

DOI: 10.5846/stxb202109272712

彭勃,董艺翀.无居民海岛开发生态损害评估——以象山县大羊屿岛为例.生态学报,2022,42(18):7587-7596.

Peng B, Dong Y C. Ecological damage compensation for uninhabited island development: a case study of Dayangyu Island. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(18): 7587-7596.

无居民海岛开发生态损害评估 ——以象山县大羊屿岛为例

彭 勃,董艺翀*

浙江海洋大学经济与管理学院, 舟山 316022

摘要:无居民海岛独特的生态系统和地理位置决定了受损后的修复成本极高、开发难度极大,其保护与开发已经成为国内外学界关注的重点。基于海岛生态系统服务价值理论构建了无居民海岛开发的生态损害评估模型,以我国首个公开拍卖使用权的大羊屿岛为例验证模型的科学性和可行性,并与 2018 年调整后的无居民海岛使用金征收标准中生态损害成本额度进行对比分析。研究表明:(1)大羊屿岛开发的生态损害补偿金为 1644.82 万元。其中,陆域开发行为所需的生态损害补偿金为 890.19 万元,高于海洋开发行为所造成的生态损害补偿金;(2)通过本文计算的海岛陆域生态损害补偿金高出现行海岛使用金标准中的生态损害成本 371.90 万元,2018 年旅游用岛使用金征收标准仍有上调空间。对无居民海岛开发的生态损害评估可以增强政府和企业对于海岛资源的保护意识,重新权衡无居民海岛开发的利弊,避免对海岛资源过度 and 盲目的开发。

关键词:无居民海岛;保护与开发;生态补偿

Ecological damage compensation for uninhabited island development: a case study of Dayangyu Island

PENG Bo, DONG Yichong*

School of Economics and Management, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China

Abstract: With the rapid development of China's marine economy, the exploitation of uninhabited islands has received the increased attention. At the moment, governments and businesses frequently overexploit the uninhabited islands, resulting in serious damage to the island's resources and environment. The uninhabited islands' unique ecosystem and geographical location contribute to their high restoration costs following damage. The protection and exploitation of uninhabited islands drew the attention of academic world both domestically and internationally. This article establishes an ecological damage assessment model (EDAM) for the development of uninhabited islands based on the theory of island ecosystem service value (IESV). From the perspective of land-sea coordination, the EDAM fully considers different development behaviors that might disturb marine and terrestrial ecosystems on uninhabited islands. The EDAM is suitable for the pre-assessment of the development behaviors of uninhabited islands. Dayangyu island, China's first public auction of use rights, is used to demonstrate the model's scientific validity and feasibility. Additionally, the paper calculates the cost of ecological damage to the uninhabited islands using the adjusted collection standard of fund in 2018 and compares it to the cost of uninhabited islands exploitation damage compensation calculated in this paper. The findings indicate that: (1) the ecological damage compensation for Dayangyu island exploitation is 16.45 million yuan. Among them, the ecological damage compensation required for land exploitation is 8.90 million yuan, which is greater than the ecological damage compensation required for

基金项目:国家社会科学基金项目(20BFX207)

收稿日期:2021-09-27; 采用日期:2021-12-29

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chong109203@gmail.com

marine exploitation; (2) the land ecological damage compensation calculated in this paper has a highly ecological damage cost of 3.72 million yuan. In 2018, there was still room to increase the collection standard for tourism island use. Although the collection standard of uninhabited island use fee in 2018 includes the cost of ecological damage, the ecological damage cost in the collection standard of uninhabited island use fee fails to fully reflect the impact of exploitation on the terrestrial ecosystem. At present, the implementation of the ecological damage compensation system for the development of uninhabited islands is not only feasible in theory, but also necessary in practice. An effective assessment of ecological damages caused by uninhabited island exploitation is the foundation of a system of island ecological damage compensation that requires the damaging party to bear the cost. With a compensation system in place, it will force both governments and enterprises to carefully weigh the benefits and costs of uninhabited island exploitation so as to avoid excessive and rash development of island resources.

Key Words: uninhabited islands; protection and exploitation; ecological compensation

无居民海岛是指我国管辖海域内不作为常住户口居住地的岛屿、岩礁和低潮高地等^[1]。2010年3月1日,中国《海岛保护法》出台,明确规定无居民海岛属国家所有,由国务院代表国家行使无居民海岛所有权,标志着无居民海岛开发向法制化迈进。现阶段,由于无居民海岛开发覆盖陆域、海域生态系统,加之易受损、难恢复,开发过程中生态损害行为管控及修复工作仍然处于探索阶段,如何利用经济手段将损害陆域、海域生态系统的外部性行为内部化,协调开发与保护关系,是无居民海岛开发过程中必须解决的核心问题。

国际上对海岛生态的研究主要集中在生态系统服务价值评估领域。Yuan Chi 等^[2]揭示了人类活动对于海岛的自然生态系统和社会生态系统的影响,并建立了相应的评价模型。Lorilla 等^[3]评估了希腊爱奥尼亚群岛的生态系统服务价值,并指出社会生态因素对于海岛生态系统具有重大影响。Naser 等^[4]审查了巴林群岛工程用海的环境影响评估报告,提出海岛发展要与海岛生态系统的生态功能保持平衡。国内学术界聚焦海岛生态系统服务价值同样开展了一系列探索性研究。李晓东等^[5]围绕无居民海岛生态补偿内涵、特征、补偿机制建立的必要性、所遵循的原则以及具体措施的完善等方面展开研究,为无居民海岛生态补偿的研究与实践提供借鉴。姚秋芬^[6]对海岛生态补偿的主客体进行了分析,并尝试建立了海岛旅游开发生态补偿机制体系。石洪华等^[7]认为海岛生态系统兼具陆地和海洋的生态系统特征,并评估了庙岛群岛南五岛的生态系统服务价值。刘江宜等^[8]建立了陆海统筹的生态资产价值评估指标体系,并运用于广西涠洲岛。赵江等^[9]评估了舟山金塘岛的生态系统服务价值,分析了金塘岛近30年的生态系统服务价值时空动态变化。肖建红等^[10]运用海洋渔业生态标签制度、生态系统服务付费和市场替换法,对海岛旅游绿色发展生态补偿问题进行了研究。汪运波等^[11]运用生态足迹成分法测算了海岛型旅游目的地的生态补偿标准。

总体来看,现有研究大多集中在海岛生态服务价值评估和补偿框架研究,针对无居民海岛生态损害补偿的研究较少,尤其是针对无居民海岛开发过程中生态损害成本的评估方法,以及评估涉及的补偿范围、期限、参数设定标准等关键问题研究仍然存在空白。

无居民海岛开发生态损害补偿是一种防止海岛陆域及周边海域生态破坏、保障和推进海岛生态系统良性发展的环境政策,旨在要求用岛者货币化补偿因开发利用无居民海岛造成的生态环境价值损失,履行无居民海岛有偿使用责任。2018年财政部、原国家海洋局全面落实海洋生态文明建设要求,着重体现无居民海岛开发中“科学规划、保护优先、合理开发、永续利用”的原则,印发《关于调整海域、无居民海岛使用金征收标准》的通知,以2010年制定的无居民海岛使用金征收标准为基础,将部分生态损害成本正式纳入无居民海岛使用金的价格形成机制中,较大幅度调增征收标准。然而,无居民海岛开发个性化特征明显、案例稀少,无法通过生态损害基准价调整确定个岛开发生态损害补偿成本;并且涵盖陆域、海域生态系统的损害成本补偿方法尚未成熟,迫切需要建立无居民海岛开发生态损害补偿评估体系,验证2018年制定的无居民海岛使用金征收标准中生态损害补偿成本的可行性,进一步促进无居民海岛合理有序开发。

本文基于生态系统服务价值理论、生态补偿理论建立了无居民海岛开发生态损害评估模型,并以我国首个公开拍卖使用权的大羊屿岛为例,计算大羊屿岛开发所需的生态损害补偿金,与 2018 年调整后的无居民海岛使用金征收标准中生态损害成本额度进行对比分析。本评估方法可以为完善无居民海岛使用金价格形成机制、协调保护与开发行为提供技术支持。

1 无居民海岛开发生态损害评估体系及结构要素

1.1 评估体系框架

根据无居民海岛开发活动规律,以及对生态系统的影响特性,遵循快速化、定量化和差别化补偿评估原则^[12],本文建立无居民海岛开发生态损害评估体系框架(图 1)。

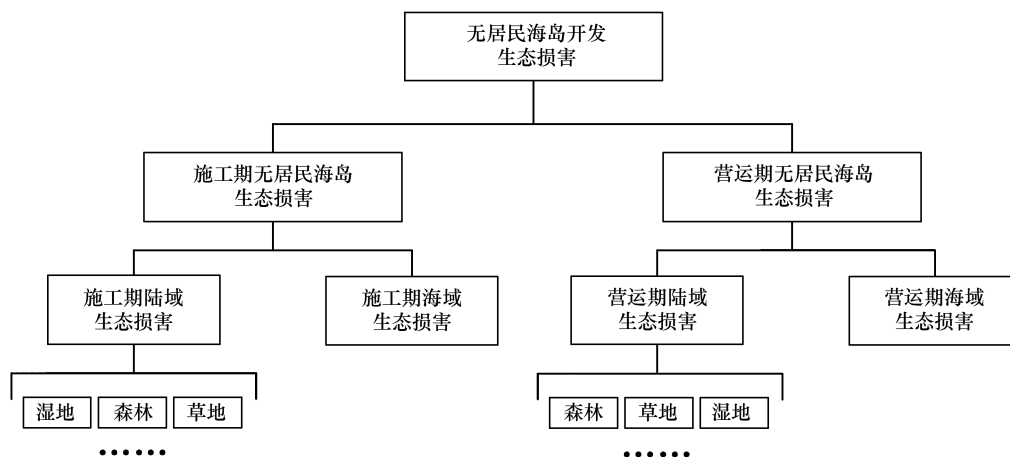


图 1 无居民海岛开发生态损害评估体系框架

Fig.1 Framework of ecological damage assessment system of uninhabited island exploitation

1.2 评估程序

无居民海岛开发生态损害评估包括以下步骤:

首先,识别无居民海岛开发过程中的各种开发行为;

其次,结合海岛生态系统兼具陆地和海洋的属性,确定不同开发行为所影响的陆域和海域面积,以及涉及的生态系统;

然后,依据专家共识原则整体把握不同开发行为对海岛生态系统的综合生态损害程度,确定不同无居民海岛开发行为的生态损害系数;

最后,通过构建无居民海岛开发生态损害评估模型计算生态损害补偿金。

1.3 评估模型

本文借鉴饶欢欢等学者^[13]建立的海洋工程补偿模型,考虑无居民海岛开发与利用“陆海兼顾”的复杂性和特殊性,基于海岛生态系统服务价值建立生态损害评估方法,具体的评估模型如下:

$$P = P_L + P_M \quad (1)$$

式中, P 为无居民海岛开发生态损害补偿金, P_L 为无居民海岛陆域开发行为的生态损害补偿金, P_M 为无居民海岛海域开发行为的生态损害补偿金。

$$P_L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gamma_i \times S_{ij} \times V_j \times \frac{(1+r)^t - 1}{(1+r)^t r} \quad (2)$$

式中, $i(=1,2,3,\dots,n)$ 为无居民海岛开发行为编码,包括填海连岛、房屋建设、码头建设、基础设施建设、泊位建设等。 $j(=1,2,3,\dots,m)$ 为不同陆地生态系统编码,包括农田、草地、森林、湿地、荒漠等。

γ_i 为第 i 种无居民海岛开发行为对陆地生态系统服务价值的损害系数, S_{ij} 为第 i 种无居民海岛开发行为对第 j 种陆地生态系统造成影响的面积, V_j 为第 j 种陆地生态系统单位面积生态服务价值, r 为社会贴现率, t 为用岛年限。

$$P_M = \sum_{i=1}^n \delta_i \times S_{M_i} \times V_M \times \frac{(1+r)^t - 1}{(1+r)^t r}$$

(3)

式中, δ_i 为第 i 种无居民海岛开发行为对海洋生态系统服务价值的损害系数, S_{M_i} 为第 i 种无居民海岛开发行为所影响范围的海域面积, V_M 为单位面积海洋生态系统服务价值。

相较于海洋工程补偿模型,本文构建的无居民海岛生态损害评估模型充分考虑无居民海岛开发过程中涉及的不同开发行为;从陆海统筹的视阈分析各种开发行为所影响的海洋和陆地生态系统。评估模型适用于无居民海岛开发行为的事前评估。其中,海岛生态系统服务识别及其价值评估和无居民海岛开发生态损害系数为评估模型中的关键结构要素。

1.4 海岛生态系统服务及价值评估方法

海岛生态系统既不同于一般的陆地生态系统,又不同于以海水为基质的一般的海洋生态系统。它是以岛陆为核心,以岛滩和环岛近海为延伸,自然和人文因子相互联系、相互作用形成的综合-复合生态系统,具有易受损和难恢复的特点^[14]。

生态系统服务价值代表人类直接或间接从生态系统功能中获得的利益,结合海岛生态系统特点,确定无居民海岛开发所影响的特定生态系统范围,包括海岛陆域及周边海域;其中,草地生态系统和森林生态系统为无居民海岛陆域的主要生态系统(其余陆地生态系统因本文研究案例及篇幅关系不作具体展开)。考虑数据可得性和陆海生态系统服务的属性,结合学术界应用广泛的 Costanza 等^[15]提出的 17 种可再生生态系统服务价值,确定海岛生态系统服务及评估方法见表 1。基于海岛生态系统的整体性,本文将休闲娱乐服务价值、科研服务价值统筹考虑。

表 1 海岛生态系统服务及评估方法

Table 1 The ecosystem services of island ecosystem and its valuation methods				
生态系统类型 Ecosystem type	生态系统服务 Ecosystem services	评估方法 Method	评估公式 Formula	参数说明 Parameters
森林生态系统 Forest ecosystem	原材料生产服务	市场价值法 ^[16]	$V_{gf} = \frac{A}{S_f}$	V_{gf} 为单位面积林地提供的生产服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); A 为研究地区林业总产值(元/a); S_f 为研究地区林地面积(m^2)
	涵养水源服务	影子工程法 ^[17]	$V_{wf} = \frac{P_w \times \alpha \times R \times S_f}{S_f \times 10^3}$	V_{wf} 为单位面积林地提供的涵养水源服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); P_w 为研究地区单位库容水库建设费用(元/ m^3); α 为研究地区主要森林类型的截留率(%); R 为研究地区年降雨量(mm/a)
	固碳释氧服务	重置成本法 ^[18]	$V_{ef} = B_f \times (1.63 \times 0.2727 \times C_{\text{CO}_2} + 1.19 \times C_{\text{O}_2}) \times 10^{-6}$	V_{ef} 为单位面积林地提供的固碳释氧服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); B_f 为研究地区单位面积林地净初级生产力($\text{tC m}^{-2} \text{a}^{-1}$); C_{CO_2} 为固碳的成本(元/t); C_{O_2} 为制氧的成本(元/t)
	土壤保持服务	机会成本法 ^[16]	$V_{sf} = \omega_f \times \frac{\left(\sum C_i \times P_i + \frac{W_f}{u \times h} \right)}{S_f}$	V_{sf} 为单位面积林地提供的土壤保持服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); ω_f 为研究地区林地土壤保持量(t/a); C_i 为土壤第 i 类养分含量(%); P_i 为第 i 类养分的市场价格(元/t); W_f 为土地林业生产的机会成本(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); u 为土壤容量(t/m^3); h 为土壤计算深度(m)
	生物多样性服务	条件价值法 ^[19]	$V_{bf} = \frac{P_{bf}}{S_f}$	V_{bf} 为单位面积林地提供的生物多样性服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); P_{bf} 为研究区域周边居民对于保护森林生物多样性的总支付意愿(元/a)

续表				
生态系统类型 Ecosystem type	生态系统服务 Ecosystem services	评估方法 Method	评估公式 Formula	参数说明 Parameters
草地生态系统 Grassland ecosystem	休闲娱乐服务	旅行费用法 ^[13]	$V_r = \frac{TV_r}{S_h}$	V_r 为单位面积海岛休闲娱乐服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); TV_r 为研究地区休闲娱乐服务总价值(元/a); S_h 为研究地区面积(m^2)
	科研服务	成本法 ^[20]	$V_s = \frac{G}{S_h}$	V_s 为单位面积海岛科研服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); G 为研究地区海洋科研资金投入(元/a)
	涵养水源服务	影子工程法 ^[21]	$V_{wg} = \frac{P_w \times \theta \times R \times S_g}{S_g}$	V_{wg} 为单位面积草地提供的涵养水源服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); θ 为研究地区径流系数(%); S_g 为研究地区草地面积(m^2)
	固碳释氧服务	重置成本法 ^[22]	$V_{cg} = B_g \times (1.63 \times 0.2727 \times C_{\text{CO}_2} + 1.19 \times C_{\text{O}_2}) \times 10^{-6}$	V_{cg} 为单位面积草地提供的固碳释氧服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); B_g 为研究地区单位面积草地净初级生产力($\text{tC m}^{-2} \text{a}^{-1}$)
	水土保持服务	机会成本法 ^[21]	$V_{sg} = \omega_g \times \frac{(\sum C_i \times P_i + \frac{W_g}{u \times h})}{S_g}$	V_{sg} 为单位面积草地提供的土壤保持服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); ω_g 为研究地区草地土壤保持量(t/a); W_g 为土地牧业生产的机会成本(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$)
	生物多样性服务	条件价值法 ^[19]	$V_{bg} = \frac{P_{bg}}{S_g}$	V_{bg} 为单位面积草地提供的生物多样性服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); P_{bg} 为研究区域周边居民对于保护草地生物多样性的总支付意愿(元/a)
	休闲娱乐服务	旅行费用法	—	
	科研服务	成本法	—	
海洋生态系统 Marine ecosystem	食物生产服务	市场价值法 ^[13]	$V_{fm} = \frac{D_{fm} \times \rho}{S_m}$	V_{fm} 为单位面积海域提供食物生产服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); D_{fm} 为研究区域海洋捕捞的产值(元/a); ρ 为海洋捕捞的平均利润率(%); S_m 为研究地区海域面积(m^2)
	污染处理服务	替代成本法 ^[23]	$V_{wm} = \frac{\sum F_i \times C_i}{S_m}$	V_{wm} 为单位面积海域提供污染处理服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); F_i 为研究地区第 i 种污染物处理的物质质量(t/a); C_i 为第 i 种污染物的去除成本(元/t)
	固碳释氧服务	重置成本法 ^[24]	$V_{cm} = B_m \times (1.63 \times 0.2727 \times C_{\text{CO}_2} + 1.19 \times C_{\text{O}_2}) \times 10^{-6}$	V_{cm} 为单位面积海域提供的固碳释氧服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); B_m 为研究地区单位面积海域初级生产力($\text{tC m}^{-2} \text{a}^{-1}$)
	生物多样性服务	条件价值法 ^[19]	$V_{bm} = \frac{P_{bm}}{S_m}$	V_{bm} 为单位面积海域提供的生物多样性服务价值(元 $\text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$); P_{bm} 为研究区域周边居民对于保护海洋生物多样性的总支付意愿(元/a)
	休闲娱乐服务	旅行费用法	—	
	科研服务	成本法	—	

1.5 无居民海岛开发生态损害系数

本文采用德尔菲法,组织海洋工程、海岛生态、渔业、地质地貌、海岛保护利用规划、海岛使用金评估、海岛使用论证等不同专业领域的专家 23 人,设计调查问卷并以通信方式向各位专家征询意见;然后对收集到的数据进行整理、归纳、统计,匿名反馈给各位专家,再次征询意见,直至通过一致性检验,最终得到无居民海岛开发行为对海岛生态系统的损害系数,具体结果见表 2。

2 大羊屿岛案例应用

本文选择大羊屿岛为研究对象,利用上述框架和模型评估大羊屿岛开发的生态损害补偿金额。大羊屿岛位于大目洋近岸,地处浙江省象山半岛东部沿海,是国家首批 176 个可用于旅游娱乐开发的无居民海岛之一,也是中国首个公开拍卖出让使用权的无居民海岛。2011 年,浙江省象山县大羊屿岛使用权公开拍卖,起拍价

1500 万元,最终宁波高宝投资有限公司以 2000 万元取得大羊屿岛 50 年的使用权,意图打造一个以游艇业为主,具有休闲、度假功能的高端旅行型海岛。评估大羊屿岛开发的生态损害,对于修复大羊屿岛的生态环境以及后续无居民海岛的开发具有重要借鉴意义。

表 2 无居民海岛开发行为损害系数
Table 2 Damage coefficient of uninhabited island exploitation

无居民海岛开发行为 Uninhabited island exploitation	陆地生态系统 Terrestrial ecosystem		海洋生态系统 Marine ecosystem	
	施工期 Construction period	营运期 Operation period	施工期 Construction period	营运期 Operation period
填海连岛 Reclamation Island	—	—	1.00	1.00
房屋建设 Housing construction	1.00	1.00	—	—
公路建设 Road construction	1.00	1.00	—	—
码头建设 Wharf construction	1.00	1.00	0.64	0.43
非透水构筑物建设 Impervious structure	—	—	1.00	1.00
种植、养殖 Planting and breeding	0.35	0.30	0.15	0.09
泊位建设 Berth construction	—	—	0.41	0.27

2.1 开发行为及影响面积确定

大羊屿岛陆地面积 0.2528 km²,海岸线长约 3.01 km,周边海域是滨海旅游区,海域水环境质量长期保持二类海水水质控制目标。岛上植被覆盖面积达 80%,渔业资源丰富,适合鸟类栖息和繁殖,特别是每年春秋两季,大量海鸥和白鹭会到此栖息,生态环境优越。根据大羊屿岛《无居民海岛开发利用具体方案》并结合实地踏勘可知,大羊屿的海岛出让面积为 25.07 hm²,其中可建设用地为 6.35 hm²,开发行为主要分布在大羊屿岛西北部靠近象山县内陆的区域,岛屿东南部区域作为重点生态保护区起到保持海岛原始生态的作用。大羊屿岛开发区域规划建设防波堤、游艇泊位区(92 个游艇泊位)、码头泊位区(3 个码头及配套泊位)、公路、房屋(会所、客房、服务中心等建筑约 48 套),涉及到海洋和陆地生态系统(图 2)。

大羊屿岛开发涉及的泊位、防波堤、码头、房屋以及公路等五种建设行为影响的面积见表 3。由于施工期受影响的面积难以确定,本文设定施工期所影响的面积为营运期的 1.1 倍。

表 3 大羊屿岛开发行为影响面积
Table 3 Affected area of Dayangyu island exploitation

无居民海岛开发行为 Uninhabited island exploitation	影响面积 Affected area/m ²					
	林地面积 Forest area		草地面积 Grassland area		海域面积 Sea area	
	施工期 Construction period	营运期 Operation period	施工期 Construction period	营运期 Operation period	施工期 Construction period	营运期 Operation period
泊位建设 Berth construction	—	—	—	—	81193	73812
防波堤建设 Breakwater construction	—	—	—	—	3498	3180
码头建设 Wharf construction	—	—	8048	7316	66853	60775
房屋建设 Housing construction	11458	10441	45940	41764	—	—
公路建设 Road construction	882	802	3531	3210	—	—

2.2 大羊屿生态系统服务价值确定

采用表 1 中的评估公式,评估大羊屿岛开发行为影响的各生态系统单位服务价值,具体服务价值及相关数据来源见表 4(由于篇幅关系,具体计算过程不详细展开)。数据以 2011 年大羊屿岛拍卖时期为主,部分缺失数据通过其他年份数据调整获得。

2.3 大羊屿开发生态损害系数确定

根据大羊屿岛的实际开发活动,选取表 2 中相关无居民海岛开发生态损害系数,确定大羊屿开发生态损害系数见表 5。

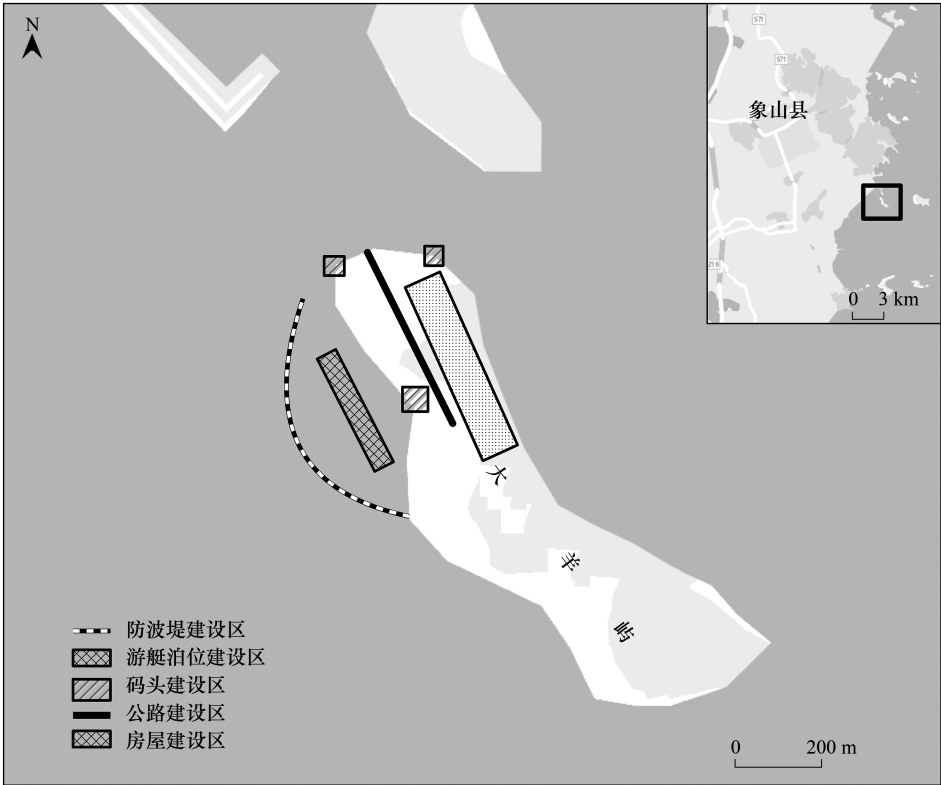


图 2 大羊屿岛开发行为分布
Fig.2 Development distribution of Dayangyu island

表 4 大羊屿岛生态系统服务价值

Table 4 The value of Dayangyu island ecosystem services

生态系统服务 Ecosystem services	海岛生态系统 Island ecosystem/(元·m ⁻² ·a ⁻¹)			数据来源 Data source
	森林生态系统 Forest ecosystem	草地生态系统 Grassland ecosystem	海洋生态系统 Marine ecosystem	
原材料生产服务 Raw materials	0.25	—	—	林业产值、林地面积 ^[25]
涵养水源服务 Water conservation	0.67	1.16	—	草地面积、年平均降水量 ^[26] 、截留率 ^[27] 、径流系数 ^[28] 、由 1999 年《中国水利年鉴》推算所得 2011 年单位库容成本
固碳释氧服务 Carbon fixation and oxygen release	0.61	0.46	1.21	初级生产力 ^[29—30] 、修正后的固碳及制氧成本 ^[31]
土壤保持服务 Soil conservation	0.75	0.53	—	土壤保持量 ^[32] 、土壤养分含量、土壤容量和计算深度 ^[33—34] 、市场调查所得宁波市各类养分价值、2011 年宁波市林业及牧业机会成本 ^[25]
食物生产服务 Food production	—	—	0.42	捕捞成本、捕捞业产值、海域面积 ^[35]
污染处理服务 Waste treatment	—	—	0.33	氨氮、COD 排放量、污水排放总量 ^[36] 、修正后的氮磷及 COD 处理成本 ^[37—38] 、调查所得宁波市生活污水、工业污水处理成本
生物多样性服务 Biodiversity	1.98	2.11	2.32	大目湾居民支付意愿问卷数据
休闲娱乐服务 Recreation		1.16		象山县休闲旅游总收入 ^[39]
科研服务 Scientific research		0.05		浙江省海洋科研机构经费收入 ^[40]

表 5 大羊屿岛开发行为损害系数
Table 5 Damage coefficient of Dayangyu island exploitation

无居民海岛开发行为 Uninhabited island exploitation	陆地生态系统 Terrestrial ecosystem		海洋生态系统 Marine ecosystem	
	施工期 Construction period	营运期 Operation period	施工期 Construction period	营运期 Operation period
房屋建设 Housing construction	1.00	1.00	—	—
公路建设 Road construction	1.00	1.00	—	—
码头建设 Wharf construction	1.00	1.00	0.64	0.43
非透水构筑物建设 Impervious structure	—	—	1.00	1.00
泊位建设 Berth construction	—	—	0.41	0.27

2.4 大羊屿生态损害补偿金计算

分析无居民海岛开发生态损害评估模型 1、2、3 的参数结构可知,贴现率的 n 次幂影响评估结果是导致生态损害补偿金评估差异的重要参数。本文综合考虑银行同期贷款利率、同期行业风险报酬率等取值标准,确定一次性补偿标准贴现率 r 分别为 4%、5%。大羊屿岛拍卖的使用权期限按 50 a 计算,依据大羊屿岛《无居民海岛开发利用具体方案》,施工期占用海岛陆域和海域的损害期限按 5 a 来算,营运期占用海岛陆域的损害期限按 45 a 来算。以表 3、4、5 相关数据为基础,通过模型 1、2、3 计算得到大羊屿岛生态损害补偿金额,具体见表 6。

表 6 大羊屿岛生态损害补偿金额
Table 6 Ecological damage compensation of Dayangyu island

贴现率 Discount rate	无居民海岛补偿金 Compensation fund/(万元)				总计 Total
	陆域生态损害补偿金 Land compensation fund		海洋生态损害补偿金 Marine compensation fund		
	施工期 Construction period	营运期 Operation period	施工期 Construction period	营运期 Operation period	
4%条件下 Discount rate 4%	170.12	720.07	194.48	560.15	1644.82
5%条件下 Discount rate 5%	165.44	617.69	189.14	480.51	1452.78

观察表 6 可见,贴现率为 4%,大羊屿岛开发生态损害补偿金为 1644.82 万元;贴现率为 5%,生态损害补偿金为 1452.78 万元;贴现率取值相差 1%导致评估结果相差 11.68%,评估结果差异率在生态损害补偿金估算波动幅度的合理区间内。鉴于无居民海岛生态系统复杂性、生态损害难修复性以及海洋生态文明建设的国家战略导向,本文采用 4%的社会贴现率。

大羊屿岛陆域开发行为所需的生态损害补偿金为 890.19 万元,高于海洋开发行为所造成的生态损害补偿金。其主要原因是陆域开发行为对无居民海岛的植被破坏是永久性的。此外,由于在海岛使用权拍卖之前有其他企业对大羊屿岛进行过开发,一些基础设施经过简单的修缮工作便能重新投入使用,这一部分的开发行为由于缺少相关数据并且对整体生态环境影响较小而未被纳入评估模型之中。因此,最终的补偿标准应略高于本文的生态损害补偿金额。

2.5 现行无居民海岛使用金征收标准中生态损害成本分析

无居民海岛是推进海洋经济高质量发展的重要空间资源,为此财政部、原国家海洋局在 2010 年根据无居民海岛的等别、用岛类型和方式、离岸距离等因素制定使用金征收标准,并于 2018 年根据用岛类型的收益情况和用岛方式对海岛生态系统造成的影响,将生态环境损害成本纳入价格形成机制调整使用金征收标准;然而 2018 年调整的海岛使用金征收标准中包含的生态环境损害成本是否全面反映开发行为对海岛生态系统造成的影响,尚未得到充分验证。本文以大羊屿岛为例,以按照 2018 年标准计算的使用金与 2010 年标准计算使用金的差额为生态损害成本,与依据模型 1—3 计算的生态损害补偿金额进行对比,检验现行海岛使用金征

收标准中生态损害成本的准确性。

首先,根据 2010 年《无居民海岛使用金征收标准》,计算得出 2011 年大羊屿岛使用权出让金为 344.71 万元。

其次,根据 2018 年《无居民海岛使用金征收标准》计算得出大羊屿岛使用权出让金为 3146.29 万元;基于时间节点的一致性,本文通过贴现将 2018 年大羊屿岛使用金调整至 2011 年标准,计算结果为 2390.92 万元。

再次,求取 2018 年《无居民海岛使用金征收标准》与 2010 年标准计算的使用权出让金差额为 2046.21 万元,并根据大羊屿岛实际建设用地面积与出让面积的比重对差额进行修正;大羊屿岛的出让面积为 25.07 hm²,实际建设用地面积约为 6.35 hm²,修正后得到依据 2018 年《无居民海岛使用金征收标准》计算的大羊屿岛开发生态损害成本为 518.29 万元。

最后,考虑无居民海岛开发活动主要发生在岛屿陆域,较少涉及海域,以借助模型 1—2 计算的 2011 年岛屿陆域生态损害补偿金额 890.19 万元为基准,与根据 2018 年使用金征收标准计算的生态损害成本 518.29 万元对比可知,本文计算的海岛陆域生态损害补偿金额高出现行使用金标准中生态损害成本 371.90 万元,2018 年旅游用岛使用金征收标准仍有较大的提升空间。2018 年无居民海岛使用金征收标准中生态环境损害成本见表 7。

表 7 无居民海岛使用金征收标准中生态环境损害成本

Table 7 Comparison of charge for Dayangyu island utilization

无居民海岛用途 Uninhabited island uses	海岛使用金/万元 Charge for island utilization			差额/万元 Difference	修正系数 Adjusted coefficient	损害成本 Damage cost
	2010 年标准 Initial bidding price	2018 年标准 Standard in 2018	调整后的标准 Adjusted standard			
旅游娱乐 Recreation	344.71	3146.29	2390.92	2046.21	0.25	518.29

3 结论与讨论

随着国内海洋经济的飞速发展,无居民海岛的开发和利用愈加受到关注。但由于存在诸多过度和盲目开发无居民海岛行为,导致海岛资源和环境遭受严重破坏的情况时有发生。评估无居民海岛开发生态损害,实施海岛生态损害补偿,要求生态损害的责任方承担生态损害的成本,有利于增强政府和企业对于海岛资源的保护意识,重新衡量无居民海岛开发过程中的利弊,避免对海岛资源过度和盲目的开发。

不同无居民海岛之间生态系统服务价值差距极大,同一用岛类型、同一利用程度下不同的开发行为对于无居民海岛的生态损害程度也不尽相同。虽然本文建立的无居民海岛生态损害评估模型中补偿系数等参数需要运用德尔菲法确定,贴现率则依赖于评估人员职业判断,存在人为主观因素影响较重、导致评估结果准确度受质疑等问题,然而现阶段无居民海岛开发案例稀少,海岛开发生态损害的相关基础数据极少,加之该模型系统性、逻辑性及可操作性均较强且评估成本较低,仍然可用于无居民海岛开发前的生态损害评估,对开发方起到生态环境损害警示作用。

本文构建了无居民海岛生态损害评估方法,并应用于大羊屿岛开发案例。研究发现大羊屿岛旅游娱乐设施开发所需的生态损害补偿金为 1644.82 万元,其中,无居民海岛陆域生态损害成本为 890.19 万元,现行标准中包含的生态损害成本为 518.29 万元,2018 年无居民海岛使用金征收标准仍有上调空间。

需要特殊说明的是,尽管 2018 年无居民海岛使用金征收标准包含用岛方式对海岛生态系统造成的生态损害成本,开发方一般都缴纳了海岛使用金,但无居民海岛使用金征收标准中生态损害成本未能全面反映开发行为对海岛生态系统造成的影响,目前实行无居民海岛开发生态损害补偿制度不仅理论上可行、实践中也是完全必要的。

参考文献 (References):

- [1] 海洋局, 民政部, 总参. 无居民海岛保护与利用管理规定. [2021-07-31]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content_62328.htm.
- [2] Chi Y, Zhang Z W, Xie Z L, Wang J. How human activities influence the island ecosystem through damaging the natural ecosystem and supporting the social ecosystem? *Journal of Cleaner Production*, 2020, 248: 119203.
- [3] Lorilla R S, Poirazidis K, Detsis V, Kalogirou S, Chalkias C. Socio-ecological determinants of multiple ecosystem services on the Mediterranean landscapes of the Ionian Islands (Greece). *Ecological Modelling*, 2020, 422: 108994.
- [4] Naser H A. The role of environmental impact assessment in protecting coastal and marine environments in rapidly developing islands: the case of Bahrain, Arabian Gulf. *Ocean & Coastal Management*, 2015, 104: 159-169.
- [5] 李晓冬, 许莉. 构建我国无居民海岛生态补偿机制研究. *海洋开发与管理*, 2013, 30(7): 49-53.
- [6] 姚秋芬. 中国海岛旅游开发生态补偿机制研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [7] 石洪华, 郑伟, 丁德文, 吕吉斌. 典型海岛生态系统服务及价值评估. *海洋环境科学*, 2009, 28(6): 743-748.
- [8] 刘江宜, 任文珍, 张洁, 牟德刚. 基于陆海统筹的海岛生态资产价值评估研究——以广西涠洲岛为例. *生态经济*, 2021, 37(6): 32-37, 43-43.
- [9] 赵江, 沈刚, 严力蛟, 黄璐, 金爱民, 霍思高. 海岛生态系统服务价值评估及其时空变化——以浙江舟山金塘岛为例. *生态学报*, 2016, 36(23): 7768-7777.
- [10] 肖建红, 王敏, 于庆东, 刘娟, 张志刚. 海岛旅游绿色发展生态补偿标准研究——以浙江舟山普陀旅游金三角为例. *长江流域资源与环境*, 2016, 25(8): 1247-1255.
- [11] 汪运波, 肖建红. 基于生态足迹成分法的海岛型旅游目的地生态补偿标准研究. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(8): 149-155.
- [12] 郝林华, 陈尚, 夏涛, 李京梅, 陈碧鹃, 崔正国, 马方奎. 用海建设项目海洋生态损失补偿评估方法及应用. *生态学报*, 2017, 37(20): 6884-6894.
- [13] 饶欢欢, 彭本荣, 刘岩, 郑苗壮. 海洋工程生态损害评估与补偿——以厦门杏林跨海大桥为例. *生态学报*, 2015, 35(16): 5467-5476.
- [14] 池源, 石洪华, 郭振, 丁德文. 海岛生态脆弱性的内涵、特征及成因探析. *海洋学报*, 2015, 37(12): 93-105.
- [15] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [16] 余新晓, 鲁绍伟, 靳芳, 陈丽华, 饶良懿, 陆贵巧. 中国森林生态系统服务功能价值评估. *生态学报*, 2005, 25(8): 2096-2102.
- [17] 刘璐璐, 曹巍, 邵全琴. 南北盘江森林生态系统水源涵养功能评价. *地理科学*, 2016, 36(4): 603-611.
- [18] 冯源, 田宇, 朱建华, 肖文发, 李奇. 森林固碳释氧服务价值与异养呼吸损失量评估. *生态学报*, 2020, 40(14): 5044-5054.
- [19] 李京梅, 单菁竹, 邓云成, 许罕多. 海洋生物多样性价值评估的不确定性偏差修正——以福建平潭为例. *资源科学*, 2020, 42(7): 1338-1347.
- [20] 刘红梅, 吴晓青, 都晓岩, 王勇. 海岸带生态系统科研价值评估——以环渤海区域为例. *生态经济*, 2014, 30(4): 153-157.
- [21] 刘秀丽, 张勃, 任媛, 吴攀升, 李玫, 贾艳青, 罗正明. 五台山地区草地生态系统服务价值估算. *干旱区资源与环境*, 2015, 29(5): 24-29.
- [22] 刘洋洋, 任涵玉, 周荣磊, 巴桑参木决, 张伟, 章钊颖, 温仲明. 中国草地生态系统服务价值估算及其动态分析. *草地学报*, 2021, 29(7): 1522-1532.
- [23] 郝林华, 何帅, 陈尚, 赵东波, 胡灯进. 海洋生态系统调节服务价值评估方法及应用——以温州市为例. *生态学报*, 2020, 40(13): 4264-4278.
- [24] 隋玉正, 李淑娟, 张绪良, 张朝晖. 围填海造陆引起的海岛周围海域海洋生态系统服务价值损失——以浙江省洞头县为例. *海洋科学*, 2013, 37(9): 90-96.
- [25] 宁波市统计局. 宁波统计年鉴(2003-2020). [2021-07-31]. https://search.kongfz.com/product_result/?key=%E5%AE%81%E6%B3%A2%E7%BB%9F%E8%AE%A1%E5%B9%B4%E9%89%B4&status=0&_stpm=eyJzZWYyZ2hfdHlwZSI6ImFjdGl2ZSJ9.
- [26] 宁波市气象局. 宁波市气候公报. [2021-07-31]. <http://www.qx121.com/weather/rainImg/259.pdf>.
- [27] 邓坤枚, 石培礼, 谢高迪. 长江上游森林生态系统水源涵养量与价值的研究. *资源科学*, 2002, 24(6): 68-73.
- [28] 宁波市水利局. 宁波市水资源综合规划(文本). [2021-07-31]. http://slj.ningbo.gov.cn/art/2007/8/22/art_1229051278_36853.html.
- [29] 俞静芳. 基于 CASA 模型的浙江省植被净初级生产力估算[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- [30] 文斐, 孙晓霞, 郑珊, 罗璇, 冯秋园, 孙松. 2011 年春、夏季黄、东海叶绿素 a 和初级生产力的时空变化特征. *海洋与湖沼*, 2012, 43(3): 438-444.
- [31] 谢正宇, 李文华, 谢正君, 李新琪. 艾比湖湿地自然保护区生态系统服务功能价值评估. *干旱区地理*, 2011, 34(3): 532-540.
- [32] 陈学兄. 基于遥感与 GIS 的中国水土流失定量评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [33] 方瑜, 欧阳志云, 肖焱, 郑华, 徐卫华, 白杨, 江波. 海河流域草地生态系统服务功能及其价值评估. *自然资源学报*, 2011, 26(10): 1694-1706.
- [34] 汪业勋. 中国森林生态系统区域碳循环研究[D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 1999.
- [35] 象山县海洋与水利局. 象山县渔业产值数据研究报告. 宁波: 2016.
- [36] 宁波市生态环境局. 宁波市环境状况公报(2003-2020). [2021-07-31]. <http://sthjj.ningbo.gov.cn/col/col1229051263/index.html>.
- [37] 吴姗姗, 刘容子, 齐连明, 梁湘波. 渤海海域生态系统服务功能价值评估. *中国人口·资源与环境*, 2008, 18(2): 65-69.
- [38] 亢志华, 刘华周. 基于成本-收益分析法的太湖氮磷污染物去除生态补偿. *江苏农业学报*, 2015, 31(4): 942-945.
- [39] 象山县统计局. 2011 年象山县国民经济和社会发展统计公报. [2021-07-31]. <http://www.etmoc.com/look/Statslisth?Id=529>.
- [40] 国家海洋局. 中国海洋统计年鉴(2010-2012). [2021-07-31]. https://search.kongfz.com/product_result/?key=%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E6%B5%B7%E6%B4%8B%E7%BB%9F%E8%AE%A1%E5%B9%B4%E9%89%B4&status=0&_stpm=eyJzZWYyZ2hfdHlwZSI6ImFjdGl2ZSJ9.