

秦岭沙河湾环斑花岗岩中 黑云母的研究及其意义*

王晓霞

卢欣祥

(西安工程学院资源与材料工程系, 西安 710054)

(河南省地质研究所, 郑州 450053)

主题词 黑云母 环斑花岗岩 秦岭

提 要 本文对秦岭沙河湾环斑花岗岩中黑云母的类型、化学成分及结晶时的温度和压力条件等进行了研究。黑云母为镁质黑云母; 富 MgO, 贫 TiO₂; 结晶时 $t = 750 \sim 820 \text{ }^\circ\text{C}$, $p = 0.1 \text{ GPa}$, $\log f_{\text{O}_2} = -8.5 \sim -9.5$ 。这既不同于 S 型和 A 型花岗岩中的黑云母, 也有别于 I 型花岗岩中的黑云母。揭示了该岩体是一种特殊构造环境下的过渡成因类型, 说明黑云母的研究可为岩体成因类型及构造环境提供依据。

环斑花岗岩作为一种特殊类型的花岗岩, 一直是令人感兴趣的研究对象。北秦岭沙河湾环斑花岗岩体产于造山带中的板块主缝合带中(环斑花岗岩一般产于稳定地盾区), 其特殊的产出背景、特殊的岩石学特征及揭示的动力学意义近来倍受关注, 对此已有了初步研究^[1,2], 而该岩体岩相学、矿物学及成因类型等还有待深入研究。

近年来, 对怎样从矿物学特征(如黑云母)来探讨岩浆成因类型已作了探索^[3]。F. Abdel 等(1994)的研究表明, 黑云母的成分与岩浆成因类型有一定关系, 如 A 型花岗岩中黑云母较富 FeO, S 型花岗岩中的黑云母较富 Al₂O₃, 而 I 型花岗岩中的黑云母较前两类富 MgO^[2]。因此, 研究黑云母的成分等特征, 可以为探讨母岩成因类型提供一些矿物学方面的依据。本文研究了沙河湾环斑花岗岩中黑云母的类型、成分及其结晶时的物理化学条件, 表明它不同于 S 型、A 型花岗岩中的黑云母, 也有别于 I 型花岗岩中的黑云母。说明该岩体不具有上述类型花岗岩的特征, 可能是一种过渡成因类型。

1 岩体地质概况

沙河湾环斑花岗岩体产于陕西商州市南 20km 的牛槽、沙河湾一带, 位于商丹构造带, 即华北板块与中秦岭板块的主缝合带中^[4]。岩体为东西向延长的椭圆形, 面积 100km², 与围岩呈明显侵入接触关系, 北侧围岩为秦岭群混合片麻岩、加里东期垃圾庙岩体及元古代—古生代的丹凤群火山岩, 南侧主要为刘岭群砂板岩。岩体时代为印支期末^[5,6]。

该岩体为一复式岩体, 由六个岩石单元组成。从早到晚, 由边部向中心, 岩石单元依次

* 国家自然科学基金项目资助(编号 49672111)

第一作者简介 王晓霞, 女, 1960 年生, 副教授, 岩石学专业。

收稿日期 1997-09-10, 改回日期 1998-07-09

是: 巨斑状黑云角闪石英二长岩、含巨斑黑云角闪石英二长岩、中粒斑状黑云角闪石英二长岩、中细粒斑状黑云角闪石英二长岩、中粒少斑黑云二长花岗岩及细粒角闪黑云二长花岗岩。岩石单元分布形式呈半同心环带状套叠式。环斑结构主要见于边部岩石单元, 中间和中心单元几乎不见。不同单元中主要组成矿物变化是: 石英 10% ~ 20%, 斜长石 22% ~ 36%, 钾长石 23% ~ 30%, 黑云母 2% ~ 6%, 角闪石 1% ~ 10%。环斑状钾长石约占钾长石斑晶的 5% ~ 8%, 环斑大小为 0.5cm × 1cm ~ 5cm × 10cm, 呈卵球状、不规则状及板柱状, 内核为肉红色条纹长石, 外壳为白色奥长石($A_n=26\sim 27$), 宽 1~ 2mm。奥长石外壳一般为一环, 也有不少为二环或多环。沙河湾岩体中的环斑钾长石并非都是卵球状, 其数量较前寒武纪同类岩体要少, 而且分布上没有前寒武纪同类岩体中的均匀。

2 黑云母的矿物学特征

2.1 黑云母的类型

黑云母多为半自形~ 自形, 多色性明显, $N_g=$ 暗褐色、 $N_p=$ 浅褐黄色, 有两个世代。早期较细小($< 0.05\text{mm}$), 呈包裹体出现于长石之中, 含量少于 0.5%; 晚期粒度较大, 一般为 (0.5~ 8) mm × (2~ 3) mm, 含量 4% ~ 5%。晚期黑云母中有榍石、磷灰石、磁铁矿等矿物包裹体。黑云母在岩石中分布较均匀, 具波状消光及解理弯曲等变形现象。

文中电子探针分析结果的全铁已按该岩石中黑云母化学分析结果中 Fe_2O_3 和 FeO 的比例进行了分配(所分析的均为晚期黑云母)。在计算黑云母的结构式中, 对电子探针分析

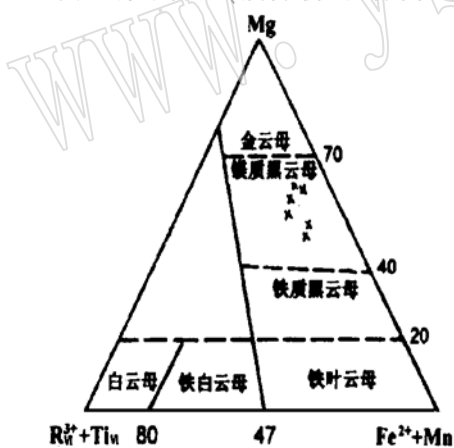


图 1 花岗岩中黑云母的分类图解
(据南京大学地质系《矿物导论》
仿 Forster, 1960)

Fig. 1 Classification diagram of biotite
in granites (after Forster, 1960)

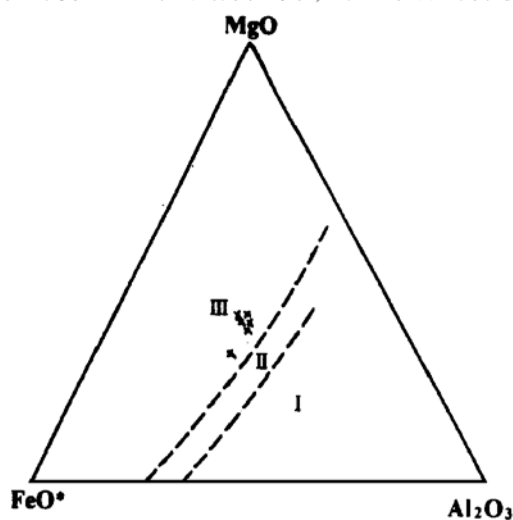


图 2 火山岩中黑云母的 $\text{MgO} - \text{FeO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ 图
(引自参考文献[7])

Fig. 2 $\text{MgO} - \text{FeO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ diagram of
biotite from volcanic rocks

I—黑云母与白云母或黄玉共生; II—黑云母不与镁铁
矿物共生; III—黑云母与角闪石、辉石、橄榄石共生

表1 黑云母的化学成分及标准化学式

Table 1 Chemical composition and formula of biotite

序号 项目	1*	2*	3	4	5	6	7	8	9*	10	
SiO ₂	37.90	38.40	34.83	36.20	36.83	36.50	33.64	34.48	37.01	34.83	
TiO ₂	2.89	2.66	3.20	2.80	2.80	2.70	3.30	2.81	3.95	4.11	
Al ₂ O ₃	13.41	14.10	13.15	13.67	12.87	13.44	13.63	16.02	12.47	13.26	
FeO	—	—	14.78	13.42	14.60	13.87	12.72	13.89	—	12.84	
Fe ₂ O ₃	—	—	4.46	5.38	4.00	4.78	17.73	16.61	—	4.70	
FeO	17.76	17.59	—	—	—	—	—	—	17.29	—	
MnO	0.12	0.19	0.27	0.42	0.32	0.30	0.36	0.34	0.95	1.03	
MgO	13.94	14.56	14.61	15.33	14.35	14.46	4.98	1.83	12.95	14.23	
CaO	0.13	0.03	2.00	1.57	1.08	1.50	0.60	0.20	0.06	1.78	
Na ₂ O	0.18	0.05	0.35	0.30	0.28	0.26	0.19	0.26	0.00	0.33	
K ₂ O	8.87	8.48	5.30	5.80	8.20	7.96	6.67	8.38	9.50	5.99	
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	0.06	0.04	—	0.43	
H ₂ O ⁺	—	—	6.54	4.96	4.86	4.18	—	—	—	5.25	
H ₂ O	—	—	—	—	—	—	6.26	5.31	—	—	
Σ	95.20	96.06	99.49	99.85	99.86	99.65	100.17	100.19	94.18	98.78	
四面体阳离子	Si	2.8400	2.7684	2.6954	2.6152	2.8336	2.7965	2.8460	2.9332	2.9900	2.7578
	Al	1.1600	1.1957	1.1983	1.1975	1.1664	1.2035	1.1540	1.0668	1.0100	1.1322
	Ti	—	0.0359	0.1063	0.1562	—	—	—	—	—	0.1100
	Fe ³⁺	—	—	—	0.0311	—	—	—	—	—	—
	Σ	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000
八面体阳离子	Al	0.0190	—	—	—	0.0010	0.0106	0.1983	0.5417	0.1720	—
	Ti	0.1579	0.1070	0.0797	—	0.1618	0.1556	0.2084	0.1788	0.2010	0.1326
	Fe ³⁺	0.3240	0.3119	0.2595	0.2699	0.2316	0.2758	1.1286	1.0526	0.2700	0.2759
	Fe ²⁺	0.7515	0.7192	0.9566	0.8340	0.9394	0.8886	0.8998	0.9862	0.8210	0.8563
	Mn	0.0045	0.0134	0.0177	0.0263	0.0208	0.0193	0.0203	0.0153	0.0750	0.0618
	Mg	1.5525	1.5597	1.6849	1.6976	1.6454	1.6510	0.5643	0.2297	1.5280	1.6746
	Σ	2.8094	2.7112	2.9984	2.8278	3.0000	3.0009	3.0197	3.0043	3.0670	3.0012
层间阳离子	Ca	0.0090	0.0217	0.1660	0.1250	0.0872	0.1229	0.0559	0.0284	0.0160	0.1437
	Na	0.0270	0.0433	0.0529	0.0433	0.0416	0.0387	0.0305	0.0206	0.0000	0.0471
	K	0.8370	0.7711	0.5236	0.5496	0.8049	0.7287	0.7117	1.0118	0.7790	0.5994
	Σ	0.8730	0.8361	0.7429	0.7179	0.9337	0.8903	0.7981	1.0608	0.7950	0.7902
附加阴离子	OH	—	—	3.3600	2.458	2.3856	1.990	3.5282	3.0045	—	2.7973
	F	—	—	—	—	—	—	0.1042	0.1380	—	0.3273

* 系电子探针分析,其余为化学分析。1~2为西安地质矿产研究所测定;3~6引自王亚力(秦岭区测,1985);1~6为沙河湾环斑花岗岩岩体中黑云母;7~8引自参考文献[9],为北京密云环斑花岗岩中黑云母;9~10引自参考文献[7],为漳州复式岩体中环斑花岗岩中黑云母

结果按 11 个氧原子进行计算, 对化学分析的结果则按 $O + OH + F/2 + Cl/2 = 12$ 计算(表 1)。将计算结果投到黑云母的 $Mg - (R_{VI}^{3+} + Ti_{VI}) - (Fe^{2+} + Mn)$ 分类图(图 1)中, 可见该岩体中的黑云母均为镁质黑云母。一般认为, A 型花岗岩中的黑云母均为羟铁云母, 且形成较晚; I 型花岗岩中为镁质黑云母^[3]。由此可见, 文中黑云母在这方面与 I 型花岗岩有相似之处。

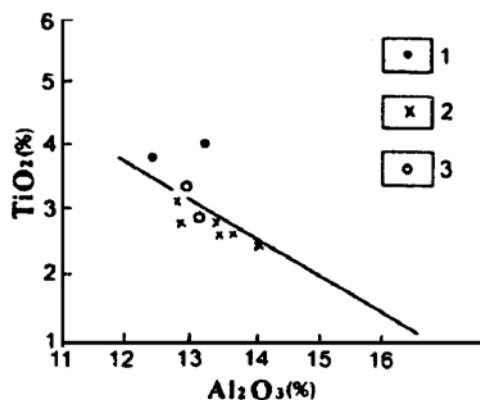


图 3 黑云母的 $TiO_2 - Al_2O_3$ 相关图
Fig. 3 TiO_2 versus Al_2O_3 diagram of biotite
1—漳州地区奥长环斑二长花岗岩中黑云母;
2—沙河湾环斑花岗岩中黑云母;
3—北京密云环斑花岗岩中黑云母

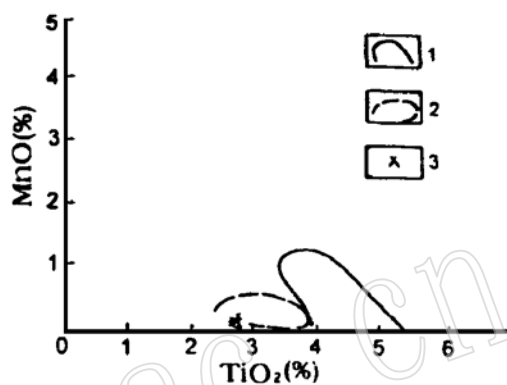


图 4 黑云母的 $MnO - TiO_2$ 相关图
Fig. 4 MnO versus TiO_2 diagram of biotite
1—漳州花岗岩中黑云母; 2—内华达州花岗岩中黑云母; 3—沙河湾环斑花岗岩中黑云母
(据周珣若, 1992)

在 $MgO - FeO^* - Al_2O_3$ 相关图(图 2)中, 该岩体的黑云母位于 III 区, 表明其为原生黑云母, 并与角闪石平衡共生。这与镜下观察结果相同。

2.2 黑云母的化学成分

黑云母结构式中四面体中 Si 数目变化于 2.99~2.6 之间(表 1), 高于 A 型花岗岩中的黑云母, 低于 I 型花岗岩中的黑云母^[6]。

从黑云母 TiO_2 与 Al_2O_3 相关图(图 3)中可见, 该区黑云母较漳州复式岩体中 I 型花岗岩中的黑云母富 Al_2O_3 、贫 TiO_2 。另外, Al_2O_3 与 TiO_2 显示出一定的负相关性, 这与北京密云环斑花岗岩中的黑云母有点相似^[5]。

在 MnO 与 TiO_2 相关图(图 4)上, 该区黑云母位于一个较小范围内, 与美国西海岸的内华达州花岗岩及漳州地区复式岩体中 I 型花岗岩相比, 贫 TiO_2 和 MnO , 特别是 MnO 变化范围更小。

沙河湾岩体中黑云母的 MgO 较北京密云环斑花

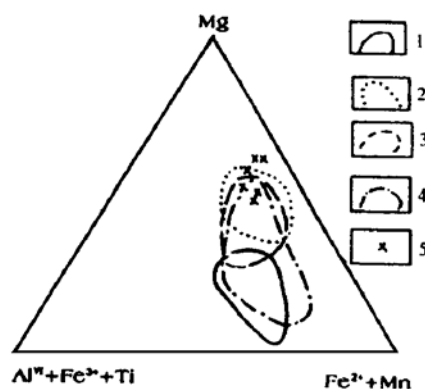


图 5 黑云母与岩石类型图解
Fig. 5 Relationship between the composition of biotite and the rock type
1—正长花岗岩; 2—闪长岩; 3—花岗闪长岩;
4—二长花岗岩; 5—沙河湾环斑花岗岩中黑云母
(据崔天顺, 1995)

岗岩中的黑云母高,而 MgO 、 FeO 、 Al_2O_3 则与漳州复式岩体中 I 型花岗岩中的黑云母相近(图 6)。从黑云母与岩石类型的图解(图 5)中,可见本文黑云母投到闪长岩、花岗闪长岩及二长花岗岩重叠区及其以上,反映出较富 MgO 的特征。

3 黑云母结晶的物理化学条件

该岩体中黑云母结晶的温度和氧逸度条件(表 2)是由黑云母化学成分在 Wones 等^[8]的氧缓冲剂图解上投影得到的。黑云母结晶的温度 $t = 750 \sim 820$ °C,氧逸度 $\log f_{O_2} = -8.5 \sim -9.5$,两者皆高于一般花岗岩中的黑云母,而且温度与氧逸度成正相关关系。

4 黑云母在环斑花岗岩成因类型研究中的意义

研究表明,黑云母的化学成分取决于寄主岩石的成分及形成环境。在有关图解中,A 型花岗岩 过铝性花岗岩(包括 S 型花岗岩)和造山带中钙碱性花岗岩中的黑云母分别相对集中于不同区域内^[3]。据此,从黑云母的成分特点也能反演寄主岩石的成因类型及形成环境。例如,沙河湾环斑花岗岩中黑云母的化学成分在 $MgO-FeO^*-Al_2O_3$ 相关图(图 6)上位于 A 区和 C 区的界线两侧,略偏向于 C 区,显示出造山带钙碱性花岗岩和非造山带花岗岩的过渡特点,即为造山带 I 型花岗岩与非造山带 A 型花岗岩过渡区域,表明沙河湾环斑花岗岩不具典型成因类型特点,而是一种过渡类型的花岗岩。这一结论与已有的认识^[1]完全一致。如前所述,该岩体产于秦岭造山带板块缝合带中,形成于印支期末主造山期之后,并向相对稳定期转化的构造背景中,是秦岭造山带最终形成及转化为相对稳定的标志^[1],岩石地球化学初步研究也表明其具有造山带

表 2 黑云母结晶的温度和氧逸度条件
Table 2 Crystallization temperature and oxygen fugacity of biotite

序号	Fe/(Fe+ Mg)	t(°C)	logf _{O₂}
1	0.3262	810	- 8.7
2	0.3156	820	- 8.5
3	0.3622	750	- 9.5
4	0.3249	800	- 8.8
5	0.3635	750	- 9.5
6	0.3500	775	- 9

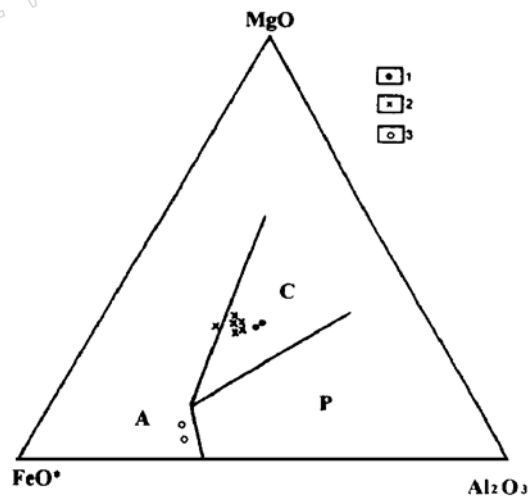


图 6 黑云母的 $FeO^*-MgO-Al_2O_3$ 相关图
(据 M. F. Abdol, 1994)

Fig. 6 $FeO^*-MgO-Al_2O_3$ diagram of biotite
(after M. F. Abdol, 1994)

A—非造山带碱性花岗岩中的黑云母所在区; P—过铝性花岗岩(包括 S 型)中黑云母所在区; C—造山带钙碱性花岗岩中黑云母所在区。1—漳州复式岩体中具环斑结构花岗岩中黑云母; 2—沙河湾环斑花岗岩中黑云母; 3—北京密云环斑花岗岩中黑云母

钙碱性花岗岩向非造山带 A 型花岗岩过渡的特点。黑云母成分的研究从矿物学角度进一步论证了沙河湾环斑花岗岩为过渡型花岗岩。

对其它环斑花岗岩中的黑云母的研究证实了上述方法是可行的。如笔者将漳州燕山期复式岩体中环斑花岗岩中的黑云母投影于图 6 中, 位于 C 区, 显示为造山带花岗岩, 与前人从岩石地球化学方面的研究结果一致^[7]。又如将北京密云环斑花岗岩中的黑云母投影于图 6, 位于 A 区, 为非造山带花岗岩, 也与已有的研究结论^[9]一致。看来, 以黑云母成分特征推断花岗岩(包括环斑花岗岩)的成因类型是可信的。

以往认为环斑花岗岩均形成于大陆稳定地区, 而近年来的研究^[1, 10]揭示, 一些较新的(显生宙)环斑花岗岩也产于造山带中。可见, 环斑花岗岩的形成环境也是较复杂的。上述论述表明, 黑云母的研究不失为研究这一复杂问题的重要手段之一。

5 结 论

沙河湾环斑花岗岩中的黑云母为镁质黑云母, 是原生的, 且与角闪石平衡共生。黑云母形成的温度 $t = 750 \sim 820 \text{ }^\circ\text{C}$, $p = 0.1 \text{ GPa} \pm$, $\log f_{\text{O}_2} = -8.5 \sim -9.5$ 。

在化学成分上, 黑云母以富 MgO 为特征, 其 MgO 较 I 型 S 型及 A 型花岗岩中的黑云母均高, 而 FeO Al_2O_3 与 I 型花岗岩中的黑云母相似。四面体中的 Si 高于 A 型花岗岩中的黑云母而低于 I 型花岗岩中的黑云母。这些特征表明, 该岩体中黑云母明显不同于 S 型 A 型花岗岩中的黑云母, 也与 I 型花岗岩中的黑云母有一定差异, 显示出一种过渡特征, 即 I 型与 A 型花岗岩之间的过渡类型, 是特殊环境中的一种过渡类型, 这与笔者从其它方面的初步研究结论一致。对其它一些环斑花岗岩的研究对比也印证了这一点。

本文研究表明, 黑云母的成分研究也是揭示岩石成因类型的一种有效途径, 可为岩体成因及形成环境提供信息。

参 考 文 献

- 1 卢欣祥, 董 有, 常秋岭等. 秦岭印支期沙河湾奥长环斑花岗岩及其动力学意义. 中国科学(D辑), 1996, 26(3): 244~ 248.
- 2 王晓霞, 卢欣祥. 南秦岭沙河湾环斑花岗岩浆形成 P-T 条件及源岩性质的讨论. 西安地质学院学报, 1994, (3): 54 ~ 59.
- 3 Fattah A & Rahman A. Nature of biotite from alkaline, calc_alkaline and peraluminous magmas. Jour. Petr., 1994, 35 (2): 525~ 532.
- 4 张国伟, 孟庆任, 赖少聪. 秦岭造山带的结构构造. 中国科学(D辑), 1995, 25(9): 994~ 1003.
- 5 张宗清, 刘敦一, 付国民等. 北秦岭变质地层同位素年代研究. 北京: 地质出版社, 1994.
- 6 地矿部陕西区域地质调查队. 黑山幅 1/5 万区域地质调查图及说明书. 1985.
- 7 陈安国, 周珣若. 漳州地区白垩纪 I 型和 A 型花岗岩中黑云母的矿物学特征. 矿物岩石, 1996, (2): 25~ 30.
- 8 Wones D R et al. Stability of biotite: experimental theory and application. Am. Miner., 1965, 40(9): 1228~ 1272.
- 9 郁建华, 付会芹, 张凤兰等. 中元古代北京附近环斑花岗岩套的深成与火山作用. 北京地质, 1993, (3- 4): 4~ 42.
- 10 Rämö O T and Haapala I. One hundred years of Rapakivi granite. Min. Petr., 1995, (52): 129~ 185.

A Study of Biotite from the Shahewan Rapakivi Granite in Qinling and Its Significance

Wang Xiaoxia

(Xi'an Engineering University, Xi'an 710054)

Lu Xinxiang

(Institute of Geology of Henan Province, Zhengzhou 450053)

Key words: biotite; rapakivi granite; Qinling

Abstract

Shahewan rapakivi granite which intruded into the Qinling orogenic belt in 195~213 Ma is a young intrusion. The type, chemical composition and $t-p$ condition of biotite from this rapakivi granite are discussed in this paper. The biotite is Mg-Fe biotite, which has higher Mg than biotite from S-type and L-type granite. FeO and Al₂O₃ of this granite is similar to those of L-type granite. Si is from 2.99 to 2.6, higher than Si of A-type granite and lower than that of L-type granite. Al₂O₃ and TiO₂ show negative correlation, being similar to character of biotite from A-type granite. The crystalline condition of biotite is $t = 750\sim 820\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $\log f_{\text{O}_2} = -8.5\sim -9.5$, which are higher than the values in average granite. $p = 0.1\text{ GPa} \pm$. The above character indicates that biotite of Shahewan rapakivi granite is different from biotite from S-type and A-type granite as well as L-type granite, showing that this rapakivi granite is a transitional type between L-type granite and A-type granite and is a product of special tectonic condition. The result is consistent with conclusions from our other studies and is also supported by researches on other rapakivi granites.

In short, our studies show that chemical composition of biotite can determine type of granite and provide information for the formation environment of the intrusion.