

# 云南哀牢山平河黑长臂猿栖息地乔木结构分析

孙国政<sup>1,2</sup>, 范朋飞<sup>1,2</sup>, 倪庆永<sup>1</sup>, 方建玲<sup>3</sup>, 蒋学龙<sup>1,\*</sup>

(1. 中国科学院昆明动物研究所, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;

3. 云南双柏哀牢山国家级自然保护区管理局, 云南 双柏 675100)

**摘要:** 采用样方法对栖息于云南省哀牢山平河 (E 101°17'16.1", N 24°20'09.5", 海拔 2 600 m) 的黑长臂猿 (*Nomascus concolor*) 栖息地乔木层结构进行了调查。调查中共记录到乔木 57 种隶属于 23 科 37 属; 木质藤本植物 9 种隶属于 6 科 8 属。优势科主要为杜鹃花科 (Ericaceae)、木兰科 (Magnoliaceae)、山茶科 (Theaceae) 和壳斗科 (Fagaceae) 植物。主要树种重要值排序表明, 露珠杜鹃 (*Rhododendron irroratum*) 为该地区最主要的优势种, 在各坡位中均有广泛分布。乔木的多样性指数、均匀度指数在沟底明显降低, 而乔木 1 层和 2 层所占的比例以及木质藤本的平均多度均随着坡位的下降而升高。与其他地区的长臂猿相比, 哀牢山黑长臂猿的活动程度较低 (10–22 m), 果实性食物种类较少。

**关键词:** 黑长臂猿; 栖息地结构; 行为生态; 哀牢山

**中图分类号:** Q958.1; Q959.848

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0254–5853 (2007) 04–0374–09

## Habitat Structure of Black Crested Gibbons (*Nomascus concolor*) in Pinghe, Ailao Mountains, Yunnan

SUN Guo-zheng<sup>1,2</sup>, FAN Peng-fei<sup>1,2</sup>, NI Qing-yong<sup>1</sup>,

FANG Jian-ling<sup>3</sup>, JIANG Xue-long<sup>1,\*</sup>

(1. Kunming Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. Shuangbai Nature Reserve Management Bureau, Shuangbai 675100, China)

**Abstract:** We surveyed the habitat structure of Black crested gibbons (*Nomascus concolor*) in Pinghe, Ailao Mountains, Yunnan Province (E 101°17'16.1", N 24°20'09.5", Alt 2 600 m) using a quadrat method. This survey recorded 57 tree species from 37 genera and 24 families and nine woody liana species from eight genera and six families. The dominant families are Ericaceae, Magnoliaceae, Theaceae and Fagaceae. After ranking the importance values of the major species, we found that *Rhododendron irroratum*, the dominant species of the region, is distributed in various slope positions. The arbor's diversity and evenness index decreased significantly in the ditch. The proportion of canopy Layer I and II, as well as the abundance of the woody vine, increased from the summit to the ditch. Compared with other populations black crested gibbons in Ailao Mountains act at a relatively low level above the ground (10–22 m) and have less fleshy fruit species for eating.

**Key words:** *Nomascus concolor*; Habitat structure; Behavioral ecology; Ailao Mountains

长臂猿是典型的树栖灵长类动物, 由乔木和木质藤本组成的树冠层不仅是其唯一的生活场所, 并

为之提供了丰富的食物资源, 树冠层的发育直接影响着它们的生存和发展。栖息地内植被的组成和结

\* 收稿日期: 2007–01–04; 接受日期: 2007–04–10

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) (2003CB415103); 国家自然科学基金项目 (30670270); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-SW-119)

\* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: jiangxl@mail.kiz.ac.cn

第一作者简介: 孙国政 (1978–), 男, 硕士研究生, 主要从事野外黑长臂猿的行为生态学研究。

构与灵长类动物的生物量、食性、时间分配、栖息地选择倾向等方面都有着显著的联系 (Brugiere et al, 2002; McConkey et al, 2002; Julliot, 1996; Li & Rogers, 2004; Enstam, 2004)。然而, 不同类群的长臂猿, 其栖息地的海拔和植被类型均有明显差异。泰国、马来半岛、明达威群岛、爪哇及加里曼丹 (婆罗洲) 等地多为低地龙脑香科林或半常绿热带雨林 (Raemaekers, 1980; Caldecott, 1980; Srikosamatar, 1984; Gittins, 1982; McConkey et al, 2002), 印度阿萨姆、中国南部等地为低地雨林、季雨林或常绿及半落叶性原始林 (Ahsan, 2001; Tilson, 1979; Hu et al, 1990), 而生活于亚热带亚高山地区 (越南及老挝北部、中国西南部) 的黑长臂猿 (*Nomascus concolor*) 栖息地多为湿性常绿阔叶林 (Dao, 1983; Lan, 1993; Jiang et al, 1999; Fan, 2006)。除云南的黑长臂猿和白颊长臂猿 (*Nomascus leucogenys*)、马来西亚的白掌长臂猿 (*Hylobates lar*) 及合趾猿 (*Symphalangus syndactylus*) 外, 其他长臂猿种群的栖息地海拔大都在 1 000 m 以下 (Raemaekers, 1980; Caldecott, 1980; Hu et al, 1990; Dao, 1983; Jiang et al, 1999; Wang et al, 2000)。分布于我国云南无量山的黑长臂猿则栖息在海拔 2 000—2 650 m 的湿性常绿阔叶林中 (Jiang et al, 2006), 而哀牢山平河黑长臂猿栖息地的海拔更高 (2 588 m—2 760 m)。由于低海拔地区树冠较高, 各长臂猿种群生活的树冠高度一般为 20—35 m (Leighton et al, 1987)。高海拔地区长臂猿栖息地的结构及对黑长臂猿行为和食性的影响、黑长臂猿对此森林植被的适应性, 仍值得进行深入探讨。

黑长臂猿为主要分布于我国 (滇南、滇中、滇西) 的一种小型猿类, 国外仅见于越南北部 (红河与黑河之间) 和老挝西北部 (澜沧江以东) 的局部地区。长臂猿主要取食成熟的、富含糖分和多汁的果实性食物 (Gittins & Raemaekers, 1980), 由于黑长臂猿具有栖息地海拔高、叶食性较强等特点 (Wang et al, 2000), 因此果实性食物所占的比例较低 (Lan, 1993)。Chivers (1984) 认为长臂猿食性与栖息地状况密切相关, 而对黑长臂猿栖息地内肉果乔木的丰富度和优势度以及对其食性的影响均未见报道。另外, 在无量山木质藤本的叶子和果实均为黑长臂猿所偏爱 (Fan, 私人通讯), 因此, 测定藤本植物的多度和分布对分析黑长臂猿的栖息地利用有重要意义。作为严格的树栖灵长类动物, 黑

长臂猿需要连接较好的树冠层作为其活动栖息场所, 而冠幅重要值的差异则显示出不同乔木物种对树冠连接性的贡献程度。乔木树冠层的结构对长臂猿的鸣叫树和过夜树的选择也有重要的影响 (Reichard, 1998; Whittaker, 2005; Ahsan, 2001)。哀牢山平河黑长臂猿栖息地海拔高落差小, 特殊的地势对乔木层的物种组成和多样性有着很大影响。因此, 本文拟对高海拔分布的哀牢山黑长臂猿栖息地乔木层的物种组成、多样性与均匀性、重要值、树冠的高度范围、乔木分层以及木质藤本的多度分布等进行调查分析, 以探讨栖息地乔木层结构及其与黑长臂猿食性和行为的关系。

## 1 研究地点

哀牢山介于云贵高原和横断山系之间, 北起大理州南部, 南至红河州, 呈北北西—南南东走向, 斜贯云南中部, 南北绵延 500 多公里, 哀牢山降雨充沛, 分布着目前我国面积最大、保存最完整的亚热带山地湿性常绿阔叶林, 阔叶林面积达 34 483  $\text{hm}^2$  (She & Dong, 1988)。哀牢山有着典型的山地气候特征, 为一完整而稳定的原始生态系统, 是云南亚热带北部与亚热带南部的过渡地带, 植物种类丰富, 成分多样。哀牢山脉中北段高等植物约有 1 486 种, 隶属 207 科 720 属, 森林植被型以中山湿性常绿阔叶林为主 (She & Dong, 1988)。

研究地点位于哀牢山国家级自然保护区双柏管理分局平河站 (101°17'16.1" E, 24°20'09.5" N, 海拔 2 600 m) 附近, 地处哀牢山中段东坡保护区的核心区, 属中山湿性常绿阔叶林 (She & Dong, 1988)。平河水库 (101°16'46.9"—101°17'14.0" E, 24°19'27.4"—24°20'00.4" N) 位于界牌河上游平河站附近。研究区域内有 4 群黑长臂猿, 分别将其标记为  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$  和  $G_4$  群, 调查工作分别针对平河水库西北的  $G_2$  群和水库西南的  $G_3$  群黑长臂猿家域进行。其中  $G_2$  群自 2005 年 12 月即开始行为生态学观察, 该群现有 4 只, 活动范围 80  $\text{hm}^2$  以上,  $G_3$  群栖息地边缘与平河水库相连, 由于水库建设的原因, 栖息地曾于 1972—1974 年间遭受选择性砍伐。

## 2 方 法

### 2.1 样方设置与数据采集

森林物种多样性格局的研究常以海拔梯度来探

讨其分布格局的变化规律。然而由于哀牢山平河 G<sub>2</sub> 群栖息地地势起伏频繁, 海拔落差不足 200 m (2 588—2 760 m), 海拔的影响较小。有研究表明森林植物多样性格局与地形因子的关系实质上是与坡位的相关性 (Shen et al, 2000)。因此, 本调查选择坡位变化对乔木物种多样性、分层、树冠层高度范围以及木质藤本平均多度等影响因素进行分析。

坡位划分与样方的设置: 坡顶 (summit) 一样方有一条边跨过山脊中线, 中上位 (US) 一样方位与山坡上 1/3 处, 中位 (MS) 一样方位与山坡中部, 中下位 (LS) 一样方位与山坡下 1/3 处, 沟底 (ditch) 一样方有一条边跨过沟谷底部。取样分别在 G<sub>2</sub> 和 G<sub>3</sub> 的栖息地中进行, 在 G<sub>2</sub> 群栖息地内采用系统取样, 在近 80 hm<sup>2</sup> 的范围内, 横、纵各以 100 m 为间隔设置样方 54 个 (20 m × 20 m), 总面积 21 600 m<sup>2</sup>。在 G<sub>3</sub> 群栖息地, 从水库大坝到界牌河的入库口 (海拔 2 597—2 622 m), 在高于水库水面 5—10 m 的栖息地边缘地带设置一条样线, 再以 100 m 为间隔取 20 m × 20 m 样方 12 个。

调查中, 以测绳、圈尺、手持激光测高仪、指南针、海拔表和 GPS 等工具确定并记录样方的位置、大小、海拔、坡度、坡向、坡位及郁蔽度; 对胸径 ≥ 5 cm 且高度 ≥ 5 m 的乔木, 记录物种名称并编号, 采集凭证标本, 测量其胸围、树高、树冠高 (树冠的最低处距离地面高度) 和冠幅; 同时记录样方内木质藤本的多度并采集凭证标本。在记录的各项指标中, 海拔由 GPS (Garmin eTrex Summit) 和机械式海拔表测得; 坡度、坡向由 65 式指北针测得; 坡位及郁闭度由目测估计获得; 胸围以钢卷尺测得; 树高和树冠高由手持激光测高仪 (奥卡 600XV) 测得。

树高相差不超过 10% 的所有乔木划为同一亚层, 超过 10% 的树木划为其它亚层 (Jiang et al, 2004)。

2.2 数据分析

2.2.1 基盖度和藤本多度

基盖度 =  $\sum_{i=1}^n A_i$  (Sun et al, 2002)

*n* 为样方中乔木多度, *A<sub>i</sub>* 为样方中第 *i* 棵树的胸高断面积。

木质藤本的平均多度 = 各坡位中木质藤本多度 / 该坡位中的所有样方数。

2.2.2 α 多样性 α 多样性指数和重要值计算方法参考中国山地植物物种多样调查计划 (PKU-PSD) 制定的技术规范来进行测度 (Fang et al, 2004)。

Shannon-Wiener 指数:  $H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$

Pielou 指数:  $E = H / \ln S$

*H* 为多样性指数, *E* 为均匀性指数, *P<sub>i</sub>* 为第 *i* 种的相对胸高断面积, *S* 为样方中乔木出现的物种数, 即丰富度指数。

2.2.3 重要值 冠幅重要值  $V1 (\%) = (\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{胸高断面积相对优势度}) / 3$ ,

胸高断面积重要值  $V2 (\%) = (\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{冠幅相对优势度}) / 3$ 。

其中, 相对多度 (%) = 100 × 某个种的株数 / 所有种的总株数;

相对频度 (%) = 100 × 某个种在统计样方中出现的次数 / 所有种出现的总次数;

胸高断面积相对优势度 (%) = 100 × 某个种的胸高断面积 / 所有种的胸高断面积之和;

冠幅相对优势度 (%) = 100 × 某个种的冠幅 / 所有种的冠幅之和。

科/属重要值  $V = [(\text{科/属}) \text{ 相对多度} + (\text{科/属}) \text{ 相对频度} + (\text{科/属}) \text{ 胸高断面积相对优势度}] / 3$ 。

2.3 原始林与受干扰林的对比研究

由于位于 G<sub>3</sub> 群栖息地的样线设置在水库边缘, 处于下坡位, 所以本文对 G<sub>3</sub> 群黑长臂猿栖息地库区边缘林 12 个样方的各项指标与 G<sub>2</sub> 群黑长臂猿栖息地原始林中处于下坡位的 13 个样方的各项指标做了两个独立样本的均值检验。

表 1 G<sub>2</sub> 群栖息地不同坡位样地的基本概况

Tab. 1 Sample plots characteristics at different slope positions in the home range of G<sub>2</sub> group

| 坡位<br>Slope positions | 密度<br>Density (ind./hm <sup>2</sup> ) | 基盖度<br>Cover (m <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup> ) | 平均树高<br>Height (m) | 平均冠幅<br>Canopy area (m <sup>2</sup> ) | 坡度<br>Slope (°) | 海拔<br>Altitude (m) | 样方数<br>No. of plots |
|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| 坡顶 Summit             | 1690.00                               | 50.21                                           | 7.54               | 6.26                                  | 36.07           | 2700               | 9                   |
| 中上位 Upper slope       | 1260.42                               | 47.18                                           | 8.18               | 7.68                                  | 38.64           | 2697               | 12                  |
| 中位 Middle slope       | 977.78                                | 45.78                                           | 8.43               | 8.03                                  | 36.67           | 2669               | 9                   |
| 中下位 Lower slope       | 825.00                                | 51.82                                           | 8.95               | 9.98                                  | 39.04           | 2683               | 13                  |
| 沟底 Ditch              | 534.09                                | 41.77                                           | 9.65               | 9.08                                  | 33.86           | 2667               | 11                  |

(Kruskal Wallis Test: 平均树高  $\chi^2 = 16.97$ ,  $P = 0.002$ ; 平均冠幅  $\chi^2 = 13.19$ ,  $P = 0.01$ ; 密度  $\chi^2 = 18.46$ ,  $P = 0.001$ )

本文数据的整理与分析利用 Spss11.0 完成。

3 结 果

3.1 物种组成

在对 G<sub>2</sub> 栖息地的 54 个样方的调查中,共记录到乔木 57 种,隶属 23 科 37 属,木质藤本 9 种,隶属 6 科 8 属。优势科有杜鹃花科 (Ericaceae)、壳斗科 (Fagaceae)、木兰科 (Magnoliaceae) 和山茶科 (Theaceae) (表 2)。其中以杜鹃花科、山茶科、壳斗科和樟科 (Lauraceae) 的物种较多,如:杜鹃花科的珍珠花 (*Lyonia ovalifolia*)、露珠杜鹃 (*Rhododendron irroratum*)、薄叶杜鹃 (*Rhododendron leptothrium*) 等,山茶科的滇木荷 (*Schima noronhae*)、云南舟柄茶 (*Hartia yunnanensis*)、小花山茶 (*Camellia forrestii*) 等,壳斗科的疏齿栲 (*Castanopsis remotidenticulata*)、绿背石栎 (*Lithocarpus hypoviridis*)、倒卵叶石栎 (*Lithocarpus pachyphylloides*) 等,樟科的近轮叶木姜子 (*Litsea elongata*)、

毛果黄肉楠 (*Actinodaphne trichocarpa*)、多果新木姜子 (*Neolitsea polycarpa*) 等在该地区均为常见种。木质藤本植物有五味子科 (Schisandraceae)、葡萄科 (Vitaceae)、猕猴桃科 (Actinidiaceae)、忍冬科 (Caprifoliaceae)、木通科 (Lardizabalaceae) 和菝葜科 (Smilacaceae)。

3.2 坡位对乔木层的影响

哀牢山平河黑长臂猿栖息地地势起伏频繁,落差小,除坡向对树高和胸高断面积有影响外 (Kruskal Wallis Test: 树高  $\chi^2 = 8.795$ ,  $P = 0.032$ ; 胸高断面积  $\chi^2 = 11.253$ ,  $P = 0.01$ ),海拔及坡度均对栖息地乔木层结构的影响均较小;而不同坡位乔木的平均树高、平均冠幅、密度以及木质藤本的平均多度却呈现出显著差异 (表 1 和图 5)。

3.2.1 主要乔木物种的重要值排序及其在不同坡位的分布 主要乔木物种的重要值排序见图 1。图 1 列出了冠幅重要值 (V1) 前 20 位的乔木树种及其相对胸高断面积重要值 (V2)。从图中可以看出:

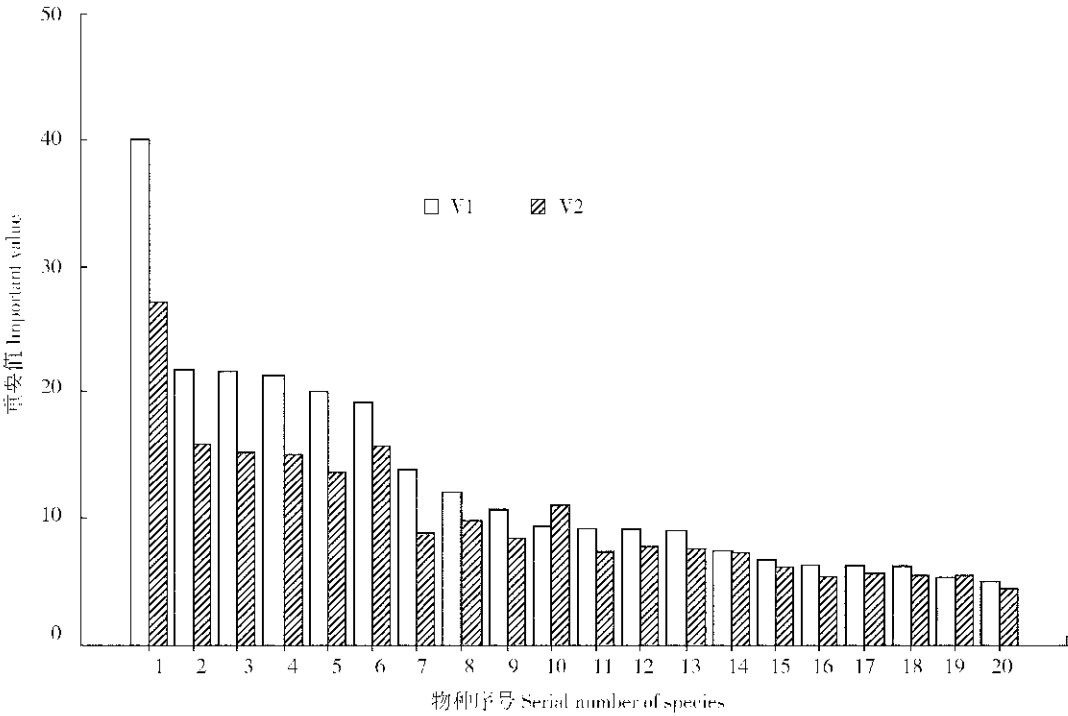


图 1 平河主要树种冠幅重要值 (V1) 和胸高断面积重要值排序 (V2)

Fig. 1 The sorting diagram of importance value V1 and V2 of main plant species at Pinghe

1. 露珠杜鹃; 2. 疏齿栲; 3. 珊瑚冬青; 4. 绿背石栎; 5. 珍珠花; 6. 滇木荷; 7. 云南越桔; 8. 小花山茶; 9. 瑞丽鹅掌柴; 10. 华山松; 11. 毛果黄肉楠; 12. 多果新木姜子; 13. 吴茱萸叶五加; 14. 七裂槭; 15. 云南舟柄茶; 16. 薄叶杜鹃; 17. 滇润楠; 18. 大花八角; 19. 近轮叶木姜子; 20. 毛柱野茉莉。
1. *Rhododendron irroratum*; 2. *Castanopsis remotidenticulata*; 3. *Ilex corallina*; 4. *Lithocarpus hypoviridis*; 5. *Lyonia ovalifolia*; 6. *Schima noronhae*; 7. *Vaccinium duclouxii*; 8. *Camellia forrestii*; 9. *Schefflera shweliensis*; 10. *Pinus armandii*; 11. *Actinodaphne trichocarpa*; 12. *Neolitsea polycarpa*; 13. *Acanthopanax evodiaefolius*; 14. *Acer heptalobum*; 15. *Hartia yunnanensis*; 16. *Rhododendron leptothrium*; 17. *Machilus yunnanensis*; 18. *Illicium macranthum*; 19. *Litsea elongata*; 20. *Styrax perkinsiae*.

表 2 不同坡位上优势科、属和种的重要值  
Tab. 2 Importance value of main families, genera and species at different slope positions

| 坡顶 Summit       |                     |                                      | 中上位 Upper slope |                     |                                      |
|-----------------|---------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------------------|
| 科 families      | 属 genera            | 种 species                            | 科 families      | 属 genera            | 种 species                            |
| 杜鹃花科            | 杜鹃属                 | 露珠杜鹃                                 | 杜鹃花科            | 石栎属                 | 露珠杜鹃                                 |
| Ericaceae       | <i>Rhododendron</i> | <i>Rhododendron irroratum</i>        | Ericaceae       | <i>Lithocarpus</i>  | <i>Rhododendron irroratum</i>        |
| 66.72           | 60.12               | 53.77                                | 51.04           | 51.55               | 35.61                                |
| 木兰科             | 石栎属                 | 珍珠花                                  | 五加科             | 杜鹃属                 | 珊瑚冬青                                 |
| Magnoliaceae    | <i>Lithocarpus</i>  | <i>Lyonia ovalifolia</i>             | Araliaceae      | <i>Rhododendron</i> | <i>Ilex corallina</i>                |
| 27.77           | 48.13               | 26.86                                | 34.44           | 40.71               | 25.81                                |
| 冬青科             | 米饭花属                | 华山松                                  | 木兰科             | 冬青属                 | 珍珠花                                  |
| Aquifoliaceae   | <i>Lyonia</i>       | <i>Pinus armandi</i>                 | Magnoliaceae    | <i>Ilex</i>         | <i>Lyonia ovalifolia</i>             |
| 25.87           | 27.38               | 25.57                                | 26.29           | 26.02               | 25.66                                |
| 中位 Middle slope |                     |                                      | 中下位 Lower slope |                     |                                      |
| 科 families      | 属 genera            | 种 species                            | 科 families      | 属 genera            | 种 species                            |
| 杜鹃花科            | 石栎属                 | 珍珠花                                  | 杜鹃花科            | 石栎属                 | 疏齿栲                                  |
| Ericaceae       | <i>Lithocarpus</i>  | <i>Lyonia ovalifolia</i>             | Ericaceae       | <i>Lithocarpus</i>  | <i>Castanopsis remotidenticulata</i> |
| 47.30           | 59.23               | 32.64                                | 33.43           | 57.47               | 31.08                                |
| 壳斗科             | 杜鹃属                 | 疏齿栲                                  | 木兰科             | 木荷属                 | 滇木荷                                  |
| Fagaceae        | <i>Rhododendron</i> | <i>Castanopsis remotidenticulata</i> | Magnoliaceae    | <i>Schima</i>       | <i>Schima noronhae</i>               |
| 41.78           | 44.26               | 29.5                                 | 32.10           | 28.57               | 28.11                                |
| 木犀科             | 冬青属                 | 绿背石栎                                 | 山茶科             | 杜鹃属                 | 露珠杜鹃                                 |
| Oleaceae        | <i>Ilex</i>         | <i>Lithocarpus hypoviridis</i>       | Theaceae        | <i>Rhododendron</i> | <i>Rhododendron irroratum</i>        |
| 34.62           | 21.29               | 25.83                                | 29.53           | 27.57               | 19.56                                |
| 沟底 Ditch        |                     |                                      |                 |                     |                                      |
| 科 families      | 属 genera            | 种 species                            |                 |                     |                                      |
| 壳斗科             | 石栎属                 | 滇木荷                                  |                 |                     |                                      |
| Fagaceae        | <i>Lithocarpus</i>  | <i>Schima noronhae</i>               |                 |                     |                                      |
| 50.00           | 72.68               | 50.71                                |                 |                     |                                      |
| 杜鹃花科            | 木荷属                 | 绿背石栎                                 |                 |                     |                                      |
| Ericaceae       | <i>Schima</i>       | <i>Lithocarpus hypoviridis</i>       |                 |                     |                                      |
| 39.97           | 45.25               | 35.7                                 |                 |                     |                                      |
| 山茶科             | 杜鹃属                 | 疏齿栲                                  |                 |                     |                                      |
| Theaceae        | <i>Rhododendron</i> | <i>Castanopsis remotidenticulata</i> |                 |                     |                                      |
| 38.14           | 28.93               | 31.82                                |                 |                     |                                      |

露珠杜鹃是栖息地最重要的常绿阔叶树种，其重要值无论是冠幅还是胸高断面积都很高（分别为 39.97 和 27.08），明显大于其他树种；疏齿栲、珊瑚冬青（*Ilex corallina*）、绿背石栎、珍珠花和滇木荷则是位于第二梯队的优势物种，是黑长臂猿栖息地中乔木的重要组成。

主要乔木树种在不同坡位的分布见表 2。表 2 列出了各坡位优势科、属、种的重要值。杜鹃花科植物在各个坡位上都占据一定的优势地位，在该区植被乔木组成中起着重要的作用。木兰科植物分布也较广，而壳斗科和山茶科植物主要在中位、中下位和沟底占有优势地位。从种一级分类单元来看，露珠杜鹃不仅在重要值上占优势，在分布上也是最广的，但从坡顶到沟底其重要值呈现出下降趋势，其优势地位在中下坡位逐渐被疏齿栲、绿背石栎和滇木荷等高大乔木所取代。

3.2.2 乔木物种多样性和结构随坡位的变化

图 2a、b 分别显示了 G<sub>2</sub> 群黑长臂猿栖息地 5 个坡位 54 个样方中乔木的物种多样性和均匀度指数值，从图中可以看出物种多样性和均匀度指数呈现出相似的变化趋势——从坡顶到沟底逐渐降低。但值得注意的是多样性和均匀性指数在沟底急剧降低，与下坡位差异显著（*t*-Test: *H* 值 *t* = 3.056, *P* = 0.006; *E* 值 *t* = 3.504, *P* = 0.002），而均匀度指数在坡顶出现了一个相对较低的水平。

3.2.3 乔木层的分层与树冠层的高度范围 通过统计，将乔木层划分为 3 个亚层——树高 12 m 以上为乔木 I 层，8—11 m 为乔木 II 层，5—7 m 为乔木 III 层。3 个乔木亚层在不同坡位中所占比例的变化趋势如图 3 所示：乔木 I 层和 II 层所占比例均随坡位的下降而升高，而乔木 III 层所占比例随着坡位的下降呈现出明显的下降趋势。在坡顶乔木 III 层，即 5—7 m 的乔木所占比例最高，在其它坡位均是乔木 II 层所占比例最高，乔木 I 层在各坡位所占比例均较少。

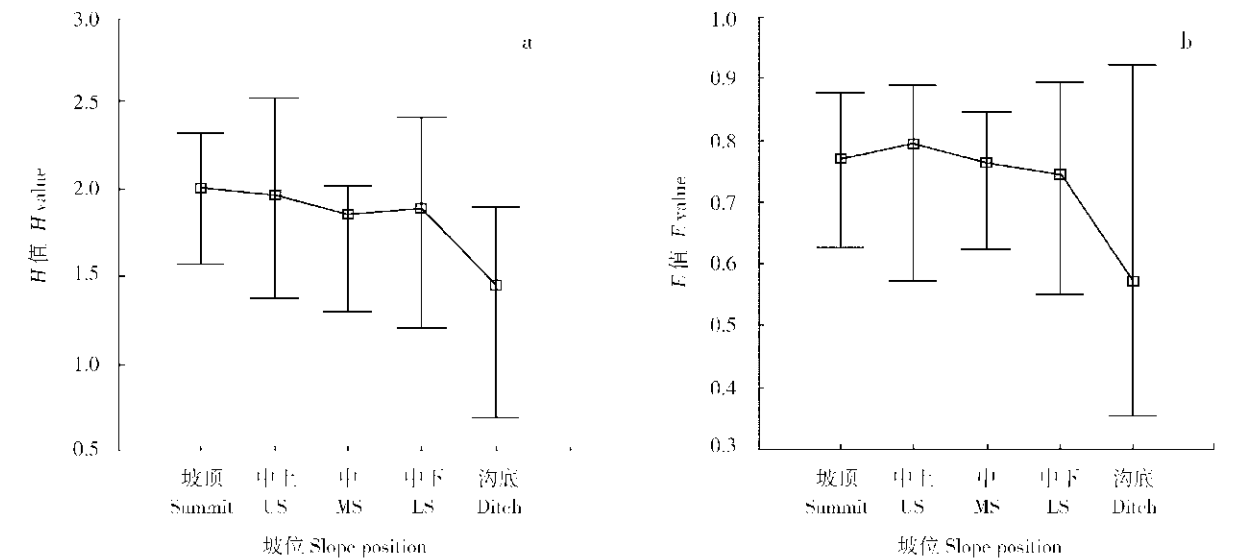


图 2 不同坡位乔木群落的多样性指数 (a) 和均匀度指数 (b)  
Fig. 2 Diversity (a) and evenness (b) indexes of tree community at different slope positions

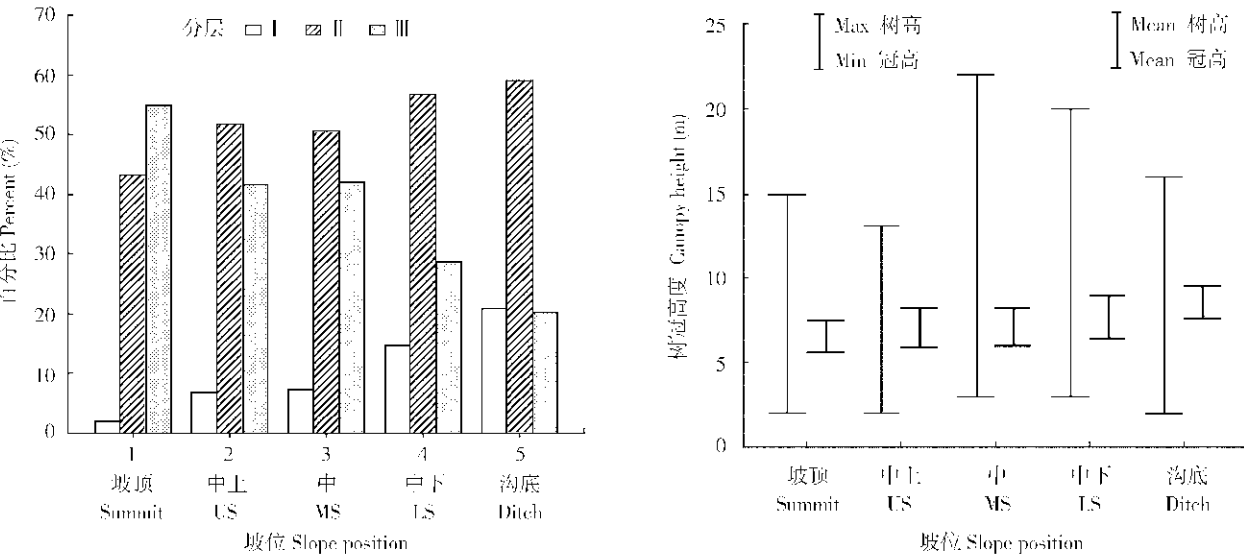


图 3 不同坡位乔木亚层所占比例  
Fig. 3 Percent of tree sub-layers at different slope positions  
US: Upper slope; MS: Middle slope; LS: Lower slope.

图 4 不同坡位树冠层距离地面的高度范围  
Fig. 4 The canopy height at different slope positions  
US: Upper slope; MS: Middle slope; LS: Lower slope.

据观察，哀牢山黑长臂猿很少在乔木Ⅲ层活动，因此我们统计了不同坡位乔木Ⅰ层、Ⅱ层树冠层距离地面的高度范围（图 4）。虽然树高的最大值出现在中坡位，但树高和冠高的均值从坡顶到沟底均呈现出升高趋势，并在沟底达到最大值。而样地中的最大树高出现在中下位则是由于个体发育较好的滇木荷、水青树（*Tetracentron sinense*）和疏齿栲在此分布的原因。

3.2.4 木质藤本平均多度在不同坡位的分布

木质藤本的平均多度在不同坡位中的分布趋势如图 5 所示，经相关性检验，木质藤本的平均多度与坡位由坡顶 - 沟底的变化呈正相关关系（Spearman:  $r = 0.64$ ,  $P < 0.001$ ,  $n = 54$ ）经非参数检验，不同坡位木质藤本的平均多度差异显著（Kruskal-Wallis test:  $\chi^2 = 23.83$ ,  $P < 0.001$ ）。从图中可以看出木质藤本的平均多度在坡顶和中上位较低，在中下位和沟底很高。

3.3 人为干扰对栖息地乔木层的影响

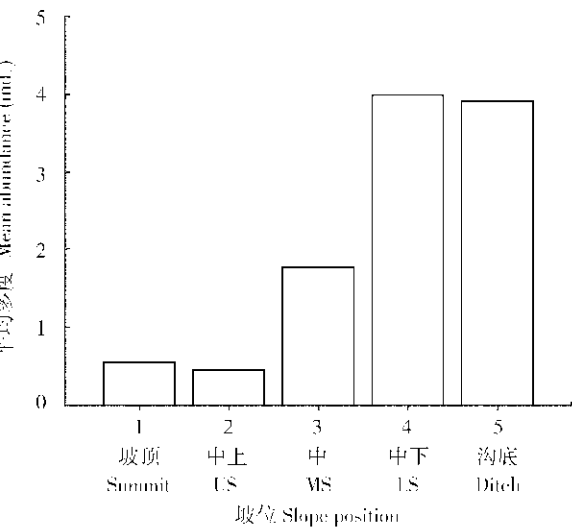


图5 不同坡位木质藤本的平均多度  
Fig. 5 Mean abundance of woody liana at different slope positions  
US: Upper slope; MS: Middle slope; LS: Lower slope.

经过 30 多年的恢复，G<sub>3</sub> 群栖息地的各项指标仍明显低于 G<sub>2</sub> 群栖息地（表 3）。经检验，树高（MH）、各样方乔木物种平均丰富度（MA）、木质藤本平均多度（MV）和基盖度（MC）均显现出显著性差异（*t*-Test: MH: *t* = -5.804, *P* < 0.001; MA: *t* = -2.748, *P* = 0.011; MV: *t* = -2.361, *P* = 0.031; MC: *t* = 2.264, *P* = 0.033）。

4 讨 论

哀牢山自然保护区森林资源丰富，She & Dong（1988）对哀牢山中北段的综合考察中共记录到乔木树种 36 科 61 属 142 种，藤本植物 17 科 23 属 44 种。我们对哀牢山平河黑长臂猿栖息地的调查中由于调查面积小、栖息地海拔高、海拔跨度小，乔木层物种丰富度相对较低，仅记录到乔木树种 23 科 37 属 57 种，木质藤本 6 科 8 属 9 种。

4.1 哀牢山平河黑长臂猿栖息地结构

由于水流经过处无乔木生长，因此沟底乔木树种多样性指数偏低，这可能与流水对乔木密度的影

响有关。而在郁闭度较低、种间竞争相对温和的坡顶，物种的丰富度相对较高。但由于坡顶风力大、温湿度低，只有露珠杜鹃、疏齿栲、珍珠花和云南越桔（*Vaccinium duclouxii*）等少数耐受极限高的物种优势度较大，这可能是造成坡顶均匀度指数较低的主要原因。

各乔木层所占的比例，也随坡位的升降呈现出明显的变化规律：在中下位和沟底乔木Ⅰ层和Ⅱ层所占的比例较高，高大的壳斗科和山茶科植物在中坡位及以下优势度明显，也是乔木Ⅰ层的主要组成；而在坡顶乔木Ⅲ层所占比例最大，主要由杜鹃花科植物组成，乔木的冠幅小、郁蔽度低，平均树高仅为 7.5 m，林下灌丛密度很大。

木质藤本对水份的依赖性较大，在不同坡位的多度分布差异更为显著。由于该地区栖息地落差小，因此，海拔和坡向对各样方的乔木层结构影响较小。而地势起伏频繁又形成了复杂的微环境，造成不同坡位乔木的平均树高、平均冠幅、密度以及木质藤本的平均多度等均呈现出显著性差异，表明在特定地势条件下坡位会成为影响乔木层物种多样性结构的关键地形因子。这与 Shen et al（2000）的结论一致。

4.2 栖息地利用和食性

物种重要值作为一个综合指标，能较充分地显示出不同植物种群在群落中的地位和作用（Wang, 1987）。杜鹃花科植物无疑在该地区占据绝对优势，其中露珠杜鹃对树冠层的贡献程度最大，但杜鹃花科植物植株普遍比较矮小，平均树高仅 7.6 m，属乔木Ⅲ层。因长臂猿对中高乔木层利用强度较大，低乔木层不适于长臂猿活动，其利用强度很低（Carpenter, 1964; Whitten, 1982）。然而，栖息于无量山的黑长臂猿至少取食 7 种杜鹃花科植物的花（Fan, 私人通讯），因此，露珠杜鹃很可能是哀牢山平河黑长臂猿重要的食物资源，黑长臂猿对其的利用尚需要进一步观察。高大的壳斗科和山茶科植物在中坡位以下的优势地位较为明显，疏齿栲、绿

表 3 G<sub>2</sub> 群与 G<sub>3</sub> 群黑长臂猿栖息地植被的比较  
Tab. 3 A comparison between habitats of G<sub>2</sub> and G<sub>3</sub> group

| 样地类别<br>Study area                        | 乔木平均<br>丰富度<br>Richness | 密度<br>Density<br>(ind./hm <sup>2</sup> ) | 基盖度<br>Cover<br>(m <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup> ) | 平均树高<br>Height<br>(m) | 平均冠幅<br>Canopy area<br>(m <sup>2</sup> ) | 藤本平均多度<br>Abundance of<br>woodiness | 郁闭度<br>Shade<br>degree(%) | 多样性 <i>H</i><br>Value of<br><i>H</i> | 样方数<br>No. of<br>plots |
|-------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| G <sub>2</sub> 栖息地 G <sub>2</sub> Habitat | 12.9                    | 825.00                                   | 52.25                                              | 8.95                  | 9.98                                     | 4.00                                | 53.8-83.8                 | 1.89                                 | 13                     |
| G <sub>3</sub> 栖息地 G <sub>3</sub> Habitat | 9.67                    | 714.58                                   | 38.28                                              | 7.27                  | 9.36                                     | 0.75                                | 50.0-80.0                 | 1.64                                 | 12                     |

背石栎和滇木荷是组成乔木 I 层的主要成员, 由初步观察记录看, 黑长臂猿对该层的利用强度较大。此外, 在无量山木质藤本的叶子和果实均为黑长臂猿所偏爱, 尤其是果实 (Fan, 私人通讯)。据观察山羊桃 (*Actinidia callosa*)、冷饭团 (*Kadsura coccinea*)、五风藤 (*Holboellia latifolia*) 等木质藤本的果实在雨季末期 (9—11 月) 陆续成熟。在此期间地上凋落的藤本植物的果实很多, 也很容易发现被啃食的残果。由于木质藤本均分布于中下坡位及沟底, 因此, 该坡位很可能成为平河黑长臂猿在雨季末期的重要觅食地。

虽然乔木层的树冠层高度范围为在 3—22 m 之间, 但黑长臂猿在没有其它外界因素干扰的情况下常选择较高树冠层活动, 其活动距离地面的高度常高于 10 m。即便如此, 由于乔木层高度的限制, 哀牢山平河黑长臂猿的活动高度 (10—22 m) 仍明显低于其它长臂猿 (20—35 m) (Leighton et al, 1987)。

对鸣叫树的选择, 长臂猿不仅对树冠的高度有要求, 尚对树所处的位置有要求 (Whitten, 1982; Reichard, 1998; Ahsan, 2001)。据统计, 尽管随着坡位的降, 低乔木 I 层、II 层所占的比例有所增加, 但据明确定位的 G<sub>2</sub> 群 9 个鸣叫点的分析表明: 有 7 个位于中上坡位树高较高、冠幅较大且与邻近树连接较好的树冠, 仅有 2 处位于中下坡位, 表明在对鸣叫树的选择方面黑长臂猿与其它长臂猿是一致的。

长臂猿主要取食成熟的、富含糖份和多汁的果实性食物 (Gittins & Raemaekers, 1980), G<sub>2</sub> 群黑长臂猿栖息地中肉果 (fleshy fruit) 乔木有 19 种, 分别隶属于樟科、灰木科 (Symlocaceae)、蔷薇科 (Rosaceae)、清风藤科 (Sabiaceae)、安息香科 (Styracaceae)、忍冬科、冬青科 (Aquifoliaceae)、

五加科 (Araliaceae) 和越桔科 (Vacciniaceae)。在栖息地重要值最大的前 20 中乔木中仅有 9 种肉果乔木, 而且, 由于这些肉果类乔木与 9 种中大型藤本的果实成熟期大都在 9—12 月份, 在其他月份长臂猿很少有果食性食物可食。由此可见, 与其他长臂猿相比 (Kappeler, 1984; Gittins & Tilson, 1984; Chivers, 1984), 哀牢山平河黑长臂猿果实性食物要贫乏得多。由 12 月中旬采集到的黑长臂猿粪便中, 检出壳斗科植物坚硬的外果皮残片表明, 壳斗科植物也在为黑长臂猿提供食物。而壳斗科植物为该地区植被重要的组成类群, 在中坡位及以下占有优势地位。壳斗科植物的坚果富含淀粉, 但水份少, 这与肉果性食物有很大差别, 在其他长臂猿的食性中也未见报道过。取食这一类植物的果实可能是该地区黑长臂猿对肉果性食物资源匮乏的一种适应, 因此有着重要的行为生态学意义。

#### 4.3 栖息地保护

G<sub>3</sub> 活动区域经过 30 多年的恢复, 受干扰栖息地乔木的树种多度、基盖度、树高、木质藤本的多度和 Shannon-Wiener 指数 H<sub>2</sub> 仍明显偏低, 恢复情况并不理想。由于生境较为脆弱, 一旦遭到破坏其恢复过程较为漫长, 加之栖息地食物资源贫乏, 尽管栖息于哀牢山的黑长臂猿对高海拔的特殊生境已产生了一系列的行为适应, 但栖息地破坏仍是黑长臂猿生存的最大威胁。因此, 栖息地保护在远离居民点的地区仍是一重要的方面, 值得关注。

**致谢:** 在野外调查过程中承蒙哀牢山国家级自然保护区平河管理站的李有华、马有富、李挺华及禹朝峰等对我们的工作给予了大力协助; 标本鉴定工作中中国科学院西双版纳热带植物园的杨国平先生和马文章先生给予了很大帮助, 在此一并致谢!

#### 参考文献:

- Ahsan MF. 2001. Socio-ecology of the hoolock gibbon (*Hylobates hoolock*) in two forests of bangladesh [A]. In: Chicago Zoological Society and Brookfield Zoo. The Apes: Challenge for the 21st Century [C]. Chicago. Brookfieldzoo. org, 286-299.
- Brugiere D, Gautier JP, Moungez A, Gautier-Hion A. 2002. Primate diet and biomass in relation to vegetation composition and fruiting phenology in a rain forest in Gabon [J]. *International Journal of Primatology*, 23 (5): 999-1024.
- Caldecott JO. 1980. Habitat quality and populations of two sympatric gibbons (*Hylobatidae*) on a mountain in Malaya [J]. *Folia Primatologica*, 33 (4): 291-309.
- Carpenter CR. 1964. Naturalistic behavior of nonhuman primates [M]. University Park. The Pennsylvania State University Press, 236.
- Chivers DJ. 1984. Feeding and ranging in gibbons: A summary [A]. In: Preuschoft H. Chivers DJ. Brockelman WY. Creel N. The Lesser Apes [C]. Edinburgh: Edinburgh University Press, 267-281.
- Dao VT. 1983. On the north Indochinese gibbons (*Hylobates concolor*) (Primates: Hylobatidae) in North Vietnam [J]. *Journal of Human Evolution*, 12 (4): 367-372.
- Enstam KL, Isbell LA. Microhabitat preference and vertical use of space by patas monkeys (*Erythrocebus patas*) in relation to predation risk and habitat structure [J]. *Folia Primatologica*, 75: 70-84.
- Fang JY, Shen ZH, Tang ZY, Wang ZH. 2004. The protocol for the survey plan for plant species diversity of China's mountains [J]. *Biodiversity*



*Science*, **12** (1): 5-9.

- Fan PF, Jiang XL, Liu CM, Luo WS. Polygynous mating system and behavioural reason of black crested gibbon (*Nomascus concolor jingdongensis*) at Dazhaizi, Mt. Wuliang, Yunnan, China [J]. *Zool Res*, **27** (2): 216-220. [范鹏飞, 蒋学龙, 刘长铭, 罗文寿. 2006. 无量山大寨子黑长臂猿一夫二妻制的群体结构及其行为学原因. *动物学研究*, **27** (2): 216-220.]
- Gittins SP. 1982. Feeding and ranging in the agile gibbon [J]. *Folia Primatologica*, **38** (1-2): 39-71.
- Gittins SP, Raemaekers JJ. 1980. Siamang, lar and agile gibbons [A]. In: Chivers DJ. Malayan forest primates: Ten year's study in tropical rain forest [C]. New York: Plenum Press, 63-105.
- Gittins SP, Tilson RL. 1984. Notes on the ecology and behaviour of the hoolock gibbon [A]. In: Preuschoft H, Chivers DJ, Brockelman WY, Creel N. The Lesser Apes [C]. Edinburgh: Edinburgh University Press, 258-266.
- Hu Y, Xu HW, Yang DH. 1990. Feeding ecology of the white-cheek gibbon (*Hylobates leucogenys*) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, **10** (2): 155-159. [扈宇, 许宏伟, 杨德华. 1990. 白颊长臂猿的食性研究. *生态学报*, **10** (2): 155-159.]
- Jiang HQ, Duan CQ, Yang SH, Wang CY, Su WH. 2004. Plant Ecology [M]. Beijing: Higher Education Press, 63-65. [姜汉桥, 段昌群, 杨树华, 王崇云, 苏文华. 2004. 植物生态学. 北京: 高等教育出版社, 63-65.]
- Jiang XL, Wang YX, Wang Q. 1999. Coexistence of monogamy and polygyny in black-crested gibbon (*Hylobates concolor*) [J]. *Primates*, **40** (4): 607-611.
- Jiang XL, Luo ZH, Zhao SY, Li RZ, Liu CM. 2006. Status and distribution pattern of black crested gibbon (*Nomascus concolor jingdongensis*) in Wuliang Mountains, Yunnan, China: Implication for conservation [J]. *Primates*, **47** (3): 264-271.
- Julliot C. 1996. Fruit choice by red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in a tropical rain forest [J]. *American Journal of Primatology*, **40** (3): 261-282.
- Kappeler M. 1984. Diet and feeding behaviour of the moloch gibbon [A]. In: Preuschoft H, Chivers DJ, Brockelman WY, Creel N. The Lesser Apes [C]. Edinburgh: Edinburgh University Press, 228-241.
- Lan DY. 1993. Feeding and vocal behaviors of black gibbons (*Hylobates concolor*) in Yunnan: A preliminary study [J]. *Folia Primatologica*, **60**: 94-105.
- Leighton DR. 1987. Gibbons: Territoriality and monogamy [A]. In: Smuts BB, Cheney DL, Seyfarth RM, Wrangham RW, Struhsaker TT. Primate Societies [C]. Chicago: The University of Chicago Press, 135-145.
- Li ZY, Rogers E. 2004. Habitat quality and activity budgets of white-headed langurs in Fusui, China [J]. *International Journal of Primatology*, **25** (1): 41-55.
- McConkey KR, Aldy F, Ario A, Chivers DJ. 2002. Selection of fruit by gibbons (*Hylobates muelleri agilis*) in the rain forest of central borneo [J]. *International Journal of Primatology*, **23** (1): 123-145.
- Raemaekers J. 1980. Causes of variation between months in the distance traveled daily by gibbons [J]. *Folia Primatologica*, **34**: 46-60.
- Reichard U. 1998. Sleeping sites, sleeping places, and presleep behaviour of gibbons (*Hylobates lar*) [J]. *American Journal of Primatology*, **46** (1): 35-62.
- She GH, Dong A. 1988. Comprehensive report on scientific exploration of the Ailaoshan Natural Reserve [M]. Kunming: National Press of Yunnan Province, 1-24. [余国华, 董艾. 1988. 哀牢山自然保护区综合考察报告集. 昆明: 云南民族出版社, 1-24.]
- Shen ZH, Zhang XS, Jin YX. 2000. Spatial pattern analysis and topographic interpretation of species diversity in the forests of Dalaoling in the region of the Three Gorges [J]. *Acta Botanica Sinica*, **42** (6): 620-627. [沈泽昊, 张新时, 金义兴. 2000. 三峡大老岭森林物种多样性的空间格局分析及其地形解释. *植物学报*, **42** (6): 620-627.]
- Srikosamatar S. 1984. Ecology of pileated gibbons in south-east Thailand [A]. In: Preuschoft H, Chivers DJ, Brockelman WY, Creel N. The Lesser Apes: Evolutionary and Behavioural Biology [M]. Edinburgh: Edinburgh University Press, 242-257.
- Sun RY, Li QF, Niu CJ, Lou AR. 2002. Basic Ecology [M]. Beijing: Higher Education Press, 142-143. [孙儒泳, 李庆芬, 牛翠娟, 姜安如. 2002. 基础生态学. 北京: 高等教育出版社, 142-143.]
- Tilson RL. 1979. Behaviour of hoolock gibbon (*Hylobates hoolock*) during different seasons in Assam, India [J]. *Journal of the Bombay Natural History Society*, **76**: 1-16.
- Wang BS. 1987. Phytocoenology [M]. Beijing: Higher Education Press, 298-300. [王伯荪. 1987. 植物群落学. 北京: 高等教育出版社, 44-55.]
- Wang YX, Jiang XL, Feng Q. 2000. Distribution, status and conservation of black-crested gibbon (*Hylobates concolor*) in china [J]. *Acta Anthropologica Sinica*, **19** (2): 138-147. [王应祥, 蒋学龙, 冯庆. 2000. 黑长臂猿的分布、现状与保护. *人类学学报*, **19** (2): 138-147.]
- Whittaker DJ. 2005. Evolutionary genetics of kloss's gibbons (*Hylobates klossii*): Systematics, phylogeography, and conservation [D]. Ph. D. thesis, The City University of New York.
- Whitten AJ. 1982. Home range use by Kloss gibbons (*Hylobates klossii*) on Siberut Island, Indonesia [J]. *Animal Behaviour*, **30**: 182-198.