

酸性火山玻璃的脱玻化作用^①

杨献忠^②

(南京地质矿产研究所)

内容提要 本文阐述了酸性火山玻璃发生脱玻现象后的 X 射线衍射特征、镜下(偏光及扫描电镜)特征和形貌特征,重点讨论了对酸性火山玻璃脱玻化途径有重要影响的网络结构因素和化学成分因素,最终提出酸性火山玻璃的五种脱玻化途径及相应产物: $\text{SiO}_2 \pm \text{H}_2\text{O} \Rightarrow$ 纯架状、架状网络 $\rightarrow$ “石英”质; $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \pm$ 其它成分 $\Rightarrow$ 架状、层状网络 $\rightarrow$ “伊毛谟石”质; $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O}, \text{CaO}) \Rightarrow$ 架状、层状网络 $\rightarrow$ 长石质;酸性火山玻璃(含不同的挥发份) $\Rightarrow$ 架状、层状、链状网络 $\rightarrow$ 粘土质及其它可能的产物; $\text{SO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O}) + \text{CaO}, \text{FeO}, \text{MgO}$ (群聚?)等土挥发份 $\Rightarrow$ 层状、链状网络 $\rightarrow$ 绿泥石、辉石、闪石。

关键词 酸性火山玻璃,网络结构,化学成分,脱玻化途径和产物。

由于火山玻璃始终处于热力学不稳定状态,化学成分也较为复杂,加之外界条件、周围物理化学环境不断变化,因此火山玻璃总是趋于向晶体方向(矿物)转化。本文拟从已论述过的火山玻璃结构特征^[1]出发,对酸性火山玻璃的脱玻脱化作用作初步讨论。

众所周知,中酸性火山玻璃在自然界中可以脱玻而形成不同的矿物,其中有用组份富集后将成为对国民经济有益的矿产资源。火山玻璃为何能脱玻成为不同的矿物呢?除取决于火山玻璃本身的结构特点外,还取决于火山玻璃所处的物化环境改变而引发的不同的脱玻化方式和途径。因此这一讨论对了解、探索中国东南沿海许多重要并独具特色的非金属矿床的成因或许具有一定的借鉴意义。

一、事实

(一)X 射线衍射特征

1. 实验条件 酸性火山玻璃样品的分析是在日本 Rikuga 公司产 D/MAX-ⅢA 型 X 射线衍射仪上进行;通孔铝板压样;Cu $\text{K}\alpha$ 辐射,Ni 滤波(部分 Co $\text{K}\alpha$ 辐射,Fe 滤波);发生器功率均为 40kv $\times$ 30mA;步进扫描;实验室温度 15 $^{\circ}\text{C}$ —20 $^{\circ}\text{C}$,湿度 65—70%。

2. 测试结果 图 1 选列 11 个酸性火山玻璃的 X 射线衍射曲线,可以看到玻璃相存在的特征馒头状峰形。这种馒头峰进一步说明了玻璃结构长程无序、短程局部有序的网络结构

① 1992 年 4 月 24 日收稿,1993 年 6 月改回。

② 地质行业科学技术发展基金资助项目,参加本课题研究的还有孙以谏、胡爱萍等同志。

特点,同时也反映出玻璃统计均一性的特征。图1中其它少数明锐而强度相对较弱的衍射线系样品内所含品质矿物而引起。X衍射图所反映的玻璃样品全部物相组合列于表1。

表1 酸性玻璃岩可能的物相组合

Table 1 The phase association of acid volcanic glassy rock

样品号 ^[1]	物 相 组 合			
	玻璃相含量(%)	肯定矿物	可能矿物	可能物相
X-1	>95	Z+Or+Pl+Q	S,Mt/Il	
L304-15	>85	Q+Or+Pl+Z	Mt/Il	Im
L307-9	>90	Q+Z+Il	Mt/Il	Im
L1102-13	>85	Q+Pl+Or	S,Z,Mt/Il	Mt
TCK15-2I	>90	Q+Pl+Z+Il+Or	S,D,Mt/Il	Im
NT-3(1)	>95	Q+Or	S,Z,Mt/Il	
L33-3	>95	Or+Pl+Q+Z		
L34-26	>90	Q+Or+Pl+Il	Mt/Il	Im
Cf-1	>85	Q+Or+Z	Z,Pl,P,D	Im
X-2	>85	Or+Pl+Q+Z	S,P,D,Mt/Il	Mt
Yt5-6	>90	Q+Or+Pl	Mt/Il	

注:(1)D—硬水铝石,Il—伊利石,Im—伊毛缟石,Mt—蒙脱石,Mt/Il—蒙皂石/伊利石混层,

Or—钾长石,P—叶蜡石,Pl—斜长石,Q—石英,S—方柱石,Z—沸石。

(2)玻璃相含量为估计值。

由图1、表1可以看出,玻璃是火山玻璃岩中最主要的物相,估计其含量在85%以上;其次为石英、钾长石、斜长石、沸石、粘土质物质,可能还有方柱石等复杂的架状硅酸盐矿物。同时,X衍射图上明显有10~14Å较弥散、宽化的衍射线(带)及个别d值在30Å左右的结构线,它们很可能是一些粘土矿物如蒙脱石、伊利石、蒙脱石/伊利石(或伊利石/蒙脱石)等混层(无序?)及一些玻璃质至品质间的可渡性物相如“伊利缟石”质物相的反映。据表1所列所有物相并结合镜下观察特征,我们认为除部分长英质等原有的斑晶外,其余物相及另一部分长英质基本上都是火山玻璃脱玻化作用的产物。

(二)镜下特征 通过对火山玻璃薄片的偏光显微镜和扫描电子显微镜观察,我们认为下列几点可以证实火山玻璃已脱玻化:

1、玻璃相中存在着石英等矿物的斑晶,围绕着这些斑晶的玻璃相明显显示光性特征,正交镜下产生灰白色干涉色。这些显示光性特征的物质多为脱玻后的长英质,与斑晶间的界限清楚。

2、珍珠岩薄片,沿着珍珠构造的弧状裂隙,产生了色泽较鲜艳、多色性较明显、干涉色较高(多达二级以上)、层状特征较显著(扫描电镜下)的粘土质物质。其它酸性玻璃基质具有类似这种裂隙时也有相似的产物出现。

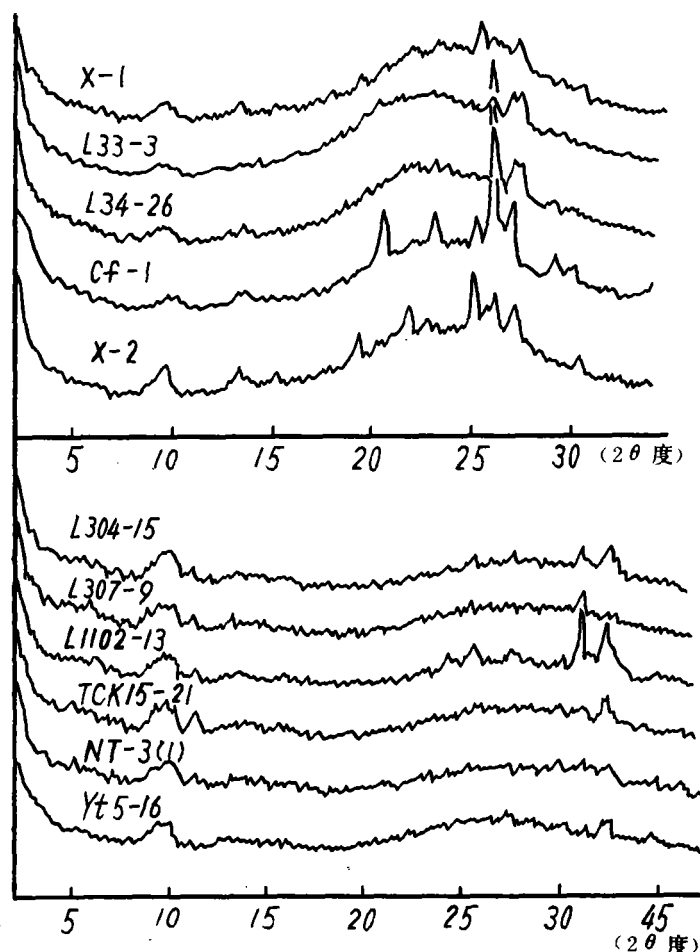


图1 酸性火山玻璃X射线衍射图
(上: CuK α 辐射, Ni 滤波; 下: CoK α 辐射, Fe 滤波)

Fig. 1 X-ray diffraction patterns of acid volcanic glass

3、玻璃岩中,存在着一定量的玻屑,围绕这些玻屑也会产生类似于斑晶周围显示光性特征的脱玻物质,有时玻屑本身全部显示光性,说明玻屑整体脱玻,脱玻产物多为长英质及粘土质物质。

4、众多火山玻璃岩内,都存在一些颗粒极细、形似羽、针、发状的雏晶。一般来说,雏晶是刚开始结晶的晶芽,还不可能表现出结晶物质的特征,正交镜下也没有光性反应。但是,从我们观察到的雏晶来看,部分已显示光性特征,说明这些雏晶已经产生了脱玻现象。苏良赫教授(1964)、邱家骧教授(1985)指出,这些脱玻的“雏晶”,随着时间的推移,脱玻化作用将加剧,就可产生微晶、骸晶,最后到成熟晶体^{[2][3]}。Ross(1962)对酸性玻璃质火山岩中的微晶研究表明,这些微晶分别有长柱状、串珠状、蜘蛛状、环状、放射状、发状、弯曲状等的辉石、长石、角闪石、黑云母(多伴生于透长石)、石英等^[4],我们观察的结果与此基本一致。

(三)形貌特征 本次研究中,我们也对火山玻璃的形貌特征进行了研究,并仿照硅酸盐晶体发育过程^[2],拟再提出除诸培南(1986)描述有序部分的六种可能形态(断续树枝状、畸缺针状、扭曲羽状、卷曲纤维状、凹陷状及折膝状)^[5]以外的十一种形态及其相互间的关系

(图 2)。这一关系不仅反映出火山玻璃的形貌特征,而且也间接地反映了火山玻璃的某些本质特点。

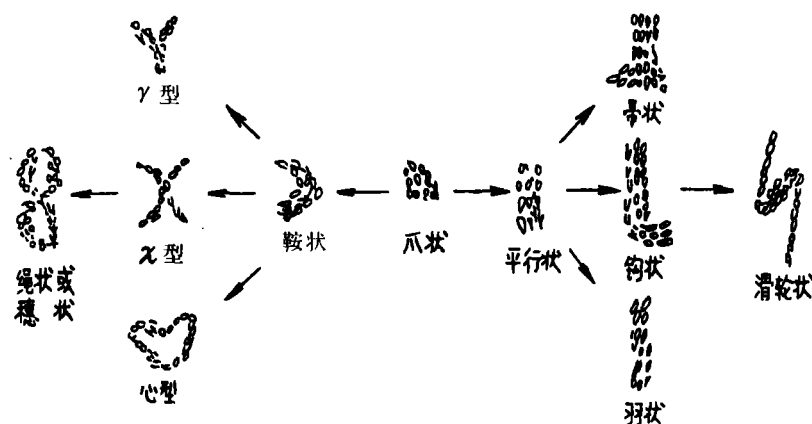


图 2 玻璃结构中假想的有序部分形态图
(线宽度<单位晶胞尺寸)

Fig. 2 Different features of ordered micro-district drawn according to the morphological characteristics in acid volcanic glass

二、影响因素

影响火山玻璃脱玻化的主要因素与其所处的温度、压力条件改变有关。但是无论外界条件如何变化,决定火山玻璃脱玻化方式、途径的根本因素,还是其本身的结构特征及化学成分特征,其中又以化学成分为重要,因为化学成分决定了火山玻璃的结构。

(一)结构因素 酸性火山玻璃的结构,也是一种网络型结构,其基本上由三维方向长程无序、短程局部有序的、类似于结晶学上的链状(Ch)、层状(Sh)、架状(Fr)及纯架状(Pf)等基型网络体构成的聚合结构所组成,而架状网络并不象三维扩展的纯架状网络,而是三维扩展与一维延长互为消长、实际上只是二维有限的似层状网络(杨献忠等,1990)^[1]。这种网络可能与杨南如等(1989)描述的“表面带有断键,有限的‘三维网络碎片’”^[6]相一致。

不同的网络体内,其中的氧具有不同的脱极化程度。本文的研究表明,石英(Pf)、沸石、长石(Fr)有首先从玻璃中脱玻晶化的现象,其次是粘土质(Sh)。据徐培苍(1990)口述也有类似的发现。火山玻璃的脱玻化作用何以有此现象?我们认为,火山玻璃的结构(Fr、Pf为主)、化学成分($\text{SiO}_2 > 50\%$,是决定结构的主要成分)等特点外,正是氧的脱极化作用起着重要的作用。

岩浆在演化过程是, SiO_2 含量逐步增大,酸度、粘度愈来愈高;盐基(特别是FeO、MgO,其次是CaO)的含量逐渐减小。因此,岩浆的演化过程是岩浆熔体Si—O四面体不断增高、共用氧角顶数增多、氧的有效静电荷减少、吸引阳离子的能力逐渐减弱、氧的脱玻化程度不断增高的过程^[7]。按照极化理论,对称分布在两个硅原子之间的氧,电子云显然不会向任何一方偏移,亦即氧未极化,或者更确切地称为脱极化了,氧的脱极化程度(D_o 为1。氧全部脱极化后, SiO_2 容易先结晶出来而成为石英矿物。分布在硅和铝之间的氧大部分脱极化,也容易

从玻璃中脱玻结晶出相应矿物。当氧与硅(铝)络合成更高电价的阴离子团,如 $[\text{AlSiO}_3\text{O}_{10}]^{5-}$ 、 $[\text{SiO}_{11}]^{6-}$,氧的有效电价不断增高,脱极化程度愈来愈小,至孤立 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 时, D_b 下降为0,加上火山玻璃含Fe、Mg成份本身较少,故与之相应的矿物脱玻结晶较困难。表2列出硅(铝)—氧络阴离子团中氧的脱极化程度。

表2 硅(铝)—氧络阴离子团及氧的脱极化程度

Table 2 The complex anion group of silicon (aluminium)—oxygen and ploarization degree of oxygen

硅(铝)—氧络阴离子		公用顶角数	氧的脱极化程度 D_b
架 状	$-\text{SiO}_2$	4	1
	$-\text{[Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]^-$		7/8
	$-\text{[Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]^{2-}$		3/4
层 状	$-\text{[Si}_2\text{O}_5]^{2-}$	3	3/5
	$-\text{[AlSi}_3\text{O}_{10}]^{5-}$		1/2
链 状	$-\text{[Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$	部分3,部分2	5/11
	$-\text{[Si}_2\text{O}_6]^{4-}$	2	1/3
岛 状	$-\text{[SiO}_4]^{4-}$	0	0

表3 酸性火山玻璃的化学成份(%)

Table 3 The chemical compositions of acid volcanic glass

项 目	样品 L304 -15	L307 -9	L1102 -13	TCK15 -21	LN— 3(1)	L33 -3	L34 -26	Cf-1	X-2	X-1
SiO_2	71.88	72.02	72.96	72.65	70.26	73.35	71.73	74.03	71.44	73.01
TiO_2	0.07	0.07	0.08	0.13	0.16	0.12	0.13	0.12	0.07	0.15
Al_2O_3	12.67	12.65	12.72	11.96	12.88	12.01	12.10	11.53	11.93	12.79
Fe_2O_3	0.79	0.60	0.50	0.79	0.69	0.63	0.58	1.05	0.52	0.61
FeO	0.32	0.55	0.65	0.53	0.29	0.62	0.58	0.70	0.53	0.63
MnO	0.02	0.42	0.02	0.84	0.04	0.09	0.09	0.09	0.06	0.08
MgO	0.11	0.13	0.28	0.02	0.28	0.05	0.07	0.10	0.10	0.06
CaO	0.97	0.99	0.71	0.57	3.66	0.47	0.59	0.23	2.23	0.50
Na_2O	5.13	5.18	4.99	3.95	2.55	4.83	4.79	3.68	3.39	4.24
K_2O	1.64	1.77	2.21	3.31	1.22	2.96	2.70	4.89	1.88	4.59
P_2O_5	0.01	0.01	0.20	0.00	0.05	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
H_2O	6.21	5.82	4.60	5.89	7.24	4.48	5.20	2.99	6.96	4.02
CO_2	0.15	0.09	0.01	0.01	0.07	0.09	0.00	0.05	0.49	0.04
F	0.02	0.04	0.03	0.00	0.01	0.11	0.05	0.00	0.01	0.08
SO_3	0.00	0.02	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.12	0.03
总量	99.99	100.36	99.77	100.65	99.46	99.83	98.64	99.50	99.75	100.84

综上所述,可以明显看出玻璃网络结构内氧的脱极化程度愈高,玻璃后期脱玻化趋势就愈强,纯架状、架状矿物就容易首先晶出。因此我们可以用网络结构中氧的脱极化程度 DB 这一指标来判定火山玻璃脱玻化产物的顺序。当然,纯架状、架状矿物容易首晶的原因还与下文所言“降低了 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比值”有关。

(二)成分因素 火山玻璃的化学成分列于表 3、表 4,可见火山玻璃的主要成分为 SiO_2 、 Al_2O_3 ,其次为 Na_2O 、 K_2O 、 H_2O 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{FeO})$ 、 MnO 、 CaO 、 P_2O_5 、 CO_2 等很少。下面将分别讨论某些重要阳离子在火山玻璃脱化过程中的作用。

1. Si^{4+} 离子的作用 硅酸盐玻璃中 Si^{4+} 的聚合状态在一定条件下处于平衡状态,一般聚合程度随 Si^{4+} 离子的含量增加而增高。因此,决定火山玻璃中 Si^{4+} 聚合程度的一个重要因素是 SiO_2 含量愈多,聚合程度愈高,由此从玻璃内独立晶化的趋势增强。另外,杨华蕊等(1985)指出,当有结晶作用发生时,残余玻璃体中 Si^{4+} 的聚合状态与结晶出的矿物也有关系^[8]。

表 4 酸性火山玻璃的化学成份(电子探针分析,%)

Table 4 The chemical compositions of acid volcanic glass (by electron probing analysis)

项 目	珍珠岩			黑曜岩	松脂岩
	L33-3	L34-26	TCK15-21	Yt5-16	ZKG-1
SiO_2	77.58	77.43	77.27	77.90	73.68
TiO_2	0.07	0.10	0.11	0.17	0.04
Al_2O_3	12.62	12.54	12.84	12.65	12.62
FeO^*	0.38	0.57	0.59	1.33	0.31
MnO	0.04	0.07	0.08	0.08	0.01
MgO	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00
CaO	0.24	0.29	0.31	0.22	4.28
Na_2O	1.01	1.13	0.42	1.95	0.26
K_2O	3.16	2.78	3.14	4.91	0.77
P_2O_5	0.00	0.07	0.02	0.05	0.11
总量	95.09	94.98	94.97	99.29	92.07

* 全部的铁以 FeO 表示。

2. Al^{3+} 离子的作用 Al^{3+} 离子也是最重要的阳离子之一,其在火山玻璃中的重要性与 Si^{4+} 离子相当。根据 Al^{3+} 离子的半径,同氧结合时可以存在 4 次或 6 次两种形式的配位,因而既可以部分地取代 Si^{4+} 离子起成网离子的作用(此时 Al^{3+} 离子的作用相同于 Si^{4+} 离子),又可以分布于 $\text{T}-\text{O}$ 四面体间的八面体空隙内,呈六次配位形式,这时的 Al^{3+} 离子就不起成网离子的作用,它会产生断键、降低聚合程度,使玻璃难以发生脱玻化。

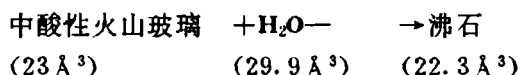
由于火山玻璃中存在着一定的 Na_2O 、 K_2O 等碱金属氧化物,一般而言, Al^{3+} 离子都强烈倾向进入聚合程度最强的结构单元(三维网络,3d)中,因此脱玻化倾向也随之增强。

3. P^{5+} 离子的作用 随着表 4 内 5 个样品中 P_2O_5 含量的增加,对应地其拉曼光谱曲线上 760cm^{-1} 峰强度^[1]不断下降。罗澜等(1989)指出,由于火山玻璃结构内 P^{5+} 的增加, Al^{3+} 进入四配位条件减弱,因而一部分 Al^{3+} 由四配位转向六配位,使属于 $[\text{AlO}_4]$ 特征振动的

760cm^{-1} 拉曼位移减弱并逐步趋向消失^[9]。上述情况表明, P^{5+} 含量的增加, 会增加玻璃结构的聚合程度, 从而增强脱玻化的倾向。

4. H_2O 的作用 有资料证实, 水在火山玻璃中以两种方式存在: 一种是以单个分子进入玻璃结构, 其性质类似于结晶水或沸石水; 另一种是以聚合状态进入玻璃孔隙中, 其性质为液态水。两种水的氧平均体积(即其分子体积)差别很大^[10], 下面讨论的 H_2O 主要是后者, 其分子体积约为 $29.9 \text{ \AA}^3$ (4°C 时)。

水在火山玻璃脱玻化过程中也是一个相当重要的因素: 它破坏桥键, 降低桥氧活度, 减弱熔体的聚合程度, 从而降低了玻璃的脱玻化倾向。但是, 水是受外界环境变化十分敏感的组分, 温度、压力将会对其产生十分重要的影响。张金民等(1989)认为, 在水介质条件下, 若有上覆岩层压力存在的地质作用, 则中酸性火山玻璃必定会蚀变成氧平均体积较小的沸石矿物^[10]:



我们认为, 对于中酸性火山玻璃, 在地质条件适宜时也可形成蒙脱石等其它一系列粘土矿矿物。9 个珍珠岩 X 衍射分析(图 1、表 1)证实, 其产生 $d=9.2\sim 9.5 \text{ \AA}$ 的沸石相或叶蜡石相特征峰, $d=10\sim 13\sim 16 \text{ \AA}$ 伊利石、蒙脱石(或两者的混层)特征峰及 $d>20\sim 30 \text{ \AA}$ 等粘土质、过渡性物相衍射峰。这也许是多数珍珠岩等火山玻璃沸石化、膨润土化并形成相应的矿床(大规模蚀变)、形成中国东南大陆火山岩带内有特色的非金属矿种的原因之一。

5. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比值的影响 在过去的研究中, 没有考虑 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比值对火山玻璃脱玻化作用的影响。通过本次研究, 我们认为 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比的大小比 SiO_2 含量多少对火山玻璃脱玻化作用的发生及其途径、产物的影响显得更为重要。对于表 1 中所列物相, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比从大到小分别有: 石英 ∞ 、钾长石 6、斜长石 6~2、方柱石 6~2、叶蜡石 4、蒙脱石 3~2、伊利石近似 2、伊毛缟石 2~1 或 <1 、硬水铝石 0。但是, 从表 3、表 4 的数据来看, SiO_2 70%—74%(表 3)、73%—77%(表 4), Al_2O_3 11%—13%(表 3)、12.5%—13%(表 4), $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比在 9.5~10.5~11.0 之间。显然, 要使火山玻璃脱玻成上述一系列不同 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比的物相, 就必须在脱玻过程中降低火山玻璃中原始 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比值, 降低 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比的途径之一是石英等高聚合程度矿物首先晶出。

三、结论与建议

(一) 结论 综合本次研究的所有结果, 我们认为火山玻璃脱玻化作用受控于玻璃内部网络结构特征及其化学成份特征。研究表明, 其主要有下列途径及相应产物:

1. $\text{SiO}_2 \pm \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Pf}, \text{Fr} \rightarrow$ “石英”质;
2. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \pm$ 其它成份 $\Rightarrow \text{Fr}, \text{Sh} \rightarrow$ “伊毛缟石”质;
3. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O}, \text{CaO}) \Rightarrow \text{Fr}, \text{Sh}(\?) \rightarrow$ 长石质;
4. 酸性火山玻璃(含不同的挥发份) $\Rightarrow \text{Fr}, \text{Sh}, \text{Ch}(\?) \rightarrow$ 粘土质;
5. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O}) + \text{CaO}, \text{FeO}, \text{MgO}$ (群聚?) 等 $\pm$ 挥发份 $\Rightarrow \text{Sh}, \text{Ch} \rightarrow$ 绿泥石、辉

石或闪石。

(二)建议 目前,国内对火山玻璃相研究,因其难度大而研究较少。本文的研究对这一现状可能起到一定的改善作用,对丰富和完善岩石学研究内容,也是一种有意义的尝试。

众所周知,火山玻璃是岩浆喷出地表后迅速凝固的过冷产物,其表现出来的结构特点及其后期脱玻化方式、途径必然能提供当时岩浆活动的热历史及物理化学环境等信息,这对进一步研究火山岩岩浆系列及其演化、岩浆结晶过程等方面具有重要的理论意义;同时,熔体的结构很难直接测定,所有关于熔体结构的直接研究,都是通过玻璃来完成的^[11],所以对火山玻璃的研究是研究地下岩浆熔体结构最直接、有效的手段。正因为如此,就必须加强对火山玻璃的研究工作。为此,建议如下:

1. 将高倍透射电子显微镜引入到对火山玻璃的研究中来,这样或许可以获取更为有意义的结果^①。

2. 业已肯定,玻璃结构内存在着微域无序与微域有序。这种微域无序—有序间的转变是一步趋势完成还是多步趋势完成?能否用一种数学函数式作为目标函数来表达呢?我们设想,玻璃结构内这种微域无序—有序间的转变,既有一步趋势、也有多步趋势完成,也可用一定的数学表达式示出,建议今后加强这一研究工作。

3. 非斑晶石英质矿物的结晶程度是反映火山玻璃脱玻化程度的最好标志。目前,已可用X衍射(Murata等,1976)、差热(Deutsch等,1989)、红外光谱(Shoval等,1990)等方法测定石英的结晶度^[12]。建议今后开展这一工作,以对火山玻璃的脱玻化程度进入定量化讨论。

参 考 文 献

- [1] 杨献忠, 元润章, 1990, 火山玻璃的拉曼光谱研究. 南京地矿所刊, 第十一卷, 第三号, P25—36.
- [2] 苏良赫, 1964, 硅酸盐晶体发育过程, 硅酸盐学报, 第三卷, 第四期, P236—241.
- [3] 邱家骥主编, 1985, 岩浆岩石学. 地质出版社.
- [4] C. S. Ross, 1962, Microlites in glassy volcanic rocks. The Amer. Min., Vol. 47, No. 5—6.
- [5] 诸培南, 1986, 从形貌学观点推论玻璃结构及其本质. 硅酸盐学报, 第十四卷, 第二期, P247—254.
- [6] 杨南如, 陈筱岚, 1989, 硅酸盐玻璃中 SiO_4 四面体聚合分布的研究 III: $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 玻璃的聚合结构. 硅酸盐学报, 第十七卷, 第二期, P165—172.
- [7] 武汉地质学报, 1979, 地球化学. 地质出版社, P215—245.
- [8] 杨华蕊等, 1985, 硅锰合金渣玻璃中硅聚合态的研究. 岩石学研究, 第五辑. 地质出版社, P103—112.
- [9] 罗渊, 李家治, 1989, $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5-\text{F}$ 系统玻璃的结构、分相和晶化. 硅酸盐学报, 第十七卷, 第一期, P31—37.
- [10] 张金民, 叶大年, 1989, 几种天然玻璃的氧平均体积. 岩石学报, 第二期, P9—17.
- [11] 莫宜学, 1985, 岩浆熔体结构. 武汉地质学院《地质科技情报》, 第四卷, 第二期, P21—31.
- [12] Y. Nathan et al., 1990, Biological Implication for Quartz Crystallinity. The 15th General Meeting of the International Mineralogical Association (Abstract) (Vol. 1, Applied Mineralogy). Beijing, China, P199.

① 薛纪越, 1991, 《火山岩全岩造岩矿物定量定种属及火山玻璃脱玻化的X射线研究》评审意见。

THE DEVITRIFICATION OF ACID VOLCANIC GLASS

Yang Xianzhong

(IGM, Nanjing)

Abstract

This paper explains X-ray diffraction characteristics, change features in polarizing microscope and scanning electron microscope and morphology characteristics of acid volcanic glass that has happened devitrification. Both network structures and chemical components that influence the devitrification ways of acid volcanic glass are major discuss. 5 devitrification ways of acid volcanic glass and relevant products are final put forward as follows:

1. $\text{SiO}_2 \pm \text{H}_2\text{O} \Rightarrow$ pure framework or/and sheet network $\rightarrow$ quartziferous;
2. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \pm \text{others} \Rightarrow$ framework or/and sheet network $\rightarrow$ imogorite-bearing;
3. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O}, \text{CaO}) \Rightarrow$ framework or/and Sheet network $\rightarrow$ feldspathic;
4. Acid volcanic glass (different volatile compoments) $\Rightarrow$ framework, sheet or/and chain network $\rightarrow$ clayey and other products;
5. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O}) + \text{CaO}, \text{FeO}, \text{MgO}$ etc. $\pm$ volatile components $\Rightarrow$ sheet or/and chain network $\rightarrow$ chlorite, pyroxene or/and amphibole.

Key words acid volcanic glass, network structure, chemical composition, devitrification way and relevant product