

三度体磁异常的自动选择法

桂林冶金地质研究所 电算组

一 前言

为了提高磁异常解释推断水平,实现磁法解释推断自动化,一九七三年我们与中国科学院数学研究所方程室协作,开始研究在电子计算机上实现磁异常推断解释的自动化问题。一九七四年,在DJS—21机上实现了三度体磁异常的自动选择。次年,经过若干修改,完成了DJS—6机上的程序设计。初步生产实践证明,三度体磁异常的自动选择法是可行的,不仅提高了磁异常推断解释的速度,还取得了比较满意的效果。本文介绍三度体磁异常自动选择法的数学模型、计算方法、程序设计及实际应用。

二 三度磁性体磁场强度的解析表达式

在三维空间取一直角坐标系(按左手法则)。假定矿体在该坐标系所占的空间区域为 Ω (图1),并假定矿体是均匀磁化,其磁化强度为 CQ ,磁化方向为 $\vec{J}$ 。根据磁场定律,沿方向 $\vec{l}$ 的磁场强度的解析表达式为:

$$F(x, y, z, \vec{l}, \vec{J}, \Omega) = CQ \frac{\partial^2}{\partial l \partial J} \iiint_{\Omega} \frac{1}{r} d\xi d\eta d\zeta \quad (1)$$

式中, $r = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2}$, (ξ, η, ζ) 为积分点, (x, y, z) 为测量点。

令位势

$$V = \iiint_{\Omega} \frac{1}{r} d\xi d\eta d\zeta \quad (2)$$

$$\text{则 } F = CQ \frac{\partial^2 V}{\partial l \partial J} = CQ \vec{l}^* DDV \vec{J} \quad (3)$$

$$\text{式中, } \vec{J} = \begin{pmatrix} J_x \\ J_y \\ J_z \end{pmatrix}, \vec{l}^* = (l_x, l_y, l_z)^*$$

(•表示向量的转置)。

$$DDV = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 V}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 V}{\partial x \partial z} \\ \frac{\partial^2 V}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} & \frac{\partial^2 V}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial^2 V}{\partial x \partial z} & \frac{\partial^2 V}{\partial y \partial z} & \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \end{pmatrix}$$

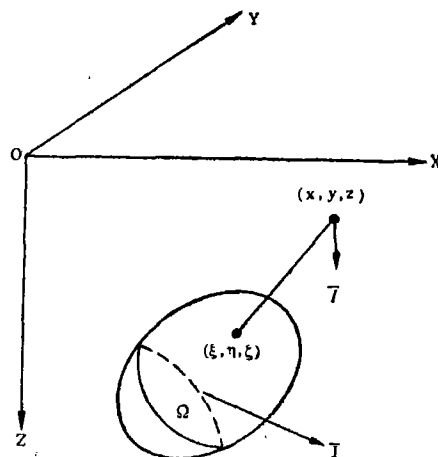


图 1

公式表明, 磁场强度 F , 既依赖于测点位置 (x, y, z) 及测量方向 $\vec{l}$, 又依赖于磁性体及磁化方向 $\vec{J}$ (假定磁化强度 CQ 是已知的)。

$x, y, z, \vec{l}$ 为测点的位置及方向; $\Omega, \vec{J}$ 为磁性体的几何形状、位置及磁化方向。这是两种不同的参量。如果知道了这两种参量, 就不难由式(1)或(2)、(3)用计算机求出 F 值。

三 数学模型的选择

模型的选择, 对计算结果的好坏影响很大。考虑到计算结果的唯一性、稳定性和计算量的大小, 我们总是选取有限个参数的模型。例如在二度体的自动选择法中选取矩形模型, 用中心位置 x_0, y_0 , 半宽, 半长 a, b , 倾角 α 及磁倾角 I 六个参数表示, 在三度体的自动选择法中采用长方体模型, 用中心位置 x_0, y_0, z_0 , 半宽, 半长, 半厚 a, b, c 及围绕 a, b, c 的三个转角 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, 磁化倾角 I 和方位角 D 等11个参数表示。我们把这些参数统一地记成 $u_1, u_2, \dots, u_N$ 或简化为向量 u 。

四 计算方法

问题在于求出一组参数 $u_1, u_2, \dots, u_N$, 使

$$Q = \sum_{i=1}^M \left[F_i(u_1, u_2, \dots, u_N) - SZ_i \right]^2 \quad (4)$$

达到极小。

式中, $F_i(u_1, u_2, \dots, u_N)$ 为在测点 P_i 的理论异常值, SZ_i 为实测异常值, ($i = 1, 2, \dots, M$), Q 称为方差(或均方差)。

令 $[F_i(u_1, u_2, \dots, u_N) - SZ_i] = r_i$, 称为离差。

在求解实际问题中, 参数 u_i ($i = 1, 2, \dots, N$)是有限制的, 不能任意取值。比如矿体的中心位置不能在地表以上, 即 $z_0 > 0$ (设地表为 $z_0 = 0$, 往下为正), 确切地说, 我们的问题是求满足给定限制条件的参数 $u_1, u_2, \dots, u_N$, 使 Q 达到极小。这类问题在数学上统称为非线性规划。

解这类问题, 现在常用的方法是高斯—牛顿法的一种变形, 或叫做有阻尼的高斯—牛顿法。该方法的具体作法是:

先给定一组初始值 u , 即解的第一个近似值, 然后, 在此基础上调整 u , 设其调整值为 du (du 也是 N 维向量), 设法选取 du 使得 $Q(u + du)$ 比 $Q(u)$ 小。然后再以 $u = u + du$ 作为新的近似值再调整, 直到 $Q(u)$ 不再减小为止。下面介绍选取 du 的办法。首先假定每次调整 du 比较小, 因此,

$$\begin{aligned} Q(u + du) &= \sum_{i=1}^M \left[F_i(u + du) - SZ_i \right]^2 \\ &\approx \sum_{i=1}^M \left[F_i(u) + \sum_{j=1}^N \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_j} du_j + \sum_{j,k=1}^N \frac{\partial^2 F_i(u)}{\partial u_j \partial u_k} du_j du_k - SZ_i \right]^2 \\ &= \sum_{i=1}^M \left[\sum_{j=1}^N \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_j} du_j + \sum_{j,k=1}^N \frac{\partial^2 F_i(u)}{\partial u_j \partial u_k} du_j du_k - r_i \right]^2 \end{aligned}$$

$$\approx \sum_{i=1}^M \left\{ r_i^2 + 2 \sum_{j=1}^N r_i \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_j} du_j + \sum_{j,k=1}^N \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_j} \cdot \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_k} du_j du_k + 2 \sum_{j,k=1}^N \frac{\partial^2 F_i(u)}{\partial u_j \partial u_k} du_j du_k \right\} \quad (5)$$

这里略去了 du 的二阶以上的高次项。如果进一步假定 r_i 比较小, 或 F_i 的二阶导数比较小, 则最后一项也可略去。则

$$Q(u+du) \approx \sum_{i=1}^M \left\{ r_i^2 + 2 \sum_{j=1}^N r_i \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_j} du_j + \sum_{j,k=1}^N \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_j} \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_k} du_j du_k \right\} \quad (6)$$

该式是 du 的二次型, 使其达到极小的 du 应满足线性代数方程组

$$\sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_j} \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_k} du_k + \sum_{i=1}^M \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_j} r_i = 0 \quad (7)$$

($j = 1, 2, \dots, N$)

如果令:

$$C_{ij} = \frac{\partial F_i(u)}{\partial u_j}, \quad C_{ij} = \begin{pmatrix} C_{11}, C_{12}, \dots, C_{1N} \\ C_{21}, C_{22}, \dots, C_{2N} \\ \dots \dots \dots \\ C_{M1}, C_{M2}, \dots, C_{MN} \end{pmatrix} du = \begin{pmatrix} du_1 \\ du_2 \\ \vdots \\ du_N \end{pmatrix} r_i = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_M \end{pmatrix}$$

为简单起见把(7)式写成矩阵的形式:

$$C^* C du + C^* r = 0 \quad (8)$$

式中 C^* 是 C 的转置矩阵。

由(7)或(8)式确定调整量 du 的计算方法就叫做高斯—牛顿法。这种方法当近似解 u 离极小值比较近的情况下是可以采用的, 收敛速度较快。但如果近似解 u 离极小值较远时, 往往会出现迭代过程的发散。其原因是由于(6)式是近似的, 一般只对较小的 du 才近似成立, 而由(7)或(8)解出的 du 可能很大, 这样就不能保证(6)的成立。为了克服这一困难, 我们限制在 $|du| = L$ 上, 求(6)式的极小值 du 。 L 称为步长限制, 它规定了 du 最大界限。

把在条件

$$|du|^2 - L^2 = \sum_{j=1}^N (du_j)^2 - L^2 = 0 \quad (9)$$

的限制下求(6)式的极小值问题化为求

$$G(du) = |r|^2 + 2rC^* du + |Cdu|^2 + \alpha(|du|^2 - L^2) \quad (10)$$

的极小值问题(α 是待定系数)。

(10)式也是二次型, 其极小值满足线性代数方程组

$$C^* C du + \alpha du + C^* r = 0$$

$$\text{或} \quad [C^*C + \alpha]du + C^*r = 0 \quad (11)$$

式中 I 是 N 阶单位矩阵。 α 依赖于 L ,称为阻尼系数。由(11)式确定调整量 du 的计算方法叫做阻尼的高斯—牛顿法。

五 程序设计

1. 沅程序使用说明

(1) 输入参量及顺序:

M_x —测点数的一半; M_y —测线数的一半; N —选择参数的个数(12); L —步长限制(选取200); CQ —磁化强度(以 γ 为单位); DX —点距(以米为单位); DY —线距(以米为单位); H —选择参数的步长限制(选取12个:分别为5, 5, 5, 5, 5, 5, 1, 1, 1, 1, 1, 1); SUP —选择参数的控制量(共12个,要求选择的参数写1,不选择的写0); SZ_i —实测的磁异常值。

初始模型 $\left\{ \begin{array}{l} x_0, y_0, z_0 \text{ (长方体中心的坐标初始值)}, \\ a, b, c \text{ (长方体半宽、半长、半厚初始值)}, \\ \alpha_x, \alpha_y, \alpha_z \text{ (围绕} a, b, c \text{的三个转角)}, \\ I, A, \delta Z_0 \text{ (} I \text{为磁化倾角, } A \text{为走向方位角, } \delta Z_0 \text{为正常场值)}. \end{array} \right.$

(2) 输出参量及顺序:

7501——程序编号: $MX, MY, N, L, CQ, DX, DY, H, SUP, SZ_i$,

T_i —迭代次数; U^t —第 t 次迭代的选择结果; R_i —余差; F_i —磁异常的理论值; 顶点—长方体的八个顶点坐标值; R_0 —均方差; W —($=du^t$);

(3) 开关跳使用说明:

- 按下开关跳 2, 打印余差 R_i , F_i 和顶点;
- 按下开关跳 4, 所有参数全调, 不按下不全调

(4) 本程序在迭代过程中未安排停机, 何时迭代可以结束, 要根据曲线拟合的程度和计算者的要求而定, 如果计算者认为曲线拟合的程度已经可以满足要求, 由计算者在控制台打入停机命令后, 计算完毕。

2. 沅程序:

```
'PAGE'
'BEGIN' 'INTEGER' I, J, M, N, L, MX,
        MY, K, IX, IY, TI,
'REAL' CQ, DX, DY, DZ, Q,
'SWITCH' MC := PP1, PP2, PP3, RA, ALL,
        RE, RAL,
I := 7501, OUTPUTI(I),
READI(MX, MY, N, L), DUMMY(5),
OUTPUTI(MX, MY, N, L),
READR(CQ, DX, DY), DUMMY(5),
OUTPUTR(CQ, DX, DY),
M := ((2 * MX + 1) * (2 * MY + 1) - 1) / 2,
'BEGIN' 'ARRAY' X, Y, Z, F, R, SZ
(-M:M), U, DU, H, D, INF, SUP(1:N),
'FOR' IX := -MX 'STEP' 1 'UNTIL' MX 'DO'
'FOR' IY := -MY 'STEP' 1 'UNTIL' MY 'DO'
'BEGIN'
I := (2 * MY + 1) * IX + IY,
X(I) := DX * IX,
Y(I) := DY * IY,
```

```
Z(I) := 0
'END',
'BEGIN'
'PROCEDURE' RQ,
'BEGIN' 'INTEGER' PI,
'REAL' HPI, PJ1, PJ2, PJ3, PG1, PG2,
PG3, PG4, PG5, PG6, PS1, PS2, PS3, PC1,
PC2, PC3, PA1, PA2, PB1, PB2, PG, PF1,
PF2, PF3, PF4, PR1, PR2, PR3, PR4, PR5,
PR6, PR7, PR8, PT1, PT2, PT3, PT4, PT5,
PT6, PT7, PT8, PT9, PX, PY, PZ,
'ARRAY' DDV(1:6),
HPI := 1.5708,
PG1 := U(10) * HPI / 90,
PG2 := U(11) * HPI / 90,
PJ1 := COS(PG1) * SIN(PG2),
PJ2 := COS(PG1) * COS(PG2),
PJ3 := SIN(PG1),
PG1 := U(7) * HPI / 90,
PG2 := U(8) * HPI / 90,
PG3 := U(9) * HPI / 90,
```

```

PC1 := COS ( PG1 ) , PC2 := COS ( PG2 ) ,
PC3 := COS ( PG3 ) ,
PS1 := SIN ( PG1 ) , PS2 := SIN ( PG2 ) ,
PS3 := SIN ( PG3 ) ,
'PAGE'
PT1 := PC2 • PC3 ,
PT2 := PC2 • PS3 ,
PT3 := PS2 ,
PT4 := - ( PS1 • PS2 • PC3 + PC1 • PS3 ) ,
PT5 := - PS1 • PS2 • PS3 + PC1 • PC3 ,
PT6 := PS1 • PC2 ,
PT7 := - PC1 • PS2 • PC3 + PS1 • PS3 ,
PT8 := - PC1 • PS2 • PS3 - PS1 • PC3 ,
PT9 := PC1 • PC2 ,
PG1 := PT1 • PJ1 + PT2 • PJ2 + PT3 • PJ3 ,
PG2 := PT4 • PJ1 + PT5 • PJ2 + PT6 • PJ3 ,
PG3 := PT7 • PJ1 + PT8 • PJ2 + PT9 • PJ3 ,
PJ1 := PG1 , PJ2 := PG2 , PJ3 := PG3 ,
'FOR' I := -M' STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
'BEGIN'
PX := X(I) - U(1) ,
PY := Y(I) - U(2) ,
PZ := Z(I) - U(3) ,
PG1 := PT1 • PX + PT2 • PY + PT3 • PZ ,
PG2 := PT4 • PX + PT5 • PY + PT6 • PZ ,
PG3 := PT7 • PX + PT8 • PY + PT9 • PZ ,
PX := ABS(PG1) ,
PY := ABS(PG2) ,
PZ := ABS(PG3) ,
PS3 := 2 • HPI ,
PA1 := (PG1 - U(4)) • 10-3 ,
PA2 := (PG1 + U(4)) • 10-3 ,
PB1 := (PG2 - U(5)) • 10-3 ,
PB2 := (PG2 + U(5)) • 10-3 ,
PC1 := (PG3 - U(6)) • 10-3 ,
PC2 := (PG3 + U(6)) • 10-3 ,
PG1 := PA1 • PA1 , PC2 := PB1 • PB1 ,
PG3 := PC1 • PC1 ,
PG4 := PA2 • PA2 , PG5 := PB2 • PB2 ,
PG6 := PC2 • PC2 ,
PR1 := SQRT(PG1 + PG2 + PG3) ,
PR2 := SQRT(PG4 + PG2 + PG3) ,
PR3 := SQRT(PG1 + PG5 + PG3) ,
PR4 := SQRT(PG4 + PG5 + PG3) ,
PR5 := SQRT(PG1 + PG2 + PG6) ,
PR6 := SQRT(PG4 + PG2 + PG6) ,
PR7 := SQRT(PG1 + PG5 + PG6) ,
PR8 := SQRT(PG4 + PG5 + PG6) ,
'PAGE'
'FOR' PI := 1,2,3 'DO'
'BEGIN'
PF1 := PB1 • PC1 , PG1 := PA1 • PR1 ,
PG2 := PA2 • PR2 ,
PG := PF1 • (PG2 - PG1) ,

```

```

PG1 := PG1 • PG2 + PF1 • PF1 , PF1 := PG ,
PF2 := PB2 • PC1 , PG2 := PA1 • PR3 ,
PG3 := PA2 • PR4 ,
PG := PF2 • (PG3 - PG2) ,
PG2 := PG2 • PG3 + PF2 • PF2 , PF3 := PG ,
PF3 := PB1 • PC2 , PG3 := PA1 • PR5 ,
PG4 := PA2 • PR6 ,
PG := PF3 • (PG4 - PG3) ,
PG3 := PG3 • PG4 + PF3 • PF3 , PF2 := PG ,
PF4 := PB2 • PC2 , PG4 := PA1 • PR7 ,
PG5 := PA2 • PR8 ,
PG := PF4 • (PG5 - PG4) ,
PG4 := PG4 • PG5 + PF4 • PF4 , PF4 := PG ,
PG := PF1 • PG2 - PF2 • PG1 ,
PG1 := PF1 • PF2 + PG1 • PG2 , PF1 := PG ,
PF2 := PF3 • PG4 - PF4 • PG3 ,
PG2 := PF3 • PF4 + PG3 • PG4 ,
PG := PF1 • PG2 - PF2 • PG1 ,
PG1 := PF1 • PF2 + PG1 • PG2 , PF1 := PG ,
'IF' ABS(PF1) 'LS' ABS(PG1) 'THEN'
DDV (PI) := ARCTAN(PF1/PG1) 'ELSE'
DDV (PI) := SIGN(PG1) • SIGN(PF1) • HPI -
ARCTAN(PG1/PF1) ,
PF1 := (PA1 + PR1) • (PA2 + PR4) • (PA2 +
PR6) • (PA1 + PR7) ,
PG1 := (PA2 + PR2) • (PA1 + PR3) • (PA1 + PR5)
• (PA2 + PR8) ,
DDV (PI+3) := LN(PG1/PF1) ,
PF1 := PA1 , PF2 := PA2 ,
PA1 := PB1 , PA2 := PB2 , FB1 := PC1 ,
FB2 := PC2 ,
PC1 := PF1 , PC2 := PF2 ,
PG1 := PR2 , PG2 := PR4 , PG3 := PR6 ,
PR2 := PR3 , PR3 := PR5 , PR4 := PR7 ,
PR5 := PG1 , PR6 := PG2 , PR7 := PG3
'END' ,
'PAGE'
'IF' PX 'LS' U(4) 'AND' 0 'LS' DDV(1) 'THEN'
DDV(1) := DDV(1) - PS3 ,
'IF' PY 'LS' U(5) 'AND' 0 'LS' DDV(2)
'THEN'
DDV(2) := DDV(2) - PS3 ,
'IF' PZ 'LS' U(6) 'AND' 0 'LS' DDV(3)
'THEN'
DDV(3) := DDV(3) - PS3 ,
PF3 := 'IF' ABS(DDV(1) + DDV(2) + DDV(3))
'LS' 1 'THEN' 'GOTO' PF1 ,
'IF' PX 'LS' PY 'THEN'
'BEGIN' 'IF' PY 'LS' PZ 'THEN'
PI := 3 'ELSE'
PI := 2 , 'GOTO' PF2
'END' ,
'IF' PX 'LS' PZ 'THEN'
PI := 3 'ELSE'

```

```

PI: = 1;
PP2, DDV(PI) := DDV(PI) + FS3;
'GOTO' PP3;
PP1:
PG1 := DDV(1) * PJ1 + DDV(6) * PJ2 + DDV(5) *
PJ3;
PG2 := DDV(6) * PJ1 + DDV(2) * PJ2 + DDV(4) *
PJ3;
PG3 := DDV(5) * PJ1 + DDV(4) * PJ2 + DDV(3) *
PJ3;
F(I) := (PT3 * PG1 + PT6 * PG2 + PT9 * PG3) *
CQ - U(12)
'END' 'END';
INPUT(H); OUTAR(H); DUMMY(5);
INPUT(SUP); OUTAR(SUP); DUMMY(5);
INPUT(SZ); OUTAR(SZ); DUMMY(5);
Q = 0;
INPUT(U); OUTAR(U); DUMMY(5);
TI := -1;
RA, TI := TI + 1, OUTPUTI(TI); Q := 0; RQ;
'FOR' I := -M 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
'BEGIN' R(I) := F(I) - SZ(I);
Q := Q + R(I)2
'END';
Q := Q / (2 * M + 1);
Q := SQRT(Q);
OUTPUTR(Q); DUMMY(5); OUTAR(U);
↑↑OUTAR(R); DUMMY(5);
↑↑OUTAR(F); DUMMY(5);
'BEGIN'
'REAL' NPI, NG1, NG2, NG3, NG4, NC1,
NC2, NC3, NS1, NS2, NS3,
NT1, NT2, NT3, NT4, NT5, NT6, NT7, NT8, NT9;
NPI := 3.1459/180;
NG1 := U(7) * NPI;
NG2 := U(8) * NPI;
NG3 := U(9) * NPI;
NC1 := COS(NG1); NC2 := COS(NG2);
NC3 := COS(NG3);
NS1 := SIN(NG1); NS2 := SIN(NG2);
NS3 := SIN(NG3);
NT1 := NC2 * NC3;
'PAGE'
NT2 := -(NS1 * NS2 * NC3 + NC1 * NS3);
NT3 := -NC1 * NS2 * NC3 + NS1 * NS3;
NT4 := NC2 * NS3;
NT5 := -NS1 * NS2 * NS3 + NC1 * NC3;
NT6 := -NC1 * NS2 * NS3 - NS1 * NC3;
NT7 := NS2;
NT8 := NS1 * NC2;
NT9 := NC1 * NC2;
'FOR' I := -1, 1 'DO'
'FOR' J := -1, 1 'DO'
'FOR' K := -1, 1 'DO'
'BEGIN'
NG1 := I * U(4);
NG2 := J * U(5);
NG3 := K * U(6);

```

```

NG4 := U(1) + NT1 * NG1 + NT2 * NG2 + NT3 *
NG3;
↑↑OUTPUTR(NG4); DUMMY(1);
NG4 := U(2) + NT4 * NG1 + NT5 * NG2 + NT6 *
NG3;
↑↑OUTPUTR(NG4); DUMMY(1);
NG4 := U(3) + NT7 * NG1 + NT8 * NG2 + NT9 *
NG3;
↑↑OUTPUTR(NG4)
'END'
'END';
'BEGIN'
'REAL' Ro, So, Zo;
'ARRAY' CC(-M, M, 1, N), AC(1, N, 1, N), W, V,
P, B(1, N);
'FOR' J := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
'BEGIN'
U(J) := U(J) + H(J);
↑↑↑GOTO' ALL;
'IF' SUP(J) 'LS' 0.5 'THEN'
'BEGIN' 'FOR' J := -M 'STEP' 1 'UNTIL'
M 'DO'
CC(I, J) := 0;
'GOTO' RE
'END';
ALL, RQ;
'FOR' I := -M 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
CC(I, J) := (F(I) - SZ(I) - R(I)) / H(J);
RE;
U(J) := U(J) - H(J)
'END';
'FOR' J := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
'BEGIN'
B(J) := 0;
'FOR' I := -M 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
B(J) := B(J) - CC(I, J) * R(I);
'FOR' K := 1 'STEP' 1 'UNTIL' J 'DO'
'BEGIN'
AC(K, J) := 0;
'FOR' I := -M 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
AC(K, J) := AC(K, J) + CC(I, J) * C(I, K)
'END'
'END';
'PAGE'
R0 := 0;
'FOR' J := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
R0 := R0 + B(J)2;
R0 := SQRT(R0) / L;
OUTPUTR(R0);
'FOR' J := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
'BEGIN'
AC(J, J) := AC(J, J) + R0;
↑↑↑GOTO' RAL;
AC(J, J) := AC(J, J) + 1 - SUP(J); RAL;
'END';
'FOR' J := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
'FOR' J := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
'BEGIN'

```

```

R0:=A(I,J);
'FOR' K:=I-1 'STEP' -1 'UNTIL' 1 'DO'
R0:=R0-A(I,K)*A(J,K);
'IF' J=I 'THEN'
'BEGIN'
P(I):=1/SQRT(R0)
'END' 'ELSE'
A(J,I):=R0*P(I)
'END';
'FOR' I:=1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
'BEGIN'
S0:=B(I);
'FOR' K:=I-1 'STEP' -1 'UNTIL' 1 'DO'
S0:=S0-A(I,K)*V(K);
V(I):=S0*P(I)
'END';
'FOR' I:=N 'STEP' -1 'UNTIL' 1 'DO'
'BEGIN'
Z0:=V(I);
'FOR' K:=I+1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
Z0:=Z0-A(K,I)*W(K);
W(I):=Z0*P(I)
'END';
OUTAR(W);
'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
'BEGIN'
U(J):=U(J)+W(J)
'END';
'GOTO' RA
'END'
'END'
'END'

```

回车换行 ×××

六 实例

河北××矿区××矿体磁异常的自动选择:

(1) 矿床特点 ××矿床为夕卡岩型磁铁矿床。矿体顶板深度沿走向有平缓起伏, 平均深度为300米左右, 矿体向北东缓倾, 向东倾斜, 倾角较缓。在异常极大值处矿体最厚。矿体水平投影长度为1850米。南部矿体较宽, 约为800米; 北部矿体较窄, 约300米。平均宽度为400多米。为一中型规模的铁矿床。

(2) 磁异常特征 ××磁异常为一低缓磁异常(见图2)。走向为北东18°, 长达两公里, 宽约1公里。在正常异常两侧有明显的、范围较宽的负异常, 异常等值线的间距均

匀, 异常极大值约840γ, 极小值为-50γ, 整个异常平缓, 有两个极大值, 南部极大值约800γ, 等值线的宽度变大, 北部等值线宽度比南部的小, 是一个三度体磁异常。

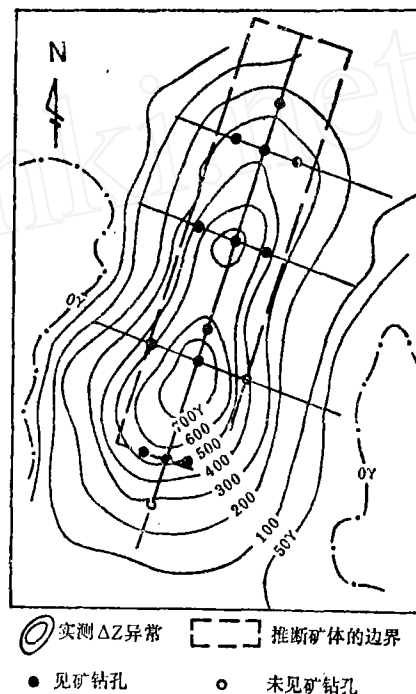


图2

(3) 电子计算机自动选择结果 对于该三度体磁异常我们用三度体的自动选择法(采用长方体模型), 在DTS-6电子计算机上对矿体的大小, 位置及磁化方向等参数进行了自动选择, 选择结果见附表, 并如图2所示。

矿体中心 深度	长度	宽度	厚度	转			角磁化 倾角	正常场 改正值
				αx	αy	αz		
46.2米	1800米	400米	59米	6°	-12°	-20°	60°	-31γ

由附表及图2, 可以看出: 计算结果与钻探验证的实际矿体十分接近。理论异常等值线与实测异常等值线拟合的均方差为35γ。根据所选择的矿体计算储量与实际勘探的储量相近。

七 结论

本文简述了三度体磁异常的自动选择

法、源程序及计算实例。从计算结果来看,方法是可行的,大大提高了推断解释的速度。选择一个象图2所示的异常,在DJS-6机上,只要20~30分钟就可以获得比较满意的结果;如果用手工计算最少要花费几天时间。它不仅提高了效率,而且能够给出矿体的产状要素,对布置钻探工程很有指导意义。但是,必须指出:方法本身有一定的局限性:1.所用的模型是规则几何形体,而实际矿体则是不规则的,因此,计算结果不能

反映实际矿体的细节部分,2.计算时磁化强度是假定的,如果磁化强度给的不合适,会对计算结果带来误差;3.计算中未考虑干扰场的消除,实际异常往往受到不同程度的干扰,这对计算结果也会带来一定的误差;4.对于出露地表和埋深较浅的矿体计算效果较差。由于上述因素的影响,我们的计算结果是近似的。因此,对于计算结果必须结合地质条件和其它物探资料进行综合分析,全面考虑才能得出正确的判断。

利用矿石剩磁分布规律 解释地质构造的初步探讨

首钢勘探公司综合研究组 沈佩芝

在磁法勘探工作中,往往要大量测定岩矿标本的磁性。以往对岩矿标本的磁化率和剩磁只作一般性的了解,以供磁异常推断解释参考,而很少考虑剩磁在地层、构造等方面所反映的特征和规律。剩磁,特别是它的方向,在某种程度上是地质时代特征的一种可靠标志。因此,有目的地测定剩磁方向,有助于揭示地质构造运动的历史过程等某些地质问题。

我们与武汉地质学院物探系磁法组一起,初步研究了某沉积变质型铁矿矿石的剩余磁性,结果表明剩磁与地质构造关系密切,利用矿体上剩磁强度和方向的分布特征,可以解释矿层和构造方面的地质问题。

一 工作前提

区内分布着前寒武纪受强烈混合岩化作用而形成的混合片麻岩和混合花岗岩等变质岩系。各种规模和类型的褶皱广泛发育。铁矿赋存于前寒武纪片麻岩中,属磁铁矿石型沉积变质铁矿。矿石类型主要是条带状、条纹状和片麻状各类磁铁矿石岩。矿

体经受构造运动后,也常表现为向斜和背斜构造。

区内岩矿磁性比较单一,除铁矿为强磁性外,围岩都是弱磁性的。矿石的磁性特征是:剩磁(J_r)普遍大于感磁(J_i), Q 值(J_r/J_i)一般都在2~5以上;剩磁方位角(ϕ)和倾角(θ),在褶曲的不同部位表

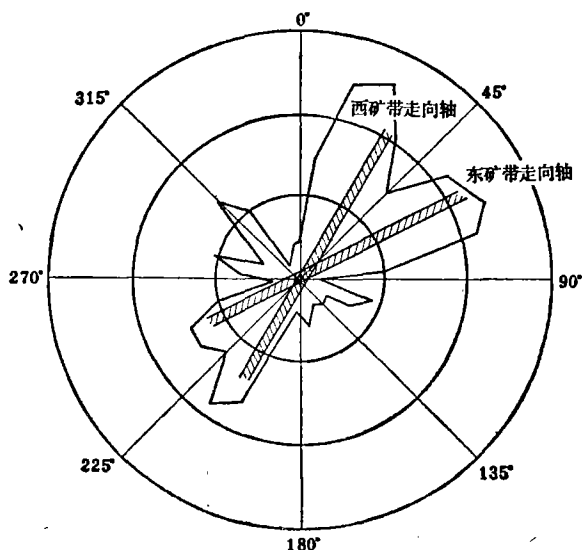


图1a