

卫星追踪揭示了普通鵟在中国东部及东北亚的迁徙路线

杨晴 鲁长虎*

南京林业大学生命科学学院 南京 210037

摘要: 依据 *IOC World Bird List v15.1* 与《中国鸟类分类与分布名录》(第 4 版), 欧亚大陆广泛分布的欧亚鵟 (*Buteo buteo*) 种下的 *B. b. japonicus* 亚种升为独立种之后, 其在中国被划分为欧亚鵟 (*B. buteo*) 和普通鵟 (*B. japonicus*) 2 个物种。普通鵟广泛分布于东北亚地区, 包括中国东北、俄罗斯远东、日本及朝鲜半岛。作为该区域广泛分布的鵟, 尽管在日本列岛的种群南北迁徙有相关报道, 但其在中国东部及东北亚的迁徙路线缺乏系统分析。本研究对 22 只在中国东部越冬的普通鵟个体进行了卫星跟踪, 共获得了 11 只个体近 4 年完整的春、秋季迁徙路线各 16 次。采用 MATCHED 方法识别迁徙状态转变, 利用 R 4.3.2 中的 zoo 包与 changepoint 包对迁徙数据进行分析, 确定迁移状态改变阈值日期, 确定迁徙起止日期; 随后在 ArcGIS 10.8 可视化轨迹并计算繁殖地-越冬地的累积迁徙距离, 同时采用逐点最近邻 (kNN) 分析法, 量化跨年轨迹重叠程度。在此基础上结合既有研究, 梳理了普通鵟在东北亚的迁徙路线。结果如下, 中国东部越冬的普通鵟春季北迁至我国东北地区 and 俄罗斯远东地区繁殖, 其沿太行山脉东侧、渤海湾以西方向北上穿越华北平原, 其后可分为三个迁徙走向, 部分个体飞越燕山进入东北, 部分沿大兴安岭方向直抵俄罗斯远东, 另有个体先向东北平原方向移动, 再飞越小兴安岭到达俄罗斯繁殖地。秋季南迁路线基本与北迁路线对称, 但有 25% 的个体利用了春季迁徙期间未利用的路线, 沿长白山脉迁徙, 直接跨越渤海到我国东部越冬地。对同一个体不同年度的春季和秋季重复迁徙轨迹进行分析表明, 普通鵟个体的迁徙路径整体具中至高一致性, 偏移主要发生在渤海、燕山及大兴安岭等地形或气候屏障区域。综合本研究与既往资料, 普通鵟在东北亚的主要迁徙路线可划分为三条, 分别是: 俄罗斯—中国东北—中国华东与东南路线, 俄罗斯—中国东北—朝鲜半岛—对马海峡路线, 库页岛—日本列岛路线。卫星追踪技术揭示了普通鵟在中国东部及东北亚的重要迁徙路线, 为该物种保护提供了基础资料。

关键词: 卫星跟踪技术; 普通鵟; 迁徙

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2026) 04-524-14

基金项目 江苏省高校优势学科建设工程项目;

* 通信作者, E-mail: luchanghu@njfu.com.cn;

第一作者介绍 杨晴, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态与保护; E-mail: qing_yanng@163.com。

收稿日期: 2025-06-20, 修回日期: 2025-11-14 DOI: 10.13859/j.cjz.202625114 CSTR: 32109.14.cjz.202625114

Satellite tracking reveals the migration routes of the Eastern Buzzard (*Buteo japonicus*) in eastern China and Northeast Asia

YANG Qing LU Chang-Hu*

College of Life Sciences, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China

Abstract: [Objectives] According to the *IOC World Bird List v15.1* and the *A Checklist of Classification and Distribution of the Birds of China* (4th ed), the subspecies *Buteo buteo japonicus* of the widely distributed Common Buzzard (*B. buteo*) has been elevated to full species, *B. japonicus*. In China, *B. buteo* and *B. japonicus* are therefore recognized as two species. The Eastern Buzzard (*B. japonicus*) is broadly distributed in Northeast Asia, including Northeast China, the Russian Far East, Japan, and the Korean Peninsula. Although north-south migration has been reported, particularly in the Japanese Archipelago, a systematic analysis of its migration routes in eastern China and Northeast Asia is still lacking. **[Methods]** This study conducted satellite tracking on 22 individuals of the Eastern Buzzard wintering in eastern China, recording a total of 16 complete spring and autumn migration routes of 11 ind over a span of nearly four years. In R 4.3.2, the zoo and changepoint packages were used to analyze the migration data and determine threshold dates for state changes and the start and end of migration. Trajectories were then visualized in ArcGIS 10.8, and the cumulative migration distance between breeding and wintering grounds was calculated. In addition, point-wise nearest-neighbor (kNN) analysis was performed to quantify cross-year spatial overlap of migration routes. On the basis of these analyses and previous studies, the overall migration routes of Eastern Buzzard in Northeast Asia were summarized. **[Results]** The individuals wintering in eastern China migrated northward in spring to breed in Northeast China and the Russian Far East. During migration, individuals traveled northward along the eastern flank of the Taihang Mountains and west of Bohai Bay, traversing the North China Plain. Subsequently, these individuals diverged into three major migratory directions: some crossed the Yanshan Mountains into Northeast China; others headed directly towards the Greater Khingan Range and onward to the Russian Far East; while a third group first moved toward the Northeast China Plain and then crossed the Lesser Khingan Range to reach their breeding grounds in Russia (Fig. 1). Southward migration routes in autumn were generally symmetrical to those observed in spring, while about 25% of individuals adopted a route along the Changbai Mountains that had not been used by any individuals during spring migration, directly crossing the Bohai Sea to reach their wintering sites in eastern China (Fig. 2). Analysis of repeated spring and autumn migration trajectories of the same individuals across different years indicated that the migration routes of Eastern Buzzard individuals exhibited moderate to high spatial consistency, with deviations mainly occurring near topographic or climatic barriers such as the Bohai Sea, Yanshan Mountains, and Greater Khingan Range (Table 3). Three principal migration routes in Northeast Asia were identified as the Russia-Northeast China-East/Southeast China route, the Russia-Northeast China-Korean Peninsula-Tsushima Strait route, and the Sakhalin-Japanese Archipelago route (Fig. 3). **[Conclusion]** The satellite tracking reveals the important migration routes of the Eastern Buzzard in eastern China and Northeast Asia, providing essential baseline data to support species conservation.

Key words: Satellite tracking technology; Eastern Buzzard (*Buteo japonicus*); Migration

普通鵟 (*Buteo japonicus*) (英文名 Eastern Buzzard) 隶属于鹰形目 (Accipitriformes) 鹰科 (Accipitridae) 鵟属, 系我国国家二级重点保护野生动物 (郑光美 2023)。该物种曾长期被视为欧亚鵟 (*B. buteo*) (英文名 Common Buzzard) 在东亚的一个亚种 *B. b. japonicus* (Gill et al. 2025)。未进行分类调整之前的欧亚鵟是古北界分布最广、数量最多的猛禽之一, 广泛分布于欧洲、北非及亚洲大部分地区, 包括喜马拉雅山脉、蒙古高原、东北亚、俄罗斯远东地区, 甚至延伸至日本与库页岛 (BirdLife International 2021, Gill et al. 2025)。当时, 这些地区的鵟类被归为欧亚鵟的不同亚种。随着对鵟类遗传学和形态学研究的不断深入, 欧亚鵟的部分亚种被提升为独立物种, 其中就包括普通鵟 (Haring et al. 1999, Riesing et al. 2003, Kruckenhauser et al. 2004, Lerner et al. 2008, Sean and Robert 2020, Nakahara et al. 2022)。普通鵟的繁殖区主要集中在东北亚地区, 包括中国东北、俄罗斯远东、日本及朝鲜半岛, 越冬区则从我国长江以南延伸至东南亚地区 (Gill et al. 2025)。

欧亚鵟种群的迁徙研究已有很多报道 (Strandberg et al. 2009, Martin et al. 2014, Stanciu et al. 2017), 但中国东部地区的普通鵟迁徙研究仍较为缺乏。依据《IOC 世界鸟类名录》v15.1 (Gill et al. 2025), 普通鵟划分为 4 个亚种: *B. j. japonicus* (日本本土型)、*B. j. burmanicus* (欧亚大陆型)、*B. j. toyoshimai* (伊豆-小笠原群岛) 与 *B. j. oshiroi* (大东群岛)。Nakahara 等 (2022) 对 *B. j. japonicus* (日本本土型) 和 *B. j. burmanicus* (欧亚大陆型) 的迁徙路线进行了研究, 发现日本海是普通鵟亚种迁徙与进化分化的关键地理屏障, *B. j. burmanicus* 在春季均迁徙至欧亚大陆, 路线穿越对马海峡、朝鲜半岛, 最终到达俄罗斯远东的多个区域繁殖; 而 *B. j. japonicus* 主要在日

本列岛内迁徙, 繁殖季分布在北海道、本州东部、库页岛南部。Hijikata 等 (2022) 对在日本分布的普通鵟种群的迁徙策略进行了研究, 发现研究个体的迁徙路线虽然呈现双通道模式, 但是所有个体的迁徙都是在日本列岛内进行的。

在我国, 关于普通鵟迁徙生态学的研究仍十分有限, 尤其缺乏对其迁徙路线的研究。这一研究空白在一定程度上限制了该物种在我国的保护评估与管理。本研究基于卫星追踪数据, 明确了中国东部越冬的普通鵟的春、秋季迁徙路线, 并探究了同一只个体跨年迁徙轨迹的一致性, 同时进一步结合历史研究数据梳理了普通鵟这一物种在东北亚地区的迁徙路线, 以期普通鵟的物种保护提供基础资料。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究普通鵟均来自于 2019、2020 和 2021 年间在山东菏泽中毒或受伤救护个体。选择康复后具备放归条件的 22 只普通鵟个体, 安装 13 g 或 17 g 的背负式 GPS 卫星追踪器 (湖南环球信士科技有限公司), 追踪器质量均小于个体体重的 3%, 符合遥测研究中追踪器重量不超过个体体重 3% ~ 5% 的技术标准 (Barron et al. 2010)。借助环球信士卫星追踪数据服务平台对个体进行实时监测, 并收集数据, 包括跟踪个体所处的经纬度、高度 (m)、运动航向、瞬时速度 (km/h)、温度 (°C)、活动量和定位精度 (m) 等。定位数据通过 GSM 传输, 每 1 h 回传 1 次。定位精度在 5 ~ 2 000 m 之间。在所有 22 只佩戴 GPS 卫星追踪器的普通鵟中, 有 1 只个体在安装追踪器 1 周内丢失信号, 10 只个体在安装追踪器当年春季迁徙途中丢失信号。最终, 共获得了 11 只个体约 4 年的卫星跟踪数据, 共记录到 16 次完整的春季迁徙以及 16 次完整的秋季迁徙 (表 1)。

表 1 对 22 只普通鵟进行卫星追踪的信息

Table 1 Satellite tracking information of 22 Eastern Buzzards (*Buteo japonicus*)

编号 No.	体重 Weight (g)	性别 Sex	追踪时间 (年-月-日) Tracking time (Year-month-day)	有效位点数 Effective sites	迁徙完成情况 Migration completion status
#01	750	♂	2019-03-27 ~ 2020-03-12	4 477	1 次春季迁徙、1 次秋季迁徙 1 spring migration and 1 autumn migration
#02	960	♂	2019-03-16 ~ 2019-07-11	943	未完成 Migration incomplete
#03	955	♀	2019-03-18 ~ 2019-07-13	1 017	未完成 Migration incomplete
#04	958	♂	2019-03-19 ~ 2019-10-16	277	未完成 Migration incomplete
#05	953	U	2019-03-19 ~ 2019-04-16	268	未完成 Migration incomplete
#06	740	♂	2019-03-18 ~ 2020-03-12	2 357	1 次春季迁徙、1 次秋季迁徙 1 spring migration and 1 autumn migration
#07	1 000	♀	2019-03-18 ~ 2021-04-11	2 230	1 次春季迁徙、1 次秋季迁徙 1 spring migration and 1 autumn migration
#08	965	U	2019-03-18 ~ 2020-04-28	494	未完成 Migration incomplete
#09	956	U	2019-03-18 ~ 2020-04-05	266	未完成 Migration incomplete
#10	950	♀	2019-04-16 ~ 2020-03-04	1 312	1 次春季迁徙、1 次秋季迁徙 1 spring migration and 1 autumn migration
#11	1 040	♀	2020-03-13 ~ 2023-03-10	13 627	3 次春季迁徙、3 次秋季迁徙 3 spring migrations and 3 autumn migrations
#12	952	♀	2020-03-13 ~ 2020-05-02	1 210	未完成 Migration incomplete
#13	940	♀	2020-03-13 ~ 2020-11-19	3 232	1 次春季迁徙、1 次秋季迁徙 1 spring migration and 1 autumn migration
#14	1 220	♀	2020-03-13 ~ 2022-04-22	14 024	2 次春季迁徙、2 次秋季迁徙 2 spring migrations and 2 autumn migrations
#15	940	♀	2020-03-13 ~ 2022-06-13	11 331	2 次春季迁徙、1 次秋季迁徙 2 spring migrations and 1 autumn migration
#16	1 000	♀	2020-03-13 ~ 2021-04-19	4 313	1 次春季迁徙、1 次秋季迁徙 1 spring migration and 1 autumn migration
#17	961	♀	2019-03-14 ~ 2020-05-06	1 194	未完成 Migration incomplete
#18	954	♀	2019-03-13 ~ 2020-05-08	804	未完成 Migration incomplete
#19	980	♀	2020-03-13 ~ 2021-03-20	3 793	1 次春季迁徙、1 次秋季迁徙 1 spring migration and 1 autumn migration
#20	977	♂	2020-08-02 ~ 2020-11-10	809	未完成 Migration incomplete
#21	970	♀	2020-08-02 ~ 2023-01-17	14 319	2 次春季迁徙、3 次秋季迁徙 2 spring migrations and 3 autumn migrations
#22	959	♂	2021-03-16 ~ 2021-03-23	93	未完成 Migration incomplete

“U” 表示未记录。“U” means unrecorded.

1.2 研究方法

本研究使用 MATCHED 方法来识别关键
迁移状态转换，确定两个连续迁移状态之间的

日期阈值 (Chen et al. 2016)。首先，筛选从环
球信士服务器中导出的卫星跟踪数据，剔除无
效数据后，仅保留精度为 A、B、C 和 D 级 (定

位误差分别为 5、10、20 和 100 m) 的数据。随后, 以日移动距离(km/d)与净平方位移(net squared displacement, NSD)作为核心时序指标, 识别迁徙状态转换, 在日移动距离和净平方位移两条时间序列上, 采用 PELT 算法(pruned exact linear time)进行均值/方差联合变点检测(Killick et al. 2012), 采用 R 4.3.2 中的 zoo 包与 changepoint 包(Killick et al. 2012, Killick and Eckley 2014, Chen et al. 2016)对迁徙数据进行分析, 确定迁移状态改变的阈值日期, 从而识别迁徙开始时间和迁徙结束时间。最后, 将迁徙数据导入 Arcgis 10.8, 可视化迁徙路径并绘制普通鵟的春季和秋季迁徙路线。使用 Arcgis 10.8 计算每只个体从繁殖地/越冬地到越冬地/繁殖地之间的累积飞行距离作为迁徙距离, 其中不包括中途停歇地的局部运动(樊淑娟 2020)。

为评估具有重复迁徙轨迹的普通鵟在同一迁徙季节迁徙路线的年际空间一致性, 本研究基于卫星追踪数据, 采用逐点最近邻(k-nearest neighbor, kNN)分析方法(Norevik et al. 2025), 针对每一只个体在同一季节(春季或秋季)不同年份的轨迹, 分别计算年份 A 中每个 GPS 定位点到年份 B 轨迹中最近点的地理距离(记作 A→B 距离), 同时计算 B→A 方向的对应距离。每个方向分别统计其平均值、中位数和 95%分位值(Q95), 以表征单向空间一致性。在此基础上, 将两个方向的最近邻距离向量合并, 计算对称化的空间一致性指标, 包括对称平均最近邻距离(symmetrical mean nearest-neighbor distance)、对称中位最近邻距离(symmetrical median nearest-neighbor distance)与对称 95%分位距离(symmetrical 95th percentile nearest-neighbor distance), 以更全面反映两年之间迁徙路径的整体空间重叠程度。

为获取普通鵟在东北亚的迁徙路线, 本研究结合 Nakahara 等(2022)公布的 *Bj burmanicus* 与 *B. j. japonicus* 的春、秋季迁徙轨迹, 对其文中图 2 进行了地理配准(坐标系统为 WGS84)。

将该研究数据与本研究获取的卫星追踪数据进行整合, 从而获得普通鵟在东北亚地区的迁徙路线。

2 结果

2.1 中国东部越冬普通鵟种群的迁徙路线

在卫星跟踪的 22 只普通鵟个体中, 共有 11 只个体顺利到达繁殖地, 共记录到 16 次完整的春季迁徙。卫星追踪结果显示, 中国越冬的普通鵟春季北迁至中国东北繁殖地和俄罗斯繁殖地, 繁殖地最南至中国黑龙江省哈尔滨市, 最北至俄罗斯萨哈共和国, 最西至俄罗斯外贝加尔边疆区, 最东至俄罗斯哈巴罗夫斯克边疆区。春季迁徙历时(47.31 ± 31.40) d、迁徙距离($3\,410.68 \pm 888.44$) km ($n = 16$) (表 2)。春季迁徙期间, 普通鵟自我国东部地区的越冬地出发, 沿太行山脉东侧、渤海湾以西方向北上穿越华北平原, 飞越燕山山脉后分化为三种迁徙走向: 部分个体直接到达我国东北地区繁殖, 部分个体选择飞越大兴安岭地区到达俄罗斯繁殖地, 另有部分个体先到达东北平原, 后飞越小兴安岭地区, 到达繁殖地(图 1)。

卫星追踪结果显示, 共有 10 只个体顺利从繁殖地到达越冬地, 最终记录到 16 次完整的秋季迁徙。普通鵟南迁至中国东部越冬, 越冬地最南至广东省肇庆市、最北至河北省邢台市, 最东至山东省济宁市、最西至湖北省荆门市。秋季迁徙历时(59.06 ± 25.09) d、迁徙距离($3\,278.52 \pm 882.51$) km ($n = 16$) (表 2)。秋季迁徙期间, 部分个体离开繁殖地后, 经小兴安岭进入东北平原, 随后沿东北平原向西南迁徙, 穿越燕山山脉, 并沿太行山脉以东、渤海湾以西飞行, 抵达华北平原, 其中, 一些个体在华北平原越冬, 另一些则继续南迁至长江中下游平原或华南地区越冬; 部分个体则沿大兴安岭以西南方向迁徙, 避开东北平原, 直接飞越燕山山脉后进入华北平原, 并在该地区越冬; 此外, 另有部分个体(#10、#11、#16、#21)利用了春季迁徙期间未利用的路线, 沿长白山脉迁徙, 直接跨越渤海到达越冬地(图 2)。

表 2 普通鵟的迁徙参数信息

Table 2 Migration parameters of the Eastern Buzzards (*Buteo japonicus*)

迁徙季节 Season	年份 Year	个体编号 No.	迁徙起止日期（年-月-日） Migration start and end dates (Year-month-day)	起点经纬度 Start longitude, start latitude	终点经纬度 End longitude, end latitude	迁徙距离（km） Distance
春 Spring	2019	#01	2019-04-05 ~ 2019-06-07	126°27'039" E, 54°06'24" N	116°22'03" E, 35°56'10" N	2 501.50
		#06	2019-04-10 ~ 2019-05-09	127°30'54" E, 46°07'21" N	115°27'08" E, 35°12'02" N	1 790.83
		#07	2019-04-05 ~ 2019-07-12	118°52'50" E, 59°35'09" N	115°15'17" E, 35°01'45" N	4 114.49
		#10	2019-04-17 ~ 2019-08-19	126°56'36" E, 47°52'09" N	115°15'15" E, 35°00'24" N	2 351.75
	2020	#11	2020-04-26 ~ 2020-05-18	127°09'24" E, 51°46'58" N	114°48'49" E, 35°08'38" N	2 861.65
		#13	2020-04-22 ~ 2020-06-23	120°26'44" E, 64°15'13" N	114°48'43" E, 35°10'15" N	4 504.16
		#14	2020-04-07 ~ 2020-04-29	130°58'45" E, 59°30'16" N	114°54'00" E, 35°06'58" N	3 372.30
		#15	2020-04-28 ~ 2020-05-15	117°57'05" E, 55°09'00" N	114°45'49" E, 34°58'45" N	2 547.80
		#16	2020-04-29 ~ 2020-06-08	139°35'27" E, 62°11'45" N	115°15'29" E, 38°40'53" N	3 532.68
		#19	2020-05-05 ~ 2020-07-27	127°13'31" E, 58°13'46" N	114°52'41" E, 35°14'31" N	2 927.05
		#11	2021-04-04 ~ 2021-05-11	131°13'32" E, 61°40'59" N	115°12'29" E, 34°23'09" N	4 031.56
	2021	#14	2021-03-14 ~ 2021-05-01	130°25'03" E, 59°56'14" N	112°25'53" E, 23°15'46" N	4 806.27
		#15	2021-04-13 ~ 2021-04-25	120°28'29" E, 56°02'46" N	114°40'57" E, 36°59'18" N	2 861.40
		#21	2021-04-05 ~ 2021-05-03	134°53'56" E, 62°35'45" N	113°27'06" E, 31°12'43" N	4 410.04
	2022	#11	2022-04-03 ~ 2022-05-13	130°51'25" E, 62°32'38" N	115°00'40" E, 34°43'50" N	4 008.08
		#21	2022-03-29 ~ 2022-04-30	133°26'33" E, 62°58'38" N	113°27'06" E, 31°12'44" N	3 949.34
秋 Autumn	2019	#01	2019-09-23 ~ 2019-12-03	115°15'14" E, 35°01'45" N	126°31'37" E, 54°03'30" N	2 528.25
		#06	2019-09-23 ~ 2019-10-22	115°16'05" E, 35°09'50" N	128°05'10" E, 48°53'20" N	1 981.24
		#07	2019-09-29 ~ 2019-10-16	114°49'44" E, 35°44'03" N	121°54'47" E, 51°43'01" N	2 074.38
		#10	2019-10-24 ~ 2019-12-13	115°15'14" E, 35°01'45" N	126°46'34" E, 47°56'47" N	1 933.09
	2020	#11	2020-09-28 ~ 2020-12-03	115°12'50" E, 34°22'50" N	127°45'43" E, 51°50'32" N	2 953.04
		#13	2020-08-02 ~ 2020-10-07	115°26'13" E, 35°48'11" N	120°27'58" E, 64°13'57" N	3 946.45
		#14	2020-09-15 ~ 2020-12-20	112°48'18" E, 24°23'05" N	130°36'29" E, 59°07'20" N	3 952.73
		#15	2020-09-06 ~ 2020-10-19	114°29'31" E, 37°06'58" N	117°43'26" E, 54°43'03" N	3 309.66
		#16	2020-08-20 ~ 2020-11-02	114°46'26" E, 34°48'58" N	139°51'47" E, 62°14'05" N	3 981.59
		#19	2020-09-07 ~ 2020-10-22	115°39'22" E, 34°02'02" N	127°40'12" E, 58°21'48" N	3 270.50
		#21	2020-10-05 ~ 2020-11-03	123°32'35" E, 44°17'58" N	113°42'00" E, 31°31'19" N	2 203.56
	2021	#11	2021-09-26 ~ 2022-01-17	113°30'29" E, 34°30'58" N	128°54'22" E, 61°00'01" N	3 586.87
		#14	2021-09-10 ~ 2021-11-29	112°26'02" E, 23°15'46" N	130°33'11" E, 59°28'40" N	4 494.90
		#21	2021-09-05 ~ 2021-10-23	113°27'07" E, 31°12'43" N	134°51'40" E, 62°37'21" N	4 185.98
	2022	#11	2022-09-16 ~ 2022-11-18	117°18'43" E, 34°38'15" N	129°54'29" E, 62°07'22" N	4 038.11
		#21	2022-09-03 ~ 2022-10-28	113°26'20" E, 31°12'32" N	135°11'60" E, 60°12'59" N	4 015.97

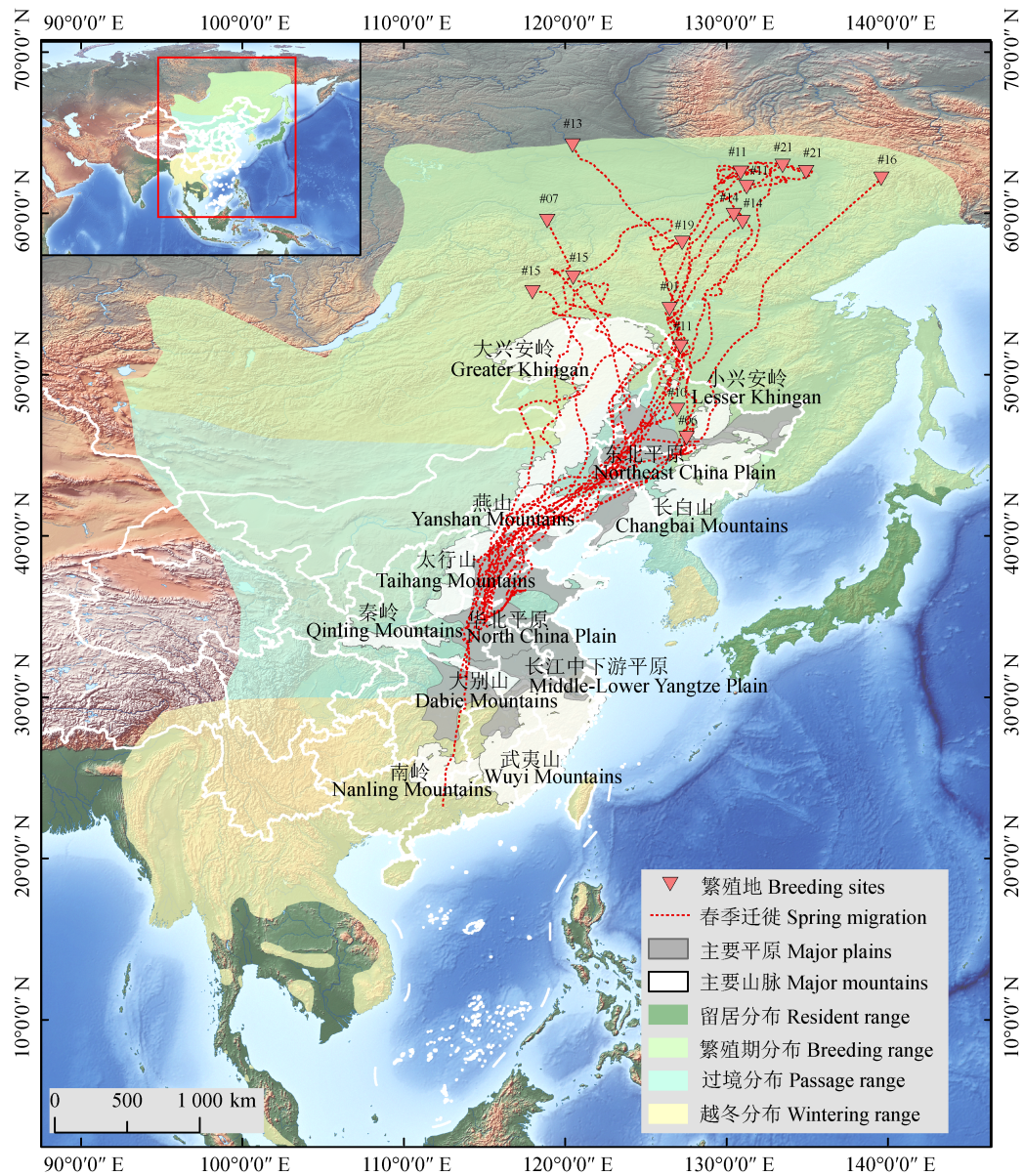


图 1 中国东部越冬的普通鵟春季迁徙路线

Fig. 1 Migratory routes of Eastern Buzzards (*Buteo japonicus*) wintering in eastern China during spring

审图号: GS 京 (2026) 2005 号。该图基于审图号为 GS (2024) 0650 号的标准地图制作, 底图叠加 Natural Earth 地形数据。普通鵟分布来源于 *The IUCN Red List of Threatened Species* (2021); 主要山脉数据来源于 <https://www.earthenv.org/mountains>。

Approval number: GS Jing(2026)2005. This figure was produced based on the standard map [review number GS(2024)0650], and the base map is overlaid with Natural Earth terrain data (<https://www.naturalearthdata.com/downloads/10m-raster-data/10m-cross-blend-hypso/>). The distribution of Eastern Buzzards was obtained from *The IUCN Red List of Threatened Species* (2021); major mountain-range data were downloaded from <https://www.earthenv.org/mountains>.

2.2 普通鵟跨年迁徙轨迹的一致性分析

普通鵟跨年迁徙轨迹的多数配对显示中至高一致性, 但个别年份存在显著偏移(表 3,

图 3)。个体#11 共获得 3 条春季迁徙轨迹与 3 条秋季迁徙轨迹, 其中 2021 和 2022 年春季迁徙轨迹高度一致, 对称中位最近邻距离 62.26 km;

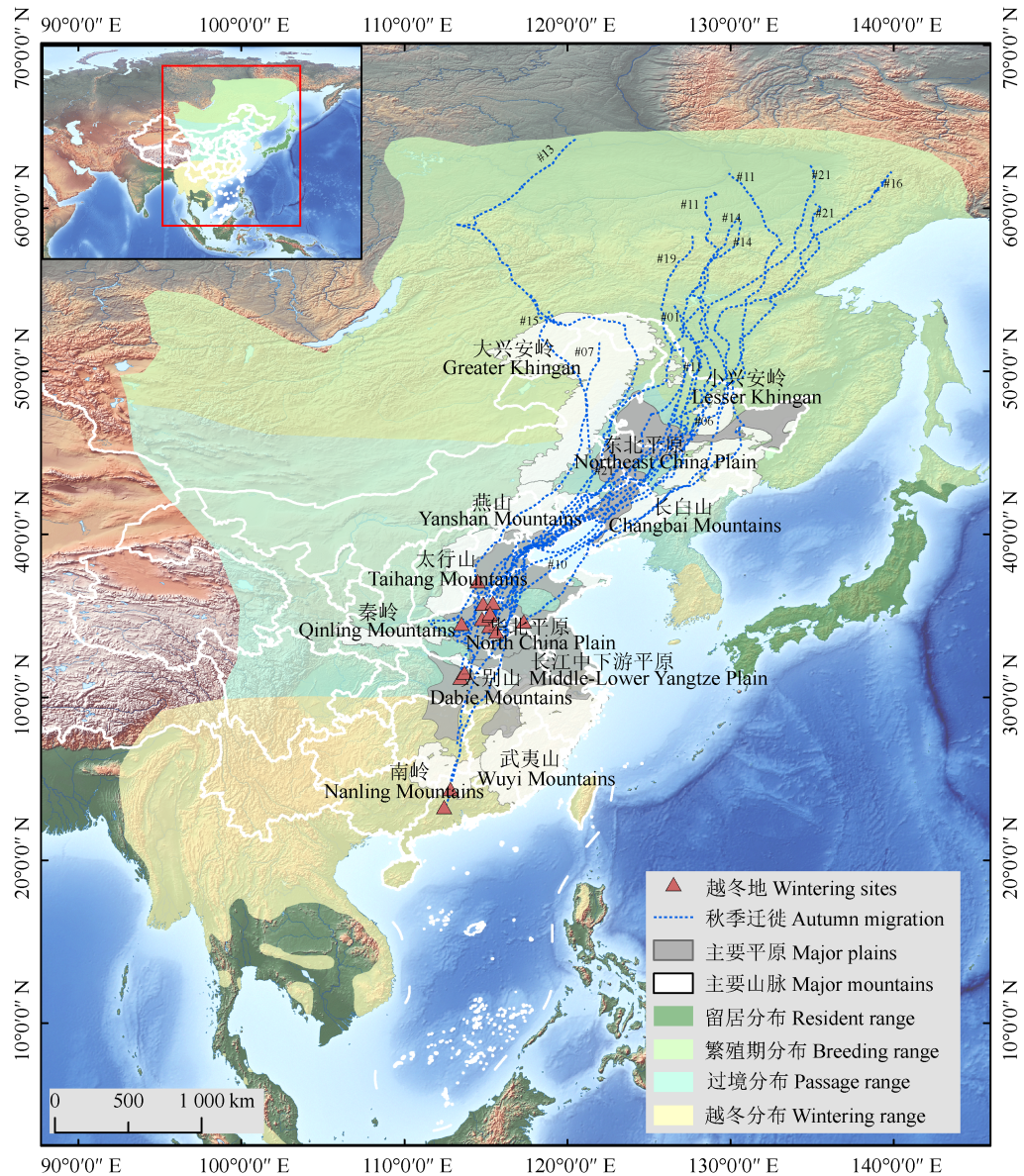


图 2 中国越冬的普通鵟秋季迁徙路线

Fig. 2 Migratory routes of Eastern Buzzards (*Buteo japonicus*) wintering in eastern China during autumn

审图号：GS 京（2026）2005 号。该图基于审图号为 GS（2024）0650 号的标准地图制作，底图叠加 Natural Earth 地形数据。普通鵟分布来源于 *The IUCN Red List of Threatened Species*（2021）；主要山脉数据来源于 <https://www.earthenv.org/mountains>。

Approval number: GS Jing(2026)2005. This figure was produced based on the standard map [review number GS(2024)0650], and the base map is overlaid with Natural Earth terrain data (<https://www.naturalearthdata.com/downloads/10m-raster-data/10m-cross-blend-hyps/>). The distribution of Eastern Buzzards was obtained from *The IUCN Red List of Threatened Species* (2021); major mountain-range data were downloaded from <https://www.earthenv.org/mountains>.

而 2020 年春季迁徙轨迹与后两年春季迁徙轨迹相比出现明显偏移：其在 2020 年春迁时由东
北平原中部北上，与 2021、2022 年沿东北平原边缘-长白山交界北上的路线不同。个体#11 秋

表 3 个体跨年迁徙轨迹差异及稳定性分析

Table 3 Interannual differences and stability in individual migration trajectories						
个体编号 No.	季节 Season	年份 1 Year 1	年份 2 Year 2	对称平均距离 (km) Symmetrical mean nearest-neighbor distance	对称中位最近邻近距离 (km) Symmetrical median nearest-neighbor distance	对称 95%分位距离 (km) Symmetrical 95th percentile nearest-neighbor distance
#11	春季 Spring	2020	2021	366.08	122.33	1 380.94
	春季 Spring	2020	2022	283.43	183.52	1 014.35
	春季 Spring	2021	2022	73.99	62.26	164.38
	秋季 Autumn	2020	2021	129.92	49.74	533.76
	秋季 Autumn	2020	2022	246.37	179.14	772.15
	秋季 Autumn	2021	2022	193.24	202.53	312.02
#14	春季 Spring	2020	2021	288.27	111.15	1 054.41
	秋季 Autumn	2020	2021	51.80	34.60	112.34
#15	春季 Spring	2020	2021	121.12	117.49	217.55
#21	春季 Spring	2021	2022	61.49	51.06	133.33
	秋季 Autumn	2020	2021	407.87	168.84	1 557.40
	秋季 Autumn	2020	2022	467.57	116.55	1 837.49
	秋季 Autumn	2021	2022	94.67	106.79	175.95

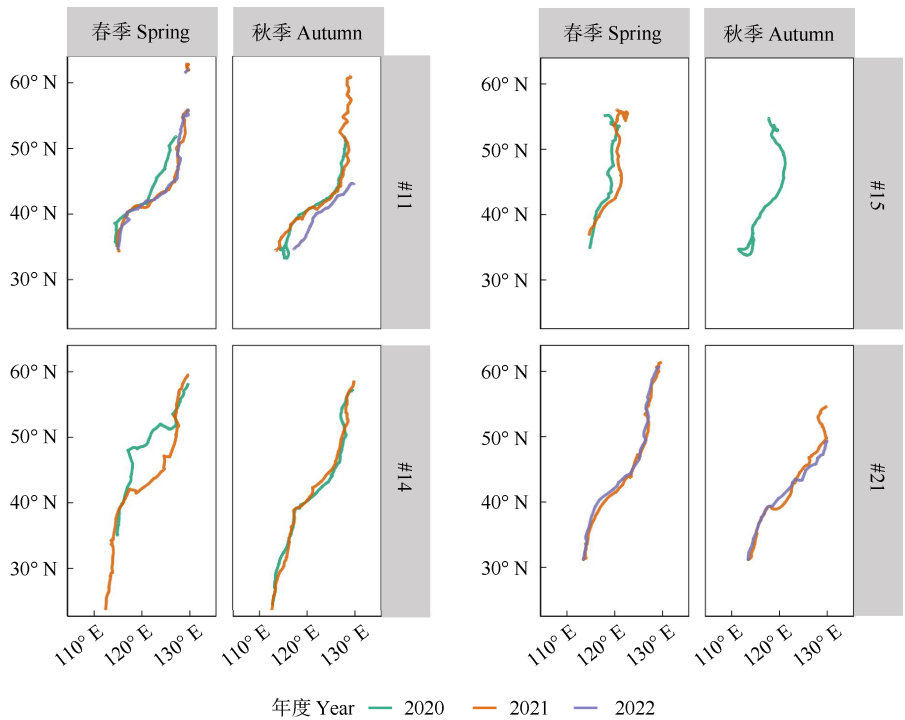


图 3 普通鵟跨年迁徙轨迹对比

Fig. 3 Interannual comparison of migration trajectories of Eastern Buzzards (*Buteo japonicus*)

审图号：GS 京（2026）005 号。该图基于审图号为 GS（2024）0650 号的标准地图制作，灰色框中数字代表个体编号。
Approval number: GS Jing(2026)005. This figure was produced based on the standard map [review number GS(2024)0650], and the numbers in the grey box represent the individual number of *Buteo japonicus*.

迁亦有年际差异：2022 年秋季迁徙期间该个体自大连直接跨越渤海抵达华北平原越冬，与 2020、2021 年不同。个体#14 记录到 2 条春季迁徙轨迹和 2 条秋季迁徙轨迹，秋季迁徙轨迹整体一致性较高，但其在春迁期间，飞越燕山一带时出现年际位移：2020 年偏向西北并经大兴安岭至繁殖地，2021 年则直接穿越东北平原至繁殖地。个体#15 记录到 2 条重复的春季迁徙轨迹，整体较为一致。个体#21 记录到 2 条春季迁徙轨迹、3 条秋季迁徙轨迹，春秋季节迁徙轨迹均具有较高的一致性，但其 2020 年秋季记录到的起始点与 2021 和 2022 年存在差异，使其对称 95% 分位距离较大。总体看，对称中位距离多落在 34 ~ 203 km 区间，而对称 95% 分位距离在若干配对中超过 500 ~ 1 000 km，反映出少量路段的明显分离。

2.3 普通鸕在东北亚的迁徙路线

结合历史研究数据 (Hijikata et al. 2022, Nakahara et al. 2022) 对普通鸕迁徙路线进行梳理，普通鸕主要在东北亚区域内往返迁徙，其越冬地包括日本西部沿海、本州岛东西海岸以及中国东部，繁殖地则分布于俄罗斯远东地区、日本列岛、库页岛及中国东北地区。其迁徙路线大致可划分为三条：俄罗斯—中国东北—中国华东与东南路线，俄罗斯—中国东北—朝鲜半岛—对马海峡路线，库页岛—日本列岛路线。春秋季节迁徙路线大致对称，只有中国东部越冬的部分个体在秋季迁徙期间会使用与春季迁徙期间截然不同的迁徙路线，这些个体沿长白山脉迁徙，穿越辽东半岛并跨越渤海到达越冬地 (图 4)。

3 讨论

最新版《IOC 世界鸟类名录》(Gill et al. 2025) 将普通鸕划分为 4 个亚种：*B. j. japonicus* (日本主岛繁殖型)、*B. j. burmanicus* (欧亚大陆繁殖型)、*B. j. toyoshimai* (伊豆-小笠原群岛) 与 *B. j. oshiroi* (大东群岛)。同时，Nakahara 等 (2022) 研究表明，*B. j. burmanicus*

在春季均迁徙至欧亚大陆，而 *B. j. japonicus* 的迁徙路径主要局限于日本列岛与库页岛之间，不跨越日本海。根据《中国鸟类分类与分布名录》(4 版，郑光美 2023)，在我国广泛分布的仅有 *B. j. japonicus* 这一亚种。但是，本研究所跟踪的普通鸕虽然在形态学上接近于 *B. j. japonicus*，但因缺乏分子生物学证据尚无法最终确定其亚种归属，需要后续进一步研究。

根据 IUCN 物种红色名录发布的分布图，普通鸕冬季主要分布于我国长江以南地区以及东南亚地区；同样，BirdLife Data Zone (<https://app.birdlife.org/>) 也指出其冬季主要南下至日本南部以及我国华南和台湾地区。然而，本研究中的普通鸕个体均是在越冬期于华北平原被救助的个体，同时，卫星追踪结果显示，除#14 号个体外，其余跟踪个体在越冬期均分布于华北平原及长江中下游北部。此外，近年来相关研究与野外监测也记录到了普通鸕冬季在华北平原地区活动的现象，Lu 等 (2024) 在研究中发现，有普通鸕在河北白洋淀湿地越冬；北京地区也有疑似普通鸕冬季逗留报道 (Townshend 2021)。本研究的卫星追踪结果与近年来的研究以及野外监测共同表明，普通鸕在华北平原地区越冬可能已成为相对稳定的生态现象，其实际迁徙过境范围可能比现行 IUCN 分布图所示更窄，该发现对修订普通鸕的分布图具有重要意义。

卫星追踪结果显示，秋季迁徙期间，中国越冬的普通鸕在经过渤海时，大部分个体选择绕道迁徙，但也有少数个体直接跨越渤海。这种直接跨海的行为与日本越冬的普通鸕亚种 *B. j. burmanicus* 相似，该亚种迁徙过程中需要连续跨越对马海峡两处各约 50 km 宽的海域 (Nakahara et al. 2022)。相关研究表明，长距离迁徙鸟类在迁徙中常会发生大规模的绕道行为，相较于直接跨越海洋，绕道而行能更频繁地遇到有利的顺风条件，这些绕行可以利用沿途更有利的风向，有效减少迁徙的总体能量消耗和死亡风险 (Egevang et al. 2010, Panuccio

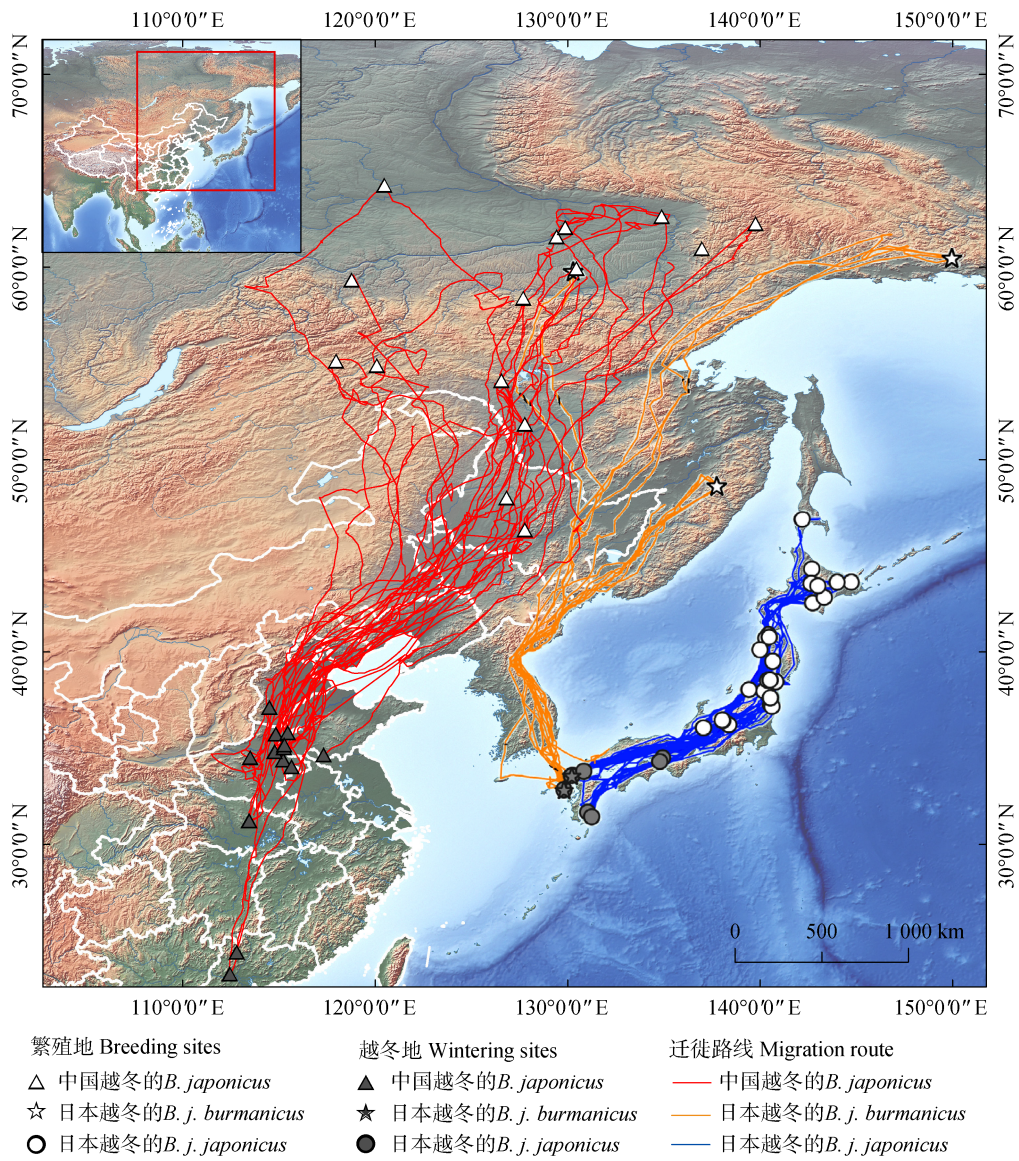


图 4 普通鵟在东北亚的迁徙路线

Fig. 4 Migration routes of Eastern Buzzards (*Buteo japonicus*) in Northeast Asia

审图号: GS 京 (2026) 005 号。该图基于审图号为 GS (2024) 0650 号的标准地图制作, 底图叠加 Natural Earth 地形数据。红色线条表示本研究中通过卫星追踪获得的中国越冬个体的迁徙路线; 橙色和蓝色线条分别表示引自 Nakahara 等 (2022) 报道的日本越冬群体中 *B. j. burmanicus* 与 *B. j. japonicus* 的迁徙路线。

Approval number: GS Jing(2026)005. This figure was produced based on the standard map [review number GS(2024)0650], and the base map is overlaid with Natural Earth terrain data (<https://www.naturalearthdata.com/downloads/10m-raster-data/10m-cross-blend-hypso/>). Red lines indicate migration routes of individuals wintering in China tracked by satellite telemetry in this study; orange and blue lines represent the migration routes of *B. j. burmanicus* and *B. j. japonicus* wintering in Japan, respectively, as reported by Nakahara et al. (2022).

2011, DeLuca et al. 2015, Vansteelant et al. 2017)。这种绕道行为并非遗传性的, 而是可能更多地受到经验丰富迁徙者的影响 (Hake

et al. 2003, Chapman 2017, Pedler et al. 2018)。例如, Hake 等 (2003) 对鵟头蜂鹰 (*Pernis apivorus*) 的研究表明, 其成年个体在迁徙过程

中往往绕过地中海，而亚成体选择直接跨越地中海。此外，Nakahara 等（2022）研究指出，这种跨海行为可能在普通鵟亚种分化过程中发挥了关键作用，日本海的水温较低，其上空的热气流不稳定，对依赖热气流进行高效滑翔飞行的猛禽构成了显著障碍，这样的气候与地形条件很可能在早期迁徙阶段限制了普通鵟祖先的跨海活动，从而促使其迁徙路线沿着日本海两岸逐渐分化。

本研究跟踪的中国东部越冬普通鵟群体的繁殖地，最南至我国黑龙江省哈尔滨市，最北至俄罗斯萨哈共和国，最西至俄罗斯外贝加尔边疆区，最东至俄罗斯哈巴罗夫斯克边疆区；而日本越冬普通鵟的繁殖地主要分布于俄罗斯远东地区，包括哈巴罗夫斯克边疆区、萨哈共和国、马加丹州和库页岛，以及日本北部的北海道和本州北部（Hijikata et al. 2022, Nakahara et al. 2022）。中国东部越冬普通鵟种群的繁殖地相较于日本越冬种群的繁殖地明显偏北。这一现象在 Hijikata 等（2022）对日本分布的普通鵟种群的迁徙路线研究中也体现，其发现越冬地位于相对南部的个体夏季到达的地方较南，而冬季在北方的个体夏季目的地也偏北，并据此推测该物种迁徙的时间与距离可能在某种程度上是稳定的。

本研究对具有重复迁徙轨迹的个体分析显示，普通鵟的年际迁徙轨迹整体呈中到高一致性，仅在少数年份或局部航段出现显著偏移。偏移多见于生态屏障或过渡带，如渤海、燕山与大兴安岭，与风场—地形耦合作用相符（Hake et al. 2003, DeLuca et al. 2015, Vansteelant et al. 2017）。例如，个体#11 在 2021 和 2022 年春季迁徙路线高度一致，而 2020 年春季改走东北平原中部北上；个体#14 的春季迁徙轨迹在燕山—大兴安岭一带发生年际位移；个体#21 在 2020 年秋季起始段异常导致对称 95% 分位距离偏大。总体上，跨越大型水体或山系前后经向变异升高，而在非屏障区段对主通道的忠诚度与可重复性较高，这与既往研究一致，例如，欧夜鹰（*Caprimulgus europaeus*）

迁徙时在地中海-撒哈拉段经向变异升高，但整体路线仍具可重复性（Norevik et al. 2025）。受样本量与观测年限所限，上述模式仍需在更大样本与更长时间序列中结合同期风场与停歇地数据进一步验证。

本研究对普通鵟在东北亚的整体迁徙路线进行了系统梳理，发现其迁徙路线分布格局与欧亚鵟明显不同。普通鵟的迁徙活动主要局限于东北亚区域，其迁徙路线集中分布于青藏高原以东；而欧亚鵟的迁徙路线则横跨欧亚非三大洲，集中于青藏高原以西（Panuccio et al. 2021）。作为全球海拔最高的地理屏障，青藏高原不仅有效阻隔了这两个种群间的直接接触，还可能通过塑造区域气候（特别是季风模式），进一步驱动了它们在迁徙路径选择上的分化（Stanciu et al. 2017, Liu et al. 2018, Zhang et al. 2024）。这一显著的迁徙地理隔离现象，进一步支持了将普通鵟从欧亚鵟的亚种提升为独立物种的分类学观点。在北京地区发现疑似普通鵟冬季活动记录，该个体最初被识别为欧亚鵟的亚种 *B. buteo vulpinus*，猛禽分类专家 Dick Forsman 通过对该鸟形态学特征的综合分析，认为其更可能是携带欧亚鵟血统的普通鵟（Townshend 2021）。本研究通过对普通鵟的卫星追踪以及对普通鵟迁徙路线的梳理，亦支持判断北京地区分布的该个体应为普通鵟。

本研究通过卫星追踪获取了中国东部越冬普通鵟的迁徙信息，补充了该物种在我国区域的关键迁徙资料，同时进一步明确了普通鵟在东北亚地区的迁徙路线格局。但仍需开展更深入的研究，进一步整合不同亚种的迁徙数据以及分子水平的遗传信息，以更全面地揭示普通鵟在东北亚区域的迁徙规律及其适应性进化过程。

参 考 文 献

- Barron D G, Brawn J D, Weatherhead P J. 2010. Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(2): 180–187.

- BirdLife International. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T22732232A200958179. [EB/OL]. [2025-6-19]. <https://www.iucnredlist.org/species/22732232/200958179>.
- Chapman J W. 2017. Honey Buzzards don't always make a beeline. *Journal of Animal Ecology*, 86(2): 173–175.
- Chen W B, Doko T, Fujita G, et al. 2016. Migration of tundra swans (*Cygnus columbianus*) wintering in Japan using satellite tracking: Identification of the eastern Palearctic flyway. *Zoological Science*, 33(1): 63–72.
- DeLuca W V, Woodworth B K, Rimmer C C, et al. 2015. Transoceanic migration by a 12 g songbird. *Biology Letters*, 11(4): 20141045.
- Egevang C, Stenhouse I J, Phillips R A, et al. 2010. Tracking of Arctic terns *Sterna paradisaea* reveals longest animal migration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5): 2078–2081.
- Gill F Donsker D, Rasmussen P. 2025. IOC World Bird List (v15.1). [EB/OL]. [2025-6-19]. <https://www.worldbirdnames.org/>.
- Hake M, Kjellén N, Alerstam T. 2003. Age-dependent migration strategy in honey Buzzards *Pernis apivorus* tracked by satellite. *Oikos*, 103(2): 385–396.
- Haring E, Riesing M J, Pinsker W, et al. 1999. Evolution of a pseudo-control region in the mitochondrial genome of Palearctic Buzzards (genus *Buteo*). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 37(4): 185–194.
- Hijikata N, Yamaguchi N M, Hiraoka E, et al. 2022. Satellite tracking of migration routes of the eastern buzzard (*Buteo japonicus*) in Japan through Sakhalin. *Zoological Science*, 39(2): 176–185.
- Killick R, Eckley I A. 2014. changepoint: An R package for changepoint analysis. *Journal of Statistical Software*, 58(3): 1–19.
- Killick R, Fearnhead P, Eckley I A. 2012. Optimal detection of changepoints with a linear computational cost. *Journal of the American Statistical Association*, 107(500): 1590–1598.
- Kruckenhauser L, Haring E, Pinsker W, et al. 2004. Genetic vs. morphological differentiation of Old World Buzzards (Genus *Buteo*, Accipitridae). *Zoologica Scripta*, 33(3): 197–211.
- Lerner H R L, Klaver M C, Mindell D P. 2008. Molecular phylogenetics of the Buteonine birds of prey (Accipitridae). *The Auk*, 125(2): 304–315.
- Liu D P, Zhang G G, Jiang H X, et al. 2018. Detours in long-distance migration across the Qinghai-Tibetan Plateau: Individual consistency and habitat associations. *PeerJ*, 6: e4304.
- Lu Z G, Li J R, Tian Z R, et al. 2024. Alert and flight initiation distances of the coot in response to drones. *Diversity*, 16(9): 518.
- Martin B, Onrubia A, Ferrer M A. 2014. Effects of climate change on the migratory behavior of the common buzzard *Buteo buteo*. *Climate Research*, 60(3): 187–197.
- Nakahara T, Nagai K, Iseki F, et al. 2022. GPS tracking of the two subspecies of the eastern buzzard (*Buteo japonicus*) reveals a migratory divide along the Sea of Japan. *Ibis*, 164(4): 1192–1200.
- Norevik G, Åkesson S, Hedenström A. 2025. The spatial consistency and repeatability of migratory flight routes and stationary sites of individual European nightjars based on multiannual GPS tracks. *Movement Ecology*, 13(1): 8.
- Panuccio M. 2011. Across and around a barrier: migration ecology of raptors in the Mediterranean basin. *Scientifica Acta*, 5(1): 27–36.
- Panuccio M, Mellone U, Agostini N. 2021. *Migration Strategies of Birds of Prey in Western Palearctic*. Boca Raton: CRC Press, 188–199.
- Pedler R D, Ribot R F H, Bennett A T D. 2018. Long-distance flights and high-risk breeding by nomadic waterbirds on desert salt lakes. *Conservation Biology*, 32(1): 216–228.
- Riesing M J, Kruckenhauser L, Gamauf A, et al. 2003. Molecular phylogeny of the genus *Buteo* (Aves: Accipitridae) based on mitochondrial marker sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 27(2): 328–342.
- Sean, W, Robert, K. 2020. *The Common Buzzard*. London: Bloomsbury Publishing.
- Stanciu C R, Zaharia R, Chișamera G B, et al. 2017. Migration strategies of Common Buzzard (*Buteo buteo* Linnaeus, 1758) in Dobruja. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*, 60(2): 537–545.
- Strandberg R, Alerstam T, Hake M, et al. 2009. Short-distance migration of the Common Buzzard *Buteo buteo* recorded by satellite tracking. *Ibis*, 151(1): 200–206.
- Townshend T. 2021. A possible Steppe Buzzard in Beijing. *Wild Beijing*. [EB/OL]. [2025-6-19]. <https://wildbeijing.org/2021/02/06/a-possible-steppe-buzzard-in-beijing>.

- Vansteelant W M G, Shamoun-Baranes J, van Manen W, et al. 2017. Seasonal detours by soaring migrants shaped by wind regimes along the East Atlantic Flyway. *Journal of Animal Ecology*, 86(2): 179–191.
- Zhang W, Gu Z, Chen Y, et al. 2024. Birds migrate longitudinally in response to the resultant Asian monsoons of the Qinghai-Tibet Plateau uplift. *bioRxiv*, 2024.10. 21.619453.
- 樊淑娟. 2020. 基于卫星追踪研究东方白鸛 (*Ciconia boyciana*) 的迁徙生态学. 合肥: 中国科学技术大学硕士学位论文, 26–28.
- [Fan S J. 2020. Telemetry study on migration ecology of oriental stork (*Ciconia boyciana*). Hefei: University of Science and Technology of China, Master's dissertation, 26–28.]
- 郑光美. 2023. 中国鸟类分类与分布名录. 4 版. 北京: 科学出版社, 136–151. [Zheng G M. 2023. A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China. 4th ed. Beijing: Science Press, 136–151.]