

辽宁本溪大台沟铁矿地质特征

洪秀伟 庞宏伟 刘学文 李尔峰 王文清 王长峰 刘 铁

(辽宁省地质矿产调查院, 辽宁 沈阳 110032)

摘要:本溪大台沟铁矿床位于本溪市桥头镇,是近年来发现的最大的鞍山式铁矿床。该矿床为隐伏的超大型铁矿床,埋深 1100~1200 m,已控制矿体延长 2000 m,最大延深 840 m,最宽处 1100 m。矿体总体为近直立的厚板状体,夹石很少,为单一矿体。矿石类型为磁铁矿石岩(磁铁矿石)、赤铁矿石岩(赤铁矿石)及其过渡类型的磁铁赤铁矿石岩(混合矿石)。矿石品位较均匀,矿床有害杂质含量低。初步估算 333+332 类资源量约 34 亿 t。

关键词:鞍山—本溪地区;本溪大台沟铁矿;地质特征;太古宙;层状岩系

中图分类号: P618.31

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2010)05-1426-08

辽宁本溪大台沟铁矿位于鞍山—本溪铁矿成矿带内,行政区划属本溪市平山区桥头镇。鞍山—本溪地区太古宙花岗岩—绿岩带含铁岩系发育,是中国重要的铁矿成矿区带,其中发育有特大型、大型、中型和小型铁矿数十处,是特大型、大型铁矿床分布集中区(图 1)。大台沟铁矿是 2006 年国土资源大调查项目验证航磁异常中发现的,是近年来发现的最大的鞍山式铁矿床。通过 2008—2009 年两年的勘查工作,初步估算该铁矿床 333+332 类资源量约 34 亿 t。

1 区域地质背景

鞍山—本溪地区大地构造位置地处华北陆块北缘东段,属胶辽台隆太子河—浑江台陷,四级构造单元为辽阳—本溪凹陷。该区是中国太古宙花岗岩—绿岩带的主要分布区之一。按区内绿岩岩石组合特征,前人将其划分为 3 种建造类型^[1]:①砂质泥岩—泥岩建造,由陆源沉积岩和火山物源沉积岩两部分组成;陆源沉积岩以泥岩和砂质泥岩为主,其次有砂岩、铁质泥岩、钙质泥岩等,火山物源沉积岩以喷气沉积岩(含铁硅质岩)为主,其次有少量英安岩或其凝灰岩^[2]。②含沉积岩的基性—中酸性火山岩建造,原岩主要有拉斑玄武岩、玄武质凝灰岩、英安岩、含铁硅质岩、安

山岩、含凝灰硅质岩等。③基性火山岩建造,原岩主要由镁铁质和长英质熔岩及长英质火山碎屑岩组成,其中夹有少量含铁硅质岩、碳酸盐岩和钙硅酸盐岩。砂质泥岩—泥岩建造主要分布在鞍山市及周边地区,相当于鞍山群樱桃园组的原岩,变质程度为绿片岩相至角闪岩相,其中典型矿床有东、西鞍山铁矿,齐大山铁矿等;含沉积岩的基性—中酸性火山岩建造和基性火山岩建造,主要分布在本溪—辽阳地区,相当于鞍山群茨沟组和大峪沟组的原岩,变质程度为角闪岩相,其中典型矿床有弓长岭铁矿、南芬铁矿及歪头山铁矿等等。这些绿岩建造经区域变形变质作用,及后期深成体侵入作用,形成了规模不等的包体赋存在太古宙花岗岩(花岗片麻岩)之中。这些包体惯称太古宙层状岩系(或含铁岩系)。太古宙层状岩系在区域上称鞍山群,其内由条带状磁铁矿石岩组成的铁矿床,统称为鞍山式铁矿。

鞍本地区鞍山式铁矿勘查程度较高,区域上太古宙含铁层状岩系出露区及埋藏较浅地区,前人多进行过较详细的勘查工作。但盖层覆盖区隐伏的太古宙含铁岩系工作程度较低;大台沟超大型铁矿就赋存在隐伏的太古宙含铁岩系中。

航磁异常是区内铁矿存在的重要标志,从区内

收稿日期:2010-06-11;改回日期:2010-09-04

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(1212010631602)资助。

作者简介:洪秀伟,男,1968 年生,工程师,主要从事地质矿产调查;E-mail:hong.xiuwei@163.com。

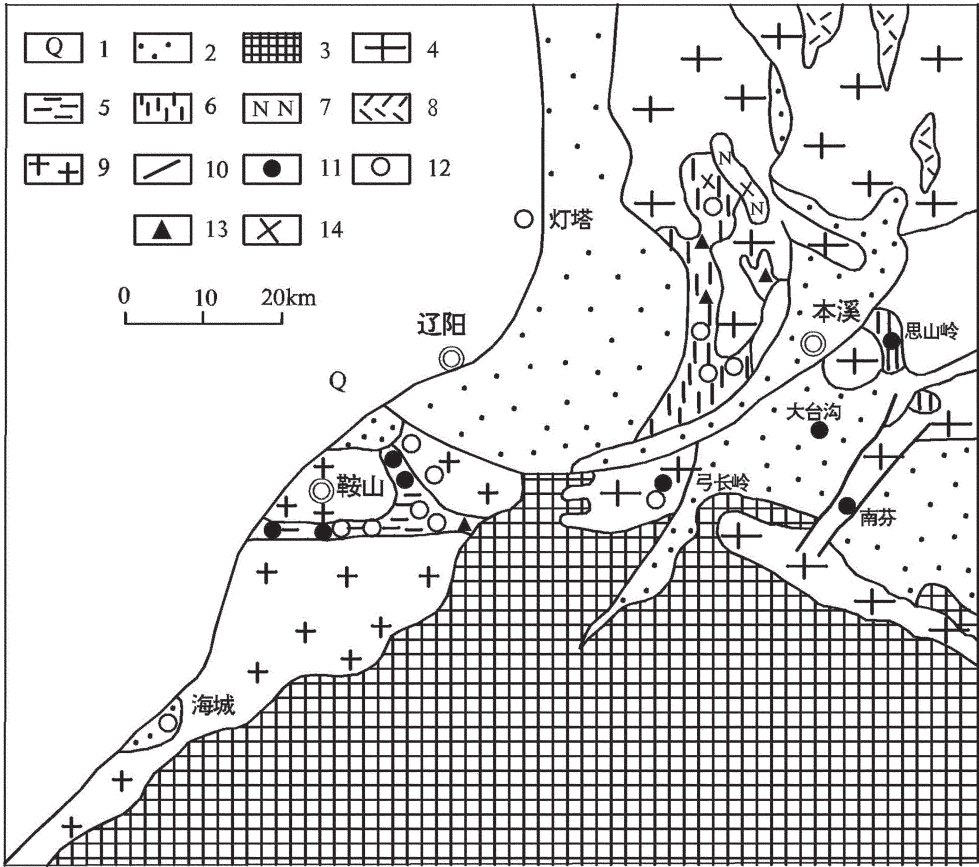


图 1 辽宁中太古代绿岩带中铁矿分布图(据方如恒^[1],略有修改)

1—第四系;2—中元古-中生界;3—古元古界;4—新太古代花岗岩;5~7—中太古代绿岩带;5—砂质泥岩-泥岩建造;
6—含沉积岩的基性-中酸性火山岩建造;7—基性火山岩建造;8—古太古界;9—始-中太古代花岗岩;10—断层;
11—特大型铁矿床;12—大型铁矿床;13—中型铁矿床;14—小型铁矿床

Fig.1 The distribution of iron deposits in Archean greenstone belt of Liaoning Province(modified after Fang Ruheng^[1])

1—Quaternary; 2—Mesoproterozoic - Mesozoic; 3—Paleoproterozoic; 4—Neoproterozoic granite; 5-7—Archean greenstone belt;
5—Sandy shale-shale formation; 6—Sedimentary rocks-bearing basic- acidic volcanic rocks; 7—Basic volcanic rocks; 8—Paleoproterozoic;
9— Early - middle Archean granites; 10— Fault; 11—Superlarge iron ore deposit; 12—Large iron ore deposit;
13—Medium-sized iron ore deposit; 14—Small iron deposit

航磁资料可以看出,规模大、小不等的太古宙含铁岩系(包体),形成磁异常的规模不同;铁矿(含铁岩系)规模大,对应的磁异常面积大、强度高,几乎无一例外,反之亦然。如鞍山市磁异常规模巨大,对应着鞍山周边数个大型、超大型铁矿床;弓长岭磁异常对应着弓长岭超大型铁矿床;南芬磁异常对应着南芬超大型铁矿床;而大台沟磁异常受多种因素限制,一直成为多年来“悬而未解”的迷。

鞍山—本溪地区不同时代的盖层较发育。有下元古界辽河群变质岩系,青白口系,震旦系,古生界及新生界等。其中蕴藏着较丰富的矿产资源,主要有滑石、菱镁矿、金、石膏、煤、硅石、石灰石等。

2 矿区地质特征

大台沟铁矿位于鞍山—本溪铁矿成矿带东部。南距南芬铁矿 10 km,西距弓长岭铁矿 20 km,东距思山岭铁矿 10 km,北距北台铁矿 10 km (图 1)。矿区地表分布着大面积的沉积盖层,地质构造简单,断裂构造不发育,在矿区南部发育有北东向的台沟断裂(图 2)。

2.1 地质特征

矿区出露的地层有青白口系桥头组、钓鱼台组,震旦系康家组,寒武系碱厂组及馒头组。太古宙鞍山群含铁岩系隐伏在盖层之下。根据地表调查及钻孔

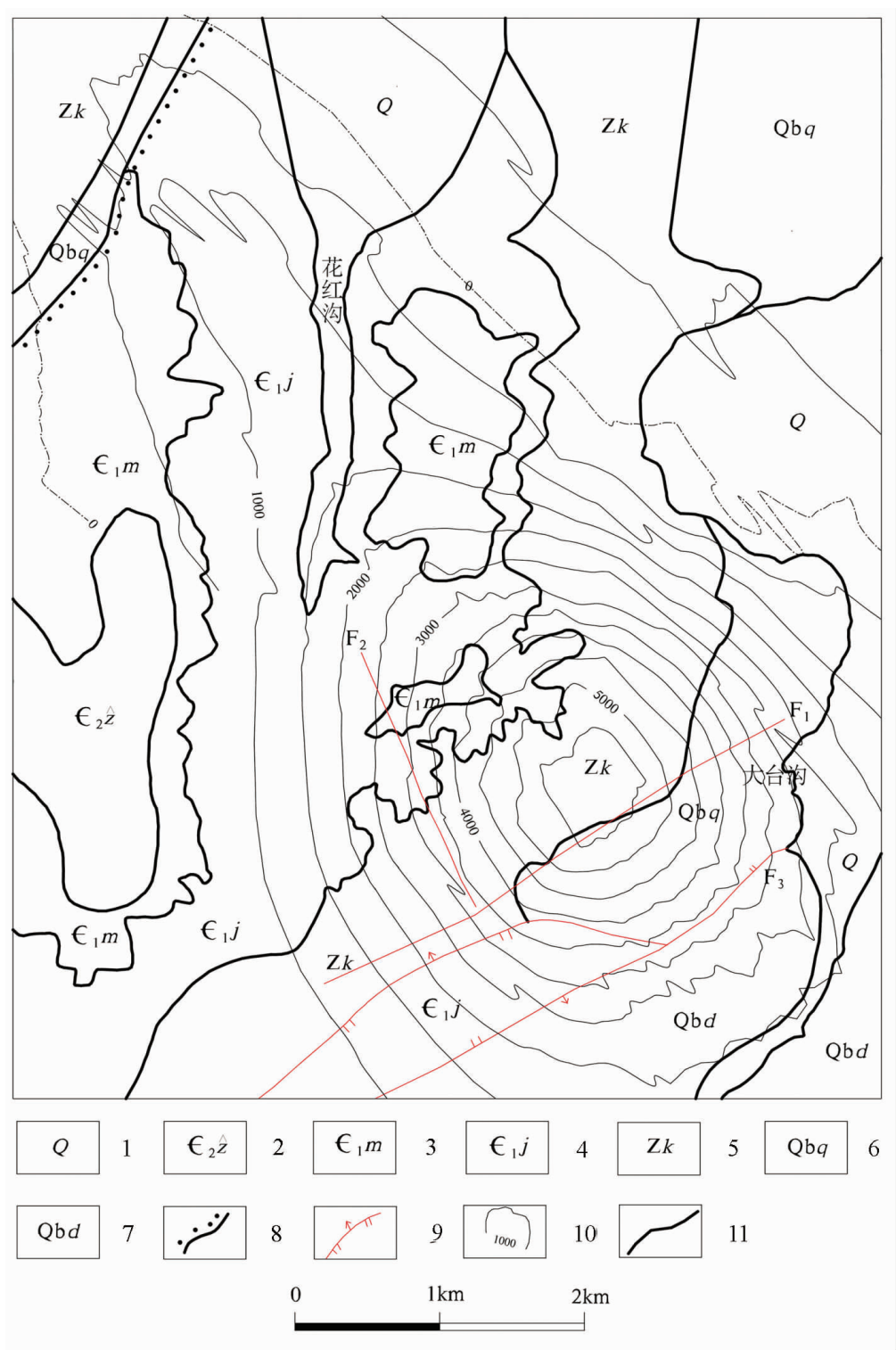


图 2 大台沟铁矿区地质图

1—第四系;2—张夏组;3—馒头组;4—碱厂组;5—康家组;6—桥头组;7—钓鱼台组;8—实测不整合岩层界线;
9—实测逆断层倾向及倾角;10—1:10000 磁法测量 ΔT 等值线(nT);11—地质界线

Fig.2 Geological map of the Dataigou iron deposit

1—Quaternary; 2—Zhangxia Formation; 3—Mantou Formation; 4—Jianchang Formation; 5—Kangjia Formation;
6— Qiaotou Formation; 7—Diaoyutai Formation; 8—Measured unconformity; 9—Measured inclination angle of reverse
fault; 10— ΔT contour of 1:10000 magnetic survey; 11—Geological boundary

见到的盖层, 岩性自上而下主要有: 馒头组紫色页岩, 碱厂组灰岩夹薄层粉砂岩; 康家组泥灰岩、灰岩; 青白口系桥头组含海绿石石英砂岩与黑色页岩互层, 南芬组蛋青色泥灰岩、紫色泥灰岩、页岩, 钓鱼台组石英砂岩、石英岩、石英砂岩夹黑色页岩; 辽河群浪子山组硅化大理岩、绿泥绢云石英片岩等。盖层总厚度为 1100~1200 m。盖层之下为太古宙鞍山群含铁岩系及变质深成侵入体。沉积盖层产状总体近水平, 略微倾向北西, 倾角 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$; 古元古界辽河群浪子山组与上覆沉积盖层呈角度不整合接触 (钻孔资料), 并以角度不整合覆盖于鞍山群含铁岩系之上。

区内岩浆岩不发育, 地表没有岩体出露; 仅见有零星的闪长玢岩脉体, 规模小。钻孔中见到的岩体主要为太古宙花岗岩, 以及闪长岩脉、闪长玢岩脉、石英脉等。太古宙花岗岩遭受了区域变形变质作用, 矿物略显定向, 局部暗色矿物与浅色矿物相间定向排列, 形成片麻理。闪长岩脉、闪长玢岩脉一般沿构造裂隙或断裂带充填, 内含围岩捕虏体; 如 ZK005 钻孔、ZK007 钻孔, 铁矿体被闪长岩脉穿插, 闪长岩脉中见有条带状铁矿捕虏体。

矿区地质构造较简单, 地表出露的地层为缓倾斜单斜沉积岩层, 没有褶皱构造, 断裂构造不发育。在矿区西南部见有规模不大的 3 条断裂构造, 其中北东向断裂有台沟断裂(F_1), 宋南沟断裂(F_3); 北西向断裂为牛家沟断裂(F_2)。 F_1 断裂发育在矿体南部, 物探资料表明, 该断裂倾向南东, 倾角较陡; 根据断裂两侧钻孔见矿标高判断, 断层面上盘下降 150~400 m。 F_2 断裂位于矿体上盘, 规模小, 对矿体没有影响。 F_3 断裂位于矿区南部, 为区域断裂, 对矿床没有影响。

2.2 磁异常特征

大台沟航磁异常规模大, 异常中心明显, 异常中心 $\Delta T > 4000$ nT。经地面 1:10000 面积性高精度磁法测量, 详细圈定了大台沟磁异常 (图 2)。 ΔT 异常平面等值线显示, 异常形态呈椭圆形, 走向北西, 由南东向北西, 异常逐渐变窄, 形态似“鸭梨状”, 异常最高值 ΔT 5990 nT; 以 1000 nT 等值线圈定, 长轴约 8 km, 短轴最宽处 (异常中心) 约 4 km; 以 1500 nT 等值线圈定, 其长轴约 4.8 km, 短轴约 3.5 km, 长短轴之比为 7:5。从高磁剖面上看, 曲线比较对称, 几乎没有负值, 表明矿体延深较大, 并是较均匀的顺层磁化; 经定量计算, 推断矿体平均埋深 1103 m, 宽 1029 m, 推断矿体长大于 5 km。

3 矿床地质特征

大台沟铁矿是隐伏的超大型铁矿床。经 2008—2009 年 2 年的勘查工作, 确定该矿床由单一矿体组成。矿体顶端埋深 1100~1200 m (标高 -900 m~-1100 m)。根据区域对比, 该矿床属太古宙鞍山群樱桃园组中的鞍山式铁矿。

3.1 矿体地质特征

矿区 5 条勘探线 (0、3、4、7、15 勘探线) 20 个钻孔资料表明, 矿体总体呈厚板状, 走向北西, 略倾向南西, 倾角陡; 向北西方向矿体逐渐收窄、倾伏。5 条勘探线控制矿体走向长度 2000 m (矿体向北西仍有延伸, 暂没控制), 0 勘探线通过磁异常的中心, 控制矿体最宽处 1100 m (图 3), 矿体最窄处 650 m (4 勘探线), 控制矿体最大延深 840 m。矿体主要由条带状含铁石英岩组成, 夹石很少。矿石类型主要为: 条带状磁铁赤铁石英岩 (混合矿), 条带状赤铁石英岩、条带状磁铁石英岩; 以条带状磁铁赤铁石英岩居多, 约占矿石总量的三分之二。

根据钻孔资料分析, 局部条带状含铁石英岩的条带与矿体和围岩的边界产状并不完全一致; 可能与不同期次变形变质作用和太古宙花岗岩侵入作用有关, 可能也与条带状含铁石英岩中的层间紧闭褶皱 (褶皱层) 有关。

矿体上部为条带状或角砾状赤铁石英岩 (红矿), 中部为磁铁赤铁石英岩 (混合矿), 下部多为磁铁石英岩 (磁矿), 即从矿头向深部磁铁矿逐渐增多 (图 3); 表明矿体上部受古风化及氧化作用较强, 赤铁矿交代了磁铁矿, 形成了赤铁矿或混合矿。赤矿在矿体的不同部位薄厚不一, 形成了矿体中的红矿与混合矿或磁矿参差不齐的界线。

3.2 矿石特征

条带状铁矿石中矿物组合较简单, 光、薄片研究表明, 铁矿石中共有十余种矿物, 分别属于氧化物、硅酸盐、碳酸盐和硫化物等四大类, 其中碳酸盐、硫化物矿物含量甚微。按其生成环境分为原生矿物及次生矿物两大类 (表 1)。

根据矿石 5 件岩石化学分析结果, 对比区域其他铁矿资料^[1], 恢复大台沟铁矿床的原岩为含铁硅质岩、砂质泥岩; 含铁硅质岩为火山喷发沉积岩, 砂质泥岩为陆源沉积岩。区域上这套岩系经历了多期变形变质作用改造。一般认为, 含铁岩系经历 3 个阶

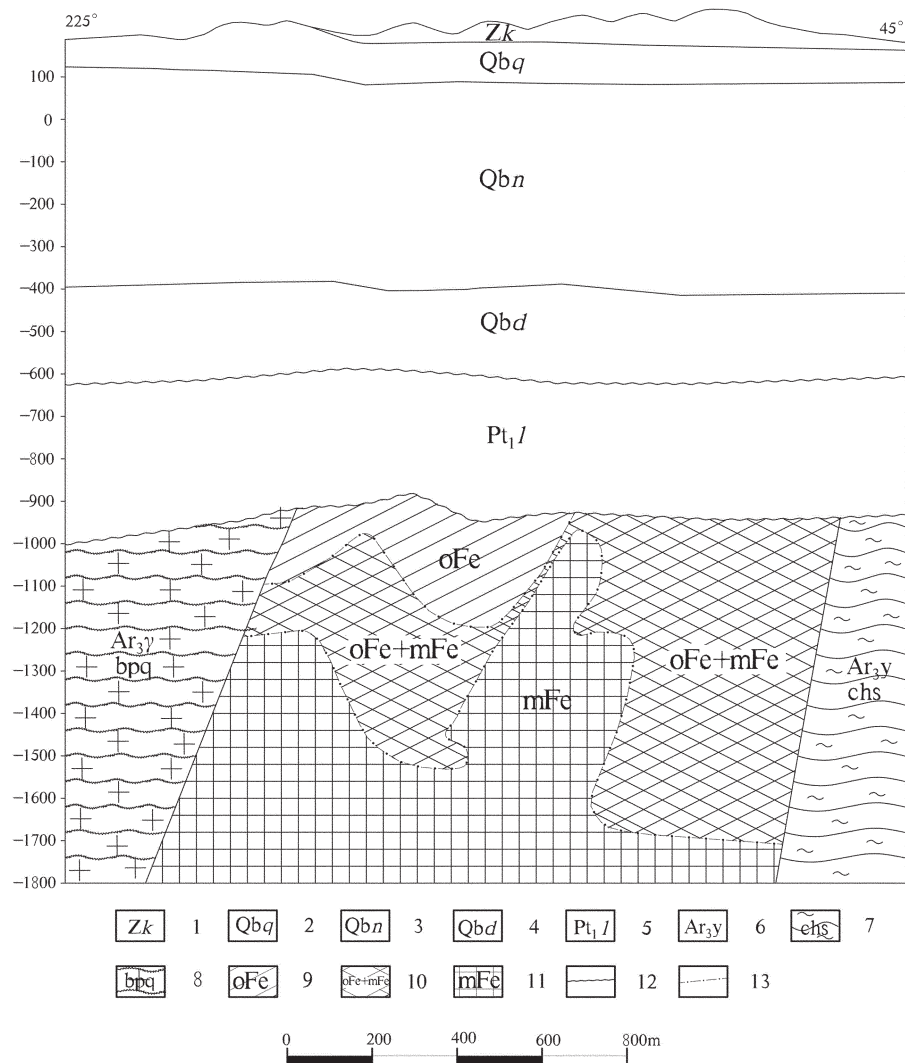


图 3 大台沟铁矿区 0 线剖面图

1—康家组：泥灰岩；2—桥头组：石英砂岩夹页岩；3—南芬组：泥灰岩、页岩；4—钓鱼台组：石英砂岩；5—辽河群：硅化大理岩、绢云石英片岩；6—鞍山群樱桃园组：条带状磁铁矿赤铁矿石英岩、绿泥片岩、花岗质片麻岩；7—绿泥片岩；8—花岗质片麻岩；9—赤铁矿体；10—混和矿体；11—磁铁矿体；12—不整合界线；13—矿石类型界线

Fig. 3 Geological section along No. 0 line of the Dataigou iron deposit

1—Kangjia Formation: marl; 2—Qiaotou Formation: quartz sandstone intercalatedf with shale; 3—Nanfen Formation: marl and shale; 4—Diaoyutai Formation: quartz sandstone; 5—Liaoheshe Group: magnetic marble, sericite quartz schist; 6—Yingtao Formation of Anshan Group: banded magnetite–hematite quartzite, chlorite schist, granitic gneiss; 7—Chlorite schist; 8—Granitic gneiss; 9—Hematite body; 10—Mixed ore body; 11— Magnetite body; 12—Unconformity; 13—Ore type boundary

表 1 铁矿石中矿物类型及组合

Table 1 Type and composition of minerals in iron ore

类型	原生矿物	次生矿物
氧化物	磁铁矿、石英	镜铁矿、赤铁矿、假象赤铁矿
硅酸盐	透闪石、绿泥石	
碳酸盐	方解石、白云石、铁白云石	
硫化物	黄铁矿、黄铜矿	

段的变形变质作用,即下降阶段变形变质、上升阶段变形变质和压缩阶段变形变质,分别形成流劈理、伸展构造和褶皱构造。在变形变质过程中,原岩发生压扁作用和重结晶作用,粒度增大,产生了变质矿物组合,并由于变质分异作用而形成条带状构造或条纹状构造。

矿石的主要结构有镶嵌粒状变晶结构、鳞片粒状变晶结构、柱粒状变晶结构等。矿石构造以条带状构造和条纹状构造为主,还见有片状、块状、角砾状、小揉皱状构造等。

矿石中主要含铁矿物为磁铁矿、赤铁矿、假象赤铁矿,含铁的脉石矿物主要有绿泥石、透闪石等。脉石矿物中的铁多以硅酸铁形式存在,为非可溶铁,暂不能利用。可供工业利用的磁铁矿、赤铁矿及假象赤铁矿在矿石中的含量变化在 20%~50%。矿体上部因受氧化作用、构造作用及热液活动影响,矿物含量不均匀,局部形成赤铁富矿或磁铁赤铁混合富矿和含铁极贫的石英岩(夹石)。

从 2665 件样品基本分析和 210 件物相分析结果看,矿石 TFe 品位一般为 20%~40%,最高 62.41% (赤铁矿石),其中赤铁矿品位贫富不均匀,磁铁矿石和混合矿石较均匀,TFe 品位在 25%~40%。矿石中硅酸铁(SiFe)含量多为 0.2%~6%,最高 14.1%。矿石中碳酸铁(cFe)含量一般小于 3%,最高 9.8%。几乎很少见硫铁。所采样品平均品位 TFe 29.41%,mFe

14.13%,SiFe 3.16%,cFe 1.64%,表明为贫铁矿床。矿石 TFe 品位总体变化不大,较均匀,品位变化系数(Vc)为 34%。矿体上部的赤铁矿石品位局部较富,部分为极低品位夹石,磁性铁含量较低,硅酸铁含量较高;矿体中部、下部随着标高的降低,磁性铁(mFe)含量逐渐增加,矿石品位逐渐均匀稳定,硅酸铁、碳酸铁含量也较低,二者之和一般小于 3%。从 40 件组合分析结果表明,SiO₂ 含量 20.62%~61.02%,平均 45.5%;S 含量 0.014%~0.016%,平均 0.05%;P 含量 0.02%~0.12%,平均 0.06%;Mn 含量 0.03%~0.32%,平均 0.13%。结果表明,铁矿石中主要有害物质含量均很低,符合现行规范标准,为可利用铁矿石。矿石类型以磁铁矿石岩(磁铁矿石)、赤铁矿石岩(赤铁矿石)及其过渡类型的磁铁赤铁石英岩(混合矿石)为主,其次有假象赤铁石英岩、绿泥磁铁矿石岩和透闪磁铁矿石岩。矿石中磁性铁(mFe)对全铁(TFe)的占有率大多数(80%)小于 85%,属弱磁性铁矿石。

3.3 矿体围岩与夹石

根据钻孔资料,矿体的直接围岩为绿泥片岩、含磁铁绿泥片岩及绿泥千枚岩,间接围岩为太古宙花岗岩、花岗片麻岩及黑云斜长片麻岩。矿体的夹石一般为条带状石英岩、含铁极低的条带状赤(磁)铁石英岩及绿泥片岩。条带状赤(磁)铁石英岩夹石与矿体界线不明显,一般呈渐变过渡关系。

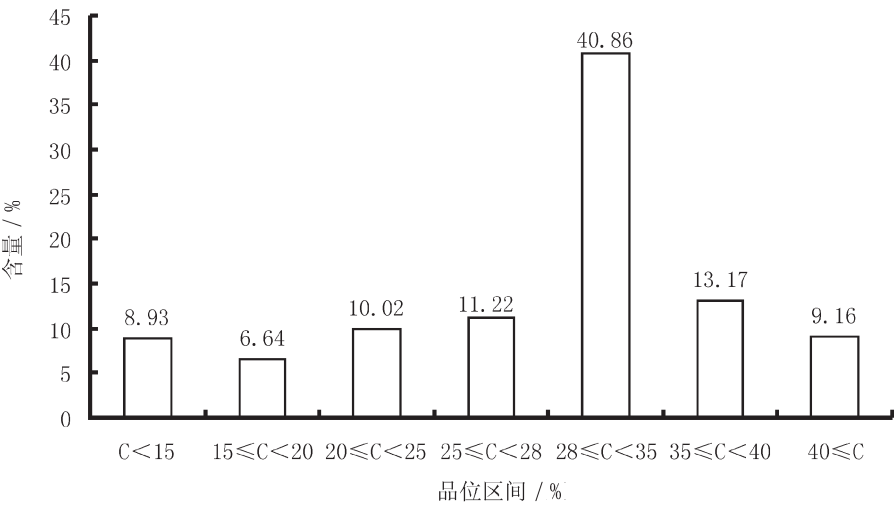


图 4 矿石 TFe 品位分布直方图
Fig.4 Histogram of TFe ore grade distribution

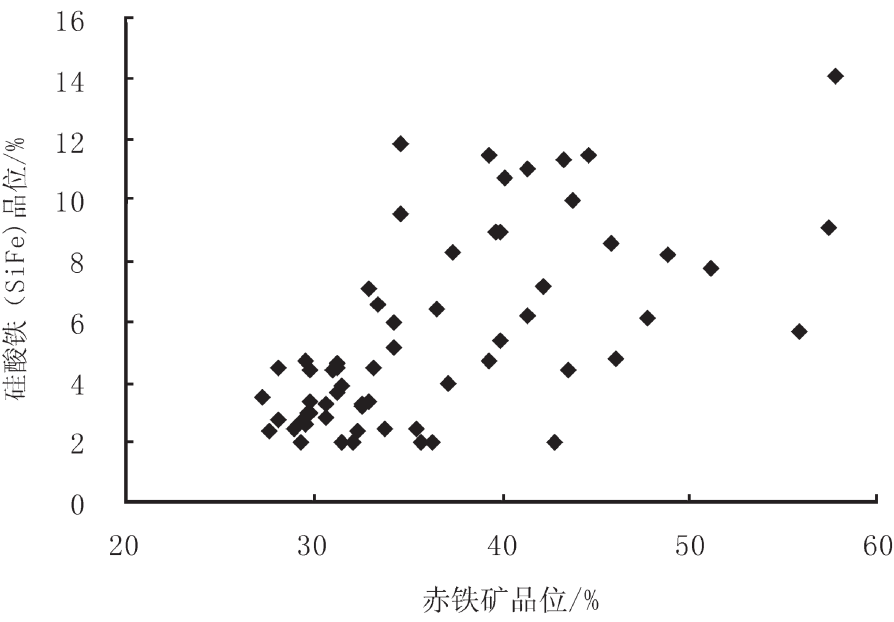


图 5 赤铁矿与硅酸铁关系散点图
Fig.5 Relationship between hematite and silicate

4 矿床资源量

根据 5 条勘探线,20 个钻孔初步估算,-1800 m 标高以上的 333+332 类铁矿石资源量约 34 亿 t。由于矿体延走向方向向两侧没有控制到边界,如进一步控制,资源量还会有所增加。

5 矿床成因

鞍山—本溪地区是太古宙花岗岩—绿岩带主要分布区之一。太古宙层状岩系(绿岩带)惯称鞍山群,也称为含铁岩系。鞍山群的主要含铁层位为茨沟组和樱桃园组;茨沟组相当于绿岩带中部岩系的上部^[2],原岩为含沉积岩的基性—中酸性火山岩建造;樱桃园组相当于绿岩带上部沉积岩系的下部,原岩为砂质泥岩—泥岩建造^[3]。这些绿岩建造成矿所需的铁与硅质是通过地幔喷气或喷浆作用提供的,进入海水后形成铁硅质化学沉积岩;硅铁质岩经区域变形变质作用,变质分异作用,形成条带状硅铁建造(BIF)型铁矿,相当于阿尔戈马型铁矿,通称鞍山式铁矿。后期

太古宙花岗岩对铁矿及其围岩的侵入、改造,使其呈大小不等的包体状赋存在太古宙花岗岩岩石中。

综上所述,对比鞍山—本溪地区鞍山式铁矿地质特征,认为大台沟铁矿床赋存在中太古代鞍山群樱桃园组,为变质火山沉积铁矿床,即鞍山式铁矿。

参考文献(References):

[1] 方如恒. 辽宁铁矿类型与演化[J]. 辽宁地质, 1995, (2):106-147.
Fang Ruheng. Types and evolution of iron deposits in Liaoning Province[J]. Liaoning Geology, 1995, (2):106-147(in Chinese with English abstract).
[2] 张秋生. 辽东半岛早期地壳与矿床[M]. 北京:地质出版社, 1988: 1-217.
Zhang Qiusheng. Early Crust and Mineral Deposits of Liaoning Peninsula, China [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1988: 1-217(in Chinese with English abstract).
[3] 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.
Ren Qunzhi, Yao Yuzeng, Jin Chengzhu.Geological characteristics of Heishilazi iron deposit in Anshan, Liaoning Province[J]. Geology and Resources, 2007, (2):95-98 (in Chinese with English abstract).

Geological characteristics of the Dataigou iron deposit in Benxi, Liaoning Province

HONG Xiu-wei, PANG Hong-wei, LIU Xue-wen, LI Er-feng,
WANG Wen-qing, WANG Chang-feng, LIU Tie

(Liaoning Academy of Geological Survey for Mineral Resources, Shenyang 110032, Liaoning, China)

Abstract: Located in Shiqiao of Benxi City, the Dataigou iron deposit is the largest Anshan-type iron deposit discovered in recent years. The ore deposit is a concealed superlarge iron ore deposit 1100–1200 m in depth. The ore body extends for 2000 m, the maximum deep extension is 840 m, and the lateral width can reach 1100 m. The ore body is a nearly vertical singular tabular body, with very few horse intercalations. Ore types include magnetite-quartzite ore (magnetite), hematite quartzite (red iron ore) and transitional type magnet hematite quartzite (mixed ore). Ore grade is uniform, with low content of harmful impurities. The resource kind 333 +332 is preliminarily estimated to be about 3 billion tons.

Key words: Anshan-Benxi region; Dataigou iron deposit in Benxi; geological characteristics; Archean; layered rocks

About the first author: HONG Xiu-wei, male, born in 1968, engineer, mainly engages in the geological investigation for mineral resources; E-mail: hong.xiuwei@163.com.