

小秦岭文峪—东闯金矿床流体包裹体的微量元素及成因意义

徐九华¹, 谢玉玲¹, 刘建明², 朱和平²

(1. 北京科技大学资源工程系, 北京 100083; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

[摘要] 运用热爆法提取和 ICP-MS 技术, 研究了小秦岭文峪—东闯金矿不同阶段脉石英流体包裹体的稀土和微量元素。数据表明, 石英流体包裹体的 LREE 相对富集, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 为 3.19 ~ 8.45, 且从早阶段至晚阶段该比值有增长之势。轻重稀土分馏程度不大, 存在着一定的 Eu 异常。流体中 Cu、Zn、Mo、W、Pb 等微量成矿元素的富集系数远大于 1。结合太华群变质岩系、文峪花岗岩体的 REE 和 Cu、Pb、Zn 等微量元素特征, 认为金矿床的成矿物质主要来自太华群变质岩系。

[关键词] 稀土元素 微量元素 流体包裹体 ICP-MS 小秦岭金矿

[中图分类号] P618.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2004)04-0001-06

位于豫陕边界的小秦岭金矿田是我国著名的金成矿区带。矿田处于太古宙绿岩带内, 南北分别以小河断裂和太要断裂为界, 东西延伸达 140km。长期以来关于该区金矿床的成因一直是争论的焦点, 早期学者将矿床归属为变质热液型^[1], 也有人认为属沉积变质—岩浆热液叠加改造型^[2]或岩浆期后热液型^[3,4]。Xu 等^[5]、Jiang 等^[6]认为成矿流体源于上地幔和/或下地壳的重熔(燕山晚期文峪花岗岩)并受到大气降水的混合, 而成矿物质则来自太华群。范宏瑞等^[7]近来提出变质热液叠加岩浆热液的成因观点。本文通过文峪—东闯金矿床脉石英的流体包裹体微量元素特征研究来探讨成矿流体的来源。

1 研究样品和测定方法

研究样品采自小秦岭文峪—东闯金矿。该矿床位于小秦岭中段晚燕山期文峪花岗岩体之南的新太古界太华群地层中(图 1)。主要的含金石英脉受近东西向韧性剪切带控制, 赋矿围岩为太华群间家峪组斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩及各种类型的混合岩。成矿阶段分为黄铁矿—石英阶段(I)、石英—黄铁矿阶段(II)、含铁碳酸盐—多金属硫化物阶段(III)和石英—方解石阶段(IV)^[8], 其中 II、III 阶段为金的主要矿化阶段。镜下观测表明各阶段的脉石英中都含有丰富的原生流体包裹体, 主要类型为富

CO₂ 的低盐度水溶液包裹体, 偶见含子矿物的 H₂O—NaCl—CO₂ 体系多相包裹体。I~IV 阶段原生包裹体的均一温度分别为 220℃~360℃、200℃~280℃、180℃~280℃和 180℃~240℃^[9], 与其他研究者报道的基本一致^[7]。

选择了代表性的石英样品, 应用热爆提取技术和电感耦合等离子质谱(ICP-MS)方法对包裹体中的微量元素(包括稀土元素)组成进行了测定。送测石英样品+60~-40目, 样重 5g 左右, 样品纯度 >99%。样品的预处理方法为: 在 100℃爆裂释放一次以消除次生包裹体的影响, 尔后在 400℃爆裂 15 分钟, 冷却后加 3ml 的 5% HNO₃ 溶液, 超声震荡 15 分钟, 离心, 溶液装入处理干净的小塑料瓶以备测定微量元素用。采用 ICP-MS 的方法^[10], 对石英流体包裹体中的稀土元素进行了测试。测试在核工业地质测试研究中心进行, 实验仪器为 Finnigan MAT 生产的 ELEMENT 型等离子质谱仪, 分辨率 300, RF 功率 1.25kW。其他实验条件为: 样品气流速 1.04L/min, 辅助气流速 0.96L/min, 冷却气流速 14.0L/min, 分析室真空 6×10^{-6} Pa。包裹体中气相成分分析在中科院地质与地球物理研究所进行, 实验仪器为 RG202 四极质谱仪^[11]。为了探讨成矿流体稀土元素的演化, 对文峪花岗岩和太华群变质岩也进行了全岩稀土元素的补充分析。

[收稿日期] 2003-06-23; **[修订日期]** 2003-08-05; **[责任编辑]** 曲丽莉。

[基金项目] 中国科学院知识创新工程项目(编号: KZCX1-07)和教育部博士点基金(编号: 20030008018)资助。

[第一作者简介] 徐九华(1951年-), 男, 1998年毕业于中国地质大学, 获博士学位, 教授, 现主要从事矿床学研究和教学工作。

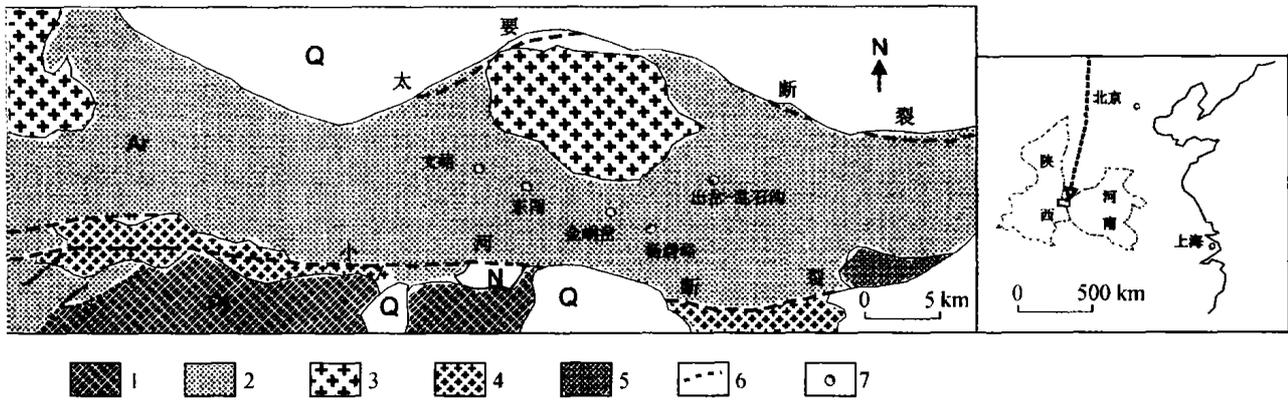


图1 小秦岭金矿带区域地质略图[据林宝钦等(1989)和黎世美等(1996)综合修绘]

Q—第四系; N—第三系; 1—中元古界; 2—新太古界太华群; 3—晚燕山期文峪花岗岩; 4—熊耳期花岗岩; 5—中岳期花岗岩; 6—断裂; 7—金矿床位置

2 分析结果

2.1 稀土元素特征

由 ICP-MS 测定的脉石英流体包裹体微量元素组成列于表 1。分析稀土元素特征时考虑到样品中包裹体数量对测试数据的影响, 利用四极质谱分析的水含量求得单位包裹体水的 REE 含量, 然后再用球粒陨石标准化(表 1)。表 1 数据表明脉石英流体包裹体的轻重稀土分异程度不太大, $(La/Yb)_N$ 为 1.97 ~ 4.79。LREE 相对富集, $\Sigma LREE/\Sigma HREE$ 为 3.19 ~ 8.45, 且从早阶段至晚阶段该比值有增长之势。轻稀土分馏程度 $(La/Sm)_N$ 一般大于重稀土的 $(Gd/Yb)_N$ 。存在着一定的 Eu 异常, 早阶段的脉石英表现为 δEu 负异常, 为 0.64 ~ 0.68, 而多金属硫化物阶段的脉石英则表现为 δEu 正异常, 为 1.36 ~ 6.77。在 REE 配分模式图中, 分布曲线呈较弱的右倾之势(图 2)。

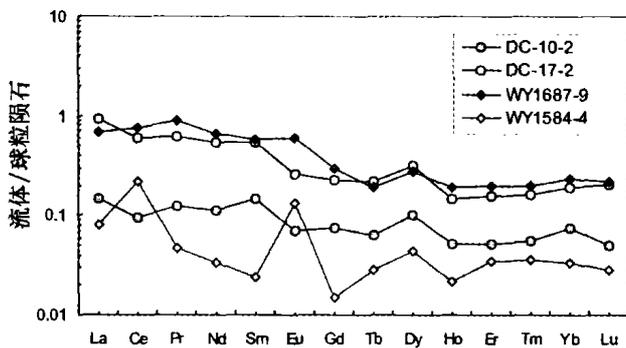


图2 小秦岭文峪—东闯金矿脉石英流体包裹体的稀土元素配分模式图

2.2 其他微量元素特征

ICP-MS 分析结果还给出了流体包裹体的 Li、

Ti、V 等 20 余种微量元素含量, 引用包裹体水进行校正, 得到金矿床脉石英中包裹体的微量元素含量(表 2)。表中数据说明, 相对于上地幔元素丰度或中国陆壳元素丰度^[12], 文峪—东闯金矿床成矿流体中微量元素明显地富集或贫化。富集系数(流体中含量/上地幔元素丰度或中国陆壳元素丰度)大于 1 的元素主要为金属成矿元素, 如 Cu、Zn、Mo、W、Pb、Bi 等(图 3)。它们在成矿流体中富集, 在矿石沉淀过程常以金属硫化物形式与金银矿物伴生, 如黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等。富集系数小于 1 的元素有 2 类, 一类为铁族元素(Ti、V、Cr、Mn、Fe), 另一类为稀有(Nb、Ta)、稀土(见前)和放射性元素(Th、U)。显然这些元素在成矿流体中亏损, 在金矿床的矿物共生组合中罕见。Fe 虽然在成矿流体中相对较贫, 但由于其绝对含量仍然较高, 所以当 S 逸度高时以黄铁矿产出, CO₂ 含量高时以菱铁矿或铁白云石产出。

3 讨论

3.1 太华群—文峪岩体—含金石英脉的 REE 演化

前人对太华群斜长角闪岩、片麻岩、混合岩、文峪花岗岩及含金石英脉进行了 REE 研究^[4,13], 结合我们做的结果得出主要认识如下:

1) 太华群斜长角闪岩具有最小的 ΣREE , 而片麻岩、文峪花岗岩则具有较大的 ΣREE 。据胡志宏等^[13]均质混合岩的 ΣREE 可达 1256×10^{-6} 。这与 REE 含量分布从超基性—基性岩到酸性岩、碱性岩逐渐增加的规律是一致的。含金石英脉的 ΣREE 平均为 78.66×10^{-6} (表 3), 总体上小于花岗岩和变质岩。王祖伟^[14]的资料也表明, 从太华群到文峪—华山花岗岩, ΣREE 增加。太华群变质岩在燕山期的深部重熔过程中, 稀土元素受局部熔融过程不相

表1 小秦岭文峪—东闯金矿脉石英流体包裹体的稀土元素测定结果(H₂O和球粒陨石标准化) $\omega_B/10^{-6}$

样品特征	DC-10-2	DC-17-2	WY1687-9	WY1584-4	球粒陨石平均值
	V507 2110m	V507 1940m	V505 1687m	V505 1584m	(22),
	黄铁矿石英脉 (I)	黄铁矿方铅矿石英脉 (II)	多金属硫化物石英脉 (III)	粗晶方铅矿石英脉 (III)	赫尔曼,1977
La	0.148	0.920	0.683	0.080	0.32
Ce	0.093	0.599	0.763	0.221	0.94
Pr	0.125	0.624	0.894	0.046	0.12
Nd	0.113	0.546	0.666	0.034	0.60
Sm	0.146	0.544	0.579	0.024	0.20
Eu	0.071	0.262	0.592	0.133	0.073
Gd	0.074	0.225	0.294	0.015	0.31
Tb	0.064	0.217	0.191	0.029	0.05
Dy	0.100	0.312	0.278	0.044	0.21
Ho	0.051	0.146	0.191	0.021	0.073
Er	0.051	0.154	0.196	0.034	0.21
Tm	0.055	0.161	0.197	0.036	0.033
Yb	0.075	0.192	0.231	0.033	0.19
Lu	0.050	0.207	0.219	0.028	0.031
H ₂ O	246.397	174.601	42.020	567.794	
流体的ΣREE	0.0129	0.0335	0.1404	0.0149	
LREE/HREE	3.19	5.85	5.90	8.45	
(La/Yb) _N	1.97	4.79	2.96	2.39	
(La/Sm) _N	1.01	1.69	1.18	3.31	
(Gd/Yb) _N	0.99	1.17	1.27	0.45	
δEu	0.64	0.68	1.36	6.77	

注:稀土元素为ICP-MS方法测试,水为四极质谱法测。由中国科学院地质与地球物理研究所朱和平等测。

表2 小秦岭文峪—东闯金矿脉石英流体包裹体的微量元素(除REE外)含量 $\omega_B/10^{-6}$

样号	DC-10-2	DC-17-2	WY1687-9	WY1584-4	中国陆壳元素丰度 (黎彤,1988)	上地幔丰度 (黎彤,1976)
Li	55.32	40.95	18.54	34.30	44	4.1
Ti	52.49	36.39	50.87	7.70	6600	2500
V	0.22	0.96	4.87	0.23	99	80
Cr	5.06	20.89	7.81	1.84	63	1600
Mn	143.38	164.54	104.0	33.88	780	1600
Fe	41085	16558	63295	663.0	50800	95000
Co	25.06	8.18	43.48	0.0658	32	160
Cu	14168	3694	26971	120.1	38	40
Zn	401	88.07	551.2	53.52	86	60
Sr	244.1	190.2	306.9	232.2	690	120
Y	0.130	0.320	0.369	0.0542	27	5
Zr	0.104	0.132	0.60	0.028	160	50
Nb	0.0078	0.0058	0.147	0.0068	34	6
Mo	17.64	7.87	1.10	0.47	2	0.6
Rh	216.97	295.7	1341.4	91.66	0.001*	0.02
Cs	29.75	35.59	32.27	27.42	1.4*	0.3
Ba	53.31	47.13	89.46	113.67	610	76
W	13.34	4.41	5.11	2.05	2.4	0.3
Pb	3189	560.5	1115.3	94.1	15	2.1
Bi	1.614	1.178	2.66	0.140	0.0043*	0.0025
Th	0.073	0.056	0.045	0.038	17	0.75
U	0.0301	0.065	0.088	0.011	5.6	0.13
Mo/W	1.323	1.788	0.215	0.229		
Cu/Zn	35.269	41.944	48.931	2.243		
Pb/Zn	7.938	6.364	2.023	1.759		
Pb/Cu	0.225	0.152	0.041	0.784		
Sr/Ba	4.579	4.037	3.431	2.043		

注:测试方法同表1;带“*”者为全球陆壳元素丰度。

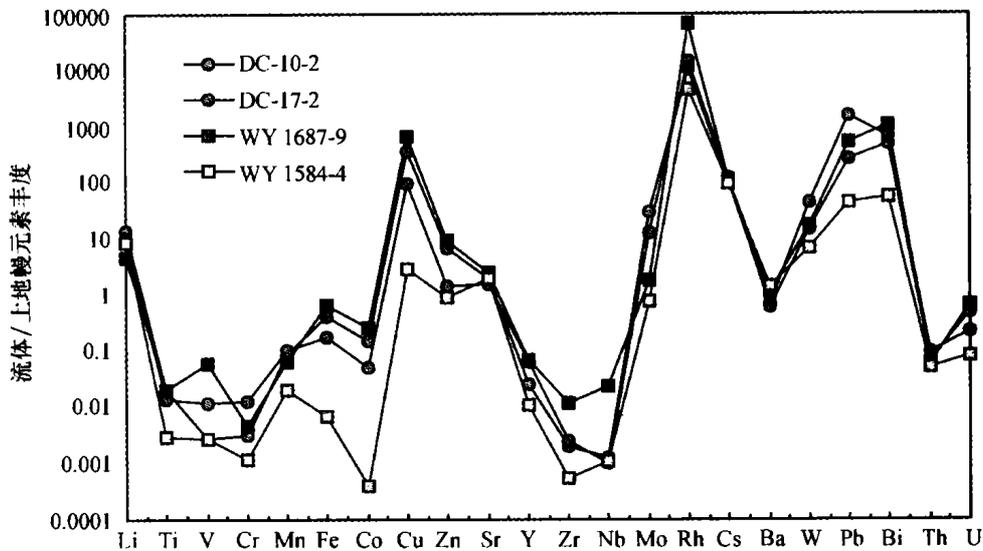


图3 小秦岭文峪—东闯金矿脉石英流体包裹体的微量元素含量分布图

表3 小秦岭文峪花岗岩和太华群变质岩的稀土元素组成

元素	$\omega_B/10^{-6}$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	WG-1 文峪花岗岩 (粗粒)	WG-2 文峪花岗岩 (细粒)	Y0352 太华群斜 长角闪岩	Y0535 太华群斜 长片麻岩	文峪花岗 岩(13)	含金石英 脉(10)	太华群斜 长角闪岩 (11)	太华群斜 长片麻岩 (9)	浅粒岩变 粒岩(4)
La	49.93	194.69	6.5	51.63	40.77	21.4	14.7	31.7	34.4
Ce	78.38	365.67	15.29	96.79	79.25	30.8	30.9	59.7	64.4
Pr	8.25	36.76	1.94	10.49	9.98	3.9	3.8	7	6.37
Nd	30.27	125.67	10.03	37.77	25.34	13	13.4	25.4	25.6
Sm	4.89	18.42	3.03	6.24	4.98	2.6	3.8	4.7	3.8
Eu	0.96	1.45	1.04	0.89	1.23	0.67	1.22	1.14	0.78
Gd	3.68	12.44	5.04	5.24	3.94	1.98	4.16	4.19	2.78
Tb	0.4	1.41	0.69	0.76	0.4	0.27	0.7	0.66	0.38
Dy	2.66	8.18	4.26	3.7	2.24	1.69	4.09	2.83	2.06
Ho	0.56	1.68	1.02	0.7	0.68	0.36	0.98	0.62	0.43
Er	1.58	4.05	2.39	1.86	1.13	0.95	2.6	1.66	1.13
Tm	0.24	0.49	0.34	0.25	0.17	0.15	0.37	0.28	0.17
Yb	1.66	2.97	2.16	1.4	1.25	0.73	2.63	1.66	1.26
Lu	0.26	0.51	0.28	0.25	0.17	0.16	0.37	0.21	0.14
Σ REE	183.72	774.39	54.01	217.97	171.53	78.66	83.72	141.75	143.70
LREE/HREE	15.64	23.41	2.34	14.39	16.19	11.51	4.27	10.71	16.21
$(La/Yb)_N$	17.86	38.92	1.79	21.90	19.37	17.41	3.32	11.34	16.21
$(La/Sm)_N$	6.38	6.61	1.34	5.17	5.12	5.14	2.42	4.22	5.66
$(Gd/Yb)_N$	1.36	2.57	1.43	2.29	1.93	1.66	0.97	1.55	1.35
δEu	0.72	0.30	0.91	0.51	0.90	0.95	1.03	0.84	0.76

注：序号1~4地质科学院岩矿测试所测定；序号5~9据黎世美等(1996)，括弧内数据为样品数。

容元素在熔体/岩石间分配系数的影响,在花岗岩浆中富集。重熔之初,稀土元素在熔体中含量与残余变质岩中含量之比值 C_L/C_0 最大。随着重熔比例增加、大规模岩浆的形成, C_L/C_0 逐渐减小,此时形成的 $H_2O - CO_2$ 流体由于不混溶而不参与岩浆的成分,它们沿着韧性剪切带上升形成含金石英脉,具有比花岗岩浆小的 Σ REE。石英中流体包裹体的 Σ REE 数值上小于石英脉的,可能与包裹体没有充

分爆裂有关。范建国等^[15]的结果也与此相似。

2) 从轻重稀土元素分异程度来看,文峪岩体的 Σ LREE/ Σ HREE 最大,黎世美等^[4]的数据为 16.19,王祖伟的为 17.39^[13],我们的为 15.64~23.4。因此,在稀土元素配分模式图中含量曲线明显右倾(图4)。文峪岩体稀土元素的 $(La/Yb)_N$ 大于 10,反映了同熔型花岗岩的特点,成岩物质来源于下地壳和上地幔。太华群的 Σ LREE/ Σ HREE 较小,其中

斜长角闪岩的为 4.27(黎世美等)、7.66(王祖伟)和 2.34(本文),斜长片麻岩的为 10.7(黎世美等)和 14.39(本文)。含金石英脉的 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 为 11.51,石英包裹体的为 3.19 ~ 8.45(平均 5.84),明显地小于文峪花岗岩的,而略大于太华群变质岩的。这也可用太华群深熔作用来解释,由轻重稀土在熔体/岩石间的分配系数看,LREE 比 HREE 更易于富集在岩浆中,随着局部熔融程度增

加, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 增大,从而使花岗岩浆具有最大的 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$,而残留的太华群仍具有较低的 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 。重熔晚期产生的 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 流体及其形成的含金石英脉具有略高的 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 。由于 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 是比值关系,所以石英中包裹体的爆裂多少对该参数没有影响。总之, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 反映了成矿物质与太华群有着更密切的成因联系。

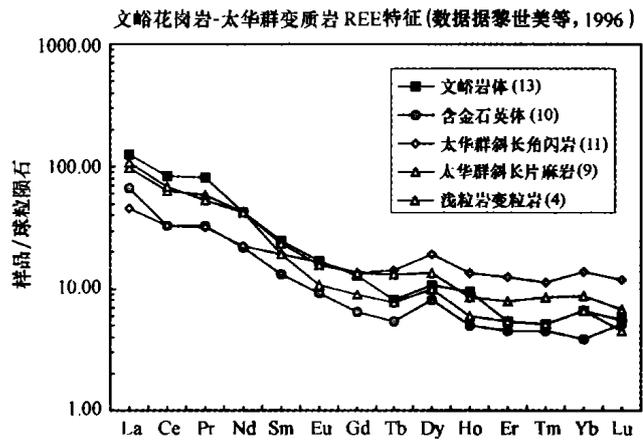
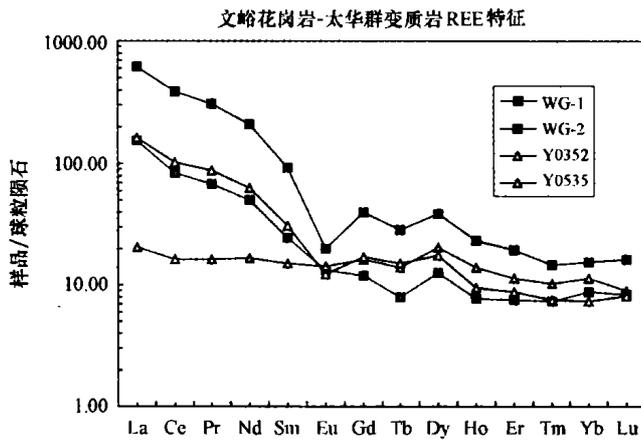


图 4 小秦岭文峪花岗岩和太华群变质岩的稀土元素组成配分模式图

3.2 成矿流体中重金属元素的来源

与 Au 密切共生的重金属元素,如 Cu、Zn、Pb 等在包裹体溶液中具较大的富集系数。这是太华群深熔过程中,Cu、Zn、Pb 等相容元素受分配系数的控制在流体中逐渐富集的结果。太华群斜长角闪岩(34 件样)^[4]的 Cu、Zn、Pb、Mo 含量分别为 31.8×10^{-6} 、 119.2×10^{-6} 、 9.64×10^{-6} 、 0.68×10^{-6} ,斜长片麻岩(14 件样)的分别为 8.85×10^{-6} 、 71.7×10^{-6} 、 12.0×10^{-6} 、 1.1×10^{-6} ,而文峪花岗岩的分别为 7.95×10^{-6} 、 55.2×10^{-6} 、 16.5×10^{-6} 、 0.38×10^{-6} 。除 Pb 以外,其他元素在花岗岩中都减少了。在太华群大规模的深熔过程中,这些微量元素并没有富集到岩浆中去,而是随着 $\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 流体的产生富集到含矿流体中,这就是金矿床流体包裹体中微量元素高度富集的可能原因之一。因此,成矿流体中重金属元素来自太华群变质岩系,而不是文峪花岗岩。

3.3 小秦岭金矿成因

小秦岭金矿的成矿时代是矿床成因的关键问题之一。早期较有说服力的观点是矿床形成于燕山晚期,其依据是含金石英脉穿切广布的辉绿(玢)岩脉(148Ma ~ 182Ma)、文峪花岗岩(108Ma),而被煌斑岩(76Ma)穿插^[2,3]。李华芹等^[16]的脉石英包裹体 Rb-Sr 等时线年龄(161Ma),王义天等^[17]的蚀变岩 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄(126Ma ~ 128Ma)都对燕山期成矿

说有利,但这些成矿年龄都大于文峪岩体成岩年龄。卢欣祥等^[18]认为印支期是小秦岭-熊耳山地区重要的金成矿期。薛良伟等^[19]的矿脉包裹体 Rb-Sr、 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄(2005Ma ~ 2382Ma)使得矿床成因问题更为复杂。从本次微量元素和稀土元素测定结果,并结合其他地质地球化学资料来看,不能简单地认为成矿物质来源于文峪花岗岩。Colvine^[20]曾指出,脉金矿床的成矿流体在 5km 深处参与了金的成矿作用,流体的岩浆论或变质论只是语义学问题。在小秦岭金矿糜棱岩带缓慢的形成过程中,深部流体(在中生代碰撞造山作用期间)源源不断地向含矿糜棱岩带汇集。据稳定同位素资料,大气水环流在成矿后期也起了重要作用。总之,小秦岭地区金矿的成矿流体大部分不是晚燕山期花岗岩侵位后衍生的,而与花岗岩的起源相似,是太华群深熔作用的同源产物(不混溶产物)。它们在燕山期构造热事件中沿着各自通道上升侵位,分别成矿和成岩。

[参考文献]

[1] 林宝钦,陶铁镛,李广远,等. 豫陕小秦岭地区太古宙主要含金地层地质特征研究[A]. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(3)[C], 北京:地质出版社,1989,1~40.
 [2] 王定国,张宏儒,华西霞,等. 河南小秦岭金矿主要控矿条件及盲矿预测[A]. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(3)[C]. 北京:地质出版社,1989. 47~83.
 [3] 晁 援,卫旭晨. 陕西小秦岭金矿控矿条件及脉体评价标志

- [A]. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(3)[C]. 北京:地质出版社, 1989, 87~140.
- [4] 黎世美, 瞿伦全, 苏振邦, 等. 小秦岭金矿地质和成矿预测[M]. 北京:地质出版社, 1996.
- [5] Xu Jiuhua, Xie Yuling, Jiang Neng, et al. Mineralogical, fluid inclusion, and stable isotope study of Wenyu - Dongchuang gold deposits in the Xiaoqinling Mt. Area, west Henan, China[J]. Explor. Mining Geol. 1998, 7(4): 321~332.
- [6] Jiang Neng, Xu Jiuhua, Song Mianxin, Fluid inclusion characteristics of mesothermal gold deposits in the Xiaoqinling district, Shaanxi and Henan provinces, People's Republic of China[J]. Mineralium Deposita, 1999, 34: 150~162.
- [7] 范宏瑞, 谢亦汉, 赵 瑞, 等. 小秦岭含金石英脉复式成因的流体包裹体证据[J]. 科学通报, 2000, 45(5): 537~542.
- [8] 徐九华, 何知礼, 申世亮, 等. 小秦岭文峪—东闯金矿床稳定同位素地球化学及矿液矿质来源[J]. 地质找矿论丛, 1993, 8(2): 87~100.
- [9] 徐九华, 谢玉玲, 申世亮, 等. 小秦岭与胶东金矿床的成矿流体特征对比[J]. 矿床地质, 1997, 16(2): 151~162.
- [10] 苏文超, 漆 亮, 胡瑞忠, 等. 流体包裹体中稀土元素的 ICP-MS 分析研究[J]. 科学通报. 1998. 43(10): 1094~1098.
- [11] 朱和平, 王莉娟. 四极质谱测定包裹体中的气相成分[J]. 中国科学(D 辑), 2001, 31(7): 586~590.
- [12] 黎 彤, 倪守斌, 地球和地壳的化学元素丰度[M], 北京:地质出版社, 1990.
- [13] 胡志宏, 周顺之, 胡受奚, 等. 豫西太华群混合岩特征及其与金矿钼化关系[J]. 矿床地质, 1986, 5(4): 71~81.
- [14] 王祖伟. 小秦岭金矿带稀土元素地球化学特征初步研究[J]. 矿产与地质, 1996, 10(3): 155~158.
- [15] 范建国, 倪 培, 苏文超, 等. 辽宁四道沟热液金矿床中石英的稀土元素的特征及意义[J]. 岩石学报, 2000, 16(4): 587~590.
- [16] 李华芹, 刘家齐, 魏 林. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用[M]. 北京:地质出版社, 1993.
- [17] 王义天, 毛景文, 卢欣祥, 等. 河南小秦岭金矿区 Q875 脉中深部矿化蚀变岩的⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄及其意义[J]. 科学通报, 2002, 47(18): 1427~1431.
- [18] 卢欣祥, 尉向东, 董 有. 小秦岭—熊耳山地区金矿时代[J]. 黄金地质, 1999, 5(1): 11~15.
- [19] 薛良伟, 庞继成, 王祥国. 等. 小秦岭 303 号石英脉流体包裹体 Rb-Sr、⁴⁰Ar-³⁹Ar 成矿年龄测定[J]. 地球化学, 1999, 28(5): 473~478.
- [20] Colvine A C. An empirical model for the formation of Archean gold deposits: Products of final cratonization of the Superior Province, Canada[J]. Econ. Geol., Mono. 1989, .6: 37~53.

TRACE ELEMENTS IN FLUID INCLUSIONS OF WENYU - DONGCHUANG GOLD DEPOSITS IN THE XIAOQINLING AREA, CHINA

XU Jiu-hua¹, XIE Yu-ling¹, LIU Jian-ming², ZHU He-ping²

(1. Department of Resource Engineering, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083;

2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract: Trace elements and rare earth elements in fluid inclusions in various quartz of Wenyu - Dongchuang gold deposits in the Xiaoqinling area were studied by using heating decrepitation and ICP-MS technique. The data show that fluid inclusions in quartz are rich in LREE, with 3.19~8.45 of $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ which is increasing from earlier stage to later stage. Fractionation is not clear between heavy and light REE, and abnormality of Eu exists in some samples. Some trace elements in fluid inclusions, such as Cu, Zn, Mo, W and Pb, have enrichment coefficients larger than 1. Based on characteristics of Cu, Pb, Zn, W and REE of metamorphic Taihua group and Wenyu granite, it is believed that ore materials were originated from Taihua group.

Key words: rare earth elements, trace elements, fluid inclusions, ICP-MS, gold deposit, the Xiaoqinling area

“新钻牌”CFG 系列桩机(基础工程)

推广工法、环保产品

钻孔直径: 300~800 mm

钻深: 12 m, 15 m, 18 m, 21 m, 25 m, 30 m

长螺旋钻进成孔、泵压混凝土成桩, 既成孔成桩一机一次完成; 低噪音、无振动。

生产厂家: 河北新河钻机厂

销售热线: 13903192011

地 址: 河北省新河城内南大街 124 号

E-mail: cuiwy@heinfo.net

联系人: 崔文艺(营销经理)

电 话: (0319)4752111(传真)

邮 编: 055650

<http://www.xhzuANJI.com>

