

# 关于花岗岩岩石包体的成因及 岩基的定位问题

——与杜杨松教授讨论

陈国能

(中山大学地球科学系)

杜杨松教授在“对‘大陆地质学研究的若干问题思考’一文的讨论”中(以下简称“讨论”)<sup>[1]</sup>,对花岗岩岩石包体的成因及花岗岩的定位等问题,进行了有意义的讨论。本文拟就杜教授提出的问题,简单介绍原地重熔模型及其对花岗岩岩石包体的成因和岩基定位机制的认识,请教于杜教授和广大同行。

## 1 原地重熔与花岗岩岩石包体的形成

对于杜教授在“讨论”一文中提到的问题,首先要说明的是:

(1)原地重熔说的建立,并不是为了解释“原地”或“半原地”的混合花岗岩类的形成,而是为了解释岩浆花岗岩的成因。

(2)杜教授认为,笔者“用于肯定岩浆花岗岩的原地重熔说而否定岩浆花岗岩异地侵入说的主要依据来自对花岗岩就位问题的空间分析”。事实上,岩基的空间只是原地重熔说解释的众多问题中的一个几何学问题。被原地重熔说阐明的所有问题和现象<sup>[2]</sup>,均可视为对其自身证实和对岩浆侵入说证伪的证据。

(3)原地重熔说中的“原地”,是对于整个陆壳重熔层而言,它是以下地壳为参照系。因此,它一般是指“岩基”而不是指“岩脉”。

原地重熔模型的建立,是以地壳温度的可变性、硅铝质岩石的可溶性以及陆壳深部岩石含水性等研究为前提<sup>[2,3]</sup>。根据这些方面的研究成果,可以认为,当上陆壳某一深度(如图1中的H1)的地温达到该处岩石的初熔温度时,该深度以下不远的硅铝质岩石,应该大部甚至全部熔融;而且融熔或重熔层的厚度,应随着等温面的升高而增加(图1A)。

根据熔体的性质,在上覆岩石的巨大压力下,活动的熔出物必会向上挤入未熔岩石的微细裂隙,其结果是导致裂隙扩大,使原本连续的岩石地层变为众多不连续的岩块。岩块的产生意味着岩石的受热面积增大,熔化速度加快,岩块之间的结合力也随着岩石表面的熔化而减弱。一旦岩块脱离母体,即进入下伏的熔体中,并在重力作用下向下运移(图1B)。

本文1998年4月收到,6月改回。

作者简介:陈国能,男,46岁,教授。通讯地址:广州新港西路,中山大学地球科学系,邮编:510275。

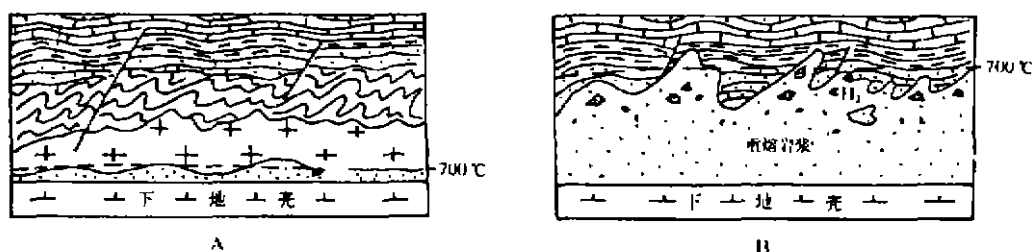


图1 原地重熔的理想模型

Fig. 1 Ideal model of in-situ melting

岩块在向下运动过程中,应随着温度的递增而逐渐熔化。根据实验结果<sup>[2]</sup>,岩石熔化过程是硅碱组分首先析出,故铁镁组分应在残余相中相对富集,形成富铁镁的残余熔渣。因此,岩体中的捕虏体,应该是在重熔岩浆结晶时,未能到达改变其原有面貌温度区的岩块;暗色包体则是未能到达其熔渣深度(终熔温度区)的富铁镁熔渣;两者应是同一过程不同阶段的产物。这一认识的证据除了来自对包体本身的形态学、岩石矿物学和元素地球化学等方面的研究之外<sup>[2,4]</sup>,更重要的是野外观察到捕虏体和包体的空间分布特征:①上述岩石包体多分布于岩体的顶部和边缘,说明它们来自岩浆体上方;②大岩基中部往往少见暗色包体,此为大岩基的剥蚀深度已超过一般熔渣的消溶深度之故。

捕虏体和包体的上述空间分布特征,其实早已被戴里及其后的众多地质学家作为“顶蚀模式”的证据。杜教授认为岩石包体是岩浆从深部带上来的<sup>[5]</sup>。这种认识与上述熟知的野外地质事实不相符,而且也与物理学原理有矛盾。因为熔渣的比重一般大于熔浆,故在岩浆上升过程中,离“源区”越远,包体应该越少,其道理就如河流的搬运一样,比重大或体积大的碎屑物必然是越靠源头越多。在岩浆“定位”之后的漫长结晶过程中,包体也会在重力作用下向下运动。因此,花岗岩中的岩石包体如果是岩浆从深部带上来的,那么从岩体的顶部向下,包体应越来越多。然而,大量的观察事实表明并非如此。

## 2 原地重熔与岩基定位

科学原理必须要有普遍的适应性。例如,可以给出的常规状态下每个具体物体的运动方程,但这些方程都不是表征自然界力与运动关系的一般性理论。作为一般性理论的,只有牛顿的定律。

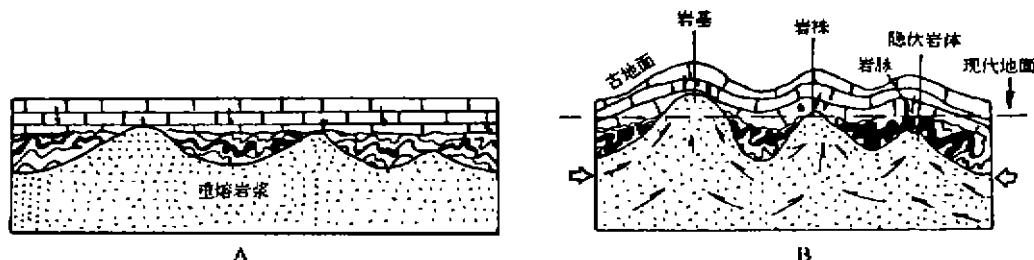
同理,现有的各种花岗岩定位模式虽然都可以找到支持它的实例,如“讨论”一文就用了浙江望海岗岩体群支持火山口塌陷模式<sup>[1]</sup>,不过这一模式显然不适用于杜教授在同一文提到的鸡冠石和铜官山岩体,更不适用于诸如佛岗岩体、冈底斯岩体、科迪勒拉岩体等等规模巨大的岩基。因此,它不能作为花岗岩定位的一般性理论,其它定位模式亦然。

就熔浆对上覆岩石的破坏作用而言,原地重熔模式与顶蚀模式是一样的。不同的是,顶蚀模式的前提是侵入说,即相对于岩基现在所处的空间,岩浆是外来体。因此,上升的岩浆必须要依靠自身的能量,冲碎和熔化上升通道和定位区间的“冷”岩石,但这样一来,岩浆的能量消耗和岩浆体积增大等矛盾便变得无法调和。

原地重熔模式不需要考虑系统的能量消耗及由于岩块加入而引起的岩浆体积变化问题。它合理地解释了顶蚀模式所能解释的地质现象,并同时解决了顶蚀模式长期无法解决的难题。

根据地温等温面的特征,原地重熔产生的熔体,在地壳断面中应呈层状或似层状分布。有关这部分的内容,请参见文献[6]。壳内重熔层的上界面,笔者称为“重熔界面”<sup>[2]</sup>。

如果地壳是均质体,重熔界面应与某一等温面一致。原始岩石物理性质(如熔点、热导率等)的差异,必会造成重熔界面的波动起伏。重熔界面的起伏,意味着上覆盖层作用在重熔岩浆层上的直压力在横向上的不均匀。在重熔界面的隆起部位,盖层厚度较小,故应为相对的低压区(图2A)。



A 变形前的重熔界面形态; B 变形后的重熔界面; B图中单边箭头示岩浆流动方向,空心箭头示构造动力方向

图2 重熔界面形态与花岗岩穹窿的关系

Fig.2 Relation between the melting interface and the granite domes

壳内重熔层的形成,意味着固态地壳变薄,以及重熔层上覆未熔岩石的塑性增强,地壳抵抗侧压力的能力减弱。一旦地壳发生压缩性变形,重熔岩浆在强大的水平压力作用下,必会向低压区(重熔界面的隆起区)运移,从而迫使低压区上方的岩石地层向上隆起,剥蚀后即为我们所见到的花岗岩穹窿或背斜(图2B)。可见,花岗岩穹窿或背斜的形成,不一定要用底辟模式或气球膨胀模式解释。

原理上,重熔界面变形与地层变形是一样的。地层的褶皱可以形成开阔、紧闭、倒转、平卧等形态,地层之下的重熔界面的变形同样可以如此。不同的是,重熔界面之下并非固体的岩石地层,而是可以流动的重熔岩浆。重熔界面变形强烈,其下的岩浆也就随着重熔界面的变形特征,形成各种形态的花岗岩体。

环绕岩体分布的流线、流面、片理或定向排列的包体和捕掳体等,也常被侵入说作为底辟或膨胀模式的证据<sup>[7]</sup>。但从图2B所示的模式可知,在构造力的作用下,岩浆层变形引起的岩浆流动,同样可以造成上述现象。

“讨论”文中还提到了花岗岩的各种断裂定位模式。在原地重熔说看来<sup>[2]</sup>,岩浆与断裂的关系,不外乎如下两种:

(1)断裂注入 在地壳压缩变形阶段,重熔岩浆在强大的构造力作用下,挤入盖层的先存断裂中;或者,在地壳拉伸或重力调整阶段,熔浆沿张开的断裂贯入,火山口塌陷一般发生于后一阶段。

上述沿断裂贯入盖层中的岩浆,对于整个重熔层而言,只是很少的一部分,且它们常被局限于断裂带的范围内,形成岩脉或岩墙。

(2)断裂重熔 在壳内有重熔岩浆层的情况下,重熔界面之上的地温虽未达到岩石的熔化温度,但也应该是相当高的。断裂活动产生的摩擦热的叠加,有可能引起等温面沿断裂带凸起,从而造成断面两侧一定范围内的岩石发生熔融。

断裂重熔的另一种可能性是:由于断裂破碎带内的角砾、岩块等连续性差,与断裂两侧的岩石地层相比,重熔过程中的“顶蚀作用”较易进行,故重熔界面在破碎带处相对凸起<sup>[2]</sup>。

### 3 总 结

“大陆地质学研究的若干问题思考”一文,对现有花岗岩定位模式进行了证伪。证伪不等于否定。从本文对原地重熔模型有关岩基定位的概略介绍中,可以看到原地重熔说并没有否定、而只是兼容了现有的各种定位模式;重熔界面的上升过程兼容了顶蚀模式;重熔界面的变形过程解释了底辟模式和气球膨胀模式的各种证据;重熔界面与断裂的关系,与过去的断裂充填、断裂重熔模式并无冲突。

原地重熔说其实是变成论和岩浆论的结合,它抛弃的只是岩论中“岩浆源”→“岩浆通道”→“岩浆定位”的思维模型。从方法学上看,侵入说的思维模型,前两个部分至今仍属猜想。因为,人们既观察不到这些“岩浆源”和“岩浆通道”,也找不到它们与地表岩基之间的必然逻辑联系。为了证实这一思维模型,一个多世纪以来,地质学家们从模型的最后部分入手,设计了各种各样的定位模式<sup>[7,9]</sup>。虽然每个定位模式“都有具体的、栩栩如生的实例”<sup>[8]</sup>,但是,至今尚没有一个模式可以作为岩基定位的一般性理论<sup>[9]</sup>。这到底是模式本身的问题,还是模式的前提就有问题?为此,笔者不得不重新审视:作为这些定位模式前提的岩浆侵入说,其本身到底有多少科学性?这一问题的提出,正是原地重熔说研究的起点。

### 参 考 文 献

- 1 杜杨松. 对“大陆地质学研究的若干问题思考”一文的讨论. 高校地质学报, 1998, 4(1): 118~120
- 2 陈国能, 曹建劲, 张珂. 原地重熔与元素地球化学场——论花岗岩的成因与成矿及大陆内生过程的物质旋回. 北京: 地质出版社, 1996, 1~95
- 3 陈国能. 花岗岩成因与成矿理论研究进展——原地重熔说与元素地球化学场简介. 地球科学进展, 1998, 13(2): 140~144
- 4 陈国能, 张珂, 徐伟, 等. 华南中生代花岗岩岩石包体的成因及分类. 中山大学学报(自然科学版), 1993 (增刊): 305~311
- 5 杜杨松, 李学军. 安徽铜陵典型矿区岩石包体研究及其岩浆-成矿作用过程探讨. 高校地质学报, 1997, 3 (2): 171~182
- 6 陈国能. 中国东南地洼区中生代陆壳重熔的构造过程和地质效应. 大地构造与成矿学, 1991, 15(1): 31~40
- 7 Castro A. On granitoid emplacement and related structure. A review. Geologische Rundschau, 1987, 76 (1): 101~124
- 8 魏春景. 对“大陆地质学研究的若干问题思考”一文的质疑. 高校地质学报, 1997, 3(4): 462~463
- 9 Perford N. Granite on the move. New Scientist, 1991, 129(1773): 44~48

## ABOUT THE GENESIS OF ENCLAVES IN GRANITES AND THE EMPLACEMENT OF BATHOLITHS: DISCUSSION WITH PROFESSOR DU Yangsong

Chen Guoneng

(Department of Earth Sciences, Zhongshan University, Guangzhou, 510275)