

王浩铁矿区重磁数据处理的效果

李盛汉

(华东有色地质勘探公司814队)

利用重磁垂向二次导数和向下延拓等方法,分解江苏省王浩铁矿的一个水平叠加异常,提取深部盲矿体引起的局部弱异常,经正演计算和钻探验证,在预计深度找到一个有一定厚度的铁矿体。

关键词: 王浩铁矿; 数据处理; 重磁异常; 垂向二导; 向下延拓



物探与化探

1980年,我队在江苏省王浩铁矿区,运用重磁场垂向二次导数和磁场向下延拓的方法,从弱信息中提取、强化与深部盲矿体有关的局部异常,特别是分离水平方向的叠加异常,并经过正演计算,推断出矿体的赋存部位,经钻探验证,见到了较厚的磁铁矿体。本文着重讨论该区 M_1 异常重磁垂向二次导数和磁法向下延拓及正演计算结果。

矿区地质、物性概况

矿区内的基岩仅有大理岩。其上为新生代的粘土、粉细砂岩、含砾粘土,矿区之东见石英砂岩。岩体为细粒、细中粒花岗岩和花岗斑岩等。磁铁矿矿体的产出部位有:接触带内部的大理岩捕虏体;花岗岩的正接触带,以及古侵蚀面。矿体呈不规则的透镜状、似层状,产状较缓。 M_1 矿体由多个矿体组成,其赋存深度在276~750m之间。

岩心测定结果表明,区内唯有磁铁矿具强磁性,浅部花岗岩仅有微弱磁性,夕卡岩、大理岩和石英砂岩均无磁性。磁铁矿磁性具垂向和水平方向分带特征,自上而下、自东而西磁性由强变弱。捕虏体铁矿磁性最

强,剩磁大于感磁;正接触带磁性次之,通常感磁大于剩磁。经半定向标本测定统计, M_1 捕虏体铁矿的真磁化率 $\overline{\kappa} = 3.1416 IS(\kappa)$,真剩磁的垂直分量 $\overline{J}_{rz} = 150 A/m$,剩磁 J_r 的倾角 $\overline{\theta}_r = 62^\circ$ 。平均密度(g/cm^3):磁铁矿—4.06,夕卡岩—3.40,花岗岩—2.60,大理岩—2.74,石英砂岩—2.68。

重磁异常特征与 数据处理方法

该区磁异常呈U字形,由 M_1 、 M_2 、 M_3 三个异常组成(图1),其中以 M_1 异常最大,峰值2100nT。 M_1 、 M_3 走向约北东 40° , M_2 走向约北西 60° , M_1 异常北侧伴有50nT的负值。该异常300nT以上等值线密集,以下变稀,200、100nT等值线分别向东、西侧呈喇叭形扩大,明显看出该磁异常为叠加在东西向宽缓区域场之上的次级异常,航磁结果也反映出这一特征。从平面和剖面平面图看,异常比较圆滑规则,似乎由单一的规则矿体引起。但是,仔细分析不难发现:除 M_2 外, M_1 、 M_3 ΔZ 等值线疏密不均,测线及剖面 ΔZ 曲线均有微弱波动起伏,特别是 M_1 异常的南支曲线稍微向上拱起,且缓慢下降,这可能表明 M_1 异常除了由浅部捕虏体矿体产

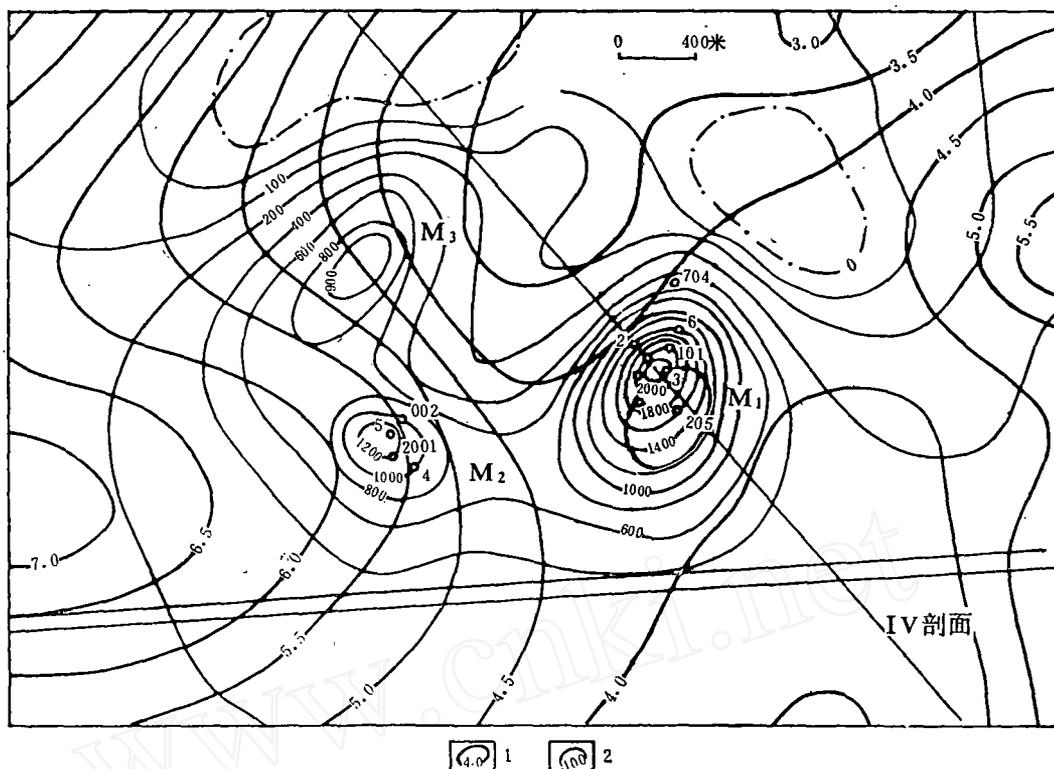


图 1 王浩矿区重磁异常平面图

1— Δg 等值线 (单位: mga1); 2— ΔZ 等值线 (单位: nT)

生的高强异常外, 其南侧还存在由深部盲矿体引起的微弱异常信息。

该区重力异常总的趋势是西高东低 (图 1), 西部有一明显的 S 形重力梯度带。区内有东、西两个重力高和南北两个重力低, 磁异常位于重力“两高”和“两低”之间。显然“两高”是大理岩的反映, 北面重力低是岩体和基岩顶面深度增大所引起, 南面重力低则是断陷盆地所致。除 M_3 外, M_1 、 M_2 上均有低缓、微弱重力异常显示, 且重磁中心位置基本一致。本区磁铁矿密度最大, 与围岩有明显差异, 但因矿体埋深大, 其所引起的重力异常相对大理岩来说强度低、范围小, 矿异常往往叠加在区域场和大理岩异常之上, 构成复合异常。

综上所述, 该区重磁异常为一复杂异常, 既有区域场叠加, 又有多个不同深度矿体引起的异常场相互叠加。由于覆盖厚, 场

源埋深大, 地面观测到的叠加场比较圆滑规则, 单个矿体的异常信息不明显。因此, 对这样一个复杂的重磁异常需要进行数据处理, 以压制或消除区域场的影响, 从叠加场中分离出单个矿体引起的异常信息。

我们采用的数据处理方法主要是: (1) 根据艾勒金斯公式计算重、磁垂向二次导数; (2) 利用积分插值解析延拓方法, 对磁测数据进行全平面向上和向下延拓; (3) 根据已知矿体的空间几何参数和物性参数作剖面正演计算。

重磁数据处理结果

1. 磁法重力垂向二次导数结果 对磁测数据进行了全平面垂向二次导数计算, 其中 $R=200m$ 的结果, 在压制区域场影响, 突出矿体局部异常, 特别是分辨水平方向叠加异常方面取得了较好的效果。

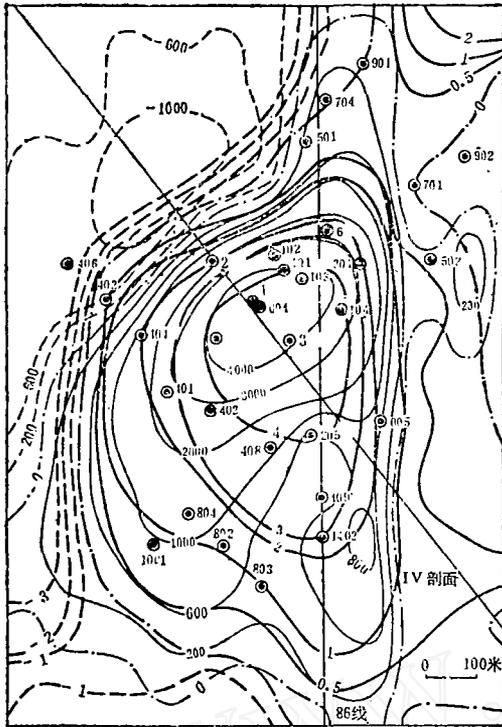


图2 王浩M₁磁法垂向二次导数异常平面图
1— $\Delta g_1'$ 等值线 (单位: 10^{-3} mgal/m²; 2— $\Delta Z_1''$ 等值线 (单位: 10^{-4} nT/m²)

如图1所示, M₁实测 ΔZ 异常呈椭圆形, 比较规则。但经垂向二次导数计算后(图2), 除中心部位有强度较大、梯度较陡的异常外, 在M₁的西南、东南、东和北侧有四个局部或舌状突扭异常, 而以东南侧的局部异常和西南侧的舌状突扭异常规模较大, 东南侧局部异常600和800等值线自成封闭, 表明该局部二导异常已与其北侧的高强二导异常分离。对比86测线的实测 ΔZ 异常和垂向二导异常可更清楚地看出(图3): 实测 ΔZ 曲线很规则, 次级异常难以分辨, 但垂向二次导数却分解出3个局部异常, 中间一个高强二导异常对应实测 ΔZ 极大值, 南、北侧两个低值局部二导异常对应实测 ΔZ 曲线南、北支中微弱波状异常。由图3可见, 140~152号点之间的实测 ΔZ 曲线仅稍微上拱, 水平方向叠加异常很不明显, 但二次导数却有明显异常, 且与北侧主体异常分离。166号点附近的实测 ΔZ 曲线也没有次级异常显示, 但却有二导异常反映, 可见磁法垂向二次导数能提取、强化微弱异常信息, 分离出水平方向叠加异常。

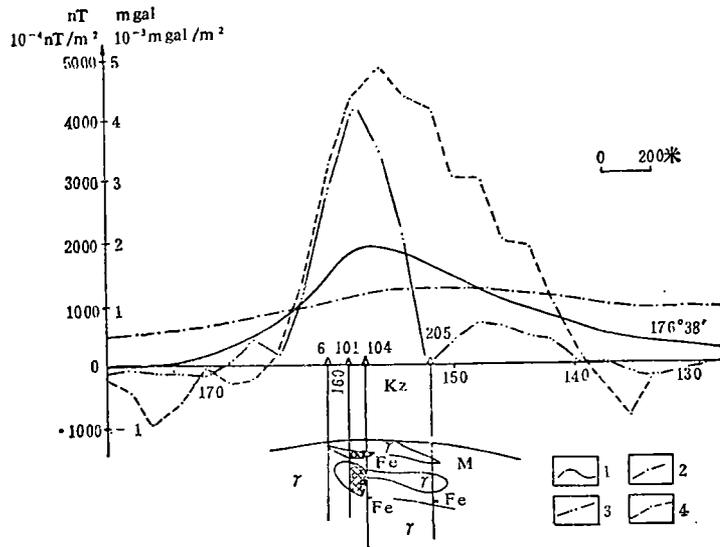


图3 王浩矿区86线重磁实测及二次导数异常值
1—实测 ΔZ 曲线; 2—实测 Δg 曲线; 3— ΔZ 垂向二导曲线; 4— Δg 垂向二导曲线; Kz—新生代地
层; M—大理岩; γ —花岗岩; Fe—磁铁矿

重力二次导数在压制区域场影响,突出与矿体有关的局部异常方面,也取得了较好的效果。由图2可见, M_1 重力二导异常与磁法二导异常的形态、范围,甚至零值边界位置,均基本相似。与磁法二导异常一样,重力二导异常同样向西南、东南和北侧呈舌状突扭,特别是东南侧舌状突扭异常十分明显,说明有次级局部异常存在。

图2、图3所示重磁垂向导异常的极大值部位均与ZK101、ZK201、ZK1等钻孔所见浅部捕虏体磁铁矿体位置相吻合。据此,我们认为 M_1 东南侧的局部二导异常(即图3中86线南、北两个低值磁法二导异常)以及西南侧舌状突扭异常,均为磁铁矿体所引起。

2. 磁测 ΔZ 向下延拓结果 磁测数据全平面分别向下延拓100, 200, 300和400m四个深度。 M_1 异常向下延拓100、200m时,除异常强度增大、梯度变陡外,其异常形态与实测异常形态相同,但下延300、400m后,500~2000nT等值线向西南、东南、东和北

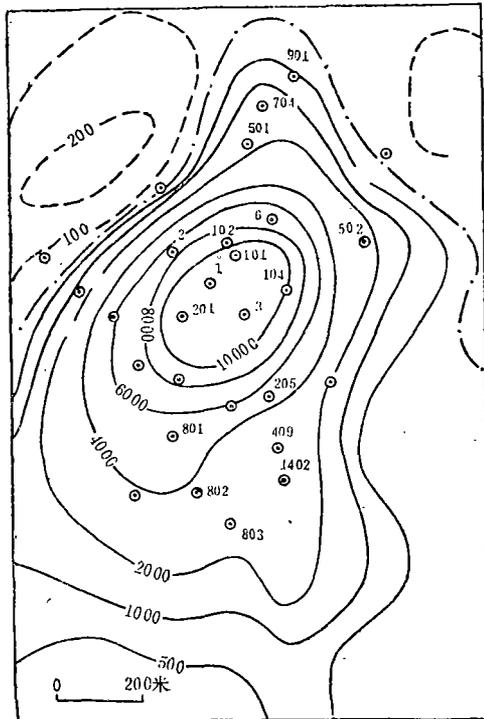


图4 向下延拓300m的 ΔZ 平面图

侧呈舌状延伸、突扭(图4),其延伸与突扭方向和位置与上述重磁垂向导结果完全一致。这进一步说明,除 M_1 中心部位的主体异常外,在 M_1 的东南、西南、东和北侧仍有次级局部异常存在。

3. IV剖面正演计算结果 综上所述, M_1 异常经过重磁垂向导二次导数和磁法向下延拓计算后,一个完整、规则的异常便分成几个局部舌状突扭异常,而且各方法所反映的局部呈舌状突扭异常的形态和空间位置基本相同。这说明, M_1 异常并非由单一的规则矿体所引起,而是由多个不同埋深、不同大小的透镜状、似层状矿体等构成的复杂异常。根据异常的位置推断,除产于接触带内部捕虏体中的磁铁矿外,在 M_1 异常的东南、西南、东和北侧仍可能有盲矿体存在。特别是在东南和西南侧深部的正接触带中,可能有较大的透镜状盲矿体赋存。

根据上述认识,1981年,我们对通过 M_1 中心的IV剖面(见图1)用选择法进行了重磁正演计算(图5)。该剖面 ΔZ 正常场采用全平面向上延拓1000m的结果。当时该剖面上只施工了ZK1、ZK2、ZK3和ZK205孔。ZK1于276m见14.54m厚磁铁矿,因事故未能继续钻进。ZK205孔仅见2.31m铁矿,其余孔均见花岗岩。根据ZK1孔的见矿情况,推断该孔下有三个主要矿体。另据 M_1 东南侧重磁二导和向下延拓结果,推断ZK205孔南接触带中有一个较大的盲矿体。根据岩心半定向测定结果并利用异常平面图确定盲矿体的磁化强度矢量,取 $J_s = 130 \text{ A/m}$, $I_s = 57^\circ$,并取磁铁矿与花岗岩的密度差 $\sigma = 1.46 \text{ g/cm}^3$,大理岩与花岗岩的密度差 $\sigma = 0.18 \text{ g/cm}^3$,基岩隆起部分与新生界的密度差 $\sigma = 0.5 \text{ g/cm}^3$ 。经计算,重磁理论曲线与实测曲线吻合较好(见图5)。

初步验证结果

为验证所推断的 M_1 东南侧正接触带和

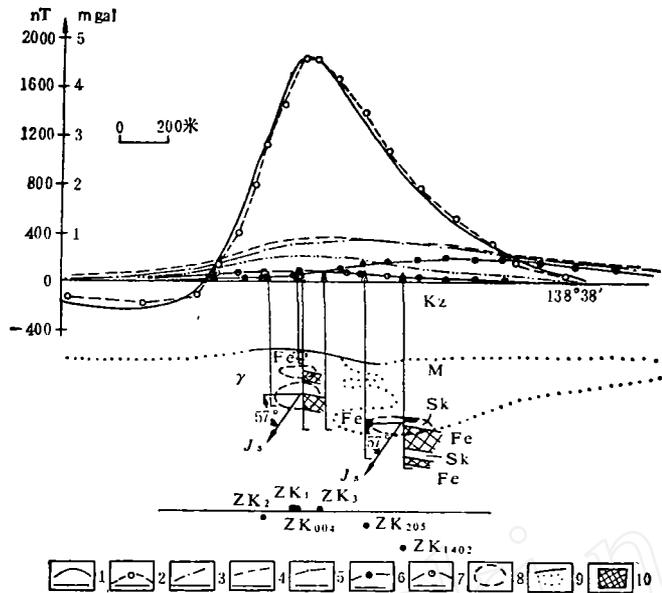


图 5 IV剖面解释推断及验证结果

1— ΔZ 局部异常曲线；2—推断矿体 ΔZ 理论曲线；3— Δg 局部异常曲线；4—矿体+大理岩+基岩起伏 Δg 理论曲线；5—推断矿体 Δg 理论曲线；6—推断大理岩 Δg 理论曲线；7—基岩起伏 Δg 理论曲线；8—推断矿体；9—实际和推测地质界线；10—实际见矿矿体（其余图例同图3）

ZK2与ZK3孔之间的盲矿体，1985年在 M_1 东南侧的磁场垂向二次导数异常中心附近施工了ZK1402孔，该孔在570~741.94m处见到104.04m厚磁铁矿，证实东南侧盲矿体的存在。该孔见矿深度与IV剖面推断的矿体基本相同，但厚度比推断矿体大，可能是磁化强度取大的缘故。根据磁性测定结果，深部接触带矿体的磁性比捕虏体铁矿弱。所推断ZK2和ZK3孔之间的盲矿体也被后来施工的ZK004孔所证实。值得指出的是：推断的自上而下、由小到大的三个矿体，除厚度外，其个数和空间位置均与实际钻探结果吻合(图5)。

M_1 异常北侧重、磁垂向二次导数和向下延拓均有舌状局部异常反映，但1979年施工的ZK704孔未见矿，而磁测井 ΔZ 异常曲线呈S形， ΔT_1 矢量交汇于钻孔北侧。据此，推断ZK704孔北侧，即 M_1 北侧的磁法二次异常极值附近仍有盲矿体(图2、3)。1985年施工的ZK901孔于368.2m见到了10

多层累计厚达50余m的磁铁矿矿体。

我们对ZK901、ZK1402和ZK101孔所见矿体进行了垂向二导异常正演计算。根据钻孔资料，矿体为透镜状，其厚度相对于埋深较小，故可看作是三个不同大小和埋深的球状(等效)矿体。由北向南，其中心深度分别为440、450、640m，磁矩分别设为：

$$M_{北球} = 5.078 \times 10^7 \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$M_{中球} = 2.539 \times 10^8 \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$M_{南球} = 2.645 \times 10^8 \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

设磁铁矿矿体的有效磁倾角 $i=60^\circ$ ，已知86线的方位角 $A=0^\circ$ ，按球体垂向二次导数的理论公式

$$Z_{a球}'' = \frac{15M}{(x+R)^{9/2}} [R(2R - 5x) \sin i + xR(3x - 4R) \cos i \cos A]$$

分别计算出三个球体的垂向二导异常理论曲线及其相互叠加的理论曲线(图6)。由图6可见，三个主要矿体综合引起的垂向二导理

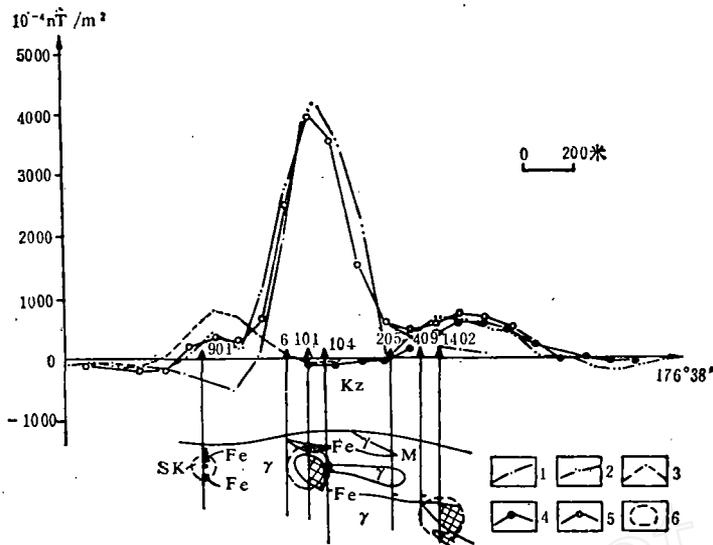


图 6 86线矿体 ΔZ 垂向导理论曲线图

1—垂向导曲线；2—中部矿体二导理论曲线；3—北侧矿体二导理论曲线；4—南侧矿体二导理论曲线；5—中矿+北矿+南矿二导理论曲线；6—等效球状矿体（其余图例同图3）

论曲线，与86线实际电算处理的二导异常曲线吻合较好。结果表明，北侧小矿体能引起极值为 $800 \times 10^{-4} \text{ nT/m}^2$ 的二导异常，但由于与中部矿体所引起的负异常叠加，实际二导异常值只有 $400 \times 10^{-4} \text{ nT/m}^2$ ；南侧矿体虽有一定规模，但埋深较大，故只能引起极值为 $640 \times 10^{-4} \text{ nT/m}^2$ 的二导异常；而中部矿体规模大，埋藏较浅，故二导异常强，极值达 $4000 \times 10^{-4} \text{ nT/m}^2$ 。

M_1 西南侧的局部突扭异常，目前尚未见到较大的矿体，但ZK801、ZK803孔磁测井异常强度高、范围大，推测离两孔不远可能有盲矿体存在。

结 语

在厚覆盖区，因矿体埋深大，其所引起

的重磁异常的细节很不清楚，即使矿体成水平方向分布，但当其距离不大时，地面观测到的场是由各个矿体产生并综合形成的叠加场。这种叠加场常以完整、圆滑规则的曲线形式出现，往往给人以假像，似乎异常是由单一的规则矿体引起。在这种情况下，运用垂向二次导数和向下延拓方法，并综合其他信息，往往能从微弱的信息中，提取、突出与矿体有关的局部异常，特别是分辨水平方向的叠加异常。这对于发现、圈定盲矿体的赋存部位，正确布置钻探工程具有重要意义。

本文的研究工作得到张立公、杨元昭、陆君雄、钟庆录、刘朝胜、郭振润、刘国清、顾锦标、杨魁武、李永朴等同志的大力支持和帮助，在此一并致谢。

Preliminary Result Yielded by Gravity and Magnetic Data Processing in the Wanghao Iron Mine Area, Jiangsu Li Shenghan

By computation of second vertical derivatives of gravity and magnetic data and upward continuation method to resolve a horizontally overlapping anomaly in the Wanghao Iron Mine area in Jiangsu Province, a local weak anomaly due to a blind ore body at depth was extracted and enhanced. After approving by forward solution and test drilling, the iron ore body of considerable thickness has been found at the predicted depth.