

岩心磁化率数据在找矿勘查工作中的应用分析

——以松江河金矿外围找矿勘查工作区为例

胡海鹏, 裴艳东, 邹常伟, 倪生超, 张亚坤

(中国地质调查局牡丹江自然资源综合调查中心, 吉林 长春 130102)

摘要:本研究以松江河金矿外围找矿勘查工作区为例,通过对3个钻孔岩心的磁化率测量及对比分析,探讨了岩心磁化率数据在找矿勘查中的应用效果。测量了1858件岩心样品的磁化率,结合钻孔柱状图与磁化率曲线对比分析,结果表明:岩心磁化率数据对黄铁矿化位置的标记作用显著,能够有效指示矿化蚀变带;磁化率参数在地层划分中具有辅助作用,有助于区分不同岩性及构造特征。在矿化蚀变强烈的区段,磁化率值显著增加,相较于正常区域有明显的异常增幅。石英脉与其他岩石有较明显的磁性差异,石英脉的磁化率小于 0.30×10^{-3} SI,平均为 0.10×10^{-3} SI,而其他岩石磁化率一般大于 1.0×10^{-3} SI。本研究通过钻孔柱状图与磁化率曲线对比分析,验证了磁化率数据在找矿勘查中的实用价值,为新一轮找矿突破战略行动提供了科学依据。

关键词: 钻孔岩心;磁化率;找矿勘查;黄铁矿化;地层划分

中图分类号: P634;P631 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2025)S1-0391-05

Application analysis of core magnetic susceptibility data in mineral exploration: A case of the prospecting work area in the periphery of Songjianghe Gold Mine

HU Haipeng, PEI Yandong, ZOU Changwei, NI Shengchao, ZHANG Yakun

(Mudanjiang Comprehensive Natural Resources Survey Center, China Geological Survey, Changchun Jilin 130102, China)

Abstract: Taking the prospecting and exploration work area in the periphery of the Songjianghe Gold Mine as an example, this study explored the application effect of core magnetic susceptibility data in prospecting and exploration through the measurement and comparative analysis of magnetic susceptibility of cores from 3 boreholes. The magnetic susceptibility of 1858 core samples was measured, and a comparative analysis was conducted in combination with borehole column diagrams and magnetic susceptibility curves. The results show that: core magnetic susceptibility data has a significant marking effect on the location of pyritization and can effectively indicate mineralized alteration zones; magnetic susceptibility parameters play an auxiliary role in stratigraphic division and help distinguish different lithological and structural characteristics. In sections with strong mineralization and alteration, the magnetic susceptibility value increases significantly, showing an obvious abnormal increase compared with normal areas. There is a significant magnetic difference between quartz veins and other rocks: the magnetic susceptibility of quartz veins is less than 0.30×10^{-3} SI (with an average of 0.10×10^{-3} SI), while the magnetic susceptibility of other rocks is generally greater than 1.0×10^{-3} SI. Through the comparative analysis of borehole column diagrams and magnetic susceptibility

收稿日期: 2025-05-07; **修回日期:** 2025-08-13 **DOI:** 10.12143/j.ztgc.2025.S1.064

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“吉林夹皮沟-海沟金矿调查区调查评价”(编号:DD20242466)

作者简介: 胡海鹏,男,汉族,1987年生,工程师,水工环地质专业,从事地质岩心钻探相关工作,吉林省长春市南湖科技开发区光机路4855号,350076179@qq.com。

通信作者: 裴艳东,男,汉族,1978年生,正高级工程师,水工环地质专业,从事水工环地质和第四纪地质研究工作,吉林省长春市南湖科技开发区光机路4855号,tjpyandong@cgs.gov.cn。

引用格式: 胡海鹏,裴艳东,邹常伟,等.岩心磁化率数据在找矿勘查工作中的应用分析——以松江河金矿外围找矿勘查工作区为例[J].钻探工程,2025,52(S1):391-395.

HU Haipeng, PEI Yandong, ZOU Changwei, et al. Application analysis of core magnetic susceptibility data in mineral exploration: A case of the prospecting work area in the periphery of Songjianghe Gold Mine[J]. Drilling Engineering, 2025,52(S1):391-395.

curves, this study verified the practical value of magnetic susceptibility data in prospecting and exploration, and provided a scientific basis for the new round of Strategic Action for Prospecting Breakthroughs.

Key words: borehole core; magnetic susceptibility; prospecting and exploration; pyritization; stratigraphic division

0 引言

岩石和矿石由于地磁场的作用而产生磁性称为磁化。不同岩、矿石被磁化的程度不同,受单位强度的磁场磁化所产生的磁性,称为磁化率,用希腊字母 κ 表示^[1]。已有文献研究表明磁化率数据在找矿勘查中应用有很好的效果,然而在实际生产中岩心磁化率参数在找矿勘查工作中常常被忽略。笔者依托地质调查项目“吉林夹皮沟-海沟金矿调查区调查评价”,在松江河金矿外围找矿勘查工作区,对3个钻孔的岩心进行了现场测量,快速分析,结合岩心描述,开展应用分析,探讨岩心磁化率对地层划分和对矿化蚀变的标记意义,支撑新一轮找矿突破战略行动。

1 研究区地质背景和岩石特征

研究区大地构造位置处于中朝准地台(Ⅰ)辽东台隆(Ⅱ)铁岭靖宇台拱(Ⅲ)龙岗地块北东端的槽台接触带,北为吉黑优地槽褶皱带,南为龙岗地块。矿区矿体受压扭性断裂构造控制,矿石金属矿物组合简单,中温、低盐度、低密度流体和典型的富 CO_2 包裹体发育,与典型的造山型金矿特征相似。

矿床位于糜棱岩带,围岩为中元古界色洛河群地层,属绿片岩相-角闪岩相变质岩系,动力变质作用强烈,定向与流动构造发育,如片理、片麻理等。主流观点认为色洛河群是构造岩片堆叠体,岩石组合主要为斜长角闪片岩、角闪片岩等。

区内岩浆岩主要为印支早期黄泥河岭单元斜长花岗岩、花岗闪长岩及燕山早期中侏罗世五道溜河单元钾长花岗岩。韧性构造均有发育,韧性构造主要表现为色洛河群中的褶皱;前寒武纪脆性构造,属东西向体系,中生代以来的脆性构造有左旋张性北东向构造和右旋压性北西向构造。区内矿产分布受北西向断裂构造控制,多个金矿点均沿该断裂带分布,在松江河矿区南北向断层较发育且与成矿关系密切,是重要的容矿构造。所选3个钻孔位于松江河金矿外围。

2 测量设备与方法

研究区2023年完成钻孔5个,各钻孔的平均岩心采取率均超过90%,钻孔质量均为合格。本文选择3个钻孔的岩心磁化率数据对比地层划分情况与钻孔见矿位置进行应用分析。

本研究选择加拿大KT-10型便携式磁化率仪,该仪器小巧便携,主要应用于地质和地球物理领域。测量灵敏度为 1×10^{-6} SI,输出数据单位为 10^{-3} SI,量程为 $0.001 \times 10^{-3} \sim 999.99 \times 10^{-3}$ SI。可以测量岩石露头,钻孔岩心或其他样本(包含反磁性体,顺磁体,铁磁体)的磁化率。

野外测量时应将岩心搬运至无磁性干扰的地方,测量点距一般为50 cm,矿体部位及岩性变化处可适当加密。在磁化率仪上应该根据实际情况设置岩心直径,以保证测量结果输出的准确性。本次测定工作,共测量岩心样品1858件。

3 磁化率参数特征及岩性划分

钻孔ZK1岩心磁化率数据最大值为 147.727×10^{-3} SI,最小值为 0.013×10^{-3} SI,平均值为 2.82482×10^{-3} SI,运用OriginPro 2021软件绘制岩心磁化率数据折线图,并与钻孔柱状图进行拼接对比分析,见图1。

钻孔所遇地层及矿化蚀变情况由浅至深分别为:

腐殖土与残坡积。

黑云斜长糜棱片岩:蚀变见绿泥石化、绿帘石化,局部见浸染状黄铁矿化。

细粒闪长岩:局部见星点状黄铁矿化。

黑云斜长糜棱片岩:蚀变见绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化,局部见浸染状、星点状黄铁矿化。

角闪斜长糜棱片岩:蚀变见绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化,局部见浸染状、星点状黄铁矿化。其中,27.50、29.50 m处各见石英脉,脉宽3、2 cm,见浸染状黄铁矿化,与岩心夹角呈 45° ;37.15~37.35 m,闪长岩脉侵入,裂隙面见浸染状黄铁矿化;37.50 m处见石英脉,宽约2 cm,见浸染状黄铁矿化。

绿帘石化角闪斜长糜棱片岩:岩石多见绿帘石

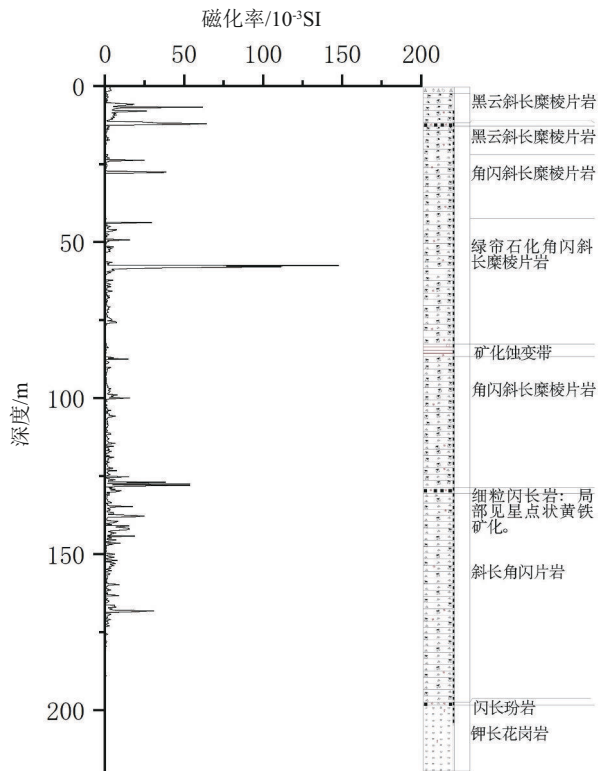


图1 钻孔ZK1岩心磁化率测定曲线

化,还可见绿泥石化、硅化,局部见浸染状、星点状黄铁矿化。其中,49.00~50.00 m,岩石破碎,矿化蚀变较强烈,见绿帘石化、绿泥石化、浸染状黄铁矿化;55.50 m处见石英脉,宽约4 cm,与岩心夹角呈50°,发育浸染状黄铁矿化;57.85 m处见石英脉,宽约6 cm,与岩心夹角呈40°,发育浸染状黄铁矿化;65.50 m处发育石英脉,宽3 cm,见浸染状黄铁矿化;65.50~67.50 m,见多条花岗岩脉侵入,岩石发育绿泥石化、绿帘石化、星点状与浸染状黄铁矿化;77.20 m处见花岗岩脉侵入,蚀变见绿帘石化,矿化见浸染状黄铁矿化;81.30 m处见花岗岩脉侵入,蚀变见绿帘石化,矿化见浸染状黄铁矿化。

矿化蚀变带:原岩为绿帘石化角闪斜长糜棱片岩,岩石破碎,暗绿色,主要矿物为斜长石、角闪石、石英,局部被花岗岩细脉侵入,宽约1~3 mm。矿化蚀变较强烈,发育绿帘石化、绿泥石化、硅化,浸染状、星点状黄铁矿化。

角闪斜长糜棱片岩:蚀变见绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化,局部见浸染状、星点状黄铁矿化。其中,99.60~103.60 m,见多条花岗岩细脉侵入,宽1~4 mm,发育绿帘石化,浸染状黄铁矿化;103.60~

116.40 m,岩石韧性变形强烈,发育绿帘石化、星点状黄铁矿化;123.50~123.80 m,肉红色花岗岩脉侵入,发育绿帘石化、星点状黄铁矿化。

细粒闪长岩:青灰色,细粒结构,块状构造。局部见星点状黄铁矿化。

斜长角闪片岩:岩石发育绿帘石化,局部见浸染状、星点状黄铁矿化。其中,154.50 m处构造裂隙发育,见石英脉侵入,宽1~3 mm,发育绿帘石化、浸染状黄铁矿化;156.40~160.40 m,多条石英脉侵入,宽1~3 mm;168.40 m处见石英脉,宽约4 cm,蚀变见绿帘石化、矿化见浸染状黄铁矿化。170.80~171.00 m处,石英脉侵入,宽约2 cm,石英脉中见构造角砾,灰绿色,棱角状,成分为角闪斜长糜棱片岩,砾径1~5 mm。

闪长玢岩:灰黑色,斑状结构,块状构造。发育星点状黄铁矿化,未见蚀变。

钾长花岗岩:岩石局部发育绿帘石化、高岭土化。

岩石中铁磁性矿物的有无、含量的多少、颗粒的大小及其分布情况,与岩石的磁性直接有关。火成岩磁性较强,沉积岩磁性较弱,变质岩则通常介于二者之间,其磁性取决于原岩的磁性。沉积岩的磁性取决于是否含有铁磁性矿物,若含有随母岩侵蚀而来的磁性颗粒,将显示磁性,所含铁磁性矿物越多其磁性就越强。有的沉积岩几乎不含任何铁磁性物质(如灰岩)基本上是非磁性的。变质岩的磁性一般与其变质前岩石的磁性有关^[2]。但也应注意,岩石受高温和高压作用产生物理化学变化使矿物成分发生变化而引起的磁性变化^[3-4]。在具有层状结构的变质岩中,其磁性一般随方向不同而异,表现有磁的各向异性,沿片理方向上的磁化率要比垂直片理方向上的要大。岩石的剩余磁性也是因其含有铁磁性矿物颗粒造成的。由于造成剩余磁性的磁化历史不同,因而剩磁的类型和特点也不相同。

矿体位于中元古界色洛河群黑云斜长糜棱片岩底部,顶板围岩为黑云斜长糜棱片岩,围岩中暗色矿物以黑云母为主,岩石具硅化、钾化、绿帘石化、绿泥石化及星点状黄铁矿化,硅质蚀变矿物呈细脉状、不规则团块状产出,远离矿体蚀变强度逐渐减弱。矿体与顶板围岩间存在断层,可见断层泥及构造角砾,宽度0.1~1.0 m。底板围岩为角闪斜

长糜棱片岩,围岩中暗色矿物以角闪石为主,岩石具硅化、钾化、绿帘石化及零星黄铁矿化和少量磁铁矿化,硅质蚀变矿物呈细脉状、不规则团块状产出,远离矿体蚀变逐渐减弱;围岩与矿体间有些地段可见断层泥及构造角砾,宽度0.1~1.0 m。

花岗岩类一般磁性较弱,在多数出露岩体对应的地表磁异常只有数百纳特左右的磁异常,有时甚至在百纳特以下。曲线起伏跳跃较小,少数岩体有数千纳特异常。花岗岩体有时有不同的岩相带,常形成不同的磁场特征,且边缘相的磁场强度往往相对较高。花岗闪长岩的磁异常较花岗岩高,而与闪长岩相近。沉积岩多数只有微弱的磁性,故磁场平静、单调。有些砂岩、页岩或含有磁铁矿的大理岩,因含有少量磁铁矿物而出现磁异常。沉积岩形成的变质岩一般磁性较弱,磁场平静,由火山岩形成的变质岩的异常与中酸性岩体异常相近。含铁石英岩情况特殊,往往形成有明显走向的强磁异常^[5]。

根据在钻孔岩心中测定的各岩(矿)石磁化率参数值,用数理统计方法进行了计算,其岩矿石磁性参数统计结果见表1。从磁化率参数可以看出,石英脉与其他岩石有较明显的磁性差异。石英脉的磁化率小于 0.30×10^{-3} SI,平均为 0.10×10^{-3} SI,而其他岩石磁化率一般大于 1.0×10^{-3} SI。

表1 岩心岩(矿)石磁化率统计特征

岩石名称	样品数量/ 块	磁化率/ (10^{-3} SI)	
		范围	常见值
石英脉(矿)	10	0.1~0.3	0.13
石英脉	3	0.06~0.08	0.07
糜棱岩	9	0.17~32.40	0.97
长英质糜棱岩	5	0.07~21.0	1.50
黑云绿泥片岩	8	0.16~41.25	5.68
黑云母花岗岩	4	15.33~18.22	17.80

以ZK2、ZK3为例,对磁化率参数进行岩性分层效果加以对比,见图2、图3。

4 结论

本研究以松江河金矿外围找矿勘查工作区为例,通过测量3个钻孔的岩心磁化率数据,结合岩性描述和矿化蚀变特征,系统分析了岩心磁化率在找矿勘查中的应用效果。研究表明,岩心磁化率数据不仅能有效标记黄铁矿化的位置,还对地层划

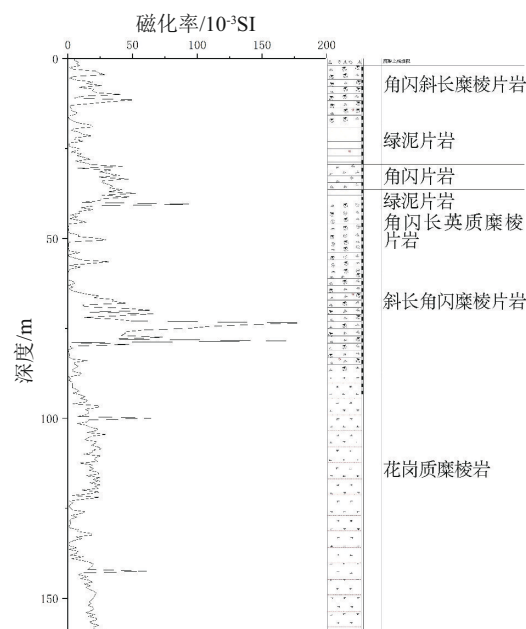


图2 钻孔ZK2岩心磁化率测定曲线

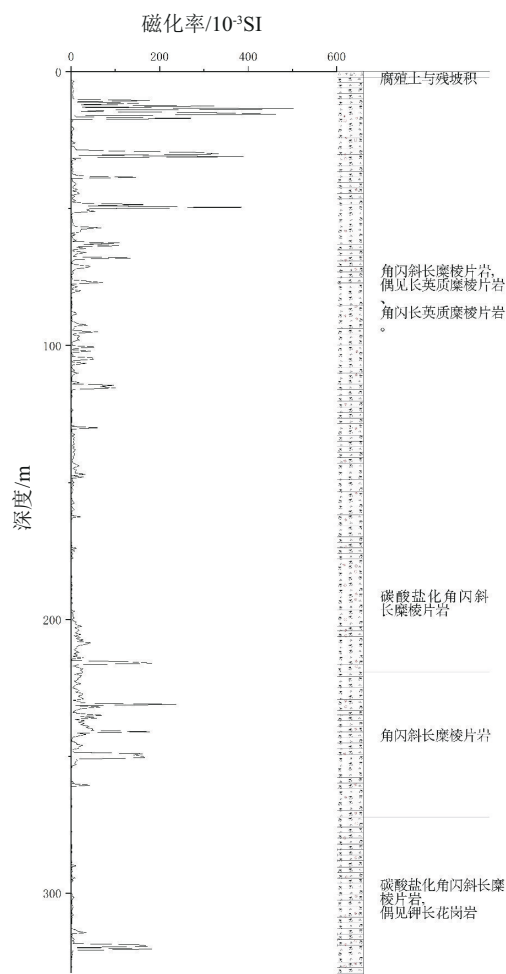


图3 钻孔ZK3岩心磁化率测定曲线

分具有重要的辅助作用。

(1)磁化率数据在标记黄铁矿化位置方面表现出显著效果。通过对比分析钻孔 ZK1、ZK2 和 ZK3 的磁化率曲线与矿化蚀变带的位置,发现黄铁矿化区域的磁化率值普遍较高,尤其在矿化蚀变强烈的区段(如 49.00~50.00、65.50~67.50 m 等),磁化率值显著增加。这表明磁化率参数可以作为黄铁矿化的间接指示标志,为快速定位矿化带提供了可靠依据。

(2)磁化率数据在地层划分中发挥了重要作用。不同岩性的磁化率特征差异明显,例如石英脉的磁化率普遍低于 0.30×10^{-3} SI,而黑云斜长糜棱片岩和角闪斜长糜棱片岩的磁化率值较高(常见值为 5.68×10^{-3} SI)。这种差异为岩性分层提供了有力支持,尤其在岩性变化复杂的区段,磁化率曲线能够清晰反映地层界限。

(3)研究还发现,磁化率数据的分布与构造活动和蚀变强度密切相关。例如,在韧性变形强烈或花岗岩脉侵入的区段,磁化率值往往出现异常波动,进一步验证了磁化率对构造和蚀变响应的敏感性。

综上所述,岩心磁化率测量是一种高效、便捷的找矿勘查手段,能够为黄铁矿化定位和地层划分提供重要参考。未来研究可进一步结合其他地球物理方法,优化磁化率数据的解释模型,以提升其在复杂地质条件下的适用性。本研究为松江河金矿及类似地区的找矿工作提供了新的技术思路,具有重要的实践意义。

参考文献:

- [1] 杨力,周可法,王金林,等.磁化强度矢量反演新方法及其在卡拉塔格铜多金属矿床找矿中的应用[J].地球物理学进展,2020,35(1):230-238.
- [2] 刘东明,梁明星,冯杰,等.辽东小佟家堡子金矿床地球物理测井响应特征及找矿标志[J].地球科学:2024,49(3):1066-1080.
- [3] 赵理芳,李希元,李成立,等.基于重、磁、电法的多宝山矿集区隐伏斑岩体识别与深部找矿实践[J].矿床地质,2022,41(6):1217-1231.
- [4] Saari M M, Sulaiman M H, Lah N A C, et al. Properties of single-and multi-core magnetic nanoparticles assessed by magnetic susceptibility measurements [J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2021;16(2): 1870-1875.
- [5] 李康,焦骞骞,许德如,等.广东河台金矿田糜棱岩磁组构对剪切带变形与成矿的约束[J].地质学报:2024,98(6):1757-1775.

(编辑 王跃伟)