

## 鄱阳湖夏季极端水位条件下越冬水鸟多样性、空间分布及其保护对策\*

张超<sup>1</sup>, 李言阔<sup>1\*\*</sup>, 任琼<sup>2</sup>, 单继红<sup>3</sup>, 王贤芳<sup>4</sup>, 方彭军<sup>5</sup>, 邵瑞清<sup>1</sup>, 申锦<sup>1</sup>, 钱磊<sup>1</sup>, 李安梅<sup>1</sup>, 塔旗<sup>1</sup>

(1: 江西师范大学生命科学院, 南昌 330022)

(2: 江西省林业科学院, 南昌 330032)

(3: 江西省野生动植物保护管理中心, 南昌 330006)

(4: 九江市林业局, 九江 332099)

(5: 九江市彭泽县林业局, 彭泽 332700)

**摘要:** 鄱阳湖是我国最大的淡水湖,也是具有国际意义的候鸟越冬地。近年来,鄱阳湖水文情势异常使得候鸟越冬环境更加复杂。本文以2020年鄱阳湖出现夏季极端水位为背景,基于2019和2020年鄱阳湖越冬水鸟同步调查数据,探讨了夏季极端水位对越冬水鸟丰富度和空间分布的影响。研究表明:夏季极端水位条件下鄱阳湖越冬水鸟的总数量、群落结构和优势物种组成相对稳定,水鸟数量由597307只下降至572358只,主要是鸭科、鸥科、鹈科、鸬鹚科和鸬科鸟类数量明显下降;食块茎、食种子和食鱼集团水鸟数量均有所下降。水鸟的整体空间分布格局变化不大,主要栖息地仍为鄱阳湖保护区和上饶湿地的碟形湖及人控湖汊,越冬水鸟向人工湿地扩散加剧。2019年在人工湿地主要记录到灰鹤926只、白鹤3只;2020年则记录到白鹤2215只、灰鹤7294只、白头鹤88只、白枕鹤378只、豆雁550只、鸿雁3100只、灰雁3200只和小天鹅1543只。2020年冬季人工湿地中的越冬水鸟数量比2019年增加显著。鄱阳湖夏季极端水位导致沉水植物群落崩溃,造成植食性水鸟在天然湿地中的越冬食物短缺,从而导致种群空间分布格局出现明显变化,这也是鹤类和雁类水鸟前往人工湿地觅食的主要原因。因此,在夏季洪水频发的背景下加强人工湿地管理,是当前解决越冬水鸟天然湿地食物资源短缺的重要措施。

**关键词:** 鄱阳湖;越冬水鸟;极端水位;空间分布格局;多样性

## Species diversity, spatial distribution and protection strategies of wintering waterbirds after extreme summer flood in Lake Poyang\*

Zhang Chao<sup>1</sup>, Li Yankuo<sup>1\*\*</sup>, Ren Qiong<sup>2</sup>, Shan Jihong<sup>3</sup>, Wang Xianfang<sup>4</sup>, Fang Pengjun<sup>5</sup>, Shao Ruiqing<sup>1</sup>, Shen Jin<sup>1</sup>, Qian Lei<sup>1</sup>, Li Anmei<sup>1</sup> & Ta Qi<sup>1</sup>

(1: College of Life Sciences, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, P.R.China)

(2: Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang 330032, P.R.China)

(3: The Center of Jiangxi Wildlife Conservation, Nanchang 330006, P.R.China)

(4: Forestry Administration of Jiujiang Municipality, Jiujiang 332099, P.R.China)

(5: Forestry Administration of Pengze County, Pengze 332700, P.R.China)

**Abstract:** Lake Poyang is the largest freshwater lake in China and has been an important wintering ground for migratory birds. In recent years, the abnormal hydrological regime of Lake Poyang deteriorated the quality of this wintering ground for migratory birds. In summer of 2020, Lake Poyang experienced extreme water level, which maybe affect the waterbird community structure and waterbird distribution. We compared the wintering waterbird species diversity, abundance and spatial distribution between winter of

\* 2022-03-07 收稿;2022-06-20 收修改稿。

国家自然科学基金项目(31660618)和江西省林业局林业科技创新专项(创新专项[2021]06号)联合资助。

\*\* 通信作者;E-mail:liyankuo@126.com.

2019 and 2020 to understand the impact of extreme water level on wintering waterbirds. The results showed that the total number, community structure and dominant species composition of wintering waterbirds were relatively stable after extreme summer water level. The total number of waterbirds decreased from 597307 to 572358, among which the number of Anatidae, Laridae, Ciconiidae, Phalacrocoracidae and Threskiornithidae obviously decreased. The abundances of tuber eaters, seed eaters and fish eaters were declined. The overall spatial distribution pattern of waterbirds showed little change. Waterbirds mainly inhabited the sub-lakes and controlled lake branches in the Lake Poyang National Nature Reserve and Shangrao wetland. However, waterbirds spread more severely from Lake Poyang nature wetlands to artificial wetlands nearby Lake Poyang. In 2019, 926 common cranes and 3 Siberian cranes were recorded in rice paddies and lotus ponds; In 2020, 2215 Siberian cranes, 7294 common cranes, 88 hooded cranes, 378 white-napped cranes, 550 bean geese, 3100 swan geese, 3200 greylag geese and 1543 tundra swans occurred in these artificial wetlands. The wintering waterbirds in artificial wetlands in winter of 2020 was significantly more abundant than that in winter of 2019. The extreme water level in summer led to the collapse of submerged plant community, resulting in the shortage of wintering food for herbivorous waterbirds in the natural wetlands, which drove cranes and geese dispersed into the artificial wetlands. Therefore, it is necessary to strengthen the management of artificial wetlands under the condition of frequently higher flood in Lake Poyang for wintering waterbirds conservation.

**Keywords:** Lake Poyang; wintering waterbird; extreme water level; spatial distribution; diversity

鄱阳湖地处长江南岸,江西省北部,是我国最大的淡水湖,也是全球重要的水鸟越冬地。每年在此越冬的水鸟数量达40万只以上,雁鸭类数量超过30万只<sup>[1]</sup>。每年越冬期白鹤(*Leucogeranus leucogeranus*)、白头鹤(*Grus monacha*)、白枕鹤(*Antigone vipio*)和灰鹤(*G. grus*)4种鹤类栖息于此,其中,白鹤种群数量约占全世界种群总数的99%<sup>[2]</sup>;中国越冬鹤类种群中,几乎所有的白枕鹤、三分之一的白头鹤和近一半的灰鹤在此越冬<sup>[3-4]</sup>。很显然,鄱阳湖已成为长江中下游地区最为重要的候鸟越冬地<sup>[5-6]</sup>,对于全球候鸟保护具有重要意义。

然而受长江上游水库群和气候变化等因素的影响,近年来鄱阳湖水文情势发生了明显的变化。最明显的变化是秋季干旱,秋季湖区水位提前消落,洲滩提前出露,导致枯水期提前并延长,秋季干旱已成常态<sup>[7-8]</sup>。另一个变化则是夏季高水位持续时间增加,虽然近年来特大洪水频次明显降低,但是年最高水位和高水位持续时间呈现出显著的线性增加趋势<sup>[9]</sup>。水是湿地演替的决定性因素,水文过程直接影响着湿地生态系统的结构和功能。鄱阳湖水文情势的改变直接影响着鄱阳湖湿地景观格局、植被演替以及沉水植物生长等<sup>[2,10-11]</sup>。很多研究探讨了鄱阳湖水文情势变化对越冬候鸟的影响,认为枯水期干旱改变了越冬候鸟生境的可获得性<sup>[6]</sup>;也注意到夏季水位过高或高水位持续时间过长会影响沉水植物生长,导致越冬水鸟在天然湿地中可获得的食物资源减少,许多鹤类和雁类水鸟开始转移到藕塘、稻田等人工湿地觅食,并将其作为第二栖息地<sup>[2,12]</sup>。水文情势变化对越冬候鸟的影响一直是鄱阳湖鸟类研究的热点,尤其是随着鄱阳湖水利枢纽工程的推进,水位和水鸟的关系更加受到关注。

2020年夏季我国南方大部分地区发生了多轮强降雨,其中,江西省遭遇了持续性时间最长、影响范围最广的连续性暴雨天气。连续的降雨使得五河流域的水大量注入鄱阳湖,同时受到长江水倒灌入湖的影响,使得鄱阳湖水位迅速上涨,湖区多个水文站水位创历史新高,其中星子站的最高水位达22.63 m,超过1998年洪水的最高水位22.52 m<sup>[13]</sup>,突破了有水文记录以来的历史极值。在此背景下,本研究比较了2019年正常水位年份和2020年夏季极端水位年份鄱阳湖越冬水鸟物种多样性及其空间分布,探究了夏季极端水位对鄱阳湖越冬水鸟群落特征的影响,为鄱阳湖越冬候鸟的保护和管理提供科学依据。

## 1 研究区域概况

鄱阳湖位于江西省北部,北接长江,承接赣江、抚河、信江、饶河和修水五河来水后注入长江。鄱阳湖地处亚热带,属于亚热带湿润季风性气候,夏季高温多雨,降水集中于夏季,冬季降雨较少,最冷月平均气温基本在0℃以上,雨热同期。季节性降水差异使鄱阳湖的水位年内变化呈现出显著的季节性,丰水期和枯水期湖区水域面积和水容积相差极大,由丰水期的4000 km<sup>2</sup>缩减到枯水期的不足1000 km<sup>2</sup>,呈现出“丰水一片,枯水一线”的独特水文景观。

作为中国第一大淡水湖,鄱阳湖是东亚—澳大利西亚候鸟迁徙路线上的重要候鸟越冬地<sup>[2]</sup>,也是长江中下游地区越冬候鸟的重点保护区域。优越的地理位置和适宜的气候条件使得湖区的动植物资源十分丰富,为鸟类的生存栖息提供了良好的生态环境。是白鹤、东方白鹳(*Ciconia boyciana*)、白枕鹤、白头鹤和青头潜鸭(*Aythya baeri*)等国家Ⅰ级保护动物的重要越冬地。作为越冬候鸟的重要栖息地,鄱阳湖区先后建立以候鸟和生态系统保护为主要对象的保护区18个,总面积达2006.18 km<sup>2</sup>,保护工作逐渐趋于系统化、完善化<sup>[14]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 越冬水鸟调查

2020年1月和2021年1月,本研究采用样线样点结合法对鄱阳湖区3市13县(市、区)境内湖泊(图1)进行了水鸟同步调查。本次调查是自1999年环鄱阳湖区越冬水鸟同步调查的延续<sup>[15]</sup>。将整个鄱阳湖区域划分为5部分:鄱阳湖国家级自然保护区(简称鄱阳湖保护区)、南矶湿地国家级自然保护区(简称南矶湿地保护区)、九江市鄱阳湖湿地(简称九江湿地)、南昌市鄱阳湖湿地(简称南昌湿地)和上饶市鄱阳湖湿地(简称上饶湿地)。本调查涉及鄱阳湖区100多个子湖泊(附表I),覆盖整个鄱阳湖区(图1)。

越冬水鸟调查共建立40个调查组,每个调查组至少包括一名向导和两名专业人员,配备单筒望远镜、双筒望远镜和相机等设备,并利用两步路软件对调查轨迹、水鸟位点、种类和数量进行记录。调查人员主要采用步行或乘船等方式进行调查,借助单、双筒望远镜对发现的水鸟进行观察。对于个体数量较少的水鸟群体采用直接计数法统计水鸟数量;集群较大的水鸟群体则采用集团计数法<sup>[15]</sup>;距离较远而未能识别的鸟类进行类群鉴别,并计入未识别物种,如未识别雁、未识别鸬鹚类等。

为了统计越冬水鸟对鄱阳湖周边人工湿地的利用,本研究选取鄱阳湖周边五星农场、康山大堤、联圩、昌邑和共青城等与湖区相邻的水稻田和藕塘等进行样线调查(图1),调查时开车沿预设样线缓慢行进,观察周边稻田和藕塘中的水鸟,如果观察到水鸟分布,则停车后用单筒望远镜进行观察和计数。

### 2.2 数据获取

水文数据来自江西省水利厅官方网站发布的鄱阳湖实时水位数据(<http://slt.jiangxi.gov.cn/col/col28224/index.html>),分别于每日9:00和15:00对鄱阳湖各水文站水位数据进行记录。选取每年鄱阳湖丰水期4—9月星子站水文数据并计算月平均水位,使用2010—2019年鄱阳湖丰水期月平均水位代表历年丰水期月平均水位。通过比较发现,2019年丰水期月平均水位均处于历年丰水期月平均水位的标准偏差区间内,因此将2019年认为是鄱阳湖水文正常年份。2020年丰水期水文变化情况异于往年,5和6月平均水位低于历年平均值,5—7月水位迅速上升,7月受夏季暴雨影响达到极端水位值,直到9月一直处于高于历年同期平均水位的状态;超警戒水位(星子站)时间长达48天,7月份的最高平均水位(21.04 m)远高于历年同期平均水位(18.09 m),且达到极值后水位下降缓慢(图2A)。夏季极端水位的缓慢下降也对枯水期水文变化产生了影响,夏少霞等<sup>[16]</sup>认为当鄱阳湖枯水期水位降至14 m以下时才能够为越冬候鸟提供充足的栖息地。本文对2019和2020年鄱阳湖枯水期(10月至翌年3月)不同水位的持续时间进行了比较。2020年枯水期受夏季极端水位消退较慢的影响,枯水期水位高于14 m的时间多达38天;而2019年作为水文变化正常年份,其枯水期水位均在14 m以下(图2B)。

苦草(*Vallisneria*)是鄱阳湖沉水植物的优势类群,苦草冬芽的丰富度变化能够在很大程度上反映湖区沉水植物生长状况<sup>[17]</sup>,本文苦草冬芽密度和生物量数据来源于江西省鄱阳湖国家级自然保护区自然资源监测年报<sup>[18-19]</sup>。2019年鄱阳湖保护区苦草冬芽密度和生物量平均值分别为2.81 ind./m<sup>2</sup>和0.45 g/m<sup>2</sup>;2020年苦草冬芽密度和生物量仅为0.08 ind./m<sup>2</sup>和0.0025 g/m<sup>2</sup>(图3),且所调查的湖泊除沙湖外苦草冬芽密度和生物量均为0。

### 2.3 数据分析

参考郑光美《中国鸟类分类与分布名录》(第三版)<sup>[20]</sup>分类标准,依据《湿地公约》和相关文献<sup>[14]</sup>对水鸟的定义,将雁形目、鸬鹚目、鹤形目、鸨形目、鸬形目、鹳形目、鹬鸟目、鹬形目和佛法僧目的翠鸟科鸟类确定为水鸟,鸟类拉丁名、英文名和濒危等级参照世界自然保护联盟(IUCN)濒危物种红色名录<sup>[21]</sup>。此外,参阅相关资料<sup>[12-14]</sup>,确定了鸟类的地理区系和保护级别等。根据水鸟的取食偏好,依据相关文献<sup>[22-23]</sup>,将水鸟划分为食

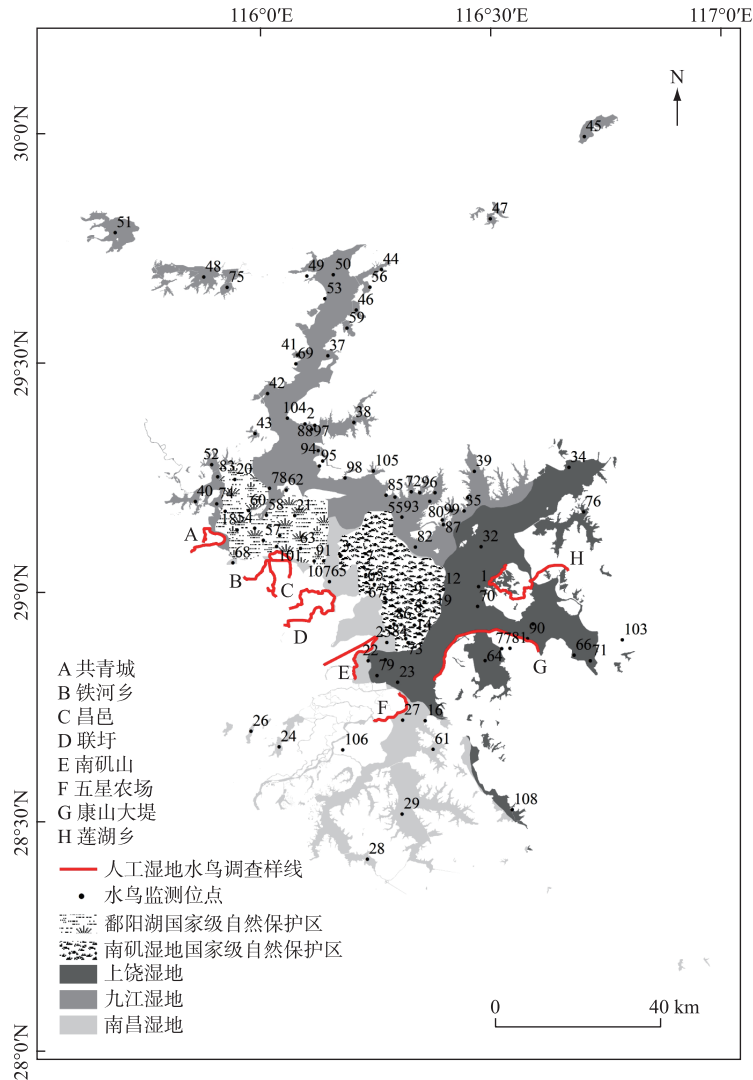


图1 研究地区和调查点位示意图

(1.小鸣湖;2.范垄;3.赣江尾间;4.赣江中支;5.上段湖;6.人参湖;7.草皮角湖;8.神宕湖;9.红星湖;10.涧塘岭湖;11.北深湖;12.东湖口;13.下北甲湖;14.南深湖;15.凤尾湖;16.坎下湖;17.沙湖;18.大湖池;19.东湖;20.蚌湖;21.大汉湖;22.西湖(南昌县);23.程家池;24.瑶湖;25.三湖;26.艾溪湖;27.金溪湖;28.青岚湖;29.军山湖;30.矾山湖;31.林充湖;32.汉池湖;33.大莲子湖;34.企湖;35.长溪湖;36.花庙湖;37.高桥湖;38.新妙湖;39.西湖(都昌县);40.南湖;41.梅溪湖;42.十里湖;43.蓼花池;44.北港湖;45.太泊湖;46.泊洋湖;47.芳湖;48.赛湖;49.芳兰湖;50.鞋山湖;51.赤湖;52.寺下湖;53.谷山湖;54.常湖池;55.砖塘湖;56.南港湖;57.象湖;58.中湖池;59.皂湖;60.朱市湖;61.陈家湖;62.梅西湖;63.蚕豆湖;64.插旗湖;65.大伍湖;66.湛公湖;67.泥湖;68.芟湖;69.珠琳湖;70.南疆湖;71.晚湖;72.南溪湖;73.三泥湾;74.长湖;75.七里湖;76.珠湖;77.南尖湖;78.苍湖;79.南湖(余干县);80.输湖;81.落脚湖;82.周溪泥湖;83.洲边湖;84.战备湖;85.黄金嘴;86.常湖;87.盘湖;88.马影湖;89.北甲湖;90.甘泉洲;91.小滩湖;92.焦潭湖;93.朱袍山;94.下坝;95.千字湖;96.龙潭湖;97.钱桥湖;98.都昌码头;99.盆湖;100.董家湖;101.邓湖;102.竹筒湖;103.茶湖;104.老爷庙;105.大沔池;106.白沙湖;107.下茶湖;108.润溪湖)

Fig.1 Schematic diagram of study area and survey points

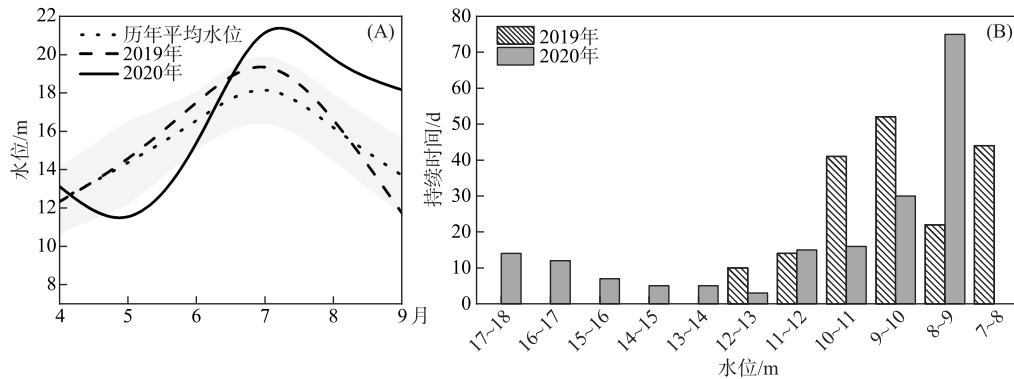


图 2 2019 和 2020 年鄱阳湖丰水期月平均水位 (A) 及枯水期不同水位持续时间 (B)

Fig.2 Monthly average water level of Lake Poyang in wet season (A) and duration days of different water levels in dry season (B) in 2019 and 2020

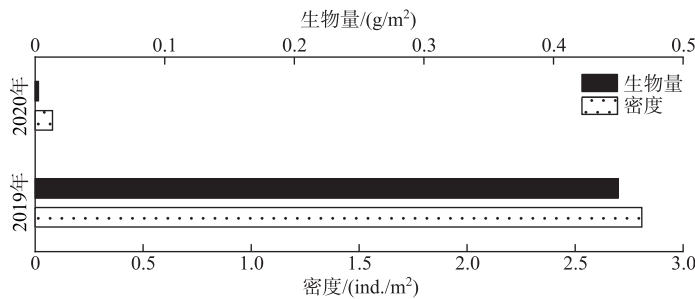


图 3 2019 和 2020 年鄱阳湖保护区苦草冬芽密度和生物量

Fig.3 The mean density and biomass of *Vallisneria* winter buds in Lake Poyang National Nature Reserve in 2019 and 2020

块茎集团、食鱼集团、食草集团、食无脊椎动物集团和食种子集团 5 个取食集团。

利用 Excel 2019 对数据进行统计、分析和处理,计算鸟类物种多样性和统计鸟类数量变化;运用 SPSS 21.0 对 2019 和 2020 年鄱阳湖越冬水鸟数据进行正态性检验,若数据符合正态分布,则采用配对 T 检验比较两年水鸟数量的差异性;若数据不符合正态分布则采用非参数检验中的 Mann-Whitney U 检验对两年水鸟数量的差异性进行比较。根据各湖泊水鸟总数量,使用 ArcGIS 10.6 软件中的反距离权重法 (inverse distance weighted) 进行插值分析,生成栅格大小为  $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$  的水鸟数量分布栅格数据。

### 3 结果

#### 3.1 物种组成

2019 年记录到水鸟 597307 只,隶属于 8 目 13 科 63 种;2020 年记录到的水鸟数量有所下降,共 572358 只,隶属于 8 目 14 科 72 种 (附表 II)。两年共记录到水鸟 79 种,隶属于 8 目 14 科。就地理区系而言,两次调查记录到的古北界鸟类物种数最多,共 59 种,占水鸟总数的 74.7%;东洋界鸟类和广布种均记录到 10 种,各占 12.7%,可见鄱阳湖越冬水鸟具有显著的古北界特征。

记录到的 79 种水鸟中,国家 I 级保护鸟类 8 种,分别为白鹤、白头鹤、白枕鹤、东方白鹳、黑鹳 (*Ciconia nigra*)、青头潜鸭、小青脚鹬 (*Tringa guttifer*) 和卷羽鹈鹕 (*Pelecanus crispus*);国家 II 级保护鸟类 12 种,分别为鸿雁 (*Anser cygnoid*)、白额雁 (*A. albifrons*)、小白额雁 (*A. erythropus*)、大天鹅 (*Cygnus cygnus*)、小天鹅 (*C. columbianus*)、鸳鸯 (*Aix galericulata*)、花脸鸭 (*Sibirionetta formosa*)、灰鹤、白腰杓鹬 (*Numenius arquata*)、大杓鹬

(*N. madagascariensis*)、白琵鹭(*Platalea leucorodia*)和白胸翡翠(*Halcyon smyrnensis*)。根据 IUCN 红色名录(IUCN Red List of Threatened Species),有极危(CR)物种 2 种,为白鹤和青头潜鸭;濒危(EN)物种 3 种,为大杓鹬、小青脚鹬和东方白鹤;易危(VU)物种 6 种,分别为鸿雁、小白额雁、红头潜鸭(*Aythya ferina*)、白枕鹤、白头鹤和黑嘴鸥(*Saundersilarus saundersi*)。

### 3.2 水鸟相对多度

雁形目水鸟在两年内均为优势类群,个体数量最多,其次是鸻形目和鹬形目,佛法僧目水鸟数量最少(表 1)。2020 年与 2019 年相比,雁形目水鸟数量减少 8.8%,鸻形目水鸟数量减少 75.1%,鹬鸟目水鸟数量减少 30.1%。

表 1 各类群水鸟数量及其在当年水鸟总数量中的占比

Tab.1 The number of waterbirds in various groups and their proportion in the total number of waterbirds in that year

水鸟类群	2019 年		2020 年	
	数量	占比	数量	占比
雁形目	482689	80.8%	440353	76.9%
鸻形目	64858	10.9%	74374	13.0%
鹬形目	20905	3.5%	22431	3.9%
鹤形目	10391	1.7%	14351	2.5%
鹳形目	8029	1.3%	2003	0.3%
鸬鹚目	5260	0.9%	15225	2.7%
鳾鸟目	5153	0.9%	3604	0.6%
佛法僧目	22	0	17	0

豆雁(*Anser fabalis*)、鸿雁和小天鹅在 2019 和 2020 年均为越冬水鸟群落优势物种。2019 年其数量分别为 116817、79606 和 46150 只,分别占当年越冬水鸟总数量的 19.6%、13.3% 和 7.7%;2020 年其数量分别为 165269、104435 和 34546 只,各占当年越冬水鸟总数量的 28.9%、18.2% 和 6.0%(表 2)。

表 2 2019 和 2020 年全部越冬水鸟中数量排名前 5 的物种

Tab.2 Top five species of all wintering waterbirds in 2019 and 2020

排序	2019 年			2020 年		
	水鸟名称	数量	占比	水鸟名称	数量	占比
1	豆雁	116817	19.60%	豆雁	165269	28.90%
2	鸿雁	79606	13.30%	鸿雁	104435	18.20%
3	小天鹅	46150	7.70%	小天鹅	34546	6.00%
4	灰雁	37011	6.20%	反嘴鹬	28178	4.90%
5	斑嘴鸭	28448	4.80%	灰雁	26837	4.70%

在鸻形目水鸟中,2020 年鸬科水鸟数量为 15323 只,较 2019 年的 29734 只下降 48.5%。反嘴鹬(*Recurvirostra avosetta*)是该类群的优势物种,2019 和 2020 年分别为 19651 和 28178 只,各占当年鸻形目水鸟数量的 30.3% 和 37.9%;红嘴鹬(*Larus ridibundus*)数量仅次于反嘴鹬,分别为 18166 和 14752 只,各占当年鸻形目水鸟数量的 28.0% 和 19.8%。

在鹬形目中,白琵鹭为优势物种,2019 和 2020 年数量分别为 13210 和 10760 只,占当年鹬形目水鸟数量的 63.2% 和 48.0%。与 2019 年相比,2020 年鸬科水鸟数量同比减少 18.5%。

在鹤形目中,灰鹤是优势物种,2019 和 2020 年数量分别为 4802 和 7624 只,各占当年鹤形目水鸟数量的 46.2% 和 53.1%;白鹤数量次之,分别有 3434 和 2996 只,占当年鹤形目水鸟数量的 33.0% 和 20.9%。

在鹳形目中,记录有黑鹳和东方白鹳两个物种,其中东方白鹳两年间数量分别为 8011 和 2000 只,各占当年鹳形目水鸟的 99.8% 和 99.9%;黑鹳分别记录到 18 和 3 只。



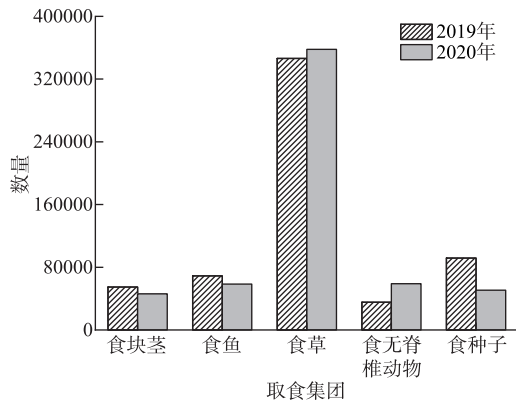


图4 不同取食集团水鸟数量变化

Fig.4 Abundance changes of different feeding groups

雁鸭类和鹤鹑类水鸟在每年越冬水鸟类群中均为物种数和个体数量最多的两个类群,对该两种类群水鸟进行差异性分析具有一定的代表意义. 数据分析表明,2019和2020年水鸟总数量、雁鸭类和鹤鹑类水鸟数量均不符合正态分布,进行 Mann-Whitney U 检验,结果表明两年水鸟数量差别不显著 ( $U = 3415, Z = -0.488, P = 0.625$ ); 雁鸭类 ( $U = 267.5, Z = -0.874, P = 0.382$ ) 和鹤鹑类 ( $U = 306.5, Z = -1.407, P = 0.160$ ) 水鸟数量也无显著性差异. 两年鹤类水鸟数量符合正态分布,进行配对 T 检验,两年鹤类水鸟数量也无显著性差异 ( $t = 0.858, P = 0.454$ ).

与2019年相比,2020年越冬期食块茎集团、食鱼集团和食种子集团水鸟数量减少,分别下降16.0%、15.2%和44.6%(图4). 食草集团和食无脊椎动物集团水鸟数量增加,其中食草集团水鸟数量增加

3.3%,增长幅度较小;食无脊椎动物水鸟数量增长67.1%,增长幅度较大.

### 3.3 水鸟空间分布

2019年越冬水鸟集中分布在上饶湿地的珠湖、企湖和鄱阳湖保护区的蚌湖. 2020年水鸟集中分布在九江湿地的都昌码头、鄱阳湖湿地的大汉湖和上饶湿地的汉池湖、珠湖、大莲子湖(图5). 2020年水鸟分布的集中分布区域较2019年更大,集中性程度更强. 雁鸭类水鸟作为鄱阳湖越冬水鸟的最大类群,数量分别占当年越冬候鸟的19.6%和28.9%,水鸟总体分布格局受雁鸭类物种空间分布的影响最大,因此其空间分布状况与当年水鸟总体空间分布一致.

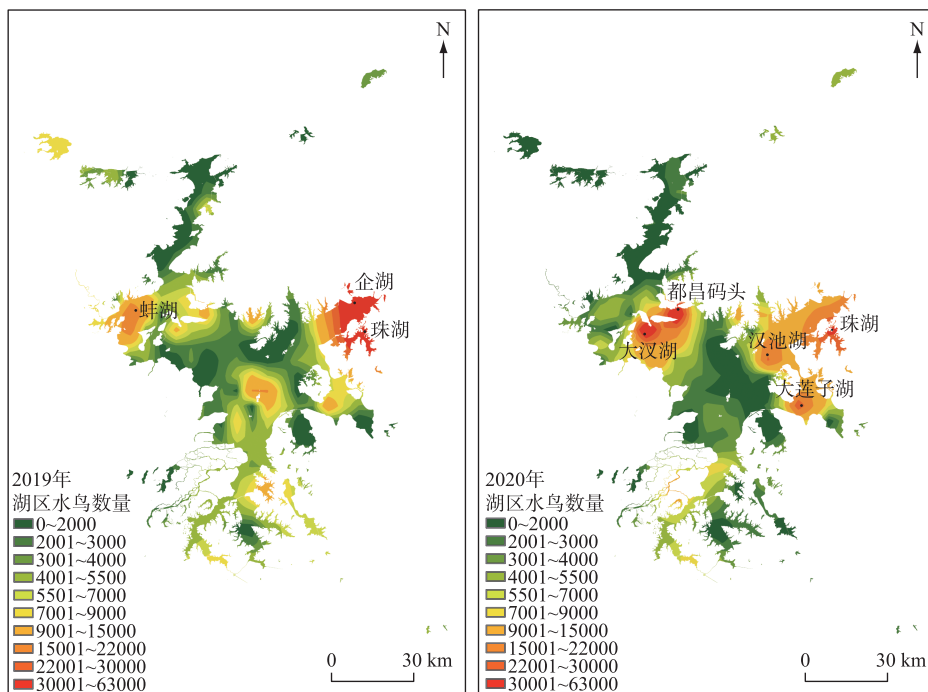


图5 2019和2020年鄱阳湖水鸟分布

Fig.5 Distribution of waterbirds in Lake Poyang in 2019 and 2020

### 3.4 水鸟对人工湿地的利用

人工湿地中记录到的水鸟主要为鹤类和雁类. 2019年主要记录到灰鹤926只,白鹤仅记录到3只;2020年则记录到大量白鹤、灰鹤、白头鹤、白枕鹤、豆雁、鸿雁、灰雁和小天鹅在人工湿地活动(表3),该年度鄱阳湖有记录的4种鹤均大量出现在人工湿地中,其中灰鹤数量最高,达7294只,占当年鄱阳湖灰鹤种群数量的48.9%;其次是白鹤,达2215只,占白鹤种群数量的42.5%. 再次是白枕鹤,数量达378只,占其种群数量的52.6%. 数量最少的是白头鹤,共88只,占其种群数量的30.4%. 在4种雁类物种中,灰雁和鸿雁数量最多,分别为3200和3100只;其次是小天鹅,共1543只;豆雁数量最少,仅550只.

2019和2020年人工湿地越冬水鸟数量不符合正态分布,进行Mann-Whitney U检验,结果表明:2019和2020年人工湿地中越冬水鸟数量存在显著差异( $U=3, Z=-3.127, P=0.002$ ). 2020年人工湿地中鹤类和雁类越冬水鸟的物种数和个体数量均较2019年显著增加.

表3 人工湿地水鸟数量

Tab.3 Number of water birds in constructed wetland

年份	白鹤	灰鹤	白头鹤	白枕鹤	豆雁	鸿雁	灰雁	小天鹅
2019	3	926	0	0	0	0	0	0
2020	2215	7294	88	378	550	3100	3200	1543

## 4 讨论

栖息地面积和食物资源是决定鸟类数量和分布的关键因素,水文的变化直接对候鸟栖息地面积和食物资源产生影响,进而改变越冬候鸟的数量和空间分布格局. 夏少霞等<sup>[16]</sup>就鄱阳湖水位对候鸟栖息地面积的影响进行了研究,结果表明:当湖区水位为11 m左右时,此时水鸟的栖息地面积最大,约为2495 km<sup>2</sup>;当湖区水位超过14 m时栖息地面积仅为1636 km<sup>2</sup>,无法为水鸟提供充足的栖息地. 夏季是鄱阳湖众多植物生长的关键期,夏季极端高水位和水淹时间过长均会导致湖区沉水植物种群密度降低和生物量减少<sup>[24]</sup>;崔心红等<sup>[25]</sup>对1998洪水过后鄱阳湖三大优势水生植物进行了调查,发现夏季洪水直接导致当年水生植物生物量显著减少和密度显著降低,无性繁殖体明显减少;胡振鹏等<sup>[17]</sup>也发现,历史夏季洪水发生年份(1998、1999、2016年等)鄱阳湖主湖区基本没有沉水植物,表明夏季极端水位对湖区植物资源的影响极大,直接导致越冬水鸟食物资源短缺. 受2020年夏季极端水位的影响,水鸟越冬前期湖区水位持续38天高于14 m,此时的高水位导致水鸟栖息地面积不足;且根据鄱阳湖保护区监测,2020年沙湖和大湖池两个保护区核心湖均未监测到水生植物植株<sup>[19]</sup>,导致湖区植食性水鸟食物资源匮乏,二者的共同影响导致2020年越冬候鸟空间分布格局发生了明显改变.

### 4.1 水鸟群落结构

本研究中2019和2020年鄱阳湖越冬期分别记录到水鸟597307和572358只,数量高于2001—2016年的水鸟平均值(426707±150170),与朱奇等<sup>[26]</sup>2011年越冬期调查到的590613只水鸟结果相近;两年分别记录到越冬水鸟63种和72种,共计水鸟79种,与黄燕等<sup>[14]</sup>的研究结果较为相近,这表明两年中湖区越冬水鸟数量和物种组成相对稳定,夏季极端高水位并没有对越冬水鸟的数量和物种组成造成显著影响. 比较两年的调查结果发现,雁鸭类在两年中均为优势类群,数量分别占当年水鸟总数的80.8%和76.9%;雁鸭类中的豆雁、鸿雁和小天鹅也均为两年的优势物种,这与张娜等<sup>[27]</sup>的研究结果一致,支持了雁鸭类是鄱阳湖越冬水鸟优势类群的结论. 鸭科、鸥科、鹈科、鸬鹚科和鸱科鸟类数量下降明显,一方面这些水鸟数量相对较少,其数量年际波动较大<sup>[1]</sup>;另一方面,2020年夏季洪水导致植食性水鸟食物匮乏,可能被迫选择其它湿地越冬. 不同取食集团的水鸟对2020年夏季极端水位表现出不同的响应特点. 其中,食块茎集团和食种子集团水鸟数量主要受湖区水生植物资源状况的影响<sup>[22]</sup>,2020年夏季极端水位对湖区沉水植物生长繁殖产生了较大影响,导致这两个取食集团鸟类越冬期食物资源短缺,数量下降. 食鱼集团水鸟主要在浅水区觅食,2020年夏季极端水位消退较慢,水鸟越冬前期湖区水位很长一段时间内仍保持在较高水平,不利于该集团水鸟取食,Wang等<sup>[22]</sup>的研究结果也表明枯水期高水位会导致食鱼集团水鸟数量减少. 食草集团和食无脊椎



动物集团水鸟数量增加,其主要表现为豆雁、鸿雁和反嘴鹈等物种数量的大幅度增加,其原因可能是这些物种在繁殖地的繁殖情况较好,迁徙过程中死亡率较低,未发现极端水位对该集团水鸟数量的不利影响. 总体而言,2020年夏季极端高水位对鄱阳湖越冬水鸟的种类、数量、群落结构和优势物种组成影响较小;不同取食集团水鸟数量虽有一定的波动,但鄱阳湖仍是越冬水鸟的稳定越冬地.

虽然夏季极端洪水可能不会对当年的越冬水鸟整体数量产生明显的不利影响,但是其时滞效应值得关注. Norris等<sup>[28]</sup>和 Bearhop等<sup>[29]</sup>研究发现,迁徙鸟类冬季栖息地的质量(即气候和食物资源)对其迁移和下一阶段的繁殖具有重要影响,拥有高质量越冬栖息地的个体能够获得更多能量储备,使其迁徙回繁殖地所用时间更短,繁殖效率更高. 因此,夏季极端洪水是否会对鄱阳湖越冬候鸟的迁移和繁殖产生一定的影响是值得关注的另一个方面,有待进一步的探究.

#### 4.2 水鸟空间分布格局

朱奇等<sup>[26]</sup>对2011年越冬期水鸟进行调查,发现水鸟主要集中分布于鄱阳湖保护区、九江湿地和南矶湿地保护区;张娜等<sup>[27]</sup>对2015和2016年鄱阳湖越冬水鸟分布进行了研究分析,发现水鸟主要集中分布在鄱阳湖保护区和九江湿地. 本研究中2019和2020年水鸟分布地区均以鄱阳湖保护区和上饶湿地为主. 比较发现2019和2020年水鸟分布格局较历史研究结果存在一定差异,鄱阳湖保护区在多年的调查中均为越冬水鸟最为重要的分布区域,但另一重要分布区域呈现出由九江湿地向上饶湿地转移的趋势. 造成这一差异的原因可能是:(1)鸟类对于栖息地具有较高的忠诚度,Xu等<sup>[30]</sup>和Price等<sup>[31]</sup>的研究均证实了这一点. 因此,在栖息地质量均较差的情况下,水鸟仍然选择了之前的栖息地越冬.(2)鄱阳湖保护区和上饶湿地湖底高程较高<sup>[32]</sup>,碟形湖及人控湖众多<sup>[33]</sup>,随水位消退能够较早地裸露出滩涂草洲,有利于湖区植物后期的生长发育,为候鸟提供了相对较好的栖息条件,促使越冬水鸟分布格局发生了适应性改变.

与2019年相比,2020年水鸟空间分布格局并未产生较为显著的变化,主要分布地仍以鄱阳湖保护区和上饶湿地为主,但水鸟集中分布的范围更大,集中性程度更强. 推测这种分布格局的形成可能有以下原因:(1)鄱阳湖保护区和上饶湿地区域的湖底高程较高,高水位条件下水位消退相对较快,更容易显露出草洲、泥滩和沼泽,高水位条件下能够提供相对充足的候鸟栖息地.(2)鄱阳湖保护区和上饶湿地区域具有众多的碟形湖和人控湖. 胡振鹏等研究发现碟形湖区域容纳了鄱阳湖80%以上的水鸟,能够有效缓解干旱和洪水灾害对鄱阳湖湿地生态系统的影响<sup>[33]</sup>,且人控湖受鄱阳湖水位的影响相对较小<sup>[34]</sup>. 虽然2020年鄱阳湖实行禁渔政策后,渔民活动等对碟形湖水位的调控作用减弱,水位消退速度可能较慢,但各保护区会根据此情况采取积极的水位调控措施,保证碟形湖为水鸟越冬提供适宜栖息环境<sup>[35]</sup>,在水位较高的情况下仍能提供较多浅水区域供水鸟栖息觅食,能够有效减弱高水位对水鸟的影响.(3)雁鸭类水鸟是越冬水鸟的优势类群,数量占比大,对全湖水鸟分布格局的影响最大,其主要在湖区的浅水湖泊、草洲、泥滩等地取食<sup>[36]</sup>. 为获得充足的食物资源,这些鄱阳湖优势水鸟类群选择向资源条件相对良好的鄱阳湖保护区和上饶湿地的碟形湖及人控湖区域聚集.

关于水鸟对人工湿地的利用,2019和2020年鄱阳湖周边人工湿地中雁类和鹤类水鸟为优势类群. 与2019年相比,2020年人工湿地中的水鸟数量显著增加. 近些年,部分学者也开始陆续关注到越冬水鸟对人工湿地的利用,发现鄱阳湖越冬水鸟中近半数物种均对人工湿地进行了不同程度的利用,且雁类和鹤类水鸟是人工湿地中的优势类群,种群数量较大<sup>[37-38]</sup>,这与本文研究结果一致. 针对水鸟对人工湿地利用的原因,Hou等<sup>[39-40]</sup>认为水鸟对人工湿地进行利用的直接原因是湖区缺乏食物资源. 据鄱阳湖国家级自然保护区的报道,2020年夏季极端水位导致鄱阳湖沉水植物大面积死亡,苦草种群崩溃,在大湖池、常湖池和梅西湖几乎没有监测到冬芽,冬芽的丰富度急剧下降<sup>[19]</sup>,导致鹤类和雁类在天然湖泊中的越冬食物匮乏,前往湖区周边水稻田和藕塘觅食,将稻谷和莲藕等作为替代性食物<sup>[40]</sup>. 同时,在2020年夏季极端水位发生后,鄱阳湖各部门采取了积极的保护措施,在湖区周边保留了一定数量的水稻田和藕塘供水鸟食用,加强了水鸟保护的宣传力度,使得湖区周边居民对在人工湿地取食的水鸟的影响较小,为水鸟提供了良好的栖息环境,导致众多水鸟前来觅食.

#### 4.3 保护管理建议

水文条件的异常变化会对鄱阳湖越冬候鸟多样性和空间分布格局产生一定的影响. 在湖区水文条件异

常时,鄱阳湖保护区和上饶湿地的碟形湖及人控湖汊是候鸟越冬的重要栖息地,要对其进行科学的管理和调控;但应减少碟形湖及人控湖汊周边人为活动对候鸟的影响,加强爱鸟、护鸟的宣传教育,使其在湖区水文条件异常时仍能够为越冬候鸟提供良好的栖息环境.同时,在湖区越冬条件较差,无法为越冬候鸟提供充足食物时,利用湖区周边水稻田和藕塘等人工湿地为候鸟提供食物也能够一定程度上减少湖区食物资源短缺的负面影响,但是大规模长时间地集中在一个面积不大的藕塘或稻田中,存在较大的疫情风险;因此,对人工湿地的管理成为鄱阳湖越冬水鸟保护亟需开展的一项工作,需要管理部门制定科学的管理办法,促使人工湿地管理趋向科学化、精细化和专业化.但从长远角度来看,开展生态修复,恢复鄱阳湖湿地中的沉水植物群落,为植食性水鸟提供足够的天然食物,是解决当前水鸟向人工湿地扩散问题的关键所在.所以,在加强人工湿地管理的同时,采取积极的措施开展沉水植物生态修复,恢复湖区沉水植物群落,提升湖区候鸟栖息地承载力,使候鸟从人工湿地重回自然湿地是目前鄱阳湖候鸟管理与保护的重点工作.

## 5 附录

附表 I、II 见电子版(DOI: 10.18307/2022.0528).

## 6 参考文献

- [ 1 ] Li YK, Qian FW, Silbernagel J *et al.* Community structure, abundance variation and population trends of waterbirds in relation to water level fluctuation in Poyang Lake. *Journal of Great Lakes Research*, 2019, **45**(5): 976-985. DOI: 10.1016/j.jglr.2019.08.002.
- [ 2 ] Li FS, Liu GH, Wu JD eds. Ecological study on wetlands and waterbirds in Poyang Lake. Beijing: Popular Science Press, 2011.[李凤山,刘观华,吴建东.鄱阳湖湿地和水鸟的生态研究.北京:科学普及出版社,2011.]
- [ 3 ] Li FS, Wu JD, Harris J *et al.* Number and distribution of cranes wintering at Poyang Lake, China during 2011-2012. *Chinese Birds*, 2012, **3**(3): 180-190. DOI: 10.5122/cbirds.2012.0027.
- [ 4 ] Barter M, Lei G, Cao L eds. Waterbird survey of the middle and lower Yangtze River floodplain in February 2005. Beijing: China Forestry Publishing House, 2005.
- [ 5 ] Cong PH, Cao L, Fox AD *et al.* Changes in Tundra Swan *Cygnus columbianus bewickii* distribution and abundance in the Yangtze River floodplain. *Bird Conservation International*, 2011, **21**(3): 260-265. DOI: 10.1017/s0959270911000098.
- [ 6 ] Cao L, Zhang Y, Barter M *et al.* Anatidae in Eastern China during the non-breeding season: Geographical distributions and protection status. *Biological Conservation*, 2010, **143**(3): 650-659. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.12.001.
- [ 7 ] Lai XJ, Jiang JH, Huang Q. Water storage effects of Three Gorges project on water regime of Poyang Lake. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 2012, **31**(6): 132-136, 148.[赖锡军,姜加虎,黄群.三峡工程蓄水对鄱阳湖水情的影响格局及作用机制分析.水力发电学报,2012,31(6):132-136,148.]
- [ 8 ] Zhang Q, Ye XC, Werner AD *et al.* An investigation of enhanced recessions in Poyang Lake: Comparison of Yangtze River and local catchment impacts. *Journal of Hydrology*, 2014, **517**: 425-434. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.05.051.
- [ 9 ] Li XH, Zhang Q, Xu CY *et al.* The changing patterns of floods in Poyang Lake, China: Characteristics and explanations. *Natural Hazards*, 2015, **76**(1): 651-666. DOI: 10.1007/s11069-014-1509-5.
- [ 10 ] Wu HP, Zeng GM, Liang J *et al.* Responses of landscape pattern of China's two largest freshwater lakes to early dry season after the impoundment of Three-Gorges Dam. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2017, **56**: 36-43. DOI: 10.1016/j.jag.2016.11.006.
- [ 11 ] Zhang LL, Yin JX, Jiang YZ *et al.* Relationship between the hydrological conditions and the distribution of vegetation communities within the Poyang Lake National Nature Reserve, China. *Ecological Informatics*, 2012, **11**: 65-75. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2012.05.006.
- [ 12 ] Li YK, Zhong YF, Shao RQ *et al.* Modified hydrological regime from the Three Gorges Dam increases the risk of food shortages for wintering waterbirds in Poyang Lake. *Global Ecology and Conservation*, 2020, **24**: e01286. DOI: 10.1016/j.gecco.2020.e01286.
- [ 13 ] Lei S. Review and reflection on Poyang Lake flood in 2020. *Water Resources Protection*, 2021, **37**(6): 7-12.[雷声.2020年鄱阳湖洪水回顾与思考.水资源保护,2021,37(6):7-12.]

- [14] Huang Y, Li YK, Ji WT *et al.* Bird diversity and conservation status in Poyang Lake area. *Wetland Science*, 2016, **14** (3): 311-327.[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. 湿地科学, 2016, **14** (3): 311-327.]
- [15] Shan JH, Ma JZ, Li YK *et al.* Population and distribution of the Siberian crane (*Grus leucogeranus*) wintering in the Poyang lakes over the past decade. *Zoological Research*, 2012, **33**(4): 355-361. DOI: 10.3724/SP.J.1141.2012.04355.[单继红, 马建章, 李言阔等. 近十年来鄱阳湖区越冬白鹤种群数量与分布. 动物学研究, 2012, **33**(4): 355-361.]
- [16] Xia SX, Yu XB, Fan N. The wintering habitats of migrant birds and their relationship with water level in Poyang Lake, China. *Resources Science*, 2010, **32**(11): 2072-2078.[夏少霞, 于秀波, 范娜. 鄱阳湖越冬候鸟栖息地面积与水位变化的关系. 资源科学, 2010, **32**(11): 2072-2078.]
- [17] Hu ZP, Lin YR. Analysis of evolution process and driving factors for aquatic vegetations of Poyang Lake in 30 years. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, **28**(8): 1947-1955. DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201908018.[胡振鹏, 林玉茹. 鄱阳湖水生植被 30 年演变及其驱动因素分析. 长江流域资源与环境, 2019, **28**(8): 1947-1955.]
- [18] Liu GH, Yu DK, Luo H. 2019-2020 monitoring report on natural resources of Jiangxi Poyang Lake national nature reserve. Nanchang: Jiangxi Science & Technology Press, 2020.[刘观华, 余定坤, 罗浩. 江西鄱阳湖国家级自然保护区自然资源 2019-2020 年监测报告. 南昌: 江西科学技术出版社, 2020.]
- [19] Xu ZW, Liu GH, Gong LQ eds. Monitoring report on natural resources of Jiangxi Poyang Lake National Nature Reserve 2020-2021. Nanchang: Jiangxi Science & Technology Press, 2021: 43-47.[徐志文, 刘观华, 龚磊强. 江西鄱阳湖国家级自然保护区自然资源 2020-2021 年监测报告. 南昌: 江西科学技术出版社, 2021: 43-47.]
- [20] Zheng GM ed. A checklist on the classification and distribution of the birds of China. Beijing: Science Press, 2017.[郑光美. 中国鸟类分类与分布名录. 3 版. 北京: 科学出版社, 2017.]
- [21] BirdLife International. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22679875A132302864[2022-6-20]. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22679875A132302864.en.
- [22] Wang YY, Jia YF, Guan L *et al.* Optimising hydrological conditions to sustain wintering waterbird populations in Poyang Lake National Natural Reserve: Implications for dam operations. *Freshwater Biology*, 2013, **58**(11): 2366-2379. DOI: 10.1111/fwb.12216.
- [23] Wu XX, Lv M, Jin ZY *et al.* Normalized difference vegetation index dynamic and spatiotemporal distribution of migratory birds in the Poyang Lake wetland, China. *Ecological Indicators*, 2014, **47**: 219-230. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.01.041.
- [24] Macek P, Rejmánková E, Houdková K. The effect of long-term submergence on functional properties of *Eleocharis cellulosa* Torr. *Aquatic Botany*, 2006, **84**(3): 251-258. DOI: 10.1016/j.aquabot.2005.11.003.
- [25] Cui XH, Zhong Y, Li W *et al.* The effect of catastrophic flood on biomass and density of three dominant aquatic plant species in the Poyang Lake. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2000, **24**(4): 322-325. DOI: 10.3321/j.issn: 1000-3207.2000.04.004.[崔心红, 钟扬, 李伟等. 特大洪水对鄱阳湖水生植物三个优势种的影响. 水生生物学报, 2000, **24**(4): 322-325.]
- [26] Zhu Q, Zhan YH, Liu GH *et al.* Investigation of number and distribution of the waterfowl of Poyang Lake in the winter of 2011. *Jiangxi Forestry Science and Technology*, 2012, **40**(3): 1-9.[朱奇, 詹耀煌, 刘观华等. 2011 年冬鄱阳湖水鸟数量与分布调查. 江西林业科技, 2012, **40**(3): 1-9.]
- [27] Zhang N, Li YK, Shan JH *et al.* Community structure, abundance and spatial distribution of water birds wintering in Poyang Lake wetland. *J Lake Sci*, 2019, **31**(1): 183-194. DOI: 10.18307/2019.0117.[张娜, 李言阔, 单继红等. 鄱阳湖枯水期延长背景下越冬水鸟群落结构、丰富度及其空间分布格局. 湖泊科学, 2019, **31**(1): 183-194.]
- [28] Norris DR, Marra PP, Kyser TK *et al.* Tropical winter habitat limits reproductive success on the temperate breeding grounds in a migratory bird. *Proceedings Biological Sciences*, 2004, **271**(1534): 59-64. DOI: 10.1098/rspb.2003.2569.
- [29] Bearhop S, Hilton GM, Votier SC *et al.* Stable isotope ratios indicate that body condition in migrating passerines is influenced by winter habitat. *Proceedings Biological Sciences*, 2004, **271**(Suppl 4): S215-S218. DOI: 10.1098/rsbl.2003.0129.
- [30] Xu JL, Zhang XH, Sun QH *et al.* Home range, daily movements and site fidelity of male reeves's pheasants *Syrmaticus reevesii* in the Dabie Mountains, central China. *Wildlife Biology*, 2009, **15**(3): 338-344. DOI: 10.2981/08-032.
- [31] Price T. The ecology of the greenish warbler *Phylloscopus trochiloides* in its winter quarters. *Ibis*, 2008, **123**(2): 131-144.

- DOI: 10.1111/j.1474-919x.1981.tb00920.x.
- [32] Yao J, Li YL, Li MF *et al.* The influence of bathymetry changes on low water level of Lake Poyang. *J Lake Sci*, 2017, **29**(4): 955-964. DOI: 10.18307/2017.0419.[姚静, 李云良, 李梦凡等. 地形变化对鄱阳湖枯水的影响. 湖泊科学, 2017, **29**(4): 955-964.]
- [33] Hu ZP, Zhang ZF, Liu YZ *et al.* The function and significance of the shallow-lakes in the Poyang Lake wetland ecosystem. *Jiangxi Hydraulic Science & Technology*, 2015, **41**(5): 317-323.[胡振鹏, 张祖芳, 刘以珍等. 碟形湖在鄱阳湖湿地生态系统的作用和意义. 江西水利科技, 2015, **41**(5): 317-323.]
- [34] Hu ZP, Ge G, Liu CL. Response of wintering migratory birds to hydrological processes in Poyang Lake. *Journal of Natural Resources*, 2014, **29**(10): 1770-1779. DOI: 10.11849/zrzyxb.2014.10.012.[胡振鹏, 葛刚, 刘成林. 越冬候鸟对鄱阳湖水文过程的响应. 自然资源学报, 2014, **29**(10): 1770-1779.]
- [35] Liu CL, Tan YJ, Lin LS *et al.* The wetland water level process and habitat of migratory birds in Lake Poyang. *J Lake Sci*, 2011, **23**(1): 129-135. DOI: 10.18307/2011.0119.[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. 湖泊科学, 2011, **23**(1): 129-135.]
- [36] Shao MQ, Chen B, Jiang JH. Population dynamics and spatial-temporal distributions of Anseriformes overwintering in Poyang Lake, China. *Sichuan Journal of Zoology*, 2016, **35**(3): 460-465.[邵明勤, 陈斌, 蒋剑虹. 鄱阳湖越冬雁鸭类的种群动态与时空分布. 四川动物, 2016, **35**(3): 460-465.]
- [37] He WY, Shao MQ, Zhi YJ *et al.* Waterbird diversity in three reclamation regions of Poyang Lake. *Chinese Journal of Ecology*, 2019, **38**(9): 2765-2771. DOI: 10.13292/j.1000-4890.201909.028.[何文韵, 邵明勤, 植毅进等. 鄱阳湖三个垦殖场的水鸟多样性. 生态学杂志, 2019, **38**(9): 2765-2771.]
- [38] Wang WJ, Wang LH, Hou JJ. Man-made habitats have become important foraging areas of Siberian cranes. *Chinese Journal of Wildlife*, 2019, **40**(1): 133-137.[王文娟, 王榄华, 侯谨谨. 人工生境已成为鄱阳湖越冬白鹤的重要觅食地. 野生动物学报, 2019, **40**(1): 133-137.]
- [39] Hou JJ, Liu YF, Fraser JD *et al.* Drivers of a habitat shift by critically endangered Siberian cranes: Evidence from long-term data. *Ecology and Evolution*, 2020, **10**(20): 11055-11068. DOI: 10.1002/ece3.6720.
- [40] Hou JJ, Li L, Wang YF *et al.* Influences of submerged plant collapse on diet composition, breadth, and overlap among four crane species at Poyang Lake, China. *Frontiers in Zoology*, 2021, **18**(1): 24. DOI: 10.1186/s12983-021-00411-2.

附表 I 调查湖区  
Attached Tab. I Survey sites

地区	县(市、区)	湖泊
鄱阳湖国家级自然保护区	星子县	常湖池、大湖池、朱市湖、中湖池、大汉湖、董家湖、沙湖、蚌湖、邓湖、蚕豆湖、小滩湖、象湖、梅西湖
南矶湿地国家级自然保护区	新建县	上段湖、人参湖、赣江中支、神宕湖、红兴湖、战备湖、常湖、三泥湾、白沙湖、南深湖、涧塘岭湖、凤尾湖、上茶湖、中茶湖、下茶湖、赣江尾间、草皮角湖、东湖口、北深湖、上北甲湖、下北甲湖
九江市鄱阳湖湿地	都昌县	矾山湖、江畔湖、老爷庙、都昌码头、马影湖、千字湖、新妙湖、西湖、钱公桥湖、泊水湖、高桥湖、下坝湖、黄金嘴、南溪湖、花庙湖、泥湖、竹筒湖、焦潭湖、盘湖、龙潭湖、输湖、长溪湖
	湖口县	南北港湖、泊洋湖、皂湖
	共青城	南湖
	彭泽县	太泊湖、芳湖
	庐山市	蓼花池、十里湖、梅溪湖
	柴桑区	赤湖、赛城湖、东湖
	濂溪区	鞋山湖、谷山湖、七里湖
	瑞昌市	上脚湖
	南昌市鄱阳湖湿地	南昌市
上饶市鄱阳湖湿地	新建县	上伍湖
	进贤县	坎下湖、青岚湖、金溪湖、军山湖、陈家湖
	余干县 鄱阳县	润溪湖、晚湖、程家池、南山湖、林充湖、甘泉洲、前湖、大湖口、插旗洲、珠湖、汉池湖、大鸣湖、大莲子湖、茶湖、企湖、小鸣湖

附表 II 2019—2020 年鄱阳湖越冬期水鸟名录<sup>1)</sup>

Attached Tab. II The list of wintering water birds in Lake Poyang in 2019 and 2020

序号	名称(拉丁名)	英文名称	保护等级	中国红色名录	IUCN 红色名录	地理区系	2019年	2020年
—	雁形目(ANSERIFORMES)							
(一)	鸭科(Anatidae)							
1	鸿雁( <i>Anser cygnoid</i> )	Swan Goose	II	VU	VU	古	*	*
2	豆雁( <i>Anser fabalis</i> )	Bean Goose		LC	LC	古	*	*
3	灰雁( <i>Anser anser</i> )	Greylag Goose		LC	LC	古	*	*
4	白额雁( <i>Anser albifrons</i> )	Greater White-fronted Goose	II	LC	LC	古	*	*
5	小白额雁( <i>Anser erythropus</i> )	Lesser White-fronted Goose	II	VU	VU	古	*	*
6	斑头雁( <i>Anser indicus</i> )	Bar-headed Goose		LC	LC	古	*	*
7	雪雁( <i>Anser caerulescens</i> )	Snow Goose		DD	LC	古	*	*
8	小天鹅( <i>Cygnus columbianus</i> )	Tundra Swan	II	NT	LC	古	*	*
9	大天鹅( <i>Cygnus cygnus</i> )	Whooper Swan	II	NT	LC	古	*	*
10	翘鼻麻鸭( <i>Tadorna tadorna</i> )	Common Shelduck		LC	LC	古	*	*
11	赤麻鸭( <i>Tadorna ferruginea</i> )	Ruddy Shelduck		LC	LC	古	*	*
12	鸳鸯( <i>Aix galericulata</i> )	Mandarin Duck	II	NT	LC	古	*	*
13	赤膀鸭( <i>Mareca strepera</i> )	Gadwall		LC	LC	广	*	*
14	罗纹鸭( <i>Mareca falcata</i> )	Falcat Duck		NT	NT	古	*	*
15	赤颈鸭( <i>Mareca penelope</i> )	Eurasian Wigeon		LC	LC	古	*	*
16	绿头鸭( <i>Anas platyrhynchos</i> )	Mallard		LC	LC	古	*	*
17	斑嘴鸭( <i>Anas zonorhyncha</i> )	Chinese Spot-billed Duck		LC	LC	古	*	*
18	针尾鸭( <i>Anas acuta</i> )	Northern Pintail		LC	LC	古	*	*
19	绿翅鸭( <i>Anas crecca</i> )	Common Teal		LC	LC	古	*	*
20	琵嘴鸭( <i>Spatula clypeata</i> )	Northern Shoveler		LC	LC	古	*	*
21	白眉鸭( <i>Spatula querquedula</i> )	Garganey		LC	LC	古	*	*
22	花脸鸭( <i>Sibirionetta formosa</i> )	Baikal Teal	II	NT	LC	古	*	*
23	红头潜鸭( <i>Aythya ferina</i> )	Common Pochard		LC	VU	古	*	*
24	青头潜鸭( <i>Aythya baeri</i> )	Baer's Pochard	I	CR	CR	古	*	*
25	凤头潜鸭( <i>Aythya fuligula</i> )	Tufted Duck		LC	LC	古	*	*
二	鸕鷀目(PODICIPEDIFORMES)							
(二)	鸕鷀科(Podicipedidae)							
26	小鸕鷀( <i>Tachybaptus ruficollis</i> )	Little Grebe		LC	LC	广	*	*
27	凤头鸕鷀( <i>Podiceps cristatus</i> )	Great Crested Grebe		LC	LC	古	*	*
三	鹤形目(GRUIFORMES)							
(三)	秧鸡科(Rallidae)							
28	红脚田鸡( <i>Zapornia akool</i> )	Brown Crake		LC	LC	东	*	*
29	黑水鸡( <i>Gallinula chloropus</i> )	Common Moorhen		LC	LC	广	*	*
30	白骨顶( <i>Fulica atra</i> )	Common Coot		LC	LC	古	*	*
(四)	鹤科(Gruidae)							
31	白鹤( <i>Leucogeranus leucogeranus</i> )	Siberian Crane	I	CR	CR	古	*	*
32	白枕鹤( <i>Antigone vipio</i> )	White-naped Crane	I	EN	VU	古	*	*
33	灰鹤( <i>Grus grus</i> )	Common Crane	II	NT	LC	古	*	*
34	白头鹤( <i>Grus monacha</i> )	Hooded Crane	I	EN	VU	古	*	*
四	鹤形目(CHARADRIIFORMES)							
(五)	反嘴鹬科(Recurvirostridae)							
35	反嘴鹬( <i>Recurvirostra avosetta</i> )	Pied Avocet		LC	LC	古	*	*

续表 II

序号	名称(拉丁名)	英文名称	保护等级	中国红色名录	IUCN 红色名录	地理区系	2019年	2020年
(六)	鸻科(Charadriidae)							
36	凤头麦鸡( <i>Vanellus vanellus</i> )	Northern Lapwing		LC	NT	古	*	*
37	灰头麦鸡( <i>Vanellus cinereus</i> )	Grey-headed Lapwing		LC	LC	东		*
38	灰鸻( <i>Pluvialis squatarola</i> )	Grey Plover		LC	LC	广	*	*
39	长嘴剑鸻( <i>Charadrius placidus</i> )	Long-billed Plover		NT	LC	古		*
40	金眶鸻( <i>Charadrius dubius</i> )	Little Ringed Plover		LC	LC	古		*
41	环颈鸻( <i>Charadrius alexandrinus</i> )	Kentish Plover		LC	LC	广	*	*
(七)	鹬科(Scolopacidae)							
42	扇尾沙锥( <i>Gallinago gallinago</i> )	Common Snipe		LC	LC	古		*
43	黑尾塍鹬( <i>Limosa limosa</i> )	Black-tailed Godwit		LC	NT	古	*	*
44	白腰杓鹬( <i>Numenius arquata</i> )	Eurasian Curlew	II	NT	NT	古	*	*
45	大杓鹬( <i>Numenius madagascariensis</i> )	Eastern Curlew	II	VU	EN	古	*	*
46	鹤鹬( <i>Tringa erythropus</i> )	Spotted Redshank		LC	LC	古	*	*
47	红脚鹬( <i>Tringa totanus</i> )	Common Redshank		LC	LC	古	*	
48	泽鹬( <i>Tringa stagnatilis</i> )	Marsh Sandpiper		LC	LC	古		*
49	青脚鹬( <i>Tringa nebularia</i> )	Common Greenshank		LC	LC	古	*	*
50	小青脚鹬( <i>Tringa guttifer</i> )	Nordmann's Greenshank	I	EN	EN	古		*
51	白腰草鹬( <i>Tringa ochropus</i> )	Green Sandpiper		LC	LC	古	*	*
52	林鹬( <i>Tringa glareola</i> )	Wood Sandpiper		LC	LC	古		*
53	矶鹬( <i>Actitis hypoleucos</i> )	Common Sandpiper		LC	LC	古	*	*
54	青脚滨鹬( <i>Calidris temminckii</i> )	Temminck's Stint		LC	LC	古	*	*
55	黑腹滨鹬( <i>Calidris alpina</i> )	Dunlin		LC	LC	古	*	*
(八)	鸥科(Laridae)							
56	红嘴鸥( <i>Larus ridibundus</i> )	Black-headed Gull		LC	LC	古	*	*
57	黑嘴鸥( <i>Saundersilarus saundersi</i> )	Saunders's Gull		VU	VU	古	*	
58	渔鸥( <i>Larus ichthyaetus</i> )	Pallas's Gull		LC	LC	古		*
59	西伯利亚银鸥( <i>Larus smithsonianus</i> )	Arctic Herring Gull		LC	LC	古	*	*
60	黄腿银鸥( <i>Larus cachinnans</i> )	Caspian Gull		LC	LC	古	*	*
61	普通燕鸥( <i>Sterna hirundo</i> )	Common Tern		LC	LC	古		*
62	灰翅浮鸥( <i>Chlidonias hybrida</i> )	Whiskered Tern		LC	LC	广	*	*
五	鹳形目(CICONIIFORMES)							
(九)	鹳科(Ciconiidae)							
63	黑鹳( <i>Ciconia nigra</i> )	Black Stork	I	VU	LC	古	*	*
64	东方白鹳( <i>Ciconia boyciana</i> )	Oriental Stork	I	EN	EN	古	*	*
六	鳾鸟目(SULIFORMES)							
(十)	鸬鹚科(Phalacrocoracidae)							
65	普通鸬鹚( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	Great Cormorant		LC	LC	广	*	*
七	鹈形目(PELECANIFORMES)							
(十一)	鹈科(Threskiornithidae)							
66	白琵鹭( <i>Platalea leucorodia</i> )	Eurasian Spoonbill	II	NT	LC	古	*	*
(十二)	鹭科(Ardeidae)							
67	大麻鳎( <i>Botaurus stellaris</i> )	Eurasian Bittern		LC	LC	古		*
68	黄斑苇鳎( <i>Ixobrychus sinensis</i> )	Yellow Bittern		LC	LC	东	*	
69	夜鹭( <i>Nycticorax nycticorax</i> )	Black-crowned Night-heron		LC	LC	广	*	*
70	池鹭( <i>Ardeola bacchus</i> )	Chinese Pond Heron		LC	LC	东		*



续表 II

序号	名称(拉丁名)	英文名称	保护等级	中国红色名录	IUCN 红色名录	地理区系	2019年	2020年
71	苍鹭( <i>Ardea cinerea</i> )	Grey Heron		LC	LC	东	*	*
72	大白鹭( <i>Ardea alba</i> )	Great White Egret		LC	LC	广	*	*
73	中白鹭( <i>Ardea intermedia</i> )	Intermediate Egret		LC	LC	东	*	*
74	白鹭( <i>Egretta garzetta</i> )	Little Egret		LC	LC	东	*	*
(十三)	鹈鹕科(Pelecanidae)							
75	卷羽鹈鹕( <i>Pelecanus crispus</i> )	Dalmatian Pelican	I	EN	NT	古		*
八	佛法僧目(CORACIIFORMES)							
(十四)	翠鸟科(Alcedinidae)							
76	白胸翡翠( <i>Halcyon smyrnensis</i> )	White-breasted Kingfisher	II	LC	LC	东	*	*
77	普通翠鸟( <i>Alcedo atthis</i> )	Common Kingfisher		LC	LC	广	*	*
78	冠鱼狗( <i>Megaceryle lugubris</i> )	Crested Kingfisher		LC	LC	东		*
79	斑鱼狗( <i>Ceryle rudis</i> )	Pied Kingfisher		LC	LC	东	*	*

1) 保护等级中, I、II 分别代表国家 I 级、II 级保护鸟类; 中国红色名录和 IUCN 红色名录中, LC 代表无危, NT 代表近危, VU 代表易危, EN 代表濒危, CR 代表极危, DD 代表数据缺乏; 地理区系中, 古代表古北界, 东代表东洋界, 广代表广布种; \* 代表该年此物种有记录。