

# 生态旅游对大熊猫影响评价方法研究

——以四川唐家河国家级自然保护区为例

刘刚<sup>①</sup> 龚明昊<sup>①\*</sup> 官天培<sup>②</sup> 谌利民<sup>③</sup> 李惠鑫<sup>①</sup>  
张翼<sup>④</sup> 周天元<sup>⑤</sup>

① 中国林业科学研究院湿地研究所 北京 100091; ② 绵阳师范学院生态安全与保护四川省重点实验室 绵阳 621000; ③ 四川唐家河国家级自然保护区 青川 628109; ④ 四川雅安市委林业局 雅安 625000; ⑤ 国家林业局调查规划设计院 北京 100714

**摘要:** 旅游活动及伴随的人流、车流逐渐成为野生动物的主要干扰源, 威胁着濒危物种的繁殖和生存。准确认识旅游活动对野生动物的影响是制定保护对策和提高保护成效的基础, 但生态学领域有关旅游对野生动物影响的量化研究还比较少, 可借鉴的评估方法仍较为缺乏。本研究比较唐家河国家级自然保护区旅游开发前(2000年)和开发后(2012年)大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)痕迹点距离路线的平均回避距离和最小回避距离, 发现大熊猫对徒步路线表现出明显的回避效应, 表明近年来的旅游活动对大熊猫确实产生了影响。通过最小回避距离和距离递增法确定旅游活动对大熊猫的影响等级和阈值距离。确定了距离徒步路线和自驾路线的第一等级距离阈值分别为0~57 m和0~460 m、第二等级为57~800 m和460~1 000 m、第三等级为800~1 400 m和大于1 000 m。基于距离徒步路线和自驾路线一定范围内的痕迹点分布数量, 大熊猫对不同路线两侧每100 m的栖息地平均利用频率分别为 $1.9 \pm 0.23$ 和 $0.8 \pm 0.15$ , 通过Mann-Whitney *U* 检验, 发现二者间存在显著性差异( $Z = -3.48, P = 0.000$ )。通过对每100 m海拔区间内大熊猫痕迹距离自驾路线和徒步路线的距离分析, 发现二者差异显著( $t = 3.76, P = 0.003$ ), 对自驾路线, 大熊猫在海拔2 000~2 100 m时回避距离最小, 而对徒步路线, 最小回避距离发生在2 100~2 200 m。基于本研究, 为自然保护区内最小接触区或禁止旅游区的划分提供了依据, 同时为其他保护区探索适合的生态旅游影响评价方法提供了示范和经验。

**关键词:** 大熊猫; 旅游影响; 徒步; 自驾; 回避距离

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 05-724-10

## A Framework to Evaluate Impacts of Tourism on Giant Pandas: A Case Study in Tangjiahe National Nature Reserve

LIU Gang<sup>①</sup> GONG Ming-Hao<sup>①\*</sup> GUAN Tian-Pei<sup>②</sup> CHEN Li-Min<sup>③</sup> LI Hui-Xin<sup>①</sup>  
ZHANG Yi<sup>④</sup> ZHOU Tian-Yuan<sup>⑤</sup>

① Research Institute of Wetland, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091; ② Ecological Security and Protection Key Laboratory of

**基金项目** 国家林业局行业标准项目“建设项目对大熊猫影响评价方法”;

\* 通讯作者, E-mail: gongmh2005@hotmail.com;

**第一作者介绍** 刘刚, 男, 助理研究员; 研究方向: 动物生态学; E-mail: liugang9988@126.com。

收稿日期: 2015-12-23, 修回日期: 2016-03-28 DOI: 10.13859/j.cjz.201605002

Sichuan Province, Mianyang Normal University, Mianyang 621000; ③ Sichuan Tangjiahe National Nature Reserve, Qingchuan 628109; ④ Ya'an Forestry Administration, Ya'an 625000; ⑤ Academy of Forestry Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714, China

**Abstract:** The increase of tourism has taken an amount of people and vehicles in the recent decade to the Nature Reserves in which wildlife inhabit. The unreasonable behaviors of tourists and vehicle noise have produced an displeasure pressure on the survival and reproduction of some endangered species. Understanding the way of tourism impacts on wildlife is a basis for the nature reserve managers to make a reasonable conservation strategies for the wildlife species under the tourist pressure. Unfortunately, few field studies related to this problem has been conducted in the nature reserve. In this paper we evaluated the reaction of Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*) to the tourists by comparing the mean and minimum distance from the signs of Giant Panda presence to hiking trails and vehicle roads located in the year 2000 before the tourism development with those found in the year 2012 when the tourists were crowd in the summer at the Tangjiahe National Nature Reserve. The Giant Panda showed significant avoidance from both trails and roads ( $P = 0.024$ , Table 1). The first least avoiding distance threshold was 0 - 57 m and 0 - 460 m for hiking trails and roads, the second threshold was 57 - 800 m and 460 - 1 000 m, and the third one was 800 - 1 400 m and  $> 1 000$  m respectively. By the Mann-Whitney  $U$  test, we found that the mean signs of Giant Pandas in every 100 m across the distance to the haiking trails and driving roads showed a significant difference ( $1.9 \pm 0.23$  vs.  $0.8 \pm 0.15$ ,  $Z = -3.48$ ,  $P = 0.000$ ) between the year 2000 and 2012. Meanwhile, the distance from the location of Giant Panda presence to the hiking trails and roads in every 100 m altitude range varied significantly ( $t = 3.76$ ,  $P = 0.003$ , Table 2). The minimum avoiding distance occurred at altitude 2 000 - 2 100 m for the driving roads, while this distance for the hiking trails were at the altitude 2 100 - 2 200 m. Our data revealed the minimum safe distance which produce minimum influence on the Giant Panda by the tourists. Our approach that evaluated the influence of tourism for the Giant Panda can be used in the other nature reserves when they consider to accept the tourists.

**Key words:** Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*); Tourism impact; Hiking trail; Driving road; Avoiding distance

野生动物既是重要的生物多样性资源,也是优质、高端的景观资源。开展野生动物及栖息地观光、考察和体验的生态旅游已成为国内外自然保护区和国家公园的日常工作与服务项目(Agnes 2004, Krüger 2005, 马建章等 2008, O'Connor et al. 2009, Marchand et al. 2014)。近年来,随着各地生态旅游的开展,旅游活动及伴随的人流、物流逐渐成为野生动物的主要干扰源。准确认识旅游活动对野生动物的影响是制定保护对策和实施保护工程的重要基础,也是当前动物保护和动物福利关注的热点之

一,但之前有关旅游对野生动物影响的量化研究还比较少,可借鉴的评估方法仍很缺乏,属于动物生态学中研究相对薄弱的领域(马建章等 2008)。生态旅游影响包括人类对自然环境的持续改造以及与野生动物的直接或间接接触(Morris et al. 2002, Manor et al. 2003),旅游活动中的游客数量、游客行为、旅游路线等不仅对野生动物的生存和繁殖构成了严重威胁(Knight et al. 1995, Mallord et al. 2007, Christiansen et al. 2010, 2013),而且不利于生态旅游产业和当地社区的可持续发展

(Guillemain et al. 2007)。旅游以不同形式对野生动物产生影响,包括短期效应和长期效应。短期效应包含:行为异常、生理应激、适宜栖息地丧失等(Griffiths et al. 1993, French et al. 2010, Marchand et al. 2014);长期效应是经过旅游持续影响后在较长一段时间后才表现出来,如繁殖受阻、生长率低、免疫力下降、遗传交流中断等(Green et al. 2001, Lusseau et al. 2007, Moss et al. 2014)。同时,面对旅游干扰,动物也通过改变行为活动进行响应,改变对被旅游影响的栖息地的利用强度,以应对干扰压力对种群适合度的影响,如在白天旅游高峰期逃逸、增加警戒行为、在夜晚旅游休止期觅食等直接反应和间接反应(Roe et al. 1997, Dyck et al. 2004, 崔媛媛等 2009)。

大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)是国际保护生物学的旗舰物种,同时也是生态旅游中最吸引游客的目标观赏动物,具有巨大的国际影响力和吸引力,也是各大熊猫自然保护区开展生态旅游主要提供的旅游项目和营销策略(Cong et al. 2014)。尽管生态旅游在普及环保意识、增加保护资源、促进社区发展及社会和谐等方面给自然保护区带来了多重效应,但旅游活动也在一定程度上对大熊猫活动造成了影响和栖息地破碎化,影响其种群安全(杨旭煜等 2006, 李如嘉 2010)。旅游与大熊猫的相互关系既是亟需研究的课题,也是提高保护成效的需要。本研究以唐家河国家级自然保护区为例,基于自然保护区内日常监测和调查中收集的大熊猫野外痕迹数据,探索旅游活动对大熊猫及其他野生动物影响的评价方法,以期为提高大熊猫保护和管理成效提供科学依据,促进大熊猫自然保护区内及周边生态旅游的可持续发展。

## 1 研究地概况

本研究区域为四川唐家河国家级自然保护区(32°30'~32°41' N, 104°36'~104°56' E),位于岷山山系龙门山地震断裂带的西北侧、摩

天岭南麓,其北麓毗连甘肃白水江自然保护区,东西长约 24.5 km,南北宽约 16.3 km,总面积 40 000 hm<sup>2</sup>。该自然保护区为四川盆地北部向青藏高原过渡的亚热带交汇地带,是大熊猫、扭角羚(*Budorcas taxicolor*)、川金丝猴(*Rhinopithecus roxellanae*)等珍稀野生动物资源较丰富的地区,被世界自然基金会评定为 A 级自然保护区,并正在创建 AAAAA 级旅游景区和生态旅游示范区,具有重要的科研、保护和生态旅游价值(杨旭煜等 2006, 刘明等 2011)。自然保护区旅游主要以自驾和徒步两种形式开展,景点、景区以线型方式进行组合,旅游活动沿路线开展。根据保护区生态旅游规划,从唐家河保护站-水池坪保护站、唐家河保护站-摩天岭保护站为自驾路线,该区域海拔在 1 200~1 900 m 之间,植被以针阔混交林和落叶阔叶林为主,大多为次生林,对全部游客开放,主要开展自然观光、亲近自然、科普教育等项目;自驾线路总长 22.3 km,唐家河保护站-水池坪保护站路线长度为 11.6 km,唐家河保护站-摩天岭保护站路线长度为 10.7 km。水池坪保护站-红石坝、摩天岭保护站-摩天岭、摩天岭保护站-大草堂为徒步路线。该区域海拔在 1 700~2 400 m 之间,植被以次生林为主,有部分原始林,徒步路线附近大熊猫主食竹的分布较自驾路线更多,以缺苞箭竹(*Fargesia denudata*)、青川箭竹(*F. rufa*)和糙花箭竹(*F. scabrida*)为主,主要开展野生动物观光、生态系统体验、参与式监测等项目,对游客人数和旅游方式有明确规定(图 1);徒步路线总长 15.2 km,水池坪保护站-红石坝路线长度为 8.5 km,摩天岭保护站-大草堂路线长度为 3.9 km,摩天岭保护站-摩天岭路线长度为 2.8 km。唐家河国家级自然保护区的生态旅游自 2011 年开始,且常年对外开放,旅游旺季为每年的 7 月至 9 月。据唐家河自然保护区统计,生态旅游的年平均游客数量为 93 528 人次,日平均游客数量为 256 人次,单日高峰游客数量达 2 000 人次。

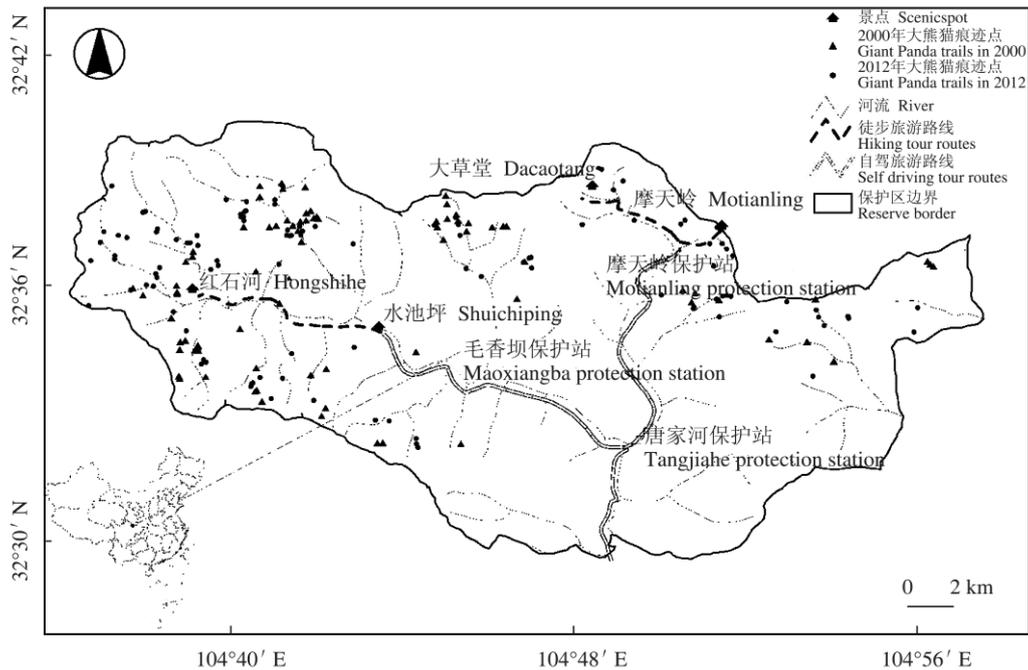


图 1 四川唐家河国家级自然保护区旅游路线及大熊猫痕迹分布点

Fig. 1 The location of tourist tracks and the signs of Giant Pandas in Tangjiahe National Nature Reserve, Sichuan

## 2 研究方法

### 2.1 研究数据

本研究中的大熊猫痕迹信息来自唐家河国家级自然保护区全国第四次大熊猫调查所收集的实体、足迹、粪便、卧迹、洞穴等数据, 每个痕迹点数据包括经纬度、海拔、植被等信息(国家林业局 2014)。唐家河国家级自然保护区的调查时间为 2012 年 3 月下旬, 该阶段处于唐家河自然保护区旅游旺季的初期, 游客数量达到了一定规模, 共收集到大熊猫痕迹点 112 个。为判定旅游开发是否对大熊猫造成影响, 本研究从时间尺度上比较了旅游开发前后大熊猫回避距离的变化。通过调取 2000 年全国第三次大熊猫调查中唐家河国家级自然保护区的痕迹点信息, 以此作为旅游开发前的背景信息, 基于统计分析判定旅游开发是否对大熊猫造成了影响。地形、河流、边界、保护站、主要旅游路线及 GIS 图层数据由唐家河国家级自然保护区提供。

### 2.2 方法

**2.2.1 旅游活动对大熊猫的影响** 本研究通过比较大熊猫对旅游开发前(2000 年)及开发后(2012 年)路线附近栖息地的回避距离来判定旅游是否对其造成影响。基于 Arcgis 分别计算 2000 年、2012 年路线两侧每个痕迹点到自驾路线和徒步路线的距离, 并通过独立样本  $t$  检验比较 3 km 范围内(大熊猫家域直径, 胡锦涛 2001)痕迹点到自驾路线和徒步路线距离的变化(平均距离和最小距离), 以此从时间尺度上确定旅游开发是否对大熊猫造成明显的回避效应。

**2.2.2 旅游对大熊猫影响等级和阈值距离** 本研究通过最小回避距离和距离递增法确定旅游活动对大熊猫的影响等级和阈值距离。

首先, 基于自然保护区内的大熊猫痕迹点和旅游路线, 通过 Arcgis 分别计算每个痕迹点到自驾路线和徒步路线的距离, 并按 100 m 为单位距离分别计算距离自驾路线和徒步路线每 100 m 范围内大熊猫痕迹点的数量, 用以统计

与旅游路线不同距离内的大熊猫活动频率，反映大熊猫对不同旅游方式影响下的栖息地利用强度和偏好。

其次，将与不同旅游路线最近痕迹点的距离确定为大熊猫对两种旅游方式的最小回避距离和影响的第一等级，回避距离越大表明影响越大。

在第一影响等级基础上，参考龚明昊等(2012)的方法，通过距离递增法来寻找下一影响等级及距离。根据所建立与旅游路线每100 m范围内的大熊猫活动频率数组，从距离第一影响等级或阈值距离处一定长度位置设置统计检测点（可以考虑每100 m设一个），比较检验点前后等距离范围内（与第一影响等级处）两组大熊猫活动频率的变化情况，若检验点前、后活动频率分布出现显著变化（ $P < 0.05$ ），则该检验点即为旅游路线对动物影响的突变点（break point），为干扰影响的第二个等级变化点，该点到旅游路线的距离也为旅游影响的第二个阈值距离；在第二个影响等级变化点基础上，用相同方法以第二个变化点为起点来寻找下一影响等级和阈值距离。考虑到活动频率的分布格局，通过非参数检验（nonparametric tests）里的独立样本  $t$  检验（independent samples  $t$  test）来比较各检验点前后频率的变化情况。根据栖息地评价和行为生态学研究对干扰数据的要求，选定3 km范围内的大熊猫痕迹数据用于分析（研究区域大熊猫家域直径为3 km，胡锦涛 2001），将评价影响等级设定为3个等级即可满足保护和研究的需要。

**2.2.3 旅游方式对大熊猫回避距离和分布的影响** 计算大熊猫痕迹点与徒步路线和自驾路线的距离，若符合正态分布，则采用独立样本  $t$  检验，分析大熊猫距离徒步路线和自驾路线的平均回避距离是否存在显著差异。计算徒步路线和自驾路线范围内每隔100 m距离单位内的痕迹点数，采用非参数检验里的独立样本  $t$  检验，分析大熊猫痕迹分布是否存在显著差异；

为进一步认识旅游干扰对不同环境内大熊猫的影响，本研究还将研究区域内所有的大熊猫痕迹点（包括家域直径以外的），根据其海拔，按每100 m划分海拔区间，分别计算每100 m海拔区间内大熊猫痕迹点与自驾路线和徒步路线的平均距离，并通过配对样本  $t$  检验比较两种旅游方式对不同海拔内大熊猫的干扰。

### 3 结果

#### 3.1 大熊猫对旅游干扰的回避效应

2000年、2012年大熊猫痕迹点距离道路的距离符合正态分布（3 km范围内），通过参数检验（独立样本  $t$  检验）发现，2012年大熊猫对距离徒步路线较近的栖息地产生了显著的回避效应（ $P = 0.024$ ），大熊猫痕迹点与徒步道路路线的平均距离由2000年的（ $1\,549 \pm 128$ ）m增加到2012年的（ $1\,679 \pm 119$ ）m；2000年大熊猫痕迹点与徒步路线的最小距离（前3个，下同）分别为15.4 m、109.7 m、186.6 m，而2012年的最近距离分别为57.6 m、90.0 m、215.0 m，表明大熊猫痕迹点距离徒步路线的最小距离呈现增大的趋势。尽管2012年大熊猫痕迹点与自驾路线的平均距离较2000年有所增加，由（ $1\,887 \pm 239$ ）m增加到（ $1\,952 \pm 119$ ）m，但大熊猫对自驾路线没有产生明显的回避效应（ $P = 0.896$ ）；2000年大熊猫痕迹点距离自驾路线的最小距离分别为769.5 m、1 260.8 m、1 530.4 m，而2012年的最近小距离分别为460 m、1 145.5 m、1 325.5 m。

#### 3.2 大熊猫受旅游路线干扰的等级和阈值

通过分析徒步路线一定距离内的大熊猫痕迹点分布（表1），在距离徒步路线57 m范围内没有任何大熊猫的痕迹；与徒步路线距离57 ~ 800 m之间的区域，该区域的大熊猫活动频率与距离道路800 m以外的大熊猫活动频率有显著性差异（ $P = 0.036$ ）；与徒步路线距离800 ~ 1 400 m之间的区域，该区域的大熊猫活动频率与距离道路1 400 m以外的大熊猫活动频率有显著性差异（ $P = 0.036$ ）。因此，将唐家

表 1 距离徒步路线和距离自驾路线每 100 m 距离区间内大熊猫痕迹点数

Table 1 The signs of Giant Pandas in every 100 m distance to the hiking trail and driving road

距离区间 (m) Distance range	大熊猫痕迹数 The signs of Giant Panda		距离区间 (m) Distance range	大熊猫痕迹数 The signs of Giant Panda	
	徒步路线 Hiking trail	自驾路线 Driving road		徒步路线 Hiking trail	自驾路线 Driving road
100	2	0	1500 ~ 1600	2	1
100 ~ 200	0	0	1 600 ~ 1 700	0	2
200 ~ 300	2	0	1 700 ~ 1 800	1	3
300 ~ 400	1	0	1 800 ~ 1 900	0	0
400 ~ 500	2	1	1 900 ~ 2 000	0	1
500 ~ 600	1	0	2 000 ~ 2 100	1	1
600 ~ 700	2	0	2 100 ~ 2 200	3	1
700 ~ 800	1	0	2 200 ~ 2 300	1	0
800 ~ 900	1	0	2 300 ~ 2 400	2	1
900 ~ 1 000	2	0	2 400 ~ 2 500	4	2
1 000 ~ 1 100	4	0	2 500 ~ 2 600	4	0
1 100 ~ 1 200	2	2	2 600 ~ 2 700	2	2
1 200 ~ 1 300	2	1	2 700 ~ 2 800	1	1
1 300 ~ 1 400	3	1	2 800 ~ 2 900	5	1
1 400 ~ 1 500	3	1	2 900 ~ 3 000	3	2

河国家级自然保护区徒步旅游路线及旅游活动对大熊猫影响按距离分为三个等级：第一等级为距离徒步路线 0 ~ 57 m、第二等级距离徒步路线 57 ~ 800 m、第三等级距离徒步路线 800 ~ 1 400 m。

通过分析自驾路线一定距离范围内的大熊猫痕迹点分布(表 1),在距离自驾路线 460 m 范围内没有任何大熊猫的痕迹;与自驾路线距离 460 ~ 1 000 m 之间的区域,该区域的大熊猫活动频率与距离自驾路线 1 000 m 以外的大熊猫活动频率有显著性差异 ( $P = 0.017$ );经检验与自驾路线距离 1 000 m 以外的所有区域大熊猫活动频率均无显著性差异。因此,将唐家河国家级自然保护区自驾旅游路线及旅游活动对大熊猫影响按距离分为三个等级:第一等级距离自驾路线 0 ~ 460 m、第二等级距离自驾路线 460 ~ 1 000 m、第三等级距离自驾路线 1 000 m 以外的所有区域。

### 3.3 旅游方式对大熊猫回避距离和痕迹点分布的影响

大熊猫痕迹点与徒步路线和自驾路线的平均回避距离分别为  $(1\ 679.26 \pm 136.57)$  m 和  $(1\ 952.37 \pm 136.57)$  m,二者不存在显著差异 ( $t = 1.34, P = 0.186$ )。徒步路线和自驾路线周边范围内的痕迹点分布存在显著差异 ( $Z = -3.48, P = 0.000$ ),每隔 100 m 单位内的平均痕迹点数分别为  $1.9 \pm 0.23$  和  $0.8 \pm 0.15$ 。按每 100 m 划分海拔区间,每 100 m 海拔区间内大熊猫痕迹与自驾路线和徒步路线的平均距离为  $(6\ 658.83 \pm 682.82)$  m 和  $(3\ 822.26 \pm 319.48)$  m,二者存在极显著性差异 ( $t = 3.76, P = 0.003$ );对自驾路线,大熊猫在海拔 2 000 ~ 2 100 m 时回避距离最小,而对徒步路线,最小回避距离发生在 2 100 ~ 2 200 m (表 2)。

## 4 讨论

本研究通过比较旅游开发前后(2000 年和 2012 年)大熊猫对旅游路线的平均回避距离和最小回避距离,发现大熊猫对徒步路线表现出明显的回避效应,而对自驾路线产生的干扰存

表 2 每 100 m 海拔区间内大熊猫痕迹点距离自驾路线和徒步路线的平均距离

Table 2 Distance from the location of Giant Panda presence to the hiking trail and driving road in each 100 m altitude range

海拔区间 (m) Elevation range	距离自驾路线平均距离 (m) Average distance to the driving road	距离徒步路线平均距离 (m) Average distance to the hiking road
1 600 ~ 1 700	5 961.97	6 956.01
1 700 ~ 1 800	6 006.68	5 180.95
1 800 ~ 1 900	4 174.69	3 971.68
1 900 ~ 2 000	4 973.71	2 577.71
2 000 ~ 2 100	3 935.44	3 484.93
2 100 ~ 2 200	4 939.97	2 806.91
2 200 ~ 2 300	6 030.85	3 714.98
2 300 ~ 2 400	5 951.13	2 960.50
2 400 ~ 2 500	7 238.90	3 789.67
2 500 ~ 2 600	5 273.29	3 490.58
2 600 ~ 2 700	10 299.61	3 397.26
2 700 ~ 2 800	10 542.35	3 202.96
2 800 ~ 2 900	11 236.25	4 155.23

在一定耐受性。游客沿旅游路线观光风景时, 尤其以观赏野生动物为目的时, 总期望与野生动物保持最近距离, 但野生动物却选择与游客干扰源保持一定距离 (Wolf et al. 2010)。因此, 回避距离是衡量野生动物对人为干扰耐受性的主要指标。回避距离越小, 表明对旅游干扰的耐受性越强; 反之, 耐受性越差。野生动物对旅游干扰的耐受性受众多因素影响, 包括物种种类、旅游方式、旅游强度、栖息地质量、与旅游道路的距离等 (Wolf et al. 2010, Christiansen et al. 2013)。通过分析沿林中旅游路线旁松鸡 (*Tetrao urogallus*) 的粪便痕迹分布情况, 发现在距景点入口 300 ~ 800 m 和距旅游路线 70 ~ 235 m 范围的粪便痕迹点较稀少, 表现出明显的景点入口效应和旅游路线效应 (Moss et al. 2014)。根据痕迹点分布特征, 本研究期间在唐家河国家级自然保护区景区入口附近, 其游客密度较景区远端的大, 导致入口附近几乎没有发现大熊猫痕迹点, 这也间接表明, 影响动物做出回避行为的不仅是道路本身, 而是道路上频繁活动的游客 (Theuerkauf et al. 2003)。

野生动物受旅游干扰影响做出回避反应时, 其回避的时间、距离和方向还与人类旅游时使用的交通工具有关 (Belotti et al. 2012)。在唐家河国家级自然保护区, 游客主要采用徒步和自驾方式, 这也是世界上生态旅游普遍采用的两种方式。本研究表明, 大熊猫对自驾路线和徒步路线的回避距离不存在显著差异, 这与对鸟类的相关研究结果 (Lindsay et al. 2008, Moss et al. 2014) 并不相符。原因可能为自驾路线及沿线区域针对大众开放, 是自然保护区开展旅游活动的主要区域, 同时也是自然保护区提供休憩、食物、饮料等服务的区域, 人流、车流都较大, 干扰程度也较大, 导致大熊猫对自驾路线附近的栖息地回避程度较大 (460 m, 表示在距离自驾路线 460 m 范围内没有任何大熊猫的痕迹); 根据生态旅游的要求, 自然保护区对进入徒步路线的游客数量、区域和行为活动设定了准入条件, 进行了严格的管理和监测, 使旅游活动对大熊猫的影响始终处于可控的范围内, 没有对大熊猫产生较大影响, 大熊猫对徒步路线的回避距离较小 (57 m, 表示在距离徒步路线 57 m 范围内没有任何大熊猫的痕迹)。但是通过分析自驾路线和徒步路线路域两

旁的粪便痕迹点分布情况，发现痕迹点分布存在显著差异，大熊猫对徒步路线的反应表现为聚集效应，充分说明了不同旅游方式产生干扰强度的巨大差异，尤以入口区域、保护站附近等游客集散地最为显著。

除了本研究引入的最小回避距离外，警戒距离 (alert distance) 也可反映动物对人为干扰的回避 (Bennett et al. 2009)。但警戒距离相对于回避距离是衡量人为干扰更为保守的指标，可用作自然保护区内最小接触区或禁止旅游区的划分，既满足了游客对生态旅游的体验，也保证了野生动物的觅食和繁殖不受干扰 (Summers et al. 2007)。对旅游活动的回避还存在物种差异，研究发现，在旅游路线附近营巢与远离旅游路线营巢的缝叶吸蜜鸟 (*Notiomystis cincta*)，其繁殖成功率不存在显著差异 (Lindsay et al. 2008)，但对海狮 (*Zalophus californianus*) 而言，其繁殖成功率却受显著影响 (French et al. 2011)。本研究收集大熊猫痕迹点数据的时期正值大熊猫繁殖初期，繁殖期的大熊猫对人类活动干扰可能更为敏感，其回避距离和阈值可能发生显著变化，应在繁殖期通过加强监测进行深入研究。同时，旅游路线的环境异质性也可能造成大熊猫表现出不同的回避效应，如本研究发现不同海拔区间大熊猫对徒步路线和自驾路线的回避距离存在显著差异，这提示在生态旅游规划时，应该考虑旅游路线的地形地貌特征。另外，为提高评价结果的准确性，还应在微时间尺度上研究生态旅游的影响。研究发现努比亚羚羊 (*Capra nubiana*) 在旅游高峰期的周末对觅食生境的回避程度显著高于旅游低谷期的周中 (Tadesse et al. 2012)，山瞪羚 (*Gazella gazella*) 对水源地的利用随着日旅游高峰的增加而减少 (Wakefield et al. 2006)。微时间尺度上的研究将进一步丰富对旅游干扰的认识和评价，有利于保护区对旅游活动进行更精细化的管理。因此，旅游影响评价的指标、方法也应多样化，本研究也只对线状的旅游区和方式的影响评价提供了示

范，各自然保护区还应根据不同的景区地貌特征、旅游方式、旅游时间以及保护动物的生物学特征探索适宜的影响评价方法和指标体系。

本研究通过对唐家河国家级自然保护区两种不同旅游方式影响的比较，表明在科学规划和管理下的旅游活动能将人为干扰对野生动物的影响局限在可控的范围内，实现人与自然的和谐，充分发挥自然保护区自然资源的多重效益。近 5 年来，唐家河国家级自然保护区游客数量由 2011 年的 74 334 人次增加到了 2015 年的 110 730 人次、呈逐年增多的趋势，表明近年来公众对生态旅游的需求越来越大，对以大熊猫为旗舰物种的野生动物造成的干扰也可能增强。根据唐家河国家级自然保护区大熊猫的分布格局、栖息地现状和生活史特征，建议在大熊猫的繁殖期进一步控制徒步区域的游客数量，并加大旅游观光车的供给、减少自驾数量规模、适度缩减开放时间，尽可能减少该时段旅游活动对大熊猫的影响。随着我国生态文明建设和保护事业发展，开展生态旅游将逐渐成为自然保护区响应社会公众亲近自然、认识自然需求的必然选择，也是自然保护区应尽的社会责任，自然保护区更应积极作为，努力提高保护与管理能力规划和管理好生态旅游，探索适合自然保护区的生态旅游影响评价和监测指标体系与方法，确保自然资源的有效保护和生态旅游的健康发展。

## 参 考 文 献

- Agnes K. 2004. Is community-based ecotourism a good use of biodiversity conservation funds? *Trends in Ecology & Evolution*, 19(5): 232–237.
- Belotti E, Heurich M, Kreisinger J, et al. 2012. Influence of tourism and traffic on the Eurasian lynx hunting activity and daily movements. *Animal Biodiversity & Conservation*, 35(2): 235–246.
- Bennett V J, Beard M, Zollner P A, et al. 2009. Understanding wildlife responses to human disturbance through simulation modelling: A management tool. *Ecological Complexity*, 6(2):

- 113–134.
- Christiansen F, Lusseau D, Stensland E, et al. 2010. Effects of tourist boats on the behaviour of Indo-Pacific bottlenose dolphins off the south coast of Zanzibar. *Endangered Species Research*, 11(1): 91–99.
- Christiansen F, Rasmussen M H, Lusseau D. 2013. Inferring activity budgets in wild animals to estimate the consequences of disturbances. *Behavioral Ecology*, 24(6): 1415–1425.
- Cong L, Wu B, Morrison A M, et al. 2014. Analysis of wildlife tourism experiences with endangered species: An exploratory study of encounters with Giant Pandas in Chengdu, China. *Tourism Management*, 40(1): 300–310.
- Dyck M G, Baydack R K. 2004. Vigilance behaviour of polar bears (*Ursus maritimus*) in the context of wildlife-viewing activities at Churchill, Manitoba, Canada. *Biological Conservation*, 116(3): 343–350.
- French S S, Denardo D F, Greives T J, et al. 2010. Human disturbance alters endocrine and immune responses in the Galapagos marine iguana (*Amblyrhynchus cristatus*). *Hormones & Behavior*, 58(5): 792–799.
- French S S, Manuela G S, Young J K, et al. 2011. Human disturbance influences reproductive success and growth rate in California sea lions (*Zalophus californianus*). *PLoS One*, 6(3): 1–8.
- Green R, Higginbottom K. 2001. Negative effects of wildlife tourism on wildlife. *Wildlife Tourism Impacts Management and Planning*, 8(1): 16–20.
- Griffiths M, van Schaik C P. 1993. The impact of human traffic on the abundance and activity periods of Sumatran rain forest wildlife. *Conservation Biology*, 7(3): 623–626.
- Guillemain M, Blanc R, Lucas C, et al. 2007. Ecotourism disturbance to wildfowl in protected areas: historical, empirical and experimental approaches in the Camargue, Southern France. *Biodiversity & Conservation*, 16(12): 391–409.
- Knight R L, Gutzwiller K J. 1995. Wildlife and recreationists: coexistence through management and research. *Society & Natural Resources*, 10(6): 591–595.
- Krüger O. 2005. The role of ecotourism in conservation: panacea or Pandora's box? *Biodiversity & Conservation*, 14(3): 579–600.
- Lindsay K, Craig J, Low M. 2008. Tourism and conservation: The effects of track proximity on avian reproductive success and nest selection in an open sanctuary. *Tourism Management*, 29(4): 730–739.
- Lusseau D, Bejder L. 2007. The Long-term consequences of short-term responses to disturbance experiences from Whale watching impact assessment. *International Journal of Comparative Psychology*, 20(2): 228–236.
- Mallord J W, Dolman P M, Brown A F, et al. 2007. Linking recreational disturbance to population size in a ground-nesting passerine. *Journal of Applied Ecology*, 44(1): 185–195.
- Manor R, Saltz D. 2003. Impact of human nuisance disturbance on vigilance and group size of a social ungulate. *Ecological Applications*, 13(6): 1830–1834.
- Marchand P, Garel M, Bourgoin G, et al. 2014. Impacts of tourism and hunting on a large herbivore's spatio-temporal behavior in and around a French protected area. *Biological Conservation*, 177: 1–11.
- Morris D W, Kingston S R. 2002. Predicting future threats to biodiversity from habitat selection by humans. *Evolutionary Ecology Research*, 4(6): 787–810.
- Moss R, Leckie F, Biggins A, et al. 2014. Impacts of human disturbance on capercaillie tetrao urogallus distribution and demography in Scottish Woodland. *Wildlife Biology*, 20(1): 1–18.
- O'Connor S, Campbell R, Cortez H, et al. 2009. Whale Watching Worldwide: Tourism Numbers, Expenditures and Expanding Economic Benefits. A Special Report from the International Fund for Animal Welfare. Yarmouth MA, USA: Economists at Large.
- Roe D, Leader-Williams N, Dalal-Clayton B. 1997. Take Only Photographs, Leave Only Footprints: The Environmental Impacts of Wildlife Tourism. *Wildlife and Development Series No.10*. London: International Institute for Environment and Development.
- Summers R W, McFarlane J, Pearce-Higgins J W. 2007. Measuring avoidance by capercaillies tetrao urogallus of woodland close to tracks. *Wildlife Biology*, 13(1): 19–27.
- Tadesse S A, Kotler B P. 2012. Impact of tourism on Nubian Ibex (*Capra nubiana*) revealed through assessment of behavioral

- indicators. *Behavioral Ecology*, 23(6):1257–1262.
- Theuerkauf J, Jędrzejewski W, Schmidt K, et al. 2003. Daily patterns and duration of wolf activity in the Białowieża Forest, Poland. *Journal of Mammalogy*, 84(1): 243–253.
- Wakefield S, Attum O. 2006. The effects of human visits on the use of a waterhole by endangered ungulates. *Journal of Arid Environments*, 65(4):668–672.
- Wolf I D, Croft D B. 2010. Minimizing disturbance to wildlife by tourists approaching on foot or in a car: A study of kangaroos in the Australian rangelands. *Applied Animal Behaviour Science*, 126(1): 75–84.
- 崔媛媛, 胡德夫, 张金国, 等. 2009. 黄金周游客干扰对圈养大熊猫应激影响初探. *四川动物*, 28(5): 647–651.
- 龚明昊, 侯盟, 蔺琛, 等. 2012. 基于野外痕迹点和 GIS 技术定量评估步道对大熊猫活动的影响. *生物多样性*, 20(4): 420–426.
- 国家林业局. 2014. 全国第四次大熊猫调查报告.
- 胡锦涛. 2001. 大熊猫研究. 上海: 上海科技教育出版社.
- 李如嘉. 2010. “新旅游”视野下大熊猫旅游产品的开发——以唐家河国家级自然保护区为例. *西南民族大学学报: 人文社科版*, 31(10): 141–144.
- 刘明, 赵永涛, 于慧, 等. 2011. 四川大熊猫栖息地世界自然遗产的生态旅游探讨. *山地学报*, (3): 313–320.
- 马建章, 程鲲. 2008. 自然保护区生态旅游对野生动物的影响. *生态学报*, 28(6): 2818–2827.
- 杨旭煜, 李如嘉, 程励, 等. 2006. 四川唐家河国家级自然保护区生态旅游发展战略研究. *四川动物*, 25(1): 72–75.