

# 机器语言的逐渐趋近法水准网平差程序

曹来发 张来新

(能源部华北电力设计院 北京 100043)

**【摘要】** 本文为了克服PC-1500系列计算机采用高级语言编程时运行时间多的缺点, 尝试用此语言编写提供三结点水准网平差相同语言程序, 运行后计算时间上有了显著的提高。

**【Abstract】** To overcome the shortcoming of that the running time is long by the program with high-grade language for PC-1500 series computer, a program of level net error correct with three nodes with machine language is provided, it saves time obviously.

## 0 前言

PC-1500系列计算机引进使用已有十多年了, 至今依然为测绘部门在野外生产中使用。在这期间, 国内测绘界开发了这种机型的测量计算各方面的高级语言算法程序, 促进了野外测绘生产的发展。

PC-1500系列计算机, 在高级语言编程上取得了巨大的成果。但在采用汇编语言编程的研究方面较少, 因而在某些测量计算上

耗时异常多。例如二十个左右结点的导线网平差要运行若干小时。为了减少运行时间, 采用汇编语言编程。并提供机器语言是一种方法。

本文在上述指导思想下采用汇编语言编写了水准网三结点平差并提供了该法的机器语言程序, 运行后速度有了显著的提高。

## 1 数学模型

如图1所示:

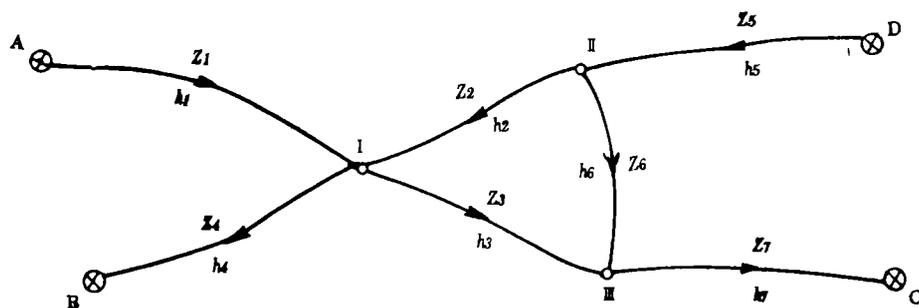


图1 水准网图形

列出各结点带权平均值的计算式:

$$H_I = \frac{P_1(H_A + h_1) + P_2(H_{II} + h_2) + P_3(H_{III} - h_3) + P_4(H_B - h_4)}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}$$

$$H_{II} = \frac{P_2(H_I - h_2) + P_5(H_D + h_5) + P_6(H_{III} - h_6)}{P_2 + P_5 - P_6}$$

$$H_{III} = \frac{P_3(H_I + h_3) + P_6(H_{II} + h_6) + P_7(H_C - h_7)}{P_3 + P_6 + P_7}$$

式中:

$$P_i = \frac{C}{N_i}$$

单位权中误差:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[PVV]}{n-t}}$$

一测站高差中误差:

$$m_k = \pm \frac{\mu}{\sqrt{C}}$$

1 km高差中误差:

$$m_k = \pm m_k \sqrt{\frac{[N]}{[S]}}$$

$N$ ——测站数;

$n$ ——水准路线数目;

$t$ ——结点的个数;

$[N]$ ——全部路线的测站总数;

$[S]$ ——全部路线的总长度(单位: km)。

2 编程时存储单元(见表1)

表 1

地 址	变 量	数 学 公 式 符 号	说 明
7900H	A	$\mu$ (mm)	单位权中误差
7908H	B	$m_k[m_k(\text{站})]$	一测站高差中误差
7910H	C	$m_k[m_k(\text{km})]$	1km高差中误差
A(0,0)、A(0,1)、A(0,2)、A(0,3) A(0,4)、A(0,5)、A(0,6)	A、B、C、D	$H_I、H_{II}、H_{III}$	已知点高程 I、II、III三个点平差后之高程
A(1,0)……A(1,6)	$S_1、S_2、S_3、S_4、S_5、S_6、S_7$		距离S(km)
A(2,0)……A(2,6)	$N_1、N_2、N_3、N_4、N_5、N_6、N_7$		测站数N
A(3,0)……A(3,6)	$H_1、H_2、H_3、H_4、H_5、H_6、H_7$		观测高差H

3 机器语言程序(不能浮动)

逐渐趋近法作水准网平差,一般手工进行四次趋近即可;用BASIC语言编程,由于运算速度的限制,也只能进行四次趋近;用汇编语言编程,利用十六进制的特点,可

进行十六次趋近,照常比BASIC程序的运算速度快。趋近之次数由地址0A25H单元对应的内容决定,本程序设定为0FH即十六次;如4A25H单元对应的内容为03H,即进行四次趋近。见表2。

表 2

地 址	机 器 码															
4800H	BA	48	D9	48	7B	58	7B	FD	A8	BE	DC	20	FD	88	FD	98
4810H	CD	54	CD	68	CD	58	FD	1A	BE	F7	11	FD	0A	FD	2A	88
4820H	1A	9A	BE	DC	20	48	7B	0A	58	7A	BE	F7	17	F0	CD	80
4830H	48	79	BE	F7	53	CD	B0	9A	58	7B	FD	98	FD	CA	BE	DC
4840H	20	FD	0A	58	7A	BE	F7	17	B5	48	FD	CA	FD	88	F0	CD
4850H	68	BE	EF	B6	FD	0A	BE	F7	17	CD	E7	E6	48	79	CD	56
4860H	F0	58	79	BE	F7	0F	CC	B0	9A	FD	C8	CD	54	CD	68	F0
4870H	CC	B0	FD	8A	FD	CA	BE	DC	0C	CC	B0	9A	FD	A8	FD	CA
4880H	BE	DC	20	58	7B	FD	18	58	7A	BE	F7	17	F0	E6	BE	F7
4890H	37	BE	EF	B6	BE	F0	19	FD	0A	BE	F7	17	EF	7A	00	07
48A0H	FD	88	CD	58	48	79	BE	F7	0F	F0	58	79	5A	00	BE	F7
48B0H	11	CC	B0	FD	2A	9A	FD	CA	6A	06	FD	A8	58	7A	BE	F7

续表

地 址	机 械 码															
48C0H	17	FD	88	F0	FD	0A	FD	2A	88	10	9A	FD	A8	58	7A	FD
48D0H	CA	BE	F7	03	CC	B0	FD	2A	9A	FD	1A	FD	0A	FD	88	FD
48E0H	98	CA	B6	68	41	6A	80	CC	99	45	A6	89	05	45	26	8B
48F0H	1D	46	44	45	FD	C8	45	FD	CA	FD	8A	F9	82	08	A7	78
4900H	64	91	1A	68	06	CC	B6	FD	5A	EB	78	B8	80	E0	B5	05
4910H	FD	CA	CA	B0	B5	70	FD	CA	58	7B	5A	10	6A	06	FD	A8
4920H	BE	DC	20	FD	88	FD	98	CD	54	CD	6E	FD	1A	BE	F7	11
4930H	FD	0A	FD	2A	88	18	EC	48	7B	4A	10	6A	03	BE	48	BA
4940H	CD	80	4A	10	5A	60	6A	03	BE	48	03	BE	F7	41	4A	18
4950H	BE	F7	41	4A	38	BE	F7	41	BE	F7	41	4A	38	BE	F7	41
4960H	4A	20	BE	F7	41	4A	80	BE	DC	20	58	7A	BE	F7	17	F0
4970H	48	7B	4A	90	BE	F7	17	F0	CD	80	4A	80	5A	80	6A	02
4980H	BE	48	03	4A	98	48	7B	BE	DC	20	58	7A	BE	F7	17	F0
4990H	48	7B	4A	A8	58	7A	BE	F7	17	F0	CD	80	4A	98	5A	98
49A0H	6A	02	BE	48	03	CC	B0	B5	A8	FD	CA	6A	27	58	7B	5A
49B0H	10	F5	88	03	CC	B0	B5	B0	FD	CA	BE	F7	41	B5	18	FD
49C0H	CA	6A	0F	F5	88	03	CC	B0	B5	D0	FD	CA	BE	F7	41	CC
49D0H	B0	B5	B8	FD	CA	BE	F7	41	EF	7B	21	80	EF	7B	29	80
49E0H	EF	7B	39	80	EF	7B	41	80	EF	7B	49	80	CC	B0	B5	18
49F0H	FD	CA	EE	DC	20	48	7B	4A	30	58	7A	BE	F7	17	F0	CC
4A00H	B0	B5	28	FD	CA	BE	DC	0C	CC	B0	B5	10	FD	CA	BE	DC
4A10H	20	48	7B	4A	48	58	7A	BE	F7	17	F0	CC	B0	B5	30	FD
4A20H	CA	BE	DC	0C	6A	0F	FD	A8	CC	B0	B5	10	BE	48	22	B5
4A30H	28	5A	18	BE	48	38	B5	30	5A	20	BE	48	38	B5	08	5A
4A40H	28	BE	48	38	B5	20	BE	48	69	B5	18	FD	CA	B5	30	BE
4A50H	48	22	B5	20	5A	38	BE	48	38	B5	30	5A	40	BE	48	38
4A60H	B5	28	BE	48	69	B5	10	FD	CA	B5	48	BE	48	22	B5	28
4A70H	5A	50	BE	48	38	B5	20	5A	58	BE	48	38	B5	30	BE	48
4A80H	69	FD	2A	88	5F	48	79	BE	F7	59	CC	B0	B5	20	BE	48
4A90H	CB	B5	70	FD	CA	FD	6A	CC	B0	B5	00	5A	10	BE	48	7C
4AA0H	B5	28	5A	18	BE	48	7C	B5	30	5A	20	BE	48	7C	B5	08
4AB0H	5A	28	BE	48	7C	B5	28	BE	48	CB	B5	18	5A	30	BE	48
4AC0H	7C	B5	30	5A	40	BE	48	7C	B5	30	BE	48	CB	B5	10	5A
4AD0H	48	BE	48	7C	CD	54	CD	6A	EF	7A	12	30	CD	58	BE	F0
4AE0H	E9	CD	80	58	79	5A	00	BE	F7	11	CD	54	CD	6A	EF	7A
4AF0H	10	01	CD	56	BE	F0	E9	E6	BE	F7	37	CD	58	58	79	5A
4B00H	08	BE	F7	11	EC	CC	B0	B5	38	BE	48	B6	CD	80	EC	CC
4B10H	B0	B5	70	BE	48	B6	CD	54	CD	68	CD	58	BE	F0	E9	48
4B20H	79	4A	08	BE	F7	17	CD	7E	58	79	BA	F7	0F	FF	FF	FF

4 实例 (见表3)

表 3

已知点	已知点程 高 (m)	路线	距 离 S (km)	测站数 N	观测高差 h
A	135.623	Z <sub>1</sub>	6.0	46	14.311
B	158.211	Z <sub>2</sub>	5.6	43	3.106
C	159.039	Z <sub>3</sub>	6.1	47	2.172
D	138.310	Z <sub>4</sub>	6.2	48	8.260
		Z <sub>5</sub>	5.5	43	8.550
		Z <sub>6</sub>	6.6	47	5.248
		Z <sub>7</sub>	5.5	44	6.950

利用POKE指令或监控程序输入“机器语言程序”，然后键入如下的BASIC程序。

```

5: CLEAR ; WAIT 0; CSIZE 2; DIM
  A(3,6), A$(3)*1
10: A$(1) = "S"; A$(2) = "N"; A$(3)
   = "H"
20: FOR I = 0 TO 3; FOR J = 0 TO 6
30: IF I = 0 AND J > 3 THEN 60
40: A$ = A$(I) + STR$(J+1); IF I =
   0 LET A$ = CHR$(&41+J) + ""
50: CLS : A$ = A$ + "="; PRINT A
   $; INPUT A(I,J)
60: NEXT J; NEXT I
70: CALL &4800; LF3
80: FOR I = 0 TO 6; A$ = CHR$ (&4
   1+I) + " "; IF I > 3 LET A$ = "H"
   + STR$ (I-3)
90: LPRINT A$; "="; A(0,I); NEXT
   I; LPRINT
100: LPRINT "MU = +"; STR$ A
105: LPRINT " -"; STR$ A
110: LPRINT "Mh = +"; STR$ B
115: LPRINT " -"; STR$ B
120: LPRINT "Mk = +"; STR$ C
125: LPRINT " -"; STR$ C
140: LF 2; FOR I = 1 TO 3; LPRINT "*"
   "*" ; A$(I); "*" "*" "*"
150: FOR J = 0 TO 6; LPRINT A$(I);
    
```

```

STR$(J+1); "="; A(I,J); NEX T
J 160: LPRINT ; NEXT I; LF 2; END
    
```

按RUN 5)运行

显示	输入
A = ?	135.623)
B = ?	158.211)
C = ?	159.039)
D = ?	138.310)
S1 = ?	6 )
S2 = ?	5.6 )
S3 = ?	6.1 )
S4 = ?	6.2 )
S5 = ?	5.5 )
S6 = ?	6 )
S7 = ?	5.5 )
N1 = ?	46 )
N2 = ?	43 )
N3 = ?	47 )
N4 = ?	48 )
N5 = ?	43 )
N6 = ?	47 )
N7 = ?	44 )
H1 = ?	14.311)
H2 = ?	3.106)
H3 = ?	2.172)
H4 = ?	8.260)
H5 = ?	8.550)
H6 = ?	5.248)
H7 = ?	6.950)

\*\*\*\*\*  
打印结果

```

A = 135.623m
B = 158.211m
C = 159.039m
D = 138.31m
H1 = 149.94228m
H2 = 146.84934m
H3 = 152.09996m
mu = + 6.50mm - 6.50mm
    
```

(下转第59页)

表 2 DI4L№.45770 检定日期: 1988年6月16日

序	$\tilde{L}^1$ (m)	$\hat{\sigma}_1^2$ (mm <sup>2</sup> )
1	72.0924	16.01
2	192.1577	17.24
3	360.1674	20.17
4	791.8683	18.75
5	1488.6081	27.15
6	1992.8992	33.14
7	120.0653	16.09
8	288.0750	15.39
9	719.7759	20.51
10	1416.5157	23.88
11	1920.8068	30.57
12	168.0079	15.13
13	599.7106	18.67
14	1296.4504	24.58
15	1800.7415	32.18
16	431.7009	19.55
17	1128.4407	20.83
18	1632.7317	31.56
19	696.7398	18.76
20	1201.0309	19.78
21	503.9999	20.13

正及在我校EDM检测中心28m长的室内导轨基线检定的加常数和周期误差改正。测距时,为减小气象代表性误差的影响,在测站和镜站都放置了通风干湿温度计。对表1中9段1km以上的基线进行测量时,还在测、镜站的中点安置了温度计。

利用表2的数据求得该台DI4L的方差、协方差分量的估值为

$$\hat{\theta}_1 = 16.50, \hat{\theta}_2 = 3.65, \hat{\theta}_3 = 0.61$$

代入式(6)得该仪器的测距综合精度估计

(上接第63页)  
 mh = +2.05mm - 2.05mm  
 mk = t5.73mm - 5.73mm  
 ※※※S※※※  
 S1 = 6  
 S2 = 5.6  
 S3 = 6.1  
 S4 = 6.2

※※※N※※※  
 N1 = 46  
 N2 = 43  
 N3 = 47  
 N4 = 48

方程为

$$\sigma_i^2 = 16.50 + 3.65S_i^2 + 1.22S_i \quad (12)$$

将 $\hat{\theta}_1$ 及 $\hat{\theta}_2$ 开根号即得仪器的固定误差和比例误差分别为

$$\hat{\sigma}_{\xi_1} = \pm 4.06\text{mm}, \hat{\sigma}_{\xi_2} = \pm 1.91 (10^{-6})$$

DI4L的标称误差为5mm + 5 × 10<sup>-6</sup>。经检测,该仪器达到了标称精度指标。

#### 4 结束语

通过本文的讨论,可以得出以下结论

(1) 方差、协方差分量拟合法能比较准确地求出EDM的综合测距精度指标。精度方程式(6)非常便于导线网或边角网平差时,准确地计算边长观测值的初始权。

(2) 鉴于在当前的工程测量中,边长值多在2km以内,因此,EDM上野外基线检测以在类似图1No:2的基线上为好。也可以在更长一些的基线上检测,但切勿在短基线上检测,以免损害解的精度。

(3) 固定误差与比例误差的协方差亦不容忽视。

#### 参 考 文 献

- 1 国家测绘总局.中、短程光电测距规范.北京:测绘出版社,1988
- 2 覃辉,李满苗.EDM野外基线检测的可靠性分析.勘察科学技术,1992(3)
- 3 覃辉.最小和法在EDM检测中的应用.军工勘察.1993(3)
- 4 覃辉.EDM回归方程预报置信区间宽度与检定基线长度的关系.四川测绘,1993(3)

S5 = 5.5                      N5 = 43  
 S6 = 6                         N6 = 47  
 S7 = 5.5                      N7 = 44  
 ※※※H※※※  
 H1 = 14.311      H5 = 8.55  
 H2 = 3.106      H6 = 5.248  
 H3 = 2.172      H7 = 6.95  
 H4 = 8.26