

# 青岛市奥帆赛区海域表层海水中微量元素的研究

刘刚<sup>1,2</sup>, 钟少军<sup>1</sup>, 瞿成利<sup>1,2</sup>, 刘飞<sup>1,2</sup>, 徐丽君<sup>1</sup>

(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:**通过离子色谱离线整合和 ICP-MS 对青岛市汇泉湾、太平湾、浮山湾采集的海水样品进行分析, 得到了该海域表层海水中微量元素质量比的可靠数据, 并对表层海水中微量元素的分布特征及其影响因素进行了探讨。将分析结果与国家海水标准进行比较表明, 该海域海水中微量元素质量比符合国家一级海水标准。对该海域表层海水微量元素的分布特征的研究表明, 近岸和远岸表层海水中微量元素的质量比差别很小, 而不同于沿岸海区质量比高, 离岸远处质量比较低的一般规律。其主要原因是该海域的人为污染程度小, 再加上其特殊的海岸地形以及水动力条件, 有利于溶解物质的扩散、迁移和稀释。

**关键词:**表层海水; 微量元素; 青岛奥帆赛区

**中图分类号:** P734.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2007)08-0065-06

海水中除了 14 种主要元素 (O, H, Cl, Na, Ca, Mg, S, K, Br, C, Sr, B, Si, F) 质量比大于  $1 \times 10^{-6}$  mg/kg 外, 其余所有元素的质量比均低于此值, 因此可以把这些元素称为“微量元素”<sup>[1]</sup>。海水中的微量元素过去研究不多, 现在则因为它们与海洋生态、环境污染等有重要关系, 研究日益受到重视。海水中微量元素来源主要有河流输入、大气沉降、海底热泉等, 它们在海水中涉及的平衡有络合、整合、氧化还原平衡、生物吸收、颗粒物的吸附与解吸等<sup>[2]</sup>。微量元素的循环是海洋地球化学研究的新内容。

海水中微量元素的质量比极低, 有些元素的质量比甚至低于现代精密仪器的检出限, 同时海水中其它元素也会对其分析产生干扰。因此, 海水中微量元素的分析是对现代化学分析的一大挑战。目前国际上较为认同的方法是通过一定的方法对微量元素进行整合, 然后再运用精密仪器如 ICP-AES、ICP-MS 等进行相关的分析<sup>[3-5]</sup>。同样, 由于其质量比低, 有些甚至低于蒸馏水、分析试剂、盛装样品容器中的质量比, 所以采样、储存过程以及容器的污染都会产生很大的误差。为此, 首先要避免沾污, 采样过程中要防止污染, 样品的前处理和测定均应在洁净实验室进行, 同时也要考虑容器、试剂等对测定结果的影响<sup>[2]</sup>。

目前, 国内对海水中微量元素的研究尚不多, 且研究目的多集中在环境监测中对一些重金属如 Pb, Cd, Cu, Zn 的调查, 而对其它微量元素的研究几乎还是空白。对海水中微量元素的分析方法研究不足, 相

应地, 所得的微量元素数据的可靠性也有待进一步验证。作者尝试性地运用离子色谱离线整合和 ICP-MS 方法分析海水中的微量元素, 并检测了青岛市奥帆赛区表层海水中微量元素的质量比。

## 1 研究区概况

研究区位于 120°15' ~ 120°25' N, 36°00' ~ 36°06' E 之间, 其西北向与胶州湾相连, 东南向与黄海相连, 是青岛市著名的滨海风景区, 主要由汇泉湾、太平湾和浮山湾组成, 其中: 汇泉湾位于鲁迅公园旁侧, 与鲁迅公园一带的暗礁相连。湾口朝南, 宽约 1.50 km, 岸线长约 2.75 km, 面积约 4.12 km<sup>2</sup>, 最大水深 7.0 m。沙质海岸, 岬角由花岗岩组成。湾底为质地均匀、宽阔平缓的沙滩<sup>[6]</sup>。

太平湾位于汇泉湾和浮山湾之间。其西端为汇泉角, 东端岬角为太平角。湾口朝南, 宽约 2.10 km, 海岸线长约 6.55 km。面积约 13.80 km<sup>2</sup>, 最大水深 10.1 m。海底为细沙。

浮山湾位于市南区浮山所南侧。东端岬角为燕儿岛, 西端岬角为太平湾。湾口朝南, 宽约 2.90 km, 海岸线长 9.25 km。面积约 27.5 km<sup>2</sup>, 最大水深 15.6 m。

收稿日期: 2005-11-22; 修回日期: 2006-03-21

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目 (40376038)

作者简介: 刘刚 (1980-), 男, 湖北襄樊人, 在读博士生, 主要从事海洋地质方面的研究, 电话: 0532-82898915, E-mail: liugang@ms.qdio.ac.cn

周边出露花岗岩<sup>[7]</sup>。

作为 2008 年北京奥运会的伙伴城市,青岛市将承办帆船和帆板两个比赛项目,比赛场地已选定为靠近汇泉湾、太平湾的浮山湾海域<sup>[8-10]</sup>。因此该海域表层海水中微量元素的分析,为赛区的环境治理提供了可靠的依据。

## 2 样品的采集与预处理

于 2005 年 3 月 30 日下午,利用玻璃钢快艇在汇泉湾、太平湾、浮山湾进行了海水样品的采集工作(具体的采样点位置见图 1)。其中,浮山湾作为奥运会的比赛区域,进行了重点取样,采样间隔约 100 m;太平湾和汇泉湾则根据地形特征和研究需要进行样品的采集,相邻采样点的间隔都在 100 m 以上。为防止容器吸附和沾污造成的污染,用经过硝酸处理的聚四氟乙烯瓶来盛装样品,每个采样点采集样品约 500 mL。

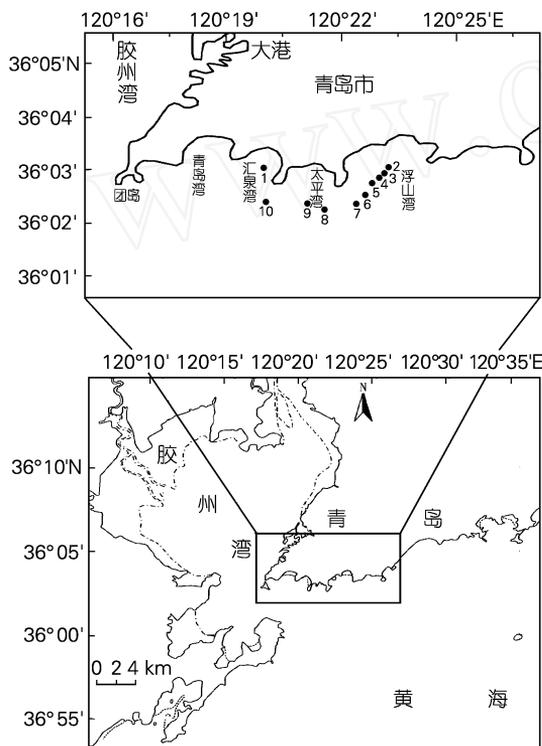


图 1 研究区位置以及样品采集站位

Fig. 1 Location of the survey area and the sampling sites  
样品运回室内后,立即用孔径为 0.45  $\mu\text{m}$  的醋

酸纤维滤膜过滤,除去其中的悬浮物质,然后加入  $\text{HNO}_3$  (ICP-MS 级浓硝酸加 MQ 去离子水稀释,各元素质量比均小于 0.01  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) 酸化至  $\text{pH} = 1.4$  左右,保存于聚四氟乙烯瓶中,然后在冰箱中于 4  $^{\circ}\text{C}$  左右冷藏保存。

## 3 样品的测定

由于海水中大部分微量元素的质量比都在  $\mu\text{g}/\text{kg}$  级,有些元素在  $\text{ng}/\text{kg}$  级甚至更低,远低于现代精密仪器的检出限;并且海水中主要元素如  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  (如  $[\text{Mg}] = 1\,290\ \text{mg}/\text{kg}$ ,  $[\text{Ca}] = 411\ \text{mg}/\text{kg}$ ,  $[\text{Na}] = 10\,800\ \text{mg}/\text{kg}$ ,  $[\text{K}] = 392\ \text{mg}/\text{kg}$ ) 等碱金属和碱土金属元素的质量比远高于微量元素质量比,这些元素会对微量元素的检测分析带来严重的干扰<sup>[3-5]</sup>。为此,分析海水中微量元素,除了要避免采样和样品预处理过程中可能产生的污染外,在分析过程中,还要对海水中的微量元素进行富集,并且去除样品中碱金属和碱土金属等干扰元素。

对预处理过的样品用 Dionex IC-2500 型离子色谱仪,配合使用 Dionex CC-1 色谱柱进行整合。其主要作用就是利用整合柱能选择性地吸收某些金属元素的特性,对微量元素进行富集,同时去除海水中碱金属和碱土金属等元素的干扰,富集倍数约 40 倍。同时,为了检验方法的准确性,对 CASS-4 国际标准海水进行了同样的整合。经过整合处理的样品再用 ICP-MS 进行检测分析。其中 ICP-MS 的分析在诺安检测服务有限公司完成,所用 ICP-MS 型号为 Thermo X series,以氩气为载气, Ni 锥,配备 CETAC ASX-510 自动进样器,大部分元素的检出限在  $\mu\text{g}/\text{kg}$  级,部分元素的检出限达到  $\text{ng}/\text{kg}$  级。为了提高分析的可靠性,将酸化水(设定其中各元素浓度为 0)整合 1 倍, 2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  和 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  的混标分别整合 1 倍、2.5 倍,得到 0, 2, 5, 20, 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  的标准,用来做 ICP-MS 的标准曲线。这样,标准和样品均经过同一系统,从而达到降低系统误差的目的。

## 4 分析结果的可靠性

为了验证分析方法的可靠性,用同样的方法对国际标准海水 CASS-4 进行了整合分析,并对检测值和标准值进行对比,结果见表 1。

表1 CASS-4 国际标准海水检测值和标准值( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )  
 Tab.1 The comparison between the detected and the certified value of CASS-4 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

元素	标准值	测定同位素	测定值
V	1.18 $\pm$ 0.16	$^{51}\text{V}$	1.265
Mn	2.78 $\pm$ 0.19	$^{55}\text{Mn}$	0.248
Fe	0.713 $\pm$ 0.058	$^{56}\text{Fe}$	1.073
Co	0.026 $\pm$ 0.003	$^{59}\text{Co}$	0.030
Ni	0.314 $\pm$ 0.030	$^{60}\text{Ni}$	0.385
Cu	0.592 $\pm$ 0.055	$^{65}\text{Cu}$	0.633
Zn	0.381 $\pm$ 0.057	$^{66}\text{Zn}$	0.523
Mo	8.78 $\pm$ 0.86	$^{95}\text{Mo}$	9.076
Cd	0.036 $\pm$ 0.003	$^{111}\text{Cd}$	0.047
Pb	0.009 8 $\pm$ 0.003 6	$^{208}\text{Pb}$	0.021
U	3.0	$^{238}\text{U}$	2.530

由表1可以看出,大部分元素的测定值都在标准值的误差范围内,特别是V,Co,Ni,Cu,Mo等。对于在 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 级甚至 $\text{ng}/\text{kg}$ 级水样中的微量元素分析来说,20%的分析误差可以认为是较为准确的,而得到的Zn,Cd,Pb的检测值与给定值的误差也都小于20%,在可以接受的范围内。而Fe和Mn的测定值和标准值相差较大,经分析发现这与ICP-MS仪器本

身有关,由于该ICP-MS以Ar气作为载气,Ar和 $\text{O}_2$ 等反应,会产生 $^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}$ 、 $^{39}\text{Ar}^{16}\text{O}$ 、 $^{40}\text{Ar}^{15}\text{N}$ 等,从而对 $^{56}\text{Fe}$ 和 $^{55}\text{Mn}$ 的检测造成严重的干扰。采用新的技术如动态反应池ICP-MS可消除这一干扰。从总的实验测定结果来看,该方法测定准确可靠。

## 5 结果与讨论

表2给出了各个站位样品中微量元素的分析测定值以及正常海水中各元素的质量比值。

### 5.1 微量元素的质量比

微量元素在海洋环境中扮演着重要的角色。现代的研究表明,大部分微量元素在生物体内起辅助作用,它们是生物酶的组成元素或者是构成生物蛋白质的一部分<sup>[11]</sup>。一些元素会影响生物对营养元素的吸收利用,如Co,Cd,Ni等在生物的C循环中起着重要作用;Zn则会影响到生物对P的吸收利用;Fe,Cu,Mo等会影响到生物对N的吸收和分解<sup>[12-15]</sup>。这些元素在海水中质量比很低,在海洋表层常常被海洋浮游植物大量消耗,甚至成为限制海洋初级生产力的因素。因此,国家海水标准等级划分中对某些元素有着明确的规定。其中,国家海水一级标准明确规定,Ni和Cu的质量比要低于 $5\mu\text{g}/\text{kg}$ ,Zn的质量比要低于 $20\mu\text{g}/\text{kg}$ ,Cd和Pb的质量比要低于 $1\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

表2 各站位微量元素测定值( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )  
 Tab.2 The values of different trace metals in the different sites ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

站位	元素								
	V	Co	Ni	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb	U
1	1.109	0.025	0.804	0.804	2.024	9.706	0.075	0.023	2.607
2	1.092	0.024	0.812	0.756	0.868	9.798	0.078	0.023	2.632
3	1.074	0.023	0.799	0.689	1.074	9.642	0.074	0.028	2.562
4	1.107	0.024	0.775	0.692	0.885	9.685	0.075	0.020	2.546
5	1.089	0.026	0.871	0.762	1.415	9.526	0.076	0.027	2.504
6	1.059	0.025	0.815	0.733	1.412	9.506	0.076	0.020	2.499
7	1.071	0.023	0.741	0.769	0.686	9.336	0.077	0.013	2.526
8	1.228	0.027	0.930	1.079	0.877	7.813	0.078	0.279	2.455
9	1.221	0.033	1.304	1.110	0.901	8.324	0.075	0.208	2.497
10	1.043	0.023	0.714	0.714	0.604	9.336	0.074	0.012	2.471
平均	1.109	0.025	0.856	0.811	1.121	9.267	0.076	0.065	2.530
正常海水	1.900	0.390	6.600	0.900	5.000	10.000	0.110	0.030	3.300

将采集样品中元素的测定值与国家海水一级标准规定值以及正常海水微量元素质量比值进行对比,结果表明,Ni,Cu,Zn,Cd,Pb等元素质量比均远

低于国家一级海水水质标准中规定的标准,而与正常海水的值相接近(图2)。各个站位Ni,Cu,Zn,Cd,Pb的平均质量比分别只及国家海水一级标准规定最大

值的 17.1%, 16.2%, 5.6%, 7.6%, 6.5%。V, Co, Mo 和 U 等也是非常重要的微量元素, 虽然国家海水标准中对这些元素未作详细规定, 作者也对这些元素进行了检测, 其中 V, Co, Mo 和 U 的平均质量比分别为 1.11, 0.025, 9.27 和 2.53  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 均在正常海水的范围内(表 2)。从这些数据来看, 该区域海水水质良好, 未受到较大污染。

徐晓达等<sup>[16,17]</sup>对胶州湾表层海水中重金属质量比进行了研究, 用无火焰原子吸收分光光度法测定, 各元素测定平均值 Cd 约为 0.1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , Cu 约为 2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , Pb 约为 2.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。本次测定中得到的 Cd, Cu, Pb 的数据与之非常接近, 再次证明了本方法准确可靠。

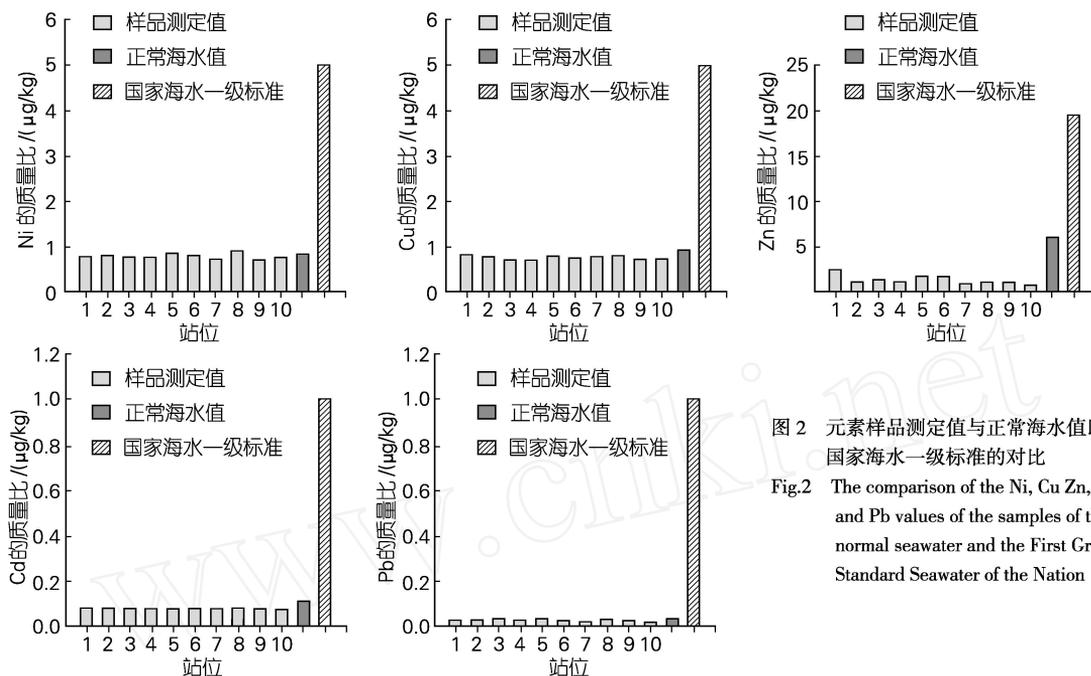


图2 元素样品测定值与正常海水值以及国家海水一级标准的对比  
Fig.2 The comparison of the Ni, Cu Zn, Cd, and Pb values of the samples of the normal seawater and the First Grad Standard Seawater of the Nation

## 5.2 微量元素的分布特征

许多学者认为金属元素在海区的分布特征为沿岸海区质量比较高, 离岸远处质量比较低<sup>[17,19]</sup>。由于汇泉湾、太平湾、浮山湾的面积本身并不大, 加上海水分析本身的困难, 只选择性地选取了其中的 10 个点采集样品, 但现有的数据表明, 微量元素的分布并不是离岸近质量比高, 而离岸远质量比低。表 2 中, 1 号站位的样品是距汇泉湾岸 30 m 左右采集的, 而其它样品则离岸都在 100 m 以上, 但该站位样品微量元素的质量比和其它站位样品相应元素质量比差别不大。2, 3, 4, 5, 6 号站位的样品均位于浮山湾, 离岸近的 2 号站位的样品和离岸最远的 6 号站位的样品中微量元素的质量比却几乎没有差别, 与 3, 4, 5 号站位样品的质量比也几乎相同。同样的结论还可以从同位于太平湾的 8, 9 号站位样品以及同位于汇泉湾的 1, 10 号站位的样品的对比分析中得出。

## 5.3 影响海水中微量元素分布的原因

海水中微量元素的分布除了元素本身的特性、

生物作用等因素影响以外, 海区自然条件, 如陆地污染源和沿岸径流, 水文状况等也是不可忽视的重要因素<sup>[18,20]</sup>。

### 5.3.1 陆源污染物及沿岸径流的影响

进入海洋的污染物质会影响到海水中微量元素的分布, 其主要来源于两个方面: 一是由于人类的生产及生活活动丢弃在陆地环境的污染物质, 通过河流、大气间接地排入海洋; 另一部分则来自自然物质, 即来自入海流域范围内的地层岩石及土壤的物理风化和化学溶出, 经降雨大量冲刷后随径流入海<sup>[18]</sup>。研究区所处海域内无河流注入, 大气沉降等因素的影响也可忽略不计。该海域唯一的排污口位于汇泉湾中部, 排出的是经过处理达标的生活用水, 现场观察排出的水质清澈, 无异味及悬浮物质, 在汇泉湾采集的样品靠近该排污口, 而该样品中各元素的测定值和其它站点的测定值没有太大的差别, 说明该排污口排出的水并未对该海域造成重大的污染。而青岛市的年均降雨量在 700 mm 左右, 降雨主要集中在 7, 8, 9 月份。而研究区所处海域附近主要为花岗岩成分, 由

降雨冲刷而带来的影响也小。综上所述,由陆源及沿岸带来的污染小。

### 5.3.2 水动力条件的影响

从地形上看,研究海域西北与胶州湾相连,东南向与黄海相连(图 1)。该海域波浪主要以风浪为主,各方向均有风浪出现,但多集中在 E-SW 向和 NW 各向。年平均波高为 0.7 m,年平均波高的变幅为 0.1 m,平均波高年变化趋势是:上半年逐渐增大,7 月达最大为 0.9 m,下半年逐渐减小,12 月和 1 月最小,为 0.5 m。

青岛近海的潮汐类型,属正规半日潮,涨潮流历时短,落潮流历时长,相差近 1 h,最大落潮流出现在低潮前 1 h 左右,转流发生在高低潮后 2 h,在近岸和弯口区为往复流,其它地区为旋转流,潮流旋转方向为左旋流。汇泉湾前滨最大潮差 4.7 m,平均潮差 2.8 m,潮流为顺时针环流,落潮流呈逆时针环流,潮流速度 19~32 cm/s,落潮流速 14~28 cm/s<sup>[9]</sup>。波浪和潮汐作用加快了海水的交换。

金属元素沿岸河口海区质量比高,离岸远处质量比较低,主要的原因是,这些金属元素的分布与沿岸排入的污染物质有关,是污染物质从河口沿岸逐步扩散的结果<sup>[19]</sup>。而在研究海域,由排入的污染物质带来的干扰本身影响小,而研究区特殊的地形、波浪、潮汐等因素,使得研究区海水与外海水体交换快,湾内涨潮速度快,落潮速度慢,并有环流,有利于元素的扩散、迁移和稀释。正是由于这些原因,使得各个湾里采集的海水样品中微量元素质量比的相差不大。

## 6 结论

建立了利用离子色谱离线整合和 ICP-MS 分析表层海水中 V, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Pb, U 等微量元素的分析方法,运用该方法对 CASS-4 国际标准海水进行分析,将测定值和标准值进行对比,结果表明,该方法准确可靠。

运用该方法对青岛市奥帆赛区表层海水中微量元素进行了分析,并与国家海水标准和正常海水进行对比表明,研究海域表层海水中 Ni, Cu, Zn, Cd, Pb 等的平均质量比均低于国家海水一级标准规定值,而与正常海水中微量元素质量比相当,说明奥帆赛海区水质符合国家海水一级海水标准。

对汇泉湾、太平湾、浮山湾表层海水中微量元素的分布特征进行分析,发现各站位微量元素的质量比差别不大,其分布与离岸的远近并没有明显关系。这主要与该海域的特殊地形以及水动力条件相关,该海域的人为污染小,加上其特殊的地形、波浪、潮汐等因素,使得该海域与外海水体交换速度快,有利于

元素的扩散、迁移和稀释。

### 参考文献:

- [1] 冯士筭,李凤岐,李少菁. 海洋科学概论[M]. 北京:高等教育出版社,1999. 110-116.
- [2] Bruland K W, Lohan M C. Controls of trace metals in seawater [A]. Elderfield H. The Oceans and Marine Geochemistry [C]. Oxford:Elsevier, 2003. 23-47.
- [3] Willie S N, Lida Y, McLaren J W. Determination of Cu, Ni, Zn, Mn, Co, Pb, Cd, and V in seawater using flow injection ICP-MS[J]. *Atomic Spectroscopy*, 1998, **19**(3): 67-72.
- [4] 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: 205-214.
- [5] 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: 11-22.
- [6] 常瑞芳,范元炳. 青岛汇泉湾浴场的环境研究及其改造利用的设想 [J]. *海岸工程*, 1986, **5**(1): 16-23.
- [7] 于洪军,许兴勇,李萍,等. 青岛市浮山湾、汇泉湾、崂山湾海湾与海底沉积环境分析 [J]. *海岸工程*, 2003, **22**(3): 12-18.
- [8] 李瑞香,王保栋,王宗灵,等. 青岛奥运帆船赛区理化、生物要素现状及富营养化诱发赤潮的围隔实验 [J]. *生态学报*, 2004, **24**(4): 837-842.
- [9] 陈静,冯秀丽,沈渭铨,等. 青岛市作为 2008 年奥运会海上赛场的可行性分析 [J]. *海洋湖沼通报*, 2002, **2**: 80-86.
- [10] 祝在时,奥帆比赛与青岛城市环境的几个相关问题及对策 [J]. *海岸工程*, 2003, **22**(1): 1-8.
- [11] Morel F M M, Price N M. The biogeochemical cycles of trace metals in the oceans [J]. *Science*, 2003, 300: 944-947.
- [12] Morel F M M, Milligan A J, Saito M A. Marine bioinorganic chemistry: The role of trace metals in the oceanic cycles of major nutrients [A]. Elderfield H. The Oceans and Marine Geochemistry [C]. Oxford:Elsevier, 2003. 113-143.
- [13] Croot P L, Karlson B, Wulff A, *et al.* Trace metal/phytoplankton interactions in the Skagerrak [J]. *Journal of Marine Systems*, 2002, **35**(1): 39-60.
- [14] Maldonado M T, Price N M. Utilization of iron bound to strong organic ligands by plankton communities in the subarctic Pacific Ocean [J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*,

- 1999, **46**(11): 2 447-2 473.
- [15] Croot P L, Karlson B, Wulf B, *et al.* Trace metal/phytoplankton interactions in the Skagerrak [J]. **Journal of Marine Systems**, 2002, **35**(1): 39-60.
- [16] 崔毅, 陈碧娟, 宋云利. 胶州湾海水、海洋生物体中重金属含量的研究[J]. *应用生态学报*, 1997, **8**(6): 650-654.
- [17] 徐晓达, 林振宏, 李绍全. 胶州湾的重金属污染研究[J]. *海洋科学*, 2005, **29**(1): 48-53.
- [18] 王鹏, 郭一令, 刘振华. 浅谈青岛市雨水径流污染与控制措施[J]. *工业安全与环保*, 2004, **30**(9): 23-25.
- [19] LIU Changling, ZHANG Guosen, REN Hongbo, Distribution of heavy metals and nutrients in rainwater in coastal regions between the southern Yellow Sea and East China Sea[J]. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, 2005, **23**(2): 230-237.
- [20] 柯东胜, 广东近海水域重金属质量比及其分布规律的研究[J]. *环境科学学报*, 1991, **11**(1): 9-16.

## Trace elements in surface sea water at the 2008 Olympic sailing game site in Qingdao

LIU Gang<sup>1,2</sup>, ZHONG Shao-jun<sup>1</sup>, QU Cheng-li<sup>1</sup>, LIU Fei<sup>1</sup>, XU Li-jun<sup>1</sup>

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

**Received**: Nov. 22, 2005

**Key words**: surface seawater; trace metals; 2008 Olympic sailing game site

**Abstract**: An off-line chelation system combined with ion chromatography and ICP-MS was developed to make quantitative determination of trace elements in seawater. Accurate data of trace element concentrations in surface seawater at the site of the 2008 Olympic sailing games in Qingdao were obtained by using this method. The distribution features of these elements and the influencing factors were discussed. The trace element contents at this site were in accordance with the Chinese National Standard for the first-grade seawater, indicating good seawater quality. The concentrations of most trace elements did not show any decreasing trend with increasing in the distance from the shore, because of the special coastal landform and the insignificant anthropogenic input in the area.

(本文编辑: 谭雪静)