

娄烦县东水沟一带铁矿高精度磁测与矿体深部预测 浅谈

井将帅

山西华冶勘测工程技术有限公司 山西 太原 030002

摘 要：高精度磁测与钻探是地表快速扫面+深部精准验证的黄金组合，大幅提高深部找矿命中率先用高精度磁测锁定异常中心，再针对性布钻，显著减少无效工作量，提升隐伏矿体发现概率。以娄烦县东水沟一带铁矿勘查为例进行实例分析。核心体现在定位靶区、减少盲目钻探、提升找矿效率与资源控制程度。

关键词：高精度磁测；钻探；矿产资源；磁性参数；地球物理特征

引言：铁矿作为国民经济建设重要的矿产资源，与人们的生产生活密切相关，将铁矿列为战略性矿产国内找矿行动主攻矿种，铁矿石需求不断增加，特别是高品位矿石的供求矛盾更为突出。中国铁矿资源量丰富，但大多为贫矿且开采难度大、成本高等，长期以来需要依赖进口，因此大型高品位铁矿的找矿勘查将变得极其重要。

高精度磁测与钻探是地表快速扫面+深部精准验证的黄金组合，在隐伏矿体、深部矿体预测与勘探中作用显著，核心体现在定位靶区、减少盲目钻探、提升找矿效率与资源控制程度。以娄烦县东水沟一带铁矿勘查为例进行实例分析。

铁矿作为国民经济建设重要的矿产资源，与人们的生产生活密切相关。随着我国国民经济快速发展，将铁矿列为战略性矿产国内找矿行动主攻矿种，铁矿石需求不断增加，特别是高品位矿石的供求矛盾更为突出。中国铁矿资源量丰富，但大多为贫矿且开采难度大、成本高等，长期以来需要依赖进口，因此大型高品位铁矿的找矿勘查将变得极其重要。华北 BIF 铁矿是我国铁矿发育的重要集中地，吕梁地区位于^[1]华北克拉通中部造山带，隶属吕梁山古元古代铁成矿带，发育多个大型-超大型的沉积变质铁矿床，例如袁家村、尖山、狐姑山等。吕梁地区沉积变质铁矿的主要控矿、容矿地层为前寒武系吕梁群袁家村组地层^[2]，连续性较好且呈 SN 向展布，延伸到东水沟部分呈 EW 向展布，矿区位于袁家村尖山东弧形褶皱带的北翼，总体构造方向与区域构造线方向一致，总体表现为一倾向 N 的单斜构造，受区域构造的控制，区内构造总体为北北东向，局部地层产状有变化。矿体分布在盖家庄片麻状花岗岩下，矿体走向 NW，倾向 NE，多呈层状、似层状展布。受区域构造控制，总体表现为一倾向 N 的单斜构造。基底岩系走向北东东，倾向北西，倾角

41°-62°。矿区内未发现断层，构造属简单类型。

1 地质背景

区内基岩出露较好，出露地层主要为新太古界吕梁群袁家村组、古生界寒武系中统霍山组、馒头组、张夏组及第四系全新统。

1.1 新太古界吕梁群袁家村组（Ar₃Yj）

主要分布于核实区中部。

该组为核实区内主要含铁岩系，根据岩性特征可分为两部分：

下部以千枚岩、石英岩为主，岩性为绢云石英千枚岩、绿泥石英片粉砂岩状千枚岩、黑云石英片岩等组成，原岩属粉砂质泥质沉积岩，沉积韵律清楚，可见递变层里。低部绿片岩条带构造发育，并含稀疏的砾石，砾石成分以脉石英为主，尚有花岗岩、浅粒岩。砾径以 34cm 居多，个别砾径可达 1015cm。

上部以角闪片岩、角闪片麻岩为主，岩性为云母片麻岩、石榴石云母片麻岩、角闪片岩、黑云母片麻岩、磁铁石英岩等组成，为矿区主要含矿层位。

矿区位于袁家村尖山东弧形褶皱带的北翼，总体构造方向与区域构造线方向一致，总体表现为一倾向 N 的单斜构造，受区域构造的控制，区内构造总体为北北东向，局部地层产状有变化，控制着鞍山式铁矿（本区铁矿）的分布。

区内基底岩系走向北东 70°，倾向北西，倾角 45-60°。铁矿体受围岩产状控制，呈单斜产出，其走向和倾向与总体构造基本一致。矿区内未发现断层，构造属简单类型。

矿区内岩浆岩主要为新太古代五台中期和元古代侵

入体。五台中期侵入体为深成的岩基，古元古代吕梁期侵入体为浅成岩脉。

区内变质作用是由于深部热流升高而引起的中深部中低温的变质作用，变质作用属低压变质相系。主要变质期为吕梁期，主要变质相带为绿片岩相。

2 高精度磁测

2.1 工作方法

高精度磁测扫面工作使用的精度质子磁力仪，用以野外观测。测量总磁场强度 T ，利用参数 ΔT 。高精度磁测扫面仪器性能试验工作分别于开工前和收工后进行，地点位于测区内的娄烦县马家庄乡东水沟村附近。

磁测扫面时，挑选性能最好的 1# 仪器架于日变站上，进行日变观测，日变站一经选定不再变动。校正点设置在基点（日变站）附近，校正点的观测早晚各一次。每次观测各记录了 2 次以上观测值。

2.2 质量评述

高精度磁测质量衡量通过独立的检查观测来评价，检查观测遵循“一同三不同”（同点位、不同仪器、不同日期、不同操作员）的原则进行，检查工作随外业工作同步进行，检查点均匀分布。

3 高精度磁测成果解释

如图 3-1 所示为本次高精度磁测 ΔT 等值线平面图，由图可以看出，磁异常曲线形态规整，异常值高且有规律，与航磁异常形态相似。异常最高峰值 10000nT 以上，一般为 2000-5000nT，异常走向北东东，南侧梯度较为平缓，异常延伸出测区，北侧梯度较陡等值线密集，北侧伴有负异常反应，平面等值线图上以 1000nT 等值线自行封闭，长约 1200m，宽约 600m，为一椭圆状异常。

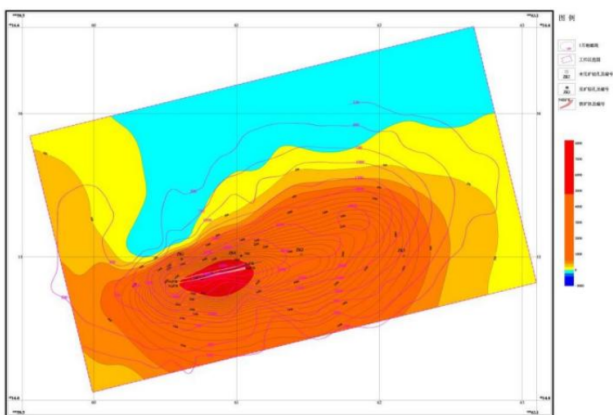


图 3-1 高精度磁测 ΔT 等值线平面图

据矿区地质资料，异常处出露主要地层为吕梁群宁

家湾组变粒岩、石英岩、角闪片岩及云母片岩，异常中心有多处磁铁石英岩矿化露头，厚度一般大于 20m，地表矿体出露长约 600m，宽约 20-30m，出露位置为异常中心处，因此推断该异常为一较大规模的磁铁矿体引起，深部隐伏规模较大。

通过化极等值线平面图可知，化极前异常表现为北陡、南缓，北侧伴生负异常，化极后异常形态发生变化，异常北西出现大面积宽缓正异常，南部梯度变陡，等值线密集，并伴生有负异常反应。根据这一异常特点，推断异常体（矿体）陡倾，根据化极后异常，推断异常倾向北西，即本区磁铁石英岩矿体倾向北西且陡倾。通过对比本区已知两个见矿钻孔 ZK1、ZK4，亦证实了该推断，产状 50-70°。

4 讨论

4.1 高精度磁测成果反演讨论

需要说明的是，矿区内有两个未见矿钻孔 ZK2、ZK3，其中钻孔 ZK2 基本位于地表出露矿体向东延伸部位，钻孔 ZK3 偏南，与矿体陡倾且倾向北西不符，容易漏矿。对于陡倾矿体建议打钻结束后进行磁测井，进一步查明矿体赋存位置。

确定了矿体的赋存位置，现在要对矿体的产状与埋深进一步确定。通过对化极等值线图进行上延处理可知，上延 200m 后异常中心位置异常迅速衰减，说明由浅表矿体引起的异常被迅速压制，但中心位置磁异常亦超过 2600nT，该异常应为深部磁异常体的反映。继续对其向上延拓至 400m，中心位置磁异常还有 1400nT 以上，且异常中心位置无变化。由此我们可以得出一个结论，地表矿体由浅至深部延伸较深，相对较陡，且由多层矿体组成。

针对以上结论，对磁异常中心部位进行 2.5D 人机可视化正反演，用以查明磁性异常体的产状、埋深。剖面长 1.84Km，剖面方位角 167°。

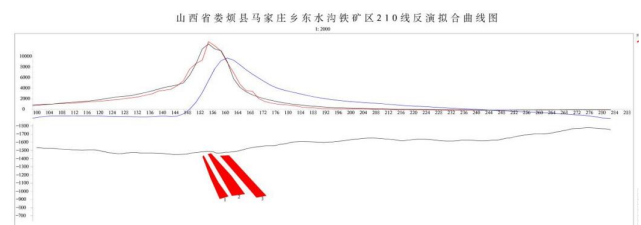


图 4-1 210 线 ΔT 反演拟合（黑：原始 ΔT 曲线，红：拟合 ΔT 曲线，蓝：化极后 ΔT 曲线）

正反演拟合结果表明，图中 210 线磁异常共拟合了 3 条陡立的矿脉体，倾向北，倾角约 55°-65°，顶板埋深最

浅出露地表且与区内已知出露矿体位置基本对应,矿体延伸推测可达 400m 以下。

4.2 见矿钻孔讨论

根据钻孔 ZK2,矿体深部延伸性好,矿体厚度随深度增加变厚,倾向延伸 400m,矿体深部倾向与地表倾向一致。结合磁测分析浅表矿体引起的异常被迅速压制,但中心位置磁异常亦超过 2600nT,该异常应为深部磁异常体的反映。继续对其向上延拓至 400m,中心位置磁异常还有 1400nT 以上,且异常中心位置无变化。由此我们可以得出一个结论,地表矿体由浅至深部延伸较深,相对较陡,且由多层矿体组成。

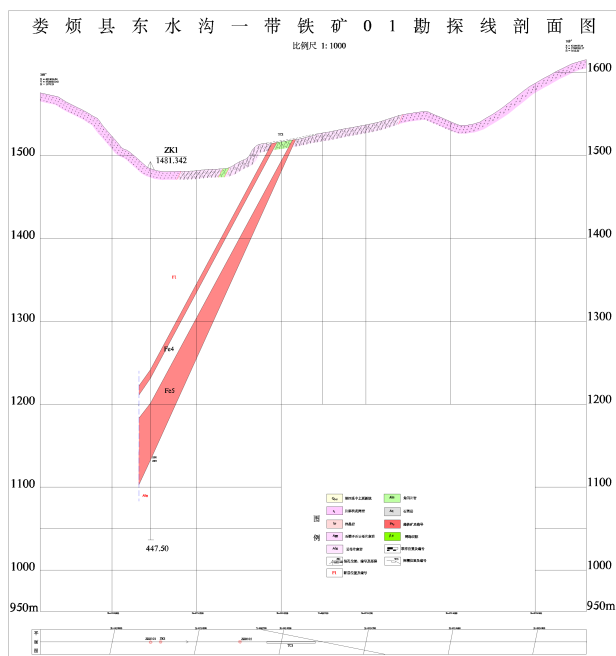


图 4-2 钻孔剖面图

5 结论

5.1 异常最高峰值 10000nT 以上,一般为 2000-5000nT,异常走向北东东,南侧梯度较为平缓,异常延伸出测区,北侧梯度较陡等值线密集,北侧伴有负异常反应,平面等值线图上以 1000nT 等值线自行封闭,长约 1200m,宽约 600m,为一椭圆状异常。

5.2 根据钻孔揭露,矿体深部延伸性好,矿体厚度随深度增加变厚,倾向延伸 400m,矿体深部倾向与地表倾向一致。

5.3 结合磁测数据与钻孔数据,矿体走向延展性好,长约 1200m,倾向延伸性大,突破 400m,推测与验证非常吻合。

结束语

一、高精度磁测的核心作用^[3] (“先找靶”)

快速圈定深部磁性异常体利用岩石、矿石磁性差异,高精度磁测可识别地下磁铁矿、磁黄铁矿、钛铁矿等磁性矿体及相关蚀变带,即使矿体埋深大、地表无露头,也能捕捉异常信号,圈定深部找矿靶区。

推断矿体形态、产状与延伸通过磁异常反演、延拓、导数处理,可大致推断:

磁测成本低、速度快,可在大范围快速筛选有利区段,避免“遍地撒网”式钻探,大幅降低前期勘探风险。

二、钻探的核心作用 (“后验证+定边界”)

直接揭露深部地质实体钻孔可直接获取岩芯,验证磁异常是否由工业矿体引起,区分矿致异常与非矿异常(如岩体、脉岩、磁性围岩)。

精确控制矿体深部边界确定矿体真实埋深、厚度、品位、延深规模,修正磁测反演模型,为储量计算提供可靠依据。

获取深部水文、工程地质条件为后续开采设计提供基础数据。

三、两者结合对深部矿体预测的关键价值

构建完整“地表-深部”找矿模型磁测提供宏观空间分布,钻探提供微观地质信息,二者迭代修正,可准确预测矿体向下延伸趋势、侧伏方向、深部富集部位。

指导深部勘探工程布置依据磁异常形态优化钻孔深度、方位、间距,实现对深部矿体的有效控制,避免漏矿或过度投入。

降低综合勘探成本与周期实现“先定性定位、后定量验证”,尤其在覆盖区、深部矿区,优势远大于单一手段。

参考文献

- [1] 白东升,陈国芳.2020.岚县袁家村铁矿区岩石特征及矿床成因浅析[J].华北自然资源,(1):29-31.
- [2] 刘玉国,刘飏,席振铁等.”山西省狐姑山 BIF 铁矿三维空间分布规律及深部预测.地质与勘探,2023.01.005:54-69.
- [3] 陈涛,陈聪,王生云,周俊杰,胡渤.2021.高精度磁法和音频大地电磁测深法在红石泉钼成矿区的应用[J].世界地质科学,38(3):351-357.