

德兴斑岩铜(钼)矿田

同位素地质特征及其找矿意义

江西冶金地质勘探公司富家坞会战指挥部地质组
德兴铜矿地测科
桂林冶金地质研究所同位素地质组
斑岩铜矿专题组

随着社会主义革命和建设的深入发展,斑岩铜矿已成为我国当前铜矿资源的重要类型之一。我们在进行德兴矿田地地质勘探、矿山采掘和矿床地质特征研究的同时,对矿田同位素地质特征进行了初步探索,其目的在于进一步深化矿床成矿地质特征的认识、探索硫同位素组成、同位素地质年龄的地质特征及其用于斑岩铜矿找矿工作的可能性。现就已有资料,对德兴斑岩铜(钼)矿田硫同位素组成特征、侵入体的同位素地质年龄及矿床形成时代作一初步讨论。

本文所用硫同位素和同位素地质年龄数据,均由桂林冶金地质研究所同位素地质组测定。

一、矿田地地质概况

德兴铜矿是国内已知的较为典型的斑岩铜(钼)矿床,位于江南古陆东南缘与浙赣下古生代拗陷带接合部、赣东北深断裂及其相伴的基性-超基性岩带西北侧。近邻有侏罗纪火山岩盆地分布。

矿田由呈北西西向展布的富家坞、铜厂、硃砂红三个主要工业矿区组成(图1)。成矿母岩均为浅成侵入的花岗闪长斑岩(株),侵入于北西西向赣东北深断裂次级断裂与北东向短轴背斜之交切部位,并受下震旦统晶屑凝灰质千枚岩、绢云千枚岩和砂质千枚岩等类复理式建造浅变质岩系的围岩片理控制。岩体上陡下缓,呈 $50\sim 25^\circ$ 角向北西侧

下药固然重要,但只有诊断正确才能对症下药。加快修理速度的关键,在于迅速找到发生故障的原因。于是,我就努力在“诊断”技术上下功夫,通过认真学习和刻苦钻研,逐步掌握了各种故障的“诊断”技术,大大加快了修理速度。

有一次,一台测斜仪的钟表机构的摆杆(尾端)两只脚断了,这是从未遇到过的一个非常特殊的故障,一时竟不知所措。幸亏后来得到一位修钟表师傅的帮忙,才使钟表机构“再生”了。这件事使我认识到,只掌握一般的修理技术是远不够的,还必须掌握特殊的修理技术。从此,我除了学会“换脚”的特殊修理技术,还学会了磁针轴尖和钟表机构轴尖修磨这样的特殊修理技术,又进一步扩大了测斜仪的修理范围。

实践出真知。三年来,由于我不断地在实践中学习,终于学会了测斜仪的修理技术,基本上解决了供不应求的矛盾,改变了本队测斜仪“送修”的状况。随着钻探生产发展的需要,测斜仪的品种、规格也不断地提高和改进。为登上新的高峰,我还要发扬“快马加鞭未下鞍”的不断革命精神,为革命做出新的贡献。

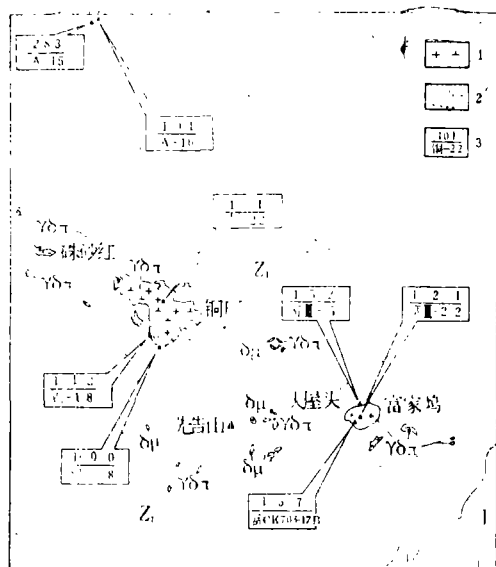


图1 德兴矿田地质简图

J—侏罗纪火山岩盆地；Z₁—下震旦统变质岩系；δμ—闪长玢岩（脉）；1—花岗闪长斑岩（Yδπ）；2—蚀变矿物晕；3—年龄样采样位置（年龄值（百万年）/编号）

伏。岩体多岩枝，其周围沿千枚岩片理常有贯入的闪长玢岩脉；矿田内还有辉绿岩（脉）和斜方辉橄岩（脉）出露。

矿床具有主要以 Si^{+4} 、 K^{+1} 、 $(\text{OH})^{-1}$ 的地球化学行为所制约的典型的蚀变矿物晕。岩体中部的钠长石化带构成矿物晕的核部，向外逐次出现钾长石化带、石英-绢云母化带、伊利石-水白云母化带和绿泥石化带。表现出基本对称的环带状分布特征。向深部，石英-绢云母化减弱。在接触带及其两侧常见有石膏和硬石膏，尤以外带发育。

组成矿床的主要金属硫化物为黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿。矿化与蚀变关系密切，两者均具有相应的分带性。钠长石化带仅见稀疏浸染的黄铁矿、黄铜矿及磁铁矿；石英-绢云母化带和钾长石化带及伊利石-水白云母化带的一部分是主要工业矿体的赋存地段，细脉浸染状铜、钼矿化均较强，向外矿化渐弱，至矿体边部仅见少量黄铜矿细脉。黄铁矿在矿床内普遍发育。由钾长石化带到外侧的绿泥石化带依次为细脉浸染状、细脉小脉状和大脉状矿化。

二、同位素组成特征及其地质意义

目前国外虽对一些斑岩铜矿床硫同位素组成进行了一定的测定与研究，但一般限于硫同位素组成变化范围窄、接近陨石硫，推断其成矿物质来自地壳深部或上地幔的论述。对硫同位素的变异及其在地球化学找矿中的应用，仍处于探索试验阶段。在国内，由于硫同位素地质工作开展不久，斑岩铜矿的找矿在文化大革命以后才大规模展开，因此，这方面的研究也是最近才开始。

为了扩大斑岩铜矿的找矿手段，我们对德兴矿田硫同位素地质组成特征进行了试验研究，试图了解硫同位素的变异特点、探讨成矿物质来源和矿床成因，了解矿区在水平和垂直方向以及不同蚀变带硫同位素组成的变异，探讨硫同位素组成变异晕作为找矿标志的可能性及矿床剥蚀深度等问题。

硫同位素样品的采集 在矿田范围内，按不同部位、深度、岩性、蚀变带、金属硫化物和硫酸盐，以及不同产状的硫化物进行采样，共采集样品120个（本文应用了115个测定结果。）在双目镜下经手选，矿样纯度一般达98%左右；在矿体内部采集的金属硫化物样品除部分黄铜矿样品中有少量黄铁矿连晶外，其余很少有其它矿物连晶。硫同位素室内测定误差为±0.02%。尽管限于探采工程条件，样品的空间分布和不同金属硫化物的分配不够均匀，并缺少远离矿床的背景围岩中的样品，对矿化期的研究亦较差，但基本上仍能反映矿田硫同位素组成的全貌。

硫同位素组成特征 根据现有测试结果，对德兴斑岩铜（钼）矿田硫同位素组成特征，综合分析如下：

（1）全矿田金属硫化物 $\delta\text{S}^{34}\text{‰}$ 为 +5.2 ~ -0.5， $\text{S}^{32}/\text{S}^{34}$ 为 22.105~22.231，算术平均值 * $\delta\text{S}^{34}\text{‰}$ 为 +2.61， $\text{S}^{32}/\text{S}^{34}$ 为 22.162；硫酸盐（富家坞矿区采集的石膏和硬

* 经计算，算术平均值基本可代表众数值，下同。

德兴矿田硫化物和硫酸盐的硫同位素组成

表 1

矿 区 名 称	测 定 对 象	分 析 数 目	硫同位素组成变化范围		算 术 平 均 值	
			$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}
朱砂红	黄铁矿(9)	9	3.4~1.5	22.144~22.187	2.47	22.164
铜 厂	黄铁矿(25)	39	4.3~-0.3	22.124~22.227	2.08	22.174
	黄铜矿(13)					
	辉钼矿(1)					
先告山	黄铁矿(2)	2	4.0~2.0	22.132~22.175	3.00	22.154
富 家 坞	硫化物	65	5.2~-0.5	22.105~22.231	2.94	22.155
	硫酸盐	5	9.7~8.2	22.006~22.039	9.18	22.018
	其中:					
	黄铁矿	54	5.2~-0.5	22.105~22.231	3.08	22.152
	黄铜矿	9	4.2~0.2	22.126~22.215	2.31	22.169
	辉钼矿	2	1.9~1.7	22.177~22.183	1.8	22.180
	石膏	2	9.6	22.008	9.6	22.008
	硬石膏	3	9.7~8.2	22.006~22.039	8.9	22.024
全 矿 田	黄铁矿(90)	115	5.2~-0.5	22.105~22.231	2.61	22.162
	黄铜矿(22)					
	辉钼矿(3)					

石膏) $\delta S^{34}\%$ 为 +9.7~+8.2, S^{32}/S^{34} 为 22.006~22.039, 算术平均值 $\delta S^{34}\%$ 为 +9.18, S^{32}/S^{34} 为 22.018。整个矿田金属硫化物和硫酸盐硫同位素组成变化区间较窄, $\delta S^{34}\%$ 绝对值小(表 1, 图 2)。

(2) 矿田内主要工业矿区和找矿评价区的金属硫化物硫同位素组成有一定差异。 $\delta S^{34}\%$, 朱砂红矿区为 +2.47, 铜厂矿区为

+2.08, 先告山找矿评价区为 +3.00, 富家坞矿区为 +2.94。其中铜厂矿区 $\delta S^{34}\%$ 绝对值稍小(表 1, 图 2)。

(3) 矿田内不同矿区金属硫化物硫同

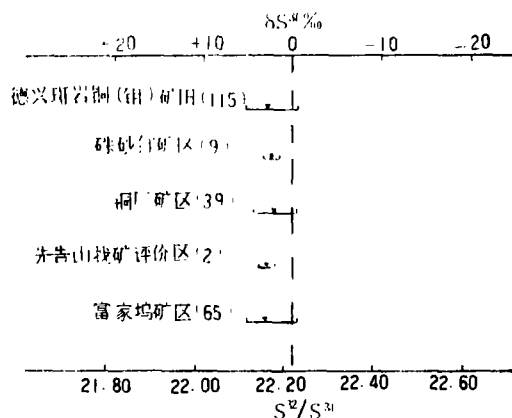


图 2 德兴矿田硫化物同位素组成分布
(“▼”号为算术平均值所在位置)

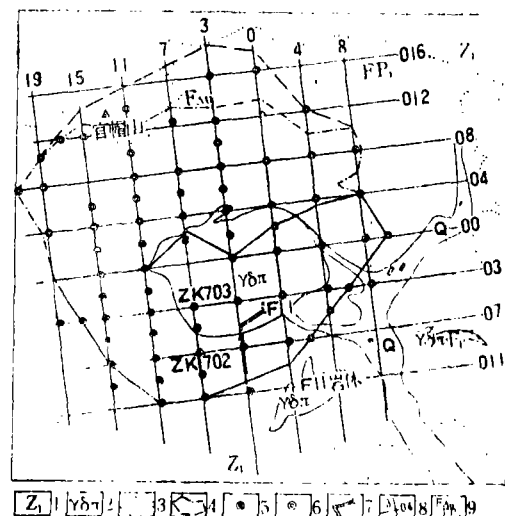


图 3 富家坞矿区地质简图

1—下寒武统浅变质岩系; 2—花岗岩闪长斑岩; 3—蚀变矿物; 4—原矿体圈定范围; 5—已竣工钻孔及其编号; 6—设计(和利用)钻孔; 7—平巷及其编号; 8—边部黄铁矿采样位置

不同矿区矿体内硫同位素组成

表2

矿区名称	测定对象	分析数目	硫同位素组成的变化范围		算术平均值	
			$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}
富家坞	黄铁矿	35	3.3~-0.5	22.148~22.231	2.51	22.165
	黄铜矿	8	2.8~0.2	22.158~22.215	2.08	22.174
	合计	43	3.3~-0.5	22.148~22.231	2.43	22.167
铜厂	黄铁矿	25	4.2~0.9	22.126~22.199	2.38	22.167
	黄铜矿	13	4.3~-0.3	22.124~22.227	1.49	22.187
	合计	38	4.3~-0.3	22.124~22.227	2.08	22.174

位素组成均有相同的差异,黄铁矿 $\delta S^{34}\%$ 稍大于黄铜矿,黄铜矿又稍大于辉钼矿(表1)。不同矿区矿体内同类金属硫化物硫同位素组成,富家坞稍大于铜厂(表2)。

(4) 以富家坞矿区为例,从矿体内向外,黄铁矿硫同位素组成 $\delta S^{34}\%$ 绝对值具有较明显增大的趋势。矿体内 $\delta S^{34}\%$ 为+2.51,矿体外侧小岩体 $\delta S^{34}\%$ 为+4.03,矿体边部千枚岩 $\delta S^{34}\%$ 为+4.29(表3,图3)。

ZK703测试资料表明,金属硫化物 $\delta S^{34}\%$ 绝对值向深部有变小的趋势。在接触带以下 $\delta S^{34}\%$ 值波动范围较大且稍有增加,

可能是石膏-硬石膏化的干扰。铜厂矿区不同高程金属硫化物硫同位素组成的变化,也有类似趋向。

(5) 富家坞矿区各蚀变带金属硫化物硫同位素组成具有较明显的差异。从斑岩体内部的钾长石化带至矿体外部的绿泥石化带, $\delta S^{34}\%$ 绝对值有升高的趋势(表4)。

(6) 富家坞矿区不同岩性中金属硫化物硫同位素组成似有一定差异。主岩体($\gamma\delta\pi$) $\delta S^{34}\%$ 较岩枝为小;千枚岩较斑岩体为大。实质上,这种差异主要受矿化空间所控制,与岩性差别关系不大(表5)。

富家坞矿区不同部位黄铁矿硫同位素组成

表3

部位	样号	分析数目	硫同位素组成变化范围		算术平均值	
			$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}
矿体内	Fs11	15	3.0~1.2	22.154~22.193	2.60	22.163
	ZK703	14	3.3~-0.5	22.148~22.331	2.26	22.170
	ZK702	6	3.2~2.5	22.150~22.166	2.83	22.158
	合计	35	3.3~-0.5	22.148~22.231	2.51	22.165
矿体外	F小岩体	2	3.5~3.3	22.142~22.148	3.40	22.145
	Fe	9	5.2~3.1	22.105~22.152	4.17	22.128
	小计	11	5.2~3.1	22.105~22.152	4.03	22.131
	Fr1	6	4.9~3.3	22.113~22.146	4.23	22.126
	FaPy	2	4.5~4.4	22.119~22.122	4.45	22.121
	小计	8	4.9~3.3	22.113~22.146	4.29	22.125
	合计	19	5.2~3.1	22.105~22.152	4.14	22.128

富家坞矿区各蚀变带金属硫化物硫同位素组成

表4

岩石种类	部位	蚀变带	测定对象	分析数目	硫同位素组成变化范围		算术平均值	
					$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}
花岗闪长斑岩 (Yδπ)	岩体中心 ↑ 内带 接触带	钾长石化带	黄铁矿(2) 黄铜矿(2) 辉钼矿(1)	5	2.2~-0.5	22.172~22.231	1.34	22.190
		石英-绢云母化带	黄铁矿(13) 黄铜矿(1)	14	3.5~1.2	22.142~22.193	2.71	22.160
下震旦统 (Z ₁) 变质岩系	↓ 外带	石英-绢云母化带	黄铁矿	10	3.0~1.2	22.154~22.193	2.66	22.161
		伊利石-水白云母化带	黄铁矿	4	3.2~2.5	22.154~22.166	2.82	22.158
		绿泥石化带	黄铁矿	8	4.9~3.3	22.113~22.146	4.29	22.125

富家坞矿田不同岩性硫化物的硫同位素组成

表5

岩性特征		测定对象	分析数目	硫同位素组成变化范围		算术平均值	
				$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}
花岗闪长斑岩 (Yδπ)	主岩体	黄铁矿(17) 黄铜矿(4) 辉钼矿(2)	23	3.3~-0.5	22.148~22.231	2.32	22.169
	南面小岩体 (F小岩体)	黄铁矿(2)	2	3.5~3.3	22.142~22.148	3.4	22.145
	东南小岩体 (Fe)	黄铁矿(9) 黄铜矿(1)	10	5.2~3.1	22.105~22.152	4.17	22.128
	合计	黄铁矿(28) 黄铜矿(5) 辉钼矿(2)	35	5.2~-0.5	22.105~22.231	2.91	22.156
下震旦统 变质岩系 (Z ₁)	深部	黄铁矿(18) 黄铜矿(4)	22	3.2~0.2	22.150~22.215	2.48	22.165
	矿区边部地表	黄铁矿(8)	8	4.~3.3	22.113~22.146	4.29	22.125
	合计	黄铁矿(26) 黄铜矿(4)	30	4.9~0.2	22.113~22.215	2.96	22.155

(7) 矿田内不同产状的黄铁矿与黄铜矿, $\delta S^{34}\%$ 绝对值相差甚少, 通常是呈细脉浸染状产出者稍大于呈小脉状产出者。仅在矿区边部大脉状黄铁矿(块状) $\delta S^{34}\%$ 绝对值较大。相同产状的黄铁矿和黄铜矿, 在矿体内外 $\delta S^{34}\%$ 有明显差异, 矿体外远大于矿体内, 并接近矿区边部的大脉状黄铁矿 $\delta S^{34}\%$ 之绝对值(表6)。可见不同产状的黄铁矿或黄铜矿硫同位素组成的差异, 虽有生

成顺序上的原因, 而主要取决于产出空间部位的不同。

(8) 主要产于正接触带两侧和形成时代较晚的石膏、硬石膏富集重硫同位素, 但远小于沉积成因石膏 $\delta S^{34}\%$ 的绝对值(见表1)。

初步结论 综合上述特征所得到的初步认识是:

(1) 德兴矿田金属硫化物硫同位素

富家坞矿区不同部位不同产状硫同位素组成

表 6

测定对象	部位	产状	分析数目	硫同位素组成变化范围		算术平均值	
				$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}	$\delta S^{34}\%$	S^{32}/S^{34}
黄铁矿	矿体内 (ZN703、 ZK702)	细脉浸染状	13	3.2~10	22.150~22.197	2.58	22.163
		小脉状	6	3.3~0.8	22.148~22.203	2.62	22.163
	矿体外 (F ₁ 、F _{P1} 、 F _{A9})	细脉浸染状	8	5.2~3.2	22.105~22.150	4.21	22.127
		小脉状	4	4.8~3.1	22.115~22.152	4.03	22.131
		大脉状	5	4.6~4.0	22.119~22.132	4.40	22.122
黄铜矿	矿体内 (ZK703)	细脉浸染状	6	2.8~0.2	22.158~22.215	2.12	22.174
		小脉状	2	2.1~1.8	22.172~22.179	1.95	22.176
	矿体外 (F ₁)	小脉状	1	4.2	22.126	4.20	22.126

$\delta S^{34}\%$ 绝对值小, 变化区间较窄, 接近于陨硫石。赋矿岩性和金属硫化物产状不是产生硫同位素变异的先决条件, 决定的因素是金属硫化物所处的空间部位。因此, 可以认为矿田的成矿物质来自上地幔, 成矿作用主要与火山—侵入活动有关。在矿田附近有(深)大断裂通过, 并相伴有基性—超基性岩的分布, 可以作为一个佐证。所以, 矿田范围内出露的下震旦统浅变质岩系并非“矿源层”, 只是赋矿有利围岩。

本矿田硫同位素组成与国内外斑岩铜矿床所测定的数据近似, 并与国内火山岩铜矿床和长江中下游夕卡岩铜矿床所获得的数值相当, 这从另一个侧面证明了该矿田的硫源来自上地幔, 是一个较为典型的斑岩铜(钼)矿床。我国斑岩铜(钼)矿床常位于(深)大断裂近处的火山岩盆地边缘, 与火山岩铜矿和夕卡岩铜矿床具有相同的硫源。因此, 在火山岩盆地分布区, 既是寻找夕卡岩铜矿和火山岩铜矿的有利地段, 也是寻找斑岩铜(钼)矿床的远景地区。此外, 在古生代和前寒武纪海相或陆相火山喷发地区也应注意找寻同时代或稍晚形成的斑岩铜(钼)矿床。

(2) 矿田内不同矿区金属硫化物硫同位素组成的变异, 显示出环带状晕圈。从矿体中心向外重同位素 S^{34} 递增, 从浅部到深部重同位素 S^{34} 渐减, 乃是由于在中低温 (200~300℃) 成矿条件下, 热效应和含矿溶液在

上升过程中多少受到围岩物质混染, 而促使硫同位素分馏的结果。 $\delta S^{34}\%$ 在空间上的差异与矿床环带状分布的蚀变矿物晕、金属矿物晕和从岩体向矿区边部递减的成矿温度梯度的变化是相适应的, 可考虑用于斑岩铜矿的找矿评价实践。

矿区边部的大脉状黄铁矿(块状), 相对富集重同位素 S^{34} , 与矿田内金属硫化物硫同位素组成变异具有同源性, 并非属区域变质的产物或不同源的其它成因的黄铁矿脉。因此, 此类黄铁矿脉可以作为寻找斑岩铜矿的间接标志之一。

(3) 富家坞矿区矿体内金属硫化物, 较铜厂矿区相对富集重同位素 S^{34} , 同类金属硫化物中 $\delta S^{34}\%$ 亦有相同的趋势, 似可认为铜厂矿区剥蚀深度略大于富家坞矿区。因此, 硫同位素组成的变异特征, 作为判断斑岩铜(钼)矿床相对剥蚀深度的标志问题, 值得进一步验证。

(4) 不同种类或不同产状的金属硫化物硫同位素组成虽有一定差异, 但仍具有 $\delta S^{34}\%$ 绝对值小、变化区间窄的共同特点。更重要的是, 它们之间的差异不如同类金属硫化物空间分布上所显示的差异那样显著。因此, 试图以少量样品用于找矿评价实践, 可以按不同空间部位, 采集矿床或找矿评价区某一常见、易选的金属硫化物作为测定对象。

三、岩体的地质年龄和成矿时代

世界各地的斑岩铜矿形成时代延续很长,多发现在上古生代—新生代,并且常具有成矿时代分区性的特点。在我国,除台湾省和西藏地区外,新生代岩浆活动较弱,东部、北部和西部地区分别发育有燕山期和海西期的夕卡岩铜矿。考虑到斑岩铜矿和夕卡岩铜矿硫源的同一性,我国东部、西部、北部和台湾、西藏等地都分别有发现燕山期、海西期和喜山期的斑岩铜矿的可能。事实上上述地区已不同程度的发现有不同时代的斑岩铜(钼)矿床,并不断发现新的重要找矿线索。不仅如此,我国北方甚至还有吕梁期斑岩铜矿分布。可见我国斑岩铜矿的成矿时代不象美洲、苏联中亚和蒙古那样单一。因此,查明与斑岩铜矿成矿有关的侵入体同位素地质年龄,并与夕卡岩铜矿和相应的火山活动对比,使之应用于找矿工作,具有重要的现实意义。

我们此次对德兴矿田所进行的同位素地质年龄的测试工作,试图确定斑岩体的侵入年龄和矿床形成时代以及矿田内其它有关地质体生成的先后,并应用于区域找矿实践。共采集样品8个,其中花岗闪长斑岩2个,蚀变岩石2个,石英闪长斑岩(枝)1个,闪长玢岩(脉)1个和辉绿岩(脉)样品1个(表7)。

德兴矿田同其它巨型斑岩铜矿床一样,与成矿有关的斑岩体(包括较深部位)蚀变、矿化甚强,闪长玢岩(脉)亦受蚀变影响,难以采集未蚀变的岩体(脉)样品。因此,包括蚀变岩石在内的所有样品,采用了五组加工处置方案:对于暗色矿物已绿色蚀变、基质钾长石保留尚好的斑岩体样品,加工至0.2~0.4毫米,使其绿色蚀变矿物因粒度小而能较大部分除去,采用全岩测定;对于蚀变石英钾长石岩样品,加工至0.4~0.63毫米,用全岩测定;对于蚀变石英绢云水白云母岩样品,采用重选加浮选分离出绢云母和水白云母(粒度0.1~0.2毫米)用作单矿物

测定;对于含有不同程度绿色蚀变黑云母斑晶的石英闪长斑岩和闪长玢岩样品,破碎手选,镜下相对提纯,采用黑云母单矿物测定;对于纤闪石化钠黝帘石化的细粒辉绿岩,破碎至0.4~0.63毫米,剔除部分绿色蚀变矿物,进行全岩测定。上述岩体、岩枝和岩脉的样品,均受到绿色蚀变不同程度的影响,虽然在加工中予以一定处置,但并未完全消除。

样品所代表地质体的地质关系如下:辉绿岩(A-13)呈脉状沿下震旦统浅变质岩片理贯入,前人命名为加里东期“古闪长岩”。脉体边部常具片理化,暗色矿物定向排列,仅见极稀疏浸染的黄铁矿和少量含黄铁矿—黄铜矿石英脉。出露于富家坞矿区外接触带的辉绿岩曾受强烈蚀变和矿化。花岗闪长斑岩(株)为向北西侧伏的扁筒状,遭受强烈蚀变,边部构成工业矿体的一部分。在斑岩体中采集的铜-22和富Ⅲ-2-2样品,属于铜厂岩体中部的钠长石化带和富家坞岩体的钾长石化带,矿化均弱。石英钾长石岩(富CK703-17B和富Ⅲ-5)分别代表富家坞岩体内外接触带的钾长石化带的岩石样品,是矿体的主要赋存部位。石英绢云水白云母岩(铜-18)为铜厂矿区南山矿体局部地段石英-绢云母-水白云母化蚀变岩石,形成稍晚于钠长石化和钾长石化,具有中等浸染状铜、钼矿化。铜-8为穿插于铜厂矿区南山矿体中的石英闪长斑岩岩枝,见有绿色蚀变和浸染状黄铁矿—黄铜矿化。闪长玢岩(A-16)呈脉状沿下震旦统浅变质岩片理贯入,暗色矿物已不同程度的绿色蚀变,在铜厂矿区185坑内和南山露采平台见闪长玢岩脉切穿矿体,而本身矿化微弱。以上地质体的生成顺序为:辉绿岩(脉)→花岗闪长斑岩(株)→石英钾长石岩→石英绢云水白云母岩→石英闪长斑岩(枝)→闪长玢岩(脉)。镜下鉴定特征见表7。

样品测定结果:A-13辉绿岩,新鲜致密,纤闪石化和钠黝帘石化较强,辉石保存尚好,测定的年龄值为283百万年,数值偏

表 7

德兴斑岩铜(钼)矿田有关岩体(脉)和蚀变岩K-Ar法同位素地质年龄测定结果

样品编号	采样地点	镜下鉴定	岩石名称	测定对象	年龄值 (百万年)	使用估价	地质关系	矿化特点	备注
A-13	铜厂泗洲庙饮用 水库堤坝南南西 250米小路边	细粒结构。主要矿物为辉石(30%, 0.2~1.2毫米)、斜闪石和角闪石 (30%, 0.1~0.9毫米)、斜闪石 (30%, 0.02~0.1毫米)、次要矿物钠- 更长石(5%, 0.2~0.5毫米)、少量矿 物石英、绢云母、绿泥石及碳酸盐等。 推断原岩含辉石和角闪石60%, 斜长 石40%	辉绿岩	全	283	可用	脉岩, 沿下 震旦统干枚 岩片理贯入	极少量黄铁矿 稀疏浸染	
富CK703-17B	富家坞2K703 孔深193.65M	不等粒花岗岩斑状结构, 伴有文象结 构。主要矿物为钾长石(41%, 0.15 ~1.3毫米)、石英(33%)、钠长 石(17%, 0.15~1毫米); 次要矿 物伊利石; 少量矿物磷灰石、绢云母、 水白云母、绿泥石, 还有金红石、白 钛矿、黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿	石英钾长石岩	全	157	可靠	富家坞岩体 (Yδπ)钾长 石化蚀变岩 石	富家坞矿区 下盘矿体, 浸染状黄铁 矿、黄铜矿、 辉钼矿	
富I-5	富家坞I线2K 308孔南20米 槽内	不等粒花岗岩结构及花岗片麻岩变晶结 构。主要矿物为钾长石(62%, 0.03 ~0.2毫米)、石英(27%); 少量矿 物绿泥石(3%), 水白云母、伊利 石、绢云母、褐铁矿、水黑云母(1%) 以及金红石、锆石、黄铁矿、白钛矿	石英钾长石岩	全	152	可靠	富家坞岩体 上盘外接触 带石英钾长 石化蚀变岩 石	富家坞矿区 上盘矿体	
铜-22	铜厂185东食堂 100米	斑状结构, 基岩为他形状结构。主要 矿物中长石(37%, 0.5~6.5毫米)、钾 长石(12%, 0.07~0.35毫米)、石英 (18%); 次要矿物角闪石(9%, 0.3 ~2.6毫米、更长石(5%, 0.05~0.3 毫米)、碳酸盐(6%); 钠长石15%; 少量矿物黑云母(2.5%, 0.25~1.5毫 米)绿泥石(1%)、磁铁矿、伊利石水白 云母、绢云母、磷灰石、白钛矿、锆石。 推断原岩角闪石15%、黑云母3%	花岗闪长斑岩	全	101	参考	铜厂岩体 (Yδπ)钠 长石化蚀变 岩石	极稀疏浸染 状黄铁矿	采自倒毁岩 心库遗址之 残存岩心

续表 7

样品编号	采样地点	镜下鉴定	岩石名称	测定对象	年龄值 (百万年)	使用估价	地质关系	矿化特点	备注
富Ⅰ-2-2	富家坞Ⅰ线CK12 孔北北东20米路旁	变斑状结构、基质为他形状结构。 主要矿物钾长石(25%, 0.05~1毫米)、 石英(26%), 钠长石(19%, 0.04 ~0.25毫米)、中长石(15%, 0.5~7.5 毫米); 次要矿物水黑云母(8%, 0.1 ~4.5毫米); 少量矿物伊利石、绿泥石 (2%), 绿帘石、磷灰石、磁铁矿、 白钛矿、金红石	钾长石化花 岗闪长斑岩	全岩	121	参考	富家坞岩体 (Yδπ) 钾 长化蚀变岩 石	极稀疏浸染 状黄铁矿	
铜-18	铜厂南山矿体305 露采平台	变斑状结构。主要矿物为石英(45%)、 水白云母(32%, <0.01~0.2毫米), 绢云母(13%, 0.05~0.2毫米), 少 量矿物碳酸盐、高岭石、金红石、黄 铁矿、黄铜矿、辉钼矿、锆石	石英绢云 母白云母岩 水白云母岩	水白云母 和绢云母	112	参考	铜厂南山矿 体石英-绢 云母-水白 云母化蚀变 岩石	中等浸染状 辉钼矿、黄 铜矿、黄铁 矿	
铜-8	铜厂南山矿体305 露采平台	变斑状结构, 基质为他形粒状结构。 主要矿物为微晶长英基岩(42%), 中长石(17%); 次要矿物碳酸盐 (10%)、伊利石、绿泥石(6%)、 磁铁矿; 少量矿物黑云母(2%), 水白 云母、石英、绿帘石、水黑云母(0.5%), 角闪石(0.5%), 绢云母、透闪石、白 钛矿、磷石、金红石、锆石、黄铜矿、黄 铁矿。 原岩黑云母约为4%, 角闪石6%	石英闪长斑 岩	黑云母	100	参考	岩枝侵入至 铜厂南山矿 体之中	稀疏浸染状 黄铁矿、黄 铜矿	
A-16	铜厂泗洲庙饮用 水库堤坝南170米 之采石场	斑状结构, 主要矿物为斜长石(中一 更长石)(75%), 次要矿物碳酸盐、 磁铁矿、绿泥石(5%), 伊利石; 少 量矿物黑云母(1.6%), 石英、黄铁 矿、磷灰石、金红石。推测原岩黑云 母含量约4%, 角闪石和普通辉石8%	闪长斑岩	黑云母	104		脉岩, 沿下 震且统深色 片岩片理贯 入	稀疏浸染黄 铁矿	未经质谱同 位素校正

低,但仍可使用,相当于海西期或加里东晚期形成的。富CK703-17B和富Ⅲ-5石英钾长石岩样品,除石英和钠长石外,主要为未经后期蚀变的钾长石,测定的年龄值分别为157百万年和152百万年。从岩石矿物组成上看,前者含有部分钠长石,钾长石粒度普遍较大,稍受因测试加工粒度要求致使钾长石过多剔除的影响,样品采自钻孔岩心,比地表采集的富Ⅲ-5样品新鲜,所以富CK703-17B略大于富Ⅲ-5的年龄值。但两者数值十分接近,可以互相印证,较为可靠。因此,该两样品测定的年龄值的平均值155百万年应为本区蚀变矿化的地质年龄值。

矿田内尚未采得未蚀变的花岗闪长斑岩样品。铜-22和富Ⅲ-2-2分别为钠长石化带和钾长石化带的样品,测定的年龄值分别为101百万年和121百万年。前者暗色矿物近半数已绿色蚀变和碳酸盐化,中-更长石含量较高,常以斑晶出现,部分已钠长石化。基质钾长石含量接近正常值,但因粒度细小,可能加工剔除较多。因此,全岩测定的对象主要为蚀变的暗色矿物和中-更长石,其年龄值显然偏低。后者采自地表,中长石部分已钠长石化,并受伊利石化作用的影响,暗色矿物基本已绿色蚀变,进行全岩测定的年龄值势必偏低,但钾长石化强,且常为变斑晶出现,在加工后的测试样品中保留较多,所以,年龄值大于铜-22的数值。

铜-18石英绢云水白云母岩样品的年龄值为112百万年,测定对象为颗粒细小的水白云母和绢云母,Ar⁴⁰保存能力差,故数值偏低。

铜-8和A-16为石英闪长斑岩岩枝和闪长玢岩样品,年龄值分别为100百万年和104百万年,测试对象——黑云母均半数以上遭受绿泥石化。测试样品中,前者黑云母绿色蚀变较A-16样品稍强。A-16样品未经质谱校正,校正后数值要小于铜-8样品的年龄值。

上述八个样品测定的年龄值,虽出现不同程度的偏低,但除A-13辉绿岩样品外,

所测得的年龄数据均集中在燕山中-晚期地质年龄区间内,其中部分数据偏低,是由于蚀变或矿物组成、样品加工等影响的结果,并非燕山期以前或燕山期之后的产物。因此,该矿田岩体的侵入年龄与蚀变、矿化的时代十分接近。各地质体的生成先后和上述地质关系分析基本一致。可以推论,德兴矿田花岗闪长斑岩体(株)的侵入年龄稍早于155百万年,约为155±5百万年。

为此,可以得出下列初步结论:

1.矿田范围内及其附近可能有海西期的岩浆活动,至燕山中期岩浆活动更为强烈,岩浆演化序列为中基性→中酸性→中性。

2.斑岩体的侵入年龄为155±5百万年,相当于中-晚侏罗纪。而矿田近邻有侏罗纪火山岩盆地分布,所以,花岗闪长斑岩体的侵入、蚀变及铜(钼)矿床的形成,很可能与中-晚侏罗纪的火山-侵入活动有关。

3.斑岩体的侵入和成矿的时代,位于我国东部地区夕卡岩铜矿有关侵入体及其成矿时代(160~110百万年)的区间内。所以,我国东部地区的燕山中期侵入体,是寻找斑岩铜(钼)矿床的重要线索之一。另外,斑岩铜矿和夕卡岩铜矿的形成,虽然在围岩性质、岩体侵入深度和所处构造部位等方面具有各自的个性,但都具有硫源同一、形成时代相同的重要共性,并与侏罗纪的火山-侵入活动在成因上有着内在的联系。因此,侏罗纪火山岩盆地的边部和夕卡岩铜矿分布区,可以认为是寻找斑岩铜(钼)矿床的有利地区。

本文所论述的硫同位素组成和同位素地质年龄两个问题,从不同角度探讨了德兴矿田有关地质问题及其找矿意义。所得出的若干初步结论是相互印证、基本一致的。因此,在进行斑岩铜(钼)矿床地质工作的同时,有必要开展同位素地质工作的研究,以便提高我们对成矿机理的认识和扩大找矿评价的思路。