

# 塔里木盆地西部中生代早期伸展作用的辉绿岩证据

罗金海<sup>1</sup> 车自成<sup>1</sup> 周新源<sup>2</sup> 李 勇<sup>2</sup> 李建立<sup>2</sup> 张敬艺<sup>1</sup>

(1. 西北大学地质学系, 大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069;  
2. 中国石油塔里木油田分公司, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:**塔里木盆地西北缘出露的辉绿岩墙的 SiO<sub>2</sub> 含量为 44.34%~49.34%, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O(4.32%~6.04%) 和 Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O 均较高(2.23~9.15), 主量元素反映板内玄武岩的特点。稀土总量较低( $\Sigma$ REE=35.71~47.95  $\mu$ g/g), (La/Yb)<sub>N</sub> 高达 11.66~14.77, 呈轻稀土强烈富集的稀土配分型式, 基本不显示明显的 Eu 异常, 具有富集地幔源的地球化学特点。对辉绿岩的 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年龄测定为 235.6 Ma 和 203.7 Ma。结合塔里木盆地西部, 特别是西邻塔吉克盆地和卡拉库姆盆地三叠—侏罗纪沉积与构造背景的综合分析表明, 塔里木盆地西部三叠—侏罗纪时期是白垩纪—古近纪强烈沉降作用的前奏, 主体处于伸展背景下的隆起状态。

**关键词:**塔里木盆地; 辉绿岩; 地球化学; <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年龄测定; 三叠—侏罗纪; 伸展作用

**中图分类号:** P595, P597+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2006)03-0566-06

三叠—侏罗纪是塔里木盆地西部一个重要的地质演化转折时期, 南天山洋盆在晚古生代的闭合作用和三叠纪末古特提斯的闭合作用, 对塔里木盆地西部的沉积和构造格局产生了重要影响。在塔里木盆地西部, 除了在塔拉斯—费尔干纳断裂带内的断陷盆地中发育厚度不大的上三叠统<sup>[1-2]</sup>之外, 其余地区基本缺失三叠系。侏罗系在塔里木盆地西部的分布范围比三叠系有所扩大, 但分布范围也相对较小。目前地学界对塔里木盆地西部三叠—侏罗纪, 特别是侏罗纪的构造背景与沉积环境的认识主要有两种不同的观点<sup>[3]</sup>: 一种是, 三叠纪仍处于南天山碰撞造山之后的前陆盆地状态, 侏罗纪时期塔里木及天山地区处于碰撞造山后的热沉降阶段, 岩石圈不断软化, 地壳发生伸展, 厚度减薄, 准平原化使山体逐渐被夷平, 因而中国西北地区侏罗纪的沉积范围也被扩大<sup>[3-5]</sup>; 另一种是, 三叠—侏罗纪仍继承了晚古生代前陆盆地的特点, 以挤压背景为主, 只是构造变形强度较弱<sup>[6-7]</sup>。笔者对塔里木盆地西北部的辉绿岩开展了岩石学、地球化学和同位素地质年代学研究, 以期为该地区的三叠—侏罗纪构造环境问题提供新的证据。

## 1 辉绿岩的地质产状与岩石学特征

辉绿岩出露于塔里木盆地西北部阿图什市喀若勒以北, 呈岩墙状分别侵入于比尤勒提群(P<sub>1</sub>by)台地相碳酸盐岩(样品 03WQ-12~20 和 03WQ-22)和造山带相的喀拉尕尔金群

((C<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>)kl)灰白色板岩、中泥盆—下石炭统含腕足类化石的灰岩(样品为 03WQ-36~42 和 03WQ-45)之中, 围岩地层的产状为 285°∠30°~310°∠59°, 岩墙的数量众多, 岩墙宽 0.3~0.8 m, 延伸长度从几百米至 2 000 m, 延伸方向总体以 NNW 向为主(图 1)。辉绿岩呈灰黑、灰黑绿色, 大多具有典型的辉绿结构, 部分较宽的岩脉中心部分出现辉绿辉长结构。主要矿物组合以单斜辉石(40%~50%)和基性斜长石(50%~60%)为主, 在少数薄片中可以见到角闪石。副矿物为钛铁矿、黄铁矿、磷灰石、磁铁矿等。岩石总体比较新鲜, 基本没有发生蚀变。

## 2 辉绿岩的地球化学特征

### 2.1 主量元素及岩石分类

岩石中 SiO<sub>2</sub> 含量为 44.34%~49.34%, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 为(4.32%~6.04%) 和 Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O(2.23~9.15)均较高(表 1), 反映岩浆分异作用相对较弱, 显示了稳定陆块伸展作用的特点。

在 SiO<sub>2</sub>—(K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)图解中<sup>[8]</sup>, 辉绿岩位于碱性岩区但靠近分界线。在 Zr—Zr/Y 图解上, 辉绿岩主体落入板内玄武岩区。辉绿岩的 Nb/Y 比值较高(1.17~3.07), 说明辉绿岩的大陆板内玄武岩特征比较明显<sup>[9]</sup>。

### 2.2 稀土元素

辉绿岩的稀土含量见表 2, 稀土总量较低,  $\Sigma$ REE 为

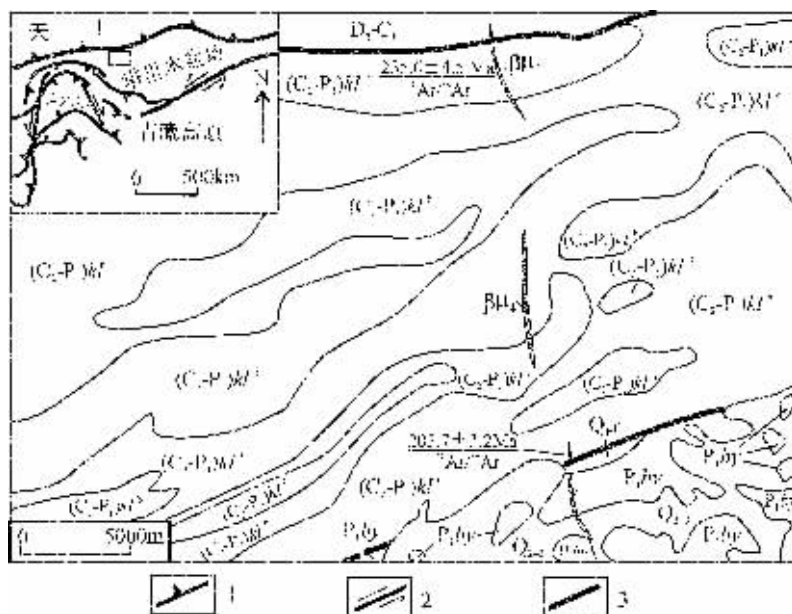


图 1 塔里木盆地西北部辉绿岩出露区地质简图

D<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>-中泥盆-下石炭统;(C<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>)k<sup>a</sup>-上石炭-下二叠统喀拉尕尔金群浊积岩(a岩性段);  
 (C<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>)k<sup>b</sup>-上石炭-下二叠统喀拉尕尔金群浊积岩(b岩性段);P<sub>1</sub>by-下二叠统比尤勒提群;  
 Q<sub>ix</sub>-下更新统西域组;Q<sub>2-3</sub>-全新统;βμ<sub>4</sub>-辉绿岩;1-逆冲断层;2-走滑断层;3-性质不明的断层

Fig. 1 Simplified geological map of the outcrop area of diabase in the northwestern part of the Tarim basin

D<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>-Middle Devonian-Lower Carboniferous;(C<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>)k<sup>a</sup>-Lithological segment a of turbidite of the Upper Carboniferous-Lower Permian Kalazhierjin Group;(C<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>)k<sup>b</sup>-Lithological segment b of turbidite of the Upper Carboniferous-Lower Permian Kalazhierjin Group;  
 P<sub>1</sub>by-Lower Permian Biyouleti Group;Q<sub>ix</sub>-Lower Pleistocene Xiyu Formation;Q<sub>2-3</sub>-Holocene;βμ<sub>4</sub>-diabase;  
 1-Thrust;2-Strike-slip fault;3-Fault of uncertain nature

表 1 塔里木盆地西北部辉绿岩岩石化学成分 (%)

Table 1 Chemical composition (%) of diabase in the northwestern part of the Tarim basin

样号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	TOTAL
03WQ12	44.84	3.29	16.98	14.07	5.97	9.00	0.11	4.22	5.30	4.04	0.79	0.70	5.69	100.03
03WQ13	48.64	2.33	15.45	11.16	5.19	6.63	0.13	3.54	7.88	3.83	0.61	0.56	6.01	100.12
03WQ14	44.78	3.02	16.11	13.12	4.84	9.20	0.15	4.58	6.62	4.10	0.71	0.72	6.51	100.42
03WQ15	46.21	3.28	16.96	13.08	5.21	8.75	0.11	4.44	6.53	4.25	0.71	0.72	4.14	100.43
03WQ16	44.34	3.21	16.70	13.17	5.45	8.58	0.13	3.94	6.92	4.08	0.57	0.74	6.65	100.45
03WQ17	47.27	3.16	17.16	12.95	4.60	9.28	0.09	4.43	5.15	3.97	0.64	0.70	4.90	100.42
03WQ18	44.63	3.37	16.42	14.42	5.71	9.68	0.15	4.82	6.15	3.43	0.89	0.72	5.36	100.36
03WQ19	44.42	3.17	16.08	12.84	4.92	8.80	0.10	4.33	6.22	4.85	0.53	0.54	7.31	100.39
03WQ20	44.89	3.25	16.18	13.71	7.21	7.22	0.10	3.94	7.64	4.41	0.94	0.56	4.45	100.07
03WQ36	47.54	2.44	16.52	12.28	7.02	5.85	0.12	2.57	6.71	3.98	1.64	0.86	5.26	99.92
03WQ37	46.96	2.47	16.66	11.98	6.51	6.08	0.11	3.25	6.96	4.07	1.48	0.85	5.12	99.91
03WQ38	47.42	2.50	16.58	12.23	6.43	6.45	0.06	4.03	6.35	3.89	1.26	0.85	4.71	99.88
03WQ39	49.34	2.57	17.04	12.39	7.58	5.35	0.13	1.96	5.60	4.26	1.78	0.89	3.74	99.70
03WQ40	47.48	2.47	16.75	11.86	10.15	1.90	0.06	1.66	7.57	3.99	1.79	0.87	5.27	99.77
03WQ41	47.09	2.46	16.51	11.68	7.02	5.18	0.14	2.48	7.36	4.15	1.85	0.87	5.22	99.81
03WQ42	47.46	2.48	16.83	9.65	7.31	2.60	0.07	2.53	8.44	4.04	1.36	0.85	5.93	99.64

注:样品由西北大学大陆动力学国家重点实验室王建其采用 XRF 法分析。

35.71~47.95μg/g,(La/Yb)<sub>N</sub> 较高(11.66~14.77),反映轻稀土强烈富集。基本不显示 Eu 异常(δEu 除 03WQ-13 为 0.86 之外,其余为 0.98~1.080),反映源区未经历过明显的结晶分异

作用,很可能源自富集地幔。

### 2.3 微量元素

辉绿岩微量元素变化很小,LILE 元素(K,Ba,Rb)明显

表 2 塔里木盆地西北部辉绿岩稀土元素和微量元素分析 (10<sup>-6</sup>)

Table 2 REE and trace element compositions (10<sup>-6</sup>) of diabase in the northwestern part of the Tarim basin

样号	侵入于喀拉尕尔金群和中泥盆-下石炭统中的辉绿岩									侵入于比尤勒提群中的辉绿岩						
	03WQ-12	03WQ-13	03WQ-14	03WQ-15	03WQ-16	03WQ-17	03WQ-18	03WQ-19	03WQ-20	03WQ-36	03WQ-37	03WQ-38	03WQ-39	03WQ-40	03WQ-41	03WQ-42
La	46.3	42.8	45.5	47.6	47.5	48.8	43.8	35.9	35.6	43.8	44.6	44.1	45.0	45.5	45.0	45.1
Ce	96.1	87.5	93.9	98.8	97.9	100.4	91.6	76.0	76.1	94.3	95.8	94.5	87.5	97.4	97.5	96.8
Pr	11.19	10.2	11.02	11.6	11.5	11.7	10.8	9.14	9.29	11.5	11.8	11.6	11.9	11.9	11.9	11.8
Nd	47.0	42.9	46.4	48.6	48.3	49.0	45.9	40.6	41.2	51.3	52.2	51.8	53.2	52.7	53.0	52.6
Sm	8.81	8.31	8.78	9.08	8.98	9.10	8.62	7.95	8.23	10.7	10.9	10.7	11.0	10.9	11.0	10.9
Eu	2.85	2.27	2.86	3.06	2.86	2.88	2.72	2.58	2.67	3.27	3.35	3.34	3.48	3.40	3.43	3.42
Gd	8.03	7.80	7.98	8.25	7.99	8.12	7.78	6.66	6.90	9.50	9.90	9.82	10.14	10.10	10.08	10.05
Tb	1.10	1.13	1.09	1.12	1.11	1.13	1.09	0.85	0.86	1.36	1.44	1.41	1.48	1.43	1.43	1.43
Dy	5.48	5.86	5.50	5.63	5.62	5.55	5.39	3.57	3.72	6.65	7.03	6.96	7.33	7.19	7.03	7.14
Ho	0.99	1.07	0.99	1.00	0.99	0.97	0.96	0.51	0.52	1.16	1.23	1.23	1.31	1.26	1.23	1.23
Er	2.53	2.70	2.47	2.52	2.51	2.52	2.40	1.09	1.11	2.78	2.91	2.96	3.08	3.02	2.92	2.98
Tm	0.34	0.38	0.34	0.35	0.34	0.34	0.33	0.12	0.12	0.37	0.38	0.39	0.41	0.41	0.38	0.38
Yb	2.30	2.54	2.25	2.24	2.22	2.23	2.12	0.70	0.67	2.32	2.45	2.44	2.55	2.53	2.43	2.47
Lu	0.34	0.39	0.34	0.35	0.34	0.35	0.32	0.09	0.087	0.35	0.38	0.37	0.38	0.38	0.36	0.36
δ Eu	1.03	0.86	1.04	1.07	1.02	1.01	1.08	1.08	1.08	0.99	0.98	0.99	1.00	0.99	0.99	0.99
Σ REE	46.61	43.17	45.86	47.95	47.80	49.11	44.16	36.02	35.71	44.11	44.93	44.49	45.38	45.86	45.39	45.41
(La/Yb) <sub>N</sub>	13.95	11.66	14.03	14.70	14.77	15.11	14.34	35.67	36.89	13.05	12.61	12.50	12.22	12.46	12.82	12.65
Sr	1082	816	1294	1268	1147	1268	1299	848	1513	921	898	756	928	872	959	888
Rb	20.24	15.53	21.09	14.33	16.01	19.03	21.02	14.68	18.89	21.30	19.28	20.31	21.12	29.73	25.19	19.91
Ba	712.4	547.0	1029	915	616.8	792	1101	302.0	731.9	628.6	547.3	487.7	668.1	709.8	651.4	679.0
Th	5.48	7.98	5.35	5.31	5.46	5.37	4.88	3.98	3.90	4.09	4.30	4.23	4.36	4.37	4.20	4.23
U	1.53	2.09	1.50	1.43	1.63	1.47	1.37	1.11	1.06	1.17	1.19	1.17	1.21	1.88	1.23	1.44
Ta	4.37	3.22	4.25	4.14	4.21	4.26	3.93	2.93	2.83	3.12	3.35	3.30	2.70	3.40	3.29	3.29
Nb	60.0	44.4	59.8	59.4	61.1	62.9	57.3	43.8	42.6	48.3	49.7	49.2	39.5	50.0	48.6	50.4
Zr	285	243	285	284	294	291	270	228	228	314	326	324	260	332	322	333
Hf	6.98	6.15	6.72	6.69	6.66	6.65	6.22	5.33	5.35	7.10	7.64	7.61	6.23	7.87	7.56	7.63
Y	26.1	31.7	27.2	27.0	27.0	27.3	26.6	14.3	16.7	32.5	33.5	33.0	33.8	33.4	33.0	33.6
Sc	13.0	13.3	12.8	13.1	12.9	12.8	14.4	7.3	8.2	11.0	11.4	11.1	11.3	11.0	11.0	11.4
Cr	3.96	29.39	8.37	5.98	3.34	3.63	6.63	36.37	14.76	6.03	2.39	1.84	20.69	5.66	4.44	3.06
V	158	128	140	162	149	154	171	168	175	111	111	111	91	110	111	112
Pb	7.11	11.25	5.91	7.85	5.11	6.84	5.52	4.92	4.06	6.92	5.00	6.40	6.89	6.35	5.00	8.67
Nb/Ta	13.71	13.76	14.07	14.34	14.53	14.75	14.58	14.95	15.05	15.47	14.83	14.89	14.63	14.71	14.78	15.31

注: 稀土元素和微量元素由西北大学大陆动力学国家重点实验室刘晔、第五春荣采用 ICP-MS 分析。

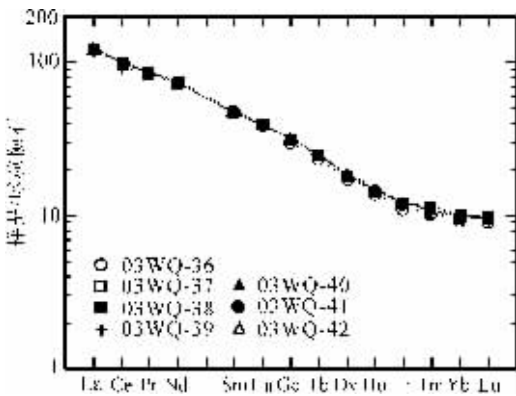


图 2 喀若勒以北侵入于比尤勒提群灰岩中辉绿岩脉的稀土元素球粒陨石标准化配分模式

Fig. 2 Chondrite-normalized REE distribution spidergram of diabase dikes intruded into limestone of the Biyouleti Group north of Karuole

高于 MORB, 显示板内玄武岩的特点。岩石的 Cr 为 1.84~36.37 μg/g (<200 μg/g), 表明岩浆早期有橄榄石的分异作用。HFSE 比值中的 Zr/Nb 为 3.36~6.62, 低于原始地幔平均值(14.8), 表明岩浆来自某种过渡型或富集的地幔(WMIQ)源区。Zr/Hf 比为 39.43~44.24, Nb/Ta 为 13.71~15.47, Nb/U 为 21.26~42.65, 这些比值与大多数大陆板内拉斑碱性玄武岩相似, 相对都比较稳定。

### 3 辉绿岩的 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 地质年代学

对侵入于喀拉尕尔金群 (C<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>)kl 中的辉绿岩 (样品 03WQ-22) 和侵入于比尤勒提群 (P<sub>1</sub>by) 中的辉绿岩 (03WQ-45) 进行了 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 同位素地质年代测定, 测试工作由中国地质科学院地质研究所 Ar-Ar 实验室完成, 照射参数 J=0.006400, 加热间隔在 900℃ 以下为 100℃, 在 900℃ 以上改为 50~80℃ (表 3~4、图 3~4)。详细实验流程见参考文献<sup>[9]</sup>。从测定的坪谱图可以看出, 放射性成因氩大量析出的温度为 980~1350℃, 没有年龄坪存在, 总气体年龄分别为 (235.6±

表 3 侵入于喀拉尕尔金群灰白色板岩中辉绿岩 (03WQ-22) 的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  法年龄分析

Table 3  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of diabase (03WQ-22) intruded into grayish white slate of the Kelazhierjin Group

T(°C)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}(10^{-14}\text{ mol})$	$^{39}\text{Ar}(\text{Cum.})(\%)$	Age(Ma)	$\pm 1\sigma$ (Ma)
400	97.1660	0.2467	3.4963	0.1713	24.5791	1.67	0.17	264	16
500	210.3292	0.7063	2.1349	0.2091	1.7701	4.69	0.66	20	13
600	124.7971	0.3928	2.3561	0.1323	8.9112	4.99	1.18	100.1	4.6
700	59.0484	0.1967	2.9467	0.0606	1.1316	16.36	2.88	13.0	3.1
800	30.3101	0.0867	2.6683	0.0322	4.9144	52.66	8.35	55.9	1.5
900	46.9236	0.1004	15.2418	0.0366	18.5446	47.97	13.33	202.3	2.8
980	30.7871	0.0370	5.8282	0.0238	20.3551	30.57	16.51	220.9	2.9
1060	25.9574	0.0108	1.8178	0.0280	22.9269	72.34	24.02	247.0	2.4
1110	26.6341	0.0076	1.5113	0.0162	24.5207	88.76	33.24	263.0	2.5
1160	28.6504	0.0046	0.7338	0.0155	27.3602	136.04	47.37	291.1	3.0
1200	26.9700	0.0045	0.7200	0.0162	25.6866	99.47	57.71	274.6	2.6
1250	25.2041	0.0050	1.1675	0.0155	23.8237	145.26	72.79	256.0	2.5
1300	24.0479	0.0092	3.3590	0.0177	21.6136	115.14	84.75	233.7	2.5
1350	24.5051	0.0107	3.3861	0.0170	21.6268	135.43	98.82	233.9	2.4
1400	33.7339	0.0528	5.3479	0.0312	18.5932	11.35	100.00	202.8	3.1

注:表中下脚标“m”指质谱测定值; $^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$  指校正后的放射成因  $^{40}\text{Ar}$  和  $^{39}\text{Ar}$  比值。

表 4 侵入于比尤勒提群灰岩中辉绿岩 (03WQ-45) 的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  法年龄分析结果

Table 4  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of diabase (03WQ-45) intruded into in limestone of the Biyouleti Group

T(°C)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}(10^{-14}\text{ mol})$	$^{39}\text{Ar}(\text{Cum.})(\%)$	Age(Ma)	$\pm 1\sigma$ (Ma)
400	69.8108	0.1877	1.8336	0.1170	14.4923	2.34	0.18	159.4	8.4
500	33.2370	0.0971	1.9941	0.0516	4.6829	4.09	0.48	53	11
600	20.7424	0.0535	1.7394	0.0356	5.0717	7.32	1.03	57.4	2.4
700	10.5028	0.0149	1.2861	0.0207	6.1945	36.58	3.78	69.86	0.99
800	14.7586	0.0162	1.7809	0.0191	10.1142	58.06	8.14	112.7	1.3
900	26.8520	0.0356	7.4926	0.0214	16.9642	91.78	15.04	185.2	2.2
980	25.0529	0.0256	6.7327	0.0195	18.0565	93.40	22.06	196.5	2.0
1030	22.5100	0.0122	1.3389	0.0256	19.0265	41.21	25.15	206.5	2.0
1080	21.5053	0.0082	1.0420	0.0152	19.1774	86.74	31.67	208.0	2.0
1130	23.2597	0.0064	0.8304	0.0152	21.4433	143.85	42.48	231.1	2.3
1180	24.3781	0.0046	0.5828	0.0148	23.0580	195.74	57.19	247.4	2.6
1210	23.1181	0.0056	0.7395	0.0155	21.5163	114.62	65.80	231.9	2.7
1260	20.7272	0.0069	1.3426	0.0156	18.8070	201.26	80.92	204.2	2.3
1310	20.9143	0.0106	2.1303	0.0168	17.9593	214.98	97.08	195.5	2.2
1360	29.8231	0.0415	3.4777	0.0231	17.8513	25.32	98.98	194.4	2.3
1410	32.0472	0.0462	4.2988	0.0249	18.7559	13.56	100.00	203.7	3.5

注:表中下脚标“m”指质谱测定值; $^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$  指校正后的放射成因  $^{40}\text{Ar}$  和  $^{39}\text{Ar}$  比值。

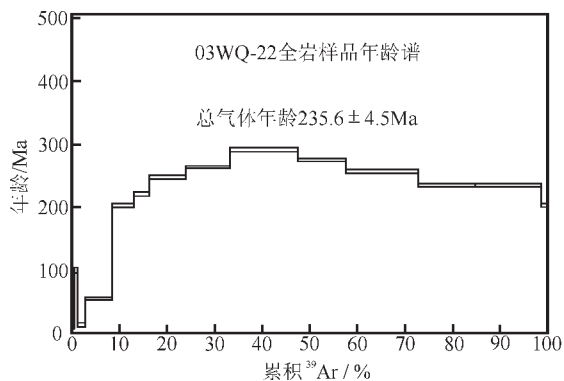


图 3 喀拉尕尔金群灰白色板岩中的辉绿岩的

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年龄谱图

Fig. 3  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  spectrum of diabase intruded into grayish white slate of the Kelazhierjin Group

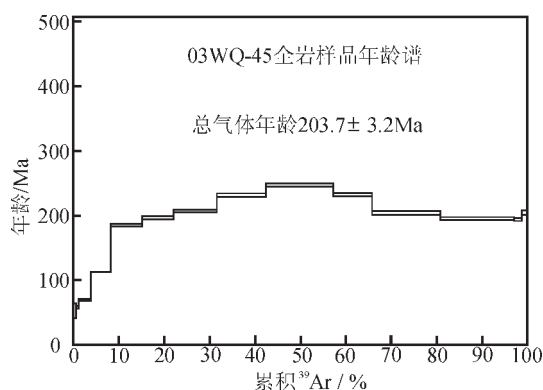


图 4 比尤勒提群灰岩中的辉绿岩的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年龄图

Fig. 4  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age spectrum of diabase intruded into limestone of the Biyouleti Group

4.5) Ma 和 (203.7±3.2) Ma。在野外采样时虽然已拉开了样品间距,但坪谱图上仍不显示大坪年龄,这可能反映了辉绿岩在形成之时经历了较长时间的缓慢降温过程。由于辉绿岩样品比较新鲜,受到的后期改造不强烈,该年龄应该代表了辉绿岩的冷却年龄。

#### 4 塔里木盆地西北部三叠—侏罗纪的构造背景讨论

笔者所研究的辉绿岩具有富集地幔源的地球化学特点,暗示它可能为地幔柱类似的成因。对辉绿岩的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  同位素地质年代学测定获得的 235.6 Ma 和 203.7 Ma 总气体年龄表明,辉绿岩应该形成于中三叠世—早侏罗世初。夏维书等<sup>①</sup>对阿图什北部辉绿岩所作的 K-Ar 法年龄测定获得了 (203.24±6.25) Ma 的形成年龄,与笔者获得的年龄相近。这些数据对于确定塔里木盆地西部三叠—侏罗纪的区域构造背景具有重要意义,结合塔里木盆地西部三叠系基本缺失、侏罗系沉积范围较小的地质事实,反映了塔里木盆地西部在中三叠世—早侏罗世初主体处于伸展背景下的隆升状态。

塔里木盆地西部的覆盖区与露头区发育大量的二叠纪玄武岩和辉绿岩,它们是塔里木盆地西部早二叠世裂谷作用的产物<sup>[3,11]</sup>。笔者认为,塔里木盆地西北部除了发育二叠纪辉绿岩脉之外,还发育中三叠—早侏罗世辉绿岩脉,这些辉绿岩源自富集地幔,具有与地幔柱类似的成因特点。

虽然塔里木盆地西部的三叠系基本缺失,侏罗系的分布范围也比较局限,但与塔里木盆地西邻的中亚塔吉克盆地和卡拉库姆盆地的沉积建造和同沉积正断层表明,中亚南部地区在整个中生代以强烈的南北向伸展作用为主<sup>[2]</sup>。塔吉克盆地和卡拉库姆盆地发育中二叠统一三叠系大理岩、石英岩和变质的页岩、灰岩及钙碱性火山岩、火山碎屑岩等,厚度一般在 4 000 m 以上,在卡拉库姆盆地的阿姆河坳陷甚至超过 10 000 m<sup>[12-14]</sup>,它们被称之为塔吉克盆地和卡拉库姆盆地的过渡性盖层。过渡性盖层反映出来的强烈的构造活动性一般认为与当时南侧古特提斯洋盆的向北俯冲作用有关,该洋盆从早三叠世开始沿着伊朗东北部的马什哈德海沟向北俯冲,在中亚的南缘发育了一个大陆岩浆弧,三叠系碎屑岩中的火山碎屑就具有大陆岩浆弧的特点<sup>[12,14]</sup>。在卡拉库姆盆地现今的构造剖面上,仍然可以清楚地看到中二叠世—三叠纪的同沉积正断层<sup>[11]</sup>。从侏罗纪开始,中亚地区大幅度沉降,早—中侏罗世期间塔吉克盆地和卡拉库姆盆地的沉积速率高达 40~44 m/Ma,中侏罗世卡洛夫期—晚侏罗世牛津期沉降速率增至 95 m/Ma<sup>[15]</sup>。塔吉克盆地、卡拉库姆盆地和费尔干纳盆地等沉积盆地从侏罗纪开始独立发育,在塔吉克盆地和卡拉库姆盆地中沉积了最大厚度超过 3 000 m 的侏罗系海陆交互相含煤岩系,在卡洛夫—牛津期近 5 Ma 的时间里沉积了厚达 410 m

的碳酸盐岩<sup>[12,15]</sup>。侏罗纪期间中亚南部地区的沉降与大高加索洋盆的打开有关,后者从黑海向东一直延伸到伊朗东北部,中亚南部的科佩特洋是大高加索洋盆东部的一部分<sup>[2]</sup>。

塔里木盆地南部三叠—侏罗纪时虽然也有一些板块(如康西瓦洋、班公错—怒江洋等)的俯冲—碰撞活动,但由于受到北昆仑古生代造山带(该造山带向西尖灭于北帕米尔)构造缓冲作用的影响,塔里木盆地南部的伸展作用并不像中亚南部那样强烈<sup>[16]</sup>。

笔者对塔里木盆地西北缘辉绿岩的研究表明,中三叠世—侏罗纪初塔里木盆地西部呈一种伸展状态。从西邻塔吉克盆地和卡拉库姆盆地当时强烈的伸展作用推断,塔里木盆地西部当时的伸展作用主要为西南方向。这次从西南向东北方向的伸展作用很可能是白垩纪—古近纪塔里木盆地西部强烈伸展作用的前奏,到晚白垩世—古近纪时海水从中亚西南部扩展到塔里木盆地西部,完成了塔里木盆地最后一次海侵过程。

#### 参考文献(References):

- [1] 陈荣林.塔里木盆地西南地区晚三叠世地层的发现及其地质意义[J].石油实验地质,1998,20(4):328~331.  
Chen Ronglin. The discovery of the late Triassic strata and its geological significance in the southwestern Tarim basin [J]. Experimental Petroleum Geology, 1998, 20(4):328~331 (in Chinese with English abstract).
- [2] 罗金海,周新源,邱斌,等.塔拉斯—费尔干纳断裂对喀什凹陷的控制作用[J].新疆石油地质,2004,25(6):584~587.  
Luo Jinhai, Zhou Xinyuan, Qiu Bin, et al. Controls of Talas-Fergana fault on Kashi sag, northwestern Tarim basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2004, 25(6):584~587 (in Chinese with English abstract).
- [3] 贾承造,等.塔里木盆地板块构造与大陆动力学[M].北京:石油工业出版社,2004,114~159.  
Jia Chengzao, et al. Plate Tectonic and Continental Dynamics of the Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004, 114~159 (in Chinese with English abstract).
- [4] 贾承造.中国塔里木盆地构造特征[M].北京:石油工业出版社,1997,205~389.  
Jia Chengzao, et al. Tectonic Characteristics and Petroleum Tarim Basin, China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997, 205~389 (in Chinese).
- [5] Allen M B, Vincent S J. Structural features of northern Tarim basin: Implications for regional tectonics and petroleum traps; Discussion [J]. AAPG Bulletin, 1999, 83(8):1279~1283.
- [6] Hendrix M, Graham S, Carrol A, et al. Sedimentary record and climatic implication of recurrent deformation in the Tianshan; Evidence from Mesozoic strata of the north Tarim, south Junggar, and Turpan basins, northern China [J]. Geological Society of America

① 夏维书,等.阿图什至柯坪地区古生界至新生界露头区石油地质综合研究报告,2002.

- Bulletin, 1992, 104:53~79.
- [7] Graham S, Hendrix M, Wang Z, et al. Collisional successor basins of western China: Impact of tectonic inheritance on sand composition [J]. Geological Society of America Bulletin, 1993, 105:323~344.
- [8] Hyndman D W P. Petrology of Igneous and Metamorphic Rocks [M]. New York: McGraw-Hill, 1985, 135~141.
- [9] 李献华, 李寄岬, 刘颖, 等. 华夏古陆古元古代变质火山岩的地球化学特征及其构造意义 [J]. 岩石学报, 1999, 15(3):364~371.  
Li Xianhua, Lee Chiyu, Liu Ying, et al. Geochemistry characteristics of the Paleoproterozoic meta-volcanics in the Cathaysia block and its tectonic significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 1999, 15(3): 364~371 (in Chinese with English abstract).
- [10] 陈文, 刘新宇, 张思红. 连续激光阶段升温  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  地质年代测定方法研究 [J]. 地质论评, 2002, 48(增刊): 127~134.  
Chen Wen, Liu Xinyu, Zhang Sihong. Continuous laser stepwise heating  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating technique [J]. Geological Review, 2002, 48 (Supp.): 127~134 (in Chinese with English abstract).
- [11] 陈汉林, 杨树锋, 董传万, 等. 塔里木盆地二叠纪基性岩带的确定及大地构造意义 [J]. 地球化学, 1997, 26(6): 77~87.  
Chen Hanlin, Yang Shufeng, Dong Chuanwan, et al. Confirmation of Permian basic zone in Tarim basin and its tectonic significance [J]. Geochimica, 1997, 26(6): 77~87 (in Chinese with English abstract).
- [12] Thomas J C, Cobbold P R, Shein V S, et al. Sedimentary record of late Paleozoic to recent tectonism in central Asia – analysis of subsurface data from the Turan and south Kazak domains [J]. Tectonophysics, 1999, 313: 243~263.
- [13] Brookfield M E. Geological development and Phanerozoic crustal accretion in the western segment of the southern Tien Shan (Kyrgyzstan, Uzbekistan and Tajikistan) [J]. Tectonophysics, 2000, 328: 1~14.
- [14] Garzanti E, Gaetani M. Unroofing history of Late Paleozoic magmatic arc within the “Turan Plate” (Tuarkyr, Turkmenistan) [J]. Sedimentary Geology, 2002, 151: 67~87.
- [15] Бабаев А Г, Симоненко А Н, Бабаев Г А, и друг. Формации юрских палеоседиментационных бассейнов Узбекистана и их нефтегазоносность [M]. Ташкент: Издательство “Фан” Узбекской ССР, 1990.
- [16] 杨树锋, 贾承造, 陈汉林, 等. 特提斯构造带的演化和北缘盆地群形成及塔里木天然气勘探远景 [J]. 科学通报, 2002, 47(增刊): 36~43.  
Yang Shufeng, Jia Chengzao, Chen Hanlin, et al. Evolution of the Thyans zone and formation of the basin groups in its northern margin, and the natural gas prospect of the Tarim basin [J]. Chinese Science Bulletin, 2002, 47(supp.): 36~43 (in Chinese).

## Diabase evidence for the early Mesozoic extension in the western Tarim basin, NW China

LUO Jin-hai<sup>1</sup>, CHE Zi-cheng<sup>1</sup>, ZHOU Xin-yuan<sup>2</sup>, LI Yong<sup>2</sup>, LI Jian-li<sup>2</sup>, ZHANG Jing-yi<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Continental Dynamics (Northwest University), Xi'an 710069, Shaanxi, China;

2. Exploration & Development Research Institute, Tarim Oilfield Branch, Sinopec, Korla 841000, Xinjiang, China

**Abstract:** Diabase dikes exposed on the northwestern margin of the Tarim basin contain 44.34%–49.3%  $\text{SiO}_2$  have higher values of  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (4.32%–6.04%) and  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  (2.23–9.15), showing the features of intraplate basalt. The diabase is also characterized by a lower total REE content ( $\sum \text{REE}=35.71\text{--}47.95 \mu\text{g/g}$ ) and a higher ratio of  $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$  (11.66–14.77) and no pronounced Eu anomaly. The geochemistry of the diabase suggests that it was derived from enriched mantle sources.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of the diabase yields ages of 235.6 and 203.7 Ma. The above-mentioned geochemical characteristics combined with an integrated analysis of the Triassic–Jurassic sedimentary and tectonic settings of the western Tarim basin, especially the Tajikistan basin and Karakumy basin west of the Tarim basin suggest that: in the Triassic–Jurassic the western Tarim basin was in a prelude stage of Cretaceous–Paleogene intense subsidence and its main part was still in an uplift stage against the general extensional setting.

**Key words:** Tarim basin; diabase; geochemistry;  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating; Triassic–Jurassic; extension

**About the first author:** LUO Jin-hai, male, born in 1967, associate professor, mainly engages in basin structure; E-mail: luojh@nwu.edu.cn.