

关于花岗岩成因研究的若干问题

——答李献华、朱炳泉

SOME PROBLEMS ABOUT THE RESEARCH OF GRANITE
GENESIS: REPLY TO THE COMMENTS
BY LI Xianhua and ZHU Bingquan

陈国能 CHEN Guoneng

(中山大学地质系 Dept. of Geology, Zhongshan University)

李献华、朱炳泉(1989)对笔者(1989)“原地重熔——东南地洼区中生代花岗岩的重要形成途径”一文(下称原文)的商榷意见(下称商文)、主要涉及两方面内容。其一是关于Sr同位素示踪理论在花岗岩成因研究中的应用问题,并由此涉及到对花岗岩成因系列的认识;其二是对东南地洼区中生代花岗岩物质来源的看法、以及与此有关的研究方法问题。

一.关于用Sr初始值判别花岗岩物质来源的前提问题

用Sr初始值判别花岗岩物质来源的前提之一是“地幔的Sr比值低于地壳”[1977、Faure],商文对此有不同的见解、认为现代Sr同位素地质学的研究结果、已证明地幔和地壳的Sr同位素组成都是不均匀的。地幔和地壳可以划分出许多不同Sr组成的地质单元。“地幔的Sr比值低于地壳的认识也已获得了极大的进展”。

笔者认为、Sr同位素地质研究方面的进展并不等于“地幔的Sr比值低于地壳”的认识作为判别花岗岩物质来源前提已不需要证伪、因为在实际应用上,这一前提并没有因商文所指的进展而被抛弃。以本区中生代花岗岩研究为例,徐克勤等(1983)和王联魁等(1982)均把Sr初始值0.710作为判别本区同熔型或系列II和改造型或系列I的重要指标。并认为Sr初始值一般小于0.710的同熔型(系列II)主要起源于地幔—下地壳或有幔源物质混入,大于0.710的改造型(系列I)主要来自硅铝质陆壳。显而易见,这一认识如果没有“地幔的Sr比值低于地壳”作为前提是难以成立的。

商文上述意见的不恰当之处是将Sr同位素示踪理论自身的发展,当作是花岗岩成因研究方面的进展。实际上,同位素示踪理论的可靠性与用这些理论判别花岗岩物质来源的可靠性是两回事。Sr同位素演化模式

本质上是同位素衰变理论与各种地质体 Sr 同位素实测数据统计结果相结合的数学模式。其精确性将直接或间接地受到统计数据的多寡以及数据的代表性所影响。用这一模式解释花岗岩物质来源则属地质研究的范畴。因为地壳的 Sr 比值“不仅由于 Rb 的衰变而变化,而且可能被与火成岩活动、变质作用……等地质过程所改变”[1977, Faure]。而“判别”则是指在对过程及过程的产物有透彻了解后的一种比较形式。这就是说,与过去的结论不同的“地壳—上地幔各个地质单元的 Sr 同位素组成特征和变化范围”的研究结果,以及不同 Sr 组成的各种地质单元的划分,只能证伪原有的 Sr 同位素演化模式,而不能证实用原有模式对花岗岩物质来源的判别结果,更没有为花岗岩物质来源提供新的判别依据。

花岗岩的形成过程是目前尚未查清的地质过程,这一过程是否会导致以及如何导致原始系统 Sr 同位素比值的变化更是一个未知数,在这种情况下,把壳幔尺度的 Sr 同位素总体分布特征或区域地壳的 Sr 同位素数据的统计结果假定为未知过程的结果,作为对过程进一步研究的前提,在研究方法上是无可指责的。但是,我们应该牢牢记住,这种假定只是研究未知过程的起点而不是过程的实际结果,原文对其证伪的意义就在于此。

作为一种手段,同位素测量所获得的资料与用其他手段,如地质测量、地球化学测量、地球物理测量等,所获得的资料并无两样,它们都只能从一个侧面提供有关花岗岩形成过程的信息。花岗岩成因研究必须综合各种手段而不仅仅是某一手段所获得的与花岗岩形成有关的资料,解释由这些资料所反映的各种问题[1989, 陈国能]。实际上,花岗

岩成因研究所涉及到的问题远远超出岩石学、地球化学和同位素地质学研究范畴¹⁾。商文认为“用各种同位素示踪理论的正演和反演”,就能“不同层次地确定花岗岩物质来源”的说法是值得商榷的。举例说,认为本区同熔型或系列 II 的成岩物质主要来自地幔—下地壳或有幔源物质混入,且幔源物质混入是陆壳部分熔融(同熔)的原因的论点,应该已得到“各种同位素示踪理论的正演和反演”结果的验证。不管这一论点正确与否,随之而来的就会有如下问题:

1. 为什么本区新生代有大量幔源玄武岩贯入地壳却没有引起陆壳同熔? 若此属特殊,那么世界其他地区如印度、阿拉伯、西伯利亚等,也是这种情况又如何解释?

2. “重熔”和“同熔”在温度场上有何区别? 为什么同是温度升高却产生“重熔”和“同熔”两种不同的地质效应?¹⁾

3. 同熔岩浆如何由下至上通过原为岩石充填的空间到达岩体现在的位置,岩体所占据的空间的原始岩石去了何方? 若说它们已经“同熔”,那么, a) 从开始同熔的下地壳到岩体现在位置的这段距离是否为同熔花岗岩所占据? 若是,有何证据? 若不是,为何上、下方的岩石都已同熔而中层的岩石却不同熔? b) 在一个同熔花岗岩体中,外来物质和原地物质各占多少? 这种比例除了在数学模式上可以随意加减以外是否有其它方面的证据? 若幔源成分较少,其热量是否足以如此彻底地熔化原地岩石? 若幔源成分占多,那又如何解释岩基所占的空间? 等等。

诸如此类的问题显然不是通过“各种同位素示踪理论的正演和反演”就能解释的,但它们都是花岗岩成因研究无法回避的问题。

近十多年来,在用 Sr 同位素研究花岗

1) 1987, 陈国能, 东南地洼区中生代花岗岩成因研究——从大地构造学角度, 中国科学院长沙大地构造研究所博士学位论文。

岩成因系列和物质来源方面确实取得了许多重要成果,但这并不能证明 Sr 同位素示踪理论应用在花岗岩成因研究方面的正确性,因为前者是条件,后者是结果,不能用结果证明条件。

从研究方法上看,Chappell 和 White (1974) 及其后的研究者划分花岗岩成因系列主要是使用分类比较法。类比可以得到不同类型之间的差异,但不会主动得到对各种类型的形成过程和原因的认识。过程是历史和逻辑的统一,过程的恢复不可能是类比的结果。同样的结果不一定起因于相同的过程,同样的过程由于某些条件的变化也可能产生不同的结果。地质过程更是如此。以断陷盆地为例,它既可以起因于拉张过程,也可以起因于挤压过程,还可以起因于单纯的重力均衡过程。花岗岩成因理论应该是关于花岗岩物质来源、形成方式(过程)和形成原因的理论,在对花岗岩的形成过程及原因有确切的了解之前,根据这些过程的结果,即花岗岩的岩石矿物特征、元素地球化学特征、同位素组成特征以及成矿特征等等方面的差异所划分的类型或系列,可能称之为“岩石类型(系列)”比称之为“成因类型(系列)”更为恰当。

商文认为,用 Sr 初始值判断花岗岩物质来源时,要同时考虑花岗岩产出的大地构造环境和区域地壳的 Sr 同位素背景值,似乎这样就可以对花岗岩物质来源作出可信的判别。其实不然,因为“大地构造环境”,与岩基的 Sr 同位素组成一样,都是特定物质过程的结果而不是过程,更不是过程的原因,如果作为类比前提的花岗岩形成过程及这些过程的相应产物不能确定,那么,无论增加多少个比较要素也无助于这一问题的解决。况且不同的大地构造学派对“大地构造环境”还有不同的认识,目前也没有那一个大地构造学说是建立在花岗岩成因研究的基础上的。

区域 Sr 同位素背景研究也许可以为花岗岩成因研究提供重要线索。但就目前的认识水平和研究手段,我们仍无法测定卷入花岗岩形成过程中具有不同 Sr 组成的原始岩石的种类,以及各种类型的原始岩石在这一过程中所占的比例,在这种情况下,对数据的解释更应慎重。

二.关于原地重熔过程的 Sr 同位素分馏问题

由于原地重熔过程中的 Sr 同位素分馏效应,暗色包体的 Sr 初始值一般应低于其邻近主岩。商文以旧洲岩体及其内包体的 Sr 初始值有明显的重选区间为例,对此进行了反证。

商文的意见可能出自对原文意思的误解,因为原文在“捕虏体和包体”一节中已阐述过商文所指的现象,并指出这种现象是原地重熔的必然结果。不同包体 Sr 初始值的差异是由于: 1) 卷入原地重熔的各类原始岩石的 Sr 同位素组成不同; 2) 熔渣所处的演化阶段(即融熔程度)不同。主岩的 Sr 初始值波动则主要由于重熔机制引起。重力分异作用主要引起物质上、下运动,而每块原岩的熔出物又只能扩散到一定范围,故原岩横向分布的不均一就有可能造成花岗岩 Sr 同位素组成的横向差异。至于纵向差异的原因,原文已有论述。由这些原因,验证原文的论点时,只有将某一包体的 Sr 比值与其邻近主岩的比值比较才有意义。

未知事实的发现只是对理论预测的检验而不是理论的立论依据。对理论预测的检验应该用被预测事物的存在与否来衡量。而不应用数据的多少来衡量。169 号孔虽然只有三个样品,但实际已从三个不同的方面,即元素地球化学、Sr 同位素和稀土元素,同时证实了原地重熔说的预测。

169—4 号样的 K—Ar 年龄是 $137 \text{ Ma}^{1)}$ 。147Ma 是印刷错误。岩基的同位素年龄常有一定跨度是众所周知的[1980, 莫

柱孙等], 一般认为这种现象与岩浆冷却过程有关。因此, 计算具体样品的 Sr 初始值时应以该样品的年龄为准, 用岩体的平均年龄或用在岩体其他部位测到的年龄进行这种计算是不合适的。

三. 关于中生代花岗岩的物质来源问题

原文关于花岗岩与地层区的地球化学联系只是反映趋势。除复式岩体中的晚期岩体外, 几乎没有一个岩基的围岩是均一的。但这并不妨碍其围岩背景分析。以九峰岩体为例, 该岩体的围岩除东侧为前燕山期花岗岩、北侧汝城以南有少量 D—T 地层外, 几乎全为下古生界(部分震旦系)²⁾, 故该岩基处于下古生界地层区。要强调的是, 原文的“地层区”是指“前白垩系地层区”, 这是因为燕山早期的重熔过程卷入的最新地层是侏罗系。商文说该区地层“从震旦系到第四系都有出露”与原文“地层区”的定义不符。

分布于原文图 1—5 中的岩体必须同时具备如下三个条件:

1. 形成于燕山早期(以莫柱孙等的分期方案为准):

2. 主体为黑云母花岗岩;
3. 岩基主体与地层接触。

在万洋山—诸广山岩带中, 符合上述条件的主要是九峰岩体(158—172Ma)²⁾。

研究岩基与围岩的地球化学联系是寻找其逻辑关系而不是简单的数据对比。据原地重熔模式, 从围岩到花岗岩, 其平均化学成分应有如下变化趋势:

1. 硅、碱组份升高, 铁、镁组份降低;
2. 重稀土含量升高, 轻稀土含量降低;
3. Eu/Eu^* 值减少。

以上变化规律已为众多资料所证实¹⁾。商文所列举的西华山岩体也同样具有上述变

化趋势[1986, 李亿斗等]。

李亿斗等(1986)认为西华山岩体不是原地起源的主要论据是: 在 155Ma 时, 该区的震旦、寒武系(西华山岩体的主要围岩)的 Sr 比值为 0.752 和 0.755, 而西华山岩体的 Sr 初始值为 0.7169, 两者相差较大。

然而, 0.7169 的数据是西华山 $\gamma_5^{2a}-\gamma_5^{2c}$ 三期岩体的混合值, 已知西华山 γ_5^{2a} 的 K—Ar 年龄为 184Ma; γ_5^{2b} 为 160—150Ma; γ_5^{2c} 为 138—141Ma³⁾。用这些年龄和李亿斗等提供的 Rb、Sr 数据, 分别计算这三期花岗岩的 Sr 初始值, 得到的结果是: γ_5^{2a} (184Ma) 为 0.7105; γ_5^{2b} (平均取 155Ma) 为 0.7285; γ_5^{2c} (平均取 140Ma) 为 0.7730; 震旦、寒武系在 155Ma 时的 Sr 比值刚好落在用花岗岩数据计算的 155—140Ma 值的范围内。可见, 西华山岩体的资料与该岩体为原地重熔起因的假说并不矛盾。

以上实例再次说明, 岩体的矿物组成, 元素地球化学组组成、同位素组成等, 都是同一过程的结果, 它们都只能从一个侧面提供有关花岗岩形成过程的信息。认为“对花岗岩物质来源来说, ……同位素证据比元素地球化学证据更为可靠”的认识是不对的。既然各方面的事实都是事实, 就不存在可靠与不可靠的问题。花岗岩成因研究就是要统一解释与花岗岩有关的各种事实或现象, 寻找隐藏在现象背后的各种规律, 人为地将事实分为可靠与不可靠, 肯定无助于我们对客观规律的认识。坦率地说, 如果某一理论模式只能解释某方面的事实而不能解释与之相关的其他方面的事实, 那么, 不可靠的应是模式而不是事实。

2) 1984 湖南省区调队, 诸广山复式岩体的成因、演化及其与成矿作用的关系。

3) 1982 江西地科所, 江西花岗岩类的基本特征及与钨矿成矿的关系。

参 考 文 献

- 1974 Chappell, B.W. and White, A.J.R., Two contrasting granite type, *Pacific geology*, (8)
- 1977 Faure, G., *Principles of isotope geology*, John Wiley & Sons
- 1980 莫柱孙等, 南岭花岗岩地质学, 地质出版社
- 1982 王联彪等, 华南花岗岩两个成岩成矿系列的演化, *地球化学*, (4)
- 1983 徐克勤等, 论花岗岩的成因系列—以华南中生代花岗岩为例, *地质学报* (2), 57-58.
- 1986 李亿斗等, 西华山花岗岩下陆壳起源的证据, *地质学报*, 60, (3), 256-272
- 1989 陈国能, 东南地洼中生代陆壳重熔的构造和地质效应, *大地构造与成矿学*, 13(2), 136-149
- 1989 李献华, 朱炳泉, 对“原地重熔——东南地区中生代花岗岩的重要形成途径”一文的几点商榷意见, *大地构造与成矿学*, 13 (3)

(本文 1989 年 9 月收到)

消息报导 NEWS REPORT

印度地质学会会刊刊文介绍地洼学说

Journal of the Geological Society of India Carrying a Paper
Introducing Diwa Theory

印度地质学会会刊第 34 卷第一期 (1989 年 7 月) 刊登了 Rajender Singh 的专文。该文介绍了第一届国际地洼构造与成矿学学术讨论会会议召开的时间、地点、规模及主要讨论内容, 同时还详细介绍了地洼学说中的基本概念、地洼学说的主要内容及其理论意义和实践意义 (详见 *Journal of the Geological Society of India, Bangalore India, Vol.34, No.1, July 1989*)。