

第 4 章 道路坐标放样正反算程序 aroad 及其应用

4.1 道路坐标放样正反算程序 aroad

4.1.1 程序清单

道路坐标放样正反算程序 aroad 包括一个主程序和七个子程序（不包括交点数据库子程序），见表 4-1。

表 4-1 道路坐标放样正反算程序清单

序号	程序名	程序类型	程序功能
1	aroad()	过程程序	主程序
2	bjd()	过程程序	子程序 1，确定计算所需的交点参数
3	czbjs(ljd,k)	函数程序	子程序 2，计算中桩坐标和切线方位角
4	cqxys(ljd)	函数程序	子程序 3，计算交点曲线要素和主点桩号
5	cgetpq(r,s)	函数程序	子程序 4，计算缓和曲线内移值 p 和缓和曲线切线增长值 q
6	cgetxy(r,s,l)	函数程序	子程序 5，计算缓和曲线局部坐标值
7	ctodgr(rd)	函数程序	子程序 6，将小数形式的角度值转换成十进制度
8	ctop(d)	函数程序	子程序 7，将可能出现的小于 0 或大于 360 的角度值归化到正常值域 0~360 之间

1. 主程序清单（见表 4-2）

表 4-2 道路坐标放样正反算程序（主程序，程序名：aroad）

行号	程序代码	程序说明
	Define aroad()=	
	Prgm	
1	setMode(1,17):setMode(2,2)	程序设置，定点 3 位小数，角度单位为度
2	$v := \frac{\pi}{180}$	角度弧度转换因子
3	If lset[2]=2 Then:Goto b:EndIf	如果计算类型代号为 2，则跳转到标记 b，进行桩号反算
4	Lbl a	标记 a，以下进行中边桩坐标计算
5	Request "桩号",k	输入待计算的桩号，并赋值给变量 k

行号	程序代码	程序说明
6	<i>bjd()</i>	调用 <i>bjd</i> 子程序，确定交点计算参数
7	<i>lzz:=czbjs(ljd,k):ixy:=lzz[1]</i>	调用 <i>czbjs</i> 子程序计算中桩坐标和切线方位角，并赋值给数组变量 <i>lzz</i> ，中桩坐标赋值给虚数变量 <i>ixy</i>
8	<i>ista:=lset[3]+lset[4]·i</i>	从 <i>lset</i> 中读入测站坐标，并赋值给虚数变量 <i>ista</i>
9	Request "边距", <i>s</i>	输入边距，并赋值给变量 <i>s</i>
10	If <i>s</i> =0 Then	如果边距 <i>s</i> 为 0
11	Disp "切线方位角=", <i>(lzz[2])</i> ►DMS	则显示中桩切线方位角
12	Else	否则
13	Request "右角", <i>yj</i>	输入边桩右角，并赋值给变量 <i>yj</i>
14	<i>ixy:=ixy+(s∠lzz[2]+ctodgr(yj))</i>	计算边桩坐标，并赋值给虚数变量 <i>ixy</i>
15	EndIf	
16	<i>idd:=ixy-ista</i>	计算放样坐标与测站坐标的坐标差值，并赋值给虚交变量 <i>idd</i>
17	<i>pa:=ctop(angle(idd))</i>	计算放样角度，并赋值给变量 <i>pa</i>
18	Disp "X=", <i>real(ixy)</i> , "Y=", <i>imag(ixy)</i>	显示放样点坐标计算结果
19	Disp "A=", <i>pa</i> ►DMS, "D=", <i>abs(idd)</i>	显示放样角度和距离
20	Stop	程序停止运行
21	Lbl <i>b</i>	标记 <i>b</i> ，以下进行桩号反算
22	Request "X 坐标", <i>sx</i>	输入定点 <i>X</i> 坐标，并赋值给变量 <i>sx</i>
23	Request "Y 坐标", <i>sy</i>	输入定点 <i>Y</i> 坐标，并赋值给变量 <i>sy</i>
24	<i>isxy:=sx+sy·i</i>	定点坐标赋值给虚交变量 <i>isxy</i>
25	Request "近似桩号", <i>k</i>	输入估计的近似桩号，并赋值给变量 <i>k</i>
26	Lbl <i>c</i>	
27	<i>bjd()</i>	调用 <i>bjd</i> 子程序，确定交点计算参数，并赋值给数组变量 <i>ljd</i>
28	<i>lzz:=czbjs(ljd,k):ixy:=lzz[1]</i>	调用 <i>czbjs</i> 子程序计算中桩坐标和切线方位角，并赋值给数组变量 <i>lzz</i> ，中桩坐标赋值给虚数变量 <i>ixy</i>
29	$idd := \frac{isxy - ixy}{(1\angle lzz[2] + 90)}$	计算定点到估计桩号法线的局部坐标
30	<i>s:=imag(idd)</i>	将定点到估计桩号法线的距离赋值给变量 <i>s</i>
31	If <i>abs(s)</i> >0.001 Then: <i>k:=k-s:Goto c:EndIf</i>	如果 <i>s</i> 绝对值大于 0.001，则重新迭代计算桩号 <i>k</i> ，重复上述计算
32	Disp "K=", <i>k</i> , "D=", <i>real(idd)</i>	否则，显示桩号和距中线距离
	EndPrgm	

2. 子程序 1 清单（见表 4-3）

功能：确定计算所需的交点参数。

表 4-3 道路坐标放样正反算程序（子程序 1，程序名：bjd）

行号	程序代码	程序说明
	Define bjd ()=	
	Prgm	
1	If <i>lset</i> [1]=0 Then	若 <i>lset</i> 的第一数据为 0
2	<i>ljd</i> := <i>lidx</i>	则采用用户交点参数，并赋值给数组变量 <i>ljd</i>
3	Else	否则
4	<i>ljd</i> := <i>expr</i> (<i>lset</i> [1])	根据 <i>lset</i> 中的第一数据表示的数据库子程序名，调用数据库子程序获得计算交点参数，并赋值给数组变量 <i>ljd</i>
5	If <i>ljd</i> [1]<0 Then	如果返回的数组变量 <i>ljd</i> 的第一数据为负数
6	Text "桩号错误，请重输！"	则提示桩号输入错误
7	Stop	程序停止运行
8	EndIf	
9	EndIf	
	EndPrgm	

3. 子程序 2 清单（见表 4-4）

功能：计算中桩坐标和切线方位角。

表 4-4 道路坐标放样正反算程序（子程序 2，程序名：czbjs）

行号	程序代码	程序说明
	Define czbjs (<i>ljd</i> , <i>k</i>)=	
	Func	
1	Local <i>ang</i> , <i>brg</i> , <i>a1</i> , <i>a2</i> , <i>pj</i> , <i>i</i> , <i>l</i> , <i>r</i> , <i>s</i> , <i>c</i>	声明局部变量
2	Local <i>lys</i> , <i>lxy</i> , <i>lpq</i> , <i>ljd</i> , <i>ixy</i> , <i>ig</i>	
3	<i>pj</i> := <i>ctodgr</i> (<i>ljd</i> [5]): <i>r</i> := <i>ljd</i> [6]	从 <i>ljd</i> 中提取相关参数并赋值给相关变量
4	<i>a1</i> := <i>ctodgr</i> (<i>ljd</i> [4]): <i>a2</i> := <i>a1</i> + <i>pj</i>	
5	<i>i</i> := <i>sign</i> (<i>pj</i>): <i>pj</i> := <i>pj</i> · <i>i</i>	路线转向参数，左转为-1，右转为 1，并赋值给变量 <i>i</i> ，转角取正值并赋值给变量 <i>pj</i>

行号	程序代码	程序说明
6	$lys:=cqxy(s(ljd))$	调用 $cqxy$ 子程序计算曲线要素和主点桩号，并赋值给数组变量 lys
7	$ijd:=ljd[2]+ljd[3]\cdot i$	交点坐标赋值给复数变量 ijd
8	If $k<lys[5]$ Then	如果计算桩号小于 ZH 点桩号
9	$ixy:=ijd.ig:=k-ljd[1]$	即计算桩号位于曲线之前的直线段上，计算局部坐标和切线方位角
10	$ang:=a1;brg:=a1$	
11	Goto b	跳转到标记 b
12	ElseIf $k<lys[7]$ Then	否则如果桩号小于 YH 点桩号
13	$ixy:=ijd+(-lys[1]\angle a1)$	计算 ZH 点坐标并赋值给虚数变量 ixy
14	$l:=k-lys[5]:s:=ljd[7]:ang:=a1$	计算或赋值相关变量
15	If $k<lys[6]$ Then	如果计算桩号小于 YH 点桩号（计算桩号在第一缓曲内）
16	$lxy:=cgetxy(r,s,l)$	调用 $cgetxy$ 子程序计算第一缓和曲线上的局部坐标，并赋值给数组变量 lxy
17	$ig:=lxy[1]+i\cdot lxy[2]\cdot i$	局部坐标赋值给虚数变量 ig
18	$brg:=a1+\frac{i\cdot l^2}{2\cdot s\cdot r\cdot v}$	计算切线方位角
19	Goto b	跳转到标记 b
20	Else	否则（计算桩号在圆曲线内）
21	$c:=\frac{2\cdot l-s}{2\cdot r\cdot v}$	计算曲线偏转角
22	$lpq:=cgetpq(r,s)$	调用 $cgetpq$ 子程序，计算第一缓曲的 p 、 q 值
23	$ig:=r\cdot \sin(c)+lpq[2]+i\cdot (r\cdot (1-\cos(c))+lpq[1])\cdot i$	计算圆曲线上的局部坐标值
24	$brg:=a1+i\cdot c$	计算切线方位角
25	Goto b	跳转到标记 b
26	EndIf	第一缓曲段和圆曲线段上坐标计算结束
27	Else	否则（计算桩号大于 YH 点桩号）
28	$ixy:=ijd+(lys[2]\angle a2)$	计算 HZ 点坐标并赋值给虚数变量 ixy
29	$l:=lys[8]-k:s:=ljd[8]:ang:=a2$	计算或赋值相关变量
30	If $l>0$ Then	如果曲线长大于 0（计算桩号在第二缓曲内）
31	$lxy:=cgetxy(r,s,l)$	调用 $cgetxy$ 子程序计算第二缓和曲线上的局部坐标，并赋值给数组变量 lxy
32	$ig:=-lxy[1]+i\cdot lxy[2]\cdot i$	局部坐标赋值给虚数变量 ig

行号	程序代码	程序说明
33	$brg := a2 - \frac{i \cdot l^2}{2 \cdot s \cdot r \cdot v}$	计算切线方位角
34	Goto <i>b</i>	跳转到标记 <i>b</i>
35	Else	否则（计算桩号在曲线之后的直线段上）
36	$ig := -l \cdot brg := a2$	计算局部坐标和切线方位角
37	EndIf	
38	EndIf	
39	Lbl <i>b</i>	
40	$ixy := ixy + (1 \angle ang) \cdot ig$	局部坐标转换成全局坐标（即测量坐标）
41	Return { <i>ixy</i> , <i>ctop</i> (<i>brg</i>)}	返回计算结果——中桩坐标与切线方位角
	EndFunc	

4. 子程序 3 清单（见表 4-5）

功能：计算交点曲线要素和主点桩号。

表 4-5 道路坐标放样正反算程序（子程序 3，程序名：cqxs）

行号	程序代码	程序说明
	Define cqxs (<i>ljd</i>)=	
	Func	
1	Local <i>pj, r, s1, s2, q, p1, p2, t1, t2, ly, e</i>	声明局部变量
2	Local <i>zh, hy, yh, hz</i>	
3	$pj := \text{abs}(\text{ctodgr}(ljd[5]))$	获取转角值的绝对值（调用 <i>ctodgr</i> 子程序将小数格式的角度值换算成十进制度）
4	$r := ljd[6] : s1 := ljd[7] : s2 := ljd[8]$	半径、第一缓曲、第二缓曲
5	$p1 := \text{cgetpq}(r, s1)[1] : p2 := \text{cgetpq}(r, s2)[1]$	计算 <i>p1</i> , <i>p2</i>
6	$q := \text{cgetpq}(r, s1)[2]$	计算 <i>q1</i>
7	$t1 := q + \frac{r + p2 - (r + p1) \cdot \cos(pj)}{\sin(pj)}$	计算第一切线长
8	$q := \text{cgetpq}(r, s2)[2]$	计算 <i>q2</i>
9	$t2 := q + \frac{r + p1 - (r + p2) \cdot \cos(pj)}{\sin(pj)}$	计算第二切线长
10	$ly := r \cdot pj \cdot v - \frac{s1}{2} - \frac{s2}{2}$	计算圆曲线长

行号	程序代码	程序说明
11	$e := \left(r + \frac{p1 + p2}{2} \right) \cdot \sec\left(\frac{pj}{2}\right) - r$	计算外距
12	$zh:=ljd[1]-t1;hy:=zh+s1;yh:=hy+ly;hz:=yh+s2$	计算 ZH, HY, YH, HZ 四个主点桩号
13	Return {t1,t2,ly,e,zh,hy,yh,hz}	返回计算结果
	EndFunc	

5. 子程序 4 清单（见表 4-6）

功能：计算缓和曲线内移值 p 和缓和曲线切线增长值 q 。

表 4-6 道路坐标放样正反算程序（子程序 4，程序名：cgetpq）

行号	程序代码	程序说明
	Define cgetpq (r,s)=	
	Func	
1	Local p,q	声明局部变量
2	$p := \frac{s^2}{24 \cdot r} - \frac{s^4}{2688 \cdot r^3} + \frac{s^6}{506880 \cdot r^5}$	计算 p 值
3	$q := \frac{s}{2} - \frac{s^3}{240 \cdot r^2} + \frac{s^5}{34560 \cdot r^4}$	计算 q 值
4	Return { p,q }	返回计算结果
	EndFunc	

6. 子程序 5 清单（见表 4-7）

功能：计算缓和曲线局部坐标值。

表 4-7 道路坐标放样正反算程序（子程序 5，程序名：cgetxy）

行号	程序代码	程序说明
	Define cgetxy (r,s,l)=	
	Func	
1	Local x,y	声明局部变量
2	$x := l - \frac{l^5}{40 \cdot r^2 \cdot s^2} + \frac{l^9}{3456 \cdot r^4 \cdot s^4}$	计算缓和曲线局部坐标 x 值
3	$y := \frac{l^3}{6 \cdot r \cdot s} - \frac{l^7}{336 \cdot r^3 \cdot s^3} + \frac{l^{11}}{42240 \cdot r^5 \cdot s^5}$	计算缓和曲线局部坐标 y 值

行号	程序代码	程序说明
4	Return {x,y}	返回计算结果
	EndFunc	

7. 子程序 6 清单（见表 4-8）

功能：将小数形式的角度值转换成十进制度。

表 4-8 道路坐标放样正反算程序（子程序 6，程序名：ctodgr）

行号	程序代码	程序说明
	Define ctodgr (rd)=	
	Func	
1	Return $iPart(rd) + \frac{fPart(rd)}{0.6} + \frac{fPart(100 \cdot rd)}{90}$	计算并返回计算结果
	EndFunc	

8. 子程序 7 清单（见表 4-9）

功能：将可能出现的小于 0 或大于 360 的角度值归化到正常值域 0~360 之间。

表 4-9 道路坐标放样正反算程序（子程序 7，程序名：ctop）

行号	程序代码	程序说明
	Define ctop (d)=	
	Func	
1	Return $360 \cdot fPart\left(\frac{d + 360}{360}\right)$	计算并返回计算结果
	EndFunc	

4.1.2 电子表格中数组的设定

在电子表格中设定两列数组，分别是：

1. 程序设置参数数组：lset
2. 交点参数数组：ljdx

如图 4-1 所示。

	lset	ljdx
1	0.	6872.905
2	1.	37386.996
3	0.	61235.994
4	0.	352.1119
5	-18.0011	-18.0011
6		200

图 4-1 电子表格中数组的设定

程序设置参数数组 *lset* 用于存储程序运行过程中相对稳定的参数，各变量含义如表 4-10 所示。

表 4-10 程序设置参数数组 *lset* 的各因子含义

<i>lset</i> 数组(4 因子)	含 义	
<i>lset</i> [1]	交点数据库名称 1. 输入数据库子程序名称，如：“dprj01()”，程序将调用该名称的数据库子程序，子程序名称须以带引号的字符串格式输入； 2. 输入数字“0”，则不调用数据库子程序，而是直接使用用户输入的交点参数数组 <i>ljdx</i> 。	
<i>lset</i> [2]	正反算设置代码 1. 输入数字“1”，进行中、边桩坐标和切线方位角计算； 2. 输入数字“2”，进行桩号反算。	
<i>lset</i> [3]	测站 x 坐标	若不计算测站坐标，则该栏可输入任意数据或数字“0”，不可空缺
<i>lset</i> [4]	测站 y 坐标	

交点参数数组 *ljdx* 用于存储用户输入的单个交点参数，各变量含义如表 4-11 所示。

表 4-11 交点参数数组 *ljdx* 的各因子含义

<i>ljdx</i> 数组(8 因子)	含 义
<i>ljdx</i> [1]	交点桩号
<i>ljdx</i> [2]	交点 X 坐标
<i>ljdx</i> [3]	交点 Y 坐标
<i>ljdx</i> [4]	交点曲线之前的切线方位角 1. 角度必须以小数格式输入，如角度：45 度 23 分 12.3 秒，则输入 45.23123。

<i>lidx</i> 数组(8 因子)	含 义
<i>lidx</i> [5]	交点转角 1. 角度必须以小数格式输入; 2. 如果左转, 角度输入负值, 如果右转, 角度输入正值。
<i>lidx</i> [6]	圆曲线半径
<i>lidx</i> [7]	第一缓和曲线长度
<i>lidx</i> [8]	第二缓和曲线长度

4.1.3 主要全局变量清单

道路坐标放样正反算程序主要全局变量清单见表 4-12。

表 4-12 道路坐标放样正反算程序主要全局变量清单

序号	全局变量	变量类型	单位	说 明
1	<i>v</i>	实数		角度与弧度的转化因子
2	<i>lset</i>	数组 (4 因子)		程序设置参数数组, 详见表 4-10
3	<i>k</i>	实数	m	待算桩号, 或近似桩号
4	<i>lzz</i>	数组 (2 因子)		中桩坐标计算结果: {中桩坐标 (复数), 切线方位角}
5	<i>lidx</i>	数组 (8 因子)		(用户) 交点参数数组, 详见表 4-11
6	<i>ljd</i>	数组 (8 因子)		(计算) 交点参数数组, 数组各因子含义与 <i>lidx</i> 相同
7	<i>ixy</i>	复数	m	中桩坐标, 或边桩坐标
8	<i>ista</i>	复数	m	测站坐标
9	<i>s</i>	实数	m	边距, 或定点到估计桩号法线的距离
10	<i>yj</i>	实数		边桩右角
11	<i>idd</i>	复数	m	放样坐标与测站坐标的坐标差值, 或定点到估计桩号法线的局部坐标
12	<i>pa</i>	实数		放样方位角
13	<i>sx</i>	实数	m	定点 X 坐标
14	<i>sy</i>	实数	m	定点 Y 坐标
15	<i>isxy</i>	复数	m	定点坐标

4.2 路线单交点计算操作流程

【算例 4-1】

某三级公路，已知交点 JD22 的里程是 K6+872.905，交点坐标为 $x_1=37386.996\text{ m}$ ， $y_1=61235.994\text{ m}$ ，交点之前的直线段方位角为 $A_0=352^\circ11'19''$ ，转角 $\alpha_z=18^\circ00'11''$ ，圆曲线半径 $R=300\text{ m}$ ，缓和曲线长采用 $l_{s1}=40\text{ m}$ ， $l_{s2}=60\text{ m}$ ，试分别计算以下中桩的坐标及其切线方位角：K6+800，K6+820，K6+888.714，K6+960。

(1) 参数设定：在使用 aroad 程序计算之前，需先在电子表格中按表 4-10 和表 4-11 的规定，分别设定好程序设置参数数组 lset 和交点参数数组 ljdkx，如图 4-2 所示。

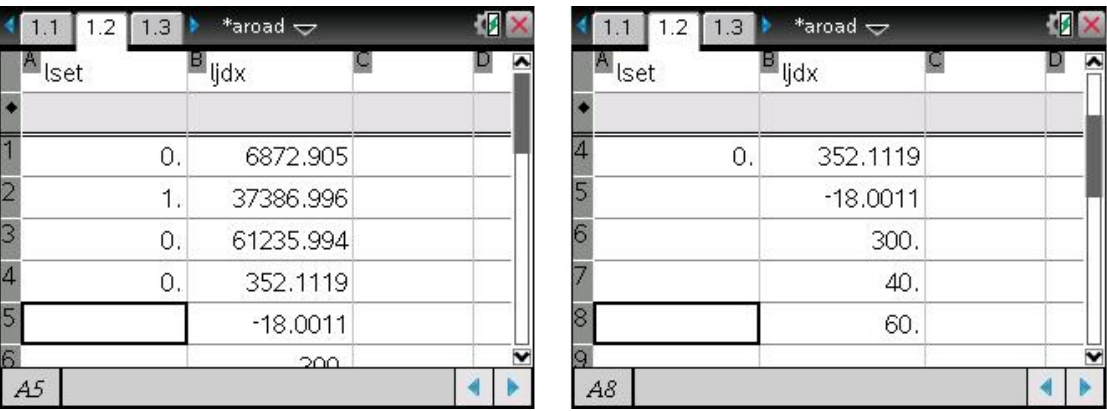
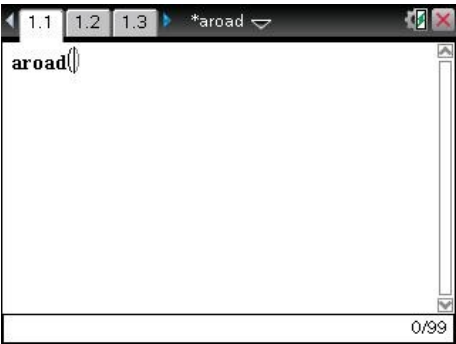

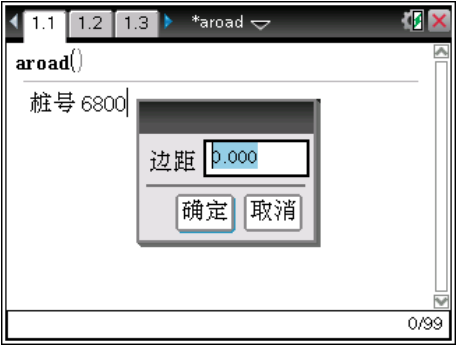
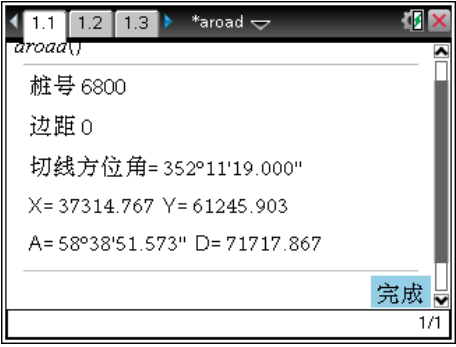
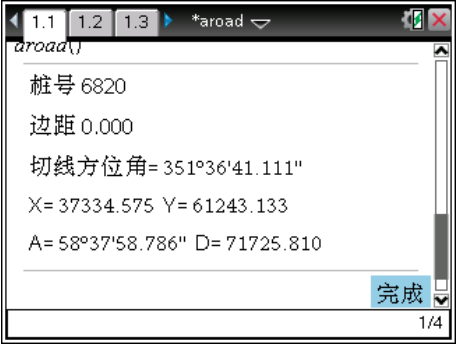


图 4-2 电子表格中数组的设定

(2) 程序操作流程：见表 4-13。

表 4-13 使用 aroad 程序计算单交点曲线中桩坐标操作流程

步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
1		<div>enter</div>	输入主程序名，或按 var 键调出主程序 aroad() 后，按 enter 键执行程序

步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
2		6 8 0 0 enter	输入待算桩号 6800 并确认
3		0 enter	因为是计算中桩坐标，因此边距输入 0
4			屏幕显示桩号 6800 的计算结果：切线方位角、中桩坐标。同时显示的放样角度和放样距离是无效结果（之前设定的测站坐标为 0）
5			按以上操作方法计算的桩号 6820 的计算结果屏幕截图


步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
6			按以上操作方法计算的桩号 6888.714 的计算结果屏幕截图
7			按以上操作方法计算的桩号 6960 的计算结果屏幕截图

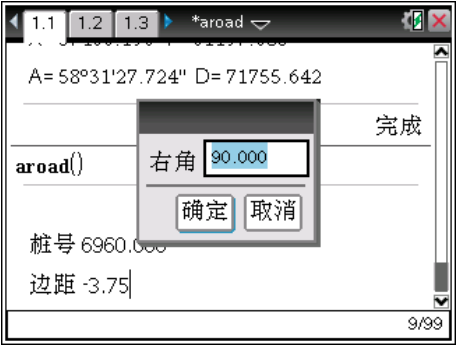
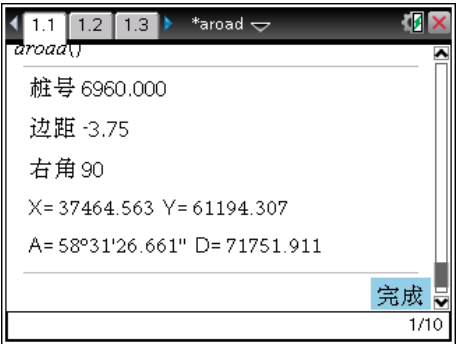
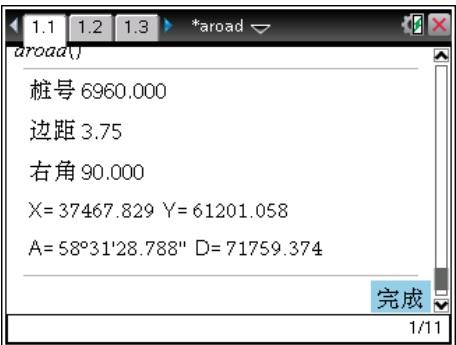
【算例 4-2】

对于【算例 4-1】的公路，已知公路路面宽度 $B=7.5\text{m}$ ，试求中桩 $K6+960$ 对应的路面边桩坐标。

- (1) 参数设定：与【算例 4-1】相同（图 4-2）。
- (2) 程序操作流程：见表 4-14。

表 4-14 使用 aroad 程序计算单交点曲线边桩坐标操作流程

步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
1		<p>6 9 6 0 enter</p>	输入主程序名，或按 [var] 键调出主程序 aroad() 后，按 [enter] 键执行程序，输入计算桩号 6960

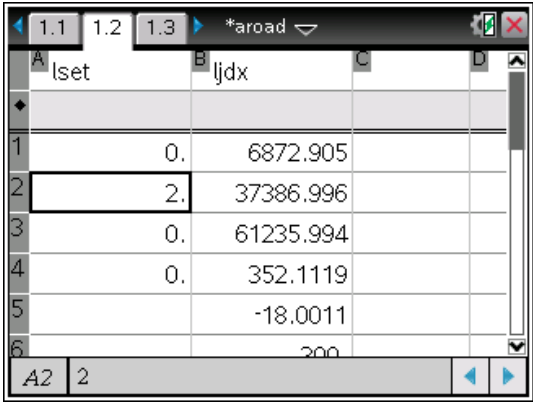
步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
2			输入边距-3.75m，负数表示左侧边距
3			边桩右角，输入 90 度
4			屏幕显示桩号 6860 左 3.75 米边桩的计算结果
5			按以上操作方法计算的桩号 6860 右 3.75 米边桩的计算结果

【算例 4-3】

对于【算例 4-1】的公路，在路线外有一点 P' ，坐标为 $x_{p'} = 37338.143\text{m}$ ，

$y_{P'} = 61230.961\text{m}$ ，估计对应的中桩桩号是 K6+820，试根据 P' 点坐标反求对应的桩号及距中桩的位置。

(1) 参数设定：由于是定点求桩桩号反算，程序设置参数数组 $lset$ 中的第 2 个因子应为“2”（图 4-3），其它参数不变。



	A	B	C	D
1		0.	6872.905	
2		2.	37386.996	
3		0.	61235.994	
4		0.	352.1119	
5			-18.0011	
6			200	

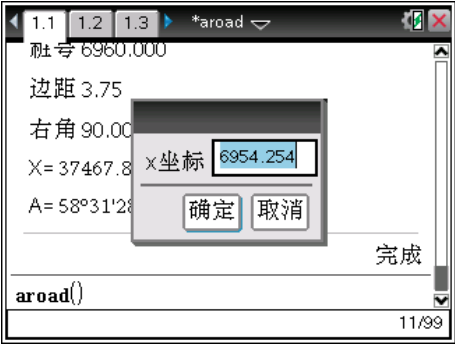

A2 2

图 4-3 电子表格中数组的设定

交点参数数组 $ljdx$ 与【算例 4-1】相同（图 4-2）。

(2) 程序操作流程：见表 4-15。

表 4-15 使用 aroad 程序进行单交点曲线坐标反算操作流程

步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
1		<code>37338.143 enter</code>	输入主程序名，或按 <code>var</code> 键调出主程序 <code>aroad()</code> 后，按 <code>enter</code> 键执行程序，按提示输入定点 X 坐标 37338.143 后按 <code>enter</code> 键确认
2		<code>61230.961 enter</code>	按提示输入定点 Y 坐标 61230.961 后按 <code>enter</code> 键确认

步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
3		6 8 2 0 enter	输入近似桩号 6820
4			屏幕显示桩号反算结果： 对应桩号，距中桩距离（负号表示在路线左侧）

4.3 全线贯通的路线数据库子程序编写及应用

对于 aroad 程序，还能将项目的路线平面参数写入一个子程序，供主程序调用并赋值给相关变量，这样就免除了现场确定和输入参数的麻烦，并消除了由于输入错误引起的错误结果的可能。

这里一个公路工程项目为案例，说明全线贯通的路线数据库子程序的编写及程序应用。

4.3.1 路线数据库子程序的格式及编写示例

1. 公路工程案例

附录中所列的湖南省 YZ 至 FTL 高速公路，计算路段为 K4+620~K8+200。

2. 数据库子程序格式

路线数据库子程序的整体结构和格式如表 4-16 所示。

表 4-16 路线数据库子程序的整体结构和格式

行号	程序代码	程序说明
	Define 子程序名()=	程序名建议使用 dprj+序号的形式
	Func	

行号	程序代码	程序说明
1	If $k < \text{路线起始桩号}$ or $k > \text{路线结束桩号}$ Then:Return {-1}:EndIf	判别桩号，如桩号超过有效计算桩号范围，则返回数组{-1}
2	If $k \leq \text{第1个交点的计算终点桩号}$ Then	第1个交点计算参数
3	Return {本交点桩号, 交点 X 坐标, 交点 Y 坐标, 交点曲线之前的切线方位角, 交点转角(左转为负), 曲线半径, 第1缓和曲线长度, 第2缓和曲线长度}	
4	ElseIf $k \leq \text{第2个交点的计算终点桩号}$ Then	第2个交点计算参数
5	Return {本交点桩号, 交点 X 坐标, 交点 Y 坐标, 交点曲线之前的切线方位角, 交点转角(左转为负), 曲线半径, 第1缓和曲线长度, 第2缓和曲线长度}	
.....	按以上格式依次列出后面各交点计算参数
12	EndIf	
	EndFunc	

从道路基本型曲线的中线坐标计算公式（见第3.2节）我们可以得知，一个交点的坐标计算范围包括了本交点曲线及前、后两条直线段，因此“交点的计算终点桩号”可选择为下一交点的 ZH 点桩号，如图 4-4 所示。

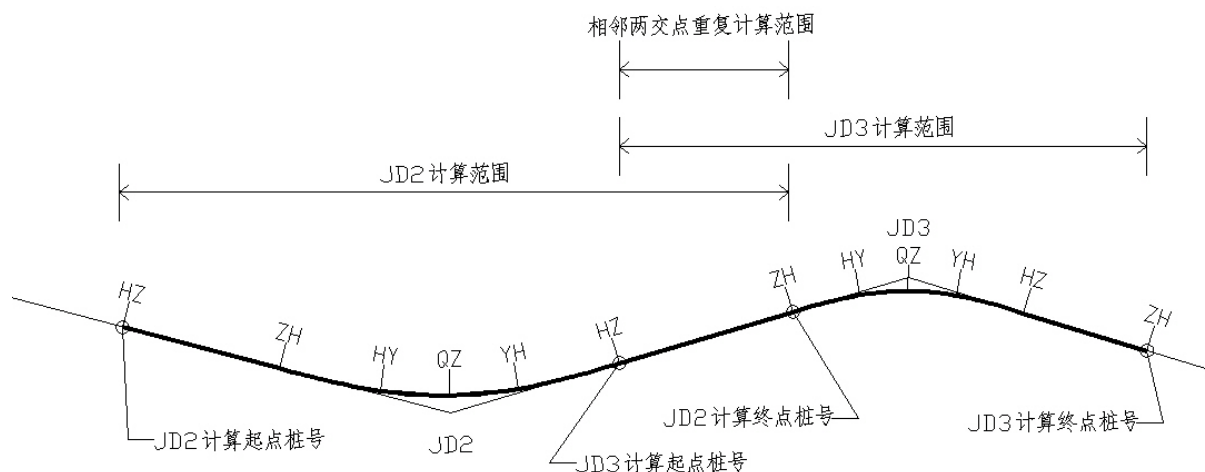


图 4-4 交点计算范围示意图

可见，相邻两交点之间的直线段是两交点共同的“计算范围”，这一直线段用前、后两交点的参数均可计算出准确结果。

“路线起始桩号”和“路线结束桩号”则是数据库子程序中所有交点的整体计算起终点桩号。

在编制路线数据库子程序时，实际工程计算所需的路段桩号一定要确保在数据库子程序的整体计算起终点桩号范围内。

3. 数据库子程序的编写

根据附录工程案例——湖南省 YZ 至 FTL 高速公路的“直线、曲线及转角表”可得，K4+620~K8+200 路段涉及的交点从 JD6~JD10，因此编写该路段范围的数据库子程序如表 4-17 所示。

表 4-17 道路坐标放样正反算程序（数据库子程序 1，程序名：dprj1）

行号	程序代码	程序说明
	Define dprj1() =	
	Func	
1	If $k < 4163.831$ or $k > 8344.89$ Then:Return {-1}:EndIf	
2	If $k \leq 4695.549$ Then	JD6 计算参数
3	Return {4435.412,7677.77,5975.819,239.27138,32.11287,715,130,130}	
4	ElseIf $k \leq 6239.502$ Then	JD7 计算参数
5	Return {5065.776,7696.195,5334.276,271.38425,-35.33087,950,130,150}	
6	ElseIf $k \leq 6721.764$ Then	JD8 计算参数
7	Return {6490.625,6890.074,4134.969,236.05338,34.36473,550,160,140}	
8	ElseIf $k \leq 7108.88$ Then	JD9 计算参数
9	Return {6953.67,6895.919,3660.501,270.42211,-22.43093,830,130,130}	
10	ElseIf $k \leq 8344.89$ Then	JD10 计算参数
11	Return {7398.765,6727.328,3243.502,247.59119,15.34588,1111.024,130,150}	
12	EndIf	
	EndFunc	

对照湖南省 YZ 至 FTL 高速公路的“直线、曲线及转角表”及对应的数据库子程序（表 4-17），容易看出，数据库子程序中的相关参数，均能够很容易从路线项目的“直线、曲线及转角表”中获得。另外，对于坐标数据，为简约起见，可采用简化坐标，如本项目坐标均只取到千分位。

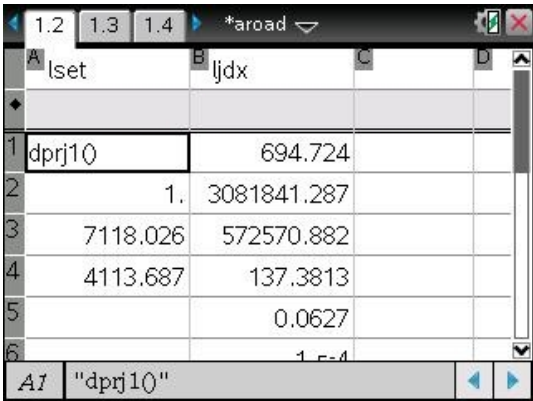
4.3.2 全线贯通的 aroad 程序计算操作流程

【算例 4-4】

对于湖南省 YZ 至 FTL 高速公路（附录工程项目），计算 K6+100~K6+700 段的中桩坐标（桩距 20m），并在导线点（2807118.026，474113.687）上架设全站仪，计算各中桩的极坐标放样数据。

（1）参数设定：

由于使用数据库子程序，只需对程序设置参数数组 *lset* 进行设定，而交点参数数组 *ljdx* 不再需要，原有数值可不动。数组 *lset* 中的参数，一是要以字符串形式输入数据库子程序名“dprj1()”，二是要将测站坐标输入，如图 4-4 所示。




	A lset	B ljdx	C	D
1	dprj1()	694.724		
2	1.	3081841.287		
3	7118.026	572570.882		
4	4113.687	137.3813		
5		0.0627		
6		1.54		

A1 "dprj1()"

图 4-5 电子表格中数组的设定

（2）程序操作流程：见表 4-18。

表 4-18 使用 aroad 程序计算路线（全线贯通）中桩坐标及放样数据的操作流程

步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
1		<div>enter</div>	输入主程序名，或按 <div>var</div> 键调出主程序 aroad()后，按 <div>enter</div> 键执行程序


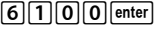



2			输入待算桩号 6100 并确认
3			因为是计算中桩坐标，因此边距输入 0
4			屏幕显示桩号 6100 的计算结果：切线方位角、中桩坐标、放样角度和放样距离
5	按照以上操作程序可继续进行其它桩号的计算

表 4-19 给出了由道路路线 CAD 软件计算的 K6+100~K6+700 段中桩坐标及放样数据计算结果，供读者进行计算验证。

表 4-19 K6+100~K6+700 段中桩坐标及放样数据计算结果

桩 号	中桩坐标 (m)		切线方位角	极坐标放样数据	
	N (X)	E (Y)		α_1	D_1 (m)
K6+100	2807107.985	474459.166	236° 05' 34"	91° 39' 53"	345.625
K6+120	2807096.828	474442.567	236° 05' 34"	93° 41' 17"	329.563
K6+140	2807085.671	474425.968	236° 05' 34"	95° 54' 55"	313.953
K6+160	2807074.514	474409.369	236° 05' 34"	98° 22' 18"	298.867

桩 号	中桩坐标 (m)		切线方位角	极坐标放样数据	
	N (X)	E (Y)		α_1	D_1 (m)
K6+180	2807063.356	474392.771	236° 05' 34"	101° 04' 60"	284.388
K6+200	2807052.199	474376.172	236° 05' 34"	104° 04' 42"	270.613
K6+220	2807041.042	474359.573	236° 05' 34"	107° 23' 5"	257.655
K6+239.502	2807030.163	474343.387	236° 05' 34"	110° 55' 56"	245.931
K6+260	2807018.742	474326.366	236° 13' 46"	115° 01' 28"	234.712
K6+280	2807007.676	474309.707	236° 37' 36"	119° 22' 39"	224.946
K6+300	2806996.764	474292.946	237° 17' 03"	124° 04' 37"	216.421
K6+320	2806986.083	474276.037	238° 12' 08"	129° 06' 4"	209.204
K6+340	2806975.714	474258.935	239° 22' 50"	134° 24' 54"	203.346
K6+360	2806965.738	474241.602	240° 49' 10"	139° 58' 17"	198.881
K6+380	2806956.240	474224.001	242° 31' 08"	145° 42' 42"	195.816
K6+399.502	2806947.524	474206.556	244° 25' 36"	151° 25' 25"	194.153
K6+400	2806947.310	474206.107	244° 28' 43"	151° 34' 13"	194.128
K6+420	2806939.023	474187.906	246° 33' 43"	157° 28' 48"	193.780
K6+440	2806931.403	474169.416	248° 38' 44"	163° 22' 25"	194.766
K6+460	2806924.460	474150.660	250° 43' 44"	169° 11' 10"	197.065
K6+480	2806918.204	474131.665	252° 48' 45"	174° 51' 32"	200.629
K6+485.633	2806916.567	474126.275	253° 23' 57"	176° 25' 28"	201.852
K6+500	2806912.643	474112.455	254° 53' 45"	180° 20' 37"	205.387
K6+520	2806907.784	474093.055	256° 58' 46"	185° 36' 17"	211.252
K6+540	2806903.633	474073.492	259° 03' 46"	190° 37' 07"	218.128
K6+560	2806900.196	474053.791	261° 08' 47"	195° 22' 28"	225.915
K6+581.765	2806897.273	474032.224	263° 24' 49"	200° 15' 18"	235.305
K6+600	2806895.469	474014.080	265° 11' 23"	204° 06' 41"	243.831
K6+620	2806894.090	473994.128	266° 51' 10"	208° 05' 52"	253.854
K6+640	2806893.238	473974.146	268° 13' 07"	211° 49' 50"	264.577
K6+660	2806892.812	473954.151	269° 17' 12"	215° 18' 46"	275.995
K6+680	2806892.706	473934.152	270° 03' 25"	218° 32' 52"	288.101
K6+700	2806892.817	473914.152	270° 31' 47"	221° 32' 27"	300.888

【算例 4-5】

计算湖南省 YZ 至 FTL 高速公路（附录工程项目）K6+100~K6+700 段的路面边桩（左右各 12.25 米）坐标（桩距 20m）。并在导线点（2807118.026，474113.687）上架设全站仪，计算各边桩的极坐标放样数据。

- （1）参数设定：与【算例 4-4】相同
- （2）程序操作流程：见表 4-20。

表 4-20 使用 aroad 程序计算路线（全线贯通）边桩坐标的操作流程

步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
1		6100 enter	输入主程序名,或按 [var] 键调出主程序 aroad()后,按 [enter] 键执行程序,输入计算桩号 6100
2		(-) 12.75 enter	输入边距-12.75m, 负数表示左侧边距
3		90 enter	边桩右角, 输入 90 度, 如回显数值为 90 则直接确认



步骤	屏幕显示	按键操作	操作说明
4			屏幕显示桩号 6100 左 12.75 米边桩的计算结果
5			按以上操作方法计算的桩号 6100 右 12.75 米边桩的计算结果
6	按照以上操作程序可继续进行其它桩号的计算

表 4-21 给出了由道路路线 CAD 软件计算的 K6+100~K6+700 段边桩坐标及放样数据计算结果，供读者进行计算验证。

表 4-21 K6+100~K6+700 段边桩坐标及放样数据计算结果

桩 号	左边桩				右边桩			
	坐标 (m)		极坐标放样数据		坐标 (m)		极坐标放样数据	
	N (X)	E (Y)	α_1	D_1 (m)	N (X)	E (Y)	α_1	D_1 (m)
K6+100	2807097.817	474465.998	93° 16' 59"	352.891	2807118.151	474452.331	89° 58' 44"	338.644
K6+120	2807086.660	474449.400	95° 20' 16"	337.175	2807106.994	474435.732	91° 57' 43"	322.234
K6+140	2807075.503	474432.801	97° 35' 25"	321.934	2807095.837	474419.133	94° 09' 18"	306.251
K6+160	2807064.346	474416.202	100° 03' 44"	307.241	2807084.680	474402.535	96° 35' 08"	290.766
K6+180	2807053.189	474399.603	102° 46' 37"	293.176	2807073.523	474385.936	99° 17' 02"	275.862
K6+200	2807042.032	474383.004	105° 45' 27"	279.834	2807062.366	474369.337	102° 16' 58"	261.639
K6+220	2807030.875	474366.405	109° 01' 37"	267.324	2807051.209	474352.738	105° 36' 59"	248.214
K6+239.502	2807019.996	474350.220	112° 30' 41"	256.043	2807040.329	474336.553	109° 13' 12"	236.021
K6+260	2807008.558	474333.174	116° 30' 27"	245.271	2807028.924	474319.556	113° 24' 12"	224.323
K6+280	2806997.445	474316.444	120° 44' 25"	235.903	2807017.905	474302.967	117° 52' 37"	214.128

桩 号	左边桩				右边桩			
	坐标 (m)		极坐标放样数据		坐标 (m)		极坐标放样数据	
	N (X)	E (Y)	α_1	D_1 (m)	N (X)	E (Y)	α_1	D_1 (m)
K6+300	2806986.457	474299.565	125° 17' 31"	227.731	2807007.070	474286.324	122° 43' 46"	205.219
K6+320	2806975.671	474282.490	130° 08' 29"	220.816	2806996.494	474269.581	127° 56' 22"	197.669
K6+340	2806965.171	474265.173	135° 15' 27"	215.204	2806986.255	474252.695	133° 28' 08"	191.538
K6+360	2806955.042	474247.573	140° 35' 53"	210.925	2806976.433	474235.628	139° 15' 53"	186.864
K6+380	2806945.372	474229.653	146° 06' 43"	207.984	2806967.108	474218.347	145° 15' 33"	183.658
K6+399.502	2806936.474	474211.843	151° 36' 08"	206.387	2806958.574	474201.267	151° 13' 19"	181.921
K6+400	2806936.254	474211.384	151° 44' 36"	206.363	2806958.364	474200.828	151° 22' 30"	181.894
K6+420	2806927.783	474192.777	157° 25' 33"	206.028	2806950.261	474183.032	157° 32' 32"	181.532
K6+440	2806919.993	474173.875	163° 05' 40"	206.977	2806942.811	474164.954	163° 41' 27"	182.561
K6+460	2806912.896	474154.702	168° 41' 35"	209.190	2806936.024	474146.616	169° 44' 40"	184.957
K6+480	2806906.501	474135.284	174° 10' 13"	212.625	2806929.907	474128.044	175° 38' 09"	188.666
K6+485.633	2806904.828	474129.774	175° 41' 06"	213.805	2806928.306	474122.774	177° 15' 28"	189.937
K6+500	2806900.816	474115.646	179° 28' 60"	217.219	2806924.469	474109.262	181° 18' 35"	193.607
K6+520	2806895.848	474095.814	184° 35' 57"	222.895	2806919.718	474090.294	186° 43' 39"	199.683
K6+540	2806891.605	474075.815	189° 29' 44"	229.566	2806915.660	474071.167	191° 51' 58"	206.785
K6+560	2806888.092	474055.675	194° 09' 37"	237.139	2806912.300	474051.904	196° 42' 57"	214.803
K6+581.765	2806885.103	474033.628	198° 58' 07"	246.298	2806909.442	474030.818	201° 40' 03"	224.443
K6+600	2806883.262	474015.105	202° 46' 42"	254.623	2806907.675	474013.051	205° 34' 03"	233.185
K6+620	2806881.858	473994.799	206° 43' 15"	264.405	2806906.321	473993.454	209° 35' 36"	243.465
K6+640	2806880.994	473974.526	210° 25' 02"	274.864	2806905.482	473973.764	213° 21' 29"	254.467
K6+660	2806880.562	473954.302	213° 52' 10"	285.994	2806905.061	473953.997	216° 51' 50"	266.186
K6+680	2806880.456	473934.138	217° 04' 51"	297.788	2806904.956	473934.162	220° 06' 58"	278.618
K6+700	2806880.567	473914.037	220° 03' 23"	310.237	2806905.066	473914.264	223° 07' 12"	291.756

4.4 路线断链的处理

1. 断链的含义及其处理方法

断链指的是因局部改线或分段测量等原因造成的桩号不连续的现象。

断链常用断链等式来表示：断链前桩号=断链后桩号，如 $K12+943.305 = K12+900.001$ 。断链点是空间的一个点，应该只有唯一对应的一个桩号，但现在断链等式表明了这个点有两个不同的桩号，即桩号不连续。

如果断链前桩号大于断链后桩号，则桩号有重叠，称为长链，如果断链前桩号小于断链后桩号，则桩号有间断，称为短链。前面提到的断链 $K12+943.305 = K12+900.001$ ，为长链，并记长链 43.304 米。

以断链为界，断链之前的路段与断链之后的路段，其桩号自成体系、各自连续，因此，如果碰到有断链的路线，可以以断链为界，分为两个路段，各自建立数据库子程序，分别调用计算。

2. 含断链的路线计算实例

表 4-22 是湖南省省道 S214 线某路段改建工程的一张“直线、曲线及转角表”，在表中的备注栏中标明有个断链，短链：74.699m， $K36+126.753 = K36+201.453$ 。

那么，我们就以断链为界将路线分为两段，断链前的路段为 $K34+616.698 \sim K36+126.753$ ，断链后的路段为 $K36+201.453 \sim K38+612.174$ ，分别建立数据库子程序如表 4-23 和表 4-24。

表 4-22 湖南省省道 S214 线某路段改建工程——直线、曲线及转角表

交点号	交点桩号 及 交点坐标		交点 间距 (m)	计算方位角 (° ' ")	曲线间 直线长 (m)	转 角 (° ' ")	曲 线 要 素 表 (m)						曲 线 主 点 位 置										备 注
							切线长度 T1 T2	半 径 R1 R2 R3	缓和参数 A1 A3	曲线长度 Ls1 Lc Ls2	曲线总长 Lh	外 距 E	第一缓和曲线 起 点	第一缓和曲线终点 及圆曲线起点	圆 曲 线 中 点	第二缓和曲线起点 及圆曲线终点	第二缓和曲线 终 点						
	桩	K34+616.698	487.533	155°57' 11.5"	295.331	34°49'08.1"(Y)	192.202		234.728	140.			桩	K34+912.030	桩	K35+052.030	桩	K35+111.611	桩	K35+171.192	桩	K35+271.192	短链: 74.699m K36+126.753 = K36+201.453
	N	2813764.778						393.55		119.162	359.162	20.538	N	2813495.078	N	2813364.257	N	2813305.553	N	2813246.035	N	2813147.165	
	E	369874.7					175.484	198.381	100.		E	369995.043	E	370044.347	E	370054.191	E	370055.068	E	370040.563			
JD78	桩	K35+104.231	287.283	190°46'19.6"	0.	21°56'02.3"(Z)	111.798		166.461	70.			桩	K35+271.192	桩	K35+341.192	桩	K35+381.961	桩	K35+422.729	桩	K35+492.729	
	N	2813037.336						395.844		81.537	221.537	7.889	N	2813147.165	N	2813078.067	N	2813037.363	N	2812996.674	N	2812927.653	
	E	370019.668					111.798	166.461	70.		E	370040.563	E	370029.516	E	370027.557	E	370029.793	E	370041.31			
JD80	桩	K35+972.792	591.862	168°50'17.3"	297.467	66°35'02.4"(Z)	182.597		141.421	100.			桩	K35+790.196	桩	K35+890.196	桩	K35+956.407	桩	K36+022.618	桩	K36+122.618	
	N	2812456.67						200.		132.422	332.422	41.755	N	2812635.813	N	2812539.922	N	2812485.912	N	2812447.114	N	2812417.914	
	E	370134.241					182.597	141.421	100.		E	370098.894	E	370126.271	E	370164.046	E	370217.326	E	370312.677			
JD81	桩	K36+749.012	734.291	102°15'14.9"	331.04	96°23'34.8"(Y)	220.655		122.474	100.			桩	K36+528.357	桩	K36+628.357	桩	K36+704.535	桩	K36+780.713	桩	K36+880.713	
	N	2812300.818						150.		152.356	352.356	79.181	N	2812347.652	N	2812315.889	N	2812261.768	N	2812188.974	N	2812091.746	
	E	370851.802					220.655	122.474	100.		E	370636.175	E	370730.477	E	370782.921	E	370802.426	E	370781.25			
JD82	桩	K37+012.835	352.777	198°38'49.7"	0.	69°22'23.1"(Z)	132.122		102.474	80.			桩	K36+880.713	桩	K36+960.713	桩	K37+000.178	桩	K37+039.643	桩	K37+119.643	
	N	2811966.56						131.262		78.93	238.93	30.833	N	2812091.746	N	2812014.066	N	2811975.079	N	2811939.346	N	2811882.923	
	E	370739.006					132.122	102.474	80.		E	370781.25	E	370763.557	E	370768.638	E	370785.038	E	370841.285			
JD83	桩	K37+524.743	537.221	129°16'26.7"	176.351	75°05'06.8"(Y)	228.748		165.227	130.			桩	K37+295.995	桩	K37+425.995	桩	K37+498.595	桩	K37+571.196	桩	K37+701.196	
	N	2811626.482						210.		145.202	405.202	59.065	N	2811771.287	N	2811679.466	N	2811613.012	N	2811540.89	N	2811418.098	
	E	371154.883					228.748	165.227	130.		E	370977.803	E	371069.047	E	371097.375	E	371101.507	E	371060.534			
JD84	桩	K37+861.655	389.206	204°21'33.5"	0.	39°54'18.2"(Z)	160.458		174.074	100.			桩	K37+701.196	桩	K37+801.196	桩	K37+856.718	桩	K37+912.240	桩	K38+012.240	
	N	2811271.924						303.017		111.044	311.044	20.811	N	2811418.098	N	2811324.984	N	2811270.325	N	2811214.887	N	2811117.336	
	E	370994.352					160.458	174.074	100.		E	371060.534	E	371024.402	E	371015.102	E	371015.917	E	371037.356			
JD85	桩	K38+506.118	654.336	164°27'15.2"	385.885	21°43'10.4"(Y)	107.993		163.095	70.			桩	K38+398.125	桩	K38+468.125	桩	K38+505.149	桩	K38+542.174	桩	K38+612.174	
	N	2810641.526						380.		74.05	214.05	7.476	N	2810745.568	N	2810677.611	N	2810640.915	N	2810603.926	N	2810534.16	
	E	371169.719					107.993	163.095	70.		E	371140.776	E	371157.452	E	371162.268	E	371163.492	E	371158.105			
JD86	桩	K38+716.231	212.049	186°10'25.6"	0.	12°44'40.6"(Z)	104.056		207.999	70.			桩	K38+612.174	桩	K38+682.174	桩	K38+715.913	桩	K38+749.651	桩	K38+819.651	
	N	2810430.707						618.053		67.477	207.477	4.175	N	2810534.16	N	2810464.446	N	2810430.721	N	2810397.003	N	2810327.334	
	E	371146.915					104.056	207.999	70.		E	371158.105	E	371151.893	E	371151.089	E	371152.127	E	371158.822			

表 4-23 道路坐标放样正反算程序（数据库子程序 2，程序名：dprj2）

行号	程序代码	程序说明
	Define dprj2() =	断链前路段
	Func	
1	If $k < 34616.698$ or $k > 36126.753$ Then:Return {-1}:EndIf	路段终点桩号是断链前桩号
2	If $k \leq 35271.192$ Then	JD78 计算参数
3	Return {35104.231,13319.557,70073.362,155.57115,34.49081,393.55,140,100}	
4	ElseIf $k \leq 35790.196$ Then	JD79 计算参数
5	Return {35382.991,13037.336,70019.668,190.46196,-21.56023,395.844,70,70}	
6	ElseIf $k \leq 36126.753$ Then	JD80 计算参数,注意这里的交点计算终点桩号是断链前桩号
7	Return {35972.792,12456.67,70134.241,168.50173,-66.35024,200,100,100}	
8	EndIf	
	EndFunc	

表 4-24 道路坐标放样正反算程序（数据库子程序 3，程序名：dprj3）

行号	程序代码	程序说明
	Define dprj3() =	断链后路段
	Func	
1	If $k < 36201.453$ or $k > 38612.174$ Then:Return {-1}:EndIf	路段起点桩号是断链后桩号
2	If $k \leq 36880.713$ Then	JD81 计算参数
3	Return { 36749.012,12300.818,70851.802,102.15149,96.23348,150,100,100}	
4	ElseIf $k \leq 37295.995$ Then	JD82 计算参数
5	Return {37012.835,11966.56,70739.006,198.38497, -69.22231,131.262,80,80}	
6	If $k \leq 37701.196$ Then	JD83 计算参数
7	Return {37524.743,11626.482,71154.883,129.16267,75.05068,210,130,130}	
8	ElseIf $k \leq 38398.125$ Then	JD84 计算参数
9	Return {37861.655,11271.924,70994.352,204.21335,-39.54182,303.017,100,100}	
10	ElseIf $k \leq 38612.174$ Then	JD85 计算参数
11	Return {38506.118,10641.526,71169.719,164.27152,21.43104,380,70,70}	
12	EndIf	
	EndFunc	

表 4-25、表 4-26 分别给出了由道路路线 CAD 软件计算的断链前后路段的逐桩坐标及切线方位角计算结果，供读者进行计算验证。

表 4-25 断链前路段 K34+616.698~K36+126.753 逐桩坐标及切线方位角

桩号	X 坐标	Y 坐标	方位角	桩号	X 坐标	Y 坐标	方位角
K34+616.698	2813764.778	369874.700	155°57'11"	K35+400.	2813019.331	370028.029	177°11'38"
K34+650.	2813734.366	369888.270	155°57'11"	K35+422.729	2812996.674	370029.793	173°54'15"
K34+700.	2813688.706	369908.645	155°57'11"	K35+450.	2812969.659	370033.500	170°43'33"
K34+750.	2813643.045	369929.019	155°57'11"	K35+492.729	2812927.653	370041.310	168°50'17"
K34+800.	2813597.384	369949.393	155°57'11"	K35+500.	2812920.519	370042.717	168°50'17"
K34+850.	2813551.724	369969.767	155°57'11"	K35+550.	2812871.465	370052.396	168°50'17"
K34+900.	2813506.063	369990.141	155°57'11"	K35+600.	2812822.411	370062.076	168°50'17"
K34+912.029	2813495.078	369995.043	155°57'11"	K35+650.	2812773.356	370071.755	168°50'17"
K34+950.	2813460.336	370010.364	156°42'10"	K35+700.	2812724.302	370081.434	168°50'17"
K35+000.	2813413.943	370028.992	159°58'37"	K35+750.	2812675.248	370091.113	168°50'17"
K35+050.	2813366.227	370043.856	165°51'03"	K35+790.196	2812635.813	370098.894	168°50'17"
K35+052.029	2813364.257	370044.347	166°08'39"	K35+800.	2812626.195	370100.799	168°42'02"
K35+100.	2813317.098	370052.971	173°07'41"	K35+850.	2812577.531	370112.209	163°42'54"
K35+111.611	2813305.552	370054.190	174°49'07"	K35+890.196	2812539.922	370126.272	154°30'51"
K35+150.	2813267.211	370055.789	180°24'27"	K35+900.	2812531.178	370130.706	151°42'20"
K35+171.192	2813246.035	370055.068	183°29'34"	K35+950.	2812490.557	370159.634	137°22'53"
K35+200.	2813217.358	370052.363	187°04'58"	K35+956.407	2812485.912	370164.047	135°32'46"
K35+250.	2813167.990	370044.484	190°26'43"	K36+000.	2812458.355	370197.714	123°03'27"
K35+271.192	2813147.165	370040.563	190°46'20"	K36+022.618	2812447.114	370217.327	116°34'41"
K35+300.	2813118.838	370035.320	189°54'51"	K36+050.	2812436.415	370242.514	109°48'27"
K35+341.192	2813078.067	370029.516	185°42'22"	K36+100.	2812422.809	370290.596	102°59'13"
K35+350.	2813069.293	370028.738	184°25'52"	K36+122.618	2812417.914	370312.677	102°15'15"
K35+381.96	2813037.363	370027.557	179°48'18"	K36+126.753	2812417.037	370316.719	102°15'15"

表 4-26 断链后路段 K36+201.453~K38+612.174 逐桩坐标及切线方位角

桩号	X 坐标	Y 坐标	方位角	桩号	X 坐标	Y 坐标	方位角
K36+201.453	2812417.037	370316.719	102°15'15"	K37+450.	2811658.626	371080.937	153°33'28"
K36+250.	2812406.733	370364.159	102°15'15"	K37+498.596	2811613.008	371097.372	166°49'00"

桩号	X 坐标	Y 坐标	方位角	桩号	X 坐标	Y 坐标	方位角
K36+300.	2812396.120	370413.020	102°15'15"	K37+500.	2811611.640	371097.688	167°11'59"
K36+350.	2812385.508	370461.881	102°15'15"	K37+550.	2811562.030	371102.884	180°50'30"
K36+400.	2812374.895	370510.742	102°15'15"	K37+571.197	2811540.887	371101.504	186°37'30"
K36+450.	2812364.283	370559.603	102°15'15"	K37+600.	2811512.565	371096.378	193°36'46"
K36+500.	2812353.670	370608.463	102°15'15"	K37+650.	2811465.065	371080.900	201°36'32"
K36+528.358	2812347.652	370636.175	102°15'15"	K37+700.	2811419.189	371061.028	204°21'28"
K36+550.	2812342.948	370657.300	103°08'55"	K37+701.197	2811418.098	371060.534	204°21'33"
K36+600.	2812328.506	370705.115	112°03'24"	K37+750.	2811373.383	371040.991	202°06'27"
K36+628.358	2812315.885	370730.476	121°21'10"	K37+800.	2811326.140	371024.712	195°07'48"
K36+650.	2812303.332	370748.083	129°37'10"	K37+801.197	2811324.984	371024.402	194°54'18"
K36+700.	2812265.675	370780.623	148°43'05"	K37+850.	2811277.018	371015.693	185°40'38"
K36+704.536	2812261.763	370782.920	150°27'02"	K37+856.719	2811270.325	371015.102	184°24'24"
K36+750.	2812219.444	370799.051	167°49'00"	K37+900.	2811227.082	371014.864	176°13'23"
K36+780.714	2812188.969	370802.425	179°32'55"	K37+912.241	2811214.887	371015.917	173°54'30"
K36+800.	2812169.725	370801.419	186°12'18"	K37+950.	2811177.631	371021.959	168°07'00"
K36+850.	2812120.948	370790.765	196°50'44"	K38+000.	2811129.132	371034.085	164°35'45"
K36+880.714	2812091.746	370781.250	198°38'50"	K38+012.241	2811117.336	371037.356	164°27'15"
K36+900.	2812073.437	370775.192	197°37'57"	K38+050.	2811080.958	371047.476	164°27'15"
K36+950.	2812024.759	370764.196	185°33'02"	K38+100.	2811032.787	371060.876	164°27'15"
K36+960.714	2812014.065	370763.559	181°11'14"	K38+150.	2810984.617	371074.277	164°27'15"
K37+000.	2811975.250	370768.591	164°02'20"	K38+200.	2810936.446	371087.677	164°27'15"
K37+000.179	2811975.078	370768.641	163°57'38"	K38+250.	2810888.275	371101.078	164°27'15"
K37+039.644	2811939.345	370785.040	146°44'03"	K38+300.	2810840.104	371114.478	164°27'15"
K37+050.	2811930.909	370791.040	142°30'23"	K38+350.	2810791.933	371127.878	164°27'15"
K37+100.	2811895.451	370826.155	130°19'37"	K38+398.125	2810745.568	371140.776	164°27'15"
K37+119.644	2811882.923	370841.285	129°16'27"	K38+400.	2810743.762	371141.279	164°27'29"
K37+150.	2811863.706	370864.784	129°16'27"	K38+450.	2810695.370	371153.833	167°21'09"
K37+200.	2811832.055	370903.491	129°16'27"	K38+468.125	2810677.611	371157.452	169°43'53"
K37+250.	2811800.403	370942.197	129°16'27"	K38+500.	2810646.045	371161.813	174°32'15"
K37+295.995	2811771.287	370977.803	129°16'27"	K38+505.15	2810640.915	371162.268	175°18'50"
K37+300.	2811768.752	370980.903	129°17'27"	K38+542.175	2810603.926	371163.492	180°53'48"
K37+350.	2811736.366	371018.989	132°20'05"	K38+550.	2810596.103	371163.292	182°00'38"

桩号	X 坐标	Y 坐标	方位角	桩号	X 坐标	Y 坐标	方位角
K37+400.	2811700.405	371053.664	140°37'31"	K38+600.	2810546.265	371159.403	186°00'51"
K37+425.995	2811679.462	371069.044	147°00'31"	K38+612.174	2810534.160	371158.105	186°10'26"

我们从表 4-25、表 4-26 中可以看到，断链点 $K36+126.753 = K36+201.453$ 尽管桩号不一样，但由于是同一个点，其坐标和切线方位角是一样的。

除桩号不连续外，由于高程不连续、坐标不连续（比如不同投影参数的坐标系，在高铁线路中常见）引起的路线几何要素不连续，也可以参照断链分段计算的思路来处理。表 4-27 是某高速铁路的曲线要素表，读者可作参考练习使用。

表 4-27 某高速铁路——曲线要素表

交点号 JD	交点坐标（本线全线采用 WGS84 坐标系统）		曲 线 里 程		偏 角		曲线 半径 R	缓和曲 线长度 l_s	切线长度 T	曲线长度 L	夹直线长度	坐标带	备注
	纬距（N）	经距（E）	ZH或ZY	HZ或YZ	α_z	α_y	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
起点	3409783.899	481739.256	DK177+000.00	DK177+000.00							654.006	中央子午线 118°30' 投影高80m	DK182+896 =DK182+900 短 链4.0m
23	3408691.411	482267.205	DK177+654.01	DK178+772.41		3°53'54"	11000	370	559.361	1118.402	5375.350		
24	3402496.033	484756.998	DK184+151.76	DK185+635.33	5°30'28"		12000	330	742.247	1483.571	3381.441		
25	3398084.343	487044.002	DK189+016.77	DK190+706.24		6°52'22"	11000	370	845.557	1689.471	5503.240		
26	3390711.429	489804.923	DK196+209.48	DK199+241.11	15°55'33"		9000	530	1524.102	3031.624	749.040		
27	3387811.516	491947.235	DK199+990.14	DK202+643.95		13°46'31"	9000	490	1332.271	2653.801	456.053		
终点	3386161.478	492636.783	DK203+100.00	DK203+100.00									
起点	3386182.831	492636.737	DK203+100.00	DK203+100.00								中央子午线 118°30' 投影高120m	
28	3382087.425	494348.200	DK206+562.37	DK208+511.52		9°17'21"	9000	490	976.265	1949.156	3462.367		
29	3376340.735	495716.267	DK212+666.14	DK214+217.60	6°45'27"		9000	490	776.407	1551.462	4154.617		
终点	3374407.920	496425.420	DK215+500.00	DK215+500.00							1282.397		
起点	3374458.458	496425.367	DK215+500.00	DK215+500.00								中央子午线 118°30' 投影高215m	
30	3372647.286	497089.889	DK216+475.02	DK218+380.35		9°0'37"	9000	490	954.21	1905.333	975.021		
31	3368952.595	497817.295	DK220+021.05	DK222+355.76	11°44'38"		9000	490	1170.705	2334.709	1640.700		
32	3366590.191	498814.322	DK222+781.58	DK224+713.96		8°36'29"	10000	430	967.662	1932.382	425.812		
33	3358495.089	500873.772	DK231+483.28	DK232+714.76		4°29'14"	11000	370	615.979	1231.48	6769.323		
34	3355719.361	501352.547	DK234+042.50	DK235+786.16	8°24'21"		8000	570	872.998	1743.662	1327.739		
终点	3351836.807	502628.479	DK239+000.00	DK239+000.00							3213.838		

