

山西平定东回异常特征及异常源深部验证

谷丽岩

山西省地质勘查局二一四地质队有限公司 山西 运城 044000

摘要: 该项目旨在通过地质、物探及深部钻探工程,查明区内M81航磁异常的成因并寻找铁及多金属矿产。勘查区大面积被深厚的第四系及奥陶系、寒武系碳酸盐岩覆盖,地表为微磁或无磁性背景。通过开展1:10000高精度磁测,精准圈定了走向近北东、极值达400~500nT的深源局部磁异常。依托深达2022.74m的ZK01验证钻孔及测井工作,证实该异常由深部太古界金刚库组变质岩(磁铁石英黑云片岩、钾长石英黑云片岩等)引起。孔内虽未发现具规模的磁铁矿体,但断续揭露了隐伏的Au、Cu矿化。本文系统总结了该区的地质与地球物理化学异常特征,并对异常源的深部验证结果进行了详细剖析,为与该区类似区域找矿工作提供了理论支撑。

关键词: 航磁异常;高精度磁测;异常查证;磁铁石英黑云片岩;多金属矿化

0 引言

山西省平定县东回一带位于太行山西麓,区内地形陡峭,出露地层主要为寒武系、奥陶系石灰岩。上世纪50年代至70年代,以往航空物探在该区发现并圈定了M81航磁异常,推测为隐伏岩体或老基底引起。1972年,冶金勘探队伍曾在异常中心进行钻探验证,终孔深度509m,但仅见到寒武系灰岩,未见磁性体。

受限于浅表巨厚的沉积盖层,该异常的真实地质成因长期未能彻底查明。本次勘查工作以此为契机,采用高精度地面磁法测量与大深度钻探(ZK01孔)相结合的综合勘查手段,对深部地质特征及成矿潜力进行了系统验证,以期揭开该航磁异常的成因之谜^[1]。

1 区域及矿区地质背景

1.1 区域构造与地层分布

本区在区域构造上位于吕梁-太行断块东部、沁水块凹东北部的娘子关-坪头拗缘翘起带北端。地层分布特征总体显示由东向西、由老变新的规律。

太古界与元古界: 太古界金刚库组(桐峪组)主要沿太行山大断裂呈长条状出露,岩性以变粒岩、片麻岩及磁铁石英岩为主^[2]。长城系在研究区以东、以南有大面积出露,岩性以石英岩状砂岩、白云岩为主。

古生界与新生界: 下古生界奥陶系中统是区内及外围出露最广的地层,几乎全为碳酸盐岩。新生界第四系主要分布于丘陵及沟谷之中,属松散堆积物。

1.2 研究区地质特征

研究区处于沁水盆地东北部拗缘翘起带上,地层总

体走向北东,倾向北西。区内出露地层主要为奥陶系马家沟组中-上统马家沟组(Om¹~Om⁶段),其中Om²至Om⁴段厚度极大,岩性为巨厚层泥晶灰岩、角砾状白云岩等,常形成陡峭地貌和悬崖。新生界新近系与第四系松散堆积物则主要零星分布在沟谷及较缓山区。寒武系地层仅见于研究区东南角。

通过钻探(ZK01孔)揭露,研究区内除地表出露地层外,深部还隐伏有中元古界长城系赵家庄组(暗紫红色泥岩夹石英砂岩,厚约126m)和常州沟组(以石英砂岩为主,厚约251m)。沉积盖层之下则为隐伏的太古界金刚库组变质岩。变质作用以区域变质作用为主,所见岩性以石英黑云片岩和斜长角闪片岩为主,夹磁铁石英黑云片岩。

黑云母片岩: 深灰微黑绿色,粒状鳞片变晶结构,主要矿物为黑云母(53%±)、石英(30%±)和钾长石(12%±)。热液作用下发生绿泥石化,并有微细粒磁铁矿析出。

斜长角闪片岩: 柱状细粒变晶结构,主要成分为角闪石(57%±)、石英及斜长石,蚀变过程中同样伴随微量磁铁矿的析出。

磁铁石英黑云片岩: 矿物成分与黑云母片岩相似,但磁铁矿含量显著增高,可达8%~10%。

2 地球物理异常特征与解释

2.1 岩石物性特征

查明岩石的磁性特征是解释磁异常的前提。对研究区不同岩性进行的磁化率测定表明:

(1) 沉积盖层(如白云岩、灰岩、石英砂岩)的磁化率极低,均为微磁或无磁性岩石,几何均值在39.91~51.22×10⁻⁶ 4πSI之间,不可能引起区域性磁异常。

作者简介: 谷丽岩(1990—),女,中级工程师,本科学历,毕业于石家庄经济学院华信学院,主要从事矿产地质勘查、水工环地质勘查等工作。

(2) 钻孔揭露的变质岩普遍具较强磁性。其中磁铁石英黑云片岩磁化率极高, PMG磁力仪测定几何均值达 $9468.21 \times 10^{-6} 4\pi SI$, 且伴有强剩磁, 是引起本区磁异常的主要地质体。

2.2 航磁与区域磁场特征

M81航磁异常表现为南侧正异常、北侧伴生明显负异常的特征, 异常最大值达500nT, 异常封闭面积约9km²。区内地表均为无磁性盖层, 以往据此推断异常由老基底磁性体引起, 顶板埋深在1000m左右。

本次1:10000高精度磁测进一步印证了这一特征: 区域磁场呈现“北负南正”的近北东向不规则椭圆状异常, 正磁异常值在200~500nT之间, 北侧大规模负异常宽度较大。

2.3 局部剖面磁异常及反演解释

在主异常区开展的 I 线高精度磁测剖面(全长7.6km, 剖面方位角346.7°), 表现出低缓深源异常特征:

I 线在300~570点之间出现高磁异常反映, 异常强度最大达450~500nT以上, 化极处理后, 异常中心向北偏移约1000~1200m, 异常极值增至700nT以上。

化极曲线显示北侧值高于南侧值, 对化极后曲线进行向下延拓处理, 下延至1400m时剖面曲线形态变窄并呈现向中间收敛的特征, 梯度变陡且奇点明显, 推断深部主磁性体总体倾向北西。

结合区内地质构造, 排除中生代中酸性岩体侵入可能(以往509m钻探未见岩体), 认为该异常的规模及强度特征明确指向深部太古界变质岩中的强磁性地质体, 如图1、图2、图3所示。

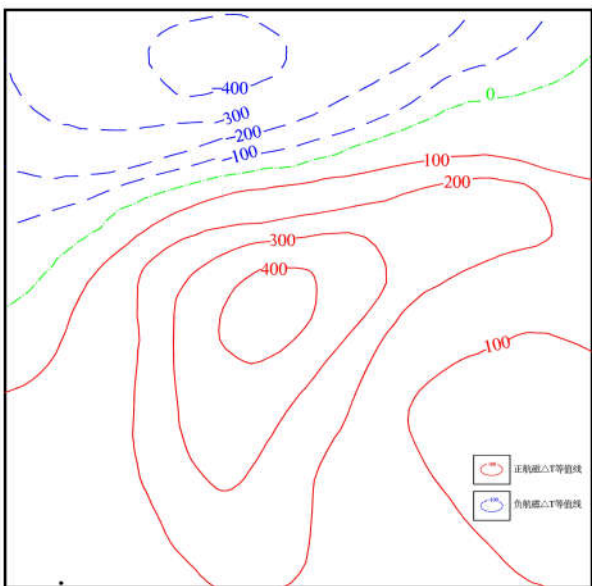


图1 东回航磁ΔT等值线图(1/5万)

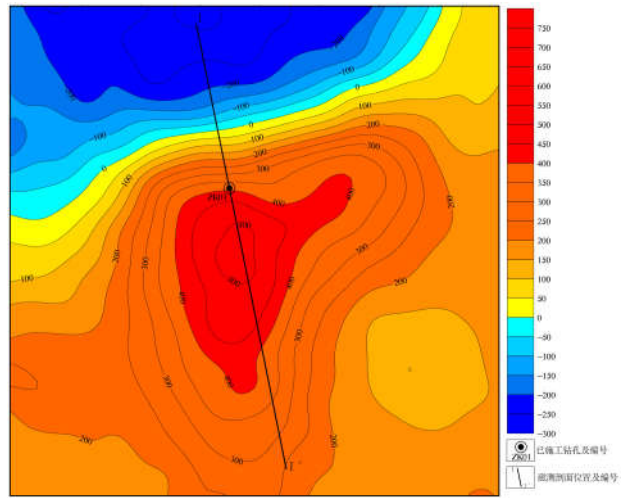


图2 东回高精度磁测ΔT等值线图(1/1万)

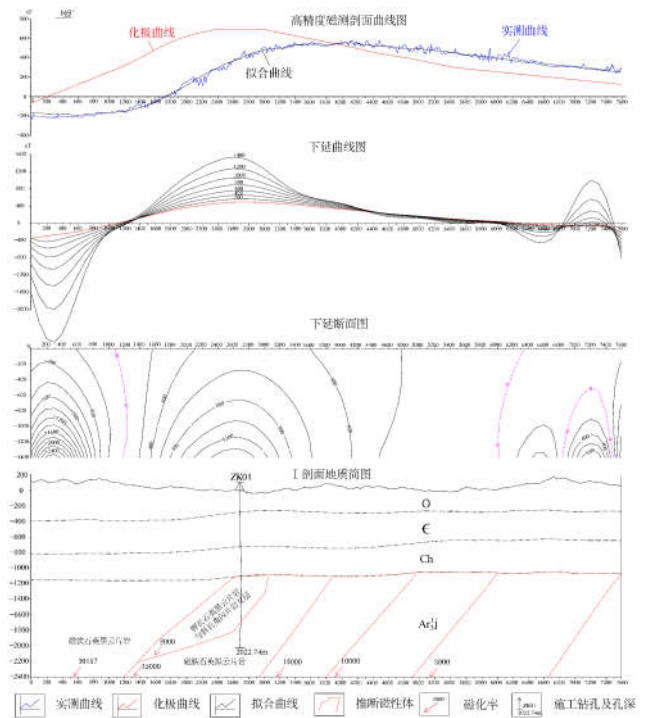


图3 I线地质高精度磁测综合剖面

3 异常源深部钻探验证与综合分析

为探明深部地质体性质, 本工程在ΔT等值线变化梯度带上实施了ZK01直孔钻探验证, 终孔深度2022.74m。

3.1 钻孔地层结构

钻孔完整揭露了该区“上覆巨厚沉积盖层、下伏变质基底”的双层地质结构: 沉积盖层(0~1131.76m): 由浅及深依次揭露了奥陶系、寒武系及长城系等地层, 岩性以白云岩、巨厚层灰岩、石英砂岩、暗紫红色泥岩等为主。

变质基底(1131.76~2022.74m): 主要由斜长角闪片岩、磁铁石英黑云片岩、钾长石英黑云片岩构成, 属

于太古界金刚库组。该层段基岩大体走向为NE，倾向NW，倾角在55°左右。

3.2 测井地球物理特征

测井工作获取了详实的深部物性数据，为磁异常源的最终确证提供了决定性证据：

电性特征：在钻孔1410m至孔底深度段，激电测井采用井下梯度电极系获取了该测点的一次场、供电电流和视极化率等参数。变质岩段内电阻率整体表现为高阻，但在1565.49~1577.15m等局部层段，极化率和电阻率曲线表现出相对低阻、高极化（极化率最高约6%）特征，推测由地层中含有的黄铜矿、黄铁矿或磁黄铁矿等硫化物引起。

磁性特征：以1131.76m为界，浅部盖层测井曲线平稳，表现为无磁性。深部变质岩段内，磁化率曲线呈现出显著的锯齿状正异常， ΔZ 曲线整体表现为负异常， $\Delta H'$ 曲线表现为正异常，且 $\Delta T'$ 矢量无序杂乱。

综合判定：测井曲线及孔底数据未见“张口”或明显的矢量定向现象，排除了孔底或孔旁百米范围内存在其他大规模强磁盲矿的可能性。证实地面测得的宏观磁异常，正是由孔内累计厚度达194.95m以上的含磁铁矿石英黑云片岩及深部厚度28m以上的磁铁矿石英黑云片岩自身所引起。

3.3 钻孔地球化学特征及矿化现象

为进一步验证深部异常，在井中开展了钻孔岩石地球化学测量。化探检测结果表明，深部变质岩段内共发现6处具有指示意义的综合地球化学异常。例如在1594.95~1598.26m段发现了Cu、Ag、As综合异常，而在1881.44~1885.99m及1968.50~1972.50m等层段发现了明显的Cu、Au组合异常，其中Au元素含量可达 $14\sim 40\times 10^{-9}$ 。

虽然钻孔未在深部发现具开采价值的大规模磁铁矿体，但发现了太古界金刚库组地层中存在隐伏的Au、Cu矿化现象。矿化主要赋存于石英黑云片岩和磁铁矿石英黑云片岩中；矿化岩石特征上，可见黄铁矿、磁黄铁矿呈星点状、浸染状稀疏分布，黄铜矿多呈细脉状、小团块状产出。通过1/2劈心采样化验结果表明，矿化段内Au品位一般在0.10~0.22g/t，Cu品位在0.10~0.39%之间（如

1969.38~1970.18m段Cu品位达0.39%），显示出一定的成矿流体活动背景与多金属找矿潜力。

4 结论与建议

4.1 主要结论

异常源属性查明：通过高精度磁测与2022.74m深孔验证，查明平定东回M81航磁异常及地面高精度磁异常并非由隐伏岩浆岩体引起，而是由深埋于1102.59m盖层之下的太古界金刚库组磁铁矿石英黑云片岩、钾长石英黑云片岩及少部分斜长角闪片岩自身磁性所致。

矿化潜力评价：测井数据显示，井底与孔旁无更大规模隐伏强磁性矿体。受限于上覆巨厚碳酸盐岩盖层阻隔，深部成矿元素难以在地表形成强烈的土壤化探异常，但深部钻孔揭露变质岩地层局部富集星点状与细脉状硫化物，并伴生低品位的隐伏Au、Cu矿化（Cu最高0.39%），揭示了太古界基底变质热液系统的多金属成矿线索。

4.2 后续工作建议

鉴于本区深部巨大的埋深及现阶段工程控制程度的局限性，虽然本次在ZK01孔未见富集铁矿体，但深部Au、Cu等矿化异常不可忽视。建议在后续勘查工作中引入重力勘探、音频大地电磁测深（AMT）等多种大深度地球物理探测手段^[1]，开展区域性深部结构的三维综合反演研究。在深化对深部构造与流体运移通道认识的基础上，可酌情增加深部钻探工程，以期在周边有利成矿构造部位取得找矿新突破。

参考文献

- [1] 吕水, 李延康, 许曼, 等. 高精度磁法测量在隐伏磁铁矿勘查中的应用—以冀东迁安曹庄子地区为例[J]. 中国地质调查, 2024, 11(4): 26-32.
- [2] 董春艳, 颀颀强, 万渝生. 华北克拉通五台山—恒山地区太古宙地壳演化与成矿作用[J]. 地质学报, 2021, 95(1): 1-20.
- [3] 赵忠海, 崔晓梦, 孙景贵, 等. 基于三维地质地球物理建模的深部成矿预测: 以黑河地区永新金矿床为例[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2024, 54(2): 498-515.