

基于驱动因子分析的冬季水鸟栖息地选择研究^{*}

练 丽¹ 韩坤涛² 臧莹安² 黄文彬³ 陈聪慧⁴
李孝恩⁵ 于冬梅⁴ 杨锡涛⁴

(1. 广东省林业调查规划院, 广东 广州 510520; 2. 仲恺农业工程学院, 广东 广州 510225;
3. 广东南澎列岛海洋生态国家级自然保护区管理局, 广东 汕头 515900;
4. 广东省科学院 动物研究所/广东省动物保护与资源利用重点实验室/广东省野生动物保护与利用公共实验室,
广东 广州 510260; 5. 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要 广东海丰鸟类省级自然保护区作为重要的水鸟栖息地, 已被列为国际重要湿地。研究在海丰自然保护区东关联安围片区开展了冬季水鸟及生境调查, 共记录到鸟类 28 种, 含国家一级保护鸟类 1 种。利用典范对应分析法研究驱动冬季水鸟多样性的环境因子。CCA 分析表明红树林面积和滩涂面积对水鸟分布存在显著性影响, 是驱动水鸟分布的主要因子; 红树林面积和滩涂面积是促进涉禽类数量增加的主要因素; 滩涂面积是促进鸥类数量增加的主要因素, 而水产养殖塘是推动非鸥类游禽数量增加的主要因素; 此外, 养殖池塘水的深度和盐度与水鸟分布呈现负相关。

关键词 广东海丰鸟类省级自然保护区; 水鸟; 生境; 栖息地选择

中图分类号: S718.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2023) 06-0048-09

Winter Waterbird Habitat Selection Based on Driver Factor Analysis

LIAN Li¹ HAN Kuntao² ZANG Ying'an² HUANG Wenbin³
CHEN Conghui⁴ LI Xiaoen⁵ YU Dongmei⁴ YANG Xitao⁴

(1. Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou, Guangdong 510520, China;
2. Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 3. Administration of National Nature Reserve for Marine Ecology of Guangdong Nanpeng Islands, Shantou, Guangdong 515900, China;
4. Institute of Zoology, Guangdong Academy of Sciences/Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization/Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Guangzhou, Guangdong 510260, China;
5. College of Nature Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

Abstract Guangdong Haifeng Avian Provincial Nature Reserve is an important place for the breeding and migration of many rare and endangered waterfowl, which has been included in the “List of Ramsar Wetlands of International Importance”. This study conducts surveys of winter waterbirds and their habitats in the Dongguan Lian'anwei Area of the nature reserve. A total of 28 bird species were recorded, including 1 species of China's national first-level protected birds. Canonical Correspondence Analysis (CCA) was used to study the environ-

^{*} 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2018KJCX037), 广东省基础与应用基础研究基金 (2021A1515011282), 广东省科技计划项目 (2019B121202004), 广东省基础与应用基础研究基金 (2021A1515110744), 广东省科学院科技发展专项 (2018GDASCX-0107)。

第一作者: 练丽 (1978—), 女, 高级工程师, 主要从事自然保护地调查监测、规划设计, E-mail: 916643973@qq.com。

通信作者: 于冬梅 (1981—), 女, 助理研究员, 主要从事保护生物学研究, E-mail: yudongmei50@163.com。

mental factors driving winter waterbird diversity. The results of CCA show that the area of mangroves and tidal flats have a significant impact on the distribution of waterbirds, which are the main factors driving the distribution of waterbirds; mangrove forest area and tidal flat area are the main factors driving the increase of wader populations; and tidal flat area is the main factor driving the increase of gull populations; while aquaculture ponds are the main factor driving the increase in populations of non-gull *Natatores*; in addition, the depth and salinity of the aquaculture pond water were negatively correlated with the distribution of waterbirds.

Key words Guangdong Haifeng Wetland; wintering waterbirds; habitat; habitat selection

湿地水鸟是组成湿地生态系统的重要部分,是评价湿地重要性和湿地质量的重要指标^[1]。由于天然湿地的退化和丧失,湿地鸟类数量一度急剧减少^[2],近年来出现逐渐恢复的趋势。鸟类与栖息地环境因子的关系备受关注。Giese 等^[3]发现鸟类的种类随着水位、栖息地类型和地理位置的不同发生动态改变。Nilsson 和 Sjöberg^[4]揭示了瑞典法尔斯特布地区湿地鸟类逆向迁徙的成因和特征。Ganbold 等^[5]识别出了蒙古中部湿地栖息地生境内对鸟类造成威胁的主要因子。国内对湿地鸟类的研究主要集中于东北、长江中下游和云贵高原等热点区域^[6-7]。曾向武等^[8]发现海丰县内黑脸琵鹭 *Platalea minor* 的种群与水产养殖面积负相关。黑脸琵鹭在 IUCN 红色物种名录中的濒危等级为中等^[9],仅分布于亚洲东部沿海岛屿和海滨沼泽,对栖息环境有严格要求^[10]。为降低精养型水产养殖对水鸟的生态危害,海丰县自 2016 年起,对部分非法养殖池塘进行了取缔,养殖面积锐减,而黑脸琵鹭的数量不断增加^[8]。

本次研究以广东海丰鸟类省级自然保护区为例,通过对保护区联安围分区内水鸟多样性和栖息地选择驱动因子的分析,探究影响水鸟栖息地选择的主要因素,为水鸟保护和湿地恢复提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

广东海丰鸟类省级自然保护区位于我国南海沿海地区,地处广东省汕尾市海丰县境内。保护区总面积为 11 590.5 hm²^[11],含联安围分区、公平分区和大湖分区(图 1)。本文研究区域为联安围分区,位于保护区西南部,分南北两个部分。保护区有河流、滩涂、水产养殖塘、红树林等多种湿地类型^[12],并以联安围分区的湿地和植被类型最具代表性^[13]。截止 2016 年,广东海丰鸟类省级保护区共记录到鸟类 247 种,隶属 17 目 59 科,其中非雀形目鸟类 16 目、36 科、165 种,占

66.8%;雀形目鸟类 23 科 82 种,占 33.2%。

1.2 水鸟调查

为便于分析,参考《中国鸟类分类与分布名录》第四版^[14],将水鸟归为涉禽类和游禽类,并将具有典型生境选择偏好的鸕鹚类、鸥类作为涉禽和游禽的代表性类群纳入分析。水鸟数量采用直接计数法和样线法进行调查,每条 2~3 km,样线总长 16.8 km,相邻样线间隔约 1 km(图 2)。调查采用步行方式进行,平均速度为 2 km/h。数量较小的鸟类群采用个体计数法记录,数量较大的鸟群采用集团计数法估计。根据实地调查情况,统计调查区域内水鸟的物种丰富度和丰度。

2021 年 11 月和 12 月进行两次水鸟调查,调查时间均为 3 天,每天两次即上午 8:00—12:00 时和 14:00—18:00 时各一次。以 2 km/h 的速度徒步调查,使用双筒望远镜观察,记录在滩涂、池塘或岸边的水鸟种类及其数量,若池塘面积过大,鸟类距离过远观察不清,则步行至适合距离后再进行观察。拍照并填写记录调查表,记录水鸟的种类及其数量;调查结束后对照片进行再次鉴定,核对记录表。

1.3 生境因子调查

生境因子选取样方总面积、水产养殖塘面积、滩涂面积、红树林面积、其他植被面积、池塘深度和池塘盐度,共 7 个。共设置 18 个池塘样方,沿池塘布设取样点,每隔 50 m 一次,共取 10 次,测定池塘水样盐度,并计算 10 个样点的平均值;池塘水深度使用探测杆逐点测量,并计算 10 次数据的平均值。样方总面积、水产养殖塘面积、滩涂面积、红树林面积利用奥维互动地图和面积测量工具完成。

1.4 数据处理

利用除趋势对应分析(DCA)对水鸟物种进行分析,揭示水鸟的空间分布与环境因子之间的潜在关系。使用 Canoco for Windows 5.0 软件的典范对应分析(CCA)模块,分析水鸟与湿地环境因子之间的关系和影响水鸟分布的主要因素^[15]。



图 1 广东省海丰鸟类省级自然保护区示意

Figure 1 Schematic diagram of the location of Haifeng Bird Provincial Nature Reserve in Guangdong province

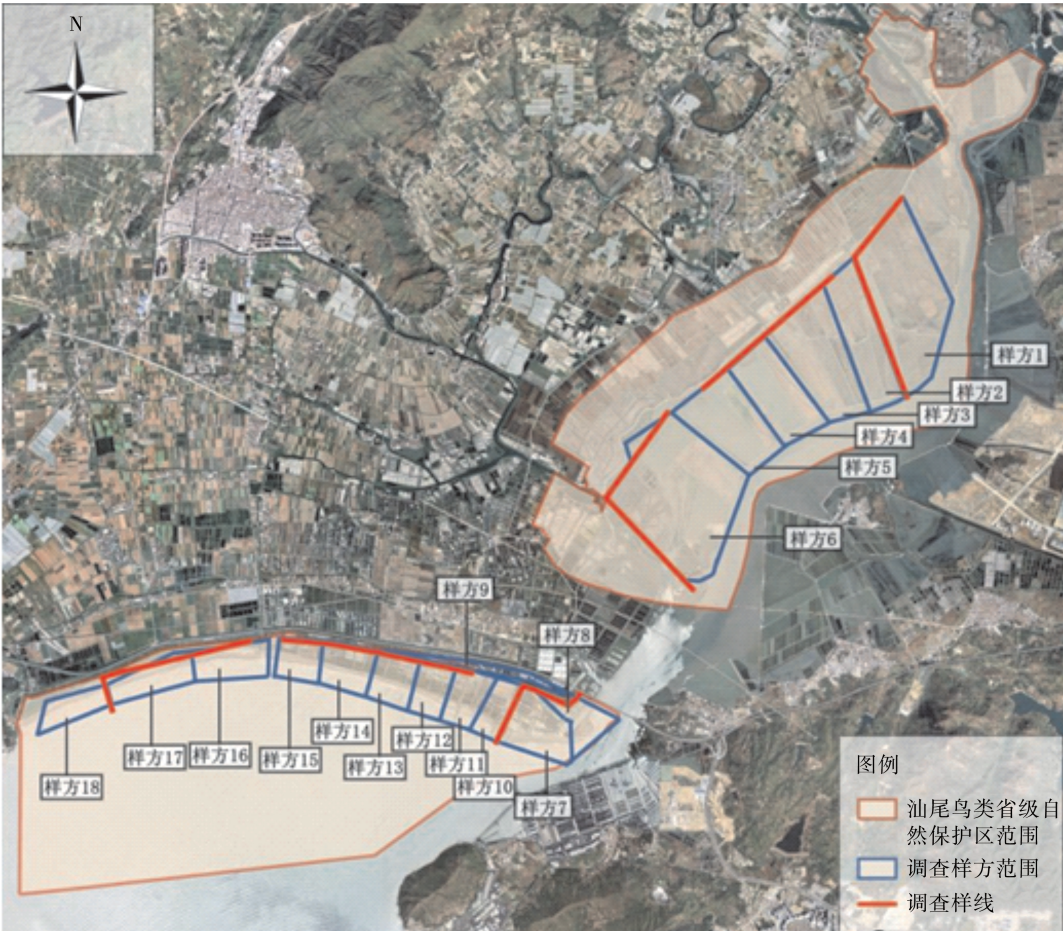


图 2 样方及样线示意

Figure 2 Schematic diagram of sample quadrat and transection line

CCA 分析中，环境因子被认为是解释变量，采用零均值归一化处理实现数据的均一性^[16]。在 CCA 分析中采用了全部 28 种水鸟的数据进行分析。由于测量的样方总面积和水产养殖塘面积存在重复，故剔除样方总面积，采用水产养殖塘面积（W）、滩涂面积（T）、红树林面积（M）、其它植被面积（V）、池塘深度（D）和池塘盐度（R）6 种变量进行分析。运用如下公式进行归一化把数据映射到 0~1 范围之内处理：

$$X_i^* = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

其中， X_i 、 X_i^* 分别表示数据归一化处理前后

的值， $X_{\min}$ 、 $X_{\max}$ 分别表示样本数据中的最小值和最大值。以水鸟的丰度作为响应变量，且未进行数据转换，在简约模型下，采用蒙特卡罗方法对 499 种排列进行检验，并对正轴的显著性进行评估。

2 结果与分析

2.1 水鸟群落特征

2.1.1 物种丰富度 共记录到水鸟有 7 目 10 科 27 种，其中鹭科 8 种、鹬科 5 种、鸭科 5 种、反嘴鹬科 3 种、鸮科 1 种、鸽科 1 种、鸠鸽科 1 种、鸬鹚科 1 种、鹧鸪科 1 种和鸥科 1 种；其中涉禽 19 种，游禽 8 种（表 1）。

表 1 东关联安围片区水鸟组成情况
Table 1 Composition of waterbirds in the Dongguan Lian'anwei Area

目 Order	科 Family	种 Species	数量/只 Number	生态类型 Ecological type	排序代码 Sort code
鹤形目	鹭科	白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	3 484	涉禽类	S1
		中白鹭 <i>Egretta intermedia</i>	18	涉禽类	S2
		大白鹭 <i>Egretta alba</i>	1 487	涉禽类	S3
		牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>	4	涉禽类	S4
		苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	136	涉禽类	S5
		池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	65	涉禽类	S6
		夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>	11	涉禽类	S7
		草鹭 <i>Ardea purpurea</i>	5	涉禽类	S8
		黑脸琵鹭 <i>Platalea minor</i>	54	涉禽类	S9
鸥形目	鸥科	红嘴鸥 <i>Larus ridibundus</i>	3 254	鸥类	O1
鸻形目	鸻科	环颈鸻 <i>Charadrius alexandrinus</i>	130	鸻鹬类	B1
	鹬科	鹤鹬 <i>Tringa erythropus</i>	14	鸻鹬类	B2
		林鹬 <i>Tringa glareola</i>	25	鸻鹬类	B3

目 Order	科 Family	种 Species	数量/只 Number	生态类型 Ecological type	排序代码 Sort code
		矶鹬 <i>Tringa hypoleucos</i>	20	鸻鹬类	B4
		黑腹滨鹬 <i>Calidris alpina</i>	110	鸻鹬类	B5
		泽鹬 <i>Tringa stagnatilis</i>	4	鸻鹬类	B7
	反嘴鹬科	黑翅长脚鹬 <i>Himantopus himantopus</i>	12	鸻鹬类	B6
		反嘴鹬 <i>Recurvirostra avosetta</i>	720	鸻鹬类	B8
		青脚鹬 <i>Tringa nebularia</i>	50	鸻鹬类	B9
鸻形目	鸻科	灰斑鸻 <i>Pluvialis squatarola</i>	16	鸻鹬类	B10
鹬形目	鸻鹬科	普通鸻鹬 <i>Phalacrocorax carbo</i>	569	游禽类	Y1
鸬鹚目	鸬鹚科	凤头鸬鹚 <i>Podiceps cristatus</i>	50	游禽类	Y2
		小鸬鹚 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	92	游禽类	Y3
雁形目	鸭科	针尾鸭 <i>Anas acuta</i>	29	游禽类	Y4
		斑嘴鸭 <i>Anas poecilorhyncha</i>	159	游禽类	Y5
		琵嘴鸭 <i>Anas clypeata</i>	30	游禽类	Y6
		赤颈鸭 <i>Anas penelope</i>	10	游禽类	Y7
		绿头鸭 <i>Anas platyrhynchos</i>	3	游禽类	Y8

2.1.2 水鸟物种丰度 本研究共观察记录鸟类 10 561 只，其中鸻形目数量最多，有 5 264 只，其次是鸻形目 4 389 只、鹬形目 569 只。科的水平上，数量最多为鹭科 5 210 只，其次为鸥科 3 254 只、反嘴鹬科 782 只（表 1）。

2.2 水鸟与环境因子的关系分析

2.2.1 DCA 分析结果 DCA 分析结果详见表 2。第 1 轴的特征值为 0.481 3，物种方差为 22.89%；第 2 轴的特征值为 0.174 1，物种数据的方差为 11.53%。第 1 轴的特征值明显大于第 2 轴，可见第 1 轴的环境因子对水鸟物种的分布影响更大。DCA 水鸟物种分布梯度长度为 2.57，该物种对于

前两轴有典型的单峰关系，可利用 CCA 加权平均法进一步研究水鸟物种与环境因子之间的相关性。

2.2.2 CCA 分析结果 水鸟与环境变量 CCA 分析显示，物种—环境相关系数累积方差为 95.45%（表 3）。Monte Carlo 排序检验对所有轴都具有显著性（pseudo-F = 3.1，P = 0.002），前两个轴为主要解释轴，分别解释了轴 1 的 33.41% 和轴 2 的 13.13% 的变化，对物种-环境关系有重要影响。通过 CCA 进一步对各环境因子进行分析（表 4），红树林面积、滩涂面积和池塘盐度对物种分布的解释度分别为 27.8%、13.5% 和 10.2%，是驱动物种分布的主要因子。

表 2 东关联安围片区水鸟物种数据 DCA 分析结果

Table 2 DCA analysis results of waterbird species data in the Dongguan Lian'anwei Area

统计 STATISTICS	轴 1Axis1	轴 2Axis2	轴 3Axis3	轴 4Axis4
特征值	0.481 3	0.174 1	0.095 5	0.036 4
解释累积变量	24.33	33.13	37.96	39.80
梯度长度	2.57	1.52	1.89	1.46
伪典型相关关系	0.949 9	0.847 8	0.831 4	0.499 2

表 3 所调查水鸟 CCA 排序主分量轴特征及其与环境因子变量间的相关系数

Table 3 The principal component axis characteristics of the CCA ranking of the investigated waterfowl and its correlation coefficient with environmental factor variables

统计 STATISTICS	轴 1Axis1	轴 2Axis2	轴 3Axis3	轴 4Axis4
特征值	0.778 8	0.306 1	0.209 6	0.121 4
解释累积变量	33.41	46.54	55.53	60.73
梯度长度	0.974 9	0.835 7	0.975 7	0.897 7
伪典型相关关系	52.51	73.14	87.27	95.45

表 4 环境因子与 CCA 轴相关系数

Table 4 Correlation coefficients between environmental factors and CCA axis

名称 Name	解释度/% Explains	贡献度/% Contribution	自由度 Pseudo-F	P 值 P value
红树林面积	27.8	44.5	6.3	0.002
滩涂面积	13.5	21.6	3.6	0.004
池塘盐度	10.2	16.4	3.1	0.008
水产养殖塘面积	3.4	5.3	1.0	0.434
其它植被面积	5.2	8.2	1.6	0.192
池塘深度	2.5	4.0	0.7	0.612

2.2.3 水鸟与生境特征的关系 CCA 对池塘样本与环境因子变量检验详见图 3。相似类型的湿地鸟类栖息地基本聚集在一起，同一生物多样性管理区（BMZ）内池塘通常分布在同一象限或距离 CCA 散点图较近的区域。影响样方 1，2，7 水鸟分布的主要环境因子是植被面积，影响样方 4，5，6，8，9，10，11，12，13，14 水鸟分布的主要环境因子是水产养殖塘面积，其余 3 个样方的水鸟分布主要受红树林面积及滩涂面积的影响。

红树林面积、滩涂面积对大部分水鸟有积极影响，其中滩涂面积和红树林面积是推动鸥类数量增加的主要影响因素（图 4）。由于鸥类物种数量仅为 1，将其剔除后利用 CCA 进行物种与环境因子的相关性分析，滩涂面积对涉禽类影响相对更大（图 5），其它植被面积、滩涂面积和红树林面积是鸻鹬类的主要影响因素（图 6），水产养殖塘面积和其它植被面积是游禽类的重要影响因素

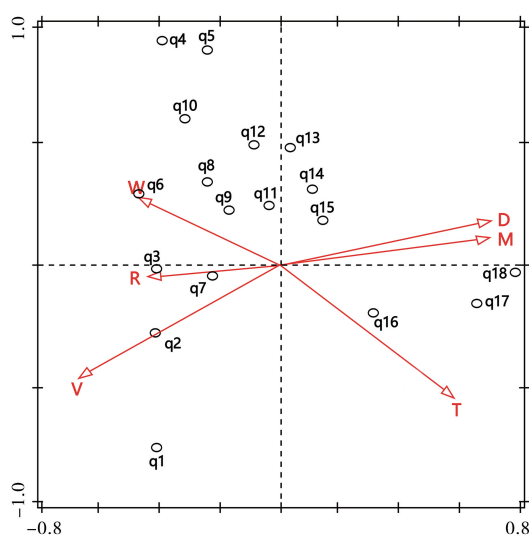
（图 7）。图中各水鸟排序代码详见表 6。

2.2.4 影响水鸟分布的因素 其它植被面积、滩涂面积、红树林面积和水产养殖塘的面积是影响水鸟栖息地选择的重要因素，对所有水鸟都有积极影响（图 4）。水产养殖塘水的深度和盐度对水鸟数量有一定的负面影响。

3 结论与讨论

3.1 红树林面积和滩涂面积对水鸟分布存在显著性影响，两者分别为水鸟提供栖息场所和觅食场所，是驱动水鸟分布的主要因子。红树林面积和滩涂面积相比，水鸟的分布受红树林面积的影响更为显著。

潮间带红树林自然湿地是湿地的关键构造因素，为水鸟的觅食、栖息、繁衍和候鸟的栖息、越冬、迁徙提供了优良的生态环境^[17]。本研究的调查区域内植被主要以比较低矮的芦苇为主，植

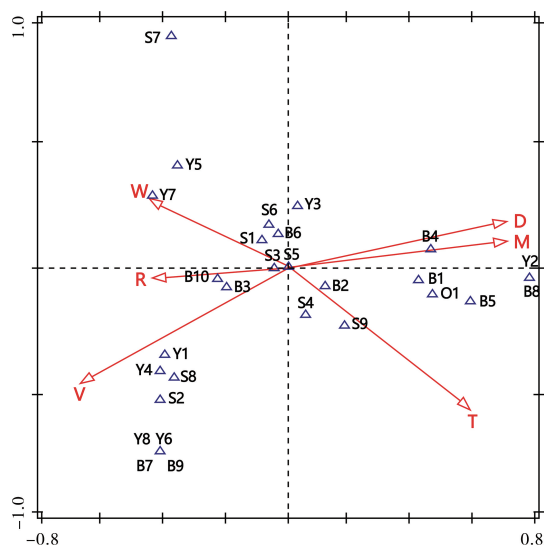


注: q1 – q18 为样方号, M 、 T 、 R 、 W 、 V 、 D 分别代表红树林面积、滩涂面积、池塘盐度、水产养殖塘面积、其它植被面积和池塘深度。

Note: q1 – q18 represent sample quadrat number, M , T , R , W , V , D represent mangrove area, mudflat area, pond salinity, aquaculture pond area, other vegetation area and pond depth, respectively.

图 3 样方与环境因子的关系

Figure 3 Relationship between sample plots and environmental factors

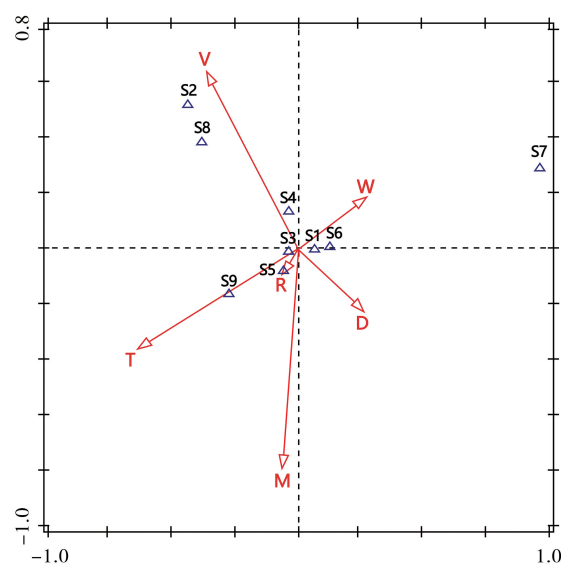


注: M 、 T 、 R 、 W 、 V 、 D 分别代表红树林面积、滩涂面积、池塘盐度、水产养殖塘面积、其它植被面积和池塘深度。 S 为涉禽类, Y 为游禽类, B 为鸕鹚类。

Note: M , T , R , W , V , D represent mangrove area, mudflat area, pond salinity, aquaculture pond area, other vegetation area and pond depth, respectively. S , Y , B represent wading birds, swimming birds and shorebirds, respectively.

图 4 水鸟物种与环境因子的关系

Figure 4 Relationship between waterfowl species and environmental factors

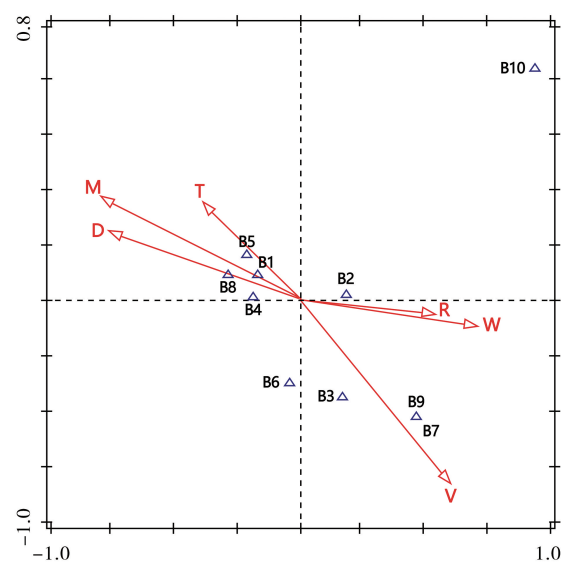


注: M 、 T 、 R 、 W 、 V 、 D 分别代表红树林面积、滩涂面积、池塘盐度、水产养殖塘面积、其它植被面积和池塘深度。 S 为涉禽类。

Note: M , T , R , W , V , D represent mangrove area, mudflat area, pond salinity, aquaculture pond area, other vegetation area and pond depth, respectively. S represent wading birds.

图 5 涉禽类与环境因子的关系

Figure 5 Relationship between wading birds and environmental factors

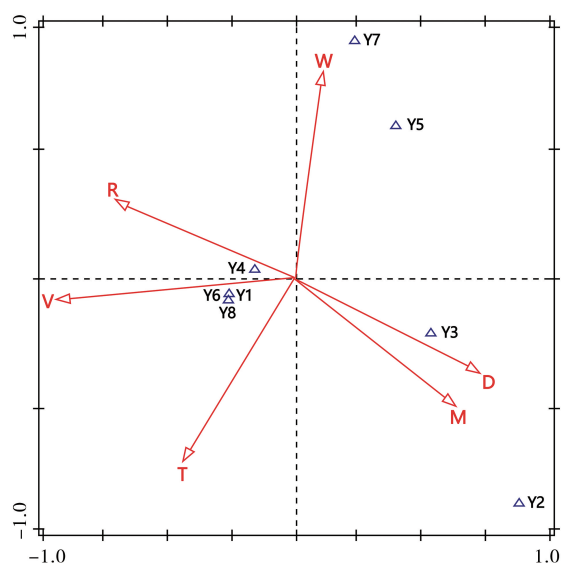


注: M 、 T 、 R 、 W 、 V 、 D 分别代表红树林面积、滩涂面积、池塘盐度、水产养殖塘面积、其它植被面积和池塘深度。 B 为鸕鹚类。

Note: M , T , R , W , V , D represent mangrove area, mudflat area, pond salinity, aquaculture pond area, other vegetation area and pond depth, respectively. B represent shorebirds.

图 6 鸕鹚类与环境因子的关系

Figure 6 Relationship between shorebirds and environmental factors



注：M、T、R、W、V、D 分别代表红树林面积、滩涂面积、池塘盐度、水产养殖塘面积、其它植被面积和池塘深度。Y 为游禽类。

Note: M, T, R, W, V, D represent mangrove area, mud-flat area, pond salinity, aquaculture pond area, other vegetation area and pond depth, respectively. Y represent swimming birds.

图7 游禽类与环境因子的关系
Figure 7 Relationship between swimming birds and environmental factors

被密度适中，能为涉禽类提供安全的隐蔽和筑巢场所^[18]；其他如人工植被如芭蕉、木薯等，也可为水鸟提供丰富的栖息场所。同时，红树林湿地发育良好的区域，底栖生物密度较高^[19]，水鸟食源丰富，红树林面积与水鸟的数量和种类呈显著正相关。

滩涂中丰富的滩涂鱼和螺类、贝类等是水鸟主要的食物来源^[20]。低潮位时，水鸟主要在滩涂上进行觅食，但当高潮位时，滩涂大部分被海水淹没，在滩涂觅食的大量水鸟都会转移到红树林上栖息^[21]。滩涂赶海等人为干扰也影响了水鸟在滩涂上的觅食及栖息。

除此之外，水产养殖塘也是推动水鸟数量增加的重要因素。池塘内丰富的芦苇植被和鱼虾蟹等水生生物，可为游禽类提供优良的栖息和觅食场所^[22]。不同水鸟受体型、喙长、腿长和生态习性等影响，对鱼塘的利用不同^[23-25]。水鸟受腿长和喙长的限制，很少在水位较深的地方捕食^[26]。而盐度主要影响潜水和大型涉水鸟类，潜水和大型涉禽类在中等盐度值（20‰~40‰）时，丰度较高；盐度超过 100‰时，丰度急剧下降^[27]。同时，养殖户为防止水鸟捕食鱼虾蟹而采取的驱鸟

措施也是人为干扰因素之一。

3.2 红树林面积和滩涂面积是推动涉禽类数量增加的主要因素；滩涂面积是推动鸥类数量增加的主要因素，而水产养殖塘是推动非鸥类游禽数量增加的主要因素；此外，养殖池塘水的深度和盐度与水鸟分布呈现负相关。

水鸟与环境因子变量的 CCA 分析可反映物种与环境因子间的关系。本研究发现，滩涂面积是影响涉禽类的主要环境因素，其它植被面积、滩涂面积和红树林面积是鸻鹬类的主要影响因素，水产养殖塘面积和其它植被面积是游禽类的重要因素，影响不同水鸟类型的环境因子与其生活习性紧密相关。涉禽类为了节省热量消耗，会选择距离繁殖地较近的地方觅食，提高其繁殖成功率^[28]，其分布主要受红树林面积和滩涂面积的影响。鸻鹬类栖息地以红树林附近的滩涂为主^[29]，其丰度主要受滩涂和红树林面积的影响。游禽类需要大量面积的水和芦苇等植被为其提供栖息场地^[30]，其丰度主要受水产养殖塘面积的影响。鸥类等水鸟的分布主要依赖于大型底栖动物的密度^[9]，其丰度主要受滩涂面积的影响。

3.3 针对以上研究，提出水鸟保护建议：（1）合理规划水鸟可利用生境。加强对现有水鸟栖息地的保护与管理，保护水鸟的可利用生境。对红树林面积和滩涂面积、水产养殖塘面积和水深、植被覆盖率等进行科学规划，为水鸟创造适宜的栖息环境，进而保护水鸟赖以生存的湿地生态系统。（2）红树林和滩涂面积的规划。红树林会扩张侵蚀非红树林栖息地，而滩涂就位于红树林旁，从而导致滩涂面积减少，进而导致大量活动在滩涂的越冬水鸟由于失去滩涂食物资源和栖息场所而受到不利影响^[31]。因此，应适当控制红树林面积，确保滩涂和红树林同时为水鸟提供食物及栖息场所。（3）建立健全水产养殖塘体系。水产养殖塘作为一些水鸟的重要栖息环境^[24]，可为游禽类提供稳定的觅食栖息场所。与集约化的养殖模式相比，传统养殖模式在保护水鸟物种多样性上具有更高的价值^[25]，应鼓励自然保护区内养殖户保持传统的养殖模式。（4）合理调控池塘水体面积及水的深度。为了吸引更多种类及数量的水鸟，应根据自然条件合理调控养殖池塘的水体面积和池塘水的深度。池塘水位较高时，多吸引游禽在池塘中栖息；池塘水位较低时，则会吸引更多的

涉禽类。(5) 建立健全法律制度, 提高公民保护野生动物保护意识。随着沿海地区经济的迅速发展和对沿海的围垦, 水鸟栖息地受到严重干扰。建议保护区内设立相关的管理标志, 并组织宣传教育活动, 强调生态保护、湿地保护和环境保护的重要性, 增强公民对野生动物的保护意识。

参考文献

- [1] Kingsford R T, Thomas R F. Destruction of wetlands and waterbird populations by dams and irrigation on the Murrumbidgee River in arid Australia [J]. *Environmental Management*, 2004, 34(3): 383-396.
- [2] 董荣. 陕西省黄河中游湿地冬季鸟类群落结构与栖息地选择的研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2010.
- [3] Giese E E G, Howe R W, Wolf A T, et al. Breeding birds and anurans of dynamic coastal wetlands in Green Bay, Lake Michigan [J]. *Journal of Great Lakes Research*, 2018, 44(5): 950-959.
- [4] Nilsson C, Sjöberg S. Causes and characteristics of reverse bird migration: an analysis based on radar, radio tracking and ringing at Falsterbo, Sweden [J]. *Journal of Avian Biology*, 2016, 47: 354-362.
- [5] Ganbold O, Bing G-C, Lee J-H, et al. An avifaunal survey of middle Mongolian wetlands: Important Bird Areas and threatened species [J]. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 2018, 11: 1-6.
- [6] 赵建强, 吴艳红. 网湖省级湿地自然保护区夏季鸟类群落结构及多样性分析[J]. *湖南林业科技*, 2018, 45(2): 24-28.
- [7] 王成, 董斌, 朱鸣, 等. 升金湖湿地越冬鹤类栖息地选择[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(3): 810-816.
- [8] 曾向武, 林宜舟, 罗慧娟, 等. 海丰县水产养殖与越冬黑脸琵鹭种群变化相关性探讨[J]. *绿色科技*, 2019, 12: 41-43.
- [9] WOOD C, TOMIDA H, JIN-HAN K, et al. New perspectives on habitat selection by the Black-faced Spoonbill-Platalea minor based upon satellite telemetry [J]. *Bird Conservation International*, 2013, 23(4): 495-501.
- [10] YU Y-T, SWENNEN C. Habitat Use of the Black-faced Spoonbill [J]. *Waterbirds*, 2004, 27(2): 129-134.
- [11] 高常军, 范秀仪, 小青, 等. 广东海丰鸟类省级自然保护区湿地生态系统服务价值评估[J]. *林业与环境科学*, 2017, 33(2): 14-20.
- [12] 曾向武, 高晓翠, 高常军. 广东海丰鸟类省级自然保护区水鸟多样性[J]. *湿地科学*, 2016, 14(5): 611-618.
- [13] 曾向武, 周平, 高常军. 广东海丰自然保护区湿地现状及保护对策[J]. *湿地科学与管理*, 2016, 12(1): 34-37.
- [14] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录[M]. 4版. 北京: 科学出版社, 2023.
- [15] 赖江山. 生态学多元数据排序分析软件 Canoco5 介绍[J]. *生物多样性*, 2013, 21(6): 765-768.
- [16] WANG C, WANG G, DAI L J, et al. Study on the effect of habitat function change on waterbird diversity and guilds in Yancheng coastal wetlands based on structure-function coupling [J]. *Ecological Indicators*, 2021, 122.
- [17] 陈鹤森. 海丰湿地红树林保育走上正轨[J]. *环境*, 2013(10): 38-39.
- [18] 张姚. 崇明东滩鱼塘、水稻田型人工湿地在不同管理模式下水鸟群落及其生境分析[D]. 上海: 华东师范大学, 2015.
- [19] 张雅芝, 陈灿忠, 王渊源, 等. 福建红树林区底栖生物生态研究[J]. *生态学报*, 1999(6): 896-901.
- [20] 张斌. 长江口滩涂围垦后土地类型变化对水鸟的影响: 以南汇东滩为例[D]. 上海: 华东师范大学, 2012.
- [21] 黄君君, 刘劲涛, 夏丹霞, 等. 滨海湿地红树林生态修复对鹭科鸟类种群动态的影响[J]. *湿地科学与管理*, 2021, 17(1): 19-22.
- [22] 华宁, 马志军, 马强, 等. 冬季水鸟对崇明东滩水产养殖塘的利用[J]. *生态学报*, 2009, 29(12): 6342-6350.
- [23] 赵锦霞, 刘昊, 张利权. 崇明东滩越冬鸟类在养殖塘的空间分布[J]. *动物学研究*, 2008(2): 212-218.
- [24] NAVEDO J G, ARRAN Z D, HERRERA A G, et al. Agroecosystems and conservation of migratory waterbirds: importance of coastal pastures and factors influencing their use by wintering shorebirds [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2013, 22(9): 1895-1907.
- [25] 广东渔报. 广东鱼塭养殖介绍[J]. *中国水产*, 1959(1): 16-17.
- [26] FORBOSEH PF, KEMING E C, TOH C L, et al. Monitoring of Kilum-Ijim forest bird communities: initial findings [J]. *Bird Conservation International*, 2003, 13(3): 255-271.
- [27] TAVARES D C, GUADAGNIN D L, DE MOURA J F, et al. Environmental and anthropogenic factors structuring waterbird habitats of tropical coastal lagoons: Implications for management [J]. *Biological Conservation*, 2015, 186: 12-21.
- [28] 魏国安, 陈小麟, 林清贤, 等. 厦门白鹭自然保护区的白鹭繁殖行为和繁殖力研究[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2002(5): 647-652.
- [29] 葛振鸣, 王天厚, 施文彧, 等. 长江口杭州湾鸬形目鸟类群落季节变化和生境选择[J]. *生态学报*, 2006, 26(1): 40-47.
- [30] 吴逸群, 任锦利, 杨鸽, 等. 陕西黄河湿地鱼塘环境因子对鸟类群落结构的影响[J]. *湿地科学与管理*, 2021, 17(2): 23-26.
- [31] ZHAI L, ZHANG B, SENROY S, et al. Remote sensing of unhelpful resilience to sea level rise caused by mangrove expansion: A case study of islands in Florida Bay, USA [J]. *Ecological Indicators*, 2019, 97: 51-58.