

青海西部祁漫塔格成矿带找矿新进展及其意义

张爱奎^{1,2}, 莫宣学¹, 李云平², 吕 军^{1,3}, 曹永亮⁴, 舒晓峰², 李 华²

ZHANG Ai-kui^{1,2}, MO Xuan-xue¹, LI Yun-ping², LÜ Jun^{1,3},

CAO Yong-liang⁴, SHU Xiao-feng², LI Hua²

1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 青海省第三地质矿产勘查院, 青海 西宁 810008;

3. 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005;

4. 青海省柴达木综合地质大队, 青海 格尔木 816000

1. College of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083, China;

2. The Third Institution of Qinghai Geological Mineral Prospecting, Xining 810008, Qinghai, China;

3. Qiqihar Branch, Heilongjiang Institute of Geological Survey, Qiqihar 161005, Heilongjiang, China;

4. Integrate Geological Exploration Team of Qinghai Province, Geemu 816000, Qinghai, China

摘要: 青海省祁漫塔格成矿带位于东昆仑造山带北西段, 带内以往开展了以铁为主的找矿工作, 发现一批矽卡岩型中型矿床。近年来带内找矿取得了重大突破: ①发现一种新类型矿床——“虎头崖”式层控型大型多金属矿床; ②低缓磁异常区多金属和铁矿找矿效果显著, 发现四角羊-牛苦头大型多金属矿床, 野马泉矿区多金属矿规模达到中型, 尕斯库勒矿区发现深部厚大的铁矿体。在系统地综合总结这些成果的基础上, 探讨了找矿新进展的意义, 划分了 3 处成矿远景区, 并初步讨论了各成矿远景区内进一步找矿的方向。

关键词: 找矿新进展; 层控型矿床; 低缓磁异常; 成矿远景区; 祁漫塔格成矿带; 青海

中图分类号: P612

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2010)07-1062-13

Zhang A K, Mo X X, Li Y P, Lü J, Cao Y L, Shu X F, Li H. New progress and significance in the Qimantage metallogenic belt prospecting, western Qinghai, China. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(7):1062-1074

Abstract: The Qimantage metallogenic sub-belt is located in the northwest of the East Kunlun orogenic belt, Qinghai Province. Many medium-sized skarn type deposits have been found during the ore prospecting. Recently, ore prospecting progresses have been achieved as follows: ①A new type-Hutouya large-scale layer-bound deposit has been found; ②Sijiaoyang-Niukutou large-scale polymetal ore deposit, Yemaquan polymetal ore middle-sized deposit and Galinge deep-seated ore bodies have been found in low geomagnetic anomaly areas. It is suggested that Binggounan-Hutouya, Yemaquan-Galinge and Changshan-Shaqiu are three major target areas for further prospecting.

Key words: new progress in ore prospecting; stratum-bound deposit; low geomagnetic anomaly; ore-forming prospect area; Qimantage metallogenic belt; Qinghai

青海省祁漫塔格成矿带属于青海省三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测中的青海省祁漫塔格-都兰三级成矿带(Ⅲ₁₁)的西段部分^①。带内地质工作始于 20 世纪 50 年代, 以路线地质调查为主, 发

现了一些零星的矿点。60 年代开展了航空磁测和 1:50000 地磁测量, 发现一批航磁、地磁异常, 为矿产勘查工作奠定了基础。70 年代初至 80 年代末, 在带内开展了以铁为主的勘查工作, 发现肯德可克、野马

收稿日期: 2009-08-14; 修订日期: 2009-11-18

科技项目: 青海省地勘局项目《青海省格尔木市野马泉地区铁多金属矿普查》资助

作者简介: 张爱奎(1976-), 男, 在读博士, 工程师, 从事矿床地质研究。E-mail: 474921988@qq.com

泉和尕林格中型铁多金属矿床,提交铁矿石资源量约 $1.5 \times 10^8 \text{t}$,铜铅锌多金属资源量约 $15 \times 10^4 \text{t}$,为后续矿产勘查工作提供了良好的依据。但由于 90 年代之后至 21 世纪初矿产勘查市场萧条,勘查方向也转向以找金为主,带内勘查工作一度停滞。直至 2000 年以来,随着新一轮地质勘查工作的开展,尤其近几年,找矿取得了重大进展。笔者根据近年参与虎头崖矿床发现和野马泉矿床规模扩大积累的经验,并系统收集、总结带内其他矿区找矿最新进展的资料,初步探讨由勘查新成果、新进展带来的启示和找矿意义,在此基础上划分了成矿远景区,并初步分析了各成矿远景区进一步找矿的方向,希望对带内的进一步勘查工作有所裨益。

1 成矿地质背景

青海省祁漫塔格成矿带位于柴达木盆地南缘,所处大地构造分区跨越了祁漫塔格北坡-夏日哈新元古代-早古生代岩浆弧带 (I_{9-2})和祁漫塔格-都兰新元古代-早古生代缝合带 (I_{10}),北邻柴达木中

新生代后造山磨拉石前陆盆地 (I_{9-2}),南与东昆中陆块 (I_{11})相接^[1]。成矿带南以祁漫塔格-都兰断裂为界,北界为东昆北断裂的北支,西与新疆祁漫塔格岩浆弧相接,长约 300km,宽 30~70km^①,见图 1。

1.1 地 层

带内出露地层有古元古界金水口岩群 (Pt_1J)、中元古界蓟县系狼牙山组 (Jxl),寒武系—奥陶系滩间山群 (ϵOT),泥盆系上统牦牛山组 (D_3m),石炭系下统大干沟组 (C_1dg)、上统缙敖苏组 (C_2d),二叠系中下统打柴沟组 ($P_{1-2}dc$),三叠系上统鄂拉山组 (T_3e),新近系油沙山组 (N_2y)及第四系 (Q) (图 1)。中元古界蓟县系狼牙山组为一套热水沉积岩系,为带内层控型矿床的赋矿岩层。下古生界滩间山群和石炭系上统缙敖苏组内的碳酸盐岩成分不纯,泥硅质夹层发育 (图版 I-A),在晚古生代—早中生代 (晚华力西—印支期)造山过程中,成为矽卡岩型矿床的良好成矿围岩。

1.2 构 造

带内构造活动强烈,褶皱以轴向北西西向的复

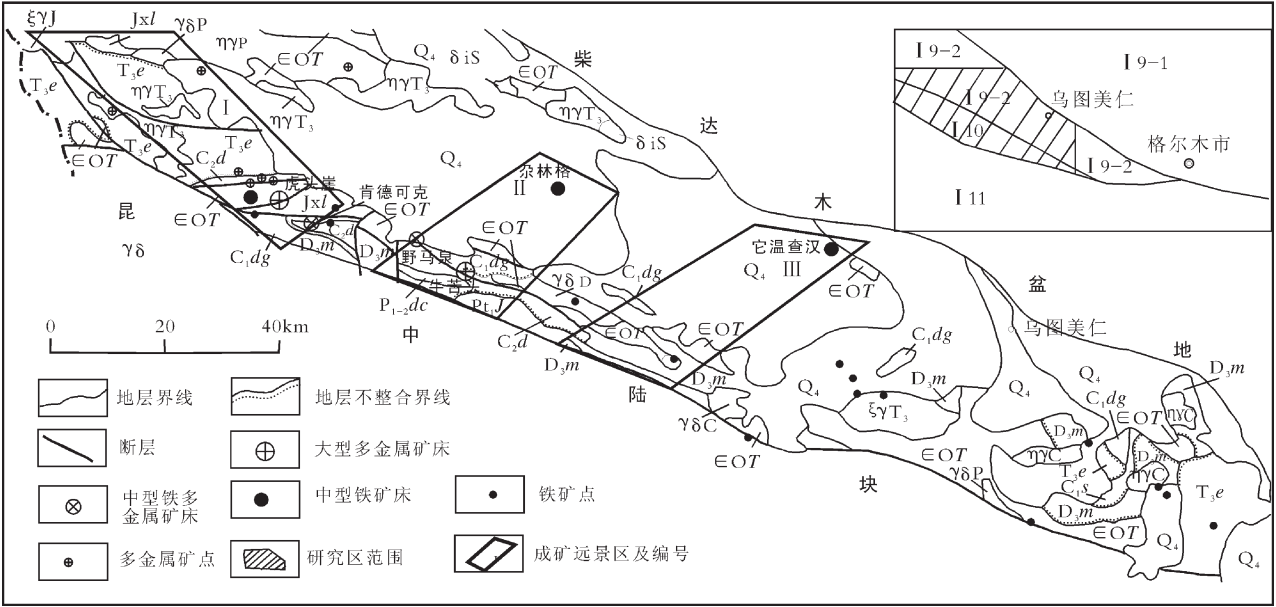


图 1 祁漫塔格地区地质矿产图(据参考文献[1]①修编)

Fig. 1 Geology and mineral map of the Qimantage area

Q_4 —第四系; T_3e —上三叠统鄂拉山组; $P_{1-2}dc$ —中下二叠统打柴沟组; C_2d —上石炭统缙敖苏组; C_1dg —下石炭统大干沟组;
 D_3m —上泥盆统牦牛山组; ϵOT —寒武系—奥陶系滩间山群; Jxl —中元古界蓟县系狼牙山组; Pt_1J —古元古界金水口岩群;
 $\xi\gamma T_3$ —三叠纪钾长花岗岩; $\eta\gamma T_3$ —三叠纪二长花岗岩; $\eta\gamma P$ —二叠纪二长花岗岩; $\gamma\delta P$ —二叠纪花岗岩闪长岩; $\eta\gamma C$ —石炭纪二长花岗岩;
 $\gamma\delta C$ —石炭纪花岗岩闪长岩; $\gamma\delta D$ —泥盆纪花岗岩闪长岩; $\delta i S$ —志留纪英云闪长岩; I_{9-1} —柴达木中新代后造山磨拉石前陆盆地;
 I_{9-2} —祁漫塔格北坡—夏日哈新元古代—早古生代岩浆弧带; I_{10} —祁漫塔格—都兰新元古代—早古生代缝合带; I_{11} —东昆中陆块;
 I —冰沟南—虎头崖成矿远景区; II —野马泉—尕林格成矿远景区; III —长山—沙丘成矿远景区

式背、向斜构造为主,近年在虎头崖矿区识别出的复式向斜拓宽了找矿空间。断裂构造发育,NWW 向、NW 向断裂组成了主体构造骨架,呈叠瓦式排列,性质为逆断层,走向 120°,断层两侧多数发育有碎裂岩(图版 I-B),碎斑大小一般为 0.5~2cm,局部可达 5cm 以上,已被碳酸盐胶结,该组断裂控制了地层、岩浆岩和矿产的展布(图 2 中 F10、F11)。其次,NE、NEE 向构造也较发育(图 2 中 F12、F13),断层性质为平移断层,该组构造错断了 NWW 向、NW 向断裂和层间构造,断距可达 80~100m,对矿体有一定的破坏作用。

岩体侵入接触面多为构造薄弱带,为矿液的贯入、运移、交代和沉淀提供了良好的场所,为带内矽卡岩矿床主要的储矿构造(图版 I-C:侵入接触带储矿),矽卡岩矿床常见条带状矿石是矿液沿层理交代或充填的反映(图版 I-D:矿液沿层理交代现象)。而层控矿床的矿体主要赋存于不同岩性的接触构造薄弱带。

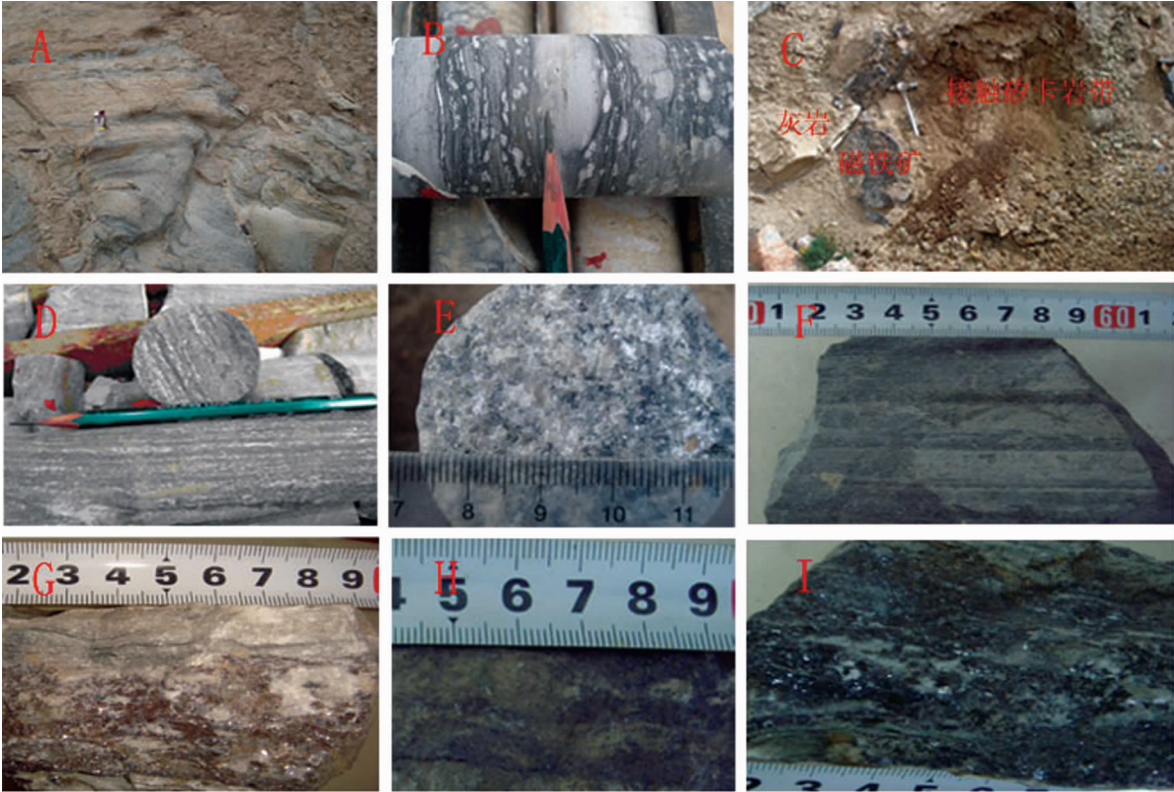
1.3 岩浆岩

带内岩浆活动十分强烈,侵入岩广泛分布,其中印支期侵入岩最为发育,类型主要有花岗闪长岩(图版 I-E)、含黑云母闪长岩、二长花岗岩和斑状二长花岗岩,局部有斜长花岗岩。花岗闪长岩、含黑云母闪长岩与矽卡岩成矿关系最为密切。岩体多呈岩株、岩舌、岩枝状,平面上多呈不规则的港湾状,岩体内见捕虏体,岩体与围岩接触面变化很大,舌状凹陷带部位往往见厚大的矿体。以野马泉矿床为例,各岩体的特征及其与成矿的关系见表 1。

2 勘查新进展及其意义

2000 年以来,随着新一轮地质勘查工作的开展,尤其近几年,找矿取得了重大进展,发现虎头崖、四角羊-牛苦头 2 处大型多金属矿床和它温查汉中型铁多金属矿床,尕林格、野马泉等矿区资源量也有了很大提升。带内目前已提交铁矿石资源量约 $2.4\times 10^8\text{t}$,多金属资源量约 $220\times 10^4\text{t}$ ^④,并显示出良好的找矿潜力。

图版 I Plate I



A—野马泉矿区内石炭统薛家湾组不纯灰岩;B—野马泉构造碎裂岩;C—野马泉岩体与灰岩接触矽卡岩带储矿;
D—野马泉矿区沿层理交代现象;E—野马泉矿区花岗闪长岩;F—虎头崖矿区条带状硅质岩;G—虎头崖矿区
矽卡岩化硅质岩中的条带状矿石;H—虎头崖条带状矿石;I—虎头崖条带状矿石(强烈改造)

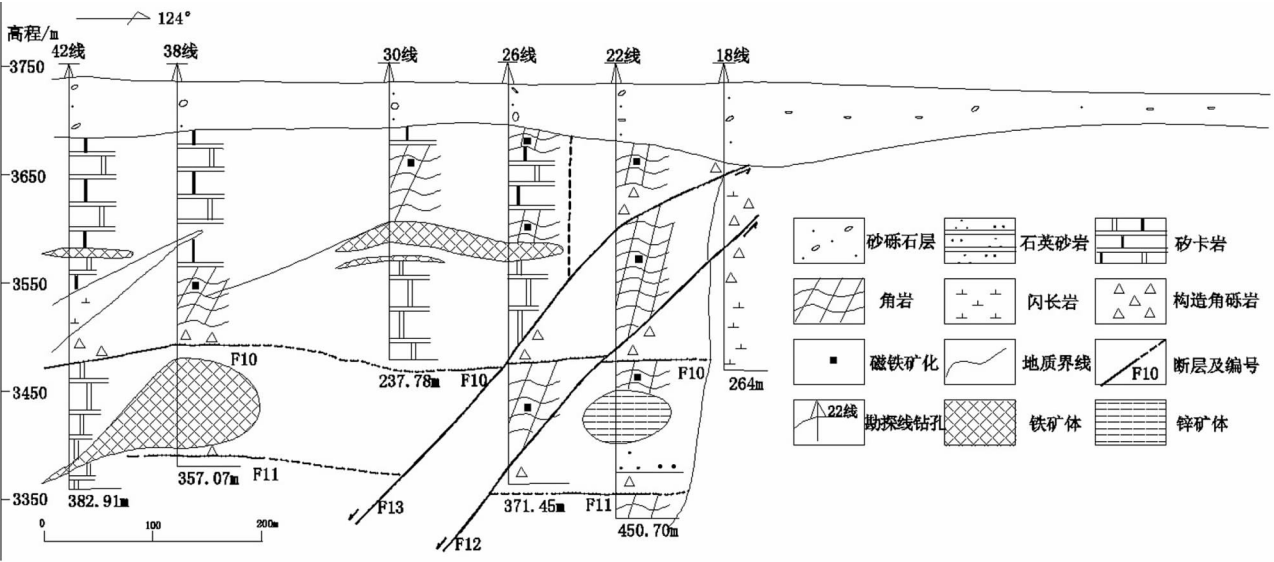


图 2 野马泉矿床 M4 磁异常区纵向剖面

Fig. 2 Vertical section map of M4 geomagnetic anomaly in Yemaquan deposit

2.1 层控型矿床的发现及其意义

2.1.1 虎头崖矿床的发现

虎头崖矿床由青海省地矿局区调队 1979—1981 年开展 1:20 万区域地质调查时发现,认为是一处热液型多金属矿点,未做进一步检查评价。2000—2003 年,笔者参与了普查评价,确定矿床规模达到中型以上,发现矿体呈层状展布,初步认为矿床为热液—矽卡岩型^[2]。2007 年至今,湖南省有色地质 217 队开展了矿区详查,矿床规模达到大型,并初步认为矿床成因属海底喷流沉积成因^[5]。

2.1.2 虎头崖矿床的特征

矿床位于祁漫塔格裂陷槽的Ⅲ级盆地内,出露地层主要有中元古界蓟县系狼牙山组(Jxl)和下石炭统大干沟组(C₁dg)(图 3)。

与成矿关系密切的地层是中元古界狼牙山组,该套地层为一套碳酸盐岩与碎屑岩交互层,沉积环境动荡,岩性为大理岩、含铁石英砂岩、含炭灰岩及硅质岩,多具有纹层状、条带状构造(图版 I—F:条带状硅质岩)。矿区硅质岩成分(表 2)^[5]接近热水沉积岩^[3-4],微量元素含量较正常沉积地壳高出几—几

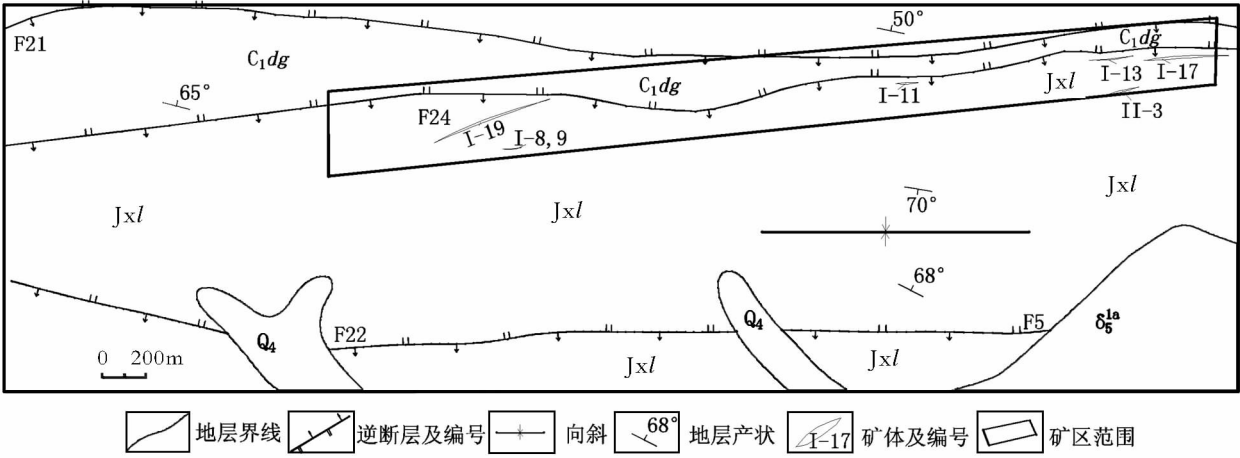


图 3 虎头崖地区地质矿产图

Fig. 3 Geology and mineral map of Hutouya area

Q₄—第四系风成砂及洪积物;C₁dg—下石炭统大干沟组;jxl—中元古界蓟县系狼牙山组;δ₅^a—印支期闪长岩

表 1 野马泉矿床侵入岩的特征^{②③}

Table 1 Intrusive rocks characteristics of Yemaquan deposit

时代	印		支		期		燕山期
岩石名称	花岗闪长岩	含黑云母闪长岩	石英闪长岩	斜长花岗岩	斑状二长花岗岩	钾长花岗岩	
代号	$\gamma\delta_s^{1b}$	δ_s^{1a}	$\delta\delta_s^{1a}$	$\gamma\sigma$	$\pi\eta\gamma_s^{1c}$	γ_s^{2b}	
分布范围	M9、M10 异常区及其南侧	M4、M5 异常区及其南侧	零星分布	零星分布	M3 异常区	M1、M6 异常区	
面积/km ²	6	>0.4	<0.01	<0.01	4	1.5	
形态	椭圆形	椭圆形	不规则	不规则	椭圆形	不规则	
产状	岩株	岩舌、岩枝	岩脉、岩枝	岩脉	岩株	岩株、岩枝	
颜色	灰白色	灰色	深灰色	灰白色	灰白—肉红色	肉红色	
结构构造	半自形柱粒状结构块状构造	半自形柱粒状结构块状构造	半自形细晶结构块状构造	中粗粒花岗岩结构块状构造	似斑状结构块状构造	中粗粒花岗岩结构块状构造	
主要矿物	斜长石 35~45% 钾长石 20~25% 石英 15~25% 角闪石 5~15%	中更长石 60~84% 普通角闪石 2~15%	中长石 66~77% 普通角闪石 7~15%		斜长石 30~40% 钾长石 25~35% 石英 25~30%	钾长石 50~70% 更钠长石 5~28% 石英 20~25%	
次要矿物	角闪石	石英 5~15% 黑云母 4~5% 辉石、钾长石	黑云母 3~10% 透辉石 1~5% 石英 2~5%		角闪石、黑云母	黑云母、角闪石、辉石	
副矿物	锆石、磷灰石、磷钇矿、磁铁矿	磷灰石、楣石、磁铁矿	磷灰石、楣石、锆石、磁铁矿		磷灰石、楣石、磁铁矿	磷灰石、电气石、磁铁矿	
Na ₂ O/%	2.44~3.08	3.6~4.05	3.40~5.70	-	-	-	
MgO/%	0.51~1.08	2.04~2.31	0.63~1.61	-	-	-	
Al ₂ O ₃ /%	12.89~13.52	17.22~17.77	16.45~16.95	-	-	-	
SiO ₂ /%	72.15~73.79	57.45~59.03	61.58~65.28	-	-	-	
K ₂ O/%	3.31~4.41	2.55~3.2	1.58~4.30	-	-	-	
CaO/%	1.12~1.93	6.08~7.17	4.26~6.80	-	-	-	
P ₂ O ₅ /%	0.046~0.055	-	-	-	-	-	
TiO ₂ /%	0.19~0.25	1.03~1.22	0.60~1.02	-	-	-	
MnO/%	0.04~0.06	0.08~0.13	0.02~0.10	-	-	-	
FeO/%	1.79~2.83	4.4~4.92	1.22~3.55	-	-	-	
Fe ₂ O ₃ /%	2.32~3.48	1.12~2.12	0.32~0.95	-	-	-	
与围岩的关系	侵入于上石炭统四角羊沟组	侵入于早古生代滩间山群	侵入于早古生代滩间山群	侵入早古生代滩间山群	侵入于上石炭统缙敖苏组	侵入于上石炭统缙敖苏组	
成矿作用	南矿带 M9、M10 异常区成矿岩体	北矿带 M4、M5 异常区成矿岩体	对矿体有破坏作用	对矿体有破坏作用	北含矿带 M3 异常区成矿岩浆岩	南含矿带 M1 异常区成矿岩浆岩	

注：-表示未分析

十倍,特别是 Sedex 型矿床的特征指示元素 As、Sb、B^[5]含量较高,在 Fe-Mn-(Co+Ni+Cu)×10 三角图解^[6]中投影于热水沉积区(图 4)。上述特征显示,中元古界狼牙山组为一套热水沉积岩系。

矿区断裂构造发育,规模较大的 F21 断裂轴向近东西向,倾向南,断裂性质为逆断层,上盘为中元古界狼牙山组,下盘为下石炭统大干沟组。以往认为该断裂为成矿同期断裂,近来证实为成矿后断裂,对矿体具破坏和改造作用,使矿体出现不连续和局部膨大现象。同时,在矿区识别出的复式向斜^⑤(图 5)

使找矿有了新的突破。

矿体赋存于中元古界狼牙山组不同岩性的接触界面,赋矿岩性为硅化大理岩、矽卡岩化大理岩、矽卡岩化硅质岩(图版 I-G)、硅质岩及矽卡岩(图版 I-H)。矿区矿带已控制长度大于 4.0km,宽 120~130m,控制最大延深已超过 600m,圈出工业矿体 19 条,主矿体的特征见表 3。矿体形态简单,主要为似层状、层状,其次为透镜状,矿体顶板为大理岩,底板为含铁石英岩、含炭灰岩,矿体与围岩接触界线一般较清晰,产状与围岩一致,地表北倾,但延深仅 20~30m

后即转为南倾,倾角较陡,一般大于 70°。矿区铜平均品位为 1.48%,铅平均品位 7.17,锌平均品位 6.09%。

矿石矿物成分比较简单,金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿,其次为黄铜矿、黄铁矿、黄锡矿、毒砂和白铁矿。脉石矿物主要为方解石、长石、石英、透辉石,其次为绢云母、少量阳起石、透闪石等。矿石结构以他形—半自形粒状为主,构造有层状(图版 I—G、H、I)、致密块状和稠密浸染状。

矿石 2 件黄铁矿单矿物样品 Co/Ni 为 0.14~0.45^⑤,属海底热水沉积成因。矿石与赋矿硅化大理岩、矽卡岩化大理岩、矽卡岩化硅质岩、硅质岩及矽卡岩密切伴生,矿体受一定层位的控制,与围岩界线清晰,产状与围岩基本一致,一般不穿切地层层面,与华北边缘东升庙 SEDEX 型矿床^⑧成矿时代、成矿特征具有较高的可比性(表 4),初步推断矿床成因属于层控型。由于缺乏详细的矿石年龄和稳定同位素数据,成因还有待进一步考证。从矿石特征(图版 I—I)来看,热液改造也非常强烈(矽卡岩化和方解石、石英脉发育),显示矿床成矿复杂和具有多阶段成矿的特点。

2.1.3 虎头崖矿床发现的意义

虎头崖层控型矿床的发现和构造研究的进展为矿区及其外围找矿奠定了良好的基础。2009 年,根据对矿区成矿条件的对比分析,笔者建议在虎头崖矿区外围东、西延伸方向开展工作。工作后发现,矿区外围的地磁异常与矿区的特征相似,异常呈尖峰状,在矿区外围发现了 3 处多金属矿体露头,初步追索长度 200~600m,出露厚度 2~15m,方铅矿、闪锌矿含量可达 3%~10%,最高可达 60%以上,矿石特征与矿区富

表 2 虎头崖多金属矿床硅质岩主量元素和微量元素分析结果
Table 2 Composition results of major and trace elements of Hutouya siliceous rocks

样号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃ /Fe	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /(N+K)	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	As	Sb	Cr	Ba	B
1HX1 ^⑤	75.93	8.26	1.28	3.67	0.05	2.04	1.42	1.98	0.39	0.042	0.34	9.19	36.33	11.2	64	108	31.6	35.5	29.5	8.68	51.6	496	79.8
2HX2 ^⑤	64.17	16.94	1.47	4.28	0.05	5.8	1.87	0.7	0.76	0.034	0.34	3.79	10.97	14.5	52	78	27.5	34.5	58.6	6.32	67	432	100.3
3HX3 ^⑤	71.47	5.41	0.01	0.81	0.19	2.26	0.39	17.78	0.23	0.03	0.02	13.21	29.17	10	62.2	55	8.2	16.5	27.3	3.73	14.4	550	3.6
4HX4 ^⑤	84.8	3.18	0.12	0.74	0.02	0.23	0.19	8.17	0.1	0.04	0.18	26.67	339.2	5	120	143	65	22	12.1	2.96	14.5	254	2.7
5HX5 ^⑤	83.6	3.91	0.07	0.78	0.14	1.86	0.34	7.32	0.21	0.033	0.11	21.38	41.8	11	75	91	9.8	23.3	16.7	3.65	21	410	2.5
6HX6 ^⑤	67.09	9.60	0.65	4.05	0.44	1.71	0.87	9.13	0.69	0.042	0.18	6.99	31.2	30	67.1	50	23.4	30	23	6.24	54.4	402	11.1
7HX7 ^⑤	65.29	13.80	2.66	5.55	0.16	4.61	0.96	1.47	1.22	0.037	0.43	4.73	13.69	110	62	83	28	50.5	26.7	8.71	59.9	386	95.2
8HX8 ^⑤	69.05	15.19	0.94	5.01	0.23	4.18	0.9	1.01	0.82	0.028	0.21	4.55	15.66	33	32	104	31	18	24.3	11.9	95	382	65.2
9HX9 ^⑤	70.33	10.61	1.32	2.73	0.23	1.98	1.03	8.73	0.72	0.042	0.43	6.63	31.82	18.5	46.9	131	32.8	45.3	29.5	10.1	73	406	12.5
10HX10 ^⑤	67.73	10.82	1.37	4.09	0.27	1.81	0.95	8.89	0.75	0.051	0.33	6.26	32.56	37.5	61	83	20.5	29.3	47.1	19.4	66.4	420	6.5
平均值	71.95	9.77	0.99	3.17	0.18	2.65	0.89	6.52	0.59	0.04	0.26	10.34	58.24	28	64.2	92.6	27.8	30.5	29.48	8.17	51.7	413.8	37.94
生物成因硅质岩 ^④	88.04	0.84	1.59	0.26	0.18	0.16	0.19	5.07	0.02	0.3													
热水沉积硅质岩 ^④	71.1	12.10	0.5	4.9	2.97	1.69	1.84	0.25	0.45	0.13													
地壳丰度(魏德波尔) ^⑦														25	14.8	65	56	24	1.7	0.3	126	584	11

注:样品来自虎头崖矿区狼牙山组主含矿层;表头中(N+K)=(Na₂O+K₂O);主量元素含量为 w%,微量元素为 10⁻⁶

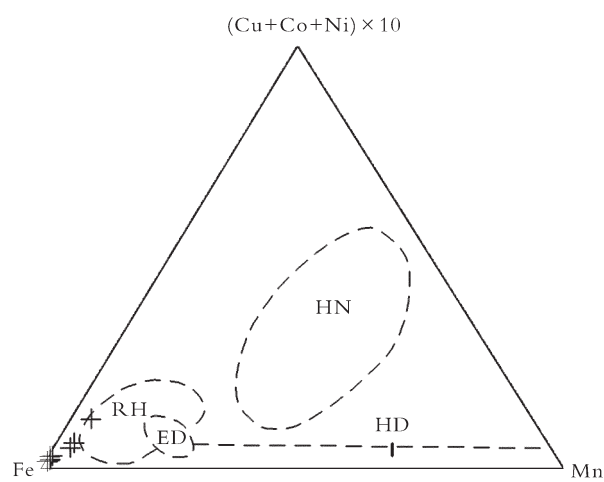


图 4 虎头崖矿区硅质岩 Fe-Mn-(Co+Ni+Cu)×10 图解
(底图据参考文献[6])

Fig. 4 Fe-Mn-(Co+Ni+Cu)×10 diagram
of Hutouya siliceous rocks

RH—红海热液沉积物区;ED—RPR 区热液沉积物区;HN—水
成沉积物区;HD—热液沉积物区;+—虎头崖矿区硅质岩投影点

矿地段的矿石基本一致。同时,在矿区外围东、西延伸方向布置的 7 个钻孔均见到多金属矿体,初步概算多金属资源量达到 $10\times 10^4\text{t}$ 以上。矿区外围成功的找矿突破得益于矿床类型的确定和矿区建立的找矿标志。目前矿区外围控制程度很低,整个矿床复式向斜南翼推断的含矿层(图 5)仍未验证,找矿潜力极大。

更为重要的是,该矿床的发现和矿床类型的初步确定为带内古陆边缘成矿研究提供了依据,今后应高度重视对带内具有相似地质背景地段的研究。从现有资料来看,冰沟南地区(图 1 北西侧)出露有中元古界狼牙山组,2009 年在该地区发现有致密块状方铅矿和闪锌矿,由于残坡积物覆盖的影响未查明其规模,但已显示出良好的找矿前景。近年,与研究区相邻的新疆维保地区也在中元古界狼牙山组中发现该类矿床,从而佐证了该带具有中元古代层控型成矿的良好条件。

2.2 低缓磁异常区多金属找矿的突破及其意义

2.2.1 低缓磁异常区找矿新进展

带内通过 1:5 万地磁测量发现了许多低值磁异

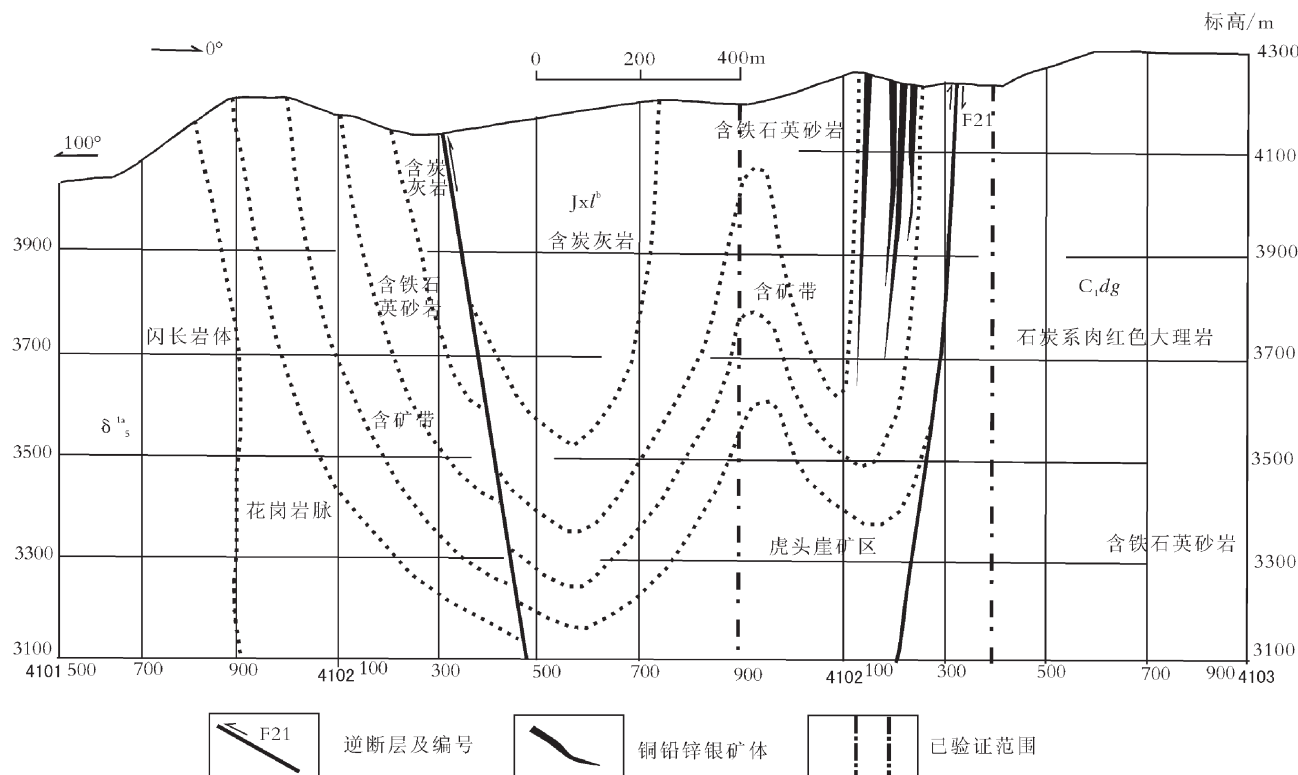


图 5 虎头崖向斜含矿层分布示意剖面图^②

Fig. 5 Sketch section map of ore-bearing bed distributed in Hutouya syncline

C₁dg—下石炭统大干沟组;Jx^h—蓟县系狼牙山组上岩段; δ_5^{ls} —印支期闪长岩

表 3 虎头崖矿区主矿体的特征^⑤

Table 3 Major ore-body characteristics of Hutouya mining area

矿体编号	形态	产状 /°	控制长度/m	控制延深/m	平均厚度/m	品位 /%		
						Pb	Zn	Ag
I -17	似层状	170∠60~78	400	300	2.62	2.84	2.71	51.33
I -19	似层状	170∠70~80	350	300	4.55	3.12	3.71	63.46
I -20	似层状	170∠80	350	300	2.97	3.47	3.66	106.44
II -21	似层状	175∠76	150	200	3.03	3.45	4.44	125.35
I -1	层状	170∠80	200	150	1.72	1.23	2.53	128.11
I -2	层状	170∠80	200	150	1.68	2.07	1.59	84.88
I -3	层状	175∠75	200	150	1.34	3.57	1.82	151.62
I -4	层状	175∠76	200	150	1.43	0.64	1.33	34.15
I -5	透镜状	170∠65~80	150	300	6.51	4.42	5.89	67.76

表 4 虎头崖多金属矿床与华北古陆边缘东升庙矿床主要特征对比

Table 4 Characteristics contrast between Hutouya polymetallic ore deposit and Dongshengmiao deposit in the north of China ancient continental margin

矿床特征	虎 头 崖 矿 床 ^⑤	东 升 庙 矿 床 ^⑧
沉积-古构造环境	元古宙古大陆边缘裂陷	元古宙古大陆边缘裂陷
含矿地层	中元古界狼牙山组	中元古界狼山群二组
容矿岩石	矽卡岩、矽卡岩化大理岩、含炭灰岩、硅质岩	白云石大理岩、炭质白云石大理岩、炭质千枚岩、黑云母炭质千枚岩
矿石矿物	闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、脆硫锑铅矿	黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、菱铁矿
矿石结构	他形—自形粒状结构、固溶体分离结构、填隙结构	以变晶结构为主,另见交代结构和变余胶状、变余斑状结构等
矿石构造	主要为块状、稠密浸染状、条带状构造	以块状为主,另有条带状、纹层状、角砾状、浸染状、网脉状
矿体形态	似层状、透镜状,不穿层	以层状矿体为主,另有似层状、透镜状,总体与围岩产状一致
后期改造	后期断裂使矿体局部膨大或变薄,矿体位于复式向斜北翼,南翼还未验证	使矿质富集,在向斜核部矿体变厚、两翼变薄
矿床成因	层控(喷流沉积?)型	SEDEX型(物源为幔源+壳源)
矿床规模	大型:铜铅锌金属资源量 54×10 ⁴ t	超大型:硫与锌、铅、铜矿体,菱铁矿体

常(一般小于 150nT),以往工作主要对高磁异常进行了验证,确定是由较高品位(一般全铁含量在 35%以上)的磁铁矿体引起的。近来对低缓磁异常进行验证,发现这些异常是由磁黄铁矿、低品位磁铁矿(一般全铁含量在 25%以下)或埋深很大(一般大于 600m)的磁铁矿体引起的。值得一提的是,在这些低缓磁异常区内发现有众多的多金属矿体,典型实例如四角羊-牛苦头大型多金属矿床等。

(1)四角羊-牛苦头矿床的特征

矿区出露的地层主要是早古生代滩间山群和上

石炭统绉散苏组,岩浆岩主要为印支期白云母花岗岩、斜长花岗岩和二长花岗岩。地磁异常总体呈北西向条带状,断续长 8km,宽 3km,正负异常伴生,分 10 处异常,主要工作的异常有 3 处(C3、M1、M4)。C3 异常峰值为 953nT,一般约 200nT;M1 异常峰值 550nT,一般为 150nT;M4 异常峰值 232nT。

矿体主要赋存于印支期白云母花岗岩与上石炭统绉散苏组碳酸盐岩的外接触带,距离接触带 5~350m 均见有多金属矿体(图 6),尤其在岩体接触面转折形成的凹陷部位常见有规模较大的矿体产出(图 7)。

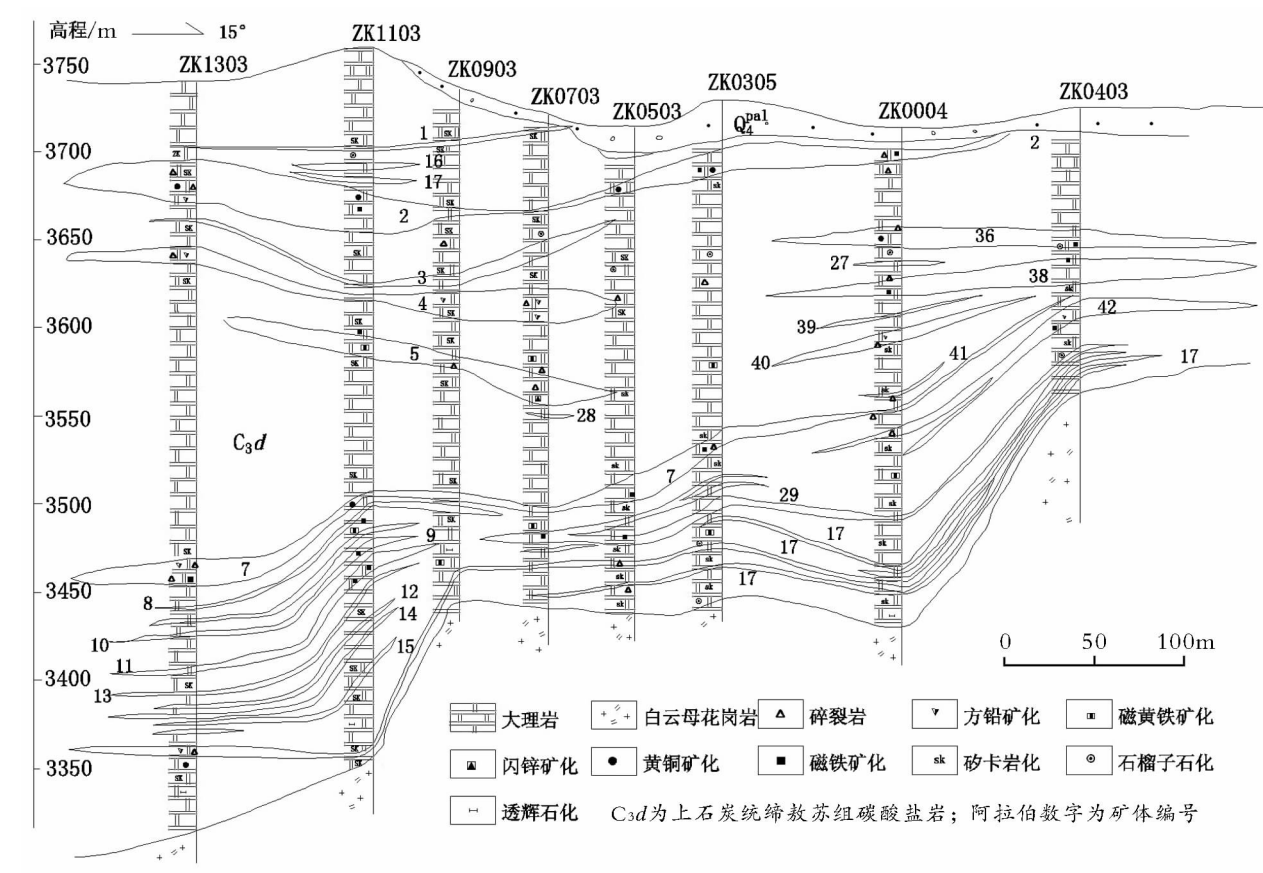


图 6 四角羊矿区 15-04 勘探线剖面^[9]

Fig. 6 Section map of 15-04 prospecting line of the Sijiaoyang mining area

自岩体向外接触带大致出现铁、铜-铅、锌分带的现象。矿区内圈出 45 条铁多金属矿体,矿体多为似层状、透镜状,规模不一,长度、厚度变化较大,一般长 50~300m,最长 750m,厚一般在 1~15m 之间,最厚达 30.87m。铜品位为 0.23%~1.48%,铅为 0.39%~3.27%,锌为 0.75%~3.87%。矿石矿物组合比较复杂,为黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿,微量碲铋矿、毒砂、辉钼矿。矿石结构以全自形—他形粒状结构为主,其次为交代结构等,构造主要有网脉状、脉状、(稠密)浸染状、块状构造^[9]。目前矿区已提交多金属资源量约 120×10⁴t^④。

(2)野马泉低缓磁异常区多金属矿体的特征

矿区共发现 14 处地磁异常,以往对强度较高的 M4、M5、M1 等磁异常进行了验证评价工作,近来对 M9、M10 等低缓磁异常进行了普查和详查工作,发现了规模较大的铁多金属矿体,新增多金属资源量 33×10⁴t,找矿取得了较大的进展。

矿区风成砂、冲洪积物广布,据零星露头 and 钻孔资料,地层自老至新有下古生界滩间山群(∈OT)、泥盆系上统牦牛山组(D₃m)、石炭系上统缙敖苏组(C₂d)、二叠系下统打柴沟组(P₁₋₂dc)及第四系(Q)。与成矿关系密切的地层是下古生界滩间山群和石炭系上统缙敖苏组。

侵入岩发育,岩石类型多样(表 1)。矿体主要赋存于侵入岩与下古生界滩间山群、石炭系上统缙敖苏组碳酸盐岩外接触带的矽卡岩中,见图 2 和图 8。

M9、M10 低缓磁异常区圈出铁多金属矿体 52 条,主矿体多呈板状(图 8),长 450~950m,厚度 5.56~7.41m,延深 50~510m,TFe 品位:20.54%~61.86%;Cu:0.2%~3.92%;Pb:0.3%~3.82%,Zn:0.5%~6.42%。主矿体的特征见表 5。

已发现的矿石类型复杂,主要有磁铁矿矿石、闪锌矿矿石、方铅矿矿石、黄铜矿矿石、方铅矿—闪锌矿矿石、黄铜矿—磁铁矿矿石、方铅矿—闪锌矿—磁铁

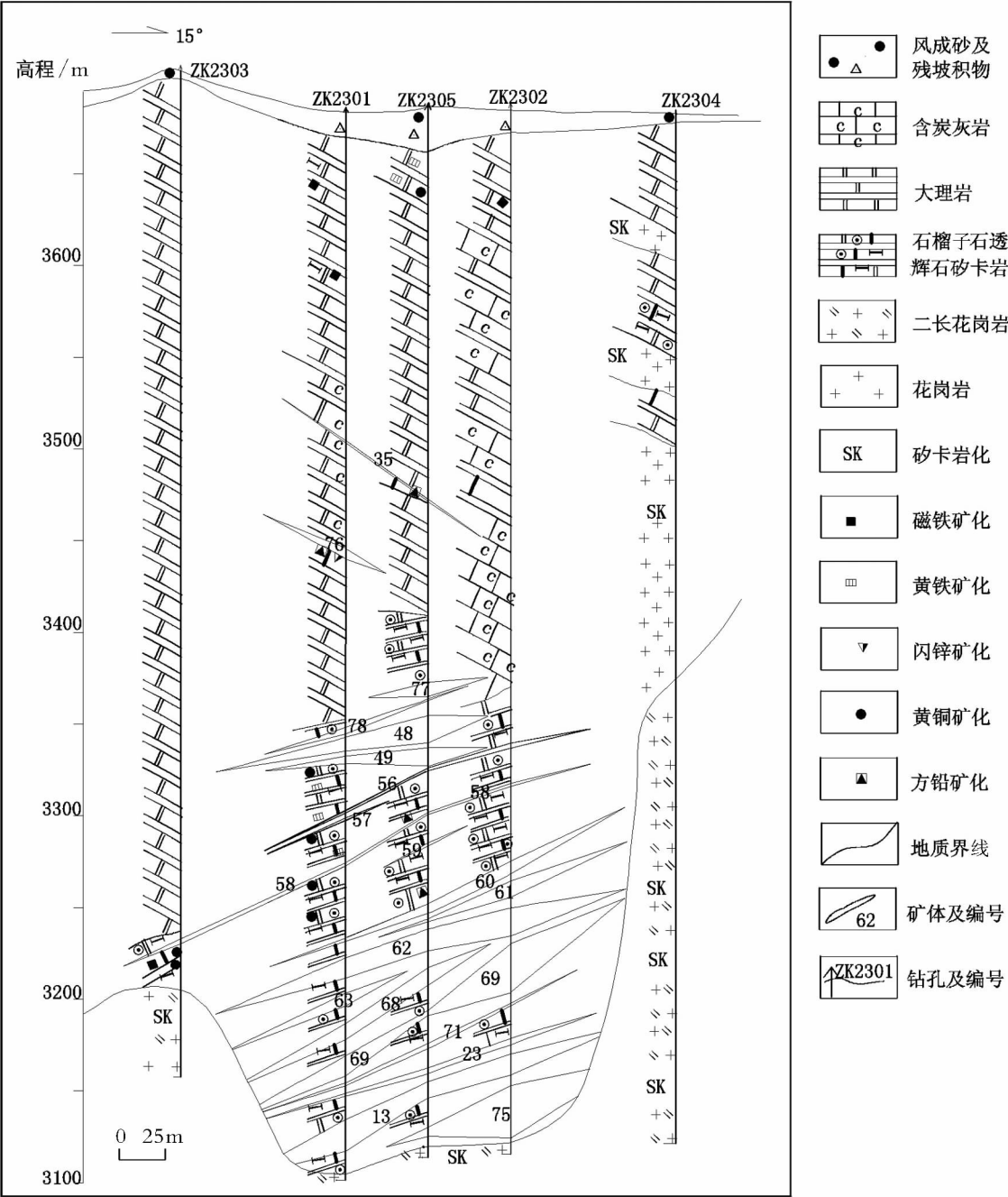


图 7 四角羊-牛苦头矿区 23 勘探线剖面^⑥

Fig. 7 Section map of 23 prospecting line in Sijiaoyang-Niukutou mining area

矿矿石。矿石多呈他形一半自形粒状结构、交代残留结构,以浸染状构造为主,次为致密块状、条带状、斑杂状、团块状、草束状、放射状及不规则脉状构造。

(3) 尕林格低缓磁异常区发现厚大的铁多金属矿体

尕林格矿床是 20 世纪 80 年代初检查 1:50 万

航磁异常时发现的中型铁矿床。矿区为第四纪堆积物覆盖,厚度达 150~200m。根据钻孔资料,区内地层为下古生界滩间山群,侵入岩体主要是印支期二长花岗岩 (201Ma) 和燕山早期的闪长岩-花岗闪长岩 (177~186Ma)^④。矿体主要赋存于印支期二长花岗岩与滩间山群接触形成的砂卡岩中,矿带呈 NW—

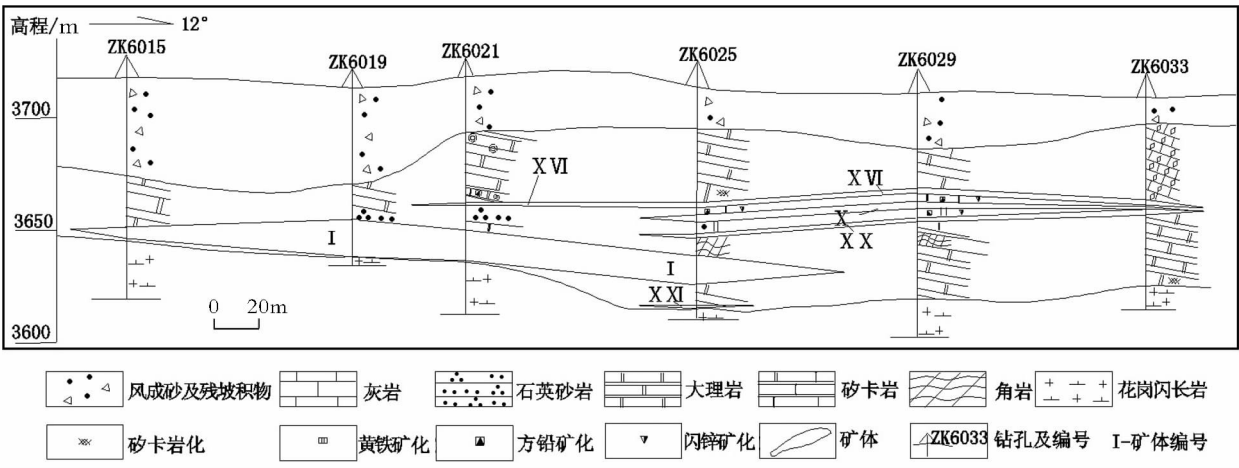


图 8 野马泉矿区 60 勘探线剖面

Fig. 8 Section map of 60 prospecting line in Yemaquan mining area

表 5 野马泉矿区主矿体的特征^{②③}

Table 5 Major ore-body characteristics of Yemaquan mining area

矿体编号	形态	产状 /°	控制	控制	平均	铁 铜 铅 锌 矿 的 品 位 /%			
			长度/m	延深/m	厚度/m	TFe	Cu	Pb	Zn
M9 I	板状	12~13∠0~15	450	50~500	5.56	20.54~54.66	0.20~3.33	0.30~1.03	0.54~2.26
M9 X IV	板状	5~20∠33	575	65~510	5.68	20.6~56.35	0.20~0.45	0.41~3.82	0.50~4.60
M10 I	板状	13∠2~30	950	75~455	7.41	20.70~61.86	0.26~3.92	0.51~3.35	0.50~6.42

SEE 向展布,长约 1400m,宽 2000~4000m。在矿区发现了 46 条铁矿体,矿体呈似层状、透镜状、不规则脉状产出,倾向 179~227°,倾角 49~76°。矿体长 80~1200m,宽 2.5~43m,倾向延伸 50~480m,矿体 TFe 品位 23.02%~57.51%,平均 37.28%。值得一提的是,近期在尕林格 100nT 磁异常区发现厚度达 86m 的铁多金属矿体(图 9),在 179 线施工的钻孔中,于 300~600m 井段发现了厚度达 200 余米的厚大铁矿层,且矿体向深部有变大的趋势(图 10)。同时,在矿区还发现了具有一定规模的钴矿体,找矿有了新的线索。

2.2.2 低缓磁异常区找矿突破的意义

带内低缓异常区发现大量铜、铅、锌矿和埋深较大的厚大铁矿体,是近年来祁漫塔格成矿带找矿取得重大突破的典型实例,初步显示出低缓磁异常对铁多金属找矿具有重要作用和实际意义。从目前的工作程度来看,带内仍有多处低缓异常未进行验证或工作程度很低,如野马泉西侧 M15、野马泉矿区、

牛苦头东 M34、尕林格北侧、半个呆低缓磁异常等,找矿条件优越。更值得关注的是,低缓磁异常为寻找多金属矿体提供了一种崭新的思路,即要加强对铁矿引起的高值磁异常边部低于 150nT 磁异常的验证。这种低缓磁异常在以往的 1:5 万地磁测量中显示不明显或很容易被忽略,因此,非常有必要系统地开展铁矿区边部大比例尺高精度的磁法测量,圈定低缓磁异常,从而通过异常的验证间接地实现多金属找矿的突破。

此外,带内深部找矿也取得了初步效果,尕林格矿区 600m 深处仍见有铁矿体,野马泉 696m 见到薄层多金属矿体,半个呆矿区于地表 600m 以下见到累计厚度 200m 的多金属矿层,这些都值得关注。

3 成矿远景区

以往带内开展了较详细的成矿远景区的划分^④,近期找矿新的突破为成矿规律研究和成矿远景区划

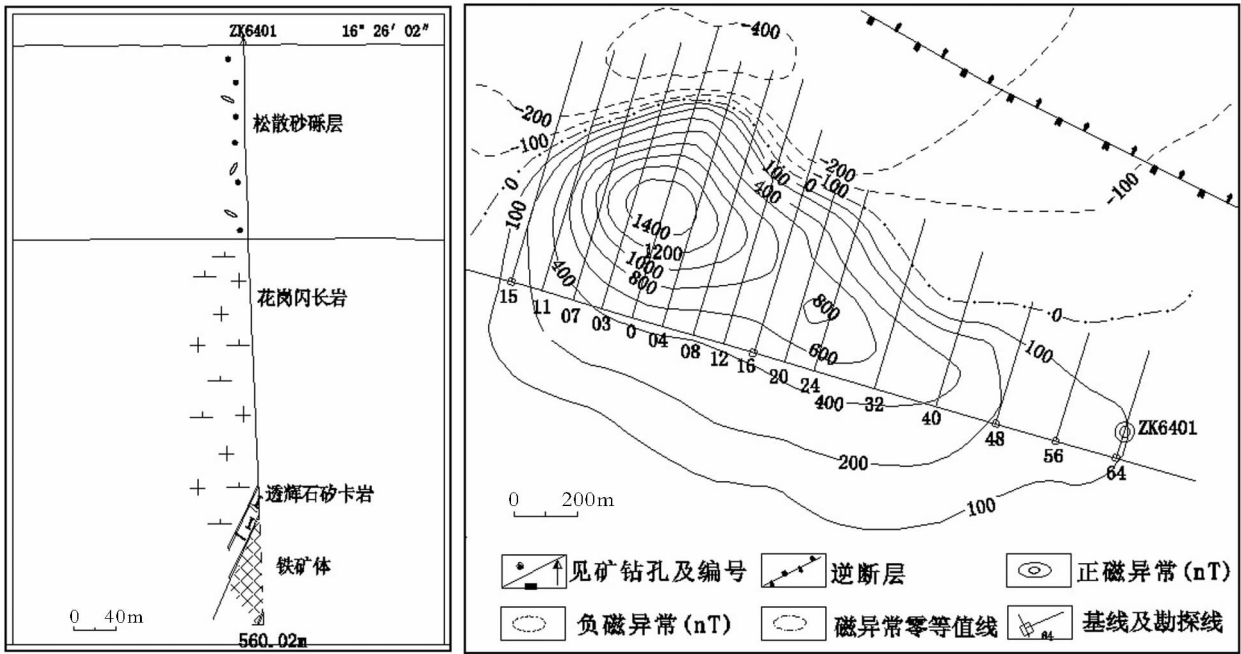


图 9 尕林格 100nT 磁异常区发现的厚大矿体的剖面、平面图(据参考文献⑦修编)

Fig. 9 Section and plain map of the great thickness ore bodies from Galinge 100nT geomagnetic anomaly area

分提供了新的依据。笔者根据找矿最新进展,结合区域地质背景和物化探异常特征,在带内划分出3处成矿远景区,并分析了各成矿远景区内进一步的找矿方向,希望对带内的找矿工作有所裨益。

(1)冰沟南-虎头崖(Ⅰ)成矿远景区

该区西起青海与新疆边界的冰沟南,东至肯德可克。区内出露地层主要有中元古界蓟县系狼牙山组、寒武系—奥陶系滩间山群和石炭系,侵入岩以印支期、华力西期中酸性岩为主。发现的矿床类型主要有层控型和矽卡岩型,其次为热液改造型。区内仍有较多中元古界蓟县系狼牙山组出露地段未开展工作或工作程度很低,成矿条件优越,找矿前景良好。区内1:20万水系测量异常特征表明,异常规模大,主要异常冰沟南 $AS_{Z_2^{27}}$ 和虎头崖 $AS_{Z_1^{30}}$ 异常面积均达到100km²以上,主元素以Pb、Zn为主,但异常区工作程度较低,虎头崖矿区外围找矿潜力巨大,尤其是冰沟南 $AS_{Z_2^{27}}$ 异常区受残坡积物覆盖的影响,矿产勘查工作才刚刚起步,初步工作已发现致密块状方铅矿、闪锌矿矿石,从异常强度、浓集系数和元素套合情况分析,找矿前景不逊于虎头崖地区。综上所述,区内进一步找矿的方向主要为虎头崖矿区外围和冰沟

南 $AS_{Z_2^{27}}$ 异常区,主攻方向以层控型为主,兼顾矽卡岩型。

(2)野马泉-尕林格(Ⅱ)成矿远景区

该区西南起野马泉,东至球路奥窝头,北至尕林格。区内地层主要有寒武系—奥陶系滩间山群和石炭系,侵入岩以印支期、华力西期中酸性岩为主,发现的矿床类型主要为矽卡岩型。区内工作程度相对较高,但仍有多处低缓磁异常未验证,是进一步工作的主要方向之一。同时,通过与典型的矽卡岩矿床对比^[10-11],区内各矿区深部有一定的找矿前景,尕林格、肯德可克、野马泉矿区深部是值得关注的重点地段。

(3)长山-沙丘(Ⅲ)成矿远景区

该区西起长山矿区,东至沙丘。区内出露地层主要有寒武系—奥陶系滩间山群和石炭系,侵入岩以印支期、华力西期中酸性岩为主。区内工作程度极低,许多磁异常未验证,初步工作发现有矽卡岩型铁多金属矿床,向深部见较多斑岩型钼、钨、铜矿化线索,尤其在长山矿区已圈定24条钼矿体和6条钨矿(化)体,延深50~270m,厚度1.00~6.00m。因此,今后工作应加强对磁异常的验证,同时要重视斑岩型矿产的寻找。

破,初步预测带内铁矿石资源量将突破 $6\times 10^8\text{t}$,多金属资源量达到 $600\times 10^4\text{t}$ 以上^④,有望使祁漫塔格地区成为一处大型矿床聚集区。

致谢:在论文编写过程中丰成友博士提出了许多宝贵的修改意见,湖南省有色地质勘查局二一七队和青海省有色地勘局矿勘院给予大力支持,青海省第三地质矿产勘查院计算中心帮助清绘图件,在此一并表示诚挚的感谢!

参考文献

[1]张雪亭,杨生德,杨站君,等.青海省板块构造研究——1:100 万青海省大地构造图说明书[M].北京:地质出版社,2007:128-156.

[2]张爱奎,李云平,刘光莲,等.虎头崖铜铅锌矿床类型新认识及其意义[J].青海国土经略,2008(3):25-27.

[3]韩发,赵汝松,沈建忠,等.大厂锡多金属矿床地质及成因[M].北京:地质出版社,1997.

[4]潘彤.青海东昆仑肯德可克钴金矿床硅质岩特征及成因[J].地质与勘探,2008,44(2):51-54.

[5]韩发,孙海田.Sedex 型矿床成矿系统[J].地学前缘,1999,6(1):139-153.

[6]Bostrom K, Kramemer T, Gantner S. Provenance and accumulation rates of opaline silica, Al,Fe, Mn, Ni, and Co in Pacific pelagic sediment[J]. Chemical Geology, 1973, 11(1/2): 123-148.

[7]中华人民共和国地质矿产行业标准.岩石地球化学测量技术规程(DZ/T0248-2006)[S].2006.

[8]翟裕生,彭润民,向运川,等.区域成矿研究法[M].北京:中国大地出版社,2004:174-187.

[9]李洪普,曹永亮,关有国,等.青海东昆仑山四角羊地区铁多金属矿床的成矿地质特征[J].地质通报,2009,28(6):787-793.

[10]地质科学研究所地质矿产所.铁铜矿产专辑第五集[M].北京:地质出版社,1975:149-169.

[11]赵斌.中国主要矽卡岩及矽卡岩型矿床[M].北京:科学出版社,1989.

① 青海省地质矿产综合研究所.青海省地质调查院.青海省三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测.2003.

② 青海省地质调查院.青海省格尔木市野马泉 M4、M5 磁异常区铁锌矿详查报告.2007.

③ 青海省地质调查院.青海省格尔木市野马泉 M9、M10 磁异常区铁多金属矿详查及外围普查 2004—2008 年工作总结及 2009 年工作安排.2009.

④ 青海省第三地质矿产勘查院.青海省格尔木市野马泉地区铁多金属矿整装勘查方案.2009.

⑤ 湖南省有色地质勘查局 217 地质队.青海省茫崖镇虎头崖多金属矿区详查地质报告.2008.

⑥ 青海省柴达木综合勘查大队.青海省格尔木市四角羊矿区铁多金属矿普查报告.2008.

⑦ 青海省有色金属地质局矿产勘查院.青海省格尔木市杂林格铁矿普查工作总结.2008.

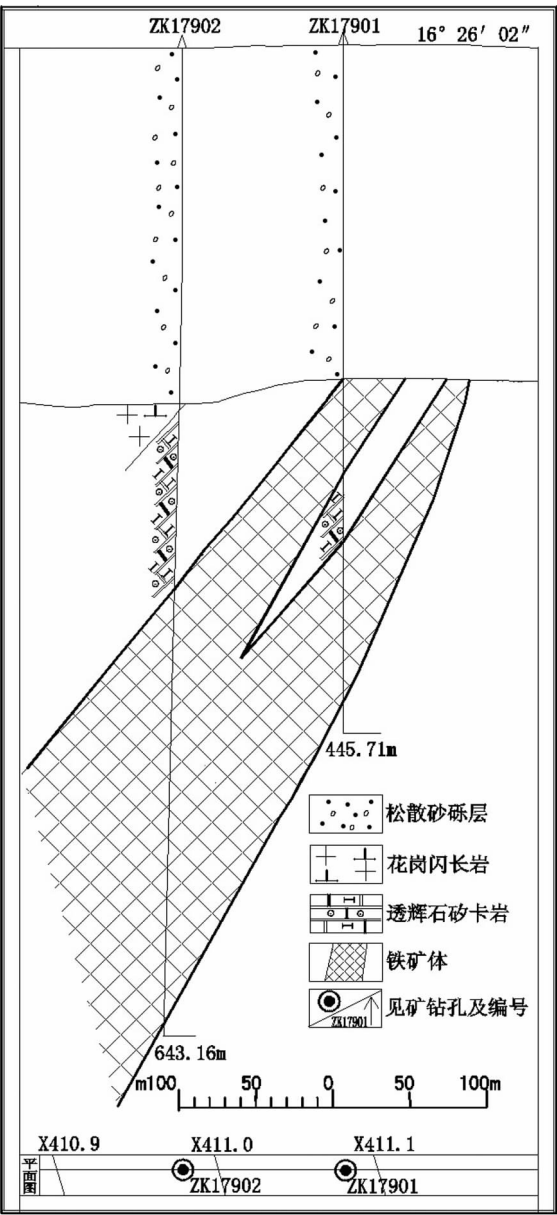


图 10 杂林格 179 勘探线剖面(据参考文献⑦修编)
Fig. 10 Section map of 179 prospecting line in Galinge

4 结 论

近来,祁漫塔格成矿带勘查取得了重大进展,发现了虎头崖大型层控型矿床,在低缓磁异常区发现厚大的铁多金属矿体。这些成果的取得,拓宽了区域找矿思路,为成矿规律研究提供了良好的事实依据,对今后找矿具有重要的现实意义。随着区域新一轮铁多金属找矿工作的开展,必将取得找矿的更大突