



关键技术与管理创新 Key Technologies and Management Innovations

一种大型鸟类无损可逆的限飞方法

秦翠平^{1#}, 刘辉^{2#}, 马雪峰³, 何相宝⁴, 李晓敏⁴, 徐艳春^{1*}, 杨淑慧^{1*}

1. 东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 哈尔滨 150040;
2. 深圳野生动物园, 深圳 518055;
3. 海南热带野生动植物园, 海口 571154;
4. 哈尔滨北方森林动物园, 哈尔滨 150322)

稿件运行过程

收稿日期: 2025-04-18

修回日期: 2025-05-04



摘要

关键词: 大型鸟类;
限制飞行;
初级飞羽;
动力结构;
迁地保护

Keywords: Large birds;
Flight restriction;
Primary feather;
Dynamic structure;
Ex-situ conservation

中图分类号: S864.5; Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2026)-01-0133-07

DOI: 10.12375/ysdwxb.202504012

在动物园、野生动物救护中心等迁地保护机构的鸟类饲养管理中,限制飞行是一项必要措施。传统限飞方法主要包括手术永久性改变骨骼或筋腱、捆扎翅膀以限制其展开,以及直接剪除部分飞羽。这些方法往往造成不可逆的损伤,并且影响鸟类外观和观赏性。初级飞羽相邻的羽枝、羽小枝构成“沟槽”状结构,该结构能在扑翼时提供推力。本研究根据这一原理,使用电烙铁对初级飞羽腹面的羽枝轴进行熨烫,以破坏上述结构,使其丧失空气动力功能,进而使鸟类失去有效飞行能力。对13种55只大型鸟类(包括雁鸭类、鹤类、鸬类等)的限飞实验表明,仅处理双侧翅膀前3~5枚初级飞羽后,53只个体(96.4%)丧失了有效飞行能力。这种限飞方法对鸟类无损伤,不影响外观;除飞行外,取食、求偶、交配等其他行为均未受到干扰;鸟类在换羽后能自然恢复飞行能力。该方法使用常见的电烙铁,操作简便快捷(约10 min/只),减少了鸟类的应激,易于推广。作为一种高效、无损伤、可逆且动物福利友好型的大型鸟类限飞技术,其尤其适用于迁地保护场景,能在保证饲养管理安全的同时,满足鸟类健康管理及未来放归的需求。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(30870293)

第一作者简介: 秦翠平(1997—),女,硕士研究生;主要从事动物学与保护生物学研究。E-mail: 1392642959@qq.com

* 共同第一作者: 秦翠平; 刘辉

* 通信作者: 徐艳春, E-mail: xu_daniel@163.com; 杨淑慧, E-mail: 474568251@qq.com

A Non-Invasive and Reversible Method for Large Bird Flight Restraint

QIN Cuiping^{1#}, LIU Hui^{2#}, MA Xuefeng³,
HE Xiangbao⁴, LI Xiaomin⁴, XU Yanchun^{1*}, YANG Shuhui^{1*}

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

2. Shenzhen Wildlife Park, Shenzhen 518055, China;

3. Hainan Tropical Wildlife and Botanical Park, Haikou 571154, China;

4. Harbin Northern Forest Zoo, Harbin 150322, China)

Abstract: Flight restriction is an essential measure in the captive management of birds within ex situ conservation institutions, such as zoos and wildlife rescue centers. Traditional flight restriction methods primarily include surgical procedures that permanently alter bones or tendons, binding wing to restrict its extension, and direct clipping of partial primary feathers. These methods often cause irreversible damage and impair the birds' appearance and ornamental value. The adjacent barbs and barbules of primary feathers form a "groove"-like structure, which provides thrust during wing flapping. Based on this principle, an electric soldering iron was used to iron the barb shafts on the ventral surface of primary feathers, thereby the aforementioned structure was destroyed, and its aerodynamic function and the birds' further effective flight ability were deprived. 55 large-sized birds of 13 species (including Anatidae, Gruidae, Ciconiidae, etc.) were subjected to flight restriction experiments, and 53 individuals (96.4%) lost their effective flight ability when only the first 3-5 primary feathers on both wings were treated. This method did not damage the birds and did not affect their appearance; apart from flight, other behaviors such as foraging, courtship, and mating were not disturbed. Birds can naturally recover flight ability after molting. This method utilizes an available electric soldering iron, which is simple and rapid to operate (approximately 10 minutes per bird), reduces stress of birds and is easy to popularize. As an efficient, non-invasive, reversible, and animal welfare-friendly flight restriction technique for large-sized birds, it is particularly suitable for ex situ conservation scenarios, which can ensure the safety of captive management while meeting the requirements for bird health management and potential future release.

动物园和野生动物救护中心等饲养机构,是濒危鸟类迁地保护的重要基地^[1]。在有限空间内饲养鸟类时,其飞行本能常导致个体损伤或逃逸^[2],增加饲养管理的工作量和难度。因此,在管理实践中,对鸟类飞行能力的决策是一个复杂且多维度的权衡过程,其核心在于平衡动物福利、管理需求以及教育和保护目标^[3-4]。一般通过技术手段限制鸟类飞行,目前常用的限飞技术多基于手术方法,如切断肌腱、翼膜或翼骨,使翅膀无法正常伸展而丧失飞行能力。但这种方法不仅可能引发疼痛、炎症甚至死亡等风险,还会导致鸟类永久残疾,无法恢复飞行^[5]。另一种较为简便的方法是修剪飞羽(剪除飞羽端部或部分羽翎),或将初级飞羽和次级飞羽捆绑,使之无法

展开,从而消除飞行动力^[6]。这种处理会破坏羽毛自然结构,影响鸟类正常体表状态与行为表达,不符合迁地保护的基本要求。此外,长期捆绑还可能导致腕关节僵直,永久丧失飞行能力。以上方法不仅大大损害动物福利,也违背了迁地保护鸟类未来放归野外的初衷^[7]。因此,亟需建立一种非损伤性的、可恢复的限飞技术。

鸟类飞行动力主要来自初级飞羽^[8]。研究表明,初级飞羽上的动力单元是一个沟槽结构,两壁由相邻的羽枝构成,顶盖由两个羽枝背缘的有钩和无钩羽小枝相互勾连而成。向下扑翼时,空气进入沟槽并冲击顶盖,使其压实闭合,气流沿沟槽向后喷出,形成成千上万个“微型喷气发动机”。羽

毛受到反作用力向前移动,推动鸟体前进,再借助翅膀产生升力^[9]。这一结构的参数与鸟类飞行能力密切相关^[8]。

Zhang *et al.*^[5]将一只丹顶鹤(*Grus japonensis*)左翼初级飞羽羽枝轴腹侧部分切除后,该结构的完整性遭到破坏,致使这只原本能正常飞行的个体完全丧失飞行能力,直到翌年换羽后飞行能力才得以恢复。这一实验为创建更有效的限飞方法提供了新思路。但是,采用手术刀处理的过程耗时比较长(约1 h),易引起鸟类较强应激,且长时间保定操作难度较大。为在此基础上简化操作、缩短时间、减轻应激

并扩大适用范围,本研究以13种大型鸟类为对象,以常见的电烙铁为工具,热处理初级飞羽的动力结构。该方法在实现良好限飞效果的同时,具有快速、简便和低应激的优点。

1 材料与方法

实验动物包括13种成年大型鸟类,共55只个体,均来自哈尔滨北方森林动物园(表1)。所有个体此前均未接受任何限飞处理,在展示区内具备正常飞行能力。本研究已通过东北林业大学实验动物管理与伦理委员会审批(批件号:2022082)。

表1 实验鸟种、数量及飞羽处理情况

Table 1 Bird species, sample sizes, and primary feather treatment in this study

物种 Species	个体数量/只 No. of individuals	双翼初级飞羽总数/枚 Total primaries (both wings)	处理方案 Treatment description
鸿雁 <i>Anser cygnoides</i>	8	20	熨烫双翼前3枚初级飞羽
鸿雁 <i>Anser cygnoides</i>	8	20	熨烫双翼前4枚初级飞羽
鸿雁 <i>Anser cygnoides</i>	7	20	熨烫双翼前5枚初级飞羽
灰雁 <i>Anser anser</i>	12	20	熨烫双翼前5枚初级飞羽
豆雁 <i>Anser fabalis</i>	1	20	熨烫双翼前5枚初级飞羽
白额雁 <i>Anser albifrons</i>	1	20	熨烫双翼前5枚初级飞羽
疣鼻天鹅 <i>Cygnus olor</i>	1	20	熨烫双翼前5枚初级飞羽
小天鹅 <i>Cygnus columbianus</i>	1	20	熨烫双翼前5枚初级飞羽
白鹈鹕 <i>Pelecanus onocrotalus</i>	1	20	熨烫双翼前5枚初级飞羽
东方白鹳 <i>Ciconia boyciana</i>	2	20	熨烫双翼前5枚初级飞羽
白枕鹤 <i>Antigone vipio</i>	2	22	熨烫双翼前5枚初级飞羽
蓑羽鹤 <i>Anthropoides virgo</i>	1	22	熨烫双翼前5枚初级飞羽
灰鹤 <i>Grus grus</i>	1	22	熨烫双翼前5枚初级飞羽
白头鹤 <i>Grus monacha</i>	4	22	熨烫双翼前5枚初级飞羽
丹顶鹤 <i>Grus japonensis</i>	5	22	熨烫双翼前5枚初级飞羽

鸟类在内舍由饲养员通过食物诱捕并佩戴眼罩。由一名助手展开其翅膀并进行徒手保定,操作者使用扁头电烙铁(220 V, 40 W)沿初级飞羽羽翎腹面的羽轴匀速平稳熨烫,直至羽枝轴倒伏或熔融,外观一般呈焦黄至黑色。熨烫仅限于靠近羽轴的较厚区域,避免触及外侧薄层,以防羽翎烫损。熨烫面积约占羽翎总面积的40%~50%。每只鸟均处理左右两侧前5枚初级飞羽,单枚初级飞羽处理时间约1 min,整鸟操作控制在10 min左右。为探究实现限飞所需的最少羽毛处理数量和最小处理面积,以鸿雁(*Anser cygnoides*)为对象设计梯度实验,分组对其双翼前3枚、前4枚和前5枚初级飞羽进行处理,以

比较限飞效果的差异。

处理后即释放鸟类,并通过驱赶诱导其尝试起飞逃逸。观察其奔跑姿态、起飞意图,并记录奔跑距离。对天鹅湖中的雁鸭类,重点测定其跃入水体过程中的飞行距离。行为观察分别于处理后第2天和第27天各进行1次。

2 结果

2.1 处理后飞羽及鸟体的外观

处理后,羽毛内翎腹面的羽枝轴出现熔融或倒伏,面积约占羽翎总面积的40%~50%。目视观察可见处理区域羽翎厚度明显小于未处理部分(图1)。

手感触摸表明,其柔韧性未因高温处理而明显下降,依然保持良好的机械韧性。从羽翎背面观察,未见任何变化,因而鸟类外观与处理前无明显差异

(图2)。在处理第27天再次观察时,发现羽毛腹面的焦灼痕迹多已脱落,羽枝轴结构受到破坏、宽度显著减小,但羽小枝未受明显破坏。



A. 丹顶鹤; B. 白枕鹤; C. 蓑羽鹤。

A. *Grus japonensis*; B. *Antigone vipio*; C. *Anthropoides virgo*.

图1 代表性鸟类初级飞羽内翎腹面处理后的形态

Figure 1 Post-treatment morphology of the inner vane of primary feathers in representative bird species

2.2 处理后鸟类的行为

除8只鸿雁仅处理双翼前3枚初级飞羽、另有8只处理前4枚外,其余39只个体均处理双翼前5枚初级飞羽,相当于使约50%的初级飞羽失去正常飞行动力。整体来看,55只个体中共有53只丧失了有效飞行能力,成功率达96.4%。

雁鸭类和白鹈鹕(*Pelecanus onocrotalus*)等游禽原饲养在室内,处理后放归天鹅湖。次日观察,所有个体在湖中自由清洁羽毛,均未表现出飞行行为。

上岸后取食行为正常,也未发生飞行行为。受驱赶时,个体先奔跑躲避;持续驱赶,则头部下压、扑翼做出起飞姿势,但均未能起飞,仅表现为振翅快跑。相比之下,未处理同种鸟受驱赶时立即完成头颈部压低、扑翼、助跑和起飞等一系列动作,飞至较远安全区域或水面。

处理后第27天再次观察,在天鹅湖开阔水域上,已处理雁鸭类都表现出正常取食行为和节律,求偶、炫耀及鸣叫等繁殖行为未受影响,能与未处理个体正常集群、占区和防御。小天鹅(*Cygnus columbia-*



A. 白头鹤;B. 白枕鹤;C. 丹顶鹤;D. 蓑羽鹤;E. 灰鹤;F. 白鹈鹕;G. 小天鹅;H. 剪翅后小天鹅,飞羽已不可见。

A. *Grus monacha*; B. *Antigone vipio*; C. *Grus japonensis*; D. *Anthropoides virgo*; E. *Grus grus*; F. *Pelecanus onocrotalus*; G. *Cygnus columbianus*; H. Trimmed *Cygnus columbianus*, the primary feathers are no longer visible.

图2 部分鸟类飞羽处理后的外观

Figure 2 Appearance of birds after primary feathers treatment

us)、疣鼻天鹅(*C. olor*)、豆雁(*Anser fabalis*)、白额雁(*A. albifrons*)及灰雁(*A. anser*)始终未见飞行。仅白鹈鹕和一只小天鹅成功起飞,但飞行能力明显下降。飞行中,爬升和巡航阶段持续努力扑翼,仅降落前短

暂滑翔,且很快落地。未处理雁鸭类飞行时扑翼更为轻松,巡航中常伴滑翔。这些行为的差异说明处理飞羽后,即使个别个体能起飞,但其飞行动力也已大幅降低。鹤类和东方白鹳(*Ciconia boyciana*)等涉

禽饲养在鸟语林。处理后第2天观察发现,其繁殖行为(求偶、鸣叫、炫耀等)和防御行为均未见明显变化,观察期间未出现飞行,而未处理涉禽则不时地短暂飞行。第27天再次观察时正值繁殖期,已处理个体取食、求偶、鸣叫、炫耀和防御等行为仍正常,部分表现出了与未处理个体相似的占区行为。据饲养员反映,仅一只蓑羽鹤在第16天有过一次短暂飞行,但飞行距离较未处理个体明显缩短。第27天实验人员驱赶时,该鹤先奔跑躲避,继续驱赶则扑翼但未能起飞;未处理个体受驱赶后则立即扑翼飞离。此外,研究中偶尔观察到正常交配行为,表明尽管羽毛经熨烫处理,雄鹤仍然保留辅助弹跳和平衡的能力,可跳到雌鹤背上完成交配。

2.3 不同处理梯度对飞行的影响

为探究最小处理参数,对比了鸿雁3个梯度处

理组的限飞效果。各处理梯度的鸿雁在取食、繁殖、集群、空间防御和占区等行为上均表现正常,此处重点分析其飞行行为的差异。

天鹅湖设有从水面直达岸边的台阶,鸿雁可经此上岸取食或集群活动。堤岸距水面垂直高度约1.70 m。待鸿雁上岸并稳定后,实验人员通过驱赶,使其从岸边跃入水中,以此评估不同飞羽处理数量对其飞行能力的影响。第27天观察结果显示,处理前3枚、前4枚和前5枚初级飞羽的鸿雁在跃入水中时均有扑翼动作,飞行距离为15~20 m。其中一只鸿雁可贴水面飞行至对岸,另一只能边扑翼边踩着水面跑动,但未能起飞(图3)。以上结果表明,仅处理双翼的前3枚飞羽即可使鸿雁丧失正常起飞与持续飞行的能力。



图3 初级飞羽经处理的鸿雁在受到猛烈驱赶后跃入水中时的扑翼及水面滑翔/行进姿态

Figure 3 Flapping and surface gliding/moving postures of the treated swan geese of primary flight feathers when it leaped into water after being violently driven

3 讨论与结论

本研究通过电烙铁熨烫初级飞羽腹面,成功实现了鸟类飞行限制,进一步证实了羽枝作为飞羽动力单元的关键结构,其完整性一旦受损将导致起动力丧失^[5]。实验所涉鸟类的单翼初级飞羽数量为10~11枚,处理双侧前5枚飞羽相当于使约半数初级飞羽丧失动力;除一只小天鹅和一只白鹈鹕外,其余53只个体均因此丧失有效飞行能力。梯度处理实验表明,仅处理双侧前3枚初级飞羽即可使鸿雁

丧失有效飞行能力,增加至4枚或5枚则可进一步巩固限飞效果。因此在实际管理中,无需处理全部初级飞羽,既可减少工作量,也能显著降低鸟类应激。

从行为表现看,本方法虽破坏了羽毛的动力系统,但羽翎整体结构保持完整,鸟类振翅时仍能感知气流,仅因推力不足无法起飞。这对正常振翅行为无任何影响,甚至交尾时雄鸟仍可跳至雌鸟背上并保持平衡。长期适应后,鸟类行为表现自然,仅飞行意愿降低,从而提升了饲养安全性。

与传统限飞方法相比,本方法避免了断翅、断腿

和扎翅等操作所带来的长期痛苦及死亡风险,同时也克服了剪羽导致的观赏性下降问题。最重要的是,处理羽毛的限飞是暂时性的。鸟类在换羽后,新羽具备完整动力系统,飞行能力即可恢复。这对于救护中心的临时性饲养和后续野外放归尤为重要。

在操作方面,采用电烙铁熨烫每根飞羽约需1 min,按每侧处理5枚计算,单只个体耗时约10 min。与以往手术刀去除羽枝轴约需1 h的方法^[5]相比,该方法显著缩短了保定时间,降低了应激反应,且处理效率和操作质量还可进一步提升。本方法无需特殊专业技能,普通人员经简单练习即可掌握,且所用扁头电烙铁易于购置,有利于推广。

就展示效果而言,本方法不影响鸟类外观。处理初期,初级飞羽腹面因熨烫呈焦黄或棕黑色,仅在展翅时可见;约一个月后焦化羽枝轴脱落,羽毛颜色恢复,完全不影响观赏。

基于本研究,总结以下注意事项:第一,电烙铁功率要足够。本研究使用220 V、40 W的扁头电烙铁,在处理白鹈鹕等大型鸟类时,需较长时间熨烫才能平整羽枝轴,但未能使其熔融,导致飞行动力未能完全消除。建议对大型鸟类使用更大功率电烙铁,而对中型鸟类可使用40 W或以下功率即可,但需对停留时间进行适当调节。第二,烙铁咀形状要适当。若其宽度与被处理区域相近,可一次完成从尖端到末端的处理;若过宽则需注意与羽毛表面的贴合,以免影响效果。本研究使用市售通用扁咀型烙铁,后续可针对不同羽毛类型设计专用烙铁咀。第三,处理时羽毛要保持干燥洁净。水分会降低烙铁温度,异物则妨碍烙铁咀与羽毛接触,影响处理效率和效果。若羽翎撕裂,羽小枝未勾连,则需逐根处理羽枝,处理时间也会相应延长。

综上所述,本研究基于初级飞羽动力单元的结构和功能,改良了鸟类限飞技术。该方法操作时间短、步骤简单,对鸟类无损伤、低应激,不影响外观和正常行为,且飞行能力可恢复。所用工具成本低、易

获取,技能要求不高,可广泛用于各类场景下的大型鸟类限飞,为提升鸟类饲养管理水平和动物福利提供了新途径。

参考文献:

- [1] DOWLING K, HEATLEY J J. Pelican health [M]//MILLERE, LAMBERSKIN, CALLEP. *Fowler's Zoo and wild animal medicine current therapy*: Vol. 10. St. Louis: Elsevier Health Sciences, 2023: 467-474.
- [2] MELLOR E, MCDONALD KINKAID H, MASON G. Phylogenetic comparative methods: Harnessing the power of species diversity to investigate welfare issues in captive wild animals [J]. *Zoo Biology*, 2018, 37(5): 369-388.
- [3] KALMAR I D, JANSSENS G P J, MOONS C P H. Guidelines and ethical considerations for housing and management of psittacine birds used in research [J]. *ILAR Journal*, 2010, 51(4): 409-423.
- [4] HOSEY G, MELFI V, PANKHURST S. *Zoo animals: Behaviour, management, and welfare* [M]. Oxford: Oxford University Press, 2013.
- [5] ZHANG S L, YANG S H, LI B, *et al.* An alternate and reversible method for flight restraint of cranes [J]. *Zoo Biology*, 2011, 30(3): 342-348.
- [6] WILLIAMSON W M, RUSSELL W C. Prevention of flight in older captive birds [J]. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 1971, 159(5): 596-598.
- [7] 中国野生动物保护协会,北京市野生动物救护中心,湖北省野生动物救护研究开发中心. *野生动物救护技术手册* [M]. 北京:中国农业出版社, 2015: 2; 9. China Wildlife Conservation Association, Beijing Wildlife Rescue Center, Hubei Provincial Wildlife Rescue, Research and Development Center. *Wildlife rescue technical manual* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2015: 2; 9.
- [8] 李冰. 鸟类初级飞羽微观结构与飞行性能相关性的初步研究 [D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2008. LI B. A preliminary study on the microstructure of bird primaries and their significance for flight [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2008.
- [9] CHIN D D, LENTINK D. Birds repurpose the role of drag and lift to take off and land [J]. *Nature Communications*, 2019, 10(1): 5354.