

# 硫、铅同位素及微量元素对西藏雄村铜金矿成矿物质来源的指示

## The indication of S and Pb isotopic compositions and trace elements to ore-forming material source in the Xiongkun Cu-Au deposit, Tibet

丁枫<sup>1,2</sup>, 唐菊兴<sup>1,3</sup>, 崔小亮<sup>1</sup>

(1 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 2 成都理工大学沉积地质研究院, 四川 成都 610059;

3 中国地质科学院, 北京 100037)

DING Feng<sup>1,2</sup>, TANG JuXing<sup>1,3</sup> and CUI XiaoLiang<sup>1</sup>

(1 College of Earth Sciences & Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;

2 Institute of Sedimentary Geology & Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;

3 Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

**摘要** 雄村铜金矿位于冈底斯成矿带, 矿体产于火山凝灰岩中, 矿区的硫同位素组成非常均一, 围岩和矿体的  $\delta^{34}\text{S}$  相差不大, 主要来源于上地幔。从铅同位素组成图解和  $\Delta\beta-\Delta\gamma$  关系图上均能看出雄村铜金矿的铅来源于上地幔。微量元素显示成矿作用与俯冲造弧作用的岩浆源区存在着一定的联系。花岗岩体与火山岩中大离子不相容元素 Rb、Th、U、Pb 明显相对富集, 高场强元素 Ta、Ni 及重稀土元素 Yb 都强烈的亏损, 反映有来自俯冲板片的组分参与了岩浆作用过程。

**关键词** 雄村铜金矿; 硫同位素; 铅同位素; 微量元素; 岩浆作用

冈底斯成矿带一直受到众多学者专家的关注 (芮宗瑶等, 1984; 2003; 曲晓明等, 2001; 李金高等, 2002; 李光明等, 2004), 被誉为“西藏的第二条玉龙成矿带” (曲晓明等, 2001)。洞嘎金矿是该成矿带上发现较早并投入开发的岩金矿, 而雄村铜金矿则位于洞嘎金矿矿区东段。尤其是近年来外资矿业公司在雄村矿区的找矿勘查中取得了重要进展, 使该矿床成为人们广泛关注的焦点。本文主要从 S、Pb 同位素及微量元素的角度对该矿床的成矿物质来源进行简要探讨。

## 1 矿区地质特征

矿区位于西藏特提斯—喜马拉雅构造域南部, 属冈底斯—念青唐古拉陆壳地体基础上发育的晚燕山期—早喜马拉雅期陆缘火山-岩浆弧的东段南缘。矿区内出露的地层为白垩系一套火山岩、火山碎屑岩及陆相沉积岩系, 以及第三系磨拉石建造和第四系残坡积物。区内岩浆活动频繁, 广泛出露的岩体主要有二长花岗岩体、花岗斑岩体 (闪长玢岩) 以及后期贯入的花岗岩脉和云煌岩脉。

矿体产于白垩系第二岩性单元以及第三岩性单元的火山凝灰岩中, 上述岩石既是赋矿围岩又是矿化体。矿体规模巨大。矿石矿物主要为黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、自然金和银金矿。围岩蚀变主要表现为硅化、绢云母化、钾化、绿帘石化、角闪岩化等, 呈面型蚀变, 分带特征明显。

## 2 硫、铅同位素组成

硫、铅同位素一直被认为是探讨成矿物质来源最有效的一种手段(张理刚, 1985; 芮宗瑶, 1984)。为查明雄村铜金矿区的成矿物质来源, 笔者对矿区的矿石硫化物做了硫、铅同位素分析, 结合前人分析结果列于表 1。硫、铅同位素分析由宜昌地质矿产研究所中南实验检测中心承担。

表 1 雄村铜金矿硫、铅同位素组成

矿物及样号	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$\varphi$	$\mu$	资料来源
石英							
TG-1	未分析	18.17±0.019	15.49±0.014	37.97±0.033	0.586	9.118	邢俊兵等, 2003
黄铁矿							
TG-2	2.7	未分析	未分析	未分析	未分析	未分析	
TG-3	3.0	18.33±0.013	15.542±0.010	38.293±0.025	0.578	9.293	
闪长玢岩							
DG-15	1.0	18.372±0.020	15.528±0.017	38.307±0.042	0.577	9.314	曲晓明等, 2002
DG-21	1.3	18.315±0.008	15.501±0.007	38.175±0.017	0.578	9.273	
黄铁矿							
DG-04	0.7	18.166±0.008	15.483±0.007	38.025±0.017	0.586	9.107	
DG-05	2.0	18.167±0.007	15.495±0.006	38.065±0.015	0.587	9.277	
DG-10	1.9	未分析	未分析	未分析	未分析	未分析	
DG-17	2.4	18.153±0.018	15.476±0.016	37.993±0.039	0.586	9.094	
DG-19	1.4	18.139±0.013	15.496±0.011	38.039±0.029	0.589	9.282	
黄铁矿							
PD04-B27-2	0.56	18.104±0.003	15.473±0.002	37.923±0.008	0.589	9.245	本文
PD05-B1	-0.14	18.123±0.001	15.482±0.001	37.953±0.001	0.588	9.265	
PD03-B3-2	-0.34	18.169±0.002	15.500±0.001	38.053±0.001	0.587	9.279	
闪锌矿							
PD04-B27-3	-1.20	18.114±0.006	15.479±0.005	37.918±0.013	0.589	9.255	

### 2.1 硫同位素

从表 1 可以看出, 矿区的硫同位素组成非常均一, 只有 3 件样品的  $\delta^{34}\text{S}$  为低负值, 其余均为较低的正值。 $\delta^{34}\text{S}$  的变化范围较窄, 在 -1.20‰~3.0‰ 之间, 平均值为 1.174‰, 具幔源硫的组成特征。

从  $\delta^{34}\text{S}$  分布来看, 闪长玢岩在 1.0‰~1.3‰ 之间, 黄铁矿在 -0.34‰~3.0‰ 之间, 而闪锌矿只分析了一个样品, 其值为 -1.20‰, 可以看出围岩和矿体的  $\delta^{34}\text{S}$  相差不大, 说明两者的硫源基本相同, 主要来源于上地幔。

由于矿区内未发现有硫酸盐矿物, 故硫化物的硫同位素组成代表了成矿流体的硫同位素组成, 其具有岩浆硫的特点。反映了矿化流体来自岩浆热液, 以深源岩浆硫为主。通过与不同岩石的来源的  $\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$  组成对比, 发现其与岩浆岩的  $\delta^{34}\text{S}$  分布范围接近, 更加印证了  $\delta^{34}\text{S}$  来源于岩浆, 以深源硫为主的说法。

### 2.2 铅同位素

矿区矿物的铅同位素组成及计算值见表 1。

从表 1 可以看出:

(1)  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  的值为 18.104~18.372, 变化率为 1.46%;  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  的值为 15.473~15.542, 变化率为 0.44%;  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  的值为 37.918~38.307, 变化率为 1.02%。变化范围均不大, 均具正常铅演化的特点。

(2) 闪长玢岩、黄铁矿、石英和闪锌矿的铅同位素组成较相似, 说明它们可能有着相同的铅来源。

(3) 矿床中铅同位素特征值  $\mu$  值为 9.094~9.314, 平均值为 9.2335。据资料 (Doe, 1979; 温春齐, 2003),  $\mu < 9.58$ , 推测雄村的铅来源于下地壳或上地幔。

将雄村铅同位素数据投点于铅同位素构造模式图中 (Zartman et al., 1981)。发现数据均落于地幔铅演化曲线与造山带铅平均演化曲线之间, 并且更接近地幔铅演化曲线。

为了克服铅构造模式的不足之处, 同时采用了  $\Delta\gamma$ - $\Delta\beta$  图解来分析雄村铅的来源, 本文取  $\beta_m(t) = 15.33$ ,  $\gamma_m(t) = 37.74$  (朱炳泉等, 1998)。应用雄村矿床铅同位素数据计算  $\Delta\beta$ 、 $\Delta\gamma$  的值, 并构筑  $\Delta\beta$ - $\Delta\gamma$  关系图 (图 1), 在图中可见几乎所有样品都落入地幔源铅区域。

### 3 微量元素特征

矿区内的矿化火山岩、远矿火山凝灰岩及东岩体的微量元素经球粒陨石标准化后的微量元素蛛网图见图 2、图 3。

在图中可以看出花岗岩体与火山岩中大离子不相容元素 Rb、Th、U、Pb 明显相对富集, 高场强元素 Ta、Ni 及重稀土元素 Yb 都强烈明显的亏损, 反映有来自俯冲板片的组分参与了岩浆作用过程。而 Ni、Ta、Ti 谷通常被解释为与俯冲作用有关的火成岩特征 (Condie, 2001)。同时对比青藏高原各地区的碰撞及后碰撞火山岩发现, 冈底斯南部林子宗火山岩 (莫宣学, 2003)、可可西里、西昆仑 (Zhao, 2001)、“三江”的中新世—第四纪火山岩 (Miller, 1999) 都具有此种特征, 而且世界许多其它地方的碰撞、后碰撞火山岩也具此种特征 (莫宣学, 2003)。

结合同位素资料, 可知雄村铜金矿成矿物质来源于上地幔, 在板片俯冲过程中有部分板片组分参与了岩浆作用过程。

### 4 结 论

(1) 雄村铜金矿区的硫同位素组成非常均一,  $\delta^{34}\text{S}$  的变化范围较窄, 在 -1.20‰~3.0‰ 之间, 平均值为 1.174‰, 具陨石硫特征, 属地幔硫。围岩和矿体的  $\delta^{34}\text{S}$ , 相差不大, 说明两者的硫源基

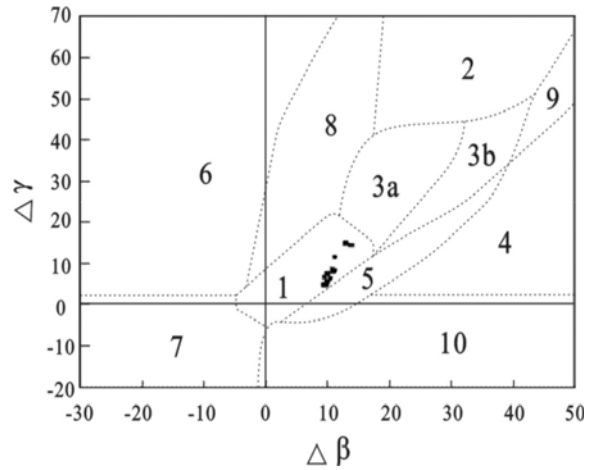


图 1 雄村铜金矿铅同位素  $\Delta\beta$ - $\Delta\gamma$  成因分类图解  
1—地幔源铅; 2—上地壳源铅; 3—上壳与地幔混合的俯冲带铅(3a.岩浆作用 3b.沉积作用); 4—化学沉积型铅; 5—海底热水作用铅; 6—中深变质作用铅; 7—深变质下地壳铅; 8—造山带铅; 9—古老页岩上地壳铅; 10—退变质铅

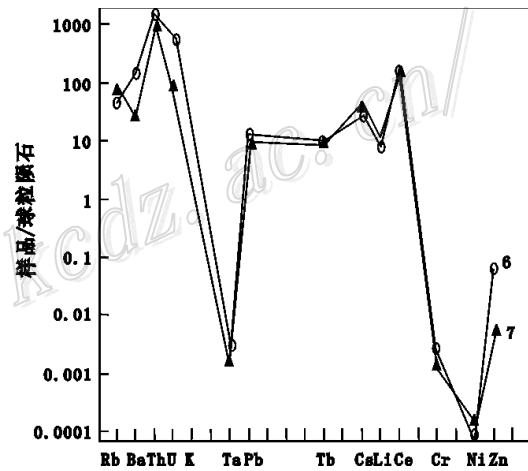


图 2 雄村铜金矿区花岗岩球粒陨石标准化微量元素蛛网图 (样品编号同表 2)

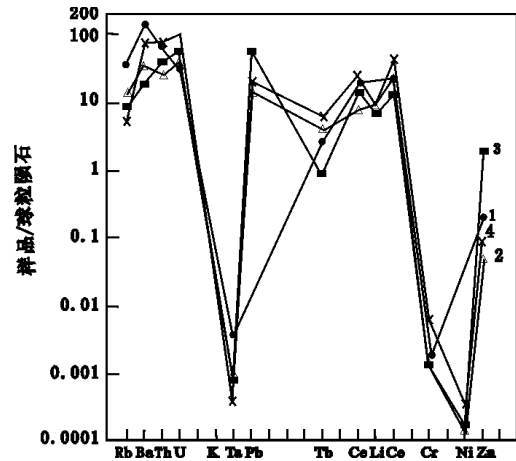


图 3 雄村铜金矿区火山岩球粒陨石标准化微量元素蛛网图 (样品编号同表 2)

本相同,主要来源于上地幔。

(2) 雄村铜金矿区的闪长玢岩、黄铁矿、石英和闪锌矿的铅同位素组成均比较相似,说明它们可能有着相同的铅来源。同时矿床中铅同位素特征值 $\mu$ 为9.094~9.314,平均值为9.2335。从铅同位素组成图解和 $\Delta\beta-\Delta\gamma$ 关系图上均能看出雄村铜金矿的铅来源于上地幔。

(3) 微量元素显示成矿作用与俯冲造弧作用的岩浆源区存在着一定的联系。

(4) 雄村铜金矿区花岗岩体与火山岩中大离子不相容元素 Rb、Th、U、Pb 明显相对富集,高场强元素 Ta、Ni 及重稀土元素 Yb 都强烈的亏损,反映有来自俯冲板片的组分参与了岩浆作用过程。

### 参 考 文 献

- 芮宗瑶,黄崇轲,齐国明,徐钰.1984.张洪涛.中国斑岩铜(钼)矿床[M].北京:地质出版社.
- 曲晓明,候增谦,黄卫.2001.冈底斯斑岩铜矿(化)带:西藏第二条“玉龙”铜矿带[J].矿床地质,20(4):355~366.
- 李金高,王全海.2002.西藏冈底斯斑岩铜矿带及其战略地位[J].西藏地质,(1):69~73.
- 芮宗瑶,候增谦,曲晓明,等.2003.冈底斯斑岩铜矿成矿时代及青藏高原隆升[J].矿床地质,22(3):217~225.
- 李光明,潘桂棠,王高明,等.2004.西藏冈底斯成矿带矿产资源远景评价与展望[J].成都理工大学学报:自然科学版,31(1):22~27.
- 张理刚.1985.稳定同位素在地质科学中的应用[M].西安:陕西科学技术出版社.
- 温春齐.2003.矿床研究方法[M].成都:成都理工大学.
- 朱炳泉,等.1998.地球科学中同位素体系理论与应用——兼论中国大陆壳幔演化[M].北京:科学出版社.
- 莫宣学,赵志丹,邓晋福,等.2003.印度-亚洲大陆主碰撞过程的火山作用响应[J].地学前缘,10(3):137~148.
- Condie K C. 2001. Mantle plume and their record in earth Historu [M]. London: Cambridge University Press.
- Doe B R and Zartman R E. 1979. Plumbotectonics: The planerozoic[A]. In: Geochemistry of hydrothermal ore deposits[C]. New York: Wiley-Interscience. 22~70.
- Miller C, Schuster R, Klotzli U, et al. 1999. Post-collisional potassic and ultrapotassic magmatism in SW Tibet: Geochemical and Sr-Nd-Pb-O isotopic constraints for mantle source characteristics and Petrogenesis [J]. Petrology, 40(9): 1399~1424.
- Zartman R E and Doe B R. 1981. Plumbotectonics-The model[J]. Tectonophysics, 75: 135~162.
- Zhao Z, Mo X, Zhang S, et al. 2001. Post-collisional magmatism in Wuyu basin, central Tibet: Evidence for recycling of subducted Tethyan oceanic crust [J]. Science in China (Series D), 44(Supp.): 27~34.