科学通报
第41卷 第3期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1996年2月

新疆库地变质橄榄岩中地幔成因的透闪石*

沈步明 周云生 邓万明 韩秀伶 张汝藩
(中国科学院地质研究所,北京 100029)

关键词 透闪石 方辉橄榄岩 上地幔交代作用

有关玄武岩地幔包体中的韭闪石,已有不少报道和研究[1~5],但地幔成因的透闪石却未见有过报道. 本文将报道在新疆库地蛇绿岩套的方辉橄榄岩中,发现的4种地幔成因的含透闪石矿物组合.

1 新疆库地蛇绿岩

新疆库地蛇绿岩位于昆仑造山带中,其形成时代在震旦纪→早奥陶世之间. 蛇绿岩中的变质橄榄岩为一推复的构造岩片,是一套亏损程度较高的方辉橄榄岩,为上地幔部分熔融残留体成因[6]. 方辉橄榄岩主要由镁橄榄石(Fo为91)、顽火辉石(En为90 ~ 95)和少量的铬尖晶石(Cr/(Cr+Al)为0.59 ~ 0.61)组成,单斜辉石极少见. 在斜方辉石中常见出溶条纹,橄榄石晶粒也常见扭折带. 在经氧化缀饰法后的橄榄石晶粒中,常见自由位错、位错壁、亚晶粒等高压塑性变形组构. 测试样品新鲜,矿物蚀变极微弱,为本研究提供了有利条件.

2 4种含透闪石的矿物组合

经对方辉橄榄岩岩石薄片的显微镜观察和电子探针分析,在方辉橄榄岩中发现了4种含透闪石的矿物组合:

(1)组合1 顽火辉石晶粒边缘被熔融和交代形成透闪石+透辉石+镁橄榄石组合. 透闪石颗粒大小为0.03 mm×0.07 mm;镁橄榄石的粒径为0.046 mm,比岩石中原来的橄榄石(一般为0.4 ~ 1 mm)小得多.

(2)组合2 顽火辉石晶粒边缘被熔融和交代形成透闪石+透辉石组合,并在顽火辉石边缘形成一个月形交代边. 透闪石颗粒大小为0.09 mm×0.18 mm.

(3)组合3 在镁橄榄石晶粒间形成填隙型的透闪石+透辉石组合. 透闪石的晶粒大小为0.07 mm×0.3 mm.

(4)组合4 在顽火辉石晶粒间形成细脉状的透闪石+镁橄榄石组合. 该细脉仅为0.07 mm宽,0.8 mm长,透闪石晶粒大小为0.02 mm×0.07 mm,透闪石和橄榄石之间界线清楚,不像交代结构.

上述各种组合中矿物的化学成分见表1. 从表中可以看出,这4种组合中透闪石的化学

1995-06-20收稿,1995-08-15收修改稿
*国家自然科学基金资助项目

表 1 新疆库地方辉橄榄岩中含角闪石组合的矿物化学组成

矿物	组合 1			组合 2			组合 3		组合 4		
	TR	DI	FO	TR	TR	DI	TR	DI	TR	TR	FO
SiO_2	57.19	53.67	40.92	56.05	56.68	53.64	57.64	54.07	53.45	55.41	41.11
TiO_2	0.02	0.03	0.00	0.05	0.01	0.07	0.03	0.08	0.02	0.05	0.00
Al_2O_3	1.54	1.51	0.00	1.49	1.71	1.27	1.46	1.58	5.25	3.61	0.00
Cr_2O_3	0.70	0.87	0.02	0.70	0.75	0.67	0.70	0.96	0.58	0.58	0.06
Fe_2O_3	0.00	0.97	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
FeO	1.54	1.27	8.30	2.12	1.96	0.50	2.03	1.65	2.37	1.97	8.69
NiO	0.11	0.08	0.43	0.07	0.01	0.08	0.01	0.09	0.14	0.13	0.17
MnO	0.04	0.03	0.24	0.08	0.06	0.05	0.03	0.05	0.11	0.11	0.22
MgO	23.38	17.95	50.74	23.33	23.16	17.61	23.66	17.51	21.83	22.26	50.32
CaO	13.59	22.95	0.03	12.80	12.93	23.93	12.81	23.59	12.88	12.93	0.02
Na_2O	0.29	0.31	0.01	0.30	0.37	0.33	0.31	0.33	0.83	0.53	0.00
K_2O	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01
H_2O	2.20			2.17	2.19		2.21		2.17	2.18	
总和	100.61	99.64	100.69	99.18	99.83	99.67	100.89	100.16	99.67	99.76	100.60

成分非常相似，但是细脉型组合中的透闪石稍富钠、富铝、贫硅．如果将这些透闪石的化学组成计算成以 O_{23} 为基础的阳离子数，Na 为 0.07 ～ 0.22; Ca 为 1.88 ～ 1.98; Si 为 7.39 ～ 7.80; Al 为 0.23 ～ 0.85; (Fe+Mn)/(Fe+Mn+Mg) 比值为 0.037～0.06. 很明显，这是一种典型的透闪石．上述的这些含透闪石组合不同于白云质石灰岩经受较低温区域变质或接触变质作用形成的透闪石与方解石共生的矿物组合[7]，也不同于超基性岩中矿物经后期蚀变作用形成的透闪石与硫化物和斜绿泥石共生的矿物组合[1]．经仔细查阅文献，像这样的含透闪石的组合在国内外未见过报道．

3 透闪石成因的探讨

我们认为上述 4 种含透闪石的矿物组合是在高度亏损地幔岩中的一种熔融、交代和重结晶的产物，其理由如下：

(1) 本文报道的透闪石与透辉石和镁橄榄石共生，是一种高温矿物组合．利用 Mercier 的单斜辉石温压计[8]，计算了与透闪石共生的单斜辉石的形成温度为 847.1 ～ 995.1 ℃，压力为 1.2 ～ 2.0 GPa，其温度和压力的平均值分别为 993.0 ℃ 和 1.66 GPa. 可以认为透闪石的形成温度和压力大体与透辉石的平均温度和压力相当．这个温度和压力比韭闪石的熔解温度和压力 (1 000 ～ 1 050 ℃， 2.7 GPa) 要低[9]，又比 Jenkins 合成透闪石时的最佳温度和压力 (850℃， 1.2 GPa) 高一些[10]，因而，这个温度和压力是合理的．Jenkins 在 850 ℃ 和 0.3 GPa 或 1.2 GPa 的两种实验条件下，进行了透闪石 (TR)-镁钙闪石 (TS) 端元成分之间的合成实验，获得了 Al/Si 比值为 0 ～ 0.37 之间的各种角闪石．他们的实验表明：透闪石能在 850 ℃ 的高温和 1.2 GPa 的高压下形成；如图 1 所示，透闪石中的 Al/Si 比值，在 0.3 GPa 时为一个相对固定的低比值，与起始物中 Al_2O_3 含量无关，在 1.2 GPa 时，其 Al/Si 比值的变化与 0.3 GPa 时不同，即随着起始物中 Al_2O_3 含量的增加明显地增加．但是，在这里要强调的是，如果起始物含

1) 曹亚文．金川铜镍硫化物矿床矿物形成演化研究．博士论文，1994

Al_2O_3 低时，比如，起始物含 TS 为 10%mol(即 Al_2O_3 重量比为 2.5%) 时，在 0.3 GPa 和 1.2 GPa 合成的透闪石都含有近似于 0.07 的 Al/Si比值．因而，不能排除具低 Al/Si 比值的透闪石是在上地幔高温高压下形成的可能性．本文报道的透闪石 (Al/Si 比为 0.03 ～ 0.11) 正是属于这种在 Al_2O_3 含量极少的经受较高亏损的上地幔环境下(相当于斜方辉石熔融阶段)形成的．

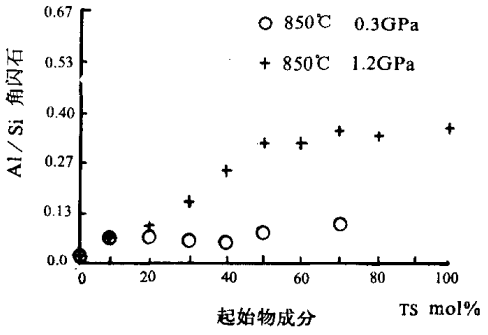


图 1　合成角闪石的 Al/Si 比值与起始物总成分之间关系[10]

(2) 本文报道的透闪石与玄武岩地幔包体中的韭闪石相比，不仅在化学成分上有很大差别，在成因上也有明显不同．关于韭闪石的成因，多数学者主张：包括填隙韭闪石都是上地幔交代的产物，这是因为韭闪石属硅不饱和矿物，但是湿的地幔岩在 1～3 GPa 经部分熔融而形成的液体是硅饱和的，这种液体不能形成成分类似于韭闪石的角闪石类矿物[4, 11]．目前提出的有关韭闪石的地幔形成模式有两种：(a) 铬尖晶石 + 透辉石 + 流体→韭闪石[2]；(b) 石榴子石 + 透辉石 + 流体→韭闪石[5]．由于韭闪石中的 Al_2O_3 重量比高达 15%～16%，Na_2O 高达 2%～4%，而透闪石仅含极少量的 Al_2O_3 和 Na_2O，因此，韭闪石和透闪石形成的介质条件应该有明显的差异．我们认为，韭闪石是亏损程度较小的地幔岩和含水流体之间交代作用的产物；而组合 1 和组合 2 中的透闪石是在亏损程度较高的地幔岩中，斜方辉石与含水富钙流体交代作用过程中形成的；组合 3 和组合 4 中的透闪石可能是在上述交代作用过程中形成的含水、富钙、富镁、硅饱和熔体进入矿物粒间重结晶形成的．由于透闪石与韭闪石不同，属于硅饱和矿物，有可能在由亏损程度较高地幔岩的部分熔融而形成的硅饱和熔体中结晶而成．

参　考　文　献

1　鄂莫岚，赵大生．中国东部新生代玄武岩及深源岩石包体．北京：科学出版社，1987. 429～433

2　Best M G. Mantle-derived amphibole within inclusions in alkalic basaltic lavas. J Geophys Research, 1974, 79: 2 107～2 113

3　Francis D M. The origin of amphibole in lherzolite xenoliths from Nunivak Island, Alaska. J Petro, 1976, 17: 357～378

4　Francis D M. Amphibole pyroxenite xenoliths: cumulate or replacement phenomena from the upper mantle, Nunivak Island, Alaska. Contrib Mineral Petrol, 1976, 58: 51～61

5　Boyd F R. Pargasite-spinel peridotite xenolith from the Wesselton mine. Carnegie Inst Washington Yearb, 1971, 70: 138～142

6　Deng Wanming. Genetic environment of the Kudi ophiolite and tectonic significance, Xinjiang, China. Mem Lithosph Tect Res, 1992, 2: 82～88

7　都城秋穗，久城育夫．岩石学．北京：科学出版社，1984. 88～96

8　Mercier J C C. Single-pyroxene thermobarometry. Tectonophysics, 1980, 70: 1～37

9　Millhollen G L, Irving A J, Wyllie P J. Melting interval of peridotite with 5.7 per cent water to 30 kilobars. J Geology, 1974, 82: 575～587

10　Jenkins D M. Experimental study of the join tremolite-tschermarkite: a reinvestigation. Contrib Mineral Petrol, 1988, 99: 392～400

11　Kushiro I. Effect of water on the composition of magamas formed at high pressures. J Petrol, 1972, 13: 311～334