

富家坞斑岩铜(钼)矿床的岩石蚀变与矿化

阎 况 蔚

要赋存于该蚀变带中。

一 前 言

富家坞斑岩铜(钼)矿床,是德兴铜矿的勘探基地之一。在该矿区补充勘探过程中,我们与探勘队协作,共同开展了岩石蚀变与矿化的研究,提出了以下几点看法。

1. 矿区含矿岩体的岩浆冷凝作用,可分为四个发展阶段:第一岩浆结晶阶段→第二岩浆结晶阶段→气化岩浆气成水热(自变质)交代作用阶段→岩浆期后热液阶段。

2. 蚀变岩石类型主要为:钾长石—(黑云母化)蚀变岩,伊利石—水白云母化蚀变岩,石英—绢云母—水白云母化蚀变岩,绿泥石—(黄铁矿化)蚀变岩等。

3. 蚀变带的划分,是按各阶段蚀变矿物组合重复迭加的强度变化,建立中心式的综合分带:即钾长石化带,石英—绢云母—水白云母化带,绿泥石—(黄铁矿)化带。

4. 矿区铜(钼)矿化与石英—绢云母—水白云母化蚀变关系密切,铜(钼)矿体主

型富铁矿的找矿,不能完全局限于“岩体控制”,“构造控制”的规律,要研究围岩的建造性质。事实上,我国“接触交代”型铁矿的品位和围岩建造的性关系很大,品位较高的矿床都产在前述第三类沉积含铁建造中。从“接触交代”铁矿和“热液”铁矿同菱铁矿的密切关系来看,在第三类含铁建造中的上述两类矿床,应当提出离开接触带或断裂构造找矿的问题。

3. 对于我国海相火山岩(熔岩)发育的

二 岩体特征

(一) 岩体地质 矿区位于德兴铜矿(铜厂)东南、官帽山向斜和远坑背斜之间,与朱砂红、铜厂构成北西—南东向展布。地层走向北东,近乎单斜的层序(图1)。

矿区的花岗闪长斑岩体,侵入于浅变质的绢云母千枚岩、粉砂质绢云母千枚岩、绿泥石绢云母千枚岩和晶屑凝灰质千枚岩等火山沉积碎屑岩中。除主岩体外,尚见两个小岩枝。经钾—氩法年令测定为161百万年,应属燕山中期产物。

主岩体位于矿区中心,呈椭圆形岩筒,面积约0.16平方公里,向西北深部下插。与变质岩接触处有很多细小的指状岩枝,沿层间裂隙贯入,构成岩肋或岩排。岩体不具岩相分带,岩石为花岗斑状结构,属中酸性浅成岩体。岩体周围发育着接触变质晕。岩体边缘自变质和热液蚀变现象明显,矿化显

地区,当火山岩在横相上或剖面上向正常沉积岩过渡时,应注意研究建造的特征,寻找火山沉积型富铁矿床。

4. 考虑到对前寒武系沉积变质铁矿中“风化淋滤”型富铁矿成因问题所存在的争论,以及国外某些“风化淋滤”型富铁矿含铁建造与我国富铁矿含铁沉积建造相似之处,我国“风化淋滤”型富铁矿床的找矿,应当研究含铁原始沉积建造特征,重视在有利建造中找这一类型富铁矿床。

著。为构成矿区铜（钼）矿化的主要含矿岩体。

（二）岩石特征

岩石为浅灰色，风化后为灰白色，全晶质斑状结构，斑晶含量50~60%，斑晶主要成分是斜长石，次为石英、黑云母、角闪石、钾长石等。磷灰石也常呈斑晶出现。斑晶粒径不等，小者2~5毫米，大者1~2厘米。基质主要为花岗结构，组成矿物有正长石、石英，次为斜

长石及少量角闪石、黑云母等；粒细，一般在0.1~0.3毫米。付矿物有磁铁矿、锆石、磷灰石、榍石、褐帘石等。蚀变矿物主要有钾长石、黑云母、石英、绢云母、水白云母、伊利石、水黑云母、白云母、绿泥石、方解石、绿帘石等。根据斜长石、正长石及石英含量应定名为花岗闪长斑岩（表1）。

（三）岩石结构、构造 矿区花岗闪长斑岩体，具中酸性浅成侵入体特征，主要为花岗斑状结构，由于受熔浆分异交代作用影响而具有以下特征：

1.斑晶：数量多达60%，可称多斑结构，甚至聚斑状结构。长石斑晶按相对大小和结构不同又可分两组，即一号斑晶（斑状）和二号斑晶（似斑状），经旋转台测定虽均

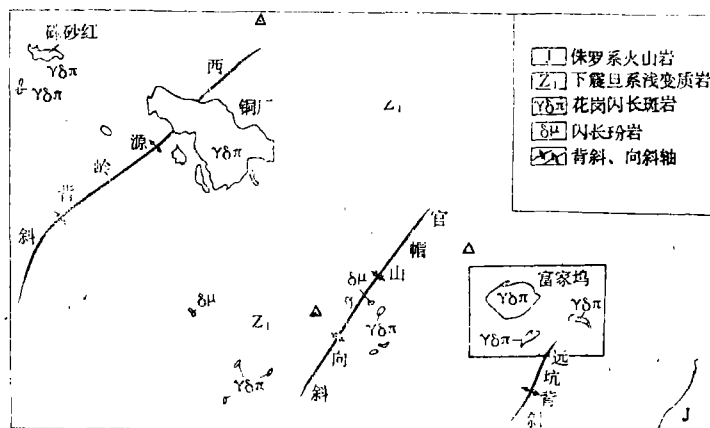


图1 矿田地质构造略图

属中长石，但后者比前者牌号偏低。基质交代斑晶现象明显，形成蠕状石或“似文象”结构，中长石形成钠长石、更钠长石的次变边。

2.基质：主要呈细晶岩状或似角岩结构，局部呈“似文象”结构。粒度一般细而均匀（0.1毫米），有时粒度较大（0.3~0.4毫米）。此外尚发育有交代残留结构、变斑结构、云雾状结构、网格状结构和花岗鳞片变晶结构等。

3.其他特征：在岩体中或边缘尚可见到不同块度的石英闪长岩残块和来自围岩的捕虏体。在石英闪长岩中，斜长石具交代现象，次变边明显，硬石膏呈浸染状分布。

从上述花岗闪长斑岩结构的变化和岩体

花岗闪长斑岩矿物成分定量表

表1

编 号	主要矿物含量（%）					付矿物含量（克/吨）						备 注
	斜长石	石英	正长石	黑云母	角闪石	磁铁矿	磷灰石	锆石	榍石	褐帘石	绿帘石	
ZK337重01	55	18	13	3	7	9674	130	255	29	47	237	受微绿帘石化
ZK203重17	43	23	16	5	10	847	571	133	少量	95	1381	

* 据会战指挥部地质组，《矿床地质特征及其找矿标志》，1975。

演化特点, 不难看出:

(1) 斑岩的早期斑晶含量过半, 斑晶组分相当石英闪长岩质, 聚斑结构与闪长岩、石英闪长岩结构相似, 石英闪长岩残留体的蚀变和被交代, 与花岗闪长斑岩的蚀变和交代具有相同的特点。

(2) 花岗细晶岩质的基质溶蚀交代斑晶现象显著, 岩体“裂隙”中有花岗细晶岩脉充填。花岗闪长斑岩自变质碱质交代作用和热液蚀变等均较发育。

据此, 认为矿区花岗闪长斑岩的形成, 是随着岩浆熔体结晶分异交代作用的进行, 富含挥发分和碱的酸性残余岩浆对早期晶出的矿物进行强烈的平衡交代, 岩浆分异从中性向酸性(石英闪长岩→花岗闪长斑岩→花岗细晶岩)演化, 其冷凝阶段分为: 第一岩浆结晶作用阶段→第二岩浆结晶作用阶段→气化岩浆气成水热(自变质)交代作用阶段→岩浆期后热液作用等不同发展阶段。

(四) 岩体化学成分特征 根据两个样品的化学全分析结果, 计算出的主要参数(表2)可以看出本区岩体化学成分特征:

1. 属查氏化学分类第二类第五科的花岗闪长岩。 a 及 a/c 值明显偏高, c 值偏低, 说明岩体碱度偏高。由于长石类矿物含量较高, 而暗色矿物含量较低(即 b 值偏低), 消耗的 SiO_2 就较多, 故 Q 值偏低。

2. 代表岩石碱度的 K 、 Na 原子数的 a 值偏高, 表现在钾长石和斜长石含量均较高, 而号码偏低。 a/c 偏高, 表现在斜长石号码偏低, 中长石斑晶中出现较多的更钠长石、钠长石次变边。

3. 钙碱指数为57(即 CaO 和 K_2O+Na_2O 含量交线上的 SiO_2 值), 属钙碱性系列。与国内某些斑岩铜矿岩体比较(图2)可以看出, 与斑岩铜矿有关的侵入岩多为钙碱性—碱钙性系列, 少数为钙质系列。矿区岩体钙碱指数属皮科克钙碱系列(51~61)范围。

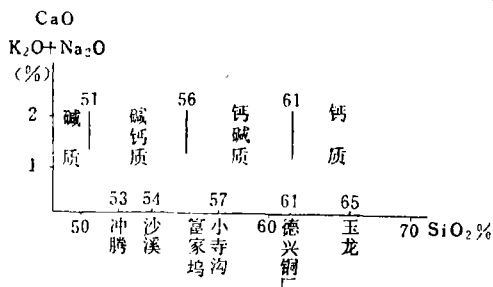


图2 富家坞岩体与国内某些斑岩铜矿成矿岩体钙碱指数对比图

(五) 岩体中微量元素特征 为揭示矿液来源及找矿标志问题, 分析岩体造岩矿物中铜的含量表明, 黑云母含铜最高(150~600ppm), 说明其形成时铜的浓度较高。不同阶段和产状的同一矿物含铜量不同, 如岩浆阶段形成的黑云母斑晶含铜253ppm, 而岩浆晚期或热液期含铜600ppm, 说明晚期矿液铜的浓度更高。热液期绢云母含铜(35ppm)比长石斑晶蚀变的绢云母类矿物(<7ppm)高。

三 蚀变岩石的类型和蚀变分带

矿区的蚀变岩石, 根据斑岩铜矿蚀变矿物共生组合和蚀变岩石的地球化学特征, 可分为四个类型: ①钾长石—(黑云母)化; ②伊利石—水白云母化; ③石英—绢云母—水白云母化; ④绿泥石—(黄铁矿)化等。

各蚀变岩的特征

1. 钾长石—(黑云母)化蚀变岩 钾长石化蚀变岩, 位于岩体的中上部, 表现为面型蚀变, 形成较早, 亦有呈脉状迭加的。黑云母化不发育, 仅零星出现。

产出形式:

(1) 交代花岗闪长斑岩, 钾长石交代斜长石斑晶, 呈镶边状、云雾状、不规则细脉、网脉状; 交代基质, 呈不规则状或斑状。呈脉状交代多以钾长石脉、钾长石—石英脉、石英—钾长石—硬石膏脉、钾长石—钠长石脉等形式出现。

化 学 成 分 对 比 表

表 2

	化 学 成 分 重 量 百 分 数											
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	P ₂ O ₅
富家坞岩体[1]	64.2	0.41	16.67	1.45	2.10	0.06	1.36	3.63	4.30	3.35	1.12	0.15
中国平均花岗岩长岩[3]	64.98	0.52	16.33	1.89	2.49	0.09	1.94	3.70	3.67	2.95	0.83	0.32
戴里花岗岩长岩	65.01	0.57	15.94	1.74	2.65	0.07	1.91	4.42	3.70	2.75	1.04	0.20

	查 氏 参 数 特 征										
	a	C	b	S	a'	f'	m'	c'	n	Q	a/c
富家坞岩体[1]	14.6	4.1	6.1	75.1		54.5	38.6	6.8	66.0	17.0	3.6
中国平均花岗岩长岩[3]	12.5	4.6	7.9	75.0	5.3	52.7	42.0		65.0	20.4	2.7
戴里花岗岩长岩	12.3	4.6	8.4	74.7		50.8	38.5	10.8	66.7	20.2	2.6

化 学 计 算 矿 物 定 量 主 要 参 数 [2]											
	Q	Or	Pl	Bi	Ho	Ot	An	K-Na	a	b	Mg
富家坞岩体[1]	17.8	16.2	56.4	6.4	1.3	22.7	29.8	-23	209	8.3	34
中国平均花岗岩闪长岩[3]	23.5	11.6	50.6	11.0		16.1	33.6	-56	182	11.7	48
戴里花岗岩闪长岩											

[1] 富家坞岩体化学成分采用CK308-74、CK308-76两个样品的平均值。

[2] 据二机部三所推荐的方法, Q-石英, Or-钾长石, Pl-斜长石, Bi-黑云母, Ho-角闪石,

$$Ot = \frac{Or}{Or + Pl} \times 100\%, An - \text{斜长石号码}, K - Na - \text{钾与钠原子数之差}.$$

[3] 据黎彤, 1963。

(2) 围岩中的钾长石化主要表现为不规则团块状和脉状(以单一钾长石脉或石英—钾长石脉居多), 有时出现变斑状。

面型钾长石化形成较早, 与矿化关系不密切, 只有稀疏浸染的黄铁矿化或铜矿化。晚期脉状钾长石或石英—钾长石脉伴随金属

硫化物较明显。

2. 伊利石—水白云母化蚀变岩 与钾长石化呈渐变关系, 间杂在钾长石化蚀变岩中或向新鲜岩石过渡处, 呈带状分布, 也见于近岩体的角岩和变残千枚状绢云母板岩、千枚岩中。

伊利石—水白云母化花岗闪长斑岩为灰绿色,暗色矿物蚀变成绿色,斜长石斑晶有时呈青绿色,即所谓鸭蛋青色。在变残千枚状绢云母板岩、千枚岩中,伊利石、水白云母呈腊黄色条带沿片理交代。

伊利石—水白云母化与矿化关系不密切,只有后期石英—绢云母—水白云母化迭加时,才构成有工业价值的矿化。

3. 石英—绢云母—水白云母化蚀变岩分布在接触带的两侧,特点是石英细脉纵横交错,成网脉状(强烈蚀变时变为石英化岩)。长石类矿物变为水白云母和绢云母,基质石英现再生长现象,暗色矿物变为绢云母(白云母),金红石和黄铁矿等。在千枚岩、角岩中,石英呈细脉穿插,绢云母呈鳞片变晶状。

产出形式:

(1) 呈单一的石英细脉、网脉、团块状交代花岗闪长斑岩和角岩、千枚岩。也有石英、绢云母、水白云母呈脉状或团块状集合体的。

(2) 强烈的石英—绢云母化,使原岩结构消失变成绢英岩。

石英—绢云母—水白云母化与矿化关系密切,本区工业矿体主要赋存在该蚀变岩中。

4. 绿泥石—(黄铁矿)化蚀变岩 矿区绿泥石化可分为三期:

(1) 由岩体中暗色矿物角闪石、黑云母分解形成的,并有绿帘石、方解石等共生。该绿泥石富含镁质成分。主要分布在钾长石化、伊利石—水白云母化的蚀变岩石中。

(2) 脉状的绿泥石—绿帘石或绿泥石—绿帘石—方解石所组成的蚀变岩,分布在石英—绢云母—水白云母化的翼部,重迭出现在钾长石化蚀变岩和伊利石—水白云母岩石中,在钾长石蚀变岩中较为发育。

(3) 绿泥石—(黄铁矿)化,该类型分布在矿体外围,以裂隙脉型的绿泥石为

主,这种绿泥石富含铁。其矿物组合以单一绿泥石脉、绿泥石—黄铁矿大脉,以及黄铁矿和碳酸盐、石英等与之共生,具典型的热液成因特点。

三期绿泥石化就其成因,早期属于自变质阶段产物,绿泥石、绿帘石脉体与石英—绢云母—水白云母化有成因上的联系,与成矿热液活动关系密切,晚期的绿泥石黄铁矿脉,发育在近矿周边部,形成于中低温热液阶段。

根据矿区蚀变岩石形成的历史及其演化规律,各蚀变岩的阶段划分为:

气化岩浆气成水热交代作用(自变质作用)阶段:钾长石—(黑云母)化→伊利石—水白云母化→绿泥石化。

岩浆期后热液作用阶段:

(1) 高中温热液期 石英—钾长石化→石英—绢云母—水白云母(伊利石)化→绿泥石—绿帘石(方解石)化。

(2) 中低温热液期 绿泥石—(黄铁矿)化。

蚀 变 分 带

根据相同条件下同时形成的蚀变矿物组合及其强度变化,和空间分布特点,将本区蚀变岩划分为三个蚀变带,即:

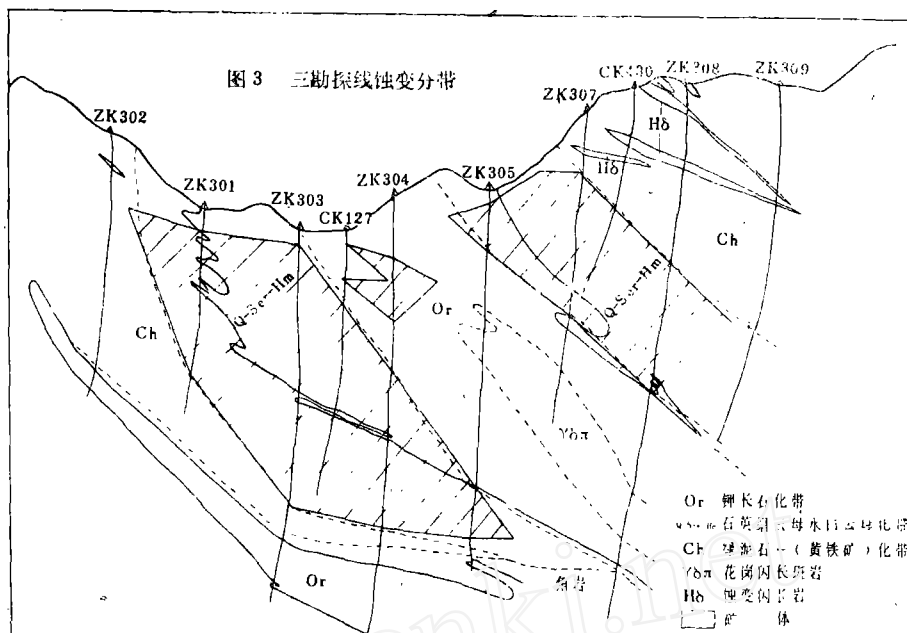
钾长石化带,

石英—绢云母—水白云母化带,

绿泥石—(黄铁矿)化带。

矿区斑岩体,一般都遭受轻微蚀变,如将过去曾称弱蚀变带的列为原岩,岩体从内往外则依次为钾长石化带、石英—绢云母—水白云母化带(包括内外接触带)、绿泥石—(黄铁矿)化带(矿体的周边),形成一个中心式的综合蚀变晕圈(图3)。

1. 钾长石化带 该蚀变带,除钾长石化斑岩外,还包括钾长石化阶段形成的伊利石—水白云母化花岗闪长斑岩。围岩的钾长石



化多表现为线型的钾长石脉和石英—钾长石脉，往往石英—绢云母—水白云母化发育，所以多归并到石英—绢云母—水白云母化带中。钾长石化花岗岩长斑岩迭加石英—绢云母—水白云母化时，也作如此归并。

2. 石英—绢云母—水白云母化带 该带是以近接触带为中心，以石英细脉为标帜，由强到弱向两侧发展，边缘向绿泥石—绿帘石化过渡，构成本区铜钼矿体的主要赋存部位。

3. 绿泥石—(黄铁矿)化带 该蚀变带按一般斑岩铜矿蚀变分带特点，应不属于“青盘岩化”范畴，而相当于“卫星矿”黄铁矿脉。但从矿区蚀变岩时间空间上的展布特点，线型的绿泥石—(黄铁矿)化归并为外带，不但揭示了蚀变岩石成因及演化规律，而且具有区域上的找矿意义。

蚀变岩石的地球化学特点

矿区岩石在蚀变过程中，由于残余岩浆和后期热液对已固结岩石的交代，因而发生

了一些组分的带入和带出的地球化学行为。通过对本区蚀变岩石进行分析计算(表3)，元素迁移的特征组分表现为：

(1) (OH) 对各种岩石都是带进，说明正个蚀变过程中都有热水溶液参加。从内带到外带，从早期到晚期有减少趋势。

(2) K在内带除石英—绢云母—水白云母化斑岩外，其余蚀变岩石都是带进。这说明在正个蚀变过程中都有含钾矿物的形成，如钾长石、黑云母、绢云母、水白云母等。

(3) Si除与石英—绢云母—水白云母化有关的岩石外，均表现为带出。这与正个蚀变过程中钾长石化在早期，石英化主要在后期是一致的。

(4) Mg除了石英—绢云母—水白云母化带外，其余蚀变岩石均为带进，Mg是绿泥石化的特征元素。Mg的增高可能与Si的相对迁移有关。

(5) Ca也表现为带进。而 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 在内带主要是带进，而外带则为带出。

表 8

主 要 元 素 迁 移 对 比 表

编 号	蚀变岩石名称	岩 石 分 子 式	标准体积内(160氧离子体积)元素带进(+)带出(-)情况												
			K	Na	Ca	Mg	Mn	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al	Ti	Si	P	(OH)	
308—74	花岗岩长斑岩	$K_{3.0}Na_{7.4}Ca_{3.4}Mg_{1.8}Mn_1Fe_{1.6}^{2+}Fe_{1.6}^{3+}Al_{17.4}Ti_{1.8}Si_{5.66}P_1[O_{15.41}(OH)_{5.6}]$													
308—68	钾长石化花岗岩长斑岩	$K_{5.5}Na_{3.6}Ca_{2.0}Mg_{2.6}Mn_1Fe_{1.8}^{2+}Fe_{1.8}^{3+}Al_{1.6}Ti_{1.8}Si_{5.29}P_1[O_{13.84}(OH)_{2.16}]$	+16	-39	-14	+7	0	+3	+3	-9	0	-37	0	+157	
308—99	钾长石化花岗岩长斑岩	$K_{8.0}Na_{4.0}Ca_{1.7}Mg_{2.1}Mn_1Fe_{1.3}^{2+}Fe_{1.3}^{3+}Al_{1.5}Ti_{1.3}Si_{5.01}P_1[O_{14.83}(OH)_{1.16}]$	+29	-25	-17	+3	0	+1	+3	-23	0	-5	0	+57	
304—14	石英钾长石化花岗岩长斑岩	$K_{4.8}Na_{4.4}Ca_{2.0}Mg_{2.7}Mn_{0.9}Fe_{1.2}^{2+}Fe_{1.2}^{3+}Al_{11.0}Ti_{1.8}Si_{3.02}P_1[O_{14.86}(OH)_{1.14}]$	+9	-30	-14	+9	-1	-3	0	-64	0	-64	0	+55	
308—66	伊利石白云母化花岗岩长斑岩	$K_{4.5}Na_{1.5}Ca_{3.4}Mg_{3.0}Mn_1Fe_{1.2}^{2+}Fe_{1.2}^{3+}Al_{1.53}Ti_{1.3}Si_{3.32}P_1[O_{13.96}(OH)_{2.01}]$	+6	-55		+12	0	-3	0	-21	0	-34	0	+142	
304—20	石英—绢云母—水白云母化花岗岩长斑岩	$K_{3.1}Na_{3.0}Ca_{2.0}Mg_{3.0}Mn_1Fe_{1.7}^{2+}Fe_{1.7}^{3+}Al_{1.8}Ti_{1.2}Si_{3.60}P_1[O_{13.27}(OH)_{1.74}]$	-5	-44	-10	-10	0	-8	+3	-94	-1	+94	0	+115	
304—46	石英—绢云母—水白云母化角闪岩	$K_{8.8}Na_{1.8}Ca_{7.7}Mg_{3.2}Mn_1Fe_{1.4}^{2+}Fe_{1.4}^{3+}Al_{12.3}Ti_{1.5}Si_{5.74}P_1[O_{14.35}(OH)_{1.85}]$	+20	+10	+6	+17	+1	-4	-4	-45	0	+62	0	-46 ①	
			+12	-35	-11	+7	0	-8	-9	-54	-2	+53	-1	+33 ②	
304—69	钾长石化角闪岩	$K_{9.1}Na_{1.3}Ca_{4.6}Mg_{2.0}Mn_1Fe_{1.6}^{2+}Fe_{1.6}^{3+}Al_{2.13}Ti_{1.3}Si_{5.02}P_1[O_{14.52}(OH)_{1.48}]$	+46	+5	+28	+5	0	-12	-13	+45	+3	-10	0	-63 ①	
			+38	-40	+11	-2	-1	-20	-18	+36	+1	-19	-1	+16 ②	
308—39	绿帘石绿帘石化角闪岩	$K_{5.3}Na_{1.7}Ca_{1.1}Mg_{3.7}Mn_{0.9}Fe_{1.2}^{2+}Fe_{1.2}^{3+}Al_{1.11}Ti_{1.5}Si_{5.87}P_1[O_{14.22}(OH)_{1.78}]$	+5	+9	+9	+22	0	-6	-6	-57	0	+75	0	-33 ①	
			-3	-35	-8	+12	-1	-14	-11	-66	-2	+66	-1	+46 ②	
304—24	绢云母化千枚岩	$K_{8.8}Na_{5.5}Ca_{1.1}Mg_{1.1}Mn_{0.9}Fe_{2.3}^{2+}Fe_{2.3}^{3+}Al_{2.18}Ti_{1.7}Si_{5.45}P_1[O_{13.66}(OH)_{2.34}]$	+20	-3	+1	-4	0	+5	+2	+50	+2	+33	0	+23 ①	
			+12	-48	-16	-14	-1	-3	-3	+41	0	+24	-1	+102 ②	
308—49	黑云母角闪岩	$K_{5.6}Na_{6.3}Ca_{1.8}Mg_{2.5}Mn_1Fe_{2.6}^{2+}Fe_{2.6}^{3+}Al_{11.7}Ti_{1.7}Si_{3.21}P_1[O_{14.68}(OH)_{1.32}]$													
富Ⅱ—21	千枚岩	$K_{4.8}Na_{3.5}Ca_{1.1}Mg_{1.5}Mn_1Fe_{1.6}^{2+}Fe_{1.6}^{3+}Al_{1.6}Ti_{1.5}Si_{5.12}P_1[O_{13.89}(OH)_{2.11}]$													

• 取自蚀变较强的岩石。(1)内带以花岗岩长斑岩为对比标准,(2)外带分别与千枚岩①和黑云母角闪岩②为对比标准,(3)带进为(+),带出为(-)。

四 矿化特征

矿体赋存在花岗闪长斑岩和千枚岩的接触部位,受接触带控制,其矿量分配,围岩大约占70%,岩体30%。一般在斑岩体的顶部、前缘、岩体膨大处及裂隙发育处矿化较好,外带围岩中的矿体较富较厚。

(一) 矿石物质成分 本矿床矿石物质成分简单,矿石内除金属矿物及蚀变矿物外,尚有构成原岩的矿物残留,矿石矿物种类及其相对含量如表4。矿石以浸染状构造、细脉状构造为主,其它各种构造少见。在浸染状构造矿石中以黄铁矿和黄铜矿最为常见。

(二) 矿石矿物共生组合 矿区矿石矿物成分比较简单,但其矿物共生组合类型却比较复杂。根据蚀变矿物和金属矿物共生特点,可分以下类型:

- (1) 钾长石金属硫化物组合;
- (2) 石英金属硫化物组合;
- (3) 纯金属矿物组合;
- (4) 硅酸盐—碳酸盐金属矿物组合;
 - a. 绿泥石金属矿物组合;
 - d. 绿泥石—绿帘金属矿物组合;
 - c. 碳酸盐金属矿物组合;
- (5) 萤石金属硫化物组合;
- (6) 硬石膏—石膏金属矿物组合。

(三) 成矿阶段与矿化分带 综合矿区矿化特点和近矿围岩蚀变的研究,矿区可划分为三个不同的成矿阶段。其各成矿阶段及矿物生成顺序详见表5。

矿区范围内金属矿物组合和铜、钼、硫组分的分布,构造以接触带为中心的对称分布,反应出矿化与石英—绢云母—水白云母化阶段形成的依存关系。从矿物包裹体测温 and 同位素地质数据得以验证:

1. 据矿物的包裹体研究认为,矿区斑岩铜钼矿的形成温度分为三个阶段:(1) 岩体中石英斑晶和某些石英脉(伟晶岩期)的爆裂温度为595~665°C,这一温度范围相当于成岩和岩浆气成水热(自变质)阶段;(2) 含铜石英脉、黄铜矿等矿物的爆裂温度为260~360°C,代表本区的主要成矿温度,相当于高中温热液阶段;(3) 石英黄铁矿脉、方解石黄铁矿或某些黄铁矿单矿物及硬石膏的爆裂温度一般在160~215°C,相当于中低温热液阶段。上述温度反映了矿区铜钼矿化主要为高中温热液阶段。

2. 硫化物的硫同位素比值的分析,采自CK703孔12个黄铁矿样,测试的结果表明硫同位素组成变异情况,与蚀变带即蚀变矿物组合形成的阶段有着密切的联系(表6)。从数据可以看出,就单一岩体成矿控制条件而言,自变质阶段残余气水热液形成的硫化物 $\delta S^{34}\%$ 数值,与陨石或岩浆硫化物矿床硫同位素组成比值接近,高中温热液阶段硫同位素组成比值又与一般热液矿床相似,而矿

矿石矿物种类及其相对含量 表4

矿物 相对含量	金属矿物		非金属矿物	
	硫化物	氧化物		
主 要	黄铁矿 黄铜矿	褐铁矿	石英 中长石 正长石 更钠长石	水白云母 绢云母 伊利石
次 要	辉钼矿	胆矾 赤铁矿 孔雀石 金红石	方解石 绿泥石 条纹长石 白云石 黑云母 白云母	绿帘石 钠长石 水黑云母 普通角闪石 硬石膏 石膏
少 量	方铅矿 闪锌矿 黝铜矿 斑铜矿 铜兰 磁黄铁矿 辉铜矿 银黝铜矿 硫铜钴矿 砷黝铜矿 自然金	磁铁矿 锐钛矿 磁铁矿 白钛矿 兰铜矿 钛铁矿	黝帘石 屑石 重晶石 褐帘石 萤石 电气石 磷灰石 锆石 沸石	* 菱铁矿 红柱石

* 是前人资料,本次工作未见

表 5

成矿阶段 主要矿物	钾长石—(黑云母)化阶段			石英—绢云母—水白云母化阶段			绿泥石—(黄铁矿)化阶段
	钾长石	(黑云母)	伊利石—水白云母化	石英	绢云母	水白云母化	绿泥石—(黄铁矿)化阶段
钾长石	—	—	—	—	—	—	—
伊利石	—	—	—	—	—	—	—
黑云母	—	—	—	—	—	—	—
钠长石	—	—	—	—	—	—	—
石英	—	—	—	—	—	—	—
绢云母	—	—	—	—	—	—	—
黄铁矿	—	—	—	—	—	—	—
黄铜矿	—	—	—	—	—	—	—
辉铜矿	—	—	—	—	—	—	—
磁黄铁矿	—	—	—	—	—	—	—
斑铜矿	—	—	—	—	—	—	—
磁黄铁矿	—	—	—	—	—	—	—
绿泥石	—	—	—	—	—	—	—
黄铜矿	—	—	—	—	—	—	—
硫铜矿	—	—	—	—	—	—	—
自然铜	—	—	—	—	—	—	—
方铅矿	—	—	—	—	—	—	—
方解石	—	—	—	—	—	—	—
石膏	—	—	—	—	—	—	—

区边部和大脉状黄铁矿 $\delta S^{34}\%$ 绝对值较大, 反映低温热液裂隙脉型的特点。

综合矿区矿物测温、硫同位素组成分析, 矿床形成所具的多阶段性, 从岩体和蚀变岩的地质年令, 也可得到验证。矿区花岗闪长斑岩侵入年令161百万年, 相当于中侏罗纪时期, 钾长石化蚀变岩分别为150百万年和145百万年, 相当于自变质阶段, 构成主要成矿期的石英—绢云母—水白云母化蚀

CK7 03孔黄铁矿硫同位素测试结果 表 6

蚀变带	矿物	样品 个数	硫同位素组成	
			$\delta S^{34}\%$ 变化范围	$\delta S^{34}\%$ 算术平均值
钾长石化花岗闪长斑岩	黄铁矿	1	+1.0	
石英—绢云母—水白云母化花岗闪长斑岩	黄铁矿	8	+1.2~+3.3	+2.67
石英—绢云母—水白云母化角岩	黄铁矿	3	+2.9~+3.1	+3.0

表 7

岩性	矿物测温	硫同位素组成 (平均值) $\delta S^{34}\%$	同位素地质 年令(百万 年)
花岗闪长斑岩	595~665 °C		161
钾长石化花岗闪长斑岩		+1.0	150 145
石英—绢云母—水白云母化花岗闪长斑岩	260~360 °C	+2.67	115
石英—绢云母—水白云母化千枚岩	260~360 °C	+2.66	
绿泥石—(黄铁矿)化千枚岩	160~215 °C	+4.29	

• 同位素地质特征及其找矿意义一文中误列为
钾长石化花岗闪长斑岩

变岩为115百万年, 与铜厂同类型蚀变岩106百万年形成均晚于自变质阶段, 说明蚀变的多期性和矿床形成在热液阶段(表7)。该矿床应属浅成中温热液型斑岩铜(钼)矿床。