√(Z[13]2+Z[14]2)→List Freq[K]↵                     反算 ZH 点至逐桩点的弦切角
                                                    计算并存储 ZH 点至逐桩点的弦长
If Z[6]<0 Then -G→List Y[K]:Else G→List Y[K]:IfEnd↵   判断正拨角与反拨角
Else If List X[K]>Z[4]:Then Z[5]-List X[K]→Z[10]↵     逐桩点位于 QZ~HZ 之间
Progr "Z[10]-XY"↵                                       调子程序计算逐桩点的独立坐标
Else Z[4]-List X[K]→Z[10]↵
90Z[10]÷(πR)→G↵                                       反算 YH 点至逐桩点的弦切角
2Rsin(G)→C↵                                           反算 YH 点至逐桩点的弦长
Z[11]+Ccos(B+G)→Z[13]↵                               位于 QZ~YH 段的逐桩点独立坐标
Z[12]+Csin(B+G)→Z[14]↵
IfEnd↵
tan-1(Z[14]÷Z[13])→G↵                               计算 HY 点至逐桩点的圆弧长
√(Z[13]2+Z[14]2)→List Freq[K]↵                     反算 ZH 点至逐桩点的弦切角
                                                    计算并存储 ZH 点至逐桩点的弦长
If Z[6]<0 Then G→List Y[K]:Else -G→List Y[K]:IfEnd↵   判断正拨角与反拨角
IfEnd↵
If List X[K]=Z[2]:Then "HY PEG(m)="↵                 判断桩号提示字符
Else If List X[K]=Z[3]:Then "QZ PEG(m)="↵
Else If List X[K]=Z[4]:Then "YH PEG(m)="↵
Else "INT PEG(m)="↵
IfEnd:IfEnd:IfEnd↵
List X[K]▲
"DEFLECTION ANGLE-L, +R(Deg)=":List Y[K]▶DMS▲       左偏为负,右偏为正
"CHORDAL LENGTH(m)=":List Freq[K]▲
Return

```

程序说明：主程序需要调用子程序 X[K]-HGC，子程序 X[K]-HGC 需要调用子程序 Z[10]-XY。

程序显示完计算标题后，提示用户输入的已知数据分别为：以米为单位的交点桩号、路线转角（左转输入负数，右转输入正数）、圆曲线半径与缓和曲线长。

完成已知数据输入后，屏幕先显示曲线要素：切线长、圆曲线长、曲线长、外距、切曲差及 ZH, HY, QZ, YH, HZ 五个主点的桩号；然后依次显示逐桩点的桩号、偏角与弦长。表 16-1 为右转角计算案例。

表 16-1 使用程序 PR16 进行单交点对称基本型曲线右转角偏角与弦长计算案例

序	桩号	$\gamma(^{\circ} \ ' \ '')$	c (m)	已知数据与要素
1	ZH=K17+443.277	0	0	JD=K17+568.38
2	460	0 08 32.75	16.723	$\Delta_R = 38^{\circ} 30'$
3	480	0 41 12.57	36.721	$R = 250\text{m}$
4	500	1 38 18.84	56.705	$L_h = 75\text{m}$
5	HY=K17+518.277	2 51 51.27	74.925	$T = 125.103\text{m}$
6	520	2 59 50.22	76.639	$L_y = 92.988\text{m}$
7	540	4 42 30.69	96.468	$L = 242.988\text{m}$

8	560	6 37 02.17	116.150	$E = 15.799m$
9	QZ=K17+564.771	7 05 27.53	120.819	$J = 7.218m$
10	580	-5 36 04.97	105.878	ZH=K17+443.277
11	600	-3 46 49.16	86.115	HY=K17+518.277
12	YH=K17+611.265	-2 51 51.27	74.925	QZ=K17+564.771
13	620	-2 14 09.85	66.224	YH=K17+611.265
14	640	-1 05 24.29	46.258	HZ=K17+686.265
15	660	-0 21 04.79	26.264	
16	680	-0 01 11.96	6.265	
17	HZ=K17+686.265	0	0	

完成计算后,切线长、圆曲线长、曲线长、外距、切曲差分别存储在字母变量 **T, A, L, E, J** 中, **ZH, HY, QZ, YH, HZ** 五个主点的桩号分别存储在额外数组变量 **Z[1] ~ Z[5]** 中, 路线转角存储在 **Z[6]** 中, 逐桩点的桩号、偏角与弦长分别存储在 **List X, List Y, List Freq** 中, 用户可以按 **(MODE) 4 (REG)** 键进入双变量统计与回归模式查看。

17、程序 PR17, 单交点对称基本形曲线切线支距法中桩放样要素计算

主程序: PR17

"BASIC TYPE CURVE"	显示程序标题 1
"TANGENT OFF-SET METHOD PR17"	显示偏角法英文标题 2
Deg:ClrStat:FreqOn:Norm 1	基本设置
14→DimZ	定义额外数组变量
"JD MILEAGE PEG(m)="?Z	输入以 m 为单位的交点桩号
"TURNING ANGLE -L,+R(Deg)="?D	输入交点路线转角,左偏为负,右偏为正
D→Z[6]:Abs(D)→D	保存转角及符号
Fix 3	
"R(m)="?R	输入圆曲线半径
"LH(m)="?H	输入缓和曲线长
If R<30:Then 5→I:Else If R<60:Then 10→I:Else 20→I:IfEnd:IfEnd	确定整桩间距
$H^2 \div (24R) \rightarrow P:0.5H-H \wedge (3) \div (240R^2) \rightarrow Q$	计算切线增量与内移值
$(R+P)\tan(0.5D)+Q \rightarrow T$	计算切线长
$90H \div (\pi R) \rightarrow B$	计算缓和曲线偏角
$\pi R(D-2B) \div 180 \rightarrow A$	计算圆曲线长
$A+2H \rightarrow L$	计算曲线长
$(R+P)\cos(0.5D)^{-1}-R \rightarrow E$	计算外距
$2T-L \rightarrow J$:Fix 3	计算切曲差
"T(m)="?T	显示切线长
"LY(m)="?A	显示圆曲线长
"L(m)="?L	显示曲线长
"E(m)="?E	显示外距
"J(m)="?J	显示切曲差
Z-T→Z[1]	计算 ZH 点桩号 1
Z[1]+H→Z[2]	计算 HY 点桩号 2
Z[2]+0.5A→Z[3]	计算 QZ 点桩号 3
Z[3]+0.5A→Z[4]	计算 YH 点桩号 4
Z[4]+H→Z[5]	计算 HZ 点桩号 5
"ZH(m)="?Z[1]	显示 ZH 点桩号 1
"HY(m)="?Z[2]	显示 HY 点桩号 2
"QZ(m)="?Z[3]	显示 QZ 点桩号 3
"YH(m)="?Z[4]	显示 YH 点桩号 4

"HZ(m)='Z[5]▲	显示 HZ 点桩号 5
Z[1]→List X[1]:0→List Freq[1]↵	存储 ZH 点桩号
2→K↵	为计数变量赋初值
H→Z[10]:Prog "Z[10]-XY"↵	调子程序计算 HY 或 YH 点的独立坐标
Z[13]→Z[11]:Z[14]→Z[12]↵	存储 HY 点的独立坐标
Int(Z[1]÷D)I+I→List X[K]↵	计算并存储从 ZH 点开始的第一个整桩号
Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算并显示第一个整桩号
0→F↵	HY 点计算标记清零
Do↵	计算 ZH 点至 QZ 点
K+1→K↵	计数变量计数
List X[K-1]+I→List X[K]↵	计算并存储整桩号
If List X[K]<Z[2]↵	ZH~HY 点间
Then Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 ZH~HY 点间的点
Else If F=0:Then List X[K]→List X[K+1]↵	
Z[2]→List X[K]↵	
Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 HY 点
1→F:K+1→K↵	标记 HY 点已完成，计数变量计数，再计算逐桩点
Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 HY 点后的第一个整桩点
Else Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 HY~QZ 点间的点
IfEnd:IfEnd↵	
LpWhile List X[K]+I<Z[3]↵	还没有计算到 QZ 点时继续循环
K+1→K↵	计数变量计数
Z[3]→List X[K]↵	QZ 点的桩号
Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 QZ 点
K+1→K↵	计数变量计数
Int(Z[3]÷D)I+I→List X[K]↵	
Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 QZ 点开始的第一个整桩号
0→F↵	清除 YH 点计算标记
Do↵	计算 QZ~HZ 点间的点
K+1→K↵	计数变量计数
List X[K-1]+I→List X[K]↵	计算并存储整桩号
If List X[K]<Z[4]↵	QZ~YH 点间
Then Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 ZH~HY 点间的点
Else If F=0:Then List X[K]→List X[K+1]↵	
Z[4]→List X[K]↵	
Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 YH 点
1→F:K+1→K↵	标记 YH 点已完成，计数变量计数，再计算逐桩点
Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 YH 点后的第一个整桩点
Else Prog "X[K]-HXY"↵	调子程序计算 YH~HZ 点间的点
IfEnd:IfEnd↵	
LpWhile List X[K]+I<Z[5]↵	还没有计算到 HZ 点时继续循环
K+1→K:Z[5]→List X[K]:0→List Freq[K]↵	存储 HZ 点桩号
"PR17→END"	

由缓和曲线长 Z[10]计算 x' ， y' 子程序：Z[10]-XY

入口参数为缓和曲线长 Z[10]，计算出的 x' ， y' 分别存储在 Z[13]与 Z[14]中。

$Z[10]-Z[10] \wedge (5) \div (40R^2H^2)+Z[10] \wedge (9) \div (3456R \wedge (4)H \wedge (4)) \rightarrow Z[13] \downarrow$

$Z[10] \wedge (3) \div (6RH)-Z[10] \wedge (7) \div (336R \wedge (3)H \wedge (3))+Z[10] \wedge (11) \div (42240R \wedge (5)$

$H \wedge (5)) \rightarrow Z[14] \downarrow$

Return

由逐桩点桩号计算弧长、切线与支距子程序: X[K]-HXY

入口参数为逐桩点桩号 **List X[K]**, 计算出的切线长存储在 **List Y[K]**, 支距存储在 **List Freq[K]**。

If List X[K] \leq Z[3] \downarrow

逐桩点位于 ZH~QZ 之间

Then If List X[K] \leq Z[2]:Then List X[K]-Z[1] \rightarrow Z[10] \downarrow

计算 ZH 点至逐桩点的弧长

Prog "Z[10]-XY" \downarrow

调子程序计算逐桩点的独立坐标

Else List X[K]-Z[2] \rightarrow Z[10] \downarrow

90Z[10] \div (π R) \rightarrow G \downarrow

反算 HY 点至逐桩点的弦切角

2Rsin(G) \rightarrow C \downarrow

反算 HY 点至逐桩点的弦长

Z[11] + Ccos(B+G) \rightarrow Z[13] \downarrow

位于 HY~QZ 段的逐桩点独立坐标

Z[12] + Csin(B+G) \rightarrow Z[14] \downarrow

IfEnd \downarrow

计算 HY 点至逐桩点的圆弧长

Else If List X[K] > Z[4]:Then Z[5] - List X[K] \rightarrow Z[10] \downarrow

逐桩点位于 QZ~HZ 之间

Prog "Z[10]-XY" \downarrow

调子程序计算逐桩点的独立坐标

Else Z[4] - List X[K] \rightarrow Z[10] \downarrow

90Z[10] \div (π R) \rightarrow G \downarrow

反算 YH 点至逐桩点的弦切角

2Rsin(G) \rightarrow C \downarrow

反算 YH 点至逐桩点的弦长

Z[11] + Ccos(B+G) \rightarrow Z[13] \downarrow

位于 QZ~YH 段的逐桩点独立坐标

Z[12] + Csin(B+G) \rightarrow Z[14] \downarrow

IfEnd \downarrow

计算 HY 点至逐桩点的圆弧长

IfEnd \downarrow

Z[13] \rightarrow List Y[K]:Z[14] \rightarrow List Freq[K] \downarrow

存储切线长与支距

If List X[K] = Z[2]:Then "HY PEG(m)" = " \downarrow

判断桩号提示字符

Else If List X[K] = Z[3]:Then "QZ PEG(m)" = " \downarrow

Else If List X[K] = Z[4]:Then "YH PEG(m)" = " \downarrow

Else "INT PEG(m)" = " \downarrow

IfEnd:IfEnd:IfEnd \downarrow

List X[K] \downarrow

显示桩号

"X(m)" = ":List Y[K] \downarrow

显示切线长

"Y(m)" = ":List Freq[K] \downarrow

显示支距

Return

程序说明: 主程序需要调用子程序 X[K]-HXY, 子程序 X[K]-HXY 需要调用子程序 Z[10]-XY。

程序显示完计算标题后, 提示用户输入的已知数据分别为: 以米为单位的交点桩号、路线转角(左转输入负数, 右转输入正数)、圆曲线半径与缓和曲线长。

完成已知数据输入后, 屏幕先显示曲线要素: 切线长、圆曲线长、曲线长、外距、切曲差及 ZH, HY, QZ, YH, HZ 五个主点的桩号; 然后依次显示逐桩点的桩号、切线长与支距。表 17-1 为右转角计算案例。

表 17-1 使用程序 PR17 进行单交点对称基本型曲线右转角切线与支距计算案例

序	桩号	x(m)	y(m)	已知数据与要素
1	ZH=K17+443.277	0	0	JD=K17+568.38
2	460	16.723	0.042	$\Delta_R = 38^\circ 30'$
3	480	36.718	0.440	$R = 250\text{m}$
4	500	56.681	1.621	$L_h = 75\text{m}$
5	HY=K17+518.277	74.831	3.744	$T = 125.103\text{m}$
6	520	76.534	4.007	$L_y = 92.988\text{m}$
7	540	96.143	7.919	$L = 242.988\text{m}$
8	560	115.376	13.385	$E = 15.799\text{m}$

9	QZ=K17+564.771	119.895	14.914	$J = 7.218m$
10	580	105.373	10.334	ZH=K17+443.277
11	600	85.928	5.678	HY=K17+518.277
12	YH=K17+611.265	74.831	3.744	QZ=K17+564.771
13	620	66.174	2.584	YH=K17+611.265
14	640	46.250	0.880	HZ=K17+686.265
15	660	26.264	0.161	
16	680	6.265	0.002	
17	HZ=K17+686.265	0	0	

完成计算后，切线长、圆曲线长、曲线长、外距、切曲差分别存储在字母变量 **T, A, L, E, J** 中，**ZH, HY, QZ, YH, HZ** 五个主点的桩号分别存储在额外数组变量 **Z[1] ~ Z[5]** 中，路线转角存储在 **Z[6]** 中，逐桩点的桩号、切线长与支距分别存储在 **List X, List Y, List Freq** 中，用户可以按 $\text{MODE} \rightarrow 4 \rightarrow \text{(REG)}$ 键进入双变量统计与回归模式查看。

18、程序 PR18，单交点对称基本形曲线中桩坐标计算

坐标放样法是计算出基本型曲线五个主点与逐桩点的测量坐标，利用全站仪直接放样中桩点的坐标。由图 17-1 可知，逐桩点测量坐标可以根据偏角与弦长推算出，坐标计算时，ZH~YH 段点的坐标可以从 ZH 点推算，而 YH~HZ 段可以从 HZ 点推算。

设 ZH 点至 JD 的方位角为 α_0 ，则 ZH 点至逐桩点 P_i 的方位角为

$$\alpha_i = \alpha_0 \pm \gamma_i \quad (17-1)$$

式中的 \pm ，为右转角 $\Delta > 0$ 时取“+”，为左转角 $\Delta < 0$ 时取“-”。 P_i 坐标的计算公式为

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_{ZH} + c_i \cos \alpha_i \\ y_i &= y_{ZH} + c_i \sin \alpha_i \end{aligned} \right\} \quad (17-2)$$

设 JD 至 HZ 点的方位角为 α_j ，则有

$$\alpha_j = \alpha_0 \pm \Delta \quad (17-3)$$

式中的 \pm ，为右转角 $\Delta > 0$ 时取“+”，为左转角 $\Delta < 0$ 时取“-”。 P_i 坐标的计算公式为

ZH 点至逐桩点 P_i 的方位角为

$$\alpha_i = \alpha_j + 180 \mp \gamma_i \quad (17-4)$$

式中的 \mp ，为右转角 $\Delta > 0$ 时取“-”，为左转角 $\Delta < 0$ 时取“+”。 P_i 坐标的计算公式为

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_{ZH} + c_i \cos \alpha_i \\ y_i &= y_{ZH} + c_i \sin \alpha_i \end{aligned} \right\} \quad (17-5)$$

主程序：PR18

"BASIC TYPE CURVE PR18"↵

"METHOD OF COORDINATE"↵

Deg:ClrStat:FreqOn:Norm 1↵

"JD MILEAGE PEG(m)="?Z↵

"JD X(m)="?U↵

"JD Y(m)="?V↵

"ZD X(m)="?M↵

"ZD Y(m)="?N↵

18→DimZ↵

Pol(U-M,V-N):Cls↵

If J<0:Then J+360→Z[7]:Else J→Z[7]:IfEnd↵

"TURNING ANGLE -L,+R(Deg)="?D↵

Z[7]+D→Z[8]↵

显示程序标题 1

显示坐标法英文标题 2

基本设置

输入以 m 为单位的交点桩号

输入交点 X 坐标

输入交点 Y 坐标

输入转点 X 坐标

输入转点 Y 坐标

判断 ZD→JD 的方位角

输入交点路线转角,左偏为负,右偏为正

计算 JD→HZ 的方位角

If Z[8]<0:Then Z[8]+360→Z[8]:IfEnd↵	判断 JD→HZ 的方位角
If Z[8]>360:Then Z[8]-360→Z[8]:IfEnd↵	判断 JD→HZ 的方位角
D→Z[6]:Abs(D)→D↵	保存转角及符号
Fix 3↵	
"R(m)="?R↵	输入圆曲线半径
"Lh(m)="?H↵	输入缓和曲线长
If R<30:Then 5→I:Else If R<60:Then 10→I:Else 20→I:IfEnd:IfEnd↵	确定整桩间距
$H^2 \div (24R) \rightarrow P: 0.5H \cdot H^3 \div (240R^2) \rightarrow Q$ ↵	计算切线增量与内移值
$(R+P)\tan(0.5D)+Q \rightarrow T$ ↵	计算切线长
$90H \div (\pi R) \rightarrow B$ ↵	计算缓和曲线偏角
$\pi R(D-2B) \div 180 \rightarrow A$ ↵	计算圆曲线长
A+2H→L↵	计算曲线长
$(R+P)\cos(0.5D)^{-1} \cdot R \rightarrow E$ ↵	计算外距
2T-L→J↵	计算切曲差
"T(m)=":T▲	显示切线长
"LY(m)=":A▲	显示圆曲线长
"L(m)=":L▲	显示曲线长
"E(m)=":E▲	显示外距
"J(m)=":J▲	显示切曲差
Z-T→Z[1]↵	计算 ZH 点桩号 1
Z[1]+H→Z[2]↵	计算 HY 点桩号 2
Z[2]+0.5A→Z[3]↵	计算 QZ 点桩号 3
Z[3]+0.5A→Z[4]↵	计算 YH 点桩号 4
Z[4]+H→Z[5]↵	计算 HZ 点桩号 5
"ZH(m)=":Z[1]▲	显示 ZH 点桩号 1
"HY(m)=":Z[2]▲	显示 HY 点桩号 2
"QZ(m)=":Z[3]▲	显示 QZ 点桩号 3
"YH(m)=":Z[4]▲	显示 YH 点桩号 4
"HZ(m)=":Z[5]▲	显示 HZ 点桩号 5
"ZH(m)=":Z[1]→List X[1]▲	显示 ZH 点的桩号
"X(m)=":U-Tcos(Z[7])→List Y[1]▲	显示 ZH 点的 X 坐标
"Y(m)=":V-Tsin(Z[7])→List Freq[1]▲	显示 ZH 点的 Y 坐标
U+Tcos(Z[8])→Z[15]↵	计算 HZ 点的 X 坐标
V+Tsin(Z[8])→Z[16]↵	计算 HZ 点的 Y 坐标
2→K↵	为计数变量赋初值
H→Z[10]:Prog "Z[10]-XY"↵	调子程序计算 HY 或 YH 点的独立坐标
Z[13]→Z[11]:Z[14]→Z[12]↵	存储 HY 点的独立坐标
Int(Z[1]÷I)+I→List X[K]↵	计算并存储从 ZH 点开始的第一个整桩号
Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算测量坐标
0→F↵	清除 HY 点计算标记
Do↵	计算 ZH 点至 QZ 点
K+1→K↵	计数变量计数
List X[K-1]+I→List X[K]↵	计算并存储整桩号
If List X[K]<Z[2]↵	ZH~HY 点间
Then Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 ZH~HY 点间的点
Else If F=0:Then List X[K]→List X[K+1]↵	
Z[2]→List X[K]↵	

Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 HY 点
1→F:K+1→K↵	标记 HY 点已完成，计数变量计数，再计算逐桩点
Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 HY 点后的第一个整桩点
Else Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 HY~QZ 点间的点
IfEnd:IfEnd↵	
LpWhile List X[K]+I<Z[3]↵	还没有计算到 QZ 点时继续循环
K+1→K↵	计数变量计数
Z[3]→List X[K]↵	QZ 点的桩号
Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 QZ 点
K+1→K↵	计数变量计数
Int(Z[3]÷D)I+I→List X[K]↵	
Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 QZ 点开始的第一个整桩号
0→F↵	清除 YH 点计算标记
Do↵	计算 QZ~HZ 点间的点
K+1→K↵	计数变量计数
List X[K-1]+I→List X[K]↵	计算并存储整桩号
If List X[K]<Z[4]↵	QZ~YH 点间
Then Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 ZH~HY 点间的点
Else If F=0:Then List X[K]→List X[K+1]↵	
Z[4]→List X[K]↵	
Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 YH 点
1→F:K+1→K↵	标记 YH 点已完成，计数变量计数，再计算逐桩点
Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 YH 点后的第一个整桩点
Else Prog "X[K]-HOXY"↵	调子程序计算 YH~HZ 点间的点
IfEnd:IfEnd↵	
LpWhile List X[K]+I<Z[5]↵	还没有计算到 HZ 点时继续循环
K+1→K↵	计数变量计数
"HZ(m)":Z[5]→List X[K]▲	显示并存储 HZ 点桩号
"HZ X(m)":Z[15]→List Y[K]▲	显示并 HZ 点测量坐标
"HZ Y(m)":Z[16]→List Freq[K]▲	
"PR18→END"	

由缓和曲线长 Z[10]计算 x' ， y' 子程序：Z[10]-XY

入口参数为缓和曲线长 Z[10]，计算出的 x' ， y' 分别存储在 Z[13]与 Z[14]中。

$Z[10]-Z[10] \wedge (5) \div (40R^2H^2)+Z[10] \wedge (9) \div (3456R \wedge (4)H \wedge (4)) \rightarrow Z[13] \leftarrow$

$Z[10] \wedge (3) \div (6RH)-Z[10] \wedge (7) \div (336R \wedge (3)H \wedge (3))+Z[10] \wedge (11) \div (42240R \wedge (5)$

$H \wedge (5)) \rightarrow Z[14] \leftarrow$

Return

由逐桩点桩号计算弧长、弦切角与弦长子程序：X[K]-HOXY

入口参数为逐桩点桩号 List X[K]，计算出测量坐标的 X 存储在 List Y[K]，Y 存储在 List Freq[K]。

If List X[K]≤Z[4]↵	逐桩点位于 ZH~YH 之间
Then If List X[K]≤Z[2]:Then List X[K]-Z[1]→Z[10]↵	计算 ZH 点至逐桩点的弧长
Prog "Z[10]-XY"↵	调子程序计算逐桩点的独立坐标
Else List X[K]-Z[2]→Z[10]↵	
90Z[10]÷(πR)→G↵	反算 HY 点至逐桩点的弦切角
2Rsin(G)→C↵	反算 HY 点至逐桩点的弦长
Z[11]+Ccos(B+G)→Z[13]↵	位于 HY~QZ 段的逐桩点独立坐标
Z[12]+Csin(B+G)→Z[14]↵	


```

IfEnd
tan-1(Z[14]÷Z[13])→G
√(Z[13]2+Z[14]2)→C
If Z[6]>0 Then Z[7]+G→Z[17]:Else Z[7]-G→Z[17]:IfEnd
List Y[1]+Ccos(Z[17])→List Y[K]
List Freq[1]+Csin(Z[17])→List Freq[K]
Else Z[5]-List X[K]→Z[10]
Prog "Z[10]-XY"
tan-1(Z[14]÷Z[13])→G
√(Z[13]2+Z[14]2)→C
If Z[6]>0 Then Z[8]+180-G→Z[18]:Else Z[8]+180+G→Z[18]:IfEnd
Z[15]+Ccos(Z[18])→List Y[K]
Z[16]+Csin(Z[18])→List Freq[K]
IfEnd
If List X[K]=Z[2]:Then "HY PEG(m)="
Else If List X[K]=Z[3]:Then "QZ PEG(m)="
Else If List X[K]=Z[4]:Then "YH PEG(m)="
Else "INT PEG(m)="
IfEnd:IfEnd:IfEnd
List X[K]
"X(m)=":List Y[K]
"Y(m)=":List Freq[K]
Return

```

计算 HY 点至逐桩点的圆弧长
反算 ZH 点至逐桩点的弦切角
计算并存储 ZH 点至逐桩点的弦长
ZH 点至逐桩点的方位角
计算逐桩点的测量坐标
逐桩点位于 YH~HZ 之间
调子程序计算逐桩点的独立坐标
反算 HZ 点至逐桩点的弦切角
计算 HZ 点至逐桩点的弦长
HZ 点至逐桩点的方位角
计算逐桩点的测量坐标
判断桩号提示字符
显示 HZ 点的测量坐标

程序说明：主程序需要调用子程序 X[K]-HXY，子程序 X[K]-HXY 需要调用子程序 Z[10]-XY。

程序显示完计算标题后，提示用户输入的已知数据分别为：以米为单位的交点桩号、路线转角（左转输入负数，右转输入正数）、圆曲线半径与缓和曲线长。

完成已知数据输入后，屏幕先显示曲线要素：切线长、圆曲线长、曲线长、外距、切曲差及 ZH, HY, QZ, YH, HZ 五个主点的桩号；然后依次显示逐桩点的桩号、切线长与支距。表 18-1 为右转角计算案例。

表 18-1 使用程序 PR18 进行单交点对称基本型曲线中桩测量坐标计算案例

序	桩号	x (m)	y (m)	已知数据与要素	x (m)	y (m)
1	ZH=K17+443.277	6542.767	2448.031	JD=K17+568.38	6578.601	2567.892
2	460	6547.517	2464.065	$\Delta_R = 38^\circ 30'$	6490.669	2273.767
3	480	6552.863	2483.337	$R = 250\text{m}$		
4	500	6557.449	2502.802	$L_h = 75\text{m}$		
5	HY=K17+518.277	6560.614	2520.799	$T = 125.103\text{m}$		
6	520	6560.850	2522.506	$L_y = 92.988\text{m}$		
7	540	6562.719	2542.413	$L = 242.988\text{m}$		
8	560	6562.991	2562.406	$E = 15.799\text{m}$		
9	QZ=K17+564.771	6562.819	2567.174	$J = 7.218\text{m}$		
10	580	6561.664	2582.357	ZH=K17+443.277		
11	600	6558.748	2602.137	HY=K17+518.277		
12	YH=K17+611.265	6556.412	2613.156	QZ=K17+564.771		
13	620	6554.266	2621.624	YH=K17+611.265		
14	640	6548.430	2640.750	HZ=K17+686.265		
15	660	6541.657	2659.567			
16	680	6534.360	2678.188			
17	HZ=K17+686.265	6532.029	2684.004			

完成计算后，切线长、圆曲线长、曲线长、外距、切曲差分别存储在字母变量 **T**, **A**, **L**, **E**, **J** 中，ZH, HY, QZ, YH, HZ 五个主点的桩号分别存储在额外数组变量 **Z**[1] ~ **Z**[5] 中，路线转

角存储在 **Z[6]** 中, 逐桩点的桩号、测量坐标 X, Y 分别存储在 **List X**, **List Y**, **List Freq** 中, 用户可以按 **(MODE)** **(4)** **(REG)** 键进入双变量统计与回归模式查看。

19、程序 PR19, 双圆复曲线中桩测量坐标计算

两个或两个以上不同半径的同向圆曲线直接相连的曲线称复曲线, 本节只讨论两个不同半径的同向圆曲线切线相连的情形。

如图 19-1 所示, 主、副曲线的交点分别为 JD_1 , JD_2 , 两曲线相接于公切点 GQ, 观测数据为转角 Δ_1 , Δ_2 , 切基线 T , 一般先选定主曲线半径 R_1 , 由下列公式计算 JD_1 的曲线要素

$$T_1 = R_1 \tan(0.5\Delta_1), \quad L_1 = R_1 \Delta_1 \frac{\pi}{180}, \quad E_1 = R_1 \left(\sec \frac{\Delta_1}{2} - 1 \right), \quad J_1 = 2T_1 - L_1$$

副曲线的切线长为 $T_2 = T - T_1$, 则副曲线的半径为 $R_2 = T_2 / \tan(0.5\Delta_2)$

曲线长为 $L_2 = R_2 \Delta_2 \frac{\pi}{180}$, 外距为 $E_2 = R_2 \left(\sec \frac{\Delta_2}{2} - 1 \right)$, 切曲差为 $J_2 = 2T_2 - L_2$

已知 JD_1 的桩号时, 曲线主点桩号的计算公式为

$$ZY = JD_1 - T_1$$

$$GQ = ZY + L_1$$

$$YZ = GQ + L_2$$

设 ZD_1 点至 JD_1 点的方位角为 α_0 , 当 P_i 点位于 ZY~GQ 点间时, ZY 点至逐桩点 P_i 的方位角为

$$\alpha_i = \alpha_0 \pm \gamma_i \quad (19-1)$$

式中的 \pm , 为右转角 $\Delta > 0$ 时取 “+”, 为左转角 $\Delta < 0$ 时取 “-”。 P_i 坐标的计算公式为

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_{ZY} + c_i \cos \alpha_i \\ y_i &= y_{ZY} + c_i \sin \alpha_i \end{aligned} \right\} \quad (19-2)$$

式中 $\left. \begin{aligned} \gamma_i &= \frac{l_i}{R} \frac{90}{\pi} \\ c_i &= 2R_1 \sin \gamma_i \end{aligned} \right\}$ 。当 P_i 点位于 ZY~GQ 点间时,

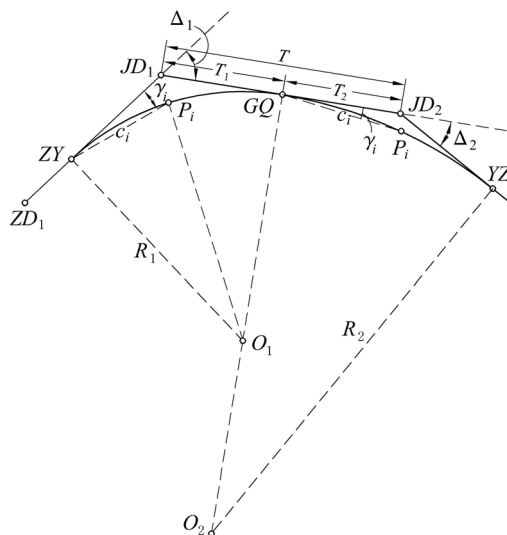


图 19-1 双圆复曲线要素计算

应从 GQ 点为基点计算 P_i 点的坐标, JD_1 点至 GQ 点的方位角及 GQ 点的坐标分别为

$$\alpha_{GQ} = \alpha_0 \pm \Delta_1 \quad (19-3)$$

$$\left. \begin{aligned} x_{GQ} &= x_{JD1} + T_1 \cos \alpha_{GQ} \\ y_{GQ} &= y_{JD1} + T_1 \sin \alpha_{GQ} \end{aligned} \right\} \quad (19-4)$$

主程序: PR19

"TWO CIRCLE CURVE"↵

"METHOD OF COORDINATE PR19"↵

Deg:ClrStat:FreqOn:Norm 1↵

"JD1 MILEAGE PEG(m)="?Z↵

"JD1 X(m)="?U↵

"JD1 Y(m)="?V↵

"ZD1 X(m)="?M↵

"ZD1 Y(m)="?N↵

16→DimZ↵

显示程序标题 1

显示坐标法英文标题 2

设置角度单位为十进制度

输入以 m 为单位的交点桩号

输入交点 X 坐标

输入交点 Y 坐标

输入转点 X 坐标

输入转点 Y 坐标

Pol(U-M,V-N):Cls	
If J<0:Then J+360→Z[8]:Else J→Z[8]:IfEnd	判断 ZD1→JD1 的方位角
"TURNING ANGLE1 -L,+R(Deg)="?A	输入 JD1 转角,左偏为负,右偏为正
"TURNING ANGLE2 -L,+R(Deg)="?B	输入 JD2 转角,左偏为负,右偏为正
Z[8]+A→Z[9]	计算 JD1→GQ 的方位角
If Z[9]<0:Then Z[9]+360→Z[9]:IfEnd	判断 JD1→GQ 的方位角
If Z[9]>360:Then Z[9]-360→Z[9]:IfEnd	判断 JD1→GQ 的方位角
A→Z[4]:Abs(A)→A	保存转角 1 及符号
B→Z[5]:Abs(B)→B	保存转角 2 及符号
Fix 3	
"R1(m)="?R	输入主曲线 1 半径
"T(m)="?W	输入切基线
Rtan(0.5A)→T	计算切线 1 长
RA π ÷ 180→L	计算主曲线长
R(cos(0.5A)⁻¹-1)→E	计算主曲线外距
2T-L→J	计算主曲线切曲差
W-T→Z[11]	计算切线 2 长
Z[11]÷tan(0.5B)→Z[10]	计算副曲线半径
Z[10]B π ÷ 180→Z[12]	计算副曲线长
Z[10](cos(0.5B)⁻¹-1)→Z[13]	计算副曲线外距
2Z[11]-Z[12]→Z[14]	计算副曲线切曲差
If R>Z[10]:Then R→Q:Else Z[10]→Q:IfEnd	选取主副曲线半径的最大值
If Q<30:Then 5→I:Else If Q<60:Then 10→I:Else 20→I:IfEnd:IfEnd	确定整桩间距
"T1(m)="?T	显示主曲线切线长
"L1(m)="?L	显示主曲线长
"E1(m)="?E	显示主曲线外距
"J1(m)="?J	显示主曲线切曲差
"R2(m)="?Z[10]	显示副曲线半径
"T2(m)="?Z[11]	显示副曲线切线长
"L2(m)="?Z[12]	显示副曲线长
"E2(m)="?Z[13]	显示副曲线外距
"J2(m)="?Z[14]	显示副曲线切曲差
Z-T→Z[1]	计算 ZY 点桩号 1
Z[1]+L→Z[2]	计算 GQ 点桩号 2
Z[2]+Z[12]→Z[3]	计算 YZ 点桩号 3
"ZY(m)="?Z[1]	显示 ZY 点桩号 1
"GQ(m)="?Z[2]	显示 GQ 点桩号 2
"YZ(m)="?Z[3]	显示 YZ 点桩号 3
"ZY PEG(m)="?Z[1]→List X[1]	显示 ZY 点的桩号
"ZY X(m)="?U-Tcos(Z[8])→List Y[1]	显示 ZY 点的坐标
"ZY Y(m)="?V-Tsin(Z[8])→List Freq[1]	
U+Tcos(Z[9])→Z[15]:V+Tsin(Z[9])→Z[16]	计算 GQ 点的坐标
2→K	为计数变量赋初值
Int(Z[1]÷I)I+I→List X[K]	计算并存储从 ZY 点开始的第一个整桩号
Prog "X[K]-GQXY"	调子程序计算并显示 X,Y 坐标
Do	ZY~GQ 点
K+1→K	计数变量计数

List X[K-1]+I→List X[K]↵	计算并存储整桩号
Prog "X[K]-GQXY"↵	调子程序计算并显示 X,Y 坐标
LpWhile List X[K]+I<Z[2]↵	还没有计算到 GQ 点时继续循环
K+1→K↵	计数变量计数
"GQ PEG(m)=":Z[2]→List X[K]▲	GQ 点的桩号
"X(m)=":Z[15]→List Y[K]▲	GQ 点的坐标
"Y(m)=":Z[16]→List Freq[K]▲	
K+1→K↵	计数变量计数
Int(Z[2]÷I)I+I→List X[K]↵	计算并存储从 GQ 点开始的第一个整桩号
Prog "X[K]-GQXY"↵	调子程序计算并显示 X,Y 坐标
Do↵	计算 YZ 点至逐桩点的弦长
K+1→K↵	计数变量计数
List X[K-1]+I→List X[K]↵	计算并存储整桩号
Prog "X[K]-GQXY"↵	调子程序计算并显示 X,Y 坐标
LpWhile List X[K]+I<Z[3]↵	还没有计算到 GQ 点时继续循环
K+1→K↵	计数变量计数
Z[3]→List X[K]↵	存储 YZ 点的桩号
Prog "X[K]-GQXY"↵	调子程序计算并显示 X,Y 坐标
"PR19→END"	

由逐桩点桩号计算弧长、弦切角与弦长子程序: X[K]-GQXY

入口参数为逐桩点桩号 **List X[K]**, 计算出的弦切角存储在 **List Y[K]**, 弦长存储在 **List Freq[K]**。

If List X[K]≤Z[2]:Then List X[K]-Z[1]→H↵	ZY~GQ	
90H÷(R π)→G↵	计算 ZY 点至逐桩点的弦切角	
2Rsin(G)→C↵	计算 ZY 点至逐桩点的弦长	
Else List X[K]-Z[2]→H↵	GQ~YZ	
90H÷(Z[10] π)→G↵	计算 GQ 点至逐桩点的弦切角	
2Z[10]sin(G)→C↵	计算 GQ 点至逐桩点的弦长	
IfEnd↵		
If Z[4]>0 Then If List X[K]≤Z[2]↵		
Then Z[8]+G→O↵	ZY 至逐桩点的方位角	
List Y[1]+Ccos(O)→List Y[K]: List Freq[1]+Csin(O)→List Freq[K]↵		逐桩点的坐标
Else Z[9]+G→O↵	GQ 至逐桩点的方位角	
Z[15]+Ccos(O)→List Y[K]:Z[16]+Csin(O)→List Freq[K]↵		逐桩点的坐标
IfEnd↵		
Else If List X[K]≤Z[2]↵		
Then Z[8]-G→O↵	ZY 至逐桩点的方位角	
List Y[1]+Ccos(O)→List Y[K]: List Freq[1]+Csin(O)→List Freq[K]↵		逐桩点的坐标
Else Z[9]-G→O↵	GQ 至逐桩点的方位角	
Z[15]+Ccos(O)→List Y[K]:Z[16]+Csin(O)→List Freq[K]↵		逐桩点的坐标
IfEnd↵		
IfEnd↵		
If List X[K]=Z[3]:Then "YZ PEG(m)="↵	判断桩号提示字符	
Else "INT PEG(m)=":IfEnd↵		
List X[K]▲		
"X(m)=":List Y[K]▲		
"Y(m)=":List Freq[K]▲		
Return		

程序说明：主程序需要调用子程序 X[K]-GQXY。

程序显示完计算标题后，提示用户输入的已知数据分别为：交点 JD1 桩号、JD1 与 ZD1 的 X，Y 坐标，JD1 与 JD2 的路线转角(左转输入负数，右转输入正数)、主曲线半径、切线基线。

完成已知数据输入后，屏幕先显示曲线要素：主曲线的切线长、曲线长、外距、切曲差，副曲线半径、切线长、曲线长、外距、切曲差，ZY，GQ，YZ 三个主点的桩号；然后依次显示逐桩点的桩号、X，Y 坐标。表 19-1 为两个右转角计算案例。

表 19-1 使用程序 PR19 进行双圆同向复曲线中桩测量坐标计算案例

序	桩号	x (m)	y (m)	已知数据与要素	x (m)	y (m)
1	ZY=K6+170.813	2346.218	6586.221	JD1=K6+211.08	2351.778	6626.103
2	180	2347.319	6595.342	ZD1	2342.494	6559.507
	200	2348.553	6615.298			
3	220	2348.189	6635.290	$\Delta_1 = +18^\circ 18'$		
4	240	2346.228	6655.188	$\Delta_2 = +30^\circ 20'$		
5	GQ=K6+250.662	2344.534	6665.713	$R_1 = 250\text{m}$		
6	260	2342.709	6674.871	$T = 120.252\text{m}$		
7	280	2337.831	6694.264	$T_1 = 40.267\text{m}$		
8	300	2331.651	6713.281	$L_1 = 79.849\text{m}$		
9	320	2324.198	6731.836	$E_1 = 3.222\text{m}$		
10	340	2315.504	6749.843	$J_1 = 0.686\text{m}$		
11	360	2305.611	6767.221	$R_2 = 295.071\text{m}$		
12	380	2294.564	6783.888	$T_2 = 79.985\text{m}$		
13	400	2282.413	6799.769	$L_2 = 156.215\text{m}$		
14	YZ=K6+406.877	2277.990	6805.035	$E_2 = 10.649\text{m}$		
				$J_2 = 3.754\text{m}$		

完成计算后，主曲线的切线长、曲线长、外距、切曲差分别存储在字母变量 **T**，**L**，**E**，**J** 中，副曲线的半径存储在额外数组变量 **Z[10]** 中，副曲线的切线长、曲线长、外距、切曲差分别存储在额外数组变量 **Z[11]~Z[14]** 中，**ZY**，**GQ**，**YZ** 三个主点的桩号分别存储在额外数组变量 **Z[1] ~ Z[3]** 中，两个路线转角分别存储在 **Z[4]**，**Z[5]** 中，逐桩点的桩号、测量坐标 X，Y 分别存储在 **List X**，**List Y**，**List Freq** 中，用户可以按 **MODE** **4** (**REG**) 键进入双变量统计与回归模式查看。

20、程序 PR20，竖曲线的计算

如图 19-1 所示，称 C 为变坡点，直线段 AC 的纵坡为 i_1 ，CB 段的纵坡为 i_2 。 $i_1 > 0$ ， $i_2 < 0$ 时为凸型竖曲线， $i_1 < 0$ ， $i_2 > 0$ 时为凹型竖曲线。

公路竖曲线通常采用圆曲线，设计时给出圆曲线的半径 R ，变坡点处相邻坡道的纵坡 i_1 ， i_2 。曲线要素包括竖曲线长 L 、切线长 T 、外距 E 和坡道转角 Δ 。

由图 20-1 的几何关系可得

$$\Delta = \arctan i_1 - \arctan i_2 \quad (20-1)$$

$$L = R\Delta \frac{\pi}{180^\circ} \quad (20-2)$$

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} \quad (20-3)$$

$$E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \quad (20-4)$$

设变坡点的桩号为 Z_C ，则

竖曲线起点桩号为： $Z_A = Z_C - T$ ，设计高程为 $H_A = H_C - Ti_1$ 。

终点桩号为: $Z_B = Z_C - T + L = Z_C + T$, 设计高程为 $H_B = H_C + Ti_2$ 。

设竖曲线上 P 点的桩号为 Z_P , 则距离起点 A 的曲线长 $l_P = Z_P - Z_A$, 则弦切角与弦长的计算公式为

$$\left. \begin{aligned} \gamma_P &= \frac{l_P}{R} \frac{90}{\pi} \\ c_P &= 2R \sin \gamma_P \end{aligned} \right\} \quad (20-5)$$

平距 x_P 与高差改正数 y_P 的计算公式为

$$\left. \begin{aligned} x_P &= c_P \cos \gamma_P \\ y_P &= x_P i_1 - c_P \sin \gamma_P \end{aligned} \right\} \quad (20-6)$$

P' 点的高程(坡道高程)为

$$H_{P'} = H_A + x_P i_1 \quad (20-7)$$

则 P 点的高程为

$$H_P = H_{P'} - y_P \quad (20-8)$$

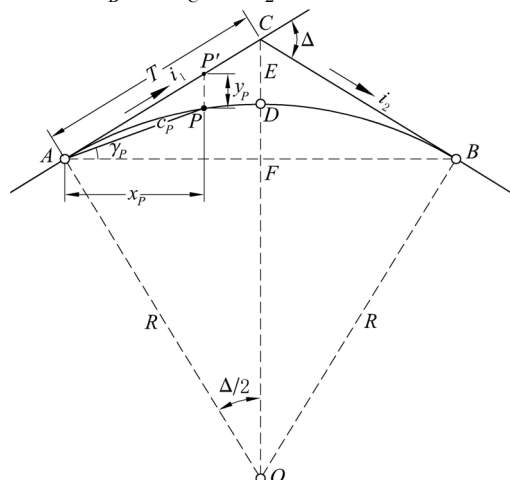


图 20-1 竖曲线要素

主程序: PR20

```
"VERTICAL CURVE"↵
Deg:ClrStat:FreqOn:Fix 3↵
"C MILEAGE PEG(m)="?Z↵
"C H(m)="?H↵
"I1(PERCENT)="?A↵
"I2(PERCENT)="?B↵
A-B→G↵
"R(m)="?R↵
"INTEGER(m)="?I↵
3→DimZ↵
0.01A→C:0.01B→D↵
Abs(tan⁻¹(C)-tan⁻¹(D))→W↵
RW π ÷ 180→L↵
Rtan(0.5W)→T↵
R(cos(0.5W)⁻¹-1)→E↵
"W(DMS)="?W↵DMS↵
"L(m)="?L↵
"T(m)="?T↵
"E(m)="?E↵
Z-T→List X[1]↵
H-TC→List Freq[1]↵
"START PEG(m)="?List X[1]↵
"START H(m)="?List Freq[1]↵
Z+T→Z[2]↵
H+TD→Z[3]↵
2→K↵
Int(List X[1]÷I)+I→List X[K]↵
Prog "X[K]-XH"↵
0→F↵
Do↵
```

显示程序标题

设置角度单位为十进制度

输入以 m 为单位的变坡点桩号

输入变坡点高程

输入坡度 1

输入坡度 2

G>0 为凸曲线, G<0 为凹曲线

输入竖曲线半径

输入竖曲线整桩间距

变换坡度为小数

计算坡度转角

计算竖曲线长

计算切线长

计算竖曲线外距

显示竖曲线转角

显示竖曲线长

显示切线长

显示竖曲线外距长

计算竖曲线起点桩号

计算竖曲线起点高程

显示竖曲线起点桩号

显示竖曲线起点高程

计算竖曲线终点桩号

计算竖曲线终点高程

计算起点开始的第一个整桩号

调子程序计算平距与高程

变坡点计算标记变量清零

计算起点至变坡点

```

K+1→K↵ 计数变量计数
List X[K-1]+I→List X[K]↵ 计算并存储整桩号
If List X[K]<Z↵ 起点~变坡点间
Then Prog "X[K]-XH"↵ 调子程序计算平距与高程
Else If F=0:Then List X[K]→List X[K+1]↵
Z→List X[K]↵
Prog "X[K]-XH"↵ 调子程序计算变坡点
1→F:K+1→K↵ 标记 HY 点已完成，计数变量计数，再计算逐桩点
Prog "X[K]-XH"↵ 调子程序计算变坡点后的第一个整桩点
Else Prog "X[K]-XH"↵ 调子程序计算 HY~QZ 点间的点
IfEnd:IfEnd↵
LpWhile List X[K]+I<Z[2]↵ 还没有计算到终点时继续循环
K+1→K↵ 计数变量计数
"END PEG(m)=":Z[2]→List X[K]▲ 竖曲线终点桩号
"VER CUR END H(m)=":Z[3]→List Freq[K]▲ 竖曲线终点高程
"END"

```

子程序: X[K]-XH

入口参数为桩号 **List X[K]**, 结果为点至起(终)点的平距 **List Y[K]**与竖曲线高程 **List Freq[K]**。

```

If List X[K]≤Z:Then List X[K]-List X[1]→P↵
90P÷(πR)→G:2Rsin(G)→Q↵
Qcos(G)→X:XAbs(C)-Qsin(G)→Y↵
X→List Y[K]↵ 计算逐桩点至起点的距离
Else Z[2]-List X[K]→P↵
90P÷(πR)→G:2Rsin(G)→Q↵
Qcos(G)→X:XAbs(D)-Qsin(G)→Y↵
X→List Y[K]:IfEnd↵ 计算逐桩点至起点的距离
If G>0:Then -Y→Y:IfEnd↵ 判断标高改正数的正负
If List X[K]≤Z:Then List Freq[1]+CList Y[K]→U↵ 计算起点~变坡点
U+Y→List Freq[K]↵
Else Z[3]-DList Y[K]→U↵ 计算变坡点~终点
U+Y→List Freq[K]:IfEnd↵
"INT PEG(m)=":List X[K]▲ 显示桩号
"X(m)=":List Y[K]▲ 显示起(终)点至点的平距
"RAMP H(m)=":U▲ 显示坡道高程
"Y(m)=":Y▲ 显示标高改正数
"VER CUR H(m)=":List Freq[K]▲ 显示竖曲线高程
Return

```

程序说明: 主程序需要调用子程序 X[K]-XH。

程序显示完计算标题后, 提示用户输入的已知数据分别为: 以米为单位的变坡点桩号、变坡点高程、纵坡 i_1 , i_2 , 竖曲线半径与逐桩间距。

完成已知数据输入后, 屏幕先显示曲线要素: 变坡点转角、竖曲线长、切线长、外距、起点桩号、起点高程; 然后依次显示逐桩点的桩号、至起(终)点平距、坡道高程、标高改正数、竖曲线高程。其中只有逐桩点的桩号、至起(终)点平距、竖曲线高程分别存储在统计串列 **List X**, **List Y**, **List Freq** 中, 表 20-1 为凸曲线计算案例。

表 20-1 使用程序 PR20 进行竖曲线高程计算案例

序	桩号	x (m)	坡道 高程(m)	y (m)	竖曲线 高程(m)	已知数据与要素
1	A=K17+422.346	0	107.281	0	107.281	JD=K17+682.320

覃辉(qh-506@163.com)

2	440	17.654	108.164	-0.024	108.140	$H_{JD} = 120.280\text{m}$
3	460	37.654	109.164	-0.109	109.055	$i_1 = 5\%$
4	480	57.653	110.164	-0.256	109.908	$i_2 = -3\%$
5	500	77.652	111.164	-0.464	110.700	$R = 6500\text{m}$
6	520	97.650	112.164	-0.734	111.430	整桩间距=20m
7	540	117.648	113.164	-1.065	112.099	$\omega = 4^\circ 34' 50.75''$
8	560	137.644	114.163	-1.457	112.706	$L = 519.671\text{m}$
9	580	157.639	115.163	-1.912	113.252	$T = 259.974\text{m}$
10	600	117.632	116.163	-2.427	113.736	$E = 5.197\text{m}$
11	620	197.624	117.162	-3.004	114.158	$Z_A = 17422.346$
12	640	217.613	118.162	-3.643	114.519	$H_A = 107.281$
13	660	237.601	119.161	-4.343	114.819	
14	680	257.587	120.161	-5.104	115.057	
15	C=K17+682.320	259.905	120.277	-5.196	115.080	
16	700	242.238	119.748	-4.514	115.234	
17	720	222.251	119.148	-3.800	115.349	
18	740	202.261	118.549	-3.147	115.402	
19	760	182.270	117.949	-2.556	115.393	
20	780	162.277	117.349	-2.026	115.323	
21	800	142.283	116.749	-1.557	115.192	
22	820	122.287	116.149	-1.150	114.999	
23	840	102.290	115.549	-0.805	114.745	
24	860	82.292	114.950	-0.521	114.429	
25	880	62.293	114.350	-0.298	114.051	
26	900	42.294	113.750	-0.138	113.612	
27	920	22.294	113.150	-0.038	113.111	
28	940	2.294	112.550	0.000	112.549	
29	B=K17+942.294	0	112.481	0	112.481	

完成计算后，竖曲线长、切线长、外距、变坡点转角分别存储在字母变量 **L**，**T**，**E**，**W** 中，逐桩点的桩号、至起(终)点的平距、竖曲线高程分别存储在 **List X**，**List Y**，**List Freq** 中，用户可以按 **(MODE)** **(4)** **(REG)** 键进入双变量统计与回归模式查看。