

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

論 伟 晶 岩 的 成 因

Е. И. 涅菲多夫

伟晶岩是一个最有意义而又难以捉摸的地质体。虽然人們从很久以前就开始研究它,但是,直到目前为止关于它的成因,特别是关于它的生成过程却还没有提出一个完全可以使人置信的假說。

伟晶岩的研究史和有关它成因的基本假說,現已为許多地质人員所熟知。由于这种原因,作者不想再重复闡述这方面的問題。

本文的目的在于使研究伟晶岩的地质人員注意这样一个問題,即伟晶岩不仅能在系統冷却时形成(这是现实的看法),而且也能在温度升高的过程中形成。

作者认为,在系統中液态和固态这两个不稳定相間的分子交换过程,对伟晶岩的形成起着主要的作用。

作者关于伟晶岩成因的观点,主要是基于对外貝加尔区阿东-乔朗伟晶岩脉的研究而提出来的。1934—1937 年間作者曾对该伟晶岩脉做过詳細研究,并于 1953 年在那里再度进行工作。

阿东-乔朗花崗岩岩体系由許多侏罗紀小侵入体构成,产于古生代的砂质頁岩岩层內。岩体在地面上的直径約为 6 公里左右。

岩体一般出露良好,大部分为斑状粗粒黑云母花崗岩。在岩体中部直径約 1 公里的地段,出露有較晚期的細粒花崗岩。

斑状花崗岩內有許多为細粒花崗岩內所沒有的伟晶岩脉和細晶岩脉。

在斑状花崗岩接触帶內砂质頁岩已角岩化。在该接触带的个别露头处,角岩含有长石变斑晶。正如研究所証明,这些变斑晶的結構与花崗岩內斑晶的結構相似。在上述两种条件下,斜长石晶体都是多环带的奥长石—中长石,且晶形特征明显。这些晶体含十来个成分不同的条带。每一条带均由同样的細带組成。鉀长石晶体不論在花崗岩中或角岩中都含有相同的鈉长石条紋嵌晶和黑云母、石英包体以及較少見的鋁石包体。

由于角岩中的长石变斑晶和花崗岩中的斑晶两者性質相同,所以作者推測它們的生成方式是相同的。因为角岩中的长石变斑晶只能为交代生成,所以花崗岩中的斑晶也应当是交代生成的。

应当注意的是,斑晶往往占据花崗岩体积的 60—70%,因此可以认为花崗岩完全是由交代作用生成的。

細晶岩脉,就其成分和性質来看,它与細粒花崗岩很相似。这可以使我們推測出,它們在成因上具有共同性。

在斑状花崗岩中,細晶岩脉为規則的岩墙和复杂的似岩株状体。就它們与伟晶岩脉的相互关系来看,后者年代为早。这里見到的有伟晶岩脉被細晶岩脉所交錯的現象以及

在巨大的細晶岩岩株中有伟晶岩殘余体。同时, 交切巨大的石英晶体和正长石晶体的細晶岩脉也从伟晶岩穿过。另一方面, 在某些細晶岩岩墙內发现有較晚期生成的伟晶岩細脉。

在斑状花崗岩中有大量的伟晶岩脉, 共計达数百条之多。在角岩中很少見有伟晶岩脉。如上所述, 在岩体中部的細粒花崗岩中也没有伟晶岩脉。

伟晶岩脉的规模不大, 沿走向通常不超过几米。只在个别情况下見有沿最大走向延伸达40米的岩脉。

岩脉的形状不規則, 通常为似岩株状体, 很少有为許多岩枝組成的透鏡状体。但发现有厚度不大、傾斜甚陡而近垂直的管状体。

应当指出的是, 在花崗岩中产有伟晶岩岩枝, 其方向与花崗岩节理裂隙方向一致。在某些情况下, 岩枝沿两个交錯裂隙方向发育。

从这里可以看出, 在花崗岩中伟晶岩占据了一定的空間位置。这一点对伟晶岩的生成具有很大的作用。

伟晶岩脉的构造頗为复杂, 呈多带状构造。岩脉的外带位于和花崗岩接触的地方, 主要是細晶岩。深接触的是文象花崗岩带, 然后是由粗晶到巨晶的伟晶岩。在个别一些較大的岩脉中有石英和鉀长石块段。在較少数的岩脉中有鉀长石的鈉长石化現象, 并且有鈉长石带。伟晶岩脉的电气石化現象不多, 有时与电气石化同时, 生成有电气石的单矿物带。

在含有鈉长石和电气石的岩脉中, 发现有巨大的伟晶岩晶洞。

在不同的岩脉中, 細晶岩外带的厚度不等, 一般为 2—15 厘米。同时, 除岩脉的下盘外, 在同一岩脉內, 外带的厚度总是相当稳定的。在已追索过的岩脉下盘, 細晶岩带的厚度达 2 米以上。

在个别的岩脉中, 見到有細晶質岩石的細脉。这些細脉有的伸向斑状花崗岩, 有的伸向岩脉的内部, 即伸向伟晶岩。

在某些岩脉中往往沒有文象花崗岩带, 而在另一些岩脉中却非常发育。在个别岩脉中, 石英斑晶的大小具显著的变化, 即从接触带向岩脉内部由較大的斑晶变成較小的斑晶。有时, 文象花崗岩带沿走向尖灭。

伟晶岩带在絕大多数岩脉中均极为发育。这里值得注意的是, 在以鉀长石为主的伟晶岩中, 大的自形石英晶体通常呈橫向发育。

在大型脉中見到的石英和长石的集块, 均具有和伟晶岩类似的那种粗大的結晶构造。

鈉长石带产于大的伟晶岩晶洞中, 它往往呈交錯的岩枝和細脉自該晶洞向其它岩脉带和毗邻的花崗岩带伸展。在較大的伟晶岩体的下盘上, 发现位于伟晶岩晶洞下部的細晶岩带有很強烈的鈉长石化作用。

电气石带只見于某些岩脉中。它的分布情况与鈉长石带相似, 并有时与后者一起共生。

較大的伟晶岩晶洞仅在少数岩脉中发现, 一般均与显著的鈉长石化伴生。晶洞往往位于伟晶岩体的下部, 即位于伟晶岩的下盘。在晶洞壁上生有墨晶、螢石晶体、鈉长石、电气石晶簇, 有时还有黄玉和綠柱石晶体。这些晶体通常均为絹云母的細晶疏松集合体所

复盖。

应当指出的是,重量达 20 公斤和 20 公斤以上的墨晶只见于伟晶岩晶洞的上表部,并朝下呈垂直方向发育。此墨晶是伟晶岩带中的那些大石英晶体的延續。在晶洞上壁的石英晶体空隙間生成由鈉长石晶簇組成的厚壳。这个鈉长石厚壳則产在蝕变鉀长石之上。在晶洞的下部有为絹云母层所遮蓋的小的墨晶和螢石晶体。

在晶洞壁上及其附近的伟晶岩地段,溶解作用,特别是对石英的溶解作用表現非常显著。在一些岩脉中發現有石英斑晶全部被淋濾的文象花崗岩地段以及接触带中的多孔状細晶岩,其中石英已被溶解。在某一岩脉的接触处見有石英的淋濾,发生在附近的斑状花崗岩內。此时,鉀长石已局部遭受鈉长石化,斜长石变成細晶絹云母集合体,而在晶洞內,即在有石英的地段內析出了白云母鱗片,鈉长石、电气石和螢石等小晶体。

由于溶解作用的結果,伟晶岩晶洞被許多切割伟晶岩带的裂隙状空洞所复杂化。

在伟晶岩晶洞內大的石英晶体的結構是复杂的。它的內部为半透明的裂隙状石英,这部分約占晶体体积的一半以上,并且它与伟晶岩带中的石英相似。沿晶体裂隙曾发生石英的溶解作用,然后它第二次再沉淀(充填)。在这类石英中含有大量的微小孔洞。这些孔洞主要位于已充填过的裂隙中。晶体的外部为不含裂隙和包体的一种墨晶。从前这种石英作为开采的对象,被采矿人員运往中国用来制造墨鏡。

虽然研究了阿东-乔朗伟晶岩脉,但是从現代各假說的 观点来看,对其成因問題作者还找不到更为令人滿意的解释。

在伟晶岩的岩浆成因說方面,人所共知的矛盾,首先是解决岩脉所占的空間問題。而对此矿区來說,这一問題就显得格外突出。那些規模不大的、形状复杂的岩脉都具有許許多多的特点。这些特点之一就是它們从花崗岩那里为自己爭夺了一定的空間。这一点已由管状枝脉和与花崗岩节理裂隙方向一致的、形状复杂的那种岩枝的存在,而无可爭辯地証实了。从岩浆說的观点出发,是伟晶岩脉填充了已有的孔洞,并在此孔洞內冷却結晶。

另一个重要的矛盾,是在許多岩脉中有較大規模的热液蝕变現象。在伟晶岩熔融体正常結晶的情况下,显然里面含水不多,不可能有如此大量的热液矿物,特别是鈉长石沉淀出来。

接触带中的細粒岩石被伟晶岩所強烈交代的現象,也还正在探討中。用在已冷却的晶洞壁上熔融体結晶較快的說法来解释这种現象,是不能完全令人信服的。尤其是对在阿东-乔朗伟晶岩內所发现的,其为接触带中小的細晶岩脉所穿插的現象,就更解释不通了。

当有人试图从热液交代說的观点 来解释伟晶岩成因的时候,也产生了同样不可調和的矛盾。热液交代說的拥护者,把最初呈細晶岩或独立存在的那些伟晶岩,均視為由殘余熔融体形成的。从这方面来看,他們所持的观点与前面所提到的假說是沒有区别的。他們認為,在地质作用持續进行的时候,有一种深处生成的溶液通过伟晶岩体,而这种溶液能够以热液交代方式使原来的岩石产生蝕变。这一过程通常被認為是在开放系統內发生的。

这种假說的弱点,就在于所通过的溶液只在伟晶岩內引起蝕变。事实上,伟晶岩附近的花崗岩同样也有这种溶液流过,但未发生变质。溶液可使伟晶岩強烈蝕变,当通过矿物

成分与伟晶岩相似的花崗岩时,就沒有化学活泼性,这种說法是很难令人信服的。

如果把阿东-乔朗伟晶岩看成不是孤立的,而是与斑状花崗岩、細粒花崗岩及細晶岩脉同一存在的话,那么即可作出下面的推論:伟晶岩只产在斑状花崗岩內,并不产于岩体中部的細粒花崗岩中。同样,細晶岩也只見于斑状花崗岩內。对伟晶岩而言,細晶岩的时代較新,并在个别岩脉內明显可見,显然是由伟晶岩生成的。

就斑状花崗岩与岩体中部之細粒花崗岩的关系来看,前者生成較早。这两种花崗岩組成統一的岩体。細粒花崗岩在成因上只能是斑状花崗岩的同属,与后者在同一旋迴中形成。假若两者都是独立的侵入体,那么后者未必就能生在斑状花崗岩的中部,而可能沿虛弱地段,特別是沿斑状花崗岩与砂質頁岩接触的地方,为自己找到通路。

根据上面所指出的斑状花崗岩的交代性質,只能把細粒花崗岩看成是侵入岩。斑状花崗岩可能是在侵入的花崗岩体周围形成的那个外交代带。

目前,对花崗岩侵入体的生成过程研究得还很不够。但是,除机械侵入活动外,必須看到熔融体(岩浆)对围岩頂板的积极作用,这种作用可把后者重新熔融。与此同时,在条件良好的情况下,即当温度較高时,于熔融体的上部可以形成围岩蝕变带。

可以认为,阿东-乔朗岩体的侵蝕截面穿过岩体的上部,于此斑状花崗岩构成了一个交代蝕变的、花崗岩化了的岩带,而岩体中部的細粒花崗岩是由熔融体結晶而形成的花崗岩。

伟晶岩只存在于斑状花崗岩中的这一事实,可以看成是伟晶岩在时代上早于細粒花崗岩生成的标志。同时,它又說明,随着斑状花崗岩的重新熔融,与花崗岩共生的伟晶岩也不断遭到破坏。在这种情况下,伟晶岩就成为这样的一种地质体,它的一部分与交代花崗岩同时生成,而另一部分則晚于交代花崗岩生成。如果說伟晶岩与交代斑状花崗岩的年代大致相同的话,那么它們很可能都是由熔融体生成的。

若是注意观察花崗岩岩浆侵入活动的特点,就可推导出伟晶岩是在增温过程中形成的。我們假设在这个斑状花崗岩或角岩岩层內已經具备了良好的温度条件和供热液交代岩石的其他条件,那么在这样的岩层內,随着岩浆向上复岩层侵入,温度必将經常不断地增高,直到岩浆达到岩层頂部为止。因此,这里的斑状花崗岩及与其共生的伟晶岩則将重新发生熔融。

在这一过程中,从溶液中首先沉淀出来的是比較低温的矿物,然后是高温矿物。当到达临界温度后,水溶液将变成流体。可以预料到的是从流体中同样也会有矿物析出,但这些矿物已組成性質完全不同的一些岩石。

当伟晶岩地段温度較高时,可发生岩石熔融,但由于存在大量溶液,伟晶岩的熔融作用要略早于整个地区的熔融作用。在熔融作用繼續发展的过程中,所有伟晶岩体和附近的花崗岩地段都可能随着局部小岩浆源的生成而熔融。此类小岩浆源在侵入体侵入时互相汇合。

在此层位,岩浆的侵入活动必然会停滞下来。这样,我們就将在上复岩层內找到所有各个阶段生成的伟晶岩。在靠近已結晶的侵入体附近及伟晶岩地区,将分布有小的岩浆源。这些小岩浆源必然結晶成与侵入体上部岩石相似的岩石。在略高的层位上,此岩浆源內一定存在伟晶岩的殘余体。在更高的层位上,为局部遭受熔融的伟晶岩脉和未遭受

熔融的岩脉,但由流体形成的岩带非常发育。再向上是流体带很不发育的伟晶岩,然后是完全由先为高温、后为低温的溶液沉淀而生成的岩脉;继续向上,则为单矿物石英脉及其它低温岩脉。

这就是在升温时,伟晶岩形成的过程。但是,当岩浆侵入活动终止以后,温度开始逐渐下降和熔融体开始冷却,然而溶液仍然可以继续从深部层位向上侵入。因为在这些溶液中仍然保持着析出矿物的温度及其它条件,故可以继续形成伟晶岩。可是这个作用现在是往相反方向进行,较晚期的溶液温度比较低,并且从其中析出的矿物将依然从较高温到低温的顺序晶出。溶液成分也随温度的下降而改变。这一点从析出的矿物性质上可以反映出来。

上面所谈的生成过程,作者主要是根据观察伟晶岩和细晶岩间的关系、两者与花岗岩的关系以及阿东-乔龙伟晶岩各带间的关系而得出来的。

实际上,如果岩体中部的细粒花岗岩是由熔融体结晶的岩石,那么与其相似的细晶岩脉岩石和伟晶岩的细晶岩带岩石同样也可能由熔融体生成。在大的细晶岩脉中,发现有伟晶岩脉的残余体。伟晶岩的外带为细晶质岩石,从它与伟晶岩的关系来看,其生成时代较早,并在伟晶岩中呈交错细脉产出。所有这些事实都说明,在细晶岩和伟晶岩体的外细晶岩带形成以前,伟晶岩已经基本上形成了。倘若细晶岩和伟晶岩的外细晶岩带是由熔融体形成的,那么形成伟晶岩的那种作用必定是在温度逐渐升高的条件下进行的。它应当经过各种不同的生成阶段(从较低温直到流体)。同时,伟晶岩体应当是从里往外,由依次交代周围花岗岩的方式而形成。岩脉中部应当由比较低温的矿物组成,而外部则由较高温的矿物组成。

在阿东-乔龙的某些伟晶岩脉中,发现有生成较晚的、主要由钠长石—电气石以及沸石组成的岩带。它们切割所有上述各带(包括细晶岩外带),并贯穿附近的花岗岩。这些岩带通常被视为是在岩浆侵入活动的结束期,即在温度逐渐下降的阶段生成的。

譬如说,阿东-乔龙伟晶岩的形成过程就有两种。一种过程是所谓早期的。它在温度逐渐增高的条件下,发生在原生岩浆侵入活动发育的阶段,即在交代花岗岩的形成阶段。把这一类型的形成过程,称为形成伟晶岩的进化类型,并且这一过程导致形成一般的、所谓简单的伟晶岩。第二种过程是在温度逐渐下降的条件下,发生在侵入活动发育的退化阶段,即在花岗岩岩浆的结晶阶段。这一类型的形成过程,可称为伟晶岩形成的退化类型。它导致形成晚期的、主要是钠长石化的岩带和形成所谓复杂的伟晶岩。

上述的伟晶岩形成过程,在某种程度上也可以把它用来解释在围岩中非孤立产出的伟晶岩墙和伟晶岩脉的成因。但是,这一形成过程却不适用于解释那些孤立存在的岩体。而在阿东-乔龙伟晶岩中,就有这种孤立存在的伟晶岩体。

如上所述,在这些岩脉中有时发现有伟晶岩晶洞,而钠长石化、电气石化及其它低温作用等均表现明显。在这些岩脉内,伟晶岩晶洞与热液矿物的相对容积是很大的,因此在封闭过程中,这些矿物能从伟晶岩岩浆中析出。另一方面,看不到这些矿物和晶洞由所通过的溶液作用而形成的那种标志。所以,造成这样一种印象,仿佛孤立的伟晶岩体是在封闭的系统中由溶液作用而形成。

如果溶液能够重新分解周围的花岗岩,并在封闭系统中由溶液作用而形成孤立的伟

晶岩体的話,根据作者的看法,只有当液相和气相之間非均衡地进行分子交换的时候才有这种可能。

在閉合的三相物理-化学系統中,若压力和温度保持一定,便可产生均衡状态。同时,在低于临界温度的温度間隔內水溶液(液相)和蒸气(气相)被所溶解的固相物質飽和。在此系統中,在液相和气相之間必定存在分子交换,因为在这种物質状态下分子具有很大的活动性。并且参与交换的不仅是溶剂,还有溶解的物質。为了得到理想的均衡系統,分子交换就必须均衡进行。

作者认为,形成伟晶岩的条件下,液相和气相之間不可能有均衡的分子交换。水溶液和气体溶液的复杂的化学成分,它們不同的物理性質,不同的三个相接触表面間的数量关系及其它因素,都将能和必定能改变分子交换的均衡。

同时,受温度和压力調节的溶剂的分子交换必定是均衡的。被溶解物質的分子交换与其不同,这因为被溶解物質能以不同的方式溶解于液相和气相,并在其中形成各种化合物,所以,能量不同和分子性質也不同,因此,分子交换就不可能是均衡的。

由于溶解物質不均衡的分子交换,結果,必定发生一个相过飽和,而另一个相未飽和的現象。过飽和相这时将把溶解的物質呈矿物形式沉积出来,而未飽和相就要溶解晶洞壁一直到本身飽和为止。这里应当注意到的是作用进行的时间較长,甚至对分子交换的均衡稍加破坏就可以使大量固相物質重新結晶。溶剂(水和其它揮发組分)在这种作用中将为难溶組分起运输作用,它的体积相对來說可能是不大的。重新結晶的固相物質的数量主要取决于时间因素,即取决于作用的延續时间。

从能量方面来看,物質的再沉淀作用借助分子的非均衡交换,不应当引起什么困难。如果不考虑由于較大晶体的形成,而产生的能量有少量过剩的話,相互补偿的溶解能和結晶能实际上相等。

如果注意到作用进行是非常緩慢的話,那么在已溶解区和結晶区,即使不大的温度变化也会被花崗岩的大量热能、导热性以及借助液相和气相的变化所抵消。

看来似乎在分子交换时,气相定会把比它从液相得到的更多的溶解物質让給液相。气体分子的动能大于液体分子的动能。此外,液相分子本身可能比較复杂、比較大,活动性也比较小。但是有可能在伟晶岩形成的条件下,物質的轉移是逆向进行的,即由液相往气相轉移。在作用过程中矿化剂起着特殊的作用,它們能形成气体化合物,例如氟化矽。伟晶岩晶洞于岩脉下部的特殊位置和較大晶体在晶洞上壁生长发育,所有这些現象都完全証明,沉积的物質是由气相作用造成的。

在超临界温度的范围内,对分子交换來說条件显然是不利的。但是,也可能当物質呈流体状态时,在它的各部分之間具有非均衡的分子交换。复杂流体溶液的性質还不清楚。流体,它既不是液体,也不是气体。可能,重力在一定的程度上对它有着影响。当晶洞壁加湿均匀和不存在对流的情况下,在晶洞下部的流体密度可能較高。这时也可能在流体內,根据分子量的关系发生溶解物質的分层作用。这些因素可能使复杂的流体溶液发生水平的分层作用。在这种情况下,在流体的不同部分之間就能进行非均衡的分子交换。因此,也就有可能在不同的方向发生固相的(花崗岩)重新沉淀。

假如在液相和气相之間(以及在分层的流体內),能存在溶解物質的非均衡分子交换

的話,那么就有可能借助溶液在封閉系統中形成孤立的伟晶岩体。尤其是溶解物質重新沉淀的这种过程,在部分开放伟晶岩系統和其它成脉作用中,以及在岩石变质作用时,都能起着很大的作用。

如果作者的論点有錯誤,花崗岩不可能由于非均衡的分子交换作用而重新沉淀为伟晶岩,那么关于孤立的伟晶岩体的成因問題,仍然要依靠这个办法来解决。因为这样的伟晶岩体只有在封閉系統中,由于相当少量溶液的作用才能形成。

(王貴安譯 樂祖謙校)