

文章编号:1005-6157(2011)03-0169-7

# A型花岗岩研究进展与问题讨论

周宇章

(安徽省公益性地质调查管理中心, 安徽 合肥 230001)

**摘要:** 自“A型花岗岩”的概念提出以来, 经过30年的研究, 有关“A型花岗岩”的岩石类型、构造环境、岩浆来源及成因等的定义与认识都发生了很大变化, 目前“A型花岗岩”有扩大化现象, 不少所谓的“A型花岗岩”已与A型花岗岩的原始定义相去甚远, 并可能有逐渐发展为“拉张环境下形成的花岗岩都属A型花岗岩”的趋势。笔者通过资料调研和对比研究, 认为“A型花岗岩”的确定需回归其原始定义, 注意强调其“3A”特征, 在此基础上才能正确探讨岩浆成因及其构造指示环境。

**关键词:** 问题讨论; A型花岗岩

**中图分类号:** P588.1

**文献标志码:** A

## 0 引言

自Loiselle (1979) 提出“A型花岗岩”这一岩石类型名称以来, 国内外对A型花岗岩进行了大量研究, 有关资料和学术论文可谓汗牛充栋, 研究内容涵盖了A型花岗岩的岩石学与地球化学特征、构造环境判别、岩浆物质来源和成因模式等多个方面(王德滋等, 1995; 卢欣祥等, 1999; 吴才来等, 1998; 薛良伟等, 1996; 邢凤鸣等, 1994; 包志伟等, 2003; 刘昌实等, 2003; 彭亚鸣等, 1984; 陈培荣等, 1998; 邱检生等, 1996; 范春方等, 2000; 唐红峰, 2007; 吴锁平, 2007a、b; 谢磊, 2007)。各方面的研究极大地推动了花岗岩类的研究, 推广了该概念在地质学的应用, 并取得了一系列重要成果, 称为花岗岩研究中的重要分支。但随着不同地区工作思路的相互借鉴和对比分析, 地学界中也存在“泛A型花岗岩化”的现象, 即A型花岗岩概念的外延出现无序扩大的现象, 这在一定程度上阻碍了对A型花岗岩的深入理解。因此针对此一学术界的热门话题, 笔者综合近年来研究成果对其进行一番返璞归真式的梳理和探讨, 不妥之处, 希冀有关专家批评指正。

## 1 A型花岗岩定义的岩石类型多样化

Loiselle (1979) 最初在定义A型花岗岩时,

从其构造意义出发, 将其界定为具“3A”特征, 即碱性(Alkaline)、无水(Anhydrous)、非造山(Anorogenic)的花岗岩, 属于构造岩石类型。其矿物组合为石英+碱性矿物, 斜长石含量极低甚至没有, 岩石具有文象结构和晶洞构造, 总体上属于一种深源浅成型花岗岩<sup>[12]</sup>。

鉴于地球动力学特征的多样性和多解性, 为了更好的表现各地区地质内容的差异性, 不同的学者也在尝试着对其原始定义进行修订。Collins *et al.* (1982)首次提出A型岩类, 把具有A型特征的岩石类型扩展到中基性岩, 但主张将A型花岗岩作为I型花岗岩的一个亚类, Creaser *et al.* (1991)对此进行进一步论述补充, 建议将“A型花岗岩”这个术语摒弃。Pitcher (1993)将其定义为富钾长石的花岗岩(potassium feldspar-rich granite), 并认为其以高碱为特征。King等(1997)通过澳大利亚Lachlan褶皱带中岩体研究, 提出铝质A型花岗岩的概念, 并在随后的10多年在全球得到广泛应用, 我国学者在中国东部A型花岗岩研究中也发现郯庐断裂以东以铝质A型花岗岩为主, 并多与I型花岗岩共生(邱检生等, 2000; 王德滋等, 2002; 苏玉平, 2005, 周宇章, 2006)。

铝质A型花岗岩的提出直接弱化了原始定义中的“A型”特征, 在部分学者的研究工作中, 铝含量可达20%以上(王德滋等, 2002; 邱检生等, 2000)<sup>[20-21]</sup>, 已完全脱离了A型花岗岩“贫铝”的原始定义, 同时也间接地导致了A型花岗岩“无水”特征

收稿日期:2011-01-02

作者简介:周宇章(1975-),男,安徽肥东人,高级工程师,现主要从事地质勘查项目管理工作。

的弱化。长期以来不少人倾向于将“Anhydrous”理解为“贫水”，而不是“无水”，以“合理地”解释有的“A型花岗岩”中存在部分含水矿物的事实，如华南部分所谓的“A型花岗岩”中黑云母含量高达5%~8%（包志伟等，2003；刘昌实等，2003）<sup>[6~7]</sup>。铝质A型花岗岩的提出扩大了A型花岗岩的应用范围，同时使花岗岩中较高的含水量得到了更好的解释。更有甚者，部分学者通过实验表明在800~900℃的温度和300~700MPa的压力条件下，A型花岗岩含水量可以达20%（Holtz等，2001）。

袁忠信(2001)建议用“碱性花岗岩类”一词代替A型花岗岩，包括碱性和过碱性花岗岩及与之伴生的英碱正长岩、石英正长岩，以及与之伴生而且成分相近的碱长花岗岩和富碱的偏铝质花岗岩，但对广泛存在的铝质A型花岗岩归属缺少必要的交代。Bonin(2007)又将首字母“A”扩展为碱性(alkaline)、贫水(anhydrous)、非造山(anorogenic)、铝质(aluminous)及模棱两可的(Ambiguous)等五项，分别讨论相关“A型”的花岗岩特征，从而将A型花岗岩的概念深入到各类岩石类别中，也进而使得初始的“3A”特征不再是A型花岗岩的必要条件，而是充分条件。

目前A型花岗岩的岩石类型已从原来主要指碱性花岗岩，扩展到包括碱长花岗岩、石英正长岩、奥长环斑花岗岩、紫苏花岗岩和大洋斜长花岗岩，在化学成分上也包括了钙碱性、准碱—准铝、弱过铝甚至强过铝等不同类型的岩石（Eby, 1990；许保良等，1998；王式洸等，1994）<sup>[15~17]</sup>，该岩石类型也从构造岩类演变为地球化学岩类。

## 2 A型花岗岩地球化学特征的扩大化

上世纪80年代以来，不少学者依据A型花岗岩的原始定义，对其地球化学特征进行了研究和总结，认为其主要特征为：①富硅，富碱，贫钙、镁、铝， $n(K_2O+Na_2O)/nAl_2O_3$ 和 $ln(FeO^T)/n(MgO)$ 比值高；②高场强元素Th、Zr、Hf、Nb、Y含量高；③大离子亲石元素Rb、U含量高，而Ba、Sr含量低；④Ga相对富集， $n(Ga)/n(Al)$ 比值高（据全世界148个标准A型花岗岩统计）；⑤稀土元素含量高，是其他类型花岗岩的数倍乃至几十倍。轻重稀土元素分馏明显，且具较强的铕负异常，分配模式呈右倾海鸥型分布（Collins *et al.*, 1982；Whalen *et al.*, 1987）<sup>[13~14]</sup>。高的稀土元素总量和“右倾海鸥型”的稀土元素配分模式正是A型花岗岩的重要识别标志之一

（吴锁平，2007a）。

随着世界范围内A型花岗岩研究的广泛开展，A型花岗岩的应用范围也不断扩大，不断拓展其地球化学特征，出现“泛A型花岗岩化”现象。上世纪90年代以来这种现象显得较为突出，尤其是铝质A型花岗岩的提出，使其地球化学特征发生巨变，对主元素、稀土元素、微量元素等方面的标识性特征起到了颠覆性作用。

铝质A型花岗岩首要特征是富铝，其 $Al_2O_3$ 含量普遍大于12%，ACNK值大于1。该概念自引入以来，对一些地球化学特征类似却又不能完全套合的岩石，为了更好的利用A型花岗岩去解释地质背景，随之产生了准铝质、过铝质A型花岗岩等名词，从而对碱的含量要求不再严格。

苏玉平（2005）从微量元素角度对比分析铝质A型花岗岩和碱性A型花岗岩（传统意义的A型花岗岩），肯定了铝质A型花岗岩存在的地质意义，并进一步提出碱性A型花岗岩可以由分异程度相对较低的铝质A型花岗岩岩浆后期分异形成。

从原始定义分析，A型花岗岩具有很高的分异程度，在造山作用岩浆活动时间序列中是最晚一次。从稀土元素上看，其 $\delta Eu$ 负异常比较强烈，通常小于0.3。鉴于此，强的铕负异常成为A型花岗岩鉴别的必要条件。但就现状看，由于铝质A型花岗岩成岩岩浆分异程度不高，从而导致其铕负异常不是很明显，因此，在更多的A型花岗岩判别中，对 $\delta Eu$ 已不做要求，很多地方 $\delta Eu$ 负异常可以高达0.5以上（刘昌实等，2003；姜耀辉等，2000；王强等，2000；吴锁平，2007b）<sup>[7, 18~19]</sup>。

A型花岗岩的微量元素具有高场强元素含量高的特点，但在随后的研究工作中，对此项要求逐渐弱化，尤其在针对铝质A型花岗岩的部分研究工作中，锆的含量含量较低，通常小于 $200 \times 10^{-6}$ ，导致在判别图解中出现模棱两可的情况（King, 1997，邱检生，2000，吴锁平，2007b）。

## 3 A型花岗岩构造意义的复杂化

根据Loiselle（1979）的原始定义，A型花岗岩形成于特定的构造环境，即非造山拉张构造中，属于板内裂谷型范畴。上世纪整个80年代以来，地质学界围绕该观点作出了许多有意义的探索，也积累了丰硕的成果。

自Maniar（1989）提出A型花岗岩可以形成于多种不同的构造环境以来，全球兴起了对A型花岗岩

构造环境分类判别的研究热潮,虽然关于A型花岗岩形成于拉张环境这一点仍保有共识,但对于属于何种构造背景下的拉张环境,可谓众说纷纭。后来学者根据不同的成岩环境对A型花岗岩进行了分类总结,比较有代表性的有:Eby(1990,1992)提出可分为A1(非造山)、A2(造山期后)两类A型花岗岩,许保良(1990)总结出板缘(造山晚期)、过渡(造山期后)、板内(裂谷、类裂谷)三种类型,洪大卫(1995)提出AA(非造山型)、PA(后造山型)两种类型(Eby,1990、1992;洪大卫等,1995;许保良等,1990)<sup>[15,22~24]</sup>。其中A1、AA型较接近A型花岗岩的原始含义,产生于大陆裂谷、地幔热柱、热点等非造山环境,其判别图解中表达的地球化学特征也与原始定义相近。A2、PA类则延伸到指示碰撞后、或后造山的拉张环境,更多的研究表明铝质A型花岗岩多属于此类。A型花岗岩代表的构造环境走向复杂化。

构造环境的判别是建立在地球化学数据的基础上,地球化学特征的扩大化、构造环境的复杂化,必然也使得A型花岗岩构造图解的指示意义走向了多解性。如法国Corsica岛Evisa碱性花岗岩投影于PA、AA的交界部位,难以取舍,为了解释这一尴尬的位置,其被认为是一种板块碰撞造山期后但尚未达到非造山拉张环境下的一种PA→AA的过渡类型(洪大卫等,1995)<sup>[23]</sup>,这种构造环境过于依赖地球化学数据,必然导致其构造意义趋于模糊。

许保良等(1998)从岩石学角度对前人各分类中涉及的岩石进行总结,指出A型花岗岩至少包括非造山和造山两种构造环境的7种岩石类型(或组合),包括环状杂岩体中的碱性及准碱性-准铝质岩类、斜长岩-微纹二长岩-紫苏花岗岩和钾质(环斑)花岗岩类、层状杂岩体中的酸性岩类、正长岩-花岗岩类、二长-正长花岗岩类、碱长-碱性花岗岩类和碱钙性花岗岩类,其中前4个亚类出现在非造山构造环境,后3个亚类出现在造山期后构造环境。从本总结可以看出:A型花岗岩的岩石学内容已经被扩大到很广的范围,能符合相关构造图解的岩石,不论其本意如何均可划分为A型花岗岩,这也进一步说明了A型花岗岩已逐步成为地球化学岩类的一种。

#### 4 A型花岗岩成因模式的多元化

原始定义的A型花岗岩,反映的是一种深源浅成类岩浆体系,主要由源自上地幔的碱性玄武质岩浆结晶分异而生成。随着A型花岗岩之岩石类型和构造

环境的逐渐扩大化,其成因模式也趋于多样化,特别是铝质A型花岗岩的提出,使得A型花岗岩的物质来源及其生成方式研究发生了根本性改变,同时也使其成因研究陷入多解性的困境。

许保良等(1998)通过对不同地区A型花岗岩的岩石学特征的差异性总结,认为A型花岗岩的物质来源具有多样性,亏损地幔、原始地幔、富集地幔、壳-幔和地壳物质都可能是这类岩石的潜在源岩。

而在如此诸多的源区中,下地壳部分熔融和壳幔混合作用是目前研究领域中的应用最广的(邱检生等,1996;王强等,2000;邱检生等,2000,李舫,2009)<sup>[10,19,21]</sup>。而关于其下地壳起源的途径,综合不同的研究成果,主要体现为三种观点:①Collins等(1982)根据澳大利亚东南部Lachlan褶皱带中A型与I型花岗岩在时空上的耦合关系,提出了两阶段残留源区成因假说,即地壳岩石在部分熔融形成I型花岗岩后,其残留岩石再次部分熔融即形成A型花岗岩(Collins,1982)<sup>[13]</sup>;但实验岩石学研究表明,长英质地壳部分熔融形成I型花岗岩以后,残留岩石以富集Al、Ca,亏损K、Si为基本地球化学特征,这无法合理解释世界范围内实际观测到的A型花岗岩均相对亏损Al、Ca而富集K、Si的基本事实(Rutter *et al.*, 1988)<sup>[25]</sup>,但目前这一成因模式仍被广泛沿用,孰是孰非,仍处于争论之中。②抽取了S型岩浆后的变质沉积岩再次部分熔融(Anderson *et al.*, 1985; Whalen *et al.*, 1987)<sup>[26~27]</sup>。③实验岩石学证明下地壳物质直接部分熔融可产生A型花岗岩,而无需经过先期岩浆抽取过程(Creaser *et al.*, 1991; Skjerlie *et al.*, 1992、1993; Patino *et al.*, 1997)<sup>[28~31]</sup>。此外还有幔源岩浆对下地壳物质交代成因说,其提出后被广泛质疑而难以推广。魏春生等在对中国东部A型花岗岩物质来源的研究中,通过Nd-Sr-O的同位素测定和相关计算,认为A型花岗岩岩浆起源于再循环的俯冲洋壳,具体表现为洋壳第一层的大洋沉积物析出的流体向下渗透并交代了第三层辉长岩洋壳,使其部分熔融衍生出A型花岗岩岩浆,这也在一定程度上支持了交代成因说(魏春生等,2001)<sup>[32]</sup>。

铝质A型花岗岩的判定和地质应用近年来一直是A型花岗岩中的研究重点,一般也认为其起源于下地壳部分熔融,但对其源区物质组分则分歧较大。Anderson等认为铝质A型花岗岩起源于低 $f_{H_2O}$ 、高 $f_{O_2}$ 的过铝质下地壳变质沉积岩部分熔融(Anderson *et al.*, 1985)<sup>[26]</sup>。Poitrasson等则认为铝质A型花岗岩起源于下地壳镁铁质物质的部分熔融;而碱性



花岗岩则为幔源岩浆与下地壳物质相互作用的产物 (Poitrasson *et al.*, 1994、1995) [33~34]。而King等认为铝质A型花岗岩起源具正常水含量的长英质下地壳的部分熔融;而碱性花岗岩则为相对“干”的幔源镁铁质岩浆分异产物 (King *et al.*, 1997) [35]。

由以上可以看出,目前众多的A型花岗岩研究成果中,其岩石成因类型也已经被极大扩大化,与A型花岗岩的本意已经相去甚远,甚至已经完全改变了原来的成岩模式。

贾小辉(2009)对A型花岗岩的成因模式做了较系统的总结。根据其来源总体上可分为四大类:幔源、下地壳、壳幔混合、地壳火成岩,具体根据熔融模式和程度可分为九个小类。

(1) 幔源:①碱性岩浆分异产生残留的A型花岗质熔体(Loiselle and Wones, 1979; Pearce *et al.*, 1984; Eby, 1990, 1992; 许保良和黄福生, 1990);②拉斑质岩浆极度分异或者底侵的拉斑玄武岩低度部分熔融 (Turner *et al.*, 1992; Frost and Frost, 1997; Frost *et al.*, 1999);③岩石重熔分异形成碱性花岗岩(赵振华等, 1996)。

(2) 下地壳:①岩石经部分熔融抽取了I型花岗质岩浆后,富F的麻粒岩质残留物再次部分熔融 (Collins *et al.*, 1982; Clemens *et al.*, 1986; Whalen *et al.*, 1987, 李舳, 2009);②地幔岩浆底侵加热下地壳岩石熔融 (Creaser *et al.*, 1991; 赵振华等, 2000);③受地幔挥发份稀释作用的下地壳岩石熔融 (Harris *et al.*, 1986)。

(3) 壳幔混合作用形成:①幔源碱性岩浆与地壳物质相互作用生成正长岩岩浆源区,正长岩岩浆进一步分异或与地壳物质混染 (邱检生等, 1996; 刘昌实等, 2003);②幔源、壳源岩浆的混合作用 (黎敦朋, 2007; 薛怀民, 2007、2009; 肖娥, 2007)。

(4) 地壳火成岩 (英云闪长岩和花岗闪长岩) 直接熔融 (Creaser *et al.*, 1991)

上述A型花岗岩成因的观点,几乎包括了所有可能的岩浆成因模式,即A型花岗岩是一种在任何岩浆体系中都有可能产生的花岗岩类,这必然导致A型花岗岩的地质构造涵义日益模糊。

## 5 讨论

通过以上对A型花岗岩定义、地球化学特征、构造意义、成因模式等方面的讨论,笔者发现30年来的研究过程中,A型花岗岩的概念已经脱离了其本质,所代表的含义也随着各方面特征的扩大化而逐

步模糊,导致对A型花岗岩认识产生混乱。众多学者在对A型花岗岩的讨论中也认识到了A型花岗岩的这种概念扩大化现象,并对此进行了多方面的探讨和综合。但其在系统总结A型花岗岩研究现状的同时,没能就如何理解和明确什么是A型花岗岩给出明确判断,不能不说是一大遗憾 (袁忠信, 2001、吴锁平, 2007a, 贾小辉, 2009, 李小伟, 2010)。

虽然随着研究工作的深入,对某些科学概念的原始涵义进行必要的修正,是符合科学研究的一般规律的,但如过多过频甚或为了套合概念而修改概念,则该科学概念的意义就会趋于模糊甚至消失,“A型花岗岩”概念的演变,即属于这种情况。

### 5.1 关于原始定义及在花岗岩中的分类

在A型花岗岩的原始定义中,其是指一类具有特定意义的花岗岩,而其特殊性具体就表现在“3A”特征上。随着应用的扩展,其定义的不断被模糊化,导致其所包含的岩石类型不断泛化,比如有些岩类如奥长环斑花岗岩、大洋斜长花岗岩等,根据各自的定义,其与A型花岗岩是不相干的概念,但现在一些研究中为了拉张环境的确定,A型花岗岩的岩类范围已扩大到这些另类的岩石 (王式洸等, 1994) [17],这必然造成岩石分类命名上的混乱。

作为一种具特殊构造意义的花岗岩类型,A型花岗岩概念的泛化无疑不利于对其开展深入研究,因此重新认识和确定A型花岗岩的概念也就日益显得重要起来。以前针对A型花岗岩的重新命名问题有过讨论,提出用“碱性花岗岩类”来取代“A型花岗岩”,但这只是用一个新名词去代替A型花岗岩,而并没有从根本上去理顺A型花岗岩的概念,也未能反映出A型花岗岩特定的构造环境,反而在一定意义上偏离了A型花岗岩的本质内涵 (袁忠信, 2001) [36]。

A型花岗岩的泛化导致了其在花岗岩分类中也产生较大误解,现在较流行将花岗岩分为I、S、A、M四大类。但从各自定义来看,A型花岗岩与I、S型花岗岩定义的原则并不同,前者是强调岩性(碱性)和非造山构造环境,而后者主要强调源区物质,因此A型花岗岩与I、S型花岗岩是从不同的角度来分析花岗岩而得到的定义结果,所以两者在地球化学特征上存在某些重叠和过渡并不奇怪,这意味着很难从地球化学特征上将其分别开来。A型花岗岩作为一类特殊的构造岩类,既有可能产生于I型花岗岩大类,也有可能存在于S型花岗岩中,将其等对立起来给予硬性划分值得商榷。

鉴于各类岩石类型对A型花岗岩定义的冲击,笔

者认为为了恢复A型花岗岩的地质特征,进而对其在花岗岩中进行准确定位,严格从3A特征去鉴别,强调Loiselle的初始定义也许是最有效也最为可行的方法。其确定为一类特殊的花岗岩构造岩类,既可以在I型花岗岩大类中出现,也可以符合S型花岗岩定义标准。

## 5.2 有关地球化学特征的有效性

在地球化学特征上,最初的A型花岗岩概念中,3A是其标志性特征,因此对3A特征的理解和认识尤为重要,即判断A型花岗岩的存在与否,首先要考虑的应该是3A特征的有无。

由于在花岗岩类岩石中镁含量普遍较低,因此强调A型花岗岩的低镁特征意义不大,而更具有实际意义的是 $\text{FeO}^T/\text{MgO}$ 比值(Eby, 1990)<sup>[15]</sup>。A型花岗岩与I、S型花岗岩相比具有更高的 $\text{FeO}^T/\text{MgO}$ 比值,一般当 $\text{SiO}_2$ 大于70%时,该比值大于8,鉴于此特征,在其他地球化学特征相似情况下,可以将A型花岗岩从I、S型花岗岩中划分开,是I、S型花岗岩中鉴别A型花岗岩的有效方法。

$\delta\text{Eu}$ 负异常的强弱反映了岩浆体系分异程度的高低,用作岩类划分的参数似乎不妥。因此笔者认为,随着A型花岗岩研究的日益深入,虽有必要根据实际情况对其原始定义进行适当修改,但也应给予一定的限定,避免无节制地扩大,以使得“A型花岗岩”保持其独特的岩石学和构造学意义。

## 5.3 A型花岗岩的构造意义

在其构造意义方面,自90年代以来,A型花岗岩岩石类型和形成环境的泛化,使得原始定义中的“3A”原则已经面目全非。目前各类针对A型花岗岩的研究都抓住了其反映拉张构造环境的总体特征,因此在研究过程中,对于处在一些特殊构造位置,如板块交接带、地体碰撞带、活动大陆边缘、深断裂带等的花岗岩,如果其在侵位时间上能与一定的构造运动相联系,就有可能引用扩大化的A型花岗岩概念,以此证明造山运动、挤压碰撞等构造活动的结束,区域构造进入拉张背景,一方面使各类数据有了很好的解释,另一方面也使地区的构造意义得到升华,一举两得。而对于A型花岗岩而言,其结果就是概念不断泛化,3A特征最终模糊,乃至消失。这种现象是不合理的,因为A型花岗岩是确定构造拉张环境的充分条件而不是必要条件,即在拉张环境下产生的花岗岩不一定是A型花岗岩。

在原始定义中,“非造山”指的是“板内裂谷型拉张环境”。大量的研究表明,“后造山”拉张

环境在某种程度上和“非造山”除了构造位置差异外,经历了相同的拉张—减压过程,只是其处于一个特殊的时期:造山运动之后、进入板内非造山构造演化环境的初始阶段。肖庆辉等认为在经过碰撞、后碰撞之后,进入板内演化的开始阶段可以称作“后造山”阶段(肖庆辉等,2002)<sup>[37]</sup>,因此“非造山”拉张环境和“后造山”拉张环境具有一定的共性。由此笔者认为在“非造山”范畴中应该包含了两个涵义:板内裂谷型拉张环境和后造山期间拉张环境,但对于“造山晚期”、“板缘”等概念则值得商榷。

## 5.4 关于岩浆的起源

A型花岗岩产生于非造山前提下的拉张环境,而在这种环境下侵位的A型花岗质岩浆体系的形成不一定必须由碱性玄武质岩浆分离结晶来完成,同样可以由壳幔混染以及下地壳比较“干”的物质部分熔融两种途径形成(彭亚鸣等,1984;邱检生等,1996)<sup>[8,10]</sup>,这里也说明了 $\delta\text{Eu}$ 不一定需要很强的负异常。同时在A型花岗岩具体的岩浆成因模式和构造环境研究中,应注意多种地质信息的综合,如Sr、Nd同位素及 $\delta^{18}\text{O}$ 等,这些在国内已多有论述(魏春生等,1999、2001)<sup>[32,38]</sup>。

总体上,在重新定义的A型花岗岩中,包含了目前广泛沿用的Eby(1990)分类方案中A1的总体特征和A2的部分特征,因此在判别A型花岗岩形成的构造背景时,不可能通过某种单一的模式来完成,必须将野外地质信息、岩石学、矿物学及地球化学特征等多方面结合,并综合多种判别分析模式,才能获得比较可靠的结果。

## 参考文献:

- [1] 王德滋,赵广涛,邱检生.中国东部晚中生代A型花岗岩的构造制约[J].高校地质学报,1995,1(2总2):13~21.
- [2] 卢欣祥,董有,尉向东,等.东秦岭吐雾山A型花岗岩的时代及其构造意义[J].科学通报,1999,44(9),975~978.
- [3] 吴才来,周珣若,黄许陈,等.安徽茅坦A型花岗岩研究[J].地质学报,1998,72(3):237~248.
- [4] 薛良伟,尉向东,赵太平.嵩山A型花岗岩的地质地球化学特征和构造环境[J].岩石学报,1996,12(1):137.
- [5] 邢凤鸣,徐祥.安徽两条A型花岗岩带[J].岩石学报,1994,10(4):357~369.
- [6] 包志伟,赵振华.佛冈铝质A型花岗岩的地球化学及其形成环境初探[J].地质地球化学,2003,31(1):52~60.
- [7] 刘昌实,陈小明,王汝成,等.广东从化石岭方钠石正长岩特征及其起源[J].地质评论,2003,49(1):28~39.
- [8] 彭亚鸣,袁朴.福建魁岐碱性花岗岩特征及其成因类型[J].

- 南京大学学报.1984,20(4):740~752.
- [9] 陈培荣,章邦桐,孔兴功,等.赣南寨背A型花岗岩体的地球化学特征及其地质构造意义[J].岩石学报,1998,14(3):289~298.
- [10] 邱检生,王德滋,彭亚鸣,等.浙江舟山桃花岛碱性花岗岩的岩石学和地球化学特征及成因探讨[J].南京大学学报,1996,32(1):80~89.
- [11] 范春方,陈培荣,赣南陂头A型花岗岩的地质地球化学特征及其形成的构造环境[J].地球化学,2000,29(4):358~366.
- [12] Loiselle M C, Wones D R. Characteristic and Origin of anorogenic granites [J]. Geol. Soc. Am. Abstr. Prog., 1979, 11:468.
- [13] Collins J D, Beams S D, White A J R et.al. Nature and origin of A-type granites with particular reference to Southeastern Australia, Contr[J]. Mineral. Petrol., 1982, 80: 189~200.
- [14] Whalen J B, Currie K L, Chappell B W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis, Contr[J]. Mineral. Petrol. 1987, 95: 407~415.
- [15] Eby G N. The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis[J]. Lithos. 1990, 26:115~134.
- [16] 许保良,阎国翰,张臣,等.A型花岗岩的岩石学亚类及其物质来源[J].地学前缘,1998,5(3):113~124.
- [17] 王式浣,韩宝福,洪大卫,等.新疆乌伦古河碱性花岗岩的地球化学及其构造意义[J].地质科学,1994,29(4):373~383.
- [18] 姜耀辉,杨万志.西昆仑A型花岗岩带的发现及其地球动力学意义[J].地质论评,2000,46(3):235~244.
- [19] 王强,赵振华,熊小林.桐柏—大别造山带燕山晚期A型花岗岩的厘定[J].岩石矿物学杂志,2000,19(4):297~306.
- [20] 王德滋,周新民,等.中国东南部晚中生代花岗质火山—侵入杂岩成因与地壳演化[J].北京:科学出版社,2002.
- [21] 邱检生,王德滋,蟹泽聪史,等.福建沿海铝质A型花岗岩的地球化学及岩石成因[J].地球化学,2000年,29(4):313~321.
- [22] Eby G N Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications[J]. Geology, 1992, 20: 641~644.
- [23] 洪大卫,王式浣,韩宝福,等.碱性花岗岩的构造环境分类及其鉴别标志[J].中国科学(B辑),1995年,25(4):418~426.
- [24] 许保良,黄福生.A型花岗岩的类型、特征及其地质意义[J].地学探索,1990,(3):113~120.
- [25] Rutter M J, Wyllie P J, Melting of vapour-absent tonalite at 10 kbar to simulate dehydration melting in the deep crust[J]. Nature, 1988, 331:159~160.
- [26] Anderson J L, Thomas W M. Proterozoic anorogenic two-mica granites: Silver Plume and St.Vrain batholiths[J]. Geology, 1985, 13:177~180.
- [27] Whalen J B, Currie K L, Van B O. Episodic Ordovician-Silurian plutonism in the Topsails igneous terrane, western Newfoundland[J]. Royal Soc. Edinburgh Transaction, 1987, 78(1): 17~28.
- [28] Creaser R A, Price R C, Wormald R J. A-type granites revisited: Assessment of a residual-source model[J]. Geology, 1991, 19: 163~166.
- [29] Skjerlie K P, Johnston A D. Vapor-absent melting at 10 kbar of a biotite- and amphibole-bearing tonalitic gneiss: implication for the generation of A-type granites[J]. Geology, 1992, 20: 263~266.
- [30] Skjerlie K P, Johnston A D. Fluid-absent melting behaviour of an F-rich tonalitic gneiss at mid-crustal pressures: implication for the generation of anorogenic granitesp[J]. J. Petrol., 1993, 34: 785~815.
- [31] Patino Douce A E P. Generation of metaluminous A-type granites by low-pressure melting of calc-alkaline granitoids[J]. Geology, 1997, 25: 743~746.
- [32] 魏春生,郑永飞,赵子福.中国东部A型花岗岩形成时代及物质来源的Nd-Sr-O同位素地球化学制约[J].岩石学报,2001,7(1):95~111.
- [33] Poitrasson F, Pin C, Duthou J L, et.al. Aluminous subsolvus anorogenic granites genesis in the light of Nd isotopic heterogeneity[J]. Chem. Geol., 1994, 112:199~219.
- [34] Poitrasson F, Duthou J L, Pin C, The relationship between petrology and Nd isotopes as evidence for contrasting anorogenic granite genesis: example of the Corsican Province(SE France)[J]. J. Petrol. 1995, 36:1251~1274.
- [35] King P L, White A J R, Chappell B W, Allen C W.Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, Southeastern Australia[J]. J. Petrol. 1997, 38(3):371~391.
- [36] 袁忠信.关于A型花岗岩命名问题的讨论[J].岩石矿物学杂志,2001年,20(3):293~296.
- [37] 肖庆辉,邓晋福,马大铨,等.花岗岩研究思维与方法[M].北京:地质出版社,2002.
- [38] 魏春生、郑永飞、赵子福,苏州A型花岗岩氢氧同位素地球化学研究[J].岩石学报,1999,15(2):224~236.
- [39] 薛怀民,汪应庚,马芳,汪诚,王德恩,左延龙.皖南太平-黄山复合岩体的SHRIMP年代学:由钙碱性向碱性转变对扬子克拉通东南部中生代岩石圈减薄时间的约束[J].中国科学D辑:地球科学,2009,39(7):979~993.
- [40] 薛怀民,汪应庚,马芳,汪诚,王德恩,左延龙.高度演化的黄山A型花岗岩:对扬子克拉通东南部中生代岩石圈减薄的约束[J].地质学报,2009,83(2):247~259.
- [41] 黎敦朋,赵越,胡健民,李怀坤,李新林,周小康,杜少喜.青藏高原西北缘中新世晚期A型花岗岩的特征及意义[J].地质通报,2007,26(12):1671~1677.



- [42] 李舫,王涛,童英,洪大卫,欧阳志侠.北山柳园地区双峰山早泥盆世A型花岗岩的确定及其构造演化意义[J].岩石矿物学杂志,2009,28(5):407~422.
- [43] 唐红峰,屈文俊,苏玉平,侯广顺,杜安道,丛峰.新疆萨惹什克锡矿与萨北碱性A型花岗岩成因关系的年代学制约[J].岩石学报,2007,23(8):1989~1997.
- [44] 谢磊,王汝成,王德滋,邱检生.浙江桃花岛碱性和普陀山铝质A型花岗岩副矿物对比研究[J].高校地质学报,2005,11卷,(3):390~403.
- [45] 苏玉平,唐红峰.A型花岗岩的微量元素地球化学[J].矿物岩石地球化学通报,2005,24(3):245~251.
- [46] 贾小辉,王强,唐功建.A型花岗岩的研究进展及意义[J].大地构造与成矿学,2009,33(3):465~480.
- [47] 吴锁平,王梅英,戚开静.A型花岗岩研究现状及其述评[J].岩石矿物学杂志,2007,26(1):57~66.
- [48] 吴锁平,吴才来,陈其龙.阿尔金断裂南侧吐拉铝质A型花岗岩的特征及构造环境[J].地质通报,2007b,26(10):1385~1392.
- [49] 肖娥,邱检生,徐夕生,蒋少涌,胡建,李真.浙江瑶坑碱性花岗岩体的年代学、地球化学及其成因与构造指示意义[J].岩石学报,2007,23(6):1431~1440.
- [50] 周宇章,邢光福,杨祝良,沈加林,陈荣,包超民,魏乃颐.浙江诸暨新元古代后造山铝质A型花岗岩的厘定[J].地球学报,2006,27(2):107~113.
- [51] Holtz F, Johannes W, Tamić N, et al.. Maximum and minimum water contents of granitic melts generated in the crust: a reevaluation and implications[J]. J. Lithos., 2001,56(1):1~14.
- [52] Nyman M W, Karlstrom K E, Kirby E and Graubard C M. Mesoproterozoic contractional orogeny in western North America: Evidence from ca.1.4 Ga plutons[J].Geology,1994,22: 901~904.
- [53] 李小伟,莫宣学,赵志丹,朱弟成.关于A型花岗岩判别过程中若干问题的讨论[J].地质通报,2010,29(2~3):278~285.
- [54] 赵振华,王中刚,邹天人,增田彰正.新疆乌伦古富碱侵入岩成因探讨[J].地球化学,1996,25(3):205~220.
- [55] 赵振华、包志伟、张伯友、熊小林,柿竹园超大型钨多金属矿床形成的壳幔相互作用背景[J].中国科学(D辑),2000,30:161~168.(增刊)
- [56] Harris N B W, Marzouki F M H and Ali S. The Jabel Sayid Complex, Arabian Shield: Geochemical constraints on the origin of peralkaline and related granites[J]. J. Geol Soc London, 1986, 143: 287~295.

## PROGRESS MADE IN A-TYPE GRANITE STUDY AND DISCUSSION ON SOME ISSUES

ZHOU Yu-zhang

(Public Geological Survey Center of Anhui Province, Hefei, Anhui 230001, China)

**Abstract:** Since the conception of A-type granite came into being 30 years ago, there has been a great change in definition and recognition of the rock type, structural setting, magmatic source and origin. Presently, A-type granite appears more inclusive, a number of so-called A-type granites differ greatly from the original definition and there seems to be an inevitable trend that all granites formed in extensional environment will be called A-type granites. Based on data research and comparative study, it is suggested that A-type granite determination should be strictly in line with its original definition with emphasis laid on the 3A features. Only on this basis can its magmatic origin and structural implications be discussed in a correct way.

**Keywords:** discussion on issues; A-type granite