

Doi: 10.11840/j.issn.1001-6392.2019.04.012

基于“PSR+RS”模式的菩提岛整治修复前后 生态系统健康评价

王娜¹, 曹英志¹, 康婧², 李雪瑞³, 王晶⁴, 郭连杰¹, 李方²

(1. 国家海洋信息中心, 天津 300171; 2. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023; 3. 国家海洋局南海规划与
环境研究院, 广东 广州 510300; 4. 自然资源部第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘 要: 海岛生态系统是海洋生态系统的重要组成部分。近年来, 随着海岛人为活动数量不断增加, 加速了对海岛生态环境的破坏, 一些海岛生态失衡严重, 生态系统受损加剧。而对受损海岛生态系统开展人工参与下的主动式生态恢复, 是目前较为主流的恢复方法和手段, 菩提岛整治修复项目正是基于上述修复理念开展并完成的。本文以菩提岛海岛及周边海域为研究区域, 基于 PSR 模型, 以 RS 方式为主要指标获取方式, 构建了适用于我国海岛整治修复模式下的海岛生态系统健康评价体系, 对其整治修复前后生态系统健康状况开展评价分析。结果显示: 2008 年, 该岛生态系统健康值 IEI 为 0.374 0, 生态系统较脆弱, 整体状况较差, 亟须开展保护与修复工作; 2014 年, 经岛体修复并趋于稳定状态后, 该岛生态系统健康值 IEI 提升至 0.673 8, 生态系统较健康, 处于稳定状态, 但仍具有上升空间。经整治修复前后纵向对比, 生态系统健康波动值 Δ IEI 为 0.299 8, 表明该岛生态系统经过修复后已有所好转。

关键词: 菩提岛; PSR; 整治修复; 生态系统健康

中图分类号: X82

文献标识码: A

文章编号: 1001-6392(2019)04-0455-07

Assessment of the ecosystem health of the Puti Island before and after restoration project based on the "PSR+RS" model

WANG Na¹, CAO Ying-zhi¹, KANG Jing², LI Xue-rui³, WANG Jing⁴, GUO Lian-jie¹, LI Fang²

(1. National Marine Data and Information Service, Tianjin 300171, China; 2. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China; 3. South China Sea Institute of Marine Planning and Environmental Research, State Oceanic Administration, Guangzhou 510300, China; 4. First Institute of Oceanography, Ministry of Natural resources, Qingdao 266061, China)

Abstract: Islands ecosystem is an important part of marine ecosystem. In recent years, with the increase of human activities on islands, the destruction of islands' ecological environment has been accelerated. Some islands are facing serious ecological imbalance and their ecosystem has been damaged seriously. The active ecological restoration with artificial participation of the damaged island ecosystem is currently mainstream recovery methods and means. The Puti Island Restoration Project is based on the above-mentioned restoration concept. Based on the RS model, using the remote sensing method as the main indicator acquisition, this paper selected the completed Puti Island as research object to construct an island ecosystem health assessment system which is suitable for China's island restoration method. The island ecosystem health status before and after restoration was evaluated. The result shows that in 2008, the island's ecosystem health value IEI was 0.374, the ecosystem was weak and the overall situation was poor. So it is urgent to carry out protection and restoration work. However in 2014, after the island was repaired and stabilized, the island ecosystem health value IEI has been raised to 0.673 8. The ecosystem is healthy and stable, and still has room for improvement. After vertical comparison, the ecosystem health fluctuation value Δ IEI was 0.299 8, suggesting improvement after the restoration of the island ecosystem.

Keywords: Puti Island; PSR; restoration; ecosystem health

收稿日期: 2018-12-14; 修订日期: 2019-01-25

基金项目: 国家海洋信息中心 2017 年度青年基金项目 (222017054C)。

作者简介: 王娜 (1989-), 硕士, 助理研究员, 主要从事海域海岛管理信息化、海岛生态保护、海岛执法等方面研究。电子邮箱: wangna0305151187@126.com。

海岛四周被海水包围,每个海岛都成为一个相对独立的生态环境地域微小单元。作为我国自然资源的重要组成部分,海岛区域生态系统健康状况和岛体周边海域、滩涂、岸线等自然生态空间变化情况都是资源管理部门关注的焦点。近年来,随着岛陆及周边人为活动数量不断增加,加速了对海岛生态环境的破坏,一些海岛生态失衡严重,生态系统受损加剧,如岛体灭失、岸线损坏、典型生态系统遭到破坏、海岛及其周边海域污染等(杨文鹤,2000)。为有效遏制由人为活动及自然因素造成的海岛生态系统损坏,通过对受损海岛进行人工参与下的主动式生态恢复,促进海岛生态系统向良性方向发展(毋谨超,2013),是目前较为主流的恢复海岛生态系统的方法和手段。2010年,国家首次针对5处典型受损海岛区域开展整治修复工作,修复内容主要包括岸线整治、周边海域生态修复、基础配套设施建设等。截至目前,上述修复工作已全面完成。开展海岛整治修复前后生态系统健康评价,从生态学角度追踪评价海岛整治修复前后生态系统健康状况变化、识别生态环境问题(徐明德等,2010),定量评估海岛整治修复工程实施前后生态系统健康状况,是海岛管理决策的一个重要环节。

针对海岛不同生态系统评价内容,目前主流评价模型有PSR(压力-状态-响应)模型、DSR(驱动力-状态-响应)模型、DPSRC(驱动力-压力-状态-响应-控制)模型、DPSIR(驱动力-压力-状态-暴露-响应)模型等(张玉,2014)。肖佳媚(2007)从海岛生态系统特征出发,基于PSR模型提出了一套海岛生态系统评价指标体系,并应用于南麂岛生态系统健康评价中,结果表明该体系能全面表述海岛生态健康状态。利用遥感手段提取生态系统健康评价表征因子从而替代传统实测数据现已被广泛应用,马明睿等(2014)基于PSR模型,通过RS手段提取崇明岛生态系统健康评价因子,反映了崇明岛近20年来生态系统健康时空变化情况。宋延巍(2006)开展了海岛生态系统健康评价方法研究及应用,分析了目前我国海岛生态系统面临的健康问题,并以活力、组织力、异质性和协调性构建海岛生态系统健康评价指标体系,对南长山岛、北长山岛和大黑山岛开展综合评价。马志远(2008)基于DPSIR模型,从城市化压力角度,搭

建了一套涵盖社会经济、环境管理、生物生态、景观格局5个方面的海岛生态系统健康评价指标体系,探索海岛生态系统健康受到外界压力和响应的影响后而引发其变化的机制。

将生态系统健康概念与其他生态学理论相结合,建立评价模型,对海岛生态系统健康进行研究,是一种有效的监测、评价方式。不同情形下应用PSR、DSR、DPSRC、DPSIR模型均能较好地反映该区域生态系统健康状况,特别是在反映人类活动、环境问题和政策之间的联系方面,PSR模型框架指标体系表现良好。模型采用的“原因-效应-响应”思维逻辑,正体现了人类与环境之间的相互作用关系,即人类通过各种活动从自然环境中获取其生存与发展所必需的资源,同时又向环境排放废弃物,从而改变了自然资源储量与环境质量,而自然和环境状态的变化又反过来影响人类社会经济活动和福利,人类社会通过环境政策、经济政策和部门政策,以及通过意识和行为变化对这些变化做出反应。如此循环往复,构成了人类与环境之间的压力-状态-响应关系。上述人类活动、环境问题和政策之间相互作用与海岛生态损害机制及整治修复工程实施理念是一致的,即通过人类活动、生态环境、政策实施的相互作用实现受损海岛及周边海域生态系统经人工参与下的主动式生态修复。因此,本文选取PSR框架体系表征受损海岛区域生态状态,实现整治修复前后生态系统健康性评价。对于指标获取方式,传统指标获取主要依赖于数据搜集、现场测量及统计方式,很大程度上受制于研究区范围、地形状况、交通天气等因素,人力消耗较大,指标获取存在一定难度,特别是对研究区整治修复前相关资料完备性要求较高,相应指标较难获取。而通过遥感、无人机等手段,获取目标范围内高精遥感影像并经处理获取目标信息,是目前认为较为快速获取大范围海岛信息手段之一(文贡坚等,2003;卢汉明等,2015;孙富伟,2010)。因此,通过RS方式快速获取海岛区域整治修复前后地理信息相关评价指标因子,可作为一种快速有效的指标获取方法。

本文选取已修复的河北唐山湾“三岛”及周边海域综合整治(一期)项目所在区域—菩提岛为研究对象,基于PSR评价模型,结合RS手段作为指标主要获取方式,以生态系统健康与景观生态学理

论为基础, 构建菩提岛整治修复前后生态系统健康评价模型。结合菩提岛生态、经济、海岛开发利用等特征, 选取旅游空间密度、周边海域水质状况、岛陆建设用地比例、归一化植被指数、自然岸线保有率、多样性指数、均匀度指数、恢复力、污水处理率、垃圾处理率等指标, 探索整治修复项目实施前后该岛生态系统健康改善情况、变化及时空分布规律。通过及时掌握整治修复工作实施效果, 以期为海岛整治修复项目实施、管理、评估等海岛生态保护与管理提供理论参考依据。

1 研究区域概况及数据来源

1.1 研究区概况

河北唐山湾“三岛”及周边海域综合整治(一期)项目是我国首批实施的5处海岛整治修复与保护项目之一, 项目自2010年启动, 2011年结束工程建设。主体工程位于河北省乐亭县菩提岛, 从时空角度, 认为该岛及周边海域生态系统在2014年已基本趋于稳定。

菩提岛位于河北省乐亭县大清河口外侧, 又名石白坨。岛陆面积约5 km², 岸线长8.5 km, 周围潮滩发育, 面积达10.9 km², 岛上物质组成为中细砂, 植被为落叶阔叶林、灌丛、灌草丛滨海盐生植被、沼生植被、栽培植被等(唐山湾国际旅游岛政务网, 2013)。该岛在《河北省海岛保护规划(2012-2020年)》中定位为保护类海岛, 以自然生态观光与文化观览为主。1985年菩提岛由乐亭县开发为旅游地正式对外开放, 并设置了接待服务设施。随着人为活动不断加强, 岛体生态环境受到一定破坏, 表现为岛体岸线受损、岛体萎缩、岛体及北部岸区海域鱼塘虾池密布等, 海岛及其周边海域生态环境受到严重威胁。

1.2 菩提岛整治修复项目情况

2010年, 针对菩提岛生态环境受损现状, 《唐山湾“三岛”及周边海域综合整治(一期)》旨在整治和恢复菩提岛及周边海域生态系统受损现状, 主要包括养殖区修复、地形平整回填、内海清淤等, 通过修复工程缓解菩提岛及周边海域面临的生态环境问题。

1.3 数据来源

(1) 影像数据 为客观、准确评价该岛整治修

复前后生态系统健康状态, 从时间跨度上, 所选影像应能完整反映该岛整治修复区域前、后变化。精度上应能清晰、准确反映该岛整治修复位置、内容和效果。基于整治修复项目开工时间、岛体开发利用区域大小、整治修复区域覆盖面积、恢复期时间跨度等综合因素, 分别选取2008年QB02、2014年WV03影像各1期, 作为遥感影像解译数据源。

(2) 修复数据 全面收集项目实施各类数据, 包括: 唐山湾“三岛”规划图、菩提岛海岛保护与利用规划图、《唐山湾“三岛”及周边海域综合整治(一期)》项目实施方案、项目实施季度报告等。

(3) 统计数据 包括《唐山湾“三岛”及周边海域综合整治(一期)》项目实施方案中涉及统计数据《唐山市2008年国民经济和社会发展统计公报》《唐山市2014年国民经济和社会发展统计公报》《2008年中国海洋环境质量公报》《2014年中国海洋环境状况质量公报》《唐山市乐亭县2008年政府工作报告》《唐山湾三岛海岛保护与利用规划说明书》《2008年海洋行政执法统计年报》《2014年海洋行政执法统计年报》《唐山湾三岛海岛保护与利用规划》等。

2 研究方法

海岛虽孤立于海洋之中, 但无时无刻不与人类社会发生交互关系, 因此, 按照马世骏等(1984)提出的“社会-经济-自然复合生态系统”的概念, 海岛属于复合生态系统, 在建立海岛生态评价方法的时候, 不应只考虑海岛的自然属性部分, 应将海岛的社会、经济因素纳入评价体系统筹考虑。

从项目实施目的及手段措施来看, 整治修复属人类针对海岛生态环境改变, 通过政策实施对生态系统的改变而做出趋好的响应及反馈活动。采用PSR模型, 从海岛生态系统演变过程及海岛整治修复实施恢复角度出发, 构建基于“压力-状态-响应”的菩提岛的整治修复前后生态系统评价基本框架, 选取代表性指标, 建立评价指标体系, 采用专家打分确定权重, 构建海岛整治修复生态系统健康评价体系, 得出菩提岛整治修复前后生态系统健康状况。

3 指标体系构建

选取指标构建合理的指标体系是开展评价研究的前提。由于生态系统与社会、经济和自然密切相关,受诸多因素影响,表现出复杂性和不确定性,因此,对生态系统的评价应是综合性评价。本次评价是综合反映人工参与下的生态主动式修复对海岛生态系统健康影响结果,因此在指标设定时首先应能直观反映海岛生态环境状况,其次要重点衔接海岛保护管理相关指标,充分考虑修复措施对生态系统响应结果,同时兼顾典型旅游型海岛在生态系统健康方面的变化。

3.1 压力指标

压力指标主要反映人类经济和社会活动对环境的作用。从区位分析,菩提岛离岸较近,易受大陆影响,且作为典型旅游型海岛,旅游活动是该岛的主要人类干扰活动。因此,指标选取从自然因素和人文因素两方面考虑,兼顾旅游和城市化压力,确定旅游人口密度、海岛周边海域水质状况、岛陆建设用地比例作为压力指标。

表1 压力指标

压力指标	计算公式
p_t	p_{NR}/A_l
w_q	A_s/A_o*100
A_{cr}	$1.2-A_l/A_l*100$

注: p_t 为旅游人口密度; A_l 为岛陆面积; p_{NR} 为旅游人口数量; w_q 为海岛周边海域水质状况; A_s 为海域二类水质以上面积; A_o 为海岛周边海域总面积; A_{cr} 为岛陆建设用地面积; A_c 为岛陆建设面积; 标准: 1、海岛周边海域取 3 km 范围内的海域面积。2、当海岛建设面积不超过海岛面积 20% 时,认为对海岛生态环境不产生极大影响。当计算结果大于 1 时,取 1。

3.2 状态指标

状态指标主要反映生态系统所处状态或趋势,是各因子时空相互耦合的综合反映。从社会-经济-环境之间的相互作用机理以及 PSR 模型中三要素之间的因果关系,从活力、结构、恢复力三方面确定状态指标,包括归一化植被指数、自然岸线保有率、多样性指数、均匀度指数、平均斑块面积、恢复力指标。

(1) 活力指标 研究表明植被生产量与归一化植被指数 (NDVI) 具有明显正相关,因此,本评价体系中,选择 NDVI 值作为衡量生产能力的活力

指标。

(2) 结构指标 景观格局的复杂性和多样性对生态系统是极为重要的,它是生态系统适应环境变化的基础,也是生态系统稳定和功能优化的基础。与此同时,海岛作为相对独立的地理单元,岛体岸线作为岛陆、潮间带和海域相交地带,生态系统交换复杂,特别是岛体自然岸线,对于岛体结构、海岸生态稳定及能量交换具有重要作用,因此,在传统典型景观指数基础上,增加岛体岸线变化、自然岸线保有率表征景观结构。选取自然岸线保有率、多样性指数、均匀度指数 3 个具体代表性指标进行评价。

(3) 恢复力指标 生态系统的恢复力指生态系统受到压力胁迫后,能够保持或恢复结构和功能的稳定性的能力。该指标直接测量较为困难,相关研究表明,可通过不同土地类型对生态系统恢复的贡献和作用,分别赋以不同生态系统恢复力值,得出一个综合指数来反映生态系统的恢复力(徐明德等, 2010; 马明睿等, 2014; 刘明华等, 2006; 陆丽珍等, 2010)。菩提岛作为无居民海岛,岛体陆域使用类型相对单一,经遥感解译,岛体在 2008-2014 年间使用类型主要包括: 休闲设施广场、建设用地、水体、滩涂、裸地、道路、码头、绿林地。

表2 状态指标

分类	指标	计算公式
活力	NDVI	$(NIR-R)/(NIR+R)$
	SL_r	SL_r/SL
结构	H	$-\sum^n (p_i \ln p_i)$
	E	$-\sum^n \ln p_i / \ln n$
恢复力	F	$\sum_i \frac{A_i \times F_i}{A_l}$

注: SL_r 为自然岸线保有率; SL_l 为海岛自然岸线长度; SL 为海岛岸线总长度; H 为多样性指数; p_i 为海岛陆域使用类型 i 所占面积比例; n 为海岛陆域使用类型数; E 为均匀度指数; A_l 为岛陆面积; F 为恢复力; A_i 为第 i 种地类面积; F_i 为第 i 种地类恢复系数; 标准: 本研究自然岸线包括原生自然岸线和整治修复后具有海岸自然形态特征和生态功能的人工岸线。

3.3 响应指标

响应是反映人类应对海岛生态系统受到人类胁迫的加剧和生态环境效应恶化所作出的反应,以改善海岛生态环境质量,防止海岛生态退化。整治修复配套管理及修复措施就是典型的生态响应。响应

表 3 各用地类型生态系统恢复力系数

序号	用地类型	恢复力系数	单位面积价值
1	水体	1	5.719
2	养殖水体	0.8	5.730
3	绿林地	0.8	13.087
4	滩涂	0.7	8.207
5	耕地	0.5	9.860
6	建设用地	0.3	5.582
7	裸地	0.1	1.220

程度的大小能够反映该地区生态环境保护投入力度及重视程度的大小。响应指标从污染控制、生态保护与建设、生态环境管理、生态损害等方面,选取污水处理率,垃圾处理率,环境影响评价实施率,生态修复工程强度,周边海域内海清淤比率,绿化覆盖率,海岛保护规划制定与实施,生态环境管理措施及相关法规,存在违法用海、用岛行为,发生污染、非法采捕、乱砍滥伐等生态损害事故 10 个具体代表性指标进行评价。

表 4 响应指标

分类	指标因子	计算公式
污染控制	W_r	W_r/W_a
	R_r	R_r/R_a
	P_{pr}	P_{pr}/P_{pn}
生态保护与建设	R_r	A_m/A_l
	SS_r	SS_r/SS_{3km}
	G_r	G_{pa}/A_l
海岛保护规划制定与实施	正项指标, 打分制	
生态环境管理	生态环境管理措施及相关法规	正项指标, 打分制
	存在违法用海、用岛行为	负项指标, 打分制
生态损害情况	发生污染、非法采捕、乱砍滥伐等生态损害事故	负项指标, 打分制

注: W_r 为污水处理率; W_s 为污水达标处理量; W_a 为污水产生总量; R_r 为垃圾处理率; R_n 为垃圾无害化处理量; R_a 为垃圾产生量; P_{pr} 为环境影响评价实施率; P_{pn} 为建设项目环境影响评价实施项目数量; P_m 为建设项目总数; G_r 为绿化覆盖率; G_{pa} 为岛陆人工绿化面积; R_r 为生态修复工程强度; A_m 为岛陆生态修复面积; A_l 为岛陆面积; SS_r 为内海清淤比率; SS_a 为海岛周边海域 3 km 范围海清淤面积; SS_{3km} 为海岛周边海域 3 km 海域面积。

3.4 指标权重确定

权重赋值的不同对于评价结果影响关键,因此,在确定各指标权重过程中应重点把握各因子对于生态系统健康的贡献程度及因子间相互作用关系。考虑到生态系统健康评价本身就是一种较为主

观判断方法,因此本文采用专家打分,通过层次分析法构建判断矩阵,经一致性分析确定每一指标的权重。

表 5 菩提岛整治修复前后生态系统健康评价指标权重

菩提岛生态健康性评价	压力指标	状态指标	响应指标	W_i
压力指标	1.000 0	0.818 7	0.818 7	0.290 5
状态指标	1.221 4	1.000 0	1.000 0	0.354 8
响应指标	1.221 4	1.000 0	1.000 0	0.354 8

表 6 菩提岛整治修复前后生态系统健康评价指标因子权重

指标因子	权重	指标因子	权重
旅游人口密度	0.039 0	恢复力	0.071 3
海岛周边海域水质状况	0.013 0	污水处理率	0.030 0
岛陆建设用地比例	0.039 0	垃圾处理率	0.030 0
NDVI	0.169 0	环境影响评价实施率	0.021 2
自然岸线保有率	0.149 0	生态修复工程强度	0.115 3
多样性指数	0.039 1	内海清淤比率	0.128 9
均匀度指数	0.026 2	绿化覆盖度	0.128 9

3.5 评价模型确定

因各指标因子量纲不同,在计算前因首先开展指标无量纲处理,本文采用极值归一化方法:

$$p_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

经无量纲标准化处理后,综合分析确定生态指数计算公式如下:

$$IEI = \sum_i p_i w_i - \beta$$

式中, p_i 是各指标标准化值, w_i 是指标权重, β 是其他指标值之和。

3.6 评价标准

将海岛生态系统健康情况分为 4 级,即优、良、中、差。

表 7 海岛生态健康分级评价标准

级别	IEI	描述
优	$IEI \geq 0.8$	健康状况良好、稳定,整治修复初见成效。
良	$0.65 \leq IEI < 0.8$	较健康、较稳定,修复仍需开展,有上升空间。
中	$0.5 \leq IEI < 0.65$	状况中等、具有不稳定因素,修复有一定效果,但需加强。
差	$IEI < 0.5$	状况较差、脆弱,急需保护与修复。

通过对整治修复前、后海岛生态系统健康状况开展纵向对比,评价海岛整治修复前后生态系统健康状况变化趋势。将波动幅度分为 3 级,对应海岛生态健康状况 3 种变化,即无明显变化、有好转、有退化。

表 8 生态健康指数波动变化评价标准

级别	ΔIEI	描述
1	$\Delta IEI \geq 0.03$	有好转
2	$-0.03 \leq \Delta IEI < 0.03$	无明显变化
3	$\Delta IEI < -0.03$	有退化

4 结果与分析

(1) 海岛整治修复初见成效。分析可见,项目实施后,岛陆面积由 3.5 km² 增至 5.02 km² (表 9),西北侧原有围海养殖区经退养还岛及内海清淤工程实施恢复了原有岛体陆域,南侧经平整回填形成新增岛体陆域(图 1),通过修复,稳定了岛体面积,保障了海岛生态服务功能正常发挥;岛体岸线由部分原始淤泥质岸线修复为抛石护岸,增强了抵御风暴潮能力;同时,经清淤后的海域水深加深,改善了海域水动力条件,提高了通航能力。

表 9 菩提岛用岛类型年度变化情况

序号	用岛类型	2018 年面积/m ²	2014 年面积/m ²
1	道路	32 123.07	93 469.45
2	建设用地	12 697.21	73 243.22
3	裸地	44 140.84	2 389 638.53
4	绿林地	1 931 835.38	1 953 729.96
5	码头	2 467.38	0
6	水体	92 601.00	374 186.29
7	滩涂	93 739.45	85 779.43
8	围海养殖	1 271 810.85	0
9	休闲设施广场	6 595.91	49 448.65
合计		3 488 011.09	5 019 495.53

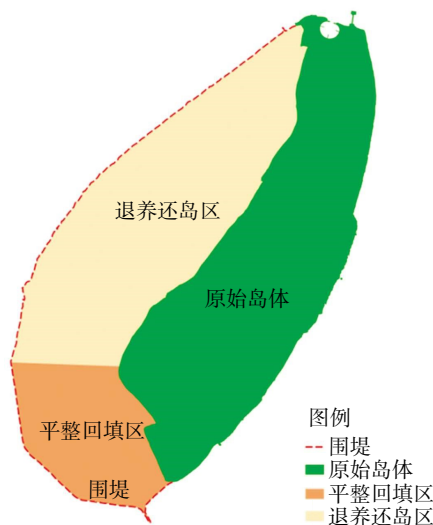


图 1 菩提岛整治修复项目工程分布图

(2) 菩提岛整治修复前后生态系统健康状况。由表 9 可见,2008 年该岛生态系统健康值 IEI 为 0.374 0,生态系统较脆弱,海岛生态系统健康状况整体较差,亟须开展岛体保护与修复;2014 年,经修复并过渡至岛体生态系统稳定期,该岛生态系统健康值 IEI 提升至 0.673 8,生态系统较健康,整体处于稳定状态,但仍具有上升空间。经整治修复前后生态系统健康值纵向对比,生态系统健康波动值 ΔIEI 为 0.299 8, $\Delta IEI \geq 0.03$,表明岛体生态系统经过修复后有好转。

表 10 菩提岛海岛整治修复前后生态系统健康评价结果

一级指标	二级指标	三级指标	2008 年	2014 年
压力指标		旅游空间密度	0.005 1	0.010 5
		周边海域水质状况	0.013 0	0.013 0
		岛陆建设用地比例	0.039 0	0.039 0
状态指标	活力	归一化植被指数	0.040 0	0.016 8
		自然岸线保有率	0.098 2	0.061 9
	结构	多样性指数	0.039 1	0.039 1
		均匀度指数	0.012 2	0.015 7
响应指标	恢复力	恢复力	0.056 0	0.032 7
	污染控制	污水处理率	0.000 0	0.030 0
		垃圾处理率	0.000 0	0.030 0
		环境影响评价实施率	0.000 0	0.021 2
	生态保护与建设	生态修复工程强度	0.000 0	0.062 7
		内海清淤比率	0.000 0	0.051 0
		绿化覆盖率	0.071 4	0.050 2
	保护规划制定与实施	0	0.1	
	生态环境管理	生态环境管理措施及相关法规	0	0.1
	生态损害情况	存在违法用海、用岛行为	0	0
发生污染、非法采捕、乱砍滥伐等生态损害事故		0	0	
评价结果	IEI		0.374 0	0.673 8

(3) 菩提岛生态系统健康状况分析。从结果来看,经修复后菩提岛岛体及周边海域生态系统趋于稳定状态,整体较健康,但仍有一定上升空间。压力指标方面,岛体自 2008 年至 2010 年维持较好,波动较小。该岛作为我国北方典型旅游型海岛,近年来,随着旅游人口不断增加,从旅游空间密度压力指标来看,现处于可控状态。状态指标方面,有所下降。制约因素 NDVI 与自然岸线保有率均轻微降低。从影像分析,岛体西侧内海清淤部分已经回填形成岛体陆域部分,岛体面积增加,人工岸线增长,同时,部分淤泥质岸线经修复后转为抛石护岸,总体来看自然岸线保有率仍有部分降低;植被覆盖率方面,岛体原始陆域部分植被覆盖率环比稳

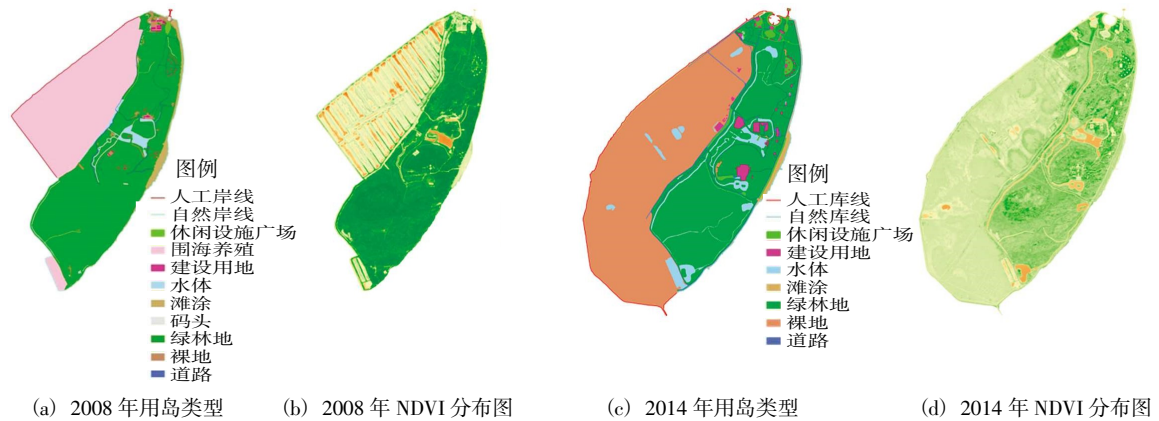


图2 菩提岛用岛类型及NDVI解译图

定, 因岛体面积增加, NDVI 有所降低。响应指标方面, 表现良好。近年来, 随着“唐山湾”国际旅游岛品牌提升, 菩提岛作为重要的旅游型海岛, 旅游型发展模式对海岛生态环境提出了更高要求, 海岛环境保护设施配备齐全, 近年来, 未发生违法用海、用岛行为, 未出现污染、非法采捕、乱砍滥伐等生态损害事故, 针对岛体从管理及发展角度分别制定并实施了《唐山湾三岛海岛保护与利用规划》《唐山湾三岛旅游区总体规划》等, 同时, 开展了针对岛体受损区开展的生态修复工作, 综合来看, 海岛配套管理方面表现较好。

(4) 相关建议。从结果分析, 制约该岛生态系统健康主要是岛体自然岸线保有率及岛体植被覆盖率等因子。经调查, 岛体新增陆域部分将在修复稳定后开展回填区植被种植, 岛体植被覆盖率将大幅提升。建议通过回填区种植实验, 有效提升岛体植被覆盖率, 同时, 通过岸线修复, 不断提高生态化岸线长度, 有效维持海岛自然岸线保有率。

参 考 文 献

Wang et al, 2014. Analysis on the land use and cover change in Tianjin Binhai New Area based on the remote sensing. marine science bulletin, 16(2): 46-59.

杜培培, 吴晓青, 都晓岩, 等, 2017. 莱州湾海域空间开发利用现状评价. 海洋通报, 36(1): 19-26.

国家海洋局. 2008 年中国海洋环境质量公报.(2009-01-01). http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/201003/t20100325_142755.html

国家海洋局. 2014 年中国海洋环境质量公报.[2015-01-01]. http://www.soagov.cn/zwgk/hyglzghyjhjzgh/201712/t20171205_59464.html

林明太, 余建辉, 黄俊超, 等, 2012. 旅游型海岛景观生态健康评价. 生态学杂志, 31(7): 1846-1854.

刘明华, 董贵华, 2006. RS 和 GIS 支持下的秦皇岛地区生态系统健康

评价. 地理研究, 25(5): 930-938.

卢汉明, 胡东平, 刘继东, 等, 2015. 卫星遥感影像在海岛(礁)测图中的应用研究. 海洋测绘, 35(1): 70-72.

陆丽珍, 詹远增, 2010. 基于土地利用空间格局的区域生态系统健康评价——以舟山岛为例. 生态学报, 30(1): 0245-0252.

马明睿, 韩华, 王昊彬, 等, 2014. 基于 RS 和 GIS 的崇明县生态系统健康评价. 生态科学, 33(4): 788-796.

马骏俊, 王如松, 1984. 社会-经济-自然复合生态系统. 生态学报, 4(1): 1-9.

马志远, 2008. 城市化压力下的海岛生态系统健康评价研究. 厦门: 国家海洋局第三海洋研究所.

宋延魏, 2006. 海岛生态系统健康评价方法及应用. 青岛: 中国海洋大学.

孙伟富, 马毅, 张杰, 等, 2010. 滨州沿岸近 16 年间海岛变迁遥感监测. 海洋开发与管理, 27(11): 41-44.

唐山市国土资源局(海洋局). 2014 年唐山海洋环境公报.[2015-05-01]. <http://ts.hebgt.gov.cn/ts/xxgk/ghtj/tjsj/101460187729978.html>.

唐山市统计年鉴编委会. 2009 唐山统计年鉴. [2010-05-01]. <http://www.tangshan.gov.cn/zhuzhan/tjxxnb/20180126/566560.html>

唐山市统计年鉴编委会. 2015 唐山统计年鉴.[2016-06-01]. <http://www.tangshan.gov.cn/zhuzhan/tjxxnb/20180125/566228.html>

唐山湾国际旅游岛政务网, 2012. 唐山湾国际旅游岛概况. [2013-09-18]. <http://www.ititbay.com/system/2013/09/18/010015134.html>

王娜, 王丰, 徐文斌, 等, 2017. 海岛整治修复工程分类体系构建及全国格局分析. 海洋通报, 36(6): 682-687.

文贡坚, 李德仁, 叶芬, 等, 2003. 从卫星遥感全色图像中自动提取城市目标. 武汉大学学报(信息科学版), 28(2): 216-218.

毋谨超, 2013. 海岛生态修复与环境保护. 北京: 海洋出版社.

肖佳媚, 2007. 基于 PSR 模型的南麂岛生态系统评价研究. 厦门: 厦门大学.

徐明德, 李静, 彭静, 2010. 基于 RS 和 GIS 的生态系统健康评价. 生态环境学报, 19(8): 1809-1814.

杨文鹤, 2000. 中国海岛. 北京: 海洋出版社.

张玉, 2014. 基于 DPSIR 框架的旅游海岛生态安全评价——以长海县海岛为例. 大连: 大连理工大学.

(本文编辑: 崔尚公)