

辽东湾近岸表层海水重金属污染分析与评价*

宋永刚 吴金浩 邵泽伟 于彩芬 张玉凤 杜 静
姜 冰 宋 伦^① 王年斌

(辽宁省海洋水产科学研究院 辽宁省海洋环境监测总站 大连 116023)

摘要 根据 2013 年春季、夏季和秋季对辽东湾近岸表层海水重金属的调查数据,分析了该调查区域海水重金属浓度的季节变化,并运用内梅罗(Nemerow)指数法和综合质量指数法对该海域海水重金属污染状况进行了综合评价。结果显示,辽东湾调查海域表层海水中重金属浓度夏季最高,仅 Pb 超过第一类海水水质标准,且 Pb 的站位超标率为 66.67%。按照美国国家海洋与大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)推荐的海水中重金属生物慢性安全浓度下限,仅 Cu 在个别站位的浓度高于 NOAA 推荐的生物慢性安全浓度下限,其余所有元素的浓度均未超出,不会对生物体产生显著影响。内梅罗指数法和综合质量指数法评价结果显示,辽东湾调查海域属于清洁-轻污染等级,水环境分级属于尚清洁-允许级别,重金属污染较重的区域主要有 3 个,分别是绥中近岸海域、辽东湾北部河口区、复州湾和金州湾近岸海域。

关键词 辽东湾; 环境质量; 重金属

中图分类号 X822 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)03-0014-06

重金属是海洋环境中主要的污染物之一,可在海水、沉积物、固体悬浮颗粒和海洋生命物质中循环迁移,虽然人类已经在着手控制海洋环境中金属元素的人为污染,但其浓度仍在不断增加,并严重威胁到海洋生物和人体健康(Islam *et al*, 2004; Bellos *et al*, 2005), 重金属污染已成为一种重要的海洋环境问题(Kumar *et al*, 2008)。海水又是人为影响施加在海洋环境中的第一层受体,进入海水中的重金属可通过食物链在人体内蓄积,因此,海水中重金属的含量、分布及归宿等科学问题已成为海洋环境科学研究的热点(Wu, 2005; Saager *et al*, 1992; Cotté-Krief *et al*, 2002)。

辽东湾位于渤海东北部,周边城市和入海河流较多。辽东湾曾是小黄鱼(*Pseudosciaena polyatis*)、带鱼(*Coilia spp.*)、对虾(*Penacus orientalis*)等的重要渔场,但近年来,由于水域环境污染及过度捕捞等人类活动影响的原因(侯玉忠, 2003),上述资源已经衰退不再形成渔场,仅进行海蜇(*Rhopilema sp.*)、毛虾(*Acetes sp.*)、

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)等生产(中国水产科学研究院资源与环境研究中心, 2006)。可见,良好的海洋生态环境是海洋渔业资源可持续开发利用的基础条件和保障,对于海洋经济的可持续发展具有重要的意义(任以顺, 2006; 崔毅等, 2013)。近岸是众多渔业生物的优良产卵场,支撑着渔业种群的持续补充和繁衍,但同时又是人类活动的密集区,其生境和生物资源受人类活动和环境压力的影响显而易见(Worm *et al*, 2006; Lotze *et al*, 2006),已经产生了许多渔业环境和资源问题(金显仕等, 2015)。因此,对辽东湾近岸海洋环境质量进行监测与评价显得尤为重要。

李建军等(2001)研究表明,1999 年辽东湾浅水区水环境重金属污染 Pb 超标比较严重;秦延文等(2010)研究表明,2004-2008 年辽东湾水质重金属的污染特征是 Cu 和 Pb 有超标现象。为了跟踪监测近年来辽东湾水质重金属污染状况,本研究根据 2013 年 3 个航次的辽东湾近岸海水中 6 种重金属(Cu、Pb、Zn、

* 蓬莱 19-3 油田溢油事故生态补偿项目和辽宁省海洋与渔业厅科研项目(201303)共同资助。宋永刚, E-mail: hyzjs_lshky@163.com

① 通讯作者: 宋 伦, 副研究员, E-mail: songlun827421@sohu.com

收稿日期: 2015-08-20, 收修改稿日期: 2015-10-14

Cd、Hg、As)调查数据,分析和探讨了该区域表层海水重金属污染状况以及季节变化,并进行了综合评价和分析,为该海湾的海洋渔业环境保护和可持续发展提供科学依据。

1 采样与分析方法

1.1 采样站位与时间

调查区域位于渤海(辽东半岛南端)老铁山角至(绥中)止锚湾连线以北(辽东湾)全部近岸海域,共设调查站位 18 个(图 1),调查时间为 2013 年 5 月(春季)、8 月(夏季)和 10 月(秋季)。

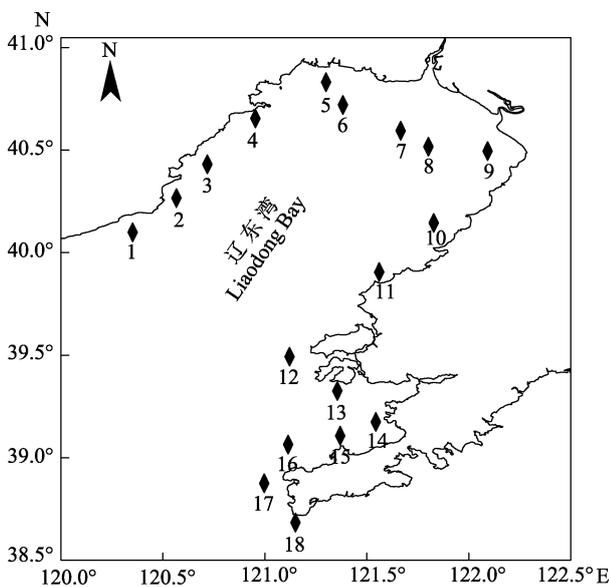


图 1 辽东湾调查站位

Fig.1 Sampling stations in the Liaodong Bay

1.2 测定参数与分析方法

样品采集采用 Niskin 采水器,采样层次为表层。

样品检测项目包括铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、镉(Cd)、汞(Hg)、砷(As)。样品的采集、现场处理及分析方法均按照《海洋监测规范》(GB 17378.4-2007)中所规定的方法进行(中国国家标准化管理委员会, 2007)。Cu、Pb、Cd 采用石墨炉原子吸收法(日立 Z-2000)测定, Zn 采用火焰原子吸收法测定; Hg、As 采用原子荧光法(GXY-1101A)测定。样品分析采用加标回收的方法进行质量控制, Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As 的平均加标回收率分别为 95%、110%、85%、99%、92%、105%。

1.3 评价方法

1.3.1 内梅罗(Nemerow)指数 采用内梅罗指数对水质污染情况进行综合评价(马洪瑞等, 2011), 其公式为:

$$P = \sqrt{\frac{P_{max}^2 + \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i\right)^2}{2}} \quad (1)$$

$$P_i = \frac{C_i}{C_s} \quad (2)$$

式中, P 为内梅罗综合指数, P_i 为污染物的单因子污染指数, P_{max} 为水质参数中最大的单因子污染指数, C_i 为实际测量值, C_s 为评价因子的评价标准值, 本研究采用第一类海水水质标准作为评价标准值(GB3097-1997)(国家海洋局, 1997)。内梅罗水质指数污染等级划分标准见表 1。

1.3.2 综合污染指数 综合污染指数(Q)能很好地反映渔业环境综合质量, 用于评价污染程度, 随实际浓度增加而加重的因子(贾晓平等, 2003), 评价公式为:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N P_i \quad (3)$$

式中, Q 为综合污染指数, N 为污染物项数。综合污染指数与环境分级的关系见表 2。

表 1 内梅罗水质指数污染等级划分标准

Tab.1 Water pollution degrees based on Nemerow pollution index

水质等级 Pollution degree	I 清洁 Clean	II 较清洁 Relative clean	III 轻污染 Slightly polluted	IV 中污染 Moderately polluted	V 重污染 Seriously polluted
P	≤ 0.6	$0.6 < P \leq 1.0$	$1.0 < P \leq 2.6$	$2.6 < P \leq 5.0$	> 5.0

表 2 综合污染指数与环境分级关系

Tab.2 Relationship between the comprehensive quality index and the environmental classification

分级 Classification	水质质量综合指数(Q) Comprehensive quality index	分级 Classification	水质质量综合指数(Q) Comprehensive quality index
清洁 Clean	$Q < 0.3$	污染 Pollution	$2 \leq Q < 3$
尚清洁 Slight clean	$0.3 \leq Q < 0.7$	重污染 Serious pollution	$3 \leq Q < 5$
允许 Permit	$0.7 \leq Q < 1.0$	恶性污染 More serious pollution	$Q \geq 5$
轻污染 Light pollution	$1 < Q < 2$		

2 结果与讨论

2.1 表层海水中重金属浓度状况

辽东湾近岸表层海水重金属浓度见表3。从表3可以看出,在春、夏、秋季中,重金属浓度平均值均为 $Zn > As > Cu > Pb > Cd > Hg$,且夏季最高。夏季Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As的浓度均值分别为 (1.96 ± 0.39) 、 (1.30 ± 0.64) 、 (11.96 ± 3.12) 、 (0.64 ± 0.21) 、 (0.05 ± 0.01) 、 (3.24 ± 1.12) $\mu\text{g/L}$,仅Pb超过第一类海水水质标准(国家海洋局,1997),且Pb的站位超标率为66.67%,其余元素在个别站位也出现了超标现象,Hg的站位超标率为38.89%,Cd仅在站位9出现超标现象,且所有元素的浓度均未超出美国国家海洋与大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)推荐的海水中重金属生物慢性安全浓度(张晓举等,2014),不会对生物体产生显著影响。Pb在春季和秋季也出现了个别站位超标现象,超标率分别为55.56%和11.11%,但均未超出NOAA的生物慢性安全浓度 $(8.1 \mu\text{g/L})$,春季Cu在个别站位的浓度 $(3.4 \mu\text{g/L})$ 已高于NOAA的生物慢性安全浓度 $(3.1 \mu\text{g/L})$,应加强控制。

2.2 海水重金属季节变化

2013年辽东湾近岸海域表层海水中重金属Cu、Cd、Hg浓度表现为夏季>秋季>春季;Pb、Zn、As浓度表现为夏季>春季>秋季(图2),可见,Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As平均浓度的最大值均出现在夏季。

一般来说,海水中重金属主要源于陆源输入、大

气沉降和深海热液活动(张晓举等,2014;贺志鹏等,2008),但就辽东湾而言不存在深海热液活动的影响。辽东湾三面为陆地,相对封闭,污染物排放对海水影响严重,再加上流入辽东湾的河流众多,有辽河、双台子河、大凌河和小凌河等,仅辽河就接纳了辽宁省中部8个城市的工业和生活污水,夏季重金属浓度高于春季和秋季,可能与流入辽东湾的河流径流量密切相关。辽宁省平均雨季为6月第5候至8月第6候,春、夏、秋季降雨量及径流均存在很大差异,2013年辽宁省平均降水量春季为86 mm,夏季为516 mm,秋季为157 mm(辽宁省气象局,2014),杨东等(2011)对辽宁省近53年(1956–2008)来降水的季节贡献率的研究表明,春季为14.9%,夏季为64.1%,秋季为18.0%,可见夏季辽东湾河流进入洪季,径流量明显增大(孙欣等,2007)。因此,季节性降雨引起的地表径流所携带的陆源污染物是辽东湾近岸海水重金属浓度增加的主要原因,与Swarnalatha等(2014)和崔毅等(2013)的研究结果一致。由于大气沉降是面源污染,同时受季节变化影响较小,这里不做讨论。

2.3 海水重金属污染状况评价

采用内梅罗指数法对辽东湾近岸表层海水进行综合评价。结果显示,春季第1、2、14、15、16号站位水质等级均为Ⅲ级,处于轻污染水平,其余调查站位水质等级均为Ⅱ级,处于较清洁水平;夏季第1、2、4、5、6、8、11、12、14号站位水质等级均为Ⅲ级,处于轻污染水平,18号站位水质等级为Ⅰ级,处于清洁水平,其余调查站位水质等级均为Ⅱ级,处于

表3 辽东湾近岸表层海水重金属浓度

Tab.3 Heavy metal concentrations in the offshore surface seawater of the Liaodong Bay

季节 Season	指标 Indices	浓度 Concentration ($\mu\text{g/L}$)					
		Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As
春季 Spring	范围 Range	1.01–3.40	0.38–3.21	7.57–22.13	0.14–0.96	0.03–0.05	2.01–3.51
	平均值 Average	1.71	1.16	11.70	0.44	0.04	2.59
	标准差 Standard deviation	0.51	0.64	3.18	0.25	0.01	0.43
夏季 Summer	范围 Range	1.20–2.58	0.41–2.69	6.46–19.80	0.21–1.02	0.04–0.07	1.87–5.75
	平均值 Average	1.96	1.30	11.96	0.64	0.05	3.24
	标准差 Standard deviation	0.39	0.64	3.12	0.21	0.01	1.12
秋季 Autumn	范围 Range	1.09–2.85	0.18–1.66	6.70–19.73	0.22–0.90	0.04–0.06	1.74–3.98
	平均值 Average	1.82	0.56	10.34	0.62	0.05	2.57
	标准差 Standard deviation	0.45	0.42	3.50	0.18	0.01	0.73
国家一类海水水质标准(国家海洋局,1997) First class of national seawater quality standards		≤ 5.0	≤ 1.0	≤ 20	≤ 1.0	≤ 0.05	≤ 20
生物慢性安全浓度(NOAA)(张晓举等,2014) Chronic safe concentration of organisms		> 3.1	> 8.1	> 81.0	> 9.3	> 0.94	> 36.0

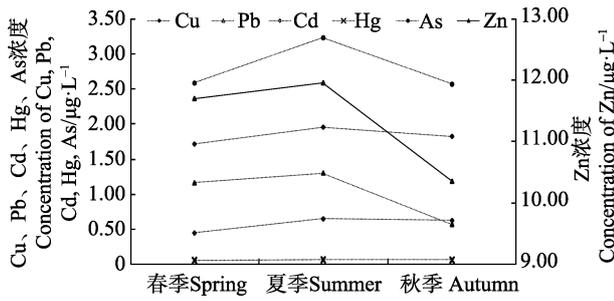


图 2 辽东湾重金属浓度季节变化

Fig.2 Seasonal variation in the heavy metal concentrations in the Liaodong Bay

较清洁水平; 秋季第 12、13 号站位水质等级均为 III 级, 处于轻污染水平, 其余调查站位水质等级均为 II 级, 处于较清洁水平(表 4)。比较调查海域各站位内梅罗指数平均值发现, 春季为 0.98, 水质等级均为 II 级, 处于较清洁水平; 夏季为 1.10, 水质等级均为 III 级, 处于轻污染水平; 秋季为 0.83, 水质等级均为 II 级, 处于较清洁水平。由此可见, 辽东湾近岸表层海水污染程度由重到轻依次为夏季 > 春季 > 秋季。

采用综合污染指数法对辽东湾海域表层海水中重金属进行评价, 评价方法以《海水水质标准》(GB3097-1997)(国家海洋局, 1997)中的第一类水质标准作为标准值(表 5)。从季节变化角度分析, 春季

综合污染指数范围为 0.39-0.97, 平均值为 0.59; 夏季综合污染指数范围为 0.39-0.95, 平均值为 0.68; 秋季综合污染指数范围为 0.43-0.63, 平均值为 0.53。2013 年综合污染指数随季节的变化呈先升高后降低趋势, 夏季达到最大值, 表明辽东湾近岸表层海水水质夏季相对较差, 此结果与内梅罗指数分析结果一致。但春、夏、秋季水质综合污染指数均值范围在 0.3-0.7 之间, 根据综合污染指数与环境分级关系表明, (表 2), 调查海域水质环境分级为尚清洁。从调查站位角度分析, 春季除站位 2 和 5 污染指数范围在 0.7-1.0 之间, 水质环境分级属于允许级别外, 其余站位污染指数均处于 0.3-0.7 之间, 水质环境分级为尚清洁; 夏季第 2、4、5、8、11、12 号站位的水质环境分级为允许级别, 其余站位为尚清洁; 秋季仅第 12 号站位的水质环境分级为允许级别, 其余站位均为尚清洁。总之, 辽东湾近岸表层海水受重金属污染的季节变化趋势为夏季 > 春季 > 秋季, 此结果与秦延文等(2010)对辽东湾水质重金属污染特征的分析结果类似, 且这种季节变化趋势是典型的与陆源输入有关。

通过对以上两种方法的评价结果进行综合分析, 按近岸水环境重金属污染程度对整个辽东湾近岸海域进行了区域划分, 重金属污染较重的区域主要有 3 个, 绥中近岸海域、辽东湾北部河口区、复州湾和金

表 4 辽东湾各站位水质内梅罗指数及等级

Tab.4 Nemerow pollution index and the degree of each sampling station in the Liaodong Bay

站 位 Station	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn	
	污染指数	质量等级	污染指数	质量等级	污染指数	质量等级
	Pollution index	Pollution degree	Pollution index	Pollution degree	Pollution index	Pollution degree
1	1.12	III	1.30	III	0.85	II
2	2.37	III	1.77	III	0.81	II
3	0.73	II	0.70	II	0.62	II
4	0.80	II	1.33	III	0.82	II
5	0.95	II	1.30	III	0.97	II
6	0.80	II	1.01	III	0.87	II
7	0.72	II	0.94	II	0.82	II
8	0.83	II	1.12	III	0.82	II
9	0.92	II	0.88	II	0.64	II
10	0.61	II	0.73	II	0.66	II
11	0.87	II	2.02	III	0.76	II
12	0.78	II	1.58	III	1.28	III
13	0.92	II	0.93	II	1.26	III
14	1.39	III	1.23	III	0.64	II
15	1.23	III	0.80	II	0.80	II
16	1.15	III	0.98	II	0.74	II
17	0.67	II	0.66	II	0.73	II
18	0.82	II	0.43	I	0.80	II
均值 Average	0.98	II	1.10	III	0.83	II

表 5 辽东湾各站位水质综合污染指数

Tab.5 Comprehensive quality index of each sampling station in the Liaodong Bay

站 位 Station	季 节 Season		
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn
1	0.60	0.68	0.56
2	0.97	0.86	0.51
3	0.53	0.53	0.46
4	0.53	0.83	0.57
5	0.75	0.92	0.56
6	0.56	0.68	0.55
7	0.50	0.69	0.52
8	0.58	0.71	0.56
9	0.68	0.68	0.45
10	0.41	0.55	0.48
11	0.56	0.95	0.47
12	0.50	0.80	0.71
13	0.52	0.60	0.63
14	0.67	0.69	0.46
15	0.62	0.61	0.54
16	0.64	0.56	0.44
17	0.39	0.54	0.55
18	0.54	0.39	0.43
均值 Average	0.59	0.68	0.53

州湾近岸海域。分析原因是绥中六股河流域主要集中分布有铜、铅、锌等矿厂，有色金属矿开采和冶炼后的工业污水输入辽东湾(林曼曼等, 2013)，使绥中近岸海域重金属污染加重。辽东湾北部入海河流众多，且沿河周边城市经济发达，入海河流所携带的各种工业和生活污水随河流入海，使河口区域重金属浓度升高，而且河流的输入属于点源污染，在河口处呈放射状分布，重金属污染较重区域仍出现在河口附近(贺志鹏等, 2008)；复州湾和金州湾周边分布有众多新型的石油化工企业，经过处理的工业污水直接通过排污口排入湾内，使湾内的重金属污染加重，可见，辽东湾重金属污染较重的区域主要是以陆源输入为主。

3 结 论

(1)2013 年辽东湾调查海域表层海水中重金属浓度夏季最高，Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As 的浓度均值分别为 1.96、1.30、11.96、0.64、0.05、3.24 $\mu\text{g/L}$ ，仅 Pb 超过第一类海水水质标准，且 Pb 的站位超标率为 66.67%，Cu 在个别站位的浓度高于 NOAA 推荐的生物慢性安全浓度，应加强控制，其余所有元素的浓度均未超出，不会对生物体产生显著影响。

(2)内梅罗指数法和综合质量指数法评价结果表明，辽东湾调查海域属于清洁-轻污染等级，水环境

分级属于尚清洁-允许级别。该海域海水受重金属污染状况由重到轻表现为夏季 > 春季 > 秋季，降雨引起的径流所携带的陆源污染物是辽东湾近岸海水重金属浓度增加的主要原因，重金属污染较重的区域主要有 3 个，绥中近岸海域、辽东湾北部河口区、复州湾和金州湾近岸海域。

致谢：感谢辽宁省海洋水产科学研究院马志强副研究员、田金助理研究员、赵海勃助理研究员、王召会助理研究员、李楠助理研究员、宋广军副研究员在样品采集及检测中给予的帮助。

参 考 文 献

- 马洪瑞, 陈聚法, 崔毅, 等. 胶州湾湿地海域水体和表层沉积物环境质量评价. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2749-2756
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. 海洋监测规范—第 4 部分: 海水分析(GB17378.4-2007). 北京: 中国标准出版社, 2007
- 中国水产科学研究院资源与环境研究中心. 辽东湾渔场. 国家农业科学数据共享中心, <http://fishery.agridata.cn/detail.asp?db=fishData&table=A040105&id=2>, 2006
- 辽宁省气象局. 辽宁省 2013 年气候公报. 辽宁日报, 2014
- 田琳, 陈洪涛, 杜俊涛, 等. 北黄海表层海水溶解态重金属的分布特征及影响因素. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2009, 39(4): 617-621
- 任以顺. 我国近岸海域环境污染成因与管理对策. 青岛科技大学学报(社会科学版), 2006, 22(3): 106-111
- 孙欣, 陈传雷, 卢娟. 辽宁雨季和多雨季标准的划分研究. 气象与环境学报, 2007, 23(5): 62-66
- 李建军, 冯慕华, 喻龙. 辽东湾浅水区水环境质量现状评价. 海洋环境科学, 2001, 20(3): 42-45
- 张晓举, 赵升, 冯春辉, 等. 渤海湾南部海域生物体内的重金属含量与富集因素. 大连海洋大学学报, 2014, 29(3): 267-271
- 国家海洋局. 海水水质标准(GB3097-1997). 北京: 中国标准出版社, 1997
- 林曼曼, 张勇, 薛春汀, 等. 环渤海海域沉积物重金属分布特征及生态环境评价. 海洋地质与第四纪地质, 2013, 33(6): 41-46
- 金显仕, 窦硕增, 单秀娟, 等. 我国近海渔业资源可持续产出基础研究热点问题. 渔业科学进展, 2015, 36(1): 124-131
- 杨东, 刘洪敏, 郭盼盼, 等. 1956-2008 辽宁省近 53 年的降水量变化. 干旱区资源与环境, 2011, 25(1): 96-101
- 侯玉忠. 渤海渔业资源下降原因及修复建议. 中国海洋报, 2003, 11 月 7 日
- 贺志鹏, 宋金明, 张乃星, 等. 南黄海表层海水重金属的变化特征及影响因素. 环境科学, 2008, 29(5): 1153-1162
- 贾晓平, 杜飞雁, 林钦, 等. 海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨. 中国水产科学, 2003, 10(2): 160-164
- 秦延文, 郑丙辉, 张雷, 等. 2004-2008 年辽东湾水质污染特征分析. 环境科学研究, 2010, 23(8): 987-992
- 崔毅, 马菲菲, 夏斌, 等. 靖海湾松江鲈鱼种质资源保护区海

- 水环境质量年际变化趋势及综合评价. 渔业科学进展, 2013, 34(6): 1–8
- Bellos D, Sawidis T. Chemical pollution monitoring of the River Pinios (Thessalia-Greece). *J Environ Manage*, 2005, 76(4): 282–292
- Islam MS, Tanaka M. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Mar Pollut Bull*, 2004, 48(7–8): 624–649
- Cotté-Krief MH, Thomas AJ, Martin JM. Trace metal (Cd, Cu, Ni, and Pb) cycling in the upper water column near the shelf edge of the European continental margin (Celtic Sea). *Mar Chem*, 2002, 79(1): 1–26
- Lotze HK, Lenihan HS, Bourque BJ, *et al.* Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 2006, 312(5781): 1806–1809
- Kumar KS, Sajwan KS, Richardson JP, *et al.* Contamination profiles of heavy metals, organochlorine pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons and alkylphenols in sediment and oyster collected from marsh/estuarine Savannah GA, USA. *Mar Pollut Bull*, 2008, 56(1): 136–149
- Saager PM, Barr HJWD, Howland RJ. Cd, Zn, Ni and Cu in the Indian Ocean. *Deep-Sea Res PT A*, 1992, 39(1): 9–35
- Swarnalatha K, Letha J, Ayoob S. Effect of seasonal variations on the surface sediment heavy metal enrichment of a lake in South India. *Environ Monit Assess*, 2014, 186(7): 4153–4168
- Worm B, Barbier EB, Beaumont N, *et al.* Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 2006, 314(5800): 787–790
- Wu JY. Assessing surface water quality of the Yangtze Estuary with genotoxicity data. *Mar Pollut Bull*, 2005, 50(12): 1661–1667

(编辑 陈严)

Evaluation of Heavy Metal Pollution in the Offshore Surface Seawater of the Liaodong Bay

SONG Yonggang, WU Jinhao, SHAO Zewei, YU Caifen, ZHANG Yufeng,
DU Jing, JIANG Bing, SONG Lun^①, WANG Nianbin

(*Liaoning Ocean and Fishery Science Research Institute, Liaoning Ocean Environment Monitoring Station, Dalian 116023*)

Abstract Human activities have aggravated the offshore ecologic environment in the Liaodong Bay and endangered aquatic bioresources in these areas. The Liaodong Bay used to be an important fishing ground and the habitat of a variety of fish species such as *Larimichthys polyactis*, *Trichiurus lepturus*, and *Fenneropenaeus chinensis*. However, in recent years the fish resources have been diminishing because of water pollution, over-fishing and other human activities. Sustainable development is the key to healthy marine economy, which depends on good marine ecological environment. In this study we evaluated the offshore surface water quality of the Liaodong Bay by analyzing 18 samples collected in three consecutive seasons in 2013 including May (spring), August (summer), and October (autumn). We monitored the concentrations of six typical metallic pollutants (Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, As) and employed the Nemerow Pollution Index and the Comprehensive Quality Index to evaluate the degree of heavy metal pollution. The concentrations of these heavy metals were highest in summer. The concentration of Pb did not meet the first-class seawater standard, which was 66.67% higher than the limit, however, all others complied with the first-class seawater standard. Concentrations of all heavy metals were below chronic safe concentration of organisms recommended by National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) except for Cu. The Nemerow Pollution Index of the offshore surface seawater of the Liaodong Bay was in the range of 0.43–2.37, which was lower than 2.6, thus the pollution degree in 2013 was determined to be clean to slightly polluted. The Comprehensive Quality Index was between 0.39–0.97, which was lower than 1.0, therefore the water environment was acceptable and ranked as clean to slight clean. There were three areas that were relatively heavily polluted, including the Suizhong offshore area, north of the Liaodong Bay estuary area, and the Fuzhou Bay and Jinzhou Bay offshore areas.

Key words Liaodong Bay; Environmental quality; Heavy metals

① Corresponding author: SONG Lun, E-mail: songlun827421@sohu.com