

海洋工程环境影响后评价指标体系构建与评价

汤倩^{1,2}, 闫玉茹^{1,2*}, 葛松^{1,2}, 梁飞刚¹, 万凯超¹,
刘群¹, 刘海月¹, 肖文峰¹

(1. 江苏省有色金属华东地质勘查局 地球化学勘查与海洋地质调查研究院, 江苏 南京 210007;

2. 自然资源部 华东海岸带野外科学观测研究站, 江苏 南通 226000)

摘要:环境影响后评价是环境影响评价的延伸和发展,目前海洋工程环境影响后评价理论、方法和体系尚处于发展初期阶段。本文分析了建设项目环境影响后评价与环境影响评价的区别,以某港双导堤工程为例,通过收集资料、现场调查等方式获取了该工程的相关数据,采用对比分析法对海洋工程的环境影响后评价方法进行了探讨。其中,目标层指标为自然资源环境、生态环境、项目管理三项,准则层指标 8 项,指标层指标 26 项,并提出了后评估计算方法,根据后评估环境影响值评定为中等环境影响,并为该工程的后续改进提出了针对性建议。同时建议海洋工程环境影响后评价的工作应尽早开展。

关键词:海洋工程;生态环境;环境影响后评价;指标体系

中图分类号:P753

文献标志码:A

文章编号:1002-3682(2021)03-0242-07

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2021.03.009

引用格式:TANG Q, YAN Y R, GE S, et al. Construction and evaluation of the index system of post-assessment of environmental impact in marine engineering[J]. Coastal Engineering, 2021, 40(3): 242-248. 汤倩, 闫玉茹, 葛松, 等. 海洋工程环境影响后评价指标体系构建与评价[J]. 海岸工程, 2021, 40(3): 242-248.

海洋对我国经济社会发展具有重大战略意义,海洋经济是未来经济发展的趋势。目前,我国海洋经济建设类工程数目众多,极大地促进了社会经济的发展。但同时海洋工程建设也带来了海洋环境污染、海岸带生态系统失衡、海洋资源逐渐退化、海岸自然景观被破坏等诸多问题,在一定程度上对周边环境和社会等产生一系列的影响^[1-3]。因此,迫切需要对海洋工程的建设进行环境影响评估,但目前大多数海洋工程项目的环境影响评价工作一般是在工程建设前进行,评价角度比较单一、片面,没有对整个项目进行系统的评价,更缺少长期、持续的监测和研究。因而需要引入海洋工程环境后评价的概念。本文以某港双导堤工程为例,开展海洋工程环境影响后评价工作,建立海洋工程后评价体系,对相似海洋工程的海域使用管理具有借鉴意义。

环境影响后评价是将项目后评价的思想引入项目环境管理体系^[4]。目前,有些国家在海洋工程管理中已进行了海洋工程环境影响后评价研究,而我国仅在海洋石油钻井平台、围填海工程开展了零星的海洋环境影响后评价工作^[1-2,5-12],海洋工程海洋环境影响后评价的工作还处于研究阶段^[13-16],评价工作主要为单个工程项目建设可行性论证时开展的环境影响评价。作为海洋环境影响评价的延续,通过分析海洋工程环境保护措施落实情况,研究工程建设前后资源环境的变化特征,客观全面反映海洋工程在运营过程中对海域资源环境的实际影响,发现问题所在,对海洋工程实施前后的关键影响因子进行识别。从而为沿海地区开发活动中的海洋工程决策提供指导。因此,实施海洋环境影响后评价工作显得尤其重要,开展相关的后评价工作也是海洋工程管理的需要。

收稿日期:2021-03-17

资助项目:2019 年江苏省海洋科技创新专项——江苏重大海洋工程环境影响后评估及指标体系研究(HY2019-4);2020 年江苏省自然资源发展专项(海洋科技创新)——江苏海岸带整治与修复关键技术研究(JSZRHYKJ202010)

作者简介:汤倩(1977—),女,高级工程师,博士,主要从事海洋地质、矿产勘查方面研究. E-mail: 121681406@qq.com

*** 通信作者:**闫玉茹(1980—),女,正高级工程师,博士,主要从事海洋地质勘查专业及生态修复方面研究. E-mail: 36928254@qq.com

(陈靖 编辑)

1 环境影响后评价指标体系

1.1 后评价指标选定原则

合理有效的指标体系是后评价质量的关键。因此,指标体系的建立应遵循以下原则:

①系统性原则。对于某一海洋工程来说,往往其涉及海洋环境影响因素较多,因此建立的指标体系应具有代表性,且不遗漏重要信息,才能全面评价工程的实际海洋环境影响,保证海洋环境影响后评价的全面性。

②实用性原则。指标设置应具有可操作性,评价的指标需反映真实情况,利于分析对比,能定性或量化评价项目。其中,定性指标不能相互交叉,应能计算分析相关的定量指标。

③独立性原则。后评价指标体系必须科学、客观、公正、规范,必须遵循在纵向上达到层次分明、在横向上达到类别清晰的准则。在相应层次上,指标评价应相互独立,缩小指标间的关联程度,避免出现评价指标间交叉评判,确保针对同一项目的评价不会出现重复评价计算。

④稳定性原则。建立海洋环境影响后评价指标体系时,选取的指标不能受偶然性因素影响较大,应是比较稳定的因素。

1.2 环境影响后评价指标选择

本研究中环境影响后评价根据评价原则采用对比分析法,将指标体系分为目标层、准则层、指标层三个层次^[17]。将自然资源环境、生态环境影响和项目管理作为目标层;细化后,形成二级类指标 8 项为准则层;三级类指标 26 项为指标层(表 1)。在现状调查的基础上,根据监测结果,分析海洋工程对环境可能产生的影响。

表 1 环境影响后评价指标
Table 1 Indexes for the post-assessment of environmental impact

目标层	准则层	指标层	评价依据
自然资源环境	地形地貌变化	冲淤变化	与工程建设前对比
	沉积环境变化	沉积物粒度变化	与工程建设前对比
	水动力变化	特征点涨急时流速变化	与工程建设前对比
		特征点落急时流速变化	与工程建设前对比
	水质环境变化	溶解氧、化学耗氧量、无机氮、活性磷酸盐和石油类、重金属(铜、铅、锌、镉、汞、铬、砷)	海洋功能区划海域水质要求 ^[18]
	底质环境变化	有机碳、石油、重金属(铜、铅、锌、镉、汞、铬、砷)	海洋功能区划海域沉积物要求 ^[19]
生态环境	生物生态变化	浮游生物生物量、多样性指数、生物丰富度;底栖生物生物量、多样性指数、生物丰富度;渔业资源资源总量,渔业资源密度	与工程建设前对比
项目管理	环保措施	海洋管理保护措施	环保设施与投入
		环保监测	
		环保设施运行	
	生态补偿	生物资源损害补偿 岸线保护	损害补偿和岸线保护投入

1.3 指标计算方法

海洋环境影响后评估指标体系中的各组指标数据的计量单位不同,无法进行统一分析运算,因此,需要对各指标进行无量纲化处理,即指标的标准化^[20],解决不同质指标值的同质化问题^[21]。首先将评价指标按照一定的变化范围进行等级划分并进行赋值,赋值范围在 0~1,再根据工程建设后变化值分别计算,得出指标层中各个指标值进行指标标准化,按照图 1,采用专家打分法赋予其不同的权重,再将各指标值与权重相乘并相加得出一个综合得分,见表 2 和表 3。公式如下:

$$S = \sum_{i=1}^n (\omega_j \times y_{ij}), \quad (1)$$

式中:S 为评估值; ω_j 为权重; y_{ij} 为指标值标准化处理的数值。计算出评估值,按照影响程度不同划分为 4 个级别,据此进行评价。

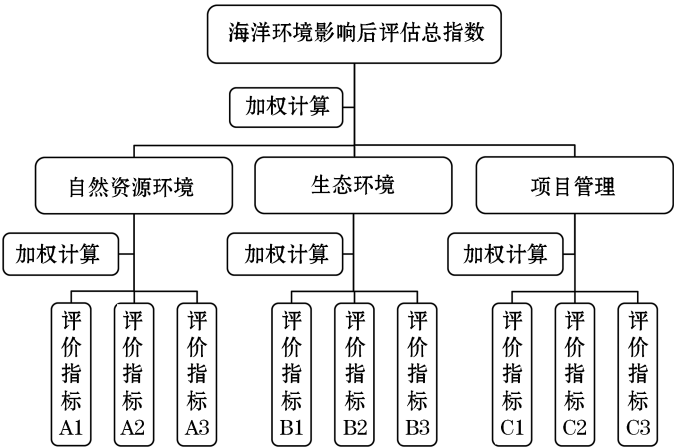


图 1 海洋工程环境影响后评估指标体系

Fig.1 The index system of post-assessment of environmental impact in marine engineering

表 2 评价指标标准量化

Table 2 Quantification of the assessment index standard

目标层	准则层	指标层	分级得分			
			0.3	0.6	0.9	1.0
自然资源环境	地形地貌变化	平均冲淤速率变化 ($\text{cm} \cdot \text{a}^{-1}$)	15<变化值	3<变化值≤15	0<变化≤3	无变化
	沉积环境变化	沉积物粒度 (D_{50})变化	8%<变化值	5%<变化值≤8%	0<变化值≤5%	无变化
	水动力变化	特征点流速变化	20%<变化值	10%<变化值≤20%	0<变化值≤10%	无变化
	水质环境变化	水质质量	严重污染 (劣四类海水标准)	中度污染 (四类海水标准)	较清洁 (二、三类海水标准)	清洁 (优于一类海水标准)
	底质环境变化	沉积物质量	差(劣三类)	一般(三类)	较好(二类)	好(优于一类)
生态环境	生物生态变化	底栖生物量变化	25%<损失	18%<损失≤25%	0<损失≤18%	损失≤0
		底栖生物多样性指数变化	25%<损失	18%<损失≤25%	0<损失≤18%	损失≤0
		底栖生物丰富度变化	25%<损失	18%<损失≤25%	0<损失≤18%	损失≤0
		中小型浮游生物量变化	20%<损失	5%<损失≤20%	0<损失≤5%	损失≤0
		中小型浮游生物多样性指数变化	20%<损失	5%<损失≤20%	0<损失≤5%	损失≤0
		中小型浮游生物丰富度变化	20%<损失	5%<损失≤20%	0<损失≤5%	损失≤0
		渔业资源资源总量变化	20%<损失	5%<损失≤20%	0<损失≤5%	损失≤0
		渔业资源密度变化	20%<损失	5%<损失≤20%	0<损失≤5%	损失≤0
项目管理	环保措施	海洋管理保护措施	差	一般	较先进	先进
		环保监测情况	差	一般	较完善	完善
		事故防控	差	一般	较完善	完善
	生态补偿	生物资源损害补偿	差	一般	较好	好
		岸线保护	差	一般	较完善	完善

表 3 评价指标权重及评价结果

Table 3 The weights of the assessment indexes and the results of the evaluation

目标层	权重	得分	准则层	权重	得分	指标层	建堤前	建堤后	得分	权重	得分
自然资源环境	0.45	0.27	地形地貌变化	0.32	0.192	平均冲淤速率变化/(cm·a ⁻¹)		13.55	0.6	1.00	0.600
			沉积环境变化	0.20	0.060	沉积物粒度(D ₅₀)变化	0.068	0.028	0.3	1.00	0.300
			水动力变化	0.20	0.090	导堤口特征点大潮涨急流速变化/(m·s ⁻¹)	1.33	1.7	0.3	0.50	0.150
						导堤口特征点大潮落急流速变化/(m·s ⁻¹)	1.08	1.27	0.6	0.50	0.300
			水质环境变化	0.14	0.129	溶解氧/(mg·L ⁻¹)	>6(一类)	7.64	1.0	0.17	0.170
						化学耗氧量/(mg·L ⁻¹)	≤2.0(一类)	1.53	1.0	0.17	0.170
						无机氮/(mg·L ⁻¹)	≤0.4(三类)	0.364	0.9	0.16	0.144
						活性磷酸盐/(mg·L ⁻¹)	≤0.045(四类)	0.0349	0.6	0.16	0.096
						石油类/(mg·L ⁻¹)	≤0.05(一类)	0.028	1.0	0.17	0.170
			底质环境变化	0.14	0.140	重金属	一类标准	优于一类	1.0	0.17	0.170
						有机碳/%	≤2.0(一类)	0.33	1.0	0.33	0.330
						石油类/(×10 ⁻⁶)	≤500(一类)	23.53	1.0	0.33	0.330
						重金属/(×10 ⁻⁶)	一类标准	优于一类	1.0	0.34	0.340
生态环境	0.33	0.24	生物生态变化	1.00	0.717	底栖生物量均值变化/(g·m ⁻²)	19.65	4.00	0.3	0.11	0.033
						底栖生物多样性变化	0.51	0.31	0.3	0.11	0.033
						底栖生物丰富度变化	0.12	0.10	0.9	0.11	0.099
						中小型浮游生物量均值变化/(mg·m ⁻³)	591	312	0.3	0.13	0.039
						中小型浮游生物多样性指数变化	1.52	1.46	0.9	0.13	0.117
						中小型浮游生物丰富度变化	0.73	1.03	1.0	0.13	0.130
						渔业资源资源总量变化/(kg·km ⁻²)	68.901	73.288	1.0	0.14	0.140
						渔业资源密度变化/(尾·km ⁻²)	12437	12165	0.9	0.14	0.126
项目管理	0.22	0.20	环保措施	0.55	0.495	海洋管理保护措施		较先进	0.9	0.38	0.342
						环保监测		较完善	0.9	0.38	0.342
						事故防控		较完善	0.9	0.24	0.216
			生态补偿	0.45	0.405	生物资源损害补偿		较好	0.9	0.55	0.495
						岸线保护		较完善	0.9	0.45	0.405

注:空白表示无数据

2 某港双导堤工程环境影响后评价实例

2.1 某港双导堤工程简介

某港为治理河口拦门沙,实施了双导堤工程,工程主要分 2 期完成:2013 年 10 月工程完工第一期,建成

航道南侧 6.2 km、北侧 6.3 km 的防沙挡浪双导堤,导堤间距 1 200 m,堤头位于-5 m 等深线处;第二期工程于 2015 年 2 月开工建设,于 2016 年 10 月完工。南北导堤分别沿一期工程端部向航道方向偏转约 7° 后,南北导堤长度分别延长 1.6 km,导堤口门宽度取 900 m,平面布置见图 2。

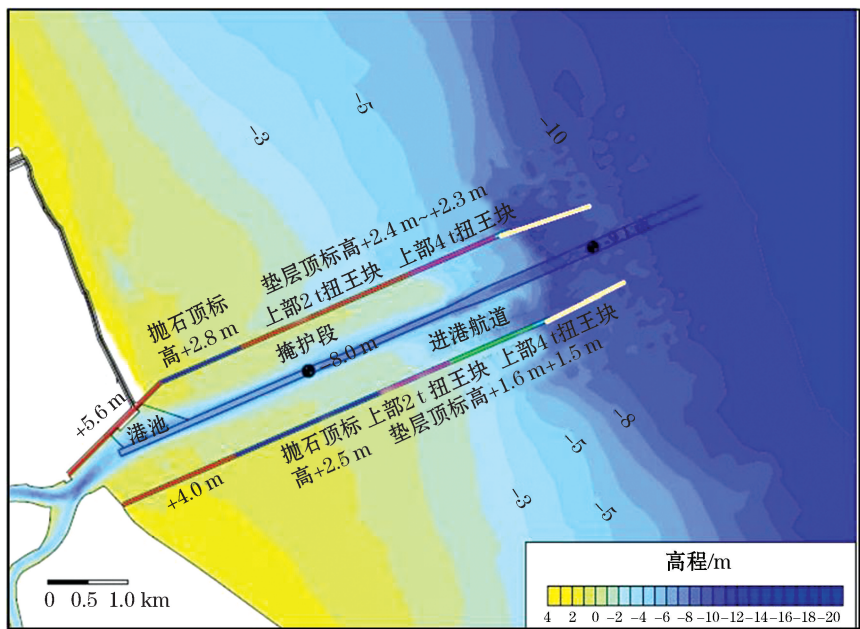


图2 某港双导堤工程平面布置示意图

Fig.2 Plane layout of the double-breakwater project in a harbor

2.2 评估结果

通过分析港区环境跟踪监测报告、工程可行性论证报告以及海洋环境影响报告等资料,根据式(1)算出评估分值,按照评估值 $0.90 \leq S$ 为轻微环境影响、 $0.70 \leq S < 0.90$ 为中等环境影响、 $0.45 \leq S < 0.70$ 为较大环境影响、 $0 \leq S < 0.45$ 为严重环境影响来划分等级^[17]。

根据收集的基础资料进行分析处理后,分别计算出本研究区自然资源环境后评价指标值为 0.27、海洋生态环境指标值为 0.24、项目海洋环境管理指标值为 0.20(表 3),最终得到某港双导堤环境影响后评估环境影响值 S 约为 0.71,按照 $0.70 \leq S < 0.90$ 评价为中等环境影响。资源环境影响冲淤和水动力变化略超工程建设前的预测值,需要定期监测;工程建设的项目管理水平较先进,风险于海洋环境可接受范围;生态环境影响主要是底栖生物的影响,需对周边区域海域采取相应措施进行生态修复补偿措施,把工程对海洋生态环境的不利影响控制到最低程度。

3 结论与建议

本文采用对比分析法分析了某港双导堤工程前、后附近海域的资源环境,包括水动力、地形地貌、水质环境、底质环境以及生物生态环境等的变化程度,评价了工程对海洋环境的影响,并提出建议。主要结论如下:

①某港双导堤工程的环境影响后评估按照评价原则设定了目标层为自然资源环境、生态环境、项目管理三项,准则层为 8 项,指标层指标 26 项。该工程环境影响后评估的结果为中等环境影响,反映了导堤建设对自然环境有一定影响,以自然资源环境中的沉积物粒径和水动力变化最为明显,其次为生态环境中的底栖生

物的变化,水质环境和底质环境质量没受到明显影响。项目管理情况较好,积极有效的响应措施降低了自然环境的直接影响。

②环境影响后评价可通过分析工程建设前后环境变化和环境预测变化的差异以及导致差异的原因,为同类海洋工程项目管理提供借鉴。

环境影响后评价评价指标数量一般较多,且评价是在工程项目建设运行一段时间之后,收集的资料齐全与否直接影响评价的质量,因此建议在工程建设前海洋管理部门尽早介入到工程实施中,委托第三方机构,提前设计好后评价指标,并对监测点位进行长期动态监测。

参考文献(References):

- [1] LI J, LI Y N, WANG Q, et al. Construction of the post evaluation system of reclamation construction project[J]. Ocean Development and Management, 2019, 36(1): 14-19. 李晋, 李亚宁, 王倩, 等. 围填海建设项目后评价体系构建[J]. 海洋开发与管理, 2019, 36(1): 14-19.
- [2] SUN Z L, GAN G, HUANG L F, et al. Preliminary study on the post-evaluation of tidal flat reclamation project[J]. Ocean Development and Management, 2011, 28(9): 34-38. 孙志林, 干钢, 黄兰芳, 等. 滩涂围垦项目后评价的初步研究[J]. 海洋开发与管理, 2011, 28(9): 34-38.
- [3] TANG D H, XIA Z, CUI Z, et al. Progress and prospect of marine environmental impact assessment and ecological restoration[J]. Coastal Engineering, 2020, 39(1): 1-12. 唐得昊, 夏真, 崔振昂, 等. 海洋环境影响评价及生态修复研究进展与展望[J]. 海岸工程, 2020, 39(1): 1-12.
- [4] SHEN Y, WU L, WANG H R, et al. Post-project-analysis in environmental impact: development and main problems[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2005, 25(1): 56-59. 沈毅, 吴丽娜, 王红瑞, 等. 环境影响后评价的进展及主要问题[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2005, 25(1): 56-59.
- [5] JIANG Z H, WANG H, CAI W X. Primary study on post-project analysis of marine oilfield projects[J]. Environmental Protection of Oil & Gas Fields, 2006, 16(3): 52-54. 江志华, 王华, 蔡伟叙. 海洋石油开发工程环境影响后评价初探[J]. 油气田环境保护, 2006, 16(3): 52-54.
- [6] QIU B Y. Post-assessment research on environmental impact of offshore oil development projects[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2006. 邱戈冰. 海洋石油开发工程环境影响后评价研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [7] GE S L. Research on evaluation index system after construction sea use planning[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2019. 葛赛龄. 建设用海规划后评估指标体系研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
- [8] LI X T, CHEN P X, XIANG H, et al. Construction of post-evaluation index system of sea area using projects[J]. Ocean Development and Management, 2018, 35(9): 3-7. 李欣瞳, 陈培雄, 相慧, 等. 浅谈海域使用后评估指标体系的建设[J]. 海洋开发与管理, 2018, 35(9): 3-7.
- [9] WANG Z Y. A preliminary study on the indicator system for marine environmental impact assessment audits in China[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010. 王勇智. 我国海洋工程海洋环境影响后评价指标体系的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [10] REN Y. Research on the post-assessment of the marine environmental impact on the North Dike of Wenzhou Lingni[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008. 任远. 温州灵霓北堤海洋环境影响后评价的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [11] WANG S G, WANG Y Z, BAO X W. Evaluation on the post project analysis system for sea use in China[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2008, 27(2): 262-266. 王曙光, 王勇智, 鲍献文. 我国海域使用后评价体系的研究[J]. 台湾海峡, 2008, 27(2): 262-266.
- [12] CHEN D X, CHEN M Y, ZHANG C. Influence of reclamation projects on hydrodynamic force in offshore and estuary of Wenzhou[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2009, 37(4): 457-462. 陈道信, 陈木永, 张弛, 等. 围垦工程对温州近海及河口水动力的影响[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2009, 37(4): 457-462.
- [13] DING R. Research on the impact of Dalian Lingshui Bay reclamation project on the marine environment[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2012. 丁冉. 大连凌水湾填海工程对海洋环境的影响研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2012.
- [14] SUO A N, ZHANG M H, YU Y H, et al. Post project environmental retrospective evaluation of reclamation in Caofeidian[J]. Environmental Monitoring in China, 2012, 28(2): 105-111. 索安宁, 张明慧, 于永海, 等. 曹妃甸围填海工程的环境影响回顾性评价[J]. 中国环境监测, 2012, 28(2): 105-111.
- [15] LIU Q, XU M. Comprehensive benefits evaluation for sea reclamation projects in Jiangsu Province[J]. Journal of Nanjing Normal University (Natural Science Edition), 2013, 36(3): 125-130. 刘晴, 徐敏. 江苏省围填海综合效益评估[J]. 南京师范大学学报(自然科学

- 版), 2013, 36(3): 125-130.
- [16] XU W J. Post-tidal flat reclamation evaluation research: taking the reclamation project of Haimen Port New Area in Jiangsu as an example[D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2014. 徐文建. 潮滩围垦后评估研究——以江苏海门港新区围垦工程为例[D]. 南京: 南京师范大学, 2014.
- [17] ZHANG Y, GONG Y J, FU J, et al. Post assessment of sea area use in typical reclamation project in panjin of Liaoning Province: take the reclamation project of 103#—104# general berths in Panjin port as an example[J]. Coastal Engineering, 2019, 38(4): 317-325. 张云, 龚艳君, 付杰, 等. 辽宁盘锦典型填海工程海域使用后评估——以盘锦港 103#—104# 通用泊位填海工程为例[J]. 海岸工程, 2019, 38(4): 317-325.
- [18] National Environmental Protection Agency, State Oceanic Administration. Sea water quality standard: GB 3097—1997[S]. Beijing: China Standard Press, 1997. 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.
- [19] State Oceanic Administration. Marine sediment quality: GB 18668—2002[S]. Beijing: China Standard Press, 2002. 国家海洋局. 海洋沉积物质量: GB 18668—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [20] PENG Y X. Management decision analysis[M]. Beijing: Science Press, 2000: 147-285. 彭勇行. 管理决策分析[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 147-285.
- [21] LI M J, CHEN G H, CHEN Y T. Study on target standardization method of comprehensive evaluation[J]. Chinese Journal of Management Science, 2004(Suppl.1): 45-48. 李美娟, 陈国宏, 陈衍泰. 综合评价中指标标准化方法研究[J]. 中国管理科学, 2004(增 1): 45-48.

Construction and Evaluation of the Index System of Post-Assessment of Environmental Impact in Marine Engineering

TANG Qian^{1,2}, YAN Yu-ru^{1,2}, GE Song^{1,2}, LIANG Fei-gang¹, WAN Kai-chao¹,
LIU Qun¹, LIU Hai-yue¹, XIAO Wen-feng¹

(1. *Institute of Geochemical Exploration and Marine Geological Survey, East China Mineral Exploration and Development Bureau for Non-ferrous Metals*, Nanjing 210007, China;
2. *Observation and Research Station of East China Coastal Zone, MNR*, Nantong 226000, China)

Abstract: Post-assessment of environmental impact is the extension and development of environmental impact assessment. At the present, the theory, methods and systems of the post-assessment of environmental impact in marine engineering have still been in the early stage of development. The differences between the post-assessment of environmental impact and the environmental impact assessment in the construction projects are discussed, and a double-breakwater project of a harbor is taken as the example. The data related to this project are obtained by means of data collection and field surveys. For studying the method for the post-assessment of environmental impact, the comparative analysis is applied. The first-level of evaluation indicators includes the natural resource environment, the ecological environment and the project management, the second-level of indicators includes 8 items and the third-level of indicators contains 26 items. The computational method for the post-assessment is proposed. According to the values of the post-assessment thus calculated, the environmental impact of the project is set to medium. For the future improvements of the project, proposals are put forward. At last, it is suggested that the post-assessment of environmental impact in marine engineering should be carried out as soon as possible.

Key words: marine engineering; ecological environment; post-assessment of environmental impact; index system

Received: March 17, 2021