

# 甘肃省小柳沟钨矿区成矿流体特征

周 宏<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074; 2. 甘肃有色地质勘查局四队, 甘肃 张掖 734012)

**摘 要:** 通过对小柳沟矿区成矿流体特征的研究认为, 该区钨矿床成因是复杂多样的, 其成矿流体是大气降水、海水和岩浆水的混合物, 以海水为主, 其成矿环境为弱酸性还原环境, 推测矿床的形成是火山喷发沉积-后期岩浆热液叠加改造型矿床。

**关键词:** 成矿流体; 矿床成因; 小柳沟钨矿; 甘肃省

**中图分类号:** P611; P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2004)02-0110-04

近年来, 北祁连构造带陆续发现了一些新的钨矿床, 小柳沟钨矿区矿是通过开展新一轮资源大调查以来在北祁连西段发现的大型钨矿集中区, 该矿化集中区的发现以及对矿床成因的研究为在该区进行地质找矿提供新的思路。

## 1 矿区地质概况

小柳沟钨矿区位于祁连陆间裂谷褶皱带西延部位北祁连沟弧盆系中元古代朱龙关裂谷带中<sup>[1]</sup>。变质的前长城系及长城系是本区的结晶基底, 其上被震旦系、寒武系呈不整合或假整合覆盖; 泥盆系以上地层呈不整合覆盖于各个老地层之上。长城系朱龙关群是矿区的主要赋矿层位, 主要分布于朱龙关河、小柳沟、小龙口及熬油沟一带。

矿区构造主要是小柳沟、贵山和阿过龙 3 个穹窿构造及其围绕穹窿的环状、放射状断裂, 地层层间滑动带和张裂隙, 与隐伏花岗岩的底辟作用一起构

成了矿区典型的穹窿构造控矿特征。在穹窿构造中陆续发现的小柳沟、世纪、贵山、祁宝 4 个钨矿床中, 共发现大小矿体 31 条<sup>[2]</sup>。

矿区围岩蚀变较发育, 以硅化、夕卡岩化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、绢云母化及高岭土化为主。具有明显的分带性, 以钨矿体为中心向外依次为: 夕卡岩化 → 硅化 → 绿泥石化、绿帘石化 → 碳酸盐化 → 绢云母化、高岭土化。

## 2 成矿物理化学条件

### 2.1 成矿温度

矿石矿物石英包裹体均一温度变化范围为 163~372 °C, 平均 225~276 °C, 表明成矿温度为中高温。矿石矿物黄铁矿、黄铜矿、石英爆裂温度为 210~350 °C, 与石英包体的均一温度基本一致(表 1, 表 2)。

### 2.2 成矿溶液的盐度、密度和成矿压力

石英硫化物阶段成矿流体的盐度  $w(\text{NaCl})$  平均

表 1 矿床成矿温度、盐度、密度和压力

Table 1 Homogenization temperature, salinity, density and pressure of fluid inclusion

样号	矿物名称	均一温度(°C)		盐度 $w(\text{NaCl})/\%$		密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	压力 ( $10^5 \text{Pa}$ )	校正后温度(°C)	
		范围	平均	范围	平均			范围	平均
XL56	石英	190~260	225	1~13	7	0.9	180	200~270	235
95X118	石英	163~372	276		14.8				

收稿日期: 2004-03-17

基金项目: 中国地质调查局资源大调查项目(项目编号: 200010200151)资助。

作者简介: 周宏(1969-), 男, 甘肃定西人, 工程师, 硕士研究生, 1992年毕业于中南工业大学, 获学士学位, 现为中国地质大学(武汉)在职硕士研究生, 从事地质矿产勘查工作。

表 2 矿石矿物包裹体爆裂温度

Table 2 Decrepiation temperature of fluid inclusion

样号	矿物组合	矿物名称	起爆温度 (°C)	爆裂温度 (°C)
XL5-6	黄铁矿-黄铜矿-石英	黄铁矿	220	250~ 350
XL5-5	黄铁矿-黄铜矿-石英	黄铜矿	230	250~ 300
XL5-6	黄铁矿-黄铜矿-石英	石英	195	210~ 320
XL5-5	黄铁矿-黄铜矿-石英	石英	230	280~ 330
XL3-2	黄铁矿-石英	石英	255	270~ 320

注: 由中南工业大学测试(1995年)。

为 7%~ 14.8%, 为中等盐度(表 1)。根据盐度及深度图解(图 1), 成矿深度为 260~ 540 m。根据成矿流体的密度、盐度、温度、密度图解以及计算, 其密度较低, 为 0.9 g/cm<sup>3</sup>。成矿压力为 180 × 10<sup>5</sup> Pa。

### 2.3 成矿氧逸度、硫逸度、二氧化碳逸度

利用李秉伦(1968) log  $f_{CO_2}$ - $T$  关系图解, 成矿二氧化碳逸度 log  $f_{CO_2}$  为 -0.76 和 -0.84。由成矿流体平衡反应:  $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ , 考虑理想状态和高温时,  $f_{H_2O}$  忽略得出 log  $f_{O_2}$ - $T$  关系图, 取  $T = 210 \sim 350$  °C, 成矿氧逸度 lg  $f_{O_2}$  为 -40.49(计算值), -41~ -33(图解值)。用 Scott 和 Barnes 公式得出成矿硫逸度 lg  $f_{S_2}$  为 -15.78。

### 2.4 成矿的 pH, Eh 值

经计算 pH 值 5.04~ 6.12 之间, 据李秉伦 Eh- $T$  图解确定成矿时 Eh 值为 -0.51V, 为弱酸性还原环境。

### 2.5 成矿溶液中含硫原子团活度及总硫浓度

经计算成矿溶液中含硫原子团活度 lg $\alpha_{H_2S}$  为 -2.95, lg $\alpha_{HS^-}$  为 -4.72, lg $\alpha_{S^{2-}}$  为 -7.75, lg $\alpha_{HSO_4^-}$  为 -5.82, lg $\alpha_{SO_4^{2-}}$  为 -5.64, 总硫浓度  $\alpha \sum S(M)$  为 10<sup>-3</sup>。表明成矿热液中 H<sub>2</sub>S、HS<sup>-</sup> 为主要含硫原子团, 其中 H<sub>2</sub>S 占整个含硫种的 99% 以上。这也充分说明成矿物质沉淀是在弱酸性还原条件下进行的。

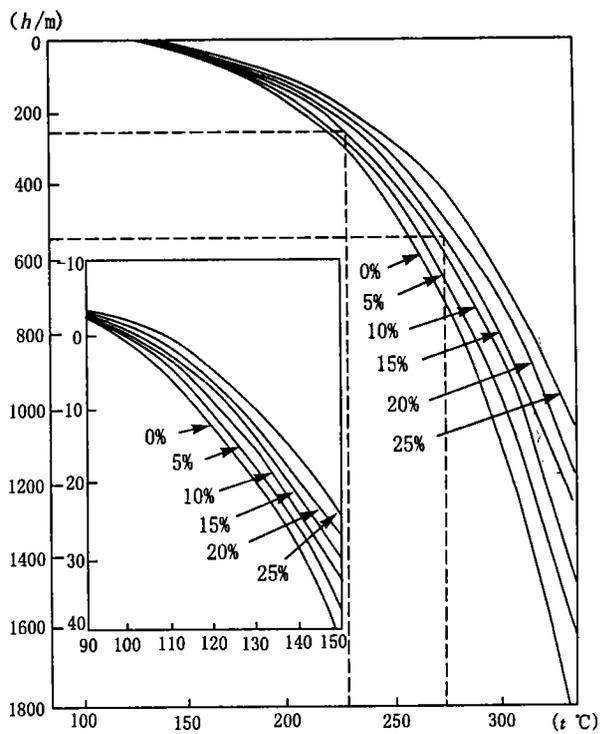


图 1 不同盐度 NaCl-H<sub>2</sub>O 溶液沸腾曲线的深度温度图解

Fig. 1 Plot showing boiling temperature of NaCl-H<sub>2</sub>O fluid at different salinities and levels

### 2.6 包裹体成分

石英硫化物脉中石英包裹体一般很细 (< 10 μm), 呈不规则状分布, 一般液相 > 气相, 分别见有子晶。液相和气相成分分析结果及计算的有关参数如表 3、表 4。表中可见石英包裹体液相成分相对富 Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, 而贫 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, F<sup>-</sup>, 而 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 有时偏高, 组分类型为 Na<sup>+</sup>-Cl<sup>-</sup>-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 型, 反映成矿流体可能主要来源于海水。气相成分中 H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> 含量高, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 也较高, 表明成矿流体在演化过程中有少量有机质存在。

表 3 小柳沟铜钨矿床矿物包裹体液相成分

Table 3 Fluid phase composition of fluid inclusion from Xiaoliugou Cu, W deposit

w B/10<sup>-6</sup>

序号	名称	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> /F <sup>-</sup>
1	石英	0.218	0.092	0.00	0.001	0.022	0.011	0.192	2.36	10.09
2	石英	1.99	0.23	0.48	0.30	2.12	1169		8.65	5.89

注: 由中南工业大学测试(1995年)

表4 小柳沟铜钨矿床矿物包裹体气相成分

Table 4 Gas phase composition of fluid inclusion

$m_B/\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$

序号	名称	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O
1	石英	2.15	108.90	0.02	0.05	0.55	0.00	0.26	0.019
2	石英	2.73	65.49	0.68	10.90	1.94	0.44	0.71	0.04

注: 由中南工业大学测试(1995年)

### 3 成因分析

矿石硫化物硫同位素组成, 其中黄铁矿(3件)为  $\delta(^{34}\text{S}) = 10 \times 10^{-3} \sim 11.7 \times 10^{-3}$ , 平均  $10.57 \times 10^{-3}$ , 黄铜矿(1件)为  $10.7 \times 10^{-3}$ , 比较集中, 与陨石、海洋硫酸盐硫同位素组成均有明显的差别。据矿床地质特征推断, 石英-硫化物成矿阶段硫的成因属于混合硫, 它来源于地层或地壳重熔花岗岩和大气地表水中硫的混合作用。小柳沟铜钨矿床硫同位素组成与自然界含硫物质及典型矿床硫同位素组成对比见图2。

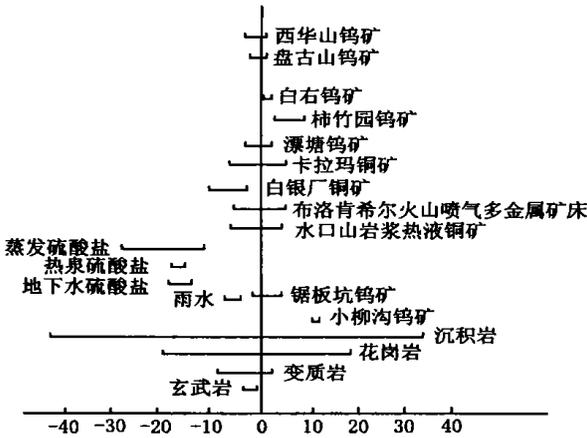


图2 小柳沟铜钨矿床硫同位素组成与典型矿床对比图

Fig. 2 Comparison of isotope composition of Xiaoliugou Cu, W deposit to those of typical deposits

3个黄铁矿样品与朱龙关群基性火山岩的铅同位素组成基本一致, 且二者的  $\mu$  值接近。在铅的构造模式图上位于造山带与地幔铅演化线之间, 属于深源岩浆(岩)铅。黄铜矿放射铅含量高, 在构造模式图上上投点位于上部地壳线之上, 表明这部分矿石铅在搬运沉积和再活化转移成矿过程中, 经历了 U, Th 含量高的陆源铅的混染<sup>[3]</sup>。

石英硫化物脉中石英(1件)实测  $\delta(^{18}\text{O}_{\text{矿物}}) = +13.3 \times 10^{-3}$ ,  $\delta(^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}) = +3.07 \times 10^{-3}$ ,  $\delta(\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}) = -60 \times 10^{-3}$ , 表明成矿溶液既不是岩浆水, 也不是海水, 它与硫有大致相同的来源, 即大气地表水与地层中的建造水或重熔花岗岩岩浆水的混合流体。

铼-钨同位素样品的模式年龄很相近, 为 436~496 Ma。根据所测数据绘制出  $^{187}\text{Re}-^{187}\text{Os}$  等时线图 5 个点较均匀地分布在一条线上。等时线的相关系数  $r = 0.9997$ , 斜率  $b = 0.007603 \pm 0.00214$ , 截距  $a = 0.10 \pm 0.29$ , 等时线年龄为  $(462 \pm 13) \text{ Ma}$  ( $2\sigma$ )。小柳沟铜钨矿床的辉钨矿 Re-Os 同位素测年结果与相邻的塔儿沟钨区矿脉中白云母 Rb-Sr 测年数据 434.64 Ma 基本吻合, 表明区内铜、钨、钼矿化发生于加里东期。这为在中国定量确认第一个加里东期钨矿成矿带提供了准确的时代依据。这一年龄数据还表明, 北祁连山钨矿化和相关的花岗岩侵位发生于奥陶纪早中期, 也就是板块碰撞前期, 这与花岗岩岩石化学示踪成岩环境所得出的结论相吻合。

根据辉钨矿中的  $w(\text{Re}) = 0.8 \times 10^{-6} \sim 8.7 \times 10^{-6}$ , 平均  $3.7 \times 10^{-6}$ , 说明其物质来源介于壳源与壳幔混源之间, 更偏向壳源一端。

根据上述地球化学特征, 小柳沟铜钨矿床成矿溶液为大气地表水、地层中的建造水(海水)与花岗岩岩浆水的混合流体, 成矿物质即有壳源的, 又有深源物质的加入, 成矿时有大量的大气降水加入, 深部隐伏花岗岩体所带来的成矿溶液沿构造裂隙上升, 和大气降水混合对流, 并且活化萃取围岩中的成矿物质, 在较为开放的环境下接触交代蚀变成矿。故该矿床可能在早期火山开始喷发时喷气(流)沉积了富含 W, Cu, 的矿源层, 后期花岗岩侵入, 矿源层中的成矿物质在地下水渗滤及岩浆热液作用下活化迁移富集, 与岩浆热液携带的成矿物质叠加, 形成钨、铜、钼、铋、锡等矿化。所以该矿床可能为火山喷发沉积-岩浆期后热液叠加改造型矿床。朱龙关群下岩组上岩段及上岩组中、下岩段可能是其矿源层。成矿时间为 462 Ma 左右。

## 参考文献:

[1] 左国朝, 吴茂炳, 毛景文, 等. 北祁连西段早古生代构造演化史

[J]. 甘肃地质学报, 1999, 8(1): 6-13.

[2] 张胜业, 司雪峰. 小柳沟矿区控矿构造特征及成矿模式[J]. 湖南矿物岩石地球化学论丛, 2001: 142-145.

[3] 朱焱龄, 李崇佑, 林运淮. 赣南钨矿地质[M]. 南昌: 江西人民出版社, 1981. 386-390.

## ORE FLUID CHARACTERISTICS OF XIAOLIUGOU TUNSTEN DEPOSIT

ZHOU Hong<sup>1,2</sup>

(1. China university of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. No 4 Part of Gansu Nonferrous Geoexploration, Zhangye 734012, China)

**Abstract:** Study of Xiaoliugou tungsten deposit indicates a complex genesis. The ore fluid is a mixture of meteoric water, sea water and magmatic water but dominated by sea water. The ore is formed under weak acidic condition. It is presumed that the deposit is a volcanic eruption sedimentary-late magmatic hydrothermal superimposed and reworked deposit.

**Key words:** ore fluid; Origin of mineral deposit; Xiaoliugou W ore; Gansu province

(上接第 104 页)

[2] 骆耀南, 曹志敏等. 大水沟独立碲矿床[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1996. 104.

[3] Potter R W. Freezing point depression of aqueous sodium chlorite solutions[J]. Econ. Geol. 1978, 73(2): 284-285.

[4] Merlanti Eva C, Bozzo F E. Geophysical evidence suggesting rotation and eastwards displacement of the Ivrea Body in western Liguria, Italy[J]. Memorie della Societa Geologica Italiana, 1974, 13 (supplemento 2): 113-119.

[5] Ahmad S N. Fluid inclusion in porphyry and skarn ore at Souté R+ta, New Mexico[J]. Econ. Geol. 1980, 75(2): 229-250.

[6] 卓维荣. 热泉型金矿床地质特征和成矿模式[J]. 国外铀金地

质, 1990, (2): 16-21.

[7] 魏振环, 敬成贵, 杨庆德, 等. 中国西南部特提斯构造域浅成低温热液型金矿分类及时空分布特征[J]. 贵金属地质, 1997, 6(1): 1-12.

[8] 卓维荣. 滇西两河热泉型金矿的发现及其地质特征[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1991, 16(2): 189-197.

[9] 沙德铭. 西天山阿希金矿流体包裹体研究[J]. 贵金属地质, 1998, 7(3): 180-188.

[10] 贾斌, 毋瑞身, 田昌烈, 等. 新疆阿希晚古生代冰长石-绢云母型金矿特征[J]. 贵金属地质, 1999, 8(4): 199-208.

## PRELIMINARY STUDY ON GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF FLUID INCLUSION OF MAYOUMU GOLD DEPOSIT IN TIBET

HUO Yan, WEN Chun-qi, LI Bao-hua, SUN Yan

(Geosciences College of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Ore-forming process of Mayoumu gold deposit can be preliminarily divided into five stages: oxide, gold-pyrite, silver-gold-sulfosalt, poor gold sulfides and carbonate stage. This paper mainly deals with the fluid inclusion geochemistry of Mayoumu gold deposit in Tibet, including common characteristics, temperature, pressure, salinity, density, gas and liquid composition and H, O isotopes. We can draw a conclusion that Mayoumu gold deposit may be an epithermal deposit.

**Key words:** fluid inclusion; Mayoumu gold deposit; Tibet