

## 青藏高原异地半圈养藏羚警戒行为的适应性研究

孙平<sup>1,2</sup>, 于鸿浩<sup>3</sup>, 赵新全<sup>3,\*</sup>, 王德华<sup>2,\*</sup>

(1. 河南科技大学 动物科技学院, 河南 洛阳 471003; 2. 中国科学院动物研究所 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101;  
3. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

**摘要:** 行为是反映动物应对环境变化的最直接形式。动物可以根据周围环境条件的变化以及自身的生理状况来调整行为, 异地放养是保护珍稀动物的有效方法, 但必然会对其行为产生影响。为了探讨藏羚 (*Pantholops hodgsonii*) 对异地环境的行为学适应, 对异地圈养藏羚的警戒行为进行了不同季节间的比较研究, 采用全事件记录法和焦点动物取样法, 记录和统计了异地圈养藏羚在冷季和暖季的警戒行为, 进而推测其对人类干扰的行为适应性。研究表明, 雌性和雄性藏羚的警戒时间及警戒比例(警戒时间占全天活动时间的比例)在暖季存在显著差异(警戒时间:  $Z=4.36, P<0.05$ ; 警戒比例:  $Z=4.559, P<0.05$ ), 而在冷季则无差异(警戒时间:  $Z=0.001, P>0.05$ ; 警戒比例:  $Z=0.0014, P>0.05$ ); 而季节差异对雌、雄性藏羚的警戒时间、警戒比例均具有极显著的影响(雄性-警戒时间:  $F=31.758, P<0.01$ ; 警戒比例:  $F=21.768, P<0.01$ ; 雌性-警戒时间:  $F=14.98, P<0.01$ ; 警戒比例:  $F=11.05, P<0.01$ ); 但是季节和性别对藏羚警戒行为的影响没有交互作用( $Z=-0.576, P>0.05$ )。这些结果提示异地圈养藏羚警戒行为的变化可能是对陌生环境适应的结果。

**关键词:** 藏羚; 警戒行为; 异地半圈养; 适应

中图分类号: Q958.11; Q959.842 文献标志码: A 文章编号: 0254-5853-(2011)05-0561-05

## Adaptation of vigilance behavior in *ex situ* conservation of Tibetan antelope

SUN Ping<sup>1,2</sup>, YU Hong-Hao<sup>3</sup>, ZHAO Xin-Quan<sup>3,\*</sup>, WANG De-Hua<sup>2,\*</sup>

(1. Animal Science and Technology College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China; 2. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;  
3. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

**Abstract:** Tibetan antelope (*Pantholops hodgsonii*) are an endemic and endangered species of the Tibetan Plateau. Ex situ conservation may represent an important way to protect Tibetan antelope; however, this process may influence aspects of their behavior. To investigate the ability of these antelopes to adapt to new environments, a study on the vigilance behavior of captive antelope in different seasons was conducted. Using instantaneous scan sampling, focal animal sampling, and all-occurrence recording methods, the vigilance rate and vigilance time of captive male and female Tibetan antelope during cold and warm seasons were recorded and analyzed. Very significant sex differences in vigilance behavior were observed during the warm season, but were not observed in the cold season. Interestingly, vigilance behavior showed seasonal variation as there were significant differences in vigilance time and vigilance rate between cold and warm seasons in both males and females. Specifically, males and females showed more vigilance during the cold than warm season. No interaction between season and sex was found in the vigilance behavior of antelope. Comparing vigilance behavioral characteristic with the Kekexili Tibetan antelope indicated that captive antelope could adapt to a new environment.

**Key words:** Tibetan antelope; Vigilance behavior; *ex situ* semi-housed; Adaptation

收稿日期: 2011-03-03; 接受日期: 2011-07-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30500073, 30870370); 青海省重点科技攻关项目 (2006-N-152)

\*通讯作者(Corresponding authors), E-mail: xqzhao@nwipb.ac.cn; wangdh@ioz.ac.cn

第一作者简介: 孙平 (1975 — ), 男, 博士, 副教授, 研究方向为动物行为生态和化学通讯。E-mail: pingsunny@msn.com

藏羚(*Pantholops hodgsonii*)是青藏高原特有物种。近20年来,因其羊绒的特殊经济价值而遭到疯狂盗猎,数量急剧下降(中国国家林业局,2003; Schaller, 1998),已被列入国家一级保护动物名录和《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录I (Zheng, 1994),现主要分布于中国的青海、西藏和新疆。由于其独特的栖息环境和生活习性,国内外对藏羚的研究仅限于形态分类、地域分布、食性、集群特征以及人为干扰等方面(Feng et al, 1980; Schaller & Ren, 1988; Cai et al, 1990; Schaller et al, 1991; Harris & Miller, 1995; Harris & Pletscheer, 1999; Su et al, 2003; Qiu & Feng, 2004; Lian et al, 2005, 2007; Cao et al, 2008; Yin et al, 2007)。

捕食风险及陌生环境均可影响动物的警戒行为。有研究表明,雌性北美驯鹿(*Rangifer tarandus*)和仔鹿对人类干扰和发展活动比雄性个体更敏感(Nellemann & Cameron, 1998),藏羚也可能有类似的行为反应(Schaller et al, 2006)。Fox & Bardsen (2005)指出,与藏野驴(*Equus kiang*)和藏原羚(*Procapra picticaudata*)相比,藏羚对人类及家畜的耐受性更差。但是,关于野生藏羚对异地半自然散养环境中警戒行为方面的研究尚未见报道。

为了更好地实施藏羚的保护和研究工作,自2005年起,在青海省青海湖附近铁卜加草原站周围建立了30 hm<sup>2</sup>的藏羚驯养基地(Cao et al, 2007)。基于此,本文作者于2006年10—12月和2007年6—8月在青海省青海湖附近铁卜加藏羚驯养基地对藏羚的昼间警戒行为时间分配以及活动节律进行了研究,目的在于了解藏羚在人类干扰下的警戒行为策略,探究其自身进化和环境适应的相互作用,分析其行为适应性对策,为藏羚的生态学研究以及异地保护措施制定提供借鉴。

## 1 研究材料与方法

### 1.1 研究样地

实验区设定在青海省铁卜加地区。该地区位于E99°35', N37°05', 海拔3240~3270 m,地处青藏高原北部、青海湖的西北侧,是青海省海南、海北、海西三州交界处,属于典型的高原半干旱草原区,年降水量为377.10 mm,年蒸发量为1484.5 mm,年平均气温~0.5℃,牧草生长期为125 d,牧草生长季日照时数为1100 h(5—9月)。草地类型为草原化

草甸类,草地植物主要有早熟禾(*Popalpigena lindm*)、针茅(*Stipa* spp.)、赖草(*Leymus secalinus*)、猪毛蒿(*Sabrotanoides bunge*)、萎陵菜(*Potentilla* spp.)、狼毒(*Stellera chamaejasme*)等(La & Ma, 1998)。该地区夏秋凉爽微润,冬春干冷多风,昼夜温差较大,霜期长。自然环境和气候条件独特,具有青藏高寒牧区的典型特征。野生藏羚来自可可西里国家自然保护区,自2005年12月,在该地牧场提供的30 hm<sup>2</sup>围栏高寒草原化草甸驯养基地进行藏羚人工驯养(Cao et al, 2007)。

### 1.2 行为观察

2006年10月初对圈养成年及亚成年雌(5只)、雄(5只)藏羚的行为类型进行预观察,初步了解藏羚的行为种类及模式,并根据以往有蹄类相关研究的结果(Jiang, 2000; He et al, 2001; Liu et al, 2005),以及可可西里地区藏羚行为(Lian et al, 2005, 2007),对藏羚警戒行为进行定义。藏羚生性机警,在受到外界干扰时,即停止采食,静止不动,两眼注视目标,耳朵不时朝向声源方向,随时准备逃跑。因此,其站立、走动或卧息过程中注视一定方向的行为均定义为警戒行为。

根据当地气候资料(Zhang et al, 2008),正式观察期分为冷季和暖季(冷季:2006年11、12和2007年1月,暖季:2007年6、7、8月),每月观察4 d,因此,累计观察24 d。观察时间暖季为6:00—17:00,冷季为6:00—18:00,因此,累计分别观察144 h和120 h。采用目标动物取样法和全事件记录法,在驯养基地内距藏羚群80~100 m处,采用Sony Handcam TRV650数码摄像机记录藏羚的行为,并利用其录音设备进行行为描述录音,同时观察者借助10×70倍双目望远镜观察目标个体的行为。

将记录在光盘上的文件输入计算机存贮为视频文件,并通过视频行为记录与分析软件THE OBSERVER BASIC 5.0(Noldus Information Technology bv, Netherlands)进行量化处理,得到每个观察时段内藏羚警戒行为的累计。警戒时间为目标动物累计警戒的总时间。警戒比例=(警戒时间/总观测时间)×100%。

### 1.3 数据分析

行为变量的持续时间利用SPSS 13.0 for Windows进行统计分析;行为数据采用非参数检验进行分析;Mann-Whitney test比较警戒时间、警戒比例的季节差异以及性别差异;同时,利用双因素

方差分析(two-way ANOVA)探讨季节和性别对警戒行为的交互作用。

## 2 研究结果

### 2.1 暖季藏羚警戒时间分配的研究

以 1 h 为一个时段对暖季白昼 6:00—17:00 进行行为取样, 分别获得 7、9、13、21、15、13、10、9、8、8、7、8 个样本, 分析得到的雌、雄藏羚昼间警戒行为活动节律如图 1 所示。结果发现: 在暖季, 雌、雄藏羚警戒行为均存在 2 个高峰, 10:00 和 14:00, 分别占其活动时间的 33.25% 和 30.91% (雌性) 以及 17.32% 和 14.98% (雄性)。另外, 7:00 雌性藏羚的警戒时间略有升高随后降低, 而雄性藏羚 7:00 略有下降随之恢复正常(图 1)。Mann-Whitney test 结果显示, 暖季白昼各时段雌、雄藏羚之间的警戒时间( $Z=4.36, P<0.05$ )及警戒比例( $Z=4.559, P<0.05$ )均存在差异显著。

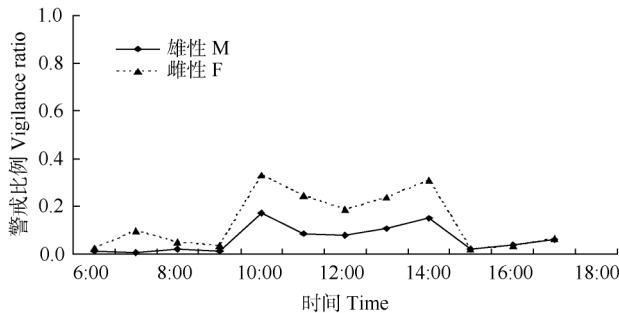


图 1 暖季雌雄藏羚警戒时间分配

Fig. 1 Diurnal activity rhythms of vigilance of the Tibetan antelope in summer

### 2.2 冷季藏羚警戒时间分配

按 1 h 为一个时段对冷季白昼 6:00~18:00 进行行为取样, 分别获得 4、7、10、16、12、9、9、8、8、7、7、7、5 个样本, 分析得到的雌、雄藏羚昼间警戒行为活动节律如图 2 所示。结果发现: 在冷季, 雄性藏羚警戒行为存在 2 个高峰, 10:00 和 17:00, 分别占其总活动时间的 80.31% 和 77.21%; 雌性藏羚有 3 个高峰, 10:00、13:00 和 16:00, 分别占其总活动时间的 85.54%、65.9% 和 75.21%。其他时间段, 雌、雄藏羚警戒时间所占的比例均较低(图 2)。Mann-Whitney test 结果显示, 冷季白昼各时段雌、雄藏羚之间的警戒时间( $Z=0.001, P>0.05$ )及警戒比例( $Z=0.014, P>0.05$ )差异均不显著。

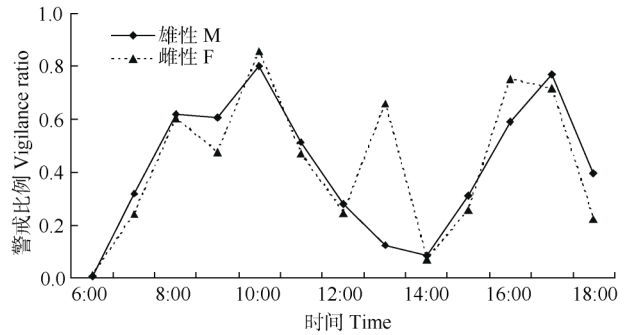


图 2 冷季雌雄藏羚警戒时间分配

Fig. 2 Diurnal activity rhythms of vigilance of the Tibetan antelope in winter

### 2.3 雄性藏羚冷暖季警戒时间分配

对冷、暖季之间雄性藏羚警戒行为的比较发现, 警戒时间和比例存在极显著的季节差异(警戒时间:  $F=31.758, P<0.01$ ; 警戒比例:  $F=21.768, P<0.01$ ), 冷季警戒时间显著多于暖季(图 3)。

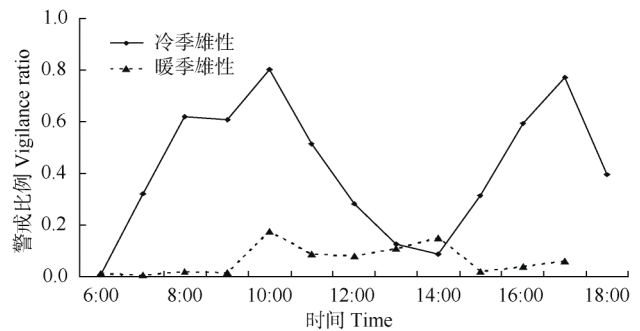


图 3 冷、暖季雄性藏羚昼间警戒行为时间分配

Fig. 3 Diurnal activity rhythms of vigilance of male Tibetan antelopes in summer and winter

### 2.4 雌性藏羚冷暖季警戒时间分配

对冷、暖季之间雌性藏羚警戒行为的比较发现, 警戒时间和比例存在极显著的季节差异(警戒时间:  $F=14.98, P<0.01$ ; 警戒比例:  $F=11.05, P<0.01$ ), 雌性冷季警戒时间显著多于暖季(图 4)。

此外, 双因素方差分析(two-way ANOVA)后发现, 季节和性别对藏羚警戒行为没有交互作用( $Z=-0.576, P>0.05$ )。

## 3 讨论

有假设认为, 警戒行为在侦查捕食者过程中扮演重要角色(Beauchamp, 2007)。群居则是降低捕食风险、提高自身存活的有效途径, 而且, 自私兽群假说预测: 为了相对安全, 个体会竞争中心位置。

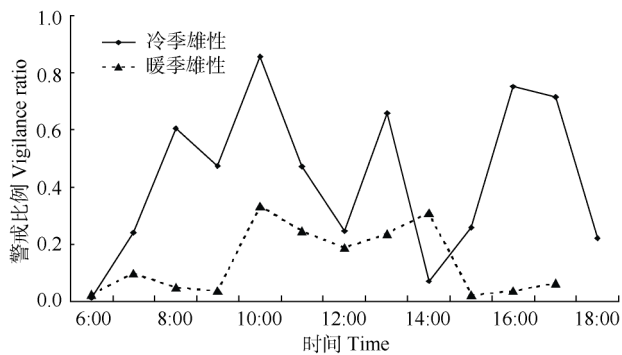


图4 冷、暖季雌性藏羚日间警戒行为时间分配

Fig. 4 Diurnal activity rhythms of vigilance of female Tibetan antelopes in summer and winter

空间位置会影响个体行为, 尤其是用以降低捕食风险的取食和警戒行为权衡(Öst et al, 2007)。已有的研究表明, 夏季雌性藏羚群中羊羔比例较大, 藏羚的主要天敌——狼(*Canis lupus*)常常尾随其后(Schaller et al, 2006), 伺机捕杀幼体或防御能力较弱的成体, 对藏羚的生存构成了严重威胁。因此, 藏羚理应花费较多的时间用于警戒以确保幼体和自身的安全; 但是由于动物个体能够从集群中其他成员的警戒行为中获益, 个体的警戒投入时间会明显减少(Beauchamp, 2003), 从而导致夏季可可西里地区雌性藏羚警戒时间所占的比例并不高, 仅为7.31%(Lian et al, 2007)。而在本实验中, 藏羚的数量较小、位置相对分散, 但由于其生境被网围栏与其他环境隔开, 遭遇地面天敌的机率大幅降低, 因此其警戒时间平均为10%左右。

另外, 季节(Elgar, 1989)和繁殖活动(Yang et al, 2005)也是影响动物警戒行为的重要因素。有研究表明, 在繁殖季节, 动物的警戒行为会明显增加。对圈养野生双峰驼(*Camelus bactrianus ferus*)的研究发现, 其警戒行为往往在冬季发情期表现明显

(Yang et al, 2005)。根据我们对异地驯养藏羚行为的观察, 在没有地面天敌的威胁和其他物种的干扰情况下, 藏羚冷季警戒时间(雄性: 41.85%, 雌性: 42.96%)明显高于暖季(雄性: 6.41%, 雌性: 13.65%)。根据作者的野外观察藏羚交配行为主要发生在每年的11月份, 雄性之间存在激烈的竞争而雌性也对雄性的求偶行为存在一定程度的戒备, 这可能是导致藏羚冷季警戒行为增加的主要原因。另外, 警戒行为的增加还可能与围栏外其他放牧动物的干扰有关。当地牧民把牧场分为夏季牧场和冬季牧场, 为缓解草场压力, 放牧动物每年在两个牧场之间周转。夏季, 放牧动物都在夏季牧场; 一入冬, 放牧动物便转移至冬季牧场。因此, 暖季, 实验样地外没有其他动物的干扰, 藏羚的警戒行为相对较少; 而在冷季, 由于放牧动物的返场, 在实验过程中有其他放牧动物经过围栏附近, 导致其警戒行为增加。

还有研究表明, 动物的警戒行为存在性别差异, 但该差异因物种的不同而不同, 比如 *Aepyceros melampus* (Shorrocks & Cokayne, 2005) 和 *Procapra icticaudata* (Li & Jiang, 2008), 雄性个体比雌性警觉, 与此相反, 雌性 *Ovis aries* 则比雄性警觉 (Michelena et al, 2006)。本研究中, 雌性个体的警觉性稍高于雄性。半圈养条件下, 雄性藏羚的警戒时间, 占6.41%, 雌性较高为13.65%, 稍高于野生藏羚种群的警戒时间; 在冷季, 雄性个体的警戒时间(41.85%)也略低于雌性个体(42.96%)。

总之, 尽管驯养藏羚种群个体数量较少, 但其警戒行为并没有显著增加, 警戒时间没有性别二型现象。警戒行为由于受到繁殖行为的影响而表现出季节差异, 且其格局表现出周围环境的适应性变化。

## 参考文献:

- Beauchamp G. 2003. Group-size effects on vigilance: a search for mechanisms [J]. *Behav Proc*, **63**: 111-121.
- Beauchamp G. 2007. Vigilance in a selfish herd [J]. *Anim Behav*, **73**: 445-451.
- Cai GQ, Liu YS, O'Gara BW. 1990. Observations of large mammals in the Qaidam Basin and its peripheral mountainous areas in the People's Republic of China [J]. *Can J Zool*, **68**: 2021-2024.
- Cao JH, Xu SX, Zhao XQ, Yu MS. 2007. Herbage utilization of Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) during cold season [J]. *Acta Theriol Sin*, **27** (2): 206-208. [曹俊虎, 徐世晓, 赵新全, 于民胜. 2007. 藏羚羊冷季对干物质的消化效率. 兽类学报, **27**(2): 206-208.]
- Cao YF, Su JP, Lian XM, Zhang TZ, Cui QH. 2008. Food habits of Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) in the Kekexili Nature Reserve [J]. *Acta Theriol Sin*, **28** (1): 14-19. [曹伊凡, 苏建平, 连新明, 张同作, 崔庆虎. 2008. 可可西里自然保护区藏羚羊的食性分析. 兽类学报, **28** (1): 14-19.]
- Chen LW, Feng ZJ, Cai P, Li YB, Chen HJ, Jiang ZG. 1997. Studies on the diurnal activities and time budgets of Przewalski's gazelle [J]. *Acta Theriol Sin*, **17**(3): 172-183. [陈立伟, 冯祚建, 蔡平, 李永波, 陈洪舰, 蒋志刚. 1997. 普氏原羚昼间行为时间分配的研究. 兽类学报, **17**(3): 172-183.]
- Elgar MA. 1989. Predator vigilance and group size in mammals and birds: a

- critical review of the empirical evidence [J]. *Biol Rev*, **64**: 13-33.
- Feng ZJ, Zheng CL, Cai GQ. 1980. On mammals from southeastern Xizang (Tibet) [J]. *Acta Zool Sin*, **26**(1): 91-97. [冯祚建, 郑昌琳, 蔡桂全. 1980. 西藏东南部兽类区系调查. 动物学报, **26**(1): 91-97.]
- Harris RB, Miller DJ. 1995. Overlap in summer habitats and diets of Tibetan plateau ungulates [J]. *Mammalis*, **59**: 197-212.
- Harris RB, Pletscheer KH. 1999. Status and trends of Tibetan plateau mammalian fauna, Yenuigou China [J]. *Biol Conserv*, **87**: 13-19.
- He LJ, Ding YZ, Wang XM. 2001. Time budget and behaviour pattern of *Cervus albirostris* in captivity [J]. *Chn J Ecol*, **20**(2): 27-29. [何利军, 丁由中, 王小明, 夏述忠. 2001. 半圈养条件下白唇鹿行为时间分配及活动规律的研究. 生态学杂志, **20**(2): 27-29.]
- Jiang ZG. 2000. Behavior coding and ethogram of the Père david's deer [J]. *Acta Theriol Sin*, **20**(1): 1-12. [蒋志刚. 2000. 麋鹿行为谱及 PAE 编码系统. 兽类学报, **20**(1): 1-12.]
- La D, Ma EZ. 1998. Precipitation, soil moisture and forage yield in Tiebujia area [J]. *Qinghai AnimHusb Vet Med*, **3**: 21 - 22. [拉旦, 马恩洲. 1998. 铁卜加地区大气降水、土壤湿度与牧草产量的关系. 青海畜牧兽医杂志, **3**: 21 - 22.]
- Li Z, Jiang Z. 2008. Group size effect on vigilance: Evidence from Tibetan gazelle in Upper Buha River, Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Behav Proc*, **78**: 25-28.
- Lian XM, Su JP, Zhang TZ, Cao YF. 2005. The characteristics of social groups of the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) in the Kekexili region [J]. *Acta Ecol Sin*, **25**: 1341-1346. [连新明, 苏建平, 张同作, 曹伊凡. 2005. 可可西里地区藏羚的社群特征. 生态学报, **25**: 1341-1346.]
- Lian XM, Zhang TZ, Cao YF, Cai ZY, Su JP. 2007. Diurnal behavioral time budgets and activity rhythm of the female Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) in summer [J]. *Acta Theriol Sin*, **27**: 53-57. [连新明, 张同作, 曹伊凡, 蔡振媛, 苏建平. 2007. 夏季雌性藏羚日间行为时间分配及活动节律. 兽类学报, **27**(1): 53-57.]
- Liu ZS, Wang XM, Cao LR. 2005. Diurnal behavior and activity rhythm of captive blue sheep in winter [J]. *J Northeast For Univ*, **33**(1): 41-43, 51. [刘振生, 王小明, 曹丽荣. 2005. 圈养条件下岩羊冬季昼间的行为及活动节律. 东北林业大学学报, **33**(1): 41-43, 51.]
- Michelena P, Noel S, Gautrais J, Gerard JF, Deneubourg JL, Bon R. 2006. Sexual dimorphism, activity budget and synchrony in groups of sheep [J]. *Oecologia*, **148**: 170-180.
- Nellemann C, Cameron R. 1998. Cumulative impacts of an evolving oilfield complex on the distribution of calving caribou [J]. *Can J Zool*, **76**: 1425-1430.
- Öst M, Jaatinen K, Steele B. 2007. Aggressive females seize central positions and show increased vigilance in brood-rearing coalitions of eiders [J]. *Anim Behav*, **73**: 239-247.
- Qiu L, Feng ZJ. 2004. Effect of traffic during daytime and other human activities on the migration of Tibetan antelope along the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Acta Zool Sin*, **50**(4): 669-674. [裘丽, 冯祚建. 2004. 青藏公路沿线白昼交通运输等人类活动对藏羚羊迁徙的影响. 动物学报, **50**(4): 669-674.]
- Schaller GB, Ren JR. 1988. Effects of a snowstorm on Tibetan antelope [J]. *J Mammal*, **69**: 631-634.
- Schaller GB, Ren J, Qiu M. 1991. Observations on the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) [J]. *Appl Anim Behav Sci*, **29**: 361-378.
- Schaller GB. 1998. Wildlife of the Tibetan steppe [M]. Chicago: University Chicago Press.
- Schaller GB, Kang A, Cai XB, Liu YI. 2006. Migratory and calving behavior of Tibetan antelope population [J]. *Acta Theriol Sin*, **26**(2): 105-113.
- Shorrocks B, Cokayne A. 2005. Vigilance and group size in impala (*Aepyceros melampus Lichtenstein*): a study in Nairobi National Park, Kenya [J]. *Afr J Ecol*, **43**: 91-96.
- State Forestry Administration, P.R.C. 2003. The present status of protection in China Tibetan antelope [J]. *For Hum*, **2**: 9-12. [中国国家林业局. 2003. 中国藏羚羊保护现状. 森林与人类, **2**: 9-12.]
- Su JP, Lian XM, Cao YF, Cui QH, Zhang TZ. 2003. Ailing: The first domesticated Tibetan antelope [J]. *Acta Theriol Sin*, **23**(1): 83-84. [苏建平, 连新明, 曹伊凡, 张同作, 崔庆虎. 2003. 爱羚: 第一只家养成功的藏羚. 兽类学报, **23**(1): 83-84.]
- Yang SZ, Li Y, C YX, Zhao JY, Qing JQ, Yu JW, Wang JL. 2005. Activity rhythm and behavioral observation on wild bactriancamel (*Camelus bactrianus ferus*) in captivity [J/OL]. <http://www.paper.edu.cn>. [杨思忠, 李岩, 崔雅雄, 赵建友, 卿建其, 于景文, 王建林. 2005. 圈养野生双峰驼行为及活动节律的观察. 中国科技论文在线[J/OL]. <http://www.paper.edu.cn>.]
- Yin BF, Huai HY, Zhang YL, Zhou L, Wei WH. 2007. Trophic niches of *Pantholops hodgsoni*, *Procapra picticaudata* and *Equus kiang* in Kekexili region [J]. *Chn J Appl Ecol*, **18**(4): 766-770. [殷宝法, 淮虎银, 张懿锂, 周乐, 魏万红. 2007. 可可西里地区藏羚羊、藏原羚和藏野驴的营养生态位. 应用生态学报, **18**(4): 766-770.]
- Zhang XP, Guo LY, Tian HC. 2008. Impacts of climatic changes on grassland ecological environment of basin around Qinghai Lake [J]. *Grassl Turf*, **2**: 64-69. [张旭萍, 郭连云, 田辉春. 2008. 环青海湖气候变化对草地生态环境的影响. 草原与草坪, **2**: 64-69.]
- Zheng SW. 1994. Fauna of Rare and Endangered Species of Vertebrates in Northwest China [M]. Beijing: China Forestry Publishing. [郑生武. 1994. 中国西北地区珍稀濒危动物志[M]. 北京: 中国林业出版社.]