

菲律宾海钱洲深海峡谷沉积物中元素的地球化学特征

李凤业¹, 李学刚^{1,2}, 吴时国¹, 宋金明¹, 齐君^{1,2}

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 作者研究了钱洲深海峡谷柱状沉积物中常量元素和微量元素的垂直分布及它们的相关关系。研究表明, 大多数化学元素随岩芯深度的垂直分布变化不大, 且元素明显的分为两组: Ca、Sr 组和 Al、Fe、Ti、Mg、Ni、V、Co、Li、Rb 组, 该区的物质来源为多源的, 即生物来源、陆源和火山源。

关键词: 深海峡谷, 化学元素垂直分布, 相关关系, 物质来源

中图分类号: P736 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2004)02-0014-04

深海峡谷是沉积物由大陆向海洋搬运的通道^[1], 因钱洲深海峡谷发育于火山岩背景——伊豆小笠原岛弧, 而伊豆小笠原岛弧是一个十分活跃的构造活动带, 上新世以来强烈隆升导致钱洲海槽中沉积物显著增加, 大量的火山碎屑通过钱洲深海峡谷搬运到钱洲海槽^[2]。

钱洲深海峡谷分为 3 段: 即钱洲深切谷、东西向扇道和钱洲海槽轴向扇道^[3]。上段钱洲深切谷深切伊豆小笠原岛弧, 水深小于 1000 m, 仅在断裂下降盘见有少量的沉积物。中段东西向扇道见有少量沉积物, 小型冲积扇广泛分布在其末端。下段轴向扇道发育在钱洲海槽轴部, 扇道清晰可辨, 谷地坡度较中上段相比已经大大变缓, 并最终消失在钱洲海槽, 以浊流和碎屑流沉积为特征^[4]。

作者根据在轴向扇道所采集到的两个沉积物岩芯中常量元素和微量元素的分析, 对深海峡谷沉积物中的元素地球化学特征进行了探讨。

1 样品的采集与分析

在对钱洲深海峡谷的 1999 航次的深潜调查中, 利用机器人手下按柱状采泥器, 采得 PC1 和 PC3 两个柱状岩芯, 采样站位见图 1。在实验室中将采得的柱状岩心按 3 cm 间距分样, 然后将样品在 60~70 °C 下烘干磨细, 过 160~180 目尼龙筛。称取 0.1 g 经 110 °C 烘干的样品于聚四氟乙烯坩埚中, 加入氢氟酸、硝酸和高氯酸溶解样品, 然后用 ICP-AES 测定所有元素。以密码插入国家一级沉积物标准样 GBW07313 和重复分析样进行质量监控, 分析的系统

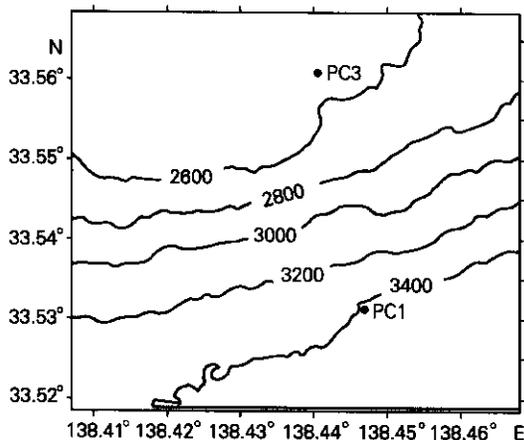


图 1 采样站位

Fig. 1 Coring stations

收稿日期: 2003-06-23, 修回日期: 2003-08-07

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (G2000047604); 国家自然科学基金项目 (G40276022); 国家海洋局开放实验室基金资助项目

作者简介: 李凤业 (1950-), 男, 山东日照人, 研究员, 主要从事海洋生物地球化学过程研究, E-mail: fyli@ms.qdio.ac.cn

误差和平均偏差一般不超过 10%。

2 结果与讨论

2.1 元素的垂直分布

岩芯 PC1 和 PC3 都位于钱洲深海峡谷的轴向扇道, PC1 站水深约 3 400 m, 沉积层稍厚, 所取的岩芯长度为 30 cm; 而 PC3 站水深约 2 560 m, 沉积层也稍薄一些, 所取岩芯长度为 27 cm。所测化学元素的垂直分布见图 2。测定结果表明, PC3 岩芯与 PC1 岩芯相比以富含 Ca, Sr 等元素为特征, 而 PC1 岩芯中的 Al, Na, K, Li, Rb 等元素又明显高于 PC3 岩芯。PC1 岩芯中 Ca 含量低, 可能是 PC1 站的水深比 PC3 深, 更接近于 Ca 补偿深度, 有更多的 Ca 被溶解。但两个岩芯的 Ca

都表现出从上到下逐渐增高的趋势, 在 PC1 站位其含量介于 4.72% ~ 6.81% 之间, 而在 PC3 站位其含量介于 7.1% ~ 9.43% 之间。两个站位的 Sr 在垂直方向上的变化不大。Al, Fe, Ti, Mg, Rb 在垂直方向上的变化趋势相近, 都是从上到下逐渐减少, 但变化范围不大, 其中 Al 的含量为 6.10% ~ 6.67%, Fe 的含量为 3.06% ~ 3.69%, Ti 的含量为 0.27% ~ 0.31%, Mg 的含量为 1.09% ~ 1.28%, Rb 的含量为 62.7×10^{-6} ~ 78.5×10^{-6} 。K, Na, Cu, Ni, V 在垂直方向上的变化不大。但 PC1 岩芯在 21 cm 以下有一个明显的变化特征, 即 Fe, Ti, Mg, Ni, V, Li, Rb 等元素在该点以下突然增高, 而 Na, K 反而降低。这可能是物质来源突然改变引起的。

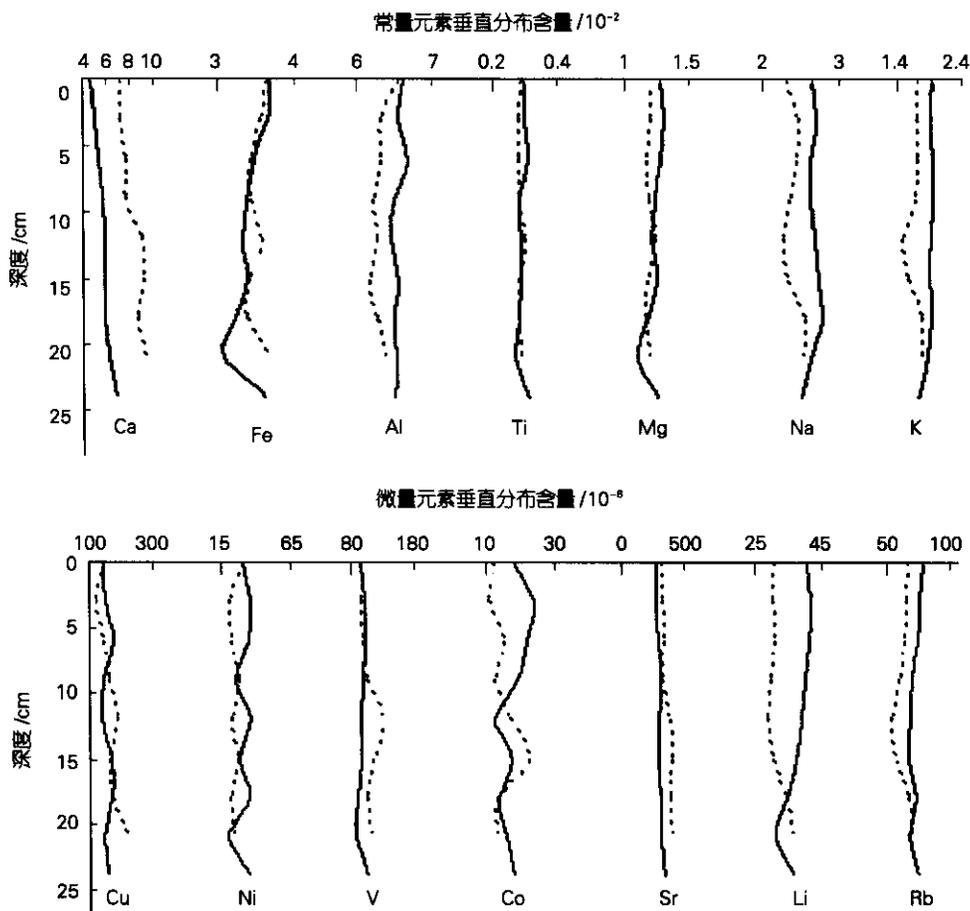


图 2 元素的垂直分布
Fig.2 Vertical distribution of elements
——PC1 岩芯 ; - - - - PC3 岩芯
——Core PC1 ; - - - - Core PC3

2.2 元素的相关分析

表 2 为 PC1 岩芯元素的相关矩阵。Ca 和 Sr 成显著的正相关,而和其它元素为负相关,特别是和 K 成显著的负相关,相关系数为 -0.81。而 Sr 也和大多数元素成负相关,和 K 成显著的负相关,相关系数达 -0.82。Sr 与 Ca 同属于元素周期表中第二主族元素,两者离子半径相近,它们可以以类质同相的形式互相代替。而 Sr 主要来自大洋的生物体,它在海洋沉积物中的主要存在形式是碳酸盐,碳酸盐物质在沉降过程中,随着压力的增大和温度的降低,溶解度逐渐增大,其含量越来越低。与此相反,沉积物中其它元素的含

量变化不大,这就使 Sr 与其它元素间呈现出负相关。同时 PC1 岩芯的 Ca 和 Sr 比 PC3 的低也是由于较多的碳酸盐被溶解造成的。Fe 与 Ti, Mg, Ni, V, Co, Li, Rb 有较强的相关性,而 Ti, Mg, Ni, V, Co, Li 和 Rb 等元素之间也有较强的相关性,表明这些物质有相同的来源,而海洋沉积物中的 Ti 主要来自铝硅酸盐碎屑^[5],因此 Ti, Mg, V, Co, Li, Rb 均来自于硅酸盐碎屑。Al 和所有的元素的相关性都不显著,但和 Ti, Co, Rb 等有一定的相关性(相关系数 > 0.5),由于 Al 的地球化学性质不活泼,不可能通过生物碎屑沉积作用进入到沉积物,它的含量几乎完全受陆源和火山源的长石、云

表 1 PC1 岩芯元素的相关系数

Tab.1 Correlation of elements in core PC1

元素	Ca	Fe	Al	Ti	Mg	Na	K	Cu	Ni	V	Co	Sr	Li
Fe	-0.40												
Al	-0.61	0.45											
Ti	-0.17	0.84	0.54										
Mg	-0.44	0.90	0.49	0.83									
Na	-0.44	-0.31	0.00	-0.38	-0.14								
K	-0.81	-0.07	0.37	-0.19	0.15	0.65							
Cu	0.09	-0.04	0.45	0.27	0.14	0.31	0.00						
Ni	-0.12	0.54	0.09	0.71	0.59	0.08	-0.04	0.25					
V	-0.13	0.65	0.29	0.84	0.90	-0.48	-0.11	0.01	0.56				
Co	-0.49	0.65	0.64	0.55	0.71	-0.23	0.19	0.14	0.14	0.68			
Sr	0.94	-0.18	-0.43	0.06	-0.22	-0.57	-0.82	0.20	0.05	0.11	-0.26		
Li	-0.65	0.74	0.48	0.65	0.89	-0.02	0.49	-0.07	0.48	0.79	0.64	-0.47	
Rb	-0.55	0.84	0.53	0.66	0.66	-0.16	0.11	-0.02	0.53	0.56	0.52	-0.30	0.59

母等细小的铝硅酸盐碎屑所控制,所以这些元素也可能来自于陆源或火山源的硅酸盐碎屑。

2.3 物质来源

根据吴时国等深海潜航观察,该区的沉积物主要为浊流沉积物、碎屑流沉积物、深海火山灰和生物沉积物,沉积物中含有较多的火山物质和生物壳体,最常见的火山物质是氟石和玄武岩岩石碎屑。这些物质通过钱洲海底峡谷搬运到这里。

表 2 为岩芯中主要元素的含量。与远洋沉积物中主要元素的含量相比,Ca 显著偏高,Na 偏高,而 Fe, Ti, Mg, K 稍低,这基本上反映了该区的物质来源特征。根据沉积物元素的相关性,这些元素可以分为明显的两组,即 Sr, Ca 组和 Al, Fe, Ti, Mg, Ni, V, Co, Li, Rb 组。Sr 是典型的生物产物, Sr, Ca 的高相关性又表明二者有同样的来源,高含量的 Ca 就说明了该区接受了大量的生物成因的物质。这与碎屑沉积物中含有生物

表 2 沉积物中主要元素含量(%)

Tab.2 Contents of main elements in sediment(%)

沉积物	Ca	Fe	Al	Ti	Mg	Na	K
PC1 岩芯	5.67	3.40	6.55	0.29	1.23	2.63	1.88
PC2 岩芯	8.22	3.50	6.30	0.29	1.20	2.38	1.65
远洋沉积物	0.43	4.55	6.35	0.42	1.39	1.34	1.99

注:远洋沉积物数据来自《化学海洋学》^[6]。

壳体相一致。Al 不参入生物介壳,主要赋存于陆源和火山源的长石、云母等硅酸盐碎屑中,Fe 主要赋存于粘土矿物和粘土吸附及辉石、角闪石、橄榄石等硅酸盐矿物,Ti 也主要来源于硅酸盐矿物,且火山源的硅酸盐矿物中可能富含 Fe、Mg、K 等元素,Li、Rb 主要赋存于碎屑矿物的晶格中或被吸附于粘土矿物的表面,Al、Fe、Ti、Mg、Ni、V、Co、Li、Rb 间较强的相关性说明这些元素有一致的来源,即来自于陆源或火山源的硅酸盐碎屑。这也说明大量的陆源或火山源的硅酸盐碎屑通过该深海峡谷被输送到海槽区。

3 结论

对钱洲深海峡谷沉积物中常量元素和微量元素的垂直分布特征和组分相关分析后得出如下结论:(1)除 Ca 自表层向下有较大的增加趋势外,大多数元素在垂直方向上含量变化不大,表明沉积环境比较稳定。(2)Ca、Sr 关系密切,表现为生物来源;Al、Fe、Ti、Mg、Ni、V、Co、Li、Rb 等元素关系密切,表现为陆源或火山源来源。(3)该区的物质来源为多源的,即生物来源、陆源和火山源。

参考文献:

[1] Carter R M. The nature and evolution of deep-sea channel

system[J]. *Basin Research*, 1988(1): 41-54.

[2] Soh W, Nakayama K, Kimura T. Arc-arc collision in the Izu collision zone, central Japan, deduced from the Ashigara Basin central Japan deduced from the Ashigara Basin central Japan deduced from the Ashigara Basin and adjacent Tan-zawa Mountains[J]. *The Island Arc*, 1998(7):300-341.

[3] 吴时国,坂本泉. 菲律宾海钱洲深海峡谷沉积作用与发育演化[J]. 科学通报, 2002, 46: 34-88.

[4] Wu S G, Izume SAKAMOTO. Sedimentation processes and deformation at south flank of Zenisu Ridge, Philippine Sea revealed by Shinkai 6500 dive 523 and seismic data[J]. *JAMSTEC J Deep Sea Research*, 2000, 17: 53-64.

[5] Murray R W, Leinen W. Chemical transport to the seafloor of the equatorial Pacific ocean across a latitudinal transect at 135°W: tracking sedimentary major trace and rare elements fluxes at the equator and the equator and the intertropical convergence zone[J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1993, 57(4): 141-163.

[6] 郭锦宝. 化学海洋学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1997. 370.

Geochemical characteristics of the sediment in Zenisu deep-sea channel, Philippine Sea

LI Feng-ye¹, LI Xue-gang^{1,2}, WU Shi-guo¹, SONG Jing-ming¹, QI Jun^{1,2}

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Science, Qingdao 266071, China; 2. The Graduate School, Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China)

Received Jun. 23, 2003

Key words: deep-sea channel; vertical distribution of elements; relations; materials sources

Abstract: A deep-sea channel is the material transport passage from the continent to the ocean. This paper studied vertical distribution of main and trace elements in core sediments in Zenisu deep-sea channel, Philippine Sea. Results indicate that vertical distribution of most elements changes little, and these elements can be divided into two groups. One group contains Ca and Sr, the other contains Al, Fe, Ti, Mg, Ni, V, Co, Li and Rb. Material in this region came from multiple-sources which including biological, continental and volcanic.

(本文编辑:刘珊珊)