

# 太平洋铁锰结核中 Sr, Ti 的分布特征及其来源\*

鲍根德 张海生

(国家海洋局第二海洋研究所)

**关键词** 铁锰结核, 粒度分级

**提要** 铁锰结核中 Sr, Ti 的平均含量为 0.040% 和 0.64% 并随着结核粒径变细而增加。Sr, Ti 的分布规律相同, 其含量随水深的增加而升高。

## 一、调查区域及样品测定

调查区地处中太平洋海盆东部, 其北面为约翰斯顿岛(美), 西南面为莱恩群岛, 东南面为圣诞岛(美), 东北面为夏威夷群岛。

区内普遍分布有火山锥。从构造上看, 取样区位于古达尔文海隆向西北的延伸带上, 也在克拉利翁和克里帕顿断裂带的西端延长线上, 火山作用发育。沉积物除个别海山顶部有基岩裸露外, 绝大部分区域为现代松散沉积物覆盖。沉积类型主要为深海粘土、硅质软泥、钙质软泥和硅-钙质软泥等。此外尚见有砾石、沙质碎屑、宇宙尘和生物残体<sup>1)</sup>。

大洋表层水和沉积物间隙水的 Eh, 除个别站外, 大多数站高于 0.4V; pH 值前者为 8.0—8.5, 后者为 7.0—8.0。整个调查取样区处于较强的氧化环境。

结核中 Sr, Ti 分别用 P. E—603 原子吸收分光光度法和比色法测定。

## 二、分析结果

表 1 是结核中 Sr, Ti 元素的测定结果。

从表 1 可见, Sr 和 Ti 含量的变化范围分别为 0.003—0.066% 和 0.20—1.04%; 其平均含量分别为 0.040% 和 0.64%。Sr 要比国内外报道的结核中 Zn 稍低, 而 Ti 要比结核中 Cu,

Co, Ni 高。这表明 Ti 和结核中 Fe, Mn, Cu, Co, Ni 一样, 是构成结核的主要元素, 而 Sr 为微量元素。

上述结核中 Sr, Ti 的含量如果与印度洋、大西洋结核和南海玄武岩上薄层铁锰结壳比较, Sr 和 Ti 一样, 显示太平洋要比大西洋高, 而比印度洋结核和南海铁锰结壳都低<sup>1)</sup>。

如果与沉积物中 Sr, Ti 的含量比较, 那么无论是铁锰结核富集区还是河口、陆架及半深海沉积区, 结核中 Sr, Ti 的含量要高出一倍以上<sup>2)</sup>。这表明结核中 Sr, Ti 和 Fe, Mn, Cu, Co, Ni 一样, 是潜在的矿产资源。

不同粒级的结核中 Sr, Ti 的含量分布见表 2。显而易见, Sr 和 Ti 一样, 随着结核粒级变细而增加。

图 1 是不同水深结核中 Sr, Ti 的含量分布。可以看出, Sr, Ti 的分布规律完全相同。

从总趋势上看, Sr, Ti 的含量随着水深的增加而减少。然而在水深 5250—5600m 的范围内, Sr, Ti 的含量变化较大, 随着水深的少量增加而急剧升高, 至 5600m 以后又减少。

对于半埋藏的光滑和粗糙型结核分层(不

\* 样品承浙江省地质局中心实验室协助分析, 特此致谢。

1) 国家海洋局, 1986。北太平洋铁锰结核调查报告(1985年航次报告)。

2) 鲍根德, 海洋中 Sr, Ti 的地球化学(待刊稿)。

表 1 结核中 Sr, Ti 的分析结果

Tab. 1 Results of Sr, Ti for the ferromanganese nodules analysis

序号	水深 (m)	沉积物类型 <sup>1)</sup>	Sr (%)	Ti (%)
1	5343	黄褐色粘土	0.048	0.83
2	5274	黄褐色粘土	0.005	0.38
3	5072	钙质软泥	0.051	0.83
4	5534	黄褐色粘土	0.055	0.92
5	5342	黄褐色粘土	0.042	0.65
6	5919	浅黄色粘土	0.029	0.57
7	4843	棕色粘土	0.057	0.94
8	5390	黄褐色粘土	0.055	1.06
9	5459	褐色粘土	0.056	0.90
10	4580	钙质软泥	0.066	0.91
11	5672	黄褐色粘土	0.062	0.99
12	5290	浅黄色粘土	0.024	0.74
13	5804	黄褐色粘土	0.027	0.42
14	5451	浅黄色粘土	0.017	0.20
15	5204	褐色粘土	0.026	0.23
16	5304	褐色粘土	0.031	0.19
17	5150	棕色粘土	0.026	0.25
18	4812	钙质软泥	0.040	0.44
19	4730	黄褐色粘土	0.045	0.75
20	4279	钙质软泥	0.059	0.92
21	5306	黄褐色粘土	0.041	0.47
22	5252	黄褐色粘土	0.055	0.90
23	5586	黄褐色粘土	0.059	1.04
24	5525	棕色粘土	0.033	0.44
25	5632	黄褐色粘土	0.003	0.29
26 <sup>2)</sup>	5252	黄褐色粘土	0.037	0.49
27	5643	黄褐色粘土	0.030	0.41

1) 沉积物类型系野外定名; 2) 单个结核资料。

表 2 不同粒级结核中 Sr, Ti 的含量分布 (%)

Tab. 2 Content of Sr, Ti in ferromanganese nodules of different grainsizes

元素	含量 (%)	粒级 (cm)			
		0-2	2-4	4-6	6-8
Sr		0.046	0.044	0.039	0.017
Ti		0.82	0.78	0.68	0.46

同面)的分析表明, Sr, Ti 的含量分布和结核中 Fe 相似,暴露海水一面(光滑面)的 Sr, Ti 的含量一般比埋藏在沉积物一面(粗糙面)的高(图 2 以 Ti 为例)。

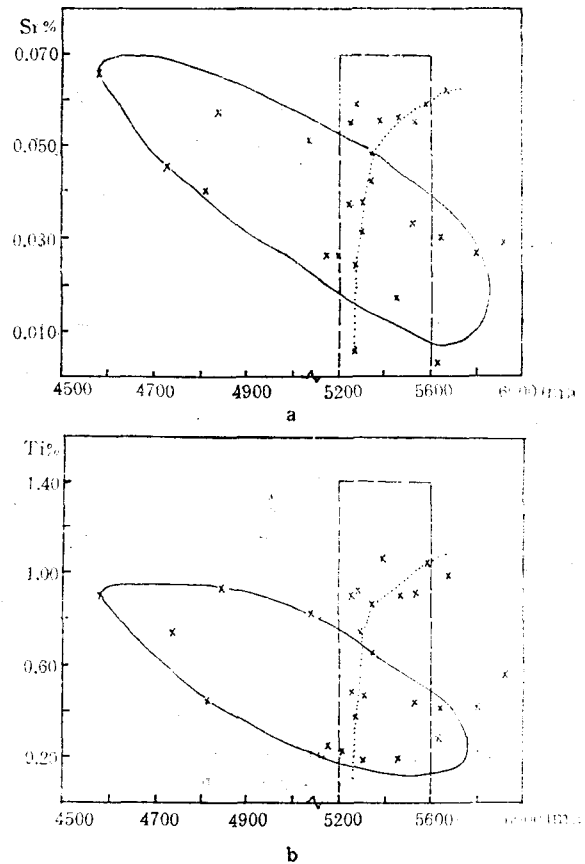


图 1 不同水深结核中 Sr, Ti 的含量分布

Fig. 1 Content of Sr and Ti in ferromanganese nodules at different depths

a. Sr 的含量分布; b. Ti 的含量分布

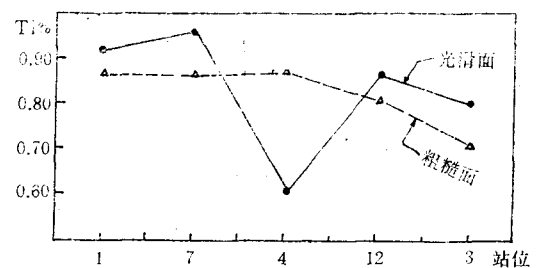


图 2 不同结核部位上 Ti 的含量分布

Fig. 2 Distribution of Ti on different parts of ferromanganese nodules

结核中 Sr, Ti 元素含量与相应结核中 Fe, Mn 的关系见图 3 (以 Sr 为例)。从图中可见,就所有锰结核来说,结核中 Sr 和 Mn 呈负相关。而与结核中 Fe, 则无论是铁结核还是锰

结核都呈较为明显的正相关。

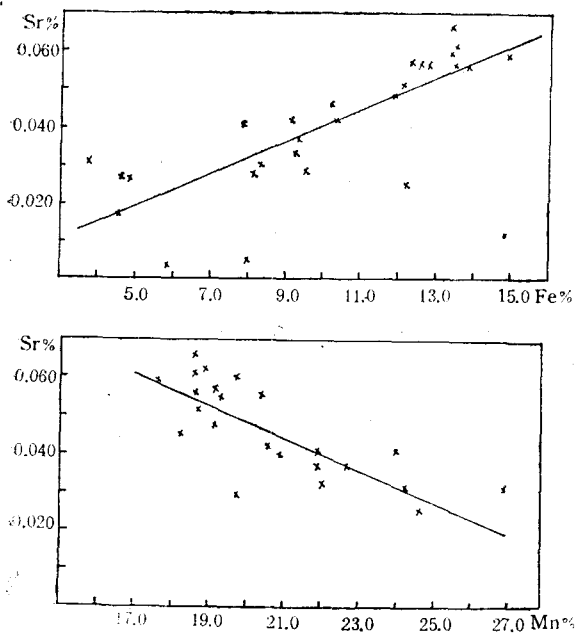


图3 Sr与结核中Fe, Mn的关系

Fig. 3 Relationship between Sr and Fe, Mn in ferruginous nodules

a. Sr与铁的关系; b. Sr与锰的关系

### 三、讨论

从表2和图1—3的结果分析,初步认为太平洋铁锰结核中Sr, Ti的来源基本相同,主要

可能来自上覆水体中 $Sr^{2+}$ ,  $Ti^{2+}$  (包括生物作用物溶解)的缓慢沉积。

深海有孔虫微量元素分析资料业已证实,深海有孔虫属于成分为碳酸盐的方解石结构(不是霏石型结构),这种结构 $Ca^{2+}$ 为6次配位,它排斥半径大的元素进入<sup>[1]</sup>。因此,以有孔虫为主体的生物遗骸,可以通过高压溶解和成岩作用,为结核提供丰富的Sr, Ti的来源。而水深大的硅质生物区,尽管硅质壳体和有机残体也可能富集Sr和Ti,然而由于硅质壳体不易溶解,其元素不易进入上覆水(间隙水),这样导致结核的物质来源(Sr, Ti)较为贫乏。由此可能造成结核中Sr, Ti元素的分布与水深呈负相关。上述解释可从沉积物中Ti与水深呈正相关得到证实(图4)。

据报道,太平洋的碳酸盐补偿深度为5200—5600m左右<sup>[2]</sup>。由于在这个深度附近,沉积物和水体中有孔虫的大量溶解和消失,使Sr, Ti大量进入到上覆水中,水深越大,有孔虫壳体溶解越迅速;而这时硅质生物又贫乏,单位时间内沉积的沉积物量大为减少,沉积速率大为降低(1—2mm/10<sup>3</sup>a)从而相对的有利于Sr, Ti的富集。在碳酸盐补偿深度以下,有孔虫壳体溶解的Sr, Ti元素,可能被硅质生物再利用,使水体中Sr, Ti含量减少,从而结核中

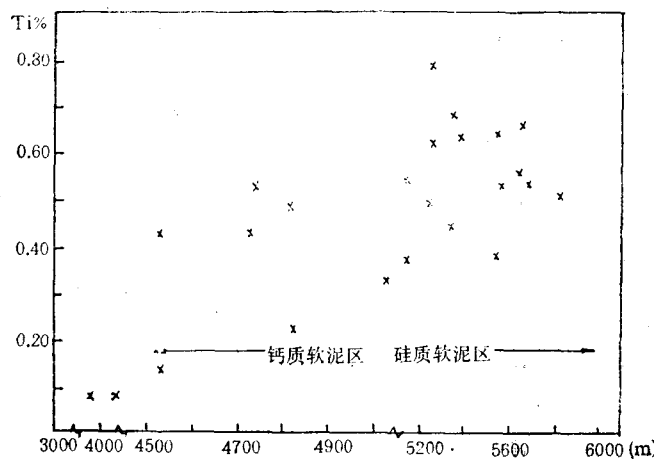


图4 沉积物中Ti与水深的关系

Fig. 4 Relationship between Ti and Water depth in sediments.

Sr 和 Ti 的量又减少。

结核与上覆水、间隙水和沉积物关系研究表明, 结核中 Fe 主要来自上覆水, 而结核中 Mn 则为沉积物的成岩作用(间隙水输送)<sup>[2]</sup>。图 3 结核中 Sr 与 Fe 呈明显的正相关、与 Mn 呈明显的负相关表明, 结核中 Sr, Ti 亦可能主要来自上覆水。而水体中 Sr, Ti 则可能与 Fe 一样, 主要来源为火山喷发时岩浆伴随的气体和海水相互作用时所形成的酸性还原溶液, 在回流时又从熔岩中搬运了一定的 Fe, Mn 等元素进入水体, 一部分直接进入结核中, 一部分则被生物利用——溶解再进入到结核中。这从

调查区发现有火山喷发物和结核的光滑面(朝上覆水一面)富集 Sr, Ti (图 1) 得到证实。同时可以设想, 和粘土矿物一样, 结核的粒级越细, 其表面积越大, 相应的吸着力越强, 从而 Sr, Ti 的含量与结核的粒级呈负相关(表 2)。当然, 上述结论并不排斥结核埋在沉积物中的一面(粗糙面) Sr, Ti 来自成岩作用的可能性。

#### 参 考 文 献

- [1] 王贤觉、陈毓蔚等, 1984。铁锰结核的稀土和微量元素地球化学及其成因。海洋与湖沼 15(6): 501—513。  
[2] 陈松、许爱玉, 1986。中太平洋北部锰结核的地球化学。海洋学报 8(4): 436—443。

## DISTRIBUTION CHARACTER AND SOURCE OF Sr, Ti IN FERROMANGANESE NODULES FROM THE PACIFIC

Bao Gende and Zhang Haisheng

(The Second Institute of Oceanography, SOA)

**Key words** Ferromanganese nodules, Grain size classification

#### Abstract

This paper deals with the distribution and source of Sr, Ti in ferromanganese nodules from the Pacific North region (7°—13°N, 178°—165°W) by analysing the Sr, Ti, Fe, Mn in the 80 ferromanganese nodules samples from 26 stations.

The result shows that the average values of Sr, Ti in ferromanganese nodules are 0.040% and 0.64% respectively, increase with the decrease of the size of the ferromanganese nodules and the depth of sea water. There is a positive correlation between Sr and Ti. As the source of Sr, Ti mainly come from the deposition of  $Sr^{2+}$ ,  $Ti^{2+}$ , the concentrations of Sr and Ti in the ferromanganese nodules in glossy surface exposed to sea water are higher than that in rough surface contacting the sediment.