文章编号:1007－3701(2002)02－0001－07

花岗岩类Ⅰ型S型分类在造山带实践中存在的问题

——以西秦岭地区为例

李永军[1] 刘志武[1] 付国民[2] 李金保[1]

(1. 长安大学地球科学与国土资源学院,陕西 西安 710054; 2. 成都理工大学,四川 成都 610059)

摘要:花岗岩类Ⅰ型S型分类的原始定义和实质是分类与源岩的内在联系,但由于造山带地壳结构及地质构造特征的复杂性、地质作用过程的多样性,导致了形成花岗岩类源岩组分的复杂性,使得花岗岩Ⅰ型S型分类在造山带具有不确定性,在实践中尤其在填图中存在较多问题和矛盾。西秦岭许多花岗岩既有Ⅰ型特色又兼有S型特色,岩石化学及地球化学图解的多解性显示了二者间无确定的界线。本文分析了产生这些矛盾的根源以及Ⅰ型S型分类在造山带区的不适用性。

关 键 词:造山带;花岗岩类;Ⅰ型S型分类;西秦岭

中图分类号:P588.12 **文献标识码**:A

花岗岩类是岩石圈的重要组成部分,在造山带分布尤为广泛,是指示造山带深部壳幔组成等主要信息的岩石探针,也是研究造山带地球动力学的主要窗口和首选途径[1,2]。花岗岩类分类方案很多,但主要有基本分类、派生分类、综合性分类三大分类方案,其中以派生分类中的Ⅰ型S型(包括M型A型,统称ISMA)分类最为流行,在我国1:5万区域地质填图[3,4]及花岗岩综合研究中进行了大量推广,并已引入到造山带研究中,取得了许多重要成果[5－8]。然而,由于造山带本身的复杂性决定了花岗岩类的复杂性,Ⅰ型S型分类在造山带花岗岩类研究中出现了较多问题。本文以近年来西秦岭造山带花岗岩的主要成果为例,讨论这一方案在造山带花岗岩类研究中的困惑及其产生的原因。

1 花岗岩类分类方案简述

为便于讨论Ⅰ型S型花岗岩类在造山带的适用性,有必要对花岗岩类主要分类方案做一简要回顾。花岗岩类分类方案很多,见解各异。主要有以下几类:

(1)基本分类方案

基本分类是以矿物学－岩石学为基本准则对花岗岩类进行的分类方案,以国际地科联(IUGS)火成岩分类委员会(R.W.Le Maitre,1989)推荐的方案[9]为代表,在具体操作中通常采用QAP三角图解和配套图解进行岩石学分类。是以主要常见造岩矿物为对象的岩石分类定名方法,定名在野外露头尺度观察即可完成(有时需要借助镜下薄片观察),具有标准统一,易掌握,不带成因等分析性和推断性分类因素,因而可用于非造山带区和造山带区的所有花岗岩类分类和定名。

(2)派生分类方案

收稿日期:2002－03－10

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(20001300010171).

作者简介:李永军(1961—),男(汉族),博士、副教授,主要从事区域地质调查、构造地质学、地球探测与信息技术研究.

万方数据

在基本分类方案的基础上,附加其他地质因素的分类称派生分类方案。

第一类是以源岩所在岩石圈的大致位置,并结合其他地质因素或增加某些有限的地球化学参数限定的分类。前者以我国科学家徐克勤先生的同熔型、改造型、幔源型分类为代表;后者以ISMA分类为代表。

第二类是日本学者石原舜三依特征矿物磁铁矿、钛铁矿为标准的分类。已经证实岩浆中的SO_2含量直接决定磁铁矿和钛铁矿的相对含量[10],在造山带地区不具推广意义。

第三类是将花岗岩的形成环境与大地构造环境相联系的分类,主要有Maniar的造山型和非造山型分类;Pearce的洋脊、火山弧、板内、碰撞带分类以及对ISMA型的构造相联系的成因分类[11];杨树锋以板块边界为主的板块俯冲幔源型、板缘挤压型(岛弧型)、板缘拉张型、板内改造型、板内裂谷型分类[12];笔者等将西秦岭造山带花岗岩划分为造山型和非造山型,前者包括(洋陆)俯冲碰撞型、陆陆碰撞型、造山期后型,后者即为板内裂谷型,可分为板内浅熔型、板内深熔型[13~15]等。

(3)综合性分类

在基本分类基础上综合了各派生分类方案建立的分类为综合性分类。最新的花岗岩类综合性分类方案由法国学者Barbarin(1997)提出。这一分类方案广泛吸收了近年来许多学者对花岗岩类的分类方案,并将花岗岩类的主要造岩矿物组合、QAP岩石类型和野外关系及重要的岩石化学、同位素特征相联系,同时也将主要岩石类型与花岗岩的形成环境相联系[16]。Barbarin称这一方案不是仅仅根据化学和同位素准则,也考虑了野外关系、岩石学和矿物学准则,并对现行大多数分类作了补充,具有在野外即可区分不同花岗岩类型的优点。

笔者认为,一旦将一种花岗岩分类与其成因相联系,尤其是与构造环境相联系,必然增加了不确定性。因为花岗岩类型的主控因素是不同种类源岩而不是构造环境(成岩过程的复杂因素对成因类型的变化仅起调节作用)。特定的一种源岩可以被不同的构造作用所活化,最终仍产生类似的花岗岩类。故这一分类尽管有许多合理的组合,但在基本分类基础上强加任何派生分类参数或依据,必将导致对基本分类主体岩石类型的限定、掩盖或是喧宾夺主,淡化了基本分类的优点,并且由于更多矛盾的发现、积累,必然产生新的限定、方案的调整或者修正,形成了更多的、不断的变化,因而在造山带是否具有推广意义尚难定论。

2 造山带花岗岩类I型S型分类的不确定性

I型和S型花岗岩类最初由Chappell和R.White(1974)在研究澳大利亚Lachlan褶皱带早古生代花岗岩类岩石时提出[17]。最初的定义是,S型花岗岩(含火山岩)的源岩应以沉积岩或变质沉积岩等壳层沉积物为主,因而其特性继承了沉积岩和变质沉积岩的某些重要地球化学特征[18]。与其相对应的I型花岗岩源岩则主要是火成岩,尤其是基性程度偏高的火成岩、变质火成岩类。此后,I型和S型分别代表了成熟度较高地区下地壳硅镁层(火成岩)和上地壳硅铝层(沉积岩)物质的重熔和简单成岩过程中形成的两类花岗岩类。Collins(1998)的三源组分混熔模式被认为是现今对I型和S型花岗岩源岩的最合乎实际的解释。Collins指出Lachlan褶皱带的I型花岗岩是由玄武质岩浆与绿岩系部分混熔形成,当这种岩浆在地壳中又受到了大量沉积岩的充分混染,则I型花岗岩就变成了过铝质S型花岗岩类[19]。可以看出,三源组分解释与Chappell最初的定义无本质上的区别。ISMA分类在此后的推广中,内容不断增补,但由于不同研究者在运用于其他花岗岩区的研究中,对其理解的差异以及各地花岗岩特征的差异性,尤其是Pearce等将其与构造环境相联系并加以改造原始分类[11],使这一分类更为混乱。Pearce指出"I型、S型分类方案是有用的,但要将矿物分类和主要元素分类方案用于构造环境判别的效果一般较差,因为它们仅仅依赖于几个为数不多的变量,而且全部不能用来进行构造分类,在这些花岗岩类中并不存在环境之间的简单对应关系"[11]。不难理解,I型、S型最初的分类是以岩石学、矿物学标准分类,并仅仅分析两类不同特征的岩石与源岩的关系,而大多数应用者试图努力寻找到该分类与构造环境本无联系但又必须有对应关系,必然引起很多争论。较集中的争论是其定义混乱并且在不同地区尤其是造山带地区极难对比和应用。之所

万方数据

以混乱是因为这些成因类型是仅仅根据几个有限的地球化学参数确定的，地质过程如此复杂，要想用几个参数简单化、数字化加以概括和分类，几乎是难以可信的，也导致了许多矛盾；之所以极难对比和应用，从根本上说是因为I型、S型花岗岩分类的基础在造山带受到了置疑。

笔者在参加天水一带多个1:5万填图和正在进行的1:25万天水市幅区调中，对该地区60余个岩体近3万个花岗岩类的岩石化学和微量元素、稀土元素、同位素等地球化学数据进行了系统整理、计算（表1、表2）与多方法多参数成图（图1），并和国内几个非造山带区典型花岗岩类进行了对比分析[13~15]。

表1　西秦岭与华南等区花岗岩岩石化学对比

Table 1　Comparison of petrochemical compositions between the granitoids from West Qinling and South China

	样品数/个	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5
		$w_B/10^{-2}$										
中国[20]		70.09	0.31	14.63	1.37	1.79	0.08	1.01	2.00	3.75	3.85	0.19
华南[20]	1227	72.09	0.28	13.37	0.98	1.96	0.08	0.66	1.38	3.22	4.54	0.12
豫西[8]	26	71.48	0.25	14.30	1.21	1.20	0.05	0.53	1.50	4.13	4.50	0.11
大巴山[8]		75.91	0.13	12.56	0.96	1.34	0.07	0.64	0.38	3.68	4.12	0.04
天山[21]	556	70.44	0.33	14.27	1.64	1.74	0.05	0.82	1.98	3.89	4.00	0.09
西秦岭 燕山期	10	66.62	0.41	14.98	1.18	2.20	0.11	1.73	2.69	3.22	4.25	0.13
西秦岭 印支期	32	70.83	0.32	13.91	0.79	1.82	0.09	0.77	1.42	3.84	4.30	0.11
西秦岭 加里东晚期	26	70.32	0.30	14.79	1.17	1.38	0.05	0.64	1.32	3.91	4.66	0.10
西秦岭 加里东早期	7	72.72	0.27	14.14	0.73	1.43	0.07	0.65	1.33	3.87	3.66	0.05
西秦岭 晋宁期	11	69.93	0.36	14.63	1.13	1.42	0.08	1.04	2.54	4.38	3.30	0.25
西秦岭 平　均	98	70.30	0.32	14.35	0.96	1.67	0.08	0.86	1.64	3.83	4.23	0.12

表2　西秦岭地区花岗岩类岩石化学、稀土元素参数

Table 2　Parameters of petrochemical composition and REE for the granitoid in West Qinling

	SiO_2	(Na_2O+K_2O)	Na_2O/K_2O	*A/CNK*	*C/ACF*	*DI*	*SI*	ΣREE	ΣCe	ΣY	ΣCe/ΣY	δEu
	$w_B/10^{-2}$							$w_B/10^{-6}$				
燕山期	66.62	7.47	0.76	0.957	0.267	70.27	18.11	200.14	174.26	25.88	6.73	0.79
印支期	70.83	8.14	0.89	1.034	0.176	80.15	10.95	160.71	131.61	29.10	4.52	0.59
加里东晚	70.32	8.57	0.84	1.064	0.123	88.36	5.40	188.23	166.38	21.85	7.61	0.85
加里东早	72.72	7.53	1.06	0.981	0.212	71.00	16.28	160.40	125.07	35.33	3.54	0.53
晋宁期	69.93	7.68	1.33	0.915	0.236	71.02	15.61	141.93	112.84	29.09	3.88	0.81

从表中看出，西秦岭花岗岩类岩石的酸度（SiO_2）普遍低于华南及大巴山等区的花岗岩酸度平均值，*A/CNK*（$Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$）值小于1.1，*C/ACF*（$CaO/(Al_2O_3+CaO+FeO+Fe_2O_3)$）一般为0.12~0.27，表明岩石普遍贫钙高碱富镁铁质。与华南区及非造山带区的花岗岩类相比，I型和S型分类图解中的多解性是西秦岭地区花岗岩类岩石化学、地球化学最主要特色。由于贫Ca高Na_2O和富Fe、Mg，导致了多数花岗岩类在图解中以某一类型为主，兼有另一类型的特色，如在Na_2O-K_2O图解中，由于其普遍偏高，许多被认为是可信度较高的S型花岗岩类落入I型区或A型区（图2）；反之，由于贫Ca和高Fe，Mg，许多被认为是可信度较高的I型花岗岩类在ACF图解上，几乎全部落入S型区（图3）。

万方数据

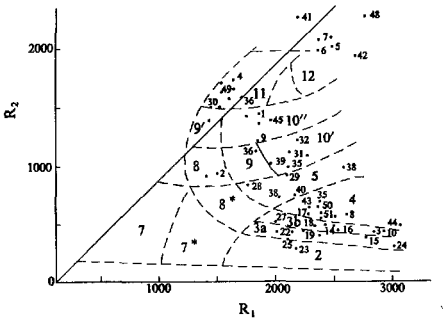


图1 花岗岩类岩石组合 R_1-R_2 图解

Fig.1 R_1-R_2 diagram of rock association of the granitoids

图中投样点(小黑点)旁数字为岩体编号(见参考文献[14])

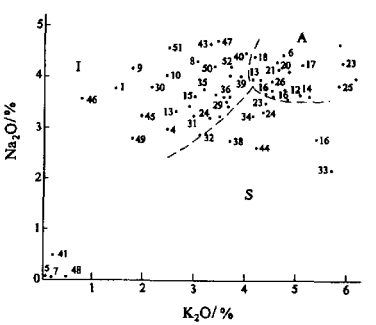


图2 花岗岩类 Na_2O-K_2O 成因类型图解

Fig.2 Na_2O-K_2O diagram of genetic types of granites

(说明同图1)

究其原因，造山带区构造发育程度较稳定大陆区(非造山带区)更具复杂性，上地壳的组成会更加复杂多样。最显著的特征是早期地壳成熟度较低时的偏基性火山岩类，由于巨大的推覆作用、韧性剪切变形作用、多阶段多样式多过程的复杂造山作用等而叠置于时代相对较新、成熟度相对偏高的偏酸性盖层之上，或由于深大断裂的发育以及区域热流值的剧增，下地壳甚至幔源物质的不断加入，导致了造山带地区上地壳成分的偏基性和成熟度偏低，这样上地壳组分中贫 Ca 高 Fe、Mg，高 Na_2O 和低 K_2O 便显而易见了，上地壳组分是花岗岩的主要源岩，因而花岗岩类出现上述投影图解的多解性也是必然的。由此也说明，一方面依地壳成熟度较高地区总结出的某些化学成分判别图解法在造山带地区可能不适用，所以，在利用某些化学成分进行成因或其他分类图解时应当谨慎，非造山带区总结的一些方法在造山带区推广更要慎重，如果没有很好的手段或方法旁证成图元素的化学变化，那么所得出的结论便会矛盾和不可靠；另一方面，图解的多解性和不确定性正是造山带区花岗岩类源岩组分的复杂性的主要特征和地球化学标志。

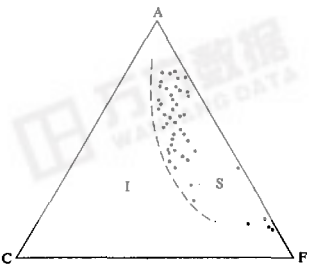


图3 花岗岩类 ACF 成因类型图解

Fig.3 ACF diagram of genetic types of granites

花岗岩类岩石学、岩石化学、地球化学特征，不仅与其源区岩石成分和部分熔融程度有关，而且也受控于从岩浆形成之后到上升侵位、冷凝成岩所经历的分异作用、混合作用、液态不混溶与同化混染作用等各种复杂成岩过程，岩浆混合作用导致花岗岩类的复杂性。近年来在东昆仑山❶、西秦岭、北山❷、天山[21]、

❶刘东成，东昆仑造山带清水泉－香日德一带花岗岩中包体特征及岩浆混合作用的指示意义，中国花岗岩地质调查与研究高级研讨班论文集，2001.

❷梁明宏等，岩浆混合作用——来自甘肃北山的野外证据，中国花岗岩地质调查与研究高级研讨班论文集，2001.

万方数据

太行山及内蒙古❶等造山带均有大量混浆花岗岩发现。除混浆作用外，岩浆在上升就位过程中，对岩浆流经地段的上地壳复杂组分的混合作用也是不容忽视的。如西秦岭许多花岗岩上侵过程中，都要穿越中上地壳巨厚的、基性成分很高的基性－偏基性火山岩或直接就位于这些基性火山岩中，常常见到这些基性成分的顶蚀体、捕掳体、混熔残留体和岩体边部的混合带。如果基性火山岩等成分的混入比例很高并且对其熔融程度也很高时，导致花岗岩类岩浆成分偏基性则是肯定的。如果仅仅依靠化学成分和相关参数判别，其结果必然导致对该岩体属 I 型或 S 型成因的误判。

构造环境尤其是温度、压力、成岩时间、岩浆与围岩的相互作用等，不仅对岩体的空间分布、形态、形变等有控制作用，而且对花岗岩类成岩过程中组构变化起重要控制作用。但造山带构造环境的可变性、复杂性，必然会导致组构的复杂变化，因而结构序列不严格存在单向性特征。如西秦岭较多岩体中见受侧向围岩挤压形成的组构定向性(甚至出现包体的大量定向性)，同一侵入体在不同构造部位其组构也有差异。目前，对 S 型花岗岩普遍根据岩石组构的变化来划分岩石谱系单位，但是岩石结构的变化主要反映岩浆侵位时的环境差异，或是由于岩浆与围岩相互作用的结果，与岩浆的演化不是一种必然的因果联系，究竟以什么作为 S 型花岗岩单元的划分标志，还值得进一步研究[22]。

另外，不平衡矿物共生组合现象在造山带花岗岩中非常普遍，同时，岩石化学成分变异曲线尤其是单向性演化曲线与地质观察确定的各侵入体之间的侵位顺序相矛盾。如西秦岭柏家庄超单元，野外多处露头证实其间的 3 个单元由早到晚的侵位顺序是石庵子单元→磨背后单元→鹦沟单元[23]，但岩石化学及多数相关图解显示的成分单向性是石庵子单元→鹦沟单元→磨背后单元，二者相矛盾。稀土元素、微量元素的相关图解也显示了双解性，一部分元素数据或图解单向性与野外观察相一致，而另一部分元素数据或图解又与岩石化学演化单向性相符合[24]，在西秦岭其他岩体中这一现象也极为普遍。化学成分变异曲线的矛盾性也见于内蒙古东苏岩体及太行山等地[25,26]。另外，据罗照华等❶的研究，元素相关图解中图点的线性排列与造岩矿物的结晶分离作用也有矛盾。同位素地球化学值通常具有很宽的变化范围，并且超出了华南地区同类花岗岩的同位素数值范围(表 3)。类似现象也见于天山、内蒙古等造山带花岗岩中。

表 3　西秦岭与华南花岗岩类同位素地球化学参数对比

Table 3　Comparsion of the stable isotope between the granitoids from West Qinling and South China

		$\delta^{18}O/‰$		$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$	
		I 型	S 型	I 型	S 型
华	南	<10	>10	<0.708	>0.708
西秦岭	印支期	8.72～10.69	9.22～10.37	0.71056	0.707～0.711
	加里东晚期	9.60～10.57	9.43～>10		
	加里东早期	8.63～9.98		0.706	0.7073

3　小结

花岗岩类 I 型 S 型分类的原始定义的实质是分类与源岩相联系，但在此后的推广和应用中，不断变化与修订，尤其是将其与构造环境相联系，造成其定义十分混乱；更由于造山带地壳结构及地质构造特征的复杂性、地质作用过程的多样性，导致形成花岗岩类源岩组分的复杂性，使得花岗岩 I 型 S 型分类在造山带的应用从根本上具有不确定性，因而许多花岗岩既有 I 型特色又有 S 型特色，二者间无确定的界线，在

❶罗照华等，岩浆作用与花岗岩填图，中国花岗岩地质调查与研究高级研讨班论文集，2001.

万方数据

造山带花岗岩类分类研究中存在许多矛盾与问题,难以全面推广。造山带花岗岩类分类研究中,建议采用易掌握且不带成因等分析性和推断性因素的花岗岩类基本分类方案,这样才能确保分类标准统一,推动造山带花岗岩类的研究。

参考文献:

[1] 陈毓川,赵逊,张之一,等. 世纪之交的地球科学——重大地学领域进展[M]. 北京:地质出版社,2000.133—136.

[2] 李永军,付国民,刘志武,等. 花岗岩地球动力学研究展望[J]. 华南地质与矿产,2001,(4):7—10.

[3] 地质矿产部直属单位管理局. 花岗岩类区1:5万区域地质填图方法指南[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1991.1—93.

[4] 周维屏,陈克强,简人初,等. 1:5万区域地质填图新方法[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993.18—28,41—49.

[5] 王心泉. 秦巴地区花岗岩的岩石类型与岩石化学特征[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊,1990,总第28号:73—91.

[6] 严阵. 陕西省花岗岩[M]. 西安:西安交通大学出版社,1985.203—285.

[7] 卢欣祥. 秦岭花岗岩大地构造图及说明书[M]. 西安:西安地图出版社,2000.

[8] 尚瑞钧,严阵. 秦巴花岗岩[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1991.40-50.

[9] 国际地科联(IGUS)火成岩分类委员会推荐. 王碧香编译. 国际火成岩分类图表[M]. 北京:地质出版社,1990.

[10] Tetsuichi Talcagi, Tsulcimura ksukimura. Genensis of Qxidiz Reduceol-Type granite. Economic Geology, 1997, 92, 51—56.

[11] Pearce A J, et al. Trance element discriminiation diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology, 1984, 25(part 4):956—983.

[12] 杨树锋. 成对花岗岩带和板块构造[M]. 北京:科学出版社,1987.1—25.

[13] 李永军,霍福臣. 西秦岭东段侵入岩的构造成因类型[J]. 甘肃地质学报,1996,5(1),30届国际地质大会论文专辑,30—44.

[14] 霍福臣,李永军. 西秦岭造山带的建造与地质演化[M]. 西安:西北大学出版社,1995.67—101.

[15] 霍福臣,李永军. 西秦岭造山带的演化[J]. 甘肃地质学报,1996,15(1).30届国际地质大会论文专辑,1—15.

[16] Barbarin B. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. Lithos, 1999, 46:605—626.

[17] Chappell B W, White A J R. Two contrasting granite types. Pacific Geology, 1974, 8:74—173.

[18] 刘昌实. S型火山岩,当代地质科学前沿——我国今后值得重视的前沿研究领域[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993.311—366.

[19] Collins W J. Evaluation of petrogenetic models for Lachlan Fold Belt granites: implications for crustal architecture and tectonic models. Australian Jour of Sci, 1998, 45:483—500.

[20] 中国科学院贵阳地球化学所. 华南花岗岩的地球化学[M]. 北京:科学出版社,1979.212.

[21] 新疆地质矿产局区调队. 天山花岗岩地质[M]. 北京:地质出版社,1985.204—227.

[22] 杨崇辉,庄育勋,王新社,等. 关于"侵入岩谱系单位填图方法"有关问题的讨论[J]. 地质论评,2001,47(5):483—486.

[23] 李永军,段永民,李新锋,等. 西秦岭北坪地区花岗岩内部接触关系及等级体制填图[J]. 西安地质学院学报,1993,15(增刊):98—106.

[24] 李永军. 洮坪地区花岗岩的成因类型研究[J]. 甘肃地质学报,1993,2(2):45—53.

[25] 罗照华,邓晋福,韩秀卿. 太行山造山带岩浆活动及其造山过程反演[M]. 北京:地质出版社,1999.117—126.

[26] 罗照华,邓晋福,罗飞,等. 内蒙古中东部深成侵入岩谱系单位及构造岩浆活动初探[J]. 现代地质,1995,9(2):189—202.

万方数据

TROUBLES OF USING THE I-TYPE AND S-TYPE CLASSIFICATION SYSTEM OF GRANITOIDS IN RESEARCH OF OROGENIC BELT: A EXAMPLE FROM WEST QINLING

LI Yong-jun[1], LIU Zhi-wu[1], FU Guo-min[2], LI Jin-bao[1]
(1. *Institute of Earth Science and Land Resources, Chang'an University, Xi'an* 710054, *China*;
2. *Chengdu University of Technology, Chengdu* 610059, *China*)

Abstract: The I-type and S-type classification of granites was put forward by Chappell and White in 1974 according to the source rocks. Because of complication of crustal composition and structure as well as the diversity of geological processes, the source rock of granites is very complex, resulting in uncertainty of the I-type and S-type classification of granites in orogenic belts and bring into some contradictions in practice especially in regional geological mapping. Granites in the West Qinling orogenic belt are petrochemically and geochemically between the I-type and S-type granite. The sources of the contradictions are analyzed. It is concluded that the I-type and S-type classification of granites should not be used in the study of orogenic belt.

Key words: orogenic belt; granitoid; classification of I-type and S-type; West Qinling

万方数据