

文章编号: 1009-6248 (2003) 02-0083-04

北祁连山石居里铜矿硅、铅、硫同位素组成特征

宋忠宝, 杨合群, 邬介人

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘要: 石居里铜矿是北祁连山典型的塞浦路斯型铜矿, 通过对矿石和围岩的硅、铅和硫同位素研究, 作者认为, 硅同位素组成 $\delta^{30}\text{Si}$ (-0.9‰ ~ -0.2‰) 与火山岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 范围一致 (落在火山岩范围内), 由此可知是火山成因的产物。矿石中黄铁矿、黄铜矿的铅同位素组成同各矿区范围玄武岩的铅同位素组成相近, 以此为线索结合 Rona (1983) 的试验规律, 推断本区成矿金属主要来源于蚀变玄武岩。硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 1.5‰ ~ 8.88‰ , 矿化剂硫来源于火山岩源与海水源的不同比例混合。

关键词: 石居里; 塞浦路斯型矿床; 稳定同位素

中图分类号: P611 **文献标识码:** A

1 前言

石居里矿区行政区划属甘肃省肃南县雪泉乡, 直距肃南县城 22.5 km, 地理坐标为: 东经 $99^{\circ}21'02''$ ~ $99^{\circ}21'48''$, 北纬 $38^{\circ}49'36''$ ~ $38^{\circ}51'01''$ 。该矿区地表呈现放射状的 I、II、III、IV、V、VI、VII 和 VIII 号沟等 8 个支沟水系切割的地貌 (图 1)。1:10 000 地质构造-岩相填图表明: 矿区除北东角的志留系和南端局部延入的泥盆系外, 主要分布奥陶纪海相火山熔岩和火山碎屑岩等。矿区构造方向总体为北西向, IV 号沟一带构造走向有明显向北东凸的扭曲。矿区西南部有北西向韧性剪切带通过, 带内有零星超镁铁岩出露, 其南侧为大套的基性熔岩, 具十分发育的枕状构造, 其中有辉长岩产出, 为蛇绿岩套的组合; 其北侧除基性熔岩外, 还有火山碎屑岩和凝灰质砂板岩夹硅质岩。VIII 号沟铜矿床赋存南侧基性凝灰熔岩中, VI 号沟铜矿床赋存于北侧的火山-沉积岩系中。前人的工作已经查明, 石居里 VI 号沟铜矿床为中型铜矿床, VIII 号沟铜矿床为小型铜矿床, 该类矿床类型属塞浦路斯型块状硫化物矿床

(李文渊等, 1999)。笔者主要从硅、铅、硫同位素研究入手对矿床的物源进行探讨。

2 硅同位素

对石居里 VI 号沟和 VIII 号沟的硅质岩 (碧玉岩) 及矿石中的石英进行了 Si 同位素测定, 共分析了 10 个样品, 分析结果如表 1。

由表可知, 石居里 VI 号沟、围岩碧玉岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 为 -0.9‰ ~ -0.1‰ , 平均为 -0.5‰ ; 铜矿石中石英的 $\delta^{30}\text{Si}$ 为 -0.5‰ 。

石居里 VIII 号沟铜矿床围岩碧玉岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 为 -0.2‰ , 铜矿石中石英的 $\delta^{30}\text{Si}$ 为 -0.2‰ 。

青灰色硅质岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 为 -0.4‰ ~ -0.1‰ , 平均为 -0.25‰ 。

铁锰硅质岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 为 -0.2‰ 。

据丁悌平 (1994) 研究, 玄武岩之 $\delta^{30}\text{Si}$ 值分析分布于 -0.3‰ ~ -1.0‰ , 峰值为 -0.7‰ 。24 个样品的平均 $\delta^{30}\text{Si}$ 值为 -0.63‰ , 玄武安山岩 $\delta^{30}\text{Si}$ 值数据分布于 -0.2‰ ~ -0.7‰ , 5 个样品平均 $\delta^{30}\text{Si}$

收稿日期: 2001-10-19; 修回日期: 2002-01-10

基金项目: 国土资源大调查项目“甘肃北祁连山错沟—寺大隆一带铜矿预测与评价”(编号 200010200152) 和“甘肃省石居里一带铜矿评价”(编号: K4.2.3.4) 资助

作者简介: 宋忠宝 (1963-), 男, 陕西澄城人, 副研究员, 主要从事岩石矿产及同位素地质年代学研究, 发表论文二十余篇。

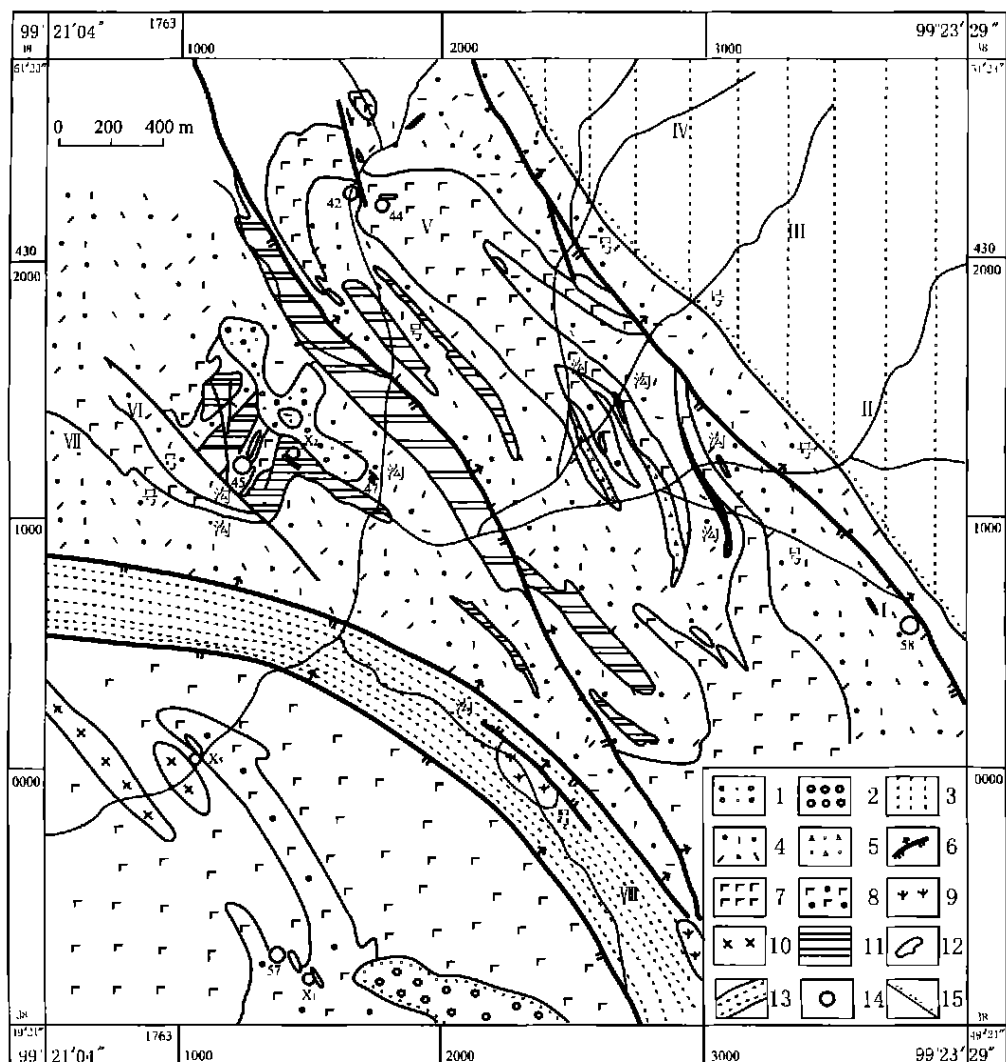


图 1 石居里铜矿区地质示意图

Fig. 1 Geological sketch map of Shijuli copper ore area

1 第四纪残坡积 2 泥盆纪砾岩 3 志留纪砂砾岩 中-晚奥陶世 4 凝灰质砂岩 5 火山集块 角砾岩 6 逆冲断层 7 基性熔岩 8 凝灰熔岩 9 蛇纹岩 10 辉长岩 11 硅质岩 12 碧玉岩 13 韧性剪切带 14 铜矿床(点)及编号(X₁ X₂ X₅ 为 1998 年新发现的铜矿(化)点); 15 不整合界线

表 1 石居里铜矿 Si 同位素分析结果

Tab. 1 Silicon isotope constitution in Shijuli copper ore area

样号	样品名称	$\delta^{30}\text{Si}_{\text{NBS-28}}\text{‰}$	平均值(‰)
S ₆ PD ₁ B03	碧玉岩	- 0.1	
S ₆ PD ₂ B02	碧玉岩	- 0.9	
S ₆ PD ₄ B04	碧玉岩	- 0.8	- 0.5
SD159B37	碧玉岩	- 0.2	
S ₆ PD ₁ B05	石英	- 0.5	- 0.5
S ₈ PD ₁ B09	碧玉岩	- 0.2	- 0.2
S ₆ PD ₁ B02	石英	- 0.2	- 0.2
98S ₆ B11	硅质岩	- 0.1	- 0.25
98S ₆ B15	硅质岩	- 0.4	
98S ₆ B08	铁锰硅质岩	- 0.2	- 0.2

注: 由原地质矿产部矿床地质研究所分析, 2000。

值为- 0.5‰; 辉长岩的 5 个样品 $\delta^{30}\text{Si}$ 值变化于- 0.9‰~ 0.3‰, 显示比较分散, 平均 $\delta^{30}\text{Si}$ 值为- 0.5‰。

本区碧玉岩及矿石中石英的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值分布范围为- 0.9‰~ - 0.1‰, 平均为- 0.5‰和- 0.2‰, 表明成因与玄武岩关系密切, 属火山岩型矿床。

据丁梯平 (1994) 研究, 硅质岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值主要集中于两个区间: 一个区间为 0.1‰~ - 0.5‰, 与火山岩及深海放射虫硅质岩范围一致。这类岩石多半具有喷气沉积的成因; 另一类岩石的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值为

0.3‰~1.3‰, 与浅海及半深海放射虫硅质岩之变化范围一致。

而本区硅质岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值分布范围为-0.1‰~-0.9‰, 由此可见与火山岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 范围一(落在火山岩范围内), 由此可知是火山成因的产物。

3 铅同位素

海底块状硫化物矿床是海水与火山岩在高温背

景下作用的产物, 成矿物质必定来源于二者之中。Rona (1983) 曾对洋底热泉进行分析, 并用海水在 350 与玄武岩反应, 将与玄武岩反应的热水同普通海水对比表明, Si、Ba、Cu、Zn、H₂S、Mn 等发生强烈富集。

在石居里Ⅵ号沟和Ⅷ号分别对铜矿石进行了 Pb 同位素分析, 并与玄武岩 Pb 同位素进行了对比, 结果如表 2。

表 2 石居里地区黄铁矿、黄铜矿铅同位素组成

Tab. 2 Lead isotope compositions of pyrites and chalcopyrites in Shijuli ore area

序号	样号	样品名称	产地	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	M 值	Th/U
1	83106	玄武岩	九个泉	18.408	15.499	38.215	9.27	3.63
2	90609	玄武岩	九个泉	18.099	15.549	38.215	9.39	3.79
3	83105	玄武岩	九个泉	18.340	15.485	38.064	9.25	3.59
4	90410	玄武岩	石居里	17.902	15.508	37.962	9.34	3.78
5	73116	黄铁矿	石居里Ⅵ沟	17.58	15.50	37.32	9.37	3.81
6	72814	黄铁矿	九个泉	18.02	15.55	37.39	9.39	3.61
7	S ₈ PD ₁ B02	黄铁矿	石居里沟	18.068	15.573	38.092	9.45	3.76
8	S ₈ PD ₁ B02	黄铜矿	石居里沟	17.355	15.383	36.993	9.17	3.61
9	S ₆ PD ₁ B05	黄铁矿	石居里Ⅵ沟	17.544	15.428	37.167	9.23	3.60
10	S ₆ PD ₁ B05	黄铜矿	石居里Ⅵ沟	17.585	15.417	37.094	9.20	3.54
11	S ₆ PD ₁ B08	黄铁矿	石居里Ⅵ沟	17.499	15.405	37.110	9.19	3.59
12	S ₆ PD ₁ B08	黄铜矿	石居里Ⅵ沟	17.706	15.440	37.358	9.23	3.60
13	S ₈ PD ₁ B04	黄铁矿	石居里Ⅷ沟	17.814	15.498	37.602	9.33	3.67
14	S ₈ PD ₁ B04	黄铜矿	石居里Ⅷ沟	17.502	15.410	37.081	9.20	3.58

注: 1-6 号据夏林圻等, 1998; 7-14 号为本课题分析资料, 由宜昌地质矿产研究所分析。

由表 2 可知, 石居里Ⅵ号沟铜矿石及九个泉铜矿石中黄铁矿、黄铜矿的铅同位素组成同各矿区范围玄武岩的铅同位素组成相近, 由此为线索结合上述试验规律, 推断本区成矿金属主要来源于蚀变玄武岩。

4 硫同位素

硫同位素组成可为硫的来源提供信息。石居里一带黄铁矿、黄铜矿的硫同位素分析结果如表 3。

石居里沟及外围铜矿点中黄铁矿和黄铜矿的硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 1.5‰~8.88‰ (表 3), 这可能是玄武岩中幔源硫与海水硫酸盐所还原硫的不同比例混合的结果。而 3 个矿床(点)的硫同位素组成存在着一定的差异, 石居里沟铜矿床中黄铁矿和黄铜矿的硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于 4.95‰~8.88‰, 摆浪沟为 4.0‰~7.7‰, 与石居里沟相近, 而九个泉则为 1.5‰~3.2‰, 明显小于上述两个地区的 $\delta^{34}\text{S}$

表 3 石居里地区黄铁矿、黄铜矿硫同位素组成

Tab. 3 Sulfur isotope compositions of pyrites and chalcopyrites in Shijuli ore area

序号	样号	矿物	产地	$\delta^{34}\text{S}\text{‰}$	备注
1	S ₈ PD ₁ B02	黄铁矿	石居里Ⅷ沟	8.88	
2	S ₈ PD ₁ B02	黄铜矿	石居里Ⅷ沟	4.95	
3	S ₆ PD ₁ B05	黄铁矿	石居里Ⅵ沟	8.09	
4	S ₆ PD ₁ B05	黄铜矿	石居里Ⅵ沟	7.93	
5	S ₆ PD ₁ B08	黄铁矿	石居里Ⅵ沟	7.90	
6	S ₆ PD ₁ B08	黄铜矿	石居里Ⅵ沟	7.94	
7	S ₆ PD ₁ B08	黄铜矿	石居里Ⅵ沟	7.61	重复样
8	S ₈ PD ₁ B04	黄铁矿	石居里Ⅷ沟	7.47	
9	S ₈ PD ₁ B04	黄铜矿	石居里Ⅷ沟	6.92	
10	73116	黄铁矿	石居里Ⅵ沟	5.6	
11	73116	黄铜矿	石居里Ⅵ沟	6.3	
12	72808	黄铜矿	九个泉	1.5	
13	72814	黄铜矿	九个泉	3.2	
14	71503	黄铁矿	摆浪沟	7.0	
15	71503	黄铜矿	摆浪沟	7.7	
16	71503	黄铜矿	摆浪沟	4.0	

注: 1-9 为本项目分析数据, 由宜昌地矿所同位素实验室测试; 10-16 号据夏林圻等, 1998。

值。幔源硫的理论值为 $\delta^{34}\text{S} = 0$; 奥陶纪海水硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 值均为 25‰ (格里年科等, 1974)。Sangster (1976) 注意到火山成因块状硫化物矿床硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值比同期海水硫酸盐低约 17‰, 认为该值与海水硫酸盐被细菌还原 H_2S 产生的分馏值一致 (转引夏林圻等, 1998), 由此推测本区纯海水源硫化物理论值为 $\delta^{34}\text{S} = 8$ ‰, 结合上述数据可得出这样的结论, 石居里沟铜矿床的硫源主要来自海水源硫, 有少量的幔源硫加入; 摆浪沟铜矿点的硫源与石居里非常近似, 主要来自海水源硫化物, 少量来自幔源硫加入; 九个泉铜矿床的硫源主要来自幔源硫, 有少量来自海水源硫化物。

总之, 矿化剂硫来源于火山岩源与海水源的不同比例混合。

5 结语

石居里铜矿是北祁连山典型的塞浦路斯型铜矿, 通过对矿石和围岩的硅、铅、硫同位素研究认为, 硅同位素组成与火山岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 范围一致 (落在火山岩范围内), 由此可知是火山成因的产物。矿石中黄铁矿、黄铜矿的铅同位素组成同各矿区范围玄武岩的铅同位素组成相近, 以此为线索结合上述试验规律, 推断本区成矿金属主要来源于蚀变玄武岩,

矿化剂硫来源于火山岩源与海水源的不同比例混合。

参考文献

- [1] 丁悌平, 蒋少涌, 万德芳, 等. 硅同位素地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [2] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 祁连山及邻区火山作用与成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [3] 李文渊, 杨合群, 赵东宏, 等. 北祁连发现塞浦路斯型铜矿床 [J]. 矿床地质, 1999, 18 (3).
- [4] 杨合群, 李文渊, 赵东宏, 等. 北祁连山石居里沟富铜矿床成矿特征 [J]. 地质与勘探, 2000, 36 (6): 20-22.
- [5] 杜玉良, 李文渊. 甘肃铜矿资源特征与新一轮找矿思路 [J]. 西北地质, 2001, 34 (4): 23-29.
- [6] 宋忠宝. 我国同位素研究的最新进展 [J]. 西北地质, 1998 (1),
- [7] Roma P A *et al.* Hydrothermal Processes at Seafloor-spreading Centers [M]. New York: Plenum Press, 1983.
- [8] Sangster D F. Sulphur and lead isotopes in strata bound deposits [A], in Wolf K H, ed. Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits [C]. Amsterdam, Elsevier, 1976, Vol. 2, 219-266.

Silicon-lead-sulfur isotopic constitution of Shijuli copper deposits of North Qilian Mountains

SONG Zhong-bao, YANG He-qun, WU Jie-ren

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China)

Abstract: Shijuli copper deposits are typical Cyprus-type ones in the western part of North Qilian Mountains. On the basis of the silicon-lead-sulfur isotope constitution of the ores and wall rocks in Shijuli ore area, the author thinks that it is volcanic genesis. The $\delta^{30}\text{Si}$ (-0.9‰ ~ -0.2‰) from jaspilite and quartz of ores show that they are consistent with ones of basaltic rocks. Lead isotope compositions of pyrites and chalcopyrites are similar to those of basalts in the area. Thus, it is considered that the lead from ores comes mainly from altered basalts. However, sulfur in the deposits may be the results of reactions to different degrees between sea-water and basaltic rocks, because $\delta^{34}\text{S}$ in pyrites and chalcopyrites varies between 1.5‰ ~ 8.88‰.

Key words: Shijuli; Cyprus-type deposits; stable isotope