

文章编号:1009-3850(2016)02-0020-10

新疆塔县达布达尔地区二叠系神仙湾组 杂砂岩沉积构造背景分析

曾忠诚¹, 吝路军², 朱海平¹, 边小卫¹, 孔文年¹, 高云鹏¹

(1. 陕西省地质调查中心, 陕西 西安 710068; 2. 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054)

摘要:新疆塔县达布达尔地区二叠系神仙湾组位于塔阿西构造混杂岩带南侧, 总体为一套深海复理石建造, 主要以杂砂岩为主。源区岩石没有经过充分的搬运、分选, 成熟度比较低。杂砂岩的稀土元素特征表现为轻稀土元素富集和 Eu 亏损明显的特征, 与典型的后太古宙页岩和上地壳非常相似。微量元素含量也接近于大陆上地壳值, 说明杂砂岩中的物源来自上地壳。沉积环境分析表明, 杂砂岩母岩原岩为大量长英质火成物质和少量沉积物, 其形成于深海厌氧环境。大地构造背景分析表明, 杂砂岩物源区的构造背景以大陆岛弧为主, 兼具活动大陆边缘的性质。结合区域地质构造背景, 认为下-中二叠统神仙湾组为裂陷盆地沉积。

关键词:达布达尔地区; 神仙湾组; 杂砂岩; 地球化学; 构造背景

中图分类号:P534.46

文献标识码:A

西昆仑造山带位于印度板块与欧亚板块的结合部位, 处于古亚洲构造域和特提斯构造域的重叠部位, 因而具有复杂的构造演化史^[1]。从地质历史演化至今, 构造活动十分活跃, 是研究青藏高原与特提斯演化、岩石圈结构和板块运动的极好场所^[2]。基本构造-地层格架主要奠基于古生代, 是早古生代和晚古生代多次洋陆转换、碰撞造山的结果^[3]。早古生代末的加里东碰撞造山运动使早古生代洋盆闭合, 昆仑地区焊结成一个统一块体, 转换为相对稳定的陆内环境^[4-5]。早-中泥盆世表现为前陆盆地沉积特征, 晚泥盆世开始, 由于受到造山带南侧古特提斯洋板块向北俯冲的影响, 总体处于伸展背景下的拉张环境^[6-7]。裂陷首先从东部开始, 然后向中西部扩张, 并在石炭纪逐渐发展成为一个两堑夹一垒、洋岛遍布、南深北浅的多岛小洋盆的构造-古地理格局^[3]。早-中二叠世扩张作用更为剧烈, 洋盆规模达到晚古生代最大期。中二叠世晚期的华力西运

动, 结束了石炭纪早-中二叠世的多岛小洋盆的构造-古地理格局, 全区隆升遭受剥蚀, 缺失相当层位的沉积, 完成了一次盆山转换^[3,8-9]。

本文研究区位于西昆仑造山带的西侧, 行政区划属于新疆维吾尔自治区塔什库尔干塔吉克自治县, 受自然和交通的影响, 前人对二叠纪盆山转换时期的研究很少涉及。本次研究对二叠系神仙湾组进行野外地质调查和剖面测制, 结合杂砂岩样品的室内薄片鉴定及地球化学分析, 综合分析其沉积环境及物源特点, 并进一步探讨沉积物源区的大地构造背景, 为西昆仑造山带二叠纪岩相古地理及构造背景研究提供了沉积学和地球化学方面的依据。

1 地质背景及剖面特征

研究区大地构造位置属于北羌塘-唐古拉地块, 并以塔阿西构造结合带为界进一步划分为塔什库尔干地块和明铁盖地块。在本次工作中新厘定的塔阿

收稿日期:2015-04-01; 改回日期:2015-06-29

作者简介:曾忠诚(1983-), 硕士, 男, 工程师, 主要从事区域地质调查及构造地质学研究。E-mail:113191186@qq.com

基金项目:中国地质调查局项目《1:5 万达布达尔等4幅区域地质调查》(1212010880305)和《新疆阿尔金地区1:5 万 J45E010020 等6幅区域地质矿产调查》(12120114081901)资助

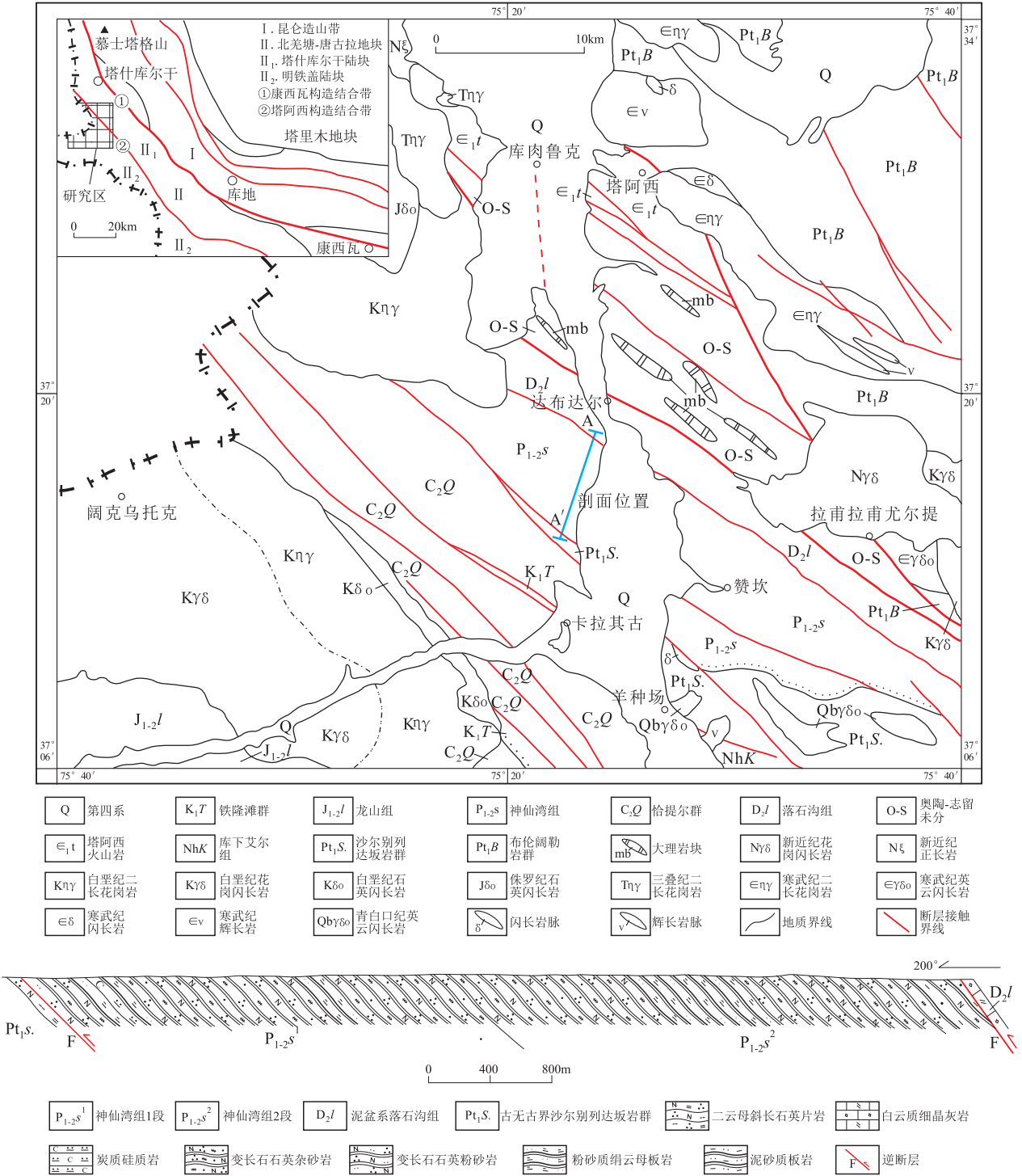


图1 达布达尔地区地质简图及神仙湾组地层剖面图(据1:5万达布达尔幅地质图改编)

Fig.1 Schematic geological map of the Daftar area and stratigraphic section across the Shenxianwan Formation

西构造混杂岩带主要见于达布达尔一带,表现为不同时代、不同成因类型地质体混杂一体。基质主要由奥陶-志留系浅变质碎屑岩和塔阿西火山岩片组成。外来岩块主要为大理岩岩块,夹少量的变火山岩、硅质岩。本文所研究的二叠系地层位于塔阿西构造混杂岩带南侧(图1)。1984年,新疆地矿局第

一区域地质调查大队将其划分为二叠系加温达坂组^[10];2000年,文世宣等指出在达布达尔、赞坎等地下二叠统为深灰色板岩夹石英片岩、砂岩等,部分地段呈复理石状互层,未见化石^[11];2005年姚建新等^[12]在该地层中发现大量属华夏植物地理区的早二叠世晚期至晚二叠世早期孢粉化石,将该地层划

分为中二叠统未分。笔者在 1:5 万达布达尔等 4 幅区域地质调查的基础上,根据区域对比将该套地层进一步厘定为二叠系神仙湾组。该组的厘定充分说明区域上延伸上千公里的晚古生代-早中生代海槽延入本区,西昆仑-喀喇昆仑地区该裂陷海槽规模宏大。

从剖面上看,神仙湾组总体为一套深海复理石建造,岩石变质很浅,变形较弱,褶皱构造不发育,仅见区域性的板、劈理和脆性断层,与接触地层均为断

层接触。依据岩石组合特征可进一步划分为两个岩性段:一段主要岩性为中厚层状变细粒长石石英杂砂岩,夹少量粉砂质绢云母板岩和硅质岩等;二段主要岩性为中厚层状变细粒长石石英杂砂岩夹粉砂岩和粉砂质绢云母板岩,常见两种呈韵律产出的基本层序(图 2),分别为变杂砂岩-板岩和变杂砂岩-变粉砂岩-板岩,具下粗上细的特点。地层中沉积构造丰富,发育斜层理、水平层理、平行层理和小型交错层理。二段中鲍马序列发育,常见 b-c-d-e 段组合。

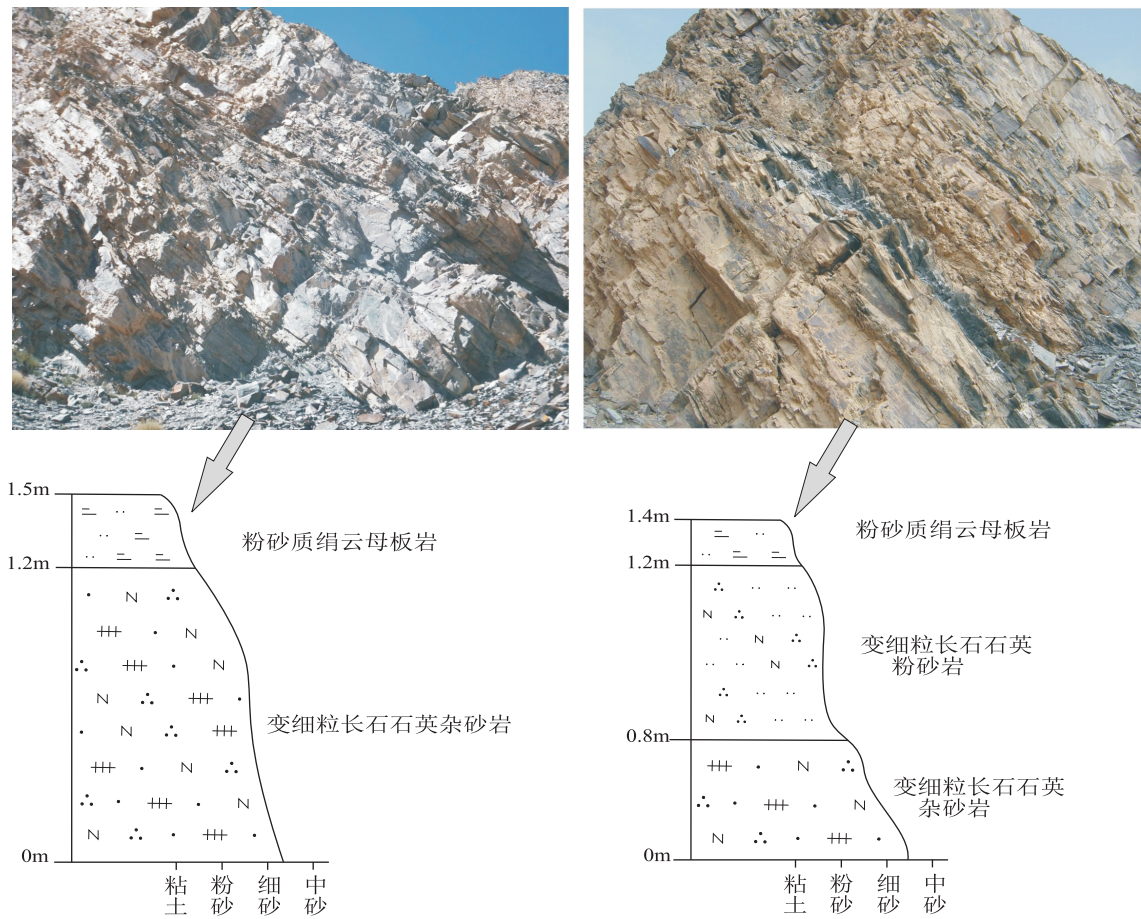


图 2 神仙湾组中的沉积韵律照片及柱状图

Fig. 2 Sedimentary rhythms and columns of the Shenxianwan Formation

2 地球化学特征

本文 11 套杂砂岩样品的分析测试均在陕西省核工业二〇三研究所完成,分析结果见表 1 和表 2。常量元素用常规湿法、容量法分析,其中烧失量用重量法分析,微量元素用电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-AES)分析,稀土元素用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)分析。常量元素的分析精度(相对标准差)一般小于 1%,微量元素和稀土元素分析精度优于 5%。

2.1 主量元素特征

11 件样品的 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 的平均含量分别为 71.33%、0.62%、13.35%、1.52%、3.76%、1.99%、1.81%、3.07% 和 2.32%,其中 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})$ 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值均较低,平均值分别约为 0.19、0.76、2.74、0.76。在 Pettijon 等^[13]的 $\lg(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}) - \lg(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ 判别图中(图 3),9 个样品投点落入杂砂岩区,2 个样品投点落入岩屑砂岩区。由此可以得出,二叠系神仙湾组碎屑

沉积岩主要以杂砂岩为主,说明源区岩石没有经过充分的搬运、分选,成熟度比较低,这与薄片鉴定结果基本一致。

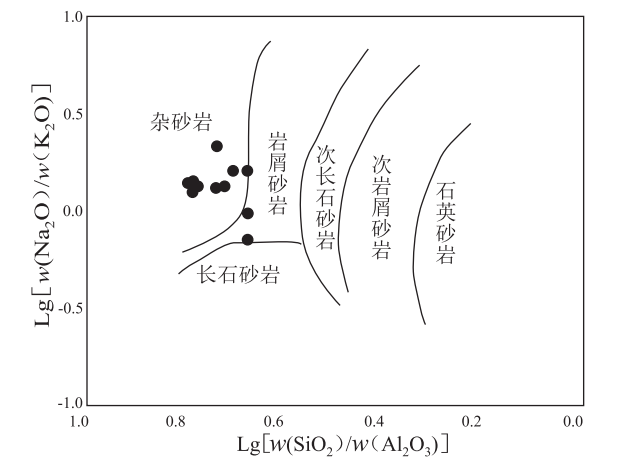


图3 二叠系杂砂岩 $\lg [w(\text{Na}_2\text{O})/w(\text{K}_2\text{O})]-\lg [w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)]$ 图解

Fig. 3 $\lg [w(\text{Na}_2\text{O})/w(\text{K}_2\text{O})]-\lg [w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)]$ for the Permian greywackes in the Shenxianwan Formation

2.2 稀土元素特征

研究区 11 件杂砂岩样品的稀土元素总量 ΣREE 为 $(132.04 \sim 211.81) \times 10^{-6}$, 平均值为 158.52×10^{-6} , 与上地壳平均值 (148.14×10^{-6}) 基本接近。在稀土元素配分曲线上(图 4a), 总体明显呈右倾型, 表现为轻稀土元素富集和 Eu 亏损明显的

特征,且 11 个样品显示非常一致的趋势,表明其基本来自相同的物源。样品轻重稀土分馏明显, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 值和 $\text{La}_\text{N}/\text{Yb}_\text{N}$ 值较高,分别为 $8.87 \sim 12.02$ 和 $12.55 \sim 19.06$, 平均值分别为 10.23 和 15.1 。 δEu 值为 $0.60 \sim 0.72$, 平均值为 0.65 , 具中等负铕异常。 δCe 值为 $0.97 \sim 1.02$, 平均值为 0.99 , 基本没有 Ce 异常。同时,经上地壳标准化后稀土元素配分曲线表现为较为平坦的折线(图 4b)。由此可见,研究区稀土元素特征与典型的后太古宙页岩和上地壳非常相似。轻稀土元素富集表明,上地壳中大离子亲石元素的含量相对于原始幔源明显偏高;重稀土元素含量稳定则是上地壳中缺乏使之分馏的因素;Eu 元素负异常是上地壳中的元素分异作用使得 Eu 元素缺失^[14]。

2.3 微量元素特征

从研究区 11 件杂砂岩样品的微量元素测试结果可以看出,大部分微量元素含量平均值与 Taylor 和 McLennan 发表的大陆上地壳值相似^[14],其中 Cu、Co、V、Sc、Ga、Ba、Nb、Ta、W、Mo、Nd、Bi 等元素含量与上地壳非常接近,Pb、Sr、U、Sn 等元素含量略低于上地壳值,Ni、Th、Sb 等元素含量略高于上地壳值,但 Zn、Rb、Zr、Hf 等元素含量明显偏低,Cr、Ti 等元素含量明显偏高。总体来看,杂砂岩微量元素含量接近于大陆上地壳值,而稀土元素特征也与上地壳非常相似,说明杂砂岩物源应来源于上地壳。Zr 和

表 1 二叠系杂砂岩主量元素分析结果(%)

Table 1 Major element contents (%) in the Permian greywackes in the Shenxianwan Formation

序号	样品	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1	1—1	72.01	0.56	13.32	2.58	2.78	0.01	1.59	0.46	4.44	2.06	0.17
2	2—1	69.5	0.57	14.79	1.63	3.8	0.05	1.88	1.12	3.99	2.51	0.16
3	6—1	69.06	0.64	14.68	1.72	4.91	0.06	1.87	1.92	2.02	2.99	0.14
4	8—2	66.3	0.33	13.27	1.42	3.1	0.11	2.71	6.78	3.56	2.24	0.18
5	9—1	66.17	0.7	14.21	2.32	3.61	0.08	3.15	3.76	2.86	3	0.13
6	15—1	71.68	0.62	13.75	1.03	3.93	0.04	2.78	0.7	3.01	2.27	0.19
7	18—1	74.95	0.72	12.41	1.17	3.16	0.05	1.4	0.93	2.75	2.23	0.21
8	19—1	75.12	0.67	12.48	0.49	4.15	0.06	1.81	0.46	2.7	1.91	0.16
9	20—1	73.57	0.67	12.47	1.78	3.94	0.06	1.76	0.42	2.95	2.23	0.15
10	21—1	74.4	0.67	12.28	1.35	3.98	0.06	1.77	0.7	2.7	1.92	0.16
11	24—1	71.86	0.73	13.22	1.22	3.96	0.09	1.18	2.63	2.79	2.15	0.18
平均值		71.33	0.62	13.35	1.52	3.76	0.06	1.99	1.81	3.07	2.32	0.17
大洋岛弧		58.83	1.06	17.11	1.95	5.52	0.15	3.65	5.83	4.1	1.6	0.26
大陆岛弧		70.69	0.64	14.04	1.43	3.05	0.1	1.97	2.68	3.12	1.89	0.16
活动大陆边缘		73.86	0.46	12.89	1.3	1.58	0.1	1.23	2.48	2.77	2.9	0.09
被动大陆边缘		81.95	0.49	8.41	1.32	1.76	0.05	1.39	1.89	1.07	1.71	0.12

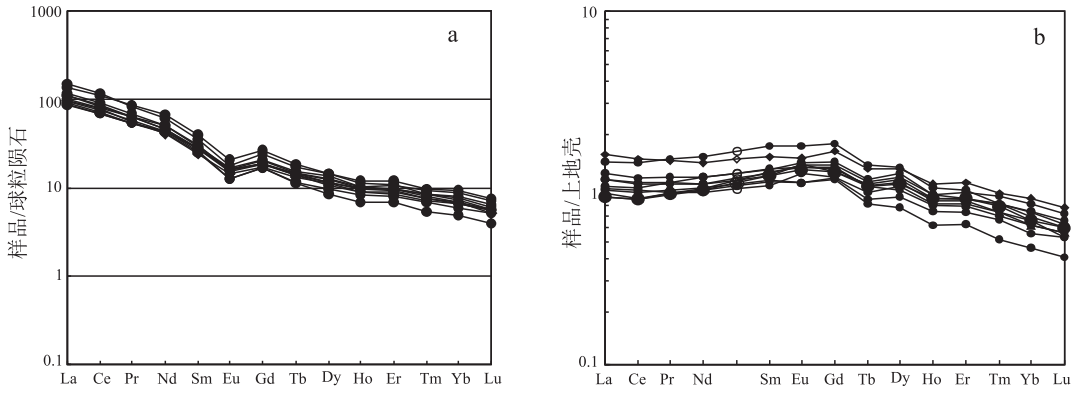


图4 二叠系杂砂岩球粒陨石标准化后的稀土元素配分模式(a)和上地壳标准化后的稀土元素配分模式(b)

Fig.4 Chondrite-normalized REE distribution patterns (a) and upper crust-normalized REE distribution patterns for the Permian greywackes in the Shenxianwan Formation

Hf 含量明显偏低,可能与样品在测试中锆石未完全熔融有关。

3 沉积环境分析

3.1 物源分析

3.1.1 主量元素

Roser 和 Korsch(1988,1986)以 248 个化学分析数据为基础,根据已知构造背景的不同碎屑岩组合的地球化学特征,提出的主量元素判别函数图解,可区分出 4 种物源区类型:长英质火成物源区、石英岩沉积物源区、中性岩火成物源区和镁铁质火成物源区^[15-16]。根据本文计算结果投点(图 5),可见 5 个点落于长英质火成物源区,4 个点落于中性岩火成物源区,并靠近长英质火成物源区内,2 个点落于石英岩沉积物源区。

Girty 等^[17]认为,沉积物中 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{TiO}_2)$ 值小于 14 时,沉积物物源可能来源于铁镁质岩石;而 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{TiO}_2)$ 值在 19~28 之间时,物源可能来自于安山质和流纹质(或者花岗闪长质和英云闪长质)岩石^[16]。研究区杂砂岩样品的 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{TiO}_2)$ 值都在 17.31~39.9 之间,平均值为 22.42,表明其物源主要来源于长英质岩石,而非镁铁质岩石。

3.1.2 微量、稀土元素

Cullers 总结了源岩为长英质和镁铁质岩石的沉积细砂岩特征元素比值的区分范围^[18],将本文数据的平均值与其对比(表 3),可见二叠系杂砂岩基本以长英质为源岩。结合 δEu 对源岩性质的判别,中性斜长岩一般具 Eu 正异常($1.01 < \delta\text{Eu} < 2.33$),玄武岩大多没有 Eu 异常($0.90 < \delta\text{Eu} < 1$),而花岗岩多为 Eu 的负异常($\delta\text{Eu} < 0.99$)^[19-20]。二叠系杂

砂岩 δEu 值为 0.60~0.72,可见本文杂砂岩源岩主要来自花岗岩。

综合碎屑成分分析及主量元素和微量、稀土元素分析的结果,本文杂砂岩物源来源于再旋回造山带,母岩原岩主要为长英质火成物质,另有少量沉积物混入。

3.2 氧化还原环境及古水深判别

3.2.1 $V/(V+Ni)$ 比值

前人研究认为,碎屑岩中过渡金属元素 $V/(V+Ni)$ 比值可以作为古缺氧环境的判识标志^[21],因为相对于 Ni 来说,V 聚集在强烈还原的富硫化氢环境中,因此 $V/(V+Ni)$ 值的变化主要由氧化还原电位控制。当 $V/(V+Ni) < 0.46$ 时,为富氧环境; $0.46 < V/(V+Ni) < 0.54$ 对应贫氧环境;当比值大于 0.54 时,为厌氧环境,表明水体较深或水体流动不畅。本文杂砂岩的 $V/(V+Ni)$ 值在 0.65~0.8 之间,平均值为 0.76,均大于 0.54,属于深水形成的厌氧环境,且剖面中比值变化不大,说明总体水深并没发生大的变化。

3.2.2 镁铝比值(m)

镁铝比值 $m = 100 \times (\text{MgO})/(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 是根据沉积岩层中 MgO 的亲海性和 Al_2O_3 的亲陆性特征而建立的比值关系。在由淡水向海水过渡的沉积环境中,m 值随沉积环境中水体盐度的增大而增大。m 值主要反映沉积环境中水体的盐度特征,还可作为各地史时期沉积物形成环境的判断标志^[22]。在不同类型的沉积环境中 m 值的变化范围是:(1)淡水沉积环境 $m < 1$;(2)海、陆过渡性沉积环境 m 为 1~10;(3)海水沉积环境 m 为 10~50;(4)陆表海环境(或泻湖碳酸盐岩沉积环境) $m > 500$ 。根据计算,本文杂砂岩的 m 值介于 8.97~22.20,只有一个样品

表 2 二叠系杂砂岩稀土、微量元素分析结果(×10⁻⁶)

Table 2 REE and trace element contents (×10⁻⁶) in the Permian greywackes in the Shexianwan Formation

样品	1—1	2—1	6—1	8—2	9—1	15—1	18—1	19—1	20—1	21—1	24—1
Cu	13.6	24.8	15.5	38.5	11.4	23.9	7.6	19.6	23.9	27.6	37
Pb	1.1	2.2	3.2	5.3	5.1	5.3	5.8	8.4	5.6	11.1	19.1
Zn	6.6	9.5	59	37.3	53.4	53.2	49	59.1	30.1	61.5	65.8
Co	11	12.4	13.4	11.8	10.1	11.1	10.3	8.18	11.9	13.4	12.2
Ni	30.5	39.5	40.9	32.6	26.6	33.3	23.9	23.5	27.4	27.8	29.6
Cr	67.4	88.4	104	68.5	71.6	73	70.2	66.7	74.6	86.1	67.1
V	93.3	104	83.1	97.5	105	111	90.8	86.5	90.4	89.4	84.6
Sc	10	10.9	10.6	12.2	12.2	12.8	10.8	11	12.3	10.3	10.6
Ga	17.7	18.7	20.2	15.5	19	16.9	16.6	16.9	16.7	17.2	17.4
Sr	76	101	109	256	202	92.6	191	139	135	130	204
Ba	218	330	726	492	543	565	567	692	553	557	562
P	783	726	559	708	632	734	676	657	674	661	737
Ti	3701	3894	3495	3358	3706	4228	3913	3554	4129	3711	3751
Rb	66.3	84.9	86.6	50.4	102	68.4	71.8	65.3	65.6	65.9	82.3
Nb	20.1	12.9	47.9	30.6	48.9	10.8	65.1	12	15.4	14	16.2
Ta	0.8	0.8	1.4	0.83	1.6	0.73	2.91	0.81	0.78	0.86	0.94
Zr	41.8	38.8	29.9	50.4	130	147	44.1	113	50.8	50.7	20.1
Hf	0.34	0.31	0.26	0.4	0.87	1.06	0.34	0.75	0.44	0.33	0.17
U	1.45	1.68	1.48	1.15	1.25	1.32	1.27	1.44	1.6	1.69	2.07
Th	12.8	13.9	27	9.78	19.8	12.8	9.68	14.5	15.2	13.2	23.2
W	0.84	0.81	1.93	1.46	1.76	1.08	1.61	0.95	2.51	2.69	1.19
Mo	0.82	0.7	0.84	1.4	0.54	1.16	1.58	1.08	1.02	1.76	1.06
Sn	2.11	2.15	3.16	2.11	3.72	2.04	2.72	2.13	2.26	1.88	2.54
Y	15.2	17.9	22	18.3	20.4	16.5	12.6	18.9	20	18.9	21.9
Nd	25.5	25.6	36.4	26	39.3	30	26.2	27.4	27.6	24.7	30.2
Ag	0.11	0.086	0.067	0.072	0.12	0.093	0.06	0.075	0.061	0.077	0.12
Sb	0.24	0.38	0.59	1.06	0.65	0.55	0.46	0.37	0.62	0.38	0.62
Bi	0.047	0.082	0.18	0.09	0.076	0.047	0.067	0.045	0.18	0.1	0.21
Hg	15.7	15.8	10.3	4.8	7.2	11.5	17.2	11.5	10.2	8.7	8.6
Au	1.32	1.79	1.07	4.86	0.59	1.06	1.9	0.9	2.09	0.48	1.29
Y	15.2	17.9	22	18.3	20.4	16.5	12.6	18.9	20	18.9	21.9
La	26.7	26.8	46.4	27.9	42.5	30.6	29.3	33.9	33.8	29.6	36.1
Ce	55.6	55.3	93.3	56.4	88.9	64.1	61	67.4	69.1	62.2	72.8
Pr	6.51	6.58	10.2	6.58	10.4	7.65	6.94	7.55	7.56	6.7	8.26
Nd	25.5	25.6	36.4	26	39.3	30	26.2	27.4	27.6	24.7	30.2
Sm	4.91	5.25	6.82	5.53	7.79	5.79	4.99	5.27	5.43	4.66	5.69
Eu	0.94	1.11	1.31	1.15	1.52	1.16	0.94	1.2	1.18	1.06	1.22
Gd	4.33	4.66	6.22	4.88	6.76	4.94	4.28	4.71	5.14	4.42	5.34
Tb	0.55	0.66	0.82	0.67	0.86	0.65	0.52	0.68	0.7	0.61	0.72
Dy	3.12	3.67	4.54	3.75	4.61	3.4	2.72	3.92	4.05	3.6	4.26
Ho	0.59	0.7	0.84	0.68	0.81	0.64	0.49	0.7	0.74	0.65	0.74
Er	1.68	2.02	2.47	1.96	2.26	1.8	1.44	1.98	2.02	1.88	2.18
Tm	0.22	0.26	0.31	0.24	0.27	0.23	0.17	0.27	0.27	0.24	0.3
Yb	1.22	1.44	1.93	1.36	1.64	1.36	1.01	1.52	1.61	1.44	1.8
Lu	0.17	0.19	0.25	0.18	0.21	0.18	0.13	0.19	0.2	0.17	0.23

m 值低于 10,其余 10 个样品均高于 10,平均值为 14.91,表明其沉积于海水环境。

4 大地构造背景分析

近年来,许多学者对不同构造背景下形成的砂岩的常量、微量和稀土元素的地球化学特征进行了系统的研究与总结^[15-16,23-30]。研究表明,对陆源碎屑岩而言,尽管有沉积过程中的改造作用,并存在一些化学成分的迁移或溶解交代,但由于它们大致是在同一系统中进行的,故其总的化学成分变化不大,主要受到物源区控制。因此,可以利用常量、稀土和微量元素的地球化学特征很好地判别源岩的大地构造背景。

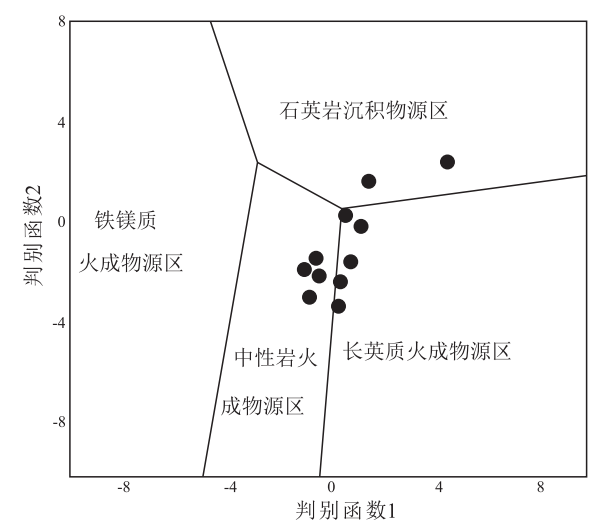


图5 主要元素的源区判别图
Fig.5 Major element characteristics and provenance discrimination of the Permian greywackes in the Shexianwan Formation

表3 二叠系杂砂岩与不同源岩的沉积细砂岩元素比值分布
Table 3 Elemental ratios of the Permian greywackes in the Shexianwan Formation

元素比值	以长英质为源岩	以铁镁质为源岩	本文(平均值)
Th/Cr	0.13 ~ 2.7	0.018 ~ 0.046	0.21
Th/Sc	0.84 ~ 20.5	0.05 ~ 0.22	1.4
δEu	0.4 ~ 0.94	0.71 ~ 0.95	0.65
La/Sc	2.5 ~ 16.3	0.43 ~ 0.86	2.95
La/Co	1.8 ~ 13.8	0.14 ~ 0.38	2.94

4.1 常量元素分析

由 Bhatia 等(1983)划分的控制物源区类型和沉积盆地的 4 类构造环境的杂砂岩平均岩石化学成分及参数值可知^[23](表 1),本文杂砂岩的平均化学成分类似于大陆岛弧型杂砂岩,其中少量样品与活

动大陆边缘型杂砂岩类似。

4.1.1 Bhatia 函数判别图解

Bhatia(1983)根据 69 个古生界砂岩的主要元素分析数据,确定不同元素相应氧化物在对构造环境反映中的地位,建立了判别函数 F1 和 F2 来区分不同的构造背景区^[23]。将本文样品结果投入到图 6 中,可以看出,样品点投入大陆岛弧和活动大陆边缘区,说明杂砂岩物源区的构造环境为大陆岛弧和活动大陆边缘环境。

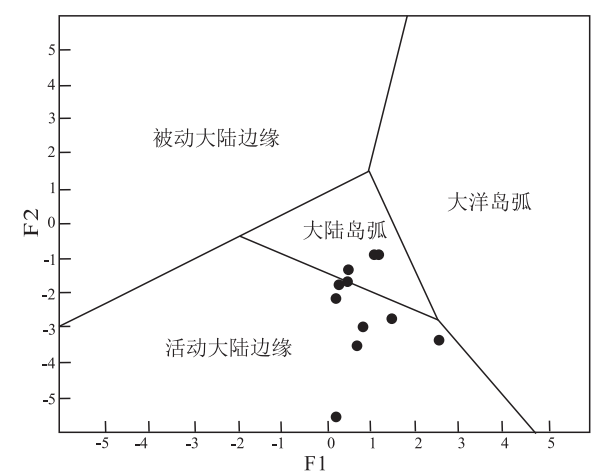


图6 杂砂岩 F1-F2构造背景函数判别图解
Fig.6 Discrimination plot for the Permian greywackes in the Shexianwan Formation

4.1.2 Bhatia 氧化物含量判别图解

Bhatia(1983)在研究东澳大利亚古生代浊积岩的基础上,利用氧化物含量及其相对比值给出了构造背景判别图^[23]。将研究区内的样品结果投入到上述图解中(图 7),可见大部分样品点均落入大陆岛弧区,少量样品点落入活动大陆边缘区,说明杂砂岩物源区的构造环境以大陆岛弧为主,兼具活动大陆边缘的性质。

4.2 稀土、微量元素分析

将研究区杂砂岩的稀土元素与 Bhatia(1985)^[24]总结的 4 类典型构造环境砂岩的稀土元素含量进行对比(表 5),发现本文的杂砂岩平均稀土元素介于大陆岛弧和活动大陆边缘之间,非常接近于大陆岛弧,表明神仙湾组杂砂岩物源区的构造背景以大陆岛弧为主,兼具活动大陆边缘的性质。

Bhatia 和 Crook (1986)运用杂砂岩的微量元素 La、Th、Zr、Nb、Y、Sc、Co 和 Ti 等,提出了多种三角图解来划分大地构造环境^[25]。本文杂砂岩在 La-Th-Sc 三角图解上(图 8),9 个样品点落在大陆岛弧构造背景,2 个样品点落入大陆边缘构造背景。

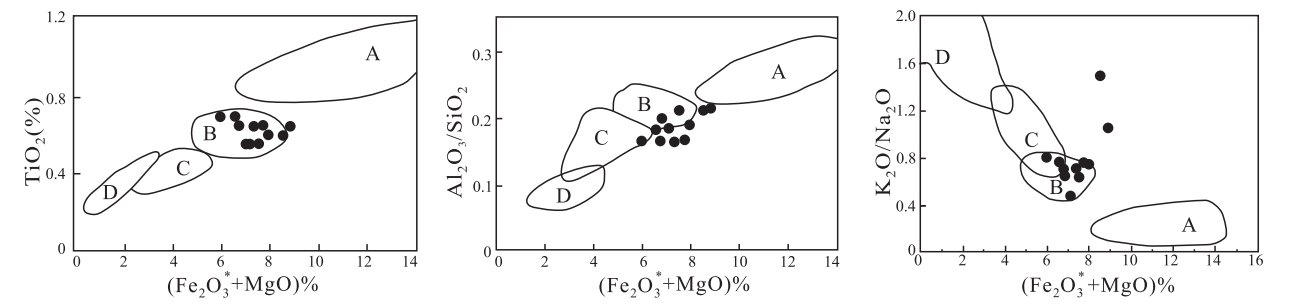


图 7 杂砂岩中主量元素构造背景关系判别图
A. 大洋岛弧;B. 大陆岛弧;C. 活动大陆边缘;D. 被动大陆边缘

Fig. 7 Major element composition plots of the Permian greywackes in the Shenxianwan Formation for tectonic setting discrimination

表 4 神仙湾组杂砂岩与典型构造背景沉积盆地杂砂岩的 REE 特征

Table 4 Comparison of REE characteristic parameters of the Permian greywackes in the Shenxianwan Formation and those in various tectonic settings

不同构造背景源区类型	La	Ce	REE	La/Yb	LREE/HREE	δEu
大洋岛弧	8 ± 1.7	19 ± 3.7	58 ± 10	4.2 ± 1.3	3.8 ± 0.9	1.04 ± 0.11
大陆岛弧	27 ± 4.5	59 ± 8.2	146 ± 20	11 ± 3.6	7.7 ± 1.7	0.79 ± 0.13
活动大陆边缘	37	78	186	12.5	9.1	0.6
被动大陆边缘	39	85	210	15.9	8.5	0.56
样品平均值	33.05	67.83	158.52	22.4	10.23	0.65

参考数值引自文献[29];均为标准化,系原始测量数据

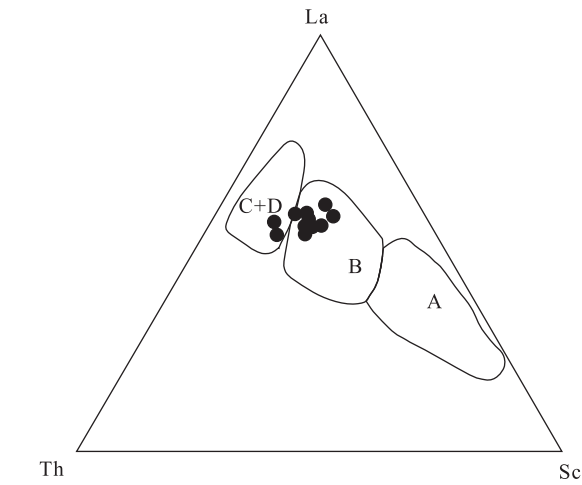


图 8 杂砂岩中 La-Th-Sc 的构造背景判别图

Fig. 8 La-Th-Sc plot of the Permian greywackes in the Shenxianwan Formation for tectonic setting discrimination

综上所述,根据稀土、微量元素得出的构造环境与根据常量元素得出的结论基本一致。本文神仙湾组杂砂岩物源区的构造背景以大陆岛弧为主,兼具活动大陆边缘的性质。结合研究区所处的区域地质构造背景,早古生代末,加里东碰撞造山运动使早古生代洋盆闭合,昆仑地区焊结成一个统一块体,转换为相对稳定的陆内环境^[4-5]。研究区在志留纪末,随着原特提斯洋的闭合,明铁盖陆块和塔什库尔干

陆块俯冲碰撞形成统一的陆壳块体。这一时期物质记录主要为塔阿西构造混杂岩带,基质主要由奥陶-志留系浅变质碎屑岩和寒武系塔阿西火山岩片组成,外来岩块主要为大理岩岩块加少量的变火山岩、硅质岩。晚古生代晚泥盆世开始裂解,在可可西里湖和玉树一带均有晚泥盆世基性岩墙群的报道^[31]。笔者在野外调查中,在研究区泥盆系落石沟组中也发现了基性火山岩的存在,推测也具有裂谷性质。在石炭纪,昆仑地区的裂解已经达到一定规模,初步形成了坳垒相间的格局^[31],而研究区裂解作用发育尚弱,主要为上石炭统恰提尔群海滩及滩后台地沉积。早一中二叠世,研究区进入裂解高峰期,发育裂陷盆地,其中沉积了具深海复理石建造的神仙湾组,物源区主要为北侧塔西构造混杂岩,少量为南侧明铁盖地块,该裂陷盆地应为神仙湾晚古生代边缘裂陷盆地的西延部分。

5 结论

(1)本文研究区的二叠系神仙湾组地层位于塔阿西构造混杂岩带南侧,总体为一套深海复理石建造,鲍马序列发育,常见 b-c-d-e 段组合,常见变杂砂岩-板岩和变杂砂岩-变粉砂岩-板岩等两种呈韵律产出的基本层序,具下粗上细的特点。

(2)地球化学特征表明,稀土元素特征表现为轻稀土元素富集和 Eu 亏损明显的特征,与典型的后太古宙页岩和上地壳非常相似,而微量元素含量也接近于大陆上地壳值,说明杂砂岩中的物源来源于上地壳。

(3)沉积环境分析表明,杂砂岩母岩原岩主要为长英质火成物质,另有少量沉积物混入。杂砂岩形成于深海厌氧环境,总体水深变化不大。

(4)大地构造背景分析表明,本文神仙湾组杂砂岩物源区的构造背景以大陆岛弧为主,兼具活动大陆边缘的性质。结合研究区所处的区域地质构造背景,早-中二叠统神仙湾组为裂陷盆地沉积。

参考文献:

- [1] 姜春发,王宗起,李锦轶. 中央造山带开合构造 [M]. 北京:地质出版社,2000.
- [2] 潘浴生. 喀喇昆仑山-昆仑山综合科学考察导论 [M]. 北京:气象出版社,1992.
- [3] 陈守建,李荣社,计文化,等. 昆仑造山带二叠纪岩相古地理特征及盆地转换探讨 [J]. 中国地质,2010,37(2): 374-394.
- [4] 王有学,姜枚,熊盛青,等. 西昆仑岩石圈的拆沉作用及其深部构造含义——地震层析成像及航磁异常证据 [J]. 中国地质,2006,33(2): 299-308.
- [5] 李荣社,计文化,赵振明,等. 昆仑早古生代造山带研究进展 [J]. 地质通报,2007,26(4): 373-382.
- [6] 陈守建,李荣社,计文化,等. 昆仑造山带早-中泥盆世沉积特征及盆地性质探讨 [J]. 沉积学报,2008,26(4): 541-551.
- [7] 陈守建,李荣社,计文化,等. 昆仑造山带晚泥盆世沉积特征及构造古地理环境 [J]. 大地构造与成矿学,2007,31(1): 44-51.
- [8] 刘和甫. 盆地-山岭耦合体系与地球动力学机制 [J]. 地球科学-中国地质大学学报,2001,26(6): 581-596.
- [9] 李继亮,肖文交,阎臻. 盆地耦合与沉积作用 [J]. 沉积学报,2003,21(1): 52-60.
- [10] 中国地层典编委会. 中国地层典-二叠系 [M]. 北京:地质出版社,2000.
- [11] 文世宣,孙东立,尹集祥,等. 地层. 见:中国科学院青藏高原科学考察队编. 喀喇昆仑山-昆仑山地区地质演化 [M]. 北京:科学出版社,2000. 6-92.
- [12] 姚建新,肖序常,高联达,等. 新疆塔什库尔干县达布太尔地区二叠纪孢粉化石的发现及其地质意义 [J]. 古地理学报,2005,7(3): 321-326.
- [13] PETTIJON F J, POTTER P E, SIEVER R. Sand and Sandstone [M]. New York: Springer Verlag, 1973.
- [14] TAYLOR S R, MCLENNAN S H. The continental crust: Its composition and evolution [M]. Oxford: Blackwell, 1985.
- [15] ROSER B P, KORSCH R J. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data [J]. Chemical Geology, 1988, 67: 119-140.
- [16] ROSER B P, KORSCH R J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio [J]. Journal of Geology, 1986, 94(5): 635-650.
- [17] GIRTY G H, RIDGE D L, KNAACK C. Provenance and depositional setting of Paleozoic chert and argillite, Sierra Nevada, California [J]. Journal of Sedimentary Research, 1996, 66(1): 107-118.
- [18] CULLERS R L. The geochemistry of shales, siltstones and stones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies [J]. Lithos, 2000, 51, 181-203.
- [19] 刘俊海,杨香华,于水,等. 东海盆地丽水凹陷古新统沉积岩的稀土元素地球化学特征 [J]. 现代地质,2003,17(4): 421-427.
- [20] 包汉勇,杨风丽,王丹萍,等. 苏南地区中、古生界沉积岩地球化学特征:以圣科1井为例 [J]. 吉林大学学报:地球科学版,2011,41(1): 29-38.
- [21] 王争鸣. 缺氧沉积环境的地球化学标志 [J]. 甘肃地质学报,2003,12(2): 55-58.
- [22] 刘岫峰. 沉积岩实验室研究方法 [M]. 北京:地质出版社,1991.
- [23] BHATIA M R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones [J]. Journal of Geology, 1983, 91(6): 611-627.
- [24] BHATIA M R. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mudstones: Provenance and tectonic control [J]. Sedimentary Geology, 1985, 45: 97-113.
- [25] BHATIA M R, CROOK K A W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basin [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1986, 92: 181-193.
- [26] ROLLINSON H R. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation [M]. London: Longman Scientific Technical Press, 1993.
- [27] 陈刚. 中生代鄂尔多斯盆地陆源碎屑成分及其构造属性 [J]. 沉积学报,1999,17(3): 409-413.
- [28] 陈富贵,康孔跃,陈备战,等. 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 [J]. 沉积与特提斯地质,2013,33(2): 66-78.
- [29] 和钟铎,王玉芬,侯伟. 漠河盆地中侏罗统砂岩地球化学特征及物源属性分析 [J]. 沉积与特提斯地质,2008,28(4): 93-100.
- [30] 曾宜君,黄思静,阚泽忠. 四川西部三叠系西康群地球化学特征与大地构造背景 [J]. 沉积与特提斯地质,2006,26(1): 22-29.
- [31] 李荣社,计文化,杨永成,等. 昆仑山及邻区地质 [M]. 北京:地质出版社,2008.

Tectonic setting of the greywackes from the Permian Shenxianwan Formation in the Daftar area, Taxkorgan, Xinjiang

ZENG Zhong-cheng¹, LIN Lu-jun², ZHU Hai-ping¹, BIAN Xiao-wei¹, KONG Wen-nian¹, GAO Yun-peng¹

(1. *Shaanxi Center of Geological Survey, Xi'an 710068, Shaanxi, China*; 2. *Faculty of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China*)

Abstract: The Permian Shenxianwan Formation as the abyssal flysch deposits in the Daftar area, Taxkorgan, Xinjiang is located in the southern part of the Ta'axi tectonic mélange zone. The clastic sedimentary rocks primarily consist of greywacke. The source rocks are poorly transported and sorted, and thus have low maturity. The REE distribution patterns for the greywackes display the LREE enrichment and markedly negative Eu anomalies, indicating the close similarity to those of typical post-Archean shales and the upper continental crust. The trace element contents in the greywackes also approach those in the upper continental crust, suggesting that the greywackes are derived from the upper continental crust. The presence of abundant felsic rocks and minor amount of sedimentary rocks shows that the parent rocks of the greywackes were formed in the deep-sea anaerobic environments. The tectonic settings of the provenances of the greywackes are dominantly composed of the continental island arcs, with subordinately the active continental margins. The Lower to Middle Permian Shenxianwan Formation is interpreted as the rift basin deposits.

Key words: Daftar area; Shenxianwan Formation; greywacke; geochemistry; tectonic setting