

## 研究论文 ORIGINAL PAPERS

# 珍宝岛湿地自然保护区 东方白鹳人工巢繁殖成功率与巢址选择

万名骏<sup>1</sup>, 许永珊<sup>1</sup>, 秦明东<sup>1</sup>, 赵筱涛<sup>1</sup>, 李思梦<sup>1</sup>, 严雪洁<sup>2</sup>, 许青<sup>1\*</sup>

(1. 东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 哈尔滨 150040;  
2. 辽宁省湿地保护中心, 辽阳 111000)

## 稿件运行过程

收稿日期: 2024-04-05

修回日期: 2024-04-23



## 摘要

关键词: 东方白鹳;

人工巢;

繁殖成功率;

巢址选择;

巢密度

Keywords: Oriental stork (*Ciconia**boycciana*);

Artificial nest;

Breeding success rate;

Nest site selection;

Nest density

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2025)-03-0615-11

DOI: 10.12375/ysdwxb.20250315

珍宝岛湿地国家级自然保护区是东方白鹳(*Ciconia boycciana*)人工招引的集中地区,因该地区只有5个天然巢,存在人工巢在小范围区域密度过高的情况,与自然状态下东方白鹳巢的分布密度差异较大。为探究东方白鹳在高密度人工巢招引活动下的种群增长情况以及东方白鹳对人工巢巢址选择的影响因素,于2023年3—8月,对珍宝岛湿地国家级自然保护区东方白鹳种群的繁殖成功率和巢址选择进行研究。调查表明:2018年以前,保护区天然巢密度为0.20~0.27个/km<sup>2</sup>;截至2023年春,共建设人工巢39个,同时并存经年利用过的天然巢5个,巢密度为2.93个/km<sup>2</sup>,共有23巢进入孵化,总产卵数为81枚,平均窝卵数为(3.52±0.79)枚( $n=23$ ),总孵化率为66.67%,总出飞率为87.04%,最终繁殖成功率为58.02%。分析发现,东方白鹳优先选择人工巢中往年繁殖旧巢产卵( $Z=-2.980, P<0.05$ ),产卵日期越早,窝卵数( $r=-0.46, P<0.05$ )与孵化数( $r=-0.45, P<0.05$ )越多,孵化数越多,出飞数也就越多( $r=0.83, P<0.05$ ),距水田距离较远的巢出飞数较多( $r=0.46, P<0.05$ )。东方白鹳在选择人工巢时更加偏好远离岛状林( $Z=-2.394, P<0.05$ )和水田( $t=1.332, P<0.05$ )的巢址。研究发现,东方白鹳在自然条件下的繁殖受限于巢位数量,因此人工巢的建设对于东方白鹳的种群增长起重要作用。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(32070519)

第一作者简介: 万名骏(1998—),男,硕士研究生;主要从事鸟类生态学研究。E-mail:517063601@qq.com

\*通信作者: 许青;E-mail:xuqing-hrb@163.com

## Breeding Success Rate and Nest Site Selection of Oriental Stork Attracted by Artificial Nest in Zhenbaodao Wetland Nature Reserve

WAN Mingtao<sup>1</sup>, XU Yongshan<sup>1</sup>, QIN Mingdong<sup>1</sup>,  
ZHAO Xiaotao<sup>1</sup>, LI Simeng<sup>1</sup>, YAN Xuejie<sup>2</sup>, XU Qing<sup>1\*</sup>

(1. College of Wildlife and Protected Area, Northeast forestry University, Harbin 150040, China;

2. Liaoning Wetland Conservation Center, Liaoyang 111000, China)

**Abstract:** Zhenbaodao Wetland National Nature Reserve is a concentrated area for the artificial recruitment of the Oriental stork (*Ciconia boyciana*). Since there are only five natural nests in the area, the construction of artificial nests has significantly increased the nest density of the Oriental stork, resulting in a distribution density of Oriental stork nests is quite different from that in the natural state. To explore the population growth of Oriental storks under the high-density artificial nest recruitment and the influencing factors of Oriental storks' selection of artificial nest sites, a study on the breeding success rate and nest site selection of the Oriental stork population in Zhenbaodao Wetland National Nature Reserve was conducted from March to August 2023. Surveys showed that before 2018, the density of natural nests in the nature reserve was 0.20 – 0.27 nests per square kilometer. As of the spring of 2023, a total of 39 artificial nests had been built, and there were also five natural nests that had been used over the years. The nest density was 2.93 nests per square kilometer. A total of 23 nests entered the incubation stage. The total number of eggs laid was 81, with a mean clutch size of  $(3.52 \pm 0.79)$  eggs ( $n = 23$ ). The total hatching rate was 66.67%, the total fledging rate was 87.04%, and the final breeding success rate was 58.02%. The analysis found that Oriental storks preferred the old nests used for breeding in previous years among artificial nests for egg-laying ( $Z = -2.980, P < 0.05$ ). The earlier the spawning date, the greater the clutch size ( $r = -0.46, P < 0.05$ ) and the number of hatched eggs ( $r = -0.45, P < 0.05$ ). The more the number of hatched eggs, the more the number of fledglings ( $r = 0.83, P < 0.05$ ). Nests farther from paddy fields have a larger number of fledglings ( $r = 0.46, P < 0.05$ ). When selecting artificial nests, Oriental storks preferred nest sites far from island-shaped forests ( $Z = -2.394, P < 0.05$ ) and paddy fields ( $t = 1.332, P < 0.05$ ). The study found that the reproduction of the Oriental stork under natural conditions is constrained by the number of nesting sites. Therefore, the construction of artificial nests plays an important role in the population growth of Oriental stork.

繁殖期是鸟类生活史中的重要阶段,同时也是整个鸟类种群发展的关键<sup>[1]</sup>。关于繁殖期生活史特征的数据收集是鸟类繁殖期研究的基础工作,主要涉及巢、卵、窝卵数及孵卵等方面的参数,相关参数的变化反映了鸟类对环境的适应性<sup>[2]</sup>。物种种群的增长受密度制约,在繁殖期鸟类可能由于食物短缺和对领域的竞争等,出现幼鸟密度制约性死亡<sup>[3]</sup>。红嘴鸥(*Larus ridibundus*)巢密度的增加会导致其领地减少和攻击比例增加<sup>[4]</sup>;王超等<sup>[5]</sup>的研究发现,由于朱鹮(*Nipponia nippon*)种群数量的快速增长,巢密度较大的核心区域种群增长率明显低于巢密度较低的常规巢区。

东方白鹳(*Ciconia boyciana*)是重要的湿地鸟

类,被IUCN列为濒危(EN)物种<sup>[6]</sup>,为我国一级重点保护野生动物<sup>[7]</sup>。随着对东方白鹳人工招引工作的积极开展,现如今,东方白鹳的数量已有7 000 ~ 9 000只<sup>[8]</sup>。我国关于东方白鹳的人工招引工作最早可追溯到1987年吉林莫莫格自然保护区<sup>[9]</sup>。目前,我国进行东方白鹳人工招引的地区集中在黄河三角洲以及东北三江平原地区的洪河、挠力河、兴凯湖和珍宝岛地区<sup>[10-13]</sup>。但随着人工招引项目的开展,各保护区都存在人工巢在小范围区域密度过高的情况,与自然状态下东方白鹳的巢分布密度存在较大差异。本研究通过对珍宝岛湿地国家级自然保护区东方白鹳的繁殖期进行调查,探究东方白鹳在高密度

人工巢招引活动下的种群增长情况以及东方白鹳对人工巢巢址选择的影响因素,为东方白鹳人工招引工作的深入实施和种群进一步恢复提供基础资料。

## 1 研究区概况

黑龙江省珍宝岛湿地国家级自然保护区(45°51'58.174"—46°17'24.035" N, 133°28'42.198"—133°47'49.987" E;以下简称“保护区”)位于黑龙江省虎林市东部,地处穆棱—兴凯低平原东南部,乌苏里江中上游左岸,总面积为386.66 km<sup>2</sup>,其中湿地面积为158.16 km<sup>2</sup>,约占整个保护区总面积的40.90%<sup>[14]32</sup>。该区地处东北亚鸟类迁徙通道的核心区域,是春秋季节水鸟迁徙的重要停歇地和繁殖地。

本研究的东方白鹳人工巢架位于保护区草甸和

岛状林之间(表1),面积约15.00 km<sup>2</sup>。该区域地势平坦,相对开阔,散布小面积季节性明水面,主要植物包括灰脉藁草(*Carex appendiculata*)、木贼(*Equisetum hyemale*)、大叶章(*Deyeuxia purpurea*)和芦苇(*Phragmites australis*);草甸内随机分布岛状林,主要植物包括白桦(*Betula platyphylla*)、黑桦(*B. davurica*)和银白杨(*Populus alba*),植被分布比较均匀。根据保护区当地调查数据可知,2023年研究区内存在约32种鸟类,如丹顶鹤(*Grus japonensis*)、苍鹭(*Ardea cinerea*)、大白鹭(*A. alba*)、小嘴乌鸦(*Corvus corone*)和燕隼(*Falco subbuteo*)等在此繁殖。保护区内景观结构复杂,植被类型多样,湿地类型丰富,发育有独特的岛状林景观,野生动植物资源丰富,生物多样性较高<sup>[14]14-28</sup>。

表1 珍宝岛保护区东方白鹳巢位

Table 1 Nest sites of Oriental storks in Zhenbaodao Nature Reserve

巢类型 Nest type	序号 Num	东经度/(°) East longitude	北纬度/(°) North latitude	巢类型 Nest type	序号 Num	东经度/(°) East longitude	北纬度/(°) North latitude
重复利用天然巢 Reuse natural nest	1	133.7119532	46.1994643	重复利用人工巢	23	133.7127857	46.2014941
	2	133.7094021	46.2025832	Reuse artificial nest	24	133.7111670	46.2014325
重复利用人工巢 Reuse artificial nest	3	133.6995407	46.2139140	未利用天然巢 Unused natural nest	25	133.7018341	46.2003770
	4	133.7176728	46.1998096		26	133.7111670	46.2014325
	5	133.6924696	46.2153905	27	133.6922684	46.2157522	
	6	133.6883135	46.2090016	28	133.7138325	46.2046866	
	7	133.6806007	46.2040939	29	133.7053652	46.2071666	
	8	133.7116778	46.2123084	30	133.6966415	46.2033166	
	9	133.7116778	46.2123084	31	133.6943587	46.2188038	
	10	133.7116778	46.2123084	32	133.6981120	46.2188924	
	11	133.7183101	46.2009743	33	133.6922731	46.2093366	
	12	133.6938679	46.2109066	34	133.6706989	46.1967250	
	13	133.7095996	46.2008678	未利用人工巢 Unused artificial nest	35	133.6844439	46.2124392
	14	133.7120342	46.2026041		36	133.6977671	46.2089373
	15	133.7135630	46.2049259		37	133.6804310	46.2131906
	16	133.7031391	46.2093372		38	133.6950251	46.2073495
	17	133.6971191	46.2082374		39	133.6989606	46.2062634
	18	133.7067637	46.2023753		40	133.7028182	46.2040793
	19	133.6967296	46.2099726		41	133.6880106	46.2023559
	20	133.7232570	46.2120855		42	133.6966436	46.2034044
	21	133.7037613	46.2014825		43	133.7062667	46.2172154
	22	133.7018341	46.2003770		44	133.7135040	46.2102861

## 2 研究方法

### 2.1 野外调查

2023年3月20日,东方白鹳种群已完全迁徙至研

究区,因此调查时间为2023年3月20日—8月20日。研究团队每周开展一次调查,首先步行至鸟巢附近约200 m处,利用手持望远镜(10×42)观察,再操作大疆御Mavic 2无人机飞行至鸟巢上方约5 m处拍照记录。

结合保护区往年记录和工作人员提供的信息,记录被利用的每个人工巢和天然巢的坐标,同时编号,并对已编号的巢定期观察。共记录2种参数类型(15个参数,表2),分别为与幼鸟孵化出飞等相关的繁殖期参数,即窝卵数、孵化数、出飞数、产卵日

期、孵化日期和出飞日期等;巢本身的特征参数,包括巢间距、距岛状林距离、距明水面距离、距道路距离、距旱田距离和距水田距离。由于当地地形相对均一,每个巢周围植被高度、种类区别不大,因此巢周围的植被类型不做考虑。

表2 东方白鹤巢的繁殖期参数和特征参数

Table 2 The breeding period parameters and characteristic parameters of Oriental stork's nest

巢的参数类型 Parameter types of nest	参数 Parameter	描述 Description
繁殖期参数 Breeding period parameter	窝卵数 Clutch size	单个巢一次繁殖中雌鸟所产卵的数量
	孵化数 Hatching number	单个巢孵化完成时存活的雏鸟数量
	出飞数 Fledging number	单个巢出飞阶段存活的雏鸟数量
	孵化率 Hatchability	孵化数与窝卵数的比值
	出飞率 Fledging rate	出飞数与孵化数的比值
	繁殖成功率 Reproductive success	出飞数与窝卵数的比值
	产卵日期 Spawning date	单个巢观察到亲鸟开始产第1枚卵的时间
	孵化日期 Hatching date	单个巢观察到第1只雏鸟孵化的时间
特征参数 Characteristic parameter	出飞日期 Departure date	单个巢观察到第1只雏鸟飞离巢树(巢架)的时间
	巢间距 Nest spacing	距最近相邻巢址的距离
	距岛状林距离 Distance to island forest	巢树(巢架)距离最近岛状林边缘的距离
	距明水面距离 Distance to open water	巢树(巢架)距离最近明水面边缘的距离
	距道路距离 Distance to road	巢树(巢架)距离保护区内机修道边缘最近的距离
	距旱田距离 Distance to dry field	巢树(巢架)距离最近旱田边缘的距离
	距水田距离 Distance to paddy field	巢树(巢架)距离最近水田边缘的距离

## 2.2 数据分析

使用 IBM SPSS Statistics 26 对巢特征参数及繁殖期参数进行正态性检验,若符合正态分布,则采用皮尔森相关性分析(Pearson's correlation coefficient test)或  $t$  检验(Student's  $t$  test),反之则采用斯皮尔曼相关性分析(Spearman's correlation coefficient test)或非参数检验(Mann-Whitney  $U$  test)。通过上述方法判断人工巢的繁殖期参数与巢特征参数之间的相关性。

为统计方便,使用儒略历将1月1日定为数字1,后续按日期增加计数,计算繁殖期每巢产卵平均日期,每隔5 d设置一个区间,统计区间内东方白鹤在不同类型繁殖巢内产卵日期的差异。

将各特征参数应用对数变换进行数据标准化后作为固定效应,分别以窝卵数、孵化数和出飞数作为因变量,巢类型作为随机效应,建立线性混合模型(mixed linear model)全模型,按照赤池信息法则(AIC)排序,分别筛选出每组因变量下的最优模型,并将筛选出权重大于0.05的所有组合模型用于展

示巢特征参数对东方白鹤各繁殖期参数影响的最优模型结果。上述模型通过 R 4.2.1 建立。

将未利用人工巢、被利用人工巢和被利用天然巢的巢特征参数进行显著性检验,判断东方白鹤的巢址选择偏好。在进行相关分析时,因为天然巢与人工巢同样具有吸引东方白鹤繁殖的功能,因此本研究将二者进行同等比较,来说明东方白鹤在巢址选择时的偏好。

所有数据均以平均值  $\pm$  标准误(mean  $\pm$  SE)的方式表示。所有检验均为双尾检验,显著性水平  $\alpha = 0.05$ 。

## 3 结果

### 3.1 东方白鹤繁殖期情况

据保护区的前期监测统计,2018年以前,东方白鹤人工巢架区(15 km<sup>2</sup>)存在天然巢3或4个,密度为0.20~0.27个/km<sup>2</sup>;2018年起,在此区进行东方白鹤人工巢址建设,东方白鹤繁殖巢数量逐年增加。截至2023年春,研究区内共建设人工巢39个,同时并

存经年利用过的天然巢5个,共44个巢,区内巢密度为2.93个/km<sup>2</sup>。进入繁殖期后,研究区内有21个人工巢和3个天然巢被东方白鹳利用,共24个巢被利用,被利用巢密度为1.60个/km<sup>2</sup>,人工巢被利用率为53.85%,天然巢被利用率为60.00%,被利用的天然巢均为重复利用的往年旧巢,而被利用的人工巢中往年繁殖旧巢有15个,首次被利用的人工巢有6个。

### 3.1.1 产卵期

进入产卵期后,在24个繁殖巢中,有一人工巢因东方白鹳仅产1枚卵后被弃,未计入孵化期,其余23巢进入孵化期,共有卵81枚,每巢2~5枚,平均窝卵数为(3.52 ± 0.79)枚。其中,人工巢20个,共有卵70枚,每巢2~5枚,平均窝卵数为(3.50 ± 0.68)枚;天然巢3个,共有卵11枚,每巢2~5枚,平均窝卵数为(3.67 ± 1.52)枚。

### 3.1.2 孵化期

进入孵化期的23巢中有19巢孵化出雏鸟(54只),平均每巢孵化数为(2.84 ± 0.60)只,总孵化率为66.67%。其中,人工巢17个,共孵化雏鸟49只,孵化率为70.00%;21枚卵未孵化,其中2巢各1枚卵被小嘴乌鸦取食,3巢共10枚卵被燕隼侵袭,其余9枚未孵出,平均每巢孵出(2.88 ± 0.60)只(2~4只,  $n = 17$ );天然巢3个,2巢孵化成功(5只),1巢因恶

劣天气导致巢树倒塌,损失4枚,其余2枚未孵出,孵化率为45.45%,平均每巢(2.50 ± 0.71)只( $n = 2$ )。

### 3.1.3 育雏期

雏鸟出飞阶段有18巢共47只雏鸟成功出飞,平均出飞数为(2.61 ± 0.61)只,总出飞率为87.04%,总繁殖成功率为58.02%。人工巢共成功出飞雏鸟42只,出飞失败雏鸟7只,其中一巢因种内抢巢导致2只雏鸟死亡,一巢因低温死亡1只,其余4只育雏期间死亡,原因未知,平均每巢(2.63 ± 0.61)只( $n = 16$ ),人工巢出飞率为85.71%,人工巢最终繁殖成功率为60.00%;天然巢成功出飞雏鸟5只,平均每巢(2.50 ± 0.71)只( $n = 2$ ),出飞率为100.00%,最终繁殖成功率为45.45%。

## 3.2 繁殖期参数影响因素

### 3.2.1 不同巢类型间产卵日期的差异性

2023年最早产卵日期为3月25日,最晚为4月26日,共持续33 d。其中,3巢天然巢最早产卵日期为3月25日,最晚日期为4月6日,持续时间13 d;人工巢最早产卵日期为3月26日,最晚为4月26日,共持续32 d。将繁殖时间进行区段划分后统计可知,东方白鹳产卵日期大多集中在3月25日—4月14日,且产卵高峰期在4月10—14日,这期间产卵巢数最多(表3)。

表3 不同时间段内东方白鹳对人工和天然巢的利用情况

Table 3 The utilization of artificial and natural nests by Oriental stork in different time periods

时间段 Time period	首次产卵的繁殖巢数量/个 The number of breeding nests in which spawning occurs for the first time	
	人工巢 Artificial nest	天然巢 Natural nest
2023-03-25—2023-03-29	4	1
2023-03-30—2023-04-04	5	1
2023-04-05—2023-04-09	0	1
2023-04-10—2023-04-14	9	0
2023-04-15—2023-04-19	2	0
2023-04-20—2023-04-24	0	0
2023-04-25—2023-04-29	1	0

对首次利用人工巢和重复利用往年繁殖人工巢的东方白鹳产卵日期进行非参数检验,以判断二者间是否存在显著差异,结果表明:首次利用人工巢[(105.00 ± 5.44)d,  $n = 6$ ]与重复利用往年繁殖人工巢[(94.73 ± 6.90)d,  $n = 15$ ]的产卵日期平均值具有

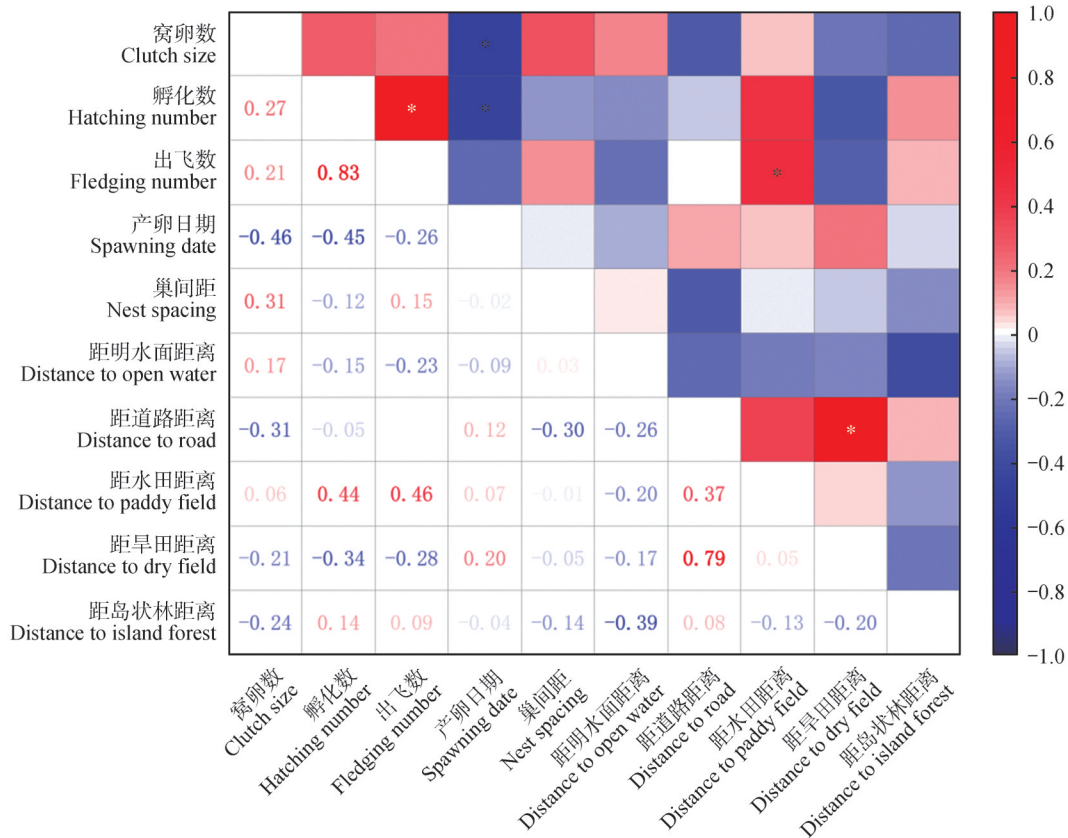
显著差异( $Z = -2.980, P < 0.05$ ),根据平均值比较,显示重复利用往年繁殖人工巢的繁殖时间早于首次利用人工巢。

### 3.2.2 巢特征参数对繁殖期参数的影响

使用人工繁殖巢的巢间距、距岛状林距离、距明

水面距离、距道路距离、距旱田距离和距水田距离6个巢特征参数,以及窝卵数、孵化数、出飞数和产卵日期4个繁殖期参数进行斯皮尔曼相关性分析,发现人工巢的窝卵数与产卵日期呈显著负相关( $r = -0.46, P < 0.05$ );孵化数与产卵日期呈显著负相关

( $r = -0.45, P < 0.05$ ),即产卵日期越早,窝卵数与雏鸟孵化数越多;雏鸟孵化数与雏鸟出飞数呈极显著正相关( $r = 0.83, P < 0.05$ ),即孵化数越多,出飞数越多;出飞数与距水田距离呈显著正相关( $r = 0.46, P < 0.05$ ),即距水田距离越远,雏鸟出飞数越多(图1)。



\*. 显著相关( $P < 0.05$ ).  
\*. Significant correlation( $P < 0.05$ ).

图1 珍宝岛保护区东方白鹳巢特征参数与繁殖期参数相关性

Figure 1 Correlation analysis of the nest characteristic parameters and breeding period parameters of Oriental storks in Zhenbaodao Nature Reserve

通过对影响东方白鹳繁殖期参数的巢特征参数的所有组合模型进行筛选和排序,窝卵数的最优模型只有巢间距一个巢特征参数,孵化数和出飞数的最优模型均只有距水田距离一个巢特征参数(表4)。巢间距对窝卵数没有显著影响( $\beta = 0.62, P > 0.05$ )。孵化数和距水田距离具有显著正相关( $\beta = 0.56, P < 0.05$ ),即孵化数随距水田距离增大而增大。同时,出飞数与距水田距离也存在显著正相关( $\beta = 0.34, P < 0.05$ )(表5)。

### 3.3 东方白鹳巢址选择

#### 3.3.1 对人工巢选择偏好

在2023年未利用人工巢与被利用人工巢各巢特征参数中,距岛状林距离( $Z = -2.394, P < 0.05$ )

和距水田距离( $t = 1.332, P < 0.05$ )差异显著(表6),被利用人工巢比未利用人工巢距离岛状林更远,且被利用人工巢较未利用人工巢距离水田更远。可见,东方白鹳在选择人工巢时更加偏好远离岛状林和水田的巢址。

#### 3.3.2 被利用人工巢与天然巢选择偏好

对东方白鹳天然巢与被利用人工巢的特征参数进行比较分析发现,东方白鹳亲鸟在进行巢址选择时,在距岛状林距离( $Z = -2.488, P < 0.05$ )和距水田距离( $t = -1.832, P < 0.05$ )差异显著(表7)。对比均值发现,被利用人工巢比天然巢距离岛状林更远,但距离水田更近。

表4 巢特征参数对东方白鹳繁殖成功率影响的线性混合模型

Table 4 Linear mixed model for the influence of nest characteristic parameters on the breeding success rate of Oriental stork

繁殖期参数 Breeding period parameter	模型结构 Model structure	自由度 df	赤池信息法则 AICc	ΔAICc	权重 Weight
窝卵数 Clutch size	巢间距 Nest spacing	4	64.7	2.21	0.091
	距道路距离 Distance to road	4	64.7	2.22	0.091
	距岛状林距离 Distance to island forest	4	65.3	2.86	0.066
	距旱田距离 Distance to dry field	4	65.7	3.19	0.056
孵化数 Hatching number	距水田距离 Distance to paddy field	4	78.4	0.00	0.149
	距水田距离 + 距岛状林距离 Distance to paddy field + Distance to island forest	5	78.6	0.14	0.139
	距水田距离 + 距旱田距离 Distance to paddy field + Distance to dry field	5	78.9	0.45	0.119
	距水田距离 + 距道路距离 Distance to paddy field + Distance to road	5	80.4	2.01	0.055
	距水田距离 + 巢间距 Distance to paddy field + Nest spacing	5	80.5	2.09	0.053
出飞数 Fledging number	距水田距离 Distance to paddy field	4	79.8	0.00	0.124
	距水田距离 + 距岛状林距离 Distance to paddy field + Distance to island forest	5	80.5	0.75	0.085
	距水田距离 + 距岛状林距离 + 巢间距 Distance to paddy field + Distance to island forest + Nest spacing	6	81.1	1.35	0.063
	距水田距离 + 巢间距 Distance to paddy field + Nest spacing	5	81.3	1.50	0.058
	距水田距离 + 距旱田距离 Distance to paddy field + Distance to dry field	5	81.3	1.51	0.058

表5 基于巢特征参数预测影响东方白鹳繁殖成功率的最优线性混合模型拟合结果

Table 5 Optimal linear mixed model fitting results for predicting the breeding success rate of Oriental stork based on nest characteristic parameters

因变量 Dependent variable	预测变量 Predictive variable	估计值 Estimate	标准误 Standard error	t值 t-value	P值 P-value
窝卵数 Clutch size	截距 Intercept	3.522	0.165	21.370	0*
	巢间距 Nest spacing	-0.057	0.643	-0.088	0.790
孵化数 Hatching number	截距 Intercept	-5.123	2.747	-1.865	0.076
	距水田距离 Distance to paddy field	0.981	0.359	2.728	0.013*
出飞数 Fledging number	截距 Intercept	-4.559	2.838	-1.607	0.123
	距水田距离 Distance to paddy field	0.867	0.372	2.335	0.029*

注：\*. 差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: \*. Significant difference( $P < 0.05$ ).

表6 东方白鹤人工巢被利用情况与巢特征参数的关系

Table 6 Relationship between the utilization situation of the artificial nests of Oriental stork and the nest characteristic parameters

巢特征参数 Nest characteristic parameter	距离 /m Distance		<i>t</i> 检验 Student's <i>t</i> test		<i>U</i> 检验 Mann-Whitney <i>U</i> test	
	被利用巢 Utilized nest	未利用巢 Unused nest	<i>t</i>	<i>P</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
距岛状林距离 Distance to island forest	220.74 ± 175.56	103.06 ± 79.59			-2.394	0.041*
距明水面距离 Distance to open water	468.00 ± 274.64	576.67 ± 323.80	-1.103	0.606		
巢间距 Nest spacing	387.79 ± 165.83	419.11 ± 157.71			-1.205	0.125
距道路距离 Distance to road	1 000.00 ± 664.54	1 167.17 ± 760.88	-0.713	0.502		
距水田距离 Distance to paddy field	2 235.26 ± 1 073.14	1 833.11 ± 740.85	1.332	0.049*		
距旱田距离 Distance to dry field	1 223.26 ± 617.33	1 556.11 ± 907.08	-1.311	0.058		

注: \*. 差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: \*. Significant difference ( $P < 0.05$ ).

表7 东方白鹤天然巢与被利用人工巢巢址特征参数比较

Table 7 Comparison of nest characteristic parameters between natural and artificial nests of Oriental stork

巢特征参数 Nest characteristic parameter	距离 /m Distance		<i>t</i> 检验 Student's <i>t</i> test		<i>U</i> 检验 Mann-Whitney <i>U</i> test	
	人工巢 Artificial nest	天然巢 Natural nest	<i>t</i>	<i>P</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
距岛状林距离 Distance to island forest	220.74 ± 175.56	28.67 ± 30.62			-2.488	0.013*
距明水面距离 Distance to open water	468.00 ± 274.64	1 147.67 ± 418.60	-3.882	0.403		
巢间距 Nest spacing	387.79 ± 165.83	560.67 ± 201.50			-1.223	0.221
距道路距离 Distance to road	1 000.00 ± 664.54	1 986.67 ± 355.01	-2.377	0.171		
距水田距离 Distance to paddy field	2 235.26 ± 1 073.14	2 823.33 ± 273.24	-1.832	0.028*		
距旱田距离 Distance to dry field	1 223.26 ± 617.33	2 262.67 ± 481.31	-2.754	0.411		

注: \*. 差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: \*. Significant difference ( $P < 0.05$ ).

## 4 讨论与结论

### 4.1 东方白鹤种群增长影响因素

本研究发现珍宝岛地区东方白鹤在人工招引状态下的繁殖成功率为58.02%,高于许杰等<sup>[15]</sup>在乌裕尔河下游湿地自然状态下得到的东方白鹤繁殖成功

率(44.71%)。分析其原因在于繁殖期的东方白鹤活动范围较大,育雏期间东方白鹤觅食范围并不限制在巢址周围,只要一定范围内的食物资源足够充足,幼鸟享受的食物资源便不会完全受繁殖区域食物丰富度的限制而导致繁殖率降低。因此,尽管保护区自建立以来除搭建人工巢外未进行人工投饲等

行为,东方白鹳种群也不会因为繁殖区食物资源有限而无法支撑。

珍宝岛保护区自2002年建立以来仅有东方白鹳天然巢3或4个,表明在自然条件下东方白鹳可选择的巢位稀缺。自2018年实施人工巢招引项目后,东方白鹳种群数量有了显著增长。在自然条件下,东方白鹳多选择在高大、视野开阔的单株树木或岛状林中的树木上筑巢<sup>[16]</sup>,符合条件的巢树数量较少,且在筑巢过程中东方白鹳能量消耗巨大,这说明巢位数量是限制东方白鹳种群增长的一个重要影响因素。本研究发现,东方白鹳繁殖失败的原因有天敌、恶劣天气和抢巢行为等。有研究表明,巢捕食(nest predation)是导致鸟类繁殖失败的主要因素<sup>[17-19]</sup>。鸟类的巢捕食者主要包括兽类<sup>[20]</sup>、猛禽<sup>[21]</sup>、鸦科(Corvidae)鸟类<sup>[22-23]</sup>、蛇和昆虫<sup>[24]</sup>等。本研究发现,燕隼会占领东方白鹳已利用的人工巢繁殖,导致东方白鹳亲鸟弃巢;在卵孵化期间,小嘴乌鸦在东方白鹳亲鸟外出期间会捕食巢中部分鸟卵,推测燕隼和小嘴乌鸦是东方白鹳在珍宝岛保护区繁殖期间的主要天敌。在幼鸟孵化期间,恶劣天气是影响东方白鹳繁殖成功率的因素之一,突发性灾害天气,如狂风大雨、气候骤变等因素会导致繁殖失败<sup>[25]</sup>。在本研究中,暴风雨导致一繁殖天然巢倒塌,随后该对繁殖鸟开始侵占临近另一个已被利用的人工巢,发生了种内争巢行为,最终两繁殖对均繁殖失败。推测发生种内抢巢现象的原因是东方白鹳亲鸟需要消耗更多能量来搭建新的繁殖巢,而利用其他已完善的繁殖巢可减少能量付出。相比而言,人工巢比天然巢更加坚固稳定。

本研究发现,在产卵期间一巢由于不明原因被遗弃,推测可能该巢址附近的岛状林中有村民进行放牧活动,噪音和人为活动严重影响了东方白鹳的繁殖过程,从而导致东方白鹳亲鸟弃卵弃巢。此外,孵化期天然巢中有2枚卵未孵化,其原因可能是卵未受精、低温和发育不完善等。

#### 4.2 繁殖期参数对东方白鹳繁殖成功率的影响

本研究发现,东方白鹳产卵日期越早,窝卵数越多,最终成功出巢的雏鸟越多。有研究显示,繁殖较早的鸟类个体可以提升整个种群的繁殖成功率<sup>[24]</sup>,增加子代成活的概率<sup>[26]</sup>,本研究证实了上述观点。首次被利用人工巢的平均产卵日期明显比被利用的往年繁殖人工巢迟,是由于东方白鹳有利用旧巢的

繁殖习性<sup>[27]</sup>,选择旧人工巢的亲鸟节约了大量时间和精力,能够更早进行产卵。同样的现象在李文秀等<sup>[28]</sup>对欧亚大山雀(*Parus major*)首枚卵产卵日期与产卵数相关的研究中也发现,欧亚大山雀的产卵日期与产卵数也呈负相关。但是,较迟的产卵日期可能也是对较高巢捕食风险的一种适应。有研究表明,窝卵数与巢捕食风险有关,如当红隼(*Falco tinnunculus*)产卵日期较晚时,产较少数量的卵能保证亲鸟有更长时间的护卵行为,从而减少巢被篡夺及入侵的可能<sup>[29]</sup>。产卵较晚的东方白鹳亲鸟可通过减少产卵数来减少能量的消耗,减少取食补充的次数,从而增加抵御燕隼等掠食者侵害的可能。

人为干扰是影响东方白鹳繁殖的重要因素之一,东方白鹳会刻意回避人类活动频繁的地区<sup>[30-31]</sup>。根据相关性分析和广义线性混合模型的拟合结果来看,远离水田的东方白鹳巢有着更高的孵化数和出飞数,这可能是东方白鹳的繁殖期与农忙时期有较大重合有关,周围水田使用大型农用机械会产生较大噪声,对东方白鹳繁殖期间的孵卵、育雏有较大影响。

#### 4.3 东方白鹳巢址选择

本研究共发现23个成功进入繁殖期的东方白鹳巢,数量基本符合鸟类学调查要求,故通过调查一个完整的繁殖周期来说明在人工巢密度高的情况下东方白鹳的繁殖情况。东方白鹳会选择高大的乔木作为巢址<sup>[32]</sup>,因此在自然条件下东方白鹳多选择湿地沼泽中岛状林边缘营巢<sup>[33]</sup>。比较2023年被利用与未被利用的人工巢,发现东方白鹳更偏好选择远离岛状林的人工巢,推测该结果或与巢址周围的视野开阔程度有关。观察发现,极小面积的遮挡都会大大增加东方白鹳亲鸟的降落时间,相较于无遮挡的人工巢,东方白鹳亲鸟在返回有遮挡的人工巢时,会花费更多盘旋时间寻找合适的降落位置。因此,在大量人工巢出现后,东方白鹳也许可摆脱选择岛状林边缘高大乔木的被动性,转而选择具有开阔视野的人工巢。有研究显示,东方白鹳有利用信号塔或湿地中心的孤树等视野开阔位置的筑巢倾向<sup>[28]</sup>,本研究结果与之相符合。

#### 参考文献:

- [1] 崔鹏, 邓文洪. 四川栗子坪自然保护区红腹角雉雌鸟和亚成体冬季集群行为研究[J]. 四川动物, 2013, 32(6): 846-849.

- CUI P, DENG W H. Studies on flocking behavior of female and juvenile Temminck's tragopan in winter at Liziping Nature Reserve, Sichuan Province[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2013, 32(6): 846-849.
- [2] 李洪磊. 雪鹑(*Lerwa lerwa*)繁殖生态学研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2021.
- LI H L. The breeding ecology of snow partridge (*Lerwa lerwa*) [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2021.
- [3] 孙儒泳, 王德华, 牛翠娟, 等. 动物生态学原理[M]. 4版. 北京: 北京师范大学出版社, 2019: 123-125.
- SUN R Y, WANG D H, NIU C J, *et al.* Principles of animal ecology [M]. 4th ed. Beijing: Beijing Normal University Press, 2019: 123-125.
- [4] BUKACIŃSKA M, BUKACIŃSKI D. The effect of habitat structure and density of nests on territory size and territorial behaviour in the black-headed gull (*Larus ridibundus* L.) [J]. Ethology, 1993, 94(4): 306-316.
- [5] 王超, 张亚祖, 曾键文, 等. 中国野生朱鹮的繁殖现状和种群数量[J]. 林业科学, 2020, 56(11): 143-150.
- WANG C, ZHANG Y Z, ZENG J W, *et al.* Reproductive status and population size of wild crested ibis (*Nipponia nippon*) in China [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2020, 56(11): 143-150.
- [6] BirdLife International. *Ciconia boyciana* [J/OL]. The IUCN Red List of Threatened Species, 2018: e. T22697695A131942061 [2024-03-21]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22697695A131942061.en>.
- [7] 国家重点保护野生动物名录(2021年2月1日修订)[J]. 野生动物学报, 2021, 42(2): 605-640.
- List of national key protected wildlife in China (revised on February 1, 2021) [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2021, 42(2): 605-640.
- [8] 朱宝光, 张士英, 季雅宁. 愿“鸟中大熊猫”摘下濒危标签[N]. 光明日报, 2023-05-29(5).
- ZHU B G, ZHANG S Y, JI Y N. May the “giant panda among birds” remove the endangered label[N]. Guangming Daily, 2023-05-29(5).
- [9] 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.
- ZHU B G, LIU H J, LI X M, *et al.* Current status of Oriental white stork population and artificial reintroduction in Sanjiang Plain[J]. Wetland Science & Management, 2008, 4(4): 21-23.
- [10] 焦洋. 洪河保护区东方白鹤繁殖期行为研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2014.
- JIAO Y. Behavioral research of Oriental white stork in breeding season[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2014.
- [11] 薛委委, 周立志, 朱书玉, 等. 迁徙停歇地东方白鹤繁殖生态研究[J]. 应用与环境生物学报, 2010, 16(6): 828-832.
- XUE W W, ZHOU L Z, ZHU S Y, *et al.* Breeding ecology of Oriental white stork (*Ciconia boyciana*) in the migratory stopover site [J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2010, 16(6): 828-832.
- [12] 刘红玉, 李兆富, 白云芳. 挠力河流域东方白鹤生境质量变化景观模拟[J]. 生态学报, 2006, 26(12): 4007-4013.
- LIU H Y, LI Z F, BAI Y F. Landscape simulating of habitat quality change for Oriental white stork in Naoli River Watershed [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(12): 4007-4013.
- [13] 李文发, 赵和生, 栾晓峰. 东方白鹤的繁殖生态与幼雏的饲养[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1989(2): 9-18.
- LI W F, ZHAO H S, LUAN X F. Reproductive ecology of Oriental stork and feeding of young birds [J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 1989(2): 9-18.
- [14] 国家林业局昆明勘察设计院. 黑龙江珍宝岛湿地国家级自然保护区总体规划(2022—2030年)[R]. [S.l.: s.n.], 2022.
- State Forestry Administration Kunming Survey and Design Institute. Overall plan for Heilongjiang Zhenbaodao Wetland National Nature Reserve (2022—2030) [R]. [S.l.: s.n.], 2022.
- [15] 许杰, 费殿金, 徐建民, 等. 东方白鹤在乌裕尔河下游湿地的繁殖动态及保护措施的研究[J]. 野生动物, 1993, 14(1): 22-26; 19.
- XU J, FEI D J, XU J M, *et al.* Study on breeding dynamics and protection measures of Oriental white stork in wetlands in the lower reaches of Wuyuer River [J]. Chinese Wildlife, 1993, 14(1): 22-26; 19.
- [16] 段玉宝, 田秀华, 李彦杰, 等. 东方白鹤天然巢址与人工巢址选择比较研究[J]. 野生动物, 2010, 31(2): 82-85.
- DUAN Y B, TIAN X H, LI Y J, *et al.* Comparative study of site selection of artificial and natural nests of Oriental white stork [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2010, 31(2): 82-85.
- [17] 李欣桐. 大山雀的巢捕食、繁殖成效及雏鸟生长: 不同地理种群的比较[D]. 海口: 海南师范大学, 2022.
- LI X T. Nest predation, breeding success and nestling growth of the Japanese tit (*Parus minor*): comparisons among different geographical populations [D]. Haikou: Hainan Normal University, 2022.
- [18] GHALAMBOR C K, MARTIN T E. Parental investment strategies in two species of nuthatch vary with stage-specific predation risk and reproductive effort [J]. Animal Behaviour, 2000, 60(2): 263-267.
- [19] EICHHOLZ M W, KOENIG W D. Gopher snake attraction to birds' nests [J]. The Southwestern Naturalist, 1992, 37(3): 293-298.
- [20] NOUR N, MATTHYSEN E, DHONDT A A. Artificial nest predation and habitat fragmentation: different trends in bird and mammal predators [J]. Ecography, 1993, 16(2): 111-116.
- [21] STAKE M M, CIMPRICH D A. Using video to monitor predation at black-capped vireo nests [J]. The Condor, 2003, 105(2): 348-357.
- [22] THOMPSON F R, III, BURHANS D E. Predation of songbird

- nests differs by predator and between field and forest habitats [J]. *The Journal of Wildlife Management*, 2003, 67 (2): 408-416.
- [23] CHARTER M, IZHAKI I, BOUSKILA A, *et al.* The effect of different nest types on the breeding success of Eurasian kestrels (*Falco tinnunculus*) in a rural ecosystem [J]. *Journal of Raptor Research*, 2007, 41(2): 143-149.
- [24] RENFREW R B, RIBIC C A. Grassland passerine nest predators near pasture edges identified on videotape [J]. *The Auk*, 2003, 120(2): 371-383.
- [25] DAAN S, DIJKSTRA C, TINBERGEN J M. Family planning in the kestrel (*Falco tinnunculus*): the ultimate control of covariation of laying date and clutch size [J]. *Behaviour*, 1990, 114(1/2/3/4): 83-116.
- [26] PERRINS C M. The timing of birds' breeding seasons [J]. *Ibis*, 1970, 112(2): 242-255.
- [27] 李天芳, 谢鹏, 李国富, 等. 浅谈东方白鹳的研究现状 [J]. *防护林科技*, 2018(9): 65-66; 68.  
LI T F, XIE P, LI G F, *et al.* A brief talk on the research status of Oriental stork [J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2018(9): 65-66; 68.
- [28] 李文秀, 弓冶, 张克勤, 等. 大山雀首枚卵产期选择与窝卵数调整研究 [J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 2013, 45(3): 115-119.  
LI W X, GONG Y, ZHANG K Q, *et al.* Study on the first-egg laying date choice and clutch size adjustment of great tit [J]. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 2013, 45(3): 115-119.
- [29] 卢晶. 巢资源对红隼窝卵数调整和繁殖功效的影响 [D]. 长春: 东北师范大学, 2011.  
LU J. Effects of nest resource on clutch size adjustment and reproduction in common kestrel [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2011.
- [30] 王立冬. 黄河三角洲东方白鹳繁殖研究 [J]. *山东林业科技*, 2012, 42(3): 48-49.  
WANG L D. Study on the breeding of Oriental white stork in the Yellow River Delta [J]. *Journal of Shandong Forestry Science and Technology*, 2012, 42(3): 48-49.
- [31] 王新建, 刘新, 戴昭鑫. 黄河三角洲东方白鹳的巢址选择预测分析 [J]. *四川动物*, 2022, 41(3): 264-271.  
WANG X J, LIU X, DAI Z X. Predictive analysis of nest site selection of Oriental stork in the Yellow River Delta [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2022, 41(3): 264-271.
- [32] 程磊. 东方白鹳栖息地选择和觅食策略的研究 [D]. 合肥: 安徽大学, 2022.  
CHENG L. Habitat selection and foraging strategy of the Oriental stork [D]. Hefei: Anhui University, 2022.
- [33] 赵志春. 洪河自然保护区东方白鹳生境选择与保护管理对策研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2005.  
ZHAO Z C. Habitat selection and protection strategies of Oriental white stork in Honghe National Nature Reserve, China [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2005.