

海南北黎湾和后水湾湿地水鸟的季节动态、物种丰富度和种间相关性

杨灿朝^{1,2} 蔡燕¹ 梁伟^{1*} 张国钢³ 史海涛¹

1 (海南师范大学生命科学学院, 海口 571158)

2 (中山大学生命科学院, 广州 510275)

3 (中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091)

摘要: 2004年11月至2005年11月, 采用逐月定点统计的方法, 对海南北黎湾和后水湾两个湿地黑脸琵鹭(*Platalea minor*)的越冬种群和水鸟的季节动态进行了调查。共记录到水鸟50种, 隶属于5目10科, 首次发现海南新记录种半蹼鹬(*Limnodromus semipalmatus*)。两地水鸟种类和数量的最高峰均发生在11月, 最低谷在次年6月, 与湿地水鸟的全年变化相关。黑脸琵鹭的越冬种群最早到达海南为9月, 离开时间为次年4月, 数量最高峰在北黎湾为12月(75只), 在后水湾为1月和2月(9只)。北黎湾水鸟的Shannon-Wiener指数、Pielou均匀度指数和最大多样性值均大于后水湾, 湿地面积大小及其生境的多样性是两地水鸟丰富度差异的主要原因, 而人为干扰强度可能是影响黑脸琵鹭对两地越冬地利用的重要因素。研究表明, 北黎湾和后水湾是许多水鸟, 尤其是黑脸琵鹭在海南的重要越冬地, 需进一步加强监测和保护。

关键词: 水鸟, 物种丰富度, 季节动态, 黑脸琵鹭, 北黎湾, 后水湾, 海南

Waterbirds diversity, seasonal dynamics, and interspecific correlation in the wetlands of Beili and Houshui Bays, Hainan

Canchao Yang^{1,2}, Yan Cai¹, Wei Liang^{1*}, Guogang Zhang³, Haitao Shi¹

1 College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158

2 School of Life Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275

3 Research Institute of Forest Ecology and Environment Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091

Abstract: We conducted monthly waterbird surveys using random transects in Beili and Houshui Bays, Hainan Island from November 2004 to November 2005. Fifty waterbird species of 5 orders and 10 families were recorded. The waterbird species richness and abundance were the highest in November and the lowest in June. The abundance of waterbirds was correlated among species and affected seasonal dynamics and species richness. Asian dowitcher (*Limnodromus semipalmatus*) was recorded for the first time in Hainan Island. The endangered black-faced spoonbill (*Platalea minor*) occurred at the study sites from September to April. The highest number (75) of this species was observed in Beili Bay in December while the largest flock (9 individuals) was present in Houshui Bay in January and February. The Shannon-Wiener index and Pielou index were higher in Beili Bay than in Houshui Bay. Differences in area and habitat heterogeneity between the two sites probably affected observed variation of waterbird community structure. Human disturbance might be an important factor altering wintering habitat of black-faced spoonbill. The results suggest that Beili and Houshui Bays are important wintering site of many waterbirds, particularly black-faced spoonbill; long-term monitoring and conservation programs should be considered.

Key words: waterbirds, species richness, diversity, seasonal dynamics, black-faced spoonbill, Beili Bay, Houshui Bay, Hainan

收稿日期: 2008-08-28; 接受日期: 2008-12-31

基金项目: 中山大学有害生物控制与资源利用国家重点实验室开放课题(SKLBC0704)、国家林业局保护司黑脸琵鹭保护专项和世界自然基金会(WWF)中国野生动物保护小额基金项目(CN0861.01)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: liangwei@hainnu.edu.cn

水鸟是湿地生态系统最为活跃的组成部分,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 *et al.*, 1993)。但有关海南湿地水鸟的研究不多(常弘等, 1999; 邹发生等, 2001; 张国钢等, 2005), 其季节动态和种间相关性的研究尚无报道。北黎湾和后水湾是近年来海南发现的两个有黑脸琵鹭(*Platalea minor*)越冬的栖息地(张国钢等, 2006a)。为此, 作者于2004年11月至2005年11月, 对海南北黎湾和后水湾湿地的黑脸琵鹭越冬种群和其他水鸟的季节动态、物种丰富度和种间相关性进行了调查。

1 研究区概况

北黎湾位于海南西部, 北部湾东岸(19°12'53"N, 108°38'31"E), 面积1,429 hm²; 后水湾位于海南北部(19°51'48"N, 109°32'47"E), 面积350 hm²。北黎湾和后水湾的主要湿地类型为红树林滩涂湿地(张国钢等, 2006a, b), 前者面积大于后者, 并有大面积的泥质滩涂, 但生境较后者单一, 其红树林为单一的白骨壤(*Aricennia marina*)组成; 后水湾的红树林为白骨壤和秋茄(*Kadelia candel*)等组成, 除了红树林滩涂, 还有水草浅滩和池塘。

2 研究方法

2.1 调查时间和方法

于2004年11月至2005年11月, 利用20–60倍望远镜对两个研究地的水鸟每月进行一次调查, 每次调查2 d, 每天调查的随机样带长8 km。两个人于每天的7:30–10:30和16:00–18:30两个时间段, 采用步行调查, 直接记数水鸟的种类和数量, 记数方法以精确记数为主, 估算为辅, 并结合“集团统计法”推算水鸟的总数以及群体中各个种类所占的百分比(Howes & Endagama, 1995)。

2.2 数据处理

水鸟多样性分析采用Shannon-Wiener多样性指数(Ludwig & Reynolds, 1988), 即 $H' = -\sum P_i \ln P_i$, P_i 为某一样地中第*i*种鸟的个体数量占该样地所有鸟类个体数量的百分比。均匀度采用Pielou均匀度指数 $J = H'/H_{\max} = H'/\ln S$, S 为该样地中的种数, H_{\max} 为最大多样性值, $H_{\max} = \ln S$ 。计算水鸟多样性时取某时间

段(如春季)所调查到的水鸟种类和个体数量的最大值。

采用Sørensen群落相似性系数来度量两湿地间水鸟群落的相似性, 计算公式为 $I = 2C / (A+B)$, 其中 C 为两个群落共有的鸟种数, A 和 B 分别为两个群落各自的鸟种数。对北黎湾和后水湾两地的水鸟分别进行两两配对的种间数量随时间变化的Sperman相关性检验, 得到相关系数矩阵及其显著性。在种间相关性分析中, 呈正相关的配对表明这些配对的数量变化趋势相同, 高峰期在同一时间段, 而且有些种类是相伴出现的。数据处理在SPSS 10.0上进行。

3 结果

3.1 水鸟种类组成

野外共调查到水鸟50种, 隶属于5目10科(表1)。候鸟40种, 占总种数的80%, 其中尤以冬候鸟占优势, 共30种。鸽形目鸟类有32种, 无论在种类还是数量上都占优势。其中半蹼鹬(*Limnodromus semipalmatus*)为海南省新记录种。

所记录到的水鸟中, 属于国家II级重点保护鸟类的有2种, 为白琵鹭(*Platalea leucorodia*)和黑脸琵鹭。列入《中国濒危物种红皮书》稀有种的有半蹼鹬, 濒危种有黑脸琵鹭, 易危种有白琵鹭。白琵鹭还被列入CITES附录II。

3.2 水鸟多样性

两地秋冬季水鸟的多样性均高于春夏季; 北黎湾四季和全年的鸟种数、Shannon-Wiener指数、Pielou均匀度指数和最大多样性值均大于后水湾(表2)。两地水鸟群落相似性系数见图1。

3.3 水鸟的季节动态

北黎湾和后水湾水鸟种类和数量的季节动态见图2和图3。两地水鸟的种类开始增多分别发生在6月和7月。北黎湾水鸟种类和数量7月开始增多, 在10月开始有大幅度增加, 11月达到最高峰, 到次年的6月最低。后水湾的水鸟种类和数量增多都在6月开始, 种类也是在11月达最高峰, 而数量则在9月达到最高, 到次年6月最低。黑脸琵鹭最早到达海南的时间是9月, 离开的时间是次年4月, 数量达到最高峰在北黎湾为12月(75只), 在后水湾为1月和2月(9只)(图4)。

表1 北黎湾和后水湾的湿地水鸟名录

Table 1 Waterbird list in Beili and Houshui Bays, Hainan Island

科名 Family	物种 Species	最大数量 Maximum number	有观察记录月份 Observation months	地点 Site		
				北黎湾 Beili Bay	后水湾 Houshui Bay	
鹭科 Ardeidae	苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	180	5-6, 8-3	√	√	
	池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	72	7, 9-3	√	√	
	牛背鹭 <i>Bubulus ibis</i>	2	2-3, 8	√	√	
	绿鹭 <i>Butorides striatus</i>	3	7-1, 4	√	√	
	大白鹭 <i>Casmerodius albus</i>	30	8-6	√	√	
	小白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	109	7-4	√	√	
	中白鹭 <i>Mesophoyx intermedia</i>	20	11	√		
鸮科 Threskiornithidae	黑脸琵鹭 <i>Platalea minor</i>	75	9-4	√	√	
	白琵鹭 <i>P. leucorodia</i>	1	11	√		
秧鸡科 Rallidae	白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis akool</i>	1	2	√		
反嘴鹬科 Recurvirostridae	黑翅长脚鹬 <i>Himantopus himantopus</i>	60	8-9	√		
鹬科 Charadriidae	环颈鸬 <i>Charadrius alexandrinus</i>	206	1-12	√	√	
	金眶鸬 <i>C. dubius</i>	21	8-2	√	√	
	铁嘴沙鸬 <i>C. leschenaultii</i>	340	7-1, 3-5	√	√	
	蒙古沙鸬 <i>C. mongolus</i>	100	11	√		
	灰斑鸬 <i>Pluvialis squatarola</i>	36	10-1, 3	√	√	
鹬科 Scolopacidae	矶鹬 <i>Actitis hypoleucos</i>	9	8-12, 2	√	√	
	翻石鹬 <i>Arenaria interpres</i>	15	8-11		√	
	三趾鹬 <i>Calidris alba</i>	1	11	√		
	黑腹滨鹬 <i>C. alpina</i>	300	11	√		
	红腹滨鹬 <i>C. canutus</i>	6	8	√		
	弯嘴滨鹬 <i>C. ferruginea</i>	12	7-8, 11-12	√	√	
	红颈滨鹬 <i>C. ruficollis</i>	120	2-5, 7-8, 11	√		
	长趾滨鹬 <i>C. subminuta</i>	21	11-12	√		
	青脚滨鹬 <i>C. temminckii</i>	100	11	√		
	大滨鹬 <i>C. tenuirostris</i>	2	11	√		
	扇尾沙锥 <i>Gallinago gallinago</i>	4	9-11		√	
	灰尾漂鹬 <i>Heteroscelus brevipes</i>	22	8-11, 5		√	
	阔嘴鹬 <i>Limicola falcinellus</i>	2	3-5	√		
	半蹼鹬 <i>Limnodromus semipalmatus</i>	5	9	√		
	斑尾塍鹬 <i>Limosa lapponica</i>	5	12	√		
	黑尾塍鹬 <i>L. limosa</i>	3	11	√		
	白腰杓鹬 <i>Numenius arquata</i>	337	8-4, 6		√	
	中杓鹬 <i>N. phaeopus</i>	92	10-1, 5, 8	√	√	
	流苏鹬 <i>Philomachus pugnax</i>	2	11	√		
	鹤鹬 <i>Tringa erythropus</i>	30	10-11, 5	√		
	林鹬 <i>T. glareola</i>	32	9-11	√	√	
	青脚鹬 <i>T. nebularia</i>	177	8-6	√	√	
	白腰草鹬 <i>T. ochropus</i>	4	8	√	√	
	泽鹬 <i>T. stagnatilis</i>	370	2, 6-7	√	√	
	红脚鹬 <i>T. totanus</i>	30	2-4, 6-12	√	√	
	翘嘴鹬 <i>Xenus cinereus</i>	7	4-5, 7-8	√	√	
	鸥科 Laridae	银鸥 <i>Larus argentatus</i>	9	11	√	
	燕鸥科 Sternidae	红嘴巨鸥 <i>Caspian tern</i>	55	10-1, 3	√	√
		白额燕鸥 <i>Sterna albifrons</i>	33	5-8	√	√
	鸮科 Pandionidae	鸮 <i>Pandion haliaetus</i>	1	8, 11-1	√	
	翠鸟科 Alcedinidae	普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	9	1-12	√	√
		白胸翡翠 <i>Halcyon smyrnensis</i>	2	1-12	√	√
蓝翡翠 <i>H. Pileata</i>		7	1-12	√	√	

表2 北黎湾和后水湾各季节的水鸟多样性

Table 2 Waterbirds diversity in different season of Beili and Houshui Bay

	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter		全年 The whole year	
	北黎湾 Beili Bay	后水湾 Houshui Bay	北黎湾 Beili Bay	后水湾 Houshui Bay	北黎湾 Beili Bay	后水湾 Houshui Bay	北黎湾 Beili Bay	后水湾 Houshui Bay	北黎湾 Beili Bay	后水湾 Houshui Bay
种数 No. of species	24	15	19	12	29	24	36	24	46	30
科数 No. of family	7	5	5	5	9	6	8	7	10	7
Shannon-Wiener指数 Shannon-Wiener index	2.01	1.48	2.20	0.73	2.87	2.02	2.72	1.99	2.99	2.25
均匀度指数 Pielou index	0.63	0.55	0.75	0.30	0.85	0.64	0.76	0.62	0.78	0.66

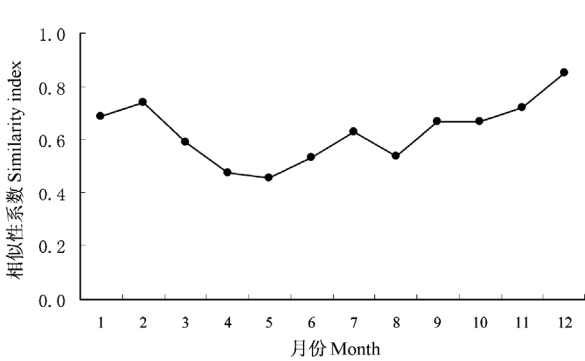


图1 北黎湾和后水湾水鸟群落相似性的月动态
Fig. 1 Monthly dynamics of waterbirds similarity index between Beili and Houshui Bay, Hainan Island

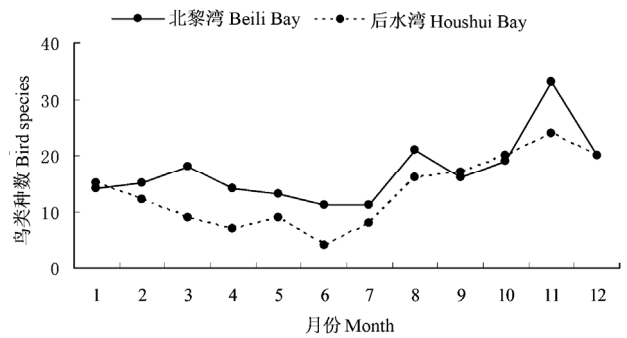


图2 北黎湾和后水湾水鸟种数的月动态
Fig. 2 Monthly dynamics of waterbirds species in Beili and Houshui Bay, Hainan Island

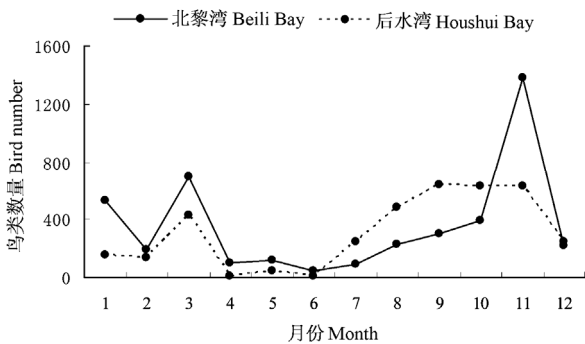


图3 北黎湾和后水湾水鸟数量的月动态
Fig. 3 Monthly dynamics of waterbirds number in Beili and Houshui Bay, Hainan Island

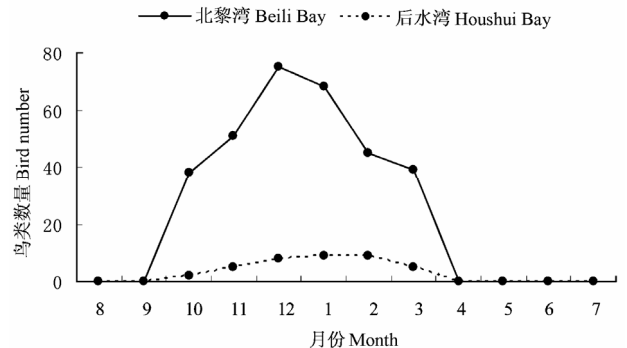


图4 北黎湾和后水湾黑脸琵鹭数量的月动态
Fig. 4 Monthly dynamics of black-faced spoonbill in Beili and Houshui Bay, Hainan Island

3.4 越冬水鸟种间相关性分析

对在北黎湾和后水湾越冬的鸻鹬类进行了数量随时间变化的种间相关性检验(表4和表5), 其中正相关系数表明两个物种数量变化的高峰同步, 而负相关则表示不同步。

在北黎湾的55个种对中, 有37对呈正相关, 其中21对呈显著或极显著相关, 如环颈鸻(*Charadrius alexandrinus*)、黑腹滨鹬(*Calidris alpina*)均与红颈滨

鹬(*Calidris ruficollis*)呈极显著正相关, 鹤鹬(*Tringa erythropus*)与红脚鹬(*Tringa totanus*)呈显著正相关, 而青脚鹬与灰斑鹬(*Pluvialis squatarola*)和泽鹬(*Tringa stagnatilis*)呈显著正相关。

在后水湾的55个种对中, 有48对呈正相关, 其中27对呈显著或极显著正相关, 如金眶鸻、白腰杓鹬(*Numenius arquata*)、翻石鹬(*Arenaria interpres*)与矶鹬(*Actitis hypoleucos*)极显著正相关。

表4 北黎湾鹞类数量变化的相关系数及显著性矩阵

Table 4 The correlation coefficient and matrix of plovers in Beili Bay, Hainan Island

	灰斑鹞 Grey plover	金眶鹞 Little ringed plover	铁嘴沙鹞 Greater sand plover	鹤鹞 Spotted redshank	黑腹滨鹞 Dunlin	红脚鹞 Common redshank	红颈滨鹞 Red-necked stint	矶鹞 Common sandpiper	青脚鹞 Common greenshank	泽鹞 Marsh sandpiper
环颈鹞 Kentish plover	0.522	-0.043	-0.402	0.878**	0.938**	0.516	0.717**	0.205	0.791**	0.466
灰斑鹞 Grey plover		-0.266	-0.340	0.418	0.287	0.176	0.143	-0.116	0.583*	0.924**
金眶鹞 Little ringed plover			-0.188	-0.143	-0.094	-0.122	-0.242	0.201	0.342	-0.013
铁嘴沙鹞 Greater sand plover				-0.393	-0.270	0.263	0.070	-0.421	-0.641*	-0.454
鹤鹞 Spotted redshank					0.759**	0.668*	0.533	0.274	0.753**	0.296
黑腹滨鹞 Dunlin						0.458	0.825**	0.190	0.596*	0.233
红脚鹞 Common redshank							0.362	0.106	0.339	-0.012
红颈滨鹞 Red-necked stint								0.227	0.274	-0.005
矶鹞 Common sandpiper									0.333	-0.101
青脚鹞 Common greenshank										0.618*

* $P < 0.05$, ** $P < 0.001$

表5 后水湾鹞类数量变化的相关系数及显著性矩阵

Table 5 The correlation coefficient and matrix of plovers in Houshui Bay, Hainan Island

	金眶鹞 Little ringed plover	铁嘴沙鹞 Greater sand plover	灰尾漂鹞 Grey-tailed tattler	中杓鹞 Whimbrel	白腰杓鹞 Eurasian curlew	青脚鹞 Common greenshank	翻石鹞 Ruddy turnstone	红脚鹞 Common redshank	泽鹞 Marsh sandpiper	矶鹞 Common sandpiper
灰斑鹞 Grey plover	0.715**	-0.201	0.062	0.097	0.666*	0.154	0.486	0.151	0.240	0.675*
金眶鹞 Little ringed plover		-0.020	0.181	0.060	0.980**	0.375	0.876**	0.127	0.536	0.835**
铁嘴沙鹞 Greater sand plover			0.419	0.349	0.057	0.501	0.297	-0.072	0.492	0.017
灰尾漂鹞 Grey-tailed tattler				0.967**	0.187	0.019	0.399	0.580*	0.423	0.024
中杓鹞 Whimbrel					0.043	-0.093	0.243	0.565	0.318	-0.023
白腰杓鹞 Eurasian curlew						0.527	0.916**	0.104	0.602*	0.849**
青脚鹞 Common greenshank							0.636*	-0.217	0.734**	0.624*
翻石鹞 Ruddy turnstone								0.134	0.855**	0.808**
红脚鹞 Common redshank									0.025	-0.059
泽鹞 Marsh sandpiper										0.680*

* $P < 0.05$, ** $P < 0.001$

4 讨论

调查表明, 北黎湾和后水湾是海南两个重要的红树林湿地, 同时也是黑脸琵鹭和其他水鸟的重要越冬栖息地。大部分冬候鸟在秋季陆续到达海南, 在冬季种类达到最高。冬季随着大量水鸟的到来, 有些种类的水鸟数量增幅较快, 特别是每年的10–11月, 两地水鸟的数量急剧增多, 这也使得鸟种的均匀度降低。

研究表明, 潮间带和红树林是湿地中水鸟最为丰富的区域(Zou *et al.*, 2006), 而且湿地泥滩的面积大小跟水鸟的丰富度呈显著正相关(Zou *et al.*, 2008)。北黎湾和后水湾在各季节的水鸟种数、科数和多样性指数都表现为秋冬季大于春夏季。北黎湾的面积(1,429 hm²)是后水湾(350 hm²)的4倍, 拥有较大面积的红树林泥滩, 因此可能吸引更多的鸟类来此栖息。北黎湾和后水湾水鸟的种类和数量开始增多发生的月份不同, 起始点相差约1个月。初步认为, 由于两地间直线距离相差约90 km, 在地理上的差距可能不足以影响水鸟迁徙的时间差异, 而生境类型差异可能是造成鸟种迁徙空间差异的主要原因。

Whittaker(1978)认为, 群落相似性系数达0.6时, 可以认为两个群落较为相似。研究表明两地间水鸟群落的相似性在9月至次年2月都比较高, 其水鸟群落在越冬期相对比其他时期较为稳定。栖息地适合度是影响鸟类群落的一个重要因子(Holmes & Sherry, 2001), 而食物丰富度是决定越冬水鸟栖息地适合度的主要因素(Evans *et al.*, 1984)。因此可以认为两地具有相似的栖息地适合度和丰富的食物资源。

黑脸琵鹭在潮间带觅食和游荡, 觅食的水体是含有鱼虾而相对宽的浅滩, 黑脸琵鹭偏好高度浑浊的水体, 有适合的食物和相对安全的环境, 游荡的时候在浅滩、陆地和树林里(Yu & Swennen, 2004)。在海南, 位于潮间带的红树林及其周围浅滩是黑脸琵鹭觅食和游荡的适宜生境。值得注意的是, 拥有中国最大天然红树林的海南东寨港国家级自然保护区, 越冬的黑脸琵鹭种群数量近年来不断减少(1992年为13只, 到2008年仅见1只)。黑脸琵鹭选择在没有受干扰的地方觅食和游荡(Yu & Swennen,

2004), 虽然东寨港湿地面积远比北黎湾和后水湾大, 但前者内部和周边地区的人为活动要远比后者大, 频繁的人为干扰可能是造成海南东寨港湿地越冬黑脸琵鹭种群数量减少的重要原因。

迁徙中的水鸟, 对于越冬栖息地的选择, 除了跟栖息地食物丰富度和安全因素等相关外, 也跟种间的相互作用相关, 这也使得水鸟种类和数量之间存在规律变化的正相关和负相关作用。初步认为, 海南北黎湾和后水湾越冬的水鸟中, 绝大部分都呈正相关, 部分呈显著和极显著正相关, 许多鸟种可能互相以对方作为指示物种而将某栖息地定为越冬地, 包括许多生态位比较接近的物种。这说明种间相互吸引对越冬区水鸟群落的形成和动态变化具有重要作用。

致谢: 海南职业技术学院的卢刚和海南师范大学的韦锋协助部分野外调查。调查得到海南省林业局的大力支持, 谨致谢意!

参考文献

- Chang H (常弘), Bi XF (毕肖峰), Chen GZ (陈桂珠), Zheng XR (郑馨仁), Ke YY (柯亚永) (1999) Avifauna studies in Dongzhaigang Nature Reserve, Hainan Island. *Ecological Science* (生态科学), **18**(2), 53–61. (in Chinese with English abstract)
- Evans PR, Goss-Custard JD, Hale WG (1984) *Coastal Waders and Wildfowl in Winter*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Furness RW, Greenwood JJD, Jarvis J (1993) Can birds be used to monitor the environment? In: *Birds as Monitors of Environmental Change* (eds Furness RW, Greenwood JJD), pp. 1–41. Chapman & Hall, London.
- Hattori A, Mae S (2001) Habitat use and diversity of waterbirds in a coastal lagoon around Lake Biwa, Japan. *Ecological Research*, **16**, 543–553.
- Holmes RT, Sherry TW (2001) Thirty-year bird population trends in an unfragmented temperate deciduous forest: importance of habitat change. *Auk*, **118**, 589–609.
- Howes M, Endagama P (1995) *Farmers, Forests and Fuel: Towards a New Biomass Energy Strategy for Sri Lanka*. Intermediate Technology Publications, London.
- Ludwig JA, Reynolds JF (1988) *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons, New York.
- Weller MW (1994) Seasonal dynamics of bird assemblages in a Texas estuarine wetland. *Journal of Field Ornithology*, **65**, 388–401.
- Whittaker AG (1978) Carbon: A new view of its high-temperature behavior. *Science*, **200**, 763–764.
- Yu YT, Swennen C (2004) Habitat use of black-faced spoon-

- bill. *Waterbirds*, **27**, 129–134.
- Zhang GG (张国钢), Liang W (梁伟), Liu DP (刘冬平), Chu GZ (楚国忠), Su WB (苏文拔), Kilburn M (2005) Survey on the wintering waterbirds of Hainan Island. *Chinese Journal of Zoology* (动物学杂志), **40**(2), 80–85. (in Chinese with English abstract)
- Zhang GG (张国钢), Liang W (梁伟), Liu DP (刘冬平), Chu GZ (楚国忠), Kilburn M (2006a) The conservation of black-faced spoonbill and its wintering sites in Hainan Island. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), **42**(1), 96–99. (in Chinese with English abstract)
- Zhang GG (张国钢), Liang W (梁伟), Chu GZ (楚国忠), Kilburn M (2006b) Wintering behavior of black-faced spoonbill in Hainan Island. *Biodiversity Science* (生物多样性), **14**, 352–358. (in Chinese with English abstract)
- Zou FS (邹发生), Song XJ (宋晓军), Chen K (陈康), Chen W (陈伟), Zheng XR (郑馨仁) (2001) Avian diversity in the mangrove wetland of Dongzhaigang. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **20**(3), 21–23. (in Chinese with English abstract)
- Zou FS, Yang QF, Dahmer T, Cai JX, Zhang W (2006) Habitat use of waterbirds in coastal wetland on Leizhou Peninsula, China. *Waterbirds*, **29**, 459–464.
- Zou FS, Zhang HH, Dahmer T, Yang QF, Cai JX, Zhang W, Liang CY (2008) The effect of benthos and wetland area on shorebird abundance and species richness in coastal mangrove wetland of Leizhou Peninsula, China. *Forest Ecology and Management*, **255**, 3813–3818.

(责任编辑: 张正旺 责任编辑: 闫文杰)