

贺兰山岩羊冬季对卧息地的选择

刘振生^{1,2} 曹丽荣¹ 王小明^{1*} 李涛³ 李志刚³

(1 华东师范大学生命科学学院, 上海, 200062) (2 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨, 150040)

(3 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局, 银川, 750021)

摘要: 2003 年 11 ~ 12 月, 在贺兰山采用样带法对岩羊冬季卧息地的选择性进行了研究。共观察到 94 个岩羊的卧息地, 结果表明岩羊对优势乔木的利用有选择性 ($\chi^2 = 17.01$, $df = 5$, $P < 0.05$), 偏好利用灰榆占优势的卧息地, 避免选择油松和青海云杉占优势的卧息地; 对坡向选择性利用 ($\chi^2 = 30.69$, $df = 2$, $P < 0.05$), 偏好位于阳坡的卧息地, 避免利用阴坡; 对植被类型、坡位和风向的利用无选择性。对卧息地样方与在样带中随机设置的样方进行比较, 发现卧息地具有乔木密度低、食物丰富度低、隐蔽程度高、接近水源、接近裸岩、风速低和雪覆盖浅等特征。贺兰山的岩羊经常选择岩洞作为卧息地, 占总卧息地的 62.77%。对 59 个岩洞和 35 个非岩洞卧息地进行比较, 表明岩洞卧息地的坡度大、隐蔽程度高、风速低、保温性好、食物丰富度低和无雪覆盖。岩羊通常选择较宽的、深度和高度适中的岩洞作为卧息地。对各种生境因子的主成分分析表明前 7 个特征值的累积贡献率已经达到了 80.09%, 可以较好地反映岩羊卧息地的生境特征, 第 1 主成分中隐蔽级、风向、风速、距裸岩距离和雪深具有重要作用, 其余 6 个主成分中优势乔木、坡向、坡位和坡度也很重要。

关键词: 岩羊; 卧息地; 主成分分析; 冬季; 贺兰山

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2005) 01 - 0001 - 08

Winter Bed-Site Selection by Blue Sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains, Ningxia, China

LIU Zhensheng^{1,2} CAO Lirong¹ WANG Xiaoming^{1*} LI Tao³ LI Zhigang³

(1 Department of Biology, East China Normal University, Shanghai, 200062, China)

(2 College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin, 150040, China)

(3 Helan Mountains National Nature Reserve, Yinchuan, 750021, China)

Abstract: Winter bedding sites used by blue sheep *Pseudois nayaur* were studied using transect lines methods in Helan Mountains, Ningxia Hui Autonomous Region from November to December, 2003. Ninety-four sites used by sheep and fifty random plots were located and measured during 25 transects surveys crossing the entire study area. Blue sheep preferred bed sites dominated by elm *Ulmus glaucescens*, and avoided beds dominated by Chinese red pine *Pinus tabulaeformis* and Qinghai spruce *Picea crassifolia*. Sheep showed a strong preference for slopes exposed to the sun, and avoided shady slopes. Comparing bed sites with random plots, bed sites were characterized by lower tree density, lower food abundance, lower wind speed and shallower snow cover. In Helan Mountains blue sheep frequently used caves as their beds, accounting for 62.77% of total beds. Beds in caves were associated with steeper slopes, more sheltering cover, lower wind speed, higher temperature and no snow cover. Results of principal component analysis showed that the first 7 principal components explained 80.09% of the total variance among all bed sites habitat variables. PCA indicated that sheltering cover, wind direction, wind speed, snow depth and distance from rocks were important factors in bed-site selection.

Key words: Blue sheep (*Pseudois nayaur*); Bed site; Principal components analysis; Winter; Helan Mountains

在温带地区, 冬季对有蹄类动物是一个至关重要的时期 (Mautz, 1978; Moen, 1973, 1976;

基金项目: 教育部跨世纪优秀人才培养计划、“十五”“211 工程”重点学科建设子项目和上海市重点学科(生态学)基金资助

作者简介: 刘振生 (1973 -), 男, 博士, 主要从事动物生态学研究。

收稿日期: 2004 - 04 - 26; 修回日期: 2004 - 06 - 11

* 通讯作者, correspondence author, E-mail: xmwang@ecnu.edu.cn

Mysterud and Øtbye, 1995; Schmitz, 1991)。冬季植物的质量和可利用性都降到了最低点, 导致有蹄类动物对能量摄取不足 (Chen *et al.*, 1999; Mautz, 1978; Parker and Robbins, 1984)。因此有蹄类动物通常利用降低新陈代谢率和体温来减少能量需求, 它们也依赖消耗自身的体脂肪以满足能量需要。长期以来, 有蹄类动物对卧息地的选择被看作是一种贮存能量的策略 (Armstrong *et al.*, 1983; Lang and Gates, 1985; Mysterud and Øtbye, 1995), 也被看作是一种反捕食的策略 (Smith *et al.*, 1986)。因此, 对有蹄类动物卧息地选择的研究具有重要的意义。

岩羊 (*Pseudois nayaur*) 主要分布于我国的青藏高原及其毗邻地区 (王小明等, 1998a; 盛和林, 1994), 是国家二级保护动物。在国外见于尼泊尔、巴基斯坦、印度和克什米尔 (Schaller, 1977; 谭邦杰, 1990)。Wilson (1981) 和 Oil (1996) 对岩羊的生境选择进行了研究, 但是缺乏对其卧息地利用和选择方面的报道。为此, 2003 年 11 ~ 12 月我们在宁夏贺兰山国家级自然保护区和内蒙古贺兰山国家级自然保护区对岩羊的卧息地进行了调查, 以进一步探讨岩羊冬季卧息地的特征和选择机制。

1 研究地区和方法

1.1 研究地区

贺兰山位于银川平原和阿拉善高原之间, 地理坐标为北纬 38°21' ~ 39°22', 东经 105°44' ~ 106°42', 海拔高度一般为 2 000 ~ 3 000 m。有关贺兰山的气候条件、植被分布、地理特征等已有报道 (王小明等, 1998b; 刘振生等, 2004; 狄维忠, 1987)。

1.2 研究方法

1.2.1 卧息地的野外调查

2003 年 11 ~ 12 月对贺兰山岩羊的卧息地进行了野外调查, 调查面积约 3 000 km², 占贺兰山总面积的 1/2。根据贺兰山岩羊的实际分布 (王小明等, 1998a, 1998b) 及贺兰山各主要沟道的分布情况, 在马莲口、小口子、苏峪口、大水沟、汝箕沟、古拉本、哈拉乌、樊家营子和镇木关等处共设置样带 25 条, 样带沿调查沟道的两侧向山脊布设, 样带宽 15 m, 总长 243.8 km。样带覆盖了贺兰山岩羊栖息的主要生境类型, 包括山地草原带、山地疏林草原带、山地针叶林带、亚高山灌丛和草甸带

4 种类型。在样带中根据岩羊趴卧后留下的痕迹以及附近的粪便、足迹、残留的毛发等确定其卧息地, 根据卧息地内粪便等的新鲜程度确定利用的时间, 仅对利用时间不超过 3 d 的卧息地进行观测和记录, 并利用全球定位仪 (GPS) 定位。此外, 当发现岩羊卧息时则对其进行一些行为学观察, 待其离去后即对其卧息地进行记录和测定。

1.2.2 生态因子测定

以卧息地为中心设置 1 个 1 m × 1 m 的正方形小样方和 1 个 20 m × 20 m 的正方形大样方, 在大样方内详细记录了植被类型、优势乔木、乔木密度、食物丰盛度、坡向、坡位、坡度等 7 个生境因子, 在小样方内测定隐蔽级、距水源距离、距裸岩距离、温度、风向、风速、雪深、海拔高度和人为干扰距离等 9 个生境因子。同时在样带上利用 GPS 每隔 2 000 m 设置 1 个随机样方, 随机样方的设定方法及测定内容同卧息地样方, 共测定了 50 个随机样方, 随机样方与卧息地样方不重叠, 以用来判断岩羊对卧息地的利用是否有选择性。各生境因子的测定方法和等级划分标准依张明海和肖前柱 (1990)、王小明等 (1999)、张洪海和马建章 (2000) 划分如下:

植被类型: 依据贺兰山典型的植被垂直分布带划分为山地草原带 (1 400 ~ 1 600 m)、山地疏林草原带 (1 600 ~ 2 000 m)、山地针叶林带 (1 900 ~ 3 000 m)、亚高山灌丛和草甸带 (3 000 ~ 3 556 m) 4 种类型。

优势乔木: 乔木为高出地表 3 m 的单生树。优势乔木即为一种乔木密度占样方中所有乔木密度的 70 % 以上。主要有灰榆 (*Ulmus glaucescens*) 优势, 杜松 (*Juniperus rigida*) 优势, 油松 (*Pinus tabulaeformis*) 优势, 青海云杉 (*Picea crassifolia*) 优势, 混合型 (无一树种棵数达 70 % 以上) 和无树 6 个类型。

乔木密度: 统计大样方中乔木的数量。

食物丰富度: 记录样方内岩羊取食的主要植物, 如短花针茅 (*Stipa breviflora*)、猪毛菜 (*Salsola collina*)、冠芒草 (*Pappophorum brachystachyum*)、赖草 (*Leymus secalinus*)、冰草 (*Agropyron cristatum*)、芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、阿拉善鹅观草 (*Roegneria kanashirol*)、小叶金露梅 (*Dasiphora parvifolia*) 和灰榆等的覆盖度。

坡向：阳坡（S67.5°E ~ S22.5°W）、半阴和半阳坡（N22.5°E ~ S67.5°E、S22.5°W ~ N67.5°W）、阴坡（S67.5°W ~ N22.5°E）。

坡位：将卧息地所在的山坡划分为 3 个部分。上坡位，位于坡的上 1/3 部；中坡位，位于坡的中部；下坡位，位于坡的下 1/3 部。

坡度：测量卧息地所在山坡的坡度。

隐蔽级：在卧息地中心树立一个 1 m 的木杆，在周围东、南、西、北 4 个方向距离中心 20 m 处测量木杆的可见度，即可以看见木杆长度占总长度的百分比，然后计算平均值。

水源距离：估算小样方到水源的垂直距离。

裸岩距离：测量小样方到裸露岩石的垂直距离。

风向：利用手持式风向风速仪测定，划分为无风、东风、南风、西风、北风、东南风、东北风、西南风和西北风。

风速：利用手持式风向风速仪测定。

保温性：使用探针式感应温度计测定距离地表 10 cm 处小样方内的环境温度，同时测定距样方任意方向 50 m 处的环境温度，以小样方减去任意点温度之差作为卧息地保温性的衡量指标。

雪深：测定小样方东南西北 4 个点上的雪深，然后计算平均值。

海拔高度：利用全球定位仪（GPS）记录卧息地的海拔高度。

人为干扰距离：以离护林点、道路等人为干扰源的距离来确定，估算样方到干扰源的垂直距离。

由于岩羊的许多卧息地选择在岩洞中，因此我们对这一类卧息地还测量了岩洞的平均深度、宽度

和高度，并计算了岩洞的面积和体积。

1.2.3 统计分析

采用 Neu 等（1974）的方法分析岩羊对卧息地中植被类型、优势乔木、坡向、坡位和风向的选择或避免。先用拟合优度卡方检验验证岩羊对上述 5 个因子是否有选择性，然后再用 Bonferroni 置信区间的计算公式分析岩羊对这些因子中的哪些种类偏好和避免。

利用单个样本的 Kolmogorov-Smirnov Test 检验数据是否呈正态分布。因数据不符合进行参数分析的条件（ $P > 0.05$ ），采用非参数估计中的两个独立样本的 Mann-Whitney U 检验对卧息地样方与样带中的随机样方、卧息地中岩洞与非岩洞的生境因子的差异进行分析。

对岩羊卧息地的 16 个生境因子的野外数据进行主成分分析。在主成分分析中，根据样本数据矩阵计算出样本相关矩阵，求出相关矩阵的特征根和特征向量。根据特征根和特征向量求出各主成分及贡献率。通过主成分分析可以确定在岩羊卧息地选择上起主要作用的生境因子。

2 结果

2.1 卧息地生境因子的一般特征

2003 年 11 ~ 12 月期间，我们一共观察到 94 个岩羊利用的卧息地。另外在设置的 25 条样带上共测定了 50 个随机样方。对其中的分类因子，即植被类型、优势乔木、坡向、坡位和风向进行拟合优度卡方检验（表 1）。

表 1 贺兰山岩羊对冬季卧息地中分类因子的利用和选择

Table 1 Utilization and selection of ordinal variables in bed sites used by blue sheep during winter

| 因子 Factor | 项目 Item | 实际利用比例 Actual proportion used (P_i) ($n = 94$) | 期望利用比例 Expected proportion used (P_{ij}) ($n = 50$) | Bonferroni 置信区间 Bonferroni interval for P_i | 选择性 Preference |
|-----------------------|--|--|---|--|-------------------|
| 优势乔木 Dominant tree | 灰榆 <i>Ulmus glaucescens</i> | 0.436 | 0.300 | 0.304 P_i 0.568 | + |
| | 杜松 <i>Juniperus rigida</i> | 0.053 | 0.060 | 0 P_i 0.113 | 0 |
| | 油松 <i>Pinus tabulaeformis</i> | 0.064 | 0.140 | 0 P_i 0.129 | - |
| | 青海云杉 <i>Picea crassifolia</i> | 0.053 | 0.140 | 0 P_i 0.113 | - |
| | 混合型 Mixture | 0.191 | 0.140 | 0.087 P_i 0.295 | 0 |
| | 无树 No tree | 0.202 | 0.220 | 0.095 P_i 0.309 | 0 |
| | 阳坡 Sunny slope | 0.606 | 0.340 | 0.489 P_i 0.723 | + |
| 坡向 Slope direction | 半阳坡和半阴坡 Half sunny and half shady slope | 0.234 | 0.320 | 0.133 P_i 0.336 | 0 |
| | 阴坡 Shady slope | 0.160 | 0.340 | 0.072 P_i 0.248 | - |

结果表明岩羊对优势乔木的利用有选择性 ($\chi^2 = 17.01$, $df = 5$, $P < 0.05$)。岩羊偏好利用灰榆优势 ($P_w < P_i$) 的卧息地, 避免选择油松 ($P_w > P_i$) 和青海云杉 ($P_w > P_i$) 占优势的卧息地, 对其余 3 种类型随机利用。岩羊对坡向 ($\chi^2 = 30.69$, $df = 2$, $P < 0.05$) 选择性利用, 偏好位于阳坡 ($P_w < P_i$) 的卧息地, 避免利用阴坡 ($P_w > P_i$) (表 1)。而对植被类型 ($\chi^2 = 2.91$, $df = 3$, $P >$

0.05)、坡位 ($\chi^2 = 4.05$, $df = 2$, $P > 0.05$) 和风向 ($\chi^2 = 11.43$, $df = 8$, $P > 0.05$) 的利用无选择性。

通过比较岩羊冬季卧息地与样带中的随机样方的数量化因子, 我们发现岩羊通常选择坡度大 ($P < 0.05$)、保温性高 ($P < 0.05$) 的地方作为其卧息地。岩羊的卧息地以乔木密度低、食物丰富度低、隐蔽程度高、接近水源、接近裸岩、风速低和雪覆盖浅为主要特征 ($P < 0.05$) (表 2)。

表 2 贺兰山岩羊冬季卧息地样方与样带中的随机样方中数量化因子的生境特征 (平均值 \pm 标准误)

Table 2 Characteristics (mean \pm SE) of continuous variables in bed sites used by blue sheep and random plots during winter in Helan Mountains

| 变量 Variables | 卧息地 (n = 94) Bed sites | 任意样方 (n = 50) Random plots | z | P |
|---|---------------------------|-------------------------------|--------|------|
| 乔木密度 (株/400 m ²) Tree density | 3.28 \pm 0.24 | 5.06 \pm 0.51 | - 3.09 | 0.00 |
| 食物丰富度 (%) Food abundance (%) | 15.99 \pm 0.97 | 25.30 \pm 2.34 | - 3.05 | 0.00 |
| 坡度 (°) Slope degree | 32.09 \pm 1.60 | 19.96 \pm 2.19 | - 4.65 | 0.00 |
| 隐蔽级 (%) Hiding cover | 38.99 \pm 3.30 | 72.80 \pm 2.65 | - 5.74 | 0.00 |
| 距水源距离 (m) Distance from water resource (m) | 1022.87 \pm 70.22 | 1266.20 \pm 106.31 | - 2.13 | 0.03 |
| 距裸岩距离 (m) Distance from bare rock (m) | 2.02 \pm 0.24 | 5.45 \pm 0.43 | - 5.78 | 0.00 |
| 保温性 (°) Temperature index | 1.02 \pm 0.14 | - 0.41 \pm 0.14 | - 6.69 | 0.00 |
| 风速 (m/s) Wind speed (m/s) | 0.98 \pm 0.17 | 3.46 \pm 0.34 | - 6.92 | 0.00 |
| 雪深 (cm) Snow depth (cm) | 0.21 \pm 0.01 | 4.52 \pm 0.52 | - 8.83 | 0.00 |
| 海拔高度 (m) Altitude (m) | 2029.30 \pm 37.84 | 2027.32 \pm 58.61 | - 0.35 | 0.73 |
| 人为干扰距离 (m) Distance from human disturbance (m) | 1957.45 \pm 186.63 | 1666.00 \pm 266.18 | - 1.23 | 0.22 |

2.2 岩洞对岩羊冬季卧息地选择的影响

在观测到的 94 个岩羊卧息地中, 有 59 个位于岩洞中, 占总卧息地的 62.77%, 35 个不在岩洞中, 占总卧息地的 37.23%。通过对岩洞和非岩洞 2 种卧息地类型进行的分析和比较, 可以发现与非岩洞类型的卧息地相比, 在岩羊利用的岩洞卧息地中, 具有坡度大、隐蔽程度高、风速低、保温性

好、无雪覆盖和食物丰富度低的特征 (表 3)。

对位于岩洞中的 59 个卧息地进行分析, 可以看出岩羊对岩洞卧息地各项测定指标选择的变动范围较大, 其中变动范围最大的是岩洞的体积, 最小的是岩洞的深度。总体上岩羊选择较宽的、深度和高度适中的岩洞作为卧息地 (表 4)。

表 3 贺兰山岩羊冬季卧息地中有无岩洞的生境特征 (平均值 ±标准误)
Table 3 Characteristics (mean ±SE) of dens and non-dens by blue sheep during winter in Helan Mountains

| 变量 Variables | 岩洞 (n = 59) Dens (n = 59) | 非岩洞 (n = 35) Non - dens (n = 35) | z | P |
|---|------------------------------|-------------------------------------|--------|------|
| 乔木密度 (株/400 m ²) Tree density | 3.12 ±0.28 | 3.54 ±0.43 | - 0.50 | 0.62 |
| 食物丰富度 (%) Food abundance (%) | 11.95 ±0.94 | 22.80 ±1.50 | - 5.29 | 0.00 |
| 坡度 (°) Slope degree | 34.83 ±1.87 | 27.46 ±2.78 | - 2.17 | 0.03 |
| 隐蔽级 (%) Hiding cover | 16.69 ±1.32 | 76.57 ±2.98 | - 7.84 | 0.00 |
| 距水源距离 (m) Distance from water resource (m) | 1033.90 ±97.85 | 1004.29 ±93.13 | - 0.15 | 0.88 |
| 距裸岩距离 (m) Distance from bare rock | 0.86 ±0.05 | 3.97 ±0.49 | - 5.16 | 0.00 |
| 保温性 (°) Temperature index (°) | 1.60 ±0.16 | 0.06 ±0.16 | - 6.26 | 0.00 |
| 风速 (m/s) Wind speed (m/s) | 0.05 ±0.02 | 2.54 ±0.31 | - 8.15 | 0.00 |
| 雪深 (cm) Snow depth (cm) | 0.00 | 0.56 ±0.17 | - 4.78 | 0.00 |
| 海拔高度 (m) Altitude (m) | 2026.49 ±49.72 | 2034.03 ±58.39 | - 0.13 | 0.90 |
| 人为干扰距离 (m) Distance from human disturbance (m) | 2058.47 ±257.78 | 1787.14 ±251.89 | - 0.06 | 0.95 |

表 4 贺兰山岩羊冬季岩洞卧息地的特征
Table 4 Characteristics of blue sheep dens in bed sites during winter in Helan Mountains

| 变量 Variables | 样本数量 (n) Numbe of sampler | 变异范围 (m) Variance Range | 平均值 (m) Mean | 标准差 SD |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------|
| 深 Den depth (m) | 59 | 0.5 ~ 7.0 | 1.97 | 0.17 |
| 宽 Den width (m) | 59 | 0.6 ~ 20.0 | 2.97 | 0.37 |
| 高 Den height (m) | 59 | 0.5 ~ 10.0 | 1.92 | 0.19 |
| 面积 Area (m ²) | 59 | 0.4 ~ 56.0 | 7.04 | 1.33 |
| 体积 Volume (m ³) | 59 | 0.4 ~ 385.0 | 22.59 | 7.56 |

2.3 岩羊冬季卧息地生境因子的主成分分析结果

主成分分析的结果 (表 5) 表明前 7 个特征值的累积贡献率已经达到了 80.09 %，可以较好地反映岩羊卧息地的生境特征，因此只选用前 7 个主成分进行分析，不再考虑其余的主成分。第 1 主成分的贡献率达到了 25.41 %，隐蔽级、风向、风速、距裸岩距离、雪深、食物丰富度、乔木密度、距水源距离和坡向这 9 个因子的载荷系数为正值，具有较大的作用。第 2 主成分的贡献率为 18.69 %，所代表的生物学意义不如第一主成分重要，但是与其

它主成分相比，仍然占有较重要的地位，其中海拔高度、人为干扰距离、植被类型、优势乔木、食物丰富度、隐蔽级、风速、距裸岩距离、坡位、风向和雪深这 11 个生态因子比较重要。第 3 主成分的贡献率为 9.74 %，植被类型、优势乔木、乔木密度、坡位、隐蔽级、距水源距离、距裸岩距离、保温性、风向、风速、雪深和海拔高度这 12 个生态因子比较重要。第 4、5、6 和 7 主成分的贡献率分别为 9.36 %、6.07 %、5.50 %和 5.31 %。

表 5 贺兰山岩羊冬季卧息地中生境变量的主成分分析

Table 5 Principal component analysis (PCA) of bed sites used by blue sheep during winter in Helan Mountains

| 变量 Variables | 特征向量 Eigenvectors | | | | | | |
|---|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 (25.41) * | 2 (44.11) | 3 (53.85) | 4 (63.21) | 5 (69.28) | 6 (74.78) | 7 (80.09) |
| 植被类型 Vegetation type | - 0.314 | 0.701 | 0.509 | 0.056 | - 0.085 | - 0.142 | - 0.115 |
| 优势乔木 Dominant tree | - 0.290 | 0.608 | 0.028 | - 0.093 | - 0.526 | 0.222 | 0.277 |
| 乔木密度 (株/400 m ²) Tree density | 0.345 | - 0.519 | 0.426 | - 0.322 | 0.055 | - 0.256 | - 0.277 |
| 食物丰富度 (%) Food abundance (%) | 0.464 | 0.398 | - 0.450 | 0.279 | 0.071 | 0.188 | - 0.097 |
| 坡向 Slope direction | 0.053 | - 0.305 | 0.673 | 0.134 | 0.150 | 0.363 | 0.190 |
| 坡位 Slope location | - 0.358 | 0.215 | - 0.143 | - 0.364 | 0.582 | 0.376 | 0.227 |
| 坡度 (°) Slope degree | - 0.218 | - 0.244 | 0.108 | 0.606 | 0.139 | - 0.316 | 0.552 |
| 隐蔽级 (%) Hiding cover | 0.865 | 0.339 | - 0.137 | 0.046 | 0.00 | 90.031 | 0.064 |
| 距水源距离 (m) Distance to water resource (m) | 0.073 | - 0.181 | 0.278 | 0.624 | 0.018 | 0.445 | - 0.383 |
| 距裸岩距离 (m) Distance to bare rock (m) | 0.697 | 0.231 | 0.046 | - 0.163 | - 0.282 | 0.154 | 0.029 |
| 保温性 (°) Temperature index (°) | - 0.638 | - 0.297 | 0.031 | - 0.253 | - 0.336 | 0.050 | 0.056 |
| 风向 Wind direction (m/s) | 0.802 | 0.097 | 0.116 | - 0.034 | 0.072 | - 0.185 | 0.024 |
| 风速 (m/s) Wind speed | 0.769 | 0.270 | 0.134 | 0.174 | 0.051 | - 0.120 | 0.172 |
| 雪深 (cm) Snow depth (cm) | 0.485 | 0.091 | 0.364 | - 0.514 | 0.038 | 0.151 | 0.227 |
| 海拔高度 (m) Altitude (m) | - 0.317 | 0.789 | 0.407 | 0.099 | 0.078 | - 0.112 | - 0.079 |
| 人为干扰距离 (m) Distance to human disturbance (m) | - 0.393 | 0.707 | - 0.024 | - 0.092 | 0.301 | - 0.164 | - 0.196 |

*表示累积贡献率 (%) *Cumulative proportion of variance explained (%)

3 讨论

在冬季岩羊倾向于选择阳坡作为卧息地而避免选择阴坡，这与岩羊选择以灰榆为优势乔木的地点作为卧息地，而避免选择油松和青海云杉占优势的地点是密切相关的（表 1）。阳坡的乔木以阔叶树灰榆为主，体现为疏林低郁闭度的特征，阳坡具有阳光充足的特点；阴坡以针叶树油松和青海云杉为优势乔木，表现为林木密集，郁闭度高，林下植被缺乏，因此阴坡阳光照射不足，这是岩羊选择阳坡和以灰榆为优势乔木的地点卧息的主要原因。

雪作为一个限制因子对食草有蹄类动物卧息地的选择也产生一定的影响，由于积雪的覆盖使动物的行动受到限制，在更换取食地点、寻找卧息地和搜寻食物时需花费更多的时间，而且为了获得食物还要清除覆盖在上面的雪，这都增加了能量的消耗（Chen 等，1999）。Armstrong 等（1983）在对白尾鹿（*Odocoileus virginianus*）的研究中发现，它们的卧息地总是与其经常行走的小路靠近，这样可以减少它们在去往取食地时的能量损失。贺兰山上的积雪主要出现在阴坡，岩羊选择在阳坡卧息可以将由积雪而产生的能量损失减少到最低，这也是选择阳坡的

原因之一。

在冬季岩羊对卧息地具有明显的选择性（表 2），具有坡度大、保温性高、乔木密度低、食物丰富度低、隐蔽程度高、接近水源、接近裸岩、风速低和雪覆盖浅等特征，主成分分析也得到同样的结果（表 5）。岩羊的卧息地通常选择在坡度较大的地方，这除了有利于躲避天敌和人类捕杀的因素外，可能还与贺兰山的地理条件有关，贺兰山山势陡峭，即使坡下位也少有小于 10° 的坡，与生活在尼泊尔的岩羊有较大的差别（Oil, 1996; Wilson, 1981）。

贺兰山岩石的色泽与岩羊的体色极为相似，因此岩羊选择距离裸岩近的地方卧息可以起到隐蔽色的作用，以减少被捕食者发现的机会。此外，裸岩还可以遮挡一部分风，能够起到一定的保温作用。保温性高、风速低和雪覆盖浅可以降低外界因素对岩羊能量的消耗，减少能量的损失。由于岩羊所有的卧息地都选择在平坦的地方（1 m × 1 m 小样方所处的地势），因此没有将其作为 1 个单独的生境因子进行分析，这在几乎所有的食草有蹄类的研究中均已被证实（Alldredge *et al.*, 1991; Armstrong *et al.*, 1983; Barrett, 1981; Canon and Bryant, 1997; Chen *et al.*, 1999; Lang and Gates, 1985; Mysterud *et al.*, 1995, 1996; Smith *et al.*, 1986; Strohmeier *et al.*, 1999; Tull *et al.*, 2001）。

有研究表明，虽然动物在长期进化过程中，逐渐形成对环境选择的遗传性，但这种遗传性并非严格，多数动物对环境的选择具有某些可塑性（孙儒泳, 2001）。选择岩洞作为卧息地是贺兰山岩羊减少能量损失和增加隐蔽度的重要策略。岩洞内没有雪，而且几乎没有风，所以保温性很好，岩洞卧息地的温度比非岩洞的平均高 1.54℃（表 3）。此外，当岩羊在岩洞内卧息时被天敌和人类发现的可能性大大降低，因此可以看作是一种反捕食的策略。然而岩羊并不是选择栖息生境内所有的岩洞作为卧息地，观察发现岩羊并不选择那些距离人为干扰近、岩洞内不平坦和较深的岩洞卧息。在岩羊的其它分布区是否有适合的岩洞可供岩羊选择，以及岩羊是否选择这些岩洞作为卧息地，还有待进一步研究。

根据对岩洞内粪便的数量及卧迹、足迹和残留的毛发等判断，岩羊对岩洞卧息地是重复利用的，在一些岩洞内岩羊的粪便厚达 10 cm 以上，尽管我

们还不清楚岩羊是否一年四季都利用这些岩洞，但可以肯定的是这些岩洞在冬季是被频繁利用的。调查中我们从未在白天发现岩羊在岩洞中卧息，黄昏（19:00 左右）见到 2 次雄性的成年岩羊站在洞口观望，清晨（6:00 左右）见到 5 次由于我们的声音将岩羊从岩洞内惊出的情况，因此我们推测岩羊主要是夜间利用这些岩洞。在对白尾鹿（Chen, *et al.*, 1999）和狍（*Capreolus capreolus*）（Armstrong *et al.*, 1983）的研究中也证实它们的夜间卧息地是重复利用的，虽然重复利用同一卧息地使动物被天敌发现的可能性增加，但夜色为动物的隐蔽提供了很好的帮助。

贺兰山岩羊有多个个体在一起卧息的习性，在观测的卧息地，尤其是岩洞中经常可以发现形状、颜色和大小不同的新鲜粪便，这表明有多个个体同时利用同一卧息地。多个个体在一起卧息既可以通过热量之间的相互传递来降低能量的消耗，又便于相互警戒而及早发现敌害，这些个体都可以从中获益。Mysterud 和 Østbye（1995）和 Gilbert 和 Vaughan（1983）在研究中发现当动物多个个体在一起卧息时，并非紧靠在一起，而是有一定的距离，据此他们认为动物采取这种卧息方式的主要目的是为了警戒，减少能量消耗的作用并不显著。由于岩羊通常不选择有雪的地方卧息，因此判断一个较小范围内的多个卧息地的准确位置十分困难，尤其是在岩洞内。在实际观察中我们也发现在白天当多只岩羊卧息时，彼此之间并非紧靠在一起，而是保持一定的距离。但我们认为当岩羊在岩洞中卧息时即使身体不是紧靠在一起，依然具有较为明显的降低能量消耗的作用，这是因为岩洞具有很好的屏蔽作用，岩羊身体散发出来的热量不会被风等介质很快带走，从而使岩洞内的温度增高。

致谢：实验过程中得到宁夏回族自治区林业局白庆生副处长，宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局侯建海局长和内蒙古贺兰山国家级自然保护区管理局马振山局长及两个保护区全体员工的大力支持，谨致深切谢意。本文的英文摘要由 John Thorbjarnarson 博士帮助修订，谨致谢意。

参考文献：

Alldredge W A, Deblinger R D, Peterson J. 1991. Birth and fawn bed site

- selection by pronghorns in a sagebrush-steppe community. *J Wildl Manage*, **55**: 222 - 227.
- Armstrong E, Euler D, Racey G. 1983. Winter bed-site selection by white-tailed deer in central Ontario. *J Wildl Manage*, **47**: 880 - 884.
- Barrett M W. 1981. Environmental characteristics and functional significance of pronghorn fawn bedding sites in Alberta. *J Wildl Manage*, **45**: 120 - 130.
- Canon K S, Bryant F C. 1997. Bed-site characteristics of pronghorn fawns. *J Wildl Manage*, **61**: 1134 - 1141.
- Chen H P, Li F, Luo L Y, Wang H, Ma J Z, Li F. 1999. Winter bed-site selection by red deer *Cervus elaphus xanthopygus* and roe deer *Capreolus capreolus bedfordi* in forests of northeastern China. *Acta Theriologica*, **44**: 195 - 206.
- Gilbert F F, Vaughan M R. 1983. Some effects of winter shelter conditions on white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*, fawns. *Can Field Nat*, **97**: 391 - 400.
- Lang B K, Gates J E. 1985. Selection of sites for winter night beds by white-tailed deer in a hemlock-northern hardwood forest. *Am Midl Nat*, **113**: 245 - 254.
- Mautz W W. 1978. Sledding on a bushy hillside: the fat cycle in deer. *Wildl Soc Bull*, **6**: 88 - 90.
- Moen A N. 1973. Wildlife ecology: an analytical approach. San Francisco: W H Freeman and Co.
- Moen A N. 1976. Energy conservation by white-tailed deer in the winter. *Ecology*, **57**: 192 - 198.
- Mysterud A, Øktbye E. 1995. Bed-site selection by European roe deer (*Capreolus capreolus*) in southern Norway during winter. *Can J Zool*, **73**: 924 - 932.
- Mysterud A. 1996. Bed-site selection by adult roe deer *Capreolus capreolus* in Southern Norway during summer. *Wildl Biol*, **2**: 101 - 106.
- Neu C W, Byers C R, Peek J M. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *J Wildl Manage*, **38**: 541 - 545.
- Oil M K. 1996. Seasonal patterns in habitat use of blue sheep *Pseudois nayaur* (Artiodactyla, Bovidae) in Nepal. *Mammalia*, **60**: 187 - 193.
- Parker K L, Robbins C T. 1984. Thermoregulation in mule deer and elk. *Can J Zool*, **62**: 1409 - 1422.
- Schaller G B. 1977. Mountain monarchs: wild sheep and goats of the Himalaya. Chicago: University of Chicago Press, 425.
- Schnitz O J. 1991. Thermal constraints and optimization of winter feeding and habitat choice in white-tailed deer. *Holarc Ecol*, **14**: 104 - 111.
- Smith H D, Oveson M C, Pritchett C L. 1986. Characteristics of mule deer beds. *Great Basin Nat*, **46**: 542 - 546.
- Strohmeier D C, Peek J M, Bowlin T R. 1999. Wapiti bed sites in Idaho sagebrush steppe. *Wildl Soc Bull*, **27**: 547 - 551.
- Tull J C, Krausman P R, Steidl R. 2001. Bed-site selection by desert mule deer in southern Arizona. *Southwest Nat*, **46**: 354 - 357.
- Wilson P. 1981. Ecology and habitat utilization of blue sheep *Pseudois nayaur* in Nepal. *Biol Conser*, **21**: 55 - 74.
- 王小明, 刘志霄, 徐宏发, 李明, 李元广. 1998a. 贺兰山岩羊种群生态及保护. 生物多样性, **6** (1): 1 - 5.
- 王小明, 李明, 唐绍祥, 刘志霄. 1998b. 春季岩羊种群生态学特征的初步研究. 兽类学报, **18** (1): 27 - 33.
- 王小明, 应韶荃, 陈春泉. 1999. 江西井冈山野猪冬季卧息地选择的初步研究. 生态学杂志, **18** (4): 73 - 75.
- 刘振生, 曹丽荣, 王小明. 2004. 宁夏贺兰山岩羊种群的管理和保护. 野生动物, **25** (1): 56.
- 孙儒泳. 2001. 动物生态学原理 (第三版). 北京: 北京师范大学出版社, 271 - 272.
- 张明海, 肖前柱. 1990. 冬季马鹿采食生境和卧息生境选择的研究. 兽类学报, **10** (3): 175 - 183.
- 张洪海, 马建章. 2000. 紫貂春季和夏季生境选择的初步研究. 动物学报, **46** (1): 399 - 406.
- 狄维忠. 1987. 贺兰山维管植物. 西安: 西北大学出版社, 20 - 22.
- 盛和林. 1994. 毛皮动物手册. 上海: 上海辞书出版社, 218 - 219.
- 谭邦杰. 1990. 哺乳动物分类名录. 北京: 中国医学出版社, 431.