

盐田制卤区养殖活动对保护区生态影响分析

——以滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区为例

冯银银, 朱明明, 汪健平, 陈丙见, 魏振华, 张孝民, 李 凡

(山东省海洋资源与环境研究院 山东省海洋生态修复重点实验室, 山东 烟台 264006)

摘要: 以滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区内历史遗留的盐田制卤区养殖活动为例, 通过实地考察并结合文献等资料, 采用定量与定性相结合的方式从生态影响的角度探讨此类项目对保护区的影响。结果表明, 项目建设造成了区域生态环境的破坏, 目前已形成规模并运营多年, 不再扩建并且不会改变用途, 将保持生物种群较为单一、多样性较为低下的人工湿地不变。鉴于保护区内既有项目多建于国家级保护区设立之前, 属于历史遗留问题, 应根据保护区及周围海域现状及环境状况对保护区重新规划调整。

关键词: 盐田制卤区; 历史遗留; 贝壳堤岛; 滨海湿地; 自然保护区; 生态影响

中图分类号: X36; P76

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2020.06.018

Analysis of Ecological Impact of Cultivation Activities in Salt-field Brine Production Region on Protection Area ——Taking Binzhou Shell Island and Wetland National Nature Reserve as an Example

FENG Yinyin, ZHU Mingming, WANG Jianping, CHEN Bingjian, WEI Zhenhua, ZHANG Xiaomin, LI Fan
(Shandong Key Laboratory of Marine Ecological Restoration, Shandong Marine Resource and Environment Research Institute, Yantai 264006, China)

Abstract: This article takes the historical cultivation activities of the salt-field brine production region in Binzhou Shell Island and Wetland National Nature Reserve as an example. Based on the field survey and literature research, the ecological impact of the projects on the protection areas is studied by the quantitative and qualitative methods. The results show that the project construction causes the regional ecological environment damage. At present, the project has been scaled up and operated for many years. It will not be expanded and will not change its use. The artificial wetland with a relatively single biological population and a low diversity will remain unchanged. The existing projects are mostly built before the establishment of the national reserve, its problems belong to the historical legacy. The protection area should be re-planned and adjusted according to the current situation and environmental conditions of it and its surrounding sea.

Keywords: Salt-field Brine Production Region; Historical Legacy; Shell Island; Coastal Wetland; Nature Reserve; Ecological Impact

CLC number: X36; P76

滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区是目前世界上保存最完整、唯一新老堤并存的贝壳堤岛, 位于山东滨州北海经济开发区的北部沿海地区, 是以贝壳堤岛、湿地生态系统为主要保护对象,

集生物多样性保护、科研监测、宣传教育、社区共管、生态旅游及合理利用于一体的自然保护区, 主要包括核心区、缓冲区和实验区 3 部分^[1]。

该保护区始建于 20 世纪 50 年代, 主要从事南

收稿日期: 2020-04-07

基金项目: 山东省海洋与渔业科技创新计划项目(2017YY24); 烟台市重点研发计划项目(2017ZH069); 山东省 2015 年度农业重大应用技术创新课题; 山东省海洋生态修复重点实验室 2019 年度开放课题资助

作者简介: 冯银银(1983-), 男, 硕士、助理研究员。研究方向: 海洋测绘及卫星遥感环境监测。E-mail: fengyy0228@163.com

通信作者: 朱明明(1985-), 女, 博士、工程师。研究方向: 遥感科学理论和技术应用。E-mail: zhumingming@shandong.cn

引用格式: 冯银银, 朱明明, 汪健平, 等. 盐田制卤区养殖活动对保护区生态影响分析——以滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区为例[J]. 环境保护科学, 2020, 46(6): 110-116.

美白对虾、卤虫养殖及晒盐等经营活动,保护区成立前既已存在。根据《中华人民共和国自然保护区条例》^[2]“在自然保护区的核心区和缓冲区内,不得建设任何生产设施”及《海洋自然保护区管理办法》^[3]“核心区内,除经沿海省、自治区、直辖市海洋管理部门批准进行的调查观测和科学研究活动外,禁止其他一切可能对保护区造成危害或不良影响的活动;缓冲区内,在保护对象不遭人为破坏和污染前提下,经该保护区管理机构批准,可在限定时间和范围内适当进行渔业生产、旅游观光、科学研究和教学实习等活动”,滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区核心区和缓冲区内已有的建设项目,已不符合其规定和管理要求。保护区核心区和缓冲区内存在部分盐池及海水养殖池,见图 1。



图 1 保护区核心区和缓冲区内既有项目示意图

近年来,有关黄河三角洲滨海湿地生态研究工作很多,蔡学军等^[4]根据 1996 年调查结果,分析了黄河三角洲潮间带动物物种多样性;张秀华^[5]从不同空间尺度研究了保护区内植物多样性及其影响因素;赵长征等^[6]对黄河三角洲国家级自然保护区口形目鸟类迁徙规律进行了研究;洪佳等^[7]利用遥感影像从区域尺度和像元尺度上定量分析了过去 40 年黄河三角洲湿地景观演变的驱动力及其空间差异;李岩等^[8]构建区域生态效率评价模型探讨了

黄河三角洲开发生态效率的优化;姚家俊^[9]分析了人类活动及气候对黄河三角洲湿地生态系统的影响;孙苑苑等^[10]从生态敏感性因子着手分析和评价了黄河三角洲自然保护区生态敏感性;芦英俊等^[11]基于水文水质监测比较分析了黄河三角洲湿地环境及生态影响;刘梦琪^[12]研究了基于 RS 和 GIS 技术对典型滨海湿地保护区生态风险评价方法。DOODY J^[13]最先报道了围填海对滨海湿地生态影响的研究,引入了滨海湿地地形地貌数值模拟和物理模拟方法、浪潮流生态环境模拟方法和潮汐梯度变化模拟方法。靳宇弯等^[14]首次以黄河三角洲为研究区,专门建立了用于评价湿地生态系统的压力-状态-相应模型,初步分析和探讨了围填海活动对黄河三角洲滨海湿地生态系统的影响。现有研究为科学评价滨海地区围填海活动的生态影响提供了重要的理论方法。然而,现有研究关注的焦点多为保护区整体生态风险,而鲜有专门针对保护区内历史遗留活动生态影响分析的相关理论和实践案例。为了更好地发挥保护区对区域海洋生态系统的保护功能,体现海洋开发、建设与保护的统一性,本文以滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区内历史遗留的盐田制卤区养殖活动为例,通过实地考察并结合文献资料,采用定量与定性相结合的方式从生态影响的角度探讨此类项目对保护区的生态影响。

1 既有项目生态影响分析

1.1 对生态系统的影响分析

滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区核心区和缓冲区内既有项目主要为盐田及海水养殖池,为历史遗留项目。文献 [15-19] 显示自 1979~2015 年间,保护区内贝壳堤岛、浅海水域、自然植被和裸地等自然湿地呈下降趋势,盐田和养殖池等类型呈现增加趋势变化,见表 1 及图 2。

表 1 保护区湿地资源类型

hm²

类型	保护区批建前			趋势	保护区批建后		趋势
	1979 a	1990 a	2000 a		2010 a	2015 a	
贝壳堤岛	137.3	123.8	116.2	↘	109.8	108.9	↘
浅海水域	15 561.4	17 597.6	17 302.2	↗↘	16 338.1	14 571.1	↘
自然植被	5 778.0	3 885.3	1 430.5	↘	114.3	187.7	↗
裸地	6 617.8	2 758.6	1 151.1	↘	22.0	11.7	↘
盐池	658.1	1 421.9	3 039.5	↗	4 440.9	4 607.2	↗
养殖池	695.3	4 689.4	15 253.4	↗	18 400.7	18 130.1	↘

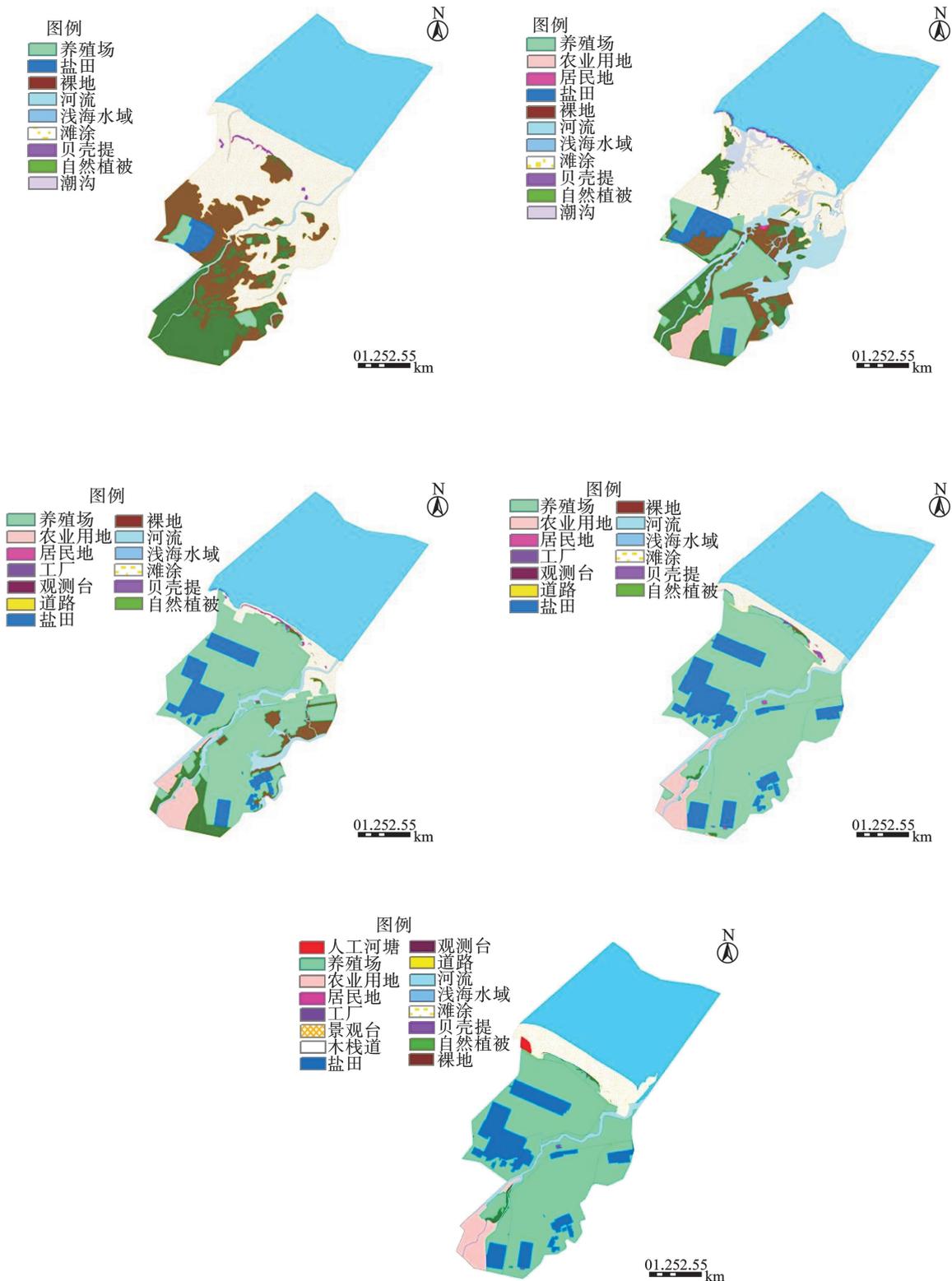


图 2 1979、1990、2000、2010 和 2015 年保护区湿地资源分布情况

既有项目的建设使原来连成一片的天然湿地变成若干块盐田和海水养殖池等人工湿地，堤坝的建设使天然滨海湿地变为陆域，不仅改变了保护区内的海域及土地利用格局，也改变了滨海湿地生态系统的类型及结构。盐田和养殖池等既有项目区

域原有植被基本上荡然无存，原有生态系统的生产力降低，生态系统退化。保护区生态系统类型、结构的变化使其抗干扰能力、自我调节能力和生态恢复能力减弱，生态系统的稳定性下降，同时滩涂湿地调节气候、涵养水分和污染物自净等生态服务能

力降低。

1.2 对植物影响分析

1.2.1 施工期对植物物种多样性的影响 根据潘怀剑等^[20]1997~1999年调查,滨州贝壳堤岛自然保护区内有各类植物350种,草本植物323种,木本植物27种,分属于64科224属。而根据李峰等^[21]2007~2008年野外调查和室内测定,黄河三角洲湿地水生植物共有34种,隶属于16科26属。另外,2018年本研究邀请滨州学院相关专家进行了野外实地调查,黄河三角洲滨州贝壳堤岛周边仅鉴定出高等植物25种。

通过以上对比分析可见,项目施工期的调查较运营后调查,物种数量、总科数量以及总属数量均下降较明显。

根据文献^[20]滨州贝壳堤岛灌木林植诸如黄荆、酸枣和五加现已寥寥无几。由于大量采挖贝壳沙资源和滩涂挖池养殖及建场晒盐,其立地条件快速缩小和分割,滨州贝壳堤岛上单叶蔓荆顶极群落也由建国时期约200 hm²,减少到现在的60 hm²,单

种群数已减少了70%。草麻黄分布也由1970年的100 hm²,减少到现在的不足30 hm²。甘草自然群落为黄河三角洲甘草的野生群落,现在分布面积已减少了50%。本来就零星分布、数量不多的酸枣、白藜和杠柳这3个种群数量,现在也由于大量采挖贝壳沙,减少了40%。单叶蔓荆和草麻黄已为濒危物种,甘草、白刺、酸枣、白藜和杠柳为易危物种。

根据《中国海岸带和海涂资源综合调查图集》^[22],项目周边的植被类型主要包括盐地碱蓬群落、芦苇地和怪柳等,场区原基本均有植被覆盖,场区植被覆盖率可近似视为100%,施工时区域原分布的植物被铲除,导致盐地碱蓬、芦苇地及怪柳的分布区域面积减小。根据占用面积及各群落的单位面积生物量,粗略计算出项目建设导致的植被不同物种损失量大致约为75 090 t,其中芦苇地减少面积最明显,其生物损失量所占比例最大,约为53%,其次是盐地碱蓬,生物损失量约为45%,怪柳占用面积小,其生物损失量最小,约为2%,见表2。

表2 工程建设造成的不同种类损失情况

植被类型	减少面积/hm ²	单位面积生物量/t·hm ⁻²	损失生物量/t	各植被类型生物损失量比例/%
盐地碱蓬	2 246	15	33 690	45
芦苇地	3 994	10	39 940	53
怪柳	73	20	1 460	2
合计	6 313	-	75 090	-

1.2.2 运营期对植物物种多样性的影响 项目运营后主要进行围海养殖和晒盐等活动,土地利用方式的改变使建成后项目区由天然滩涂区演变为虾池和盐田等,池塘蓄水后,场区不再适宜碱蓬等植被的生长,池塘堤坝由于人为活动频繁和海水浸渍等亦基本不利于植被的存活。实地调查中,项目运行过程仅在其建设范围内作业,所需原料仅为天然海水以及市场购买的苗种,产品运输至陆域市场外销,不再占用和破坏植被资源及其栖息地,同时产生的废水通过渔盐一体化的工艺方式实现循环利用,无污染物外排,不会对保护区内其他区域植物物种的生存环境造成影响。

由于项目围海,堤坝将项目区与外侧海域基本隔绝,项目建成后区域内基本不上水,且失去植被覆盖后的土壤,盐渍化较明显,保护区内滨海湿地主要为耐盐植物群落发育,植物群落单一,植物群

落的多样性程度不高。项目建设时间较早,项目建设使保护区成立前的植物多样性减少。国家级自然保护区成立时,项目所在场区均已围合用于养殖和盐业生产,植物多样性在项目建成后的几年内逐渐演变,目前已基本趋于稳定。

1.3 对动物物种多样性的影响分析

1.3.1 对陆生动物物种影响分析 1)对哺乳动物、爬行动物和两栖动物的影响分析。滨州贝壳堤岛与湿地系统自然保护区由于交通不便,长期无人前往狩猎,保存下丰富的野生动物。

据滨州贝壳堤岛与湿地系统自然保护区科学考察报告,2004年保护区有豹猫、野兔、狐狸、獾、黄鼬和刺猬等6种野生动物。农田耕作区分布有獾、黄鼬、豹猫和刺猬等。滨海草场区分布有野兔、赤狐等。陆上哺乳动物有约8种,主要包括食虫目、食肉目和兔形目等。

据滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区总体规划,2015年共鉴定出陆栖兽类5目10科16种,其中,食虫目计3科3种,翼手目计1科3种,食肉目计3科5种,兔形目计1科1种,啮齿目2科4种,以食肉目为主,其次是食虫目和翼手目。两栖类动物种类较少,仅有无尾目1目,计2科5种,包括蟾蜍科2种:中华大蟾蜍、花背蟾蜍;蛙科3种:泽蛙、黑斑蛙和金线蛙;爬行类动物共鉴定出3目5科8种,包括壁虎科的无蹼壁虎、蜥蜴科的丽斑麻蜥和游蛇科的红点锦蛇、白条锦蛇,种类贫乏,多为常见种,无特有种分布。海洋蛇类仅有海蛇科1科3种,包括青灰海蛇、青环海蛇和淡灰海蛇,该海域偶见棱皮龟,是渤海中唯一的一种海龟。

由于受自然条件的影响,该区域主要为盐化草甸以及一年生盐生植物群落,缺少天然森林植被。项目施工时场区植被破坏,导致野兔等食草动物食物来源被切断;修整堤坝和整平池塘直接占用部分野生动物的栖息空间,致使部分动物巢穴损毁;再加上施工机械噪声干扰、施工人员捕食等因素,必然会造成对野生动物的惊扰,项目场区内已不再是野生动物的适宜生境,动物会迁徙至周边生境相似、受干扰小的区域,场区动物的种类和数量均相应减少。由于项目位于滩涂区,植被覆盖率低,豹猫和黄鼬等数量极少,随着施工地开展,豹猫和黄鼬均迁移至周边区域觅食生存。

项目运营期主要进行养殖及晒盐活动,项目场区已不再是哺乳动物、爬行动物和两栖动物等陆生生物的适宜生境,场区内野生动物等活动稀少。根据国家级保护区成立前后的调查结果,保护区成立后项目周边区域的野生动物种类数量较项目施工期即保护区成立前有了明显回升,说明保护区内野生动物具有较高的逃避能力,许多已逃避至项目周边其他人为干扰较轻的区域,且随着国家级保护区成立后相关保护管理工作的开展,部分野生动物得到了保护,数量也得到了恢复。由于生态环境发生变化,一些其他生存能力和迁徙能力较强的异族的野生动物也可能进入保护区栖息生存。因此,项目运营使保护区的物种多样性发生了变化,整体而言保护区物种多样性明显降低。

2)对鸟类的影响分析。黄河三角洲浅海滩涂湿地是鸟类繁衍生息、迁徙越冬的重要驿站。许多

专家学者从种群组成、区系组成和季节居留型等多方面对该区域浅海滩涂湿地鸟类多样性及特点进行了全面研究调查和研究分析。贾文泽等^[23]1996~1999年连续对黄河三角洲浅海滩涂湿地鸟类进行了多样性调查,共统计出鸟类11目24科132种;阎理钦等^[24]2006年对山东黄河三角洲等3处主要湿地鸟类多样性调查,共鉴定出水鸟11目30科160种;张希涛等^[25]和刘海防^[26]于2008~2009年和2013~2014年2次对黄河三角洲水鸟动态监测,分别监测到鸟类107种和105种。

滨州贝壳堤岛与湿地系统自然保护区设立于2006年,保护区设立前后,鸟类数量有所减少,但是变化不大。究其原因主要是项目建设致使场区植被死亡,滩涂的自然属性被破坏,底栖生物资源量下降,由此导致鸟类的食物来源减小,鸟类均迁徙至周边区域进行觅食、栖息。堤坝修筑和池塘整平时将场区内的银鸥、凤头百灵等鸟类在滩涂区营造的巢穴破坏,导致该类鸟类的孵化率降低,进一步导致周边区域在草地营巢的鸟类数量有所下降。而项目运营期主要进行养殖和晒盐活动,受天气影响,春季作业相对频繁,冬季作业相对较少,因此,项目运营对夏候鸟的人为干扰较明显,对冬候鸟干扰影响相对较小,但由于对虾、卤虫养殖池塘以及盐池建设,为候鸟增加了食物供给,加上候鸟长期对环境的适应性,项目运营总体上对候鸟影响较少。

1.3.2 对水生生物的影响分析 滨州贝壳堤岛与湿地系统自然保护区内有大面积的浅海水域和沿海滩涂,入海河流众多,带来丰富的饵料,海洋生物十分丰富。

近年来浮游植物及底栖生物也出现了一定的变化。大面积海域养殖和盐田等既有项目的建设,占用了水生生物的生存空间。在建设及运营过程中,池塘开挖、堤坝建设和填海造地等活动会导致底栖生物大量死亡,致使生物多样性降低^[27],长期来看,池塘堤坝的围合可能导致悬浮物增加、改变潮流流速流向,造成海域水动力条件下降,纳潮能力降低,因此沉积速度加快,使周边海域底质环境发生改变,依靠水流滤食的底栖生物受影响较大,原来的砂质可能变为泥质,群落结构将发生变化,既有项目的建设使渔业资源及海洋生物区系组成发生变化;同时,由于工程建设将生境切割、阻断,

生物活动空间变小,种群遗传交流受阻。另外,海水养殖生产中种苗的生产、投饵、排放和养殖种逃逸均对生物多样性造成一定影响。

1.3.3 对景观的影响分析 根据彭建等^[28]研究,沿海滩涂是一类特殊的土地/景观类型,具有对干扰敏感、边缘效应明显、自然要素空间集聚、空间动态迁移、空间异质性显著和地域分异等六大景观生态特征,我国沿海滩涂划分为泥滩、沙滩、岩滩和生物滩等四大基本类型。

项目区位于滨州市北部沿海区域,属于泥滩。项目建设前,保护区内主要景观为浅海海洋、自然植被、滩涂湿地未利用区以及少量养殖和盐田等,景观格局较简单。项目建成后评价区内的景观主要有10种类型^[29],即浅海景观、滩涂景观、贝壳堤岛景观、农田景观、森林景观、草地景观、河塘景观、盐田景观、养殖池(场)景观和居住用地景观与交通用地景观。以2015年与1979年的保护区湿地资源分布情况对比分析,保护区批建后滨州贝壳堤岛景观面积较保护区批建前减小20.7%,浅海水域面积减小6.37%,自然植被减少99.8%,而盐田和养殖的景观面积分别增加了600%以及2500%。可见,整个景观类型中,人工景观尤其是以小斑块形式分布的盐田和养殖池所占面积大大增加,景观格局变化较明显,说明该区域景观破碎化程度较高,人工干扰程度较大。

为了进一步分析景观结构数据,根据《莱州湾南岸滨海湿地景观破碎化分析》^[30],斑块密度指数=景观斑块总数/景观总面积。2018年实地调查,保护区内斑块总数约为20块,景观总面积为488.87 km²,因此,板块密度指数为0.05个/km²,表明,整个评价区域景观破碎化尚可。盐田和养殖的斑块密度均为0.01个/km²,板块密度较高,人为干扰强度较高。

保护区内盐田和养殖池分布较为分散,面积大小不一,导致原本单一的滨海湿地被盐田和养殖池分割为单一的小的生境板块,严重干扰和破坏了湿地自然掩替过程,加剧了滨海湿地景观破碎化及不完整性,使得湿地生物多样性下降,尤其是对于保护区内黑嘴鸥和东方白鹳等对景观破碎化因素较敏感的水禽的种群,更会因为滩涂自然湿地生境面积减少而逐步退出该湿地。此外,对项目所在区域分别选了干扰较少的潮间带和潮上带及干扰较多

的盐田和养殖密集分布区分别作了生物多样性调查,经调查干扰较少区域生物多样性丰富,植被盖度多为30%。而在认为干扰较多的盐田和养殖密集区域,滨海湿地植被单一,多样性下降。

由于项目建设时间早于国家级自然保护区成立时间,保护区成立后,项目场区景观特点已成既定事实,项目未进行明显的改扩建,未加剧景观的不完整性,未对保护区内的景观生态系统的完整性造成进一步的影响。此外,项目区围海养殖与盐田均为大水面作业,视觉上与周边滩涂景观冲突性较小,不会给人造成强烈的压抑感。

2 结论与建议

2.1 结论

项目的绝大部分场区在2006年之前已建设完成,项目建设对项目区及附近的生态系统、物种多样性、景观效果等均造成了一定影响。2006年,滨州贝壳堤岛与湿地自然保护区升级为国家级自然保护区以来,未建设新的盐田、养殖池等,运营期废水、固体废物等统一收集处理,对滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区的生态系统结构、生物多样性等没有新增影响。保护区内既有项目已形成规模并运营多年,不再扩建并且不会改变用途,将保持生物种群较为单一、多样性较为低下的人工湿地不变。加强管理,避免超范围作业,将不会对生态环境造成进一步的破坏。对于保护区内历史遗留的开发利用活动,本文从生态影响的角度探讨分析了此类项目对保护区的影响,旨在为类似工程项目的生态保护及保护区选划调整提供科学参考。

2.2 建议

滨州贝壳堤岛作为特殊的海岸带湿地类型,是抵御海水侵袭、保护内陆滩涂湿地不受侵蚀的重要防护线,恢复退化的滨州贝壳堤岛生态系统在防止海水入侵、保护内陆湿地等方面具有重要地位,生态、经济和社会效益重大。为恢复滩涂湿地生态环境的自然属性,治理日趋恶化的滨州贝壳堤岛生态系统,防止自然生态系统退化,恢复或重建已受损的生态系统,建议相关单位切实加强对保护区生态系统以及动植物物种保护管理工作,在对滨州贝壳堤岛物源地充分保护的基础上,积极开展滩涂贝类增殖放流工作;加强对保护区内南美白对虾、卤虫养殖方式监管,降低养殖密度,生产期间严禁投饵

及用药,禁止违规清塘,推广无公害养殖模式;采取保护区内植被修复、生态岛礁建设和建立潜堤等措施进行生态恢复,同时加强海水水质和沉积物质量监测力度,确保近海海域海洋环境的质量,杜绝污染物进入保护区附近海域事件发生;鉴于保护区内既有项目多建于国家级保护区设立之前,属于历史遗留问题,建设单位应尽快办理建设项目相关批复手续,确保项目的合法化,应切实落实各项环境和生态保护对策措施,配合好保护区管理部门的相关管理工作,适当时机应根据保护区及周围海域现状及环境状况对保护区重新规划调整。

参考文献

- [1] 路永诚. 滨州古贝堤岛与湿地系统晋升为国家级自然保护区[J]. *山东国土资源*, 2005, 31(3): 27-28.
- [2] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国自然保护区条例[EB/OL]. (2005-09-27)[2020-02-07]. http://www.gov.cn/flfg/2005-09/27/content_70636.htm.
- [3] 国家科学技术委员会, 国家农业部. 海洋自然保护区管理办法[EB/OL]. (2006-09-13)[2020-02-07]. http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/gz/200609/t20060913_92771.shtml.
- [4] 蔡学军, 田家怡. 黄河三角洲潮间带动物多样性的研究[J]. *海洋湖沼通报*, 2000(4): 45-52.
- [5] 张秀华. 山东省自然保护区植物多样性及其影响因素研究[D]. 济南: 山东大学, 2018.
- [6] 赵长征, 吕卷章, 朱书玉, 等. 黄河三角洲国家级自然保护区口形目鸟类迁徙规律的研究[J]. *山东林业科技*, 2000(5): 6-9.
- [7] 洪佳, 卢晓宁, 王玲玲. 1973~2013年黄河三角洲湿地景观演变驱动力[J]. *生态学报*, 2016, 36(4): 924-935.
- [8] 李岩, 李莺. 黄河三角洲开发生态效率评价研究[J]. *工业与科技论坛*, 2018(17): 101-102.
- [9] 姚家俊. 人类活动及气候对湿地生态系统的影响——以黄河三角洲湿地为例[D]. 北京: 华北电力大学, 2018.
- [10] 孙苑苑, 王琳, 王晋. 黄河三角洲自然保护区生态敏感性评价[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2017, 47(11): 96-102.
- [11] 芦英俊, 王东, 邓术兴. 黄河三角洲湿地环境评价及生态影响[J]. *四川环境*, 2018, 37(3): 141-146.
- [12] 刘梦琪. 基于RS和GIS技术的典型滨海湿地保护区生态风险评估方法及应用研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2016.
- [13] DOODY J P. Coastlines'95 and beyond or research, technology and coastal zone management[J]. *Journal of Coastal Conservation*, 1996, 2(2): 183-186.
- [14] 靳宇穹, 杨薇, 孙涛, 等. 围填海活动对黄河三角洲滨海湿地生态系统的影响评估[J]. *湿地科学*, 2015, 13(6): 682-689.
- [15] 田家怡, 谢文军, 孙景宽. 黄河三角洲贝壳堤岛脆弱生态系统破坏现状及保护对策[J]. *环境科学与管理*, 2009, 34(8): 138-143.
- [16] 刘志杰, 张晓龙, 李萍, 等. 滨州贝壳堤岛与湿地系统保护现状及其管理对策[J]. *海洋开发与管理*, 2010, 27(1): 65-68.
- [17] 孙志高, 牟晓杰, 陈小兵, 等. 黄河三角洲湿地保护与恢复的现状、问题与建议[J]. *湿地科学*, 2011, 9(2): 107-115.
- [18] 田家怡. 黄河三角洲高效生态经济区湿地生态环境问题及保护对策[J]. *滨州学院学报*, 2013, 29(6): 58-64.
- [19] 田静, 李甲亮, 田家怡. 黄河三角洲高效生态经济区自然保护区生态评价与优化调整[J]. *滨州学院学报*, 2017, 33(2): 92-96.
- [20] 潘怀剑, 田家怡, 谷奉天. 黄河三角洲贝壳海岛与植物多样性保护[J]. *海洋环境科学*, 2001, 20(3): 54-59.
- [21] 李峰, 谢永宏, 陈心胜. 黄河三角洲湿地水生植物组成及生态位[J]. *生态学报*, 2009, 29(11): 6257-6265.
- [22] 国家测绘局. 中国海岸带和海涂资源综合图集[M]. 北京: 海洋出版社, 1989.
- [23] 贾文泽, 田家怡, 王秀凤, 等. 黄河三角洲浅海滩涂湿地鸟类多样性调查研究[J]. *黄渤海海洋*, 2002(2): 53-59.
- [24] 阎理钦, 张英, 郭英姿, 等. 山东湿地鸟类群落多样性分析[J]. *山东林业科技*, 1992(3): 59-64.
- [25] 张希涛, 付守强, 谭海涛, 等. 黄河三角洲水鸟动态变化监测[J]. *山东林业科技*, 2011, 41(4): 7-10.
- [26] 刘海防. 山东黄河三角洲水鸟动态监测及其规律分析[J]. *山东林业科技*, 2015, 45(5): 81-85.
- [27] 张希涛, 毕正刚, 车纯广, 等. 黄河三角洲滨海湿地生态问题及其修复对策研究[J]. *安徽农业科学*, 2019, 47(5): 84-87.
- [28] 彭建, 王仰麟. 我国沿海滩涂景观生态初步研究[J]. *地理研究*, 2000, 19(3): 249-256.
- [29] 范海洋. 黄河三角洲景观生态学特征及湿地保护和利用探讨[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.
- [30] 谷东起, 付军, 杨鸣, 等. 莱州湾南岸滨海湿地景观破碎化分析[J]. *海洋科学进展*, 2006, 24(2): 213-219.