

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.06.015

## 白水河国家级自然保护区羚牛适宜栖息地评价

胡大明<sup>1</sup>, 邓玥<sup>1</sup>, 温平<sup>2</sup>, 梁磊<sup>3</sup>, 夏奎<sup>3</sup>, 官天培<sup>3\*</sup>

(1. 四川白水河国家级自然保护区管理局, 四川 彭州 611390;

2. 西华师范大学 生命科学学院, 四川 南充 637009;

3. 绵阳师范学院 生态安全与保护四川省重点实验室, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 羚牛是青藏高原-横断山脉的特有濒危物种。其中的四川羚牛主要分布在四川省的岷山和邛崃山系。识别栖息地适宜性是科学管理和保护栖息地的前提。为提高局地尺度羚牛种群的保护, 2017年—2018年笔者在白水河国家级自然保护区通过样线调查和红外相机调查相结合的方式对羚牛的栖息地适宜性进行了分析和评价。结果显示, 模型可靠(AUC > 0.85)且保护区内羚牛适宜栖息地分布局限(80.4 km<sup>2</sup>)。最适宜的栖息地仅占保护区总面积的2.5%, 且绝大多数的适宜栖息地(包括适宜和较适宜)都分布实验区(39.1%)与核心区(40.6%)。在7个环境变量中, 贡献最大的主要是地形因素(海拔和坡度)及特定的植被类型。野外调查发现, 白水河羚牛集中分布区域的最低海拔2100 m左右, 最高出现在3750 m, 平均分布海拔是2843 m, 远高于其他保护区羚牛利用的海拔。低海拔区域(<1900 m)主要分布在实验区和缓冲区, 因此保护区需要加强该区域的干扰控制、管理和监测, 增强羚牛对该区域利用的概率, 减缓人为活动对栖息地的进一步挤压。

**关键词:** 有蹄类; 国家公园; 同域分布; 大熊猫; 地形

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2018)06-0067-04

## Suitable Habitat Prediction of Takins in Baishuihe National Nature Reserve

HU Da-ming<sup>1</sup> DENG Yue<sup>1</sup> WEN Ping<sup>2</sup> LIANG Lei<sup>3</sup> XIA Kui<sup>3</sup> GUAN Tian-pe<sup>3\*</sup>

(1. Sichuan Baishuihe National Nature Reserve, Pengzhou 611390, China;

2. College of Life Science, China West normal University, Nanchong 637009, China;

3. Eco-security and Protection Key Lab of Sichuan Province, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** The takin is an endangered species endemic to the Qinghai-Tibetan Plateau and the Hengduan Mountains. Sichuan takins are mainly found in the Minshan Mountains and the Qionglai Mountains in Sichuan province. To assist local habitat and population conservation in Baishuihe National Nature Reserve, suitable habitat survey and modelling of takins were conducted in 2017 and 2018. According to results, area under curve larger than 0.85 meant that the model was acceptable. The suitable habitat covered 80.4 km<sup>2</sup> and the area of most suitable habitat only occupied only 2.5% of the whole nature reserve in a fragmented way. Most of the suitable habitat lay in experimental zones and core zones. Among 7 variables of the model, bushes, elevation and slope were most important for habitat suitability. During field survey, the elevation of takin distribution in Baishuihe ranged from 2100 m to 3750 m, indicating that lower elevation areas contributed very few for conserving takin population. For future management, it is

收稿日期: 2018-11-07

作者简介: 胡大明(1969-), 男, 农学学士, 高级工程师, 主要从事大熊猫保护研究与自然保护区的保护管理工作。

\* 通讯作者: 官天培(1981-), e-mail: tp-guan@hotmail.com

essential to control human disturbance and to enhance monitoring within these potential habitats.

**Key words:** Ungulate, National Park, Sympatric distribution, Giant panda, Terrain

羚牛 (*Budorcas taxicolor*) 是分布在青藏高原—横断山脉的特有山地有蹄类, 是我国一级重点保护物种, 被 IUCN 列为易危 (VU), 现存 4 个亚种 (2011 年后有学者将 4 个亚种提升为种)<sup>[1]</sup>, 主要分布在我国的陕西秦岭、甘肃南部、四川的岷山及邛崃等山系、云南的高黎贡山、印度的东北部及西藏东南部、不丹的北部<sup>[1,2]</sup>。其中种群数量最大、分布最广的就是四川羚牛 (亚种 *Budorcas taxicolor tibetana*), 是大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 栖息地中最常见的伴生哺乳动物之一<sup>[3]</sup>。有研究认为, 四川羚牛是强烈依赖自然保护的物种, 仅在为数不多的大熊猫保护区内常见<sup>[4]</sup>。据调查记录, 在四川境内有羚牛分布的县从 20 世纪 70 年代的 37 个减少到 2009 年的 20 个<sup>[5,6]</sup>, 说明该物种分布区是急速退缩的。这种现状, 主要是因为栖息地退化以及偷盗猎压力较大引起的局部种群消失所致。因此, 加强栖息地保护是恢复羚牛种群规模和分布的最重要途径。然而, 识别栖息地适宜性是科学管理和保护栖息地的前提<sup>[7,8,9]</sup>, 有必要对羚牛局域尺度栖息地适宜性现状进行分析, 再进行针对性的保护与管理。

岷山山系是羚牛的重要分布区之一, 曾经有学者对岷山北部的羚牛栖息地进行了调查和评估, 发现地形、自然保护和森林是决定景观尺度上羚牛栖息地适宜性的重要参考<sup>[2]</sup>。由于缺乏调查资料, 至今对岷山南段羚牛栖息地质量缺乏明确的判断, 在局域尺度的栖息地适宜性评价的工作还存在缺失。为四川羚牛局域尺度的保护提供科学依据, 笔者利用最大熵模型在岷山南段的白水河国家级自然保护区对羚牛的栖息地适宜性进行了评价。

## 1 研究区域概况

四川白水河国家级自然保护区 (以下简称“白水河”) 位于龙门山褶皱带的中南段、横断山东部, 是四川盆地向青藏高原过渡段的典型地貌地带, 地势由东南向西北递增, 相对高差悬殊, 形成山高、坡陡、谷窄的地貌特征。山系东西纵列、相对高低大、山高坡陡谷窄和垂直分异明显<sup>[10]</sup>。白水河介于北纬 31°10′ ~ 31°29′、东经 103°41′ ~ 103°57′ 之间, 位于彭州市的龙门山镇和小鱼洞镇, 行政隶属于彭州

市。白水河总面积 30 150 hm<sup>2</sup>, 南北长约 19 km、东西最宽约 24 km, 最低海拔 1 481 m (锅框岩)、最高海拔 4 814 m (太子城), 相对高差达 3 333 m。

复杂的自然环境和特殊的古植被背景, 不仅使植物种类丰富, 植被类型也多种多样, 并具有明显的中国亚热带山地植被垂直分布特点<sup>[11]</sup>。白水河内不仅有阔叶林、针叶林、灌丛、草甸及流石滩 稀疏植被类型, 且阔叶林又有常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林、落叶阔叶林多种类型; 针叶林中有低、中山针叶林, 针阔叶混交林, 亚高山针叶林多种类型; 灌丛类型更复杂, 由低海拔至高海拔分布着次生及原生灌丛类型; 草甸也有亚高山、高山禾草和杂类草甸多种类型<sup>[10,11]</sup>。白水河内珍稀哺乳动物比较丰富, 国家 I、II 级重点保护动物共有 21 种, 占白水河内分布哺乳动物的 21.88%。国家 I 级重点保护兽类 7 种, 包括金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*)、大熊猫、林麝 (*Moschus berezovskii*)、马麝 (*Moschus chrysogaster*) 和羚牛等。国家 II 级重点保护兽类 14 种, 包括藏酋猴 (*Macaca thibetana*)、黑熊 (*Selenarctos thibetanus*)、小熊猫 (*Ailurus fulgens*)、黄喉貂 (*Martes flavigula*)、金猫 (*Catopuma temmincki*)、鬣羚 (*Capricornis sumatraensis*)、斑羚 (*Naemorhedus goral*)、岩羊 (*Pseudois nayaur*) 等<sup>[3,6,12]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 羚牛分布数据获取

依据历史记录、白水河调查人员访谈、结合整个白水河的地形地貌与功能区划, 设计了以样线法和红外相机调查法为主的羚牛野外分布调查。整个调查在白水河内共布设了重复调查样线 10 条, 随机调查样线 40 条, 覆盖了白水河可能有的羚牛分布、且调查能够到达的区域。重复调查样线主要分布在白水河的三岔河、燕子洞、大窑坪、九峰山、糖桶岩、水黄桶、回龙沟、锅框岩、梅林沟、龙漕沟、五道河等区域。随机样线包括了所有的红外相机布设点所经过的区域。当样线调查时发现明确的羚牛分布证据时 (粪便或者实体), 调查人员才会记录该痕迹所处的经纬度和海拔等基础信息。红外相机调查包括了白水河已有的 70 台相机数据以及调查补充的 40 台相

机。红外相机数据收集的时间为 2017 年 1 月—2018 年 9 月。在提取羚牛空间分布位置前,笔者对所有红外相机的位置信息进行了整理。因此,每个拍到羚牛实体的相机都作为 1 个有效的分布点,但每台相机不论拍摄到的照片数量多少或者拍摄到的个体多少,也仅能作为 1 个分布点。总体,本次调查的区域覆盖了白水河的主要沟系和动物分布较集中的区域,代表了羚牛可能分布的生境类型和地形,调查海拔差达 2 500 m (1 300 m ~ 3 800 m)。

## 2.2 环境数据

环境数据包括植被和地形,其中植被类型来源于 2010 年白水河的本地资源调查数据,包括草甸、流石滩、森林、灌丛、竹林等几大类。植被属于矢量数据,按照 30 m × 30 m 的空间精度, Arcgis 对每一种植被类型进行栅格化处理,按照植被类型赋值 0/1。地形数据 (DEM) 来源于地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn/>),空间精度为 30 m × 30 m。Arcgis 10.0 执行了 DEM 的空间分析,并获得了坡度图层 (Slope)。所有的图层数据均按照平面坐标系 (UTM WGS1984 N48) 进行投影转换。

## 2.3 建模过程

栖息地的建模与分析是通过最大熵模型完成,建模过程由 MaxEnt 3.3.3<sup>[13]</sup> 执行,设置随机检验百分比 (random test percentage) 为 20%,选择交叉验证 (cross-validate),其他参数默认设置。以受试者工作特征曲线下面积 (area under the receiving operator curve, AUC) 评价模型优劣<sup>[14,15]</sup>;采用刀切法 (Jackknife test) 检验变量重要性。ROC 评价标准为:AUC 值 0.5 ~ 0.6, 失败;0.6 ~ 0.7, 较差;0.7 ~ 0.8, 一般;0.8 ~ 0.9, 良好;0.9 ~ 1, 优秀<sup>[16]</sup>。模型最终将对整个白水河的每个栅格进行适宜性赋值,白水河羚牛栖息地的适宜性按照四分法分为不适宜 (< 0.25), 次适宜 (0.25 ~ 0.5), 较适宜 (0.5 ~ 0.75), 适宜 (> 0.75)<sup>[17]</sup>。

## 3 结果

### 3.1 模型评价及环境变量重要性

结果显示,训练样本 AUC 值为 0.891,检验样本的 AUC 值为 0.851 说明模型运行结果良好,可以用于栖息地评价 (图 1)。参与构建模型的 7 个环境变量中,贡献率最高的 4 个变量分别是灌丛 (46%)、海拔 (25.5%)、坡度 (16%) 和箭竹

(10.5%),累积贡献率达 98%。重要值最高的 4 个变量分别是灌丛 (36%)、海拔 (24%)、流石滩 (16.2%)、坡度 (12.9%),累积重要值 89.1%。在两种评价标准下,灌丛、海拔、坡度都是最重要的环境变量 (见表 1)。可见,植被和地形是羚牛适宜栖息地的基础。在白水河内,羚牛野外分布点的主要出现在坡度较缓 ( $29.7 \pm 14.2\sigma$ , Mean  $\pm$  SD) 以及海拔较高的区域 ( $2\ 843\text{ m} \pm 441\text{ m}$ ,  $2\ 100\text{ m} \sim 3\ 750\text{ m}$ )。

表 1 白水河羚牛适宜栖息地变量组成及贡献率

Tab. 1 Variables of takin suitable habitat model in Baishuihe Nature Reserve

变量 Variables	贡献率 (%) Contribution rate	重要值 Permutation importance
灌丛 Bushes	46	36
海拔 Elevation	25.5	24
坡度 Slope	16	12.9
箭竹 Bamboo	10.5	7.8
森林 Forest	1.1	0.8
流石滩 Heath patches	0.8	16.2
草甸 Alpine meadow	0.2	2.3

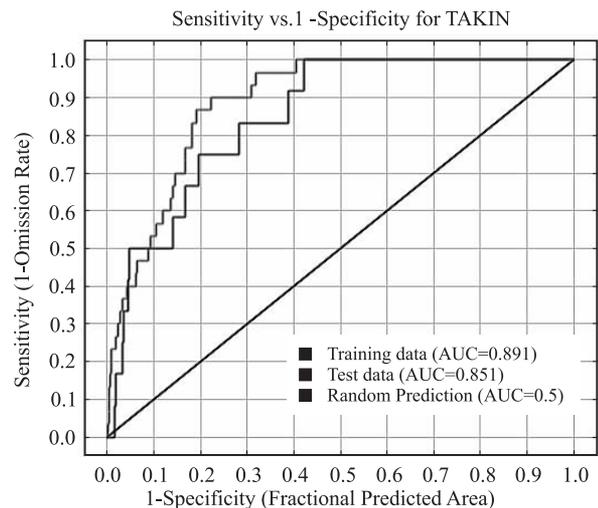


图 1 受试者工作特征曲线

Fig. 1 Response curve of operator

### 3.2 适宜性栖息地预测分析

依据模型评估结果,白水河整体适宜性较低,较适宜和适宜栖息地面积仅 80.4 km<sup>2</sup>,其中仅 2.5% 的保护区面积属于最适宜的,不适宜和次适宜的栖息地面积分别占 36.82% 和 36.62%,较适宜栖息地占 24.03%。从功能区划看,核心区占 59.05% 的保护区面积,却仅 1.1% 的区域属于适宜羚牛生存的。相比较,有 56.22% 的适宜栖息地分布在实验区。综合适宜和较适宜栖息地,适合羚牛分布的栖息地

总体面积较小,仅占全区的24.6%,且主要分布在核心区(32.7 km<sup>2</sup>)与实验区(32.5 km<sup>2</sup>)。各功能分区栖息地适宜性情况见表2。

表2 白水河各功能分区羚牛适宜栖息地分布情况

Tab. 2 Suitable habitat in each functional zone of Baishuihe national nature reserve

	核心区		缓冲区		实验区	
	[(km <sup>2</sup> )/(%)]		[(km <sup>2</sup> )/(%)]		[(km <sup>2</sup> )/(%)]	
	Core zone		Buffer zone		Experimental zone	
不适宜 Unsuitable	72.8	41.7%	13.2	27.6%	18.4	25.1%
次适宜 Less suitable	69.1	39.6%	18.4	38.4%	23.4	32.0%
较适宜 Sub-suitable	30.7	17.6%	14.9	31.2%	27.2	37.1%
适宜 Suitable	2.0	1.1%	1.3	2.8%	4.3	5.8%

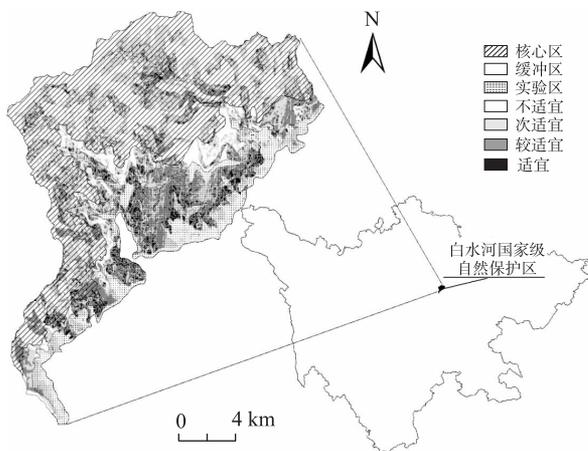


图2 白水河国家级自然保护区羚牛适宜栖息地预测

Fig. 2 Suitable habitat prediction of takins in Baishuihe National Nature Reserve

#### 4 讨论

自然保护区是野生动物栖息地保护最重要的途径和保障,尤其是那些强烈依赖自然保护区的物种,例如羚牛等重点保护动物<sup>[2,18]</sup>。从模型结果不难发现,白水河的羚牛适宜栖息地面积较小、分散,且主要分布在保护区的实验区与缓冲区的中低山区。一般来说,实验区与缓冲区是保护区监管力度相对较弱且干扰较大的区域<sup>[19]</sup>。那么对羚牛而言,它们最适宜的栖息地正位于区内人类干扰最强烈的位置,说明它们的生存现状并不乐观。在白水河,保护区的实验区内就存在一些徒步旅游的线路和生态旅游的区域。因此,如何降低这些区域的人为干扰对羚牛栖息地的影响是提升白水河羚牛栖息地质量不可回避的问题。

羚牛是山地有蹄类,存在显著的季节性迁移,主要是为追随食物资源和适宜的环境<sup>[1,20]</sup>。一方面,

它们具有较强的攀爬能力,虽然适应了山地生活,但实际上这些区域的物种都倾向于选择坡度缓和的栖息地<sup>[21]</sup>。然而,岷山的中段和南段的地形都非常陡峭,在2008年地震后也造成了大面积的塌方<sup>[22]</sup>。因此,就地形而言,岷山的南段不是羚牛最适宜的分布区域。另一方面,它们的栖息地存在季节性的空间变化,因此也会出现在不同的功能分区内。羚牛的季节性迁移特征意味着在某些季节它们将承受着较大的环境干扰。

已有研究发现,春季和秋季是羚牛分布海拔最低的季节,最低的区域仅1100 m左右<sup>[21]</sup>。在岷山的自然保护区内,低海拔区域基本上都处于保护区的最外围,即实验区,干扰强烈<sup>[19]</sup>。因此,这些区域的干扰必然导致羚牛的回避,进而无法重复利用最适宜栖息地,甚至高干扰的区域将可能导致羚牛无法完成正常的季节性迁移,最终将导致种群的生存质量下降。适宜栖息地主要分布在干扰强烈的区域可能部分解释了调查期间仅在少数样线发现羚牛频繁活动痕迹。

综上,白水河国家级自然保护区是连接岷山山系中段和南段栖息地的重要区域<sup>[6]</sup>。虽然该保护区适宜羚牛生存的面积较局限,且主要分布在干扰强烈的区域,但由于所处空间位置在整个自然保护区网络和种群扩散通道上不可或缺的地位而更应加强种群的监测和栖息地管理。

致谢:本调查工作是在各个保护站积极参与配合下才得以完成的。野外条件恶劣,地形陡峭为野外调查带来了较大的挑战,为此感谢野外队员的艰辛和努力。

#### 参考文献:

- [1] Groves C, Grubb P. Ungulate taxonomy [C]. Johns Hopkins Ebook, 2011.
- [2] Guan T, Wang F, Li S, et al. Nature reserve requirements for landscape-dependent ungulates: The case of endangered takin (*Budorcas taxicolor*) in Southwestern China [J]. Biological Conservation, 2015, 182: 63 ~ 71.
- [3] 四川省林业厅. 四川省第四次大熊猫调查报告 [C]. 成都: 四川科学技术出版社, 2015.
- [4] 曾治高, 钟文勤, 宋延龄, 等. 羚牛生态生物学研究现状 [J]. 兽类学报, 2003, 23(02): 70 ~ 76.
- [5] 国家林业局, 中国重点陆生野生动物资源调查 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [6] 四川资源动物志编辑委员会. 四川资源动物志 [M]. 四川人民出版社, 1980.

(下转第85页)

- [26] 王林龙. 干旱胁迫及沙埋对沙生植物表型可塑性的影响[D]. 中国林业科学研究院,2015.
- [27] 余叔文,汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [28] 何建社,张利,刘千里,等. 岷江干旱河谷区典型灌木对干旱胁迫的生理生化响应[J]. 生态学报,2018,38(07):2362~2371.
- [29] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. 植物生理学通讯,1991(02):84~90.
- [30] 汤坤贤,陈慧英,陈玉珍,等. 干旱胁迫对3种海岛植被修复植物生长与生理指标的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版),2017,56(06):845~851.
- [31] 王进. 几种沙生植物耐沙埋的生理生态学机制研究[D]. 鲁东大学,2012.
- [32] 孙铁军,苏日古嘎,马万里,等. 10种禾草苗期抗旱性的比较研究[J]. 草业学报,2008(04):42~49.
- [33] 刘金龙,王莹,许爱云,等. 干旱胁迫下5种禾本科牧草幼苗期的生理特性[J]. 草业科学,2018,35(05):1106~1115.
- [34] 丁玉梅,马龙海,周晓罡,等. 干旱胁迫下马铃薯叶片脯氨酸、丙二醛含量变化及与耐旱性的相关性分析[J]. 西南农业学报,2013,26(01):106~110.
- [35] 季杨,张新全,彭燕,等. 干旱胁迫对鸭茅根、叶保护酶活性、渗透物质含量及膜质过氧化作用的影响[J]. 草业学报,2014,23(03):144~151.
- [36] 赵哈林,曲浩,周瑞莲,等. 沙埋对两种沙生植物幼苗生长的影响及其生理响应差异[J]. 植物生态学报,2013,37(09):830~838.
- [37] 裴斌,张光灿,张淑勇,等. 土壤干旱胁迫对沙棘叶片光合作用和抗氧化酶活性的影响[J]. 生态学报,2013,33(05):1386~1396.
- [38] K. V. Chaitanya, D. Sundar, S. Masilamani, A. Ramachandra Reddy. Variation in heat stress-induced antioxidant enzyme activities among three mulberry cultivars [J]. Plant Growth Regulation, 2002,36(2).
- [39] 吴永波,叶波. 高温干旱复合胁迫对构树幼苗抗氧化酶活性和活性氧代谢的影响[J]. 生态学报,2016,36(02):403~410.
- [40] Bowler C, And M V M, Inze D. Superoxide Dismutase and Stress Tolerance[J]. Annu. rev. plant Physiol. plant Mol. biol,1992,43(1):83~116.
- [41] 范苏鲁,苑兆和,冯立娟,等. 干旱胁迫对大丽花生生化指标的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(03):651~657.
- [42] 赵哈林,曲浩,周瑞莲,等. 沙埋对两种灌木生长影响及其生理响应差异[J]. 草业学报,2014,23(01):185~191.
- [43] 潘昕,邱权,李吉跃,等. 干旱胁迫对青藏高原6种植物生理指标的影响[J]. 生态学报,2014,34(13):3558~3567.
- [44] 潘昕,李吉跃,王军辉,等. 干旱胁迫对青藏高原4种灌木生理指标的影响[J]. 林业科学研究,2013,26(03):352~358.
- [45] 李秀玲,刘开强,杨志民,等. 干旱胁迫对4种观赏草枯叶率及生理指标的影响[J]. 草地学报,2012,20(01):76~82.

## (上接第70页)

- [7] 林柳,金延飞,杨鸿培,等. 西双版纳亚洲象的栖息地评价[J]. 兽类学报,2015,35(1):1~13.
- [8] 李佳,李言阔,缪沪君,等. 江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价[J]. 生态学报,2014,34(5):1274~1283.
- [9] 冉江洪,刘少英,王鸿加,等. 小相岭大熊猫栖息地干扰调查[J]. 兽类学报,2004,24(4):277~281.
- [10] 刘士华,高信芬,涂卫国,等. 彭州白水河国家级自然保护区植物群落 $\alpha$ 多样性的海拔梯度变化[J]. 应用与环境生物学报,2008,14(3):303~307.
- [11] 刘士华. 彭州市白水河自然保护区生物多样性及种子植物区系研究[D]. 中国科学院研究生院(成都生物研究所),2007.
- [12] 张强,兰盛军,胡大明,等. 四川白水河国家级自然保护区野外藏酋猴活动初步调查[J]. 四川动物,2008,27(1):131~134.
- [13] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions [J]. Ecological Modelling, 2006,190(3):231~259.
- [14] Manel, Stéphanie, Williams, H. Ceri, Ormerod, S. J. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence [J]. Journal of Applied Ecology, 2010,38(5):921~931.
- [15] Lawler J J, Wiersma Y F, Huettmann F. Using Species Distribution Models for Conservation Planning and Ecological Forecasting [M] Predictive Species and Habitat Modeling in Landscape Ecology, 2011:271~290.
- [16] Pearce, J. S. Ferrier, Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression [J]. Ecological Modelling, 2000,133(3):225~245.
- [17] 王素芬,郑忻全,张哲彰,应用生态系经营决策支援系统于野生动物栖息地适宜性之评估[J]. Jour. Exp. For. Nat. Taiwan Univ, 2004,19(1):69~76.
- [18] Wang Y, Önal H. Optimal design of compact and connected nature reserves for multiple species [J]. Conservation Biology, 2016,30(2):413~424.
- [19] 呼延佼奇,肖静,于博威,等. 我国自然保护区功能分区研究进展[J]. 生态学报,2014,34(22):6391~6396.
- [20] Zeng Z G, Beck P S A, Wang T J, et al. Effects of plant phenology and solar radiation on seasonal movement of golden takin in the Qinling Mountains, China. [J]. Journal of Mammalogy, 2010,91(1):92~100.
- [21] 官天培,湛利民,郑维超,等. 四川羚牛春季地形选择特征的初步研究[J]. 动物学杂志,2015,50(3):329~336.
- [22] Xu W H, Wang X Z, Ouyang Z Y, et al. Conservation of giant panda habitat in South Minshan, China, after the May 2008 earthquake. [J]. Frontiers in Ecology & the Environment, 2009,7(7):353~358.