

营口月亮湾砂质海岸整治修复工程 近岸水环境效果评价

张明慧¹, 索安宁^{2,3}

- (1. 广州航海学院 土木与工程管理学院, 广东 广州 510725;
2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州), 广东 广州 511458;
3. 中国科学院 南海海洋研究所 热带海洋生物资源与生态重点实验室, 广东 广州 510301)

摘 要:针对砂质海岸整治修复工程的近岸水环境效果评价问题,建立了基于海洋功能区划水质要求的砂质海岸整治修复工程近岸水环境效果评价方法,并以辽宁营口月亮湾砂质海岸整治修复工程为例进行了实证研究。结果表明:月亮湾海岸整治修复工程初步改善了海湾水环境质量,海湾环境中主要污染物变化各具特点:无机氮质量浓度由工程实施前所有站位点都不满足二类海水水质标准提升为 16.67% 站位点满足二类海水水质标准;重金属铜质量浓度由工程实施前 85% 站位点都满足二类海水水质标准提升为 100% 站位点满足二类海水水质标准;石油类质量浓度由工程实施前所有站位点都满足二类海水水质标准降低为 80% 站位点满足二类海水水质标准;无机氮质量浓度在月亮湾海岸整治修复工程实施前、后都是海水环境质量的“短板”。

关键词:砂质海岸;海岸整治修复工程;水环境;效果评价;月亮湾;辽东湾

中图分类号:X82

文献标志码:A

文章编号:1002-3682-(2022)01-0071-08

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2022.01.007

引用格式:张明慧, 索安宁. 营口月亮湾砂质海岸整治修复工程近岸水环境效果评价[J]. 海岸工程, 2022, 41(1): 71-78. ZHANG M H, SUO A N. Evaluation of nearshore water environment effect of the sandy coast renovation and restoration project in the Moon Bay of Yingkou[J]. Coastal Engineering, 2022, 41(1): 71-78.

砂质海岸是我国自然海岸类型之一,也是一种重要的滨海旅游休闲自然资源。近几十年来,由于受不合理的开发利用和陆源入海排污影响,我国砂质海岸普遍存在海滩沉积物侵蚀、近岸海域水环境质量降低等问题^[1]。砂质海岸整治修复工程主要是通过工程措施改善砂质海岸水沙动力环境,海滩人工补沙,关停并转砂质海岸各种陆源入海排污口,加快砂质海岸近岸海域水体交换等多种办法,保护砂质海岸海滩资源,改善砂质海岸水环境质量^[2]。砂质海岸整治修复工程水环境效果评价是砂质海岸整治修复工程效果评价的重要内容,是体现砂质海岸整治修复工程效果的主要方式,主要用来评价砂质海岸整治修复工程实施对近岸海域水环境质量的整体改善效果。

海洋水环境评价是海洋环境评价的核心内容,很早就引起了国内外学者的关注^[3]。相关学者从物理、化学、生物毒理学等方面研究构建了很多种海洋水环境评价标准和评价指标^[4-6]。为了衡量海水环境状况,我国海洋管理部门先后于 1982 年和 1997 年两次发布了海水水质标准,1997 年修订的《海水水质标准》(GB3097—1997)^[7]是从海水水质评价指标、海水水质类别等方面对 1982 年发布的《海水水质标准》(GB3097—1982)^[8]进行了大幅度修改^[9-10]。当前海水水质评价多采用单因素评价法,这种评价方法通过寻找影响海水水环境质量的重大因素,以其作为海水环境质量的指示指标,将其实测质量浓度与海水水质标准

收稿日期:2021-06-15

资助项目:南方海洋科学与工程广东省实验室(广州)人才团队引进重大专项——广东省海洋牧场规划、建设与管理工程技术研究(GML2019ZD0402);国家自然科学基金委员会—山东省人民政府联合基金重点项目——基于陆海统筹的多重人类活动对山东海湾生态系统的协同影响及适应性调控机制(U1806214)

作者简介:张明慧(1978—),女,副教授,博士,主要从事海岸工程管理方面研究。E-mail: zhangmh@gzmtu.edu.cn

(王佳实 编辑)

质量浓度比较,计算海水水质指数,这种计算方法简单明了。但这种单因素评价方法仅仅考虑了引起海水环境污染的最严重因素,而忽略了其他污染因素对海水环境质量的影响贡献,评价结果被认为过于保守^[11]。在实际情况下,海水中单个污染物质含量超标并不会引起赤潮等海洋生态灾害事件的发生。污染指数评价法是一种基于统计学的整体水环境质量定量描述方法,它采用各种数学手段计算多种水质因子的综合水质级别,多用于描述水体被污染的程度。常用的污染指数评价方法的数学处理手段有均值法、均方根法、加权平均指数、豪顿水质指数、布朗水质指数、内梅罗水质指数等^[12]。计算机技术的快速发展,使更多的数学方法在水环境质量评价中的应用得以实现,从而形成了许多综合性的海水水环境质量评价方法,包括层次分析法、数据包络分析法、逼近理想排序法、灰色关联分析法、灰色聚类分析法、模糊综合评价法、单项污染指数法和支持向量机等^[13-14]。

以上评价方法主要是针对海水环境质量状况而提出来的,对于砂质海岸整治修复工程的水环境效果评价,国内外报道较少^[2]。为了体现砂质海岸整治修复工程对海湾水环境质量的改善效果,特别是反映砂质海岸整治修复工程对影响海湾水环境质量突出因素的整治改善效果,本文采用更能体现对突出影响因素改善效果的单项污染指数法,建立基于海洋功能区水环境质量要求的海水环境质量指数,评价砂质海岸整治修复工程的水环境效果,为砂质海岸整治修复工程水环境质量效果评价探索可行方法。

1 研究区域概况

辽宁营口市月亮湾海岸位于辽东湾东岸的营口市鲅鱼圈经济技术开发区(即营口市鲅鱼圈区)南部,西临辽东湾,南以熊岳河为界,北至营口港鲅鱼圈港区南大堤($122^{\circ}03' \sim 122^{\circ}06' \text{E}$, $40^{\circ}12' \sim 40^{\circ}15' \text{N}$),具体空间位置见图1。月亮湾是辽东湾东岸典型的岬湾型砂质海岸,海岸地貌类型齐全,包括海岸沙滩、岸上沙丘、熊岳河口沙坝、沙坝与海岸之间自然演变形成的河口潟湖以及水下沙坝等。为了将月亮湾海岸打造成集海水浴场、海面踏浪、海岸休闲于一体的滨海旅游休闲娱乐功能区,营口市政府结合国家海域海岸整治修复工程在月亮湾海岸实施了海滩养护、海岸景观美化、海岸空间整理、海湾水环境整治等海岸整治修复工程,建设了规模化的沙滩浴场、游艇码头、月亮湖公园以及观景台等旅游基础服务设施,全面改善了月亮湾砂质海岸资源环境状况。

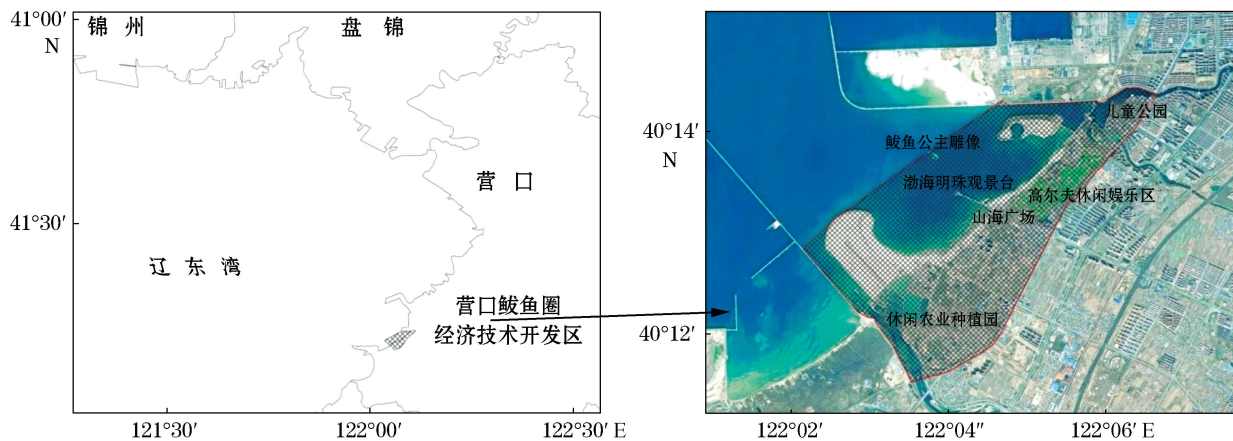


图1 研究区位置

Fig.1 Location of study area

2 研究方法

2.1 海洋水环境质量检测

水环境质量监测采用定点采样分析测试法进行,在月亮湾海域均匀布设海水水质调查站位点20个,各

水质调查站位点布设见图 2。在海岸整治修复工程实施前的 2013 年、海岸整治修复工程实施竣工后的 2017 年各采样测试分析一次。按照《海洋调查规范》(GB/T 12763—2007)^[15]和《海洋监测规范》(GB 17378—2007)^[16]的要求采集和分析海水样品。海水水质调查项目包括:溶解氧(Dissolved Oxygen, DO)、化学需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)、石油类、活性磷酸盐、无机氮、重金属铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、镉(Cd)和汞(Hg)。

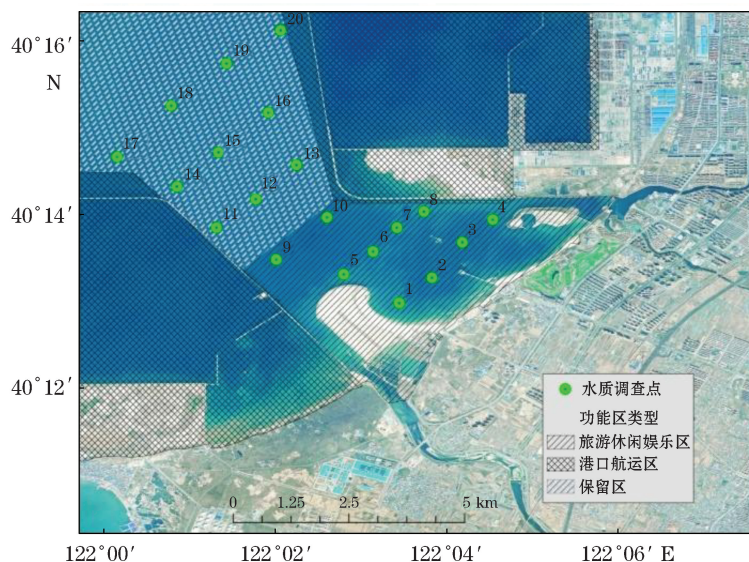


图 2 海水水质调查站位点

Fig.2 Seawater quality monitoring points

2.2 砂质海岸整治修复工程近岸水环境效果评价方法

根据《海水水质标准》(GB3097—1997)^[8],海水主要污染物共分为五类水质标准,《全国海洋功能区划(2011—2020 年)》^[17]对 8 类一级海洋功能区水环境质量有不同的具体要求,例如旅游休闲娱乐区、农渔业区海水环境质量不劣于二类水质要求,港口航运区、矿产与能源区海水环境质量不劣于四类水质要求,工业与城镇用海区海水环境不劣于三类海水环境质量要求^[18]。

为了反映砂质海岸整治修复工程对近岸海域水环境质量的整体改善效果,特别是对突出污染因素的整治效果,本文采用单因素污染指数法计算海水中主要污染物的污染指数,具体计算方法如下^[19-20]:

$$HI_i = \frac{a_i}{A_i}, \quad (1)$$

式中: HI_i 为第 i 类污染物的污染指数($HI_i \geq 0$); a_i 为第 i 类污染物的实测质量浓度; A_i 为第 i 类污染物对应的某一海洋功能区海水水质标准要求的质量浓度。污染指数越小,尤其是与砂质海岸整治修复工程实施前比较污染指数变得越小,说明砂质海岸整治修复工程的水环境质量改善效果越好。

采用污染指数最大值法集成海水环境质量指数(Seawater Environment Quality Index, SWEI),具体计算公式为:

$$SWEI = \text{Max}(HI_i). \quad (2)$$

砂质海岸整治修复工程的目标是改善砂质海岸资源环境整体状况,包括清除部分陆源入海排污口、清理海湾垃圾和整理海湾渔业开发活动等,所以水环境质量指数越小,说明砂质海岸水环境状况越好;而与整治修复工程实施前相比较,如果海水质量指数变得越小,说明砂质海岸整治修复工程对主要污染物整治的水环境效果越好。

3 结果分析

3.1 砂质海岸整治修复工程前后主要污染物质量浓度变化分析

对比分析月亮湾海岸整治修复工程实施前、后主要污染物评价指标变化(表1)。DO 质量浓度在海岸整治修复工程实施前最大值为 8.18 mg/L,最小值为 6.80 mg/L,平均值为7.55 mg/L;海岸整治修复工程实施后 DO 质量浓度整体有一定提升,最大值达到 8.38 mg/L,最小值达到7.88 mg/L,平均值达到 8.18 mg/L。COD 质量浓度整体也有所增加,海岸整治修复工程实施前,最大值为 1.44 mg/L,最小值为 0.76 mg/L,平均值为 1.06 mg/L;海岸整治修复工程实施后,最大值提升到 1.94 mg/L,最小值为 1.02 mg/L,平均值为 1.46 mg/L。石油类质量浓度变化最为显著,海岸整治修复工程实施前,最大质量浓度为 23.20 $\mu\text{g/L}$,最小质量浓度为 2.12 $\mu\text{g/L}$,平均质量浓度为 4.94 $\mu\text{g/L}$;海岸整治修复工程实施后石油类质量浓度有所提升,最大值、最小值、平均值分别只有 65.80、6.00 和 23.10 $\mu\text{g/L}$ 。无机氮和活性磷酸盐的质量浓度也都略有增加,平均质量浓度值分别由海岸整治修复工程实施前的 436.39 和 11.43 $\mu\text{g/L}$ 增加到海岸整治修复工程实施后的 464.83 和 27.05 $\mu\text{g/L}$ 。海水重金属污染质量浓度在海岸整治修复工程实施前、后变化各不相同,其中 Zn 和 Hg 的质量浓度值增加最为明显,平均值分别由海岸整治修复工程实施前的 41.50 和 0.03 $\mu\text{g/L}$ 增加到海岸整治修复工程实施后的 57.50 和 0.11 $\mu\text{g/L}$;Pb 的质量浓度稍有增大,海岸整治修复工程实施前最大值和平均值分别为 3.50 和 1.94 $\mu\text{g/L}$,海岸整治修复工程实施后,分别增大到 7.40 和 2.15 $\mu\text{g/L}$;Cu 和 Cd 的质量浓度整体有所降低,海岸整治修复工程实施前,平均质量浓度值分别为 8.06 和 0.79 $\mu\text{g/L}$,海岸整治修复工程实施后,平均质量浓度值分别降低到 4.35 和 0.23 $\mu\text{g/L}$ 。

表 1 营口月亮湾海岸整治修复工程实施后海水水质状况变化

Table 1 Changes of the seawater quality status after the implementation of the coast renovation and restoration project in the Moon Bay of Yinkou

主要污染物评价指标	海岸整治修复工程实施前			海岸整治修复工程实施后		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
$\rho_{\text{DO}}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	8.18	6.80	7.55	8.38	7.88	8.18
$\rho_{\text{COD}}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	1.44	0.76	1.06	1.94	1.02	1.46
$\rho_{\text{石油类}}/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	23.20	2.12	4.94	65.80	6.00	23.10
$\rho_{\text{无机氮}}/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	766.50	302.50	436.39	692.00	252.00	464.83
$\rho_{\text{活性磷酸盐}}/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	51.63	4.83	11.43	51.50	15.90	27.05
$\rho_{\text{Cu}}/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	17.00	2.30	8.06	5.97	2.26	4.35
$\rho_{\text{Pb}}/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	3.50	0.70	1.94	7.40	0.62	2.15
$\rho_{\text{Zn}}/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	55.20	10.40	41.50	100.00	40.00	57.50
$\rho_{\text{Cd}}/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	1.00	0.50	0.79	0.84	0.10	0.23
$\rho_{\text{Hg}}/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	0.06	0.02	0.03	0.14	0.02	0.11

3.2 海岸整治修复工程前后主要污染物水质达标分析

营口月亮湾海岸整治修复工程区域的海洋功能区为旅游休闲娱乐区,旅游休闲娱乐区向外海为保留区。根据海洋功能区划海水环境质量要求,旅游休闲娱乐区海洋水环境质量不低于二类海水环境质量,保留区海洋水环境质量维持现状。月亮湾海岸整治修复工程实施前、后主要污染物达标状况见表 2。溶解氧在海岸

整治修复工程实施前所有调查站位点都满足二类水质标准($>5.00\text{ mg/L}$),平均达标倍数达到1.51倍;海岸整治修复工程实施后,所有调查站位点的溶解氧质量浓度都满足二类水质标准,平均达标倍数增加为 1.64 倍。化学需氧量在海岸整治修复工程实施前所有调查站位点都达到二类水质标准($\leq 3.00\text{ mg/L}$),平均质量浓度达标倍数达到 0.35;海岸整治修复工程实施后,虽然整体溶解氧质量浓度都有所增加,但仍然能达到二类水质标准,平均达标倍数增加到 0.49 倍。

石油类在海岸整治修复工程实施前所有站位都满足二类水质标准($\leq 0.05\text{ mg/L}$),平均达标倍数达到 0.10 倍;海岸整治修复工程实施后,石油类质量浓度有所增加,但仍有 80%站位的石油类质量浓度达到二类水质标准,平均达标倍数增加到 0.46 倍。无机氮在海岸整治修复工程实施前所有站位都不满足二类水质标准($\leq 0.30\text{ mg/L}$),平均达标倍数为 1.46 倍;海岸整治修复工程实施后,有 16.67%站位达到二类水质标准,平均达标倍数增加到 1.55 倍。活性磷酸盐在海岸整治修复工程实施前有 95%站位满足二类水质标准($\leq 0.03\text{ mg/L}$),平均达标倍数到 0.38 倍;海岸整治修复工程实施后,有 66.67%站位达到二类水质标准,平均达标倍数增加到 0.90 倍。重金属 Cd 和 Hg 在海岸整治修复工程实施前后,所有监测站位都达到二类水质标准($\leq 5.0\text{ }\mu\text{g/L}$ 和 $\leq 0.2\text{ }\mu\text{g/L}$),海岸整治修复工程实施前平均达标倍数分别为 0.16 和 0.15 倍;海岸整治修复工程实施后 Cd 的平均达标倍数没有变化,Hg 的平均达标倍数增加到 0.55 倍。Cu 在海岸整治修复工程实施前,有 85%监测站位达到二类水质标准($\leq 0.01\text{ mg/L}$),平均达标倍数为 0.81 倍;海岸整治修复工程实施后,所有监测站位 Cu 的质量浓度都达到二类水质标准,平均达标倍数降低为 0.44 倍。Pb 在海岸整治修复工程实施前,所有监测站位都达到二类水质标准($\leq 5.0\text{ }\mu\text{g/L}$),平均达标倍数为 0.39 倍;海岸整治修复工程实施后,有 91.67%监测站位达到二类水质标准,平均达标倍数增加为 0.43 倍。Zn 在海岸整治修复工程实施前,有 95%监测站位都达到二类水质标准($\leq 50.0\text{ }\mu\text{g/L}$ 测站位),平均达标倍数为 0.83 倍;海岸整治修复工程实施后,有 33.33%监测站位达到二类水质标准,平均达标倍数增加为 1.15 倍。

表 2 营口月亮湾海岸整治修复工程施工前后二类水质站位达标比例
Table 2 Proportion of the class II seawater quality standard stations before and after the implementation of the coast renovation and restoration project in the Moon Bay of Yinkou

主要污染物评价指标	海岸整治修复工程实施前		海岸整治修复工程实施后	
	达标站位比例/%	平均达标倍数/倍	达标站位比例/%	平均达标倍数/倍
DO	100	1.51	100	1.64
COD	100	0.35	100	0.49
石油类	100	0.10	80	0.46
无机氮	0	1.46	16.67	1.55
活性磷酸盐	95	0.38	66.67	0.90
Cu	85	0.81	100	0.44
Pb	100	0.39	91.67	0.43
Zn	95	0.83	33.33	1.15
Cd	100	0.16	100	0.16
Hg	100	0.15	100	0.55

3.3 海湾整治修复工程前后主要污染指数及海水环境质量指数变化

以旅游休闲娱乐区二类海水水质标准分析,月亮湾海岸整治修复前,海湾水体主要污染物评价指标为:

COD(1.05 mg/L)、无机氮(421.75 mg/L)、活性磷酸盐(9.11 mg/L)、石油类(4.07 mg/L)和重金属 Zn(38.83 $\mu\text{g/L}$)、Cu、Pb、Cd 和 Hg,其污染指数分别为:0.35,1.46,0.38,0.10,0.83,0.81,0.39,0.16 和 0.15。在上述污染评价指标中,无机氮质量浓度最高,所有监测站位都不满足二类海水水质标准要求,成为月亮湾海水环境质量的“短板”,海水环境质量指数为 1.46。

海岸整治修复工程实施后,海湾水体主要污染物为:COD(1.46 mg/L)、无机氮(0.47 mg/L)、活性磷酸盐(0.03 mg/L)、石油类(0.02 mg/L)和重金属 Zn(0.06 $\mu\text{g/L}$)、Cu、Pb、Cd 和 Hg,其污染指数分别为:0.49,1.55,0.90,0.46,1.15,0.44,0.43,0.16 和 0.55。海岸整治修复工程实施后,无机氮质量浓度仍然很高,只有 16.67%的站位满足二类海水水质要求,其他 80%以上的监测站位不满足二类海水水质要求,仍为月亮湾海水环境质量的“短板”,海水环境质量指数为 1.55。

4 讨 论

营口月亮湾海岸整治修复工程主要包括海岸沙滩养护、海岸景观美化、海岸空间整治、海岸环境整治等工程,其中在熊岳河口填海造地向海延升陆地,有效阻挡了熊岳河径流夹带的河流污染物向月亮湾扩散,可能改善月亮湾海滩附近海域海水环境质量。同时,在二道河、红海河下游入海口挖土成湖,建造了月亮湖,可以净化部分河流入海污染物。由于海水随潮汐、波浪、海流等水文水动力过程具有流动性和连通性,月亮湾外辽东湾海洋水环境质量变化会整体影响月亮湾海岸整治修复工程的海洋水环境效果。辽宁省海洋环境状况公报^[21]显示,2013—2017 年辽东湾大辽河等河流入海氮(N)、磷(P)等污染物逐年增加,四类 and 劣四类海水水质区域一直分布于从大辽河口至营口鲅鱼圈的近岸海域^[21]。月亮湾外辽东湾整体海洋水环境质量变化直接影响着月亮湾海洋水体主要污染物质量浓度变化,使得月亮湾海岸整治修复工程的水环境效果被辽东湾整体海洋水环境质量变化所屏蔽。同时 2013 年营口月亮湾整治修复工程实施前,附近营口港仙人岛港区还没有完全建成运营;2017 年营口月亮湾整治修复工程实施后,营口港仙人岛港区已经全面进入运营期,进出港货船增多,石油类污染物质量浓度提升,可能与附近营口港仙人岛港区运营有关。

5 结 语

砂质海岸是重要的滨海旅游休闲资源,砂质海岸整治修复工程的重要内容之一就是整治修复近岸海域海水环境质量。为客观评价砂质海岸整治修复工程的水环境质量改善效果,采用对比分析法研究建立了基于海洋功能区水环境质量要求的砂质海岸整治修复工程海洋水环境效果评价方法,并以营口月亮湾砂质海岸整治修复工程为案例进行了实证研究,希望为砂质海岸整治修复工程水环境效果评价提供参考。

参考文献(References):

- [1] 于永海,索安宁. 围填海适宜性评估方法与实践[M]. 北京:海洋出版社,2013. YU Y H, SUO A N. Suitability assessment methods for sea reclamation and its application[M]. Beijing: Ocean Press, 2013.
- [2] 张明慧,孙昭晨,梁书秀,等. 海岸整治修复国内外研究进展与展望[J]. 海洋环境科学, 2017, 36(4): 635-640. ZHANG M H, SUN Z C, LIANG S X, et al. Progress of coastal environment repairing and cleaning engineering research and its prospect[J]. Marine Environment Science, 2017, 36(4): 635-640.
- [3] 酆桂芬. 环境质量评价[M]. 北京:中国环境科学出版社,1989. LI G F. Assessment of environment quality[J]. Beijing: Environment Science Press in China, 1987.
- [4] 王菊英,韩庚辰,张志锋,等. 国际海洋环境监测与评价最新进展[M]. 北京:海洋出版社,2010. WANG J Y, HAN G C, ZHANG Z F, et al. New progress of monitoring and assessment in international marine environment[M]. Beijing: Ocean Press, 2010.
- [5] SOLOMON T, REHAN S. Risk-based environmental decision-making using fuzzy analytic hierarchy process(F-AHP)[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2006, 21: 35-50.

- [6] 胡颖. 新型水质综合评价体系及其在水质预警中的应用研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2014. HU Y. A new system of water quality synthetic evaluation and its application in water quality early warning[D]. Shanghai: East China Normal University, 2014.
- [7] 国家环境保护局, 国家海洋局. 海水水质标准: GB 3097—82[S]. 北京: 中国标准出版社, 1982. State Environmental Protection Administration, State Oceanic Administration. Sea water quality standard: GB3097—82[S]. Beijing: Standards Press of China, 1982.
- [8] 国家环境保护局, 国家海洋局. 海水水质标准: GB 3097—1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997. State Environmental Protection Administration, State Oceanic Administration. Sea water quality standard: GB3097—1997[S]. Beijing: Standards Press of China, 1997.
- [9] 王菊英, 穆景利, 马德毅. 浅析我国现行海水水质标准存在的问题[J]. 海洋开发与管理, 2013, 30(7): 28-33. WANG J Y, MU J L, MA D Y. Brief analysis on the problems existing in China's current seawater quality standards[J]. Ocean Development and Management, 2013, 30(7): 28-33.
- [10] 穆景利, 王菊英, 洪鸣. 海水水质基准的研究方法与我国海水水质基准的构建[J]. 生态毒理学报, 2010, 5(6): 761-768. MU J L, WANG J Y, HONG M. Methods of deriving marine water quality criterion and proposal for establishment of national marine water quality criterion in China[J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2010, 5(6): 761-768.
- [11] 郑琳, 崔文林, 贾永刚. 青岛海洋倾倒区海水水质模糊综合评价[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(1): 38-41. ZHENG L, CUI W L, JIA Y G. Evaluation on sea water quality by fuzzy comprehensive evaluation method in Qingdao dumping area[J]. Marine Environment Science, 2007, 26(1): 38-41.
- [12] 刘粤生. 灰色关联分析法在珠江广州河段水环境评价中的应用[J]. 广东水利水电, 2008(5): 33-34. LIU Y S. Application of grey relational analysis to water environment evaluation in Guangzhou segment of the Zhujiang[J]. Water Resources and Hydropower in Guangdong, 2008(5): 33-34.
- [13] 李炳南, 张文鸽. 基于灰色聚类决策的水环境质量评价[J]. 东北水利水电, 2004, 9(22): 51-53. LI B N, ZHANG W G. Evaluation of water environment quality based on grey cluster decision[J]. Water Resources and Hydropower of Northeast, 2004, 9(22): 51-53.
- [14] 何桂芳. 用模糊数学对珠江口近 20 年来水质进行综合评价[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(1): 53-57. HE G F. Assessment of the water quality by fuzzy mathematics for last 20 years in Zhujiang estuary[J]. Marine Environment Science, 2007, 26(1): 53-57.
- [15] 国家海洋标准计量中心. 海洋调查规范: GB/T 12763—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007. National Standard of the People's Republic of China. The specifications for oceanographic survey: GB/T 12763—2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.
- [16] 全国海洋标准化技术委员会. 海洋监测规范: GB 17378—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007. Technical Committee 283 on Ocean of Standardization Administration of China. The specification for marine monitoring: GB 17378—2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.
- [17] 国家海洋局. 全国海洋功能区划(2011—2020 年)[Z]. (2012-04-18)[2021-06-15]. <http://www.stateoceanicadministration.gov.cn/>. National marine functional zoning (2011—2020)[Z]. (2021-04-18)[2021-06-15]. <http://www.stateoceanicadministration.gov.cn/>.
- [18] 关道明, 阿东. 《全国海洋功能区划(2011—2020 年)》研究总报告[M]. 北京: 海洋出版社, 2012. GUAN D M, A D. Studying report of national marine functional zoning (2011—2020) [M]. Beijing: Ocean Press, 2012.
- [19] 邓超冰. 北部湾北部海洋环境质量的模糊数学综合评价[J]. 海洋环境科学, 1989, 8(3): 42-47. DENG C B. Fuzzy comprehensive evaluation of marine environment in northern of Beibu Gulf[J]. Marine Environment Science, 1989, 8(3): 42-47.
- [20] 平仙隐, 沈新强. 灰色聚类法在海水水质评价中的应用[J]. 海洋渔业, 2006, 28(4): 326-330. PING X Y, SHEN X Q. Application of grey clustering method in sea water quality evaluation[J]. Marine Environment Science, 2006, 28(4): 326-330.
- [21] 辽宁省海洋与渔业厅. 2017 年辽宁省海洋环境质量公报[R/OL]. (2018-05)[2021-06-15]. <https://wenku.baidu.com/view/b4c46039340cba1aa8114431b90d6c85ed3a88f0.html>. Department of oceans and Fisheries of Liaoning Province. Marine environment quality report in Liaoning province in 2017[R/OL]. (2018-05)[2021-06-15]. <https://wenku.baidu.com/view/b4c46039340cba1aa8114431b90d6c85ed3a88f0.html>.

Evaluation of Nearshore Water Environment Effect of the Sandy Coast Renovation and Restoration Project in the Moon Bay of Yingkou

ZHANG Ming-hui¹, SUO An-ning^{2,3}

(1. College of Navigation Engineering, Guangzhou Maritime University, Guangzhou 510725, China;

2. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou), Guangzhou 511458, China;

3. Key Laboratory of Tropical Marine Bio-resources and Ecology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China)

Abstract: For evaluating the nearshore water environment effect of the sandy coast renovation and restoration project, a evaluation method of nearshore water environment effect is developed based on the requirements for water quality in the marine function zoning, and the nearshore water environment effect is investigated by taking the sandy coast renovation and restoration project carried out in the Moon Bay of Yingkou as the study case. The results show that through this project the quality of the water environment in the Moon Bay has been initially improved, which can be seen from the variations of the standard rates of the major pollutants in the seawater environment before and after the implementation of the project. Before the project inorganic nitrogen in the seawater environment did not meet class II seawater quality standard at all of the surveying stations and after the project there are 16.67% of the stations where inorganic nitrogen has met the class II seawater quality standard. The surveying stations where heavy metal Cu in the seawater environment can reach class II seawater quality standard has increased from 85% of the stations before the project to 100% after the project. However, the surveying stations where oil in the seawater environment can meet the class II seawater quality standard have reduced from 100% before the project down to 80% after the project due to the construction and operation of the Xianrendao Island port area of the Yingkou Port. As for the inorganic nitrogen in the Moon Bay, its standard rate in the seawater environment has been a “short board” of the seawater environment quality before and after the project.

Key words: sandy coast; coast renovation and restoration project; water environment; effect evaluation; the Moon Bay; the Liaodong Bay

Received: June 15, 2021