http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx

对秦岭奥长环斑花岗岩的质疑

赵太平[1,2)]

1) 中国科学院广州地球化学研究所,510640; 2) 河南省地质科学研究所,郑州,450053

内容提要 本文介绍了环斑结构的含义及奥长环斑花岗岩的地质与地球化学特征。在此基础上对所谓的秦岭奥长环斑花岗岩带提出质疑,并提出秦岭中的一些花岗岩虽然具有环斑结构,但不是奥长环斑花岗岩。

关键词 环斑结构 奥长环斑花岗岩 构造环境 秦岭

奥长环斑花岗岩(rapakivi granites)主要是中、新元古代(1.0~1.8 Ga)大规模板内岩浆作用的产物,因其特征结构和其在地壳演化过程中的意义而倍受地质学家关注(Ramo et al.,1995a;Haapala et al.,1999)。它在北欧和北美特别发育,在其他陆块前寒武纪地盾中也均有出露。我国境内见诸报道的这类岩石出露于北京密云及附近地区(Ramo et al.,1995b;郁建华等,1996)。近年来,卢欣祥等(1996,1998,1999)、张宗清等(1999)报道北秦岭构造带西段,在东西长达260 km范围内分布有众多奥长环斑花岗岩体;并认为这些奥长环斑花岗岩体的发育标志秦岭造山带构造环境的转变,表明秦岭造山带主造山过程的结束,陆内造山作用的开始。虽然对陕西沙河湾花岗岩的环斑结构早有较为详细描述,但均没有确定为奥长环斑花岗岩(严阵,1985;陕西省地质矿产局,1989)。遗憾的是,迄今为止还几乎没有研究者从岩石学、矿物学和地球化学等方面论证这些花岗岩与世界上典型奥长环斑花岗岩有哪些异同点及其产生的原因。笔者认为,这些方面才是判断西秦岭是否发育奥长环斑花岗岩带的关键所在。而从已有的资料看,它们是否属于奥长环斑花岗岩,以及这些花岗岩的发育与秦岭造山带演化间的关系,均值得深入讨论。本文从奥长环斑花岗岩的普遍特征出发,对"秦岭中存在奥长环斑花岗岩带"提出质疑。

1 环斑结构和奥长环斑花岗岩

经典的奥长环斑花岗岩出露于芬兰南部,是Sederholm(1891)最早提出奥长环斑花岗岩这一术语。Vorma(1976)对环斑结构(rapakivi texture)作了这样的描述:① 碱性长石巨晶呈眼球状;② 部分碱性长石球斑具有更长石—中长石的包壳,但有些则没有;③ 存在有两个世代的碱性长石和石英。早期的文献中,奥长环斑结构只是指碱性长石球斑具有斜长石的包壳;后来在一些文献中,将斜长石包裹自形的(带棱角的)碱性长石晶体也称之为环斑结构;相反,斜长石具有碱性长石包壳的则被称为反环斑结构(Ramo et al.,1995a)。那么,是否具有环斑结构的花岗岩就可以定义为奥长环斑花岗岩呢?奥长环斑花岗岩均是浅成的,除了其特征的结构和产出方式外,还具有双峰式的岩浆岩组合、独特的矿物学[在镁铁质硅酸盐矿物中Fe/(Fe+Mg)值很高,萤石是常见的副矿物]和岩石化学(高K、K/Na、F、Ga、Rb、Zn、Zr、Y和LREE,负Eu异常)特征。这些是A型花岗岩的一般特征,所以Haapala等(1992)定义的奥长环斑花岗岩是:出现特征的奥长环斑结构(至少在较大的岩基中)的A型花岗岩;而那些局部具有环斑结构的混合岩、S型和I型花岗岩则不属于奥长环斑花岗岩的范畴(Ramo et al.,1995a;Haapala et al.,1999;Dall′Agnol et al.,1999)。

奥长环斑花岗岩组合不仅包括环斑花岗岩(wiborgite)、无奥环斑花岗岩(pyterlite),还包括成因上相关的、显示其他结构的花岗质岩石,如二长花岗岩、石英二长岩、二长岩及正长岩、石英正长岩(Vorma,1976;Dall′Agnol et al.,1999)。因为这些岩

注:本文为国家自然科学基金项目(编号 40072061,49502028)的成果。
收稿日期:2001-03-12;改回日期:2001-05-28;责任编辑:刘淑春。
作者简介:赵太平,男,1963年生。1990年于南京大学获硕士学位,2000年于中国科学院地质与地球物理研究所获博士学位。现在中国科学院广州地球化学研究所从事博士后研究,教授级高级工程师。通讯地址:100029,北京9825信箱;电话:010—62008082;Email:tp-zhao@163.com。

石的突出特点是无水镁铁质硅酸盐矿物占优势，据此它们又被称为纹长二长岩(含斜方辉石的二长岩)和紫苏花岗岩(含斜方辉石的花岗岩)(Ramo et al.，1995a)。此外，许多镁铁质岩石(斜长岩、辉绿岩墙、辉长岩)常在时间上、空间上与奥长环斑花岗岩密切共生呈双峰式，Emslie(1991)称之为 AMCG(Anorthosite-Mangerite-Charnockite-Rapakivi Granite)组合。

虽然对环斑结构的成因、奥长环斑花岗岩的源区性质及岩浆演化过程还有争议，但迄今为止对世界范围的奥长环斑花岗岩的研究均表明：奥长环斑花岗岩的母岩浆形成于压力为500～1000 MPa 的高温、缺水的下地壳，然后岩浆上升于近地表浅处(100 MPa±)就位(Ramo et al.，1995a；Eklund et al.，1999)。母岩浆形成的热源，往往与幔源基性岩浆的底侵有关。Haapala 等(1999)对奥长环斑花岗岩的特征与成因问题作了这样的总结：奥长环斑花岗岩具有 A 型花岗岩的特征，揭示其岩浆的起源和大地构造环境；环斑结构则反映其结晶条件。

北京密云及附近地区出露有典型的奥长环斑花岗岩，郁建华等(1996)在前人工作的基础上对之做了深入的研究，并与芬兰经典的奥长环斑花岗岩进行了对比。该地区岩石名称曾有多种叫法，如斜长环斑花岗岩(赵崇贺，1964)、球斑花岗岩(郁建华等，1990)、环球斑花岗岩(万方晓，1994)和环斑花岗岩(郁建华，1996)。尽管关于 rapakivi texture 和 rapakivi granite 的中文译名略有差异，但对其含义的理解上却没有不同。因此，对于 rapakivi texture 和 rapakivi granite 的中文译名最好统一为“环斑结构”、“奥长环斑花岗岩”。

2 秦岭地区是否存在奥长环斑花岗岩

卢欣祥等(1996，1998，1999)、张宗清等(1999)报道北秦岭构造带的西段，在东西长达260 km 的范围内分布有众多的奥长环斑花岗岩体。从已有资料看，沙河湾岩体中环斑状钾长石占钾长石斑晶的5%～8%，有些钾长石呈卵圆状(卢欣祥等，1996)，有些则呈板柱状(陕西省地质矿产局，1989)。而据陈衍景等(私人通信)对秦岭梁岩体的调查，环斑钾长石占钾长石斑晶的1/5，但钾长石斑晶为自形—半自形，不呈卵圆状。尽管缺少必要的矿物学资料(如化学成分)，但基本可以证实这些岩体中存在环斑结构，而不管具斜长石环边的钾长石斑晶是否呈卵圆状。然而，花岗岩中发育环斑结构是常见的现象，多是交代成因(Augustithis，1979)。秦岭中一些花岗岩为什么发育环斑结构迄今没有相关研究成果的报导，其成因有待今后进一步工作，但上述花岗岩不属于奥长环斑花岗岩。

(1) 秦岭中所谓的“奥长环斑花岗岩”在岩相学、矿物学、岩石地球化学特征等方面均与国外的及我国北京密云的奥长环斑花岗岩大相径庭。如：典型的奥长环斑花岗岩中的镁铁质硅酸盐矿物富铁，含氟矿物萤石、黄玉较多，副矿物中有锐钛矿、铌铁矿、锡石(少数产有锡矿体)等，磁铁矿、钛铁矿均可出现；典型的岩石演化趋势是：铁橄榄石-黑云母-角闪石花岗岩→黑云母-角闪石花岗岩→黑云母花岗岩→含黄玉的微斜长石-钠长石花岗岩。秦岭中的这类岩石则没有上述副矿物特征，镁铁质矿物较富镁(如黑云母为镁质黑云母；王晓霞等，1998)；主量元素低 Si、K、F，富 Mg、低 Fe/Mg 和 K/Na 值；微量元素相对贫 Zr、Rb、Nb、Y、Ga(表1，图1)。秦岭沙河湾等花岗岩体的矿物学、岩石地球化学特征等均类似于 I 型花岗岩，在构造-岩浆判别图解上均落入同造山或火山弧花岗岩范围(王晓霞，1994；张本仁等，1994；卢欣祥等，1996)。而世界范围的所有奥长环斑花岗岩均落入 A 型花岗岩和板内花岗岩(WPG)范围内

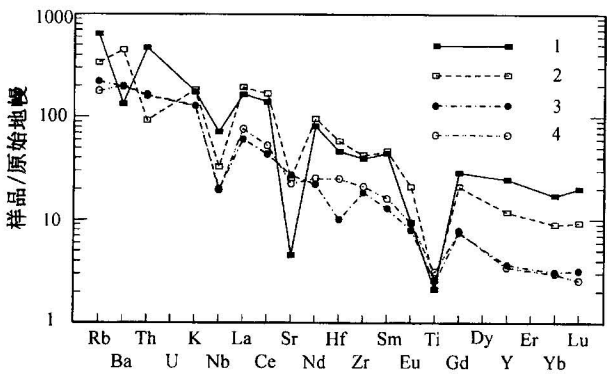


图 1 相关花岗质岩石的多元素蛛网图
(原始地幔标准化值据 McDonough 等，1992)

Fig. 1 Multi-element spider diagram for the granitoid rocks(normalizing values for primitive mantle from McDonough et al.，1992)

1—芬兰南部奥长环斑花岗岩(引自 Ramo et al.，1995a)；2—北京密云奥长环斑花岗岩(引自郁建华等，1996)；3—北京沙河湾花岗岩(引自张本仁等，1994)；4—秦岭沙河湾花岗岩(引自卢欣祥等，1996)

1—Rapakivi granites of Southern Finland (after Ramo et al.，1995a)；2—rapakivi granites of Miyun Beijing (after Yu et al.，1996)；3—granites of Shahewan Beijing(after Zhang et al.，1994)；4—granites of Shahewan(after Lu et al.，1996)

(Ramo et al.，1995a；图2)，奥长环斑花岗岩突出的化学成分特征在西秦岭这类岩石中均没有。

(2) 与奥长环斑花岗岩在时空上共生(同成因、但不一定是同源岩浆)的岩石类型及数量虽然在世界上不同的地区表现不一，但通常是双峰式的，几乎都伴生有一定量的镁铁质岩石，有时含少量的中性岩(Ramo et al.，1995a)。但在秦岭，迄今未见报道有时间上、空间上与所谓的奥长环斑花岗岩紧密共生的镁铁质岩石如斜长岩、苏长岩、辉长岩、辉绿岩脉或玄武岩等；也没有奥长环斑花岗岩组合中常见的闪长岩、苏长岩等。在秦岭发育有与所谓的环斑花岗岩同期的同碰撞花岗岩、A 型花岗岩、碱性岩(碳酸岩、霓辉正长岩等)，它们在时空和成因上的关系目前还不清楚。

(3) 尽管奥长环斑花岗岩无例外地形成于张性构造环境，但是否一定形成于非造山的构造环境仍有争议。焦点问题是，不易区分是造山后的还是非造山的，因此某些奥长环斑花岗岩与造山事件的关系依然是需要深入研究的(Ramo et al.，1995a；Haapala et al.，1999；Windley，1991)。而已报道的显生宙的奥长环斑花岗岩，无例外地是产出于非造山的环境(Ramo et al.，1995a)。秦岭在210～217 Ma 形成的含有环斑结构的花岗岩显然不是非造山的，但也不是造山后的。因此，对秦岭地区含有环斑结构的花岗岩而言，十分有意义而又没有解决的问题是，这些岩体中所发育的环斑结构是如何形成的；这些花岗

表 1　秦岭沙河湾花岗岩与典型奥长环斑花岗岩的岩石地球化学平均成分

Table 1　Average chemical compositions of Shahewan granites and typical rapakivi granites

样品(%)	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	F	H_2O^+	Total	Rb ($\times10^{-6}$)	Sr ($\times10^{-6}$)
芬兰南部	71.56	0.40	12.99	1.08	2.47	0.05	0.33	1.44	2.79	5.53	0.09	0.35	0.62	99.82	355	85
北京密云	68.86	0.48	14.61	1.39	1.84	0.05	0.39	1.62	3.19	5.76	0.12	0.65	0.68	100.25	184	468
沙河湾1	66.43	0.59	14.41	1.22	2.17	0.10	1.98	2.67	4.09	4.10	0.26	0.052	0.79	98.84	96	416
沙河湾2	67.63	0.48	14.37	1.79	2.00	0.05	1.94	2.55	4.17	4.08	0.23		0.61	99.96	121	516

样品 ($\times10^{-6}$)	Ba	Sc	Ga	Nb	Y	Hf	Zr	Th	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Yb	Lu
芬兰南部	829	8	29	46	95	13	384	41	103	220	97	17.4	1.4	15.1	7.5	1.3
北京密云	2737	5	20	21	40	16	408	8	119	262	114	18.1	3.1	11.0	3.9	0.6
沙河湾1	1223	7	12	12	13	7	203	14	47	82	30	6.3	1.4	4.1	1.3	0.2
沙河湾2	1212	8	17	13	14	3	180	14	38	69	27	5.1	1.2	4.0	1.4	0.2

注：表中芬兰南部奥长环斑花岗岩资料引自 Ramo 等(1995)；北京密云奥长环斑花岗岩资料引自郁建华等(1996)；沙河湾1引自卢欣祥等(1996)；沙河湾2引自张本仁等(1994)，其 Hf 元素含量明显偏低可能有分析质量上的问题。

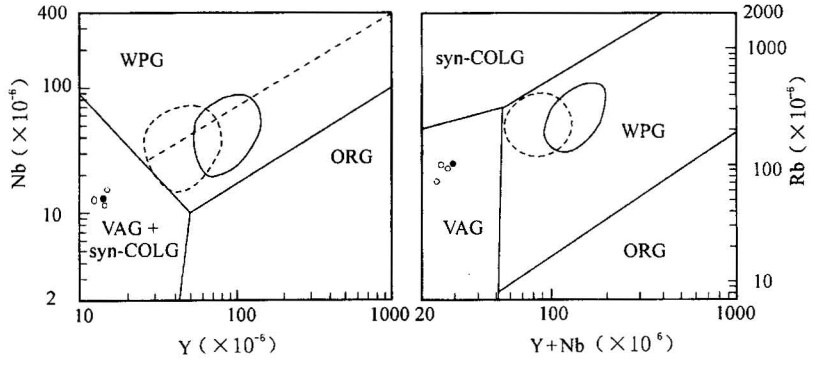


图 2　相关花岗质岩石的构造-岩浆判别图解(据 Pearce 等，1984)

Fig. 2　Tectonomagmatic discrimination diagrams for the granitoid rocks(after Pearce et al.，1984)

○—沙河湾花岗岩(引自卢欣祥等，1996)；●—沙河湾花岗岩(引自张本仁等，1994)；实线所圈定的范围为芬兰南部奥长环斑花岗岩(引自 Ramo et al.，1995a)；虚线所圈定的范围为北京密云奥长环斑花岗岩(引自郁建华等，1996)；WPG—板内花岗岩；ORG—洋脊花岗岩；VAG—火山弧花岗岩；syn-COLG—同碰撞花岗岩

○—Granites of Shahewan(after Lu et al.，1996)；●—granites of Shahewan(after Zhang et al.，1994)；rapakivi granites of Sourthern Finland enclosed by solid line(after Ramo et al.，1995a)，rapakivi granites of Miyun enclosed by dashed line(after Yu et al.，1996)；WPG—within-plate granites；ORG—ocean-ridge granites；VAG—volcanic-arc granites；syn-COLG—syn-collisional granites

岩体的形成过程与秦岭造山带演化是何关系；这些所谓的“奥长环斑花岗岩体”的发育为什么能标志秦岭造山带主造山过程的结束和陆内造山作用的开始？

综上所述，秦岭地区某些花岗质岩石中斜长石环边包裹自形—半自形或卵圆形钾长石斑晶的现象，称之为“(奥长)环斑结构”是无可非议的，但不能确定为奥长环斑花岗岩，因为奥长环斑花岗岩不仅有其特征的结构、矿物学、岩石地球化学特征，还有其特殊的岩石组合。目前，对奥长环斑花岗岩的研究，主要集中在环斑结构的成因和奥长环斑花岗岩杂岩体产出的构造环境及侵位机制(Frost et al.，1999；Grocott et al.，1999；Ahall et al.，2000)。有鉴于此，秦岭地区这些花岗质岩石为什么具有环斑结构以及岩浆的起源和演化过程值得作深入细致的工作，这对剖析秦岭造山带的演化历史具有重要的潜在价值，而卢欣祥等(1999)、张宗清等(1999)所取得的年代学成果无疑为今后的工作奠定了良好的基础。

参 考 文 献

卢欣祥，董有，常秋岭，等. 1996. 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)，26(3)：244～248.

卢欣祥，尉向东，肖庆辉，李荣社，杨永成. 1998. 西秦岭发现奥长环斑花岗岩带. 地质论评，14(5)：535.

卢欣祥，尉向东，肖庆辉，等. 1999. 秦岭环斑花岗岩的年代学研究及其意义. 高校地质学报，5(4)：372～377.

陕西省地质矿产局. 1989. 陕西省区域地质志. 北京：地质出版社，422～438.

万方晓. 1994. 北京密云沙厂环球斑花岗岩球斑结构的特征及成因探讨. 北京地质，(3)：16～23.

王晓霞，卢欣祥. 1994. 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，16(3)：54～59.

王晓霞，卢欣祥. 1998. 秦岭沙河湾环斑花岗岩中黑云母的研究及其意义. 岩石矿物学杂志，17(4)：352～358.

严阵. 1985. 陕西省花岗岩. 西安：西安交通大学出版社，101～103.

郁建华. 1990. 北京及附近元古宙裂谷槽中球斑花岗岩套的地球化学. 地质学报，64(4)：322～336.

郁建华，付会芹，张凤兰，等. 1996. 华北地台北部非造山环斑花岗岩及有关岩石. 北京：中国科学技术出版社，1～97.

张本仁，骆庭川，高山，等. 1994. 秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究. 武汉：中国地质大学出版社，110～123.

张宗清，张国伟，唐索寒，卢欣祥. 1999. 秦岭沙河湾奥长环斑花岗岩的年龄及其对秦岭造山期结束时间的限制. 科学通报，44(9)：981～984.

赵崇贺. 1964. 北京密云斜长环斑花岗岩地质学与岩石学研究. 见：中国地质学会编. 第一届矿物岩石地球化学会议论文选集(岩石). 124～143.

References

Ahall K I, Connelly J N, Brewer T S. 2000. Episodic rapakivi magmatism due to distal orogenesis: Correlation of 1. 69～1. 50 Ga orogenic and inboard, “anorogenic” events in the Baltic Shield. Geology, 28(9): 823～826.

Augustithis S S. 1979. Atlas of texture patterns of granites, gneisses and associated rocks. Elsevier, Amsterdam, 378.

Dall′Agnol R, Costi H T, Leite A A da S, Magalhaes M S, Teixeira N P, 1999. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. Precambrian Res., 95: 9～39.

Eklund O, Shebanov A D. 1999. The origin of rapakivi texture by sub-isothermal decompression. Precambrian Res., 95: 129～146.

Emslie R F. 1991. Granitoids of rapakivi granite-anorthosite and related associations. Precamb. Res., 51: 172～192.

Frost C D, Frost B R, Chamberlain K R, Edwards B R. 1999. Petrogenesis of the 1. 43 Ga Sherman batholith, SE Wyoming, USA: a reduced, rapakivi-type anorogenic granite. Journal of Petrology, 40(12): 1771～1802.

Grocott J, Garde A A, Chadwick B, Cruden A R, Swager C. 1999. Emplacement of rapakivi granite and syenite by floor depression and roof uplift in the Palaeoproterozoic Ketilidian orogen, South Greenland. Journal of the Geological Society, 156(1): 15～24.

Haapala I, Ramo O T. 1992. Tectonic setting and origin of the Proterozoic rapakivi granites of southeastern Fennoscandia. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences, 83: 165～171.

Haapala I, Ramo O T. 1999. Rapakivi granites and related rocks: an introduction. Precambrian Res., 95: 1～7.

Lu Xinxiang, Dong You, Chang Qiuling, et al. 1996. Indosinian Shahewan rapakivi granites in Qinling and its dynamic significance. Science in China, Series D, 39(3): 266～272.

Lu Xinxiang, Wei Xiangdong, Xiao Qinghui, Li Rongshe, Yang Yongcheng. 1998. Rapakivi granite belt discovered in the western Qinling Mountains. Geological Review, 44(5): 535.

Lu Xinxiang, Wei Xiangdong, Xiao Qinghui, et al. 1999. Geochronological studies of rapakivi granites in Qinling and its geological implications. Geological Journal of China Universities, 5(4): 372～377(in Chinese with English abstract).

Pearce J A, Harris N B, Tindle A G. 1984. Trace elements discrimination digram for the tectonic interpretation of granitic rocks. J. Petrol., 25: 956～983.

Ramo O T, Haapala I. 1995a. One hundred years of rapakivi granite. Miner. Petrol., 52: 129～185.

Ramo O T, Haapala I, Yu J-H, Fu H-Q. 1995b. 1700 Ma Shachang comple, northeast China: Proterozoic rapakivi granite not associated with Paleoproterozoic orogenic crust. Geology, 23: 815～818.

Sederholm J J. 1891. Ueber die finnlandischen rapakiwigesteine. Tschermak′s Miner. Petrograph. Mitth., 12: 1～31.

Shanxi Breau of Geology and Mineral Resources. 1989. Regional Geology of Shanxi province. Beijing: Geol. Pub. House, 422～438(in Chinese with English abstract).

Vorma A. 1976. On the petrochemistry of rapakivi granites with special reference to the Laitila massif, southwestern Finland. Geol. Surv. Finland Bull., 285, 98.

Wan Fangxiao. 1994. Characteristics and genesis of rapakivi texture in Shachang rapakivi granite massif, Beijing. Beijing Ggology, (3): 16～23(in Chinese with English abstract).

Wang Xiaoxia, Lu Xinxiang. 1994. The discussion on *P-T* condition of the magma of Shahewan rapakivi granite in Sourth Qinling and the nature of the source rock. Journal of Xian College of Geology,

16(3):54～59 (in Chinese).

Wang Xiaoxia, Lu Xinxiang. 1998. A study of biotite from the Shahewan rapakivi granite in Qinling and its significence. Acta Petrologica et Mineralogica,17(4):352～358 (in Chinese with English abstract).

Windley B F. 1991. Early Proterozoic collision tectonics, and rapakivi granites as intrusions in an extensional thrust-thickened crust: the Ketilidian orogen, South Greenland. Tectonophysics,195:1～10.

Yu Jianhua. 1990. Geochemistry of a rapakivi granite suite in a Proterozoic rift in Beijing and its vicinity. Acta Geologica Sinica,64 (4):322～336(in Chinese with English abstract).

Yu Jianhua, Fu Huiqin, Zhang Fenglan,et al. 1996. Anorogenic rapakivi granites and related rocks in Northern of the North China Craton. Beijing:China Science and Technology Press, 1～97 (in Chinese).

A Query about So-called Rapakivi Granites in the Qinling Orogen

ZHAO Taiping[1,2)]

1) *Institute of Geochemistry,Chinese Academy of Sciences, Guangzhou*, 510640

2) *Geological Research Institute of Henan Province, Zhengzhou*, 450053

Abstract

This paper introduces the connotation of rapakivi texture and geological and geochemical characteristics of rapakivi granites. Based on a comparison of the granites in the so-called Qinling rapakivi granite belt with typical rapakivi granites in respect to mineralogy, geochemistry and magmatic association, the authos holds that some granitic rocks in the Qinling orogen are not rapakivi granites though they have a rapakivi texture.

Key words: rapakivi texture; rapakivi granites; tectonic setting;Qinling orogen