

型。

我国各盐湖区粘土矿物主要组合相似，与盐湖地区土壤中粘土矿物组合也相似，各地区盐湖粘土化学成分与伊利石粘土化学成分大致相似。这些相似不是偶然的。因为我国盐湖基本分布在西北干旱气候带内，干旱气候是控制盐湖粘土矿物基本特征的一个重要因素。同时，不同地区盐湖中粘土某些化学成分有明显差异，不同沉积阶段中粘土矿物或粘土某些化学成分存在明显差异，脱盐阶段中某些粘土矿物发生相互转变或类型的变化等，表明盐湖的物质来源和盐湖卤水化学成分的不同是控制粘土矿物基本特征的另一个重要因素。

盐湖粘土和粘土矿物，可以为研究盐湖形成演化过程中某些环境变化和成矿条件等提供有用的信息，也是研究第四纪古气候变化和盐湖沉积环境变化的一种有效途径。

上述研究结果说明，要加强对盐湖粘土矿物本身的研究。有些粘土矿物种属需要进一步鉴定和研究。要细致研究伊利石的结晶度和蒙脱石的属性、绿泥石的类型等和用穆尔堡谱测定粘土中 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 和丰度和分布。这些研究应与矿物成因、盐湖演化阶段、盐湖卤水化学类型等结合起来。

其次，要加强对盐湖粘土化学成分与某些成矿元素迁移富集关系的研究。我们要充分利用盐湖粘土长期处于高矿化度卤水的特定环境的这样一个“优势”，把这方面的工作作为盐湖粘土矿物研究的一个生长点。

现代岩浆岩石学的一个前沿领域

——岩浆包裹体研究与岩浆学

夏林圻

(西安地质矿产研究所)

岩浆包裹体是岩浆岩矿物结晶生长时捕获的微量岩浆，它们保存了有关天然岩浆深部演化物理化学史的珍贵信息。在现代实验室条件下，我们已经完全可能利用显微热台及高压显微热台等设备，对岩浆包裹体加热和增压，使其恢复到被捕获时（即其形成时）的物理化学状态，从而获得它们形成（即其主矿物结晶）时的温度和压力，查明各种岩浆事件中矿物与岩浆间平衡稳定的范围。在现代实验室条件下，我们还可以利用多种微束分析技术测定岩浆包裹体（加热前及均一后）的化学成分（主元素成分、微量元素成分及挥发组分），进而重测各类岩浆作用（分离结晶、晶体重力堆积、岩浆混染、岩浆混合、岩浆不混溶、岩浆气体搬运、上地幔部分熔融）的物理化学演化史。

做为岩浆包裹体主要研究技术之一的岩浆包裹体均一法测温技术可以帮助我们重测岩浆房内结晶分离作用的全过程，研究岩浆中晶体的成核作用和生长历史，查明岩浆-晶体间的平衡和扩散作用，探索岩浆不混溶作用、岩浆脱气作用、岩浆中流体相成核作用的机制。

特别是产于深成岩、半深成岩和火山侵入岩矿物中的演化型岩浆包裹体,则必须通过加热均一实验使其恢复到被捕获时的初始状态,以便在淬火后借助电子探针、离子探针、核子探针等微束分析仪器测定其真正的初始成分,进而查明天然岩浆演化过程中液相线成分的变异规律。

化学成分测定是岩浆包裹体研究的另一重要基石。目前可以利用电子探针完满地测定大小仅几微米到几十微米的岩浆包裹体的主元素化学成分,以及痕迹元素和F、Cl、S、P等挥发性元素的成分。电子探针已经成为岩浆包裹体化学成分研究的一项必不可少的测试手段。

近十年来岩浆包裹体研究的飞速进展,充分证明,该领域已经成为现代岩浆岩石学的一个令人瞩目的学科前沿。借助于岩浆包裹体提供的宝贵信息,若干岩浆岩石学和岩浆学领域中长期令人困惑不解的迷团正在被逐步得到澄清。例如,近年来,笔者等通过对石英角斑岩、石英斑晶和细碧岩单斜辉石斑晶中原生富钠质岩浆包裹体的化学成分研究,已确凿证实细碧角斑岩系属岩浆成因,它们极可能是正常系列火山岩浆经过海底热卤水混染后,形成的一种富钠富水岩浆结晶演化的产物。柯巴列夫等有关镁绿岩橄榄石斑晶中岩浆包裹体的物理化学性质研究,证明自然界存在着一种超基性高镁质的含水岩浆。

长期以来,岩浆岩石学家始终是以岩石和矿物作为其研究对象。随着岩浆包裹体研究领域的开拓,使得我们可以直接利用地质历史事件中真实存在并被保存于矿物晶体缺陷中的天然岩浆样品进行研究,从而能够在更深层次上探索天然岩浆的性质及其演化历史。笔者根据对于浙江桐庐中生代钙碱性酸性火山-侵入杂岩及黑龙江五大连池第四纪富钾玄武岩中岩浆包裹体的温压地球化学研究结果,重溯了这两个不同火山群的古岩浆物理化学演化历史,详细论述了岩浆房内的分层作用、结晶分离过程,及挥发组分(主要是 H_2O 和 CO_2 等)浓度和逸度在火山岩浆演化进程中的作用。这两项研究成果不仅证明岩浆包裹体研究是现代岩浆岩石学的一个重要支柱,而且还启示我们岩浆包裹体的性质和类型对于正确划分火山(-侵入)岩相具有重要的标志性意义。Halsor最近有关危地马拉第四纪Toliman火山钙碱性安山质熔岩斜长石(An_{40-54})斑晶中岩浆包裹体的研究,证实该火山岩浆房中曾发生过镁铁质岩浆和富硅质岩浆的混合作用。Clocchiatti和Metrich对于意大利埃特拿火山区Frumento火山夏威夷岩矿物中岩浆包裹体的研究成果,同样也充分证实岩浆包裹体可以提供有关判别岩浆房内岩浆作用性质的有效证据。根据岩浆包裹体研究数据证实,Frumento火山岩浆房内最初为夏威夷质岩浆,经过结晶分异产生贵橄榄石(For_{82}) + 拉长石(An_{65-60}) + 次透辉石(Fs_{18})矿物组合;稍后,则有更偏基性、富镁质、温度更高的粗面玄武质岩浆注入,产生镁橄榄石(For_{88}) + 透辉石(Fs_7)矿物组合。晚期注入的岩浆由于温度较高,它们与早期已经演化的岩浆混合后,引起早期矿物相中部分岩浆包裹体壁被熔蚀,甚至产生热胀烈现象。Metrich和Sigurdsson等人还通过对比1783年冰岛火山喷发物橄榄石中岩浆包裹体的REE分配规律,揭示冰岛火山岩浆房中存在明显的化学分带。至于天然岩浆房内普遍发生的晶体重力堆积作用,则已多次被Clocchiatti等人有关拉斑玄武岩和碱性玄武岩矿物中的岩浆包裹体研究结果所证实。笔者近年来对于碱性玄武岩内橄榄岩捕虏体矿物中的岩浆包裹体研究结果表明,存在于这些幔源超镁铁岩矿物(橄榄石、辉石等)中的岩浆(或流体-岩浆)包裹体极有可能是地幔部分熔融作用的直接产物和最佳证据,它们应当是探寻地幔部分熔融机制,查明地幔流体-熔体性质及与之相关的地幔岩浆作用和地幔交代作用过程的最

理想的研究对象和示踪剂。更值得一提的是, Clocchiatti和Weisz对于意大利埃特拿火山1983—1989年间多次喷发产物中岩浆包裹体硫含量的对比研究, 证明在宁静喷发(或溢流)期间, 岩浆包裹体的硫含量偏低($<1500\text{ppm}$), 而在猛烈爆发的前夕和爆发过程中, 熔岩(及其火山爆发碎屑物)矿物中岩浆包裹体的硫含量骤然升高达到 3000ppm 以上。这一研究成果表明, 有可能利用岩浆包裹体研究数据进行灾害性火山爆发的预测。

前已述及, 岩浆包裹体向我们提供了获得有关火山熔岩喷发前或岩浆岩侵位前岩浆中挥发组分性状信息的宝贵良机。尤其是近年来, 一些新的测试分析技术, 如离子探针、核子探针、显微红外光谱、激光爆裂质谱仪和激光拉曼探针正在逐渐被岩浆包裹体研究者们用来做为分析天然岩浆中挥发组分(F 、 Cl 、 C 、 OH 、 H_2O 、 CO_2 、 CH_4 ……)和REE的有效工具, 这些进展预示了利用岩浆包裹体探索天然岩浆性质及其演化过程和机制的新前景。

国外水-岩作用机理实验研究新进展

周怀阳

(中国科学院地球化学研究所)

目前水-岩反应机理主要有三种不同的认识: 沉淀层阻挡假说、表面反应假说和淋滤层假说。三种假说都各自有一定的实验和理论根据。但近年来通过各种表面测试分析方法研究表明, 反应后的固体表面没有发现所谓的淋滤层或沉积层, 所以很多人倾向于表面反应理论。然而, 随着研究工作的不断深入, 出现了一些表面反应理论无法解释的问题。如: (1) Holdren and Speyer在对Norway钠长石等矿物的研究中发现, 溶解速率直接与 BET Ar 表面积成正比, 但溶解表面本身却是等化学的。(2) 存在着明显的不一致溶解: Chou and Wollast和Wollast and chou报道了对Amelia钠长石的实验数据, 表明在一致溶解稳定态达到之前, 铝优先于硅释放。他们将其解释为形成了铝的表面淋滤层, 而且酸度越低, 这种现象越明显。Holdren and Speyer在 pH 为4的条件下也得到了相似的结果。特别令人感兴趣的是Casey等人用罗斯福背散射质谱(RBS)对在 $\text{pH}=2.0$ 溶液中反应404.25小时的拉长石和未反应晶体的比较研究中发现了深约 $1000\text{\AA}$ 的钙的淋滤层, 淋滤层结构为多孔无定形状, 与内部未反应长石有一个绝然的界面。同时还认为, $\text{pH}<5$ 、大致常温常压条件下, Al 、 Na 、 Ca 从斜长石表面优先失去所造成的不一致溶解层深度可大于 $7000\text{\AA}$, 而长石残余表面则富集了 Si 和 H 。在较高温度、碱性条件下也有这种不一致溶解层的报道。(3) 表面反应假说的过渡态理论所描述的溶解速率只限于达到稳定状态后的速率, 认为那时淋滤层(活化组分反应层)已达到了恒定的厚度($<5\text{nm}$), 而将稳定态之前较快且成抛物线形分布的溶解速率几乎完全归结于实验样品表面存在的微细颗粒的影响。我们注意到, Knauss and Wolery将已达到溶解速率稳定态后取出的白云母作SEM观察表明, 所有颗粒表面仍保留着一些微细颗粒, 即使在溶解速率最高的最酸性($\text{pH}=1.39$)和最碱性($\text{pH}=11.75$)实验中也是如此。