

桦树沟铜矿的成因参数及成矿预测^①

阎积惠 康 慧 陈怀亮

(冶金工业部天津地质研究院)

提 要:桦树沟铜矿生成于陆缘海的断陷盆地,容矿岩系为热水沉积硅质岩。其矿石的结构构造、空间分布、矿物组合及化学成分、稳定同位素及成矿温度等 12 个成因参数特征,均表明条带状纹层状铜矿石形成于海底喷气-热液沉积成矿作用。而角砾状碧玉黄铜矿矿石是由加里东晚期造山运动产生的变质热液充填交代碧玉岩角砾所成。铜矿体不仅局限于向斜的 NE 翼,在其 SW 翼和向斜向 NW 的延长部分找矿是有希望的。

关键词 铜矿 成因参数 成矿预测

桦树沟铜矿位于甘肃省肃南县境内,冶金部西北地勘局五队在对镜铁山铁矿进行补充勘探时发现了该铜矿,目前已获得铜矿储量几十万吨,且以富矿为主。这对缓解我国西北地区铜矿资源不足的矛盾有一定作用。查清桦树沟铜矿的矿床成因、控矿条件及赋存规律,对于祁连山乃至整个西北地区的找铜工作有重要指示意义。

1 矿床地质概况

桦树沟铜矿产于北祁连山西段中上(?)元古界镜铁山群下岩组,其岩性变化如图 1 所示,共分 8 个岩性段。1 和 2 岩段为滨海陆源碎屑岩建造。3—8 岩段属于陆缘海深水盆地相内源硅质岩建造,其中第 7 层为碧玉铁矿层,铜矿赋存在第 6 层上部和铁矿层底盘,储矿构造为 SE—NW 走向的桦树沟复向斜,局部倒转,目前的勘探工作在向斜的 NE 翼 V 号铁矿体的下盘进行,矿区范围内未见显著的岩浆活动,只见有中酸性斑岩脉和少量基性岩脉顺层或切穿地层和铁矿体。

晚加里东运动在本区产生一系列的紧闭褶皱和断层,伴随低温动力变质作用,形成属于低绿片岩相的矿物和岩石组合,以及与变质热液有关的铜矿化和碳酸盐脉,重晶石脉,石英脉。

2 矿床成因参数

2.1 纹层状、条带状铜矿石的成因参数

① 收稿日期 1995. 8. 11 改回日期 1995. 10. 12

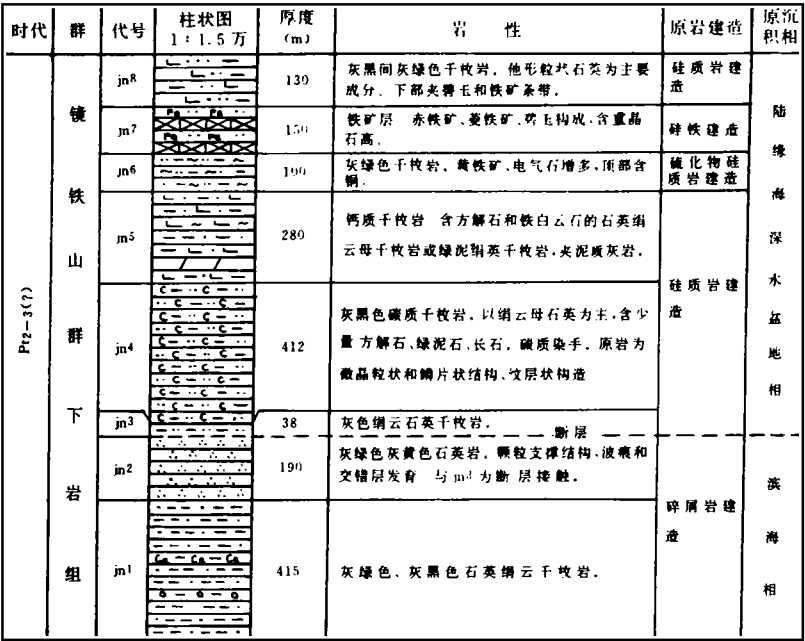


图 1 桦树沟矿区综合柱状图

Fig. 1 Columnar of Huashugou Cu Mine

查明矿床成因是科学找矿的前提,认识矿床地质特征和成因类型,需要积累和分析资料,从中选择用于判别矿床成因的有效参数,不同矿石类型的成因参数不同,在前人工作的基础上,经过实践,我们筛选出用于判别桦树沟纹层状,条带状铜矿石与角砾状铜矿石不同成因的不同参数。

纹层状,条带状铜矿石有 12 个成因参数

(1)容矿岩系为热水沉积硅质岩,经区域低温动力变质作用之后变为千枚岩,普遍含 SiO₂ >50%,因含碳质、钙质、铁质的量不同而区分为不同岩性段(图 1),自下而上大致可以划分为硅质岩建造,硫化物硅质岩建造,硅铁建造和顶部硅质岩建造。

(2)铜矿生成于陆缘海中的深水盆地。上述含矿岩系直接与镜铁山群下岩组的石英岩接触,而石英岩具有典型的颗粒支撑结构,且交错层和波痕发育,无疑属陆源滨海相沉积,与之毗邻的深水盆地只能是陆缘海中的断陷盆地,而不是大洋深海环境的深水盆地,其特点是受同生断裂控制,构成相对深水低能环境,并存在海底热水循环系统。

(3)铁和铜矿体呈层状似层状(图 2),与容矿沉积岩层呈整合接触,矿体与地层同褶皱,二者的产状完全一致,铜矿体与围岩是过渡关系,二者的界线是靠铜品位圈定的,这些重要特征说明铁铜矿与围岩为同生沉积产物。

(4)铁矿和铜矿及围岩都具有延伸稳定的纹层状和条带状沉积构造,其结构比较复杂,有

鲕状和内源碎屑等沉积结构,更普遍的是结晶结构。例如黄铁矿、电气石呈自形晶,石英长石呈他形-半自形粒状镶嵌结构,矿物粒径多为 0.01~0.05mm,非常类似于浅成岩的霏细结构,反映了海底喷气-热液进入常温海水,物化条件骤然变化所导致的结果。

(5)矿石在垂直和水平方向上的分布显示一定的分带性。底部以黄铁矿、黄铜矿为主组成硫化物相,上部以碧玉、菱铁矿、赤(镜)铁矿为主组成氧化物相,重晶石在矿体顶部和边部有增加的趋势,由气液喷溢中心到远离中心,成矿元素出现 Cu-Fe-Ba 的分带性,这与沙利文芒特艾萨等典型的块状硫化物矿床矿物和元素的分带性是一致的。

(6)矿床范围内的菱铁矿、铁白云石、重晶石、黄铁矿、电气石、黄铜矿等共生矿物,在矿体和围岩中分布相当广泛,表明成矿介质中易挥发性组分 C、S、B 等的含量非常丰富,它们是热气液的重要组成部分。

(7)铜矿的围岩蚀变发育,尤其是铜矿体下盘的泥硅质岩中,硅化、绿泥石化,绢云母化,黄铁矿化,铁白云石化,电气石化,重晶石化等热液蚀变相当普遍,这些围岩蚀变是热液活动的有力佐证。

(8)矿床围岩的常量元素含量特征(表 1)。桦树沟矿床围岩的常量元素氧化物含量, $K_2O > Na_2O$, $FeO > Fe_2O_3$, $MgO > CaO$ 的特点,与大厂、沙利文等块状硫化物矿床中典型的热水沉积岩基本上一致,而与生物化学沉积岩不同,与桦树沟的滨海相石英(砂)岩也不同。镜铁山群下岩组的陆源碎屑变成的石英(砂)岩, $SiO_2/Al_2O_3 > 30$,生物成因的硅质岩 $SiO_2/Al_2O_3 > 100$,桦树沟、大厂、沙利文的热水沉积岩 $SiO_2/Al_2O_3 < 10$,三者相比,差异显著,表明桦树沟的容矿硅

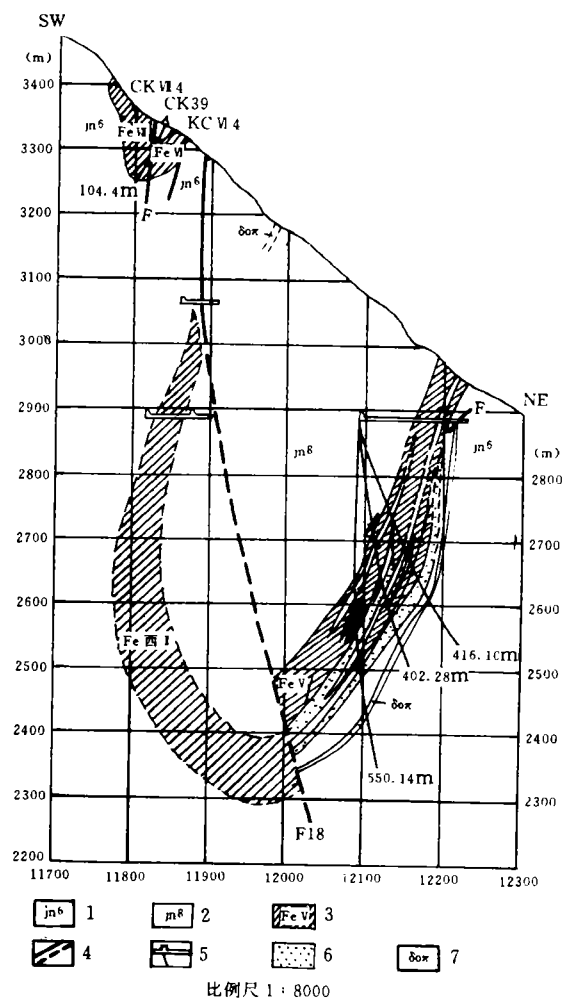


图 2 桦树沟铁铜矿床第 4 勘探线剖面图

Fig. 2 Section of the 4th exploration line in Huashugou Cu Mine

1. 灰绿色石英绿泥绢云母千枚岩 2. 灰黑色石英绢云母千枚岩 3. 铁矿体
及编号 4. 实测及推测断层 5. 竣工坑道及钻孔 6. 铜矿 7. 闪长斑岩
岩脉

质岩既非陆源碎屑沉积岩,又非生物化学沉积岩,而是热水沉积岩。

表 1 桦树沟铜矿围岩常量元素含量对比表
Table 1 Normal element comparion of host rocks in Huashugou Cu Mine

岩石名称		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	P ₂ O ₅	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	CO ₂	H ₂ O ⁺	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	K ₂ O/ Na ₂ O	CaO/ MgO	Fe ₂ O ₃ / FeO
桦 树 沟	绿泥绢英千枚岩	71.01	14.87	0.70	0.22	1.01	1.33	2.09	0.038	0.06	4.64	0.15	1.45	2.23	4.77	30.93	0.22	0.63
	黑色绢英千枚岩	66.89	13.59	0.58	0.34	3.95	2.73	3.14	0.038	0.03	3.06	0.16	0.71	4.30	4.82	19.02	0.08	0.87
	矿化绢英千枚岩	62.52	15.69	0.60	1.76	2.36	1.90	2.26	0.052	0.04	4.50	0.24	4.22	2.62	3.98	18.75	0.74	0.84
	黄绿色千枚岩	60.57	12.16	0.61	2.26	4.28	2.52	4.22	0.036	0.43	4.10	0.05	5.28	2.40	4.98	82.00	0.53	0.58
	灰黑色绢英千枚岩	65.22	17.64	0.67	0.29	2.44	1.30	3.21	0.052	0.006	4.47	0.23	0.33	3.88	3.69	19.43	0.12	0.40
	灰绿色绢英千枚岩	71.72	15.24	0.70	0.30	0.82	1.88	0.60	0.046	0.02	5.24	0.10	0.24	2.48	4.70	52.40	0.36	3.13
	绿泥绢英千枚岩	62.31	12.93	1.11	0.29	4.77	4.47	5.06	0.042	0.08	3.49	0.05	1.12	3.71	4.82	69.80	0.06	0.88
	含铁绢英千枚岩	63.63	11.16	0.79	1.73	3.07	5.1	2.18	0.115	0.178	4.40	0.18	24.44	1.35	4.70	24.44	0.56	2.34
	含铁绢云千枚岩	60.94	12.14	0.67	3.93	3.40	5.40	1.60	0.117	0.308	4.40	0.08	55.00	1.15	5.46	55.00	1.15	3.37
	平均	64.98	13.93	0.71	1.23	2.9	2.96	2.73	0.059	0.135	4.25	0.14	9.20	2.72	4.66	30.36	0.42	1.08
大厂硅质岩*		67.63	8.51	0.44	0.75	1.22	2.39	9.01	≤0.58	0.02	3.69	0.06			7.95	61.5	0.61	0.26
沙利文电气石硅质岩		61.00	10.95	0.45	0.37	1.82	2.05	16.68	0.08	0.10	0.32	0.59			5.57	0.54	0.20	0.12
桦树沟石英岩		93.68	2.84	0.09	0.30	0.25	0.59	0.50	0.17	0.01		0.1			32.98		1.20	1:18
生物成因硅质岩		95.96	0.71	0.59	0.30	0.02	0.43	0.08		0.02	0.05	0.06			135.15	0.83	15.0	5.4

* 据《矿床地质》第 8 卷第 2 期,韩发, R. W. 蛤钦森资料, 5 个样的平均值。

(9)微量元素特征。桦树沟容矿岩系的铜含量(表 2)高于世界页岩和深海粘土几倍至十几倍,这有利于铜元素富集成矿。

表 2 桦树沟容矿岩系的铜含量(10⁻⁶)
Table 2 Cu content of host rocks

岩性	碳质千枚岩	铁白云石千枚岩	绿泥石英千枚岩	铁碧玉岩	石英绢云母千枚岩	世界页岩*	深海粘土*
样数	74	42	60	175	82		
Cu	412.16	269.52	394.50	560.45	182.8	45	250

* 据 TURKIAN 和 WEDEPOHL,1961 年

桦树沟铁铜矿床中矿石和围岩的 Co/Ni 比值比深海粘土和世界页岩的 Co/Ni 比值高得多(表 3)。比云南易门等地直接与火山活动有关的岩石和矿石的 Co/Ni 比值低了几倍至几十倍,与芒特艾萨,霍各气等海底喷气-热液沉积块状硫化物矿床的 Co/Ni 比值一致,说明它们有相同或基本上相同的生成环境和成因。

桦树沟铜矿下盘的蚀变岩石和网脉状、细脉浸染状铜矿石的 Co/Ni>1,铁矿体围岩和纹层状、条带状铜矿石的 Co/Ni<1,表明前者保留了较多的热气流成分,后者受海水的影响更多一些。

(10)桦树沟铜矿下盘灰绿色和灰黑色硅质千枚岩的稀土球粒陨石标准化模式曲线均向右倾,其斜率和形态变化与中国大厂、加拿大沙利文等典型的喷气-热液沉积矿床同类岩石的稀

土模式曲线基本一致(图 3),表明它们有相似的物源和相同的成因。

表 3 桦树沟铜矿床的 Co/Ni 比值
Table 3 Co/Ni values of Huashugou Cu Mine

位置	岩性	样数	Co/Ni	资料来源
桦树沟铜下盘	蚀变围岩	6	1.98	自测
铁矿围岩	硅质岩	9	0.59	自测
桦树沟	纹层,条带状铜矿石	5	0.69	自测
桦树沟	网脉,细脉浸染铜矿石	3	1.16	自测
内蒙霍各气	泥质岩		0.75	据黄金水
内蒙霍各气	铅锌矿石		1.06	据黄金水
内蒙霍各气	铜矿石		0.94	据黄金水
芒特艾萨	页岩	10	1.00	Smith 等,1971
云南大红山	与火山有关铜矿石		6~32.5	参考文献 2
滇易门铜矿	凝灰沉积岩	平均	61.70	参考文献 1
世界	页岩		0.28	Turkian 1961
世界	深海粘土		0.33	Turkian 1961

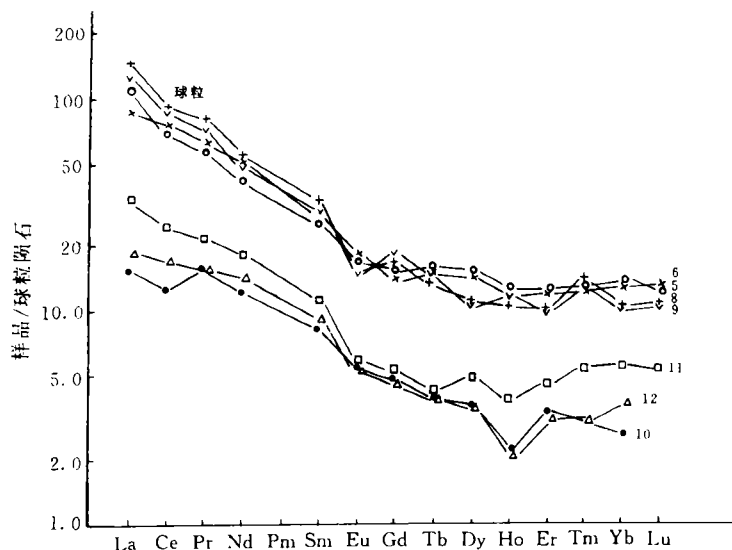
表 4 桦树沟铜矿床硫同位素测试结果
Table 4 S-isotope composition of Huashugou Cu deposit

产 状	样数	测定矿物	$\delta^{34}\text{S}\%$	平均值	离差
纹层,条带状矿石	8	黄铁矿	+14.6~-18.3	16.6	3.7
		黄铜矿			
网脉状矿石	9	黄铁矿	-2.2~+19.7	11.4	21.9
		黄铜矿			
层状重晶石	8	重晶石	+24.5~-32.0	28.24	7.5

铜矿围岩与北美页岩的稀土比值,轻稀土接近于 1 或>1,重稀土<1,Sm/Nd 比值均小于 0.333,属轻稀土富集型,物质来源于上部壳层。

五件铁矿石样品的稀土分析,其中有 2 件 $\delta\text{Eu}>1$,有 3 件样品 $\text{Sm}/\text{Nd}>$ 或 $=0.333$,富 Eu 贫 Ce,显示为详壳特征,说明铁矿物质来源比硅质岩更深一些。

(11)稳定同位素特征:硫同位素:桦树沟铜矿床硫同位素测试结果列于表 4,纹层状、条带状铜矿石和层状重晶石的 $\delta^{34}\text{S}$ 均为正值,且离差小,均值大,层状重晶石尤为明显,表明其中的硫来自海水,网脉状矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 出现负值,且均值小,离差大,虽然显示在海水环境中硫同



5. 6. 8. 9. 硅质岩(桦树沟) 10. 层状电气石岩(广西大厂) 11. 条带状富电气石岩(沙利文) 12. 条带状燧石岩(AG-NICO—EAGLE 矿区)

图3 桦树沟与沙利文等地热水沉积岩的球粒陨石标准化稀土模式图型

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns for hot water sedimentary rocks from Huashugou and shaliwen Areas

位素经过重要分馏作用,但仍然保留了较多的来自壳层深部的轻硫。

碳同位素:据 VEIZER 和 HOEFS 报导(1976),元古代 64 件碳酸盐岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-7.7 \sim +9.5\%$,与 DEGENS(1962)测试正常海相灰岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $+1 \sim -1\%$ 的结果一致。VEIEZ-ER 等人还测试热液中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-4.1 \sim +11.9\%$,TAYLOR(1967)报导原生碳的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-5 \sim -8\%$ (PDB)。桦树沟铜矿 6 件菱铁矿的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-5.44 \sim -6.52\%$,一件铁白云石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -4.98% ,7 件样品的均值为 -5.74% (PDB)。这一结果与正常海相碳酸盐岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值显然不同,这种差别来源于热液对桦树沟矿床 $\delta^{13}\text{C}$ 的重要影响。

(12)成矿温度。矿物包体均一法测温结果(表 5)表明,桦树沟成层状产出矿物包体均一温度范围的最低温度往往低于 100°C ,最高温度略高于 200°C ,表明当时海底热气液的温度范围以低温为主,这与海底喷气-热液沉积成因块状硫化物矿床的生成温度是一致的。

上述桦树沟铜矿的成矿构造环境、容矿岩系、矿石结构构造、矿石类型的空间分布、矿物及化学成分、同位素及成矿温度等 12 个方面的成因参数,表明桦树沟铜矿既有沉积矿床的某些特征,又有内生热液矿床的一些特征,其中的纹层状、条带状铜矿石是由海底喷气-热液沉积成矿作用形成的,细脉浸染状矿石可能形成于海底热液循环活动的后期,即在早期沉积生成的岩石矿石呈半固结的状况下,后期喷气-热液再次活动,形成细脉浸染状矿石和热液蚀变。

表 5 矿物包体均一法测温结果
Table 5 Homogenous temperature

产 状	矿 物	温 度(℃)	样 数	资料来源
层状碧玉	石英	121~180	2	何昌荣
层状重晶石	石英	72~214	2	何昌荣
	重晶石	145~200	2	阎积惠
团块状重晶石	重晶石	135~205	1	阎积惠
脉状重晶石	石英	145~182	2	何昌荣
似层状黄铜矿	石英	89~122	1	何昌荣
网脉状黄铜矿	石英	176~212	2	黄永平

2.2 角砾状碧玉黄铜矿矿石的成因参数

充分注意并肯定下述几个现象对于查清角砾状碧玉黄铜矿矿石的成因是至关重要的：

(1)大量的黄铜矿、黄铁矿等硫化物生成于较早的还原环境，碧玉赤铁矿生成于较晚的强氧化环境，它们不可能共生在一起，但同是沉积作用的产物。现有角砾状脉状矿石中的碧玉角砾及胶结交代角砾的黄铜矿、黄铁矿不可能同是沉积作用的产物，而是沉积期后构造-热液活动的结果。

(2)碧玉岩角砾在铁矿体下盘和硅质千枚岩之间成层产出，其棱角清晰，角砾大小不一，但是相邻角砾可以大致拼接在一起，基本见不到明显的错动或扭动现象，表明它们并非断层角砾，而是脆性碧玉岩受强烈挤压，发生碎裂而成的层间破碎带，这类层间破碎带在其它铁矿体下盘也存在，其形成时间，显然是造山运动的同期产物，即晚加里东期。

(3)桦树沟矿区只见有少量岩浆脉岩，缺少足以形成岩浆热液矿床的岩浆活动，而另一方面变质热液形成的含硫化物的碳酸盐脉重晶石脉等广泛发育，大小不一，分布广泛。表明变质热液非常发育，非常活跃，对成矿有重要作用。

(4)角砾状碧玉黄铜矿矿石的矿物成分与下部的硅质岩和硫化物硅质岩建造的矿物成分相比，矿物种类相同，只是矿物的含量不同而已。说明变质热液及由此形成的角砾状碧玉铜矿石继承了喷气热液沉积物的成分特点，是沉积期的岩矿石中的某些组分在后期的构造变质过程中再活化、迁移、富集沉淀的结果。

据上述四点推断，角砾状碧玉铜矿石是加里东运动晚期的造山运动所形成的变质热液，充填并交代碧玉岩角砾所成。

综上所述，桦树沟铜矿形成于二个时期二种成矿作用：即中晚元古代的海底喷气-热液沉积成矿作用，和晚加里东期变质热液对碧玉岩角砾的充填交代作用。前一种成矿作用不仅形成了纹层状、条带状和部分浸染状细网脉状铜矿石，而且为加里东期角砾状铜矿石的形成提供了物质基础。

3 成矿预测

桦树沟铜矿以往的勘探工作是在桦树沟向斜的 NE 翼 V 号铁矿体的下盘进行的(图 2), 该向斜的 SW 翼与 NE 翼地层是同一时代同一个构造盆地中沉积的, 铜矿不可能仅仅淀积在向斜的 NE 翼而 SW 翼没有沉积, 由硅质千枚岩与铁矿体之间的碧玉层形成的层间破碎带也不仅仅是存在于向斜的 NE 翼, 在向斜的 SW 翼和其他铁矿体的下盘普遍发育, 也有形成角砾状碧玉黄铜矿矿体的可能。

向斜核部的逆冲断层 F_{18} 倾向 NE, 切断了铁和铜矿体, 断层上盘有铜矿, 其下盘亦应当有铜矿, 这是不言而喻的。因此, 在向斜核部和 SW 翼, 即 Fe 西 II 矿体的下盘(图 2)寻找新的铜矿体是非常有希望的。

其次, 桦树沟向斜向 NW 延伸 10 余 km, 并有铁矿体断续出露, 同一层位的热液沉积岩系的延伸更远, 有理由把向斜向 NW 的延长部分作为铜矿普查的重点地区。

在祁连山地区, 元古代朱龙关群的海相火山岩, 镜铁山群的热液沉积岩, 和加里东早、中期的基性-中基性海相火山岩, 都有广泛分布。其中已发现铁及铜、铅、锌多金属矿(化)点上百处, 且工作程度低, 如果能投入必要的地质科研和勘查工作量, 必定会在祁连山地区发现更多的铜铁等多金属矿床。

参考文献

- 1 施林道, 等. 云南易门铜矿成因新见及其找矿意义. 矿床地质, 1988, 7(2)
- 2 孙克祥, 沈远仁, 等. 滇中元古宙铁铜矿床. 中国地质大学出版社, 1991
- 3 韩发, 哈钦森 R W. 大厂锡多金属矿床热液喷气沉积成因的证据——含矿建造及热液沉积岩. 矿床地质, 1989, 8(2)
- 4 韩发, 哈钦森 R W. 多金属矿床热液喷气沉积成因的证据——容矿岩石的微量元素及稀土元素地球化学. 矿床地质, 1989, 8(3)
- 5 葛朝华, 韩发. 大宝山铁-多金属矿床的海相火山热液沉积成因特征. 矿床地质, 1986, 5(1)
- 6 Duncan E Large. Geological Parameters Associated with Sediment-Hosted Submarine Exhalative Pb-Zn Deposits an Empirical Modal for Mineral Exploration. Geologisches Jahrbush, 1980 D. 40P. 59~129.
- 7 中国科学院贵阳地球化学研究所编译. 简明地球化学手册. 科学出版社, 1981

GENETIC PARAMETERS AND METALLOGENIC PREDICTION FOR HUASHUGOU Cu MINE

Yan Jihui Kang Hui Chen Huailiang

(Tianjin Geological Academy MMI)

Abstract

Huashugou Cu deposit was formed in the fault basin of a continent marginal ocean. The host rock is the siliceous rock deposited by hot water. It is discriminated by 12 parameters of ore structure and texture, spatial distribution, mineral assemblages and chemical composition, etc. that banded ore and laminae ore are formed by marine exhalation hydrothermal sedimentation. Breccia jasper chalcopyrite ore is formed by filling replacement of jasper breccia by metamorphic hydrothermal fluid during the late calidonian period. Cu ore is not only limited in NE limb. Exploration should be added to the extension parts of the SW and NW Limbs of the ore-controlling fold.