

DOI: 10.5846/stxb202104251089

段后浪, 于秀波, 石建斌, 雷进宇, 夏少霞. 中国大陆沿海水鸟栖息地保护优先区及空缺分析. 生态学报, 2021, 41(24): 9574-9580.

Duan H L, Yu X B, Shi J B, Lei J Y, Xia S X. Identifying conservation priority sites and gap for the waterbirds habitat along coastal wetlands in mainland China. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(24): 9574-9580.

中国大陆沿海水鸟栖息地保护优先区及空缺分析

段后浪^{1,2}, 于秀波^{1,2,*}, 石建斌³, 雷进宇⁴, 夏少霞^{1,2}

1 中国科学院地理科学与资源研究所, 生态系统网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 北京师范大学环境学院, 北京 100875

4 昆明市朱雀鸟类研究所, 昆明 650225

摘要: 中国大陆沿海湿地是东亚-澳大利西亚候鸟迁徙的重要停歇地, 自然湿地丧失与退化已经严重威胁到水鸟生物多样性的稳定性, 急需开展物种及其栖息地的保护工作。识别中国大陆沿海水鸟保护优先区, 针对保护优先区进行保护优先等级划分, 确定目前尚存的保护空缺, 是针对性开展水鸟栖息地保护的前提。以中国大陆沿海 11 省、自治区、直辖市沿岸湿地为研究区, 整合鸟类网站、水鸟调查报告和文献中的水鸟调查数据, 采用热点分析方法, 确定水鸟保护优先区, 将每个地块上满足水鸟保护优先区识别标准的物种数量占所有地块中满足标准的物种数量最大值的比例划分成 $0.5 \leq P_i \leq 1$ 、 $0.25 \leq P_i < 0.5$ 、 $0 < P_i < 0.25$ 三个区间, 确定对应的 I 类、II 类和 III 类水鸟保护优先区保护优先等级; 结合国家自然保护地名录, 确定水鸟保护优先区保护空缺。结果显示: 共有 65 块中国大陆沿海水鸟保护优先区, 记录到满足热点分析标准的水鸟物种共 76 种, 其中受胁物种 18 种。水鸟保护优先区保护优先等级属于 I、II、III 类的分别有 8 块、10 块、47 块, 且水鸟保护优先区保护优先等级属于 I、II 类的地块集中分布在上海以北的区域, 水鸟保护优先区保护优先等级属于 III 类的地块主要分布在上海以南的区域。38 块水鸟保护优先区存在保护空缺, 占总数的 58.46%, 这些保护空缺地中保护优先等级属于 I 类和 II 类的地块共 6 块, 建议针对这些地块单独建立保护机构或纳入现有周边的保护体系中。

关键词: 水鸟保护优先区; 保护优先等级; 保护空缺地; 中国大陆沿海湿地

Identifying conservation priority sites and gap for the waterbirds habitat along coastal wetlands in mainland China

DUAN Houlang^{1,2}, YU Xiubo^{1,2,*}, SHI Jianbin³, LEI Jinyu⁴, XIA Shaoxia^{1,2}

1 Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

4 China Birdwatching Association, Kunming 650225, China

Abstract: Coastal wetlands in mainland China are home to rich fishery resources, mangroves and seagrass beds. They are recognized as key part of global biodiversity, providing natural eco-safety barrier for the development of economically developed coastal regions in China. They are not only known as precious natural resources, but also key components of a biotic community of mountains, rivers, forests, cropland, lakes and grasslands for their important ecological functions and values. These wetlands provide important stopover sites for migratory waterbirds along the East Asian-Australasian Flyway

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA23040203); 中国沿海水鸟及其栖息地数据库项目

收稿日期: 2021-04-25; **采用日期:** 2021-10-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuxb@igsrr.ac.cn

(EAAF), supporting millions of migratory waterbirds of international importance along the EAAF. Since 1960, large areas of natural landscapes in mainland China's coastal zones have lost as a result of rapid economic development activities, such as over-exploitation of natural resources and land reclamation for construction and farmland. These activities have led to a dramatic decline in waterbird populations in the area, and the loss and degradation of natural wetlands have threatened the stability of species and population of waterbirds. For this reason, it is necessary to protect waterbirds species and their habitats. Identifying conservation priority sites, conservation priority levels and gaps for the migratory waterbirds are important preconditions for targeted habitat conservation. Integrated survey data were derived from birding websites, survey reports of waterbirds and published literature along the 11 provinces/municipalities in China. Then we used hot-spot analysis to identify conservation priority sites of the waterbirds. We also calculated the proportion of the species number of conservation gap sites to the maximum species number, and divided these proportions into three conservation priority levels ($0.5 \leq P_i \leq 1$, I; $0.25 \leq P_i < 0.5$, II; and $0 < P_i < 0.25$, III). Based on the list of national natural protected areas, we defined the conservation gap of waterbirds. The results showed 65 conservation priority sites were identified along coastal wetlands in mainland China, and 76 species (including 18 threatened species) meeting the criterion of hot-spot analysis were recorded in these sites. The conservation priority levels of these sites belong to Levels I, II and III, which had 8 sites, 10 sites and 47 sites, respectively. The sites with conservation priority levels of I and II are mainly distributed in the north of Shanghai, while the sites with conservation priority Level III mainly occur in the south of Shanghai. 38 sites are yet to be put under protection, accounting for 58.46 percent of the total number of conservation priority sites, in which six sites belong to the conservation priority levels of I and II. To address this problem, we recommend that new protected areas should be established for the conservation gap sites with the conservation priority levels I and II, and be incorporated into the existing network of protected areas.

Key Words: conservation priority sites of waterbirds; conservation priority levels; conservation gaps; coastal wetlands in mainland China

我国大陆海岸线狭长,涉及辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西、海南 11 个省(自治区、直辖市)。根据第二次全国湿地资源调查数据,我国共有滨海湿地面积 5795900 hm^2 , 占全国湿地面积的 11%^[1], 包括河口、三角洲、滩涂、红树林、珊瑚礁等多种类型。沿海湿地是东亚-澳大利西亚候鸟迁徙的重要停歇地^[2-3]。然而,近几十年来,土地围垦所引发的湿地退化加剧了滨海湿地面积的萎缩^[4-6]。导致依赖于滨海湿地生存的水鸟种群数量严重下降。因此,针对性的开展水鸟栖息地保护尤为重要^[7-8]。

识别水鸟保护优先区,分析目前存在的保护空缺是开展针对性保护的前提基础。基于水鸟调查数据通过热点分析的方法确定生物多样性分布热点区域是目前确定水鸟保护优先区的常用手段,已被用于在中国沿海^[9]、中国西北部^[10]等区域确定优先保护地。现有的研究所识别出的水鸟保护优先区更多反映的是过去一段时间水鸟在空间上的聚集情况,而物种由于受外界环境变化、尤其是栖息地的影响很容易在分布格局上发生转移^[11],因此实时评估水鸟保护优先区和保护空缺尤为关键。

当前公开的动植物数据库对于补充新的数据源起到了关键作用,例如美国 eBird 数据库和中国观鸟记录中心(BirdReport)存储着大量的水鸟调查数据,经过数据库后台专业人员矫正,数据质量得到很大程度保障,常被运用于水鸟生物多样性估计^[12-14]。因此在前人所确定的重要栖息地的基础上,整合已有数据库资源,是更新水鸟保护优先区和保护空缺的有效途径。

本研究以中国沿海 11 省、自治区、直辖市为研究区,整合多种来源的水鸟调查数据,通过热点分析的方法识别中国大陆沿海水鸟保护优先区,针对保护优先区划分保护优先等级,确定尚存的保护空缺地,最后提出针对性的水鸟栖息地保护对策,为国家有关部门制定湿地保护与管理政策提供决策依据。

1 数据与方法

1.1 研究区

中国大陆沿海湿地面积较大,类型丰富,具有重要的生态系统服务和价值,在空间范围上包括辽宁省、河北省、天津市、山东省、江苏省、上海市、福建省、浙江省、广东省、广西壮族自治区、海南省。滨海湿地根据水文地理特征可以分为滩涂湿地、浅海湿地、岛屿湿地等。中国滨海湿地是东亚-澳大利西亚候鸟迁徙的重要组成部分,也是候鸟南北迁徙的重要驿站。鸭绿江口国家级自然保护区、辽宁辽河口国家级自然保护区、黄河三角洲国家级自然保护区、盐城国家级自然保护区等多个沿岸湿地支撑的迁徙水鸟种群数量达到《湿地公约》单个鸟类种群数量 1% 标准^[3]。在自然和人为因素双重扰动下,沿海湿地面积下降严重,威胁着水鸟种群及其栖息地的质量,针对性的开展栖息地保护工作势在必行。

1.2 数据来源及处理

1.2.1 多源水鸟调查数据获取

本研究所利用的水鸟数据来源于(1)鸟类调查报告:包括中国沿海水鸟调查报告(China Coastal Waterbird Census, CCWC, 2010—2013)和长江中下游水鸟调查报告(Waterbird Survey of the Middle and Lower Yangtze River Floodplain, WSMLYRF, 2011);(2)鸟类调查数据库:eBird(<https://ebird.org/home>)(2010—2018)和中国观鸟记录中心 BirdReport(<http://www.birdreport.cn/>)(2010—2019);(3)文献数据:主要来自于 Conklin 等^[15]和 Jaensch^[16]。

1.2.2 水鸟数据整理和质量控制

将上述搜集的水鸟调查数据按照物种名称、调查点名称、调查点经度、纬度、调查时间、种群数量进行整编录入。来自网站上的水鸟调查数据与系统调查获取的数据相比,存在空间偏差(部分数据存在调查点经纬度坐标与调查地点名称不匹配)以及对某个区域的明星物种过度报道的问题等。通过谷歌地图(<https://www.google.com/maps>)手动校正调查点经纬度坐标与实际调查地点严重偏离的记录,以实际调查地点质心坐标作为该记录校正后的坐标。为了验证结果的准确性,在所有校正后的调查记录中,随机抽取 30% 输入到谷歌地图中以验证二者的匹配率。

1.2.3 水鸟保护优先区及保护空缺分析

水鸟保护优先区:基于经过质量控制的水鸟调查数据,采用热点分析方法确定中国大陆沿海湿地水鸟保护优先区,热点分析主要采用的是国际鸟盟的重要鸟区方法^[17]:

标准 1(C1):调查点支撑着一定种群数量的全球受胁物种。一定种群数量是指在该区域,该物种种群数量超过 30 只。受胁物种是指世界自然保护联盟红色名录^[18]中列为极度濒危、濒危或易危的物种;

标准 2(C2):调查地块单一水鸟物种的种群数量超过其全球或迁飞路线种群数量的 1% (根据湿地国际,全球水鸟种群估计第 5 版,2021 年^[19]);

标准 3(C3):调查地块维持一定的水鸟数量,具体为 20000 只或更多数量的水鸟提供栖息地。

若一个调查点满足上述三个标准中的一个,则认为这个地方是水鸟保护优先区。

保护优先等级划分:针对以上确定的保护优先区,通过以下两个步骤划分保护优先等级。

(1)以单个保护优先区为地块单位,统计该地块上满足水鸟保护优先区识别标准的物种数量;将每个地块上满足水鸟保护优先区识别标准的物种数量占所有地块中满足标准的物种数量最大值的比值作为该地块的重要性值^[20](公式(1))。

$$P_i = \frac{N_i}{N_{\max}} \quad (1)$$

式中, P_i 是第 i 个保护优先区的重要性值, N_i 是第 i 个保护优先区满足水鸟保护优先区识别标准的物种数量, N_{\max} 是所有地块中满足标准的物种数量最大值。

(2) 若 $0.5 \leq P_i \leq 1$, 该地块保护优先等级为 I 类; $0.25 \leq P_i < 0.5$, 该地块保护优先等级为 II 类; $0 < P_i < 0.25$, 该地块保护优先等级为 III 类。

保护空缺分析: 基于所确定的水鸟保护优先区和保护优先等级, 结合我国现有的保护地名录(保护地信息来自于国家林业与草原局湿地管理司, 主要包括自然保护区、湿地公园等)分析目前存在的保护空缺。

2 结果

2.1 水鸟保护优先区及保护优先等级划分

确定了中国沿海 65 块水鸟保护优先区, 其中辽宁省 5 块, 河北省 7 块, 天津市 3 块, 山东省 10 块, 江苏省 6 块, 上海市 6 块, 浙江省 9 块, 福建省 10 块, 广东省 7 块, 广西壮族自治区 1 块, 海南省 1 块。总体上保护优先等级属于 I 类和 II 类的地块多集中在上海以北的区域, 上海以南的区域保护优先区地块保护优先等级多属于 III 类。保护优先等级属于 I 类的有 8 块, 分别是丹东市东港海滨(含鸭绿江口湿地保护区)、沧州市沿海湿地、东营市黄河三角洲国家级自然保护区、江苏连云港(临洪口圩子口)、南通市如东滩涂(包括小洋口)、盘锦市辽河口湿地、唐山市滦南南堡湿地、天津市北大港湿地自然保护区。保护优先等级属于 II 类的地块有 10 块, 保护优先等级属于 III 类的地块有 47 块(图 1)。

2.2 满足热点分析标准的水鸟物种

所确定的 65 块水鸟保护优先区中, 记录到满足热点分析三个标准之一的水鸟物种共 76 种。其中受胁物种共 18 种(占总数的 27.69%), 包括勺嘴鹬(*Calidris pygmaea*)、白鹤(*Leucogeranus leucogeranus*) 等极危物种 4 种、小青脚鹬(*Tringa guttifer*)、黑脸琵鹭(*Platalea minor*) 等濒危物种 7 种、白头鹤(*Grus monacha*)、红头潜鸭(*Aythya ferina*) 等易危物种 7 种(表 1)。

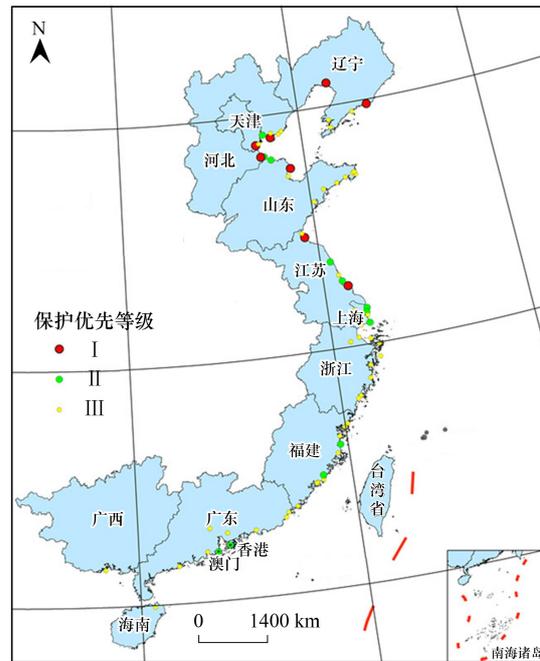


图 1 中国大陆沿海水鸟保护优先区保护优先等级
Fig.1 The Conservation priority level of conservation priority sites of waterbirds in China's coasts

表 1 满足热点分析标准的水鸟物种

Table 1 The waterbirds that meeting the criterion of Important bird area

编号 Code	中文名称 Chinese name	拉丁文名称 Scientific name	英文名称 English name	IUCN 红色名录等级 IUCN redlist
1	鸿雁	<i>Anser cygnoides</i>	Swan Goose	VU
2	红头潜鸭	<i>Aythya ferina</i>	Common Pochard	VU
3	中华秋沙鸭	<i>Mergus squamatus</i>	Scaly-sided Merganser	EN
4	白鹤	<i>Leucogeranus leucogeranus</i>	Siberian Crane	CR
5	白头鹤	<i>Grus monacha</i>	Hooded Crane	VU
6	勺嘴鹬	<i>Calidris pygmaea</i>	Spoon-billed Sandpiper	CR
7	小青脚鹬	<i>Tringa guttifer</i>	Nordmann's Greenshank	EN
8	大滨鹬	<i>Calidris tenuirostris</i>	Great Knot	EN
9	黑嘴鸥	<i>Chroicocephalus saundersi</i>	Saunders's Gull	VU
10	遗鸥	<i>Ichthyaetus relictus</i>	Relict Gull	VU
11	中华凤头燕鸥	<i>Thalasseus bernsteini</i>	Chinese Crested Tern	CR
12	东方白鹳	<i>Ciconia boyciana</i>	Oriental Stork	EN

续表

编号 Code	中文名称 Chinese name	拉丁文名称 Scientific name	英文名称 English name	IUCN 红色名录等级 IUCN redlist
13	黑脸琵鹭	<i>Platalea minor</i>	Black-faced Spoonbill	EN
14	黄嘴白鹭	<i>Egretta eulophotes</i>	Chinese Egret	VU
15	白枕鹤	<i>Aigone vipio</i>	White-naped Crane	VU
16	青头潜鸭	<i>Aythya baeri</i>	Baer's Pochard	CR
17	丹顶鹤	<i>Grus japonensis</i>	Red-crowned Crane	EN
18	大杓鹬	<i>Numenius madagascariensis</i>	Eastern Curlew	EN

IUCN: 世界自然保护联盟 International Union for Conservation of Nature; CR: 极危 Critically endangered; EN: 濒危 Endangered; VU: 易危 Vulnerable

2.3 水鸟保护优先区保护空缺分析

结合中国沿海现有保护地分布信息,针对本研究所确定的 65 块水鸟保护优先区进行保护空缺分析。有 38 块水鸟保护优先区(占总数的 58.46%)属于保护空缺地,这些地块在各省份之间分布不平衡,山东、浙江、福建相比其他省份有更多的保护空缺地(图 2)。其中,水鸟保护空缺地保护优先等级属于 I 类和 II 类的地块共 6 块,河北省有 1 块,天津市有 1 块,江苏省有 2 块,上海市有 2 块,这些地块亟待得到保护(表 2)。

3 讨论

本研究使用热点分析方法结合多个来源的水鸟调查数据确定了中国大陆沿海 65 块水鸟保护优先区。这些地方中的部分区域也被之前的研究证实是东亚-澳大利西亚候鸟迁徙重要的停歇地,其中有 6 个地点是 Conklin 等^[15]所确定的鸕鹚类水鸟关键栖息地,21 个地点是 Bai 等^[3]所确定的中国沿海迁徙水鸟重要的停歇场所,在 65 块保护优先区也包括了 14 个黄海世界自然遗产地已入选和已提名的地块^[21]。23 个地块是 Chan 等^[17]所确定的中国大陆区域中的重要鸟区,与之相比,

2010 年以后新增了江苏连云港(临洪口圩子口)、防城港市企沙山心沙岛等 42 块水鸟重要栖息地。65 个重要地块部分区域支撑着种群数量众多的受胁物种勺嘴鹬(*Calidris pygmaea*)、大滨鹬(*Calidris tenuirostris*)、大杓鹬(*Numenius madagascariensis*)、小青脚鹬(*Tringa guttifer*)、东方白鹳(*Ciconia boyciana*)、丹顶鹤(*Grus japonensis*)、白鹤(*Leucogeranus leucogeranus*)、青头潜鸭(*Aythya baeri*)、黑脸琵鹭(*Platalea minor*)、黄嘴白鹭(*Egretta eulophotes*)、遗鸥(*Ichthyaetus relictus*)、黑嘴鸥(*Chroicocephalus saundersi*)等。

中国大陆沿海 65 块水鸟保护优先区,其中尚存保护空缺的地块有 38 块,占总数的一半以上,存在严重的保护空缺。这些湿地中的大多数在过去几十年人类活动和外来物种入侵的严重威胁下,自然湿地面积大范围减少^[6,22-24]。我国政府自 2018 年发布的一系列针对沿海 11 省、自治区、直辖市管控围填海的举措,新增滨海湿地类型保护区,填补保护空缺,建立和完善滨海湿地保护体系能够有效保护重要地块^[25-26]。本研究所确定的尚未得到有效保护的优先区中,属于 I 类和 II 类保护优先等级的地块有 6 块,建议将其中的沧州市黄骅港、天津市汉沽滩涂湿地、江苏连云港(临洪口圩子口)、上海市南汇东滩、上海市横沙东滩纳入新增保护地名单中,建议扩大江苏盐城国家级自然保护区边界范围以将南通市如东滩涂(包括小洋口)区域纳入现有周

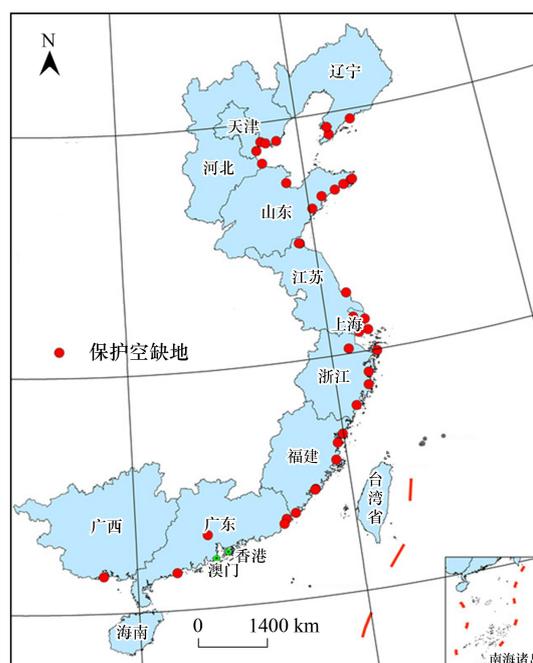


图 2 中国大陆沿海水鸟保护空缺地

Fig. 2 The Conservation gap of conservation priority sites in China's coasts

边的保护体系中。

表 2 亟待保护的水鸟保护空缺地名录

Table 2 The category of conservation gap sites of waterbirds that need to be protected

地块名称 Sites	省/自治区/直辖市 Provinces/municipality	保护优先等级 Conservation priority degree
沧州市黄骅港	河北	II
天津市汉沽滩涂湿地	天津	II
江苏连云港(临洪口埭子口)	江苏	I
南通市如东滩涂(包括小洋口)	江苏	I
上海市南汇东滩	上海	II
上海市横沙东滩	上海	II

针对已经建成的保护地需要进一步优化管理。例如本研究所确定的鸭绿江口国家级自然保护区、辽宁辽河口国家级自然保护区、黄河三角洲国家级自然保护区、盐城国家级自然保护区等重要地块在 2015 年之前自然湿地面积由于人类活动和自然因素严重萎缩^[27-28]。虽然,国家层面已启动湿地保护相关湿地保护法律的立法进程,也开展了滨海湿地保护行动,但,地方政府对滨海湿地保护的主体责任不容忽视。特别是之前对滨海湿地造成毁灭性的围垦和填海等工程,大多是地方政府追求利益的牺牲品。长期以来,各级各类空间规划类型过多,内容重叠,导致管理无效。需加强湿地资源管理确权和保护激励,确立湿地保护和管理中地方政府的主导作用,逐步改善保护地体系建设停滞不前的局面^[29]。

65 块水鸟保护优先区支撑了 76 个种群数量满足热点分析标准的水鸟物种,其中有 18 个物种是全球受胁物种。在物种层面上也需要开展针对性的保护^[30]。2021 年 2 月 5 日,国家林业和草原局、农业农村部发布了新调整的《国家重点保护野生动物名录》(<https://mp.weixin.qq.com/s/RXfelby07RCxWjsCu94cHQ>),东方白鹳、鸿雁(*Anser cygnoides*)、大杓鹬、大滨鹬等众多本研究所确定的受胁物种被列为新增 I 级或 II 级国家重点保护野生鸟类。进一步凸显了国家对滨海湿地水鸟保护的重视。建议在后期名录的更新过程中,根据本研究所确定的受胁物种名单持续的更新保护物种名录。

由于水鸟调查数据缺乏长期性和系统性特征导致本研究获得的水鸟丰度数据也是破碎化和不连续的^[8, 31-32]。尽管我们获取这些数据来自多个途径,但是依然还有一些尚未公开的水鸟调查数据也会给新增水鸟生物多样性热点区域提供数据支撑。另外,本研究区中国大陆沿海湿地仅是东亚-澳大利西亚候鸟迁徙的一部分。针对整个东亚尺度上的水鸟重要栖息地的识别工作需要跨区域合作整合多个国家的水鸟调查资源完成,为更大范围内的水鸟保护做出更多的贡献。

4 结论

本研究共确定了 65 块中国大陆沿海水鸟保护优先区,包括 18 个受胁物种满足热点分析标准。这些保护优先区中有一半以上的地块存在保护空缺,其中有 6 个保护优先等级属于 I 类或 II 类的亟待保护的重要地块。滨海湿地依然存在明显的保护空缺,针对性的开展保护工作尤为迫切,建议将保护优先区保护优先等级为 I 类和 II 类的重要地块纳入新增保护地或调整到现有的保护地边界范围内,同时需要对已建保护地进行优化管理。

参考文献 (References):

- [1] 国家林业局. 中国湿地资源(总卷). 北京: 中国林业出版社, 2015.
- [2] Barter, M. Shorebirds of the Yellow Sea: Importance, threats and conservation status. *Wetland International Oceania*, 2002, 104, 1-299.
- [3] China Coastal Waterbird Census Group, Bai Q Q, Chen J Z, Chen Z H, Dong G T, Dong J T, Dong W X, Wing V, Fu K, Han Y X, Lu G, Li J, Liu Y, Lin Z, Meng D R, Martinez J, Ni G H, Shan K, Sun R J, Tian S X, Wang F Q, Xu Z W, Yu Y T, Yang J, Yang Z D, Zhang L, Zhang M, Zeng X W. Identification of coastal wetlands of international importance for waterbirds: a review of China Coastal Waterbird Surveys 2005—

2013. *Avian Research*, 2015, 6(1): 12.
- [4] Ma Z J, Melville D S, Liu J G, Chen Y, Yang H Y, Ren W W, Zhang Z W, Piersma T, Li B. Rethinking China's new great wall. *Science*, 2014, 346(6212): 912-914.
- [5] Choi C Y, Jackson M V, Gallo-Cajiao E, Murray N J, Clemens R S, Gan X J, Fuller R A. Biodiversity and China's new great wall. *Diversity and Distributions*, 2018, 24(2): 137-143.
- [6] Murray N J, Clemens R S, Phinn S R, Possingham H P, Fuller R A. Tracking the rapid loss of tidal wetlands in the Yellow Sea. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2014, 12(5): 267-272.
- [7] Chan Y C, Peng H B, Han Y X, Chung S S W, Li J, Zhang L, Piersma T. Conserving unprotected important coastal habitats in the Yellow Sea: shorebird occurrence, distribution and food resources at Lianyungang. *Global Ecology and Conservation*, 2019, 20: e00724.
- [8] Zhang L, Wang X, Zhang J J, Ouyang Z Y, Chan S, Crosby M, Watkins D, Martinez J, Su L Y, Yu Y T, Szabo J, Cao L, Fox A D. Formulating a list of sites of waterbird conservation significance to contribute to China's Ecological Protection Red Line. *Bird Conservation International*, 2017, 27(2): 153-166.
- [9] Xia S X, Yu X B, Millington S, Liu Y, Jia Y F, Wang L Z, Hou X Y, Jiang L G. Identifying priority sites and gaps for the conservation of migratory waterbirds in China's coastal wetlands. *Biological Conservation*, 2017, 210: 72-82.
- [10] 李一辰, 王春晓. 中国西北地区水鸟保护优先区与空缺分析. *湿地科学与管理*, 2020, 16(3): 53-58.
- [11] Callaghan R E, Wilshire J H, Martin J M, Kingsford R T, Cornwell W K. Generalists are the most urban - tolerant of birds: a phylogenetically controlled analysis of ecological and life history traits using a novel continuous measure of bird responses to urbanization. *Oikos*, 2019, 128(6): 845-858.
- [12] Donald P F, Fishpool L D C, Ajagbe A, Bennun L A, Bunting G, Burfield I J, Butchart S H M, Capellan S, Crosby M J, Dias M P, Diaz D, Evans M I, Grimmett R, Heath M, Jones V R, Lascelles B G, Merriman J C, O'Brien M, Ramirez I, Waliczky Z, Wege D C. Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs): the development and characteristics of a global inventory of key sites for biodiversity. *Bird Conservation International*, 2019, 29(2): 177-198.
- [13] Hu R C, Wen C, Gu Y Y, Wang H, Gu L, Shi X Y, Zhong J, Wei M, He F Q, Lu Z. A bird's view of new conservation hotspots in China. *Biological Conservation*, 2017, 211: 47-55.
- [14] Jackson M V, Choi C Y, Amano T, Estrella S M, Lei W P, Moores N, Mundkur T, Rogers D I, Fuller R A. Navigating coasts of concrete: pervasive use of artificial habitats by shorebirds in the Asia-Pacific. *Biological Conservation*, 2020, 247: 108591.
- [15] Conklin J R, Verkuil Y I, Smith B R. Prioritizing Migratory Shorebirds for Conservation Action on the East Asian-Australasian Flyway. WWF Hong Kong, Hong Kong, 2014. 1-120.
- [16] Jaensch, R. New tools for development of the Flyway Site Network: An integrated and updated list of candidate sites and guidance on prioritisation. Report to Partnership for the East Asian-Australasian Flyway. 2013.
- [17] Chan S, Crosby M, So S, Dezhi W, Cheung F, Hua F Y. Directory of Important Bird Areas in China (Mainland): Key Sites for Conservation. Cambridge, UK; BirdLife International, 2009. 1-230.
- [18] IUCN. The IUCN red list of threatened species™. [2019-05-21]. <https://www.iucnredlist.org>.
- [19] Wetlands International. Waterbird Population Estimates. Retrieved from wpe.wetlands.org on Thursday 18 Mar 2021.
- [20] Mehlman D W, Fitzsimons J A, Irving A, Irving J, Hancock B. Selecting a suite of potential partner sites for the Adelaide International Bird Sanctuary to aid shorebird conservation in the East Asian-Australasian Flyway. *Pacific Conservation Biology*, 2020, 26(1): 67-77.
- [21] UNESCO. The coast of the Bohai gulf and the Yellow Sea of China. <http://whc.unesco.org/en/tentativelists/6189>. (Accessed 9 March 2018).
- [22] Duan H L, Xia S X, Jackson M V, Zhao N, Liu Y, Teng J K, Meng Z, Yu X B, Shi J B. Identifying new sites of significance to waterbirds conservation and their habitat modification in the Yellow and Bohai Seas in China. *Global Ecology and Conservation*, 2020, 22: e01031.
- [23] Melville D S, Chen Y, Ma Z J. Shorebirds along the Yellow Sea coast of China face an uncertain future—a review of threats. *Emu-Austral Ornithology*, 2016, 116(2): 100-110.
- [24] 赵宁, 夏少霞, 于秀波, 段后浪, 李瑾璞, 陈亚恒. 基于 MaXent 模型的渤海湾沿岸鸻鹬类栖息地适宜性评价. *生态学杂志*, 2020, 39(1): 194-205.
- [25] Melville D S. Perspective: China's coasts—a time for cautious optimism?. *Wader Study*, 2018, 125(1): 1-3.
- [26] 于秀波, 张立. 中国沿海湿地保护绿皮书(2019). 北京: 科学出版社, 2020.
- [27] Ma T T, Li X W, Bai J H, Cui B S. Habitat modification in relation to coastal reclamation and its impacts on waterbirds along China's coast. *Global Ecology and Conservation*, 2019, 17: e00585.
- [28] Ma Z J, Chen Y, Melville D S, Fan J, Liu J G, Dong J W, Tan K, Cheng X F, Fuller R A, Xiao X M, Li B. Changes in area and number of nature reserves in China. *Conservation Biology*, 2019, 33(5): 1066-1075.
- [29] 雷光春, 张正旺, 于秀波, 张明祥. 中国滨海湿地保护管理战略研究. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [30] 刘金, 阙品甲, 张正旺. 中国水鸟的物种多样性及其国家重点保护等级调整的建议. *湿地科学*, 2019, 17(2): 123-136.
- [31] Ma Z J, Cheng Y X, Wang J Y, Fu X G. The rapid development of birdwatching in mainland China: a new force for bird study and conservation. *Bird Conservation International*, 2013, 23(2): 259-269.
- [32] Li X Y, Liang L, Gong P, Liu Y, Liang F F. Bird watching in China reveals bird distribution changes. *Chinese Science Bulletin*, 2013, 58(6): 649-656.