

岩石·矿物

秦岭东段老湾花岗岩体与老湾金矿的成因联系

张冠^{1,2}, 王登红³, 李法岭^{1,2}

(1 河南省地矿局第三地质调查队, 信阳 464000; 2 河南省地质调查院, 郑州 464000;
3 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

[摘 要] 河南桐柏老湾金矿床赋存于龟山岩组地层中, 通过对围岩、蚀变、矿石与老湾岩体的金含量、微量元素、稀土元素等化学成分进行对比, 推测老湾花岗岩是引起老湾金矿形成的主导因素; 通过对同位素特征及成矿流体的研究成果, 说明老湾金矿床的成矿物质部分源自于老湾花岗岩; 通过对老湾矿床矿石、围岩与老湾花岗岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄资料的分析, 得知矿床的形成稍晚于花岗岩体, 具有同期特征。

[关键词] 花岗岩体 金矿 老湾 河南

[中图分类号] P588.12; P618.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2008)04-0050-05

0 引言

老湾金矿带是河南省西部地区的主成矿带之一, 属桐柏县鸿仪河乡管辖^[1]。老湾金矿床处在松扒断裂(带)与老湾断裂(带)(韧性)之间^[2](图 1)。老湾花岗岩体受控于老湾断裂, 并部分侵入到龟山岩组变质岩系中。老湾金矿床就位于龟山岩组变质岩系, 空间上与带状老湾花岗岩体毗邻并平行展布^[1]。1987~1990 年河南省第三地质调查队在此开展了金矿带原生晕研究工作, 1997~1999 年合肥

工业大学对老湾金矿成矿作用进行了研究, 1999~2000 年河南省第三地质调查队在该区开展老湾金矿详查工作等。

1 区域地质背景

老湾金矿带位于桐柏山北麓, 南阳盆地与吴城盆地中间, 属秦岭东西向复杂构造带的东段南支, 桐柏山古隆起北翼, 成矿带近东西向展布^[3], 延长 30 km, 南北宽 1~3 km, 处在松扒断裂(带)与老湾断裂(带)之间^[4]。含矿岩系为中元古界信阳群龟山

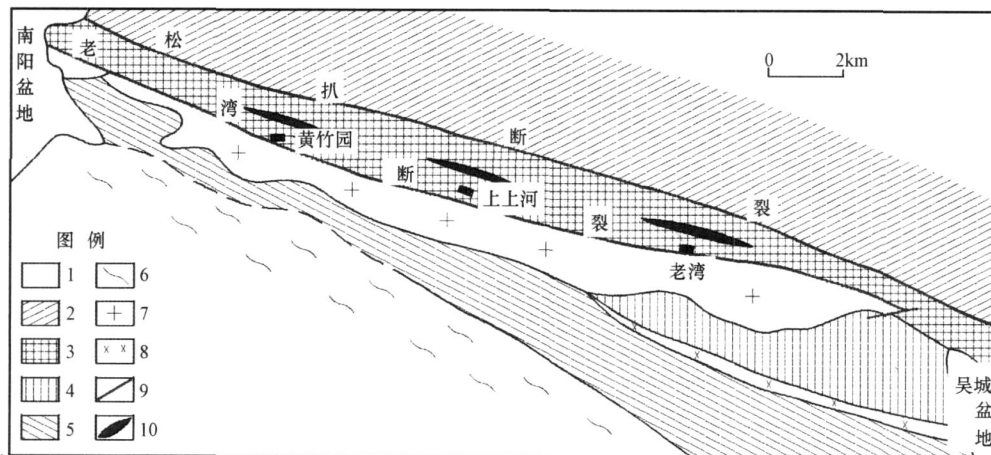


图 1 老湾金矿带地质简图

1—第四系; 2—中元古界信阳群龟山岩组; 3—泥盆系群南湾组; 4—下元古界苏家河群; 5—下元古界秦岭岩群;
6—太古界桐柏山群; 7—燕山期花岗岩; 8—加里东期辉绿岩; 9—断层; 10—金矿体

[收稿日期] 2006-02-27; [修订日期] 2006-06-26。

[第一作者简介] 张冠 (1964 年—), 男, 2006 年毕业于中国地质大学, 获硕士学位, 高级工程师, 现主要从事金属、非金属矿产地质找矿勘查与评价工作。

岩组变质岩系, 龟山岩组北侧与下元古界秦岭岩群呈断层接触, 南侧与老湾花岗岩体接触, 老湾岩体侵入到龟山岩组变质岩系之中。矿带内自西向东分黄竹园矿段、上上河矿段、老湾矿段, 其中老湾矿段已控制金资源量达大型规模^[5], 金平均品位为约 $5 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6}$, 最高为 95.6×10^{-6} 。围岩为中元古界龟山岩组的斜长角闪片岩、二云石英片岩。龟山岩组的变质作用在印支期华北与扬子板块陆内俯冲碰撞时, 松扒深层韧性剪切带的右型韧性剪切走滑过程中, 达到最高变质程度和变质相^[6], 退变质作用发生时处于松扒剪切带的脆 - 韧性变质阶段。

2 岩矿石的元素特征

2.1 岩体及岩(矿)石金含量特征

花岗岩体中金含量与围岩、蚀变岩及矿石中金含量^{[2][7]}见表 1。由表 1 可知, 老湾花岗岩体中金含量较围岩的二云石英片岩和斜长角闪片岩明显偏高, 说明老湾金矿的物源部分源自花岗岩体。

表 1 老湾矿床岩石、矿石微量元素及金含量

岩石、矿石类型	二云石英片岩、矿石			斜长角闪片岩、矿石			花岗岩
	围岩	蚀变岩	矿石	围岩	蚀变岩	矿石	
Rb	122	199	179	28	255	60	
Sr	66	67	36	262	66	42	
Ba	565	460	482	324	349	109	
Nb	15	14	3	5	6	3	
Zr	175	206	<2	7	31	<2	
Th	16	16	<5	10	11	<5	
As	11	38	38	4.4	188	331	
Cu	99	120	49	56	94	2600	
Cr	74	62	5.5	425	268	90	
Co	13.2	59	43	36.5	42	122	
Ni	25	23	<4	123.5	77	74	
Sc	19	11	2.0	27.5	16	9	
Ta	0.6	0.6	<0.2	0.25	<0.2	<0.2	
Hf	0.4		0.2				
Au	4.6	860	2090	7.4	640	95600	10.4~17.5
Co/Ni	0.53	2.58	>10	0.30	0.55	1.65	5.23
Sr/Ba	0.12	0.15	0.07	0.81	0.19	0.39	0.19

注：引自河南省第三地质调查队, 1990、2000 年内部刊物, 由大队实验室分析测试; $\omega_B / 10^{-6}$; (Au) $/ 10^{-9}$ 。

2.2 岩体及岩矿石微量元素特征

2.2.1 矿物微量元素

老湾金矿床中主要的金属硫化物矿物为黄铁矿, 它出现于各个成矿阶段。微量元素及其比值对矿床的物质来源与成因有一定的指示作用。通过对本区黄铁矿中 Co、Ni 平均含量与 Co/Ni 比值的研究^[5] (表 1), 得知其含量分别为 1600×10^{-6} 、 290×10^{-6} , 比值为 2.92, Se 的平均含量为 570×10^{-6} 。依

据徐国风、周学武^[8]等以 Co/Ni 比值及 Se 含量对矿床成因的判据, 得知该区金矿床中黄铁矿的形成应与沉积作用无关, 而应为岩浆热液或火山热液所形成。另外, 各类岩石所形成的蚀变岩 Co/Ni、Sr/Ba 比值均处在围岩与花岗岩各元素对比值之间, 这不仅反映了成矿物质源自围岩 (龟山岩组) 和花岗岩, 而且还反映了成矿流体的岩浆热液性质。高的 Co/Ni 比值和低的 Sr/Ba 比值也反映了成矿热液的岩浆热液性质。

2.2.2 稀土元素特征

老湾金矿区蚀变围岩、矿石、花岗岩的稀土元素地球化学特征 (表 2、图 2、图 3) 显示, 在成矿作用过程中流体、岩石的比值较低, 蚀变岩、矿石的稀土元素组成为花岗岩和龟山岩组各类岩石的稀土元素配合曲线相似, 配分曲线均为右倾, 轻稀土富集、弱负铕、负铈异常等特征暗示成矿物质可能来自于花岗岩浆和龟山岩组。

表 2 老湾矿床岩石、矿石稀土元素含量 $\omega_B / 10^{-6}$

岩石、矿石类型	二云石英片岩、矿石			斜长角闪片岩、矿石		
	围岩	蚀变岩	矿石	围岩	蚀变岩	矿石
La	40.61	41.91	4.79	10.00	17.96	3.28
Ce	81.37	69.86	7.95	22.44	29.85	5.56
Pr	9.75	8.07	0.80	3.04	3.31	0.58
Nd	33.35	28.46	2.78	12.11	12.66	2.12
Sm	6.70	6.40	0.62	2.90	2.96	0.54
Eu	1.26	1.20	0.18	0.87	0.67	0.19
Gd	5.39	6.20	0.49	2.91	3.72	0.54
Tb	0.93	0.77	0.06	0.54	0.43	0.08
Dy	5.18	4.34	0.53	3.00	2.22	0.41
Ho	1.02	0.88	0.06	0.62	0.43	0.08
Er	2.91	2.33	0.19	1.78	1.25	0.26
Tm	0.49	0.34	0.03	0.30	0.15	0.04
Yb	2.91	2.27	0.23	1.81	1.27	0.26
Lu	0.45	0.35	0.04	0.30	0.12	0.04
Y	27.64	23.60	1.96	16.82	12.17	2.53
ΣREE	219.96	196.98	20.71	79.44	85.17	16.51
LREE	173.04	155.9	17.12	51.36	67.41	12.27
HREE	46.92	41.08	3.59	28.08	21.76	4.24
LREE/REE	3.69	3.80	4.77	1.83	3.10	2.89
La _N /Yb _N	9.19	12.16	13.72	3.64	9.32	8.31
La _N /Lu _N	9.24	12.26	12.26	3.41	15.32	8.40
Ce _N /Yb _N	7.13	7.85	8.82	3.16	4.21	5.46
δEu	0.63	0.58	0.97	0.91	0.62	1.07
δCe	0.93	0.84	0.88	0.94	0.85	0.88
La _N /Sm _N	3.69	3.98	4.7	2.10	3.69	3.70
Tb _N /Yb _N	1.35	1.43	1.10	1.26	1.43	1.30

测试单位: 河南省岩矿测试中心。

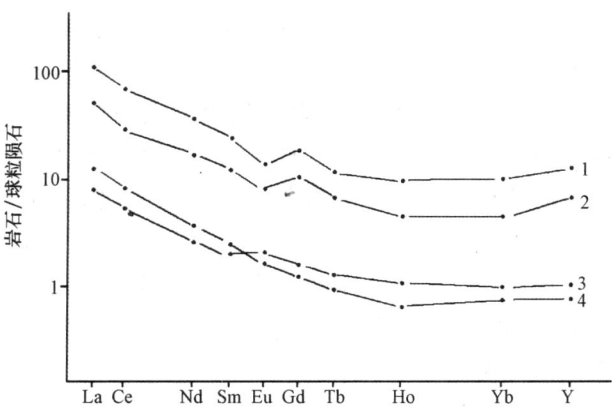


图2 蚀变岩石和矿石的稀土元素配分曲线

1—二云石英片岩类蚀变岩;2—斜长角闪片岩类蚀变岩;3—二云石英片岩类矿石;4—斜长角闪片岩类矿石

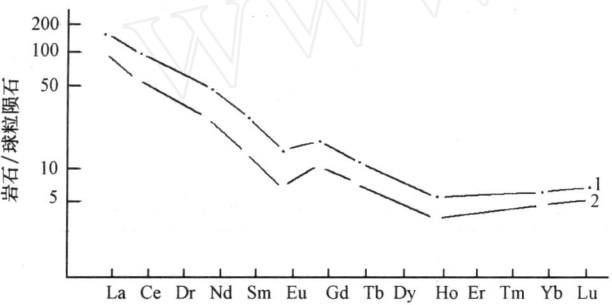


图3 老湾金矿花岗岩的稀土元素配分曲线

(据潘成荣,1999年)

1—钾长花岗岩(γ_s^{3-6});2—二长花岗岩($\gamma_s^{3-西}$)

3 成岩成矿时代

3.1 花岗岩的年龄

根据老湾金矿区花岗岩钾长石、石英单矿物的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法同位素定年结果,可以认为老湾花岗岩的成岩年龄为 $102\text{Ma} \sim 108\text{Ma}^{[9]}$,平均 105Ma ,为

燕山晚期侵入形成的花岗岩。

3.2 成矿时代

对老湾金矿床成矿中阶段石英—多金属硫化物阶段的热液成因矿物石英,利用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法定年 $^{[9]}$,测得成矿年龄为 $(91.5 \pm 1.0)\text{Ma}$,而矿区老湾花岗岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法定年结果平均为 105Ma ,成矿年龄与之相近且略小,表现出成矿与成岩之间的具有成因联系。老湾金矿的形成上燕山期构造演化及造山带的形成密切相关 $^{[13]}$ 。

4 同位素特征

4.1 成矿流体的氢、氧、氦同位素特征

由潘成荣对老湾金矿成矿流体的氢、氧、氦同位素(表3、表4、表5)组成研究结果表明 $^{[7]}$,成矿过程中低的水/岩比值表现出流体为岩浆热液以及岩浆热液与变质岩发生氢氧同位素交换作用而使岩浆热液具“漂移性质”,成矿流体的氦同位素组成显示可能有地幔挥发份参与到成矿作用。老湾金矿床位于典型的纬度型“中央造山带”,矿石的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值高达 4.1Ra ,远大于阿尔泰造山带的矿石比值 $^{[9]}$ (最大为 3.945×10^{-6} 或 1.8Ra ,王登红,1998) $^{[10]}$ 。

表3 老湾花岗岩氢氧同位素组成

测定对象	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Qtz}}$	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$
全岩	5.6				
斜长石		4.7			
石英(1)		8.9		7.7	
石英(2)		7.6		6.4	
石英(3)		7.8		6.6	
石英			-68		-68
黑云母			-85		-64

测试单位:宜昌地矿所。

表4 老湾矿带部分金矿床氢氧同位素组成

矿床	样号	测定对象	均一温度 /	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Qtz}}$	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$	成矿阶段
老湾矿床	SH1	绿帘石	278	9.2	-52	7.7	-9.4	早
	LW1	石英	252	12.2		2.9	-71	中
	LW2	石英	240	12.0		2.2	-72	
	LW3	石英	194	11.7		-0.7	-67	晚
	LW4	石英	200	11.9		-0.2	-69	

测试单位:宜昌地矿所。

表5 老湾金矿成矿流体氦同位素组成

成矿阶段	测试矿物	$^4\text{He} \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$	$^3\text{He}/^4\text{He}$	R/Ra
石英-多金属硫化物阶段()	石英	0.01	5.72×10^{-6}	4.09
石英-多金属硫化物-碳酸盐阶段()	石英	0.04	1.22×10^{-6}	0.87

测试单位:宜昌地矿所。

4.2 硫同位素特征

对该矿床金属硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 测定(见表6),表明硫可能为混合来源。这可以解释矿床中所出现的硫的不平衡性。 $\delta^{34}\text{S}$ 接近陨硫,已有资料表明,矿床中的成矿物质部分来源于上地幔或下地壳中酸性岩浆——老湾岩体。

表 6 老湾金矿硫化物及花岗岩、围岩的硫同位素组成

样号	矿物	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	样号	矿物	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$
老湾 1 号	黄铁矿	+1.4	Tz-8201	黄铁矿	+5.59
老湾 2 号	黄铁矿	+3.0	Tz-8204	黄铁矿	+4.01
老湾 3 号	黄铁矿	+3.8	Tz-8206	黄铁矿	+4.23
老湾 4 号	黄铁矿	+3.6	S-15(3)	黄铁矿	+5.27
SH	黄铁矿	+4.5	S-16	黄铁矿	+3.53
S-11(2)	黄铁矿	+5.44	S-17	黄铁矿	+2.90
S-12(2)	黄铁矿	+5.78	S-18	黄铁矿	+4.56
S-11(1)	闪锌矿	+3.33	S-16(1)	方铅矿	+4.43
S-19(1)	黄铜矿	+4.89	花岗岩	全岩	+3.7
			龟山岩组	全岩	+2.5

测试单位:宜昌地矿所。

4.3 铅同位素特征

经研究,老湾金矿床铅同位素组成变化较大(表 7),其投点几乎全部落入花岗岩长石铅和龟山岩组铅所构成的范围内(图 4),可以认为该矿床中

的矿石铅为龟山岩组提供的铅和岩浆热液从花岗岩熔体中带出的铅混合组成。

表 7 老湾金矿铅同位素组成

矿床	测试矿物	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{205}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	模式年龄 /Ma	μ
老湾金矿床	黄铁矿	17.765	15.493	38.178	210	8.66
	黄铁矿	18.330	15.613	39.032	-85	8.82
	黄铁矿	18.693	15.614	39.855	-380	8.79
	黄铁矿	17.469	15.463	37.908	400	8.63
	黄铁矿	17.523	15.497	38.059	400	8.69
	黄铁矿	17.553	15.605	38.098	510	8.89
	黄铁矿	17.559	15.438	37.741	300	8.57
	方铅矿	17.463	15.397	37.722	320	8.50
	方铅矿	17.442	15.381	37.759	310	8.47
	方铅矿	17.702	15.497	37.206	260	8.66
	方铅矿	17.408	15.378	37.725	340	8.48
	方铅矿					

测试单位:宜昌地矿所。

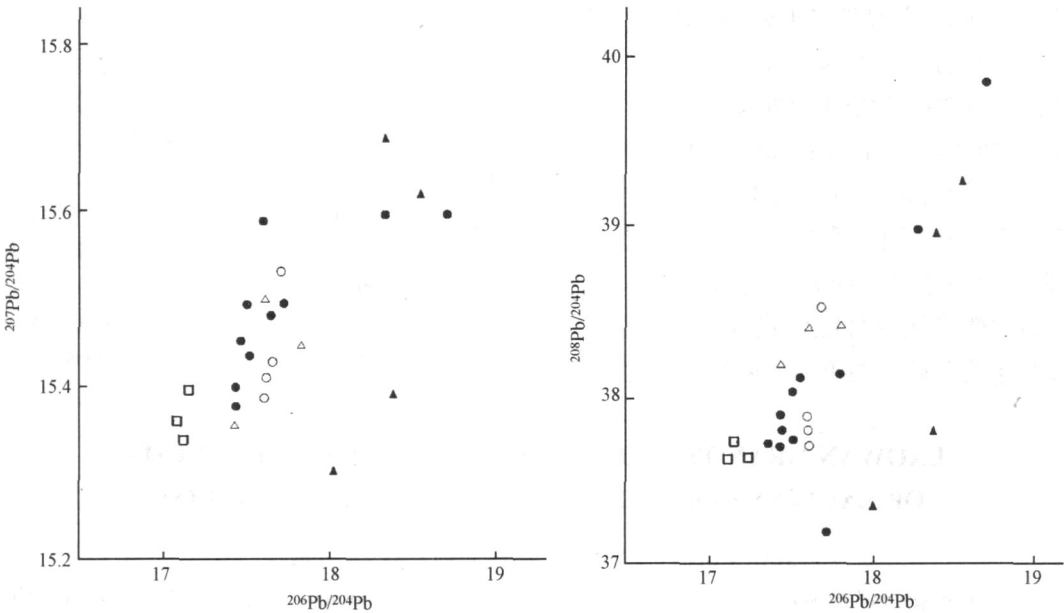


图 4 铅同位素组成对比
(据河南省第三地质调查队及谢巧勤等修改而成)

5 热液流体特征

5.1 老湾金矿的成矿温度及其流体成分特征

对老湾金矿床成矿物理化学条件和包裹体成分研究表明^[11],其成矿温度在 200 ~ 300 ,成矿中阶段到晚阶段流体盐度较低,为 4.81% ~ 7.89%,成矿溶液的 $\text{K}^+/\text{Na}^+/\text{F}^-/\text{Cl}^-$ 比值分别为 0.66 ~ 1.05 和 0.059 ~ 0.56,气相成分 $\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 的比值分别为 0.005 ~ 0.028 和 0.014 ~ 0.068,流体的离子组合类型为 $\text{K}^+ - \text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型。这种特征的流体成分指示热液流体源于岩浆分离作用形成的岩

浆热液。

5.2 同位素示踪

经对老湾金矿床成矿中、晚期阶段热液流体的氢、氧同位素组成研究,与不同来源的流体及岩浆岩、变质岩发生同位素交换作用后的流体氢、氧同位素对比,认为该区成矿流体为岩浆热液,在成矿作用的晚阶段,混入成矿热液中的大气降水占有较高的比例。

与各种可能来源的流体氦同位素对比,该矿床中、晚期成矿阶段的成矿流体氦同位素特征表明,成矿流体源于岩浆熔体的分离作用,从成矿中阶段至

晚阶段 He 含量增加,并趋于晚期富集,而本区有这种演化方式的地质体仅有老湾花岗岩。

矿床硫同位素组成和成矿热液系统中硫的转换模型研究结果,亦表明矿床硫化物中的硫是由不同来源的硫混合起的,其混合机制为岩浆热液(含硫)与龟山岩组变质岩在一定的温度和水/岩比(W/R)范围内发生水岩交换作用方式。

6 结论

韧性剪切带内金矿床的成矿物质不仅来自围岩,而且还可能来自花岗岩、脉岩或地幔(陈衍景等,1992;刘连登等,1991)。韧性剪切能促使金的迁移和富集。

老湾金矿床的氢、氧等同位素资料及矿石稀土元素特征等研究结果证实,老湾矿床的成矿流体以岩浆热液为主^[12],间接证明了有成矿物质源自岩浆岩。矿石的硫、铅同位素提供了重要的矿源信息;铅同位素组成显示矿石铅主要源于花岗岩;由硫同位素组成计算出约有 30% 的硫来自花岗岩。

对比围岩、蚀变岩、矿石及花岗岩的稀土配分模型,由质量平衡分析可知,在成矿过程中从各类型的围岩—蚀变岩转变过程中,稀土元素总量表现为带入,很明显带入的稀土部分应来自花岗岩浆。对比花岗岩与矿石的微量元素分配模式,说明二者基本相似。通过对老湾金矿床的黄铁矿微量元素含量分

析,Co、Ni、Se 及 Co/Ni 比值,均表明本区老湾金矿床具有岩浆热液成因的特点。

[参考文献]

- [1] 河南省地矿厅地调三队. 河南省桐柏县老湾韧性剪切带金矿大比例尺成矿预测报告[R]. 1990.
- [2] 河南省地矿厅地调三队. 河南省桐柏县老湾—鸿仪河金矿带原生晕研究[R]. 1990.
- [3] 邵军. 老湾金矿带金成矿地质背景[J]. 贵金属地质, 1995, 4(2).
- [4] 张冠. 河南省桐柏地区区域地质背景及铜锌找矿前景[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊): 301 - 304.
- [5] 河南省地矿厅地调三队. 河南省桐柏县老湾矿区金矿详查地质报告[R]. 2000.
- [6] 河南地调三队. 河南省桐柏县老湾韧性剪切带金矿大比例尺成矿预测报告[R]. 1990.
- [7] 潘成荣. 河南桐柏老湾金矿床成矿地球化学及岩浆热液成矿动力学[D]. 学位论文, 1999.
- [8] 徐国风, 邵洁涟, 周学武. 陕西等地卡林型金矿床矿物学研究[J]. 地球科学, 1982(2).
- [9] 潘成荣. 河南老湾金矿床 Ar^{40}/Ar^{39} 定年及铅同位素研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2002, 25(1): 9.
- [10] 王登红, 陈毓川, 等. 阿尔泰山带地幔脱气的氮同位素研究[J]. 科学通报(D辑), 1998, 43(23).
- [11] 谢巧勤等. 河南桐柏老湾金矿床氢氧同位素地球化学及成矿流体来源[J]. 地质科学, 2001, 36(1), 36 - 42.
- [12] 潘成荣. 河南老湾花岗岩的源区成分模拟[J]. 合肥工业大学学报, 1999, 22.
- [13] 张冠, 李厚民, 王成辉, 等. 河南桐柏老湾金矿白云母 $\delta^{18}O$ - $\delta^{16}O$ 年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 2008, 29(1): 45 - 50.

LAOWAN GRANITIC BODY AND ASSOCIATION TO GENESIS OF LAOWAN GOLD DEPOSIT IN THE EASTERN QINLING

ZHANG Guan^{1,2}, WANG Deng-hong³, LI Fa-ling^{1,2}

(1. No. 3 Geology and Exploration Team, Henan Bureau of Geology and Mineral Resources, Xinyang 464000;

2. Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou 464000;

3. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstract: Laowan gold deposits at Tongbai in Henan Province is distributed within Guishan formation. Based on comparison of wallrock, alterations, ores and chemical compositions of Laowan granitic body such as gold content, rare elements, rare earth elements, it is inferred that Laowan granite is a dominant factor causing formation of Laowan gold deposit. Based on results of isotope characteristics and ore-forming fluids, it is shown that the ore-forming material partially came from Laowan granite. Based on the analysis of $^{40}Ar/^{39}Ar$ age of Laowan deposit, wallrock and Laowan granite, it is concluded that formation of the deposit is later than granitic body and the characteristics of them are of the same period.

Key words: granitic body, gold deposit, Laowan, Henan