

# 胶州湾海水中悬浮颗粒对溶解态微量元素的影响

刘刚<sup>1,2</sup>, 瞿成利<sup>1,2,3</sup>, 常凤鸣<sup>1</sup>, 赵永芳<sup>1,2</sup>, 路波<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室, 山东青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 中国科学院烟台海岸带可持续发展研究所, 山东烟台 264003)

**摘要:** 运用离子色谱离线整合结合 ICP-MS 的方法, 对胶州湾海水中的微量元素 (V, Co, Ni, Cu, Mo, Cd, Pb, U, REEs) 进行了精确的定量分析。在测试前对在同一站位不同层位采集的平行海水样品进行了两种不同的酸化处理: 一份采取先过滤后酸化的方式, 以获得海水中溶解态微量元素的含量; 另一份采取直接酸化后分析的方式, 以评估悬浮颗粒中的可交换态微量元素对溶解态微量元素测定结果可能造成的影响。通过对比研究发现, 不同处理方法得到的 V、Ni、Cu、Co、Pb 以及稀土元素 (REEs) 的质量浓度存在很大差异, 说明悬浮颗粒物可能对海水中相应元素的测定产生较大的影响。各种微量元素之间的差异和相应离子或离子团的电荷性质、在海水中的配位作用以及悬浮颗粒物质的表面电荷性质有关。初步研究结果表明, 在类似于胶州湾这样的近海海域, 悬浮颗粒物是控制微量元素分布特征的一个重要因素。

**关键词:** 胶州湾; 海水; 悬浮体; 溶解态痕量元素; 稀土元素

中图分类号: P734.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2008)03-0055-07

微量元素在海洋中扮演着重要的角色, 它们广泛参与各种基础过程, 同时又记录下其中的许多宝贵信息。如一些微量元素作为生物所必需的微营养成分, 是海洋表层初级生产力的限制因素; 海水中微量元素与海洋中碳、氮、磷等营养元素的循环有着重要的关系; 人类活动对海洋的影响也通过海水中的微量元素表现出来, 了解这些元素的循环对海洋生态和环境污染都有着重要的意义<sup>[1]</sup>。在海水中, 微量元素的赋存主要类型可分为颗粒态、胶体态和溶解态, 其中颗粒态可进一步分为固体态和吸附态。其中, 溶解态微量元素活动较大, 广泛参与各种生命和化学过程。一般将 0.45  $\mu\text{m}$  的滤膜所能截留的颗粒物称为悬浮颗粒体, 包括矿物岩石碎屑、生物碎屑、软组织碎屑、有机物和无机物等结合的絮凝体<sup>[2]</sup>, 是陆海相互作用的重要载体。研究海水中溶解态和悬浮颗粒态中的痕量元素是研究海洋和大气沉降等外部输入来源的关键, 对边缘海的物质交换以及陆海相互作用具有重要的意义。随着现代仪器分析技术的发展, 准确测定海水中超痕量元素成为可能, 从而使痕量元素地球化学的研究得以深

入<sup>[3-8]</sup>。

作者利用离子色谱离线整合和 ICP-MS 的方法对胶州湾同一站位的海水进行分析。在同一层位取平行海水样品, 其中一份样品经 0.45  $\mu\text{m}$  滤膜过滤后加入高纯硝酸酸化至 pH 为 1.4 左右, 另外一份样品则未过滤直接酸化。旨在通过比较这样处理后两份样品中痕量元素的差异来探讨胶州湾海水中悬浮颗粒对溶解态微量元素的影响。

## 1 研究区简介

胶州湾位于黄海中部, 山东半岛南端, 位于 120°04' ~ 120°23' E, 35°58' ~ 36°18' N, 是一典型的半封闭海湾。南北长 33.3 km, 东西宽 27.8 km, 湾口最窄处仅 3.1 km, 目前水域面积 388 km<sup>2</sup> (图 1)。湾底从湾

收稿日期: 2007-11-02; 修回日期: 2007-12-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40506015)

作者简介: 刘刚 (1980), 男, 湖北襄樊人, 在读博士生, 主要从事海洋地球化学方面的研究, 电话: 0592-82898915, E-mail: liugang@ms.qdio.cn

口向西北、北和东北变浅,平均水深 7 m 左右<sup>[9]</sup>。胶州湾沉积物以粉砂和黏土为主,沉积物有从湾口向湾外、从岸边向湾中央变细的趋势<sup>[10,11]</sup>。

胶州湾悬浮体中,非矿物组分的含量平均达 87%,最大达 94%,最小也有 72%。总体上,悬浮体的相对组成随涨、落潮和大小潮的变化不大。与悬浮体相比,胶州湾底质沉积物样品以矿物组分占绝对优势(90%),仅顶部数毫米的活动层非矿物颗粒含量较高<sup>[12]</sup>。

## 2 样品来源和分析方法

于 2005 年 12 月 13 日在胶州湾东部(120°16'40"E, 36°8'15")进行了样品的采集工作。取样站位(图 1)位于沧口水道和中央水道中间,水深 7 m,为避免采样过程中产生污染,采用蠕动泵取样,除蠕动泵用塑料管为硅橡胶管外,其余管路及盛装样品的容器均为 Teflon 材料,使用前经酸长时间处理。

分别在表层、1、2、4、5 和 6.3 m 层位处取样,每个层位取两份,每份样品量约 500 mL,为避免污染,样品在现场完成采集后立即密封起来不作任何前处理。在带回实验室后立即在超净台中进行过滤和酸化处理。其中一份样品经过滤后加入高纯硝酸酸化至 pH 为 1.4 左右,另外一份样品不经过滤,直接用硝酸酸化至 pH 为 1.4 左右。

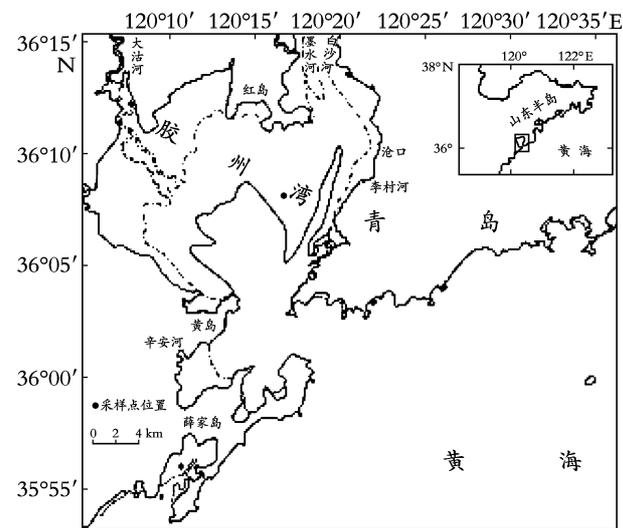


图 1 研究区位置图

Fig. 1 Location of the survey area and the sampling site

由于海水含盐量高而且大部分微量元素的质量浓度都在  $\mu\text{g/L}$ ,一些元素如稀土元素甚至低于  $\text{ng/L}$ ,常规前处理和测试方法无法保证高精度结果的获取。针对这一问题,作者首先采用离子色谱离线螯合系统对酸化后的海水进行处理,一方面对微量元素进行浓缩富集以提高检测限,同时有效去除碱金属和碱土金属带来的基体干扰从而改善分析条件。螯合富集倍数在 40 倍左右,螯合后的样品用 ICP-MS 进行测定分析。

## 3 结果和讨论

为了验证分析方法的可靠性,样品分析前用相同的处理方法对国际标准海水 CASS-4 进行了测定,对标准海水中没有标定的稀土元素进行了加标回收实验,各分析元素均在参考标准值的误差范围内,稀土元素的加标回收率在 91.3%~106.5%,证明该方法准确可靠<sup>[8]</sup>。

表 1 列出了各层位样品的分析结果。由表 1 可以看出,平行样品经过不同的处理后得到的结果有很大的不同,以  $\frac{W_2 - W_1}{W_2} \%$  来定义其差别,其中  $W_1$  为经 0.45  $\mu\text{m}$  滤膜过滤后所得样品中某微量元素的质量浓度,  $W_2$  为直接酸化所得平行样品中相应元素的质量浓度。根据其差别大小,将其分为几种不同的种类:其中 Mo、Cd、U 的差别不大,小于 5%;V 的差别在 10% 左右, Ni、Cu 的差别在 20% 左右;而 Co、Pb 的差别达 50% 以上,特别是对于大多数稀土元素(包括 Y)来说,其差别大都在 50% 以上,且有数量级上的差别。

利用 ICP-MS 对同一样品的多次测量表明,对于质量浓度在  $1 \mu\text{g/L}$  以上的元素,其相对标准偏差小于 5%;对于质量浓度在  $0.1 \mu\text{g/L}$  左右的元素,其分析相对标准偏差小于 10%;ICP-MS 分析稀土元素的反应信号特别强烈,对于  $10 \text{ ng/L}$  的稀土元素分析相对标准偏差小于 10%。由于经 40 倍的螯合富集后稀土元素含量大于  $30 \text{ ng/L}$ ,而其它待分析元素质量浓度一般大于  $10 \mu\text{g/L}$ ,因此可以肯定,引起平行海水样品分析结果差异的原因是酸化过程中悬浮体中的痕量元素特别是其中的可交换态变为溶解态。

表 1 各层位相同样品不同方法处理后的测定结果  
Tab.1 Analysis results of the parallel seawater samples with different pretreatments

元素	各层位海水样品中元素质量浓度(μg/L)																	
	S0-A	S0-B	百分差	S1-A	S1-B	百分差	S2-A	S2-B	百分差	S4-A	S4-B	百分差	S5-A	S5-B	百分差	S6-A	S6-B	百分差
V	1.65	1.90	13.4	1.73	1.95	11.5	1.72	1.90	9.2	1.77	1.98	10.5	1.77	1.98	10.2	1.78	1.95	8.9
Co	0.025	0.105	76.5	0.043	0.128	66.7	0.040	0.110	63.6	0.038	0.108	65.2	0.038	0.105	64.3	0.043	0.110	61.3
Ni	1.15	1.37	16.6	1.25	1.43	12.3	1.25	1.80	30.6	1.35	1.54	12.5	1.65	1.98	16.5	1.95	2.30	15.2
Cu	1.07	1.37	22.0	1.13	1.40	19.6	1.10	2.10	47.6	1.12	1.37	18.0	1.15	1.48	22.1	1.23	1.62	24.6
Mo	6.56	7.72	15.1	8.35	8.15	-2.5	7.72	7.70	-0.3	7.85	7.91	0.8	7.57	7.78	2.6	7.75	7.50	-3.4
Cd	0.082	0.088	5.9	0.088	0.090	2.8	0.088	0.093	5.4	0.088	0.091	3.4	0.088	0.093	5.4	0.088	0.088	0.0
Pb	0.042	0.147	71.2	0.050	0.128	60.8	0.058	0.325	82.3	0.045	0.108	58.2	0.045	0.105	57.1	0.065	0.325	80.0
U	2.82	2.90	2.8	2.95	2.90	-1.7	2.90	2.87	-0.9	2.92	2.86	-2.0	2.82	2.93	3.5	2.85	2.87	0.8
La	0.0097	0.1024	90.5	0.0125	0.1175	89.4	0.0115	0.0950	87.9	0.0112	0.0979	88.6	0.0087	0.0950	90.8	0.0098	0.1000	90.2
Ce	0.0072	0.2474	97.1	0.0163	0.2750	94.1	0.0135	0.2174	93.8	0.0130	0.2253	94.2	0.0087	0.2225	96.1	0.0125	0.2299	94.6
Nd	0.0060	0.0825	92.7	0.0080	0.0925	91.4	0.0070	0.0750	90.7	0.0075	0.0784	90.4	0.0055	0.0775	92.9	0.0065	0.0800	91.9
Sm	0.0015	0.0145	89.7	0.0018	0.0160	88.8	0.0015	0.0127	88.2	0.0015	0.0135	88.9	0.0012	0.0135	91.1	0.0013	0.0142	90.8
Eu	0.0007	0.0027	74.1	0.0005	0.0030	83.3	0.0005	0.0025	80.0	0.0002	0.0027	92.6	0.0002	0.0028	92.9	0.0003	0.0027	88.9
Gd	0.0022	0.0172	87.2	0.0025	0.0190	86.8	0.0020	0.0155	87.1	0.0020	0.0162	87.7	0.0020	0.0165	87.9	0.0020	0.0167	88.0
Tb*	0.1246	0.1099	-	0.1250	0.1050	-	0.1249	0.1124	-	0.1299	0.1224	-	0.1274	0.1250	-	0.1225	0.1374	-
Y	0.0374	0.0775	51.7	0.0400	0.0825	51.5	0.0375	0.0750	50.0	0.0375	0.0759	50.6	0.0375	0.0775	51.6	0.0375	0.0800	53.1
Ho	0.0012	0.0030	60.0	0.0010	0.0030	66.7	0.0010	0.0027	63.0	0.0010	0.0027	63.0	0.0010	0.0028	64.3	0.0008	0.0027	70.4
Tm	0.0010	0.0012	16.7	0.0008	0.0013	38.5	0.0005	0.0010	50.0	0.0005	0.0012	58.3	0.0005	0.0010	50.0	0.0005	0.0010	50.0
Yb	0.0045	0.0092	51.1	0.0043	0.0103	58.3	0.0040	0.0085	52.9	0.0042	0.0091	53.8	0.0037	0.0088	58.0	0.0038	0.0090	57.8
Lu	0.0017	0.0020	15.0	0.0015	0.0018	16.7	0.0012	0.0015	20.0	0.0015	0.0017	11.8	0.0015	0.0018	16.7	0.0013	0.0017	23.5

注: S代表海水, 数字代表深度, A为样品经0.45 μm滤膜过滤后酸化, B为样品直接酸化后进行分析测定; \*分析测定时加入的内标元素; -未作百分差计算

### 3.1 溶解态和颗粒态痕量元素对比

对于 Cd、Mo 和 U 来说, 其平行样品测定得到的差别小于 5%, 说明悬浮体中这 3 种元素的含量相对于海水中的溶解态来说非常少。特别是 U, 其平均差别为 0.42%, 远小于仪器分析本身的误差, 说明海水中 U 主要存在于溶解态中。这可能和它们在海水中存在形态有关。Mo 在海水中以  $\text{MoO}_4^{2-}$  形式存在, U 以  $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$  存在,  $\text{Cd}^{2+}$  主要以  $\text{CdCl}_2$  形式存在海水中<sup>[13]</sup>, 它们都是亲阴离子基团的离子, 这可能是其吸附性较差的主要原因。

由表 1 可以看出, 海水中 V、Ni、Cu 的含量相当, 在  $1 \mu\text{g/L}$  左右。相同样品不同处理方法得到的数据表明, 悬浮体中相应的元素已有了相当的数量, 可对海水中的含量造成一定的影响。海水中, V 主要以  $\text{HVO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{VO}_4^-$  的形式存在<sup>[14]</sup>, Ni 主要以  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{NiCO}_3$ ,  $\text{NiCl}^+$  的形式存在, Cu 则是主要以  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{CuOH}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  的形式存在, 且容易和有机质结合在一起, 其中, 某些形态的元素很容易吸附到颗粒悬浮体的表面<sup>[15]</sup>。考虑到海水中这些元

素的含量很小, 来自吸附的量有限。悬浮体中的相应元素可能是由于工业生产中产生的粉尘物质, 通过大气沉降的方式进入海水中。

Co 和 Pb 的差别较大, 在 50% 以上。一方面, 海水中 Co 和 Pb 的含量本身很小 ( $\text{ng/L}$ ), 分析中极小的误差可能带来较大的差别。排除分析方法的差别, 可以看出, 悬浮体中 Co 和 Pb 的含量远超过了海水中溶解态的含量。

另外, 由表 1 也可以看出, 过滤后酸化和直接酸化得到的不同层位海水样品其差别也有一定的不同。除个别元素的个别层位外, 一般表现为表层差别较大, 随着深度增加逐渐减小并保持恒定。这可能是由于不同层位海水样品海水溶解态和悬浮体量的不同引起的, 而一般来说, 表层海水中悬浮体的含量较多。图 2 给出了溶解态和悬浮体中不同元素随深度的变化趋势(溶解态元素垂向质量浓度变化较小, 采用对数形式表达), 可以看出海水中溶解态的过渡金属一般表现为表层浓度较低, 而悬浮体中大部分元素在表层含量较低, 在 2 m 左右达到最大值, 然后逐渐降低并趋于稳定。

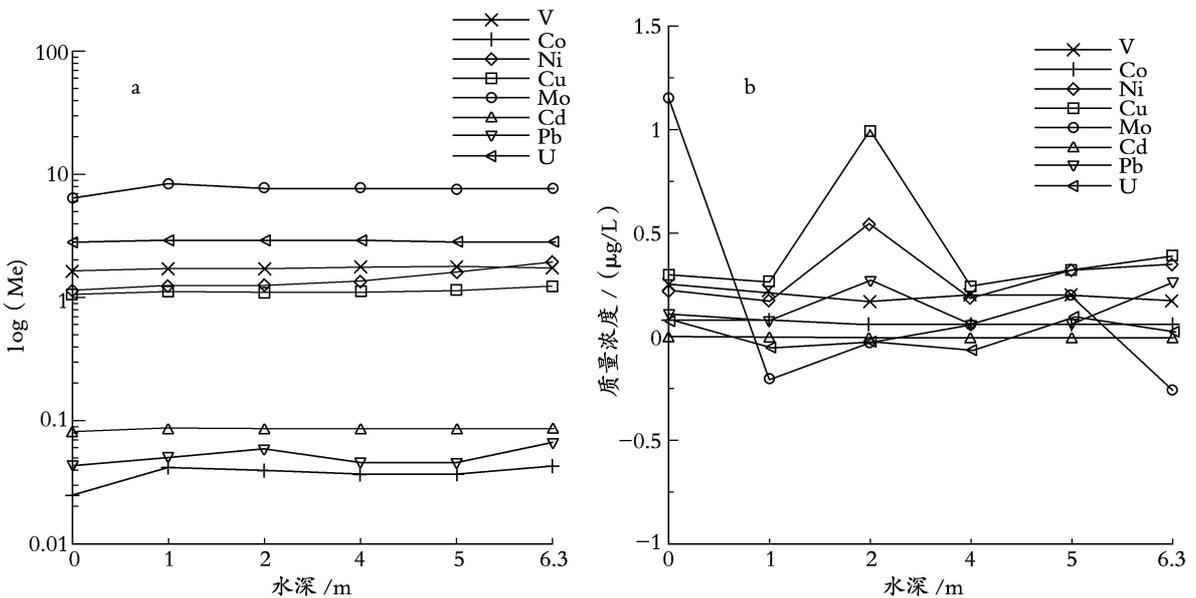


图 2 溶解态(a)和颗粒悬浮体(b)中元素随深度变化趋势

Fig. 2 Concentrations of the dissolved and suspended particulate material changing with the depth increasing

### 3.2 海水中溶解态和悬浮颗粒态稀土元素对比

由于海水中稀土元素的含量一般在  $\text{ng/L}$  左右, 为了验证方法的准确性, 在样品酸化的同时加入了  $0.11 \mu\text{g/L}$  左右的 Tb, 分析所得结果证明该方法准确可靠。由表 1 还可以得出, 除 Lu 外同一层位的样品过滤后酸化和直接酸化得到的稀土元素的差别大于 50%, 且有数量级上的差别, 即使水体中所有的溶

解态稀土元素全部从溶解相去除而进入颗粒相, 且颗粒相中的稀土元素并不随着水体与颗粒相之间的交换而迁移出颗粒物质, 颗粒相中稀土元素的增加量也只有不到 10%。这一结果表明, 除水体向颗粒物质中添加外, 颗粒物质中稀土元素很可能还有另外的来源。与本次研究结果一致, 陈新正等对该地区附近沉积物中稀土元素进行研究时发现, 此区域稀土元素在沉积物存在累积现象<sup>[16, 17]</sup>。这可能是由

于水体受到来自工业地区轻度污染, 累计到悬浮颗粒物和沉积物中所致。

绝大多数近岸海水中稀土的分布都是以重稀土富集和 Ce 负异常为特征<sup>[18,19]</sup>。图 3 为胶州湾溶解态和悬浮颗粒态稀土元素经后太古宙澳大利亚页岩 (PAAS) 标准化的配分曲线。由图 3 可以看出, 溶解态稀土元素和大洋海水配分类似, 以 Ce 的负异常和相对富集重稀土为主要特征。另外可以明显看出, 上层海水(S0-A, S1-A, S2-A) 表现为 Eu 的正异常,

而下层海水(S4-A, S5-A, S6-A) 则表现为明显的负异常。与 Ce 在一般条件下就会造成价态变化不同, Eu 从三价到二价的变化过程需要高温 (大于 200 °C)、低氧化还原电位。因此, 大部分的 Eu 异常都是由于除海源以外的输入造成的。这种输入包括大气飘层输入、海底热液输入等; 另外沉积物在较长时间(10~ 12 Ka) 的成岩过程中也可能产生 Eu 正异常<sup>[20]</sup>。由此可以推断上层海水中稀土元素受到大气沉降的影响。

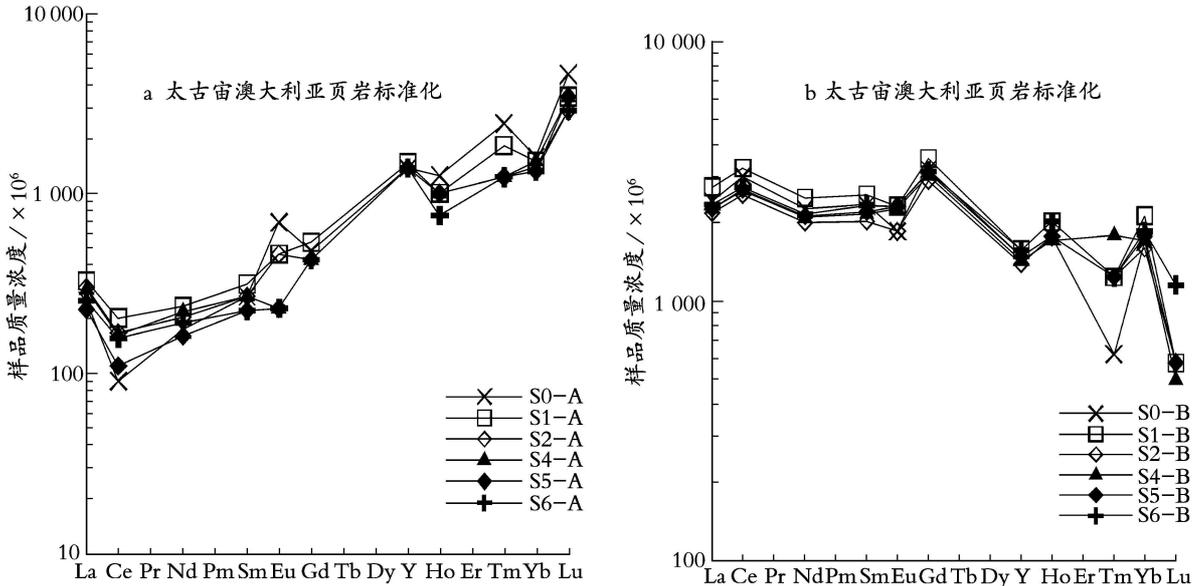


图 3 溶解态(a)和悬浮颗粒态(b)稀土元素的配分模式  
Fig. 3 Dissolved(a) and particulate(b) REEs pattern of samples

颗粒悬浮体中稀土元素的配分和溶解态稀土元素配分明显的不同是其表现为 Ce 的正异常以及相对富集轻稀土, 这可能是由于在颗粒悬浮体中 Ce 主要是以难溶的 Ce<sup>4+</sup> 存在。将颗粒悬浮体以及胶州湾表层沉积物中稀土元素其相对于球粒陨石标准化后作图(图 4), 由图 4 可以看出, 悬浮体中稀土元素的含量比表层沉积物中稀土元素含量低 2 个数量级, 但是其配分形式完全一致, 说明表层沉积物中稀土元素来源几乎全部来自颗粒沉降物, 而且在沉降的过程中稀土元素几乎没有发生分异。

#### 4 结论

运用离子色谱离线整合和 ICP-MS 方法, 对取之胶州湾的海水样品中的微量元素进行了精确的分析。分析前对取之同一站位不同层位的平行海水样

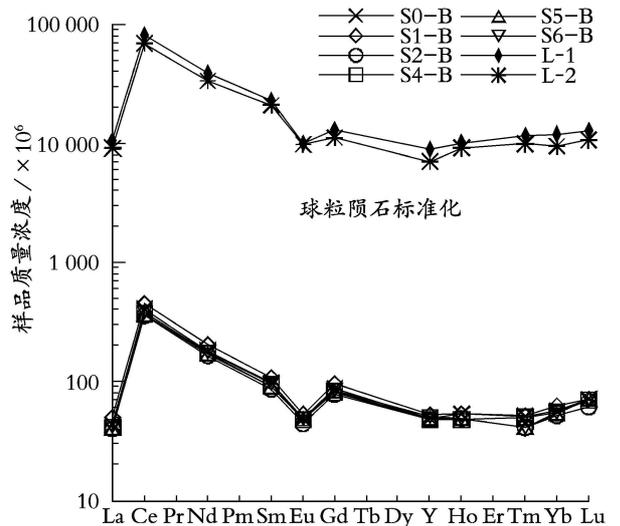


图 4 颗粒悬浮体和表层沉积物中稀土元素的配分模式  
Fig. 4 REEs pattern of the suspended particulate materials and the surface sediment

L-1, L-2 数据引自文献[10]  
L-1, L-2 data quoted from reference[10]

品分别进行两种不同的酸化处理:一份样品采取先过滤后酸化的方式,以获得海水中溶解态微量元素的含量;另外一份采取直接酸化后进行分析,以评估悬浮颗粒体中可交换态微量元素对溶解态微量元素测定结果可能造成的影响。通过对比研究发现:

(1) 采用两种不同的前处理方式所得 Cd、Mo 和 U 的结果在分析误差范围内,表明这几种元素主要以溶解态存在于海水中;(2) 悬浮体中 V、Ni、Cu 和溶解态含量相当,对海水中溶解态的分析产生了一定的影响,研究海水悬浮体中的 V、Ni、Cu 等可以为人类活动对海洋的污染提供新的证据;(3) 海水中溶解态的 Pb 和 Co 含量很少,远小于悬浮体中相应元素的含量。由大气沉降等带来的 Co 和 Pb 可能对海水中的 Co 和 Pb 的含量产生极大的影响;(4) 海水中溶解态的稀土元素含量要比悬浮体颗粒中稀土元素的含量要低 1 个数量级,而表层沉积物中稀土元素的含量要比悬浮体颗粒物稀土元素的含量高 2 个数量级。由于悬浮颗粒物的影响,造成了上层海水中 Eu 的正异常。悬浮颗粒物中稀土元素的配分形式和表层沉积物中稀土元素的配分形式一致,表明了悬浮体颗粒在沉降过程中稀土元素几乎没有发生分异。

各微量元素之间的差异和相应离子或离子团的电荷性质、在海水中的配位左右以及悬浮颗粒物的表面电荷性质有关。研究结果表明,在类似于胶州湾这样的近海海域,悬浮颗粒物质是控制微量元素分布特征的一个重要因素。

#### 参考文献:

[1] Anderson R F, Henderson G M. GEOTRACES, An International Study of the Global Marine Biogeochemical Cycle of Trace Elements and their Isotopes [M]. 2005. 3-18.

[2] 郭志刚, 杨作升, 雷昆, 等. 冲绳海槽中南部及其邻近陆架悬浮体的分布、组成和影响因子分析 [J]. 海洋学报, 2001, 23(1): 66-73.

[3] Beck N G, Franks R P, Bruland K W. Analysis for Cd, Cu, Ni, Zn, and Mn in estuarine water by inductively coupled plasma mass spectrometry coupled with an automated flow injection system [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2002, 455(1): 11-22.

[4] Zhu Y, Itoh A, Fujimori E, *et al.* Determination of rare earth elements in seawater by ICP-MS after preconcentration with a chelating resin packed minicolumn [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2006, 408-412: 985-988.

[5] Vicente O, Padro A, Martinez L, *et al.* Determination

of some rare earth elements in seawater by inductively coupled plasma mass spectrometry using flow injection preconcentration [J]. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 1998, 53(9): 1281-1287.

[6] Bettinelli M, Spezia S. Determination of trace elements in sea water by ion chromatography inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *Journal of Chromatography*, 1995, 709(2): 275-281.

[7] Hirata S, Ishida Y, Aihara M, *et al.* Determination of trace metals in seawater by on line column preconcentration inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2001, 438(1-2): 205-214.

[8] 刘刚, 钟少军, 瞿成利, 等. 应用离子色谱离线整合及 ICP-MS 测定海水中的多种痕量元素 [J]. 高等学校化学学报, 2007, 28(1): 53-55.

[9] 国家海洋局第一海洋研究所. 胶州湾自然环境 [M]. 1984, 北京: 海洋出版社, 264.

[10] 高抒, 汪亚平. 胶州湾沉积环境与潮汐河道演化特征 [J]. 海洋科学进展, 2002, 20(3): 52-59.

[11] 汪亚平, 高抒, 贾建军. 胶州湾及邻近海域沉积物分布特征和运移趋势 [J]. 地理学报, 2000, 55(4): 449-458.

[12] 杨世伦, 孟诩, 张经, 等. 胶州湾悬浮体特征及其对水动力和排污的相应 [J]. 科学通报, 2003, 48(23): 2493-2498.

[13] Nameroff T J, Balistrieri L S, Murray J W. Suboxic trace metal geochemistry in the eastern tropical North Pacific [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2002, 66: 1139-1158.

[14] Emerson S, Huested S. Ocean anoxia and the concentrations of molybdenum and vanadium in seawater [J]. *Mar Chem*, 1991, 34: 177-196.

[15] Bruland K W. Trace elements in sea water. In: Riley J P, Chester R. (Editor) *Chemical Oceanography* [M]. Academic Press, San Diego, CA, 1983: 157-220.

[16] 陈正新, 王保军, 黄海燕, 等. 胶州湾底质痕量元素污染研究 [J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(3): 280-288.

[17] 王贵, 张丽洁, 马力, 等. 胶州湾李村河口沉积物稀土元素地球化学特征 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 23(3): 344-347.

[18] Elderfield H, Goddard R, Sholkovitz E R. The rare earth elements in rivers, estuaries, and coastal seas and their significance to the composition of ocean waters [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1990, 54(4): 971-991.

[19] Alibo D S, Nozaki Y. Rare earth elements in seawater: particle association, shale normalization, and Ce oxidation [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1999, 63(3-4): 363-372.

[20] MacRae N D, Nesbitt H W, Kronberg B I. Development of a positive Eu anomaly during diagenesis[J].

*Earth and Planetary Science Letters*, 1992, **109**(3-4): 585-591.

## Effect of the suspended particulate materials on the dissolved trace elements in Jiaozhou bay

LIU Gang<sup>1,2</sup>, QU Cheng-li<sup>1,3</sup>, CHANG Feng-ming<sup>1</sup>, ZHAO Yong-fang<sup>1,2</sup>, LU Bo<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China)

**Received:** Nov. , 2 2007

**Key words:** Jiaozhou bay; seawater; suspended particulate matter; rare earth elements

**Abstract:** An off line chelation system combined with ICP-MS technique was employed for quantitative determination of trace elements, namely V, Co, Ni, Cu, Mo, Cd, Pb, U and rare earth elements(REEs) in seawater of Jiaozhou Bay. Two different pretreatments were involved to treat the parallel seawater samples from different depths at the same site, one is acidified the sample after filtering with a 0.45 μm filter, the other is acidified the sample with ultra pure nitric acid directly. Thus the effect of suspended particulate materials on the dissolved trace elements was evaluated. We have found that there are great differences in the concentrations of V, Ni, Cu, Co, Pb and REEs between the same seawater samples that were treated by different pretreatments, which indicate that the suspended particulate materials have a great effect on the analysis of those trace elements in seawater. The differences were caused by the different electric characters, coordination chemistry of the ion or ionic group and the surface charge character of the suspended particulate materials. The primary study indicates that the suspended particulate materials are one of the most important factors that control the distribution of the trace elements in seawater.

( 本文编辑: 谭雪静)