新疆阿勒吞昆多蛇绿混杂岩的地球化学特征及形成环境

秦彪

（中国建筑材料工业地质勘查中心新疆总队，新疆 乌鲁木齐 830000）

摘 要：该蛇绿混杂岩的岩石组合为辉长岩、斜长花岗岩及火山熔岩等，缺失变质橄榄岩、超镁铁堆晶岩和辉绿岩岩墙单元。蛇绿岩中辉长岩和基性熔岩 REE 球粒陨石标准化和微量元素原始地幔标准化分配型式呈近平坦型分布，轻稀土亏损或略亏损，类似于岛弧（IAB）和扩张脊（MORB）过渡构造背景特征，形成于 SSZ 型洋盆底初始岛弧的弧前扩张环境。

关键词：新疆东准噶尔；阿勒吞昆多；古亚洲洋；蛇绿岩；洋中脊

中图分类号：P588.3 **文献标识码**：A **文章编号**：1009-6248(2013)02-0030-07

Xinjiang ALeTunKunDuo Ophiolitic Melange of Geochemical Characteristics and Formation Environment

QIN Biao

(*China Building Materials Industry Center of Xinjiang Geological Survey Corps*, *Urumqi*, 830000, *China*)

Abstract: The ophiolitic melange is consisted of gabbro, plagiogranite and volcanic lava, lacking of metamorphic peridotite, ultramafic cumulate rock and diabase dike unit. The standardized distribution pattern of REE chondrite in gabbro and basic lava of ophiolitic melange, and trace elements of the primitive mantle is nearly flat. There is loss or slight loss in light rare earth, which is similar to the transitional tectonic settings of island arc (IAB) and spreading ridge (MORB), indicating that the ophiolites is probably formed in the fore-arc expansion environment of incipient arc at the bottom of SSZ Oceanic basin.

Key words: Xinjiang East JungaEr; ALeTunKunDuo; ancient asian ocean; ophiolite; ridge

新疆阿勒吞昆多蛇绿混杂岩位于东准噶尔盆地东部，阿勒吞昆多一带，该蛇绿混杂岩是卡拉麦里—塔克扎勒—大黑山一线的蛇绿混杂岩东延部分①。前人对该蛇绿岩带进行了大量的研究工作，但对其性质和形成环境和意义存在很大分歧。李锦铁等（1988；1990）认为该缝合带属于古亚洲洋最后闭合线之一，该带构造演化史为张-合-张-合模式（李锦铁等，1988；1990）；崔日武（1988）认为卡拉麦里蛇绿岩带形成于洋盆底初始岛弧（不成熟弧）环境（崔日武，1988）；李嵩龄等（1999，2001）则认为该带形成于岛弧-大陆边缘环境，闭合时间由西向东从中泥盆世—晚石炭世末（李嵩龄等，1999，2001）；胡曜琴等(1995)指出准噶尔大洋壳北部是在 400 Ma 左右逐步消亡，向西伯利亚

收稿日期：2012-07-12；**修回日期**：2013-04-07

基金项目：新疆伊吾县阿尔通盖一带 1∶5 万区域地质矿产调查项目，(项目编号 XJQDZ2009-7) 资助

作者简介：秦彪（1984-），男，助理工程师，2012 年毕业于中国地质大学，主要从事 1∶5 万区域地质矿产调查工作。E-mal：qinbiao19851216@163.com

①张小林，秦彪，樊文军.《新疆伊吾县阿尔通盖一带 1∶5 万区域地质矿产调查》报告，2011.

板块俯冲（胡曜琴等，1999）；刘希军等（2007）认为该带形成于受俯冲洋脊影响的岛弧和弧前扩张环境（刘希军等，2007）；笔者着重从地球化学特征探讨该蛇绿混杂岩的形成环境。

1　地质特征

阿勒吞昆多蛇绿混杂岩位于伊吾县以北阿勒吞昆多一带，卡拉麦里—塔克扎勒—大黑山一线的蛇绿混杂岩东延部分。蛇绿混杂岩构造侵位于石炭纪弧前沉积物中，呈 330°方向展布，其南北两侧均被北西向断裂所切。在 2 断裂之间发育北西、北北西和北东向的次级断裂（图 1）。阿勒吞昆多蛇绿混杂岩受北西向断裂控制，其后经历了晚期褶皱、断裂的改造，呈不规则状构造混杂岩块分布。由辉长岩、斜长花岗岩、基性熔岩和硅质岩等块体组成，缺失变质橄榄岩、超镁铁堆晶岩和辉绿岩岩墙单元（图 2），构造单元之间多以断层接触。类似于第二类蛇绿岩（张旗等，1998），其洋壳很薄，岩石组合也相对简单。基性岩块与围岩呈断层接触，有明显的断层破碎带。该蛇绿混杂岩的围岩

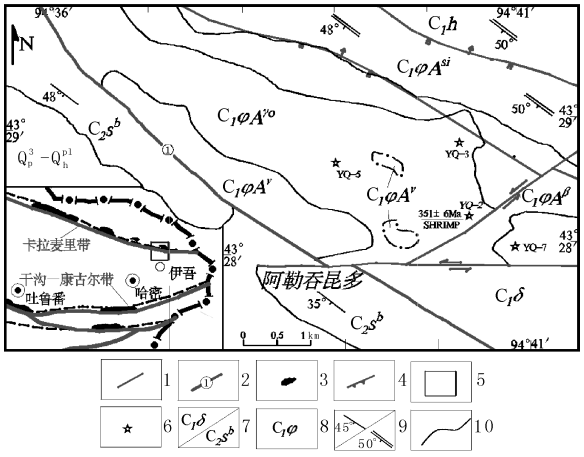


图 1　新疆阿勒吞昆多一带地质图

据(1∶5 万伊吾县阿尔通盖一带区域地质矿产报告,2011)

Fig. 1　Geological map of the ALeTunKunDuo area in Xinjiang

1. 断层；2. 主要断裂及编号；3. 蛇绿岩；4. 逆冲推覆断裂；5. 研究区号；6. 采样位置；7. 岩体及地层代号；8. 早石炭世蛇绿混杂岩；9. 层理及片理产状；10. 地质界线；C_2s. 上石炭统石钱滩组；$C_1\delta$. 早石炭世闪长岩；C_1h. 下石炭统黑山头组

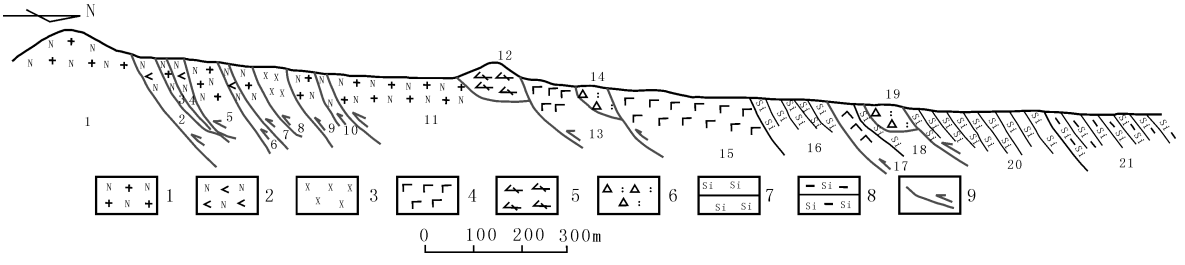


图 2　阿勒吞昆多蛇绿混杂岩剖面图

Fig. 2　The Profile of ophiolitic melange belt in Ale TunKunDuo

1. 斜长花岗岩；2. 斜长角闪岩；3. 辉长岩；4. 玄武岩；5. 英安岩；6. 火山角砾岩；7. 硅质岩；8. 泥质硅质岩；9. 逆冲断裂

有下石炭统黑山头组的凝灰质角砾岩、片理化凝灰质砂岩、岩屑砂岩和上石炭统石钱滩组的岩屑砂砾岩、砾岩、长石岩屑砂岩等。

2　岩相学特征

2.1　辉长岩单元

变余辉长结构，块状构造。主要矿物为斜长石、阳起石，分布少量的钙长石呈自形板状，粒状外形，为暗色矿物辉石的脱变矿物，有的保留辉石假像，分布在斜长石之间，含量为 30%；白钛石呈他形粒状，个别呈菱面体状，可能为榍石的氧化物。

2.2　斜长花岗岩单元

细粒结构，块状构造。主要矿物为斜长石（60%～70%）、石英（25%～30%）及黑云母（1%～5%），斜长石呈自形板状，具高岭土化、弱黝帘石化，具不清晰的环带构造，为更-中长石；石英他形粒状，分布在斜长石之间，具波状消光，

表面较混浊；黑云母呈细叶片状、不规则状，分布在长石、石英之间，副矿物为磁铁矿，磷灰石、锆石。

2.3 火山熔岩单元

变斑状-间粒结构，块状构造。岩石具斑状结构，斑晶（25%）主要矿物为斜长石，少量辉石，粒度 0.2～0.8 mm。斜长石呈自形板状、长板状具高岭土化，弱黝帘石化，长板状矿物大致定向分布，辉石已由绿帘石、绿泥石替代，斜长石为基性拉长石。基质由板条状斜长石、绿帘石组成，局部分布绿泥石。有时基质中含有或多或少的杏仁体，由石英绿泥石充填，杏仁体多时则为杏仁状玄武岩。

3 岩石地球化学特征

3.1 主量元素特征

阿勒吞昆多蛇绿混杂岩的岩石地球化学数据见主量元素、微量元素和稀土元素丰度结果（表 1）。

辉长岩中 MgO、CaO、Na_2O、FeO * 含量高，Al_2O_3、K_2O 含量较低。与一般辉长岩主量元素比较，K_2O 含量偏低，为低 K 辉长岩。在 TAS 岩石分类（图 3）判别图中属玄武岩类。

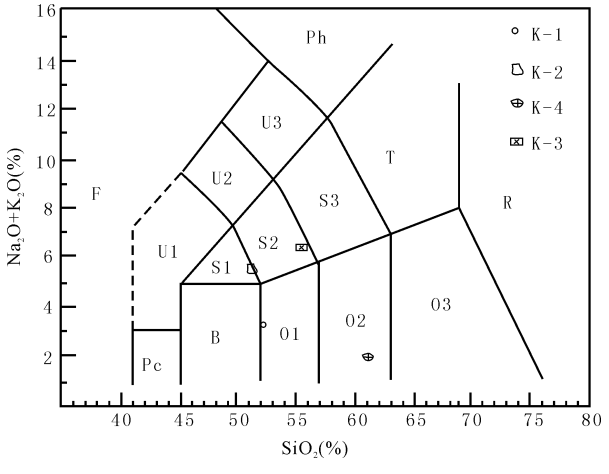


图 3 TAS 图解

Fig. 3 TAS diagram

玄武岩中 SiO_2（51.45%～56.90%），高于洋脊（49.8%）；TiO_2（0.64%～1.08%），低于洋脊（1.5%）；Al_2O_3（15.21%～16.60%），接近于洋脊（16%）；CaO（4.64%～6.31%），低于洋脊（11.2%）；Na_2O（4.40%～6.01%）高于洋脊和碱性玄武岩的含量（分别为 2.75%和 3.2%），与卡拉麦里地区基性熔岩的含量相当（4.01%）（卜国民等，2005）；在 TAS 岩石分类（图 3）判别图中属玄武粗安岩类。在硅-碱图解（图略）中，投在 S 区，属亚碱性系列；在 AFM 图解中，投在 T 区，属拉斑玄武岩系列；FeO * /MgO-SiO_2 图解中显示为拉斑玄武岩系列。

玄武安山岩中具高 MgO、SiO_2，低 TiO_2 的特征。类似玻安岩的特征。在 TAS 岩石分类（图 3）判别图中，属安山岩类。在硅-碱图解（图略）中，投在 S 区为亚碱性系列；FeO * /MgO-SiO_2 图解（图略）中显示为钙碱性系列。

斜长花岗岩中 SiO_2、Na_2O 含量高，Al_2O_3、FeO *、MgO、K_2O 含量低，尤其是低 Al_2O_3、K_2O，为大洋斜长花岗岩特征，将其投在奥长花岗岩 Al_2O_3-Yb 图解（据 Arth，J. G.，1979）（图略）中，投在低铝（大洋）斜长花岗岩区；在硅-碱图解（图略）中，投在 S 区为亚碱性系列。

3.2 稀土元素特征

辉长岩稀土元素总量为 59.21×10^{-6}，总量较低，轻重稀土之比（L/H）为 0.56，显示轻稀土亏损重稀土富集，δEu 为 1.17，为 Eu 正异常，经球粒陨石（Leedy）标准化作稀土元素配分型曲线图（图 4），图式为平坦型。

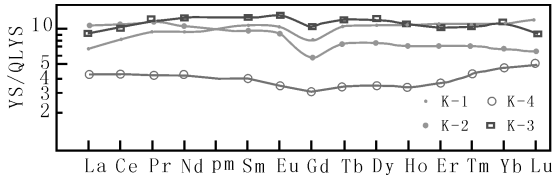


图 4 岩石稀土元素/球粒陨石标准化模式图

Fig. 4 Rock rare earth element/chondrite standardization ideograph

玄武岩稀土总量为 53.09×10^{-6}～67.91×10^{-6}，轻重稀土之比（L/H）为 0.68～0.97，δCe 为 0.91～0.93，为 Ce 平坦型，δEu 为 1.13～1.23，为 Eu 富集，$(La/Sm)_N$ 为 0.76～1.11、$(Gd/Yb)_N$ 为 0.80～0.95，表明轻重稀土均分馏差，图形为平坦型；稀土元素经球粒陨石标准化（Leedy）作稀土元素配分型曲线图（图 4），图形类似于 MORB 稀土型式特征。

玄武安山岩稀土总量为 24.39×10^{-6}，比辉长

表 1　阿勒吞昆多蛇绿混杂岩主量元素（%）、微量元素和稀土元素（$\times 10^{-6}$）丰度表

Tab. 1　Data of major elements (%), rare earth and trace elements abundances for the ALeTunKunDuo ophiolitie mélanges [in percentage, ($\times 10^{-6}$)]

岩性	辉长岩	玄武岩	玄武岩	玄武-安山岩	斜长花岗岩			MORB	Troodos	Leedy 球粒陨石
样号	k-1	k-2	k-3	k-4	k-5	k-6	k-7			
SiO_2	52.33	51.45	56.90	60.74	79.95	75.37	76.41	49.8	51.21	
TiO_2	1.00	0.64	1.08	0.18	0.23	0.26	0.24	1.50	0.60	
Al_2O_3	15.38	16.60	15.21	8.79	12.36	13.12	12.04	16.00	15.17	
Fe_2O_3	4.38	1.94	5.09	2.90	1.02	1.01	1.83			
FeO	7.06	5.79	5.22	6.77	1.42	1.09	1.75		8.49	
MnO	0.23	0.15	0.15	0.16	0.08	0.04	0.09	7.50	9.48	
MgO	5.84	4.21	3.65	9.72	0.40	0.58	0.62		0.17	
CaO	8.04	6.31	4.64	7.18	2.12	3.56	0.72	11.2	10.18	
Na_2O	3.35	4.40	6.01	1.90	4.54	3.65	6.04	2.75	2.50	
K_2O	0.14	1.27	0.43	0.43	0.54	0.29	0.25	0.14	2.20	
P_2O_5	0.09	0.12	0.12	0.03	0.05	0.06	0.04			
灼失量	2.15	4.06	2.26	1.78	0.93	1.14	0.14			
总量	99.99	99.94	100.76	100.58	99.64	100.17	100.44			
La	2.60	4.00	3.50	1.60	4.50	4.20	4.30			0.31
Ce	7.60	10.00	9.60	4.00	11.90	12.20	10.40			0.81
Pr	1.30	1.60	1.60	0.56	2.00	1.90	1.60			0.122
Nd	6.70	7.50	9.00	3.00	9.00	9.90	8.00			0.60
Sm	2.40	1.70	3.20	0.92	2.30	2.70	2.70			0.19
Eu	0.92	0.80	1.10	0.28	0.85	0.56	0.72			0.07
Gd	2.40	1.70	3.20	0.92	2.30	2.70	2.70			0.26
Tb	0.61	0.44	0.69	0.57	0.67	0.76	0.57			0.05
Dy	4.10	3.00	4.60	1.40	4.70	5.50	3.80			0.32
Ho	0.92	0.62	0.96	0.30	1.00	1.30	0.83			0.72
Er	2.80	1.80	2.60	0.91	3.30	3.80	2.20			0.21
Tm	0.42	0.28	0.40	0.16	0.52	0.64	0.36			0.03
Yb	2.70	1.30	2.70	1.20	3.30	3.90	2.40			0.21
Lu	0.44	0.25	0.36	0.20	0.55	0.62	0.33			0.03
Y	23.90	17.20	24.80	8.40	29.40	36.90	21.50			
∑REE	59.10	53.09	67.91	24.39	76.79	84.08	62.11			
$(La/Yb)_N$	0.63	0.55	0.86	0.87	0.89	0.71	1.19			
$(La/Sm)_N$	0.66	1.11	0.76	1.09	0.98	0.75	1.11			
$(Gb/Yb)_N$	0.71	0.80	0.95	0.61	0.56	0.55	0.90			
Rb	8.16	23.61	3.30	9.87	12.06	8.56	1.67			
Th	0.74	0.18	0.44	0.53	0.42	0.11	0.36			
U	0.21	0.21	0.29	0.24	0.44	0.24	0.12			
Ta	0.12	0.14	0.65	0.78	0.17	0.19	0.35			
Nb	0.99	1.11	1.97	1.50	1.84	1.63	1.52			
La	2.60	4.00	3.50	1.60	4.50	4.20	4.30			
Ce	7.60	10.00	9.60	4.00	11.90	12.20	10.40			
Sr	214.00	193.00	74.60	64.92	88.00	144.00	73.16			
Zr	60.00	59.00	78.37	40.89	158.00	123.00	96.29			
Hf	2.06	1.88	2.48	1.22	4.40	4.09	3.13			
Ti	6 376.00	2 809.00	7 449.00	1 194.00	1 568.00	1 378.00	1 539.00			
Sc	38.00	25.52	29.25	46.88	9.18	12.52	11.04			
Cr	51.84	64.38			7.33	7.20				
Y	23.90	17.20	24.80	8.40	29.40	36.90	21.50			
Yb	2.70	1.70	2.70	1.20	3.30	3.90	2.40			
Ba	128.00	350.00	80.68	112.00	186.00	776.00	29.06			
K（%）	0.12	1.02	0.38	0.46	0.46	0.22	0.23			
P	402.00	556.00	579.00	158.00	236.00	194.00	224.00			

注：样品由国土资源部乌鲁木齐矿产资源监督监测中心测试；MORB 洋脊玄武岩平均含量引自 Pearce et al.，1981；Troodos 蛇绿岩数据引自 Coleman，1977。主量元素除用 Fe_2O_3 比值法，FeO 用重量法外。其余成分均用 X 荧光光谱分析。微量及稀土元素用（ICP-MS）方法分析，质量符合 DZ-013094 标准。

岩、玄武岩、斜长花岗岩都低，轻重稀土之比（L/H）为 0.73，为轻稀土亏损，稀土元素用球粒陨石（Leedy）标准化作稀土元素配分图（图 5），曲线位置较低，与典型蛇绿岩稀土型式中层状辉长岩近似。

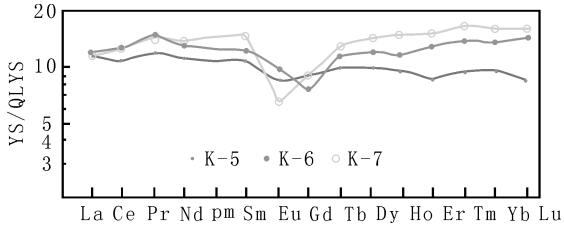


图 5 岩石稀土元素/球粒陨石标准化模式图

Fig. 5 Rock rare earth element/chondrite standardization ideograph

斜长花岗岩稀土总量为 62.11×10^{-6}～84.08×10^{-6}，与辉长岩、玄武岩稀土总量相当，轻重稀土之比（L/H）为 0.56～0.79，为轻稀土亏损重稀土富集，稀土元素经球粒陨石（Leedy）标准化作稀土元素配分图（图 5），图形均呈平坦型，轻重稀土分馏极差。显示大洋斜长花岗岩特征。

3.3 微量元素特征

辉长岩用标准洋中脊玄武岩（MORB）标准化，投在 Pearce 不同的构造背景下形成的各种玄武岩的微量元素比值蛛网图（图略）中，显示强不相容元素富集，而相容元素亏损；与 Pearce 标准图式对比，图形与洋中脊玄武岩中的过渡型玄武岩类似；经原始地幔（Wood）标准化，据 Holm 排列法作微量元素比值蛛网图（图 6），显示富集 Ba、Sr，而亏损 Nb、Ti，与 Holm 标准图形对比，界于 MORB 和 LAT 之间，更像岛弧低 K 玄武岩分布型式。

玄武岩 $(Rb/Yb)_N$ 值，一件样品为 7.63 为强不容元素富集，另外一件样品为 0.67，为强不相容元素亏损型，前者应为大陆拉斑玄武岩，后者为洋脊拉斑玄武岩；经 N-MORB 标准化作比值蛛网图（图略），与 Pearce 的标准图式对比，显示均位于洋脊玄武岩中的拉斑玄武岩与过渡型玄武岩之间。但是，Nb 亏损又显示了岛弧拉斑玄武岩特征；经原始地幔（Wood）标准化作比值蛛网图（图 6），与 Holm（1985）的标准图形对比，分别显示与岛弧拉斑玄武岩和洋中脊玄武岩图形接近。

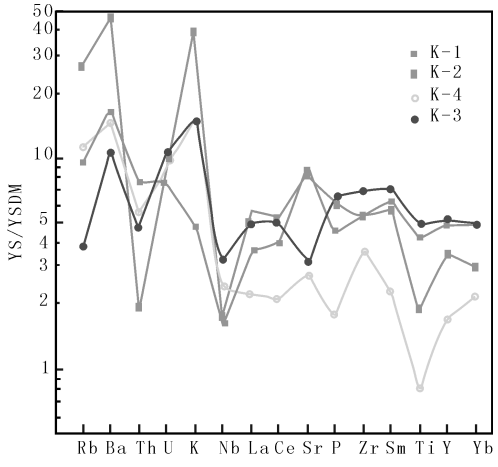


图 6 玄武岩/原始地幔玄武岩标准化模式图

Fig. 6 basalt /original mantle basalt standardization ideograph

玄武安山岩微量元素与玄武岩基本类同；$(Rb/Yb)_N$ 值为 4.59 为强不容元素富集型，为大陆拉斑玄武岩。经原始地幔（Wood）标准化作比值蛛网图（图 6），图式与玄武岩图式基本类似。

斜长花岗岩 $(Rb/Yb)_N$ 值为 0.39～2.01，一件样品值＜1，为强不相容元素亏损型，其余样品值＞1，为强不相容元素富集型；经原始地幔（Wood）标准化作比值蛛网图（图 7），与太古宙英云闪长岩图形相似，都具有 Ba 富集而 Th、Nb 亏损的分配型式。

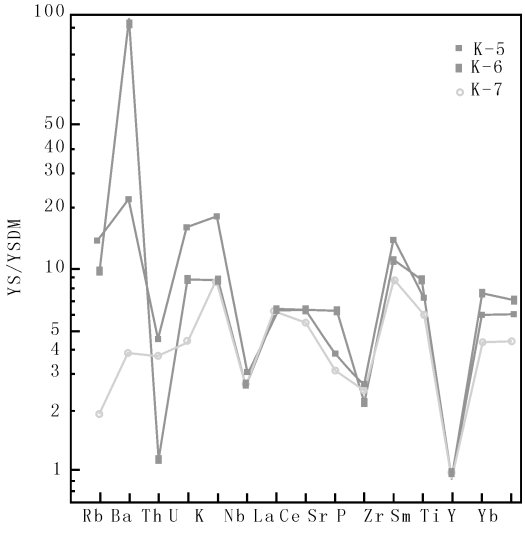


图 7 玄武岩/原始地幔玄武岩标准化模式图

Fig. 7 Basalt /original mantle basalt standardization ideograph

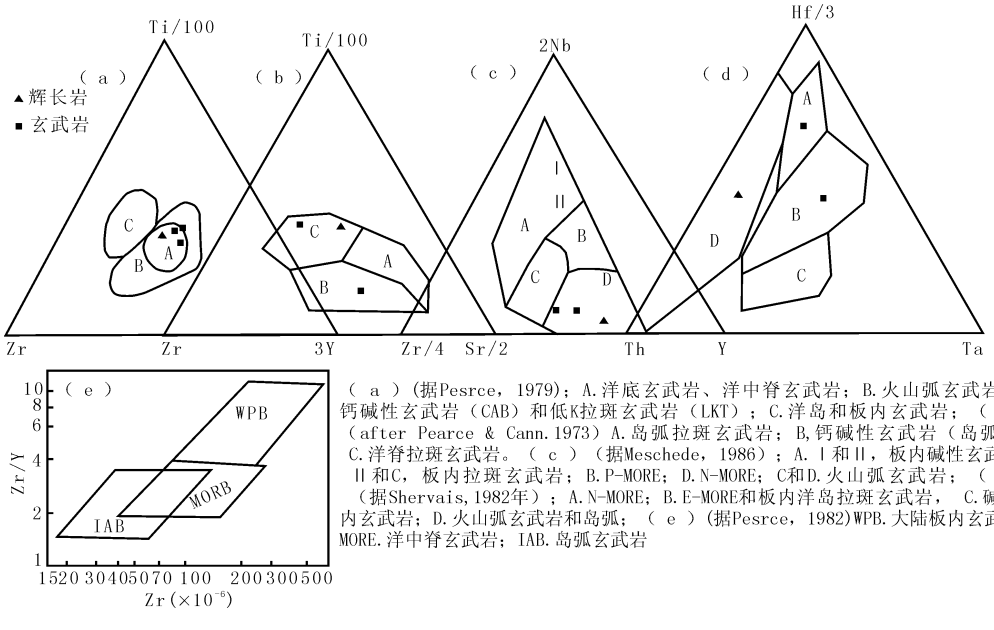
4　构造环境讨论

1980 年以来，大多数地质学家认为造山带中蛇绿岩大多形成于岛弧、弧前、弧后盆地、转换断层及小洋盆环境，即岛弧和大陆边缘附近，极少数来自广阔的大洋扩张中脊(大洋中脊)(张旗，1994；冯鸿文，1994)。

不活动性元素 Th 和 Ta 是两个重要的元素，它们在洋中脊下的软流圈地幔有相似的丰度（约 0.02×10^{-6}，Pearce，1991），并且在熔体与造岩矿物间的分配系数也是相似的。因此，洋中脊的 Th/Ta 近于 1，而在俯冲带，由于水和硅酸盐流体的作用，具有大离子半径的 Th 元素容易从俯冲带的洋壳及其上覆沉积地层逃逸到下伏地幔楔之中。因此，来源于受俯冲洋壳影响的地幔楔的岩浆具有异常高的 Th/Ta 值。所以，蛇绿岩的 Th/Ta 值是区别 MORB 环境和俯冲带之上 SSZ 环境的重要指针。

在研究岛弧蛇绿岩时，Ehhon（1991）指出产于 SSZ 环境蛇绿岩的熔岩 Th/Ta 值一般为 3～5，La/Ta 值为 30～40；而对于 MORB，Th/Ta 值为 0.75～2，La/Ta 值为 10～20。阿勒吞昆多蛇绿岩的玄武岩 Th/Ta 值为 0.68～1.29，平均为 0.98，La/Ta 值为 2.05～28.57，平均为 12.12，可以看出，阿勒吞昆多蛇绿岩接近于 MORB 环境。

在 Ti-Zr-Y 三角变异图解（图 9a）中，样品全投在 A 区，构造环境为洋底玄武岩、洋中脊玄武岩；Ti-Zr-Sr 图解（图 9b）可以把 Ti-Zr-Y 图解中的 A 区进一步分辨为 MORB、岛弧拉斑玄武岩和钙碱性玄武岩三个区域（Pearce et al.，1984）。在该图解中，部分样品落入了洋脊拉斑玄武岩，部分样品落入钙碱性玄武岩（岛弧）；在 Nb-Zr-Y 图解（图 9c）中，样品全投在 D 区，构造环境为洋中脊；在 Hf-Th-Ta 判别图解（图 9d）中，玄武岩落入了 N-MORB 环境，辉长岩落入了火山弧玄武岩和岛弧拉斑玄武岩环境；Zr/Y-Zr 判别图解（图 9e）中，样品全投在 MORB 区和 IAB 区，构造环境为大洋环境和岛弧玄武岩。结合上述图解，显示具有岛弧拉斑玄武岩特征又具有 MORB“正常的”洋中脊环境。现在大部分的 MORB＋IAB 的过渡类型普遍出现在边缘盆地。阿勒吞昆多蛇绿混杂岩玄武岩是 MORB＋IAB 的过渡构造背景性质，而高 Si、Mg 的玄武安山岩的特征还指示弧前背景，应接近俯冲带（张旗、周国庆，2001）。



（ a ）(据Pesrce，1979)；A.洋底玄武岩、洋中脊玄武岩；B.火山弧玄武岩包括钙碱性玄武岩（CAB）和低K拉斑玄武岩（LKT）；C.洋岛和板内玄武岩；（ b ）（after Pearce & Cann.1973）A.岛弧拉斑玄武岩；B,钙碱性玄武岩（岛弧）；C.洋脊拉斑玄武岩。（ c ）（据Meschede，1986）；A.Ⅰ和Ⅱ，板内碱性玄武岩；Ⅱ和C，板内拉斑玄武岩；B.P-MORE；D.N-MORE；C和D.火山弧玄武岩；（ d ）（据Shervais,1982年）；A.N-MORE；B.E-MORE和板内洋岛拉斑玄武岩，　C.碱性板内玄武岩；D.火山弧玄武岩和岛弧；（ e ）(据Pesrce，1982)WPB.大陆板内玄武岩；MORE.洋中脊玄武岩；IAB.岛弧玄武岩

图 8　阿勒吞昆多蛇绿混杂岩构造环境判别图解

Fig. 8　The tectonic environment discrimination diagram for the basalts of ALeTunKunDuo ophiolite melanges

5 结论

阿勒吞昆多蛇绿混杂岩的主量元素以高 Si、Na、Mg 低 Al、K、Ca 为主要特征；微量元素以富集大离子亲石（LILE）相对于高场能（HFSE）富集，且又变化为特征，可能是后期蚀变的结果；稀土元素为轻稀土亏损或略亏损、而重稀土微富集的特征，分配型式为平坦型式，研究认为，该蛇绿岩属古亚洲洋，为洋中脊亏损地幔产物；形成于消减带之上，即 SSZ 型洋盆底初始岛弧的弧前扩张环境。因此，构造背景兼并岛弧（IAB）和扩张脊（MORB）特征。受到过俯冲板片消减过程中形成的流体作用。在俯冲时残片保留在造山带中。

参考文献（References）：

李锦铁，肖序常，汤耀庆，等．新疆东准噶尔卡拉麦里地区古板块构造研究的新进展，科学通报，1988，33（10）762-764.

Li Jintie, Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, et al. Xinjiang east Junggar Calamaili in the ancient plate tectonic new research progress [J]. Chinese Science Bulletin, 1988, 33 (10): 762-764.

李锦铁，朱宝清．新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征[J]．地质论评，1990，36（4）：305-315.

Li Jintie, Zhu Baoqing. Xinjiang east Junggar Calamaili in the late Paleozoic plate tectonics, the basic features [J]. Geological Review, 1990, 36 (4): 305-315.

崔日武．新疆卡拉麦里蛇绿岩的岩石化学特征及其生成环境讨论[J]．新疆地质，1988，6（3）：70-81.

Cui Riwu. Xinjiang CalaMaiLi ophiolite rock chemical characteristics and formation environment discussion [J]. Xinjiang Geological, 1988, 6 (3): 70-81.

李嵩龄，冯新昌，董富荣，等．卡拉麦里－塔克扎勒－大黑山蛇绿岩建造稀土元素特征，新疆地质，1999，17（4）：356-364.

Li Songling, Feng Xinchang, Dong Furong, et al. CalaMaiLi-TaKeZaLe-DaHeiShan ophiolite formation characteristics of rare earth elements [J]. Xinjiang Geology, 1999, 17 (4): 356-364.

李嵩龄，董富荣，冯新昌，等．卡拉麦里－塔克扎勒－大黑山超镁铁质岩岩石化学特征及其形成环境[J]．新疆地质，2001，19（2）：155-156.

Li Songling, Dong Furong, Feng Xinchang, et al. CalaMaiLi-TaKeZaLe-DaHeiShan ultramafic rocks chemical characteristics and formation environment [J]. Xinjiang Geology, 2001, 19 (2): 155-156.

胡曜琴，张国新，李启新，等．新疆北部主要地质事件同位素年龄表[J]．地球化学，1995，24（1）：20-31.

Hu Heqing, Zhang Guoxin, Li Qixin, et al. Mainly in northern Xinjiang geological events isotope age list [J]. Geochemistry, 1995, 24 (1): 20-31.

刘希军，许继峰，侯青叶，等．新疆东准噶尔克拉麦里蛇绿岩地球化学：洋脊俯冲的产物[J]．岩石学报，2007，23（7）：1591-1602.

Liu Xijun, Xu Jifeng, Hou Qinye, et al. Xinjiang east junggar CalamaiLi ophiolite geochemical: ridge subduction product [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23 (7): 1591-1602.

张旗，陈雨，钱青．两类蛇绿岩剖面及其成因的探讨[J]．自然科学进展，1998，8（3）：326-330.

Zhang Qi, Chen Yu, Qian Qing. Two kinds of ophiolite section and its causes [J]. Progress in Natural Science, 1998, 8 (3): 326-330.

卜国民，李华启，李文铅，等．新疆塔克札勒蛇绿混杂岩中玄武质熔岩地球化学特征及其成因讨论[J]．大地构造与成矿学，2005，29（2）：258-260.

Bu Guoming, Li Huaqi Li Wenqiang et al, Xinjiang Takezale ophiolite melange of basaltic lava geochemical characteristics and causes discussion [J]. Tectonic and Metallogeny, 2005, 29 (2): 258-260.

张旗，蛇绿岩研究进展[J]．地学前缘，1994，9（1）：98-102.

Zhang Qi. Ophiolite research progress [J]. Earth Science Frontiers, 1994, 9 (1): 98-102.

冯鸿文．蛇绿岩的构造背景及成因研究[J]．地质科学前沿，1993，29（02）：355-360.

Feng Hongwen. Ophiolite tectonic background and origin [J]. Geological Science Frontiers, 1993, 29 (02): 355-360.