

大兴安岭紫貂冬季生境选择研究

金光耀¹, 尹冬冬¹, 刘开放², 姚颖^{3*} (1. 黑龙江省野生动物研究所, 黑龙江哈尔滨 150081; 2. 黑龙江省大兴安岭新林林业局, 黑龙江大兴安岭 165032; 3. 黑龙江省林业科学研究所, 黑龙江哈尔滨 150081)

摘要 2013—2015年冬季, 在黑龙江省大兴安岭新林林区对紫貂(*Martes zibellina*)的生境选择进行了野外调查研究。通过大兴安岭紫貂冬季对海拔、坡度、坡向、距水源距离、距道路距离、距针叶林距离、距阔叶林距离、距混交林距离、距灌木距离、距沼泽距离、距居民点距离、隐蔽级、郁闭度、雪深、植被类型、优势乔木共16种生境因子的选择研究, 发现新林林区冬季紫貂更偏爱海拔较高、距水源较近、距道路和居民点较远、距混交林较近、郁闭度更高的生境。通过对生境因子进行逻辑斯蒂回归筛选, 建立了紫貂生境选择的资源选择函数模型, 该模型的选取变量也支持了海拔、距道路距离、距水源距离的差异。这表明该林区紫貂偏爱海拔较高的生境, 活动在水源较近的区域, 回避人为干扰, 选择郁闭度较高的生境。

关键词 紫貂; 生境选择; 大兴安岭; 资源选择函数模型

中图分类号 S865.2² **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)34-0007-04

Study on the Selection of Winter Habitat of *Martes zibellina* in Greater Khingan Mountains

JIN Guang-yao¹, YIN Dong-dong¹, LIU Kai-fang², YAO Ying^{3*} (1. Heilongjiang Wild Animal Research Institute, Harbin, Heilongjiang 150081; 2. Xinlin Forestry Bureau in Greater Khingan Mountains, Great Khingan, Heilongjiang 165032; 3. Forestry Science Research Institute in Heilongjiang Province, Harbin, Heilongjiang 150081)

Abstract The field investigation was conducted on habitat selection of *Martes zibellina* in Xinlin, Greater Khingan Mountains, Heilongjiang Province. Through study on selection of 16 kinds of habitat factors, including elevation, slope degree, slope direction, distance to water source, distance to road, distance to coniferous, distance to broad-leaf, distance to mixed, distance to shrub, distance to swamp, distance to residents, hiding cover, canopy closure, snow depth, vegetation types, dominant tree, it was found that *Martes zibellina* in Xinlin forest area in winter prefer to higher elevation and canopy closure, near water source and mixed forest, far from road and residential sites. By Logistic regression screening of habitat factors, resource selection function model was established. Selected variables of resource selection function model also supported the difference of elevation, distance to road, distance to water source. It was indicated that *Martes zibellina* in Xinlin forest area preferred high altitude, high canopy density, near water, avoiding human disturbance.

Key words *Martes zibellina*; Habitat selection; Greater Khingan Mountains; Resource selection function model

紫貂(*Martes zibellina*)隶属哺乳纲(Mammalia)食肉目(Carnivora)鼬科(Mustelidae)貂属(*Martes*), 被列入国家Ⅰ级重点保护动物, 是全世界最珍贵的毛皮动物, 其皮张被称为细毛皮的“软黄金”。紫貂曾广泛分布于欧亚大陆及其附近岛屿, 而我国是全球紫貂分布的最南端。目前, 全世界共有18个亚种^[1], 我国有4个亚种, 其中大兴安岭亚种(*M. z. princeps*)分布在黑龙江省和内蒙古大兴安岭西北部, 阿尔泰亚种(*M. z. averini*)分布在我国西北部阿尔泰山区和新疆北部地区, 小兴安岭亚种(*M. z. linkouensis*)^[1]仅分布在我国黑龙江省中南部小兴安岭山地, 长白山亚种(*M. z. hamgyenensis*)分布在长白山地(包括吉林省长白山地区和黑龙江省张广才岭、老爷岭和完达山山地), 向南延伸至朝鲜境内。

近年来国内外野生动物保护管理实践表明, 对目标种群的有效保护首先要保护其栖息生境。随着国家天然林保护工程、全国野生动植物保护及自然保护区建设工程等的有效实施, 我国东北地区紫貂种群得到快速恢复, 许多地区在紫貂种群消失数载后又重新出现, 彰显了我国野生动物保护成果。然而, 紫貂作为肉食性动物, 在顶级捕食者相对匮乏的大小兴安岭地区, 既是该寒温带生态系统食物链组成的关键一环, 又在区域生物多样性保护中发挥着不可或缺的重要作用。笔者于2013—2015年冬季积雪覆盖期(11月中旬至翌

年3月中旬)对黑龙江省大兴安岭新林林区宏图林场紫貂的生境选择进行了研究, 旨在为我国紫貂等濒危、珍稀食肉动物的种群保护及生境恢复提供理论依据和基础资料。

1 材料与方法

1.1 野外调查 2013—2015年冬季(11月中旬至翌年3月中旬)在大兴安岭新林林区宏图林场对紫貂生境进行了实地调查。共设置10条固定调查样线, 每条样线长度3.0~5.0 km, 样线间距大于2.5 km。连续3个冬季进行3次重复调查, 在样线上记录发现的紫貂活动痕迹点坐标及相关生境信息数据。

1.2 利用样方的设置 根据紫貂的活动习性并通过辨别雪地足迹对其生境进行野外调查, 根据紫貂的利用痕迹(如取食留下的足迹、粪便等)来确定其对生境的利用。在发现紫貂的巢穴或者利用痕迹位置, 用全球定位仪(GPS)进行定位, 以活动痕迹或洞穴为中心设置1个10 m×10 m的样方, 记录样方内的16种生态因子, 包括坡向、坡度、海拔高度、植被类型、优势乔木、隐蔽级、郁闭度、距针叶林距离、距阔叶林距离、距混交林距离、距灌丛距离、距沼泽距离、雪深、距水源距离、距道路距离和距居民点距离^[2]。这些样方覆盖了林区所有的植被类型。16种生态因子的判断标准如下: ①海拔高度。利用GPS记录样方的海拔高度。②坡向。在ArcGIS中测算样方所在山坡的坡向。正北方向为0°, 沿顺时针方向记数; 坡向划分为阳坡和阴坡, 坡向分为东、南、西、北、东北、东南、西北、西南及无9个方位; 阳坡一般为南、西南、西、西北; 阴坡为东北、东、北、东南坡; 各坡向的aspect数值为平面

作者简介 金光耀(1980-), 男, 吉林吉林人, 助理研究员, 博士, 从事野生动物生态学研究。*通讯作者, 助理研究员, 硕士, 从事森林生态和森林培育研究。

收稿日期 2016-09-15

-1.0°, 67.5°~112.5°E, 157.5°~202.5°S, 247.5°~292.5°W, 337.5°~22.5°N, 22.5°~67.5°NE, 112.5°~157.5°SE, 202.5°~247.5°SW, 292.5°~337.5°NW。③坡度。在 ArcGIS 中测算样方所在山坡的坡度。④植被类型。植被类型有针叶林、阔叶林、混交林、灌丛、沼泽 5 种类型。⑤距水源距离。使用 ArcGIS 软件测算样方中心到最近水源的直线距离。⑥距道路距离。使用 ArcGIS 软件测算样方中心到最近道路的直线距离。⑦距居民点距离。使用 ArcGIS 测算样方中心到最近居民点的直线距离。⑧距针叶林距离。使用 ArcGIS 测算样方中心到最近针叶林的直线距离。⑨距阔叶林距离。使用 ArcGIS 测算样方中心到最近阔叶林的直线距离。⑩距针阔混交林距离。使用 ArcGIS 测算样方中心到最近针阔混交林的直线距离。⑪距灌丛距离。使用 ArcGIS 测算样方中心到最近灌丛的直线距离。⑫距沼泽距离。使用 ArcGIS 测算样方中心到最近沼泽的直线距离。⑬优势乔木。优势乔木是指在 10 m×10 m 样方中占有乔木密度的 70% 以上的一种乔木。主要有红松、云杉、冷杉、落叶松、白桦、暴马丁香和无优势乔木、无树 8 个类型。⑭隐蔽级。在样方中心树立 1 个 1 m 高的木杆,从周围东、南、西、北 4 个方向距离中心 20 m 处测量木杆的能见度,即可以看见木杆长度占总长度的百分比,然后计算平均值。⑮郁闭度。利用样点法测算 10 m×10 m 样方中乔木树冠覆盖面积与地表面积的比例^[3]。⑯雪深。将样方划分为 4 等分方格,在每个方格中心位置测量雪深,取平均值。

2013—2015 年冬季,在大兴安岭地区新林林区宏图林场测量了 25 个紫貂冬季生境利用样方。

1.3 对照样方的设置 利用 GPS 从设定样线的起点开始每隔 0.2 km,在样线上设置 1 个样方作为对照样方,以保证对照样方设置的随机性,样方的设定方法与紫貂实际利用样方相同,也测定 16 种生境因子,以便与利用样方进行比较,若对照样方设定时发现其中有紫貂的活动痕迹,则将此对照样方剔除,保证调查覆盖研究区域所有的植被类型。

2013—2015 年冬季在大兴安岭地区新林林区宏图林场测量了 182 个紫貂冬季生境对照样方。

1.4 数据处理

1.4.1 单个样本的 Kolmogorov-Smirnov (K-S) 检验。采用单个样本的 K-S 检验海拔高度、坡度、距针叶林距离、距阔叶林距离、距混交林距离、距灌木距离、距沼泽距离、隐蔽级、郁闭度、距水源距离、距道路距离、距居民点距离、雪深 13 种数值型生态因子的数据是否呈正态分布,若 $P > 0.05$,则呈正态分布,若 $P < 0.05$ 则不呈正态分布。

1.4.2 卡方 (Chi-Square) 检验。卡方检验是用于分类计数资料的假设检验方法,检验样本分布偏离理论分布的严重程度,检验 1 个或多个样本率或构成比之间的差异是否具有统计学意义,若 $P < 0.05$,则拒绝无效假设 H_0 ,得出总体上差异显著的结论^[4]。

采用卡方统计对坡向、植被类型、优势乔木 3 种变量进行显著性检验。 χ^2 值越大,说明 2 个样本之间的差异越大。

当 $P < 0.01$ 表示差异极显著, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

1.4.3 2 个独立样本的 t 检验。2 个独立样本检验是检测 2 个没有联系的总体样本均值间是否存在显著差异,2 个没有联系的总体样本也称为独立样本。可用抽取样本检验 2 个总体的均值间是否存在显著的差异。

对单个样本 K-S 检验中呈正态分布的数值型变量 ($P > 0.05$) 进行 t 检验, $P < 0.01$ 表示差异极显著, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

1.4.4 2 个独立样本的 U 检验。独立样本 U 检验是用来验证来自非正态总体的 2 个不相关样本的均值差异,根据 2 个总体方差的相等与不相等有不同的方法,因此对 2 个样本的均值进行差异显著性分析前,先要检验 2 个样本的方差齐性,并根据方差齐性或不齐选择不同的计算结果^[5]。

对单个样本 K-S 检验中不呈正态分布的数值型变量 ($P < 0.05$) 进行独立样本检验, $P < 0.01$ 表示差异极显著, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

1.4.5 资源选择函数。利用资源选择函数来分析生境中的不同因子对动物生境选择的影响,可以反映出动物对生态因子的偏好程度^[6-8]。对于生境中的一种资源 i ,动物对它的选择率为: $\omega_i = o_i / \pi_i$, $\pi_i = \alpha_i / \alpha^+$ 。其中, o_i 是资源 i 中利用率, π_i 是资源的可获得性, α_i 是资源可以被使用的单位, α^+ 是所有可供使用的资源单位。

动物对生境的选择通常受到食物、隐蔽物和水源等多种因素的制约,因此资源选择函数表现为一个包括多个独立生境变量的线性对数模型: $\omega(x) = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k)$,其中 x 代表不同的独立生境变量, β 表示选择系数。因此,物种对生境的选择概率为: $T(x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k)}{[1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k)]^0}$ 。

当 $T(x)$ 值为 1 或 0 时,表示选择或不选择,选择系数 β 由逻辑斯蒂回归系数来估计。1967 年逻辑斯蒂回归方程首次用于多变量分析,目前已成为研究二值响应变量或有序响应变量与一组自变量之间关系的一种标准统计方法。

为控制各变量之间的自相关性,在拟合逻辑斯蒂回归方程之前对所有的生境变量进行相关分析,当相关系数绝对值小于等于 0.5 时,可看作无自相关性。由于数据不符合正态分布,因此采用 Spearman 相关系数对利用样方和对照样方的数据进行相关分析,去除相关系数大于 0.5 且与其他因子的相关系数较大的因子。

2 结果与分析

2.1 数值型因子检验结果 采用单个样本的 K-S 检验大兴安岭地区海拔高度、坡度、距水源距离、距针叶林距离、距混交林距离、距阔叶林距离、距道路距离、距居民点距离、距灌木距离、距沼泽距离、隐蔽级、郁闭度、雪深 13 种数值型生态因子的数据是否呈正态分布。由表 1 可知,新林林区距针叶林距离、隐蔽级和郁闭度为非正态分布 ($P < 0.05$),其余生态因子为正态分布的数值型数据 ($P > 0.05$)。

表 1 大兴安岭新林区单样本 K-S 检验($n=25$)Table 1 One-sample Kolmogorov-Smirnov test result of Xinlin Greater Khingan Mountains($n=25$)

生态因子 Ecological factors	K-S 检验 z 值 z of K-S test	P 值 P value	判定结果 Distribution
海拔 Elevation//m	0.624	0.830	正态分布
坡度 Slope degree//°	0.803	0.539	正态分布
距水源距离 Distance to water resource//m	0.689	0.729	正态分布
距道路距离 Distance to road//m	0.685	0.735	正态分布
距居民点距离 Distance to residents//m	1.033	0.236	正态分布
距阔叶林距离 Distance to broad-leaf//m	0.517	0.952	正态分布
距混交林距离 Distance to mixed forest//m	1.123	0.160	正态分布
距灌丛距离 Distance to shrub//m	0.800	0.543	正态分布
距沼泽距离 Distance to swamp//m	1.015	0.255	正态分布
雪深 Snow deep//m	0.974	0.299	正态分布
距针叶林距离* Distance to coniferous//m	—	—	非正态分布
隐蔽级 Hiding cover//%	1.592	0.013	非正态分布
郁闭度 Canopy closure//%	1.444	0.031	非正态分布

注: * 表示该变量无方差,无法进行单样本 K-S 检验。

Note: * indicates the variable has no variance, single sample Kolmogorov-Smirnov test can not be carried out.

利用 t 检验对大兴安岭取样地点的正态分布数值型生态因子做了差异性分析,利用非参数估计中的 2 个独立样本的 Mann-Whitney U 检验对剩余的非正态分布数值型生态因子的差异进行分析。由表 2 可知,新林区冬季紫貂在距道路

距离差异极显著($P < 0.01$),在海拔、距水源距离、距混交林距离和郁闭度差异显著($P < 0.05$)。与对照样方相比,冬季紫貂更偏爱海拔较高、距水源较近、距道路和居民点较远、距混交林较近、郁闭度更高的生境。

表 2 大兴安岭新林区紫貂冬季利用样方和对照样方 12 个生态因子的比较($n=57$)Table 2 Comparison of numeric factors between used plots and control plots in Xinlin Greater Khingan Mountains($n=57$)

样方 Plots	海拔 Elevation m	坡度 Slope degree//°	距水源距离 Distance to water resource//m	距道路距离 Distance to road m	距居民点距离 Distance to residents//m	距针叶林距离 Distance to coniferous//m	距阔叶林距离 Distance to broad-leaf//m
利用样方 Used plots	849.04 ± 172.51 *	11.636 ± 7.151	1 827.1 ± 1 094.7	2 182.1 ± 1 294.7 **	23 448 ± 14 749	0 ± 0	48 714 ± 10 596
对照样方 Control plots	736.34 ± 139.50	12.040 ± 7.718	2 592.7 ± 1 365.8	1 495.0 ± 981.82	16 091 ± 10 498	0 ± 0	48 971 ± 10 572
U 值 Mann-Whitney U tests							
t 值 t-test	2.537	-0.192	-2.187	2.114	2.032	0	-0.860
样方 Plots	距混交林距离 Distance to mixed forest//m	距灌丛距离 Distance to shrub//m	距沼泽距离 Distance to swamp//m	隐蔽级 Hiding cover//%	郁闭度 Canopy closure//%	雪深 Snow depth//cm	
利用样方 Used plots	5 991.6 ± 2 429.6	3 127.7 ± 2 349.4	2 211.0 ± 1 410.3	0.308 ± 0.187	0.372 ± 0.098 *	19.560 ± 3.190	
对照样方 Control plots	6 291.5 ± 2 588.4	3 179.9 ± 2 277.8	2 175.2 ± 1 374.4	0.276 ± 0.130	0.340 ± 0.155	19.640 ± 5.155	
U 值 Mann-Whitney U tests							
t 值 t-test	-2.128	-0.080	0.091	-0.311	-0.235		-0.660

注: * 表示差异显著($P < 0.05$), ** 表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: * stands for significant difference($P < 0.05$), ** stands for extremely significant difference($P < 0.01$)。

2.2 非数值型生态因子检验结果 利用卡方检验分析了大兴安岭地区取样地点冬季紫貂在植被类型、优势乔木、坡向 3 种非数值型生态因子的选择上是否存在差异。结果表明,大兴安岭地区 3 个非数值型生态因子差异均不显著。

2.3 紫貂冬季生境选择的资源选择函数 因为生态因子中非正态分布变量较多,因此采用 Spearman 秩相关检验各生态因子间的相关关系,绝对值 ≥ 0.5 的相关变量需要分析排除其中之一。新林区检验结果中绝对值 ≥ 0.5 的相关关系如下:距水源距离与距灌丛距离呈正相关;距居民点距离与优势树种、雪深呈正相关,与距灌丛距离呈负相关;距针叶林距离与植被类型、优势树种呈正相关,与距沼泽距离、郁闭度呈负相关;距阔叶林距离与距混交林距离呈正相关,与雪深呈负相关;距混交林距离与雪深呈负相关;距沼泽距离与郁闭度呈正相关,与植被类型、优势树种和雪深呈负相关;植被类型与优势树种呈正相关,与郁闭度呈负相关;优势树种与

郁闭度呈负相关。

由表 3 可知,新林区剔除距居民点距离、距阔叶林距离、距灌丛距离、植被类型、雪深,将其余生态因子带入二元 Logistic 回归。

新林区回归模型显示仅有海拔、距道路距离、距水源距离的回归系数达到显著水平,用选入的生态因子变量建立的资源选择函数模型为: $P = ez / (1 + ez)$, 其中 $z = 2.041 + 1.040 \times \text{海拔} + 1.907 \times \text{距道路距离} - 1.303 \times \text{距水源距离}$ 。式中, e 为任意自然数, P 为生境选择概率。

使用 SPSS 软件中的 ROC 曲线对新林区紫貂资源选择函数模型检验,选择资源选择函数模型对样方调查结果的预测值为待检验变量,选择紫貂出现与否为变量,生成图形如图 1 所示。由表 4 可知,ROC 曲线的面积为 0.826,高于假设面积 0.500,证明该资源选择函数模型拟合效果较好。

表3 大兴安岭新林林区 Logistic 方程中筛选出的变量

Table 3 Selected factors for Logistic equation in of Xinlin Greater Khingan Mountains

生态因子 Ecological factors	回归系数 Regression coefficient	标准误 Standard error	Wals 卡方值 Wals value	P 值 P value
海拔 Elevation	1.040	0.563	10.237	0.011
距道路距离 Distance to road	1.907	0.484	13.768	0.001
距水源距离 Distance to water resource	-1.303	0.578	12.332	0.008
常量 Constant	2.041	0.465	18.266	0.002

表4 大兴安岭新林林区资源选择函数模型正确预测率

Table 4 Logistic model correctly predicted rate of Xinlin Greater Khingan Mountains

组别 Groups	组别 Group		校正百分比 Correction percentage // %
	0	1	
0	18	7	78.4
1	52	0	86.5

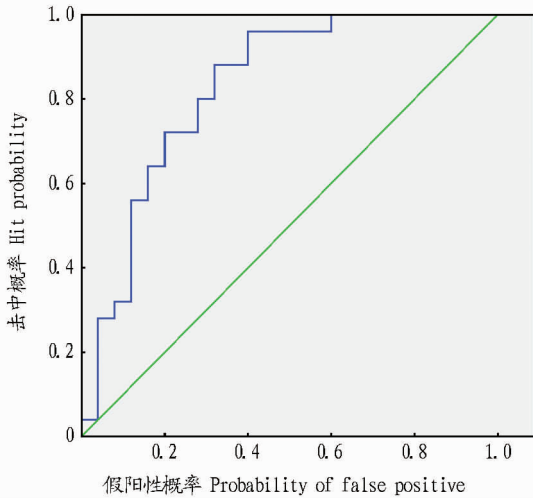


图1 大兴安岭新林林区紫貂冬季生境资源选择函数 ROC 曲线

Fig.1 Resource selection functions ROC curve of sables winter habitats of Xinlin, Greater Khingan Mountains

3 讨论与结论

生境三要素是食物、水和隐蔽,一直以来,生境选择都是野生动物管理中重要的研究内容,而该研究也是以这三大要素为中心开展的。动物对生境类型选择的不同反映了生理需求和捕食风险之间的平衡关系,不同季节也会选择不同的植被类型,以便获得更大的收益。动物对生境的选择与生态环境中的食物丰盛度、隐蔽条件、植被演替状况以及动物自身的生理状况直接相关。研究动物的生境利用对评估动物所处地区生态环境的质量、预测生境的负载量及合理保护和

利用动物资源等都具有重要意义。

该研究结果表明,在大兴安岭的新林林区冬季紫貂在距道路距离差异极显著($P < 0.01$),在海拔、距水源距离、距混交林距离和郁闭度差异显著($P < 0.05$)。新林林区冬季紫貂更偏爱海拔较高、距水源较近、距离道路和居民点较远、距混交林较近、郁闭度更高的生境。资源选择函数模型的选取变量也支持了海拔、距道路距离、距水源距离的差异。表明该林区紫貂偏爱海拔较高的生境,活动在水源较近的区域,回避人为干扰,以及选择郁闭度较高的生境。Soutiere等^[9]研究表明,紫貂偏爱选择中低海拔,这与该研究结果不同。究其原因,可能是海拔因子通常和温度、风力、雪深等非生物因子以及植被类型、郁闭度、隐蔽级等多个生物因子密切相关,因此成为影响紫貂生境选择的重要因子;距水源距离近是因为冬季紫貂对水源的选择主要与其食物和觅食场所相联系,紫貂的主要食物啮齿类多生活在距水源较近、灌丛茂盛易隐蔽、较温暖的微生境中;此外,人为干扰对紫貂影响的主要生境因子为研究地区的道路。大量研究表明,道路是导致野生动物生境的丧失、隔离和破碎化、使生态过程中断、动物死亡率增加的重要因子。

参考文献

- [1] 马逸清, 吴家炎. 我国紫貂种下分类的研究——包括一新亚种[J]. 动物学报, 1981, 27(2): 86-93.
- [2] XU H F, ZHANG E D. Wildlife conservation and management principles and techniques[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 1998: 240.
- [3] 李永宁, 张宾兰, 秦淑英, 等. 郁闭度及其测定方法研究与应用[J]. 世界林业研究, 2008, 21(1): 40-46.
- [4] 骆颖. 贺兰山岩羊(*Pseudois nayaur*)和马鹿(*Cervus elaphus*)的食性及生境选择比较研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2011.
- [5] 杨会涛, 张广才. 岭狗獾生境选择[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
- [6] MANLY B F J, MCDONALD L L, THOMAS D L. Resource selection by animals: Statistical design and analysis for field studies[M]. London: Chapman & Hall, 1993.
- [7] BOYCE M S, MCDONALD L L. Relating populations to habitats using resource selection functions[J]. Trends in ecology and evolution, 1999, 14(7): 268-272.
- [8] 李欣海, 马志军, 李典谟, 等. 应用资源选择函数研究朱鹮的巢址选择[J]. 生物多样性, 2001, 9(4): 352-358.
- [9] SOUTIERE E C. Effects of timber harvesting on marten in Maine[J]. J Wildl Manage, 1979, 43(4): 850-860.