

辽宁省黑石砬子铁矿地质-地球物理综合研究及深部找矿效果

单晓刚,王洪波,李 争

(辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院,辽宁 鞍山 114010)

摘要: 黑石砬子铁矿床南部的剩余磁异常是人们关注的课题。文章采用综合研究的方法,通过分析铁矿的成矿地质环境、控矿因素、矿床特征,对磁异常进行定量计算,实施地质-地球物理综合推断,推断深部的铁矿体的倾向发生倒转,从而有效地解释了矿区的剩余异常,明确了深部铁矿勘查的具体部位,预测矿区深部隐藏着较大的资源储量。经过深部工程验证,获得了很好的找矿效果。

关键词: 黑石砬子铁矿;磁异常;综合研究;深部找矿;辽宁省

中图分类号: P612;P618.31 **文献标识码:** A

0 引言

辽宁省黑石砬子铁矿床位于鞍山市东南部的獐子窝村南。该矿床的探矿历史悠久,从1968年起,先后有多家地勘单位对黑石砬子铁矿床南部的剩余磁异常进行研究,有人认为剩余磁异常为深部盲矿体引起,有人认为是深部的花岗岩引起,并且在1984年进行了深部工程验证,但找矿效果均不明显。2004—2012年,辽宁冶金地质勘查局地质勘查研究院对黑石砬子磁异常进行地质-地球物理综合研究,从其成矿地质环境、控矿构造、岩浆岩等方面进行综合分析,并对剩余磁异常进行定量计算,最终认定主矿体南侧的剩余磁异常是由隐伏的铁矿体引起,在此基础上安排了系统的探矿工程验证,取得了很好的找矿效果。

1 成矿地质环境

据近年的研究成果,鞍山地区的古陆核在太古

宙已具雏形,并成为华北克拉通中最古老的陆壳之一。古陆核包括一系列花岗质岩体和不整合其上的同期表壳岩(或表壳岩残体)。其中,古老的侵入岩有始太古代的白家坟花岗岩、东山条带状奥长花岗岩和石英闪长岩(3.8 Ga),古太古代的陈台沟花岗岩(3.3 Ga),中太古代的立山细粒奥长花岗岩(3.1 Ga)、东鞍山花岗岩和铁架山花岗岩(3.0 Ga),新太古代的齐大山花岗岩(2.5 Ga);表壳岩有古太古代的陈台沟表壳岩(>3.3 Ga),中太古代的立山表壳岩(>3.1 Ga)和倪家台表壳岩(>3.0 Ga),新太古代的鞍山群表壳岩(2.5 Ga)。经过多期构造-变质-热事件的改造,古陆核呈现以东山-铁架山为中心的穹隆,其他岩体和表壳岩多展布于穹隆的东侧或南侧^[1-4]。

新太古界鞍山群是我国沉积变质型铁矿的重要赋矿地层,鞍山地区的主要铁矿均产于该地层。在东山-铁架山穹隆的南侧,有一呈近EW向分布的鞍山群表壳岩带,长度近20 km。鞍山群不整合于东鞍山花岗岩基底之上,由于后期的多次构造改造-叠加,鞍山群的构造形态极为复杂,其下的东鞍山花岗岩也被侵蚀、破坏得残缺不整,二者多呈断层接触关系。鞍山群的原岩为一套由基性-中酸性火山沉

收稿日期: 2013-03-18; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 单晓刚(1969-),男,高级工程师,1992年毕业于长春地质高等专科学校地质系资源勘查专业,从事金属矿产地质勘查工作。
通信地址: 辽宁省鞍山市铁东区鞍千路298号地质科技园;邮政编码: 114038。

积岩、铁硅质化学沉积岩和陆源碎屑岩组成的火山-沉积建造,是在陆壳基底之上的弧后-陆缘盆地沉积。

在近 EW 向的新太古代绿岩带内^[5],产出多处大型铁矿床,如东西鞍山、黑石砬子、大孤山、关门山等,这些铁矿床在矿床类型、赋矿层位、矿体特征及含铁建造特征等方面均具有较强的可比性^[6]。黑石砬子铁矿床位于东鞍山铁矿和大孤山铁矿之间,与两侧的铁矿床具有相同的成矿地质环境。

2 铁矿床的控矿因素

2.1 控矿构造

(1)构造层。本区可划分出太古宙形成的基底构造层和元古宙形成的盖层 2 套构造层。目前鞍山地区最早期的地层系统为新太古宇鞍山群,太古宙花岗岩-绿岩地体构成了本区的结晶基底;古元古代辽河群及新元古代青白口系组成的盖层不整合覆盖于结晶基底之上^[5]。本区鞍山式铁矿严格受太古宙花岗岩-绿岩地体的控制。

(2)褶皱构造。太古宙花岗岩-绿岩地体在形成过程中,经历了多期的变质-变形,研究认为,鞍山群含铁岩系共有 3 期构造变形^[7-9]。强烈的改造与叠加作用,使本区的基底岩系呈现出复杂的构造形态。在西鞍山—大孤山—眼前山铁矿带中,各种尺度的褶皱现象随处可见,含铁岩系呈现出复杂的构造形态。复杂的褶皱变形对铁矿具有强烈的改造作用,往往造成矿层的加厚或重复、褶皱转折端的厚度变化、沿各种面理热液贯入使铁矿变富。因此,识别矿区的褶皱期次,查清褶皱构造的形态特征是有效地进行深部成矿预测的关键。

(3)断裂构造。韧性、韧脆性和脆性断层使矿区含铁岩系被切错分割,原有的层位被破坏,断裂产生的能量使岩层中的组分受到程度不同的改变。黑石砬子铁矿床所在的铁矿带受 EW 向分布的寒岭断裂带控制,由东向西经过大孤山铁矿进入本矿区,主断裂沿着东鞍山花岗岩的边缘与鞍山群樱桃园组的接触部位通过,形成近 EW 向逆断层和一系列 NEE 向及 NW 向平移断层带。

2.2 赋矿地层

鞍山地区的铁矿均赋存于新太古界鞍山群樱桃园组中。

黑石砬子矿区的鞍山群樱桃园组共分为 3 层。

①下部千枚岩层:为铁矿层下盘的围岩,主要岩性有绢云绿泥千枚岩、绿泥斜长石英片岩、绢云母千枚岩夹绿泥石英片岩等;其底部与东鞍山花岗岩为断层接触,受韧性剪切带的影响,沿接触带形成糜棱岩、糜棱岩化千枚岩等构造岩;②条带状磁铁石英岩层:为含铁矿层位,岩性为厚层条带状磁铁石英岩、条带状绿泥石英岩、条带状绢云母石英岩等;岩石呈灰白色,条带状构造,由石英与含铁矿物相间构成条带状,条带宽 0.1~20 mm;③上部千枚岩层:为铁矿层上盘的围岩,岩性为绿泥斜长片岩、绿泥石英片岩、绿泥千枚岩和绢云千枚岩,其上被辽河群不整合覆盖。

2.3 矿区岩浆岩

本区的岩浆岩活动主要有两期:中太古代的东鞍山花岗岩(3.0 Ga)和燕山晚期的千山花岗岩(73.4~128.8 Ma)。根据现有资料,这两期花岗岩对鞍山沉积变质型铁矿成矿的贡献及破坏作用尚不清楚。

3 矿床地质特征

黑石砬子铁矿为典型的沉积变质铁矿床,矿体呈半隐伏状,矿体的主体部分埋藏于地下深处。铁矿赋存在鞍山群樱桃园岩组中,铁矿体的围岩为绿泥石英片岩、云母石英片岩、绿泥(黑云)钠长千枚岩、绢云绿泥千枚岩层等。据工程控制,铁矿体延长 2 030 m,延深 1 000 m(尚未尖灭),控制高程为-100~-500 m,厚度为 17~213 m,呈中间宽、两端尖的形态,矿体中部的平均厚度为 130 m,向东西两端平均厚度变为 17.0 m。矿体由东向西侧伏。矿体总体走向为 70°~80°,上部矿体倾向 NW,倾角 25°~40°,向下至-200 m 高程处倾角变陡或近直立,再向深部产状发生倒转,倾向变为 SE,呈弧形弯曲。铁矿层经过多期的变质-变形改造后,原始的矿体形态发生了复杂的变化,原来的含铁层受倾竖褶皱作用使含矿层重叠、加厚,不仅形成了复杂的褶皱构造型式,而且铁质产生了一定程度的迁移和再富集,在其褶皱转折端铁矿层显著加厚,是铁矿体最重要的赋存部位。矿体经历了多期次的塑性-韧性-脆性变形作用的改造,原有的矿物成分发生分解、迁移,并重新组合和定位,在含铁层内出现不规则的失铁石英岩层、磁铁石英岩层、磁铁富铁矿脉、含铁碳酸盐脉、石英脉等。矿石中矿物成分复杂化,有磁铁

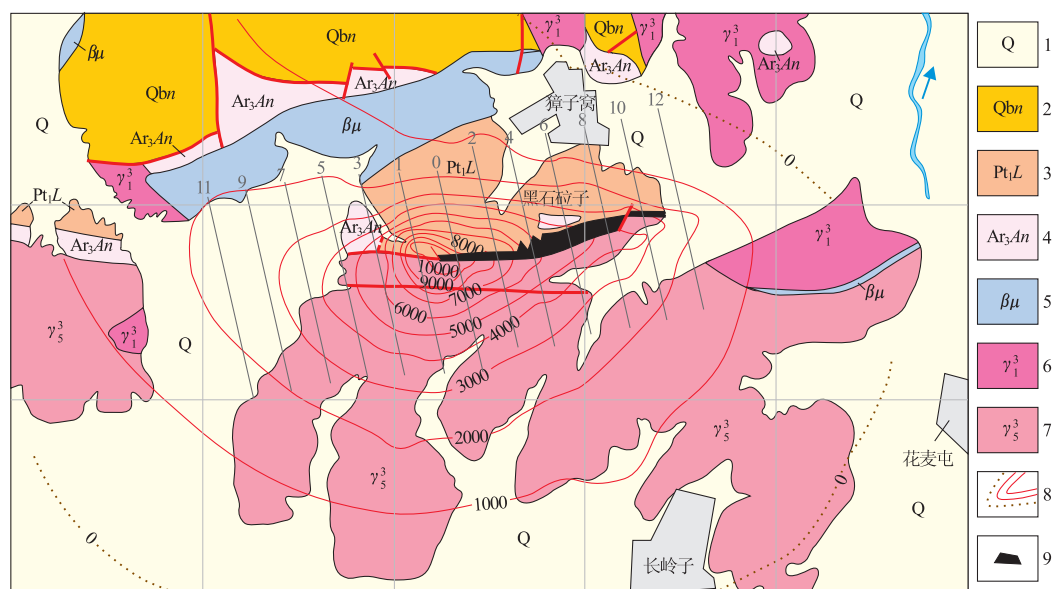


图1 辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床地质磁法综合平面图

Fig. 1 Plan of integrated geological-geophysical survey at Heishilazi iron deposit in Anshan, Liaoning province

1. 第四系; 2. 新元古界青白口系; 3. 古元古界辽河群: 千枚岩; 4. 鞍山群: 千枚岩;

5. 辉绿岩; 6. 中太古代: 东鞍山花岗岩; 7. 燕山晚期: 千山花岗岩; 8. 磁异常等值线; 9. 磁铁矿体

矿、假象赤铁矿、镜铁矿、菱铁矿、铁白云石、方解石、石英、透闪石、电气石、绿泥石、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、褐铁矿(针铁矿、水针铁矿、黏土矿物)等。矿石构造类型多样,大致可分为条带状、条纹状、隐条纹状、皱纹状、小揉皱状、块状、角砾状、细脉状、石香肠状等构造。铁的平均品位^①: $w(\text{TFe}) = 29.43\%$, $w(\text{FeO}) = 17.16\%$, $w(\text{FeC}) = 8.34\%$, $w(\text{FeSi}) = 0.62\%$ 。铁矿体的形态、矿物组成及化学组分的复杂性,使黑石砬子铁矿区的地质勘查难度增大。

4 黑石砬子磁异常特征

4.1 矿区磁异常特征

黑石砬子磁异常规模较大^②,按 3 000 nT 等值线,异常自行封闭,异常形态宽缓圆滑,呈椭圆状,走向近 EW,异常长度 3 000 m,宽度 1 900 m,异常最大值 $>10\,000$ nT,磁异常南侧的梯度较为舒缓,北侧的梯度略陡一些,3 000 nT 等值线向南凸出,而且波及范围很大(图 1)。

4.2 矿区地球物理特征

在矿区内采集大量铁矿石、花岗岩及变质岩的标本进行了磁参数测定与研究。矿区的岩、矿石磁性特点如下。

(1)磁铁贫矿磁性最强,含铁石英岩磁性次之;近矿围岩千枚岩、东鞍山花岗岩无磁性,千山花岗岩具有微弱的磁性,只有磁铁贫矿和含铁石英岩是矿区内能引起磁异常的场源。

(2)黑石砬子铁矿氧化程度较高,地表出露的铁矿体无磁性或具弱磁性。根据反演计算,矿体氧化带的底界(磁性界面)的高程为 $-50 \sim -100$ m,即由地表往下 100~200 m 深度内为无磁性或弱磁性的氧化矿石。

(3)根据钻孔岩心磁参数测定结果,磁性较弱的含铁石英岩分布在矿体上盘,磁性较强的磁铁贫矿分布在矿体的下盘。①含铁石英岩:磁性较弱,分布不均匀,且磁性变化很大;磁化率 $\kappa = 0 \sim 0.213$ SI, κ 平均 $= 0.01 \sim 0.03$ SI;剩余磁化强度 $J_r = 1.0 \sim 867$ A/m, J_r 平均 $= 1.4 \sim 33.0$ A/m;②磁铁贫矿:磁性较强,磁化率 $\kappa = 0.002 \sim 0.31$ SI, κ 平均 $= 0.06 \sim 0.08$ SI;剩余磁化强度 $J_r = 1.0 \sim 930$ A/m, J_r 平均 $= 29.0 \sim 70.0$ A/m,感磁大于剩磁。

(4)铁矿磁各向异性不明显。

5 地质-地球物理综合推断

在成矿地质环境、控矿因素及矿床地质特征研

究基础上,结合磁异常成果^[10-11],推断深部的铁矿体形态、产状有较大变化,地表向 N 倾斜,深部向 S 倒转,从而确定了深部的铁矿勘查部位,预测黑石砬子铁矿区深部隐藏着较大的资源储量。

5.1 地质推断

①从沉积环境看,黑石砬子铁矿区赋存于铁架山古陆核穹隆南侧的东鞍山花岗岩中太古代古陆之上,新太古界鞍山群樱桃园组中;②矿区位于西鞍山—眼前山 EW 向铁矿带内;东有大孤山铁矿床,西为东鞍山铁矿床;③矿区内铁矿出露位置与区域航磁异常完全吻合;④含铁岩系遭受多期变质-变形,造成矿层的重叠加厚,形成了复杂的构造样式,呈现中间宽、两端尖的复杂矿体形态;⑤矿层内的铁质产生一定的迁移和富集,在其褶皱转折端矿体加厚,是铁矿体的重要赋存部位;⑥铁矿体经历了多期次的构造-热事件的改造,原生矿物发生分解,组分迁移,并重新组合定位,在相同的含铁层内出现上部为失铁石英岩层,向下为磁铁石英岩层;⑦矿体上部倾向 NW,倾角 40°,深部在高程-200 m 以下矿体变陡或近直立,再向深部发生倒转,矿体倾向 SE,出现弧形弯曲的变化。

5.2 地球物理推断

为查清主矿体南侧的剩余异常性质,根据矿区岩(矿)石的实测参数资料,重新计算了剖面内有效磁化强度,利用反演确定磁性界面,在正演计算中,磁铁贫矿取值 $J_s = 0.03 \times 10^3 \sim 0.035 \times 10^3$ A/m,含铁石英岩取值 $J_s = 0.01 \times 10^3 \sim 0.015 \times 10^3$ A/m,正演时选择多种模型进行拟合。各剖面正演计算结果如下。

(1)0 剖面线:根据反演计算,矿体磁性界面距地表 173 m,磁化强度取值 $J_s = 0.02 \times 10^3$ A/m 和 0.03×10^3 A/m。在高程-300 m 以上,矿体 N 倾,倾角 80°,水平厚度约 350 m;在高程-300 m 以下,矿体向 S 倾斜,倾角 80°,水平厚度逐渐增加至 500 m。

(2)1 剖面线:磁性界面距地表 214 m,磁化强度取值 $J_s = 0.01 \times 10^3$ A/m, 0.015×10^3 A/m, 0.025×10^3 A/m 和 0.03×10^3 A/m。在高程-400 m 以上,矿体向 N 倾斜,倾角 80°,水平厚度约 460 m;在高程-400 m 以下,矿体向 S 倾斜,倾角 80°,水平厚度逐渐增加至 570 m。

(3)2 剖面线:磁性界面距地表 245 m,磁化强度取值 $J_s = 0.01 \times 10^3$ A/m 和 0.03×10^3 A/m。在高程-300 m 以上,矿体向 N 倾斜,倾角 80°,厚度约

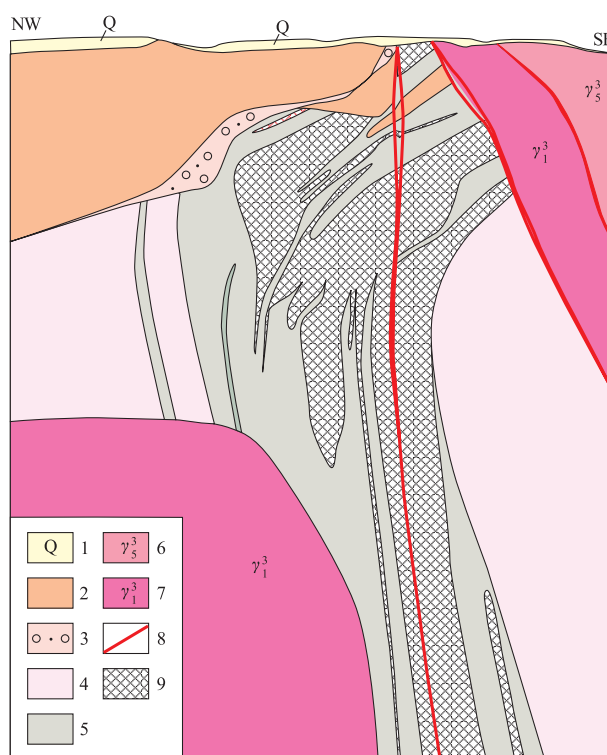


图2 黑石砬子铁矿床2线地质剖面示意图

Fig. 2 Schematic section along line 2 in Heishilazi iron deposit

1. 第四系:黏土及砂质黏土夹砾石;2. 辽河群:绿泥千枚岩、碳质千枚岩;3. 辽河群:底砾岩及不整合界线;4. 鞍山群:绿泥千枚岩、碳质千枚岩;5. 含铁石英岩;6. 燕山晚期千山钾长花岗岩;7. 太古代东鞍山二长花岗岩、斜长花岗岩;8. 断裂;9. 铁矿体

300 m;在高程-300 m 以下,矿体向 S 倾,倾角 80°,水平厚度逐渐增加至 500 m(图 2)。

(4)7 剖面线:磁性界面距地表 502 m,磁化强度取值 $J_s = 0.035 \times 10^3$ A/m。在高程-450 m 以下,矿体向 S 倾斜,倾角 >85°,上部矿体的水平厚度约 250 m,随深度逐渐增加到 340 m。

(5)8 剖面线:磁性界面距地表 240 m,磁化强度取值 $J_s = 0.01 \times 10^3$ A/m, 0.015×10^3 A/m, 0.02×10^3 A/m 和 0.035×10^3 A/m。在高程-400 m 以上,矿体向 N 倾斜,倾角 80°,水平厚度约 200 m;在高程-400 m 以下,水平厚度逐渐增加至 320 m。

6 工程验证及深部找矿效果

2004—2012 年,辽宁省冶金地质勘查院根据综合研究和地质-地球物理推断成果,先后 3 次对黑石砬子磁异常进行系统的探矿工程验证。深部钻探工

程证实,铁矿体赋存于鞍山群樱桃园组中,主矿体规模较大,呈厚层状产出,沿走向实际控制长度 2 030 m,延深至 1 000 m 处尚未尖灭。控制矿体赋存高程为-100~-500 m,厚度一般变化较大。矿体由东向西侧伏,走向 70°~80°。矿体上部倾向 NW,倾角 25°~40°;在高程-200 m 以下,矿体变陡或近直立,深部倒转为倾向 SE,呈现弧形弯曲状态,该矿床为超大型贫铁矿床。由此也证明了在地质找矿中开展地质综合研究、实施地质-地球物理综合推断的重要性。

注释:

- ① 单晓刚. 辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床补充勘探报告. 鞍山: 辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院, 2012.
- ② 杨志辽. 辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床物探总结. 鞍山: 辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院, 2010.

参考文献:

- [1] 周红英,刘敦一,万渝生,等. 辽宁鞍山地区东山杂岩带 3.3~3.1 Ga 期间的岩浆作用——锆石 SHRIMP U-Pb 定年[J]. 地

质通报, 2008, 27(12): 2122-2126.

- [2] 刘敦一,万渝生,伍家善,等. 华北克拉通太古宙地壳演化和最古老的岩石[J]. 地质通报, 2007, 26(9): 1131-1138.
- [3] 万渝生. 辽宁弓长岭含铁岩系的形成与演化[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1993.
- [4] 乔广生,翟明国,阎月华. 鞍山地区太古代岩石同位素地质年代学研究[J]. 地质科学, 1990(2): 158-165.
- [5] 沈保丰. 华北陆台太古宙绿岩带地质及成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [6] 周世泰. 鞍山一本溪地区条带状铁矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [7] 刘如琦,马文念,张宝华,等. 鞍山地区西鞍山至大孤山一带前震旦岩群的古构造形变及对铁矿床的控制[J]. 天津地质调查所所报, 1980(2): 1-27.
- [8] 屈奋雄. 辽宁鞍山地区元古宙岩群构造变形及其对铁矿床分布的控制规律[J]. 地质找矿论丛, 1988, 3(2): 22-37.
- [9] 张宝华,蔡一廷,张文博,等. 鞍山地区早前寒武纪岩群的构造变形[J]. 长春地质学院学报, 1986(2): 47-56.
- [10] 任群智,姚玉增,金成洙. 鞍山黑石砬子铁矿地质特征[J]. 地质与资源, 2007(2): 95-98, 101.
- [11] 丛培强,衣振和,国风华. 鞍山市黑石砬子铁矿剩余异常计算及研究[J]. 黑龙江科技信息, 2012(36): 33-34.

The comprehensive geological-geophysical study and ore prospecting to depth of Heishilazi iron ore deposit

SHAN Xiaogang, WANG Hongbo, LI Zheng

(The Geological Exploration Institute of Liaoning Metallurgically Geological Exploration Bureau, Anshan 114038, Liaoning, China)

Abstract: Residual magnetic anomaly in southern part of Heishilazi iron deposit is a subject to which much attention has paid. The paper analyzes metallogenic setting, ore-control factors and characteristics of the iron deposit and calculates quantitatively the magnetic anomaly. Geological-geophysical inference is made on the deposit and it is inferred that dip of iron ore body to depth is overturned. The inference could explain effectively the residual magnetic anomaly in the mining district and make clear of location of deep ore bodies for further exploration and predict much more mineral resource to depth of the mining district. Large volume of iron resource

Key Words: Heishilazi iron deposit; magnetic anomaly; comprehensive study; ore-searching to depth; Liaoning province