

高黎贡山赧亢白眉长臂猿春季栖息地利用

白冰¹, 周伟^{1,*}, 艾怀森², 李正波², 张兴勇¹, 胡成贵¹

(1. 西南林学院保护生物学院, 云南昆明 650224; 2. 高黎贡山国家级自然保护区保山管理局, 云南保山 678000)

摘要: 2006年3月24日—5月6日, 在高黎贡山赧亢片区共设置利用样地与可利用样地各30个, 跟踪观察白眉长臂猿栖息地利用行为。定性因子分析表明, 白眉长臂猿偏爱在东坡 ($E_i = 0.344$) 活动, 可能与其能提供避风的温暖微生境有关; 偏爱栓皮栎 ($E_i = 0.455$) 和拟樱叶桉 ($E_i = 0.068$) 等乔木, 可能是由于这些树种的树冠面积大, 可为白眉长臂猿提供连续的移动路线和大的活动空间。定量因子分析表明, 利用和可利用样地中共有12个因子(坡度, 乔木和竹平均高度, 乔木平均胸围, 乔木和灌木盖度, 乔木、竹和藤本密度, 距水源、道路和草果地距离)存在显著差异, 说明白眉长臂猿对栖境的空间结构具有高度的选择性。判别分析结果显示, 坡度、乔木平均胸围、竹密度、距水源距离和乔木平均高度是判别利用和可利用样地的关键因子, 即为影响其生境利用的主要因子, 判别正确率为98.3%。作为树栖灵长类, 具有一定基面积的连续乔木[高度(14.14 ± 3.19)m, 胸围(90.72 ± 26.12)cm]树冠层是白眉长臂猿的适宜生境; 较大的坡度($39.98 \pm 8.10^\circ$)减少了来自地面的干扰; 而竹林是白眉长臂猿春季重要的取食地。

关键词: 白眉长臂猿; 栖息地利用; 高黎贡山国家自然保护区

中图分类号: Q959.848.08; Q958.11 文献标识码: A 文章编号: 0254-5853(2007)02-0179-07

Habitat Use of the Hoolock Gibbon (*Hoolock hoolock*) at Nankang, Mt. Gaoligong in Spring

BAI Bing¹, ZHOU Wei^{1,*}, AI Huai-sen², LI Zheng-bo², ZHANG Xing-yong¹, HU Cheng-gui¹

(1. Faculty of Conservation Biology, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China;

2. Baoshan Administration, Gaoligongshan National Nature Reserve, Baoshan 678000, China)

Abstract: During field surveys of habitat use behaviours of Hoolock gibbons (*Hoolock hoolock*), 30 used sites and 30 corresponding available sites were established in Nankang, Mt. Gaoligong, from 24th March to 6th May, 2006. Results indicated that Hoolock gibbons tended to inhabit eastern slopes ($E_i = 0.344$) as they were relatively windproof. They also favoured the tree species *Quercus acutissima* ($E_i = 0.455$) and *Eurya pseudocerasifera* ($E_i = 0.068$) for their large crown, as they provide more continual movement routes and large spaces for the gibbons, compared with other plant species. Quantitative factors showed that a total of 12 factors (slope; average tree and bamboo height, average circumference of tree at breast height (ACTBH); tree and shrub coverage; tree, bamboo and lianas density; and distance to water, roads and fields of *Fructus amom*), were significantly different between used and available sites, which revealed high selectivity to the spatial structure of habitats. Stepwise discriminant analysis showed that slope, ACTBH, bamboo density, distance to water and average tree height were the key factors, discriminating used sites from available sites, accounting for 98.3% of correct classifications. Optimal habitats of the arboreal Hoolock gibbon were characterized by having connected crowns of tall trees (14.14 ± 3.19 m) with large basal area (ACTBH: 90.72 ± 26.12 cm), steep slopes and high bamboo density, providing reduced ground disturbance and plentiful food for Hoolock gibbons in spring.

Key words: Hoolock gibbon (*Hoolock hoolock*); Habitat use; Gaoligongshan National Nature Reserve

白眉长臂猿 (*Hoolock hoolock*) 在国内分布于 云南西部怒江以西的保山、腾冲、盈江等地。国外

* 收稿日期: 2006-09-28; 接受日期: 2007-01-12

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(2003CB415100); 西南林学院重点科研基金项目(200608Z)

* 通讯作者(corresponding author), E-mail: weizhou@public.km.yn.cn, 西南林学院教授, 北京林业大学博士生导师, 主要从事生物多样性保护和野生动物保护和管理研究。

见于印度东北部阿萨姆和缅甸北部 (Lan et al, 1994)。在中国白眉长臂猿种群数量稀少、分布范围极小,被列为国家 I 级重点保护种类。国外有少量白眉长臂猿栖境的描述性报道:白眉长臂猿树栖,常绿阔叶林和混交阔叶林是其适宜生境、偏好在树冠层分层明显的林中活动和取食、栖境有明显的季节变化等特点 (Tilson, 1979; Islam & Feeroz, 1992; Sati & Albide, 2001)。目前未见专项的生境利用研究报道,故不了解该种濒危动物的栖息环境选择及其影响因素。

植被条件是灵长类生境利用的主要影响因素。沟谷雨林和山地雨林的高大乔木是海南长臂猿 (*Hylobates concolor hainanus*) 选择的主要栖息场所,而具有一定树干基面积的连续树冠层是其赖以生存的最适环境 (Liu & Tan, 1990; Liu et al, 1995)。食物是影响灵长类生境选择利用的另一重要影响因素。食源树种在低海拔的分布是黑吼猴 (*Alouatta pigra*) 选择在海拔 200 m 以下活动,白头叶猴 (*Trachypithecus leucocephallus*) 对山脚の利用频率最大等均与食源树种的分布有关 (Linde et al, 1999; Huang et al, 2000)。一些灵长类选择高大乔木来躲避捕食 (Liu & Tan, 1990; Li, 2004); 而另一些灵长类则选择陡坡和悬崖来保护自己 (Anderson, 1984)。此外,气候条件 (温度、风雨) 和人为干扰等也影响着灵长类对生境的选择利用 (Dawson, 1979; Hamilton, 1982; Horwich, 1998)。

总之,多种因素影响着灵长类对栖息地的选择利用,而不同的灵长类根据自己的需求都有相应的行为适应。本项研究拟以高黎贡山白眉长臂猿为对象,通过对植被和环境生态因子的筛选和定量分析,试图寻找影响其栖息环境的主要因素及其对人为干扰的适应性,为白眉长臂猿的种群保护方案制定提供依据。

1 研究地及方法

1.1 研究地概况

高黎贡山国家级自然保护区位于云南西部 (24°56'—26°09'N, 98°34'—98°50'E), 东西宽约 9 km, 南北长约 135 km, 总面积 1 239 km²。保护区山体岭谷分明,高差悬殊,在一定的海拔高度范围分布着不同的植被,从河谷到山顶形成了十分明显的植被类型垂直系列,包括:河谷稀树灌木草丛、暖性针叶林、季风常绿阔叶林、半湿润常绿阔叶

林、中山湿性常绿阔叶林、温凉性针叶林、山顶苔藓矮林、寒温性针叶林、寒温性竹林、寒温性灌丛—草甸等。保护区虽在同一山体,同处于热带季风前沿,但其植被分布仍有南北差异,且东西坡分异依然存在 (Xue, 1995)。

赧元片区位于高黎贡山国家级自然保护区的最南端,地处保山市隆阳区、龙陵县和腾冲县的交界处,是高黎贡山国家级自然保护区与龙陵小黑山省级自然保护区的生境走廊带,面积约 1 333.3 hm²。该片区南到古城寺,北至朱福寺,东北面是怒江干热河谷。本次野外调查主要在赧元片区李灰坡 (最高海拔 2 311 m) 的东北面。气候为我国西部型季风气候的暖性湿润型。最热月平均气温 14—18℃,最冷月平均气温 2—7℃,平均年气温 9—13℃,年降水量 1 700—2 900 mm,属湿润区 (Xue, 1995)。

1.2 数据采集

2006年3月24日—5月6日,通过鸣声跟踪并观察白眉长臂猿的活动,开展了野外调查工作:野外作业 42 天,听见鸣声 33 次,确定猿群 3 群,分别为 1♀1♂(均为成体)、2♀1♂(1♀为亚成体)、♀性独猿。对其中 2♀1♂的群体进行跟踪观察,累计观察 26 h。经跟踪观察结果,以白眉长臂猿有取食行为 (如摘食叶、果等) 或处于静止状态所在的乔木为样地中心,设置一个 20 m × 20 m 的利用样地,在其内采用系统取样法设置 5 个 5 m × 5 m 的小样地。以大样地进行乔木和藤本的数据收集;以小样地进行灌木和竹林的数据收集,取其平均值代表该样地相应的变量值。以利用样地中心为参照点,通过随机数字表 (table of random numbers) (Fowler et al, 1998) 确定利用样地 (used sites) 和可利用样地 (available sites) 中心的方位角和距离,设置相同面积大小的可利用样地。

由于长臂猿是树栖动物,几乎不下地活动,所以未测量对其生态学意义不大的草本层因子。在样地内,测量和记录海拔等 20 个因子:海拔 (以 GPS-12XL 测量),坡度,坡位,坡向 (用 DQL-4 型罗盘仪测量),乔木、灌木、竹、藤本密度,距水源、道路、空旷地和草果地距离等 12 个因子的测量参照 Liu et al (2004); 乔木平均胸围,乔木、灌木和竹平均高度等 4 个因子测量参照 Xu et al (2005); 乔木优势种和灌木优势种为每个样地中盖度和密度最大的乔木树种和灌木树种。乔木盖度测量,用油笔将一面镜子 (20 m × 20 cm) 的镜面 100

等分，分别在样地 4 角和中心将镜面朝上水平摆放，测出乔木枝叶的投影面积比率，求出均值。灌木盖度的测量，选择一株中等大小的灌木测其长短径，取其平均值求出圆面积，乘以样地内灌木株数，再除以样地面积。

20 个因子中，坡位、坡向、乔木优势种和灌木优势种等 4 个因子为定性因子 (nominal factor)，其余 16 个因子为定量因子 (quantitative factor)。

1.3 数据处理

1.3.1 定性因子数据处理 对坡位、坡向、乔木优势种和灌木优势种等 4 个定性因子采用 Vanderploeg & Scavia 选择系数 W_i 和选择指数 E_i 作为白眉长臂猿对生境喜好程度的指标。

(1) 资源选择率 ω_i 是动物对于资源 i 的选择率

$$\omega_i = O_i / \pi_i$$

其中 O_i 为资源 i 被利用的样地数， π_i 为具有资源 i 特征的样地总数。

(2) 资源选择系数 W_i 和资源选择指数 E_i

$$W_i = \omega_i / \sum \omega_i$$

$$E_i = (W_i - 1/n) / (W_i + 1/n)$$

E_i 为资源选择指数， W_i 为选择系数， n 为资源数。 E_i 值介于 -1 与 +1 之间，若 $E_i = 0$ ，表示动物对资源 i 的选择是随机的，用“0”表示；若 $E_i < 0$ 表示动物回避资源 i ，用“-”表示；若 $E_i > 0$ 表示动物偏好资源 i ，用“+”表示 (Vanderploeg & Scavia, 1979)。

1.3.2 定量因子数据处理 首先将百分数型因子 (乔木层和灌木层盖度) 作反正弦函数转换为角度型因子 (Bakaloudis et al, 2001)，以提高数据的正态性。接着采用 Kolmogorov-Smirnov Z 检验分析利用样地和可利用样地中的 16 个定量因子的正态性，当数据符合正态分布，采用独立样本的 t -检验；当因子不符合正态分布，采用非参数 Mann-Whitney U -检验。

利用样地和可利用样地之间差异显著的因子进入判别分析。采用 Spearman Correlation Coefficient 判断因子之间的相关性。当两因子之间的相关系数 ρ 的绝对值大于或等于 0.60 时，则取这些比较重要的因子进入逐步判别分析 (stepwise discriminant analysis)，以确定影响栖息地选择的关键因子 (Lahaye & Gutierrez, 1999)。使用逐步判别分析时，所有选项均为系统默认值。

所有数据的处理均在 SPSS 11.0 for Windows 上进行。

2 结 果

野外调查期间，共设置利用样地 30 个及与其相对应的可利用样地 30 个。最低样地海拔为 2 090 m，最高样地海拔为 2 265 m。

2.1 栖息地植被特征

研究区山体西高东低，主要为中山湿性常绿阔叶林，但从山脊到山谷植被也存在较明显的变化。山脊上多为高度 3—10 m 的中小乔木，而山中部至山谷多为 10—30 m 的高大乔木。白眉长臂猿主要活动区的乔木层由木兰科 (Magnoliaceae)、樟科 (Lauraceae)、山茶科 (Theaceae)、壳斗科 (Fagaceae)、蔷薇科 (Rosaceae) 等植物组成，常见树种有红花木莲 (*Manglietia insignis*)、枇杷 (*Eriobotrya japonica*)、香叶树 (*Lindera communis hems*)、绒毛山胡椒 (*Lindera nacusua*)、粗壮润楠 (*Machilus robusta*)、拟樱叶桉 (*Eurya pseudocerasifera*)、刺楸 (*Castanopsis ceratocantha*)、青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、硬斗石栎 (*Lithocarpus grandifolius*)、栓皮栎 (*Quercus variabilis*) 等。兰科 (Orchidaceae)、桑寄生科 (Loranthaceae)、蕨类等植物附生或寄生在高大乔木树干上。乔木均高 14.14 m，灌木均高 1.72 m。林下灌层以禾本科 (Gramineae) 的带鞘箭竹 (*Fargesia contracta*)、云南方竹 (*Chimonobambusa yunnanensis*)、山矾科 (Symplocaceae)、忍冬科 (Caprifoliaceae) 和杜鹃花科 (Ericaceae) 的白檀 (*Symplocos paniculata*)、忍冬 (*Lonicera japonica*)、多花含笑 (*Michelia daltsoa*)、大树杜鹃 (*Rhododendron singrande*)、星毛杜鹃 (*R. kyawoi*) 等占优势，盖度在 0.6 以上。乔冠层与灌木层之间有较大的间距，分层明显。乔灌之间有藤本植物岩豆藤 (*Millettia* sp.)、木防己 (*Cocculus orbiculatus*)、过山龙 (*Arist olochiamoupinensis*)、崖爬藤 (*Tetrastigma* sp.) 等相连。山脊部分的乔木层高度比山体其它部分低，乔木、灌木和竹子 (云南方竹和带鞘箭竹) 混生，密度较高，白眉长臂猿较少利用。

2.2 两类样地因子比较

2.2.1 定性因子的比较 对 4 个定性因子的选择系数 W_i 和选择指数 E_i 的分析结果表明，白眉长臂猿对坡向、坡度都有明显的选择性；对优势乔木中的栓皮栎、拟樱叶桉和优势灌木中的忍冬和云南方

表 1 白眉长臂猿对栖息地定性因子的选择

Tab. 1 Selection of nominal factors in habitats by *Hoolock hoolock*

| 因子 Factors | i | O_i | π_i | ω_i | W_i | E_i | 选择性 Selectivity |
|------------|--|-------|---------|------------|-------|--------|-----------------|
| 坡位 POS | 坡上位 TS | 4 | 26 | 0.154 | 0.091 | -0.569 | - |
| | 坡中位 MS | 10 | 17 | 0.588 | 0.349 | 0.024 | + |
| | 坡下位 US | 16 | 17 | 0.941 | 0.559 | 0.253 | + |
| 坡向 AS | 阳坡 SUS | 24 | 31 | 0.774 | 0.682 | 0.344 | + |
| | 半阳半阴坡 MSMS | 5 | 20 | 0.250 | 0.220 | -0.204 | - |
| | 阴坡 SHS | 1 | 9 | 0.111 | 0.098 | -0.546 | - |
| 优势乔木 DSTT | 枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i> | 2 | 3 | 0.667 | 0.099 | -0.058 | - |
| | 粗壮润楠 <i>Machilus robusta</i> | 6 | 11 | 0.545 | 0.081 | -0.157 | - |
| | 绒毛山胡椒 <i>Lindera nacusua</i> | 3 | 5 | 0.600 | 0.089 | -0.110 | - |
| | 香叶树 <i>Lindera communis hemsl</i> | 2 | 3 | 0.667 | 0.099 | -0.058 | - |
| | 拷刺 <i>Castanopsis ceratocantha</i> | 3 | 6 | 0.500 | 0.074 | -0.199 | - |
| | 青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> | 4 | 8 | 0.500 | 0.074 | -0.199 | - |
| | 栓皮栎 <i>Quercus variabil</i> | 2 | 1 | 2.000 | 0.297 | 0.455 | + |
| | 拟樱叶桉 <i>Eurya pseudocerasifera</i> | 6 | 7 | 0.857 | 0.127 | 0.068 | + |
| | 硬斗石栎 <i>Lithocarpus grandifolius</i> | 2 | 5 | 0.400 | 0.059 | -0.303 | - |
| 优势灌木 DSS | 白檀 <i>Symplocos paniculata</i> | 5 | 12 | 0.417 | 0.248 | -0.005 | - |
| | 忍冬 <i>Lonicera japonica</i> | 7 | 10 | 0.700 | 0.416 | 0.249 | + |
| | 大树杜鹃 <i>Rhododendron singrande</i> | 1 | 6 | 0.167 | 0.099 | -0.433 | - |
| | 多花含笑 <i>Michelia dalsopa</i> | 2 | 5 | 0.400 | 0.238 | -0.025 | - |
| | 带鞘箭竹 <i>Fargesia contracta</i> | 9 | 11 | 0.818 | 0.179 | -0.473 | - |
| | 云南方竹 <i>Chimonobambusa yunnanensis</i> | 15 | 4 | 3.750 | 0.821 | 0.243 | + |

i : 资源 (Resource); O_i : 资源 i 中被利用的样地数 (Used sites including resource i); π_i : 具有资源 i 特征的样地总数 (Total sites including resource i); ω_i : 资源选择率 (Selective frequency of resource); W_i : 资源选择系数 (Selective coefficient of resource); E_i : 资源选择指数 (Selective index of resource)

坡向: AS (Aspect); 坡位: POS (Position on slope); 优势乔木: DSTT (Dominant species of tall tree); 优势乔木: DSS (Dominant species of shrub); 坡上位: TS (top slope); 坡中位: MS (mid slope); 坡下位: US (underside slope); 阳坡: SUS (sunny slope); 半阳半阴: MSMS (moiety sunny slope and moiety shady slope); 阴坡: SHS (shady slope.)

+ : 偏爱选择 (Observed usage is significantly higher than expected); 0 : 随机选择 (Observed usage in proportion to its availability); - : 避免选择 (Observed usage is significantly lower than expected)

竹有偏爱和选择性 (表 1)。

2.2.2 定量因子的比较 白眉长臂猿栖境利用样地与可利用样地的 16 个定量因子中,除了海拔、距空旷地距离、灌木平均高度和灌木密度 4 个因子差异不显著外,其他 12 个因子均差异显著 (表 2)。

2.3 影响栖息地选择因子分析

对差异显著的 12 个定量因子采用 Spearman Correlation 相关性检验。结果显示,坡度与乔木平均高度、坡度与乔木平均胸围、坡度与乔木盖度、坡度与距草果地距离、距水源距离与距草果地距离、乔木平均高度与乔木平均胸围、乔木平均高度与灌木盖度、乔木平均高度与距草果地距离、乔木平均胸围与距草果地距离、竹密度与竹高、竹密度与乔木盖度、乔木盖度与灌木盖度,两两因子间的相关系数绝对值均大于或等于 0.60 (ρ 值分别为 0.75、0.62、0.67、0.65、0.83、0.82、0.61、0.72、0.64、0.91、0.61 和 0.60)。因此,剔除距

道路距离、乔木密度和藤本密度等 3 个因子,将其余的 9 个独立因子进行逐步判别分析,以筛选出影响白眉长臂猿生境选择利用的关键因子。计算结果显示,坡度、乔木平均胸围、竹密度、距水源距离和乔木平均高度的判别系数的绝对值较大;它们的 Wilks' λ 值接近 0, F 统计量的显著性水平均很小,表示组间差异明显,典型判别函数是有意义的。用这 5 个因子对利用样地和可利用样地进行区分时,正确率可达 98.3% (表 3)。

3 讨论

3.1 生态因子选择意义

白眉长臂猿主要栖息在赧亢片区李灰坡的山腰部分 (2 090—2 265 m),这一区域具有坡度陡、乔木高大、树冠连续且郁闭度高、林下多为竹林或竹灌混交林且密度大的特征 (表 1, 2)。而在山巅的高山草甸及下部的怒江干热河谷稀树灌丛均无猿群

表 2 白眉长臂猿利用生境与可利用生境间定量因子的比较

Tab. 2 Comparisons of quantitative factors between used and available habitats of *Hoolock hoolock*

| 因子 Factors | 利用样地 (n = 30) Used sites | 可利用样地 (n = 30) Available sites | t-text (two-tailed) | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------|------|---------|
| | | | t | df | P |
| 海拔 AL (m) | 2183.13 ± 60.54 | 2206.07 ± 55.77 | -1.526 | 57.6 | 0.071 |
| 坡度 SL (°) | 39.98 ± 8.10 | 16.66 ± 7.93 | 11.269 | 58.0 | 0.000** |
| 距水源距离 DW (m) | 12.00 ± 12.06 | 45.27 ± 30.09 | -5.621 | 38.1 | 0.000** |
| 距道路距离 DSR (m) | 38.67 ± 20.34 | 13.13 ± 13.43 | 5.739 | 50.2 | 0.000** |
| 距空地距离 DOF (m) | 42.13 ± 30.49 | 29.37 ± 22.15 | 1.856 | 52.9 | 0.586 |
| 乔木平均高度 AHTT (m) | 14.14 ± 3.19 | 8.55 ± 2.92 | 7.08 | 57.5 | 0.000** |
| 乔木平均胸围 ACTBH (cm) | 90.72 ± 26.12 | 44.02 ± 22.47 | 7.423 | 56.7 | 0.000** |
| 灌木平均高度 AHS (m) | 1.72 ± 1.00 | 1.84 ± 0.86 | -0.535 | 56.9 | 0.952 |
| 转换后灌木盖度 TSC (°) | 56.82 ± 11.25 | 42.84 ± 15.27 | 4.036 | 53.3 | 0.000** |
| Mann-Whitney U Test | | | | | |
| | | | Z | | P |
| 乔木密度 TTD (株/m ²) | 0.32 ± 0.17 | 0.42 ± 0.18 | -2.877 | | 0.004** |
| 竹子密度 BD (株/m ²) | 3.13 ± 2.14 | 0.74 ± 1.40 | -4.294 | | 0.000** |
| 竹子平均高度 AHB (m) | 3.10 ± 1.51 | 1.23 ± 1.57 | -4.011 | | 0.000** |
| 灌木密度 SD (株/m ²) | 1.73 ± 1.97 | 1.56 ± 1.80 | -0.156 | | 0.876 |
| 藤本密度 LD (株/400 m ²) | 3.23 ± 4.03 | 0.70 ± 2.26 | -4.110 | | 0.000** |
| 转换后乔木盖度 TTTC (°) | 65.29 ± 4.06 | 53.72 ± 14.06 | -5.185 | | 0.000** |
| 距草果地距离 DFAF (m) | 13.37 ± 26.89 | 60.27 ± 25.72 | -5.904 | | 0.000** |

AL: Altitude; AHS: Average height of shrub; ACTBH: Average circumference of tree at breast height; AHTT: Average height of tall tree; AHB: Average height of bamboo; BD: Bamboo density; DOF: Distance to open field; DSR: Distance to road; DFAF: Distance to *Fructus amomi* field; LD: Liane density; SL: Slope; SD: Shrub density; TTTC: Transformed tall tree coverage; TSC: Transformed shrub coverage; TTD: Tall tree density; DW: Distance to water.

其余缩写同表 1 (Other abbreviations are the same as in the Tab. 1).

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

表 3 白眉长臂猿利用生境与可利用生境间因子的逐步判别分析结果

Tab. 3 The results of stepwise discriminant analysis of factors between used and available habitats of *Hoolock hoolock*

| 因子序号 Factor No. | 因子名称 Factors | 判别系数 Coefficients | Wilks' λ | Exact F | |
|--------------------|--------------|----------------------|------------------|-----------|-------|
| | | | | Statistic | Sig. |
| 1 | 坡度 SL | 1.056 | 0.314 | 126.985 | 0.000 |
| 2 | 乔木平均胸围 ACTBH | 0.945 | 0.231 | 94.666 | 0.000 |
| 3 | 竹密度 BD | 0.649 | 0.166 | 93.512 | 0.000 |
| 4 | 距水源距离 DW | -0.506 | 0.151 | 77.272 | 0.000 |
| 5 | 乔木平均高度 AHTT | -0.708 | 0.126 | 75.033 | 0.000 |

原始类正确判别率为 98.3% (98.3% of original grouped cases correctly classified); 因子缩写同表 2 (Abbreviations are the same as Tab. 2).

的分布。白眉长臂猿对东坡有选择偏好 (表 1)。高黎贡山全年盛行偏西风 (Xue, 1995)。在干燥的春季, 风力尤其大, 白眉长臂猿偏爱选择东坡与避风有着密切关系。逐步判别分析结果显示, 影响白眉长臂猿栖境选择的关键因子是坡度、乔木平均胸围、竹密度、距水源距离和乔木平均高度 (表 3)。在高山草甸和稀树灌丛区缺乏满足其生存的 5 个关键因子, 尤其是无乔木或乔木稀少、矮小, 不能形成连续的树冠层, 所以不适于它们的生存。

树栖性猿类对森林植被具有很强的依赖性和选择性。实地调查发现, 中下坡位多为沟谷森林, 树高

林密, 坡陡谷深。t 检验结果表明, 相对于可利用样地, 利用样地中乔木基面积较大 (90.72 ± 26.12 cm) 和乔木郁闭度较高 (转换后的乔木盖度 $65.29 \pm 4.06^\circ$), 提供了白眉长臂猿适宜生境所需的树干基面积和连续树冠层条件; 乔木高大 (14.14 ± 3.19 m) 和坡度较陡 ($39.98 \pm 8.10^\circ$) 则保证了其对林下安全性的要求。相似的结果也见于对海南黑长臂猿和黑长臂猿的研究 (Liu & Tan, 1990; Liu et al, 1995; Ni & Ma, 2006)。资源选择指数 (E_i) 的结果显示, 白眉长臂猿偏爱在栓皮栎和拟樱叶桉上活动。比起其他树种, 栓皮栎和铃木树枝伸展更

长和树冠面积更大,可为其提供更多的移动路线和更广的活动空间。

白眉长臂猿的栖境中乔灌层分层明显,乔木层高度(14.14 ± 3.19 m)和竹子平均高度(3.10 ± 1.51 m)之间有较大的间距,乔木上附生有丰富的木质藤本(密度: 3.23 ± 4.03 株/400 m²)。因此,藤本植物是白眉长臂猿在乔灌层之间活动的主要交通媒介和连接纽带。

食物资源是影响灵长类栖境选择的重要因素。判别分析结果显示,白眉长臂猿对竹子密度较大的区域有偏爱选择性($F = 93.51$)。野外观察常可见白眉长臂猿沿着藤本植物下到灌丛(竹林)中活动。该区域竹林以云南方竹林和带鞘箭竹林为主,且密度较大(3.13 ± 2.14 株/m²),难以观察白眉长臂猿在其中的情况。但据当地群众介绍,由于春季树果较少,藤本和灌木的叶、芽是当地灵长类动物春季主要的食物资源。野外观察结合访问调查表明,沟谷常见的粗壮润楠、山胡椒、香叶树等为白眉长臂猿可食食物。所以,适宜的生境条件和食物种类在沟谷的分布,是白眉长臂猿选择在山谷活动的另一主要原因。梵净山贵州金丝猴也表现出基本相同的特性(Yang & Emily, 2002)。

本次调查时间为春季,研究结果仅反映影响白眉长臂猿春季生境利用的生态因子。要全面和真实地反映白眉长臂猿生境选择利用和其生态适应机制至少要一个年周期的野外工作。所以,下一步需要补充其他季节的数据,并做系统分析。

3.2 人为干扰与适应性

当地居民种植的草果地深入林区,草果的种植改变了林下的植被结构。在草果种植区,除了少数30 m左右的高大乔木外,林下均是2 m高的草果,植被单一。判别分析结果表明,白眉长臂猿多在距草果地较近的区域活动(距草果地距离为 13.37 ± 26.89 m)。这是由于林下植被改变,迫使白眉长臂

猿不得不转移到草果地的附近区域活动。当它们从一个山脊通过山谷到达另一个山脊时,常采取从附近绕行的方法,很少直接穿越草果地。草果地已经影响到白眉长臂猿的生境利用行为和正常活动。对黑长臂猿的研究亦表明,种植草果地的林地对黑长臂猿的活动造成了干扰(Ni & Ma, 2006)。

人为活动干扰也直接影响白眉长臂猿的生境利用和正常活动。2006年4月20—27日,中美合作项目“中国云南西部热点地区高黎贡山生物多样性调查”在此进行,因人为干扰较大,那几天一直未听到白眉长臂猿的鸣叫。本次研究结果亦显示,白眉长臂猿选择远离道路的栖息地(利用样地距道路 38.67 ± 20.34 m,可利用样地距道路 13.13 ± 13.43 m),或选择人为活动较少的的时间和地段活动。

由于对长臂猿的长期捕杀,人类已成为长臂猿的主要天敌。长臂猿对人的靠近特别敏感,一旦发现人就迅速离开(Tilson, 1979; Watanabe, 1981; Tenaza & Tilson, 1985; Bleish & Chen, 1990; Jiang et al, 1994)。然而,赧穴片区的白眉长臂猿在遇到人时并不马上逃跑,而是慢慢地回避。这种行为特性可能与其对周边环境的长期适应性有关。茶马古道从白眉长臂猿栖息地的林区中穿过,是相邻村寨的主要连接通道。村民采茶、采食用菌以及管理草果等活动较为频繁。同时该片区距保(山)一腾(冲)公路较近,在林中皆能听到汽车的轰鸣声。长期生活在较高强度干扰的环境中,白眉长臂猿已对人类无危害活动和汽车鸣声等无害刺激表现出一定的适应性。

致谢:野外调查得到高黎贡山国家级自然保护区赧穴站全体工作人员大力帮助,西南林学院覃家理副教授和杨比伦副教授帮助和指导鉴定植物标本,西南林学院野生动植物保护利用专业2004级研究生李伟协助数据处理,在此一并表示谢意。

参考文献:

- Anderson JR. 1984. Ethology and ecology of sleep in monkeys and apes [A]. In: Rosenblatt JS, Beer C, Busnel MC. Advances in the Study of Behavior [C]. New York: Academic Press, 14: 165-229.
- Bakaloudis DE, Vlachos C, Papageorgiou N, Holloway GJ. 2001. Nest-site habitat selected by Short-toed eagles *Circaetus gallicus* in Dadia Forest (northeastern Greece) [J]. *Ibis*, 143: 391-401.
- Bleisch W, Chen N. 1990. Conservation of the black-crested gibbon in China [J]. *Oryx*, 24: 147-156.
- Dawson GA. 1979. The use of time and space by the Panamanian tamarin, *Saguinus oedipus* [J]. *Folia Primatol*, 31: 253-284.
- Fowler J, Cohen L, Jarvis P. 1998. Practical Statistics for Field Biology [M]. West Sussex: Open University Press.
- Hamilton WJ. 1982. Baboon sleeping site preferences and relationships to primate grouping patterns [J]. *Am J Primatol*, 3: 41-53.
- Horwich RH. 1998. Effective solutions for howler conservation [J]. *Int J Primatol*, 19: 579-598.
- Huang CM, Xue YG, Wei Y, Li YB. 2000. Habitat vegetation and selection of white-headed leaf monkey [J]. *Acta Theriol Sin*, 20(3):

- 180-185. [黄乘明,薛跃规,韦毅,李友邦. 2000. 白头叶猴栖息环境与栖息地选择的研究. 兽类学报, 20(3):180-185.]
- Islam MA, Feeroz MM. 1992. Ecology of hoolock gibbon of Bangladesh [J]. *Primates*, 33(4):451-464.
- Jiang XL, Ma SL, Wang YX. 1994. Human encounter and predator avoidance behavior in Black-crested gibbon [J]. *Acta Theriol Sin*, 13(2):182-188. [蒋学龙, 马世来, 王应祥. 1994. 黑长臂猿 (*Hylobates concolor*) 对人类和非人类捕食者的回避行为. 人类学学报, 13(2):182-188.]
- Lahaye WS, Gutierrez RJ. 1999. Nest sites and nesting habitat of the northern spotted owl in north western California [J]. *Condor*, 101:324-330.
- Lan DY, Ma SL, Han LX. 1994. Distribution, population size and conservation of hoolock gibbons in West Yunnan [A]. In: Zhang J. Studies on Mammal Biology in China [M]. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 11-19. [蓝道英, 马世来, 韩联宪. 1994. 滇西白眉长臂猿 (*Hylobates hoolock*) 分布、数量和保护. 见: 张洁 (主编). 中国兽类生物学研究. 北京: 中国林业出版社, 11-19.]
- Li YM. 2004. The effect of forest clear-cutting on habitat use in Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia Nature Reserve, China [J]. *Primates*, 45:69-72.
- Linde ET, Ostro, Scott C, Silver. 1999. Habitat selection by translocated black howler monkeys in Belize [J]. *Anim Conserv*, 3:175-181.
- Liu XM, Liu ZH, Chen J, Jiang HS. 1995. The home range use and seasonal changes in Hainan gibbon [J]. *Sup J Sun Yatsen Univ*, (3):168-171. [刘晓明, 刘振河, 陈静, 江海声. 1995. 海南长臂猿 (*Hylobates concolor hainanus*) 家域利用及季节变化的研究. 中山大学学报论丛, (3):168-171.]
- Liu ZH, Tan CF. 1990. An analysis on habitat structure of the Hainan gibbon [J]. *Acta Theriol Sin*, 10(3):163-169. [刘振河, 覃朝锋. 1990. 海南长臂猿栖息地结构分析. 兽类学报, 10(3):163-169.]
- Liu ZS, Cao LR, Zhai H, Hu TH, Wang XM. 2004. Winter habitat selection by red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in Helan Mountain, China [J]. *Zool Res*, 25(5):98-103. [刘振生, 曹丽荣, 翟昊, 胡天华, 王小明. 2004. 贺兰山区马鹿对冬季生境的选择性. 动物学研究, 25(5):98-103.]
- Ni YQ, Ma SL. 2006. Population and distribution of the black crested gibbons in southern and southeastern Yunnan [J]. *Zool Res*, 27(1):34-40. [倪永庆, 马世来. 2006. 滇南、滇东南黑冠长臂猿分布与数量. 动物学研究, 27(1):34-40.]
- Sati JP, Albide JRB. 2001. Hoolock gibbon (*Bunopithecus hoolock*) [J]. *Wildl Protect Areas*, 1(1):60-67.
- Tenaza RR, Tilson R. 1985. Human predation and kloss's gibbon (*Hylobates klossu*) sleeping tress in Siberiat land, Indonesia [J]. *Am J Primatol*, 8:299-308.
- Tilson RL. 1979. On the behavior of hoolock gibbons (*Hylobates hoolock*) during different seasons in Assam, India [J]. *J Bombay Nat Hist Soc*, 76:1-16.
- Vanderploeg HA, Scavia D. 1979. Calculation and use of selective feeding Coefficients: Zooplankton Grazing [J]. *Ecol Model*, 7:135-150.
- Watanabe K. 1981. Variation in group composition and population density of two sympatric Mentawaian leaf-monkeys [J]. *Primates*, 22:145-160.
- Xu JL, Zhang ZW, Zheng GM, Ruan XF, Zhang KY. 2005. Home range and habitat use of male Reeve's pheasant (*Syrnaticus reevesii*) in winter in Dongzhai Nature Reserve, Henan Province [J]. *Biodiver Sci*, 13(5):416-423. [徐基良, 张晓辉, 张正旺, 郑光美, 阮祥锋, 张可银. 2005. 白冠长尾雉雄鸟的冬季活动区与栖息地利用研究. 生物多样性, 13(5):416-423.]
- Xue JR. 1995. Gaoligong Mountain National Nature Reserve [M]. Beijing: China Forestry Publishing House. [薛纪如. 1995. 高黎贡山国家自然保护区. 北京: 中国林业出版社.]
- Yang L, Emily L. 2002. The particular foods resources and constituent characteristic of the vegetation in habitat of Guizhou golden monkey in the Fanjing Mountain [J]. *J Guizhou Normal Univ (Natural Sciences)*, 20(1):18-24. [杨龙, 埃米莉·刘. 2002. 梵净山贵州金丝猴生境食用植物资源与植被组合特征. 贵州师范大学学报 (自然科学版), 20(1):18-24.]