

文章编号:1000-4734(2004)01-0007-07

云南鸡街碱性超基性岩杂岩体中橄榄石的化学成分分带现象

吴静¹, 黄智龙^{2, 3}, A. McCaig³, E. Condliffe³, 颜以彬¹

(1. 昆明理工大学 国土资源学院, 云南 昆明 650093;

2. 中国科学院 地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002;

3. The School of Earth Sciences, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK)

摘要: 云南鸡街碱性超基性岩杂岩体的主体岩石为岩浆结晶分异作用的产物, 形成顺序为霓霞钠辉岩→霓霞岩→磷霞岩。在杂岩体的霓霞岩中发现了1粒具分带现象的橄榄石, 从中心到边缘, SiO₂、MgO 和 NiO 逐渐降低, 而 FeO 和 MnO 逐渐升高。MgO 与 SiO₂ 和 NiO 之间呈正相关关系, 与 FeO 和 MnO 之间呈负相关关系, 中心的 Fo 值(最高为 86.91)略高于霓霞钠辉岩中斑晶橄榄石(Fo 值: 85.66 ~ 86.02), 而边缘的 Fo 值(最低为 73.82)与霓霞岩中无分带现象橄榄石(Fo 值: 72.18 ~ 74.72)相近。各种证据表明, 发现的具分带现象橄榄石可能不是霓霞岩熔体结晶分异作用的产物, 而可能是霓霞岩熔体捕获的 Fo 值相对较高(高于霓霞岩橄榄石的 Fo 值)的橄榄石晶体内部 MgO 和 FeO 等成分扩散作用的结果。

关键词: 橄榄石; 成分分带; 扩散作用; 云南鸡街碱性超基性岩杂岩体

中图分类号: P578.94; P588.15 **文献标识码:** A

作者简介: 吴静, 女, 1968年生, 讲师, 博士, 主要从事岩石学和矿物学教学和科研工作。

矿物分带现象是矿物不均匀的一种表现形式, 它与其结晶母体演化过程中的成分及温度、压力、氧逸度等条件的变化密切相关, 是矿物生长环境和生长过程的客观记录^[1]。岩浆岩造岩矿物中长石和辉石的分带现象较为常见, 目前已对其进行了深入细致的研究工作^[1, 2]; 橄榄石的分带现象较少报道, Kontak 等^[3]在美国亚利那州第四纪橄榄玄武岩的橄榄石斑晶中首次观察到分带现象; 韩秀伶等^[4]在我国浙江西莛、福建明溪等地的玄武岩包体及捕虏晶中也发现了橄榄石的分带现象; 李建平等^[5]在红海 Zabargad 橄榄岩中发现包含具分带现象尖晶石的橄榄石存在分带现象。本文在云南鸡街碱性超基性杂岩体的主体岩石——霓霞岩中发现了1粒橄榄石具有分带现象, 对其进行了扫描电镜(SEM)和化学成分研究, 初步讨论了其成因机理。

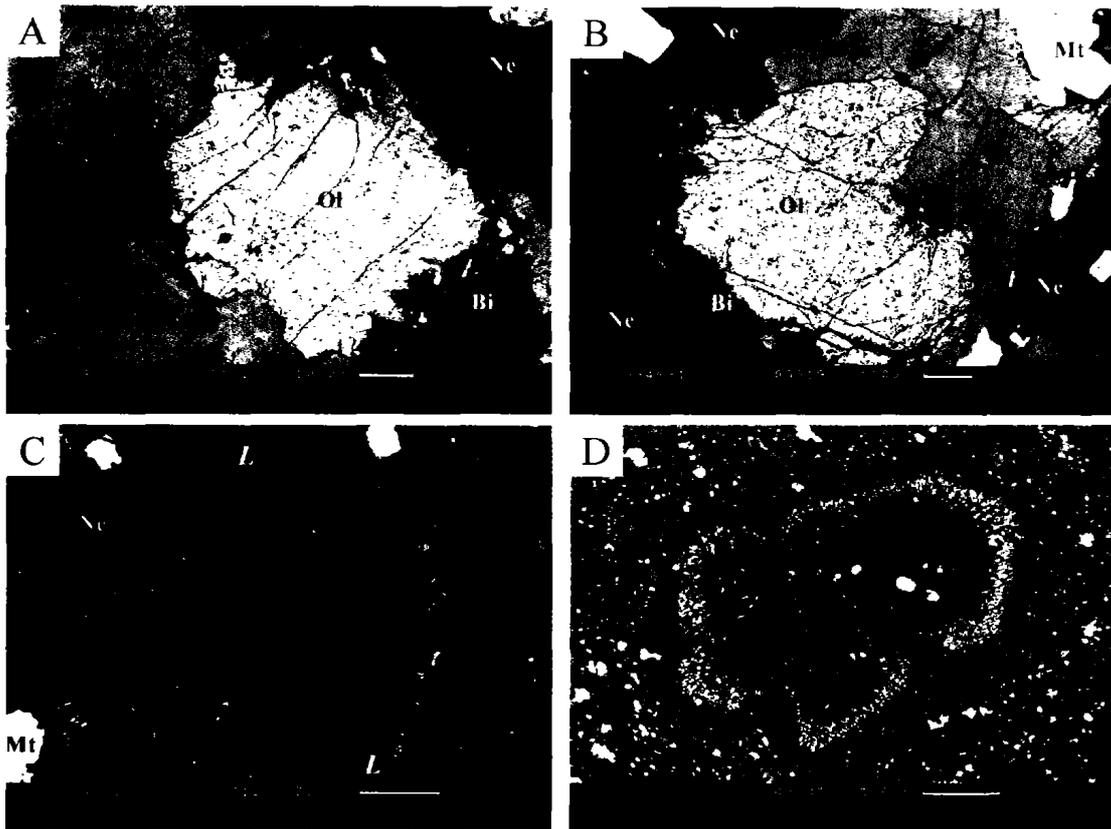
1 岩体地质概况和实验样品

云南鸡街碱性超基性岩杂岩体为分布于攀西裂谷带南段的滇中罗茨碱性超基性岩杂岩体带的代表性岩体, Huang 等^[6]已对该岩体的地质特征进行了详细介绍。杂岩体出露面积仅 0.29 km², 侵位于元古代昆阳群地层, 其 K-Ar 年龄值为 239.8 Ma^[7]。主体岩石霓霞钠辉岩、霓霞岩和磷霞岩围绕中心呈不规则同心环带展布, 其出露面积分别占岩体总面积的 32.5%、63.7% 和 3.3%; 此外, 岩体中还发育多种脉岩, 包括钠霞正长岩、霓辉钠长斑岩和碳酸岩等, 约占岩体总面积的 0.5%。

三类主体岩石中均含有橄榄石, 从霓霞钠辉岩→霓霞岩→磷霞岩, 橄榄石的含量从 2.8%→0.9%→0.4% 逐渐减少, 吴静等^[8]概述了三类岩石中橄榄石的基本特征。霓霞岩中橄榄石的粒径多在 1 mm 左右, 形态不规则, 反应边不发育(图 1A、B), 本次工作在霓霞岩中发现了1粒橄榄石具有分带现象。具分带现象的橄榄石分别为椭圆形, 粒径略大于无分带现象的橄榄石, 反应边也不

发育(图 1C)。SEM 观察发现,无分带现象的橄榄石颜色相对均一(图 1A、B),而具分带现象的橄榄

石中心颜色较深、边缘颜色较浅,深、浅颜色呈逐渐过渡关系(图 1C)。



A 和 B. 霓霞岩中形态不规则、无分带现象橄榄石 C. 霓霞岩中具分带现象橄榄石, L-L' 为电子探针线分析位置
D. 霞霓钠辉岩中具反应边的六边形橄榄石斑晶 Ol. 橄榄石 Cpx. 单斜辉石 Bi. 云母 Ne. 霞石 Mt. 磁铁矿。

SEM 工作在英国 Leeds 大学地球科学学院完成,仪器型号为 LEO 1530

图 1 鸡街碱性超基性岩杂岩体霓霞岩和霞霓钠辉岩中的橄榄石(SEM)

Fig. 1. Olivine in ijolite and melteigte from the Jijie alkaline-ultrabasic rock complex (SEM).

2 橄榄石化学成分分带现象

在英国 Leeds 大学地球科学学院电子探针室对 1 颗具分带现象的橄榄石进行了线分析,探针型号为 SX50,加速电压 15 kV,电流 10 nA,分析位置如图 1C 中的 L-L',间距 20 μm ,表 1 为分析结果,图 2 为相应氧化物含量的变化规律。可见,除 CaO 外,橄榄石的分带现象在 SiO_2 、FeO、MnO 和 MgO 等氧化物的含量上均能很好的表现出来,从中心到边缘, SiO_2 和 MgO 逐渐降低,而 FeO 和 MnO 逐渐升高,与 Kontak 等^[3]和韩秀伶等^[4]报道的橄榄分带现象的氧化物含量变化规律相似,而与李

建平等^[5]报道的橄榄分带现象的氧化物含量变化规律相反。与 SiO_2 、FeO、MnO、CaO 和 MgO 等氧化物的含量相比,橄榄石 NiO 含量相对较低,电子探针对该氧化物含量的分析精度较低,但从图 2F 可见,本区具分带现象的橄榄石总体也有从中心到边缘逐渐降低的变化趋势。从图 3 上可见,具分带现象橄榄石的 MgO 与 SiO_2 和 NiO 之间呈正相关关系、与 FeO 和 MnO 之间呈负相关关系、与 CaO 之间相关性不明显。

从具分带现象橄榄石中心到边缘, Fo 值也从高到低逐渐变化,变化范围在 73.82 ~ 86.91,极差为 13.09,其亚种由靠近镁橄榄石端元的贵橄榄石 \rightarrow 靠近透铁橄榄石端元的贵橄榄石。与吴静

表 1 鸡街碱性超基性岩杂岩体具分带现象橄榄石电子探针线分析结果

Table 1. Electron microprobe analyses of chemically zoned olivine from the Jijie alkaline-ultrabasic rock complex

序 号	$w_B/\%$								n								Fo
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	总量	Si	Al	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Ni	Total	
1	38.42	0.03	22.44	0.83	37.92	0.28	0.09	100.01	1.00	0.00	0.49	0.02	1.48	0.01	0.00	3.00	74.39
2	38.44	0.02	22.24	0.77	37.17	0.34	0.03	100.00	1.00	0.00	0.48	0.02	1.48	0.01	0.00	3.00	74.72
3	38.31	0.01	22.71	0.88	37.57	0.35	0.15	99.99	1.00	0.00	0.50	0.02	1.47	0.01	0.00	3.00	73.95
4	38.37	0.03	21.95	0.93	38.20	0.41	0.11	100.00	1.00	0.00	0.48	0.02	1.49	0.01	0.00	3.00	74.84
5	38.46	0.02	21.36	0.75	38.99	0.29	0.14	100.00	1.00	0.00	0.46	0.02	1.51	0.01	0.00	3.00	75.86
6	38.21	0.02	22.18	0.73	38.39	0.35	0.12	100.00	1.00	0.00	0.48	0.02	1.49	0.01	0.00	3.00	74.91
7	38.65	0.02	21.48	0.78	38.82	0.26	0.00	100.00	1.00	0.00	0.47	0.02	1.50	0.01	0.00	3.00	75.66
8	38.71	0.00	21.10	0.80	39.04	0.23	0.12	100.00	1.00	0.00	0.46	0.02	1.51	0.01	0.00	3.00	76.05
9	38.83	0.01	20.77	0.72	39.30	0.29	0.10	100.01	1.00	0.00	0.45	0.02	1.52	0.01	0.00	3.00	76.52
10	38.78	0.00	21.31	0.69	38.87	0.27	0.09	100.01	1.01	0.00	0.46	0.02	1.50	0.01	0.00	2.99	75.89
11	38.53	0.07	19.38	0.69	40.99	0.24	0.11	100.00	0.99	0.00	0.42	0.01	1.57	0.11	0.00	3.01	78.45
12	38.81	0.02	20.02	0.72	40.00	0.26	0.16	100.00	1.00	0.00	0.43	0.02	1.54	0.01	0.00	3.00	77.46
13	39.15	0.04	18.98	0.76	40.68	0.30	0.11	100.01	1.00	0.00	0.41	0.02	1.56	0.01	0.00	3.00	78.60
14	39.00	0.03	18.94	0.52	41.00	0.36	0.17	100.02	1.00	0.00	0.41	0.01	1.57	0.01	0.00	3.00	78.98
15	39.70	0.01	17.80	0.51	41.52	0.31	0.15	100.00	1.01	0.00	0.38	0.01	1.58	0.01	0.00	2.99	80.17
16	39.75	0.02	17.10	0.49	42.18	0.32	0.13	100.00	1.01	0.00	0.36	0.01	1.60	0.01	0.00	2.99	81.05
17	39.52	0.02	17.05	0.42	42.50	0.31	0.16	99.99	1.00	0.00	0.36	0.01	1.61	0.01	0.00	3.00	81.25
18	39.63	0.00	16.82	0.42	42.72	0.30	0.10	100.00	1.00	0.00	0.36	0.01	1.61	0.01	0.00	3.00	81.54
19	39.98	0.05	16.02	0.43	43.02	0.32	0.18	99.99	1.01	0.00	0.34	0.01	1.62	0.01	0.00	2.99	82.33
20	39.86	0.01	15.66	0.41	43.61	0.28	0.17	99.99	1.01	0.00	0.33	0.01	1.64	0.01	0.00	2.99	82.88
21	39.85	0.01	15.17	0.37	44.10	0.31	0.19	100.01	1.00	0.00	0.32	0.01	1.65	0.01	0.00	3.00	83.49
22	40.15	0.01	14.20	0.32	44.80	0.32	0.20	99.99	1.01	0.00	0.30	0.01	1.67	0.01	0.00	2.99	84.61
23	40.36	0.03	14.33	0.33	44.51	0.32	0.11	100.00	1.01	0.00	0.30	0.01	1.66	0.01	0.00	2.99	84.39
24	40.14	0.02	13.98	0.27	45.16	0.29	0.15	100.00	1.00	0.00	0.29	0.01	1.68	0.01	0.00	3.00	84.97
25	40.40	0.01	13.45	0.28	45.42	0.32	0.11	100.00	1.00	0.00	0.28	0.01	1.69	0.01	0.00	2.99	85.50
26	40.22	0.00	13.57	0.23	45.56	0.29	0.13	100.01	1.01	0.00	0.28	0.00	1.69	0.01	0.00	3.00	85.48
27	40.25	0.02	13.06	0.28	45.93	0.33	0.15	100.00	1.00	0.00	0.27	0.01	1.71	0.01	0.00	3.00	85.99
28	40.40	0.16	12.54	0.27	46.14	0.33	0.17	100.01	1.00	0.00	0.26	0.01	1.71	0.01	0.00	2.99	86.53
29	40.63	0.54	12.50	0.29	45.18	0.78	0.08	99.99	1.01	0.02	0.26	0.01	1.67	0.02	0.00	2.98	86.29
30	40.39	0.01	12.38	0.28	46.44	0.32	0.18	100.00	1.00	0.00	0.26	0.01	1.72	0.01	0.00	3.00	86.73
31	40.77	0.13	12.42	0.28	45.84	0.36	0.20	100.00	1.01	0.00	0.26	0.01	0.70	0.01	0.00	2.99	86.55
32	40.47	0.02	12.49	0.27	46.24	0.37	0.15	100.02	1.00	0.00	0.26	0.01	1.71	0.01	0.00	2.99	86.59
33	40.63	0.00	12.18	0.30	46.45	0.35	0.10	100.00	1.01	0.00	0.25	0.01	1.72	0.01	0.00	2.99	86.91
34	40.47	0.02	12.30	0.29	46.38	0.38	0.17	100.01	1.00	0.00	0.26	0.01	1.72	0.01	0.00	3.00	86.78
35	40.36	0.06	12.50	0.21	46.40	0.31	0.16	100.00	1.00	0.00	0.26	0.00	1.72	0.01	0.00	3.00	86.68
36	40.42	0.02	12.61	0.23	46.22	0.33	0.16	100.00	1.00	0.00	0.26	0.00	1.71	0.01	0.00	3.00	86.51
37	40.39	0.00	12.71	0.23	46.15	0.33	0.19	100.00	1.00	0.00	0.26	0.00	1.71	0.01	0.00	3.00	86.41
38	40.45	0.04	12.46	0.28	46.20	0.36	0.20	99.99	1.00	0.00	0.26	0.01	1.71	0.01	0.00	2.99	86.60
39	40.57	0.02	12.28	0.25	46.42	0.33	0.13	100.00	1.01	0.00	0.25	0.01	1.72	0.01	0.00	2.99	86.85
40	40.40	0.00	12.79	0.21	46.08	0.39	0.12	99.99	1.00	0.00	0.27	0.00	1.71	0.01	0.00	3.00	86.33
41	40.34	0.01	13.39	0.35	45.41	0.34	0.16	100.00	1.01	0.00	0.28	0.01	1.69	0.01	0.00	2.99	85.49
42	41.56	0.05	13.50	0.24	44.27	0.28	0.09	100.00	1.03	0.00	0.28	0.01	1.64	0.01	0.00	2.97	85.16
43	40.47	0.05	13.57	0.35	45.09	0.30	0.16	99.99	1.01	0.00	0.28	0.01	1.68	0.01	0.00	2.99	85.23
44	39.92	0.00	14.83	0.31	44.56	0.25	0.15	100.02	1.00	0.00	0.31	0.01	1.67	0.01	0.00	3.00	84.00
45	39.95	0.01	15.31	0.34	44.03	0.21	0.15	100.00	1.01	0.00	0.32	0.01	1.65	0.01	0.00	2.99	83.37
46	39.61	0.01	15.88	0.45	43.73	0.18	0.15	100.00	1.00	0.00	0.34	0.01	1.65	0.00	0.00	3.00	82.67
47	39.67	0.04	15.89	0.38	43.73	0.11	0.18	100.00	1.00	0.00	0.34	0.01	1.65	0.00	0.00	3.00	82.74
48	39.48	0.02	16.50	0.48	43.28	0.17	0.09	100.01	1.00	0.00	0.35	0.01	1.63	0.00	0.00	3.00	81.96
49	39.44	0.03	16.77	0.45	42.81	0.28	0.20	99.99	1.00	0.00	0.36	0.01	1.62	0.01	0.00	3.00	81.58
50	40.58	0.04	15.53	0.42	43.08	0.30	0.05	100.00	1.02	0.00	0.33	0.01	1.61	0.01	0.00	2.98	82.80
51	39.38	0.00	17.32	0.51	42.59	0.00	0.20	100.00	1.00	0.00	0.37	0.01	1.61	0.00	0.00	3.00	80.97
52	39.32	0.01	17.48	0.49	42.21	0.33	0.18	100.01	1.00	0.00	0.37	0.01	1.60	0.01	0.00	3.00	80.72
53	39.25	0.04	18.05	0.60	41.56	0.34	0.15	100.00	1.00	0.00	0.39	0.01	1.58	0.01	0.00	3.00	79.89

续表 1

序 号	$w_B/\%$								n							Fo	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	总量	Si	Al	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Ni		Total
54	39.15	0.01	18.23	0.58	41.64	0.32	0.09	100.02	1.00	0.00	0.39	0.01	1.59	0.01	0.00	3.00	79.78
55	38.90	0.02	19.26	0.48	40.88	0.30	0.16	100.00	1.00	0.00	0.41	0.01	1.57	0.01	0.0	3.00	78.68
56	38.47	0.02	19.81	0.61	40.60	0.30	0.18	99.99	0.99	0.00	0.43	0.01	1.56	0.01	0.00	3.01	77.99
57	38.78	0.04	19.52	0.74	40.52	0.30	0.11	100.00	1.00	0.00	0.42	0.02	1.55	0.01	0.00	3.00	78.08
58	38.70	0.00	20.24	0.66	39.99	0.31	0.09	99.99	1.00	0.00	0.44	0.01	1.54	0.01	0.00	3.00	77.32
59	38.41	0.01	21.43	0.71	39.04	0.36	0.05	100.01	1.00	0.00	0.47	0.02	1.51	0.01	0.00	3.00	75.86
60	38.18	0.01	21.53	0.64	39.19	0.36	0.10	100.01	0.99	0.00	0.47	0.01	1.52	0.01	0.00	3.01	75.91
61	38.58	0.01	21.99	0.69	38.20	0.39	0.15	100.00	1.00	0.00	0.48	0.02	1.48	0.01	0.00	3.00	75.01
62	38.24	0.01	22.07	0.83	38.42	0.37	0.05	100.00	1.00	0.00	0.48	0.02	1.49	0.01	0.00	3.00	74.92
63	38.30	0.00	22.42	0.80	38.02	0.41	0.05	100.00	1.00	0.00	0.49	0.02	1.48	0.01	0.00	3.00	74.49
64	37.87	0.12	22.73	0.85	38.02	0.38	0.04	100.01	0.99	0.00	0.50	0.02	1.48	0.01	0.00	3.01	74.18
65	37.98	0.02	22.83	0.89	37.90	0.38	0.01	100.01	0.99	0.00	0.50	0.02	1.48	0.01	0.00	3.01	74.00
66	38.12	0.01	22.84	0.98	37.67	0.37	0.03	100.01	1.00	0.00	0.50	0.02	1.47	0.01	0.00	3.00	73.82
67	38.12	0.00	22.84	0.89	37.69	0.34	0.13	100.01	1.00	0.00	0.50	0.02	1.47	0.01	0.00	3.00	73.90

注:样品分析在英国 Leeds 大学地球科学学院电子探针室进行,分析条件及位置见正文;所列氧化物含量为原始数据按总量 100% 处理。

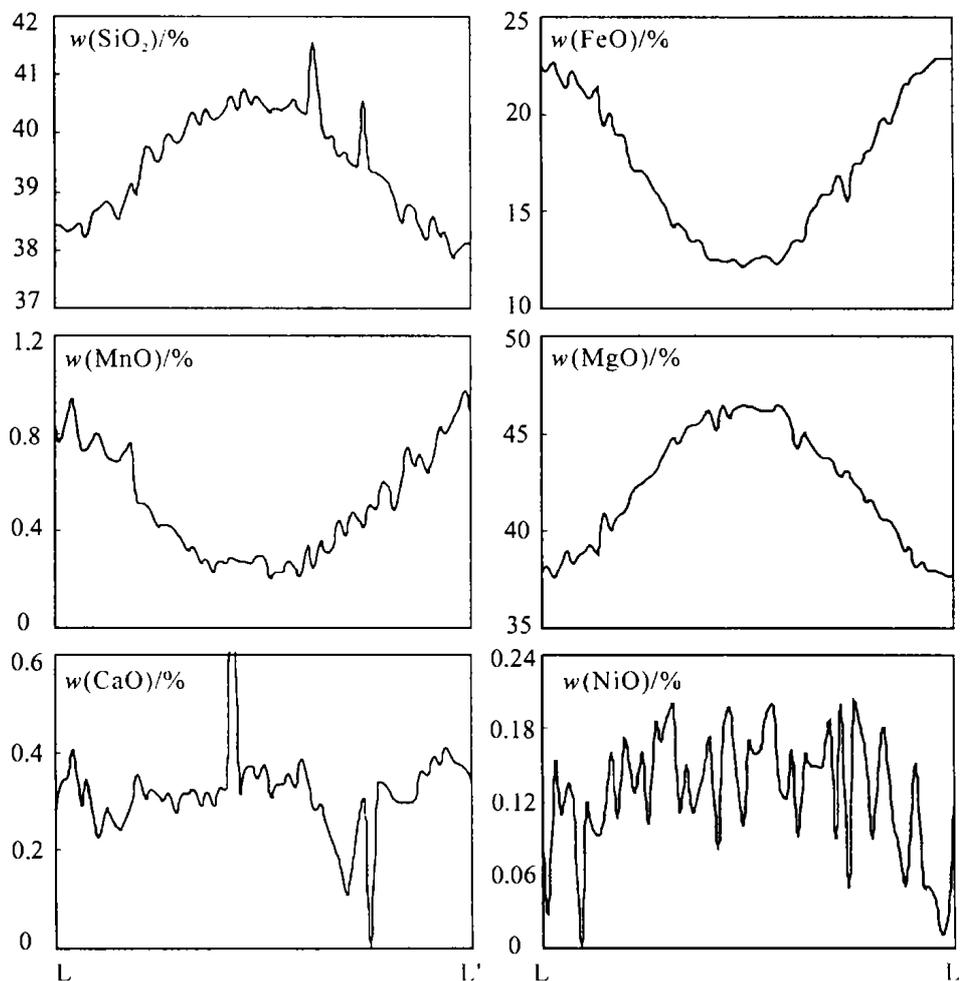


图 2 具分带现象橄榄石化学成分变化

Fig. 2. The compositional variation of chemically for zoned olivine.

等^[8]的分析对比,本区具分带现象橄榄石的中心部分的 Fo 值(表 1)相对低于杂岩体中橄榄辉石岩包体中的橄榄石(88.63 ~ 88.72),略高于霞霓

钠辉岩中斑晶橄榄石(85.66 ~ 86.02),而边缘的 Fo 值(表 1)与霓霞岩中无分带现象橄榄石(72.18 ~ 74.72)相近。

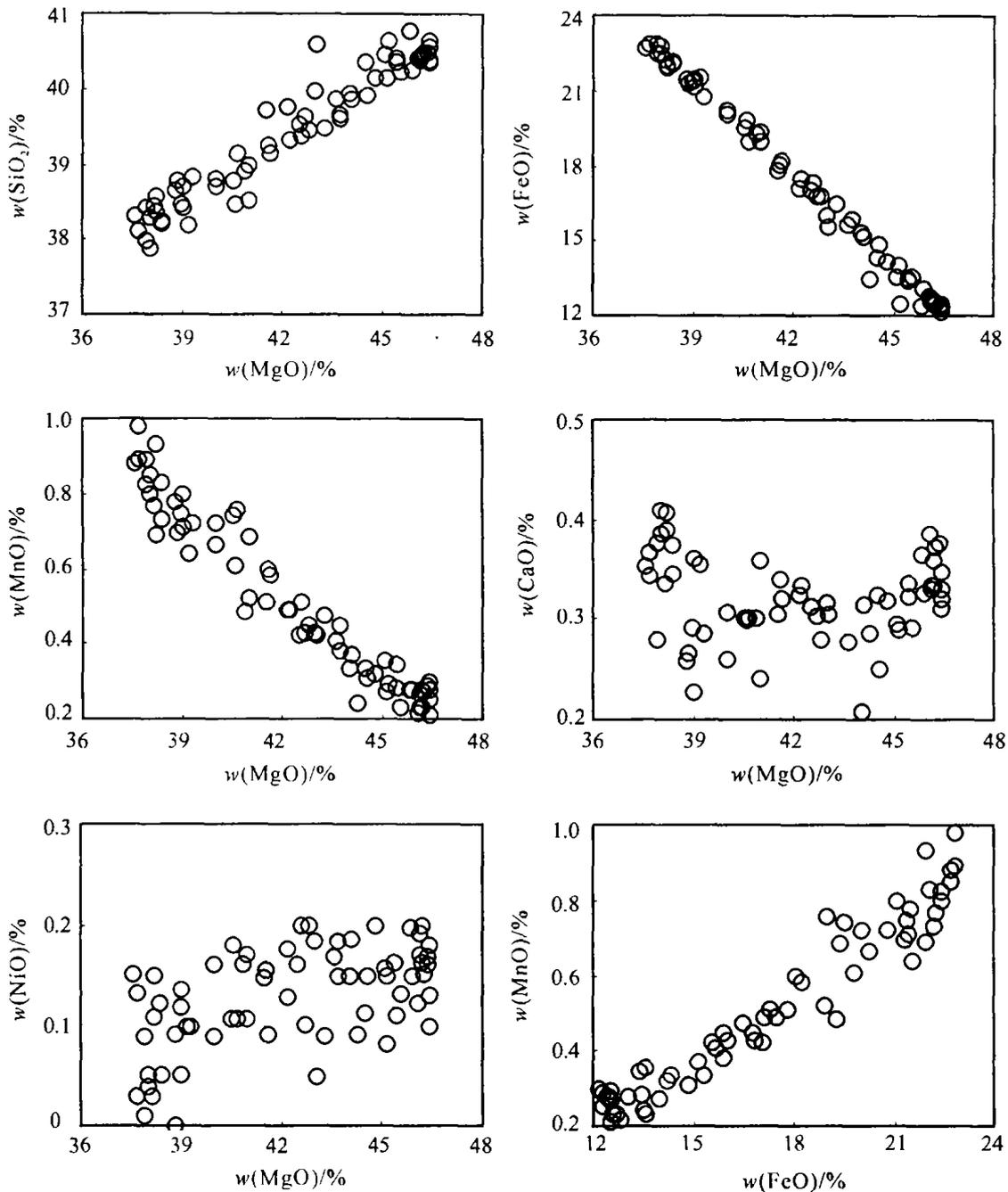


图 3 具分带现象橄榄石化学成分相关图

Fig. 3. The correlation diagram of the compositions of chemically zoned olivine.

3 讨论

目前对矿物分带现象的成因主要有两种观点^[1, 2, 9],一是在变化的物理化学环境下结晶分异作用,另一是扩散作用。虽然 Kontak 等^[3]在美国亚利那州第四纪橄榄玄武岩的橄榄石斑晶中首次观察到分带现象,但没有对其成因进行深入讨论;韩秀伶等^[4]发现,在我国浙江西莛、福建明溪等地的玄武岩包体及捕虏晶中,只有与玄武岩岩浆密切接触的橄榄石才具分带现象,具分带现象

橄榄石从中心到边缘成分呈连续渐变,其中心 FeO 的质量分数为 10% 左右,低于玄武岩岩浆熔体(14% 左右),因而认为橄榄石分带现象是玄武岩岩浆与橄榄石斑晶之间 FeO 和 MgO 等成分相互扩散的结果;李建平等^[5]的研究结果表明,红海 Zabargad 橄榄岩中只有包含具分带现象尖晶石的橄榄石才存在分带现象,橄榄石边缘相对富 MgO、贫 FeO 正好与尖晶石边缘相对贫 MgO、富 FeO 对应,因而橄榄石分带现象是橄榄石与尖晶石之间 MgO 和 FeO 等成分相互扩散的结果。本文认为

鸡街碱性超基性杂岩体霓霞岩中出现的橄榄石分带现象也可能为扩散作用的结果,而非结晶分异作用的产物,主要有以下依据:

(1)前人的研究认为,如果某地质体中一种(或多种)具分带现象的矿物为体系在变化的物理化学环境下结晶分异作用的产物,那么该地质体中这种(或其他)矿物普遍都存在分带现象^[1, 2, 9]。本文只在鸡街碱性超基性杂岩体霓霞岩中发现1颗具分带现象的橄榄石,而绝大部分橄榄石无分带现象,与结晶分异作用形成矿物分带现象的特征不吻合。

(2)业已证实,鸡街碱性超基性杂岩体主体岩石为岩浆结晶分异作用的产物,其结晶顺序为霓霞岩→霓霞岩→磷霞岩^[10]; Miyashiro^[11]指出,岩浆结晶分异作用形成的一套岩石中橄榄石的 Fo 值由大变小。吴静等^[8]报道本区相对早阶段霓霞岩中斑晶橄榄石的 Fo 值为 85.66 ~ 86.02,基质橄榄石的 Fo 值为 80.70 ~ 81.54,霓霞岩中无分带现象橄榄石的 Fo 值为 72.18 ~ 74.72,与岩浆结晶分异作用形成橄榄石的 Fo 值变化规律一致。由此也可看出,在相对晚阶段的霓霞岩熔体中不可能结晶出 Fo 值高于相对早阶段霓霞岩熔体中结晶的橄榄石,本文在霓霞岩中发现的具分带现象橄榄石的中心 Fo 值(最高达 86.91)略高于霓霞岩中斑晶橄榄石的 Fo 值(85.66 ~ 86.02),可能不是结晶分异作用的产物,而可能是霓霞岩熔体捕获的 Fo 值相对较高(高于霓霞岩橄榄石的 Fo 值)的橄榄石与熔体之间或晶体内部 MgO 和 FeO 等成分扩散作用的结果。

(3)本区霓霞岩中结晶相对较早的斑晶橄榄石形态规则(多为六边形),斑晶橄榄石与霓霞岩熔体之间发生固相线下反应形成由磁铁矿、蛇纹石和黑云母等矿物组成的反应边(图 1D)。霓霞岩中具分带现象橄榄石形态不规则,反应边不发育(图 1C),同样暗示这种具分带现象橄榄石可能不是霓霞岩熔体相对较早的结晶矿物分异作用的产物,而可能是霓霞岩熔体捕获的橄榄石与熔体之间或晶体内部 MgO 和 FeO 等成分扩散作用的结果。韩秀伶等^[4]和 Ikeda^[9]的研究结果均表明,扩散作用形成的矿物分带现象其成分从中心向边缘呈逐渐变化,且不同成分之间具有线性相关关系。从图 2 上可见,本区具分带现象橄榄石的 SiO₂、FeO、MnO 和 MgO 等均具有从中心向边缘呈逐渐增减的变化规律;图 3 显示,除

CaO 外, MgO 与 FeO、MnO、SiO₂ 和 NiO 均具有线性相关关系。也证实本区具分带现象橄榄石可能为扩散作用的产物。

(4)本区具分带现象橄榄石与韩秀伶等^[4]描述的“玄武岩岩浆与橄榄石斑晶之间 FeO 和 MgO 等成分相互扩散形成橄榄石分带现象”又有差别,其最低 MgO 和 FeO 的质量分数分别为 12.18% 和 37.57%,均高于其寄主霓霞岩 MgO 和 FeO 的质量分数(分别为 9.70% 和 8.10%;本文未发表资料),可见橄榄石与熔体之间 MgO 和 FeO 等成分相互扩散的可能性不大。因此,橄榄石晶体内部 MgO 和 FeO 等成分相互扩散可能是本区橄榄石形成分带现象的主要机制。

(5)橄榄石在自然体系中可以认为是镁橄榄石(Fo)和铁橄榄石(Fa)两端元组分的固溶体。Buening^[12]指出,橄榄石中 Mg、Fe 等离子含量($X_{Mg, Fe}^O$)是压力(p)、温度(T)和化学位能差($\mu_{Fo} - \mu_{Fa}$)等条件的函数。如果 p 、 T 和等条件恒定,橄榄石处于内部平衡状态;如果 p 、 T 和 $\mu_{Fo} - \mu_{Fa}$ 等任一条件发生变化,都将导致橄榄石中 $X_{Mg, Fe}^O$ 的变化,发生 Mg、Fe 等离子的相互扩散。本文在霓霞岩发现的具分带现象橄榄石可能为霓霞岩熔体捕获的相对早期结晶的橄榄石,其结晶条件与霓霞岩结晶条件存在一定的差异,无疑其晶体内部 Mg、Fe 等离子发生相互扩散作用。以此不难理解本区具分带现象橄榄石中心部分的 Fo 值(86.91)相对高于霓霞岩中斑晶橄榄石(85.66 ~ 86.02),其边缘的 Fo 值(表 1)与霓霞岩中无分带现象橄榄石(72.18 ~ 74.72)相近,可解释为两者的 p 、 T 和 $\mu_{Fo} - \mu_{Fa}$ 等条件一致。

4 结 论

在云南鸡街碱性超基性岩杂岩体的霓霞岩中发现 1 粒具分带现象的橄榄石,从其中心到边缘, SiO₂、MgO 和 NiO 逐渐降低,而 FeO 和 MnO 逐渐升高,且 MgO 与 SiO₂ 和 NiO 之间呈正相关关系、与 FeO 和 MnO 之间呈负相关关系。各种证据表明,该粒具分带现象橄榄石可能不是霓霞岩熔体结晶分异作用的产物,而可能是霓霞岩熔体捕获的 Fo 值相对较高的橄榄石晶体内部 MgO 和 FeO 等成分扩散作用的结果。

致谢:本文撰写过程中与中国科学院地球化学研究所朱丹博士和陶琰博士进行了许多有益的讨论,在此表示感谢!

参 考 文 献:

- [1] Loomis T P. Compositional zoning of crystal: A record of growth and reaction history [J]. *Adv Phys Geochem*, 1983, 3: 1 ~ 60.
- [2] Shore M, Fowler A D. Oscillatory zoning in minerals: A Common phenomenon [J]. *Can Mineral*, 1996, 34: 1111 ~ 1126.
- [3] Kontak D J, Clark A H, Pearce T H. Recognition of simple and complex zoning in olivine and orthopyroxene phenocrysts using laser interference microscopy [J]. *Mineral Mag*, 1984, 48: 547 ~ 550.
- [4] 韩秀伶, 李家驹, 林传勇, 史兰斌. 玄武岩中包体橄榄石的分带现象 [J]. *地质科学*, 1992, (4): 363 ~ 368.
- [5] 李建平, Provo A, Kornprobst J. 橄榄岩中尖晶石化学成分分带的机理及其地质意义 [J]. *矿物学报*, 1997, 17(2): 156 ~ 163.
- [6] Huang Z L, Yan Y B, Wu J. Geochemistry of alkaline-ultrabasic rocks in the Jijie complex, Lufeng, Yunnan [J]. *Chinese J Geochem*, 1996, 15 (1): 61 ~ 71.
- [7] 颜以彬. 滇中古裂谷带岩浆系列 [J]. *云南地质*, 1985, (4): 353 ~ 372.
- [8] 吴 静, 黄智龙, 颜以彬. 云南鸡街碱性超基性岩杂岩体中橄榄石的矿物化学 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 待刊.
- [9] Ikeda T. Compositional zoning patterns of garnet during prograde metamorphism from the Yanai district, Ryoke metamorphic belt, southwest Japan [J]. *Lithos*, 1993, 30: 109 ~ 121.
- [10] 黄智龙, 颜以彬, 吴 静. 鸡街岩体中碱性 - 超基性岩结晶分异过程模拟 [J]. *昆明工学院学报*, 1995, 20(1): 8 ~ 14.
- [11] Miyashiro A. Nature of alkalic volcanic rock series [J]. *Contrib Mineral Petrol*, 1978, 66: 91 ~ 104.
- [12] Buening D K, Buseck P R. Fe-Mg lattice diffusion in olivine [J]. *J Geophys Res*, 1973, 78: 6852 ~ 6863.

ZONED OLIVINE FROM JIJIE AIKALINE-UTRABASIC ROCK COMPLEX IN YUNNAN PROVINCE, CHINA

WU Jing¹, HUANG Zhi-long^{2, 3}, A. McCaig³,
E. Condliffe³, YAN Yi-bin¹

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

2. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;

3. The School of Earth Sciences, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK)

Abstract: The main rocks of the Jijie alkaline-ultrabasic rock complex in Yunnan Province are the product of crystallization-differentiation of magma and their formations follows the order of melteigite → ijolite → urtite. One chemically zoned olivine was discovered in ijolite of the Jijie complex in this work. From the center to the rim of the chemically zoned olivine, SiO₂, MgO and NiO tend to gradually decrease and show positive correlations with one another, while FeO and MnO tend to gradually increase and show negative correlations. The Fo value for the center of the chemically zoned olivine (highest 86.91) is a little bit higher than that of the phenocryst olivine in melteigite (Fo: 85.66 ~ 86.02), while the Fo value for the rim (lowest 73.82) is close to that non-zoned olivine in ijolite (Fo, 72.18 ~ 74.72). Various lines of evidence show that the chemically zoned olivine discovered in this work seems not to be the product of crystallization-differentiation of ijolite melt, but the result of diffusion of MgO and FeO of interior olivine with a higher Fo value (higher than that of olivine in ijolite) captured by ijolite melt.

Key words: chemically zoned olivine; diffusion; Jijie alkaline-ultrabasic rock complex; Yunnan Province