

# 九段沙湿地鸻形目鸟类迁徙季节环境容纳量

葛振鸣,周 晓,施文彧,王天厚\*

(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)

**摘要** 根据对九段沙湿地 2005 年春、秋季食物资源调查来计算迁徙期鸻形目鸟类的环境容纳量。结果表明,九段沙湿地春季食物总量为 4541.20 kg AFDW (去灰分干重),秋季为 2279.64 kg AFDW。按鸻形目鸟类有效栖息生境计算,春季鸟类可利用食物资源量为 3429.03 kg AFDW,秋季为 1700.92 kg AFDW。通过鸟类体型类群分类(根据去脂净重、基础代谢率和体长)和能量消耗模型可以得出,九段沙湿地迁徙季节总食物量理论上可维持的鸻形目鸟类最大数量约为春季 350 万只,秋季 175 万只。按有效生境计算,春季约为 260 万只,秋季约为 130 万只。考虑到食物取入率的影响,九段沙湿地实际可容纳约 13~26 万只鸟类。根据地理信息分析可知,高潮位期有效栖息地的缺乏可能是限制鸟类数量达到估计上限的主要原因,建议在不危害保护区生态安全的前提下,开辟一些隐蔽性强的裸地和浅水塘,以提高鸻形目鸟类对九段沙湿地资源的利用率。

**关键词** 九段沙湿地,鸻形目鸟类,迁徙季节,环境容纳量

文章编号:1000-0933(2007)01-0090-07 中图分类号:Q142,Q958,Q959.7 文献标识码:A

## Carrying capacity of shorebirds at Jiuduansha Wetland during the migratory seasons

Ge Zhenming, Zhou Xiao, Shi Wenyu, Wang Tianhou\*

School of Life Sciences, Shanghai Key Laboratory of Urbanization and Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062, China  
*Acta Ecologica Sinica* 2007, 27 (1): 0090~0096.

**Abstract**: The carrying capacity of food supply was measured in a stopover site at the Yangtze River Mouth for the migrating shorebirds during the two migratory seasons (spring and autumn). From March to April and September to October 2005, the macrobenthos resources of Jiudhansha wetland were investigated, and the most macrobenthos species in the new-formed shoal were defined as the appropriate foods for shorebirds. The results of biomass measurement showed that the total food resources were 4541.20 kg AFDW (Ash Free Dry Weight) in spring and 2279.64 kg AFDW in autumn. Another calculation was undertaken only in the available habitats (Intertidal Bare mudflat and Bulrush zones) for the shorebirds, the food resources in the available area was 3429.03 kg AFDW in spring and 1700.92 kg AFDW in autumn. Based on the classification of shorebird community (by lean weigh, basic metabolic rate and body length) and the energy depletion model, the whole food supply in Jiuduansha wetland can support 3.5 million shorebirds during spring season and 1.75 million during autumn season theoretically. The carry capacities of shorebirds in term of the available food were 2.6 million and 1.3 million during the two migratory seasons. Considering the effect of intake rate, the potential carrying capacity was 0.13~0.26 million shorebirds in the study area. The geographic information indicated that the main restrictive factor on

基金项目:上海市科委重大课题资助项目(04DZ19303;05DZ12005;06DZ12303);国家“十五”“211工程”重点学科建设基金资助项目

收稿日期:2006-03-02;修订日期:2006-07-12

作者简介:葛振鸣(1979~),男,上海人,博士生,主要从事湿地生态学研究。E-mail:gezhenming@hotmail.com

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

**Foundation item**: This work was financially supported by Shanghai Technology & Science Administration Key Project (Code No. 04DZ19303, 05DZ12005, 06DZ12303); The State's "211 Project"-supported key academic discipline of China

**Received date** 2006-03-02; **Accepted date** 2006-07-12

**Biography**: Ge Zhenming, Ph. D. candidate, mainly engaged in. E-mail: gezhenming@hotmail.com

shorebirds number in this area was the scarcity of available habitats when high tide periods rather than food supply. We recommend restoring some wading pools in the dense reed or *Spartina sp.* zones for shorebirds as the management strategy , by which to improve the utilization efficiency of the resources in Jiuduansha wetland for the shorebirds.

**Key words :** Jiuduansha ; shorebirds ; migratory seasons ; carrying capacity

动物迁徙是某一特定地区种群密度周期性变化的一种主要原因。影响种群数量变动的基本因素包括内部与外部因素。内部因素主要指决定种群繁殖特性的因素 ,外部因素包括影响种群动态的食物、天敌、气候等<sup>[1]</sup>。动物在迁徙过程中的数量变化主要以外部因素所主导 ,而且最为依赖的是途经栖息地的质量。

衡量栖息地被物种所利用的价值 ,首先要研究栖息地资源对物种的环境容纳量 ,环境容纳量是指某一特定生境所能容纳种群的最大数量。这里的“容纳”就是为种群提供的如食物、空间等生存条件。这一术语近来被广泛运用于评价某一栖息地对迁徙鸟类的价值 ,栖息地对于鸟类的环境容纳量被定义为整年或整个季节所能支持的鸟类最大数量<sup>[2]</sup>。环境容纳量的预测对于科学评估和管理自然保护区资源 (尤其是食物) ,以及维持、增加其保护价值是必不可少的<sup>[3]</sup>。但此关键性工作在国内较少开展。

长江口区域位于“东亚-澳大利亚”鸟类 (主要为鸻形目鸟类)迁徙路线的中部<sup>[4,5]</sup> ,春秋迁徙季节有数以百万计鸟类经过<sup>[6]</sup>。位于其中的九段沙国家级湿地保护区保持有较典型的河口湿地地形地貌和生态系统特征 ,常年无人居住且人为干扰较小。此外 ,由于九段沙并非鸻形目鸟类繁殖地 ,排除了鸟类出生增长率的影响 ,而且春秋季节鸻形目鸟类的空间分布和食性生态位与其他水禽有较大差别<sup>[7,8]</sup>。所以九段沙湿地具备的条件很适合开展此类研究。

为了加强自然保护区质量评估和管理的科学性 ,上海市政府对“九段沙湿地鸟类功能群的保育”进行了立项研究 ,本工作正是基于这些条件上开展的。

1 研究区域及概况

九段沙湿地是长江口第三代新生沙洲 (N 31°03' ~ 31°17' , E 121°46' ~ 122°15' ) ,包括上沙、中沙和下沙 3 个沙洲 (图 1) ,东西长约 50km ,南北宽约 15km ,总面积 500km<sup>2</sup> ,吴淞 0m 以上 145km<sup>2</sup> <sup>[9]</sup>。属东亚季风气候 ,四季分明 ,年均气温为 15 ~ 16 ℃ ,年均水温在 17 ~ 18 ℃ 之间 ,具有明显的海岛气候特征。九段沙附近属非正规半日浅海潮 ,平均潮差 2.67 m。植被群落主要由芦苇 (*Phragmites australis*)、互花米草 (*Spartina sp.*)、海三棱藨草 (*Scirpus × mariquete*)和藨草 (*Scirpus triqueter*)构成<sup>[10,11]</sup>。

2 研究方法

2.1 生境面积计算

将现有 2004 年 5 月九段沙湿地卫星遥感照片作为数据源 ,导入 GIS 软件 Arcview3.2 后通过波段调整结合控制点现场踏勘 ,对影像要素进行分类 ,进行图型矢量转制绘制滩涂和植被类型图 ,以 2004 年版长江口南部海事图为准 ,划定吴淞基面标高 1m 以上区域的边界 (上海市海平面以吴淞零米为基准) ,并使用 Arcview3.

2 计算各植被带和光滩的面积。

2.2 底栖动物采集及生物量计算

2005 年春季 (3 ~ 4 月份)和秋季 (9 ~ 10 月份) ,分别在九段沙湿地按不同生境设置采样点 54 个 ,其中光滩 21 个、海三棱藨草/藨草带 14 个、芦苇带 11 个、互花米草带 8 个 ,同时进行 GPS 定位。底泥采集使用内径 10 cm 的 PVC 管 ,取表面 20 cm 表层土 ,每个样点重复 4 次 ,累计取样面积 0.0314 m<sup>2</sup> ,共处理 432 份样品 ,样



图 1 九段沙地理位置

Fig. 1 The location of Jiuduansha wetland

品用孔径 0.5 mm 的网筛进行筛洗,再用 10% 甲醛固定以研究底栖动物的群落结构,判断九段沙湿地鸻形目鸟类可利用的食物比例。标本处理和分析均按《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》第 7 篇“海岸带生物调查方法”。由预研究可知,九段沙湿地底栖动物以软体动物和甲壳动物数量居多,故鸟类可利用的底栖动物生物量(资源量)以去灰分干重(AFDW-Ash Free Dry Weight)计算<sup>[12,13]</sup>。具体方法是将样品置于 60℃ 烘箱烘至恒重后称其干重,然后在 600℃ 下煅烧 12h 后得到灰分重量,最后得到 AFDW 重量。

2.3 环境容纳量计算

根据 Patrick 等(1994)年测算鸻形目鸟类消耗潮间带滩涂无脊椎底栖动物的方法<sup>[14]</sup>,进行模型转换来计算迁徙期(春季 3~5 月,秋季 9~11 月)九段沙湿地吴淞 1m 线以上底栖动物总生物量和鸻形目鸟类有效栖息生境(光滩和海三棱藨草/藨草带)<sup>[7,15]</sup>内资源量可维持的鸟类最大数量。

具体公式如下:

C = C<sub>1</sub> (光滩) + C<sub>2</sub> (海三棱藨草/藨草) + C<sub>3</sub> (芦苇) + C<sub>4</sub> (互花米草) (1)

C<sub>i</sub> = (AFDW<sub>i</sub> × A<sub>i</sub>) / (πr<sup>2</sup>) × 10<sup>8</sup> (2)

C = (D × N × 3 × BMR) / (Q × F × 10<sup>3</sup>) ⇔ N = (C × Q × F) / (D × 3 × BMZ) × 10<sup>3</sup> (3)

根据鸻形目鸟类去脂净体重(Lean Weight LW)和体长(Body Length BL)的差异,人为将群落划分为大型(LW>0.4 kg, BL>40 cm)、中型(0.4 kg>LW>0.1 kg, 40 cm>BL>24 cm)和小型(LW<0.1 kg, BL<24 cm)三类,并计算各类型鸟类的平均基础代谢率(Basic Metabolic Rate BMR)。根据邻近湿地如崇明东滩鸟类保护区和上海郊县滨海滩涂湿地的水鸟调查结果<sup>[7,15-17]</sup>,估算出九段沙迁徙期鸻形目鸟类群落结构,从而推算出鸟类群落综合基础代谢率。

BMR = BMR<sub>1</sub> × P(大型) + BMR<sub>2</sub> × P(中型) + BMR<sub>3</sub> × P(小型) (4)

P(大型) + P(中型) + P(小型) = 1 (5)

式中,C 为总生物量 AFDW(g);C<sub>i</sub>为各生境下生物量 AFDW(g);AFDW<sub>i</sub>为各生境采样点生物量(g);A<sub>i</sub>为各生境采样面积(hm<sup>2</sup>);r 为采样器半径(5 cm);D 为迁徙期天数(春秋各 90 d)<sup>[7]</sup>;BMR 为综合基础代谢率(kJ/d)<sup>[18]</sup>;BMR<sub>i</sub>为各类型鸻形目鸟类平均基础代谢率(kJ/d);P 为各类型鸻形目鸟类的比例;N 为可支持鸟类最大量;Q 为同化率(0.85)<sup>[18,19]</sup>;F 为热值(22 kJ/g)<sup>[12,19]</sup>。

3 结果与分析

3.1 九段沙底栖动物资源量

九段沙湿地吴淞 1m 线以上光滩面积 3878.01 hm<sup>2</sup>,海三棱藨草/藨草带 2619.36 hm<sup>2</sup>,芦苇带 1345.71 hm<sup>2</sup>,互花米草 799.54 hm<sup>2</sup>(图 2 和表 1)。通过密度统计,春秋季九段沙底栖动物中软体动物、甲壳动物和环节动物占 96% 以上(图 3),为鸻形目鸟类可利用的食物来源<sup>[20-22]</sup>。根据公式 1、2 和 3,底栖动物总资源量春

表 1 九段沙各生境类型面积和春秋季底栖动物资源量

Table 1 The area and food mass of each habitat of Jiuduansha wetland during spring and autumn					
生境类型 Habitat type	面积 Area (hm <sup>2</sup> )	春季 Spring		秋季 Autumn	
		AFDW <sub>i</sub> (g/m <sup>2</sup> )	C <sub>i</sub> (g)	AFDW <sub>i</sub> (g/m <sup>2</sup> )	C <sub>i</sub> (g)
光滩 Bare mudflat	3878.01	64.37 ± 60.86	2496275.04	20.72 ± 13.10	803523.67
海三棱藨草/藨草 Bulrush	2619.36	35.61 ± 26.15	932754.10	34.26 ± 20.52	897392.74
芦苇 Reed	1345.71	23.13 ± 22.26	311262.72	14.73 ± 8.87	198223.08
互花米草 <i>Spartina</i> sp.	799.54	100.17 ± 55.49	800899.22	47.59 ± 34.81	380501.09
有效生境 Available habitats*	6497.37	—	3429029.14	—	1700916.41
合计 Sum	8642.42	—	4541191.08	—	2279640.58

\* 有效生境:光滩和海三棱藨草/藨草带 Available habitats for shorebirds: Bare mudflat and Bulrush zones; AFDW<sub>i</sub> 各生境采样点生物量 The foods mass in the samples; C<sub>i</sub> 各生境下生物量 The foods mass of each habitat

季为 4541.20 kg ,秋季为 2279.64 kg ,按鸻形目鸟类可利用生境 (光滩和海三棱藨草/藨草带 )计算 ,鸟类可利用底栖动物资源量春季为 3429.03 kg ,秋季为 1700.92 kg (表 1 )。

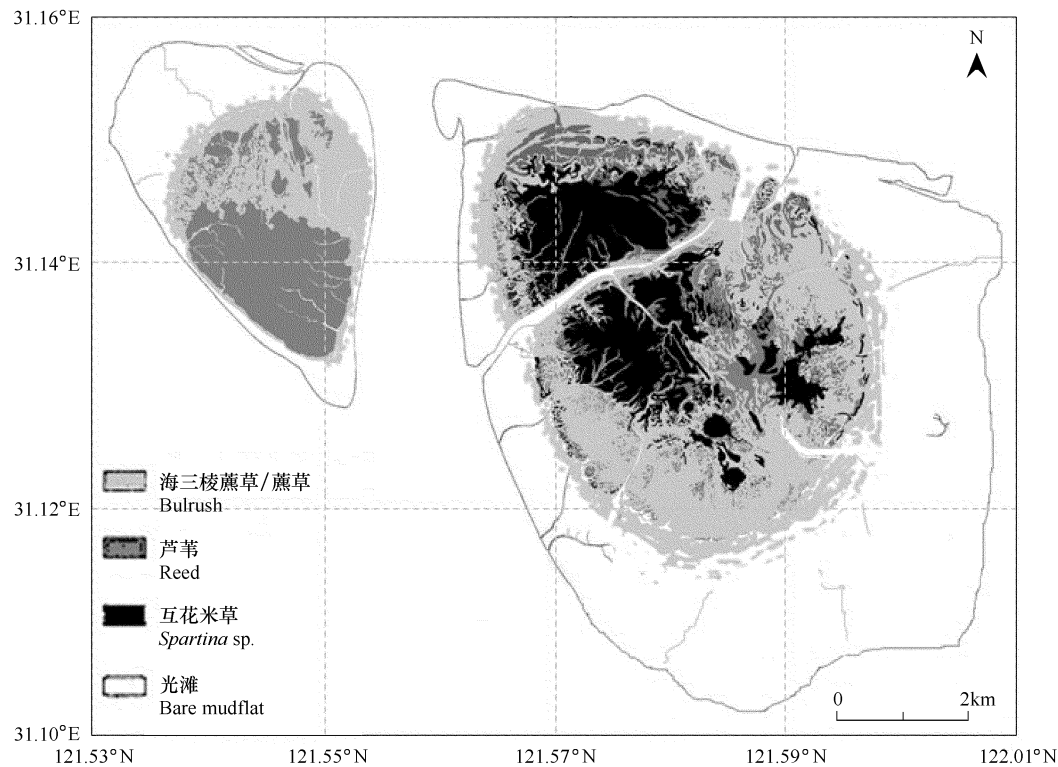


图2 九段沙湿地生境分类图  
Fig. 2 The habitats classification of Jiuduansha wetland

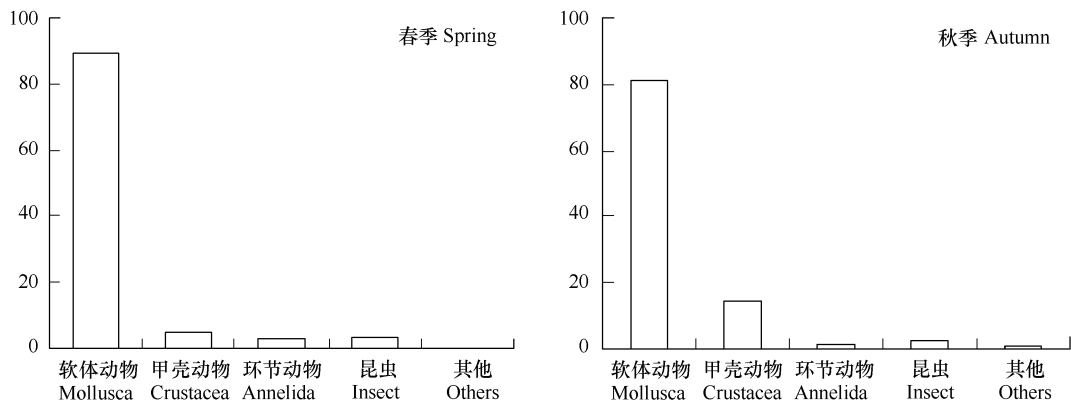


图3 九段沙春秋季节底栖动物群落组成 (密度比例)  
Fig. 3 The macrobenthos community component in Jiuduansha wetland during spring and autumn (density percent)

3.2 鸻形目鸟类群落分类和综合基础代谢率

根据鸻形目鸟类去脂净体重 ( $LW$ )、基础代谢率 ( $BMR$ )和体长 ( $BL$ )的差异 ,将其分为大、中和小型 3 类 (表 2)。长江口区域鸻形目鸟类群落春季由 10% 大型鸟类、20% 中型鸟类和 70% 小型鸟类组成 ,秋季由 5% 大型鸟类、35% 中型鸟类和 60% 小型鸟类组成 (表 3 ) 通过公式 4 将九段沙湿地鸻形目鸟类综合基础代谢率折算为 90.50 kJ/d (春季 )和 90.25 kJ/d (秋季 )。

3.3 鸻形目鸟类环境容纳量

由公式 3 得出 ,九段沙湿地吴淞 1m 线以上区域底栖动物总资源量春季能支持的最大鸻形目鸟类数量为 3475353.92 只 ,秋季为 1749431.78 只。若根据可利用生境面积计算 ,春季可容纳 2624221.20 只 ,秋季可容纳 1305309.81 只鸟类。

表 2 鸻形目鸟类体型分类  
Table 2 Classification of the shorebirds by bodily form

种类 Species	去脂净体重 Lean Weight (kg )	基础代谢率 BMR (kJ/d )	体长 Body Length (cm )	体型分类 Somatotype
环颈鸻 <i>Charadrius alexandrinus</i>	0.05	49	15	小型 Small sized species
黑腹滨鹬 <i>Calidris alpina</i>	0.05	49	19	
剑鸻 <i>Charadrius hiaticula</i>	0.05	49	19	
三趾鹬 <i>Calidris alba</i>	0.05	49	20	
翻石鹬 <i>Arenaria interpres</i>	0.08	69	23	
红腹滨鹬 <i>Calidris canutus</i>	0.14	104	24	
青脚鹬 <i>Tringa nebularia</i>	0.18	125	32	中型 Medium sized species
红脚鹬 <i>Tringa totanus</i>	0.14	104	28	
鹤鹬 <i>Tringa erythropus</i>	0.14	104	30	
斑尾塍鹬 <i>Limosa lapponica</i>	0.27	168	40	
灰斑鸻 <i>Pluvialis squatarola</i>	0.19	130	28	
反嘴鹬 <i>Recurvirostra avosetta</i>	0.24	154	43	
红腰杓鹬 <i>Numenius madagascariensis</i>	0.70	337	63	大型 Large sized species
蛎鹬 <i>Haematopus ostralegus</i>	0.53	275	44	
中杓鹬 <i>Numenius phaeopus</i>	0.41	228	43	

数据来源为 Patrick 等的总结<sup>[4]</sup> ,表中所述为可获得的同时具备去脂净重和基础代谢率数据的鸟种 ,而非九段沙湿地观察到的全部鸟种数。The data resource was from the conclusion of Patrick *et al.* (1994 ); the species listed in the table were not the whole species group surveyed in Jiuduansha wetland , but the species with Lean Weight and BMR data from the related articles

表 3 九段沙春秋季节鸻形目鸟类群落结构和综合基础代谢率折算

Table 3 Community component and synthetical BMR of the shorebirds in Jiuduansha wetland

体型分类群落 Somatotyped Community	平均基础代谢率 BMRi (kJ/d )	春季比例 ( % ) Proportion in sping	秋季比例 ( % ) Proportion in autumn
大型 Large sized species	280	10	5
中型 Medium sized species	127	20	35
小型 Small sized species	53	70	60
综合基础代谢率 BMR	90.50 (spr. )/90.25 (aut. )		

按总资源量：

春季  $N = \frac{4541191.08 \times 0.85 \times 22}{90 \times 3 \times 90.50} \times 1000 = 3475353.92$  (只)

秋季  $N = \frac{2279640.58 \times 0.85 \times 22}{90 \times 3 \times 90.25} \times 1000 = 1749431.78$  (只)

按可利用生境：

春季  $N = \frac{3429029.14 \times 0.85 \times 22}{90 \times 3 \times 90.50} \times 1000 = 2624221.20$  (只)

秋季  $N = \frac{1700916.41 \times 0.85 \times 22}{90 \times 3 \times 90.25} \times 1000 = 1305309.81$  (只)

4 讨论

4.1 影响环境容纳量的因素

从可利用生境的食物资源量角度衡量栖息地对于物种的利用价值是较为直接的 ,特别是能比较直观地体

现资源可维持的种群或群落最大量,九段沙湿地迁徙季节总食物量理论上可维持 175 ~ 350 万只鹬形目鸟类,按鹬形目鸟类适宜生境内的食物资源量计算,可容纳 130 ~ 260 万只左右鸟类。在实际中这只是一种理论上的测算,影响物种环境容纳量的因素有很多,迁徙鸟类在湿地滩涂的环境容纳量涉及到摄食率(Intake rate)、取食模式、摄食时间、气候变化、食性生态位重叠和密度制约产生的种间、种内竞争,以及人类捕捞对食物量的影响等<sup>[23]</sup>,这些因素都会影响到鸟类的总取食量。根据相关研究,小型鹬形目鸟类在较适应的生境里摄食率为 8.60 g AFDM/d 左右<sup>[14]</sup>,红腹滨鹬(*Calidris canutus*)的摄食率约为 0.433 mg AFDM/s<sup>[24]</sup>,蛎鹬(*Haematopus ostralegus*)为 0.67 ~ 0.87 mg AFDM/s<sup>[25]</sup>,红腰杓鹬(*Numenius madagascariensis*)是体型最大的鹬形目鸟类之一,其摄食率为 2.5 ~ 3.6 mg AFDM/s<sup>[26]</sup>。中大型鸟类的摄食率平均约在 20.57 ~ 45.00 g AFDM/d 的范围里<sup>[14]</sup>。根据一些研究的总结,鹬形目鸟类在繁殖地取食量大约占总资源量的 13% ~ 23%<sup>[14]</sup>,在越冬地大约为 12% 左右<sup>[23]</sup>。

由长江口水鸟调查可知,鹬形目鸟类分布较不均匀,密度也相对不高,且与其他常见水禽(如鹭科、鸭科)的时空分布和食性有较大区别<sup>[7,8]</sup>,所以在九段沙湿地鹬形目鸟类环境容纳量研究中主要考虑摄食率的影响。由于鸟类在繁殖地和越冬地的食物消耗率一般大于中途停歇地,所以推测鹬形目鸟类在九段沙中转站的摄食率约为 10%,按适宜生境计算,鹬形目鸟类容纳量约为 13 ~ 26 万只。

4.2 保护区管理策略

保护生物学的首要工作就是鉴别不同地区的生物丰富度来判断不同地区的相对重要性,从而确定优先实施物种保护的区域和建立物种保护的的各项措施<sup>[27]</sup>。九段沙湿地的食物资源丰富,迁徙季节大约可支持 13 ~ 26 万只左右鹬形目鸟类,已经达到国际重要湿地标准(能维持 2 万只以上水鸟度过其生活史重要阶段的湿地,或者一种或一亚种水鸟总数的 1% 终生或生活史的某一阶段栖息的湿地,《Ramsar 湿地公约》)。因此,如何能使九段沙湿地栖息的鸟类达到这样的数量是保护区和相关研究人员所要解决的问题。

九段沙湿地成陆历史仅有 50a,1997 年为促淤而种植了大量芦苇和互花米草<sup>[28]</sup>,由 2004 年九段沙湿地生境分类图可知,湿地高程区域现覆盖了大面积芦苇和互花米草群落(图 2),其中的底栖动物量也比较丰富(表 1),但由于鹬形目鸟类在高大密集的植被丛(如芦苇和互花米草)出现的几率甚少,仅在外围的光滩和蘆草带区域活动<sup>[29]</sup>。互花米草作为外来引入种,对滩涂促淤有较大作用,但由此也会大面积侵入外围光滩和其他区域,使水禽实际栖息地面积萎缩<sup>[30]</sup>。另外,九段沙湿地海拔最高在 3.5 m 左右,中高潮期时水面覆盖大部分光滩和蘆草区域,相关的研究表明,由于高潮水位覆盖了中低潮滩的蘆草和光滩区域,低潮期在此觅食的鹬形目鸟类被迫飞至高潮带和潮上坪栖息<sup>[29,31]</sup>,而稠密的芦苇和互花米草大幅度地消减了鹬形目鸟类在高潮期时有效栖息地的面积,这可能会影响鸟类对九段沙湿地的利用,从而导致鹬形目鸟类目前的实际数量无法达到本研究推算出的数量上限。

因此,根据迁徙鸟类的活动规律,可在较高程植被区做一定管理和调整,在不影响外围植被消浪促淤作用和防御风暴潮等自然灾害的前提下,通过人工干预开辟一些隐蔽性强的裸地和浅水塘,以增加有效生境面积供鸟类利用,使九段沙湿地更好地为鸟类栖息提供食物和空间资源保障。

References :

[1] Sun R Y. Animal Ecology Theory. Beijing : Beijing Normal University Press , 2001.

[2] Goss-Custard J D , Stillman R A , West A D , Caldow R W G , McGrorty S. Carrying capacity in overwintering migratory birds. Biological Conservation , 2002 , 105 : 27 - 41.

[3] Sutherland W J , Allport G A. A spatial depletion model of the interaction between bean geese and wigeon with the consequences for habitat management. Journal of Applied Ecology , 1994 , 63 : 51 - 59.

[4] Minton R S. Report on wader expedition to northwest Australia in August / September 1981. Stilt , 1982 , 2 : 14 - 26.

[5] Wilson J R , Barter M A. Identification of potentially important staging area for long jump migrant waders in the East Asian-Australian Flyway during northward migration. Stilt , 1998 , 32 : 16 - 26.

[6] Barter M. Shorebirds of the Yellow Sea : Importance , threats and conservation status. Australia : Wetlands International Global Series 9 , International Wader Studies 12 , Canberra , Australia , 2002.

[7] Wang T H , Qian G Z. The Waders in the Changjiang Estuary and the Hangzhou Bay. Shanghai :East China Normal University Publishing House , 1988.

[8] Zhou H , Zhong Y K , Zhao P , Ge Z M , Wang T H. Niche analysis of waterbirds at Eastern End of Chongming Island (Shanghai ). Chinese Journal of Zoology ,2005 ,40 ( 1 ) :59 – 65.

[9] Wang S N. Wetland utilization and protection. Shanghai :Science & Technology Press ,2003.

[10] Chen J K. Reports of Shanghai Jiuduansha Wetland Nature Reserve. Beijing :Science Press ,2003.

[11] Tang C J , J J Lu. Studies on plant community on the Jiuduansha Shoals at the Yangtze Estuary. Acta Ecologica Sinica ,2003 ,23 ( 2 ) :399 – 403.

[12] Howes J , Bakewell D. Shorebird Studies Manual. Kuala Lumpur. AWB Publication No. 55 ,1989. 143 – 147.

[13] Bessie O , Sekaran K. Changes in the Macrobenthos Community of a Sand Flat After Erosion. Coastal and Shelf Science ,Estuarine ,1995 ,40 :21 – 33.

[14] Patrick M Meire , Hans Schekkerman , Peter L Meininger. Consumption of benthic invertebrates by waterbirds in the oosterschelde estuary , SW Netherland. Hydrobiologia ,1994 ,Volume 282-283 , Number 1 :525 – 546.

[15] Ge Z M , Wang T H , Shi W Y , Zhou X. Seasonal change and habitat selection of shorebird community at the south Yangze River Mouth and Hangzhou Bay. Acta Ecologica Sinica ,2006 ,26 ( 1 ) :40 – 47.

[16] Ma Z J , Jing K , Tang S M , Chen J K. Shorebirds in the Eastern intertidal areas of Chongming Island during the 2001 northward migration. Stilt , 2002 ,41 :6 – 10.

[17] Ma Z J , Tang S M , Lu F , Chen J K. Chongming Island :A less important shorebird stopover site during southward migration ?Stilt ,2002 ,41 :35 – 37.

[18] Kersten M , Piersma T. High levels of energy expenditure in shorebirds ;metabolic adaptations to an expensive way of life. Ardea ,1987 ,75 :175 – 187.

[19] Zwarts L , Blomert A M. Selectivity of Whimbrels feeding on fiddler crabs explained by component specific digestibilities. Ardea ,1990 ,78 :193 – 208.

[20] Piersma T , Koolhaas A , Dekinga A. Interactions between stomach structure and diet choice in shorebirds. Auk ,1993 ,110 ( 3 ) :552 – 564.

[21] Louise M Weber , Susan M Haig. Shorebird diet and size selection of Nereid Polychaetes in South Carolina coastal diked wetlands. Journal of Field Ornithology ,1997 ,68 ( 3 ) :358 – 366.

[22] Myron Charles Baker. Shorebird food habits in the Eastern Canadian Arctic. Condor ,1977 ,79 :56 – 62.

[23] Goss-Custard J D ,Stillman R A , Caldow R W G ,West A D , Guillemain M. Carrying capacity in overwintering bird : when are spatial models needed ?Journal of Applied Ecology ,2003 ,40 :176 – 187.

[24] Patricia M Gonzalez. Food ,feeding , and refuelling of Red Knots during northward migration at San Antonio Oeste , Rio Negro , Argentina. Journal of Field Ornithology ,1996 ,67 ( 4 ) :575 – 591.

[25] Richard W G Caldow , Helen A Beadman , Selwyn McGrorty , Richard A Stillman , J D Goss-Custard , Sarah E A le V dit Durell , Andrew D West , Michel J Kaiser , Kim Mould , Andrew Wilson. A behavior-based modeling approach to reducing shorebird-shellfish conflicts. Ecological Applications ,2004 ,14 :1411 – 1427.

[26] Yuri Zharikov , Gregory A , Skilleter. A relationship between prey density and territory size in non-breeding Eastern Curlews Numenius madagascariensis. Ibis ,2004 ,146 :518 – 521.

[27] Sutherland W J. The conversation handbook :Reaserch , management and policy. UK :Blackwell Science Ltd Editional Offices ,2000.

[28] Chen J Y , Li D J , Jin W H. Eco-engineering of Jiuduansha Island cause by Pudong international airport construction. Engineering Science ,2001 ,3 :1 – 8.

[29] Wang T H , Wen X J , Shi J Y , Su Y X , Yang L N. HSBC Wetland Management Training Manual. Hong Kong :The copyright of World Wide Fund for Nature Reserve ,2003. 86 – 89.

[30] Chen Z Y , Li B , Zhong Y , Chen J K. Local competitive effects of introduced *Spartina alterniflora* on *Scirpus mariqueter* at Dongtan of Chongming Island , the Yangtze River estuary and their potential ecological consequences. Hydrobiologia ,2004 ,528 ,99 – 106.

[31] Hervey B. Shorebirds leaving the water to defecate. Auk ,1970 ,87 ( 1 ) :160 – 161.

参考文献：

[1] 孙儒泳. 动物生态学原理. 北京：北京师范大学出版社，2001.

[7] 王天厚，钱国桢. 长江口杭州湾鸻形目鸟类. 上海：华东师范大学出版社，1988.

[8] 周慧，仲阳康，赵平，葛振鸣，王天厚. 崇明东滩冬季水鸟生态位分析. 动物学杂志，2005，40（1）：59 – 65.

[9] 汪耘年. 上海湿地利用和保护. 上海：科学技术出版社，2003.

[10] 陈加宽. 上海九段沙湿地自然保护区科学考察集. 北京 科学出版社，2003.

[11] 唐承佳，陆健健. 长江口九段沙植物群落研究. 生态学报，2003，23（2）：399 ~ 403.

[15] 葛振鸣，王天厚，施文彧，周晓. 长江口杭州湾鸻形目鸟类群落季节变化和生境选择. 生态学报，2006，26（1）：40 ~ 47.

[28] 陈吉余，李道季，金文华. 浦东国际机场东移与九段沙生态工程. 中国工程科学，2001，3：1 ~ 8.

[29] 王天厚，文贤继，石静韵，苏毅雄，杨路年. 汇丰湿地管理培训手册. 香港 .世界自然基金会（香港），2003. 86 ~ 89.