

西昆仑山普鲁新生代火山岩中包体的发现及其地质意义

张招崇, 肖序常, 王 军, 王 永

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要: 报道了在西昆仑于田县南普鲁火山岩首次发现的包体的产出特征与矿物组成特征, 提出其包体为岩浆在高位岩浆房中分离结晶作用形成的堆积相, 并估算了其原始岩浆的成分特征, 结果表明: 其原始岩浆和处于同一火山带的康西瓦火山岩相似, 暗示了它们来自于同一源区. 但在高位岩浆房中, 随着分离结晶作用的进行, 岩浆的温度和氧逸度逐渐降低.

关键词: 包体; 分离结晶; 火山岩; 西昆仑.

中图分类号: 摩588.1 文献标识码: 培

文章编号: 1000-2383(2002)04-0386-05

作者简介: 张招崇(1965-), 男, 研究员, 主要从事火成岩岩石学和金矿床方面的研究工作.

迄今为止, 在青藏高原新生代火山岩中发现的包体产地较少, 只有少数几处^[1,2]. 最近笔者在位于新疆于田县南的普鲁地区的更新世火山岩中发现了一种特殊类型的包体, 在此将研究结果作一报道.

1 包体的产出特征与组成

有关普鲁火山岩的地质-地球化学特征前人已有报道^[3~5], 在此不再重复. 包体发现于两层熔岩中的上层的中间相——致密块状橄榄粗安岩中, 但在该火山岩中是非常稀少的. 采集到的包体组成产出特征是: 包体呈椭球状, 与其寄主岩石界线清楚, 大小为 1.0 厘米×0.6 厘米. 主要矿物及含量大体为: 橄榄石(约 40%)、单斜辉石(约 35%)、斜长石(约 25%) 组成, 另含微量的含钛磁铁矿和钛铁矿组成(两者总量小于 1%). 3 种主要矿物基本上呈等粒结构, 一般为 0.1~0.2 毫米. 其中斜长石呈长板状, 通常发育钠长石双晶, 最长可达 1 毫米, 常包裹橄榄石, 表明斜长石明显比橄榄石和单斜辉石形成要晚. 铁钛氧化物呈他形状分布在 3 种主要矿物的间隙中, 颗粒

也明显比这 3 种主要矿物小, 一般只有 0.1~0.2 毫米.

含包体的橄榄粗安岩的斑晶矿物组合和包体的矿物组合相似, 主要由橄榄石、单斜辉石和斜长石组成, 其大小也基本上和包体中的矿物相同. 局部可见单斜辉石具有聚斑结构, 也见有斜长石包裹橄榄石现象. 基质中存在少量的钾长石. 在某些不含包体的层中, 基质中有时有少量的斜方辉石, 但一般占斑晶总量的 5% 以下.

2 包体的矿物化学特征

包体中的矿物电子探针分析结果见表 1, 为了比较, 在此将斑晶的电子探针分析结果列于表 2.

由表 1 和表 2 可知, 包体中的矿物成分基本上和斑晶相似: 橄榄石主要为贵橄榄石, 并有少量的透铁橄榄石(包体中的橄榄石: 特 169~77, 特 23~31; 斑晶橄榄石: 特 11~77, 特 3~58), 但可见两者呈连续演化关系; 单斜辉石均为富钙、贫铁, 但略有差别. 包体中的辉石为透辉石(特 15~48, 特 3~46, 特 1~11), 而斑晶为普通辉石(特 39~43, 特 2~49, 特 1~15), 但后者在辉石分类图上较靠近透辉石区域, 只是前者相对富钙而贫铁. 斜长石均为中长石, 并不同程度地含有少量的钙(包体中的斜长石: 特 40~47, 特 47~50, 特 6~8; 特 39~48, 特 44~56, 特 2~8). 铁钛氧化物均存在钛铁矿和

表 2 西昆仑普鲁火山岩中的斑晶矿物电子探针分析结果

矿物	特状								矽/%
	点号	13	14	15	16	22-1	18	19	
磷	38.41	37.88	33.90	38.07	36.62	49.82	51.19	50.69	
磷	0.03	0.02	0.16	0.03	0.06	1.35	1.11	1.23	
磷	0.00	0.05	0.03	0.00	0.03	4.05	3.72	3.29	
磷	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.08	0.00	
磷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.03	1.37	1.90	
磷	39.40	37.47	18.52	35.89	30.20	14.206	16.31	14.31	
磷	0.23	0.27	0.09	0.22	0.21	19.06	18.46	19.69	
磷	0.23	0.34	0.71	0.39	0.62	0.27	0.18	0.16	
磷	21.62	24.16	45.77	25.68	32.43	8.28	7.00	8.72	
磷	0.06	0.13	0.06	0.12	0.00	0.03	0.00	0.002	
磷	0.00	0.06	0.00	0.02	0.01	0.51	0.50	0.45	
磷	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	
磷	99.99	100.37	99.33	100.44	100.18	99.66	99.90	100.44	
磷	0.996 5	0.992 5	1.006 0	1.002 9	1.001 6	1.863 2	1.886 3	1.883 5	
磷	0.000 6	0.000 4	0.003 5	0.000 6	0.001 1	0.038 0	0.030 9	0.034 4	
磷	0.000 0	0.001 5	0.001 2	0.000 0	0.000 9	0.178 6	0.161 4	0.144 1	
磷	0.000 5	0.000 0	0.001 2	0.000 0	0.000 0	0.000 7	0.002 2	0.000 0	
磷 ⁺	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.057 2	0.037 9	0.053 0	
磷	1.523 5	1.463 2	0.818 9	1.409 2	1.230 7	0.791 3	0.895 7	0.792 4	
磷	0.006 3	0.007 5	0.002 7	0.006 1	0.006 2	0.763 9	0.728 7	0.783 8	
磷	0.005 1	0.007 5	0.018 0	0.008 7	0.014 5	0.008 7	0.005 5	0.005 2	
磷 ⁺	0.469 0	0.529 5	1.135 8	0.565 7	0.741 7	0.258 8	0.215 8	0.270 9	
磷	0.001 3	0.002 7	0.001 4	0.002 5	0.000 0	0.000 8	0.000 0	0.000 1	
磷	0.000 0	0.003 2	0.000 0	0.001 1	0.000 7	0.032 2	0.035 8	0.032 7	
磷	0.000 0	0.000 0	0.001 5	0.000 4	0.000 0	0.001 6	0.000 0	0.000 0	
11	76.51	73.43	41.57	71.26	62.14	41.91	39.48	42.31	
21	23.55	26.57	57.66	28.61	37.45	43.41	48.53	42.78	
31						14.68	11.99	14.91	
磷 ⁺						1 205	1 198	1 191	
磷 ⁺ (10 ⁸)						4.70	3.92	3.12	

矿物	磷		磷		磷		磷	
	点号	21	22-3	23	24	22-2	磷-4	磷
磷	56.61	55.09	57.11	54.08	64.84	0.07	0.05	0.09
磷	0.17	0.18	0.06	0.18	0.25	48.66	12.54	11.48
磷	27.09	27.38	26.69	28.77	19.73	0.09	2.09	1.69
磷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.40	0.62
磷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.77	40.95	43.02
磷	0.09	0.06	0.04	0.07	0.00	1.98	0.72	0.43
磷	9.19	9.96	8.92	11.00	1.41	0.12	0.06	0.09
磷	0.02	0.00	0.06	0.02	0.00	0.40	0.32	0.27
磷	0.49	0.79	0.53	0.51	0.32	39.90	41.04	40.42
磷	0.06	0.11	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00
磷	5.29	5.36	5.30	4.35	4.39	0.001	0.03	0.06
磷	1.33	0.51	1.30	0.82	9.33	0.02	0.05	0.02
磷	100.34	99.44	100.01	99.82	100.27	99.07	98.25	98.18
磷	2.547 2	2.505 8	2.573 0	2.452 9	2.932 0	0.003 4	0.013 8	0.026 2
磷	0.005 6	0.006 3	0.001 9	0.006 2	0.008 4	1.843 1	2.870 9	2.641 4
磷	1.436 6	1.467 8	1.417 0	1.537 9	1.051 4	0.005 6	0.750 8	0.608 4
磷	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.001 1	0.095 2	0.150 4
磷 ⁺	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.294 5	9.378 7	9.907 7
磷	0.006 2	0.003 9	0.003 0	0.004 7	0.000 0	0.148 6	0.326 0	0.198 1
磷	0.443 1	0.485 5	0.430 6	0.534 6	0.068 2	0.006 3	0.020 5	0.028 3
磷	0.000 8	0.000 0	0.002 5	0.000 9	0.000 0	0.017 2	0.081 9	0.070 7
磷 ⁺	0.018 4	0.029 9	0.020 0	0.019 4	0.012 2	1.680 8	10.446 3	10.347 2
磷	0.002 3	0.003 8	0.000 0	0.000 3	0.000 0	0.001 4	0.000 0	0.000 0
磷	0.461 2	0.472 4	0.462 6	0.382 9	0.385 2	0.000 1	0.018 9	0.033 0
磷	0.076 1	0.029 6	0.074 7	0.047 5	0.538 0	0.001 2	0.019 1	0.008 8
11	47.04	47.84	47.79	39.68	38.85			
21	7.77	2.99	7.72	4.92	54.27			
31	45.19	49.17	44.49	55.40	6.88			

符号意义同表 1, 22-1 点为被斜长石包裹的橄榄石; 22-2 为基质.

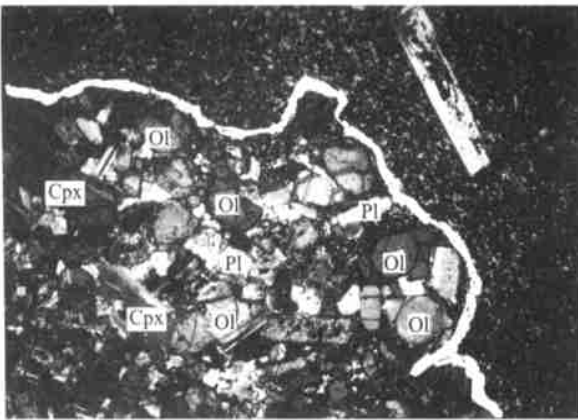


图 1 包体的显微照片 (+, 狹=44 狽)

照片说明矿物具有明显的结晶顺序: 橄梳石→单斜辉石→斜梳石; 狽: 橄梳石; 狽: 单斜辉石; 狽: 斜梳石

可以估算出本区包体形成时的温压条件: 温度为 1 210~1 260 °C, 压力为 $5.34 \times 10^8 \sim 11.06 \times 10^8$ 帕 (表 1), 相当于 17~36 狽; 斑晶形成时的温压条件为: 1 190~1 210 °C, 压力为 $3.12 \times 10^8 \sim 4.70 \times 10^8$ 帕 (表 2), 相当于 10~16 狽。因此岩浆房的深度大致为 10~36 狽, 说明该地区上地壳存在岩浆房。

3.3 原始岩浆和分离结晶的物理化学条件

刘嘉麒^[3]的 狽-狽 同位素研究表明, 普鲁火山岩来自富集型的地幔, 然而该套火山岩均不具备原始岩浆特征, 其原始岩浆的成分还没有进行过讨论。普鲁火山岩分离结晶成因的包体 (暂称为析离包体) 的发现为估算其原始岩浆的成因提供了可能性。包体中的上述矿物比例大致代表了岩浆在高位岩浆房中分离结晶作用产生的矿物比例, 那么由下式就可以计算出包体的成分^[10]:

$$狽 = 狽 \cdot 狽 + 狽 \cdot 狽 + \dots + 狽 \cdot 狽 \quad (1)$$

式中: 狽 为包体中某元素的质量分数, 狽 为包体中的矿物中某元素的质量分数, 狽 为矿物在包体中的质量分数。这样由上式计算出的包体成分为: 狽 46.32%; 狽 0.69%; 狽 8.96%; 狽 0.76%; 狽 11.59%; 狽 0.24%; 狽 19.92%; 狽 9.90%; 狽 1.42%; 狽 0.25%。

由质量平衡方程可知^[11]:

$$狽 = 狽 \cdot 狽 + 狽 \cdot (1 - 狽) \quad (2)$$

式中: 狽 为分离结晶程度, 狽 为原始岩浆中某元素

的质量分数, 狽 为分离结晶后残余岩浆 (即含包体的火山岩) 中某元素的质量分数。如果狽 分别代表 狽 和 狽, 则 (2) 式可改写成:

$$狽 = 狽 \cdot 狽 + 狽 \cdot (1 - 狽); \quad (3)$$

$$狽 = 狽 \cdot 狽 + 狽 \cdot (1 - 狽) \quad (4)$$

众所周知, 由地幔部分熔融形成的原始岩浆的 狽 值 [狽 (狽) / 狽 (狽 + 狽)] 为 0.63~0.67^[12], 所以在此假设普鲁火山岩的原始岩浆的 狽 为 0.63, 这样就可以由 狽 的定义列出如下方程:

$$狽 / (狽 + 狽) = 0.63. \quad (5)$$

由 (3), (4), (5) 方程可以计算出 狽 值, 即分离结晶程度为 41.7%。将 狽 值代入 (2) 式就可以计算出原始岩浆所有主要元素的含量, 结果如下: 狽 51.43%; 狽 1.43%; 狽 12.77%; 狽 1.91%; 狽 7.85%; 狽 0.15%; 狽 10.62%; 狽 6.47%; 狽 2.71%; 狽 2.52%。这个成分和西昆仑地区含有幔源包体的康西瓦火山岩的玄武岩成分相似^[4], 由此暗示了普鲁火山岩是由与康西瓦火山岩成分相似的原始岩浆分离结晶作用的产物, 同时也暗示了普鲁火山岩和康西瓦火山岩具有相似的源区, 这一点和它们的同位素特征一致^[4]。

包体的矿物成分还提供了其形成时的物理化学条件的信息。根据橄梳石的 狽 含量和结晶温度可以计算出其形成的氧逸度^[13] (狽) 为 $10^{-2.5}$ 帕。由铁钛氧化物的成分可以计算出其形成时的温度和氧逸度^[4]: 狽 = 1 050 °C, (狽) = $10^{-4.5}$ 帕。用同样方法计算出的斑晶的温度和氧逸度分别为: 975 °C, 10^{-7} 帕。由计算出的结果可知, 随着分离结晶作用的进行, 温度和氧逸度逐渐降低。

在工作过程中得到了鲍佩声研究员的大力帮助, 同时与中国地质大学 (北京) 的罗照华教授进行了有益的探讨, 在此一并表示感谢。

参考文献:

[1] 罗照华, 张文会, 邓晋福, 等. 西昆仑地区新生代火山岩中的深源包体. 地学前缘, 2000, 7 (1): 295-298.
 [2] 吴才来, 杨经绥, 李海兵, 等. 青藏高原北缘火山岩中辉石岩包体研究. 地球学报, 2001, 22 (1): 61-72.

