

连云港港区海洋环境质量状况

韩照祥, 何冠东, 崔野舟

(淮海工学院化学工程学院, 江苏 连云港 222005)

摘要: 为分析连云港海洋环境质量, 对连云港港区水质、沉积物及生物因子进行监测。结果表明, 港区内某些点位水质中无机氮含量较高, 达到污染程度, 其余点位监测指标均正常, 沉积物中的重金属尚未对该海域造成污染。浮游植物 31 种, 其中甲藻门 8 种, 硅藻门 23 种, 浮游植物数量变动为 $1.84 \times 10^4 \text{ m}^{-3} \sim 1.16 \times 10^5 \text{ m}^{-3}$; 底栖生物 17 种, 多样性指数平均值为 1.89。港区内水域环境时空变化表明, 海水中锌含量连续大幅增加, 其余指标均下降 50%, 沉积物重金属含量变化不大。

关键词: 海洋环境质量; 沉积物; 浮游植物; 底栖生物; 连云港

中图分类号: X820.2 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2010)06-0046-05

Marine Environment Quality of Lianyungang Harbor Districts

HAN Zhao-xiang HE Guan-dong CUI Ye-zhou

(Chemical School of Huaihai Engineering Institute, Lianyungang, Jiangsu 222005, China)

Abstract The water quality, sediment and biological factors were monitored to analyze marine environment quality of Lianyungang harbor district. The results showed that high level of inorganic nitrogen in some sampling sites indicated water pollution and the other monitoring indexes were in normal condition. Heavy metals in sediments had not yet caused seawater pollution. Phytoplankton was observed including 8 species of pyroptata, 23 species of bacillariophyta and biomass $1.84 \times 10^4 \text{ m}^{-3} \sim 1.16 \times 10^5 \text{ m}^{-3}$; 17 species of benthos had been recognized. Average of diversity index average equaled to 1.89. Environment Spatial-temporal changes of Lianyungang Harbor showed that seawater zinc content continuously increased, the rest indexes decreased 50%, and concentrations of heavy metals in sediment changed a little.

Key words Marine environment quality; Sediment; phytoplankton; Benthos; Lianyungang Harbor

连云港港区依后云台山北部, 东邻大海, 西为陆地, 受海陆共同作用影响。港区潮汐属非正规半日浅潮, 落潮时间大于涨潮时间; 潮流受海岸约束, 形成往复流, 流速大, 以风浪为主, 涌浪次之。港区海底为单一淤泥质, 航道位于港区中间, 经常年疏浚, 沉积物性质多变。

1 港区环境污染现状

入港池企业废水来源于港口集团有限公司下属单位排放的污水, 港区外居民、宾馆饭店的生活污水, 墟沟镇及连云港镇的乡镇企业废水等。废水和污水为 7.6 万居民生活污水和港内外渔船的石油废水。港池内水与外海交换不畅, 港区内未经处

理过的生活污水, 致使港区内大量的营养盐累积, 水体所含氮、磷过多, 富营养化, 使浮游生物过量生长。现对港区水质、沉积物及生物因子监测, 分析港区海洋环境质量。

2 调查方法

布设编号为 L01—L11 站位 11 个, 水质、沉积物、海洋生物调查均按照文献 [1] 的规定方法采样

收稿日期: 2009-09-20 修订日期: 2010-10-26

基金项目: 连云港市社会发展计划基金资助项目 (SH0809); 国家自然科学基金资助项目 (20977040); 2010 年江苏省高等学校大学生实践创新训练计划基金资助项目

作者简介: 韩照祥 (1969—), 男, 山东潍坊人, 副教授, 博士, 从事环境监测和环境生态学教学和研究工作。

和监测。

2.1 水质分析

监测分为表、底两层采样, 但石油类及 Chla 仅采表层。

项目为无机氮、盐度、SS、pH 值、Chla、COD、DQ、活性磷酸盐和油类及重金属。

2.2 沉积物分析

监测项目为 Cu、Zn、Cd、Hg、石油类、有机碳、硫化物等。

采集后的沉积物样品, 塑料袋中封存, 置冰箱中于 4℃ 保存待测。硫化物加乙酸锌封口; 分析 Cu、Zn、Cd 的泥样烘干后检测; Hg 湿泥样检测; 石油类泥样自然风干后检测。待测干样用玛瑙研磨器研碎, 并 160 目尼龙筛过筛, 用四分法分取样品, 泥样测定含水率。

2.3 海洋生物监测

浮游生物各站位自底层至表层用浅水浮游 III 型网、浮游 II 型网、浮游 I 型网、底拖网采集样品及 500 mL 水样。浮游 III 型网采的样品为浮游植物, 用碘液固定; 浮游 II 型网采的样品为中小型浮游动物; 浮游 I 型网采的样品为大型浮游动物; 底拖网采的样品为大型底栖游泳动物; 用采泥器定量采集大型底栖生物。除用碘液固定的生物样品外, 其他生物样品, 用体积分数 5% 福尔马林固定。

2.4 海洋环境评价

主要评价的环境因子为 pH 值、COD、DQ、活性磷酸盐、无机氮、石油类等。

2.4.1 水质评价方法^[2]

采用单因子指数法对水质现状进行评价, 污染程度随实测浓度增加变大。

$$P_i = C_i / C_{oi}$$

式中: P_i 为第 i 项污染物污染评价指数; C_i 为第 i 项污染物实测含量值; C_{oi} 为第 i 项污染物评价标准值。

(1) DO 污染评价指数。

$$P_{DOj} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s) \quad DO_f \geq DO_s$$

$$P_{DOj} = 10 - 9 DO_f - DO_s \quad DO_f < DO_s$$

$$DO_f = 468(31.6 + t)$$

式中: DO_j 为 j 点 DO 质量浓度, mg/L; DO_f 为饱和 DO 质量浓度, mg/L; DO_s 为溶解氧水质标准质量浓度, mg/L; t 为水温, °C。

(2) pH 值污染评价指数。

$$P_{pHj} = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{SL}) \quad pH_j \leq 7.0$$

$$P_{pHj} = (pH_{SU} - 7.0) / (pH_{SL} - 7.0) \quad pH_j > 7.0$$

式中: pH_j 为 j 点 pH 值; pH_{SL} 为水质标准规定的下限值; pH_{SU} 为水质标准规定的上限值。评价标准: 所有位于港池内的站位, 执行《海水水质标准》(GB 3097-1997) 中的 IV 类水质标准。

2.4.2 沉积物环境质量评价方法^[3]

评价标准: 所有监测点位于港池内, 执行《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002) 中的 3 类标准。

$$P_{ij} = C_{ij} / S_{ij}$$

式中: P_{ij} 为 i 污染物 j 点的污染评价指数; C_{ij} 为 i 污染物 j 点的实测质量比, mg/kg; S_{ij} 为 i 污染物 j 点的标准质量比, mg/kg。

3 结果分析

3.1 港区水质结果

港区内海水 COD 含量, 表层大于底层; 港外海水 COD 含量, 底层大于表层, 见表 1。

表 1 各站位 COD 值 $\mu\text{g/L}$

Table 1 Concentration of COD in sampling sites $\mu\text{g/L}$

站位编号	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11
表层	1.20	1.20	0.81	1.11	1.08	1.31	1.32	1.23	1.19	1.30	1.22
底层	0.91	0.82	0.80	0.83	1.14	1.43	1.18	1.20	1.31	1.31	1.38

其因为 L01—L07 站位在港区内部, 大量的生活污水与工业废水排入, 港池海水靠涨落潮进行水交换。港区内不利于水交换, 港区外利于水交换, 造成港内表层海水 COD 含量大于底层水含量, 港区外则相反。

大量由陆域排入港区水中的营养盐无法得到充分稀释, 造成无机氮和磷酸盐含量港内高, 港外低, 海水中无机氮含量分布见表 2, 磷酸盐含量分布见表 3。

表 2 各站位无机氮值 $\mu\text{g/L}$

Table 2 Concentration of inorganic nitrogen in sampling sites $\mu\text{g/L}$

站位编号	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11
表层	352	418	299	298	451	195	316	320	319	295	217
底层	354	453	502	501	452	351	315	289	301	345	215

表 3 各站位的活性磷酸盐值 mg/L

Table 3 Concentration of activated phosphate in sampling sites mg/L

站点编号	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11
表层	24.5	19.5	25.0	19.9	21.4	13.8	14.7	19.8	15.2	11.7	15.6
底层	22.3	21.6	20.1	18.3	20.8	18.8	22.4	18.9	17.6	14.8	13.9

海面表层有浪, 充分接触空气, 港区内海水 DO 质量浓度表层高, 底层低。由于地形的影响, 西大堤和东西连岛构成港区的天然屏障, 直接导致越接近入口, 风浪越大, 再加上港区入口过往船只较多, 水体交换较好, 港区 DO 的含量内低外高, 见表 4。

表 4 各站点 DO 值 mg/L

Table 4 Concentration of DO in sampling sites mg/L

站点编号	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11
表层	5.68	5.81	5.76	5.91	5.72	6.18	5.90	6.38	6.27	6.12	6.10
底层	5.56	5.71	5.45	5.80	5.81	5.92	5.83	6.25	6.10	5.99	5.87

L08、L09 水质油类含量较高, 究其原因 L08 站点、L09 站点靠近渔港所在地, 众多的渔船排放大量的含油废水, 或检修轮机漏油污染海水所致。油类的污染可能与石油工业和海上运输业的迅速发展, 产生大量的含油废水及含油污染物排向海洋有关^[4], 表层海水油类质量浓度值见表 5。

表 5 各站点油类值 mg/L

Table 5 Concentration of oils in sampling sites mg/L

站点编号	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11
表层	0.12	0.06	0.08	0.04	0.05	0.13	0.05	0.25	0.37	0.04	0.02

3.2 港区水质评价

污染物污染指数中的无机氮总体值较大, L03 和 L04 含量超标, 其他站满足相应的海水水质要求。pH 值、石油类、COD、DQ、活性磷酸盐在各个站点均不超标, 见表 6。

3.3 港区沉积物评价

各个站点监测的污染物污染指数值均满足《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002)。连云港近岸各海域沉积物重金属总的潜在生态风险危害指数远远低于 150 说明沉积物重金属潜在生态风险危害轻微, 即沉积物中重金属的生态危害效应较小^[2], 港区海域底质沉积物的评价见表 7。

表 6 港区水质评价

Table 6 Water quality evaluation of harbor districts

站点编号	层次	P_{pH}	$P_{石油类}$	P_{COD}	P_{DO}	$P_{O_3^-}$	$P_{无机氮}$
L01	表	0.53	0.19	0.24	0.57	0.54	0.73
L01	底	0.54		0.18	0.58	0.51	0.76
L02	表	0.52	0.13	0.24	0.54	0.42	0.83
L02	底	0.51		0.17	0.56	0.42	0.92
L03	表	0.55	0.16	0.16	0.55	0.47	0.59
L03	底	0.56		0.15	0.58	0.56	1.02
L04	表	0.57	0.08	0.22	0.52	0.44	0.57
L04	底	0.57		0.16	0.54	0.44	1.02
L05	表	0.57	0.08	0.22	0.56	0.41	0.90
L05	底	0.58		0.21	0.54	0.46	0.92
L06	表	0.57	0.15	0.26	0.50	0.45	0.33
L06	底	0.58		0.29	0.52	0.30	0.71
L07	表	0.58	0.10	0.26	0.52	0.32	0.64
L07	底	0.57		0.23	0.54	0.47	0.60
L08	表	0.58	0.49	0.25	0.45	0.42	0.67
L08	底	0.58		0.24	0.46	0.40	0.54
L09	表	0.61	0.73	0.24	0.45	0.34	0.65
L09	底	0.59		0.26	0.50	0.36	0.59
L10	表	0.61	0.82	0.26	0.48	0.24	0.56
L10	底	0.61		0.26	0.51	0.33	0.69
L11	表	0.61	0.25	0.25	0.48	0.33	0.45
L11	底	0.61		0.28	0.52	0.31	0.42

表 7 沉积物评价^①

Table 7 Sediment quality evaluation of harbor districts

站点编号	P_b	P_{Cd}	P_{Cu}	P_{Zn}	P_{Hg}	$P_{有机碳}$	$P_{石油类}$	$P_{硫化物}$
L01	0.18	0.04	0.16	0.14	0.04	0.04	0.05	0.19
L02	0.09	0.06	0.10	0.09	0.05	0.02	0.02	0.54
L03	0.06	0.05	0.10	0.08	0.04	0.05	0.04	0.22
L04	0.07	0.04	0.11	0.09	0.03	0.01	0.01	0.25
L05	0.09	0.02	0.09	0.07	0.03	0.02	0.01	0.26
L06	0.21	0.06	0.20	0.16	0.02	0.01	0.01	0.26
L07	0.17	0.05	0.25	0.14	0.03	0.03	0.07	0.18
L08	0.11	0.01	0.15	0.10	0.02	0.02	0.02	0.08
L09	0.05	0.02	0.11	0.10	0.02	0.06	0.06	0.08
L10	0.09	0.04	0.12	0.11	0.03	0.08	0.08	0.08
L11	0.09	0.01	0.14	0.12	0.02	0.10	0.12	0.09

① 表中 $P_{有机碳}$ 值 $\times 10^{-2}$, 其他值 $\times 10^{-6}$ 。

3.4 港区海洋生物评价

3.4.1 浮游植物

利用生物指数和群落多样性指数作为评价标准^[5-8]。共鉴定出浮游植物 31 种, 其中甲藻门 8 种, 硅藻门 23 种, 优势种为甲藻门中的叉状角藻、

夜光藻、扁形原多甲藻、棱角藻和硅藻门中肋骨条藻、螺旋扭鞘藻、中心圆筛藻等。硅藻在调查区内浮游植物组成和群落结构中具有重要的地位, 占藻总数的 75%。

调查中浮游植物最多的是 L08 站, 浮游植物数量依次为 L08 > L03 > L09 > L10 > L01 > L05 > L02 > L04 > L11 > L06 > L07, 浮游植物数量的变动范围为 $1.84 \times 10^4 \text{ m}^{-3} \sim 1.16 \times 10^5 \text{ m}^{-3}$, 多样性指数的平均值为 1.89。生物指数统计结果表明, 该港区的水环境质量为中度污染, 见表 8。

表 8 各站浮游植物的数量和多样性指数值

Table 8 Density and diversity index of phytoplankton in sampling sites

站位编号	生物数 n/m^{-3}	多样性指数值
L01	7.48	1.15
L02	5.90	2.10
L03	9.68	1.20
L04	4.66	2.42
L05	7.06	2.40
L06	3.86	2.40
L07	1.84	2.10
L08	11.2	2.60
L09	9.60	2.00
L10	9.42	1.15
L11	4.40	2.42

3.4.2 浮游动物

调查共发现浮游动物 27 种, 包括原生动物、毛颚动物、浮游幼虫及康虾类。

浮游动物的密度为 $570 \text{ m}^{-3} \sim 25641 \text{ m}^{-3}$, 平均为 7171 m^{-3} , 生物量为 $180 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim 850 \text{ mg}/\text{m}^3$,

平均值为 $521 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。生物多样性指数统计结果表明, 评价海域的水环境质量为中度污染, 见表 9。

表 9 浮游动物现存量及生物多样性指数

Table 9 Biomass and diversity index of zooplankton in sampling sites

站位编号	生物量 $\rho/(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	生物数 n/m^{-3}	多样性指数值
L01	180	2375	2.01
L02	200	2420	2.10
L03	250	570	1.88
L04	520	3293	2.10
L05	550	3060	1.81
L06	500	3462	2.12
L07	300	1082	2.17
L08	800	10812	2.01
L09	800	16688	1.87
L10	780	9448	2.11
L11	850	25641	0.85
平均值	521	7171	1.91

3.4.3 底栖生物

对 11 个站位的底栖生物进行调查, 底栖生物 17 种。L05、L11 两个站位未检出底栖生物。9 个站位检出的底栖生物主要为红光亮樱蛤、绒毛细足蟹、荆棘锚参等。

3.5 港区水域环境时空变化

由于西大堤封堵, 从北边临洪河口排出的大量污水不能再参与连云港的入口水体交换, 港区海水有机污染明显降低, 营养盐有所增高。2005 年与 2009 年各指标数值比较, 无明显变化。海水中锌的含量连续大幅增加, 其余指标含量降低 50%, 低于评价标准值, 港区水质变化情况见表 10。

表 10 港区水质的时空变化

Table 10 Time-space distribution of water pollutants in harbor districts

水质参数	西大堤封堵前				西大堤封堵后			
	1992 年—1993 年		1994 年—1995 年		2005 年		2009 年	
	区间	均值	区间	均值	区间	均值	区间	均值
$\rho(\text{DO})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	2.79~10.2	6.70	3.58~8.57	6.08	5.54~6.35	5.91	5.78~6.83	6.29
$\rho(\text{COD})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.33~7.20	1.76	0.32~3.04	1.13	0.76~1.45	1.14	0.57~1.44	0.91
pH 值	8.02~8.46	8.21	7.79~8.30	8.13	7.91~8.10	8.03	7.88~9.88	7.93
$\rho(\text{DN})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.09~0.89	0.26	0.11~0.81	0.40	0.16~0.51	0.34	0.34~0.94	0.54
$\rho(\text{DI})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.010~0.096	0.025	0.010~0.060	0.034	0.011~0.025	0.018	0.010~0.030	0.020
$\rho(\text{Cu})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	6.00~8.00	7.00	0.20~25.5	7.00			1.03~6.55	3.29
$\rho(\text{b})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	1.0~3.0	2.0	0.50~8.40	2.9			0.02~2.64	0.76
$\rho(\text{Zn})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	1.0~5.5	3.9	2.0~68.4	11.0			11.7~52.4	23.6
$\rho(\text{Cd})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	0.10~1.10	0.50	0.01~8.40	0.40			0.07~0.81	0.28

沉积物中各重金属污染物的污染评价指数值变化不大, 说明该海区污染与自净的能力相当, 港

区沉积物的污染物污染评价指数变化情况见表 11。

表 11 沉积物污染物污染评价指数的时空变化^①
Table 11 Time-space distribution of sediment quality in harbor districts

水质参数	西大堤封堵前				西大堤封堵后			
	1992年—1993年		1994年—1995年		2005年		2009年	
	区间	均值	区间	均值	区间	均值	区间	均值
P_{Cu}	11.1~28.0	19.2	14.0~28.1	19.1	17.6~49.4	27.6	12.8~67.1	33.5
P_b	10.0~21.2	15.2	17.1~49.0	26.9	12.6~51.8	27.6	11.3~103	48.2
P_{Zn}	46.3~100	73.7	25.9~108	59.0	40.6~97.2	65.6	47.9~156	107
P_{Cd}	0.09~0.26	0.17	0~0.03	0.02	0.05~0.31	0.18	0.14~0.42	0.25
P_{Hg}	0~0.111	0.070	0.0005~0.040	0.011	0.021~0.052	0.030	0.018~0.037	0.023
P_{As}	2.0~24.4	9.9	0.4~13.5	2.8	5.6~8.9	7.5	4.8~11.9	8.93

①表中所有值 $\times 10^{-6}$ 。

4 结论

连云港海水近港区, 表层 COD 含量大于底层含量; 港区外, 底层的 COD 含量大于表层。港区内海水 DO 含量表层高, 底层含量低。海水中无机氮和活性磷酸盐含量的分布则是港内高, 港外低。

港区内水体质量评价结果为无机氮含量较高, 个别站位超标, 但总体符合海水水质要求; pH 值、石油类、COD、DO、活性磷酸盐和沉积物等各站水质符合相应的要求。

硅藻在港区浮游植物组成和群落结构中具有重要的地位, 港区内水环境质量为中轻度污染。港区海水水质环境时空变化表明, 有机污染明显降低, 营养盐有所增高; 海水锌的含量连续增加, 其余重金属含量降低约 50%, 沉积物中重金属含量变化不大。

[参考文献]

- [1] 国家标准化管理委员会. GB 17378.4-2007 海洋监测规范 海水分析[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 101-103.
- [2] 张存勇. 连云港近岸海域沉积物重金属潜在生态危害评价[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(6): 632-635.
- [3] KANSIN D. An ecological risk index for aquatic pollution control: A sedimentological approach[J]. Water Research, 2008, (14): 975-1001.
- [4] 宋伦, 周遵春. 辽宁省近岸海洋环境质量状况与趋势评价[J]. 水产科学, 2007, 26(11): 613-618.
- [5] 吴东浩, 汪军涛. 连云港主要河流大型底栖无脊椎动物水质生物评价[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(1): 29-32.
- [6] 刘俊琢, 张成君. 硅藻指数在环境监测中的应用[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(5): 12-15.
- [7] 徐兆礼, 洪波. 东海赤潮高发区春季浮游动物生态特征的研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(7): 1081-1085.
- [8] 赵文, 董双林. 盐碱池塘浮游动物的种类组成和生物量[J]. 水产学报, 2001, 25(11): 28-31.

本栏目责任编辑 薛光璞

(上接第 45 页)

- [12] 吴国平, 胡伟, 滕恩江, 等. 我国四城市空气中 $M_{2.5}$ 和 M_{10} 的污染水平[J]. 中国环境科学, 1999, 19(2): 133-137.
- [13] 黄鹂鸣, 王格慧, 王荟, 等. 南京市空气中颗粒物 M_{10} 、 $M_{2.5}$ 污染水平[J]. 中国环境科学, 2002, 22(4): 334-337.
- [14] 胡敏, 赵云良, 何凌燕, 等. 北京冬、夏季颗粒物及其离子成分质量浓度谱分布[J]. 环境科学, 2005, 26(4): 1-6.
- [15] ZHUANG H, CHAN C K, FANG M, et al. Size distributions of particulate sulfate, nitrate, and ammonium at a coastal site in Hong Kong[J]. Atmospheric Environment, 1999, 33: 843-853.
- [16] 朱易, 胡衡生, 张新英, 等. 南宁市大气颗粒物 TS 、 M_{10} 、 $M_{2.5}$ 污染水平研究[J]. 环境污染与防治, 2004, 26(3): 176-178.
- [17] 刘随心, 张二科, 曹军骥, 等. 第八届全国气溶胶会议暨海峡两岸气溶胶技术研讨会文集: 西安 2005 年春季大气碳气溶胶的演化特征[R]. 南京: 南京大学出版社, 2005.
- [18] ENNANCE A S, SILLAN AA M, HILLIAMOR, et al. Performance of a high-volume cascade impactor in six European urban environments: Mass measurement and chemical characterization of size-segregated particulate samples[J]. Science of the Total Environment, 2007(374): 297-310.
- [19] JUAN C C, SARAH R D, SATOSHI IT, et al. Mass size distributions and size-resolved chemical composition of fine particulate matter at the Pittsburgh super site[J]. Atmospheric Environment, 2004(38): 3127-3141.