

# Satellite Tracking of the Natal Dispersion of Grey Heron Chicks in Taihu National Wetland Park

Guangyu Liu<sup>1</sup>, Wen Peng<sup>1</sup>, Qingming Wu<sup>1</sup>, Peng Xie<sup>1</sup>, Xingbo Cui<sup>2</sup>, Xiaomin Li<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Wildlife & Nature Protected Areas, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

<sup>2</sup>Heilongjiang Naolihe Nature Reserve Administration, Shuangyashan Heilongjiang

Email: harbinlixiaomin@163.com

Received: Mar. 6<sup>th</sup>, 2020; accepted: Mar. 27<sup>th</sup>, 2020; published: Apr. 3<sup>rd</sup>, 2020

## Abstract

Five grey heron chicks were ringed by GPS/GSM bird trackers at Taihu National Wetland Park of Heilongjiang Province in June 2018. Three grey heron chicks died at the beginning of the dispersion, so only two grey heron chicks successfully completed the natal dispersion. Therefore, in the same year, the grey heron chicks numbered NEFU-03 and NEFU-04 respectively, were monitored at different times for their activity distance, activity area, flight speed, flight height, range of activity, etc. The two grey heron chicks fled out of the nests during the early dispersion period, and the average activity area per day was 0.06367 km<sup>2</sup> and 0.0599 km<sup>2</sup> respectively. The average activity distance per day was 0.7706 km and 0.7987 km respectively. The flight speed was 38 km/h and 12.6 km/h respectively, and the maximum flight height was 224m and 545 m respectively. The grey heron chicks left their nests during the medium dispersion period and the average activity area per day was 220.6683 km<sup>2</sup> and 9.1174 km<sup>2</sup>, respectively. The average activity distance per day is 25.06846 km and 12.8771 km respectively. The flight speed was 50.6 and 123 m/h, and the maximum flight height was 215 and 525 m. During the late dispersion period, the average activity area per day was 4.2989 km<sup>2</sup> and 14.2428 km<sup>2</sup>, respectively. The average activity distance per day is 9.2322 km and 5.744 km respectively. The flight speed was 46.7 km/h and 51.5 km/h, and the maximum flight height was 46.7 km/h and 51.5 km/h. The result showed that the activity area, activity distance, flight height, and activity time for grey heron chicks increased with the day age.

## Keywords

Grey Heron Chicks, Satellite Tracking, Natal Dispersion, Taihu National Wetland Park

# 卫星跟踪太湖国家湿地公园苍鹭幼鸟出生扩散

刘光宇<sup>1</sup>, 彭文<sup>1</sup>, 吴庆明<sup>1</sup>, 谢鹏<sup>1</sup>, 崔兴波<sup>2</sup>, 李晓民<sup>1</sup>

\*通讯作者。

<sup>1</sup>东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 黑龙江 哈尔滨

<sup>2</sup>黑龙江挠力河自然保护区管理局, 黑龙江 双鸭山

Email: harbinlixiaomin@163.com

收稿日期: 2020年3月6日; 录用日期: 2020年3月27日; 发布日期: 2020年4月3日

## 摘要

2018年6月, 在泰湖国家湿地公园对5只苍鹭幼鸟进行了环志并佩戴GPS/GSM鸟类跟踪器。其中3只苍鹭幼鸟在扩散初期死亡, 因此只有2只苍鹭幼鸟成功完成出生扩散。故同年对编号为苍鹭NEFU-03、苍鹭NEFU-04的苍鹭幼鸟不同时间的活动距离、活动面积以及飞行速度、飞行高度、活动区域等进行监测。2只苍鹭扩散初期每天飞出巢外活动, 日均活动面积分别为0.06367 km<sup>2</sup>和0.0599 km<sup>2</sup>, 日均活动距离分别为0.7706 km和0.7987 km; 飞行速度分别为38 km/h和12.6 km/h, 最大飞行高度分别为224 m和545 m。扩散中期幼鸟离开繁殖地到其它湿地活动, 不再归巢, 日均活动面积分别为220.6683 km<sup>2</sup>和9.1174 km<sup>2</sup>, 日均活动距离分别为25.06846 km和12.8771 km; 飞行速度分别为50.6 km/h和123 km/h, 飞行高度分别达215 m和525 m。扩散后期日均活动面积分别为4.2989 km<sup>2</sup>和14.2428 km<sup>2</sup>, 日均活动距离分别为9.2322 km和5.744 km; 飞行速度分别已达46.7 km/h和51.5 km/h, 飞行高度分别为2792 m和303 m。研究结果表明, 苍鹭幼鸟的活动面积、活动距离、飞行高度、活动时间均随日龄增长而增长。

## 关键词

苍鹭幼鸟, 卫星跟踪, 出生扩散, 泰湖国家湿地公园

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

苍鹭(*Ardea cinerea*)隶属于鹳形目(Pelecaniformes)鹭科(Ardeidae)鹭属(*Ardea*), 数量较多, 分布较广, 是沼泽湿地生境优势鸟类, 栖息于江河湖泊及沼泽湿地, 中型涉禽, 食物以鱼类为主[1]。

迄今, 苍鹭的研究主要集中在种群动态、生态与习性、繁殖生物学、巢址选择等研究, 而在苍鹭幼鸟出生扩散研究中未见报道[2]-[15]。将GPS/GSM鸟类跟踪器作为苍鹭幼鸟初步研究的跟踪器, 目的为了了解苍鹭幼鸟的飞行能力及活动区域, 并总结规律。本文主要是对苍鹭幼体的出生扩散进行研究, 其意义是为了对栖息地进行最优选择, 获得更丰富的食物, 促进机体的生长发育, 并为迁徙到越冬地做准备。

随着卫星跟踪技术的发展, 让更多的学者能够对动物运动模式进行更深入的研究。从1995年到2005年, 日本研究人员用这种技术来跟踪鸟类, 如白枕鹤(*Grus vipio*)、黑鹳(*Ciconia nigra*)的迁徙。虽然卫星跟踪技术有准确的定位和全球的覆盖范围, 但是租赁卫星频道的费用高, 致使该技术在中国没有被广泛使用[16]-[22]。

到了21世纪初期, 跟踪技术发展到了利用GSM+GPS双模块跟踪定位, 并在交通设备的定位与跟踪上得到广泛的应用。现在的发射装置大多都集成了GPS模块, 使得动物的地理坐标可以被精准定位, 另外它还设置了太阳能锂电池, 大大提高了设备的使用寿命。该跟踪技术的具备成本低、跟踪距离长的优

越性,但必须设置相应的收发机获取信号,而目前移动基站数量来,覆盖范围广。GMS + GPS 跟踪技术就完美替代了卫星跟踪技术。本文主要是利用 GMS + GPS 跟踪技术来精确地跟踪和定位苍鹭的扩散。GMS + GPS 跟踪器的实时点位传送使本研究更加科学[23] [24]。

## 2. 研究地概括和研究方法

### 2.1. 研究地概况

黑龙江省齐齐哈尔市泰来县泰湖国家湿地公园是黑龙江省为数不多毗邻城区、生态环保的国家湿地公园之一。占地总面积 1365 hm<sup>2</sup>,其中水域面积 7 km<sup>2</sup>,位于北纬 46°22'57"、东经 123°26'38"。湿地公园共有鱼类 7 科 31 种,鸟类 34 科 162 种,其中有白琵鹭(*Platalea leucorodia*)、丹顶鹤(*Grus japonensis*)、大天鹅(*Cygnus cygnus*)等 21 种重点保护动物。湿地公园由草甸、林地、沼泽、湖泡等景观组成。苍鹭是此湿地公园的优势种群[24] [25] [26]。

### 2.2. 跟踪器的佩戴

本研究利用的卫星跟踪器型号为 HQBG5037S,重量 40 g,为湖南环球信士公司产品,防水等级 IP68,防水深度 10 m,工作温度-40~70℃,定位精度 5 m,定位方式 GPS/BeiDou/GLONASS,定位数据周期 1 h,体积 50 mm × 35 mm × 65 mm,跟踪器总工作时长约 3 年。该跟踪器完全具备本研究的目的与要求。于泰湖湿地公园寻找苍鹭大群繁殖区域若干个,在湿地公园工作人员的协助下,捕捉苍鹭幼鸟 5 只将跟踪器通过背负式附着苍鹭幼鸟体上固定。

### 2.3. 数据采集与分析方法

通过数据管理平台来接收幼鸟的定位数据,定位信息的发送频率为 1 次/h,由时间、经纬度、速度、海拔高度、温度、定位精度等来组成整体的定位数据。定位精度设置 A、B、C、D 四个等级,精度偏差是 5 m、10 m、20 m、100 m,精度逐级递减。在本文中,将 D 级数据从分析数据中剔除,并且 A、B 和 C 精度的数据被选择为有效点位。将苍鹭幼鸟活动能力和活动区域作为研究时间段的划分依据,共分为 3 个时期,分别为扩散初期、扩散中期、扩散后期。

苍鹭的活动区域面积是用软件 ARCGIS 10.5 来显示定位的点位和飞行的方向,然后用 MCP (Minimum Convex Polygon)最小凸多边形法来计算活动区域面积。MCP 最小凸多边形法,是根据外围的锚点圈成的一个多边形,此多边形代表着苍鹭的活动区域。再用软件 ARCGIS 来计算出苍鹭每个小时的活动距离。在苍鹭幼鸟的活动分析方面,总共分为 4 个方向:活动区域、活动面积、活动距离、飞行的高度和速度。

### 2.4. 扩散行为定义

- 1) 扩散初期:幼鸟因飞行能力不足,日常活动主要以离巢距离不超过 2 km 的短距离滑翔为主;
- 2) 扩散中期:幼鸟具备较长时间飞行能力,主要以到距繁殖地不超过 50 km 附近的湿地活动为主;
- 3) 扩散后期:幼鸟已经具备长距离飞行能力,距离繁殖地超过 100 km;
- 4) 单次最远活动距离(km):统计相邻时间定位点的距离,并取该时间段内的最大值;
- 5) 最大日活动距离(km):是指该扩散时期内日活动距离的最大值;
- 6) 最小日活动距离(km):是指该扩散时期内日活动距离的最小值;
- 7) 日均活动距离(km):是指该扩散时期内,幼鸟累计活动距离除以该时期天数;
- 8) 飞行速度(km/h):是指该幼鸟当前时间运动的速度;
- 9) 飞行高度(m):是指该幼鸟当前时间运动的海拔高度。

3. 研究结果

本次研究共环志 5 只苍鹭幼体, 其中苍鹭幼鸟 NEFU-01、NEFU-02 分别于 7 月 12 日、7 月 1 日在巢内死亡。苍鹭幼鸟 NEFU-05 于 9 月 9 日在黑龙江省哈尔滨市阿城区西泉眼水库死亡, 之后在回收跟踪器时发现其死亡原因是鸟脚插入渔网被困而死。为确保本研究的科学性, 故本文只讨论 NEFU-03、NEFU-04 两只苍鹭幼鸟扩散活动数据。NEFU-03、NEFU-04 两只苍鹭幼鸟分别于同年 10 月 22 日、12 月 5 日离开吉林省开始向南迁徙, 扩散时期分别持续 124 d 和 168 d, 根据研究飞行时间阶段划为扩散初期、扩散中期和扩散后期三个阶段(表 1)。

Table 1. Dispersion time of grey heron chicks after leaving nests

表 1. 苍鹭幼鸟离巢后的扩散时间

| 阶段 Period              | 苍鹭 NEFU-03        | 苍鹭 NEFU-04        |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| 扩散初期 Early dispersion  | 6 月 21 日~7 月 27 日 | 6 月 21 日~7 月 14 日 |
| 扩散中期 Medium dispersion | 7 月 28 日~8 月 5 日  | 7 月 15 日~10 月 7 日 |
| 扩散后期 Later dispersion  | 8 月 6 日~10 月 22 日 | 10 月 8 日~12 月 5 日 |

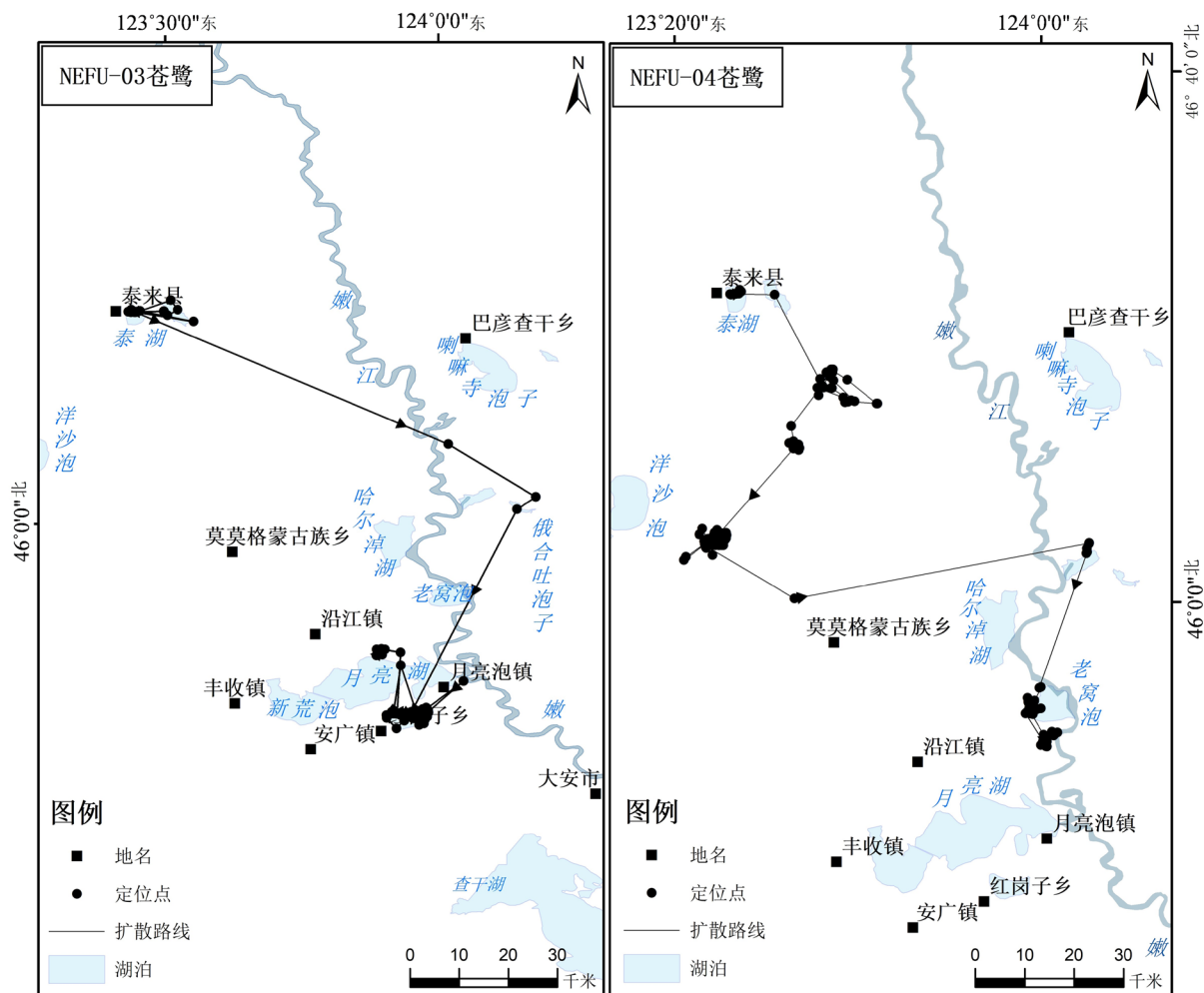
3.1. 苍鹭幼鸟活动区域及停留时间

通过跟踪器信息, 苍鹭 NEFU-03 在其扩散时期研究的 124 d 中共获得有效点 2930 个, 苍鹭 NEFU-04 在 183 d 中共获得有效点位 2886 个。从位置信息中看出, 2 只苍鹭扩散初期均在太湖国家湿地公园活动, 苍鹭 NEFU-03 在同年 7 月 27 日离开繁殖地, 该幼鸟在其繁殖地停留 37 d, 占总记录时间的 29.8%。而苍鹭 NEFU-04 较苍鹭 NEFU-03 早 12 d 离开繁殖地(同年 7 月 14 日), 在繁殖地停留 25 d, 占其总记录时间的 13.58%。在扩散中期 2 只苍鹭分别向不同区域开始扩散, 苍鹭 NEFU-03 在吉林省大安市月亮泡镇月亮泡水库附近湿地活动, 停留时间 86 d, 占总记录时间的 69%。其余时间在扩散途中沿途休息 1 d。而苍鹭 NEFU-04 向吉林省白城市镇赉县莫莫格国家级自然保护区扩散, 停留时间 85 d, 占总记录时间的 46.45%。该幼鸟在扩散后期又向大安市月亮泡水库附近湿地扩散, 在其附近湿地停留时间 59 d, 占总记录时间 32.24% (图 1)。

3.2. 活动面积

在扩散初期幼鸟具有初步试飞能力, 但飞行能力不完善, 仍不能进行长距离飞行。在此扩散阶段 2 只幼鸟日活动面积差异不大, NEFU-03 在扩散初期获得有效定位点 864 个, 日活动范围均值为 0.06367 km<sup>2</sup>。NEFU-04 获得有效定位点 514 个。此阶段幼鸟日活动范围均值为 0.0599 km<sup>2</sup>。随后在扩散中期 NEFU-03 获得有效定位点 215 个, 此阶段幼鸟日活动面积均值 25.06846 km<sup>2</sup>。NEFU-04 获得有效定位点 1993 个, 此阶段幼鸟日活动面积均值 12.8771 km<sup>2</sup>。在扩散后期 NEFU-03 获得有效定位点数 1843 个。日均值为 4.29889 km<sup>2</sup>。10 月 22 日该幼鸟飞离吉林省, 开始向南迁徙。NEFU-04 获得有效定位点数 1378 个。日均值为 14.2428 km<sup>2</sup>。12 月 5 日该幼鸟飞离吉林省, 开始向南迁徙(表 2, 图 2)。

通过以上数据分析可以看出苍鹭在扩散初期活动范围较小, NEFU-03 在该时期内日活动最大、最小面积分别为 1.93501 km<sup>2</sup> 和 0.00038 km<sup>2</sup>。NEFU-04 在扩散初期最大、最小日活动面积分别为 0.47241 km<sup>2</sup> 和 0.00005 km<sup>2</sup>。这是因为在扩散的初期阶段, 苍鹭处于试飞期间, 不具备长期飞行的能力。随着苍鹭身体的发育, 飞行能力的不断增强, 幼鸟的活动范围才会变大, 这样扩散才会更有效率。



**Figure 1.** Areas of activity and flight paths for grey heron chicks  
**图 1.** 苍鹭幼鸟的活动区域和飞行路线

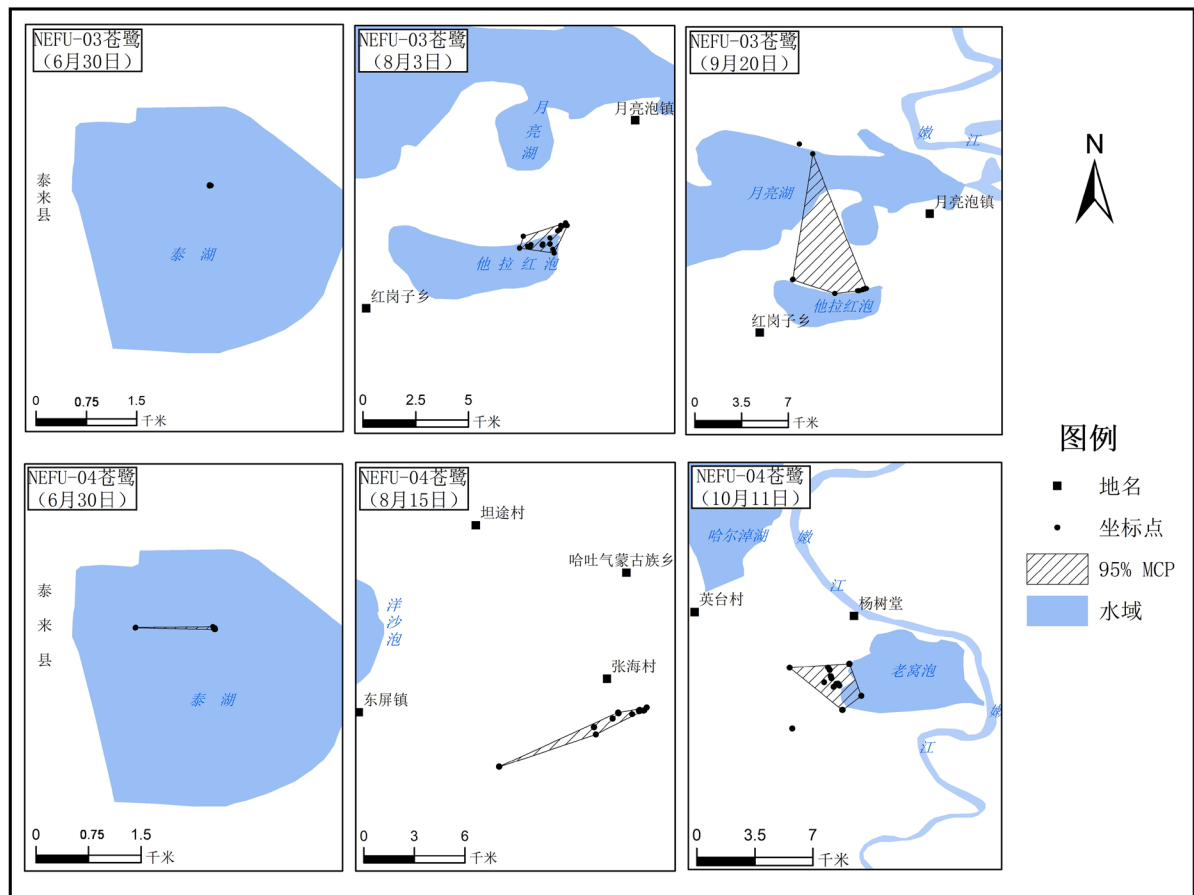
**Table 2.** The areas of activity for grey heron chicks (NEFU-03/NEFU-04) in different period  
**表 2.** 不同时期苍鹭幼鸟(NEFU-03/NEFU-04)活动面积

| 阶段<br>Period              | 有效点位<br>Effective spots | 日活动面积 Activity areas          |                               |                               |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                           |                         | 最小 Minimum (km <sup>2</sup> ) | 最大 Maximum (km <sup>2</sup> ) | 均值 Average (km <sup>2</sup> ) |
| 扩散初期<br>Early dispersion  | 864/514                 | 0.00038/0.00005               | 1.93501/0.472408              | 0.06367/0.0599                |
| 扩散中期<br>Medium dispersion | 215/1993                | 0.96046/0.03586               | 1309.585/137.668              | 220.6683/9.1174               |
| 扩散后期<br>Later dispersion  | 1843/1378               | 0.00293/0.01295               | 67.2177/626.4273              | 4.2989 /14.2428               |

### 3.3. 活动距离

在扩散初期, NEFU-03 共活动 37 d, 累计活动 28.1786 km, 日平均活动 0.7706 km, 日最大、最小活动距离分别为 6.1249 km 和 0.1455 km, 单次最远活动距离 2.2473 km。NEFU-04 在扩散初期共持续 25 d, 累计活动 19.1742 km, 平均每日活动 0.7987 km, 最大和最小的日活动距离分别为 2.6013 km 和 0.0434





注：95%MCP 方法估算的活动区域涵括了大部分的更为集中的坐标点。

**Figure 2.** The map of daily activities for three periods  
**图 2.** 三个阶段日活动面积示意图

km, 单次最远活动距离 0.781 km。从数据中可以看出, 2 只幼鸟在扩散初期的活动能力相差不大, 活动能力都比较弱, 只能进行短距离的活动。NEFU-03 在扩散中期的 9 d 时间内共活动 225.6161 km, 日平均活动 25.0685 km, 最大、最小日活动距离分别为 94.3667 km 和 4.3316 km, 单次最远的活动距离为 32.9608 km。NEFU-04 在扩散中期 85 d 的时间内共活动 1094.57 km, 日平均活动 12.8771 km, 最大、最小日活动距离分别为 128.7376 km 和 4.3362 km, 单次最远的活动距离为 123.412 km。从数据中看出, 幼鸟在具有飞行能力时便离开繁殖地, 向周围湿地开始扩散, 在扩散中期不断的完善自己的飞行能力, 基本达到了成鸟的水平。在扩散后期 NEFU-03 持续了 78 d, 累计活动距离 720.1247 km, 日平均活动 9.2322 km, 日最大、最小活动距离分别为 39.6711 km 和 0.5131 km, 最远单次活动距离 12.0775 km。NEFU-04 在扩散后期持续 59 d, 累计活动 338.9711 km, 日平均活动 5.744 km, 日最大、最小活动距离分别为 63.246 km 和 1.1928 km, 最远单次活动距离 25.4214 km。在扩散后期, 幼鸟很少进行长距离飞行, 每天往返觅食地和栖息地, 活动的距离和时间都很规律, 此时是为南迁做能量的储备, 在日常的生活中飞行能力得到进一步增强。2 只幼鸟随后和苍鹭集群飞离吉林省, 向南迁徙(表 3)。

### 3.4. 飞行高度与速度

在扩散初期 2 只幼鸟最快飞行速度分别为 38 km/h 和 12.6 km/h, 最大飞行高度分别为 224 m 和 545 m。在扩散初期幼鸟都是在进行试飞活动, 飞行能力较弱。随着身体的发育, 在扩散中期的幼鸟基本能够保

持 50.6 km/h 和 123 km/h 的最快飞行速度,而最大飞行高度变化不大,分别是 215 m 和 525 m。扩散后期的幼鸟飞行高度有较大的增强,飞行高度分别达到 2792 m 和 303 m,飞行最快的速度为 46.7 km/h 和 51.5 km/h (表 4)。

**Table 3.** The activity distance of grey heron chicks (NEFU-03/NEFU-04) in different period  
**表 3.** 不同时期苍鹭幼鸟(NEFU-03/NEFU-04)活动距离

| 阶段                        | 天数(d) | 累计活动量                   | 日均活动距离                            | 最大日活动距离                           | 最小日活动距离                         | 单次最远活动距离                         |
|---------------------------|-------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
|                           |       | Da (km)                 | D <sub>m</sub> (km/d)             | D <sub>Max</sub> (km)             | D <sub>Min</sub> (km)           | D <sub>s</sub> (km)              |
| Period                    | Day   | Total activity distance | Average activity distance per day | Maximum activity distance per day | Minimum active distance per day | Farthest active distance per day |
| 扩散初期<br>Early dispersion  | 37/24 | 28.1786/19.1742         | 0.7706/0.7987                     | 6.1249/2.6013                     | 0.1455/0.0434                   | 2.2473/0.781                     |
| 扩散中期<br>Medium dispersion | 9/85  | 225.6161/1094.57        | 25.06846/12.8771                  | 94.3667/128.7376                  | 4.3316/4.3362                   | 32.9608/123.412                  |
| 扩散后期<br>Later dispersion  | 78/59 | 720.1247/338.9711       | 9.2322/5.744                      | 39.6711/63.246                    | 0.5131/1.1928                   | 12.0775/25.4214                  |

**Table 4.** The maximum flight speed and height of grey heron chicks (NEFU-03/NEFU-04)  
**表 4.** 苍鹭幼鸟(NEFU-03/NEFU-04)飞行速度和飞行高度

| 阶段 Period              | 最快飞行速度(km/h)         | 最大飞行高度(m)*            |
|------------------------|----------------------|-----------------------|
|                        | Maximum flight speed | Maximum flight height |
| 扩散初期 Early dispersion  | 38/12.6              | 224/545               |
| 扩散中期 Medium dispersion | 50.6/123             | 215/525               |
| 扩散后期 Later dispersion  | 46.7/51.5            | 2792/303              |

注: \*高度为海拔高度。

通过分析可以得出幼鸟在不同时期,飞行高度逐步提高,其中从扩散初期的 224 m 逐步增加至扩散后期的 2792 m,同时随着扩散时间的增加,飞行速度也逐渐变快,由扩散初期的 12.6 km/h 逐步增加至扩散后期的 55.6 km/h。其中苍鹭 NEFU-04 在扩散中期 2018 年 9 月 6 日单次最远活动距离 123.412 m,可以分析出其幼鸟在这段时间内最快速度应大于 123 km/h,可见在幼鸟扩散中期飞行速度就得到了较大改善。结果表明,在扩散初期至扩散后期,幼鸟的飞行高度和飞行速度逐渐增加。随着日龄的增加,幼鸟的飞行能力逐渐增强,其飞行能力与日龄成正比。

### 3.5. 苍鹭幼鸟活动时间

因苍鹭幼鸟扩散初期阶段都在巢区附近活动,故只统计扩散中期和扩散后期的每天来往觅食地与夜栖地的时间规律。幼鸟在扩散中期,通常每天 4:00 开始觅食活动,19:00 飞回夜栖地。扩散后期幼鸟每天 5:00 飞到觅食地,20:00 回到夜栖地,其中最晚 12:00 回到夜栖地,最早 3:00 飞到觅食地。通常人们认为苍鹭在夜栖地休息的时候是静止不动的,但本文通过数据分析苍鹭幼鸟在夜栖地休息时每小时都有活动迹象,夜晚休息时每小时的活动范围大多数小于 30 m,当夜晚休息的时候,仍存在少量活动。

## 4. 讨论

### 4.1. 苍鹭幼鸟活动能力变化

通过位置的追踪我们发现,在巢区的幼鸟每次飞行基本在 50 m 的范围内,飞行距离很短。在扩散的初期,飞行能力逐渐增强,日出时,幼鸟进行试飞。在鸟巢附近活动,夜间返回鸟巢。2 只幼鸟在扩散初期最大日活动面积分别为 1.93501 km<sup>2</sup> 和 0.472408 km<sup>2</sup>。幼鸟的飞行能力增强是在扩散中期,幼鸟开始离开繁殖地生活,不再回到繁殖地。NEFU-03 在 7 月 30 日至 8 月 2 日这 4 d 的时间活动 188.0779 km。NEFU-04 在 9 月 6 日单次最远活动距离达到 123.412 m,具有成鸟的飞行能力。从数据中可以看出幼鸟在扩散中期结束之前基本具有成鸟的飞行能力。到扩散后期,2 只幼鸟每天正常往返夜栖地和觅食地之间,很少有长距离飞行,为冬季迁徙做好能量储备。

### 4.2. 活动面积变化

幼鸟的活动区域与活动距离密切相关。距离与面积呈正相关。幼鸟在活动能力弱的扩散初期,飞行距离和活动面积数值都较小,日平均活动面积分别为 0.06367 km<sup>2</sup> 和 0.0599 km<sup>2</sup>。幼鸟飞行能力在扩散中期增强,日均活动面积分别为 220.668 km<sup>2</sup> 和 9.1174 km<sup>2</sup>。之所以 NEFU-03 日均面积和 NEFU-04 相差较大,是因为 NEFU-03,7 月 31 日的日活动距离是 94.3667 km,且活动点位分布较分散,故产生此现象。在扩散后期,2 只苍鹭日均日活动面积分别为 4.2989 km<sup>2</sup> 和 14.2428 km<sup>2</sup>,达到正常水平。

### 4.3. 飞行高度和速度变化

扩散初期的幼鸟常进行试飞活动,飞行能力较弱,2 只幼鸟的最大飞行速度仅为 38 km/h 和 12.6 km/h,最大飞行高度仅为 224 m 和 545 m。到了扩散中期,幼鸟的身体发育完善,在飞行能力上的了较大的改善,在速度上明显可以看出,两只幼鸟分别达到 50.6 km/h 和 123 km/h,基本达到了成鸟水平,但在飞行高度上没有较大提升。在扩散后期,飞行高度上 2 只幼鸟提升较大,分别达到 2792 m 和 303 m。这样幼鸟可以飞得更高,让它们利用上升气流飞行,从而在飞行过程中节省能量,使它们能够飞到更广阔的地区,获得更多的食物,并为冬季迁徙储存更多的能量。

### 4.4. 卫星跟踪器的使用

卫星跟踪器在鸟类环志中应用较多,研究发现不同的鸟种需要佩戴不同型号的跟踪器,首先跟踪器的电池使用期限一定满足研究时间的需求;其次需要通过前期观察,选择体质健壮的幼鸟来佩戴,同时跟踪器的质量不能太大,否则会影响幼鸟的日常活动[16];由于环志的幼鸟体型在不断发育,所以对于捆绑绳的佩戴不宜过紧或过松,应选择适当松紧度,以不影响幼鸟体型正常发育和日常活动。

## 5. 结论

研究发现,苍鹭幼鸟其身体器官的发育随着日龄的增加不断完善,因此其扩散的范围也随着飞行能力的不断增强,在逐渐变大,距离繁殖地越来越远,在扩散中期和扩散后期不断完善其飞行能力,找到食物充足的区域,补充能量。便准备随着苍鹭种群一起进行迁徙。

随着日龄增长,苍鹭幼鸟的活动面积不断增大。苍鹭幼鸟在扩散初期的飞行能力弱,日活动面积小,扩散中期随着幼鸟的生长发育,它们的活动能力也随之增强,其体力和飞行能力基本与成鸟相似,已经具有长距离飞行的能力,飞行速度和高度也在不断增加。扩散后期的幼鸟每日活动规律,日出时去觅食地觅食,到日落之前回到栖息地,很少进行长距离高速飞行,本次研究发现苍鹭幼鸟在夜栖地休息时每小时都有活动迹象,夜晚休息时每小时的活动范围大多数小于 30 m,当夜晚休息的时候,仍存在少量活动。



## 参考文献

- [1] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录[M]. 第2版. 北京: 科学出版社, 2011: 18.
- [2] 李国富, 尹伟平, 李晓民. 中国鸛科鸟类研究现状及展望[J]. 野生动物学报, 2016, 37(3): 234-238.
- [3] 李晓民, 马逸清. 苍鹭迁徙的环志分析[J]. 野生动物, 1989, 52(6): 51-53.
- [4] 王洪波, 高中信. 扎龙自然保护区草鹭、苍鹭种群动态研究[J]. 林业资源管理, 1997(3): 30-35.
- [5] 任青峰. 宁夏苍鹭、夜鹭的繁殖及行为研究[J]. 宁夏农学院学报, 1994, 15(1): 23-27.
- [6] 高欣, 刘玉明. 树栖型苍鹭幼鸟练飞习性的观察[J]. 辽宁林业科技, 2002(1): 12-14.
- [7] 费殿金. 扎龙保护区草鹭、苍鹭繁殖习性的初步研究[J]. 动物学杂志, 1985, 20(2): 12-16.
- [8] 杨家骥, 费殿金, 宫相文. 在扎龙保护区进行苍鹭与草鹭间移巢易亲的实验研究[J]. 动物学杂志, 1990, 25(4): 22-26.
- [9] 孙洪志, 高中信. 扎龙保护区苍鹭营巢最适生境选择模型[J]. 野生动物, 1996(4): 12-15.
- [10] 邱英杰, 田荣久. 辽宁东部山区苍鹭的繁殖习性[J]. 野生动物, 1990, 55(3): 24-25, 23.
- [11] 王文林, 张丽琴, 李长看, 等. 郑州鹭类的生态习性[J]. 河南科学, 2004, 22(6): 792-795.
- [12] 高中信, 贾竞波, 闫文, 等. 苍鹭繁殖生态研究[J]. 东北林业大学学报, 1991, 19(3): 35-40.
- [13] 李晓民, 陶宇, 杨家骥. 苍鹭孵卵行为及人工换卵试验[J]. 齐齐哈尔师范学院学报(自然科学版), 1991, 11(1): 28-30.
- [14] 张太忠, 郭丽滨, 程岭, 等. 苍鹭人工巢建立及易地招引尝试[J]. 国土与自然资源研究, 1997(4): 66-67.
- [15] 郑生金, 等. 平泉县人窝铺林区苍鹭繁殖种群的调查[J]. 河北林业科技, 1995(1): 34.
- [16] 关鸿亮, 通口广芳. 卫星跟踪技术在鸟类迁徙研究中的应用及展望[J]. 动物学研究, 2000, 21(5): 412-415.
- [17] 伍和启, 杨晓君, 杨君兴. 卫星跟踪技术在候鸟迁徙研究中的应用[J]. 动物学研究, 2008, 29(3): 346-352.
- [18] Coyne, M.S. and Godley, B.J. (2005) Satellite Tracking and Analysis Tool (STAT): An Integrated System for Archiving, Analyzing and Mapping Animal Tracking Data. *Marine Ecology Progress Series*, **301**, 1-7.  
<https://doi.org/10.3354/meps301001>
- [19] 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**, 806-812.  
<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10030806.x>
- [20] 马鸣, 魏顺德, 程军. 卫星跟踪下的黑鹳迁徙[J]. 动物学杂志, 2004, 39(2): 102.
- [21] 高立波. 卫星跟踪黑颈鹤(*Grus nigricollis*)迁徙路线以及迁徙停歇地现状初步研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国林业科学研究院, 2006.
- [22] 杨晓君, 钱法文, 李凤山, 等. 中国首次卫星跟踪黑颈鹤研究初报[J]. 动物学研究, 2005, 26(6): 657-658.
- [23] 王雷. 野生动物远程动态监控系统的硬件平台设计与研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.
- [24] 杨涛. 基于 900MHz 无线通信及 GPS 定位技术的野生动物跟踪管理系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2015.
- [25] 朱思雨, 刘善辉, 卢琳琳. 黑龙江省泰湖湿地公园春季鸟类多样性初步研究[J]. 野生动物学报, 2017, 38(2): 273-279.
- [26] 陈楠, 王莹, 杨天雄, 等. 泰湖夏季浮游植物功能群特征及水质状况[J]. 东北林业大学学报, 2018, 46(3): 69-73.