

# 河南董寨再引入朱鹮种群的巢址分布特征

黄华<sup>①</sup> 王科<sup>①</sup> 黄治学<sup>①</sup> 蔡德靖<sup>①</sup> 刘进法<sup>①</sup>  
朱家贵<sup>①</sup> 席学博<sup>②\*</sup> 王代平<sup>②</sup>

① 河南信阳罗山县董寨国家级自然保护区管理局 罗山 464236;

② 中国科学院动物研究所动物生态与保护生物学院重点实验室 北京 100101

**摘要:** 为了解再引入朱鹮 (*Nipponia nippon*) 种群的分布与扩张情况, 本研究对董寨再引入朱鹮野外种群的繁殖巢址进行了调查研究。在 2014 到 2022 年间, 共调查统计了 84 个野化放飞朱鹮及其后代的繁殖巢址, 使用圆形分布法分析了巢址与放飞点的相对方位和集中程度, 并根据全部巢址的空间分布, 使用固定核空间方法计算得到巢区 (95%巢址所在区域) 与核心巢区 (50%巢址所在区域) 的分布范围和面积。将巢址图层、土地覆盖图层以及数字高程模型叠加, 观察朱鹮巢址选择的生境偏好, 并使用单样本 *t* 检验判断了巢址平均海拔与巢区海拔间的差异。结果显示, 繁殖巢址与放飞点平均距离 (平均值  $\pm$  标准差) ( $12.82 \pm 14.11$ ) km ( $n = 84$ ), 平均方位角 (平均值  $\pm$  标准差) 为 ( $138.99 \pm 82.44$ ) $^{\circ}$  (瑞利检验:  $Z = 10.60$ ,  $P < 0.01$ )。核心巢区与巢区面积分别为  $74.43$  km $^2$  和  $549.66$  km $^2$ 。巢址平均海拔 (平均值  $\pm$  标准差) ( $103 \pm 43$ ) m, 显著低于巢区内平均海拔 ( $t = -5.48$ ,  $df = 83$ ,  $P < 0.01$ )。巢址的分布主要位于水稻田和森林的交界区域。逐年繁殖区域分布图显示, 繁殖区域基本朝向西北-东南方向扩张, 与圆形分布分析结果一致。本研究描述了董寨再引入朱鹮种群繁殖巢址的分布特征与扩张趋势, 可以为野外朱鹮潜在繁殖地和栖息地的保护提供参考, 优化保护工作中的人力物力资源配置。

**关键词:** 朱鹮; 再引入; 繁殖巢址; 分布区; 河南董寨

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2024) 01-011-08

## Nest Distribution of the Reintroduced Crested Ibis in Dongzhai, Henan Province

HUANG Hua<sup>①</sup> WANG Ke<sup>①</sup> HUANG Zhi-Xue<sup>①</sup> CAI De-Jing<sup>①</sup> LIU Jin-Fa<sup>①</sup>  
ZHU Jia-Gui<sup>①</sup> XI Xue-Bo<sup>②\*</sup> WANG Dai-Ping<sup>②</sup>

① Dongzhai National Reserve, Luoshan 464236; ② Key Laboratory of Animal Ecology and Conservation Biology,

Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

**Abstract: [Objectives]** To understand the distribution and expansion of the reintroduced population of Crested Ibis *Nipponia nippon*, we investigated the distribution of nest sites in this species with a reintroduced

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 32270452);

\* 通讯作者, E-mail: xixuebo22@ioz.ac.cn;

**第一作者介绍** 黄华, 男, 高级工程师; 研究方向: 野生动植物保护与研究; E-mail: 1976lxx@sina.com.

收稿日期: 2022-10-07, 修回日期: 2023-08-15 DOI: 10.13859/j.cjz.202422251

population in Dongzhai, Henan Province, China. **[Methods]** From 2014 to 2022, we investigated the nests of rewilding Crested Ibis and its descendants in Henan Dongzhai National Nature Reserve and its surrounding area. We estimated the degree of concentration of these nests relative to the release site by a circular distribution method using Oriana 4.01 (Kovach Computing Services, Wales, UK). We calculated the distribution of the nesting area (the area where 95% of the nest sites are located) and core nesting area (the area where 50% of the nest sites are located) using a fixed kernel estimation method in ArcView GIS 3.3. In addition, we overlaid the map of nest sites, landscape coverage map, and the digital elevation model map using ArcMap 10.7 software (ESRI) to investigate the nest-site selection of this species. Using the one sample *t*-test, we compared the average elevation difference between the nest sites and the nesting range. **[Results]** The distances between most nesting sites and the release site are within 80 km (81 vs. 84) (Fig. 1 and 2). The average distance was  $12.82 \pm 14.11$  (SD) km ( $n = 84$ ), and the average azimuth was  $138.99^\circ \pm 82.44^\circ$  (SD) (Rayleigh's *z* test:  $Z = 10.60$ ,  $P < 0.01$ ) (Fig. 3). The area of the core nesting ranges and nesting ranges are 74.43 km<sup>2</sup> and 549.66 km<sup>2</sup>, respectively (Fig. 4). The average elevation of the nest sites is  $103 \pm 43$  (SD) m, which is significantly lower than the average altitude of the nesting ranges ( $t = -5.48$ ,  $df = 83$ ,  $P < 0.01$ ). Most nest sites are distributed in the adjacent paddy fields and forests (Fig. 1). The distribution map of the breeding area by years shows that the breeding area expands in the direction of northwest to southeast (Fig. 5), which is consistent with the analysis result of circular distribution. **[Conclusion]** Our research described the nest site's distribution characteristics and expansion trends of the reintroduced Crested Ibis population in Dongzhai. It can provide a reference for the protection of potential breeding areas and habitats of wild Crested Ibis, and optimize the allocation of human and material resources in the protection work.

**Key words:** Crested Ibis, *Nipponia nippon*; Reintroduction; Breeding site; Distribution area; Dongzhai, Henan Province

朱鹮(*Nipponia nippon*), 鹮形目鹮科鸟类, 属全球濒危鸟类, 我国一级重点保护野生动物。朱鹮曾广泛分布于东亚地区, 但自 20 世纪中叶起, 由于栖息地丧失和捕猎等原因, 种群规模迅速衰减, 各地种群相继绝灭(史东仇等 2001, 丁长青 2004)。1981 年, 陕西洋县发现 7 只朱鹮(刘荫增 1981), 随即对其展开保护。经过 40 余年的不懈努力, 这一物种得以保存且种群逐渐壮大, 目前全球朱鹮种群数量达 7 000 余只(Ma et al. 2021)。

再引入(reintroduction)是指将一个物种重新引入其历史分布区, 并建立自然种群的保护方法(IUCN/SSC 2013)。再引入方法在朱鹮保护工作中起到了重要作用。2007 年, 河南董寨国家级自然保护区引进 17 只朱鹮进行人工繁育, 并于 2013 年开始实施朱鹮再引入计划

(蔡德靖等 2019), 截至 2023 年, 已分 7 批次陆续对人工繁育的朱鹮进行了野化训练并放归自然。其中, 2013 年放飞 34 只, 2014 年放飞 26 只, 2015 年放飞 18 只, 2017 年放飞 22 只, 2021 年放飞 20 只, 2022 年放飞 7 只, 2023 年放飞 6 只, 累计放飞朱鹮 133 只。经初步估计, 目前河南董寨国家级自然保护区及其周边区域的朱鹮野外种群规模已达 400 只左右(数据源自保护区调查记录), 发展势头良好。

随着野外种群的逐渐壮大, 朱鹮的分布区也必然随个体的扩散而呈现扩张趋势。精准了解朱鹮分布区域及其发展趋势, 是准确把握朱鹮种群动态, 因地制宜制定保护措施的基础(丁长青等 2007)。鉴于此, 对董寨朱鹮自开展野化放飞以来繁殖巢址的分布进行了调查分析, 以期为进一步开展保护工作提供科学依据。

## 1 研究地点与方法

### 1.1 研究区域概况

河南董寨国家级自然保护区(114°09'33"~114°26'11" E, 31°44'36"~32°06'43" N)位于河南与湖北两省交界的大别山北麓,河南省信阳市罗山县境内,面积 46 800 hm<sup>2</sup>,是以保护森林珍稀鸟类及其栖息地为主的野生动物类型自然保护区(朱家贵等 2022),在气候上属于北亚热带向暖温带过渡区域,温暖湿润,森林生态系统良好,生物多样性丰富。保护区内拥有丰富的森林和稻田湿地资源,为朱鹮的野外生存提供了适宜的栖息环境。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 野外监测** 在 2014 至 2022 年的 2~5 月份,通过野外调查寻找朱鹮繁殖巢址。主要调查在常态化监测中积累的朱鹮活动区域、往年繁殖巢区,以及由群众报告或走访获得的繁殖区域。检查是否有朱鹮繁殖并判断其繁殖进程,记录繁殖巢址的经纬度坐标、海拔等信息。

**1.2.2 数据处理** 以放飞点——荒田保护站内的朱鹮野化大笼(114°16'48" E, 31°58'05" N)作为起点(黄治学等 2016),放飞个体及其野生后代的繁殖巢址所在地为终点,计算两点之间的直线距离作为巢址与放飞点间的相对距离,规定这两点之间连线与正北方向的夹角为巢址相对放飞点的方位角,放飞点正北记为 0°,正南方向记为 180°。基于野外朱鹮巢址与放飞点之间的方位角数据,使用 Oriana 4.01 (Kovach Computing Services, Wales, UK)绘制圆形分布图,并进行相关的统计分析,主要包括:1)使用瑞利检验(Rayleigh's  $z$  test)判断巢址分布的均匀性,计算平均方位角以及统计量  $Z$  值,若  $Z > Z_{0.05}$ ,则  $P < 0.05$ ,表明巢址相对于放飞点的分布并不均匀而是存在集中趋势,平均方位角具有实际参考价值(Zar 2007);2)使用角离散度( $r$ )描述分布的集中程度, $r$  值范围介于 0~1 之间, $r$  越大,分布越集中(Zar 1996)。

为掌握野外朱鹮繁殖巢址的区域分布情

况,我们根据巢址的分布计算并绘制了巢区分布图,具体方法如下:1)将不同年份所有巢址的地理位置导入 ArcView GIS 3.2 (ESRI)生成点图层,使用其中动物运动分析扩展(animal movement SA v2.04 beta)模块中的固定核空间法(fixed kernel estimation, FKE)分别计算 95%和 50%巢址所在区域,并将其定义为巢区与核心巢区,将巢区中去除核心巢区后的剩余部分称为常规巢区(王超等 2020);2)对于历年巢址数据,使用最小凸多边形法(minimum convex polygon, MCP)逐年创建当年巢区范围,并对巢区边界进行平滑处理,相关操作使用 R 4.2.0 (R Development Core Team 2021)中的 sf 包(Pebesma 2018)和 smoothr 包(Strimas-Mackey 2021)完成。

使用 ArcMap 10.7 (ESRI)将朱鹮巢址分布图层与土地覆盖类型图层和数字高程模型图层叠加,用以说明朱鹮繁殖巢址的分布和对繁殖地生境的选择偏好。土地覆盖数据来源于国家基础地理信息中心全球地表覆盖数据产品服务网站(www.webmap.cn, DOI: 10.11769)的 GlobeLand30,分辨率为 30 m。数字高程模型下载自中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(www.gscloud.cn)的 ASTER GDEM 30 m 分辨率数字高程数据。

文中统计检验显著性水平设定为  $P = 0.05$ ,一般描述性结果以平均值  $\pm$  标准差(Mean  $\pm$  SD)的形式给出。

## 2 结果

### 2.1 再引入种群繁殖点与放飞点的距离和相对位置

从 2014 至 2022 年间,共记录了野化放飞朱鹮及其后代 84 个繁殖巢址(图 1),与放飞点平均距离(12.82  $\pm$  14.11) km ( $n = 84$ )。其中,距放飞点最近的巢址位于其东南方向 2.72 km 处,最远巢址位于与罗山县相邻的光山县境内,与放飞点相距 82.76 km,大部分巢址位于放飞点 20 km 范围之内(81 vs. 84)(图 2)。

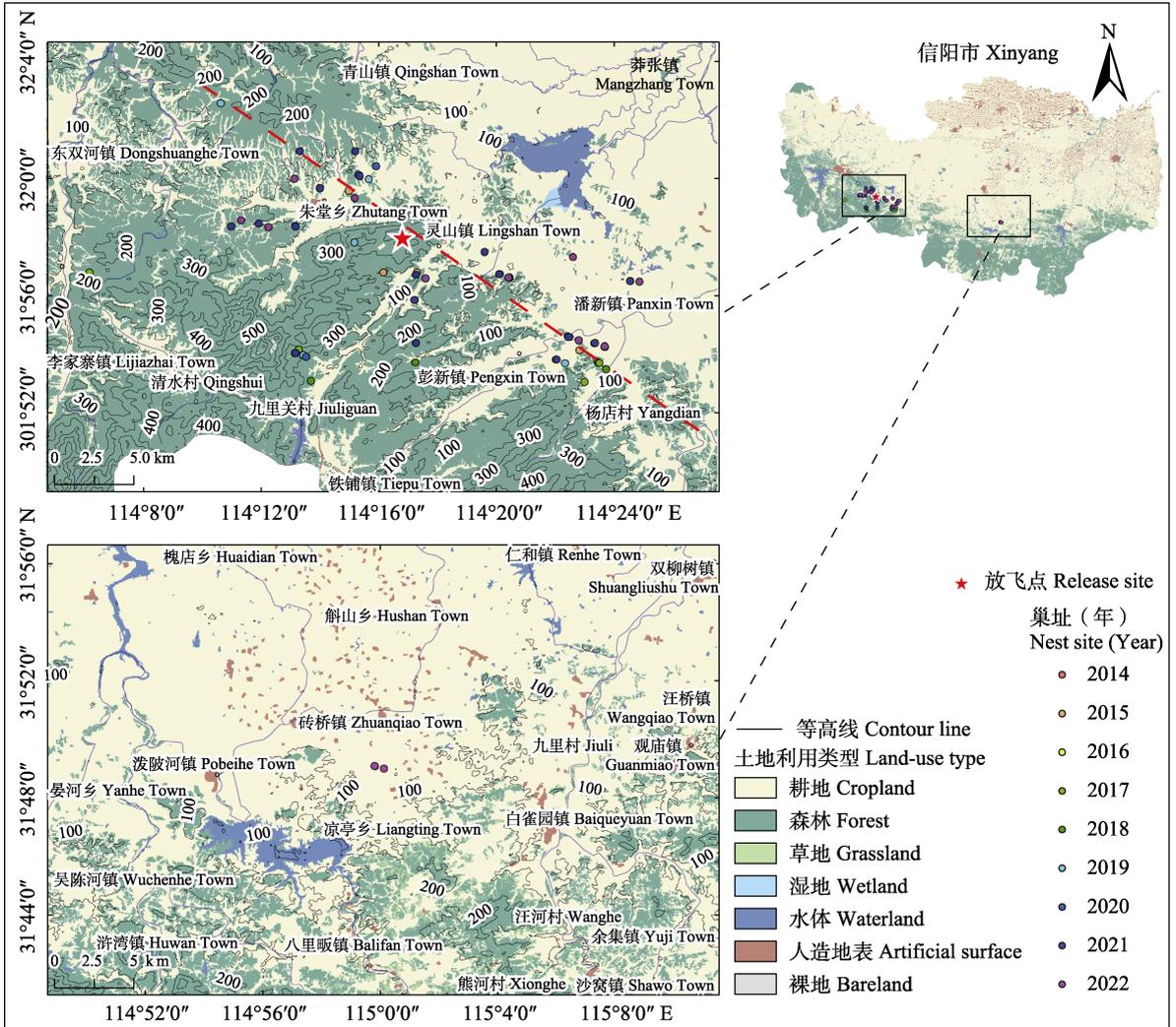


图 1 2014 至 2022 年董寨朱鹮再引入种群的巢址分布

Fig. 1 The nest distribution of the reintroduced Crested Ibis population in Dongzhai from 2014 to 2022

红色虚线代表巢址集中分布的趋势。The red dotted line represents the tendency of nest sites to be concentrated.

采用圆形分布分析，角离散度  $r = 0.355$  (Rayleigh's  $z$  test:  $Z = 10.60, P < 0.01$ ), 表明野外种群繁殖巢址相对放飞点的分布具有一定的方向性，各巢址相对放飞点夹角的平均方位角具有实际意义，取值为  $(138.99 \pm 82.44)^\circ$  ( $n = 84$ ), 说明繁殖巢址大致集中于放飞点的东南方向 (图 3)。

## 2.2 朱鹮再引入种群繁殖巢区的分布和面积

再引入朱鹮种群 2014 到 2022 年的繁殖

巢区总面积  $549.66 \text{ km}^2$ , 主要位于罗山县境内，有少部分巢区位于信阳市浉河区。其中，常规巢区  $475.23 \text{ km}^2$ , 核心巢区  $74.43 \text{ km}^2$ 。核心巢区分布在罗山县的朱堂乡、灵山镇、彭新镇和潘新镇。巢址主要位于放飞点的西北、东南和西南方向 (图 4)。不同年间的巢址分布见图 5, 从图中可以判断，野外朱鹮繁殖区域大致朝着放飞点的西北和东南两个方向扩张。

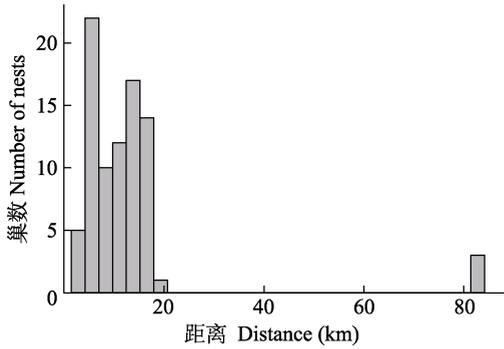


图2 巢址与放飞点距离的频率分布直方图

Fig. 2 The frequency distribution histogram of the distance between the nest site and the release site

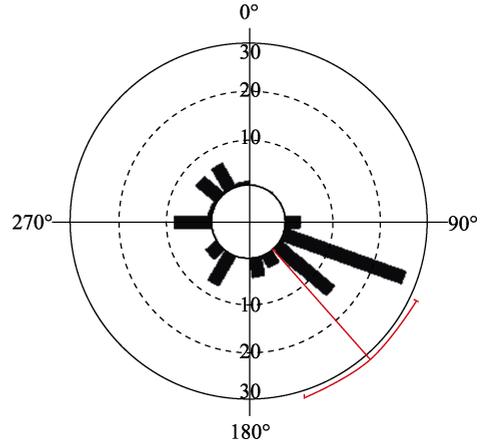


图3 董寨朱鹮再引入种群的巢址与放飞点间的相对方向

Fig. 3 The relative direction between the nest and the release site for the reintroduced Crested Ibis population in Dongzhai

### 2.3 朱鹮再引入种群繁殖巢址的生境选择偏好

根据对巢址分布的观察，野外朱鹮繁殖巢址集中于放飞点所在地的西北-东南方向连线（图1红色虚线）上，与繁殖区域的扩张方向一致。通过观察土地覆盖类型图可以发现，该连线处于区域内耕地和森林两种主要覆盖类型的交界范围，连线上方（东北方向）为连续大面积的农田，连线下方（西南方向）为大别山脉。多数繁殖巢址正是位于耕地向山林覆盖区域延伸的地块之上（图1）。繁殖巢区涵盖石山水库部分区域及其周边河流等水体资源

红色线条表示平均角度及其 95%置信区间，圆圈内数字表示样本量。

Red line shows the average angle and 95% confidence intervals, and the numbers in the circle shows the sample size.

（图4），巢区内总体平均海拔（ $133 \pm 85$ ）m，而巢址平均海拔（ $103 \pm 43$ ）m（ $n = 84$ ），显著低于巢区内平均海拔（ $t = -5.48, df = 83, P < 0.01$ ）。

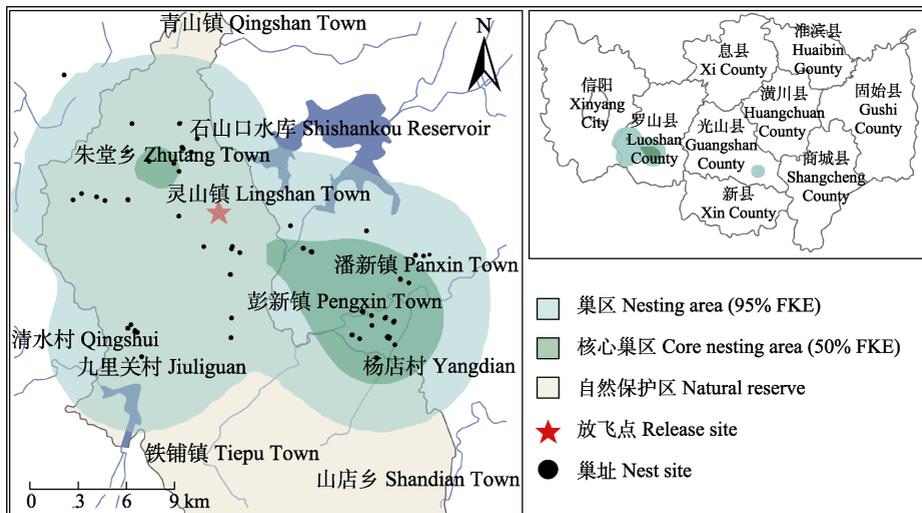


图4 董寨朱鹮再引入种群的繁殖巢区

Fig. 4 The nesting area of the reintroduced Crested Ibis population in Dongzhai

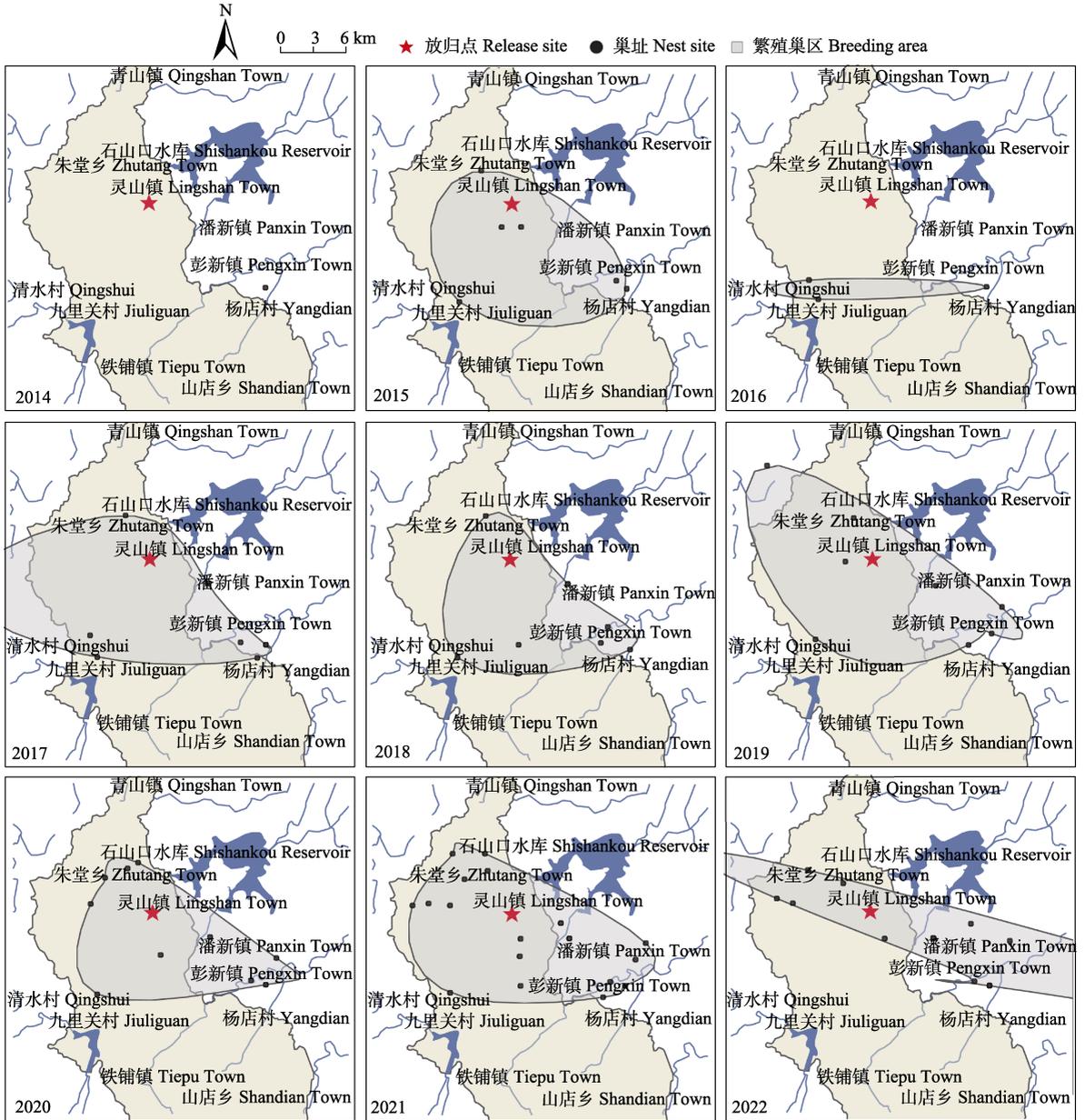


图 5 董寨朱鹮再引入种群历年繁殖区域（灰色区域）

Fig. 5 The breeding areas (grey area) of the reintroduced Crested Ibis population in Dongzhai from 2014 to 2022

### 3 讨论

董寨野外朱鹮种群的繁殖分布区大致朝向东南和西北两个方向逐渐扩张,但也偶有例外,个别巢址呈现出跳跃式扩张。例如 2022 年,在距离放飞点 80 km 外的光山县砖桥镇境内,发

现了 7 只朱鹮以及 3 个繁殖巢址,经确认其中至少 2 只出生于保护区附近的潘新镇;而此前亦有鸟类摄影爱好者在距董寨 180 km 外驻马店市汝南县境内宿鸭湖发现朱鹮(蔡德靖等 2019),这说明野化放飞个体或其后代可能进行了长距离扩散,野外朱鹮种群分布范围可能比

我们了解的更广、种群规模也更大。长距离扩散的发生可能与种群密度存在相关 (Ye et al. 2023)。例如王超等 (2020) 发现随着陕西洋县野外朱鹮种群的快速扩张, 有个体长距离扩散至宁陕、铜川和宝鸡等地, 与当地再引入种群融合。通常而言, 长距离扩散带来的基因流动可以提高当地朱鹮种群遗传多样性, 有利于其长远发展 (王超等 2020), 但另一方面, 在野化放飞后的探索期 (exploratory phase), 较高强度的移动一般不利于个体的存活和繁殖成功, 进而可能会阻碍野外种群的建立 (Gouar et al. 2012)。同时, 扩散距离过远和分布范围的扩张也会增加开展野外监测和保护工作的难度。就董寨野外朱鹮种群而言, 目前已初具规模, 种群发展态势良好, 但对于区域内朱鹮环境容纳量尚不清晰, 个体扩散至光山县境内的驱动因素及其影响还不能给出定论, 提示我们此后研究应关注对种群密度和环境容纳量的评估, 确保及时精准调整保护方案, 因时因地制宜开展保护工作。

随着野外朱鹮种群分布范围的增大, 野外监测与保护工作的难度也会有所增加。本研究界定了董寨野外朱鹮繁殖巢址分布的核心与常规区域, 可以为保护工作中优化资源配置提供参考。建议在今后的保护工作中, 合理分配资源, 加大对核心区域, 特别是彭新镇和朱堂乡两地的宣传与保护力度, 为野外种群的增长提供基础与保障。

董寨再引入朱鹮分布的扩张与拓殖集中于放飞点的东南方向, 此前也有研究发现朱鹮的扩散行为具有一定的方向性, 一般认为这种方向性和生境因素有关 (Yu et al. 2010, 朱梦 2020, Wang et al. 2021)。Ma 等 (2021) 分析了陕西汉中盆地自 1981 至 2019 年的野外朱鹮巢址选择偏好后发现, 水稻田和水体的存在是朱鹮巢址选择中重要的解释变量, 且这两种湿地类型的作用具有不可替代性。本研究结果也支持这一观点, 罗山县及其周边耕地多为水稻田, 是朱鹮重要的觅食场所, 在靠近水稻田和

河流水库等地筑巢, 可以确保亲鸟在育雏期能够捕捉足够的食物饲喂幼鸟; 同时, 距觅食地较近也减小了幼鸟在刚离巢飞行能力较弱时, 因距离过远不能及时到达觅食场所而招致意外的可能性。在经过放飞点的东南-西北方向连线的左侧, 即西南方向, 属大别山北麓, 土地类型为大片的林区或高地, 距离适宜的水稻田觅食地较远, 而该线右侧, 即东北方向则是大面积且连续的耕地, 对繁殖巢树的选择又受到限制。此外, 尽管有研究表明, 朱鹮对于农民日常活动具有较强的忍耐性和适应性 (李欣海等 2002), 但人为干扰仍是影响朱鹮繁殖的一项重要因素, 尤其是在繁殖期, 交通噪声等会对朱鹮产卵育雏等环节造成不利影响 (杨海琼等 2020, 卢绍辉等 2021), 而耕地覆盖区域的延伸部分通常意味着远离交通主干道, 人为干扰影响较小。因此, 这两类土地覆盖类型的交界区域成为朱鹮繁殖巢址的主要分布区, 需要重点保护。

分布区域的扩张主要由个体扩散行为所驱动, 但对于个体扩散的原因和详细机制, 目前所知甚少。本研究对朱鹮分布区扩张趋势的判断间接提示了个体扩散的方向。未来, 我们需要针对朱鹮的扩散规律开展更多研究, 以提高对其分布区、适宜生境区预测的准确度和精细度, 针对性地制定保护计划, 进一步发展和壮大野外朱鹮种群。

## 参 考 文 献

- Gouar P L, Mihoub J B, Sarrazin F. 2012. Reintroduction Biology. Oxford: Wiley-Blackwell, 138-164.
- IUCN/SSC. 2013. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature Species Survival Commission, 57.
- Ma L M, Li X H, Zhai T Q, et al. 2021. Changes in the habitat preference of Crested Ibis (*Nipponia nippon*) during a period of rapid population increase. *Animals (Basel)*, 11(9): 2626.
- Pebesma E. 2018. Simple features for R: standardized support for

- spatial vector data. *The R Journal*, 10 (1): 439–446.
- R Development Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing version 4. 1. 3 Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. [R/OL]. [2022-08-01]. <https://www.r-project.org/>.
- Strimas-Mackey M. 2018. Smoothr: Smooth and tidy spatial features. R Package Version 0. 1. 0. [R/OL]. [2022-08-01]. <https://CRAN.R-project.org/package=smoothr/>.
- Wang F, Li M, Zhang Y S, et al. 2021. Post-release dispersal and breeding site suitability of reintroduced populations of the Crested Ibis in Shaanxi Province, China. *Restoration Ecology*, 29(5): e13383.
- Ye Y X, Santoro S, Song Z T, et al. 2023. Dispersal patterns of the endangered Crested Ibis suggest high breeding densities drive natal dispersal. *Ornithological Applications*, 125(1): duac042.
- Yu X P, Xi Y M, Lu B Z, et al. 2010. Post fledging and natal dispersal of Crested Ibis in the Qinling Mountains, China. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122(2): 228–235.
- Zar J H. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3rd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Zar J H. 2007. *Biostatistical Analysis*. 5th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- 蔡德靖, 朱家贵, 黄治学, 等. 2019. 释放时间、方式及环境对朱鹮野外放飞成功率的影响. *生物学通报*, 54(8): 7–9.
- 丁长青. 2004. 朱鹮研究. 上海: 上海科技教育出版社, 1–388.
- 丁长青, 刘冬平. 2007. 野生朱鹮保护研究进展. *生物学通报*, 42(3): 1–5, 63.
- 黄治学, 朱家贵, 王科, 等. 2016. 河南董寨野化放飞朱鹮的分布繁殖初报. *生物学通报*, 51(10): 53–56.
- 李欣海, 马志军, 丁长青, 等. 2002. 朱鹮分布与栖息地内农民的关系. *动物学报*, 48(6): 725–732.
- 刘荫增. 1981. 朱鹮在秦岭的重新发现. *动物学报*, 27(3): 273.
- 卢绍辉, 黄治学, 袁国军, 等. 2021. 河南董寨自然保护区野外朱鹮繁殖影响因子. *生态科学*, 40(6): 184–190.
- 史东仇, 曹永汉. 2001. 中国朱鹮. 北京: 中国林业出版社, 107.
- 王超, 张亚祖, 曾键文, 等. 2020. 中国野生朱鹮的繁殖现状和种群数量. *林业科学*, 56(11): 143–150.
- 杨海琼, 陈绪玲, 李裕冬. 2020. 四川朱鹮人工繁育中的常见问题及原因分析. *四川林业科技*, 41(1): 84–89.
- 朱家贵, 黄华, 杜志勇, 等. 2022. 社会网络分析方法在鸟类物种多样性分析中的应用——以董寨国家级自然保护区 5.5 d 环志数据为例. *动物学杂志*, 57(3): 455–461.
- 朱梦. 2020. 陕西北朱鹮 (*Nipponia nippon*) 再引入种群的扩散生态学研究. 陕西: 陕西师范大学硕士学位论文, 29–30.