

河北迁安马兰庄铁矿沙河山矿段控矿构造再认识

汤绍合

(首钢地质勘查院地质研究所, 北京 100144)

摘要: 马兰庄铁矿属鞍山式沉积变质铁矿。以往的工作证实,矿体受倒转向斜构造控制,向斜走向 30° ,轴面倾向 NW,倾角 $70^\circ\sim 80^\circ$;向斜的 NE 端翘起,倾伏方向 SW,倾角 18° 。近几年,为探测深部矿体赋存情况,投入了地、物研究工作,并进行钻探验证。各项工作表明沙河山矿段深部赋存隐伏矿体,控矿构造形态与先前的认识相比略有变化。综合新获得信息和前人成果,对该区控矿构造进行再认识,初步认为沙河山段矿体受叠加倒转向斜控制,隐伏矿体与浅部矿体间的关系可用“同一矿层叠加两期褶皱作用”来解释。基本褶皱形态——倒转向斜的转折端位置应在原有认识基础上向西偏移,向斜深部转折端矿体与原来认识相比增厚。若此控矿构造新认识经探矿工程证实,预期将为矿山增加资源量约 $3\,000\times 10^4\text{ t}$ 。

关键词: 迁安马兰庄铁矿;控矿构造;沉积变质;倒转向斜;河北省

中图分类号: P613;P618.31 **文献标识码:** A

0 引言

河北省首钢迁安铁矿区是冀东地区重要的沉积变质型铁矿石产地,同时也是首钢重要的原材料基地。经过 50 多年的勘探与开发,迁安铁区内已发现 30 个矿床,累计探明 B+C+D 级表内外铁矿储量 $25.05\times 10^8\text{ t}$ 。重要采矿点有大石河、杏山、大杨庄、二马、裴庄、柳河峪、羊崖山、孟家沟、水厂、马兰庄等 10 个露采区。许多露采区经多年开采相继闭坑已转入或准备转入地下开采。因此,已有大型铁矿山深部的地质找矿和研究工作迫在眉睫,而控矿构造研究是其中必不可少的工作内容。

2006—2009 年,中国地调局危机矿山办公室立项的迁安矿区二马和杏山铁矿深部地质勘查项目取得重大成果,在深部发现铁矿 333 资源量 $2.43\times 10^8\text{ t}$,并对深部控矿模式有了更深刻的认识。2008 年,在马兰庄铁矿的西南段即白马山矿段深部勘探也有重大发现,新增铁矿资源量 $5\,000\times 10^4\text{ t}$ 。受此启发,与白马山矿段相邻,位于马兰庄铁矿东北段的沙

河山矿段,其深部是否也存在较厚大的矿体?深部矿体的赋存信息,会对控矿构造的研究产生怎样的影响?

基于上述疑问,收集、分析相关的地质资料,在马兰庄铁矿的沙河山矿段开展以提取深部矿体赋存信息为目的的大地电磁测深、磁法测量等物探工作,在重点地段进行钻探验证,揭示出深部隐伏矿体的存在,结合前人地质研究成果,对该地段的控矿构造模式有了进一步的认识。

1 矿区概况

迁安铁矿区在大地上位于华北地台北缘燕山沉降带的中东部,迁(西)怀(安)太古宙麻粒岩地体的东南缘^[1],迁安片麻岩穹隆西侧的太古宙地壳残留区内(图 1),在构造单元划分上位于马兰峪—山海关复背斜的次级构造单元——迁安隆起西部边缘的挤压褶皱带中^[2]。

迁安隆起西部边缘挤压褶皱带北起水厂—孟家沟,南至护国寺—杏山黄柏峪一带,主要表现为一系

收稿日期: 2013-05-14; 改回日期: 2013-07-18; 责任编辑: 赵庆

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:北京市石景山区晋元庄路 23 号;邮政编码:100144;E-mail:tsh196606@163.com

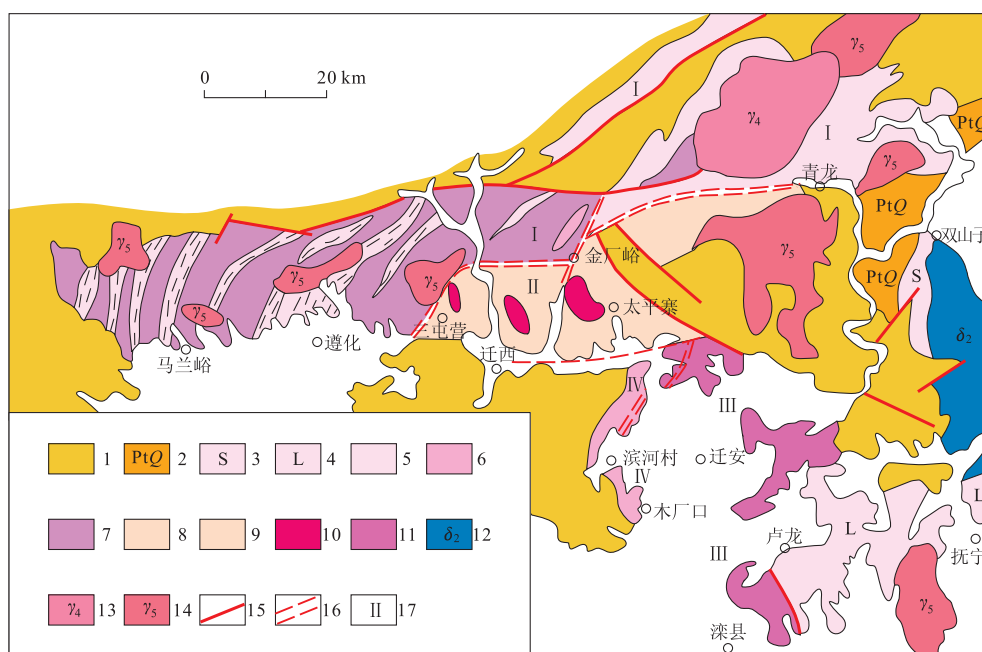
图 1 迁安铁矿区及外围区域地质图^[1]

Fig. 1 Regional geological map of Qian'an iron ore area

I. 遵化深变质绿岩区; II. 三屯营—太平寨岩浆杂岩区; III. 迁安片麻岩穹隆区; IV. 水厂—杏山太古宙地壳残留区; 1. 中元古界以上盖层; 2. 古元古界青龙河群; 3. 新太古界双山子群; 4. 新太古界滦县群; 5. 遵化表壳岩组合; 6. 古中太古代残留地壳; 7. 斜长片麻岩; 8. 石英闪长(斜长花岗岩)质片麻岩; 9. 英云闪长—奥长花岗质片麻岩; 10. 紫苏花岗岩; 11. 迁安片麻岩; 12. 古元古代闪长岩; 13. 都山花岗岩; 14. 燕山期花岗岩; 15. 断裂; 16. 韧性剪切带; 17. 构造分区及编号

列呈挤压状出露的紧密褶皱。该带向西凸出呈弧形,中部以横山断裂为界,把矿区分分为南、北 2 个矿区。北区以柳河峪断裂为界分成东、西 2 个矿带,从东到西有马兰庄—二马复向斜,凤凰山—北屯—王家湾复背斜,孟家沟—蔡园西沟复向斜,水厂—磨石庵—上窝铺复向斜;南区从东到西有大石河—耗子沟—松汀复向斜,大五里—鸽子湾—达峪—马各庄南复向斜,山叶口—护国寺—杏山脑峪门复向斜(图 2)。马兰庄铁矿床位于北区东矿带马兰庄—二马复向斜的北端。

2 矿床地质特征

马兰庄铁矿以 F_6 断层为界分为南、北两个部分。北部称沙河山矿段($N1\ 200$ 线— F_6),南部称白马山铁矿床(F_6 — $S800$ 线),即白马山矿段^[3](图 3)。白马山矿段露天开采深度在 0 m 标高线左右,目前露采工作已经结束,采坑大部分已回填至 130 m 标高线左右,即将转入地采阶段;沙河山矿段目前露采坑底标高—90 m 左右,几年后将转入地下开采。

2.1 地层

矿区出露地层主要为太古界迁西群三屯营组^[4]二段第三岩性段的变质岩系以及沿沟谷分布的第四系。

三屯营组二段第三岩性段第一亚层(Ar_s^{3-1}):出露于沙河山向斜两侧,厚约 270 m,岩性主要为黑云紫苏斜长片麻岩及辉石磁铁石英岩,其次为黑云紫苏麻粒岩、紫苏麻粒岩,石榴紫苏黑云变粒岩及黑云变粒岩,并夹有少量角闪二辉石岩。沙河山矿段 I 号矿体赋存于该层。

三屯营组二段第三岩性段第二亚层(Ar_s^{3-2}):出露于沙河山倒转向斜核部,厚约 150 m,由石榴黑云变粒岩夹大量的角闪二辉石岩、紫苏黑云变粒岩以及不稳定的硅线黑云斜长片麻岩及辉石磁铁石英岩组成。沙河山矿段矿体(除 I 号矿体)赋存于该层,该层为马兰庄铁矿床主要含矿层位。

2.2 构造

以往地质勘查成果认为,矿床总体控矿构造格架为倒转向斜, F_6 断层将该向斜切割、错断为南北两部分,断层以北为沙河山倒转向斜,以南为白马山

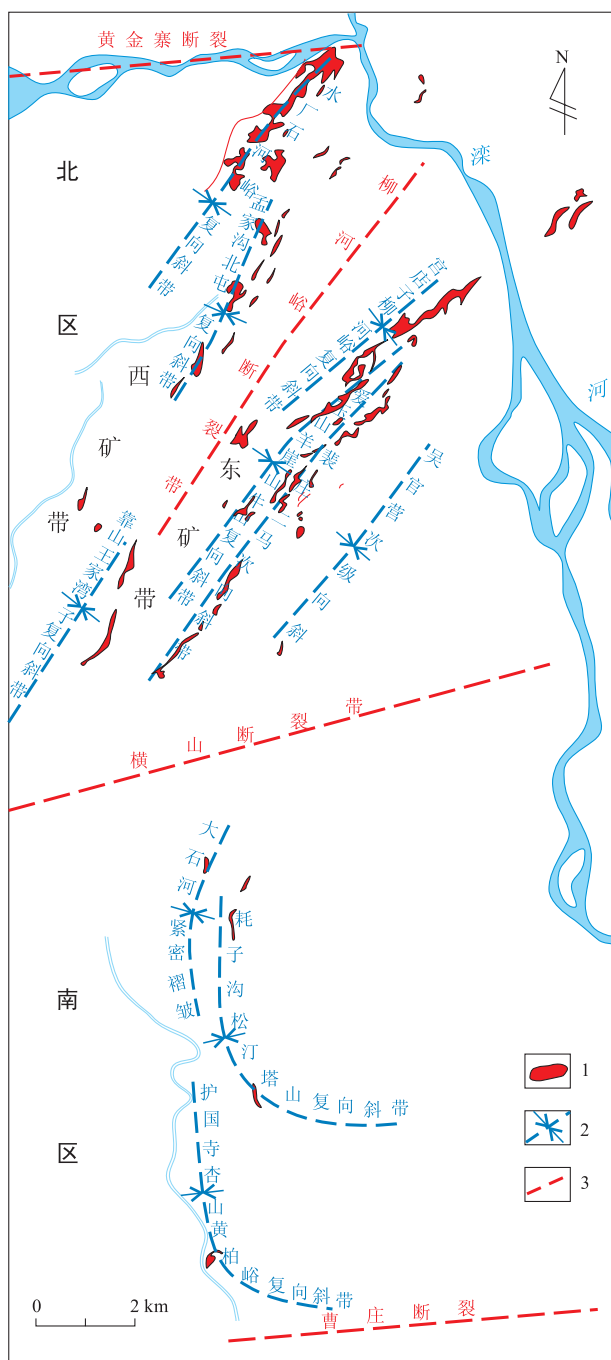


图 2 迁安铁矿区褶皱(矿)带展布图

Fig. 2 Map showing distribution of folds(ore zone) in Qian'an iron ore area

1. 铁矿体; 2. 向斜轴; 3. 断裂

倒转向斜,沙河山矿段矿体和白马山矿段矿体分别赋存于这两个向斜内。

(1)褶皱。沙河山矿段主体构造为沙河山倒转向斜,该向斜呈不完整的倒“V”字形,北西翼(倒转翼)走向 50° 左右,倾向 NW,倾角 $70^{\circ} \sim 85^{\circ}$;南东翼(正常翼)走向 40° 左右,倾向 NW,倾角 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。

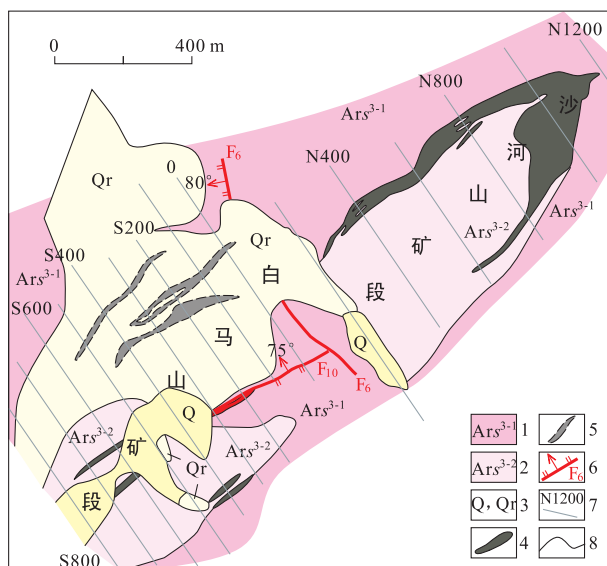


图 3 马兰庄铁矿地质勘查平面简图

Fig. 3 Simplified plan of geological exploration in Malanzhuang iron ore area

1. 三屯营组二段第三岩性段第一亚层; 2. 三屯营组二段第三岩性段第二亚层; 3. 第四系; 4. 铁矿体露头; 5. 隐伏铁矿体; 6. 断层; 7. 勘探线; 8. 地质界线

两翼地表出露幅宽 300 m 左右,向斜轴面总体走向 45° 左右,倾向 NW,倾角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$,向斜北东端翘起,倾伏方向 SW,倾伏角约 18° 。

(2)断裂。沙河山矿段断裂构造不发育,仅局部因褶皱作用层间断层零星分布,断层走向和倾向上延伸均较小,局部切割矿体,但无相对位移,对矿体破坏作用较小。 F_6 断层出露于 0 线—N100 线之间,走向和倾向上均呈舒缓波状,总体走向 NW,倾向 SW,倾角 $80^{\circ} \sim 87^{\circ}$,地表出露宽 2~10 m,长度 >600 m,断层内主要为角砾岩及压碎岩,绿泥石化及片理化发育。该断层将马兰庄铁矿床分为南北两部分,即白马山矿段和沙河山矿段,白马山矿段(上盘)下降,沙河山矿段(下盘)上升,水平断距约 140 m 左右。

2.3 矿体地质特征

以往地质勘查成果表明,沙河山矿体分布于 F_6 —N1 200 线(图 4),赋存在沙河山倒转向斜中,形态与沙河山倒转向斜基本相同(图 5),总体走向 50° 左右,倾向 NW,倾角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$,北东端翘起,向 SW 倾伏,倾伏角平均 18° 。矿体全长 1 200 余 m,矿带宽 280~380 m,由编号分别为 I,IIA,IIIB,III A,IIIB,IV 的 6 个矿体组成,除 I 号矿体赋存于三屯营组二段第三岩性段第一亚层,其他矿体均赋存于三屯营组二段第三岩性段第二亚层,矿体最低赋存标高—370 m 左右。

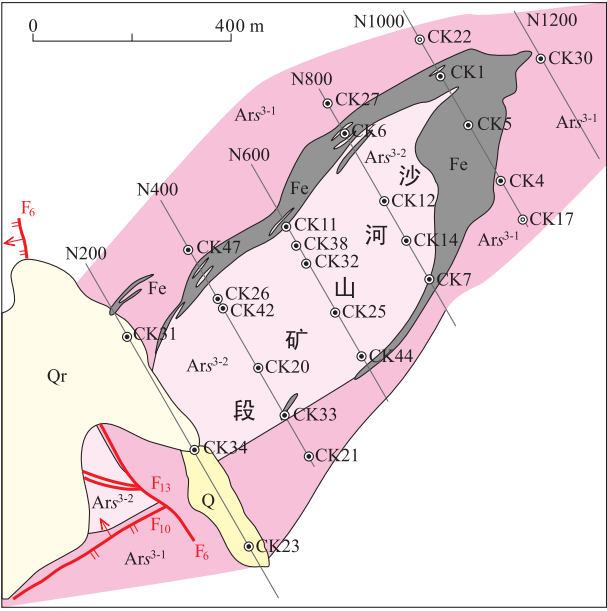


图 4 马兰庄铁矿沙河山矿段矿体分布平面图

Fig. 4 Plan showing ore body distribution in Shahe Mountain ore domain of the Malanzhuang iron ore deposit

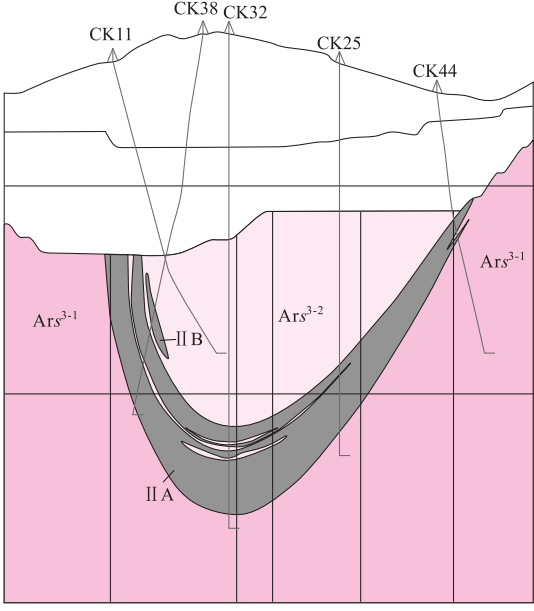


图 5 马兰庄铁矿沙河山矿段主体构造形态略图

Fig. 5 Sketch showing the structural morphology of Shahe Mountain ore domain of the Malanzhuang iron ore deposit

3 矿床控矿构造再认识的依据

“倒转向斜控矿”在指导研究区浅部矿体勘查中取得巨大成功,但对该区控矿构造认识的探索并未停止。因含矿变质岩系时代为太古宙,必然经历了复杂、多期次的褶皱作用,所提及的“倒转向斜”显然

仅指某一期次的褶皱形态。沉积变质型铁矿体作为标志层,其形态、层数等赋存状况是对控矿构造的直接反映,随着勘查工作的进展,特别是物探、钻探工作的开展,使得深部矿体赋存特征方面的信息日益丰富,成为研究区控矿构造再认识的依据。

新掌握的矿体赋存信息包括:剖面地磁异常正反演成果,深度-电阻率剖面解译成果,钻孔验证表明浅部已控制的矿体之下仍赋存矿体,新增探矿工程揭示

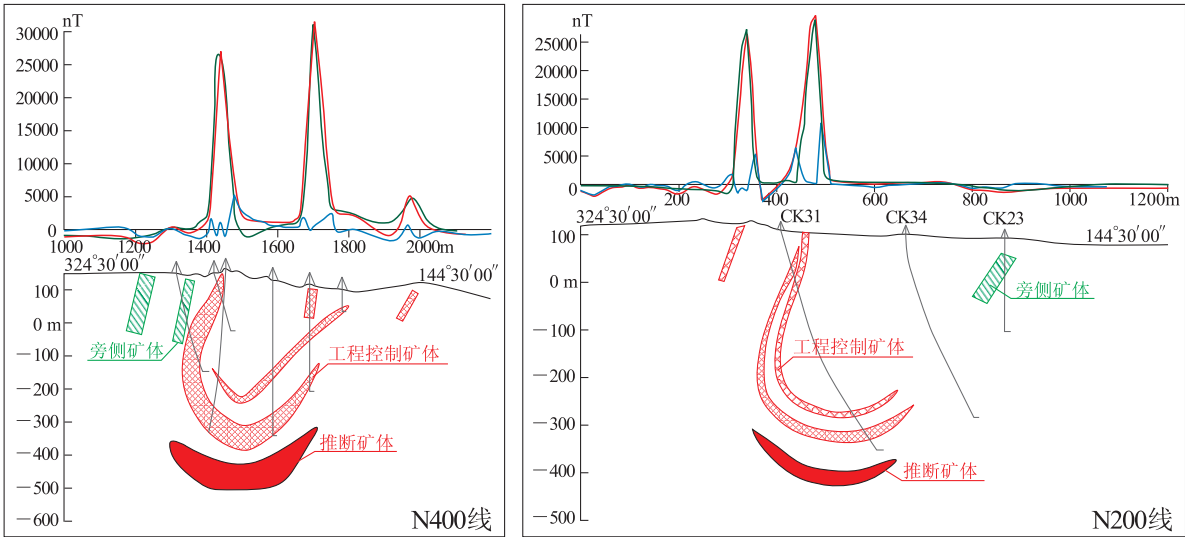


图 6 N400 线和 N200 线解释推断图

Fig. 6 Interpretation and inference map of line N400 and N200

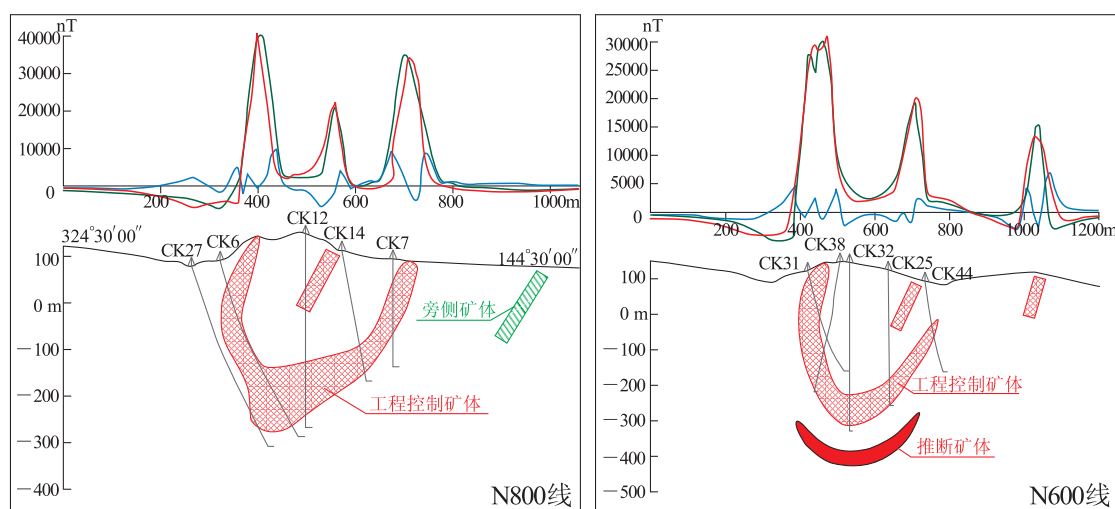


图7 N800线和N600线解释推断图

Fig. 7 Interpretation and inference map of line N800 and N600

向斜转折端位置应在原有认识基础上向西偏移。

3.1 剖面地磁异常正反演成果

磁异常正反演是磁法找矿的基本方法,通过磁测剖面数据反演可以较准确地推断磁性体的埋深、形态、规模及产状^[5],同时还可以通过对剖面内工程控制矿体进行正演,比对原始观测曲线与正演计算结果,计算剩余磁异常,从而发现已控制矿体之外未知的磁性体。通过对沙河山矿段4条磁测剖面进行正反演计算,并结合地质剖面予以综合解译,推断浅部已控制的矿体之下赋存隐伏矿体。

N400线:剖面上异常形态呈双峰,对应向斜的两翼,对剖面进行正反演计算,且着重于低缓异常的拟合,推断原有向斜的核部之下(核部控制矿体分布在-200 m至-400 m标高),标高-400 m至-500 m之间存在厚度可达百米的磁性体,磁性体呈元宝状,中间近平直,两端翘起(图6)。

N200线:剖面异常形态与N400线基本一致,推断的磁性体位于-400 m标高附近,比N400线的推断磁性体要薄,厚约30 m(图6)。

N800线:剖面上异常呈多峰形态,2个强度高、梯度大的异常对应向斜两翼。结合以往工程控制资料对剖面内矿体进行正反演计算,结果显示,工程控制矿体的正演曲线与实测异常曲线形态基本一致,没有具规模的剩余异常,工程控制矿体以下无厚大矿体出现的可能(图7)。

N600线:剖面异常形态与N800线基本一致,通过对控制矿体正演计算,发现在左侧2个峰值间有一定的剩余异常,根据剩余异常的大小进行反演

计算,推断在向斜的核部,于-400 m标高左右存在近40 m厚的磁性体,两端翘起,呈月牙状(图7)。

3.2 深度-电阻率剖面解译成果

EH-4连续电导率剖面测量,不论是在磁异常中心或非异常中心,均可测出其电导率特征,能较好地反映出深部大的隐伏铁矿体的顶底板边界,具有方便快捷、异常形态直观、对埋深大的铁矿体能准确定位等优点^[5]。

在沙河山矿段N400线附近布设一条剖面,在采矿生产暂停间隙进行EH-4连续电导率剖面测量,采集的数据处理后作出深度-电阻率断面图,结

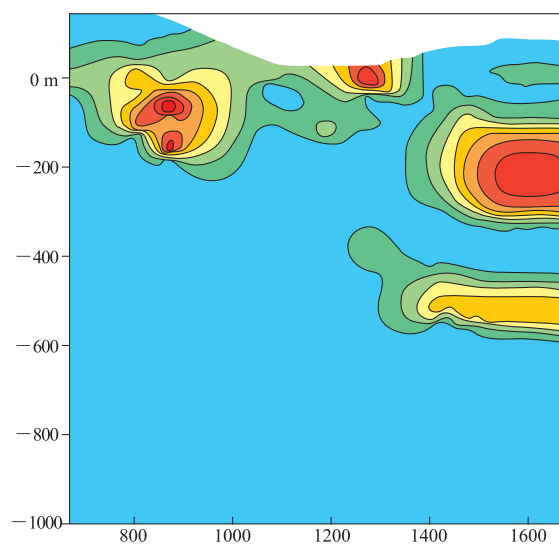


图8 N400剖面电阻率解释推断图

Fig. 8 Interpretation and inference map of resistivity from the N400 profile

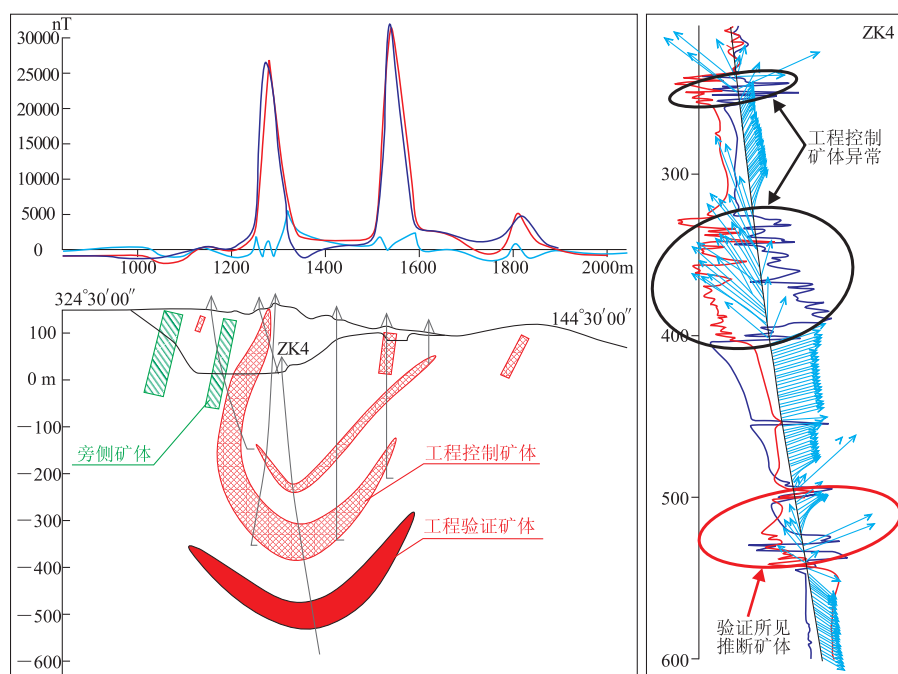


图 9 ZK4 钻孔解译图

Fig. 9 Interpretation chart of drill hole ZK4

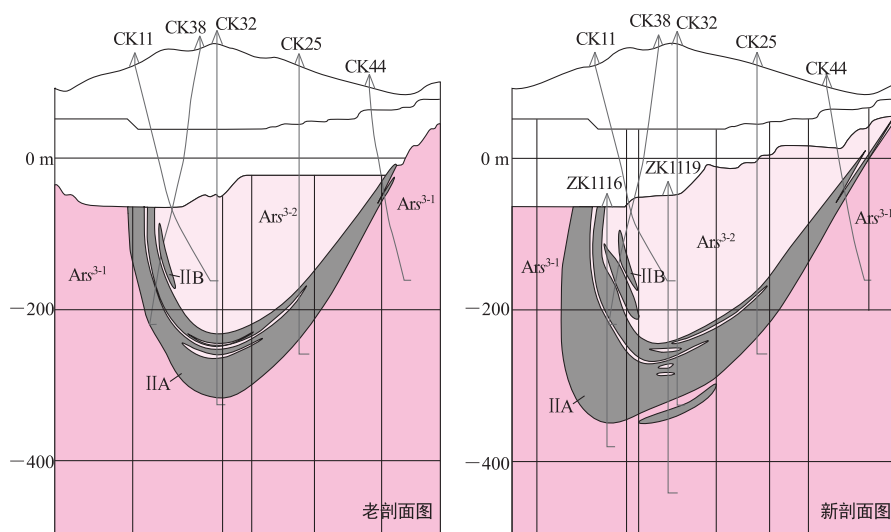


图 10 沙河山矿段 N600 勘查线新老剖面对比图

Fig. 10 Map showing comparison between the new and old profiles along line N600 in Shasheshan ore domain

合工程控制情况,推断深部有工程未控制的矿体,具体解译如下:在 EMAP 圆滑系数为 1 的 N400 线剖面深度-电阻率断面图(图 8)中,剖面左侧地表至-200 m 标高为较凌乱的高阻异常,应是地表正在开采铁矿的反映;剖面右侧显示为上下两个高阻异常,下部异常强度稍弱于上部,查阅该矿床以往钻探施

工资料,图 8 中右侧上部高阻异常应为工程控制矿体的反映(N400 勘探线),但勘探剖面资料显示,钻孔最深只达-400 m 标高左右,据此推断下部 $8\,000\ \Omega \cdot \text{m}$ 的异常也应为以往工程未控制层矿。

3.3 钻探验证情况

(1)依据上述 2 种物探方法的推测,2011 年,首钢地质勘查院在沙河山矿段 N400 线布置 ZK4 孔进行了探矿验证(图 9)。钻孔孔位位于剖面异常的两峰之间,设计深度 620 m。从 ZK4 钻孔的见矿和三分量磁测井曲线来看,孔中共见 3 层铁矿,上部 2 层铁矿应为原有钻探控制矿体,下部所见铁矿厚度近 60 m,比推断的铁矿体厚度稍薄;从测井曲线看,除对应铁矿的 3 处异常外,对应围岩部分的曲线呈光滑状态,表明围岩基本没有磁性,出矿后 ΔZ , ΔH 曲线逐渐回归至接近于零值,显示深部一定范围之内已无厚大矿体出现的可能。

(2)2012 年,首钢地质勘查院在进行马兰庄铁矿专门水文地质勘探时,布置于 N600 线的 ZK1116, ZK1119 两个抽水试验孔兼做探矿孔(图 10)进行探矿,结果显示,以往的探矿工程没有完全控制向斜的深部槽部矿体,向斜转折端加厚

并向西偏移。

4 控矿构造再认识

深部矿体和矿体位置的新变化这两方面的赋存信息,促进了对控矿构造的再认识。结合勘查工作

新进展和前人研究成果,认为研究区控矿构造为叠加倒转向斜。

(1)基本构造形态为倒转向斜。以往勘查资料从地层、岩性、标志层(磁铁石英岩)、磁异常特征、小构造等方面定义该矿控矿构造基本形态为倒转向斜,已经几十年采矿生产证实,并得到了地质界的认可。近几年,通过对该矿床进一步的研究与钻探验证,在肯定该矿床为倒转向斜控矿理论的基础上,进一步认识到该矿床控矿向斜构造为 NE 转折端扬起,倾伏方向 SW,倾伏角约 18° ;东翼产状缓,西翼产状陡,深部向斜槽部比原来工程控制变厚,向斜轴面变缓;向斜转折端位置应在原有认识基础上向西偏移(图 10)。

(2)倒转向斜具有叠加褶皱特征。综合考虑该区存在隐伏矿体,含矿岩系时代为太古宙以及多年来形成的向斜控矿理论三个方面的地质认识,认为对该区控矿构造的认识亟待深化。结合前人的地质研究成果,初步认为隐伏矿体与浅部矿体间的关系,可用“同一矿层经历两期褶皱作用的叠加”来解释。

虽然太古界含矿变质岩系经历多期褶皱作用叠加,但就勘查实践来看,在横剖面上,研究区矿体形态、分布主要受控于 2 个期次的褶皱作用,形成叠加倒转向斜(图 11)。

顾德林等所提出的迁安地区 6 期褶皱中的第 3 期、第 4 期、第 5 期(图 12)褶皱作用可以很好地说明此褶皱形态的成因^[6]。

第 3 期为倒转同斜褶皱,转折端近圆弧形及尖棱状,褶皱的二面角约 60° ,形态为顶厚褶皱,属于纵弯褶皱类型。褶皱的原始方位可能是 SN 向,枢纽

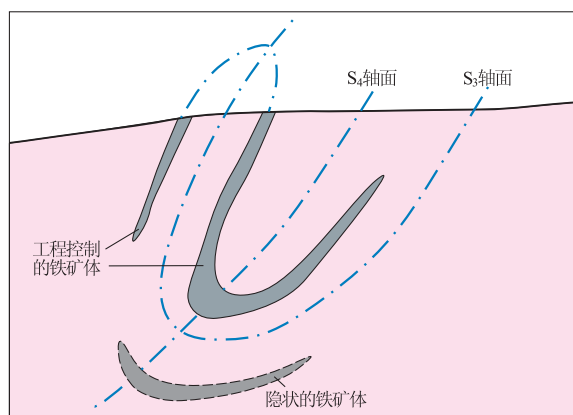


图 11 沙河山矿段褶皱形态示意图

Fig. 11 Schematic diagram of fold morphology in Shaheshan ore domain

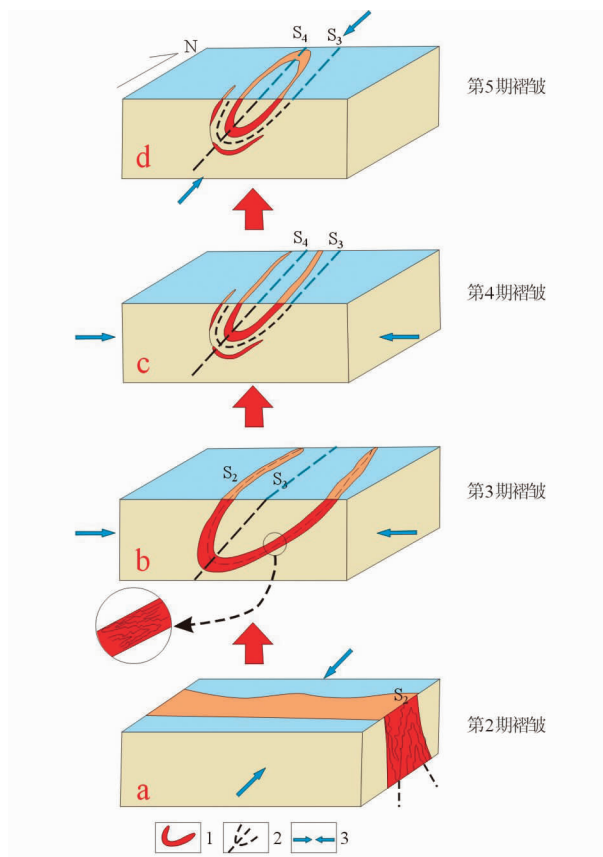


图 12 沙河山矿段几期褶皱作用示意图

Fig. 12 Schematic diagram of multi-stage folding in Shaheshan ore domain

1. 铁矿体; 2. 不同期褶皱轴面在横截面的迹线; 3. 各期主应力方位

指向正南,倾角为 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。第 3 期褶皱在本区的褶皱格架中占有重要地位。

第 4 期为开阔或斜歪褶皱,转折端呈开阔的圆弧形,二面角为 120° 左右,轴线 $55^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。有些地段由于强烈挤压造成了翼部拉薄甚至尖灭,形态同样为顶厚褶皱,也属纵弯流褶皱。

第 5 期褶皱为开阔褶皱,二面角可达 140° 或更大,转折端呈极开阔的圆弧形,属于纵弯滑褶皱,该期褶皱轴线在研究区可能为 NW 向,倾角较小,如果消除后期褶皱的影响,该期褶皱的原始轴线为 EW 向。

第 3 期、第 4 期的共轴叠加作用使得沙河山矿段矿体在横剖面上呈现叠加倒转向斜形态;第 5 期褶皱作用,使得矿体在纵剖面上呈现 NE 转折端扬起、向 SW 倾伏、平面上矿体弧形出露的特点。

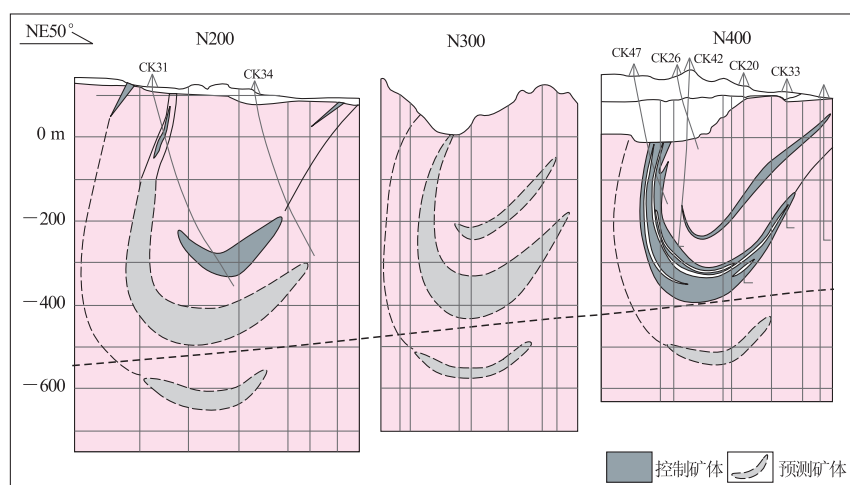


图 13 沙河山矿段 N100—N1100 线深部矿体预测示意图

Fig. 13 Sketch showing ore body forecasting to depth of line N100-N1100

5 隐伏矿体预测

研究认为,沙河山矿段铁矿体受叠加倒转向斜控制。据此认识,结合工程控制情况,预测沙河山地段已发现的主矿体深部仍有隐伏磁性体存在(图 13,图 14),并且矿体向 SW 倾伏的规律明显,靠近 F_6 一侧(N100 线—N300 线),矿体控制程度弱,主矿体及深部矿体还没得到控制(图 14),该矿段找矿潜力巨大。如果新的控矿构造模式经探矿工程证

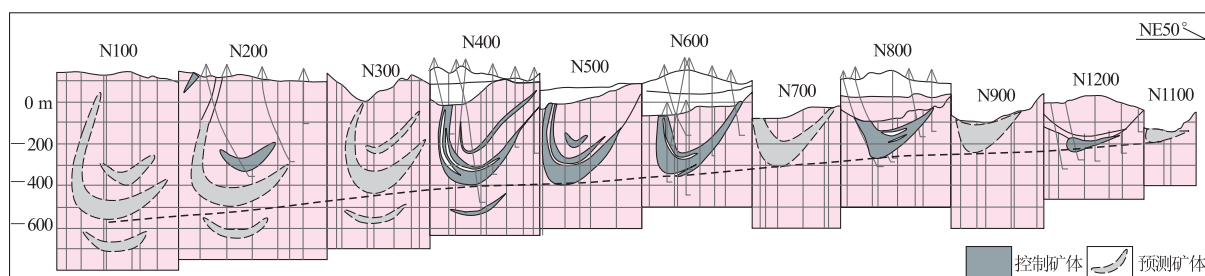


图 14 沙河山矿段 N200—N400 线深部矿体预测示意图

Fig. 14 Sketch showing ore body forecasting to depth of line N200-N400

实,预期将为矿山增加铁矿资源量约 $3\,000 \times 10^4$ t,为企业带来巨大的经济效益。

(3)如果控矿构造的新认识经探矿工程证实,预期将为矿山增加铁矿资源量约 $3\,000 \times 10^4$ t,为企业带来巨大的经济效益。

6 结论

(1)剖面地磁异常正反演成果、深度-电阻率剖面解译、钻孔验证表明,马兰庄铁矿沙河山矿段浅部已控制的矿体之下赋存有隐伏矿体,控矿构造形态与之前认识相比略有变化。

(2)沙河山矿段的主控矿构造为叠加倒转向斜。
①基本褶皱形态为倒转向斜,但转折端位置应在原有认识基础上向西偏移,向斜深部转折端矿体与原来认识相比增厚;
②倒转向斜具有叠加褶皱特征,横剖面上,深部隐伏矿体与浅部矿体间的关系,可用“同一矿层经历两期褶皱作用的叠加”来解释。

参考文献:

- [1] 伍家善,耿元生,沈其韩,等. 华北陆台早前寒武纪重大地质事件[M]. 北京:地质出版社,1991:1-115.
- [2] 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,1990:1-247.
- [3] 刘振亚. 河北省迁安铁矿官店子矿床地质勘探总结报告[R]. 北京:首都钢铁公司地质勘探队,1975:1-87.
- [4] 孙大中. 冀东早前寒武纪地质[M]. 天津:天津科学技术出版社,1984:1-273.
- [5] 庞洪伟,洪秀伟,李尔峰,等. EH4 方法在辽宁本溪大台沟铁矿勘查中的应用[J]. 山东国土资源,2011,27(7):17-21.
- [6] 顾德林,李志忠,李龙,等. 冀东迁安铁矿矿区早前寒武纪硅铁岩矿层褶皱变形序列[J]. 现代地质,1990,4(3):60-69.

Re-understanding of ore-controlling model in Shaheshan ore block of Malanzhuang iron mine in Qianan county, Hebei province

TANG Shaohe

(*Geological Institute of Shougang Geological Prospecting Bureau, Beijing 100144, China*)

Abstract: Malanzhuang iron mine is of Anshan-type sedimentary-metamorphic iron deposit. It was verified previously that the ore body is controlled by reverse syncline. Strike of the reverse syncline is 30° . The axial plane dips to NW at angle from 70° to 80° . The syncline warps in the NE end, dips to SW at angle of 18° . In recent years, we have done some study on geology and geophysics, and the drilling verification work to explore the deep orebody. The work indicates that there are concealed ore bodies to depth at Shaheshan ore domain. Morphology of the ore-controlling syncline differs slightly from the previously understood. Based on the new information and the previous results, it was considered that the ore body of the Shaheshan ore domain is controlled by a overprinted reverse syncline. Relation of the concealed ore body to the shallow ore body is that the same ore layer was folded two times. The basic fold morphology should be that the turn end position of inverse syncline shifts westward to the previously understood. The ore body at turn end of inversion syncline to depth is thicker than the previously understood. If the new understanding could be confirmed by exploration engineering, $3\ 000 \times 10^4$ t mineral resources will increase for the mine.

Key Words: Malanzhuang iron mine in Qian'an county; ore-controlling structure; sedimentary-metamorphic; reverse syncline; Hebei province