

## 云南纳帕海越冬黑颈鹤夜栖地特征

贺鹏<sup>1,2</sup>, 孔德军<sup>1,2</sup>, 刘强<sup>1</sup>, 余红忠<sup>3</sup>, 赵建林<sup>3</sup>, 杨晓君<sup>1,\*</sup>

(1. 中国科学院昆明动物研究所, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;  
3. 云南省香格里拉县林业局, 云南 香格里拉 674400)

**摘要:** 2009年11月至2010年4月对云南省香格里拉县纳帕海省级自然保护区越冬黑颈鹤(*Grus nigricollis*)的夜栖地的特征进行了调查。采用三角定位标图结合标志物校正法确定夜栖地方位, 并进行实地校正。共记录夜栖地63个, 均位于有水的斑块状沼泽中, 基底大多有泥层, 大部分(81.0%)有植被覆盖。夜栖地与人类活动区域和沼泽岸边有一定距离。与随机对照样地相比, 夜栖地基底泥层较厚( $Z=-2.365$ ,  $P=0.018$ ), 明水面比例较大( $Z=-3.086$ ,  $P=0.002$ ), 离道路、村庄和农田较远( $Z/t=-2.852\sim-2.334$ ,  $P=0.008\sim 0.020$ ), 水深在两者间有极显著差异( $\chi^2=16.730$ ,  $P=0.001$ )。夜栖地利用前后对比发现沼泽斑块的面积有显著差异( $t=2.977$ ,  $P=0.021$ )。主成分分析表明影响黑颈鹤夜栖地利用的因素依次为人类干扰、沼泽斑块大小和浅水环境状况。

**关键词:** 黑颈鹤; 夜栖地特征; 纳帕海

中图分类号: Q959.726; Q958.11 文献标志码: A 文章编号: 0254-5853-(2011)02-0150-07

## Roosting-site characteristics of wintering black-necked cranes (*Grus nigricollis*) at Napahai, Yunnan

HE Peng<sup>1,2</sup>, KONG De-Jun<sup>1,2</sup>, LIU Qiang<sup>1</sup>, YU Hong-Zhong<sup>3</sup>, ZHAO Jian-Lin<sup>3</sup>, YANG Xiao-Jun<sup>1,\*</sup>

(1. Kunming Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Kunming Yunnan 650223, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Shangri-La Forest Bureau, Shangri-La Yunnan 674400, China)

**Abstract:** From November 2009 to April 2010, roosting-site characteristics of black-necked cranes (*Grus nigricollis*) were observed at Napahai Provincial Nature Reserve, Shangri-La, Yunnan, China. The positions of roosting-sites were determined by triangulation with markers and field correction. All of the 63 roosting-sites observed were located in patchy marshes with water, which contained some mud on the bottom and 81% of the roosting-sites were covered by plants. They also had a certain distance to areas of human activities and had a certain distance to the shore. A comparison of roosting sites and random sites showed that roosting-sites had thicker mud layers, a higher ratio of open water, longer distance to roads, villages, and farmland, and water depth. Another comparison of before and after usage of roosting-sites found a significant difference in area of marsh patch. Principal component analysis indicated that the usage of roosting-site of black-necked cranes was affected by human disturbance, area of marsh patch, and the condition of the shallow water environment.

**Key words:** Black-necked crane; Roosting-site characteristics; Napahai

栖息地是动物赖以生存的环境, 而夜栖地是动物夜间利用的场所, 是栖息地的重要组成部分。昼行性鸟类在夜晚往往处于被动和不利的环境, 因而夜栖地的质量在一定程度上关系到它们在夜间的安全(Engel & Young, 1992)。对一些珍稀濒危雉类的研究发现, 夜栖的环境质量能影响其生存和繁殖

(Lu & Zheng, 2002; Jang et al, 2006; Kang & Zheng, 2007)。对沙丘鹤(*Grus canadensis*)的研究表明, 它会选择远离河道或湿地岸边的浅水区域作为夜栖地(Krapu et al, 1984; Folk & Tacha, 1990)。

黑颈鹤(*Grus nigricollis*)是世界上惟一一种主要分布在中国的鹤类, 也是惟一一种终生生活在高

收稿日期: 2010-12-03; 接受日期: 2011-01-18

基金项目: 国家科技支撑计划(2008BAC39B03); 中国科学院西部之光联合学者资助项目; 澜沧江中下游与大香格里拉地区科学考察(2008FY110300)

\*通讯作者(Corresponding author), E-mail: yangxj@mail.kiz.ac.cn

第一作者简介: 贺鹏(1986-), 男, 硕士研究生, 主要从事鸟类生态研究

原的鹤类(Li & Li, 2005), 属国家 I 级重点保护野生动物。目前有关其栖息地的研究大多以日间栖息地为研究对象(Tsamchu & Mary, 2005; Liu, 2007; Kong et al, 2008; Zhao et al, 2008; Liu et al, 2010); 而对夜栖地的研究仅见于 Bishop et al(1998)对西藏越冬黑颈鹤栖息地的观察和 Liu et al(2008)在纳帕海对越冬黑颈鹤集群特征的分析, 以及 Li & Li(2005)对过去有关黑颈鹤夜栖地定性描述的总结。目前, 还未见有关黑颈鹤夜栖地之特征的定量分析研究。鉴于此, 笔者在纳帕海对越冬黑颈鹤的夜栖地的特征进行了调查, 并对影响其夜栖地利用的相关因素进行了探讨。

## 1 研究地点和方法

### 1.1 研究地区概况

云南纳帕海省级自然保护区(N27°47'58"~27°55'00", E99°35'43"~99°40'56")位于云南省迪庆藏族自治州香格里拉县(原中甸县)境内, 总面积为 3 435 hm<sup>2</sup>(Zhao et al, 2008)。保护区在海拔 3 260~3 300 m 之间, 具有高寒、霜期长、降水少、冬春干旱和冬季漫长而寒冷等气候特点(Mu, 2007; Li & Yang, 2005; Liu et al, 2008; Wang et al, 2009)。纳帕海由周围四条河流供水, 冬季湖水从保护区北部山脚下的天然落水洞排出, 从而使保护区成为浅水沼泽, 为许多越冬水鸟提供了良好的栖息环境(Li & Yang, 2005; Liu et al, 2007), 同时也成为黑颈鹤中部种群的主要越冬地(Li, 2005)。

### 1.2 研究方法

1.2.1 调查方法 2009 年 10 月下旬在黑颈鹤迁来越冬时开展预调查, 了解黑颈鹤的夜栖地分布和变化情况, 并确定观察地点、调查方法和需收集的生境变量信息。2009 年 11 月 27 日至 2010 年 4 月 29 日正式调查, 除 11 月外, 每月对黑颈鹤的夜栖地进行至少 2 次(2~4 次)调查, 两次调查间隔在 1~2 周之间。在多雾、阴雨雪等影响观察和不能准确确定夜栖地位置的天气不作观察, 每月实际调查次数分别为 11 月 1 次、12 月 2 次, 以及翌年 1 月 2 次、2 月 4 次、3 月 3 次、4 月 4 次, 共调查 16 次。

根据预调查结果, 在纳帕海周围山腰和两个观鸟台共设置 7 个观察点, 每次调查时根据前一次夜栖地的分布情况选取 2~4 个观察范围可覆盖整个保护区的观察点进行观察, 保证每次调查皆可覆盖保护区内所有黑颈鹤夜栖地。调查时间为黑颈鹤飞离

夜栖地之前的上午 6:30~8:30。在观察点用单筒望远镜(Carl Zeiss, Disacope 85 T×FL, 20~60 mm×85 mm)顺时针扫描整个保护区内的夜栖地, 采用三角定位标图结合标志物校正法在 1:30 000 的地图上确定黑颈鹤夜栖地 GPS 位点, 并标出夜栖地所在沼泽斑块的边缘。调查中将群体大小 $\geq 5$ , 与其他夜栖群的边缘距离 $\geq 300$  m, 且连续利用时间大于 10 d 的夜栖地作为独立的取样单位。

根据所记录的夜栖地 GPS 位点并结合实地黑颈鹤的利用痕迹, 核对其实际的夜栖地。经实地调查, 标图法确定的夜栖地与实际利用的夜栖地点距离相差 100~200 m, 小于本研究定义的夜栖地间距离(300 m)。实地记录夜栖地的水深、明水面比例、泥层厚度、植被类型、植被盖度与高度。通过地图软件 Global Mapper 10(Global Mapper LLC, 2009)测量距岸边的距离(为夜栖地边缘距离岸边的最近距离)、夜栖地离道路、村庄、农田和河道的距离等变量以及夜栖地所在沼泽斑块的面积, 泥层厚度由调查者静立于夜栖地时陷入的深度来测量。

1.2.2 分析方法 为了探讨影响纳帕海黑颈鹤夜栖地利用的因素, 共设计了两种对照地: 在前期(2009 年 12 月)设置随机对照地(利用-不利用对照)以得出黑颈鹤夜栖地的特殊生境特征; 在后期(2010 年 2~4 月)设置利用后对照地(利用-放弃对照)来找出使之放弃该夜栖地的因素。随机对照地通过在 300 m×300 m 的网格中随机选取, 以网格中心为对照地点, 共选取 16 个对照地。利用后对照地为黑颈鹤放弃后的夜栖地, 共有 8 处。

### 1.3 数据处理

将所有夜栖地及两种对照地的特征数据输入计算机, 用统计软件 PASW Statistics 18 进行统计分析。在比较均值前, 先对数据进行 Kolmogorov-Smirnov 正态性检验, 符合正态分布的数据用  $t$  检验, 不符合正态分布的数据用 Mann-Whitney  $U$  检验。夜栖地与随机对照地作为两个独立样本进行比较, 而夜栖地利用前后对照作为配对样本进行比较。为了不遗漏某些数据分布不同但未能从均值上反映出差异的变量, 对各变量的数据进行分类处理, 用列联表进行分析, 并进行卡方检验。

主成分分析是为了将影响纳帕海黑颈鹤夜栖地利用的较多因素归类为几组因子, 每组因子内的因素间相关性较高, 不同因子间相关性低, 以利于综合分析影响夜栖地利用的因素。将利用-不利用

比较和利用-放弃比较后得出的差异显著的变量作为影响黑颈鹤对于夜栖地利用的主要变量,以所发现的 63 处的夜栖地为样本进行主成分分析。主成分分析时,在得出因子载荷矩阵后进行正交旋转,使各因子分离明显。

## 2 结果

### 2.1 夜栖地特征

2009 年 11 月至 2010 年 4 月共发现夜栖地 63 个,每次调查平均有(3.9±0.4)个(1~6 个,  $n=16$ )。这 63 处的夜栖地全都位于浅水沼泽, 96.8%(61 处)的夜栖地基底都有泥层覆盖。夜栖地中的植被类型主要有挺水植物、浮水植物、挺水与浮水植物并存、无植物等 4 类,数量及比例分别为 36(57.1%)、11(17.5%)、4(6.3%)、12(19.0%),具有各类植物的夜栖地共计有 51 处,占 81.0%。这 63 处的夜栖地的生境特征见表 1。

从表 1 可知,纳帕海越冬黑颈鹤的夜栖地均分布在有水的斑块状沼泽区域中,与岸边有一定距离,水深小于 30 cm,基底大多有泥层分布,大部分有一定植被覆盖,与人类活动区域(道路、村庄、农田)有一定距离。

### 2.2 夜栖地与随机对照地的比较

将 2009 年 11~12 月记录的 15 个夜栖地与 2009 年 12 月选择的 16 个对照地的生境变量做对比。结果发现,前者的基底泥层较厚( $Z=-2.365$ ,  $P=0.018$ ),

表 1 纳帕海越冬黑颈鹤夜栖地生境特征描述统计  
Tab. 1 Descriptive statistics of roosting-site characteristics of wintering Black-necked Cranes at Napahaik, Yunnan, China

生境变量 Variable	均值 Mean	标准差 SD	范围 Range
沼泽面积 Area of marsh patch (hm <sup>2</sup> )	19.4	20.6	0.8~106.5
水深 Water depth (cm)	8.3	5.1	2.8~27.2
泥层厚度 Mud thickness (cm)	21.6	18.6	0~53.0
植被盖度 Vegetation cover (%)	50	35	0~100
植被高度 Vegetation height (cm)	12.8	15.9	0~50.0
明水面比例 Ratio of open water (%)	82	16	50~100
距岸边距离 Distance to shore (m)	141	93	6~465
距道路距离 Distance to road (m)	540	203	160~1100
距村庄距离 Distance to village (m)	974	295	580~1700
距农田距离 Distance to farmland (m)	991	373	350~1700
距河道距离 Distance to river (m)	573	422	95~1550

明水面比例较高( $Z=-3.086$ ,  $P=0.002$ ),距道路、村庄和农田的距离较大( $Z/t=-2.852 \sim -2.334$ ,  $P=0.008 \sim 0.020$ )。而水深、植被盖度、植被高度、距河道的距离则无显著差异( $Z/t=-1.521 \sim 0.934$ ,  $p=0.128 \sim 0.919$ )(表 2)。对这些变量的数据分布状况进行分析后,发现水深在夜栖地与随机对照地两者间有所不同(图 1)。卡方检验发现两者间有极显著差异( $\chi^2=16.730$ ,  $df=3$ ,  $P=0.001$ ),其他变量的数据分布无差异( $\chi^2=0.322 \sim 5.526$ ,  $P=0.137 \sim 0.851$ )。

表 2 纳帕海越冬黑颈鹤夜栖地与随机对照地生境变量的比较

Tab. 2 Comparison of habitat variables between roost sites and random sites of wintering Black-necked Cranes at Napahai, Yunnan, China

生境变量 Variable	统计值 Statistic(Mean±SE)		检验 Test		P
	夜栖地 (n=15) Roost site	对照地 (n=16) Random site	t <sup>a</sup>	Z <sup>b</sup>	
沼泽面积 Area of marsh patch (hm <sup>2</sup> )	16.5±6.7				
水深 Water depth (cm)	14.3±1.6	17.7±7.4		-1.521	0.128
泥层厚度 Mud thickness (cm)	19.7±5.7	12.6±7.1		-2.365	<b>0.018*</b>
植被盖度 Vegetation cover (%)	60±9	66±10		-0.602	0.547
植被高度 Vegetation height (cm)	9.1±3.3	7.3±2.3		-0.101	0.919
明水面比例 Ratio of open water (%)	92±4	36±12		-3.086	<b>0.002**</b>
距岸边距离 Distance to shore (m)	135±34				
距道路距离 Distance to road (m)	652±64	382±107		-2.334	<b>0.020*</b>
距村庄距离 Distance to village (m)	1207±94	797±108	-2.852		<b>0.008**</b>
距农田距离 Distance to farmland (m)	1135±102	669±136	-2.711		<b>0.011*</b>
距河道距离 Distance to river (m)	482±86	625±124	0.934		0.358

<sup>a</sup> 独立样本  $t$  检验,  $t$  值; <sup>b</sup> 独立样本 Mann-Whitney  $U$  检验,  $Z$  值; \* $P<0.05$ ; \*\* $P<0.01$ 。

<sup>a</sup> Independent-Samples  $t$  test,  $t$  value; <sup>b</sup> Independent-Samples Mann-Whitney  $U$  test,  $Z$  value.

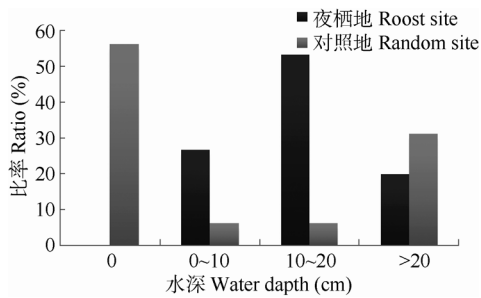


图 1 纳帕海越冬黑颈鹤夜栖地与对照地水深的比较  
Fig. 1 Comparison of Water depth between roost sites and random sites of wintering Black-necked Cranes at Napahai, Yunnan, China

### 2.3 夜栖地利用前后的比较

将 2010 年 2—4 月间记录的 8 组黑颈鹤利用前后夜栖地的生境变量做对比。结果发现只有沼泽斑

块的面积显著减小( $t=2.977, P=0.021$ ), 其余均无显著差异( $Z/t=-2.007\sim 1.319, P=0.085\sim 1.000$ )(表 3)。对利用前后两者的数据分布进一步分析后, 也未发现有显著差异( $\chi^2=0.000\sim 2.286, P=0.131\sim 1.000$ )。

### 2.4 夜栖地生境变量的主成分分析

提取以上两种比较中差异显著的生境变量进行主成分分析(表 4)。前 3 个因子的特征值大于 1, 故将这 3 个因子作为主成分, 其累积贡献率达到 71.7%。从这 3 个主成分在 7 个变量上的因子负荷可知, 第一主成分主要与夜栖地基底泥层厚度和夜栖地距道路、村庄、农田的距离相关, 主要反映安全和人类干扰情况; 第二主成分主要与夜栖地所在沼泽斑块的面积相关; 第三主成分主要与水深和明水面比例相关, 为浅水环境状况。

表 3 纳帕海越冬黑颈鹤夜栖地利用前后生境变量的比较

Tab. 3 Comparison of roosting-sites habitat variables between before and after usage of wintering Black-necked Cranes at Napahai, Yunnan, China

生境变量 Variable	统计值 Statistic(Mean±SE)		检验 Test		P
	利用前(n=8)Before	利用后(n=8)After	t <sup>a</sup>	Z <sup>b</sup>	
沼泽面积 Area of marsh patch (hm <sup>2</sup> )	19.6±4.3	10.3±3.1	2.977		<b>0.021*</b>
水深 Water depth (cm)	6.6±1.2	4.6±0.9	1.319		0.229
泥层厚度 Mud thickness (cm)	17.9±5.8	21.6±5.6	-2.007		0.085
植被盖度 Vegetation cover (%)	24.0±9	31.0±14		-1.342	0.180
植被高度 Vegetation height (cm)	6.9±4.3	8.1±5.0		-1.414	0.157
明水面比例 Ratio of open water (%)	78.0±6	76.0±8	0.454		0.664
距道路距离 Distance to road (m)	539.0±80	539.0±80		0.000	1.000
距村庄距离 Distance to village (m)	924.0±111	953.0±108	-1.000		0.351
距农田距离 Distance to farmland (m)	934.0±111	924.0±118	1.000		0.351
距河道距离 Distance to river (m)	549±182	531±168		-0.447	0.655

<sup>a</sup> 配对样本 *t* 检验, *t* 值; <sup>b</sup> 配对样本 Mann-Whitney *U* 检验, *Z* 值; \**P*<0.05。

<sup>a</sup> Paired-Samples *t* test, *t* value; <sup>b</sup> Paired-Samples Mann-Whitney *U* test, *Z* value.

表 4 纳帕海越冬黑颈鹤夜栖地生境变量的主成分分析  
Tab. 4 Principal component analysis of roosting-site habitat variable of wintering Black-necked Cranes at Napahai, Yunnan, China

生境变量 Variable	主成分 Component		
	1	2	3
泥层厚度 Mud thickness (cm)	<b>-0.613</b>	-0.426	0.352
距道路距离 Distance to road (m)	<b>0.837</b>	-0.277	-0.037
距村庄距离 Distance to village (m)	<b>0.763</b>	0.262	-0.180
距农田距离 Distance to farmland (m)	<b>0.797</b>	-0.259	-0.018
沼泽面积 Area of marsh patch (hm <sup>2</sup> )	-0.264	<b>0.770</b>	-0.423
水深 Water depth (cm)	0.445	0.339	<b>0.539</b>
明水面比例 Ratio of open water (%)	0.065	0.450	<b>0.723</b>
特征值 Eigen value	2.564	1.304	1.151
贡献率 Variance explained (%)	36.635	18.631	16.436
累积贡献率 Cumulative (%)	36.635	55.266	71.702

*n*=63; 粗体表示因子负荷的绝对值>0.5。

Bold numbers indicate absolute values of factor load >0.5.

## 3 讨论

研究结果显示, 纳帕海越冬黑颈鹤通常选择有水的斑块状沼泽作为夜栖地点。这些地方水深小于 30 cm, 底层大多有泥层分布, 有一定的植被覆盖, 与人类活动区域(道路、村庄、农田)和岸边有一定距离。这与黑颈鹤在贵州草海夜栖于湖湾的浅水地带(Li, 2005; Li & Li, 2005)、在云南大山包夜栖于水库边(Li et al, 2005)的观察结果相似, 但与西藏越冬的黑颈鹤多在雅鲁藏布江和拉萨河主要支流和水库边缘的浅滩过夜(Li, 2005; Li & Li, 2005; Tsamchu & Mary, 2005)略有差异。这可能与各自所处的地理环境有关。在西藏越冬的黑颈鹤主要在雅鲁藏布江及其支流年楚河、拉萨河的流域, 湖泊湿地较少, 因而仅有的宽阔河流中的浅水区域和水库边就成为合适的夜栖地。

江苏盐城自然保护区越冬的丹顶鹤(*Grus japonensis*)在人工湿地中夜栖(Lü, 2007), 江西鄱阳湖越冬的白鹤(*G. leucogeranus*)夜栖于水面宽大的湖中浅水区(Wu, 2005), 而在西班牙越冬的灰鹤(*G. grus*)夜栖于河流、池塘、和水库中(Avilés, 2004), 这与越冬于云贵高原的黑颈鹤类似; 春季迁徙途经美国中部的沙丘鹤(*G. canadensis*), 其中途停歇的夜栖地既有河道也有湿地(Folk & Tacha, 1990), 与越冬于西藏的黑颈鹤相似。不同鹤类夜栖地生境间的差别可能是适应各自不同生存环境的结果。

### 3.1 夜栖地对水的依赖

尽管黑颈鹤在白天觅食时并不全都在有水的地方(Liu, 2007; Kong, 2008; Wang, 2008; Li & Li, 2005), 但在夜栖时对水却非常依赖(Li & Li, 2005)。以往的研究认为, 纳帕海越冬黑颈鹤利用湖缘或溪流汇合处, 水深在 10 cm 以上的浅水地带作为其夜栖地(Liu et al, 2008)。此次调查所发现 63 处的夜栖地均位于浅水沼泽中, 水深在 2.8~27.2 cm 之间。主成分分析也将有关浅水环境的水深和明水面比例这两个变量归入影响夜栖地利用的第三主成分(表 4)。可见纳帕海越冬黑颈鹤夜栖时对水的非常依赖。这与云南大山包、贵州草海、西藏越冬黑颈鹤在湖泊和水库边缘、河流浅滩夜栖的观察结果相似(Li, 2005; Li & Li, 2005; Tsamchu & Mary, 2005), 也与丹顶鹤(Lü, 2007)、白鹤(Wu, 2005)、灰鹤(Avilés, 2004)和沙丘鹤(Folk & Tacha, 1990)的研究结果相似。

### 3.2 夜栖地与觅食地

越冬黑颈鹤白天的觅食地距离夜栖地较近(Kong, 2008), 甚至某些夜栖地也是部分个体白天的觅食地(Zhou et al, 1980)。此次调查中也发现少量黑颈鹤早晨并不是飞离夜栖地, 而是在夜栖地点附近活动、觅食, 逐渐远离夜栖地。所以, 食物可能也是影响黑颈鹤对夜栖地利用的因素之一。黑颈鹤在越冬期主要以植物性食物(Li & Li, 2005)为主, 因而作为觅食地的夜栖地中一般分布有一定的植被。此次调查发现大部分(81.0%)夜栖地中都有植物, 但与随机对照地植被盖度与高度的比较并未发现显著差异。这可能因为鱼类也是纳帕海越冬黑颈鹤的一种重要食物来源(Wang, 2008)。特别是在 3—5 月, 水域非常小, 鱼类集中, 大部分黑颈鹤都到纳帕海北部水域边缘捕食鱼类, 同时夜栖于此。而此地通常很少有植被分布, 因此减小了夜栖地与对照

地植被分布的差异。

越冬黑颈鹤日间最偏好的生境在大山包和纳帕海为浅水水域或沼泽(Kong, 2008; Liu, 2007; Wang, 2008; Zhao et al, 2008; Liu et al, 2010); 在草海为莎草草甸(Li, 1999); 而在西藏则为耕地(Bishop & Li, 2002; Li & Li, 2005; Tsamchu & Mary, 2005)。虽然, 这四个地点越冬黑颈鹤的日间栖息地或觅食地有所不同, 但是, 夜栖地却无一例外地选择浅水环境。这可能是因白天和夜晚对环境的需求不同所造成。越冬黑颈鹤日间主要行为为觅食(Kong et al, 2008; Zhao et al, 2008; Wong et al, 2009), 食物是选择生境的主要因素, 因而选择食物较为丰富的地区活动; 夜间一般休息, 食物成为次要因素, 而安全因素则更加重要。

### 3.3 安全因素

与随机对照地相比, 黑颈鹤的夜栖地明显远离人类活动频繁的地区, 如人们居住的村庄、放牧活动经过的道路和有农业活动的农田; 主成分分析也将泥层厚度和夜栖地距道路、村庄、农田的距离列为第一主成分(表 4)。对沙丘鹤的研究也发现, 夜栖在有桥梁或道路的河流片段鹤的平均数量要比没有人类干扰的河流片段的数量少一半多, 而紧邻桥梁和道路一般为人类活动频繁的地区。这说明人类干扰对沙丘鹤去利用河道产生了极为负面的影响(Krapu et al, 1984), 同时鹤也避免选择窄的河道作为夜栖地(Krapu et al, 1984; Tierny et al, 2001), 白鹤则一般利用无干扰的浅水区域夜栖, 而避开了有干扰的小湖、有渔船和鱼网的大湖(Wu, 2005)。

这些变量在一定程度上反映了夜栖地的安全因素。对一些雉类的研究发现, 安全因素在其夜栖生境中首先被考虑, 因为许多猛禽和野兽都能对它们构成威胁(Jiang et al, 2006; Kang & Zheng, 2007), 并且夜间被捕食的风险更大(Lu & Zheng, 2002)。黑颈鹤在纳帕海是体型最大的鸟类之一, 目前尚未观察到对其具威胁性的猛禽或野兽。由于宗教信仰问题, 当地居民不会对黑颈鹤造成直接伤害, 但常常观察到黑颈鹤会对接近的人发出警戒鸣叫, 甚至飞走。所以, 人类活动的间接干扰, 如放牧、捡牛粪、家狗等, 可能是影响黑颈鹤选择夜栖地的最主要因素。然而, 纳帕海地势平坦, 黑颈鹤很容易被人类和其他动物发现。因此, 它们就必须选择远离这些干扰的合适生境作为夜栖地。纳帕海的生境类型主要有开阔水域、浅水沼泽、草地和耕地等(Liu, 2007;

Wang, 2008), 其中草地是人和其他动物可以直接进入的; 开阔水域中水较深, 不适合站立, 黑颈鹤白天也很少在其中活动(Liu, 2007; Wang, 2008); 只有浅水沼泽较为远离道路、村庄和农田, 是人类间接干扰难以到达的区域, 因而成为黑颈鹤理想的夜栖场所。对沙丘鹤的研究也发现, 在河道和季节性湿地中的夜栖地都位于浅水区域(Folk & Tacha, 1990), 河道和湿地的状况影响了沙丘鹤的分布(Krapu et al, 1984; Folk & Tacha, 1990)。

但并不是任何浅水沼泽都适合作为夜栖地。某些沼泽呈网状分布, 其间夹杂有块状或网状的草地, 并不能阻止人和其他动物进入; 某些沼泽面积较小, 也能够接近。因此, 黑颈鹤只利用那些面积较大(>0.8 hm<sup>2</sup>)、水面较多(>40%)的沼泽斑块进行夜栖。夜栖地利用前后对比也发现, 当水位下降、沼泽斑块面积缩小时, 黑颈鹤就会放弃此夜栖地。同时, 黑颈鹤一般站立于沼泽斑块的中央, 离岸边有一定距离, 这可能是减少直接干扰的对策, 因为这一距离可以使黑颈鹤及早发现入侵者。对沙丘鹤的研究也发现, 夜栖的位置离岸边距离这个生境变量相当重要: 鹤将远离岸边的地方作为夜栖地, 并且缺乏水形成的屏障就不能成为安全的夜栖生境(Krapu et al, 1984), 而对其他变量则要求没那么严格(Folk & Tacha, 1990)。

大面积的浅水沼泽斑块能够阻挡人类干扰的另一个重要原因是基底有泥层分布。此次调查中绝大部分(96.8%)夜栖地均有泥层, 有些厚度甚至达到 50 cm 以上。这虽然增加了实地调查的困难, 但也说明泥层可以有效地阻止人类或其他动物的进入。

### 3.4 其他影响因素

在对黑颈鹤夜栖地利用前后的生境变量比较后, 发现只有沼泽面积有显著减小, 说明沼泽斑块的大小变化对纳帕海越冬黑颈鹤的夜栖地利用非常重要: 当其减小到一定程度时, 黑颈鹤就会放弃对此夜栖地的利用, 而选择面积较大的沼泽斑块作

为夜栖地。主成分分析将其单独列入第二主成分(表 4), 说明沼泽面积独立地影响黑颈鹤对夜栖地的利用。

黑颈鹤利用浅水沼泽作为夜栖地也可能与保存能量有关。纳帕海全年平均温度低, 温差较大, 最冷月均温接近-4℃(Mu, 2007)。生活在高原高寒的环境中, 如何保存能量是黑颈鹤必须面对的问题。由于水的比热容很大, 水结冰后又有隔离作用, 因而淡水湖的水温不会在 0℃以下(Sun, 2001); 冬季时, 小湖泊水温高于周围空气温度, 并向周围输出热量(Chen & Yu, 1983); 而白天时, 湖泊水体吸收较多太阳辐射, 水温低于地温, 在夜间水温则高于地温(Yu & Lu, 1996)。因此推测: 黑颈鹤为了保存能量, 选择了温度可能较高又适合站立的浅水水域作为夜栖地。

### 3.5 保护建议

为了给黑颈鹤提供一个良好的夜栖环境, 根据以上讨论, 针对其夜栖时对浅水环境的依赖性, 再考虑到纳帕海冬季较大的水位变化, 提出以下几点水位管理建议: (1) 纳帕海在 10—11 月水位最高, 浅水沼泽较少, 开闸放水可为黑颈鹤提供较多的夜栖环境, 但考虑到雁鸭类需要较大水体, 所以建议此时适当开闸放水以增加浅水环境; (2) 12 月至翌年 3 月是纳帕海水位下降最快的时期, 此时应适当关闸蓄水, 以降低浅水沼泽消失的速度; (3) 4—5 月为越冬后期, 大部分雁鸭类已经迁离, 越冬黑颈鹤的数量因不断迁徙而减少, 考虑到黑颈鹤需要补充部分动物性食物以利于迁徙, 故应开闸放水, 使鱼类食物更加集中而利于其捕食; 再者, 纳帕海为季节性湖泊, 水退去后可能有利于湖底某些植物生长, 从而在冬季为迁徙回来的黑颈鹤和其他水鸟提供更多的隐蔽条件和食物资源。

**致谢:** 感谢香港(中国)探险学会给予了野外考察和研究工作的帮助。

### 参考文献:

- Avilés JM. 2004. Common cranes (*Grus grus*) and habitat management in holm oak dehesas of Spain [J]. *Biodiver Conserv*, 13(11): 2015-2025.
- Bishop MA, Canjue Z, Song YL, Jim H, Gu BY. 1998. Winter habitat use by Black-necked Cranes (*Grus nigricollis*) in Tibet [J]. *Wildfowl*, 49(0): 228-241.
- Bishop MA, Li FS. 2002. Effects of farming practices in Tibet on wintering Black-necked Crane (*Grus nigricollis*) diet and food availability [J]. *Biodiver Sci*, 10(4): 393-398. [Bishop MA, 李凤山. 2002. 农业耕作活动对西藏越冬黑颈鹤食性及食物可获得性的影响. 生物多样性, 10(4): 393-398.]
- Chen ZY, Yu JY. 1983. Effect of small lakes to surrounding temperature and wind field [J]. *Meteorol Sci Technol*, (2): 53-56. [陈志银, 俞建英. 1983. 小湖泊对其周围温度场和风场的影响. 气象科技, (2): 53-56.]
- Engel KA, Young LS. 1992. Movements and habitat use by common ravens

- from roost sites in southwestern Idaho [J]. *J Wildl Manage* **56**: 596-602.
- Folk MJ, Tacha TC. 1990. Sandhill crane roost site characteristics in the North Platte River Valley [J]. *J Wildl Manage*, **54**(3): 480-486.
- Jiang AW, Zhou F, Lu Z, Han XJ, Sun RJ, Li XL. 2006. Roost-site selection of Mrs. Hume's Pheasant (*Syrnaticus humiae*) in Guangxi, China [J]. *Zool Res*, **27**(3): 249-254. [蒋爱伍, 周放, 陆舟, 韩小静, 孙仁杰, 李相林. 2006. 广西黑颈长尾雉对夜宿地的选择. 动物学研究, **27**(3): 249-254.]
- Kang MJ, Zheng GM. 2007. Roost-site selection of Lady Amherst's pheasant [J]. *Acta Ecol Sin*, **27**(7): 2929-2934. [康明江, 郑光美. 2007. 白腹锦鸡(*Chrysolophus amherstiae*)的夜栖地选择. 生态学报, **27**(7): 2929-2934]
- Kong DJ. 2008. Studies on wintering behavior and conservation of Black-necked Crane *Grus nigricollis* at Dashanbao, Yunnan, China [D]. Master's degree thesis, Chinese Academy of Science. [孔德军. 2008. 云南大山包黑颈鹤(*Grus nigricollis*)越冬行为和保护研究. 硕士学位论文, 中国科学院.]
- Kong DJ, Yang XJ, Zhong XY, Dao MB, Zhu Y. 2008. Diurnal time budget and behavior rhythm of wintering Black-necked Crane (*Grus nigricollis*) at Dashanbao in Yunnan [J]. *Zool Res*, **29**(2): 195-202. [孔德军, 杨晓君, 钟兴耀, 道美标, 朱勇. 2008. 云南大山包黑颈鹤日间越冬时间分配和活动节律. 动物学研究, **29**(2): 195-202.]
- Krapu GL, Facey DE, Fritzell EK, Johnson DH. 1984. Habitat use by migrant Sandhill Cranes in Nebraska [J]. *J Wildl Manage*, **48**(2): 407-417.
- Li FS. 1999. Foraging habitat selection of the wintering Black-necked Cranes in Caohai, Guizhou, China [J]. *Chn Biodiver*, **7**(4): 257-262. [李凤山. 1999. 贵州草海越冬黑颈鹤觅食栖息地选择的初步研究. 生物多样性, **7**(4): 257-262.]
- Li FS, Fang SZ, Guan YH. 2005. Preliminary survey on wintering environment of Black-necked Cranes in Northeast Yunnan [M]// Li FS, Yang XJ, Yang F. Status and conservation of Black-necked Cranes on the Yunnan and Guizhou Plateau, People's Republic of China. Kunming: Yunnan Nationalities Publishing House, 76-92. [李凤山, 方嗣昭, 管毓和. 2005. 滇东北黑颈鹤越冬栖息地环境初步调查. [M]//李凤山, 杨晓君, 杨芳. 云贵高原黑颈鹤的现状和保护. 昆明: 云南民族出版社, 76-92.]
- Li FS, Yang F. 2005. Distribution and Population of Black-necked Cranes on the Yunnan-Guizhou Plateau [M]// Wang QS, Li FS. Crane research in China. Kunming: Yunnan Educational Publishing House, 29-43. [李凤山, 杨芳. 2005. 云贵高原黑颈鹤的分布和种群现状. [M]//王岐山, 李凤山. 中国鹤类研究. 昆明: 云南教育出版社, 29-43.]
- Li FS. 2005. Status and Conservation of Black-necked Cranes [M]// Li FS, Yang XJ, Yang F. Status and conservation of Black-necked Cranes on the Yunnan and Guizhou Plateau, People's Republic of China. Kunming: Yunnan Nationalities Publishing House, 44-56. [李凤山. 2005. 黑颈鹤的现状和保护. 见: 李凤山, 杨晓君, 杨芳. 云贵高原黑颈鹤的现状和保护[M]//昆明: 云南民族出版社, 44-56.]
- Li ZM, Li FS. 2005. Black-necked crane study [M]. Shanghai: Shanghai Technological and Educational Press. [李筑眉, 李凤山. 2005. 黑颈鹤研究[M]. 上海: 上海科技教育出版社.]
- Liu Q. 2007. Studies on Flock, Habitat Use, and Territory Behavior of Wintering Black-necked Crane *Grus nigricollis* at Napa Lake, Yunnan, China [D]. Master's degree thesis, Chinese Academy of Science. [刘强. 2007. 纳帕海越冬黑颈鹤的集群、栖息地利用和领域行为观察. 硕士学位论文, 中国科学院.]
- Liu Q, Yang XJ, Zhu JG, Zhao JL, Yu HZ. 2008. Flock of Black-necked Crane wintering at Napahai Nature Reserve, China [J]. *Zool Res*, **29**(5): 533-560. [刘强, 杨晓君, 朱建国, 赵健林, 余红忠. 2008. 云南省纳帕海自然保护区越冬黑颈鹤的集群特征. 动物学研究, **29**(5): 533-560.]
- Liu, Q, Yang JX, Yang XJ, Zhao JL, Yu HZ. 2010. Foraging habitats and utilization distributions of Black-necked Cranes wintering at the Napahai Wetland, China [J]. *J Field Ornithol*, **81**(1): 21-30.
- Liu Q. 2010. Spatial Ecology of Black-necked Cranes (*Grus nigricollis*) at Napahai [D]. Ph.D thesis, Chinese Academy of Science. [刘强. 2010. 纳帕海越冬黑颈鹤(*Grus nigricollis*) 空间生态学研究. 博士学位论文, 中国科学院.]
- Lü SC. 2007. Quantitative Distribution in Night of Red-crowned Crane on the Artificial Wetland during Wintering Stage [J]. *Chn J Wildl*, **28**(2): 11-13. [吕士成. 2007. 丹顶鹤越冬期在人工湿地的夜栖数量分布. 野生动物, **28**(2): 11-13.]
- Lu X, Zheng GM. 2002. Habitat use of Tibetan Eared Pheasant *Crossoptilon harmani* flocks in the non-breeding season [J]. *Ibis*, **144**(1): 17-22.
- Mu JQ. 2007. The issues of ecological environment protection of Napahai Wetland and countermeasures [J]. *For Invent Plan*, **32**(4): 114-117. [穆静秋. 2007. 纳帕海湿地生态环境保护的问题与对策. 林业调查规划, **32**(4): 114-117.]
- Sun RY. 2001. Principles of Animal Ecology [M]. 3rd ed. Beijing: Beijing Normal University Press. [孙儒泳. 2001. 动物生态学原理. 3版. 北京: 北京师范大学出版社.]
- Tierny LP, Wayne A, Stanley H, Anderson MJP. 2001. Distributions of roosting Sandhill Cranes as identified by aerial thermography [J]. *Prair Nat* **33**(2): 93-99.
- Tsamchu D, Mary AB. 2005. Population and habitat use by Black-necked Cranes wintering in Tibet [M]//Wang QS, Li FS. Crane research in China. Kunming: Yunnan Educational Publishing House, 29-43. [仓决卓玛, Mary Anne Bishop. 2005. 西藏黑颈鹤的越冬数量及生境利用 [M]//王岐山, 李凤山. 中国鹤类研究. 昆明: 云南教育出版社, 29-43.]
- Wang K, Yang XJ, Zhao JL, Yu HZ, Ming L. 2009. Wintering Black-necked Crane (*Grus nigricollis*) at Napa Lake, Shangri-La in Yunnan [J]. *Zool Res*, **30**(1): 74-82. [王凯, 杨晓君, 赵健林, 余红忠, 闵龙. 2009. 云南纳帕海越冬黑颈鹤日间行为模式与年龄和集群的关系. 动物学研究, **30**(1): 74-82.]
- Wang K. 2008. Behavioral ecology of wintering Black-necked Crane *Grus nigricollis* at Napa Lake, Yunnan, China [D]. Master's degree thesis, Chinese Academy of Science. [王凯. 2008. 纳帕海黑颈鹤(*Grus nigricollis*)越冬行为生态研究. 硕士学位论文, 中国科学院.]
- Wu JD. 2005. Behavior study of wintering Siberian Cranes at Poyang Lake [M]//Wang QS, Li FS. Crane research in China. Kunming: Yunnan Educational Publishing House, 29-43. [吴建东. 2005. 白鹤在鄱阳湖越冬期的行为研究. [M]//王岐山, 李凤山. 中国鹤类研究. 昆明: 云南教育出版社, 110-117.]
- Yu Q, Lu PL. 1996. Influence of Chaohu Lake on radiation and heat processes over land surface in winter [J]. *J Lake Sci*, **8**(1): 8-15. [于强, 陆佩玲. 1996. 巢湖对冬季陆面辐射和热量过程的影响. 湖泊科学, **8**(1): 8-15.]
- Zhao JL, Han LX, Feng L, Wu ZR, Yu HZ. 2008. Wintering behaviors and habitat using of Black-necked Crane in Napahai Nature Reserve, Yunnan Province [J]. *Sichuan J Zool*, **27**(1): 78-91. [赵建林, 韩联宪, 冯理, 吴忠荣, 余红忠. 2008. 云南纳帕海黑颈鹤越冬行为与生境利用初步观察. 四川动物, **27**(1): 78-91.]
- Zhou FZ, Ding WN, Wang ZY. 1980. Black-necked cranes wintering survey [J]. *Chn J Zool*, (3): 27-30. [周福璋, 丁文宁, 王子玉. 1980. 黑颈鹤的越冬调查. 动物学杂志, (3): 27-30.]