

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2024.02.06

引用格式: 宋立伟,王会军,王铁强,等.综合地球物理探测在金矿预测中的应用——以胶东郑家金矿为例[J].中国地质调查,2024,11(2):43-50.(Song L W,Wang H J,Wang T Q,et al.Application of integrated geophysical methods in gold deposit prediction: A case study of Zhengjia gold deposit in Jiaodong area[J].Geological Survey of China,2024,11(2):43-50.)

综合地球物理探测在金矿预测中的应用

——以胶东郑家金矿为例

宋立伟^{1,2},王会军^{1,2*},王铁强^{1,2},李文宇³

(1. 自然资源部滨海城市地下空间地质安全重点实验室,山东 青岛 266100; 2. 青岛地质工程勘察院(青岛地质勘查开发局),山东 青岛 266100; 3. 中国矿业大学资源与地球科学学院,江苏 徐州 221116)

摘要:山东省胶东地区金矿资源丰富,成矿潜力巨大,但主要控矿构造焦家断裂向南延伸区域的地质露头较差,且深部断裂延伸情况不明,制约了该区下一步金矿找矿进展。在山东省莱州市郑家地区采用高精度磁法勘探、纵向中间梯度激电剖面法和激电测深法开展了联合探测应用研究,建立了三维地球物理模型,结合钻孔和地质资料进行了异常区综合解译和成矿预测。初步厘定了深部电性结构为NE走向、略向东倾伏的焦家断裂南段,查明了中浅部构造破碎带和断裂产状变化部位是成矿有利位置。因金矿物主要赋存于黄铁矿、黄铜矿和石英中,故地球物理找矿方向为高视极化率异常的构造破碎带。研究结果验证了综合地球物理探测在金矿预测中具有可实施性,同时为类似地质条件下找矿手段的选择提供参考。

关键词:磁法勘探; 激发极化法; 三维地球物理模型; 成矿预测; 视电阻率

中图分类号: P361.3

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2024)02-0043-08

0 引言

胶东地区是我国重要的黄金产地,黄金储量约占全国黄金储量的25%^[1]。该区金矿床数量多、分布广,主要集中在莱州—招远—平度成矿带、蓬莱—栖霞成矿带以及牟平—乳山成矿带内^[2]。莱州—招远—平度成矿带岩浆活动强烈,断裂发育且大多被含金石英脉充填,具有较好的成矿地质条件^[3]。但由于该区黄金矿山数量较多,资源探明率低,资源保有储量不足,制约了金矿的开采工作^[4]。实现该区金矿找矿突破,首先需要查明断裂分布情况^[5],进而才能推测金矿床的赋存位置。因此,地球物理方法在该区金矿找矿工作中具有重要的作用^[6-10]。

郑家金矿位于山东省莱州市郑家地区,处在莱州—招远—平度成矿带内,区内及附近已开展的地

质工作以基础性、公益性为主,包括金、铁等矿种勘查。1959年,地质矿产部地球物理勘探局航测902队进行了1:20万航空磁测,圈定出多个航磁异常区^[11];1979—1992年,山东省物化探勘查院完成了1:20万重力调查工作,圈定5个2级金矿成矿带,指示了18个1级金成矿区^[12];1981—1994年,山东省地质矿产局区域地质调查大队进行了1:20万区域化探扫面工作,提出区内荆山群是金的主要矿源层,并圈定出马驿、东庄、平里店等多个金、银多金属异常^[13];1987年,山东省地质矿产局划分出了鲁东成矿带50个定量预测矿田,包括研究区在内的苗家单元是22个有矿预测单元之一^[14];2008—2010年,青岛地质工程勘察院在平度市旧店东部地区开展了地质普查和物化探等地质工作^[15],大致查清了旧店东部地区地层、构造、岩浆岩特征,发现了规模较大的金、银、铅矿化蚀变碎裂

收稿日期:2023-02-14;修订日期:2023-08-14。

基金项目:国家自然科学基金“圆锥型场源矿井瞬变电磁法理论基础研究(编号:41974086)”项目资助。

第一作者简介:宋立伟(1980—),男,工程师,主要从事地质勘探研究工作。Email:13668881732@163.com。

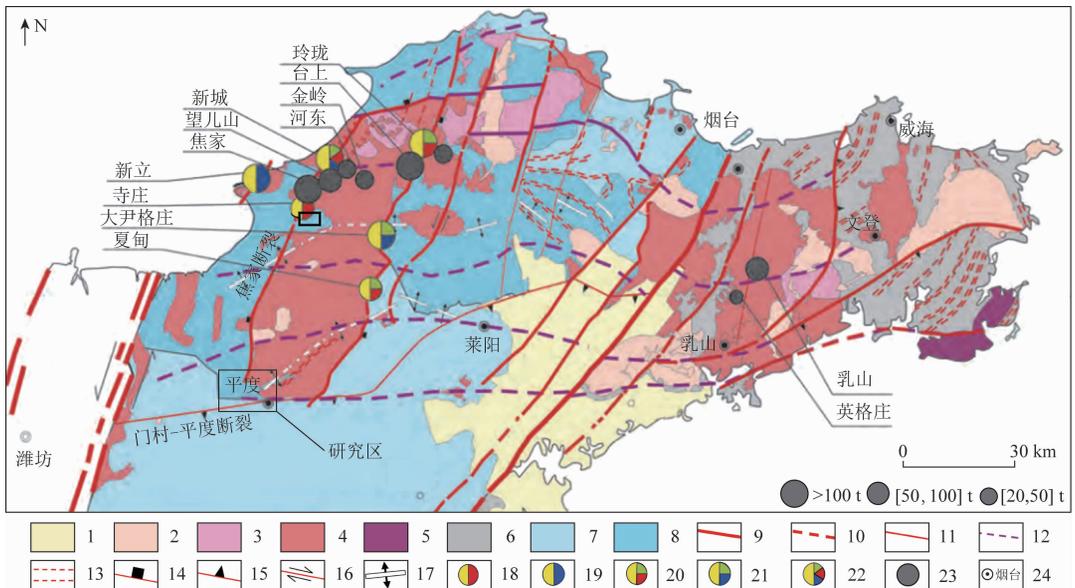
通信作者简介:王会军(1982—),男,工程师,主要从事矿产地质勘查研究工作。Email:15962010203@163.com。

岩带,并在郑家地区发现弱磁铁矿化辉长岩、变辉长岩等,磁性不强,但规模较大,具有开展进一步研究工作的价值。但因地质露头较差以及焦家断裂向南延伸情况不明等原因,该区下一步的找矿难度也较大。为了进一步查明焦家断裂在第四系覆盖区的延伸情况,确定金矿找矿靶区,在已有地质资料的基础上采用高精度磁法、纵向中间梯度激电剖面法和激电测深法对矿体展布规律开展探测研究,建立三维成矿预测模型,圈定成矿推测区,旨在为胶东地区金矿的下一步勘查工作提供参考。

1 地质背景

研究区位于山东半岛东部烟台地区莱州市程郭镇胶北隆起南缘,面积约 16.40 km²。区内第四系覆盖较广,厚度为 10~18 m,一定程度上覆盖了焦家断裂南段,导致寺庄金矿以南断裂的走向难以判断,加大了焦家断裂南段的金矿勘查难度。地层以粉子山群小宋组为主,是一套黑云变粒岩、透闪变粒岩、角闪变粒岩夹磁铁矿英岩、磁铁角闪岩等含铁岩系。基岩为变质地层和花岗岩,区内岩浆活动强烈,断裂发育,具有较好的成矿地质条件。

焦家金矿带已产出焦家、新城、寺庄等超大型矿床(图 1)。在走向和垂向上,矿床(体)均沿焦家断裂断续分布,具有显著的断裂控矿特征,郑家金矿即位于焦家金矿带内。在以往的地质勘查中,前人发现焦家金矿带及胶西北成矿带的金矿多数产于断裂产状发生变化的部位,具有矿体单向侧伏、雁列式排列、间隔分布等特征,由此提出了“断裂变缓控矿”“阶梯式成矿”“对称式成矿”等勘查思路。区内断裂主要为 NE 向焦家断裂和近 EW 向门村—平度断裂。焦家断裂是区内发主要控矿构造,与成矿关系最为密切^[16]。该断裂宽 40~500 m,倾向北西,倾角较缓,其南延部分主要分布在寒武纪基底上,同时伴有较强烈的岩浆活动,发生过强烈的热液蚀变作用^[17]。门村—平度断裂是区域分界断裂,倾向南,倾角较陡,断裂以北出露玲珑花岗岩,断裂以南分布中生代地层。以上两个断裂均沿带发育角砾岩、构造透镜体。在研究区附近已发现宿家小型石英脉金矿和曹家埠金矿,金矿物主要以晶隙金、包体金和裂隙金形态赋存于黄铁矿、黄铜矿和石英中,以裂隙金为主,其次是包体金,晶隙金最少。曹家埠金矿体的分布受焦家断裂派生的次级断裂控制,走向 15°,倾向南东,倾角 25°,共发现 6 个板状矿体,金的平均品位为 16.57 g/t。



1. 下白垩统莱阳群; 2. 早白垩纪晚期花岗岩类; 3. 早白垩纪早期花岗岩类; 4. 晚侏罗纪花岗岩类; 5. 晚三叠世石岛花岗岩体; 6. 超高压变质岩; 7. 古元古界粉子山群、荆山群变质岩; 8. 新太古界胶东群变质岩; 9. 断裂; 10. 推测断裂; 11. 区域断层; 12. 推测断层; 13. 韧性剪切带; 14. 正断层; 15. 逆断层; 16. 走滑断层; 17. 背斜; 18. Co 达到伴生品位的金矿床; 19. Cd 达到伴生品位的金矿床; 20. Te、Co 达到伴生品位的金矿床; 21. Te、Cd 达到伴生品位的金矿床; 22. Te、Co、Cd 达到伴生品位的金矿床; 23. 已报道含关键金属元素 Te 独立矿物的金矿床; 24. 地名

图 1 胶北地区区域地质及成矿带分布^[4]

Fig. 1 Regional geology and metallogenic belt distribution in northern Jiaodong area^[4]

2 地球物性特征

岩(矿)石之间的物性差异是开展地球物理勘探的前提和基础。胶东地区金矿带磁异常与重力异常之间存在相关性,金矿往往位于低变化的负磁异常区和由高到低的重力异常梯度带中。焦家断裂与南延地区在断裂与地表交汇处存在众多倾角明显变化的梯阶带,台阶平缓部位的金矿化是明显的地球物理找矿标志。

研究区各主要地质单元的电阻率、密度具有明显的差异,含矿体大多数具有强磁性或高极化率。区内第四纪沉积物呈现低密度、低电阻、低极化率特征,一般为弱磁性或无磁性,局部区域出现强磁异常。中生代侵入岩体为低密度、高电阻、弱磁性特征,当局部有中-基性岩体侵入或岩石包裹体时,会出现局部高磁异常。古元古代变质岩体呈现高密度、高电阻特征,磁性变化大。不含矿花岗岩和石英脉的电阻率最高且变化范围较大,极化率较低;含矿花岗岩和石英脉的极化率急剧增高,这与岩石矿物成分、含量和后期蚀变破碎等因素有关。此外,断裂破碎带中矿石的电阻率为 $70 \sim 200 \Omega \cdot m$,与围岩差异较大^[15-19],这为激发极化法的应用奠定了物性基础^[20]。通过测量电阻率和极化率的变化规律,可以圈定成矿区,查明断裂带分布特征。

3 综合地球物理数据采集与成果解释

3.1 测线布置与数据采集

在研究区开展了磁法和激发极化法测量工作,其中磁法测量测线距离为 100 m,测点距离为 400 m,测线总长度为 16.908 km。激电剖面测量点如图 2 所示,共布设 21 条测线,测线距离为 200 m,测点距离为 20 m,测线总长度为 82.330 km,测点布置避开了村庄、果园等区域。在局部区域开展了激发极化测量工作,布置了 23 个测深点。

磁法勘探选用中国地质调查局自然资源航空物探遥感中心生产的 HC-95A 手持氦光泵磁力仪,分辨率为 0.01 nT。激发极化测量采用中梯装置,数据采集设备为北京地质仪器厂生产的 DWJ-

3B 型和 DWJ-2 型微机激电仪以及 DJF-10A 激电发射机。激电剖面测量的发射极距 AB 为 1 500 m,测量极距 MN 为 10 m,满足 $MN = (1/30 \sim 1/50)AB$, $MN \leq 2$ 倍点距,旁侧距离为 300 m,满足旁侧距离 $\leq 1/5 AB$ 。激电测深最小供电极距和最大供电极距分别为 1.5 m 和 5 000 m,发射与测量极距采用等比(比值为 5:1)装置。在测量过程中进行了重复观测,检查点与原始点数据的相对误差均 $< 3.5\%$,符合相关技术规范。

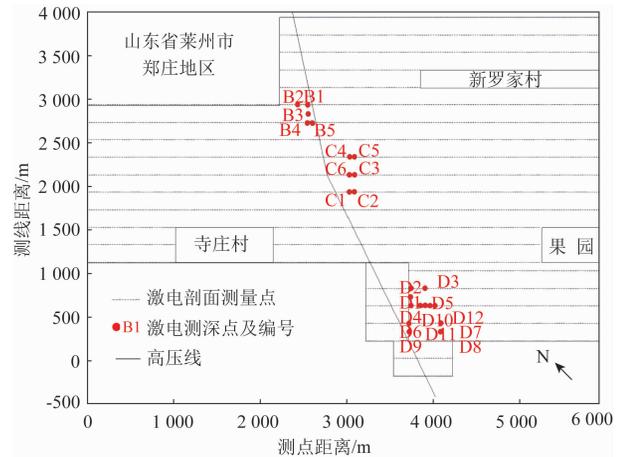


图 2 激发极化测线布置

Fig. 2 Layout of the induced polarization lines

由于研究区内有高压线穿过,根据麦克斯韦方程组,发现高压线周围的电磁场主要由输电线上的电流、电压产生的工频电场、磁测和电晕放电等引起的高频电磁场构成,一定程度上影响了电磁法探测的精度。所以在进行激电测深时,在试验前确保附近无积水区,排除地面低阻因素干扰,对高压区附近的异常进行多次实地验证,确保异常的准确性,且所有探测工作均选择在晴朗的天气条件下进行。此外,磁法探测的基点选择在远离村庄和高压线磁测稳定的非异常地段,并在测量过程中随时检查仪器的工作状态,剔除 > 3 倍标准离差的数据,尽可能减小村庄和高压线带来的影响,确保异常的准确性和可靠性。

3.2 成果解释

减去磁场背景值(52 000 nT)后的剩余磁异常平面等值线如图 3 所示。可知,研究区磁场相对值变化较小,在排除村庄、高压线等干扰后,磁场相对值最高为 550 nT,且零星分布在焦家断裂附近,不

具备贯通性及规律性。

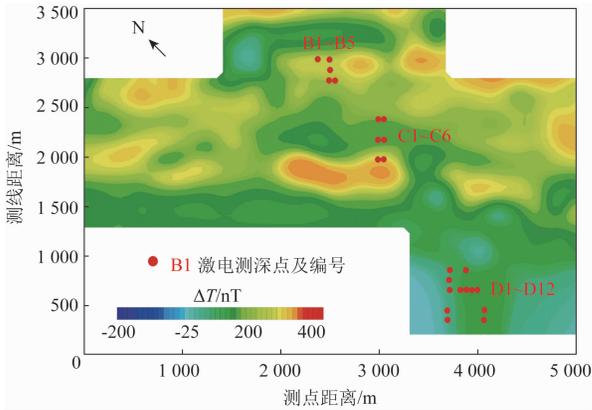


图3 剩余磁异常平面等值线

Fig. 3 Plane contour of residual magnetic anomalies

将激发极化剖面测量数据整理,剔除畸变点和异常点后,分别绘制成视电阻率平面等值线(图4)和视极化率平面等值线(图5)。

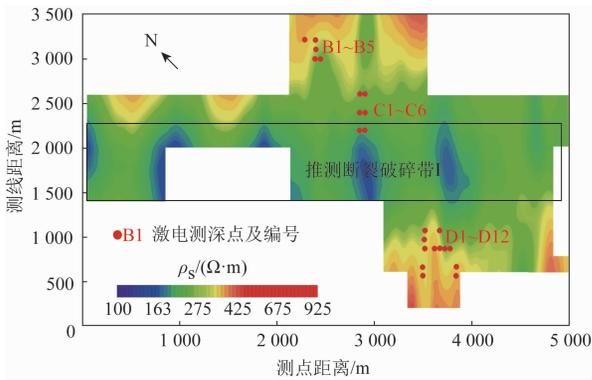


图4 视电阻率平面等值线

Fig. 4 Plane contour of the apparent resistivity

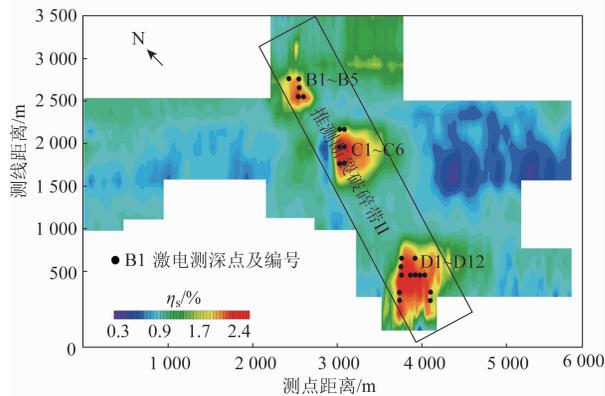


图5 视极化率平面等值线

Fig. 5 Plane contour of the apparent polarizability

由图4可知,视电阻率值的分布具有区域性,以

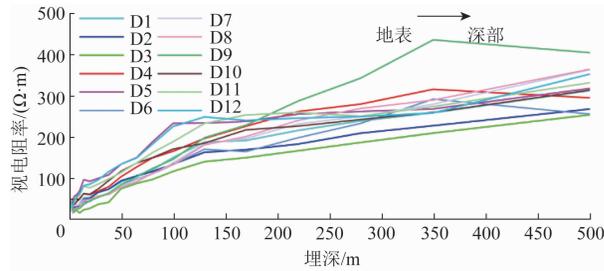
200 Ω·m 为界,研究区北部和南部的视电阻率值 > 200 Ω·m,研究区中部的视电阻率值 < 200 Ω·m,研究区大部分区域的视电阻率值为 100 ~ 200 Ω·m。综合地质资料发现,研究区中部主要受近 EW 向门村—平度断裂影响,主要分布富水砂岩,电阻率值明显较低,但不具备成矿潜力。

由图5可知,在无矿化的背景地段,视极化率值较稳定且普遍较低(一般 < 1%)。在研究区中部有 3 处视极化率值较高,均 > 1.8%,最高可达 2.4%。结合已知地质资料可知,研究区金属硫化物矿化岩石具有较高的极化率,其值通常 > 1.6%,且 3 处激电异常区大致呈 NE 向展布,与焦家断裂密切相关,与图5中的 3 处高极化率区域对应。研究区南部激电异常区为门村—平度断裂和焦家断裂的交界处,具有较好的成矿地质条件。

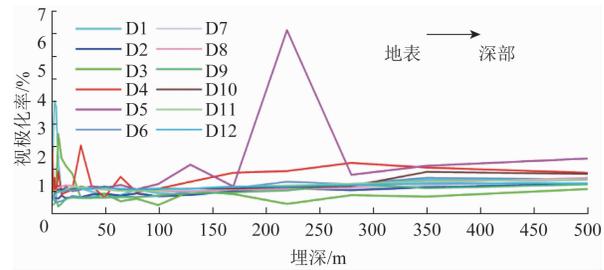
4 成矿预测

综合磁法和激电剖面测量成果,在研究区北部布置了 5 个激电测深点,在中部布置了 6 个激电测深点,在南部布置了 12 个激电测深点(图2)。通过分析测量数据,发现北部和中部激电测深点显示该区域成层分布较好,岩浆岩侵入现象不明显,不具备成矿潜力。南部 D 区激电测深曲线如图6所示,视电阻率曲线分别在 D4、D5、D10、D11 以及 D12 测深点的 350 ~ 500 m、100 ~ 350 m、170 ~ 350 m、130 ~ 280 m 以及 100 ~ 350 m 深度上显示低阻(图6(a)),视极化率曲线在对应深度上的变化趋势与视电阻率的变化趋势接近(图6(b))。结合已知地质资料,D 区激电测深解译成果如图7所示,推测该区存在一个倾向约 55° 的断裂破碎带 II,为焦家断裂南段,且该区位于焦家断裂和门村—平度断裂的交叉处,具有较好的成矿地质条件。综合分析视极化率分布特征,发现焦家断裂在该区倾向发生一定程度的变化,为金矿的富集提供了条件。

激电剖面测量结果表明:研究区地层主要由低电阻率、低极化率的赋水砂岩和高电阻率、低极化率的花岗岩组成;研究区浅部矿体以裂隙金为主,主要分布在南部断裂交界处地表及近地面的构造裂隙中,多呈包体状分布于黄铁矿、黄铜矿、石英



(a) 视电阻率测深曲线



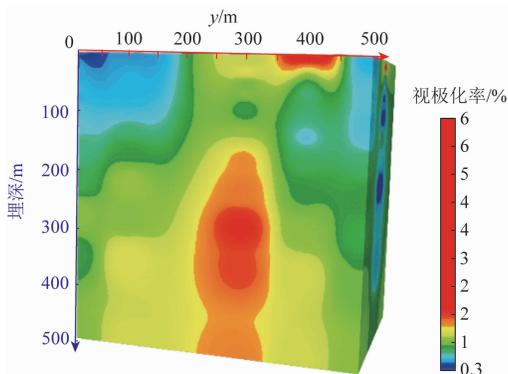
(b) 视极化率测深曲线

图 6 D 区激电测深曲线

Fig. 6 IP sounding curves for zone D

和闪锌矿晶体中,在物性上呈现低电阻率、高极化率特征;研究区深部金矿物以矿化蚀变为主,多数与金属硫化物紧密伴生,在物性上呈现高电阻率、高极化率特征。

针对研究区南部成矿潜力较大的区域,利用激电测深数据建立三维视电阻率和视极化率地球物理模型。首先,整理分析激电测深数据,剔除异常点,将坐标数据添加至每个测点;其次,确定建模范围,生成模型边界;最后,通过网格化处理将模型区域剖分成若干个小单元格。通过对比实验,发现对于该区域模型,当单元格边长选取 2 m 时效果最好,所以该模型共剖分了 15 680 000 个单元格。将视电阻率数据和视极化率数据导入模型中,利用



(a) 视极化率三维地球物理模型

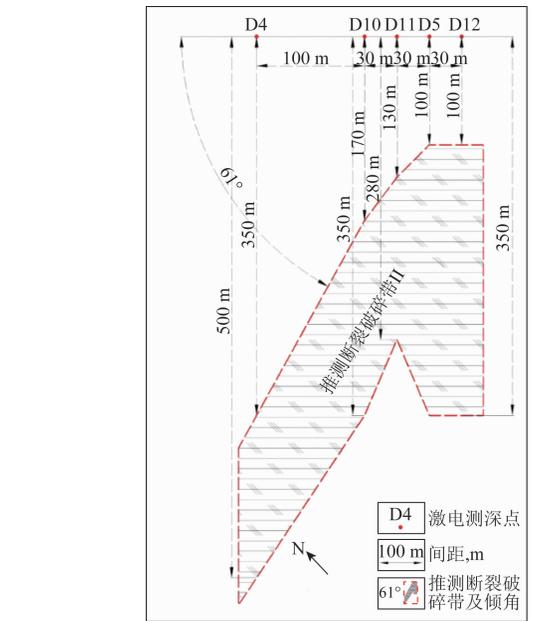
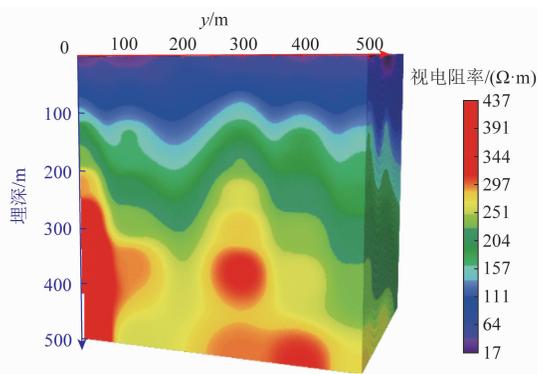


图 7 D 区激电测深解译成果

Fig. 7 IP sounding interpretation results for zone D

反距离插值和滑动平均法进行属性建模,最终得到三维地球物理模型(图 8)。在埋深 50 m 以浅、y 方向 200 ~ 450 m 处,存在 1 个条带状高极化率异常,该异常对应的电阻率较低;在埋深 150 ~ 500 m 处,存在一个近 NW 向分布的高阻区,断裂在该处向深部延伸,其对应的极化率在深度上逐渐升高,呈高电阻率、高极化率特征,推测该区域因岩浆侵入而发生矿化蚀变,具有较好的成矿潜力。综合地质和地球物理资料,建立了郑庄金矿成矿推测区示意图(图 9),金矿推测区主要在深度 200 m 以下,多数分布在断裂破碎带交界处,且 400 m 以下具有更好的成矿条件。后期钻探工作,证实了上述成果近似符合焦家金矿带成矿规律和分布特征。



(b) 视电阻率三维地球物理模型

图 8 三维地球物理模型

Fig. 8 Three - dimensional geophysical model

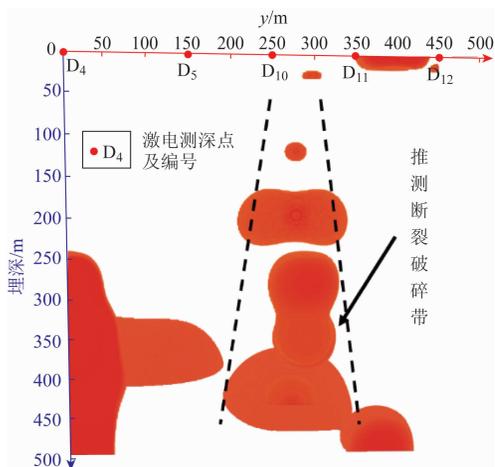


图9 郑庄金矿成矿推测区示意图

Fig. 9 Schematic diagram of the metallogenic potential area in Zhengzhuang gold deposit

5 结论

(1) 采用高精度磁法勘探、纵向中间梯度激电剖面法和激电测深法联合探测,发现2处较大规模的断裂破碎带,与焦家断裂和门村一平度断裂分布特征相似。多种地球物理方法组合探测可以克服单一方法的局限性,一定程度上减少地球物理勘探的多解性问题。

(2) 基于激电测深数据并结合地质资料联合解译建立的三维地球物理模型,可以更好地揭露断裂走向,综合金矿赋存规律有助于推测深部矿体的分布特征,对金矿的后期开采工作具有一定的指导作用。但该方法目前正处于发展阶段,仍具有一定的局限性,三维地球物理模型的精度和可靠性与物探数据量的多少和精确性密切相关。

(3) 研究区有高压线穿过,对磁异常及激电异常的圈定造成了一定误差。下一步将对异常区域进行重点研究,减少高压线对探测结果的影响。在下一阶段勘查和今后研究中,应注重对研究区其他矿化带、物探异常带、岩体接触带和矿化区外围开展进一步的勘查工作,扩大研究区金矿资源储量和找矿远景区。

参考文献 (References):

[1] 宋明春,杨立强,范宏瑞,等.找矿突破战略行动十年胶东金矿成矿理论与深部勘查进展[J].地质通报,2022,41(6):903-935.

Song M C, Yang L Q, Fan H R, et al. Current progress of metallogenic research and deep prospecting of gold deposits in the Jiaodong Peninsula during 10 years for Exploration Breakthrough Strategic Action[J]. Geological Bulletin of China, 2022, 41(6): 903-935.

[2] 宋明春,林少一,杨立强,等.胶东金矿成矿模式[J].矿床地质,2020,39(2):215-236.

Song M C, Lin S Y, Yang L Q, et al. Metallogenic model of Jiaodong Peninsula gold deposits [J]. Mineral Deposits, 2020, 39(2): 215-236.

[3] 张琪彬,宋明春,丁正江,等.胶东焦家巨型金矿床的剥露历史与保存[J].中国科学:地球科学,2022,52(7):1391-1408.

Zhang Q B, Song M C, Ding Z J, et al. Exhumation history and preservation of the Jiaojia giant gold deposit, Jiaodong Peninsula [J]. Science China Earth Sciences, 2022, 65(6): 1161-1177.

[4] 杨立强,魏瑜吉,王恩瑞,等.胶东金矿床中关键金属资源储量估算与潜力初探[J].岩石学报,2022,38(1):9-22.

Yang L Q, Wei Y J, Wang S R, et al. A preliminary study of reserve estimate and resource potential assessment of critical elements in the Jiaodong gold deposits, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2022, 38(1): 9-22.

[5] 李逸凡,李洪奎,陈国栋,等.论山东胶东金矿形成的挤压-伸展构造环境[J].大地构造与成矿学,2019,43(6):1117-1132.

Li Y F, Li H K, Chen G D, et al. On the compression-extensional tectonic environment and gold mineralization in the Jiaodong Area, Shandong Province [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2019, 43(6): 1117-1132.

[6] 侯爵,武澄沅,俞贵平,等.胶东金矿集中区深部结构研究进展[J].地球物理学进展,2022,37(3):952-963.

Hou J, Wu C L, Yu G P, et al. Research progress on the deep structure of Jiaodong gold deposit concentration area [J]. Progress in Geophysics, 2022, 37(3): 952-963.

[7] 陈大磊,王润生,贺春艳,等.综合地球物理探测在深部空间结构中的应用——以胶东金矿集区为例[J].物探与化探,2022,46(1):70-77.

Chen D L, Wang R S, He C Y, et al. Application of integrated geophysical exploration in deep spatial structures: A case study of Jiaodong gold ore concentration area [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2022, 46(1): 70-77.

[8] 贺颢,孟庆敏,满延龙,等.航空物探(电、磁)综合测量与胶东金矿普查[J].物探与化探,2005,29(5):397-400.

He H, Meng Q M, Man Y L, et al. The application of airborne geophysical (Electric, Magnetic) integrated survey to gold exploration in Jiaodong area [J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2005, 29(5): 397-400.

[9] 黄鑫,王勇军,宋倩,等.胶东北部大柳行金矿田成矿构造的广域电磁法勘查及对深部找矿的指示[J].地质通报,2022,41(6):1107-1120.

Huang X, Wang Y J, Song Q, et al. Wide field electromagnetic ex-

- ploration and prospecting of metallogenic structures in Daliuhang gold field, the north of Jiaodong[J]. Geological Bulletin of China, 2022, 41(6): 1107 – 1120.
- [10] 曹春国,于义文,郭国强,等. 综合物探技术在三山岛断裂带与焦家断裂带深部成矿模式中的应用[J]. 山东国土资源, 2012, 28(4): 19 – 24.
Cao C G, Yu Y W, Guo G Q, et al. Analysis on ore – forming model in deep part of Jijia gold deposit in Sanshandao by using integrated geophysical exploration method[J]. Shandong Land and Resources, 2012, 28(4): 19 – 24.
- [11] 杨鹤明,姚正煦,董美丽. 山东中部及东部地区航空物探(磁及放射性)工作结果报告[R]. 地质部地球物理探局航测902队, 1960.
Yang H M, Yao Z X, Dong M L. Report on Results of Airborne Geophysical Exploration (Magnetic and Radiological) Work in Central and Eastern Shandong[R]. 902 Aerial Survey Team of the Geophysical Exploration Bureau of the Ministry of Geology, 1960.
- [12] 张秉祥,季顺乐,于在利. 山东省胶东地区区域重力调查成果报告: 1/20万[R]. 济南: 山东省地矿局物化探大队, 1986.
Zhang B X, Ji S L, Yu Z L. Report of Regional Gravity Survey Results in Jiaodong Area of Shandong Province: 1: 200 000[R]. Jinan: Shandong Provincial Bureau of Geology and mineral Resources, 1986.
- [13] 杨德平. 山东省胶东地区 1/20 万地球化学图说明书: 水系沉积物测量[R]. 济南: 山东省地矿局区调队, 1994.
Yang D P. Description of 1: 200 000 geochemical Map of Jiaodong Area, Shandong Province; Stream Sediment Survey[R]. Jinan: Shandong Provincial Bureau of Geology and mineral Resources, 1994.
- [14] 李士先,文子中,吕植让,等. 山东省金矿资源总量预测报告[R]. 烟台: 山东省地矿局第六地质队, 1986.
Li S X, Wen Z Z, Lv Z R, et al. Forecast Report of Total Gold Resources in Shandong Province[R]. Yantai: The Sixth Geological Team of Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources, 1986.
- [15] 秦升强,史高飞,韩东,等. 山东省平度市旧店东部地区金矿普查报告[R]. 青岛: 青岛地质工程勘察院, 2010.
Qin S Q, Shi G F, Han D, et al. Survey Report of Gold Deposit in The East Area of Jiudian, Pingdu City, Shandong Province[R]. Qingdao: Qingdao Geological Engineering Survey Institute, 2010.
- [16] 宋明春,崔书学,姜洪利. 山东胶西北矿集区和焦家金矿田成矿构造系统[J]. 地质通报, 2011, 30(4): 573 – 578.
Song M C, Cui S X, Jiang H L. Metallogenic structural system for Jiaojia gold field and Jiaoxibe gold deposits concentrated areas in Shandong Province, China [J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(4): 573 – 578.
- [17] 朱兴明,周鑫,杨斌,等. 胶东金矿床蚀变岩石地球化学特征与水岩反应机理分析[J]. 黄金, 2021, 42(9): 12 – 17.
Zhu X M, Zhou X, Yang B, et al. Litho geochemistry of the altered rocks and water – rock interaction mechanism in the gold deposits, Jiaodong Peninsula [J]. Gold, 2021, 42(9): 12 – 17.
- [18] 宋雪龙,李俊建,李秀章,等. 胶东金矿床成矿流体、稳定同位素及成矿时代研究进展[J]. 地质找矿论丛, 2014, 29(1): 13 – 19.
Song X L, Li J J, Li X Z, et al. The research progress of ore – forming fluids, stable isotope and mineralizing age in Jiaodong peninsular of eastern China [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2014, 29(1): 13 – 19.
- [19] 张然,肖志斌,付超,等. 胶东地区新立金矿中金矿物和载金黄铁矿成因矿物学特征及地质意义[J]. 岩矿测试, 2022, 41(6): 997 – 1006.
Zhang R, Xiao Z B, Fu C, et al. Genetic mineralogy and geological significance of gold minerals and gold – bearing pyrites from the Xinli gold deposit in the Jiaodong area [J]. Rock and Mineral Analysis, 2022, 41(6): 997 – 1006.
- [20] 李杰,安梦莹,宋明春,等. 胶东金矿硫同位素组成特征及其来源[J]. 地质通报, 2022, 41(6): 993 – 1009.
Li J, An M Y, Song M C, et al. Sulfur isotopic composition and its source of Jiaodong gold deposit [J]. Geological Bulletin of China, 2022, 41(6): 993 – 1009.
- [21] 吕新友,傅良魁. 金属矿石的激发极化非线性谱特征[J]. 物探与化探, 1991, 15(5): 358 – 365.
Lv X Y, Fu L K. IP nonlinear spectra of ores [J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 1991, 15(5): 358 – 365.

Application of integrated geophysical methods in gold deposit prediction: A case study of Zhengjia gold deposit in Jiaodong area

SONG Liwei^{1,2}, WANG Huijun^{1,2}, WANG Tieqiang^{1,2}, LI Wenyu³

(1. Key Laboratory of Geological Safety of Coastal Urban Underground Space, Ministry of Natural Resources, Shandong Qingdao 266100, China; 2. Qingdao Geo – Engineering Surveying Institute (Qingdao Geological Exploration Development Bureau), Shandong Qingdao 266100, China; 3. School of Resource and Earth Science, China University of Mining & Technology, Jiangsu Xuzhou 221116, China)

Abstract: Jiaodong area of Shandong Province is rich in gold resources and has great ore – forming potential. However, the geological outcrop condition is poor in the southward extension area of Jiaojia fault, which is the main ore – controlling structure, and the deep fault extension is unknown, seriously restricting the progress of ore

prospecting. A joint exploration and application study was carried out using high – precision magnetic prospecting, longitudinal intermediate gradient IP profiling and IP sounding in Zhengjia area of Laizhou City in Shandong Province. A three – dimensional geophysical model was established, and a comprehensive interpretation of anomaly areas and metallogenic prediction were carried out, combined with borehole and geological data. The deep electrical structure of the southern section of Jiaojia fault was preliminarily determined to be NE trend, with a slight dip to the east, and the favorable locations for mineralization were middle – shallow tectonic fracture zone and the change site of the fault occurrence. Because gold minerals mainly occur in pyrite, chalcopyrite and quartz, the geophysical prospecting direction should be a tectonic fracture zone with high apparent polarizability anomaly. The feasibility of integrated geophysical prospecting in gold deposit prediction was verified in this paper, and it also could provide some references for the selection of prospecting means under similar geological conditions.

Keywords: magnetic prospecting; induced polarization; 3D geophysical model; metallogenic prediction; apparent resistivity

(责任编辑: 常艳)