•生物编目•

基于红外相机技术调查长江正源 沱沱河流域鸟兽多样性

王 东^{1,4} 万雅琼² 汪世钊³ 陈佳萍^{1,4} 吴 彤^{1,4} 李佳琦^{2*} 连新明^{1,5*}

1 (中国科学院西北高原生物研究所高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810008)

2 (生态环境部南京环境科学研究所, 南京 210042)

3 (青海大学生态环境工程学院, 西宁 810016)

4 (中国科学院大学, 北京 100049)

5 (青海省动物生态基因组学重点实验室, 西宁 810008)

摘要: 沱沱河是长江正源, 该流域自然生态系统敏感, 生态环境脆弱, 孕育了诸多适应高海拔、寒旱气候的青藏高原特有种。为了调查该区域的生物多样性, 我们选取沱沱河流域的班德山、达尔宗山和通天河3个样地, 采用1 km × 1 km网格法在各样地分别选取20个连续网格, 每个网格内设置1个相机位点, 对流域内的鸟兽物种多样性进行监测。2017年9月至2018年12月, 累计4,288个有效相机工作日, 共获得独立有效照片2,353张, 鉴定兽类5目10科15属16种, 鸟类8目15科19属22种。其中, 国家I级重点保护野生动物有雪豹(*Panthera uncia*)、白唇鹿(*Cervus albirostris*)、藏野驴(*Equus kiang*)和胡兀鹫(*Gypaetus barbatus*)等4种, 国家II级重点保护野生动物11种, “三有”动物(国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物) 11种。被IUCN濒危物种红色名录评估为濒危(EN)的野生动物1种, 易危(VU)的2种, 近危(NT)的5种。相对多度指数(RAI)排名前5位的兽类依次是岩羊(*Pseudois nayaur*, RAI = 11.17)、高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*, RAI = 6.48)、高原兔(*Lepus oiostolus*, RAI = 4.99)、藏狐(*Vulpes ferrilata*, RAI = 3.36)和藏原羚(*Procapra picticaudata*, RAI = 2.87); 鸟类RAI排名前5位的物种为红嘴山鸦(*Pyrrhocorax pyrrhocorax*, RAI = 3.08)、赭红尾鸲(*Phoenicurus ochruros*, RAI = 1.26)、棕颈雪雀(*Pyrgilauda ruficollis*, RAI = 1.26)、大鸢(*Buteo hemilasius*, RAI = 0.82)和白腰雪雀(*Pyrgilauda taczanowskii*, RAI = 0.61)。此外, 红外相机还监测到较多的家畜和人为活动(RAI = 8.72)。本研究利用红外相机技术客观记录了长江正源沱沱河流域鸟兽资源的本底情况, 可为进一步调查该地区生物多样性以及制定相应的保护措施提供科学数据。

关键词: 沱沱河流域; 生物多样性; 红外相机; 相对多度指数

Camera-trapping survey of the diversity of mammals and birds in the Tuotuo River basin of the source region of the Yangtze River

Dong Wang^{1,4}, Yaqiong Wan², Shizhao Wang³, Jiaping Chen^{1,4}, Tong Wu^{1,4}, Jiaqi Li^{2*}, Xinming Lian^{1,5*}

1 Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008

2 Nanjing Institute of Environmental Science, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042

3 College of Eco-Environmental Engineering, Qinghai University, Xining 810016

4 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

5 Qinghai Provincial Key Laboratory of Animal Ecological Genomics, Xining 810008

Abstract: The Tuotuo River is a tributary to the Yangtze River, and ecologically important because it supports diverse habitat including many endemic species of the Qinghai-Tibet Plateau. The Tuotuo River basin is especially unique and includes many different and fragile habitats, but bird and mammal diversity remain unclear. From September 2017 to December 2018, 60 infrared cameras were placed evenly in a grid

收稿日期: 2020-03-08; 接受日期: 2020-07-12

基金项目: 生态环境部生物多样性保护专项(2110404; 2018-02-06-M2019-62)、中国科学院“西部之光”青年学者A类项目和青海省重大专项“三江源区代表性动物基因资源保护和利用”

* 共同通讯作者 Co-authors for correspondence. E-mail: lianxinming@nwipb.cas.cn; lijiaqihao@163.com

(60 1-km² grids) across three sample plots, Bande Mountains, Daerzong Mountains and the mouth of Tongtian River. A total of 4,288 camera-days, and 2,353 independent photos were obtained. Based on these data, we identified a total of 38 species. We identified 16 species of mammals which could be divided into 5 orders, 10 families, 16 genera and 22 species of birds which could be divided into 8 orders, 15 families, 19 genera. Among 38 species, 26 are classified as falling under either first or second class animal protections in China or have important economic or research value. Four species that belong under Class-I National Key Protected Species include the snow leopard (*Panthera uncia*), white-lipped deer (*Gervus albirostris*), kiang (*Equus kiang*) and lammergeier (*Gypaetus barbatus*); 11 species are classified as Class-II National Key Protected Species and 11 species which are beneficial or have important economic value or research value. The saker falcon (*Falco cherrug*), a IUCN red list threatened and endangered species was detected, and two other vulnerable species and five species as near threatened were identified in images. The five most detected mammals in the Tuotuo River basin were blue sheep (*Pseudois nayaur*, RAI = 11.17), plateau pika (*Ochotona curzoniae*, RAI = 6.48), woolly hare (*Lepus oiostolus*, RAI = 4.99), Tibetan fox (*Vulpes ferrilata*, RAI = 3.36) and Tibetan gazelle (*Procapra picticaudata*, RAI = 2.87). The five most abundant avian species were red-billed chough (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*, RAI = 3.08), black redstart (*Phoenicurus ochruros*, RAI = 1.26), rufous-necked snowfinch (*Pyrgilauda ruficollis*, RAI = 1.26), upland buzzard (*Buteo hemilasius*, RAI = 0.82) and white-rumped snowfinch (*Pyrgilauda taczanowskii*, RAI = 0.61). Meanwhile, livestock and human activities were also commonly recorded by infrared cameras (RAI = 8.72). The results provide an important basis for further investigating the biodiversity of the Tuotuo River basin of the Yangtze River and formulating conservation and management measures in the future.

Key words: Tuotuo River basin; biodiversity; infrared camera; relative abundance index

目前,我国诸多区域,尤其是高海拔、交通不便的地区生物多样性基础数据匮乏,直接影响了该地区保护工作的开展。因此,摸清研究区域内野生动物资源现状,建立野生动物资源数据库是此类地区生物多样性保护工作顺利开展的前提(Blanc et al, 2013)。近年来,红外相机技术以其对环境干扰小、无损伤记录、隐蔽度高、成本逐年降低以及全天候工作等优势,被广泛应用于我国野生动物的监测、研究和保护中,尤其适合于监测行动隐秘、数量稀少、易被干扰的野生哺乳动物和地栖鸟类(钱海源等, 2019; 肖文宏等, 2019),比如雪豹(*Panthera uncia*) (史晓昀等, 2019)、华北豹(*P. pardus japonensis*) (宋大昭等, 2014)等。据不完全统计,目前通过红外相机技术记录到的野生动物超过250种(李晟等, 2014),还记录到一些新分布物种以及多年未见的特有物种(周文良等, 2014; 薛茂盛等, 2016),成为直接观察法、访谈法、样线法、捕获法等传统调查方法的有力补充。

作为长江正源,沱沱河发源自唐古拉山脉格拉丹东西侧姜根迪如冰川,流经387 km后与长江南源当曲汇合,始称通天河。沱沱河流域地势高耸,南北均有高山,海拔范围4,489–6,468 m (熊明等, 2018),其高寒生态系统在涵养水源、保护生物多样性和流域生态安全屏障等方面均具有重要的生态

功能,也是自然生态系统最敏感、生态环境十分脆弱的地区之一(唐敏等, 2016)。由于沱沱河流域海拔高且交通不便,实地调查开展较少,对该地区的动物资源还仅仅局限于资料收集(蔡振媛等, 2019; 高红梅等, 2019)。因此,本研究利用红外相机开展监测,期待掌握沱沱河流域野生动物资源,尤其是大中型兽类资源现状,为今后开展相应的研究、保护和管理提供基础资料。

1 研究方法

1.1 研究区域

沱沱河流域(89°48′–92°54′ E, 33°22′–35°12′ N)平均海拔超过4,600 m,空气稀薄,气候干燥寒冷,为高空西风带控制区,年平均气温–4.2℃,年平均降水量仅283.1 mm,且集中于7–9月(罗玉等, 2019a)。作为我国西北地区大风中心之一,沱沱河年平均风速为3.9 m/s,在三江源地区仅次于五道梁,年均大风日数超过100 d(刘金青等, 2016)。

该区域植被以禾本科、莎草科、菊科植物为主,群落结构简单,层次分化不明显,植被覆盖率低,是青藏高原典型的地带性高寒植被(魏建方, 2003),孕育着诸多青藏高原特有物种,如藏野驴(*Equus kiang*)、藏羚(*Pantholops hodgsonii*)、藏原羚(*Procapra picticaudata*)等有蹄类动物。此外,沱沱河浮

游植物群落结构较稳定, 种类分布均匀, 以硅藻门为主, 占83.1%, 水体属贫营养性(陈燕琴等, 2017)。

1.2 红外相机布设方案

2017年10月至2018年12月, 选取沱沱河流域的班德山、达尔宗山和通天河河口3个样地, 利用ArcGIS 10.0系统将每个样地划分为1 km × 1 km的正方形网格, 在每个样地选取连续的20个网格, 每个网格内设置1个相机位点并布设1部红外相机, 共60个位点(图1和附录1)。

为了提高红外相机的工作效率, 位点选择及布设时遵循3个原则: (1)尽可能选择动物的足迹、粪便、食痕、标记物等活动痕迹较多的位点或食物丰富、靠近水源的兽径旁。(2)红外相机布设高度须距离地面40–60 cm。由于沱沱河流域无高大乔木, 需提前准备支架以捆绑相机。相机镜头保持水平或稍稍朝下, 尽量避开阳光直射。夏季注意清理相机前遮挡的杂草, 确保拍摄视野开阔, 减少误拍。(3)相邻位点间距尽量保证大于500 m (胡茜茜等, 2018; 李佳琦等, 2018)。

红外相机型号主要为东方红鹰ERE-E1B和Ltl 6210MC, 分别使用32G microSD和SD储存卡。记录

每个位点的位置及生境信息(蒋志军等, 2019; 肖治术等, 2019), 设置灵敏度为“中”, 模式设置为“拍照+录像”(触发后连拍3张照片和录制10 s视频), 拍摄间隔时间设定为1 s。每3–4个月更换相机储存卡和电池, 对相机进行维护并及时更换损毁的相机。

1.3 数据处理与分析

红外相机影像资料回收后, 首先利用Bio-photo V2.1软件提取照片和视频基础信息(李晟等, 2014, 2016), 导出Excel数据表格进行整理分析并按照兽类、鸟类、家畜、家禽、工作人员和非工作人员对影像进行分类和物种鉴定(王巧燕等, 2018)。将同一台相机30 min内拍摄的同一物种的照片作为一个独立有效记录。单台相机每24 h为1个相机工作日(Kelly & Holub, 2008; Michalski & Peres, 2010; Ohashi et al, 2013)。

物种鉴定主要参考《中国兽类野外手册》(Smith和解焱等, 2009)和《中国鸟类野外手册》(约翰·马敬能等, 2000), 国家重点保护等级参考《国家重点保护野生动物名录》(<http://www.forestry.gov.cn/main/3954/content-1063883.html>)和《国家保护的有益的或者有重要经济、

图1 长江正源沱沱河流域红外相机布设位点图

Fig. 1 Camera trapping sites in the Tuotuo River basin of the source region of the Yangtze River

科学研究价值的陆生野生动物名录》(<http://www.forestry.gov.cn/main/3954/content-959027.html>), IUCN濒危等级参考IUCN濒危物种红色名录(<https://www.iucnredlist.org/>)。

使用物种的相对多度指数(relative abundance index, RAI)作为评估物种相对种群数量的指标, 用来表示每100个相机工作日所获取的目标物种的独立有效照片数。计算公式如下(陈立军等, 2019):

$$RAI = (\text{某一物种独立有效照片总数} / \text{所有位点总的相机工作日}) \times 100$$

2 结果

本次调查中60个相机位点累计监测4,288个相机有效工作日, 共获得有效照片13,263张, 其中兽类5,343张(40.29%), 鸟类4,013张(30.26%), 家畜及人为活动3,907张(29.45%)。其中, 独立有效照片总计2,353张, 包含兽类1,524张(64.77%), 鸟类454张(19.29%), 家畜和人为活动375张(15.94%)。

根据物种累积曲线可以看出, 兽类、鸟类和总物种数均随相机有效工作日的增加而增加(图2)。刚开始的500个有效工作日内, 兽类和鸟类监测物种数迅速增加, 在到达2,000个工作日时变为一条渐近线, 在3,000个红外相机工作日达到实际监测物种数(38种), 之后相机再未监测到新的物种。该结果表明, 本次监测时长达到研究区域红外相机调查要求。

2.1 兽类组成

本次调查共记录到兽类16种, 隶属于5目10科15属, 其中食肉目4科8种, 偶蹄目2科4种, 兔形目2科2种, 奇蹄目1科1种, 啮齿目1科1种。

图2 长江正源沱沱河流域红外相机监测鸟兽物种累积曲线
Fig. 2 Accumulation curves of captured birds and mammals by camera trapping in the Tuotuo River basin of the source region of the Yangtze River

根据相对多度指数(图3), 位列前5位的兽类物种依次是岩羊(*Pseudois nayaur*, RAI = 11.17)、高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*, RAI = 6.48)、高原兔(*Lepus oiostolus*, RAI = 4.99)、藏狐(*Vulpes ferrilata*, RAI = 3.36)和藏原羚(RAI = 2.87)。根据记录到的相机位点数(camera sites, CS), 分布最多的前5种兽类依次是藏狐(CS = 24个)、高原兔(CS = 24个)、藏原羚(CS = 18个)、赤狐(*Vulpes vulpes*, CS = 17个)和雪豹(CS = 15个)。

兽类物种中, 包含国家I级重点保护兽类3种, 分别是雪豹、白唇鹿(*Cervus albirostris*)和藏野驴; 国家II级重点保护兽类6种, 为猞猁(*Lynx lynx*)、兔狲(*Otocolobus manul*)、棕熊(*Ursus arctos*)、岩羊、盘羊(*Ovis ammon*)和藏原羚; “三有”动物(国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物) 4种, 分别是藏狐、赤狐、狼(*Canis lupus*)和狗獾(*Meles leucurus*); 各类保护兽类分别占兽类总物种数的18.75%、37.50%和25.00%。此外, 雪豹和白唇鹿被IUCN评估为易危(VU)物种, 兔狲、盘羊和藏原羚为近危(NT)物种。

2.2 鸟类组成

本次调查共监测到鸟类22种, 隶属于8目15科19属, 其中雀形目8科13种, 鹰形目1科3种, 隼形目、犀鸟目、鸡形目、鸽形目、鸮形目和雁形目均1科1种。

鸟类中相对多度指数排列前5位(图4)的依次是红嘴山鸦(*Pyrhacorax pyrrhacorax*, RAI = 3.08)、赭红尾鸲(*Phoenicurus ochruros*, RAI = 1.26)、棕颈雪雀(*Pyrgilauda ruficollis*, RAI = 1.26)、大鵟(*Buteo hemilasius*, RAI = 0.82)和白腰雪雀(*Pyrgilauda taczanowskii*, RAI = 0.61)。记录到的相机位点分布最多的前5种鸟类依次是红嘴山鸦(CS = 17)、棕颈雪雀(CS = 13个)、赭红尾鸲(CS = 13)、大嘴乌鸦(*Corvus macrorhynchos*, CS = 7)和白腰雪雀(CS = 7)。

这22种鸟类中, 胡兀鹫(*Gypaetus barbatus*)为国家I级重点保护野生动物; 高山兀鹫(*Gyps himalayensis*)、大鵟、猎隼(*Falco cherrug*)、藏雪鸡(*Tetraogallus tibetanus*)和纵纹腹小鸮(*Athene noctua*)5种鸟类为国家II级重点保护野生动物; 大朱雀(*Carpodacus rubicilla*)、拟大朱雀(*Carpodacus rubicilloides*)、角百灵(*Eremophila alpestris*)、崖沙燕(*Riparia riparia*)、赤麻鸭(*Tadorna ferruginea*)、戴

图3 长江正源沱沱河流域红外相机监测的兽类相对多度指数

Fig. 3 Relative abundance index of mammals detected by infrared cameras in the Tuotuo River basin of the source region of the Yangtze River

图4 长江正源沱沱河流域红外相机监测的鸟类相对多度指数

Fig. 4 Relative abundance index of birds detected by infrared cameras in the Tuotuo River basin of the source region of the Yangtze River

胜(*Upupa epops*)和岩鸽(*Columba rupestris*)为“三有”动物; 各类保护鸟类分别占鸟类总物种数的4.55%、22.73%和31.82%。猎隼被IUCN评估为濒危(EN)物种, 而胡兀鹫和高山兀鹫为近危物种。

2.3 人类活动

红外相机共拍摄到与人类活动相关的有效照片3,907张, 占有效照片总数的29.45%。其中工作人员和非工作人员420张、家羊1,543张、家牦牛1,673张、家马268张、家犬3张。家牦牛和家羊在人类活动中出现的频率最高, 表明该地区存在频繁的牧民

放牧活动。

3 讨论

本次针对沱沱河流域的红外相机监测累积曲线结果表明, 当相机工作日达到3,000时, 监测到的物种数量达到稳定状态, 说明本次监测对调查网格内鸟兽数据取样充分。同时, 该结果与三江源地区物种多样性的文献资料一致(蔡振媛等, 2019; 高红梅等, 2019)。但鉴于红外相机监测以大中型兽类和地栖鸟类为主的局限性, 要想获得沱沱河流域内更

为全面的野生动物本底数据, 仍需与访谈法、样线法、样方法等传统调查方法相结合。

青海长江源地区共分布兽类54种(蔡振媛等, 2019), 鸟类174种(高红梅等, 2019), 而本次针对沱沱河流域开展的红外相机监测结果为16种兽类和22种鸟类, 分别占长江源区兽类和鸟类总种数的29.63%和14.28%。比例低的原因主要有3点: (1)红外相机布设面积限制。沱沱河流域面积15,924 km², 占长江源区总面积158,500 km²的10.05% (钱开铸, 2013; 罗玉等, 2019b), 而红外相机的总布设面积仅60 km²。(2)红外相机布设点限制。本次调查中, 60个相机位点的选取更多考虑雪豹、猞猁、兔狲等食肉类动物的生境偏好, 集中于山地地形, 因而对偏好非山地地形的动物记录较少。(3)红外相机拍摄高度限制。红外相机适合于调查大中型哺乳动物和地栖性鸟类, 而对非地栖鸟类和小型哺乳动物的记录偏低。

基于红外相机数据的RAI作为一种简单、便利的表征动物相对多度大小的指标, 广泛应用于生物多样性本底清查和物种编目(李晟等, 2014), 但RAI易受物种自身特征、拍摄率 and 环境因素的影响(MacKenzie et al, 2002)。相关研究表明: 拍摄率高的物种RAI与实际值偏差较大; 家域活动范围大的物种拍摄率更高, RAI偏高(Sollmann et al, 2013)。根据本次红外相机监测结果, 兽类中岩羊的相对多度指数最高(RAI = 11.17), 这是因为岩羊是长江源区雪豹的主要食物, 和雪豹栖息地重叠度大; 同时, 岩羊种群数量大, 多集群活动。高原鼠兔和高原兔几乎是所有食肉动物的食物来源, 尤其在小型食肉动物的食物中占据相当高的比例, 其种群数量多, 分布广泛, 且活动频繁^①, 被红外相机拍摄的几率高。作为食物链较高级别的消费者, 生态系统中大型食肉动物的数量远少于食草动物(Owen-Smith, 2015), 同时, 相对小型食肉动物而言, 大型食肉动物尽管活动范围较大, 但种群数量更少, 因此被红外相机记录的几率也较低。

鸟类中, 红嘴山鸦最为常见(RAI = 3.08), 这是由于红嘴山鸦常成大群在草地上觅食。赭红尾鸲的

拍摄率位居第二位, 可能与该物种的繁殖习性有关: 为了适应缺氧和低温以提高雏鸟的生存力, 高海拔地区的赭红尾鸲雏鸟的留巢期延长^②; 同时, 由于隐蔽度高以及筑巢点的选择较多, 班德山可能是赭红尾鸲偏好的筑巢区域, 导致它们在整个繁殖期间的被拍摄率大幅提升。大鸛的相对丰富度也较高的原因在于除巨石外, 捆绑红外相机的铁杆是调查区域内相对较高的坚实落脚点, 大鸛偏好停留在上面休息、伺机捕食或进食。赤麻鸭作为一种水鸟, 成为本次山地地形调查中的个例, 究其原因, 相比于其他雁鸭类, 赤麻鸭更偏好在上活动(常家传等, 1997), 且在山原生境中, 赤麻鸭常选择水源附近的山上洞穴, 尤其是旱獭废弃的洞穴作巢或偶见裸岩上筑巢(徐志伟和满亚伟等, 1994), 这无疑和沱沱河流域的地形极为相符, 从而提高了本次调查中红外相机对赤麻鸭的捕获率。本次监测到的22种鸟类中有13种属于雀形目, 占鸟类总数的一半以上, 这是由于雀形目的种类数量在该地区分布较多(高红梅等, 2019)以及对栖息地的偏好不明显等特征所致。

近年来, 随着人类活动范围和野生动物栖息地重叠度日益增高, 人兽冲突不断加剧(Massei & Cowan, 2014), 人与野生动物的和谐共处成为公众关注的热点问题。整个长江源区内人兽冲突的主要肇事动物依次为狼、棕熊和雪豹, 但这3种动物的肇事方式不同(闫京艳等, 2019)。根据本次调查结果, 沱沱河流域雪豹的相对多度指数最高, 其次是棕熊和狼, 这和本次调查以山地地形和雪豹为主有关。同时, 在人类活动中拍摄到的家牦牛和羊的有效照片最多, 表明该地区存在频繁的放牧活动, 加大了人和家畜与野生动物接触的机会。尽管相对于狼和棕熊来说, 牧民对雪豹肇事的容忍度较高(Li et al, 2013), 但未来仍需制定相应的保护和管理措施来缓解和防止人兽冲突的发生。

本次60个相机位点累计获得有效相机工作日4,288 d, 与理论值相差较大, 原因主要有3点: (1)前期红外相机丢失较多, 尽管后期及时补充(前期26部红外相机丢失, 补充21部), 但前期的红外相机工作日只能记为零。(2)部分红外相机不适合高海拔区域工作。前期使用的红外相机存在耗电量大、故障率高、防水防沙性能差等诸多问题, 导致工作时限较短。(3)冬季维护周期长。由于调查区域海拔高, 冬季低温积雪导致交通不便, 无法及时更换红外相机

① 王振宇 (2015) 阿尔金山自然保护区三种小型哺乳动物夏季微生境选择及空间生态位分离. 硕士学位论文, 新疆农业大学, 乌鲁木齐.

② 穆红燕 (2008) 青藏高原赭红尾鸲的繁殖生态. 硕士学位论文, 兰州大学, 兰州.

电池和存储卡。此外,本次调查中少数相机连续多次拍摄了空照片(即照片中既没有兽类也没有鸟类),同时较多鸟类的照片模糊不清,无法对其进行物种鉴定。上述情况的发生为将来在高海拔区域使用红外相机技术调查鸟兽物种多样性提供了经验教训,应提前给出预案以避免此类状况发生,使监测方法更加科学、有效。

致谢: 本次调查得到四川省绿色江河环境保护促进会的大力支持,感谢所有参加本次调查的工作人员、志愿者以及当地牧民在相机架设、维护以及数据收集等方面给予的帮助。

参考文献

- Blanc L, Marboutin E, Gatti S, Gimenez O (2013) Abundance of rare and elusive species: Empirical investigation of closed versus spatially explicit capture-recapture models with lynx as a case study. *Journal of Wildlife Management*, 77, 372–378.
- Cai ZY, Qin W, Gao HM, Wu T, Chi XW, Yang JD, Miao ZY, Zhang JJ, Song PF, Lian XM, Su JP, Zhang TZ (2019) Species diversity and fauna of mammals in Sanjiangyuan National Park. *Acta Theriologica Sinica*, 39, 410–420. (in Chinese with English abstract) [蔡振媛, 覃雯, 高红梅, 吴彤, 迟翔文, 杨俊东, 苗紫燕, 张婧捷, 宋鹏飞, 连新明, 苏建平, 张同作 (2019) 三江源国家公园兽类物种多样性及区系分析. *兽类学报*, 39, 410–420.]
- Chang JC, Yu DM, Liu YD (1997) Observation of overwintering ecology of ruddy shelduck. *Chinese Journal of Zoology*, 32(6), 31–34. (in Chinese with English abstract) [常家传, 于达敏, 刘英铎 (1997) 赤麻鸭越冬生态观察. *动物学杂志*, 32(6), 31–34.]
- Chen YQ, Li KM, Gao GX (2017) Community structure and diversity assessment of phytoplankt at Tuotuo River of the source in the Yangtze River. *Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry*, (2), 1–5. (in Chinese with English abstract) [陈燕琴, 李柯懋, 高桂香 (2017) 长江源沱沱河浮游植物群落结构及多样性评价. *青海农林科技*, (2), 1–5.]
- Chen LJ, Xiao WH, Xiao ZS (2019) Limitations of relative abundance indices calculated from camera-trapping data. *Biodiversity Science*, 27, 243–248. (in Chinese with English abstract) [陈立军, 肖文宏, 肖治术 (2019) 物种相对多度指数在红外相机数据分析中的应用与局限. *生物多样性*, 27, 243–248.]
- Gao HM, Cai ZY, Qin W, Huang YG, Wu T, Chi XW, Zhang JJ, Miao ZY, Song PF, Lian XM, Zhang TZ (2019) Species diversity of birds in the Three-River-Source National Park. *Acta Ecologica Sinica*, 39, 8254–8270. (in Chinese with English abstract) [高红梅, 蔡振媛, 覃雯, 黄岩淦, 吴彤, 迟翔文, 张婧捷, 苗紫燕, 宋鹏飞, 连新明, 张同作 (2019) 三江源国家公园鸟类物种多样性研究. *生态学报*, 39, 8254–8270.]
- Hu XX, Zheng WC, Li JQ, Li S, Yang H, Guan TP (2018) Preliminary survey on mammal and bird diversity at Siguniang Mountains National Nature Reserve, Sichuan, China. *Biodiversity Science*, 26, 1325–1331. (in Chinese with English abstract) [胡茜茜, 郑维超, 李佳琦, 李晟, 杨晗, 官天培 (2018) 四姑娘山国家级自然保护区鸟兽多样性初步调查. *生物多样性*, 26, 1325–1331.]
- Jiang ZJ, Ye XC, Hu JY, Yang B, Li SQ (2019) Infrared camera survey on the diversity of mammals and birds in Qianfoshan National Nature Reserve, Sichuan. *Sichuan Journal of Zoology*, 38, 105–112. (in Chinese with English abstract) [蒋志军, 叶信初, 胡加云, 杨彪, 李生强 (2019) 基于红外相机对四川千佛山国家级自然保护区兽类及鸟类多样性的初步调查. *四川动物*, 38, 105–112.]
- Kelly MJ, Holub EL (2008) Camera trapping of carnivores: Trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist*, 15, 249–262.
- Li J, Yin H, Wang DJ, Jiagong Z, Lü Z (2013) Human-snow leopard conflicts in the Sanjiangyuan Region of the Tibetan Plateau. *Biological Conservation*, 166, 118–123.
- Li JQ, Xu HG, Wan YQ, Sun JX, Li S, Cai L (2018) Progress in Construction of China Mammal Diversity Observation Network (China BON-Mammals). *Journal of Ecology and Rural Environment*, 34, 12–19. (in Chinese with English abstract) [李佳琦, 徐海根, 万雅琼, 孙佳欣, 李晟, 蔡蕾 (2018) 全国哺乳动物多样性观测网络(China BON-Mammals)建设进展. *生态与农村环境学报*, 34, 12–19.]
- Li S, Wang DJ, Bu HL, Liu XG, Jin T (2016) Camera-trapping survey on the mammal diversity of the Laohegou Nature Reserve, Sichuan Province. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 282–291. (in Chinese with English abstract) [李晟, 王大军, 卜红亮, 刘小庚, 靳彤 (2016) 四川省老河沟自然保护区兽类多样性红外相机调查. *兽类学报*, 36, 282–291.]
- 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.]
- Liu JQ, Zhang HP, Bai WJ, Li YP (2016) Climatic change characteristics of mean wind speed in the Three-River-Source. *Modern Agricultural Science and Technology*, 212, 204–207. (in Chinese with English abstract) [刘金青, 张焕平, 白文娟, 黎永鹏 (2016) 三江源区平均风速气候变化特征. *现代农业科技*, 212, 204–207.]
- Luo Y, Qin NS, Pang YS, Wang CX, Li JJ, Liu XS (2019a) Effect of climate factors on the runoff over Tuotuo River

- basin under the background of climate change. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1–14. (in Chinese with English abstract) [罗玉, 秦宁生, 庞轶舒, 王春学, 李金建, 刘希胜 (2019a) 气候变暖对长江源区沱沱河径流变化的影响分析. *冰川冻土*, 1–14.] doi:10.7522/j.issn.1000-0240.2019.0521.
- Luo Y, Qin NS, Zhou B, Li JJ, Wang CX, Liu J, Pang YS (2019b) Runoff characteristics and hysteresis to precipitation in Tuotuo River basin in source region of Yangtze River during 1961–2011. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 39(2), 22–28. (in Chinese with English abstract) [罗玉, 秦宁生, 周斌, 李金建, 王春学, 刘佳, 庞轶舒 (2019b) 长江源区沱沱河流域1961–2011年径流特征及其对降水的滞后效应. *水土保持通报*, 39(2), 22–28.]
- MacKenzie DI, Nichols JD, Lachman GB, Droege S, Royle JA, Langtimm CA (2002) Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83, 2248–2255.
- MacKinnon J, Phillipps K, He FQ (2000) *A Field Guide to the Birds of China*. Hunan Education Press, 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.]
- Massei G, Cowan D (2014) Fertility control to mitigate human–wildlife conflicts: A review. *Wildlife Research*, 41, 1–21.
- Michalski F, Peres CA (2010) Disturbance-mediated mammal persistence and abundance–area relationships in Amazonian forest fragments. *Conservation Biology*, 21, 1626–1640.
- Ohashi H, Saito M, Horie R, Tsunoda H, Noba H, Ishii H, Kuwabara T, Hiroshige Y, Koike S, Hoshino Y (2013) Differences in the activity pattern of the wild boar *Sus scrofa* related to human disturbance. *European Journal of Wildlife Research*, 59, 167–177.
- Owen-Smith N (2015) Mechanisms of coexistence in diverse herbivore–carnivore assemblages: Demographic, temporal and spatial heterogeneities affecting prey vulnerability. *Oikos*, 124, 1417–1426.
- Qian HY, Yu JP, Shen XL, Ding P, Li S (2019) Diversity and composition of birds in the Qianjiangyuan National Park pilot. *Biodiversity Science*, 27, 80–84. (in Chinese with English abstract) [钱海源, 余建平, 申小莉, 丁平, 李晟 (2019) 钱江源国家公园体制试点区鸟类多样性与区系组成. *生物多样性*, 27, 80–84.]
- Qian KZ (2013) Hydrological Periods and its Responses to Climate Change in the Source Region of the Yangtze River, China. PhD dissertation, China University of Geosciences, Beijing. (in Chinese with English abstract) [钱开铸 (2013) 长江源区水文周期特征及其对气候变化的响应. 博士学位论文, 中国地质大学, 北京.]
- Shi XY, Shi XG, Hu Q, Guan TP, Fu Q, Zhang J, Yao M, Li S (2019) Evaluating the potential habitat overlap and predation risk between snow leopards and free-range yaks in the Qionglai Mountains, Sichuan. *Biodiversity Science*, 27, 951–959. (in Chinese with English abstract) [史晓昀, 施小刚, 胡强, 官天培, 付强, 张剑, 姚蒙, 李晟 (2019) 四川邛崃山脉雪豹与散放牦牛潜在分布重叠与捕食风险评估. *生物多样性*, 27, 951–959.]
- Smith AT, Xie Y (2009) *A Guide to the Mammals of China*. Hunan Education Press, Changsha. (in Chinese) [Smith AT, 解焱 (2009) 中国兽类野外手册. 湖南教育出版社, 长沙.]
- Sollmann R, Mohamed A, Samejima H, Wilting A (2013) Risky business or simple solution—Relative abundance indices from camera-trapping. *Biological Conservation*, 159, 405–412.
- Song DZ, Wang BP, Jiang JY, Wan SP, Cui SM, Wang TM, Feng LM (2014) Using camera trap to monitor a North Chinese leopard (*Panthera pardus japonensis*) population and their main ungulate prey. *Biodiversity Science*, 22, 733–736. (in Chinese with English abstract) [宋大昭, 王卜平, 蒋进原, 万绍平, 崔士明, 王天明, 冯利民 (2014) 山西晋中庆城林场华北豹及其主要猎物种群的红外相机监测. *生物多样性*, 22, 733–736.]
- Tang M, Zhang B, Zhang YZ, Ji DM, Ma Q, Zhang GB (2016) Characteristics of temporal and spatial variations of surface aridity index and climatic factors on the impact in headwaters of the Three Rivers in recent 55 years. *Ecology and Environmental Sciences*, 25, 248–259. (in Chinese with English abstract) [唐敏, 张勃, 张耀宗, 季定民, 马琼, 张国斌 (2016) 近55年三江源地区地表干燥度时空变化特征及其对气候因子的响应. *生态环境学报*, 25, 248–259.]
- Wang QY, He YC, Zhang MX, Song JP, Tao YX, Zhang ZY, Yan ZJ, Yang HP (2018) Application of infrared cameras for wildlife surveys in the Bulong Nature Reserve, Xishuangbanna Prefecture, Yunnan Province. *Acta Theriologica Sinica*, 38, 513–518. (in Chinese with English abstract) [王巧燕, 何有才, 张明霞, 宋军平, 陶永祥, 张忠员, 岩章尖, 杨鸿培 (2018) 利用红外相机技术调查云南布龙州级保护区野生动物. *兽类学报*, 38, 513–518.]
- Wei JF (2003) Research on vegetation restoration and reconstruction technology in alpine grassland during Qinghai-Tibet Railway construction. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 25, 195–198. (in Chinese with English abstract) [魏建方 (2003) 青藏铁路建设中高寒草原植被恢复与再造技术的研究. *冰川冻土*, 25, 195–198.]
- Xiao WH, Hu L, Huang XQ, Xiao ZS (2019) Using capture-recapture models in wildlife camera-trapping monitoring and the study case. *Biodiversity Science*, 27, 257–265. (in Chinese with English abstract) [肖文宏, 胡力, 黄小群, 肖治术 (2019) 基于标记–重捕模型开展野生动物红外相机种群监测的方法及案例. *生物多样性*, 27, 257–265.]
- Xiao ZS, Chen LJ, Song XJ, Shu ZF, Xiao RG, Huang XQ (2019) Species inventory and assessment of large- and medium-size mammals and pheasants using camera trapping in the Chebaling National Nature Reserve, Guangdong

- Province. *Biodiversity Science*, 27, 237–242. (in Chinese with English abstract) [肖治术, 陈立军, 宋相金, 束祖飞, 肖荣高, 黄小群 (2019) 基于红外相机技术对广东车八岭国家级自然保护区大中型兽类与雉类的编目清查与评估. *生物多样性*, 27, 237–242.]
- Xiong M, Zou S, Jiang T, Li QJ (2018) Response of river water temperature to climate change in source regions of Yangtze River. *Yangtze River*, 49(14), 48–54. (in Chinese with English abstract) [熊明, 邹珊, 姜彤, 李其江 (2018) 长江源区河流水温对气候变化的响应. *人民长江*, 49(14), 48–54.]
- Xu ZW, Man YW (1994) Reproductive ecology of ruddy shelduck population. *Acta Ecologica Sinica*, 14, 201–204. (in Chinese with English abstract) [徐志伟, 满亚伟 (1994) 赤麻鸭种群的繁殖生态研究. *生态学报*, 14, 201–204.]
- Xue MS, Jiang BK, Li WB, Liu XL, Hou WF, Wang PC, Wang S, Nie HX, Zheng H, Bao HZ (2016) Wildlife survey of Taihangshan Macaques National Nature Reserve using camera-trapping in Jiyuan City, Henan Province, China. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 313–321. (in Chinese with English abstract) [薛茂盛, 姜丙坤, 李伟波, 刘晓良, 侯卫锋, 王朋程, 王帅, 聂怀鑫, 郑贺, 包慧枝 (2016) 运用红外相机对太行山猕猴国家级自然保护区(济源)兽类和鸟类多样性的调查. *兽类学报*, 36, 313–321.]
- Yan JY, Zhang Y, Cai ZY, Chen JR, Qin W, Zhang JJ, Lian XM, Zhang TZ (2019) Analysis on the human-wildlife conflict in the Sanjiangyuan Region. *Acta Theriologica Sinica*, 39, 476–484. (in Chinese with English abstract) [闫京艳, 张毓, 蔡振媛, 陈家瑞, 覃雯, 张婧捷, 连新明, 张同作 (2019) 三江源区人兽冲突现状分析. *兽类学报*, 39, 476–484.]
- Zhou WL, Pan T, Li B, Chen JY, Song T, Peng ZJ, Zhang GC, Pu FG, Zhang BW (2014) Camera trapping survey of mammals and birds in Tianma National Nature Reserve, China. *Biodiversity Science*, 22, 776–778. (in Chinese with English abstract) [周文良, 潘涛, 李斌, 陈锦云, 宋涛, 彭昭杰, 张国晨, 蒲发光, 张保卫 (2014) 利用红外相机对安徽天马国家级自然保护区鸟兽的初步调查. *生物多样性*, 22, 776–778.]

(责任编辑: 李晟 责任编辑: 黄祥忠)

附录 Supplementary Material

附录1 长江正源沱沱河流域红外相机布设位点信息

Appendix 1 The locations of camera sites in the Tuotuo River basin of the source region of the Yangtze River
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2020086-1.pdf>

附录2 长江正源沱沱河流域红外相机调查记录到的兽类和鸟类物种

Appendix 2 Mammal and bird species recorded by camera traps in the Tuotuo River basin of the source region of the Yangtze River
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2020086-2.pdf>

附录3 长江正源沱沱河流域红外相机拍摄到的部分动物照片

Appendix 3 Some photos of mammals and birds captured by camera traps in the Tuotuo River basin of the source region of the Yangtze River
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2020086-3.pdf>

王东, 万雅琼, 汪世钊, 陈佳萍, 吴彤, 李佳琦, 连新明 (2020) 基于红外相机技术调查长江正源沱沱河流域鸟兽多样性. 生物多样性, 28 (9):1132–1140.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2020086>

附录1 长江正源沱沱河流域红外相机布设位点信息

2

Appendix 1 The locations of camera sites in the Tuotuo River basin of the source region of the Yangtze River						
编号 ID	布设时间 Installation time	经度 Longitude (E)	纬度 Latitude (N)	海拔 Altitude (m)	生境 Habitat	人为干扰类型 Human interference type
AK02	2017.9.20	93.04°	34.16°	4,509	草原	放牧
AJ01	2017.9.20	93.04°	34.16°	4,588	草原	放牧
AJ02	2017.9.20	93.03°	34.16°	4,630	草原	放牧
AI03	2017.9.20	93.02°	34.15°	4,478	草原	放牧
AH04	2017.9.21	93.01°	34.14°	4,505	草原	放牧
AF04	2017.9.21	93.00°	34.15°	4,553	草原	放牧
AE04	2017.9.21	92.98°	34.14°	4,665	草原	放牧
AC04	2017.9.21	92.97°	34.15°	4,759	草原	放牧
AA04	2017.9.21	92.96°	34.15°	4,707	草原	放牧
AA03	2017.9.21	92.95°	34.15°	4,759	草原	放牧
AG03	2017.9.21	93.01°	34.13°	4,591	草原	放牧
AE03	2017.9.21	92.99°	34.15°	4,671	草原	放牧
AD03	2017.9.22	92.98°	34.15°	4,778	草原	放牧
AB03	2017.9.22	92.96°	34.15°	4,784	草原	放牧
AA02	2017.9.22	92.96°	34.16°	4,852	草原	放牧
AC02	2017.9.22	92.97°	34.16°	4,812	草原	放牧
AE02	2017.9.22	92.99°	34.16°	4,721	草原	放牧
AF02	2017.9.22	93.00°	34.16°	4,692	草原	放牧
AH02	2017.9.22	93.01°	34.16°	4,511	草原	放牧
AI01	2017.9.22	93.02°	34.16°	4,622	草原	放牧
AA01	2017.9.25	92.14°	34.26°	4,717	草原	放牧
AB01	2017.9.25	92.15°	34.26°	4,653	草原	放牧
AC01	2017.9.25	92.16°	34.26°	4,657	草原	放牧
AD01	2017.9.25	92.16°	34.26°	4,624	草原	放牧
AE01	2017.9.25	92.17°	34.26°	4,622	草原	放牧
AF01	2017.9.25	92.18°	34.26°	4,625	草原	放牧
AH02	2017.9.25	92.20°	34.25°	4,643	草原	放牧
AG02	2017.9.25	92.19°	34.25°	4,730	草原	放牧
AF02	2017.9.25	92.18°	34.25°	4,782	草原	放牧
AE02	2017.9.25	92.17°	34.25°	4,695	草原	放牧
AD02	2017.9.26	92.16°	34.25°	4,716	草原	放牧
AC02	2017.9.26	92.16°	34.25°	4,833	草原	放牧
AB02	2017.9.26	92.15°	34.25°	4,805	草原	放牧
AA02	2017.9.26	92.14°	34.25°	4,740	草原	放牧
AB03	2017.9.26	92.15°	34.24°	4,703	草原	放牧
AC03	2017.9.26	92.16°	34.24°	4,657	草原	放牧
AD03	2017.9.26	92.17°	34.24°	4,687	草原	放牧
AE03	2017.9.26	92.17°	34.24°	4,728	草原	放牧
AF03	2017.9.26	92.18°	34.24°	4,651	草原	放牧
AG03	2017.9.26	92.19°	34.24°	4,652	草原	放牧
AB04	2017.10.1	92.00°	34.17°	4,842	草原	放牧
AC04	2017.10.1	92.01°	34.18°	4,934	草原	放牧
AE04	2017.10.1	92.03°	34.17°	4,766	草原	放牧
AF04	2017.10.1	92.04°	34.18°	4,689	草原	放牧
AG03	2017.10.1	92.05°	34.18°	4,691	草原	放牧

王东, 万雅琼, 汪世钊, 陈佳萍, 吴彤, 李佳琦, 连新明 (2020) 基于红外相机技术调查长江正源沱沱河流域鸟兽多样性. 生物多样性, 28 (9):1132–1140.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2020086>

编号 ID	布设时间 Installation time	经度 Longitude (E)	纬度 Latitude (N)	海拔 Altitude (m)	生境 Habitat	人为干扰类型 Human interference type
AF03	2017.10.1	92.03 °	34.18 °	4,729	草原	放牧
AD03	2017.10.2	92.02 °	34.18 °	4,800	草原	放牧
AC03	2017.10.2	92.00 °	34.18 °	4,975	草原	放牧
AB02	2017.10.2	92.00 °	34.19 °	4,895	草原	放牧
AB01	2017.10.2	92.00 °	34.19 °	4,884	草原	放牧
AC02	2017.10.2	92.01 °	34.19 °	4,801	草原	放牧
AE02	2017.10.2	92.03 °	34.19 °	4,732	草原	放牧
AD01	2017.10.2	92.02 °	34.19 °	4,810	草原	放牧
AF01	2017.10.2	92.03 °	34.19 °	4,822	草原	放牧
AF02	2017.10.2	92.04 °	34.19 °	4,719	草原	放牧
AH02	2017.10.2	92.06 °	34.19 °	4,681	草原	放牧
AH02	2017.10.2	92.05 °	34.19 °	4,765	草原	放牧
AG01	2017.10.2	92.06 °	34.19 °	4,653	草原	放牧
AA03	2017.10.2	91.98 °	34.18 °	4,979	草原	放牧
AI01	2017.10.2	92.05 °	34.19 °	4,791	草原	放牧

王东, 万雅琼, 汪世钊, 陈佳萍, 吴彤, 李佳琦, 连新明 (2020) 基于红外相机技术调查长江正源沱沱河流域
鸟兽多样性. 生物多样性, 28 (9):1132–1140.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2020086>

附录2 长江正源沱沱河流域红外相机调查记录到的兽类和鸟类物种。EN: 濒危; VU: 易危; NT: 近危; LC:
4 无危; Sy: 三有动物。

Appendix 2 Mammal and bird species recorded by camera traps in the Tuotuo River basin of the source region of
6 the Yangtze River. EN, Endangered; VU, Vulnerable; NT, Near Threatened; LC, Least Concern; Sy, The List of
Territorial Wildlife of National Protected Beneficial or Valuable Species for Economic and Scientific Research.

物种 Species	IUCN 红色名录 IUCN Red List	保护级别 Protection level	相机位点数 Camera sites	独立有效记录 No. of valid records	相对多度指数 Relative abundance index
(一) 哺乳纲 Mammalia					
I 食肉目 Carnivora					
1 猫科 Felidae					
(1)雪豹 <i>Panthera uncia</i>	VU	I	15	59	1.38
(2)猞猁 <i>Lynx lynx</i>	LC	II	4	6	0.14
(3)兔狲 <i>Otocolobus manul</i>	NT	II	8	30	0.70
2 犬科 Canidae					
(4)藏狐 <i>Vulpes ferrilata</i>	LC	Sy	24	144	3.36
(5)赤狐 <i>Vulpes vulpes</i>	LC	Sy	17	78	1.82
(6)狼 <i>Canis lupus</i>	LC	Sy	2	2	0.05
3 熊科 Ursidae					
(7)棕熊 <i>Ursus arctos</i>	LC	II	4	8	0.19
4 鼬科 Mustelidae					
(8)狗獾 <i>Meles leucurus</i>	LC	Sy	4	6	0.14
II 偶蹄目 Cetartiodactyla					
5 鹿科 Cervidae					
(9)白唇鹿 <i>Gervus albirostris</i>	VU	I	1	1	0.02
6 牛科 Bovidae					
(10)藏原羚 <i>Procapra picticaudata</i>	NT	II	18	123	2.87
(11)岩羊 <i>Pseudois nayaur</i>	LC	II	12	479	11.17
(12)盘羊 <i>Ovis ammon</i>	NT	II	2	2	0.05
III 奇蹄目 Perissodactyla					
7 马科 Equidae					
(13)藏野驴 <i>Equus kiang</i>	LC	I	9	28	0.65
IV 啮齿目 Rodentia					
8 松鼠科 Sciuridae					
(14)喜马拉雅旱獭 <i>Marmota himalayana</i>	LC		14	66	1.54
V 兔形目 Lagomorpha					
9 鼠兔科 Ochotonidae					
(15)高原鼠兔 <i>Ochotona curzoniae</i>	LC		11	278	6.48
10 兔科 Leporidae					
(16)高原兔 <i>Lepus oiostolus</i>	LC		24	214	4.99
(二)鸟纲 Aves					
VI 鹰形目 Accipitriformes					
(17)胡兀鹫 <i>Gypaetus barbatus</i>	NT	I	4	4	0.09
(18)高山兀鹫 <i>Gyps himalayensis</i>	NT	II	1	1	0.02
(19)大鸢 <i>Buteo hemilasius</i>	LC	II	6	35	0.82
VII 雀形目 Passeriformes					
12 鸦科 Corvidae					
(20)红嘴山鸦 <i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	LC		17	132	3.08
(21)小嘴乌鸦 <i>Corvus corone</i>	LC		5	17	0.40

王东, 万雅琼, 汪世钊, 陈佳萍, 吴彤, 李佳琦, 连新明 (2020) 基于红外相机技术调查长江正源沱沱河流域
 鸟兽多样性. 生物多样性, 28 (9):1132–1140.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2020086>

物种 Species	IUCN 红色名录 IUCN Red List	保护级别 Protection level	相机位点数 Camera sites	独立有效记录 No. of valid records	相对多度指数 Relative abundance index
(22)大嘴乌鸦 <i>Corvus macrorhynchos</i>	LC		7	20	0.47
13 鸫科 Muscicapidae					
(23)赭红尾鸫 <i>Phoenicurus ochruros</i>	LC		13	54	1.26
(24)红腹红尾鸫 <i>Phoenicurus erythrogastrus</i>	LC		1	23	0.54
14 雀科 Paridae					
(25)白腰雪雀 <i>Pyrgilauda taczanowskii</i>	LC		7	26	0.61
(26)棕颈雪雀 <i>Pyrgilauda ruficollis</i>	LC		13	54	1.26
15 燕雀科 Fringillidae					
(27)拟大朱雀 <i>Carpodacus rubicilloides</i>	LC	Sy	1	10	0.23
(28)大朱雀 <i>Carpodacus rubicillia</i>	LC	Sy	2	2	0.05
16 岩鹳科 Prunellidae					
(29)鹧岩鹳 <i>Prunella rubeculoides</i>	LC		1	1	0.02
17 百灵科 Alaudidae					
(30)角百灵 <i>Eremophila alpestris</i>	LC	Sy	2	3	0.07
18 山雀科 Paridae					
(31)地山雀 <i>Pseudopodoces humilis</i>	LC		6	26	0.61
19 燕科 Hirundinidae					
(32)崖沙燕 <i>Riparia riparia</i>	LC	Sy	1	3	0.07
VIII 鸡形目 Galliformes					
20 雉科 Phasianidae					
(33)藏雪鸡 <i>Tetraogallus tibetanus</i>	LC	II	4	17	0.40
IX 鸮形目 Strigiformes					
21 鸮科 Strigidae					
(34)纵纹腹小鸮 <i>Athene noctua</i>	LC	II	1	4	0.09
X 隼形目 Falconiformes					
22 隼科 Falconidae					
(35)猎隼 <i>Falco cherrug</i>	EN	II	2	7	0.16
XI 雁形目 Anseriformes					
23 鸭科 Anatidae					
(36)赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>	LC	Sy	1	16	0.37
XII 犀鸟目 Bucerotiformes					
24 戴胜科 Upupidae					
(37)戴胜 <i>Upupa epops</i>	LC	Sy	1	1	0.02
XIII 鸽形目 Columbiformes					
25 鸽科 Columbidae					
(38)岩鸽 <i>Columba rupestris</i>	LC	Sy	3	8	0.19
其他 Others					
工作人员 Staff member			48	59	1.38
非工作人员 Non-staff			13	17	0.40
家犬 Domestic dog			1	1	0.02
家马 Domestic horse			10	28	0.65
家羊 Domestic goat/sheep			19	86	2.00
家牦牛 Domestic yak			36	183	4.27

王东, 万雅琼, 汪世钊, 陈佳萍, 吴彤, 李佳琦, 连新明 (2020) 基于红外相机技术调查长江正源沱沱河流域
鸟兽多样性. 生物多样性, 28 (9):1132–1140.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2020086>

8 附录3 长江正源沱沱河流域红外相机拍摄到的部分动物照片

10 Appendix 3 Some photos of mammals and birds captured by camera traps in the Tuotuo River basin of the source
region of the Yangtze River

藏野驴 *Equus kiang*

雪豹 *Panthera uncia*

岩羊 *Pseudois nayaur*

藏原羚 *Procapra picticaudata*

兔狲 *Ootolobus manul*

藏狐 *Vulpes ferrilata*

赤狐 *Vulpes vulpes*

狗獾 *Meles leucurus*

王东, 万雅琼, 汪世钊, 陈佳萍, 吴彤, 李佳琦, 连新明 (2020) 基于红外相机技术调查长江正源沱沱河流域
鸟兽多样性. 生物多样性, 28 (9):1132–1140.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2020086>

胡兀鹫 *Gypaetus barbatus*

大鵟 *Buteo hemilasius*

赤麻鸭 *Tadorna ferruginea*

拟大朱雀 *Carpodacus rubicilloides*