

浙江马迹山附近海域海洋生态环境现状

廖维敏¹, 龙举^{2*}

(1.舟山市自然资源测绘设计中心, 浙江舟山 216021; 2.浙江省海洋水产研究所, 浙江舟山 316021)

摘要 2019年12月对浙江马迹山附近进行水质、沉积物和海域生态环境现状(浮游植物、浮游动物、底栖生物和潮间带生物)进行调查。结果表明:水质除个别站无机氮、活性磷酸盐外,其他站及其他评价因子均符合第一类海水水质标准;沉积物质量保持良好的水平,各监测指标(有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉)均符合第一类海洋沉积物质量标准。浮游植物40种,以硅藻门为主,占比77.50%;大型浮游动物30种,以桡足为主,占比50.00%;大型底栖生物8种,以多毛类为主,占比50.00%;潮间带生物12种,以软体动物为主,占比66.67%,种类和生物量较少。浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物的生物多样性指数偏低。

关键词 水质;沉积物质量;生态环境;海域海洋;马迹山

中图分类号 X321 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)14-0069-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.14.018



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Current Status of Ocean Ecological Environment near Majishan Island in Zhejiang Province

LIAO Wei-min¹, LONG Ju^{2*} (1.Zhoushan Natural Resources Surveying & Mapping Design Centre, Zhoushan, Zhejiang 316021; 2. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan, Zhejiang 316021)

Abstract In December 2019, the water quality, sediments and marine ecological environment status (phytoplankton, zooplankton, benthos and intertidal biology) near Majishan Island in Zhejiang were investigated. The results showed that except for the inorganic nitrogen and active phosphate at individual stations, the water quality at other stations and other evaluation factors met the first category of seawater quality standards. The quality of sediments was maintained at a good level, and the monitoring indicators (organic carbon, sulfide, petroleum, copper, lead, zinc, cadmium) all met the quality standards for marine sediments in the first category. 40 kinds of phytoplankton, mainly diatoms, accounted for 77.50%; 30 kinds of macroplankton, mainly copepods, accounted for 50.00%; 8 kinds of macrobenthos, mainly polychaete, accounted for 50.00%; 12 kinds of intertidal organisms, mainly mollusks, accounted for 66.67%, with fewer species and biomass. The biodiversity index of phytoplankton, zooplankton, benthos, and intertidal biology was low.

Key words Water quality; Sediment quality; Ecological environment; Sea area; Majishan Island

马迹山位于浙江省舟山市嵊泗县泗礁岛西南端(122°25'E、30°40'N),三面临海,水域开阔,马迹山岛紧邻嵊泗本岛,地处长江口外,北接长江口及长江腹地,南临舟山本岛及宁波市,东濒东海大陆架海域及公海航道,西靠杭州湾。面积1.5 km²,海岸线总长8.2 km。该研究对马迹山岛附近海域开展了水质、沉积物、海域生态环境现状(浮游植物、浮游动物、底栖生物和潮间带生物)等方面的调查工作,通过对马迹山海洋水质、沉积物、底栖生物、潮间带生物的研究,为海洋行政主管部门合理安排该区域的海洋开发活动以及保护海洋环境提供科学依据。

1 材料与与方法

1.1 站位布设与取样方法 共布设12个水质站位、6个沉积物、8个生物生态站位,同时设置3条潮间带断面(T1、T2、T3),位置详见图1。样品采集和分析方法按照《海洋调查规范》(GB 12763—2007)^[1]、《海洋监测规范》(GB 17378.7—2007)^[2]、《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9403—2012)^[3]中的有关规定技术要求进行。

1.2 调查项目 水质:水温、盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、悬浮物、亚硝酸盐、硝酸盐、铵盐、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、汞、砷。沉积物:粒度、pH、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、砷。海域生态环境现状:叶绿素a、浮游植物、浮游动物、底栖生物和潮间带生物。

1.3 调查频次 水质采样在小潮、大潮时分别进行。根据《海洋调查规范》(GB 12763—2007)和《海洋监测规范》(GB 17378.7—2007)的要求,水深小于10 m的站位仅采集表层水样,水深大于10 m的站位采集表层、底层水样。石油类仅采集表层水样。沉积物样每个站位进行1次。

浮游植物、浮游动物每个站位在小潮、大潮的涨落潮各采集1次,底栖生物每个站位在调查期间只采集1次,潮间带生物在大潮时高分、中、低潮位各进行1次。

1.4 数据处理

(1)海洋浮游生物、底栖生物多样性。采用香农-韦弗(Shannon Weaver, 1963)生物多样性指数(H')评价生物多样性状况,公式如下:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

(2)丰度指数。采用Margalef公式,即:

$$D = (S-1) / \log_2 N \quad (2)$$

(3)均匀度。采用皮诺(Pielou, 1966)均匀度(J)评价物种数的均匀程度,公式如下:

$$J = \frac{H'}{H_{\max}} \quad (3)$$

(4)优势度。采用公式(4)进行,该调查以各类生物的优势度值 $Y \geq 0.02$ 时为优势种。

$$Y = n_i / N \times f_i \quad (4)$$

2 调查结果分析

2.1 水质现状调查结果 根据《浙江省海洋功能区划》(2011—2020年)^[4],该项目所在海域的海洋功能区为马迹

作者简介 廖维敏(1987—),男,江西赣州人,工程师,从事海域海岛资源调查与评估、海洋规划研究、海域海岛使用论证和海洋工程环境影响评价工作。*通信作者,工程师,从事渔业环境及水产品质量安全研究。

收稿日期 2021-03-05

山港口航运区,项目附近海域主要海洋功能区有马关工业与城镇用海区、嵯泗农渔业区。根据海洋环境保护要求,海域

水质现状评价按《海水水质标准》(GB 3097—2002)^[5]执行。水质调查结果见表1。



图1 马迹山海域环境现状调查站位分布

Fig.1 Distribution of survey stations for the marine environment situation near Majishan Island

调查期间,水质除个别站位无机氮、活性磷酸盐外,其他站位其他评价因子均符合第一类海水水质标准。总体上,无机氮、活性磷酸盐浓度均较低,无机氮符合第一类、第二类海

水水质标准的站位分别为95%、5%,活性磷酸盐符合第一类、第三类海水水质标准的站位分别为95%、5%。

表1 调查海域水质质量现状调查结果

Table 1 Survey results of the current status of water quality in the surveyed sea area

项目 Item	温度 Temperature ℃	悬浮物 SS mg/L	盐度 Salinity ‰	pH	溶解氧 DO mg/L	化学需氧量 COD mg/L	无机氮 Inor- ganic-N mg/L	活性磷 酸盐 Labile phos- phate mg/L	石油类 Petri- oleum mg/L	铜 Cu μg/L	锌 Zn μg/L	铅 Pb μg/L	镉 Cd μg/L	砷 As μg/L	汞 Hg μg/L	
最小值 Minimum	14.4	38	28.5	8.17	9.79	0.30	0.144	0.003	<0.001	0	2.8	<3.1	0.14	0.034	1.2	0.010
最大值 Maximum	15.1	168	30.1	8.20	10.03	0.69	0.197	0.017	0.006	8	4.8	8.2	0.67	0.075	1.9	0.034
平均值 Mean	14.7	97	29.2	8.19	9.94	0.48	0.162	0.007	0.002	8	3.6	3.8	0.33	0.045	1.7	0.021
超标率 Over- limit ratio//%	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注:无机氮取硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮3个要素之和

Note: Inorganic nitrogen is the sum of nitrate nitrogen, nitrite nitrogen and ammonia nitrogen

2.2 沉积物环境质量现状调查结果 调查结果显示,海域沉积物类型均以黏土质粉砂为主,相应的沉积物质量现状评价按《海洋沉积物质量》(GB 18668—2002)^[6]中的第一类标准值执行,沉积物调查结果见表2。沉积物中各监测指标(有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉)均符合第一类海洋沉积物质量标准,沉积物质量保持在良好的水平。

2.3 生物生态环境现状调查结果

2.3.1 叶绿素。经调查,海域叶绿素a在0.389~0.748 μg/L,平均值为0.556 μg/L。

2.3.2 浮游植物。经调查,浮游植物4门40种,其中,硅藻门31种,占比77.50%;甲藻门6种,占比15.00%;绿藻门2

种,占比5.00%;金藻门1种,占比2.50%。浮游植物优势种为琼氏圆筛藻 *Coscinodiscus jonesianus*,优势度Y为0.57,平均丰度为1440个/L。

2.3.3 浮游动物。经调查,大型浮游动物7类30种,其中桡足15种,占比50.00%;水母类5种,占比16.67%;浮游幼体4种,占比13.33%;毛颚动物2种,占比6.67%;樱虾类2种,占比6.67%;磷虾类和鼓虾类各1种,分别占3.33%。浮游动物优势种为真刺唇角水蚤 *Labidocera euchaeta*,其优势度Y为0.78,平均丰度为76.3个/L。

2.3.4 大型底栖生物。经调查,大型底栖生物3大类8种,其中多毛类4种,占比50.00%;软体动物3种,占比37.50%;

甲壳动物 1 种,占比 12.50%。底栖生物优势种为异足索沙蚕 *Lumbriconeris heteropoda*, 其优势度 Y 为 0.42, 平均丰度为 32 个/L。

2.3.5 潮间带生物。对潮间带(T1、T2 和 T3)类型及种类组

成调查结果显示,潮间带均为岩相,潮间带生物种类和生物量较少。2019 年 12 月整治后共鉴定到大型潮间带生物 2 大类 12 种,其中甲壳动物 4 种,占比 33.33%;软体动物 8 种,占比 66.67%。

表 2 调查海域沉积物质量现状调查结果

Table 2 Survey results of the current status of sediment quality in the surveyed sea area

站位 Station	pH	硫化物 Sulfide mg/kg	总有机 碳 TOC mg/kg	石油类 Oil type mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Hg mg/kg	As mg/kg
M01	8.39	<0.30	0.80	21.0	24.9	92.4	0.12	25.2	0.042	13
M03	8.70	0.89	0.49	2.9	16.2	60.5	0.10	15.9	0.023	13
M05	8.60	5.55	0.53	18.0	23.2	87.2	0.11	23.4	0.040	13
M07	8.37	28.20	0.56	14.0	27.9	87.5	0.13	23.6	0.037	11
M10	8.40	18.40	0.58	16.0	28.7	98.4	0.15	28.1	0.048	11
M12	8.58	25.00	0.60	35.0	27.4	90.2	0.11	24.5	0.039	12
最小值 Minimum	8.37	0.89	0.49	2.9	16.2	60.5	0.10	15.9	0.023	11
最大值 Maximum	8.70	28.20	0.80	35.0	28.7	98.4	0.15	28.1	0.048	13
均值 Mean	8.51	13.00	0.59	18.0	24.7	86.0	0.12	23.5	0.038	12

2.4 生物平面分布

2.4.1 浮游植物丰度平面分布。浮游植物丰度在 960~2 480 个/L,平均丰度为 1 440 个/L。丰度高值区分布在 M09 (2 480 个/L),低值区分布在 M01(960 个/L)。

2.4.2 浮游动物丰度和生物量平面分布。浮游动物丰度为 44.6~146.6 个/m³,平均丰度为 76.3 个/m³,丰度高值区分布在 M03(146.6 个/m³),低值区分布在 M07(44.6 个/m³)。浮游动物生物量为 84.0~290.5 mg/m³,平均生物量为 142.3 mg/m³,生物量最高分布在 M03(290.5 mg/m³),最低分布在 M07(84.0 mg/m³)。

2.4.3 海域底栖生物丰度和生物量平面分布。海域底栖生物丰度在 0~50 个/m²,平均丰度为 32 个/m²,丰度高值区分布在 M10(50 个/m²),低值区分布在 M03(0 个/m²)。底栖生物生物量在 0~5.3 g/m²,平均生物量为 3.3 g/m²,生物量最高分布在 M12(5.3 g/m²),最低分布在 M07(0 g/m²)。

2.4.4 潮间带生物丰度和生物量平面分布。T1 潮间带平均栖息密度分布为高潮区(80 个/m²)>低潮区(32 个/m²)>中潮区(16 个/m²),平均生物量分布为低潮区(54.4 g/m²)>高潮区(22.4 g/m²)>中潮区(3.2 g/m²);T2 潮间带平均栖息密度分布为高潮区(48 个/m²)=中潮区(48 个/m²)>低潮区(16 个/m²),平均生物量分布为低潮区(24.0 g/m²)>高潮区(19.2 g/m²)>中潮区(19.1 g/m²);T3 潮间带平均栖息密度分布为高潮区(48 个/m²)>低潮区(32 个/m²)>中潮区(16 个/m²),平均生物量分布为低潮区(44.8 g/m²)>高潮区(25.6 g/m²)>中潮区(3.2 g/m²)。3 个潮间带生物栖息密度在 16~80 个/m²,平均为 37 个/m²,生物量在 3.2~54.4 g/m²,平均生物量 23.5 g/m²,平均密度为 37 g/m²。

2.5 生物多样性 生物多样性指数(H')是生物监测中较为常用的一种方法,在国内外常用来监测海洋底栖生物群落结构的变化,国内学者普遍将大型底栖群落的多样性指数与环境扰动或污染相联系,生物多样性指数在浮游生物、底栖生物现状研究方面广泛应用,可分析环境扰动或污染对生态系

统和生物群落的影响^[7-10]。

2.5.1 浮游植物、浮游动物和底栖生物多样性。从表 3 可以看出,2019 年 12 月调查期间浮游植物多样性指数 H' 为 0.656~0.984,平均值为 0.896;浮游动物多样性指数 H' 在 0.452~1.435,平均值为 0.994;底栖生物多样性指数 H' 为 0.000~1.332,平均值为 0.696。

表 3 各站位生物多样性指数

Table 3 Biodiversity index of each station

站位 Station	浮游植物 Phytoplankton	浮游动物 Zooplankton	底栖生物 Benthos
M01	0.960	1.435	0.562
M03	0.984	0.749	0.000
M04	0.656	1.205	0.693
M05	0.869	1.297	0.637
M07	0.916	0.853	1.332
M09	0.923	0.758	0.950
M10	0.901	1.202	0.000
M12	0.958	0.452	1.332
最小值 Minimum	0.656	0.452	0.000
最大值 Maximum	0.984	1.435	1.332
平均值 Mean	0.896	0.994	0.696

2.5.2 潮间带生物多样性。经分析,T1、T2 和 T3 潮间带生物多样性指数(H')分别为 1.321、1.277、1.330。可见,2019 年 12 月潮间带生物多样性指数(H')为 1.277~1.330,平均值为 1.309。

3 小结

调查期间,水质除个别站位无机氮、活性磷酸盐外,其他站位及其他评价因子均符合第一类海水水质标准。总体上,无机氮符合第一类、第二类海水水质标准的站位分别为 95%、5%,活性磷酸盐符合第一类、第三类海水水质标准的站位分别为 95%、5%。且无机氮、活性磷酸盐浓度均较低;沉积物质量保持在良好的水平,各监测指标(有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉)均符合第一类海洋沉积物质量标准。

(下转第 75 页)

水质改善具有持续性和连贯性。通过对比分析 WQI 曲线聚类结果和 WQI 变化速度曲线聚类结果,可以看到区域不是唯一因素,在同一区域, WQI 变化速度曲线并不在同一类。因此,环巢湖河流水质的改善需要因地制宜,找出科学治理方法。十五里河、派河、双桥河 3 条河流水质改善的效果相对较好,兆河、杭埠河、白石天河、柘皋河、裕溪河 5 条河流水质保持和控制效果相对较好。因此,在环巢湖河流水质治理上需要重点关注南淝河的治理和防止十五里河、派河水质出现反弹。

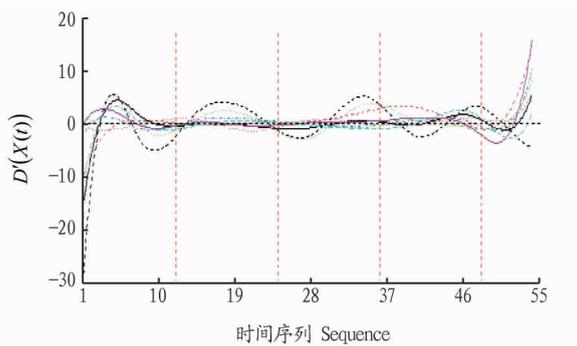


图 3 2015 年 1 月—2019 年 6 月环巢湖河流 WQI 变化速度曲线
Fig.3 The change speed curve of WQI of rivers around Chaohu Lake from January 2015 to June 2019

3 结论与讨论

该研究以环巢湖主要河流 2015 年 1 月—2019 年 6 月水质监测数据为研究对象,运用函数型数据分析方法构建各河流 WQI 变化曲线、均值函数曲线、标准差函数曲线以及变化速度曲线,通过 K-means 函数型聚类算法对 WQI 曲线及变化速度曲线进行动态特征分析,具体结论如下:

(1) 环巢湖河流的水质呈现明显的“两阶段”周期性,受气象条件影响显著,秋冬季水质相对较差。另外,水质与区域的地理位置和社会因素有关,例如南淝河、十五里河和派河受合肥市人为因素影响,水质较差。

(2) 环巢湖河流水质总体而言有所改善,各河流治理工

作和实时效果不同,双桥河、十五里河和派河水质治理效果显著,但重污染河流南淝河水质改善缓慢,治理难度较大。

(3) 环巢湖河流的 WQI 曲线和 WQI 变化速度曲线的聚类结果能够更准确地得到水环境状况动态发展评价。从评价结果来看河流呈现一定的区域差异性和集聚性,但是也可以看到区域不是唯一因素,在同一区域, WQI 变化速度曲线并不在同一类。

信息技术的发展使得数据收集的手段和技术越来越丰富,在环境的监测中可获取高频、多维和实时数据,充分发挥函数型数据分析动态灵活和高维数据无可比拟的优势,基于高频或多维水环境指标数据探索不同河流水质动态变化的精准因素。

参考文献

- [1] 陶涛,孙世群,姜栋栋,等.模糊综合评价在巢湖水质评价中的应用[J].环境科学与管理,2010,35(12):177-180.
- [2] 金菊良,吴开亚,酃建强.巢湖水质安全评价的对应分析和投影寻踪耦合方法[J].四川大学学报(工程科学版),2007,39(6):7-13.
- [3] 储茵,朱江,夏守先,等.巢湖典型支流柘皋河水质污染时空变化特征[J].水土保持学报,2011,25(4):243-248.
- [4] 沈文静,孙世群.巢湖西半湖主要入湖河流水质的模糊评价及结果分析[J].环境科学与管理,2011,36(11):187-190.
- [5] LUN Z H,ZHOU Y C.Ranking of functional data in application to worldwide PM₁₀ data analysis[J].Environ Ecol Stat,2017,24(4):469-484.
- [6] 余晓美,沈永昌.中国环境保护重点城市空气质量的动态特征分析[J].统计与决策,2019,35(11):91-94.
- [7] YAN F,LIU L,LI Y F,et al. A dynamic water quality index model based on functional data analysis[J].Ecol Indic,2015,57:249-258.
- [8] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.地表水环境质量标准:GB 3838—2002[S].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [9] SEMIROMI F B,HASSANI A H,TORABIAN A,et al.Evolution of a new surface water quality index for Karoon catchment in Iran[J]. Water Sci Technol,2011,64(12):2483-2491.
- [10] RAMSAY J O,SILVERMAN B W.Functional data analysis[M].2nd ed. New York:Spring-Verlag,2005.
- [11] ZHONG M F,ZHANG H Y,SUN X W,et al.Analyzing the significant environmental factors on the spatial and temporal distribution of water quality utilizing multivariate statistical techniques:A case study in the Balihe Lake,China[J].Environ Sci Pollut Res,2018,25(29):29418-29432.
- [12] HENDERSON B. Exploring between site differences in water quality trends:A functional data analysis approach[J].Environmetrics,2006,17(1):65-80.
- [13] 中华人民共和国农业部.海洋渔业资源调查规范:SC/T 9403—2012[S].北京:中国标准出版社,2012:2-8.
- [14] 《浙江省海洋功能区划(2011—2020年)》(2018年修订版)正式发布[J].浙江国土资源,2018(11):13.
- [15] 国家环境保护局.海水水质标准:GB 3097—2002[S].北京:中国标准出版社,2002:3-7.
- [16] 国家海洋局国家海洋环境监测中心.海洋沉积物质量:GB 18668—2002[S].北京:中国标准出版社,2002:3-5.
- [17] 庞碧剑,覃秋荣,蓝文陆.生物多样性指数在生态评价中的实用性分析:以北部湾为例[J].广西科学院学报,2019,35(2):91-99.
- [18] 张景平,黄小平,江志坚,等.珠江口海域污染的水质综合污染指数和生物多样性指数评价[J].热带海洋学报,2010,29(1):69-76.
- [19] 张玉荣,郭远明,李子孟,等.北麂列岛附近海域海洋生态环境现状[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2014,33(4):317-321.
- [20] 彭鹏飞,李绪录,蔡钰灿.珠江口万山群岛海域秋冬季浮游动物的分布特征及其与环境因子的关系[J].安徽农业科学,2015,43(18):170-174.

(上接第 71 页)

调查海域叶绿素 a 在 0.389 ~ 0.748 $\mu\text{g/L}$,平均值为 0.556 $\mu\text{g/L}$;浮游植物 40 种,以硅藻门为主,占比 77.50%,优势种为琼氏圆筛藻 *Coscinodiscus jonesianus*;大型浮游动物 30 种,以桡足为主,占比 50.00%,优势种为真刺唇角水蚤 *Labidocera euchaeta*;大型底栖生物 8 种,以多毛类为主,占比 50.00%,优势种为异足索沙蚕 *Lumbriconeris heteropoda*;经对潮间带 T1、T2 和 T3 调查,显示潮间带均为岩相,潮间带生物种类和生物量较少,以软体动物为主,占比 66.67%。

参考文献

- [1] 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.海洋调查规范:GB 12763—2007[S].北京:中国标准出版社,2007:1-20.
- [2] 国家海洋环境监测中心.海洋监测规范:第 7 部分:近海污染生态调查