

综合信息技术预测辽宁大台沟铁矿远景资源量

滕寿仁,温德娟,洪秀伟,张红涛
(辽宁省地质矿产调查院,辽宁 沈阳 110031)

摘 要 :在研究大台沟铁矿地质、地球物理特征的基础上,分析了重、磁、电及测井等异常信息与矿体形态的关系。采用综合信息分析技术,并利用实测的矿区岩(矿)石物性参数,结合已有钻孔资料,计算出大台沟铁矿体含矿系数及校正系数。采用 RGIS 磁性矿床定量反演方法预测了矿体边界及下延深度,并估算了大台沟铁矿远景资源量。

关键词 :综合信息;定量反演;远景资源量;大台沟铁矿;辽宁省

PERSPECTIVE RESOURCES ESTIMATED BY COMPREHENSIVE INFORMATION TECHNOLOGY FOR THE DATAIGOU IRON DEPOSIT IN LIAONING PROVINCE

TENG Shou-ren, WEN De-juan, HONG Xiu-wei, ZHANG Hong-tao
(Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources Exploration, Shenyang 110031, China)

Abstract :Based on a detailed study on the geology and geophysics of the Dataigou iron deposit, the relationship between the gravitational, magnetic, electric and logging anomaly information and the morphology of orebody is analyzed. The ore-bearing coefficient and correction coefficient of the deposit are calculated, with comprehensive information analysis technique and surveyed physical parameters of rocks (ores) combined with existing drilling data. Using the RGIS quantitative inversion method for magnetic deposits, the boundary and decurrent depth of orebodies are forecasted. The perspective resources of the Dataigou iron deposit are also estimated.

Key words :comprehensive information; quantitative inversion; perspective resources; Dataigou iron deposit; Liaoning Province

1 概况

综合信息技术是目前估算矿产远景资源量行之有效的办法^①。本文通过对大台沟铁矿的综合信息分析研究,并结合钻孔数据,预测铁矿体边界、下延深度等信息,在节省巨额勘查费用的同时,为下一步矿产勘查工作提供指导性依据。

大台沟铁矿位于辽宁省本溪市桥头镇,赋存于鞍山-本溪铁矿成矿带内,是近年来辽宁省发现最大铁矿体,目前已探明的资源量超过 30 亿吨^②。

矿区内研究程度较高。先后有不同勘查研究单位在工作区内开展了铁矿的普查工作。辽宁省地质局物

测大队在本溪桥头地区针对大台沟磁异常进行地面检查工作,推断航磁异常是由鞍山式磁铁矿引起^③。冶金地质会战指挥部第二物探大队曾对大台沟磁异常开了综合研究工作。根据重磁同源异常特征,推断由鞍山式磁铁矿引起,异常南部块段具高磁性、高密度特征,可能为富矿部位。

2 矿床地质特征

矿区出露的地层主要为新元古宙细河群钓鱼台组、南芬组、桥头组,震旦系康家组,寒武系碱厂组、馒头组。岩性主要为粉砂岩、泥灰岩、泥岩、石英岩、石英

收稿日期 2012-06-04 修回日期 2012-08-23 编辑 张哲

作者简介 滕寿仁(1981—)男,硕士,从事基础地质调查及矿产勘查工作,通信地址 沈阳市皇姑区宁山路 42 号 2512 室 E-mail//tengshouren@126.com

①全国矿产总量预测及预测新方法研究,2009。

②李尔峰,等.大台沟铁矿详查报告.辽宁省地质矿产调查院,2010。

③卢崇海.辽宁省区域矿产总结.辽宁省地质矿产勘查局,2006。

砂岩、硅化大理岩、绢云绿泥石英片岩及太古宙鞍山群含铁岩系的条带状磁铁矿石岩、赤铁矿石岩、赤铁磁铁矿石岩、绿泥片岩^①。

与鞍-本地区已知铁矿类比，大台沟铁矿矿石特征、夹石特征等与鞍山齐大山铁矿相似，其层位应属鞍山群樱桃园组，为变质沉积-火山沉积铁矿，即“鞍山式”铁矿^[2-3]。

矿体顶界面埋深 1100~1200 m，宽度 578~1152 m，平均宽度 870.68 m，矿体最大垂直延伸 809 m。矿体呈单斜层状产出，厚度变化小，变化系数 19.67%。矿石成分简单，矿石矿物主要为磁铁矿、假象赤铁矿和赤铁矿，脉石矿物主要是石英。矿体平均品位 TFe33.07%。

3 重、磁场特征

大台沟航磁异常规模较大，异常长度为 1.7 km，异常宽度 1 km，轴向为北西。由南东向北西方向急剧收缩，异常范围达 52 km²，异常最大值达 3500 γ。化极等值线图上异常形态变化不明显，反映出矿体规模较大；各高度垂向导数图上磁异常仍然存在，表明矿体延伸较深，并且倾角较陡^②。在 1:1 万地磁等值线异常图上，磁异常呈鸭梨型，有明显走向，轴向为北西，两翼梯度变化不大且较平缓，说明矿体埋深较大并且产状较陡。异常向北西方向急剧收缩，说明矿体宽度亦向北急剧变窄。异常峰值较高，达 5900 nT，从形态上看基本与航磁异常图磁异常形态吻合^[1]。

矿区在 1:20 万重力场上为一北西向鸭梨状重力高，因该地区存在基性岩体的可能性较小。同时，经地形校正等五统一改正后，重力异常形态与航磁异常形态相近似，异常中心位置较为吻合，说明该异常为重、磁同源异常。因此推断重、磁异常中心部位也是矿体的中心部位^{③[4-5]}(见图 1)。

4 EH4 电磁剖面特征

EH4 电导率测量方法在铁矿勘查工作中的应用还处于试验研究阶段。通过电阻率的空间分布，结合深部钻孔资料，对可能的矿体产状、空间展布特征进行研究^[6]。

从垂向看，矿体的顶界面为浪子山组硅化大理岩和石英岩，电阻率分别为 7918 Ωm 和 12229 Ωm

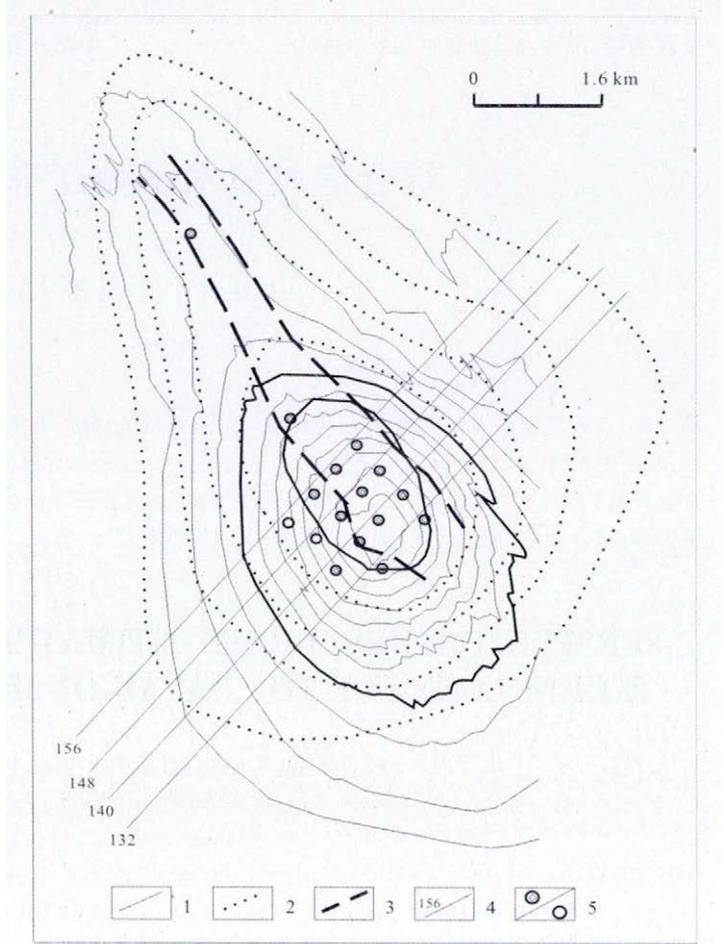


图 1 重、磁异常对比图

Fig. 1 Comparison between gravity and magnetic anomalies
1—磁异常等值线(isopleth of magnetic anomaly) 2—重力异常等值线(isopleth of gravity anomaly) 3—控制矿体边界线(controlled orebody boundary) 4—磁法精测剖面(high-precision magnetic profile) 5—见矿钻孔/未见矿钻孔(drill hole with ore/ drill hole without ore)

(见图 2) 而赤铁矿体电阻率为 3165 Ωm，为相对低电阻率。因此在剖面图上，上部出现高阻区，下部出现低电阻率区，分界处就应是矿体的顶界面，在本剖面上反映得较好。同样矿体的南西边界为太古宙混合花岗岩，也为相对高电阻率区域，在高、低电阻率过渡区应为矿体的分界线。矿体的北东边界围岩为绿泥石英片岩，电阻率为 13362 Ωm，也为相对高阻区。

EH4 连续电导率剖面总体上反映了矿体的大致边界，在深部反映有疑似矿体异常。但是矿体的南西边界在断面图上反映不是很明显。边界的确定存在多解性，因此我们可以利用测井等数据相互约束补充^{④[7]}，

①李尔峰,等.大台沟铁矿详查报告.辽宁省地质矿产调查院,2010.
②滕寿仁,等.辽宁省磁性矿床估算报告.辽宁省地质矿产调查院,2010.
③刘士毅,等.我国物探化探找矿思路与经验初析.2006.
④孙鹏惠,等.辽宁省铁矿资源潜力评价成果报告.辽宁省地质矿产调查院,2010.

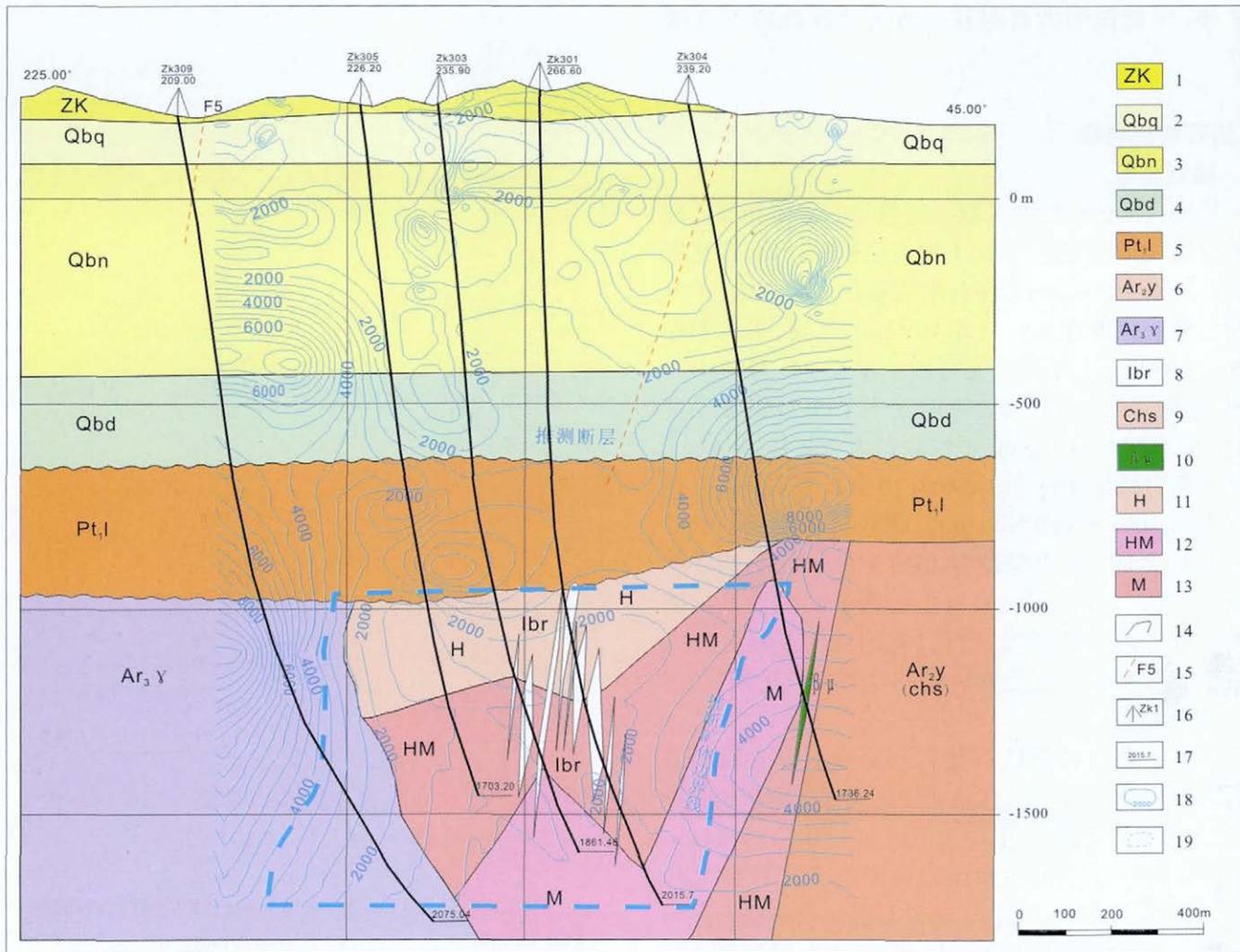


图 2 156 号勘探线控制与 EH4 推断矿体边界对比图
(引自大台沟铁矿勘查报告)

Fig. 2 Comparison of orebody boundaries between that controlled by exploratory line and that concluded by EH4

1—康家组页岩、泥灰岩、粉砂岩(shale, marl and siltstone) ;2—桥头组石英砂岩夹页岩、砂质页岩、海绿石英砂岩(quartzose sandstone with shale and sandy shale) ;3—南芬组灰岩、页岩(limestone and shale) ;4—钓鱼台组石英砂岩(quartzose sandstone) ;5—辽河群硅化白云质大理岩、绢云石英片岩(silicified dolomitic marble and sericite quartz schist) ;6—鞍山群樱桃园组条带状磁铁赤铁石英岩、绿泥片岩(banded magnetic hematitic quartzite and chlorite schist) ;7—花岗质片麻岩(granitic gneiss) ;8—条带状磁铁石英岩(banded magnetic quartzite) ;9—绿泥片岩(chlorite schist) ;10—辉绿岩(diabase) ;11—赤铁矿石(hematite ore) ;12—混合矿石(mixed ore) ;13—磁铁矿石(magnetite ore) ;14—推测地质体界线(inferred geologic boundary) ;15—推测断层及编号(inferred fault) ;16—钻孔位置及编号(drill hole and code) ;17—钻孔深度(depth of drill hole) ;18—EH4 测深曲线(EH4 sounding isopleth) ;19—EH4 推断矿体边界(EH4 inferred orebody boundary)

达到目的.同时,从剖面图上可以看出,低阻区向下还存在连续性,说明该铁矿深部还存在较大潜力.

5 综合测井特征

三分量曲线特征明显,磁性过渡层处于辽河群浪子山组硅化大理岩,鞍山群顶界面出现明显磁性界面.盖层磁化率相对于太古宇樱桃园组及以下含铁地层几乎为零,而硅铁建造内部曲线形态分为稳定曲线和跳跃曲线,稳定曲线代表了硅铁建造的稳定发育和赤铁

矿、夹层的发育情况.自然伽玛测井主要测量钻孔中地层的天然放射性强度.大台沟矿区由地表向下,依次为震旦系、新元古界青白口系、古元古界辽河群和新太古界鞍山群地层.从岩性特征上看,由砂岩、页岩、泥灰岩、大理岩、片岩和铁矿组成.其井中自然伽玛值最高的为黑色页岩,其次是泥灰岩、片岩、砂岩、大理岩,最低的为铁矿,尤其是 1750 m 以下的条带状磁铁、赤铁石英岩含量接近零值.铁矿自然伽玛值平均变化范围在 0~6 API,围岩变化较大且不稳定,变化范围 40~120 API,明显高

于矿体. 由此说明大台沟铁矿放射性极低或不含放射性.

6 岩石物性特征

6.1 磁性特征

从勘查区钻孔岩心采取一定数量的矿体和围岩标本进行物性参数测定. 铁矿上覆盖层磁性较低, 磁化率在 $2.8\sim 78.6(10^{-4}\times 4\pi\text{SI})$ 之间, 平均磁化率为 $20.9(10^{-4}\times 4\pi\text{SI})$; 剩磁强度在 $0.8\sim 51.6(10^{-1}\text{A/m})$ 之间, 平均剩磁为 $9.17(10^{-1}\text{A/m})$. 赤铁石英岩磁化率在 $34\sim 776(10^{-4}\times 4\pi\text{SI})$ 之间, 平均磁化率 $229.4(10^{-4}\times 4\pi\text{SI})$; 剩磁强度在 $26\sim 833(10^{-1}\text{A/m})$ 之间, 平均剩磁为 $269.4(10^{-1}\text{A/m})$. 磁铁石英岩磁化率在 $262\sim 5603(10^{-4}\times 4\pi\text{SI})$ 之间, 平均磁化率为 $2095.9(10^{-4}\times 4\pi\text{SI})$; 剩磁强度在 $184\sim 8583(10^{-1}\text{A/m})$ 之间, 平均剩磁为 $1892.5(10^{-1}\text{A/m})$. 条带状磁铁石英岩、赤铁石英岩与上覆围岩的磁性差异明显^①[8], 差了两个数量级. 因此, 利用磁性差异进行资源量估算及井中分层是该矿区非常有效的手段.

6.2 电性特征

矿区内条痕状磁铁石英岩和赤铁石英岩具明显的低阻高极化特征^[9-10], 其他岩性之间视极化率相差不大, 但电阻率变化较大, 平均变化范围 $13362\sim 1843\ \Omega\text{m}$, 显示良好的电性差异. 上覆围岩视极化率处于 $1\%\sim 4\%$ 之间, 其中以砂岩类为最低. 磁铁石英岩及赤铁石英岩在 $10\%\sim 17\%$ 之间, 且变化不大, 较为稳定, 明显高于其围岩, 分界面明显^[10].

7 远景资源量估算

通过对大台沟铁矿的重磁电综合信息研究, 我们认为该铁矿深部还存在较大潜力^[11]. 在综合整理了重磁电资料及岩(矿)石物性参数的基础上, 对该铁矿进行深部定量正、反演计算, 探求远景资源量.

7.1 计算参数确定

定量计算的基础为磁参数的确定, 没有精确的磁参数, 计算结果就会大打折扣. 本文所利用的磁参数均为实测, 可信度较高.

7.2 定量反演矿体空间形态

运用 RGIS 定量反演软件进行定量计算^[12-13] 通过正、反演计算, 大台沟铁矿下延深度超过 3000 m. 钻孔资料反映的矿体空间形态比较有限, 它只能对钻孔之间的矿体加以推断连接, 而综合信息技术可以反映出完整的矿体空间三维形态(见图 3).

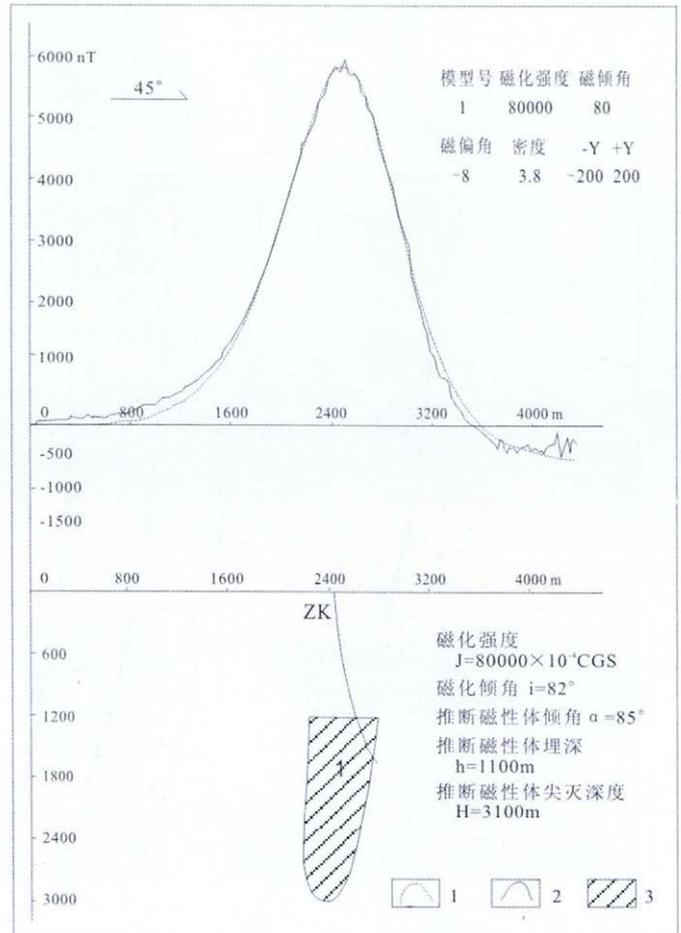


图 3 大台沟 132 剖面磁力异常 (ΔT) 定量反演曲线

Fig. 3 Quantitative inversion curve of magnetic anomaly (ΔT) along No. 132 profile in Dataigou iron deposit
1—实测磁异常曲线 (surveyed magnetic anomaly) 2—理论磁异常曲线 (theoretic magnetic anomaly) 3—反演地质体 (inferred geologic body by inversion)

7.3 校正参数确定

通过大台沟钻孔勘探资料得到大台沟铁矿平均品位 30.38%, 矿体水平宽度 H_k 在 800~1220 m 之间, 平均宽度 1000 m; 夹石层累计厚度根据钻孔岩心得出 H_j 平均为 4 m, 则

$$K = (H_k - H_j) / H_k = 1000 / (1000 + 4) = 99.7\% \approx 1$$

结合已知矿体形态, 大台沟铁矿实际的磁性体为厚层块体, 在此基础上 $k=1$.

体积校正系数包括形态校正系数 k 和含矿系数 K 两项, 即:

$$K_i = k \times K = 1 \times 1 = 1$$

7.5 计算矿体资源量

$$\text{计算公式}^{[12,14]}: Q = S \times L \times k \times \sin(a) \times d \times K$$

①刘士毅, 等. 我国物探化探找矿思路与经验初析. 2006.

式中 S 为拟合出的已知矿产地深部及外围磁性矿体的截面积; L 为已知矿产地查明矿体走向长度; $\sin(a)$ 为已知矿产地对应的磁异常长轴与拟合计算剖面线夹角 a 的正弦; ρ 为磁性矿石密度; k 为形态系数; K 为含矿系数。

截面积 S 根据查明矿体结果和 2.5D 拟合结果确定, 为厚度与宽度的乘积; 走向长度 L 沿用已知矿体走向长度; a 角为实测得出; 矿石密度据实测资料; k 为依据已知矿体形态得出; K 为钻孔实际测得含矿率^[15]。最终预测大台沟铁矿远景资源量 1 083 531 万吨。

8 结语

地球物理综合信息技术对深部矿体形态预测有很好的效果^[16], 一种物探方法解释具有多解性, 我们可以运用地球物理综合信息技术, 排除干扰信息。在大台沟铁矿异常研究过程中, 通过重、磁异常可以判断出异常为铁矿引起。测井信息可较为可靠地确定磁性矿体顶界面。EH4 断面+地磁剖面可有效地推断出矿体边界、下延深度、上覆地层及构造形态。最后, 结合平面异常形态利用地质-地球物理定量反演方法可以估算出引起该异常的铁矿体资源量^[14, 17]。

(1) 太古宙硅铁建造具有高磁、高重力的特征, 结合航磁、重力资料对比研究可以确定异常是否为铁矿体引起的异常。如果异常为重、磁同源异常, 即可排除酸性岩体及火山岩引起异常的可能性。

(2) 通过研究大台沟铁矿地质特征、磁异常平面特征、EH4 及综合测井等地质-地球物理综合信息, 可以大体确定铁矿体走向长度、宽度、埋深等矿体大致信息, 为下一阶段工作提供技术参考, 既提高了效率, 同时也节约了成本。

(3) 利用实测大台沟铁矿岩(矿)石物性参数, 经 GIS 定量反演计算, 大台沟铁矿体埋深在 1100 m 左右, 下延深度超过 3000 m, 远景资源量在百亿吨以上。

参考文献:

- [1] 徐光禹, 等. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1982.
- [2] 李士江, 全贵喜. 鞍山-本溪地区含铁变质地层的划分与对比[J]. 地质找矿论丛, 2010, 25(2): 107—111.
- [3] 王福利. 浅谈鞍山式富铁矿地质特征及找矿方向[J]. 吉林地质, 2008, 27(2): 45—51.
- [4] 国土资源部. 全国矿产资源潜力评价磁测资料应用技术要求[S]. 2007.
- [5] 熊光楚. 磁铁矿床上磁异常的解释推断[M]. 北京: 中国工业出版社, 1964.
- [6] 管志宁. 地磁场与磁力勘探[M]. 北京: 地质出版社, 2005.
- [7] 郝旭, 王付良, 李树文. 综合物探方法在寻找磁铁矿中的应用[J]. 河北煤炭建筑工程学院院报, 1995(3): 35—40.
- [8] 方如恒. 辽宁铁矿类型与演化[M]. 辽宁地质, 1995(2): 108—147.
- [9] 孟贵祥, 兰险. EH-4 电导率成像系统的特点及其在金属矿勘探中的应用[J]. 矿床地质, 2006(1): 36—42.
- [10] 郭建强, 武毅, 邵汝君, 等. Stratagem TMEH-4 电导率成像系统简介及应用[J]. 物探与化探, 1998, 22(6): 458—464.
- [11] 周世泰. 鞍山-本溪地区条带状铁矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [12] 张明华, 等. 区域重磁信息系统 GIS 使用手册[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- [13] 董英君. 应用重磁方法勘查铁矿的效果[J]. 矿床地质, 2006, 25(3): 321—328.
- [14] 曾玉, 姜枚. 地球物理方法的综合应用[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [15] Butler D K. Generalized gravity gradient analysis for 2-D inversion[J]. Geophysics, 1995, 60(4): 1018—1028.
- [16] 刘光海, 王原钧. 数据处理在重磁异常解释中的应用及其地质效果[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所刊, 1986(2): 222—231.
- [17] 祁民, 张宝林, 等. 运用综合预测方法组合快速发现内蒙古中部隐伏大型铜钨金属矿勘查基地[J]. 地质与勘探, 2009, 45(6): 676—682.