

新疆三塘湖早石炭世玄武岩地球化学特征及构造环境意义

龚文平 林克湘 李艺斌
(江汉石油学院, 湖北荆州 434102)

三塘湖地区 早石炭世火山活动强烈,发育以安山岩类为主的玄武岩、安山岩、英安-流纹岩的岩石组合。玄武岩类具有 Al_2O_3 含量高,铁含量低, TiO_2 含量低,大离子亲石元素及轻稀土元素富集的钙碱性系列特点。微量元素比值蛛网图和稀土元素配分型式具有岛弧钙碱性玄武岩的特征。利用不同构造环境玄武岩的 Nb - Zr - Y 图式、Cr - Ce/ Y 图式判别出三塘湖地区在早石炭世为岛弧构造环境。

关键词 玄武岩 微量元素 地球化学 岛弧 早石炭世 三塘湖 新疆

第一作者简介 龚文平 男 35 岁 讲师 构造地质及石油地质

三塘湖地区位于新疆东北部,毗邻蒙古,呈 NW - SE 方向延伸,长约 500 km,宽约 40~50 km;区域构造上位于西伯利亚板块南缘,北邻西伯利亚板块的阿尔泰陆壳板段,南邻哈萨克斯坦板块的北天山古生代活动大陆边缘板段^[1]。根据三塘湖地区火山岩发育的旋回性可划分出泥盆纪、早石炭世、中晚石炭世、二叠纪等 4 个火山活动时期。以早石炭世火山活动最强烈,火山岩厚度大,分布最为广泛。玄武质、安山质和英安-流纹质熔岩,火山角砾岩,凝灰岩都很发育,玄武玢岩、安山玢岩、英安斑岩等次火山岩较多,显示火山活动以中心喷发为特征。在下石炭统地层中火山碎屑沉积岩广泛分布,并夹有大量正常沉积岩。沉积岩中富含滨海相和海陆交互相生物化石。说明本区早石炭世火山岩为滨海相-海陆交互相火山活动产物。

1 岩石化学特征

通过计算研究区玄武岩类 10 个样品的里特曼组合指数 σ 的平均值为 3.6(表 1),据里特曼

表 1 玄武岩样化学成分丰度

化学成分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	MnO
丰度(平均值)	52.74	17.54	5.26	4.35	1.20	7.41	4.54	2.13	3.65	0.72	0.17

注: 10 个样品的平均值

曼划分岩系的标准, σ 小于 4 应为钙碱性岩系^[2]。岩样中 Al_2O_3 的含量为 15.37%~ 19.73%, 平均值达 17.8%(干岩浆成分), 属高铝玄武岩($> 16\%$); SiO_2 含量为 53.3%; TiO_2 含量低为 1.15%(钙碱性系列 $< 1.5\%$); 铁含量不高, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量为 9.49%(钙碱性系列 $< 11\%$); 碱含量 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 为 5.92%, 区别于拉斑玄武岩系列($< 4\%$), 其中 K_2O 含量为 2.03%(高

于拉斑玄武岩系列, 低于碱性系列); K_2O/Na_2O 比值为 0.52(钙碱性系列 0.35~ 0.75); Na_2O/K_2O 比值为 1.92(拉斑玄武岩系列为 5~ 40, 碱性系列小于 1 或近似等于 1)。从岩石化学特征指标看三塘湖地区的玄武岩类属于钙碱性岩石系列。

2 稀土元素丰度及稀土配分型式特征

从表 2 看, 稀土元素总量(ΣREE)的平均值为 138.56×10^{-6} , 轻稀土元素含量(LREE)为 103.71×10^{-6} , 重稀土元素含量(HREE)为 34.85×10^{-6} , 轻稀土元素比重稀土元素富集。其中轻稀土元素 La, Ce, Nd 丰度值较高, 分别为 22.35×10^{-6} , 45.20×10^{-6} , 22.50×10^{-6} 。标准化后的 Ce_N/Yb_N 比值为 6.16, La_N/Yb_N 比值为 6.33, 都大于 1, 也反映轻稀土元素富集特征。 Y/Nb 比值为 8.04, 据 Pearce A 等人^[3]提出的, 当 Y/Nb 小于 1 时为碱性系列火山岩, 当 Y/Nb 大于 1 时为拉斑玄武岩及钙碱性系列火山岩。结合上述特征看, 该区玄武岩类应属钙碱性系列火山岩。

表 2 玄武岩样稀土元素丰度																	10^{-6}		
稀土元素	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	
丰度	22.35	45.20	20.68	22.50	5.30	1.40	4.70	0.78	3.89	0.83	2.29	0.33	1.90	0.29	19.70	138.56	103.71	34.85	
(平均值)																			

注: 8 个样品的平均值

从玄武岩类样品的稀土配分型式曲线向右倾也反映了轻稀土元素富集的钙碱性系列特征(图 1)。

3 微量元素丰度及微量元素比值蛛网图特征

从表 3 微量元素丰度看, 大离子亲石元素 Sr, Ba, Rb 含量高, 平均值分别为 $1\,007.5 \times 10^{-6}$, 697.5×10^{-6} 和 101.9×10^{-6} , 明显高于拉斑玄武岩系列。洋中脊拉斑玄武岩、岛弧拉斑玄武岩、大洋岛拉斑玄武岩、大陆拉斑玄武岩的大离子亲石元素含量都低(Sr 为 $135 \times 10^{-6} \sim 350 \times 10^{-6}$, Ba 为 $11 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6}$, Rb 为 $1 \times 10^{-6} \sim 13 \times 10^{-6}$), 是因为 Sr, Ba, Pb

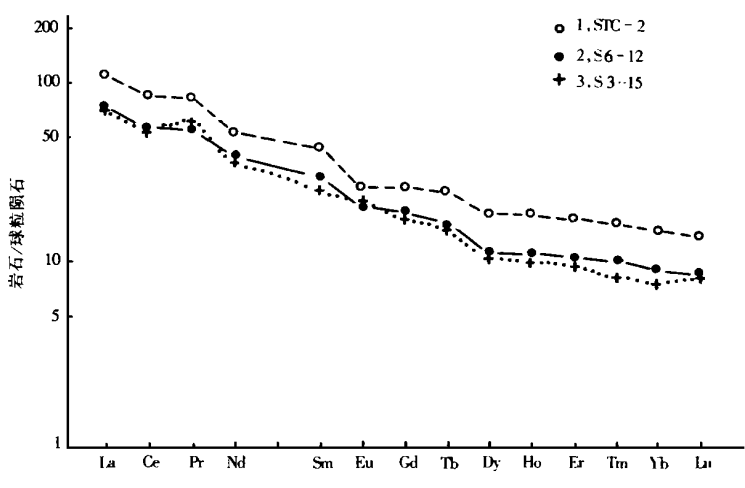


图 1 早石炭世玄武岩类 REE 配分型式

表 3 玄武岩样微量元素丰度																	10 ⁻⁶
微量元素	Sc	Ba	Co	Cr	Cu	Ca	Ni	Pb	Sr	V	Zn	Hf	Th	Zr	Bn	Ta	Rb
丰度 (平均值)	9.3	697.5	16.8	77.5	77.1	18.9	31.5	35.0	1007.5	194.5	90.9	3.1	39.5	111.6	2.6	14.6	101.9

注: 8 个样品的平均值

是活动元素,易溶于含水流体相常被携带和迁移。由于大洋板块的俯冲,活动性元素的离子被携带进入岛弧下的地幔,使得岛弧环境下形成的玄武岩较之其他环境下形成的玄武岩更富含活动性元素。岩样中Th的含量为 39.5×10^{-6} ,也明显高于四种拉斑玄武岩的 $0.18\times 10^{-6}\sim 1.5\times 10^{-6}$ 含量。岩样中K/Ba比值为13.59,低于上述四种拉斑玄武岩的比值(32~105)。K/Rb比值为83.48,也明显低于拉斑玄武岩的比值(176~1160)。Cr含量为 77.5×10^{-6} ,低于洋中脊、大洋岛和大陆拉斑玄武岩的 $160\times 10^{-6}\sim 300\times 10^{-6}$ 含量,稍高于岛弧拉斑玄武岩的 60×10^{-6} 含量,也低于板内碱性玄武岩的 536×10^{-6} 含量。岩样中Zr的含量为 111.6×10^{-6} ,低于大洋岛和大陆拉斑玄武岩的 $149\times 10^{-6}\sim 174\times 10^{-6}$ 含量,高于岛弧拉斑玄武岩的 40×10^{-6} 含量,也低于板内碱性玄武岩的 213×10^{-6} 含量。岩样中Rb/Sr比值是0.108,均高于四种拉斑玄武岩的Rb/Sr比值(0.007~0.089)。岩样的 $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 比值中等,变化范围不大,为0.70422~0.70476,区别于低比值的洋中脊拉斑玄武岩(0.702~0.704)和较高比值的大陆拉斑玄武岩(0.7033~0.7110),也区别于比值变化范围较大的大洋岛拉斑玄武岩(0.702~0.706)和大陆碱性玄武岩(0.703~0.7075)。

从岩样的微量元素比值蛛网图(图2)看出,曲线以锯齿状的配分型式为特征,表现为富集元素和亏损元素的相间排列,即强不相容元素K,Rb,Ba,Th强烈,Sr,Ce,Ta元素的富集和Nb,Zr,Ti元素的亏损,与Pearce^[3]不同构造背景下形成的各种玄武岩的微量元素比值蛛网图比较,具岛弧钙碱性系列的微量元素配分型式特征。而且Ta元素的富集区别于其它岛弧钙碱性岩,成为该区玄武岩的重要特征,反映三塘湖地区当时所处的区域构造环境为岛弧。

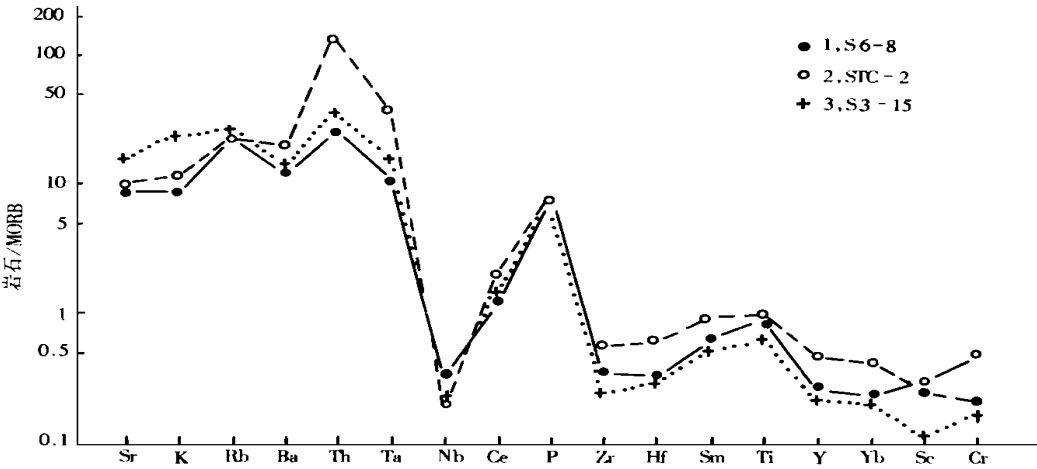


图2 早石炭世玄武岩的微量元素比值蛛网图

4 构造环境意义

地球动力系统的演化控制着火成岩的岩浆起源和岩浆演化,不同构造环境形成的火成岩其地球化学特征不同,所以可利用不同构造环境火成岩的化学成分,微量元素丰度和配分型式特征等判别图式来研究该区玄武岩类形成的构造环境。

4.1 Nb-Zr-Y 图式判别

据Meschede^[4]不同构造环境Nb-Zr-Y判别图式(图3a),研究区大部分样品点落在岛弧

钙碱性玄武岩区内, 反映了研究区所处的岛弧环境。

4.2 Cr - Ce/ Sr 图式判别

据 Pearce^[3] 不同构造环境玄武岩的 Cr - Ce/ Sr 判别图式(图 3b), 该区样品点也均落入点线范围的岛弧玄武岩区内。

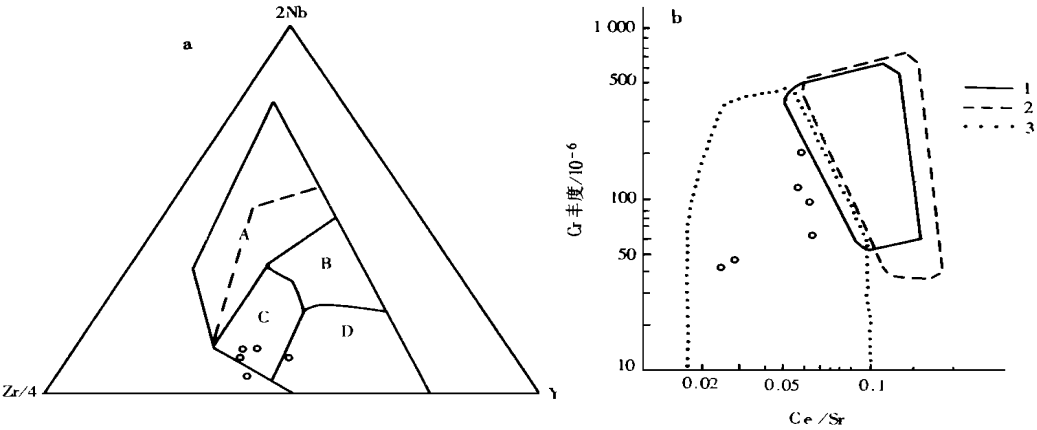


图 3 不同构造环境玄武岩的图式判别^[4]

a—不同构造环境玄武岩的 Nb - Zr - Y 判别图; A—板内玄武岩; B、D 洋中脊玄武岩; C、D—火山弧玄武岩;
b—不同构造环境玄武岩的 Cr - Ce/ Sr 判别图; 1—洋中脊玄武岩; 2—板内玄武岩; 3—岛弧玄武岩

从该区玄武岩类的岩石化学、稀土元素和微量元素的丰度及配分型式特征均表明属于钙碱性系列岩石, 并通过判别图式判别出它生成于岛弧的构造环境。自泥盆纪开始, 至早石炭世, 哈萨克斯坦板块向北推移, 准噶尔洋盆向北俯冲消减, 卡拉麦里蛇绿岩带形成。三塘湖盆地处于准噶尔洋壳俯冲带的沟-弧-盆体系的岛弧环境(图 4)。此时, 火山活动强烈, 来自俯冲带和地幔楔形区的熔融岩浆使三塘湖一带发育玄武岩-安山岩类的钙碱性系列的火山岩; 而盆



图 4 早石炭世三塘湖岛弧环境

地北缘的苏海图一带是西伯利亚活动边缘的弧后残留海盆, 在早石炭世沉积了一套浅海相火山碎屑岩和正常碎屑岩。从早石炭世末期之后弧后残留海盆闭合, 使三塘湖岛弧与阿尔泰陆壳板段连成一体, 并演化成为西伯利亚板块的活动陆缘。此后, 中、晚石炭世三塘湖地区主要发育一套陆相基性、中基性火山岩及中酸性火山岩。早二叠世研究区发育大套钙碱系列中高钾造山安山岩, 与安第斯大陆边缘安山岩相似^[5]; 而晚二叠世玄武岩类具大陆拉斑玄武岩特征, 反映了大陆板内火山活动的环境。三塘湖盆地现今的面貌是受后期多期构造运动的叠加, 以及盆地南北缘(南缘为卡拉麦里-莫钦乌拉山, 北缘为阿尔泰山)两侧造山带向盆地内逆冲推覆体系改造的结果。

5 结论

(1) 研究区发育的火山岩以安山岩类为主, 与玄武岩及火山强烈爆发的火山碎屑岩的岩性组合。玄武岩类的岩石地球化学特征表现为 Al_2O_3 的含量高, 铁、 TiO_2 含量低, 大离子亲石元素 Sr, Rb, Ba, Th 和轻稀土元素富集, $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 比值中等, 变化范围小, 具岛弧钙碱性系列的特征。又以 Ta 元素的富集成为该区玄武岩的一个重要特征。

(2) 玄武岩类的微量元素比值蛛网图和稀土元素配分型式均反映了岛弧环境钙碱性玄武岩的配分型式特征。

(3) 三塘湖地区在早石炭世处于岛弧的构造环境。

致谢: 阎春德和俞惠隆副教授为本文提出了宝贵的意见, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 肖序常, 汤耀庆. 新疆北部及邻区大地构造. 北京: 地质出版社, 1992. 1~ 47
- 2 南京大学地质系矿物岩石教研室编. 火成岩石学. 北京: 地质出版社, 1980. 270~ 304
- 3 Pearce J A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe R S, ed. Andesites. Chichester: Wiley, 1982. 525~ 548
- 4 Meschede M. A method of discrimination between different type of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. Geol, 1986, 56: 207~ 218
- 5 林克湘, 阎春德, 龚文平. 新疆三塘湖盆地早二叠世火山岩地球化学特征与构造环境分析. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(1): 39~ 42

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF EARLY CARBONIFEROUS BASALTS IN SANTANGHU REGION, XINGJIANG AND THEIR SIGNIFICANCE IN TECTONIC SETTINGS

Gong Wenping Lin Kexiang Li Yibin

(Jiangnan Petroleum Institute, Jingzhou, Hubei)

Abstract

Volcanicity was violent during the Early Carboniferous in Santanghu region. The volcanic rocks consist of basalts, andesites and dacite liparite, with andesites playing the main part. Geochemical analysis indicates that the basalts are characterized by high content of Al_2O_3 , low contents of $\text{FeO} + 0.9\text{Fe}_2\text{O}_3$ and TiO_2 , rich macroion lithophile element (LIL) and LREE. The spider diagram of trace element ratio and the REE distribution patterns show the characteristics of the island arc calc-alkaline series. In addition, basalt discrimination diagrams, such as Nb-Zr-Y and Cr-Ce/Sr, suggest that Santanghu area was in an island arc environment during the Early Carboniferous.