

朱鹮游荡期对人类干扰的耐受性

周学红¹, 蒋 琳¹, 王 强^{1,2}, 张 伟^{1,*}, 程 鲲¹, 丁海华³

(1. 东北林业大学 哈尔滨 150040; 2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012;

3. 陕西汉中朱鹮国家级自然保护区管理局 汉中 723300)

摘要:随着野生动物旅游业的发展,野生动物对人类干扰的耐受性研究在科学管理野生动物旅游业,提高游客体验,促进野生动物保护等方面具有重要的实践意义。2007 年 10~11 月应用可操纵试验法在陕西汉中朱鹮(*Nipponia nippon*)国家级自然保护区研究了朱鹮游荡期对人类干扰的耐受性。研究表明,朱鹮游荡期对人类干扰具有较强的耐受性并表现出一定的适应性。朱鹮的警戒距离为 (38.57 ± 14.01) m,惊飞距离为 (23.84 ± 9.45) m,警戒距离是惊飞距离的 1.6 倍左右,两者存在着显著相关性。干扰者的衣着颜色是影响朱鹮对人类干扰的耐受性的主要因子,朱鹮对鲜艳衣物敏感。随着距居民点距离的减小,朱鹮对人类干扰的耐受性逐渐增强,但朱鹮对道路有一定回避效应。建议最小接近区域的面积应该是以警戒距离(AD)为半径的圆形区域,朱鹮最小接近区域的面积 $=\pi \times 38.57^2 \approx 4700\text{m}^2$,该区域范围内限制游客进入,并禁止游客穿着鲜艳色衣物进入自然保护区。

关键词:朱鹮(*Nipponia nippon*); 人类干扰; 耐受性; 警戒距离; 惊飞距离

文章编号:1000-0933(2009)10-5176-09 中图分类号:Q143, Q958 文献标识码:A

The tolerance of human disturbance on Crested Ibis (*Nipponia nippon*) of wardering stage

ZHOU Xue-Hong¹, JIANG Lin¹, WANG Qiang^{1,2}, ZHANG Wei^{1,*}, CHENG Kun¹, DING Hai-Hua³

1 Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

2 Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China

3 The Crested Ibis State National Reserve at Hanzhong City, Shangxi, Hanzhong 723300, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(10): 5176 ~ 5184.

Abstract: With the growth in wildlife tourism, research on the effect of human disturbance on wildlife has become an important issue. Awareness of these effects should guide the management of wildlife tourism, improve tourist satisfaction and promote wildlife conservation. This research reports on the tolerance of Crested Ibis to human disturbance in its wardering stage. The trial was in the months of October and November of 2007 at the Crested Ibis National Reserve in Han Zhong. A manipulative experiment methodology was employed. The research demonstrated that Crested Ibis has a strong tolerance to human disturbance at wardering stage. It is however, relatively sensitive to successive disturbance. The AD (Alert distance) was measured to be 1.6 times greater than FD (Flush distance). The distances were (38.57 ± 14.01) m, (23.84 ± 9.45) m respectively. One of the main factors influencing tolerance to disturbance was the colour of the clothes of the subject. The Crested Ibis is more sensitive to colorful clothes. If the birds are more proximate to human buildings, the AD and FD of Crested Ibis decreases. That is to say, the tolerance of Crested Ibis to human disturbance becoming stronger as the distance to human buildings decreases. The Crested Ibis has a set-back effect to the road. Based on above research, we advised that the minimum safe distance for a tourist to approach the bird should be a circular region of a radius of AD . In the wandering phase the minimum safe area of the Crested Ibis is about 4700m^2 . Tourists should be prohibited from entering

基金项目:国家林业局资助项目

收稿日期:2008-06-18; 修订日期:2009-02-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zwfur@yahoo.com.cn

this minimum area and from wearing colorful clothes.

Key Words: *Nipponia nippon*; human disturbance; tolerance; alert distance; flush distance

经济激励被证实是生物多样性就地保护的重要工具^[1]。野生动物旅游业是促进野生动物就地保护与当地社区经济协调发展的主要经济激励策略之一。近年来,随着野生动物旅游业的发展,游客与野生动物特别是与鸟类的相互关系成为研究热点。目前大多数研究集中在人类干扰对鸟类的影响或鸟类对人类干扰的耐受性和适应性方面^[2~10]。当人类活动影响鸟类的行为及种群时,就有必要研究鸟类对人类干扰的耐受性,以设定或调整自然保护区中游客与耐受性差的鸟类之间的最小接近距离等相关管理措施^[11~14]。

鸟类对人类干扰的某些行为反应,可用来评价其耐受性^[15]。当有干扰出现时,鸟类常以增加警戒时间、减少觅食或者惊飞作为响应对策^[16,17]。警戒距离、惊飞距离是衡量鸟类对人类干扰的耐受性的主要指标。警戒距离是指鸟类在发现试验者而改变其原来的行为前,试验者与鸟类的距离;惊飞距离是指在鸟类惊飞前试验者能接近鸟类的距离。两者都反映了鸟类对人类干扰的耐受和适应程度:警戒距离、惊飞距离越小,表明对人类干扰的耐受性越强;反之,耐受性越差^[18]。鸟类对人类干扰的耐受性受众多因素影响,包括物种种类、干扰方式、干扰强度、环境隐蔽物、与道路的距离等^[19]。

近年来,朱鹮(*Nipponia nippon*)的旅游业逐步开展,这无疑是朱鹮就地保护的经济激励措施之一。但相应地,旅游业的管理也成为朱鹮保护的主要内容之一。本文以朱鹮游荡期为例,研究了朱鹮对人类干扰的耐受性。旨在提高游客旅游体验的同时,消除旅游活动对朱鹮的影响,为科学管理朱鹮旅游业,从根本上促进朱鹮保护提供理论依据。

1 研究地点、对象与方法

1.1 研究地点与研究对象

研究工作在陕西汉中朱鹮国家级保护区内(以下简称保护区)进行。朱鹮的主要活动区集中在陕西汉中市洋县境内。洋县地处陕西秦岭南麓的汉中盆地,北纬 33°02′~33°43′,东经 107°11′~108°03′。洋县属暖温带到北亚热带过渡气候,温暖湿润,雨热同期,夏季无酷暑,冬季无严寒,年平均气温 12~14℃,年平均降水量 900~1 000 mm。水系属长江流域汉江水系,河流纵横、水塘密布、水资源丰富。汉江在栖息地流长近百公里,是区域内最大的河流,主要支流有渭水、溢水、瀼水等 11 条。区域内有大小水库 80 座,总库容 69 000 000 m³;池塘 2 232 口,其中万方以上大塘 58 口,塘库总水面 710.6 hm²,蓄水量 5.76 × 10⁶ m³;水田面积达 12 773 hm²,占耕地面积的 53.3%。大量湿地为朱鹮觅食活动提供了良好条件。

朱鹮(*Nipponia nippon*),国家一级重点保护鸟类。朱鹮主要活动于海拔 450~1 200 m 之间的平坝区、丘陵区和低山区,栖息在高大乔木上,以小鱼、虾、蟹、蛙、软体动物及昆虫为食。全年的活动可分为越冬期、繁殖期和游荡期。游荡区位于汉江支流两岸的丘陵平坝区,海拔为 450~840 m。丘陵区有呈块状分布的次生林,河流水库密布,有大面积的水田、旱地和草坡,是朱鹮游荡期主要的夜宿地和觅食地。平坝地区为农业区,有大片的水田、水库、池塘、沟渠和众多溪流;越冬区靠近繁殖区,分布大体上与繁殖区一致,是朱鹮从游荡活动区进入繁殖区的过渡地带。朱鹮有游荡期集群觅食的习性。

1.2 研究方法

1.2.1 试验方法

可操纵试验法是目前国际上普遍采用的定量研究人类干扰对鸟类影响的主要方法之一^[20]。本研究采用可操纵试验法,即模拟野生动物旅游者的基本属性和行为,研究了朱鹮游荡期对人类干扰的耐受性^[4]。对人类干扰时所表现出的警戒距离(alert distance, AD)和惊飞距离(flush distance, FD),正是直观反映鸟类对人类干扰耐受性的主要指标^[21,22]。为减少误差,试验前应选取其他区域的个体进行预观察,熟悉其觅食、警戒、奔走躲避、惊飞等行为,训练试验者恒定的行走速度(1 步/1 s)、步长。试验者兼具试验者和观察者双重

身份^[23~25]。

本试验于 2007 年 10~11 月在陕西汉中朱鹮保护区中进行。试验中设定样线,以免在两天内干扰同一个体。选择静站、觅食、休息的目标个体且在无行人经过时进行试验,并记录其原来的行为。1 人试验时,只选取一个目标个体。2 人试验时,各选择一个目标个体。试验者于 150m 之外,以恒定的速度(1 步/1s)向目标个体直线移动,且不作任何隐蔽。在接近的同时,注意观察目标个体的行为变化。当目标个体改变其原来的行为,抬头看到试验者时,试验者在自己站立的位置丢下第一个标记物并继续移动,当目标个体回避试验者时,试验者丢下第二个标记物并继续前进,直到目标个体惊飞,此时丢下第三个标记物,同时依靠地形地貌特征记住惊飞位置。试验者站在原处观察目标个体是否飞离视线范围。若目标个体没有飞离试验者视线范围,目测并记录其落定的位置,并继续进行第二次干扰实验,直至其飞离试验者的视线范围。反之则放弃第二次干扰实验。试验者以恒定的步长,从第三个标记物位置向目标个体惊飞位置直线移动,并计算步伐数。此时,第三个标记物到目标个体惊飞位置的步伐数 $\times$ 步长=惊飞距离;试验者折回第二个标记物位置,依据上述方法计算出回避距离;折回第一个标记物的位置,计算出警戒距离。若进行第二次干扰试验时,测量出目标个体的第二次惊飞距离。

本试验中选取干扰人数(1 人/2 人)、试验者衣着颜色(灰色/鲜艳(红、黄色))、试验者声音(安静/喧闹)这 3 个因子进行分组试验,依次分 8 个小组进行人类干扰试验,每小组 40 个样本,共 320 个样本(第 I 组:1 人/灰色/安静;第 II 组:1 人/灰色/喧闹;第 III 组:1 人/鲜艳/安静;第 IV 组:1 人/鲜艳/喧闹;第 V 组:2 人/灰色/安静;第 VI 组:2 人/灰色/喧闹;第 VII 组:2 人/鲜艳/安静;第 VIII 组:2 人/鲜艳/喧闹)。另外,还测量了干扰前目标个体的行为、群体规模、群体中白鹭(*Egretta garzetta*)数量、群体中苍鹭(*Ardea cinerea*)数量、植被覆盖率、目标个体与最近隐蔽物的距离、最近隐蔽物的高度、目标个体到主干道的距离、目标个体到居民点的距离、目标个体到旅游中心的距离这 10 个因子,以测定这些因子与朱鹮警戒距离和惊飞距离的关系。

1.2.2 统计方法

在样本分布特征分析中,分别对警戒距离、惊飞距离进行正态分布检验,结果表明大致服从正态分布,因此用 F 检验分析不同人类干扰强度对朱鹮警戒距离、惊飞距离的影响,并用 LSD 法对 8 个小组进行多重比较。而单个人类干扰因子如干扰人数、试验者衣着颜色、试验者声音等均不服从正态分布,因此采用 Mann-Whitney U(双尾)检验。在相关性分析中,试验者人数、衣着颜色、声音服从等级分布,因此采用肯德尔秩(Kendall's tau-b)等级相关分析,其余皆用皮尔森(Pearson)相关分析。在各因子与朱鹮警戒距离、惊飞距离的回归分析中,采用多元逐步回归分析法。数据分析均由 SPSS 统计软件和 Excel 软件完成。

2 结果与分析

2.1 不同干扰强度对朱鹮警戒距离、惊飞距离的影响

由表 1、表 2、图 1 可以看出,警戒距离的均值为 (38.57 ± 14.01) m,惊飞距离的均值为 (23.84 ± 9.45) m。警戒距离是惊飞距离的 1.6 倍左右。朱鹮警戒距离在 8 个小组间无显著差异($P=0.409 > 0.05$),表明 3 种不同强度的干扰对其警戒距离无显著影响;朱鹮惊飞距离在 8 个小组间有极显著差异($P=0.007 < 0.01$),表明 3 种不同强度的干扰对其惊飞距离的影响极其显著,因此可进行多重比较。

表 3 是选用 LDS 法作均数间多重两两比较 8 个小组间惊飞距离的结果。第 VIII 小组(2 人/鲜艳/喧闹))的干扰强度在 8 个小组中最大,可以看出第 VIII 小组与其他小组之间的差异是显著或极显著的。

2.2 单个人类干扰因子对朱鹮警戒距离、惊飞距离的影响

表 4 是单个人类干扰因子(干扰人数、试验者衣着颜色、试验者声音)对朱鹮警戒距离、惊飞距离的影响

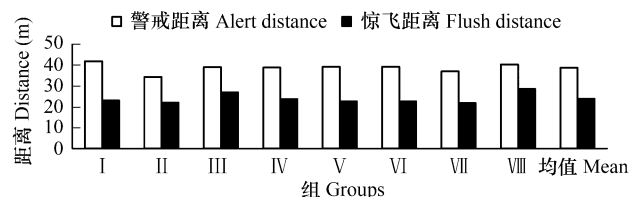


图 1 8 个小组的距离对比

Fig. 1 The contrast distributing histogram of distance among groups

曼-惠特尼 U 检验结果表,从该表可知:

表 1 警戒距离、惊飞距离统计数值表
Table 1 Alert distance and flush distance

项目 Item	组别 Groups	样本数 Sample number	平均数 (m) Mean	最小值 (m) Minimum	最大值 (m) Maximum
警戒距离 AD Alert distance	I	40	41.73 ± 26.42	13.00	104.00
	II	40	34.17 ± 6.71	20.00	44.00
	III	40	38.88 ± 10.35	17.00	54.00
	IV	40	38.68 ± 4.36	32.00	46.00
	V	40	39.05 ± 17.00	20.00	82.00
	VI	40	39.05 ± 16.97	20.00	82.00
	VII	40	36.88 ± 3.92	28.00	45.50
	VIII	40	40.18 ± 10.45	19.00	56.00
	合计	320	38.57 ± 14.01	13.00	104.00
惊飞距离 FD Flush distance	I	40	22.98 ± 17.21	7.00	80.00
	II	40	21.91 ± 7.03	4.00	42.00
	III	40	26.85 ± 8.99	8.00	39.00
	IV	40	23.63 ± 4.67	13.00	31.50
	V	40	22.58 ± 5.99	16.00	40.00
	VI	40	22.58 ± 5.98	16.00	40.00
	VII	40	21.71 ± 4.99	13.00	31.50
	VIII	40	28.46 ± 11.94	8.00	54.00
	合计	320	23.84 ± 9.45	4.00	80.00

1 人干扰或 2 人干扰对朱鹮警戒距离的影响差异极不显著 ($P = 0.996 > 0.05$); 1 人干扰或 2 人干扰对朱鹮惊飞距离的影响差异极不显著 ($P = 0.945 > 0.05$)。

试验者衣着灰暗或衣着鲜艳对朱鹮警戒距离的影响差异极其显著 ($P = 0.002 < 0.01$); 试验者衣着灰暗或衣着鲜艳对朱鹮惊飞距离的影响差异极其显著 ($P = 0.001 < 0.01$)。

表 3 LSD 法多重比较结果表
Table 3 The result of multiple comparison test (LSD)

	组 Groups							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I	—	0.608	0.062	0.754	0.847	0.847	0.542	0.008 **
II	0.608	—	0.018 *	0.409	0.749	0.749	0.923	0.002 **
III	0.062	0.018 *	—	0.120	0.040 *	0.040 *	0.014 *	0.437
IV	0.754	0.409	0.120	—	0.612	0.612	0.356	0.020 *
V	0.847	0.749	0.040 *	0.612	—	1.000	0.677	0.005 **
VI	0.847	0.749	0.040 *	0.612	1.000	—	0.677	0.005 **
VII	0.542	0.923	0.014 *	0.356	0.677	0.677	—	0.001 **
VIII	0.008 **	0.002 **	0.437	0.020 *	0.005 **	0.005 **	0.001 **	—

* 表示在 0.05 水平上差异显著; ** 表示在 0.01 水平上差异极显著 * Significant correlation (two-tailed) at $P < 0.05$; ** Significant correlation (two-tailed) at $P < 0.01$

试验者安静或喧闹对朱鹮警戒距离的影响差异不显著 ($P = 0.838 > 0.05$); 试验者安静或喧闹对朱鹮惊

飞距离的影响差异不显著($P = 0.242 > 0.05$)。

依据以下赋值:觅食 = 1,静站 = 2,理羽 = 3,休息 = 4;灰色 = 1,鲜艳 = 2;安静 = 1,喧闹 = 2,进行肯德尔秩(Kendall's tau-b)等级相关分析,从表 5 可以看出:

干扰人数与朱鹮警戒距离几乎无相关性($r = 0.000, P = 0.996 > 0.05$,趋向于 1);与朱鹮惊飞距离几乎无相关性($r = 0.003, P = 0.945 > 0.05$)。

试验者衣着颜色与朱鹮警戒距离的相关性极其显著($r = 0.147, P = 0.002 < 0.01$),但相关系数不大;与朱鹮惊飞距离的相关性极其显著($r = 0.158, P = 0.001 < 0.01$),但相关系数不大。

表 4 曼-惠特尼 U 检验结果表

Table 4 The result of Mann-Whitney U test

因素 Factors		警戒距离 AD	惊飞距离 FD
干扰人数	Mann-Whitney U	12795.50	12743.50
Number	Z	-0.005	-0.068
	P (双尾)	0.996	0.945
衣着颜色 The	Mann-Whitney U	10193.00	10000.00
colour of clothes	Z	-3.153	-3.388
	P (双尾)	0.002 **	0.001 **
试验者声音 Voice	Mann-Whitney U	12631.00	11834.00
	Z	-0.204	-1.169
	P (双尾)	0.838	0.242

** 表示在 0.01 水平上差异极显著 Significant different ($P < 0.01$)

表 5 人类干扰因子与朱鹮警戒距离、惊飞距离的相关系数表

Table 5 The correlation coefficients of human interference factors and alert distance, flush distance

干扰因子 Factors of disturbance		警戒距离 AD	惊飞距离 FD
干扰人数	相关系数(r)	0.000	0.003
Number	P	0.996	0.945
衣着颜色	相关系数(r)	0.147	0.158
The colour of clothes	P	0.002 **	0.001 **
声音 Voice	相关系数(r)	0.009	0.054
	P	0.838	0.242

** 在 0.01 水平上显著相关(双尾) ** Significant correlation (two-tailed) at $P < 0.01$

试验者声音与朱鹮警戒距离的相关性极不显著($r = 0.009, P = 0.838 > 0.05$);与朱鹮惊飞距离的相关性不显著($r = 0.054, P = 0.242 > 0.05$)。

表 6 显示了目标个体到主干道、居民点、旅游中心的距离和其警戒距离、惊飞距离的皮尔森相关系数(Pearson correlation)。

表 6 人类干扰因子与朱鹮警戒距离、惊飞距离的相关系数表

Table 6 The correlation coefficients of human interference factors and alert distance, flush distance

干扰因子 Factors of disturbance		警戒距离 AD	惊飞距离 FD
到主干道的距离 The distance to main road	相关系数(r)	-0.143 *	-0.069
	P	0.010	0.219
到居民点的距离 The distance to human buildings	相关系数(r)	0.237 **	0.234 **
	P	0.000	0.000
到旅游中心的距离 The distance to center of travelling	相关系数(r)	-0.108	-0.061
	P	0.055	0.273

* 在 0.05 水平上显著相关(双尾); ** 在 0.01 水平上显著相关(双尾) * Significant correlation (two-tailed) at $P < 0.05$; ** Significant correlation (two-tailed) at $P < 0.01$

从表 6 可以看出:

目标个体到主干道的距离与其警戒距离的相关性显著($r = -0.143, P = 0.01$);与其惊飞距离的相关性不显著($r = -0.069, P = 0.219 > 0.05$)。

目标个体到居民点的距离与其警戒距离的相关性极其显著($r = 0.237, P = 0.000$);与其惊飞距离的相关性极其显著($r = 0.234, P = 0.000$)。

目标个体到旅游中心的距离与其警戒距离的相关性不显著($r = -0.108, P = 0.055 > 0.05$);与其惊飞

距离的相关性不显著($r = -0.061, P = 0.273 > 0.05$)。

2.3 朱鹮警戒距离与回避、惊飞距离等的相互关系

表 7 显示了朱鹮的警戒距离与惊飞距离的皮尔森相关系数。从该表可以看出朱鹮的警戒距离与惊飞距离的相关性极其显著($r = 0.572, P = 0.000$)。

从表 8 可以看出,只有 13.13% 的目标个体采取游走暂时回避人类干扰,其余大部分静站警戒,容受试验者靠近,直至飞走。回避距离的均值为(36.35 ± 11.27)m,最小值为 5.00m,最大值为 78m。

在进行第一次干扰试验后,25.31% 的目标个体并不直接飞走,而是对人类干扰表现出一定的容受性,落在试验者的视线范围内。飞行距离均值为(159.33 ± 129.20)m,最小值为 4.00m,最大值为 450m。当针对同一个目标个体进行第二次干扰试验的时候,第二次的惊飞距离的均值为(24.30 ± 6.43)m,最小值为 4.00m,最大值为 46.00m。与第一次惊飞距离(均值(23.84 ± 9.45)m,最小值为 4.00m,最大值为 80.00m)相比,最小值与均值均无明显差异,只有第二次惊飞距离的最大值由 80m 降低为 46m,在一定程度上说明了目标个体对连续的人类干扰的耐受性增强。

表 7 朱鹮警戒距离与惊飞距离的相关系数表
Table 7 The correlation coefficients between alert distance and flush distance

项目 Item		警戒距离 AD	惊飞距离 FD
警戒距离	相关系数 relative index (r)	-	0.572 **
	P	-	0.000
惊飞距离	相关系数 relative index (r)	0.572 **	-
	P	0.000	-

** 在 0.01 水平上显著相关(双尾) ** Significant correlation (two-tailed) at $P < 0.01$

表 8 朱鹮回避距离、飞行距离及第二次惊飞距离统计数值表
Table 8 Descriptions of back distance, flight distance and second flush distance

干扰后的行为方式 Behaviour after disturbed	个体数 Number	所占百分比 percent (%)	相应指标 Relevant index	最小值(m) Minimum	最大值(m) Maximun	均值(m) Mean
回避 Set-back	42	13.13%	回避距离 Set-back distance	5.00	78.00	36.35 ± 11.27
惊飞(在试验者视野内) Flush (in the filed of vision)	81	25.31%	飞行距离 Flush distance	4.00	450.00	159.33 ± 129.20
惊飞(在试验者视野外) Flush after the second disturbance(out of the vision)	81		第二次惊飞距离 The second flush distance	4.00	46.00	24.30 ± 6.43

2.4 各因子与朱鹮警戒距离、惊飞距离的回归分析

设目标个体的警戒距离(Y_1)、惊飞距离(Y_2)为因变量,影响目标个体的警戒距离的各因子为自变量,进行多元逐步回归分析,剔除不显著的偏回归系数对应的自变量,得到以下结果:

从表 2 ~ 9 可知,目标个体的行为($R^2 = 0.095$ (+), $P = 0 < 0.01$)、最近隐蔽物距离($R^2 = 0.082$ (+), $P = 0.03 < 0.05$)、到居民点的距离($R^2 = 0.056$ (+), $P = 0.032 < 0.05$)被引入警戒距离的方程。目标个体的行为与朱鹮的警戒距离正相关,朱鹮觅食时对人类干扰的警戒性最低,休息时对人类干扰的警戒性最高。朱鹮的警戒距离随着其到隐蔽物、居民点距离的降低而降低,说明朱鹮对隐蔽物有一定效用性,对居民点有较高的依赖性。

试验者衣着颜色($R^2 = 0.074$ (+), $P = 0.004 < 0.01$)、群体规模($R^2 = 0.086$ (+), $P = 0.04 < 0.05$)、到居民点的距离($R^2 = 0.055$ (+), $P = 0 < 0.01$)与朱鹮的惊飞距离正相关,被引入惊飞距离方程。表明鲜艳颜

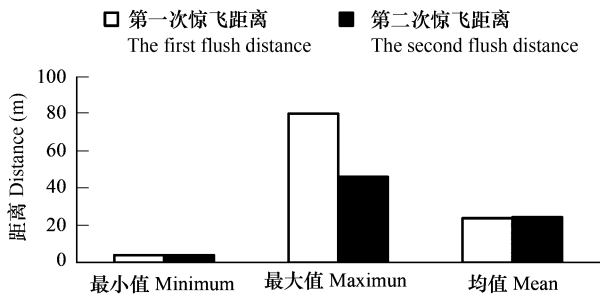


图 2 两次惊飞距离对比直方图
Fig. 2 The contrast distributing histogram of two flush distances

色对朱鹮的惊飞距离影响较大。朱鹮的惊飞距离随着集群内朱鹮数量的减低而降低,群体数量越大,惊飞距离越大。惊飞距离随着其到居民点的距离的降低而降低。表明朱鹮对居民点的适应性。伴生鸟类的数量(白鹭、苍鹭)与朱鹮警戒距离和惊飞距离无相关性。

表 9 各因子与朱鹮警戒距离、惊飞距离的关系及回归显著性

Table 9 The relationship of factors and alert distances, flush distances and significance of regression

因子 Factors	警戒距离(Y_1) AD	惊飞距离(Y_2) FD
干扰人数(X_1) Number of disturbances	—	—
衣着颜色(X_2) The colour of clothes	—	$R^2 = 0.074(+) , P = 0.004 < 0.01$
声音(X_3) Voice	—	—
目标个体的行为(X_4) Behaviour	$R^2 = 0.095(+) , P = 0 < 0.01$	—
群体规模(X_5) Scale of colony	—	$R^2 = 0.086(+) , P = 0.04 < 0.05$
白鹭数量(X_6) Number of egret	—	—
苍鹭数量(X_7) Number of heron	—	—
植被覆盖率(X_8) Vegetation coverage	—	—
最近隐蔽物距离(X_9) Distance to nearest hidden objects	$R^2 = 0.082(+) , P = 0.03 < 0.05$	—
最近隐蔽物高度(X_{10}) Height of nearest hidden objects	—	—
到主干道的距离(X_{11}) The distance to the main road	—	—
到居民点的距离(X_{12}) The distance to human buildings	$R^2 = 0.056(+) , P = 0.032 < 0.05$	$R^2 = 0.055(+) , P = 0 < 0.01$
到旅游中心的距离(X_{13}) The distance to traveling center	—	—

—:各相关因子在逐步回归中被剔除 Related factors which are excluded in stepwise regression

3 讨论

3.1 影响朱鹮对人类干扰的耐受性的主要因子

干扰人数的影响,即 1 个试验者与 2 个试验者对朱鹮的警戒距离、惊飞距离影响差别不大。其原因可能是存在一个阈值,只有当试验者数量超过这个阈值,朱鹮才会表现出对人类干扰较低的耐受性,表现出较大的警戒距离^[26]。Malgorzata D^[27]发现试验者人数对红玫瑰鸚鵡(*Platycercus elegans*)的逃避起始距离(flight initiation distance, FID)影响极显著,当 2 人靠近时,深玫红鸚鵡的 FID 远比 1 人靠近大。而在同一个试验中,澳洲斑喜鹊(*Strepera graculina*)却没有表现出这种效应,干扰人数对澳洲斑喜鹊的 FID 无显著影响^[28],这与本文研究结果一致。试验者的声音,即安静还是喧闹,对朱鹮的警戒距离和惊飞距离均无显著影响。其原因可能是由于试验区域相对开阔,1 个或 2 个试验者的声音干扰强度不够。此外可能是物种差异所致,试验过程中发现,苍鹭与白鹭对试验者的声音的敏感程度远比朱鹮高。另外,干扰人数和声音对朱鹮没有显著影响,可能是因为洋县自然保护区内朱鹮与当地居民接触较多,对 1~2 个试验者及一定阈值以下的声音已表现出一定的适应性。

目标个体到居民点的距离与其警戒距离、惊飞距离呈正相关,警戒距离、惊飞距离随着朱鹮靠近居民点而减少,耐受性增强,表明朱鹮在游荡期觅食时,对居民点干扰的耐受性较强。也可能是长久以来朱鹮对人类活动已形成一定适应性的结果。事实上,朱鹮在游荡期或越冬期觅食时,偏好选择离居民点较近的冬水田觅食,并不回避居民,可能与保护区实行“社区共管”政策有关。目标个体到主干道的距离与其警戒距离、惊飞距离呈负相关,其警戒距离、惊飞距离随着朱鹮靠近主干道而增大,耐受性减小。表明朱鹮对主干道有一定回避效应^[29]。

影响朱鹮对人类干扰的耐受性的主要因子是试验者衣着颜色。朱鹮对衣着较为鲜艳的试验者更加敏感,鲜艳的颜色尤其是红色,会增大朱鹮的警戒距离和惊飞距离,降低对人类干扰的耐受性^[30]。可能的原因是鲜艳衣物特别是红色与周围环境的颜色形成强烈对比,降低了朱鹮对人类干扰的耐受性。

3.2 朱鹮对人类干扰的耐受性

对于正在不断接近的试验者,鸟类的耐受性表现出以下规律:迁徙鸟类低于留鸟;体形较大的低于体形较

小的。一些引人注目的低于不太引人注目的;地面或灌丛活动的低于在高层活动的。对一些种类来说,试验者与鸟类之间的植被能够增加鸟类对干扰的耐受性,比如麻雀在水萍中的惊飞距离要小于公园。鸟类对人类干扰的惊飞距离在整体上随着干扰程度的提高而减小。但鸟类对人类干扰表现出较强耐受性的同时,对人的适应性也随着干扰程度的提高而呈增强趋势。

本文研究结果表明:朱鹮对人类干扰有较强的耐受性并表现出一定的适应性,通常利用警戒距离到惊飞距离的缓冲区,来响应逐渐接近的试验者。游荡期朱鹮警戒距离为 (38.57 ± 14.01) m,惊飞距离为 (23.84 ± 9.45) m。在8个小组中,朱鹮对人类干扰的警戒距离无显著差异,惊飞距离差异显著,且随着干扰强度的增加而增大。当朱鹮表现出警戒行为后,试验者继续移动,这时候干扰强度就会影响到朱鹮的代价-收益权衡,8个小组的惊飞距离差异显著。第二次惊飞距离与第一次惊飞距离无显著差异,最大值由80m降低到46m,表明朱鹮对连续的人类干扰表现出一定的适应性。凤头鹳(*Podiceps cristatus*)的惊飞距离随着游人干扰程度的增大而显著减小,对人类干扰也表现出一定的适应性^[25]。

根据本文研究结果,从保护生物学角度出发,考虑到从警戒距离到惊飞距离,还包含一段距离的缓冲区,应强调以朱鹮的警戒距离作为衡量其耐受性的指标,以便鸟类对游客的靠近做出响应。另外,应加强游客的宣传管理工作,禁止游客穿着鲜艳色衣物。最小接近区域面积应该是以警戒距离(AD)为半径的圆形区域,即最小接近区域面积 $=\pi \times AD^2$ 。朱鹮的最小接近区域面积 $=\pi \times 38.57^2 \approx 4700\text{m}^2$,该区域范围内限制游客进入,以保障在朱鹮不受人类活动干扰的前提下,提高游客体验,科学管理朱鹮旅游业。当然,旅游业作为野生动物就地保护主要经济激励策略之一,还需更广泛、深入的研究。

References:

- [1] Jeffrey A M. Using economic instruments to overcome obstacles to *in situ* conservation of biodiversity. Integrative Zoology, 2006, 1(1): 25—31.
- [2] Hill D, Hockin D, Price D, *et al.* Bird disturbance: improving the quality and utility of disturbance research. Journal of Applied Ecology, 1997, 34(2): 275—288.
- [3] Hockin D, Ounsted M, Gorman M, *et al.* Examination of the effects of disturbance on birds with reference to its importance in ecological assessments. Journal of Environmental Management, 1992, 36(4): 253—286.
- [4] Burger J, Gochfeld M. Effects of ecotourists on bird behavior at Loxahatchee National Wildlife Refuge, Florida. Environmental Conservation, 1998, 25(1): 13—21.
- [5] Sidaway R. Birds and walkers: A review of Existing research on access to the countryside and disturbance to birds. London: Rambler's association, 1990.
- [6] Burger J, Gochfeld M, Niles L J. Ecotourism and birds in coastal New Jersey: contrasting responses of birds, tourists, and managers. Environmental Conservation, 1995, 22(1): 56—65.
- [7] Fitzpatrick S, Bouchez B. Effects of recreational disturbance on the foraging behaviour of waders on a rocky beach. Bird Study, 1998, 45(2): 157—171.
- [8] Woodfield E, Langston R. A study of the effects on breeding nightjars of access on foot to heathland. Bedfordshire: RSPB, 2004.
- [9] Allard D. Birds and recreational disturbance. Ibis, 2007, 149(s1): 1—2.
- [10] Gutzwiller K J, Wiedenmann R T, Clements K L, *et al.* Effects of human intrusion on song occurrence and singing consistency in subalpine birds. The Auk, 1994, 111(1): 28—37.
- [11] James A R, Henry T S. Set-back distances to protect nesting bird colonies from human disturbance in Florida. Conservation Biology, 1995, 9(1): 89—99.
- [12] Rodgers J A, Smith H T. Buffer zone distances to protect foraging and loafing water birds from human disturbance in Florida. Wildlife Society Bulletin, 1997, 25: 139—145.
- [13] Knight R L, Knight S N. Responses of wintering bald eagles to boating activity. Journal of Wildlife Management, 1984, 48(3): 999—1004.
- [14] Fox A D, Madsen J. Behavioral and distributional effects of hunting disturbance on waterbirds in Europe: implications for refuge design. Journal of Applied Ecology, 1997, 34(1): 1—13.
- [15] Gill J A, Sutherland W J. Predicting the consequences of human disturbance from behavioral decisions. In: Gossling L. M, Sutherland W *et al.* Behavior and Conservation. London: Cambridge University Press, 2000. 51—64.

- [16] Fernández-Juricic E, Tellería J L. Effects of human disturbance on Blackbird (*Turdus merula*) spatial and temporal feeding patterns in urban parks of Madrid, Spain. *Bird Study*, 2000, 47: 13–21.
- [17] Miller S G, Knight R L, Miller C K. Influence of recreational trails on breeding bird communities. *Ecological Applications*, 1998, 6(2): 102–109.
- [18] Colin M B, Pat Monaghan. Behavioral responses to human disturbance: A matter of choice? *Animal Behavior*, 2004, 68(5): 1065–1069.
- [19] Gutzwiller K J, Marcum H A, Harvey H B, *et al.* Bird tolerance to human intrusion in Wyoming Montane Forests, *The Condor*, 1998, 100(3): 519–527.
- [20] William J S. Future directions in disturbance research. *Ibis*, 2007, 149(Suppl. 1): 120–124.
- [21] Humphrey P S, Livezey B C, Siegel-C D. Tame-ness of birds of the Falkland Islands: An index of preliminary results. *Bird Behaviour*, 1987, 7(1): 67–72.
- [22] Erwin R M. Responses to human intruders by birds nesting in colonial: Experiments results and management guidelines. *Colonial Waterbirds*, 1989, 12(1): 104–108.
- [23] Yvette L C, Beverly S, Lisa Z, *et al.* Evaluating temporal and spatial margins of safety in gulls. *Animal Behavior*, 2005, 70(6): 1395–1399.
- [24] Wang Y P, Chen S H, Ding P. Flush Distance: Bird Tolerance to Human Intrusion in Hang Zhou. *Zoological Research*, 2004, 25(3): 214–220.
- [25] Yang Y W, Xia G R, Ding P, *et al.* Effects of Human Disturbance on Foraging Behavior of Dunlins *Calidris alpina*. *Zoological Research*, 2005, 26(2): 136–141.
- [26] Mañá Yasué. The effects of human presence, flock size and prey density on shorebird foraging rates. *Journal of Ethology*, 2005, 23(2): 199–204.
- [27] Malgorzata D, Pawel M, Dorota M, *et al.* Higher mutation rate helps to rescue genes from the elimination by selection. *Biosystems*, 2005(80): 2, 193–199.
- [28] Geist C, Liao J, Libby S, *et al.* Does intruder group size and orientation affect flight initiation distance in birds? *Animal Biodiversity and Conservation*, 2005, 28(1): 69–73.
- [29] Luia M B, Jesus T G, Ricardo G C, *et al.* Effect of weekend road traffic on the use of space by raptors. *Conservation Biology*, 2004, 3(18): 726–732.
- [30] Swarthout E C H, Steidl R J. Flush responses of Mexican spotted owls to recreationists. *Journal of Wildlife Management*, 2001, 65(2): 312–317.

参考文献:

- [24] 王彦平, 陈水华, 丁平. 惊飞距离——杭州常见鸟类对人为侵扰的适应性. *动物学研究*, 2004, 25(3): 214–220.
- [25] 杨月伟, 夏贵荣, 丁平, 等. 人为干扰对黑腹滨鹬觅食行为的影响. *动物学研究*, 2005, 26(2): 136–141.