

河北迁安变质铁矿床深部找矿突破 及富矿成因探讨

汤绍合

(首钢地质勘查院地质研究所, 北京 100144)

摘要: 通过 2005 年 12 月—2009 年 6 月实施的全国危机矿山接替资源找矿项目,在河北省迁安铁矿床的深部取得了重大的找矿突破,钻孔见矿率达 78.26%,新增铁矿资源量 2.43×10^9 t,其中,杏山铁矿 C22 线 XZK0610 孔和 XZK0618 孔均见到厚大矿体,全孔累计见矿进尺厚度分别为 209.04 m 和 169.41 m。同时在 XZK0610 孔深 915.84~970.33 m 处为富矿,富铁矿体进尺长度 54.49 m, $w(\text{TFe})$ 最高为 59.56%,平均品位 53.48%,富矿产于贫矿体中,呈层状产出,贫矿体与富矿体呈互层状,富铁矿体与贫矿层属同沉积—变质成因。

关键词: 变质铁矿;深部找矿突破;富矿成因;河北迁安

中图分类号: P611;P618.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2012)03-0271-07

0 引言

铁矿是战略性矿产资源。我国自“十五”以来,铁矿的新增探明储量和保有储量均呈下降之势,近年我国铁矿资源对外依存度约 40%^[1]。在我国各省(区、直辖市)的已探明铁矿储量中,河北省大致排名第二,其中迁安地区是河北省重要的铁矿基地之一。首钢迁安矿山面临着需要以新增铁矿资源储量确保持续发展的严峻形势。

在 2005 年 12 月—2009 年 6 月实施的全国危机矿山接替资源找矿项目“河北省迁安县首钢迁安铁接替资源勘查”中,首钢地质勘查院地质研究所在迁安铁矿区的二马和杏山地段开展了矿山外围及深部铁矿地质勘查工作,大致查明了 2 个勘查区范围内铁矿的地质情况和资源量,为首钢新增铁矿接替资源 2.43×10^9 t,并发现品位(TFe)大于 50%的富铁矿 350×10^4 t,获得了显著的经济效益。而且,通过进一步研究富铁矿的成因,可以丰富和发展富铁矿体成因的相关理论,为贫矿层中勘查富矿提供依据。

1 迁安地区变质铁矿地质概述

迁安地区位于华北地台的迁安隆起,属马兰峪—山海关复背斜的组成部分。迁安地区的太古宙变质铁矿围绕着迁安隆起的周边分布。迁安隆起的面积约 1 000 km²,呈卵形产出,其基底岩层等深线显示,在迁安市附近基底岩石的埋深最浅,向四周则依次变深;在其边缘东西两侧分布着由太古宙迁西群含铁变质岩系所组成的弧形褶皱带。二马铁矿床位于西部褶皱带的东部南段,杏山铁矿床则位于西部褶皱带的南端。

西部褶皱带是迁安地区最重要的变质铁矿成矿带,由一系列复向斜带和大石河紧密褶皱区构成。其南北两端分别由 EW 向的黄金寨断裂、曹庄断裂与其他地质体分隔。中部近 EW 向的横山断裂则将西部成矿带分为南北两区,北区以柳河峪大断裂为界分为东、西 2 个矿带。二马铁矿床位于北区东矿带的裴庄—二马次向斜带上,杏山铁矿床位于南区的护国寺—杏山—黄柏峪复式向斜带上(图 1)。

收稿日期: 2012-07-17; 改回日期: 2012-08-28; 责任编辑: 余和勇

基金项目: 全国危机矿山接替资源找矿项目(编号:200513001)资助。

作者简介: 汤绍合(1966-),男,教授级高级工程师,学士,主要从事地质矿产勘查与研究。通信地址:北京市石景山区,首钢地质勘查院地质研究所;邮政编码:100144;E-mail:tsh196606@163.com

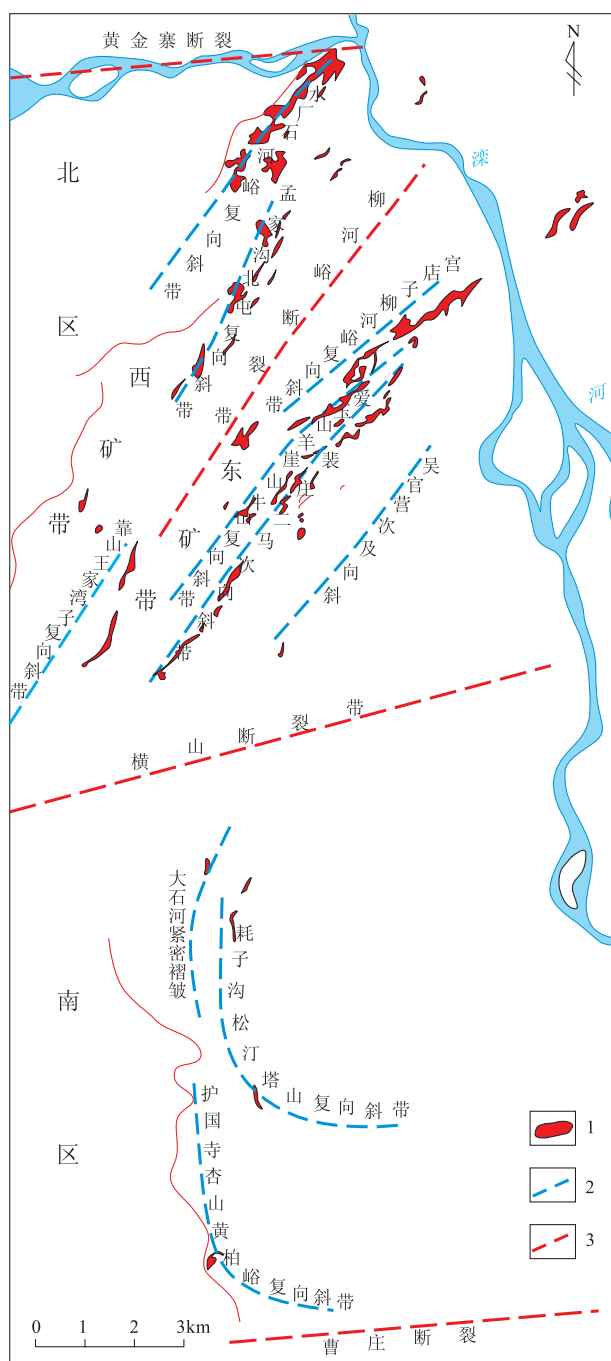


图1 迁安铁矿区褶皱(矿)带展布图

Fig. 1 Map showing distribution of fold (iron ore)

belts in Qianan mining district

1. 铁矿体; 2. 复向斜、向斜; 3. 断裂

2 地面磁异常引领深部探矿趋向

在地球物理探矿方法中,磁法测量是勘查磁铁矿床最为重要的技术方法之一。航空磁法和地面磁法圈定的磁异常是地下不同深度、不同规模磁性体的直接反映。本区含铁建造的磁铁矿矿体具有强磁性,特别是矿体产状较陡时会引起强磁异常。区内

铁矿体主要由磁铁矿组成,且其倾角大多 $>45^\circ$,故磁法是本区勘查隐伏矿体的主要技术方法。对磁异常的合理解释应该以铁矿的地质认识为前提。

2.1 二马铁矿床地面磁异常释义

二马铁矿床位于东矿带的东部南段,整个矿床全长 2 000 m,依据矿体特征和赋矿层位的单斜构造特点,二马铁矿床可分为北段、中段和南段 3 部分。北段位于 N1200 线—N200 线间,矿体平均厚度为 40.7 m,探明最大延伸为 250m,走向 30° ,倾向 NW,倾角 $30^\circ\sim 65^\circ$,矿体地表陡而深部变缓;中段位于 N200 线—S150 线间,向下延深至 S500 线,平均厚度 37.02 m,走向 $20^\circ\sim 30^\circ$,倾向 NW,倾角 $20^\circ\sim 80^\circ$;南段位于 S150 线—S1150 线间,矿体平均厚度 18.22 m,走向 $30^\circ\sim 40^\circ$,倾向 NW,倾角 40° 。推测铁矿体越过 S1150 线后仍有存在,向南可延伸到 S1800 线。

由剩余磁异常平面图(图 2)解释可知,二马矿体在 S1150 线以南仍有延伸。宫店子—二马铁矿带扣除已探明铁矿体后仍有剩余磁异常。二马矿体的东西两侧存在范围较大的剩余磁异常。剩余磁异常不仅宽度大,且异常轴走向与矿体走向一致,说明其是矿致异常。推断矿体向深部有较大的延伸。

2.2 杏山铁矿床地面磁异常释义

杏山铁矿床地表有露头矿体,NE 向断裂错切了杏山向斜构造。向斜枢纽总体走向约为 350° ,向 S 倾伏,倾伏角 40° 左右,轴面倾向 SW,倾角 75° 左右;向斜东翼倾向 SW,倾角 $50^\circ\sim 56^\circ$;西翼倾向 SEE,倾角 $60^\circ\sim 65^\circ$ 。整个向斜向北扬起,向南倾伏。杏山铁矿地表低缓磁异常形态和规模见图 3。

杏山铁矿地表的低缓异常习惯上称为杏山—脑峪门异常,在 1:10 000 迁安矿区磁异常平面图上显示出它是南区乃至全矿区范围最大的异常,由 800 nT 圈定面积 $>3\text{ km}^2$,为一个北西端伴有负异常帽子,由 SE 走向向 EW 方向转的倒“U”字形态,显示矿体形态为向斜构造的特征。由于杏山矿体有露头,故北西端的磁异常强度大、梯度陡;而脑峪门段异常除了地表有些小矿体之外,大部分异常是深部矿体的反映。虽然以往在近地表至中等深度(—600 m 左右)的钻孔见到了一些厚度不大的矿体,但反演的结果抵消不了地面如此强大的剩余磁异常。以往曾对该异常进行剩余异常的研究,得到一个强度达 3 000 nT 的 EW 走向的剩余异常,说明异常向南部深部仍有厚大矿体存在,这与杏山铁矿体向 S 倾伏的特点是一致的。

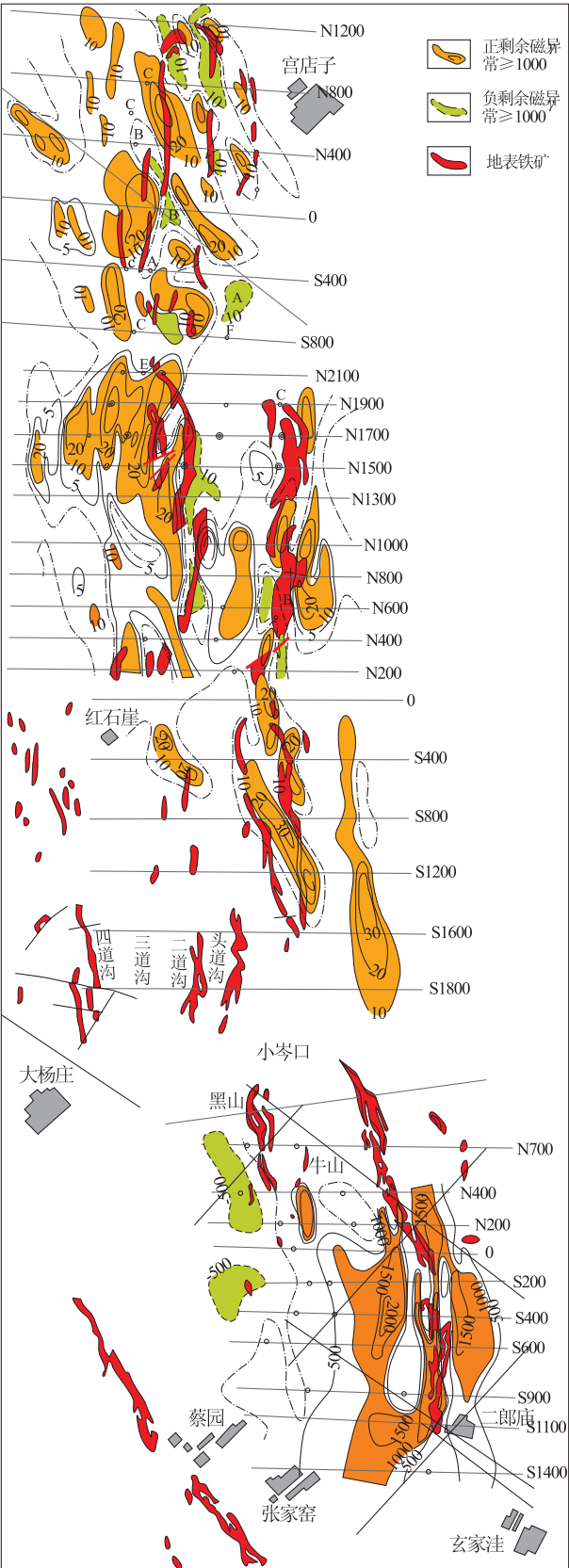


图 2 宫店子—二马矿带勘探后期剩余磁异常平面图
Fig. 2 Residual anomaly Plan in late stage of iron ore exploration at Gongdianzi-Erma iron ore belt

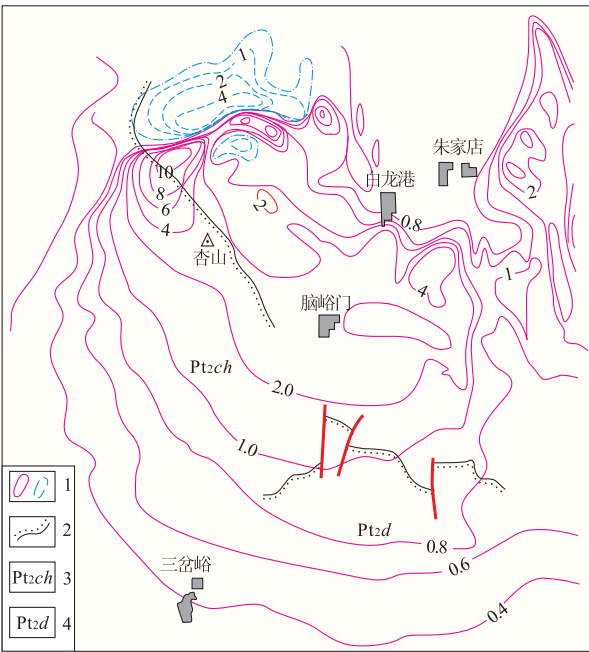


图 3 杏山铁矿床地面磁异常平面图
Fig. 3 Plan of ground magnetic anomaly at Xingshan iron deposit
1. 磁异常等值线; 2. 不整合面;
3. 长城系常州沟组; 4. 长城系大红峪组

3 深部探矿突破及其意义

根据全国危机矿山接替资源找矿项目管理办公室下达的任务书,2006 年 3 月开始,首钢地质勘查院地质研究所实施勘查的河北省迁安县首钢迁安铁矿接替资源勘查项目,在迁安铁矿区的二马和杏山地段开展了矿山外围及深部铁矿地质勘查工作,目的是大致查明 2 个勘查区范围内铁矿的地质情况和资源量,为首钢接替资源的进一步勘查工作奠定基础。

本次接替资源勘查工作共完成钻探施工 37 291.95 m/42 孔,见矿率为 78.26%。杏山 C22 线的 XZK0610 孔和 XZK0618 孔均见到厚大矿体,全孔累计见矿进尺厚度分别为 209.04 m 和 169.41 m。其中,XZK0610 孔深 915.84~970.33 m 处为富矿,进尺厚度 54.49 m, $w(\text{TFe})$ 品位最高 59.56%,平均品位 53.48%,这是迁安地区乃至全国条带状变质铁矿中勘查富矿的重大突破,不仅具有显著的经济效益,而且丰富和发展了富铁矿体成因的相关理论,为在贫铁矿层中勘查富矿提供了依

富铁矿体的累计视厚度 54.49 m,品位 $w(\text{TFe}) = 49.4\% \sim 59.56\%$, 12 件样品的平均品位为 53.48%,这一数值与本区以往地勘报告中的薄层富铁矿的平均品位基本一致。迁安地区以往查明的贫铁矿的品位 $w(\text{TFe}) = 25\% \sim 30\%$,主体位于浅部—中部,而 XZK0618 号孔矿层中 49 件样品的品位 $w(\text{TFe}) = 20.81\% \sim 44.55\%$,平均 34.26%,最高品位 $w(\text{TFe}) = 44.55\%$,品位 $>30\%$ 者有 33 件,占样品总数(49 件)的 67.3%。

总体看,贫矿体的全铁品位自地表向深部有增高的趋势。这不仅表现在 XZK0610 钻孔的贫矿中,而且未见富矿体的 XZK0618 钻孔的贫矿体亦然。

富矿体属单孔揭示,同一勘探线(C22 线)的 XZK0618 号钻孔则未见富矿体,单样品最高品位为准富矿(44.55%),而 XZK0610 北东侧的 XZK0611 钻孔没有见到厚层贫矿及其中的富矿体。XZK0610 揭示的富矿体被断层错断。据此认为,富矿体的原始形态为透镜体,目前所见大约原矿体的 1/2。

富矿体的矿物成分为金属矿物和脉石矿物。金属矿物主要为磁铁矿,少量为假像赤铁矿和黄铁矿;脉石矿物以石英为主,次为镁铁闪石及辉石,少量碳酸盐矿物。副矿物主要为磷灰石、锆石等。

(1)磁铁矿:呈他形一半自形粒状集合体,多呈条带状分布。与镁铁闪石、辉石镶嵌构成暗色条带并呈细脉穿切和交代镁铁闪石和辉石晶体;或与石英犬牙交错互相包裹镶嵌组成浅色条带,被石英包裹的磁铁矿呈自形一半自形。磁铁矿有含量为 60%~80%。

(2)黄铁矿:呈星点状,他形粒状,含量 $<1\%$ 。分布在磁铁矿中,交代磁铁矿现象明显。

(3)石英:呈他形粒状,呈锯齿状互相镶嵌,拉长定向排列,含量 20%~40%。受混合岩化及构造的影响,石英颗粒有加粗现象。

(4)镁铁闪石:多为长柱状,聚片双晶发育;与磁铁矿、辉石镶嵌在一起组成暗色条带。

(5)辉石:为透辉石和紫苏辉石。透辉石呈短柱状,灰绿色, $C \wedge Ng = 38^\circ \sim 40^\circ$, 多与紫苏辉石共生,经常蚀变为绿泥石;紫苏辉石呈短柱状,褐色—紫红色多色性为特征,也有变斑晶出现,常蚀变为黑云母和绿泥石。

富铁矿体的矿石构造有 2 类:细粒富铁矿石呈纹层状构造;中粗粒富铁矿石呈块状构造,局部可见重结晶加大,呈变斑晶特征。显微镜下显示,从贫矿到富矿,矿石组构由条纹条带状过渡演化为中细粒

变晶结构、粗粒变晶结构、致密团块状构造,原贫矿中的条纹条带特征几乎全部消失。

富铁矿体的围岩蚀变常见绿泥石化,呈分散状分布于磁铁矿体周边,蚀变过程中游离出来的部分铁质组分可能迁移并叠加于富矿体中。富铁矿石中碳酸盐化广泛发育,主体呈显微脉状或显微网脉穿切铁矿物,应是富矿形成后热液叠加的产物。此外,石英显微脉穿切富矿石也较常见,但发育程度远不如碳酸盐脉。

杏山含铁建造中的层状斜长角闪岩和黑云母变粒岩的锆石离子探针 U-Pb 年龄为 25.2 Ga, 25.4 Ga^①,应视为含铁建造的成岩—成矿年龄。

4.2 富铁矿体成矿条件分析

关于贫矿层条件。富铁矿体与贫矿体呈互层状产出,富铁矿体产于相对厚度大和品位较高的贫矿体中,反映初始成矿物质富集的不均衡性。因此,沉积时品位较高的贫矿层应是形成富铁矿体的重要基础条件。

关于构造条件。新发现的富矿体主要产于陡立歪斜向斜构造的一翼。钱祥麟等^[2]所称冀东薄层富铁矿受层间断裂控制的现象在本次发现的富铁矿体中未有显现;前人总结的富矿体受褶皱构造转折端或向斜轴部控制的情况也不明显。所以,构造对富铁矿体的控制作用还有待深入研究。

关于混合岩化或混合岩化热液条件。区域混合岩化或混合岩化热液对变质铁矿的影响是存在的。杏山—护国寺—脑峪门一带出露的大面积混合岩和混合片麻岩中仍然保留着数量不等、大小不一的麻粒岩、片麻岩、斜长角闪岩以及磁铁石英岩残留体,这些残留体的长轴延伸方向与混合岩片麻理方向一致,反映了变质变形(即成岩成矿)后期存在着区域性的原地一半原地重熔岩浆活动,有助于沉积铁矿层的重结晶和相对富集。

4.3 铁质的来源

宫店子铁矿和二郎庙铁矿床中黄铁矿的硫同位素 $\delta(^{34}\text{S})$ 分别为 -0.9×10^{-3} 和 $+1.0 \times 10^{-3}$ ^[2],显示幔源硫的特征。这 2 个矿床与杏山矿床的含铁层位均为三屯营组。孟家沟铁矿的含铁层位位于三屯营组下部的太平寨组,该铁矿中黄铁矿的硫同位素 $\delta(^{34}\text{S}) = +0.4 \times 10^{-3}$ ^[2],与前述 2 个矿床一致,硫源亦来自于上地幔。

迁安太平寨西南苇子峪一带的二辉石岩和角闪二辉石岩中,夹有数个长 10 m,厚 1~2 m 的透镜状含辉石磁铁矿的富矿体,目估品位(TFe)达 70%以

上,推断大量基性—超基性火山喷发是铁质的主要来源^[3]。迁安地区变质铁矿磁铁矿的氧同位素数据具塔式效应,众值区间为 $+2 \times 10^{-3} \sim +7 \times 10^{-3}$,峰值约为 4×10^{-3} ^[2],与基性—超基性岩的 $\delta(^{18}\text{O})$ ($+5.4 \times 10^{-3} \sim +6.6 \times 10^{-3}$)接近^[3]。

区内变质铁矿的富铁条带中多见细小的晶屑状斜长石,贫铁矿条带中亦常见细小($0.005 \sim 0.01 \text{ mm}$)晶屑状角闪石或辉石被包裹在石英中,它们均系火山碎屑物质;铁矿石中普遍存在自形细粒(粒径约 0.01 mm)磁铁矿在石英中呈包裹体状(他晶)产出,而且往往呈线状平行排列,有可能是变质作用形成的定向组构^[4],但也不排除是残留下来的某种沉积构造^[5]。铁矿石中石英的氧同位素 $\delta(^{18}\text{O}) = 10 \times 10^{-3} \sim 13 \times 10^{-3}$,磁铁矿的 $\delta(^{18}\text{O}) = -2 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-3}$,可视为喷气沉积成因^[6]。迁安地区含铁建造中含石墨变粒岩(27件)、石墨夕线斜长片麻岩(4件)中石墨的碳同位素 $\delta(^{13}\text{C}) = -29.3 \times 10^{-3} \sim -17.6 \times 10^{-3}$ (图7),峰值为 -21×10^{-3} ,均值为 -22×10^{-3} ^[3],显示沉积成矿时有生物碳的参与。反映由基性—中基性火山喷发到正常沉积的多旋回沉积建造特征。

4.4 富铁矿体的成因

迁安地区的变质铁矿床形成于大陆边缘活动带海盆地的地球动力学环境,产于幔源岩浆强烈活动并有陆源沉积物和生物参与的火山盆地。矿体呈层状产出,条纹、条带状矿石构造,含矿建造中含层状有机碳等,显示是原始沉积的产物。

鉴于迁安地区的富铁矿体产于贫矿体中,与贫

矿体呈互层状整合产出,贫矿体矿石中呈条纹状或细条带状构造,因此块状的富铁矿体与贫矿层均属沉积成因。尽管富矿体在变质变形期受到叠加改造而使铁矿品位产生富集,但其原始成因同贫铁矿体是一致的。富铁矿成因:厚层贫铁矿和富铁矿为同生沉积,同生沉积阶段(大陆边缘活动带海盆地环境中,幔源岩浆强烈活动并有陆源沉积物和生物参与的火山喷发)局部铁质富集,形成了富矿体的雏形,经过变质结晶、构造变形导致矿层的塑性流动,以及后期热液叠加导致矿物重结晶,磁铁矿变富。

5 几点建议

(1)杏山铁矿深部厚层铁矿的发现对迁安矿区深部扩大找矿效果具有指导意义。例如,正在进行的白马山铁矿深部在已知矿体下面又发现了厚度超过 200 m 的铁矿层,且钻孔见矿率达 100% 。建议用本次工作成果再次分析原有的勘查资料,进一步扩大铁矿资源的突破口。

(2)经过40余年的开发,迁安矿区近地表的铁矿体已经开采殆尽。结合本次深部找矿的新认识,对已有的磁异常应当进一步的解释研究,建立本区的磁异常评价准则和定量计算模型,从而有效地指导迁安铁矿资源的二次开发工作。

(3)利用迁安矿区50余年积累的大量钻孔资料,在迁安矿区建立三维立体找矿数字模型,综合预测深部矿体,对扩大迁安矿区的铁矿资源量具有现实意义。

注释:

- ① 徐文艺,汤绍合. 迁安铁矿区条带状含铁建造的成矿模型与找矿模型综合研究(科研报告). 北京:首钢地质勘查院地质研究所, 2007.

参考文献:

- [1] 周宏春,王瑞江,陈仁义,等. 中国矿产资源形势与对策研究[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [2] 钱祥麟,崔文光,王时麒,等. 冀东前寒武纪铁矿地质[M]. 石家庄:河北科学技术出版,1985.
- [3] 兰玉琦,施性明,李占德,等. 冀东迁安太古代变质地质[M]. 长春:吉林科学技术出版社,1990.
- [4] 程裕淇,赵一鸣,林文蔚. 中国铁矿床[M]//中国矿床:中册. 北京:地质出版社,1994:386-479.
- [5] 张贻侠,叶挺松,闫鸿铨,等. 冀东太古代地质及变质铁矿[M]. 北京:地质出版社,1986.

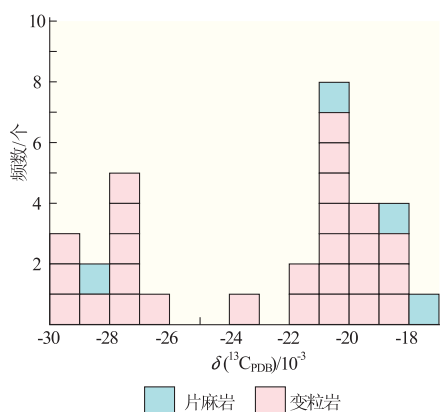


图6 迁安地区变质岩中石墨的 $\delta(^{13}\text{C}_{\text{PDB}})$ 分布直方图

Fig. 6 $\delta(^{13}\text{C}_{\text{PDB}})$ histogram of graphite from metamorphic rocks in Qian'an area

[6] 沈其韩. 华北地台早前寒武纪条带状铁英岩地质特征和形成的地质背景[C]//华北地台早前寒武纪地质研究论文集. 北

京:地质出版社,1998:1-32.

Breakthrough in exploration at depth of metamorphic iron deposit in Qian'an country, Hebei province and discussion on genesis of the rich ore

TANG Shao-he

(Institute of Geological Research, ShouGang Geological Exploration, Beijing 100144, China)

Abstract: A significant breakthrough was made in exploration at depth of Qianan metamorphic iron deposit during the execution of resource substitution exploration project of crisis mines. Drill holes were completed with iron ore-hit rate about 78%. Resource/reserve 233 of 2.43×10^9 t was newly located. Drill holes XZK0610 and XZK0618 at C22 line in Xiangshan iron mine all encountered big and thick ore bodies and the accumulative thickness of ore layers hit in the two holes are 209.04 m and 169.41 m respectively and rich iron ore is hit at interval 915.84—970.33 m in drill hole XZK0610. The rich iron ore penetration length is 54.49 m and maximum $w(\text{TFe})$ is 59.56%, the average 53.48%. The rich iron ore layers are interbedded with the poor iron ore layers thus the rich and the poor are syn-sedimentary genetically.

Key Words: metamorphic type iron ore; ore-searching breakthrough at depth; Genesis of rich iron ore; Qianan county; Hebei province