

浙江乐清湾湿地水鸟资源及其多样性特征

杨月伟^{1,2} 夏贵荣¹ 丁平^{1*} 马仁翻³ 陈余钊³

1 (浙江大学生命科学学院, 杭州 310028)

2 (曲阜师范大学生命科学学院, 山东曲阜 273165)

3 (温州市林业局, 浙江温州 325005)

摘要: 乐清湾是我国具有重要意义的海湾之一。作者于1997、1999和2003年对乐清湾水鸟的分布、数量和多样性特征进行了研究,共观察到54种水鸟,隶属4目7科24属。其中湾口水鸟物种数、个体数量、多样性指数、均匀度指数以及涉禽所占比例均为最高,湾底次之,湾中部最低。影响这一区域鸟类分布和多样性的因素包括不同区域的滩涂宽度、水动力条件以及有效潮上坪面积等。乐清湾冬季水鸟的物种数呈逐年下降趋势,但年间差异均不显著。除2003年分布于湾底的水鸟个体数量比1999年有所增加外,其他区域都呈逐年下降的趋势,但只有湾口2003年和1997年间的差异显著。鸟类多样性指数和均匀度指数均呈下降趋势,说明适宜水鸟栖息的整体资源环境正逐渐退化,这可能与围垦等人为干扰因素有关。

关键词: 海湾, 滩涂, 潮上坪, 人为干扰, 围垦

Species diversity of water birds in the wetland of Yueqing Bay, Zhejiang Province

Yuewei Yang^{1,2}, Guirong Xia¹, Ping Ding^{1*}, Renfan Ma³, Yuzhao Chen³

1 College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310028

2 College of Life Science, Qufu Normal University, Qufu, Shandong 273165

3 Forestry Bureau of Wenzhou, Wenzhou, Zhejiang 325005

Abstract: We studied the species diversity of water birds in Yueqing Bay in 1997, 1999 and 2003. We observed 54 species of water birds, belonging to 24 genera, seven families and four orders. Number of species and individuals, species diversity index and evenness, and proportion of wader birds decreased from bay-mouth to bay-head, and was lowest in midbay. The factors affecting bird distribution and diversity were beach width, hydrodynamic conditions and the size of effective upshore intertidal area. In the Yueqing Bay, individual number of water birds tended to decrease year by year, except for those in bay-head, which increased in 2003 over 1999. The decreases between years were insignificant with the exception of baymouth from 1997 to 2003. The decline of bird species diversity and evenness index in Yueqing Bay indicated that the habitats of water birds were being degraded, which might be related to human disturbance such as reclamation.

Key words: bay, beach, upshore intertidal area, human disturbance, reclamation

海湾是海水、水盆、邻近陆域及其空间共同组成的综合自然体,处于陆地和海洋之交的纽带部位,具有复杂的生态系统结构,是人类赖以维持生态与发展所需要的一种重要自然资源(张灵杰, 2000)。它既是各种沿海资源的复合区,又是

比较脆弱的生态敏感区。乐清湾是浙江省的主要海湾之一。目前,乐清湾港口开发、围海造地、海涂养殖等人为活动已严重干扰了该区湿地生态系统的健康发展(张灵杰, 2000)。

鸟类是湿地生态系统最为活跃的组成部分,

收稿日期: 2005-02-22; 接受日期: 2005-07-17

基金项目: 浙江省自然科学基金重大资助项目(ZE0204); 浙江省温州市林业局资助项目。

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: dingpzu@mail.hz.zj.cn

其群落组成和多样性的动态直接反映湿地生态系统的变化, 可以作为监测湿地环境变化的一项客观生物指标(Furness & Greenwood, 1993)。因此, 深入研究乐清湾湿地鸟类多样性特征及其动态变化可以为保护该区的湿地鸟类和湿地生态系统, 并进而为探讨海湾鸟类多样性保护途径提供重要的理论依据。有关该区的湿地鸟类资源仅有零星的报道(丁平等, 2003), 尚缺乏全面深入的研究, 为此, 作者于1997、1999和2003年对乐清湾湿地鸟类的分布、数量和多样性特征进行了深入研究。

1 研究区域自然概况

乐清湾位于浙江南部沿岸瓯江口北侧, 地理坐标在 $27^{\circ}59'09''-28^{\circ}24'16''N$, $120^{\circ}57'55''-121^{\circ}17'09''E$ 之间, 从湾口到湾底长约40 km, 平均宽度约10 km, 中部窄处约4.5 km, 是一个葫芦形半封闭内湾。面积533 km², 其中滩涂面积约266.5 km², 湾内水深不一, 由湾口到湾底逐渐变浅。乐清湾属于半日潮海区, 是我国著名的强潮海湾之一, 潮水冲击强度由湾口到湾底逐渐增大, 最大潮差值约8.24 m, 约为湾口的1.19倍。该湾地处中亚热带, 属典型的副热带季风气候区, 受海洋性气候影响, 温暖潮湿, 雨量充沛。年平均气温为17.7℃, 最冷月平均气温为7.4℃, 最热月平均气温为27.9℃, 年平均相对湿度81%, 年降水量1557.3 mm。海水盐度年平均为22.55‰, 10月份最高, 为25.47‰, 12月份最低, 为18.92‰。

2 研究方法

根据海岸线长度并结合地理特征把乐清湾划分为湾口(baymouth)、湾中部(midbay)和湾底(bay-head)3个区域, 其西侧自瓯江口至蒲歧镇南端、东侧自大龙湾至大连屿为湾口, 平均滩涂宽度2.8 km; 其西侧自蒲歧镇南端至清江镇渡头、东侧大连屿至漩门头为湾中部, 平均滩涂宽度1.1 km; 西侧自清江镇渡头至湖雾镇海头, 东侧自漩门头至温岭江夏为湾底, 平均滩涂宽度2.2 km。在湾口、湾中部和湾底分别选取9个面积为1 km²的样点(图1), 于1997、1999和2003年的12月至翌

年2月和6-8月, 每月调查1次。调查时用8倍双筒望远镜和20-60倍单筒望远镜观察鸟类。记录其中所见水鸟的种类、总数量, 同时收集湾口、湾中部和湾底各区域在调查期间的水鸟栖息地类型、人类活动类型和方式、围垦方式和规模、工程开发以及污染状况等相关资料。

采用Shannon-Wiener多样性指数

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Pielou均匀度 $J = H'/\log_2 S$ 进行群落种类组成的多样性分析。其中, S 为总种数, p_i 为第*i*种出现的频率。

3 研究结果

3.1 种类组成及其特点

调查期间共观察到54种水鸟(表1), 隶属4目7科24属。以目为单位统计, 鹤形目的种类最多, 达33种, 占61.11%, 其他依次为鸻形目、雁形目和鸊鷉目。以科统计, 鸻科的种类最多, 达22种, 占40.74%。

按居留型划分, 冬候鸟28种, 占51.85%; 夏候鸟6种, 占11.11%; 旅鸟15种, 占27.78%; 留鸟5种, 占9.26%。按生态型划分, 涉禽38种, 占70.37%; 游禽16种, 占29.63%。



图1 乐清湾水鸟调查点

Fig. 1 Survey sites for water birds in Yueqing Bay

表1 乐清湾水鸟数量及其分布

Table 1 Bird numbers and distribution in Yueqing Bay

种名 Species	居留型 Status	湾口 Baymouth	湾中部 Midbay	湾底 Bay-head
鸊鷉目 Podicipediformes				
小鸊鷉 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	留鸟 Resident	+	+	+
黑颈鸊鷉 <i>Podiceps nigricollis</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
凤头鸊鷉 <i>P. cristatus</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
鹤形目 Ciconiiformes				
苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	留鸟 Resident	++	+	++
池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	夏候鸟 Summer migrant	++		+
牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>	夏候鸟 Summer migrant	+		+
大白鹭 <i>Egretta alba</i>	夏候鸟 Summer migrant	+		
小白鹭 <i>E. garzetta</i>	留鸟 Resident	++	+	++
黄嘴白鹭 <i>E. eulophotes</i>	夏候鸟 Summer migrant	+		
中白鹭 <i>E. intermedia</i>	夏候鸟 Summer migrant	+		
夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>	留鸟 Resident	+		
大麻鳎 <i>Botaurus stellaris</i>	夏候鸟 Summer migrant	+		
白琵鹭 <i>Platalea leucorodia</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
黑脸琵鹭 <i>P. minor</i>	旅鸟 Traveler	+		
雁形目 Anseriformes				
绿翅鸭 <i>Anas crecca</i>	冬候鸟 Winter migrant	++	++	+
绿头鸭 <i>A. platyrhynchos</i>	冬候鸟 Winter migrant	++	++	+
斑嘴鸭 <i>A. poecilorhyncha</i>	冬候鸟 Winter migrant	+	++	+
赤颈鸭 <i>A. penelope</i>	冬候鸟 Winter migrant		+	
白眉鸭 <i>A. querquedula</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
琵嘴鸭 <i>A. clypeata</i>	冬候鸟 Winter migrant	+	+	
鹊鸭 <i>Bucephala clangula</i>	冬候鸟 Winter migrant		+	
鸻形目 Charadriiformes				
灰斑鸻 <i>Pluvialis squatarola</i>	冬候鸟 Winter migrant	++		
金斑鸻 <i>P. dominica</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
金眶鸻 <i>Charadrius dubius</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
环颈鸻 <i>C. alexandrinus</i>	冬候鸟 Winter migrant	+++	+	++
蒙古沙鸻 <i>C. mongolus</i>	旅鸟 Traveler	+		
矶鸻 <i>Actitis hypoleucos</i>	冬候鸟 Winter migrant	++		+
小杓鸻 <i>Numenius minutus</i>	旅鸟 Traveler	+		
中杓鸻 <i>N. phaeopus</i>	旅鸟 Traveler	+		
白腰杓鸻 <i>N. arquata</i>	冬候鸟 Winter migrant	++	+	++
黑尾膝鸻 <i>Limosa limosa</i>	旅鸟 Traveler	+		
斑尾膝鸻 <i>L. lapponica</i>	旅鸟 Traveler	+		
鹤鹑 <i>Tringa erythropus</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
红脚鹑 <i>T. totanus</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		+
泽鹑 <i>T. stagnatilis</i>	旅鸟 Traveler	++		+
青脚鹑 <i>T. nebularia</i>	冬候鸟 Winter migrant	++	+	++
白腰草鹑 <i>T. ochropus</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
小青脚鹑 <i>T. guttifer</i>	旅鸟 Traveler	+		
翘嘴鹑 <i>Xenus cinereus</i>	旅鸟 Traveler	+		
翻石鹑 <i>Arenaria interpres</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
针尾沙锥 <i>Gallinago stenura</i>	旅鸟 Traveler			+
红腹滨鹑 <i>Calidris canutus</i>	旅鸟 Traveler	+++	+	
大滨鹑 <i>C. tenuirostris</i>	旅鸟 Traveler	++		
红颈滨鹑 <i>C. ruficollis</i>	旅鸟 Traveler	++		
尖尾滨鹑 <i>C. acuminata</i>	旅鸟 Traveler	+		
黑腹滨鹑 <i>C. alpina</i>	冬候鸟 Winter migrant	+++	+	+++
黑翅长脚鹑 <i>Himantopus himantopus</i>	旅鸟 Traveler	+		
反嘴鹑 <i>Recurvirostra avosetta</i>	冬候鸟 Winter migrant	++		
黑尾鸥 <i>Larus crassirostris</i>	留鸟 Resident		+	
海鸥 <i>L. canus</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		
灰背鸥 <i>L. schistisagus</i>	冬候鸟 Winter migrant		+	
红嘴鸥 <i>L. ridibundus</i>	冬候鸟 Winter migrant	+++		
黑嘴鸥 <i>L. saundersi</i>	冬候鸟 Winter migrant	+++		++
白翅浮鸥 <i>Chlidonias leucopterus</i>	冬候鸟 Winter migrant	+		

+++：数量超过 1000 只；++：数量 100-1000 只；+：数量 1-100 只。

+++ , above 1000 individuals; ++, between 100 and 1000 individuals; +, between 1 and 100 individuals.

3.2 分布和多样性特征

不同区域鸟类物种数及各生态类型的比例有所差异(图2)。湾口的物种数和涉禽所占的比例最高,其次是湾底,湾中部最低。群落中个体的空间分布也存在差异(图3),湾口的游禽和涉禽数量最多,湾底的涉禽数量高于湾中部,但游禽的数量稍低。各区域游禽和涉禽在物种及个体数量上的差异,反映了海湾各区域内水鸟栖息地类型和质量的不同。

综合3年调查结果,进一步对乐清湾不同区域水鸟多样性进行比较,结果(图4)显示,湾口的Shannon-Wiener多样性指数最高,湾底次之,湾中部最低。ANOVA分析结果显示,只有湾口和湾中部的Shannon-Wiener多样性指数($F_{1, 52}=5.989$, $P < 0.05$)、湾中部和湾底的均匀度指数($F_{1, 52}=8.541$, $P < 0.05$)有显著差异,而其他各值在海湾各区域间无显著差异($P > 0.05$)。

3.3 滩涂宽度和有效潮上坪面积与水鸟多样性的

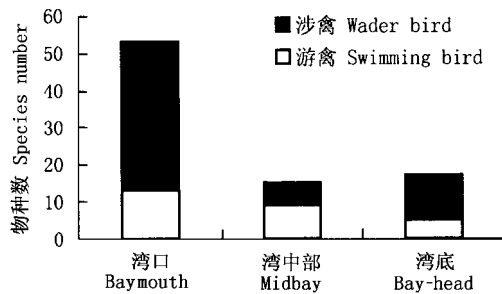


图2 乐清湾水鸟的物种数和生态型的空间差异
Fig. 2 Spatial variation of water bird number and ecological type in different sites of Yueqing Bay

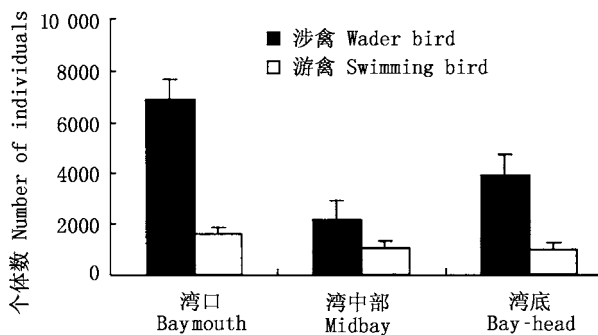


图3 乐清湾水鸟的个体数量的空间差异
Fig. 3 Spatial variation of water bird individual numbers in different sites of Yueqing Bay

相关性

对各调查点的滩涂宽度和有效潮上坪面积分别与Shannon-Wiener多样性指数进行了Pearson相关性分析(图5, 图6),结果表明,滩涂宽度和有效潮上坪面积与水鸟多样性都有极显著的相关性,统计量分别为 $r=0.822$, $P < 0.001$ 和 $r=0.875$, $P < 0.001$ 。

3.4 乐清湾湿地水鸟群落多样性的动态特征

对分布于该湾各区域的水鸟1997、1999和2003年3个冬季的物种数和个体数量进行统计(表2),结果表明,乐清湾各区域水鸟的物种数在年度间均呈现一定的下降趋势,但差异均不显著($P > 0.05$)。个体数量除2003年分布于湾底的比1999年有所增加外,其他区域均呈逐年下降的趋势。

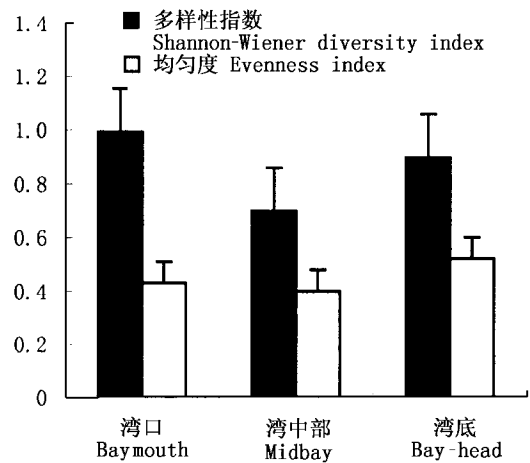


图4 乐清湾不同区域水鸟多样性
Fig. 4 Water bird diversity in different sites of Yueqing Bay

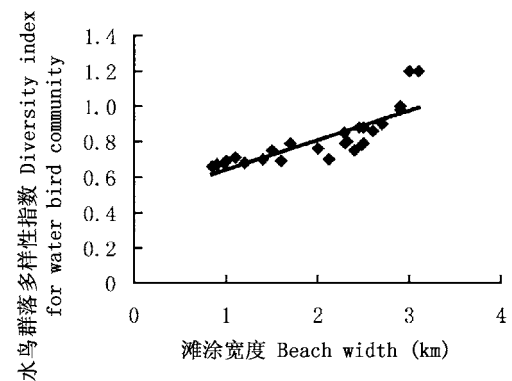


图5 滩涂宽度和水鸟群落多样性指数的相关性
Fig. 5 Correlation between beach width and diversity index for water bird community

表2 乐清湾各区域冬季湿地水鸟物种数和个体数量的年际变化

Table 2 Annual variation of species number and individual number of water bird in Yueqing Bay

	年份 Year	物种数 Species number	个体数量 Individual number
湾口 Baymouth	1997	11.1 ± 1.2	8602 ± 765.2
	1999	10.8 ± 1.0	8322 ± 756.3
	2003	10.4 ± 0.6	7572 ± 656.4
湾中部 Midbay	1997	6.0 ± 0.3	3315 ± 283.3
	1999	5.8 ± 0.6	3260 ± 337.6
	2003	5.2 ± 0.4	3131 ± 330.7
湾底 Bay-head	1997	7.2 ± 0.4	4972 ± 436.1
	1999	6.8 ± 0.7	4875 ± 498.5
	2003	6.2 ± 0.5	5180 ± 504.1

但只有湾口2003年和1997年的差异显著($F_{1, 8} = 25.989, P < 0.05$), 其他区域的年间差异均不显著($P > 0.05$)。不同区域数量变化的差异, 说明水鸟在不同区域的栖息地可能存在一定的互补性。比如, 湾底水鸟数量的增加可能是对湾口和湾中部水鸟数量减少的部分补充。

进一步综合分析乐清湾鸟类多样性的年际变化, 结果显示(图7), 其多样性指数和均匀度指数均呈下降趋势, 这可能是由于整个海湾物种数有所减少, 而个别种类数量增减异常所致。同时也说明适宜水鸟栖息的整体资源环境正逐渐退化。

4 讨论

4.1 乐清湾湿地鸟类资源的保护价值

乐清湾滩涂湿地被国际鸟类保护联盟(Bird Life International)列为重要鸟区(Crosby, 2003)。乐清湾海水中营养盐含量适度, 水温适宜, 海涂面积大而平坦、稳定、底质细软, 孕育了丰富的浮游生物和底栖动物资源, 为湿地鸟类提供了良好的食物条件和栖息环境。因此, 乐清湾成为湿地鸟类, 尤其是候鸟的重要越冬地和停歇地(丁平等, 2003)。1999年1月, 丁平等(2003)在调查过程中发现温州沿海滩涂是黑嘴鸥(*Larus saundersi*)的重要越冬地, 共记录到黑嘴鸥3160只, 占该物种越冬种群的60%以上, 而仅在乐清湾就发现1685只。此外根据日本野鸟学会提供的卫星跟踪资料和野外直接观察, 每年3月中旬至6月上旬均有世界极危物种黑脸琵鹭(*Platalea minor*)迁徙至

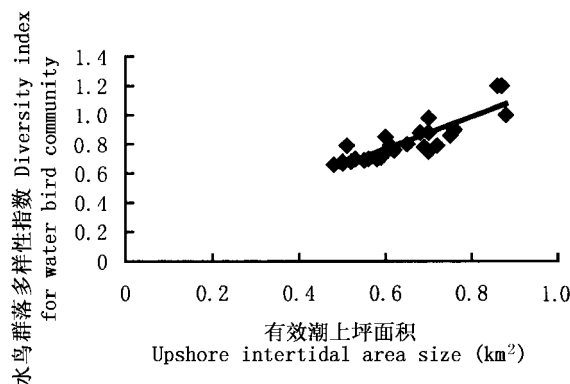


图6 有效潮上坪面积和水鸟多样性的相关性
Fig. 6 Correlation between upshore intertidal area size and diversity index for water bird community

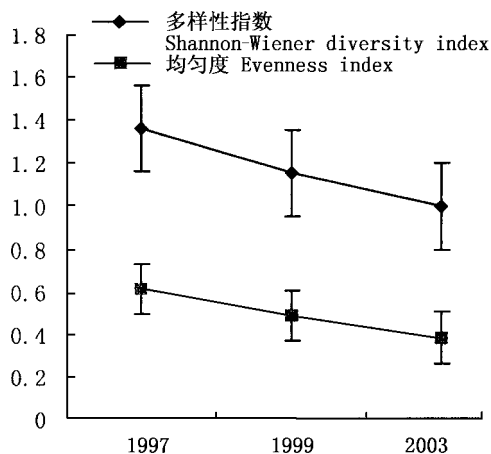


图7 乐清湾湿地水鸟群落多样性指数和均匀度指数的年际变化
Fig. 7 Annual change in diversity index and evenness of water bird community of Yueqing Bay

浙江沿海停歇, 其中乐清湾是最重要的停歇地之一。另外, 在该区域我们还记录到黄嘴白鹭

(*Egretta eulophotes*)和白琵鹭(*Platalea leucorodia*)等珍稀濒危鸟类。由此可见,保护该区鸟类资源对于保护其中的濒危物种和维护湿地鸟类多样性具有重要价值。再加上鸟类是湿地生态系统的重要组成部分,湿地鸟类的保护对于保持生态系统的稳定、维护生态系统的健康亦具有重要的生态价值。

4.2 影响乐清湾湿地鸟类分布和多样性的因素

由于乐清湾内分布的鸟类以鸻鹬(Charadriiformes)等滨鸟为主,其种类和数量的分布将直接影响湾内各区域的鸟类多样性。海岛的形状以及不同的水动力条件引起的冲淤差异,致使乐清湾不同区域的滩涂宽度差别较大。总体而言,乐清湾湾口的平均宽度最大,湾底次之,湾中部最小。滩涂宽度与水鸟多样性的相关分析结果表明二者存在极显著的正相关。这在一定程度上说明,湿地面积对于滨鸟群落结构及其鸟类多样性具有重要影响,因为分布区域大可以降低种间竞争的强度,增加区域物种出现频率和单种个体数,这是鸻鹬等滨鸟时空分布的基本特征(黄正一等,1993)。

海湾水动力条件的差异使湾内各处水体交换程度不同,其中湾口水体交换最为充分,湾底水体交换最少。水体交换程度影响不同湾体的水质,进而影响栖息水体中的游禽。同时,水体交换期较长的湾底区域,潮汐作用对入海污染物的稀释能力下降,使有些滩涂环境恶化而不适宜滨鸟栖息。

有效潮上坪对于滨鸟至关重要(王天厚和钱国桢,1988),因为滨鸟可以在潮水退却之前暂时停息,或者在潮间带内觅食时间不足时,可以在此进行补偿性觅食。因此有效潮上坪存在与否及其面积大小亦会影响某一区域的鸟类多样性。本文研究结果表明,调查点内有效潮上坪面积与该处水鸟多样性存在极显著的正相关关系。乐清湾内各处有效潮上坪的分布因地形或人为干扰情况不同而不同,如湾底和湾中部由于滩涂多处濒临山崖而缺乏潮上坪,湾口部分则由于近年来大规模的滩涂围垦而使潮上坪丧失;但总体而言,湾口的有效潮上坪面积仍然大于其他两处。

正是由于以上多种因素的单独和交互作用,使乐清湾鸟类分布和多样性既有一定的规律,又

呈现出多样性参数变化程度不一致的复杂格局。

4.3 人为干扰对乐清湾鸟类多样性动态变化的影响

多样性指数的年际变化结果显示,乐清湾的鸟类多样性呈现明显的下降趋势,这从某种程度上反映出该区的资源环境正逐渐退化,这可能与人为干扰有关。随着人类活动范围的拓展,人为干扰已成为受胁鸟类面临的全球性主要威胁之一(Crosby, 2003)。

首先,围垦可能是目前对乐清湾鸟类动态影响最大的人为干扰活动,因为围垦不仅直接破坏了鸟类的栖息、觅食场所,而且通过影响滩涂生境中的多种环境因子(如高程、水动力、沉积物特性)而影响鸟类的食物结构和丰富度,进而使鸟类群落多样性发生变化(Goss-Custard & Yates, 1992)。乐清湾潮间带自建国以来,已被围垦7130.1 hm²(张灵杰,2000)。而且目前乐清湾沿海滩涂湿地正面临着更大规模和更为快速的围垦且手段更为现代化,这必将对该区的鸟类多样性产生更为深远的影响。

其次,滩涂上的生产和娱乐活动等可以通过直接干扰滨鸟的觅食行为而影响其对滩涂栖息地的利用(Pfister *et al.*,1992; Smit & Visser, 1993; Burger, 1994)。乐清湾具有典型的泥质滩涂,含沙量少,这种有利条件使该区的滩涂养殖业发展迅速,但同时这类人为活动对栖息于其中的滨鸟也造成了一定影响。杨月伟等(2005)的研究表明,人类活动已经对乐清湾滩涂的鸟类觅食产生了显著影响。并且随着沿海人口的增加和滩涂经济活动的发展,此类直接干扰活动对鸟类动态的影响亦将日趋明显。

再次,工程开发对局域生物多样性的变化产生一定影响(张灵杰,2000)。如位于湾口的漩门一期工程的发展已经影响了乐清湾的水体交换以及附近水域的水鸟分布。海湾资源的开发无疑对该区的经济发展具有不可低估的促进作用,但同时也对该湾的资源环境及其中的湿地鸟类产生了不利影响。

人类活动可导致不同地区不同的湿地水鸟资源下降(Burger, 1986; Howe *et al.*, 1989; 陈炳煌, 2003)。乐清湾鸟类资源由于人为干扰等因素亦呈现整体退化态势,但该区鸟类资源下降的情况较

为复杂。首先, 该湾湿地鸟类已对人为干扰产生了一定的适应性, 如湾底鸟类数量2003年有所增加, 这可能是对湾口和湾中部水鸟数量减少的部分补充, 但由于湾底栖息地条件较差, 这种补充又极为有限, 它无法改变乐清湾鸟类资源呈现的整体退化态势。另外, 对乐清湾区域性鸟类资源的研究表明, 与湾底和湾中部相比, 湾口鸟类资源最为丰富, 但同时其个体数量下降亦最为显著, 这可能与该区域受到的人为干扰较为严重有关。因此, 我们在注重保护乐清湾整体资源环境的同时, 应特别注意控制湾口区域的工程开发及围垦等人类活动, 以减少对该区域鸟类资源的负面影响, 进而维护整个乐清湾的鸟类多样性。

参考文献

- Burger J (1986) The effect of human activity on shorebirds in two coastal bays in northeastern United States. *Environmental Conservation*, **13**, 123–130.
- Burger J (1994) The effect of human disturbance on foraging behavior and habitat use in piping plover (*Charadrius melodus*). *Estuaries*, **17**, 695–701.
- Chen PH(陈炳煌) (2003) Environment and bird status change and conservation recommendation of Tatu Estuary in Central Taiwan. In: *Proceedings of 5th Ornithological Symposium of Mainland and Taiwan (第五界海峡两岸鸟类学术研讨会论文集)* (ed. Yan CW(颜重威)), pp. 349–353. Taiwan Museum, Taichong. (in Chinese with English abstract)
- Crosby MJ (2003) *Saving Asia's Threatened Birds*. Bird Life International, Cambridge.
- Ding P(丁平), Liu AX(刘安兴), Chen ZH(陈征海), Sun MJ(孙孟军), Xia GR(夏贵荣) (2003) Water birds in coastal wetland area of Zhejiang Province. In: *Proceedings of 5th Ornithological Symposium of Mainland and Taiwan (第五界海峡两岸鸟类学术研讨会论文集)* (ed. Yan CW(颜重威)), pp. 241–247. Taiwan Museum, Taichong. (in Chinese with English abstract)
- Furness RW, Greenwood JJD (1993) *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman Hall, London.
- Goss-Custard JD, Yates MG (1992) Towards predicting the effect of salt-marsh reclamation on feeding bird numbers on the Wash. *Journal of Applied Ecology*, **29**, 330–340.
- Howe MA, Geissler PH, Harrington BA (1989) Population trends of North American shorebirds based on the international shorebird survey. *Biological Conservation*, **49**, 185–199.
- Huang ZY(黄正一), Sun ZH(孙振华), Yu K(虞快) (1993) *Resource and Habitat of Birds in Shanghai (上海鸟类资源及其生境)*. Fudan University Press, Shanghai. (in Chinese)
- Pfister C, Harrington BA, Lavine M (1992) The impact of human disturbance on shorebird at a migration staging area. *Biological Conservation*, **60**, 115–126.
- Smit JC, Visser GJM (1993) Effects of disturbance on shorebirds: a summary of existing knowledge from the Dutch Wadden Sea and Delta area. *Wader Study Group Bulletin*, **68** (Special Issue), 6–19.
- Wang TH(王天厚), Qian GZ(钱国桢) (1988) *Charadriiformes in Yangtze Estuary and Hangzhou Bay*. East China Normal University Press, Shanghai. (in Chinese)
- Yang YW(杨月伟), Xia GR(夏贵荣), Ding P(丁平), Chen YZ(陈余钊) (2005) Effects of human disturbance on foraging behavior of dunlins *Calidris alpina*. *Zoological Research (动物学研究)*, **26**, 136–141. (in Chinese with English abstract)
- Zhang LJ(张灵杰) (2000) Environmental and resource characteristics and integrated coastal zone management of the Yueqing Bay in Zhejiang Province. *Resources Science(资源科学)*, **22** (6), 57–61. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 张正旺 责任编辑: 闫文杰)