

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

江西相山潜火山岩中淬冷包体的发现 及其成因机制探讨

范洪海^{1,2)} 王德滋¹⁾ 刘昌实¹⁾ 赵连泽¹⁾ 沈渭洲¹⁾ 凌洪飞¹⁾ 段 芸¹⁾

1) 南京大学地球科学系, 南京大学成矿作用国家重点实验室, 210093

2) 核工业 270 研究所, 江西南昌, 330200

内容提要 在江西相山大型塌陷式火山盆地北部的潜火山岩岩墙中, 笔者发现了闪长质的岩石包体, 这种包体具典型的反向脉及淬冷边, 且淬冷边内含有大量针状磷灰石。在包体内部或包体与寄主岩的边界均见有钾长石及斜长石捕虏晶, 这种捕虏晶是包体岩浆从寄主岩岩浆中捕获的, 常被熔蚀成筛状或浑圆状。包体与寄主岩(次斑状花岗闪长岩)的稀土元素曲线和不相容元素蛛网图的形态非常相似。因此, 相山潜火山岩岩墙中的闪长质岩石包体是不同成分、不同温度的岩浆经对流及不均一岩浆混合作用而形成, 在成因类型上属淬冷包体。

关键词 成因机制 淬冷包体 潜火山岩 江西相山

浙闽沿海晚中生代火成岩中存在大量的中基性淬冷包体及复合岩流。前人先后对浙东大衢山花岗岩中的淬冷包体、浙江新昌等盆地的复合岩流、镇江石马杂岩体中的岩石包体以及福建沿海地区的辉长岩包体进行了深入细致的研究(周新民等, 1992; 徐夕生等, 1993; 王德滋等, 1994; 周金城等, 1994; Xu et al., 1999), 认为这些包体或复合岩流是岩浆混合作用的产物, 并充分论证了它们的成因机制。笔者最近在江西相山潜火山岩岩墙中发现了闪长质淬冷包体, 这在武夷山以西还是首次发现, 因此, 具有重要的地质意义。通过对其成因机制的探讨, 将有助于深化这一地区在晚中生代火成岩岩石成因及成岩热动力学等方面的认识。

1 地质概况

江西相山大型塌陷式火山盆地地处扬子板块与华南加里东褶皱带接合部位, 同时又位于 NE 向赣杭构造火山岩带与近 SN 向大王山—于山花岗岩带交汇部位。其基底岩石主要为元古宙(Pt)低绿片岩相—低角闪岩相变质岩系, 其中见有正变质岩(斜长角闪片岩及石英角闪片岩)呈脉状穿插。盖层主要为上侏罗统打鼓顶组、鹅湖岭组的中酸性、酸性火山熔岩。其火山活动具有两个明显的旋回。第一旋回呈

裂隙式喷发, 形成中酸性流纹英安岩; 第二旋回呈中心式喷发, 形成酸性火山熔岩—碎斑熔岩。在大规模火山活动期后, 产生环状的火山塌陷构造, 潜火山岩沿环状断裂、推覆构造面及各种层间离张断裂面侵位, 形成环状潜火山岩岩墙(范洪海, 1996), 就是在这种潜火山岩岩墙中含有闪长质的淬冷包体。

潜火山岩岩墙的岩性为花岗闪长岩, 斑状结构, 斑晶含量约 60%。其中, 斜长石 25%, 钾长石 20%, 石英 10%, 暗色铁镁质矿物为 5%。斜长石常呈聚斑状, 有的具环带构造。钾长石斑晶粒度较大, 大者达 2~3 cm, 常含斜长石及黑云母等矿物包裹体。SiO₂ 66.86%~69.10%, K₂O>Na₂O, A/CNK 值大多数<1(在 0.90~0.96)。闪长质淬冷包体的岩性为石英二长闪长岩, 斑晶含量约为 40%, 主要有斜长石(20%)、石英(10%)、钾长石(5%)及暗色矿物(5%)。包体内常含有来自寄主岩(次斑状花岗闪长岩)的斜长石及钾长石的捕虏晶, 粒度较大(1~3 cm)。SiO₂ 含量为 53.76%~56.48%, K₂O>Na₂O, A/CNK 值<1(大都在 0.59~0.63 之间)。

2 淬冷包体的岩石地球化学特征

笔者通过大量野外地质调查, 并结合岩石地球化学及电子探针分析资料, 认为相山潜火山岩岩墙

注: 本文为“973”项目(编号 G1999043211)、国家自然科学基金资助项目(编号 49632080, 40073009)研究成果之一。

收稿日期: 2000-06-21; 改回日期: 2000-11-10; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 范洪海, 男, 1963 年生。1984 年毕业于南京大学地质系。现为南京大学地球科学系博士研究生, 研究方向为岩石学及同位素地球化学。通讯地址: 210093, 南京大学地球科学系 98 级博士; 电话: 025-3594021。

的闪长质岩石包体属淬冷包体,其主要特征如下:

(1) 淬冷包体大小不一,形态各异,小的只有数厘米,而大的却有数十厘米。但不论大小,其与寄主岩的边界均呈皱褶状。直径较大者常具有典型的淬冷边及反向脉(图版 I-1,2)。由此说明,这种包体既不是捕虏体,也不是残留体,而是在塑性状态下与寄主岩岩浆近时结晶的产物。由于富铁镁质的包体岩浆比富长英质的寄主岩岩浆液相线温度高、过冷度大,因此,当它注入寄主岩岩浆中时,就会在包体岩浆的外围发生淬冷作用,从而形成淬冷边。但这时的包体岩浆与寄主岩岩浆还未完全固化,由于两者的相互挤压、揉动,同时因结晶收缩或局部错动,造成已冷凝的淬冷边破裂,从而寄主岩岩浆穿插到包

体岩浆中形成反向脉。有的包体岩浆也呈楔状穿插到寄主岩岩浆中(图版 I-1)。

(2) 将包体、淬冷边及寄主岩的化学全分析结果(表 1)投影到 Middlemost(1994)提出的侵入岩全碱-SiO₂ 分类图(图 1)上,寄主岩的投影点落在花岗闪长岩范围内,淬冷边的投影点落在辉长闪长岩范围内,而包体的投影点大都落在二长闪长岩区。说明包体岩浆进入寄主岩岩浆以后发生了一定程度的混合作用。淬冷边的投影点之所以落在辉长闪长岩区,主要是温度梯度制约下的 Soret 效应(Walker et al., 1982)所致。这种热扩散作用致使铁等离子向较低温方向迁移,而钾、钠等离子向较高温方向迁移。因此,淬冷边较包体内部富铁而贫钾、钠(表 1)。

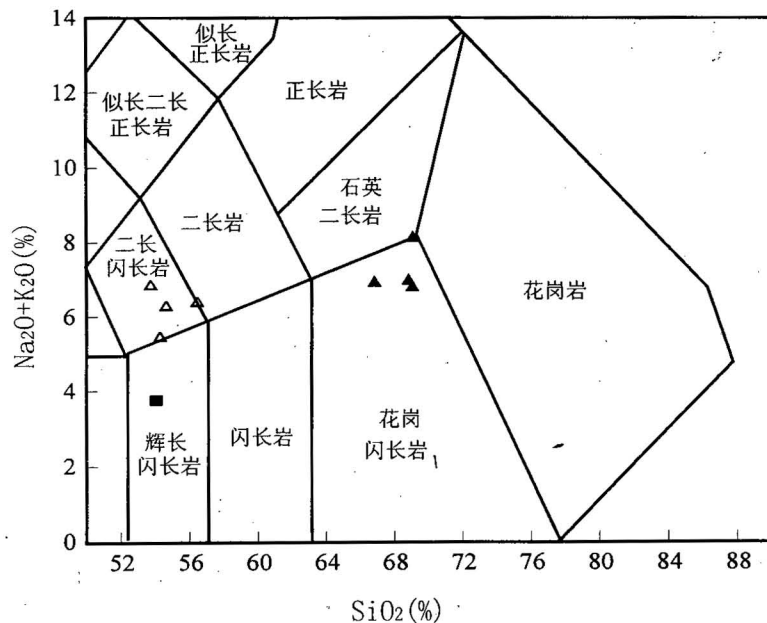


图 1 相山潜火山岩及淬冷包体全碱-SiO₂ 分类图

Fig. 1 Total alkali-SiO₂ diagram of the subvolcanic rock and the quenched enclave in Xiangshan

▲—一次斑状花岗闪长岩;△—淬冷包体;■—淬冷边

▲—Subvolcanic porphyritic granodiorite;△—quenched enclave;■—quenched margin

表 1 相山潜火山岩及淬冷包体化学全分析结果(%)

Table 1 Chemical compositions (%) of the subvolcanic rock and the quenched enclave in Xiangshan

样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	备注
SB-1	68.83	0.32	13.53	1.29	1.66	0.06	0.70	3.22	2.65	4.37	0.12	2.56	寄主岩
SB-2	69.07	0.34	13.30	1.27	2.45	0.08	0.84	2.81	2.68	4.16	0.13	2.44	寄主岩
SB-3	54.14	0.65	12.00	4.38	8.71	0.25	5.80	5.77	2.09	1.77	0.19	3.59	淬冷边
SB-4	53.76	0.47	11.69	2.27	5.48	0.17	9.73	6.32	1.29	5.58	0.20	2.34	淬冷包体
SB-5	54.30	0.50	11.75	2.06	5.21	0.17	10.15	6.68	1.82	3.66	0.21	2.93	淬冷包体
99-5	54.66	0.48	12.09	2.21	4.96	0.17	9.62	6.25	1.66	4.65	0.19	2.38	淬冷包体
X9-2	56.48	1.09	15.64	2.06	5.77	0.06	2.16	4.92	2.54	3.88	0.46	4.24	淬冷包体
X9-1	69.10	0.35	14.19	0.39	2.48	0.02	0.68	2.40	2.78	5.38	0.20	1.48	寄主岩
99-6	66.86	0.38	14.82	0.87	2.14	0.16	0.70	2.87	1.59	5.36	0.14	3.95	寄主岩

注:样品由南京大学地球科学系中心实验室测试。

表 2 寄主岩及淬冷包体中长石斑晶(捕虏晶)的化学成分(%)

Table 2 Chemical compositions (%) of feldspar phenocryst (xenocryst) in the host rock and the quenched enclave

岩石类型	测定对象	测点位置	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO	An	Ab	Or
寄主岩	斜长石斑晶	核部	6.40	26.85	57.49	0.80	8.31	0.23	39.88	55.57	4.54
		边部	6.71	26.12	57.23	0.55	8.27	0.11	39.28	57.63	3.09
	斜长石斑晶	整体	1.60	19.09	65.02	14.38	0.17	—	0.84	14.34	84.82
		整体	1.64	19.17	65.28	14.22	0.06	—	0.30	14.83	84.87
	斜长石捕虏晶	整体	4.66	27.40	56.31	0.60	9.83	0.20	51.81	44.40	3.79
		整体	5.42	27.89	57.25	0.64	9.44	0.11	47.18	49.01	3.80
淬冷包体	斜长石斑晶	核部	4.43	31.22	50.41	0.30	13.70	0.36	62.05	36.33	1.62
		边部	7.17	27.31	56.85	0.65	8.23	0.27	37.44	59.02	3.54
		核部	4.32	30.46	52.30	0.32	12.72	0.19	60.79	37.40	1.81
		边部	7.32	27.02	56.74	0.60	8.11	0.24	36.74	60.04	3.22
	斜长石捕虏晶	核部	6.84	26.74	57.16	0.89	8.42	0.17	38.54	56.61	4.85
		边部	6.84	27.70	56.84	0.76	8.09	0.13	37.83	57.91	4.25
		核部	6.95	26.46	56.47	0.66	9.09	0.18	40.51	56.00	3.49
		边部	6.72	27.37	56.22	0.59	8.41	0.22	39.52	57.15	3.33
	钾长石捕虏晶	1	0.63	19.89	65.29	14.88	0.14	0.02	0.72	6.04	93.24
		2	3.54	19.79	64.82	12.54	0.27	0.11	1.24	29.66	69.10
		3	3.11	20.12	65.19	12.15	0.20	0.06	0.99	27.69	71.32
		4	3.65	19.98	62.66	12.65	0.21	0.01	0.98	30.21	68.82
		5	3.62	19.15	64.26	12.46	0.21	0.05	0.96	30.31	68.73
		6	3.57	19.22	62.85	12.65	0.20	0.09	0.93	29.76	69.31
		7	3.98	18.92	63.72	11.29	0.18	0.07	0.88	34.57	64.55
		8	3.80	19.89	64.25	12.49	0.22	0.06	1.02	31.28	67.71
		9	3.57	20.02	62.48	12.66	0.18	0.06	0.83	29.74	69.43

注:1~9号测点的具体位置见图2;样品由南京大学成矿作用国家重点实验室电子探针室测试。

(3) 在淬冷包体的内部与边缘都见有许多寄主岩的捕虏晶(钾长石、斜长石等),有的还跨越包体与寄主岩的边界(图版 I-3)。说明包体岩浆挤入寄主岩岩浆之前,寄主岩岩浆中已有一部分钾长石及斜长石斑晶晶出。在包体岩浆侵位的过程中,造成部分钾长石及斜长石斑晶被捕虏,从而成为捕虏晶。由于包体岩浆与寄主岩岩浆是近时结晶的,因此,在包体岩浆捕获寄主岩斑晶的同时,包体岩浆结晶出来的一部分斜长石或钾长石斑晶也常被寄主岩岩浆所捕获。下列证据可证明这一事实:① 包体中的钾长石或斜长石捕虏晶常被熔蚀成筛状,而筛孔被包体岩浆结晶的暗色矿物(黑云母、角闪石等)及基质所充填,有的钾长石捕虏晶常被熔蚀成浑圆状(图版-4, 5);② 根据电子探针分析结果,寄主岩中斜长石捕虏晶的化学成分与包体中的斑晶一致,而包体中的斜长石捕虏晶的化学成分与寄主岩中的斑晶也近乎相同(表 2)。至于大多数斜长石斑晶或捕虏晶核部的 An(%)明显大于边部,这主要是由于斜长石斑晶结晶过程中不平衡结晶作用所致。

(4) 选择包体中一跨越包体与淬冷边界线钾长石捕虏晶做系统的电子探针剖面分析(表 2 中 1~9 号测点),结果发现:同一颗粒钾长石斑晶,在淬冷边中与在包体中部分其化学成分却有明显的差异。Or

(%)下降,Ab(%)上升,而 An(%)则变化不大,近乎为一条直线(图 2)。从表 2 中还可以看出:寄主岩中钾长石斑晶的 Ab 值明显低于包体中钾长石捕虏晶的 Ab 值,而其 Or 值却高于后者。这均证明包体内部的温度高于淬冷边及寄主岩,因而,包体中钾长石捕虏晶经热改造而存在了更多的 Ab 固溶体。

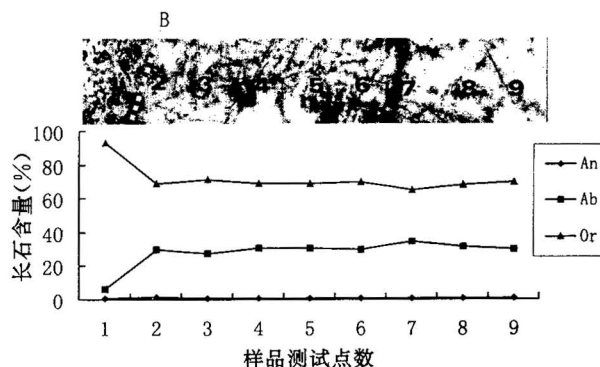


图 2 包体中钾长石捕虏晶矿物成分变化曲线

Fig. 2 Variation curve showing the mineral compositions of K-feldspar xenocryst in the enclave

图中 1 号点在淬冷边中;2~9 号点在包体中;

B 为淬冷边与包体之间的界线

Point 1 in the quenched margin; point 2~9 in the enclave;

B—boundary between the enclave and the quenched margin

(5) 镜下观察,淬冷边具有 3 个显著特点:① 矿物颗粒的粒度较包体内部更细;② 暗色矿物(黑云母、角闪石等)尤为富集(图版 I-6),在包体与寄主岩之间形成一条暗色矿物富集带;③ 含有大量针状

磷灰石。上述特征都是淬冷结晶作用的重要标志(Wyllie et al., 1962),尤其是针状磷灰石的出现。

(6) 系统采集剖面的地球化学样品并做 ICP-MS 分析(表 3、表 4)。从图 3、图 4 可知,除淬冷边的

表 3 相山潜火山岩及淬冷包体稀土元素分析结果($\times 10^{-6}$)

Table 3 REE compositions ($\times 10^{-6}$) of the subvolcanic rock and the quenched enclave in Xiangshan

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Taylor	0.315	0.813	0.116	0.597	0.192	0.0722	0.259	0.049	0.325	0.073	0.213	0.03	0.208	0.032
SB-1	65.023	143.2	14.318	47.419	8.413	1.274	6.7977	0.879	4.773	0.922	2.484	0.362	2.199	0.345
SB-2	73.279	170.7	16.349	53.704	8.989	1.263	7.407	0.953	5.304	1.049	2.808	0.411	2.5	0.374
X9-1	114.47	189.2	23.24	78.92	12.12	1.48	10	1.42	5.93	1.27	3.19	0.46	2.74	0.45
SB-3	44.608	120.3	17.551	74.68	19.24	1.641	16.735	2.543	15.13	2.836	7.015	0.991	5.794	0.846
SB-4	20.26	49.03	6.416	24.718	5.773	1.306	5.2443	0.843	5.141	1.071	2.972	0.458	2.955	0.463
SB-5	24.783	53.18	6.241	23.167	4.981	1.03	4.617	0.674	4.084	0.828	2.35	0.36	2.307	0.362
X9-2	34.94	80.81	10.22	40.55	7.54	1.74	6.79	1.05	4.72	1.01	2.42	0.36	1.99	0.33

注:表中样品的编号及岩性同表 1;样品由中国科学院广州地球化学研究所 ICP-MS 室测试。

表 4 相山潜火山岩及淬冷包体不相容元素分析结果($\times 10^{-6}$)

Table 4 Incompatible element compositions ($\times 10^{-6}$) of the subvolcanic rock and the quenched enclave in Xiangshan

样号	Sr	Rb	Ba	Th	Ta	Nb	Ce	P	Zr	Hf	Sm	Ti	Y	Yb
MORB	120	2	20	0.2	0.18	3.5	10	520	90	2.4	3.3	8992	30	3.4
SB-1	205	161.03	409.3	18.41	1.151	18.878	143.229	2169.638	244.163	6.9014	8.413	2186	25.046	2.199
SB-2	185.42	146.31	378.1	18.33	1.204	19.206	170.724	2155.963	267.995	7.3315	8.989	2424.2	29.135	2.5
X9-1	199.89	308.37	434.4	30.51	1.33	20.58	189.15	2157.801	217.84	6.04	12.12	3399.37	34.13	2.74
SB-3	189.03	71.834	216.1	6.464	1.103	20.004	120.316	2727.142	144.286	4.378	19.24	4190.4	75.422	5.794
SB-4	221.62	188.88	455.4	9.089	1.207	11.993	49.033	2732.534	107.677	3.3671	5.773	3141.9	30.024	2.955
SB-5	249.71	151.52	263.5	8.436	0.916	9.624	53.183	2766.93	110.16	3.3209	4.981	3370.3	24.019	2.307
X9-2	272.89	152.98	587.8	5.67	1.01	19.97	80.81	2742.503	279.51	6.16	7.54	6040.69	27.26	1.99

注:表中样品编号及岩性同表 3。

重稀土含量及铈亏损程度偏高以外,其他样品的稀土及不相容元素分布曲线趋于一致。说明闪长质淬冷包体与寄主岩之间在热扩散的同时稀土及不相容元素发生了明显均一化(Ryerson et al., 1978)。至于淬冷边的重稀土含量及铈亏损程度之所以偏高,主要是由于淬冷边中富含暗色矿物及磷灰石等副矿物

所致。根据孙鼎等(1983)所做的磷灰石及黑云母的稀土配分曲线,磷灰石及黑云母不仅富重稀土,而且,铈亏损程度也较高。

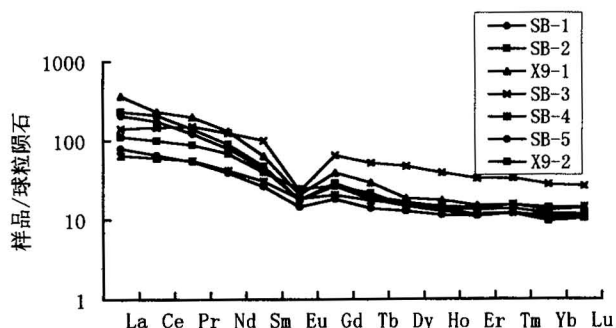


图 3 相山潜火山岩及淬冷包体稀土元素分布模式图

Fig. 3 REE distribution patterns of the subvolcanic rock and the quenched enclave in Xiangshan

样品编号同表 1

Sample numbers same as the Table 1

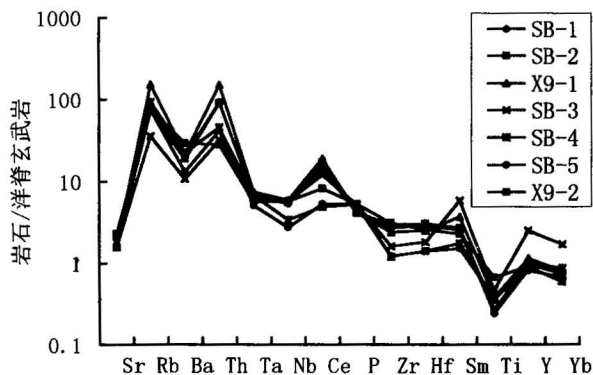


图 4 相山潜火山岩及淬冷包体不相容元素分布模式图

Fig. 4 Incompatible element distribution patterns of the subvolcanic rock and the quenched enclave in Xiangshan

样品编号同表 1

Sample numbers same as the Table 1

3 成因机制探讨

大量的岩石学、同位素地质学证据及地球物理资料表明,浙闽沿海存在着大规模的玄武岩浆的底侵垫托作用(周新民,1998)。而地处武夷山以西的相山火山—侵入杂岩体的深部是否存在玄武岩浆的底侵垫托作用,以及在这种壳源型火山岩大面积分布区是否存在壳幔岩浆的混合作用却一直悬而未决的问题。近年的研究发现:①相山火山—侵入杂岩是燕山期壳源型火山—侵入杂岩,而自此向西,这类火山岩却再也没有出现。因此,有的学者提出了火山岩线的概念,大致以江西的赣江断裂为界(周新民等,2000)。而由此向东的晚中生代火成岩,愈向大洋年龄愈轻,且呈带状迁移(王联魁等,1995)。②相山两火山旋回的就位机制受因太平洋板块向欧亚板块俯冲而产生的NE向断裂构造走滑体系所制约(邱爱金,1999)。③相山火山—侵入杂岩中见石英二长斑岩脉及煌斑岩脉穿插,且在潜火山岩岩墙中含有闪长质淬冷包体。这些均证明相山地区受到了太平洋板块俯冲作用的波及。但由于该地区距离板块俯冲带较远,加之其地壳厚度大,因此,这一地区中基性岩浆活动的规模与频率都比东南沿海地区小,只是在大规模火山活动的后期,因强烈的构造拉伸作用,致使少量中基性岩浆上侵。一部分以脉状穿插于相山火山—侵入杂岩中,而另一部分则以岩浆对流的方式与花岗闪长质岩浆混合形成淬冷包体。

因此,相山潜火山岩岩墙中闪长质淬冷包体的成因机制应为:晚中生代时,当消减的古太平洋岩石圈向西俯冲并拖曳至110~200 km深处时,角闪石及金云母等含水矿物发生脱水作用,致使地幔楔橄榄岩产生湿的部分熔融,从而形成玄武岩浆,并以底侵的形式反复侵入并滞留于壳幔边界,进而造成下地壳物质部分熔融^①,形成巨量长英质岩浆。由于这两种岩浆成分及温度的差异,发生岩浆的对流作用(Turner et al., 1986),铁镁质岩浆团块被带上来,长英质岩浆被拖曳下去,并发生不均一岩浆混合,致使铁镁质岩浆团块的表面发生淬冷作用。大规模火山喷溢后期,强烈的火山塌陷作用,为长英质岩浆的侵位提供了空间,铁镁质岩浆团块也与长英质岩浆一起上侵,并发生一系列塑性形变,最终固结冷凝形成闪长质淬冷包体。

综上所述,相山潜火山岩中首次发现的闪长质淬冷包体具有重要的地质意义,表明相山破火山机

构的深部存在玄武岩浆的底侵垫托作用,它提供了中下地壳部分熔融所需的热源,从而解决了以往研究中的一个悬而未决的地质问题。

承蒙周金城教授、徐夕生教授审阅全文并提出宝贵的修改意见;在研究过程中还得到了王汝成教授、陈小明副教授、黄小龙博士的极大帮助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 范洪海. 1996. 邹家山铀矿床成矿地质条件及找矿方向. 华东铀矿地质, (3~4): 1~8.
- 邱爱金. 1999. 江西相山构造岩浆演化与富大铀矿形成. 地质论评, 45(增刊): 761~762.
- 孙翔, 周金城, 刘昌石. 1983. 浙江桐庐火山侵入杂岩的地球化学特征. 地球化学, (4): 329~337.
- 王德滋, 周金城, 邱检生等. 1994. 东南沿海早白垩世火山活动中的岩浆混合及壳幔作用证据. 南京大学学报, 6(4): 317~325.
- 王联魁, 张绍立, 徐立新, 梁跃龙, 邓高强, 沙连望. 1995. 太平洋东西两岸花岗岩的相似性. 地质学报, 69(1): 42~55.
- 巫建华, 周维勋, 章邦桐. 2000. 赣南—粤北晚中生代火山岩划分和世代讨论. 地质论评, 46(4): 362~370.
- 徐夕生, 周金城. 1993. 镇江石马杂岩体中岩石包体的成因研究. 大地构造与成矿学, 17(1): 53~61.
- 周金城, 张海进, 俞云文. 1994. 浙江新昌早白垩世复合岩流中的岩浆混合作用. 岩石学报, 10(3): 236~247.
- 周新民, 姚玉鹏, 徐夕生. 1992. 浙东大衢山花岗岩中淬冷包体及其成因机制. 岩石学报, 8(3): 234~241.
- 周新民. 1998. 岩浆混合作用与底侵作用. 见: 欧阳自远主编. 世纪之交——矿物学岩石学地球化学的回顾与展望. 北京: 原子能出版社.
- 周新民, 李武显. 2000. 中国东南部晚中生代火成岩成因: 岩石圈消减和玄武岩底侵相结合的模型. 自然科学进展, 10(3): 240~247.

References

- Fan Honghai. 1996. Metallogenic geologic conditions and prospecting directions of Zoujiashan uranium deposit. Uranium Geology of East China, (3~4): 1~8.
- Middlemost E A K. 1994. Naming materials in the magma/igneous rock system. Earth Sci. Rev., 37: 215~224.
- Qiu Aijin. 1999. Tectono-magmatic evolution and the formation of rich and large uranium deposits in Xiangshan of Jiangxi. Geological Review, 45(Sup.): 761~762.
- Ryerson F J, Hess P C. 1978. Implications of liquid-liquid distribution coefficients to mineral-liquid partitioning. Geochim. Cosmochim. Acta, 42: 921~932.
- Sun Nai, Zhou Jincheng, Liu Changshi. 1983. Geochemical characteristics of the volcano-intrusive complex in Tonglu, Zhejiang province. Geochimica, (4): 329~337.
- Turner J S, Campbell I H. 1986. Convection and mixing in magmachambers. Earth Sci. Rev., 23: 255~352.
- Walker D, Delong S E. 1982. Soret separation of midocean ridge basalt magma. Contr. Mineral. Petrol., 79: 231~240.

① 李武显. 1999. 浙闽沿海地区晚中生代火成岩成因及构造制约. 南京大学博士学位论文.

- Wang Dezi, Zhou Jincheng, Qiu Jiansheng, et al. 1994. The magma mixing in early Cretaceous volcanic activities and evidence for crust-mantle interaction in southeastern coast of China. *Journal of Nanjing University*, 6(4): 317~325.
- Wang Liankui, Zhang Shaoli, Xu Wenxin, Liang Yuelong, Deng Gaoqing, Sha Liankun. 1995. Similarities between granites on the east and west coasts of the Pacific Ocean. *Acta Geologica Sinica*, 69(1): 42~55.
- Wu Jianhua, Zhou Weixun, Zhang Bangtong. 2000. Stratigraphic division and geologic Era of Mesozoic Era volcanic rock series in South Jiangxi—North Guangdong. *Geological Review*, 46(4): 362~370.
- Wyllie P J, Cox K G, Biggar G M. 1962. The habit of apatite in synthetic systems and igneous rock. *Jour. Petrol.*, 3: 238~243.
- Xisheng Xu, Chuanwan Dong, Wuxian Li, et al. 1999. Late Mesozoic intrusive complexes in the coastal area of Fujian, SE China: the significance of the gabbro-diorite-granite association. *Lithos.*, 46: 299~315.
- Xu Xisheng, Zhou Jincheng. 1993. The genetic research on enclaves within Shima complex, Zhenjiang. *Geotectonica et Metallogenia*, 17(1): 53~61.
- Zhou Xinmin, Yao Yupeng, Xu Xisheng. 1992. Quenched enclaves in Dajushan granitoid and their genesis, east Zhejiang, China. *Acta Petrologica Sinica*, 8(3): 234~241.
- Zhou Jincheng, Zhang Haijin, Yu Yunwen. 1994. Magma mixing in early Cretaceous composite lava flows in Xinchang, Zhejiang. *Acta Petrologica Sinica*, 10(3): 236~247.
- Zhou Xinmin. 1998. Magma mixing and underplating. In: Ouyang Ziyuan, ed. *Reviews and Prospects for Mineralogy, Petrology and Geochemistry at the Turn of the Century*. Beijing: Atom Energy Press.
- Zhou Xinmin, Li Wuxian. 2000. Origin of late Mesozoic igneous rocks of southeastern China: implications for lithosphere subduction and underplating of mafic magma. *Progress in Natural Science*, 326(3~4): 269~287.

Discovery of Quenched Enclaves in Subvolcanic Rocks in Xiangshan, Jiangxi Province and Its Genetic Mechanism

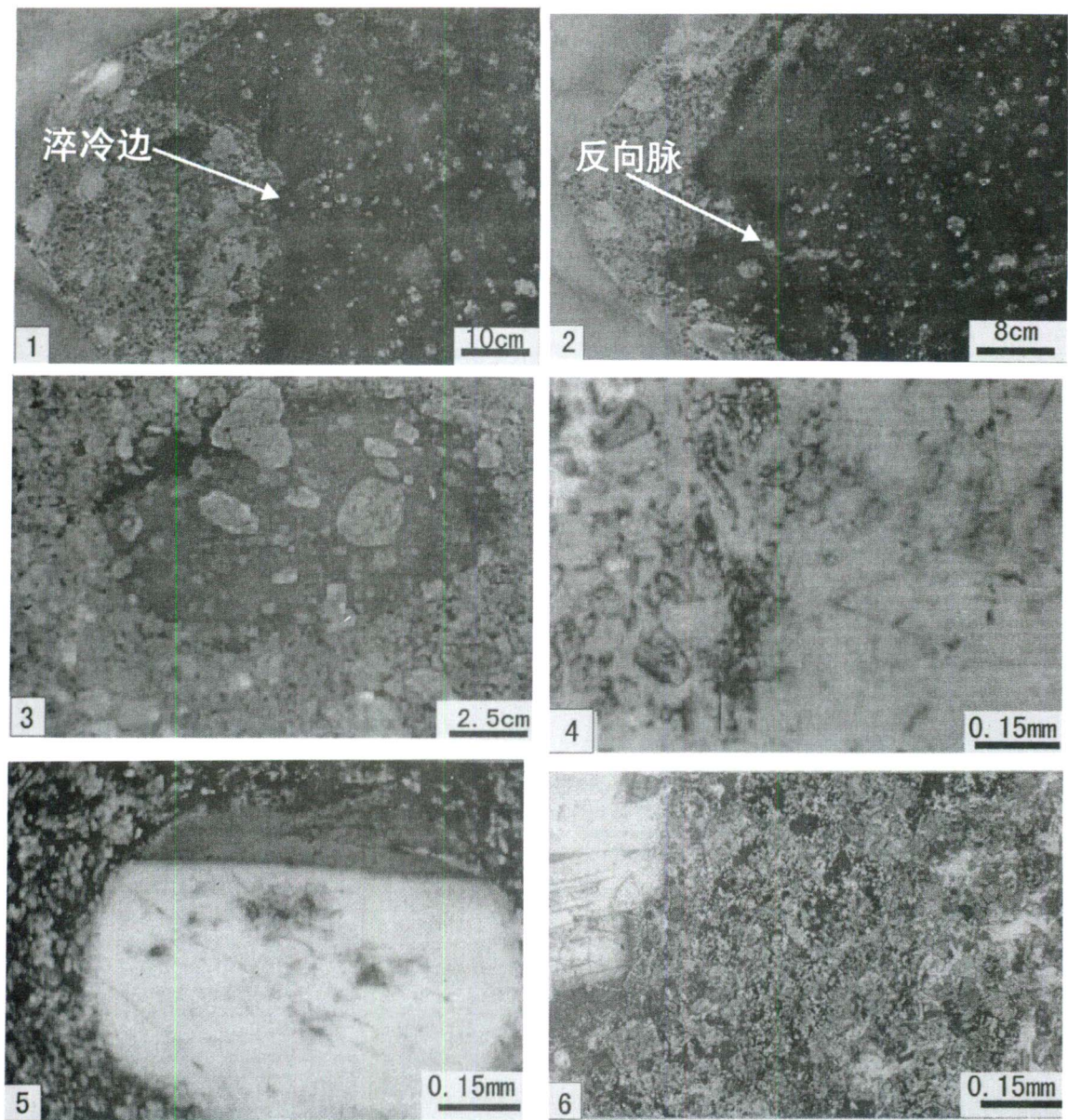
FAN Honghai^{1,2)}, WANG Dezi¹⁾, LIU Changshi¹⁾, ZHAO Lianze¹⁾, SHEN Weizhou¹⁾,
LING Hongfei¹⁾, DUAN Yun¹⁾

- 1) *Department of Earth Sciences and State Key Lab of Mineral Deposit Research, Nanjing University, Nanjing, 210093*
2) *No. 270 Research Institute, China National Nuclear Corporation, Nanchang, Jiangxi Province, 330200*

Abstract

Dioritic enclaves were discovered by the authors in the subvolcanic rock dike of the northern part of the large collapse volcanic basin in Xiangshan, Jiangxi Province. These enclaves have a typical back vein and a quenched margin, and contain a large number of acicular apatites. Potassium feldspar and plagioclase xenocrysts are seen within these enclaves and the boundary between the host rock and the enclaves. These xenocrysts are trapped from the host magma by the enclave magma and are frequently resorbed into a round and sieve shape. There are many similarities of the REE distribution patterns and incompatible element patterns between the enclave and the host rock (subvolcanic porphyritic granodiorite). Therefore, the quenched dioritic enclaves in subvolcanic granodiorite in Xiangshan were formed by the convection of the magma with different composition and temperature and by the heterogeneous mingling between them. These enclaves are genetically quenched enclaves.

Key words: genetic mechanism; quenched enclave; subvolcanic rock; Xiangshan, Jiangxi Province



1. 具暗色淬冷边的淬冷包体(标本)。

2. 具反向脉的淬冷包体(标本)。

3. 跨越淬冷包体与寄主岩边界的钾长石斑晶(标本)。

4. 淬冷包体中的钾长石捕虏晶被熔蚀成筛状(正交偏光)。

5. 淬冷包体中的钾长石捕虏晶被熔蚀成浑圆状(正交偏光)。

6. 淬冷边中细粒暗色铁镁质矿物的富集带(正交偏光)。