

# 灰鹤在迁徙途中撞击高压线 伤亡分析与视觉盲区初探

马鸣<sup>①</sup> 蒋可威<sup>①</sup> 梅宇<sup>①</sup> 王文娟<sup>②</sup> Graham Martin<sup>③</sup>  
李军伟<sup>①</sup> 陈雨萧<sup>①</sup> 王述潮<sup>①</sup> 吴道宁<sup>①</sup>

① 中国科学院新疆生态与地理研究所 乌鲁木齐 830011; ② 南昌大学生命科学研究院流域生态学研究  
南昌 330031; ③ 英国伯明翰大学生物科学院 B15 2TT UK

**摘要:** 广布于欧亚大陆的灰鹤 (*Grus grus*) 又叫普通鹤、欧亚鹤。采用直接计数法, 观测灰鹤的迁徙活动。依据 2019 至 2021 年在乌鲁木齐郊区连续 3 年搜集灰鹤迁徙期遭遇高压线 (220 kV) 挂碰遇难的数据, 简单介绍伤亡案例的特点。可能是因为灰鹤前端有一个视觉盲区, 致 49 只灰鹤碰撞了高压线, 统计到伤亡率达 5.4%。伤亡者多是 1 龄以上 4 龄以内的亚成鸟 (占 94%), 成鸟占 6%, 尚未见 1 龄内幼鸟。现场解剖, 伤亡者的断翅率最高, 达到 53%; 腿被撞折的比率也很高, 达 51%; 腹部或背部擦伤占 24%; 头或颈部碰伤约为 14%。因为碰挂后落地 ( $\geq 30$  m 架空线), 造成二次受伤, 结果有 41% 的灰鹤身体是多处受伤 (复合伤)。最后, 对视野盲区进行了初步分析, 探讨伤亡的原因, 并介绍和推荐几种行之有效的解决办法。

**关键词:** 灰鹤; 鸟撞电网; 伤亡率; 迁徙; 视野与盲区; 乌鲁木齐

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2021) 05-648-07

## Wire Collision of the Common Cranes during Their Migration at Urumqi with Preliminary Analysis of Their Blind Area of Vision

MA Ming<sup>①</sup> JIANG Ke-Wei<sup>①</sup> MEI Yu<sup>①</sup> WANG Wen-Juan<sup>②</sup> Graham MARTIN<sup>③</sup>  
LI Jun-Wei<sup>①</sup> CHEN Yu-Xiao<sup>①</sup> WANG Shu-Chao<sup>①</sup> WU Dao-Ning<sup>①</sup>

① Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011; ② Institute of Life Sciences, Nanchang University, Nanchang 330031, China; ③ School of Biosciences, University of Birmingham, B15 2TT, UK

**Abstract:** The Common Crane (*Grus grus*) is widely distributed in China, with some populations passing through the areas around Urumqi (Western China) during their annual migrations, and a number of these birds colliding with power lines (220 kV transmission). According to our systematic surveys between 2019 and 2021, at least 49 cranes were recorded to be killed because of hitting on power lines. Injuries and deaths more than this number have been casually reported and we estimate the casualty rate to be about 5.4% of all cranes

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 31572292, 31272291, 30970340) 和生态环境部生物多样性保护重大工程专项;

**第一作者简介** 马鸣, 男, 研究员; 研究方向: 鸟类生态与保护; E-mail: maming@ms.xjb.ac.cn; ORCID (0000-0003-3080-0562)。

收稿日期: 2021-04-07, 修回日期: 2021-07-04 DOI: 10.13859/j.cjz.202105002

visiting the area (Table 1). This death toll may be increasing. Cornfields and wetlands near power lines are the habitats frequented by the cranes. We examined cranes which had apparently collided with power lines, all were sub-adults (more than 94% were 2 - 4 years old birds; body feathers were lighter than in fully mature adults and the top of the head was without the red marking). According to observations, thousands of adult Common Cranes pass through this area in mid-March and later, but apparently there are no casualties. Why did we not find the dead bodies of one-year-old cranes? We suggest that they were led by experienced parents at that time. Examination of the injured body parts showed a high rate of broken wings, (53%) and broken legs (51%); abdominal or back abrasions were found on 24% of birds, and head or neck bruises on about 14%. About 41% of the injured cranes had multiple injuries (Table 1). Why do these birds collide with power lines? Part of the explanation may lie in the frontal area of blind vision which projects in the direction of travel when a flying crane pitches its head forward to look down (Fig. 1c), perhaps searching for other cranes on the ground or suitable feeding areas. We discuss and recommend several effective solutions that should increase power line visibility and reduce crane collisions and deaths.

**Key words:** Common Crane, *Grus grus*; Power line collisions; Death rate; Migration; Visual field and blind area; Urumqi

鸟类撞击玻璃幕墙、电线、风电设施和飞行器越来越频繁，而预防措施是一个普遍存在的世界性难题。国内在鸟类碰撞电线方面的研究报道较少（Li et al. 2011, Ma et al. 2019, 王述潮等 2019, 王博驰等 2021），而国外的文献却比较多（Janss 2000, Drewitt et al. 2008），涉及到鸟类的视觉（White et al. 2007）、视野（Hodos et al. 1990, Martin 2009, Martin et al. 2012）、前方盲区（Martin et al. 2010）、撞击的死亡率（Brown et al. 1995, Shaw et al. 2010）、方法论及预防措施（Jenkins et al. 2010, Martin 2011）等。甚至，还有人专门针对灰鹤（*Grus grus*）和大鸨（*Otis tarda*）的碰撞率展开长期观测，探索预防措施的有效性（Janss et al. 2000）。

灰鹤也叫普通鹤、欧亚鹤、仙鹤，是隶属于鹤形目鹤科鹤属的大型涉禽，为国家 II 级重点保护鸟类，广泛分布于古北界，是全球 15 种鹤中种群数量最多的一种鹤，已经接近 70 万只。灰鹤在中国繁殖和度夏地的地理分布范围在 32° ~ 53° N, 76° ~ 135° E 之间，垂直分布为海拔 0 ~ 3 900 m。分布区域包括了新疆、甘肃、青海、宁夏、内蒙古、黑龙江、吉林、

河北等广大地区。2019 年 3 和 4 月，迁徙中的灰鹤途经新疆乌鲁木齐市郊区，发生了碰挂高压线重大事件（Ma et al. 2019）。之后，连续观测几年，分析和解剖了近 50 只伤亡个案，通过现场勘察、取样、鉴定、测量、分析、对比、评估、救助，并与当地电力局和供电所的人员一起探讨解决办法。

## 1 研究方法

采用直接计数法、瞬时行为扫描法、卫星跟踪技术，对新疆灰鹤迁徙路线及越冬地连续 3 年监测（李军伟等 2020）。先后对 7 只背负了 GPS/GSM 卫星跟踪设备（德鲁伊科技 Druid Technology, Debut™35）的灰鹤活动轨迹进行监测，初步掌握了迁徙季的活动规律。调查分两步进行：一是卫星跟踪，探索其飞行路径和活动规律（马鸣等 2018）；二是地面同步观察，了解其栖息环境和集群规模。在迁徙季，每周去觅食地和夜栖地之间定期巡逻。当出现碰撞和伤亡事件，第一时间到达现场，分析原因，测量并解剖死亡个体。新疆作为一个能源输出的大省区，电网密布。乌鲁木齐市郊区现场有双排 220 kV 高压线，距离大面积的玉米地约

90 m, 线缆高于地面约 30 m, 合计 10 条线缆 (包括避雷线) 对降落或者起飞的灰鹤构成了拦截作用。常有一些灰鹤会悬挂在线缆上, 被碰撞落地后的个体还会造成二次受伤 (如摔伤)。对已经死亡尸体, 采集羽毛、肌肉、内脏、趾或足垫等样品, 利用试剂盒 (天根生化科技有限公司) 提取基因组 DNA, 进行性别分析, 并采用 1% 的琼脂糖凝胶电泳检测 PCR 扩增产物。性别鉴定采用引物 CHD1F 和 CHD1R 扩增性染色体 *CHD* 基因片段 (Lee et al. 2010), 电泳结果中单带表示为雄性, 双带表示为雌性。

## 2 结果

每年有千余只灰鹤经过乌鲁木齐近郊, 从 3 月中旬到 4 月上旬陆续出现。而碰挂高压线 (220 kV) 地点的中心位置为: 87°40' E, 43°35' N, 海拔 1 052 m。自 2019 至 2021 年连续 3 个春季在同一区域 (附录 I, II), 检查或观察灰鹤伤亡数, 统计到 49 只 (表 1)。而据当地群众提供的信息, 伤亡数更高, 统计到的伤亡率或碰撞率达 5.4%。根据测量数据和形态特征, 约 94% 为 2~4 年的幼鹤或者亚成体 (体羽较淡, 头部无丹顶), 成鸟只占 6%, 未见到当年幼鸟尸体 (1 岁内, 头颈部褐色)。卫星跟踪数据显示, 灰鹤家庭群出现的地点和时间不一样, 通常在春耕之后到达, 碰撞的概率降低。在伤亡者中, 断翅率和断腿率比较高, 分别达到 53% 和 51%; 腹部或背部擦伤占 24%; 头或颈部碰伤约为 14%。因为碰挂避雷线后落地 ( $\geq 30$  m 高空) 造成二次受伤, 尸检结果有 41% 的灰鹤身体是多处受伤 (复合伤)。对提取到的

22 只灰鹤样品基因组 DNA 分析, 性比为 1:1。

## 3 讨论

新疆既是灰鹤的繁殖地, 也是越冬地 (马鸣等 1993)。在人类活动的日益挤压之下, 灰鹤的生存空间逐渐被侵占、割裂、破碎化。需要更多的研究和更有效的技术, 来了解和解决其跨国活动 (迁徙) 遇到的危险。除了灰鹤, 附近还有两种水鸡、天鹅 (*Cygnus sp.*)、赤麻鸭 (*Tadorna ferruginea*) 和绿头鸭 (*Anas platyrhynchos*) 等因撞击而伤亡的记录。多年的跟踪结果显示, 灰鹤繁殖个体的越冬地和繁殖地相对固定, 迁徙路线也比较简单。而非繁殖个体, 如亚成鸟的迁徙路线就变化多端 (Alonso et al. 2008), 不同年份可能出现在不同地方, 游荡、徘徊、逗留、掉队, 停留时间亦比较长。针对白鹤 (*Ciconia ciconia*) 的电力线碰撞研究, 发现年轻个体的死亡率明显高出成鸟 3~4 倍 (Schaub et al. 2004), 这与中国的灰鹤和黑颈鹤 (*G. nigricollis*) 碰撞电线伤亡情况相似 (王博驰等 2021)。鹤科种类可能是最容易发生碰撞的大型鸟类之一, 它们翼展宽, 飞行的灵活性差 (Bevanger 1998)。另一个特例是在被跟踪的 10 只年轻黑颈鹤中, 竟然有 4 只发生了撞击 (王博驰等 2021)。

为什么亚成鸟死亡率特别高, 除了经验和警惕性不如成鸟, 还有一个原因, 就是成鸟急于前往繁殖地占区营巢, 故停留时间很短, 而亚成鸟不急于赶路, 停留时间较长, 遇到的麻烦就比较多。卫星跟踪数据显示, 灰鹤的迁徙速度多在 60~70 km/h, 飞行最快速度可以达

表 1 灰鹤碰撞电线受伤部位调查 (只)

Table 1 Investigation on the injured parts of common crane due to wire collision (ind)

年度 Year	撞断翅 Wing	撞断腿 Leg	腹背擦伤 Abdomen or back	头颈碰伤 Head	多处伤 Multiple	其他 Other	合计 Total	伤亡率 (%) Rate
2019	21	20	12	7	18	2	36	5.4
2020	2	3			1		6	1.2
2021	3	2			1	1	7	1.4
合计 Total	26	25	12	7	20		49	1.2~5.4

到 120 km/h (Ilyashenko et al. 2018, 刘慧等 2018)。单向迁徙距离达 4 500 km, 飞行高度通常在 1 000 m 以下, 在翻越天山和青藏高原时可上升至海拔 4 600 m 以上。现在已知途经新疆境内的迁徙路线及越冬地, (1) 俄罗斯西伯利亚—新疆阿勒泰地区—云南湿地; (2) 哈萨克斯坦斋桑湖—中国新疆哈巴河流域—云贵高原; (3) 中亚—天山—新疆南部塔里木盆地。第三条路线属于近期因为气候变化观测到的新迁徙途径及越冬地点, 纬度北移了 15° (拜城), 迁徙距离缩短了约 2 400 km。春季迁徙平均持续一个半月, 秋季则长达两个月之久。但是, 秋季碰撞事故却比较罕见, 可能是因为迁徙路上的食物相对丰富且觅食地比较分散。

关于视觉盲区, 已有的文献显示, 多数鸟类眼睛长在头的两侧, 眼眶及眉脊凸起, 有遮蔽阳光的作用, 因此会在视野上方或头前方形成比较大的盲区 (Martin 2011)。相比起来, 一些大型鸟类, 例如鹭类、雕类、鸨类、鹤类等,

极易发生碰撞, 属于比较脆弱的一类 (Martin et al. 2012)。灰鹤的喙比较粗大, 眼眶与眉脊隆起, 前方和上方亦会形成一个比较宽广的盲区 (图 1a, b)。有时候鸟类对前方较大的物体都会视而不见, 如碰撞建筑物和风轮机巨大的叶片 (马元珽 2005, Martin et al. 2010, Martin 2017)。观察发现, 灰鹤喜欢结群追随飞行, 在接近玉米地时就低头巡视, 而忽略前方, 会出现前方“失明”或“瞎域” (图 1c)。那么, 为什么鸟类在巡航飞行时, 不会偏着头注视前方呢? 研究发现, 飞行中的鸟类, 如果侧一下头可能会增加 2 倍或更多的空气阻力 (Tucker 2000)。调查还发现, 对于经验相对丰富的成鸟, 包括携带当年幼鸟一起飞行的父母, 撞击电线的概率比较低。原因是携带幼鸟的家庭通常到达较晚, 已经开始春耕, 因此改变了觅食地, 躲开了高压线危险区。

在乌鲁木齐郊区, 这个碰撞频发的地点比较特殊, 220 kV 两条高压线并行, 高度约 30 m,

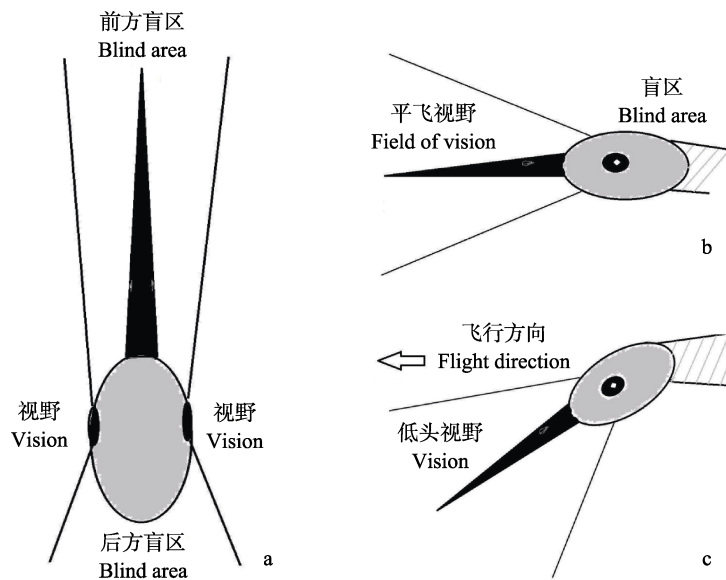


图 1 灰鹤的视野与盲区示意图 (参照 Martin 2017)

Fig. 1 The vision and blind area of common crane (Refer to Martin 2017)

a. 示前方盲区; b. 平飞时的视野; c. 要降落时低头, 前方出现盲区 (瞎域)。

a. It shows the blind area in front of the crane; b. The field of vision when flying horizontally; c. When the crane lands, it will bow its head, so that there is a blind area in front of it.

至少有 10 条金属线缆拦在高空中,由西向东范围约有 1.9 km 的长度(跨度)。其北边是玉米地,南边是栖息湿地(夜栖地),两地相距近 3 000 m。而高压线拦在二者之间,距离大面积的玉米地只有 90 m,在灰鹤起飞与降落玉米地时容易出现碰撞。这个与黑颈鹤幼鸟在越冬地 40% ~ 83% 大批遇难的情况完全不同,灰鹤碰撞地点是在迁徙途中,而不是越冬地(王博驰等 2021)。那么,为什么之后两年的碰撞突然减少了? 因为,相关部门采取了补救措施,如玉米地改种洋葱、土豆或胡萝卜等,减少了食源吸引或从根本上切断了食物链。另外,国家电网新疆电力公司成员、林草局官员与中国科学院动物学专家一起协商,组织现场勘查、技术论证,制定了科学、专业的应急处理方案。在 2019 年 4 月,迅速采取了补救措施,在事故多发区段安装了驱鸟器、警示灯、蜂鸣器、彩色旗、防鸟刺等。并且加强了后续巡护与防范措施,明显减少了类似撞线事故继续发生。

除了碰撞,架空电线的另一个危害就是因为短路造成的电击伤亡(梅宇等 2008, Loss et al. 2014, 王述潮等 2019, 王超等 2020)。对于在夜间迁徙的一些种类,电线和风轮等人类设施危害都很大(马元珽 2005)。而乌鲁木齐南郊至达坂城一带,又是众多候鸟穿越天山的主要迁徙通道。建议,尽快从根本上解决上述输电线路对鸟类的危害,如将易发生碰撞和电击地带高压线明显标记、改道或埋藏地下,这样将会一劳永逸。

**致谢** 本项研究还得到生态环境部南京环境科学研究所和中国科学院等单位的资助。感谢安尼瓦尔·木沙、曹垒、郭玉民、刘强、张正旺、钱法文、李凤山、李连成等参与讨论和野外指导。感谢邢睿、陈文杰、艾孜江、刘旭、徐峰、买尔旦·吐尔干、胡宝文、丁鹏、陈莹、张同、赵序茅、徐国华、吴逸群、苟军、魏希明、张新民、杨小敏、杨飞飞、高颖、王晓旭、龚策等人参与野外数据采集。感谢中国野生动物保护协会鹤类联合保护委员会、荒野新疆、

新疆观鸟会及百鸟汇等民间组织志愿者的倾力相助。

## 参 考 文 献

- Alonso J A, Alonso J C, Nowald G. 2008. Migration and wintering patterns of a central European population of Common cranes *Grus grus*. *Bird Study*, 55(1): 1–7.
- Bevanger K. 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation*, 86(1): 67–76.
- Brown W M, Drewien R C. 1995. Evaluation of two power-line markers to reduce crane and waterfowl collision mortality. *Wildlife Society Bulletin*, 23: 217–227.
- Drewitt A L, Langston R H W. 2008. Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134(1): 233–266.
- Hodos W, Erichsen J T. 1990. Lower-field myopia in birds is predicted by the bird's height: an adaptation to keep that ground in focus. *Vision Research*, 30(5): 653–657.
- Ilyashenko E, Belyalov O V, Ilyashenko V Y, et al. 2018. Results of crane tagging at Tuzkol Lake, Kazakhstan, in 2017. *Newsletter of the Crane Working Group of Eurasia*, 14: 89–101.
- Janss G F E. 2000. Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95(2): 353–359.
- Janss G F E, Ferrer M. 2000. Common crane and great bustard collision with power lines: collision rate and risk exposure. *Wildlife Society Bulletin*, 28(3): 675–680.
- Jenkins A R, Smallie J J, Diamond M. 2010. Avian collisions with power lines: a global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International*, 20(2): 263–278.
- Lee J C I, Tsai L C, Hwa P Y, et al. 2010. A novel strategy for avian species and gender identification using the CHD gene. *Molecular and Cellular Probes*, 24(1): 27–31.
- Li F-S, Bishop M A, Drolma T. 2011. Power line strikes by Black-necked Cranes and Bar-headed Geese in Tibet Autonomous Region. *Chinese Birds*, 2(4): 167–173.
- 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.
- Ma M, Li J, Jiang K, et al. 2019. Accidental death of more than 40 common cranes near Urumqi. *China Crane News*, 23(1): 32–35.
- Martin G R. 2009. What is binocular vision for? A birds' eye view. *Journal of Vision*, 9(11): 14, 1–19.
- Martin G R. 2011. Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. *Ibis*, 153(2): 239–254.
- Martin G R. 2017. *The Sensory Ecology of Birds*. Oxford: Oxford University Press.
- Martin G R, Portugal S J & Murn C P. 2012. Visual fields, foraging and collision vulnerability in Gyps vultures *Ibis*. *Ibis*, 154: 626–631.
- Martin G R, Shaw J M. 2010. Bird collisions with power lines: Failing to see the way ahead? *Biological Conservation*, 143: 2695–2702.
- Schaub M, Pradel R. 2004. Assessing the relative importance of different sources of mortality from recoveries of marked animals. *Ecology*, 85(4): 930–938.
- Shaw J M, Jenkins A R, Smallie J J, et al. 2010. Modelling power-line collision risk for the Blue Crane *Anthropoides paradiseus* in South Africa. *Ibis*, 152: 590–599.
- Tucker V A. 2000. The deep fovea, sideways vision and spiral flight paths in raptors. *Journal of Experimental Biology*, 203: 3745–3754.
- White C R, Day N, Butler P J, et al. 2007. Vision and foraging in cormorants: More like herons than hawks? *PLoS One*, 2: e639.
- 李军伟, 马鸣, 孟凡娟, 等. 2020. 灰鹤在天山木扎提河湿地越冬及行为观察. *生态与农村环境学报*, 36(5): 573–579.
- 刘慧, 刘强, 刘文, 等. 2018. 宁夏中卫黄河沿岸迁徙灰鹤停歇模式. *动物学杂志*, 53(2): 161–171.
- 马鸣, Ilyashenko V. 2018. 卫星跟踪灰鹤翻越天山的迁徙路径. *中国鹤类通讯*, 22(2): 4–8.
- 马鸣, 才代, 井长林, 等. 1993. 新疆灰鹤和蓑羽鹤的繁殖生态. *干旱区研究*, 10(2): 56–60.
- 马元珽. 2005. 减少风轮机与鸟类碰撞的新方法. *水利水电快报*, 26(3): 30.
- 梅宇, 马鸣, Dixon A, 等. 2008. 中国西部电网电击猛禽致死事故调查. *动物学杂志*, 43(4): 114–117.
- 王博驰, 裴雯, 色拥军, 等. 2021. 卫星跟踪揭示撞击电线是黑颈鹤幼鸟越冬地死亡的主要原因. *动物学杂志*, 56(2): 161–170.
- 王超, 闫鲁, 高洁, 等. 2020. 陕西汉中朱鹮在输电线路铁塔上的营巢状况及保护建议. *动物学杂志*, 55(6): 712–719.
- 王述潮, 马鸣. 2019. 卫星跟踪猎隼失联案例分析. *动物学杂志*, 54(1): 1–7.



附录 I 因为有玉米地，2019 年 3 和 4 月是灰鹤死亡事故的高发期（马鸣、李军伟等摄）

Appendix I Because there is a large area of corn field, it is the main area causing death accidents of crane, and the high incidence period is from March to April in 2019 (Photo by MA Ming, LI Jun-Wei, etc.)



附录 II 在乌鲁木齐郊外，悲剧重演，2021 年 4 月 3 日，一只灰鹤断腿后仍然坚持飞行（马鸣、蒋可威、陈雨箫、杨飞飞等摄）

Appendix II On the outskirts of Urumqi, such a tragedy reappeared in March and April 2021. For example, a crane still flies after breaking its leg (Photo by MA Ming, JIANG Ke-Wei, CHEN Yu-Xiao, YANG Fei-Fei, etc.)