

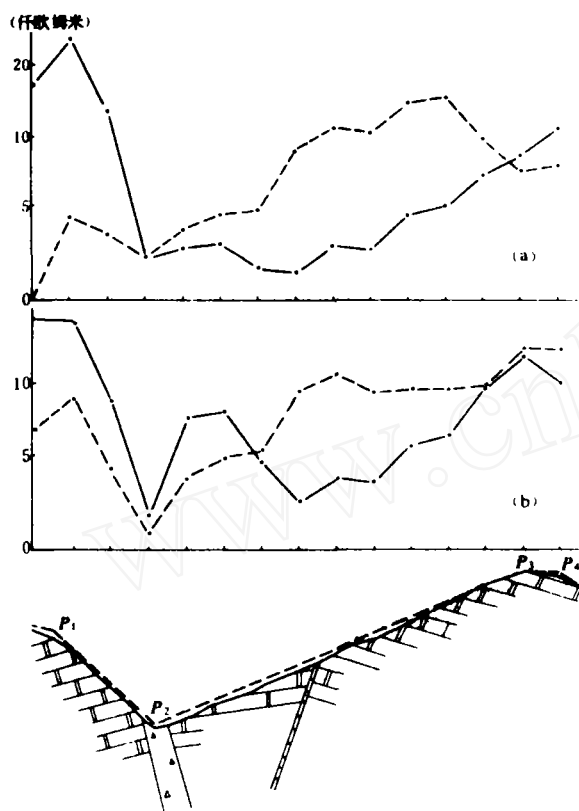


图6 样条插值法改正实例

结 论

以上讨论证明, 利用三次样条插值函数来进行地形改正, 精度能完全满足野外生产要求, 而且计算速度快、使用方便。对于各种复杂地形均能一次给出所需的各种结果与图件。目前, 所编程序可以直接处理联合剖面 and 对称四极测深的资料。对程序稍加改变也不难用于其他装置的结果。此外, 本法与多项式拟合法都是快速地形改正方法, 后者可以用TI—59类的可编程计算器进行计算。本文所介绍的方法则具有更高的精度。

参 考 文 献

- [1] 屈超纯, 应用数学学报, 1977, 第2期
- [2] 葛为中, 地球物理学报, 1977, 20卷, 第4期

4 期

起伏地形条件下二维场分量间的转换与延拓

魏 星

陈太虎 杜维本

(辽宁冶金地质勘探公司物探队)

(冶金部物探公司研究所)

对于起伏地形条件下直接测得的磁场垂直分量 ΔZ , 为了消除地形起伏的影响, 便于解释推断, 很有必要进行“曲化平”处理。已有许多物探工作者对“曲化平”和场的转换方法做了研究, 其中包括冶金部物探公司研究所提出的“曲化平方法”[2, 3]。该方法不但精度较高, 而且既能完成向上的“曲化平”计算, 也能进行向下的“曲化平”计算。我们在文献[2]、[3]的基础上, 着重研究了起伏地形条件下直接进行场的换算和“曲化平”的方法。文中只阐述二维问题, 用同样的方法推广到解三维问题也是不难的。

数 学 原 理

在 $o-xz$ 平面内(图1), S 代表起伏的地形线, 沿地形线测得的磁场垂直分量用 ΔZ (P_S)表示, $P_S \in S$; $z_S = z(x_S)$ 为地形线 S 的方程。在地形线 S 和场源之间引入任意无限曲线 K , P_K 为曲线 K 上的点, $z_K = z(x_K)$ 为曲线 K 的方程。对 K 曲线的具体要求详见文献[2]和[3]。

设 K 曲线上磁荷密度为 $\mu(P_K)$, 它在点 $M \in Q$ 处产生的单层对数位为:

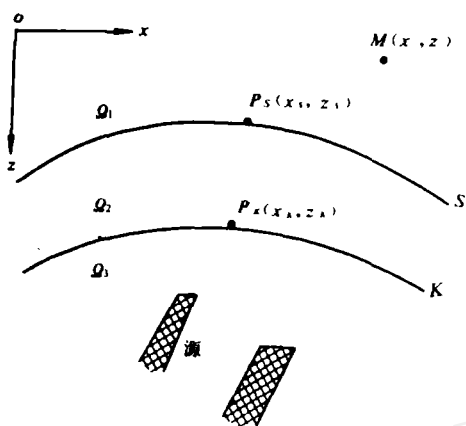


图 1

$$\mu(M) = \int_K \mu(P_K) \ln \frac{1}{r_{MPK}} dl \quad (1)$$

其中 $\vec{r}_{MPK} = (x_K - x) \vec{i} + (z_K - z) \vec{k}$
 $\mu(P_K)$ 为确定在 K 上的连续有界函数。

若 $\mu(M)$ 代表磁位, 则相应的场分量为:

$$\Delta Z(M) = -\frac{\partial \mu}{\partial z} = \int_K \mu(P_K) \cdot \frac{z - z_K}{r_{MPK}^2} dl \quad (2)$$

$$\Delta H(M) = -\frac{\partial \mu}{\partial x} = \int_K \mu(P_K) \cdot \frac{x - x_K}{r_{MPK}^2} dl \quad (3)$$

在 (2), (3) 式中 $\mu(P_K)$ 是同一密度函数。如已知 $\mu(P_K)$, 便可以根据 (2), (3) 两式算出空间任何一点 M 处的场分量 ΔZ 和 ΔH 。

为了确定 $\mu(P_K)$, 可以利用地形线 S 上的实测场 $\Delta Z(P_S)$, 把 (2) 式中的 M 换成 P_S 则有:

$$\Delta Z(P_S) = \int_K \mu(P_K) \frac{z_S - z_K}{r_{P_S P}^2} dl \quad (4)$$

在 (4) 式中, 左端是已知的, 因而 (4) 式是关于 μ 的积分方程。由此解出 μ , 再代入 (2), (3) 两式, 即可求得任意点 M 处的 ΔZ 和 ΔH , 从而可实现场的转换和“曲化平”的计算。

数值算法

设在 S 上有 N 个等间距(水平距离)的观测点 $P_i(x_i, z_i)$, 与之相应的磁场观测值为 $\Delta Z_i = \Delta Z(P_i)$ 。将 P_i 点依次垂直投影到 K 曲线上, 在 K 上便得到 N 个结点 $P_{K_i}(x_{K_i}, z_{K_i})$, 连接这些结点得到一条折线, 以此折线代替 K 曲线, 显然它是逐段光滑的(图 2)。于是对整个 K 曲线的积分可看成对此折线逐段积分的和, 即:

$$\Delta Z_i = \sum_{q=1}^{N-1} \Delta Z_q$$

$$i = 1, 2, \dots, N; \quad q = 1, 2, \dots, (N-1)$$

其中 ΔZ_q 是第 q 个线段 AB 在 P_i 点产生的 Z 值(图 3)。将坐标原点移到 P_i 点, 则 A, B 两点的坐标为 $A(x_1, z_1), B(x_2, z_2)$, P_i 点与 P_{K_i} 点的坐标分别为 $P_i(0, 0), P_{K_i}(x, z)$ 于是有:

$$\Delta Z_q = -\int_{AB} \mu(P_K) \frac{z}{r^2} dl = -Q_0 \int_{x_1}^{x_2} \mu(P_K) \frac{z}{r^2} dx \quad (6)$$

其中

$$z = C_0(x - x_1) + z_1$$

$$C_0 = (z_2 - z_1) / (x_2 - x_1)$$

$$Q_0 = \sqrt{1 + C_0^2}$$

$$r^2 = x^2 + z^2 = x^2 + (C_0 x + d_0)^2$$

$$d_0 = -C_0 x_1 + z_1$$

在 (6) 式中进一步假定 $\mu(P_K)$ 是坐标的线性函数, 即

$$\mu(P_K) = \frac{1}{x_2 - x_1} [(x_2 - x)\mu_1 + (x - x_1)\mu_2]$$

式中 μ_1, μ_2 分别是 A, B 两点的密度值。将上式代入 (6) 式, 积分后得

$$\Delta Z_q = W_1 \mu_1 + W_2 \mu_2$$

其中

$$\begin{cases} W_1 = x_2 d_0 F_1 + F_2 (C_0 x_2 + d_0) - C_0 F_3 \\ W_2 = C_0 F_3 + (d_0 - C_0 x) F_2 - x_1 d_0 F_1 \end{cases}$$

而

$$\begin{aligned} F_1 &= \int_{x_1}^{x_2} \frac{Q_0}{x_1 - x_2} \cdot \frac{1}{Q_0^2 x^2 + 2 C_0 d_0 x + d_0^2} dx \\ &= \frac{Q_0}{x_1 - x_2} \left[\frac{1}{d_0} \left(\lg \left(1 + \frac{Q_0^2 x_2 + C_0 d_0}{d_0} \right) - \lg \left(1 + \frac{Q_0^2 x_1 + C_0 d_0}{d_0} \right) \right) \right] \\ F_2 &= \int_{x_1}^{x_2} \frac{Q_0}{x_1 - x_2} \cdot \frac{x}{Q_0^2 x^2 + 2 C_0 d_0 x + d_0^2} dx \\ &= \frac{Q_0}{x_1 - x_2} \left[\frac{1}{2 Q_0^2} \ln \frac{R_2}{R_1} - \frac{C_0 d_0}{Q_0^2} F_1 \right] \\ F_3 &= \int_{x_1}^{x_2} \frac{Q_0}{x_1 - x_2} \cdot \frac{x^2}{Q_0^2 x^2 + 2 C_0 d_0 x + d_0^2} dx \\ &= \frac{Q_0}{x_1 - x_2} \left[\frac{x_2 - x_1}{Q_0^2} - \frac{C_0 d_0}{Q_0^2} \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{d_0 (C_0^2 - 1)}{Q_0^4} F_1 \right] \\ R_1^2 &= x_1^2 + z_1^2; \quad R_2^2 = x_2^2 + z_2^2 \end{aligned}$$

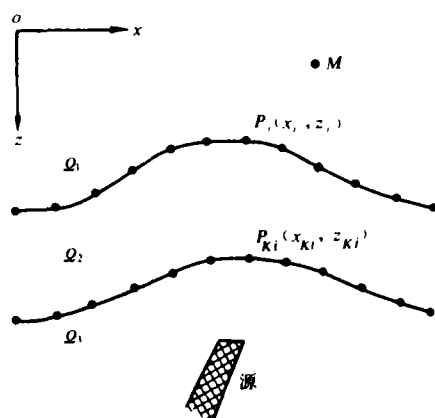


图 2

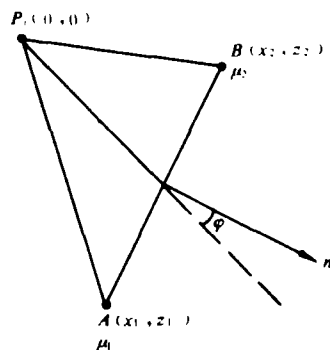


图 3

由此可见, 在所假定的条件下, ΔZ_q 与 μ_1 和 μ_2 有简单的线性关系。不难想象整个 K 曲线在 P_i 点产生的 ΔZ_i [即 (5) 式] 与各节点上的 μ 值有简单的线性关系,

$$\Delta Z_i = \sum_{q=1}^{N-1} \Delta Z_q = \sum_{j=1}^N a_{ij} \mu_j \quad (7)$$

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

其中 μ_j 为各节点上的密度值, a_{ij} 为系数, 对于给定的 P_i 点和 K 曲线是不难计算的。

将 (7) 式简记为

$$A \mu = \Delta Z \quad (8)$$

式中 A 为系数阵, ΔZ 为已知矢量, μ 为未知矢量。上式是 μ 的线性代数方程组。利用文献 [2], [3] 中的方法可以由 (8) 式解出 μ , 再将它代入 (2), (3) 两式便可算出 M 点上的场 ΔZ 和

ΔH 。而(2),(3)两式的数值计算与推导(7)式的过程完全类似,只需将 P_i 换成 M 即可,这里不准备再作详细的推导了。

求得 ΔZ , ΔH 后可以按下式计算场的总向量 T_0 :

$$\begin{cases} T_0 = [(\Delta Z)^2 + (\Delta H)^2]^{1/2} \\ \beta = \lg^{-1}(\Delta Z / \Delta H) \end{cases}$$

方法检验

根据上述原理和方法,利用冶金部物探公司二度体重磁正演JGHZT程序和二维曲化平SD2程序,编制了相应的子程序,在CYBER172机上进行了方法检验。这里只用一个算例说明方法的有效性和特点。

用于计算的地形和矿体示于图4。从图可以看出地形条件是很坏的。利用 S 曲线上的 ΔZ 理论值作为观测值,利用我们的方法,取 K , S 重合算出 S 上的 ΔH ,然后与 S 上的理论 ΔH 值对比(图5),二者在 5γ 范围内几乎重合,均方误差仅为 0.203γ (计算中采用了51个点)。

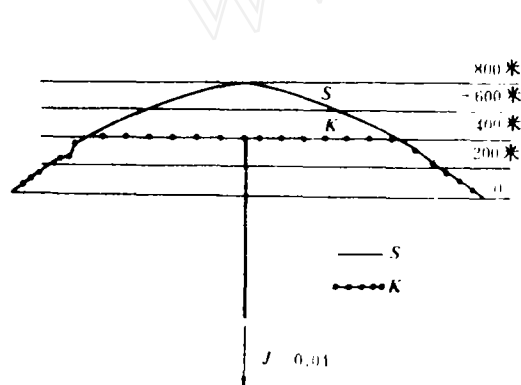


图 4

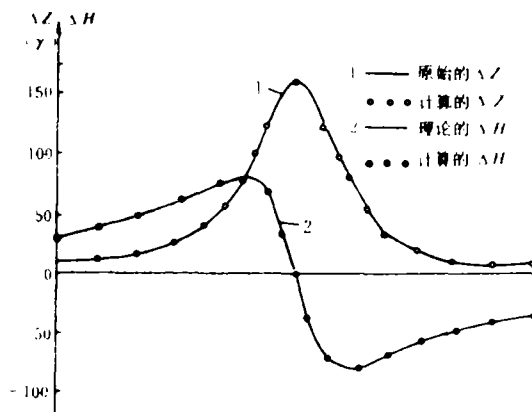


图 5

利用图4中所示的 K 曲线,由 S 上的理论 ΔZ 计算出不同高度直线上的 ΔZ 和 ΔH ,再与该高度上的理论 ΔZ 和 ΔH 值对比。图6是-900米高度的计算结果与理论值对比图,二者几乎重合, ΔZ 的均方误差为 0.626γ , ΔH 的均方误差为 0.668γ 。图7是-700米高度上的计算结果与理论值对比图, ΔZ 的均方误差为 1.257γ , ΔH 的均方误差为 1.291γ 。不同高度的计算值与理论值对比,其均方差见右表:

高程(米)	-600	-700	-800	900	1000
ΔZ 的均方差(γ)	5.14	1.26	0.71	0.63	0.58
ΔH 的均方差(γ)	5.07	1.29	0.76	0.67	0.63

图8是-700米高度上根据计算出的 ΔZ 和 ΔH ,进一步计算得出的向量 T_0 图,得到一个与矿体位置完全一致的交点。

上述结果是在原始数据相当精确(最大误差小于 0.005γ)的情况下取得的,说明只要原始数据具有足够的精度,那么场的转换及延拓结果也是精确的。这也说明所提出的这种方法的“方法误差”比较小。

然而实测数据总是有误差的,为了研究方法对误差的适应能力,我们做了如下试验:在理论的原始数据上加上均方差为 5γ 的一组伪随机数,再进行场的转换和“曲化平”计算。图9是加误差以后的原始数据,图10是计算-800米高度上的 ΔZ 与 ΔH 值与理论值的对比,图11是计算得的-600米高度上的结果,下表是延拓、转换到不同高度上的误差情况,可以看出-700,-800,-900,1000米几

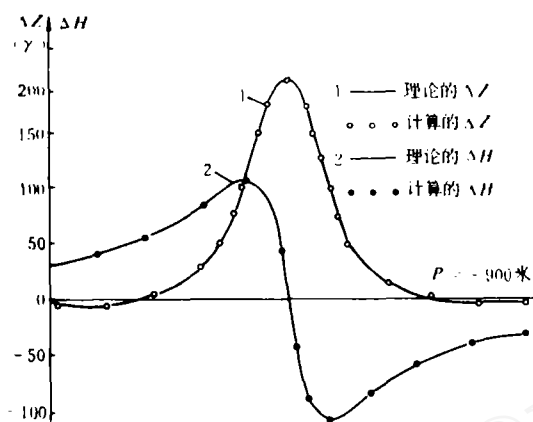


图 6

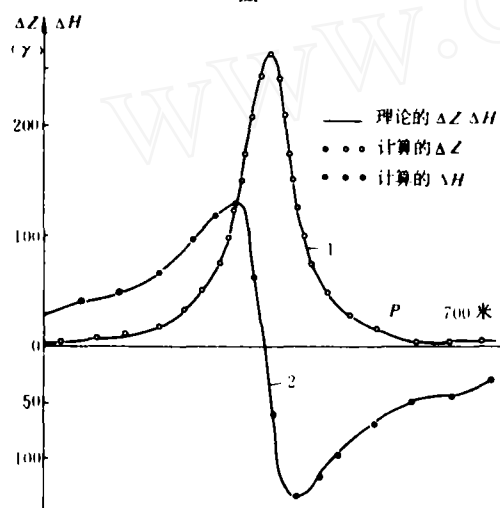


图 7

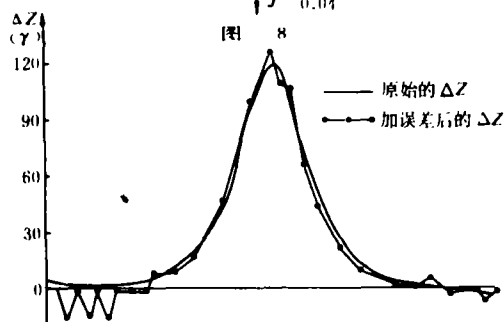
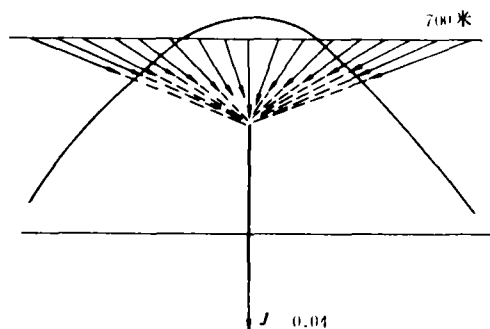


图 9

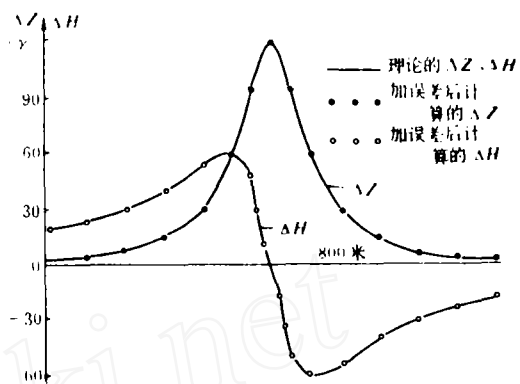


图 10

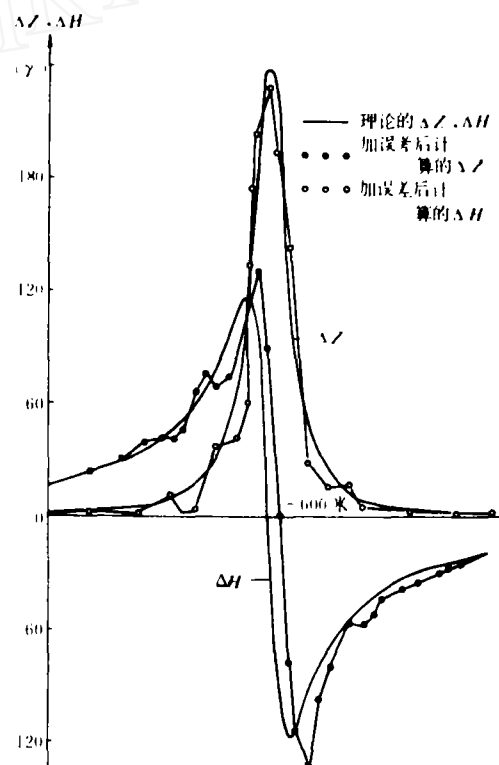


图 11

个高度上场转换的误差均 $\leq 5\gamma$ 。只有 -600 米高度上的误差较大,达 $11.1\sim 11.6\gamma$ 。这是由于下延本身的不稳定性造成的。因此,在实际运用本方法时,有必要先对原始数据进行适应的光滑处理,以消除干扰和误差。

高程 (米)	- 600	- 700	- 800	- 900	- 1000
ΔZ 的均方误差 (γ)	11.14	3.94	2.82	2.67	2.54
ΔH 的均方误差 (γ)	11.64	3.99	2.87	2.69	2.56

结 语

本文介绍的在起伏地形条件下,直接进行场的转换和曲化平的方法,其特点在于根据实际需要和可能去建立一条 K 曲线,利用它尽可能将场域加以合理的扩充,既灵活又实用。对地形和场源的实际分布几乎不加任何限制,这就保证了方法的普遍适用性。这一方法可以根据地形线上的实测 ΔZ 算出 K 曲线以上空间任何一点的 ΔZ 和 ΔH ,可以在实现曲化平的同时实现场的转换。

其他一些优点在参考文献[2], [3]中已有介绍,这里就不再叙述了。

参考文献

[1] C. 索波列夫, 数学物理方程,

[2] 杜维本, 1982, 地球物理学报, 第25卷, 第1期, 73~83

[3] 杜维本, 1981, 地质与勘探, 第12期

用微型机点阵打印物探剖面图和平剖面图的 FORTRAN程序设计

中南矿冶学院

周梓星 彭先定

电子计算机处理物探数据,具有速度快、精度高的优点,但用户普遍感到将处理结果标绘成图极为麻烦。由于现有计算机的绘图系统成本高,速度慢,不仅妨碍现有物探程序的系统化装配,而且还不利于发挥人机对话功能。因此,研究廉价的成图系统对推广物探电子计算技术有一定的意义。

目前微型计算机的发展趋势是大容量,多功能,性能好,价格低的微型计算机,可以预料,在常规物探数据处理中,微型机将取代大型计算机,这只是时间迟早的问题。作者有鉴于此,开始了这项工作。

在微计算机成图系统中,我们考虑了以下因素:速度、内存容量、图形精度、成本(不另配置绘图机)和易移植性、易装配性等。权衡以上因素,我们先在Z-80A为CPU的EXO微型机上用FORTRAN程序实现,并取得了成功。现已编制完成剖面图、平剖面、立体透视图、平面等值线图实用程序。本文介绍剖面图和平剖面图的打印原理及性能指标。

和微型计算机接口的打印机,一般都是针式打

印机,它输出的字符是以点阵方式形成的。以DP-9501这类针式打印机为例,它的打印头竖直排列着9根针,水平或垂直移动打印头的位置,并使它不同位置上驱使每根针作不同动作,便可打印出各种字符和图象。

针式打印机有两种工作状态:一是字符输出状态,二是绘图状态,这两种状态分别用两个代码控制(ASCII码,即美国信息交换标准码——编者注),在不同的工作状态下,打印机对相同代码的输出结果完全不一样。例如,向DP-9501输入一个ASCII码65(十进制),当它处于字符输出状态时,打印机输出一个字符A;若它处于绘图状态时,打印机输出一。在通常情况下,打印机处于字符状态,如果改换为绘图状态,则需要在记录开始时向打印机传输ASCII码28(十进制),退出绘图状态是ASCII码29,这两个代码,随打印机的型号不同而稍有差别,但都需在记录开始时传输,记录开始以后将被忽略。

类似于美国生产的打印机,其工作命令都是以ASCII码的形式传送的,在BASIC语言和PASCAL语言中有标准函数可以调用(CHR\$或