

文章编号 :1007 - 3701( 2005 )03 - 0018 - 06

# 东昆仑野马泉地区矽卡岩矿床地质特征及控矿条件

刘云华<sup>1</sup>, 莫宣学<sup>2</sup>, 张雪亭<sup>2, 3</sup>, 许国武<sup>3</sup>

( 1. 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003 2. 中国地质大学, 北京 100083 3. 青海省地质调查院, 西宁 810012 )

**摘要** 野马泉地区蕴藏有丰富的矽卡岩型铁、铜、铅、锌、银矿床等, 是东昆仑地区重要的多金属矿产地之一。对野马泉多金属矿床的产状、矿物共生组合、矿石结构构造、围岩蚀变类型等进行了研究, 查明矿床主要产于花岗岩与围岩的接触面及其附近的断裂带中, 其形成与区域晚古生代 - 早中生代构造岩旋回末期的岩浆活动关系密切, 属岩浆矽卡岩型矿床。

**关键词** 矽卡岩, 矿床地质特征, 控矿条件, 东昆仑野马泉

中图分类号: P618.31, P618.41, P618.42, P618.43

文献标识码: A

东昆仑西段的野马泉矽卡岩型铜多金属矿床位于柴达木准地台南缘, 昆北构造带中的南祁漫塔格亚带<sup>[1]</sup>。该成矿带矿产资源丰富, 矿种多样, 目前已发现的以铁、铜、铅、锌、银为主的多金属、贵金属矿床数十处, 是东昆仑地区重要的多金属成矿带之一<sup>[2]</sup>。野马泉矽卡岩型多金属矿床, 是该成矿带中的重要矿床类型。矿区地层出露较全, 构造发育, 区域构造线以 EW 向、NWW 向为主, 岩浆活动强烈且持续时间长, 岩石类型较多。

## 1 矿区地质概况

矿区地层属昆仑山 - 祁漫塔格分区, 出露的主要地层及岩性为: 元古界狼牙山群( *Ptln* )白云岩、白云质灰岩、板岩及含铁石英岩; 奥陶系上统铁石达斯群( *O<sub>3ts</sub>* )板岩、白云岩夹火山岩、硅质岩和片岩、石英岩、灰岩、大理岩; 石炭系下统大干沟组( *C<sub>1d</sub>* )含生物碎屑灰岩、假鲕状灰岩、砂岩; 石炭系上统四角羊沟组( *C<sub>2s</sub>* )生物碎屑灰岩、灰岩、白云岩; 三叠系上统( *T<sub>3</sub>* )流纹质、含角砾凝灰岩、安山岩、火山角

砾岩以及第四系( *Q<sub>4</sub>* )风积、冲积物、亚砂土。

矿区构造活动强烈, 断裂、褶皱十分发育, 岩石普遍发生片理和劈理化。褶皱构造以轴向 EW 向的背、向斜为主, 断裂构造主要为 NWW 向、NW 向断裂和近 EW 向的压扭性断裂。

区域上分布的侵入岩属东昆仑花岗岩带 - 祁漫塔格花岗岩亚带, 华力西期、印支期和燕山期侵入岩均有分布, 其中以华力西期最为强烈, 各期侵入岩主要受 NW 向和 NWW 向两组断裂控制。矿区范围内断裂主要为 EW、NWW 向。与岩体接触的围岩普遍有硅化、绿帘石化、黄铁矿化、角岩化和矽卡岩化等, 成矿岩体在区域上呈岩株状产出( 图 1 )。

## 2 矿床地质特征

矿区 EW 向断裂构造发育, 致使矿床及地层沿其走向呈线性延展。矿区海拔 4 100 ~ 5 000 m, 矿体出露标高 4 300 ~ 4 800 m。矿床主要产于岩体周围及附近断裂破碎带的矽卡岩中, 整个矿区据矿体分布情况由东至西可分为景忍东和虎头崖两个分区。虎头崖分区位于景忍东分区东南, 矿体赋存于矽卡岩化破碎蚀变带中, 距离图 1 中的花岗岩岩株约 2.5 km, 北侧围岩为大干沟组含生物碎屑灰岩,

收稿日期: 2005 - 05 - 09

基金项目: 青海省东昆仑野马泉 - 乌兰乌珠多金属矿床成矿规律研究。

作者简介: 刘云华( 1965 - ), 男, 博士, 从事矿物学、岩石学、矿床学研究。

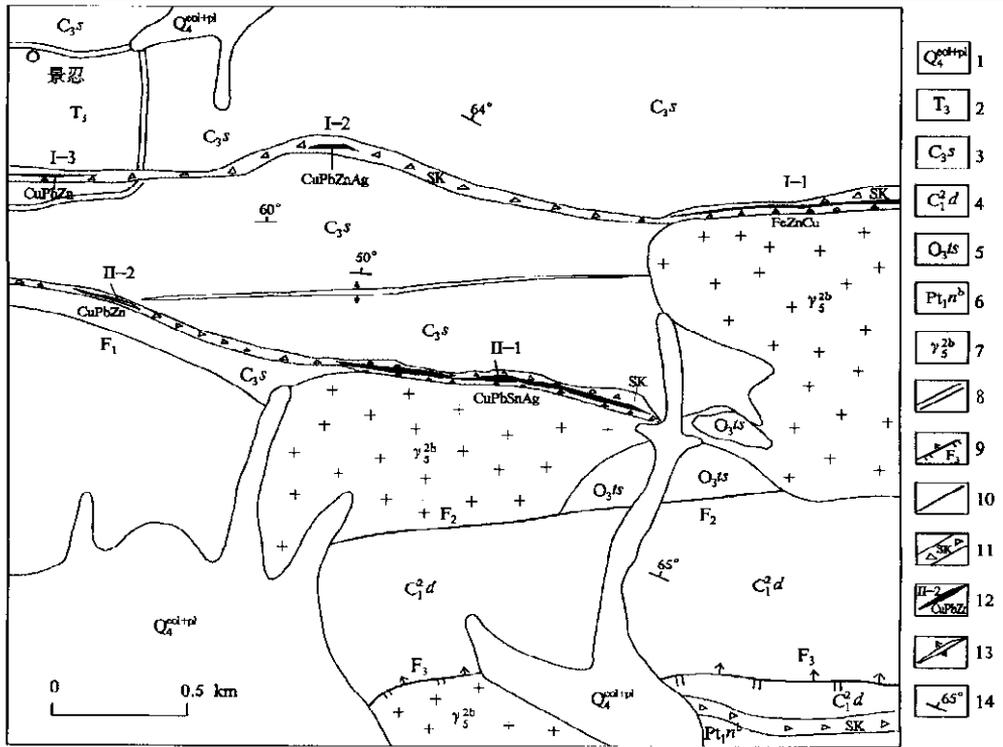


图1 野马泉地区景忍东地质矿产图

Fig. 1 The Sketch of geology and mineral deposits in Jingrendong of Yemaquan area

1. 风积、冲积物、亚砂土
2. 纹流质、含角砾凝灰岩、安山岩、火山角砾岩
3. 四角羊沟组生物碎屑灰岩、灰岩、白云岩
4. 大干沟组生物碎屑灰岩、假鲕状灰岩、砂岩
5. 铁石达斯群上部板岩、白云岩夹火山岩、硅质岩和下部片岩、石英岩、灰岩、大理岩
6. 狼牙山群白云岩、白云质灰岩、板岩及含铁石英岩
7. 细中粒黑云母花岗岩
8. 不整合接触界限
9. 实测逆断层及编号
10. 实测性质不明断层及编号
11. 砂卡岩蚀变破碎带
12. 铜、铁、锌、银矿体
13. 背斜
14. 地层产状

南侧围岩为狼牙山群白云岩、白云质灰岩,为不整合接触面。矿区以景忍东 II-1 号矿体、虎头崖 I-5、I-17 号矿体最具规模,均为铜、铅、锌(锡)、银复合矿体。其中景忍东 II-1 号矿体矿化特征最具代表性。

### 2.1 矿体形态、产状

矿体在剖面上呈脉状、透镜体状、串珠状分布,平面上具分枝复合及膨大收缩或尖灭再现的特点,总体上形态比较简单。

矿体主要为 EW 走向,倾向 N,局部 S 倾,倾角 38°~80°。根据钻孔资料,断裂带中矿体倾角由浅部到深部变化不大(图 2)。

### 2.2 矿体规模、品位

多金属硫化物矿体延长一般在 30~557 m,最长可达 1580 m,厚度一般为 0.38~7.77 m,最厚可达 12 m。具代表性的景忍东 II-1 号矿体为矿区主万方数据

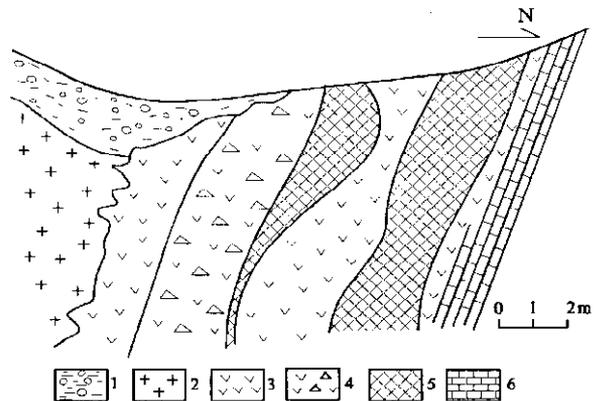


图2 景忍东矿带铜多金属矿体产状素描图

Fig. 2 Sketch of orebody occurrence of Cu multi-metal mineralized belt in Jingrendong area

1. 第四纪
2. 细中粒花岗岩
3. 砂卡岩
4. 破碎砂卡岩
5. 铜多金属矿体
6. 灰岩、大理岩

矿体产于景忍南含矿带东段,矿体顶板岩性为灰岩、大理岩,底板为砂卡岩、细中粒花岗岩(图2)。矿体含矿岩性为砂卡岩,有分支复合现象,产状 $170^{\circ}\angle 68^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。矿石类型为铜、锌、锡、银复合型,铜锡矿化伴生于磁铁矿中。铜矿体长1287m,平均厚度4.94m,平均品位0.87%;锡矿体长901m,平均厚度6.37m,平均品位0.24%;锌矿体长180m,平均厚度1.65m,平均品位1.83%;银矿体长150m,平均厚度0.73m,平均品位189g/t。铜矿体由西向东厚度变薄,中品位略高。锡矿体主要分布于复合矿体的中部,且厚度中间薄于两端,而品位中间高于两端。

虎头崖I-5矿体长557m,平均厚度4.72m,矿体平均品位:铜2.05%,铅5.79%,锌4.46%,银1290g/t,厚度变化系数68%,品位变化系数52%;I-17矿体长423m,平均厚度7.41m,矿体平均品位:铜1.12%,铅6.28%,锌4.69%,厚度变化系数49%,品位变化系数67%。矿化较为连续,厚度及品位变化较小。

### 2.3 矿物共生组合

矿石矿物成分比较复杂,主要矿石矿物有磁铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、黝铜矿、蓝铜矿、白铁矿、少量辉铜矿、辉碲铅矿、锡石等,含量>90%,部分矿石矿物电子探针分

析结果见表1;脉石矿物含量<10%,成分有透辉石、硅灰石、金云母、方解石、阳起石、绢云母、绿泥石、少量石榴石、透闪石等。矿物共生组合在空间上具有较为明显的分带性,在岩体围岩接触带上主要为磁铁矿、锡石矿化,而远离岩体逐渐变为较低温的闪锌矿、黄铜矿和方铅矿。岩体接触带附近的闪锌矿其铁含量较高,为深红褐色,随着离岩体距离的增加,其颜色逐渐变为红色,最后变为金黄色,显示随着离岩体距离的增加闪锌矿中铁含量不断减少,形成温度不断降低<sup>[3]</sup>。

### 2.4 成矿期及矿物生成顺序

根据矿物共生组合和矿物之间的相互关系,将本矿区矿床划分为砂卡岩热液活动和表生作用两个成矿期。砂卡岩热液活动期又划分为早、中、晚3个阶段,早期产物主要是中高温砂卡岩矿物和中高温硫化物,中期主要是一些硫化物矿物,晚期主要是低温硫化物和脉石矿物;表生作用期主要是一些风化类矿物,矿物生成顺序见表2。

### 2.5 矿石结构构造

矿石组构类型繁多,与多金属矿形成的典型组构一样,有交代结构、交代残余结构(图3)、骸晶结构、它形-自形粒状结构、固溶体分离结构、乳滴状结构、填隙结构和粒状变晶结构;矿石构造有块状构造、稠密浸染状构造、斑杂状构造和脉状构造。

表1 野马泉矿区部分金属矿物电子探针分析结果

Table 1 Electronic microprobe analysis of some metal-minerals of Yemaquan deposit

矿物名称	矿区	Zn	Cu	Pb	S	Fe	Co	Ni	Ag
		$w_B/\%$							
闪锌矿	景忍	63.58	—	—	32.51	4.90	—	—	0.05
闪锌矿	景忍	61.32	—	—	32.40	4.90	—	—	—
闪锌矿	虎头崖	61.29	—	—	32.89	4.73	—	—	0.02
黄铜矿	景忍	—	35.903	—	34.73	30.47	0.027	0.021	—
黄铜矿	景忍	—	33.691	—	34.93	29.74	0.029	0.016	—
黄铜矿	景忍	—	34.306	—	34.59	29.97	0.023	0.001	—
方铅矿	景忍	0.21	0.003	86.63	12.39	0.01	—	—	0.64
方铅矿	景忍	0.04	—	85.72	13.74	0.13	—	—	0.30
方铅矿	景忍	0.18	—	86.94	13.49	0.08	—	—	—

注:由中国地质大学(北京)测试,中心测试2004;—为低于检出线。

表2 野马泉矿区成矿期、成矿阶段及矿物生成顺序

Table 2 Metallogenic periods and stages and mineral paragenesis order in Yemaquan deposit

主要矿物	矽卡岩热液活动期			表生作用期
	高温矽卡岩阶段	中温硫化物阶段	低温硫化物阶段	
胶黄铁矿				
黄铁矿				
钙铝榴石	■			
硅灰石	■			
透辉石	■			
透闪石	■			
金云母	■			
符山石	■			
磷灰石	■			
磁铁矿	■			
锡石	■			
毒砂		■		
阳起石	■			
绿帘石	■			
石英	■			
黝帘石		■		
黝锡矿		■		
黝铜矿		■		
闪锌矿	■	■		
黄铜矿		■		
方铅矿			■	
辉银矿			■	
白铁矿			■	
磁黄铁矿			■	
辉铜矿			■	
辉铋矿			■	
方解石			■	
白云母			■	
绢云母			■	
绿泥石			■	
绿帘石			■	
蛇纹石			■	
萤石			■	
孔雀石				■
褐铁矿				■
钴华				■
蓝铜矿				■

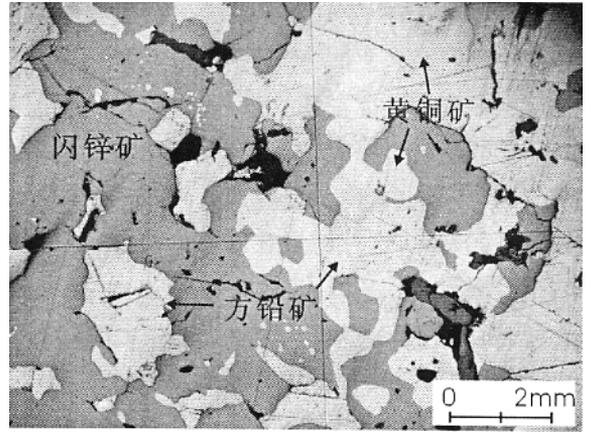


图3 块状硫化物矿石中的闪锌矿、黄铜矿、方铅矿之间的相互穿插关系

Fig. 3 The cross-cutting relation among sphalerite, chalcopyrite and galena in massive sulfide ore  
(早期闪锌矿被黄铜矿沿裂隙交代,其后方铅矿沿裂隙交代闪锌矿和黄铜矿)

其含量离岩体近侧较高,可含有少量石榴石,其中有少量浸染状闪锌矿、黄铜矿等(5)灰岩、大理岩带,有星点状黄铁矿化。由此可见,本区具有典型的扩散双交代矽卡岩矿床特征。此外,从断裂带中矽卡岩的分布规律来看,近岩体矽卡岩矿物主要以石榴石和透辉石为主,而远离岩体则主要以透闪石、阳起石、绿泥石为主,即近岩体以高温无水矽卡岩矿物为主,而远离岩体则以低温含水矽卡岩矿物为主,此分带特征与我国一些重要的矽卡岩多金属矿床的交代分带特征一致<sup>[4]</sup>。矽卡岩化蚀变带宽度最大可达70 m,矿体一般赋存于矽卡岩的中部,矽卡岩化作用越强,矿化作用也越强。岩体与白云岩接触的位置,还出现了金云母化。

2.6 围岩蚀变

矿区围岩蚀变主要有硅化、钠长石化、绿帘石化、绿泥石化、黄铁矿化、角闪石化、透闪石化、阳起石化、石榴石化、透辉石化、金云母化和大理岩化等。围岩蚀变还具有明显的分带性(图2),从岩体到围岩依次为(1)细中粒花岗岩(2)钠长石化硅化花岗岩(内矽卡岩带,此带中有少量磁铁矿、黄铜矿产出)(3)粗粒矽卡岩带,矿体主要产于该带内,带中岩石较破碎,主要矽卡岩矿物为石榴石、其次为透辉石,矿体主要产于裂隙中(4)透辉石矽卡岩带,该带不同位置矿体宽度变化较大,从十几cm~几m,主要为透辉石化大理岩,透辉石粒度一般较小,

3 成矿地质条件

3.1 矿体与地层、岩性的关系

野马泉矿区矿体赋存于区域各时代的地层中。景忍东北矿带一部分出露在上石炭统四角羊沟组地层中,一部分产于上三叠统变质砂岩、凝灰岩、安山岩中。景忍东南矿带东段出露于印支晚期细中粒花岗岩体与上石炭统四角羊沟组灰岩接触形成的矽卡岩中,西段出露于上三叠统火山岩与上石炭统四角羊沟组灰岩接触界面的断裂构造带中。虎

头崖北矿带处于下石炭统大干沟组含炭灰岩和狼牙山群上岩组灰岩之间,南矿带处于狼牙山组地层中,其顶、底板岩性以灰岩夹含铁石英岩、白云岩为主。从矿体围岩可以看出,矿床主要赋存于各时代的灰岩和白云岩中,说明区域成矿对围岩的岩性具有选择性的特点,这种对岩性的选择与我国其他矿区矽卡岩围岩岩性一致<sup>[5,6]</sup>。

### 3.2 构造控矿

岩体和围岩的接触面、岩体附近的断裂破碎带及地层不整合面是本矿区的主要容矿构造。控矿构造主要为与区域EW向主断裂平行的次级压扭性断裂破碎带,带内矽卡岩化和其他蚀变作用强烈,大量的铜、铅、锌、银等多金属矿产于其中。矿区局部发育的NE向平移断裂,对区内EW向、NWW向构造及成矿均有一定破坏作用,该断裂中各种金属矿化微弱,系非容矿断裂。

### 3.3 岩浆岩与成矿关系

本区铜、铅、锌、银、铁等多金属矿产的形成,与东昆仑地区晚古生代—早中生代(晚华力西—印支期)构造岩浆旋回末期的岩浆活动有着密切的关系,成矿岩体主要矿物成分为:斜长石(20%~30%)、钾长石(35%~45%)、石英(25%~35%)、黑云母(1%~5%)及少量角闪石,副矿物以磁铁矿、钛铁矿、锡石为主,次为锆石、磷灰石、榍石、石榴石等。岩石具细中粒花岗结构。岩石化学成分见表3,岩石的钾、钠含量较高,为偏铝质的高钾钙

碱性岩石,与其他矽卡岩矿床成矿岩体岩性富碱性的特征一致<sup>[7]</sup>。

从岩石化学成分及微量元素含量(表3)可以看出,岩石富硅, $K > Na$ ,挥发份高,说明岩浆分异演化良好。微量元素中Cu、Sn、Pb、Zn等成矿元素含量高,比一般花岗岩高出数倍;同时,矿石稀土、微量元素的分配模式,矿石S、Pb同位素比值,流体包裹体的类型及成分<sup>①</sup>,均说明黑云花岗岩是本区Cu、Sn、Pb、Zn、Ag等多金属矿床的成矿母岩。

成矿岩体在区域上主要呈岩株状分布,岩体形状不规则,受断裂构造控制明显,成矿岩性主要为肉红色细中粒花岗岩,岩石中铜、铅、锌、锡等成矿元素含量较高,在岩体突出、超伏、凹陷部位及其附近的构造断裂带,是成矿最有利的地方。

## 4 矿床成因分析

东昆仑造山带印支晚期广泛发育的幔源岩浆活动<sup>[8]</sup>,为区域成矿提供了丰富的物质来源。野马泉地区,印支晚期细中粒花岗岩侵入于区域早期形成的地层中,定位之后逐渐冷却结晶。在结晶作用晚期富含挥发份和成矿元素的汽水溶液逐渐富集,这些温度较高的汽水热液与围岩中的灰岩、白云岩、火山岩等岩石发生交代作用,形成多阶段、多期

表3 黑云母花岗岩化学成分及微量元素含量

Table 3 Chemical analysis and trace element contents of biotite granite

样品号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO (Na <sub>2</sub> O)	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	灼失	合计	σ	A/ CNK	
	w <sub>B</sub> /%														
09	78.08	0.05	12.42	0.24	0.64	0.03	0.21	0.72	3.92	4.48	0.01	0.67	101.47	2.013	0.98
36	75.78	0.06	12.43	0.26	0.65	0.03	0.22	0.65	3.64	4.78	0.01	0.82	99.33	2.16	1.01
样品号	Cu	Zn	Pb	Sn	Ag	As	W	Li	Bi	Sb	U	LREE	HREE	ΣREE	
	w <sub>B</sub> /10 <sup>-6</sup>														
09	22.65	32.66	48.59	10.78	0.54	12.27	9.11	7.36	0.37	2.33	10.34	97.98	37.58	135.56	
36	54.41	232.37	110.91	2.71	0.61	27.24	11.57	81.66	0.88	0.81	1.77	100.05	20.24	120.29	

注:化学成分由国土资源部中南矿产资源监督检测中心测试,2003;微量元素由中国科学院贵阳地球化学研究所测试,2003。

①刘云华,中国地质大学(北京)博士学位论文,2004。

次矽卡岩化及铁、铜、铅、锌、银等矿化,在矿化富集的地方形成矿体。富含成矿元素、挥发份和水的汽水热液,主要来自花岗岩岩浆,少部分来自下部地层及矿体附近围岩,其沿岩体围岩接触面及断裂带进入碳酸盐地层后,即发生交代作用形成矽卡岩,在交代作用进行的同时,热液的物理化学条件发生变化,热液中的矿物质沉淀富集形成矿床。结合矿床地质特征不难看出,野马泉地区铜多金属矿床主要产于侵入岩接触带附近,属于典型的与酸性岩浆有关的钙、镁矽卡岩型<sup>[9]</sup>铁、铜、铅、锌、银矿床。

#### 参考文献:

- [1] 姜春发,杨经绥,冯秉贵,等. 昆仑开合构造[M]. 北京:地质出版社,1992. 154—156.
- [2] 胡正国,刘继庆,钱壮志,等. 东昆仑区域成矿规律初步研究[J]. 黄金科学技术,1998,(5~6):6—13.
- [3] 陈光远,孙岱生,殷辉安. 成因矿物学与找矿矿物学[M]. 重庆:重庆出版社,1987. 322—324.
- [4] 赵一鸣. 我国一些重要矽卡岩 Pb-Zn 多金属矿床的交代分带[J]. 矿床地质,1997,16(2):120—129.
- [5] 赵一鸣,林文蔚,等. 中国矽卡岩矿床[M]. 北京:地质出版社,1990. 37—39.
- [6] 陈衍景,秦善,李欣. 中国矽卡岩矿床的形成时间、空间、地球动力学背景和成矿模式[J]. 北京大学学报(自然科学版),1997,33(4):456—466.
- [7] 吴言昌,常印佛. 关于岩浆矽卡岩问题[J]. 地学前缘,1998,5(4):291—301.
- [8] 罗照华,柯栅,曹永清,等. 东昆仑印支晚期幔源岩浆活动[J]. 地质通报,2002,21(6):292—297.
- [9] 吴言昌,邵桂清,吴炼. 岩浆矽卡岩及其矿床[J]. 安徽地质,1996,6(2):30—39.

## Geological feature and ore-control condition of skarn type deposits in Yemaquan area , eastern Kunlun

LIU Yun-hua<sup>1</sup>, MO Xuan-xue<sup>2</sup>, ZHANG Xue-ting<sup>3</sup>, XU Guo-wu<sup>3</sup>

(1. Yichang Institute of Geology and Mineral Resources , Yichang 443003 ,China 2. China University of Geosciences ,Beijing 100083 ,China 3. Qinghai Institute of Geological Survey ,Xining 810012 ,China )

**Abstract** : Skarn type iron , copper , lead , zinc and silver deposits are widespread in Yemaquan area , constituting one the most important polymetallic bases of eastern Kunlun region. Study on occurrence , paragenetic association of minerals , texture and structure of ores and wallrock alteration shows that ore deposits in the region occur along the contact metamorphic zones of the granitic intrusions and the fractures nearby. Research also shows that the skarn type ore deposits were closely related to Late Paleozoic-Early Mesozoic magmatism.

**Key words** : skarn ;geological feature of ore deposit ;ore-control condition ;Yemaquan ;eastern Kunlun