

小秦岭金矿床成矿作用及成矿物质来源

冯建之

(河南省地质矿产勘查开发局 第一地质调查队, 河南 洛阳 471023)

**摘要:** 根据小秦岭地区太华群花岗-绿岩地体的形成和演化, 通过太华群主要地层及岩浆岩常量元素、微量元素、稀土元素组成特征分析, 对金的演化和成矿地球化学、物理化学进行分析探讨。认为本区太华群是金的矿源层, 与金矿空间关系密切的燕山期文峪花岗岩体是太华群及其以下壳幔物质重熔形成的, 它控制本区金异常及金矿的分布, 但是岩体仅作为驱动金富集成矿的热动力, 而没有提供主要的成矿物质来源。小秦岭金矿床为热液型矿床, 成矿热液以岩浆水为主, 混合天水成矿。成矿热液属于弱酸-弱碱性, 成矿温度为中偏高温。

**关键词:** 物质来源; 成矿作用; 成矿热液; 小秦岭金矿

**中图分类号:** P618.51      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-8527(2010)01-0011-07

Mineralization and Material Sources in the Xiaoqinling Gold Deposit

FENG Jian-zhi

(No. 1 Geological Survey Team, Exploration and Development Bureau of Geological and Mineral Resources of Henan Province, Luoyang, Henan 471023, China)

**Abstract:** According to the formation and evolution of granite-greenstone terrain of Taihua Group in the Xiaoqinling district, based on the characteristics of compositions of major elements, trace elements and rare-earth elements, gold evolution, metallogenic geochemistry and physical chemistry in the Xiaoqinling gold deposits are discussed. We think that Taihua Group is one of the gold sources of deposit formation, and the Wenyu granite body of Yanshan stage, in a close relation to the gold deposits in Xiaoqinling district, is formed by remelting of Taihua Group and its below crust mantle substance. The Wenyu granite body controls the gold abnormality and distribution of gold deposits, but it only offers thermal power and offers no gold ore-forming substance. The Xiaoqinling deposits belong to hydrotherm type; the metallogenic hydrotherm is mainly magmatic water, which mixed some meteoric water to form the deposits. The metallogenic hydrotherm belongs to weak acid-alkalescent, and metallogenic temperature is moderately high.

**Key words:** material source; mineralization; metallogenic hydrotherm; Xiaoqinling gold deposit

0 引言

小秦岭金矿是目前国内三大原生金矿成矿区之一, 许多人对其矿床成因进行了研究<sup>[1-7]</sup>, 主要观点有层控型、岩浆期后热液型、造山带型、侧分泌型、剪切带型及地幔热柱型等。关于其成矿作用的深入研究对成矿物质来源的探讨具有十

分重要的意义。

1 花岗-绿岩地体的形成及演化

1.1 矿源层

小秦岭金矿位于华北地块的南缘, 其构造的发育具有显著的多旋回性。沉积作用、岩浆作用、变质作用、构造作用和成矿作用紧密联系, 造成

收稿日期: 2009-01-30; 改回日期: 2009-12-01; 责任编辑: 戚开静。  
基金项目: 河南省国土资源厅地质调查项目(2008)。  
作者简介: 冯建之, 男, 高级工程师, 1967 年出生, 矿物学、岩石学、矿床学专业, 主要从事金属矿产勘探与评价工作。  
Email: fj22386@163.com。

了小秦岭结晶基底的复杂岩貌<sup>[1]</sup>。

在阜平期,小秦岭地区地壳处于高热流值、强活动性环境,固化程度差。早期岩壳为大洋拉斑玄武质熔浆的喷发产物,之后为 TTG 岩系侵入阶段。岩石均变质为片麻岩和片麻状花岗岩,构成下基底。

地壳演化进入五台期,小秦岭地区经历一个较长的稳定沉积阶段,接受观音堂组泥砂质碎屑岩和焕池组碳酸盐岩沉积,代表一个完整的海进序列。岩石变质为变粒岩、浅粒岩、石英岩、大理岩及各类片麻岩,构成上基底。之后产生褶皱回返。五台运动标志华北地区原始地槽阶段的结束和地台南缘结晶基底陆核基本形成。

早元古代中条期,小秦岭地区地壳深部重熔,在  $(1\,748 \pm 25)$  Ma 形成桂家峪角闪二长花岗岩<sup>[1]</sup>。原始太要、小河韧性带和层状面型糜棱岩带形成后,该区遭受一期低绿片岩相区域退变质作用,从此结束了华北陆核早期不稳定状态,形成了地台刚性结晶基底。

自中晚元古代至中—新生代,小秦岭地区稳定抬升,只有不同类型岩浆岩的侵入和岩石的变质变形。期间燕山期文峪等花岗岩体的侵入,与小秦岭地区金矿形成密切相关。

综合上述可知,小秦岭地区经历了 3 次规模较大的深源物质贯入,即  $Ar_3$ 、 $Pt_2$  和  $Pz_2-Mz$ ,因此,现代陆壳至少有 70% ~ 75% 是由 2 500 Ma 以前的岩浆作用形成的。华北地台南缘上、中、下地壳稀土元素特征的相似性就是佐证<sup>[7-10]</sup>。

## 1.2 岩浆岩

小秦岭地区岩浆活动频繁,具多岩类、多成因、多期活动特点,其中以太古宙、元古宙和燕山期花岗岩最发育,其次为各类脉岩。本区花岗质岩石可概略划分为太古宙 TTG 岩系和钾质花岗岩、元古宙钾质花岗岩、中生代燕山期钠质花岗岩。TTG 岩系分早、晚 2 期,主要岩石类型为奥长花岗岩,次为花岗闪长岩、英云闪长岩,这些岩石均已变质为钠质和钾质花岗片麻岩。太古宙、元古宙和燕山期花岗岩的成因分别为镁铁质火山岩重熔壳源物质重熔、太华群和 TTG 岩系壳幔物质重熔及选择重熔<sup>[1-3]</sup>。

## 1.3 区域控矿构造

小秦岭的基本构造格局为伸展体制下形成的“拆离—变质核杂岩构造”,由古老的变质核杂岩体及其南北边界断裂和变质核杂岩体内拆离构造

组成。变质核杂岩体为东西向展布的复背斜,同时发育以近东西向为主的含金脆韧性剪切带的控矿构造。其控矿规律一般是断裂规模和空间密集程度与金矿规模及数量成正比,走向和倾向上的应力引张部位控制矿体。

## 2 基本地球化学特征

小秦岭地区花岗—绿岩中的 Au 含量很低,要形成原生金矿体必须经过分散→运移→富集沉淀的成矿过程<sup>[9-13]</sup>,即  $Au^0$  (分散还原状态)→ $Au^+$ 、 $Au^{3+}$  (氧化状态,可成离子溶液、络合物或胶体溶液运移)→ $Au^0$  (还原、沉淀富集成矿)。Au 由分散到富集要经历氧化→还原、碱性→中性→酸性、高温→低温、高逸度→低逸度、高压→低压等物理化学条件的剧烈变化。整个过程的发生需要强烈的构造岩浆活动、蚀变作用及之后的表生富集作用。小秦岭金矿的形成是多作用、多阶段、多期次、多成因的长期复杂的继承演化结果,与花岗—绿岩的关系密切,因此,研究岩石的地球化学特征是很有意义的。

### 2.1 微量元素

根据小秦岭地区不同岩石单元 98 个样品的分析结果及其与地幔岩石元素比较,本文进行了标准化分析(图 1,表 1)。从表 1 中可知,下基底→上基底→脉岩→花岗岩→蚀变岩及石英脉,元素含量变化规律基本一致,反映成矿元素与地层(岩组)、脉岩、花岗岩密切相关,在蚀变岩及石英脉中高度富集 Au、Ag、W、Mo, Ba 和 Cu 也有所富集。在主要背景岩石单元中,亲铁元素及 Au 多为亏损,在小秦岭地区花岗—绿岩岩体中亏损更为明显。Rb、Be、F、Ba、Hf 及 Th、U 有所富集, Rb 的富集最为明显,其他元素含量接近地幔岩石丰度。Cu、Rb 之后的元素含量与地幔元素丰度相比,多数元素含量有随原子序数的增加而升高的趋势。

### 2.2 稀土元素

了解小秦岭金矿床成矿与各类岩石的关系,在本次工作中系统采集了稀土元素样品,编制了岩石和矿石的  $w(LREE)/w(HREE) - w(\Sigma REE)$  关系图(表 2,图 2)。总体来看岩石与矿石在图中分布比较分散,特别是大湖钼金矿,与其他金矿差异显著。杨寨峪和文峪 2 个金矿分布位置接近;灵湖金矿也具有杨寨峪和文峪金矿的轻重稀土比值特征,但稀土总量有较大差异。

文峪、杨寨峪和灵湖金矿总体反映与斜长角

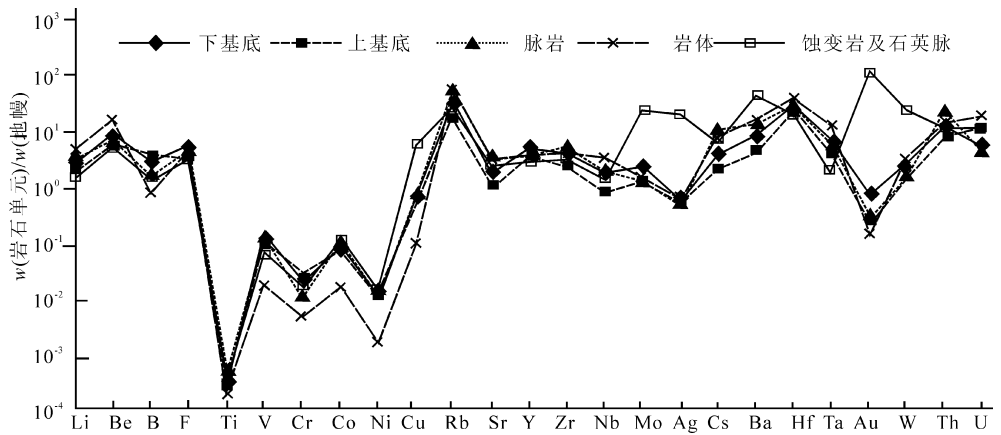


图 1 小秦岭地区不同岩类微量元素演化曲线图

Fig. 1 Different types of trace elements in the evolution curves of rocks in Xiaolingling district

表 1 小秦岭地区不同岩类微量元素含量

Table 1 Trace element contents of different rocks in Xiaolingling district

岩石单元	样品数	Li	Be	B	F	Ti	V	Cr	Co	Ni	Cu	Rb	Sr
下基底	21	11.31	1.82	6.21	953.24	2.19	122.70	40.91	20.57	25.70	28.29	86.28	231.72
上基底	16	7.76	1.13	7.88	530.18	0.98	90.74	49.74	12.83	20.96	20.02	49.81	134.72
脉岩	10	15.03	1.49	3.04	847.16	2.32	113.20	20.24	16.70	19.28	27.73	144.12	346.17
岩体	13	18.81	3.12	1.74	688.68	0.67	15.00	8.05	2.75	2.66	4.02	144.11	397.71
蚀变岩及石英脉*	38	5.68	1.11	2.79	486.64	1.13	56.12	26.00	18.53	22.50	204.36	68.26	368.41
平均值	98	11.72	1.73	4.33	701.18	1.46	79.55	28.99	14.27	18.22	56.89	98.52	295.75

岩石单元	样品数	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cs	Ba	Hf	Ta	Au	W	Th	U
下基底	21	24.85	205.96	11.95	1.47	38.53	1.12	641.86	8.20	0.75	3.97	0.82	9.11	0.71
上基底	16	16.42	126.31	4.99	0.79	35.82	0.69	331.86	6.33	0.41	1.21	0.45	6.11	1.52
脉岩	10	18.20	275.20	12.16	0.84	29.75	3.09	1127.58	8.96	0.62	1.66	0.45	19.10	0.60
岩体	13	19.17	201.38	20.61	0.94	38.91	2.17	1188.98	11.70	1.19	0.73	1.01	11.32	2.46
蚀变岩及石英脉*	38	14.19	164.46	10.48	325.54	1233.54	1.86	5114.39	6.25	0.18	564.73	7.78	9.03	1.85
平均值	98	18.57	194.66	12.04	65.92	275.31	1.78	1680.94	8.29	0.63	114.46	2.10	10.93	1.43

注：Au、Ag 含量的单位为  $10^{-9}$ ，其他元素的单位为  $10^{-6}$ ；蚀变岩及石英脉 Ag、W 样品数为 21 个；样品由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所分析，2008。

表 2 小秦岭地区主要岩石稀土元素平均值 ( $w_H/10^{-6}$ )

Table 2 The rare earth elements average contents of main rocks in Xiaolingling district( $10^{-6}$ )

单元	样品数	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Er	Tm
桂家峪岩体	3	71.32	155.79	19.72	73.30	12.64	3.54	10.11	1.68	9.09	5.25	0.88
闪长岩脉	1	34.76	83.38	10.60	37.96	6.59	1.76	5.02	0.80	4.12	2.31	0.38
辉长辉绿岩脉	4	33.18	63.38	8.90	34.97	7.22	2.24	6.62	1.10	5.83	3.02	0.47
文峪岩体	7	31.09	56.99	6.59	21.87	3.40	0.89	2.39	0.36	1.75	0.96	0.17
娘娘山岩体	3	13.96	26.15	2.93	9.80	1.59	0.45	1.17	0.18	0.94	0.56	0.10
片麻岩类	13	38.11	74.65	9.12	32.33	5.89	1.45	4.93	0.81	4.20	2.20	0.34
斜长角闪岩	6	18.09	37.12	5.22	21.38	5.04	1.61	5.51	1.05	6.19	3.78	0.64

单元	样品数	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE/HREE	La/Yb	δEu	LREE	MREE	HREE
桂家峪岩体	3	5.31	0.81	51.88	423.46	3.88	9.06	0.96	320.35	38.86	64.12
闪长岩脉	1	2.22	0.33	22.65	213.67	4.53	10.56	0.94	166.70	19.08	27.89
辉长辉绿岩脉	4	2.74	0.39	30.35	207.34	2.90	8.17	0.99	140.54	24.33	37.00
文峪岩体	7	1.07	0.17	10.23	138.35	6.93	19.55	0.96	116.58	9.12	12.61
娘娘山岩体	3	0.66	0.11	5.72	64.57	5.71	14.35	1.01	52.89	4.51	7.15
片麻岩类	13	1.94	0.28	22.10	199.15	10.42	13.22	0.82	154.21	18.08	26.86
斜长角闪岩	6	3.97	0.61	35.36	146.84	3.84	3.07	0.94	81.80	20.67	44.37
片麻状花岗岩	5	1.00	0.14	11.62	201.45	20.61	32.00	0.97	175.38	11.99	14.09

注：数据由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所分析，2008。

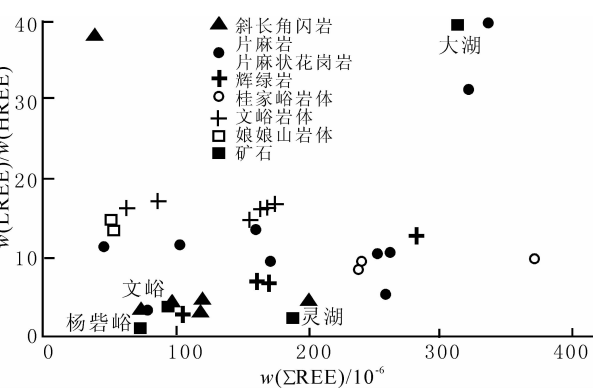


图2 小秦岭金矿岩石、矿石稀土元素分布图  
Fig. 2 The distribution map of rare earth elements of rocks and ores in Xiaolinling gold deposits

闪岩关系密切，它们具有相近的稀土特征；而大湖钼金矿稀土特征则显示与片麻岩类比较接近。所有矿床的稀土特征均与燕山期花岗岩有较大差异，很可能反映金矿成矿与燕山期花岗岩没有成矿物质联系。

3 成矿条件与物质来源分析

3.1 成矿温度压力条件

3.1.1 温度

弗斯特<sup>[1]</sup>总结了 500 多个各种类型金矿形成的均一化温度，一般在 100 ~ 400 ℃ 的范围内，而又以 200 ~ 300 ℃ 之间最多。

陈光远等<sup>[10,14-15]</sup>统计了胶东地区 5 个金矿床

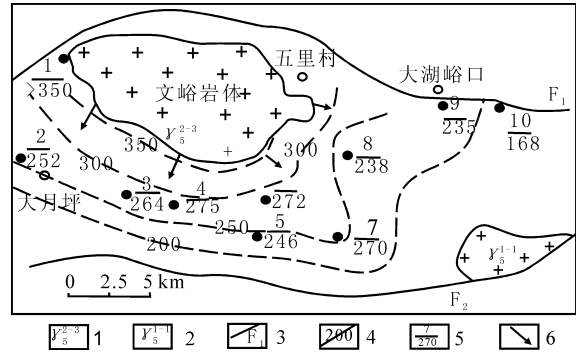


图3 小秦岭地区含金石英脉均一温度变化趋势图  
(据黎世美等<sup>[1]</sup>及本研究组)  
Fig. 3 Homogenization temperature change trends diagram of auriferous quartz vein in Xiaolinling district, Henan (From Li Shimei, et al<sup>[1]</sup> and Exploration and Development Bureau of Geological and Mineral Resources of Henan Province)

1. 燕山期二长花岗岩; 2. 中岳期黑云母化角闪花岗岩; 3. 区域大断裂及编号; 4. 等温线/℃; 5. 矿脉编号及均一温度/℃; 6. 温度变化趋势方向

的爆裂温度，其变化范围为 100 ~ 390 ℃，而又以 250 ~ 350 ℃ 为主。

本研究对小秦岭 12 个金矿床进行了温度测试，得到温度变化范围为 110 ~ 428 ℃，主要温度为 235 ~ 275 ℃，显示了其中温偏高的成因。温度的变化与距文峪花岗岩体距离有关，由岩体向外，矿床的成矿温度有逐渐降低的趋势(图 3)，表明热液来自文峪花岗岩体。说明文峪花岗岩体不但控制了含金石英脉和金矿床的分布，而且控制了金矿床的成矿温度。

3.1.2 pH 值

本研究关于小秦岭金矿床成矿热液 pH 值列于表 3，pH 值变化范围为 3.92 ~ 7.20，主矿化阶段多为 4 ~ 7，表明热液属于弱酸—弱碱性范围。

表3 小秦岭金矿 pH 值统计  
Table 3 pH values of Xiaolinling gold deposits

矿区	pH 值	
	变化范围	平均值
四范沟	3.92 ~ 4.20	4.06
和尚沟	6.90 ~ 7.20	7.00
金渠沟	5.49 ~ 6.95	6.22
大湖	4.77 ~ 5.17	4.97

3.2 Au 元素的演化分析

3.2.1 太华群 Au 的丰度

自 1980 年至今，小秦岭地区花岗—绿岩中 Au 的分析资料<sup>[1-9,12-13,16-24]</sup>约有 1 500 个样品，Au 含量最高为  $5.40 \times 10^{-9}$ ，最低为  $0.50 \times 10^{-9}$ ，一般为  $0.95 \times 10^{-6} \sim 1.86 \times 10^{-6}$  (表 4)。其特征是 Au 丰度低，但含量变化大，变异系数多 > 1，因而具有 Au 的地球化学异常。黎世美等<sup>[1]</sup>在小秦岭采集新鲜辉长辉绿岩测得最高金含量为  $58 \times 10^{-9}$  ~  $68 \times 10^{-9}$ ，采集 14 个新鲜辉长辉绿岩和蚀变辉绿岩样品测得其平均含金量为  $5.84 \times 10^{-9}$ ，表明镁铁质岩石含金较高，即含镁铁质火山岩的太华群是富金的。现在太华群的金含量只是经多期构造—岩浆热事件影响，经活化、迁移、局部富集后残留的不易释放金。

3.2.2 Au 元素的演化

根据样品测试结果统计(表 5)，小秦岭地区 Au 的背景值为  $0.98 \times 10^{-9}$ ，在脉岩、花岗岩中大 幅度降低。在蚀变岩及石英脉中 Au 含量达到  $17.45 \times 10^{-9}$ ，由此可能说明本区成矿的 Au 主要来自地层(岩组)(图 4)。

表 4 太华群地层中金 的丰度对比

Table 4 The gold abundances in Taihua Group stratum

样品数/个	Au 的丰度/10 <sup>-9</sup>	资料来源
102	24	[1]
75	2. 62	[16]
	2. 84	[3]
142	1. 11	[17]
138	0. 71	[18] ①
	0. 5 ~ 5. 4	[19]
337	4. 19	[20] ②
	2. 0 ~ 2. 94	河南省区域地质调查队
258	1. 86	[21] ①
	1. 54	[22] ①
145	2. 46	[23] ①③
	0. 6 ~ 1. 05	[24] ①
27	0. 95	[12] ①
327	1. 03	[1] ①
37	0. 98	本文④

注：①化学光谱法；②斑点法；③据胡正国资料计算；④中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所分析，2008。

太华群中存在易释放金和不易释放金，以前者为主，在地质作用过程中易释放金多被活化、迁移，并富集于金矿床中。易释放金赋存于硫化

物矿物、有机质和炭质中及造岩矿物颗粒之间、矿物表面，难溶金固定于硅酸盐或氧化物中。太华群变质岩金属元素、常量元素聚类分析说明，Au 含量与主要亲硫元素 Ag、Cu 等含量相关，当岩石中没有硫化物矿物时，Au 与绝大多数微量元素没有相关关系。

在成矿作用中，除构造活动进一步叠加外，最重要的是挥发组分活动进一步加强与多种元素的调动与运移。挥发组分 O、H、C、N、S、Cl、F 及造岩组分 K、Na、Ca、Mg、Si 进一步活动，Fe、Ti、Cr、Mn、V、Cu、Pb、Zn、Au、Ag 及 S、Se、Te、As、Sb、Bi 也被调动运移，使蚀变作用进一步加强，出现了矿化与新的矿物组合。这种作用反复进行，使以上元素反复活化、迁移、沉淀，形成具有工业价值的金矿体。

3.3 成矿流体分析

小秦岭地区金矿床中热液成因石英的  $\delta^{18}\text{O}$  值的变化范围较小，为 +6.29‰ ~ +12.69‰(表 6，图 5)。

文峪金矿矿石中  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SiO}_2}$  为 7.59‰；杨寨峪矿区中  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SiO}_2}$  为 10.95；东闯矿区矿石中 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SiO}_2}$

表 5 小秦岭地区不同岩石单元 Au 特征值

Table 5 Au eigenvalue of different types of rock units in Xiaoqinling district

岩石单元	样品数/个	算术算法特征值/10 <sup>-9</sup>					几何算法特征值/10 <sup>-9</sup>	
		平均值 1	$\delta 1$	平均值 2	$\delta 2$	$D$	平均值	$\delta$
岩组	37	2.89	6.29	1.65	2.14	5.16	0.98	3.42
脉岩	10	1.33	2.04	0.65	0.54	6.06	0.66	2.88
花岗岩体	13	0.87	0.62	0.87	0.62	1.00	0.62	2.40
蚀变岩及石英脉	35	335.01	1 379.27	64.55	148.69	48.14	17.45	7.94

注：平均值 1 为全部样品统计值；平均值 2 为背景平均值；叠加矿化强度  $D = (\text{平均值 } 1 \cdot \delta 1) / (\text{平均值 } 2 \cdot \delta 2)$ ； $\delta 1$ 、 $\delta 2$ 、 $\delta$  为离差；数据由中国地质科学院地球物理地球化学勘查所分析，2008。

表 6 小秦岭金矿的氧同位素组成

Table 6 The oxygen isotopic composition of Xiaoqinling gold deposits

矿(床)区	测定矿物	样品数 /个	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SiO}_2}/\text{‰}$		形成温度/℃	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{‰}$	
			变化范围	平均值		变化范围	平均值
文峪矿区 S505	石英	8	6.29 ~ 9.76	7.59	313	-0.22 ~ 3.25	1.08
	方解石	1		10.07			5.36
	白云石	4	8.23 ~ 9.76	9.02		0.41 ~ 1.94	1.20
杨寨峪矿区 S60		4	9.62 ~ 12.53	10.95	275 ~ 325	1.74 ~ 6.39	3.94
灵湖矿区	石英	2	10.1 ~ 11.5	10.80	265 ~ 290	1.82 ~ 4.20	3.01
		2	10.86 ~ 12.69	11.78	367	5.88 ~ 7.71	6.80
东闯矿区			1		10.66		
		2		10.87			5.71

注：数据据本研究组(河南省地质调查一队)的勘探资料整理。

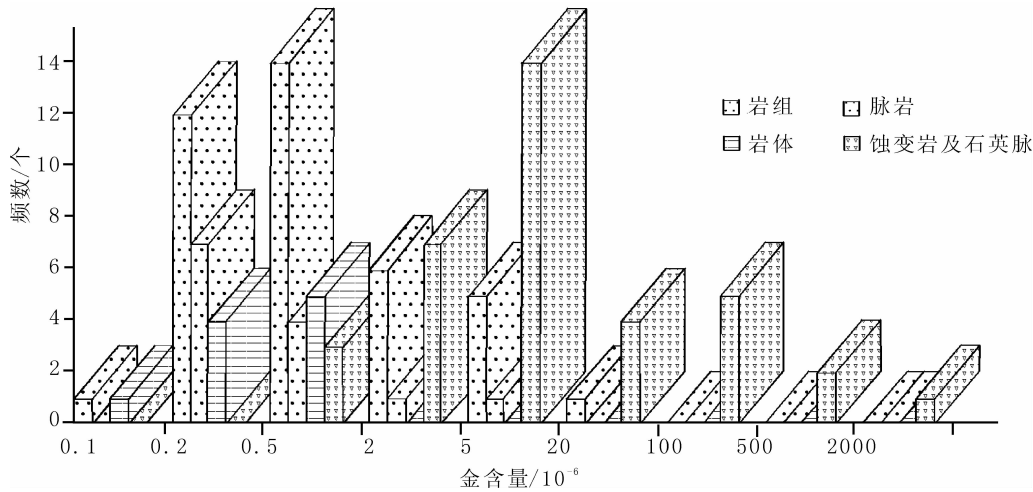


图4 小秦岭金矿不同岩石单元金含量分布图(由中国地质科学院地球物理地球化学勘探研究所分析, 2008)

Fig. 4 Au content of different types of rocks distribution units in Xiaolinling gold deposits

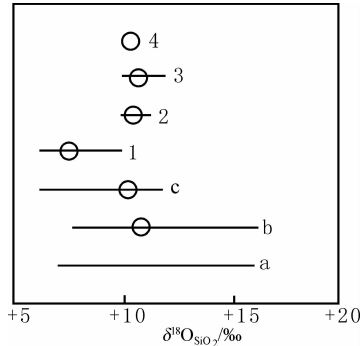


图5 小秦岭金矿与花岗岩石英  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SiO}_2}$  变化范围对比  
Fig. 5  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SiO}_2}$  comparison between quartz and granite in Xiaolinling gold deposits

a. 深成花岗岩(据 Taylor); b. 胶东金矿(据陈光远<sup>[10]</sup>, 1987);  
c. 小秦岭金矿; 1. 文峪; 2 杨寨峪; 3. 灵湖; 4. 东闯

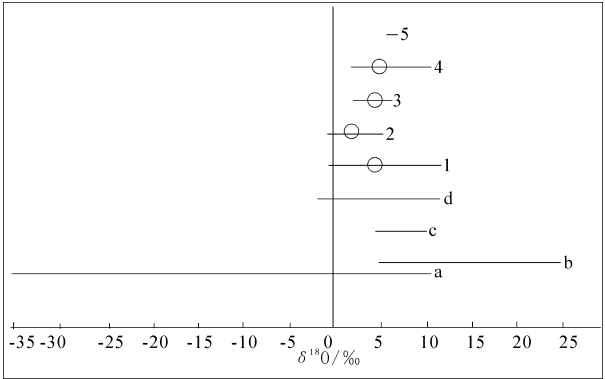


图6 小秦岭金矿含矿热液  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  典型矿床对比  
Fig. 6 Ore-bearing hydrothermal  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  comparison among typical deposits in Xiaolinling district

a. 天水; b. 变质水; c. 岩浆水; d. 胶东金矿(据陈光远<sup>[10]</sup>, 1987);  
1. 小秦岭金矿; 2. 文峪; 3. 杨寨峪; 4. 灵湖; 5. 东闯

为 10.77‰。与花岗岩中  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SiO}_2}$  对比可知, 小秦岭地区金矿热液石英与岩浆岩石英有成因关系, 其平均值与胶东金矿相当接近。

小秦岭地区金矿热液石英中的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  值为  $-0.22\text{‰} \sim +7.71\text{‰}$ (表 6)。由图 5 可知, 本区金矿含矿热液为岩浆水, 但混入了一定量的天水。文峪金矿的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  值普遍偏低, 为  $1.08\text{‰} \sim 1.20\text{‰}$ , 可能反映该矿床混入更多天水而处于更浅的部位。

## 4 结 论

小秦岭地区花岗-绿岩地体经历长期发展演化, 其中混入了大量下地壳或上地幔物质, 金原始丰度值高, 现在岩石中的金仅是不易释放的部分, 因此具备矿源层的物质基础。本区岩浆岩活动强烈, 与成矿关系最为密切的燕山期文峪花岗岩体是由太华群及其以下壳幔物质重熔形成, 它在宏观上控制区域地球化学异常和金矿床的分布, 由岩体向外, 矿床的成矿温度有逐渐降低的趋势。稀土元素特征显示, 矿石和文峪岩体差异较大, 可能说明岩体与金矿成矿没有物质联系, 仅提供热动力。小秦岭地区为伸展体制下形成的拆离-变质核杂岩构造, 其中的脆韧性剪切带控制金矿体。小秦岭地区金矿为热液型矿床, 氧同位素特征说明成矿热液主要为岩浆水, 但混入了天水。成矿热液为弱酸-弱碱性, 成矿温度为中偏高温。

## 参考文献:

[1] 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，1996：1-200.

[2] 姚宗仁. 河南省小秦岭层控金矿定位机制的讨论 [J]. 河南地质, 1986, 4(1): 1-8.

[3] 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 [M] //沈阳地质矿产研究所. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集. 北京：地质出版社，1989：1-43.

[4] 李厚民, 叶会寿, 毛景文, 等. 小秦岭金(钼)矿床辉钼矿铼-钨定年及其地质意义 [J]. 矿床地质, 2007, 26(4): 714-724.

[5] 卢海峰, 王宗起, 王涛, 等. 西秦岭关家沟组的沉积环境及其物源 [J]. 现代地质, 2005, 19(3): 394-405.

[6] 万天丰, 朱鸿. 古生代与三叠纪中国各陆块在全球古大陆再造中的位置与运动学特征 [J]. 现代地质, 2007, 21(1): 1-13.

[7] 张本仁, 骆庭川, 高山. 秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究 [M]. 武汉：中国地质大学出版社，1994：1-446.

[8] 段焕春, 郝国强, 周琳, 等. 华北地台西南缘矿床的亲缘性及其找矿意义 [J]. 现代地质, 2004, 18(1): 24-31.

[9] 肖荣阁, 刘敬党, 王翠芝, 等. 岩石矿床地球化学 [M]. 北京：地震出版社，2008：1-203.

[10] 陈光远, 邵伟, 孙岱生. 胶东金矿成因矿物学与找矿 [M]. 重庆：重庆出版社，1989：1-88.

[11] 博伊尔 R W. 金的地球化学及金矿床 [M]. 马万钧, 王立文, 译. 北京：地质出版社，1984：1-699.

[12] 胡受奚. 东秦岭北部成矿区带划分及金的侧向源成矿模式 [M] //国家黄金管理局, 冶金部《地质与勘探》编辑部. 秦岭地区金矿地质科研讨论会论文选编. 北京：国家黄金管理局，1991：55.

[13] 栾世伟. 小秦岭石英脉型金矿找矿模式及深部矿化评价 [M] //国家黄金管理局, 冶金部《地质与勘探》编辑部. 秦岭地区金矿地质科研讨论会论文选编. 北京：国家黄金管理局，1991：60.

[14] 杜乐天. 地壳流体与地幔流体的关系 [J]. 地学前缘, 1996, 3(4): 172-180.

[15] 杨立强, 邓军, 张中杰, 等. 胶东金矿集中区岩石圈结构与深部成矿作用 [J]. 地球科学, 2000, 20(4): 421-425.

[16] 林宝钦. 辽西太古宙地质与金矿 [M]. 北京：地震出版社，1997：1-49.

[17] 张荫树, 强立志, 张中奇, 等. 河南省北中部太古代绿岩含金丰度值探讨 [J]. 河南国土资源, 1983(1): 18-24.

[18] 王享治. 小秦岭金矿田地质特征及矿床成因 [J]. 矿床地质, 1987, 6(1): 57-67.

[19] 沈福农. 河南鲁山太华群不整合的发现和地层层序厘定 [J]. 中国区域地质, 1994(2): 135-138.

[20] 蒋敬业. 小秦岭地区太华群斜长角闪岩原岩类型的地球化学研究 [J]. 地球科学：中国地质大学学报, 1986(4): 397-402.

[21] 晁援. 关于小秦岭金矿的成矿时代探讨 [J]. 陕西地质, 1989(1): 52-55.

[22] 郭福琪, 胡正国. 小秦岭潼峪金矿床成矿模式分析 [J]. 黄金科技动态, 1989(4): 1-2.

[23] 胡正国, 钱壮志. 小秦岭地质构造新认识 [J]. 地质论评, 1994, 40(4): 289-293.

[24] 姚宗仁. 河南小秦岭层控金矿定位机制的讨论 [J]. 河南地质, 1986, 4(1): 1-8.