

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

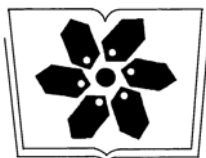
中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 19 期 Vol.33 No.19 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第33卷第19期

2013年10月 (半月刊)

目次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

- 生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述 马凤娇, 刘金铜, A. Egrinya Eneji (5963)
- 非人灵长类性打搅行为研究进展 杨 斌, 王程亮, 纪维红, 等 (5973)
- 密度制约效应对啮齿动物繁殖的影响 韩群花, 郭 聪, 张美文 (5981)
- 食物链长度远因与近因研究进展综述 王玉玉, 徐 军, 雷光春 (5990)
- AM 真菌在植物病虫害生物防治中的作用机制 罗巧玉, 王晓娟, 李媛媛, 等 (5997)
- 保护性耕作对农田碳、氮效应的影响研究进展 薛建福, 赵 鑫, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, 等 (6006)
- 圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征 张明春, 黄 炎, 李德生, 等 (6014)
- 利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配 赵玉泽, 王志臣, 徐基良, 等 (6021)
- 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响 杨志宏, 吴庆明, 董海燕, 等 (6028)
- 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征 李艳红, 关进科, 黎大勇, 等 (6035)
- 生境片段化对千岛湖岛屿上黄足厚结猛蚁遗传多样性的影响 罗媛媛, 刘金亮, 黄杰灵, 等 (6041)
- 基于 28S, COI 和 Cytb 基因序列的薛荔和爱玉子传粉小蜂分子遗传关系研究 吴文珊, 陈友铃, 孙伶俐, 等 (6049)
- 高榕榕果内 *Eupristina* 属两种榕小蜂的遗传进化关系 陈友铃, 孙伶俐, 武蕾蕾, 等 (6058)
- 镉胁迫下杞柳对金属元素的吸收及其根系形态构型特征 王树凤, 施翔, 孙海菁, 等 (6065)
- 邻苯二甲酸对萝卜种子萌发、幼苗叶片膜脂过氧化及渗透调节物质的影响 杨延杰, 王晓伟, 赵 康, 等 (6074)
- 极端干旱区多枝怪柳幼苗对人工水分干扰的形态及生理响应 马晓东, 王明慧, 李卫红, 等 (6081)
- 贝壳砂生境酸枣叶片光合生理参数的水分响应特征 王荣荣, 夏江宝, 杨吉华, 等 (6088)
- 陶粒覆盖对土壤水分、植物光合作用及生长状况的影响 谭雪红, 郭小平, 赵廷宁 (6097)
- 不同林龄短枝木麻黄小枝单宁含量及养分再吸收动态 叶功富, 张尚炬, 张立华, 等 (6107)
- 珠江三角洲不同污染梯度下森林优势种叶片和枝条 S 含量比较 裴男才, 陈步峰, 邹志谨, 等 (6114)
- AM 真菌和磷对小马安羊蹄甲幼苗生长的影响 宋成军, 曲来叶, 马克明, 等 (6121)
- 盐氮处理下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累和种子萌发特性 周家超, 付婷婷, 赵维维, 等 (6129)
- CO₂ 浓度升高条件下内生真菌感染对宿主植物的生理生态影响 师志冰, 周 勇, 李 夏, 等 (6135)
- 预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响 孟 焕, 王雪宏, 佟守正, 等 (6142)
- 镉在土壤-金丝垂柳系统中的迁移特征 张 雯, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (6147)
- 马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响 罗应华, 孙冬婧, 林建勇, 等 (6154)
- 濒危海草贝克喜盐草的种群动态及土壤种子库——以广西珍珠湾为例 邱广龙, 范航清, 李宗善, 等 (6163)
- 毛乌素沙地南缘沙丘生物结皮对凝结水形成和蒸发的影响 尹瑞平, 吴永胜, 张 欣, 等 (6173)
- 塔里木河上游灰胡杨种群生活史特征与空间分布格局 韩 路, 席琳乔, 王家强, 等 (6181)
- 短期氮素添加和模拟放牧对青藏高原高寒草甸生态系统呼吸的影响 宗 宁, 石培礼, 蔺 婧, 等 (6191)
- 松嫩平原微地形下土壤水盐与植物群落分布的关系 杨 帆, 王志春, 王云贺, 等 (6202)

广州大夫山雨季林内外空气 TSP 和 PM _{2.5} 浓度及水溶性离子特征	肖以华, 李 炯, 旷远文, 等 (6209)
马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局	汪振华, 赵 静, 王 凯, 等 (6218)
黄海细纹狮子鱼种群特征的年际变化	陈云龙, 单秀娟, 周志鹏, 等 (6227)
三种温带森林大型土壤动物群落结构的时空动态	李 娜, 张雪萍, 张利敏 (6236)
笔管榕榕小蜂的群落结构与物种多样性	陈友铃, 陈晓倩, 吴文珊, 等 (6246)
海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估	陈 尚, 任大川, 夏 涛, 等 (6254)
中国地貌区划系统——以自然保护区体系建设为目标	郭子良, 崔国发 (6264)
生态植被建设对黄土高原农林复合流域景观格局的影响	易 扬, 信忠保, 覃云斌, 等 (6277)
华北农牧交错带农田-草地景观镶嵌体土壤水分空间异质性	王红梅, 王仲良, 王 堃, 等 (6287)
中国北方春小麦生育期变化的区域差异性与气候适应性	俄有浩, 霍治国, 马玉平, 等 (6295)
中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应	盛茂银, 刘 洋, 熊康宁 (6303)
气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响	贺 伟, 布仁仓, 刘宏娟, 等 (6314)
内蒙古不同类型草地土壤氮矿化及其温度敏感性	朱剑兴, 王秋风, 何念鹏, 等 (6320)
黑河中游荒漠绿洲区土地利用的土壤养分效应	马志敏, 吕一河, 孙飞翔, 等 (6328)
成都平原北部水稻土重金属含量状况及其潜在生态风险评价	秦鱼生, 喻 华, 冯文强, 等 (6335)
大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系	杨胜龙, 马军杰, 张 禹, 等 (6345)
夏季台湾海峡南部海域上层水体的生物固氮作用	林 峰, 陈 敏, 杨伟锋, 等 (6354)
北长山岛森林乔木层碳储量及其影响因子	石洪华, 王晓丽, 王 媛, 等 (6363)
植被类型变化对长白山森林土壤碳矿化及其温度敏感性的影响	王 丹, 吕瑜良, 徐 丽, 等 (6373)
油松遗传结构与地理阻隔因素的相关性	孟翔翔, 狄晓艳, 王孟本, 等 (6382)
基于辅助环境变量的土壤有机碳空间插值——以黄土丘陵区小流域为例	文 雯, 周宝同, 汪亚峰, 等 (6389)
基于生命周期视角的产业资源生态管理效益分析——以虚拟共生网络系统为例	施晓清, 李笑诺, 杨建新 (6398)
生态脆弱区贫困与生态环境的博弈分析	祁新华, 叶士琳, 程 煜, 等 (6411)
“世博”背景下上海经济与环境的耦合演化	倪 尧, 岳文泽, 张云堂, 等 (6418)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 464 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 55 * 2013-10



封面图说: 毛乌素沙地南缘沙丘的生物结皮——生物土壤结皮广泛分布于干旱和半干旱区, 它的形成和发育对荒漠生态系统生态修复过程产生重要的影响。组成生物结皮的藻类、苔藓和地衣是常见的先锋植物, 它们不仅能在严重干旱缺水、营养贫瘠恶劣的环境中生长、繁殖, 并且能通过其代谢方式影响并改变环境。其中一个重要的特点是, 生物结皮表面的凝结水显著大于裸沙。研究表明, 凝结水是除降雨之外最重要的水分来源之一, 在水分极度匮乏的荒漠生态系统, 它对荒漠生态系统结构、功能和过程的维持产生着重要的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201306081474

李艳红,关进科,黎大勇,胡杰.白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征.生态学报,2013,33(19):6035-6040.

Li Y H, Guan J K, Li D Y, Hu J. Nest site characteristics of *Petaurista caniceps* in Baima Snow Mountain Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 6035-6040.

白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征

李艳红,关进科,黎大勇,胡 杰*

(西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 西华师范大学珍稀动植物研究所, 南充 637009)

摘要:动物的巢为其育幼、避敌和休息等提供了适宜的空间,因此,了解其巢址特征对于物种的保护和管理有着重要的意义。灰头小鼯鼠是一种小型树栖、夜行性哺乳动物,在国内主要分布在中部、南部及西南地区。2012年4月至6月和2012年9月至12月在白马雪山国家级自然保护区对灰头小鼯鼠的巢址特征进行了初步研究。结果表明:灰头小鼯鼠共利用2种巢,在针叶树上,灰头小鼯鼠多利用树枝巢;在阔叶树上,灰头小鼯鼠仅利用树洞巢。巢多紧靠树干(0.2 ± 0.1) m,平均巢高(11.3 ± 0.8) m,巢口无方向偏好。灰头小鼯鼠喜欢选择冠幅更大、通道数更多的树上筑巢,此外,其对郁闭度大、灌木盖度高的生境有明显的选择性。

关键词:灰头小鼯鼠;巢址;白马雪山自然保护区

Nest site characteristics of *Petaurista caniceps* in Baima Snow Mountain Nature Reserve

LI Yanhong, GUAN Jinke, LI Dayong, HU Jie*

Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation (Ministry of Education), Institute of Rare Animals and Plants, China West Normal University, Nanchong, Sichuan Province 637009, China

Abstract: Nests provide a comfortable environment for individuals to raise young, avoid predators and rest, therefore, nesting is a critical facet of life for many species. A detailed understanding of nest site characteristics of species is important for the development of sound conservation and habitat management plan. The Grey-headed flying squirrel (*Petaurista caniceps*) is a small, nocturnal, arboreal mammal. It is found in southern, central and southwestern China. As a mammal in the list of National Protection of Useful or Have Important Economic and Scientific Research Values in China, little is known about the nest site use of this species. We conducted research on the nest site characteristics of the Grey-headed flying squirrel at three spatial scales (nest placement, nest tree, and nest site) in Baima Snow Mountain National Nature Reserve, Yunnan, China, in order to reveal the important ecological factors affecting the nest site selection of Grey-headed flying squirrel and further enrich wild species ecological and biological data. Data were collected from June to August and September to December 2012. The results showed that Grey-headed flying squirrel preferred two types of nest which included drey and cavity. All nests were found in the live trees. Dreys were typically made up of twigs, bark, moss and other materials. Dreys had larger openings (12.1 ± 0.1) cm ($n=15$) than those of cavities (10.8 ± 0.5) cm ($n=15$) (Mann-Whitney U test $Z=-3.521$, $P=0.000$), and shallower nests were built in the case of dreys (23.4 ± 1.1) cm than cavities (59.2 ± 1.2) cm (Mann-Whitney U test $Z=-4.692$, $P=0.000$). Most nests of the flying squirrel were built close to the main trunk (0.2 ± 0.1) m and at a similar height (11.3 ± 0.8) m ($n=30$). The average relative height of the nests is (0.67 ± 0.03), indicating that Grey-headed flying squirrel usually built nest in the upper part of the tree. There was significant difference (One-Way ANOVA Test, $F_{1,28}=38.865$, $P=0.000$) in the relative height between dreys (0.77 ± 0.03) and cavities (0.51 ± 0.03), but not (One-Way ANOVA Test, $F_{1,28}=2.195$, $P=0.150$) in the average nest height. The

基金项目:国家自然科学基金项目(31200294)

收稿日期:2013-06-08; 修订日期:2013-07-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hu_jiebox@163.com

Grey-headed flying squirrel did not show a significant preference ($\chi^2 = 13.733, df = 7, P = 0.056$) to the nest entrance direction. We found most cavities in the broadleaf trees (i.e. *Quercus aquifolioides*, *Cyclobalanopsis glauca*, *Acer oliverianum*) and dreys only in the conifer species (i.e. *Pinus yunnanensis*, *Sabina pingii*). The DBH (average diameter at breast height) and the average height of drey trees was significantly smaller than those of cavity trees. Characteristics of nest trees and nest sites were compared with randomly selected trees and sites. Grey-headed flying squirrel prefers to the nest trees with larger crown size and more access routes. The results of logistic regression analysis showed that differences in slope, slope position, slope aspect, and distance to water between nest sites and random sites was non-significant. On the contrary, nest sites used by Grey-headed flying squirrel differed from the random sites in that their larger canopy cover and higher shrub cover, suggesting that the Grey-headed flying squirrel seem to select nesting areas with high security and food availability.

Key Words: *Petaurista caniceps*; nest site; Baima Snow Mountain Nature Reserve

灰头小鼯鼠(*Petaurista caniceps*)是一种小型树栖、夜行性哺乳动物,在国外主要分布于尼泊尔、印度、孟加拉国、不丹和锡金^[1],在国内主要分布在四川、陕西、贵州和西藏等省^[2]。

动物的巢为其育幼、躲避敌害、休息和保持体温等提供了适宜的空间^[3-4]。合适的巢址是树栖动物最重要的栖息地^[5-6]。鼯鼠一般利用两种巢穴,一种是以树的空腔为巢,称为树洞巢;另一种是在树枝上筑巢,称为树枝巢^[7-8]。目前,国外对鼯鼠巢址的研究多集中在北方飞鼠(*Glaucomys sabrinus*)^[9-12]、南方飞鼠(*Glaucomys volans*)^[13]、西伯利亚飞鼠(*Pteromys volans orii*)^[14]等物种,而国内的相关研究则甚为缺乏。鉴于此,于2012年4—6月和9—12月从巢位、巢树及巢址3个尺度对云南白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征进行了初步的定量研究,目的在于揭示影响灰头小鼯鼠巢址选择的主要生态因子,以期进一步丰富灰头小鼯鼠野生种群的生态生物学资料。

1 研究地概况

白马雪山国家级自然保护区位于滇西北横断山脉腹地,地理位置为27°36′N,99°18′E、27°26′N,99°11′E,主要保护对象为滇金丝猴及其栖息的暗针叶林生态环境。研究区域(塔城、攀天阁)内主要的地貌为中、高山,海拔2400—4000 m。区内季风气候突出、干湿季分明,年平均气温14.5℃(海拔2448 m处)。区内主要的森林植被类型有5种:(1)暖针叶林,分布在海拔2400—3100 m之间,主要树种为云南松(*Pinus yunnanensis*);(2)常绿阔叶林,分布在海拔2400—3000 m之间,主要树种为青冈栎属的种类(*Cyclobalanopsis* spp.);(3)针阔混交林,分布在海拔2600—3400 m,主要树种为糙皮桦(*Betula utilis*)、花楸(*Sorbus* spp.)、云南铁杉(*Tsuga dumosa*)等;(4)山地硬叶阔叶林,分布在海拔3200—3500 m,主要的树种为黄背栎(*Quercus pannosa*);(5)暗针叶林,分布在海拔3400—4000 m,主要的树种包括云杉(*Pice* spp.)、冷杉(*Abies* spp.)和垂枝香柏(*Sabina pingii*)等^[15]。

2 研究方法

2.1 野外调查

2.1.1 样方设置

在各种森林植被类型中进行调查,当发现灰头小鼯鼠的巢(包括树枝巢和树洞巢)址后,即用全球定位仪(GAMIN72 GPS)进行定位,以巢树为中心做一个20 m×20 m的巢址生境样方。主要测量和记录海拔、坡向、坡位、坡度、水源距离、郁蔽度、植被类型、乔木高度、乔木胸径、乔木密度(样方内DBH>10 cm的乔木数)和灌木盖度,共11个参数。其中,乔木高度、第一主枝高、巢高等通过测距仪(奥卡800VR)进行测量;乔木胸径用皮尺测量;巢的大小用卷尺测量;海拔利用GPS进行测定;巢向和坡向用指南针测定;其他因子主要采用目测估计。生境因子的等级划分见表1。

表1 灰头小鼯鼠部分生境因子的划分等级
Table 1 Categories of habitat factors in the nest sites and random sites

生境因子 Habitat factors	等级划分 Categories
坡位 Slope position	上、中、下 Upper part of slope, Middle part of slope, Lower part of slope
坡向及巢向 Slope and nest entrance aspect	北、东北、东、东南、南、西南、西、西北 North, Northeast, East, Southeast, South, Southwest, West, Northwest
坡度 Slope degree/(°)	<10、10—20、20—30、30—40、>40
水源距离 Distance to water/m	<100、100—300、>300
郁闭度 Canopy/%	<25、25—50、50—75、>75
灌木盖度 Shrub cover/%	<25、25—50、50—75、>75

对照生境样方的选取参照温知新等^[16]的方法。即以巢树为中心,从预先准备好的、分别写有北、东北、东、东南、南、西南、西、西北 8 个方位的纸条中,随机抽取一张,然后按照纸条所给出的方向行走 50 m,选择一棵与巢树高度和胸径相近的乔木树(对照树)作为对照样方的中心。对照样方的面积大小和记录参数与巢址样方一致。

2.1.2 巢及巢树相关因子收集

共测量和记录了巢的类型(树枝巢和树洞巢)、巢高(巢与地面的距离)、巢口大小(巢口直径)、巢深(巢口至巢底的高度)、巢向、巢离主干距离 6 个与巢相关的因子,以及巢树(或对照树)的树种、胸径、树高、第一主枝(活枝)高、冠幅、通道数(通道是指树枝与巢树或对照树间距 0.5 m 以内,胸径>10 cm 的树^[17])等 6 个与巢树相关的因子,并计算出相对巢高(巢高/巢树高)。此外,还对树枝巢的巢材组成进行了初步分析(为减少破坏,仅测量了 6 个样本)。

在实际调查过程中,发现的树洞共有 21 个。每发现一个树洞,就敲击树干,看到鼯鼠飞出,则记为一个树洞巢,但其中有 6 个树洞未见到鼯鼠飞出,不能确定是否是该种鼯鼠的巢;树枝巢在调查过程中共见到 15 个,因此,本研究中分别选取了 15 个树洞巢和 15 个树枝巢来进行比较分析。

2.2 数据处理

数据的处理和统计工作在 SPSS17.0 平台上进行。应用 Mann-Whitney U 检验对树枝巢与树洞巢的巢口大小和巢深进行差异性检验;采用单因素方差分析(One-Way ANOVA Test)对巢树和对照树的冠幅、通道数、树高、胸径、第一主枝高等变量,以及树枝巢和树洞巢的胸径、树高、巢高和相对巢高进行差异性检验;利用卡方检验(Chi-Square)分析灰头小鼯鼠对巢口方向是否具有选择性。由于逻辑斯蒂回归分析既适于对数值型变量的分析,也适于对分类型变量的分析^[11],因此,本研究采用该方法来分析影响灰头小鼯鼠巢址选择的生态因素。各变量在描述时采用 Mean $\pm$ SE 表示,其中 Mean 为算术平均值,SE 为标准误。所有检验的显著水平设定为 0.05,即当 $P<0.05$ 时为差异显著。

3 结果

3.1 巢及巢位特征

本次调查发现,灰头小鼯鼠使用的巢均位于活树上,分为两种类型:一种是树枝巢($n=15$),一种是树洞巢($n=15$)。树洞巢和树枝巢的巢口都略成圆形。树枝巢的巢口大小为(12.1 ± 0.1) cm,巢深为(23.4 ± 1.1) cm;树洞巢的巢口大小为(10.8 ± 0.5) cm,巢深为(59.2 ± 1.2) cm。巢口大小和巢深两个变量在树枝巢与树洞巢间均存在显著的差异(Mann-Whitney U test $Z=-3.521$, $P=0.000$; $Z=-4.692$, $P=0.000$)(表 2)。

表 2 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠两种巢大小的比较

Table 2 Comparison of different nest size of *Petaurista caniceps* in Baima Snow Mountain Nature Reserve

变量 Variable	树枝巢($n=15$) Dreys		树洞巢($n=15$) Cavities		Z	P
	平均值 Mean	标准误 SE	平均值 Mean	标准误 SE		
巢口大小/cm Nest entrance size	12.1	0.1	10.8	0.5	-3.521	0.000
巢深 Nest depth/cm	23.4	1.1	59.2	1.2	-4.692	0.000

在云南松林内,树枝巢的巢材常由云南松树枝、树皮、苔藓及松毛等材料组成;在垂枝香柏林内,树枝巢的巢材常由香柏树枝、树皮和苔藓等材料组成(表 3)。

表 3 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠树枝巢巢材组成

Table 3 Nesting material components of dreys used by *Petaurista caniceps* in Baima Snow Mountain Nature Reserve

巢树树种 Species of nest tree	巢材组成百分比 Percentage of nesting material/%			
	树枝 Twig	树皮 Bark	苔藓 Moss	其他 Other material
垂枝香柏 <i>S. pingii</i> ($n=3$)	42.67 $\pm$ 1.45	17.83 $\pm$ 1.48	16.83 $\pm$ 0.93	18.40 $\pm$ 0.87
云南松 <i>p. yunnanensis</i> ($n=3$)	43.93 $\pm$ 0.97	18.83 $\pm$ 0.60	13.53 $\pm$ 0.87	19.07 $\pm$ 0.58

本次调查未发现同一树上有多巢共存的现象。巢分布的海拔范围在 2400—3430 m 之间,涉及区内除山地硬叶阔叶林以外的所有森林植被类型。巢基本都在主干上,平均距主干的距离为(0.2 ± 0.1) m。仅在 1 棵川滇高山栎(*Quercus aquifolioides*)上发现 1 个树洞巢位于距主干 2.3 m 的侧枝上(表 4)。平均巢高为(11.3 ± 0.8) m,平均相对巢高为(0.67 ± 0.03),说明灰头小鼯鼠一般都选择在巢树的中上部位筑巢。

灰头小鼯鼠树枝巢的巢高(12.4 ± 1.3) m 和树洞巢的巢高(10.2 ± 0.6) m 之间没有显著差异(One-Way ANOVA Test, $F_{1,28}=2.195$, $P=0.150$),而树枝巢的相对巢高为(0.77 ± 0.03),树洞巢的为(0.51 ± 0.03),二者间存在显著差异(One-Way ANOVA Test, $F_{1,28}=38.865$, $P=0.000$)。

表 4 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢树利用与巢位特征

Table 4 Nest placement characteristics and nest trees of <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve						
巢树树种 Tree species	巢数/个 Number of nests	海拔分布/m Elevation range	巢的类型 Type of nest	巢高/m Nest height	相对巢高 Relative height of nest	巢距主干的距离/m Distance to trunk
云南松 <i>p.yunnanensis</i>	8	2580—2930	树枝巢	15.5±1.8	0.80±0.33	0.3±0.3
垂枝香柏 <i>S. pingii</i>	8	3020—3430	树洞巢(1); 树枝巢(7)	7.9±0.9	0.78±0.05	0.00
五裂槭 <i>A.oliverianum</i>	2	2850—2930	树洞巢	12.5±0.5	0.50±0.02	0.00
川滇高山栎 <i>Q.aquifolioides</i>	2	3000—3060	树洞巢	10.5±0.5	0.66±0.03	1.2±1.2
青冈栎 <i>C.glauca</i>	10	2400—3050	树洞巢	10.6±2.2	0.50±0.05	0.00
平均值				11.3±0.8	0.67±0.03	0.2±0.1

灰头小鼯鼠可以把巢口开在任何一个方向上,虽然以朝南和东南方向的频次较高,但仍未达到显著水平($\chi^2 = 13.733$, $df = 7$, $P = 0.056$) (表 5)。

表 5 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠巢口方向的分布

Table 5 The distribution of nest entrance aspect used by <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve			
巢口方向 Nest entrance aspect	观察数 Observed number	巢口方向 Nest entrance aspect	观察数 Observed number
北 North	2	南 South	8
东 East	4	西 West	2
东北 Northeast	2	西北 Northwest	2
东南 Southeast	8	西南 Southeast	2

3.2 巢树利用

单因素方差分析表明:灰头小鼯鼠巢树的冠幅(6.8±0.7) m 显著大于对照树(4.9±0.5) m ($F_{1,58} = 5.132$, $P = 0.027$)、通道数(4.3±0.2)也显著多于对照树(3.0±0.1) ($F_{1,58} = 44.615$, $P = 0.000$),但树高、胸径、第一主枝高等变量在巢树与对照树间差异均不显著($P > 0.05$)。

研究还发现,在云南松、垂枝香柏等针叶树上,灰头小鼯鼠多利用树枝巢;在青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca*)、川滇高山栎、五裂槭(*Acer oliverianum*)等阔叶树上灰头小鼯鼠常利用树洞巢(表 4)。树枝巢巢树的平均胸径为(24.5±2.3) cm ($n = 15$),显著小于树洞巢巢树的平均胸径(79.6±4.3) cm ($n = 15$) (One-Way ANOVA Test, $F_{1,28} = 149.558$, $P = 0.000$);树枝巢巢树的平均高度为(15.3±1.8) m ($n = 15$),也显著小于树洞巢巢树的平均高度(20.3±1.2) m ($n = 15$) (One-Way ANOVA Test, $F_{1,28} = 9.797$, $P = 0.004$)。

3.3 巢址选择

生境变量郁闭度、灌木盖度成功地用于构建灰头小鼯鼠巢址选择的逻辑斯蒂回归模型(Nagelkerke $R^2 = 0.699$) (表 6),模型总的判别正确率为 90% (表 7)。

表 6 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠生境变量的逻辑斯蒂回归模型

Table 6 The explanatory variables in the logistical regression model of <i>Petaurista caniceps</i> nest site and random site in Baima Snow Mountain Nature Reserve							
变量 Variable	巢址样方 Nest plot		随机样方 Random plot		优势率 Odds ratio (OR)	优势率 95% 置信区间 95% C.I for OR	标准误 SE
	平均值 Mean	标准误 SE	平均值 Mean	标准误 SE			
常数 Constant					9.477E7		4.791
郁闭度 canopy cover	3.53	0.093	2.80	0.101	0.017	0.002—0.151	1.124
灌木盖度 shrub cover	2.87	0.150	2.00	0.166	0.100	0.026—0.388	0.690

表 7 逻辑斯蒂回归模型预测分类表
Table 7 Predicted classification table of logistic regression model

实际的 Actual	预测的 Predicted		正确百分数/% Percentage correct
	巢址 Nest site	随机点 Random site	
巢址 ($n=30$) Nest site	28	2	93.3
随机点 ($n=30$) Random site	4	26	86.7
总计 ($n=60$) Total	32	28	90.0

4 讨论

4.1 巢及巢位特征

本研究表明,灰头小鼯鼠一般利用两种巢穴,即树洞巢和树枝巢。树枝巢常筑在乔木上部枝叶浓密的树冠处,再加上巢多数位于主枝上,这些特点不仅利于巢的稳定、减少风、雨等天气因素对鼯鼠的影响,而且还利于鼯鼠躲避天敌,为鼯鼠提供了安全的环境,这与缨耳松鼠(*Sciurus aberti*)^[17]、北方飞鼠^[12]、黑松鼠(*Sciurus niger*)^[18]、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)^[16]、松鼠(*Sciurus vulgaris*)^[19]等松鼠科动物的巢址特征是一致的。与之相比,树洞巢则一般开口于垂直树干,具有天然避风雨的作用,隐蔽性也比较高,所以树洞巢的相对巢高较树枝巢的低。尽管如此,灰头小鼯鼠的树枝巢和树洞巢的巢高间并不存在显著差异,离地面均较高,平均巢高为(11.3±0.8)m,而选择在较高的部位筑巢可能是为了方便滑翔和减少来自地面的干扰。

与树枝巢相比,树洞巢的巢口大小(10.8±0.5)cm 显著比树枝巢的(12.1±0.1)cm 小,而巢深(59.2±1.2)cm 显著较树枝巢的(23.4±1.1)cm 深。这可以解释为:与树枝巢相比,树洞巢相对较为暴露,因此,相对较小的巢穴入口,及较深的巢穴在避敌、避风及巢内温度的保持方面有重要的生态学意义^[20-21]。

尽管观察到的灰头小鼯鼠的巢口朝向东南和南方的较多,但经卡方检验表明:灰头小鼯鼠的巢口并没有方向偏好,这与加拿大亚伯达省西南的北方飞鼠相同^[11],而与缨耳松鼠^[17]、赤腹松鼠^[16]、松鼠^[19]等动物的巢口方向偏好朝南和朝东,阿巴拉切亚中央山脉的北方飞鼠^[12]巢口偏好朝北方向不同。

4.2 影响巢树利用的因素

白马雪山自然保护区的灰头小鼯鼠倾向于在冠幅大、通道数多的树上筑巢。这可以解释为:巢树的冠幅大可为鼯鼠提供良好的隐蔽条件,而通道数多能为鼯鼠提供更多可供选择的路线,并提高躲避天敌的成功率^[11]。

本研究还发现,树枝巢的巢树均为针叶树种,而树洞巢在针叶树种和阔叶树种中均有发现,这与 Patterson 对北方飞鼠^[11]的研究结果相一致。与针叶树相比,阔叶树更有利于树洞的形成^[22],同时,本研究表明树洞巢巢树的胸径(79.6±4.3)cm 显著大于树枝巢巢树的胸径(24.5±2.3)cm,这或许部分解释了为什么在阔叶树上树洞巢较多的原因,但要完全解释这一现象还需要开展进一步的研究。

4.3 影响巢址选择的因子

白马雪山自然保护区的灰头小鼯鼠喜欢在郁闭度高及灌木盖度高的环境中营巢。鼯鼠是一种树栖动物,郁闭度高的环境除了为鼯鼠提供了良好的隐蔽条件外,还提供了大量的食物^[17]。同时,灌木盖度也是影响灰头小鼯鼠巢址选择的重要因素,灌木盖度高的地方,人和牲畜都去得少,从而减少了来自地面的干扰。

致谢:在野外工作中得到白马雪山保护区管理局、救护站的大力支持,以及护林员的热心帮助,特此致谢。

References:

- [1] Thorington R W Jr, Hoffman R S. Family Sciuridae // Wilson D E, Reeder D M, eds. Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005: 754-818.
- [2] Hu J C. Mammalogy. Beijing: China Education and Culture Press, 2003: 173-173.
- [3] Götmark F, Blomqvist D, Johansson O C, Bergkvist J. Nest site selection: a trade-off between concealment and view of the surroundings? Journal of Avian Biology, 1995, 26(4): 305-312.
- [4] Rhodes B, O'Donnell C, Jamieson I. Microclimate of natural cavity nests and its implications for a threatened secondary-cavity-nesting passerine of New Zealand, the South Island saddleback. The Condor, 2009, 111(3): 462-469.
- [5] Steele M A, Koprowski J L. North American tree squirrels. Washington, London: Smithsonian Institution Press, 2001: 170-170.
- [6] Ramos-Lara N, Koprowski J L, Swann D E. Nest-site characteristics of the montane endemic Mearns's squirrel (*Tamiasciurus mearnsi*): an obligate cavity-nester? Journal of Mammalogy, 2013, 94(1): 50-58.
- [7] Cowan I M. Nesting habits of the flying squirrel, *Glaucomys sabrinus*. Journal of Mammalogy, 1936, 17(1): 58-60.
- [8] Weigl P D, Knowles T W, Boynton A C. The Distribution and Ecology of the Northern Flying Squirrel, *Glaucomys sabrinus coloratus* in the Southern Appalachians. Raleigh, North Carolina: North Carolina Wildlife Resources Commission, 1999: 63-63.

- [9] Meyer M D, North M P, Kelt D A. Nest trees of northern flying squirrels in Yosemite National Park, California. *The Southwestern Naturalist*, 2007, 52(1): 157-161.
- [10] Harestad A S. Nest site selection by northern flying squirrels and Douglas squirrels. *Northwestern Naturalist*, 1990, 71(2): 43-45.
- [11] Patterson J E H. Nest site characteristics and nest tree use by northern flying squirrels (*Glaucomys sabrinus*) in Southwestern Alberta, Canada. *Northwest Science*, 2012, 86(2): 144-150.
- [12] Menzel J M, Ford W M, Edwards J W, Menzel M A. Nest tree use by the endangered Virginia northern flying squirrel in the central Appalachian Mountains. *The American Midland Naturalist*, 2004, 151(2): 355-368.
- [13] Layne J N, Raymond M A V. Communal nesting of southern flying squirrels in Florida. *Journal of Mammalogy*, 1994, 75(1): 110-120.
- [14] Nakama S, Yanagawa H. Characteristics of tree cavities used by *Pteromys volans orii* in winter. *Mammal Study*, 2009, 34(3): 161-164.
- [15] Li H W. Baima Snow Mountain Nature Reserve. Kunming: The Nationalities Publishing House of Yunnan, 2003: 366-366.
- [16] Wen Z X, Yin S J, Ran J H, Qi M D. Nest-site selection by the red-bellied squirrel (*Callosciurus erythraeus*) in Hongya County, Sichuan Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 2010, 29(5): 540-545.
- [17] Edelman A J, Koprowski J L. Selection of drey sites by Abert's squirrels in an introduced population. *Journal of Mammalogy*, 2005, 86(6): 1220-1226.
- [18] Salsbury C M, Dolan R W, Pentzer E B. The distribution of fox squirrel (*Sciurus niger*) leaf nests within forest fragments in central Indiana. *The American Midland Naturalist*, 2004, 151(2): 369-377.
- [19] Rong K, Ma J Z, Zong C. Nest site selection by the Eurasian red squirrels (*Sciurus vulgaris*) in Liangshui Nature reserve. *Acta Theriologica Sinica*, 2009, 29(1): 32-39.
- [20] Kadoya N, Iguchi K, Matsui M, Okahira T, Kato A, Oshida T, Hayashi Y. A preliminary survey on nest cavity use by Siberian flying squirrels, *Pteromys volans orii*, in forests of Hokkaido Island, Japan. *Russian Journal of Theriology*, 2010, 9(1): 27-32.
- [21] Halloran M E, Bekoff M. Nesting behaviour of Abert squirrels (*Sciurus aberti*). *Ethology*, 1994, 97(3): 236-248.
- [22] McComb W C, Lindenmayer D. Dying, dead, and down trees // Hunter M L, ed. *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999: 335-375.

参考文献:

- [2] 胡锦矗. 哺乳动物学. 北京: 中国教育文化出版社, 2003: 173-173.
- [15] 李宏伟. 白马雪山国家级自然保护区. 昆明: 云南民族出版社, 2003: 366-366.
- [16] 温知新, 尹三军, 冉江洪, 祁明大. 四川洪雅县赤腹松鼠巢址选择研究. *四川动物*, 2010, 29(5): 540-544.
- [19] 戎可, 马建章, 宗诚. 凉水自然保护区松鼠巢址选择的特征. *兽类学报*, 2009, 29(1): 32-39.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.19 Oct., 2013 (Semimonthly)
CONTENTS

A review of ecosystem services and research perspectives	MA Fengjiao, LIU Jintong, A. Egrinya Eneji (5963)
Sexual interference in non-human primates	YANG Bin, WANG Chengliang, JI Weihong, et al (5973)
Density-dependent effect on reproduction of rodents; a review	HAN Qunhua, GUO Cong, ZHANG Meiwen (5981)
Proximate and ultimate determinants of food chain length	WANG Yuyu, XU Jun, LEI Guangchun (5990)
Mechanism of biological control to plant diseases using arbuscular mycorrhizal fungi	LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LI Yuanyuan, et al (5997)
Advances in effects of conservation tillage on soil organic carbon and nitrogen	XUE Jianfu, ZHAO Xin, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, et al (6006)
Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve	ZHANG Mingchun, HUANG Yan, LI Desheng, et al (6014)
Activity rhythm and behavioral time budgets of wild Reeves's Pheasant (<i>Symaticus reevesii</i>) using infrared camera	ZHAO Yuze, WANG Zhichen, XU Jiliang, et al (6021)
The energy budget of tree sparrows <i>Passer montanus</i> in wind different speed and duration	YANG Zhihong, WU Qingming, DONG Haiyan, et al (6028)
Nest site characteristics of <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve	LI Yanhong, GUAN Jinke, LI Dayong, HU Jie (6035)
Effects of habitat fragmentation on the genetic diversity of <i>Pachycondyla luteipes</i> on islands in the Thousand Island Lake, East China	LUO Yuanyuan, LIU Jinliang, HUANG Jiuling, et al (6041)
The molecular genetic relationship between the pollinators of <i>Ficus pumila</i> var. <i>pumila</i> and <i>Ficus pumila</i> var. <i>aukeotsang</i>	WU Wenshan, CHEN Youling, SUN Lingli, et al (6049)
The genetic evolutionary relationships of two <i>Eupristina</i> species on <i>Ficus altissima</i>	CHEN Youling, SUN Lingli, WU Leilei, et al (6058)
Metal uptake and root morphological changes for two varieties of <i>Salix integra</i> under cadmium stress	WANG Shufeng, SHI Xiang, SUN Haijing, et al (6065)
Effects of phthalic acid on seed germination, membrane lipid peroxidation and osmoregulation substance of radish seedlings	YANG Yanjie, WANG Xiaowei, ZHAO Kang, et al (6074)
The morphological and physiological responses of <i>Tamarix ramosissima</i> seedling to different irrigation methods in the extremely arid area	MA Xiaodong, WANG Minghui, LI Weihong, et al (6081)
Response characteristics of photosynthetic and physiological parameters in <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> seedling leaves to soil water in sand habitat formed from seashells	WANG Rongrong, XIA Jiangbao, YANG Jihua, et al (6088)
Effects of ceramsite mulching on soil water content, photosynthetic physiological characteristics and growth of plants	TAN Xuehong, GUO Xiaoping, ZHAO Tingning (6097)
Dynamics of tannin concentration and nutrient resorption for branchlets of <i>Casuarina equisetifolia</i> plantations at different ages	YE Gongfu, ZHANG Shangju, ZHANG Lihua, et al (6107)
Sulfur contents in leaves and branches of dominant species among the three forest types in the Pearl River Delta	PEI Nancai, CHEN Bufeng, ZOU Zhijin, et al (6114)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth dynamics of <i>Bauhinia faberi</i> seedlings	SONG Chengjun, QU Laiye, MA Keming, et al (6121)
Characteristics of ion accumulation and seed germination for seeds from plants cultured at different concentrations of nitrate nitrogen and salinity	ZHOU Jiachao, FU Tingting, ZHAO Weiwei, et al (6129)
Physio-ecological effects of endophyte infection on the host grass with elevated CO ₂	SHI Zhibing, ZHOU Yong, LI Xia, et al (6135)
Effects of pretreatment on germination of <i>Typha domingensis</i> and <i>Phragmites australis</i>	MENG Huan, WANG Xuehong, TONG Shouzheng, et al (6142)
Transfer characteristics of cadmium from soil to <i>Salix × aureo-pendula</i>	ZHANG Wen, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (6147)
Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation	LUO Yinghua, SUN Dongjing, LIN Jianyong, et al (6154)
Population dynamics and seed banks of the threatened seagrass <i>Halophila beccarii</i> in Pearl Bay, Guangxi	QIU Guanglong, FAN Hangqing, LI Zongshan, et al (6163)
Effects of biological crusts on dew deposition and evaporation in the Southern Edge of the Mu Us Sandy Land, Northern China	YIN Ruiping, WU Yongsheng, ZHANG Xin, et al (6173)
Life history characteristics and spatial distribution of <i>Populus pruinosa</i> population at the upper reaches of Tarim River	HAN Lu, XI Linqiao, WANG Jiaqiang, et al (6181)
Interactive effects of short-term nitrogen enrichment and simulated grazing on ecosystem respiration in an alpine meadow on the Tibetan Plateau	ZONG Ning, SHI Peili, JIANG Jing, et al (6191)

- The correlation between soil water salinity and plant community distribution under micro-topography in Songnen Plain YANG Fan, WANG Zhichun, WANG Yunhe, et al (6202)
- Comparison of TSP, PM_{2.5} and their water-soluble ions from both inside and outside of Dafushan forest park in Guangzhou during rainy season XIAO Yihua, LI Jiong, KUANG Yuanwen, et al (6209)
- Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure WANG Zhenhua, ZHAO Jing, WANG Kai, et al (6218)
- Interannual variation in the population dynamics of snailfish *Liparis tanakae* in the Yellow Sea CHEN Yunlong, SHAN Xiujuan, ZHOU Zhipeng, et al (6227)
- Spatial and temporal variation of soil macro-fauna community structure in three temperate forests LI Na, ZHANG Xueping, ZHANG Limin (6236)
- Community structure and species biodiversity of fig wasps in syconia of *Ficus superba* Miq. var. *japonica* Miq. in Fuzhou CHEN Youling, CHEN Xiaoqian, WU Wenshan, et al (6246)
- Marine ecological capital: valuation methods of marine ecosystem services CHEN Shang, REN Dachuan, XIA Tao, et al (6254)
- Geomorphologic regionalization of China aimed at construction of nature reserve system GUO Ziliang, CUI Guofa (6264)
- Impact of ecological vegetation construction on the landscape pattern of a Loess Plateau Watershed YI Yang, XIN Zhongbao, QIN Yunbin, et al (6277)
- Spatial heterogeneity of soil moisture across a cropland-grassland mosaic: a case study for agro-pastoral transition in north of China WANG Hongmei, WANG Zhongliang, WANG Kun, et al (6287)
- The regional diversity of changes in growing duration of spring wheat and its correlation with climatic adaptation in Northern China E Youhao, HUO Zhiguo, MA Yuping, et al (6295)
- Response of soil physical-chemical properties to rocky desertification succession in South China Karst SHENG Maoyin, LIU Yang, XIONG Kangning (6303)
- Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China HE Wei, BU Rencang, LIU Hongjuan, et al (6314)
- Soil nitrogen mineralization and associated temperature sensitivity of different Inner Mongolian grasslands ZHU Jianxing, WANG Qiufeng, HE Nianpeng, et al (6320)
- Effects of land use on soil nutrient in oasis-desert ecotone in the middle reach of the Heihe River MA Zhimin, LÜ Yihe, SUN Feixiang, et al (6328)
- Assessment on heavy metal pollution status in paddy soils in the northern Chengdu Plain and their potential ecological risk QIN Yusheng, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (6335)
- Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean YANG Shenglong, MA Junjie, ZHANG Yu, et al (6345)
- Biological nitrogen fixation in the upper water column in the south Taiwan Strait during summer 2011 LIN Feng, CHEN Min, YANG Weifeng, et al (6354)
- Storage and drivers of forests carbon on the Beichangshan Island of Miaodao Archipelago SHI Honghua, WANG Xiaoli, WANG Ai, et al (6363)
- Impact of changes in vegetation types on soil C mineralization and associated temperature sensitivity in the Changbai Mountain forests of China WANG Dan, LÜ Yuliang, XU Li, et al (6373)
- Analysis of relationship between genetic structure of Chinese Pine and mountain barriers MENG Xiangxiang, DI Xiaoyan, WANG Mengben, et al (6382)
- Soil organic carbon interpolation based on auxiliary environmental covariates: a case study at small watershed scale in Loess Hilly region WEN Wen, ZHOU Baotong, WANG Yafeng, et al (6389)
- Eco-management benefit analysis of industrial resources from life cycle perspective: a case study of a virtual symbiosis network SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, YANG Jianxin (6398)
- The game analysis between poverty and environment in ecologically fragile zones QI Xinhua, YE Shilin, CHENG Yu, et al (6411)
- The coupling development of economy and environment under the background of World Expo in Shanghai NI Yao, YUE Wenzhe, ZHANG Yuntang, et al (6418)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 陈利顶

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 19 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 19 (October, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元