

羌塘高原人与野生动物冲突的成因

徐增让¹, 靳茗茗^{1,2}, 郑鑫^{1,3}, 魏子谦^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘要: 随着自然保护事业的发展, 人与野生动物冲突加剧成为自然保护与地区发展面临的新问题。但人与野生动物冲突研究具有多主体性、复杂性和跨学科性, 研究难度大。本文以羌塘高原为例, 采用人与野生动物相互作用社会生态系统的概念, 梳理了人与野生动物冲突主体的规模、分布, 识别了食草野生动物与家畜争食牧草、人类聚落与野生动物竞争生存空间、草场围栏分隔栖息地及阻断迁徙通道等三种主要冲突类型。考虑草畜平衡核算了草地承载状况, 模拟了家畜与野生动物生存空间重叠, 刻画了草场围栏对栖息地及迁徙通道的影响。从重叠空间的资源竞争及人类活动扰动等方面剖析了人与野生动物冲突成因。可为厘清冲突机制, 提高干预效果提供新认知。

关键词: 人与野生动物相互作用社会生态系统; 人与野生动物冲突; 承载力; 生态位; 栖息地; 放牧

近几十年来, 部分自然保护区野生动物种群恢复性增长^[1]与地区发展引起的人与野生动物冲突越来越多^[2]。人与野生动物冲突指二者对对方产生的不利影响^[3]。人与野生动物冲突研究需集成生态学、地理学、社会学、行为科学, 进行跨学科研究。Lischka等^[4]提出人与野生动物相互作用社会生态系统的概念, 围绕野生动物活动、人类活动及二者相互作用, 既分析行为主体的个体属性, 也关注外部影响(种群/族群、群落/机构、生态系统/社会), 更重视主体相互作用多层嵌套与影响反馈机制, 为人与野生动物冲突提供了分析框架。Margulies等^[5]提出人与野生动物相互作用政治地理学, 强调保护野生动物与支持社区发展不可偏废。人与野生动物冲突可分三种类型: (1) 大中型食肉野生动物捕食家畜、伤及人身与财产, 如巴西潘塔纳尔草原美洲豹(*Puma concolor*)捕食家畜^[6]; (2) 大中型食草野生动物采食庄稼和草场, 如博茨瓦纳大象袭扰庄稼^[7], 羌塘高原藏野驴(*Equus kiang*)、藏羚羊(*Pantholops hodgsoni*)与家畜争食草场^[8]; (3) 城郊人与野生动物冲突, 如美国科罗拉多州黑熊(*Ursus americanus*)猎食城市垃圾^[4]。冲突原因主要是生存空间重叠及资源竞争, 如印度喜马拉雅邦雪豹(*Panthera uncia*)捕食家畜的原因是家畜密度过高导致草食性野生动物数量下降, 使得雪豹转而猎食家畜^[9]。已有研究对人与野生动物相互作用社会生态系统复杂性理解不够, 冲突成因研究侧重于资源竞争, 对草地利用方式^[10]、草场围栏^[11]等人因子重视不够, 导致冲突缓解干预措施针对性不强。羌塘高原是重要的野生动物栖息地, 也是藏族传统游牧区, 人与野生动物冲突尖锐^[12-14],

收稿日期: 2019-01-07; 修订日期: 2019-05-10

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究(2019QZKK0600); 国家自然科学基金项目(41571496); 国家重点研发计划项目(2016YFC0503403); 西藏重大科技专项(Z2016C01G01/04)

作者简介: 徐增让(1971-), 男, 陕西凤翔人, 副研究员, 研究方向为资源利用与生态保护。E-mail: xuzr@igsnrr.ac.cn

尤以野生食草动物与家畜争食的冲突最为普遍^[15]。因此,本文运用人与野生动物相互作用社会生态系统概念框架,通过实地调查和模型模拟,从重叠空间资源竞争与人类活动扰动等方面分析人与野生动物冲突成因,为羌塘高原及相似地区人地和谐提供科技支撑。

1 研究方法与数据来源

1.1 草地净初级生产力的样方分析

在羌塘地带性植被——高寒草原地区,采用2000-2015年MOD17A3H 500 m NPP数据,在国家自然保护区选取7个样方、国家重点生态功能区7个样方、自治区重点生态功能区3个样方、自治区农产品主产区3个样方,样方大小为30×30栅格,对不同功能区NPP进行Duncan's多层检验,在 $\alpha=0.05$ 水平上,判断计算 F 值是否大于相应 F 查表值,分析不同功能区NPP均值的差异显著性。

1.2 兼顾自然保护的承载力核算

传统的草地承载量仅核算家畜存栏量,没有将自然保护考虑进去,用于野生动物保护型地区的草地承载力核算偏差很大。本文核算了包括家畜和草食性野生动物在内的羊单位当量,用其分析草地承载率,更客观地反映草地利用情况。

$$CC = \frac{F \times S \times r}{I \times d} \quad (1)$$

$$B = \frac{N}{CC} = \frac{NI + Nw}{CC} \quad (2)$$

式中: CC 为草地承载能力; F 为单位面积草地牧草产量; S 草地面积; r 草地可利用率; I 为单位绵羊日食量; d 为草地年可利用天数; B 为草地承载率; N 为年草食性动物羊单位; 包括家畜存栏量 NI 和野生动物数量 Nw 。计算中将家畜和野生动物采食量统一换算为羊单位。据对青藏高原有蹄类的研究^[16], 野牦牛折算为8个羊单位, 藏野驴折算为4个羊单位, 藏羚羊折算为1个羊单位。

1.3 基于Maxent的牧场模拟

在信息论中熵 (entropy) 是对随机变量不确定性的度量。设 $X \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为一个离散型随机变量, 其概率分布为 $p(X=x_i)=p_i, i=1, 2, \dots, n$, 则 X 的熵可定义为:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (3)$$

$$0 \leq H(X) \leq \log n \quad (4)$$

式中: 当 $p_i=0$ 时, 定义 $\log 0=0$ 。对数以2为底或以e为底, 分别对应比特 (bit) 和纳特 (nat) 两个熵的单位。

设 $X \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $Y \in \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ 为离散型随机变量, 在已知 X 的条件下, Y 的条件熵定义为:

$$H(Y|X) = \sum_{i=1}^n p(x_i) H(Y|X=x_i) = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \sum_{j=1}^m p(y_j|x_i) \log p(y_j|x_i) \quad (5)$$

对给定数据集 T , 特征函数 $f(x, y), i=1, 2, \dots, n$, 最大熵模型就是求解带约束的最优化问题^[17]:

$$\max_{p \in C} H(p(y|x)) = - \sum_{x,y} \tilde{p}(x_i) p(y_j|x_i) \log p(y_j|x_i) \quad (6)$$

$$\text{s.t.} \sum_y p(y_j|x_i) = 1 \quad (7)$$

采用放牧点的点位数据, 以及东英吉利亚大学气候研究中心 (CRU) 1971-2000 年年均气温、最暖月最高气温、最冷月最低气温, 年均降水、最涝月降水量、最早月降水量、海拔等 7 个指标 1 km 栅格数据, 基于 Maxent 最大熵模型模拟牧草地适宜指数。

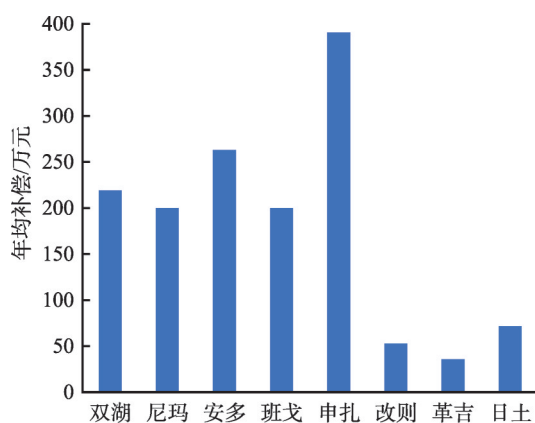
1.4 研究区概况

羌塘高原也称藏北高原, 指冈底斯山—念青唐古拉山脉以北、昆仑山脉以南、东迄 91°E、西止国境线、面积 60 万 km² 的高原内流区, 属西藏自治区的那曲、阿里两地区的安多、尼玛、双湖、班戈、申扎、改则、革吉、日土等 8 个县管辖。羌塘高原是重要生态功能区和藏族传统游牧区。羌塘高原有羌塘、色林错两个国家自然保护区, 还有羌塘高原荒漠国家重点生态功能区。这里自然保护区面积比例 54%, 重点生态功能区面积比例 41%, 农牧业区比例 2%, 城乡居民地点多、分散、规模小。羌塘自然保护区主要保护物种有藏羚羊、野牦牛 (*Bos mutus*)、藏野驴、藏原羚 (*Procapra picticaudata*)、瞪羚 (*Gazelle*)、棕熊 (*Ursus arctos*)、雪豹 (*Panthera unica*)、藏狐 (*Vulpex ferrilata*)^①等, 色林错自然保护区主要保护对象为黑颈鹤 (*Grus nigricollis*)。羌塘高原总人口 20 万, 其中保护区内人口 3 万, 藏羚羊、野牦牛占世界种群数量 70%。近 20 年家畜与野生动物数量都有增长, 人与野生动物冲突加剧。

2 结果分析

2.1 人与野生动物冲突的主要类型

自 1990 年以来, 羌塘高原 87% 的家庭经历过人与野生动物冲突, 其中 49% 的被调查家庭受到棕熊侵扰, 24% 的家庭受到雪豹侵扰, 36% 的家庭遇到过野生动物与家畜争食草场, 1995-2006 年人—熊冲突增加 4.6 倍, 人—雪豹冲突增加 5.5 倍^[14]。2013-2015 年年均羌塘野生动物肇事补偿 1433 万元 (图 1), 占西藏总数 30%。羌塘高原人与野生动物冲突类型有: (1) 食肉野生动物伤人畜; (2) 食草野生动物与家畜竞争牧草; (3) 人类聚落与野生动物竞争栖息地; (4) 草场围栏分隔野生动物栖息地、阻断迁徙通道等。食肉野生动物伤害人畜是由生态系统食物链引起的, 已纳入补偿



注: 数据来源于各县林业部门历年野生动物肇事兑现统计数据。

图 1 2013-2015 年羌塘高原各县野生动物肇事补偿

Fig. 1 Annual economic compensation of livestock and herder dead and house, pen and property damage by wildlife on Changtang Plateau during 2013-2015

① WCS. Report on ungulate status and trends in the Tibetan plateau. 2014.

范围^②,未来只是提高补偿标准的问题。而食草野生动物数量大、分布广、与家畜和人的冲突普遍,目前尚未纳入补偿范围。食草野生动物与家畜同为初级消费者,二者既竞争牧草资源,又是肉食性野生动物捕食的相互替代物,食草野生动物与家畜的相互作用是人与野生动物相互作用社会生态系统中的关键环节。因此,本文围绕食草野生动物与家畜、人的冲突,从草地承载力和生态位的角度,重点分析后三种人与野生动物冲突类型的成因,为缓解干预提供新认知。

2.2 人与野生动物相互作用社会生态系统

羌塘高原人与野生动物相互作用社会生态系统的冲突主体为食草野生动物、食肉野生动物、家畜及人。围绕食物链和栖息地竞争,各主体之间具有网状联系与相互作用。目前羌塘高原人与野生动物相互作用以冲突为主,冲突类型又以食草野生动物与家畜、人的冲突为主。

2.2.1 野生动物种群恢复性增长,人与野生动物冲突增多

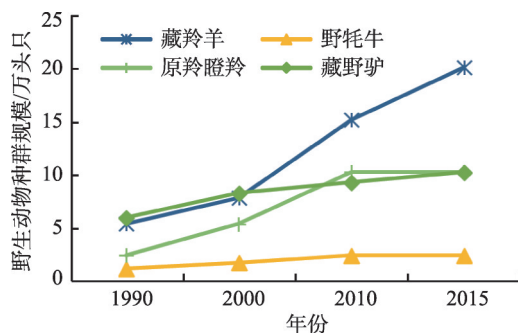
近20年,羌塘高原主要受保护野生动物种群恢复性增长(图2)。到2015年羌塘高原的藏羚羊估计约达20万只、藏野驴约10万头、野牦牛约2万头、藏原羚及瞪羚约10万只^[18-19]。羌塘高原藏羚羊迁徙主要有两个方向,东部的双湖、尼玛等地藏羚羊主要向可可西里产仔地迁徙^[20],西部的日土、改则藏羚羊主要向阿尔金山迁徙^[21]。狼、棕熊不时造访牧户圈舍,伤及家畜及人身和财产,尤以家畜与食草野生动物争食最为常见。

2.2.2 家畜存栏量大,家畜与食草动物争食普遍

1988-2010年,羌塘8县牲畜存栏年均增加0.14%。由1988年的804万羊单位增加到1992年的880万羊单位,1994年雪灾导致牲畜数量下降,到2000年降到756万羊单位的低点;2001年后恢复增长,到2004年增加到938万羊单位的高点;之后由于退牧还草、草原生态保护补贴与奖励机制等政策因素,2010年下降到829万羊单位,2015年进一步降至690万(图3)。除雪豹、野牦牛分布于高山偏远地区外,藏羚羊、藏原羚、藏野驴等食草动物在牧场随处可见。

2.2.3 聚落扩张、放牧等人类活动对野生动物影响较大

1988-2015年羌塘8县人口由12.1万增加到19.2万,年均人口增长率1.74%,高于西藏人口增长率(1.59%)。自1970年代以来,羌塘南部人口及家畜数量增长,牧民向北部无人区搬迁^[22]。1991年5户牧民约40人及600只羊和45头牦牛进入羌塘自然保护区核心区的阿汝错,建房、打猎、放牧,到2000年这里已有19户牧民,8000~15000只家畜,还有包括藏羚羊、藏野驴、野牦牛、瞪羚、岩羊在内的野生有蹄类12000头^[8]。近年来,草场围栏对野生动物栖息地和迁徙通道的不利影响日渐显现。



注: 数据来源于文献 [19]、[20]。

图2 1990-2015年羌塘高原草食性野生动物数量变化

Fig. 2 Number of herbivore wildlife on Changtang Plateau during 1990-2015

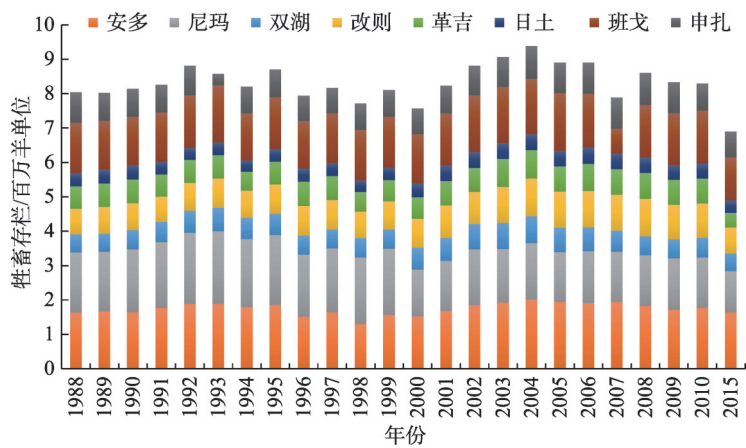
② 据《西藏自治区陆生野生动物造成公民人身伤害和财产损失补偿办法》,2010年颁布。

2.2.4 草地净初级生产力低

羌塘高原虽然面积广袤,但以草原和草原荒漠为主,草地初级生产力及承载能力较低,家畜和食草野生动物持续增加对生态系统产生了巨大压力。据遥感数据:2000-2015年国家自然保护区草地净初级生产力(NPP)为 $61\text{ g C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,低于重点生态功能区 $72\text{ g C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,显著低于农牧产品主产区 $84\text{ g C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ($\alpha=0.05$)。中北部的自然保护区和重点生态功能区是野生动物重要栖息地,初级生产力很低。南部的人类主导空间生产力较高(图4、表1)。

2.3 人与野生动物冲突的主要成因

羌塘高原人与野生动物冲突的原因主要是草地承载能力较低、家畜及野生动物数量增加,具体成因可从三方面分析:(1)家畜与草食性野生动物争食及草地超载;(2)家



注:数据来源于历年《西藏统计年鉴》,其中1大牲畜=4羊单位。

图3 1988-2015年羌塘高原家畜存栏数量

Fig. 3 Number of domestic livestock on Changtang Plateau during 1988-2015

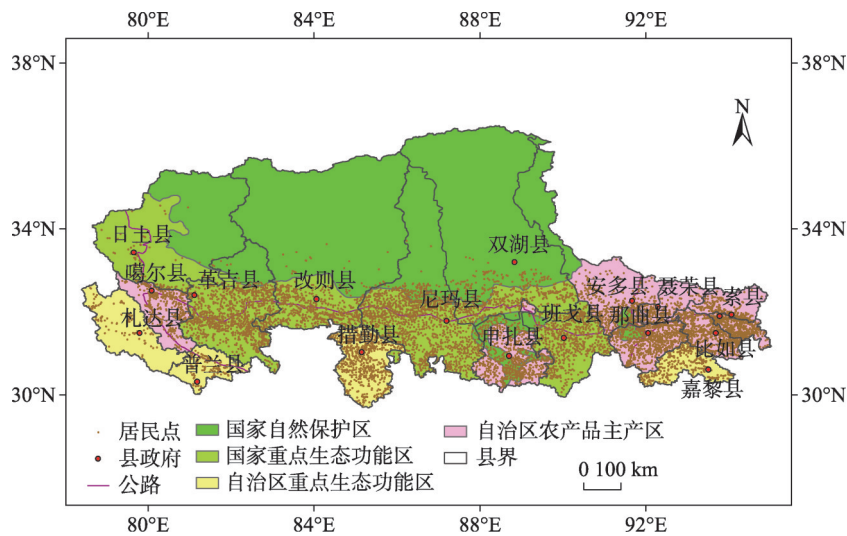


图4 羌塘高原人类聚落及主体功能区

Fig. 4 Human settlements and major function zones on Changtang Plateau

表1 2000-2015年羌塘高原不同功能区NPP Duncan 检验

Table 1 Duncan test of NPP in various function zones on Changtang Plateau during 2000-2015

	样本数	均值±标准差	最小值	最大值
国家自然保护区	112	61.2±35.3 ^a	32.1	205.6
自治区重点生态功能区	48	71.9±48.1 ^{ab}	35.7	266.9
国家重点生态功能区	112	72.1±45.1 ^{ab}	39.3	282.6
自治区农牧产品主产区	48	83.8±60.2 ^b	29.6	338.8

注：基于MODIS17A3H在不同功能区选取3~7个30×30栅格进行样方分析；显著性水平 $\alpha=0.05$ ，不同小写字母指不同组间均值不同。

畜与草食性野生动物生态位重叠；(3) 草场围栏激化了家畜与野生动物冲突。

2.3.1 草地生态承载力总体超载

不同年代草畜关系不同、承载力测算口径也不同，使得草地承载力核算结果出入较大。羌塘8县1977年草地承载力约1200万羊单位^[23]，2010年草地承载力约600万羊单位，2015年约800万羊单位^③，结合目前草地生态状况，羌塘高原草地承载力以700万羊单位为宜。1980年代以后，羌塘高原长期处于超载状态。经过近十年的减畜，到2015年羌塘牲畜存栏量占草地承载能力的98%，不再超载，但草食性野生动物的采食量（相当于86万绵羊单位）占草地承载能力的12%。综合考虑家畜与野生动物，草地承载力占用已达110%，即超载10%（图5）。

2.3.2 家畜与草食性野生动物生态位重叠

利用2017-2018年采集的放牧点数据，运用Maxent模型模拟牧草地分布，得到羌塘牧草地面积为37.66万km²，占土地总面积的一半。在整体超载的条件下，牧草地都具有一定强度的放牧活动。参考IUCN的野生动物栖息地数据^[24-25]，野牦牛、藏羚羊等食草野生动物栖息地与牧场在空间上部分重叠。

野牦牛集中分布在羌塘北部，在羌塘南部仅零星分布。伸入北羌塘野牦牛栖息地的牧场面积为3.05万km²，占牧草地总面积的8.1%；南羌塘野牦牛岛状栖息地共7块、4950 km²，占牧草地比例为1.3%。总体上，野牦牛栖息地与牧场重叠度仅占牧草地总面积的9.4%，重叠率不高。而藏羚羊在羌塘高原分布十分广泛（图6），其生境涵盖了81%的牧草地，有一半的栖息地内有放牧活动；藏羚羊与家畜争食、争空间的冲突十分常见。采样点数据共66个，使用其中的44个模拟，另外22个验证；采用适宜性指数中位

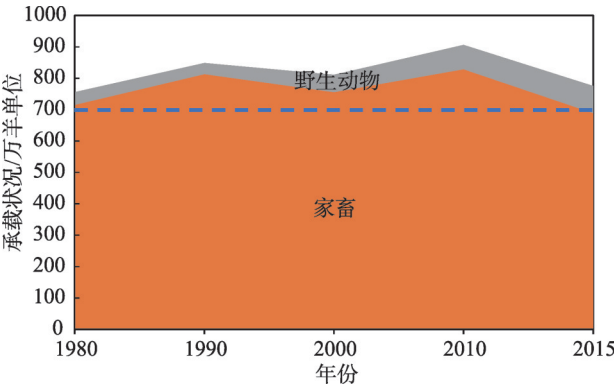


图5 1980-2015年基于草畜兽平衡的羌塘高原草地承载状况

Fig. 5 Grassland carrying capacity based balance between grassland and herbivore wildlife, domestic livestock on Changtang Plateau during 1980-2015

③ 2010年、2015年草地承载力数据来自2011年、2016年《西藏自治区建立草原生态保护补助奖励机制实施方案》。

数为阈值，验证精度为72.6%。

2.3.3 草场围栏激化家畜与野生动物冲突

2005年以来西藏推行退牧还草、草原生态保护补贴与奖励机制，草场围栏快速增长，2009年羌塘自然保护区草场围栏1457 km²。据估算，到2016年双湖县自然保护区内有草场围栏353 km²，日土县自然保护区内有草场围栏198 km²。藏羚羊、藏原羚等不慎撞上围栏后会被刮伤甚或致死。围栏大都建在水草条件较好处，妨碍了野生动物的水路、草路，阻碍迁徙活动（图7），加剧了生境破碎化。

3 结论与讨论

随着自然保护事业的发展，人与野生动物冲突已经成为自然保护与地区发展面临的新问题，但人与野生动物冲突的研究具有多主体性、复杂性和跨学科性，研究难度较大，人与野生动物冲突成因已有研究主要关注重叠空间的资源竞争。本文采用人与野生动物相互作用社会生态系统的概念，梳理了羌塘高原人与野生动物冲突主体的规模、分布，聚焦羌塘高原涉及面最广的家畜与草食性野生动物冲突，识别了食草野生动物与家畜竞争牧草资源、人类聚落与野生动物竞争栖息地、草场围栏分隔栖息地及阻断迁徙通

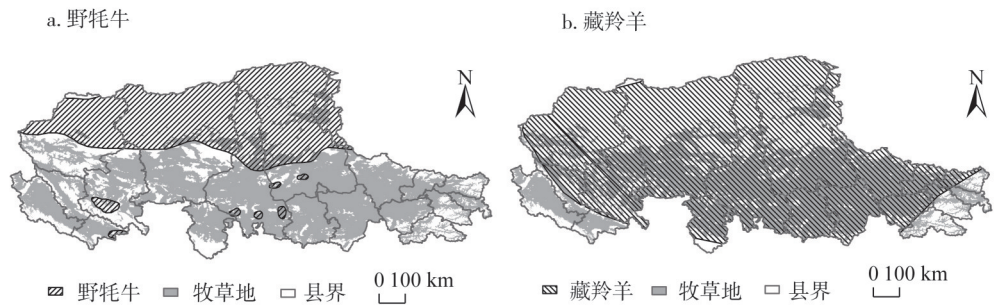


图6 羌塘野牦牛、藏羚羊栖息地与家畜生态位重叠

Fig. 6 Overlapping of habitat of wild yak, Tibetan antelope and domestic livestock on Changtang Plateau

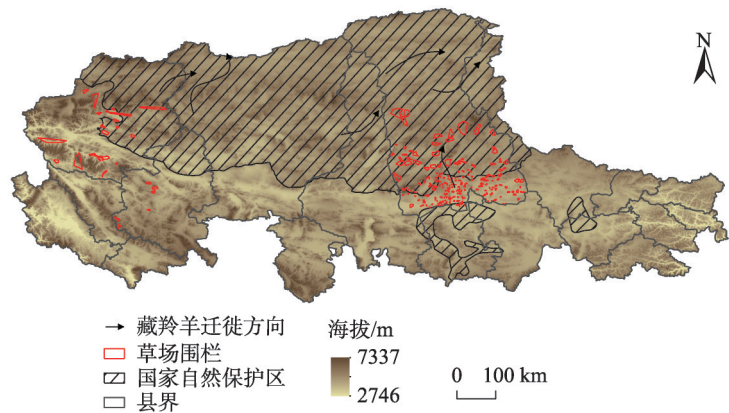


图7 羌塘高原草场围栏与藏羚羊迁徙通道

Fig. 7 Pastoral fence and migratory route of Tibetan antelope on Changtang Plateau

道等主要冲突类型,从生存空间重叠、食物资源竞争以及人类活动扰动等方面对冲突成因做了更为系统的分析。针对羌塘高原既是有蹄类野生动物重要栖息地也是传统牧区的实际,尝试将食草野生动物也纳入草地承载力核算范畴,在综合考虑家畜和草食性野生动物采食量的情况下,草地承载状况由未超载变为超载,家畜与食草野生动物空间重叠度较高,一半以上的藏羚羊栖息地不同程度存在放牧活动。由于野生动物、家畜分布等监测数据缺乏,本文仅搭建了人与野生动物相互作用社会生态系统的分析框架,未来将采用样线法调查主要野生动物规模,采用高分遥感数据识别围栏分布,将机构访谈与模型模拟相结合提高牧场识别精度。此外,居民容忍度^[26]也是人与野生动物冲突缓解或激化的成因,将采用田野调查法分析居民容忍度与人兽冲突的关系,以逐步厘清冲突机制,为羌塘高原及相似地区人与野生动物冲突缓解干预提供新认知。

参考文献(References):

- [1] GRAY C L, HILL S L L, NEWBOLD T, et al. Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications*, 2016, 7(12306): 1-7.
- [2] JOCHUM K A, KLISKEY A A, HUNDERTMARK K J, et al. Integrating complexity in the management of human-wildlife encounters. *Global Environmental Change*, 2014, 26: 73-86.
- [3] ALEXANDER J, CHEN P J, DAMERELL P, et al. Human wildlife conflict involving large carnivores in Qilianshan, China and the minimal paw-print of snow leopards. *Biological Conservation*, 2015, 187: 1-9.
- [4] LISCHKA S A, TEEL T L, JOHNSON H E, et al. A conceptual model for the integration of social and ecological information to understand human-wildlife interactions. *Biological Conservation*, 2018, 225: 80-87.
- [5] MARGULIES J D, KARANTH K K. The production of human-wildlife conflict: A political animal geography of encounter. *Geoforum*, 2018, 95: 153-164.
- [6] DE SOUZA J C, DA SILVA R M, GONCALVES M P R, et al. Habitat use, ranching, and human-wildlife conflict within a fragmented landscape in the Pantanal, Brazil. *Biological Conservation*, 2018, 217: 349-357.
- [7] NOGA S R, KOLAWOLE O D, THAKADU O T, et al. "Wildlife officials only care about animals": Farmers' perceptions of a Ministry-based extension delivery system in mitigating human-wildlife conflicts in the Okavango Delta, Botswana. *Journal of Rural Studies*, 2018, 61: 216-226.
- [8] FOX J L, MATHIESEN P, YANGZOM D, et al. Modern wildlife conservation initiatives and the pastoralist/hunter nomads of Northwestern Tibet. *Rangifer*, 2004, SI(15): 17-27.
- [9] SHARMA R K, BHATNAGAR Y V, MISHRA C. Does livestock benefit or harm snow leopards?. *Biological Conservation*, 2015, 190: 8-13.
- [10] 曹建军, 许雪骞, 杨书荣, 等. 青藏高原不同草地利用方式产生的原因及其对社会—生态系统的影响研究进展. *自然资源学报*, 2017, 32(12): 2149-2159. [CAO J J, XU X Y, YANG S R, et al. Advance in the reasons for two different grassland use patterns formed and their each effects on the socio- ecological system on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(12): 2149-2159.]
- [11] 贡布泽仁, 李文军. 草场管理中的市场机制与习俗制度的关系及其影响: 青藏高原案例研究. *自然资源学报*, 2016, 31(10): 1637-1647. [GONGBU Z R, LI W J. The role of market mechanisms and customary institutions in rangeland management: A case study in Qinghai Tibetan Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(10): 1637-1647.]
- [12] FOX J L, BARDESEN B-J. Density of Tibetan antelope, Tibetan wild ass and Tibetan gazelle in relation to human presence across the Chang Tang Nature Reserve of Tibet, China. *Acta Zoologica Sinica*, 2005, 51(4): 586-597.
- [13] FOX J L, DHONDUP K, DORJI T. Tibetan antelope *Pantholops hodgsonii* conservation and new rangeland management policies in the Western Chang Tang Nature Reserve, Tibet: Is fencing creating an impasse?. *Oryx*, 2009, 43(2): 183-190.

- [14] 达瓦次仁. 羌塘地区人与野生动物冲突的危害以及防范措施. 中国藏学, 2010, (4): 71-78. [ZLAWA T R. The harmfulness and preventive measures of the conflict between men and wildlife in Chang Tang areas. China Tibetology, 2010, (4): 71-78.]
- [15] 徐增让, 郑鑫, 靳茗茗. 自然保护区土地利用冲突及协调: 以羌塘自然保护区为例. 科技导报, 2018, 36(7): 8-13. [XU Z G, ZHENG X, JIN M M. Harmonizing conflicts of land multifunction in natural reserces: Qiangtang National Natural Reserve as an example. Science & Technology Review, 2018, 36(7): 8-13.]
- [16] 董世魁, 武晓宇, 刘世梁, 等. 阿尔金山自然保护区基于野牦牛、藏野驴、藏羚羊适宜栖息地的生态容量估测. 生态学报, 2015, 35(23): 7598-7607. [DONG S K, WU X Y, LIU S L, et al. Estimation of ecological carrying capacity for wild yak, kiang, and Tibetan antelope based on habitat suitability in the Aerjin Mountain Nature Reserve, China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(23): 7598-7607.]
- [17] BERGER A. A Brief Maxent Tutorial. 1996. <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/user/aberger/www/html/tutorial/tutorial.html>.
- [18] TSERING D. A sustainable mechanism for wildlife protection and consumptive wildlife utilization in the Chang Tang region of Tibet. China Tibetology, 2013, 2: 9-18.
- [19] 国务院新闻办公室. 青藏高原生态文明建设状况. 北京: 人民出版社, 2018. [The State Council Information Office of the People's Republic of China. Ecological Progress on the Qinghai-Tibet Plateau. Beijing: People's Publishing House, 2018.]
- [20] SCHALLER G B, KANG A, CAI X, et al. Migratory and calving behavior of Tibetan antelope population. Acta Theriologica Sinica, 2006, 26(2): 105-113.
- [21] BUZZARD P J, WONG H M, ZHANG H B. Population increase at a calving ground of the Endangered Tibetan antelope *Pantholops hodgsonii* in Xinjiang, China. Oryx, 2012, 46(2): 266-268.
- [22] 徐志高, 王晓燕, 宗嘎, 等. 西藏羌塘自然保护区野生动物保护与牧业生产的冲突及对策. 中南林业调查规划, 2010, 29(1): 33-37. [XU Z G, WANG X Y, ZONG G, et al. The conflict and strategy between wildlife protection and livestock production in Qiangtang Natural Reserve. Central South Forest Inventory and Planning, 2010, 29(1): 33-37.]
- [23] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏草原. 北京: 科学出版社, 1992: 146. [Comprehensive Scientific Investigation Team of the Tibet Plateau of the Chinese Academy of Sciences. Tibetan Grassland. Beijing: Science Press, 1992: 146.]
- [24] IUCN. SSC Antelope Specialist Group. *Pantholops hodgsonii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T15967A50192544. 2016. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T15967A50192544.en>.
- [25] BUZZARD P B, BOS M J. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T2892A101293528. 2016. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T2892A101293528.en>.
- [26] STRUEBIG M J, LINKIE M, DEERE N J, et al. Addressing human-tiger conflict using socio-ecological information on tolerance and risk. Nature Communications, 2018, 9: 1-9.

Causes for human-wildlife conflict on Changtang Plateau in Tibet

XU Zeng-rang¹, JIN Ming-ming^{1,2}, ZHENG Xin^{1,3}, WEI Zi-qian^{1,2}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: With the great progress of nature conservation in the last decades, human-wildlife conflict (HWC) has emerged as a new issue regarding protected areas. It is important to understand the causes for HWC and take effective measures to reduce HWC. However, research on HWC, characterized by systematicity, complexity, composed by multi-agents, and having feedback mechanism among agents, is difficult for us. Taking the Changtang Plateau in Tibet as an example, with the concept of social- ecological system of human- wildlife interactions, the distribution and quantity of agents of HWC is illustrated by field survey, statistical data and remote sensing data. Three main types of HWC in the study area is identified: (1) Forage competition between domestic livestock (sheep, goats and domestic yak) and herbivore wildlife (*Pantholops hodgsonii*, *Equus kiang*, *Procapra picticaudata*, *Gazelle*); (2) Living space competition between human settlements and wildlife habitats; (3) Fence separated the pasture and blocked the migratory routes of wildlife like Tibetan antelope. The pasture carrying capacity is examined by integrating wildlife with domestic livestock. The overlaying of grazing pasture with wildlife habitat was modelled with the Maxent niche model and analyzed with the aid of GIS (geographic information system). Carrying capacity rate including both domestic livestock and herbivore wildlife was 110%, while domestic livestock stock rate was only 98%. Spatial overlapping rate was more than 50% for Tibetan antelope and domestic livestock. The impact of fence on habitat and migratory route of wildlife is also analyzed. Finally, causes for HWC are assembled from the aspects of the resource competition, the overlaying of living space, and the disturbance from human activities such as fence. The study is helpful to clarify the HWC cause and formation mechanism, and to improve the performance of conflict reduction measures.

Keywords: social-ecological system of human-wildlife interactions; human-wildlife conflict; carrying capacity; ecological niche; habitat; grazing