

自然界存在幔源‘类岩浆’吗？

孙丰月 续 颜
(长春地质学院)

石准立
(中国地质大学)

对硅酸盐熔体在演化过程中能够分异出 C—H—O 热液并形成有关矿床这一过程人们比较熟悉,并做了大量的研究工作,但高温高压条件下饱和和各种元素的 C—H—O 流体能否分异出硅酸盐流体却是我们认识上的空白。随着对幔源 C—H—O 流体研究的不断加强及有关高温高压实验资料的积累,使研究上述过程成为可能。在综合分析大量信息的基础上,笔者从幔源 C—H—O 流体组成、各种元素在流体中的溶解行为及上升过程中流体性质的变化等方面入手,对上述过程进行了分析探讨,认为幔源 C—H—O 流体在上地幔中可以溶解大量的常量及微量元素,在其上升过程中能够分异出一种性质和组成明显不同于地幔熔体的硅酸盐流体,为了与幔源熔体相区别,我们引入了‘类岩浆’一词(para-magma)。**‘类岩浆’**的提出或将为解释长期争论的各类煌斑岩、金伯利岩等的形成及进一步认识地幔地质作用提供一条重要的新途径。

1. 幔源 C—H—O 流体系统及其特征

1.1 幔源 C—H—O 流体系统

幔源 C—H—O 流体活动是当前地学界的一个重要前沿课题,已经引起广泛关注。许多幔源矿物的流体包裹体资料证明上地幔存在独立的 C—H—O 流体相(Andersen, 1984; O' Reilly, 1987; Pasteris, 1987, Navon 等, 1988; 曹荣龙等, 1990), 大陆裂谷及大洋中脊附近的喷气活动也证明了这一点。实际上,在地质历史上 C—H—O 流体活动是很强烈的,地球水圈和大气圈的形成无不与之有关。另外,海水也在不断

地通过洋壳俯冲进入上地幔中, Ito 等(1983)计算得出蚀变洋壳俯冲过程中每年可把 10^9 吨的 H_2O 带入上地幔或以非岩浆的形式返回地表。Anderson(1989)认为在过去 30 亿年中,地球上消亡或产生的大洋数目可达 30 个。

C—H—O 流体的挥发份组成主要受环境氧逸度的制约,综合 Arculus 等(1987)和 Eggler(1987)的资料,上地幔中流体主要以 H_2O 和 CO_2 的形式存在,但在少数条件下(fO_2 接近 IW 氧化还原缓冲反应时, I—自然铁, W—方铁矿),流体则以 H_2O 和 CH_4 形式存在。另外,上地幔中挥发份矿物的稳定深度区间不同对其也有影响,笔者曾利用 Olafsson 等(1983)及 Wyllie(1991)的实验资料推测在深度 $>300km$ 时, CO_2 和 H_2O 很难形成独立的流体相;在 $66\sim300km$ 之间,在 H_2O/K_2O (wt) >0.3 时(Eggler, 1987),可以形成以 H_2O 为主的流体相;在 $53\sim66km$ 之间, H_2O 和 CO_2 难以形成流体相;在 $53km$ 至莫霍面之间,可以形成富 CO_2 的流体相。但当 C—H—O 流体以 CO 、 CH_4 、 H_2 存在时(低氧逸度条件下),这些流体可以在任何深度上存在,目前为止,尚未发现富集这类组分的矿物。资料表明,除 C、H、O 外,幔源 C—H—O 流体中还可能含有 F、Cl、S 等。

除挥发份外,幔源 C—H—O 流体还溶解了大量的常量及微量元素。Anderson 等(1967)曾指出,在高压条件下几乎所有的元素在 H_2O 中都具有较高的溶解度。这已被有关的高温高压实验及流体包裹体的研究成果所证实。

1.2 高温高压实验的启示

通过目前已有的有关实验资料,我们对幔源 C—H—O 流体的性状有所了解并可获得一些重要的启示。

首先,在高温高压下,C—H—O 流体中溶质含量可以很大。Ryabchikov 等(1980)实验发现,H₂O 流体与金云母橄榄岩达到平衡时(T=1100℃),压力分别为 11、20、30kb 的条件下,溶液中仅 K₂O 的含量即分别可达 3.8%、6.5%、20%,并推算出溶质的总含量为 20%(20kb)和 50%(30kb)。

第二,各种元素存在不一致溶解现象。Eggler(1987)总结了一些低压下(≤8kb)的实验结果,认为 H₂O 在与单个矿物或矿物组合发生溶解反应时,相对于其它氧化物来说,SiO₂、Al₂O₃、Na₂O、K₂O 等更容易进入溶液中。Schneidev 等(1986)的高温高压实验得出了同样的规律。Ryabchikov 等(1989)实验得出当 H₂O—CO₂ 与尖晶石橄榄岩共存时,Ca、Na、Fe、Ti 更易进入溶液,而 Mg 和 Al 的溶解度则较小,对溶质淬火后,分析发现其中含有碳酸盐矿物。

第三,H₂O 和含 CO₂ 的 H₂O 溶液的溶解能力相差很大,前者远大于后者,且溶质成分明显不同。Schneider 等(1986)的实验得出 H₂O 与金云母橄榄岩达到平衡时,溶质含量为 10.4~18(wt)%,溶质显过铝性(Al>K+Na,原子数),对溶质成分进行标准矿物计算得出主要为石英和碱性长石,少量的铁镁质矿物。当 H₂O/(CO₂+H₂O)比值为 0.91(摩尔比),溶质仅为 1.0(wt)%±,且溶质呈过碱性特征。Aorey(1957)观测到 H₂O—CO₂ 与 H₂O 相比,Si 的溶解度降低,但 Ca、Fe、Ni、Sn 等则升高。

第四,C—H—O 流体的溶解能力是压力(深度)的函数。Holloway(1971)曾实验得出,流体中溶质含量与压力成正比。Ryabchikov 等(1980)的实验也说明了这一点。

1.3 流体包裹体的研究成果

目前的一系列流体包裹体研究资料为研究幔源 C—H—O 流体特征提供了重要信息。曹

荣龙等(1990)在研究地幔岩石包体中的流体及熔体包体时指出地幔流体以挥发份为主体,SiO₂ 不饱和,并含有丰富的不相容元素。Philip-pöt 等(1991)在研究俯冲带榴辉岩脉中绿辉石的流体包裹体时发现了石盐、钾石盐、方解石、白云石、石膏、重晶石、斜锆石、金红石、榍石、Fe 的氧化物、黄铁矿和独居石等子矿物,说明在 Cl 的 H₂O 溶液中高压下可以溶解较多的 Na、K、Ca、Mg、Fe、Zr、Ti、P、Ba、Cl、La、Th 和 S 等。Navon 等(1988)在金刚石中的显微流体包裹体中发现了(20~1270)×10⁻⁶的金属氧化物,主要为 SiO₂、K₂O、CaO、FeO、Al₂O₃、MgO、Na₂O 和 TiO₂ 等及 Cl 和 S,笔者把 H₂O 和 CO₂ 作为流体成分计算其中的溶质含量在 33~78(wt)%之间,平均为 54%±,这反映了在 >150km 的深度上流体的特征。

综上所述,幔源 C—H—O 流体具有很强的溶解能力,除可溶解大量常量元素外,还可溶解大量的微量元素,富集不相容元素。由于流体、挥发份成分、与之共存的地幔物质组成和溶解反应所发生的深度(压力)等的差异使幔源 C—H—O 流体成分复杂化,这方面仍需大量的实验工作加以研究。

2. 幔源 C—H—O 流体的分异及‘类岩浆’

2.1 幔源 C—H—O 流体的分异作用

Spera(1981,1987)研究认为幔源 C—H—O 流体在上升过程中属近似等温运移。因此,压力是流体上升过程中的一个重要变量。由于压力减小会降低挥发份流体的溶解能力,故在上升减压过程中许多组份会在溶液中达到过饱和而使幔源 C—H—O 流体发生分异作用。笔者认为由于其高温特点,C—H—O 流体很难直接析出固体矿物,而是分异出一种饱和挥发组份的粘稠的硅酸盐流体,即前述的‘类岩浆’。

流体的减压可以因上升造成,也可由构造引起,如当岩石圈从挤压状态转变为拉张状态时,岩石圈地幔中的 C—H—O 流体会因压力降低而发生分异作用。除压力外,还可能有其它因素促使幔源 C—H—O 流体发生分异而产生‘类岩浆’,如富 H₂O 流体中加入 CO₂ 以及挥发

份的不断消耗等。

2.2 ‘类岩浆’的基本特征

前已述及,幔源 C—H—O 流体在与地幔橄榄岩发生溶解反应时,各种元素存在不一致溶解现象。另外,压力对不同组份的溶解度的影响也有差异,从而使 C—H—O 流体分异过程中不同元素的行为也不一致。推测在不一致溶解过程中进入溶液的组份会优先进入分异出的‘类岩浆’中,例如 H₂O 流体中溶解的 MgO、FeO、CaO 等会比其它组份在分异过程中优先进入‘类岩浆’,并使这类组份在‘类岩浆’中的比例在溶液中有所升高。虽然尚缺乏元素分配的实验数据,但从元素在 H₂O—玄武质熔体之间的分配情况(于国梁,1993)可以得到与上述情况类似的启发。由于 C—H—O 流体在分异前就富含不相容元素,使这类元素在‘类岩浆’中的含量仍然较高,只是所占的比例有所下降。因为幔源 C—H—O 流体的成分很复杂,再加上流体发生分异的深度不同,致使‘类岩浆’的成分也复杂多样,目前我们只能作定性的讨论。笔者认为‘类岩浆’的成分因元素不一致分异作用的存在而不同于幔源 C—H—O 的流体,同时与地幔熔体也应有很大差别,它更富含挥发份和大离子不相容元素及轻稀土元素等。其物理性质及活动能力应介于 C—H—O 流体与熔体之间。

2.3 与‘类岩浆’有关的岩石

既然幔源 C—H—O 流体可以分异出‘类岩浆’,那么与‘类岩浆’有关的岩石又是什么呢?这同样是一个很复杂的问题,限于篇幅这里

仅作简单讨论。

煌斑岩(包括金伯利岩)(Rock, 1987, 1991),以富含挥发份和不相容元素且其它成分变化大为特征。对其成因,人们已经做了长期的探索,但仍未得出令人满意的解释。笔者认为‘类岩浆’可以比较合理地说明各类煌斑岩的形成,并认为造成不同类型煌斑岩特征差异的原因是幔源 C—H—O 流体成分的多样性及‘类岩浆’形成深度的不同,对此笔者等有专文探讨(孙丰月等,1994,待刊)。

目前在地幔岩石包体中已经发现了较多的含水矿物为主的脉,如金伯利岩包体中的 MARID 脉(M—云母, A—角闪石, R—金红石, I—钛铁矿, D—透辉石), Waters (1987) 研究发现 MARID 脉的主要化学成分相当于钾镁煌斑岩。我们认为这种脉体正是定位于上地幔中的‘类岩浆’,而各类煌斑岩是不同成分的‘类岩浆’在地壳中定位的产物。

Navon 等(1988)在金刚石中发现的显微流体包裹体为我们提供了在大于 150km 深度上幔源 C—H—O 流体的直接证据。这类流体与金伯利岩相比, K₂O、Na₂O、Al₂O₃、SiO₂ 的含量较高,而 MgO、CaO、FeO 则较低。我们认为金刚石的捕获,阻止了流体发生分异作用,当这类流体可以发生分异作用时,理应会产生成分相当于金伯利岩的‘类岩浆’。

总之,自然界中除了 C—H—O 流体及熔体外,还可能存在第三种流体,即‘类岩浆’,并形成了一系列与之有关的岩石类型。

参考文献(略)

(上接第 9 页)分紧缺的资金被无效吸纳。今后在多种经营项目投资上,应重点发展规模大、产出高、效益好的项目,并不断扩大其规模,在市场竞争中占据有利地位。

五、投资约束

项目投资是项目成败的关键,为了确保投资的正确性,避免投资失误,必须建立多种经营项目投资责任制度,对项目投资的论证者、决

策者、管理者的责权作出明确规定,运用行政的、经济的和法律手段对投资参与者的行为加以约束和监督,强化科学论证、科学管理、科学决策制度,完善审计监督职能,推行项目后评价制度,对有功人员进行表彰奖励,对有关责任者进行处罚,把项目投资建立在可靠的基础上。

(甘肃省地矿局第六地质队)