

宁夏中卫黄河沿岸迁徙灰鹤停歇模式

刘慧^① 刘强^{①*} 刘文^② 李振吉^② 王汝斌^② 杨俊杰^① 杨旭^①

① 西南林业大学湿地学院, 国家高原湿地研究中心 昆明 650224; ② 贵州草海国家级自然保护区 威宁 553100

摘要: 中途停歇地是候鸟重要的能量补给地及休息站, 对其顺利完成迁徙有着重要作用。为了解灰鹤 (*Grus grus*) 迁徙途中的停歇模式, 于 2013 年和 2015 年冬季, 采用卫星跟踪技术在贵州草海保护区成功跟踪了 4 只灰鹤。结果显示, 其中 3 只灰鹤在宁夏中卫市境内的黄河和清水河流域湿地停歇, 表明该地区为灰鹤迁徙时的重要停歇地。春季迁徙时, 灰鹤在 2 月初至 3 月初到达中卫, 平均停留 (24.5 ± 6.7) d ($15 \sim 30$ d, $n = 4$), 2 月底至 3 月底迁离; 秋季迁徙时, 10 月末至 11 月初到达, 平均停留 (32.0 ± 4.2) d ($29 \sim 35$ d, $n = 2$), 至 11 月底迁离。停留期间主要的活动范围为中宁县境内的长山头水库、黄河河心岛及同心县境内的清水河周边区域。2017 年 3 月 18 日, 采用夜栖地直接计数法进行实地调查, 共发现灰鹤 636 只, 其日间活动范围和卫星跟踪结果类似。此次发现的灰鹤停歇地均未纳入自然保护体系, 建议当地林业部门在灰鹤迁徙期间加强管理, 可适当投食, 以减少灰鹤误食耕地中经农药包衣处理的玉米 (*Zea mays*) 种子造成的死亡。

关键词: 灰鹤; 卫星跟踪; 停歇地; 种群数量; 分布

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2018) 02-161-11

Stopover Pattern of Migratory Common Crane (*Grus grus*) along the Yellow River in Zhongwei, Ningxia, China

LIU Hui^① LIU Qiang^{①*} LIU Wen^② LI Zhen-Ji^② WANG Ru-Bin^② YANG Jun-Jie^① YANG Xu^①

① College of Wetland, Southwest Forestry University, National Plateau Wetlands Research Center, Kunming 650224; ② Guizhou Caohai National Nature Reserve, Weining 553100, China

Abstract: Stopover sites are essential for successful migration, as migrating birds rely on these sites to refuel and rest. In order to get the stopover sites information of Common Cranes (*Grus grus*), we tracked 4 birds at Caohai National Nature Reserve using satellite tracking devices in winter of 2013 and 2015. Our results showed that 3 of them stayed in the Yellow River ($37^{\circ}53' - 37^{\circ}75'N$, $105^{\circ}74' - 105^{\circ}94'E$) and Qingshui River ($37^{\circ}11' - 37^{\circ}35'N$, $105^{\circ}64' - 105^{\circ}82'E$) wetlands in Zhongwei City, Ningxia, and this area would be important for the migration of Common Cranes (Fig. 1). During spring stopovers, the cranes arrived there around early February to early March and stayed for 24.5 ± 6.7 d on average (Range: 15 - 30 d, $n = 4$) and

基金项目 国家自然科学基金项目 (31460166), 云南省科技计划项目 (2014FB149);

* 通讯作者, E-mail: cranelover@gmail.com;

第一作者介绍 刘慧, 女, 硕士研究生; 研究方向: 湿地鸟类生态学; E-mail: 434885990@qq.com.

收稿日期: 2017-09-25, 修回日期: 2017-12-21 DOI: 10.13859/j.cjz.201802001

left around late February to late March. During autumn migration, cranes stayed there for 32.0 ± 4.2 d on average (Range: 29 - 35 d, $n = 2$) from late October or early November to the late November (Table 2). During their stopover, the cranes were mainly located in Changshantou Reservoir, eyots of Yellow River in Zhongning County, and areas along the Qingshui River in Tongxin County (Fig. 2 - 4). We observed 636 cranes at the night roosting site near Changshantou reservoir on 18 March in 2017 (Table 3). These stopover sites were still under no protection or management. We suggest local forestry department supply supplementary food (e.g., corn) during the migration period to reduce the mortality of cranes for feeding corn seeds coated with pesticide.

Key words: Common Cranes, *Grus grus*; Satellite tracking; Stopover site; Population size; Distribution

停歇地是候鸟在长途迁徙途中的休息地和补给站, 对其成功迁徙具有极重要的意义, 停歇地遭受破坏或保护缺失可造成候鸟因得不到足够的能量补充而大量死亡, 加强对迁徙停歇地的研究对候鸟的保护甚为关键 (Farmer et al. 1997, Hedenström et al. 1997)。灰鹤 (*Grus grus*) 属国家 II 级重点保护野生动物, 分布较广, 主要繁殖于欧亚大陆的北部, 越冬于非洲北部和中国南部 (Bulyuk et al. 1995, 王岐山等 2006, Elphick 2011)。灰鹤在国内主要繁殖于北方, 包括新疆、内蒙古、黑龙江等省区, 迁徙时经过河北、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、陕西等省区 (钱法文等 2005)。国外对灰鹤停歇生态学的研究较多, 主要从群体水平上监测停歇期灰鹤的夜栖地分布、数量动态、停歇时长并探讨气候、人类活动对其产生的影响, 从而有针对性地提出保护策略 (Alonso et al. 1990a, b, Bulyuk et al. 1995, Nosatchenko et al. 2007, Mingozzi et al. 2010)。目前国内对灰鹤的种群数量和分布的研究主要集中于越冬地 (王有辉等 2004, 王岐山等 2006), 对停歇地的研究极为匮乏, 目前有确切数量记载的地点仅有河北的北戴河和山东黄河三角洲 (赛道建等 1991, 王有辉等 2003, 王学民等 2007)。云贵高原是灰鹤西部种群的重要越冬地, 对于其迁徙途中的停歇地及停歇模式研究目前还未见报道。鉴于此, 于 2013 至 2015 年越冬期, 在贵州草海国家级自然保护区使用卫星跟踪技术跟踪了 4 只灰鹤, 旨在发现灰鹤迁徙途中的

重要停歇地并评估其保护状况。

1 研究地概况

研究区域包括宁夏中卫市所辖的中宁县以及临近的同心县境内的黄河干流及其支流清水河周边区域 ($36^{\circ}56' \sim 38^{\circ}27'N$, $104^{\circ}30' \sim 106^{\circ}68'E$, 图 1)。黄河干流区域仅位于中宁县, 由河心岛及河岸外侧的农耕区组成, 河宽 400 ~ 750 m, 在部分区域分出多条河道, 形成大量河心岛, 河心岛亦大半被开垦成耕地, 残留的湿地为季节性泛滥的芦苇 (*Phragmites australias*) 沼泽。清水河流经同心、中宁两县, 最后在中宁县汇入黄河, 清水河的河宽仅 15 m 左右, 在两县交界地带分布有长山头水库, 水库周围洼地残留有斑块状的芦苇沼泽, 该区域的土地利用类型仍以耕地为主。种植的农作物主要为玉米 (*Zea mays*)、宁夏枸杞 (*Lycium barbarum*) 等。

2 研究方法

2013 年和 2015 年的冬季, 在贵州草海国家级自然保护区救助了 4 只灰鹤 (编号 SHAN08、SHAN09、SHAN11、SHAN12), 在其恢复健康后为其安装了 GPS-GSM 卫星跟踪器 (波兰 ECOTONE DUCK-4, 重量 25 g, 规格 $27 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 29 \text{ mm}$), 设置每 3 h 采集一个坐标数据, 精度评价为 80% 的 GPS 位点在 20 m 范围内。所得灰鹤卫星跟踪初始数据为 Excel 数据表格式, 首先将其导入 ArcGIS 9.3

中, 转化为 shape 文件, 随后利用 HawthTools 插件计算灰鹤活动范围, 投影类型为 WGS84 UTM Zone 48N, 活动范围使用最小凸多边形法计算 (Burt 1943, Hayne 1949, Powell 2000)。为了计算每只灰鹤的栖息地利用情况, 将所得 shape 文件在 Global Mapper 15.0 中转化为 KMZ 文件, 最后导入 Google Earth Pro 6.1 中, 通过叠加高精度的卫星影像获得栖息地利用数据。其中灰鹤 SHAN12 在迁徙期间未在中卫地区停留, 故仅采用了 3 只灰鹤个体 (编号 SHAN08、SHAN09、SHAN11, 表 1) 的相关数据进行分析。2017 年 3 月 16 至 18 日根据灰鹤卫星跟踪数据, 采用样线法对灰鹤停歇地宁夏中卫一带进行了实地调查。两条样线分别设置在黄河沿岸和清水河周边区域, 长度分别为 23.8 km 和 118.8 km (图 1)。由于灰鹤日间活动范围广, 鹤群分散, 难以准确统计数量, 考虑到鹤类具有集群夜栖的习性, 故使用夜栖地直接计数法进行数量统计 (李凤山等 2003)。

3 结果

3.1 卫星跟踪灰鹤迁徙概况

SHAN08 号灰鹤在 2014 年完成了 1 次春季迁徙和 1 次秋季迁徙, 在 2015 年完成了 1 次春季迁徙, 春季迁徙期间均在中卫地区停歇, 而秋季迁徙时未在该处停歇; SHAN11 号灰鹤在 2014 和 2015 年间共完成了 2 次春季迁徙和 2 次秋季迁徙, 4 次迁徙均在中卫地区停歇; SHAN09 号灰鹤 2015 年第一次春季迁徙时于 2 月 16 日到达中卫地区, 2 月 26 日死亡, 文中仅对其在此区域 10 d 活动位点进行了生境分析及栖息地利用分析 (表 2)。

3.2 种群数量

2017 年 3 月 18 日早间 06:49 时至 07:19 时通过夜栖地直接计数法共计数到灰鹤 636 只, 夜栖地分布在长山头水库东南的石坡子村附近, 距离村落约 900 m, 该处是由四个圈沟和骡子沟在低洼处汇水形成的浅水沼泽, 优势植物为芦苇、碱蓬 (*Suaeda glauca*) 等。3 月 16 至 17 日 2 d 的样线调查, 共观察到灰鹤 1 128 只次, 其中 92.6% 分布于清水河样线, 7.4% 位于黄河沿岸样线, 最为集中的觅食地分布于石坡子村沼泽和同心县境内清水河岸边的马家河湾村的耕地中, 分别占当日总数的 88.2% 和 76.9% (表 3)。

3.3 停歇时间

SHAN08、SHAN11 的卫星跟踪数据表明, 灰鹤在宁夏中卫地区停歇的时间较长, 春季迁徙时 2 月初至 3 月初到达, 平均停留 (24.5 ± 6.7) d ($15 \sim 30$ d, $n = 4$), 2 月底至 3 月底离开; 秋季迁徙时 10 月末至 11 月初到达, SHAN11 在 2014 年秋季迁徙停留 29 d, 在 2015 年秋季迁徙停留 35 d, 至 11 月底离开中卫继续南迁。SHAN08 号灰鹤完成了两次春季迁徙, 在 2014 年春季迁徙时 2 月 3 日到达, 3 月 5 日离开, 在 2015 年春季迁徙时 2 月 21 日到达, 3 月 21 日离开, 停歇天数分别为 30 d 和 28 d, 表明该鹤在中卫地区停歇的行为较为固定, 且停歇的时长较为一致。而 SHAN11 号灰鹤则有不同的表现, 在两次春季迁徙时分别停歇 15 d 和 25 d, 两次秋季迁徙中分别停歇 29 d 和 35 d, 秋季迁徙的停歇时间明显长于春季。SHAN09 号灰鹤第一次春季迁徙时在中卫地区死亡, 无法得知其停歇时长 (表 2)。

表 1 草海保护区卫星跟踪灰鹤基本信息

Table 1 Information of Common Cranes tracked in Caohai National Nature Reserve

| 个体编号 ID | 跟踪器佩戴日期 (年-月-日) Tagging date (Year-month-date) | 成体/幼体 Adult/Juvenile | 体重 Mass (kg) | 体长 Length (cm) |
|------------|---|-------------------------|-----------------|-------------------|
| SHAN08 | 2013-12-26 | 成鸟 Adult | 4.50 | 112 |
| SHAN09 | 2015-01-22 | 幼鸟 Juvenile | 4.50 | 118 |
| SHAN11 | 2013-12-21 | 成鸟 Juvenile | 4.25 | 104 |

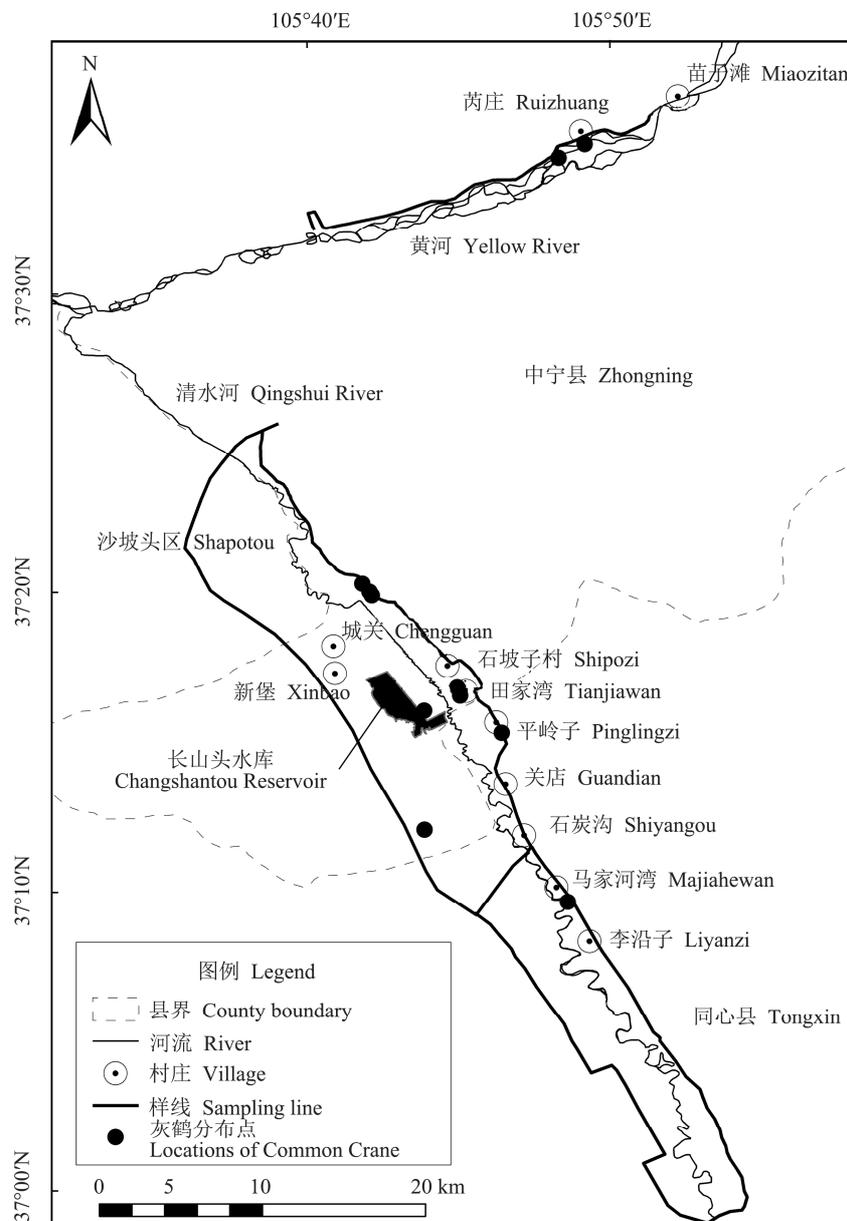


图 1 调查样线和灰鹤分布点

Fig. 1 Location records of Common Cranes using line-transect methods

3.4 活动范围

SHAN08 号灰鹤在两次春季迁徙中均在中卫地区停歇，但利用的区域存在较大差异。在 2014 年春季迁徙时，白天活动区域主要在中宁县黄河干流周边地区，总面积为 219.5 km²，日间活动利用的主要生境为耕地 (61.4%, $n = 51$)，其次为沼泽 (31.4%, $n = 26$)、盐碱地

(3.6%, $n = 3$)、草地 (2.4%, $n = 2$)、裸地 (1.2%, $n = 1$)。夜间均在黄河河心岛边沿的浅滩夜栖。而在 2015 年春季迁徙时，则转换到黄河支流清水河-长山头水库周边活动，总面积为 123.9 km²，日间活动利用的主要生境仍然为耕地 (58.2%, $n = 53$)、沼泽 (30.8%, $n = 28$)，其次为草地 (5.5%, $n = 5$)、盐碱地 (3.3%, $n = 3$)、枸杞

表 2 灰鹤在宁夏中卫黄河沿岸停歇日期

Table 2 Stopover days and duration of 3 tracked Common Cranes

| 个体编号 ID | 年度 Year | 迁徙类型 Migration type | 到达时间 (年-月-日) Arrival day (Year-month-date) | 离开时间 (年-月-日) Departure day (Year-month-date) | 停歇天数 (d) Stopover duration |
|------------|------------|------------------------|--|--|-------------------------------|
| SHAN08 | 2014 | 春季 Spring | 2014-02-03 | 2014-03-05 | 30 |
| | 2015 | 春季 Spring | 2015-02-21 | 2015-03-21 | 28 |
| SHAN09 | 2015 | 春季 Spring | 2015-02-16 | — | — |
| SHAN11 | 2014 | 春季 Spring | 2014-03-05 | 2014-03-20 | 15 |
| | 2015 | 春季 Spring | 2015-02-24 | 2015-03-21 | 25 |
| | 2014 | 秋季 Autumn | 2014-11-01 | 2014-11-30 | 29 |
| | 2015 | 秋季 Autumn | 2015-10-25 | 2015-11-30 | 35 |

表 3 宁夏中卫黄河沿岸灰鹤分布和数量

Table 3 Distribution and flock size of Common Cranes along the Yellow River in Zhongwei, Ningxia

| 日期 (年-月-日) Date (Year-month-date) | 纬度 Latitude | 经度 Longitude | 数量 (只) Number (ind) | 行为 Behaviors |
|--------------------------------------|--------------|---------------|------------------------|--------------|
| 2017-03-16 | 37°16'03.2"N | 105°43'51.2"E | 24 | 飞行 Flying |
| 2017-03-16 | 37°15'19.3"N | 105°46'25.6"E | 5 | 飞行 Flying |
| 2017-03-16 | 37°16'33.5"N | 105°45'02.7"E | 456 | 觅食 Feeding |
| 2017-03-16 | 37°19'54.9"N | 105°42'07.3"E | 5 | 觅食 Feeding |
| 2017-03-16 | 37°20'02.2"N | 105°42'02.9"E | 15 | 觅食 Feeding |
| 2017-03-16 | 37°20'18.5"N | 105°41'48.4"E | 12 | 觅食 Feeding |
| 2017-03-17 | 37°12'05.2"N | 105°43'51.9"E | 57 | 觅食 Feeding |
| 2017-03-17 | 37°09'41.2"N | 105°48'36.2"E | 470 | 觅食 Feeding |
| 2017-03-17 | 37°34'32.5"N | 105°48'18.1"E | 38 | 觅食 Feeding |
| 2017-03-17 | 37°34'59.7"N | 105°49'09.9"E | 46 | 觅食 Feeding |
| 2017-03-18 | 37°16'49.7"N | 105°44'56.9"E | 636 | 夜栖 Roosting |

地 (2.2%, $n = 2$), 夜栖地位于中宁县长山头水库东南石坡子村附近的沼泽中 (图 2)。

SHAN09 号灰鹤仅在 2015 年春季迁徙停歇期间在中卫地区停留, 停歇 10 d 后死亡。该鹤活动区域面积 17.3 km², 主要位于长山头水库的东面和北面, 日间活动利用的主要生境为耕地 (37.1%, $n = 23$) 和草地 (29.0%, $n = 18$), 其次为沼泽 (27.4%, $n = 17$), 枸杞地 (6.5%, $n = 4$)。夜栖地同样位于石坡子村附近 (图 3)。

SHAN11 号灰鹤在两次春季和两次秋季迁徙中均在中卫地区停歇。4 次停歇过程中, 活动区域和活动规律均较为类似, 即活动区域均位于长山头水库附近, 夜间在田家湾村附近的

沼泽中夜栖, 白天则飞到水库的东面或北面觅食。活动面积平均为 18.6 km² (SD = 4.7, 14.0 ~ 23.7 km², $n = 4$), 日间活动时主要利用的生境为耕地 (57.3%, $n = 118$), 其次为草地 (24.8%, $n = 51$)、沼泽 (13.6%, $n = 28$)、枸杞地 (1.9%, $n = 4$)、盐碱地 (1.5%, $n = 3$)、裸地 (1.0%, $n = 2$) (图 4)。

4 讨论

鸟类在长途迁徙过程中, 暂停飞行的地点均可以称为停歇地, 但这些地点发挥的作用有所不同, 在有些地点鸟类停歇时间较短, 是其长时间飞行之后休息的场所, 通常停歇的时间

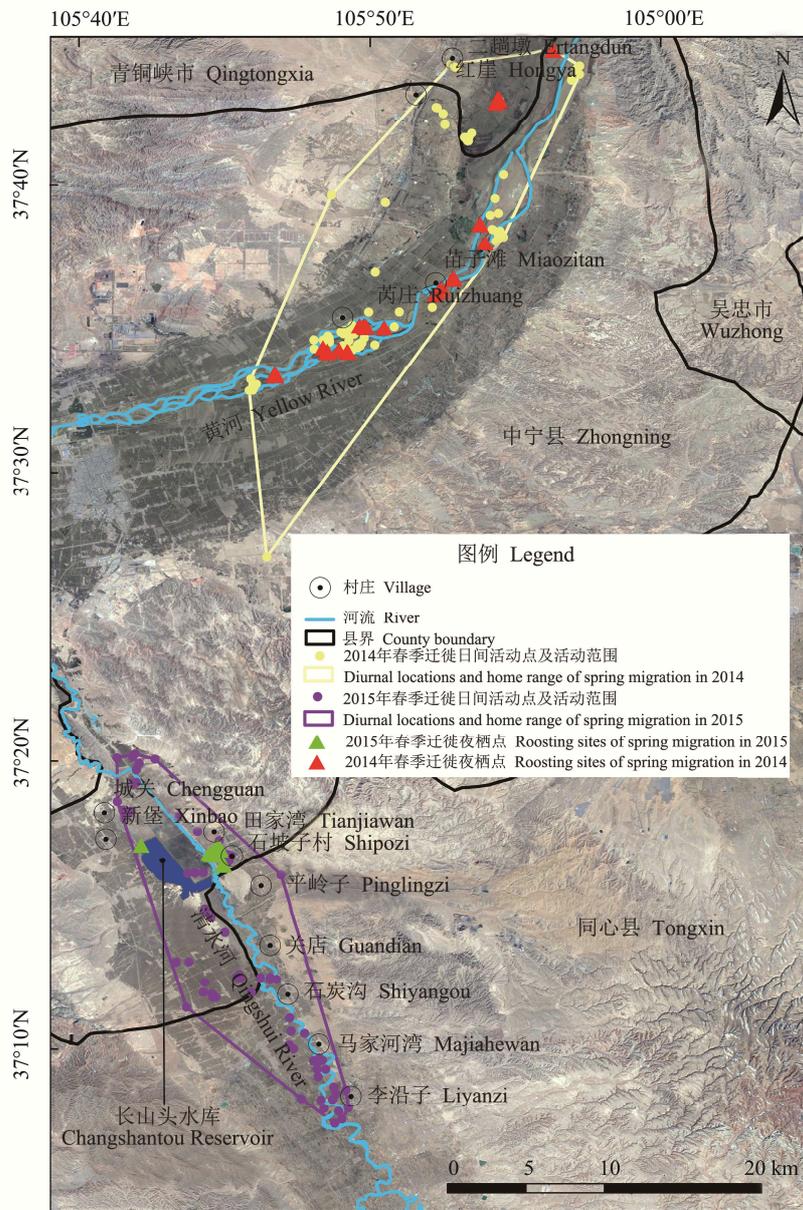


图 2 SHAN08 号灰鹤活动范围

Fig. 2 Home range of SHAN08 Common Crane

仅有几个小时，而另外一些地点除了供休息之外更多的功能是为鸟类提供水源和食物，在这些地方鸟类停歇的时间较长，通常会超过 1 d (Schaub et al. 2000, Battley et al. 2001, 马志军 2009)。在卫星跟踪鸟类迁徙研究中，如果某只或某些个体长期利用某地作为停歇地，表明该地是重要的迁徙停歇地 (马志军等 2005)。鹤

类是开展卫星跟踪迁徙研究较多的一个鸟类类群，迁徙过程中的停歇时长通常被用来评价停歇地的重要性 (Higuchi et al. 1996, 1998)。Higuchi 等 (1996) 通过卫星跟踪确定了白枕鹤 (*G. vipio*) 迁徙途中在朝韩非军事区停歇时间可达 23 ~ 54 d，从而证实了该区域在白枕鹤迁徙中的重要地位。Higuchi 等 (2008) 亦证实

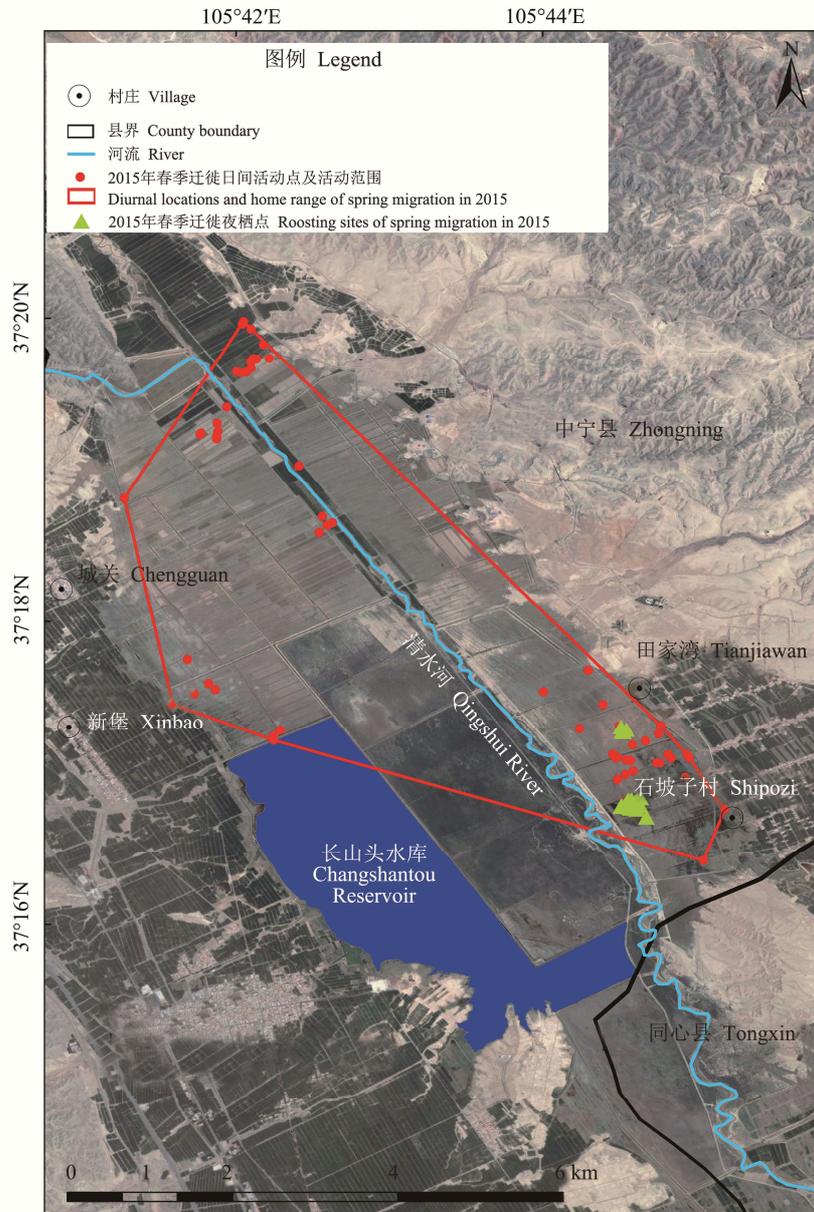


图 3 SHAN09 号灰鹤活动范围

Fig. 3 Home range of SHAN09 Common Crane

了土库曼斯坦边界东部地区河流是灰鹤从印度古吉拉特飞往北部度夏的重要停歇地（停歇 36 d）。本研究中，所跟踪灰鹤在中卫地区停留的时长平均为 27 d，表明了该地区在灰鹤迁徙中的重要性。另外在群体水平上，在贵州草海保护区跟踪的 4 只灰鹤中有 3 只在中卫地区停歇，这也表明在贵州草海保护区越冬的灰鹤中可能大

部分个体在迁徙过程中把中卫地区作为了停歇地。马志军等（2005）将停歇地分为补给地、休息场所、临时停歇地和飞越屏障前的停歇地四类，根据其定义，中卫地区应属于飞越生态屏障前的停歇地，即鸟类飞越高山、沙漠、大海等生态屏障时需要更多的能量消耗，所以鸟类在飞越此类障碍前，常常在一些高质量的中

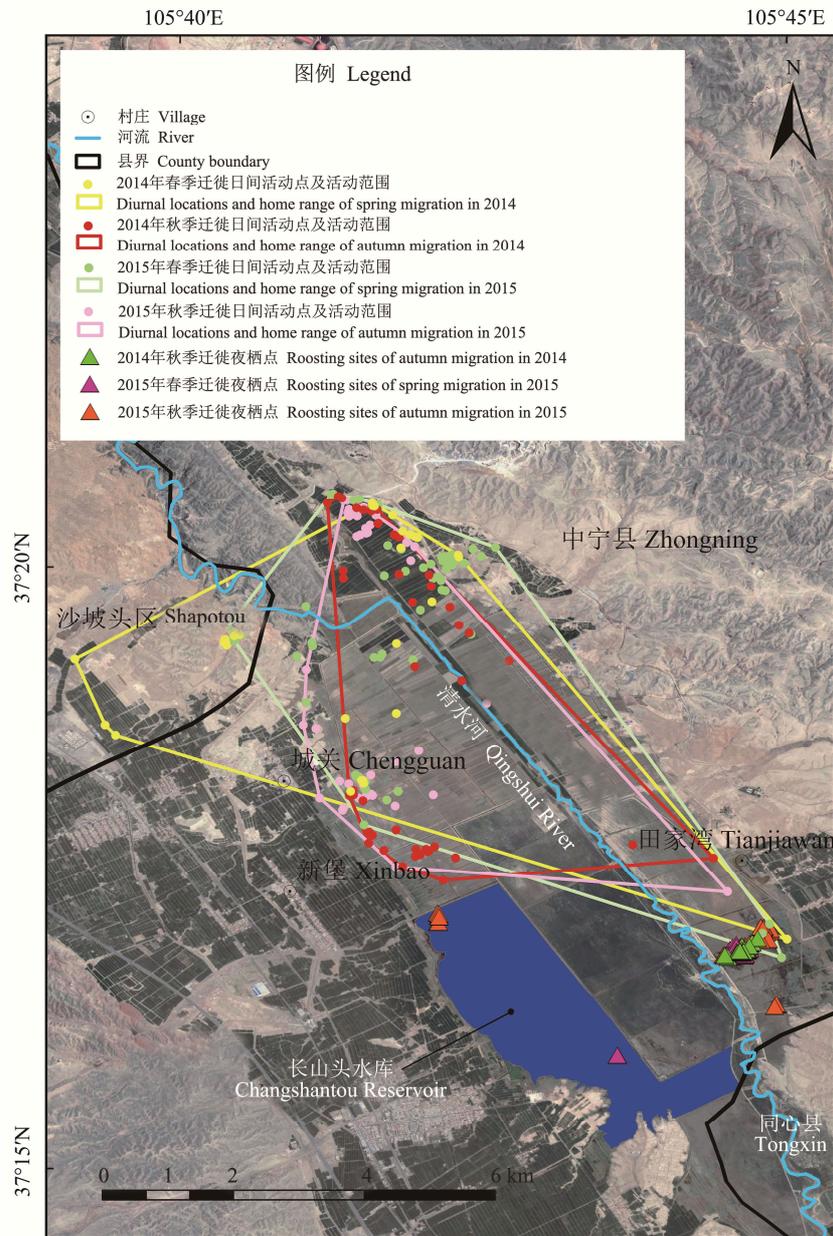


图4 SHAN11号灰鹤在中卫地区活动范围

Fig. 4 Home range of SHAN11 Common Crane

途停歇地长时停歇以储备足够的能量。根据卫星跟踪的结果，在中卫停歇的灰鹤其前后飞越的地区分别为秦岭和阿拉善沙漠，而中卫地区位于两道屏障之间，且满足灰鹤长时停歇的必要条件。首先，黄河河心岛以及山间洼地积水形成的浅水沼泽为灰鹤提供了安全的夜栖地，

有足够大的空间可供大群的灰鹤夜栖，其次黄河和清水河形成的冲积平原，地势平坦，分布有大面积的玉米地，秋收后残留的玉米粒可为灰鹤提供丰富的食物。这些条件均保证了中卫地区可容纳大量灰鹤在此处停歇。

灰鹤欧洲种群在迁徙过程中的重要停歇地

和本研究区域亦具有类似的生境特征。欧洲地区灰鹤大多在瑞典和波罗的海流域国家繁殖, 向南迁徙至西班牙、葡萄牙南部越冬, 最远到达埃及或非洲埃塞尔比亚, 每年有 10~16 万只灰鹤沿此路线迁徙, 其中匈牙利赫特巴杰国家公园和西班牙加略坎塔湖是其迁徙中重要的中途停歇地, 此两处停歇地和本研究地有着类似的生境组成, 灰鹤晚间在浅水沼泽中夜栖, 白天则飞到附近的玉米地、苜蓿 (*Medicago sativa*) 地或者草地中觅食 (Vegvari 2002, Elphick 2011)。这些研究均表明, 不同的灰鹤种群在迁徙中有着相似的生境需求并对人类改造的环境形成了较好的适应。

本研究中, 灰鹤的分布可以分为两个区域, 即黄河干流区和清水河流域, 卫星跟踪和样线调查结果均表明, 清水河流域是灰鹤主要分布区域。食物 (多寡、质量、分布等) 和安全性要素是影响鹤类栖息地选择的主要因素 (高立波 2006, 刘强等 2014, 李秀明 2016)。灰鹤是鹤类中较为依赖浅水湿地的种类, 虽然日间可以在耕地、草地等非湿地环境中觅食, 但晚间必须在有浅水的湿地中夜栖, 如水库、河流浅滩、沼泽等, 所以灰鹤的停歇地通常要满足上述两个条件, 首先要有较大面积的浅水湿地提供夜栖场所, 其次在夜栖地周围有大面积耕地或湿地提供食物 (王岐山等 2005, Birdlife International 2017)。因此对造成两个区域较大差异的原因主要从觅食地和夜栖地两个方面分析, 首先, 从觅食地的角度来看, 两区域的种植作物比较类似, 均以玉米为主, 从卫星影像上可明显判断出黄河干流沿岸的玉米田面积要远远大于清水河流域, 这无法解释研究中发现的灰鹤分布规律; 其次, 从夜栖安全性上来看, 黄河干流人口密集, 有多条公路 (如 G2012、S201、中宁县景观大道等) 均沿黄河岸边分布,

来往的车辆特别是晚间的灯光对灰鹤造成了极大干扰, 而清水河流域则相对偏远, 远离城镇, 干扰程度要远小于黄河干流区。综合来看, 夜栖地的干扰程度在群体水平上决定了灰鹤的分布格局。在跟踪的 3 只灰鹤中, 有一只灰鹤 (SHAN08 号) 在两个春季迁徙季节分别利用了黄河干流区和清水河流域作为其活动区, 这可能表明了灰鹤在个体水平上不同年份选择上的差异性, 即选择停歇地的大区域不变, 但在具体的空间上会有所差异, 但造成这一差异的具体原因尚需进一步研究。

5 保护建议

本研究表明, 宁夏中卫黄河沿岸区域是灰鹤迁徙途中重要的中途停歇地, 但这些区域尚未纳入自然保护管理体系。建议将石坡子村附近的灰鹤夜栖地设置为自然保护小区, 由当地林业主管部门管理, 在灰鹤迁徙季节组织巡护等日常工作。

在春季迁徙时, 灰鹤停歇期也是当地播种玉米的季节, 据调查发现, 当地农民为了防治病虫害, 广泛使用经种衣剂处理 (主要成分为丙硫克百威、精甲霜灵、咯菌腈、戊唑醇) 的玉米种子, 灰鹤误食后极易引起中毒死亡。建议可在自然保护小区内适当投喂食物, 如玉米等, 通过适当的人工投食减少灰鹤对耕地的依赖, 同时也可降低迁徙鸟类对农民经济作物造成的损害。

参 考 文 献

- Alonso J C, Alonso J A, Cantos F J, et al. 1990a. Spring crane *Grus grus* migration through Gallocanta, Spain. I. daily variations in migration volume. *Ardea*, 78(3): 365-378.
- Alonso J A, Alonso J C, Cantos F J, et al. 1990b. Spring crane *Grus grus* migration through Gallocanta, Spain. II. timing and pattern

- of daily departures. *Ardea*, 78(3): 379–388.
- Battley P F, Dekinga A, Dietz M W, et al. 2001. Basal metabolic rate declines during long-distance migratory flight in great knots. *The Condor*, 103(4): 838–845.
- Birdlife International. 2017. Species factsheet: *Grus grus*. [EB/OL]. [2017-9-13]. <http://www.birdlife.org/species/factsheet>.
- Bulyuk V N, Shamuradov A K. 1995. The migration of the Common Crane *Grus grus* in southern Turkmenistan. *Zoology in the Middle East*, 11(1): 21–30.
- Burt W H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy*, 24(3): 346–352.
- Elphick J. 2011. *The Atlas of Bird Migration*. New York: Marshall, 96–97.
- Farmer A H, Parent A H. 1997. Effects of the landscape on shorebird movements at spring migration stopovers. *The Condor*, 99(3): 698–707.
- Hayne D W. 1949. Calculation of size of home range. *Journal of Mammalogy*, 30(1): 1–18.
- Hedenström A, Ålerstam T. 1997. Optimum fuel loads in migratory birds: distinguishing between time and energy minimization. *Journal of Theoretical Biology*, 189(3): 227–234.
- Higuchi H, Javed S, Nagendran M, et al. 2008. Spring migration of Eurasian Cranes *Grus grus* from Gujarat, India to their northern breeding grounds. *Global Environmental Research*, (12): 69–74.
- Higuchi H, Ozaki K, Fujita G, et al. 1996. Satellite tracking of White-naped Crane migration and the importance of the Korean Demilitarized Zone. *Conservation Biology*, 10(3): 806–812.
- Higuchi H, Shibaev Y, Minton J, et al. 1998. Satellite tracking of the migration of the Red-crowned Crane *Grus japonensis*. *Ecological Research*, 13(3): 273–282.
- Mingozzi T, Storino P, Venuto G, et al. 2010. Autumn migration of common cranes *Grus grus* through the Italian Peninsula: new vs. historical flyways and their meteorological correlates. *Acta Ornithologica*, 48(2): 165–177.
- Nosatchenko G V, Smirenski S M. 2007. The structure and distribution of crane roosting sites in Muraviovka Park for sustainable land use. *Eurasian Journal of Forest Research*, 10(1): 139–143.
- Powell R A. 2000. Animal home ranges and territories and home range estimators // Boitani L, Fuller T. *Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences*. New York: Columbia University Press, 65–103.
- Schaub M, Jenni L. 2000. Body mass of six long-distance migrant passerine species along the autumn migration route. *Journal für Ornithologie*, 141(4): 441–446.
- Vegvari Z. 2002. Autumn staging and habitat selection by Common Cranes *Grus grus* in the Hortobagy National Park, Hungary. *Folia Zoologica*, 51(3): 221–226.
- 高立波. 2006. 卫星跟踪黑颈鹤迁徙路线以及迁徙停歇地现状初步研究. 北京: 中国林业科学研究院硕士学位论文, 31–39.
- 李凤山, 杨芳. 2003. 云贵高原黑颈鹤的种群数量和分布. *动物学杂志*, 38(3): 43–46.
- 李秀明. 2016. 白鹤迁徙路线及中途停歇地的卫星跟踪研究. 北京: 中国林业科学研究院硕士学位论文, 1–9.
- 刘强, 杨晓君, 赵建林, 等. 2014. 云南碧塔海地区黑颈鹤的数量和分布. *动物学研究*, 35(增刊 1): 139–142.
- 马志军. 2009. 鸟类迁徙的研究方法和研究进展. *生物学通报*, 44(3): 5–8.
- 马志军, 李博, 陈家宽. 2005. 迁徙鸟类对中途停歇地的利用及迁徙对策. *生态学报*, 25(6): 1404–1412.
- 钱法文, 楚国忠, 江红星. 2005. 中国鹤类分布和保护现状 // 李凤山, 杨晓君, 杨芳. 云贵高原黑颈鹤的现状与保护. 昆明: 云南民族出版社, 14–43.
- 赛道建, 刘相甫, 李银花, 等. 1991. 黄河三角洲灰鹤越冬分布调查. *山东林业科技*, (1): 5–8.
- 王岐山, 马鸣, 高育仁. 2006. 中国动物志: 鸟纲 第五卷 鹤形目 鹤形目 鸕形目. 北京: 科学出版社, 41–45.
- 王岐山, 杨兆芬. 2005. 中国鹤类研究和保护进展 // 李凤山, 杨晓君, 杨芳. 云贵高原黑颈鹤的现状与保护. 昆明: 云南民族出版社, 7–13.

- 王学民, 吴霞, 辛洪泉, 等. 2007. 黄河三角洲自然保护区鹤类南
 迁期迁徙规律研究. 山东林业科技, (2): 57-58.
- 王有辉, 王虹. 2004. 中国灰鹤的现状与研究进展. 贵州科学,
 22(3): 66-72.
- 王有辉, 王虹. 2003. 中国灰鹤的分布与数量现状. 四川动物,
 22(1): 35-38.