

山东昌邑国家级海洋生态特别保护区生态环境现状及管护对策研究

隽云昌¹, 刘国宁¹, 张颖¹, 张守本¹, 李秋霞¹, 宋秀凯², 马元庆²,
秦华伟², 张志¹, 吴倩倩¹, 付新华³

(1. 潍坊市海洋环境监测中心站 潍坊 261041; 2. 山东省海洋资源与环境研究院 烟台 264006; 3. 潍坊医学院 潍坊 261053)

摘要: 山东昌邑国家级海洋生态特别保护区是目前国内唯一以怪柳林生态系统为主要管理和保护对象的国家级海洋保护区。为系统、全面地了解保护区内生态环境和保护物种的变化趋势, 文章对山东昌邑国家级海洋生态特别保护区生态环境现状进行了监测与评价, 并根据评价结果, 分析了保护区保护与管理中存在的问题。研究表明, 该保护区生态环境一直处于亚健康状态, 为促进保护及管护, 提出了加强保护区生态建设, 改变保护区开发利用模式; 加强能力建设, 实现保护区动态监控; 协调发展与保护的关系, 实现资源可持续利用; 大力开展怪柳生态修复, 恢复怪柳的资源状况的对策建议。

关键词: 海洋保护区; 生态环境; 生态修复; 海岸防护; 协调发展; 资源可持续利用

中图分类号: P76

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2018)07-0063-09

Present Situation and Management & Protection Countermeasures of Ecological Environment in Changyi Ocean Ecology Special Protection Zone

JUAN Yunchang¹, LIU Guoning¹, ZHANG ying¹, ZHANG Shuoben¹, LI Qiuxia¹,
SONG Xiukai², MA Yuanqing², QIN huawei², ZHANG Zhi¹, WU Qianqian¹, FU Xinhua³

(1. Weifang Marine environment monitoring centre, Weifang 261041, China; 2. Shandong Marine Resource and Enviroment Research Institute, Yantai 264006, China; 3. Weifang Medical University, Weifang 261053, China)

Abstract: Changyi Ocean Ecology Special Protection Zone is the only national marine special protected area of the tamarix forest ecosystem in China. In order to understand the changing trends of marine environment and protected species in protected areas systematically, comprehensively, this paper conducted a monitoring and evaluation of the ecological environment in Changyi Ocean Ecology Special Protection Zone, according to the evaluation results, the problem in protection &

收稿日期: 2017-12-21; 修订日期: 2018-06-25

基金项目: 潍坊市科学发展计划项目(2016ZJ1047); 山东省渤海海洋生态修复及能力建设项目(20140601)。

作者简介: 隽云昌, 高级工程师, 研究方向为海洋与渔业环境保护

通信作者: 付新华, 副教授, 博士, 研究方向为生物化学与分子生物学

management of the protected area was analyzed. Research showed, the ecological environment of Protection Zone had been in a subhealthy state, to promote protection and management, suggestions for protection & management measures of changing the mode of development and utilization of Protection Zone were put forward; strengthening the capacity of building and realizing the dynamic monitoring of the Protection Zone; coordinating the relationship between development and protection, and achieving sustainable utilization of resources; carrying out ecological restoration and restoring the resources of tamarix.

Key words: Marine protected area, Ecological environment, Ecological restoration, Coastal protection, Coordinated development, Sustainable utilization of resources

0 引言

十三五期间,国家把“南红北柳”上升为国家战略,把生态修复和海岸防护作为主要任务^[1]。山东昌邑国家级海洋生态特别保护区是目前国内唯一的以桤柳林生态系统作为主要管理和保护对象的国家级海洋保护区,保护区面积达 2 929.28 hm²,是我国大陆海岸发育较好、连片最大、结构典型、保存完整的天然桤柳林分布区^[2-3]。这种典型独特的湿地在我国北方沿海地区极为罕见,保护区内的天然桤柳林具有生长面积大、分布集中、生态景观奇特、地理位置特殊等特征,在遗传、物种和生态系统等方面具有不可替代的作用^[4-5]。

近几年来,渤海溢油事故频繁发生^[6],山东昌邑国家级海洋生态特别保护区和典型生态系统海洋生物均受到不同程度的影响^[7],为系统、全面地了解溢油事故发生后保护区海洋环境和保护物种的变化,有必要对溢油影响严重的山东昌邑国家级海洋生态特别保护区生态环境及生物多样性开展系统、全面调查研究。据此,2014—2015 年开展了 3 次山东昌邑国家级海洋生态特别保护区生态环境现状监测与评价工作,分析了保护与管理中存在的问题,提出了保护与管理对策建议。

1 研究区域和时间

在山东昌邑国家级海洋生态特别保护区周边海域布设 12 个水质监测站位、6 个生态监测站位。海水监测时间为 2014 年 6 月、11 月和 2015 年 5 月 20 日;沉积物、生物监测时间为 2014 年 8 月和 2015 年 8 月(表 1)。监测方法依据海洋监测规范(GB17378.4—2007)^[8]。

表 1 山东昌邑海洋生态特别保护区监测站位经纬度

站位	经度	纬度	监测项目
1	119°29'18"	37°11'35"	海水
2	119°26'53"	37°11'38"	海水、沉积物、生物
3	119°24'50"	37°11'38"	海水
4	119°22'48"	37°11'37"	海水、沉积物、生物
5	119°20'51"	37°11'38"	海水
6	119°18'50"	37°11'38"	海水、沉积物、生物
7	119°18'50"	37°13'57"	海水
8	119°20'54"	37°13'57"	海水、沉积物、生物
9	119°22'50"	37°13'57"	海水
10	119°24'50"	37°13'59"	海水、沉积物、生物
11	119°26'52"	37°13'59"	海水
12	119°29'17"	37°13'57"	海水、沉积物、生物

2 采用的评价方法与标准

2.1 评价方法

(1)水质、沉积物、生物质量评价采用单因子评价法,评价与计算方法如下:

$$P_i = C_i / S_i$$

式中: P_i 为污染物的评价指数; C_i 为污染物的平均浓度; S_i 为污染物的标准值。

(2)生物多样性评价按照多样性指数、优势度和均匀度指数法:

香农—威纳(Shannon-Wiener)多样性指数 H' :

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \times \log_2 P_i$$

式中: H' 为生物多样性指数; S 为样品中的种类数量; P_i 为第 i 种的个体数与总个体数的比值。

优势度指数 Y :

$$Y = \frac{n_i}{N} f_i$$

式中: n_i 为第*i*种的个体数; f_i 为第*i*种的监测站位出现频率; N 为每个种出现的个体数的总和。一般将优势度指数 ≥ 0.02 的种类作为优势种。

均匀度指数 J :

$$J = \frac{H'}{H_{\max}}$$

式中: J 为均匀度指数; H' 为多样性指数; $H_{\max}$ 表示多样性指数的最大值。

2.2 评价标准

依据 2015 年山东省海洋特别保护区监测管理要求,以《海水水质标准》(GB3097—1997)^[9]和《海洋沉积物质量》(GB18668—2002)^[10]为评价标准。山东昌邑国家级海洋生态特别保护区海水各项指标按一类海水水质标准进行评价,各评价参数标准值见表 2。

表 2 水质评价参数引用的标准值	
参数	标准值
溶解氧	>6 mg/L
pH	7.8~8.5
化学需氧量	≤2 mg/L
无机氮	≤300 μg/L
活性磷酸盐	≤15 μg/L
石油类	≤50 μg/L
铜	≤5 μg/L
铅	≤1 μg/L
锌	≤20 μg/L
镉	≤1 μg/L
汞	≤0.05 μg/L
砷	≤20 μg/L

3 保护区生态环境现状

3.1 水环境

3.1.1 盐度

2014 年 6 月监测海域盐度为 27.485~27.940,平均值 27.646;2014 年 11 月监测海域盐度为 28.673~29.507,平均值 29.038;2015 年 5 月监测海域盐度为 28.753~30.502,平均值 29.480(图 1)。

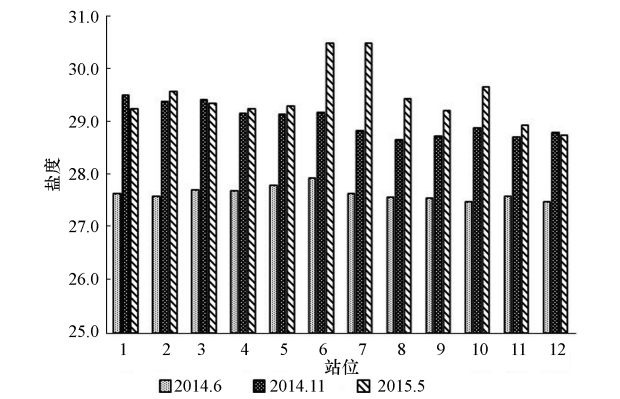


图 1 盐度监测结果

3.1.2 活性磷酸盐

2014 年 6 月监测海域活性磷酸盐浓度为 0.005~0.039 mg/L,平均值 0.011 mg/L;2014 年 11 月监测海域活性磷酸盐为 0.004~0.016 mg/L,平均值 0.008 mg/L;2015 年 5 月监测海域活性磷酸盐浓度为 0.001~0.003,平均值 0.002 mg/L;2014 年 6 月 12 号监测站位、2014 年 11 月 9 号监测站位的活性磷酸盐超第一类海水水质标准,其余时期各站位均符合第一类海水水质标准(图 2)。

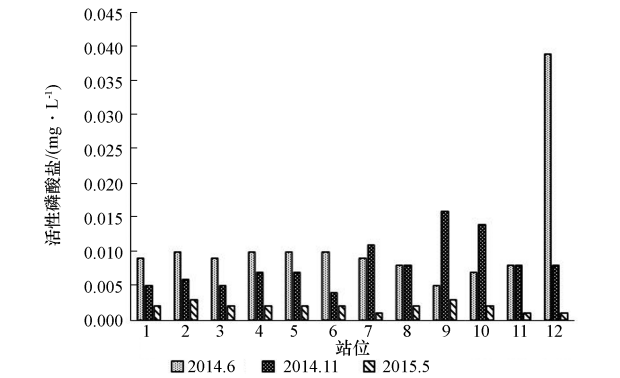


图 2 活性磷酸盐监测结果

3.1.3 无机氮

2014 年 6 月监测海域无机氮含量为 0.401~1.118 mg/L,平均值 0.584 mg/L;2014 年 11 月监测海域无机氮含量为 0.304~2.040 mg/L,平均值 0.834 mg/L;2015 年 5 月监测海域无机氮含量为 0.353~1.053 mg/L,平均值 0.573 mg/L。所有监测站位无机氮均超第一类海水水质标准(图 3)。

3.1.4 化学需氧量

2014 年 6 月监测海域化学需氧量含量为

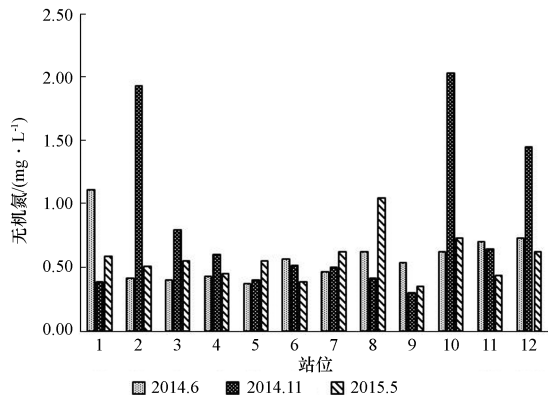


图3 无机氮监测结果

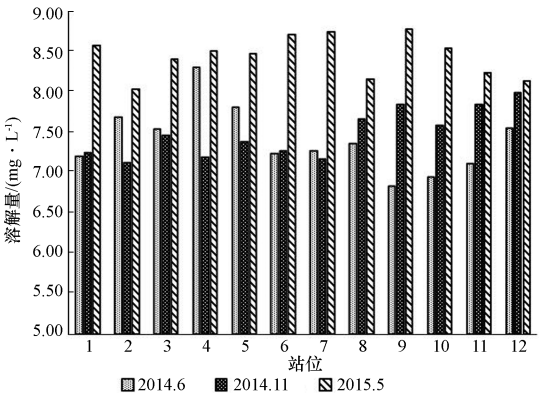


图5 溶解氧监测结果

1.45~2.21 mg/L, 平均值 1.75 mg/L; 2014 年 11 月监测海域化学需氧量含量为 1.36~2.89 mg/L, 平均值 2.69 mg/L; 2015 年 5 月监测海域化学需氧量含量为 1.52~1.90 mg/L, 平均值 1.71 mg/L。共 15 个站次化学需氧量超第一类海水水质标准, 其余监测站次化学需氧量均符合第一类海水水质标准 (图 4)。

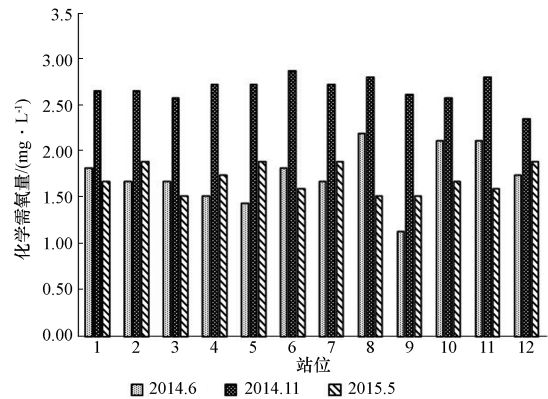


图4 化学需氧量监测结果

0.023 mg/L, 平均值 0.018 mg/L; 2014 年 11 月监测海域石油类含量为 0.009~0.024 mg/L, 平均值 0.019 mg/L; 2015 年 5 月监测海域石油类含量为 0.007~0.029 mg/L, 平均值 0.014 mg/L; 全部站次石油类含量均符合第一类海水水质标准 (图 6)。

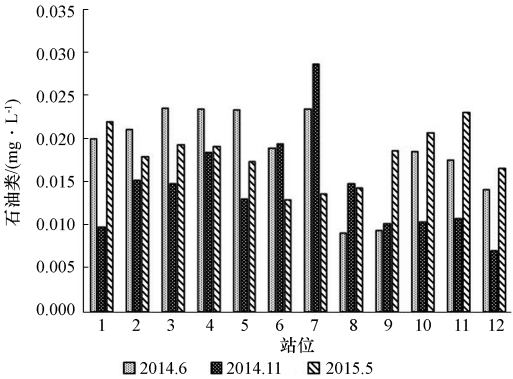


图6 石油类监测结果

3.1.5 溶解氧

2014 年 6 月监测海域溶解氧含量为 6.83~8.31 mg/L, 平均值为 7.40 mg/L; 2014 年 11 月监测海域溶解氧含量为 7.13~7.99 mg/L, 平均值为 7.49 mg/L; 2015 年 5 月监测海域溶解氧含量为 8.04~8.78 mg/L, 平均值为 8.45 mg/L; 所有监测站次溶解氧含量均符合第一类海水水质标准 (图 5)。

3.1.6 石油类

2014 年 6 月监测海域石油类含量为 0.013~

3.1.7 重金属(铜、铅、锌、镉、总铬、总汞、砷)

2014 年 6 月, 铜含量为 2.15~3.79 $\mu\text{g/L}$, 平均值 2.68 $\mu\text{g/L}$; 2014 年 11 月, 铜含量为 1.33~2.66 $\mu\text{g/L}$, 平均值 1.77 $\mu\text{g/L}$; 2015 年 5 月, 铜含量为 1.09~3.30 $\mu\text{g/L}$, 平均值 1.58 $\mu\text{g/L}$ 。

2014 年 6 月, 铅含量为 0.182~0.473 $\mu\text{g/L}$, 平均值 0.258 $\mu\text{g/L}$; 2014 年 11 月, 海水中铅含量为 0.247~0.746 $\mu\text{g/L}$, 平均值 0.397 $\mu\text{g/L}$; 2015 年 5 月, 铅含量为 0.193~0.649 $\mu\text{g/L}$, 平均值 0.410 $\mu\text{g/L}$ 。

2014 年 6 月, 锌含量为 21.0~52.0 $\mu\text{g/L}$, 平均值 31.3 $\mu\text{g/L}$; 2014 年 11 月, 锌含量为 11.0~42.0 $\mu\text{g/L}$, 平均值 25.2 $\mu\text{g/L}$; 2015 年 5 月, 锌含量为 12.0~

46.0 $\mu\text{g/L}$, 平均值 20.7 $\mu\text{g/L}$ 。

2014 年 6 月, 镉含量为 0.078~0.377 $\mu\text{g/L}$, 平均值 0.287 $\mu\text{g/L}$; 2014 年 11 月, 镉含量为 0.219~0.361 $\mu\text{g/L}$, 平均 0.263 $\mu\text{g/L}$; 2015 年 5 月, 镉含量为 0.124~0.288 $\mu\text{g/L}$, 平均值 0.177 $\mu\text{g/L}$ 。

2014 年 6 月, 总汞含量为未检出~0.026 5 $\mu\text{g/L}$, 平均值 0.008 8 $\mu\text{g/L}$; 2014 年 11 月, 总汞各站均未检出; 2015 年 5 月, 总汞含量为未检出~0.018 5 $\mu\text{g/L}$, 平均值 0.009 1 $\mu\text{g/L}$ 。

2014 年 6 月, 砷含量为 1.34~2.80 $\mu\text{g/L}$, 平均值 1.835 $\mu\text{g/L}$; 2014 年 11 月, 砷含量为 0.88~1.21 $\mu\text{g/L}$, 平均值 1.10 $\mu\text{g/L}$; 2015 年 5 月, 砷含量为 0.80~1.27 $\mu\text{g/L}$, 平均值 0.99 $\mu\text{g/L}$ 。

3 个时期共 22 个站次锌含量超第一类海水水质标准, 其余时期各站次重金属均符合第一类海水水质标准(图 7)。

3.2 沉积物环境

3.2.1 硫化物

2014 年, 监测海域沉积物硫化物含量为 1.10×10^{-6} ~ 5.08×10^{-6} , 平均值 2.56×10^{-6} ; 2015 年, 监测海域沉积物硫化物含量为 6.8×10^{-6} ~ 48.1×10^{-6} , 平均值 20.9×10^{-6} 。所有监测站位硫化物均符合沉积物一类质量标准。

3.2.2 油类

2014 年, 监测海域沉积物油类含量为未检出~ 58.4×10^{-6} ; 2015 年, 监测海域沉积物油类含量为 7.12×10^{-6} ~ 17.70×10^{-6} , 平均值 11.09×10^{-6} 。所有监测站位沉积物油类符合沉积物一类质量标准。

3.2.3 有机碳

2014 年, 监测海域沉积物有机碳含量为 $0.057 8 \times 10^{-2}$ ~ 0.282×10^{-2} , 平均值 0.193×10^{-2} ; 2015 年, 监测海域沉积物有机碳含量为 0.0281×10^{-2} ~ 0.392×10^{-2} , 平均值 0.172×10^{-2} 。所有监测站位有机碳均符合沉积物一类质量标准(图 8)。

3.2.4 重金属(铜、铅、锌、镉、总铬、总汞、砷)

2014 年监测海域沉积物中铜含量为 0.682~ 2.94×10^{-6} , 平均值 2.48×10^{-6} ; 2015 年监

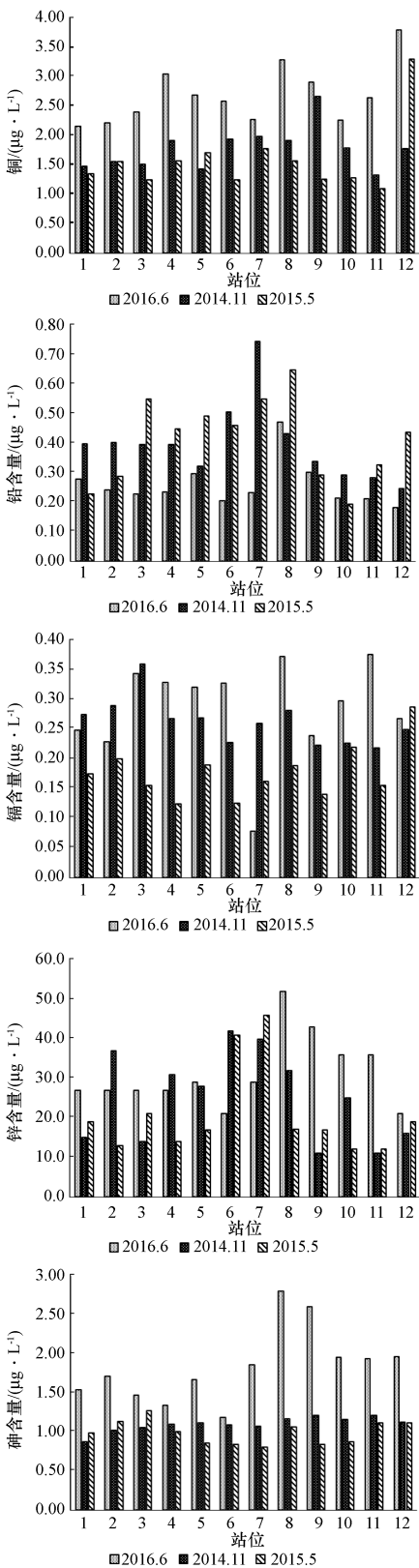


图 7 海水中重金属监测结果

测海域沉积物中铜含量为 2.48×10^{-6} ~ $4.13 \times$

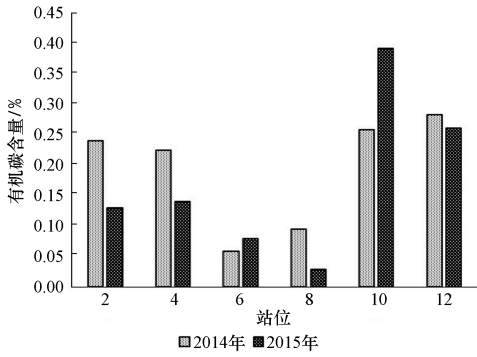


图8 沉积物中有机碳监测结果

10^{-6} , 平均值 3.02×10^{-6} 。

2014 年监测海域沉积物中铅含量为 $1.14 \times 10^{-6} \sim 6.83 \times 10^{-6}$, 平均值 4.52×10^{-6} ; 2015 年监测海域沉积物中铅含量为 $8.73 \times 10^{-6} \sim 15.4 \times 10^{-6}$, 平均值 11.18×10^{-6} 。

2014 年监测海域沉积物中锌含量为 $21.5.0 \times 10^{-6} \sim 34.7 \times 10^{-6}$, 平均值 30.7×10^{-6} ; 2015 年监测海域沉积物中锌含量为 $24.0 \times 10^{-6} \sim 33.5 \times 10^{-6}$, 平均值 28.1×10^{-6} 。

2014 年监测海域沉积物中镉含量为未检出 $\sim 0.0528 \times 10^{-6}$; 2015 年监测海域沉积物中镉含量为 $0.0281 \times 10^{-6} \sim 0.0538 \times 10^{-6}$, 平均值 0.0423×10^{-6} 。

2014 年监测海域沉积物中总汞含量为 $0.0233 \times 10^{-6} \sim 0.1590 \times 10^{-6}$, 平均值 0.0762×10^{-6} ; 2015 年监测海域沉积物中总汞含量为 $0.0273 \times 10^{-6} \sim 0.0610 \times 10^{-6}$, 平均值 0.0396×10^{-6} 。

2014 年监测海域沉积物中砷含量为 $6.01 \times 10^{-6} \sim 8.52 \times 10^{-6}$, 平均值 6.90×10^{-6} ; 2015 年监测海域沉积物中总汞含量为 $3.24 \times 10^{-6} \sim 5.55 \times 10^{-6}$, 平均值 4.11×10^{-6} 。

所有监测站位重金属符合沉积物一类质量标准(图 9)。

3.3 生物环境

3.3.1 叶绿素 a

2014 年 6 月监测海域叶绿素 a 含量为 $1.47 \sim 2.95 \mu\text{g/L}$, 平均值 2.03 mg/L ; 2014 年 11 月监测海域叶绿素 a 含量为 $0.597 \sim 3.81 \mu\text{g/L}$, 平均值 1.86 mg/L ; 2015 年 5 月监测海域叶绿素 a 含量为 $0.981 \sim 2.67 \mu\text{g/L}$, 平均值 1.54 mg/L ; 3 个时期叶

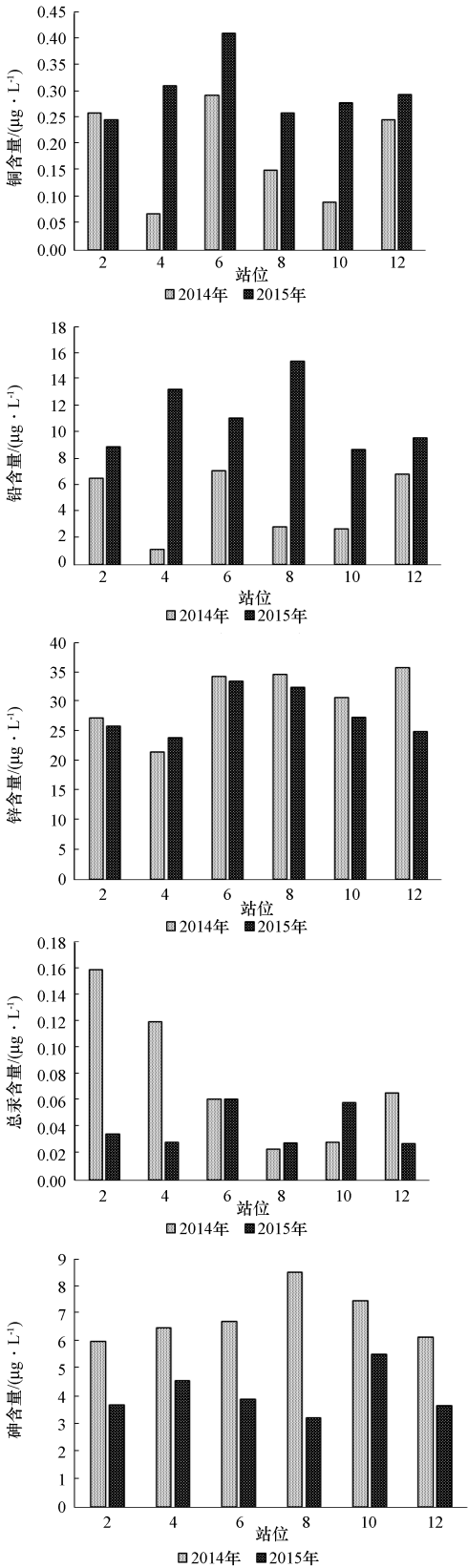


图9 沉积物重金属监测结果

绿素 a 含量变化不大(图 10)。

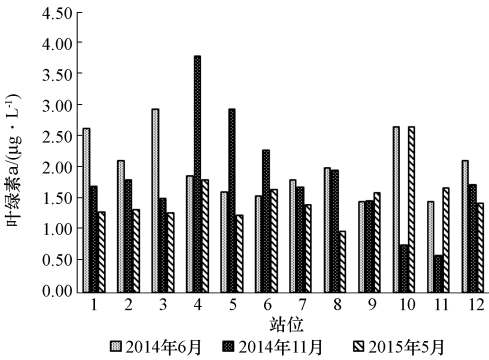


图 10 叶绿素 a 监测结果

3.3.2 浮游植物

2014 年,共采集到浮游植物 5 种,隶属于硅藻门和甲藻门,监测海域浮游植物密度为 $1.42\times10^4\sim43.9\times10^4\text{ cell/m}^3$,平均值 $29.29\times10^4\text{ cell/m}^3$; 2015 年,共采集到浮游植物 9 种,隶属于硅藻门和甲藻门。监测海域浮游植物密度为 $1.77\times10^4\sim1\,362.24\times10^4\text{ cell/m}^3$,平均值 $486.74\times10^4\text{ cell/m}^3$ (表 3)。

表 3 浮游植物群落结构特征

站 位	密度/($10^4\text{ cells}\cdot\text{m}^{-3}$)	
	2014 年	2015 年
2	17.72	113.04
4	21.18	34.31
6	1.90	2 724.48
8	57.0	40.04
10	44.13	0.36
12	17.72	8.18
平均值	29.29	486.74

3.3.3 浮游动物

(1)种类组成。2014 年,I 型网共采集到浮游动物 5 种,其中 12 号站位生物量最高,达 6.7 g/m^2 ,4 号站生物量最低,只有螺赢蜚 1 种,生物量为 0.43 g/m^2 。2015 年,I 型网共采集到浮游动物 9 种,其中 2 号站位生物量最高,达 0.29 g/m^2 ,8 号站生物量最低,只有沙蚕 1 种,生物量为 $0.310.29\text{ g/m}^2$ 。

2014 年,II 型网共采集到浮游动物 25 种,隶属于桡足类、毛颚动物、腔肠动物、原生动物及浮游幼

虫类。

2015 年,II 型网共采集到浮游动物 20 种,隶属于桡足类、毛颚动物、腔肠动物、原生动物及浮游幼虫类(图 11)。

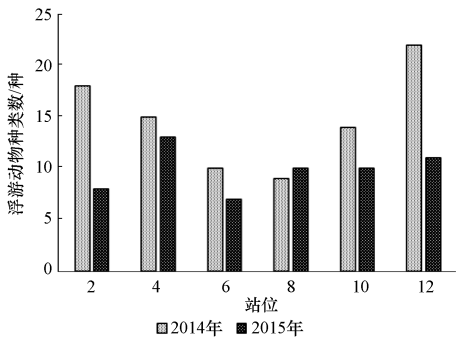


图 11 小型浮游动物种类组成

(2)数量分布。2014 年,I 型网的浮游动物数量范围为 $10\sim30\text{ 个/m}^3$;2015 年,I 型网的浮游动物数量范围为 $10\sim40\text{ 个/m}^3$ (表 4)。

表 4 I 型网浮游动物数量

站 位	密度/($\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$)	
	2014 年	2015 年
2	30	10
4	10	10
6	10	20
8	10	20
10	10	20
12	10	23

2014 年,II 型网各站位之间浮游动物数量范围为 $1\,569.17\sim36\,634.26\text{ 个/m}^3$,平均为 $13\,396.72\text{ 个/m}^3$ 。2015 年,II 型网各站位之间浮游动物数量范围为 $181.25\sim2\,226.43\text{ 个/m}^3$,平均为 $1\,125.10\text{ 个/m}^3$ 。2014 年浮游动物数量远高于 2015 年同期数量,2014 年是 2015 年的 11.9 倍(表 5)。

表 5 II 型网浮游动物数量

站 位	密度/($\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$)	
	2014 年	2015 年
2	6 499.54	1 906.25
4	1 569.17	345.67

续表

站位	密度/(个·m ⁻³)	
	2014 年	2015 年
6	2 723.21	2 226.43
8	36 634.26	181.25
10	19 897.92	1 726.94
12	13 056.21	364.05
平均值	13 396.72	1 125.10

3.3.4 大型底栖生物

2014 年,共采集到 6 种大型底栖生物,生物量为 0.36 ~12.94 g/m²,平均生物量为 2.29 g/m²,密度为 1 ~3 个/m²。2015 年,共采集到 9 种大型底栖生物,生物量为 0.07 ~3.97 g/m²,平均生物量为 0.67 g/m²,密度为 1²~4 个/m²。2015 年大型底栖生物生物量明显低于 2014 年(表 6)。

表 6 大型底栖生物群落参数

站位	生物量/(g·m ⁻²)		生物密度/(个·m ⁻²)	
	2014 年	2015 年	2014 年	2015 年
2	1.26	0.29	30	10
4	0.43	2.27	10	20
6	0.45	0.97	10	20
8	0.87	0.31	10	20
10	1.54	0.17	10	10
12	6.70	1.64	10	23
平均值	1.88	0.94	13	17

3.4 研究结论

保护区内在所有水质监测指标中,除无机氮、个别站位活性磷酸盐、化学需氧量和重金属锌超第一类海水水质标准之外,其余各指标均符合第一类海洋水质标准;沉积物质量良好,各监测指标均符合第一类海洋沉积物质量标准;海洋生物多样性状况基本稳定。但多年来,陆源排污和高强度的海洋资源开发活动,使莱州湾水质长期处于无机氮偏高、氮磷比严重失调^[11],鱼类产卵数量偏低,渔业资源群落结构的持续性和稳定性呈现逐年降低和减弱的趋势^[12],山东昌邑国家级海洋生态特别保护区生态环境一直处于亚健康状态。

4 管护对策

4.1 加强保护区生态建设,改变保护区开发利用模式

山东昌邑国家级海洋生态特别保护区地处莱州湾湾底河海交汇区,是典型的河海生态交错带,受陆源入海排污影响,该区生态系统比较复杂且脆弱,生物资源发生量波动显著。同时,又是人类海洋开发利用活动频繁和密集的区域,生物资源和生态环境承受巨大的压力^[13]。为此,必须改变保护区内生物资源开发利用模式,重视生态环境保护与污染治理,加强自然保护区和种质资源保护区建设。

4.2 加强能力建设,实现保护区动态监控

本着“先易后难、先急后缓”的原则,进一步加快山东昌邑国家级海洋生态特别保护区基础设施建设,完善管护设施,提高装备水平,为实施有效管理提供有力物质保障。积极开展动态监控系统建设,逐步实现对保护区全方位、立体化的动态监控,进一步加大信息化建设投入,在保护区主要区域安装数据同步传输于一体的监控系统,使保护区生态环境得到更时效、准确的有效监督。

4.3 协调发展与保护的关系,实现资源可持续利用

加强宣传力度,协调好发展与保护的关系,进一步提高山东昌邑国家级海洋生态特别保护区的知名度,以促进对外开放和旅游事业的发展。加强与地方政府有关部门联合进行科学研究,以使当地政府参与到保护区的管护中来,为保护区的发展提出建设性意见。

4.4 大力开展柽柳生态修复,恢复柽柳的资源状况

研究高效可行的植被修复技术,通过开展生态恢复,极大地恢复保护物种柽柳的资源状况,同时改善了区域内及周边区域的生态环境质量。通过对保护区发展、海岸保护、海洋生态系统修复等问题的研究,在对自然资源、生态系统和主要保护对象影响评价的基础上,编制完成保护区发展规划,将保护区建成管理先进、体系完善、机制创新、功能齐全的海洋生态特别保护区。同时,以修复保护区自然生态与发展生态旅游为核心任务,以建设环渤海最大的柽柳林生态区和著名的生态旅游基地为目标,打造“南有红树林,北有柽柳林”的品牌。

参考文献

[1] 王殿昌.实施“南红北柳”生态工程 促进海洋生态文明建设[N].中国海洋报,2016-05-16(A2).

[2] 王学沁,衣华鹏,高猛,等.昌邑国家级海洋生态特别保护区植物物种多样性[J].湿地科学,2015,13(3):364-368.

[3] 刘国宁,隽云昌,张守本,等.基于遗传多样性分析的海洋保护区典型物种保护措施研究[J].海洋开发与管理,2017,34(6):46-50.

[4] 曹磊.山东半岛北部典型滨海湿地碳的沉积与埋藏[D].北京:中国科学院研究生院(海洋研究所),2014.

[5] 王景志,盖文杰,刘岩山,等.柽柳的绿化价值与栽培[J].林业实用技术,2002(8):11-12.

[6] 刘钦政,张存智,刘煜,等.渤海溢油数值预报研究[J].海洋预报,2005,22(5):70-76.

[7] 申丹,焦琳琳,常禹,等.黄海和渤海沿海地区生态系统健康评价[J].生态学杂志,2015,34(8):2362-2372.

[8] 国家质量监督检验检疫总局.GB17378—2007 海洋监测规范[S].北京:中国标准出版社,2007.

[9] 国家环境保护局,国家海洋局.GB3097—2007 海水水质标准[S].北京:环境科学出版社,2007.

[10] 国家环境保护局,国家海洋局.GB18668 2002 沉积物质量标准[S].北京:环境科学出版社.2007.

[11] 赵玉庭,苏博,李佳蕙,等.2013 年春季莱州湾海域理化环境及水质状况分析[J].渔业科学进展,2016(4):74-80.

[12] 杨尧尧,李忠义,吴强,等.莱州湾渔业资源群落结构和多样性的年纪变化[J].渔业科学进展,2016(1):22-29.

[13] 张永祥,薛禹群,陈鸿汉.莱州湾南岸潍坊地区咸一卤水入侵及其地下水化学特征[J].地球科学,1997,22(1):94-98.