

doi: 10.11720/wtyht.2021.1260

周明磊, 汝亮, 朱裕振, 等. 山东齐河—禹城地区重磁场特征及找矿预测[J]. 物探与化探, 2021, 45(2): 301–307. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.1260>

Zhou M L, Ru L, Zhu Y Z, et al. Magnetic field characteristics and ore prediction in Qihe-Yucheng area of Shandong Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2021, 45(2): 301–307. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.1260>

山东齐河—禹城地区重磁场特征及找矿预测

周明磊^{1,2,3}, 汝亮^{1,2,3}, 朱裕振^{1,2,3}, 于长春⁴, 吴成平⁴,
高志军^{1,2,3}, 张文艳^{1,2,3}, 邵玉宝^{1,2,3}

(1. 山东省煤田地质规划勘察研究院, 山东 济南 250104; 2. 中国地球物理学会 煤田地球物理重点实验, 山东 济南 250104; 3. 山东省煤炭资源数字化工程技术研究中心, 山东 济南 250104; 4. 中国自然资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 齐河—禹城地区已钻探见富铁矿深度 748~1 542 m, 第四系覆盖厚度超过 500 m, 富铁矿体地球物理场信息弱, 找矿难度大。为了进一步缩小找矿靶区, 为钻孔部署提供依据, 通过研究矿致异常的航空和地面重磁异常特征, 利用化极、垂向导数、总梯度模等方法, 提取富铁矿直接找矿信息, 建立了本区地球物理找矿标志, 确定了 7 处重点勘查区。本项研究成果为齐河—禹城地区后续找矿工作部署提供了重要依据。

关键词: 富铁矿; 齐河地区; 重磁方法; 找矿靶区

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2021)02-0301-07

0 引言

通过以往航空磁测和地面物探测量工作, 在山东省齐河—禹城地区发现明显的重磁异常。山东省煤田地质规划勘察研究院于 2013 年开始实施山东省地质勘查项目, 并于 2015 年在李屯地区发现了平均品位 56.75%、单钻孔见矿厚度 119.67 m 的矽卡岩型富铁矿^[1-4]。同期, 中化地质矿山总局山东地质勘查院在齐河县大张地区实施两个钻孔, 全部见矿。2019 年, 山东省地质调查院在潘店地区实施一个钻孔, 在 1 444 m 处揭露磁铁矿体, 揭示本区找矿潜力巨大。基于已有的地质及物探资料, 前人也做了大量研究, 如沈立军等对该地区的成矿地质情况进行了初步研究^[5]; 2016 年在该地区开展了 1:1 万高精度地面磁测, 郭延明等对潘店—李屯地区的地磁异常进行了研究, 圈定了成矿靶区^[6]; 朱裕振等对该地区进行了磁化率三维反演工作^[7]; 2017 年在该地

区开展了 1:5 万航空重磁测量, 吴成平、于长春等通过空、地磁场残差计算与岩矿石的物性特征分析, 总结了航空重、磁异常特征, 进行了岩性填图及找矿预测工作等^[8-9]。

该区上覆新生界厚度大于 500 m, 矿体埋藏较深, 铁矿体引起的物探异常信息较弱^[8], 找矿难度较大。本文在前期找矿勘探工作的基础上^[10-18], 依据区域地质背景分析和最新铁矿区岩(矿)石的物性特征测量结果^[9], 结合航空重磁、地面高精度磁测与其他勘探资料, 重新进行精细化处理。分析了该区矿致异常的重、磁异常场平面及剖面特征, 建立富铁矿直接找矿标志, 确定了重点勘查区, 为该地区寻找深部磁铁矿体提供参考依据。

1 区域地质背景及岩石物性特征

1.1 区域地质背景

研究区位于鲁西隆起区的西北边缘, 处于华北

收稿日期: 2020-05-19; 修回日期: 2020-11-30

基金项目: 国家重点研发计划项目“综合航空地球物理探测系统集成与方法技术示范研究”(2017YFC0602201); 山东省煤田地质局科研专项奖励基金项目(鲁煤地科字(2019)2号)

第一作者: 周明磊(1962-), 男, 研究员, 主要从事地球物理新技术新方法的应用与研究。Email: Zml426@163.com

通讯作者: 于长春(1964-), 男, 博士, 教授级高工, 主要从事航空物探方法技术研究与地质解释工作。Email: bjycc@126.com

坳陷区与鲁西隆起区的连接部位^[19]。地层由老至新为寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、新近系及第四系。构造以断裂构造为主,断层的性质与产状主要受齐广断裂、聊考断裂等区域性断裂构造的控制。研究区为第四系全覆盖、构造基底为新太古界泰山岩群,燕山运动在本区活动强烈,并形成以断陷、断隆为主要特征的构造格局(图 1)。

区内岩浆岩为隐伏产出,根据钻探揭露,侵入岩以中基性岩为主,主要为闪长岩类和辉长岩类。磁铁矿体赋存于中基性岩浆岩与奥陶纪灰岩的接触带上,为矽卡岩型矿床。奥陶系灰岩在济南出露较多,

岩性主要为中—厚层状灰岩、白云质灰岩、白云岩等,覆盖区经钻探见到的灰岩岩性与此基本一致。

据以往研究成果^[20-21],济南周边地区与磁铁矿成矿条件密切相关的层段有北庵庄组、五阳山组、八陡组等,该层段多发育含钙质较高、厚层状、块状、性脆的纯灰岩,东风铁矿、王舍人庄铁矿等济南周边铁矿大多出于该层段。另外,角砾岩的发育有利于层状岩体与多层岩体的发育,含 GaO 高、含 MgO 略高的灰岩对成矿有利。奥陶系灰岩应为研究区必要的成矿因素,为控矿围岩。

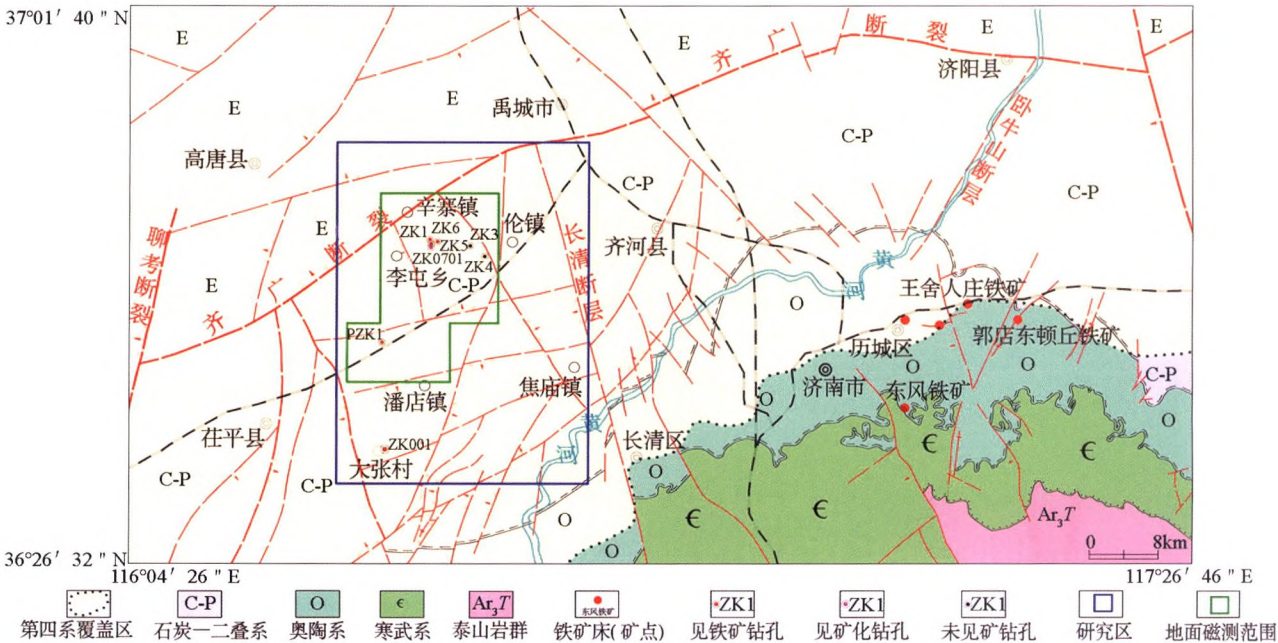


图 1 齐河—禹城及周边地区区域构造^[1]

Fig.1 Regional structure sketch of Qihe-Yucheng and surrounding areas^[1]

1.2 物性特征

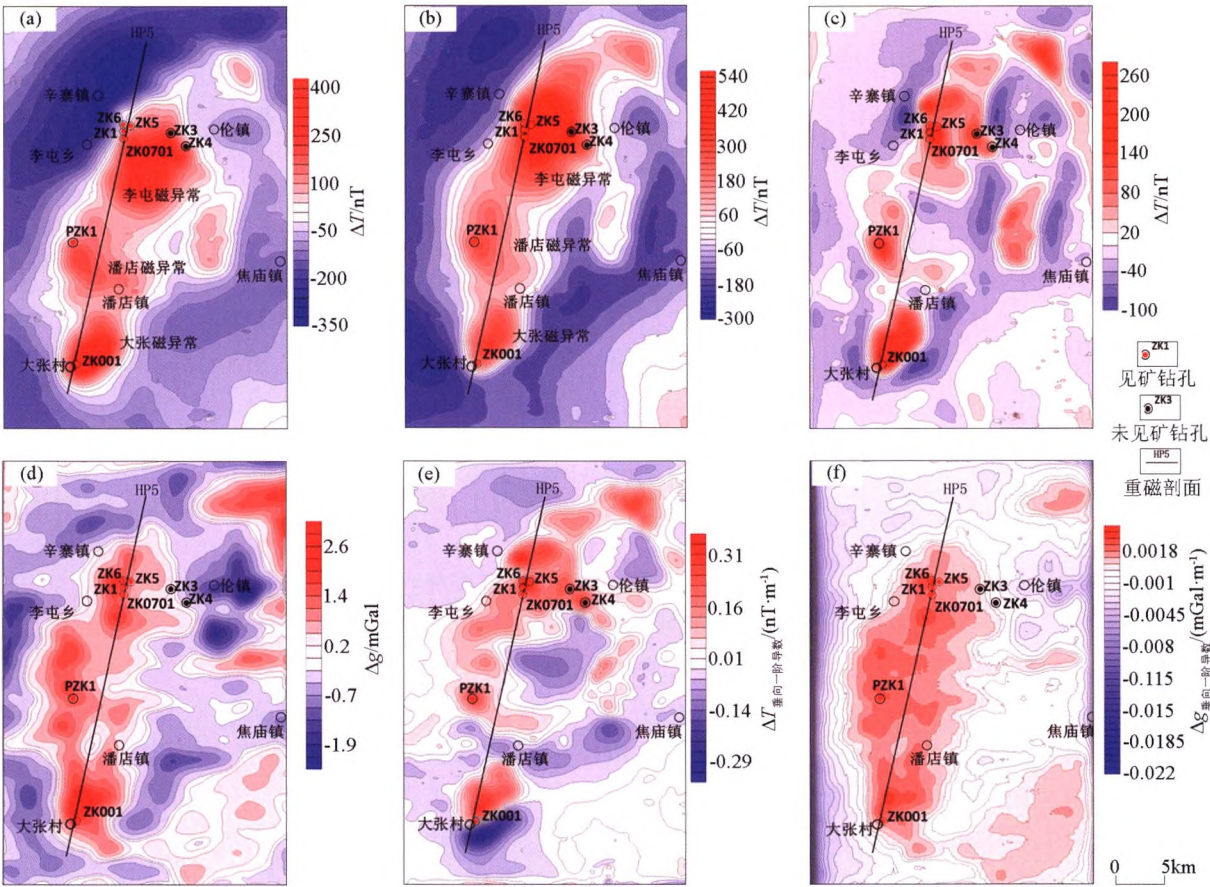
通过钻孔岩心物性测试可知^[9],研究区磁铁矿密度最大、磁性最强、电阻率最低,磁化率均值为 $96\,200 \times 10^{-5}$ SI,密度平均值为 $4.18 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,电阻率平均值为 $63 \, \Omega \cdot \text{m}$ 。沉积岩磁性普遍较弱,个别泥岩、粉砂岩和砂岩由于含有磁性矿物而具有弱磁性;新近系沉积岩为低密度岩层,密度平均值为 $1.93 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$;寒武、奥陶系地层中灰岩密度平均值为 $2.71 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。变质岩的磁性变化较大,大理岩、角闪片岩、黑云片岩类磁性弱,泰山岩群磁性较强;变质岩的密度较大,常见值为 $(2.94 \sim 2.97) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。侵入岩中闪长岩和花岗闪长岩等磁化率平均值为 $4\,267 \times 10^{-5}$ SI,闪长岩类密度为 $(2.52 \sim 2.83) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$;花岗岩类磁化率均值约为 400×10^{-5} SI,密度为 $(2.61 \sim 2.62) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

2 重磁异常特征

2.1 矿致异常的航空重磁异常特征

研究区航磁异常走向近 NNE20°,由多个磁异常组合而成(图 2a、图 2b),异常带宽而缓,最大长度约 33 km,宽度约 5~8 km。航磁异常自北向南可分为 3 个主要的封闭异常,分别为李屯磁异常、潘店磁异常及大张磁异常。由多处钻孔钻探结果可知,磁异常区下方深部均见闪长岩、辉石闪长岩、辉长岩等中基性岩体和磁铁矿体。岩心物性测量结果表明中基性岩体和磁铁矿体磁性较强,推断这 3 个区域磁异常主要由中基性岩体引起,局部叠加的磁异常多数由磁铁矿引起,为矿致异常。

李屯地区布设钻孔 6 处,其中见矿钻孔 ZK1 见



a—航磁 ΔT 等值线;b—航磁 ΔT 化极等值线;c—航磁 ΔT 化极剩余磁异常等值线;d—剩余重力异常;e—航磁 ΔT 化极垂向一阶导数;f—剩余重力异常垂向一阶导数

a—airborne magnetic total field; b—contour map of airborne magnetic reduce to pole field;c—residual magnetic anomaly of airborne magnetic reduce to pole field; d—residual gravity anomaly map; e—vertical first derivative of airborne magnetic reduce to pole field; f—vertical first derivative of residual gravity anomaly

图 2 航空重磁异常平面特征

Fig.2 Plane distribution map of airborne gravity anomaly and aeromagnetic anomaly characteristics

富铁矿 119.67 m、ZK6 见富铁矿 95 m、ZK5 见富铁矿 58 m、ZK0701 见富铁矿化。这 4 个见富铁矿钻孔与李屯异常叠加的局部磁异常密切相关,该局部异常在航磁 ΔT 化极剩余磁异常图和航磁 ΔT 化极垂向一阶导数图上清晰显示为次级正异常。经综合分析,认为 3 个钻孔对应的异常为典型的矿致异常。

潘店地区布设钻孔 1 处,PZK1 见矿 57 m。潘店航磁异常长约 11 km、宽 8~9 km,异常极大值较小、约 180 nT;化极及延拓后磁异常轴线偏移距相对较大,反映含铁强磁性体埋藏较深。潘店地区见矿钻孔位于航磁 ΔT 异常北侧梯度带的中间部位,在航磁 ΔT 化极剩余磁异常和航磁 ΔT 化极垂向一阶导数磁异常的正异常中心附近位置,和李屯地区铁矿见矿位置所处磁异常部位的情况较类似,认为 PZK1 对应的局部磁异常为典型的矿致异常。

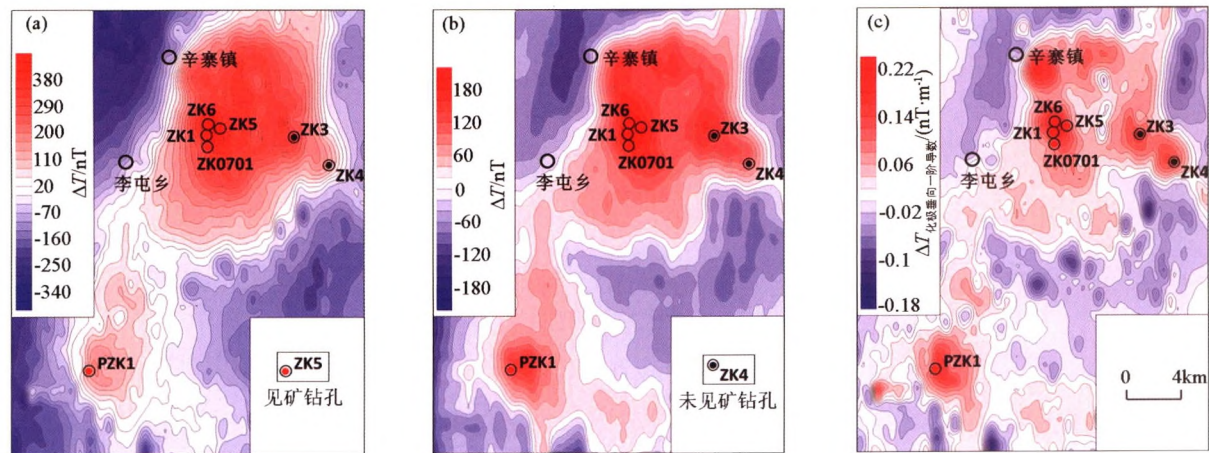
大张地区布设钻孔 10 处,其中主要见矿钻孔

ZK001 见矿 26 m。大张航磁异常长约 9 km、宽 6~7 km,异常峰值较大、达 540 nT,化极后磁异常轴线偏移距离相对较小,反映了含铁强磁性体埋藏较浅。大张地区见矿钻孔位于航磁 ΔT 化极垂向一阶导数和航磁 ΔT 化极剩余磁异常的正异常中间偏南的梯度陡变部位,铁矿见矿位置所处磁异常的部位和李屯、潘店地区的情况略有不同。

区内剩余布格重力异常整体呈 SN 向展布(图 2d),在区内形成 3 个重力高值区,分别对应大张岩体、潘店岩体和李屯岩体。李屯、潘店、大张地区见矿位置均位于剩余重力异常和剩余重力异常垂向一阶导数等值线密集区或重力梯级带部位。

2.2 矿致异常的地面磁测异常特征

根据 1:1 万高精度地磁结果(图 3),李屯地磁异常和潘店地磁异常在形态上和航磁异常大致相同,地磁异常反映了更多的细节。李屯地磁异常范



a— ΔT 化极等值线;b— ΔT 化极剩余磁异常等值线;c— ΔT 化极垂向一阶导数

a—ground magnetic reduce to pole field contour map; b—residuamagnetic anomaly map of reduce to pole field; c—vertical first derivative map of magnetic reduce to pole field

图 3 高精度地磁异常等值线

Fig.3 Contour map of high precision ground geomagnetic anomaly

围较大、异常中心峰值高达 400 nT,潘店磁异常幅值相对较小、最大值为 180 nT。

李屯地区见矿钻孔均位于李屯地磁 ΔT 异常和地磁 ΔT 化极异常的中间部位,在地磁 ΔT 化极垂向一阶导数的中心附近位置,结合前面的航空重磁异常特征,认为该区见矿钻孔对应的异常为典型的矿致异常。

潘店地区见矿钻孔位于潘店地磁 ΔT 异常和地磁 ΔT 化极异常的正异常中心偏边部位置,在地磁 ΔT 化极垂向一阶导数的中心附近位置,与航磁异常见矿位置基本一致,认为该区见矿钻孔对应的异常为典型的矿致异常。

2.3 矿致异常的重磁剖面异常特征

图 4 为 HP5 线(具体位置见图 2)反演推断综合剖面,剖面长 40.0 km,方位角为 12.3°,点号为 100

~40 100 点,该剖面所在位置全部为第四系覆盖,第四系与新近系总厚度在 600~1 000 m, ΔT 剖面线上存在 3 处明显的高磁异常,由南往北依次对应大张磁异常、潘店磁异常和李屯磁异常。

区内钻孔见到铁矿体埋藏较深,引起异常较小,通过正演计算李屯铁矿体引起的磁异常值为 146 nT,重力异常值为 0.6 mGal,潘店铁矿体引起的磁异常值为 120 nT,重力异常值 0.3 mGal,大张铁矿体引起的磁异常值为 139 nT,重力异常值为 0.4 mGal,而区内磁场值为-301~420 nT,相对重力值为-29.2~-4.5 mGal。

大张岩体重磁异常整体偏高,其峰值为剖面内最高值,化极后大张磁异常峰值减小,李屯磁异常峰值增大。钻孔资料显示大张异常区内新生界比李屯异常区薄150m、岩体埋深相对较浅,其中李屯地

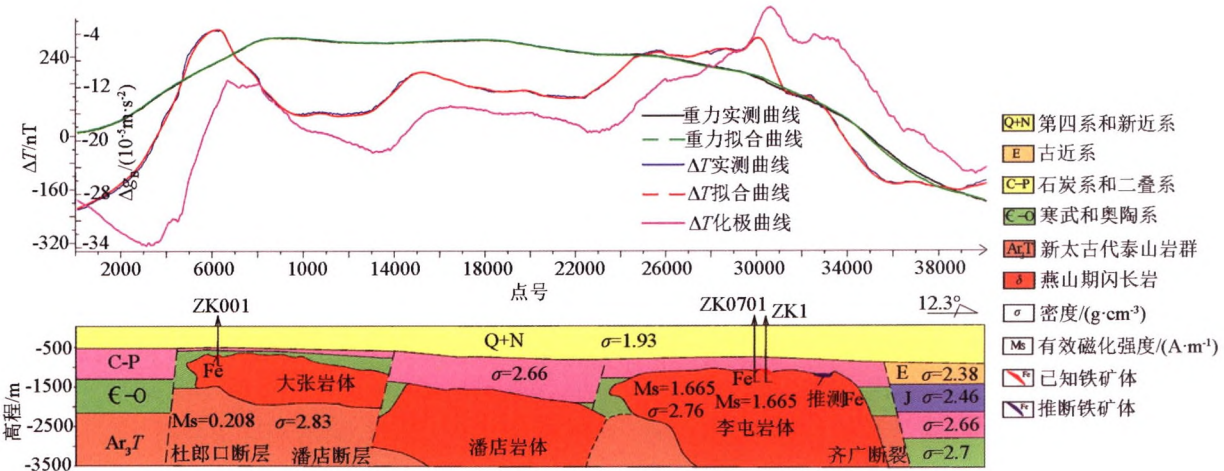


图 4 HP5 线重磁反演剖面

Fig.4 Gravity magnetic inversion profile of line HP5

区新生界厚度在 750 m 以上,岩体顶面埋深约 900 m,岩体最厚处约 3.5 km,导致重力异常不明显;潘店异常区新生界厚约 820 m,古生界底板埋深约 1 480 m,岩体顶板埋深约 1 500 m。见矿钻孔 ZK1、ZK001 均位于磁 ΔT 化极异常曲线的峰值处,拟合结果显示 ZK1 钻孔所见磁铁矿体可向西北延伸到 3 km 处。

3 找矿预测

3.1 铁矿重磁异常找矿标志

通过对本区矿致异常的航空重磁和地面磁测异常特征分析,得出区内铁矿重磁异常找矿标志为:① 剩余重力异常和剩余重力垂向一阶导数等值线密集区或梯级带位置;② 航磁 ΔT 异常靠正异常中部的等值线密集区或梯级带部位;③ 航磁 ΔT 化极垂向一阶导数靠正磁异常中部的等值线密集区或梯级带部位;④ 航磁 ΔT 化极剩余磁异常和航磁 ΔT 化极垂向一阶导数的中心位置;⑤ 地磁 ΔT 异常和地磁 ΔT 化极异常的中间部位或正异常中心偏边部位;⑥ 地磁 ΔT 化极垂向一阶导数的中心附近位置。

3.2 找矿靶区

找矿靶区以不漏矿为原则,依据铁矿重磁异常找矿标志,主要按磁 ΔT 化极、磁 ΔT 化极垂向一阶导数和磁 ΔT 化极总梯度模的高值异常(图 5)、结合钻探和其他地质研究成果(如隐伏中基性岩体空间分布特征)进行圈定,最终圈定了找矿靶区 6 个(图 6),其中 A1 区位于大张磁异常的南部,面积约 14.5 km²;A2 区位于潘店磁异常的西部,面积约 8.7 km²;A3、A4 区为李屯磁异常的局部异常区,面积分别约为 17.1 km²、2.4 km²;A5 区位于研究区的中东部,面积约 5.6 km²;A6 区位于研究区的东北部,面积约 7.3 km²。截至 2019 年底,大张找矿靶区(A1)、潘店找矿靶区(A2)、李屯找矿靶区(A3)均见矿,为一级找矿靶区,其他靶区为二级找矿靶区。3 个一级找矿靶区富铁矿储量严格按照钻孔投影面积、厚度、密度和产状计算估算推断的资源量为 4 297 万 t,目前钻探工作仍在继续,齐河—禹城地区有望成为大型富铁矿产地。

3.3 重点勘查区

为了缩小找矿靶区,提高钻探见矿成功率,根据铁矿重磁异常找矿标志和见矿钻孔与局部磁异常的位置关系,主要按磁 ΔT 化极垂向一阶导数、磁 ΔT 化极剩余异常和磁 ΔT 化极总梯度模的中心部位以及重磁剖面反演结果及其他地质勘探资料,参考剩

余重力异常和剩余重力垂向一阶导数的特征,在圈定找矿靶区基础上,进一步确定重点勘查区 7 处(图 6)。重点勘查区是优先布设钻探孔位的区域。

目前,已在 3 处重点勘查区进行了钻孔验证并见矿,在 1 处重点勘查区的边缘进行了钻孔(ZK3、ZK4)但未见矿,另外 3 处靶区尚未开展钻孔验证。

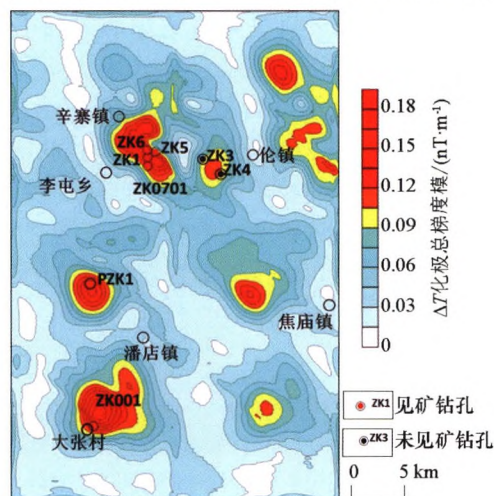


图 5 航磁 ΔT 化极总梯度模等值线

Fig.5 Total gradient amplitude contour map of airborne magnetic reduce to pole field

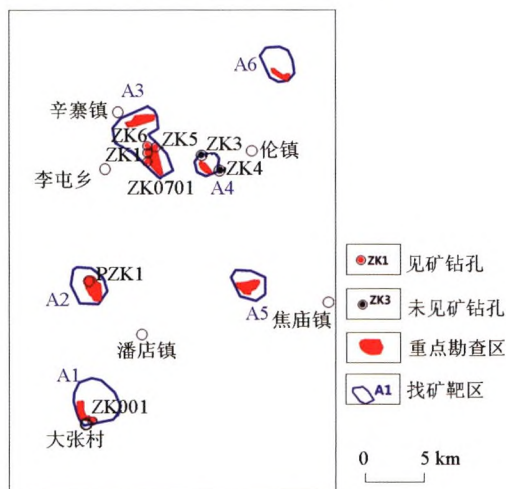


图 6 找矿靶区及重点勘查区

Fig.6 Map of prospecting the target areas and key exploration areas

4 结论

本区矿床成因类型属接触交代(矽卡岩)型磁铁矿床,磁铁矿埋藏深,围岩磁性较强,矿体引起的地球物理信息弱缓,找矿难度较大。本文通过对见矿钻孔周边的航空重磁异常平面特征、地面磁测异常特征和重磁剖面异常特征的综合分析,得出本区的矿致异常特征,并以此为依据,总结找矿标志,确

定了找矿靶区和重点勘查区,为下一步找矿勘探工作部署提供依据。

1) 本文依据 1:1 万地面高精度磁测、1:5 万航空物探(磁、重)测量等工作,综合分析航磁和地磁数据化极、垂向一阶导数、求剩余、总梯度模以及航重剩余、垂向一阶导数等方法处理结果,结合钻探资料,总结出该地区富铁矿找矿标志为局部叠加的磁重同高异常或高磁异常。

2) 以大比例尺高精度磁重资料为主,结合地质、钻探资料进行综合分析,圈定了重点勘查区 7 处,为该区今后的找矿勘探工作部署提供依据。

3) 齐河—禹城地区有望建成山东省大型富铁矿基地,对缓解我国富铁矿资源所面临的严峻形势,提高我国铁矿资源保障程度具有重要的战略意义。

参考文献(References):

- [1] 周明磊,高志军,郭延明,等.山东省齐河县潘店地区铁矿调查评价报告[R].山东省煤田地质规划勘察研究院,2015.
Zhou M L, Gao Z J, Guo Y M, et al. Survey and evaluation report of iron ore in Pandian area [R]. Shandong Provincial Research Institute of Coal Geology Planning and Exploration, 2015.
- [2] 王怀洪,周明磊,巩固,等.试论协同勘查煤铁兼探技术方法[C]//北京:中国地球科学联合学术年会,2016.
Wang H H, Zhou M L, Gong G, et al. Discussion on the technical method of CO exploration of coal and iron [C]//Beijing: China Geoscience Joint Annual Conference, 2016.
- [3] 朱裕振,周明磊,高志军,等.山东齐河—禹城地区矽卡岩型富铁矿的发现及其意义[J].地质通报,2018,37(5):938-944.
Zhu Y Z, Zhou M L, Gao Z J, et al. The discovery of the Qihe-Yucheng skarn type rich iron deposit in Shandong and its exploration significance [J]. Geological Bulletin of China, 2018, 37(5): 938-944.
- [4] 陈晓曼,王娟,王继国,等.山东省齐河大张铁矿地质特征及找矿前景[J].山东国土资源,2017,33(12):24-29.
Chen X M, Wang J, Wang J G, et al. Geological characteristics and prospecting prospectual of Dazhang iron deposit in Qihe Count of Shandong province [J]. Shandong Land and Resources, 2017, 33(12): 24-29.
- [5] 沈立军,朱裕振,高志军,等.山东齐河禹城富铁矿李屯岩体地质特征初探[J].山东国土资源,2020,36(2):23-29.
Shen L J, Zhu Y Z, Gao Z J, et al. Paimary study on geological characteristics of Litun Rock Mass in Qihe Yucheng rich iron ore area in Shandong province [J]. Shandong Land and Resources, 2020, 36(2): 23-29.
- [6] 郭延明,郝兴中,钟伟杰,等.地面高精度磁测在隐伏铁矿勘查中的应用——以山东省禹城市李屯地区铁矿为例[J].山东国土资源,2017,33(10):53-57.
Guo Y M, Hao X Z, Zhong W J, et al. Application of high precision magnetic measurement in exploration of hidden iron deposit — setting iron deposits in Litun area of Yucheng City in Shandong Province as an example [J]. Shandong Land and Resources, 2017, 33(10): 53-57.
- [7] 朱裕振,强建科,王林飞,等.深埋铁矿磁测数据三维反演分析与找矿靶区预测[J].物探与化探,2019,43(6):1182-1190.
Zhu Y Z, Qiang J K, Wang L F, et al. Three-dimensional inversion analysis of magnetic data from deep buried iron ore and prediction of prospecting target area [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2019, 43(6): 1182-1190.
- [8] 吴成平,于长春,周明磊,等.空地磁残差计算在平原厚覆盖区找矿应用[J].地球物理学进展,2020,35(2):663-668.
Wu C P, Yu C C, Zhou M L, et al. The application of magnetic residual calculation of air ground in the exploration of thick covered area of plain [J]. Progress in Geophysics, 2020, 35(2): 663-668.
- [9] 吴成平,于长春,王卫平,等.鲁西齐河地区岩(矿)石物性特征及应用[J].地球科学进展,2019,34(10):1099-1107.
Wu C P, Yu C C, Wang W P, et al. Physical characteristics of rocks and ores and their application in Qihe area, Western Shandong [J]. Advances in Earth Science, 2019, 34(10): 1099-1107.
- [10] 于长春,吴成平,等.综合航空地球物理探测系统集成与方法技术示范研究年度报告(2019年)[R].中国自然资源航空物探遥感中心,2019.
Yu C C, Wu C P, et al. Research on integrated aero physical exploration system and demonstrating of comperhensive technical method annual report (2019) [R]. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Natural Resources, 2019.
- [11] 李倩,李建国,王万银,等.重磁电联合勘查深部铁矿方法试验研究[J].工程地球物理学报,2015,12(2):218-224.
Li Q, Li J G, Wang W Y, et al. The preliminary study on gravity-magnetic-electrical survey of deep iron deposit prospecting [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2015, 12(2): 218-224.
- [12] 郭继颂,刘志远,李达,等.综合物探方法在承德某多金属矿勘探中的应用[J].工程地球物理学报,2012,9(3):356-361.
Guo J S, Liu Z Y, Li D, et al. Application of integrated geophysical method to exploration of polymetallic ore deposit in Chengde [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2012, 9(3): 356-361.
- [13] 张卫东.磁法勘探在铁矿勘查中的应用[J].长春工程学院学报:自然科学版,2012,13(3):64-66.
Zhang W D. The application of magnetic prospecting in iron ore exploration [J]. Journal of Changchun Institute of Technology: Natural Science Edition, 2012, 13(3): 64-66.
- [14] 刘士毅.重磁异常解释中的一些复杂因素与对策——在海口区域物探成果交流会上的发言提纲[J].物探与化探,2007,31(5):386-390.
Liu S Y. Some complex factors in the gravity and magnetic anomaly interpretation and the countermeasures; outline of a speech gicen at theregional geophysical ach ievement exchange conference held in Haikou, Hainan province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2007, 31(5): 386-390.
- [15] 汪青松,吴明安,袁平,等.安徽省庐江县泥河铁矿重磁异常特征[J].地质与勘探,2012,41(1):148-154.
Wang Q S, Wu M A, Yuan P, et al. Characteristics of gravity and

- magnetic anomalies in Nihe iron mine, Lujiang County, Anhui Province[J]. *Geology and Prospecting*, 2012, 41(1): 148–154.
- [16] 刘光鼎, 郝天珧. 应用地球物理方法寻找隐伏矿床[J]. *地球物理学报*, 1995, 3(6): 850–854.
- Liu G D, Hao T Y. The application of geophysical methods to the search for concealed deposits[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 1995, 3(6): 850–854.
- [17] 朱丹, 刘天佑, 杨宇山. 鄂东南地区岩体重磁异常场特征及找矿方向[J]. *物探与化探*, 2017, 41(4): 587–593.
- Zhu D, Liu T Y, Yang Y S. Gravity and magnetic anomalies characteristics of rock bodies and ore-prospecting orientation in the southeast of Hubei Province[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2017, 41(4): 587–593.
- [18] 王纪中, 马振波, 宋耀武. 大比例尺重力测量在豫西南地区寻找多金属矿的应用效果[J]. *地质调查与研究*, 2010, 33(4): 315–319.
- Wang J Z, Ma Z B, Song Y W. Large-scaled gravity survey on ore-hunting of the Mo-Pb-Zn Deposits in southwestern Henan province [J]. *Geological Survey and Research*, 2010, 33(4): 315–319.
- [19] 张增奇, 张成基, 王世进, 等. 山东省地层侵入岩构造单元对比意见[J]. *山东国土资源*, 2014, 30(3): 1–23.
- Zhang Z Q, Zhang C J, Wang S J, et al. Comparison opinions on structural units of strata intrusive rocks in Shandong Province[J]. *Shandong Land and Resources*, 2014, 30(3): 1–23.
- [20] 宗信德, 李卫, 赵宏生, 等. 山东莱芜接触交代—热液铁矿多因素成矿及特征[J]. *地质与资源*, 2011, 20(5): 370–375.
- Zong X D, Li W, Zhao H S, et al. The contact metasomatic-hydrothermal iron deposit in Laiwu, Shandong Province: Multi-factor metallogenesis[J]. *Geology and Resources*, 2011, 20(5): 370–375.
- [21] 彭方思. 山东矿产资源现状与对策分析[J]. *山东国土资源*, 2005, 21(12): 39–43.
- Peng F S. Present condition and countermeasures analysis of mineral resources in Shandong province [J]. *Shandong Land and Resources*, 2005, 21(12): 39–43.

Magnetic field characteristics and ore prediction in Qihe-Yucheng area of Shandong Province

ZHOU Ming-Lei^{1,2,3}, RU Liang^{1,2,3}, ZHU Yu-Zhen^{1,2,3}, YU Chang-Chun⁴, WU Cheng-Ping⁴,
GAO Zhi-Jun^{1,2,3}, ZHANG Wen-Yan^{1,2,3}, SHAO Yu-Bao^{1,2,3}

(1. Shandong Province Research Institute of Coal Geology Planning and Exploration, Jinan 250104, China; 2. Key Laboratory of Coal Geophysics, Chinese Geophysical Society, Jinan 250104, China; 3. Engineering Technology Research Center on Coal Resources Informatization of Shandong Province, Jinan 250104 China; 4. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Natural Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: Rich iron ore has been drilled in the depth from 748 m to 1 542 m in Qihe-Yucheng area. As the Quaternary sediments cover more than 500 m in thickness, the geophysical field information of the rich iron ore is weak and hence the prospecting is difficult. By studying airborne and ground gravity and magnetic anomaly characteristics of mineralization anomaly and using methods such as reduction to the pole, vertical derivative and total gradient module, the authors further reduced the prospecting target and provided a basis for the drilling work. The authors extracted the direct prospecting information of rich iron ore, established the geophysical prospecting signs of this area and delineated 7 key exploration areas. The results of this research provide an important basis for the subsequent deployment of prospecting work in Qihe-Yucheng area.

Key words: high-grade iron ore; Qihe area; magnetic and gravity method; prospecting target area

(本文编辑:王萌)