

豫南大别山北麓钼矿床流体包裹体特征

刘清泉^{1,2)}, 李永峰^{1,2,*}, 罗正传^{1,2)}, 黄自力¹⁾, 张智慧¹⁾,

1) 河南省有色金属矿产探测工程技术研究中心, 郑州, 450016;

2) 河南省有色金属地质勘查总院, 郑州, 450052

1 序言

大别造山带为秦岭造山带东延部分, 是中国南北两大板块碰撞拼合的典型地区。区内构造变动频繁, 岩浆活动强烈, 钼、金、银多金属成矿地质条件有利。近年来, 相继发现了汤家坪大型钼矿床和千鹅冲、沙坪沟等超大型矿床(杨泽强, 2008; 罗正传等, 2010, 2013), 同时还发现了一大批中小型矿床, 与东秦岭钼成矿带相连, 构成了中国最大的钼矿省, 探明钼资源储量约 500 万吨(Li et al, 2004; 李永峰等, 2005, 2013; Mao et al, 2011), 成为河南省近几年来实现地质找矿的重大突破地区之一(李俊平等, 2011), 为研究斑岩型矿床提供了良好条件。本文通过大别山北麓部分钼矿床成矿阶段石英中的流体包裹体特征研究, 揭示了成矿流体的演化过程。

2 区域成矿地质背景

大别山北麓位于华北地块与扬子地块交接部位, 属秦岭造山带东延部分。区内地层主要有太古宇变质岩和元古界中深变质岩; 区域构造表现为北西西向龟(山)~梅(山)、桐(柏)~商(城)断裂与燕山晚期大规模的北东、北北东和近南北向断裂组成的构造格架; 区内燕山晚期岩浆活动最为强烈, 岩体分布受断裂系统控制明显, 区内与斑岩型矿化有关的有汤家坪、母山、大银尖、千鹅冲、等斑岩体, 岩浆岩对该地区成矿起关键性的作用。矿床大致呈近东西向成带、南北向成群的空间展布特征, 总体走向沿区域构造线呈北西向狭长带状展布(刘清泉等, 2013)。

3 流体包裹体特征

3.1 流体包裹体类型

通过大量的成矿阶段流体包裹体显微测温结果显示, 大别山北麓钼多金属矿床流体包裹体大致可分为如下 3 类(表 1):

(1) CO₂ 包裹体: 分为纯 CO₂ 包裹体(PC 型)和 CO₂-H₂O 包裹体(C 型)两个亚类。其中纯 CO₂ 包裹体在室温下为两相(CO₂ (g) + CO₂ (l))或单相(CO₂ (g)), CO₂-H₂O 包裹体在室温下为三相(CO₂ (g) + CO₂ (l) + H₂O (l))或两相(CO₂ (l) + H₂O (l))(本文; 王运等, 2009; 李红超等, 2010; Yang et al., 2012; 王玘, 2013)。形态主要为椭圆形、条形、不规则形, 大小 2~20μm。主要分布在早、中期含矿石英脉中。

(2) 含子矿物的多相包裹体(S 型、SW 型和 SC 型): 形态以长条形为主、其次为椭圆形、不规则形, 大小 2~25μm, 一般 3~5μm。多数含 1 个以上的子矿物, 子矿物种类丰富, 汤家坪钼矿流体包裹体中不透明子矿物为赤铁矿、黄铜矿、脆硫锑铅矿等, 透明子矿物主要可能为石盐、钾盐(杨艳等, 2008; 王运等, 2009); 大银尖钼矿含子晶流体包裹体总体不发育(李红超等, 2010); 千鹅冲钼矿和姚冲钼矿流体包裹体中不透明子矿物为黄铜矿等, 不透明子矿物为方解石以及其它未知子矿物(本文; Yang et al., 2012; 王玘, 2013)。该类包裹体主要分布在早、中期含矿石英脉中。

(3) 水溶液包裹体(W 型): 形态呈椭圆状、长条状, 部分包裹体延一个方向分布, 并向延长方向拉长。大小 2~30μm, 一般 2~8μm。石英-萤石脉中包裹体大小明显小于石英-钾长石脉(杨泽强等, 2008)。包裹体在各期石英脉中均可见到, 但以中、晚期脉中数量较多, 在早阶段石英中发现的水溶液包裹体为次生包裹体(本文; 王玘, 2013)。

综上所述,在早阶段石英中,以 CO_2 包裹体和含子矿物的多相包裹体为主,水溶液包裹体很少;中阶段以 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 包裹体、含子矿物的多相包裹体和水溶液包裹体为主;晚期阶段石英中只有水溶液包裹体。

3.2 流体包裹体温度

汤家坪钼矿床流体包裹体均一温度分布在 $115\sim 460^\circ\text{C}$ 之间(杨泽强等, 2008; 杨艳等, 2008; 王运等, 2009), 其中早阶段流体包裹体均一温度 $> 375^\circ\text{C}$, 中阶段流体包裹体均一温度集中在 $235\sim 335^\circ\text{C}$ 之间, 晚阶段流体包裹体均一温度集中在 $115\sim 195^\circ\text{C}$ 之间(王运等, 2009)。含子矿物的多相包裹体升温后, 首先部分均一为气相, 其部分均一温度在 $131\sim 346^\circ\text{C}$ 之间, 继续升温子晶融化, 子晶融化温度在 $214\sim 419^\circ\text{C}$ 之间, 多数集中于 $279\sim 387^\circ\text{C}$ 之间(杨泽强等, 2008); 大银尖钼矿床均一温度的峰值分别表现为 $280\sim 320^\circ\text{C}$ 和 $200\sim 220^\circ\text{C}$ (李红超等, 2010); 千鹅冲钼矿床早阶段流体包裹体均一温度在 $295\sim 396^\circ\text{C}$ 之间, 中阶段流体包裹体均一温度集中在 $211\sim 348^\circ\text{C}$ 之间, 晚阶段流体包裹体均一温度集中在 $137\sim 300^\circ\text{C}$ 之间(Yang et al., 2012); 姚冲钼矿床早阶段流体包裹体均一温度在 $277\sim 380^\circ\text{C}$, 中阶段流体包裹体均一温度集中在 $260\sim 320^\circ\text{C}$ 之间, 晚阶段流体包裹体均一温度集中在 $139\sim 241^\circ\text{C}$ 之间(本文; 王玘等, 2013)。在主成矿期的 CO_2 包裹体和含子矿物的多相包裹体共生, 均一温度相近, 盐度相差较大, 指示成矿流体在被捕获时处于沸腾状态。

3.3 流体包裹体盐度

汤家坪斑岩钼矿床流体包裹体含盐度介于 $1.41\%\sim 48.54\%$ (NaCl) 之间, 具有典型的双配分模式特征, 其一含盐度介于 $1.41\%\sim 15.67\%$ (NaCl) 之间, 主要为 CO_2 包裹体和水溶液包裹体, 其二含盐度介于 $32.6\%\sim 48.54\%$ (NaCl) 之间, 主要为含子矿物的多相包裹体, 这种高盐度的流体包裹体表明该钼矿床的初始成矿流体为高温、较高盐度的岩浆热液, 后期由于大气降水的加入, 盐度逐渐降低(杨泽强等, 2008); 大银尖钼矿床流体包裹体盐度的同样表现出两个峰值, 表现为 $36.06\%\sim 42.78\%$ (NaCl) 高盐度区间和 $5.11\%\sim 9.98\%$ (NaCl) 低盐度区间(李红超等, 2010), 盐度的双峰特征证明了沸腾作用的存在; 千鹅冲钼矿床从早阶段到

晚阶段流体包裹体盐度主要集中在 $2.24\%\sim 11.46\%$ (NaCl)、 $2.2\%\sim 6.37\%$ (NaCl)、 $0.53\%\sim 9.47\%$ (NaCl)(Yang et al., 2012); 姚冲钼矿床流体包裹体盐度, 从早阶段到晚阶段流体包裹体盐度依次主要集中在 $4.9\%\sim 10.3\%$ (NaCl)、 $2.4\%\sim 9.3\%$ (NaCl)、 $0.7\%\sim 6.3\%$ (NaCl), 呈现逐步降低的态势(本文; 王玘等, 2013)。

3.4 流体包裹体演化

流体包裹体研究表明, 大别山北麓钼矿床中发育丰富的原生流体包裹体, 这些包裹体不仅反映了成矿流体的基本特征, 而且揭示了成矿流体的演化。

其中, 早成矿阶段的流体包裹体类型和特征反映了初始成矿流体的性质, 早成矿阶段发育大量 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 包裹体(C型)、纯 CO_2 包裹体(PC型)和含子晶的 CO_2 包裹体(SC型), 流体包裹体均一温度属于高温热液范围, 盐度较高。因此初始成矿流体为高温、高盐度、高氧化性、富 CO_2 、富含金属元素的岩浆热液。

中成矿阶段成矿流体中 CO_2 含量显示出有所下降的趋势, 但依旧发育有大量的 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 包裹体(C型)包裹体, 同时含子晶的包裹体(S型、SW型、SC型)和水溶液包裹体(W型)增多, 包裹体的均一温度总体属于中温热液范畴, 由于 CO_2 逸失导致流体盐度偏高。表明中阶段成矿流体以中温、高盐度、还原性、富 CO_2 、富含金属元素为特征。

晚成矿阶段成矿流体中广泛发育水溶液包裹体(W型)和少量 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 包裹体(C型), 不发育含子晶的包裹体(S型), 萤石中只发育水溶液(W型)包裹体, 说明 CO_2 含量显著下降, 包裹体均一温度属于低温热液温度范围, 盐度较低。

4 结论

大别山北麓钼矿床成矿流体从早阶段到晚阶段由高温、高盐度、较高氧逸度、富 CO_2 的流体向低温、低盐度、贫 CO_2 的流体演化。结合氢氧同位素特征, 含矿石英脉的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值在 $-4.44\%\sim 4.17\%$ 之间, δD 值分布在 $-58\%\sim -84\%$ 之间, 与岩浆水的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 、 δD 值范围基本一致。而且随着成矿作用的进行, 石英的 δD 值由 -58% 降低到 -84% , 说明成矿晚期有大气降水参与热液成矿。因此, 大别山北麓钼多金属矿成矿流体初始为较高盐度的

岩浆流体, 随着成矿作用的进行, 晚期有大气降水参与成矿作用。

本文为国土资源公益性行业科研专项项目(20111107-2)、河南省科技发展计划项目(112102313112)和中国地质调查局项目(12120113091200)的成果。

参考文献

李红超, 徐兆文, 陆现彩, 王旭东, 陈伟, 翟东兴. 2010. 河南新县大银尖钼矿床流体包裹体研究. 高校地质学报, 16(2): 236~246.

李俊平, 李永峰, 罗正传, 谢克家. 2011. 大别山北麓钼矿找矿重大进展及其矿床地质特征研究. 大地构造与成矿学, 35(4): 576~586.

李永峰, 毛景文, 胡华斌, 郭保健, 白凤军. 2005. 东秦岭钼矿类型、特征、成矿时代及其地球动力学背景. 矿床地质, 24(3): 292~304.

李永峰, 李俊平, 罗正传, 谢克家. 2013. 河南省新县墨斗河钼多金属矿床地质特征及找矿远景. 地质找矿论丛, 28(1): 20~26.

李永峰, 刘清泉, 谢克家, 罗正传. 2013. 豫南大别山地区钼矿床类型及成矿时代. 地质论评, 59(Z): 505~506.

刘清泉, 柳玉虎, 李永峰, 罗正传, 谢克家. 2013. 大别山北麓斑岩型钼矿床成矿地质条件及矿床成因. 地质找矿论丛, 28(1): 27~33.

刘清泉, 李永峰, 罗正传, 谢克家. 2013. 大别山北麓斑岩型钼矿床成矿机制浅析. 地质论评, 59(Z): 528~529.

罗正传, 李永峰, 王义天, 王小高. 2010. 河南大别山北麓河南新县大银尖钼矿床钼矿 Re~Os 同位素年龄及其意义. 地质通报, 29(9): 1349~1354.

罗正传, 李永峰, 刘清泉, 魏明君, 李毅, 谢克家. 2013. 大别山北麓钼矿床地质特征及成矿时代. 地质论评, 59(Z): 315~316.

王玘, 杨永飞, 糜梅, 李忠烈, 王丽娟. 2013. 河南省新县姚冲钼矿床流体包裹体研究. 岩石学报, 29(1): 107~120.

王运, 陈衍景, 马宏卫, 徐友灵. 2009. 河南省商城县汤家坪钼矿床地质和流体包裹体研究. 岩石学报, 25(2): 468~480.

杨艳, 张静, 刘家军, 孙亚莉, 李晶, 杨泽强. 2008. 河南汤家坪钼矿床流体成矿作用研究. 中国地质, 35(6): 1240~1248.

杨泽强, 万守全, 马宏卫, 唐中刚. 2008. 河南商城县汤家坪钼矿床地球化学特征与成矿模式. 地质学报, 82(6): 788~794.

Li Y F, Mao J W, Guo B J, Shao Y J, Fei H C, Hu H B. 2004. Re-Os isotopic dating of molybdenites in the Nannihu Mo(W) orefield in the eastern Qinling and Its Geodynamic Process. Acta Geologica Sinica(English Edition), 78(2):463-470.

Mao J W, Xie G Q, Bierlein F. 2008. Tectonic implications from Re-Os dating of Mesozoic molybdenum deposits in the East Qinling-Dabie orogenic belt. Geochim. Cosmochim. Acta, 72(18): 4607-4626.

Yang Y F, Chen Y J, Li N, Xu Y L, Li F L, Wan S Q. 2012. Fluid inclusion and isotope geochemistry of the Qian'echong giant porphyry Mo deposit. Journal of Geochemical Exploration, 1~12.

表 1 大别山北麓钼多金属矿床流体包裹体显微测温结果

阶段	矿床	矿物	类型	T _{m, CO2} (°C)	T _{m, ice} (°C)	T _{m, cln} (°C)	T _{m, NaCl} (°C)	T _h (°C)	W (wt%NaCl _{eqv})	来源
早	汤家坪	石英	C			-2.5~4.8		259~460	66.58~78.60	王运等, 2009
			S				260~517	326~517	35.33~62.10	
	大银尖	石英	W					173~383	1.06~16.62	李红超等, 2010
			S	-56.8~-58.6			227~452	302~452	33.31~53.51	
	千鹅冲	石英	W					295~396	2.0~8.8	Yang et al., 2012
			SC	-57.0~-58.6	-7.8~-1.3	5.1~9.0		257~400	2.2~11.5	
			SW					337~422	2.8~5.3	
	姚冲	石英	C	-58.4~-56.6				211~391	2.1~11.6	本文;
			SC	-57.5~-57.3				277~380	4.9~10.3	
	汤家坪	石英	C					303~354	3.0~10.3	王玘等, 2013
			S					227~380	4.32~19.16	
		大银尖	石英	C					214~385	214~385
W					-0.1~-14.8	-5.4~9.8		157~340	0.41~19.51	
中	千鹅冲	石英	C	-57.0~-59.0				282~434	8~18.47	Yang et al., 2012
			W		-7.4~-0.6	6.6~8.9		211~348	2.2~6.4	
			SC	-57.1~-58.0				146~370	1.1~11.0	
	姚冲	石英	SW					263~301	5.3~6.5	本文;
			C	-59.4~-56.6	-7.1~-0.7	6.5~7.2		160~331	1.2~10.6	
			W		-7.9~-2.7	4.9~8.8		228~351	2.4~9.2	
汤家坪	石英	SC	-59.5~-57.0				186~314	4.5~9.3	王玘等, 2013	
		SW					198~309	3.4~9.2		
		W		-5.4~-3.0	4.9~8.3		185~251	5.0~8.4		
晚	汤家坪	石英	W					116~234	1.91~9.98	王运等, 2009
			W		-6.6~-1.1			162~334	0.35~15.86	
	大银尖	石英	W		-0.2~-11.9			137~297	0.5~9.5	李红超等, 2010
			W		-6.2~-0.3			143~299	2.3~8.2	
	千鹅冲	石英	SW					188~300	0.9~5.9	Yang et al., 2012
			W		-5.3~-1.3			188~300	0.9~5.9	
姚冲	萤石	W							本文;	
		W		-3.6~-0.5			185~245	3.8~6.3		
姚冲	石英	C	-56.7~-57.0			6.7~8.1		139~241	0.7~6.2	王玘等, 2013
		W								