

围垦堤内迁徙鸕鹚群落的生态学特性*

唐承佳 陆健健

(华东师范大学河口海岸国家重点实验室 上海 200062)

摘要:以群落生态学的原理为基础,研究景观特征及异质性变化导致鸟类群落的变化,重点探讨了人为干扰导致的景观特征变化对迁徙鸕鹚群落时空结构的影响。景观异质性的改变是引起鸕鹚群落结构变化的主要原因,也是决定鸕鹚群落分布的重要因子。围堤内湿地植被覆盖率大于60%或水面小于总湿地面积20%后,鸕鹚基本不出现,必须含有水域、植被和裸地三种景观要素。植被覆盖率为10%~20%时,鸕鹚数量最多。鸕鹚在围堤内滩涂的分布与底栖生物量无关。水深是影响鸕鹚分布的重要因素,使鸕鹚的空间生态位得到分离。鸕科鸟类主要活动在裸地和浅水区,中小型鸕类主要在中水区,大中型鸕类在深水区。科学管理围堤封堵后滩涂,控制和改造湿地景观,将在一定程度上降低围涂工程对鸕鹚群落的负面效应。

关键词:迁徙鸕鹚;群落结构;栖息地;长江口南岸

中图分类号:Q958 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2002)02-27-07

A Study on Ecological Characteristics of Community of the Migrating Waders in Wetlands insides Cofferdam near the Pudong National Airport

TANG Cheng-Jia LU Jian-Jian

(State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research East China Normal University Shanghai 200062, China)

Abstract: Variation of the wader communities caused by landscape characteristics and heterogeneity was studied, based on the principals of community ecology. The paper focused on the effects of landscape characteristic variation, caused by man-made interference, on spacial and temporal structure of migrating wader communities. The variation of landscape heterogeneity is the main factor to change the structure of wader communities. In general waders, habitat insides the cofferdam needs to contained three kinds of landscape element, which is body of water, vegetation and bare flats. Waders seldom occur with dense vegetation (> 60%) or deficient water (< 20%). The peak of waders occurs with a range of vegetation densities (10% ~ 20%). The distribution of waders is irrelevant to benthal biomass in the wetlands insides cofferdam. Water depth is also an important factor influencing waders' distribution. Waders belonging to *Charadriidae* most occur in bare flats and shallow water, snipes with small-middle size in moderate water and snipes with middle-big size in deep water, that makes the spatial ecological niche of waders separated. To a certain extent, it can

* 教育部重点科技项目资助(No.00057);

第一作者介绍 唐承佳,28岁,硕士研究生;主要从事湿地生态研究;E-mail: hulanew@fm365.com。

收稿日期:2001-10-15,修回日期:2001-12-10

reduce the harmful effects of reclamation on wader communities to manage the wetlands besides conferring dam correctly.

Key words: Migrating waders; Community structure; Habitat; Southern bank of Changjiang estuary

河口是世界上生物量最高的生物群落区之一^[1],内陆河川流入大海的河口地区由于咸淡水交夹,泥沙淤积,一般滩涂开阔、底栖动物丰富,成为鸕鹚的主要栖息地和取食场所^[2],对于许多水鸟来说,河口地区在它们生长、发育的许多阶段都起非常重要的作用^[3,4]。长江口是亚太迁徙路线上一个重要的中转站,已经引起了各国学者的重视^[5]。国内学者钱国桢等^[6,7]、陆健健等^[8,9]、崔志兴等^[10-12]、王天厚等^[13]、唐仕华等^[14,15]先后在长江口进行了鸕鹚的有关研究。但总的看来,关于鸕鹚的数量变动、分布特点和群落结构特征的系统研究还较少,而且都集中在自然滩涂环境。对于受人类活动影响的滩涂专门研究较少^[16]。如何评价围涂工程对鸕鹚群落的影响,对于围垦堤内滩涂鸕鹚群落

特征的研究还未见报道。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域 长江口南支南岸潮滩从高桥水文站到芦潮港,全长 80 km^[17]。此区域多年平均潮差 2.40 ~ 3.20 m,潮汐性质属非正规半日浅海潮,是长江口淡水和咸水的交汇带。1996 年 1 月开始围垦长江口南支南岸自三甲港至朝阳农场岸段,围堤建在光滩外缘 0 m 线,从北向南延伸,长约 12.5 km。从潮上带到围堤分别有隔堤相连。隔堤自西向东延伸,平均长约 1 600 m。1~3 号隔堤所包括的潮滩为 1996 年 5 月开始修筑围堤,同年 10 月围堤竣工;1998 年 3 月封堵围堤进出水口,潮水不能进入(图 1)。

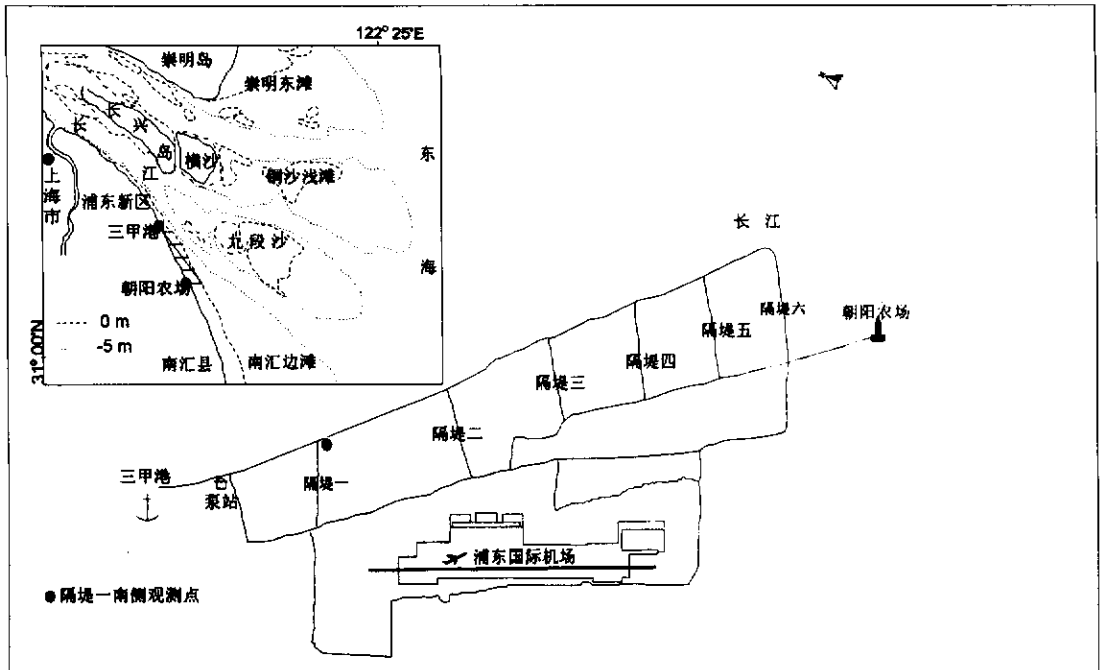


图 1 长江口南支南岸围垦岸段与观测位置(参照 1999 年遥感图)

滩涂处于围堤封堵后阶段,以芦苇(*Phragmites australis*)和稗草(*Echinochloa crusgallir*)为主要高等植物,还有零星的海三棱藨草(*Scirpus*

mariqueter)、加拿大一支黄花(*S. canadensis*)和碱蓬(*Suaeda glauca*)。芦苇分布在滩涂内侧,平均株高在 2 m 以上。外部有大片的水潭和裸

地,底质较硬。

1.2 研究方法 本文为研究长江口南岸秋季鸟类迁徙特征,选定2000年9月中旬至10月下旬为主要观测期。每星期保证3个观测日,总共进行了20个观测日。每个观测日保证在高潮期观测3~3.5 h,低潮期观测1~2 h。观测区域固定在围堤以内,在1~3号隔堤之间,根据栖息地类型的不同选定15个面积为1 hm²的样方进行鸟类统计,每个样方在高潮期、低潮期约观测30 min,记录鸟类种类和数量。

在隔堤一南侧,根据栖息地的类型不同分别对鸕鶿的种类和数量进行统计:裸露光滩和草地(>0 cm)、浅水(-2~0 cm)、中水(-2~-5 cm)、深水(<-5 cm),观测总面积约为500 m×500 m(25 hm²),栖息地水深根据鸕鶿的腿长进行估计^[18]。自然滩涂以低潮线或零米线为限,鸟类数量统计参照国际上常用方法^[19],根据本观测区域鸟类群落特点作适当调整。用25~45×50单筒望远镜和8~20×40双筒望远镜记录观测区域的各种鸕鶿数量,以观测区域中出现的最大一次数值为该次调查数值。根据野外观测到鸕鶿的形态和特征,对照图谱进行鸕鶿分类鉴定,并以鸕鶿的鸣叫声作为野外鉴别的辅助手段。

本研究根据长江口鸕鶿群落的特点及观测数据,选择使用了以下计算公式进行数据及结果的分析。

① Shannon-Weaver 指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i;$$

② Pielou 的均匀度指数:

$$J = (- \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i) / \log_2 S;$$

③ McNaughton 种类优势度指数:

$$D_2 = (N_1 + N_2) / N;$$

式中, S 为总种数; P_i 为种 i 的个体数占总个体数的比例; n 为 i 种的个体数; N 为所有种的个体总数; N_1 、 N_2 为样本中居第一、二位的优势种的个体数。

数据采用多种统计方法进行处理,用

SPSS10.0进行了统计分析。使用单因子方差分析(ANOVA)比较各景观要素鸕鶿群落指标的差异,使用 t -检验(成组)比较两两之间鸕鶿群落指标的差异^[20]。在分析围堤内鸕鶿群落的影响因素也使用 t -检验。采用直线回归分析考察围堤内鸕鶿数量、种数和多样性指数与每日最高潮位之间的相关关系,相关系数 R 和不相关概率 P 为主要评价标准。在考察鸕鶿对不同特征栖息地的选择时,根据各样地鸕鶿的数量进行聚类分组,聚类方法为最短距离法^[21]。

2 研究结果

2.1 隔堤一南侧鸕鶿栖息地类型的选择 将隔堤一南侧的观测区域按照栖息地类型的不同,分为四类:(1)滩地,指没被水淹没的裸地和植被,面积约为5.25 hm²;(2)浅水区,指水深小于2 cm的区域,面积约为4.25 hm²;(3)中水区,指水深在2 cm和5 cm之间,面积约为5.5 hm²;(4)深水区,指水深在5 cm以上的区域,面积约为10 hm²。各区域的鸕鶿情况见图2。

隔堤一南侧各类栖息地的鸕鶿种类数存在显著差异($F_{(3,80)} = 3.724$, $P < 0.05$)(图2:a)。滩涂、浅水区和中水区的鸕鶿种数没有显著差异(所有 $P > 0.05$),深水区的鸕鶿种数则少于滩涂和中水区、浅水区($P < 0.05$)。各类栖息地的鸕鶿数量存在差异($F_{(3,80)} = 12.710$, $P < 0.01$)(图2:b)。滩涂的鸕鶿数量最多,大于浅水区、中水区和深水区($P < 0.05$);中水区和深水区的鸕鶿数量没有显著差异($P > 0.05$),两者的鸕鶿数量都较少,显著低于滩涂和浅水区($P < 0.05$)。各类栖息地的鸕鶿所占比例有差异($F_{(3,80)} = 71.338$, $P < 0.01$)(图2:c)。滩涂鸕鶿所占比例最大,显著大于其它各区域(所有 $P < 0.01$)。浅水区次之,明显大于中水区和深水区($P < 0.01$)。中水区和深水区鸕鶿所占比例没有显著差异($P > 0.05$)。各类栖息地的鸕鶿密度有明显差异($F_{(3,80)} = 18.494$, $P < 0.01$)(图2:d)。滩涂和浅水区的鸕鶿密度较高,两者没有显著差异($P > 0.05$),显著高于中水区和深水区($P < 0.01$)。深水区的鸕鶿密度较

低。图 3、4 显示了整个观测时期隔堤一南侧

各观测区域总体统计量。

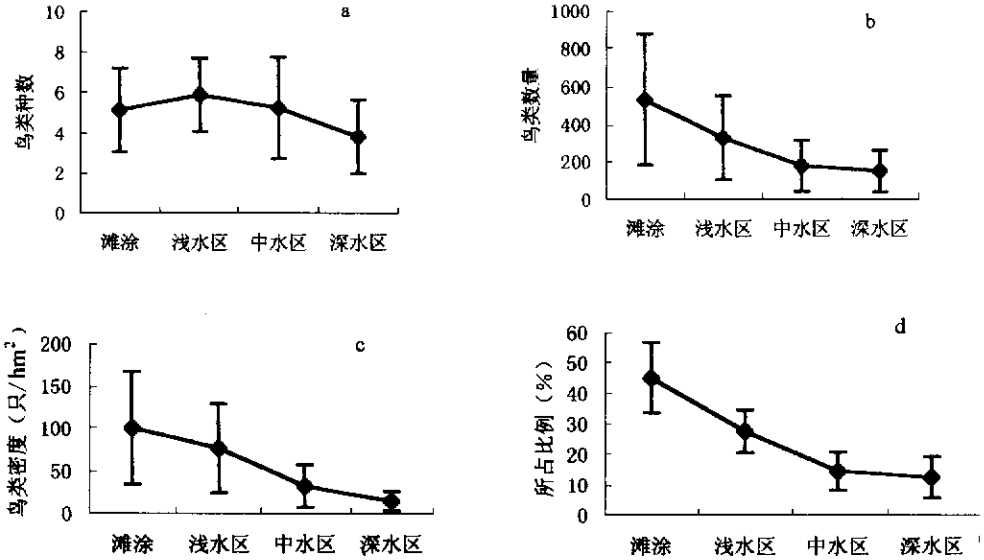


图 2 各类栖息地群落指标比较

- a. 各栖息地鸟类种数变化; b. 各栖息地鸟类数量变化;
- c. 各栖息地鸟类密度变化; d. 各栖息地鸟类所占比例变化

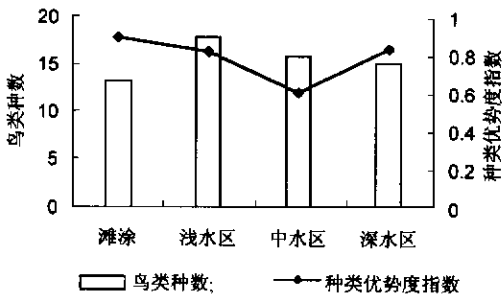


图 3 各观测区域总种数和种类优势度指数

在观测区域内共记录到 27 种鸻鹬类隶属 5 科 17 属, 观测期间鸻鹬总数量累计约 26 000 鸟次。各区域观测到鸻鹬的种类数量差异不大, 但种类有很大差异。滩涂观测到的鸻鹬种数较低, 为 13 种, 主要是鸻科的鸟类在该区域活动。浅水区观测到的鸻鹬种数较多, 为 18 种。这个区域主要是鸻科鸟类和中小型鹬类活动, 数量上以鸻科鸟类为主, 环颈鸻的数量占该区域鸟类总数量的 74.47%。中水区和深水区观测到的鸻鹬种数居中, 分别为 16 和 15 种, 鸟种类逐渐过渡为鹬类为主, 中水区偶尔可见少数环颈鸻 (*Charadrius alexandrinus*) 活动, 但数量

以鹬类为主, 黑腹滨鹬 (*Calidris alpina*) 的数量占该区域鸟类总数量的 41.56%。深水区主要是大中型鹬类, 如白腰杓鹬 (*Numenius arquata*)、黑尾塍鹬 (*Limosa limosa*) 和青脚鹬 (*Tringa nebularic*) 等, 黑腹滨鹬的数量占该区域鸟类总数量的 73.69%。

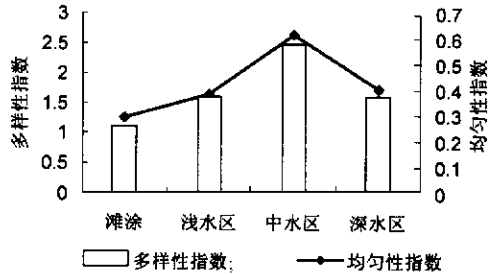


图 4 各观测区域总体多样性指数

各区域鸻鹬群落的多样性指数有较大差异, 这与优势种栖息地的选择有关, 隔堤一南侧的优势种环颈鸻主要在滩涂和浅水区活动, 数量占绝对优势, 影响了这两个区域的多样性指数。尤其是在滩涂, 环颈鸻占鸟类总数的 84.34%, 大大降低了该区域的多样性指数。深水区主要是黑腹滨鹬占绝对优势, 所以该区域

的多样性指数较低。中水区处于过渡区域,鸟类种数较多,分布较平均,多样性指数较高。

2.2 鸟类对不同特征栖息地的选择 高潮期对隔堤一南侧到隔堤三北侧之间的 15 个样地鸕鹚进行统计,结果见图 5。

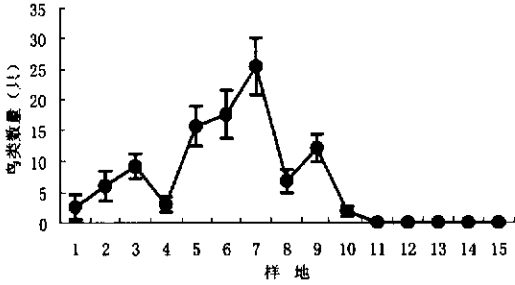


图 5 样地鸟类数量

栖息地的组成成分的差异引起鸕鹚数量的显著差异。11~15 号样地的鸕鹚数量始终为 0,表明这些样地各组分的组成不适宜鸕鹚栖息。5、6、7 号样地鸕鹚数量最多,分别为 (15.58 ± 3.23) 、 (17.5 ± 3.9) 和 (25.25 ± 4.65) 只。7 号样地显著多于 5 号和 6 号样地 ($P < 0.01$)。5 号和 6 号之间鸕鹚数量没有明显差异 ($P >$

0.05)。3 号和 9 号样地的鸕鹚数量也较多,分别为 (9.08 ± 1.98) 只和 (12.00 ± 2.22) 只,但相互间差异较大 ($P < 0.01$)。2 号和 8 号样地鸕鹚数量分别为 (5.92 ± 2.39) 和 (6.67 ± 1.87) 只,两者间鸕鹚数量没有明显差异 ($P > 0.05$)。1、4 和 10 号样地鸕鹚数量较少,分别为 (2.5 ± 1.98) 、 (2.92 ± 1.24) 和 (1.80 ± 0.80) 只。1 号和 4 号、1 号和 10 号样地的鸕鹚数量没有显著差异 ($P > 0.05$),但 4 号样地的鸕鹚数量显著大于 10 号样地 ($P < 0.01$)。

根据各样地鸕鹚的数量进行聚类分析(图 6),发现 15 个样地可以大体上分为 3 类,第一类为 1、2、4、8、10、11、12、13、14 和 15 号样地,这类样地的鸕鹚数量都较少,为 0~8 只/hm²,可认为这类栖息地对鸕鹚吸引力较小;第二类为 3、5 和 9 号样地,这类样地鸕鹚数量为 8~15 只/hm²,可认为这类栖息地对鸕鹚有一定的吸引力;第三类为 6、7 号样地,这类样地鸕鹚数量较多,一般大于 15 只/hm²,可认为这类栖息地是鸕鹚的较适宜类型,对鸕鹚的吸引力较大。

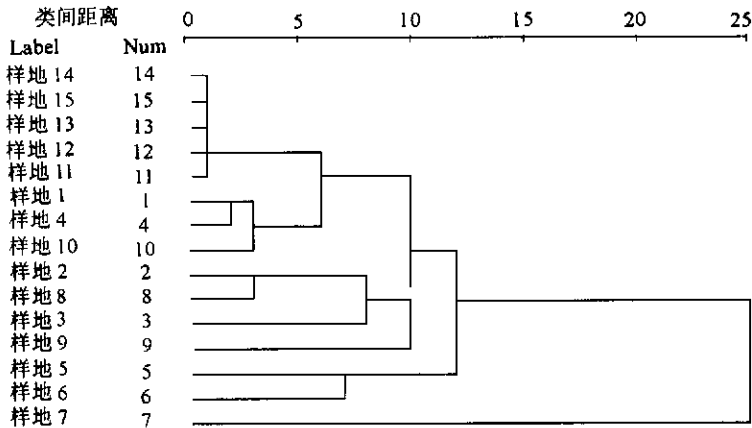


图 6 聚类分析各样地鸟类差异

3 讨论

3.1 鸕鹚群落栖息地类型的选择 景观组分的组成不同导致景观中鸕鹚数量的差异。鸕鹚是形态大小变化较大的群落,但它们对栖息地适应的范围是相对较窄的。在不受潮汐影响的内陆湿地鸕鹚群落的研究中,Helmers^[22]认为鸕

鹚只能利用植被覆盖率 0%~75% 的湿地作为栖息地;Davis 和 Smith 的研究^[23]显示鸕鹚一般出现在 <25% 的植被覆盖率的湿地,在所有观测到鸕鹚的湿地上,植被平均覆盖率为 9.1%。本次在长江口围堤封堵后滩涂的研究结果显示,景观中植被覆盖率大于 60% 后,鸕鹚的数量几乎为 0,并且在植被覆盖率为 10%~20%

的范围时,鸕鹚的数量最高。表明鸕鹚对封堵后滩涂的选择已经类似于内陆湿地的选择,封堵后滩涂向内陆湿地演替的趋势十分明显。鸕鹚对栖息地类型选择进一步验证了景观异质性对鸕鹚群落结构的决定作用,本区域鸕鹚群落的研究显示,景观中水域、植被和裸地三种景观要素缺少其中一种,鸕鹚数量接近于0。足够的水域面积也是鸕鹚群落选择栖息地的必要条件,栖息地中水域面积小于20%后,鸕鹚数量也接近为0,这个结果大于鸕鹚对内陆湿地中水域面积要求,内陆湿地鸕鹚对栖息地各组分的最低要求为25%以下的植被,10%~15%的滩地和10%~20%的水域^[24]。研究表明尽管围堤内封堵后滩涂和内陆湿地有很大的相似

性,但围堤内滩涂的原有特征仍使其保持和内陆湿地有一定差异。

3.2 鸕鹚群落在栖息地要素之间的分布 在自然滩涂上,鸕鹚在栖息地各要素之间的分布主要取决于鸕鹚饵料的丰度^[25],还受到鸕鹚群落取食地貌、自身的取食方式和密度引起的竞争扩散等因素的影响^[26]。以往的研究表明,长江口区域自然滩涂上鸕鹚出现频率最高区为藻类盐渍带,以下依次是海三棱藨草带下部和上部。鸕科鸟类喜好在裸地取食,中型鸕类喜好在草丛中觅食,多数时间出现在藻类盐渍带。一般说来,多数鸕鹚喜好在裸地、积水潭边取食。本研究区域隔堤一南侧围堤封堵2年,自然潮滩的分带已消失,只能根据水深分带。

表1 隔堤一南侧各区域底栖生物量

	裸地	0~2 cm	2~5 cm	>5 cm
密度(个/m ²)	21.33 ± 9.24	37.33 ± 9.24	26.67 ± 9.24	32.00 ± 16.00
生物量(g/m ²)	0.1680 ± 0.0127	0.2507 ± 0.0149	0.2171 ± 0.0185	0.2939 ± 0.0260

隔堤一南侧的各景观要素中底栖生物量没有显著差异(表1)($P > 0.05$),表明鸕鹚在各小生境的分布与底栖生物量的分布没有相关关系,这与大多数河口鸕鹚的研究结果相悖^[27,28],主要因为本地区已不再是受到潮汐影响的自然滩涂,而是人工围涂形成的河口滩涂演替过程中的湿地。底栖生物量大大低于自然滩涂和促淤期滩涂,鸕鹚主要是出现在高潮期,迁徙过境的鸕鹚群落低潮期主要在长江口的自然滩涂和促淤期滩涂上觅食,高潮期本地区为鸕鹚群落提供躲避潮水的理想场所。可见,本地区在鸕鹚迁徙过程中的作用发生了改变,不同于河口地区的自然滩涂和促淤滩涂,也与内陆驿站的湿地作用不同。

水的深度也是影响鸕鹚分布的重要因素^[29]。本研究的结果显示,不同水深的栖息地类型鸕鹚群落结构有显著差异($P < 0.01$)。裸地的日平均数量最高、密度最大,但生物多样性指数最低,主要是鸕科的鸟类喜好在裸地上活动,由于植被区域的底栖生物量很低,并不能吸引原本喜好在海三棱藨草带的中大型鸕类^[30],

所以裸地上居前五位的都是鸕科鸟类。浅水区的鸕鹚还是以环颈鸕为主,同时出现部分中小型鸕类,但环颈鸕的优势地位极其显著,导致该区域的生物多样性较低。中水区鸟类的数量有所下降,但生物多样性指数最高,该区域是中小型鸕类占优势地位,尚有小部分环颈鸕在本区域栖息,可能是由于滩涂和浅水区的环颈鸕密度较高,被迫分散到此处。深水区基本不出现鸕科的鸟类,以中型鸕类为主,同时小型和大型的鸕类也占一定比例,由于黑腹滨鸕的优势地位极其显著,所以本区域的生物多样性指数较低。Davis 和 Smith^[31]的类似研究结果表明,裸地和浅水区(< 4 cm)是鸕鹚出现最频繁的地区,尽管它们所占总面积通常很小,裸地为5.1%~11.3%,浅水区为9.1%~13.7%。中水区(4~16 cm)通常为大型鸕鹚活动提供场所。在迁徙过程中,鸕鹚一般是混群迁徙,这对迁徙鸕鹚抵抗恶劣的气候和天敌以及迁徙导航等方面带来很大益处,当鸕鹚途中逗留补充物质和能量时,驿站的鸕鹚密度必然增大,取食空间的重叠性也随之增加,由于水深的限制使鸕

鹈的空间生态位得到分离,减少了鸕鹚因为栖息和觅食空间而引起的竞争。

参 考 文 献

- [1] Odum E P. Basic Ecology. Holt ~ Saunders International Editions, 1983. 231 ~ 245.
- [2] 王天厚,钱国桢. 长江口杭州湾鸕鹚形目鸟类. 上海: 华东师范大学出版社, 1988. 23 ~ 87.
- [3] Davidson N C, Laffoley D, Doody J P. Nature Conservation and Estuaries of Great Britain. Peterborough, Nature Conservancy Council, 1991. 45 ~ 67.
- [4] Ens B J, Piersma T, Drent R H. The dependence of waders and waterfowl migrating along the East Atlantic Flyway on their coastal food supplies: what is the most profitable research program? *Ophelia* (Suppl), 1994, 6: 127 ~ 151.
- [5] Barter D Tonkinson. Waders departures from Chongming Dao (near Shanghai, China) During March/April. *Silt*, 1997(a), 31: 12 ~ 17.
- [6] 钱国桢, 崔志兴. 长江口鸕鹚形目鸟类的生态研究. 考察与研究, 1988, 8: 59 ~ 67.
- [7] 钱国桢, 崔志兴, 王天厚. 长江口、杭州湾北部的鸕鹚形目鸟类群落. 动物学报, 1985, 31(1): 96 ~ 97.
- [8] 陆健健, 施铭, 崔志兴. 东海北部沿海越冬鸕鹚群落的初步研究. 生态学杂志, 1988, 7(6): 19 ~ 22.
- [9] 陆健健. 长江口的水鸟与亚太候鸟迁徙路线. 见: 中国鸟类学会水鸟组编. 湿地与水禽保护国际研讨会文集. 北京: 中国林业出版社, 1997. 19 ~ 25.
- [10] 崔志兴. 鸕鹚形目鸟类的食性研究. 动物学研究, 1985, 6(4): 43 ~ 51.
- [11] 崔志兴, 陈龙小. 长江口迁徙鸕鹚形目鸟类群落结构十三年来的变化. 见: 社团法人台北市野鸟学会编. 第三届海峡两岸鸟类学术研讨会论文集. 台湾鸟类资讯社, 1998. 189 ~ 200.
- [12] 崔志兴, 徐志伟. 环颈鸕鹚对取食的影响. 见: 高玮主编. 中国鸟类研究. 北京: 科学出版社, 1991. 120 ~ 132.
- [13] Rehfish M M. Man-made lagoons and how their attractiveness to waders might be increased by manipulating the biomass of an insect benthos. *Journal of Applied Ecology*, 1994, 31: 383 ~ 401.
- [14] 唐仕华, 虞快, 崇明东滩鸕鹚形目鸟类群落及其食性研究. 华东师范大学学报(自然科学版)动物学专辑, 1996: 79 ~ 83.
- [15] 唐仕华, 虞快. 长江口南岸春季鸕鹚形目鸟类的迁徙研究. 华东师范大学学报(自然科学版)动物学专辑, 1998: 135 ~ 139.
- [16] 胡伟, 陆健健. 长江口南岸三甲港地区春季鸕鹚群落结构研究. 华东师范大学学报(自然科学版), 2001, 4: 24 ~ 28.
- [17] 陆健健编著. 中国湿地. 上海: 华东师范大学出版社, 1990. 97 ~ 110.
- [18] Baker M C. A comparative Study of the Foraging Ecology of Six Species of Shorebirds (*Charadriiformes*, *Charadrii*) on Their Breeding and Wintering Ranges. PH. D. Thesis, Yale Univ. New Haven, Conn, 1971. 179.
- [19] Howes J, Bakewell D. Shorebird Studies Manual. Asian Wetland Bureau Publication No. 55 Malaysia, 1989. 245 ~ 268.
- [20] Aebischer N J, Robertson P A, Kenward R E. Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology*, 1993, 74: 1 313 ~ 1 325.
- [21] 王玲玲, 周纪芾编著. 常用统计方法. 上海: 华东师范大学出版社, 1994. 114 ~ 123.
- [22] Helmers D L. Western Hemisphere Shorebird Reserve Network, Manomet, Mass. Shorebird management manual, 1992. 58.
- [23] Davis C A, Smith L M. Ecology and management of migrant shorebirds in the Playa Lake region of Texas. *Wildlife Monograph*, 1998, 140: 1 ~ 48.
- [24] Skagen S K, Oman H D. Dietary flexibility of shorebirds in the western hemisphere. *Canadian Field-Nature*, 1996, 110: 419 ~ 444.
- [25] Wilson W H. Relationship between prey abundance and foraging site selection by semipalmated sandpipers on a Bay of Fundy mudflat. *Journal Field Ornithology*, 1990, 61: 9 ~ 19.
- [26] Ysebaert T, Meininger P L, Meire P. Waterbird communities along the estuarine salinity gradient of the Schelde estuary, NW-Europe. *Biodiversity and Conservation*, 2000, 9: 1 275 ~ 1 296.
- [27] Hands H M, Ryan M R, Smith J W. Migrant shorebird use of marsh, moist-soil, and flooded agricultural habitats. *Wildlife Society Bulletin*, 1991, 19: 457 ~ 464.
- [28] Weber L M, Haig S M. Shorebird use of south Carolina managed and natural coastal wetlands. *Journal of Wildlife Management*, 1996, 60(1): 73 ~ 82.
- [29] Goss-custard J D, Warwick R M, Kibby R. Towards predicting wading bird densities from predicted prey densities in a post-barrage Severn Estuary. *Journal of Applied Ecology*, 1991, 28: 1 004 ~ 1 026.
- [30] Wilson W H. Relationship between prey abundance and foraging site selection by semipalmated sandpipers on a Bay of Fundy mudflat. *Journal Field Ornithology*, 1990, 61: 9 ~ 19.
- [31] Davis C A, Smith L M. Ecology and management of migrant shorebirds in the Playa Lake region of Texas. *Wildlife Monograph*, 1998, 140: 44 ~ 45.