

崇明东滩鸟类栖息地优化区越冬水鸟的 栖息地利用及影响因子

金欣^① 任晓彤^① 彭鹤博^① 马强^② 汤臣栋^② 钮栋梁^② 马志军^{①*}

① 复旦大学生物多样性科学研究所, 生物多样性与生态工程教育部重点实验室, 长江河口湿地生态系统
野外科学观测研究站 上海 200433; ② 上海市崇明东滩鸟类自然保护区管理处 上海 202183

摘要: 阐明水鸟栖息地利用与环境因子的关系有助于制定针对性的水鸟保护对策。本研究在 2012 ~ 2013 年冬季对崇明东滩鸟类栖息地优化区内越冬水鸟的种类、数量以及 6 种环境因子(植被面积比例、裸地面积比例、水深、地形变异、栖息地结构多样性和干扰)进行调查,以了解水鸟对人工湿地的栖息地利用及其影响因子。野外调查共记录到水鸟 24 种 9 018 只,其中优势种为斑嘴鸭(*Anas poecilorhyncha*)和绿头鸭(*A. platyrhynchos*);栖息地优化区内水鸟休息的个体数量占总数量的 79.2%,这表明优化区是大多数水鸟的休息地,而小鸊鷉(*Tachybaptus ruficollis*)、白骨顶(*Fulica atra*)、黑水鸡(*Gallinula chloropus*)、白琵鹭(*Platalea leucorodia*)和黑脸琵鹭(*P. minor*)的觅食个体数量超过 60%,说明优化区也为这些鸟类提供了觅食地。逐步回归分析表明,裸地面积比例是影响越冬水鸟种类分布的最主要因子;尽管游禽在地形变异较大、植被面积比例较低的区域数量较多,但在休息时游禽更偏好于裸地面积比例较高的区域,而涉禽休息时偏好于地形变异较大的区域。为增加栖息地优化区内的水鸟多样性,建议在优化区内种植水鸟可食的沉水植物以增加水鸟的食物资源,同时增加裸地面积比例和地形变异程度,更好地为水鸟提供栖息地。

关键词: 自然湿地;人工湿地;水鸟;栖息地利用;环境因子

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2013)05-686-07

Habitat Use and Factors Affecting Distribution of Wintering Waterbirds in the Wetland Restoration Area at Chongming Dongtan

JIN Xin^① REN Xiao-Tong^① PENG He-Bo^① MA Qiang^②

TANG Chen-Dong^② NIU Dong-Liang^② MA Zhi-Jun^{①*}

① Coastal Ecosystems Research Station of Yangtze River Estuary, Ministry of Education Key Laboratory for Biodiversity
Science and Ecological Engineering, Institute of Biodiversity Science, Fudan University, Shanghai 200433;

② Management Office of Shanghai Chongming Dongtan National Nature Reserve, Chongming 202183, China

Abstract: Clarifying the relationship between habitat use of waterbirds and environmental factors contributes to making conservation strategies. In order to understand the use of waterbirds on artificial wetlands and factors affecting their habitat use, we surveyed waterbird species and numbers and six environmental factors (including vegetation area, ratio of bare land area, water depth, topographic variation, habitat structural diversity, and human disturbance) in the wetland restoration area at Chongming Dongtan in the winter of 2012 – 2013. A total

基金项目 国家自然科学基金项目(No. 31071939, 31272334),上海市科学技术委员会项目(No. 12231204702, 13231203503);

* 通讯作者, E-mail: zhijunm@fudan.edu.cn;

第一作者介绍 金欣,女,硕士研究生,研究方向:鸟类生态学;E-mail: jane_jin1992@126.com。

收稿日期:2013-06-29,修回日期:2013-08-22

of 9 018 individuals in 24 species were recorded during 12 surveys. Spot-billed Duck (*Anas poecilorhyncha*) and Mallard (*A. platyrhynchos*) were the dominant species, accounting for 47.5 and 32.7% of total individual numbers, respectively. Rest behavior was recorded in 79.2% of total individuals, suggesting the wetland restoration area provided roosting sites for most waterbirds. Moreover, over 60% of individuals showed foraging behavior in Little Grebe (*Tachybaptus ruficollis*), Coot (*Fulica atra*), Common Moorhen (*Gallinula chloropus*), Eurasian Spoonbill (*Platalea leucorodia*), and Black-faced Spoonbill (*P. minor*). Stepwise regression analysis indicated the proportion of bare land area is the main factor affecting the species numbers of waterbirds; although waterfowl preferred plots with large topographic variation and low cover of vegetation, they stayed in plots with high proportion of bare land area. For the waders, they preferred to rest in plots with large topographic variation. To increase waterbird diversity in the wetland restoration area, we suggested to improve the food conditions for waterbirds, such as planting more submerged plants, and to increase the topographic variation and the proportion of bare land area.

Key words: Natural wetland; Artificial wetland; Waterbirds; Habitat use; Environmental factors

在过去的一个世纪里,受人类活动影响,全球超过 50% 的湿地丧失,剩下的湿地也发生了不同程度的退化(Balcombe et al. 2005, Fraser et al. 2005)。湿地丧失和退化给依赖于湿地栖息的水鸟带来不利影响,如何通过有效管理为水鸟提供高质量的栖息地,是水鸟保护中的关键问题(Comín et al. 2012)。虽然人工湿地并不能完全取代自然湿地作为水鸟栖息地的功能,但人工湿地可以为水鸟提供可供选择的或者补充的栖息地(Ma et al. 2004)。在全球自然湿地丧失和退化不断加剧的背景下,人工湿地作为水鸟栖息地的重要性也将不断增加(Ma et al. 2010)。

在过去的半个世纪,大量研究探讨了人工和自然湿地中影响水鸟栖息地利用的因子,这些因子包括水深、水位变化、植被、地形、食物及其可利用性、湿地面积大小等(如:Weller et al. 1965, Isola et al. 2000, Smith et al. 2004, Faragó et al. 2012)。由于环境特征和水鸟群落组成的不同,影响水鸟栖息地利用的因子存在区域差异和时间差异。需要开展针对性的研究才能够制定针对性的栖息地管理对策(Ma et al. 2010)。

崇明东滩位于东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线的中间位置,每年在此迁徙停歇和越冬的水鸟数量超过十万只,这里不仅是鸕鹚类等候鸟的迁徙停歇地,也是鸭类等水鸟的越冬地

(徐宏发等 2005)。近十多年来,外来植物互花米草(*Spartina alterniflora*)在滩涂湿地上迅速扩张,造成水鸟栖息地的改变与丧失(Gan et al. 2009)。为了给水鸟提供适宜的栖息地,2011 年 7 ~ 12 月,崇明东滩鸟类自然保护区管理处实施了互花米草治理和鸟类栖息地优化项目,即通过修建围堤,对围堤内的互花米草采用刈割后水淹的方法使繁殖体缺氧而死。待互花米草的繁殖体基本清除后,根据规划的空间布局定植一定密度的芦苇(*Phragmites australis*),构建水系;随后将水引入围堤内,形成人工湿地。为水鸟提供适宜的栖息地以吸引更多的水鸟,是栖息地优化工程的主要目的。

本研究对崇明东滩栖息地优化区(以下简称优化区)的越冬水鸟多样性及环境因子进行调查,分析环境因子与水鸟种类和数量的关系,为人工湿地的管理提供依据。

1 研究地点和方法

1.1 研究地点 崇明东滩(31°25' ~ 31°28'N, 121°50' ~ 122°05'E)地处崇明岛最东端。优化区为 1998 年所修建的堤坝和新修建围堤所包围的滩涂区域,占地总面积约 60 hm²。优化区内植物主要为不同大小斑块的芦苇,偶尔有零星分布的互花米草、菖蒲(*Acorus calamus*)等植物。冬季将水引入优化区内,大部分区域的水深保持在 10 ~ 30 cm,原滩涂上潮沟的水深为

80 ~ 110 cm。优化区内靠西的区域建有一条环形栈道,供游人步行参观(图 1)。冬季有大量的游禽和涉禽聚集在优化区内。

1.2 研究方法

1.2.1 优化区本底调查 根据对优化区植被分布的实地调查,在 Google Earth 上将优化区水域及植被斑块勾勒出轮廓并导入 Arc GIS 9.3 软件中绘制优化区底图。以优化区南边围堤和 98 大堤为基准绘制等面积平行四边形,将优化区分成 60 个面积为 1 hm² 的样方。由于优化区内存在大面积连续植被和连续开阔水域,在调查中不易记录水鸟的具体位置,因此在开展调查之前,将喷有红蓝两种颜色油漆的 PVC 杆插在优化区内,并将每个杆的位置利用 GPS 定位后将地理坐标导入 Arc GIS 9.3 中,作为鸟类调查时的参考位置(图 1)。本研究测量了 60 块样方中的 6 种环境因子,分别是水深、植被面积比例、裸地面积比例、栖息地结构多样性、地形变异和干扰等级,其中植被盖度、裸地

面积比例和栖息地结构多样性是根据观察估测,水深、地形变异和干扰等级通过实际测量得出。在每个样方内均匀选择 5 个点,测量 5 个点所在位置的水深,裸地的水深记为 0 cm,取 5 个点的平均值作为该样方的水深值。以每个样方中 5 个点水深值的标准差作为该样方的地形变异值。栖息地结构多样性对水鸟选择栖息地有一定的影响(Murkin et al. 1997)。本研究以每个样方中不同景观的边界数(植被-水域边界、植被-裸地边界、水域-裸地边界)来反映该样方栖息地结构多样性,边界数根据 GIS 中优化区底图确定。对优化区内水鸟的干扰主要是来自栈道上的游客和附近围堤上来往的行人车辆。利用 Arc GIS 9.3 的距离测量功能测量每个样方到栈道的最近距离(D_1)和到围堤的最近距离(D_2),根据我们对干扰强度的观察,将栈道的干扰系数定为 3,围堤的干扰系数定为 1,以公式 $D = 3 \times D_1 + D_2$ 作为每个样方到干扰源的距离值,根据 D 值大小将干扰分为 4 个等

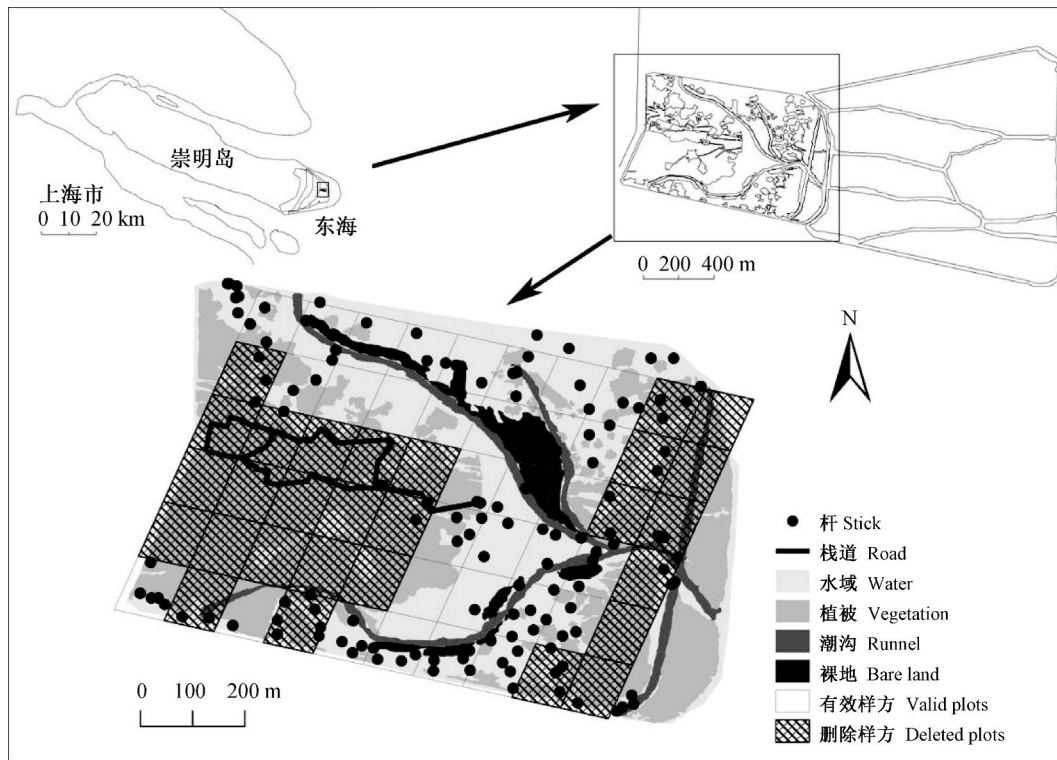


图 1 研究区域及插杆标记位置示意图

Fig. 1 Sketch map of study area and location of stick mark

级($D > 1\ 500\text{ m}$ 、 $1\ 500\text{ m} \geq D > 1\ 000\text{ m}$ 、 $1\ 000\text{ m} \geq D > 500\text{ m}$ 、 $D \leq 500\text{ m}$)。

1.2.2 鸟类调查 鸟类调查在 2012 年 12 月上旬到 2013 年 3 月上旬进行,共进行了 4 次调查,调查选在晴好天气,每次调查持续 3 d。调查在视野开阔的高台上进行,对于一些有植被遮挡的区域,沿围堤从不同角度观察以获得较好的视野;调查分时段进行,上午时段为 8:00 ~ 10:00 时,下午时段为 14:00 ~ 16:00 时,使用 10 倍双筒望远镜(Kowa)和 15 ~ 45 倍单筒望远镜(Carl Zeiss),记录在优化区各样方内栖息的水鸟种类和数量,并记录鸟类的行为。在调查过程中,利用植被特征、裸地特征和 PVC 杆作为参照物,记录鸟类所处的样方位置。

1.2.3 数据处理 在冬季鸟类调查中,优化区部分样方芦苇植株过密,可能影响调查结果;且植株过密的区域水鸟难以栖息,因此在数据处理时排除无法准确记录鸟类的样方。排除后剩余 32 个有效样方,将有效样方的数据进行统计处理。将种群数量超过记录总数 10% 的种定为优势种;1% ~ 10% 的种定为普通种;低于 1% 的定为稀有种(Howee et al. 1989)。由于冬季水鸟的行为主要为休息和觅食,因此本研究只对这两种行为进行统计。在进行鸟类群落变量与环境因子关系研究时,首先用 Spearman 检验对水鸟种类和数量与每个环境因子进行相关性分析,初步了解水鸟群落变量和环境因子的相关性。Spearman 检验显示,上午和下午记录的鸟类种类和数量无显著差异,因此将上、下午记录的数据合并分析。四次调查所记录的鸟类种类数累计得出,个体数量取调查的平均值,并将涉禽和游禽的种类数量和个体数量分别汇总。鸟类群落特征最终按种类数量、个体数量、觅食个体总数、休息个体总数、涉禽个体总数、游禽个体总数、涉禽觅食总数、游禽觅食总数、涉禽休息总数和游禽休息总数记录统计。然后再用多元逐步回归分析探讨鸟类群落特征(种类数量、个体数量、不同行为和不同生态类群水鸟数量)与 6 种环境因子(植被面积比例、裸地面积比例、水深、地形变异、栖息地结构多样性

和干扰)之间的关系,确定影响水鸟群落特征的主要因子。为使鸟类调查数据符合正态分布,在回归分析时将种类数量和个体数量进行对数转换。所有统计工作在 SPSS13.0 软件包上完成。

2 结 果

冬季在优化区内共记录到 24 种 9 018 只水鸟,隶属于 7 目 9 科,其中游禽和涉禽各有 12 种。水鸟以游禽为主,游禽个体数量占水鸟总数的 92.9%,优势种为斑嘴鸭(*Anas poecilorhyncha*)和绿头鸭(*A. platyrhynchos*),分别占水鸟总数的 47.5% 和 32.7%。涉禽个体数量仅占总个体数量的 7.1%。从水鸟的行为来看,休息个体数量占总个体数量的 79.2%,这表明优化区是大多数越冬水鸟(特别是游禽)的休息地。但小鸕鷀(*Tachybaptus ruficollis*)、白骨顶(*Fulica atra*)、黑水鸡(*Gallinula chloropus*)、白琵鹭(*Platalea leucorodia*)和黑脸琵鹭(*P. minor*)在优化区内觅食的个体数量超过各自种群总数的 60%,这表明优化区可为这些鸟类提供觅食地(表 1)。

逐步回归分析显示,裸地面积比例是影响种类数量分布的主要环境因子($F = 4.19, P = 0.050, R^2 = 0.12, n = 32$),影响优化区内个体数量分布和游禽个体数量分布的主要环境因子是植被面积比例和地形变异($P < 0.05$),个体数量和游禽个体数量均与植被面积比例呈负相关,与地形变异呈正相关($P < 0.01$)。优化区内水鸟的种类数量、涉禽个体总数和涉禽觅食个体总数的分布主要受裸地面积比例的影响,且均与裸地面积比例呈显著正相关($P < 0.05$)。水鸟的觅食个体总数和游禽觅食个体总数与 6 种环境因子均无显著的相关性($P > 0.05$);水鸟休息个体总数与裸地面积比例呈显著正相关($F = 10.74, P = 0.003, R^2 = 0.26, n = 32$),但涉禽休息总数和游禽休息总数受到不同环境因子的影响,涉禽休息总数与地形变异呈正相关($F = 5.48, P = 0.026, R^2 = 0.16,$

表 1 崇明东滩优化区内越冬水鸟的种类和数量

Table 1 Wintering waterbirds in the wetland restoration area at Chongming Dongtan

种类 Species	平均数量(只/次) Average number (Mean ± SD, n = 12)	个体数量比例(%) Proportion	觅食个体比例(%) Feeding proportion	休息个体比例(%) Resting proportion
小鸕鹚 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	13.33 ± 7.70	1.8	91.2	8.8
普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i>	14.73 ± 9.03	1.8	0.0	100.0
苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	13.67 ± 6.05	1.8	7.9	92.1
大白鹭 <i>Egretta alba</i>	4.33 ± 3.89	0.6	23.1	76.9
中白鹭 <i>E. intermedia</i>	0.40 ± 0.55	0.0	0.0	100.0
白鹭 <i>E. garzetta</i>	10.64 ± 7.19	1.3	17.9	82.1
夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>	2.00 ± 3.43	0.2	0.0	100.0
大麻鳎 <i>Botaurus stellaris</i>	0.60 ± 0.55	0.0	0.0	0.0
白琵鹭 <i>Platalea leucorodia</i>	4.91 ± 3.96	0.6	74.1	25.9
黑脸琵鹭 <i>P. minor</i>	2.64 ± 2.34	0.3	96.2	13.8
斑嘴鸭 <i>Anas poecilorhyncha</i>	356.92 ± 303.59	47.5	12.4	87.6
绿头鸭 <i>A. platyrhynchos</i>	245.75 ± 143.31	32.7	27.9	72.1
琵嘴鸭 <i>A. clypeata</i>	10.42 ± 14.58	1.4	28.8	71.2
针尾鸭 <i>A. acuta</i>	47.50 ± 59.79	6.3	30.2	69.8
赤颈鸭 <i>A. penelope</i>	8.60 ± 9.67	1.0	12.8	87.2
赤膀鸭 <i>A. strepera</i>	1.00 ± 1.41	0.0	0.0	100.0
绿翅鸭 <i>A. crecca</i>	9.20 ± 15.21	0.5	0.0	100.0
普通秋沙鸭 <i>Mergus merganser</i>	0.83 ± 2.04	0.1	0.0	100.0
红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>	0.50 ± 1.0	0.0	0.0	100.0
黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>	0.80 ± 0.92	0.1	100.0	0.0
白骨顶 <i>Fulica atra</i>	11.58 ± 12.53	1.5	64.7	35.3
银鸥 <i>Larus sp.</i>	1.25 ± 1.06	0.2	0.0	100.0
反嘴鹬 <i>Recurvirostra avosetta</i>	0.60 ± 0.89	0.0	0.0	100.0
凤头麦鸡 <i>Vanellus vanellus</i>	8.50 ± 12.02	0.2	0.0	100.0
总计 Total	751.50 ± 334.60	100.0	20.8	79.2

$n = 32$), 游禽休息总数与裸地面积比例呈正相关 ($F = 10.12, P = 0.003, R^2 = 0.25, n = 32$), 其他环境因子对两者均无显著影响 ($P > 0.05$) (表 2)。

3 讨论

在 2011 ~ 2012 年对崇明岛全岛开展的水鸟调查中, 共记录到越冬水鸟 11 科 45 种, 包括鸭科、鹬科、秧鸡科、鹭科、鹤科、鸕鹚科、鸥科、鹤科、鸕鹚科、鸕鹚科、鸕鹚科 (上海市绿化和市容管理局等 2012)。尽管优化区面积仅 60 hm^2 , 本研究记录到上述 11 科中除鹤科、鹬科和鸕鹚科以外的水鸟 8 科及反嘴鹬科 24 种, 约占崇明岛记录的水鸟种类的一半。此外, 在本研究调查时间以外在优化区内也记录到鹬科鸟类。因此, 除主要在崇明东滩东南部的滩涂或农田活

动的鹤科鸟类以及偶见的鸕鹚科鸟类 (徐宏发等 2005) 之外, 其他科的水鸟在优化区均有记录。这表明优化区可为当地不同类群的越冬水鸟提供重要的栖息地。

大量研究表明, 水深是影响水鸟栖息地利用的关键因子 (如: Isola et al. 2000, Ma et al. 2010)。但在本研究中, 优化区的水深与鸟类的种类和数量并无显著相关性。这可能是由于以下两个原因造成的: 1) 由于深水区域不利于涉禽活动 (Faragó et al. 2012), 因此水深直接影响着涉禽的栖息地可利用性, 而对游禽栖息地可利用性的影响相对较小。优化区内游禽的数量超过水鸟总数的 90%, 因此水深对水鸟栖息地利用的影响不明显; 2) 水深影响食物的可获得性 (Ma et al. 2010), 而大多数水鸟将优化区作为其休息地。所以, 水深对优化区内水

表 2 水鸟群落特征与主要环境因子的关系

Table 2 Relationship between characteristics of waterbird communities and environmental factors

因变量 Dependent variable (y)	自变量 1 Independent variable 1 (x ₁)	自变量 2 Independent variable 2 (x ₂)	F	R ²	P	回归方程 Regression equation
种类数量 Species number	裸地面积比例 Ratio of bare land area	-	4.19	0.12	0.050	$y = 0.94x_1 + 0.60$
个体数量 Individuals number	植被面积比例 Ratio of vegetation area	地形变异 Topographic variation	6.95	0.32	0.003	$y = -1.52x_1 + 0.02x_2 + 1.42$
游禽个体总数 Waterfowls number	植被面积比例 Ratio of vegetation area	地形变异 Topographic variation	6.87	0.32	0.004	$y = -1.53x_1 + 0.02x_2 + 1.40$
涉禽个体总数 Waders number	裸地面积比例 Ratio of bare land area	-	8.32	0.22	0.007	$y = 1.69x_1 + 0.27$
觅食个体总数 Foraging number	-	-	-	-	>0.05	-
游禽觅食总数 Waterfowls foraging number	-	-	-	-	>0.05	-
涉禽觅食总数 Waders foraging number	裸地面积比例 Ratio of bare land area	-	12.25	0.30	0.001	$y = 0.88x_1 - 0.03$
休息个体总数 Resting number	裸地面积比例 Ratio of bare land area	-	10.74	0.26	0.003	$y = 2.62x_1 + 0.72$
游禽休息总数 Waterfowls resting number	裸地面积比例 Ratio of bare land area	-	10.12	0.25	0.003	$y = 2.63x_1 + 0.63$
涉禽休息总数 Waders resting number	地形变异 Topographic variation	-	5.48	0.16	0.026	$y = 0.01x_1 + 0.02$

表格只列出具有显著影响的变量; - 表示无变量、无统计结果或无回归方程。

Independent variables with no significant effects were excluded; - indicates there is no variable, statistical result or regression equation.

鸟的栖息地利用无显著影响。

地形变异较大的样方往往同时具有深水区域、浅水区域和裸地。游禽能够在这三种不同类型的栖息地活动。如在休息时,鸭类既可在水面漂浮,又可立于裸地将头埋在翅膀下。涉禽能够在浅水区域和裸地栖息,深水区域也满足了小鸕鹚等仅在深水区域活动的水鸟的栖息地需求。因此,地形变异值较高区域的水鸟个体数量较多,特别是游禽个体数量较多。而游禽休息总数与裸地面积比例呈正相关,这表明游禽可能更偏好于在裸地休息。

本研究表明,样方的不同景观类型边界数量所反映的栖息地结构多样性与水鸟群落特征无显著相关,而地形变异与水鸟的个体数量、游

禽个体总数和涉禽休息总数都呈现正相关,这说明在优化区内地形变异程度比景观的变异程度对水鸟栖息地利用的影响更大。

回归分析表明,优化区内水鸟觅食个体数量与 6 种环境因子均无显著相关性,这可能与优化区对水鸟的作用有关。前人研究表明,大部分鸭类等越冬水鸟主要在傍晚到清晨之间的时间段在附近滩涂或农田觅食(姜珊等 2007, 桑莉莉等 2008)。本研究也表明,尽管一些水鸟将优化区作为其主要觅食地,但对于大部分水鸟而言,优化区主要是休息场所。

尽管优化区主要为越冬水鸟提供休息地,但仍有一些种类如小鸕鹚和白骨顶可在优化区深水区域觅食。本研究结果显示涉禽觅食个体

总数与裸地面积比例呈正相关,在冬季注水阶段很多裸地会被水淹没为浅水区域,推测裸地面积比例较高的样方在冬季优化区整体水深值达最大时,该样方内的浅水区域比例也较高,适宜涉禽觅食。因此,在栖息地管理中,需要综合考虑为这些利用深水或浅水区域的不同水鸟提供适宜的生境。

根据本研究的结果,为了增加优化区内的水鸟多样性,建议在优化区内增加裸地面积并提高地形变异程度,从而满足不同类群水鸟对不同环境因子的需求。还可考虑引种一些可食的沉水植物来增加越冬水鸟的食物。另外,可适当减少植被覆盖过密区域的面积,为水鸟的活动提供更多空间。尽管本研究表明,植被面积与水鸟个体数量呈负相关,考虑到植被可以减缓周边环境的干扰,建议在裸地周围可适当种植挺水植物,以提高水鸟主要休息区域与周边环境的隔离程度。

崇明东滩是东亚-澳大利西亚迁徙路线上水鸟重要的迁徙停歇地和越冬地。近年来,受迁徙路线水鸟种群数量整体下降以及当地滩涂湿地丧失和退化的影响,水鸟数量呈下降趋势(Ma et al. 2009)。优化区这一人工湿地在冬季吸引大量越冬水鸟并能为黑脸琵鹭等受胁鸟类提供觅食地,显示了人工湿地对水鸟保护的重要作用。尽管人工湿地的结构和功能与自然湿地有很大差异,但通过针对性的管理,可以发挥人工湿地在鸟类多样性保护方面的功能,以减缓自然湿地丧失和退化对水鸟的不利影响。

致谢 感谢崇明东滩鸟类自然保护区管理处对野外工作的支持,感谢唐仕敏、陈莹、谭坤、周倩彦、王军燕等人在野外调查工作中给予的帮助。

参 考 文 献

- Balcombe C K, Anderson J T, Fortney R H, et al. 2005. Aquatic macroinvertebrate assemblages in mitigated and natural wetlands. *Hydrobiologia*, 541(1): 175-188.
- Comín F A, Hurlbert S H. 2012. Preface: perspectives on progress in ornitholimnology. *Hydrobiologia*, 697(1): 1-4.
- Faragó S, Hangya K. 2012. Effects of water level on waterbird abundance and diversity along the middle section of the Danube River. *Hydrobiologia*, 697(1): 15-21.
- Fraser L H, Keddy P A. 2005. *The World's Largest Wetlands: Ecology and Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1-10.
- Gan X J, Cai Y T, Choi C, et al. 2009. Potential impacts of invasive *Spartina alterniflora* on spring bird communities at Chongming Dongtan, a Chinese wetland of international importance. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83(2): 211-219.
- Howee J, Bakewell D. 1989. *Shorebird Studies Manual*. Kuala Lumpur: Asian Wetland Bureau Publication, 143-147.
- Isola C R, Colwell M A, Taft O W, et al. 2000. Interspecific differences in habitat use of shorebirds and waterfowl foraging in managed wetlands of California's San Joaquin Valley. *Waterbirds*, 23(2): 196-203.
- Ma Z J, Cai Y T, Li B, et al. 2010. Managing wetland habitats for waterbirds: An international perspective. *Wetlands*, 30(1): 15-27.
- 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): 333-351.
- Ma Z J, Wang Y, Gan X J, et al. 2009. Waterbird population changes in the wetlands at Chongming Dongtan in the Yangtze River estuary, China. *Environmental Management*, 43(6): 1187-1200.
- Murkin H R, Murkin E J, Ball J P. 1997. Avian habitat selection and prairie wetland dynamics: A 10-year experiment. *Ecological Applications*, 7(4): 1144-1159.
- Smith L M, Haukos D A, Prather R M. 2004. Avian response to vegetative pattern in playa wetlands during winter. *Wildlife Society Bulletin*, 32(2): 474-480.
- Weller M W, Spatcher C E. 1965. Role of Habitat in the Distribution and Abundance of Marsh Birds. Special Report no. 43. Ames: Iowa State University, Agricultural and Home Economics Experimental Station.
- 姜珊,葛振鸣,裴恩乐,等. 2007. 崇明东滩堤内次生人工湿地冬季水鸟的夜间行为. *动物学杂志*, 42(6): 21-27.
- 桑莉莉,葛振鸣,裴恩乐,等. 2008. 崇明东滩人工湿地越冬水禽行为观察. *生态学杂志*, 27(6): 940-945.
- 上海市绿化和市容管理局,崇明县人民政府. 2012. 崇明生态岛建设占全球种类数量1%水鸟物种数据监测报告 2011.5-2012.4. (内部资料).
- 徐宏发,赵云龙. 2005. 上海市崇明东滩鸟类自然保护区科学考察集. 北京: 科学出版社.