

长江口潮滩湿地鸟类适栖地营造实验及短期效应

高 伟, 陆健健*

(华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

摘要: 2006 ~ 2007 年, 在总结以往研究的基础上, 根据鸟类生态学和生态工程学原理, 在长江口崇明岛西端潮滩湿地进行了 7hm² (实验工程区 and 对照区各 50%) 鸟类适栖地营造实验。结果表明, 实验工程区生态系统的生境单元和生物组分 (植被、大型底栖动物、鱼类和鸟类等) 均发生了明显变化。实验工程区由原来以芦苇群落为主的潮滩湿地变成以明水面、光滩、植被复合结构的湿地鸟类栖息地 (明水面面积占 40%、浅滩占 30%、植被占 30%)。植被从成片芦苇变为斑块芦苇、灌木丛和其它多类植物并存的格局; 大型底栖动物的种类数由开始实验时的下降, 逐渐恢复并超过对照区水平, 多出约 62%; 从无纳鱼功能变成有纳鱼功能, 秋冬季滞纳鱼类达 16 种。鸟类群落组成的变化最突出, 实验目标鸟类——潮滩湿地鸟 (鸻形目 Charadriiformes; 和鹬形目 Ciconiiformes) 以及非目标鸟类的种类和数量均明显高于对照区, 共记录到 56 种, 比对照区增加了 56%。由此说明, 本研究的鸟类适栖地营造的生态工程学思路和技术是可行的, 在河口湿地生态恢复和重建中具有一定的推广价值。

关键词: 长江口; 崇西湿地; 鸟类适栖地; 生态工程

文章编号: 1000-0933(2008)05-2080-10 中图分类号: Q142, Q16, Q958, Q959.7 文献标识码: A

A restoration trial of bird habitat on the intertidal flats in the Yangtze Estuary and its short-term effects

GAO Wei, LU Jian-Jian*

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

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 2080 ~ 2089.

Abstract: A study for bird habitats was conducted in inter-tidal flat area of Chongxi Wetland, Yangtze Estuary, during the periods from 2006 to 2007. A 7-hm² area was established for wetland restoration with 50% of the area for restoration and 50% of the area for control, respectively. Results showed that there were significantly developments in vegetation communities, macrobenthic, fish and bird habitats on the landscape of the restoration site. During restoration period, Reed (*Phragmites australis*) marsh in restoration site developed to a diverse area with open-water (40%), mud flat (30%), and multi-vegetation communities (30%). A diversity of vegetation succession with patch reeds, forest belt and other species was established during the study period; even the number of macrobenthic species was declined at the beginning of study period. However, it was found that there are more macrobenthic species (> 65%) in the restoration site than that of the control site in 2007. After restoration, 16 fish species were found in autumn and winter. The most significant development of this restoration site was bird communities. 56 bird species were found, including Charadriiformes and

基金项目: 上海市科委科技攻关资助项目 (No. 06DZ12301, 05DZ12008)

收稿日期: 2007-12-22; 修订日期: 2008-03-24

作者简介: 高伟 (1982 ~), 男, 云南人, 硕士生, 主要从事系统生态学研究. E-mail: gwzyk123@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jjlu@sklec.ecnu.edu.cn

致谢: 本研究得到崇西湿地科学实验站的大力支持, 课题组成员童春富博士对实验工程设计提出建议, 章飞军、张衡、熊李虎等提供部分材料在此一并致谢

Foundation item: The project was financially supported by Science & Technology Department of Shanghai (No. 06DZ12301, 05DZ12008)

Received date: 2007-12-22; **Accepted date:** 2008-03-24

Biography: GAO Wei, Master candidate, mainly engaged in systematic ecology. E-mail: gwzyk123@163.com

Ciconiiformes which we expected to obtain through ecological restoration, which was 56% more than the controlled area. This ecological restoration study shows that the idea and technique developed by ecological engineering is reasonable and feasible. It is suggested that this study can apply to ecological restoration of the estuarine wetlands in China.

Key Words: Yangtze Estuary; Chongxi Wetland; bird habitats; ecological engineering

河口湿地是国际重要的湿地类型之一,河口湿地生态系统修复的研究近期受到广泛的重视^[1~4];而湿地生态工程是生态修复普遍采用的手段,其技术研究已成为国内外的研究热点^[5~8]。

目前对湿地生态工程技术研究的报道,主要集中在基底和植被恢复技术方面^[5],对于鸟类栖息地营建技术的研究却很少报道^[9]。鸟类作为河口湿地生态系统的顶级消费者和生态系统健康的指标,其栖息地的生态修复对于河口湿地保护极为重要。目前,国际上对此主要采用两种修复方式:在 20 世纪 90 年代以前,主要采用在区域保护的前提下,让其自然恢复^[10,11];而在 20 世纪 90 年代以后,普遍采用生态建设方法,即根据区域环境特征,采用生态工程措施,进行鸟类栖息地的建设性恢复与重建,确保湿地各类生态服务功能的实现^[1,3,7]。

长江口湿地是亚太候鸟迁徙路线上一个重要的中转站,由于受到人类活动的影响,其作为鸟类适栖地的生态服务功能受到较大程度的破坏。因此,开展鸟类适栖地营建的实验研究十分重要,但国内尚未见报道。本文阐述了 2006~2007 年长江口潮滩湿地鸟类适栖地营建实验研究过程中实验前后生态系统生境单元和主要生物组分(植被、大型底栖动物、鱼类以及鸟类)种类组成变化,旨在论述湿地建设性保护的理念和鸟类适栖地营建生态工程技术,为河口湿地的生态修复提供研究范例。

1 研究区域与方法

1.1 区域概况

研究地点位于长江口崇明岛西端的崇明西沙湿地生态修复实验基地(E121°12'~16', N31°42'~44')(图 1),该区域属东南亚季风气候,年均温 15.5℃,年均水温 17.5℃,盐度为 0~1,以淡水为主。潮汐性质属于非正规半日浅海潮,多年平均潮差 2.20~4.0m。潮滩底质为软相沉积物,类型多为灰色和灰褐色的粘土质粉砂。基地沿长江有约 300 hm² 芦苇湿地,主要有 3 种植被类型:旱柳(*Salix matsudana*)-芦苇(*Phragmites australis*)混生群落,即旱柳和芦苇混合生长,100~300 m 宽,与海防大堤平行呈条带状分布;纯芦苇群落,全部由芦苇组成,面积最大,约 150hm²;芦苇斑块群落,为芦苇向江边滩涂斑块状扩散的区域,芦苇斑块之间往往间杂野生茭白(*Zizania aquatica*)群落。

1.2 研究方法

作者于 2006 年 1 月在研究区域选择了 3.5hm² 四面潮沟环绕的芦苇湿地,根据鸟类生态学和生态工程学原理进行鸟类适栖地营建实验,主要招引湿地水鸟——鸬鹚目和鸬鹚目,种类数预期比对照区多 20%,个体数多 50%;对照区设置在实验工程区西侧距离约 200m 的芦苇湿地,面积约 3.5hm²。实验前,实验工程区和对照区绝对优势种是芦苇,芦苇面积约占总面积的 80%,密度 66 ind./m²。

工程实施前后底栖动物调查已有报道^[12,13]。2007 年按月监测,在实验工程区随机选取 18 个 25cm(长)×25cm(宽)×20cm(深)的样方,用铁锹挖取底质,用 1mm 孔目套筛进行淘洗,获取底栖动物标本。底栖动

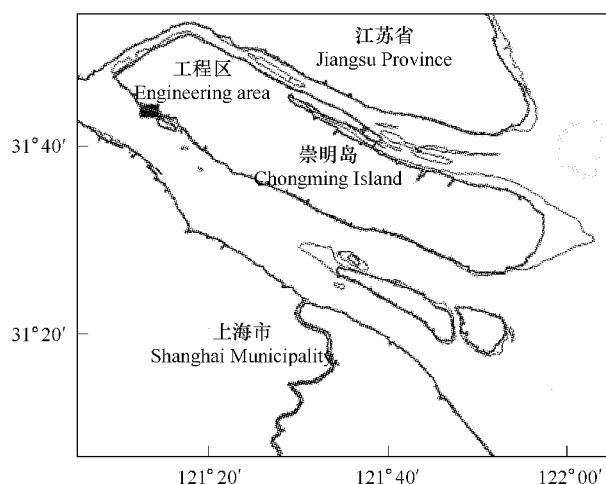


图 1 崇明西沙湿地生态修复实验基地位置图^[13]

Fig. 1 The base of ecological restored experiment in the Chongxi wetland of Chongming Island^[13]

物标本处理和分析方法均按《全国海岸带和海深资源综合调查简明规程》中海岸带生物调查方法进行^[14]。

植被调查方法采用踏查法,辅助样方法调查,样方大小 $1\text{m} \times 1\text{m}$,样方总数 18 个。调查时间为工程前 2005 年 8 月和工程后 2006、2007 年的 8 月。

鱼类调查采用电捕调查法,电瓶功率 2000W,电压 12V,电力半径 1.5m。一般在潮水连续进入实验工程区的最后一两天进行,在明水面随机选择 12 个点调查。调查时间 2006 年秋、冬季节。

鸟类调查方法主要是采取地面观测法对崇明西沙鸟类的种类、数量及其栖息生境进行了调查。用便携式卫星定位仪(GPS)测定调查的中心点地理位置,用 8~10 倍双筒望远镜和 20~40 倍单筒望远镜观察鸟类,样线长度为 0.5km。调查时间是 2006 年 3 月~2007 年 2 月。

植被、鱼类和鸟类调查分析方法参考《河口生态学》^[2]。

土方工程后管理方法主要是防潮堤坝维护和植被管理。防潮堤坝维护采取人工填补土方,堤上种植乔、灌、草增加堤坝稳固性;植被管理主要是刈割芦苇控制其拓展和引入湿生植物增加多样性及护堤。

3 鸟类适栖地营建实验过程

3.1 生境单元的人工改造

工程建设于 2006 年 1~2 月进行,工程总面积 3.5hm^2 。实施前此区域是四面潮沟环绕的芦苇湿地,植被面积约占 85%,潮沟以及光滩面积约占 15%。

工程根据鸟类生态学原理和生态工程原理,综合考虑水鸟分布的主要影响因素——水位、浅滩、植被盖度^[15~19],兼顾原潮沟系统进行了人为生境改造(包括挖塘、浅滩开挖、土堤建设、潮沟拓宽、中部区域垒高、近北侧水域面积增大等)。开挖 3000m^2 的滩面和 6 个小水塘,形成开阔明水面,退潮时水深 10~50cm,潮沟最深处为 1.2~1.5m,从中间向浅滩和避潮土堆逐渐上升,形成缓坡;通过削滩建设浅滩区域,主要去除地上部分的芦苇,形成与水连接的裸地缓坡。工程挖出约 4000m^2 用于避潮土堆建设和中部区域垒高,避潮土堆高不少于 1m,与水域和裸地连接区域形成缓坡。南侧土堆高于东西两侧土堆,形成主要避潮土堆。最终形成明水面约占 40%、浅滩占 30%、植被占 30% 的生境单元组合(图 2)。

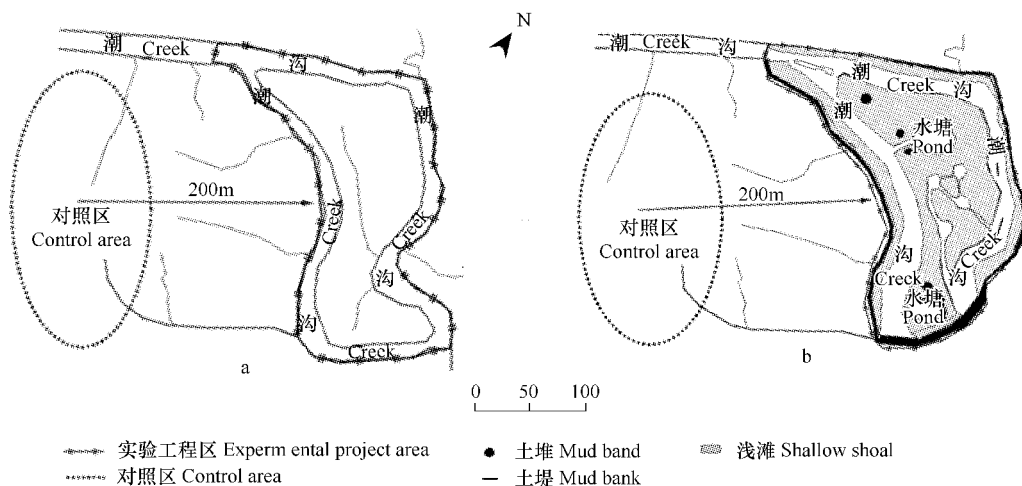


图 2 鸟类适栖地实验前后生境单元变化对照图(a 图为实验工程前区域图,b 图为实验工程后区域图)

Fig. 2 The comparison of habitat cell before and after project (a: map of before project; b: map of after project.)

3.2 植物引种和饵料投放

在微地貌改造基础上,引种香蒲 576 丛(根茎移植),沉水植物狐尾藻 884 丛,种苗主要采自邻近池塘、河浜。扦插柳树 200 株,引种桑树 40 株,苦楝 4 株,枸杞 40 丛,海桐 20 株,糙叶苔草、茅草 2000 多丛。为保障移栽植物的生长,营造适宜的鸟类栖息生境,对实验工程区原有优势植被芦苇进行了刈割。在高程较高区域,包括东西两侧土堤、区域内的土墩,播撒了狗牙根、结缕草种子各 10kg,杂花草种子 2kg。具体植物引种位置

见图 3。

在引鸟实验工程区南侧制作了长约 200m、高约 1m 的鱼类蓄纳网,自然蓄纳种苗。同时根据目标鸟类的食性、饵料自我繁育要求,通过采集、收购等方式,分 5 次向实验工程区投放了舟形无齿蚌 (*Anodonta eascaphys*)、中华圆田螺 (*Cipangopaludina cahayensis*)、河蚬 (*Corbicula fluminea*)、小杂鱼(主要是鲫鱼和鳊鲃类)、中华拟蟹守螺 (*Cerithidea sinensis*) 等动物性饵料约 400kg/hm²。

4 鸟类适栖地营建实验效果分析

4.1 植被

调查结果表明,工程前实验工程区有高等维管束植物 10 种,隶属 4 科,优势种是芦苇;2006 年同期调查显示,由于引种和自然扩散等原因,实验工程区高等维管束植物增加了 11 种,达到 21 种,隶属 10 科;到 2007 年,高等维管束植物达到 20 种,其中引种的有 5 个种,自然增加了 5 个种。实验工程区高等维管束植物和覆盖面积比例见表 1。

2005 年至 2007 年间,实验工程区的植物及其覆盖面积发生了明显的变化。2005 年夏季时,实验工程区区域芦苇是绝对优势种;另外,伴生有线叶旋覆花、糙叶苔草和菰,偶见有无芒稗、马兰等。工程实施之后,芦苇去除的区域被滩涂原有植被(如无芒稗、线叶旋覆花、菰、糙叶苔草等)渐渐扩散和更替,无芒稗、线叶旋覆花、菰、糙叶苔草覆盖面积迅速扩大,和芦苇一并成为实验工程区优势物种。2007 年,通过对芦苇的进一步控制,芦苇面积略有降低,无芒稗区域被线叶旋覆花、糙叶苔草和青蒿代替,菰的覆盖面积有所降低,实验工程区优势种变成芦苇、线叶旋覆花和糙叶苔草。引种物种除了种在防潮堤、土堆上的旱柳和白茅有所增加外,其余物种大多被淘汰,有的则长势不佳。

4.2 大型底栖动物

工程实施前后,大型底栖动物发生了显著变化^[12,13]。由于进行了土方工程,土方建设的区域种类和丰度均下降为 0。工程完工后,运用 Exergy 值作为生态学指标对实验工程区底栖动物的恢复进行评价发现,工程结束后 9d 时降到最低,接着实验工程区大型底栖动物群落的 Exergy 值逐渐与周围对照区趋向平衡。270d 后,实验工程区的大型底栖动物群落得到恢复^[12,13]。

2007 年以来对实验工程区进行日常监测,实验工程区共记录到大型底栖动物 13 种,其中甲壳动物 7 种,软体动物 4 种,环节动物 2 种;对照区记录到大型底栖动物 8 种,其中甲壳动物 4 种,软体动物 2 种,环节动物 2 种。实验工程区绝对优势种是无齿螳臂相手蟹 (*Chinomantes delaani*),但是植被中优势种除无齿螳臂相手蟹外,还有董拟沼螺 (*Assiminea violacea*)、排拟沼螺 (*A. latericea*) 和疣吻沙蚕 (*Tylorrhynchus heterochaetus*),光滩优势种是谭氏泥蟹 (*Ilyoplax deschampsii*) 和圆锯齿吻沙蚕 (*Dentinephrys galbra*),明水面优势种是日本沼虾 (*Macrobrachium nipponense*)。实验工程区还偶见中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*)、河蚬、板跳钩虾 (*Orchestia plantensis*) 等。对照区优势种除无齿螳臂相手蟹外,还有排拟沼螺、董拟沼螺和疣吻沙蚕。另外,实验工程区中记录到的中华绒螯蟹、日本沼虾和秀丽白虾 (*Expalaemon modestus*) 等种类在对照区从未发现过。

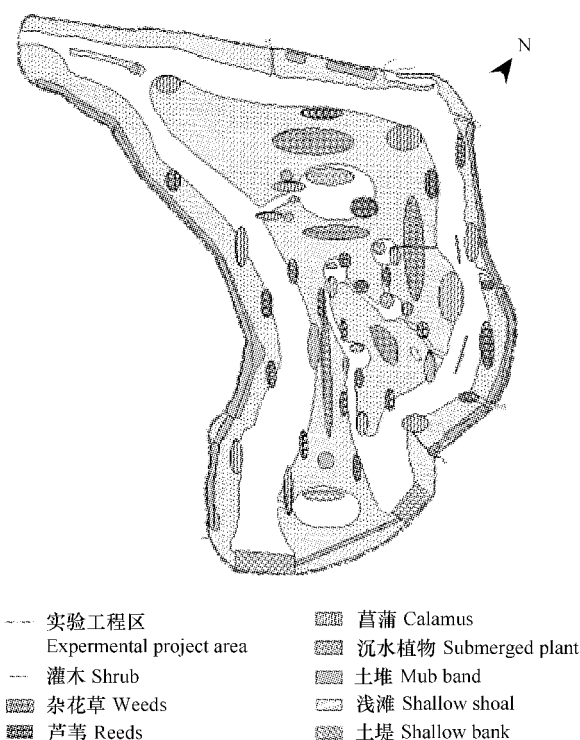


图 3 植被改造后实验工程区格局

Fig. 3 The pattern of experimental project area after vegetation reconstruction

表 1 2005、2006 和 2007 年 8 月实验工程区不同植物的覆盖面积比例的变化

Table 1 The proportion (%) of different vegetation coverage area in the restored areas in August, 2005—2007

科 Family	种名 Species	覆盖面积比例 Proportion (%)		
		2005	2006	2007
蓼科 Polygonaceae	绵毛酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i> var. <i>salicifolium</i>	<1	<1	<1
唇形科 Labiatae	小鱼仙草 <i>Mosla dianthera</i>	—	1	2
苋科 Amaranthaceae	* 水花生 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	—	—	<1
茄科 Solanaceae	* 枸杞 <i>Lycium chinense</i>	—	<1	<1
菊科 Compositae	青蒿 <i>Artemisia carvifolia</i>	<1	4	8
	野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i>	—	2	<1
	萎蒿 <i>Artemisia selenensis</i>	—	3	<1
	线叶旋覆花 <i>Inula lineariifolia</i>	8	20	30
	马兰 <i>Kalimeris indica</i>	2	3	3
	加拿大一枝黄花 <i>Solidago Canadensis</i>	—	<1	<1
香蒲科 Typhaceae	* 水烛 <i>Typha angustifolia</i>	—	2	—
莎草科 Cyperaceae	糙叶苔草 <i>Carex scabrifolia</i>	5	15	25
	水莎草 <i>Juncellus serotinus</i>	<1	1	<1
	两歧飘拂草 <i>Fimbristylis dichotoma</i>	<1	<1	<1
杨柳科 Salicaceae	* 旱柳 <i>Salix matsudana</i>	—	3	5
楝科 Meliaceae	* 苦楝 <i>Melia azedarach</i>	—	<1	<1
海桐科 Pittosporaceae	* 海桐 <i>Pittosporum tobira</i>	—	<1	—
禾本科 Poaceae	无芒稗 <i>Echinochloa crusgali</i> var. <i>mitis</i>	<1	15	5
	* 白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	—	1	3
	鸭嘴草 <i>Ischaemum aristatum</i> var. <i>glaucum</i>	—	<1	<1
	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	80	30	20
	菰 <i>Zizania caduciflora</i>	5	15	10

* : 栽培种;2005 年植被总面积约 3hm²,2006 和 2007 年植被总面积是 1hm² 左右 Stands for cultivated species; Total vegetation area was about 3hm² in 2005, but 1hm² in 2006 and 2007

4.3 鱼类

在工程前,实验工程区出现的鱼类是随潮汐的涨落而进出,退潮后,鱼类不可能停留在此区域。工程后,实验工程区形成了一定的水面面积,部分鱼类在此生活,达到自然纳饵的功能,从而提高了涉禽和游禽的捕获几率。

根据调查结果,滞纳在实验工程区的鱼类有 16 种,隶属 5 科;其中鲤科鱼类最多,为 11 种。优势种是鲫 (*Carassius auratus*)、似鳊 (*Pseudobrama simony*)、红鳍鲌 (*Culter erythropterus*)、棒花鱼 (*Abbottina rivularis*) 和油鲈 (*Hemiculter bleekeri*)。偶见弹涂鱼 (*Periophthalmus cantonensis*)、梭鲈 (*Liza carinatus*)、麦穗鱼 (*Pseudorasbora parva*)、兴凯鲌 (*Acheilognathus chankaensis*)、刀鲚 (*Coilia ectenes*) 等。这些种类都是潮间带鱼类,与崇西潮滩鱼类研究结果相似^[20]。

4.4 鸟类

实验工程区共记录到鸟类 56 种,隶属 12 目,23 科;数量比例 >5% 的种类有翘嘴鹌、白腰草鹌、矶鹌、白腰杓鹌、小白鹭等 7 种。对照区共记录到鸟类 36 种,隶属 6 目,12 科;数量比例 >5% 的种类仅有震旦鸦雀、棕翅缘鸦雀和芦鹌 3 种(表 2)。实验工程区还记录有对照区未记录到的鸟类 20 种,其中如小鸊鷉、绿头鸭、黑腹滨鹌和凤头麦鸡等水鸟 8 种,其余 12 种为陆鸟,如白头鹎、环颈雉、普通翠鸟和珠颈斑鸠等。

从鸟类生态类群组成来看,实验工程区和对照区最多的都是涉禽和鸣禽,但是六大生态类群的物种数都是实验工程区大于对照区,目标鸟类——游禽和涉禽的物种数比对照区约多 39%,个体总数多 76%(表 2 和图 4)。对照区特点是部分雀形目鸟类(如震旦鸦雀)的数量明显多于实验工程区,但不管是目标鸟类和非目

标鸟类的种类、个体总数均是实验工程区高于对照区,初步反映了实验工程区对鸟类,特别是湿地鸟类的良好招引效果。

表 2 实验工程区和对照区鸟类物种数和数量的对比

Table 2 The comparison of birds' number of specie and individual between experimental project and control area

目 Order	科 Family	种名 Species	居留型 Residence type	数量百分比 Proportion (%) *	
				对照区 Control site	实验工程区 Experimental project area
雀形目 Passeriformes	椋鸟科 Sturnidae	八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	留	0	0.28
	鹁鸽科 Motacillidae	白鹁鸽 <i>Motacilla alba</i>	留	0.95	6.08
		灰鹁鸽 <i>M. cinerea</i>	旅	0.71	0.74
		树鹁 <i>Anthus trivialis</i>	冬	0.98	7.12
	雀科 Fringillidae	白眉鹀 <i>Emberiza tristrami</i>	旅	1.23	0.04
		苇鹀 <i>E. pallasi</i>	冬	8.34	0.15
	鹌科 Pyononotidae	白头鹌 <i>Pyononotus sinensis</i>	留	0	0.47
	燕科 Hirundinidae	家燕 <i>Hirundo rustica</i>	夏	0	1.48
		金腰燕 <i>H. daurica</i>	夏	0	0.24
	文鸟科 Ploceidae	白腰文鸟 <i>Lonchura striata</i>	留	3.52	2.78
		麻雀 <i>Passer montanus</i>	留	0.91	4.53
	攀雀科 Remizidae	攀雀 <i>Remiz pendulinus</i>	冬	1.34	0.78
	鸫科 Muscicapidae	乌鸫 <i>Turdus merula</i>	留	0	0.93
		北红尾鸫 <i>Phoenicurus aureus</i>	冬	0	0.15
		褐头鹪莺 <i>Prinia sunflava</i>	留	0.37	0.43
		黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornata</i>	旅	1.02	0.16
		东方大苇莺 <i>Acrocephalus orientalis</i>	旅	1.51	0.93
		强脚树莺 <i>Cettia fortipes</i>	夏	0.33	0
		震旦鸦雀 <i>Paradoxornis heudei</i>	留	13.38	4.28
		棕翅缘鸦雀 <i>P. webbianus</i>	留	11.0	2.86
		棕扇尾莺 <i>Cisticola juncidis</i>	留	0.41	0.71
	伯劳科 Laniidae	红尾伯劳 <i>Lanius cristatus</i>	旅	0	0.39
		棕背伯劳 <i>L. schach</i>	留	0.68	0.84
	鸦科 Corvidae	喜鹊 <i>Pica pica</i>	留	0	0.22
鹤形目 Gruuiformes	秧鸡科 Rallidae	白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis phoenicurus</i>	夏	0.20	0.06
鸊鷉目 Podicipediformes	鸊鷉科 Podicipedidae	小鸊鷉 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	留	0	0.09
鸻形目 Charadriiformes	鹬科 Scolopacidae	中杓鹬 <i>Numenius phaeopus</i>	旅	0.04	1.03
		大杓鹬 <i>N. madagascariensis</i>	旅	0.18	4.95
		白腰杓鹬 <i>N. arquata</i>	冬	1.76	8.95
		大沙锥 <i>Gallinago megala</i>	旅	0	0.56
		针尾沙锥 <i>G. stenura</i>	旅	0	0.32
		黑腹滨鹬 <i>Calidris alpine</i>	冬	0	1.89
		白腰草鹬 <i>Tringa ochropus</i>	冬	0.69	5.45
		鹤鹬 <i>T. erythropus</i>	旅	1.05	2.86
		红脚鹬 <i>T. tetanus</i>	旅	1.13	1.55
		青脚鹬 <i>T. nebularia</i>	冬	0.02	0.53
		矶鹬 <i>T. hypoleucos</i>	留	1.34	7.46
		翘嘴鹬 <i>Xenus cinerae</i>	旅	0.95	9.68
	鸻科 Charadriidae	凤头麦鸡 <i>Vanellus vanellus</i>	冬	0	0.89
		环颈鸻 <i>Charadrius alexandrinus</i>	旅	3.46	2.61
		苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	留	0.69	2.83

续表

目 Order	科 Family	种名 Species	居留型 Residence type	数量百分比 Proportion (%) *	
				对照区 Control site	实验工程区 Experimental project area
雁形目 Anseriformes	鸭科 Anatidae	池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	夏	0.50	0.73
		大白鹭 <i>Egretta alba</i>	夏	0.32	1.27
		中白鹭 <i>E. intermedia</i>	夏	0.02	0.13
		白鹭 <i>E. garzetta</i>	夏	0.78	6.62
		夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>	冬	1.18	1.13
		黄苇鳉 <i>Ixobrychus sinensis</i>	夏	0.08	0.03
		绿翅鸭 <i>Anas crecca</i>	冬	0	0.15
		绿头鸭 <i>A. platyrhynchos</i>	冬	0	0.27
鸬形目 Cuculiformes	杜鹃科 Cuculidae	大杜鹃 <i>Cuculus canorus</i>	旅	1.15	0.74
佛法僧目 Coraciiformes	戴胜科 Upupidae	戴胜 <i>Upupa epops</i>	旅	0	0.07
	翠鸟科 Alcedinidae	普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	留	0	0.13
隼形目 Falconiformes	鹰科 Accipitridae	鸢 <i>Pandion haliaetus</i>	冬	0	0.09
鸥形目 Lariformes	鸥科 Laridae	普通燕鸥 <i>Sterna hirundo</i>	旅	1.18	1.06
鸽形目 Columbiformes	鸠鸽科 Columbidae	珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	留	0	0.45
鸡形目 Galliformes	雉科 Phasianidae	环颈雉 <i>Phasianus colchicus</i>	留	0	0.02

* 占实验工程区或对照区鸟类数量总数的百分比; 鸟类命名系统和居留型分别参照^[21,22] Proportion of the total in experimental project area or control site; The checklist of birds referenced "A complete checklist of species and subspecies of the Chinese birds"^[21]; Residence type referenced "Bird resources and habitats in Shanghai"^[22]

5 讨论

5.1 生境多样性与引鸟效果

水域、裸地、植被是影响自然湿地中涉禽、游禽分布的3个重要生境单元^[15~19]。有研究表明,这3种生境单元缺少其中任何一种,鸕鹚鸟类就几乎不出现^[15];不同生境单元的组合也会对鸕鹚鸟类种类和数量产生一定的影响^[23~25]。水深对涉禽的分布也产生重要影响,当水深在10~20cm时,其种类和数量最高^[16]。水域、植被和裸地是长江口鸕鹚类等涉禽、游禽栖息地的基本景观要素。有关研究表明,当植被覆盖度为10%~20%时,鸕鹚鸟类的数量最多^[15]。在自然滩涂上,涉禽和游禽在栖息地各要素之间的分布取决于其饵料的丰度^[26]。本研究在总结水鸟生态学研究基础上,人为进行生境单元组合实验,控制多样化的植被格局,人工投饵、自我繁育及自然纳饵。实验结果证明,生境改造形成的适宜水深、芦苇斑块、鸟类饵料多样性(底栖和鱼类),为鸟类提供了觅食和歇息的适宜地,招引的目标鸟类及非目标鸟类种类和数量均高于生境单一的对照区。

虽然实验工程区鸟类的种类、数量总体高于对照区,但并不是所有类群的鸟类种类、数量均高于对照区(如震旦鸦雀),这可能与所依赖的生境有关^[27,28]。在本研究中,由于芦苇等的刈割,植被覆盖面积的减少,许多在芦苇中栖息的雀形目鸟类(如震旦鸦雀),在实验工程区的分布数量明显低于对照区。但是由于浅滩生境的营建,以及纳饵功能设计、饵料投放等措施实施,鸟类饵料(如谭氏泥蟹、鱼类)丰度明显增加,使得部分

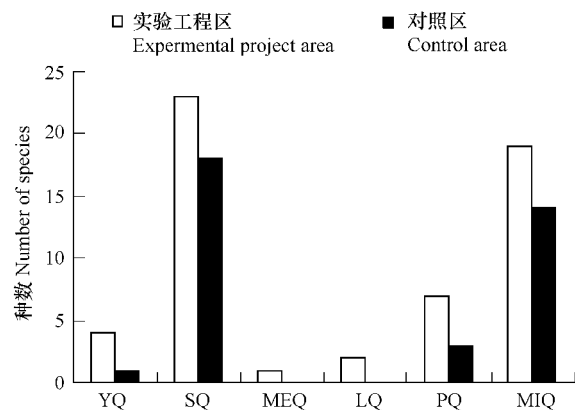


图4 实验工程区和对照区鸟类生物类群对比分析

Fig. 4 The comparison of birds' ecological group between experimental project and control area

YQ:游禽, SQ:涉禽, MEQ:猛禽, LQ:陆禽, PQ:攀禽, MIQ:鸣禽

YQ, SQ, MEQ, LQ, PQ and IQ stand for swimming bird, wading bird, bird of prey, climbing bird and singing bird

涉禽的数量明显高于对照区,如鹭科、鹬科,这与丹麦 Skjern River 的生态修复结果相似^[29,30]。芦苇控制后植被变化(旱柳引入、无芒稗扩展等)也为原本不出现在潮间带芦苇群落的陆生鸟类(如麻雀、珠颈斑鸠、八哥、喜鹊等陆生鸟类)提供了适宜生境。可见,通过多样化的生境单元组合能达到招引多种鸟类类群的目标。

5.2 设计与自我设计

设计(Design)与自我设计(Self-design)是湿地生态修复中的主要理论之一。前者认为通过人为工程和植被的重建,能加快湿地的恢复或重建;而后者则从生态系统水平着眼,强调系统的自适应和自我维持能力,并不注重人工干预^[31~33]。本实验有机结合这两种理论,即根据适栖地建设的目标来设计水面、浅滩和植被的比例,而底栖动物和鱼类则通过自我设计达到目标。

目前,设计与自我设计理论还存在较多争论,而且也有不同的研究分别支持两种理论^[33,34],但是两者并不是完全对立的,自我设计仍需要一定的人工干预措施。从本研究来看,尽管实验工程区进行了大量的引种,包括沉水植物的种植,但由于潮汐等自然因素的干扰作用,大多数引种最终都失败。但是,不可否认,人工的干预措施(芦苇刈割和浅滩营建等)改变了区域的环境条件,而使其形成多样化的植被分布格局。工程实施后,根据目标鸟类食性以及饵料自我繁殖更新设想,通过采集和收购等方式向实验工程区投放了舟形无齿蚌、中华圆田螺、河蚬和中华拟蟹守螺等动物性饵料,但是这些物种都没有在实验工程区形成建群种,而最终大型底栖动物的优势种都是原有种。因此,总体来看,湿地生态建设是设计与自我设计过程共同作用的结果,这是生态工程与其他工程的主要区别之一。

5.3 可持续管理策略

自然生态系统演变经常是很难预知的,这对管理带来困难,特别是潮滩湿地生态系统^[35]。由于在修复过程中,生态系统达到平衡是一个缓慢的过程,具有时滞效应;因此,在初始阶段生物组分的分布会呈现出很大的时空变异特征^[36~39]。本研究发现,通过对营建的鸟类适栖地进行管理,实验工程区形成了水塘、潮沟、裸地和植被组成的稳定复合潮滩湿地生境,这种生境多样性可能最终导致实验工程区生物多样性的增加。其中,植被、大型底栖动物和鱼类等发生了较大的变化。有必要指出的是,这种短期的监测虽然为我们提供了生态修复组分的第一手资料,但由此得出的结论和推论在生态系统恢复未达到平衡状态时,还有待于进一步研究。因此,长期连续性的监测对于鸟类适栖地管理策略的评估是非常必要的。

有研究表明,鸟类适栖地修复生态系统的发育一般依靠生境单元组合的管理,而且管理策略直接影响生物群落的结构与功能^[8]。在本研究中,鸟类适栖地管理策略是保持 40% 的水面,30% 的植被覆盖度,30% 的浅滩,达到 3 种生境单元的有机组合,使得鸟类饵料多样化,为涉禽和游禽提供有利的栖息条件。最主要的管理活动是防潮堤坝的维护,使得实验工程区维持较为稳定的明水面。另外,植被管理也是一个重要方面,主要是芦苇面积的控制。通过刈割防止其向周边浅滩扩展,维持稳定的浅滩面积。同时,引入部分湿生植物,起到护堤和增加物种多样性的作用,如旱柳、香蒲和白茅等(表 1)。但除旱柳和白茅外,其余物种成功率很低,这可能是受潮汐和无齿螳臂相手蟹对幼苗根部啃食的影响。因此,今后在河口潮滩湿地进行植物引种时,应充分考虑潮汐和大型底栖动物(特别是蟹类)的干扰作用。

References:

- [1] Richard H M, Eertman B A, Kornman E S, *et al.* Restoration of the Sijperda Tidal Marsh in the Scheldt Estuary. The Netherlands. *Restoration Ecology*, 2002, 10 (3): 438—449.
- [2] Lu J J. *Estuary Ecology*. Beijing: Ocean Press, 2003. 200—316.
- [3] Bergh E V, Damme S V, Graveland J, *et al.* Ecological Rehabilitation of the Schelde Estuary (The Netherlands-Belgium; Northwest Europe): Linking Ecology, Safety against Floods, and Accessibility for Port Development. *Restoration Ecology*, 2005, 13 (1): 204—214.
- [4] Lu J J, He W S, Tong C F, *et al.* *Wetland Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2006. 217—224.
- [5] Donald F H, Fischenich T J C, Palermo M R. Wetland research Program: Wetlands Engineering Handbook. US Army Corps of Engineers, 2000.
- [6] Lu J J, He W S, Tong C F. Key technologies and planning principles for the wetland restoration in the Yangtze Estuary. *Ecological Security and Ecological Construction*. Beijing: China Meteorological Press, 2002. 104—109.

- [7] Mitsch W J, John W D J. Restoration of wetlands in the Mississippi-Ohio-Missouri (MOM) River Basin: Experience and needed research. *Ecological Engineering*, 2006, 26: 55 — 69.
- [8] Morten L P, Jens M A, Kurt N M, *et al.* Restoration of Skjern River and its valley: Project description and general ecological changes in the project area. *Ecological Engineering*, 2007, 30: 131 — 144.
- [9] Evans P R, Ward R M, Bone M, *et al.* Creation of temperate-climate intertidal mudflats: factors affecting colonization and use by benthic invertebrates and their bird predators. *Marine Pollution Bulletin*, 1998, 37: 535 — 545.
- [10] California State Department of Fish and Game. Protection and restoration of San Francisco Bay fish and wildlife habitat. Volumes 1 and 2, 1979.
- [11] US Army Corps of Engineers. San Francisco Bay Tidal Stage versus Frequency Study. San Francisco District, 1984.
- [12] Zhang F J, Tong C F, Xie Z F, *et al.* Application of Exergy as an indicator in the restoration of benthic fauna communities. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(5): 1910 — 1916.
- [13] Zhang F J, Tong C F, Xie Z F, *et al.* The re-colonisation progress of intertidal benthic fauna community in the Changjiang Estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(12): 4944 — 4952.
- [14] Compiling Group of Concise Regulation of National Coastal Zone and Coastal Resources Comprehensive Survey. Concise Regulation of National Coastal Zone and Coastal Resources Comprehensive Survey. Beijing: Ocean Press, 1986.
- [15] Tang C J, Lu J J. A study on ecological characteristics of community of the migrating waders in wetlands insides cofferdam near the Pudong National Airport. *Chinese Journal of Zoology*, 2002, 37(2): 27 — 33.
- [16] Zhao P, Yuan X, Tang X X, *et al.* Species and habitat preference of waterbirds at the eastern end of Chongming Island (Shanghai) in winter. *Zoological Research*, 2003, 24(5): 387 — 391.
- [17] Oriane W T, Mark A C, Craig R I, *et al.* Waterbird responses to experimental drawdown: implications for the multispecies management of wetland mosaics. *Journal of Applied Ecology*, 2002, 39: 987 — 1001.
- [18] Fred V D, Sarah E V K, Christy E P, *et al.* Restoration efforts for plant and bide communities in Tallgrass Prairies using prescribed burning and mowing. *Restoration Ecology*, 2004, 12(4): 575 — 585.
- [19] Guo Z M, Wang T H, Zhou X, *et al.* Factor-analysis on habitat-selection of the avian community at the artificial wetlands behind the Chongming Dongtan seawall during winter and spring. *Restoration Ecology*, 2006, 27(2): 144 — 150.
- [20] Zhang H, He W S, Tong C F, *et al.* The species composition and analyzing on the biodiversity of the intertidal fishes in Chong-xi wetland in winter. *Resources and Environment in the Yangze Basin*, 2007, 16(3): 308 — 312.
- [21] Zheng Z X. A complete checklist of species and subspecies of the Chinese birds. Beijing: Science Press, 2000.
- [22] Huang Z Y, Sun Z H, Yu K. Bird resources and habitats in Shanghai. Shanghai: Fudan Press, 1998.
- [23] Helmers D L, Western H. Shorebird Reserve Network, Mahomet, Mass. Shorebird management manual, 1992, 58.
- [24] Mark A C, Sarah L D. Waterbird communities and habitat relationships in coastal pastures of Northern California. *Conservation Biology*, 1994, 9(4): 827 — 834.
- [25] 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.
- [26] Wilson W H. Relationship between prey abundance and foraging site selection by semipalmated sanpipers on a Bay of Fundy mudflat. *Journal Field Ornithology*, 1990, 61: 9 — 19.
- [27] Ma S Q. Study on the population ecology of parrotbill *Paradoxornis heudei*. *Zoological Research*, 1988, 9(3): 11 — 18.
- [28] Xiong L H, Wu X, Gao W, *et al.* Impact of reed cutting on foraging of reed parrotbill *Paradoxornis heudei*. *Chinese Journal of Zoology*, 2007, 42(6): 41 — 47.
- [29] Bregnballe T, Amstrup O, Bak M. Birds. The restoration of Skjern River. Summary of monitoring results 1999 — 2003 (in Danish with English summary). National Environmental Research Institute, 2005, Technical Report, No. 531: 96.
- [30] Bregnballe T, Amstrup O, Bak M, *et al.* Occurrence during the migration period and experiments with hunting regulations (in Danish with English summary). Waterbirds in Skjern Meadows 2002 — 2004. National Environmental Research Institute, 2005, Working Report No. 218: 114.
- [31] Mitsch W J, Jørgensen S E. *Ecological Engineering: an Introduction to Ecotechnology*. John Wiley, 1989. 78 — 91.
- [32] Mitsch W J, Wilson R F. Improving the success of wetland creation and restoration with know-how, time, and self-design. *Ecological Applications*, 1996, (6): 77 — 83.
- [33] Mitsch, W J, Jørgensen S E. *Ecological engineering and ecosystem restoration*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2004. 120 — 156.
- [34] Mitsch W J, Gosselink J G. *Wetlands (Third edition)*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2000. 10 — 18.
- [35] Yoshihiro N, Masaaki k, Kaoru G, *et al.* Creation and adaptive management of a wild bird habitat on reclaimed land in Osaka Port. *Landscape and Urban Planning*, 2005, 70: 283 — 290.

- [36] Friberg N, Kronvang B, Hansen H O, *et al.* Long-term, habitat-specific response of a macroinvertebrate community to river restoration. *Aquatic Conservation*, 1998, 8: 87—99.
- [37] Petranka J W, Murray S S, Kennedy C A. Responses of amphibians to restoration of a southern Appalachian wetland: perturbations confound pot-
restoration assessment. *Wetlands*, 2003, 23 (2): 278—290.
- [38] Petranka J W, Kennedy C A, Murray S S. Responses of amphibians to restoration of a southern Appalachian wetland: a long-term analysis of
community dynamics. *Wetlands*, 2003, 23 (4): 1030—1042.
- [39] Hughes F M R, Colston A, Mountford J O. Restoring riparian ecosystems: the challenge of accommodating variability and designing restoration
trajectories. *Ecology and Society*, 2005, 10—12.

参考文献:

- [2] 陆健健. 河口生态学. 北京: 海洋出版社, 2003. 200~316.
- [4] 陆健健, 何文珊, 童春富, 王伟. 湿地生态学. 北京: 高等教育出版社, 2006. 241~276.
- [6] 陆健健, 何文珊, 童春富. 长江口湿地生态修复关键技术和规划理念的研究. *生态安全与生态建设*. 北京: 林业出版社, 2002. 104~109.
- [12] 章飞军, 童春富, 谢志发, 陆健健. Exergy 作为生态学指标用于底栖动物群落恢复监测. *生态学报*, 2007, 27(5): 1910~1916.
- [13] 章飞军, 童春富, 谢志发, 刘文亮, 高伟, 陆健健. 长江口潮间带大型底栖动物群落演替. *生态学报*, 2007, 27(12): 4944~4952.
- [14] 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程编写组. 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程. 北京: 海洋出版社, 1986.
- [15] 唐承佳, 陆健健. 围垦堤内迁徙鸬鹚群落的生态学特性. *动物学杂志*, 2002, 37(2): 27~33.
- [16] 赵平, 袁晓, 唐思贤, 王天厚. 崇明东滩冬季水鸟的种类和生境偏好. *动物学研究*, 2003, 24(5): 387~391.
- [19] 郭振鸣, 王天厚, 周晓, 赵平, 施文斌. 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*, 2006, 27(2):
144~150.
- [20] 张衡, 何文珊, 童春富, 陆健健. 崇西湿地冬季潮滩鱼类种类组成及多样性分析. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(3): 308~312.
- [21] 郑作新. 中国鸟类和亚种分类名录大全. 北京: 科学出版社, 2000.
- [22] 黄正一, 孙振华, 虞快. 上海鸟类资源及其生境. 上海: 复旦大学出版社, 1998.
- [27] 马世全. 震旦鸦雀种群生态学的研究. *动物学研究*, 1988, 9(3): 11~18.
- [28] 熊李虎, 吴翔, 高伟, 周洁, 陆健健. 芦苇收割对震旦鸦雀觅食活动的影响. *动物学杂志*, 2007, 42(6): 41~47.