

•生物编目•

云南泸水高黎贡山高山生境的鸟兽多样性

高歌¹ 王斌² 何臣相² 罗旭^{1*}

1 (西南林业大学西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室, 昆明 650224)

2 (云南高黎贡山国家级自然保护区泸水管理局, 云南泸水 673100)

摘要: 高黎贡山位于印缅生物多样性保护热点地区, 但由于地形复杂、交通不便等客观原因的限制, 以往对高黎贡山高山生境的鸟兽多样性调查数据较为缺乏。2014年10月至2016年6月, 我们利用红外相机在高黎贡山高山环境开展鸟类和兽类物种多样性调查, 以期对鸟兽多样性数据进行补充。调查期间, 于泸水辖区内选取北(金满)、中(听命湖)、南(片马垭口) 3个样区, 每个样区布设20台红外相机。累计布设红外相机10,400台日, 拍摄到1,342张有效照片。共记录到18种兽类和44种鸟类, 分属9目28科, 包括3种国家一级、8种国家二级重点保护动物, IUCN濒危(EN)物种3种、易危(VU)物种3种、近危(NT)物种2种。相对丰富度较高的物种包括金色林鸮(*Tarsiger chrysaeus*)、血雉(*Ithaginis cruentus*)、光背地鸫(*Zoothera mollissima*)、灰颈鼠兔(*Ochotona forresti*)、小熊猫(*Ailurus fulgens*)等。记录到高黎贡山鸟类新记录1种: 黑胸歌鸲(*Luscinia pectoralis*)。金满样区1个年周期的监测结果显示, 高黎贡山高山生境鸟兽物种多样性有季节差异, 在5–10月动物活动频繁, 垂直迁移和鸟类的秋季迁徙对高山物种组成影响较大。本调查对高黎贡山高山环境的鸟兽多样性进行了有效补充, 可为高黎贡山高山鸟兽物种的保护和管理提供科学依据。

关键词: 高黎贡山; 高山生境; 红外相机; 物种丰富度

Biodiversity of birds and mammals in alpine habitat of Mt. Gaoligong, Lushui County, Yunnan

Ge Gao¹, Bin Wang², Chenxiang He², Xu Luo^{1*}

1 Key Laboratory of Biodiversity Conservation in Southwest China of State Forestry Administration, Southwest Forestry University, Kunming 650224

2 Lushui Management Bureau of Gaoligongshan National Nature Reserve, Lushui, Yunnan 673100

Abstract: Gaoligong Mountains, known for its richest biodiversity, locates in the Indo-Burma Biodiversity Hotspot. However, our knowledge of the fauna in the alpine habitat of Mt. Gaoligong is still lacking due to complex terrain and poor accessibility. From October 2014 to June 2016, infrared cameras were established to monitor the biodiversity of mammals and birds in the alpine habitat of Mt. Gaoligong, Lushui County, Yunnan. In this survey, we selected three sample plots, North (Jinman), Central (Tingming Lake), and South (Pianma Pass), and in each sample plot, 20 cameras were established for 10,400 camera trapping days and 1,342 effective images were obtained. We identified 18 species of mammals and 44 species of birds belonging to 9 orders and 28 families, including 11 species listed as State Key Protected Wild Animals. The most abundant species was *Tarsiger chrysaeus*, along with *Ithaginis cruentus*, *Zoothera mollissima*, *Ochotona forresti*, and *Ailurus fulgens*. *Luscinia pectoralis* was recorded for the first time in Mt. Gaoligong. A one year survey at the Jinman sample plot revealed that faunal diversity in the alpine habitat had strongly seasonality, i.e. the months from May to October had much higher abundance than the other months. This was a consequence of the high immigration rate to alpine habitats during this period due to altitudinal movement and autumn migration. This survey is the first time to use infrared cameras for alpine faunal surveys at Mt. Gaoligong, and the generated data provided a scientific basis for the protection and management of this nature reserve.

Key words: Mt. Gaoligong; alpine habitat; camera traps; species richness

收稿日期: 2016-09-29; 接受日期: 2017-01-11

基金项目: 国家自然科学基金(31660612)、云南省极小种群物种拯救保护项目(2015)和云南省林学一流学科建设项目资助

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: xu_luo@aliyun.com

高黎贡山, 指怒江和伊洛瓦底江之间南北走向的狭长山脉以及山脉两侧的区域, 地处横断山区南段(薛纪如, 1995; Chaplin, 2005)。这里纬度和海拔跨度大, 气候垂直变化十分明显(薛纪如, 1995)。复杂的地理环境和多样的气候条件造就了高黎贡山丰富的生物多样性, 因此被纳入印缅生物多样性保护热点地区(Myers et al, 2000)。

高黎贡山鸟类和兽类的考察均始于19世纪末, 主要为国外传教士、博物学家的生物标本采集活动(徐志辉, 1998; 梁丹等, 2015), 国内学者于20世纪50年代初开始开展高黎贡山鸟兽的科学考察。历经多次动植物资源综合科学考察(Ma et al, 1995; Lan & Dunbar, 2000), 结果主要汇总于《高黎贡山自然保护区》和《怒江自然保护区》两本考察报告中(薛纪如, 1995; 徐志辉, 1998)。针对高黎贡山鸟类资源还进行过多次专项调查, 最近一次较为详尽的调查、结合历史数据显示高黎贡山鸟类记录汇总为486种(Dumbacher et al, 2011)。

在高黎贡山, 林线(tree line)海拔随纬度而变化, 林线以上主要为寒温性竹林、寒温性灌丛和草甸、岩石裸露地等, 这类生境区域广、面积大、生态环境相对简单和脆弱, 对高黎贡山生态环境状况具有重要的指示作用(薛纪如, 1995; 韩联宪等, 2004)。林线以上的植被称为高山植被(徐志辉, 1998), 本文将高黎贡山林线以上的区域定义为高山生境(alpine habitat)。因自然条件恶劣、人员难以到达、调查工作难度大等因素的限制, 以往对高黎贡山高山生境中的鸟兽多样性的调查数据较为缺乏。

近年来, 红外相机被越来越广泛地应用于自然保护区和偏远地区的生物多样性本底调查(李晟等, 2014; 刘芳等, 2014; 吴建普等, 2016)。与传统动物多样性调查方法相比, 红外相机技术具有能捕获难以发现的物种、对动物干扰小、节省人力等优点, 弥补了传统调查方法的缺陷(Carbone et al, 2001; O'Connell et al, 2011; 斯幸峰和丁平, 2014; 肖治术等, 2014; 张履冰等, 2014)。马世来和Harris (1996)早在1994年就利用该技术对高黎贡山的野生动物进行调查。最近, 陈奕欣等(2016)在高黎贡山中段西坡片马区域运用红外相机拍摄到鸟类和兽类45种, 为泸水辖区野生动物资源本底提供了良好的证据。以往的调查工作主要在林线以下的中山湿性阔叶林、温凉性针叶林等生境中开展, 少有涉及林

线以上的高山生境。

本研究于2014年10月至2016年6月, 在高黎贡山自然保护区林线以上的高山生境中采用红外相机开展鸟类和兽类调查, 以期补充完善高黎贡山泸水辖区的鸟类和兽类多样性数据, 并了解高山生境中的鸟兽多样性分布特点。

1 研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于云南省怒江傈僳族自治州泸水县城内(图1), 属于高黎贡山中段(Dumbacher et al, 2011), 地理坐标为25°33'–26°31' N, 98°42'–98°50' E。处于我国西部季风气候区, 四季不分明、干湿季显著, 同时气候要素垂直变化十分明显, 东、西坡气候差异大, 南、北段气候存在差异(薛纪如, 1995)。植被类型随海拔有显著变化, 从低到高主要有河谷稀树灌木草丛(1,100 m以下)、暖性针叶林(1,100–1,800 m)、半湿润常绿阔叶林(1,800–2,200 m)、中山湿性常绿阔叶林(2,200–2,800 m)、温凉性针叶林和山顶苔藓矮林(2,700–3,100 m)、寒温性竹林和寒温性灌丛和草甸(3,100–3,600 m)以及裸岩流石滩(3,600 m以上)(薛纪如, 1995)。本文研究区域海拔在3,100–4,000 m之间, 属于寒温性湿润型气候, 长冬严寒、光照少、云雨多, 年平均气温小于7℃, 最冷月平均气温在1℃以下, 最热月平均气温低于13℃, 年日照时数不足1,500 h, 云雾多, 年降水量多在3,300 mm以上; 适宜苍山冷杉林、箭竹林生长, 主要为寒温性竹林、寒温性灌丛和草甸、岩石裸露地等生境(薛纪如, 1995)。

1.2 红外相机布设与数据采集

在研究区域内选取北(金满)、中(听命湖)、南(片马垭口) 3个样区, 样区均位于林线以上。实地布设前, 利用GIS在地形图上设置2排10列100 m × 100 m的网格。实地布设时, 在每个网格内选择鸟类和兽类水源地、觅食地、道路等位置布设1台红外相机。相机安装于树干或自制箭竹支架上, 距离地面的高度依据地形而异, 大致在20–100 cm的范围。各个样区内分别布设20台红外相机进行监测。

三个样区的红外相机布设时间分别为: 片马垭口样区: 从2015年1月27日至4月2日, 累计1,300台日; 听命湖样区: 从2014年10月4日至11月25日, 累计1,040台日; 金满样区布设红外相机2批次, 分别

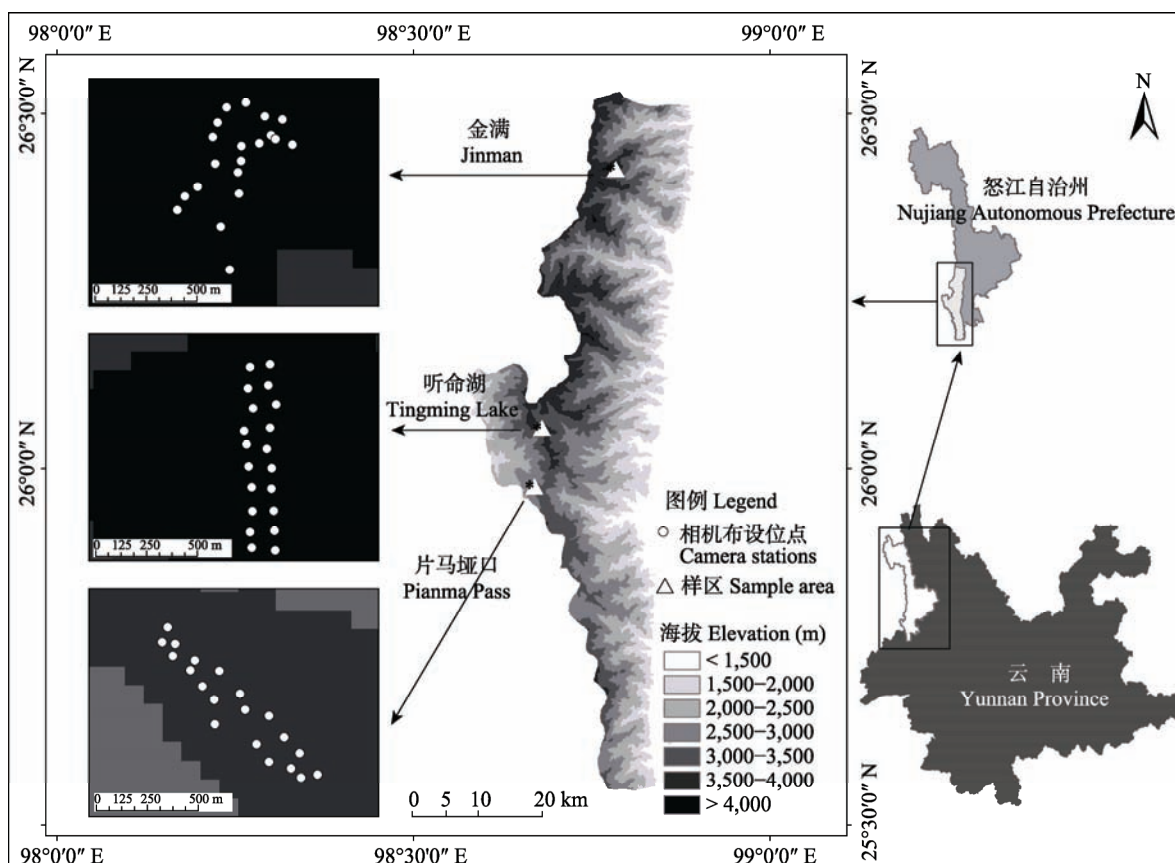


图1 研究地理位置与相机布设点

Fig. 1 Study site and the location of infrared cameras

为2014年10月11日至11月5日,以及2015年5月20日至2016年6月2日,累计8,060台日。研究期间,在样区内共计布设红外相机10,400台日。

红外相机的重要参数设置为:拍照+录像模式(触发后拍3张照片+录制30 s视频)、触发间隔“1 s”、灵敏度“中”。安放相机时记录安放时间、经纬度、海拔、坡向以及周围10 m×10 m范围内的灌木盖度、草本盖度等生境因子。相机使用16 G的SD存储卡,每台相机装12节锂电池供电。听命湖样区和片马垭口样区在监测期间相机布设时间不超过3个月,未进行电池和存储卡更换,金满样区2~3个月更换一次。

1.3 数据处理

1.3.1 物种识别与分类

对拍摄到的鸟类和兽类照片参考《中国鸟类野外手册》(约翰·马敬能等, 2000)、《中国兽类野外手册》(Smith et al, 2009)等进行鉴定。动物名称和分类系统参照《中国鸟类分类与分布名

录(第二版)》(郑光美, 2011)和《中国哺乳动物多样性》(蒋志刚等, 2015)。保护级别的界定参照《国家重点保护动物名录》(<http://www.forestry.gov.cn>)、CITES附录(<http://www.cites.gov.cn/>)、IUCN红色名录(IUCN, 2016)、《中国脊椎动物红色名录》(蒋志刚等, 2016)。

1.3.2 独立有效照片与物种相对丰富度

参照O'Brien等(2003)的标准,对同一台相机所拍摄到的鸟类和兽类照片进行独立性判定,即同一台相机在超过30 min后所拍摄的同一种的照片或视频视为独立有效。将拍摄到各种鸟类和兽类物种的独立照片数与所拍摄物种独立照片总数的百分比作为每个物种的相对丰富度(relative abundance index, RAI)。物种相对丰富度的计算公式如下(武鹏峰等, 2012):

$$RAI = A_i / N \times 100 \quad (1)$$

式中, RAI为物种相对丰富度; A_i 为红外相机所拍摄到第*i*种($i = 1, 2, 3, \dots, 63$)鸟类或兽类的独立照片数;

N 为所拍摄鸟类和兽类的独立照片总数。

本次拍摄到的啮齿类仓鼠科或鼠科物种难以鉴别,以“仓鼠科(*Cricetidae* spp.)或鼠科(*Muridae* spp.)”表示这个类群。计算物种丰富度时,合并为1个类群计算。

1.3.3 拍摄鸟兽物种月间变化

选择金满样区2015年6月1日至2016年5月31日的监测数据,分析该区域拍摄鸟兽物种的季节变化。按不同月份统计该样区红外相机所拍摄的鸟类和兽类物种独立照片数、物种数,分析月间变化。

2 结果

2.1 鸟类和兽类多样性

监测期间共拍摄到鸟类和兽类有效照片1,342张,其中兽类399张,鸟类943张。共鉴定出62种鸟类和兽类(不含啮齿类鼠科和仓鼠科物种),其中兽类18种,鸟类44种,分属9目28科(附录1,附录2)。雀形目鸟类最多,有38种,占鉴定物种总数的61.29%,占鸟种总数的86.36%。

拍摄到的动物中,国家一级重点保护动物有熊猴(*Macaca assamensis*)、林麝(*Moschus berezovskii*)和白尾梢虹雉(*Lophophorus sclateri*) 3种,国家二级重点保护动物有黑熊(*Ursus thibetanus*)、黄喉貂(*Martes flavigula*)、小熊猫(*Ailurus fulgens*)、中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)、普通鵟(*Buteo buteo*)、血雉(*Ithaginis cruentus*)、白鹇(*Lophura nythemera*)和红腹角雉(*Tragopan temminckii*) 8种。被IUCN红色名录收录8种: 3种被列为濒危(EN),即绒毛䟽鼠(*Eupetaurus cinereus*)、林麝、小熊猫; 3种被列为易危(VU),即黄喉貂、黑熊、白尾梢虹雉; 2种被列为近危(NT),即熊猴和中华鬣羚。被CITES附录收录物种12种,其中附录I物种有黑熊、小熊猫、中华鬣羚、白尾梢虹雉,附录II物种有熊猴、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、林麝和普通鵟,附录III物种有黄喉貂、黄鼬(*Mustela sibirica*)和果子狸(*Paguma larvata*) (附录1)。

物种相对丰富度最高的是金色林鸫(*Tarsiger chrysaeus*, 15.87%), 其次为血雉(13.79%)、光背地鸫(*Zoothera mollissima*, 8.27%)、灰颈鼠兔(*Ochotona forresti*, 7.45%)、小熊猫(6.11%)、黑顶噪鹛(*Garrulax affinis*, 5.59%)、白眉林鸫(*Luscinia indica*, 4.99%)、

白尾梢虹雉(3.50%) (附录1)。按不同目计,雀形目的相对丰富度最高,为52.53%,其次分别为鸡形目(17.59%)、食肉目(10.05%)、啮齿目(9.98%)和兔形目(8.27%)(附录1)。

2015年10月拍摄到丘鹑(*Scolopax rusticola*)、蓝额红尾鸲(*Phoenicurus frontalis*)、北红尾鸲(*Phoenicurus aureus*)、树鹩(*Anthus hodgsoni*)、粉红胸鹩(*Anthus roseatus*)、红胁蓝尾鸲(*Tarsiger eyanurus*)、灰背伯劳(*Lanius tephronotus*)、普通朱雀(*Carduelis erythrinus*)、黑胸歌鸲(*Luscinia pectoralis*)等9种迁徙鸟类。

2.2 鸟兽物种季节变化

金满样区1个年周期监测结果表明,高黎贡山高山生境每个月份均有鸟类或兽类活动,频繁活动期为5–10月(图2)。拍摄到独立有效照片808张,占这一年周期中拍摄到独立有效照片数的90.48%,其中又以7月份所拍摄到的独立有效照片数最多(208张)。

不同月份拍摄到的鸟类和兽类物种数不同,以4–10月居多(44种),其中以7月份最多(28种)。不同月份间物种数变化,鸟类比兽类更为明显(图3)。

3 讨论

3.1 高黎贡山野生动物红外相机监测

本次调查记录的62种鸟兽物种中,黑胸歌鸲为高黎贡山鸟类新记录。中华竹鼠(*Rhizomys sinensis*)、绒毛䟽鼠、高黎贡鼠兔(*Ochotona gaoligongensis*)、黑冠山雀(*Parus rubidiventris*)、黄颈拟蜡嘴雀

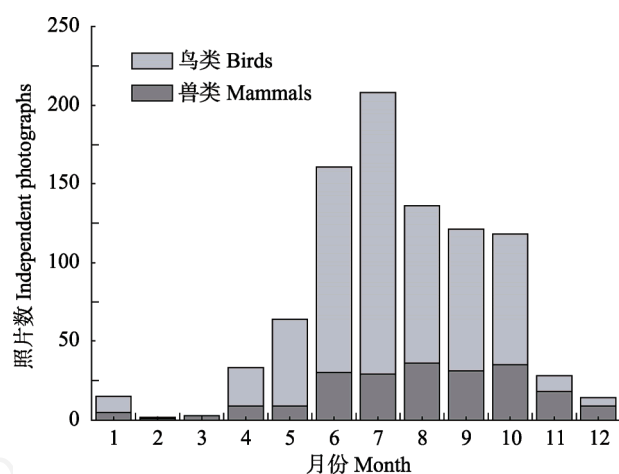


图2 物种有效照片数月间变化

Fig. 2 Camera-trap photos in different months (June 2015 to May 2016)

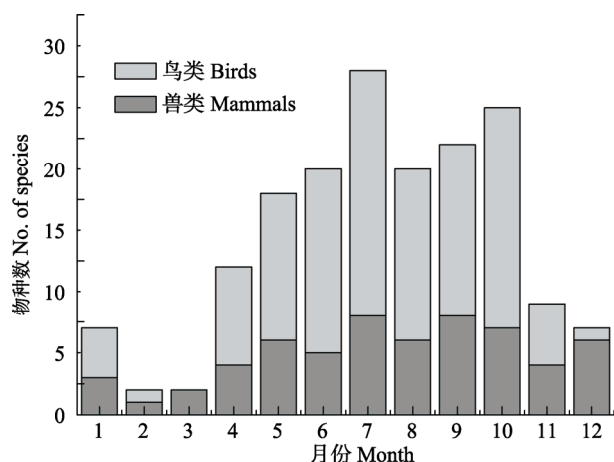


图3 鸟兽物种数的月变化

Fig. 3 Species number in different months (June 2015 to May 2016)

(*Mycerobas affinis*)为高黎贡山泸水县辖区首次记录(薛纪如, 1995; 徐志辉, 1998; Dumbacher et al, 2011; 梁丹等, 2015)。普通鵲、白鹇、树鹇、鸛鹑(*Troglodytes troglodytes*)等14种鸟类, 在梁丹等(2015) 3,300–3,800 m高海拔段未被记录到。隐纹花松鼠(*Tamias swinhoi*)、中华竹鼠、果子狸(*Paguma larvata*)、豹猫等8种兽类在薛纪如(1995)和徐志辉(1998)的3,100–4,162 m海拔带未记录到。表明利用红外相机作为调查工具, 可对高黎贡山高山生境中的鸟兽本底资料进行很好的补充。

结合陈奕欣等(2016)的调查结果, 在泸水县高黎贡山自然保护区共记录鸟兽物种82种, 其中鸟类56种, 兽类26种。在56种鸟类中, 仅有12种是本研究与陈奕欣等(2016)共同记录, 26种兽类中仅13种为共同记录, 说明高黎贡山高山与中低山的鸟兽物种组成差别较大, 这与高黎贡山的生境随海拔变化较大有关。另外, 本次调查较陈奕欣等(2016)记录到更多的物种, 其中鸟类增加较多, 主要是因为林线以上多为竹林、高山草甸、裸岩生境, 较少有高大树木, 鸟类多下地活动或栖于竹林中较低位置, 有利于红外相机拍摄。

本次调查拍摄到的绒毛鼯鼠为IUCN红色名录濒危(EN)物种(IUCN, 2016), 主要分布于喜马拉雅山脉(Corbet & Hill, 1992)。在中国, 绒毛鼯鼠仅在云南贡山县有2张毛皮标本记录(杨光荣和王应祥, 1989; Yu et al, 2004)。由于该物种主要栖息于高山悬崖(Corbet & Hill, 1992), 调查难度大, 以往对其在中国的分布以及种群数量情况了解甚少, 本调查为

绒毛鼯鼠在中国的分布提供了新的依据。本次调查还拍摄到高黎贡鼠兔, 该物种的模式标本产地是贡山县(王应祥等, 1988), 新种发表后再无新分布记录报道, 本次调查也为高黎贡鼠兔的分布提供了新的依据。

本次调查中未记录到梁丹等(2015)在研究区域3,300–3,800 m海拔段记录到的林雕(*Ictinaetus malayensis*)、剑嘴鹛(*Xiphirhynchus superciliaris*)、大树莺(*Cettia major*)、黑眉长尾山雀(*Aegithalos bonvaloti*)、红胸啄花鸟(*Dicaeum ignipectus*)等12种鸟类(梁丹等, 2015)。这些鸟种多为树栖, 很少下地活动, 而红外相机主要监测地面, 监测鸟类存在一定的局限性。本次调查中拍摄到部分啮齿目仓鼠科或鼠科物种照片, 但由于这些物种主要为夜行性, 拍摄的照片均为黑白照, 仅凭照片难以鉴定到种, 甚至连科都难以鉴定, 红外相机在鼠类监测中也存在局限性(刘芳等, 2012, 2014)。另外, 本调查对迁徙鸟类的记录, 表明高黎贡山高山生境存在候鸟迁徙。在以往对高黎贡山的鸟类调查中无专门涉及迁徙鸟类的调查数据, 高黎贡山鸟类迁徙的路线、规模等还需进一步调查。

3.2 高黎贡山高山生境鸟兽多样性特点

依据本次调查结果, 高黎贡山高山鸟兽物种多样性有如下两个特点:

(1) 鸟兽物种活动季节性强, 具有垂直迁移习性。这个特点主要与印度洋暖湿气流带来的降水和温度变化有关。本次监测表明, 5–10月是高山鸟兽活动的高峰期(图2), 5月份高黎贡山开始进入雨季、同时温度回升(薛纪如, 1995), 植物生长、昆虫繁衍, 为鸟类和兽类提供了充足的食物资源和适宜生存、繁殖的场所, 如7月是鸟类物种多样性最高峰(图3), 物种组成以繁殖鸟为主。而11月到次年的4月为高黎贡山的旱季, 同时高山上开始降雪, 气温降低(薛纪如, 1995), 植物枯落, 鸟类和兽类多因缺少食物资源或者难以抵御低温而迁至低海拔活动, 如小熊猫(胡刚, 1998)和白尾梢虹雉(罗旭等, 2004), 因此该时期内高山上鸟兽极少(图2, 3)。季节性强还体现在鸟类迁徙对高山鸟类多样性的影响。本调查表明鸟类全年有2个高峰(图3), 10月高峰的形成与鸟类迁徙有关, 该月鸟种组成中迁徙鸟种较多。

(2) 雀形目鸟类物种比例高。中国共有鸟兽物种2,044种(郑光美, 2011; 蒋志刚等, 2015), 其中雀形

目鸟类763种, 雀形目鸟类占鸟兽物种总数的37.33%, 该数值反映了雀形目鸟类在中国的基础比例。本调查雀形目鸟类物种比例(61.29%)不仅远高于全国平均水平, 还高于西南山地各类森林生态系统中类似工作所得到的数据, 如张明霞等(2014)在云南西双版纳热带季雨林调查到雀形目鸟种占全部物种的48.28%; 温立嘉等(2014)和吴建普等(2016)在西藏墨脱森林中调查到该比例为40.74%; 在四川龙溪—虹口森林中该比例为45.45%(胡力等, 2016); 陈奕欣等(2016)同在高黎贡山泸水辖区中低海拔森林中记录该值为35.56%。此外, 本调查的雀形目比例也高于在开阔生境中进行类似工作得到的数据, 如薛亚东等(2014)在阿尔金山干旱荒漠调查该值为30.77%; 董潭成等(2014)在新疆卡拉麦里山干旱荒漠调查该比例值为45.45%。虽然由于啮齿目物种难鉴定到种, 会导致本研究雀形目鸟类比例值偏高, 但是该问题普遍存在于以上类似工作中, 横向比较应可成立。

高黎贡山高山生境中雀形目鸟类物种比例高, 可能与两个因素有关: (1)相较于西南山地中低海拔的森林生态系统, 高山生境相对单调, 主要以箭竹林、草甸、流石滩为主, 鸟类多到地面取食活动, 增加了雀形目鸟类被拍摄到的可能性; (2)相较于干旱荒漠和高寒草甸等开阔生境, 高黎贡山高山生境存在较高的季节性鸟类物种迁入, 如春季温度回升后鸟类垂直迁移到高山进行繁殖、春秋季节迁徙鸟类过路停留等, 以年周期为统计单位计算物种比例时, 会得到较高的比例值。

致谢: 西南林业大学刘志洪同学协助分析红外相机照片, 袁华老师和丁春晓同学协助制作红外相机分布图; 中国科学院昆明动物研究所李权博士和岩道先生、中南林业科技大学陈奕欣博士、西南林业大学韩联宪教授、中山大学梁丹博士鉴定部分鸟兽照片, 在此一并表示感谢!

参考文献

- Carbone C, Christie S, Conforti K, Coulson T, Franklin N, Ginsberg JR, Griffiths M, Holden J, Kawanishi K, Kinnaird M, Laidlaw R, Lynam A, Macdonald DW, Martyr D, McDougal C, Nath L, O'Brien T, Seidensticker J, Smith DJL, Sunquist M, Tilson R, Wan Shahrudin WN (2001) The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation*, 4, 75–79.
- Chaplin G (2005) Physical geography of the Gaoligong Shan area of Southwest China in relation to biodiversity. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 56, 527–556.
- Chen YX, Xiao ZS, Li M, Wang XW, He CX, He GP, Li HS, Shi SJ, Xiang ZF (2016) Preliminary survey for the biodiversity of mammal and bird using camera traps in the west of mid-section Mt. Gaoligong. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 302–312. (in Chinese with English abstract) [陈奕欣, 肖治术, 李明, 王新文, 何臣相, 何贵品, 李海曙, 施顺金, 向左甫 (2016) 利用红外相机对高黎贡山中段西坡兽类和鸟类多样性初步调查. *兽类学报*, 36, 302–312.]
- Corbet GB, Hill JE (1992) *The Mammals of the Indomalayan Region: A Systematic Review*, pp. 306–320. Oxford University Press, Oxford.
- Dong TC, Chu HJ, Wu HP, Wang Y, Ge Y, Bu L (2014) Monitoring birds and mammals through camera traps in Mount Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Xinjiang. *Biodiversity Science*, 22, 804–807. (in Chinese) [董潭成, 初红军, 吴洪潘, 王渊, 葛炎, 布兰 (2014) 卡拉麦里山有蹄类自然保护区鸟兽的红外相机监测. *生物多样性*, 22, 804–807.]
- Dumbacher JP, Miller J, Flannery ME, Yang XJ (2011) Avifauna of the Gaoligong Shan Mountains of western China: a hotspot of avian species diversity. *Ornithological Monographs*, 70, 30–63.
- Han LX, Huang SL, Luo X, Yang HJ (2004) The distribution and conservation of Sclater's monal in Yunnan, China. *Biodiversity Science*, 12, 523–527. (in Chinese with English abstract) [韩联宪, 黄石林, 罗旭, 杨红军 (2004) 云南白尾梢虹雉的分布与保护. *生物多样性*, 12, 523–527.]
- Hu G (1998) A preliminary study on the bionomic strategies of the red panda in Gaoligong Mountains. *Zoological Research*, 19, 358, 366. (in Chinese) [胡刚 (1998) 高黎贡山小熊猫生态对策的初步研究. *动物学研究*, 19, 358, 366.]
- Hu L, Xie WH, Shang T, Jiang BK, Xiao ZS (2016) Preliminary survey for mammal and bird diversity using camera traps in the Longxi-Hongkou National Nature Reserve of Sichuan Province, Southwest China. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 330–337. (in Chinese with English abstract) [胡力, 谢文华, 尚涛, 姜丙坤, 肖治术 (2016) 龙溪—虹口国家级自然保护区兽类和鸟类多样性红外相机调查结果初报. *兽类学报*, 36, 330–337.]
- IUCN (2016) *The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2015-4*. <http://www.iucnredlist.org>. (accessed on 2016-07-25)
- Jiang ZG, Jiang JP, Wang YZ, Zhang E, Zhang YY, Li LL, Xie F, Cai B, Cao L, Zheng GM, Dong L, Zhang ZW, Ding P, Luo ZH, Ding CQ, Ma ZJ, Tang SH, Cao WX, Li CW, Hu HJ, Ma Y, Wu Y, Wang YX, Zhou KY, Liu SY, Chen YY, Li JT, Feng ZJ, Wang Y, Wang B, Li C, Song XL, Cai L, Zang CX, Zeng Y, Meng ZB, Fang HX, Ping XG (2016) Red List of China's vertebrates. *Biodiversity Science*, 24,

- 500–551. (in Chinese and in English) [蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鹗, 张雁云, 李立立, 谢锋, 蔡波, 曹亮, 郑光美, 董路, 张正旺, 丁平, 罗振华, 丁长青, 马志军, 汤宋华, 曹文宣, 李春旺, 胡慧建, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚, 刘少英, 陈跃英, 李家堂, 冯祚建, 王燕, 王斌, 李成, 宋雪琳, 蔡蕾, 臧春鑫, 曾岩, 孟智斌, 方红霞, 平晓鸽 (2016) 中国脊椎动物红色名录. 生物多样性, 24, 500–551.]
- Jiang ZG, Ma Y, Wu Y, Wang YX, Feng ZJ, Zhou KY, Liu SY, Luo ZH, Li CW (2015) China's mammalian diversity. *Biodiversity Science*, 23, 351–364. (in Chinese with English abstract) [蒋志刚, 马勇, 吴毅, 王应祥, 冯祚建, 周开亚, 刘少英, 罗振华, 李春旺 (2015) 中国哺乳动物多样性. 生物多样性, 23, 351–364.]
- Lan D, Dunbar R (2000) Bird and mammal conservation in Gaoligongshan Region and Jingdong County, Yunnan, China: patterns of species richness and nature reserves. *Oryx*, 34, 275–286.
- Li S, Wang DJ, Xiao ZS, Li XH, Wang TM, Feng LM, Wang Y (2014) Camera-trapping in wildlife research and conservation in China: review and outlook. *Biodiversity Science*, 22, 685–695. (in Chinese with English abstract) [李晟, 王大军, 肖治术, 李欣海, 王天明, 冯利民, 王云 (2014) 红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用与前景. 生物多样性, 22, 685–695.]
- Liang D, Gao G, Wang B, Wang XW, Chen YX, Wu XR, Zhao C, Jiang DM, Han LX, Luo X (2015) The diversity and vertical distribution of the birds in middle Gaoligong Mountain, Yunnan. *Sichuan Journal of Zoology*, 34, 930–940. (in Chinese with English abstract) [梁丹, 高歌, 王斌, 王新文, 陈奕欣, 吴新然, 赵超, 蒋德梦, 韩联宪, 罗旭 (2015) 云南高黎贡山中段鸟类多样性和垂直分布特征. 四川动物, 34, 930–940.]
- Liu F, Li DQ, Wu JG (2012) Using infrared cameras to survey wildlife in Beijing Songshan National Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 32, 730–739. (in Chinese with English abstract) [刘芳, 李迪强, 吴记贵 (2012) 利用红外相机调查北京松山国家级自然保护区的野生动物物种. 生态学报, 32, 730–739.]
- Liu F, Su XJ, Li DQ, Wang MZ, Zhang ZL (2014) Using camera trap to investigate animal diversity in Hunan Gaowangjie National Nature Reserve. *Biodiversity Science*, 22, 779–784. (in Chinese) [刘芳, 宿秀江, 李迪强, 王木忠, 张自亮 (2014) 利用红外相机调查湖南高望界国家级自然保护区鸟兽多样性. 生物多样性, 22, 779–784.]
- Luo X, Han LX, Ai HS (2004) Preliminary report on the movement and habitat preference of Sclater's monal at Mt. Gaoligong in winter. *Zoological Research*, 25, 48–52. (in Chinese with English abstract) [罗旭, 韩联宪, 艾怀森 (2004) 高黎贡山冬季白尾梢虹雉运动方式和生境偏好的初步观察. 动物学研究, 25, 48–52.]
- Ma SL, Han LX, Lan DY, Ji WZ, Harris RB (1995) Faunal resources of the Gaoligongshan Region of Yunnan, China: diverse and Threatened. *Environmental Conservation*, 22, 250–258.
- Ma SL, Harris RB (1996) Use of remote camera systems to document wildlife species presence in forested areas of Yunnan. *Zoological Research*, 17, 360–370. (in Chinese) [马世来, Harris RB (1996) 自动感应照像系统在野生动物调查中的应用. 动物学研究, 17, 360–370.]
- MacKinnon J, Phillipps K, He FQ (2000) A Field Guide to the Birds of China. Hunan Education Publishing House, Changsha. (in Chinese) [约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇 (2000) 中国鸟类野外手册. 湖南教育出版社, 长沙.]
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858.
- O'Brien TG, Kinnaird MF, Wibisono HT (2003) Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6, 131–139.
- O'Connell AF, Nichols JD, Karanth KU (2011) Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses. Springer-Verlag, New York.
- Si XF, Ding P (2014) Camera trap survey on population dynamics of mammals and birds in Gutianshan forest dynamics plot, eastern China. *Biodiversity Science*, 22, 819–822. (in Chinese) [斯幸峰, 丁平 (2014) 古田山森林动态监测样地内鸟兽种群动态的红外相机监测. 生物多样性, 22, 819–822.]
- Smith A, Xie Y, Hoffmann RS, Lunde D, MacKinnon J, Wilson DE, Wozencraft WC, Gemma F (2009) A Guide to the Mammals of China. Hunan Education Publishing House, Changsha. (in Chinese) [Smith A, 解焱, Hoffmann RS, Lunde D, MacKinnon J, Wilson DE, Wozencraft WC, Gemma F (2009) 中国兽类野外手册. 湖南教育出版社, 长沙.]
- Wang YX, Gong ZD, Duan XD (1988) A new species of *Ochotona* (Cochotonidae, Lagomorpha) from Mt. Gaoligong, Northwest Yunnan. *Zoological Research*, 9, 201–207. (in Chinese with English abstract) [王应祥, 龚正达, 段兴德 (1988) 高黎贡山鼠兔一新种. 动物学研究, 9, 201–207.]
- Wen LJ, Shi K, Huang J, Song Y, Guo YM (2014) Preliminary analysis of mammal and bird diversity monitored with camera traps in Medog, Tibet. *Biodiversity Science*, 22, 798–799. (in Chinese) [温立嘉, 时坤, 黄建, 宋阳, 郭玉民 (2014) 西藏墨脱鸟兽红外相机监测初报. 生物多样性, 22, 798–799.]
- Wu JP, Luo H, Zhu XL, Li BZ, Liu WL, Ci P (2016) Monitoring mammals and birds with camera traps at different altitudes of Medog, Tibet. *Biodiversity Science*, 24, 351–354. (in Chinese) [吴建普, 罗红, 朱雪林, 李炳章, 刘务林, 次平 (2016) 西藏墨脱不同海拔区鸟兽红外相机监测. 生物多样性, 24, 351–354.]
- Wu PF, Liu XH, Cai Q, He XB, Songer M, Zhu Y, Shao XM (2012) The application of infrared camera in mammal research in Guanyinshan Nature Reserve. *Acta Theriologica*

- Sinica, 32, 67–71. (in Chinese with English abstract) [武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 何祥博, Songer M, 朱云, 邵小明 (2012) 红外相机技术在陕西观音山自然保护区兽类监测研究中的应用. 兽类学报, 32, 67–71.]
- Xiao ZS, Li XH, Jiang GS (2014) Applications of camera trapping to wildlife surveys in China. *Biodiversity Science*, 22, 683–684. (in Chinese) [肖治术, 李欣海, 姜广顺 (2014) 红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用. 生物多样性, 22, 683–684.]
- Xu ZH (1998) Nujiang Nature Reserve. Yunnan Fine Arts Publishing House, Kunming. (in Chinese) [徐志辉 (1998) 怒江自然保护区. 云南美术出版社, 昆明.]
- Xue JR (1995) Gaoligong Mountain National Nature Reserve. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [薛纪如 (1995) 高黎贡山国家自然保护区. 中国林业出版社, 北京.]
- Xue YD, Liu F, Guo TZ, Yuan L, Li DQ (2014) Using camera traps to survey wildlife at water sources on the northern slope of the Altun Mountains, China. *Acta Theriologica Sinica*, 34, 164–171. (in Chinese with English abstract) [薛亚东, 刘芳, 郭铁征, 袁磊, 李迪强 (2014) 基于相机陷阱技术的阿尔金山北坡水源地鸟兽物种监测. 兽类学报, 34, 164–171.]
- Yang GR, Wang YX (1989) The list of rodents in Yunnan Province and its relationship with disease. *Chinese Journal of Rodents Control*, 5, 222–229. (in Chinese) [杨光荣, 王应祥 (1989) 云南省啮齿类动物名录及与疾病的关系. 中国鼠类防制杂志, 5, 222–229.]
- Yu FH, Yu FR, Guire PMM, Kilpatrick CW, Pang JF, Wang YX, Lu SQ, Woods CA (2004) Molecular phylogeny and biogeography of woolly flying squirrel (Rodentia: Sciuridae), inferred from mitochondrial cytochrome *b* gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 33, 735–744.
- Zhang LB, Cui SP, Huang YJ, Chen DQ, Qiao HJ, Li CW, Jiang ZG (2014) Infrared camera traps in wildlife research and monitoring in China: issues and insights. *Biodiversity Science*, 22, 696–703. (in Chinese with English abstract) [张履冰, 崔绍朋, 黄元骏, 陈代强, 乔慧捷, 李春旺, 蒋志刚 (2014) 红外相机技术在我国野生动物监测中的应用: 问题与限制. 生物多样性, 22, 696–703.]
- Zhang MX, Cao L, Quan RC, Xiao ZS, Yang XF, Zhang WF, Wang XZ, Deng XB (2014) Camera trap survey of animals in Xishuangbanna forest dynamics plot, Yunnan. *Biodiversity Science*, 22, 830–832. (in Chinese) [张明霞, 曹林, 权锐昌, 肖治术, 杨小飞, 张文富, 王学忠, 邓晓保 (2014) 利用红外相机监测西双版纳森林动态样地的野生动物多样性. 生物多样性, 22, 830–832.]
- Zheng GM (2011) A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China, 2nd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑光美 (2011) 中国鸟类分类与分布名录, 第2版. 科学出版社, 北京.]

(责任编辑: 丁平 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 云南泸水高黎贡山高山生境中红外相机拍摄鸟兽物种名录

Appendix 1 Species list of birds and mammals in alpine habitat of Mt. Gaoligong, Lushui, Yunnan.
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016276-1.pdf>

附录2 云南高黎贡山泸水片区高山鸟兽代表性物种照片

Appendix 2 Some alpine habitat species captured by camera traps at Mt. Gaoligong, Lushui, Yunnan.
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016276-2.pdf>

附录 1 云南泸水高黎贡山高山生境中红外相机拍摄鸟兽物种名录

Appendix 1 Species list of birds and mammals in alpine habitat at Mt. Gaoligong, Lushui, Yunnan

物种 Species	独立有效照 片数 No. of in- dependent images	相对丰富度 指数 Relative abundance index (%)	国家保护 等级 Conserva- tion status	IUCN 红色名 录 IUCN Red List	CITES 附 录 CITES Appendix	中国脊椎 动物红色 名录 Red List of China's vertebrates
哺乳纲 MAMMALIA						
I 灵长目 Primates	4	0.30				
1 猴科 Cercopithecidae						
(1)熊猴 <i>Macaca assamensis</i>	4	0.30	I	NT	附录 II	VU
II 啮齿目 Rodentia	134	9.98				
2 松鼠科 Sciuridae						
(2)橙腹长吻松鼠 <i>Dremomys lokriah</i>	11	0.82		LC		NT
(3)隐纹花松鼠 <i>Tamias swinhoi</i>	4	0.30		LC		LC
(4)绒毛鼯鼠 <i>Eupetaurus cinereus</i>	31	2.31		EN		DD
3 鼯鼠科 Spalacidae						
(5)中华竹鼠 <i>Rhizomys sinensis</i>	1	0.07		LC		LC
4 豪猪科 Hystricidae						
(6)马来豪猪 <i>Hystrix brachyura</i>	1	0.07		LC		LC
(7)仓鼠科 Cricetidae spp. / 鼠科 Muridae spp.	86	6.41				
III 兔形目 Lagomorpha	111	8.27				
5 鼠兔科 Ochotonidae						
(8)灰颈鼠兔 <i>Ochotona forresti</i>	100	7.45		LC		NT
(9)高黎贡鼠兔 <i>Ochotona gaoligongensis</i>	11	0.82				NT
IV 食肉目 Carnivora	135	10.05				
6 熊科 Ursidae						
(10)黑熊 <i>Ursus thibetanus</i>	1	0.07	II	VU	附录 I	VU
7 鼬科 Mustelidae						
(11)黄喉貂 <i>Martes flavigula</i>	1	0.07	II	VU	附录 III	NT
(12)黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>	35	2.61		LC	附录 III	LC
8 灵猫科 Viverridae						
(13)果子狸 <i>Paguma larvata</i>	1	0.07		LC	附录 III	NT
9 猫科 Felidae						
(14)豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	15	1.12		LC	附录 II	VU
10 小熊猫科 Ailuridae						
(15)小熊猫 <i>Ailurus fulgens</i>	82	6.11	II	EN	附录 I	VU
V 偶蹄目 Artiodactyla	14	1.12				
11 猪科 Suidae						
(16)野猪 <i>Sus scrofa</i>	4	0.30		LC		LC
12 麝科 Moschidae						

物种 Species	独立有效照 片数 No. of in- dependent images	相对丰富度 指数 Relative abundance index (%)	国家保护 等级 Conserva- tion status	IUCN 红色名 录 IUCN Red List	CITES 附 录 CITES Appendix	中国脊椎 动物红色 名录 Red List of China's vertebrates
(17)林麝 <i>Moschus berezovskii</i>	4	0.30	I	EN	附录 II	CR
13 鹿科 Cervidae						
(18)赤麂 <i>Muntiacus vaginalis</i>	5	0.37		LC		NT
14 牛科 Bovidae						
(19)中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	1	0.07	II	NT	附录 I	VU
鸟纲 AVES						
I 隼形目 Falconiformes	1	0.07				
1 鹰科 Accipitridae						
(1)普通鵟 <i>Buteo buteo</i>	1	0.07	II	LC	附录 II	LC
II 鸡形目 Galliformes	236	17.59				
2 雉科 Phasianidae						
(2)血雉 <i>Ithaginis cruentus</i>	185	13.79	II	LC	附录 II	NT
(3)红腹角雉 <i>Tragopan temminckii</i>	2	0.15	II	LC		NT
(4)白尾梢虹雉 <i>Lophophorus scalateri</i>	47	3.50	I	VU	附录 I	EN
(5)白鹇 <i>Lophura nythemera</i>	2	0.15	II	LC		LC
III 鸽形目 Charadriiformes	2	0.15				
3 鸻科 Scolopacidae						
(6)丘鹬 <i>Scolopax rusticola</i>	2	0.15		LC		LC
IV 雀形目 Passeriformes	705	52.53				
4 鹟科 Motacillidae						
(7)树鹟 <i>Anthus hodgsoi</i>	1	0.07		LC		LC
(8)粉红胸鹟 <i>Anthus roseatus</i>	1	0.07		LC		LC
5 伯劳科 Laniidae						
(9)灰背伯劳 <i>Lanius tephronotus</i>	1	0.07		LC		LC
6 鸦科 Corvidae						
(10)星鸦 <i>Nucifraga caryocatactes</i>	7	0.52		LC		LC
7 鹡鹑科 Troglodytidae						
(11)鹡鹑 <i>Troglodytes troglodytes</i>	2	0.15		LC		LC
8 岩鹡科 Prunellidae						
(12)领岩鹡 <i>Prunella collaris</i>	9	0.67		LC		LC
(13)棕胸岩鹡 <i>Prunella strophciata</i>	2	0.15		LC		LC
9 鸫科 Turdidae						
(14)黑胸歌鸫 <i>Luscinia pectoralis</i>	2	0.15		LC		NT
(15)红胁蓝尾鸫 <i>Tarsiger eyanurus</i>	24	1.79		LC		LC
(16)金色林鸫 <i>Tarsiger chrysaeus</i>	213	15.87		LC		LC

物种 Species	独立有效照 片数 No. of in- dependent images	相对丰富度 指数 Relative abundance index (%)	国家保护 等级 Conserva- tion status	IUCN 红色名 录 IUCN Red List	CITES 附 录 CITES Appendix	中国脊椎 动物红色 名录 Red List of China's vertebrates
(17)棕腹林鸫 <i>Tarsiger hyperythrus</i>	30	2.24		LC		DD
(18)白眉林鸫 <i>Luscinia indica</i>	67	4.99		LC		LC
(19)蓝额红尾鸫 <i>Phoenicurus frontalis</i>	6	0.45		LC		LC
(20)北红尾鸫 <i>Phoenicurus aureus</i>	2	0.15		LC		LC
(21)白顶溪鸫 <i>Chaimarrornis leucocephalus</i>	10	0.75		LC		LC
(22)光背地鸫 <i>Zoothera mollissima</i>	111	8.27		LC		LC
10 画眉科 Timaliidae						
(23)眼纹噪鹛 <i>Garrulax ocellatus</i>	15	1.12		LC		NT
(24)纯色噪鹛 <i>Garrulax subunicolor</i>	37	2.76		LC		LC
(25)黑顶噪鹛 <i>Garrulax affinis</i>	75	5.59		LC		LC
(26)红头噪鹛 <i>Garrulax erythrocephalus</i>	8	0.60		LC		LC
(27)火尾绿鹛 <i>Myzornis pyrrhoura</i>	1	0.07		LC		NT
(28)白眉雀鹛 <i>Alcippe vinipectus</i>	6	0.45		LC		LC
(29)纹喉凤鹛 <i>Yuhina gularis</i>	1	0.07		LC		LC
(30)棕肛凤鹛 <i>Yuhina occipitalis</i>	1	0.07		LC		LC
(31)红嘴鸦雀 <i>Conostoma aemodium</i>	6	0.45		LC		LC
(32)褐鸦雀 <i>Paradoxornis unicolor</i>	3	0.22		LC		LC
(33)黄额鸦雀 <i>Paradoxornis fulvifrons</i>	3	0.22		LC		LC
11 莺科 Sylviidae						
(34)异色树莺 <i>Cettia flavolivaceus</i>	2	0.15		LC		LC
(35)棕顶树莺 <i>Cettia brunnifrons</i>	4	0.30		LC		LC
(36)橙斑翅柳莺 <i>Phylloscopus pulcher</i>	1	0.07		LC		LC
(37)比氏鹪莺 <i>Seicercus valentini</i>	1	0.07		LC		LC
12 山雀科 Paridae						
(38)黑冠山雀 <i>Parus rubidiventris</i>	1	0.07		LC		LC
13 花蜜鸟科 Nectariniidae						
(39)火尾太阳鸟 <i>Aethopyga ignicauda</i>	2	0.15		LC		LC
14 燕雀科 Fringillidae						
(40)暗胸朱雀 <i>Carpodacus nipalensis</i>	14	1.04		LC		LC
(41)棕朱雀 <i>Carpodacus edwardsii</i>	17	1.27		LC		LC
(42)普通朱雀 <i>Carpodacus erythrinus</i>	2	0.15		LC		LC
(43)黄颈拟蜡嘴雀 <i>Mycerobas affinis</i>	1	0.07		LC		LC
(44)白斑翅拟蜡嘴雀 <i>Mycerobas carnipes</i>	13	0.97		LC		LC

EN: 濒危; VU: 易危; NT: 近危; LC: 无危; CR: 极危; DD: 数据缺乏。

EN, Endangered; VU, Vulnerable; NT, Near threatened; LC, Least concern; CR, Critically endangered; DD, Data deficient.



(A) 白尾梢虹雉 *Lophophorus sclateri* ♂



(B) 白尾梢虹雉 *Lophophorus sclateri* ♀



(C) 血雉 *Ithaginis cruentus*



(D) 金色林鸮 *Tarsiger chrysaeus* ♀



(E) 小熊猫 *Ailurus fulgens*



(F) 高黎贡鼠兔 *Ochotona gaoligongensis*



(G) 绒毛鼯鼠 *Eupetaurus cinereus*



(H) 林麝 *Moschus berezovskii*

附录2 云南高黎贡山泸水片区高山鸟兽代表性物种照片

Appendix 2 Some alpine habitat species captured by camera traps at Mt. Gaoligong, Lushui, Yunnan.