

鄱阳湖越冬白枕鹤活动区面积 与水位和气温的关系

吴海峰^① 金杰锋^② Nymbayar Batbayar^③ 李凤山^② 丁长青^{①*}

① 北京林业大学自然保护区学院 北京 100083 中国; ② 国际鹤类基金会 威斯康星 53913 美国; ③ 蒙古野生动物科学和保护中心 乌兰巴托 14210 蒙古国

摘要: 2014年11月至2015年3月,以及2015年11月至2016年3月,利用卫星跟踪技术对6只越冬于鄱阳湖的白枕鹤(*Grus vipio*)活动区面积进行了研究,利用广义线性混合模型(GLMM)分析了水位、气温、年份、年龄及个体差异对活动区面积的影响,利用Pearson相关分析将对活动区面积影响较大的因子与活动区面积进行了相关性分析。结果发现,两个越冬期内白枕鹤平均周活动区面积,2014至2015越冬期为(57.85 ± 94.67) km²,2015至2016越冬期为(12.01 ± 17.74) km²。在两个越冬期内,活动区面积均呈显著下降趋势(2014~2015年, $t = -2.831$, $P < 0.01$; 2015~2016年, $t = -3.422$, $P < 0.01$);气温对活动区面积的影响不显著($P > 0.05$),而水位对活动区面积具有极显著影响($P < 0.01$);2014~2015年水位高度(14.92 ± 0.65) m,2015~2016年水位高度(15.39 ± 0.70) m,周活动区面积与同期水位高度显著正相关(2014~2015年, $r = 0.370$, $P < 0.01$; 2015~2016年, $r = 0.380$, $P < 0.01$)。推测水位的变化影响越冬白枕鹤主要食物的生长及可获得性,进而导致越冬期白枕鹤活动区面积的相应变化。

关键词: 白枕鹤; 活动区; 鄱阳湖; 水位; 卫星跟踪

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2018)04-497-10

Wintering Home Range Variation of White-naped Cranes *Grus vipio* and Its Correlation with Water Level and Temperature in Poyang Lake

WU Hai-Feng^① JIN Jie-Feng^② Nymbayar Batbayar^③ LI Feng-Shan^② DING Chang-Qing^{①*}

① *Beijing Forestry University School of Nature Conservation, Beijing 100083, China*; ② *International Crane Foundation, Wisconsin 53913, USA*; ③ *Wildlife Science and Conservation Center, Ulaanbaatar 14210, Mongolia*

Abstract: The home range variation of White-naped Cranes (*Grus vipio*) has been estimated by GPS tracking data in Poyang Lake in Jiangxi Province from November 2014 to March 2015 and November 2015 to March 2016. Six birds were equipped with GPS-GSM radios (CTT-1060a) at Khurkh and Khuiten in Mongolia

基金项目 国家林业局野生动物疫源疫病监测项目,自然科学基金项目(No. 31772483);

* 通讯作者, E-mail: cqding@bjfu.edu.cn;

第一作者介绍 吴海峰,男,硕士研究生;研究方向:鸟类生态学;E-mail: wuhaifeng_bjfu@qq.com。

收稿日期: 2018-01-25, 修回日期: 2018-04-28 DOI: 10.13859/j.cjz.201804001

(Table 1). To analyze the influence of water level, temperature and other factors on home range, Generalized Linear Mixed Models (GLMM) and Pearson correlation analysis were used. The average wintering duration of the White-naped Cranes in Poyang Lake was 125.00 ± 14.80 d in these two years (Table 2). Average weekly home range was 57.85 ± 94.67 km² in 2014 - 2015 and 12.01 ± 17.74 km² in 2015 - 2016 (Table 3). In these two winters, weekly home range size declined significantly as the winter progressed (2014 - 2015: $t = -2.831$, $P < 0.01$; 2015 - 2016: $t = -3.422$, $P < 0.01$) (Fig. 1). Water level contributed most to the home range change in GLMM, which shown a significant correlation (Table 4, Table 5 and Fig. 2). Compared with water level, temperature played a less important role in the GLMM (Table 5), and weekly mean home range shown a significantly positive correlation with synchronous average water level (2014 - 2015: $t = 3.626$, $P < 0.01$; 2015 - 2016: $t = 3.222$, $P < 0.01$) (Fig. 3). The change of water level could potentially influence the growth and availability of *Vallisneria* spp. and *Potentilla limprichtii*, which were the main foods of the wintering White-naped Crane and would cause the change of the cranes' home range.

Key words: White-naped Crane, *Grus vipio*; Home range; Poyang Lake; Water level; Satellite tracking

活动区 (home range) 是动物经常活动和游荡的区域 (张雁云 2005, 郑光美 2012), 活动区能够满足动物个体获取食物、寻找配偶及照顾后代的需求 (Burt 1943)。鸟类在觅食过程中, 会对不同类型和质量的觅食地进行选择, 使觅食效率最大化, 进而提高适合度 (Elchuk et al. 2003)。鸟类的活动区大小与年龄、性别等个体因素 (Nesbitt et al. 1990, Pérez-García et al. 2013) 以及栖息地质量和气温等环境因素相关 (Šálek et al. 2015, Garza et al. 2017)。

关于鹤类跟踪及活动区, 以往的研究涉及多个时期、不同尺度, 从早期的环志研究迁徙路线 (杨若莉等 1991, 许杰等 1995), 到利用无线电遥测鹤类在繁殖地 (Nesbitt et al. 1990) 或越冬地 (Ivey et al. 2015) 的活动区, 再到利用 Argos 或 GPS 定位来确定迁徙路线及重要停歇地 (Higuchi et al. 1996, Kanau et al. 2000, Yang et al. 2005)、繁殖地 (Yutaka 2002)、越冬地 (Ellis et al. 1992), 以及对活动区 (MacCann et al. 1998)、栖息地利用 (Minton et al. 2003) 或适宜栖息地的利用 (Mi et al. 2017) 等研究。随着技术的不断进步, 高性能的太阳能电池及高精度的定位系统正逐渐应用于卫星跟踪器及鸟类学相关研究中, 这使得研究者可以获得关于研究对象活动及栖息地利用的详细空间信

息, 利用 GPS 跟踪监测鸟类活动位点信息, 精度更高, 且能够全天 24 h 定位 (Tomkiewicz et al. 2010)。

白枕鹤为鹤形目 (Gruiformes) 鹤科 (Gruidae) 的大型涉禽, 是东北亚地区特有鹤类, 我国的国家 II 级重点保护野生动物, 被列入《中国脊椎动物红色名录》濒危 (EN) 物种 (蒋志刚等 2016), IUCN 易危物种 (VU), CITES 在 2016 年 12 月将其保护级别从附录 II 提升至附录 I, 全球种群数量 5 500 ~ 6 500 只 (BirdLife International 2016)。白枕鹤主要有东部和西部两个种群, 西部种群繁殖于中国、蒙古及俄罗斯交界的湿润开阔草原, 东部种群繁殖于黑龙江流域的中俄东部边界, 西部种群于我国越冬, 东部种群于朝鲜半岛及日本越冬 (王岐山等 2006)。白枕鹤在我国的历史越冬地主要集中于江西鄱阳湖、湖南东洞庭湖、安徽菜子湖和升金湖、江苏盐城及洪泽湖 (王岐山等 2006)。近 15 年来, 白枕鹤东部种群越冬个体数量呈上升的态势, 西部种群越冬地则逐渐向鄱阳湖集中, 并且种群数量呈急剧下降的趋势 (BirdLife International 2016)。

对于白枕鹤西部种群的越冬生态研究相对较少, 主要集中于食性 (颜重威等 2002, 葛刚等 2015)、种群数量及空间分布等方面 (刘观

华等 2014, 邵明勤等 2014)。Higuchi 等(1996, 2004)曾利用由日本电信电话株式会社(Nippon Telegraph and Telephone Corporation)生产的 Argos 卫星跟踪器(Platform Terminal Transmitter, 型号 T-2038 和 T-2050)对白枕鹤西部种群的迁徙路线及主要停歇地进行了研究。但该装置由电池供电, 可持续工作时间短、定位频率低(定位频率为 0.55~2.67 次/d), 且误差较大(小于 1 km), 因此获得的白枕鹤位点数据仅用于迁徙路线的研究, 而没有实现对白枕鹤越冬期的活动区研究。本研究利用定位精度更加准确(实际定位误差小于 30 m)、位点数量更加密集(理论定位频率为 24 次/d)的 GPS-GSM 卫星跟踪器, 对白枕鹤的越冬期活动区面积进行研究。

白枕鹤在鄱阳湖的食物主要包括沉水植物苦草(*Vallisneria* spp.)的块根、沉水植物马来眼子菜(*Potamogeton wrightii*)的果实和根茎, 以及湿生植物下江委陵菜(*Potentilla limprichtii*)的块根等(颜重威等 2002, 葛刚等 2015)。鄱阳湖水位年际及年内的周期波动, 对苦草、下江委陵菜等沉水或湿生植物的生长或出露有着极其重要的影响(孙志勇等 2010, 黎磊等 2015), 进而影响鹤类适宜觅食地分布(Jia et al. 2013), 从而影响鹤类的活动区。因此, 研究水位与白枕鹤活动区面积之间的关系, 有助于揭示鄱阳湖冬季水位状况与鹤类活动区面积的关系, 了解水位对白枕鹤生存的影响, 这对濒危物种的保护至关重要。气温也会对动物个体的行为造成影响(孙儒泳 2001, 张琼等 2013), 气温较低时动物个体活动区面积较小(Garza et al. 2017)。因此, 本研究将利用卫星跟踪技术, 研究鄱阳湖越冬白枕鹤的活动区面积, 探讨其与水位和气温的关系, 以及其他因素包括年龄、年份、个体等因素对活动区的影响。

1 方法

1.1 研究区域

鄱阳湖(28°11' ~ 29°46'N, 115°49' ~ 116°46'E)是中国最大淡水湖, 湖区雨热同期, 属亚热带湿润季风区, 冬季湿冷, 最低月平均气温 4.5 °C(1月), 月平均最低水温 5.9 °C(1月), 枯水期(10月至翌年3月)水域平均面积 1 290 km²(李凤山等 2011, 周文斌等 2012)。鄱阳湖湖区天然植物多样、植被类型丰富, 从岸边向湖心, 随水深的变化, 水生植被群落呈环状分布, 形成旱生、湿生、挺水、浮叶、沉水等 5 个植被带, 具有丰富的植物多样性, 在冬季水位下落过程中, “水落滩出”而形成众多的浅水洼地(浅水湖和碟形湖)和洲滩, 出露的滩地上存留大量水生生物残留体及沉水植物冬芽, 易于被水鸟取食, 因此鄱阳湖特殊的水文周期为越冬候鸟提供了广泛的觅食选择(李凤山等 2011, 周文斌等 2012)。鄱阳湖栖息地类型多样, 为冬候鸟觅食、栖息提供了良好的条件及场所。每年有超过 40 万只水鸟在鄱阳湖越冬, 为东亚最重要的水鸟越冬地(李凤山等 2011)。同时, 鄱阳湖也是白枕鹤西部种群最大、最重要的越冬地(王岐山等 2006)

1.2 数据获得

本研究与国际鹤类基金会(International Crane Foundation)、蒙古国家科学院(Mongolian Academy of Sciences)和蒙古野生动物科学保护中心(Wildlife Science and Conservation Center of Mongolia)合作, 于 2013、2014 及 2015 年三年的 8 月在蒙古国的白枕鹤繁殖地 Khurkh 和 Khuiten 河谷开展白枕鹤环志工作, 并为部分白枕鹤佩戴了腿环式跟踪器。在 2014 至 2015 年及 2015 至 2016 年这两个越冬期中, 分别有 4 只白枕鹤的跟踪器正常运行。所使用的跟踪器均为美国 Cellular Tracking Technologies 公司的 GPS-GSM 跟踪器(型号 CTT-1060a), 其实际定位误差小于 30 m, 定位间隔分别为 15 min 和 30 min(表 1)。跟踪器由太阳能电池供电, 重量为 60~65 g, 小于白枕鹤体重的 1.6%, 低于动物遥测技术中跟踪器重量不超过体重 3%~5%的经验值(Barron et al. 2010)。

表 1 白枕鹤环志信息

Table 1 Summary of satellite-tracking information for 6 White-naped Crane

| | | 个体 Individual | | | | | |
|--|---|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Tenger | Chukh | Xiwang | Hope | Borzya | Dauria |
| 环志信息 Banding information | 日期 (年-月-日) Banding date (Year-month-date) | 2013-08-19 | 2014-08-11 | 2014-08-12 | 2014-08-12 | 2015-08-08 | 2015-08-10 |
| | 纬度 Latitude N | 48°20'32.9" | 50°22'11.7" | 48°18'25.3" | 48°17'27.8" | 50°22'11.7" | 50°22'11.7" |
| | 经度 Longitude E | 110°26'30.0" | 115°47'25.9" | 110°21'31.5" | 110°53'25.1" | 115°47'25.9" | 115°47'25.9" |
| | 环志时年龄 Age when banding | 成 Adult | 幼 Fledgling | 幼 Fledgling | 成 Adult | 幼 Fledgling | 幼 Fledgling |
| 2014 至 2015 越冬期 2014 to 2015 | 定位间隔 (min) Positioning interval | 30 | 30 | 30 | 30 | / | / |
| | 定位时段 Positioning period | 7:00 - 16:45 | 7:00 - 16:45 | 7:00 - 16:45 | 7:00 - 16:45 | / | / |
| | 年龄 Age | 成 Adult | 幼 Fledgling | 幼 Fledgling | 成 Adult | / | / |
| 2015 至 2016 越冬期 2015 to 2016 | 定位间隔 (min) Positioning interval | / | / | 30 | 30 | 15 | 15 |
| | 定位时段 Positioning period | / | / | 0:00 - 24:00 | 0:00 - 24:00 | 6:45 - 17:30 | 6:45 - 17:30 |
| | 年龄 Age | 死亡 Death | 死亡 Death | 亚成 Subadult | 成 Adult | 幼 Fledgling | 幼 Fledgling |

“/” 为在对应时间内该个体尚未被环志或已经死亡，故无对应信息。

“/ ” means no data because relevant individual had not been banding or had died in relevant time.

1.3 数据分析

白枕鹤于每年 11 月上旬迁抵鄱阳湖，第二年 3 月底 4 月初迁离，越冬期为 132 ~ 143 d (王进军等 1998, 王岐山等 2006)。根据卫星跟踪数据，白枕鹤在鄱阳湖越冬居留时间在 2014 ~ 2016 年平均 (125.00 ± 14.80) d (97 ~ 150 d)，迁抵日期平均为 11 月 6 日，迁离日期平均为翌年 3 月 10 日 (表 2)。为了了解白枕鹤冬季的活动区变化趋势，本研究活动位点选择每 7 d，即 1 周作为一个时间单位，按照第 1 周、第 2 周、第 3 周等的周次顺序，计算白枕鹤的周活动区面积。本研究选择抵达日期前 25% 分位数即 11 月 3 日所在周 (11 月 1 至 7 日) 为起始，迁离日期后 75% 分位数即 3 月 12 日所在周 (翌年 3 月 6 至 12 日) 为终止。筛选出由 4 颗卫星定位的位点 (fix = 3)，再筛选出每周位点总数大于 30 的周次计算分析 (Gavashelishvili et al. 2012)。利用 ArcView 软件中的 Animal

Movement Analyst 及 Home Range 工具计算白枕鹤周活动区的 95% 核密度面积 (kernel density estimation) (Hooge et al. 1997, Rodgers et al. 1998)。

鄱阳湖越冬白枕鹤主要活动于各个子湖中，其中大湖池是白枕鹤在鄱阳湖保护区内的主要分布地点 (Harris et al. 2000, Li et al. 2012, 邵明勤等 2014)，因此利用大湖池的水位数据作为子湖水位的代表。研究期 (2014 年 11 月至 2015 年 3 月及 2015 年 11 月至 2016 年 3 月) 的水位数据来自鄱阳湖国家级自然保护区大湖池水位监测站的每日水位记录 (吴淞高程)，计算越冬期每周次水位的平均值。气象数据来自 2345 天气网 (<http://tianqi.2345.com/>) 江西省九江市都昌县的历史天气记录，包括越冬期内每天的最高气温和最低气温，计算最高温和最低温的平均值作为当日平均气温 (叶芝菡等 2002)，并计算每周的平均气温。九江市都昌县位于鄱

表 2 鄱阳湖白枕鹤迁抵及迁离日期

Table 2 Summary of date of arriving and departure information for 6 White-naped Crane

| 个体 Individual | 抵达时间 (年-月-日) Arriving time (Year-month-date) | 离开时间 (年-月-日) Departure time (Year-month-date) | 越冬时长 (d) Wintering duration | 有效位点数 Valid sites |
|------------------|---|--|--------------------------------|----------------------|
| Tenger | 2014-11-03 | 2015-03-11 | 129 | 2 172 |
| Chukh | 2014-11-03 | 2015-03-12 | 130 | 2 427 |
| Xiwang | 2014-11-04 | 2015-03-02 | 118 | 1 883 |
| Hope | 2014-12-05 | 2015-03-12 | 97 | 2 831 |
| Xiwang | 2015-10-13 | 2016-03-11 | 150 | 3 764 |
| Hope | 2015-11-03 | 2016-03-04 | 122 | 6 391 |
| Borzya | 2015-11-20 | 2016-03-23 | 124 | 4 767 |
| Dauria | 2015-11-01 | 2016-03-10 | 130 | 3 124 |

2014 年 Hope 因食物中毒 (被救助) 抵达越冬地的时间滞后 (焦胜武等 2014)。

Hope arrived at Poyang Lake very late because food poisoning and been rescued.

阳湖中部地区, 因此其气温能够在一定程度上代表整个鄱阳湖湖区的气温。

不同年龄 (幼体、亚成体、成体) 和个体差异等因素可能影响到鹤类活动区的面积 (Nesbitt et al. 1990), 周次 (时间) 的变化也可能是影响活动区面积的因素。为了排除这些因子之间的相关性带来的影响, 本研究首先对水位、气温、周次、个体年龄及个体等因子进行 Pearson 相关性分析, 在相关性较强的两个因子中保留更具生物学意义者, 将保留下来的水位、气温、周次、个体年龄 4 个变量作为固定变量, 个体作为随机变量, 利用广义线性混合模型 (Generalized Linear Mixed Model, GLMM) 分析这些因子对活动区面积的影响。利用 Pearson 相关分析对活动区面积与对其解释较大的因子进行相关性分析。以上统计分析 & 绘图等均在 R 软件中利用 lme4、car、ggplot2 包完成 (R Core Team 2017)。

2 结果

2.1 活动区面积

2014 至 2015 年越冬期周平均活动区面积为 $(57.85 \pm 94.67) \text{ km}^2$, 2015 至 2016 年越冬期周平均活动区面积 $(12.01 \pm 17.74) \text{ km}^2$ (表 3)。Kolmogorov-Smirnov 检验表明, 活动区

面积不符合正态分布 ($P < 0.001$), 故选择 Mann-Whitney U 秩和检验分析年际间差异, 活动区面积年际间差异显著 ($P < 0.001$)。相关分析表明, 两个越冬期内 8 只白枕鹤的活动区面积随着越冬日期的推移均显著下降 (Pearson, 2014 至 2015 年 $r = -0.348, P < 0.01$; 2015 至 2016 年 $r = -0.401, P < 0.01$) (图 1)。

Pearson 相关分析表明, 周次与水位相关性

表 3 白枕鹤越冬期平均周活动区面积

Table 3 Average weekly home range of wintering White-naped Crane

| 个体 Individual | 活动区面积 Home range (km^2) | |
|------------------|------------------------------------|-------------------|
| | 2014 ~ 2015 | 2015 ~ 2016 |
| Tenger | 109.18 ± 172.89 | / |
| Chukh | 8.89 ± 3.47 | / |
| Xiwang | 32.98 ± 30.05 | 14.47 ± 18.06 |
| Hope | 55.22 ± 44.44 | 6.70 ± 8.35 |
| Borzya | / | 9.27 ± 14.55 |
| Dauria | / | 17.42 ± 25.23 |
| 平均 Mean | 57.85 ± 94.67 | 12.01 ± 17.74 |

“/” 为在对应时间内该个体尚未被环志或已经死亡, 因此无对应信息。

“/” means no data because relevant individual had not been banding or had died in relevant time.

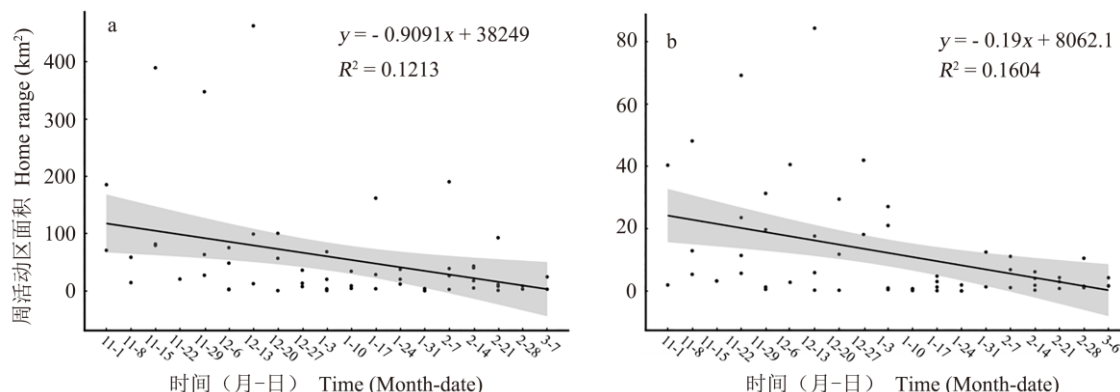


图 1 周活动区面积随日期的变化

Fig. 1 Change of weekly home range of White-naped Crane

a. 2014 ~ 2015 年; b. 2015 ~ 2016 年。灰色阴影为 95% 置信区间。

a. 2014 - 2015; b. 2015 - 2016. Gray shadow stands for 95% confidence interval.

较大，因白枕鹤为湿地鸟类，故保留水位这一更具生物学意义的因子（表 4）。

广义线性混合模型结果表明，水位对活动区面积具有极显著的影响 ($P < 0.01$)，年份对活动区面积影响极显著 ($P < 0.01$)，2014 至 2015 年越冬期水位高程为 (14.92 ± 0.65) m，2015 至 2016 年越冬期水位高程为 (15.39 ± 0.70) m，年际间水位差异显著 ($t = 4.0674$, $P < 0.0001$)，年龄及气温对活动区面积无显著影响（表 5）。

2.2 活动区面积与水位的关系

在两个越冬期内，周平均水位均随时间下降趋势。相关分析表明，白枕鹤周活动区平均面积随着同期平均水位下降而显著降低（Pearson, 2014 至 2015 年 $r = 0.370$, $P < 0.01$ ；2015 至 2016 年 $r = 0.380$, $P < 0.01$ ），但 2014

年变化更大（图 2）。

3 讨论

本研究利用卫星定位技术，对鄱阳湖越冬白枕鹤的活动区面积进行了定量研究。

水位对白枕鹤越冬期的活动区面积具有显著影响。食物资源是影响野生动物活动区面积的重要因素 (Corriale et al. 2013)，当食物资源不足时，个体活动区面积较大，而当食物资源充足时，个体活动区则较小 (Bürger et al. 2008)。进入冬季以来，鄱阳湖水位持续下降，浅水区面积逐渐增大，这使得白枕鹤的主要食物苦草的可获得性逐渐提高 (孙志勇等 2010)；白枕鹤的另一种食物下江委陵菜随着水落滩出、草洲出露逐渐发育成熟而可以被取食 (夏少霞 2010)。与之相对应的是，白枕鹤日活动

表 4 可能影响活动区面积因子之间的相关性分析

Table 4 Correlation between each factor which may be influent home range

| | 周次 Week | 气温 Temperature | 水位 Water level | 年份 Year |
|----------------|---------|----------------|----------------|---------|
| 气温 Temperature | - 0.335 | | | |
| 水位 Water level | 0.905 | - 0.460 | | |
| 年份 Year | 0.567 | - 0.324 | 0.617 | |
| 年龄 Age | - 0.043 | 0.049 | - 0.032 | - 0.053 |

表格中的数值为 Pearson 相关性分析的相关系数。Numbers in this table are the Pearson correlation values.

表 5 广义线性混合模型因子重要性分析

Table 5 Significance of Generalized Linear Mixed Models (GLMM) factors

| | P |
|----------------|---------|
| 气温 Temperature | 0.653 7 |
| 水位 Water level | 0.000 7 |
| 年份 Year | 0.004 2 |
| 年龄 Age | 0.217 1 |

区面积也会呈现出逐渐下降的趋势(图 1)。因此随着水位的下降,食物总的可获得性大致呈现出逐渐提高的趋势,所以白枕鹤的活动区面积会逐渐减小。对鄱阳湖越冬白鹤(*G. leucogeranus*)及其觅食地的研究表明,随着时间的推移,其觅食地逐渐由湖边向湖心靠近,湖心的食物更为丰富,且随着时间的变化,白鹤游走行为占比逐渐下降,并会花费比越冬中前期更多的时间在一处来挖掘食物(孙志勇等 2010, 张琼等 2013);而对鄱阳湖越冬灰鹤(*G. grus*)的研究表明,食物资源可利用性越高,其啄食频率就越高,同时步行频率则会越低(蒋剑虹等 2015);美洲鹤(*G. americana*)的觅食区域会随着浅水生境可获得性的变化而变化(Pickens et al. 2017)。这些都是鹤类对环境资源变化的适应。

气温对白枕鹤越冬期活动区的影响不显著。鸟类是恒温动物,羽毛是有效的隔热层(郑光美 2012)。在笼养条件下,只要有挡风棚和食物,温带地区及近北极地区的笼养鹤能够耐受 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端低温;当温度低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,也只需给原产于亚热带地区的鹤类供热就能保证其存活(Ellis et al. 2003)。江西鄱阳湖属亚热带季风气候,研究期内周平均气温均高于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2014 至 2015 年和 2015 至 2016 年两个越冬期,最低气温低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数分别为 14 d 和 7 d,但同日最高气温均高于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$,不会对白枕鹤的活动能力造成影响。鄱阳湖历年极端最低水温为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$,但由于鄱阳湖入湖河口较多、湖水扰动大、水流速度较快,因此极少出现冰冻情况。即使小范围水面结冰,厚度也仅为 $1\sim 2\text{ mm}$,这些薄冰会在白天随着气温的回升而迅速融化(闵骞 1996, 李凤山等 2011)。在本研究期内,鄱阳湖湖水没有大面积冰冻情况发生,因此低温也不会对白枕鹤食物的可获得性造成影响。白枕鹤越冬期的主要食物苦草冬季停止生长,以冬芽的形式越冬;下江委陵菜在越冬前期处于水淹状态,以块根的形式休眠,水退之后温度高于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时开始生长。因此苦草及下江委陵菜的可获得性及其生长均不会

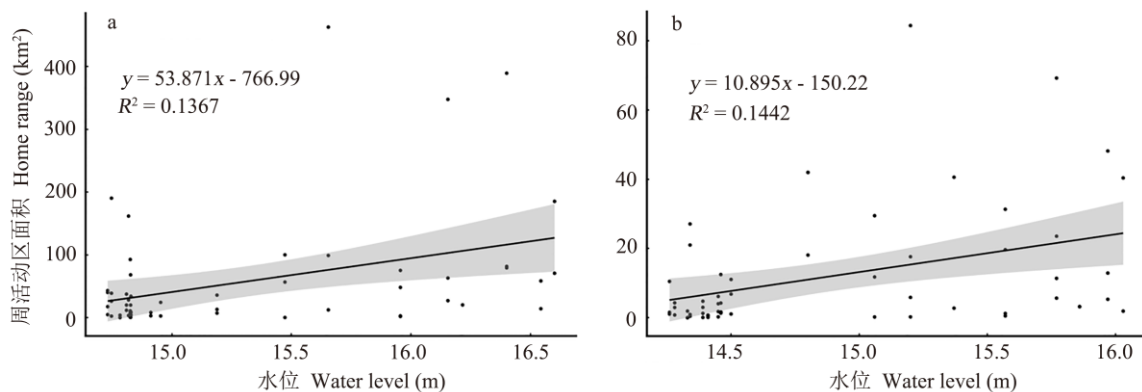


图 2 周活动区面积与同期平均水位的相关分析

Fig. 2 Correlation analysis of home range with water level

a. 2014 ~ 2015 年; b. 2015 ~ 2016 年。灰色阴影为 95% 置信区间。

a. 2014 - 2015; b. 2015 - 2016. Gray shadow stands for 95% confidence interval.

受到低温的影响。本研究结果表明，白枕鹤越冬的活动区面积与同期的平均气温不相关，说明温度不是影响白枕鹤活动区面积的因素。

动物个体年龄的差异也可能对其活动性或活动区面积造成影响。但在本研究中，广义线性混合模型结果表明，白枕鹤年龄的差异对活动区面积无显著影响。在鄱阳湖越冬的白鹤幼鸟，仍需亲鸟（成体）照顾，这体现在喂食、警戒等方面（张琼等 2013），因此年龄的差异没有对活动区面积造成显著影响。除此之外，在本研究中，无论是成体、亚成体还是幼体，样本量均较少，这可能是造成年龄对活动区面积影响较小的原因。年份对活动区面积亦存在显著影响，这可能是由年际间水位的显著差异造成的，但导致年际间差异显著的具体原因，仍有待进一步研究。

人类活动也有可能对白枕鹤的活动区造成影响。捕鱼活动可能会将白枕鹤惊飞，但在鄱阳湖秋冬退水期间，渔获产量与水位变化呈正相关关系，即随着水位降低，渔获量逐渐减少（胡茂林等 2011），各类不同形式的捕鱼活动在冬末春初也较秋冬季节更少（周文斌等 2012），而且随着时间的推移、随着对渔船逐渐熟悉，鹤类警戒和被惊飞的情况也逐渐减少（张琼等 2013），因此这可能是导致白枕鹤越冬后期活动区面积逐渐减小的原因。除此之外，观光旅游、藜蒿（*Artemisia selengensis*）等湿地作物及甲鱼和贝类的采集等人类活动，也可能会干扰白枕鹤的正常觅食。但人类活动对白枕鹤活动的影响方式、干扰强度及二者的变化，仍需进一步探究。

致谢 江西鄱阳湖国家级自然保护区提供水位监测数据；德国马普鸟类学研究所程雅畅博士生以及北京林业大学叶元兴博士生、宋紫檀博士生对本文提出宝贵修改意见。

参 考 文 献

- Barron D G, Brawn J D, Weatherhead P J. 2010. Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(2): 180–187.
- BirdLife International. 2016. *Antigone vipio*, The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22692073A93336122.
- Bürger L, Dalziel B D, Fryxell J M. 2008. Are there general mechanisms of animal home range behaviour? A review and prospects for future research. *Ecology Letters*, 11(6): 637–650.
- Burt W H. 1943. Territoriality and Home Range Concepts as Applied to Mammals. *Journal of Mammalogy*. 24(3): 346–352.
- Corriale M J, Muschetto E, Herrera E A. 2013. Influence of group sizes and food resources in home-range sizes of capybaras from Argentina. *Journal of Mammalogy*, 94(1): 19–28.
- Elchuk, C, Wiebe K. 2003. Home-range size of northern flickers (*Colaptes auratus*) in relation to habitat and parental attributes. *Canadian Journal of Zoology*, 81(6): 954–961.
- Ellis D H, Markin Y M, Vermillion C H, et al. 1992. Satellite telemetry reveals winter home of Eurasian Crane from northwestern Siberia. *Applied Catalysis B Environmental*, 80(1/2): 72–80.
- Garza S J, Tabak M A, Miller R S, et al. 2017. Abiotic and biotic influences on home-range size of wild pigs (*Sus scrofa*). *Journal of Mammalogy*, 99(1): 1–11.
- Gavashelishvili A, McGrady M, Ghasabian M, et al. 2012. Movements and habitat use by immature Cinereous Vultures (*Aegypius monachus*) from the Caucasus. *Bird Study*, 59(4): 449–462.
- Harris J, Su L, Higuchi H, et al. 2000. Migratory stopover and wintering locations in eastern China used by White-naped Cranes *Grus vipio* and Hooded Cranes *G. monacha* as determined by satellite tracking. *Forktail*, 16: 93–99.
- Higuchi H, Ozaki K, Fujita G, et al. 1996. Satellite tracking of White-naped Crane migration and the importance of the Korean Demilitarized Zone. *Conservation Biology*, 10(3): 806–812.
- Higuchi H, Pierre J P, Kreyer V, et al. 2004. Using a remote technology in conservation: satellite tracking White-Naped Cranes in Russia and Asia. *Conservation Biology*, 18(1): 136–147.
- Hooge P N, Eichenlaub B. 1997. Animal Movement Extensions to Arcview, Version 2.0. Anchorage, U. S. A: Alaska Science Center-Biological Science Office, U.S. Geological Survey.

- Ivey G L, Dugger B D, Herziger C P, et al. 2015. Wintering ecology of sympatric subspecies of Sandhill Crane: Correlations between body size, site fidelity, and movement patterns. *Condor*, 117(4): 518–529.
- Jia Y, Jiao S, Zhang Y, et al. 2013. Diet shift and its impact on foraging behavior of Siberian Crane (*Grus leucogeranus*) in Poyang Lake. *PLoS One*, 8(6): e65843.
- Kanau Y, Minton J, Nagendran M, et al. 2000. Migration of Demoiselle Cranes in Asia based on satellite tracking and fieldwork. *Global Environmental Research*, 4(2): 143–153.
- Li F, Wu J, James H, et al. 2012. Number and distribution of cranes wintering at Poyang Lake, China during 2011 - 2012. *Chinese Birds*, 3(3): 180–190.
- MacCann K I, Shaw K. 1998. The analysis of Blue Cranes *Anthropoides paradiseus* movement patterns in South Africa using satellite telemetry. *Ostrich*, 69: 363–364.
- Mi C, Huettmann F, Guo Y, et al. 2017. Why choose Random Forest to predict rare species distribution with few samples in large undersampled areas? Three Asian crane species models provide supporting evidence. *PeerJ*, 5(6): e2849.
- Minton J S, Higuchi H, Halls J N. 2003. Integration of satellite telemetry data and land cover imagery: A study of migratory Cranes in Northeast Asia. *Transactions in Gis*, 7(4): 505–528.
- Nesbitt S A, Williams K S. 1990. Home range and habitat use of Florida Sandhill Cranes. *Journal of Wildlife Management*, 54(1): 92–96.
- Pérez-García J M, Margalida A, Afonso I. 2013. Interannual home range variation, territoriality and overlap in breeding Bonelli's Eagles (*Aquila fasciata*) tracked by GPS satellite telemetry. *Journal of Ornithology*, 154(1): 63–71.
- Pickens B A, King S L, Vasseur P L, et al. 2017. Seasonal movements and multiscale habitat selection of Whooping Crane (*Grus americana*) in natural and agricultural wetlands. *Waterbirds*, 40(4): 322–333.
- R Core Team. 2017. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [CP/OL]. [2017-12-21]. <https://www.R-project.org/>.
- Rodgers A R, Carr A P. 1998. HRE: The Home Range Extension for ArcView: User's manual. Beta Test Version 0.9. Centre for Northern Ecosystem Research, Ontario Ministry of Natural Resources, Thunder Bay.
- Sádek M, Drahnková L, Tkadlec, E. 2015. Changes in home range sizes and population densities of carnivore species along the natural to urban habitat gradient. *Mammal Review*, 45(1): 1–14.
- Tomkiewicz S M, Fuller M R, Kie J G, et al. 2010. Global positioning system and associated technologies in animal behaviour and ecological research. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1550): 2163–2176.
- Yang X, Qian F, Li F, et al. 2005. First satellite tracking of black-necked cranes in China. *Zoological Research*, 26(6): 657–658.
- Yutaka. 2002. Discovery of breeding grounds of a Siberian Crane *Grus leucogeranus* flock that winters in Iran, via satellite telemetry. *Bird Conservation International*, 12(4): 327–333.
- 葛刚, 陈少风. 2015. 鄱阳湖湿地植物. 北京: 科学出版社, 87, 231, 250.
- 胡茂林, 吴志强, 刘引兰. 2011. 鄱阳湖湖口水域鱼类群落结构及种类多样性. *湖泊科学*, 23(2): 246–250.
- 蒋剑虹, 戴年华, 邵明勤, 等. 2015. 鄱阳湖区稻田生境中灰鹤越冬行为的时间分配与觅食行为. *生态学报*, 35(2): 270–279.
- 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 2016. 中国脊椎动物红色名录. 生物多样性. 24(5): 500–551.
- 焦胜武, 雷光春, 李凤山. 2014. 中毒白枕鹤被成功救助并抵达鄱阳湖越冬. *中国鸟类研究简讯*, 23(2): 8–9.
- 黎磊, 张笑辰, 秦海明, 等. 2015. 食块茎水鸟及水位对沙湖沉水植物冬芽分布的影响. *生态学杂志*, 34(3): 661–669.
- 李凤山, 刘观华, 吴建东, 等. 2011. 鄱阳湖湿地和水鸟的生态研究. 北京: 科学普及出版社, 3, 6.
- 刘观华, 金杰锋, 李凤山, 等. 2014. 2012年冬季鄱阳湖大型越冬水鸟数量与分布. *江西林业科技*, 42(1): 39–43.
- 闵寿. 1996. 鄱阳湖历史冰情的考证. *湖泊科学*, 8(3): 215–221.
- 邵明勤, 蒋剑虹, 戴年华, 等. 2014. 鄱阳湖越冬灰鹤和白枕鹤的数量与集群特征. *生态与农村环境学报*, 30(4): 464–469.
- 孙儒泳. 2001. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社, 30.
- 孙志勇, 黄晓凤. 2010. 鄱阳湖越冬白鹤觅食地特征分析. *动物学杂志*, 45(6): 46–52.
- 王进军, 李方满, 田秀华. 1998. 白枕鹤. 牡丹江: 黑龙江朝鲜民

族出版社, 90.

王岐山, 马鸣, 高育仁. 2006. 中国动物志: 鸟纲 第 5 卷 鹤形目 鹤形目 鸥形目. 北京: 科学出版社, 37.

夏少霞, 于秀波, 范娜. 2010. 鄱阳湖越冬候鸟栖息地面积与水位变化的关系. *资源科学*, 32(11): 2072-2078.

许杰, 苏立英, 周宣宾, 等. 1995. 鹤类环志及迁徙研究. *野生动物*, (2): 18-22.

颜重威, 王岐山. 2002. 中国的鹤、秧鸡和鸨. 南投: 凤凰谷鸟园, 112.

杨若莉, 许杰, 苏立英. 1991. 白枕鹤的分布和迁徙. *林业科学研究*, 4(3): 253-256.

叶芝菡, 谢云, 刘宝元. 2002. 日平均气温的两种计算方法比较. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 38(3): 421-426.

张琼, 钱法文. 2013. 鄱阳湖越冬白鹤家庭行为. *动物学杂志*, 48(5): 759-768.

张雁云. 2005. 黄腹角雉研究概述. *动物学杂志*, 40(1): 104-107.

郑光美. 2012. 鸟类学. 2 版. 北京: 北京师范大学出版社, 10.

周文斌, 万金宝. 2012. 鄱阳湖生态环境保护 and 资源综合利用研究. 北京: 科学出版社, 168.



《动物学杂志》第十二届编辑委员会

名誉主编: 马 勇

主 编: 宋延龄

副 主 编: 赵 勇 彭景榭 孙悦华 梁 冰 (常务)

编 委: (以姓氏笔画为序)

- 丁长青 马 勇 马志军 马建章 王德华 计 翔 石树群 边疆晖 刘迺发
 孙青原 孙悦华 宋延龄 宋林生 宋昭彬 张正旺 张明海 张春光 张树义
 张堰铭 李 明 李枢强 李保国 李春旺 李新正 杨增明 陈广文 宛新荣
 郑光美 费 梁 赵 勇 赵亚辉 夏国良 徐宏发 桂建芳 梁 冰 彭贤锦
 彭景榭 曾治高 蒋志刚 蒋学龙 谢 锋 戴家银 魏辅文

编 辑: 梁 冰 尹 航