

幔汁成矿作用浅析*

曾晓东 李培铮

(中南工业大学资源环境与建筑工程学院, 长沙)

提 要: 该文以幔汁的存在、幔汁的化学组分与物理化学性质等研究成果为依据, 结合对元古宙昆阳裂谷内铜矿床的研究, 对幔汁成矿的可能性作了初步探讨, 从而首次提出了地幔泄气成矿作用。

关键词: 幔汁 地幔泄气 成矿作用 昆阳裂谷

1 幔汁的存在依据与化学组分

近年来, 人们通过对来自地幔包裹体的深入研究获得越来越多关于地幔成分和幔汁存在的信息。杜乐天 (1989) 曾根据地洼说、裂谷说、软流层、富化地幔、亏损地幔、热液、透岩浆流体、地球的去气作用、盐类矿床深成说、热液矿床交代作用等方面的研究, 系统论证了地幔中幔汁的存在。前苏联 Вернадский (1913)、戈德史密斯 (1954) 和 Виноградов А (1959) 及 Bailey D K (1978) 均研究了地球去气作用, 指出地幔上升的气体成分主要为 CO_2 、 H_2O , 同时携带碱、Al、Fe、Mn、Cu、Ti、Rb、Sr、Ba、Zr、Nb、Y、La 等元素, 另外还有高浓度的碳、卤素和 N_2 。此外, 从现代活火山和大洋底部的火山喷气, 以及在超基性岩、碱性岩、盐岩、金伯利岩等幔源岩石中都发现有大量的 H_2 、 CO 、 CO_2 、 CH_4 、 N_2 、 NO_3 等气体; 在红海裂谷、太平洋、大西洋、印度洋中脊裂谷等处均发现有含大量 CO_2 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、H、F、P、 CH_4 等气体的热泉涌出, 均表明地壳深部的地幔确能分异出流体。再者, 熊大和 (1979、1982) 利用高温高压装置模拟软流层的温度、压力条件对玄武岩进行相变实验研究后表明, 玄武岩在上述条件下可分异出粘性流体, 并进一步分异为 C、H、微量 N、大量 K、Na 及微量 Si、Al、Ca 和痕量 Fe、Cu 的非晶质塑性聚合物, 该流体易溶于水, 呈碱性, $\text{pH}=8$ 。反复实验发现, 凡是碱性玄武岩 (富化地幔) 均不同程度地出现粘性流体, 这无疑为幔汁的存在提供了令人信服的实验证明。

据前人研究 (杜乐天, 1987; Perchuk, 1977; Wyllie, 1981), 地幔流体成分复杂, 但其基本组分为氢、卤素、碱金属、碳、氧、氮、硫族、惰性气体, 以及以上组分互相化合形成的各种化合物, 如 H_2O 、 CO_2 、 CH_4 、 H_2S 等, 其中最重要的组分是碱、碳和氢以及它们之间的化合物。不同地区、不同时间、不同深度幔汁的化学成分变化甚大。尤其是垂直方向上, 由于物理化学性质和热力学条件随深度而异必然影响到幔汁的组分、结构和化合物形式, 因而出现幔汁的垂向分带。幔汁进入下地壳时则演化为富 OH^- 、 H_2O 的氧型幔汁, 此

* 高等院校博士点专项科研基金资助

曾晓东, 男, 1964 年生, 博士, 现任珠海西部华侨住宅建设公司副总经理。邮政编码: 519040

时的 CO 、 CO_2 、 OH^- 、 SO_2 、 SO_3^{2-} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 PO_4^{3-} 、 NO_3^- 、 BO_2^- 已能稳定地存在, 亦可转入液相或进入矿物晶格, 此外, HCl 、 HF 、 H_2S 等挥发性组分亦开始稳定存在。

2 幔汁成矿作用的可能性论证

谢格洛夫 (1983) 曾提出, 沿海底生长断裂发育的生物礁和铅锌热液矿床密切共生的现象, 实际上也是幔汁上升引起的, 富含碱质的幔汁对海底基岩产生碱交代作用, 淋滤出 Pb 、 Zn 、 Mn 等成矿元素, 同时又为生物的繁殖提供热和造礁养料。1977 年法国、美国、墨西哥联合考察组在太平洋加拉帕戈斯群岛以东海底发现厚约 30m 的矿层, 矿石含 Cu 10%, Fe 10%, Mo 、 V 、 Pb 、 Zn 各为 1%, Ag 0.13%, Cd 0.01%, 反映了海底矿质的运移和赋存情况。1979 年, 斯克里普斯学院和伍兹霍尔海洋研究所利用潜艇考察了加利福尼亚沿岸洋底, 见有一系列成行的高温热泉 ($570\sim 930^\circ\text{C}$) 涌出, 喷出热液与海底接触冷却后呈雾状, 其中黑色烟雾主要是含磁黄铁矿质点的硫化物, 形成的矿石含 Zn 25%、 Cu 2%~6%、 Fe 20%~40%、并有少量 Co 、 Pb 、 Ag 和 Cd ; 白色烟雾很少, 沉积后为重晶石。Abelson P H 也报导了东太平洋中脊亦有高温热泉涌出, 沉淀有 Fe 、 Cu 、 Pb 、 Zn 等硫化物, 并含 Au 、 Ag 、 Pt 等贵金属。前苏联 Бырцова Г Ю (1984) 研究了红海阿特兰蒂斯 II 海沟中矿物和矿床的形成过程, 认为红海热液至少有部分是直接来自深部地幔流体, 其证据一是 $3\text{He}/4\text{He}$ 比值为 1.34×10^{-5} , 显示地幔氦的特征; 二是 H_2S 来源属无机去硫作用形成, 硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 $+3.1\text{‰}\sim +9.8\text{‰}$, 这个数值不是细菌去硫作用的特点, 因为细菌去硫作用形成的沉积硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $+15\text{‰}\sim +20\text{‰}$, 故硫化物硫同位素组成亦表明热液来自深部地幔。

关于含矿幔汁上涌至地表成矿的运移方式, 笔者认为主要有两种: 一种是含矿幔汁从地幔发生脱气作用后单独喷出地表成矿, 即所谓的深部幔源分异, 如云南东川 Cu 矿、红海洋中脊黑烟囱为与火山喷发作用无明显联系的矿床, 它们均不直接赋存于火山岩系之中; 另一种是幔汁与受交代的玄武岩浆一起上侵, 含矿幔汁在浅部才从岩浆中分异出来成矿, 即称为浅源分异, 如云南大红山式铜矿、四川拉拉铜矿等, 即直接与火山喷发作用有关的矿床, 矿体与火山岩整合接触并一起构成含矿火山沉积岩系。但无论是深源分异还是浅源分异的含矿幔汁, 在它们沿断裂通道上升穿过地壳的硅铝层时, 必然会与地壳物质发生程度不一的物质和能量的交换, 同化混染作用无疑将改变含矿幔汁的化学组份, 同时由于幔汁的强烈萃取和交代能力, 沿途自然会对地壳中的含矿元素发生交代和浸取作用, 从而使幔汁中的成矿物质愈来愈富集, 以致喷出地表后在适宜地段成矿。

总之, 幔汁成矿作用既有其理论依据, 又有其实际的例子, 作为一种富有现实意义的成矿作用方式, 现已见于地质历史的各个时期。笔者把这种与地幔流体 (幔汁) 泄气有关的成矿作用统称为地幔泄气成矿作用, 与其相关的成矿系列, 则称为地幔泄气成矿系列。

参 考 文 献

- 1 杜乐天. 幔汁 H-A-C-O-N-S 流体. 大地构造与成矿学, 1988, 12 (1).
- 2 杜乐天. 幔汁 (ACOHNS) 流体的重大意义. 大地构造与成矿学, 1989, 13 (1).