

陕西汉中朱鹮在输电铁塔上的 营巢状况及保护建议

王超^① 闫鲁^① 高洁^① 曾键文^① 刘冬平^{②*}

^① 陕西汉中朱鹮国家级自然保护区管理局 洋县 723300;

^② 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业和草原局森林保护学重点实验室 北京 100091

摘要: 随着高压输电线路的日益增多, 鸟类在输电铁塔上的营巢现象日益普遍, 其在鸟类保护中的作用以及对输电线路的影响是备受关注的课题。自 2018 年首次在陕西省汉中市西乡县发现野生朱鹮 (*Nipponia nippon*) 在高压输电铁塔上营巢以来, 至 2020 年累计在 4 个铁塔上统计到 7 个营巢记录。铁塔巢址通常比树巢更高 [(16.3 ± 7.2) m, $n = 4$], 距离干扰源如机动车道 [(140 ± 66) m, $n = 4$] 和居民点 [(162 ± 95) m, $n = 4$] 较近, 距离觅食稻田较远 [(235 ± 79) m, $n = 4$]。铁塔巢址的繁殖生产力为 2.3 ± 0.5 ($n = 6$), 显著高于树巢, 其原因可能是铁塔巢址较为稳固, 不易被大风损毁, 且天敌危害较少。由于铁塔巢址周边适于营巢的乔木较多, 因而这种异常的营巢现象并非源于天然营巢树木的缺乏。对 1 只铁塔巢址出生的个体进行了卫星跟踪, 表明其第 1 年的扩散距离为 2.0 km, 小于树巢出生的个体, 而且其活动核心区覆盖了巢址和 3 条输电线路; 第 2 和第 3 年的活动核心区分别向外扩散 15.5 km 和 15.3 km, 但夏季仍有约 1 个月的时间返回出生巢址附近。可见这些个体对铁塔和输电线路这种特殊的出生地有较深的印记, 今后选择在铁塔上营巢的可能性较高。根据近年来朱鹮在铁塔上的营巢记录和巢址的重复使用情况, 我们认为这一异常营巢行为并非偶然个例, 今后会有逐年增加的趋势, 可能会对电网安全造成潜在风险。2018 年的一个铁塔巢址造成输电线路的跳闸后, 幼鸟被成功转移至旁边弃用的喜鹊 (*Pica pica*) 巢中并顺利出飞, 这为类似情况的应对处理提供了可行的参考。此外, 建议在野生朱鹮分布区的高压输电铁塔的安全位置安装人工栖架和人工巢筐, 既可以满足朱鹮的繁殖需求, 又能减少对输电线路的危害。

关键词: 朱鹮; 输电线路; 输电铁塔营巢; 繁殖生产力; 印记

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2020) 06-712-08

Status of Pylon-nesting of Crested Ibis (*Nipponia nippon*) with Conservation Suggestions in Hanzhong of Shaanxi Province, China

WANG Chao^① YAN Lu^① GAO Jie^① ZENG Jian-Wen^① LIU Dong-Ping^{②*}

基金项目 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所科研发展专项 (No. 99811-2020), 国家林业和草原局野生动植物保护专项 (No. 2130211-19-408/090) ;

* 通讯作者, E-mail: dpliu@caf.ac.cn;

第一作者简介 王超, 男, 高级工程师; 研究方向: 野生动物保护; E-mail: crestedibis@163.com。

收稿日期: 2020-06-23, 修回日期: 2020-09-09 DOI: 10.13859/j.cjz.202006004

① Shaanxi Hanzhong Crested Ibis National Nature Reserve, Yangxian 723300;

② Key Open Laboratory of Forest Protection of National Forestry and Grassland Administration,

Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Abstract: As the increasing of power transmission lines, pylon-nesting is widespread all over the world, resulting in major concern on its contribution on bird conservation and the adverse impacts on power grid. In this paper, we investigated the pylon-nesting performance of the endangered Crested Ibis (*Nipponia nippon*) in Shaanxi Province, China. We also analyzed the impacts of pylon-nesting on the post-juvenile movement as revealed by GPS tracking, and presented suggestions to improve the safety of pylon-nesting birds and power grid. Since the first pylon-nesting of Crested Ibis discovered in Xixiang County of Shaanxi Province in 2018, a total of 7 pylon-nesting attempts on 4 pylons have been recorded till 2020 (Table 1, Fig. 1, Fig. 2a, b). Compared to tree-nests, pylon-nests were relatively higher (16.3 ± 7.2 m, $n = 4$), closer to human disturbance, such as motorway (140 ± 66 m, $n = 4$) and settlements (162 ± 95 m, $n = 4$), and farther from paddy fields (235 ± 79 m, $n = 4$), the dominating feeding habitat. The breeding productivity of pylon-nests averaged 2.33 ± 0.52 ($n = 6$), much higher than that of tree-nests. It is probably because pylon-nests are more resistant to strong wind and less accessible for natural enemies such as Siberian Weasel (*Mustela sibirica*) and snakes (Fig. 2e). Given there were many unoccupied nesting trees available nearby, we suggest the pylon-nesting of Crested Ibis is not derived from competition of limited natural nesting resources. GPS tracking of one pylon-nest born individual revealed a much shorter post-juvenile dispersal distance (2.0 km) than that of tree-nest born individuals, and the core home range in the first year covered the natal site and three power lines (Fig. 3); In the second and third year, although the bird made significant dispersal (15.5 km and 15.3 km, respectively), it still regularly returned to natal site and stayed nearly one month during summer. This indicated a deep imprint of the pylon-nest born Crested Ibis on its special natal habitat and might consequently leading to a higher possibility of nesting on pylon in the future. Based on the pylon-nesting records and the high reuse rate of pylon-nests during 2018 - 2020, we suggest pylon-nesting of Crested Ibis is not an occasional phenomenon, and might increase by year in the future and cause potential risk on the power grid security. The pylon-nesting of Crested Ibis once caused short circuit in May 2018, and the nestlings were successfully moved to an abandoned nest of Common Magpie (*Pica pica*) on the same pylon (Fig. 2b - d) and fledged later, which provided a feasible conservation measure. We also suggest to install perching frames and artificial nests on pylon beneath power line so as to both provide safety nest sites for Crested Ibis and reduce the damage to power line.

Key words: *Nipponia nippon*; Power line; Pylon-nesting; Breeding productivity; Imprint

自 20 世纪以来, 高压输电线路日益增多, 成为地表重要景观。一般认为, 输电线路会造成鸟类撞击和触电死亡 (Bevanger 1998, Loss et al. 2014), 或通过电磁场对鸟类的行为、繁殖成功率、生长发育、生理和内分泌等产生负面影响 (Ferne et al. 2005)。然而, 近年来有研究表明, 输电线路有时可为鸟类提供必要的栖

息场所, 从而提高区域内的鸟类物种多样性 (Tryjanowski et al. 2014)。特别是输电铁塔可以为一些巢址资源匮乏的大型濒危鸟类如东方白鹳 (*Ciconia boyciana*) 和猛禽等提供营巢场所 (Meyburg et al. 1996, 何芬奇等 2008), 从而对这些物种的保护起到积极的作用。另一方面, 鸟类在输电铁塔上营巢常导致输电设备

的损坏和输电线短路,从而引发鸟类保护与电网安全之间的矛盾冲突,成为备受关注的课题(Frazier 2001)。

朱鹮(*Nipponia nippon*)是国际濒危鸟类,我国 I 级重点保护野生动物。朱鹮野生种群主要分布在陕西秦岭南麓汉江盆地的平原丘陵地带,在高大乔木上营巢繁殖(丁长青 2004)。自 2018 年以来,在陕西省西乡县陆续发现野生朱鹮在高压输电线路铁塔上营巢,其中 1 巢还造成了输电线路短路。本文分析了 2018 至 2020 年间朱鹮在输电铁塔上的营巢记录及繁殖成功率,以及输电铁塔巢址出生个体的活动区与输电线路的空间关系,并报道了 1 巢引发输电线路短路后的应对措施。针对朱鹮这种逐年增多的输电铁塔营巢现象及其可能对输电线路造成的危害,我们提出了相关保护建议。

1 研究方法

1.1 研究地点

研究区域位于陕西汉中朱鹮国家级自然保护区及其周边地区,主要涉及洋县、城固县、西乡县和汉中市汉台区等地(106°41' ~ 108°01' E, 32°55' ~ 33°38' N)。该区域位于秦岭南坡的中低山和丘陵平原地带,海拔 400 ~ 1 200 m,属暖温带至北亚热带的过渡气候。植被以针叶林、暖温带落叶阔叶林、北亚热带常绿阔叶林和落叶阔叶混交林为主;境内分布着众多的河流、水库、鱼塘和水田,是野生朱鹮的主要繁殖地。

1.2 输电铁塔营巢调查监测

2018 年至 2020 年的繁殖期(3 至 6 月份),陕西汉中朱鹮国家级自然保护区管理局与研究区内的电力部门联合开展朱鹮繁殖调查,在电力部门进行高压输电线路常规巡查的同时,调查朱鹮在铁塔上的营巢状况。如果在铁塔上发现大型鸟巢,并观察到朱鹮在周边的绕飞行为,或者听到朱鹮交配时发出的高亢鸣声,则记录该铁塔为朱鹮的疑似巢址,并及时向保护区报告。

接收到朱鹮在铁塔上疑似营巢信息后,保护区立即进行实地核实。使用无人机(大疆精灵 4)摄像确认为朱鹮巢址后,记录卵和雏鸟的数量,估算雏鸟的日龄,并拍摄周边的栖息环境。使用 GPS 记录巢址的经纬度,使用激光测距仪(蔡司 8 × 26)测量铁塔和巢址的高度,以及与觅食地和干扰源的距离。在幼鸟出飞前(40 日龄左右)再次进行核查,确认此巢育成幼鸟的数量,即为该繁殖对的繁殖生产力(breeding productivity)。

1.3 卫星跟踪及数据分析

2018 年 5 月 17 日对铁塔营巢出生的 2 只朱鹮幼鸟进行了环志。此时幼鸟约 25 ~ 30 日龄,活动能力较弱。两名电工爬上铁塔,使用手抄网捕捉幼鸟,装进鸟袋后用绳索吊下;保护区监测人员在地面立即对 2 只幼鸟进行身体指标测量和环志,并使用背负式的方法为其中较大的 1 只个体佩戴了卫星发射器(湖南环球信士科技有限公司,型号 HQBG3621S,发射器及背带重 25 g,约占幼鸟出飞时体重的 1.8%),而后立即送回原巢。将这只幼鸟出飞后至 2020 年 6 月 13 日期间的卫星定位点数据导入 ArcView GIS 3.3 (Environmental Systems Research, Redlands, California)生成点图层,使用动物运动模块(Animal movement extension)中的核密度法(Kernel)生成每一年的活动区(90% Kernel 法)和活动核心区(50% Kernel 法),并与巢址和研究区内的输电线路进行叠加。使用 Xtool 模块计算卫星跟踪个体的核心区质心(活动区的几何重心)到巢址的距离,定义为朱鹮的扩散距离;若有多个核心区则分别计算距离后取平均值。计算活动区边缘距输电线路的距离,以此衡量两者的空间关系,评估铁塔营巢对出生个体活动状况的影响。

2 结果

2.1 营巢特征及繁殖生产力

2018 年首次记录到朱鹮在输电线路铁塔上营巢(表 1,图 1)。2018 至 2020 年,共记

表 1 朱鹮在铁塔上的营巢记录

Table 1 Pylon-nesting records of Crested Ibis

巢址编号 Nest No.	铁塔类型 Pylon type	塔高 Pylon height (m)	巢高 Nest height (m)	最近稻田的距离 Distance to nearest paddy field (m)	最近居民点的距离 Distance to nearest settlement (m)	最近机动车道的距离 Distance to nearest motorway (m)	年份 Year	出飞幼鸟数 No. fledglings
1	110 kV 输电铁塔 110 kV electricity pylon	25	23	140	300	150	2018	2
2	35 kV 输电铁塔 35 kV electricity pylon	25	10	300	100	50	2018	3
							2019	2
							2020	3
3	110 kV 输电铁塔 110 kV electricity pylon	25	10	200	150	150	2019	2
							2020	2
4	移动通讯铁塔 Mobile communication tower	30	22	300	100	210	2020	—*
平均值 Mean ± SD			16.3 ± 7.2	235 ± 79	162 ± 95	140 ± 66		2.33 ± 0.52

* 产卵前弃巢。* Nest abandoned before egg laying.

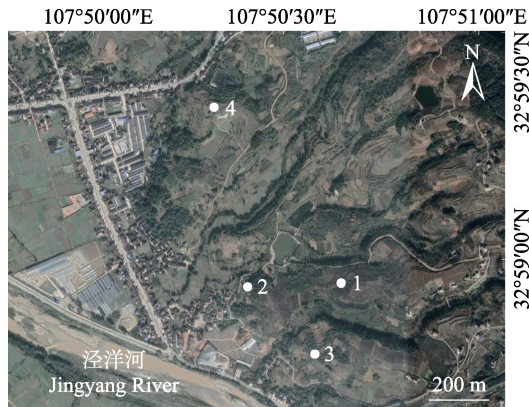


图 1 朱鹮输电铁塔巢址的位置及景观

Fig.1 The location of pylon-nest sites of Crested Ibis and the landscape

图中数字代表巢址编号, 参见表 1。

The figure represents nest No. as shown in table 1.

录到 4 个铁塔巢址, 均位于陕西省西乡县堰口镇古城村, 其中 3 个为输电铁塔, 1 个为移动通讯铁塔(表 1)。营巢铁塔均位于丘陵地带的旱地农田之中, 周边有乔木、灌丛和稻田(图 1, 图 2a)。距稻田最近距离为(235 ± 79) m, 距居民点最近距离为(162 ± 95) m, 距机动车道最近距离为(140 ± 66) m ($n = 4$)。外围 1 km 左右则分布着村落和泾洋河。3 年间在

上述 4 个巢址共营巢 7 巢, 其中, 1 巢连续利用 3 年, 另 1 巢连续利用 2 年。巢位于铁塔的中段或高段横梁, 高(16.3 ± 7.2) m ($n = 4$)。7 巢中有 1 巢在产卵前弃巢, 另外 6 巢繁殖成功, 繁殖生产力 2.3 ± 0.5。

2.2 铁塔营巢对输电线路和出生个体的影响

2018 年的其中 1 巢正好位于输电线路的正上方(图 2b), 朱鹮排泄的粪便及巢材于 5 月 5 日造成了输电线路短路。经陕西汉中朱鹮国家级自然保护区管理局与当地电力部门协调, 于 5 月 6 日(雏鸟约 20 日龄) 13:08 ~ 13:25 时由电工上塔处理。由于朱鹮巢搭建于防鸟刺上(图 2b)难以整体挪动, 因而将 2 只雏鸟平移至同一横梁上约 3 m 外的废弃喜鹊(*Pica pica*)巢中(图 2b ~ d)。朱鹮原巢则进行了拆除处理, 但将其内衬取出垫放于喜鹊巢中(图 2c)。

后续观察发现, 朱鹮成鸟于 13:38 时返回, 在附近横梁上观察约 12 min 后飞走; 17:06 时, 成鸟返回至废弃喜鹊巢给幼鸟喂食, 行为活动表现正常。

2018 年 5 月 17 日, 为移巢后的 1 只幼鸟佩戴了卫星发射器, 定位数据显示, 幼鸟于 5 月 27 日顺利离巢出飞。在出飞后的第 1 年, 此朱鹮个体的扩散距离为 2.0 km, 其活动核心区



图 2 朱鹮在输电铁塔上的营巢状况及 1 例人为巢址变更

Fig. 2 The pylon-nesting of Crested Ibis and the artificial shift of one pylon-nest

a. 输电铁塔及周边环境; b. 朱鹮巢位于输电线路 (蓝色箭头所示) 正上方, 粪便和巢材导致输电线路短路; 红色箭头指示一个废弃的喜鹊 (*Pica pica*) 巢; c. 电工将朱鹮幼鸟移至旁边废弃的喜鹊巢 (红色箭头所示) 中, 原朱鹮巢被拆除 (蓝色箭头所示), 但朱鹮巢的内衬 (黄色箭头所示) 被取下并垫放于喜鹊巢中; d. 移巢后的雏鸟; e. 铁塔不利于朱鹮天敌的攀爬, 且存在触电风险, 图示 1 只触电死亡的王锦蛇 (*Elaphe carinata*)。

a. Electricity pylon and the surroundings; b. The Crested Ibis nest was just above the power line (indicated by blue arrow) and the droppings and nest materials caused short circuit; red arrow indicating an abandoned nest of Common Magpie (*Pica pica*); c. The nestlings were moved into the abandoned magpie nest (indicated by red arrow); the original Crested Ibis nest was artificially removed (indicated by blue arrow), but the lining (indicated by yellow arrow) was taken down and put into the magpie nest later; d. The nestlings after being moved into magpie nest; e. Pylon is less accessible for the natural enemies of Crested Ibis, illustrated by an electrocuted Stink Rat Snake (*Elaphe carinata*).

覆盖了营巢铁塔并横跨 3 条输电线路 (图 3), 表明这只朱鹮对出生环境依赖度较高。出飞的第 2 年和第 3 年, 此朱鹮从出生地分别扩散了 15.5 km 和 15.3 km, 但核心区离输电线路仅有 3.4 km 和 3.0 km, 且两年的夏季均有一段时间 (2019 年 6 月 21 日至 7 月 12 日和 2020 年 5 月 16 日至 6 月 13 日) 扩散返回出生巢址附近活动, 形成稳定的活动区 (图 3)。

3 讨论

3.1 在铁塔上营巢的原因及优缺点

已有研究报道过一些濒危鸟类如东方白鹳 (侯银续等 2007, 何芬奇等 2008)、鸮 (*Pandion haliaetus*, Meyburg et al. 1996) 等因缺少营巢树而选择在高压输电铁塔上繁殖, 有的繁殖成功率有所提高, 有的则受到较为严重

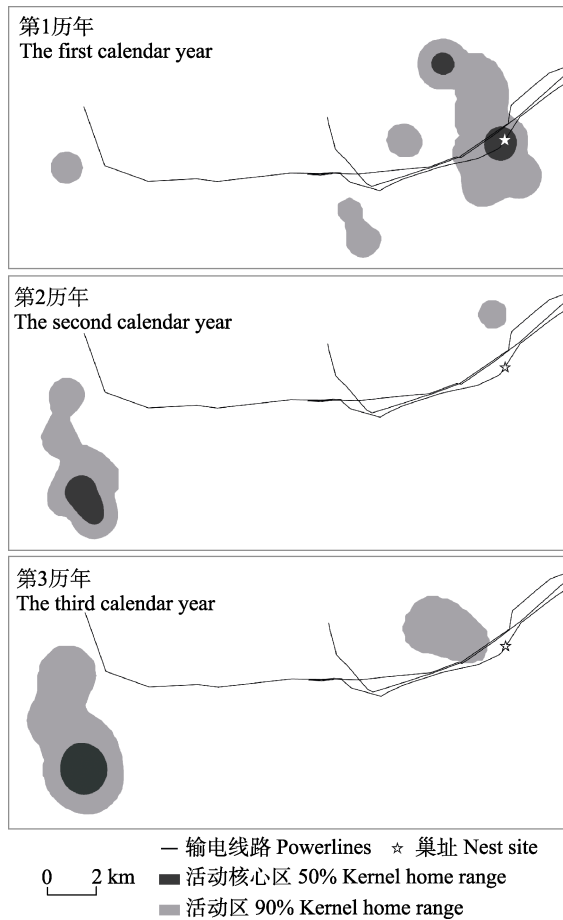


图3 1只铁塔繁殖后代出飞后不同年份的活动区与巢址和输电线路的空间关系

Fig. 3 The spatial relationship between home range of a pylon-nest born Crested Ibis and the pylon-nest and power lines in different year after fledged

的人为干扰和不良影响。目前尚无证据表明朱鹮选择在铁塔上营巢与天然巢树资源缺乏相关, 本研究区域铁塔巢址周边 200 m 内即分布有适于营巢的高大乔木, 如榆树 (*Ulmus pumila*)、泡桐 (*Paulownia fortunei*) 和松树 (*Pinus* spp.) 等 (图 2a)。铁塔巢址所在乡镇未发现朱鹮营其他类型巢, 表明这一异常营巢行为很可能并非源于树巢密度过高或环境容纳量饱和。从连续数年的繁殖记录以及铁塔巢址的重复使用来看, 朱鹮在铁塔上营巢并非偶然的个案, 今后可能逐年增多。

与树巢相比 (刘冬平 2002), 铁塔巢址相对较高 (16.3 m 对比 12.2 m), 距稻田较远 (235 m 对比 105 m), 距居民点 (162 m 对比 196 m) 和机动车道 (140 m 对比 239 m) 较近。与 1981 至 2004 年和 2006 至 2014 年野生朱鹮树巢的平均繁殖生产力 (1.87, Yu et al. 2006, Liu et al. 2020) 相比, 铁塔营巢的繁殖生产力 (2.3) 较高。究其原因, 铁塔营巢具备树巢所没有的一些优点, 如较为稳固, 不易被大风损毁; 与此形成对比, 仅在 2017 年就有 9 只幼鸟因大风从树巢坠落。此外, 在铁塔上营巢, 朱鹮幼鸟和卵遭受天敌如黄鼬 (*Mustela sibirica*) 和蛇类的危害较少, 一是因为铁塔巢址较高不易接近, 二是铁塔不利于攀爬, 三是天敌动物在攀爬过程中容易触电死亡。我们在野外调查时就曾在铁塔上发现一只遭电击致死的王锦蛇 (*Elaphe carinata*) (图 2e)。另一方面, 铁塔营巢也存在一些不利因素, 主要是缺乏树巢的遮荫和隐蔽条件, 幼鸟会暴露在夏季高温和雷雨之下, 同时也可能更容易被猛禽发现而遭受袭击。此外, 朱鹮营巢的输电铁塔上常有喜鹊营巢。例如, 1 号巢旁边有 1 个废弃的喜鹊巢 (图 2b), 2 号巢 (全部 3 个繁殖年度) 和 4 号巢旁均有喜鹊正在营巢。喜鹊的伴生营巢对朱鹮的繁殖可能存在潜在的干扰, 但也有利于共同防御猛禽等天敌的危害。从繁殖成效来看, 铁塔营巢的优点更加明显。但本研究的铁塔巢址和营巢数量样本量较少, 相关统计结果可能存在一定的误差, 有待于今后进一步评估。

3.2 铁塔营巢对出生个体活动状况的影响

朱鹮幼鸟通常出飞 2 ~ 3 个月后逐渐摆脱亲鸟的照顾而独立生活, 并从出生地扩散至一定距离外 [(20.3 ± 7.0) km] 活动和越冬 (Yu et al. 2010)。然而本文对 1 只铁塔巢址出生幼鸟的卫星跟踪表明, 其第 1 年的扩散距离显著小于树巢出生的个体, 其活动核心区甚至覆盖了巢址和输电线路; 第 2 和第 3 年发生了显著扩散, 但在夏季仍有一段时间返回出生地活动。由此可见, 与树巢不同, 铁塔繁殖出生的朱鹮

对于铁塔这类特殊的出生地有着较深的印记 (imprint), 可能会影响今后的活动范围和巢址选择, 这在其他一些鸟类中也有类似发现 (Sokolov et al. 2004)。由此可以推测, 铁塔繁殖出生的个体今后有较大可能选择在铁塔上营巢, 随着时间的推移朱鹮的铁塔巢址会逐渐增多。如何采取适宜的措施确保这些个体顺利繁殖和电网的安全运行, 是当地朱鹮保护部门与电力部门今后共同面临的一个重要课题。

3.3 铁塔营巢对输电线路的影响及防护措施

鸟类对高压输电线路造成的损害远高于其他动物类群, 鸟类活动引起的线路跳闸次数仅次于雷害和外力破坏 (Frazier 2001)。其中, 鸟类在输电线路杆塔上营巢的危害尤为严重, 会对输电线路等设备造成不良影响, 甚至危害电网的安全运行, 主要表现为: (1) 鸟类在输电线路以及设备上筑巢, 排便、掉落的巢材和食物会污染瓷瓶, 降低外绝缘强度, 甚至造成绝缘子闪络; (2) 鸟类营巢会吸引更多天敌动物攀爬输电线路杆塔, 从而造成线路短路和跳闸现象 (师飘 2017)。一旦造成故障, 会导致长时间的供电延迟和经济损失。

另一方面, 输电线路和杆塔对鸟类的正常活动也有很大影响, 常造成鸟类撞击和触电死亡 (Bevanger 1998, Loss et al. 2014, Harness et al. 2015)。特别是在输电铁塔上营巢会导致鸟类频繁进出输电线路架构, 增加撞击和触电风险。据陕西汉中朱鹮国家级自然保护区的不完全统计, 2015 至 2018 年累计记录到与输电线路相关的朱鹮死亡案例 12 例, 其中, 撞击输电杆塔致死 5 例, 撞击电线致死 3 例, 触电死亡 4 例。这些个体中除了 1 只成鸟和 1 只亚成鸟外, 其余 10 只全部为幼鸟, 表明个体的经验在避免输电线路撞击中可能发挥着重要作用。此外, 每年还有一定数量的朱鹮个体因撞击输电线路而受伤。由此可见, 输电线路对朱鹮种群的影响颇为可观。

为了缓解鸟类保护与电网安全之间的冲突, 目前主要通过安装驱鸟设备 (如风轮、超

声波驱鸟器等) 和防护设备 (如防鸟罩、防鸟刺等) 来减少鸟类在输电线路上的停歇和营巢 (Guo 2006)。也有报道通过在铁塔上安装诱导设备, 如安装人工栖架和人工巢筐, 来降低鸟类停歇和繁殖对输电线路的危害 (李进荣 2014)。安装诱导设备是指在铁塔导线之下的安全位置安装可供鸟类停栖和营巢的架构, 并安放人工巢筐, 这样既可满足鸟类的繁殖需求, 又能防止对输电线路的危害, 是朱鹮分布区可以借鉴的有效保护措施。此外, 研究表明, 当鸟类特别是濒危鸟类已在铁塔敏感部位营巢, 甚至造成线路跳闸时, 在科学指导下进行巢或幼鸟的位移, 也是一种切实可行的措施。

致谢 国网汉中供电公司在朱鹮输电铁塔营巢调查及开展相关保护活动过程中给予了大力支持, 特此致谢。

参 考 文 献

- Bevanger K. 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biology Conservation*, 86(1): 67–76.
- Fernie K J, Reynolds S J. 2005. The effects of electromagnetic fields from power lines on avian reproductive biology and physiology: a review. *Journal of Toxicology & Environmental Health Part B: Critical Reviews*, 8(2): 127–140.
- Frazier S D. 2001. Birds, Substations, and Transmission // IEEE. Power Engineering Society Winter Meeting Conference Proceedings. Columbus: IEEE, 355–358.
- Guo W Y. 2006. Preventing measures of bird interference with transmission lines and substation equipment in US. *Electric Power*, 39(8): 82–84.
- Harness R E, Juwadi P R. 2015. Preventing bird electrocutions: alternative construction methods could help birds and utilities. *IEEE Industry Applications Magazine*, 21(3): 22–26.
- Liu D, Zhang G, Wang C, et al. 2020. Breeding variation in a reintroduced Crested Ibis *Nipponia nippon* population in central China. *Pakistan Journal of Zoology*, 52(4): 1595–1598.
- Loss S R, Will T, Marra P P. 2014. Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the United

- States. PLoS One, 9(7): e101565. doi:10.1371/journal.pone.0101565.
- Meyburg B U, Manowsky O, Meyburg C. 1996. The Osprey in Germany: its adaptation to environments altered by man // Mird D M, Varland D E, Negro J. Raptors in Human Landscapes. London: Academic Press, 125–135.
- Sokolov L, Chernetsov N, Kosarev V, et al. 2004. Spatial distribution of breeding Pied Flycatchers *Ficedula hypoleuca* in respect to their natal sites. *Animal Biodiversity & Conservation*, 27(1): 355–356.
- Tryjanowski P, Sparks T H, Jerzak L, et al. 2014. A paradox for conservation: electricity pylons may benefit avian diversity in intensive farmland. *Conservation Letters*, 7(1): 34–40.
- Yu X, Liu N, Xi Y, et al. 2006. Reproductive success of the Crested Ibis *Nipponia nippon*. *Bird Conservation International*, 16(4): 325–343.
- Yu X, Xi Y, Lu B, et al. 2010. Postfledging and natal dispersal of Crested Ibis in the Qinling Mountains, China. 2010. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122(2): 228–235.
- 丁长青. 2004. 朱鹮研究. 上海: 上海科技教育出版社, 47–53.
- 何芬奇, 田秀华, 于海玲, 等. 2008. 略论东方白鹳的繁殖分布区域的扩展. *动物学杂志*, 43(6): 154–157.
- 侯银续, 周立志, 杨陈, 等. 2007. 越冬地东方白鹳的繁殖干扰. *动物学研究*, 28(4): 344–352.
- 李进荣, 黄洪辉, 顾浩, 等. 2014. 输电线路鸟巢故障分析及防范措施. *中国高新技术企业*, 21(28): 145–147.
- 刘冬平. 2002. 朱鹮 (*Nipponia nippon*) 的栖息地需求与再引入的初步研究. 北京: 中国林业科学研究院硕士学位论文, 19–32.
- 师飘. 2017. 输电线路鸟巢的监测算法研究. 北京: 北京交通大学硕士学位论文, 1–4.

《动物学杂志》第十二届编辑委员会

名誉主编: 马 勇

主 编: 宋延龄

副 主 编: 赵 勇 彭景榧 孙悦华 梁 冰 (常务)

编 委: (以姓氏笔画为序)

丁长青 马 勇 马志军 马建章 王德华 计 翔 石树群 边疆晖 刘迺发

孙青原 孙悦华 宋延龄 宋林生 宋昭彬 张正旺 张明海 张春光 张树义

张堰铭 李 明 李枢强 李保国 李春旺 李新正 杨增明 陈广文 宛新荣

郑光美 费 梁 赵 勇 赵亚辉 夏国良 徐宏发 桂建芳 梁 冰 彭贤锦

彭景榧 曾治高 蒋志刚 蒋学龙 谢 锋 戴家银 魏辅文

编 辑: 梁 冰