



• 研究报告 •

研究活动是否影响鸟类的巢存活率?——以红头长尾山雀为例

胡骞¹, 文野^{1,2}, 吕磊³, 王鹏程⁴, 李建强^{1*}, 徐基良^{1*}

1. 北京林业大学生态与自然保护学院, 北京 100083; 2. 湖南环境与生物职业技术学院, 湖南衡阳 421005; 3. 南方科技大学环境科学与工程学院, 广东深圳 518055; 4. 南京师范大学生命科学学院, 南京 210023

摘要: 研究活动(如查巢和视频拍摄)对鸟类巢存活率的影响一直受到关注。近年来的研究虽然已表明这种影响较小, 但以往研究多以开放巢或洞巢鸟类为研究对象, 对营球形巢的鸟类研究较少。为探究研究活动对营球形巢鸟类巢存活率的影响, 本文以营球形巢的红头长尾山雀(*Aegithalos concinnus*)为研究对象, 利用2011–2018年在河南董寨国家级自然保护区采集的监测数据, 分析了研究者的查巢及视频拍摄活动对其卵期(产卵期及孵卵期)和育雏期的巢日存活率的影响。结果显示, 无论是在卵期($n = 215$ 巢)还是在育雏期($n = 200$ 巢), 红头长尾山雀巢的日存活率与查巢或视频拍摄活动均无显著相关性, 亦不随巢高或巢日龄显著变化。但是, 红头长尾山雀卵期的巢日存活率与产卵日期呈显著的负相关关系, 即产卵日期越晚, 日存活率越低。与此相似, 其育雏期的巢日存活率与雏鸟出壳日期也呈显著的负相关关系, 即出壳日期越晚, 巢的日存活率越低。本研究结果表明, 研究活动不会显著影响营球形巢的红头长尾山雀的巢存活率。尽管如此, 本文仍建议科研人员应注意研究活动可能对研究对象造成的潜在影响, 并尽可能地避免或降低这种影响。

关键词: 查巢; 巢捕食; 巢存活率; 红头长尾山雀; 研究干扰

胡骞, 文野, 吕磊, 王鹏程, 李建强, 徐基良 (2023) 研究活动是否影响鸟类的巢存活率?——以红头长尾山雀为例. 生物多样性, 31, 22570. doi: 10.17520/biods.2022570.

Hu Q, Wen Y, Lv L, Wang PC, Li JQ, Xu JL (2023) Does research activity affect nest survival of birds? A case study on the black-throated tit (*Aegithalos concinnus*). Biodiversity Science, 31, 22570. doi: 10.17520/biods.2022570.

Does research activity affect nest survival of birds? A case study on the black-throated tit (*Aegithalos concinnus*)

Qian Hu¹, Ye Wen^{1,2}, Lei Lv³, Pengcheng Wang⁴, Jianqiang Li^{1*}, Jiliang Xu^{1*}

1 School of Ecology and Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083

2 Hunan Polytechnic of Environment and Biology, Hengyang, Hunan 421005

3 School of Environmental Science and Engineering, Southern University of Science and Technology, Shenzhen, Guangdong 518055

4 School of Life Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210023

ABSTRACT

Aims: The effects of research-related activity (i.e. nest visit and video-filming) on the nest survival of birds has always been of concern. Although recent studies have suggested that the effects are limited, most of these studies were conducted on birds building either open or cavity nests; however, studies demonstrating the effects of research-related activities on species building dome nests remain scarce. To explore the effects of researcher activities on the nest survival of birds building dome nests, we investigated whether researcher-related activities, including nest visit and video-filming, affected the daily nest survival rate of black-throated tit (*Aegithalos concinnus*).

Methods: Data were collected in the Dongzhai National Nature Reserve of Henan Province between 2011 and 2018 and were analyzed for black-throated tits' egg stage (egg-laying and egg-incubation) and nestling stage, respectively. Nest survival analyses were performed using the RMark in R.

收稿日期: 2022-10-06; 接受日期: 2022-12-28

基金项目: 国家自然科学基金(31970421; 31472011; 31101644)

* 共同通讯作者 Co-authors for correspondence. E-mail: lijianqiang@bjfu.edu.cn; xujiliang@bjfu.edu.cn

<https://www.biodiversity-science.net>

Results: The analysis of egg-laying stage ($n = 215$ nests) showed that neither researchers' nest visit nor video-filming activities had a significant effect on the daily nest survival rate of black-throated tits. Similar results were obtained for the nestling stage ($n = 200$ nests); nest visit and video-filming did not significantly affect the daily nest survival rate of black-throated tits. Furthermore, the daily nest survival rate was not affected by nest height or nest age, but decreased significantly with the increase of egg-laying date at the egg stage and with the increase of hatching date at the nestling stage.

Conclusion: Our results indicate that research-related activities do not have a significant impact on bird nest survival and are consistent with the findings of similar studies. Although research-related effects on bird nests are limited, researchers should still consider the potential impact of research activities on their research objective.

Key words: nest visit; nest predation; nest survival; *Aegithalos concinnus*; research disturbance

人类干扰已成为全球生物多样性丧失的重要原因之一(Rosenberg et al, 2019)。在开展野生动物研究时的活动作为一种人为干扰形式, 其对野生动物的影响也得到许多关注(Orzechowski et al, 2019)。在鸟类繁殖生态学研究, 研究者为了获取鸟类的产卵日期、窝卵数、窝雏数等信息(Bi et al, 2020), 常常需要频繁接近甚至触碰鸟巢。这些活动是否会影响鸟类的繁殖成功率一直是人们关心的问题。

以往研究认为, 研究者的查巢活动会对鸟类的巢存活率产生负面影响(Götmark, 1992; Gutzwiller et al, 2002; Carey, 2009), 这主要是因为: (1)查巢过程破坏巢周围植被, 使巢暴露给天敌; (2)一些研究在巢附近架设相机对巢进行拍摄, 干扰了鸟类的正常活动; (3)人类接近巢时会惊飞亲鸟, 并将巢内的卵或雏鸟暴露给天敌, 增加被捕食的风险; (4)研究者可能在巢附近留下痕迹(如气味或被踩踏出来的路径等), 从而增加吸引天敌的风险。然而, 一项利用荟萃分析(meta-analysis)的研究发现, 研究者的查巢活动对鸟类的繁殖成功率整体无显著影响, 甚至有研究发现具有积极影响(Ibáñez-Álamo et al, 2012)。在此之后, 越来越多的研究也发现查巢活动对鸟类繁殖成功率的影响较小(Gibson et al, 2015; Gressler & Marini, 2015; Hu et al, 2020)。另外, 多数研究发现相机拍摄巢不仅不会影响鸟类的繁殖成功率, 甚至可能会降低鸟类的巢捕食率(Richardson et al, 2009; Salewski & Schmidt, 2020)。因为对一些捕食者来说, 相机是陌生物体且可能会反光, 所以会避免靠近(Richardson et al, 2009)。

虽然目前越来越多的学者认为研究活动对鸟类繁殖的负面影响较小, 但以往研究主要在营开放巢或洞巢的鸟类中开展(Ibáñez-Álamo et al, 2012; Champagnon et al, 2019)。然而, 相比于开放巢和洞

巢, 编织的球形巢面临的研究干扰和承受的巢捕食风险不同(Hu et al, 2020)。例如, 研究者查开放巢时一般不需要触碰巢, 但查球形巢时则常需要将手指伸进巢中触摸以判断卵或雏鸟是否还在巢中, 从而留下人类的气味。此外, 虽然球形巢与树洞或石缝中的洞巢具有相似的封闭性, 但洞巢的外围结构一般较为坚固而不易被捕食者破坏, 球形巢则因其一般由植物纤维等材料构成而易被捕食者破坏。对营球形巢的银喉长尾山雀(*Aegithalos glaucogularis*)的研究发现, 查巢和拍摄巢的活动对其巢存活率无显著影响(Hu et al, 2020)。然而, 除此之外未见针对其他营球形巢鸟类的此类研究。

鸟类中羽色艳丽的个体通常会面临更高的被捕食风险(Dunn et al, 2015; Bliard et al, 2020), 而研究者接近巢时可能会惊飞巢内的亲鸟或引发亲鸟报警。亲鸟的这些行为会增加其巢址被天敌发现的几率。因此, 研究者的查巢或拍摄活动对不同羽色艳丽度鸟类的巢存活率的影响可能也不同。红头长尾山雀(*Aegithalos concinnus*)与银喉长尾山雀同为长尾山雀科鸟类, 但红头长尾山雀羽毛颜色更艳丽, 其巢在受到研究活动干扰时可能承受更大的被捕食压力, 故更容易受到研究活动的影响。为此, 本研究以红头长尾山雀为研究对象, 探究研究者的查巢和视频拍摄活动对其巢日存活率的影响。

1 材料与方法

1.1 研究区域及物种

本研究于2011–2018年在河南董寨国家级自然保护区(以下简称董寨保护区)开展。该保护区位于大别山西段余脉(114°18′–114°30′ E, 31°28′–32°09′ N, 海拔100–840 m), 地处温带与亚热带过渡区域, 年均气温15.1℃, 植被主要由落叶阔叶林组成, 此外

还有针叶林、针阔混交林、竹林、灌丛等植被类型(宋朝枢和瞿文元, 1996)。

红头长尾山雀隶属雀形目长尾山雀科, 在董寨保护区内为常见留鸟。该物种在冬季集群活动, 12月底至次年2月开始营巢, 巢为球形, 一般筑于灌木、松树或柏树等植物上(Li et al, 2012)。巢外层主要由枯草、苔藓、蛛丝等编织而成, 内部填充羽毛。巢距地面可低至0.5 m以下, 也可高达10 m以上。红头长尾山雀一般于2月底至3月初开始产卵, 窝卵数以7枚居多, 并通常在产满卵当天开始孵卵, 由双亲共同承担孵卵任务, 孵卵期约为13 d。雏鸟出壳后, 双亲共同抚育, 雏鸟15日龄左右离巢(Li et al, 2012)。在董寨保护区内, 红头长尾山雀的繁殖成功率约为30%, 其筑巢期失败的原因主要为弃巢和巢被捕食者破坏, 产卵期、孵卵期及育雏期失败则主要是因为巢被捕食(Li et al, 2012)。捕食者主要为鸟类和蛇类, 一些小型哺乳动物(如黄鼬 *Mustela sibirica*)也可能是其潜在的捕食者(Li et al, 2012)。

1.2 野外数据采集

在红头长尾山雀的繁殖季, 仔细搜索研究区域并跟踪叨巢材或食物的成鸟寻找巢址。找到巢后, 记录巢址的经纬度和巢高等信息。在筑巢期一般每3–5 d查一次巢, 产卵后一般每2–3 d查一次巢, 但在邻近产首枚卵及雏鸟破壳时, 每天连续查巢以确定其首枚卵的产卵日期和雏鸟出壳日期。此外, 本研究在孵卵期或育雏期不定期在距巢至少约0.5 m处架设摄像机对成鸟的繁殖行为进行拍摄, 拍摄期间相机用迷彩布遮盖进行伪装。一般孵卵期每次拍摄约90 min, 育雏期每次拍摄约60 min。

1.3 数据处理及分析

1.3.1 数据处理

为了探究研究者活动是否会改变红头长尾山雀巢的被捕食率进而影响其巢存活率, 仅将因天敌捕食而失败的巢纳入分析。在筑巢期, 如果失败巢的巢结构没有被破坏, 则难以判断其是因天敌捕食还是因亲鸟弃巢造成, 所以本研究仅分析卵期(即产卵期和孵卵期)和育雏期两个阶段的巢。此外, 对于高度较低的巢, 每次查巢时需要以手指深入巢内轻轻试探的方式检查巢内是否有卵或雏鸟; 而对于位置较高的巢, 查巢人员则通常站在远处观察巢的外观是否完整来判断巢是否已被捕食(被鸟类和兽

类捕食时, 巢通常被撕破导致巢材散落), 所以查巢过程对位置较高的巢的干扰较为有限。由于历年野外工作中部分研究者不能触碰到巢高大于1.9 m的巢(以参与工作的人员的最低身高与臂长之和估计), 因此, 本研究选择距地面高度低于1.9 m的巢来分析研究者活动的影响。

对于在不同繁殖阶段发现的巢, 本研究在计算其被发现时的日龄的处理方式也不同。在分析卵期的巢日存活率时: (1)对于在产卵前发现的巢, 其被发现时的巢日龄为1日龄; (2)对于发现时处于产卵期的巢, 根据红头长尾山雀一般每天产1枚卵推测巢产首枚卵的日期进而计算其被发现时的巢日龄; (3)对于发现时已开始孵卵且最终孵化成功的巢, 首先基于其出壳日期, 根据红头长尾山雀产完满窝卵当天开始孵卵以及平均孵卵期长度约13 d (Li et al, 2012)来倒推其产首枚卵日期, 然后计算其被发现时的巢日龄; (4)对于在孵卵期发现但未成功孵化的巢, 因没有雏鸟出壳日期无法推测其被发现时的日龄, 这类巢未纳入分析。在分析育雏期巢日存活率时, 在雏鸟出壳前发现的巢为1日龄, 而在雏鸟出壳后发现的巢, 则通过研究人员在历年工作中积累的雏鸟大小和羽毛发育程度与日龄关系的经验, 推断雏鸟被发现时的日龄(误差 ± 1 d), 将雏鸟日龄(出壳当天为0日龄)加上1天的数值作为该巢被发现时的日龄的估计值。

每个巢的产卵日期以该巢产首枚卵的日期距当年种群中产首枚卵的日期的天数表示, 而雏鸟破壳日期则以该巢雏鸟破壳的日期距离当年种群中首只雏鸟破壳日期的天数表示。研究者的查巢和视频拍摄活动的设置如下: 存在研究者查巢的日期设为“1”, 未进行查巢的日期设为“0”; 同理, 拍摄视频的日期设为“1”, 未拍摄视频的日期为“0”(Dinsmore & Dinsmore, 2007; Hu et al, 2020)。

1.3.2 数据分析

本研究在R 4.1.3 (R Development Core Team, 2022)中利用R软件包“RMark”构建二项分布(存活设为“0”, 被捕食设为“1”)且连接函数为logit的广义线性模型(generalized linear model), 通过调用软件program MARK (Laake, 2013; Laake & Rexstad, 2019)估计红头长尾山雀的巢日存活率并分析不同因素对其巢日存活率的影响(Dinsmore et al, 2002)。

由于鸟类在卵期和育雏期面临的捕食压力可能不同(Martin et al, 2000; McDonald et al, 2009), 所以本研究将卵期和育雏期分别进行分析。模型中的协变量包括巢日龄、巢高、产卵日期或雏鸟破壳日期、年份(分类变量)、研究者的查巢活动、视频拍摄活动。

分析前, 通过构建二项分布的广义线性模型, 分别计算卵期巢高与产卵日期和年份之间以及育雏期巢高与出壳日期和年份之间的方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)以判断变量间的多重共线性。结果显示变量间的多重共线性较低($VIF < 1.3$; 一般认为大于5具有较高的多重共线性; Akinwande et al, 2015)。利用R软件包“MuMIn”中的“dredge”函数构建所有可能的模型组合, 通过AICc (Akaike information criterion corrected for small sample size)对模型进行排序(Bartoń, 2019)。参照以往研究对模型的选择标准(Touihri et al, 2017; Hu et al, 2020), 本研究认为 $\Delta AICc < 4$ 的模型具有同等支持力。若 $\Delta AICc < 4$ 的模型不止1个, 则通过R包“MuMIn”中的“mod.avg”函数对 $\Delta AICc < 4$ 的所有模型进行平均并输出模型平均结果(conditional approach)。当变量的参数估计的95%置信区间(confidence intervals)与0不重叠时认为变量具有显著效应(Zar, 2014)。

2 结果

本研究共监测了664个红头长尾山雀巢。其中, 在筑巢阶段失败的巢115个, 失败阶段未知的巢32个, 不能估计失败日期、产卵日期或出壳日期的巢26个, 因当地人活动或天气等导致失败的巢30个, 巢命运或失败原因未知的巢14个, 未获取到巢高数据的巢73个, 巢高大于1.9 m的巢108个。排除这些巢后, 最终纳入本研究分析的巢共266个。

在卵期的分析($n = 215$ 巢)中, 成功孵化雏鸟的巢共149个, 失败巢共66个。根据AICc对卵期分析的模型进行排序, 得到 $\Delta AICc < 4$ 的模型31个(附录1)。这些模型平均后的分析结果显示, 研究者的查巢和视频拍摄活动对红头长尾山雀卵期的巢日存活率皆无显著影响(表1), 但其巢日存活率与产卵日期间呈显著的负相关关系(表1, 图1a), 说明产卵越晚的巢的被捕食率越高。此外, 巢高和巢日龄对巢日存活率皆无显著影响(表1)。

在育雏期的分析($n = 200$ 巢)中, 雏鸟成功出飞的巢共120个, 失败的巢共80个。根据AICc对育雏期分析的模型进行排序, 得到 $\Delta AICc < 4$ 的模型共25个(附录1)。对这些模型进行平均, 得到平均模型(表1)。结果显示, 研究者的查巢和视频拍摄活动对红

表1 影响红头长尾山雀卵期和育雏期巢日存活率的因素的模型平均结果(效应显著的参数已加粗显示)
Table 1 Model-averaged results for factors affecting daily nest survival rate of black-throated tit at the egg and nestling stages (significant results are shown in bold)

模型参数 Model parameters	卵期阶段 Egg stage		育雏阶段 Nestling stage	
	参数估计值 Parameter estimate	95%置信区间 95% confidence interval	参数估计值 Parameter estimate	95%置信区间 95% confidence interval
截距 Intercept	4.72	(3.070, 6.379)	3.38	(2.554, 4.197)
查巢活动 Nest visit activity	-0.34	(-0.966, 0.277)	-0.64	(-1.301, 0.025)
视频拍摄 Filming activity	-0.51	(-1.516, 0.492)	0.04	(-1.077, 1.166)
产卵/破壳日期 Laying/Hatching date	-0.02	(-0.035, -0.002)	-0.02	(-0.033, -0.001)
巢高 Nest height	-0.26	(-0.895, 0.372)	0.47	(-0.141, 1.090)
巢日龄 Nest age	-0.02	(-0.064, 0.029)	-0.03	(-0.084, 0.027)
2012 ^a	-0.03	(-2.490, 2.428)	-0.18	(-1.920, 1.566)
2013 ^a	-0.72	(-2.326, 0.889)	0.14	(-1.059, 1.347)
2014 ^a	-0.78	(-2.403, 0.851)	-0.52	(-1.729, 0.689)
2015 ^a	0.50	(-1.481, 2.475)	0.19	(-1.060, 1.448)
2016 ^a	-0.87	(-2.451, 0.702)	0.11	(-1.078, 1.300)
2017 ^a	-0.55	(-2.064, 0.958)	-0.39	(-1.505, 0.721)
2018 ^a	-1.53	(-3.047, -0.021)	-1.05	(-2.202, 0.109)

^a以2011年为参照 Year 2011 is the reference category

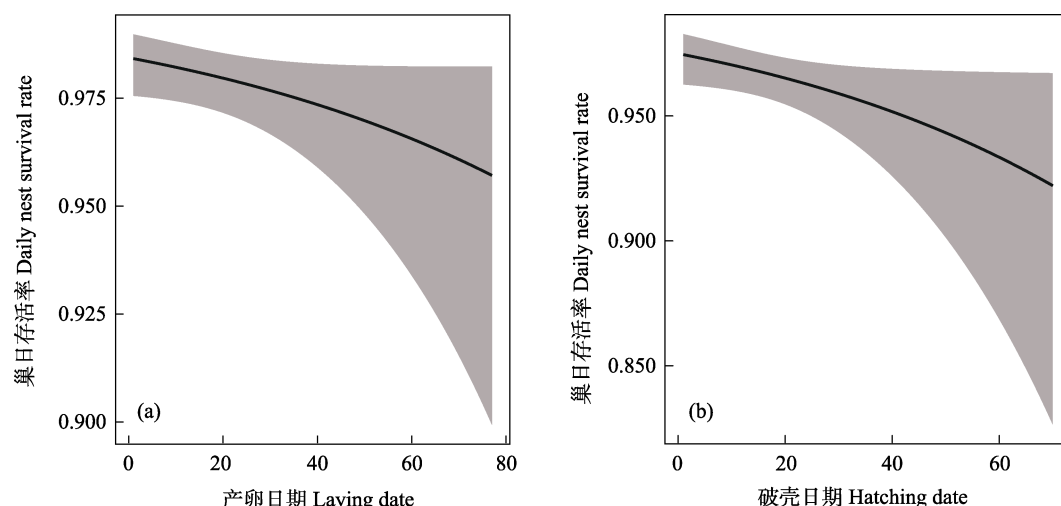


图1 模型预测的红头长尾山雀巢日存活率(及其95%置信区间)与产卵日期(a)和破壳日期(b)的关系

Fig. 1 Predicted daily nest survival rate (with 95% CI) of black-throated tits in relation to laying date at the egg stage (a) and hatching date at the nestling stage (b)

头长尾山雀的巢日存活率没有显著影响(表1), 其巢日存活率与雏鸟出壳日期之间存在显著的负相关关系(表1, 图1b), 即雏鸟出壳越晚, 巢的被捕食率越高。此外, 巢高和巢日龄对巢日存活率也均无显著影响(表1)。

3 讨论

本研究分析了研究者的查巢和视频拍摄活动对营球形巢的红头长尾山雀在卵期和育雏期巢的日存活率的影响。虽然本研究根据羽色的差异, 曾推测红头长尾山雀的巢在受到研究活动干扰时的巢存活率可能比银喉长尾山雀更易受影响, 但本研究未发现卵期和育雏期的红头长尾山雀巢日存活率受查巢和视频拍摄活动的影响。这可能有以下几种原因: (1)本研究是在村庄及其周边区域开展, 当地的农耕、采茶等人类活动较为频繁, 捕食者可能不会将研究者的活动与鸟类巢址信息联系在一起, 所以研究活动对红头长尾山雀巢捕食率的影响较小。(2)有研究认为部分捕食者可能会避开有人类活动的区域(Lloyd & Plagányi, 2002; Weidinger, 2008), 所以如果一些捕食者被吸引而另一些选择回避, 这可能导致研究活动的总体影响不显著(Jacobson et al, 2011)。(3)研究活动是否对巢的存活率产生不利影响还取决于研究人员的行为本身。在历年对红头长尾山雀的研究中, 经验丰富的研究人员会对新参与野外工作的人员进行培训, 一方面要求其查巢前

注意察看巢周边是否有捕食者(如鸦科鸟类), 避免在有捕食者活动时查巢; 另一方面要求查巢人员在查巢后尽可能复原巢址周围的植被, 这些措施在很大程度上减轻了研究活动对红头长尾山雀巢的不利影响。

以往有研究发现拍摄巢的活动可能对巢存活率具有正面影响(Richardson et al, 2009; Salewski & Schmidt, 2020; Tan et al, 2022)。本研究未发现在巢附近架设摄像机会影响其巢日存活率, 这可能也与我们每次拍摄时都以迷彩布对相机进行伪装且拍摄期间研究人员会远离巢址有关。因此, 建议在拍摄鸟类的繁殖行为时, 以适当的方式对相机进行一定的伪装。

此外, 本研究发现无论是卵期还是育雏期, 红头长尾山雀繁殖越晚的巢的日存活率越低, 这一现象在其他一些鸟类中也有发现, 如冠蜡嘴鹀(*Paroaria coronata*; Segura & Rebores, 2012)、短尾鹎(*Turdinus brevicaudatus*; Jiang et al, 2017b), 且与先前对银喉长尾山雀的研究结果类似(Hu et al, 2020)。该结果可能是由于随着繁殖季的推进, 气温逐渐升高, 研究区域内蛇类捕食者的活动增加, 从而增加了红头长尾山雀巢的被捕食率。对繁殖较早和繁殖较晚的失败巢中被蛇类捕食的巢(以巢完好但卵或雏鸟丢失而推定)所占的比例(未发表数据)进行分析发现, 在卵期失败的巢中, 繁殖早期(产卵日期在所有失败巢的平均产卵日期之前)因蛇类捕


食失败的巢占比为11.6%, 而后期(产卵日期在所有失败巢的平均产卵日期之后)为21.7%; 在育雏期失败的巢中, 繁殖早期(出壳日期在所有失败巢的平均出壳日期之前)因蛇类捕食失败的巢占比为24.5%, 而繁殖后期(出壳日期在所有失败巢平均出壳日期之后)为30.0%, 这在一定程度上支持这种可能性。这一现象在其他鸟类的研究中也发现。例如对黑顶莺雀(*Vireo atricapilla*)和金颊黑背林莺(*Dendroica chrysoparia*)的研究发现, 二者的巢存活率随气温升高而降低, 这与德州鼠蛇(*Elaphe obsoleta*)的活动随气温升高而增加有关(Sperry et al, 2008)。此外, 本研究在开展过程中发现研究区域内的一些鸚科鸟类也随气温升高而开始繁殖, 其觅食活动可能因繁殖需求而增加, 所以红头长尾山雀巢面临的被捕食风险也可能因此增加。相关研究中也发现类似现象。例如对凤头鸚鵡(*Podiceps cristatus*)的研究发现, 其巢日存活率随繁殖季推进而降低的趋势与其主要捕食者美洲水貂(*Neovison vison*)的出现率随繁殖季的增加有显著关系, 这被认为与美洲水貂因繁殖需要而增加捕食活动有关(Brzeziński et al, 2018)。因此, 今后可能需要在长尾山雀中开展实验性研究并利用红外相机准确记录巢捕食者类型, 从而对这些推测进行验证(Jiang et al, 2017a)。除上述可能性外, 由于个体繁殖时间的不同, 其占据的巢环境质量也会有差异, 这也可能会影响巢被捕食率(Martin et al, 2000; Chalfoun & Martin, 2010; Pärt et al, 2017)。如繁殖较早的个体可能提前占据了较优的巢环境, 而繁殖较晚的个体只能在相对较差的环境筑巢, 从而导致其巢被捕食的风险更高(Verhulst et al, 1995; Verhulst & Nilsson, 2008; Indykiewicz et al, 2019), 这种可能性也有待进一步验证。


在银喉长尾山雀中, 研究曾发现较高的巢可能是因为更易被鸚科鸟类发现而承受更高的被捕食风险, 所以其成功率更低(Guan et al, 2018)。然而, 本研究发现红头长尾山雀的巢日存活率在卵期和育雏期皆不随巢高变化, 其原因可能是由于本研究仅选用巢高低于1.9 m的巢进行分析, 而在该高度范围内的巢所面临的捕食风险可能相近。这一结果也与此前使用相同高度范围内的银喉长尾山雀巢分析研究活动对其巢存活率的影响时的结果一致(Hu et al, 2020)。此外, 银喉长尾山雀的巢日存活率


在卵期和育雏期均随巢日龄的增加而显著降低, 被认为是由于随着巢日龄的增加, 其暴露给天敌的时间也增加, 所以天敌发现巢的几率也有所增加(Hu et al, 2020)。然而, 本研究未发现红头长尾山雀在卵期和育雏期的巢日存活率与日龄有关, 其原因还有待进一步探究。

综上所述, 本研究支持研究者活动对鸟类的巢成功率无显著影响的观点。尽管如此, 本文建议在对鸟类或其他野生动物开展研究时, 仍应充分考虑研究活动可能对研究对象造成的潜在影响, 并通过严格的工作培训、隐蔽相机等研究设备的方式, 尽可能地避免或降低对野生动物的影响。此外, 本研究发现红头长尾山雀巢的日存活率受产卵日期和雏鸟出壳日期的影响, 今后的研究还可进一步探究其他因素(如食物资源、种内和种间竞争关系等)对其繁殖成功率的影响。

ORCID

胡骞  <https://orcid.org/0000-0001-5389-4157>

王鹏程  <https://orcid.org/0000-0002-3539-8376>

李建强  <https://orcid.org/0000-0002-0029-1747>

参考文献

- Akinwande MO, Dikko HG, Samson A (2015) Variance inflation factor: As a condition for the inclusion of suppressor variable(s) in regression analysis. *Open Journal of Statistics*, 5, 754–767.
- Bartoń K (2019) MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.6. <https://CRAN.R-project.org/package=MumIn>. (accessed on 2019-10-27)
- Bi J, Jiang Y, Yang C (2020) Breeding ecology of the Yellow-bellied Warbler (*Abroscopus superciliosus*). *Avian Research*, 11, 41.
- Bliard L, Paquet M, Robert A, Dufour P, Renoult JP, Grégoire A, Crochet PA, Covas R, Doutrelant C (2020) Examining the link between relaxed predation and bird coloration on islands. *Biology Letters*, 16, 20200002.
- Brzeziński M, Chibowski P, Gornia J, Górecki G, Zalewski A (2018) Spatio-temporal variation in nesting success of colonial waterbirds under the impact of a non-native invasive predator. *Oecologia*, 188, 1037–1047.
- Carey MJ (2009) The effects of investigator disturbance on procellariiform seabirds: A review. *New Zealand Journal of Zoology*, 36, 367–377.
- Chalfoun AD, Martin TE (2010) Parental investment decisions in response to ambient nest-predation risk versus actual predation on the prior nest. *The Condor*, 112, 701–710.
- Champagnon J, Carré H, Gili L (2019) Effects of research

- disturbance on nest survival in a mixed colony of waterbirds. *PeerJ*, 7, e7844.
- Dinsmore SJ, Dinsmore JJ (2007) Modeling avian nest survival in program MARK. *Studies in Avian Biology*, 34, 73–83.
- Dinsmore SJ, White GC, Knopf FL (2002) Advanced techniques for modeling avian nest survival. *Ecology*, 83, 3476–3488.
- Dunn PO, Armenta JK, Whittingham LA (2015) Natural and sexual selection act on different axes of variation in avian plumage color. *Science Advances*, 1, e1400155.
- Gibson D, Blomberg EJ, Atamian MT, Sedinger JS (2015) Observer effects strongly influence estimates of daily nest survival probability but do not substantially increase rates of nest failure in Greater Sage-Grouse. *The Auk*, 132, 397–407.
- Götmark F (1992) The effects of investigator disturbance on nesting birds. In: *Current Ornithology* (ed. Power DM), pp. 63–104. Springer, Boston.
- Gressler D, Marini M (2015) Striped-tailed Yellow-finch nesting success in abandoned mining pits from central Brazilian cerrado. *Brazilian Journal of Biology*, 75, 191–197.
- Guan H, Wen Y, Wang P, Lv L, Xu J, Li J (2018) Seasonal increase of nest height of the Silver-throated Tit (*Aegithalos glaucogularis*): Can it reduce predation risk? *Avian Research*, 9, 42.
- Gutzwiller KJ, Riffell SK, Anderson SH (2002) Repeated human intrusion and the potential for nest predation by gray jays. *Journal of Wildlife Management*, 66, 372–380.
- Hu Q, Wen Y, Yu G, Yin J, Guan H, Lv L, Wang P, Xu J, Wang Y, Zhang Z, Li J (2020) Research activity does not affect nest predation rates of the Silver-throated Tit, a passerine bird building domed nests. *Avian Research*, 11, 28.
- Ibáñez-Álamo JD, Sanllorente O, Soler M (2012) The impact of researcher disturbance on nest predation rates: A meta-analysis. *Ibis*, 154, 5–14.
- Indykiewicz P, Podlasczuk P, Kamiński M, Włodarczyk R, Minias P (2019) Central–periphery gradient of individual quality within a colony of Black-headed Gulls. *Ibis*, 161, 744–758.
- Jacobson MD, Tsakiris ET, Long AM, Jensen WE (2011) No evidence for observer effects on Lark Sparrow nest survival. *Journal of Field Ornithology*, 82, 184–192.
- Jiang A, Jiang D, Goodale E, Wen Y (2017a) Nest predation on birds that nest in rock cavities in a tropical limestone forest of southern China. *Global Ecology and Conservation*, 10, 154–158.
- Jiang A, Jiang D, Zhou F, Goodale E (2017b) Nest-site selection and breeding ecology of Streaked Wren-Babbler (*Napothera brevicaudata*) in a tropical limestone forest of southern China. *Avian Research*, 8, 28.
- Laake JL (2013) RMark: An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK. National Marine Mammal Laboratory, Alaska Fisheries Science Center, Seattle.
- Laake JL, Rexstad E (2019) RMark: R code for MARK analysis. R package version 2.2.6. <https://CRAN.R-project.org/package=RMark>. (accessed on 2019-08-14)
- Li J, Lv L, Wang Y, Xi B, Zhang Z (2012) Breeding biology of two sympatric *Aegithalos* tits with helpers at the nest. *Journal of Ornithology*, 153, 273–283.
- Lloyd P, Plagányi EE (2002) Correcting observer effect bias in estimates of nesting success of a coastal bird, the White-fronted Plover *Charadrius marginatus*. *Bird Study*, 49, 124–130.
- Martin TE, Scott J, Menge C (2000) Nest predation increases with parental activity: Separating nest site and parental activity effects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 267, 2287–2293.
- McDonald PG, Wilson DR, Evans CS (2009) Nestling begging increases predation risk, regardless of spectral characteristics or avian mobbing. *Behavioral Ecology*, 20, 821–829.
- Orzechowski SC, Shipley JR, Pegan TM, Winkler DW (2019) Negligible effects of blood sampling on reproductive performance and return rates of Tree Swallows. *Journal of Field Ornithology*, 90, 21–38.
- Pärt T, Knape J, Low M, Öberg M, Arlt D (2017) Disentangling the effects of date, individual, and territory quality on the seasonal decline in fitness. *Ecology*, 98, 2102–2110.
- R Development Core Team (2022) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Richardson TW, Gardali T, Jenkins SH (2009) Review and meta-analysis of camera effects on avian nest success. *Journal of Wildlife Management*, 73, 287–293.
- Rosenberg KV, Dokter AM, Blancher PJ, Sauer JR, Smith AC, Smith PA, Stanton JC, Panjabi A, Helft L, Parr M, Marra PP (2019) Decline of the North American avifauna. *Science*, 366, 120–124.
- Salewski V, Schmidt L (2020) Nest cameras do not affect nest survival in a meadow-nesting shorebird. *Bird Conservation International*, 32, 127–136.
- Segura LN, Reboreda JC (2012) Nest survival rates of Red-crested Cardinals increase with nest age in south-temperate forests of Argentina. *Journal of Field Ornithology*, 83, 343–350.
- Song CS, Qu WY (1996) Scientific Survey of the Dongzhai Bird Nature Reserve. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [宋朝枢, 瞿文元 (1996) 董寨鸟类自然保护区科学考察集. 中国林业出版社, 北京.]
- Sperry JH, Peak RG, Cimprich DA, Weatherhead PJ (2008) Snake activity affects seasonal variation in nest predation risk for birds. *Journal of Avian Biology*, 39, 379–383.
- Tan X, Liu S, Goodale E, Jiang A (2022) Does bird

胡骞等: 研究活动是否影响鸟类的巢存活率?——以红头长尾山雀为例

- photography affect nest predation and feeding frequency? Avian Research, 13, 100036.
- Touihri M, Charfi F, Villard MA (2017) Effects of landscape composition and native oak forest configuration on cavity-nesting birds of North Africa. Forest Ecology and Management, 385, 198–205.
- Verhulst S, Nilsson JÅ (2008) The timing of birds' breeding seasons: A review of experiments that manipulated timing of breeding. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363, 399–410.
- Verhulst S, van Balen JH, Tinbergen JM (1995) Seasonal decline in reproductive success of the Great Tit: Variation in time or quality? Ecology, 76, 2392–2403.
- Weidinger K (2008) Nest monitoring does not increase nest predation in open-nesting songbirds: Inference from continuous nest-survival data. The Auk, 125, 859–868.
- Zar JH (2014) Biostatistical Analysis, 5th edn. Pearson Education Limited, Essex, UK.
- (责编委: 王彦平 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 对红头长尾山雀卵期和育雏期巢日存活率分析的最优模型($\Delta AICc < 4$)选择结果

Appendix 1 Model selection results of the best-supported model set ($\Delta AICc < 4$) for daily nest survival rate at the egg stage and nestling stage of black-throated tits

<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2022570-1.pdf>

附录1 对红头长尾山雀卵期和育雏期巢日存活率分析的最优模型($\Delta AICc < 4$)选择结果
Appendix 1 Model selection results of the best-supported model set ($\Delta AICc < 4$) for daily nest survival rate at the egg stage and nestling stage of black-throated tits

模型 Models	<i>k</i>	logLik	AICc	$\Delta AICc$	<i>wi</i>
卵期 Egg stage					
Date + Year	9	-293.851	605.762	0.000	0.074
Date + Visit + Year	10	-293.023	606.120	0.358	0.062
Date	2	-301.182	606.368	0.606	0.055
Filming + Date + Year	10	-293.185	606.444	0.682	0.053
Date + NestAge + Year	10	-293.391	606.857	1.094	0.043
Date + NestHeight + Year	10	-293.499	607.073	1.310	0.038
Date + NestHeight + Year	11	-292.634	607.357	1.595	0.033
Date + NestHeight + Year	3	-300.675	607.359	1.596	0.033
Filming + Date	3	-300.727	607.461	1.699	0.032
Filming + Date + Visit + Year	11	-292.734	607.558	1.796	0.030
Filming + Date + NestHeight + Year	11	-292.810	607.710	1.948	0.028
Date + NestAge + Visit + Year	11	-292.823	607.736	1.974	0.028
Filming + Date + NestAge + Year	11	-292.899	607.887	2.125	0.026
Date + NestAge	3	-300.990	607.989	2.227	0.024
Date + NestHeight	3	-301.005	608.018	2.255	0.024
Date + NestAge + NestHeight + Year	11	-292.992	608.073	2.311	0.023
null model	1	-303.088	608.176	2.414	0.022
Visit	2	-302.319	608.642	2.880	0.018
Filming + Date + NestHeight + Visit + Year	12	-292.335	608.776	3.014	0.016
Filming	2	-302.440	608.885	3.122	0.016
Date + NestAge + NestHeight + Visit + Year	12	-292.405	608.917	3.155	0.015
Date + NestHeight + Visit	4	-300.470	608.953	3.191	0.015
Filming + Date + Visit	4	-300.495	609.003	3.241	0.015
Filming + Date + NestHeight	4	-300.526	609.067	3.304	0.014
Filming + Date + NestAge + NestHeight + Year	12	-292.487	609.080	3.317	0.014
Date + NestAge + Visit	4	-300.567	609.147	3.385	0.014
Filming + Date + NestAge	4	-300.613	609.239	3.477	0.013
Filming + Date + NestAge + Visit + Year	12	-292.583	609.273	3.510	0.013
NestHeight	2	-302.665	609.334	3.572	0.012
Year	8	-296.738	609.526	3.763	0.011
Date + NestAge + NestHeight	4	-300.805	609.623	3.861	0.011
育雏期 Nestling stage					
Date + NestHeight + Visit	4	-313.766	635.550	0.000	0.094
Date + Visit	3	-314.956	635.924	0.374	0.078
NestHeight + Visit	3	-315.252	636.515	0.965	0.058
Date + NestAge + NestHeight + Visit	5	-313.297	636.623	1.073	0.055
Date + NestHeight	3	-315.473	636.957	1.406	0.047
Visit	2	-316.476	636.958	1.407	0.047
Date + NestAge + Visit	4	-314.513	637.044	1.494	0.045

模型 Models	<i>k</i>	logLik	AICc	Δ AICc	<i>wi</i>
Date	2	-316.596	637.198	1.648	0.041
Date + NestAge + NestHeight	4	-314.623	637.265	1.714	0.040
Filming + Date + NestHeight + Visit	5	-313.660	637.350	1.799	0.038
Date + NestAge	3	-315.783	637.578	2.027	0.034
Filming + Date + Visit	4	-314.838	637.695	2.145	0.032
NestAge + NestHeight + Visit	4	-315.031	638.081	2.531	0.027
Filming + Date + NestHeight	4	-315.072	638.163	2.613	0.026
Filming + Date + NestAge + NestHeight + Visit	6	-313.146	638.332	2.782	0.023
Filming + NestHeight + Visit	4	-315.194	638.408	2.857	0.023
Filming + Date	3	-316.231	638.474	2.924	0.022
NestAge + Visit	3	-316.274	638.560	3.009	0.021
Filming + Date + NestAge + Visit	5	-314.349	638.728	3.177	0.019
Filming + Visit	3	-316.409	638.830	3.279	0.018
Filming + Date + NestAge + NestHeight	5	-314.403	638.834	3.284	0.018
Filming + Date + NestAge	4	-315.586	639.190	3.640	0.015
Date + Visit + Year	10	-309.681	639.468	3.917	0.013
NestHeight	2	-317.732	639.470	3.920	0.013
Date + NestHeight + Visit + Year	11	-308.706	639.539	3.989	0.013

自变量包括 Visit (研究者查巢活动), Filming (视频拍摄活动), Date (卵期: 产卵日期, 每个巢产首枚卵的日期到当年种群产第一枚卵的日期之间的天数; 育雏期: 破壳日期, 每个巢破壳当天的日期到当年种群第一个破壳的巢的日期之间的天数), Year (年份), NestAge (巢日龄, 每个巢发现时距其产首枚卵的天数, 其中在筑巢期发现的巢在本分析中其巢日龄为 1 天), NestHeight (巢高)。k 是模型中所有参数的水平数。LogLik 是 log-likelihood (对数似然比)。模型通过 Δ AICc (Akaike's Information Criterion) 值和 Akaike 权重(*wi*)进行排序。Explanatory factors included Visit (researchers' nest visit), Filming (video filming), Date (Egg stage: date is the number of days from the date when the first egg of a nest was laid to the date when the first egg of the population was laid in each year, i.e. laying date. Nestling stage: date is the number of days from the date when nestlings of a nest hatched to the date when the first nestling of the population hatched in each year, i.e. hatching date), Year, NestAge (number of days after the first egg of the nest was laid, 1 day was set for the nests that found at nest construction stage), NestHeight (nest height). k is the number of levels for all model parameters in each model. LogLik is the log-likelihood. Models are ranked based on the difference in corrected Akaike's Information Criterion (Δ AICc) and Akaike weight (*wi*).