

文章编号:1009-3850(2013)02-0066-13

西昆仑麻扎构造混杂岩带中—下侏罗统 叶尔羌群源区构造背景分析

陈富贵, 康孔跃, 陈备战, 杨伟, 张杰, 陈琳, 祝大伟, 李同选

(四川省核工业地质局二八二大队, 四川 德阳 618200)

摘要:本文在收集和总结前人研究成果的基础上,通过对西昆仑麻扎地区中—下侏罗统叶尔羌群碎屑组分和砂岩地球化学特征分析,讨论了叶尔羌群沉积源区大地构造背景。在莎里塔什组沉积时期,物源区的构造背景主要为大陆岛弧、大洋岛弧的性质;杨叶组沉积时期,源区的大地构造背景为大陆岛弧,兼有活动大陆边缘性质;塔尔尕组沉积时期,源区构造背景复杂:既显示活动大陆边缘和岛弧(大洋岛弧、大陆岛弧)的性质,同时还显示出被动陆缘环境,其可能与晚三叠世造山开始时克拉通地块边缘的卷入有关。

关键词:西昆仑;构造混杂岩;叶尔羌群;物源区;构造背景

中图分类号:P545

文献标识码:A

昆仑山地区位于欧亚大陆与冈瓦纳大陆的结合部位,是“世界屋脊”青藏高原的组成部分,为板块碰撞所形成,是开展全球古板块构造研究的最重要地区之一^[1]。研究区位于青藏高原西北缘的西昆仑山中段,在大地构造区域上属麻扎-康西瓦-苏巴什板块缝合带混杂岩带,总体构造线呈北西-南东向的展布(图1)。

在参考《全国地层多重划分对比研究,新疆维吾尔自治区岩石地层》(1997)^[2]对叶尔羌群定义的基础上,将叶尔羌群自下而上分为“莎里塔什组”、“杨叶组”和“塔尔尕组”3个组。构造演化控制着盆地沉积碎屑的充填形式。通过对盆地中的沉积碎屑的研究,可以反演盆地形成时的构造环境。目前,通过岩石学对沉积物源区构造背景分析已经相当成熟,已经渗透到碎屑颗粒特征研究的各个方面^[3-4]。此外,通过对碎屑的地球化学特征研究也能反映物源区的信息^[5-8],本文通过砂岩碎屑组分方法(Dickonson图解)和地球化学(主量、微量、稀

土元素)分析方法,进行叶尔羌群物源区构造背景研究。

1 碎屑组分对构造背景的制约

砂岩碎屑组分不但反映了母岩的性质,也反映了源区的大地构造背景^[9]。Dickonson图解是通过3个单元端:石英(单晶石英、多晶石英)、长石(斜长石、钾长石)、岩屑(变质岩岩屑、沉积岩岩屑)中各组分的含量进行投点,并划分出7个物源区类型。该方法是研究最细、最全面、研究时间最长的物源区分析方法^[4-5],本文通过对叶尔羌群45块岩石薄片的镜下仔细观察,对沉积碎屑的各组分进行了统计(表1)并投点(图2、图3),以此来分析叶尔羌群沉积时期物源区的大地构造背景。

从Qt-F-L和Qm-F-Lt投点图(图2)可以看出,叶尔羌群砂岩碎屑组分的投点绝大部分投在再旋回造山带源区,少量落在切割弧及过渡弧源区,表明其具多物源特征,其结果进一步验证了本文对叶

收稿日期:2013-04-20;改回日期:2013-05-27

作者简介:陈富贵(1961-)男,工程师,从事区域地质调查工作。E-mail:282kkkkkk@163.com

基金项目:中国地质调查局1:5万J43E022021等5幅区域地质调查项目(1212077720539)

尔羌群归为陆-陆造山带内的山间盆地的认识^[10]。

从图3的 Dickinson 辅助三角图 Qt-F-L、Qm-F-Lt、Qm-P-K、Qp-Lv-Ls 可以看出,碎屑组分的投点主要落在 I、IV、VI 区及 IV、VI 区的过渡区域,少量落在 III、V 区,反映其主要的物源区为再旋回造山带及板块碰撞造山带物源区,其次为岛弧造山带物源区,另外还有少量沉积物来自岩浆弧物源区、俯冲混杂带物源区。在反映出物源区复杂的大地构造

背景的同时,也体现了赛力亚克达坂盆地的充填物主要来自碰撞造山带及再旋回造山带。

综合以上分析,赛力亚克达坂盆地的物源类型表现出明显的复杂性,在晚三叠世时期,西昆仑造山带物源为最主要的盆地沉积充填物,而来自岩浆弧物源以及俯冲混杂带物源也有少部分贡献。这个岩浆弧物源很可能是塔里木板块与羌塘地块在晚三叠碰撞前在塔里木板块南缘形成的火山弧^[11]。

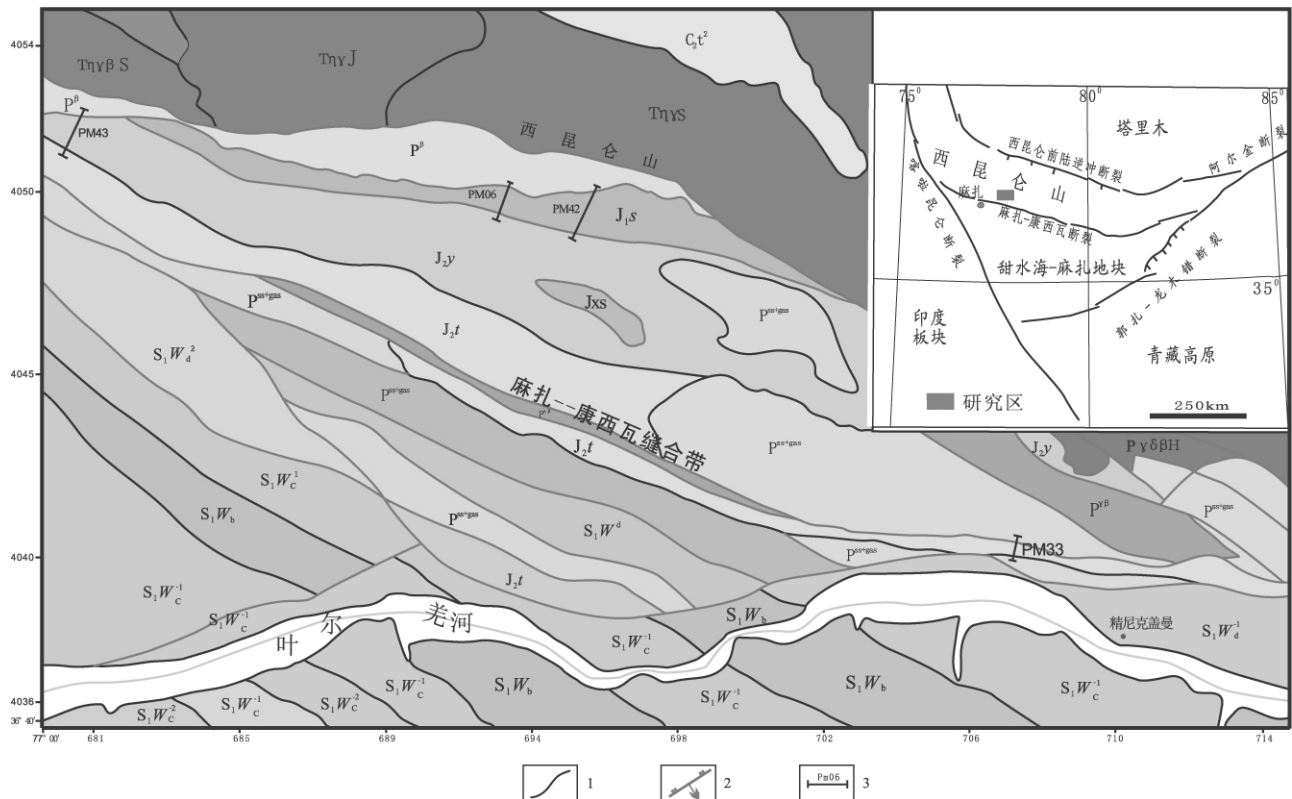


图1 西昆仑麻扎地区地质图(据1:5万J43E021021幅地质图)

S_1W_b . 下志留统温泉沟群b组; $S_1W_c^1$. 下志留统温泉沟群c组一段; $S_1W_c^2$. 下志留统温泉沟群c组二段; $S_1W_d^1$. 下志留统温泉沟群d组一段; $S_1W_d^2$. 下志留统温泉沟群d组二段; P^{ss+gas} 麻扎混杂岩变砂岩夹绿片岩; $P^{\gamma\beta}$. 麻扎混杂岩黑云母花岗岩; $P^{\gamma\delta\beta H}$. 黑恰道班花岗岩; Jxs . 蓟县系桑株塔格群; C_2t^2 . 上石炭统提热艾力组下段; P^B . 麻扎混杂岩玄武岩; $P^{a+\beta}$. 麻扎混杂岩玄武岩、安山岩; $T\eta\gamma J$. 印支期家吉哇西岩岩体; $T\eta\gamma S$. 印支期胜利桥岩体; $T\eta\gamma\beta S$. 印支期色日克达坂岩体; J_1s . 叶尔羌群沙里塔什组; J_1y . 叶尔羌群杨叶组; J_1t . 叶尔羌群塔尔杂组。1. 地质界线; 2. 逆断层; 3. 剖面位置及编号

Fig. 1 Simplified geological map of the Mazar region in western Kunlun Mountains

S_1W_b = b Formation of the Lower Silurian Wenquangou Group; $S_1W_c^1$ = 1st member of the c Formation of the Lower Silurian Wenquangou Group; $S_1W_c^2$ = 2nd member of the c Formation of the Lower Silurian Wenquangou Group; $S_1W_d^1$ = 1st member of the d Formation of the Lower Silurian Wenquangou Group; $S_1W_d^2$ = 2nd member of the d Formation of the Lower Silurian Wenquangou Group; P^{ss+gas} = metasediment intercalated with greenschist in the Mazar melange zone; $P^{\gamma\beta}$ = biotite granite in the Mazar mélangé zone; $P^{\gamma\delta\beta H}$ = northern Heiqia granite mass; Jxs = Jixianian Sanjutag Group; C_2t^2 = lower member of the Upper Carboniferous Tire'aili Formation; P^B = basalt in the Mazar mélangé zone; $P^{a+\beta}$ = basalt and andesite in the Mazar mélangé zone; $T\eta\gamma J$ = Indosinian western Jiajiwa granite mass; $T\eta\gamma S$ = Indosinian Shengliqiao granite mass; $T\eta\gamma\beta S$ = Indosinian Serikedaban granite mass; J_1s = Lower Jurassic Shalitashi Formation; J_1y = Lower Jurassic Yangye Formation; J_1t = Lower Jurassic Targa Formation. 1 = geological boundary; 2 = thrust fault; 3 = measured section

表1 麻扎构造混杂岩带早-中侏罗世叶尔羌群砂岩碎屑组分含量(%)

Table 1 Sandstone compositions in the Yarkant Group(%)

样品号	层位	Qm	Qp	Qt	Lv	Ls	L	Lt	F	P	K
PM06-1	J _{1s}	53	2	55	5	40	45	47	0	0	0
PM06-2	J _{1s}	75	1	76	0	24	24	25	0	0	0
PM06-3	J _{1s}	77	1	78	4	17	21	22	1	0.2	0.8
PM06-4	J _{1s}	51	3	54	8	33	41	44	5	1	4
PM06-5	J _{1s}	64	4	68	5	25	30	34	2	1	1
PM06-6	J _{1s}	78	2	80	4	15	19	21	1	0.04	0.96
PM06-8	J _{1s}	62	3	65	7	27	34	37	1	0.1	0.9
PM06-9	J _{1s}	72	5	77	6	15	21	26	2	0.4	1.6
PM06-10	J _{1s}	77	1	78	0	21	21	22	1	0.04	0.96
PM06-11	J _{1s}	77	1	78	3	16	19	20	3	1	2
PM06-12	J _{1s}	76	0	76	0	21	21	21	3	1	2
PM06-13	J _{1s}	69	1	70	7	21	28	29	2	0.32	1.68
PM06-15	J _{1s}	77	1	78	0	16	16	17	6	1.1	4.9
PM06-16	J _{1s}	77	0	77	0	21	21	21	2	0.3	1.7
PM06-17	J _{1s}	76	2	78	5	15	20	22	2	0.32	1.68
PM06-18	J _{1s}	79	1	80	3	15	18	19	2	0.3	1.7
PM06-18	J _{1s}	76	1	77	6	15	21	22	2	1.1	0.9
PM06-19	J _{1s}	74	3	77	5	16	21	24	2	0.7	1.3
PM06-20	J _{1s}	23	5	28	8	56	64	69	8	3	5
PM06-21	J _{1s}	68	2	70	4	19	23	25	7	5	2
PM06-22	J _{1s}	53	1	54	18	16	34	35	12	5	7
PM06-23	J _{1s}	81	1	82	4	12	16	17	2	1.6	0.4
PM43-1	J _{2y}	73	4	77	0	22	22	26	1	0.08	0.92
PM43-1	J _{2y}	78	2	80	3	16	19	21	1	0.13	0.87
PM43-1	J _{2y}	28	4	32	0	66	66	70	2	1	1
PM43-2	J _{2y}	56	4	60	0	37	37	41	3	2	1
PM43-4	J _{2y}	52	3	55	4	37	41	44	4	3	1
PM43-6	J _{2y}	40	2	42	20	35	55	57	3	0.4	2.6
PM43-8	J _{2y}	64	1	65	9	14	23	24	12	3	9
PM43-9	J _{2y}	37	1	38	23	35	58	59	4	1	3
PM43-10	J _{2y}	52		52	21	23	44	44	4	0.7	3.3
PM43-13	J _{2y}	77	1	78	7	9	16	17	6	1	5
PM43-14	J _{2y}	43	2	45	21	22	43	45	12	4	8
PM43-15	J _{2y}	76	1	77	4	9	13	14	10	3	7
PM43-16	J _{2y}	27	1	28	19	16	35	36	37	13	24
PM43-17	J _{2y}	30	2	32	28	37	65	67	3	1	2
PM43-18	J _{2y}	36	2	38	14	23	37	39	25	4	21
PM43-19	J _{2y}	39	3	42	16	38	54	57	4	1.2	2.8
PM33-2	J _{2t}	56	4	60	6	28	34	38	6	1.4	4.6
PM33-3	J _{2t}	80	2	82	0	13	13	15	5	1	4
PM33-6	J _{2t}	76	2	78	4	16	20	22	2	0.6	1.4
PM33-8	J _{2t}	43	2	45	7	28	35	37	20	5	15
PM33-10	J _{2t}	52	3	55	5	25	30	33	15	3	12
PM33-12	J _{2t}	53	2	55	5	37	42	44	3	0.6	2.4
PM33-13	J _{2t}	67	3	70	0	18	18	21	12	0.9	11.1

注: Qp 多晶石英; Qm 单晶石英; K 钾长石; P 斜长石; Ls 沉积岩 + 变沉积岩岩屑; Lv 火山岩 + 变火山岩岩屑; Qt = Op + Qm; F = K + P; L = Ls + Lv; Lt = Qp + L

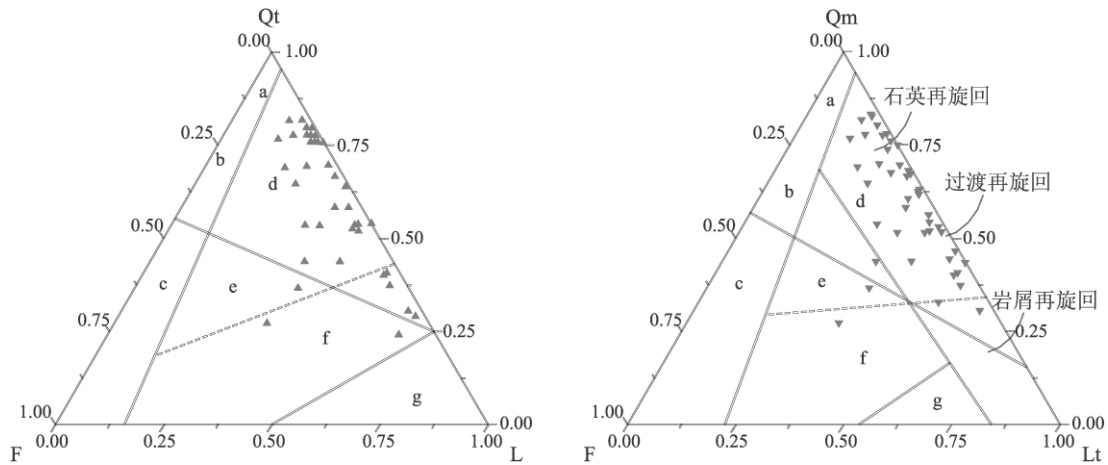


图2 叶尔羌群砂岩的 Qt-F-L 和 Qm-F-Lt 图解(据 Dickinson ,1983)

a. 内部克拉通源区;b. 过渡陆壳源区;c. 隆升基底源区;d. 造山再旋回源区;e. 切割弧源区;f. 过渡弧源区;g. 未切割弧源区

Fig.2 Qt-F-L and Qm-F-Lt diagrams for the sandstones from the Yarkant Group (after Dickinson ,1983)

a = intracratonic; b = transitional continental crust; c = uplifted basement; d = recycled orogen; e = dissected arc; f = transitional arc; g = undissected arc

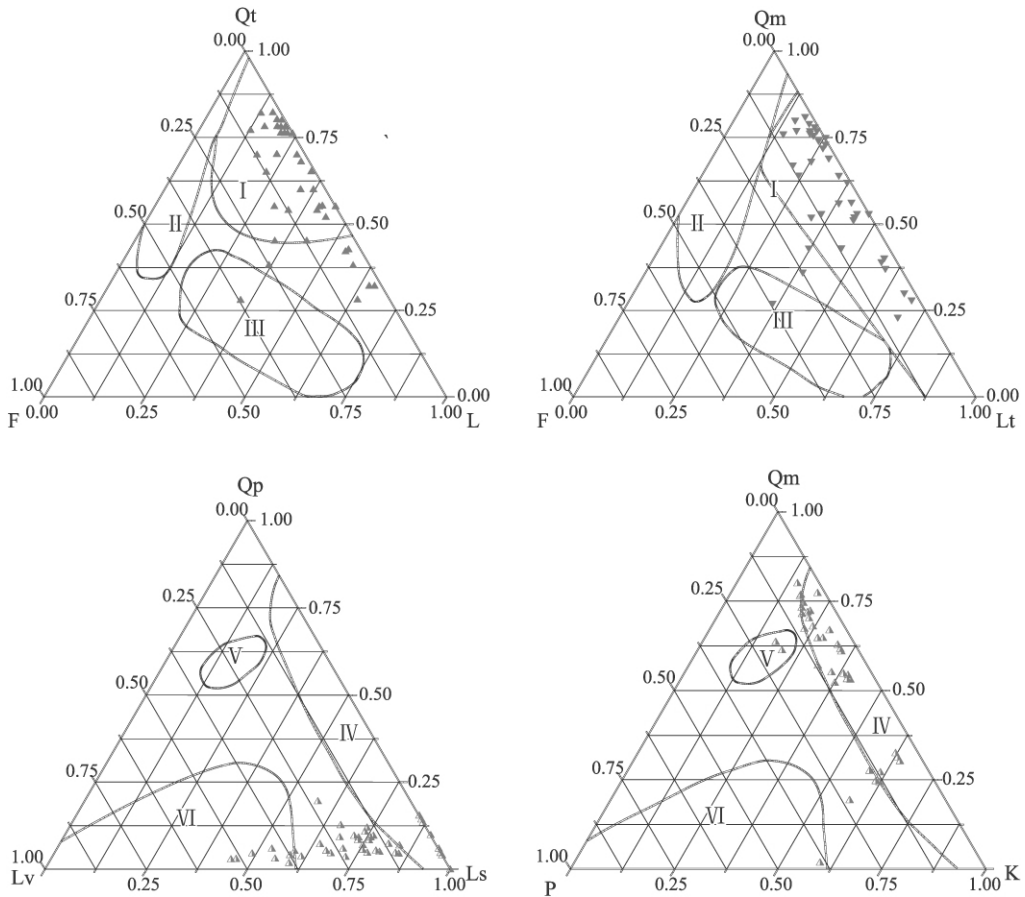


图3 叶尔羌群砂岩的 Qt-F-L、Qm-F-Lt、Qp-Lv-Ls、Qm-P-K 图解

I. 再旋回造山带物源区; II. 大陆块物源区; III. 岩浆弧物源区; IV. 板块碰撞造山带物源区; V. 俯冲混杂带物源区; VI. 岛弧造山带物源区(据 Dickinson ,1983)

Fig.3 Qt-F-L , Qm-F-Lt , Qp-Lv-Ls and Qm-P-K diagrams for the sandstones from the Yarkant Group (after Dickinson ,1983)

I. Recycled orogen; II. Continental block; III. Magmatic arc; IV. Collisional orogen; V. Subduction mélanges; VI. Island-arc orogen

2 砂岩地球化学特征对构造背景的制约

沉积岩化学成分除少部分受成岩作用的改造外,其主要化学成分受源区控制。这种源区的指纹信息最大程度地被保存在沉积环境所控制的沉积岩中,因而沉积岩的地球化学特征能够反映沉积环境及源区构造环境^[12]。本文共采 13 件砂岩样品,通过分析常量元素、微量元素和稀土元素特征,通过将数据投图的方式来对研究区叶尔羌群的物源区性质进行全面分析。

2.1 常量元素分析

Bhatia^[2-3]利用 SiO_2 与 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 以及 Fe_2O_3 + MgO 与 TiO_2 、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 等的关系,构建地化模型进行构造区判别,区分出大洋岛弧、大陆岛弧、被动陆缘、主动陆缘等 4 个区域。本次研究共采了 13 件主量元素分析样品,分析结果见表 2,旨在分析赛力亚克达坂湖盆沉积时的源区构造环境。

在 Bhatia 提出的判别图解(图 4)中,叶尔羌群样品分析数据(图 4a)主要落在活动陆缘和大洋岛弧,少数落在大陆岛弧和被动陆缘。其多物源的沉积背景与叶尔羌群为碰撞造山带内盆地的构造背景相吻合。对叶尔羌群的 3 个组分别投点发现,莎里塔什组数据(图 4b)主要投在活动大陆边缘及大陆岛弧区,因样品数据少,结果仅供参考。杨叶组数据(图 4c)主要投在大陆岛弧区及活动大陆边缘、

一个样品落在被动大陆边缘。塔尔尕组数据(图 4d)较分散,投点区有大陆岛弧、大洋岛弧及被动大陆边缘,表现出多物源的特征。

判别函数 I:

$$\text{I} = -0.0447\text{SiO}_2 - 0.972\text{TiO}_2 + 0.008\text{Al}_2\text{O}_3 - 0.267\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.208\text{FeO} - 3.082\text{MnO} + 0.14\text{MgO} + 0.195\text{CaO} + 0.719\text{Na}_2\text{O} - 0.032\text{K}_2\text{O} + 7.51\text{P}_2\text{O}_5 + 0.303$$

判别函数 II:

$$\text{II} = -0.421\text{SiO}_2 + 1.988\text{TiO}_2 - 0.526\text{Al}_2\text{O}_3 - 0.551\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1.61\text{FeO} + 2.72\text{MnO} + 0.881\text{MgO} - 0.907\text{CaO} - 0.177\text{Na}_2\text{O} - 1.84\text{K}_2\text{O} + 7.244\text{P}_2\text{O}_5 + 43.57$$

在 Roser 等(1986)提出的 $(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})-\text{SiO}_2$ 判别图解中,叶尔羌群样品分析数据(图 5a)除有两个点在图之外(SiO_2 含量小于 50%,为岛弧性质),绝大部分落在活动大陆边缘、大洋岛弧、少部分落在被动陆缘,源区构造背景判别结果与上图一致。将该群 3 个组分别投点发现:莎里塔什组(图 5b)数据分散,岛弧、活动陆缘及被动陆缘 3 个区各投有一个点,因样品数据少,结果仅供参考。杨叶组(图 5c)数据投点主要落在活动陆缘,其次为岛弧及被动陆缘。塔尔尕组(图 5d)数据投点主要落在活动陆缘,少量落在岛弧区。

表 2 麻扎构造混杂岩带叶尔羌群砂岩主量元素分析数据表(%)

Table 2 Major element contents(%) in the sandstones from the Yarkant Group

样品号	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	S	灼失
P06-7	83.74	7.26	3.20	0.125	0.280	0.250	2.13	0.086	0.170	0.066	0.105	0.011	2.42
P06-16	85.84	6.81	1.59	0.133	0.270	0.300	2.09	0.637	0.202	0.035	0.046	0.039	1.86
P42-24	45.54	10.67	1.16	2.16	16.75	2.14	1.56	1.58	0.495	0.153	0.088	0.031	17.51
P33-3	80.70	6.90	0.598	0.687	2.92	0.670	0.634	2.56	0.336	0.038	0.054	0.014	3.76
P33-13	72.82	7.44	0.601	1.97	4.95	1.31	1.15	2.11	0.402	0.076	0.123	0.050	6.89
P33-14	48.26	2.42	0.482	0.727	41.07	1.17	0.190	0.704	0.162	0.041	0.069	0.028	34.53
P33-15	59.05	3.85	0.647	0.830	32.92	2.46	0.489	0.571	0.182	0.057	0.072	0.009	28.72
Pm47-09	71.04	10.57	0.638	2.37	4.42	0.832	1.58	2.55	0.420	0.072	0.058	0.013	5.24
Pm47-12	55.25	4.58	0.356	1.03	36.11	0.781	0.713	0.982	0.180	0.055	0.078	0.014	29.71
Pm47-34	76.82	11.30	0.355	1.44	1.04	0.385	3.22	3.06	0.408	0.037	0.038	0.010	1.66
P43-13	80.38	9.22	0.655	2.21	0.680	0.611	1.01	2.32	0.305	0.055	0.048	0.005	2.30
P43-18	76.03	10.78	0.925	1.93	1.78	0.630	1.54	2.36	0.344	0.046	0.045	0.008	3.38
P43-19	83.86	5.64	0.564	1.98	0.680	0.360	0.700	0.065	0.193	0.024	0.026	0.006	2.76

注:分析方法-ICP-MSDY938 X 射线光谱仪;测试单位-西南冶金地质测试中心

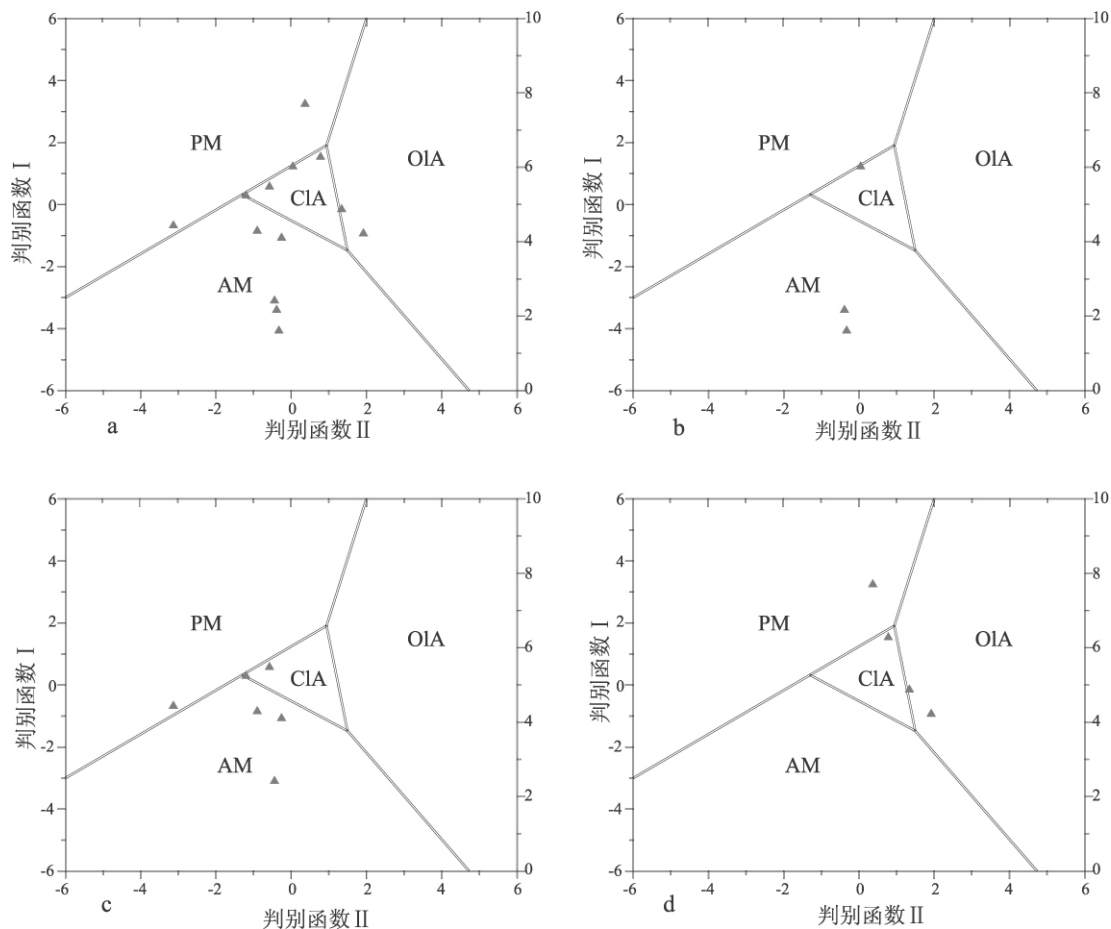


图4 主量元素函数判别图(据 Bhatia^[2],1983)

PM. 被动陆缘;AM. 活动陆源;CIA. 大陆岛弧;OIA. 大洋岛弧 a. 叶尔羌群;b. 莎里塔什组;c. 杨叶组;d. 塔尔尕组

Fig.4 Plots of discriminant scores along Function I versus Function II for the sandstones from the Yarkant Group (modified from Bhatia , 1983)

PM = passive margin; AM = active continental margin; CIA = continental island arc; OIA = oceanic island arc. a. Yarkant Group; b. Shalitashi Formation; c. Yangye Formation; d. Targa Formation

2.2 稀土-微量元素分析

Bhatia 等(1986)认识到硬砂岩中的微量元素 La ,Th ,Sc ,Zr 和 Co 等由于其化学性质的异同而可以区分各种大地构造背景 ,并能起到比较理想的效果^[13]。由此 ,他主要推出了 3 种投图方法:Th-Co-Zr/10、Th-Sc-Zr/10 及 La-Th-Sc 三角图解 ,通过这 3 种图解可以明确划分出 4 种主要的区域构造背景 ,即:大陆岛弧、大洋岛弧、活动陆缘及被动大陆边缘等环境。

叶尔羌群所取样品基本按标样的标准采集 ,因而能较好反映源区的构造背景及地球化学信息。本次选取 16 件细砂岩进行微量和稀土元素分析 ,结果列于表 3 和表 4 (分析测试由西南冶金地质测试中心完成)。由于在微量元素分析中未分析 Sc 元

素 ,故本次研究只选择 Th-Co-Zr/10 三角图解进行投图。

在 Bhatia 提出的由 Th-Co-Zr/10 的构造背景判别图(图 6)上 ,叶尔羌群样品数据(图 6a)点主要落在大陆岛弧 ,其次为大洋岛弧内 ,少量落在活动陆缘。莎里塔什组(图 6b)数据主要落在大陆岛弧及其周边。杨叶组数据(图 6c)主要投在大陆岛弧、一件样品投在被动陆缘。塔尔尕组(图 6d)数据分散 ,成直线型 ,投在大陆岛弧及大洋岛弧。从以上投图可以再次看出 ,叶尔羌群沉积物的来源复杂 ,既有活动陆缘、大陆岛弧、大洋岛弧 ,还有来自被动陆缘环境的。显然 ,被动陆缘是不符合当时的构造环境的 ,这可能与晚三叠世造山开始时克拉通地块边缘的卷入有关。

表3 麻扎构造混杂岩带叶尔羌群砂岩稀土元素分析数据表(10⁻⁶)

Table 3 REE contents (10⁻⁶) in the sandstones from the Yarkant Group

样品号	P06-7	P06-16	P42-21	P42-23	P42-24	P42-26	P33-3	P33-13	P33-14	P33-15	Pm47-09	Pm47-12	Pm47-34	P43-13	P43-18	P43-19
La	14.8	15.3	18.4	19.9	34.6	13.9	20.8	14.9	4.03	8.69	29.8	32.1	32.0	16.5	22.2	14.2
Ce	29.4	30.0	36.3	41.0	72.0	29.0	38.6	28.2	7.15	15.1	54.7	58.4	55.2	31.6	39.7	27.0
Pr	3.65	3.63	4.23	4.65	8.15	3.38	5.20	4.20	1.09	2.12	6.71	8.12	7.73	3.98	5.06	3.64
Nd	12.6	12.3	16.1	17.2	30.5	13.2	19.3	15.0	4.39	7.84	22.5	29.5	26.2	13.4	17.1	12.8
Sm	2.40	2.17	3.47	3.36	5.83	2.68	3.29	3.12	1.12	1.65	4.07	5.33	4.74	2.45	3.19	2.49
Eu	0.57	0.53	0.82	0.86	1.27	0.82	0.82	0.73	0.36	0.41	0.93	1.21	1.26	0.53	0.75	0.50
Gd	2.12	2.17	3.62	3.12	5.05	3.01	2.30	2.89	1.22	1.53	3.74	4.89	4.24	2.32	3.08	2.10
Tb	0.35	0.27	0.66	0.57	0.81	0.56	0.30	0.50	0.27	0.29	0.65	0.75	0.76	0.41	0.54	0.35
Dy	1.46	1.32	4.45	3.78	4.96	3.96	1.28	2.59	1.69	1.58	3.46	3.36	4.16	2.44	3.18	1.96
Ho	0.32	0.24	0.89	0.74	1.03	0.80	0.22	0.49	0.35	0.33	0.69	0.55	0.81	0.51	0.73	0.40
Er	0.89	0.78	2.62	2.26	3.10	2.40	0.78	1.41	1.08	0.99	2.14	1.89	2.50	1.52	1.96	1.22
Tm	0.18	0.13	0.41	0.34	0.48	0.36	0.10	0.22	0.16	0.16	0.34	0.31	0.40	0.25	0.33	0.22
Yb	1.03	1.11	2.48	2.15	3.17	2.22	0.62	1.38	1.03	1.00	2.13	1.84	2.64	1.53	2.00	1.33
Lu	0.17	0.13	0.39	0.34	0.49	0.34	0.12	0.21	0.17	0.18	0.35	0.33	0.42	0.25	0.34	0.23
Y	7.55	6.52	28.0	20.7	26.8	26.8	6.32	13.7	10.5	10.1	19.4	15.0	22.0	13.7	18.4	10.7
ΣREE	77.49	76.60	122.84	120.97	198.24	103.43	100.05	89.54	34.61	51.97	151.61	163.58	165.06	91.39	118.56	79.14
ΣLREE	63.42	63.93	79.32	86.97	152.35	62.98	88.01	66.15	18.14	35.81	118.71	134.66	127.13	68.46	88.00	60.63
ΣHREE	14.07	12.67	43.52	34.00	45.89	40.45	12.04	23.39	16.47	16.16	32.90	28.92	37.93	22.93	30.56	18.51
LREE/ΣHREE	4.51	5.05	1.82	2.56	3.32	1.56	7.31	2.83	1.10	2.22	3.61	4.66	3.35	2.99	2.88	3.28
LaN/YbN	9.47	9.08	4.89	6.10	7.19	4.12	22.10	7.11	2.58	5.72	9.22	11.49	7.98	7.10	7.31	7.03
δEu	0.76	0.75	0.71	0.81	0.71	0.89	0.87	0.74	0.95	0.78	0.72	0.72	0.85	0.68	0.73	0.66
δCe	0.91	0.92	0.93	0.97	0.97	0.96	0.85	0.82	0.78	0.80	0.87	0.83	0.80	0.89	0.85	0.86

注：分析方法-ICP-MS；测试单位-西南冶金地质测试中心

表 4 麻扎构造混杂岩带叶尔羌群砂岩微量元素分析数据表 (10⁻⁶)

Table 4 Trace element contents (10⁻⁶) in the sandstones from the Yarkant Group

样品号	P06-7	P06-16	P42-21	P42-23	P42-24	P42-26	P43-13	P43-18	P43-19	Pm47-09	Pm47-12	Pm47-34	P33-3	P33-13	P33-14	P33-15
Cr	24.8	19.7	36.0	35.7	40.9	62.4	27.8	17.1	11.7	31.6	14.7	20.5	36.6	61.9	33.8	26.9
Ni	7.88	5.29	11.8	9.81	17.9	22.0	7.43	9.13	7.79	10.2	5.98	4.93	7.84	18.6	10.6	11.1
Co	5.11	3.13	9.72	8.11	9.15	16.0	4.11	5.06	4.63	5.96	5.01	2.72	2.46	6.40	4.83	4.53
Li	48.7	33.6	20.1	15.0	25.1	36.4	19.4	24.2	18.6	25.6	20.9	24.5	9.10	9.93	9.00	12.1
Rb	74.4	77.1	57.0	40.8	60.4	60.6	39.0	59.6	29.7	59.0	28.6	86.0	23.6	44.3	6.54	16.3
Cs	9.98	7.58	3.40	2.47	4.87	4.94	1.81	2.40	1.21	3.04	1.58	2.18	2.44	3.23	0.77	1.13
W	2.09	1.01	1.41	0.88	1.80	2.11	1.03	1.00	0.72	1.81	1.33	1.52	0.69	0.89	0.42	0.57
Mo	0.45	0.31	0.39	0.39	0.47	0.32	0.21	0.17	0.19	0.27	0.42	0.26	0.40	0.27	0.37	0.44
Sr	162	49.1	184	441	258	300	62.0	97.1	27.2	181	292	74.8	107	130	327	266
V	29.5	24.7	38.0	42.7	63.1	89.2	39.7	42.8	31.2	48.2	32.3	36.5	30.4	42.5	29.6	25.2
Nb	5.33	4.48	7.57	4.49	8.38	7.46	5.70	7.49	4.88	7.91	6.58	9.91	3.52	5.54	1.48	2.28
Ta	0.53	0.43	0.71	0.39	0.75	0.70	0.54	0.68	0.42	0.80	0.73	0.96	0.33	0.47	0.12	0.20
Zr	95.4	85.8	102	120	125	104	144	141	108	147	84.2	130	85.6	138	33.1	54.6
Hf	3.66	2.69	2.81	3.20	3.22	3.42	4.67	3.99	3.01	4.19	1.12	4.35	3.76	4.17	0.38	0.84
Be	1.27	0.89	1.85	0.89	1.36	3.08	1.05	1.42	0.70	1.25	1.32	1.17	0.66	1.02	0.24	0.45
Sn	1.52	1.68	1.97	1.09	1.84	2.01	1.49	1.81	1.24	1.98	2.01	2.00	0.86	1.21	0.46	0.97
U	1.59	1.11	2.20	1.96	2.72	2.86	1.74	1.89	1.52	2.54	2.04	2.60	0.67	1.26	0.99	1.37
Th	5.92	5.44	8.33	5.78	7.33	8.09	6.42	7.88	5.23	8.22	0.61	8.58	2.24	4.53	1.12	1.53
BaO	305	312	366	881	344	598	292	486	173	542	177	905	146	216	78.2	122

注：分析方法-ICP-MSY938 X射线光谱仪；测试单位-西南冶金地质测试中心

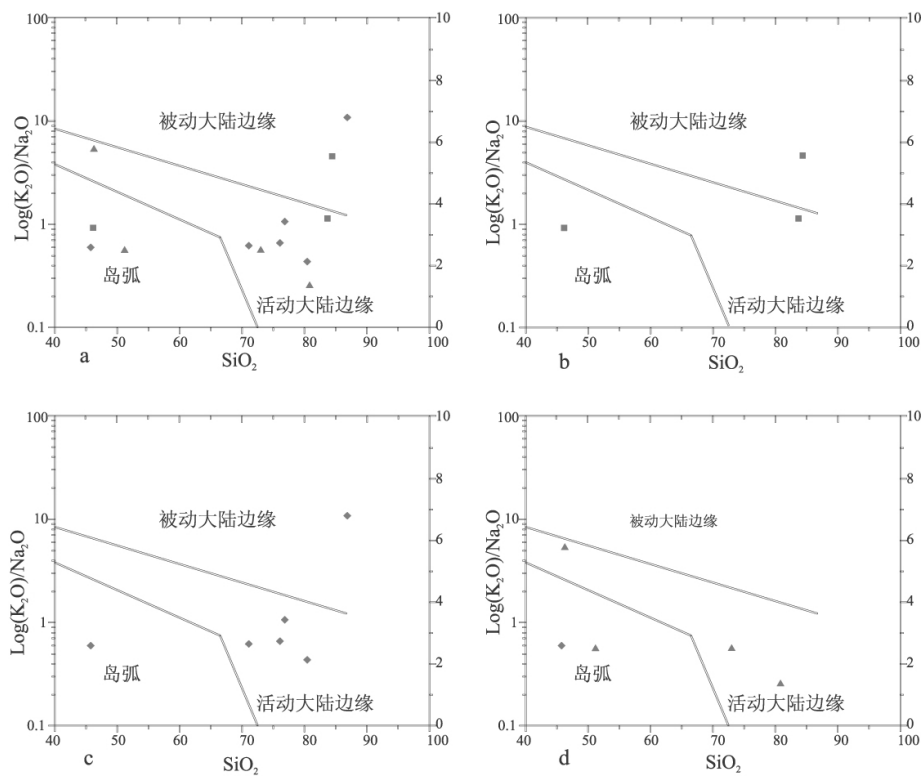


图5 砂-泥岩的(K₂O/Na₂O)-SiO₂图解

a. 叶尔羌群; b. 莎里塔什组; c. 杨叶组; d. 塔尔尕组

Fig.5 (K₂O/Na₂O)-SiO₂ diagram for the sandstones from the Yarkant Group

a. Yarkant Group; b. Shalitashi Formation; c. Yangye Formation; d. Targa Formation

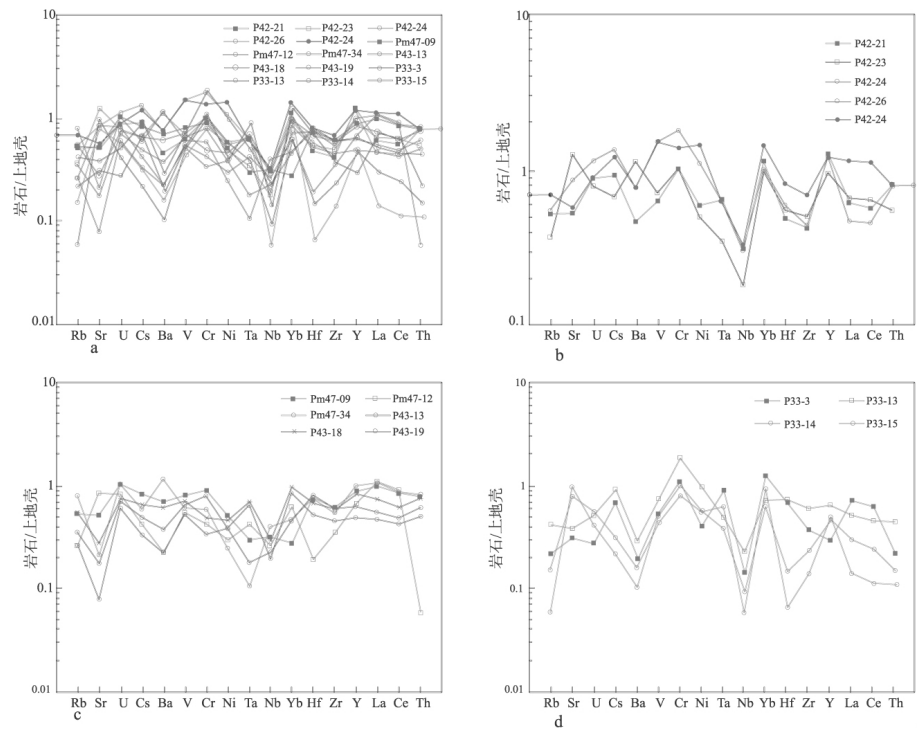


图7 微量元素蜘蛛网图(标准化大陆上地壳采用 Taylor ,1981)

a. 叶尔羌群; b. 莎里塔什组; c. 杨叶组; d. 塔尔尕组

Fig.7 Upper continental crust-normalized trace element spidergrams(after Taylor ,1981)

a. Yarkant Group; b. Shalitashi Formation; c. Yangye Formation; d. Targa Formation

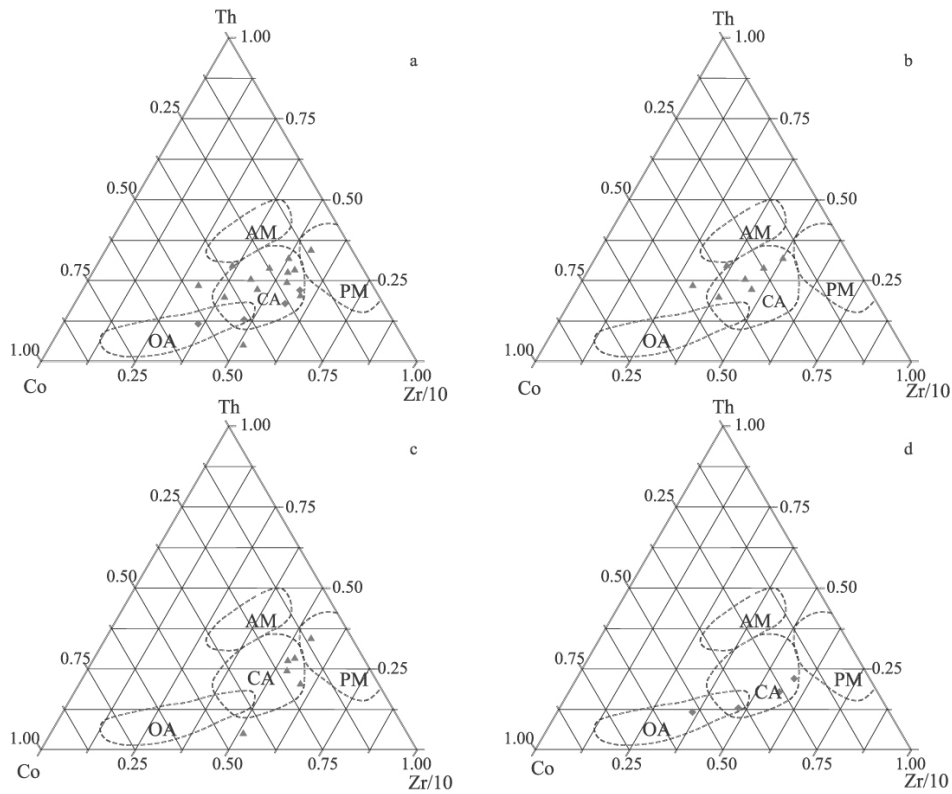


图6 叶尔羌群砂岩微量元素源区构造环境判别三角图解(据 Bhatia 等 ,1986)

OA 大洋岛弧;CA 大陆岛弧;AM 活动大陆边缘;PM 被动大陆边缘. a. 叶尔羌群;b. 莎里塔什组;c. 杨叶组;d. 塔尔尔组
Fig. 6 Th-Co-Zr/10 plots of the sandstones from the Yarkant Group for tectonic setting discrimination(modified from Bhatia et al. 1986)
OA = oceanic island arc; CIA = continental island arc; AM = active continental margin; PM = passive margin. a. Yarkant Group; b. Shalitashi Formation; c. Yangye Formation; d. Targa Formation

Floyd 等(1991)通过对元古界和显生宙不同构造背景下的杂砂岩进行微量元素数据的分析,作出的多元素模式图(图8),可有效地区分出其形成的不同构造背景。将叶尔羌群中砂岩微量元素标准

化蛛网图(图7a)与之比较,高场强元素 Ta、Nb、Hf 见明显亏损,Rb、Cs、Th 弱亏损,曲线呈锯齿状,波动较大,可看出其主要显示出大洋岛弧砂岩的性质,且与大陆岛弧+活动陆缘环境下砂岩图特征相近。

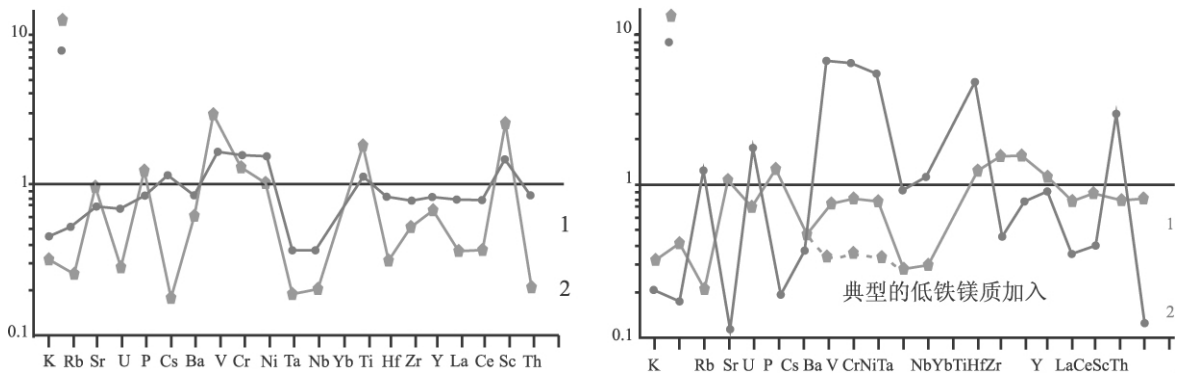


图8 不同构造背景下杂砂岩的微量元素分布模式图(据 Floyd 等 ,1991)

左图:1. 大陆岛弧+活动陆缘;2. 大洋岛弧;右图:1. 被动陆缘;2. 大洋板块内部

Fig. 8 Trace element discrimination plots of the graywackes for tectonic setting discrimination(after Floyd et al. ,1991)

Left: 1 = continental island arc + active continental margin; 2 = oceanic island arc; Right: 1 = passive margin; 2 = oceanic plate

在莎里塔什组(图 7b)图中,亲石元素 Rb、Sr、U 等相对富集,明显亏损高场强元素 Nb、Hf、Zr、La、Ce 等,元素分布规律具岛弧岩浆的性质(韩吟文等, 2003)。表明该组物源区主要为岛弧岩浆。在杨叶组(图 7c)图中,曲线总体较平直,除明显亏损 Ta、Nb、Sr 外,其它元素变化不大,具大陆岛弧+活动陆缘环境下微量元素曲线特征。在塔尔杂组(图 7d)图中,Ba、Nb、Hf 明显亏损,Sr、Cr、Yb 明显富集,其曲线特征与 Floyd 等微量元素多元素模式比较,拟合性较差,可能是多个物源区沉积充填的结果。综合上述特征,叶尔羌群物源区的大地构造背景具大陆岛弧、活动陆缘、大洋岛弧的性质。

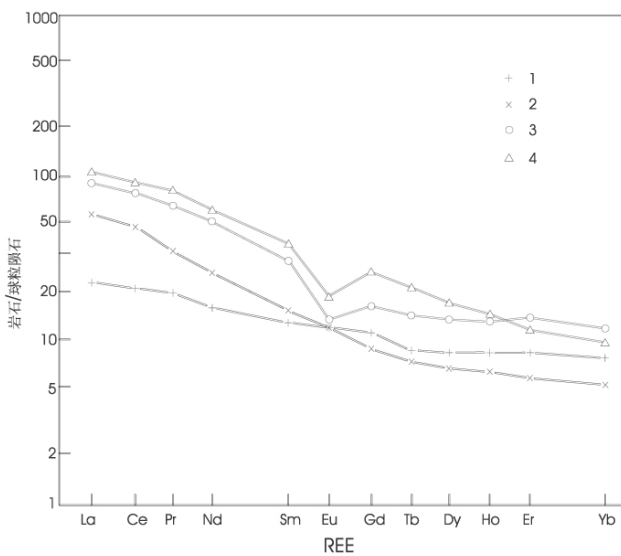


图 9 不同大地构造背景杂砂岩的稀土分布模式图(Bhatia, 1985)

1. 大洋岛弧;2. 大陆岛弧;3. 活动大陆边缘;4. 被动边缘

Fig. 9 Chondrite-normalized REE distribution patterns of the graywackes for tectonic setting discrimination (after Bhatia, 1985)

1 = oceanic island arc; 2 = continental island arc; 3 = active continental margin; 4 = passive margin

各组稀土总量变化较大,莎里塔什组(图 10b)含量最高,轻、重稀土间分馏程度不高, $\Sigma \text{LREE} / \Sigma \text{HREE} = 1.56 \sim 3.36$, $\text{La}_N / \text{Yb}_N = 4.12 \sim 7.19$,具弱的 Eu 负异常,曲线呈左高右低的右倾型,对比 Bhatia 研究的各种环境下稀土元素含量和比值的变化,见表 5、图 9,可判断该组物源区可能以大陆岛弧、大洋岛弧为主。杨叶组稀土总量(图 10c)一般介于 79.14 ~ 165.06 ppm 之间,轻、重稀土间分馏程度相对下伏地层莎里塔什组高, $\Sigma \text{LREE} / \Sigma \text{HREE} = 2.88 \sim 4.66$,大部份集中在 $\Sigma \text{LREE} / \Sigma \text{HREE} = 3$ 左右, $\text{La}_N / \text{Yb}_N = 7.03 \sim 11.49$,稀土配分曲线一致性较好,仍具微弱的 Eu 负异常($\delta \text{Eu} = \text{Eu} / \text{Eu}^* = 0.66 \sim 0.85$),经与 Bhatia 的研究成果对比容易发现,该时期的物源区背景以大陆岛弧为主,兼有活动大陆边缘的性质。塔尔杂组稀土总量明显降低(图 10d), ΣREE 约 34.61 ~ 100.05 ppm 之间,轻稀土比重稀土富集($\Sigma \text{LREE} / \Sigma \text{HREE} = 1.1 \sim 7.3$), $\text{La}_N / \text{Yb}_N = 2.58 \sim 22.1$,各值范围变化大,各稀土配分曲线间拟合性差;Eu 具有弱的负异常($\delta \text{Eu} = \text{Eu} / \text{Eu}^* = 0.74 \sim 0.95$),经对比后认为该组的物源区背景可能具多个物源区,从而导致各样品间的稀土元素含量及其配分曲线模式差异性大,即物源区性质即有活动大陆边缘、大洋岛弧性质,兼有大陆岛弧的性质。

综合上述各种判别图解(Dickinson 三角图解、常量、微量、稀土判别图解)分析可知,西昆仑麻扎构造混杂岩带叶儿羌群沉积时期,其物源区的大地构造背景大致为板块碰撞造山带,该结论与晚三叠世时期羌塘地块与塔里木板块汇聚造山的背景相一致。在莎里塔什组沉积时期,物源区的构造背景主要为大陆岛弧、大洋岛弧的性质;杨叶组沉积时期,源区的大地构造背景为大陆岛弧,兼有活动大陆边缘性质;塔尔杂组沉积时期,源区类型复杂,既有活动大陆边缘,又有大量岩浆岛弧(大洋岛弧、大

表 5 各种构造环境下稀土元素含量和比值的变化(据 Bhatia, 1985)

Table 5 Variations in REE contents and ratios of the sandstones from different tectonic settings(after Bhatia, 1983)

稀土元素	构造背景			
	大洋岛弧	大陆岛弧	活动大陆边缘	被动大陆边缘
	未切割的岩浆弧	切割的岩浆弧	基底隆起	克拉通内构造高地
La	8 ± 1.7	27 ± 4.5	37	39
Ce	19 ± 3.7	59 ± 8.2	79	85
$\text{La}_N / \text{Yb}_N$	2.8 ± 0.9	7.5 ± 2.5	8.6	10.8
ΣREE	58 ± 10	146 ± 20	186	210
$\text{LREE} / \text{HREE}$	3.8 ± 0.9	7.7 ± 1.7	9.1	8.5
Eu / Eu^*	1.04 ± 0.11	0.79 ± 0.13	0.6	0.56

注:N 表示经标准校正换算;Eu* 为球粒陨石标准值

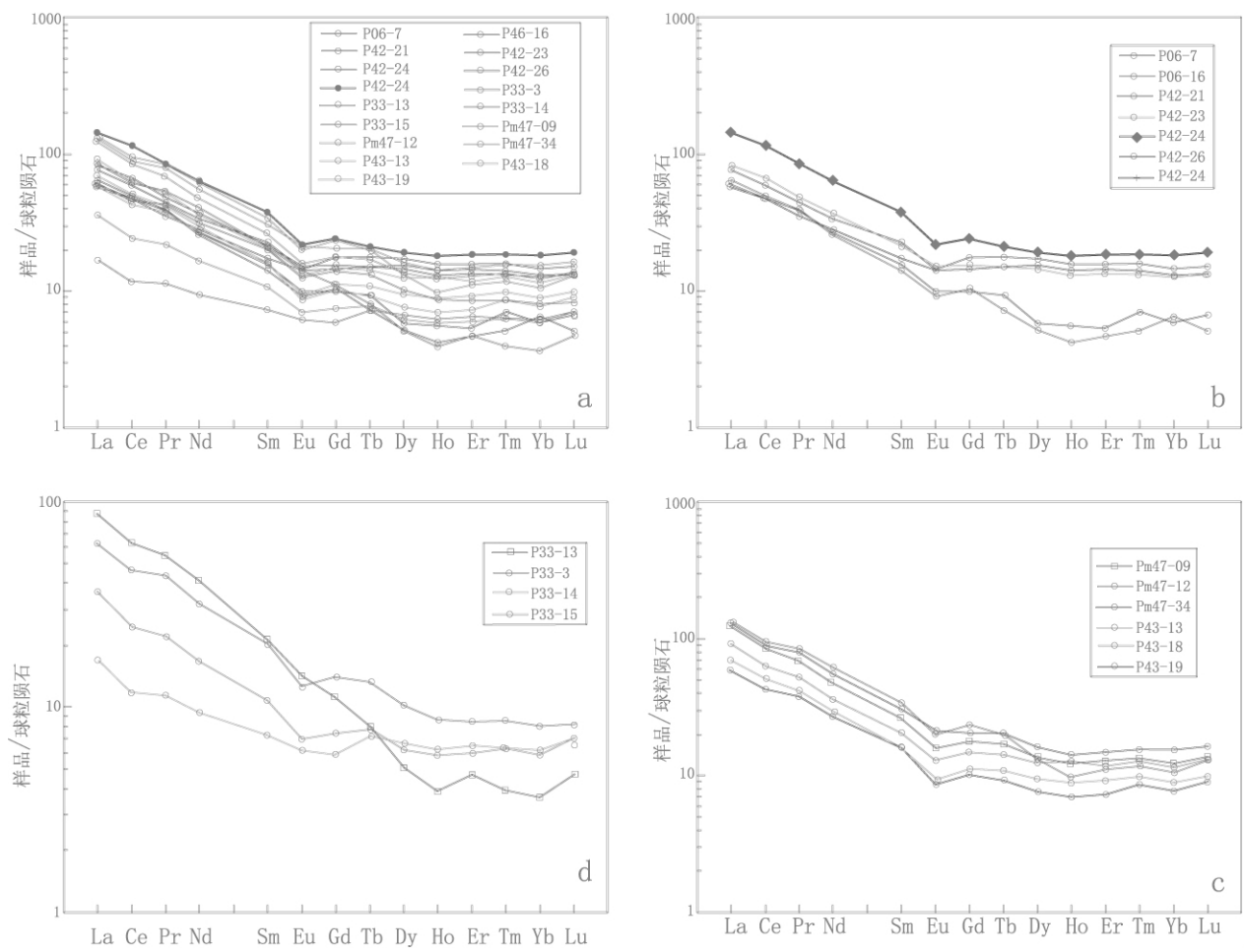


图 10 叶尔羌群砂岩稀土元素配分模式图(标准化球粒陨石数据采用 Sun et al ,1980)
a. 叶尔羌群;b. 莎里塔什组;c. 杨叶组;d. 塔尔尕组

Fig. 10 Chondrite-normalized REE distribution patterns of the sandstones from the Yarkant Group(after Sun et al. ,1980)
a. Yarkant Group; b. Shalitashi Formation; c. Yangye Formation; d. Targa Formation

陆岛弧)的性质,同时,部分物源来自被动陆缘环境,经分析,这可能与晚三叠世造山开始时克拉通地块边缘的卷入有关^[14-20]。

3 结论

对西昆仑麻扎构造混杂岩带赛力亚克达坂湖盆沉积物源区的大地构造背景分析认为:在莎里塔什组沉积时期,物源区的构造背景主要为大陆岛弧、大洋岛弧的性质;杨叶组沉积时期,源区的大地构造背景为大陆岛弧,兼有活动大陆边缘性质;塔尔尕组沉积时期,源区类型复杂,既有活动大陆边缘,又有大量岩浆岛弧(大洋岛弧、大陆岛弧)的性质,同时,还有来自被动陆缘环境的,经分析,这可能与晚三叠造山开始时克拉通地块边缘的卷入有关。塔尔尕组复杂的物源背景与该组沉积时期,逆冲构造活动强烈的背景相一致。总的来说,叶尔羌

群物源区以大陆岛弧、大洋岛弧为主,次为活动陆缘,极少量来自被动陆缘。而昆仑山中带由两期岛弧叠加形成,从而决定了研究区叶尔羌群的物源区主要为岛弧性质。

参考文献:

- [1] A. D. Miall 著. Principles of Sedimentary Basin Analysis [M]. 孙枢译. 北京:石油工业出版社,1991. 128 - 140.
- [2] BHATIA M R. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mudrocks: Provenance and tectonic control [J]. Sedimentary Geology, 1985, 45: 97 - 113.
- [3] BHATIA M R, CROOK A W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basin [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1986, 92: 181 - 193.
- [4] DICKINSON W R, SUCZEK C A. Plate tectonics and sandstone Compositions [J]. AAPG Bulletin, 1979, 63(12): 2164 - 2182.

- [5] DICKINSON W R. Interpreting Provenance relations from detrital modes of sandstones [A]. Zuffa G. G. Provenance of Arenites [C]. Dordrecht: D. Reidel, 1985. 333 – 361.
- [6] FLOYD P A, SHALL R, LEVERIDGE B, et al 1991. Geochemistry and provenance of Rhenohercynian synorogenic sandstones: Implications for tectonic environment discrimination [A]. Morton A C, et al. Developments in Sedimentary Provenance Studies [C]. Geological Society, London, Special Publications, 1991. 57: 222 – 235.
- [7] MILLER E K, BLUM J D, FRIEDLAND A J. Determination of soil exchangeable cation loss and weathering rates using Sr isotope [J]. Nature, 1993, 362: 438 – 441.
- [8] TAYLOR S R, MCLENNAN S M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution [M]. Oxford: Blackwell, 1985.
- [9] 邓宏文, 钱凯. 沉积地球化学与环境分析 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993. 27 – 28.
- [10] 丁道桂, 王道轩, 刘伟新, 等. 西昆仑造山带与盆地 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [11] 方爱民, 等. 新疆西昆仑库地混杂带中的弧前复理石沉积及其大地构造制约 [D]. 1999.
- [12] 韩吟文, 马振东. 地球化学原理 [M]. 北京: 地质出版社, 2003. 200 – 202.
- [13] 金章东, 张恩楼. 湖泊沉积物 Rb/Sr 比值的古气候含义 [J]. 科学技术与工程, 2002, 2(3): 20 – 22.
- [14] 李博秦, 姚建新, 高联达, 等. 西昆仑麻扎-康西瓦一带温泉沟群形成时代及物源区分析 [J]. 地质通报, 2007, 26(4): 457 – 465.
- [15] 李博秦, 等. 从地层角度探讨西昆仑麻扎-康西瓦-苏巴什结合带的演化过程 [D]. 2007.
- [16] 李海兵, 等. 喀喇昆仑断裂的变形特征及构造演化 [J]. 地质学报, 2006, 33(2): 239 – 255.
- [17] 李荣社, 计文化, 等. 昆仑山及邻区地质 [M]. 北京: 地质出版社, 2008.
- [18] 刘宝瑞, 曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法 [M]. 北京: 地质出版社, 1985. 271 – 276.
- [19] 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 等. 元素地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [20] 潘裕生, 等. 昆仑山构造特征与演化 [J]. 地质科学, 1990, 3(1): 224 – 232.

Provenance analysis of the Middle – Lower Jurassic Yarkant Group in the Mazar tectonic mélange zone in western Kunlun Mountains

CHEN Fu-gui, KANG Kong-yue, CHEN Bei-zhan, YANG Wei, ZHANG Jie, CHEN Lin, ZHU Da-wei, LI Tong-xuan

(No. 282 Geological Party, Sichuan Geological Bureau of Nuclear Industry, Deyang 618200, Sichuan, China)

Abstract: The provenance analysis is conducted on the basis of the compositions and geochemical signatures of the sandstones from the Middle – Lower Jurassic Yarkant Group in the Mazar tectonic mélange zone in western Kunlun Mountains. The tectonic settings of the provenances consist of continental island arcs and oceanic island arcs during the deposition of the Shalitashi Formation; continental island arcs associated with active continental margins during the deposition of the Yangye Formation, and active continental margins, magmatic island arcs (oceanic island arcs and continental island arcs) and passive continental margins during the deposition of the Targa Formation. The results of research in this study may provide helpful information for the approaches to the tectonic evolution of western Qinghai-Xizang Plateau.

Key words: western Kunlun Mountains; tectonic mélange; Yarkant Group; provenance; tectonic setting