第 20 卷 第 2 期
2000 年 4 月

桂 林 工 学 院 学 报
JOURNAL OF GUILIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Vol. 20 No. 2
Apr. 2000

文章编号 1006 - 544X(2000)02 - 0132 - 05

甘肃小柳沟铜钨多金属矿床地质地球化学特征 *

周廷贵 周继强

(甘肃有色地质勘查局四队, 甘肃张掖 734012)

摘 要 小柳沟铜钨多金属矿床赋存于长城系朱龙关群下岩组上岩段及上岩组中、下岩段中, 容矿岩石为碳酸盐岩及火山岩。该矿床是以 W 为主, 共生有 Cu, Mo, Bi, 伴生有 Cu, Mo, Bi, Be, V, Sn, Au, Ag 的大型多金属矿床。根据成矿流体的盐度、密度、成矿压力、pH、*Eh* 值及硫、氧、铅同位素研究表明, 成矿溶液为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。推测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。

关键词 铜钨金属矿床; 稳定同位素; 成矿物质来源; 甘肃; 小柳沟

中图分类号 P618.4101; P618.6701; P597; P611 **文献标识码** A

1 矿区地质特征

小柳沟铜钨多金属矿床是“九五”期间甘肃有色地勘局四队在北祁连区带普查找矿中发现的一处大型铜钨多金属矿床, 位于北祁连加里东造山带的南缘 ——镜铁山、朱龙关前寒武纪裂谷带中。

1.1 地层

矿区内出露地层为长城系朱龙关群, 岩层构成“D”型穹隆构造, 由下岩组上岩段及上岩组中、下岩段的地层组成。

下岩组以含铁碎屑岩沉积为特征, 缺少火山岩, 可分为上下 2 个岩性段, 下岩段上部以碳质千枚岩为主, 下部为绿泥绢云千枚岩夹铁矿体(图 1)。上岩段上部为含砂质千枚岩, 下部为中厚层石英岩夹绢云绿泥千枚岩、钙质千枚岩等, 局部可见有透镜状云母角闪片岩及矽卡岩化灰岩; 上岩组以碎屑岩及火山岩夹碳酸盐岩为主要特征。该层是主要的含矿层位, 赋存有 90 %以上的矿体。上岩组可分为上、中、下 3 个岩性段。下岩段下部为斑点状含碳绢云千枚岩及云母角闪片岩、上部为玄武岩、云母角闪片岩、绢云千枚岩及薄层状灰岩, 该岩段是区内主要的矿化赋存层位; 中岩段上部为玄武岩夹灰岩, 下部为云母角闪片岩、矽卡岩化灰岩及绢云绿泥千枚岩, 也是区内主要的赋矿层位; 上岩段由玄武岩及碳酸盐岩组成, 火山岩减少, 碳酸盐岩增多, 未见矿化。根据对下岩组上岩段及上岩组中、下岩段的各种岩石(非矿化地段) 进行微量元素分析表明: 下岩组千枚状细砂岩及上岩组含碳绢云千枚岩、云母角闪片岩、玄武岩、矽卡岩化灰岩中铜、锌、铋、钼、钨、锡、镍、钴均高出克拉克值数倍至数十倍, 有的甚至高达数百倍, 这也充分说明上述岩石可能是成矿的主要矿源层, 为成矿提供了丰富的物质来源。

1.2 构造

矿区内断裂构造较发育, 可划分为 3 组: 第 1 组为成矿前断裂 , 断层呈北北西或近南北向, 规模大,属压扭性断裂,该组断裂既控制着深部隐伏的石英二长花岗岩体, 也为热液活动提供了通道;

1999 - 06 - 09 收稿, 1999 - 08 - 27 改回。

第一作者简介: 周廷贵 (1961 -), 男, 甘肃张掖市人, 高级工程师, 矿产勘查专业。

*原中国有色金属工业总公司 (BQL99 - 2) 项目资助。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

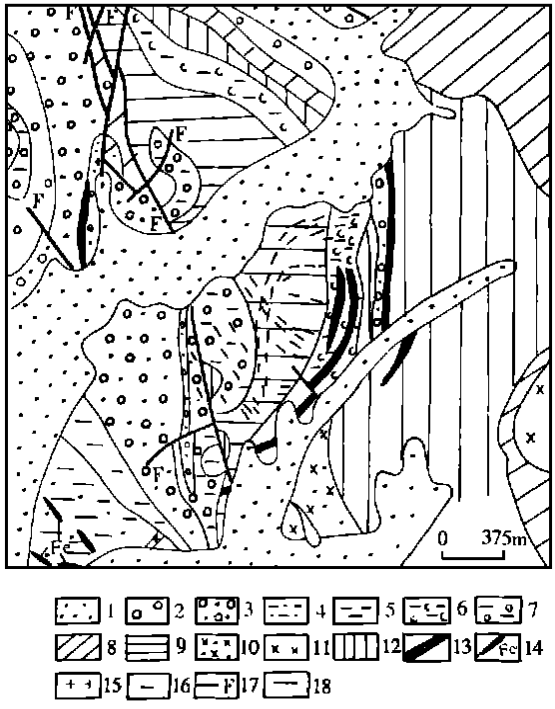


图 1　小柳沟铜钨多金属矿床地质略图

Fig. 1　Geological skech map of the Xiaoliugou Cu - W polymetallic deposit

1—第四系；2—钙质千枚岩；3—绿泥绢云千枚岩；4—绢云绿泥千枚岩；5—碳质千枚岩；6—含碳绢云千枚岩；7—石英岩；8—灰岩；9—千枚状细砂岩；10—玄武质凝灰岩；11—玄武岩；12—云母角闪片岩；13—钨矿体；14—铁矿体；15—花岗斑岩；16—石英脉；17—断层；18—地质界线

第 2 组为隐伏花岗岩体侵入所引起的放射状、环状断裂，该组断裂与“D”形穹隆构造同期形成，并被后期石英脉及矿体所充填，形成了矿区内十分发育的石英网脉带，该组构造为成矿提供了十分有利的空间；第 3 组为成矿后断裂，呈北西或东西向分布，一般长百余米至数百米，个别长 1～1.5 km，对矿体有破坏，但位移不大。

1．3　岩浆岩

矿区内侵入岩为隐伏的二长花岗岩，地表除见 4 条长数十米的花岗岩枝外，主要为石英脉及少量辉长岩脉。在 2 700 m 标高可见隐伏石英二长花岗岩体，分布于矿区中部、东部及北部，地表花岗岩 $w(K_2O)/w(Na_2O)$ 值相差较大，δ = 0.66～0.6，AR = 1.94～2.14，属钙碱性花岗岩，该岩体的化学成分与华南含 W，Sn 花岗岩十分相似，二氧化硅含量高，暗色矿物含量少，岩体分异程度高。根据岩体特征及区域地质特征，该岩体形成时代可能为加里东晚期。岩体外接触带具 W，Mo，Cu，V 矿化，内接触带具 Cu，Mo，Bi 矿化。该岩体为矿源层成矿物质活化迁移富集提供了热源。石英网脉带有 3 组，呈“∈”状分布，分布范围与隐伏花岗岩的分布一致，石英脉中及两侧可见白钨矿化、黄铜矿化及辉钼矿化。

矿化带除 1 条赋存于下岩组上岩段底部石英岩西侧外，其余均赋存于上岩组中下岩段云母角闪片岩底部所夹的薄层状矽卡岩化灰岩中，容矿岩石多具碎裂岩化，矿体产状与地层一致，未见越层现象，矿化强度与矽卡岩化及绿泥石化有关，当绿泥石含量高时，矿化则强烈，反之较弱。

2　矿床地球化学特征

2．1　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，一般液相大于气相，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见表 1、2。

表 1　矿床石英包裹体液相成分

Table 1　Quartz inclusion liquids composition of deposit　　$w_B/10^{-6}$

序号	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	$w(Na^+)/w(K^+)$	$w(Cl^-)/w(F^-)$
1	0.218	0.092	0	0.001	0.022	0.011	0.192	2.36	10.09
2	1.99	0.23	0.48	0.30	2.12	1169		8.65	5.89

表 2　矿床石英包裹体气相成分

Table 2　Quartz inclusion gaseous composition of deposit　　$m/(\mu mol \cdot g^{-1})$

序号	CO_2	H_2O	H_2	N_2	CH_4	CO	$m(CH_4)/m(CO_2)$	$m(CO_2)/m(H_2O)$
1	2.15	108.90	0.02	0.05	0.55	0	0.26	0.019
2	2.73	65.49	0.68	10.90	1.94	0.44	0.71	0.04

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表中可见石英包裹体液相成分相对富 Na^+，Cl^-，而贫 Ca^{2+}，Mg^{2+}，F^-，而 SO_4^{2-} 偏高，组分类型为 $Na^+ - Cl^- - (SO_4^{2-})$ 型，反映成矿流体可能主要来源于海水[1]。气相成分中 H_2O，CO_2 含量高，H_2，CH_4 也较高，表明成矿流体在演化过程中有少量有机质存在。

2．2 同位素特征

2．2．1 硫同位素 矿石硫化物硫同位素组成：黄铁矿（3 件）$\delta^{34}S$ 为 10‰～11.7‰，平均 10.57‰；黄铜矿（1 件）$\delta^{34}S$ 为 10.7‰，分布比较集中，与陨石、海洋硫酸盐硫同位素组成均有明显的差别。结合矿床地质特征推断，石英 - 硫化物成矿阶段的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。

2．2．2 氢氧同位素 石英硫化物脉中石英（1 件）实测矿物中 $\delta^{18}O$ 为 +13.3‰，包体水 $\delta^{18}O$ 为 +3.07‰，δD 为 -60‰，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[2]。

2．2．3 铅同位素 矿石硫化物的铅同位素组成如表 3 所示，3 个黄铁矿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 μ 值接近。在铅的构造模式图（图 2）上位于造山带与地幔铅演化线之间的洋底火山岩区，属于深源岩浆（岩）铅，黄铜矿放射铅含量高，在构造模式图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[2]。

表 3 矿床铅同位素组成

Table 3 lead isotope composition of deposit

序号	名 称	$w(^{206}Pb)/w(^{204}Pb)$	$w(^{207}Pb)/w(^{204}Pb)$	$w(^{208}Pb)/w(^{204}Pb)$	模式年龄/ Ma	μ
1	基性熔岩(全岩) *	18.152 0	15.339 5	37.175		9.59
2	黄铁矿	18.099 20	15.541 565	37.686 811	34	9.41
3	黄铁矿	17.983 671	15.499 46	37.662 293	350	9.31
4	黄铁矿 * *	18.039 964	15.480 678	37.599 632	4.24	8.355
5	黄铜矿 * *	18.382 353	18.809 154	38.592 096	198.8	9.24
6	黄铁矿 * * *	18.099 2	15.541 6	37.686 8		9.41
7	黄铁矿 * *	17.983 7	15.499 9	37.662 4		9.31
8	火山岩 * *	18.455 2	15.565 7	38.501 0		9.59

注：*铅同位素已校正；* *据长沙大地构造所黄瑞华等(1995)；* * *核工业部铀矿地质研究所

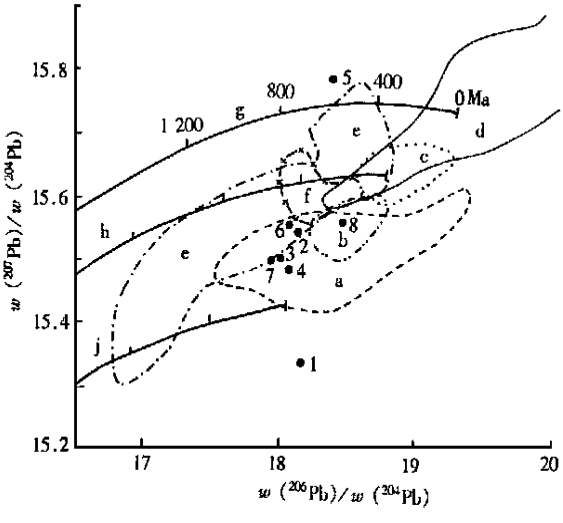


图 2 $w(Pb^{207})/w(Pb^{204})$ - $w(Pb^{206})/w(Pb^{204})$ 图解（据 B. R. Doe & R E. Zartman，1979）

Fig. 2 Diagram of $w(Pb^{207})/w(Pb^{204})$ - $w(Pb^{206})/w(Pb^{204})$ of Xiaoliugou deposit

a —洋底火山岩；b —初生岛弧；c —深海沉积物；d —非克拉通化岛弧；e —克拉通化岛弧；f —壮年期岛弧；g —上地壳铅演化曲线；h —岛弧铅演化曲线；j —地幔铅演化曲线

2．3 成矿温度

矿石矿物石英包裹体均一温度变化范围为 163～372 ℃，平均 225～276 ℃（表 4），表明成矿温度为 163～372 ℃，属中高温。矿石矿物黄铁矿、黄铜矿、石英爆裂温度在 210～350 ℃，与均一温度基本一致（表 5）。

2．4 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平均为 $w(NaCl)$ = 7%～14.8%，为中等盐度（表 4）。根据盐度 - 深度图解（图 3），成矿深度为 260～540 m。根据成矿流体的盐度、温度、密度图解以及计算，其密度较低为 0.9 g/cm³。成矿压力为 180×10^5 Pa 左右。

2．5 成矿氧逸度、硫逸度、二氧化碳逸度

利用李秉伦[4] $\log f_{CO_2}$ - t 关系图解，计算出

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

成矿二氧化碳逸度为 - 0.76～ - 0.84。由成矿流体平衡反应：$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$，考虑理想状态和高温时 f_{H_2O} 可忽略，得出 $\log f_{O_2} - t$ 关系图，取 t = 210～350 ℃，成矿氧逸度为 - 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。

2.6　成矿的 pH、*Eh* 值

经计算 pH 值为 5.04～6.12，据李秉伦 *Eh* - *t* 图解确定成矿时 *Eh* 值为 - 0.51 V，为弱酸性中性还原环境。

2.7　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，总硫浓度为 10^{-3}。表明成矿热液中 H_2S，HS^- 为主要含硫原子团，其中 H_2S 占整个含硫种的 99 %以上。这也充分说明成矿物质沉淀是在中性还原条件下进行的。

表 4　矿床成矿温度、盐度、密度和压力

Table 4　Mineralization temperature, salinity, density and pressure of deposit

样号	矿物名称	均一温度/ ℃		w(NaCl)/ %		ρ/ (g·cm⁻³)	p/ 10^5Pa	校正后温度/ ℃	
		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				

表 5　矿石矿物包裹体爆裂温度

Table 5　Ore mineral inclusion crack temperature

样号	矿物组合	矿物名称	起爆温度/ ℃	爆裂温度/ ℃
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	2 703～20

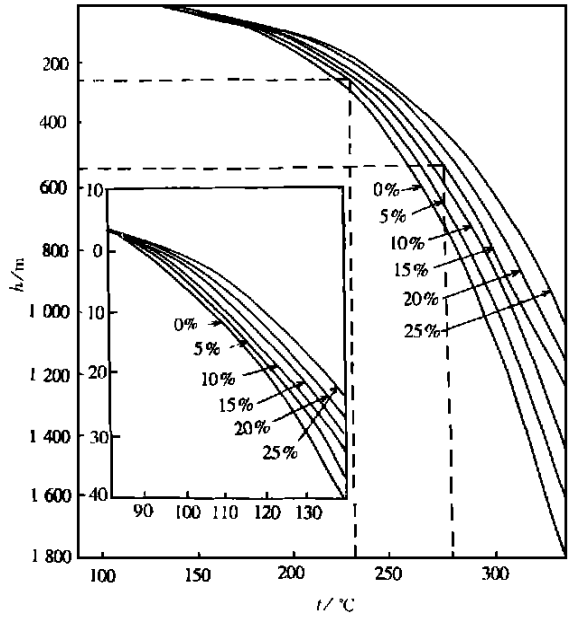


图 3　不同盐度 *w*（NaCl）—*w*（H_2O）溶液沸腾曲线的深度温度图解[1]

Fig. 3　Depth vs. temperature diagram showing curves of *w* (NaCL) - *w* (H_2O) solution for differeat salinities

3　结论

（1）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，成矿物质既有浅源的，又有深源物质的加入，其成矿物理化学环境为：成矿流体为 $Na^+ - Cl^- - (SO_4^{2-})$ 型，pH = 5.04 - 6.12，*Eh* = - 0.51 V，$\lg\alpha_{H_2S}$ 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，即相对还原的弱酸性混合溶液。

（2）成矿温度变化不大，为 210～350 ℃，与矽卡岩化形成的温度条件相似，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。

（3）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，岩浆热液携带的成矿

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

物质叠加，形成钨、铜、钼、铋、锡等矿化。矿床可能为火山喷发沉积—岩浆期后热液叠加改造型矿床。朱龙群下岩组上岩段及上岩组中、下岩段可能是其矿源层。

参 考 文 献

[1] 蔡建明，刘若兰. 江西盘古山钨矿流体包裹体及其与成矿关系的研究 [A]. 钨矿地质讨论会文集 [C]. 北京：地质出版社，1981. 9～11

[2] 朱焱龄，李崇佑. 江西南部钨矿床主要矿化特征 [A]. 钨矿地质讨论会文集 [C]. 北京：地质出版社，1981. 436～450

[3] 豆连杰，李 实. 甘肃走廊南山普查报告 [R]. 兰州：甘肃有色地质勘查局，1997. 70～87

[4] 李秉伦，石 岗. 矿物中包裹体成分的物理化学参数图解 [J]. 地球化学，1986，(2)：127～129

GEOLOGICAL - GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND MINERAL RESOURCES OF XIAOLIUGOU Cu - W POLYMETALLIC DEPOSIT IN GANSU

Zhou Tinggui Zhou Jiqiang

(NO.4 Party of Gansu Exploration Bureau, CNNC, Zhangye 734012*)*

Abstract Xiaoliugou tungsten polymetallic deposit occurs in Zhulongguan Group of Changcheng System (upper section of lower rocks formation and middle - lower section of upper rocks formation). The rocks containing minerals are carbonate rocks and igneous rocks. This deposit is a large Cu - W polymetallic deposit associated with Cu, Mo, Bi, Be, V, Sn, Au and Ag. According to mineralizing fluid's average salinity. and density, mineralization pressure, pH, Eh and $\delta^{18}O$, $\delta^{18}(H_2O)$, D (H_2O), all these features prove that mineralizing fluid is neither maginatic water nor seawater, while it is mixed fluid of surface water and constructive water of formation or magmatic water of remelted magma. Therefore, this tungsten polymetallic deposit maybe is a volcanic eruption deposition that has been reformed by later magmatic hot fluid. Zhulongguan Group (upper section of lower rocks formation and middle - lower section of upper rocks formation) perhaps is it's mineral sources stratum.

Key words Cu - W polymetallic deposit; stable isotope; ore - forming materials sources; Gansu; Xiaoliugou

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net