

# 东准卡拉麦里地区放射虫硅质岩地球化学特征

赵玉锁<sup>1,2</sup>, 路彦明<sup>1,2</sup>, 马德锡<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国人民武装警察部队黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000)

**摘要:** 卡拉麦里中段南明水地层中的放射虫硅质岩出现元素地球化学明显不同的两类。一类具有洋脊-深海沉积的元素组合特征:  $Al_2O_3 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$  值分别为  $0.11 \sim 0.19$  ( $< 0.4$ ), 低 $\Sigma REE$  ( $6.34 \times 10^{-6} \sim 26.37 \times 10^{-6}$ ), 低 $La_N / Yb_N$  ( $0.02 \sim 0.16$ ),  $Ce / Ce^*$  值为  $0.002 \sim 0.08$ ,  $La_N / Ce_N$  为  $1.29 \sim 1.97$ ; 另一类具有大陆边缘-半深海沉积的元素组合特征  $Al_2O_3 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$  值为  $0.44 \sim 0.64$ , 高 $\Sigma REE$  ( $91.1 \times 10^{-6} \sim 107.14 \times 10^{-6}$ ), 高 $La_N / Yb_N$  ( $2.36 \sim 2.39$ ),  $Ce / Ce^*$  值变化范围为  $0.64 \sim 1.07$ ,  $La_N / Ce_N$  为  $0.89 \sim 1.14$ 。洋脊-深海与半深海-大陆边缘(受陆源影响较大)的硅质岩共存的岩石地球化学特征, 既为卡拉麦里地区古大洋或深海盆的存在提供了新证据, 又反映了卡拉麦里古生代大洋盆快速扩张、闭合的一个过程。

**关键词:** 地球化学; 元素; 硅质岩; 卡拉麦里

**中图分类号:** P588.24<sup>+</sup> 8, P595 **文献标识码:** A

早、中泥盆世是新疆北部最重要的地壳拉张时期, 也是西伯利亚板块和哈萨克斯坦板块拼合的重要时期。该期沿东准噶尔有限拉张所形成的“准噶尔洋盆”经历了发生、发展和封闭的全过程(肖序常等, 1992)。其结果在两大板块之间出露了新疆北部规模最大的一条蛇绿岩带——卡拉麦里蛇绿岩带。关于蛇绿岩的形成时代、侵位机制及生成环境已有大量的论述, 但也存在争议, 如洋盆的规模、蛇绿岩的形成时代等。放射虫硅质岩作为蛇绿岩的重要组成部分, 对其生成环境进行研究, 将有益于相关问题的解决。有关本区硅质岩中古生物的种属研究已有较多的成果(蔡文俊, 1986; 李锦轶等, 1990, 1995; 王玉净, 1997; 舒良树等, 2003), 但对硅质岩的地球化学以往文献讨论不多, 尚缺乏专门系统的研究。笔者根据新近获得的一批分析数据, 对卡拉麦里蛇绿岩带中含古生代化石硅质岩的元素地球

化学进行分析, 从一个新的角度来探讨它们的形成环境, 为上述问题的解决提供重要证据和约束条件。

## 1 硅质岩取样位置及样品特征

已经出版的1:20万地质填图成果和一批化石证据(腕足类、珊瑚类、腹足类等)表明, 卡拉麦里蛇绿岩的围岩时代为中泥盆世—早石炭世(图1)(新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1993), 为一套海相复理石、火山岩、火山碎屑岩组合。

在此次研究工作中, 通过野外调查发现, 在南明水北西西25 km 双泉一带石炭系南明水地层中, 有呈透镜-条带状产出的赭红色—浅绿色的硅质岩, 硅质岩下部(南侧)有枕状玄武岩、蛇纹石化的纯橄岩(蛇绿岩的下部组合)。

放射虫硅质岩是否代表真正的洋壳取决于它是

收稿日期: 2008-03-06; 修回日期: 2008-04-02

基金项目: 黄金指挥部黄金事业费专项资金(项目编号: HJ05-05)资助

作者简介: 赵玉锁(1977-), 男, 工程师, 主要从事黄金地质研究。通讯地址: 邮编: 065000, 河北省廊坊市广阳道93号。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>  
武警黄金地质研究所; E-mail: zhaoy8086@sina.com

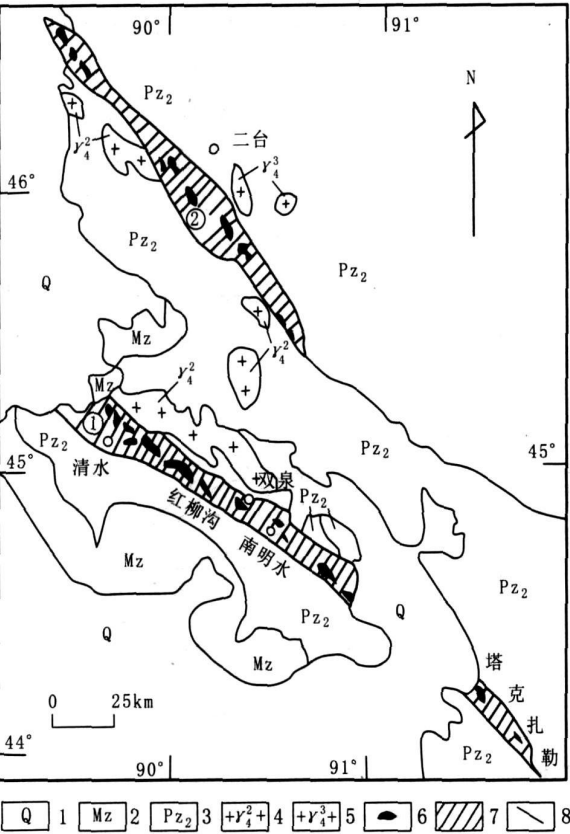


图 1 新疆卡拉麦里地区地质简图  
(据舒良树等, 2003)

Fig. 1 Simplified geological map of Kalamaili areas, Xinjiang

1. 第四系; 2. 中生界; 3. 上古生界; 4. 晚古生代中期花岗岩; 5. 晚古生代晚期花岗岩; 6. 晚泥盆世—早石炭世蛇绿岩; 7. 泥盆系—下石炭统; 8. 断裂带; ①卡拉麦里蛇绿岩带; ②阿尔曼泰蛇绿岩带

否紧贴于蛇绿岩套上部单元的枕状熔岩之上, 而用不具洋壳性质的外来体放射虫硅质岩来确定蛇绿岩带的形成时代和环境是值得商榷的 (王玉净等, 2001)。南明水蛇绿岩套上部玄武岩之上的红色硅质岩中含放射虫, 其时代为晚泥盆世法门期—早石炭世杜内期 (舒良树等, 2003), 代表卡拉麦里蛇绿岩带形成的晚期年龄。本区放射虫硅质岩即紧贴于蛇绿岩套上部单元的枕状熔岩之上, 表明其可代表真正的洋盆沉积。

本次研究工作在双泉金矿附件采集了一批新鲜的红色硅质岩样品, 每件样品重量大约 1 kg。采集到的这些样品, 大多数为红色硅质岩, 少数为浅绿色层纹状硅质岩, 它们呈块层状与玄武岩互层。经室内镜下鉴定, 多数样品含有放射虫。

2 硅质岩主量元素

5 件硅质岩样品的分析结果表明 (表 1),  $\text{SiO}_2$  含量变化范围为 81.56% ~ 85.88%, 低于纯硅质岩  $\text{SiO}_2$  含量 (91% ~ 99.8%) (Murray R W, 1992);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量为 0.63% ~ 3.7%,  $\text{Si}/\text{Al}$  为 22.65 ~ 130.78, 远低于纯硅质岩  $\text{Si}/\text{Al}$  (80 ~ 1 400) (Murray R W, 1992), 表明它们含有较高比例的陆源泥质沉积物。

由于  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{TiO}_2$  与铝硅酸盐矿物有很好的亲缘性, 其含量指示陆缘物质加入的多少,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  在洋中脊附近沉积物中相对富集, 被用作洋中脊热水组分活动的指标, 并且因为它们在成岩过程相对稳

表 1 放射虫硅质岩主量元素分析结果 (%)

Tab. 1 Analysis of major element of radiolarian silicrite

样 号	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	LOI	Total	$\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$	$\text{Si}/\text{Al}$	$\text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe})$
FQD-18	83.81	0.15	3.7	4.69	1.68	0.56	0.59	2.36	0.56	0.69	0.179	1.01	99.99	6.56	22.65	0.44
FQD-19	85.88	0.17	3.68	2.17	1.23	1.78	0.48	3.04	0.99	0.24	0.099	0.8	100.56	3.54	23.34	0.639
FQD-23	83.44	0.03	1.04	5.77	1.45	0.04	0.61	3.88	0.17	0.37	0.038	3.04	99.86	6.05	80.23	0.15
FQD-23-1	82.39	0.02	0.63	5.12	1.79	0.04	0.72	4.7	0.56	0.06	0.044	3.86	99.95	7.11	130.78	0.117
FQD-4	81.56	0.04	1.32	8.74	1.5	0.08	0.38	3.31	0.36	0.64	0.064	2.5	100.48	10.4	61.79	0.13

注: 样品分析单位: 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所。

定不易变化, 常将  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$  作为判断硅质岩沉积环境、特别是区分洋中脊和大陆边缘成因的一个良好指标 (Murray R W, 1991、1994)。

本区的 FQD-4、FQD-23、FQD-23-1 的  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$  值分别为 0.13、0.15、0.117, 与洋中脊硅质岩 ( $<0.4$ ) (Murray R W, 1994) 相当; FQD-

18、FQD-19 的  $Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$  值分别为 0.44 和 0.64, 明显高于洋中脊硅质岩 (0.4~0.7) 和大陆边缘硅质岩 (0.5~0.9) 的重叠区相当 (Murray R W, 1994)。从  $Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$  的特征可以看出, 卡拉麦里构造带中的硅质岩样品 FQD-4、FQD-23、FQD-23-1 为典型的洋中脊成因, FQD-18 和 FQD-19 可能形成于

大陆边缘或大洋盆地。

在  $100 \times Fe_2O_3/SiO_2-100 \times Al_2O_3/SiO_2$  和  $Fe_2O_3/TiO_2-Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$  图解中 (图2), FQD-4、FQD-23、FQD-23-1 大致分布在洋中脊相关的环境, 并由于它们的  $Fe_2O_3$  含量较高, 致使落点在洋中脊区的上部边缘区; FQD-18、FQD-19 大致分布在大陆边缘和洋盆的叠加过渡区。

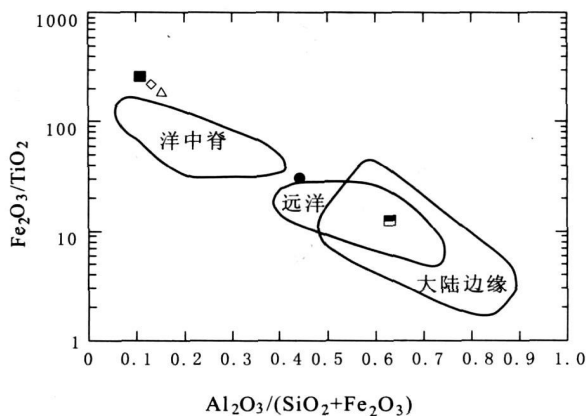
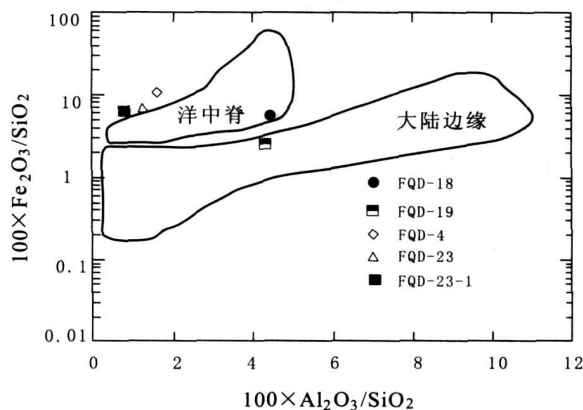


图2 硅质岩形成环境判别图

Fig. 2 Discriminating diagram of the forming environment about radiolarian silicite

### 3 硅质岩稀土元素

硅质岩的稀土总量取决于其沉积时期的构造背景及不同来源的相对影响程度 (Murray R W, 1990, 丁林等, 1995), 硅质岩的稀土元素总量 ( $\Sigma REE$ ) 在受陆源影响的环境中含量较高 (大陆边缘盆地和残余盆地), 但在远离陆源的远洋和深海盆地中, 沉积速率越低, 硅质岩在海水中吸收的稀土元素越多 (Murray R W, 1990, 1991, 1992)。根据研究区稀土元素总量特征 (表2), 可将 5 个样品分成 2 组: FQD-18、FQD-19 稀土总量较高, 尤其是 FQD-19, 其  $\Sigma REE$  达  $107.14 \times 10^{-6}$ ; FQD-4、FQD-23、FQD-23-1  $\Sigma REE$  很低, 介于  $6.34 \times 10^{-6} \sim 26.37 \times 10^{-6}$ 。可以推断, 前者  $\Sigma REE$  较高, 反映了盆地裂陷阶段或残留海阶段的沉积特点, 而后者  $\Sigma REE$  较低, 具有深海平原沉积的特征。硅质岩的 REE 元素中  $La_N/Yb_N$  和形成环境有关, 与稀土元素总量的趋势一致, 在受陆源影响的环境中, 轻稀土富集比较明显 ( $La_N/Yb_N = 1.49 \sim 1.74$ ), 而在远洋和深海盆地中,

轻稀土明显亏损 ( $La_N/Yb_N$  为 0.70 左右), 洋中脊更低, 平均为 0.3 左右 (杜远生等, 2007)。FQD-18、FQD-19 的  $La_N/Yb_N = 2.36 \sim 2.39$ , 受陆源影响明显; FQD-4、FQD-23、FQD-23-1 的  $La_N/Yb_N = 0.02 \sim 0.16$ , 具洋中脊或远洋深海盆特征。

硅质岩的 REE 元素, 特别是  $Ce/Ce^*$  以及用北美页岩平均值 (NASC) 标准化的  $La_N/Ce_N$  值可用来有效地判别硅质岩的形成环境。从大洋中脊、大洋盆地至大陆边缘等不同构造背景沉积的硅质岩,  $Ce/Ce^*$  从负异常变为无异常, 甚至正异常 (Murray R W, 1991、1992、1994)。洋中脊附近的硅质岩  $Ce/Ce^*$  为  $0.3 \pm 0.13$ ,  $La_N/Ce_N$  约为 3.5; 大洋盆地硅质岩的  $Ce/Ce^*$  为  $0.60 \pm 0.13$ ,  $La_N/Ce_N$  为  $1.0 \sim 2.5$ ; 大陆边缘盆地硅质岩的  $Ce/Ce^*$  为  $1.09 \pm 0.25$ ,  $La_N/Ce_N$  为  $0.5 \sim 1.5$  (Murray R W, 1991、1994)。研究区硅质岩稀土元素分析结果用北美页岩 (NASC) 标准化的 REE 分布形式见图 3。

样品 FQD-4、FQD-23、FQD-23-1 有明显的  $Ce$  负异常,  $Ce/Ce^*$  比值变化范围为  $0.002 \sim 0.08$ ,

表2 硅质岩的稀土元素分析结果及有关特征值表 (  $\times 10^{-6}$  )

Tab.2 Analysis of rare elements of radiolarian silicarite and their characteristic values

样号元素	FQD-18	FQD-19	FQD-23	FQD-23-1	FQD-4
La	13.6	14.6	3.1	0.9	5.3
Ce	26	39	5	1	9
Pr	3.49	4.01	0.74	0.25	1.22
Nd	14.38	16.16	2.79	1.04	4.3
Sm	3.18	3.76	0.53	0.25	0.82
Eu	0.82	0.87	0.1	0.05	0.17
Gd	3.06	3.45	0.53	0.27	0.72
Tb	0.56	0.61	0.09	0.05	0.12
Dy	3.2	3.38	0.48	0.31	0.62
Ho	0.66	0.66	0.1	0.07	0.12
Er	1.94	1.91	0.27	0.19	0.35
Tm	0.3	0.28	0.04	0.03	0.06
Yb	1.82	1.67	0.25	0.2	0.32
Lu	0.29	0.28	0.04	0.03	0.05
Y	17.8	16.5	2.5	1.7	3.2
$\Sigma$ REE	91.1	107.14	16.56	6.34	26.37
$La_N/Yb_N$	2.39	2.36	0.07	0.02	0.16
$Ce/Ce^*$	0.64	1.07	0.03	0.002	0.08
$La_N/Ce_N$	1.14	0.89	1.36	1.97	1.294
Ti/V	9.47	23.38	3.54	2.77	1.98
V/Y	5.33	2.35	19.8	29.35	27.61

注：样品分析单位：中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所。

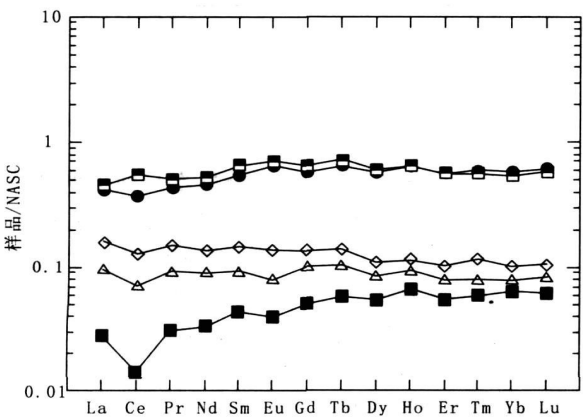


图3 硅质岩样品稀土元素配分模式图

Fig.3 Chondrite-normalized REE pattern diagram of radiolarian silicarite (图例同图2)

$La_N/Ce_N$  为1.29 ~ 1.97, 与洋中脊和大洋盆地特征类似; FQD-18、FQD-19 有弱的Ce 负异常和Ce 正异常,  $Ce/Ce^*$  值变化范围为0.64 ~ 1.07,  $La_N/Ce_N$  为0.89 ~ 1.14, 与大陆边缘特征类似。

4 硅质岩微量元素

研究区硅质岩的微量元素分析结果见表3。  
微量元素中的某些元素是判别硅质岩成因的有效指标。从 Murray 等 (Murray R W, 1991、1994) 发表的少数微量元素资料看, 大陆边缘硅质岩相应值为:  $V = 20 \times 10^{-6}$ ,  $Ni = 20 \times 10^{-6} \sim 25 \times 10^{-6}$ ,  $Cu = 26 \times 10^{-6}$ ; 洋中脊或远洋盆地硅质岩为:  $V = 38.3 \times 10^{-6}$ ,  $Ni = 20 \times 10^{-6} \sim 25 \times 10^{-6}$ ,  $Cu = 53.5 \times 10^{-6}$ 。洋中脊和大洋盆地硅质岩的 V 含量明

显高于大陆边缘硅质岩, 而Y 含量则相反, 所以洋中脊和大洋盆地硅质岩的  $V/Y$  明显高于大陆边缘硅质岩。本区硅质岩中FQD-4、FQD-23、FQD-23-1 的 $V=49.5\times 10^{-6}\sim 88.4\times 10^{-6}$ ,  $Ni=19.6\times 10^{-6}\sim 52.3\times 10^{-6}$ ,  $Cu=28\times 10^{-6}\sim 43\times 10^{-6}$ ,  $Y=1.7\sim 3.2$ ; FQD-18、FQD-19 的 $V=38.8\times 10^{-6}\sim 94.8\times 10^{-6}$ ,  $Ni=38.2\times 10^{-6}\sim 35.1\times 10^{-6}$ ,  $Cu=25\times 10^{-6}\sim 118\times 10^{-6}$ ,  $Y=16.5\sim 17.8$ 。上述两组样品中微量元素的特征值与大陆边缘硅质岩相差较大, 而与洋中脊和大洋盆地硅质岩的类似; 在微量元素蛛网图中(图4), 前者Y (1.7~3.2) 元素明显低于后者Y (16.5~17.8) 元素含量, 反映后者比前者可能受大陆边缘物源的影响所致; 前者 $V/Y$  (19.8~29.35) 明显高于后者 $V/Y$  (2.35~5.33), 反映前者为洋中脊或大洋盆环境, 后者为大陆边缘环境。

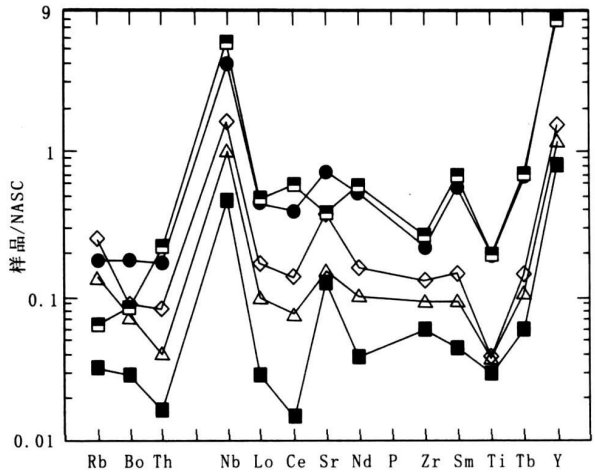


图4 硅质岩样品微量元素蛛网图

Fig. 4 Trace element spider diagram of radiolarian silicite (图例同图2)

表3 硅质岩的微量元素分析结果表 (  $\times 10^{-6}$  )

Tab.3 Analysis of trace elements of radiolarian silicite

样 号	Ba	Be	Co	Cu	Cr	Mo	Nb	Ni	P	Rb	Sb	Sr	Th	Ti	V	W	Zr
FQD-18	113	0.64	10.1	118	24.6	2.21	2.19	38.2	910	22	2.44	105	2.1	898	94.8	2.74	43
FQD-19	53	0.64	18.2	25	22.1	1.36	3.06	35.1	343	8	1.08	54	2.7	907	38.8	1.55	52
FQD-23	45	0.08	4.6	43	11	1.46	0.57	19.7	170	17	2.99	22	0.5	175	49.5	1.93	19
FQD-23-1	18	0.11	4.2	42	14.1	1.08	0.26	19.6	201	4	0.29	18	0.2	138	49.9	0.44	12
FQD-4	56	0.32	20.9	28	11.7	1.37	0.89	52.3	273	31	4.79	52	1	175	88.4	1.49	26

注: 样品分析单位: 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所。

在 $Ti-V$ 、 $V/Y-Ti/V$  相关图上(图5), 硅质岩的 $V\gg 23\times 10^{-6}$  ( $15\times 10^{-6}\sim 23\times 10^{-6}$ ),  $Ti$ 和 $V$  关系不明显, 与大陆边缘硅质岩 ( $V=20\times 10^{-6}$ ,  $Ti/V=40$ ,  $V/Y=2.0$ ,  $Ti/V=3.8$ ) 明显不同, 而与洋中脊硅质岩 ( $V=42\times 10^{-6}$ ,  $Ti/V=7$ ,  $V/Y=4.3$ ,  $Ti/V=7$ ) 和大洋盆地硅质岩 ( $V=38\times 10^{-6}$ ,  $Ti/V=25$ ,  $V/Y=5.8$ ,  $Ti/V=25$ ) 相似。

Nb、Rb 和Th 等元素主要来自陆源, 且不溶于海水(Kato. Y, 2002), 它们在硅质岩中的含量亦指示了陆源物质的影响程度。区内硅质岩的这些元素与 $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$  等陆源元素相关性并不明显, 表明陆源对本区硅质岩的影响不大; 而其中的FQD-18、FQD-19 的这些元素值明显大于FQD-4、FQD-23、FQD-23-1, 反映后者比前者受到陆源的影响更小。

## 5 地质意义

卡拉麦里蛇绿岩带代表塔里木与西伯利亚两大板块间中蒙大洋在晚古生代的封闭位置(肖序常等, 1992; 马瑞士等, 1990)。其围岩时代为中泥盆世—石炭纪(李锦轶等, 1990)。蛇绿岩由含铬铁矿的变质橄榄岩、二辉石橄榄岩、超镁铁质-镁铁质堆晶岩、枕状熔岩、硅质岩、灰岩组成。在克拉麦里蛇绿岩套的硅质岩中鉴定出了晚泥盆世的放射虫(舒良树等, 2003), 发现早石炭世火山喷发不整合, 以熔结凝灰岩、火山集块岩和角砾岩为特征, 表明早石炭世该区板块俯冲、火山喷发作用仍在强烈进行。蛇绿岩带的样品岩石地球化学特征表明, 它们均为古洋壳的碎片(舒良树等, 2001)。

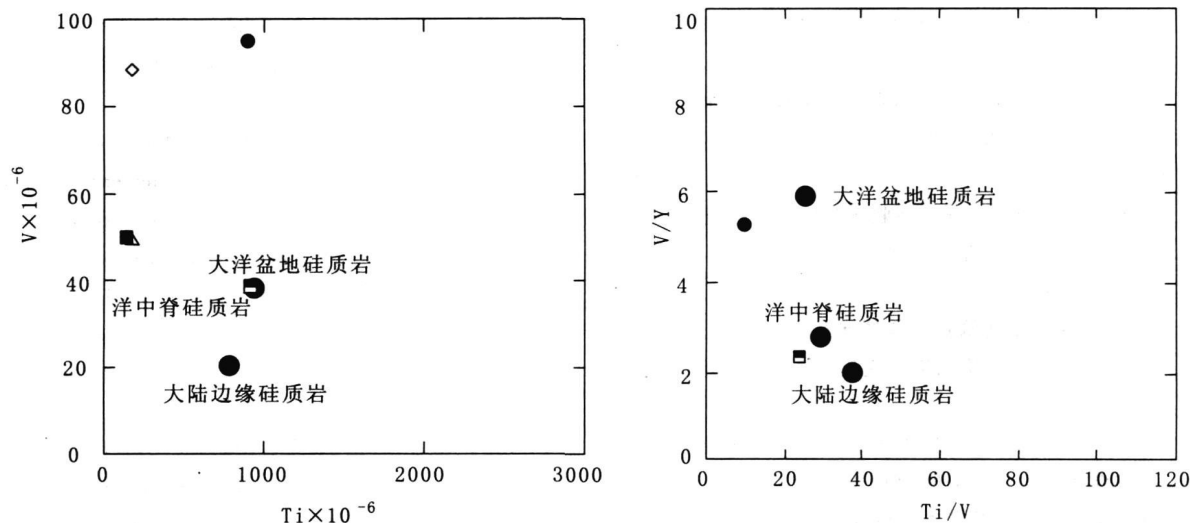


图5 研究区放射虫硅质岩Ti-V (左) 和V/Y-Ti/V (右) 相关图

Fig.5 Ti-V (left) and V/Y-Ti/V (right) correlation diagrams of radiolarian silicite in interesting areas (洋中脊、大洋盆地和大陆边缘硅质岩资料来源于Murray R W et al., 1992) (图例同图2)

早泥盆世—早石炭世早期是东准地区一次重要的拉张时期, 形成了区内最年轻的蛇绿岩——卡拉麦里蛇绿岩 (肖序常等, 1992), 表明该区这一时期存在洋盆, 本区具有洋脊—深海沉积元素组合特征的放射虫硅质岩与典型的洋中脊硅质岩的相似特征, 即佐证了该区洋中脊、深海盆地存在的事实。而研究工作发现的具有大陆边缘—半深海沉积元素组合特征的放射虫硅质岩, 则反映的是沉积环境受陆源影响较大的有限洋盆或半深海环境, 代表了洋盆萎缩时的残留海阶段的沉积环境。

放射虫硅质岩地球化学特征反映的地质事件是: 早泥盆世该区出现拉张, 中—晚泥盆洋盆扩张规模达到最大, 至早石炭早期, 经洋壳俯冲, 卡拉麦里洋盆迅速萎缩, 形成残留海盆环境 (张旺生等, 1999)。卡拉麦里古生代大洋在中—晚泥盆洋盆扩张规模达到最大后, 至早石炭早期迅速闭合的构造演化特点, 限制了该区放射虫硅质岩岩石地球化学特征。洋盆短暂的、有限的扩张后, 迅速闭合, 造成了洋脊—深海与半深海—大陆边缘 (受陆源影响较大) 的硅质岩共存的特征。

## 参考文献 (References):

- 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 朱宝清, 等. 新疆北部及邻区大地构造 [M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- 李锦轶. 新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史 [J]. 岩石学报, 1995, 11: 73-84.
- 崔日武. 新疆克拉麦里蛇绿岩的岩石化学特征及其生成环境探讨 [J]. 新疆地质, 1988, 5 (3): 70-83.
- 舒良树, 卢华复, 印栋浩, 马瑞士, 等. 新疆北部古生代大陆增生构造 [J]. 新疆地质, 2001, 19 (1): 59-63.
- 王宗秀, 周高志, 李涛. 对新疆北部蛇绿岩及相关问题的思考和认识 [J]. 岩石学报, 2003, 19 (04): 0683-0691.
- 舒良树, 王玉净. 新疆卡拉麦里蛇绿岩带中硅质岩的放射虫化石 [J]. 地质论评, 2003, 49 (4): 408-412.
- 何国琦, 李茂松, 贾进斗, 周辉. 论新疆东准噶尔蛇绿岩的时代及其意义 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2001, 37 (6): 852-858.
- 马瑞士, 舒良树, 孙家齐. 东天山构造演化与成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1997: 1-202.
- 张驰, 黄萱. 新疆西准噶尔蛇绿岩形成时代和环境的探讨 [J]. 地质论评, 1992, 38 (6): 509-524.
- 龚一鸣. 新疆北部泥盆纪放射虫及其岩相分布和环境意义 [J]. 地层学杂志, 1992, 16 (3): 224-228.
- 王玉净. 新疆北部碳酸盐岩中一个晚泥盆世法门期放射虫动物群 [J]. 微体古生物学报, 1997, 14 (2): 149-160.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1993: 1-841.
- 王玉净, 舒良树. 中国蛇绿岩带形成时代研究中的两个误区 [J]. 古生物学报, 2001, 90 (4): 529-532.

丁林, 钟大赉. 滇西昌宁-孟连带古特提斯洋硅质岩稀土元素和铈异常特征 [J]. 中国科学 (B 辑), 1995, 25 (1): 93-100.

马瑞士, 叶尚夫, 王赐银, 等. 东天山造山带构造格架和演化 [M]. 见: 新疆地质科学 (第 2 集) [A]. 北京: 地质出版社, 1990: 21-36.

李锦轶, 肖序常, 汤耀庆, 等. 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): 305-316.

蔡文俊. 新疆准噶尔东北缘板块构造研究 [M]. 见: 唐克东主编: 中国北方板块构造论文集, 第一集. 北京: 地质出版社, 1986: 1-26.

张旺生, 高怀忠. 新疆东准卡拉麦里造山带的陆间残余海盆 [J]. 地学前缘, 1999, 6 (4): 294.

杜远生, 朱杰, 顾松竹, 徐亚军, 杨江海. 北祁连造山带寒武系-奥陶系硅质岩沉积地球化学特征及其对多岛洋的启示 [J]. 中国科学 (D 辑) 地球科学, 2007, 37 (10): 1314-1329.

Murray R W, Buchholtz Ten Brink M R, Gerlach DC, et al. Rare earth, and trace element composition of

Monterey and DSDP chert and associated host sediment: Assessing the influence of chemical fractionation during diagenesis [J]. Geochim Cosmochim Acta, 1992, 56: 2657-2671.

Murray R W, Buchholtz Ten Brink M R, Gerlach D C, et al. Rare earth, major, and trace element in chert from Franciscan complex and Monterey Group: Assessing REE source to fine-grained marine sediments [J]. Geochim Cosmochim Acta, 1991, 55: 1875-1895.

Murray R W. Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications [J]. Sediment Geol, 1994, 90: 213-232.

Murray R W, Brink M R, Jones D L, et al. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale [J]. Geology, 1990, 18 (3): 268-271.

Kato Y, Nakao K, Isozaki Y. Geochemistry of Late Permian to Early Triassic pelagic cherts from southwest Japan: implications for an oceanic redox change [J]. Chem Geol, 2002, 182: 15-34.

## Geochemical Characteristics of Radiolarian Cherts in the Region of Eastern Junggar Kelameili

ZHAO Yu-suo, LU Yan-ming, MA De-xi

(1. China University of Geosciences, Beijing 10083, China; 2. Gold

Geological Institute of the Armed Police Force, Langfang 065000, Hebei, China)

**Abstract:** Geochemically, radiolarian cherts samples from Nanminshui Formation in middle section of Kelameili show two distinct types of geochemistries. One type of samples features midocean-deep sea sedimental element association: the values of  $Al_2O_3 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$  from 0.11 to 0.19 ( $< 0.4$ ), low  $\Sigma REE$  ( $6.34 \times 10^{-6} \sim 26.37 \times 10^{-6}$ ), low  $La_N / Yb_N$  (0.02 ~ 0.16), and the values of  $Ce / Ce^*$  from 0.002 to 0.08,  $La_N / Ce_N$  from 1.29 to 1.97. The other displays the characteristics of continental margin-hypabyssal deposit element association: the values of  $Al_2O_3 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$  from 0.44 to 0.64, high  $\Sigma REE$  ( $91.1 \times 10^{-6} \sim 107.14 \times 10^{-6}$ ), high  $La_N / Yb_N$  (2.36 ~ 2.39), and the values of  $Ce / Ce^*$  is from 0.64 to 1.07,  $La_N / Ce_N$  from 0.89 to 1.14. In the Kelameili, rock geochemical characteristics of the siliceous coexistence of Oceanic ridges-deep and a half deep-continental margins (greater impact based on the land-based) provide the new evidences of the existence of the old ocean or the deep ocean basin; and show the rapid expansion and closing of Paleozoic ocean basins.

**Key words:** geochemistry; element; radiolarian cherts; Kelameili