

浙江德清野化放归朱鹮的繁殖行为

邱国强^① 姜家虎^{②#} 白洪青^③ 任天祥^② 黄思宇^②
彭礼琼^④ 丁长青^{②*}

① 德清县生态林业综合服务中心 德清 313200; ② 北京林业大学生态与自然保护学院 北京 100083;

③ 德清县自然资源和规划局 德清 313200; ④ 湖州市梁希森林公园管理处 湖州 313000

摘要: 2007 年至今,我国在陕西宁陕、铜川和千阳,以及河南董寨和浙江德清初步建立了朱鹮(*Nipponia nippon*)野化放归种群。鸟类的繁殖行为是其生活史策略的重要组成部分,可以反映动物个体的营养状态、所处栖息地的质量,以及对栖息地的适应等。本文报道浙江德清朱鹮野化放归种群的繁殖行为,旨在了解其在我国南方的适应情况,为最终建立中国朱鹮南方种群提供科学支撑。本研究于 2018 年 4 和 5 月及 2020 年 3 至 5 月对浙江德清野化放归朱鹮的 3 个繁殖巢进行实时监测,记录孵卵期和育雏期繁殖行为,总记录时长为 134 d,有效数据时长为 2 958 h。利用线性混合模型探究朱鹮衔巢材频率、孵卵期以及育雏期行为的影响因子,采用 Spearman 相关分析检验朱鹮翻卵频率与孵卵进程的关系,建立 Logistic 回归模型探究朱鹮亲鸟暖雏时长随雏鸟日龄的变化情况,并利用 one-way ANOVA 分析德清朱鹮与陕西洋县野生种群和其他野化放归种群的换巢频率差异。结果表明,德清朱鹮平均窝卵数 3.7 ± 0.3 ,孵化成功率 90.9%,雏鸟出飞率 100.0%;繁殖的不同时期、营巢条件和亲鸟性别均显著影响朱鹮的衔巢材频率;朱鹮的翻卵频率随孵卵进程显著下降;亲鸟的暖雏时长在雏鸟 11 日龄时下降率最大;育雏的不同时期对朱鹮的暖雏时长、换巢频率以及喂雏频率有极显著的影响;环境温度较高可能是导致德清朱鹮比洋县野生种群提前产卵的原因之一;较高的平均窝卵数与出飞成功率表明,朱鹮对我国南方的栖息地较为适应。鉴于本研究发现利用人工巢筐营巢的亲鸟花费更多时间补充巢材,表明人工巢筐的结构和大小有必要优化,建议在今后设计时加大筐壁仰角并减小深度、扩大外径,使人工巢筐更接近于自然巢的盘状结构,同时,应将巢筐底部设计成多孔透气、利于排水的结构,以适应我国长江中下游地区湿热多雨的气候。

关键词: 巢材; 孵卵; 育雏; 双亲投入; 人工巢筐

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2023) 03-348-09

基金项目 中国环境科学研究院生物多样性调查与评估项目 (No. 2019HB2096001006), 德清县生态林业服务中心项目 (No. DQZCFW-2021-DT62), 国家自然科学基金项目 (No. 32270554);

* 通讯作者, E-mail: cqding@bjfu.edu.cn;

第一作者介绍 邱国强,男,高级工程师;研究方向:朱鹮保护管理与研究;E-mail: 2289273981@qq.com;

共同第一作者 姜家虎,男,硕士研究生;研究方向:鸟类学;E-mail: 3225783240@qq.com。

收稿日期: 2022-08-15, 修回日期: 2023-01-23 DOI: 10.13859/j.cjz.202303004

Reproductive Behavior of the Released Crested Ibis in Deqing, Zhejiang Province

QIU Guo-Qiang^① JIANG Jia-Hu^{②#} BAI Hong-Qing^③ REN Tian-Xiang^②
HUANG Si-Yu^② PENG Li-Qiong^④ DING Chang-Qing^{②*}

① *Deqing County Ecological Forestry Comprehensive Service Center, Deqing 313200*; ② *School of Ecology and Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083*; ③ *Deqing County Natural Resources and Planning Bureau, Deqing 313200*; ④ *Huzhou Liangxi Forest Park Administration Office, Huzhou 313000, China*

Abstract: [Objectives] Since 2007, five released populations of Crested Ibis (*Nipponia nippon*) have been established in Ningshan, Tongchuan and Qianyang in Shaanxi Province, as well as Dongzhai in Henan Province and Deqing in Zhejiang Province. The reproductive behavior is important to the life history strategies, and the study on the reproductive ecology of the reintroduced Crested Ibis in Deqing can also reflect the nutritional status and local habitat quality of Crested Ibis as well as their adaptation to southern China. This paper can provide scientific support for the establishment of Crested Ibis population in southern China. **[Methods]** The reproductive behavior of released Crested Ibis in Deqing, Zhejiang Province, was recorded by video cameras for a total of 134 d and valid data for 2 958 h during the incubation and brooding stages in April-May 2018 and March-May 2020 in Deqing Xiazhu Lake National Wetland Park. The linear mixed models were used to explore the influence factors of the frequency of supplying nest-material and the reproductive behavior of Crested Ibis. We used Spearman correlation analysis to examine the relationship between the egg-turning frequency and the incubation process. The logistic regression model was used to explore the change of fledgling-warming duration of parent birds with the day age of fledglings. The one-way ANOVA was used to analyze the differences about nest-changing frequency between Deqing population and wild population as well as the other reintroduced populations. **[Results]** The results showed that the mean clutch size of the reintroduced Crested Ibis in Deqing was 3.7 ± 0.3 . The hatching success rate was 90.9% and the fledgling success rate was 100.0% (Table 1). Different breeding periods, nesting conditions and the gender of parent birds significantly affected the frequency of supplying nest-material of Crested Ibis (Table 2, 3). The egg-turning frequency decreased significantly with the incubation process (Table 4, 5). The largest decline of the duration of chick-warming was at 11 days of age (Fig.1). Different brooding periods had a significant impact on the duration of fledgling-warming and the frequency of feeding and nest-changing in the Crested Ibis (Table 6, 7). **[Conclusion]** The higher environment temperature may be one of the reasons why the population of Deqing Crested Ibis lied eggs earlier than wild population in Yangxian County. The higher average clutch size and fledgling success rate may indicate that the Crested Ibis was adapted to the habitat of southern China. The Crested Ibis which used artificial nest-baskets spent more time supplying nest-material, indicating the necessity to improve the artificial nest-basket design in the future. We suggest to increase the open angle and reduce the depth of the nest-basket, and expand the outer diameter that close to the natural nests. At the same time, the bottom of the nest-basket should be designed as a porous and breathable structure that is conducive to drainage, in order to adapt to the humid and rainy climate in the middle and lower reaches of the Yangtze River in China.

Key words: Nest material; Incubation; Brooding; Parent input; Artificial nest-basket

亲代抚育 (parental care) 是鸟类繁殖期的一种重要行为, 指亲代为了提高子代适合度, 而演化出的为后代提供食物与保护的行为 (Royle et al. 2012)。亲代抚育可以增加后代的生存机会, 从而获得繁殖成功 (Trivers 1972)。栖息地是影响鸟类繁殖成效的重要因素, 而食物资源与栖息地的质量相关 (Rodríguez et al. 2013, García-Salgado et al. 2018, Dykstra et al. 2020)。孵卵和育雏是鸟类繁殖的重要环节, 是繁殖成功的关键 (Clutton-Brock 1991, Deeming 2002), 孵卵和育雏节律可以反映动物个体的营养状态、所处的栖息地质量, 以及对栖息地的适应等 (Wawrzyniak et al. 2015, Setash et al. 2020, Gillette et al. 2021)。

朱鹮 (*Nipponia nippon*) 被世界自然保护联盟 (IUCN) 列为濒危级物种 (BirdLife International 2018), 在我国也被列为国家一级重点保护野生动物。朱鹮的保护和研究工作一直受到国内外高度关注。我国于 20 世纪 80、90 年代及 21 世纪初对野生朱鹮种群开展了大量的行为生态学研究, 内容包括繁殖习性、雏鸟的生长发育、年活动规律和季节性迁移等 (王淑卿等 1985, 史东仇 1989, 丁长青等 2000, 史东仇等 2001, 刘冬平等 2003, 丁长青 2004)。我国从 2004 年开始在陕西洋县开展了朱鹮野化放飞试验, 并于 2007 年开始先后在陕西安康、河南董寨、陕西铜川和浙江德清等地开展了朱鹮野化放飞试验并初步建立了多个野化放归种群 (陈文贵等 2013, 黄治学等 2016, 王华强 2016, Liu et al. 2020, 邱国强等 2020)。浙江是朱鹮历史分布区, 浙江德清是在我国南方的第一个朱鹮野化放归地, 其纬度较低, 与当前朱鹮野生种群分布地陕西洋县的气候有较大差异, 属海洋性季风气候, 降水量更为丰富, 年平均气温高于其他野化放归地区。目前有关野外朱鹮的繁殖行为研究均集中在陕西洋县、宁陕和河南董寨等大陆性季风气候区 (史东仇等 2001, 王莉 2013, 吴杰 2018, 卢绍辉等

2021), 对德清野化放归朱鹮的繁殖行为尚无报道。本文对德清朱鹮的孵卵和育雏等繁殖行为开展研究, 并与洋县野生种群和其他野化放归种群进行对比, 旨在了解朱鹮野化放归种群对我国长江中下游地区气候环境和栖息地的适应情况, 进一步指导完善浙江德清的朱鹮野化放归工作, 为最终建立中国朱鹮南方种群提供科学依据。此外, 我国“十四五”期间将全面开展朱鹮野化放归工作 (国家林业与草原局等 2021), 对德清朱鹮野化放归种群的繁殖行为进行研究, 将为在我国南方开展朱鹮野化放归提供科学依据。

1 研究地点与方法

1.1 研究地点

研究地点位于浙江省湖州市德清县的下渚湖国家湿地公园 (30°31' N, 120°03' E)。属亚热带季风区, 气候温暖湿润, 四季分明。年平均气温 13.0 ~ 17.3 °C, 年平均降水量 1 300 mm 以上。德清地处杭嘉湖平原, 地势低洼, 湿地资源丰富。2014 年 11 月, 在德清下渚湖释放了 33 只经野化训练的朱鹮个体, 经过数年保护和监测, 截至 2016 年繁殖期结束, 德清野外朱鹮数量达到 65 只 (邱国强等 2020)。

1.2 研究方法

2018 年 4 和 5 月及 2020 年 3 至 5 月, 在距离朱鹮巢 5 ~ 15 m 的位置架设监控摄像机 (大华 DH-IPC-HFW4631K-14 6 mm, 苏州苏斯维信息有限公司), 对 3 巢朱鹮亲鸟的繁殖情况进行实时记录。将监控视频导入计算机, 采用全事件记录法 (all-occurrence recording) (Lehne 1976) 记录朱鹮在孵卵期和育雏期的各种行为及其持续时间, 总记录时长为 134 d, 有效数据时长为 2 958 h。

朱鹮为异步孵化鸟类, 即第 1 枚卵产出后便开始孵卵。朱鹮的雌雄亲鸟共同参与孵卵和育雏, 孵卵期为 28 d, 育雏期 40 ~ 45 d (丁长青 2004)。为避免对朱鹮产卵的影响, 本研究

在朱鹮完成产卵后才开始启动摄像监控,因此, 孵卵期监测时长为(出雏前的)21 d。将监测的孵卵期等分为前期(第1~7天)、中期(第8~14天)和后期(第15~21天)三个时期, 将朱鹮的育雏期也等分为前期(第1~15天)、中期(第16~30天)和后期(第31~45天)三个时期。换孵频率指在孵卵期雌雄亲鸟每日交替孵卵的次数, 换巢频率指在育雏期雌雄亲鸟每日交替留在巢中进行暖雏、喂雏、护卫等行为的次数。

利用线性混合模型(linear mixed models)探究朱鹮衔巢材频率、孵卵期和育雏期行为的影响因子, 将不同营巢情况、繁殖时期、性别、窝雏数作为固定因子, 将巢编号、个体编号和监测年份作为随机因子。采用 Spearman 相关分析检验朱鹮翻卵频率与孵卵进程的关系。建立 Logistic 回归模型探究朱鹮亲鸟暖雏时长随雏鸟日龄的变化情况。利用 one-way ANOVA 比较德清朱鹮与野生种群和其他野化放归种群换巢频率的差异。文中的数据均采用平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 形式表示, 显著性水平

设置为 0.05, 极显著水平设置为 0.01。数据的统计和分析在 IBM SPSS statistics 22.0 软件中进行。

2 结果

2.1 德清野化放归朱鹮的主要繁殖参数

德清野化放归朱鹮的主要繁殖参数见表 1。监测的 3 巢共产卵 11 枚, 平均窝卵数 3.7 ± 0.3 , 孵化成功率 90.9%, 雏鸟出飞率 100.0%。

2.2 衔巢材行为

亲鸟的衔巢材频率在繁殖的不同时期具有显著差异(表 2), 德清朱鹮在孵卵期的衔巢材频率 (6.0 ± 0.6 , $n = 46$ d) 显著高于育雏期 (2.9 ± 0.4 , $n = 77$ d)。雌雄亲鸟的衔巢材频率也有显著差异(表 2, 3)。雄鸟衔巢材数量占总体的 69.2%, 其中, 枝条占 66.0%, 内垫物占 34.0%; 雌鸟衔巢材数量占 30.8%, 其中, 枝条占 52.9%, 内垫物占 47.1% ($n = 503$)。1[#]巢亲鸟利用人工巢筐营巢繁殖, 2[#]巢与 3[#]巢亲鸟自然营巢。利用人工巢筐的亲鸟其衔巢材频率极显著高于自然营巢的亲鸟(表 2, 3)。

表 1 德清野化放归朱鹮的主要繁殖参数

Table 1 The main reproductive parameters of the reintroduced Crested Ibis in Deqing

| 巢编号 Nest number | 监测年份 Monitoring year | 产首枚卵日期(月-日) First egg-laying date (Month-date) | 窝卵数 Clutch size | 开始育雏日期(月-日) Hatch date started (Month-date) | 窝雏数 Brood size (ind) | 雏鸟出飞数 Fledgling number (ind) |
|--------------------|-------------------------|---|--------------------|--|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2020 | 3-04 | 4 | 4-01 | 4 | 4 |
| 2 | 2020 | 3-14 | 4 | 4-11 | 3 | 3 |
| 3 | 2018 | 4-03 | 3 | 5-01 | 3 | 3 |

表 2 德清朱鹮衔巢材频率的线性混合模型

Table 2 Linear mixed model of nesting frequency of Crested Ibis in Deqing

| 解释变量 Explanatory variables | 因变量(衔巢材频率) Response variable (Nesting frequency) | | |
|----------------------------|--|--------|---------|
| | df | F | P |
| 时期 Period | 1 | 31.340 | < 0.001 |
| 营巢情况 Nesting condition | 1 | 24.610 | < 0.001 |
| 性别 Gender | 1 | 24.034 | < 0.001 |
| 随机变量 Random effects | 方差 Variance | 标准误 SE | |
| 巢编号 Nest ID | 0 | 0 | |
| 个体编号 Individual ID | 0.523 | 0.556 | |
| 年份 Year | 0 | 0 | |

表 3 德清两种筑巢类型下的朱鹮的衔巢材情况

Table 3 Nesting of two nesting types of Crested Ibis in Deqing

| 时期 Period | 参数 Parameters | 人工巢筐 Artificial nest-basket | 自然巢 Natural nest |
|--------------------------|---|-----------------------------|------------------|
| 孵卵期 Incubation period | 总衔巢材频率 Total nesting frequency (times/d) | 7.8 ± 1.2 | 5.0 ± 0.6 |
| | 雄鸟衔巢材频率 Frequency of male nesting (times/d) | 5.5 ± 1.0 | 3.2 ± 0.5 |
| | 雌鸟衔巢材频率 Frequency of female nesting (times/d) | 2.4 ± 0.6 | 1.8 ± 0.4 |
| | 枝条与内垫物比例 Proportion of branches to inner cushions | 50.0% : 50.0% | 61.0% : 39.0% |
| 育雏期 Brooding period | 总衔巢材频率 Total nesting frequency (times/d) | 4.5 ± 0.5 | 1.3 ± 0.3 |
| | 雄鸟衔巢材频率 Frequency of male nesting (times/d) | 3.3 ± 0.5 | 0.7 ± 0.2 |
| | 雌鸟衔巢材频率 Frequency of female nesting (times/d) | 1.2 ± 0.2 | 0.6 ± 0.2 |
| | 枝条与内垫物比例 Proportion of branches to inner cushions | 76.4% : 23.6% | 42.6% : 57.4% |

2.3 孵卵期行为

晾卵时长和换孵频率与孵卵的不同时期无关，晾卵时长与亲鸟性别无关（表 4），翻卵频率在孵卵的不同时期有显著差异（表 4，5），翻卵频率随孵卵进程显著减少（ $r = -0.024$ ， $P < 0.01$ ）。

2.4 育雏期行为

2.4.1 暖雏行为 育雏的不同时期对朱鹮亲鸟的暖雏时长有极显著影响，而亲鸟性别的影响不显著（表 6）。根据 Logistic 回归模型可知，下降

率在 K/2 时达到最大。德清朱鹮的暖雏时长在雏鸟 11 日龄时下降率最大（图 1， R^2 为暖雏时长与日龄 Logistic 回归模型的可决系数）。雄鸟在育雏期前 25 d 平均每日暖雏（ 355.89 ± 55.17 ）min，雌鸟为（ 377.77 ± 48.20 ）min。

2.4.2 喂雏与换巢行为 育雏不同时期对朱鹮亲鸟的换巢频率以及喂雏频率有极显著的影响（表 6，7），而亲鸟性别对喂雏频率的影响不显著（表 6）。雄鸟在育雏期平均每日喂雏（ 10.46 ± 0.69 ）次，雌鸟为（ 10.78 ± 0.68 ）次。

表 4 德清朱鹮孵卵期行为的线性混合模型

Table 4 Linear mixed model of behavior in incubation period of Crested Ibis in Deqing

| 解释变量 Explanatory variables | 因变量 Response variable | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|---------|-------|---------------------------------------|--------|-------|-------------------------------|--------|-------|
| | 晾卵时长 Egg-cooling time | | | 换孵频率 Exchange incubation frequency | | | 翻卵频率 Egg-turning frequency | | |
| | df | F | P | df | F | P | df | F | P |
| 时期 Period | 2 | 0.550 | 0.579 | 2 | 0.684 | 0.510 | 2 | 4.556 | 0.018 |
| 性别 Gender | 1 | 0.327 | 0.608 | | | | 1 | 0.017 | 0.906 |
| 随机变量 Random effects | 方差 Variance | 标准误 SE | | 方差 Variance | 标准误 SE | | 方差 Variance | 标准误 SE | |
| 巢编号 Nest ID | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | |
| 个体编号 Individual ID | 103.321 | 104.994 | | | | | 0.203 | 4.079 | |
| 年份 Year | 88.917 | 195.184 | | 0.501 | 0.767 | | 2.245 | 5.658 | |

表 5 德清朱鹮在孵卵不同时期的行为状况

Table 5 The behavior of Crested Ibis in Deqing at different incubation stages

| 繁殖参数 Breeding parameters | 前期 Early period | 中期 Middle period | 后期 Late period |
|---|-----------------|------------------|----------------|
| 日均晾卵时长 The average egg-cooling time per day (min) | 51.54 ± 6.70 | 53.40 ± 8.11 | 57.80 ± 8.52 |
| 换孵频率 Exchange incubation frequency (times/day) | 3.46 ± 1.45 | 3.75 ± 0.83 | 3.33 ± 0.79 |
| 翻卵频率 Egg-turning frequency (times/day) | 34.86 ± 2.43 | 32.37 ± 2.61 | 22.36 ± 2.98 |

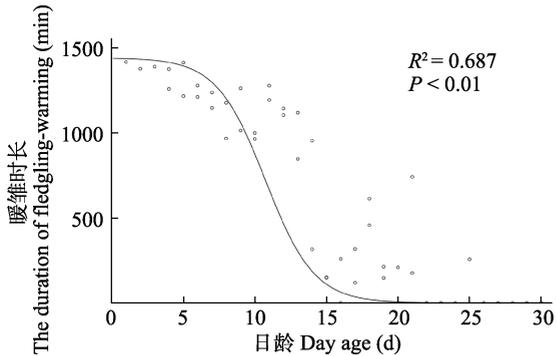


图 1 亲鸟的暖雏时长随雏鸟日龄的变化情况

Fig. 1 The duration of fledgling-warming of parent birds varies with the day age of fledglings

巢中窝雏数对于朱鹮亲鸟的换巢频率和喂雏频率的影响不显著（表 6）。在本研究中，1[#]巢（4 只雏鸟）亲鸟平均每日换巢（10.83 ± 0.54）次，喂雏（24.00 ± 1.31）次；而 2[#]巢与 3[#]巢亲鸟（均 3 只雏鸟）平均每日换巢（7.25 ± 0.77）次，喂雏（19.05 ± 1.80）次。

3 讨论

3.1 繁殖参数

3.1.1 产卵时间 许多研究表明，较高的温度

可能会导致同种鸟类更早地开始产卵（Juan 1998, Nilsson et al. 2006, Coppes et al. 2021）。洋县野生朱鹮的产卵日期通常情况下为 3 月中旬到 4 月上旬（丁长青 2004）。本研究中德清朱鹮开始产卵的时间为 3 月 4 日，与洋县野生种群相比较早，且 2020 年德清地区在 3 月的月平均气温为 12.4 °C，高于洋县地区同期的 12.1 °C。因此，环境温度较高可能是导致德清野化放归朱鹮比洋县野生种群提前产卵的原因之一，这与王子健等（2022）对北戴河朱鹮野化训练种群的研究结果一致。

3.1.2 育雏期行为 朱鹮属晚成鸟，发育初期（15 日龄前）需亲鸟卧巢以保持雏鸟体温，抵抗低温和恶劣天气的侵袭；14 或 15 日龄之后，幼雏胸、腹部体羽和大小覆羽已基本长齐，具备一定的抗寒能力（史东仇等 2001），亲鸟在日间几乎不再暖雏，仅在夜间或凌晨温度较低时进行数小时的暖雏。此阶段，若是在气温较低的夜间或是风雨天气，亲鸟会延长暖雏时长。如在第 18 和 21 日龄，由于夜间降雨、气温降低，德清朱鹮亲鸟增加了数个小时的暖雏时长。在第 25 日龄，1[#]巢的夜间温度降至近 10 d 中

表 6 德清朱鹮育雏期行为的线性混合模型

Table 6 Linear mixed model of behavior in brooding period of Crested Ibis in Deqing

| 解释变量 Explanatory variables | 因变量 Response variable | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|------------|---------|------------------------------|--------|---------|------------------------|--------|---------|
| | 暖雏时长 Fledgling-warming time | | | 换巢频率 Nest-changing frequency | | | 喂雏频率 Feeding frequency | | |
| | df | F | P | df | F | P | df | F | P |
| 时期 Period | 1 | 0.550 | < 0.001 | 2 | 10.963 | < 0.001 | 2 | 29.418 | < 0.001 |
| 性别 Gender | 1 | 0.327 | 0.704 | | | | 1 | 0.057 | 0.835 |
| 窝雏数 Brood size | | | | 1 | 0.652 | 0.614 | 1 | 6.616 | 0.542 |
| 随机变量 Random effects | 方差 Variance | 标准误 SE | | 方差 Variance | 标准误 SE | | 方差 Variance | 标准误 SE | |
| 巢编号 Nest ID | 0 | 0 | | 11.381 | 21.341 | | 14.492 | 47.260 | |
| 个体编号 Individual ID | 0 | 0 | | | | | 1.984 | 4.137 | |
| 年份 Year | 6 673.837 | 15 757.588 | | 3.065 | 0 | | 15.206 | 0 | |

表 7 德清朱鹮在育雏不同时期的行为状况

Table 7 The condition of the behavior of Crested Ibis in Deqing at different brooding stages

| 繁殖参数 Breeding parameters | 前期 Early period | 中期 Middle period | 后期 Late period |
|--|-----------------|------------------|----------------|
| 喂雏频率 Feeding frequency (times/d) | 22.66 ± 1.96 | 27.41 ± 1.32 | 14.65 ± 1.37 |
| 换巢频率 Nest-changing frequency (times/d) | 7.16 ± 0.71 | 12.19 ± 0.37 | 8.60 ± 0.81 |

最低,因此亲鸟进行了4个多小时的暖雏,直至凌晨气温升高;25日龄后,雏鸟的活动性增强,亲鸟夜间不再进巢暖雏;35~37日龄,雏鸟不仅在巢中活动频繁,而且可离巢到侧枝上活动。此时双亲喂雏次数明显减少,口饲时引诱幼鸟出巢。40~45日龄,雏鸟离巢出飞。育雏期的暖雏、喂雏、护卫等均由双亲共同完成,换巢行为在此期间每天都发生。德清朱鹮种群的换巢频率(9.1 ± 0.5 , $n = 58$)与洋县野生种群(6.9 ± 0.7 , $n = 140$, 史东仇等 2001)和宁陕再引入种群(6.2 ± 2.6 , $n = 84$, 王莉 2013)之间均无显著差异(均 $P > 0.05$)。

3.1.3 出飞率 Archibald 等(1980)报道,鸮类一般产卵3或4枚,但由于食物竞争,通常只能保证每个巢中有2只幼雏长出羽毛。洋县野生朱鹮平均每窝育成(2.34 ± 0.98)只雏鸟,平均出飞率为78.3%(翟天庆等 2001);宁陕野化放归朱鹮雏鸟平均出飞率为68.3%(王莉 2013);董寨为75.00%(吴杰 2018)。陕西洋县朱鹮野生种群雏鸟死亡的原因主要包括巢内食物竞争导致最后孵出的雏鸟无法正常发育,以及猛禽和蛇类等天敌的捕食(曹永汉等 1995, 丁长青 2004)。本研究中,德清朱鹮平均每窝育成(3.3 ± 0.5)只雏鸟,雏鸟出飞率为100.0%。结合野外调查情况,德清朱鹮的繁殖季正值当地养殖户陆续将鱼塘、虾塘的池水放干并进行“晒塘”处理的时期,尽管当地数量众多的鹭科鸟类种群会对朱鹮的觅食起到一定的竞争影响,但大量低水位的养殖塘为朱鹮提供了丰富且质量较高的食物,推测这是支撑当地朱鹮可以养活较多数量雏鸟的重要因素之一。此外,本研究中的朱鹮巢均位于村民住宅附近,人为活动频繁,制约了朱鹮天敌的活动,这也使得当地朱鹮雏鸟的被捕食风险较小。较高的平均窝雏数以及出飞成功率一定程度上反映出德清朱鹮野化放飞种群对我国长江中下游地区的栖息地较为适应。

虽然德清野化放归朱鹮已连续多年繁殖成功,但种群数量增长缓慢,应加强野外监测,

及时发现问题并采取针对性保护措施,确保德清朱鹮野化放飞种群的稳定发展。

3.2 朱鹮人工巢筐的量度与优化

朱鹮在孵卵期与育雏期有补充巢材和扩大繁殖巢的习性,会分别增加30.2%和12.4%的巢材(史东仇等 2001)。在德清下渚湖湿地,为了吸引野化放归朱鹮营巢并提高营巢成功率,将人工繁育笼舍中使用的朱鹮巢筐安置到野外适宜巢址,每年均有野化放归朱鹮选择利用。本研究1[#]巢所用人工巢筐外径55.17 cm,内径43.02 cm,内深12.48 cm,与陕西洋县野生朱鹮巢的量度[外径(65.09 ± 7.37) cm,内径(41.09 ± 7.16) cm,内深(6.64 ± 1.43) cm。丁长青 2004]有所不同。朱鹮亲鸟根据繁殖不同阶段的需要,营巢所需巢材——枝条和内垫物的比例各有差异,这与卵和雏鸟的发育密切相关。在孵卵期与育雏期,德清自然营巢朱鹮亲鸟(2[#]巢和3[#]巢)的衔巢材频率和巢材比例与洋县野生朱鹮[在孵卵期,平均每天衔巢材(5.5 ± 7.0)次,枝条与内垫物比例为59.7%:40.3%;在育雏期,平均每天衔巢材(2.0 ± 2.7)次,枝条与内垫物比例为42.2%:57.8%]十分相近(史东仇等 2001)。而德清利用人工巢筐筑巢的朱鹮亲鸟(1[#]巢)则表现出了更多的衔巢材行为,在孵卵期,巢材中内垫物的占比高于自然巢,推测是由于人工巢筐较深,朱鹮亲鸟需衔取更多的内垫物来增加卵以及雏鸟在巢内的高度;在育雏期,巢材中枝条的占比高于自然巢,且亲鸟反常地每天都衔取巢材,直至雏鸟出飞。推测是由于人工巢筐壁的仰角不够大(115.7°),朱鹮亲鸟在拓展繁殖巢的外沿时枝条难以顺利斜展并延伸出去,此过程中常会出现枝条掉出巢外的情况,因此亲鸟需不断衔取巢材进行补充。建议在今后设计人工巢筐时,将巢筐壁的仰角加大,外径扩大至65 cm以上,巢筐深度减小,将人工巢筐优化成盘状结构,更接近野外的自然巢,这样才能有效降低野化放归朱鹮孵卵期和育雏期衔巢材的频次和时间投入,将更多时间和精力用于外出觅食和育雏,

进一步增加繁殖成功率。同时，为避免长江中下游地区因气候湿热多雨导致雨水易积存在巢的下层巢材，使其腐烂发霉，建议尽量简化巢筐底部的编织结构，做到多孔透气、利于排水。

参 考 文 献

- Archibald G W, Lantis S D H, Lantis L R, et al. 1980. Endangered ibises, Threskiornithinae: Their future in the wild and in captivity. *International Zoo Yearbook*, 20(1): 6–17.
- BirdLife International. 2018. *Nipponia nippon*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22697548A132069229. [DB/OL]. [2021-05-31]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20182.RLTS.T22697548A132069229.en>.
- Clutton-Brock T H. 1991. *The Evolution of Parental Care*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Coppes J, Kämmerle J, Schroth K, et al. 2021. Weather conditions explain reproductive success and advancement of the breeding season in Western Capercaillie (*Tetrao urogallus*). *Ibis*, 163(3): 990–1003.
- Deeming D C. 2002. *Avian Incubation: Behaviour, Environment and Evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Dykstra C R, Hays J L, Simon M M, et al. 2020. Habitat and weather conditions influence reproductive rates of suburban and rural Red-shouldered Hawks *Buteo lineatus*. *Ibis*, 163(2): 623–640.
- García-Salgado G, Rebollo S, Pérez-Camacho L, et al. 2018. Breeding habitat preferences and reproductive success of Northern Goshawk (*Accipiter gentilis*) in exotic Eucalyptus plantations in southwestern Europe. *Forest Ecology and Management*, 409: 817–825.
- Gillette S M, Klehr A L, Murphy M T. 2021. Variation in incubation length and hatching asynchrony in Eastern Kingbirds: Weather eclipses female effects. *Ornithology*, 138(3): 1–15.
- Juan J S. 1998. Effects of geographic location and habitat on breeding parameters of Great Tits. *The Auk*, 115(4): 1034–1051.
- Lehne P N. 1976. *Handbook of Ethological Methods*. New York and London: Garland STPM Press.
- Liu D P, Zhang G G, Wang C. 2020. Breeding variation in a reintroduced Crested Ibis *Nipponia nippon* population in central China. *Pakistan Journal of Zoology*, 52(4): 1595–1598.
- Nilsson J A, Kallander H. 2006. Leafing phenology and timing of egg laying in Great Tits *Parus major* and Blue Tits *P. caeruleus*. *Journal of Avian Biology*, 37(4): 357–363.
- Rodríguez C, Tapia L, Ribeiro E, et al. 2013. Crop vegetation structure is more important than crop type in determining where Lesser Kestrels forage. *Bird Conservation International*, 24(4): 438–452.
- Royle N J, Smiseth P T, Kölliker M. 2012. *The Evolution of Parental Care*. Princeton: Oxford University Press.
- Setash C M, Kendall W L, Olson D. 2020. Factors influencing Cinnamon Teal nest attendance patterns. *Ibis*, 163(1): 125–136.
- Trivers R L. 1972. *Parental investment and sexual selection* // Campbell B. *Sexual Selection and the Descent of Man*. Chicago: Aldine Press.
- Wawrzyniak J, Kaliński A, Gładalski M, et al. 2015. Long-term variation in laying date and clutch size of the Great Tit *Parus major* in central Poland: A comparison between urban parkland and deciduous forest. *Ardeola*, 62(2): 311–322.
- 曹永汉, 卢西荣, 翟天庆, 等. 1995. 蛇类对繁殖期朱鹮的危害. 西北大学学报: 自然科学版, 25(增刊 1): 722–724.
- 陈文贵, 李夏, 刘超, 等. 2013. 陕西省宁陕朱鹮再引入种群之现状. *野生动物学报*, 34(1): 23–24, 49.
- 丁长青. 2004. *朱鹮研究*. 上海: 上海科技教育出版社.
- 丁长青, 李欣海, 马志军, 等. 2000. 朱鹮幼鸟活动性的初步研究 // 中国野生动物保护协会中国鸟类学会, 台北市野鸟学会. 中国鸟类学研究——第四届海峡两岸鸟类学术研讨会文集. 北京: 中国林业出版社, 112–118.
- 国家林业和草原局, 国家发展和改革委员会. 2021. “十四五”林业草原保护发展规划纲要. [EB/OL]. [2022-05-25] <http://www.forestry.gov.cn/main/gov/content.jsp?TID=20210913143827404193149>.
- 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.
- 刘冬平, 丁长青, 楚国忠. 2003. 朱鹮繁殖期的活动区和栖息地利用. *动物学报*, 49(6): 755–763.
- 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.
- 邱国强, 付春正, 张睿灿, 等. 2020. 朱鹮圈养种群与野外重引入种群行为差异研究. *野生动物学报*, 41(2): 376–386.
- 史东仇. 1989. 朱鹮的繁殖习性. *动物学研究*, 10(4): 327–331.
- 史东仇, 曹永汉. 2001. *中国朱鹮*. 北京: 中国林业出版社.

史东仇, 于晓平, 路宝忠, 等. 1991. 朱鹮雏鸟的生长发育与行为的研究. 西北大学学报: 自然科学版, 21(增刊): 15-24.

王华强. 2016. 陕西铜川再引入朱鹮的繁殖状况. 四川动物, 35(3): 471-474.

王莉. 2013. 陕西宁陕朱鹮 (*Nipponia nippon*) 再引入种群的育雏行为初步研究. 西安: 陕西师范大学硕士学位论文.

王淑卿, 杨荷芳, 王德成. 1985. 朱鹮幼鸟的生长发育. 野生动物, (3): 32-34.

王子健, 高明, 吕洪伟, 等. 2022. 北戴河朱鹮野化训练种群的繁殖和婚外配. 动物学杂志, 57(3): 359-367.

吴杰. 2018. 河南董寨朱鹮 (*Nipponia nippon*) 再引入种群的繁殖生态学研究. 新乡: 河南师范大学硕士学位论文.

翟天庆, 卢西荣, 路宝忠, 等. 2001. 朱鹮的营巢、产卵、孵卵和育雏. 动物学报, 47(5): 508-511.

(上接第 340 页)



图 1 千岛湖白化乌鸫形态

Fig. 1 The albino Chinese Blackbird in the Thousand Island Lake

用血液样本提取 DNA, 扩增 *Cyt b* 与 *COI* 基因片段 (片段长度均约 1 200 bp)。将所得序列在 GenBank 中进行比对并提交 (序列号 2409282), 判定其为乌鸫个体。同时, 在进行血液寄生虫鉴定后, 判定其感染了千岛湖地区乌鸫中感染率很高 (70.59%) 的 TUCHR01 疟原虫 (*Plasmodium*)。

致谢 感谢北京师范大学生命科学学院在寄生虫鉴定工作中给予的指导, 以及本实验室刘娟、金挺浩、司琪等在鸟类环志工作中的帮助。感谢淳安县林业局对环志工作的支持, 特此致谢!

韩雨潇 吴强 丁平*

浙江大学生命科学学院 杭州 310058