

## 鄱阳湖小天鹅越冬种群数量动态与空间分布格局\*

魏振华<sup>1</sup>, 李言阔<sup>1\*\*</sup>, 单继红<sup>2</sup>, 汪凌峰<sup>3</sup>, 丁红秀<sup>1</sup>, 应 钦<sup>4</sup>, 钟毅峰<sup>1</sup>, 邵瑞清<sup>1</sup>

(1: 江西师范大学生命科学院, 南昌 330022)

(2: 江西省野生动植物保护管理局, 南昌 330038)

(3: 鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区管理局, 南昌 330038)

(4: 江西农业大学林学院, 南昌 330045)

**摘要:** 2003—2015年, 本研究采用地面同步调查法开展了鄱阳湖越冬小天鹅种群监测, 分析了鄱阳湖小天鹅越冬种群数量动态和空间分布格局。结果表明13年来鄱阳湖越冬小天鹅平均数量为 $69417 \pm 31309$ 只, 虽然种群数量的年际波动较大, 但是并无明显的变化趋势。2004年冬季记录到最小种群数量27016只, 2013年冬季记录到最大种群数量115710只。每年冬季小天鹅在鄱阳湖呈聚集型空间分布格局, 大湖池、珠湖和大汉湖是越冬小天鹅主要活动区。自然保护区系统涵盖了小天鹅重要的越冬湖泊,  $50.1\% \pm 38.2\%$ 的越冬小天鹅分布在保护区内。小天鹅在保护区内和保护区外湖泊中的数量并无显著差异, 但是小天鹅对保护区外湖泊的利用频次显著高于对保护区内湖泊的利用频次。

**关键词:** 鄱阳湖; 小天鹅; 种群数量; 空间分布格局

## Population size dynamics and spatial distribution of Tundra Swan *Cygnus columbianus* wintering in Poyang Lake

WEI Zhenhua<sup>1</sup>, LI Yankuo<sup>1\*\*</sup>, SHAN Jihong<sup>2</sup>, WANG Lingfeng<sup>3</sup>, DING Hongxiu<sup>1</sup>, YING Qin<sup>4</sup>, ZHONG Yifeng<sup>1</sup> & SHAO Ruiqing<sup>1</sup>

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

(2: Wildlife Service of Jiangxi Province, Nanchang 330038, P.R.China)

(3: Management Bureau of Jiangxi Nanji Wetland National Nature Reserve, Nanchang 330038, P.R.China)

(4: College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, P.R.China)

**Abstract:** In this study, we monitored the dynamics of population size and distribution of Tundra Swan wintering in Poyang Lake during 2003–2015. The result showed that the average population size of Tundra Swan wintering in Poyang Lake was  $69417 \pm 31309$  over the past thirteen years, with irregular population fluctuation. Over these years, the minimum population size of the Tundra Swan was 27016 in 2004, and the maximum was 115710 in 2013. The wintering Tundra Swan mainly clustered in Dahuchi, Zhuhu and Dachahu, where have been designated nature reserves. On average,  $50.1\% \pm 38.2\%$  of Tundra Swan wintered in lakes inside nature reserves. There was no significantly difference in the flock size of Tundra Swan between lakes within and outside of the nature reserves. However, compared to the lakes inside the nature reserves, the lakes outside the reserves have been more frequently exploited by the Tundra Swan.

**Keywords:** Poyang Lake; Tundra Swan; population size; spatial distribution

小天鹅 (*Cygnus columbianus*) 为雁形目 (Anseriformes) 鸭科 (Anatidae) 水鸟<sup>[1]</sup>。在中国分布的小天鹅为 *bewickii* 亚种, 在俄罗斯东部繁殖, 经蒙古国、中国北方地区到达朝鲜半岛、日本和我国长江流域、广东省和台湾地区越冬, 其全球种群数量为 317200~336200 只<sup>[2]</sup>。长江中下游是小天鹅的重要越冬地, 其越冬种群数量

\* 国家自然科学基金项目 (31460107) 和江西省水利厅科技项目 (KT201436) 联合资助。2018-03-23 收稿; 2018-05-08 收修改稿。魏振华 (1992~), 男, 硕士研究生; E-mail: weizhenhau\_ah@163.com.

\*\* 通信作者; E-mail: liyankuo@126.com.

曾达 92000 只,主要分布在鄱阳湖、洞庭湖、升金湖和崇明东滩<sup>[3]</sup>. 其中,鄱阳湖是小天鹅东亚迁徙种群数量最多的越冬地,每年达 11000 只以上,2005 年冬季数量达到 112000 只<sup>[4]</sup>. 作为小天鹅的重要越冬栖息地,摸清该区小天鹅种群数量的变化对于了解该亚种的全球种群动态具有重要的意义.

迄今,有关鄱阳湖小天鹅越冬种群的研究主要集中在种群数量调查、空间分布以及越冬行为等方面<sup>[5-9]</sup>. 由于鄱阳湖区域面积大,跨度 13 个县市,大多数研究均局限在某一地区,比如鄱阳湖国家级自然保护区、鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区、都昌省级候鸟自然保护区等,研究结果不能全面反映整个鄱阳湖小天鹅越冬种群的现状. 为了掌握整个鄱阳湖区小天鹅越冬种群动态,开展鄱阳湖区小天鹅越冬种群监测,通过地面同步调查,掌握小天鹅在鄱阳湖区的种群数量变化及其空间分布格局,为小天鹅种群保护和栖息地管理提供科学依据.

## 1 研究区域

鄱阳湖(28°11′~29°51′N, 115°49′~116°46′E)是我国最大的淡水湖泊湿地,位于长江南岸、江西省北部. 鄱阳湖是一个季节性吞吐型湖泊,既承接赣江、抚河、信江、饶河、修水五河来水,同时受到长江来水的影响. 水位年变幅达 9.79~15.36 m;4 月进入汛期,呈湖相,7 月达最高水位;11 月进入枯水期,持续到翌年 3 月,呈现出水陆交替的湿地景观. 该区属亚热带湿润季风型气候,年平均气温 17.0~17.8℃. 气温季节性变化明显,无霜期平均为 246~284 d,年平均降水量 1636.4 mm,年平均日照 1702 h,高于 10℃积温平均为 5244~5666℃,年辐射总量为 460~477 kJ/cm<sup>2</sup><sup>[10]</sup>.

鄱阳湖是具有全球意义的候鸟越冬地,据统计,鄱阳湖迄今共记录鸟类 352 种,隶属 17 目 61 科,约占江西省鸟类物种总数的 70%. 其中,国家 I 级保护鸟类 9 种,占江西省国家 I 级保护鸟类种数的 75%;国家 II 级保护鸟类 49 种,占江西省国家 II 级保护鸟类种数的 71%<sup>[11-12]</sup>.

## 2 研究方法

### 2.1 野外调查

2003—2015 年冬季,在整个鄱阳湖区 95 个子湖泊进行了小天鹅越冬种群同步调查(图 1),即在同一日期,定点、同步对湖区小天鹅进行种群统计. 调查时间集中在每年 12 月中下旬和翌年 1 月上旬. 由于地面调查覆盖子湖泊范围广、湖泊数量多,每年组建 40 多个调查组,每个组包括 1~2 名专业人员和 1 名向导,调查人员主要由鄱阳湖区 3 市 13 县(市区)林业局野生动植物保护站的工作人员、保护区工作人员以及江西师范大学、江西农业大学、江西省林业科学院的研究人员以及观鸟爱好者组成. 每组配备 1 台 20~60 倍单筒望远镜和 1 台 10×42 双筒望远镜,选取利于地面调查的晴朗天气,各组在同一天的上午开始对各子湖泊开展调查. 调查时沿湖边进行踏查,在无法沿湖边行走的子湖,则在湖中乘船观察,发现水鸟即停下进行观察统计. 当小天鹅群体较小时,采取直接计数法统计小天鹅数量;当小天鹅群体较大时,则采用集团计数法统计小天鹅的数量<sup>[13-14]</sup>.

### 2.2 数据处理

为了分析鄱阳湖区小天鹅越冬种群是否存在显著的变化趋势,本研究以小天鹅种群数量为因变量,年份为自变量,分析了鄱阳湖区 2003—2015 年小天鹅越冬种群数量的年际波动趋势. 统计了每个湖泊中记录到小天鹅的次数和小天鹅平均数量,然后在 ArcMap10.2 中利用反距离权重插值法(Inverse Distance Weighted)分别生成小天鹅平均数量和利用频次栅格数据图层,栅格大小为 0.05°×0.05°. 为了比较处于不同保护状态的湖泊中小天鹅的利用频次和平均种群数量是否存在显著差异,使用 One Sample Kolmogorov-Smirnov Test 检验数据是否符合正态分布,如果符合则使用 *T* 检验,否则就使用 Two Independent Sample Tests 检验. 所有的统计分析在 SPSS Statistics 19.0 软件中完成.

## 3 结果和分析

### 3.1 种群数量

2003—2015 年冬季,鄱阳湖区小天鹅越冬种群年平均数量为 69417±31309 只,存在较大的年际波动,但

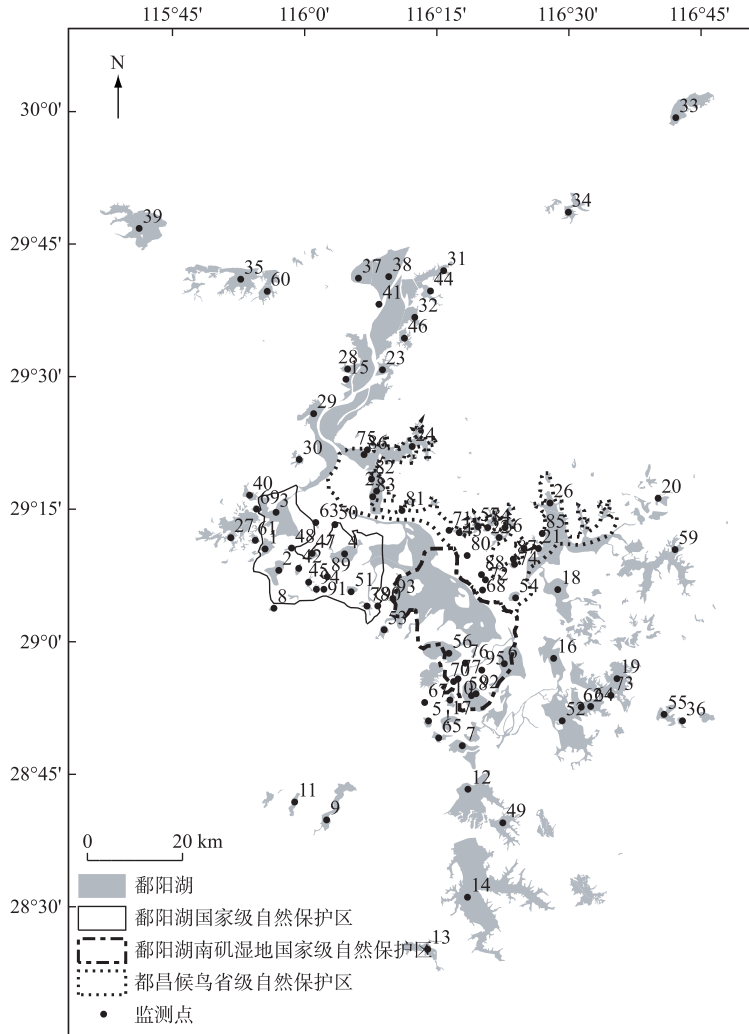


图 1 鄱阳湖区小天鹅越冬种群监测点

Fig.1 The locations of the lakes involved in monitoring the wintering population of Tundra Swan in Poyang Lake (specific lake's names are in the following list:

- 1) 沙湖 \* ;2) 大湖池 \* ;3) 蚌湖 \* ;4) 大汉湖 \* ;5) 西湖 (南昌县) ;6) 东湖 \* ;7) 程家池 \* ;8) 芰湖 ;9) 瑶湖 \* ;
- 10) 三湖 \* ;11) 艾溪湖 ;12) 金溪湖 \* ;13) 青岚湖 \* ;14) 军山湖 \* ;15) 珠琳湖 ;16) 南疆湖 \* ;17) 林充湖 \* ;
- 18) 汉池湖 \* ;19) 大莲子湖 \* ;20) 企湖 \* ;21) 长溪湖 \* ;22) 花庙湖 ;23) 高桥湖 \* ;24) 新妙湖 \* ;25) 矾山湖 \* ;
- 26) 西湖 (都昌县) \* ;27) 南湖 \* ;28) 梅溪湖 \* ;29) 十里湖 \* ;30) 蓼花池 \* ;31) 北港湖 \* ;32) 泊洋湖 \* ;
- 33) 太泊湖 \* ;34) 芳湖 \* ;35) 赛湖 \* ;36) 晚湖 ;37) 芳兰湖 ;38) 鞋山湖 \* ;39) 赤湖 \* ;40) 寺下湖 ;41) 谷山湖 \* ;
- 42) 常湖池 \* ;43) 砖塘湖 ;44) 南港湖 ;45) 象湖 ;46) 皂湖 ;47) 中湖池 \* ;48) 朱市湖 \* ;49) 陈家湖 \* ;50) 梅西湖 \* ;
- 51) 蚕豆湖 \* ;52) 插旗湖 ;53) 大伍湖 \* ;54) 对面山 \* ;55) 湛公湖 ;56) 泥湖 \* ;57) 南溪湖 \* ;58) 三泥湾 \* ;
- 59) 珠湖 \* ;60) 七里湖 ;61) 长湖 \* ;62) 南尖湖 ;63) 苍湖 ;64) 落脚湖 \* ;65) 南湖 (余干县) \* ;66) 输湖 \* ;
- 67) 玉丰 \* ;68) 周溪泥湖 \* ;69) 洲边湖 ;70) 战备湖 \* ;71) 黄金嘴 \* ;72) 泗山 \* ;73) 甘泉洲 \* ;74) 盘湖 \* ;
- 75) 马影湖 ;76) 北甲湖 \* ;77) 常湖 \* ;78) 小滩湖 \* ;79) 焦潭湖 ;80) 朱袍山 \* ;81) 都昌码头 \* ;82) 下坝 \* ;
- 83) 千字湖 ;84) 龙潭湖 \* ;85) 竹筒湖 \* ;86) 钱桥湖 \* ;87) 盆湖 \* ;88) 泉阳大坝 \* ;89) 董家湖 \* ;90) 下茶湖 \* ;
- 91) 邓湖 ;92) 凤尾湖 ;93) 赣江尾闾 \* ;94) 菱角湖 ;95) 北深湖 \* ;加 \* 表示该湖泊监测到小天鹅)

是并没有明显的变化趋势 ( $R^2 = 0.035, P > 0.05$ ) (图 2)。监测期间,种群数量最大值出现在 2013 年,为 115710 只,最小值出现在 2004 年,为 27016 只。2005—2010 年间,小天鹅种群数量显著下降 ( $R^2 = 0.898, P = 0.004$ ) ;

2005 年有 112514 只,2010 年仅有 32967 只. 2011 年冬季小天鹅越冬种群数量增加到 96540 只,2012 年有所下降,2013、2014 年维持在 11000 只左右,2015 年有所下降.

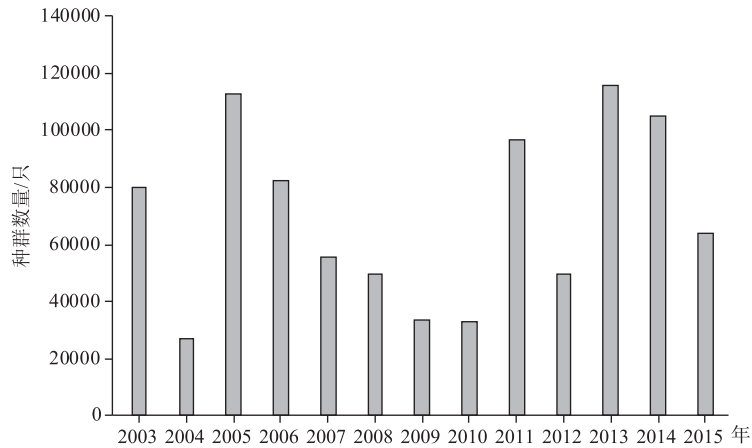


图 2 2003—2015 年鄱阳湖区越冬小天鹅种群数量动态

Fig.2 The dynamics of the Tundra Swan wintering population size in Poyang Lake surrounding from 2003 to 2015

### 3.2 空间分布

2003—2015 年间,有 47 个湖泊记录到的小天鹅越冬个体总数超过全球小天鹅种群数量的 0.3% (表 1). 其中,小天鹅记录数量超过全球小天鹅种群数量 3% 的湖泊有 15 个,包括大湖池 (51563 只,2003 年冬季)、金溪湖 (33000 只,2005 年冬季)、大莲子湖 (29053,2012 年冬季)、珠湖 (27000 只,2011 年冬季)、茶湖 (21690 只,2013 年冬季)、蚕豆湖 (21060 只,2014 年冬季)、输湖 (19860 只,2008 年冬季)、沙湖 (16750 只,2006 年冬季)、大汉湖 (16490 只,2015 年冬季)、陈家湖 (15000 只,2013 年冬季)、汉池湖 (15000 只,2008 年冬季)、蚌湖 (13640 只,2005 年冬季)、董家湖 (12700 只,2006 年冬季)、盆湖 (11519 只,2011 年冬季)、泗山 (11506 只,2011 年冬季). 在这些湖泊内的小天鹅平均数量为  $18876 \pm 6777$  只. 小天鹅数量接近或超过全球小天鹅种群总数的 10.0%,即 31000 只个体以上的湖泊包括鄱阳湖自然保护区内的大湖池、进贤县境内的金溪湖和鄱阳县境内的大莲子湖.

每年冬季记录有小天鹅活动的湖泊为  $32 \pm 7$  个. 13 年的监测中有 10 个湖泊超过 10 次被记录有小天鹅分布 (图 3),这些湖泊是小天鹅的重点活动区. 其中,青岚湖在每年的调查监测中都记录有小天鹅分布,但数量较少,为  $1034 \pm 1178$  只;大湖池在 13 年的调查监测中有 12 次被观察到有小天鹅分布,数量为  $9384 \pm 16768$  只,年际数量差异较大,2003 年冬季为 51563 只个体,而 2010 年记录到 5 只个体;赛湖、赤湖和太泊湖,虽然小天鹅出现频次较高,但记录到的个体数量较少,分别为  $2486 \pm 3420$ 、 $165 \pm 177$  和  $179 \pm 332$  只.

从各湖泊的小天鹅数量来看,每年冬季小天鹅在鄱阳湖呈聚集分布 (图 4a),即在少数湖泊中集群分布,少量个体零星分散在其他湖泊. 大湖池、珠湖、企湖、大莲子湖和大汉湖分布的小天鹅群体数量较大,平均数量分别达  $8662 \pm 16263$ 、 $6747 \pm 9492$ 、 $5239 \pm 4759$ 、 $4970 \pm 8531$  和  $4678 \pm 5137$  只,而且前 3 个湖泊中小天鹅集大群的现象较普遍. 如 2003 年冬季,占鄱阳湖区小天鹅种群数量 66.5% 的个体分布在鄱阳湖自然保护区内的大湖池. 2008 年冬季大湖池、赛湖、大莲子湖和企湖 4 个湖泊中记录的小天鹅数量占当年冬季鄱阳湖小天鹅越冬种群数量的 88.9%. 从各湖泊中记录到小天鹅的频次来看,小天鹅对各湖泊的观测频次也呈聚集性分布 (图 4b),但主要聚集在鄱阳湖边缘子湖. 各湖泊中小天鹅的年平均数量与利用频次之间存在极显著正相关 ( $R^2 = 0.623$ ,  $P = 0$ ).

Mann-Whitney U 检验结果表明,保护区内的湖泊小天鹅种群数量 ( $1808.15 \pm 2767.03$  只) 与保护区外 ( $1623.71 \pm 2002.18$  只) 不存在显著性差异 (Mann-Whitney U = 22442.0,  $P > 0.05$ ),小天鹅对保护区内湖泊的利用频次 ( $3.64 \pm 2.95$ ) 则显著小于保护区外湖泊的利用频次 ( $5.33 \pm 3.79$ ) (Mann-Whitney U = 1400.0,  $P = 0.022$ );

表 1 2003—2015 年冬季鄱阳湖区小天鹅数量超过全球小天鹅种群数量 0.3% 的湖泊及其记录的小天鹅数量

Tab.1 The lakes with the population size of Tundra Swan more than 0.3% of the estimated world population size during 2003–2015

湖泊	年份												
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
大湖池	51563	572	1250	538	215	103	2467	5	1546		28600	25731	15
沙湖	54	335		16750	7860		312		251	870		730	193
茶湖				146							21690	3130	696
小滩湖				4357									6450
蚌湖	12	2730	13640	147		2	110	13			45		8
梅西湖		645	14	3040				956			623	4116	7
蚕豆湖	1653			3895							4540	21060	175
中湖池		230	1685	4710	495	28				72	14	7895	3063
大汉湖		5071	12913	660	842	112		4739	5376	2100	5365	7140	16490
象湖		3		16	465	354	894		299		596	546	3010
常湖池		5	104	8		180	117					1920	179
梅溪湖												4116	730
董家湖				12700								6145	2027
周溪湖	1250		1035	4250	4500		330						
西湖		244	500	230			31	521		300		1123	
泗山									11506				
下坝湖											6500	200	
后湖										1000		4030	
盆湖									11519				
输湖						19860	270	273	4		390	48	
花厘湖		45	130		1500	1050						300	
黄金嘴							3009	78	9500	612			6
矾山湖	850		5000							150			1
太泊湖	1100	220		138	192	3	25	41		28		16	34
东湖									1500	5860		615	
西湖										2340			
赛湖	6187	1161	1785	1482	12012	2547	1035	1400	200	15	2000	9	
下茶湖											8000	600	117
赣江尾闾											1500	700	
红星湖										200	5000		
下湖段										3000			
三湖	89		500			76	14			34	11	3000	15200
陈家湖				6410	942	489	1100	616	631	33	15000	2	
青岚湖	58	1000	231	1735	2000	43	14	1689	3649	6	2461	520	40
金溪湖	1722	154	33000							260			26
东湖		1320							6050	1869	2103	1010	300
南疆湖	850			730				600	230		4004		
甘泉湖									2588			2170	30
独洲湖									1868				
程家池									107		3004	2633	
干泉州								172					1714
林充湖	580	121		15	591		259	262	2868				800
落脚湖		1234	192		679	210	5600						
珠湖	330	871	21936	5912	18839	467	4500	7162	27000		347	345	
汉池湖	1325	964	1330	5984	1920	15000	12080	6100	80	108	384	487	
大莲子湖	3880	980	7306	1540	1448	1412		800	1412	29053	27	263	
企湖	6866	8083	8384	5970		6500	153	6842	6842	112	370	1498	

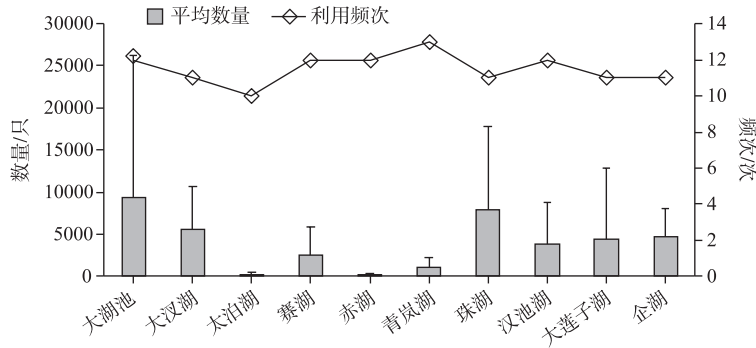


图3 2003—2015年冬季鄱阳湖区超过10年记录到有小天鹅分布的湖泊中小天鹅被记录次数及其平均数量

Fig.3 Frequency and average number of wintering Tundra Swan in lakes where were recorded more than 10 years from 2003 to 2015

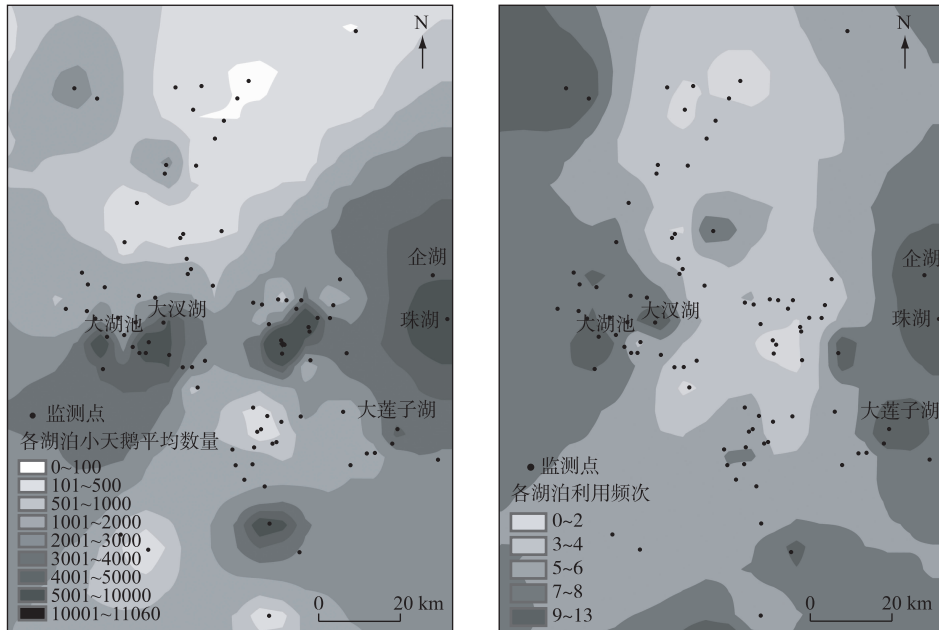


图4 鄱阳湖越冬小天鹅种群空间分布格局: (a)平均数量; (b)利用频次

Fig.4 The spatial distribution of wintering Tundra Swan in Poyang Lake: (a) the average annual number; (b) based on occurrence frequencies

国家级自然保护区各湖泊内的小天鹅种群数量 ( $1634.55 \pm 2406.27$  只) 与省级保护区内的种群数量 ( $2068.55 \pm 3278.18$  只) 不存在显著性差异 (Mann-Whitney  $U = 4553.5, P > 0.05$ ), 小天鹅对国家级自然保护区内湖泊的利用频次 ( $3.97 \pm 3.32$ ) 与省级自然保护区内湖泊的利用频次 ( $3.14 \pm 2.25$ ) 也不存在显著性差异 (Mann-Whitney  $U = 331.0, P > 0.05$ ); 国家级自然保护区内湖泊小天鹅的种群数量 ( $1634.55 \pm 2406.27$  只) 与保护区外的种群数量 ( $1623.71 \pm 2002.18$  只) 不存在显著性差异 (Mann-Whitney  $U = 14691.0, P > 0.05$ ), 小天鹅对国家级自然保护区内湖泊的利用频次 ( $3.97 \pm 3.32$ ) 与保护区外湖泊的利用频次 ( $5.33 \pm 3.84$ ) 也不存在显著性差异 (Mann-Whitney  $U = 812.5, P > 0.05$ ); 省级保护区内湖泊小天鹅的种群数量 ( $2068.55 \pm 3278.18$  只) 与保护区外的种群数量 ( $1623.71 \pm 2002.18$  只) 不存在显著性差异 (Mann-Whitney  $U = 7751.0, P > 0.05$ ), 对省

级保护区内湖泊的利用频次 ( $3.14 \pm 2.25$ ) 则显著小于对保护区外湖泊的利用频次 ( $5.33 \pm 3.84$ ) (Mann-Whitney  $U = 587.5$ ,  $P = 0.028$ ).

### 3.3 保护区内外小天鹅的分布

在鄱阳湖区域,自然保护区涵盖了小天鹅的主要越冬湖泊. 2003年冬季—2015年冬季分布在鄱阳湖国家级自然保护区、南矶湿地国家级自然保护区和都昌湿地候鸟自然保护区内的小天鹅平均数量达  $35636 \pm 28037$  只,占鄱阳湖区越冬小天鹅种群总数量的  $50.1\% \pm 38.2\%$  (图5),但这3个保护区的面积仅占鄱阳湖总面积的24%. 其中,鄱阳湖国家级自然保护区内分布的小天鹅数量最多,占鄱阳湖小天鹅总数量的  $40.3\% \pm 40.8\%$ . 从2013年开始,鄱阳湖国家级自然保护区内小天鹅数量增加明显,每年在该保护区内的小天鹅个体均占当年鄱阳湖小天鹅总数量的48%以上. 2014年冬季鄱阳湖国家级自然保护区内的小天鹅数量甚至达到鄱阳湖小天鹅总数量的84%. 都昌候鸟省级自然保护区内的小天鹅数量较少,平均数量只有  $8295 \pm 9245$  只,占鄱阳湖小天鹅总数量的  $12.0\% \pm 12.7\%$ ,2008年和2011年数量较多,分别为21430和33539只,占当年鄱阳湖小天鹅总数量的43.40%和34.74%. 2010年冬季和2012年冬季多达79%和81%的小天鹅在调查期间被记录到在保护区外活动,2012年冬季至2014年冬季,监测期间分布在保护区外的小天鹅占鄱阳湖小天鹅种群数量的比例降低到16%,但2015年冬季监测期间保护区外的小天鹅比例又增加到52%.

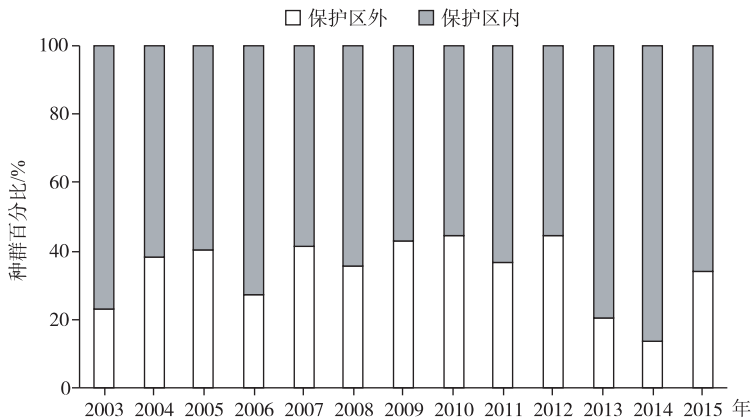


图5 2003—2015年冬季鄱阳湖区保护区内、外越冬小天鹅种群数量比例

Fig.5 The proportion of wintering Tundra Swan population size inside and outside nature reserves in the Poyang Lake from 2003 to 2015

## 4 讨论

### 4.1 种群数量

小天鹅在我国的越冬地主要分布在长江中、下游湖泊湿地. 该区域小天鹅越冬种群数量的变化可以在一定程度上反映全球小天鹅种群的数量动态. 2006年长江中下游小天鹅数量为81000只<sup>[15]</sup>,本研究发现鄱阳湖区小天鹅数量远大于这一估计值,2005、2006、2011、2013、2014年的数量均超过81000只,其中,2013年达115710只,是历年来鄱阳湖区小天鹅越冬种群的最大记录,占全球小天鹅数量的34.42%~36.48%<sup>[2]</sup>,这表明鄱阳湖小天鹅越冬种群已经成为全球小天鹅最重要的越冬种群之一.

由于影响迁徙鸟类种群数量的因素或过程可能发生在其繁殖地、迁徙停歇地或越冬地,通常很难确定影响迁徙鸟类种群波动的关键因素<sup>[16]</sup>. 本文研究表明鄱阳湖小天鹅种群数量虽然存在剧烈的年际波动,但是整体上并没有表现出显著的增减趋势. 这表明虽然近年来鄱阳湖的水文情势发生了显著地改变<sup>[17]</sup>,但是鄱阳湖区小天鹅越冬种群并未出现显著的趋势性变化,说明水文虽然是影响小天鹅数量分布的重要因素,但并不能直接影响到小天鹅的种群数量. 该区小天鹅的种群波动可能与长江中下游其他湿地小天鹅的种群数量变化密切相关,2007—2010年鄱阳湖越冬小天鹅种群数量较少,但此时在安徽和湖南湿地越冬的小天

鹅数量则相应增加,这表明部分小天鹅在这些年份在安徽和湖南湿地越冬,而没有选择鄱阳湖作为越冬地<sup>[18]</sup>,这可能受到了食物资源、人为干扰和栖息地质量等多种因素共同影响,其中具体的影响机制还需进一步的研究.

#### 4.2 空间分布格局与就地保护

鄱阳湖区候鸟就地保护网络较好地覆盖了小天鹅的主要越冬地.保护区内的越冬小天鹅数量占鄱阳湖小天鹅种群数量的 $50.1\% \pm 38.2\%$ .鄱阳湖国家级自然保护区、鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区和都昌候鸟省级自然保护区相互毗邻,涵盖了数量众多的小天鹅重要越冬湖泊,为小天鹅提供了理想的越冬栖息地.小天鹅就地保护网络已经构建了良好的框架.除了这3个保护区,鄱阳湖区还有另外15个自然保护区,但是这些保护区大多是森林生态系统类型的自然保护区,湿地候鸟保护网络尚有待加强<sup>[11]</sup>.

小天鹅在鄱阳湖区呈现出明显的聚集型分布,小天鹅数量最多的3个湖泊(大湖池、珠湖、大叉湖)内的个体数量占到鄱阳湖区小天鹅总数量的 $11.0\% \pm 2.8\%$ ,而且这些湖泊被小天鹅利用的频次也最高.但是,即使是在这些最重要的小天鹅越冬湖泊,小天鹅的种群数量在多次调查中表现出剧烈的波动,如大湖池个体数最多达28600只,最少仅15只;在其他湖泊小天鹅的种群数量变化同样剧烈,这与鄱阳湖区独特的水文节律和景观动态是密切相关的.在枯水期,鄱阳湖出现大量的碟形内湖,这些湖泊的水位与鄱阳湖主湖水位脱离,其水位变化过程主要受渔业生产的控制,这些碟形湖泊是越冬候鸟的重要栖息地,各湖泊水位消涨的不同步使小天鹅的适宜生境在各湖泊交替出现,使小天鹅在越冬期不同阶段在碟形湖之间迁飞<sup>[19-20]</sup>.

虽然保护区内的一些湖泊是小天鹅的重要越冬地,但是研究表明在保护区外仍有大量的小天鹅分布:2010年冬季和2012年冬季多达79%和81%的小天鹅在调查期间被记录到在保护区外活动.小天鹅在碟形湖间的不断迁飞可能是保护区外的湖泊分布有大量小天鹅的原因之一,但具体的原因还需进一步的研究.本研究发现小天鹅对保护区内的湖泊的利用频次显著小于对保护区外湖泊的利用频次,这可能与小天鹅在保护区内的湖泊经常集大群,有限的觅食空间和食物资源迫使小天鹅无法在一个湖泊中长时间停留,不得不在各湖泊间往来迁飞;而保护区外湖泊数量众多,湖泊面积大,适宜生境出现的概率增大,导致小天鹅对这些湖泊的利用频次增加.

#### 5 参考文献

- [1] Zheng GM ed. A checklist on the classification and distribution of the birds of China (second edition). Beijing: Science Press, 2011: 19-20. [郑光美. 中国鸟类分类与分布名录(第二版). 北京: 科学出版社, 2011: 19-20.]
- [2] Wetlands International. Waterbird population estimates (Fifth edition). <http://wpe.wetlands.org/>.
- [3] 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.
- [4] Tu YG, Yu CH, Huang XF *et al.* Distribution and population of the overwintering anatidae waterfowl in Poyang Lake. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2009, **31**(4): 760-764. [涂业苟, 俞长好, 黄晓凤等. 鄱阳湖区域越冬雁鸭类分布与数量. 江西农业大学学报, 2009, **31**(4): 760-764.]
- [5] 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, (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, (3): 1-9.]
- [6] Shan JH. The bird species diversity, population dynamics of the endangered bird species and conservation gap analysis in the Poyang Lake [Dissertation]. Harbin: Northeast Forestry University, 2013. [单继红. 鄱阳湖鸟类多样性、濒危鸟类种群动态及其保护空缺分析[学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013.]
- [7] Li YK, Huang JG, Li FS *et al.* Diurnal time budget and behavior rhythm of wintering Tundra Swan after higher water level in Poyang Lake. *Sichuan Journal of Zoology*, 2013, **32**(4): 498-503. [李言阔, 黄建刚, 李凤山等. 鄱阳湖越冬小天鹅在高水位年份的昼间时间分配和活动节律. 四川动物, 2013, **32**(4): 498-503.]
- [8] Dai NH, Shao MQ, Jiang LH *et al.* preliminary investigation on the population and behavior of the Tundra Swan (*Cygnus columbianus*) in Poyang Lake. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, **33**(18): 5768-5776. [戴年华, 邵明勤, 蒋丽红等. 鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征. 生态学报, 2013, **33**(18): 5768-5776.]
- [9] Zhang XC, Jing BS, Cheng JK *et al.* Relationship between habitat use of four waterbird species and water depth and food



- resource in Poyang Lake. *Chinese Journal of Zoology*, 2014, **49**(5): 657-665. [张笑辰, 金斌松, 陈家宽等. 鄱阳湖四种水鸟的栖息地利用与水深和食物的关系. *动物学杂志*, 2014, **49**(5): 657-665.]
- [10] Wang XH ed. Poyang Lake wetland ecosystem assessment. Beijing: Science Press, 2004; 27. [王晓鸿. 鄱阳湖湿地生态系统评估. 北京: 科学出版社, 2004; 27.]
- [11] 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.]
- [12] Huang HQ, Shi JZ, Sun ZY *et al.* The avian diversity and geographic distribution characteristic of Jiangxi Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 2016, **35**(5): 781-788. [黄慧琴, 石金泽, 孙志勇等. 江西省鸟类多样性及其地理分布特征. *四川动物*, 2016, **35**(5): 781-788.]
- [13] Qian FW, Yu CH, Jiang HX. Aerial and ground surveys of wintering waterbirds in Poyang Lake Basin. International Crane Foundation, 2011; 1-13.
- [14] Cao L, Barter M, Zhao M *et al.* A systematic scheme for monitoring waterbird populations at Shengjin Lake, China; methodology and preliminary results. *Chinese Birds*, 2011, **2**(1): 1-17. DOI: 10.5122/cbirds.2011.0001.
- [15] Cao L, Barter M, Lei G. New Anatidae population estimates for eastern China; implications for flyway population sizes. *Biological Conservation*, 2008, **141**: 2301-2309. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.06.022.
- [16] Xu CJ, Barrett J, Lank DB *et al.* Large and irregular population fluctuations in migratory Pacific (*Calidris alpina pacifica*) and Atlantic (*C. a. hudsonica*) dunlins are driven by density-dependence and climatic factors. *Population Ecology*, 2015, **57**(4): 551-567.
- [17] Li XH, Zhang Q. Variation of floods characteristics and their responses to climate and human activities in Poyang Lake, China. *Chinese Geographical Science*, 2015, **25**(1): 13-25. DOI: 10.1007/s11769-014-0724-z.
- [18] 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.
- [19] 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.]
- [20] Guo HC, Hu BH, Li Q. Effects of autumn fishery by enclosing plate-shaped lake on the winter migratory birds and conservation strategies in Nanji Wetland National Natural Reserve of the Poyang lake, Jiangxi. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2014, **23**(1): 46-52. [郭恢财, 胡斌华, 李琴. 埤秋湖渔业模式对鄱阳湖南矶湿地越冬候鸟种群数量的影响和保育对策. *长江流域资源与环境*, 2014, **23**(1): 46-52.]