

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20170210001

http://www.yykxjz.cn/

滕瑶, 陈碧鹃, 夏斌, 曲克明, 冯娟, 崔正国, 张旭志, 丁东生. 靖海湾松江鲈鱼种质资源保护区生态环境质量分析与评价. 渔业科学进展, 2018, 39(2): 34–41
Teng Y, Chen BJ, Xia B, Qu KM, Feng J, Cui ZG, Zhang XZ, Ding DS. Ecological environment quality analysis and evaluation of *Trachidermus fasciatus* Heckel in Jinghai Bay National Germ Plasm Resource Area. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(2): 34–41

靖海湾松江鲈鱼种质资源保护区 生态环境质量分析与评价*

滕 瑶^{1,2} 陈碧鹃² 夏 斌^{2,3①} 曲克明² 冯 娟¹
崔正国² 张旭志² 丁东生²

(1. 青岛大学环境科学与工程学院 青岛 266071; 2. 农业部海洋渔业资源可持续发展重点实验室
山东省渔业资源与生态环境重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;
3. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室 青岛 266071)

摘要 根据 2014~2016 年夏季对靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区表层海水中营养盐和重金属等相关环境因子的连续监测数据,运用综合质量指数法对该海域生态环境质量进行综合评价,并分别采用有机污染指数法、潜在性富营养化评价法和主成分分析法从不同方面分析该海域的水质情况。结果显示,靖海湾保护区海水环境综合质量指数范围为 1.04~1.69,评价等级为轻污染。有机污染指数范围为 4.66~9.23,处于严重有机污染状态。根据营养化评价模式分析得出,2014 年靖海湾保护区处于富营养状态,2015 年和 2016 年均处于氮限制潜在性富营养状态。主成分分析显示,溶解无机氮(DIN)、As、Zn 具有较高正载荷,为影响该海域水质的主要环境因子,应予以重点监测和防治。

关键词 靖海湾; 水产种质资源保护区; 生态环境质量; 主成分分析

中图分类号 S931.3 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2018)02-0034-08

水产种质资源保护区是指为保护水产种质资源及其主要生存环境免受人为活动破坏,实现其可持续利用,从而依法在具有较高经济及遗传育种价值的保护对象的主要生长繁育区域(即产卵场、索饵场、越冬场以及洄游通道)内划出的予以定期保护、监测和管理的区域。近年来,由于受到近岸涉海工程建设、水体污染等影响,我国水产种质资源保护区的环境质量受到一定程度的损害,因此,在连续监测的基础上,

对水产种质资源保护区进行生态环境质量分析与评价是实现其可持续发展的基础所在。目前,已经对靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区(夏斌等, 2010; 崔毅等, 2013)、盘古河细鳞鱼江鳕水产种质资源保护区(战培荣等, 2010)、莱州湾单环刺螠近江牡蛎水产种质资源保护区(杨建强等, 2014)、海州湾大竹蛏资源保护区(夏斌等, 2014)及象山港蓝点马鲛水产种质资源保护区(黄秀清等, 2015)等进行了监测与评价。

* 国家自然科学基金委-山东省联合基金项目(U1406404)和国家海洋局项目[DOME(P)MEA)-01-01; DOME(P)MEA)-02]共同资助 [This work was supported by the Joint Fund of National Fund Committee and Shandong Province (U1406404), and State Oceanic Administration Project of China: DOME(P)MEA)-01-01; DOME(P)MEA)-02]. 滕 瑶, E-mail: y_tfighting@163.com

① 通讯作者: 夏 斌, 副研究员, E-mail: xiabin@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2017-02-10, 收修改稿日期: 2017-02-25

2007年12月,农业部批准建立靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区,该保护区主要保护对象为松江鲈鱼及其产卵场、越冬场和索饵场。夏斌等(2010)研究表明,2008年6月靖海湾水产种质资源保护区表层海水达到富营养化水平,且有机污染严重,活性磷酸盐是主要污染物;崔毅等(2013)研究发现,2011年靖海湾水产种质资源保护区属于磷限制潜在性富营养水平,2012年属中度营养水平,2013年达到富营养化水平,且受到严重有机污染。徐林波等(2103)报道2011年10月靖海湾表层沉积物重金属的潜在生态危害较轻,属于较清洁水平。已往研究对环境质量的评价关注较多,而运用主成分分析法对靖海湾保护区主要污染因子进行分析评价的研究尚未见报道。本研究以靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区核心区为调查海域,根据2014~2016年夏季对调查海域表层海水中部分环境因子的连续监测数据,运用综合质量指数法对调查海域的生态环境质量状况进行综合分析评价,并基于不同环境因子,运用潜在性富营养化评价法、有机污染指数法以及主成分分析法,针对水体营养状态、有机污染状况以及主要污染因子3个方面对调查海域的海水水质状况进行分析评价,从而准确把握调查海域的生态环境质量现状及其变化趋势,为保障调查海域环境保护与社会经济发展综合决策,实现其可持续发展提供科学依据。

1 采样与分析方法

1.1 研究区域

靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区位于山东省文登市,总面积为818.89 hm²。保护区内设置核心区域1个,面积为664.75 hm²,由10个拐点连线围成。设置青龙河和蔡官河口2个实验区,面积分别为59.14 hm²和95.00 hm²。该保护区的主要保护对象为松江鲈鱼及其产卵场、越冬场和索饵场,特别保护期为每年12月至翌年3月。

1.2 采样站位与时间

本研究调查海域位于山东省文登市靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区的核心区,共设9个调查站位(图1),调查时间为2014年7月、2015年7月以及2016年7月。

1.3 测定参数与分析方法

检测所需水样采用Niskin采水器进行采集,采样层次为表层。检测项目包括盐度、pH、溶解氧(DO)、

化学需氧量(COD)、活性磷酸盐(DIP)、溶解无机氮(DIN)、铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、镉(Cd)、汞(Hg)和砷(As)。所需样品的采集、现场处理以及检测均按照《海洋监测规范》(GB17378.4-2007)中所规定的方法进行:盐度及pH使用美国YSI556多参数分析仪进行测定;DO用碘量法测定;COD采用碱性高锰酸钾法测定;铵盐采用次溴酸盐氧化法进行测定;硝酸盐用铈-镉还原法测定;亚硝酸盐采用萘乙二胺分光光度法进行测定;磷酸盐采用磷钼蓝分光光度法进行测定;Hg、As用原子荧光分光光度法测定;Cu、Pb、Zn及Cd用原子吸收分光光度法测定。

1.4 评价方法与标准

1.4.1 综合质量指数法 综合质量指数法是根据监测海域各环境因子污染指数,对该海域的综合污染指数进行计算,进而对其生态环境状况进行综合评价的方法(贾晓平等,2003),评价公式为:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

$$P_i = \frac{C_i}{C_s}$$

式中, Q 为综合污染指数, n 为环境因子项数, P_i 为环境因子污染指数, C_i 为环境因子实际测量值, C_s 为环境因子评价标准值。

由于海水中pH值的评价标准是一个范围值,所以其污染指数用公式计算:

$$S_{(i,pH)} = \frac{|pH_i - pH_{sm}|}{D_s}$$

$$pH_{sm} = \frac{1}{2}(pH_{s\mu} + pH_{sd})$$

$$D_s = \frac{1}{2}(pH_{s\mu} - pH_{sd})$$

式中, $S_{(i,pH)}$ 为第*i*站的pH质量指数, pH_i 为第*i*站的pH实际测量值, $pH_{s\mu}$ 为pH评价标准上限, pH_{sd} 为pH评价标准下限, pH_{sm} 为评价标准的中位值。

本研究调查海域位于靖海湾保护区核心区域内,应采用一类《海水水质标准》(GB 3097-1997)作为评价标准值,综合质量指数与环境分级的关系见表1。

1.4.2 有机污染评价方法 有机污染指数(A)计算公式为(蒋国昌等,1987):

$$A = \frac{COD_i}{COD_s} + \frac{DIN_i}{DIN_s} + \frac{DIP_i}{DIP_s} - \frac{DO_i}{DO_s}$$

式中, A 为有机污染指数, COD_i 、 DIN_i 、 DIP_i 、 DO_i 为上述各项环境因子实际测量值, COD_s 、 DIN_s 、 DIP_s 、 DO_s 为上述各项环境因子评价标准值,本研究

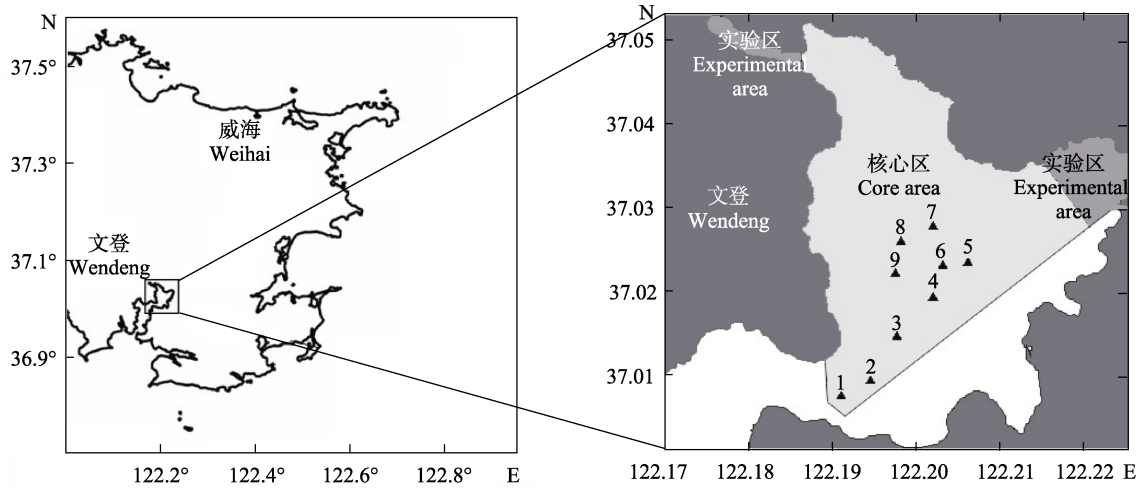


图 1 保护区调查站位

Fig.1 Sampling sites in conservation area

表 1 综合质量指数与环境分级关系

Tab.1 The 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	$2.0 \leq Q < 3.0$
尚清洁 Slight clean	$0.3 \leq Q < 0.7$	重污染 Serious pollution	$3.0 \leq Q < 5.0$
允许 Permit	$0.7 \leq Q < 1.0$	恶性污染 More serious pollution	$Q \geq 5.0$
轻污染 Light pollution	$1.0 < Q < 2.0$		

表 2 有机污染指数与海水有机污染等级关系

Tab.2 The relationship between the organic pollution index and the organic pollution classification in seawater

分级 Classification	有机污染指数(A) Organic pollution index	分级 Classification	有机污染指数(A) Organic pollution index
良好 Good	$A < 0$	轻度污染 Light pollution	$2 < A < 3$
较好 Preferable	$0 < A < 1$	中度污染 Moderate pollution	$3 < A < 4$
开始受到污染 Begin to be polluted	$1 < A < 2$	严重污染 Serious pollution	$A > 4$

采用的是海水一类水质标准(GB3097-1997), 其值分别为 2 mg/L、200 μ g/L、15 μ g/L、6 mg/L。有机污染指数与海水有机污染等级关系见表 2。

1.4.3 潜在性富营养化评价方法 运用潜在性富营养化评价方法(郭卫东等, 1998)及其营养分级模式, 参照《海水水质标准》(GB 3097-1997)及有关监测数据对调查海域水质进行评价(表 3)。

1.4.4 主成分分析法 主成分分析法是在最大限度保留原始数据的基础上, 采用降维技术对原始数据综合和简化后进行评价的一种分析方法。本研究运用 SPSS 13.0 软件对靖海湾保护区内相关环境因子进行主成分分析。主要分析步骤如下:

(1)将监测数据录入到 SPSS 13.0 数据录入区, 并

根据实际情况对每个数据进行定义; (2)利用命令 Analyze→Data Reduction→Factor Analyze, 对录入的数据进行主成分分析; (3)在 Factor Analyze 过程中, 将定义后的数据输入到待分析变量框, 并根据所需的输出结果点击 Descriptives、Extraction、Rotation、Scores 和 Options 按钮设置相关系数; (4)点击 Factor Analyze 确认, 输出结果, 得出量化描述并进行进一步分析。

2 结果与讨论

2.1 评价因子的含量水平

2014~2016年夏季靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区表层海水中相关环境因子含量见表 4。

表 3 潜在性富营养化评价
Tab.3 The standard of potential eutrophication assessment

等级 Grade	营养级 Nutrient level	DIN ($\mu\text{g/L}$)	DIP ($\mu\text{g/L}$)	N/P
I	贫营养 Poor nutrient	<200	<30	8~30
II	中度营养 Medium nutrient	200~300	30~45	8~30
III	富营养 Rich nutrient	>300	>45	8~30
IV _P	磷限制中度营养 Medium nutrient with limited phosphorous	200~300	/	>30
V _P	磷中等限制潜在性富营养 Potential rich nutrient with medium limited phosphorous	>300	/	30~60
VI _P	磷限制潜在性富营养 Potential rich nutrient with limited phosphorous	>300	/	>60
IV _N	氮限制中度营养 Medium nutrient with limited nitrogen	/	30~45	<8
V _N	氮中等限制潜在性富营养 Potential rich nutrient with medium limited nitrogen	/	>45	4~8
VI _N	氮限制潜在性富营养 Potential rich nutrient with limited nitrogen	/	>45	<4

2014~2016 年盐度的变化范围为 23.67~32.19, 平均值为 29.27; pH 变化范围为 7.22~7.98, 2014 年和 2015 年均符合一、二类《海水水质标准》(GB 3097-1997), 2016 年有 4 个站位 pH 值低于一、二类《海水水质标准》(GB 3097-1997), 所占比例为 44.44%; DO 变化范围为 5.60~6.95 mg/L, 2014~2016 年 9 个站位均符合一类《海水水质标准》(GB 3097-1997); COD 变化范围为 1.17~2.29 mg/L, 最低值出现在 2015 年, 9 个站位 COD 含量均符合一类《海水水质标准》(GB 3097-1997), 2014 年和 2016 年均 有 站位 超 出 一 类 《海 水 水 质 标 准 》(GB 3097-1997), 超 标 率 分 别 为 55.56% 和 11.11%; 3 年 DIN 含 量 变 化 范 围 为 188.54~668.47 $\mu\text{g/L}$, 每 年 均 有 站 位 DIN 含 量 超 出 《海 水 水 质 标 准 》(GB 3097-1997) 一 类 海 水 水 质 标 准, 平 均 超 标 率 分 别 为 100%、88.89% 和 77.78%; 3 年 的 DIP 含 量 全 部 超 出 国 家 海 水 水 质 标 准 (GB3097-1997) 一 类 海 水 水 质 标 准, 平 均 超 标 率 均 为 100%。以 上 监 测 结 果 表 明, 2014~2016 年 靖 海 湾 松 江 鲈 鱼 国 家 级 水 产 种 质 资 源 保 护 区 调 查 海 域 水 质 较 差。靖 海 湾 保 护 区 近 3 年 含 量 较 多 的 重 金 属 为 Pb、Hg、Cu 和 Zn, 其 中, 2014 年 超 出 一 类 《海 水 水 质 标 准 》(GB 3097-1997) 的 重 金 属 为 Hg 和 Pb, 超 标 率 分 别 为 100% 和 22.22%; 2015 年 超 标 重 金 属 为 Hg、Cu、Pb 和 Zn, 超 标 率 分 别 为 55.56%、77.78%、100% 和 22.22%; 2016 年 超 标 重 金 属 为 Pb, 超 标 率 为 22.22%。

2.2 海水综合质量评价

选择表 4 所列的 12 项环境因子构建评价指标体系, 运用综合质量指数法对靖海湾保护区的生态环境质量进行综合评价, 综合质量指数如图 2 所示。

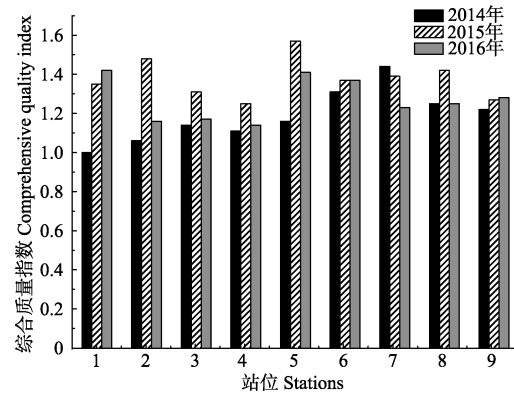


图 2 2014~2016 年夏季靖海湾调查站位的综合质量指数
Fig.2 The comprehensive quality index of each station in Jinghai Bay in summer of 2014~2016

综合分析 2014~2016 年 9 个调查站位综合质量指数得出, 1、2、3、4 和 9 号调查站位综合质量指数较低, 最低为 4 号站点, 但相差较小; 5、6、7 和 8 号调查站位综合质量指数较高, 最高为 5 号站点。这主要是由于 5、6、7 和 8 站位离湾口距离较远, 自净能力差, 且易受到沿岸居民生活、工业生产的影响, 这与夏斌等(2010)、崔毅等(2013)的研究结果一致。从年际变化趋势分析, 2014 年调查海域海水综合质量指数范围为 1.00~1.44, 平均值为 1.19; 2015 年海水综合质量指数范围为 1.25~1.57, 平均值为 1.38; 2016 年海水综合质量指数范围为 1.14~1.42, 平均值为 1.27。靖海湾调查海域海水综合质量指数排序为 2015 年 > 2016 年 > 2014 年。根据综合质量指数与环境分级关系(表 1), 2014~2016 年靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区海水综合质量指数均处于 1.04~1.69 之间, 这表明保护区水质等级为轻污染。

表 4 主要环境因子含量
Tab.4 Content of the main environmental factors

年份 Year	指标 Index	盐度 Salinity	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	DIN ($\mu\text{g/L}$)	DIP ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)	Zn ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Hg ($\mu\text{g/L}$)	As ($\mu\text{g/L}$)
2014	范围 Range	23.67~28.51	7.86~7.98	6.28~6.95	1.41~2.29	475.54~668.47	41.56~87.11	0.95~1.26	0.14~1.84	4.88~11.08	0.07~0.27	0.073~0.113	4.66~7.57
	平均值 Average	25.45	7.94	6.65	1.98	548.51	68.84	1.12	0.78	6.84	0.17	0.097	5.71
2015	范围 Range	31.72~31.89	7.70~7.78	6.27~6.74	1.17~1.50	188.54~345.83	73.92~101.23	2.02~7.61	1.09~4.29	3.93~33.55	0.20~0.87	0.006~0.209	1.91~2.60
	平均值 Average	31.81	7.74	6.47	1.35	270.36	87.07	5.54	2.59	13.68	0.48	0.058	2.16
2016	范围 Range	31.59~32.19	7.22~7.64	5.60~6.20	1.42~2.07	195.31~273.42	53.16~75.96	1.22~4.44	0.43~1.21	3.56~7.89	0.22~0.75	0.034~0.049	0.72~1.02
	平均值 Average	31.89	7.50	5.88	1.64	220.5	66.46	2.81	0.79	5.37	0.48	0.042	0.90
平均值 Average		29.72	7.73	6.33	1.66	346.46	74.12	3.16	1.39	8.63	1.13	0.066	2.92

这可能与陆源污染水体排放、大气沉降、海水养殖等多方面因素有关。

2.3 有机污染评价

根据有机污染指数(A)计算公式, 得出 2014 年调查海域有机污染指数的变化范围为 4.69~9.23, 平均值为 7.21; 2015 年调查海域有机污染指数的变化范围为 5.62~8.04, 平均值为 6.75; 2016 年调查海域有机污染指数的变化范围为 4.66~6.18, 平均值为 5.38。这表明 2014~2016 年靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区有机污染状况处于严重污染状态。崔毅等(2013)研究表明, 2011~2013 年靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区有机污染指数平均值分别为 8.83、3.49 和 5.64。夏斌等(2010)研究发现, 2008 年夏季靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区有机污染指数平均值为 5.30。通过对比发现, 2014~2016 年靖海湾保护区有机污染状况未见明显好转。赵玉庭等(2016)分析得出, 莱州湾单环刺螠近江牡蛎国家级水产种质资源保护区有机污染指数平均为 1.61, 总体上处于开始受到污染状况。孙伟等(2016)通过调查得出, 双岛湾海水有机污染指数变化区间为 -0.62~1.00。近年来, 靖海湾保护区有机污染指数平均值均大于莱州湾及双岛湾, 应进一步加强对该区域有机污染物排放的规划与管理。

2.4 潜在性富营养化评价

根据郭卫东等(1998)提出的潜在性富营养化评价法, 以氮、磷营养盐的含量作为评价参数对靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区的营养化水平进行评价, 得出 2014~2016 年靖海湾保护区营养等级(表 5)。2014 年靖海湾保护区处于富营养状态, 2015、2016 年靖海湾保护区均处于氮限制潜在性富营养状态。崔毅等(2013)研究表明, 靖海湾保护区 2011~2013 年分别处于磷限制潜在性富营养、中度营养及富营养化状态。夏斌等(2010)研究发现, 2008 年夏季靖海湾保护区海水营养水平基本属于富营养化。以上结果表明, 近两年来, 靖海湾保护区富营养化情况有所改善, 但富营养化仍然是靖海湾保护区近年来一直存在的生态环境问题。

2.5 主成分分析

通过对靖海湾保护区调查海域表层海水盐度、pH、DO、COD、DIN、DIP、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As 进行主成分分析, 得出前 2 个主成分的特征值为 12, 累计贡献率为 100%, 故用主成分 F_1 、 F_2 这 2 个变量来代替原始变量(盐度、pH、DO、COD、DIN、

DIP、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg 和 As), 反映原始数据的绝大部分信息(表 6)。

表 5 靖海湾营养级评价
Tab.5 The trophic level of Jinghai Bay

年份 Year	DIN ($\mu\text{g/L}$)	DIP ($\mu\text{g/L}$)	N/P	营养级别 Nutrient level
2014	548.51	68.84	8.23	III
2015	270.36	87.07	3.11	VI _N
2016	220.50	66.46	3.39	VI _N

表 6 主成分分析主要计算结果
Tab.6 The results of the principal component analysis

项目 Items	第一主成分 F_1 PCA1	第二主成分 F_2 PCA2
盐度 Salinity	-0.998	0.068
pH	0.879	0.477
DO	0.737	0.676
COD	0.849	-0.529
DIN	0.998	0.062
DIP	-0.332	0.943
Cu	-0.701	0.713
Pb	-0.947	-0.322
Zn	0.056	0.998
Cd	-0.873	0.488
Hg	0.968	0.251
As	0.985	0.175
特征值 Characteristic value	8.197	3.803
贡献率 Contribution rate(%)	68.306	31.694
累计贡献率 Cumulative contribution rate(%)	68.306	100

第一主成分的方差贡献率为 68.306%, 其中, DIN 和 As 为影响调查海域水质的主要环境因子, 其特点是因子变量在 DIN 和 As 的浓度上有较高的正载荷, 分别为 0.998 和 0.985。第二主成分的方差贡献率为 31.694%, Zn 为影响调查区域水质的主要环境因子, 其特点是因子变量在 Zn 的浓度上有较高的正载荷, 为 0.998(图 3)。

在这 2 个主成分中, DIN、As 和 Zn 具有较高的正载荷, 说明影响靖海湾保护区调查海域水质的主要污染物为 DIN、As 和 Zn。2008~2013 年 DIN 一直都是影响该海域水质的主要污染物(夏斌等, 2010; 崔毅等, 2013), 近两年来, 富营养化现象一直没有得到有效改善, 该区域的 DIN 含量较高主要是由于近岸工农业污水排放和陆源径流输入。2014~2016 年, 靖海湾保护区主要的重金属污染物为 As 和 Zn。2008 和 2011 年靖海湾保护区内主要重金属含量均符合一类

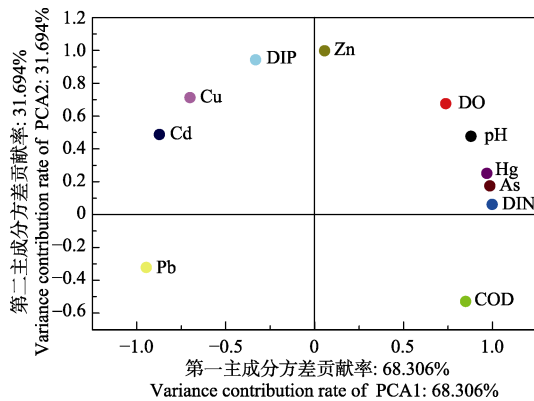


图3 不同评价因子的二维因子载荷

Fig.3 Loading plots of the evaluation factors in the space defined by two components

《海水水质标准》(GB 3097-1997); 2012 年保护区 Pb 含量超过一类海水水质标准(GB 3097-1997), 平均含量为 1.10 $\mu\text{g/L}$; 2013 年保护区内 Cu、Pb 和 Hg 平均含量分别为 5.19、2.79 和 0.07 $\mu\text{g/L}$, 均超出一类海水水质标准(GB 3097-1997) (夏斌等, 2010; 崔毅等, 2013)。通过对比分析得出, 该海域重金属污染不断加重且污染物种类不断增多, 这可能是由于入海河流中重金属含量不断增加和工业污水排放引起。综上所述, DIN、As 和 Zn 可以代表 2014~2016 年靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区海水的污染状况, 因此, 在以后的环境监测和规划过程中应加强对以上环境因子的关注。

3 结论

2014~2016 年靖海湾保护区 4 号站位综合质量指数最低, 5 号站位综合质量指数最高; 从年际变化趋势分析, 综合质量指数排序为 2015 年 > 2016 年 > 2014 年, 综合质量指数均处于 1.00~1.57 之间, 海水质量等级为轻污染。

2014~2016 年靖海湾保护区调查海域有机污染指数范围为 4.66~9.23, 处于严重污染状态。2014 年靖海湾保护区调查海域处于富营养状态, 2015 和 2016 年均处于氮限制潜在性富营养状态。运用主成分分析法分析得出, 靖海湾保护区调查海域主要污染物为 DIN、As 和 Zn。以后应加强对靖海湾保护区有机污染、富营养化和重金属(As 和 Zn)的监测和管理。

参 考 文 献

Cui Y, Ma FF, Xia B, *et al.* Annual variation and comprehensive evaluation of seawater quality in *Trachidermus fasciatus* Heckel germ plasm resource area at national level in

JingHai Bay. *Progress in Fishery Science*, 2013, 34(6): 1-8 [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]

Guo WD, Zhang XM, Yang YP, *et al.* Potential eutrophication assessment for Chinese coastal waters. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 1998, 17(1): 64-70 [郭卫东, 章小明, 杨逸萍, 等. 中国近岸海域潜在性富营养化程度的评价. *台湾海峡*, 1998, 17(1): 64-70]

Huang XQ, Qi P, Qin WH, *et al.* Research on the evaluation method of marine ecological environment in Xiangshan Bay. *Acta Oceanologica Sinica*, 2015, 37(8): 63-75 [黄秀清, 齐平, 秦渭华, 等. 象山港海洋生态环境评价方法研究. *海洋学报*, 2015, 37(8): 63-75]

Jia XP, Du FY, Lin Q, *et al.* A study on comprehensive assessment method of ecological environment quality of marine fishing ground. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003, 10(2): 160-164 [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]

Jiang GC, Wang YH, Dong HL, *et al.* A preliminary study of the eutrophic extent in Zhejiang coastal area. *Marine Science Bulletin*, 1987, 6(4): 38-39 [蒋国昌, 王玉衡, 董恒霖, 等. 浙江沿海富营养化程度的初步探讨. *海洋通报*, 1987, 6(4): 38-39]

Sun W, Tang XC, Xu YD, *et al.* Characteristics of nutrients, restrictive analysis and eutrophication assessment in the Shuangdao Bay, Weihai. *Science Technology and Engineering*, 2016, 16(25): 168-173 [孙伟, 汤宪春, 徐艳东, 等. 威海双岛湾海域营养盐特征, 限制性分析与评价. *科学技术与工程*, 2016, 16(25): 168-173]

Xia B, Ma FF, Chen BJ, *et al.* Environmental quality evaluation of *Solen grandis* resources protection area in Haizhou Bay. *Progress in Fishery Science*, 2014, 35(6): 16-22 [夏斌, 马菲菲, 陈碧鹃, 等. 海州湾大竹蛭资源保护区海水环境质量评价. *渔业科学进展*, 2014, 35(6): 16-22]

Xia B, Ma SS, Cui Y, *et al.* Synthetic evaluation on environment quality in *Trachidermus fasciatus* Heckel germ plasm resource protection area of Jinghai Bay, in summer, 2008. *Marin Environmental Science*, 2010, 34(2): 476-483 [夏斌, 马绍赛, 崔毅, 等. 2008 年夏季靖海湾松江鲈鱼种质资源保护区生态环境质量综合评价. *海洋环境科学*, 2010, 34(2): 476-483]

Xu LB, Gao QF, Dong SL, *et al.* Study on heavy metal contaminations and the sources of Pb pollution in Jinghai Bay using the stable isotope technique. *Environmental Science*, 2013, 34(2): 476-483 [徐林波, 高勤峰, 董双林, 等. 靖海湾重金属污染及铅稳定同位素溯源研究. *环境科学*, 2013, 34(2): 476-483]

Yang JQ, Zhu YG, Song WP, *et al.* The eco-environmental evaluation based on habitat quality and ecological response of Laizhou Bay. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(1):

105–114 [杨建强, 朱永贵, 宋文鹏, 等. 基于生境质量和生态响应的莱州湾生态环境质量评价. 生态学报, 2014, 34(1): 105–114]

Zhan PR, Chen ZX, Qin DL, *et al.* On the physico-chemical monitoring and evaluation of the water environment for lenok and burbot aquatic germplasm resources of Pangu River Reserve, Heilongjiang, China. *Journal of Safety and Environment*, 2010, 10(2): 102–105 [战培荣, 陈中祥, 覃

东立, 等. 黑龙江盘古河细鳞和江鳕水产种质资源保护区水环境理化监测与评价. *安全与环境学报*, 2010, 10(2): 102–105]

Zhao YT, Su B, Li JH, *et al.* Evaluation of physicochemical environment and water quality in the Laizhou Bay in spring of 2013. *Progress in Fishery Science*, 2016, 37(4): 74–80 [赵玉庭, 苏博, 李佳惠, 等. 2013 年春季莱州湾海域理化环境及水质状况分析. *渔业科学进展*, 2016, 37(4): 74–80]

(编辑 冯小花)

Ecological Environment Quality Analysis and Evaluation of *Trachidermus fasciatus* Heckel in Jinghai Bay National Germ Plasm Resource Area

TENG Yao^{1,2}, CHEN Bijuan², XIA Bin^{2,3①}, QU Keming², FENG Juan¹,
CUI Zhengguo², ZHANG Xuzhi², DING Dongsheng²

(1. *Environmental Science and Engineering College, Qingdao University, Qingdao 266071*;

2. *Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071*; 3. *Functional Laboratory of Marine Ecology and Environmental Science, Qingdao National Laboratory of Marine Science and Technology, Qingdao 266071*)

Abstract The successive data of environmental factors such as nutrients and heavy metals in the surface water of Jinghai Bay *Trachidermus fasciatus* Heckel National Aquatic Germ Plasm Resources Conservation Area in the summer of 2014 to 2016 were used to evaluate the ecological environment quality of the survey area by the comprehensive quality index method. The organic pollution index, the potential eutrophication assessment and the principal component analysis were employed to analyze the water trophic status, the organic pollution, and the main pollution factors. The results showed that the comprehensive quality index of seawater in Jinghai Bay was 1.04~1.69. The water quality in this area was light pollution based on the relationship between the comprehensive quality index and environmental classification. The range of organic pollution index was 4.66~9.23 in 2014 to 2016, which was serious organic pollution based on the relationship between the organic pollution index and the organic pollution classification in seawater. According to the nutrition evaluation model, the nutrients levels of the survey area were rich nutrient in 2014 and potential rich nutrient with limited nitrogen in 2015 and 2016. The principal component analysis showed that DIN, As and Zn were the main environmental factors affecting the water quality of this survey area, which represent the pollution status of Jinghai Bay *Trachidermus fasciatus* Heckel National Aquatic Germ Plasm Resource Conservation Area from 2014 to 2016. Thus, we should pay more attention to the nutrients, organic pollution and heavy metal (As and Zn) in the process of environmental monitoring and project.

Key words Jinghai Bay; Aquatic germplasm resources conservation area; Ecological environment quality; Principal component analysis

① Corresponding author: XIA Bin, E-mail: xiabin@ysfri.ac.cn