

# 崇明东滩人工湿地春季水鸟群落结构及其生境分析

张姚<sup>①</sup> 谢汉宾<sup>①</sup> 曾伟斌<sup>①</sup> 汤臣栋<sup>②</sup> 钮栋梁<sup>②</sup> 王天厚<sup>①\*</sup>

<sup>①</sup> 华东师范大学生命科学学院 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室 上海 200062;

<sup>②</sup> 上海崇明东滩鸟类国家级自然保护区管理处 上海 202183

**摘要:** 崇明东滩处于独特的地理位置, 拥有辽阔的滩涂和丰富的湿地资源, 是亚太地区候鸟迁徙路线上的重要驿站。然而崇明东滩也是上海促淤圈围重点区域之一, 且围垦后滩涂用作多种农业、工业发展, 导致当地植物群落和滩涂湿地结构的改变, 从而直接造成了鸟类生物多样性的明显下降, 因此东滩湿地保护人员采取了修复和优化的治理措施, 但治理同时也将自然滩涂改造成人工湿地。本研究将改造后自然滩涂作为研究不同类型人工湿地的水鸟群落结构及其生境关系的研究区域, 并把研究区域分为4种不同类型人工湿地, 捕鱼港优化区即一期工程(已修复)、鸟类栖息地优化区即二期工程(修复中)、人工鱼蟹塘、耀全农场。本研究目的在于分析这4种不同类型人工湿地中鸟类群落特征并寻找影响鸟类对生境利用的主要因子, 同时考虑修复优化工程的保育功能, 对不同管理模式下的人工湿地进行研究, 从而对湿地改造提出科学的建议。由于前期大量研究表明春季鸟类数量和种类较丰富, 能够较好地反映崇明东滩湿地生态现状。因此从2013年3月下旬至5月上旬在大潮期和小潮期分别对上述4种不同类型人工湿地进行了鸟类及其生境因子调查。此次鸟类调查采用样点法, 共统计到水鸟2357只, 隶属于6目11科45种, 其中斑嘴鸭(*Anas poecilorhyncha*)、红骨顶(*Gallinula chloropus*)、金眶鸻(*Charadrius dubius*)、环颈鸻(*C. alexandrinus*)、牛背鹭(*Bubulcus ibis*)、鹤鹑(*Tringa erythropus*)、林鹨(*T. glareola*)等25种鸟为优势种。非参数检验分析表明, 春季这4类人工湿地水鸟种类、密度、多样性均有显著性差异, 一期工程内水鸟的种类、密度、多样性指数、均匀度指数都为最大。对生境因子与鸟类群落特征进行相关分析, 根据非参数检验的结果得出裸露浅滩面积、水域面积、生境小岛个数是影响水鸟分布的关键因子, 为此对鸟类栖息地优化区的修复及其完善提出科学建议。

**关键词:** 崇明东滩; 重要驿站; 人工湿地; 鸟类群落; 生境因子

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2014)04-490-15

## Analysis on the Waterbird Community Structure and Its Habitat on the Artificial Wetlands in Spring in Chongming Dongtan, China

ZHANG Yao<sup>①</sup> XIE Han-Bin<sup>①</sup> ZENG Wei-Bin<sup>①</sup> TANG Chen-Dong<sup>②</sup>

NIU Dong-Liang<sup>②</sup> WANG Tian-Hou<sup>①\*</sup>

<sup>①</sup> School of Life Sciences, East China Normal University, the Shanghai Key Lab for Urban Ecological Processes and Eco-Restoration, Shanghai 200062; <sup>②</sup> Chongming Dongtan National Nature Reserve, Shanghai 202183, China

**基金项目** 上海市科委崇明专项项目(No. 12231204703);

\* 通讯作者, E-mail: thwang@bio.ecnu.edu.cn;

**第一作者介绍** 张姚, 女, 硕士研究生; 研究方向: 湿地生态学, 动物生态学; E-mail: zytz89716@163.com.

收稿日期: 2013-11-08, 修回日期: 2014-02-24

**Abstract:** Chongming Dongtan National Nature Reserve is one of the most important over-stop sites for migratory waterbirds in Asian-Pacific Flyway, due to its unique geographical position in the Yangtze River Mouth and extensive salt marsh and mud tidal flat. However it is also one of the key regions which were enclosed by the construction of seawall, and the mud tidal flat after the reclamation was used for agricultural or industrial development, which altered the composition of the local plant community and the topography of the marsh and hence resulted in the dramatic decline of bird biodiversity. In the last few years, the local wetland management authority took the conservation measures to recover and optimize the wetland in the coastal area. Due to the wetland restoration project, a part of natural reserve was transformed into artificial wetland. In this study, we focused on the relationship between the waterbird community structure and habitat type in the artificial wetland which can be classified into four types according to biodiversity restoration stages: A. the wetland has been restored for two years, named the area of the first project; B. the wetland is being restored, named the area of the second project; C. the wetland reclaimed for rice paddy, named the Yaoquan Farmland; D. the wetland reclaimed for fish raising, named the aquacultural pond. The study lasted from the end of March to the beginning of May, 2013 that duration covered the flood tide period and the neap season period. Bird census were carried five times in the study area and eight habitat factors were recorded in the meantime from the four type wetlands to analyze the main factors which affect the waterbird community structure. Bird survey was conducted by the point count method, totally 2 357 waterbird, subordinated in 6 orders 11 families and 45 species, were counted. Among them, 25 species are the dominant species including *Anas poecilorhyncha*, *Gallinula chloropus*, *Charadrius dubius*, *C. alexandrinae*, *Bubulcus ibis*, *Tringa erythropus* and *T. glareola*. The bird species and individuals were counted then species richness, bird density, Shannon-Wiener index ( $H'$ ) and evenness ( $J'$ ) were calculated by each artificial wetland types. The non-parametric test Kruskal-Wallis  $H$  analysis indicated that there were significant differences in bird species, density and diversity index between the four artificial wetlands. The area A kept the highest value in biodiversity and bird density. The correlation analysis was undertaken between habitat factors and of bird community characteristics by the non-parametric test Kruskal-Wallis  $H$ . The bare muddy area, size of water surface and the number of small habitat island in the water are the key factors which affected the waterbird distribution. The detailed management recommendations were then raised for further optimizing the artificial wetlands in Dongtan coasts in the consideration of waterbird conservation.

**Key words:** Chongming Dongtan; Important over-stop site; Artificial wetland; Birds'community; Habitat factor

崇明东滩位于长江入海口,是长江口较大的保持自然状态的河口滩涂湿地(赵平等 2003,葛振鸣等 2006),其中东滩保护区总面积 326 km<sup>2</sup>,是典型的河口滩涂湿地和全球重要生态敏感区(Oviedo et al. 2000),在 2000 年由中国政府向拉姆萨尔公约秘书处成功申请为国际重要湿地。崇明东滩作为亚太地区迁徙水鸟的停歇和补充能量的中转站(赵平等 2003,葛振鸣等 2006),每年有大量迁徙鸟类在此觅食和栖息。湿地作为水鸟的栖息区和觅食区,为水鸟提供良好的栖息条件和丰富的食物资源

(刘昊 2006),同时鸟类在维持湿地稳定性方面起着重要作用,所以湿地鸟类的群落组成及种群数量大小是监测和评价湿地的重要指标(王强等 2007)。尤其是春季正处于鸟类的繁殖期,数量集中,适合监测鸟类的群落结构(徐玲等 2006)。

近年来崇明东滩受长江上游泥沙流量减少的影响,滩涂淤涨速度明显降低,除此之外东滩湿地还面临两个重大问题:1)由于人们对入侵物种的危害缺乏认识,人工引种互花米草(*Spartina alterniflora*)进行促淤造滩,然而互花

米草作为入侵种生存并快速扩散, 逐渐替代原有的植被结构, 导致生物的栖息环境受到破坏, 间接威胁到鸟类的生存(施俊杰等 2005, 阮关心 2012); 2) 当地人为了追求经济效益不断开发土地并人为改造成工厂、鱼塘、农田等, 这些都使得崇明东滩湿地成为世界上罕见的快速演替生态系统。也正是因此该区域成为研究重大科学问题的理想场所。从 2011 年东滩湿地保护区工作人员通过营造两种生境格局对湿地进行修复和优化, 其中保护区内一期工程修复效果类似于粗放型鱼塘, 保护区二期工程修复后效果类似于滨海湿地水稻田系统, 同时改造后的自然滩涂也就变为人工湿地。很多研究表明, 农田和鱼塘等人工湿地的生境格局可以招引鸟类 (Acosta et al. 1996, Elphick et al. 1998, Lane et al. 1998), 也有研究表明, 人工湿地无法代替自然滩涂 (Ma et al. 1999, Tourenq et al. 2001, Ma et al. 2004)。已有研究表明, 不同生境格局对于招引鸟类的作用不同 (Ma et al. 2010), 然而这些研究都没有将人工管理下的自然保育型人工湿地与未受管理的人工湿地进行比较, 因此本研究主要调查不同管理模式下不同类型人工湿地内水鸟的群落结构和影响其数量的关键生境因子。一期工程和二期工程由相关人员根据鸟类栖息要求来设置水位高度, 设计水渠、岸坡, 同时通过植被、水域、生境小岛面积大小比例来达到破碎化的生境格局, 从而提供鸟类觅食的场所, 而耀全农场和人工鱼蟹塘是以追求最大经济效益为目的, 不会兼顾鸟类保护。通过比较这两种管理模式下的水鸟群落差异来揭示鸟类生境选择规律, 从而得出哪种管理模式下的何种生境适合招引鸟类, 并对鸟类适宜生境的营造和受损湿地的功能修复技术, 尤其是对正在实施的二期工程提出相关建议。

## 1 研究区域概况与研究方法

**1.1 研究区域概况** 崇明东滩 ( $31^{\circ}25' \sim 31^{\circ}38'N$ ,  $121^{\circ}50' \sim 122^{\circ}05'E$ ) 具有复杂的生态结构和独特的生态功能, 是长江口发育最成熟

且面积最大的河口型潮汐湿地 (Eberhardt 2003, 葛振鸣等 2007)。它受长期的泥沙淤积影响, 形成了丰富的滩涂资源。但近年来, 由于人们对东滩湿地的不同利用和管理方式, 部分湿地大致演变成试验修复湿地即东滩保护区鸟类栖息地优化区、耀全农场、人工鱼蟹塘, 其中东滩湿地保护区鸟类栖息地优化区分为  $66.67 \text{ hm}^2$  捕鱼港优化区, 即一期工程(已经完成修复)和  $133.33 \text{ hm}^2$  鸟类栖息地优化区, 即二期工程(修复中)。本研究选择以上生境的四个区域作为研究区域, 每个生境选择 1 个长方形区域, 其中一期工程  $10 \text{ hm}^2$ , 二期工程栖息区和觅食区均为  $10 \text{ hm}^2$ , 耀全农场内  $10 \text{ hm}^2$ , 人工鱼蟹塘为  $5 \text{ hm}^2$  (图 1), 来调查不同管理模式下的鱼塘和农场生境的鸟类群落结构。

一期工程(捕鱼港优化区工程 The area of the first project, A): 位于崇明东滩的滩涂区域, 采用粗放型鱼塘的生态设计, 并通过将水域、裸地、植被面积比例等几个主要生境单元的配置形成了明水面约占 40%、裸露浅滩占 30%、植被占 30% 的优化区域。一期工程内水域面积很大, 鸟类在其中觅食, 芦苇 (*Phragmites australis*) 为其提供隐蔽的场所。该区域由总长度为 2 700 m 的土质围堰建成的相对封闭的  $66.67 \text{ hm}^2$  生境, 其内有多个生境岛屿, 且水位可通过进排水系统调控管理, 从而达到适度盐度和底栖动物自然繁衍的需要 (高伟 2008, 丁丽等 2011)。此区域有保护区人员根据不同时间内鸟类的栖息地要求调控水位和种植植被, 同时为避免单一类型的人工水产养殖模式, 依靠涵闸灌江纳苗提供鱼类与底栖动物。

二期工程(鸟类栖息地优化区工程 The area of the second project, B): 位于一期工程东侧的中潮滩区域, 主要由互花米草和芦苇为主的植被群落、潮沟和无植被区域构成。根据对水鸟保护的功能区域定位, 将二期工程分为水鸟栖息区和觅食区, 且两个区域都在施工中。

1) 栖息区 Habitat area (B1): 该区域主要由多

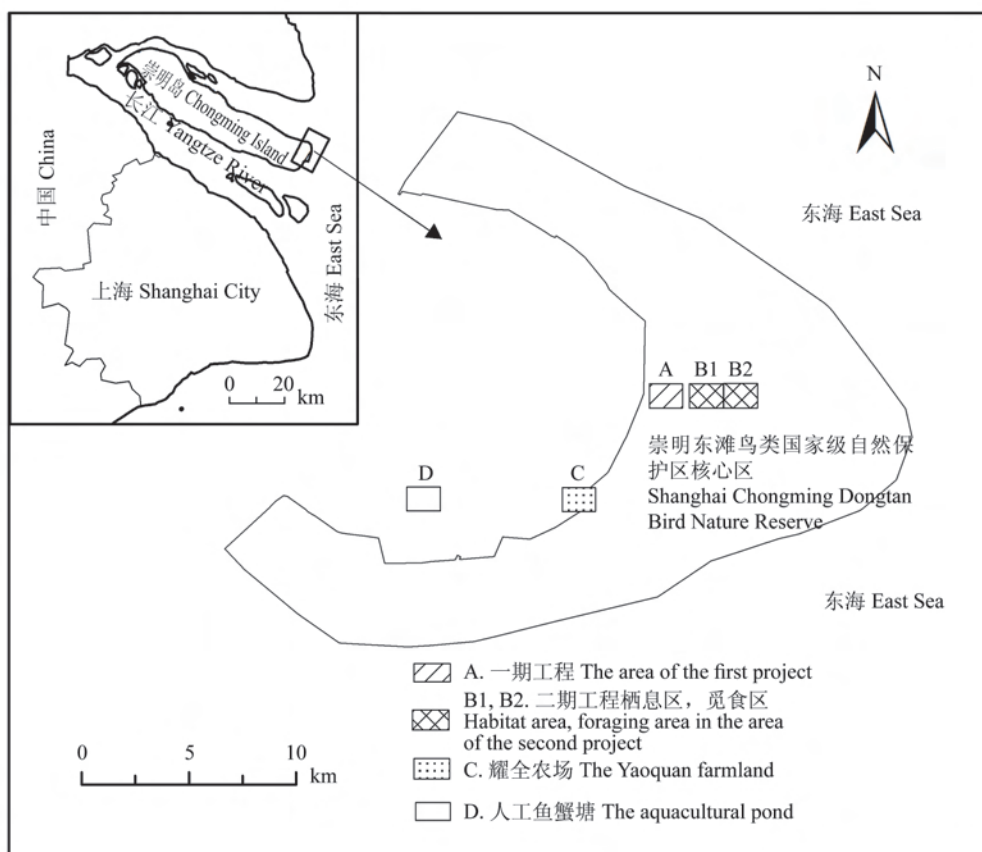


图 1 研究区域

Fig. 1 Study region

个不同高程的小面积生境岛屿和开阔水域构成。岛屿之间用水系贯通，开阔水域水深在 0.5 m 以上，水域内分布有小面积的芦苇丛和裸滩，芦苇高而密，人为干扰很小，从而为雁鸭类和鸕鹚类提供安全、适宜的栖息环境；2) 觅食区 Foraging area (B2): 随着互花米草的蔓延和海三棱藨草 (*Scirpus mariqueter*) 分布区域的不断减少，而很多鸟类依附于海三棱藨草，从而导致鸟类觅食地大面积减少，针对此状况在该区正尝试种植海三棱藨草和水稻将其建成一个鸟类的补充觅食地 (高伟 2008, 丁丽等 2011)，此区域类似于盐碱地的农田生态系统。目前此区域是由水域、芦苇构成的斑块区域，其内有大型机器施工，人为干扰较大。此处同一期工程类似，在不同时间段保护区会采取相应措施来调控生境因子，为鸟类提供一个适宜

环境。

人工农场 (耀全农场 The Yaoquan Farmland, C): 位于海堤区域附近并靠近鸟类栖息地保护区，由人工河流、沟渠、稀疏植物构成。它是典型的海岸带农田生态系统，属于大规模机械化生产的水稻田，并且此农场是私人企业，以营利为目的，并不会考虑鸟类的栖息环境问题。收割后春季前期大部分农田会放干水，其中一部分农田种植蚕豆 (*Vicia faba*)，春季末期大部分农田放入少量水供夏季水稻种植。研究期间内只有农场中间沟渠内有部分水，另一部分农田为抛荒地，并且我们发现抛荒地会在下雨和春季末期放水后变为潮湿地。该研究区域选择在该农场离海堤水域较近且有大块潮湿地的地方，所选区域与二期工程中觅食区水稻田类似。

人工鱼蟹塘 The aquacultural pond (D): 位于崇明东滩瀛东生态村附近, 它是鱼蟹混养的人工养殖塘。人工鱼蟹塘平均水位小于 0.05 m, 塘内水域最深处为 0.1 m, 存在大面积的明水面。人工鱼蟹塘中植被以芦苇和菖蒲 (*Acorus calamus*) 为主, 春季调查期间正处于晒塘时期, 塘底有大量死鱼、泥鳅 (*Oriental weatherfish*) 等生物。水位较浅并随降雨而变化。塘底 85% 裸露, 塘内残留部分鱼蟹可供鸟类觅食。周围有公路, 人为干扰较大。该塘收获鱼蟹后, 就无人看管, 处于抛荒状态。

## 1.2 研究方法

**1.2.1 鸟类群落结构调查** 鸟类群落结构调查采用的是样点法。观察小组有 3 人, 观察时使用 3 台 8 倍双筒望远镜 (KOWA 日本兴和 DCF 8×42) 和 1 台 36 倍单筒望远镜 (ZEISS 德国蔡司 Diascope 85 T \* FL), 对照《中国鸟类野外手册》(约翰·马敬能等 2000) 和《上海水鸟》(蔡友铭等 2008), 并参考一些鸟类鸣叫声的录音进行鸟类的识别 (蔡音亭等 2010)。崇明东滩属非正规半日潮型, 每月各有 2 次大小潮, 大潮时潮位变化小, 滩涂露出的面积大, 鸟类在滩涂上活动的时间长, 因此调查时间选在潮水最大的几天, 调查当日尽可能避免恶劣的天气, 一般从 7:00 时开始, 18:00 时结束。另外因为调查区域都处在自然滩涂之外, 所以调查在高潮期开始 (根据国家海洋局潮位表), 平均每个区域调查约 2~4 h, 调查时充分考虑鸟类可利用区域的优劣进行时间分配。本次对四个调查区域内水鸟及其生境调查的时间为 2013 年 3 月下旬至 5 月上旬, 共计 5 次, 每次 3~4 d。调查时统计在区域内栖息或下落的水鸟数量, 高空飞过的鸟类不计算在内, 同时对各个样方的环境参数进行记录。采用最大值保留法 (Howes 1989), 即从数次调查的同种鸟类统计数值中保留最大值代表该鸟类的数量。不易区分的鸟类, 根据外形归为未识别雁鸭类或未识别鸪鹑类, 估算出其数量。如青脚鹑 (*Tringa nebularia*) 和小青脚鹑 (*T. guttifer*)、扇尾沙锥 (*Gallinago gallinago*) 和针尾沙锥 (*G.*

*stenura*), 则分别合记为青脚鹑和沙锥 (牛俊英等 2011)。

**1.2.2 生境因子调查** 本文结合研究区域的实际情况选择了 5 类生境因子, 这些生境因子分为水文特征、植被特征、裸露浅滩、生境小岛、人为干扰程度。其中水文特征包括平均水位 (m)、水域面积所占比例 (%); 植被特征包括主要植被类型、植物高度 (m)、植被面积所占比例 (%); 裸露浅滩仅包括裸露浅滩面积所占比例 (%); 生境小岛仅统计个数; 人为干扰是依照样方内人为活动情况和周边道路状况及其周围机械物状况, 分为 5 个等级, 1 级: 无干扰, 无人, 无机动车, 无机械物; 2 级: 干扰很少, <3 人/每次调查, 无机动车通过, 无机械物; 3 级: 干扰较少, 3~5 人/每次调查, 无机动车通过; 4 级: 干扰较大, 5~7 人/每次调查, 机动车较少, 有临时机械; 5 级: 干扰很大, 有定期大量的人为干扰, 机动车较多, 有较多机械 (牛俊英等 2011)。平均水位是在样方边缘、中间的 4~5 点水位的平均值 (牛俊英等 2011)。裸露浅滩为湿润的光滩或者为有一薄层水膜 (2~10 cm) 的浅滩, 凹于地面之下。生境小岛为周围有水域包围, 并由土或泥堆成凸出水面从而呈现岛状的结构, 其上会有部分植物生长。根据每个生境的特征和鸟类分布来确定调查区域的大小, 用 GPS 定位调查区域的几个样点, 再将地理坐标输入 Google earth plus 软件中从而得出研究区域面积、裸露浅滩面积、水域面积、植被面积。

**1.2.3 数据统计及分析** 整理不同类型人工湿地的鸟类数据, 并根据生境面积大小算出各生境各种鸟类的密度, 并以平均数 ± 标准差形式表示, 再统计各生境的鸟类数量、种类数、密度, 再通过各种鸟类的密度算出多样性指数 ( $H'$ ) 和均匀度指数 ( $J'$ ) (钱迎倩等 1994)。

群落密度  $D = N/S$ , 式中,  $D$  为某种鸟类的密度 (只/hm<sup>2</sup>),  $N$  为样方区域内记录到的该种鸟的总数量 (只),  $S$  为样方区域的面积 (hm<sup>2</sup>); 以遇见率大于 1 只/h 的种类为优势种, 0.11~1 只/h 为常见种, 小于 0.11 只/h

为稀有种(张晓辉等 2000);物种多样性指标采用 Shannon-Wiener 指数( $H'$ ) (Ludwig et al. 1988) 计算:  $H' = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$ ,  $P_i$  为物种  $i$  个数与所有物种总数之比,  $S$  为每个区域的总物种数;均匀度指标采用 Pielou 指数( $J'$ ) (Pielou 1969):  $J' = H'/H_{\max}$ ,  $H_{\max}$  为最大多样性值,  $H_{\max} = \ln S$ ,  $S$  为各研究区域内的总物种数。

数据在分析时先进行正态分布检验,不符合正态分布的数据进行自然对数转换。转化后仍不符合的数据进行非参数检验。本文针对不同类型人工湿地的水鸟群落种类、密度、多样性及其均匀度,采用 Kruskal-Wallis  $H$  法进行非参数检验。对水鸟的群落特征和生境因子进行相关分析,确定影响水鸟群落的关键因子,得出水鸟的生境选择模式。通过 SPSS17.0 软件进行统计分析。文中数据采用平均值  $\pm$  标准差 (Mean  $\pm$  SD) 表示,  $P < 0.05$  即认为差异显著(蔡音亭等 2010)。

## 2 结 果

**2.1 鸟类群落组成** 在 2013 年春季(2013 年 3~5 月)在崇明东滩四类人工湿地的调查中共统计到水鸟 2 357 只,隶属于 6 目 11 科 45 种(附录),其中斑嘴鸭(*Anas poecilorhyncha*)、红骨顶(*Gallinula chloropus*)、金眶鸬(*Charadrius dubius*)、环颈鸬(*C. alexandrinus*)、牛背鹭(*Bubulcus ibis*)、鹤鹑(*Tringa erythropus*)、林鹑(*T. glareola*)等 25 种鸟为优势种。一期工程内共统计到 6 目 10 科 39 种,其中鸬形目的种类最多,小鹈鹕(*Tachybaptus ruficollis*)、普通鸬鹚(*Phalacrocorax carbo*)、白鹭(*Egretta garzetta*)、斑嘴鸭、红骨顶、金眶鸬、环颈鸬、斑尾塍鹑(*Limosa lapponica*)、鹤鹑、红脚鹑(*Tringa totanus*)、泽鹑(*T. stagnatilis*)、青脚鹑(*T. nebularia*)、林鹑、红腹滨鹑(*Calidris canutus*)、尖尾滨鹑(*C. acuminata*)、黑翅长脚鹑(*Himantopus himantopus*)等 20 种为优势种,春季鸬鹚类种类较多。二期工程的栖息区共统计到 5 目 7 科 11 种,优势种为小鹈鹕、白骨顶

(*Fulica atra*)、斑嘴鸭、琵嘴鸭(*A. clypeata*) 4 种,观察到深水区有大量雁鸭类在其中取食和停歇。耀全农场内共统计到 4 目 4 科 5 种,其中小鹈鹕、金眶鸬、环颈鸬为常见种。人工鱼蟹塘内共统计到 2 目 3 科 14 种,其中优势种为牛背鹭、白鹭、中白鹭(*E. intermedia*)、大白鹭(*Ardea albus*)、金眶鸬、林鹑 6 种(图 2, 附录)。

一期工程内水鸟种类数最多,由于其内有较大面积的光滩并有提供栖息的生境小岛,所以其中鸬形目的种数约占一半;其次是二期工程栖息区,其内雁形目的种类较多,观察到斑嘴鸭数百只,该生境水位较深适合雁鸭类栖息和觅食,觅食区正处于建设中,环境嘈杂,故未发现水鸟;耀全农场种类最少,只有在抛荒农田下雨后的潮湿地上才看见鸬鹚类在其中觅食,并且会在农场周围的沟渠中发现少量的鹭类;人工鱼蟹塘春季会放干水,只看到少量的鹭类和鸬鹚类(图 2, 表 1)。

一期工程内鸟类的种类、密度、多样性指数和均匀度指数都在四个样方中都最大。耀全农场内鸟类的种类、密度、多样性指数都为最小(表 1)。

**2.2 四类人工湿地春季水鸟生境分析** 对四类人工湿地春季水鸟群落特征进行分析(表 1),各个样方内水鸟种类数量依次是:  $A > D > B > C$ , 差异性极显著( $\chi^2 = 20.376$ ,  $P < 0.01$ ); 平均密度  $A > D > B > C$ , 差异性极显著( $\chi^2 = 21.796$ ,  $P < 0.01$ ); 多样性指数  $A > D > B > C$ , 差异性极显著( $\chi^2 = 17.683$ ,  $P = 0.001$ ); 均匀度  $A > D > C > B$ , 差异性不显著( $\chi^2 = 9.201$ ,  $P = 0.056$ ) (表 1)。

对植物高度、植被面积、裸露浅滩面积、平均水位、水域面积、生境小岛个数和人为干扰 7 项生境因子与各样方水鸟群落特征进行相关分析(表 2, 3): 春季水鸟种类与植被面积、平均水位、人为干扰呈显著负相关,与裸露浅滩面积、水域面积、生境小岛个数呈极显著正相关;水鸟密度与植被面积、平均水位呈极显著负相关,与裸露浅滩面积、水域面积、生境小岛个数呈极显著正相关,与人为干扰呈显著负相关;

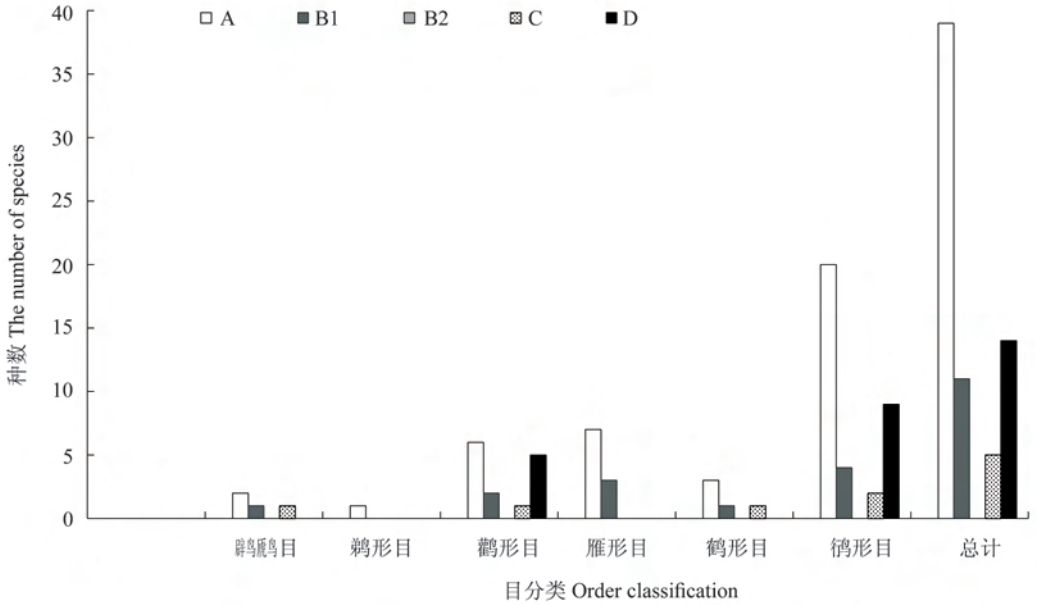


图 2 崇明东滩春季不同类型人工湿地水鸟目种组成

Fig. 2 The compose of species and orders of waterbird in different types of artificial wetlands in Chongming Dongtan in spring

A. 一期工程; B1. 二期工程区域内栖息区; B2. 二期工程区域内觅食区; C. 耀全农场; D. 人工鱼蟹塘。

A. Area of the first project; B1. Habitat area in the second project; B2. Foraging area in the area of second project; C. The Yaoquan Farmland; D. The aquacultural pond.

鸕鹚目. Podicipediformes; 鹈形目. Pelecaniformes; 鹤形目. Ciconiiformes; 雁形目. Anseriformes; 鹤形目. Gruiformes; 鸨形目. Charadriiformes; 鸨形目. Lariformes; 总计. Total.

表 1 春季不同人工湿地水鸟群落特征

Table 1 Characteristics of waterbird community in different type of artificial wetlands in spring

| 种类 Species                         | 一期工程(A)<br>The area of the first project | 二期工程(B)<br>The area of the second project |                          | 耀全农场(C)<br>The Yaoquan Farmland | 人工鱼蟹塘(D)<br>The aquacultural pond |
|------------------------------------|--|---|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                                    |  | 栖息区(B1)<br>Habitat area                   | 觅食区(B2)<br>Foraging area |                                 |                                   |
| 种类 Species                         | 17.60±6.39                               | 4.20±2.78                                 | 0.00±0.00                | 1.80±1.48                       | 6.00±2.35                         |
| 密度 Density (ind/ hm <sup>2</sup> ) | 31.82±8.20                               | 8.58±8.00                                 | 0.00±0.00                | 0.26±0.26                       | 12.44±3.31                        |
| 多样性指数(H')<br>Shannon-wiener index  | 2.09±0.38                                | 0.83±0.67                                 | 0.00±0.00                | 0.56±0.61                       | 1.30±0.67                         |
| 均匀度 Evenness (J)                   | 0.74±0.57                                | 0.56±0.43                                 | 0.00±0.00                | 0.59±0.55                       | 0.69±0.29                         |

多样性指数与裸露浅滩面积、生境小岛个数呈极显著正相关，与植被面积、平均水位呈显著负相关，与水域面积呈显著正相关。

### 3 讨论

#### 3.1 崇明东滩春季四种人工湿地鸟类群落结

构及其生境分析 一期工程内水鸟的种类、密度、多样性指数和均匀性指数都是最大的，在一期工程内统计到的水鸟中鸨形目种数占48.72%，鸨形目物种的数量也为最大。有研究表明一期工程经过治理，鸟类种类和数量均有所增加，特别是水鸟的种类和数量有大幅度

表 2 春季不同类型人工湿地生境分析结果

Table 2 Habitat factor descriptions of the different type of artificial wetlands in spring

| 生境因子<br>Environmental factors           | 一期工程(A)<br>The area of the first project | 二期工程(B)<br>The area of the second project |                          | 耀全农场(C)<br>The Yaoquan Farmland  | 人工鱼蟹塘(D)<br>The aquacultural pond |
|---|--|---|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|   |  | 栖息区<br>(B1)<br>Habitat area               | 觅食区(B2)<br>Foraging area |                                  |                                   |
| 主要植被类型 The main vegetation types        | 芦苇 <i>Phragmites australis</i>           |   |                          | 紫云英<br><i>Astragalus sinicus</i> | 菖蒲<br><i>Acorus calamus</i>       |
| 植物高度 Plant height (m)                   | 1.2                                      | 1.7                                       | 1.6                      | 0.2                              | 0.3                               |
| 植被面积比例 Vegetation area percent (%)      | 10                                       | 5   | 85                       | 95                               | 5                                 |
| 裸露浅滩面积比例<br>Bare muddy area percent (%) | 40                                       | 5   | 5                        | 0                                | 80                                |
| 平均水位 Mean water level (m)               | 0.25                                     | 1.20                                      | 0.60                     | 1.80                             | 0.05                              |
| 水域面积比例 Water area percent (%)           | 50                                       | 90  | 10                       | 5                                | 15                                |
| 生境小岛个数 The number of habitat islands    | 3  | 0   | 0                        | 0                                | 0                                 |
| 人为干扰 Anthropogenic disturbance          | 2  | 1   | 5                        | 4                                | 5                                 |

表 3 上海崇明东滩春季水鸟群落特征与生境因子相关性

Table 3 Correlation between waterbird community and habitat factors in Chongming Dongtan in spring

|                                      | 水鸟群落指标<br>Waterbirds' community index |   |                                   |                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------|
|                                      | 种类<br>Species                         | 密度 Densities<br>(ind/ hm <sup>2</sup> ) | 多样性指数(H')<br>Shannon-wiener index | 均匀度指数<br>Evenness (J) |
| 植物高度 Plant height (m)                | - 0.081                               | 0.010                                   | - 0.107                           | - 0.281               |
| 植被面积比例 Vegetation area percent (%)   | - 0.462*                              | - 0.573**                               | - 0.419*                          | - 0.214               |
| 裸露浅滩面积比例 Bare muddy area percent (%) | 0.589**                               | 0.657**                                 | 0.547**                           | 0.088                 |
| 平均水位 Water lever (m)                 | - 0.477*                              | - 0.533**                               | - 0.444*                          | 0.018                 |
| 水域面积比例 Water area percent (%)        | 0.556**                               | 0.654**                                 | 0.496*                            | 0.130                 |
| 生境小岛个数 The number of habitat islands | 0.700**                               | 0.684**                                 | 0.645**                           | 0.014                 |
| 人为干扰 Anthropogenic disturbance       | - 0.407*                              | - 0.428*                                | - 0.364                           | - 0.238               |

相关性 Bivariate correlations, \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ .

增加(丁丽等 2011)。此次研究发现大量水鸟在此觅食和栖息,其中有黑脸琵鹭(*Platalea minor*)和白琵鹭(*P. leucorodia*)等国家重点保护动物。根据本次研究中春季崇明东滩水鸟群落特征与生境因子相关分析的结果表明,裸露浅滩面积、水域面积、生境小岛个数是影响水鸟群落特征的关键因子,水鸟的种类数、密度、多样性指数与裸露浅滩面积、生境小岛个数极显

著正相关(表 3)。而一期工程生境兼顾上述三种关键生境因子,并将这三种生境因子合理配置来达到招引鸟类的效果。有研究表明,雁鸭类倾向于选择在水位高、水面面积大和植被稀的生境栖息觅食,鸬鹚类倾向于选择植被稀疏、裸露浅滩面积大和水位低的生境栖息觅食(牛俊英等 2011)。本研究发现一期工程中间区域水位较深且水域面积较大,植被覆盖率较



小,在其中栖息和觅食的水鸟大多为雁鸭类。周边水位较浅,较大片裸露浅滩附近有大量鸕鹚类在其中觅食。另外一期工程是一个由植被、水域、裸露浅滩、生境小岛构成的马赛克式破碎化的斑块状区域,本研究表明一期工程内有多个生境小岛,可供鸟类在其上栖息,并且生境小岛可以提高生境的异质性从而招引更多的水鸟。

人工鱼蟹塘春季会放掉塘内水,仅部分区域保持低水位。研究发现鹭类在裸露塘底觅食,几种鸕鹚科水鸟在水位较浅处觅食,同时发现鱼塘内残留部分鱼类和大量底栖动物可供鸟类觅食。鹭类食性较宽,鹭类在人工鱼蟹塘平均密度为最大(附录)。鱼塘紧邻公路,人为干扰较大,导致只有一些不易受惊扰的水鸟在此觅食和栖息。但有研究表明,人工池塘能被多数繁殖和迁徙水鸟利用,能够提高水鸟的多样性(Guillet et al. 1986),同时前人通过比较崇明东滩自然滩涂湿地与养殖塘的水鸟群落,发现冬季养殖塘有更丰富的水鸟种类(赵平等 2003, Ma et al. 2004)。此次调查还发现鱼蟹塘由于缺少管理,在强降雨后,塘内水位加深,其内的鸕鹚类也相应减少。

二期工程内只在栖息区(B1)内发现较多雁鸭类在深水区和芦苇丛旁觅食栖息,而觅食区内未发现水鸟。栖息区内有较大的水面面积,水位较高,芦苇丛的芦苇较深,有研究表明雁鸭类适合在这种生境中生存,且更倾向于在斑块状的芦苇带中生存(牛俊英等 2011)。本研究表明,人为干扰与水鸟的种类数、密度呈显著负相关(表3)。二期工程属于修复中人工湿地,很大一部分生境修复工作未完成,且在实施中有很大的干扰,其中觅食区(B2)受施工期影响较大,有多台施工机械同时作业,设备噪声对鸟类生存产生很大影响,同时施工也对土壤的理化性质造成影响,可能会导致其中底栖动物减少,从而影响鸟类的生存。

耀全农场内只在沟渠和雨后的潮湿地上发现少量鹭类和鸕鹚类在其中觅食。雨后的稻田

会在表面形成一层水膜,虽然面积不大,但潮湿地上会发现有鸟类觅食。根据国外研究显示,稻田能为迁徙水鸟和一些繁殖鸟类提供适宜的生境(Hohman et al. 1994, Acosta et al. 1996, Elphick et al. 1998, Lane et al. 1998),但是要确保稻田内的水位管理适当(Elphick et al. 1998, 2003),本次研究中的水稻田生境过于单一,属于开放型的农田,大部分时间缺乏相应的管理,例如水位的调控,所以未降雨时稻田干旱,不适合水鸟生存,且农田内的林鸟对农田有很强适应能力,使得水鸟没有竞争优势导致很难生存(栾晓峰等 2002)。

上述结果显示,春季大部分水鸟集中在保护管理中的鸟类示范区,且修复后的一期工程是水鸟生存的最佳生境。主要是因为一期工程内有工作人员对其采取不间断的跟进措施,不断割除大量生长的芦苇,使植被、水域和裸露浅滩面积的组合比例适合鸟类生存。同时,通过一整套进排水系统,可随时调控水位满足鸟类栖息地要求。其内利用潮沟和洼地,形成不同梯度的水位,中间水位较高,外部水位较低,从而达到招引各种水鸟的要求。

二期工程正处于修复中,其中觅食区的工程拟通过种植海三棱藨草、水稻和适量芦苇形成一个鸟类的补充觅食地。本研究的人工鱼蟹塘和耀全农场都属于开放型不受保护管理的湿地类型,所以不能为大量水鸟提供适宜的生境。

**3.2 针对不同类型人工湿地的管理建议** 针对目前水鸟面临栖息地和食物不断减少的威胁,必须尽快制定不同类型人工湿地的保护与合理利用的规划,以便为水鸟提供良好的栖息环境(施俊杰等 2005)。

首先针对崇明东滩湿地自然滩涂不断被围垦及其滩涂资源被过度利用的问题,须健全湿地保护的法律法规,严惩滥捕者。同时崇明东滩处在一个动态变化中,要根据鸟类的动态分布不断调整保护的围垦范围(施俊杰等 2005, 杨永兴等 2004);其次对开放型的人工鱼蟹塘和农场进行优化:东滩地区有很大一部分土地被改

造成鱼蟹养殖塘和农场形式,根据示范区一期工程粗放型鱼塘形式,可以将这种管理模式推广到经济型和开放型鱼塘,改进鱼塘经营者的管理模式,充分调动他们对湿地保护的积极性,并不断对他们开展教育和保护引导的工作,让他们了解如何管理鱼塘从而达到经济和生态上的双收益,也可以通过给予一定的补贴让他们在水产养殖的同时开展以观鸟为主的生态旅游项目;最后建立一整套滨海生态农田系统,在农田内利用缓冲型的生态岸坡设计形成适合鸟类在其中栖息觅食的“稻田+沟渠+水域”的景观格局。另外加强稻田区域水位管理,保持水稻田在鸟类迁徙繁殖期处于水淹状态,根据不同季节的鸟类生境要求来调控水位高度,根据国外对水稻田在招引鸟类方面的研究(Elphick et al. 1998, 2003);相对于干旱农地,有计划的水淹稻田能吸引更多种类和数量,本研究中抛荒农田雨后潮湿地中发现鸽形目在其中觅食这一事实很好的解释这种现象,所以可以通过对农场和鱼蟹塘的人为管理从而达到招引鸟类的效果。

## 参 考 文 献

- Acosta M, Mugica L, Mancina C, et al. 1996. Resource partitioning between glossy and white ibises in a rice field system in south-central Cuba. *Colonial Waterbirds*, 19(1): 65-72.
- Eberhardt R W, Foster D W, Motzkin G, et al. 2003. Conservation of changing landscapes: vegetation and land-use history of Cape Cod National Seashore. *Ecological Applications*, 13(1): 68-84.
- Elphick C S, Oring L W. 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *Journal of Applied Ecology*, 35(1): 95-108.
- Elphick C S, Oring L W. 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter waterbird communities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 94(1): 17-29.
- Guillet A, Crowe T M. 1986. A preliminary investigation of patterns of distribution and species richness of southern African waterbirds. *South African Journal of Wildlife Research*, 16(3): 65-81.
- Hohman W L, Moore J L, Stark T M, et al. 1994. Breeding waterbird use of Louisiana ricefields in relation to planting practices // National Biological Survey, Southern Science Center. *Proceedings of the Annual Conference Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*. California: Rice Field Waterbirds, 31-37.
- Howes J. 1989. *Shorebird Studies Manual*. Kuala Lumpur: Asian Wetland Bureau, 143-147.
- Lane S J, Fujioka M. 1998. The impact of changes in irrigation practices on the distribution of foraging egrets and herons (Ardeidae) in the rice fields of central Japan. *Biological Conservation*, 83(2): 221-230.
- Ludwig J A, Reynolds J F. 1988. *Statistical ecology: a primer in methods and computing*. New York: A Wiley-Interscience Publication, 107-202.
- Ma Z J, Wang Z J, Tang H X. 1999. Habitat use and selection by Red-crowned Crane *Grus japonensis* in winter in Yancheng Biosphere Reserve, China. *Ibis*, 141(1): 135-139.
- Ma Z J, Li B, Zhao B, et al. 2004. Are artificial wetlands good alternatives to natural wetlands for waterbirds? -A case study on Chongming Island, China. *Biodiversity and Conservation*, 13(2): 333-350.
- Ma Z J, Cai Y T, Li B, et al. 2010. Managing wetland habitats for waterbirds: an international perspective. *Wetlands*, 30(1): 15-27.
- Oviedo G, Larsen P B, Maffi L. 2000. *Indigenous and Traditional Peoples of the World and Ecoregion Conservation: An Integrated Approach to Conserving the World's Biological and Cultural Diversity*. Switzerland: WWF (World Wide Fund For Nature) International, 1-117.
- Pielou E C. 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. New York & London: Wiley-Interscience, 1-330.
- Tourenq C, Bennetts R E, Kowalski H, et al. 2001. Are ricefields a good alternative to natural marshes for waterbird communities in the Camargue, southern France? *Biological Conservation*, 100(3): 335-343.
- 蔡友铭, 袁晓. 2008. 上海水鸟. 上海: 上海科学技术出版社, 1-204.
- 蔡音亭, 干晓静, 马志军. 2010. 鸟类调查的样线法和样点法比较: 以崇明东滩春季盐沼鸟类调查为例. *生物多样性*, 18(1): 44-49.
- 丁丽, 徐建益, 陈家宽, 汤臣栋. 2011. 崇明东滩互花米草生态控制与鸟类栖息地优化. *人民长江*, 42(suppl2): 122-124, 162.
- 葛振鸣. 2007. 长江口滨海湿地迁徙水禽群落特征及生境修复策略. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 12-20.
- 葛振鸣, 王天厚, 周晓, 等. 2006. 上海崇明东滩堤内次生人工湿地鸟类冬春季生境选择的因子分析. *动物学研究*, 27(2): 144-150.

- 高伟. 2008. 长江口潮滩湿地鸟类适栖地生态实验工程研究和实践. 上海: 华东师范大学硕士学位论文, 11 - 45.
- 栾晓峰, 徐玲, 徐宏发, 等. 2002. 上海郊区冬季鸟类群落特征及多样性研究. 华东师范大学学报: 自然科学版, (4): 75 - 81.
- 刘昊. 2006. 人工湿地生境在水鸟保护中的作用研究. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 1 - 51.
- 牛俊英, 衡楠楠, 张斌, 等. 2011. 上海市南汇东滩围垦后海岸带湿地冬春季水鸟生境选择. 动物学研究, 32(6): 624 - 630.
- 钱迎倩, 马克平. 1994. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1 - 237.
- 阮关心. 2012. 崇明东滩互花米草生态控制与鸟类栖息地优化工程生态效益探讨. 安徽农业科学, 40(23): 11799 - 11801.
- 施俊杰, 张振声, 张诗履, 等. 2005. 崇明滩涂湿地的保护措施. 上海建设科技, 1(1): 28 - 29, 37.
- 王强, 吕宪国. 2007. 鸟类在湿地生态系统监测与评价中的应用. 湿地科学, 5(3): 274 - 281.
- 约翰·马敬伦, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇. 2000. 中国鸟类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社, 1 - 504.
- 徐玲, 李波, 袁晓, 等. 2006. 崇明东滩春季鸟类群落特征. 动物学杂志, 41(6): 120 - 126.
- 杨永兴, 吴玲玲, 赵桂瑜, 等. 2004. 上海市崇明东滩湿地生态服务功能、湿地退化与保护对策. 现代城市研究, 19(12): 8 - 12.
- 赵平, 袁晓, 唐思贤, 等. 2003. 崇明东滩冬季水鸟的种类和生境偏好. 动物学研究, 24(5): 387 - 391.
- 张晓辉, 张正旺, 宋杰, 等. 2000. 北京东灵山地区春夏季鸟类群落研究. 北京师范大学学报: 自然科学版, 36(5): 677 - 682.



续附录

| 种类 Species                      | 二期工程(B)<br>The area of the second project |                       |                         |   |                       |               | 一期工程(A)<br>The area of the first project  |               |                       | 二期工程(B)<br>The area of the second project |                       |               | 耀全农场(C)<br>The Yaoquan farmland |               |                       | 鱼蟹塘(D)<br>The aquacultural pond |                       |  |
|---------------------------------|---|-----------------------|-------------------------|---|-----------------------|---------------|---|---------------|-----------------------|---|-----------------------|---------------|---------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|--|
|                                 | 一期工程(A)<br>The area of the first project  |                       |                         | 二期工程(B)<br>The area of the second project |                       |               | 二期工程(B)<br>The area of the second project |               |                       | 二期工程(B)<br>The area of the second project |                       |               | 耀全农场(C)<br>The Yaoquan farmland |               |                       | 鱼蟹塘(D)<br>The aquacultural pond |                       |  |
|                                 | 密度<br>Density                             | 遇见率<br>Encounter rate | 栖息区(B1)<br>Habitat area | 觅食区(B2)<br>Foraging area                  | 遇见率<br>Encounter rate | 密度<br>Density | 遇见率<br>Encounter rate                     | 密度<br>Density | 遇见率<br>Encounter rate | 密度<br>Density                             | 遇见率<br>Encounter rate | 密度<br>Density | 遇见率<br>Encounter rate           | 密度<br>Density | 遇见率<br>Encounter rate | 密度<br>Density                   | 遇见率<br>Encounter rate |  |
| 白眉鸭 <i>A. querquedula</i>       | 0.12±0.18                                 | 0.30                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 斑嘴鸭 <i>A. poecilorhyncha</i>    | 2.40±4.72                                 | 6.00                  | 4.46±8.73               | 0.00±0.00                                 | 11.15                 | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 罗纹鸭 <i>A. falcata</i>           | 0.16±0.23                                 | 0.40                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 绿头鸭 <i>A. platyrhynchos</i>     | 0.22±0.49                                 | 0.55                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 琵嘴鸭 <i>A. clypeata</i>          | 0.32±0.37                                 | 0.80                  | 0.66±1.42               | 0.00±0.00                                 | 1.65                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 赤颈鸭 <i>A. penelope</i>          | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.08±0.11               | 0.00±0.00                                 | 0.20                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 斑头秋沙鸭 <i>Mergellus albellus</i> | 0.54±1.21                                 | 1.35                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 普通秧鸡 <i>Rallus aquaticus</i>    | 0.02±0.04                                 | 0.05                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 红骨顶 <i>Gallinula chloropus</i>  | 0.46±0.42                                 | 1.15                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.04±0.09             | 0.10          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 白骨顶 <i>Fulica atra</i>          | 0.06±0.13                                 | 0.15                  | 0.78±0.99               | 0.00±0.00                                 | 1.95                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 金雁鸭 <i>Charadrius dubius</i>    | 0.5±0.67                                  | 1.25                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.1±0.22              | 0.25          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 1.24±1.17             | 1.55                            | 0.00                  |  |
| 环颈鸻 <i>C. alexandrinus</i>      | 0.94±1.13                                 | 2.35                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.12±0.18             | 0.30          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.28±0.63             | 0.35                            | 0.00                  |  |
| 蒙古沙鸻 <i>C. mongolicus</i>       | 0.12±0.16                                 | 0.30                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                            | 0.00                  |  |
| 小杓鹬 <i>Numenius minutus</i>     | 1.00±2.24                                 | 2.50                  | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                                 | 0.00                  | 0.00±0.00     | 0.00                                      | 0.00±0.00     | 0.00±0.00             | 0.00                                      | 0.00±0.00             | 0.00          | 0.00±0.00                       | 0.00          | 0.12±0.27             | 0.15                            | 0.00                  |  |

五 鹤形目 Gruiformes

6 秧鸡科 Rallidae

六 鸻形目 Charadriiformes

7 鸻科 Charadriidae

8 鹬科 Scolopacidae

续附录

| 种类 Species                      | 二期工程(B)<br>The area of the second project |                          |                       |                         |                          |                       | 一期工程(A)<br>The area of the first project |                       |               | 二期工程(B)<br>The area of the second project |               |                       | 一期工程(A)<br>The area of the first project |                       |               |                       |  |  |
|---------------------------------|---|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|--|-----------------------|---------------|---|---------------|-----------------------|--|-----------------------|---------------|-----------------------|--|--|
|                                 | 密度<br>Density                             |                          |                       | 遇见率<br>Encounter rate   |                          |                       | 密度<br>Density                            |                       |               | 遇见率<br>Encounter rate                     |               |                       | 密度<br>Density                            |                       |               | 遇见率<br>Encounter rate |  |  |
|                                 | 栖息区(B1)<br>Habitat area                   | 觅食区(B2)<br>Foraging area | 遇见率<br>Encounter rate | 栖息区(B1)<br>Habitat area | 觅食区(B2)<br>Foraging area | 遇见率<br>Encounter rate | 密度<br>Density                            | 遇见率<br>Encounter rate | 密度<br>Density | 遇见率<br>Encounter rate                     | 密度<br>Density | 遇见率<br>Encounter rate | 密度<br>Density                            | 遇见率<br>Encounter rate | 密度<br>Density | 遇见率<br>Encounter rate |  |  |
| 黑尾塍鹬 <i>Limosa limosa</i>       | 0.04±0.05                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.04±0.05                                | 0.10                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.00±0.00             | 0.00±0.00     | 0.00                  |  |  |
| 斑尾塍鹬 <i>L. lapponica</i>        | 0.44±0.98                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.44±0.98                                | 1.10                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.00±0.00             | 0.00±0.00     | 0.00                  |  |  |
| 鹤鹑 <i>Tringa erythropus</i>     | 5.96±4.75                                 | 0.06±0.13                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.15                  | 5.96±4.75                                | 14.9                  | 0.06±0.13     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.00±0.00             | 0.00±0.00     | 0.00                  |  |  |
| 红脚鹬 <i>T. totanus</i>           | 0.48±0.71                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.48±0.71                                | 1.20                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.00±0.00             | 0.00±0.00     | 0.00                  |  |  |
| 泽鹬 <i>T. stagnatilis</i>        | 0.74±1.03                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.74±1.03                                | 1.85                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.00±0.00             | 0.00±0.00     | 0.00                  |  |  |
| 青脚鹬 <i>T. nebularia</i>         | 1.82±3.85                                 | 0.02±0.04                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.05                  | 1.82±3.85                                | 4.55                  | 0.02±0.04     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.00±0.00             | 0.28±0.63     | 0.35                  |  |  |
| 白腰草鹬 <i>T. ochropus</i>         | 0.22±0.49                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.22±0.49                                | 0.55                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.20±0.28             | 0.25          |                       |  |  |
| 林鹬 <i>T. glareola</i>           | 4.26±5.01                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 4.26±5.01                                | 10.65                 | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 2.16±2.07             | 2.70          |                       |  |  |
| 矶鹬 <i>Actitis hypoleucos</i>    | 1.58±1.69                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 1.58±1.69                                | 3.95                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.32±0.61             | 0.40          |                       |  |  |
| 扇尾沙锥 <i>Gallinago gallinago</i> | 0.38±0.58                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.38±0.58                                | 0.95                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.00±0.00             | 0.00          |                       |  |  |
| 红腹滨鹬 <i>Calidris camurus</i>    | 0.48±0.96                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.48±0.96                                | 1.20                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.00±0.00             | 0.00          |                       |  |  |
| 黑腹滨鹬 <i>C. alpina</i>           | 0.42±0.54                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.42±0.54                                | 1.05                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.04±0.09             | 0.05          |                       |  |  |
| 尖尾滨鹬 <i>C. acuminata</i>        | 0.70±1.09                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.70±1.09                                | 1.75                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.04±0.09             | 0.05          |                       |  |  |
| 长趾滨鹬 <i>C. sudaminata</i>       | 0.12±0.27                                 | 0.00±0.00                | 0.00±0.00             | 0.00±0.00               | 0.00±0.00                | 0.00                  | 0.12±0.27                                | 0.30                  | 0.00±0.00     | 0.00±0.00                                 | 0.00          | 0.00±0.00             | 0.00                                     | 0.00±0.00             | 0.00          |                       |  |  |

续附录

| 种类 Species                            | 二期工程(B)<br>The area of the second project |                       |                       |   |                         |                          | 鱼蟹塘(D)<br>The aquacultural pond |               |
|---------------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|---|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------|
|                                       | 一期工程(A)<br>The area of the first project  |                       |                       | 二期工程(B)<br>The area of the second project |                         |                          | 耀全农场(C)<br>The Yaoquan farmland |               |
|                                       | 密度<br>Density                             | 遇见率<br>Encounter rate | 遇见率<br>Encounter rate | 密度<br>Density                             | 栖息区(B1)<br>Habitat area | 觅食区(B2)<br>Foraging area | 遇见率<br>Encounter rate           | 密度<br>Density |
| 9 反嘴鹬科<br>Recurvirostridae            | 0.74 ± 1.14                               | 1.85                  | 0.00 ± 0.00           | 0.00 ± 0.00                               | 0.00 ± 0.00             | 0.00                     | 0.00 ± 0.00                     | 0.00 ± 0.00   |
|                                       |   |                       |                       |   |                         |                          |                                 |               |
| 黑翅长脚鹬<br><i>Himantopus himantopus</i> |   |                       |                       |   |                         |                          |                                 |               |
| 10 鸥科<br>Laridae                      | 0.00 ± 0.00                               | 0.00                  | 0.02 ± 0.04           | 0.00 ± 0.00                               | 0.00 ± 0.00             | 0.05                     | 0.00 ± 0.00                     | 0.00 ± 0.00   |
|                                       |   |                       |                       |   |                         |                          |                                 |               |
| 普通海鸥<br><i>Larus canus</i>            |   |                       |                       |   |                         |                          |                                 |               |
|                                       |   |                       |                       |   |                         |                          |                                 |               |
| 黑尾鸥<br><i>L. crassirostris</i>        | 0.02 ± 0.04                               | 0.05                  | 0.00 ± 0.00           | 0.00 ± 0.00                               | 0.00 ± 0.00             | 0.00                     | 0.00 ± 0.00                     | 0.00 ± 0.00   |
| 11 燕鸥科<br>Sternidae                   | 0.00 ± 0.00                               | 0.00                  | 0.18 ± 0.40           | 0.00 ± 0.00                               | 0.00 ± 0.00             | 0.45                     | 0.00 ± 0.00                     | 0.00 ± 0.00   |
|                                       |   |                       |                       |   |                         |                          |                                 |               |
| 普通燕鸥<br><i>Pagophila eburnea</i>      |   |                       |                       |   |                         |                          |                                 |               |
| 未识别雁鸭类<br>Unknown Anatidae            | 0.02 ± 0.04                               | 0.05                  | 1.74 ± 3.17           | 0.00 ± 0.00                               | 0.00 ± 0.00             | 4.35                     | 0.00 ± 0.00                     | 0.00 ± 0.00   |
| 未识别鸥科类<br>Unknown shorebirds          | 2.60 ± 4.03                               | 6.50                  | 0.00 ± 0.00           | 0.00 ± 0.00                               | 0.00 ± 0.00             | 0.00                     | 0.04 ± 0.09                     | 0.04 ± 0.09   |

密度以平均数 ± 标准差表示, Density data presented as Mean ± SD.