

# Study on Granites' Origination and Tectonic Environment

Qingxia Jiang

East China Institute of Technology, Nanchang Jiangxi  
Email: 617419001@qq.com

Received: Jan. 14<sup>th</sup>, 2016; accepted: Feb. 2<sup>nd</sup>, 2016; published: Feb. 5<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

In the earth, almost all granite comes from the mainland, which is one of the most widely rock distributions and different from the main composition of oceanic crust. In this paper, by studying the geological scholars for a long time on the study of granite, we got some knowledge of granite. Including the classification of the causes of granite, each type corresponds to the different geologic evolution history. And awareness of the crustal anatexis is the basis of the research the causes in the study of granite rock formation in the process of the main consideration tectonic environment and source rock to its influence. Finally, we further discuss the granite formed by tectonic background.

## Keywords

Classification of Granite, Crustal Anatexis, Granite Rock Formation, Tectonic Background

---

# 花岗岩成因及构造环境认识

江青霞

东华理工大学, 江西 南昌  
Email: 617419001@qq.com

收稿日期: 2016年1月14日; 录用日期: 2016年2月2日; 发布日期: 2016年2月5日

---

## 摘要

在地球中, 花岗岩几乎全部产于大陆, 是大陆分布最广的岩石之一, 是有别于大洋地壳的最主要的物质

组成标志。通过研究长期以来地质学者们对花岗岩的研究,取得了一些对花岗岩的认识。其中包括对花岗岩成因的分类。每种类型都对应了不同的地质历史演化。并认识到花岗岩的地壳深熔论是研究其成因的基础所在。在研究花岗岩岩石成因的过程中主要考虑大地构造环境以及源岩对其的影响。最后,深入探讨了花岗岩形成的大地构造背景。

## 关键词

花岗岩分类,地壳深熔作用,花岗岩岩石成因,大地构造背景

## 1. 引言

火成岩中的酸性深成岩被称为花岗岩。它主要分布在陆壳,约占陆壳所有火成岩的一半以上。花岗岩在大洋中只有少量分布,如大西洋的冰岛就含少量的花岗岩,但与陆壳中的相比,数量非常少,所以花岗岩被看作是陆壳发展的产物。在矿物成分上,花岗岩含有大量石英、长石类矿物。

正是因为地球中,花岗岩几乎全部产于大陆,是大陆分布最广的岩石之一,因而它被作为是别于大洋地壳的最主要的物质组成标志,是大陆形成、演化的标志物之一,与大陆地壳生长发育有直接联系[1]。因此,花岗岩的研究一直在大陆动力学中具有举足轻重的地位。虽然花岗岩相较于其他类型的岩石来说,组成矿物很简单,但关于它的形成与演化一直存在很大的争议[2]。正如著名的“Granites and granites”(有各种各样的花岗岩)[3]所形容的。

本文旨在归纳总结长期以来地质学者们对花岗岩的研究,从而对花岗岩有一个更加全面深入的了解。针对花岗岩的不同类型,分析其对应的不同地质演化历史。最终对花岗岩的形成及当时的构造环境有一个基础、全面的认识,为与花岗岩有关的其他地质历史事件的研究提供基础。

## 2. 花岗岩分类

自对花岗岩的研究开始,国内外学者就花岗岩的成因分类从不同方面提出了多种方案。不同成因类型的花岗岩代表了在不同构造活动带、不同的源岩和岩石形成作用过程的最终产物。因此每一种成因类型都具有代表其物质来源和形成条件的特殊标志。马鸿文将花岗岩分为M型、I型、S型、A型,他认为M型花岗岩形成于大洋型岛弧环境,I型花岗岩发育在大洋-大陆会聚板块边缘,S型花岗岩是大陆-大陆碰撞带或克拉通之上韧性剪切带的产物,而A型花岗岩是地盾区与裂谷作用有关的岩浆活动或造山带最终生成的活动产物[4]。

一般认为,M型花岗岩类是由幔源玄武质岩浆分异而成的花岗岩类岩石,称为幔源花岗岩类。幔源花岗岩在大陆和大洋中均有发现,主要为拉斑玄武岩系列斜长花岗岩。是由于地壳酸性岩(沉积变质和火成岩)受到玄武岩浆同化产生的花岗岩、基性和酸性岩浆混合成的花岗岩或辉长岩类花岗岩化产生的花岗岩。按形成机制也可以分为原地和侵入的两种。

S型花岗岩则被认为是起源于沉积源岩的花岗岩(R. A. Creaser),被称为壳源花岗岩。

I型花岗岩被认为是M型与S型两个端元岩浆混合产物。被称之为H型花岗岩——混合(混染)花岗岩,根据花岗岩、幔源与壳源混合量的不同将H型花岗岩又细分为Hm、Hss、Hs型。并提出了它们的划分标志。Hs型花岗岩类,指长英质岩石端元(S型)为主的混合花岗岩类。Hm型花岗岩类指镁铁质岩浆(M型)的作用超过长英质端元(S型)的混合花岗岩类。Hss型花岗岩类,指S型和M型岩浆近似相等地混合,是岩浆流动均一化后每种岩浆的原有特征已消失的混合花岗岩类。

A型花岗岩是指沿大陆裂谷带(非造山)产生的那些花岗岩。它们具有适度富碱的地球化学特征,认为

是在低水逸度下结晶而成的。根据构造 - 时间组合的差异, 将 A 型花岗岩分为两组: 造山后 A 型花岗岩和非造山的 A 型花岗岩。前者与板块碰撞的终止期有关, 而后者则是在地壳拱起及随后的裂谷作用期间侵入的。与其它花岗岩类相比, A 型花岗岩具有较高的 Fe/Mg、(K + Na)/Al 和 K/Na 比值, 较高 F、Zr、Nb、Ga, 稀土元素(REE)、Y、Zn 丰度, 以及较低的 Mg、Ca、Al、Cr 和 Ni 丰度。因此 A 型花岗岩相对 I、M 和 S 型花岗岩(认为是起源于火成岩质地壳、地幔和沉积源岩)更富集亲石元素而亏损难熔元素。

不同成因类型花岗岩的主要特征见表 1。

### 3. 花岗岩的成因

#### 3.1. 花岗岩的地壳深熔作用

从有地质学起, 花岗岩的成因就经常被讨论和争论。在早期的研究中发现自然界中的喷出岩以玄武岩为主, 而侵入岩以花岗岩为主, 便产生了花岗岩是由玄武岩分异而来的理论。但之后便发现, 在一些情况下, 花岗岩会作为喷出岩的岩浆通道或补给体存在。由此可知花岗岩并不是玄武岩分异而来, 而是可以独立起源的[5]。后通过实验确认, 花岗岩主要是地壳来源的, 即花岗岩的地壳深熔论(Crustal anatexis, Wyllie, 1977)。从现今学术界对花岗岩成因的讨论可以看出, 花岗岩的地壳深熔论已经被作为研究其成因的基础所在。

研究发现, 许多花岗岩都是地壳和地幔相互作用及其带来的热引起地壳深熔的产物[6]。而在这种情况下, 深熔作用是一种介于变质作用和岩浆作用之间的地质作用, 这种深熔作用使来自软流圈或岩石圈地幔热源生成的新的长英质或花岗质组分与原来的变质岩相互作用, 最终形成各种混合岩。

#### 3.2. 花岗岩的成因与构造环境

花岗岩的成因和构造环境的关系一直是地球科学研究中具有重要理论和实际意义的问题, 长期以来, 观点分歧, 争论激烈。随着研究深入, 越来越多的研究者将花岗岩的成因类型与不同的构造环境结合起来。

花岗岩与大地构造环境之间存在密切的联系, 其产出的构造环境或其出露的构造位置具有重要意义[7]。构造环境的不同直接改变了岩浆所处的温度、压力条件, 构造变动过程, 加上环境内物质组成的不同, 使得相同的岩浆在不同的构造环境下会发生不同的改变, 最终就会导致岩浆在形成机制, 混染程度, 分异类型, 运移过程, 侵位方式它以后的变质, 变形等地质作用有着不同的表现形式, 并形成一定的岩石类型和岩浆组合。这也就是构造环境在花岗岩形成过程中所起到的重要作用。

Pevie A.B 等人把花岗岩的形成与地壳的演化直接联系起来, 将地壳的发展演化划分为大洋、过渡和大陆三个有序阶段[8]。有人研究认为, 经过一系列复杂的过程之后洋壳像过渡阶段演化。在此期间, 玄武岩通过局部熔融或交代作用, 在过渡壳中可形成局部新生的花岗岩层, 构成未来陆壳的“萌芽体”。在过渡壳逐渐成熟的过程中, 又形成了斜长花岗岩化。此时的洋壳物质不断被改造, 并向陆壳逐步演化。在过渡壳向陆壳演化的过程中, 出现了由斜长花岗岩化发展为大规模的钾长花岗岩化的突发事件。此时地壳走向最终的成熟阶段。这些认识更加确定了花岗岩形成与构造环境之间具有密切联系[9]。

表 2 分类简明地反映了不同源岩类型的花岗岩类与构造环境之间的关系, 其中 C<sub>ST</sub> 代表地壳剪切和逆冲类; C<sub>CA</sub> 和 C<sub>CI</sub> 为地壳碰撞原地或侵入类; H<sub>LO</sub> 是晚造山混染类; H<sub>CA</sub> 为陆弧混染类; T<sub>IA</sub> 和 T<sub>OR</sub> 代表岛弧拉斑玄武质和大洋中脊拉斑玄武质类; 而 A 则是碱性、过碱性类。

花岗岩成因分类组合与其他地质信息结合, 可以揭示不同的构造环境和地球动力学背景。它常伴随各期构造运动的始终, 在上升 - 定位 - 改造过程中, 蕴含着丰富的构造信息[10]。

Barbarin 将花岗岩分为七大类, 两种过铝质花岗岩——含白云母过铝质花岗岩(MPG)和含堇青石和富黑云母过铝质花岗岩(CPG), 两种钙碱性花岗岩——富钾和钾长石斑晶钙碱性花岗岩(KCG)和富角闪石钙碱性

**Table 1. Granite type main orogenic belt environment identification marks (Gao Pingxian, 1995)**  
**表 1. 造山带环境花岗岩类型的主要鉴别标志(高坪仙, 1995)**

成因类型	S 型	Hs 型	Hss 型	Hm 型	M 型
岩石组合	浅色二云母花岗岩, 钾长花岗岩-二长花岗岩	二长花岗岩-花岗闪长岩	花岗闪长岩和英云闪长岩	英云闪长岩(多细粒)	石英闪长岩和英云闪长岩
变质残余	黑云母, 矽线石, 堇青石等	有	少	少或无	无
岩石包体	无铁镁质包体	铁镁质包体少量	铁镁质包体为主	包体少	只有似堆积岩包体
反应矿物	熔融反应残留相(钾长石、堇青石、矽线石等)黑云母矽线石团块	熔融反应钾长石巨晶和堇青石黑云母团块	熔融的钾长石巨晶, 堇青石到黑云母反应常见角闪石-黑云母团块	辉石-角闪石和黑云母-角闪石反应常见角闪石反应形成团块	稳定的镁铁相只有转熔反应
斜长石环带	简单环带, 无熔蚀边		复杂斜长石环带, 具有明显熔蚀边		简单韵律环带
捕虏晶	无	很少或无	角闪石团块及捕虏晶	斜长石, 钾长石, 石英	无
伴生关系	主要和高级区域变质岩伴生	常与大岩基中具有明显过渡关系的 M 型和 S 型花岗岩伴生, 在浅部它们可呈孤立简单岩体		常与超铁镁质小岩体伴生	
同位素	$O^{18} \geq 10\%$ $Sr^{87} > 0.708$ , $\sum nd \ll 0$	同位素比值变化很大, 常介于地幔和地壳比值之间, 具特征的混合体			$Sr^{87} < 0.704$ . 一般 $\sum nd > 0$ (亏损地幔)
$K_2O/Na_2O$	$>1$		$\approx 1$		$<1$
铝饱和指数	$>1$		$\approx 1$		$<1$
成因	变质沉积岩部分熔融形成, 其成分变化可用残留体不混合作用解释	由幔源的镁铁质岩浆(M 型)和上地壳深熔岩浆(S 型)混合(混染)作用形成		有幔源拉斑玄武岩岩浆分异形成	

**Table 2. Granitoids are main classification of tectonic environment (B. Barbarin, 1990)**  
**表 2. 花岗岩类主要构造环境分类(据 B. Barbarin, 1990)**

成因	花岗岩类类型	构造环境
壳源 (过铝质岩石)	侵入二云母浅色花岗岩 CST 过铝质原地花岗岩类 CCA 过铝质侵入花岗岩类 CCI	碰撞带或碰撞后带
壳幔混合源 (偏铝质或钙碱性岩石)	钾质钙碱性花岗岩类 HLO (高 K 低 Ca) 钙碱性花岗岩类 HCA (低 K 高 Ca)	造山花岗岩类 俯冲带
幔源 (拉斑玄武岩, 碱性或过碱性岩石)	岛弧拉斑玄武岩质花岗岩类 TIA 大洋中脊拉斑玄武岩质花岗岩类 TOR 碱性, 过碱性花岗岩类 A	裂谷带或上穹带 非造山花岗岩类

花岗岩(ACG), 岛弧拉斑玄武岩质花岗岩(ATG), 洋中脊拉斑玄武岩质花岗岩(YTG), 过碱性和碱性花岗岩(PAG) [11]。

大量的研究显示, 富钾钙碱性花岗岩主要发育于张性环境; PG、CPG 花岗岩主要产于大陆碰撞环境, 白云母花岗岩是大陆俯冲作用的标志, 大量线性含角闪石低钾钙碱性花岗岩(如闪长岩花岗闪长岩带)可能揭示了板块俯冲带或拆沉带的存在。富钠花岗岩暗示了俯冲作用下洋壳熔融, 大量面状 A 型花岗岩的发育, 常是大陆造山带稳定后的伸张标志, 也可能暗示地幔热柱的存在[12]。

花岗岩的发育程度还可能提供造山带发育背景的信息。如西欧海西造山带花岗岩大量发育, 暗示早期沉积有巨厚的含水泥质沉积物; 而加里东造山带和阿尔卑斯造山带花岗岩不发育, 可能说明造山带发育于干的结晶基底之上。在碰撞造山带中, 大量白云母过铝花岗岩(MPG)的发育可能指示造山作用发育于地壳上部层次; MPG 和堇青石富黑云母过铝质花岗岩(CPG)共同产出说明造山作用发育于地壳中部层次; CPG 的发育暗示造山作用发育于地壳下部层次。

从全球演化来看,花岗岩的演变揭示了地壳特定阶段的演化特征。其演变特点是大陆地壳成熟度的重要标志之一。在造山带地质演化中,不同阶段对应了不同类型的花岗岩[13]。Barbarin 总结有,在威尔逊旋回演化中,大陆岩石圈裂解可出现(过)碱性花岗岩类,两个大洋岩石圈离散可有洋中脊拉斑玄武质花岗岩(YTG)(斜长花岗岩)类,大洋岩石圈之间的汇聚产有钙碱性花岗岩类(闪长岩英云闪长岩花岗闪长岩)和岛弧拉斑玄武质花岗岩类(ATG),洋壳与陆壳的汇聚发育钙碱性花岗岩(英云闪长岩花岗闪长岩)及富钾钙碱性花岗岩类,大陆岩石圈之间的汇聚可形成过铝质花岗岩类及富钾钙碱性花岗岩类,大陆岩石圈松弛伴有富钾钙碱性花岗岩类[11]。

同样,花岗岩演化还能揭示其动力学演化的特点。在俯冲碰撞带,早期可能以低钾钙碱性花岗岩为主;之后,为高钾钙碱性花岗岩,到板块拆沉时则以碱性花岗岩为主;富钾和钾长石斑晶钙碱性花岗岩(KCC)出现可能指示大陆汇聚向离散的转折。

但是,这些认识都是建立在壳幔相互作用不发生异常的基础上。如某一时期壳幔相互作用发生异常无疑会产生异常的花岗岩演化特征。

### 3.3. 花岗岩的成因与源岩问题

即使构造环境相同,不同地区花岗岩的特征也不尽相同。不少学者认为,这与花岗岩源岩有密切关系。

有学者研究认为从太古宙与显生宙花岗岩的对比就能看出花岗岩的成分主要与源区组成有关。太古代花岗质岩浆成分相对变化不大,以 TTG 为主,有少量的钾质花岗岩,可能与太古宙地壳成分相对单一有关。太古代时地壳初生,主要由地幔部分熔融形成的玄武岩为主,这种玄武岩地壳部分熔融形成的即中酸性的 TTG 岩套。而显生宙花岗岩的成分异常复杂,则源于显生宙地壳成分的极其复杂。

玄武岩带有地幔的微量元素和同位素印记,如果该玄武岩在合适的条件下再次部分熔融,所形成的花岗质岩石也必定带有其源区玄武岩的印记,也就是地幔的印记。因此,幔源型指的是具有地幔印记的花岗岩,是地幔部分熔融物(玄武质岩石)再次熔融的产物。与蛇绿岩伴生的斜长花岗岩,通常称为 M 型花岗岩或洋脊花岗岩(ORG),被认为是典型的地幔成因的。实际上该类花岗岩是地幔橄榄岩部分熔融形成的辉长质岩石在含水条件下加热再次部分熔融形成的。

在图 1 中,表示为花岗岩的空心圆约有一半落在地幔区或其附近,这些花岗岩被解释为主要由上地

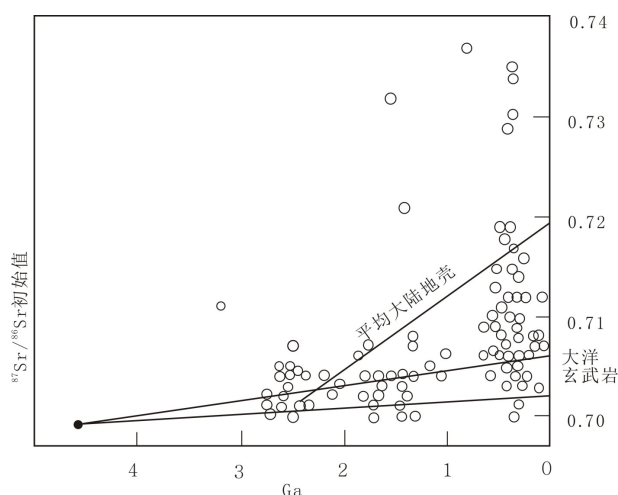


Figure 1. The mantle and the evolution of the continental crust of Sr isotope ratios (Zhang Qi *et al.*, 2008)

图 1. 地幔与陆壳中 Sr 同位素比值的演变(张旗等, 2008)

幔物质形成的。图 1 中约有 20% 的花岗岩落在平均大陆地壳线的附近或更高的地方, 认为它们可能是从古老的 Rb/Sr 比值高的物质形成的。此外, 还有约 30% 的花岗岩处于地幔区与大陆地壳线之间, 例如北美古生代以后的大部分花岗岩大多落在这个过渡的区域。它们可能是陆壳中 Rb/Sr 比值比较低的岩石熔融形成的, 或地幔与地壳混合形成的(都城秋穗等, 1984)。因此, 在很长一段时间内, 人们认为, 花岗质岩浆如果具有地幔岩石的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值的话, 就可能是来自地幔的, 称为“幔源”的(mantle-derived); 如果花岗岩是由陆壳 Rb/Sr 比值比较高的古老岩石经熔融或变质形成的, 花岗岩即具有较高的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值, 称为“壳源”的(crust-derived)。那么处于两者之间的就是“壳幔混合”来源的产物了[14]。

#### 4. 总结

花岗岩是大陆分布最广的岩石之一, 是有别于大洋地壳的最主要的物质组成标志, 是大陆形成、演化的标志物之一。在花岗岩形成的研究过程中, 地壳深熔作用则被认为是花岗岩成因研究的基础, 在此基础上, 构造环境和源岩同时影响着花岗岩的形成, 缺一不可。最终形成的每一种成因类型的花岗岩都具有代表其物质来源和形成条件的特殊标志。在壳幔相互作用不发生异常的情况下, 花岗岩的发育程度可能提供造山带发育背景的信息, 其演变能揭示地壳特定阶段的演化特征并揭示其动力学演化的特点。可以说花岗岩的形成与地质历史时期的演化相辅相成, 相互作用。这个也正表现出花岗岩研究所具有的重要的地质意义。

#### 参考文献 (References)

- [1] 董申保. 近代花岗岩的研究回顾[J]. 高校地质学报, 1995, 1(2): 1-12.
- [2] 吴福华, 李献华, 杨进辉, 等. 花岗岩成因研究的若干问题[J]. 岩石学报, 2007, 23(6): 1-12.
- [3] Read, H.H. (1948) Granites and Granites. *Geol. Sol. Am. Memoirs*, **28**, 1-19. <http://dx.doi.org/10.1130/MEM28-p1>
- [4] 高坪仙. 花岗岩类岩石形成的构造背景及成因类型综述[J]. 国外前寒武纪地质, 1995(3): 48-62.
- [5] 刘勇胜. 高山地壳深熔(anatexis)与花岗岩对下地壳的示踪作用[J]. 地质科学情报, 1998, 17(3): 31-38.
- [6] 肖庆辉, 邱瑞照, 刑作云, 等. 花岗岩成因研究前言的认识[J]. 地质论评, 2007, 53(增刊): 17-27.
- [7] 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, 23(11): 2683-2698.
- [8] Peive, A.B. (1975) The Forming of European Continental Crust. *Geotectonics*, **5**, 6-24.
- [9] 吴泰然. 花岗岩及其形成的大地构造环境[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1995, 31(3): 358-365.
- [10] 王涛, 王晓霞, 郑亚东, 等. 花岗岩构造研究及花岗岩构造动力学刍议[J]. 地质科学, 2007, 42(1): 91-113.
- [11] Barbarin, B. (1999) A Review of the Relationships between Granitoid Types, Their Origins and Their Geodynamic Environments. *Lithos*, **46**, 605-626. [http://dx.doi.org/10.1016/S0024-4937\(98\)00085-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0024-4937(98)00085-1)
- [12] 王涛. 花岗岩研究与大陆动力学[J]. 地学前缘, 2000, 7(增刊): 137-146.
- [13] 李石. 花岗岩成因研究中的若干问题[J]. 湖北地质, 1990, 4(1): 20-31.
- [14] 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, 2008, 24(6): 1193-1204.