

Study on the Migration Route of Oriental White Stork in Autumn Tracked by Satellite

Wen Peng¹, Baoguang Zhu², Shubin Dong², Bing Li², Xiaomin Li^{1*}

¹College of Wildlife & Nature Protected Areas, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

²Honghe National Nature Reserve, Jiamusi Heilongjiang

Email: *545830142@qq.com

Received: Feb. 6th, 2020; accepted: Feb. 21st, 2020; published: Feb. 28th, 2020

Abstract

From September 1, 2015 to December 31, 2015, at the Oriental white stork (*Ciconia boyciana*) artificial attract breeding grounds, eight Oriental white storks wore only a satellite tracker, and among them, six finished the process of the fall migration in 2015, according to the results of satellite tracking, three only Oriental white storks wintering areas located in Poyang Lake of Jiangxi Province, China, two ones in the Yellow River Delta Nature Reserve, one in the littoral of Jianggan River. The breeding sites were located along the coast of Heilongjiang and Wusuli river, with important stopover sites including Liaohekou Protected Reserve, Caofeidian Wetland, Beidagang Wetland, Yellow River Delta protected Reserve and Nenjiang bank. Poyang Lake Reserve is the main wintering areas for Oriental white storks. The migration routes of the six Oriental white storks in autumn are basically the same, but the routes don't overlap. The migration distance was (2968.3 ± 507.5) km in autumn 2015. The migration time was (48.1 ± 13.3) d. The rest time was (38.1 ± 12.3) d. The number of stopovers was (6 ± 1.8) . The number of important stopovers is (18.5 ± 5.7) . The maximum flying altitude was (1743.8 ± 303.1) m. Oriental white storks use different migration strategies to fly across the Bohai Bay. Crossing the Bohai Bay can greatly reduce the migration time, but only one Oriental white stork chooses to cross the bay. The main mountain obstacles in the migration of Oriental white storks were Changbai Mountain Range and Yanshan Mountain Range.

Keywords

Oriental Whitestork, Satellite Tracking, Migration Route, Stopover

卫星跟踪的东方白鹳秋季迁徙路线研究

彭文¹, 朱宝光², 董树斌², 李冰², 李晓民^{1*}

¹东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 黑龙江 哈尔滨

*通讯作者。

²黑龙江洪河国家级自然保护区, 黑龙江 佳木斯
Email: 545830142@qq.com

收稿日期: 2020年2月6日; 录用日期: 2020年2月21日; 发布日期: 2020年2月28日

摘要

2015年9月1日至2015年12月31日期间, 在东方白鹳(*Ciconia boyciana*)的人工招引繁殖地, 为8只东方白鹳佩戴了卫星跟踪器, 其中, 6只完成了2015年的秋季迁徙, 卫星跟踪结果显示, 有三只东方白鹳的越冬地位于中国江西省的鄱阳湖, 两只位于黄河三角洲保护区, 一只位于江西赣江沿岸。繁殖地位于黑龙江以及乌苏里江沿岸, 重要中途停歇地有辽河口保护区、曹妃甸湿地、北大港湿地、黄河三角洲保护区和嫩江沿岸; 鄱阳湖保护区是东方白鹳的最主要越冬地。6只东方白鹳秋季迁徙路线基本相同, 但迁徙路线并不重叠。2015年秋季迁徙距离为 (2968.3 ± 507.5) km; 迁徙时间为 (48.1 ± 13.3) d; 停歇时间为 (38.1 ± 12.3) d; 中途停歇地数量为 (6 ± 1.8) ; 重要中途停歇地数量为 (18.5 ± 5.7) ; 最大飞行高度为 (1743.8 ± 303.1) m。东方白鹳采取不同的迁徙路线飞越渤海湾。穿过渤海湾可以大大缩短迁徙时间, 但是仅有一只东方白鹳选择穿过渤海湾; 东方白鹳迁徙过程主要的山脉阻碍是长白山脉和燕山山脉。

关键词

东方白鹳, 卫星跟踪, 迁徙路线, 中途停歇地

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

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

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



Open Access

1. 引言

东方白鹳(*Ciconia boyciana*)属鹳形目(Ciconiiformes)鹳科(Ciconiidae)的大型涉禽, 体长 120 cm。仅分布在东亚地区, 数量稀少, 在全球仅存 4000 只左右[1] [2] [3] [4]。被列为国家 I 级重点保护鸟类, IUCN 红色物种名录列为濒危物种(EN)。常见于池塘、沼泽地浅水地带。东方白鹳的主要繁殖地是中国和俄罗斯, 主要分布在俄罗斯一侧的黑龙江、乌苏里江流域周边, 以及俄罗斯境内的结雅、比金、乌尔米河流域和俄属兴凯湖等地点。目前中国记录到繁殖种群数量多数在三江平原繁殖, 少量分布松嫩平原[5] [6]。

无线电追踪技术应用于鸟类学研究方面始于 20 世纪 50 年代末挪威学者对野鸭进行心跳和飞行方面的研究; 1988 年我国鸟类研究者对黄腹角雉(*Tragopan caboti*)活动区域进行的研究等。而无线电追踪技术却有着明显的局限性: 信号传输距离有限, 工作范围小[7]。进入 20 世纪 80 年代末, 新的追踪技术——卫星跟踪技术开始应用于鸟类的跟踪研究。相比无线电技术, 卫星跟踪技术得到了更为广泛地应用, 其跟踪范围广、时间久、不受地理条件影响等优点, 使得其在东方白鹳(*Ciconia boyciana*)、白枕鹤(*Grus vipio*)、丹顶鹤(*Grus japonensis*)等远距离迁徙鸟类的跟踪方面有着明显的优势。但是, 精度低、使用费用高、工作时间短等缺点限制了卫星跟踪器的应用。随着 21 世纪手机 GSM 信号网络的超广范围的覆盖, 以及全球定位系统(GPS)的成熟应用, 出现了使用费用更低、定位精度更高和工作时间更长的追踪器——成熟应用, 出现鸟类追踪器。追踪器每 1 h 取得当前的时间、海拔、经度、纬度、速度、定位精度等信息, 并通过 GSM 网络将信息发送并储存至地面服务器, 使用者再通过 PC、手机等终端查看服务器数据。目前,

GPS/GSM 鸟类追踪器(以下简称鸟类追踪器)在鸟类跟踪研究方面已经广为应用, 相关的文献较多, 但有关东方白鹳跟踪研究方面的文献几乎没有。

东方白鹳的研究主要集中在其个体或群体的生态行为、生境选择、数量分布、人工招引等领域, 而 GPS/GSM 跟踪器在东方白鹳跟踪研究中少有应用。本文通过使用 GPS/GSM 鸟类跟踪器对东方白鹳开展初步研究, 以揭示东方白鹳在迁徙过程中飞行路线和停歇地选择方面的规律。为了进一步研究东方白鹳种群的迁徙规律, 尤其是揭示东方白鹳秋季迁徙路线, 本研究应用新型卫星跟踪技术, 通过对东方白鹳的迁徙路线进行了研究, 为保护工作以及生物学研究提供基础资料。

2. 数据与方法

2.1. 研究区域

洪河自然保护区处于我国黑龙江省三江平原地区东北部, 地理坐标为 E133°34'38"~133°46'29", N47°42'18"~47°52'00"。总面积 21,836 km², 气候为温带湿润气候区, 春季多风降雨较少, 多年平均温度 1.8℃, 极端最高气温 40℃, 极端最低气温 39.1℃, 年平均降水量 584 mm。有鸟类 16 目 43 科 215 种, 其中国家珍稀濒危鸟类 10 种。洪河保护区东北亚候鸟南归北迁的重要停歇地和繁殖地, 也是本次研究过程中所有东方白鹳的来源地[8]-[13]。

2.2. 东方白鹳的来源以及跟踪器佩戴

本研究跟踪的 8 只东方白鹳均来自繁洪河保护区, 东方白鹳 6 月至 7 月末为育雏时间, 为东方白鹳幼鸟佩戴了背负式卫星追踪器(表 1)。卫星跟踪器采用的是由中国湖南环球信士科技有限公司生产的 HQBP3622 型号跟踪器, 规格为 55 mm × 26 mm × 36 mm, 质量为 22 g。卫星跟踪器采用 GPS 定位和太阳能供电, 跟踪器采集的信息由全球移动通信系统(GSM)发送, 通过通讯系统接收。

2.3. 东方白鹳迁徙数据的获取与处理

卫星跟踪器收集的数据有东方白鹳的位置数据(包括经度、纬度和海拔)、定位时间、卫星跟踪器电压、运动航向、运动瞬时速度、跟踪器与东方白鹳身体接触面温度、位置定位等级等。位置定位数据分为 A、B、C、D 和无效 5 类定位等级, 精度依次递减, 从 A 等级至 D 等级的定位误差分别是 5 m、10 m、20 m 和 50 m, 无效数据是指无法定位。根据跟踪器的电压, 在电压超过 4 V 的时候, 设定跟踪器 1 h 获取一个位点; 如果电压低于 4 V, 则每 2~3 个小时获取一个位点; 电压低于 3.6 V, 则暂时关闭追踪器(这也是每只东方白鹳同样时间段追踪点位数量不同的原因)。将每组数据中经度、纬度和高度录入谷歌地球软件(GoogleEarth), 即可在谷歌地球软件上生成位点。再将日期和时间添加到该点的标注中用来提供排序。将有效数据全部录入之后, 再利用软件自身功能添加路径, 将各点按时间顺序连接起来, 得到东方白鹳的迁徙路线。在本次研究过程中, 可根据卫星影像估计每个点位的地物特征。识别出的主要地物或地貌有湖泊、湿地、沙地、草地、农田和建设用地。将飞行高度数据和温度数据用 Excel 软件处理后, 可以得到迁徙距离和停歇时间的平均值和标准误。

所有白鹳飞行数据都从 9 月 1 日开始记录, 一直到 12 月 31 号停止记录。完全覆盖所有白鹳秋季迁徙时间。从跟踪器的网络客户端下载跟踪数据, 剔除无效等级数据; 然后, 将谷歌地图中的数据导入 ArcGIS10.2 软件中, 利用 KLM 文件转图层导入 Arcmap 中。利用叠加大陆和海洋地图底图(底图来自 ArcGIS10.2 软件自带的地图)来显示东方白鹳的迁徙路线, 判定和计算东方白鹳的迁徙时间、停歇时间、迁徙距离和停歇地活动范围等。采用方差分析方法, 利用 SPSS19.0 软件, 分析被跟踪东方白鹳的迁徙距离、迁徙时间、停歇时间及飞行高度。

Table 1. Tracking information of Oriental white storks
表 1. 东方白鹳追踪信息

跟踪器编号	追踪器绑定地点	跟踪时间	有效点位数量	跟踪天数(d)	是否完成迁徙
HQ011	洪河保护区	2015年9月1日~2015年9月3日	30	3	否
HQ012	洪河保护区	2015年9月1日~2015年12月31日	2729	122	是
HQ013	洪河保护区	2015年9月1日~2015年12月31日	2910	122	是
HQ014	洪河保护区	2015年9月1日~2015年12月31日	2151	122	否
HQ015	洪河保护区	2015年9月1日~2015年12月31日	2925	122	是
HQ016	洪河保护区	2015年9月1日~2015年12月31日	2927	122	是
HQ017	洪河保护区	2015年9月1日~2015年12月31日	2920	122	是
HQ018	洪河保护区	2015年9月1日~2015年12月31日	2815	122	是

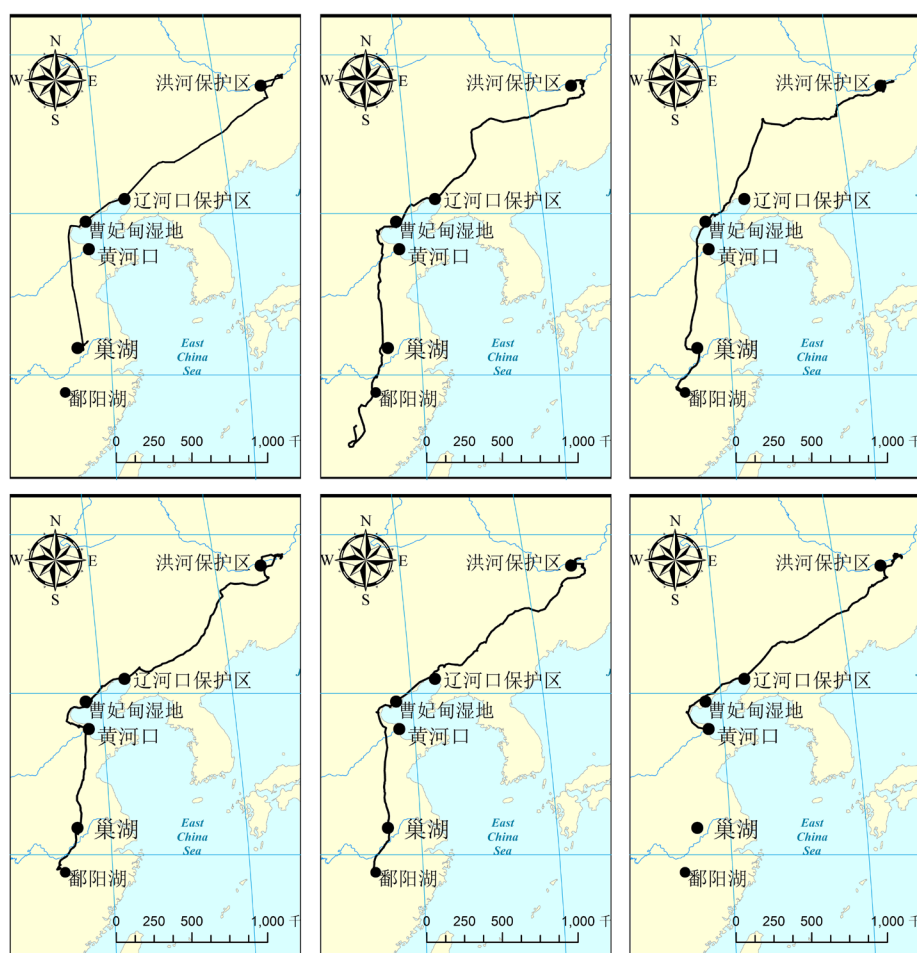


Figure 1. Migration route of the Oriental white stork
图 1. 东方白鹳的迁徙路线

3. 结果与分析

HQ011 号东方白鹳收集到的有效数据有 270 个；HQ012 号有效数据有 24,561 个；HQ013 号有效数据有 26,190 个；HQ014 号有效数据有 19,359 个；HQ015 号有效数据有 26,325 个；HQ014 号有效数据有

26,343 个; HQ017 号有效数据有 26,280 个; HQ018 号有效数据有 25,335 个。8 只被跟踪东方白鹳中的 HQ012、HQ013、HQ015、HQ016、HQ017、HQ018 号东方白鹳完成了 2015 年秋季的迁徙, HQ011 号和 HQ014 号东方白鹳没有完成秋季迁徙。HQ011 号东方白鹳仅于 9 月 3 日 0 时在黑龙江沿岸信号位置固定一天后消失, 实地搜索未发现任何痕迹及白鹳尸体。HQ0144 号东方白鹳 11 月 5 日至 11 月 12 日一直活跃于曹妃甸湿地周边农场, 12 日 14 时信号位置固定但并未消失, 一直到 12 月 31 日卫星定位其位置略有变化但却无高度变化。初步判断很可能被当地农户猎杀, 卫星追踪器被当地农户拾取并携带(图 1)。

3.1. 东方白鹳中途停歇地和越冬地

一般认为, 迁徙中途停歇地是迁徙鸟类在繁殖地和非繁殖地之间的联系枢纽。也有人定义迁徙中途停歇地为候鸟停歇 48 小时以上, 停留半径在 30 km 范围内[14] [15] [16]。东方白鹳开始迁徙离开繁殖地后, 依据跟踪器位点数据, 在某地点有 2 个及以上位点, 则可认为白鹳在此处有停留, 为白鹳迁徙的中途停歇地; 停留时间超过 48 h 则为重要中途停歇地。6 只东方白鹳繁殖地均为洪河保护区。东方白鹳重要中途停歇地有辽河口红海滩湿地公园、曹妃甸湿地、北大港湿地、黄河三角洲保护区以及嫩江沿岸; 东方白鹳越冬地有江西省的鄱阳湖、山东黄河口保护区以及江西赣江沿岸(图 1)。

3.2. 东方白鹳迁徙距离

完成迁徙的 6 只东方白鹳迁徙距离为 (2968.3 ± 507.5) km, 迁徙距离范围(2151.1~3607.4) km。迁徙时间为 (48.1 ± 13.3) d, 迁徙时间范围(27.0~66.0d), 停歇时间为 (38.1 ± 12.3) d, 停歇时间范围(19.3~51.2) d。6 只东方白鹳在迁徙过程中停歇时间占比均超过 70% (表 2)。

3.3. 东方白鹳迁徙路线选择

东方白鹳的迁徙路线(图 1)可以看出, 东方白鹳个体间的迁徙路线和停歇地选择基本相似, 但都不是严格按照同一路线和地点进行迁徙和停歇。

HQ012 号白鹳由乌苏里江沿岸出发到达红旗岭千岛湖保护区, 穿过吉林辽宁到达辽河口, 沿渤海湾经过曹妃甸湿地和天津滨海新区永定新河。穿过安徽到达巢湖, 最终到达全椒县南部农田。

HQ013 号白鹳沿着挠力河经过向阳山水库、安兴水库到达松花江沿岸, 后到达辽河口保护区, 沿着渤海湾经过北大港水库南下到微山湖, 接着沿着长江沿岸到达鄱阳湖, 后继续到达赣江沿岸越冬。

HQ015 号白鹳从黑龙江沿岸出发, 经过一直沿着松花江沿岸到达嫩江沿岸和月亮泡水库, 之后南下一直到锦州西部沿着海岸到曹妃甸湿地, 横穿渤海湾到达黄河口西北部, 南下经过淮南市森林公园到达巢湖, 最终到鄱阳湖越冬。

HQ016 号白鹳从俄罗斯哈巴罗夫斯克周边的列斯诺伊岛出发, 经过挠力河保护区到达牡丹江, 穿过吉林辽宁到达辽河口, 沿着渤海湾沿岸到达曹妃甸湿地然后到黄河口, 南下穿过巢湖后沿着长江到达月冻死鄱阳湖。

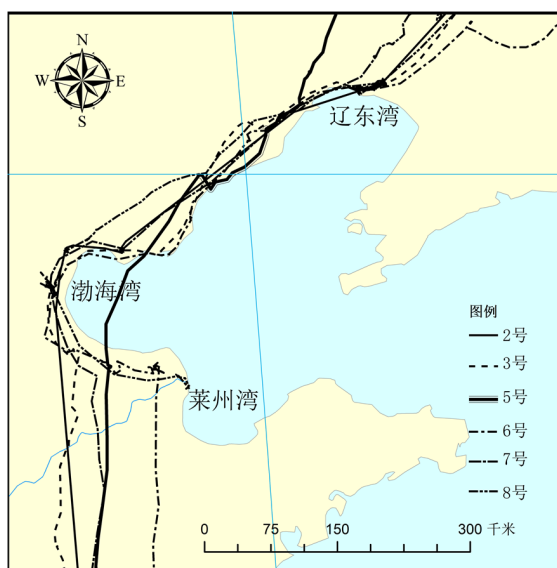
HQ017 号白鹳由乌苏里江沿岸出发, 穿过吉林辽宁到达辽河口, 沿着渤海湾到达曹妃甸湿地和天津北大港湿地, 后南下经过巢湖, 沿着长江沿岸到达越冬地鄱阳湖。

HQ018 号白鹳由俄罗斯哈巴罗夫斯克出发经过挠力河和千岛湖湿地, 穿过吉林辽宁到达辽河口, 沿着渤海湾经过天津永定新河和北大港湿地公园, 最终到达越冬地黄河三角洲自然保护区。

3.4. 东方白鹳迁徙飞行高度

HQ012 号东方白鹳飞行绝对高度最大值为 1579 m, 日期为 11 月 2 日 6 时, 相对高度为 145 m; HQ013 号东方白鹳飞行绝对高度最大值为 1535 m, 日期为 10 月 30 日 14 时, 相对高度为 1526 m; HQ015 号东

方白鹤飞行绝对高度最大值为 1602 m, 日期为 10 月 26 号 11 时, 相对高度为 1528 m; HQ016 号东方白鹤飞行绝对高度最大值为 1719 m, 日期为 10 月 30 日 11 时, 相对高度为 879 m; HQ017 号东方白鹤飞行绝对高度最大值为 2410 m, 日期为 11 月 15 日 15 时, 相对高度为 2408 m; HQ018 号东方白鹤飞行绝对高度最大值为 1617 m, 日期为 11 月 2 日 7 时, 相对高度为 150 m。



注: 2号、3号、5号、6号、7号、8号分别代表 HQ012号、HQ013号、HQ015号、HQ016号、HQ017号、HQ018号东方白鹤。

Figure 2. Tracks the migration routes of Oriental white stork across the Bohai bay

图 2. 被跟踪东方白鹤跨越渤海湾的迁徙路线

3.5. 东方白鹤重要停歇地活动面积

使用 MCP 法计算东方白鹤在迁徙过程中停歇时间最长的停歇地的活动面积。HQ012 号在辽河口的活动面积为 330.2 km², 停歇时间为 16.0 d; HQ03 号在北大港水库的活动面积为 145.1 km², 停歇时间为 14.0 d; HQ015 号在嫩江沿岸的活动面积为 119.9 km², 停歇时间为 11.0 d; HQ016 号在黄河口保护区的活动面积为 122.7 km², 停歇时间为 9.0 d; HQ017 号在曹妃甸湿地的活动面积为 28.9 km², 停歇时间为 12.0 d; HQ018 号在北大港水库的活动面积为 38.7 km², 停歇时间为 24.0 d (图 3)。

Table 2. Migration data of Oriental white storks

表 2. 东方白鹤迁徙数据

参数	HQ012	HQ013	HQ015	HQ016	HQ017	HQ018	平均值 ± 标准误
迁徙时间(d)	44.2	66.0	27.0	50.1	44.2	57.3	48.1 ± 13.3
停歇时间(d)	31.6	50.9	19.3	38.5	35.9	51.2	38.1 ± 12.3
迁徙距离(km)	2652.2	3607.0	2992.7	3227.4	3179.8	2151.1	2968.3 ± 507.5
中途停歇地数量	15	29	17	23	15	12	18.5 ± 5.7
重要中途停歇地数量	5	7	3	8	5	8	6 ± 1.8
飞行高度最大值(m)	1579	1535	1602	1719	2410	1617	1743 ± 303

注释: 依据跟踪器点位数据, 在某地点有 2 个及以上点位, 则可认为跟踪的白鹤再次有停留, 为白鹤迁徙的中途停歇地, 停留时间超过 48 小时则为重要中途停歇地。

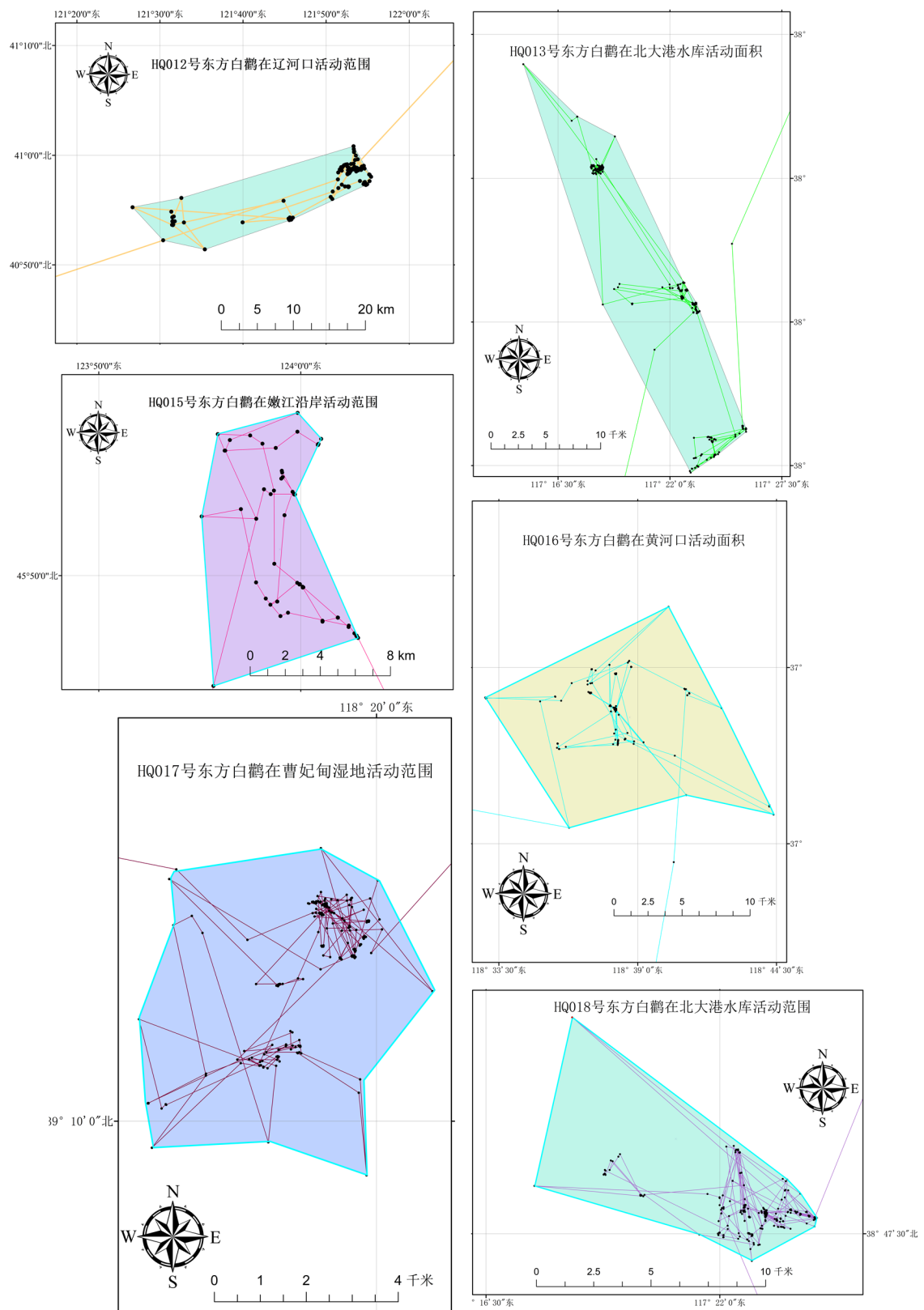


Figure 3. Important stopping range of the Oriental white stork
图 3. 东方白鹤中途重要停歇地活动范围

4. 讨论

4.1. 东方白鹳迁徙路线的选择

本次追踪过程中东方白鹳在主要有两条迁徙路线,一是在洪河保护区繁殖的东方白鹳进入松嫩平原,与在此繁殖的东方白鹳汇聚,沿松嫩平原经吉林省莫莫格、向海,沿辽河流域经双台河子和河北北戴河、天津南迁;另外一条是白鹳在三江平原聚集后,然后穿越长白山脉,到达辽东半岛,然后与松嫩平原迁徙的东方白鹳汇合,沿渤海湾向南迁徙。仅有 HQ015 号白鹳选择第一条迁徙路线,其他 5 只东方白鹳选择第二种迁徙路线。

鸟类迁徙路线的选择与山脉、河流、海洋等环境有关。在陆地鸟类可以借助上升气流进行高空飞行,跨越山脉等地形的阻隔。但是,海洋上缺乏上升气流,使得鸟类在迁徙时尽可能避免直接飞越宽阔的海面。通过对东方白鹳迁徙路线的研究,中国东北部的渤海,是东方白鹳迁徙路线上唯一可能需要跨越的海洋障碍。渤海峡口长 109 km,南北最长距离约为 450 km。但从迁徙的路线来看,东方白鹳表现了较为灵活的迁徙策略,它们可以飞越渤海湾,也可以沿着海岸线飞行。秋季迁徙时,东方白鹳采取 2 种方式跨越渤海(图 2)。第一种方式是完全绕过渤海湾,东方白鹳从辽河口附近开始沿着渤海海岸线向南飞行,在河北省曹妃甸湿地和天津北大港湿地附近修整停留,然后继续沿海岸线向南飞行直到离开渤海湾;第二种方式,东方白鹳直接飞到葫芦岛市沿渤海湾向南飞行,不做任何停留休整直接从河北曹妃甸湿地开始跨越渤海湾,其跨越渤海湾的路线为渤海湾南北之间最短距离。HQ015 号东方白鹳采取第二种方式用时 2 小时飞越渤海湾,其余东方白鹳采取第 1 种方式跨越渤海湾(图 2)。

采取飞越渤海湾的 HQ015 号东方白鹳虽然中途停歇地数量并不比其他白鹳少,但是其迁徙时间和停歇时间都远小于其他白鹳,虽然选择飞越渤海湾可以大大缩短迁徙时间,但是仅有 1 只东方白鹳选择此路线,说明飞越渤海湾时没有着陆点,在安全上得不到保障,因此东方白鹳虽属于大型鸟类,但大多数东方白鹳在迁徙过程中选择沿着海岸线或避开渤海湾飞行。

4.2. 东方白鹳重要中途停歇地

如果白鹳迁徙路线食物比较丰富,那么白鹳在迁徙过程中会伴随多次的觅食停歇。通过对东方白鹳停歇时间和停歇地活动面积的分析,计算出 6 只完成迁徙的东方白鹳在迁徙过程中停歇时间最长的停歇地有:辽河口保护区、曹妃甸湿地、天津北大港水库、黄河口保护区和嫩江沿岸,活动范围最大的中途停歇地是辽河口保护区。停歇时间最长的停歇地大多分布在渤海湾沿岸,可能说明白鹳在迁徙过程中能获取食物的停歇地比较有限,但渤海湾周边湿地食物相对丰富。

4.3. 东方白鹳飞行高度

在本研究中,6 只完成迁徙的东方白鹳在迁徙过程中飞行高度。在卫星图上找到最高飞行高度的有效点位位置,发现 HQ012 号最高点位置在黑龙江吉林边界长白山脉;HQ013 号在辽中县农田;HQ015 号在燕山山脉;HQ016 号在吉林长白山脉;HQ017 号在曹妃甸农田;HQ018 号在黑龙江吉林边界长白山脉。说明东方白鹳迁徙过程中跨越的主要山脉是中国境内的长白山脉(海拔 1000~2000 m,最高峰 2691 m)和中国境内的燕山山脉(海拔 500~1000 m,最高峰 2116 m) [17] [18],而在山海关以南基本无山脉阻碍。

5. 结论

在 2015 年 9 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日之间,在被追踪的 HQ011、HQ012、HQ013、HQ014、HQ015、HQ016、HQ017、HQ018 号东方白鹳中, HQ012、HQ013、HQ015、HQ016、HQ017、HQ018 号完成了秋季迁徙并成功到达越冬地。6 只东方白鹳繁殖地均为洪河保护区。东方白鹳重要中途停歇地有辽河口

红海滩湿地公园、曹妃甸湿地、北大港湿地、黄河三角洲保护区和鄱阳湖等, 6 只东方白鹤在迁徙过程中停歇时间占比均超过 70%。东方白鹤越冬地有江西省的鄱阳湖、山东黄河口保护区以及江西赣江沿岸, 鄱阳湖保护区是东方白鹤的最主要越冬地。东方白鹤采取两种不同的方式跨越渤海湾, 白鹤迁徙过程中跨越的主要障碍是长白山脉和燕山山脉, 在山海关以南基本无其他山脉阻碍。

参考文献

- [1] Collar, N.J. (2002) Threatened birds in East Asia. In: *Abstract Volume of the 23rd International Ornithological Congress*, The China Ornithological Society, Beijing, 371.
- [2] 郑光美, 王岐山. 中华人民共和国濒危物种科学委员会. 中国濒危动物红皮书: 鸟类[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [3] 曾昭文, 程岭, 李晓民. 我国东方白鹤种群现状及保护[J]. 国土与自然资源研究, 2003(1): 71-72.
- [4] Meine, C. and Archibald, G. (1996) *The Cranes: Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN.
- [5] 刘鑫, 梦梦, 王强, 周学红, 赵英男. 东方白鹤保护经济机制探析[J]. 野生动物学报, 2019, 40(1): 240-246.
- [6] 李爱民, 陆上岭. 86 只东方白鹤再现江苏泗洪洪泽湖湿地国家级自然保护区[J]. 湿地科学与管理, 2016, 12(1): 57.
- [7] 孙悦华, 郑光美. 黄腹角雉活动区的无线电遥测研究[J]. 动物学报, 1992(4): 385-392.
- [8] 朱宝光, 刘化金, 李晓民等. 三江平原东方白鹤种群现状与人工招引研究[J]. 湿地科学与管理, 2008, 4(4): 21-23.
- [9] 张希国. 黑龙江省东方白鹤现状及种群恢复[J]. 野生动物, 2011, 32(3): 164-166.
- [10] 周晓亮, 董树斌, 栾新, 朱丽萍, 王德昌, 赵洪涛. 洪河国家级自然保护区春季林栖鸟类多样性研究[J]. 国土与自然资源研究, 2014(5): 93-94.
- [11] 金晓敏. 针对东方白鹤生境的洪河自然保护区湿地生态脆弱性评价[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国科学院大学, 2017.
- [12] 黄鹏. 鄱阳湖南矶山湿地自然保护区鸟类群落生物多样性研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- [13] Laek, D. (1993) Habitat Selection in Birds. With Special Reference to the Effects of Afforestation the Breckland Avifauna. *Journal of Animal Ecology*, 2, 239-262. <https://doi.org/10.2307/961>
- [14] 马志军, 李博, 陈家宽. 迁徙鸟类对中途停歇地的利用及迁徙对策[J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1404-1412.
- [15] Wijk, R.E.V., Kölsch, A., Kruckenberg, H., et al. (2012) Individually Tracked Geese Follow Peaks of Temperature Acceleration during Spring Migration. *Oikos*, 121, 655-664. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.20083.x>
- [16] 张孚允, 杨若莉. 中国鸟类迁徙研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [17] 孙长武, 赵建新. 河北省自然地理体育资源的开发与利用[J]. 中学地理教学参考, 2015(8): 61-62.
- [18] 钟有长. 我国主要地形区的比较[J]. 地理教育, 2002(5): 29-30.