

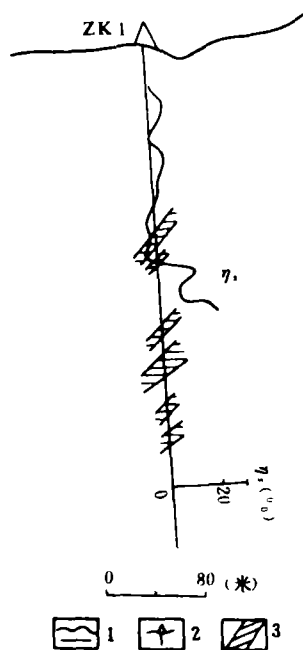


图8 王寺峪矿区
ZK1孔井中激电结果
1—井中激电 η 曲线;
2—钻孔; 3—矿体

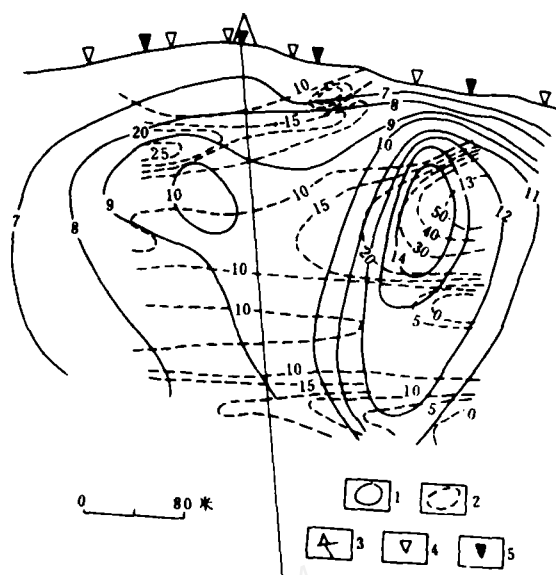


图9 附马寨矿点井中激电
和剖面性电测深拟断面对比图
1—激电测深 η 曲线;
2—井中激电 η 曲线;
3—钻孔; 4—激电测深点;
5—井中激电供电点

且还可以发现旁侧异常。图9为井中激电和剖面性电测深的拟断面对比图。由图可见，两者形态基本一致。因此，用井中观测代替剖面性电测深测量是可行的，或者两者都测，互相印证。

本项工作得到武汉地质学院北京研究生部余钦范老师的指导，以及冶金部物探公司、冶金地

质物探大队、522队、515队的大力协助；严秀茹、李红同志提供了大量磁、电参数资料，在此一并致谢。

本文是我队物探研究室冀东铁矿研究专题报告部分内容的摘录。参加此项工作的先后有十余人，恕不一一列出。

用最小二乘法设计电测深滤波器

傅良魁 姚文斌

(武汉地质学院北京研究生部)

现有的电测深滤波器还不能满足各种需要。对某些问题，或是在某些情况下，必须自行设计滤波器。有两种设计方法：付里叶变换法和最小二乘法。和付里叶变换法相比，最小二乘法的优点是：计算速度快，计算存储量小，而且不必考虑滤波器的位移。在不能用付里叶变换法的某些情况下，只要有一台袖珍计算器或微型计算机，即可用最小二乘法来设计所需的电测深滤波器。我们参考了O.Koeffoed的程序，编制了一个设计电测深滤波器的PC-1500程序。它可用于设计各种装置、不同抽样间距的电测深正、反演滤波器，还可用来设计通用的最小二乘滤波器。

2

i

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

则可得到各种电极装置的视电阻率:

1. 理论对称四极装置 ($MN \ll AB$):

$$\rho_s' = 3 (r/q)^{3/2} [1 + (r/q)^2]^{5/2} \quad (8)$$

2. 实际对称四极装置:

$$\rho_{sym} = \frac{1-c^2}{2c} \left[\frac{r/q}{\{1 + [(1-c)(r/q)]^2\}^{3/2}} - \frac{r/q}{\{1 + [(1+c)(r/q)]^2\}^{3/2}} \right] \quad (9)$$

3. 温纳装置:

$$\rho_w' = \frac{2a/q}{[1 + (a/q)^2]^{3/2}} - \frac{2aq}{[1 + (2aq)^2]^{3/2}} \quad (10)$$

4. 偶极装置:

$$\rho_o' = \frac{3 (r/q)^3}{[1 + (r/q)^2]^{5/2}} - P \frac{9 (r/q)^3 - 6 (r/q)^5}{[1 + (r/q)^2]^{7/2}} \quad (11)$$

以上各式中的 q 是任意常数。(8)、(9) 式中 $r = AB/2$, $c = MN/AB$; (10) 式中 $a = MN = AB/3$; (11) 式中 r 为两偶极中心距, P 是与偶极装置类型有关的系数。如果要设计 $T \rightarrow \rho$ 的滤波器, 则把 T' 作为输入函数, ρ' 作为输出函数; 若要设计 $\rho \rightarrow T$ 的滤波器则相反。本文所给程序是用来设计理论对称四极装置 $T \rightarrow \rho$ 的滤波器。如要设计其他电测深滤波器, 只要改变语句 100 中的输入函数和语句 150 中的输出函数即可。只要给出输入、输出函数, 本程序也可用来设计其他最小二乘滤波器。

程序操作说明

[1] RUN ↓ 开机。

[2] 显示 “ABSCISSA OF F 1?”: 输入滤波器第一个系数的坐标 (自然对数值) 的绝对值。

[3] 显示 “NUMBER OF F POINT?”: 输入要计算的滤波系数的个数。3、4 两问题的输入应使计算的滤波器比所需的滤波器两端长一些, 从计算得到的滤波系数中再确定最后所需要的滤波器。

[4] 显示 “ABSCISSA OF INFUN 1?”: 输入输入函数第一点坐标 (自然对数值)。

[5] 显示 “NUMBER OF INFUNS?”: 输入要计算的输入函数点数。

[6] 显示 “SAMPLING DISTENS?”: 输入抽样间距。4、5、6 三问题的输入应使计算点之外的输入函数和输出函数值小得可忽略不计。

[7] 显示 “LPRINT FUNCTIONS NO = 0”: 若不要打印输入、输出函数值则输入 0, 若打印则输入非 0 的任意数。第一次运行时应打印出输入、输出函数值, 以了解这些函数值的分布情况, 便于下一次运行时合理确定输入函数第一点坐标及计算点数。

[8] 机器计算并输出滤波系数计算结果及理论输出与滤波计算输出的均方根误差。

[9] 显示 “OUT INDIVIDUAL ERROR? NO = 0”: 若要打印各点理论输出与滤波计算输出的误差, 则输入 0 以外的任意数值。

应说明的是: 电测深滤波器不是唯一的, 所给的初始参数不同, 得到的滤波器也不同。用户可以多计算几次, 从中选出自己理想的滤波器。

变量和数组说明

XF: 滤波器第一点坐标绝对值 (自然对数)。

N: 滤波器点数。
 X A: 输入函数第一点坐标 (自然对数)。
 K A: 输入函数点数。S P: 抽样间距。
 K T: 输出函数点数 ($K T = K A + N - 1$)。
 X (100): 滤波系数。Y (100): 输入函数。
 Z (200): 理论输出函数。B (100): 互相关函数。
 R (100): 自相关函数。A (200): 滤波计算输出函数。
 WS (100): 解方程组时中间变量数组。

计 算 实 例

我们用该程序计算了一个理论对称四极装置 $T \rightarrow \rho$ 的滤波器。抽样间距取 $1/4(\ln 10)$, 滤波器点数取 14 点, 求得的滤波系数之和为 1.00000172, 理论输出函数和滤波计算输出函数的均方根误差为 1.65×10^{-3} , 各点输出函数的最大离差小于 4.14×10^{-3} 。具体结果如下:

X F = 2.49755783	X = - 7.70619010 E - 01	F = - 2.56053493 E - 01
N = 14	F = 1.83972571 E - 02	X = 3.25890490 E 00
X A = - 11.51292546	X = - 1.94972737 E - 01	F = 6.78092380 E - 02
K A = 41	F = 1.58855859 E - 01	X = 3.83455117 E 00
S P = 5.756462732 E - 0	X = 3.80673535 E - 01	F = - 1.80587706 E - 02
1	F = 6.74392833 E - 01	X = 4.41019744 E 00
- - - - -	X = 9.56319808 E - 01	F = 4.12298983 E - 03
X = - 2.49755783	F = 1.77716573 E 00	X = 4.98584372 E 00
F = 8.71075663 E - 04	X = 1.53196608 E 00	F = - 5.80097500 E - 04
X = - 1.92191155 E 00	F = - 2.39433088 E 00	* 1.00000172 E 00
F = - 1.75748465 E - 03	X = 2.10761235 E 00	- - - - -
X = - 1.34626528 E 00	F = 9.58362434 E - 01	R M S E = 1.65057323 E
F = 1.08050294 E - 02	X = 2.68325862 E 00	- 05

参 考 文 献

- [1] Koefoed, O.: Geosounding Principles, Vol. I, Elsevier Scientific Publishing Company, 1979
- [2] 克利不波特, J. F.: 《地球物理数据处理基础》, 北京, 石油工业出版社, 1983年
- [3] 程乾生: 《信号数字处理的数学原理》, 北京, 石油工业出版社, 1979年

源程序 (程序框图从略)

```

5:REM THIS PROG COMPUTES VES
  FILTER BY THE LEAST SQUARES
  METHOD
10:INPUT "ABSCISSA OF F1?";XF
20:INPUT "NUMBER OF F POINT?";N
30:INPUT "ABSCISSA OF INFUN1?";
  XA
40:INPUT "NUMBER OF INFUNS?";KA
50:KT=KA+N-1
60:INPUT "SAMPLING DISTENS?";SP
62:INPUT "LPRINT FUNCTIONS?NO=0";MA
65:LPRINT "XF=";XF
66:LPRINT " N=";N
67:LPRINT "XA=";XA
68:LPRINT "KA=";KA
69:LPRINT "SP=";SP
70:DIM X(100),Y(100),Z(200),B(100),R(100),A(200),WS(100)
75:REM COMPUTATION OF INPUT AND
  OUTPUT FUNCTION
80:XX=XA
90:FOR J=1TO KA
100:T=EXP(-XX):Y(J)=T*EXP(-T)
110:XX=XX+SP
120:NEXT J
130:XX=XA-XF
140:FOR J=1TO KT
150:T=EXP(XX):Q2=
  (1+T*T):Z(J)=
  3*T*T*T/(Q2*Q2
  *Q2*Q2*Q2)
160:XX=XX+SP
170:NEXT J
180:IF MA=0THEN
  GOTO 200
182:XX=XA
185:FOR J=1TO KA
187:LPRINT USING "
  ###.####";"X=
  ";XX
188:LPRINT USING "
  ##.#####^";"IN
  F=";Y(J):XX=XX
  +SP
190:NEXT J:LPRINT
  "-----"
191:XX=XA-XF
192:FOR J=1TO KT
194:LPRINT USING "
  ###.####";"X=
  ";XX
196:LPRINT USING "
  ##.#####^";"OU
  T=";Z(J):XX=XX
  +SP
198:NEXT J
199:REM COMPUTE CROSS AND AUTO
  CORRELATION FUNCTIONS
200:FOR I=1TO N
210:B(I)=0
220:FOR J=1TO KA
230:B(I)=B(I)+Y(J)
  *Z(J+1-1)
240:NEXT J
250:R(I)=0
260:IF I>KATHEN
  GOTO 300
270:FOR J=1TO KA
280:R(I)=R(I)+Y(J)
  *Y(J+1-1)
290:NEXT J
300:NEXT I
400:REM THE TOEPLITZ EQUATION IS
  SOLVED
500:A(1)=1:AL=R(1)
  :BE=R(2)
510:X(1)=B(1)/R(1)
  :GA=X(1)*R(2)
520:FOR K=2TO N
530:RK=-BE/AL:A(K)
  =0
540:FOR I=2TO K
550:L=K+1-I
560:WS(I)=A(I)+RK*
  A(L)
570:NEXT I
580:FOR I=2TO K
590:A(I)=WS(I):
  NEXT I
600:AL=AL+RK*BE
610:RK=(B(K)-GA)/A
  L:X(K)=0
620:FOR I=1TO K
630:L=K+1-I
640:X(I)=X(I)+RK*A
  (L):NEXT I
650:IF X>NTHEN 73
  0
660:I=K+1
670:J=K:BE=0:GA=0
680:FOR L=2TO I
690:BE=A(J)*R(L)+B
  E
700:GA=X(J)*R(L)+G
  A
710:J=J-1:NEXT L
720:NEXT K
730:LPRINT "-----
  -----"
740:XX=-XF
745:S=0
750:FOR J=1TO N
760:LPRINT "X=";XX
770:LPRINT USING "
  ##.#####^";
  " F=";X(J)
780:XX=XX+SP
785:S=S+X(J)
790:NEXT J
795:LPRINT "*";S
797:REM THE ROOT
  MEAN SQUARE
  ERROR IS COMPUTED
800:Q=0
810:FOR I=1TO 100
820:A(I)=0
830:NEXT I
840:FOR I=1TO KT
850:FOR J=1TO N
860:L=J+1-J
870:IF L<=0GOTO 95
  0
880:IF L>KAGOTO 93
  0
900:A(I)=A(I)+X(J)
  *Y(L)
930:NEXT J
950:Q=Q+(A(I)-Z(I)
  )*(A(I)-Z(I))
980:NEXT I
990:Q=J*(Q/KT)
1000:LPRINT "-----
  -----"
1010:LPRINT "RMSE
  =" ;Q
1020:INPUT "OUTLINE
  QUALIFICATION
  RORS?NO=0";MA
1030:IF MA=0GOTO
  1100
1040:XX=XA-XF
1045:FOR J=1TO KT
1050:LPRINT USING
  "###.####";
  "X=";XX
1055:Q=A(I)-Z(I)
1060:LPRINT USING
  "##.#####^";
  "ER=";Q
1065:XX=XX+SP
1070:NEXT J
1100:END

```