

基于德尔菲法的围填海对海洋资源影响指标体系研究

胡 聪, 尤再进, 毛海英

(鲁东大学 土木工程学院, 港口海岸工程研究中心, 山东 烟台 264000)

摘要: 为了拓展发展空间, 围填海已经成为沿海国家海洋开发活动的重大举措, 围填海带来巨大的社会和经济效益的同时, 对海洋资源会产生许多不利影响, 要确定围填海对海洋资源影响程度, 急需采用适宜的评价指标体系。分析了受围填海开发活动影响的海洋资源及其影响程度评价指标和权重的确定方法, 构建了用于评价围填海开发活动对海洋资源产生影响程度的层次结构指标体系。利用德尔菲法通过三轮专家咨询给出了影响评价指标的权重。研究结果表明: 围填海开发活动影响的海洋资源可划分为港航资源、旅游资源、渔业资源、空间资源和其他资源 5 个方面, 在 20 个评价指标中, 浅海滩涂损失率、自然岸线损失比例和珍稀物种资源损失价值的权重较大, 陆域空间利用率、人工岸线增加比例、游客增长率、旅游开发投资和海域使用金的权重较小。

关键词: 德尔菲法; 围填海; 海洋资源

中图分类号: TV92 文献标识码: A

doi: 10.11759/hyqx20160111002

文章编号: 1000-3096(2016)08-0150-07

近年来, 随着土地资源的日益紧缺, 围填海开发活动已经成为人类向海洋利用和占用土地资源的一种方式, 也是人类向海洋寻求生产、生活空间的一种有效手段^[1]。由于围填海能够带来巨大的经济效益, 世界上其他国家也在进行着大规模的围填海开发活动。据国家海洋局统计^[2], 2000 年以来, 我国的围填海面积年均增长近 300 km², 仅 2014 年填海造地确权面积就达 13 598.74 hm²。

围填海开发活动在能够带来巨大的经济效益的同时, 还能够部分或者全部永久性的改变围填海开发活动所在区域的自然资源和环境条件, 直接影响着周边海洋资源的变化。围填海开发活动对海洋资源的影响程度究竟有多大? 怎样用一种定量的方法去衡量已经成为十分重要且迫在眉睫的问题。目前, 国内外学者研究围填海对海洋资源影响资料较少。彭木荣、洪华生等^[3]建立了一类生态-经济模型, 用于评估围填海生态损害的价值以及被围海造陆区域作为生产要素的价值, 并对厦门围海造陆区域的价值进行了经验估算, 估算结果表明填海造地生态损害的价值远远高于现行的填海造地海域使用金征收标准价值。刘修德等^[4]对填海造地的环境影响综合性评价进行了研究, 初步探讨了海湾围填海规划方案实施对海湾水动力、环境容量、海洋生态及社会经济等方面的影响。胡聪等^[5-6]分别进行了曹妃甸和天津滨海新区的围填海对海洋资源影响分析。Dalkmann

等^[7]曾分析了围填海开发活动在海湾的叠加效益及其对海湾的长期累积性影响。

以上有关围填海开发活动对海洋生态环境、海洋经济效益影响的研究, 没有从海洋资源受影响的角度分析围填海开发活动。实际上, 围填海开发活动对海洋资源的影响更直接, 且易估算。本文旨在分析围填海开发活动对海洋资源影响程度的评价指标及权重的确定方法。

1 海洋资源受到的影响和影响评价指标权重确定方法

1.1 受围填海开发活动影响的海洋资源

不同的学者分别从狭义、广义范围上定义海洋资源的内涵, 从狭义的角度, 史兆光等^[8]提出了海洋资源主要是蕴藏于海水水体、海底及海面的物质和能量。李挚萍等^[9]从海洋生态系统的角度来研究海洋资源, 将海洋资源与海洋生态资源等同, 是指海洋环境中海洋资源与海洋生态的综合。从广义的角度,

收稿日期: 2016-01-11; 修回日期: 2016-05-31

基金项目: 国家海洋局海洋能专项(GHME2014ZC01); 鲁东大学科研基金(LY2015020)

[Foundation: Ocean energy of State Oceanic Administration, No. GHME2014ZC01; Scientific research funds of Ludong University, No. LY2015020]

作者简介: 胡聪(1986-), 男, 山东泰安人, 博士, 讲师, 从事港口、海岸工程及其与海洋环境的相互作用研究, E-mail: 0538hucong@163.com

楼东等^[10]指出海洋资源是能够带来经济发展、创造经济价值的一切资源的总称。Thebaud 等^[11]从生态系统的角度研究了海洋资源开发和利用中存在的问题,研究了社会、经济和海洋资源的综合动态系统的相互作用建立了综合生态经济系统模型。

综上所述,学者对海洋资源的研究主要是强调海洋资源的生物性和经济性。本文主要研究围填海开发活动影响的海洋资源,其中海洋资源是指海洋空间中存在的,能够产生社会、经济环境价值的一切资源的集合体。为简化并更直接反映围填海开发活动对海洋资源影响,本文的研究将从港口及航道资源、旅游资源、渔业资源、空间资源和其他资源 5 个方面分析评价围填海开发活动对海洋资源影响的程度。

1.2 评价指标及权重确定的方法

要确定围填海开发活动对海洋资源影响的程度,首先要建立围填海开发活动对海洋资源影响评价所采用的指标体系,并确定各指标的权重。目前国内外关于评价指标权重的确定方法大致可分为两大类:第一类是主观赋权法,如层次分析法、德尔菲法等,此类方法是定性的权重确定方法,由专家根据经验进行主观判断取得权数,然后再对指标进行综合评估。郭彦英等^[12]曾利用层次分析法建立了科学的地表水质综合评价体系,并确定了地表水质综合评价指标的权重。赵桂红等^[13]曾利用德尔菲法把专家征询意见同机场安全管理的实际状况相结合,确定了机场停机坪安全指标权重。第二类是客观赋权法,如熵值法、主成分分析法等,该类方法依赖于实际问题,不具有主观随意性,不增加对决策分析者的负担,根据原始数据之间的关系通过一定的数学方法来确定权重,其判断结果有较强的数学理论依据。肖艳玲等^[14]曾采用熵值法对绩效指标权重进行调整,通过静态赋权与动态赋权相结合,使调整后的权重更加准确的反映员工绩效实际情况,为企业的人力资源管理提供了依据。包磊等^[15]采用主成分分析法进行了影响地铁系统安全的主要指标的确定和地铁系统中 4 个不同区段安全程度排序。

由于在围填海开发活动对海洋资源影响评价权重确定过程中,没有足够的样本数据和实际的问题域,宜采取主观赋权法进行分析。此外,由于围填海开发活动对海洋资源影响评价指标较多,数据量大,采用层次分析法达到一致性要求难度高,而德尔菲

法采用多轮专家打分,多次反馈可保证专家意见的充分反映和最终结论的可靠,因此本文在下面的分析中采用德尔菲法。

2 德尔菲法

2.1 基于德尔菲法围填海开发活动对海洋资源影响评价指标权重确定步骤

德尔菲法的前期工作是评价指标体系的建立,即评价指标的选取,选取评价指标后进行专家调查表的设计,组织专家进行专家咨询,反馈意见,最后进行统计分析并进行可行性分析。

2.1.1 专家调查表

本文专家调查表的设计紧紧围绕评价围填海对海洋资源影响,从不同的角度提出构成评价项目要求的且直接有关的问题向专家咨询。

2.1.2 专家咨询

第一轮咨询表:说明要求,提供背景材料,第一轮咨询问题,第一轮征询汇总处理结果;第二轮咨询表:第一轮征询意见分布,第二轮征询意见,请求陈述理由的问题,第二轮征询汇总处理结果;第三轮咨询表:第二轮征询意见分布;补充材料和提供专家意见的理由,第三轮征询问题,第三轮征询汇总处理结果。也可以进行第四轮、第五轮专家咨询。本研究采用了三轮专家咨询已经达到了可靠地一致性,故不再进行四、五轮咨询。

2.1.3 数据处理

根据专家的反馈结果,需要通过统计确定下面的调查结果。

2.1.3.1 专家积极系数 K'

专家积极系数 K' 是专家对某评价指标的关心程度。

$$K = \frac{m'}{m} \quad (1)$$

式中: m' 为专家咨询问卷收回份数, m 为专家咨询问卷发放份数。

2.1.3.2 加权算术平均值 C_i

C_i 体现了结果的集中程度。其值越大,说明评价指标重要性越高。

$$C_i = \frac{1}{m'} \sum_{j=1}^{m'} C_R C_{ij} \quad (2)$$

式中: m' 为专家咨询问卷收回份数, C_R 为专家权威程度, C_i 为第 i 个评价指标专家打分的加权算术平均值, C_{ij} 为专家 j 对评价指标 i 的打分值。

2.1.3.3 满分频度 K_j^i

K_j^i 是对评价指标满分数与总数之比。

$$K_j^i = \frac{m_j^i}{m_i} \quad (3)$$

式中, K_j^i 为评价指标 i 的满分频度, m_i 为对评价指标 i 打分的专家总人数, m_j^i 为对评价指标 i 打满分的专家人数。

2.1.3.4 变异系数 σ_i

σ_i 是衡量评价结果离散程度的指标, 即专家评价的一致程度。

$$\sigma_i = \sqrt{D_i} = \sqrt{\frac{1}{m_i} \sum_{i=1}^{m_i} (C_{ij} - C_i)^2} \quad (4)$$

$$V_i = \frac{\sigma_i}{C_i} \quad (5)$$

式中: σ_i 为评价指标 i 的标准差, D_i 为专家对评价指标 i 的均方差, m_i 为对评价指标 i 打分的专家总人数, V_i 为评价指标 i 的变异系数, C_i 为第 i 个评价指标专家打分的加权算术平均值, C_{ij} 为专家 j 对评价指标 i 的打分值。

2.2 可信分析

在评价活动中, 如何确定评价结果的可信程度十分重要^[16]。肯德尔和谐系数是反映评分者评分一致性程度的指标, 对其进行显著性检验可以了解评分一致性的显著程度和可信程度。

当有 $K(K>2)$ 个评分者对 n 份调查表进行评分, 若要检测所有结果的可信度, 这时就需要计算肯德尔和谐系数值 W 。当专家人数在 3~20 之间, 评价指标数大于 8 时, 需将 W 值转换为 χ^2 值, 再进行检验。

$$W = \frac{\sum R_i^2 - \frac{(\sum R_i)^2}{N}}{\frac{1}{12} K^2 (N^3 - N)} \quad (6)$$

$$\chi^2 = K(N-1)W \quad (7)$$

式中: W 为肯德尔和谐系数, K 为专家总人数, N 为调查表中评价指标个数, R_i 为第 i 个评价指标的专家打分。

每个 χ^2 值对应一个可信概率 P 值, 查 χ^2 表可计算出 P 。

3 围填海开发活动对海洋资源影响评价指标权重调查结果及分析

3.1 围填海开发活动对海洋资源影响评价指标的选取

根据于定勇等^[17]建立的基于 PSR 模型的围填海

开发活动对海洋资源评价指标体系, 本文将海洋资源受到的影响程度作为目标层, 将资源利用、社会经济和其他作为准则层, 将能反映海洋资源受到影响的指标作为指标层。

表 1 给出了本文确定的围填海开发活动对海洋资源影响评价指标, 共 20 个。其中, 反映围填海开发活动对港口、航道资源影响的指标有港口吞吐量增长率和最大水动力变化, 反映对旅游资源的影响有滨海景点损失率、海洋旅游资源损失价值、游客增长率和旅游开发投资, 反映对渔业资源影响的指标有经济鱼类年产量变化、底栖贝类年产量变化、甲壳类年产量变化和珍稀物种资源损失价值, 反映对空间资源影响的指标有陆域空间利用率、海域空间利用率、浅海滩涂损失率、自然岸线损失比例和人工岸线增加比例, 反映对其他资源影响的评价指标有单位面积围填海收益、海洋保护区比例、单位面积工程投资、增加土地资源效益和海域使用金。

3.2 专家调查表

本文提出了用于调查围填海开发活动对海洋资源影响评价指标权重的专家打分评价等级, 根据围填海活动对海洋资源影响程度不同, 将其分为 5 类: 影响很大(9 分)、影响较大(7 分)、影响一般(5 分)、影响较小(3 分)和影响很小(1 分)。为计算方便, 分别对不同的影响程度赋予量化值。

3.3 专家咨询及可信分析

第一轮专家咨询问卷发放 18 份, 收回 16 份; 第二轮发放 16 份, 收回 15 份; 第三轮专家咨询发放问卷 15 份, 回收 15 份。表 2 给出了根据调查结果确定的专家意见积极系数 K 、肯德尔和谐系数 W 、换算的卡方 χ^2 和可信概率 P 。

根据统计结果可知, 第一轮专家咨询的专家积极系数为 88.9%, 表明专家积极性较高。进行可信分析, $\chi^2 > \chi_{(19)0.25}^2$, 表明专家意见比较分散。

第二轮专家咨询的专家积极系数为 93.7%, 表明专家积极性更高。进行可信分析, $\chi^2 > \chi_{(19)0.1}^2$, 表明专家意见已基本一致。

第三轮专家咨询的专家积极系数为 100%。表 3 给出了第三轮调查数据统计得到的围填海开发活动对海洋资源影响评价指标专家打分的加权算术平均值、满分额度和变异系数。

表 1 评价围填海开发活动对海洋资源影响指标

Tab. 1 Evaluation indicators of the reclamation effect on marine resources

目标层	准则层	指标层
海洋资源受到影响程度	资源利用	陆域空间利用率
		浅海滩涂损失率
		海域空间利用率
		自然岸线损失比例
		人工岸线增加比例
		滨海景点损失率
		最大水动力变化
		单位面积工程投资
		游客增长率
		单位面积围填海收益
	社会经济	旅游开发投资
		经济鱼类年产量变化
		底栖贝类年产量变化
		港口吞吐量增长率
		珍稀物种资源损失价值
		海洋旅游资源损失价值
		甲壳类年产量变化
		增加土地资源效益
		海域使用金
		海洋保护区比例
	其他	

表 2 K 、 W 、 χ^2 和 P

Tab. 2 Values of K , W , χ^2 , and P

数据调查	K (%)	W	χ^2	P
第一轮数据	88.9	0.073	22.19	<0.25
第二轮数据	93.7	0.105	27.32	<0.10

给出了应用 spss 统计软件进行围填海开发活动对海洋资源影响评价指标的信度检验结果。其中 W 为 0.207, df 为 19, χ^2 为 55.06, N 为 15。查 χ^2 表得: $\chi^2_{(19)0.01}=36.19$, 故 $\chi^2 > \chi^2_{(19)0.01}$, 求得的 W 达到极显著水平, 表明评分者评定的等级一致性很高, 围填海开发活动对海洋资源影响评价指标的调查咨询结果信度较高。

3.4 围填海开发活动对海洋资源影响评价指标权重确定

根据表 3 中确定的围填海开发活动对海洋资源影响评价指标第三轮咨询数据 C_i , 进行归一化, 利用下式计算受到影响的海洋资源评价指标权重 p_i 值。

$$p_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^N C_i} \quad (8)$$

式中: p_i 为第 i 个影响评价指标的权重, C_i 为第 i 个影响评价指标专家打分的加权算术平均值, N 为调查表中评价指标的个数。

采用上述方法分别计算 $i=1, 2, 3, \dots, 20$ 时的 p_i 值, 得到围填海开发活动对海洋资源影响评价指标权重向量 p (0.0363, 0.0638, 0.0528, 0.0631, 0.0402, 0.0504, 0.0559, 0.0418, 0.0347, 0.0426, 0.0544, 0.0394, 0.0575, 0.0559, 0.0551, 0.0465, 0.0638, 0.0465, 0.0418, 0.0575)。

表 4 给出了围填海开发活动对海洋资源影响评价指标的权重。

由表 4 可见: (1) 在评价围填海开发活动对港口及航道资源影响指标中, 最大水动力变化的权重较大、港口吞吐量增长率的权重一般, 表明围填海开发活动对水动力变化影响较大。(2) 在评价围填海开发活动对旅游资源影响指标中, 滨海景点损失率的权重较大、海洋旅游资源损失价值的权重一般、游客增长率和旅游开发投资的权重均较小, 表明专家认为与旅游资源的收益相比围填海开发活动会造成了较大的滨海景观损失。(3) 在评价围填海开发活动对渔业资源影响指标中, 经济鱼类年产量变化、底栖贝

表 3 围填海活动对海洋资源影响的评价指标第三轮咨询数据统计结果

Tab. 3 Statistical results of 3rd round

海洋资源评价指标	C_i	K_j^i	V_i
浅海滩涂损失率	8.14	0.60	0.17
珍稀物种资源损失价值	8.14	0.50	0.15
自然岸线损失比例	8.00	0.45	0.20
经济鱼类年产量变化	7.29	0.40	0.24
海洋保护区比例	7.29	0.45	0.30
最大水动力变化	7.14	0.40	0.26
底栖贝类年产量变化	7.14	0.40	0.26
甲壳类年产量变化	7.00	0.35	0.26
单位面积围填海收益	6.86	0.45	0.33
海域空间利用率	6.71	0.40	0.28
滨海景点损失率	6.43	0.35	0.31
海洋旅游资源损失价值	5.86	0.20	0.21
增加土地资源效益	5.86	0.30	0.30
单位面积工程投资	5.43	0.25	0.33
港口吞吐量增长率	5.29	0.15	0.30
海域使用金	5.29	0.20	0.39
人工岸线增加比例	5.14	0.10	0.41
旅游开发投资	5.00	0.00	0.36
陆域空间利用率	4.57	0.05	0.40
游客增长率	4.43	0.00	0.48

表 4 评价指标权重

Tab. 4 Indicator weights

准则层	指标权重(%)	指标层	指标权重(%)
资源利用	36.25	陆域空间利用率	3.63
		浅海滩涂损失率	6.38
		海域空间利用率	5.28
		自然岸线损失比例	6.31
		人工岸线增加比例	4.02
		滨海景点损失率	5.04
		最大水动力变化	5.59
		单位面积工程投资	4.26
		单位面积围填海收益	5.44
		游客增长率	3.47
社会经济	49.17	港口吞吐量增长率	4.18
		海洋旅游资源损失价值	4.65
		珍稀物种资源损失价值	6.38
		旅游开发投资	3.94
		经济鱼类年产量变化	5.75
		底栖贝类年产量变化	5.59
		甲壳类年产量变化	5.51
		增加土地资源效益	4.65
		海域使用金	4.18
		海洋保护区比例	5.75
其他	14.58		

类年产量变化、甲壳类年产量变化和珍稀物种资源损失价值的权重均较大,说明围填海开发活动对渔业资源影响较大,会造成较大渔业资源损失。(4) 在评价围填海开发活动对空间资源影响指标中,海域空间利用率、浅海滩涂损失率和自然岸线损失比例的权重均较大,人工岸线增加比例的权重一般,陆域空间利用率的权重较小。表明专家认为与人工岸线增加相比围填海开发活动引起了较大的浅海滩涂、自然岸线损失。(5) 在评价围填海开发活动对其他海洋资源影响指标中,单位面积围填海收益和海洋保护区比例的权重较大,单位面积工程投资、增加土地资源效益和海域使用金的权重较小,表明围填海开发活动虽然得到了一定的围填海收益但专家仍然会担心会对海洋保护区产生较大影响。

4 结论

(1) 围填海开发活动影响的海洋资源可划分为港口及航道资源、旅游资源、渔业资源、空间资源和其他资源 5 个方面。(2) 给出了评价围填海活动对海洋资源影响程度评价的指标体系,共包括 20 个指标。(3) 应用德尔菲法进行了三轮专家咨询,统计

分析了调查结果,并据此给出了 20 个指标的权重。

(4) 在 20 个评价指标中,浅海滩涂损失率、自然岸线损失比例和珍稀物种资源损失价值的权重较大,陆域空间利用率、人工岸线增加比例、游客增长率、旅游开发投资和海域使用金的权重较小。

参考文献:

[1] 洪华生, 陈宗团. 海岸带综合管理中面临的科学问题[J]. 海洋管理, 1998, 1: 28-31.
Hong Huasheng, Cheng Zongtuan. Confronting scientific problems of integrated coastal zone management[J]. Ocean Management, 1998, 1: 28-31.

[2] 国家海洋局. 海域使用管理公报[R]. 北京: 国家海洋局, 2014.
The State Oceanic Administration. Management of Maritime Space Utilization Gazette[R]. Beijing: the State Oceanic Administration, 2014.

[3] 彭木荣, 洪华生, 陈伟琪. 填海造地生态损害评估: 理论、方法及应用研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(4): 714-726.
Peng Murong, Hong Huasheng, Chen Weiqi. Ecological damage appraisal of sea reclamation: theory, method and application[J]. Journal of Natural resources, 2005, 20(4): 714-726.

[4] 刘修德, 李涛, 陈尚, 等. 福建省海湾围填海规划环境影响综合评价[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1-314.
Liu Xiude, Li Tao, Chen Shang, et al. Bay sea reclamation plan environmental impact assessment of Fujian Province[M]. Beijing: Science Press, 2008: 1-314.

[5] 胡聪, 于定勇, 赵博博. 围填海工程对海洋资源影响评价研究—以曹妃甸为例[J]. 城市环境与城市生态, 2014, 27(1): 7-11.
Hu Cong, Yu Dingyong, Zhao Bobo. Evaluation method for impact of reclamation engineering on marine resources-taking Caofeidian reclamation project as an example[J]. Urban Environment and Urban Ecology, 2014, 27(1): 7-11.

[6] 胡聪, 于定勇, 赵博博. 天津滨海新区围填海工程对海洋资源影响评价研究[J]. 海洋环境科学, 2014, 33(2): 214-219.
Hu Cong, Yu Dingyong, Zhao Bobo. Study on confining effect of reclamation on marine resources evaluation in Tianjin Binhai New Area[J]. Marine Environmental Science, 2014, 33(2): 214-219.

[7] Dalkmann H, Herrera R J, Bongardt D. Analytical strategic environmental assessment (ANSEA) developing a new approach to SEA[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2004, 24: 385-402.

[8] 史兆光, 单新静. 海洋资源可持续开发与环境保护的低碳发展模式[J]. 南京林业大学学报, 2011, 11(1):

51-54.
Shi Zhaoguang, Shan Xinjing. Low-carbon development model of marine resources sustainable development and environment protection[J]. Journal of Nanjing Forestry University, 2011, 11(1): 51-54.

[9] 李挚萍. 经济法的生态化—经济与环境协调发展的法律机制探讨[M]. 北京: 法律出版社, 2003: 1-311.
Li Zhiping. Ecological Law-Discussion on the Mechanism of Coordinated Development of Economy and Environment[M]. Beijing: Law Press of China, 2003: 1-311.

[10] 楼东, 谷树忠, 钟赛香. 中国海洋资源现状及海洋产业发展趋势分析[J]. 资源科学, 2005, 27(5): 20-26.
Lou Dong, Gu Shuzhong, Zhong Saixiang. Current situation and development trend of marine industry in China[J]. Resources Science, 2005, 27(5): 20-26.

[11] Thebaud O, Doyen L, Innes J. Building ecological-economic models and scenarios of marine resource systems: Workshop report[J]. Marine Policy, 2014, 43: 382-386.

[12] 郭彦英, 邓云峰, 任珺. AHP 法在地表水水质综合评价指标权重确定中的应用[J]. 兰州交通大学学报, 2006, 25(3): 70-76.
Guo Yanying, Deng Yunfeng, Ren Jun. Application of analytic hierarchy process(AHP) method in comprehensive assessment of surface water quality[J]. Journal of Lanzhou Jiaotong University, 2006, 25(3): 70-76.

[13] 赵桂红, 田纱纱. 基于德尔菲法的机场停机坪安全指标筛选研究[J]. 中国民航大学学报, 2008, 26(6): 61-64.
Zhao Guihong, Tian Shasha. Study on safety factors choice for airport apron based on Delphi Method[J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2008, 26(6): 61-64.

[14] 肖艳玲, 刘晓晶, 刘剑波. 基于熵值法的员工绩效指标权重确定方法[J]. 大庆石油学院学报, 2005, 29(1): 107-109.
Xiao Yanling, Liu Xiaojing, Liu Jianbo. The method of giving weight for performance indicator based on entropy method[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2005, 29(1): 107-109.

[15] 包磊, 雷进生, 刘琼. 基于主成分分析法的地铁系统安全综合评价[J]. 三峡大学学报, 2011, 33(4): 57-59.
Bao Lei, Lei Jinsheng, Liu Qiong. Synthetical evaluation of metro system safety based on principal component analysis[J]. Journal of China Three Gorges University, 2011, 33(4): 57-59.

[16] 周文仓, 赫孝良. 数学建模试验[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1999: 247-258.
Zhou Wencang, He Xiaoliang. Mathematical Modeling Test[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Publishing House, 1999: 247-258.

[17] 于定勇, 王昌海, 刘洪超. 基于 PSR 模型的围填海对

海洋资源影响评价方法研究[J]. 中国海洋大学学报, 自然科学版, 2011, 41(7/8): 170-175.
Yu Dingyong, Wang Changhai, Liu Hongchao. Study

on reclamation impact on marine resources based on PSR Model[J]. Periodical of Ocean University of China, 2011, 41(7/8): 170-175.

Indicator system for the impact of reclamation on marine resources using the Delphi method

HU Cong, YOU Zai-jin, MAO Hai-ying

(College of Civil Engineering, Centre for Ports and Coastal Natural Disaster Prevention Disaster and Mitigation, Ludong University, Yantai 264000, China)

Received: Jan.11, 2016

Key words: Delphi method; reclamation; marine resources

Abstract: Reclamation is an important measure for development activities in coastal states as it increases available construction space. Although reclamation can bring great social and economic benefits, it is harmful to marine resources. Therefore, we urgently need appropriate evaluation indicators to determine its impact on marine resources. This paper analyzes the types of marine resource, compares the methods used to evaluate the impact of reclamation on marine resources and indicator weights, and proposes an evaluation indicator system. Marine resources under the effects of reclamation are divided into port, tourism, fisheries, and spatial resources. Using the Delphi method, the weight values of 20 indicators, based on 3 rounds of expert investigation results, were obtained. The results demonstrates that the weightings of beach loss rate, proportion of natural coastline, and annual output changes in benthic mussels are large, while the weightings of land space utilization, proportion of artificial coastline, reclamation income per unit area, and expropriation value of sea areas are small.

(本文编辑: 刘珊珊)