

# 连云港西大堤海域水环境污染特征分析

李 玉, 刘付程, 吴建新

(淮海工学院 测绘工程学院, 江苏 连云港 222005)

**摘要:** 连云港拦海西大堤建成已 20 余年, 为得到近几年来本海域水环境中重金属和有机污染物的污染特征, 作者于 2011 年 6 月对海州湾西大堤海域进行现场调查, 根据海洋监测规范对采集水样的 DO、COD、石油、重金属(Cu、Zn、Pb、Cd)、活性磷酸盐、无机氮 9 个化学指标进行测定, 并对水质现状进行评价。同时, 本研究测定了连云港海州湾西大堤近岸表层沉积物中多种重金属和有机质的含量, 利用因子分析法研究了沉积物中重金属的污染来源。结果表明: 海州湾西大堤海域海水中重金属 Cu、Zn、Pb、Cd 的平均质量浓度皆未超出国家二类海水水质标准, 石油类和无机氮类污染物为本海域海水中的首要污染物, 有机物污染呈现加重的趋势。表层沉积物中重金属 Zn、Cd、As 的富集指数大于 3, 属于重污染级别。根据数理统计, 发现前 3 个主成分的贡献率分别为 44.09%、27.61%、13.44%, 表明沉积物重金属主要有 3 个来源: 工业和生活污水排放、港口煤渣倾倒、海陆交通排污。

**关键词:** 海州湾; 海水; 沉积物; 重金属; 污染评价

中图分类号: X131.2 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2014)11-0184-06

doi: 10.11759/hyxx20130417003

作为目前江苏省唯一的基岩深水港, 连云港港口由东西连岛掩护形成东、西口门<sup>[1]</sup>。1996 年建成封闭式拦海西大堤, 使原来的连云海峡变为一个半封闭式的优良港湾, 同时大堤将东西连岛与大陆连接, 便利的交通为海岛海岸经济带来新的发展。但是, 随着近年来港口周边工业发展、居民集中、旅游业及近海养殖产业的兴起, 陆源排污量大大增加, 对近岸海域环境影响不断加重。经过对西大堤建设前后的调查数据相对比可以看出, 港口水域水体有明显的差异, 由于西大堤的存在, 此海域水体的交换程度和物理自净能力皆有减弱<sup>[2]</sup>。根据 2000 年以来的实地调查, 建堤后位于墟沟港区以北的老海滨浴场由于水动力减弱, 淤积迅速, 现在海滨浴场已被淤废<sup>[1]</sup>。

重大海洋工程建设对海洋环境的影响是复杂的、长期的, 往往需要几十年的时间才能凸显出来<sup>[3]</sup>。徐颖等<sup>[4]</sup>2001 年通过对连云港附近海域水环境现状的调查指出, 重金属和有机物是连云港附近海域的优先污染物, 部分海域无机氮、无机磷的含量已达到发生赤潮的临界条件。蔡则键<sup>[5]</sup>2002 年则应用遥感技术对连云港港口的水文地质环境进行研究, 认为西大堤工程引起港池淤积加剧和周边水文地质环境向不良反方向发展。作者根据 2011 年 6 月对西大堤海域的调查资料, 分析了该海域水体及表层沉积物中重金属和有机污染物的污染特征, 期望得到该区域水体污染的最新数据,

旨在为连云港西大堤海域的科学管理、功能规划和开发利用提供科学依据和基础数据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 站位分布

2011 年 6 月对海州湾西大堤海域进行了现场调查, 该调查共设 7 个站位, 具体站位分布如图 1 所示。站位 1、2、3、4、5 分布在西大堤外侧海域, 1 位于西墅邻近海域, 2 位于西大堤的起点黄石嘴附近, 而 5 位于西大堤的终点江家嘴邻近海域; 站位 6 和 7 分布在西大堤内侧海域, 站位 6 在连岛附近海域, 面向连云港港口, 站位 7 处于老海滨浴场海域。

西墅海域附近的用海项目主要涉及盐业、海水养殖及港口码头用海, 而从黄石嘴到江家嘴位于西大堤外侧海域主要涉及海水养殖、水陆交通、滨海旅游及湾外港口发展项目用海。西大堤内测的两个调查站位主要受到连云港市墟沟区市内工业和居民生活排污及连云港港口的影响。

收稿日期: 2013-04-17; 修回日期: 2014-08-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(41306114); 江苏省高校自然科学基金面上项目(11KJB170001); 淮海工学院自然科学基金项目(20101-50043); 江苏省政府留学奖学金

作者简介: 李玉(1976-), 女, 山东济宁人, 博士, 副教授, 主要从事海洋环境化学研究, E-mail: liyu241@sina.com

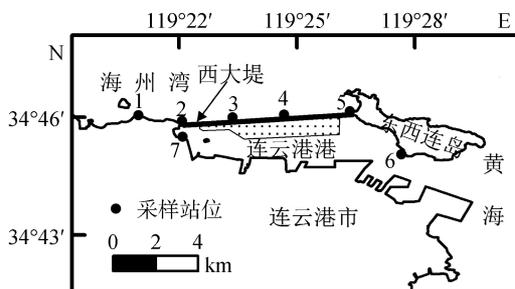


图1 海州湾西大堤海域调查站位

Fig.1 Sampling stations in the West Breakwater of Haizhou Bay

## 1.2 样品采集及分析方法

现场采集表层水样、表层沉积物样品。按照《海洋监测规范》<sup>[6]</sup>的要求,出海前对采集样品所用到的器具、容器进行处理。现场采集到的水样,用于重金属分析的用超纯 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 或 HNO<sub>3</sub> 固定,用于有机物分析的用不同有机溶剂萃取,处理后的水样密封冷藏保存,带回实验室内分析<sup>[7]</sup>。表层沉积物用小型抓斗式采泥器采集,用塑料勺取其中央未受干扰的表层 0~5 cm 泥样于聚乙烯袋中,将泥样在低于 80℃ 烘箱内烘干 24 h,用玛瑙研钵将其研碎并全部通过 160 目筛,充分混匀后取样以供测定。

## 1.3 测定方法

根据规范要求,水质监测采用平行双样、质控管理样控制分析精密度,用加标回收及标准样品控制分析准确度<sup>[7]</sup>。

水体中溶解态重金属元素采用无火焰原子吸收分光光度法测定,溶解氧采用碘量滴定法测定,化学需氧量采用碱性高锰酸钾法测定,石油类采用荧光测定法,活性磷酸盐测定采用磷钼蓝分光光度法,硝酸盐、亚硝酸盐和氨氮则分别采用锌-镉还原法、重氮-偶氮法、次溴酸钠氧化法测定<sup>[6]</sup>。

沉积物重金属 Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、As、Ni、Mn、Fe 的总量用浓 HNO<sub>3</sub>-HF-浓 HClO<sub>4</sub> 在微波消解炉中进行消化,采用等离子体发射光谱仪测定(ICP-AES)。所用试剂均为分析纯或优级纯。沉积物中总有机质的含量以灼烧法来测定,用烧失量(loss of ignition, LOI)表征。

## 1.4 数据处理和评价方法

### 1.4.1 海水水质单因子污染指数评价法和污染物污染贡献率

根据调查海域的功能规划,采用 GB3097-1997

海水水质标准中的二类海水作为评价标准<sup>[8]</sup>。评价方法采用标准指数法<sup>[9]</sup>,计算公式如下:  $A_i = C_i/C_s$ , 式中  $C_i$  为某测站污染物的实测值,  $C_s$  为  $i$  污染的水质标准值。

运用污染贡献率公式确定主要污染物及贡献率,其计算公式如下:  $K_i(\%) = A_i / \sum A_i$ , 式中  $K_i$  为第  $i$  项污染物的污染贡献率,  $A_i$  为第  $i$  项污染物的单项污染指数。

### 1.4.2 沉积物中重金属富集污染状况评价方法和重金属来源分析

采用背景值富集指数来表达表层沉积物中各重金属的富集状况。数学表达式如下<sup>[10]</sup>:  $AEF_{Me} = AC_{Me} / BV_{Me}$ , 式中  $AEF_{Me}$  为平均富集因子,  $AC_{Me}$  为被测金属的平均浓度,  $BV_{Me}$  为被考察海区此金属的背景值<sup>[11]</sup>。运用 SPSS 软件进行因子分析探讨沉积物中重金属污染来源。

## 2 结果与讨论

### 2.1 海州湾西大堤海域表层海水中污染物的含量与分布

表 1 为本次调查活动的水质监测结果,由表 1 可见,2011 年 6 月海州湾西大堤海域表层海水中重金属 Cu、Zn、Pb、Cd 的质量浓度范围分别为 2.52~7.69 μg/L、20.8~50.2 μg/L、1.73~9.68 μg/L、0.123~0.687 μg/L,平均值分别为 4.19、31.8、4.86、0.300 μg/L。其中 Cu 的平均质量浓度符合国家二类海水水质标准,低于建坝前港口海水中 Cu 的含量,远远低于污染较为严重的锦州湾<sup>[12]</sup>。Zn 的质量浓度在所有调查站位都高于 1995 年的监测数据,平均质量浓度低于国家规定的水质标准,最高浓度值出现在站位 7 即老海滨浴场海域。本海域海水中 Pb 的质量浓度超出国家二类海水水质标准的站位为 5、6、7,平均含量为建坝前此海域海水水质浓度的 2 倍以上。Cd 在西大堤海域海水中的质量浓度远远低于国家二类海水水质标准,但高于 1995 年的调查数据,最高浓度仍然出现在站点 7。

西大堤表层海水中石油在 2011 年 6 月份的质量浓度范围为 40.2~74.5 μg/L,平均值为 52.8 μg/L,高于国家二类海水水质标准,高浓度值出现在黄石嘴和老海滨浴场海域,平均浓度为建坝前港口海水中石油含量的 2.85 倍。活性磷酸盐的平均质量浓度为 29.7 μg/L,基本符合国家二类海水水质标准(30 μg/L),稍高于 1995 年的数据值(27 μg/L)。无机氮的平均质量浓度为 316 μg/L(硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮三者浓

表 1 水质监测结果

Tab. 1 Pollutants concentrations of samples

站位	Cu ( $\mu\text{g/L}$ )	Zn ( $\mu\text{g/L}$ )	Pb ( $\mu\text{g/L}$ )	Cd ( $\mu\text{g/L}$ )	石油 ( $\mu\text{g/L}$ )	活性磷酸盐 ( $\mu\text{g/L}$ )	亚硝酸盐 ( $\mu\text{g/L}$ )	硝酸盐 ( $\mu\text{g/L}$ )	氨盐 ( $\mu\text{g/L}$ )	DO ( $\text{mg/L}$ )	COD ( $\text{mg/L}$ )
1	2.58	20.8	1.73	0.123	40.2	35.8	22.9	352	34.8	6.52	2.48
2	4.78	21.2	2.74	0.281	51.2	32.6	23.4	185	32.4	7.40	1.84
3	3.69	41.2	3.41	0.214	55.8	19.87	21.8	221	9.87	8.30	1.62
4	2.36	21.4	2.75	0.185	49.8	14.5	27.3	258	40.8	8.98	1.98
5	2.52	22.3	5.86	0.247	50.6	30.4	25.6	241	55.6	5.50	2.32
6	5.69	45.8	7.85	0.358	47.8	28.6	42.0	259	40.1	6.25	2.82
7	7.69	50.2	9.68	0.687	74.5	46.2	39.4	244	39.6	4.60	3.06
平均值	4.19	31.8	4.86	0.300	52.8	29.7	28.9	251	36.2	6.79	2.30
标准	10	50	5	5	50	30		300(无机氮)		5	3
1995年	6.6	17	2.1	0.2	18.5	27		376(无机氮)		5.76	1.03

注: 评价标准为 GB3097-1997 二类海水标准(适用于一般工业用水区及滨海风景旅游区); 1995 年数据来源于文献[1]; 无机氮浓度为硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮三者浓度之和

度之和), 高于国家二类水质要求的无机氮的浓度水平, 但和 1995 年的测定值相比有降低的趋势。本海域 DO 平均值为 6.79  $\text{mg/L}$ (4.60~8.98  $\text{mg/L}$ ), 除老海滨海浴场外, 其他采样海域海水的溶解氧含量皆符合国家二类海水水质的要求。COD 平均值为 2.30  $\text{mg/L}$ (1.62~3.06  $\text{mg/L}$ ), 高于 1995 年的 1.03  $\text{mg/L}$ , 表明西大堤海域的有机污染有进一步加重的趋势, COD 的浓度高值出现在老海滨海浴场、连岛和西墅海域, 说明陆源排污是海水中 COD 污染的主要因素。

总体来看, 海州湾西大堤海域海水中重金属(Cu、Zn、Pb、Cd)、活性磷酸盐、COD 的平均质量浓度皆未超出国家二类海水水质标准, 但与 1995 年的调查结果相比, Zn、Pb、Cd、石油、活性磷酸盐、COD 皆呈上升趋势。从空间分布上来看, 西大堤外侧海域的水质状况好于内侧, 说明了西大堤的建设对港口及周边环境的地质水文确实造成了一定的影响。各污染物高浓度值主要出现在老海滨海浴场海域,

一方面说明了墟沟港区工业及生活排污以及人类的频繁活动对西大堤内侧海域环境的影响, 另一方面也说明了港区内外水体交换能力变差, 污染物不断增加和积累是污染的主要原因。

## 2.2 海州湾西大堤海域表层海水评价

选取 Cu、Zn、Pb、Cd、石油、活性磷酸盐、无机氮(硝酸氮、亚硝酸氮、氨氮之和)、COD 8 种污染物作为污染指标进行评价, 评价结果见表 2。西大堤海域水体中超过二类海水标准的污染指标有石油类和无机氮类。从各种污染物的污染贡献来看, 在西大堤海域首要污染物为石油类, 污染贡献率为 17.74%, 其次为无机氮类污染物, 污染贡献为 17.69%, 而活性磷酸盐类和重金属铅的污染贡献为分别是 16.63%、16.33%, 其余污染物的贡献率依次为 COD(12.88%)、Zn(10.68%)、Cu(7.04%), 最低的为重金属 Cd(1.01%)。

表 2 水质单因子污染指数评价结果

Tab.2 Contamination index of single factor of water quality

站位	Cu	Zn	Pb	Cd	石油	活性磷酸盐	无机氮	COD
1	0.258	0.416	0.346	0.0246	0.804	1.193	1.367	0.827
2	0.478	0.424	0.548	0.0562	1.024	1.087	0.803	0.94
3	0.369	0.824	0.682	0.0428	1.116	0.662	0.853	1.02
4	0.236	0.428	0.550	0.037	0.996	0.483	1.087	0.66
5	0.252	0.446	1.172	0.0494	1.012	1.013	1.073	0.773
6	0.569	0.916	1.57	0.0716	0.956	0.953	1.137	0.613
7	0.769	1.004	1.936	0.137	1.49	1.54	1.077	0.54
平均值	0.419	0.636	0.972	0.06	1.056	0.99	1.053	0.767
污染贡献率(%)	7.04	10.68	16.33	1.01	17.74	16.63	17.69	12.88

注: 是浓度比值, 无单位, 见 1.4.1

### 2.3 海州湾西大堤海域表层沉积物中重金属的含量与分布

由表 3 可见, 本次调查中连云港西大堤海域表层沉积物重金属 Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、As、Ni、Mn 的质量浓度分别为 20.3~37.0 mg/kg、305~384 mg/kg、56.0~69.9 mg/kg、0.51~2.32 mg/kg、41.8~73.7 mg/kg、21.8~41.2 mg/kg、16.6~38.9 mg/kg、524~1272 mg/kg。除站位 7 外, 其余站位沉积物中 Cu 的浓度皆低于国家海洋沉积物质量标准<sup>[13]</sup>的一级标准值。Zn、Cd 和 As 的平均含量分别是 326、1.02 和 34.2 mg/kg, 高于

海洋沉积物一级标准值, 低于海洋沉积物二级标准值。Zn 和 Cd 的浓度高值皆出现在老海滨浴场处(站位 7), As 的浓度高值出现在黄石嘴(站位 2)。与以往的资料相比<sup>[14]</sup>, 西大堤海域表层沉积物中重金属 Zn、Cd 和 As 的浓度明显高于海州湾灌河口沉积物的监测值。重金属 Pb 的平均值为 63.4 mg/kg, 高于海洋沉积物一级标准值, Cr 的浓度皆低于国家海洋沉积物质量标准的一级标准值。本次调查的西大堤海域沉积物中 Mn 的平均含量高于胶州湾海域沉积物 Mn 的平均值<sup>[15]</sup>, Ni 的平均含量高于莱州湾<sup>[16]</sup>。

表 3 海州湾西大堤海湾表层沉积物中金属元素的质量比/(mg/kg)

Tab. 3 Concentrations of trace metals in surface sediments from West Breakwater in Haizhou Bay/( mg/kg)

站位	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	As	Ni	Mn	Fe	LOI%	Clay%
1	26.0	311	65.8	0.74	69.4	39.4	38.9	789	25470	5.71	26.9
2	27.2	332	63.2	0.56	52.3	41.2	36.2	798	26451	7.02	25.3
3	25.1	316	69.9	1.42	41.8	36.2	16.6	872	24050	7.84	29.9
4	20.3	312	59.6	1.02	59.8	35.1	25.1	654	20785	5.32	24.1
5	23.0	305	56.0	0.59	65.6	34.7	26.8	524	19080	4.92	29.0
6	20.6	326	67.6	0.51	52.4	21.8	17.9	1272	26160	5.88	30.6
7	37.0	384	61.7	2.32	73.7	30.8	34.1	645	13790	12.27	27.6
平均值	25.6	326	63.4	1.02	59.3	34.2	27.9	793	22255	6.99	27.63
一级标准	35.0	150.0	60.0	0.50	80.0	20.0	-	-			
二级标准	100.0	350.0	130.0	1.50	150.0	65.0	-	-			
背景值*	25.8	90.5	33.9	0.24	65.3	10	50	590			
AEF	0.99	3.6	1.87	4.25	0.91	3.42	0.56	1.34			

注: 沉积物质量一级标准值和二级标准值参见文献<sup>[13]</sup>; “\*”南黄海北部表层细沉积物中重金属的背景值, 参见文献<sup>[11]</sup>; “-”未测

### 2.4 海州湾西大堤海域表层沉积物中金属的富集污染状况及污染来源分析

为了确定连云港海州湾西大堤表层沉积物中金属的污染来源, 作者首先对重金属在西大堤海域富集状况进行分析。根据 Håkanson<sup>[17]</sup>定义的污染级别, 重金属平均富集因子 AEFs < 2 为轻度污染, 而大于 3 则为严重污染。西大堤海域表层沉积物中重金属 Cu、Pb、Cr、Ni 和 Mn 属于轻度污染, AEF 分别为 0.99、1.87、0.91、0.56、1.34; Zn、Cd、As 属于严重污染, AEF 分别为 3.6、4.25、3.42。Zn、Cd、As 的 AEF 高值皆出现在西大堤内侧老海滨浴场海域和黄石嘴附近海域, 因此可以说, 海事活动、海岸工程、陆源排污等原因入海的污染物难以稀释到外海是重金属富集的主要原因。

以重金属 Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、As、Ni、Mn、Fe 及沉积物有机质(LOI)、黏土含量作为变量, 对海

州湾西大堤表层沉积物中各种污染物进行因子分析, 发现本研究中的数据适合作主成分分析。从表 4 可以看出, 3 个主成分(特征值: 4.850+3.037+1.479=9.366)将沉积物中 11 个变量的全部信息反映了 85.14%, 对前 3 个主成分进行分析可以反映出沉积物污染数据的大部分信息。

第一主成分的贡献率为 44.09%, 在元素 Cu、Zn、Cd、Cr、LOI 上有高的正载荷。根据近海点源污染物入海量统计可知<sup>[18]</sup>, Cu 主要来自化工厂, Cr 主要来自冶金厂, Zn 主要由大气输入到海洋, 而 Cd 主要来源于工业废水和淤泥。因此, 该因子可解释为工业排污及生活排污对沉积物的污染。该成分在 LOI 上的高载荷说明, 有机质作为金属离子结合物, 由于有机质的降解而伴随的金属离子的释放是沉积物中重金属元素的主要来源, 也显示了本调查海域 Cu、Zn、Cd 以有机质为载体进入海洋沉积物的迁移途径。第二主成分的贡献率为 27.61%, 在元素 As 和黏土含

表 4 本研究中主成分分析主要计算结果

Tab.4 The main calculated results of principal component analysis (PCA) in this study

项目	第一主成分	第二主成分	第三主成分
特征值	4.850	3.037	1.479
贡献率/%	44.09	27.61	13.44
累计贡献率/%	44.09	71.70	85.14
Cu	0.887	0.276	0.307
Zn	0.788	0.510	0.126
Pb	-0.412	0.644	0.584
Cd	0.789	0.460	0.021
Cr	0.707	-0.318	-0.275
As	0.151	-0.696	0.566
Ni	0.573	-0.528	0.437
Mn	-0.623	0.638	0.197
Fe	-0.834	-0.069	0.515
LOI	0.788	0.561	0.217
Clay	-0.308	0.694	-0.301

量上有高的载荷。元素砷在自然环境中极少，是化肥和农药的重要成分，也是煤渣倾倒区的主要污染物，因此这个主成分主要表征了海水渔业使用农药和化肥的残留和港区废渣倾废对沉积物中污染物的影响。第三主成分的贡献率为 13.44%，在元素 Pb、Fe 上有较高的载荷。近海环境中的铅主要来自于路上和海上交通排污，当然工厂排污、含铅农药也有一定的贡献。该成分在 Fe 上的高载荷说明，本海域沉积物中 Pb 的主要赋存相是铁的氧化物或氢氧化物。

### 3 结论

研究海区海州湾西大堤海域海水中重金属 Cu、Zn、Pb、Cd、活性磷酸盐、DO、COD 的平均质量浓度皆符合国家二类海水水质标准，但某些站位超标。石油类和无机氮污染物是本海域的首要污染物。从空间分布上来看，海水中污染物的浓度高值主要集中在废弃的老海滨浴场海域和黄石嘴附近海域。总体上西大堤外侧的海水水质好于内侧。

研究海区表层沉积物中 Zn、Cd 和 As 的质量浓度高于海洋沉积物一级标准值，低于海洋沉积物二级标准值，富集污染指数大于 3，为严重污染级别，其余元素为轻度污染级别(富集指数小于 2)。利用因子分析对西大堤海域表层沉积物重金属的可能来源进行了探讨，发现污染物来自于陆源排污、海上交通、海水养殖等人类活动，但不同元素进入海域环境的途径有所不同。

### 参考文献:

- [1] 徐军. 连云港西大堤工程建设影响作用评价[J]. 海洋通报, 2005, 24(5): 67-73.
- [2] 孙长青, 孙英兰, 赵可胜. 连云港近岸海域物理自净能力研究及水质预测[J]. 青岛海洋大学学报, 1994, s1: 168-173.
- [3] 李宗品. 海洋环境监测与海洋环境管理[J]. 海洋环境科学, 1991, 10(1): 53.
- [4] 徐颖. 连云港附近海域水环境质量评价[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(4): 54-57.
- [5] 蔡则键, 吴曙亮. 从遥感图像看人文工程对港口水文地质环境的影响——以连云港拦海大坝为例[J]. 国土资源遥感, 2002, 4: 27-29.
- [6] 国家海洋局. 海洋监测规范[M]. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [7] 李玉, 俞志明, 宋秀贤. 胶州湾水体四季之交之时的污染状况研究[J]. 海洋科学, 2009, 33(11): 55-59.
- [8] 国家环境保护局, 国家技术监督局. 中华人民共和国国家标准(GB3097-1997), 海水水质标准[M]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [9] 何雪琴, 温伟英, 何清溪. 三亚湾海水水质现状评价[J]. 南海研究与开发, 2000, 2: 18-21.
- [10] Cobelo-García A, Prego R. Influence of point sources on trace metal contamination and distribution in a semi-enclosed industrial embayment: the Ferrol Ria (NW Spain) [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2004, 60, 695-703.
- [11] 吴景阳, 李云飞, 张汀君. 南黄海北部沉积物中重金属的分布及背景值[M]. 北京: 科学出版社, 1982, 142-148.
- [12] 黄华瑞. 渤海湾某些重金属及其他元素的分布与转移[J]. 海洋科学集刊, 1988, 29: 191-210.
- [13] 国家海洋局. 海洋沉积物质量标准[M]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [14] 黄家祥, 殷勇, 徐军, 等. 苏北灌河口潮间带表层沉积物重金属空间分布特征及其环境效应[J]. 海洋地质第四纪地质, 2007, 27(5): 23-32.
- [15] 李玉, 俞志明, 曹西华, 等. 重金属在胶州湾表层沉积物中的分布与富集[J]. 海洋与湖沼, 2005, 36(6): 580-589.
- [16] 胡宁静, 石学法, 刘季花, 等. 莱州湾表层沉积物中

- 重金属分布特征和环境影响[J]. 海洋科学进展, 2011, 29(1): 63-72.
- [17] Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control—A sedimentological approach[J]. Water Research, 1980, 14: 975-1001.
- [18] 李玉, 俞志明, 宋秀贤. 运用主成分分析(PCA)评价海洋沉积物中重金属污染来源[J]. 环境科学, 2006, 27(1): 137-141.

## Study on pollution characteristics in West Breakwater in Haizhou Bay

LI Yu, LIU Fu-cheng, WU Jian-xin

(School of Geodesy & Geomatics Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China)

**Received:** Apr., 17, 2013

**Key words:** Haizhou Bay; seawater; sediment; heavy metal; pollution assessment

**Abstract:** It has been 20 years since the construction of West Breakwater in Lianyungang. In order to characterize the pollution characteristics of heavy metals and organic pollutants in this area in recent years, study was conducted to analyze sea water sampling in West Breakwater in Haizhou Bay from Lianyungang in June 2011 including test of power of dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD), oil, active phosphate, inorganic nitrogen and heavy metals. At the same time, concentrations of heavy metals and organic matters in the surface sediments of West Breakwater were also determined and factor analysis was applied to estimate the sources of heavy metal contamination. Results show that the concentrations of Cu, Zn, Pb and Cd in seawater met the relevant national standard in terms of heavy metal contamination. The oil and inorganic nitrogen were the prior pollutants, and the pollution of organic compound was serious. AEFs of Zn, Cd and As were greater than 3, which suggests serious pollution condition. The first three components accounted for 44.09%, 27.61% and 13.44% of the total variance, respectively, indicating that industrial wastewater, cinder dump in port, land and sea traffic pollution were the main sources of heavy metal contamination in sediments in this sea area.

(本文编辑: 谭雪静)