

新疆洪古勒楞蛇绿岩中含长二辉 橄榄岩的成因探讨

彭根永 鲍佩声 王希斌 郝梓国

(中国地质科学院地质研究所)

关键词: 洪古勒楞; 含长二辉橄榄岩; 成因

摘要: 洪古勒楞蛇绿岩中的含长二辉橄榄岩产于斜辉辉橄岩和堆晶岩之间, 并与斜辉辉橄岩顶部的糜棱岩化带平行分布。含长二辉橄榄岩以其具有地幔橄榄岩特有的变晶结构和 $Ng(100)$ 高温变形组构, 以及含斜方辉石等特点而区别于堆晶岩。在矿物成分、化学成分及锶同位素等方面, 含长二辉橄榄岩具有介于地幔橄榄岩和堆晶岩之间的某些过渡特征。含长二辉橄榄岩中新矿物的出现, 提供了基性熔体渗入的证据。斜辉辉橄岩顶部的糜棱岩化带可能是岩浆房底部基性熔体下渗的通道。笔者认为, 含长二辉橄榄岩为基性熔体渗入到先前已亏损的斜辉辉橄岩中, 并与之重新平衡的产物。

含长二辉橄榄岩为新疆洪古勒楞蛇绿岩中一种特殊的岩石类型, 主要分布于该蛇绿岩块的Ⅱ号岩体中。含长二辉橄榄岩出露于斜辉辉橄岩及堆晶杂岩之间。前人曾将含长二辉橄榄岩划为超镁铁层状堆晶岩单元^[1]。笔者工作后认为, 该岩石既不属于超镁铁堆晶岩, 也不是一般的地幔橄榄岩, 而是一种具有特殊成因的岩石类型。

一、区域地质背景

洪古勒楞蛇绿岩块位于新疆维吾尔自治区和布克赛尔蒙古自治县东南68km, 为西准噶尔北部地区和布克赛尔蛇绿岩带中最大的一个岩块。

洪古勒楞蛇绿岩块出露于西准噶尔褶皱带西部沙尔布尔提褶皱带的阿得尔克断块中。王希斌等^① (1965) 和白文吉等 (1986)^[2] 研究洪古勒楞岩块后认为该岩块呈向SW倾伏的向斜构造。

洪古勒楞蛇绿岩块与围岩呈断层接触。其围岩从老到新主要有中奥陶统凝灰质碎屑岩和泥质灰岩, 中志留统凝灰质砂岩、粉砂岩夹钙质砂岩、大理岩, 中上泥盆统砂岩、粉砂岩、凝灰岩夹少量灰岩, 下石炭统安山岩及安山玢岩。此外, 该区还有后期形成的中酸性岩紫岩分布, 如石英钠长斑岩、闪长岩、闪长玢岩等。

白文吉等 (1986) 所作穿切蛇绿岩上部辉绿岩相的角闪石安山玢岩的角闪石 K-Ar 同位素年龄为400—420Ma^[2]。因此洪古勒楞蛇绿岩块可能代表晚志留世以前的古洋壳残体。

① 王希斌等, 洪古勒楞地区岩相组1965年野外工作小结。

二、蛇绿岩剖面

洪古勒楞蛇绿岩块出露面积约70km²。东西长约23km，东宽西窄，最宽处可达7.7km。该岩块中超镁铁岩约占9.51km²，由四个岩体组成（图1）。

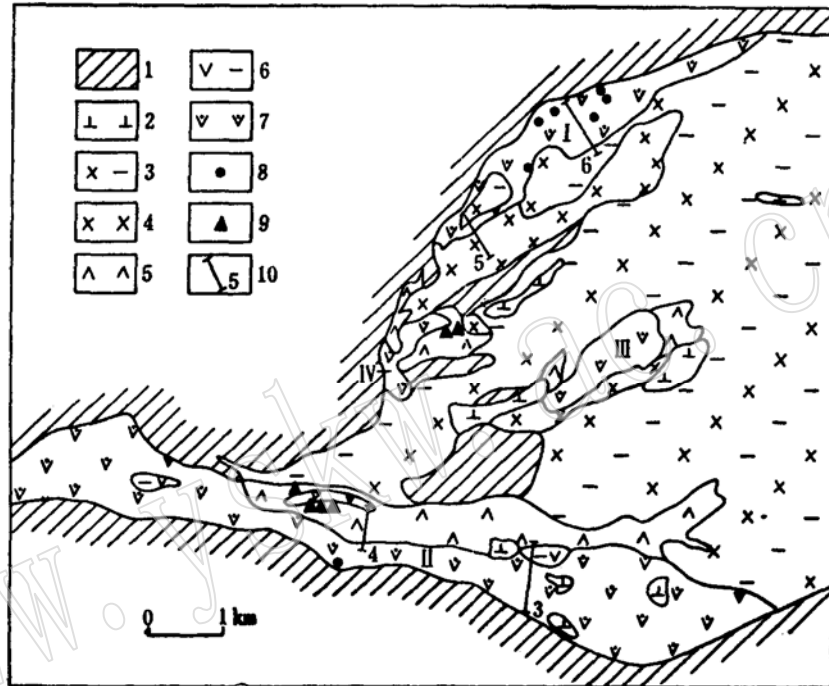


图1 洪古勒楞蛇绿岩地质简图

（据新疆维吾尔自治区地矿局第三地质大队资料修改简化，1966年）

Fig. 1 Geological sketch map of the Hongguleleng ophiolite

1—围岩；2—闪长玢岩；3—辉长辉绿岩；4—镁铁堆晶岩；5—超镁铁堆晶岩；6—含长二辉橄榄岩；
7—斜辉辉橄岩；8—地幔橄榄岩中铬铁矿；9—堆晶岩中铬铁矿；10—本文所测剖面位置

洪古勒楞蛇绿岩尚保留半完整的层序（图2）。由下至上分别由地幔橄榄岩、堆晶杂岩及辉长辉绿岩组成。与典型的蛇绿岩层序相比^[3]，洪古勒楞蛇绿岩缺乏典型的岩墙群及拉斑质玄武岩。

地幔橄榄岩为蛇绿岩剖面的底部单元，并组成四个岩体，其中Ⅱ号岩体中地幔橄榄岩最大视厚度可达1400m。地幔橄榄岩主要由斜辉辉橄岩组成，并含有少量纯橄岩及含辉纯橄岩透镜体。本文将含长二辉橄榄岩归于地幔橄榄岩的一部分。地幔橄榄岩中常含有辉长岩、橄长岩、长橄岩脉及团块及其蚀变产物的异剥钙榴岩团块等。在Ⅰ号岩体的地幔橄榄岩中还见有一种伟晶状含单辉斜辉橄岩—辉石岩团块（另文讨论）。此外，在Ⅰ、Ⅱ号岩体的地幔橄榄岩中产有小型铬铁矿床。

堆晶杂岩包括超镁铁及镁铁堆晶杂岩两部分。

超镁铁堆晶岩主要由纯橄岩、含长纯橄岩、含长异剥橄岩、长橄岩组成。主要分布于Ⅱ与Ⅰ号岩体之间，出露宽度500m，并见有铬铁矿点及矿化现象。

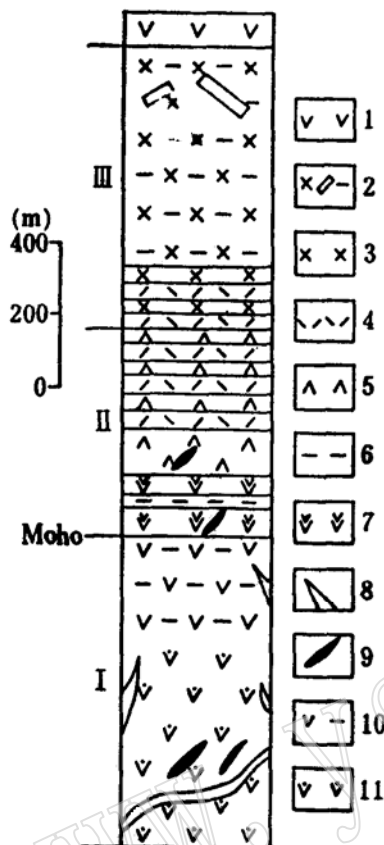


图2 洪古勒楞蛇绿岩层序综合柱状图

Fig. 2 Synthetic columnar diagram of the sequence of the Hongguleleng ophiolite

1—辉长辉绿岩；2—含辉绿岩岩墙的均质辉长岩；
3—橄辉辉长岩；4—橄长岩；5—长橄岩；6—含长
异剥橄岩；7—纯橄岩；8—橄长岩及辉长岩岩脉
及团块；9—铬铁矿；10—含长二辉橄岩；11—
斜辉辉橄岩

I—地幔橄岩；II—超镁铁堆晶岩；III—镁铁堆晶岩

镁铁堆晶岩包括橄长岩、橄辉辉长岩及辉长岩，位于超镁铁堆晶岩之上，厚达800m，主要分布于I号岩体东南面。

在蛇绿岩块的东北部有大面积的辉长辉绿岩产出，其厚度不详。这些辉长辉绿岩为该区域蛇绿岩的最上部单元。

三、含长二辉橄岩的特征

1. 岩石学

洪古勒楞含长二辉橄岩主要产于II号岩体斜辉橄岩上部(图1)，其中以II号岩体中段北缘(上部)最为发育，出露厚度200多米。从II号岩体第3剖面(图3)可以看出，含长二辉橄岩下部为斜辉辉橄岩，两者呈过渡关系。其上部为超镁铁堆晶岩，两者接触界线清楚。从产出部位看，含长二辉橄岩恰好位于堆晶岩和斜辉辉橄岩之间，平行于地幔橄岩与堆晶岩之间的糜棱岩化带分布。

含长二辉橄岩岩石新鲜，呈墨绿色。该岩石发育黑白相间的条带(或层状)构造，其浅色条带由橄石和两种辉石组成。

该类岩石由橄石、斜方辉石、单斜辉石及少量铬尖晶石组成。由于单斜辉石及斜长石不均匀分布，含长二辉橄岩在较小范围内过渡为二辉橄岩、含单辉斜辉辉橄岩。

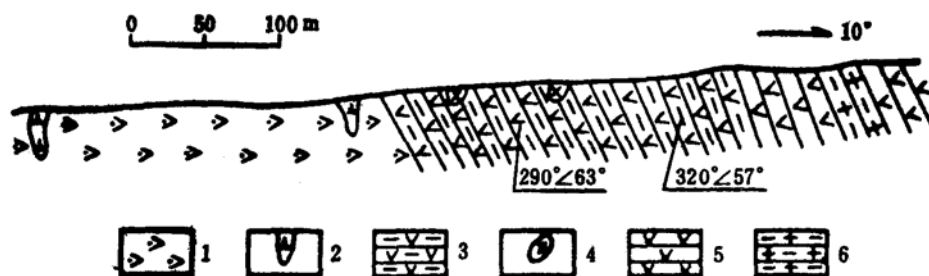


图3 洪古勒楞Ⅱ号岩体中第3剖面

Fig.3 Cross section No.3 of rock body II of the Hongguleleng ophiolite

1—斜辉辉橄岩; 2—橄长岩及辉长岩; 3—辉长岩团块; 4—长橄岩及含长异剥橄岩; 5—含长二辉橄岩; 6—闪长岩

含长二辉橄榄岩以发育变晶组构为特征。橄榄石及斜方辉石具波状消光及肯克带(kink band)(照片1)。斜方辉石晶体弯曲并有单斜辉石出溶片,显示了一般地幔橄岩所具有的亚固相变形的特征。熔融残余结构在含长二辉橄岩中也较发育,斜方辉石成港湾状或破布状外形(照片2)。副矿物铬尖晶石形态不规则,有时与斜方辉石呈后成合晶。此外,含长二辉橄岩发生了糜棱岩化,因此橄榄石颗粒较小($0.05\text{mm}\pm$)。值得注意的是,含长二辉橄岩中的单斜辉石和斜长石不具熔融残余结构,且未发生糜棱岩化,也未见单斜辉石与铬尖晶石组成的后成合晶。含长二辉橄岩中的单斜辉石及斜长石分布不均,多呈集合体,并构成带状分布(照片3),即单斜辉石和斜长石未受亚固相变形,提示了其后期形成的特点。更有意义的是该岩石中的粗粒单斜辉石与细粒橄榄石组成嵌晶包含结构及在橄榄石与斜长石交界处偶见单斜辉石的反应边结构(照片4)。由此可见,含长二辉橄岩同时显示地幔橄岩特有的亚固相形变及岩浆结构双重特征,表明含长二辉橄岩为一特殊成因的岩石类型。

2. 矿物学

含长二辉橄岩以含单斜辉石和斜长石而区别于其下的斜辉辉橄岩,而又以含斜方辉石区别于其上的超镁铁堆晶岩,含长二辉橄岩虽发生糜棱岩化,但岩石较新鲜,对其中的各种矿物进行了电子探针分析。

从表1可见,含长二辉橄岩中橄榄石Fo值变化于89.7—90.7之间(平均为90.1)。其Fo值低于斜辉辉橄岩及堆晶岩底部的含长纯橄岩中橄榄石的Fo值,但高于堆晶岩其它岩石类型中橄榄石的Fo值。含长二辉橄岩中橄榄石以含NiO较高(平均为0.43%)而相似于斜辉辉橄岩中的橄榄石(NiO=0.35%),而与堆晶岩中的橄榄石(NiO=0.09—0.31%)有所区别。

通过薄片观察,洪古勒楞堆晶岩中未见斜方辉石。含长二辉橄岩的斜方辉石En值变化于90.0—90.7之间,平均为90.3(表2)。低于斜辉辉橄岩中斜方辉石的En值($En=91.8$)。含长二辉橄岩中斜方辉石最明显的特征是其 Al_2O_3 含量(平均为3.09%)高于斜辉辉橄岩中斜方辉石的相应含量(平均为1.88%)。此外,含长二辉橄岩的斜方辉石以 Cr_2O_3 稍高(平均为0.67%)、CaO稍低(平均1.01%)区别于斜辉辉橄岩的斜方辉石(Cr_2O_3 为0.56%,CaO为1.38%)。

从表3可看出,含长二辉橄岩的单斜辉石以 $Mg \times 100 / (Mg + Fe^{2+})$ 、En值高,Fs、Wo值低而区别于堆晶杂岩中的单斜辉石。此外,与堆晶岩中单斜辉石相比,含长二辉橄岩中

中单斜辉石以 Al_2O_3 (4.09%)、 Cr_2O_3 (1.17%)及 MgO (17.01%)较高, $\langle\text{FeO}\rangle$ (2.86%)及 CaO (21.49%)较低为特征。

含长二辉橄榄岩的斜长石新鲜、双晶纹宽且清楚, 其 $An = 89.5-89.7$ (表4), 为培长石。含长二辉橄榄岩的斜长石以其 An 较高而区别于堆晶岩中斜长石 ($An = 71.5-89.2$)。

含长二辉橄榄岩的副矿物铬尖晶石成分可分为两组 (表5、图4): 一组相对富铬贫镁, 故以 Cr' 值偏高 (49.5—51.3) 而接近于地幔橄榄岩中的副矿物铬尖晶石 ($\text{Cr}' = 51.8-60.3$), 且以 Mg' 值较低 (47.5—48.2) 而区别于斜辉辉橄岩中的副矿物铬尖晶石 (Mg' 为57.6); 另一组显示贫铬富镁的特征 ($\text{Cr}' = 22.1-29.3$, $\text{Mg}' = 67.2-71.4$), 与堆晶岩 ($\text{Cr}' =$

表 1 含长二辉橄榄岩及其它岩石中橄榄石电子探针分析结果(重量%)

Table 1 Compositions of olivines in the Pl-bearing lherzolite and other rocks (electron probe analysis, wt. %)

样号	岩石名称	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	$\langle\text{FeO}\rangle$	MnO	NiO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	总计	Fo
H160	含长二辉橄榄岩	41.28	0.04	0.00	0.09	8.81	0.05	0.51	48.44	0.02	0.00	0.04	99.28	90.7
H162	含长二辉橄榄岩	40.86	0.00	0.10	0.00	9.41	0.25	0.29	47.98	0.06	0.00	0.00	98.95	90.1
H165	含长二辉橄榄岩	41.14	0.00	0.03	0.00	9.75	0.13	0.65	47.87	0.01	0.00	0.03	99.61	89.7
H165	含长二辉橄榄岩	41.28	0.06	0.08	0.15	9.68	0.06	0.28	47.84	0.02	0.11	0.04	99.60	89.8
斜辉辉橄岩(15)		41.59	0.01	0.01	0.02	8.41	0.10	0.35	49.71	0.02	0.01	0.01	100.24	91.3
含长纯橄岩(4)		41.23	0.00	0.00	0.00	8.71	0.14	0.24	49.99	0.03	0.03	0.02	100.37	91.1
含长异剥橄岩(3)		40.68	0.04	0.01	0.03	11.53	0.22	0.31	46.97	0.04	0.01	0.02	99.86	87.9
含单辉长橄岩(12)		40.43	0.02	0.01	0.01	11.92	0.22	0.23	47.38	0.03	0.01	0.02	100.28	87.6
含单辉橄长岩(16)		40.51	0.01	0.02	0.02	11.80	0.17	0.17	47.33	0.03	0.01	0.01	100.08	87.7
橄辉长岩(4)		39.75	0.01	0.01	0.00	13.69	0.19	0.09	46.50	0.02	0.00	0.01	100.27	85.8

注: 岩石名称后括号中数字为样品数目, 下同。

表 2 含长二辉橄榄岩及其它岩石中斜方辉石电子探针分析结果(重量%)

Table 2 Compositions of orthopyroxenes in the Pl-bearing lherzolite (electron probe analysis, wt. %)

样号	岩石名称	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	$\langle\text{FeO}\rangle$	MnO	NiO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	总计	En
H160	含长二辉橄榄岩	55.44	0.11	3.07	0.66	6.02	0.00	0.00	31.59	0.89	0.00	0.00	97.78	90.3
H160	含长二辉橄榄岩	55.39	0.00	3.81	0.71	6.25	0.18	0.20	31.83	0.63	0.00	0.00	99.00	90.6
H162	含长二辉橄榄岩	55.82	0.00	4.23	0.72	5.88	0.17	0.10	31.77	1.10	0.00	0.05	99.84	90.7
H162	含长二辉橄榄岩	56.02	0.00	4.11	0.67	5.88	0.16	0.22	32.21	0.68	0.00	0.02	99.97	90.0
H165	含长二辉橄榄岩	57.28	0.07	1.89	0.68	6.39	0.17	0.23	32.27	0.43	0.00	0.00	99.51	90.0
88H-13	含长二辉橄榄岩	55.06	0.08	2.63	0.54	6.58	0.11	0.00	33.29	1.34	0.05	0.00	99.68	90.0
88H-13	含长二辉橄榄岩	55.59	0.16	1.89	0.69	6.17	0.18	0.00	33.09	1.97	0.07	0.00	99.81	90.5
斜辉辉橄岩(11)		56.69	0.01	1.88	0.56	5.53	0.13	0.06	33.74	1.38	0.01	0.02	99.83	91.8

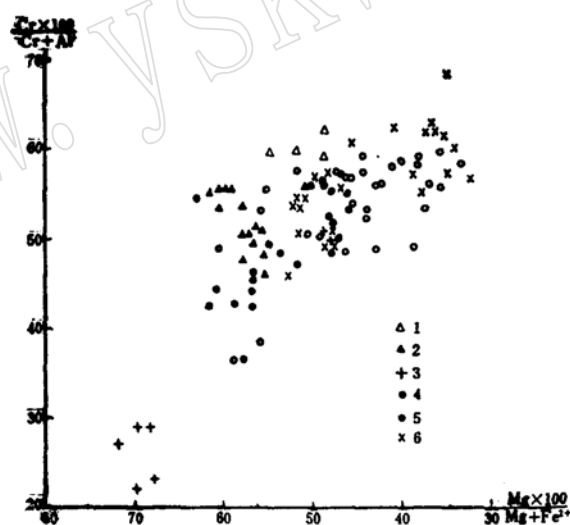
表3 含长二辉橄辉岩及其它岩石中单斜辉石电子探针分析结果(重量%)
Table 3 Compositions of clinopyroxenes in the Pl-bearing therszolite and other rocks (electron probe analysis, wt. %)

样号	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	<FeO>	MnO	NiO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	总计	En	Fs	Wo	$\frac{Mg \times 100}{Mg + Fe^{2+}}$
H160	含长二辉橄辉岩	51.98	0.24	4.52	1.08	2.64	0.13	0.00	16.44	21.14	0.00	0.00	98.17	49.6	4.5	45.9	91.7
H162	含长二辉橄辉岩	53.64	0.12	4.63	1.08	3.26	0.23	0.09	20.00	17.37	0.09	0.02	100.54	58.3	5.3	36.4	91.6
H162	含长二辉橄辉岩	51.92	0.00	4.58	1.26	2.07	0.21	0.00	15.64	23.27	0.12	0.04	99.11	46.6	3.5	49.8	93.1
H162	含长二辉橄辉岩	52.57	0.15	4.85	1.37	2.43	0.00	0.00	16.13	23.07	0.07	0.07	100.71	47.3	4.0	48.6	94.4
H165	含长二辉橄辉岩	53.59	0.20	2.29	0.91	2.91	0.07	0.25	18.27	21.35	0.22	0.02	100.08	51.8	4.7	43.5	91.8
H165	含长二辉橄辉岩	51.70	0.13	3.03	1.39	2.48	0.09	0.00	16.21	23.35	0.50	0.01	98.90	47.1	4.1	48.8	92.1
H171	含长二辉橄辉岩	50.21	1.62	4.93	1.46	4.32	0.07	0.00	15.74	21.20	0.32	0.00	99.87	47.1	7.3	45.6	86.7
88H-13	含长二辉橄辉岩	52.01	0.40	5.15	1.33	2.89	0.07	0.00	16.22	21.35	0.06	0.00	99.48	48.9	4.9	46.2	90.9
88H-13	含长二辉橄辉岩	53.18	0.41	2.87	0.65	2.71	0.08	0.00	18.41	21.28	0.07	0.00	99.66	52.3	4.3	43.4	92.4
含长界剥橄辉岩(5)		52.01	0.34	3.30	1.14	3.30	0.14	0.07	16.72	21.81	0.22	0.01	99.06	48.8	5.4	45.8	90.0
含单辉长橄岩(5)		51.59	0.72	3.59	1.07	3.35	0.14	0.03	11.88	22.57	0.35	0.02	99.51	46.6	5.8	47.6	88.9
含单辉长橄岩(7)		52.22	0.37	3.04	0.89	3.17	0.13	0.03	17.00	22.56	0.20	0.01	99.62	48.6	5.1	46.3	90.5
辉长岩(6)		52.31	0.43	1.79	0.42	5.80	0.15	0.04	15.69	22.06	0.28	0.00	98.97	45.1	9.4	45.6	82.8

表 4 含长二辉橄榄岩及其它岩石中斜长石电子探针分析结果(重量%)

Table 4 Compositions of plagioclases in the Pl-bearing lherzolite and other rocks (electron probe analysis, wt. %)

样号	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	(FeO)	MnO	NiO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	总计	An
H165	含长二辉橄榄岩	47.69	0.00	32.32	0.16	0.00	0.00	0.04	0.00	17.15	1.08	0.00	99.90	89.7
H165	含长二辉橄榄岩	46.43	0.05	33.94	0.14	0.21	0.00	0.17	0.00	17.15	11.2	0.03	99.25	89.5
	含长纯橄岩(1)	48.45	0.00	32.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	15.87	2.37	0.02	99.41	78.7
	含单辉长橄岩(4)	49.59	0.03	32.57	0.00	0.16	0.07	0.07	0.03	15.43	2.74	0.03	100.72	77.5
	含单辉长岩(7)	46.94	0.02	33.99	0.02	0.17	0.02	0.07	0.05	17.58	1.36	0.01	100.21	89.2
	辉长岩(4)	50.87	0.08	31.47	0.07	0.40	0.04	0.07	0.00	13.90	3.13	0.09	100.12	71.5

图 4 洪古勒楞蛇绿岩各种岩石的副矿物铬尖晶石的 $\frac{Cr \times 100}{Cr + Al}$ 对 $\frac{Mg \times 100}{Mg + Fe^{2+}}$ 变异图物铬尖晶石的 $\frac{Cr \times 100}{Cr + Al}$ 对 $\frac{Mg \times 100}{Mg + Fe^{2+}}$ 变异图Fig. 4 $\frac{Cr \times 100}{Cr + Al}$ vs $\frac{Mg \times 100}{Mg + Fe^{2+}}$ diagram

of the accessory Cr-spinel of different rocks of the Hongguleleng ophiolite

1—纯橄岩; 2—斜辉辉橄岩; 3—含长二辉橄岩; 4—含长纯橄岩; 5—长橄岩; 6—辉长岩及橄长岩

表 5 含长二辉橄辉岩及其它岩石中副矿物锆尖晶石电子探针分析结果(重量%)

Table 5 Compositions of accessory Cr-spinels in the Pl-bearing thersolite and other rocks (electron probe analysis, wt. %)

样号	岩石类型	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃ (FeO)	MnO	NiO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	总计	Cr	Al	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mg	Cr'	Mg'
H160	含长二辉橄辉岩	0.18	0.08	46.16	20.75	15.23	0.01	0.23	16.36	0.15	0.03	100.18	3.66	12.13	0.21	2.62	5.38	23.2	67.2
H160	含长二辉橄辉岩	0.12	0.00	46.66	19.77	14.16	0.37	0.41	16.60	0.04	0.18	98.31	3.50	12.29	0.21	2.51	5.49	22.1	68.7
H152	含长二辉橄辉岩	0.20	0.15	42.57	26.11	14.10	0.14	0.46	16.81	0.04	0.31	100.93	4.62	11.21	0.17	2.47	5.53	29.2	69.2
H162	含长二辉橄辉岩	0.41	0.09	42.19	26.11	13.59	0.35	0.35	16.51	0.00	0.20	99.80	4.68	11.26	0.06	2.57	5.43	29.3	67.9
H162	含长二辉橄辉岩	0.24	0.11	44.88	24.59	12.46	0.00	0.32	17.56	0.05	0.20	100.46	4.30	11.70	0.00	2.29	5.71	26.9	71.4
H165	含长二辉橄辉岩	0.17	0.21	27.42	39.99	21.65	0.12	0.37	10.53	0.06	0.00	100.52	7.79	7.96	0.25	4.20	3.80	49.5	47.5
H165	含长二辉橄辉岩	0.21	0.15	26.36	41.41	20.67	0.09	0.38	10.61	0.05	0.00	99.93	8.14	7.72	0.14	4.15	3.85	51.3	48.2
纯橄岩(地幔)(4)		0.13	0.19	19.27	43.67	25.10	0.26	0.13	10.77	0.04	0.06	99.63	8.81	5.79	1.40	3.96	4.04	60.3	50.5
斜辉辉橄岩(15)		0.10	0.02	25.86	41.28	19.31	0.18	0.08	12.75	0.02	0.01	99.62	7.98	7.43	0.59	3.39	4.61	51.8	57.6
含长纯橄岩(22)		0.15	0.43	27.62	36.13	22.90	0.22	0.08	12.20	0.04	0.04	99.83	6.99	7.96	1.05	3.62	4.38	46.8	54.8
含单辉长橄岩(31)		0.10	0.97	21.63	37.55	29.20	0.32	0.14	9.38	0.02	0.04	99.36	7.68	6.55	1.77	4.44	3.56	54.0	44.5
含单辉长橄岩(18)		0.06	1.12	19.47	38.99	30.32	0.31	0.12	8.52	0.03	0.05	99.00	8.13	6.01	1.86	4.69	3.31	57.5	41.4
橄辉长岩(5)		0.13	1.15	21.42	38.20	28.27	0.34	0.07	10.47	0.04	0.00	100.11	7.73	6.44	1.83	4.06	3.94	54.6	49.3

46.8—57.5, $Mg' = 41.4—54.8$) 及地幔橄榄岩中副矿物铬尖晶石 ($Cr' = 51.8—60.3$, $Mg' = 50.5—57.6$) 的成分有明显区别, 是否为前一组铬尖晶石受基性熔体交代的结果, 有待进一步探讨。

3. 地球化学

从表6可看出, 洪古勒楞含长二辉橄榄岩与斜辉辉橄岩及纯橄岩相比, SiO_2 、 TiO_2 、 $\langle FeO \rangle$ 、 MnO 、 CaO 含量较高, 而 Cr_2O_3 、 MgO 含量较低, 故 $\frac{MgO \times 100}{MgO + \langle FeO \rangle}$ 值 (82) 低于纯橄岩和斜辉辉橄岩的相应值 (均为85), 与堆晶岩相比, 含长二辉橄榄岩以 TiO_2 、 Cr_2O_3 、 MnO 、 NiO 、 K_2O 含量高, Al_2O_3 、 Na_2O 含量低为特征, 且含长二辉橄榄岩的 $\frac{MgO \times 100}{MgO + \langle FeO \rangle}$ 值高于堆晶岩 (74—81)。

表 6 洪古勒楞蛇绿岩各种岩石的化学成分

Table 6 Chemical compositions of various rocks in Hongguleleng ophiolite

岩石名称	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	NiO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	CoO	总计	$\langle FeO \rangle$	$\frac{MgO \times 100}{MgO + \langle FeO \rangle}$
纯橄岩 (1)	41.36		1.28	1.05	4.19	4.79			46.95	0.38					100.00	8.56	85
斜辉辉橄岩 (7)	45.15	0.03	1.03	0.47	4.34	3.76	0.02	0.09	44.43	0.61	0.02			0.05	100.00	7.67	85
含长二辉橄 榄岩 (1)	45.33	0.24	2.49	0.40	4.17	4.93	0.17	0.24	38.83	3.07	0.00	0.15	0.00		100.02	8.68	82
含长纯橄岩 (3)	41.69	0.02	4.09	0.21	6.30	4.11	0.10		42.56	0.71	0.15	0.03	0.02		99.99	9.78	81
含长斜辉橄 榄岩 (1)	42.96		5.84	0.28	4.36	5.51			40.75	0.29					100.01	9.45	81
长橄岩 (7)	42.53	0.06	8.59	0.24	2.85	5.92	0.09	0.09	33.14	6.16	0.24	0.03	0.05	0.02	100.01	8.49	80
橄长岩 (7)	45.05	0.06	21.84	0.14	1.37	3.75	0.04	0.06	14.54	11.80	1.22	0.08	0.05		100.00	4.98	74
橄辉辉长岩 (7)	46.10	0.08	20.85	0.06	0.83	3.38	0.05		12.56	14.96	1.01	0.09	0.03		100.00	4.13	75

锶同位素地球化学对含长二辉橄榄岩的成因提供了一个重要信息。洪古勒楞地幔橄
榄岩中纯橄岩和斜辉辉橄岩的 ($^{87}Sr/^{86}Sr$)₀ 比值为 0.70617 和 0.70773 (表 7), 而堆晶岩和
辉绿岩的 ($^{87}Sr/^{86}Sr$)₀ 为 0.70189—0.70497, 明显低于地幔橄榄岩的该比值。有意思的

表 7 洪古勒楞蛇绿岩各种岩石的 Sr^{87}/Sr^{86} 比值

Table 7 $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios of various rocks in Hongguleleng ophiolite

	样 号	岩石名称	$(^{87}Sr/^{86}Sr)_0$	世界其它地区
地 幔 橄 榄 岩	H171	含长二辉橄榄岩	0.70447	0.706—0.729
	H162	含长二辉橄榄岩	0.70773	
	H175	斜辉辉橄岩	0.70705	
	H256	纯橄岩	0.70617	
堆 晶 岩 及 岩	H196	含长纯橄岩	0.70449	0.702—0.706
	H185	橄长岩	0.70189	
	H99	辉绿岩	0.70428	

是, 两个含长二辉橄榄岩样品的 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)₀ 分别为 0.70447 和 0.70773, 前者接近于堆晶岩中含纯橄岩的该比值, 后者则接近于斜辉辉橄岩及纯橄岩的该比值。需指出 H171 和 H162 样虽均采自含长二辉橄榄岩, 但 H171 样为含长二辉橄榄岩, 而 H162 样实际为含单斜辉斜辉辉橄岩, 基本上没有斜长石, 而且单斜辉石也很少。

4. 组构分析

从图5可看出, 含长二辉橄榄岩显示 $\text{Ng}[100]$ 密集, 为典型的高温 ($>1000^\circ\text{C}$) 组构。根据滑移向与 X 轴的关系, 可确定其剪切方向自东向西, 并叠加有 $\text{Nm}[001]$ 低温聚密 ($<800^\circ\text{C}$)。

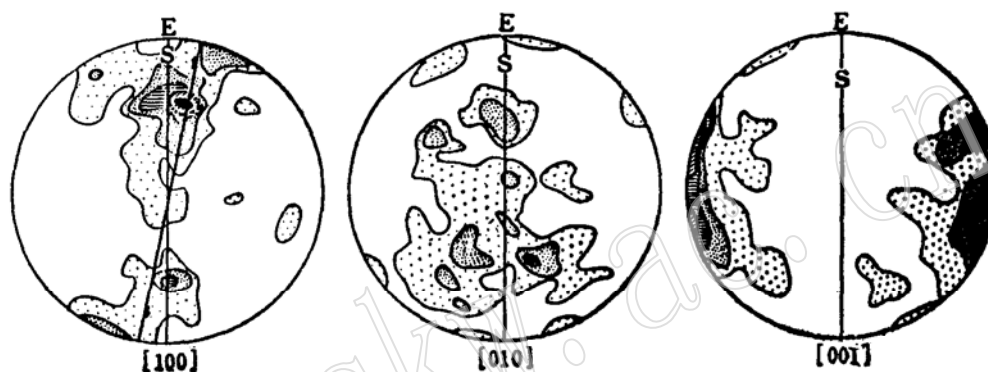


图 5 含长二辉橄榄岩中橄榄石的组构图

Fig. 5 Fabric diagram of the olivine of Pl-bearing lherzolite

(等密线为 1—3—5—7—9%)

H13d (含长二辉橄榄岩) 及 H186 (橄长岩) 均采自 II 号岩体。橄长岩位于含长二辉橄榄岩之上的超镁铁堆晶岩中。从照片5可看出, 含长二辉橄榄岩中橄榄石位错较多, 有短位错、弓弯位错、位错环、曲线位错等, 此外还可见到由位错运动产生的交叉滑移。但堆晶岩中橄长岩的橄榄石位错较少 (照片6), 主要为 $[101]$ 方向的长直线及短直线位错及由 $[101]$ 方向短直线位错组成的位错排, 反映了堆晶岩中橄榄石形成的温度较低 ($800^\circ\text{C} \pm$), 而区别于含长二辉橄榄岩。

四、成因讨论

洪古勒楞含长二辉橄榄岩产于斜辉辉橄岩顶部与超镁铁堆晶岩的接触部位。就其产出部位而言, 含长二辉橄榄岩既可作为地幔橄榄岩的一部分, 也可归于堆晶杂岩的底部单元。然而, 含长二辉橄榄岩显示地幔橄榄岩特有的它形变晶结构、熔融残余结构、后成合晶结构及显微形变特征, 说明它与斜辉辉橄岩有许多共同之处。但含长二辉橄榄岩又与斜辉辉橄岩有以下区别: ①含长二辉橄榄岩具有该区地幔橄榄岩所缺少的单斜辉石和斜长石, 这些矿物呈填间状, 分布不均匀, 未显示亚固相变形及糜棱岩化; ②含长二辉橄榄岩除发育变晶结构外, 尚可见岩浆反应边结构; ③含单斜辉石及斜长石较多的含长二辉橄榄岩其 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)₀ 值低于斜辉辉橄岩, 而接近于堆晶岩的比值。含长二辉橄榄岩与斜辉辉橄岩的上述差异, 恰是与堆晶杂岩的相同之处。

对蛇绿岩中斜长二辉橄辉岩的成因大体有以下三种见解：①大多数学者认为斜长二辉橄辉岩代表轻度亏损的地幔残余，它们位于斜辉辉橄岩的底部，如岛湾蛇绿岩⁽⁴⁾。有时斜长二辉橄辉岩可作为地幔橄辉岩的主要组部成分，如希腊的Othris蛇绿岩⁽⁵⁾和加利福尼亚的Trinity蛇绿岩⁽⁶⁾和南斯拉夫的Dinarides蛇绿岩⁽⁷⁾。②位于堆积杂岩底部与含斜方辉石的超镁铁岩及橄辉岩间层的斜长二辉橄辉岩，属岩浆堆积作用的产物，如纽芬兰的Bott Cove蛇绿岩⁽⁸⁾。③位于斜辉辉橄岩上部的斜长二辉橄辉岩系岩浆浸透到先前的斜辉辉橄岩中而形成，如新喀里多尼亚的蛇绿岩⁽⁹⁾。笔者通过研究后认为洪古勒楞含长二辉橄辉岩的成因可用上述第三种见解解释。

Mercier等(1975)指出⁽¹⁰⁾，地幔成因的二辉橄辉岩的单斜辉石除了在强烈变形相中外，总是与斜方辉石和铬尖晶石共生在一起。但洪古勒楞含长二辉橄辉岩中的单斜辉石大多呈带状集合体分布，不与铬尖晶石共生，因而与地幔成因的二辉橄辉岩中的单斜辉石形成了鲜明的对照。

笔者近年来的研究表明，熔融残余成因的地幔橄辉岩常显示熔融分带现象。在其分带中斜长二辉橄辉岩无疑应位于斜辉辉橄岩的下部。但洪古勒楞含长二辉橄辉岩呈现与此相反的情况，位于斜辉辉橄岩的上部，堆晶岩的下部。高温高压实验指出⁽¹¹⁾⁽¹²⁾，随着原始地幔岩熔融程度的增加，矿物进入熔体的顺序为 $Pl(Ga, Sp) \rightarrow Cpx \rightarrow Opx$ ，最后的残余相为橄辉石。洪古勒楞含长二辉橄辉岩的斜方辉石具港湾状及破布状外形，反映了斜方辉石经历了亚固相变形及不一致熔融作用⁽¹³⁾。但早于斜方辉石熔化的单斜辉石及斜长石缺乏熔融残余结构及亚固相变形。这些特征，反映了洪古勒楞含长二辉橄辉岩不单是原始地幔低度熔融的产物。含长二辉橄辉岩的橄辉石具高温形变特征及橄辉石和斜方辉石所具有的地幔岩所特有的结构也说明该岩石不是由岩浆堆积作用形成。笔者认为，洪古勒楞含长二辉橄辉岩是已经亏损了的地幔橄辉岩（斜辉辉橄岩）中渗入了基性熔浆，并与之发生再平衡作用形成。该区含长二辉橄辉岩产出的构造部位表明其成因与形成堆晶杂岩的基性熔浆有关，地幔橄辉岩顶部的糜棱岩化为岩浆房底部基性熔浆的下渗提供了通道。

据Malps(1978)的方法计算得知⁽¹⁴⁾，形成洪古勒楞堆晶杂岩的初始熔浆 $MgO = 17.62\%$ ， $FeO = 10.37\%$ 。从堆晶杂岩的矿物晶出顺序 $Ol-Pl-Cpx$ 可知，熔体的 Al_2O_3 含量应高于 18.5% ⁽¹⁵⁾。含长二辉橄辉岩中斜长石富钙($An = 89.6$)的特征表明，熔体具有较高的 CaO/Na_2O 比值(≈ 13)。由此可见，该区形成堆晶杂岩的初始熔体以高 MgO 、 Al_2O_3 和 CaO 为特征。

基性熔体沿裂隙下渗进入斜辉辉橄岩中，熔体沿颗粒间隙和裂隙结晶，形成呈填间及条带状分布的单斜辉石和斜长石，同时伴随与原生矿物的再平衡过程，导致部分岩浆岩结构的形成及矿物成分的变化。基性熔体交代橄辉石使之 Fo 值降低，交代斜方辉石使之 En 降低， Al_2O_3 含量增高。当这种富铝熔体与斜辉辉橄岩中的铬尖晶石接触时，较小的温压变化也将引起其 Cr/Al 值的明显变化，使 Al_2O_3 含量增高， Cr_2O_3 降低⁽¹⁶⁾。含长二辉橄辉岩中铬尖晶石成分变化范围大，可能与变化过程中的不均一性有关。

含长二辉橄辉岩(H171)较低的锶同位素比值(0.70447)可能与基性熔体中放射成因的锶与斜辉辉橄岩中放射成因锶的混合作用有关。另一个含长二辉橄辉岩(H162)的 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0$ 较高，可能与该岩石中渗入的基性熔体较少，混合作用较弱有关。

参 考 文 献

- [1] 任有详、白文吉, 1986, 新疆洪古勒楞超镁铁岩铬铁岩石中金云母包裹体矿物化学特征及意义, 中国地质科学院西安所刊, 第13号, 13—23.
- [2] 白文吉等, 1986, 新疆洪古勒楞蛇绿岩的岩石学矿物学和铬铁矿的成因研究, 中国地质科学院地质所刊, 第14号, 1—54.
- [3] Coleman, R. G., 1977, 鲍佩声译, 1982, 蛇绿岩, 地质出版社.
- [4] Malps, J., 1977, Petrology and tectonic significance of Newfoundland ophiolites with examples from the Bay of Islands. State Oregon Dept. Geol. Miner. Ind. Bull., Vol. 95, 13—23.
- [5] Menzies, M. and Allen, C., 1974, Plagioclase lherzolite. Residual mantle relationships within two Eastern Mediterranean ophiolites. Contr. Miner. Petrol., Vol. 45, 197—213.
- [6] Quick, J. E., 1981, Petrology and petrogenesis of the trinity peridotite, an upper mantle diapir in the Eastern Klamath Mountains, Northern California. J. Geophys. Res., Vol. 86, 11837—11863.
- [7] Pamić, I., 1983, Considerations on the boundary between lherzolite and harzburgite subprovinces in the Dinarides and Northern Hellenides. Ophioliti, Vol. 8, 153—164.
- [8] Karson, J. A., et al, 1983, Ultramafic intrusions in the Lewis Hill massif, Bay of Islands ophiolite complex, Newfoundland: implication from igneous processes at oceanic fracture zones. Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 94, 15—29.
- [9] Nicolas, A. and Dupuy, C., 1984, Origin of ophiolitic and oceanic lherzolites. Tectonophysics, Vol. 110, 177—187.
- [10] Mercier, J. C. and Nicolas, A., 1975, Textures and fabric of upper mantle peridotites as illustrated by basalt xenoliths. J. Petrol., Vol. 16, 454—487.
- [11] Wang Xibin and Bao Feisheng, 1989, Types of melting residue and structural deformation of the mantle peridotite bodies in the orogenic belts of China. Progress in geosciences of China (1985—1988), papers to 28th IGC.
- [12] Mysen, B. O., Kushiro, I., 1977, Compositional variations of coexisting phases with degree of melting of peridotite in the upper mantle. Amer. Miner., Vol. 62, 834—865.
- [13] Scarf, C. M., et al, 1979, Invariant melting behavior of mantle material: partial melting of two lherzolite nodules. Carnegie Inst. Wash. Yearb., Vol. 78, 834—865.
- [14] 王希斌、鲍佩声、邓万明、王方国, 1987, 西藏蛇绿岩, 地质出版社.
- [15] Malps, J., 1978, Magma generation in the upper mantle, field evidence from ophiolite suits, and application to the generation of oceanic lithosphere. Phil. Trans. R. Soc. Lon., A, Vol. 288, 527—546.
- [16] Jaques, A. L., 1981, Petrology and petrogenesis of cumulate peridotites and gabbros from the Marom ophiolite complex, northern Papua New Guinea. J. Petrol., Vol. 22, 1—44.
- [17] Dickey, J. S. Jr., et al, 1971, Chromium in silicate-oxide systems. Carnegie Inst. Wash. Yearb., Vol. 70, 118—122.

Origin of Pl-Lherzolite in the Hongguleleng Ophiolite, Xinjiang

Peng Genyong Bao Peisheng Wang Xibin Hao Ziguo

(Institute of Geology, CAGS, Beijing)

Key words: Hongguleleng; Pl-lherzolite; origin

Abstract

The Pl-lherzolite is located between the harzburgite and cumulates in the Hongguleleng ophiolite and parallel to the mylonitized zone at the top of the harzburgite.

The Pl-lherzolite differs from the cumulates in having blastic texture and high-temperature deformed fabric of Ng[100] characteristic of the mantle peridotite and yielding orthopyroxene. In respect of mineralogy and petrology as well as strontium isotope, the Pl-lherzolite exhibits some features of transition from the cumulates to the mantle peridotite.

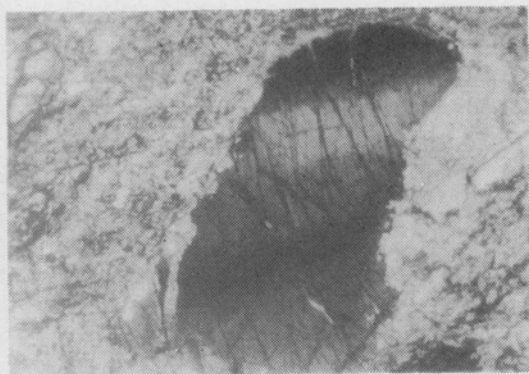
The appearance of new-born minerals (clinopyroxene and plagioclase) in the Pl-lherzolite provides an evidence for the penetration of basic melt. The mylonitized zone may be a passage for the basic melt derived from the bottom of the magma chamber, which has penetrated into the harzburgite.

From the above, the authors conclude that the Pl-lherzolite is the product of the reequilibrium between the depleted harzburgite and the basic melt.

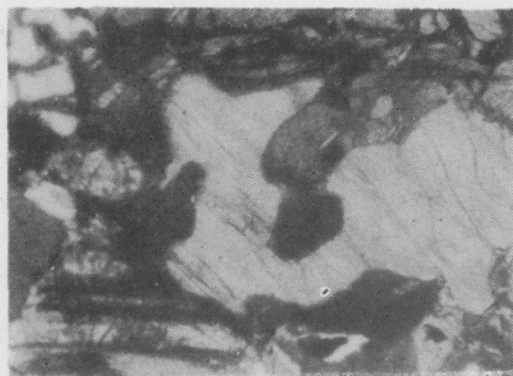
~~~~~  
(上接第 143 页)

nulite assemblages yields pressures that concentrate at  $0.7 \pm 0.1$  Gpa and  $1.0 \pm 0.1$  Gpa.

Based on the above pressures and temperatures and texture criteria, the derived P-T path for the basic granulite is found to have an anticlockwise sense, opposite to that characterizing the collision zone, thereby placing considerable constraints on the tectonometamorphic evolution of the region. The P-T path would be explained as the product of extension and gravitational collapse of the crust in this area.



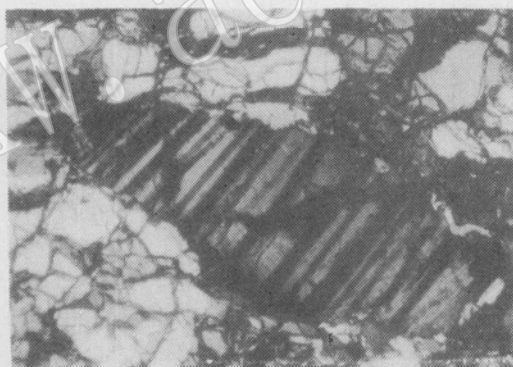
照片1 含长二辉橄榄岩中斜方辉石具肯克带,  $\times 65$



照片2 含长二辉橄榄岩的残余结构, 斜方辉石显示港湾状外形,  $\times 65$



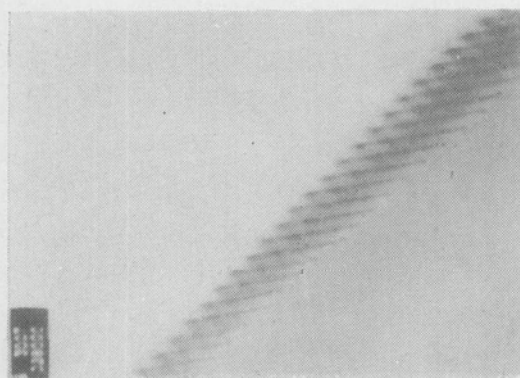
照片3 含长二辉橄榄岩中单斜辉石呈集合体分布,  $\times 65$



照片4 含长二辉橄榄岩中斜长石与橄榄石接触处可见单斜辉石反应边,  $\times 65$



照片5 含长二辉橄榄岩的橄榄石透射电镜照片, 示橄榄石不同的位错,  $\times 28000$



照片6 橄长岩中橄榄石由 $[101]$ 短直线位错组成的位错排,  $\times 28000$