

文章编号: 1000-5862(2018)06-0571-07

鄱阳湖五河流域越冬水鸟的多样性

周鸭仙¹ 李言阔^{1*} 单继红² 涂晓斌² 魏振华¹ 邵瑞清¹ 张 娜¹

(1. 江西师范大学生命科学学院, 江西 南昌 330022; 2. 江西省野生动植物保护管理局, 江西 南昌 330038)

摘要: 于2016年1月和2017年1月, 利用样线法和同步调查法对赣江、信江、饶河、抚河、修河五河流域水鸟现状开展调查, 共记录到越冬水鸟7目11科46种, 包括鸕鹚目、鸕鹚形目、鸕鹚形目、雁形目、鹤形目、鴈目和鸕鹚形目; 其中国家Ⅰ级保护动物2种: 黑鹳(*Ciconia nigra*) 和中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*); 国家Ⅱ级保护动物2种: 小天鹅(*Cygnus columbianus*) 和鸳鸯(*Aix galericulata*)。在居留型方面, 冬候鸟33种, 占总数71.74%。五河流域中越冬水鸟的物种数以修河和抚河最高(各24种); 越冬水鸟物种多样性指数最高的为修河(2.998), 抚河流域最低(1.924)。利用R语言基于个体数据进行了稀疏外推, 预测了五河流域对越冬水鸟的最大承载力。结果表明: 抽样强度充分, 五河水系水鸟种数估计值与观察到的物种数一致; 同时, 五河流域虽有相当数量的越冬水鸟分布, 但鄱阳湖越冬水鸟并没有向五河水系扩散。

关键词: 鄱阳湖; 五河流域; 越冬水鸟; 同步调查法; 物种多样性

中图分类号: Q 958 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2018.06.03

0 引言

江西省位于长江中下游南岸, 地理范围为 $113^{\circ}34' \sim 118^{\circ}29'E$, $24^{\circ}29' \sim 30^{\circ}05'N$, 面积16.69万 km^2 , 属典型的亚热带湿润季风气候, 水资源丰富, 分布有我国最大的淡水湖鄱阳湖。鄱阳湖接纳江西省内修河、饶河、抚河、信江和赣江的五河来水, 构成一个独立的水系(简称五河流域)。鄱阳湖水系跨越江西全境, 流域面积16.22万 km^2 ^[1]。鄱阳湖流域孕育了大量的自然湿地, 为鸟类提供了栖息地, 每年在此越冬的水鸟约60万只, 是全球白鹤(*Grus japonensis*)、灰鹤(*G. grus*)、白头鹤(*G. monacha*)、白枕鹤(*G. vipio*)、鸿雁(*Anser cygnoides*)、豆雁(*A. fabalis*)、灰雁(*A. anser*)等水鸟的重要越冬地^[2]。据统计, 迄今鄱阳湖区共记录鸟类352种, 其中水鸟133种, 包括世界自然保护联盟(IUCN)认定的受胁鸟类16种, 国家Ⅰ级重点保护鸟类9种, 国家Ⅱ级重点保护鸟类49种^[3]。但是, 迄今为止, 有关五河流域越冬水鸟的系统调查鲜见报道。

国内外研究人员对鄱阳湖水鸟资源及其动态开

展了一系列的调查研究, 在鄱阳湖鸟类多样性、群落结构和种群动态等方面做了大量的工作, 初步揭示了鄱阳湖区鸟类资源现状及其动态变化^[4-6]。近年来在三峡水利工程运行和全球气候变化的背景下, 鄱阳湖枯水期提前, 冬季水文节律变化明显, 使越冬候鸟赖以生存的鄱阳湖湿地景观发生了明显改变^[7-8]。鄱阳湖水文节律的异常变化是否导致一些越冬候鸟向鄱阳湖周边及五河流域扩散, 五河流域为鄱阳湖候鸟保护提供多大的缓冲力成为野生动物管理部门和鸟类保护工作者关注的焦点。但是, 有关五河流域鸟类的调查鲜见报道。

稀疏法(rarefaction)作为一种估算物种丰富度的统计方法, 被广泛应用到物种多样性的研究中^[9]。基于个体的稀疏化和基于样本的稀疏化是较为常用的2种稀疏化方法, 在生态学中应用较多^[10]。国内研究人员将稀疏化方法应用到了植物物种丰富度^[11]、古生物学物种多样性^[12]以及鸟类多样性研究^[13-14]。稀疏标准化法作为一种估计物种期望值的统计学方法, 在评价物种多样性方面具有较强的优势^[10]。近年来在利用红外相机开展的野生动物多样性研究中应用较多^[15-16]。本文通过R语言对

收稿日期: 2018-07-29

基金项目: 国家自然科学基金(31660618, 31460107)资助项目。

通信作者: 李言阔(1979-), 男, 山东临沂人, 副教授, 博士, 主要从事动物行为生态学研究。E-mail: liyankuo@126.com

个体数量数据利用稀疏化的方法估计了江西五河水系水鸟物种丰富度,以评估五河水系对鄱阳湖流域越冬水鸟的承载力。

1 研究地区和研究方法

赣江、抚河、信江、饶河、修河五河来水是影响鄱阳湖水位变化的主要因素,五大水系多年平均入湖水量为 $1\,250 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占入湖总水量的 87.1%, 赣江、抚河、信江、饶河、修河的入湖水量分别占 47.1%、10.8%、12.4%、8.2%、8.6%^[17-18]。

本次调查采用样线法和同步调查法对赣江、抚河、信江、修河和饶河等五大水系开展越冬水鸟同步

调查。同步调查共成立 21 个调查组, 每组 1~2 名专业人员, 每组配备 1 个 10 倍双筒望远镜 (SWAROVSKI, 10 × 42)、1 个单筒望远镜 (SWAROVSKI, 25 × 50)、1 部 GPS (GARMIN etrex 201) 接收机, 每个组负责 1~2 条样线, 在当地野生动植物保护管理站的配合下于 1 月 13~15 日对各目标河段或水库进行样线调查; 每组沿调查河段步行, 以 $2 \sim 3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度沿河岸行走, 或在条件许可的情况下雇用船只, 从上游顺流而下, 当观察到越冬水鸟后, 则观察记录物种组成和个体数量^[19]。样线覆盖了五河的干流、主要支流以及重要的水库, 跨越江西省全境 (见图 1)。

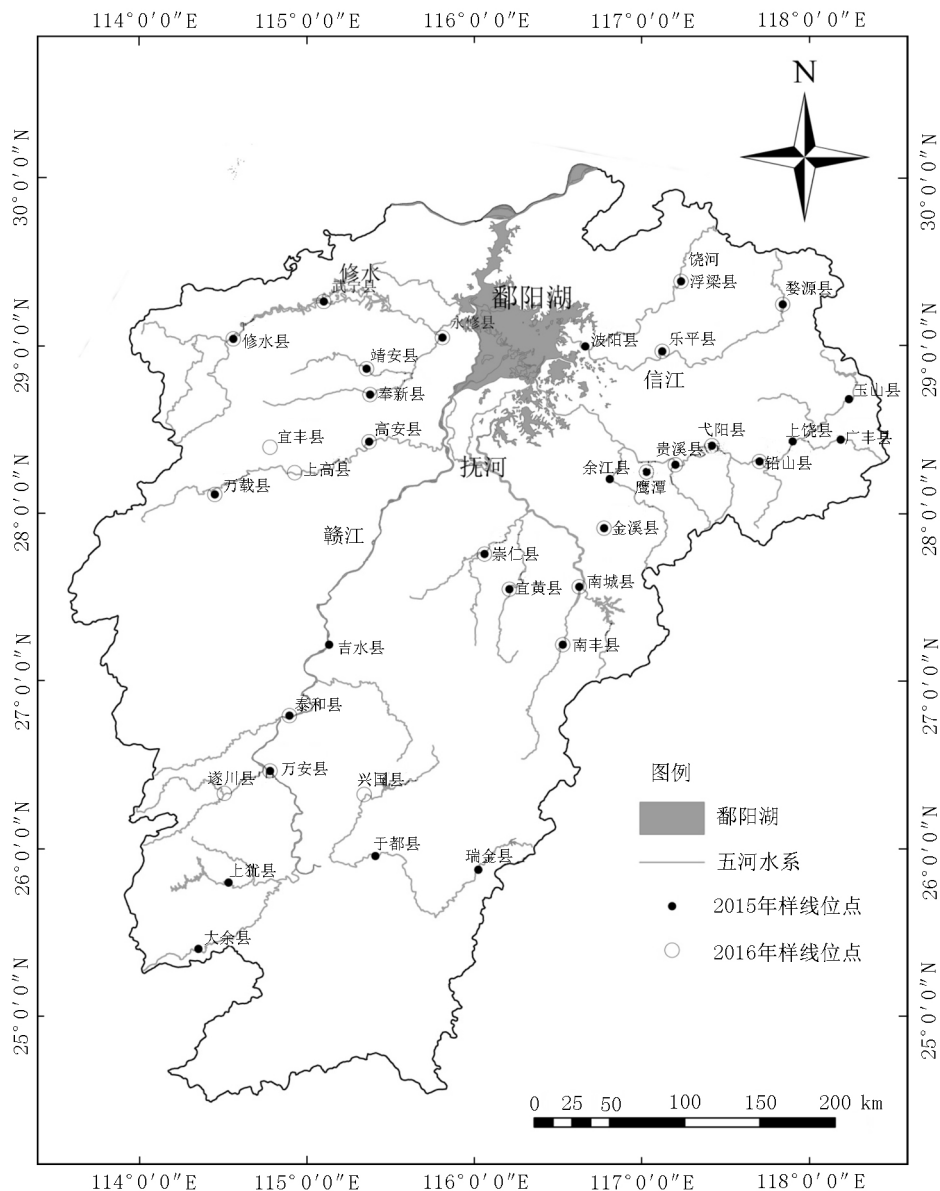


图 1 江西省五河流域调查样线分布

2 数据处理

鸟类的分类和鸟种的鉴别分布以《中国鸟类分类与分布名录》(第 3 版)和《中国鸟类野外手册》为依据^[20-21]. 利用 R 语言中的 iNEXT 包基于个体数量数据对五河流域水鸟数据进行稀疏化分析,稀疏外推曲线能够反映物种多样性随着记录到的物种数量的增加而增加,其外推部分根据稀疏部分进行拟合在同一条曲线上,能直观地表示观察到的物种数和物种数的估计值.此外,稀疏化曲线表达的是相对丰富度的累计率,因此曲线的陡峭程度可以反映群落的均匀度^[14, 22-23].

鸟类多样性指数采用 Shannon-Wiener(H)多样性指数计算^[24]. $H = - \sum P_i \ln P_i$ 其中 P_i 为物种 i 的个体数占总物种个体数总数的比例.

3 结果与分析

3.1 五河流域物种积累曲线

物种积累曲线反应的是采样量对物种多样性的影响,随着样线数的增加,观察到的物种数也越来越多,表明抽样越来越充分.2015 年冬季和 2016 年冬季分别完成了 51 条和 36 条样线的同步调查,随着样线数的增加,曲线末端上升趋势趋于平缓,说明本研究的抽样强度是合理的(见图 2).

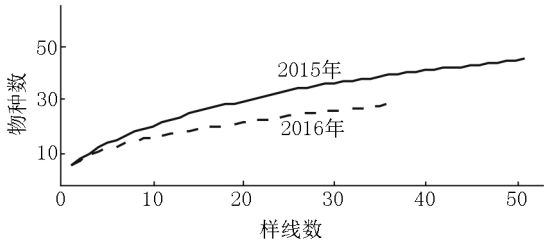


图 2 五河流域物种积累曲线

3.2 五河流域越冬水鸟组成

2015 年冬季和 2016 年冬季在五河流域共记录到越冬水鸟 7 目 11 科 46 种,包括鸕鹚目、鸕形目、鸕形目、雁形目、鸕形目、鰵鸟目和鸕形目,其中以鸕形目(15 种)、雁形目(15 种)和鸕形目(8 种)为主,物种数分别占总种数的 32.6%、32.6%和 17.4%(见表 1);鸕形目 1 科 4 种,鸕鹚目 1 科 2 种,鸕形目 1 科 8 种.在这些水鸟中,以鸭科、鸕科和鰵科物种数最多,分别为 15 种、9 种和 8 种,占总种数的 32.6%、19.6%和 17.4%.国家 I 级保护鸟类有 2 种:黑鸕(*Ciconia nigra*)和中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*);国家 II 级保护鸟类 2 种:小天鹅(*Cygnus columbianus*)和鸳鸯(*Aix galericulata*).小鸕鹚(*Tachybaptus ruficollis*)、普通鸕鹚(*Phalacrocorax carbo*)、白鸕(*Egretta garzetta*)、斑嘴鸭(*Anas zonorhyncha*)和黑水鸡(*Gallinula chloropus*)是五河流域的常见物种,在信江、饶河、抚河、修河以及赣江都有记录.此外,中华秋沙鸭在五大水系也均有分布.各个水系上分布的物种数比较为:修河(25 种) > 抚河(23 种) > 赣江(22 种) > 饶河(18 种) > 信江(16 种)(见表 1).

表 1 五河流域越冬水鸟名录

序号	中文名	学名	保护级别	居留型	区系	分布
	雁形目	ANSERIFORMES				
	鸭科	Anatidae				
1	鸿雁	<i>Anser cygnoid</i>	√	冬	古	F XS
2	豆雁	<i>Anser fabalis</i>	√	冬	古	F XS
3	小天鹅	<i>Cygnus columbianus</i>	II	冬	古	R XS
4	赤麻鸭	<i>Tadorna ferruginea</i>	√	冬	古	G
5	鸳鸯	<i>Aix galericulata</i>	II	冬	古	X R F XS
6	赤膀鸭	<i>Mareca strepera</i>	√	冬	广	F
7	赤颈鸭	<i>Mareca Penelope</i>	√	冬	古	R F
8	绿头鸭	<i>Anas platyrhynchos</i>	√	冬	古	R XS
9	斑嘴鸭	<i>Anas zonorhyncha</i>	√	冬	古	X R F XS G
10	针尾鸭	<i>Anas acute</i>	√	冬	古	G
11	绿翅鸭	<i>Anas crecca</i>	√	冬	古	X R XS G
12	凤头潜鸭	<i>Aythya fuligula</i>	√	冬	古	F
13	斑背潜鸭	<i>Aythya marila</i>	√	冬	古	R F
14	普通秋沙鸭	<i>Mergus merganser</i>	√	冬	古	F XS
15	中华秋沙鸭	<i>Mergus squamatus</i>	I	冬	古	X R F XS G

表 1(续)

序号	中文名	学名	保护级别	居留型	区系	分布
	鸻鹬目	PODICIPEDIFORMES				
	鸻鹬科	Podicipedidae				
16	小鸻鹬	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	√	留	广	X R F XS G
17	凤头鸻鹬	<i>Podiceps cristatus</i>	√	冬	古	F XS G
	鹤形目	GRUIFORMES				
	秧鸡科	Rallidae				
18	白胸苦恶鸟	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	√	留	东	G
19	红脚田鸡	<i>Zapornia akool</i>	√	留	东	X XS G
20	黑水鸡	<i>Gallinula chloropus</i>	√	夏	广	X R F XS G
21	白骨顶	<i>Fulica atra</i>	√	冬	古	XS
	鸻形目	CHARADRIIFORMES				
	反嘴鸻科	Recurvirostridae				
22	反嘴鸻	<i>Recurvirostra avosetta</i>	√	冬	古	XS
	鸻科	Charadriidae				
23	长嘴剑鸻	<i>Charadrius placidus</i>	√	冬	古	R
24	金眶鸻	<i>Charadrius dubius</i>	√	夏	古	XS G
25	环颈鸻	<i>Charadrius alexandrinus</i>	√	冬	广	X
	彩鸻科	Rostratulidae				
26	彩鸻	<i>Rostratula australis</i>	√	夏	东	X
	鸻科	Scolopacidae				
27	丘鸻	<i>Scolopax rusticola</i>	√	冬	古	G
28	扇尾沙锥	<i>Gallinago gallinago</i>	√	冬	古	X G
29	黑尾塍鸻	<i>Limosa limosa</i>	√	冬	古	G
30	鹤鸻	<i>Tringa erythropus</i>	√	冬	古	X R
31	红脚鸻	<i>Tringa totanus</i>	√	冬	古	XS
32	青脚鸻	<i>Tringa nebularia</i>	√	冬	古	R XS G
33	白腰草鸻	<i>Tringa ochropus</i>	√	冬	古	X R XS G
34	矶鸻	<i>Actitis hypoleucos</i>	√	冬	古	XS G
35	黑腹滨鸻	<i>Calidris alpina</i>	√	冬	古	F
	鸥科	Laridae				
36	红嘴鸥	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	√	冬	古	R F XS
	鸻形目	CICONIIFORMES				
	鸻科	Ciconiidae				
37	黑鸻	<i>Ciconia nigra</i>	I	冬	古	F
	鹭鸟目	SULIFORMES				
	鸬鹚科	Phalacrocoracidae				
38	普通鸬鹚	<i>Phalacrocorax carbo</i>	√	冬	广	X R F XS G
	鹭形目	PELECANIFORMES				
	鹭科	Ardeidae				
39	夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>	√	夏	广	X F G
40	绿鹭	<i>Butorides striatus</i>	√	夏	广	F
41	池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>	√	夏	东	G
42	苍鹭	<i>Ardea cinerea</i>	√	冬	东	X F XS G
43	草鹭	<i>Ardea purpurea</i>	√	夏	广	F
44	大白鹭	<i>Ardea alba</i>	√	夏	广	R XS
45	中白鹭	<i>Ardea intermedia</i>	√	夏	东	F XS
46	白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	√	夏	东	X R F XS G

注: I 表示国家 1 级保护动物; II 表示国家 2 级保护动物; √ 表示 3 有保护动物 “留”为留鸟 “冬”为冬候鸟 “旅”为旅鸟 “夏”为夏候鸟 “古”为古北界 “东”为东洋界 “广”为广布种 “X”为信江 “R”为饶河 “F”为抚河 “XS”为修河 “G”为赣江。

3.3 水鸟区系组成

居留型方面,在调查样区内所占比例最高的为冬候鸟 33 种,占 71.74%,夏候鸟和留鸟种数分别为 10 种和 3 种,占总计的 21.74% 和 6.52%;鸟类区系方面,在五河流域繁殖的鸟类共 13 种,其中东洋界和广布种鸟类各有 6 种,古北界鸟类较少,仅有 1 种(见表 2)。

表 2 水鸟区系组成

区系	夏候鸟 /种	冬候鸟 /种	留鸟 /种	总计 /种	百分比 /%
东洋界	4	1	2	7	15.22
古北界	1	29	0	30	65.22
广布种	5	3	1	9	19.56
总计	10	33	3	46	100.00
百分比/%	21.74	71.74	6.52	100	

3.4 稀疏法估算物种丰富度

2015 年冬季,共记录到个体 7 628 只,观察到 44 种物种。随着个体丰度增加,曲线在稀疏部分趋于平缓变成渐近线,外推后仍保持平缓趋势,表明稀疏曲线得到的物种数的估计值与调查中的观察值一致。2016 年冬季,共记录到个体 6 032 只,观察到 27 种物种。随着个体丰度的增加,曲线处于上升趋势,因此,无法得到物种数的估计值。根据稀疏化曲线的形状可知,2015 年曲线的陡峭程度比 2016 年高,即 2015 年群落的均匀度比 2016 年高(见图 3)。

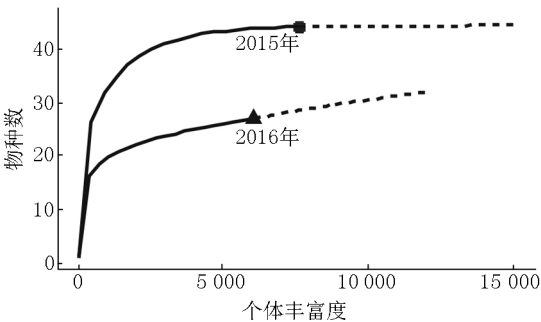
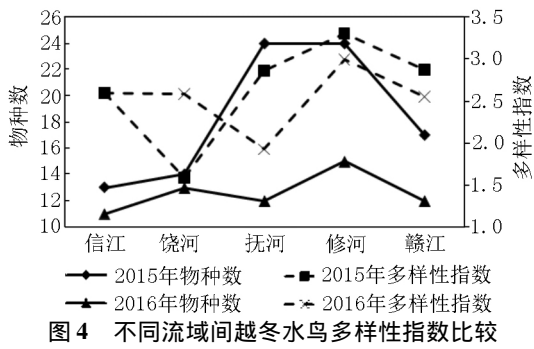


图 3 五河流域物种稀疏化曲线

3.5 不同流域鸟类多样性指数

2015 年,五河流域中越冬水鸟的物种数以修河和抚河最高(各 24 种),信江最低(13 种);Shannon-Wiener 多样性指数以修河最高(3.303),饶河最低(1.586)。2016 年,五河流域中越冬水鸟的物种数以修河最高(15 种),信江最低(11 种);Shannon-Wiener 多样性指数以修河最高(2.998),抚河最低(1.924)(见图 4)。



4 讨论

近年来鄱阳湖水文节律变化明显,枯水期提前,越冬候鸟赖以生存的鄱阳湖湿地景观发生了明显改变^[7-8]。在此背景下,本文开展了江西省五河流域越冬水鸟同步调查,研究结果表明五河流域存在着丰富的越冬水鸟多样性,但是相对于五河流域的广阔面积而言,其越冬水鸟数量较少,尤其是鄱阳湖优势越冬水鸟小天鹅、鸿雁、豆雁、灰雁在五河流域数量较少,仅记录有 101 只,这意味着五河水系目前作为越冬水鸟栖息地的承载力较小。

文献[3]调查鄱阳湖区越冬水鸟共 133 种,分属 6 目 16 科,每年在此越冬的水鸟约 60 万只。本文调查发现,2015 年在五河流域栖息与越冬的水鸟实际为 44 种 7 628 只,2016 年实际为 27 种 6 032 只。基于稀疏化曲线估计五河流域为越冬水鸟提供的承载力约为 44 种,大多数水鸟选择在鄱阳湖栖息越冬,五河流域并没有为鄱阳湖候鸟越冬地提供较大的缓冲。

虽然越冬水鸟种类数相对较少,但五河水系的较多河流湿地和湖泊湿地仍然具有重要的物种保护价值^[25]。鸟类是湿地生态系统中重要的组成部分,其多样性和数量变化趋势反映了栖息地的质量^[26]。本研究在五河水系记录到国家重点保护物种 4 种,分别为黑鹳、中华秋沙鸭、鸳鸯和小天鹅,其中中华秋沙鸭江西越冬种群在五河水系中都有分布。近年来的研究发现,中华秋沙鸭分布范围更加分散,目前,江西省五河水系已成为中华秋沙鸭重要的越冬地^[6,27],有待更加科学的保护管理。本次研究中记录到集群分布的中华秋沙鸭和鸳鸯种群数量比较大,而它们对栖息环境是特别挑剔的,喜欢栖息于林区内的河流或开阔湖泊,是重要的环境指示种。五河流域对中华秋沙鸭和鸳鸯越冬种群的生存具有重要的意义。

与鄱阳湖相比,五河流域物种数以及水鸟数量

相对较少.事实上,生境的复杂性对湖泊湿地鸟类种类组成有重要影响^[28].物种的丰富度和多样性与栖息地环境多样存在着一定的关系,鸟类多样性一般也与环境多样性成正比,多样性高的环境可以给鸟类提供多样化的栖息地和丰富的食物^[29].鄱阳湖水域面积广、水文情势独特,水位自然消涨为水鸟提供了多样化的生境,如浅水区、深水区、泥滩、沼泽、草洲,可为大量越冬水鸟提供适宜的栖息地.相比之下,五河流域为越冬水鸟提供的栖息地多为河流生境,生境相对单一,且河道两岸人口密度大,人类活动频繁,人为干扰较大,在很大程度上限制了其作为水鸟越冬生境的价值.

本文调查结果显示,2015年的多样性指数和物种数总体大于2016年.水鸟物种多样性的减少一方面缘于夏候鸟数量的减少,在2015年调查到8种夏候鸟,而在2016年仅调查到3种;同时,人为干扰强度的增加,如大范围采沙活动、捕鱼捞鱼和道路施工等,严重影响了水鸟栖息地的质量,导致部分对栖息地质量高度敏感的水鸟的流失,如凤头潜鸭(*Aythya fuligula*)、斑背潜鸭(*Aythya marila*)和普通秋沙鸭(*Mergus merganser*)等在2016年的五河水系中没有观察到.此外,调查样线数的减少可能也导致记录到物种数减少,2016年在2015年调查结果的基础上适当地去掉没有记录到物种的样线,即由51条减少到36条.

本研究发现,五河水系人类活动主要类型为采沙、捕鱼和道路或桥梁施工等.人为活动对水鸟的生存存在一定的影响,可能对野生动物的越冬栖息造成不利影响.一方面,越冬水鸟对人类的活动具有一定的适应性,能够服习一定的人类活动.如在信江鹰潭龙虎山段中华秋沙鸭的越冬地在铁路沿线,频繁经过的铁路运输并没有影响秋沙鸭的生存,该区成为江西省中华秋沙鸭重要的越冬地,具有稳定的越冬种群.另一方面,过度的干扰可能会导致越冬水鸟栖息地的恶化,使某些河段越冬水鸟种类和数量急剧下降,如2015年冬季在饶河河段记录到鸳鸯1772只,而2016年冬季在饶河河段仅仅记录到359只.因此,对五河流域越冬水鸟的保护提出以下建议:(i)保护鸟类的栖息地,主要通过保护湿地的生态环境,严禁盲目开发和破坏湿地,保证鸟类有广阔和适宜的越冬场所.(ii)政府必须加强生物多样性管理与保护,制定河道保护对策,减少非法捕鱼,为越冬水鸟提供充足的食物资源.(iii)积极开展宣传教育工作,让普通民众了解鸟类保护的重要性,并

加入到保护野生动物的队伍中来,为鸟类提供适宜的越冬环境.

5 参考文献

- [1] 熊小群,杨荣清.江西水系[M].武汉:长江出版社,2007:1-94.
- [2] 吴英豪,纪伟涛.江西鄱阳湖国家级自然保护区研究[M].北京:中国林业出版社,2002:217-227.
- [3] 黄燕,李言阔,纪伟涛,等.鄱阳湖区鸟类多样性及保护现状分析[J].湿地科学,2016(3):311-327.
- [4] 单继红,马建章,李言阔,等.鄱阳湖区灰鹤越冬种群数量与分布动态及其影响因素[J].生态学报,2014,34(8):2050-2060.
- [5] 朱奇,詹耀煌,刘观华,等.2011年冬鄱阳湖水鸟数量与分布调查[J].江西林业科技,2012(3):1-9.
- [6] 邵明勤,曾宾宾,徐贤柱,等.鄱阳湖流域非繁殖期鸟类多样性[J].生态学报,2013,33(1):140-149.
- [7] 刘成林,谭胤静,林联盛,等.鄱阳湖水位变化对候鸟栖息地的影响[J].湖泊科学,2011,23(1):129-135.
- [8] 谢冬明,郑鹏,邓红兵,等.鄱阳湖湿地水位变化的景观响应[J].生态学报,2011,31(5):1269-1276.
- [9] Gotelli N J, Nicholas J, Robert K, et al. Estimating species richness [J]. Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment, 2011, 12: 39-54.
- [10] Colwell R K, Chao Anne, Gotelli N J, et al. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages [J]. Journal of Plant Ecology, 2012, 5(1): 3-21.
- [11] 张大才,孙航.横断山区树线以上区域种子植物的标本分布与物种丰富度[J].生物多样性,2008,16(4):381-388.
- [12] 黄冰.浅谈稀疏标推化方法及其在群落多样性研究中的应用[J].古生物学报,2012,51(2):200-208.
- [13] Lawton J H, Naeem S, Thompson L J, et al. Biodiversity and ecosystem function: getting the ecotron experiment in its correct context [J]. Functional Ecology, 1998, 12(5): 848-852.
- [14] 何春光,崔丽娟,盛连喜,等.向海湿地自然保护区鸟类多样性评价方法的比较研究[J].干旱区地理,2007,30(6):858-864.
- [15] 李欣海,朴正吉,武耀祥,等.长白山森林动态监测样地鸟兽的红外相机初步监测[J].生物多样性,2014,22(6):810-812.
- [16] 肖治术,吴林芳,唐林芳,等.运用红外相机对鼎湖山森林动态监测样地鸟兽的初步调查[J].生物多样性,2014,22(6):823-825.
- [17] 闵骞.鄱阳湖水位变化规律的研究[J].湖泊科学,

- 1995 7(3): 281-288.
- [18] 邓燕青 张志章 赵义君 等. 鄱阳湖综合水环境特征研究 [J]. 江西水利科技 2016(2): 108-114.
- [19] 钱法文 李言阔 陆军 等. 鄱阳湖都昌候鸟自然保护区丰水期和枯水期鸟类多样性 [J]. 动物学杂志 2013, 48(4): 537-547.
- [20] 约翰·马敬能 卡伦·菲利普斯 何芬奇 等. 中国鸟类野外手册 [M]. 长沙: 湖南教育出版社 2000.
- [21] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录 [M]. 3版. 北京: 科学出版社 2017.
- [22] Chao Anne, Jost L. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size [J]. Ecology 2012 93(12): 2533-2547.
- [23] Hsieh T C, Ma K H, Chao Anne. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers) [J]. Methods in Ecology and Evolution 2016 7(12): 1451-1456.
- [24] 马克平 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 [J]. 生物多样性 1994 2(4): 231-239.
- [25] Oertli B, Joye D A, Castella E, et al. Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity [J]. Biological Conservation 2002 104(1): 59-70.
- [26] 张淑霞 董云仙 夏峰. 湖泊生态系统的水鸟监测意义 [J]. 湖泊科学 2011 23(2): 155-162.
- [27] 汪志如 单继红 李言阔 等. 江西省中华秋沙鸭越冬种群现状调查与胁迫因素分析 [J]. 四川动物 2010 29(4): 597-600.
- [28] Craig R J, Beal K G. The influence of habitat variables on marsh bird communities of the Connecticut River estuary [J]. The Wilson Bulletin 1992: 104(2): 295-311.
- [29] 崔鹏 邓文洪. 鸟类群落研究进展 [J]. 动物学杂志, 2007 42(4): 149-158.

The Species Diversity of Water Birds in the Five River-Catchment of Poyang Lake

ZHOU Yaxian¹, LI Yankuo^{1*}, SHAN Jihong², TU Xiaobin², WEI Zhenhua¹, SHAO Ruiqing¹, ZHANG Na¹

(1. College of Life Science, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China;

2. Wildlife Service of Jiangxi Province, Nanchang Jiangxi 330038, China)

Abstract: In this study, synchronous survey and transect methods are used to investigate the water bird species diversity and distribution in January 2016 and January 2017. Totally 46 species from 11 families of 7 orders are recorded, including water birds of Podicipediformes, Pelecaniformes, Ciconiiformes, Anseriformes, Gruiformes, Suliformes and Charadriiformes. Black stork (*Ciconia nigra*) and Chinese merganser (*Mergus squamatus*) have been listed in the first category of the nationally protected wildlife species in China. Mandarin duck (*Aix galericulata*) and Tundra swan (*Cygnus columbianus*) have been listed in the second category of the nationally protected wildlife species. In terms residential types, there are 33 winter migrant which accounts for 71.74% of the total species. Xiuhe River and Fuhe River has highest species. The highest wintering waterfowl diversity index is Xiuhe (2.998) and Fuhe River is the lowest (1.924). Furthermore, the rarefaction and extrapolation curve has been used to estimate the species richness in the Five River-Catchment and predict the maximum carrying capacity of water birds in their wintering grounds. The results show that 44 species are near the maximum estimation of water birds. Although there are considerable water birds inhabiting in five rivers, and no obvious dispersion of water birds from Poyang Lake to five rivers is detected.

Key words: Poyang Lake; Five River-Catchment; water bird; synchronous survey; species diversity

(责任编辑: 刘显亮)