

河南省金家庄银矿岩浆岩特征及其成矿作用研究

袁海明 王银茹 于磊刚

河南省有色金属地质矿产局第三地质大队, 河南 郑州 450016

[摘要]通过对金家庄矿区岩浆岩岩石学、地球化学特征进行综合分析, 矿区的岩浆岩以二长花岗岩及花岗岩为主, 具有高硅、高钾的特点, 属于过铝质钙碱性-高钾钙碱性, 显现出 S 型花岗岩的特征。Rb 明显富集, Ba 明显亏损, 具后碰撞型岩浆岩的特征; 结合区内已发现矿化带的地质特征, 发现矿区的成矿元素 Cu、Pb、Zn、W、Sn、Au、Ag 均有良好的伴生关系, 对于寻找多金属矿床十分有利; 金家庄矿床与岩浆作用关系密切, 岩浆岩为该矿床成矿提供热能及物质基础。

[关键词]东秦岭; 花岗岩; 地球化学; 成因机制; 金家庄

DOI: 10.33142/ec.v2i5.358

中图分类号: P588.11+5

文献标识码: A

He'nan Study on Magmatic Characteristics and Mineralization of Jinjiazhuang Silver Mine

YUAN Haiming, WANG Yinru, YU Leigang

Third Geological Brigade of Henan Nonferrous Metals Geological and Mineral Bureau, He'nan Zhengzhou, China 450016

Abstract: Through the comprehensive analysis of the petrology and geochemistry characteristics of magmatic rocks in Jinjiazhuang mining area, the magmatic rocks in Jinjiazhuang mining area are mainly monzonitic granites and granites, which have the characteristics of high silicon and high potassium, and belong to peraluminous calc alkalinity and high potassium calc alkalinity. It shows the characteristics of S-type granites. RB is obviously enriched and Ba is obviously deficient, which has the characteristics of post-collision magmatic rocks. Combined with the geological characteristics of the mineralization zone found in the area, it is found that the metallogenic element Cu, Pb, Zn, W, Sn, Au, Ag in the mining area has a good associated relationship, which is very beneficial to the search for polymetallic deposits. Jinjiazhuang deposit is closely related to magmatism. Magmatic rocks provide thermal energy and material basis for mineralization of the deposit.

Keywords: East Qinling; Granite; Geochemistry; Genetic mechanism; Jinjiazhuang

引言

金家庄银矿是东秦岭造山带内典型的与花岗岩有关的矿床, 东秦岭具备类型齐全的花岗岩, 因对东秦岭岩浆岩特征的研究不仅影响整个秦岭造山带的研究, 而且有利于对花岗岩成因和性质的综合研究^[1]。本文通过收集矿区资料、野外调查、岩体观测、室内综合分析等, 研究金家庄矿区岩浆岩特征, 并探讨岩浆岩与成矿的关系。

1 地质背景

金家庄矿区位于秦岭造山带东段, 即东秦岭北部地区朱阳关—夏馆有色、贵金属成矿带上^[2-6]。

矿区出露地层比较简单, 主要为秦岭群石槽沟组(PtS), 岩石主要类型为斜长角闪片麻岩、黑云斜长片麻岩、大理岩。矿区构造以断裂为主, 主要为 NW 向, 矿区内规模较大的断层为 F1、F2、F3, 是区内主要的控矿容矿构造。矿区出露岩浆岩主要为加里东花岗岩, 岩性为二长花岗岩及花岗岩。

2 矿区岩浆岩特征

2.1 岩石学特征

矿区岩浆岩的主要类型有细-中粒黑云二长花岗岩、中粒似斑状黑云母二长花岗岩、细-中粒弱片理化黑云母二长花岗岩、石榴二长花岗岩及细-中粒黑云母花岗岩。岩浆岩中以长石、石英和黑云母为主, 次要矿物为石榴子石及少量角闪石, 副矿物以磁铁矿、锆石、榍石和磷灰石为主。由于受构造活动影响, 石英拉长, 长石呈半自形板状, 裂纹发育, 多发生绢云母化, 少量的黑云母发生绿泥石化。

2.2 岩石化学特征

岩石化学成分的研究是岩浆岩研究工作中的一个重要的组成部分, 对于厘定岩石的成岩成矿条件及成矿专属性、岩石的分类定名和研究其分异演化特征都具有重要意义^[7]。本次共选择 5 件岩浆岩样品进行岩石化学分析, 测试结果见表 1。据此计算出 CIPW 标准矿物及主要参数, 见表 2 及表 3。

表 1 岩体的化学分析结果 (%)

样号	野外定名	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	总量
J-317	花岗岩	75.51	0.03	13.71	0.11	0.28	0.01	0.04	0.52	3.95	4.49	0.11	98.76
J-319	花岗岩	75.37	0.08	13.07	0.09	1.05	0.04	0.12	0.42	2.82	5.51	0.06	98.63
I-3	花岗岩	80.84	0.02	10.64	0.02	0.54	0.02	0.07	0.49	2.60	3.67	0.04	98.95
I-9	花岗岩	74.91	0.01	13.60	0.01	0.14	0.01	0.02	0.19	2.44	7.45	0.05	98.83
I-15	花岗岩	83.16	0.04	9.56	0.24	0.16	0.01	0.09	0.28	1.64	3.63	0.04	98.84

测试单位：有色金属桂林矿产地质测试中心，2011 年 5 月

表 2 花岗岩 CIPW 标准矿物表 (%)

参数 \ 样品号	J-317	J-319	I-3	I-9	I-15
石英(Q)	34.76	36.64	50.71	32.18	59.66
钙长石(An)	1.88	1.76	2.22	0.6	1.18
钠长石(Ab)	33.84	24.17	22.21	20.91	14.08
正长石(Or)	26.84	33.01	21.93	44.53	21.69
刚玉(C)	1.7	1.86	1.6	1.32	2.53
紫苏辉石(Hy)	0.5	2.14	1.18	0.29	0.48
钛铁矿(Il)	0.07	0.16	0.04	0.02	0.07
磁铁矿(Mt)	0.16	0.13	0.02	0.02	0.22
磷灰石(Ap)	0.26	0.13	0.08	0.12	0.09

由表 1 可见，样品的 SiO₂ 均大于 70%，为硅酸过饱和岩石，可以初步划分为酸性岩 (SiO₂ > 66%)，进一步细分，样品均属于花岗岩 (SiO₂ > 70%)。

表 3 花岗岩岩石化学主要参数表

样号	DI	A/CNK	SI	AR	σ 43	R1	R2	A/MF	C/MF	F1	F2	F3
J-317	95.44	1.115	0.45	3.91	2.18	2599	331	21.6	1.49	0.74	-1.06	-2.58
J-319	93.82	1.15	1.3	4.22	2.13	2735	312	6.82	0.4	0.76	-0.93	-2.52
I-3	94.85	1.164	1.06	3.58	1.04	3625	268	10.94	0.92	0.78	-1.08	-2.48
I-9	97.62	1.095	0.17	6.07	3.05	2405	291	53.19	1.35	0.76	-0.75	-2.55
I-15	95.43	1.338	1.51	3.31	0.69	4143	225	12.78	0.69	0.81	-1.05	-2.43

2.3 稀土元素特征

稀土元素是地壳中比较稳定的元素，一般不受风化作用、热液蚀变作用和某些变质作用的影响，是一个难得的地球化学指示剂。借助它的地球化学特征，可以帮助确定岩浆物质来源及探讨岩体成因^[8-9]。稀土元素分析结果及相关参数见表 4。稀土元素配分模式图见图 1。

表 4 花岗岩稀土元素分析结果及其有关参数 (含量单位: 10⁻⁶)

样号	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	
J-317	花岗岩	5.21	10.31	1.24	4.81	1.92	0.19	2.57	0.45	2.63	0.32	
J-319	花岗岩	12.13	30.01	3.85	15.03	5.02	0.21	5.36	1.02	6.57	0.93	
I-3	花岗岩	7.32	14.75	1.72	6.20	2.04	0.21	2.54	0.59	4.17	0.86	
I-9	花岗岩	6.51	14.35	1.83	7.07	2.88	0.19	3.54	0.68	3.81	0.57	
I-15	花岗岩	7.27	12.54	1.43	4.97	1.21	0.86	1.20	0.25	0.95	0.12	
样号	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	L/H	La _N /Yb _N	δ Eu	δ Ce	La/Sm	La/Yb
J-317	0.67	0.09	0.44	0.04	11.06	41.95	1.30	7.07	0.30	0.82	2.72	11.90
J-319	1.86	0.22	1.08	0.11	29.70	113.10	1.41	6.67	0.14	0.91	2.41	11.23
I-3	2.33	0.34	1.88	0.27	25.43	70.63	0.84	2.31	0.31	0.84	3.59	3.90
I-9	1.21	0.18	0.84	0.12	17.05	60.82	1.17	4.60	0.20	0.86	2.27	7.74

I-15 0.28 0.06 0.40 0.05 4.08 35.66 3.83 10.73 2.37 0.77 5.99 18.07

测试单位：有色金属桂林矿产地质测试中心，2011 年 5 月

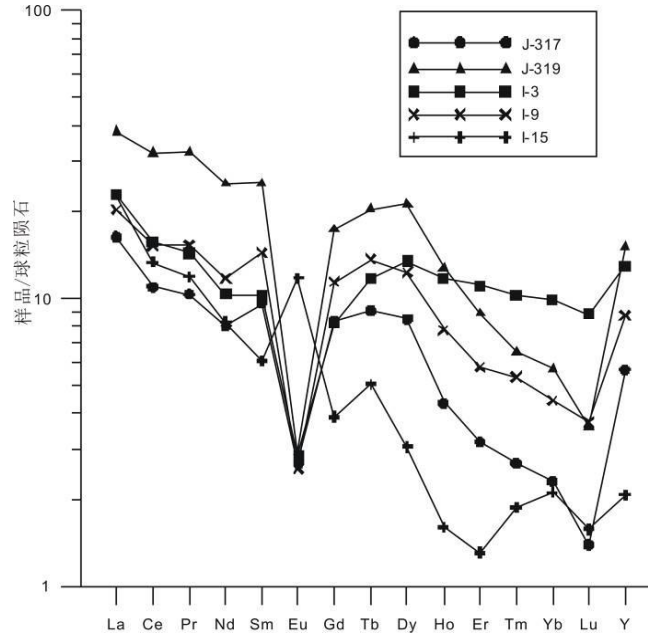


图1 花岗岩样品的稀土配分模式图

J-317 花岗岩；J-319 花岗岩；I-3 花岗岩；I-9 花岗岩；I-15 花岗岩

金家庄地区岩浆岩的稀土总量变化范围是 $35.66 \sim 113.1 \times 10^{-6}$ （表 4），平均 64.43×10^{-6} ，属于花岗岩稀土元素范围内。稀土元素配分模式图表现出明显的 δEu 负异常，基本呈右倾“海鸥型”，具地壳重熔融交代作用特征。

2.4 微量元素特征

此次对矿区内的 5 件花岗岩样品进行了微量元素测定，主要测试了 Rb、Ba、La、Ce、Sr、Nd、Sm、Y、Yb 等元素，测试数据如表 5 所示。

表 5 花岗岩微量元素测试结果（单位： 10^{-6} ）

样号	Rb	Ba	La	Ce	Sr	Nd	Sm	Y	Yb
J-317	390	53.5	5.21	10.3	35.2	4.81	1.92	11.1	0.44
J-319	394	54.0	12.1	30.0	32.1	15.0	5.02	29.7	1.08
I-3	208	56.0	7.32	14.8	46.2	6.20	2.04	25.4	1.88
I-9	447	62.0	6.51	14.4	50.0	7.07	2.88	17.1	0.84
I-15	206	201	7.27	12.5	119	4.97	1.21	4.08	0.40
平均值	329	85	8	16	56	8	3	17	1
区域平均值 ^[10]	155	940	46.50	84.0	280	33.00	5.40	18.50	1.90

测试单位：有色金属桂林矿产地质测试中心，2011 年 5 月

将本矿区的微量元素含量与秦岭地区花岗岩的平均含量进行对比，发现该地区除 Rb 元素高于平均值外，其他元素均低于区域平均值。

2.5 成矿元素地球化学特征

此次工作，对矿区 17 件酸性岩样品测试了成矿元素 Cu、Pb、Zn、W、Sn、Ag、Au，其含量统计见表 6。

表 6 岩体成矿元素含量统计（单位： $\times 10^{-6}$ ，Au $\times 10^{-9}$ ）

岩性	参数	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	Hg	Sb	As	Ag	Au
黎形地壳 ^[11]		63.0	12.0	94.0	1.1	1.70	1.30	0.0043	0.09	0.62	2.20	0.08	3.50
花岗岩	①	2.1	22.6	13.1	260	1.20	0.17	0.11	0.01	0.24	0.29	0.02	0.04

(17 件)	②	69.7	55.4	72.5	460	9.60	0.39	23.40	0.04	2.50	15.10	0.05	1.47
	③	7.9	38.3	22.5	380.4	4.35	0.20	3.04	0.02	0.46	1.60	0.03	0.52
	④	16.1	9.71	13.6	51.7	2.57	0.05	5.84	0.01	0.53	3.53	0.01	0.55
	⑤	2.03	0.25	0.60	0.14	0.59	0.26	1.92	0.43	1.17	2.21	0.33	1.05
	⑥	0.13	3.19	0.24	345.8	2.56	0.16	706.28	0.22	0.74	0.73	0.44	0.15

注：①最小值；②最大值；③平均值；④标准差；⑤变异系数；⑥富集系数

测试单位：有色金属桂林矿产地质测试中心，2011 年 5 月

测试结果表明：该矿区花岗岩中，Pb、W、Sn、Bi 均具有明显的富集，具有 S 型花岗岩微量元素特征。此外，Cu、Bi、Sb、As、Au 的变异系数均大于 1，说明其后期叠加作用极不均匀，对成矿十分有利。此外，矿区的成矿元素 Cu、Pb、Zn、W、Sn、Ag、Au 的含量变化较为一致，说明在矿区范围内，其均有良好的伴生关系，常可富集在一起形成多金属矿产。

3 岩浆岩与成矿作用

3.1 成岩构造环境

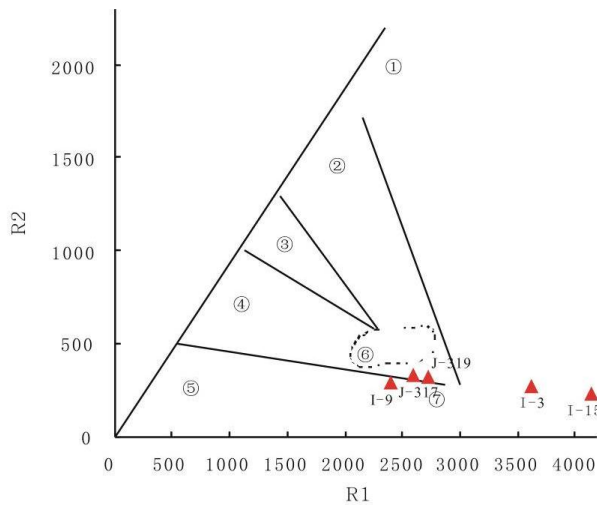


图 2 花岗岩与板块构造关系图 (R1-R2) ^[12]

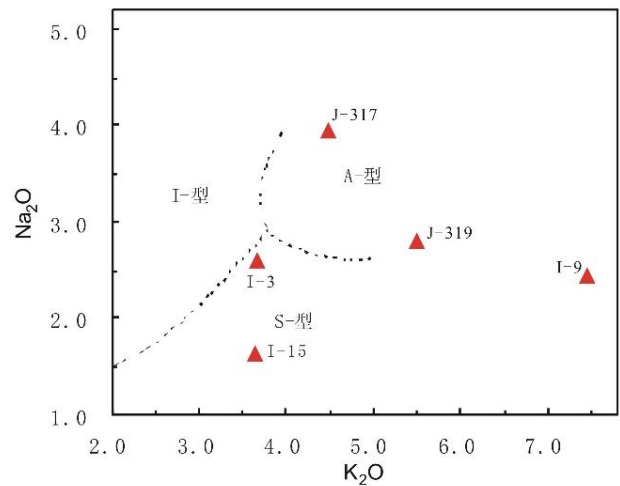


图 3 花岗岩成因系列 Na₂O-K₂O

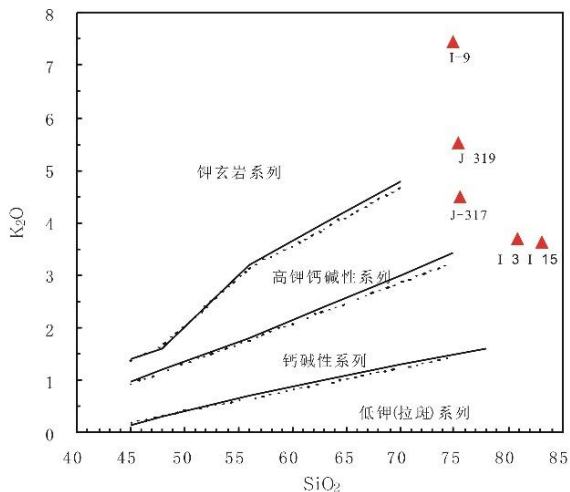


图 4 岩浆岩系列判别图

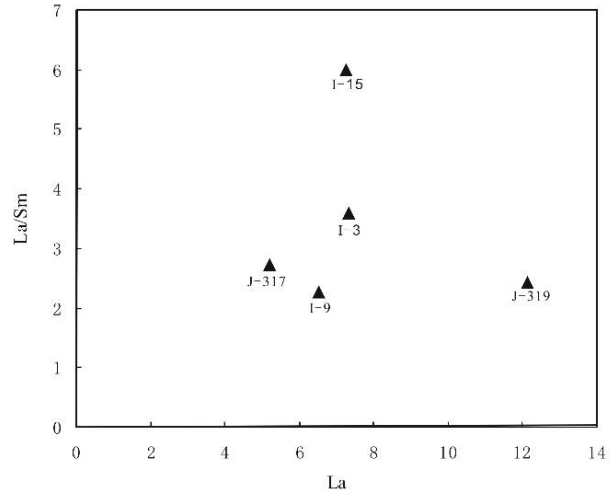


图 5 La/Sm-La 关系图

注：图 2 中①地幔斜长花岗岩；②破坏性活动板块边缘(板块碰撞前)花岗岩；③板块碰撞后隆起期花岗岩；④晚造山期花岗岩；⑤非造山区 A 型花岗岩；⑥同碰撞(S 型)花岗岩；⑦造山期后 A 型花岗岩 (Batchelor, et al., 1985)；底图据 Geokit。

根据图2花岗岩与板块构造关系图,样品大部分落于后造山期花岗岩附近。由图3岩浆岩系列判别图及图4岩浆岩成因系列图,可知矿区内经过演化的高钾钙碱性花岗岩均落入A型花岗岩区。由金家庄花岗岩的微量元素含量(表5),Rb明显富集,Ba有较强的亏损。以上岩石化学特点,均满足后碰撞花岗岩的特征,再结合区域构造背景及地质特征,表明该矿区内大部分花岗岩形成于主碰撞期之后板内运动之前,仍然与碰撞作用有关板块汇聚作用中。此外,花岗岩样品小部分落于地幔斜长花岗岩区域中,其可能与地层中的中基性岩浆活动具有同源性,属岩浆演化后期的产物^[13-14]。

3.2 岩浆演化

在La/Sm-La关系图上,通常部分熔融过程表现为一条斜线,分离结晶过程表现为一条水平线。将本矿区花岗岩稀土元素数据投在La/Sm-La关系图解上(图5),结果显示,金家庄矿区花岗岩以部分熔融作用为主^[15]。

3.3 岩石成因类型

本区岩石系列具有以下特征:(1)根据里特曼指数及岩浆岩判别图4,该矿区内岩浆岩主要为过铝质钙碱性系列-高钾钙碱性系列;(2)根据CIPW标准矿物计算(表3),样品中均含刚玉,且含量>1%;(3)副矿物常见石榴子石;(4)Na₂O含量<3%,K₂O/Na₂O的比值为1.1~3.0,A/CNK>1.1,SiO₂含量为74%~83%;(5)稀土元素配分模式图(图1),表现出明显的 δ Eu负异常,基本呈右倾“海鸥型”,具地壳重熔融交代作用特征;(6)根据Eu-(La/Yb)_N关系图(图7),该矿区花岗岩主要来自地壳。(7)根据La/Yb- Σ REE关系图(图6),其源岩成分主要为大陆玄武岩及部分地层中的砂岩。由以上特征,该矿区花岗岩成因类型应属于S型花岗岩^[16]。

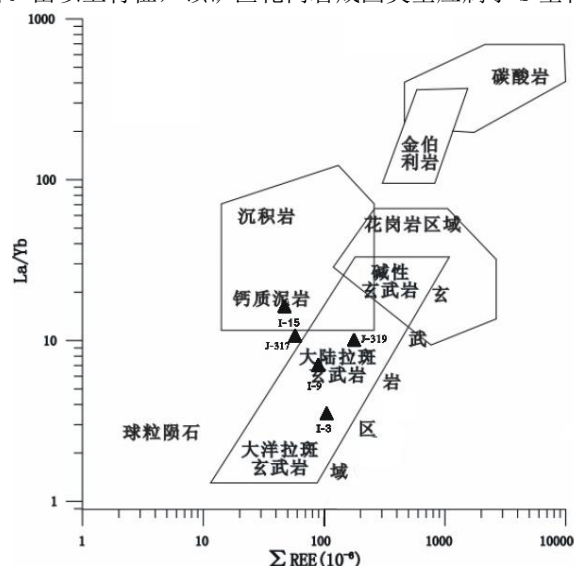


图6 La/Yb- Σ REE关系图

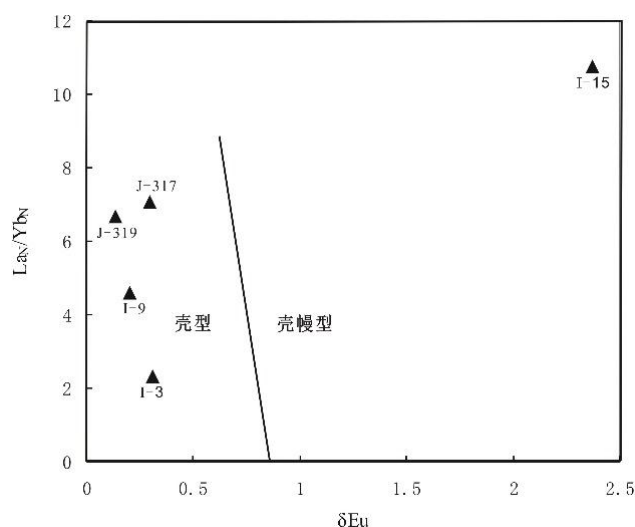


图7 Eu-(La/Yb)_N变异图

3.4 岩浆岩与成矿关系探讨

综合该矿区地层、构造、岩浆岩、矿化等地质特征,可确定金家庄矿区成矿类型为与岩浆作用有关的构造蚀变岩型矿床。

根据成矿元素分析及岩体的地质地球化学特征研究,发现该区花岗岩的铅、锌、钨等成元素丰度较高,为多金属矿床形成提供了较好的物质基础。金家庄矿区岩浆岩与成矿的关系主要表现在两个方面:一方面为成矿提供了物质来源,另一方面是为成矿提供热源。

4 结论

综合以上分析,得出以下结论:

(1)根据岩体的地球化学分析结果,本区岩浆岩属于过铝质的钙碱性-高钾钙碱性岩系,主要为S型陆壳重融型花岗岩。

(2)根据微量元素分析结果,该区花岗岩Rb明显富集,Ba明显亏损,为后碰撞型岩浆岩,表明该矿区内大部分花岗岩形成于主碰撞期之后板内运动之前,仍然与碰撞作用有关板块汇聚作用中。

(3)金家庄矿区的岩浆岩主要为壳型,源岩成分为大陆玄武岩及部分地层中的砂岩,经历了不同程度的熔融作用

而形成。

(4) 金家庄矿床为构造蚀变型矿床, 与岩浆作用关系密切, 岩浆岩为该矿床成矿提供热能及物质基础。

[参考文献]

- [1] 卢欣祥. 秦岭花岗岩揭示的秦岭构造演化过程—秦岭花岗岩研究进展[J]. 地球科学进展, 1998(2): 213-214.
 - [2] 张宗清, 刘敦一, 付国民. 北秦岭变质地层同位素年代研究[M]. 北京: 地质出版, 1994.
 - [3] 李先梓, 严阵, 卢欣祥. 秦岭—大别山花岗岩[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
 - [4] 孟芳. 豫西老君山花岗岩体特征及其成矿作用[M]. 北京: 中国地质大学, 2010.
 - [5] 贾承造, 施央申, 郭令智. 东秦岭板块构造[M]. 南京: 南京大学出版社, 1988.
 - [6] 张宏远. 北秦岭二郎坪群的结构_演化与区域构造意义[M]. 北京: 中国地质科学院, 2006.
 - [7] 赵伦山, 张本仁. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
 - [8] 张正伟, 卢欣祥. 东秦岭花岗岩类稀土元素统计分析及其地球化学意义[J]. 河南地质, 1992(1): 47-55.
 - [9] 刘长命, 卢欣祥, 张正伟. 东秦岭花岗岩类稀土元素的地球化学特征[J]. 河南地质, 1989(2): 32-39.
 - [10] 迟清明, 鄢明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
 - [11] P. 亨德森. 稀土元素地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
 - [12] 路远发, GeoKit. 一个用 VBA 构建的地球化学工具软件包[J]. 地球化学, 2004(5): 459-464.
 - [13] 肖庆辉, 邓晋福, 马大栓等. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
 - [14] 张旗, 潘国强, 李承东等. 花岗岩构造环境问题: 关于花岗岩研究的思考之三[J]. 岩石学报, 2007(11): 2683-2698.
 - [15] 张旗, 潘国强, 李承东等. 花岗岩结晶分离问题: 关于花岗岩研究的思考之二[J]. 岩石学报, 2007(06): 1193-1204.
 - [16] 张旗, 王焰, 潘国强等. 花岗岩源岩问题: 关于花岗岩研究的思考之四[J]. 岩石学报, 2007(11): 2683-2698.
- 作者简介: 作者 1 袁海明, (1971. 6-), 男, 高级工程师, 主要从事地质勘查工作。作者 2 王银茹, (1986. 10-), 工作单位: 河南省有色金属地质矿产局第三地质大队。