

西范坪斑岩铜矿床 同位素地球化学特征及地质意义

孙 燕* 肖渊甫 温春齐 陆 彦 王奖臻

(成都理工学院, 成都)

提 要: 西范坪斑岩铜矿床产于喜山期石英二长斑岩中。根据多种同位素组成及微量元素地球化学研究表明, 矿床的成矿物质来源具有多源性, 来自于斑岩浆及围岩地层。在成矿的早期和中期成矿介质以次火山热液为主, 到成矿晚期成矿介质演变至以地下水为主。成矿模式年龄为 $30 \times 10^6 \sim 50 \times 10^6$ a, 与赋矿岩石的成岩年龄具有一致性。

关键词: 斑岩铜矿床 同位素 地球化学 西范坪

1 矿床地质概况

西范坪斑岩铜矿床是“八五”期间扬子地台西南缘科技找矿项目重大成果之一, 现已查明其规模可达中型矿床。矿床位于扬子陆块南缘盐源-丽江断块中。区中出露的地层为上二叠统乐平组陆相碎屑岩含煤沉积岩系和下三叠统青天堡组红色碎屑岩系。斑岩群在区域范围内呈北北东向延长的环形分布, 主要含矿岩体(80#)为一近等轴状的不规则复式岩株, 该岩体东西长约 900 m, 南北宽约 720 m。岩性为巨粗斑黑云石英二长斑岩, 岩石普遍遭受强烈的钾长石-黑云母化及石英-绢云母化。

主矿体产在 80# 岩体内及附近围岩中, 平面形态为一南北向延长的不规则透镜体, 南北长约 600 m, 东西宽 230~250 m。矿体分布与黑云母化、石英绢云母化关系密切。主要由浸染状、细脉浸染状矿石组成, 与围岩呈渐变过渡关系。矿石成分以黄铜矿、辉钼矿、辉铜矿、斑铜矿、黄铁矿等金属硫化物为主, 其次有铁、钛的氧化物及铜锌自然合金。整个成矿过程分为 3 个阶段, 即钾长石-黑云母化阶段; 石英-绢云母化阶段; 碳酸盐化阶段。

2 同位素地球化学特征及意义

2.1 硫同位素组成及硫源

矿石中主要硫化物黄铁矿、黄铜矿、方铅矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 $-3.4\text{‰} \sim +2.6\text{‰}$, 平均值为 0.20‰ , 样品均方差 1.565, $\delta^{34}\text{S}$ 值呈正态分布, 塔式效应明显(图 1)。与国内其他斑岩型铜矿床相比较^[1], 该矿床的硫同位素组成具有典型斑岩矿床的特点, $\delta^{34}\text{S}$ 的绝对值小, 其变化范围小于 5.0‰ 。

根据成矿流体物理化学条件的研究, 西范坪斑岩铜矿床成矿流体为高温 ($t > 300^\circ\text{C}$),

* 孙燕, 女, 40 岁, 副教授, 矿床地质及资源经济专业。邮政编码: 610059

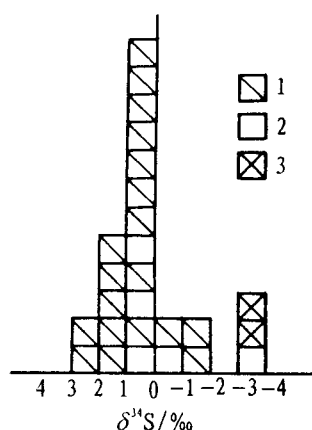


图1 硫同位素组成直方图

1—黄铁矿；2—黄铜矿；

3—方铅矿

呈酸性 (pH 为 4.06~4.17), 其中含硫原子团以 H_2S 为主要存在形式 ($a_{\text{SS}} = 1.06 \times 10^{-3} \sim 2.61 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$; $a_{\text{H}_2\text{S}} = 1.02 \times 10^{-3} \sim 2.6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$)。在如此条件下, 根据黄铁矿和黄铜矿的硫同位素组成平均值 (黄铁矿: 0.7‰, 黄铜矿: 0.7‰), 计算出成矿流体的总硫同位素组成 ($\delta^{34}\text{S}_{\text{SS}}$) 为 -0.5‰ 和 -0.5‰, 同样热液总硫同位素组成接近零值。据含矿岩体石英二长斑岩的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 测定, 比值为 0.70572~0.70552 (南京大学, 1996 年), 表明斑岩浆为壳幔混源型。由此我们认为西范坪斑岩铜矿床中的硫来自于部分熔融产生的岩浆, 由于深部局部分熔, 使得岩浆硫同位素均一化, 显示出深源特征。

2.2 氢、氧同位素组成及成矿介质来源

为了判断成矿流体的来源, 对与矿化密切有关的脉石矿物石英进行了流体包裹体的氢同位素组成, 矿物氧同位素组成测定, 利用石英-水的分馏方程:

$$1000 \ln a_{\text{石英-水}} = 3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.40 \quad (\text{R N Clayton 等, 1972})$$

计算出与石英相平衡的包裹体水的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 组成 (表 1)。

可知包裹体水的氢同位素组成变化于 -81‰ ~ -98‰, 氧同位素组成变化为 3.1‰ ~ 6.2‰。在不同成因水的氢、氧同位素组成图中, 3 件样品落在岩浆水范围边界上, 成矿晚期的两件样品落入地下水范围中 (图 2)。

结合矿床产出的地质环境及成矿流体为高温, 中等盐度等特性分析, 认为在成矿早期, 成矿流体主要来自于斑岩结晶过程中析出的岩浆水, 同时有部分地下水加入, 导致氢、氧同位素组成落在岩浆水边界上。到成矿晚期随着地下水加入, 成矿温度的降低, 成矿溶液演变至以地下水为主。

2.3 铅同位素组成及成矿物质来源

为了研究成矿作用发生的时间及成矿物质的来源, 对主要矿石矿物做了铅同位素组成测定 (表 2), 可知矿床铅同位素组成反映出以下地质信息。

表 1 西范坪铜矿床氢、氧同位素组成

样 号	测定 矿物	$\delta^{18}\text{O}_{\text{w}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$	均一温度
		/‰ (SMOW)			/℃
005-23	石英	10.1	5.3	-83	370
101-9	石英	11.9	6.2	-81	337
002-42	石英	11.3	5.7	-84	336
005-4	石英	9.6	1.5	-88	270
005-5	石英	9.6	1.7	-98	273

注: 由中国地质科学院同位素测试和研究中心测试, 1997

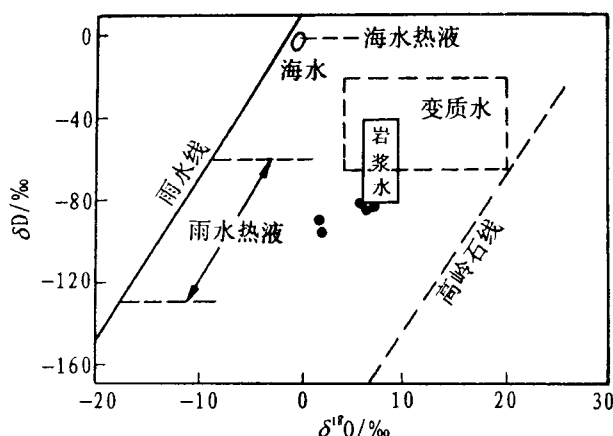
图 2 不同类型水的 δD - $\delta^{18}\text{O}$ 图解

表 2 西范坪铜矿床铅同位素组成及源区特征值

样 号	矿物	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	μ	Tb/U	模式年龄/(10^6 a)
H45-1	黄铜矿	18.208	15.551	38.286	8.86	3.80	28.97
H45-2	黄铁矿	18.176	15.558	38.258	8.87	3.80	34.8
004-24	黄铁矿	18.174	15.562	38.290	8.88	3.82	41.7
PD1-1	黄铁矿	18.166	15.564	38.303	8.88	3.83	50.6
005-12	黄铜矿	18.109	15.527	38.189	8.82	3.80	46.5
Y-16	钾长石	18.128	15.545	38.228	8.85	3.81	55.3

注：由中国地质科学院同位素研究与测试中心测试，1997

(1) 铅同位素组成特征及模式年龄：① 各样品铅同位素组成变化小，其中 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ， $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ， $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的标准离差分别为 0.0502，0.0218，0.0893；变化率为 0.954%，0.522%，0.845%；具有普通铅的特点，显示出物源区铅同位素组成均一化程度很高的特征；② 在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ，和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 坐标图中投点，样品均落入普通铅范围内；B R Doe 等 (1974) 认为，有许多普通铅并不一定来自上地幔或下部地壳；而可能是地壳随板块削减至深部重熔而成，这反映出矿床的物质来源；③ 由铅同位素组成计算出源区特征值 μ 值为 8.82~8.88 (普通铅 μ 值 8.686~9.238)； Tu/U 为 3.80~3.83 与陨石 Th/U 3.8 ± 0.1 相似，更进一步证明了矿石铅同位素组成为普通铅。根据单阶段铅演化模式 (Holmes-Houtermans)，衰变常数 $\lambda_{238} = 1.55125 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ ， $\lambda_{235} = 9.8485 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ ， $\lambda_{232} = 0.499 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ ， $a_0 = 9.307$ ， $b_0 = 10.294$ ， $c_0 = 29.476$ ；地球年龄 (t) = $4485 \times 10^6 \text{ a}$ (李俊华，夏德兴，1978)^[2]。计算得出成矿 (模式) 年龄，多数样品模式年龄在 $30 \times 10^6 \sim 50 \times 10^6 \text{ a}$ 间，我们认为这代表了西范坪斑岩铜矿床的成矿年龄。

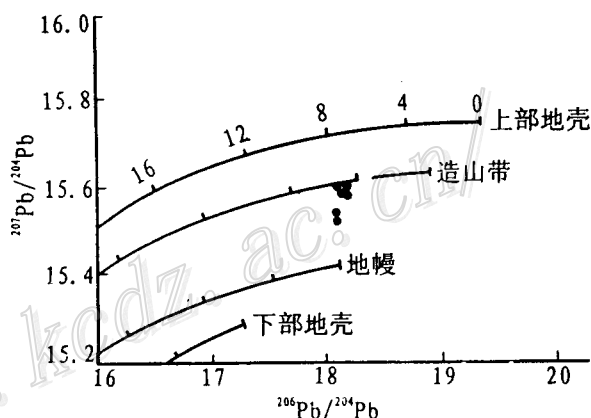


图 3 不同地质环境的铅同位素增长曲线
(据 B R Doe, R E Zartamn, 1979)

(2) 铅源区构造环境：岩石中钾长石铅同位素组成代表岩石的初始铅，将其投入 B R Doe 和 R E Zartamn (1979) 所提出的不同构造环境铅同位素增长曲线图解 (图 3)，西范坪花岗斑岩与华南地区改造型花岗岩铅同位素组成一样，投影点分布于造山带演化线附近。

同时将金属矿物的铅同位素组成投入模式图中，表明矿石铅与长石铅一样，落在造山带演化线附近，说明西范坪斑岩铜矿床中的矿石铅来自于地壳重熔改造而形成的斑岩体。

3 稀土及微量元素地球化学特征

矿床中金属硫化物的稀土含量分析结果表明，多数样品与含矿母岩石英二长斑岩一样，

具有较高的稀土总量, 平均值为 605.915×10^{-6} 。由其稀土配分曲线图可知, 属于轻稀土富集型, 曲线明显向右倾斜, 与石英二长斑岩的配分型式在形态上具有相似性。不同的是金属硫化物多数具明显的铈亏损。表明矿床中成矿物质主要来源于赋矿的石英二长斑岩。由于成矿作用发生在岩浆期后, 大量斜长石等含钙造岩矿物的晶出, 造成由残余气水热液形成的金属硫化物显示出负铈异常的特点。

金属矿物微量元素分析结果表明, Cr、Ni 等元素呈明显富集状态, 在矿石组分研究中发现多种镍硫化物。同时作为含矿斑岩侵位的围岩, 二叠系峨眉山玄武岩及下三叠统青天堡组铜的含量非常高, 铜高出克拉克值 6~12 倍, 局部地段竟高达 1000 倍。这表明在斑岩浆侵位过程中, 围岩中成矿物质的加入对成矿作用起到了重要的作用。

由此反映出成矿物质除了来自于斑岩浆外, 围岩也是重要来源之一。

4 成矿机制

根据同位素年龄测定, 含矿斑岩形成于喜山期, 由于沿雅鲁藏布江缝合带, 印度板块和欧亚板块碰撞, 导致沿金沙江带的陆内俯冲, 由镁铁质岩石组成的俯冲盘进入上地幔后发生部分熔融, 所形成的中酸性岩浆向上侵位。在就位, 冷疑过程中岩浆受到围岩的混染, 特别是二叠系峨眉山玄武岩和下三叠统青天堡组中矿质被活化, 最终形成的含矿岩浆。

成矿介质的氢、氧同位素组成反映出在成矿早、中期流体以岩浆冷凝过程中形成的期后热液为主, 成矿温度较高, 到了晚期随着地下水的加入, 成矿介质演变为地下水为主, 导致成矿温度随之降低。矿石硫同位素组成及成矿流体总硫同位素组成, 反映出硫深部来源的特点, 结合含矿斑岩体的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 。认为矿床中的硫主要来源于深部由局部熔融产生的斑岩岩浆。

铅同位素组成反映出均一性的特点, 矿石模式年龄为 $30 \times 10^6 \sim 50 \times 10^6$ a 之间。结合矿石组分及微量元素研究, 矿质的来源具有多源性特点。深部分熔形成的中酸性岩本身富含大量的成矿元素。同时岩浆在向上侵位过程中通过富含成矿物质的地壳, 从中活化吸收大量成矿元素, 从而形成含矿母岩浆。当含矿岩浆沿构造断裂侵位至地壳浅部有利的部位, 最终形成矿床。

综上所述, 西范坪铜矿床为与浅-超浅成石英二长斑岩有关的斑岩铜矿床。

参 考 文 献

- 1 芮宗瑶, 黄崇珂, 齐国明等. 中国斑岩铜(钼)矿床. 北京: 地质出版社, 1984, 201~214.
- 2 魏菊英, 王关玉. 同位素地球化学. 北京: 地质出版社, 1988, 72~78.