



沂源县下沟铁矿地质特征及找矿方向

李金镇¹, 孙伟清², 于松¹

(1. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014; 2. 山东省地质科学研究院, 山东 济南 250013)

摘要:下沟铁矿位于中朝准地台鲁西断隆东部边缘, 沂沭断裂带西侧, 为一中型鞍山式铁矿床。矿体赋存于泰山岩群雁翎关岩组变质岩系中, 该组为一套基性-超基性海底火山喷发沉积建造。矿体分布面积 0.27 km², 走向长 225~1 240 m, 最大控制斜深 422 m, TFe 平均品位 35.49%, 品位变化均匀, 矿体由多个带状矿层组成, 后期岩体侵入分割成 3 个矿段。矿石自然类型为细粒条带状磁铁矿石角闪岩型, 矿石铁品位较高, 具有较大的经济价值和科研价值。

关键词: 鞍山式铁矿; 成因类型; 找矿方向; 沂源下沟

中图分类号: P618.12

文献标识码: A

引文格式: 李金镇, 孙伟清, 于松. 沂源县下沟铁矿地质特征及找矿方向[J]. 山东国土资源, 2015, 31(4): 22-27. LI Jinzhen, SUN Weiqing, YU Song. Geological Characteristics and Ore Prospecting Direction of Xiagou Iron Deposit in Yiyuan County[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(4): 22-27.

0 引言

鞍山式铁矿是分布最广的铁矿类型, 也是我国最重要的铁矿床类型, 约占我国铁矿总储量的 48%, 由于矿床储量规模一般较大, 单个矿体的规模和厚度较大, 埋藏不深, 不少矿床可供露天开采, 加之矿石类型以磁铁矿为主, 矿床的分布又比较集中, 使该类铁矿床在开发利用上占了很大的优势^[1-2]。总结鞍山式铁矿的成因类型, 研究其找矿方向具有重大的现实意义。

下沟铁矿为一中型沉积变质型铁矿床, 位于沂源县城东南 32 km 处的马家沟一带, 矿体为韩旺铁矿体北延部分。通过开展该地区铁矿成因类型研究, 总结矿床成矿条件及成矿规律, 预测找矿方向, 为寻找类似矿床提供一定的参考。

1 区域地质概况

下沟矿区大地构造位置位于中朝准地台(I)鲁西断隆(II)鲁西断块隆起(III)的东部边缘, 沂沭断裂带的西侧, 上五井断裂带以东(图 1)^[3]。区内地

层发育较齐全, 自太古宙至新生代多有出露, 主要有新太古代泰山岩群变质岩系、新元古代浅海相沉积岩、古生代寒武、奥陶纪碳酸盐岩系、第四纪碎屑粘土岩类等。区内构造表现为以寒武纪地层组成的单斜构造和以 NW 向、NE 向断裂构造为特征, 盖层和基底无明显的褶皱构造, 构造线以 NW—SE 方向为主。区内岩浆岩较发育, 自古元古代到新近纪均有岩浆活动, 出露面积占全区面积的 20% 左右, 主要岩浆岩有元古宙二长花岗岩、元古代伟晶花岗岩, 中生代(燕山晚期)闪长(玢)岩等(图 1)。

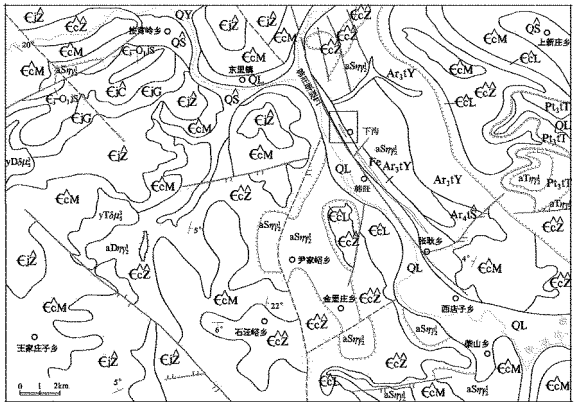
2 矿床地质特征

2.1 地层

矿区地层比较简单, 以新太古代泰山岩群雁翎关组、寒武纪馒头组和第四纪山前组、沂河组为主^[4-5]。寒武纪馒头组隐伏在沂河冲积层下。雁翎关组含铁片岩系为区内主要赋矿层位, 主要分布于矿区中部, 由于受花岗岩的侵入, 局部呈层状或残留透镜体与花岗岩互层, 普遍遭受弱混合岩化作用。该层呈 NNW 走向, 倾向 SW, 倾角 35°~73°。所出

收稿日期: 2014-06-19; 修订日期: 2014-07-30; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 李金镇(1980—), 男, 福建漳浦人, 工程师, 主要从事矿产资源勘查工作; E-mail: 251040@qq.com



- 1—沂河组; 2—临沂组; 3—山前组; 4—大站组; 5—三山子组;
- 6—炒米店组; 7—崮山组; 8—张夏组; 9—馒头组; 10—朱砂洞组;
- 11—李官组; 12—佟家庄组; 13—山草峪组; 14—雁翎关组;
- 15—铜汉庄单元; 16—东明生单元; 17—调军顶单元; 18—松山单元;
- 19—条花峪单元; 20—蒋峪单元; 21—鞍山式铁矿体;
- 22—地质界线; 23—不整合界线; 24—平行不整合界线; 25—张扭性断层;
- 26—压扭性断层; 27—性质不明断层; 28—推测断层;
- 29—岩层产状; 30—矿区范围

图 1 下沟地区区域地质简图

露的地层岩性以角闪片岩、绿泥石片岩、阳起石透闪石片岩、含铁石英片岩、磁铁石英角闪岩为主,浅灰至绿色,为基性—超基性海底火山喷发沉积建造。

2.2 构造

区内构造以断裂为主,无强烈的褶皱,由泰山岩群雁翎关组组成的变质岩系基底层与铁矿带基本呈单斜状产出。区内地层总体走向 NW,倾向 NE,倾角 15°~30°。受区域性断裂构造的影响,区内次一级断裂构造发育,断裂以正断层为主,除了大致平行矿体走向的韩旺断裂外,尚发育与矿体走向斜交或直交的横向断层。

由寒武纪长清群馒头组组成的盖层亦呈单斜状产出,总体走向 NW,倾向 10°~80°,倾角一般 8°~15°,局部变缓或变陡。寒武系盖层与泰山岩群雁翎关组组成的基底之间呈断层接触,呈 NW 向 300°~330°方向展布,西南侧为寒武系盖层区,东北侧为泰山岩群变质岩系区。

2.3 岩浆岩

矿区岩浆岩以古元古代傲徕山超单元条花峪单元灰红色弱片麻状中粒含黑云二长花岗岩为主,另有少量沂南超单元铜汉庄单元石英闪长玢岩。

条花峪单元大面积分布于矿区东部,平面上呈 NNW 向带状展布,主要岩性为弱片麻状中粒含黑云二长花岗岩,岩石呈灰红色,中粒花岗结构,弱片麻状构造,主要矿物成分:黑云母 8.4%、石英 23.6%、斜长石 36.8%、微斜长石 28.9%。副矿物有锆石、磷灰石、磁铁矿等。铜汉庄单元呈脉状出露于马家沟村西侧山坡。主要岩性为含角闪石英闪长玢岩。岩石呈灰—灰绿色,风化面为黄褐色、灰褐色,斑状结构,局部可见显微文象结构,块状构造。风化后质地松软。主要矿物成分:斜长石 35%~40%、角闪石 40%~60%、石英 3%~4%、黑云母 1.8%。含极少量磷灰石、榍石、金属矿物等。

2.4 矿体规模及产状

矿床赋存在雁翎关岩组顶部含铁片岩中,由多个带状矿层组成。带状矿层呈 NW—SE 向展布,总体走向 330°左右,倾向 SW,倾角 23°~68°,平均 48°。矿带在走向和倾向上呈幅度不大的波状弯曲,存在膨胀、分枝、复合等复杂多变现象。矿层与上、下盘地层产状基本一致,局部由于岩浆侵入,使其产状变陡(图 2)。后期岩体侵入,将矿体分割为 3 个矿段,分别编号为 I, II, III。

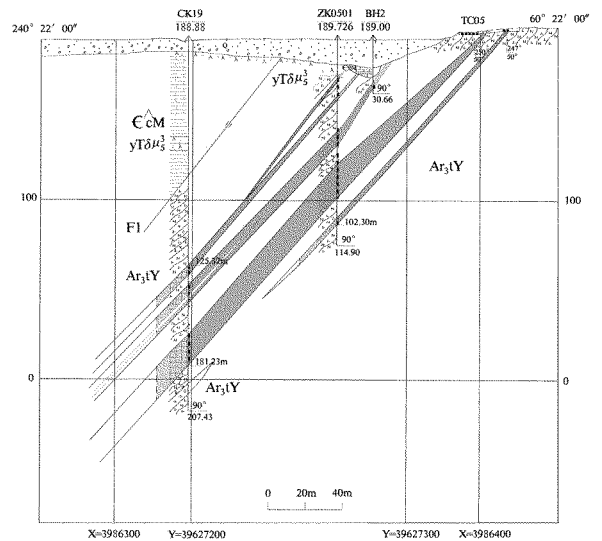


图 2 下沟地区铁矿第 05 勘查线剖面图

(1) I 矿段特征。呈带状或似层状产于 -02 线至 10 线之间,矿体埋深 0~19.10 m,赋存标高 +203~-14 m。矿体倾向 235°~273°,倾角 23°~60°,总体往北有变缓趋势。控制矿体走向长 1 240 m,控制矿体最大斜深 262 m。矿体由 1~9 层矿层组成,单层矿层真厚度 1.00~18.79 m,单工程矿层

累计最大真厚度 33.38 m, 累计最小真厚度 1.54 m, 平均真厚度 12.81 m, 变化系数 66.90%, 变化属中等。mFe 品位 15.02%~33.24%, 平均 19.74%, 变化系数 20.47%; TFe 品位 21.97%~44.90%, 平均 34.24%, 变化系数 12.31%, 属矿化均匀矿体。

(2) II 矿段特征。分布于 12 线至 14 线之间, 矿体埋深 31.40~59.20 m, 赋存标高 +173~+29 m。含矿带呈似层状、透镜状残留在花岗岩体中。矿体倾向 225°左右, 倾角 27°~52°。控制矿体走向长 225 m, 控制矿体最大斜深 170 m。矿体由 2~4 层矿层组成, 单层矿层真厚度 1.23~16.50 m。单工程矿层累计最大真厚度 23.33 m, 累计最小真厚度 11.28 m, 平均真厚度 17.67 m, 变化系数 29.91%, 变化属简单—中等。mFe 品位 15.03%~30.03%, 平均 19.98%, 变化系数 27.01%; TFe 品位 21.41%~41.89%, 平均 34.53%, 变化系数 13.63%, 属矿化均匀矿体。

(3) III 矿段特征。呈带状或似层状产于 16~24 线之间, 矿体埋深在 0~22.20 m, 赋存标高 +240~-140 m。矿体倾向 232°~254°, 倾角 27°~68°。控制矿体走向长 825 m, 控制矿体最大斜深 422 m。矿体由 1~11 层矿层组成, 单层矿层真厚度 1.00~33.10 m。单工程矿层累计最大真厚度 62.57 m, 累计最小真厚度 4.09 m, 平均真厚度 22.78 m, 变化系数 72.70%, 变化属中等。mFe 品位 15.02%~34.49%, 平均 22.24%, 变化系数 23.77%; TFe 品位 23.75%~43.15%, 平均 36.84%, 变化系数 14.73%, 属矿化均匀矿体。

2.5 矿石结构

矿石呈粒柱状变晶结构、纤状变晶结构、纤状花

岗变晶结构, 磁(赤)铁矿、角闪石类矿物和石英排列构成明显的条带状构造。按条带的粗细和形态可分为条带状、条纹状、条痕状、似肠状等构造。以条纹状和条带状矿石为主, 条带宽 0.5~8.0 mm, 条带从细到粗, 矿石品位逐渐降低, 当条带进一步变粗, 则过渡为含铁角闪石英片岩, 多出现在矿带底板。

矿石中矿物组成比较简单, 金属矿物以磁铁矿为主, 其次为赤铁矿、假像赤铁矿、褐铁矿等铁的氧化物, 有少量的黄铁矿、黄铜矿。含铁硅酸盐矿物主要是铁闪石、普通角闪石, 其次是黑云母、透闪石、阳起石, 还有少量的绿泥石与绿帘石等。不含铁的矿物主要是石英, 其次是斜长石、钾长石、碳酸盐岩矿物、绢云母, 还有极少量的磷灰石、锆石、榍石等。

矿石的化学组分: 矿石中的主要有益元素为铁(Fe), 其他稀有分散元素含量较低, 含极微量的金、钛、铬、钒、镍、钴、镓等, 达不到综合利用的要求。矿石 TFe 品位介于 25%~39%, 最高达 50.93%, 平均值为 35.49%, 变化系数 14.01%。mFe 品位介于 15%~25%, 最高达 34.49%, 平均为 20.94%, 变化系数 23.33%。mFe/TFe=82.89%<85%, 为弱磁性铁矿石。区内矿石品位沿走向变化不大, 沿倾斜方向由浅到深略有降低趋势。

造渣元素硅、铝、钙、镁的含量较稳定。SiO₂ 一般 35.98%~43.20%, Al₂O₃ 0.28%~3.60%, CaO 1.156%~4.884%, MgO 1.842%~6.128%。(CaO+MgO)/(SiO₂+Al₂O₃)=0.07~0.23, 属酸性铁矿石。有害组分 S 0.025%~1.36%, 一般 0.1%左右; P₂O₅ 0.17%~0.30%, 对冶选无影响(表 1)。

表 1 下沟铁矿样品全分析结果

样品 编号	分析结果 ω(B)/%											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	S
064173	39.680	0.560	1.156	1.842	34.360	21.580	0.015	0.170	0.058	0.131	0.085	0.378
063948	43.200	0.280	1.512	2.215	24.920	26.330	0.004	0.220	0.019	0.069	0.054	0.027
062765	42.920	0.570	1.268	1.847	22.450	30.090	0.010	0.190	0.040	0.133	0.061	0.025
062719	39.140	1.890	4.884	3.469	25.660	15.520	0.044	0.300	0.304	0.319	0.204	1.360
062417	41.140	3.600	2.924	2.186	22.630	24.750	0.084	0.150	0.898	0.583	0.050	0.027
065907	42.220	0.670	2.299	5.365	18.830	27.320	0.017	0.240	0.062	0.140	0.171	0.405
065712	36.560	0.550	2.942	5.639	23.830	27.700	0.012	0.250	0.029	0.170	0.141	0.288
065733	38.660	0.590	2.909	3.854	24.000	22.850	0.011	0.270	0.038	0.115	0.180	0.441
070396	40.560	0.520	1.730	6.128	23.000	27.300	0.010	0.230	0.034	0.111	0.156	0.297
070470	35.980	0.470	1.549	5.311	26.390	27.700	0.009	0.280	0.027	0.145	0.196	0.115

3 矿床成因探讨与找矿方向

3.1 矿床成因类型

早寒武纪条带状铁矿的成矿过程是非常复杂而独特的,争论很多,特别是有关铁矿物质来源问题。该区条带状铁矿应为海底火山沉积矿床,其成矿过程和物质来源与太古宙时期古海底火山活动有关。矿体具有沉积矿床的基本特征:

(1) 铁矿体呈层状延伸。部分厚度较小的矿层由于后期地质作用而发生扭转弯曲,并产生膨胀收缩现象,但总体仍保持着层状产出的基本特征。铁矿体与围岩之间呈整合产出状。

(2) 铁矿本身具有独特的黑白相间的条带状构造,这是其原生层理。

(3) 矿石化学成分相对简单,矿石中的氧化铁($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$)与 SiO_2 含量之和达 80% 以上,矿石成分简单表明其成矿过程中经受了高度的成矿分异作用,这是沉积成矿的特点。

(4) 矿石中磁铁矿的矿物化学成分简单,含 Mg, Mn, Ti 等杂质成分很少,这表明其是经过高度的沉积分异成矿作用而形成的。

条带状铁矿虽然具有沉积成矿的基本特征,但它有一些发育规律却不同于典型的沉积矿床。从全球范围看,条带状铁矿的宏观分布上可看出它与火山活动之间的关系。在大陆漂移复原图上,世界上主要条带状铁矿产地都是沿几个大洋中脊分布的。大洋中脊是大洋火山活动的中心,条带状铁矿的这种分布也正表明它在成因上与海底火山活动有密切的关系。

该区含铁建造不同于一般陆源碎屑沉积建造,矿层本身与围岩均含大量角闪质硅酸盐类,常为角闪片岩,角闪片麻岩、黑云片麻岩和含铁角闪石英片岩,组成一套绿色变质岩系,纵向及横向厚度变化较大,常呈层状产出,并且各岩性之间呈逐渐过渡关系。在区域上对比,应相当于泰山岩群雁翎关岩组顶部,该组称为基性岩浆岩和凝灰岩建造^[6]。该区岩石化学全分析资料计算的尼格里数值作图,都投在火成岩区,扎氏数值特征则表明片岩属基性岩范畴,片麻岩为中性岩范畴。微量元素特征表明片岩含较高的 Cr, Ni, Mn, V 亦证明其属基性岩。此外角闪片麻岩含较多的碱质,而且 Na 远高于 K,说

明此岩系原可能为一套基性伴有偏碱质的中性岩浆岩(表 2、表 3)。

表 2 扎氏数值特征

岩石名称	a	b	c	s	f	m'	c'	n
黑云斜长片麻岩	10.56	8.29	4.66	76.49	47.90	47.90	4.20	58
角闪斜长片麻岩	13.90	7.30	3.40	75.40	56.50	30.50	13	82
角闪斜长片麻岩	14.80	6	2.80	76.40	64	19.10	16.90	74
角闪片岩	2.60	42	3.90	51.50	20.30	51	22.70	90

表 3 尼格里参数

岩石名称	al	fm	C	alk	si	k	mg	c/fm
黑云斜长片麻岩	35	28	18	19	395	0.42	0.49	0.64
角闪斜长片麻岩	37	23	16	24	271	0.18	0.35	0.69
角闪斜长片麻岩	39	19	14	28	289	0.26	0.23	0.73
角闪片岩	10	62	26	2	983	0.94	0.74	0.41

注:投影在四面体上,均在火成岩区域

在石英中发现有少量锆石及磷灰石的完晶包体。说明矿石的物质来源并非从大陆长距离搬运,此外,岩石中常伴有一定数量分布不均匀的黄铁矿,特别是磁铁矿颗粒中常发现有磁黄铁矿小包体,证明它们可能来自火山喷发的硫化物杂质。矿带内矿层多而薄,具有明显的层理构造,特别是矿层内部有较鲜明的周期性沉积的条纹状特征,是火山多次间隙喷发和沉积分异的有力证据^[7]。

以上特征说明,该矿床含矿岩系,应属伴有海底火山喷发沉积的含铁建造类型。

围岩中的柱、片状矿物定向排列,构成明显的片状构造和片麻状构造,矿石中的石英拉长,具波状消光,并见有塑性变形和轻度混合岩化现象,这些都是长期区域变质作用的产物。矿层中见有较广泛的碳酸盐化、硅化、黑云母化、绿泥石化等后期蚀变现象,以及磁铁矿的重结晶和充填交代现象,都是中低温热液活动的特征。其热液可能主要来源于区域变质作用的再生熔浆,与新太古代晚期侵入的花岗岩和中生代活动的中基性岩关系不甚明显。

综上所述,该区含铁建造与岩浆岩存在着直接关系,其矿石中的主要物质成分应来自基性火山喷发物,通过海水以化学沉积方式沉积分异成原始铁矿层,后又经区域变质和热液改造作用形成现今磁铁矿角闪片岩。所以其成因类型应为岩浆岩沉积变质铁矿床,即鞍山式铁矿。

3.2 控矿因素分析

(1)地层岩性因素。下沟铁矿床赋存于雁翎关岩组含铁片岩中,两侧围岩多为斜长角闪岩或斜长角闪片岩。矿体形态及产状、规模主要受雁翎关岩组地层控制,局部矿体受岩体影响较大。

(2)构造控矿因素。区内构造以断裂为主,无强烈的褶皱。寒武系盖层与泰山岩群雁翎关岩组成的基底之间呈断层接触,西南侧为寒武系盖层区,东北侧为泰山岩群变质岩系区。韩旺断裂对矿体产生了破坏作用。

(3)变质作用因素。该区变质作用主要为区域变质作用,可分3期,即新太古代早期的角闪岩相变质作用、新太古代晚期至古元古代早期的绿帘角闪岩相变质作用及古元古代的绿片岩相变质作用^[8]。新太古代变质作用是泰山岩群的主变质作用,与早期构造变形密切相关,是同构造的,属于区域热动力型变质类型。新太古代晚期—古元古代早期绿帘角闪岩相变质作用是矿区内较广泛的变质作用,使区内的新太古代—古元古代早期的深成岩发生变质作用,并叠加在雁翎关岩组变质作用之上,使其发生退变质作用。古元古代绿片岩相变质是矿区内发育最广泛的一次变质作用,使古元古代傲徕山期深成侵入岩普遍遭受变质作用,并影响了前两期变质作用。

3.3 找矿方向

(1)地层标志:矿体一般富集在雁翎关岩组顶部,矿体形态明显受该组地层控制。地球物理标志:该矿床矿石矿物主要为磁铁矿,地面磁异常的强弱,一方面是磁铁矿体大小的反映,另一方面与矿石的品位高低和矿体埋深有关,所以磁异常是寻找磁铁矿床的重要标志。地貌标志:磁铁矿体由于抗风化剥蚀,多形成正地形,同时地表形成带状褐土。残留岩石具有强褐铁矿化、赤铁矿化,预示着铁矿体的存在,可作为铁矿的重要直接找矿标志。

(2)大面积分布前寒武系变质岩浆岩区内的泰山岩群残留体,是寻找该类矿床的重要方向。根据

成矿模式分析,最有利形成厚大矿体的部位为离火山中心较远、水体物理化学条件较稳定之处,应开阔找矿范围,即不限火山活动中心区才有鞍山式铁矿^[6,9]。

下沟矿区北西方向,韩旺断裂两侧区域航磁虽不是很强,但局部可见褐铁矿化和赤铁矿化,结合区域地质特征,该区域应为下一步找矿重点方向。

4 结论

下沟铁矿为一中型铁矿床,成因类型为岩浆岩沉积变质铁矿床,即鞍山式铁矿。矿体由多个带状矿层组成,存在膨胀、分枝、复合等复杂多变现象。矿体厚度、品位较均匀;矿石以条纹状和条带状矿石为主。矿体主要受地层因素和构造因素以及变质作用控制,断裂构造对矿体产生一定的破坏作用;区域变质作用对矿体的富集产生了不利影响。下沟矿区北西方向,韩旺断裂两侧区域应为找矿重点方向。

参考文献:

- [1] 沈其韩. 鞍山式铁矿深部找矿整装勘查中应注意的若干问题[J]. 地质学报, 2012, 86(9): 1331-1334.
- [2] 王可南, 姚培慧. 中国铁矿床综论[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992: 1-321.
- [3] 宋明春, 徐军祥, 王沛成, 等. 山东省大地构造格局和地质构造演化[J]. 北京: 地质出版社, 2009: 34-66.
- [4] 孔庆友, 张天祯, 于学峰, 等. 山东矿床[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2006: 19-59.
- [5] 曾广湘, 吕昶, 徐金芳. 山东铁矿地质[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1998: 19-48.
- [6] 周世泰. 鞍山、本溪地区鞍山群变质岩岩石化学研究及条带状铁矿的成矿条件[J]. 中国地质科学院院报, 1987, (16): 139-153.
- [7] 沈其韩, 宋会侠, 赵子然. 山东韩旺新太古代条带状铁矿的稀土和微量元素特征[J]. 地球学报, 2009, 30(6): 693-699.
- [8] 刘玉强, 李洪喜, 黄太岭, 等. 山东省金铁煤矿床成矿系列及成矿预测[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [9] 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.

Geological Characteristics and Ore Prospecting Direction of Xiagou Iron Deposit in Yiyuan County

LI Jinzhen¹, SUN Weiqing², YU Song¹

(1. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Xiagou iron deposit is located in eastern edge of Sino Korean paraplatform in Luxi uplift, and west part of Yishu fault zone. It is a medium - sized Anshan type iron deposit. The ore bodies occurred in metamorphic rocks of Yanlingguan formation in Taishan group. It is a set of basic - ultrabasic submarine volcano sedimentary formation. Distribution square of ore bodies is 0.27km^2 , the length is $225\sim 1240\text{m}$, the maximum oblique depth is 422m , average grade of TFe is 35.49% , and grade changes uniformly. Ore bodies are composed of some banded layers. Intrusive rocks in late period can be divided into 3 ore sections. Natural types of ore bodies are fine banded magnetite quartz amphibolite type. Ore grade is rather high with great economic value and scientific research value.

Key words: Anshan type iron deposit; genetic type; ore prospecting direction; Xiagou in Yiyuan county