



卫星跟踪白尾海雕 迁徙路线和栖息地利用

张微¹, 田颖², 孙翔楠², 李杰², 田恒玖^{2*}

(1. 北京市西山试验林场管理处, 北京, 100093;
2. 北京市野生动物救护中心, 北京, 101300)

稿件运行过程

收稿日期: 2024-07-30
修回日期: 2024-08-28



关键词: 白尾海雕;
迁徙路线;
栖息地利用;
活动区域

Keywords: White-tailed sea eagle
(*Haliaeetus albicilla*);
Migration route;
Habitat utilization;
Home range

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2025)-02-0347-07

DOI: 10.12375/ysdwxb.20250212

摘要

白尾海雕(*Haliaeetus albicilla*)为顶级捕食者,国家一级重点保护野生动物,2023年2月—2024年4月,采用卫星跟踪技术对1只北京野放的白尾海雕活动轨迹进行追踪,研究其迁徙路线、日活动节律、活动区面积和栖息地利用情况。结果表明:(1)白尾海雕在俄罗斯西伯利亚北部度夏,在蒙古国东部东方省越冬,春季迁徙速度(98.49 km/d)比秋季迁徙速度(106.09 km/d)慢,春季迁徙距离6 106.21 km,历时62 d,秋季迁徙距离为4 137.63 km,历时39 d;(2)白尾海雕为典型日间迁徙猛禽,每日迁徙开始于05:00—06:00,停止于18:00—19:00,迁徙时长12~14 h,迁徙速度日峰值在12:00—14:00,春季日迁徙时间比秋季长,各时间段迁徙速度整体比秋季慢;(3)白尾海雕度夏地95%MCP活动区面积为1 844.38 km²,主要利用栖息地类型为森林(71.78%)、水体(17.23%)和湿地(9.86%),对湿地和水体存在偏好利用,越冬地95%MCP活动区面积为410.68 km²,主要利用草地(81.59%)和裸地(18.09%)。本研究记录了白尾海雕完整年周期迁徙路线,揭示了其迁徙活动规律和栖息地利用状况,为白尾海雕种群和栖息地保护提供了重要基础资料。

Migration Route and Habitat Utilization of White-tailed Sea Eagle by Satellite Tracking

ZHANG Wei¹, TIAN Ying², SUN Xiangnan², LI Jie², TIAN Hengjiu^{2*}

(1. Beijing Xishan Experimental Forest Farm Management Office,
Beijing, 100093, China;

2. Beijing Wildlife Rescue and Rehabilitation Center, Beijing, 101300, China)

第一作者简介: 张微(1990—),女,工程师;主要从事野生动物保护与管理研究。E-mail: zwei3191@163.com

*通信作者: 田恒玖, E-mail: hengjiutian@126.com

Abstract: The white-tailed sea eagle (*Haliaeetus albicilla*) is a top predator and is listed as a national first-class protected wild animal. From February 2023 to April 2024, a white-tailed sea eagle equipped with satellite tracker was released into the wild in Beijing. Based on the tracking data, we studied its migration route, the daily activity rhythm, home range area and habitat utilization. The results showed that: (1) The white-tailed sea eagle populated the northern of Siberia, Russia during the summer period and migrated to Orientale Province of eastern Mongolia during the winter period. The mean migration speed in spring was recorded at 98.49 km/d, which was slower than the autumnal migration speed of 106.09 km/d. Furthermore, the migration route in spring extended to a greater distance of 6 106.21 km, with a duration of 62 days, in contrast to the autumn migration, which spanned a distance of 4 137.63 km over a period of 39 days. (2) As a typical diurnal raptor, daily migration of white-tailed sea eagle began between 05:00 to 06:00 and ended between 18:00 to 19:00. The total migratory duration of migration ranged from 12 to 14 hours, with peak migration speed occurring between 12:00 and 14:00. Compared to autumn, the daily migration duration in spring was longer and the migration speed during each temporal segment was slower. (3) The 95% minimum convex polygon (MCP) home range size for the white-tailed sea eagle covered 1 844.38 km² in summer, with forest (71.78%), water body (17.23%), and wetland (9.86%) as the primary habitat types. It exhibited a preference for wetland and water body habitat types. Meanwhile, the 95% MCP of winter's home range size was 410.68 km², mainly consisting of grassland (81.59%) and barren land (18.09%). In conclusion, this study documented the comprehensive annual migratory pathway of the white-tailed sea eagle, revealed its migratory behavior and habitat utilization. It provided essential basic data for its conservation of species population and habitat.

白尾海雕(*Haliaeetus albicilla*)为鹰形目(Accipitriformes)鹰科(Accipitridae)大型猛禽,是国家一级重点保护野生动物^[1],在濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)中被列入附录 I^[2],属于顶级捕食者,常被作为环境污染监测的指示物种^[3]。白尾海雕主要分布于亚欧大陆中北部和格陵兰岛,在地中海、日本、朝鲜和印度等地越冬,在欧洲北部和亚洲大陆繁殖^[4],在我国除海南外,见于各省份,主要繁殖区域为内蒙古东北部,越冬区域在贵州草海的西北部和江西鄱阳湖,主要取食各种鱼类和水禽^[5]。白尾海雕通常在第5年开始繁殖,并长出成年羽毛^[6-7]。

目前,已经对白尾海雕种群和栖息地保护开展了系列研究,主要集中在种群数量和分布现状^[1,5]、食性^[6-7]、个体行为^[8]、有机污染^[9]、分子生态^[10-11]和栖息地选择^[12]等,多关注白尾海雕繁殖种群。亚成体种群是潜在的繁殖种群来源库,相较于成年个体,具有特定的行为模式和活动性^[13],迄今,围绕白尾海雕亚成体种群的研究相对较少,已有的少数研究对亚成体种群的扩散模式^[14]和活动性^[15]进行了报道,仍缺乏对迁徙路线和栖息地利用完整年周期的研究。本研究基于卫星跟踪技术,追踪了白尾海雕亚

成体的活动轨迹,研究其迁徙规律和栖息地偏好,以期对白尾海雕种群和栖息地保护提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究对象

2023年1月25日,研究团队在北京怀柔区救助1只白尾海雕亚成体,经检查,判断该动物体质虚弱,经过近20 d的治疗与康复,白尾海雕身体无损伤,健康状态良好,评估已达到野外放归条件。该白尾海雕体质量4 085 g、体长775 mm、喙长54 mm、翅长610 mm、跗蹠长82 mm、尾长300 mm。2023年2月14日,采用“背负法”为白尾海雕佩戴卫星追踪器(HQBG5037L,湖南环球信士科技有限公司),追踪器质量37 g,占其体质量的0.9%,符合佩戴设备小于野生动物体质量3.0%的标准,对动物产生影响小^[16]。持续观察3 d后未发现该白尾海雕异常表现,并于2023年2月17日在原救护地点怀柔区(40°22'33" N,116°33'36" E)野外放飞。

1.2 数据获取

卫星追踪器采集的白尾海雕数据信息包括个体信息、时间、经纬度坐标、飞行速度、运动航向、海拔、温度、活动量和定位等级,采集数据的频率设置为

1次/h,具体数据从追踪器生产厂商的数据管理平台下载,并选择定位等级为A、B(定位精度在10 m以内)的位点数据进行分析。

1.3 数据分析

在ArcGIS 10.2中导入卫星追踪数据,获得白尾海雕迁徙路线,并确定其越冬地和度夏地,通过迁徙距离、迁徙速度、中途停歇地和绕道率等分析白尾海雕迁徙规律。迁徙距离为度夏地和越冬地间累计的飞行距离(不包括中途停歇地活动距离)^[17];迁徙速度为迁徙过程的平均速度;中途停歇地为迁徙途中停留时长超过48 h的地点^[18]。

采用ArcGIS 10.2的Home range tools 2.0(HRT 2.0)插件中最小凸多边形法(minimum convex polygon, MCP)分别计算白尾海雕度夏地和越冬地95%、50%活动区面积,其中95%表示动物活动区面积、50%表示动物核心活动区面积。以获得的95%活动区范围作为白尾海雕栖息地研究区域^[19],基于国家地理信息公共服务平台发布的2020年30 m全球地表覆盖数据,通过ArcGIS 10.2对研究区域内的栖息地类型进行划分。以某类型栖息地占研究区域总面积的百分比作为该栖息地类型的可利用率;以某类型栖息地内GPS点位数占研究区域GPS总点位数作为该栖息地类型的实际利用率,并计算实际利用率Bonferroni 95%置信区间,通过比较实际利用率Bonferroni 95%置信区间和可利用率的数值来判断栖息地选择偏好。具体标准为:若实际利用率Bonferroni

95%置信区间大于可利用率,判断对该栖息地类型正选择或偏好利用;若小于可利用率,判断对该栖息地类型负选择或回避利用;若包含可利用率,则判断对该栖息地类型无选择或随机利用^[19]。

2 结果

2.1 迁徙路线

白尾海雕追踪时间从2023年2月17日—2024年4月16日,共计424 d,获得有效位点数据9 892个,成功追踪到了2023年春季、秋季完整迁徙路线和2024年春季部分迁徙路线。不同时期白尾海雕的有效位点数分别为:春季迁徙期2 285个(2023年1 934个、2024年351个)、度夏期2 374个(2023年)、秋季迁徙期911个(2023年)和越冬期3 814个(2023—2024年)。在2023年迁徙中,春季迁徙距离大于秋季,但春季迁徙速度慢于秋季。

2023年春季迁徙路线:白尾海雕自放飞后,一直在北京怀柔、密云区附近活动,后于2023年3月31日沿燕山山脉离开北京向北迁徙,途经我国内蒙古赤峰和蒙古国东部进入俄罗斯西伯利亚地区,穿越贝加尔湖,于2023年6月1日到达俄罗斯埃文基自治区北部(68°44'19" N, 102°57'8" E)度夏。总迁徙距离为6 106.21 km,历时62 d,迁徙速度为98.49 km/d,最快飞行速度为89.4 km/h,中途停歇地3个,中途停歇时长12.58 d,绕道率为90.29%,在度夏地停留时长101 d(图1,表1)。



图1 白尾海雕迁徙路线

Figure 1 Migration route of *Haliaeetus albicilla*

表1 白尾海雕春季和秋季迁徙参数

Table 1 Migration parameters of *Haliaeetus albicilla* in spring and autumn

迁徙参数 Migration parameter	2023年春季迁徙 Spring migration in 2023	2023年秋季迁徙 Autumn migration in 2023
位点数量 / 个 Number of position	1 934	911
迁徙时间 Migration time	2023-03-31—2023-06-01	2023-09-10—2023-10-19
迁徙距离 / km Migration distance	6 106. 21	4 137. 63
迁徙时长 / d Migration duration	62	39
迁徙速度 / (km·d ⁻¹) Migration speed	98. 49	106. 09
中途停歇地数量 / 个 Number of stopover sites	3	3
中途停歇地位置 Location of stopover sites	1. 蒙古国东方省哈克格尔(46°51'59" N, 117°21'59" E) 2. 俄罗斯布里亚特共和国巴尔古津(53°40'48" N, 109°45'0" E) 3. 俄罗斯克拉斯诺亚尔斯克边疆区埃文基(66°23'24" N, 101°27'0" E)	1. 俄罗斯克拉斯诺亚尔斯克边疆区埃文基(68°28'48" N, 102°36'0" E) 2. 俄罗斯布里亚特共和国穆伊斯基(56°27'36" N, 115°48'0" E) 3. 俄罗斯伊尔库茨克州博代博(57°10'47" N, 116°25'12" E)
停歇时长 / d Stopover length	12. 58	18. 58
绕道率 / % Detour rate	90. 29	62. 14

2023年秋季迁徙路线:2023年9月10日,白尾海雕从度夏地离开向东南方向迁徙,经俄罗斯萨哈共和国、赤塔州等区域进入我国内蒙古自治区东北部,穿越呼伦湖,最终于2023年10月19日到达蒙古国东部东方省(46°51'59" N, 117°21'59" E)越冬。总迁徙距离为4 137. 63 km,历时39 d,迁徙速度106. 09 km/d,最快飞行速度为114. 9 km/h,中途停歇地3个,中途停歇时长18. 58 d,绕道率为62. 14%。白尾海雕越冬时间持续至2024年4月1日,在越冬地停留时长165 d(图1,表1)。

2.2 日迁徙活动规律

白尾海雕属于典型昼间迁徙鸟类,主要在白天迁徙,夜间(19:00—05:00)平均迁徙速度均小于1 km/h。每日迁徙开始于05:00—06:00,停止于18:00—19:00,平均迁飞时长12~14 h,全天非匀速飞行,迁徙速度日峰值在12:00—14:00,平均迁徙速度均超过11. 5 km/h。

在秋季迁徙中,白尾海雕平均每日06:00开始迁徙,18:00结束;与秋季迁徙相比,春季日迁徙时间开始较早(05:00),结束较晚(19:00),日迁徙时间比秋季长,各时间段平均迁徙速度整体比秋季慢。春

季迁徙速度日峰值时间为13:00,平均迁徙速度为10. 5 km/h;秋季迁徙速度日峰值时间为12:00,早于春季,平均迁徙速度为16. 3 km/h(图2)。

2.3 活动区域和栖息地利用

白尾海雕在度夏地95%、50%MCP活动区面积分别为1 844. 38、93. 21 km²,依据活动轨迹,整个度夏期可分为度夏前期游荡阶段和度夏后期,其中度夏前期95%、50%MCP活动区面积分别为1 844. 38、1 458. 39 km²;度夏后期95%、50%MCP活动区面积分别为333. 78、46. 23 km²。在度夏地白尾海雕主要利用森林(71. 78%)、水体(17. 23%)和湿地(9. 86%)3种栖息地,对湿地和水体栖息地类型偏好利用,对草地栖息地类型回避利用。

在越冬地95%、50%MCP活动区面积分别为410. 68、52. 51 km²,整个越冬期分为越冬前期和越冬后期(游荡阶段),其中越冬前期95%、50%MCP活动区面积分别为109. 63、32. 56 km²;越冬后期95%、50%MCP活动区面积分别为1 914. 45、271. 06 km²。与度夏期不同,白尾海雕在越冬地主要利用草地(81. 59%)和裸地(18. 09%)2种栖息地,对裸地栖息地类型偏好利用。

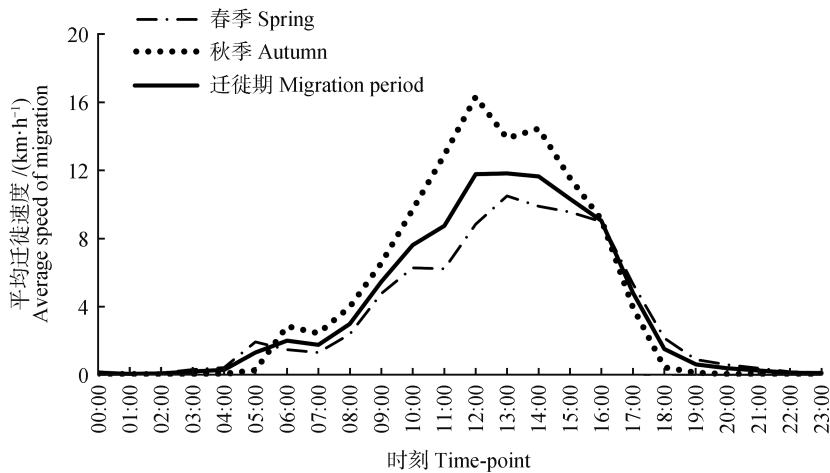


图2 白尾海雕迁徙速度日节律

Figure 2 Daily rhythm of average migration speed for *Haliaeetus albicilla*

表2 不同时期白尾海雕对栖息地的利用情况

Table 2 Habitat utilization of *Haliaeetus albicilla* at different period

栖息地类型 Habitat types	度夏期 Summer period					越冬期 Winter period				
	实际利用率/% Utilization rate	位点数/个 Tracking data points	可利用率/% Availability rate	Bonferroni 95% 置信区间 Bonferroni 95% confidence interval	选择性 Tendency	实际利用率/% Utilization rate	位点数/个 Tracking data points	可利用率/% Availability rate	Bonferroni 95% 置信区间 Bonferroni 95% confidence interval	选择性 Tendency
森林 Forest	71.78	1704	78.36	[69.97, 73.59]	-					
草地 Grass	1.14	27	3.11	[0.74, 1.56]	-	81.59	3112	98.52	[80.34, 82.80]	-
灌木 Shrub forest						0.31	12	0.28	[0.14, 0.49]	0
湿地 Wetland	9.86	234	3.39	[8.67, 11.06]	+					
水体 Water body	17.23	409	15.13	[15.71, 18.75]	+					
裸地 Nudation						18.09	690	1.21	[16.87, 19.31]	+

注：+。偏好利用；-。回避利用；0。随机利用。

Note: +. A preference for habitat; -. An aversion to habitat; 0. Random utilization of habitat.

3 讨论

为减少能量消耗,几乎所有猛禽都利用白天热气流和迎风坡上升气流来进行翱翔或滑翔飞行^[20]。本研究白尾海雕迁徙速度日峰值时间在12:00—14:00,这是由于该时间段气温较高,更容易形成有利于迁徙的上升热气流。研究发现白尾海雕春季迁徙速度低于秋季迁徙速度,主要是由于研究对象为非繁殖个体,对尽早到达繁殖地,占领高质量栖息地资源无迫切需求,从而导致春季迁徙速度不高、迁徙

时间延长;此外,鸟类迁徙速度也受天气^[20]、中途停歇地质量、栖息地质量和迁徙经验^[17]影响。

Krone *et al.*^[21]提出白尾海雕在德国的活动区面积为20~30 km²、19~115 km²或60~120 km²,具体取决于不同研究;Mirski *et al.*^[15]卫星追踪数据表明,白尾海雕在波兰繁殖个体活动区面积为63~122 km²、非繁殖成年个体活动区面积为6 000~60 000 km²。本研究白尾海雕在度夏地和越冬地活动区面积分别为1 844.38 km²和410.68 km²,与前人研究结果相差较大,这主要是由于研究个体年龄差异导致,亚成体

觅食经验少,并且有探索和建立新的领域等需求,活动区面积通常大于成年个体^[22],此外,个体自身情况、性别、栖息地质量和观察者因素等也将影响活动区大小^[13]。本研究发​​现白尾海雕度夏前期和越冬后期的活动区域明显增大,前者可能与亚成鸟的探索行为有关,后者则是为春季迁徙储备足够能量,从而在较大活动区内进行频繁觅食。

本研究表明白尾海雕对栖息地选择和利用存在季节性差异。在度夏期,森林、水体和湿地3种栖息地类型的可利用面积最大,白尾海雕的利用率也最高,达到98.87%,对水体和湿地栖息地类型存在偏好利用,这是由于湿地和水体是白尾海雕重要觅食地,能够提供丰富的鱼类和水禽等食物资源,这与前人对白尾海雕的研究结果^[1,21]一致。研究显示白尾海雕在越冬期选择以草地为主的栖息地,这与前人研究有所差异,如白尾海雕在宁夏贺兰山地区越冬栖息地为山地针叶林带,主要活动在悬崖峭壁或沟谷开阔地^[5],在中卫沙坡头地区主要活动在湖泊的冰面以及附近的树上和高压线塔架^[8],白尾海雕可以较好地适应草地环境,可能与栖息地质量有关。对于大型猛禽,亚成鸟的扩散在寻找优质食物资源、栖息地和潜在繁殖地等方面发挥重要作用^[23]。本研究发​​现白尾海雕越冬地是其春季迁徙的重要停歇地,因此,我们有理由猜测尽管草地无法为白尾海雕提供鱼类和水禽等主要食物来源,但其可根据食物资源获得性来调整饮食结构,当寒冷冬季冰冻的湖泊限制了食物资源获取时,白尾海雕可捕食其他鸟类以及中小型哺乳动物作为替代^[7],而草地开阔地形为其提供了良好的狩猎场所。栖息地偏好选择综合了栖息地的利用性和可用性^[24],研究中白尾海雕对裸地具有偏好利用,这可能是该栖息地面积小且分散,可利用率低,偶然出现便会使实际利用率升高,从而显示偏好选择。

本研究利用卫星跟踪技术追踪白尾海雕亚成体,发现其在野外放飞后顺利完成了春季、秋季迁徙,表明此次对白尾海雕的救助工作是有效的。大型猛禽数量稀少、野外罕见,这也导致难以获得大量的研究样本^[14],虽然本次仅对1只白尾海雕开展研究,但明确记录了其度夏地、越冬地和完整年周期迁徙路线,揭示了白尾海雕迁徙活动规律和栖息地利用情况,为该物种的科学保护提供了重要的基础资料。

参考文献:

- [1] 田家龙, 黄海娇, 张明明, 等. 我国白尾海雕种群与分布状况[J]. 林业科技, 2018, 43(5): 57-59.
TIAN J L, HUANG H J, ZHANG M M, *et al.* The population and distribution of *Haliaeetus albicilla* in China [J]. Forestry Science & Technology, 2018, 43(5): 57-59.
- [2] 高玮. 中国隼形目鸟类生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 102-105.
GAO W. Ecology of falcon order in China [M]. Beijing: Science Press, 2002: 102-105.
- [3] ZAWADZKA D, ZAWADZKI G. Changes in avian top-predator diet in the 21st century in northeast (NE) Poland [J]. Diversity, 2023, 15(11): 1144.
- [4] MIRSKI P, KOMAR E. The white-tailed eagle, the apex predator, adjusts diet towards larger prey in suboptimal territories [J]. Diversity, 2023, 15(6): 747.
- [5] 梁军, 张明明, 李路云, 等. 贺兰山白尾海雕的越冬种群数量和分布研究简报[J]. 四川动物, 2013, 32(5): 780-782.
LIANG J, ZHANG M M, LI L Y, *et al.* Population numbers and distribution of winter *Haliaeetus albicilla* in Helan Mountains [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2013, 32(5): 780-782.
- [6] 马鸣, 巴吐尔汗, 戴昆. 白尾海雕的食谱[J]. 野生动物, 1993, 14(1): 35-36.
MA M, BATUERHAN, DAI K. The recipe of white-tailed sea eagle [J]. Chinese Wildlife, 1993, 14(1): 35-36.
- [7] NADJAFZADEH M, VOIGT C C, KRONE O. Spatial, seasonal and individual variation in the diet of white-tailed eagles *Haliaeetus albicilla* assessed using stable isotope ratios [J]. Ibis, 2016, 158(1): 1-15.
- [8] 李文静, 牛金帅, 杨英, 等. 宁夏中卫沙坡头国家级自然保护区白尾海雕越冬期的行为特征[J]. 四川动物, 2024, 43(3): 284-293.
LI W J, NIU J S, YANG Y, *et al.* Behavior characteristics of *Haliaeetus albicilla* during the wintering period in the Shapotou National Nature Reserve, Ningxia [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2024, 43(3): 284-293.
- [9] HANSEN E, SKOTNES T, BUSTNES J O, *et al.* Telomere length in relation to persistent organic pollutant exposure in white-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*) nestlings from Sweden sampled in 1995-2013 [J]. Environmental Research, 2022, 208: 112712.
- [10] LITERÁK I, MRLÍK V, HOVORKOVÁ A, *et al.* Origin and genetic structure of white-tailed sea eagles (*Haliaeetus albicilla*) in the Czech Republic: an analysis of breeding distribution, ringing data and DNA microsatellites [J]. European Journal of Wildlife Research, 2007, 53(3): 195-203.
- [11] 袁嘉瞳, 牛文会, 张轶卓, 等. 基于白尾海雕粪便样品的SSR引物及性别鉴定引物的开发[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2024, 60(2): 190-194.
YUAN J T, NIU W H, ZHANG Y Z, *et al.* Microsatellite and sex identification primers for the white-tailed sea eagle [J]. Jour-

- nal of Beijing Normal University (Natural Science), 2024, 60(2): 190–194.
- [12] 田家龙, 张明明, 鞠丹. 白尾海雕巢址选择与种群监测[J]. 中国林副特产, 2018(5): 63–65.
TIAN J L, ZHANG M M, JU D. *Haliaeetus albicilla* nest site selection and population monitoring [J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2018(5): 63–65.
- [13] 胡灿实. 朱鹮(*Nipponia nippon*)活动性及其扩散模式研究[D]. 北京:北京林业大学, 2016.
HU C S. The home range and dispersal ecology of crested ibis (*Nipponia nippon*) [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2016.
- [14] WHITFIELD D P, DUFFY K, MCLEOD D R A, *et al.* Juvenile dispersal of white-tailed eagles in western Scotland [J]. Journal of Raptor Research, 2009, 43(2): 110–120.
- [15] MIRSKI P, ANDERWALD D. Ranging behavior of non-breeding and breeding adult white-tailed eagles [J]. Diversity, 2023, 15(12): 1208.
- [16] BARRON D G, BRAUN J D, WEATHERHEAD P J. Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology [J]. Methods in Ecology and Evolution, 2010, 1(2): 180–187.
- [17] 陈丽霞, 贾茹, 胡兴波, 等. 乌雕迁徙路线及栖息地[J]. 陆地生态系统与保护学报, 2023, 3(1): 68–77.
CHEN L X, JIA R, HU X B, *et al.* Migration route and habitats of greater spotted eagle [J]. Terrestrial Ecosystem and Conservation, 2023, 3(1): 68–77.
- [18] 张微, 田颖, 张亚琼, 等. 北京地区红隼的迁徙路线和活动区域[J]. 动物学杂志, 2024, 59(3): 349–357.
ZHANG W, TIAN Y, ZHANG Y Q, *et al.* Migration route and home range of common kestrel *Falco tinnunculus* in Beijing, China [J]. Chinese Journal of Zoology, 2024, 59(3): 349–357.
- [19] 叶思嘉, 马硕, 周锋, 等. 上海浦东东滩湿地斑嘴鸭和绿头鸭的越冬期空间行为与栖息地利用[J]. 复旦学报(自然科学版), 2021, 60(4): 451–461.
YE S J, MA S, ZHOU F, *et al.* Spatial behavior and habitat use of *Anas poecilorhyncha* and *A. platyrhynchos* in winter at Dongtan Wetland of Pudong, Shanghai [J]. Journal of Fudan University (Natural Science), 2021, 60(4): 451–461.
- [20] MELLONE U, KLAASSEN R H G, GARCÍA-RIPOLLÉS C, *et al.* Interspecific comparison of the performance of soaring migrants in relation to morphology, meteorological conditions and migration strategies [J]. PLoS One, 2012, 7(7): e39833.
- [21] KRONE O, NADJAFZADEH M, BERGER A. White-tailed sea eagles (*Haliaeetus albicilla*) defend small home ranges in north-east Germany throughout the year [J]. Journal of Ornithology, 2013, 154(3): 827–835.
- [22] LEGAGNEUX P, BLAIZE C, LATRAUBE F, *et al.* Variation in home-range size and movements of wintering dabbling ducks [J]. Journal of Ornithology, 2009, 150(1): 183–193.
- [23] KRONE O, BERGER A, SCHULTE R. Recording movement and activity pattern of a white-tailed sea eagle (*Haliaeetus albicilla*) by a GPS datalogger [J]. Journal of Ornithology, 2009, 150(1): 273–280.
- [24] 陈浩, 王刚, 王成, 等. 野化放归丹顶鹤活动节律、家域特征和栖息地选择[J]. 生态学报, 2024, 44(4): 1526–1538.
CHEN H, WANG G, WANG C, *et al.* Activity rhythms, home range characteristics, and habitat selection of reintroduced red-crowned crane [J]. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(4): 1526–1538.