

火山岩筒的成因与岩浆作用过程的探讨

王照波, 臧学农, 周登诗

(山东第七地质矿产勘查院, 山东 临沂 276006)

摘 要: 在对火山岩筒、火山角砾岩以及火山喷发特征综合分析的基础上, 结合有关隐爆角砾岩筒和次火山岩筒的成因研究, 从隐爆作用和隐爆角砾岩筒形成模式的角度分析了火山岩筒的成因, 提出了火山岩筒是隐爆作用成因的观点; 在此基础上初步探讨了岩浆作用的过程, 认为隐爆作用应属于岩浆作用过程中的一个重要阶段。

关键词: 火山岩筒; 隐爆作用; 岩浆作用过程; 岩筒

中图分类号: p542.35; p588.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-412(2003)02-0073-05

关于火山的形成, 国内外许多地质学家都进行过深入的研究, 并提出了许多成因模式和假说, 如 G. A 麦克唐纳(1972)认为: 火山岩筒有时是圆柱形断块沿着环形断裂沉陷造成的, 但在许多情况下是由原生裂隙扩张造成的; H. 克鲁斯(1972)认为, 含有岩浆灰屑的气体穿过裂隙上升, 从而使裂隙壁受到磨蚀, 通道逐渐变宽而形成岩筒; 也有一些人认为是由一次性的爆破形成的。另外, Kostrovitsky 和 Vladimirov(1976)在对金伯利岩筒的研究基础上, 曾提出过岩筒的“爆发-扩孔作用(explosive-boring)”成因假说, 但遭到许多火山研究者的反对^[1]。论述火山岩筒形成模式的学说虽然很多, 但由于火山岩筒形成后, 受到其后喷出岩浆的冲洗与充填, 从而失去了大量与岩筒的形成有关的重要信息, 使得各种成因模式得不到地质现象上的完善解释, 仅作为假说而相互争论不休。而作为岩筒存在形式之一的隐爆角砾岩筒, 其内则完整保留了岩筒形成时的大量信息, 为岩筒的成因与形成过程的研究提供了必要的、充足的依据。但也许是因为火山构造的比比皆是, 加之现代火山活动又显而易见, 这种状况在一定程度上妨碍了人们从隐爆作用和隐爆角砾岩筒成因研究的角度去研究火山岩筒的成因, 反而更多的是从火山活动的角度去研究、阐述隐爆角砾岩筒的形成机制。

笔者近几年在对隐爆角砾岩筒进行深入研究的基础上, 结合前人的研究成果, 逐步完善了隐爆角砾岩筒的形成机制^[3]和隐爆角砾岩筒形成过程中的流

体演化机制^[4]。关于隐爆角砾岩筒和次火山岩筒已有文论述, 故这里不再赘述, 可参阅相关文献^[2-5]。

1 关于隐爆作用与火山作用

隐爆作用, 是指由富含挥发组分的岩浆热液(流体)引起的, 在地下隐蔽状态下发生的爆破作用。其作用的结果是形成岩筒以及充填岩筒的隐爆角砾岩。

关于火山作用。‘地下深处的岩浆, 沿着薄弱带上升, 如上侵到上地壳内部即为侵入作用, 如喷出地表, 即为火山作用’^[6]。由此可见, 火山作用的结果即是岩浆喷出地表。兰玉琦(1999)则明确指出喷出作用又称火山作用^[7]。

上述概念之间的区别应当说是相当清楚的, 但人们在实际应用中, 往往将隐爆作用的结果——岩筒和隐爆角砾岩作为火山作用和火山机构的一部分, 如邱家骧(1991)在《应用岩浆岩石学》一书中, 即把隐爆角砾岩划归为次火山岩, 命名为角砾状次火山岩, 并作为火山岩的一种^[8]。在许多关于火山岩的文献中, 这种现象是较为普遍存在的。但大量事实表明, 隐爆角砾岩筒不是火山机构的一部分, 不是火山作用形成的, 相反, 火山岩筒则是隐爆作用的产物。许多的隐爆角砾岩筒即产在没有任何火山活动迹象的地区, 如鲁西车往峪隐爆角砾岩筒群^[2]、鲁西归来庄隐爆角砾岩筒^[3]、河南祁雨沟隐爆角砾岩筒群^[9]等。这足以表明, 隐爆角砾岩筒可以不从属于火

山机构而可以单独存在,但火山的喷发(中心式)不会脱离了岩筒而存在。

2 火山岩筒(通道)的特征及其成因

2.1 火山岩筒的特征

火山岩筒的平面形态多为圆形、椭圆形、不规则形状,剖面为漏斗状、筒状或管状。规模大小悬殊,直径数米至百余米。与隐爆角砾岩筒的产出一样,火山岩筒的产出多受断裂的控制,受控于一条断裂的,平面形态多为长圆形;产于两条断裂交叉处的,多为圆形;产于多条断裂交叉处的,有时可见多边形的通道。充填于火山岩筒上部的岩石常与火山喷出物呈过渡关系,下部与侵入体之间有时无明显界线^[8]。应当说,除了岩筒的充填物质的不同外,火山岩筒与隐爆角砾岩筒存在完全相同的特征。

2.2 火山岩筒成因分析的依据

火山岩筒的成因,国内有的教科书中认为,是由若干条断裂交汇而成的管状通道,称为火山管(钟启信,1995)^[10]。实质上,在火山岩筒之中所能保存下来的成因迹象是非常少的,这主要是由于岩筒形成后,受到岩浆的冲洗与充填有关,因此研究火山岩筒的成因,其主要应借助于隐爆角砾岩筒与次火山岩筒的成因研究,此外,现代火山活动中也尚有少量的相关信息来供分析火山岩筒的成因。

①火山的强烈爆发是由于挥发分的大量富集与突然释放造成的。火山爆发时,首先喷出的主要是挥发分^[11]。由这一点可以表明,火山岩筒的形成不是由岩浆直接作用形成的,而是由含挥发分的流体促成的。

②有一种气火山,也称马尔(Maar)式火山,该类火山仅有气体喷发,喷发强度一般不大,只在地表爆破形成圆形的浅坑。浅坑的周围堆积着少量被爆破的围岩组成的碎屑物,无岩浆物质^[11]。另如日本的磐梯山火山在1888年7月15日晨突然爆发,霎时,浓烟滚滚升起,继而发生山崩。这次喷发没有岩浆喷出,地面的破坏完全是由于火山气体的爆炸引起的^[12]。气火山的存在表明,火山岩筒可以在没有岩浆的直接参与下形成。

③火山岩筒的形成并非是火山喷发前的单一的一次爆发所形成的,它是由多次隐爆作用自下而上的推进,逐渐延伸,最终形成的^[3]。例如:1935年,夏威夷天文台创始人贾加教授曾根据火山内部“岩浆

上升”所引起的轻微地震,提前几个月预报了冒纳罗亚火山的爆发。又如冰岛的海迈岛火山在1973年1月23日喷发前的4个小时内,至少有3次有感地震^[8]。造成这些地震的原因,笔者认为并非是“岩浆上升”引起的,而是由岩浆热液在地下隐爆作用造成的。

④火山口的周边附近地带,首先堆积的是主要由火口区近地表的岩石(岩筒围岩)组成的角砾。这些角砾多呈棱角状、大小混杂,常保留原岩的矿物成分及结构构造,个别出现熔蚀及烘烤、退色的环边,甚至被蚀变交代而难于辨认^[11]。这些喷出的火山角砾岩的特征无不显示出隐爆角砾岩筒中未喷出的隐爆角砾岩的岩石特征,从而也表明了火山喷发前隐爆作用的存在。

上述种种现象显示着火山喷发前隐爆作用的存在,同时也表明火山岩筒是隐爆作用的结果。正如刘家远(1982)在研究江西大量隐爆角砾岩后所认为的:岩浆隐蔽爆破与地面火山喷发的起因是一致的,都是由于集聚于岩浆顶部的气体猛烈释放和爆炸的结果^[13]。

2.3 火山岩筒的成因分析

就隐爆角砾岩筒的成因,人们已普遍接受的观点是由岩浆期后热液(П.Ф.伊万京、罗镇宽^[9]、冯建忠^[14])造成的,即这时的岩浆已不再具有强的活动性,同时笔者在深入研究了大量隐爆角砾岩筒的基础上,提出了“自下而上-顺次推进-序次叠加”的岩筒形成模式^[3],岩筒形成的详细过程如图1所示。在岩筒的形成过程中,如果热液的供给量不足,使爆破没有推出地表而导致中途停止,那就形成隐爆角砾岩筒。如果有足够的能量使爆破推出地表,即表现为贯通式爆破,形成泥火山^[12]或者气火山^[8],岩筒中的角砾固结后即气火山岩筒。

如果爆破不是发生在岩浆期后,而是发生在岩浆上侵的前期或期中,即岩浆尚具有很强的流动性时,那么岩浆借助于热力和占优势的高蒸汽压力所产生的巨大应力,沿围岩中原有的裂隙开辟进入围岩的通道^[15],这样,岩浆势必会随着爆破形成的通道而上移。如果前锋热液爆破因热液供给(分泌)量的不足,未达到地表即中途停止,岩筒中的岩浆及角砾便会停止前进,固结成岩,便形成次火山岩筒。如果前锋热液爆破能量十足,不断推进并最终炸破地表,岩浆势必紧随热液与碎屑物质(隐爆角砾)喷出后冲出地表,即形成火山。火山停止喷发后的残余岩浆充填岩筒,凝固后成为火山岩筒。

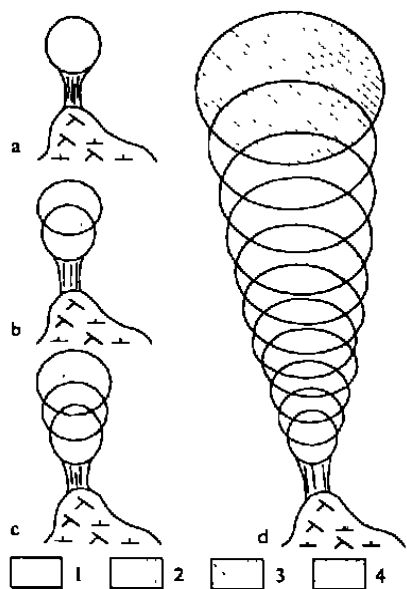


图 1 隐爆角砾岩筒的形成模式
Fig. 1 Model for the formation of
crypto-explosive breccia pipe

a. 第一次爆破 b. 第二次爆破 c. 第三次爆破 d. 爆破的全过程
1. 每次爆破开拓的空间 2. 爆破叠加的部分
3. 最后一次爆破 4. 爆破推进后的剩余部分

笔者认为, 无论是次火山岩筒还是火山岩筒, 与隐爆角砾岩筒一样, 都是富含挥发组分的岩浆热液引起的隐爆作用产物, 只是由于发生在岩浆侵入作用过程中阶段的不同, 从而形成了具有不同特征的岩筒。

3 岩浆作用过程的探讨

众所周知, 我们通常意义上的岩浆作用, 仅指侵入作用和喷出作用。但侵入作用与喷出作用的关系, 一直是比较模糊的。究其原因, 是由于这中间采用了一个较为模糊的概念——次火山岩, 其结果是导致了许多相关分类的混乱与成因上的不协调。由前述可见, 隐爆作用与火山作用之间既有联系又有区别, 隐爆作用是岩浆作用的一种形式, 是侵入作用与喷发作用的过渡阶段。时间上发生在侵入作用之后、喷发作用之前。隐爆作用也可以说是形成岩筒的作用, 所形成的岩筒可以贯通地表, 也可以不贯通地表, 但是一旦贯通地表, 如有岩浆相继喷出, 从炸破地表开始即进入喷出作用阶段(火山作用), 喷出作用的最主要特征即表现为地表被炸破与岩浆物质从岩筒中喷出。

3.1 关于次火山岩

次火山岩所存在的问题, 在一定程度上影响了岩浆作用过程研究的深入, 正如教科书中所言: “有关次火山岩的定义、鉴别、工作方法等都存在很多问题, 给实际地质工作带来很大困难。在过去的教材和文献中关于次火山岩有个严格的定义, 认为次火山岩与火山岩是同源的, 生成与火山岩大致是同时的, 在空间上与火山岩同生, 具有火山岩特征的侵入体。总之, 是与火山生成物有着直接联系, 一般说就是火山的根部, 规模不大, 多呈岩株或岩脉产出, 产于火山口中或在火山口的构造带中, 被认为是火山旋回结束阶段的产物。但是自 20 世纪 60 年代后期开始, K. H. 鲁基奇等人先后提出, 除上述一类次火山岩外, 另有一类次火山岩体, 和喷出岩没有直接联系, 规模较大, 岩体上部常包含爆发角砾岩。”前苏联学者 E. B. 雅克夫列娃也指出: “关于次火山岩体的名词学中的分歧, 给查明次火山岩在岩浆过程中的位置问题带来了一定的困难”。

受其影响, 这一现象在我国的文献资料中也是较普遍存在的。众所周知, 岩浆岩按成因的不同分为侵入岩与喷出岩(火山岩), 侵入岩按形成深度的不同, 一般分为超浅成相(0~1 km)、浅成相(1~2 km)、中深成相(2~6 km)和深成相(>6 km)^[16]。但把具侵入产状特征的, 有一定火山熔岩特征的超浅成岩、浅成岩人为地又划出“次火山岩相”, 却一直被作为火山作用的一部分, 列于火山岩之中, 如《火山岩地区区域地质调查方法指南》一书中有这样一段定义: “岩浆在地下深处沿着薄弱带上升, 如侵入到上地壳内部即为侵入作用; 如喷出地表, 即为火山作用。所以, 火山作用是岩浆作用的一部分, 是岩浆经通道运移至近地表, 或喷出地表的地质作用。它包括火山的喷出作用, 又包括与火山喷发有联系的浅成和超浅成侵入作用^[45]。很显然, 上述引文的内容是自相矛盾的, 前面的火山作用仅指“喷出地表”, 后面的火山作用又附加了“近地表”, 并强调为“包括与火山喷发有联系的浅成和超浅成侵入作用”。

另如李兼海(1980)^[17]等所述“次火山岩是指熔融岩浆侵入到接近地表, 与火山岩具有同源、同时(或稍晚)、空间分布有一定联系的岩体。其形成的压力条件, 大致相当于侵入深度为 0.5~1.5 km 的压力区间。它具有浅成到超浅成侵入体的特征, 与围岩呈侵入接触关系, 在岩体的顶部及边缘, 岩石的外貌与火山岩相似, 主要是各种斑岩(玢岩)和碎斑熔岩”。岩石的这些特征, 并不是火山作用的结果, 而是

由于高位侵入的结果。

应当说,“次火山岩”这一概念的应用,仅仅是为了强调其与地面火山岩的成因联系(同源、同成分、同时代),就其实质,次火山岩就是超浅成—浅成侵入岩。同时,这一概念应用也是对岩浆作用进行了双重标准划分的结果,使侵入作用(地表以下)和火山作用(从地表以上逆推到地表以下)在概念上产生了相互重叠的现象。对于这种具有侵入性质的所谓“次火山岩体”的命名,地质界争论已久。究其原因,主要是从侵入作用的角度去分析,还是从火山作用的角度去分析。前苏联学者 K. H. 鲁基奇认为:“次火山”一词乃是广泛报道的文献中所采用的最恰当的名词,而另如“次侵入”、“浅成”等一些名词,仅仅是属于次火山生成物名词编录中的混乱现象。从岩浆作用的过程分析,这种命名显然存在过程上的先后倒置、主次倒置的问题。超浅成—浅成侵入岩可以与火山岩有成因联系,但是不能排除与火山岩有联系的中深成、深成岩的存在(这一部分该如何命名?),因为显而易见,超浅成—浅成侵入岩的岩浆房并不在超浅成—浅成岩最终就位的位置。侵入作用是岩浆作用的基本方式,火山作用则是在侵入作用和隐爆作用的基础上完成的,而将侵入作用(浅成—超浅成侵入作用)和隐爆作用划归火山作用,则会导致人们对岩浆作用过程的曲解和割裂——这一点需要引起注意。

3.2 岩浆作用过程的探讨

岩浆作用类型的划分,反映了对岩浆作用过程的认识程度,同时也影响到岩浆作用相关产物类型的划分。

隐爆作用虽是岩浆热液的一种作用形式,但它不同于一般的热液作用(如热液蚀变作用等),这主要表现在其强大的热力作用,而作用的结果是形成岩筒和充填岩筒的隐爆角砾岩。除隐爆角砾岩筒的形成是岩浆期后热液所造成的外,次火山岩筒、火山岩筒的形成,则是岩浆作用的一个环节,是岩浆开辟上侵储存空间或喷出地表的通道。其于岩浆作用紧密相伴、相辅相成。鉴于此,将隐爆作用归为岩浆作用一种特殊形式,这样对于人们正确认识岩浆的作用过程,以及对其进行相关的分类具有重要意义。岩浆隐蔽爆破作用(隐爆作用)是在特定的构造-岩浆条件下,发生在近地表的一种特殊的岩浆作用(刘家远, 2001)^[18]。

笔者在岩浆作用过程中添入了隐爆作用,分解了“次火山岩”这一模糊、交叉的概念,将原来属于次

火山岩范畴的次火山岩筒、隐爆角砾岩筒划归岩筒之中,将次火山岩体归为浅成—超浅成侵入岩之中。岩浆作用过程及相关分类体系如下:

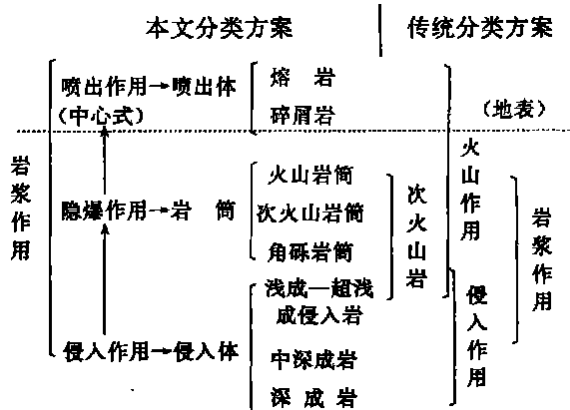


图2 岩浆作用过程及其分类

Fig. 2 Magmatic processes and the classification

从该分类中可以看出,侵入作用是可以单独存在的,但隐爆作用和喷出作用(中心式)则不可脱离侵入作用而单独存在。一次岩浆作用,可以由侵入作用单一阶段完成;可以由侵入作用和隐爆作用2个阶段完成;也可以由侵入作用、隐爆作用和喷出作用3个阶段完成(大洋底裂隙岩浆溢出可能由侵入作用直接过渡到岩浆喷溢)。火山作用的概念存在狭义和广义之分,狭义的火山作用,就是指火山喷出作用^[7],它是从地表的炸破开始的;而广义的火山作用,则是指从侵入作用始,经隐爆作用到喷出作用为止的岩浆作用全过程,由于它与岩浆作用全过程的概念相一致,因此其命名的意义不大。

在该体系中,岩筒指由隐爆作用形成的筒状地质体。按照其成因及其充填物质的不同,可将岩筒分为3种基本类型,即:角砾岩筒、次火山岩筒及火山岩筒(通道)。单纯由隐爆角砾岩构成的筒状地质体称角砾岩筒(包括隐爆角砾岩筒和气火山岩筒);由隐爆角砾岩与岩浆共同充填构成的筒状地质体称次火山岩筒;单纯由火山喷发后的残余岩浆充填构成的筒状地质体称火山岩筒。

4 结语

隐爆作用是喷出作用(中心式)的前提,喷出作用是在隐爆作用的基础上完成的,因此排除了隐爆作用的岩浆作用过程是不完善的。

火山岩筒的隐爆作用成因研究,将对火山作用、火山机构的研究,以及活火山活动的监测与预报有

着重要的意义。隐爆作用是岩浆作用过程研究的重要内容之一, 刘家远(1979) 曾经指出: 通过隐爆相岩石(隐爆岩) 的研究来探索地面火山作用与岩浆的深部作用(侵入作用) 之间的联系及其渊源关系, 是当代岩理学研究的一个课题。本文的探索仅是初步的, 作者欢迎就所论述问题进行讨论。

致谢: 本文承蒙刘家远研究员的审阅和指导, 并赠送珍贵资料, 另外得到中科院地球物理化学研究所荣军博士的帮助, 在此谨表谢意!

参考文献:

[1] Roger H. Mitchell(喻学惠, 胡海燕, 薛君治, 译) . 金伯利岩[M] . 武汉: 中国地质大学出版社, 1991. 62-64.

[2] 王照波, 高传波. 鲁西车往峪隐爆角砾岩群特征及其找矿意义[J] . 山东地质, 2000, (4) : 22-25.

[3] 王照波, 隐爆岩及其形成模式探讨[J] . 地质找矿论丛, 2001, 16 (3) : 201-205.

[4] 王照波, 高传波. 鲁西归来庄金矿成因[J] . 地质找矿论丛, 2001, 16(4) : 247-251.

[5] 王照波, 张晓梅, 程光锁, 等. 次火山岩筒的特征与成因探讨——兼论山东胜利 1 号大小金伯利岩筒的成因[J] . 地质找矿论丛, 2003, 18(1) : 54-58.

[6] 地质矿产部区域地质矿产地质司. 火山岩地区区域地质调查方法指南[M] . 北京: 地质出版社, 1987.

[7] 兰玉琦. 地球科学概论[M] . 北京: 地质出版社, 1999.

[8] 邱家骥. 应用岩浆岩岩石学[M] . 武汉: 中国地质大学出版社, 1991. 4-22.

[9] 罗镇宽, 苗来成, 关康. 角砾岩型金矿床——一种值得重视的金矿类型[J] . 地质找矿论丛, 1999, 14(4) : 15-23.

[10] 钟启信. 地质学基础[M] . 北京: 北京师范大学出版社, 1995.

[11] 邱家骥. 岩浆岩岩石学[M] . 北京: 地质出版社, 1985. 7-18.

[12] 黄尚瑶, 胡素敏, 马兰. 火山温泉地热能[M] . 北京: 地质出版社, 1986. 1-13.

[13] 刘家远. 江西燕山期隐爆相岩石特征与成矿[J] . 地质与勘探, 1982, (4) : 18-25.

[14] 冯建忠, 王书来, 艾霞, 等. 河南毛堂及蒲塘金矿成矿物理化学条件和流体演化[J] . 黄金地质, 1997, (3) : 21.

[15] 高秉章, 洪大卫, 郑基检, 等. 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. 115-116.

[16] 张德全, 马志先. 侵入岩的野外工作方法[A] . 见: 地质矿产部书刊编辑室. 区域地质调查野外工作方法[C] . 北京: 地质出版社, 1982. 37-40.

[17] 李兼海, 邓文祥. 火山岩的野外工作方法[A] . 地质矿产部书刊编辑室. 区域地质调查野外工作方法[C] . 北京: 地质出版社, 1982: 124.

[18] 刘家远. 新疆清河老山口地区岩浆隐蔽爆破作用、爆破角砾岩及成矿意义[J] . 新疆地质, 2001, 12: 241-245.

GENESIS OF VOLCANIC PIPE AND DISCUSSION
ON ITS MAGMATIC PROCESSES

WANG Zhao-bo, ZANG Xue-nong, ZHOU Deng-shi

(Shandong No. 7 Geological Exploration of Geology Resoure, Linyi 276006, China)

Abstract: This paper comprehensively analyses characteristics of volcanic pipes, volcanic breccia and volcano-reuption and makes genetic study of crypto-explosive breccia and sub-volcanic pipes. The author analyse the genesis of volcanic pipe on the basis of crypto-explosion and the formation model of the crypto-explosive breccia pipe and put forth that volcanic pipe is genetically crypto-explosive then carry on the discussion of magmatic processes and consider the crypto-explosion as an important stage in the magmatic process.

Key words: volcano pipe, crypto-explosive function, magmatism, crypto-explosive pipe