印度洋中脊热液硫化物的硫同位素特征

邓希光，吴庐山，姚会强

（广州海洋地质调查局，广东 广州 510760）

印度洋是地球上的第三大洋，是地球上最年轻的大洋，面积约为7617万 km^2，约占世界海洋总面积的20%，平均水深8 897 m。印度洋中脊呈"入"型展布，由西北印度洋海脊、西南印度洋海脊和东南印度洋海脊组成，并在罗德里格斯岛（Rodriquez）附近连接构成三联点（25°32'5，70°02'E）。

印度洋的热液调查集中在中央印度洋中脊和西南印度洋中脊。中央印度洋中脊在1987年的GEMINO III航次中首次发现热液活动（Plüger et al., 1990），块状硫化物直到SO 92航次才发现，并采集了样品，这个航次与后面的两个航次发现的硫化物地点称为MESO矿化区（Halbach et al., 1998），此外Gamo等（2001）首次在中央洋中脊发现了黑烟囱，命名为"Kairei field"，Van 等（2001）在"Kairei field"不远的地方发现了一个新的喷口"Edmond field"，因此吸引了日本和美国科学家的兴趣。中国从2005年的环球调查中，在西南印度洋中脊发现了多个热液异常证据，终于在2007年的19航次调查中发现了世界上首个在超慢速洋中脊活动的热液喷口，同时2008年的20航次中拓展了该活动区，并发现了新的非活动热液区，这也使得该地区又成为世界研究热液硫化物的热点地区之一。本文通过对在19航次中取得的硫化物样品进行全岩的硫同位素分析（图1），探讨热液硫化物的硫的来源。具体的分析结果见表1。

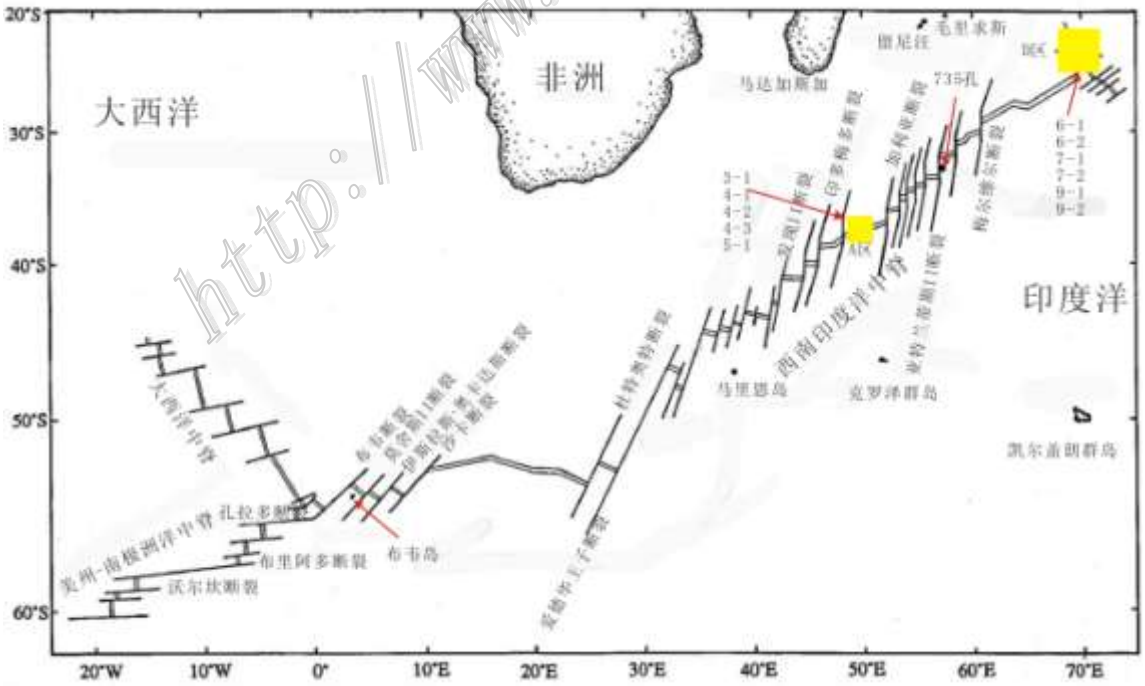

图 1 印度洋热液硫化物的取样位置图

http://www.kcdz.ac.cn

表 1 印度洋热液硫化物的硫同位素

样品号	w（S）/%	$\delta^{34}S$/‰	σ/‰
3-1	20.4	11.668	0.007
4-1	28.3	12.290	0.013
4-2	38.9	15.411	0.001
4-3	37.1	14.731	0.004
5-1	37.4	10.855	0.009
6-1	24.4	6.720	0.008
6-2	2.3	6.700	0.001
7-1	28.4	7.825	0.005
7-2	23.9	6.278	0.002
9-1	30.8	10.721	0.013
9-2	37.9	8.088	0.002

从表 1 和图 1 中可以发现，在西南印度洋中脊的 A 区的硫化物硫同位素为 10.855‰~15.411‰，平均值为 12.991‰，高于现代海底热液沉积物中硫化物的硫同位素组成集中分布在 1‰~9‰之间，均值为 4.5‰（n=1042），是其平均值的 3 倍，低于硫酸盐矿物的硫同位素组成主要分布在 19‰~24‰之间，均值为 21.3‰（n=217），只有其值的一半（曾志刚等，2001）；而在中央印度洋中脊的硫化物硫同位素为 6.275‰~10.721‰，平均值为 7.722‰，很明显低于西南印度洋中脊硫化物的硫同位素，但约是现代海底热液沉积物中硫化物的硫同位素平均值的 1.5 倍，约是硫酸盐矿物的硫同位素平均值的 1/3。

众所周知，热液系统中硫源主要存在两个：一是玄武岩的直接渗滤，另一个是硫酸盐的还原。玄武岩直接渗出的 $\delta^{34}S$ 值都是接近于 0.1‰±0.5‰（Saka，et al.，1984）。海水中的硫酸盐 $\delta^{34}S$ 值为 21.0‰左右（Kusakabe，2000）。假如印度洋中脊热液硫化物的硫全部来自这两个方面，那么在西南印度洋中脊热液硫化物的硫主要来自硫酸盐的还原，占总硫同位素的 62%，而中央印度洋中脊热液硫化物的硫大部分来自玄武岩的渗滤，硫酸盐的还原造成的硫同位素占总硫同位素的 37%。由于本文的分析数据来自热液硫化物的全岩样品，还有可能是其他原因造成的，这需要进一步的研究工作。

参 考 文 献

Gamo T, Chiba H, Yamanaka T, Okudaira T, Hashimoto J, Tsuchida S, Ishibashi J, Kataoka S, Tsunogai U, Okamura K, Sano Y and Shinjo R. 2001. Chemical characteristics of newly discovered black smoker fluids and associated hydrothermal plumes at the Rodriguez Triple Junction, Central Indian Ridge[J]. Earth and Planetary Science Letters，193：371-379.

Halbach P, Blum N, Munch U, Plüger W, Garbe-Schonberg D and Zimmer M. 1998, Formation and decay of a modern massive sulfide deposit in the Indian Ocean[J]. Mineral. Dep., **33**, 302-309.

Van Dover C L, Humphris S E, Fornari D, Cavanaugh C M, Collier R, Goffredi S K, Hashimoto J, Lilley M D, Reysenbach A L, Shank T M, Von Damm K L, Banta A, Gallant R M, Gotz D, Green D, Hall J, Harmer T L, Hurtado L A, Johnson P, McKiness Z P, Meredith C, Olson E, Pan I L, Turnipseed M, Won Y, Young C R and Vrijenhoek R C. 2001. Biogeography and ecological setting of Indian Ocean hydrothermal vents[J]. Science, 294**:** 818-823.

http://www.kcdz.ac.cn/