

# 围填海工程对湄洲湾海湾生态系统稳定性的影响研究

戴桂香, 苏荣, 蓝虹, 黄央央, 曹宇峰

(国家海洋局厦门海洋环境监测中心站 厦门 361008)

**摘要:**为有效防控围填海活动对海洋生态环境的影响,文章依据相关技术导则,以生境、生物和生态系统压力为指标,基于海洋生态环境调查结果,评估围填海工程对湄洲湾海湾生态系统稳定性的累积影响,并提出建议。研究结果表明:随着围填海活动强度持续增强,2010—2013年湄洲湾的海洋生态环境明显恶化,海湾生态系统稳定性指数总体呈下降趋势,自2012年起达到严重受损的程度;应严控湄洲湾海域的大规模围填海活动,重点关注渔业资源和底栖生物的生境恢复,同时优化技术导则中的初级生产力赋值。

**关键词:**围填海;海洋生态环境;海洋生态系统;渔业资源;底栖生物

中图分类号:X826;Q146;P76

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2022)04-0034-05

## The Impact of Reclamation on the Stability of Ecosystem in Meizhou Bay

DAI Guixiang, SU Rong, LAN Hong, HUANG Yangyang, CAO Yufeng

(Xiamen Marine Environmental Monitoring Central Station, SOA, Xiamen 361008, China)

**Abstract:** In order to effectively prevent and control the impact of reclamation activities on the marine ecological environment, according to the relevant technical guidelines, taking the pressure of habitat, organisms and ecosystem as the index, and based on the survey results of marine ecological environment, this paper evaluated the cumulative impact of reclamation projects on the stability of Meizhou Bay ecosystem, and put forward some suggestions. The results showed that with the increasing intensity of reclamation activities, the marine ecological environment of Meizhou Bay deteriorated significantly from 2010 to 2013, and the stability index of the bay ecosystem showed a downward trend, reaching the degree of serious damage since 2012. We should strictly control the large-scale reclamation activities in Meizhou Bay, focus on the habitat restoration of fishery resources and benthos, and optimize the assignment of primary productivity in the technical guidelines.

**Keywords:** Reclamation, Marine ecological environment, Marine ecosystem, Fishery resources, Benthos

收稿日期:2021-06-27;修订日期:2022-03-31

基金项目:自然资源部东海局青年科技基金项目(2019).

作者简介:戴桂香,工程师,硕士,研究方向为海洋环境监测与评价

## 0 引言

围填海也被习惯称为填海造陆,是采用人工干预的方式,以倾倒和回填土石料等手段在海上建设人工陆地的土木工程。作为最重要的海岸工程,围填海工程多通过人为建设堤坝和填埋土石方等方法将原有的自然水体转化为陆地,以扩大社会经济发展空间。大型围填海工程在带来巨大经济效益的同时,由于部分工程项目缺乏规划,导致海洋生物减少甚至消失以及海洋环境污染加剧,对海洋生态环境造成难以挽回的严重影响。

近年来,围填海工程引发的海洋生态环境问题逐渐引起各界关注,不少学者从不同方面分析和探讨围填海工程对近海生态环境产生的负效应<sup>[1-3]</sup>。诸多研究表明,生态环境的恶化并不是由于某项特定活动,而是相当长时期频繁活动积蓄影响的累加。本研究依据《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第10部分:海湾》,分析围填海工程对湄洲湾海湾生态系统稳定性的累积影响,为科学管理和控制围填海活动提供科学依据。

## 1 研究区域和评估方法

湄洲湾位于福建沿海地区中部,东临台湾海峡<sup>[4]</sup>,湾口有湄洲岛等海岛构成天然避风屏障,属于隐蔽性和稳定性较好的天然良港。近年来,随着海峡西岸经济区建设的全面实施,湄洲湾海域的围填海活动非常活跃,海湾生态系统面临的压力越来越大。

根据《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第10部分:海湾》(T/CAOE 20.10-2020),海湾生态系统评估包括生境、生物和生态系统压力3类指标,权重分别为40、40和20。①海湾生境指标主要包括滩涂面积、纳潮量、沉积物质量、富营养化程

度和初级生产力;②海湾生物指标主要包括渔业资源密度、多样性指数和物种数量;③海湾生态系统压力指标主要包括围填海面积、人工岸线长度、养殖面积和赤潮累计发生面积。

根据参照系基准值确定的原则,本研究以2009—2013年《福建省主要海湾环境质量监测——湄洲湾》的监测结果为主要数据来源;该监测过程站位稳定且资料齐全,共设置18个监测站位,包括生物生态站位和沉积物站位各11个。初始滩涂面积以相关文献资料为准,本研究关注的围填海活动范围主要是沿岸滩涂,因此以参照年的滩涂面积<sup>[5]</sup>减去当年的围填海面积即当年的滩涂面积。纳潮量参考有关围填海工程可设计的数模研究结果<sup>[5]</sup>以及部分项目的相关海域使用论证报告和生态评估报告的数值模拟结果。根据遥感影像确定围填海的时间,根据海域权属信息和围填海历史遗留问题图斑确定围填海的面积。人工岸线变化主要根据遥感影像关注围填海工程建设后增加的人工岸线。

海湾生态系统综合评估指数即稳定性指数(CEH<sub>index</sub>)为海湾生境、海湾生物和海湾生态系统压力的评估指数之和。当CEH<sub>index</sub>>80时,表明海湾生态系统稳定;当60≤CEH<sub>index</sub>≤80时,表明海湾生态系统受损;当CEH<sub>index</sub><60时,表明海湾生态系统严重受损。

## 2 湄洲湾海湾生态系统稳定性评估

### 2.1 海洋生态环境调查

海洋生态环境调查的内容主要包括沉积物质量、富营养化程度、初级生产力、渔业资源密度、多样性指数和物种数量。2009—2013年湄洲湾的海洋生态环境调查结果如表1所示。

表1 2009—2013年湄洲湾的海洋生态环境调查结果

调查内容		2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
沉积物质量	有机碳/%	0.59	0.67	0.48	0.71	0.48
	硫化物/(mg·kg <sup>-1</sup> )	20.00	13.00	14.75	9.14	10.00
富营养化程度		0.001	0.310	0.080	0.330	0.340
初级生产力/(mg·m <sup>-3</sup> ·d <sup>-1</sup> )		111.63	45.96	106.98	50.26	44.54
渔业资源密度/ (ind·m <sup>-3</sup> )	鱼卵	4.89	0.47	0.69	0.38	0.21
	仔鱼	9.54	3.71	4.42	2.83	2.42

续表 1

调查内容	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	
多样性指数	浮游植物	3.07	2.06	2.81	2.79	3.56
	浮游动物 (I 型)	3.07	3.53	2.83	2.93	3.28
	浮游动物 (II 型)	1.97	1.13	2.77	3.15	2.55
	底栖生物	3.70	3.45	2.78	2.37	2.81
物种数量 (各站位平均值)/种	浮游植物	28.9	24.3	30.3	31.6	32.6
	浮游动物 (I 型)	16.8	29.1	19.3	20.2	22.3
	浮游动物 (II 型)	21.4	27.5	25.2	26.0	25.1
	底栖生物	30.7	20.1	9.0	9.3	8.9

由表 1 可以看出:湄洲湾海域的富营养化程度较低(各年份均小于 1),即未出现富营养化的情况;初级生产力无明显变化规律,且年际差异较大;底栖生物的多样性指数和物种数量总体呈下降趋势;与 2009 年相比,2013 年浮游动物(II 型)的多样性指数和物种数量均提升,但鱼卵和仔鱼密度均明显下降。

## 2.2 围填海状况

结合历史卫星图片、海域权属信息和围填海历史遗留问题图斑可知,2009—2013 年湄洲湾海域的围填海活动频繁,累计围填海面积约为 2 688 hm<sup>2</sup> (表 2)。

表 2 2009—2013 年湄洲湾海域的围填海面积等情况

年份	围填海面积/hm <sup>2</sup>	滩涂面积/hm <sup>2</sup>	纳潮量/亿 m <sup>3</sup>	人工岸线增加长度/km
2009	116	17 390	18.129 7	42.52
2010	284	16 990	18.054 4	50.13
2011	557	16 433	17.895 6	58.59
2012	650	15 782	17.736 6	69.43
2013	1 081	14 701	17.472 3	74.67

## 2.3 养殖面积和赤潮累计发生面积

根据 2009—2013 年湄洲湾渔业用海权属信息,统计湄洲湾海域的养殖面积(表 3)。

表 3 2009—2013 年湄洲湾海域的养殖面积

年份	养殖总面积/ hm <sup>2</sup>	围海养殖面积/ hm <sup>2</sup>	开放式养殖面积/ hm <sup>2</sup>
2009	770.823 6	345.348 3	425.475 3
2010	770.823 6	345.348 3	425.475 3
2011	747.237 6	320.492 3	426.745 3
2012	1 429.636 9	285.408 4	1 144.228 5
2013	1 387.946 9	243.718 4	1 144.228 5

由表 3 可以看出:围海养殖面积逐年减少,减少的面积均被围填成陆;自 2012 年起开放式养殖面积明显增加,进一步加大湄洲湾的海湾生态系统压力。

根据历年《莆田市海洋环境状况公报》,2009—2013 年湄洲湾海域仅记录 1 起赤潮暴发事件,即 2012 年 5 月 25—27 日以及 5 月 30 日至 6 月 3 日湄洲岛洋屿海域以及秀屿东岱、坑口和石城等海域发生米氏凯伦藻(*Karenia mikimotoi*)赤潮,赤潮藻具有毒性,最高密度达 8.27×10<sup>6</sup> 个/L,累计影响面积约为 34 km<sup>2</sup>。

## 2.4 海湾生态系统稳定性评估

### 2.4.1 海湾生境

海湾生境的评估内容包括滩涂面积、纳潮量、沉积物质量、富营养化程度和初级生产力,评估结果如表 4 所示。

表 4 海湾生境的评估结果

评估内容	2010 年		2011 年		2012 年		2013 年		
	结果/%	赋值	结果/%	赋值	结果/%	赋值	结果/%	赋值	
滩涂面积	2.3	40	5.5	25	9.2	25	15.5	10	
纳潮量	0.4	40	1.3	40	2.2	40	3.9	40	
沉积物质量	有机碳	—	40	—	40	—	40	—	40
	硫化物	—	40	—	40	—	40	—	40
富营养化程度	—	40	—	40	—	40	—	40	
初级生产力	58.8	10	4.2	40	55.0	10	60.1	10	

与参照年即 2009 年相比,2010—2013 年滩涂面积的赋值逐年下降,2013 年滩涂面积减少 15.5%;纳潮量减少量未达到 5.0%的临界值,但若继续进行大规模围填海活动,势必导致纳潮量进一步减少;富营养化程度和沉积物质量的赋值保持稳定;初级生产力的参照年为最高值且年际变化较大,因此赋值波动较大。综合上述指标,2010—2013 年湄洲湾的海湾生境评估指数分别为 34.0、

37.0、31.0 和 28.0,除 2011 年外呈逐年下降趋势。

#### 2.4.2 海湾生物

海湾生物的评估内容包括渔业资源密度、多样性指数和物种数量。由于无法获得游泳动物的历史监测资料,仅评估鱼卵和仔鱼密度;物种数量取浮游生物和底栖生物各站位的平均值之和,其中浮游动物取 I 型和 II 型监测结果的平均值。海湾生物的评估结果如表 5 所示。

表 5 海湾生物的评估结果

评估内容	2010 年		2011 年		2012 年		2013 年		
	结果/%	赋值	结果/%	赋值	结果/%	赋值	结果/%	赋值	
渔业资源密度	鱼卵	90.3	10	85.8	10	92.2	10	95.8	10
	仔鱼	61.2	10	53.7	10	70.3	10	74.7	10
多样性指数	浮游植物	—	25	—	25	—	25	—	40
	浮游动物(I 型)	—	25	—	25	—	25	—	40
	浮游动物(II 型)	—	40	—	25	—	40	—	25
	底栖生物	—	25	—	25	—	25	—	25
物种数量	8.0	25	22.0	10	19.0	10	17.0	10	

综合上述指标,2010—2013 年湄洲湾的海湾生物评估指数分别为 22.5、15.0、15.8 和 17.5。

积、人工岸线长度、养殖面积和赤潮累计发生面积,评估结果如表 6 所示。

#### 2.4.3 海湾生态系统压力

海湾生态系统压力的评估内容包括围填海面

表 6 海湾生态系统压力的评估结果

评估内容	2010 年		2011 年		2012 年		2013 年	
	结果/%	赋值	结果/%	赋值	结果/%	赋值	结果/%	赋值
围填海面积	1.7	10	3.4	10	4.0	10	6.6	10
人工岸线长度	1.2	10	1.4	10	1.6	10	1.8	10
养殖面积	1.0	20	1.0	20	1.9	10	1.8	10
赤潮累计发生面积	等于参照年	20	等于参照年	20	大于参照年	10	等于参照年	20

综合上述指标,2010—2013 年湄洲湾的海湾生态系统压力评估指数分别为 15.0、15.0、10.0 和 13.0。

#### 2.4.4 综合评估

2010—2013 年湄洲湾的海湾生态系统稳定性指数分别为 71.5、67.0、56.8 和 58.5,表明海湾生态系统分别为受损、受损、严重受损和严重受损。

### 3 讨论

历史监测资料表明,2009—2013 年湄洲湾海域的围填海活动强度持续增强,海洋生态环境调查结果表明在此期间底栖生物的物种数量和渔业资源密度呈明显下降趋势,而浮游生物的变化较小,可见围填海活动对鱼卵、仔鱼和底栖生物的影响不可逆且有累积效应。2010—2013 年湄洲湾的海湾生态系统稳定性指数总体呈下降趋势,自 2012 年起甚至达到严重受损的程度,因此海洋行政主管部门采取严控围填海的措施是十分必要且紧迫的。

截至 2013 年,湄洲湾海域围填海工程导致的纳潮量减少量为 3.9%,若达到 5.0%的临界值,海湾生境的赋值会进一步下降,因此不建议在湄洲湾海域继续开展大规模围填海活动。在有关湄洲湾海域的生态修复项目中,应重点关注渔业资源和底栖生物的生境恢复,促进受围填海工程影响的滩涂湿地恢复生态系统功能。

### 4 结语

本研究根据《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第 10 部分:海湾》评估 2010—2013 年湄洲湾海域围填海活动期间的海湾生态系统稳定性,评估结果分别为受损、受损、严重受损和严重受损。由评估结果可以看出,在大规模围填海活动的背景下,海湾生态环境明显恶化。因此,建议谨慎考虑大区块和成片式的围填海工程,在施工中落实更严格的生态用海措施,并且更加关注渔业资源和底栖生物的生境恢复。此外,《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第 10 部分:海湾》中的初级生产力指标在赋值设置上不尽合理,建议优化。

### 参考文献

- [1] 张明慧,陈昌平,索安宁,等.围填海的海洋环境影响国内外研究进展[J].生态环境学报,2012(8):1509-1513.
- [2] 曾继平.围填海对海洋生态环境的影响研究[D].青岛:中国海洋大学,2012.
- [3] 林磊,刘东艳,刘哲,等.围填海对海洋水动力与生态环境的影响[J].海洋学报,2016(8):1-11.
- [4] 刘翰林.围填海工程对海洋环境影响的 Meta 分析[D].大连:大连理工大学,2014.
- [5] 刘修德.福建省海湾数模与环境研究:湄洲湾[M].北京:海洋出版社,2009.