科学通报
第41卷 第10期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1996年5月

黄玉云英岩成因的初步实验研究*

熊小林** 朱金初 饶 冰
(南京大学地球科学系，南京 210008)

关键词 黄玉 黄玉云英岩 富F熔体 熔化-结晶实验

传统观念认为，黄玉是典型的气成热液矿物，黄玉云英岩则是典型的交代蚀变岩．然而，近年来越来越多的地质地球化学依据表明，产于Ta, Nb矿化富F钠长花岗岩顶部的似层状黄玉云英岩具有岩浆成因特征[1,2]．本文将通过100 MPa,6%F含量条件下钠长花岗岩-H_2O-HF体系熔化结晶实验来论证黄玉云英岩岩浆成因的可能性．

1 实验方法

实验在RQV-快速淬火高温高压实验装置上完成，实验压力为100 MPa，温度为840～500℃，温压的测量误差分别为±3℃和±3 MPa．实验试样为湖南香花铺钠长花岗岩，化学组成见表1．根据黄玉云英岩含F4%～7%，选择体系F含量6%和固液比(即试样粉末:HF溶液)=4:1(重量比)进行实验，实验初始物按上述比例装入黄金管，焊前焊后，实验前后均通过称量法检查焊封质量．所有实验均在液相线之上840℃恒温24 h，产生均一含F和H_2O的熔体，然后

表1 初始试样及实验产物的化学组成(%)[a)]

	钠长花岗岩	熔体(P_6^8) ($N=3$)	黄玉(P_6^3) ($N=5$)	云母(P_6^3) ($N=4$)
SiO_2	72.46	72.654	31.766	40.607
Al_2O_3	15.76	15.439	57.321	14.022
Fe_2O_3+FeO	0.64	0.167	–	29.239
MnO	0.10	0.002	–	0.103
MgO	0.12	0.015	–	0.525
CaO	0.14	0.030	–	–
Na_2O	5.15	0.698	–	0.236
K_2O	3.97	1.732	–	7.981
Li_2O	0.22	*	–	*
F	1.00	6.238	19.685	5.014
$-2F=O$	−0.42	−2.626	−8.287	−2.111
	99.54	94.205	100.395	95.670

a) 钠长花岗岩组成由化学分析测定，实验产物由电子探针测定，N为测点数，*表示未测，–表示不含该组分

1995-08-24收稿，1995-12-14收修改稿
*国家自然科学基金和南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室资助项目
**现在地址：中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640

将温度降至实验点恒温 120 h 以上. 实验产物制成薄片和探针片进行详细显微观察, 用日产 JXA-8800M 电子探针测定结晶相和熔体相成分.

2 实验结果

实验结果见表 2. 淬火产物包括结晶相石英、黄玉和云母及玻璃(溶体)相和微量流体相.

对液相线之上熔体(P_6^8)进行的电子探针测定表明, 与原试样钠长花岗岩相比, 除 F 含量大大增加, SiO_2 和 Al_2O_3 基本不变外, 其他氧化物含量均有所减小(表 1), 这可能与这些组分在流体和熔体之间产生重新分配及电子探针测定含量小的组分时产生误差有关. 熔体相组成总量不足 100% 是玻璃中含 H_2O 和 Li_2O 以及 Na, K 在电子束轰击下产生扩散所至. 3 个测点的 F 含量平均值为 6.238%, 质量平衡法计算得液相线之上 F 在流体和熔体之间的分配系数为 0.81, 显示绝大部分 F 进入了熔体相, 形成了富 F 熔体.

表 2 100 MPa, 6% F 含量条件下钠长花岗岩 -H_2O-HF 体系熔化 - 结晶实验结果

实验号	温度/℃	时间/h	淬 火 产 物	结晶相含量
P_6^8	800	126	玻璃 + 微量流体	
P_6^9	780	128	石英 + 玻璃 + 微量流体	<1%
P_6^2	750	117	石英 + 玻璃 + 微量流体	1%
P_6^{10}	700	128	石 英 + 玻璃 + 微量流体	5%
P_6^7	675	280	石英 + 黄玉 + 玻璃 + 微量流体	60%
P_6^4	650	240	石英 + 黄玉 + 玻璃 + 微量流体	70%
P_6^3	580	240	石英 + 黄玉 + 云母 + 玻璃 + 微量流体	70%
P_6^5	500	284	石英 + 黄玉 + 云母 + 玻璃 + 微量流体	80%

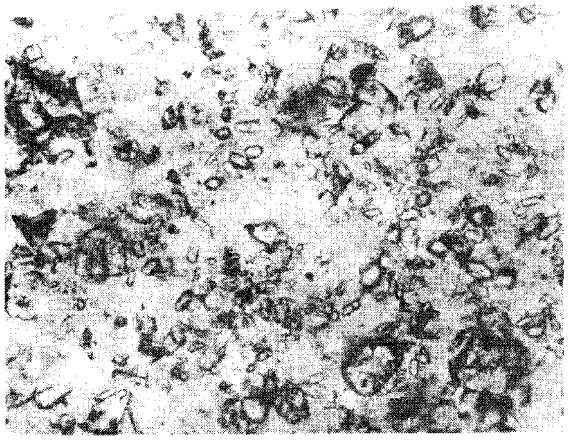

图 1 黄玉呈细柱状和针柱状散布于熔体相中
它形和浑圆状矿物为石英, 单偏光. ×160, 实验号 P_6^5

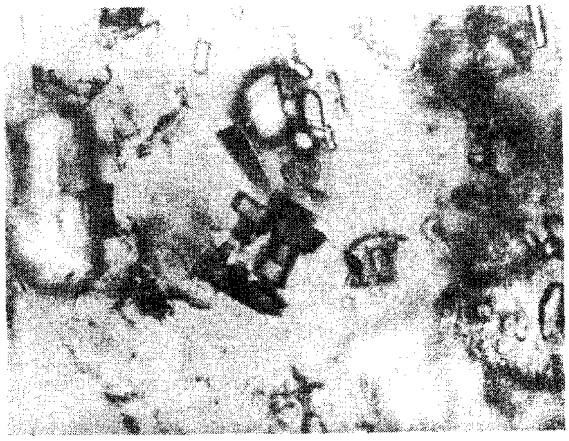

图 2 黄玉 + 石英 + 云母组合
黄玉呈细柱状, 石英为它形, 云母聚生在一起(照片中心), 单偏光. ×160, 实验号 P_6^3

结晶相中, 石英结晶最早, 结晶温度高达 780℃, 粒径为 0.005 ~ 0.1 mm, 呈它形或半自形均匀分布于熔体相中. 黄玉结晶温度高至 675℃, 呈细柱状、针柱状(图 1)散布于熔体相中. 随温度降低, 黄玉在结晶相中的比例增加, 探针成分分析见表 1, 化学式为 $Al_{2.03}Si_{0.98}F_{1.91}(OH)_{0.09}$,

接近于 F 端员黄玉. 云母结晶温度小于 600℃, 含量少, 但常聚生在一起(图 2). 电子探针分析其组成富 Fe, Al 和 F(表 1), 以 24 个 O 为阴离子计算的化学式中, 八面体配位阳离子数 Al+Fe+Mn+Mg<8 推测其组成中含 Li, 因此为铁锂云母或黑鳞云母.

3　讨论

原苏联学者在花岗岩 -H_2O-HF 体系中获得了石英 + 黄玉组合[3,4], 但由于他们的实验初始物采用试样粉末: HF 熔液 =1:5(重量比), 过大的流体相存在, 使得绝大部分结晶相由溶液反应和热液沉淀形成, 显然这种实验无法说明黄玉能在熔体条件下形成. 本研究采用更接近天然体系的固液比进行实验, 所获得的结晶相黄玉、石英和云母均从熔体中晶出, 充分说明了黄玉及黄玉云英岩岩浆成因的可能性. 在 500℃时, 恒温结晶时间长达 284 h, 也没有使熔体结晶完毕, 显示 6%F 含量条件下钠长花岗岩的固相线温度低于 500℃, 这比100 MPa条件下钠长花岗岩的初熔温度 576℃[5] 低得多, 表明富 F 残余熔体具有很低的固相线温度, 使通常认为是典型的气成热液矿物黄玉得以在固相线温度之上形成.

本实验以低 Fe, Mg 和 Ca 的钠长花岗岩作为初始物, 并未观察到花岗岩中的主要矿物长石的结晶作用, 这与 F 对花岗岩熔体结构的干扰和破坏作用有关. 花岗质熔体是一种高聚合度的硅酸盐熔体, F 溶解在其中与 Al, Na 和 K 等结合, 破坏了 AlO_2^- 四面体, 导致花岗岩体系中石英稳定域增大, 长石稳定域缩小[6], 在高 F 含量条件下, AlO_2^- 四面体可能完全被破坏, 长石的生长被抑制, 黄玉取而代之从这种富 F 熔体中晶出.

本文实验仅论证了黄玉云英岩岩浆成因的可能性, 缺乏对黄玉云英质熔体形成机制的研究. 天然黄玉云英岩化学组成以富 F 和 Al_2O_3, 贫 Na 和 K 为特征, 这种化学组成已偏离花岗岩组成. 黄玉云英质熔体的形成可能经历了含 F 钠长花岗岩的极端结晶分异作用和水 - 熔体作用. 长英质矿物的大量晶出, 导致了残余熔体 F 的极端富集和 Na,K 的初步贫化, 同时由于 Na,K 分配进入流体相, 导致了熔体中 Na 和 K 的进一步贫化及 Al_2O_3 的相对富集. 关于黄玉云英岩和黄玉云英质熔体的形成机制仍需进行进一步实验研究.

致谢　电子探针分析得到赖鸣远老师的帮助, 谨此致谢.

参　考　文　献

1　黄蕴慧, 杜绍华, 周秀仲. 香花岭岩石矿床与矿物. 北京: 北京科学技术出版社, 1988
2　沈敢富. 湘南香花铺云英伟晶岩研探. 地质论评, 1994, (4): 296 ~ 305
3　Glyuk D S, Anfilogov V N. Phase relations in the system granite-H_2O-HF at a pressure of 1000 kg/cm. Geochem Int, 1973, 9: 321 ~ 325
4　Kovalenko V I. The reactions between granite and aqueous hydrofluoric acid in relation to the origin of fluorine-bearing granites. Geochem Int, 1978, 14: 108 ~ 118
5　王联魁, 赵　斌. 南岭花岗岩熔化实验的初步研究. 中国科学, 1979, (2): 185 ~ 194
6　Manning D A C. The effect of fluorine on liquidus phase relationships in the system Qz-Ab-Or with excess water at 1kb. Contrib Mineral Petrol, 1981, 76: 206 ~ 215