

青藏高原濒危兽类保护与管理研究进展

张同作^{1,3*} 江峰^{1,3} 徐波^{1,2,3} 李斌^{1,2,3} 梁程博⁴ 顾海峰^{1,3}

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810001) (2 中国科学院大学, 北京 100049) (3 青海省动物生态基因组学重点实验室, 西宁 810001) (4 青海大学农牧学院, 西宁 810016)

摘要: 青藏高原是全球生物多样性热点区域和优先保护区, 分布着多种重点保护物种及青藏高原特有种, 物种丰富度高且濒危物种占比大。本文针对青藏高原分布的有蹄类、猫科、熊科、犬科、鼬科、翼手目、小型兽类 7 个动物类群, 从濒危现状、濒危成因、已开展的研究工作和管理对策、取得的保护成效等角度分别论述了各类群的保护与管理研究进展。在青藏高原有蹄类中特有种占比远高于其他类群; 81%~100% 的有蹄类、猫科、熊科、犬科动物被列为国家重点保护野生动物; 45%~100% 的有蹄类、猫科、熊科动物被中国脊椎动物红色名录或 IUCN 红色名录列为受威胁物种, 远高于全球平均水平。全球变暖、栖息地破碎化、环境污染、过度放牧、偷猎与非法贸易是青藏高原濒危兽类生存的主要威胁。相关法律法规的贯彻实施、自然保护地建设及开展的大量调查监测和研究, 为青藏高原濒危兽类保护生物学研究提供了法律保障和科学依据。鉴于目前保护与管理工作的局限性, 建议构建全面系统的大数据平台, 开展青藏高原地区保护成效快速评估及自然保护地空间优化布局研究, 将国际先进的交叉学科理论方法与实践创新优势相结合, 为濒危兽类的保护与管理提供指导与建议, 从而为我国生物多样性保护和生态文明建设提供重要的科技支撑。

关键词: 青藏高原; 濒危兽类; 濒危现状; 濒危成因; 保护对策

中图分类号: Q16

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2022)05-0490-18

Research advances in conservation and management of endangered mammals on the Qinghai-Tibet Plateau

ZHANG Tongzuo^{1,3*}, JIANG Feng^{1,3}, XU Bo^{1,2,3}, LI Bin^{1,2,3}, LIANG Chengbo⁴, GU Haifeng^{1,3}

(1 Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

(2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

(3 Qinghai Provincial Key Laboratory of Animal Ecological Genomics, Xining 810001, China)

(4 College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining 810016, China)

Abstract: The Qinghai-Tibet Plateau (QTP) is a global biodiversity hotspot and a priority area for conservation. It hosts a variety of key protected and endemic wildlife species, contributing to a high level of species richness and a large proportion of endangered species. We reviewed the research advances in the conservation and management of 7 fauna groups on the Qinghai-Tibet Plateau (ungulates, felids, ursids, canids, mustelids, chiropterans, and other small mammals) from the perspectives of the endangered status, threatening causes, strategies and effects of conservation and management. The proportion of endemic species of ungulates was much higher than that of the other 6 groups. 81%–100% of ungulate, felid, ursid, and canid species were listed as the national key protected wildlife. 45% to 100% of ungulate, felid, and ursid species were listed as threatened by the Red List of China's Vertebrates or Red List of IUCN, which is far higher than the global average. Habitat fragmentation, global warming, overgrazing, poaching and illegal trade, and environmental pollution were the major threats to the survival of endangered mammals on the QTP. The implementation

基金项目: 国家自然科学基金区域联合重点项目 (U20A2012); 中国科学院 青海省人民政府三江源国家公园联合研究专项 (LHZX-2020-01)

作者简介: 张同作 (1972–), 男, 博士, 研究员, 主要从事动物生态学、保护生物学研究。

收稿日期: 2022-05-29; **接受日期:** 2022-08-28

* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: zhangtz@nwipb.cas.cn

of relevant laws and policies, the construction of nature reserves, as well as the carrying out of a large number of investigations, monitoring, and researches have provided legal guarantees and scientific basis for the conservation and management of endangered mammals on the QTP. In view of the limitations of current conservation and management, we suggest building a comprehensive and systematic big data platform, so as to conduct rapid assessment of conservation effectiveness on the QTP and research on spatial optimization of protected areas. We also suggest combining internationally advanced interdisciplinary theoretical methods and practical innovation to provide guidance and suggestions for the protection and management of endangered mammals, so as to provide important scientific and technical support for the biodiversity conservation and ecological civilization construction of China.

Key words: Qinghai-Tibet Plateau; Endangered mammals; Endangered status; Endangered causes; Protection measures

青藏高原是世界第一大高原，被称为“世界屋脊”和“地球第三极”，拥有全球最为独特的自然地理及生态单元，孕育了长江、黄河、澜沧江等众多河流以及全球海拔最高、数量最大的内陆湖泊群，包含丰富多样、独具特色的生态系统类型，是我国重要的生态安全屏障，也是亚洲乃至全球气候变化的“调节器”（孙鸿烈等，2012）。该区域具有海拔高、空气稀薄、气候严寒、太阳辐射强等特殊的地理环境特征，是我国乃至全球生物多样性最丰富和最集中的高海拔地区之一，被誉为“珍稀野生动植物天然园和高原物种基因库”。该区域记录的脊椎动物共有 1 763 种，约占全国脊椎动物总数的 40.5%（除海洋鱼类），整体呈现出物种丰富度高、特有种占比高、濒危物种多等特点，特有种和受威胁物种分别占青藏高原脊椎动物物种的 28.0% 和 9.6%（傅伯杰等，2021），其中兽类约占全国兽类总数（694 种）的 49.4%（魏辅文等，未发表数据）。

栖息地退化、丧失和破碎化已成为全球野生动物灭绝速率加快和生物多样性衰退的主要威胁，栖息地的保护和恢复是野生动物保护的关键途径（魏辅文等，1988）；而全球变暖也对物种数量及分布造成严重影响，导致野生动物种群生存力下降和栖息地严重退缩，从而增加了物种灭绝风险（Peterson *et al.*, 2002）；此外，偷猎、非法贸易、过度利用和环境污染等同样是野生动物主要的受威胁因素（魏辅文等，2014）。我国是全球生物多样性最丰富的国家之一，也是生物多样性损失和受威胁最为严重的国家之一，4 357 种脊椎动物（除海洋鱼类）的受威胁率为 21.4%，特有种受威胁率为 30.6%，两栖类受威胁率高达 43.1%，远高于全球平均水平（蒋志刚等，2015）。青藏高原属于全球生态脆弱区和气候变化敏感区，同样面临生物多样

性下降的突出问题。近 200 年来，青藏高原已灭绝或濒临灭绝的兽类达 200 多种（马生林，2004），其中有蹄类的灭绝风险远高于全球平均水平（Butchart *et al.*, 2010；蒋志刚等，2018），青藏高原生物多样性保护已成为我国乃至全球生物多样性保护的迫切需求，本文从有蹄类、猫科、犬科、熊科、鼬科、翼手目、小型兽类 7 个类群分别论述青藏高原兽类的濒危现状、濒危成因、已开展的研究工作和管理对策及取得的成效，为青藏高原生态安全屏障区生物多样性保护研究提供科技支撑。

1 青藏高原有蹄类

1.1 有蹄类濒危现状

青藏高原滋养了丰富多样的有蹄类物种，之前的研究显示，青藏高原有 33 种有蹄类（张词祖等，1984；黄薇等，2008；蒋志刚等，2018；胡杰等，2021）。最新的基因组学研究中，扭角羚划分为喜马拉雅扭角羚（*Budorcas taxicolor*）和中华扭角羚（*B. tibetana*）两个独立种，其地理分界线为金沙江—澜沧江—怒江三江并流区域（Yang *et al.*, 2022），据此，青藏高原分布的为喜马拉雅扭角羚。当前青藏高原地区共有 31 种有蹄类，包括奇蹄目 1 种、偶蹄目 30 种（蒋志刚等，2017，2018；魏辅文等，2021），其中 52%（16 种）被列为国家一级重点保护野生动物，29%（9 种）被列为国家二级重点保护野生动物（表 1），32%（10 种）为青藏高原特有种。整体上看，青藏高原有蹄类濒危等级较高，其中 68%（21 种）为中国脊椎动物红色名录中受威胁物种，42%（13 种）被 IUCN 红色名录评估为受威胁物种，52%（16 种）被列入 CITES 附录中（表 1）。在这些物种中，完成基因组测序的占 42%（13 种），其中组装到染色体水平的高质量基因组的占 10%（3 种），组装到大片段水平的基因组的占

32% (10种) (表1)。对31种有蹄类栖息地类型的统计可知, 大部分物种偏好森林、草地(草原)和灌丛生境。根据IUCN和文献记载, 青藏高原有蹄类的分布特征主要表现为: (1) 集中分布在高原内部和边缘地区, 并根据其演化模式分为古北成分和

东洋成分, 前者主要分布在羌塘及北部的高原面上, 后者主要分布在藏南及横断山地区; (2) 物种分布不均匀, 其丰度总体呈东部高西部低格局(黄薇等, 2008; 蒋志刚等, 2018)。

表1 青藏高原有蹄类动物

Table 1 Ungulates on the Qinghai-Tibet Plateau

物种 Species	NKPWA ¹	RLCV ²	IUCN ³	CITES 附录	特有种 Endemic species ⁴	全球种群数量 Population ⁵	基因组来源数据库 Genome database ⁶	基因组大小 Genome size(Mb)
藏野驴 <i>Equus kiang</i>	一级	NT	LC	II	Yes	60 000 ~ 70 000 ⁵	—	—
野猪 <i>Sus scrofa</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown	NCBI(Chromosome)	2 458. 24
野骆驼 <i>Camelus ferus</i>	一级	CR	CR	I	No	950 ^D	NCBI(Chromosome)	2 048. 14
林麝 <i>Moschus berezovskii</i>	一级	CR	EN	II	No	31 800 ^{D,7}	NCBI(Scafflod)	2 818. 01
马麝 <i>Moschus chrysogaster</i>	一级	CR	EN	II	Yes	28 000 ^{D,7}	NCBI(Scafflod)	4 972. 48
黑麝 <i>Moschus fuscus</i>	一级	CR	EN	II	No	5 950 ^{D,7}	—	—
喜马拉雅麝 <i>Moschus leucogaster</i>	一级	EN	EN	II	No	3 000 ^{D,7}	—	—
狍 <i>Capreolus pygargus</i>	—	NT	LC	—	No	Unkown ^D	NCBI(Scafflod)	2 607. 83
马鹿 <i>Cervus elaphus</i>	二级	EN	LC	—	Yes	Unkown	—	—
梅花鹿 <i>Cervus nippon</i>	一级	CR	LC	—	No	Unkown ¹	—	—
毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	二级	VU	NT	—	No	Unkown ^D	—	—
白唇鹿 <i>Przewalskium albirostris</i>	一级	EN	VU	—	Yes	Unkown	NCBI(Scafflod)	2 692. 23
水鹿 <i>Cervus equinus</i>	二级	NT	VU	—	No	Unkown	—	—
赤鹿 <i>Muntiacus vaginalis</i>	—	NT	LC	—	No	Unkown ^D	NCBI(Chromosome)	2 657. 60
菲氏鹿 <i>Muntiacus feae</i>	—	EN	DD	—	No	Unkown	—	—
贡山鹿 <i>Muntiacus gongshanensis</i>	—	CR	DD	—	No	Unkown	NCBI(Scafflod)	2 475. 74
小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>	—	VU	DD	—	No	Unkown	—	—
鹅喉羚 <i>Gazella subgutturosa</i>	二级	VU	VU	—	No	42 000 ~ 49 000 ^D	—	—
藏原羚 <i>Procapra picticaudata</i>	二级	NT	NT	—	Yes	100 000 ^D	—	—
普氏原羚 <i>Procapra przewalskii</i>	一级	CR	EN	—	Yes	2 600 ~ 2 800 ^{1,8}	NCBI(Scafflod)	2 692. 99
藏羚 <i>Pantholops hodgsonii</i>	一级	NT	NT	I	Yes	300 000 ^{1,9}	NCBI(Scafflod)	2 696. 89
野牦牛 <i>Bos mutus</i>	一级	VU	VU	I	Yes	7 500 ~ 9 999 ^D	NCBI(Scafflod)	2 703. 27
喜马拉雅扭角羚 <i>Budorcas taxicolor</i>	一级	VU	VU	II	No	Unkown ^D	—	—
西藏盘羊 <i>Ovis hodgsoni</i>	一级	NT	NT	I	Yes	Unkown	—	—
帕米尔盘羊 <i>Ovis polii</i>	二级	VU	NT	II	No	Unkown	—	—
岩羊 <i>Pseudois nayaur</i>	二级	LC	LC	III	No	47 000 ~ 414 000	NCBI(Scafflod)	2 584. 17
北山羊 <i>Capra sibirica</i>	二级	NT	NT	II	No	102 000 ~ 150 000 ^D	NCBI(Scafflod)	2 733. 03
喜马拉雅塔尔羊 <i>Hemitragus jemlahicus</i>	一级	CR	NT	—	No	Unkown ^D	—	—
中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	二级	VU	VU	I	No	Unkown ^D	—	—
赤斑羚 <i>Naemorhedus baileyi</i>	一级	EN	VU	I	No	7 000 ~ 10 000 ^D	—	—
喜马拉雅斑羚 <i>Naemorhedus goral</i>	一级	EN	NT	I	No	Unkown ^D	—	—

1 国家重点保护野生动物名录 (2021版). 2 中国脊椎动物红色名录, CR: 极危; EN: 濒危; VU: 易危; NT: 近危; LC: 无危; DD: 数据缺乏. 3 世界自然保护联盟红色名录, 受威胁等级同RLCV (<https://www.iucnredlist.org/>). 4 中国或青藏高原特有种. 5 物种种群数量为整体评估, 来源于IUCN, D: 下降; S: 稳定; I: 增长. 6 数据来源NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). 7 数据来源《中国重点陆生野生动物资源调查》(国家林业局, 2009). 8 数据来源青海湖景区保护利用管理局调查数据 (2018—2021年调查). 9 数据来源国家林草局 (2021年). 1 NKPWA, National Key Protected Wild Animals (2021). 2 RLCV, Red List of China's Vertebrates, CR: Critically Endangered; EN: Endangered; VU: Vulnerable; NT: Near Threatened; LC: Least Concern; DD: Data Deficient. 3 IUCN Red List of Threatened Species. (<https://www.iucnredlist.org/>). 4 Endemic to China or Qinghai-Tibetan Plateau. 5 Population size was assessed as a whole using data from the IUCN, D: Decreasing; S: Stable; I: Increasing. 6 Data source: National Center for Biotechnology Information (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). 7 Data source: Survey of key terrestrial wildlife resources in China (State Forestry Administration, 2009). 8 Data source: Qinghai Lake Scenic Area Protection and Utilization Administration (2018–2021). 9 Data source: National Forestry and Grassland Administration (2021)

1.2 有蹄类濒危成因

青藏高原有蹄类主要分布于海拔 4 000 m 以上的高寒森林、高寒草地(草原)和灌丛等相对恶劣的生境中, 面临众多威胁因素, 其中气候变化是重要的威胁因素之一。随着全球变暖趋势日益加速, 近 30 年来青藏高原气温逐年上升, 且冬季上升趋势最为显著(德例归吉, 2019)。过去 50 年间, 青藏高原升温率超过全球同期平均水平的 2 倍, 达到每 10 年 $0.3^{\circ}\text{C} \sim 0.4^{\circ}\text{C}$, 目前是近 2000 年中最温暖的时段(陈德亮等, 2015)。研究发现, 随着温室气体排放, 全球变暖加剧, 普氏原羚(*Procapra przewalskii*)、藏原羚(*P. picticaudata*)、藏羚(*Pantholops hodgsonii*)和鹅喉羚(*Gazella subgutturosa*)的未来适宜分布区将向高纬度地区迁移(Zhang *et al.*, 2021a); 青藏高原 22 种有蹄类可能会丧失 30%~50% 的适宜栖息地, 分布区平均向北迁移近 300 km; 在未来 100 年内, 55%~68% 的有蹄类将成为濒危种, 2%~32% 的有蹄类将极度濒危, 4~7 种特有有蹄类将成为全球濒危种, 可见全球变暖对青藏高原有蹄类物种多样性造成了严重威胁(Luo *et al.*, 2015)。

除了气候因素, 日益加剧的人类活动也是青藏高原有蹄类种群受威胁的因素之一。人口数量和放牧强度的增加, 城镇、道路、矿区等基建规模的扩大, 给当地野生有蹄类造成了极大的生存压力。据统计, 1980—2019 年青藏高原人口由 2 350 万增至 3 425.5 万, 年增长率为 0.97%, 高于全国水平(0.90%)(傅伯杰等, 2021)。高原地区整体人类发展水平在提高, 整个地区经历了经济的快速增长和城市化(黄祖宏等, 2021)。城市化水平的提高, 公路和房屋占地面积的增加, 一方面导致野生动物生存压力加剧, 另一方面促使典型牧区的放牧强度随人口增长显著增加, 2000—2015 年高达 80.93% 的县出现超载情况(傅伯杰等, 2021)。过度放牧不仅直接缩减了野生有蹄类的活动范围, 减少了食物资源, 而且导致草场退化、土地沙漠化和水土流失, 间接导致有蹄类动物的适宜栖息地减少、破碎化加剧。另外, 放牧强度增加导致牧民为了竞争有限的草场大量布设网围栏, 这限制了野生动物的活动范围, 阻隔了动物的迁徙路线, 在一定程度上破坏了生态过程、景观格局和生物多样性(Sun *et al.*, 2020,

2021), 对青藏高原有蹄类动物的生存和繁殖造成了威胁。

气候变化和人类活动是导致青藏高原有蹄类适宜栖息地减少和破碎化的主要外部因素, 这些因素致使有蹄类隔离成众多小种群, 不同种群之间基因交流减少, 近亲繁殖增加, 导致种群遗传多样性和进化潜力降低, 具体体现为表型多样性低下(如毛色、运动能力、感官敏锐度、免疫力等), 当面临小气候或生存环境改变时, 个体相对单一的表型无法适应变化的环境, 使种群数量大幅减少, 基因漂变加剧, 对生存不利的基因变异积累增加, 进而导致整个种群生存力降低, 这是有蹄类受威胁的重要内在机制(Mallon and Jiang, 2009; Yang *et al.*, 2011; You *et al.*, 2013)。微卫星研究显示藏原羚、蒙原羚(*Procapra gutturosa*)的遗传多样性高于期望值, 而普氏原羚的遗传多样性低于期望值, 是原羚属遗传多样性最低种, 说明普氏原羚在历史上曾经历多次遗传瓶颈, 种群数量下降, 对其的保护更为急迫(Chen *et al.*, 2015)。统计显示, 青藏高原仅有野猪(*Sus scrofa*)、野骆驼(*Camelus ferus*)和赤鹿(*Muntiacus vaginalis*) 3 种有蹄类具有高质量的基因组信息(表 1)(Liang *et al.*, 2020; Mudd *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2022)。在当前的气候和生态格局下, 仍缺乏对多种有蹄类遗传多样性、进化潜力、近交衰退等问题的系统研究, 对物种遗传背景的了解尚不全面。

1.3 有蹄类保护研究及管理策略

自然保护区和国家公园的建设使得青藏高原多个有蹄类物种种群数量得到恢复。第二次青藏高原科学考察发现, 羌塘、可可西里等国家级自然保护区的建立使藏羚实现恢复性增长, 野外种群数量由 1995 年的约 6 万只上升到目前的 30 万只左右, 受威胁等级由濒危(EN)降为近危(NT)(傅伯杰等, 2021)。普氏原羚种群数量从 20 世纪 90 年代的不足 300 只增长到 2018 年的 2 793 只, 种群栖息地从 7 个扩展到 13 个(陈建伟和才项仁增, 2021)。藏羚和普氏原羚种群数量稳中有增, 是人类保护濒危有蹄类的典型成功案例。此外, 三江源地区建立国家公园体制试点以来, 藏原羚、藏野驴(*Equus kiang*)、白唇鹿(*Przewalskium albirostris*)和野牦牛(*Bos mutus*)等有蹄类种群数量恢复成效显著(蔡振媛等, 2019)。

遗传背景是决定物种表型适应的重要因素,是生物多样性保护研究的核心内容,对物种自身遗传背景的深入研究可以提高生物多样性保护的精准度和成功率。大规模肠道微生物特征序列和基因组测序分析研究揭示了青藏高原有蹄类物种的遗传特征以及环境适应策略,为制定濒危有蹄类的野外保护策略和迁地保护管理模式提供了理论支撑。对不同季节野生和圈养的藏野驴、鹅喉羚和岩羊 (*Pseudois nayaur*) 肠道微生物 16S rRNA 测序的分析结果显示:3 种有蹄类肠道中的优势菌群均为拟杆菌门 (*Bacteroidetes*) 和厚壁菌门 (*Firmicutes*); 夏季藏野驴肠道微生物的丰度和多样性均显著高于冬季; 相同季节圈养藏野驴和岩羊肠道微生物的丰度和多样性均显著低于野生种群。这些结果显示迁地保护中提高野生动物食物多样性、减少人工食物的饲喂以及人为活动的影响对维持动物肠道微生物多样性、保持健康和对环境的适应性至关重要 (Gao *et al.*, 2019; Qin *et al.*, 2020; 吴海丽, 2020)。麝科动物肠道微生物结构和功能的研究结果显示, 圈养林麝与马麝肠道微生物组成、多样性和功能均存在差异 (Jiang *et al.*, 2022), 而且两物种均存在季节性变化, 这可以有效促进麝类对食物的消化代谢, 从而有利于其适应环境 (Jiang *et al.*, 2021)。该研究结果为评估人工圈养麝科动物的营养及代谢水平和健康状况发挥了重要作用, 也为珍稀濒危物种保护研究提供了新的手段。除了对有蹄类肠道微生物的研究, 对宿主基因组的测序和分析揭示了其遗传背景和高原适应性表型的本质。对藏羚、野牦牛和岩羊等物种全基因组测序和比较基因组分析的结果显示, 这些动物普遍表现出对高海拔低氧、低温和强辐射环境的高度适应性, 在低氧应答、ATP 酶活力、DNA 损伤修复等相关通路基因上均有富集表达和正向选择 (Hassanin *et al.*, 2009; Ge *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2021b)。以上结果表明, 在长期高原环境的自然选择中, 有蹄类从遗传到表型均形成了一系列适应性策略。此外, 粪便分子标记技术、重测序技术等的发展, 可在种群水平上开展分析研究, 从而进一步增进对高原有蹄类个体以及种群水平遗传背景和遗传多样性的了解。

综上所述, 在这些宏观和微观研究工作建立的理论基础上, 建议加强国际间的合作交流, 提

高对受威胁有蹄类物种的关注度, 进一步探索和揭示其生境状况、生存能力和进化潜力等方面的背景和机制; 应在就地和迁地保护中尽可能维护适宜微气候和生境特征, 制定更精准的保护策略, 使管理模式尽可能与物种的适应性机制相匹配, 从而更有效地保护野生物种。

2 青藏高原猫科动物

2.1 猫科动物濒危现状

猫科隶属于哺乳纲食肉目, 是进化最成功的食肉动物类群之一, 广泛分布在除南极洲和大洋洲以外的所有大陆上 (Johnson *et al.*, 2006)。全球现存的 37 种猫科动物中, 共有 12 种在中国分布, 其中青藏高原有 11 种 (表 2), 均为国家重点保护野生动物 (黄薇等, 2008; 蒋志刚等, 2017; 魏辅文等, 2021)。青藏高原猫科特有种占比较少, 种群数量较低, 濒危等级较高, 其中 82% (9 种) 的物种种群数量呈现下降趋势, 91% (10 种) 的物种被中国脊椎动物红色名录列为极危或濒危物种, 45% (5 种) 的物种被 IUCN 红色名录评估为受威胁物种, 所有物种均被列入 CITES 附录 I 或附录 II (表 2)。

猫科动物广泛分布于青藏高原, 物种的自身特性和环境需求差异明显, 分布区域和种群数量亦存在较大差异。雪豹 (*Panthera uncia*) 是青藏高原山地生态系统极具代表性的旗舰种和关键种, 主要分布于青藏高原及其周边地区。中国是雪豹分布范围最大的国家, 也是全球雪豹保护的中心 (Alexander *et al.*, 2016)。IUCN 估计全球雪豹成体数量仅为 2 710 ~ 3 386 只, 且整体数量呈下降趋势。荒漠猫 (*Felis bieti*) 是中国现存猫科动物中唯一的中国特有种, 曾广泛分布于青海、四川、甘肃, 然而近几十年来其种群数量急剧下降, 目前估计不超过 10 000 只, 且仅分布于青海东部和四川北部 (He *et al.*, 2004)。猞猁 (*Lynx lynx*) 分布于我国东北到西北的广大地区, 由于栖息地破碎化、过度狩猎等因素, 其种群数量和密度极低 (Bao, 2010)。全球 50% 以上的兔狲 (*Otocolobus manul*) 分布在中国, 主要分布于青藏高原海拔 4 000 m 左右的荒漠、沙漠、草原等区域 (Ross *et al.*, 2012)。金钱豹 (*Panthera pardus*) 是分布最广的大型猫科动物, 其分布区包括非洲、中东、东亚、中亚、东南亚等区域 (Stein and Hayssen, 2013), 研究指出当前豹的分布区面积仅为其历史分布范

表2 青藏高原猫科动物
Table 2 Felids on the Qinghai-Tibet Plateau

物种 Species	NKPWA ¹	RLCV ²	IUCN ³	CITES 附录	特有种 Endemic species ⁴	全球种群数量 Population ⁵
雪豹 <i>Panthera uncia</i>	一级	EN	VU	I	No	2 710 ~ 3 386 ^D
金钱豹 <i>Panthera pardus</i>	一级	EN	VU	I	No	Unkown ^D
虎 <i>Panthera tigris</i> ⁶	一级	CR	EN	I	No	2 154 ~ 3 159 ^D
云豹 <i>Neofelis nebulosa</i>	一级	CR	VU	I	No	3 700 ~ 5 580 ^D
豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	二级	VU	LC	II	No	Unkown ^S
云猫 <i>Pardofelis marmorata</i>	二级	CR	NT	I	No	Unkown ^D
兔狲 <i>Otocolobus manul</i>	二级	EN	LC	II	No	58 000 ^D
猞猁 <i>Lynx lynx</i>	二级	EN	LC	II	No	Unkown ^S
荒漠猫 <i>Felis bieti</i>	一级	CR	VU	II	Yes	10 000 ^D
丛林猫 <i>Felis chaus</i>	一级	EN	LC	II	No	Unkown ^D
野猫 <i>Felis silvestris</i>	二级	EN	LC	II	No	Unkown ^D

以上表格注释与表1注释相同 The same comments are shown in table 1

围的25%，总体栖息地损失高达63%~75%，种群数量急剧下降 (Jacobson *et al.*, 2016)。

2.2 猫科动物濒危成因

气候变化和栖息地破碎化等因素导致大部分青藏高原猫科动物的种群数量呈下降趋势。受全球气候变化影响，青藏高原草地、森林、湿地等生境面积减少，雪豹、荒漠猫、猞猁、兔狲和金钱豹等物种的适宜栖息地出现大范围的缩减。研究表明，随着气温升高，雪豹的适宜栖息地日渐缩小，迫使其向更高海拔迁移 (Li *et al.*, 2021)。此外，社会经济和城镇化的快速发展、自然资源过度利用和土地利用类型急剧转变等人类活动因素导致猞猁、荒漠猫、金钱豹等猫科动物的栖息地质量下降并日益破碎化，不同种群变得相互孤立，从而阻碍了种群间的基因交流，降低了物种应对自然环境变化和威胁的抵御能力，对物种的生存和健康构成严重威胁，由此导致遗传多样性和种群数量逐渐下降 (He *et al.*, 2004; Bao, 2010; Rostro-García *et al.*, 2016)。

人兽冲突也是引起青藏高原猫科动物种群数量下降的主要因素之一。随着人类活动范围逐步扩大和放牧强度不断增加，猫科动物的适宜分布区域日益缩减，从而加剧了人与多种猫科动物的冲突。雪豹是青藏高原区域人兽冲突的主要肇事物种之一，雪豹捕食牲畜导致的牧民报复性捕杀，成为雪豹种群生存和发展的主要威胁之一 (Bagchi and Mishra, 2006)。随着栖息地和食物的减少，金

钱豹的活动范围逐渐与人类活动范围重叠，这增加了人豹冲突事件的发生概率，也增加了金钱豹被人类恶意捕杀或报复性捕杀的概率 (Mallon *et al.*, 2007; Rostro-García *et al.*, 2016)。另外，高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 是青藏高原区域荒漠猫、兔狲等多种猫科动物的主要捕食对象，其分布和数量是影响这些猫科动物分布和栖息地选择的重要因素 (Zhao *et al.*, 2020; Greenspan and Giordano, 2021)。过去几十年，当地大量使用各种灭鼠药剂控制鼠兔数量，导致一些猫科动物误食鼠兔而死亡，或由于生物富集作用在体内积累了毒素，从而影响其生存与繁殖，致使种群数量急剧下降 (He *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2016; Greenspan and Giordano, 2021)。

2.3 猫科动物保护研究及管理策略

当前，相关法律法规的制定、调查研究工作的开展以及自然保护区的建设，为猫科动物的保护与管理提供了法律保障和科学依据。在过去的二十多年里，我国政府实施了保护雪豹等野生动物的行动计划，通过加强打击野生动物偷猎和非法贸易以及建立自然保护区管理系统，使部分区域的雪豹种群呈现恢复性增长。2013年国家林业局将保护雪豹列为优先任务之一，并启动了第一个《中国雪豹保护行动计划》。2017年IUCN将雪豹从濒危 (EN) 降级为易危 (VU)，表明全球雪豹保护取得显著成效。野外调查和定点观测研究不仅能积累濒危猫科动物数量、分布等基础理论资料，

还能为保护与管理措施的制定及保护区的划分提供科学依据。近年来,红外相机监测技术在濒危猫科动物监测和保护中发挥了重要作用。2018年9月在三江源地区研究者首次发现了荒漠猫的繁殖巢穴,并通过红外相机和实地调查等方法记录了荒漠猫的繁殖、育幼等行为活动(Han *et al.*, 2020)。研究者也通过红外相机在四川雄龙西省级自然保护区发现了荒漠猫,扩大了该物种已知的分布范围(Xu *et al.*, 2022)。周许伟等(2015)利用红外相机技术监测猓猓的种群数量,并识别了该物种取食、威胁、标记、试探、玩耍、舔幼、嗅闻等野外行为类型。Ross等(2010)利用红外相机技术评估了兔狲巢穴的选择性,发现兔狲通过选择不同的巢穴类型进行自我保护。

测序技术的快速发展以及多组学研究的兴起促进了我国保护生物学的蓬勃发展。基因组学、代谢组学、蛋白质组学等多组学间的交叉研究揭示了青藏高原濒危猫科动物的遗传和生态特征,为这些物种的保护提供了新的理论基础和研究方向。由于雪豹种群的空间利用和社会结构不确定,总体密度难以估计,Zhang等(2007)设计了特异性引物扩增雪豹线粒体DNA高变控制区域1(hyper-variable region 1, HVR1),以确定雪豹的遗传学特征。Wei等(2009)通过雪豹线粒体全基因组和系统发育树分析雪豹和非洲狮(*Panthera leo*)为姊妹种。Tseng等(2013)将遗传学和形态学数据相结合,证实雪豹和虎亦为姊妹种。通过对孟加拉虎(*Panthera tigris tigris*)、非洲狮、白狮与雪豹的全基因组序列进行比对,发现雪豹的*EGLN1*基因发生了特异性突变(即Met39突变为Lys39),这可能与高海拔适应相关(Cho *et al.*, 2013)。通过对贡嘎山自然保护区内的兔狲粪便DNA进行测定,鉴定出兔狲的食物包括18个物种,其中哺乳动物9种、鸟类8种、鱼类1种(Zhao *et al.*, 2020)。通过比较分析圈养和野生华北豹的肠道微生物群落组成和粪便代谢表型,发现不同生存环境的个体肠道微生物存在显著差异,部分差异较大的微生物与粪便代谢物的变化密切相关(Hua *et al.*, 2020),这为动物园制定圈养华北豹的管理、繁殖及再引入策略提供了理论依据。可见,多组学交叉研究能使我们进一步了解猫科动物个体以及种群水平上对青藏高原生态适应性的本质。

建议继续加强青藏高原自然保护区和国家公园的建设,扩大保护面积,并在离散的保护区域间建立廊道,加强猫科动物种群间的基因交流,最大程度减少人为活动干扰,提升其栖息地质量;应控制放牧规模,尝试控制高原鼠兔数量的其他方法,保护猫科动物的野生食物资源,降低人兽冲突强度;继续利用GPS项圈、红外相机、多组学研究等方法加强动物种群监测和适应性特征研究,为国家公园的范围划分、野外动物救护等保护和管理工作提供更多理论依据。

3 青藏高原熊科动物

3.1 熊科动物濒危现状

青藏高原分布有2属3种熊科动物,即大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)、棕熊(*Ursus arctos*)和亚洲黑熊(*Ursus thibetanus*) (黄薇等, 2008; 魏辅文等, 2021),均为国家重点保护野生动物,被中国脊椎动物红色名录列为易危(VU)物种,其中大熊猫和亚洲黑熊也被IUCN红色名录评估为易危物种(棕熊为无危)。3个物种均被列入CITES附录I。

大熊猫是中国特有种,部分种群分布在青藏高原的东部边缘地区,包括甘肃甘南和四川松潘等地区(胡锦矗等, 2011)。研究表明,大熊猫具有较高的遗传多样性,其种群数量稳定增长;从形态、遗传、生理、肠道微生物、行为等角度开展的研究诠释了大熊猫的适应性演化机制,使之成为探讨濒危物种种群历史动态、濒危过程及成因、适应性演化机制等问题的理想模型(魏辅文, 2018)。棕熊作为全球分布最广的物种之一,在青藏高原广泛分布。我国棕熊有3个亚种,其中青藏高原重点分布的为藏棕熊(*Ursus arctos pruinosus*) (谢培根等, 2022)。亚洲黑熊主要分布在青藏高原东部和南部的森林、草原和湿地边缘地带。

3.2 熊科动物濒危成因与保护管理对策

全球气候变化、过度放牧等因素导致青藏高原熊科动物的栖息地严重破碎化,使其种群数量急剧下降(Li *et al.*, 2015; Kuang and Jiao, 2016; Su *et al.*, 2018; Dai *et al.*, 2019)。与猫科动物类似,牧民投放鼠药控制鼠兔既影响了熊科动物获取食物资源,也使毒素逐渐富集到位于食物链顶端的藏棕熊和亚洲黑熊体内,直接或间接地导致其种群数量的下降(Reljić *et al.*, 2012; Wilson and Smith, 2015)。此外,由于熊胆、熊掌、熊皮和熊

脂等具有很高的经济价值, 亚洲黑熊和棕熊遭到非法捕杀和贸易的威胁 (Feng *et al.*, 2009); 而人类活动范围的不断扩大、道路建设等生产活动导致熊科动物栖息地破碎化, 种群间的基因交流减少, 遗传多样性降低的风险增加 (Penteriani *et al.*, 2018)。社会经济发展和人口数量快速增加带来的土地利用空间格局变化也加速了熊科动物栖息地的丧失, 从而加剧了人类与棕熊、亚洲黑熊间的冲突 (Liu *et al.*, 2011; 韩徐芳等, 2018; Dai *et al.*, 2020)。人兽冲突对当地牧民的生命财产安全构成了威胁, 降低了牧民对熊科动物的好感度, 引发对棕熊、亚洲黑熊的报复性捕杀。我国政府采取了一系列生态保护措施, 包括禁枪、草原补偿、动物肇事补偿、建设国家公园等, 在一定程度上提高了熊科动物栖息地的质量和连通性, 也缓解了人熊冲突。

建议加强宣传和执法力度, 坚决遏止熊类非法捕杀和贸易; 采取其他方法控制鼠兔种群数量, 保护熊类食物资源, 提高其生境质量; 控制放牧强度, 加大补偿力度, 进一步缓解人熊冲突; 大力开展熊科动物保护的相关研究, 为保护和管理工作建立坚实的理论基础。

4 青藏高原犬科动物

4.1 犬科动物濒危现状

犬科是全球分布最广泛的食肉兽类, 我国共有4属8种且均在青藏高原有分布 (黄薇等, 2008; 蒋志刚等, 2017; 魏辅文等, 2021), 其中7种被列为国家重点保护野生动物, 4种被列入CITES附录。豺 (*Cuon alpinus*) 被中国脊椎动物红色名录和IUCN红色名录评估为濒危 (EN) 物种 (表3)。青藏

高原的犬科动物主要分布于草原和山地等区域, 根据近几年的调查和监测数据可知, 狼 (*Canis lupus*)、豺、藏狐 (*Vulpes ferrilata*) 和赤狐 (*Vulpes vulpes*) 在青藏高原的大部分地区均有分布, 貉 (*Nyctereutes procyonoides*) 集中分布在青藏高原东南部的四川省和云南省 (师蕾等, 2013; 崔茂欢等, 2014), 沙狐 (*Vulpes corsac*) 主要分布在新疆西南部和青海南部的三江源地区 (齐成, 2021; 王湘国和张同作, 2022; 张同作等, 2022), 亚洲胡狼 (*Canis aureus*) 和孟加拉狐 (*Vulpes bengalensis*) 仅在藏南分布 (蒋志刚等, 2017)。

4.2 犬科动物濒危成因

由于生境破坏、食物减少、人类捕杀和栖息地破碎化, 西藏地区藏狐和赤狐的数量急剧下降 (张进, 2014; 尚帅, 2015)。畜牧业是青藏高原地区主要生产方式, 放牧面积逐渐扩大, 挤压并分割了野生犬科动物的生存空间 (赵晓娜等, 2022), 形成小种群, 进而导致近亲繁殖和种群遗传多样性下降, 严重影响了犬科动物种群的生存能力。同时, 野生犬科动物捕食家畜, 对当地民众的生产生活造成了损失, 当地居民对肇事物种保护意愿下降, 甚至出现报复性猎杀 (赵晓娜等, 2022)。政府在提倡休牧和轮牧的同时缺乏完善的配套措施, 部分牧民进行非法捕杀及毛皮制品交易, 对犬科动物多样性保护造成了负面影响 (张进, 2014; 薛蓓, 2021)。此外, 公路、铁路等基础设施的建设也在一定程度上影响了犬科动物的多样性水平。Morales-González 等 (2021) 研究发现高速公路建设导致狼的栖息地破碎化严重, 不利于其种群迁移、扩散、捕食及繁殖。除了人类生产生活对野生犬科

表3 青藏高原犬科动物
Table 3 Canids on the Qinghai-Tibet Plateau

物种 Species	NKPWA ¹	RLCV ²	IUCN ³	CITES 附录	特有种 Endemic species ⁴	全球种群数量 Population ⁵
狼 <i>Canis lupus</i>	二级	NT	LC	II	No	Unkown ^S
亚洲胡狼 <i>Canis aureus</i>	二级	—	LC	III	No	Unkown ^I
豺 <i>Cuon alpinus</i>	一级	EN	EN	II	No	949 ~ 2 215 ^D
貉 <i>Nyctereutes procyonoides</i>	二级	NT	LC	—	No	Unkown ^S
沙狐 <i>Vulpes corsac</i>	二级	NT	LC	—	No	Unkown
藏狐 <i>Vulpes ferrilata</i>	二级	NT	LC	—	No	Unkown
赤狐 <i>Vulpes vulpes</i>	二级	NT	LC	—	No	Unkown ^S
孟加拉狐 <i>Vulpes bengalensis</i>	—	—	LC	III	No	Unkown ^D

以上表格注释与表1注释相同 The same comments are shown in table 1

动物的干扰,种间竞争也有一定影响,如亚洲胡狼和赤狐存在生态位重叠,影响了双方种群的稳定和增长(Tsunoda, 2022)。

4.3 犬科动物保护研究及管理策略

野生犬科动物对畜牧业影响的研究发现,狼是造成家畜损失的主要肇事物种,但狼更倾向于捕食野生猎物,增加狼捕食野生动物的机会可有效降低其捕食家畜的频率(Werhahn *et al.*, 2019; Dai *et al.*, 2020)。为缓解野生犬科动物与牧民的冲突,我国政府实施了野生动物损害补偿和保险政策,一定程度上减少了犬科动物对牧民造成的直接经济损失(赵晓娜等, 2022)。为减少公路和铁路等基础设施对野生犬科动物的影响,保障其正常的迁移及繁殖活动,青藏铁路沿线设立了动物通道,对狼、沙狐、藏狐等多种犬科动物的迁移、捕食及繁殖活动起到了积极作用(封托等, 2013)。针对栖息地破碎化导致的野生犬科动物遗传多样性下降,闫晓杰(2019)建立了沙狐成纤维细胞的体外培养体系,为在细胞层面有效保护野生犬科动物的遗传资源起到了示范作用。Tsunoda(2022)在对野生犬科动物的种间竞争研究中发现,家畜和其他野生猎物的出现可降低亚洲胡狼对啮齿类动物的捕食频率,降低了与赤狐等主食啮齿类的犬科动物间的营养重叠度。近年来,野生犬类的疾病防控和种群监测技术也得到关注,与寄生虫和病毒等引发的犬科动物疾病相关的病因学研究和疫苗研制得到发展(雷欢等, 2020; Kaiser *et al.*, 2021; Bhusri *et al.*, 2022),对野生犬科动物的施药方法已有创新(Yu *et al.*, 2017),低价疫苗的研究也取得一定成果(王雪莲, 2017; 苗丽, 2018)。近年来,新的监测方法被引入犬科种群监测研究工作,Balčiauskas等(2021)以在特定公路上被撞死的貉的数量作为种群监测指标;Chatterjee等(2021)建立了基于红外相机监测结果的分析模型,有效估计豺等群居犬类的种群数量。

针对野生犬科动物受威胁的现状,建议不断健全完善野生动物保护法律法规,进一步落实人兽冲突相关补偿政策,坚决遏止非法狩猎和皮毛交易;加强犬科动物的种群监测和遗传多样性方向的研究,为青藏高原野生犬科动物的保护和管理工作提供理论依据。

5 青藏高原鼬科动物

5.1 鼬科动物濒危现状

青藏高原现有鼬科动物9属15种,缺齿伶鼬(*Mustela aistoodonnivalis*)为中国特有种(黄薇等, 2008; 蒋志刚等, 2017; 薛亚东等, 2019; Liu *et al.*, 2021)。鼬科物种中5种被列为国家二级重点保护野生动物,7种被中国脊椎动物红色名录列为受威胁物种,4种被IUCN红色名录评估为受威胁物种,8种被列入CITES附录(表4)。大部分鼬科动物主要栖息于河流和湖泊附近较湿润的陆地环境中,水獭(*Lutra lutra*)等3种鼬科动物为水生动物。近几年在青藏高原开展的鼬科种群监测和调查发现,香鼬(*Mustela altaica*)和猪獾(*Arctonyx collaris*)在大部分地区都有分布,缺齿伶鼬等其他鼬科动物仅分布于部分地区(Liu *et al.*, 2021)。

5.2 鼬科动物濒危成因与保护管理对策

研究表明,在气候变化背景下小爪水獭(*Aonyx cinerea*)和水獭的适宜分布区向青藏高原东南部的低海拔地区转移(Liu *et al.*, 2021),因此,一些新记录到的鼬科动物分布区可能是分布区转移而非适宜分布区扩大的结果(Bian and Liang, 2020)。雪灾、旱灾、风灾、冻灾、涝灾、冰雹和地震等自然灾害会使鼬科动物数量减少(拉巴卓玛, 2020)。在鼬科动物受自然条件胁迫的同时,人类活动也对其造成了负面影响。水利设施在施工时产生的污水和弃土弃渣导致水体浑浊,破坏了动物的水体栖息地。

受自然条件和人类活动的影响,青藏高原鼬科动物的种群数量明显下降,相应的保护工作也陆续开展。李琴等(2021)建立了遥感监测、低空无人机典型区域监测和地面监测等技术体系,并在部分地区的实践中不断优化(李琴等, 2021);对水獭等部分鼬科动物的针对性调查、监测和救护工作也陆续开展并逐步改进(简生龙等, 2019; 任锦海等, 2020)。为减少人类活动对鼬科动物的影响,部分水利工程制定了对鼬科动物的保护方案(邢伟等, 2021),并建设桥洞、涵洞等通道方便鼬科动物通过(Wang *et al.*, 2018; 肖宏强等, 2021)。有关鼬科动物的活动节律(韩雪松等, 2021)、食性(朱博伟等, 2019)、适应策略(Wang *et al.*, 2021)和疾病防控(刘雨珂等, 2022)等的研究也得到了更多关注。

表4 青藏高原鼬科动物

Table 4 Mustelids on the Qinghai-Tibet Plateau

物种 Species	NKPWA ¹	RLCV ²	IUCN ³	CITES 附录	特有种 Endemic species ⁴	全球种群数量 Population ⁵
小爪水獭 <i>Aonyx cinerea</i> [#]	二级	EN	VU	I	No	Unknown ^D
猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	—	NT	VU	—	No	Unknown ^D
水獭 <i>Lutra lutra</i> [#]	二级	EN	NT	I	No	57 880 ~ 361 140 ^D
黄喉貂 <i>Martes flavigula</i>	二级	NT	LC	III	No	Unknown ^D
石貂 <i>Martes foina</i>	二级	EN	LC	III	No	Unknown ^S
亚洲狗獾 <i>Meles leucurus</i>	—	NT	LC	—	No	Unknown
鼬獾 <i>Melogale moschata</i>	—	NT	LC	—	No	Unknown ^S
香鼬 <i>Mustela altaica</i>	—	NT	NT	III	No	Unknown ^D
艾鼬 <i>Mustela eversmanii</i>	—	VU	LC	—	No	Unknown ^D
黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>	—	NT	LC	III	No	Unknown ^S
伶鼬 <i>Mustela nivalis</i>	—	VU	LC	—	No	Unknown ^S
黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>	—	LC	LC	III	No	Unknown ^S
缺齿伶鼬 <i>Mustela aistoodonnivalis</i>	—	—	DD	—	Yes	Unknown
虎鼬 <i>Vormela peregusna</i>	—	EN	VU	—	No	Unknown ^D
江獭 <i>Lutrogale perspicillata</i> [#]	二级	EN	VU	I	No	Unknown ^D

表示水生；以上表格注释与表1注释相同 # indicate aquatic animal; the same comments are shown in table 1

建议开展工程建设时做好环境评估，减小对鼬科动物生境的影响；应进一步加强对鼬科动物的监测及对全球气候变化的响应规律研究，为野生鼬科动物的保护与管理提供更多理论依据。

6 青藏高原翼手目动物

6.1 翼手目濒危现状

翼手目是哺乳纲中仅次于啮齿目的第二大目，具有极高的生物多样性，是全球分布最广、种群数量最多的哺乳动物之一，除南极洲外，所有大陆都有分布。翼手目特殊的飞行能力使其有别于其它兽类，其独特的体型、食性和栖息习惯、生殖策略和社会行为可能是其分布广泛和多样性极高的主要原因 (Willig *et al.*, 2003)。中国分布有丰富的翼手目类群，总数超过 140 种，其中 25 种分布于青藏高原，包括狐蝠科 3 种、蹄蝠科 1 种、菊头蝠科 6 种、蝙蝠科 15 种 (黄薇等, 2008; 李文靖等, 2009; 蔡振媛等, 2019)。青藏高原翼手目特有种，仅有 1 种，濒危等级也相对较低，3 种被中国脊椎动物红色名录列为受威胁物种，1 种被 IUCN 红色名录评估为受威胁物种 (表 5)。

6.2 翼手目濒危成因与保护管理对策

绝大多数青藏高原翼手目物种的种群数量尚未得到评估。过去的 30 年里，尽管中国翼手目物种数目在逐渐上升，但是种群数量明显减少 (Frick

et al., 2020)。森林和洞穴为翼手目提供了必需栖息地，而当前青藏高原正处于草地、林地面积减少，耕地面积增加的状态 (张金龙等, 2013; 丁佳等, 2021)。此外，农业快速发展不仅压缩了大多数翼手目物种的觅食地和栖息地，而且残留农药还可直接危害翼手目或通过食物链在其体内富集。由于蝙蝠的大型洞穴栖居地较容易被定位，人为干扰和捕杀可能导致该类群物种生境丧失 (Furey and Racey, 2016)。全球气候变化，不仅直接影响翼手目分布范围、迁徙行为和活动节律的变化 (Lundy *et al.*, 2010; McCracken *et al.*, 2018; Stepanian and Wainwright, 2018)，而且可能通过影响食物资源 (如昆虫) 数量和分布，间接影响其种群数量发生相应的变化 (Skendžić *et al.*, 2021)。

目前国内对翼手目研究较少，为遏制翼手目适宜栖息地下降的趋势，建议加强对青藏高原森林的保护，减少对农药的使用，转而开展生物防治的研究和利用；加强对翼手目多样性和保护生物学的研究，为青藏高原翼手目动物的保护与管理建立理论依据。

7 青藏高原小型兽类

7.1 小型兽类受威胁现状

青藏高原地区的小型兽类分属 4 目 (攀鼯目、兔形目、啮齿目、劳亚食虫目) 14 科 47 属 107 种，

表 5 青藏高原翼手目动物

Table 5 Chiropteran on the Qinghai-Tibet Plateau

物种 Species	NKPWA ¹	RLCV ²	IUCN ³	CITES 附录	特有种 Endemic species ⁴	全球种群数量 Population ⁵
犬蝠 <i>Cynopterus sphinx</i>	—	NT	LC	—	No	Unkown ¹
琉球狐蝠 <i>Pteropus dasymallus</i>	—	EN	VU	—	No	3 000 ~ 6 000 ^D
棕果蝠 <i>Rousettus leschenaultii</i>	—	LC	NT	—	No	Unkown ^D
大蹄蝠 <i>Hipposideros armiger</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown
马铁菊头蝠 <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown ^D
中菊头蝠 <i>Rhinolophus affinis</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown ^S
皮氏菊头蝠 <i>Rhinolophus pearsoni</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown
短翼菊头蝠 <i>Rhinolophus lepidus</i>	—	NT	LC	—	No	Unkown
小菊头蝠 <i>Rhinolophus pusillus</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown ^S
托氏菊头蝠 <i>Rhinolophus thomasi</i>	—	NT	LC	—	No	Unkown ^S
金管鼻蝠 <i>Murina aurata</i>	—	NT	DD	—	No	Unkown
白腹管鼻蝠 <i>Murina leucogaster</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown
布氏鼠耳蝠 <i>Myotis brandtii</i>	—	NT	LC	—	No	Unkown ^S
大卫鼠耳蝠 <i>Myotis davidii</i>	—	LC	LC	—	Yes	Unkown
山地鼠耳蝠 <i>Myotis montivagus</i>	—	LC	DD	—	No	Unkown
大黑伏翼 <i>Arielulus circumdatus</i>	—	VU	LC	—	No	Unkown
东方宽耳蝠 <i>Barbastella leucomelas</i>	—	VU	LC	—	No	Unkown
北棕蝠 <i>Eptesicus nilsoni</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown ^S
茶褐伏翼 <i>Hypsugo affinis</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown
灰伏翼 <i>Hypsugo pulveratus</i>	—	NT	LC	—	No	Unkown
印度伏翼 <i>Pipistrellus coromandra</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown
爪哇伏翼 <i>Pipistrellus javanicus</i>	—	NT	LC	—	No	Unkown ^S
普通伏翼 <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown ^S
灰长耳蝠 <i>Plecotus austriacus</i>	—	NT	NT	—	No	Unkown ^D
东方蝙蝠 <i>Vespertilio sinensis</i>	—	LC	LC	—	No	Unkown

以上表格注释与表 1 注释相同 The same comments are shown in table 1

其中中国特有种 26 种, 包括 7 种青藏高原特有种 (Smith 和 解焱, 2009; 魏辅文等, 2021)。按照中国脊椎动物红色名录相关标准, 这一类群至少存在 4 种受威胁物种, 占总种数的 4%, 其中濒危 (EN) 物种 1 种 (青藏高原特有种), 易危 (VU) 物种 3 种 (包括 1 种中国特有种)。另有近危 (NT) 物种 16 种 (中国特有种 5 种, 包括 1 种青藏高原特有种) (蒋志刚等, 2016)。

在青藏高原地区, 攀鼯目仅分布 1 科 1 属 1 种, 为北树鼯 (*Tupaia belangeri*)。北树鼯虽然不是受威胁物种, 但已被列入 CITES 附录 II。兔形目分布有 2 科 2 属 17 种, 其中中国特有种 6 种 (包括 1 种青藏高原特有种); 受威胁物种 1 种, 为鼠兔科鼠兔属的柯氏鼠兔 (*Ochotona koslowi*, 青藏高原特有种, 濒危)。啮齿目分布有 9 科 35 属 72 种,

其中中国特有种 15 种 (包括 4 种青藏高原特有种); 受威胁物种 2 种, 为易危 (VU) 的小飞鼠 (*Pteromys volans*) 和复齿鼯鼠 (*Trogopterus xanthipes*, 中国特有种)。此外, 喜马拉雅旱獭 (*Marmota himalayana*) 虽然不是受威胁物种, 但已被列入 CITES 附录 III。劳亚食虫目分布有 2 科 9 属 17 种, 其中中国特有种 5 种 (包括 2 种青藏高原特有种); 受威胁物种 1 种, 为鼯鼠科水鼯属的灰腹水鼯 (*Chimarrogale styani*)。

总体来看, 青藏高原的小型兽类受威胁程度不高。然而值得注意的是, 小型兽类的系统分类近年来发生了大量变动, 出现了很多新的物种。当前, 青藏高原地区分布的锡金鼠兔 (*Ochotona sikimaria*)、冯氏白腹鼠 (*Niviventer fengi*)、剑纹小社鼠 (*N. gladiusmaculus*)、喜马拉雅社鼠 (*N. niviven-*

ter)、片马社鼠 (*N. pianmaensis*)、墨脱松田鼠 (*Neodon medogensis*)、聂拉木松田鼠 (*N. nyalamensis*)、栗背大鼯鼠 (*Petaurista albiventer*)、西藏绒毛鼯鼠 (*Eupetaurus tibetensis*)、墨脱鼯 (*Alpiscaptulus medogensis*) 和烟黑缺齿鼯 (*Chodsigoa furva*) 11 个物种受威胁状态的评估仍是空白 (Yu *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2017, 2021a, 2021b; Ge *et al.*, 2018, 2021; Jackson *et al.*, 2022)。

7.2 小型兽类受威胁因素

小型兽类受威胁程度较低, 关注度不高, 对各受威胁物种种群数量动态以及受威胁因素的相关调查研究较为欠缺。从分布生境来看, 13 种受威胁和近危物种栖息于高山和亚高山山地森林、灌丛中, 包括灰颈鼠兔 (*Ochotona forresti*)、狭颅鼠兔 (*Ochotona thomasi*)、克氏松田鼠 (*Neodon clarkei*)、黑白飞鼠 (*Hylopetes alboniger*)、栗褐鼯鼠 (*Petaurista magnificus*)、橙腹长吻松鼠 (*Dremomys lokriah*)、甘肃鼯 (*Scapanulus oweni*)、大长尾鼯 (*Episoriculus leucops*)、大爪长尾鼯 (*Soriculus nigrescens*)、小鼯 (*Sorex minutus*)、藏鼯 (*Sorex thibetanus*)、小飞鼠和复齿鼯鼠 (冯祚建等, 1980; Quéré *et al.*, 2009; 陈晓澄和李文靖, 2009; 马英等, 2011; Xu *et al.*, 2022)。这些物种可能受到全球气候变化和人类活动导致的森林斑块化、破碎化的影响。3 种受威胁和近危物种栖息于高山和亚高山溪流附近, 包括灰腹水鼯、小鼯和藏鼯 (Smith 和解焱, 2009); 3 种受威胁和近危物种栖息于高山草甸地带, 包括灰鼠兔 (*Ochotona roylei*)、狭颅鼠兔和柯氏鼠兔 (Li *et al.*, 2006)。区域评估表明, 这些物种受到了栖息地破碎化和栖息地质量下降的严重威胁 (汪松和解焱, 2004; Li *et al.*, 2006)。同时由于高山草甸生境是青藏高原地区重要的放牧区域, 这些物种还受到分布区内小型害兽防控活动的影响。

7.3 小型兽类保护研究

当前, 青藏高原小型兽类的研究集中于系统分类学领域, 对各物种种群数量的调查监测和相关生态学、保护遗传学研究相对欠缺 (马英等, 2011; 程继龙等, 2021; 隋璐璐等, 2022)。这导致该地区绝大多数受威胁的小型兽类种群现状和种群动态不明, 行为学、繁殖生物学等基础资料缺乏, 新定名物种的保护情况完全未知, 因此大

多数物种的受威胁原因不明, 这对小型兽类的保护与管理构成了挑战 (Raoul *et al.*, 2008)。在 IUCN 新的评估中过去一些受威胁物种现在已经处于无危状态, 显然, 我国的脊椎动物红色名录对这些物种受威胁等级的评估需要更新 (IUCN, 2022)。但是, 多数受威胁物种乃至新定种可能正面临着更加严峻的问题, 在对大型濒危物种加强保护的同时, 我们需要提高对小型物种生态作用和保护价值的认识。小型兽类在青藏高原生态系统的维持中具有至关重要的作用, 一方面它们在许多大型捕食性兽类、猛禽的重要食物来源, 是高原物质循环和能量流动的重要中间环节; 另一方面许多小型兽类具有改善高原土壤结构, 促进植物生长以及保持水土等重要的生态功能, 被认为是重要的生态系统工程师。如高原鼠兔被认为是青藏高原的关键种, 不但可以作为食肉动物和多种猛禽的食物来源, 还可以调节植物群落结构, 提高植被丰度, 改善土壤成分与结构, 促进物质循环, 对草场的可持续利用具有重要的维护作用, 其洞道系统也为许多其他动物提供了栖息场所 (Smith and Foggin, 1999; 李娜娜等, 2013)。

目前青藏高原地区 4 种受威胁的小型兽类中, 仅 2 种有少量的种群动态数据: 柯氏鼠兔年间种群数量波动较大, 调查显示其种群数量出现了严重下降 (李维东等, 2000), 区域评估表明, 该物种受到严重的栖息地破碎化和栖息地质量下降的威胁 (汪松和解焱, 2004; Li *et al.*, 2006), 模型显示全球气候变暖将导致适宜其分布的高海拔栖息地消失, 预测该物种将于 21 世纪 80 年代灭绝 (Leach *et al.*, 2015)。20 世纪末对复齿鼯鼠的调查显示, 该物种的种群数量也在下降 (王福麟, 1985; 王福麟和王小非, 1995)。

小型兽类物种及其栖息地面临着诸多威胁, 应受到更多的关注, 建议: (1) 组织开展针对受威胁小型兽类物种的专项调查并开展生活史对策等生态学基础研究, 评估其分布区的生境破碎化、污染、人类干扰程度等影响因素, 加强实时监测和保护; (2) 审慎评估草原鼠害防治工作对受威胁物种的影响, 在受威胁小型兽类分布区谨慎开展投药控鼠工作; (3) 进行受威胁物种的基因组测定, 从分子生物学尺度对各受威胁物种的高原适应性、繁殖能力、扩散能力等进行研究, 合理调整保护

重点, 针对性的开展保护工作。

8 展望

青藏高原兽类物种种类较多, 其中受威胁物种和国家保护物种占比较高, 我国学者在青藏高原濒危兽类保护及管理研究中取得了丰硕的成果, 但仍面临一些问题。首先, 由于青藏高原地域广阔, 不同区域野生动物资源的基础调查监测不平衡, 仍存在较多的薄弱地区。比如三江源国家公园的野生动物本底资料掌握得较为全面深入(张同作等, 2022), 祁连山地区、柴达木盆地、青海湖流域的野生动物资源也调查得较为清楚, 而昆仑山地区及西藏多个保护区的野生动物资源调查则相对不足。其次, 青藏高原部分区域在基础资源调查后缺乏单一物种的专项调查。尽管近年来在青海湖周边分布的普氏原羚以及在三江源和祁连山等区域分布的雪豹、藏羚、黑颈鹤等物种被连续监测, 取得了大量的数据资料, 但是针对野牦牛、藏野驴、棕熊、荒漠猫等大多数濒危物种的专项调查仍然较少, 对物种分布规律的了解明显不足。此外, 青藏高原濒危物种保护多集中在单一物种上, 缺乏区域系统性。最后, 相较于其他热点区域, 青藏高原生物多样性保护的相关研究相对薄弱, 开展的保护生物学研究迟于大熊猫、东北虎等旗舰物种。这些不足对青藏高原濒危兽类的保护和管理带来了挑战。

建议在青藏高原区域全面开展野生动物调查, 提高编目的可信度, 对特定物种进行动态评估和监测, 建立综合全面的大数据平台, 利用GPS项圈、红外相机监测技术、宏基因组学等多种方法宏观和微观结合开展物种濒危机制和保护生态学研究, 结合物种特异性和区域特点研发种群及栖息地恢复技术, 促进我国生物多样性保护和生态文明建设高质量发展。国家公园、自然保护区、自然公园等不同类型的自然保护地是濒危物种就地保护的重要形式, 开展青藏高原地区保护成效快速评估及其自然保护地空间优化对野生动物栖息地保护至关重要, 因此我们建议基于全面的物种多样性基础数据库, 结合气候、植被、地形、人类活动等多类型环境因素, 采用多种生态位模型构建物种空间适宜分布集, 结合野生动物保护等级、濒危现状、特有性等多重因素, 形成以公里网格为单元的自然保护区保护重要性空间分布

区, 由此精准识别自然保护区生物多样性关键区域, 以青藏高原国家公园群、不同类型的自然保护区和自然公园的边界范围、功能分区、主要保护对象、生态功能和社会服务价值等为评价指标, 对自然保护地保护成效进行快速评估; 基于现有的自然保护地体系和生态价值评价分析野生动物适宜栖息地的保护效率以及存在的空缺, 采取扩大或合并现有自然保护地、增设新的自然保护地或营造微生境等方式来提升自然保护地整体保护效率。开展青藏高原自然保护地生态系统现状评估、受威胁因素评估和物种资源现状评估, 以此构建自然保护地生态系统服务空间优化布局, 提出自然保护区边界调整方案, 由此提升对青藏高原自然保护地物种及其栖息地的保护效果。

同时, 加强对青藏高原濒危兽类的研究和宣传, 加强国际间的合作交流, 提高对受威胁物种的关注度, 进一步探索和揭示其生境状况、生存能力、进化潜力等方面的背景和机制, 针对物种制定更精准的保护策略; 建议进一步健全和完善野生动物保护法律法规, 加强普法, 严格执法, 坚决遏止非法狩猎和野生动物制品交易, 同时进一步落实相关补偿政策, 缓解人兽冲突; 建议研究和施行新的草原鼠害控制措施, 减少药物的使用, 减轻直接毒害和生物富集作用对濒危兽类的影响; 建议加强对全球气候变化大背景下濒危兽类适宜生境等特征的动态研究, 评估物种前途, 确定保护重点, 有的放矢地进行保护和管理, 以提高保护效果和管理水平。

参考文献:

- Alexander J S, Zhang C, Shi K, Riordan P. 2016. A spotlight on snow leopard conservation in China. *Integrative Zoology*, **11** (4): 308–321.
- Bagchi S, Mishra C. 2006. Living with large carnivores: predation on livestock by the snow leopard (*Uncia uncia*). *Journal of Zoology*, **268** (3): 217–224.
- Balčiauskas L, Stratford J, Balčiauskienė L, Kučas A. 2021. Roadkills as a method to monitor raccoon dog populations. *Animals*, **11** (11): 3147.
- Bao W. 2010. Eurasian lynx in China—present status and conservation challenges. *Cat News Special Issue*, **5**: 22–26.
- Bhusri B, Lekcharoen P, Changbunjong T. 2022. First detection and molecular identification of *Babesia gibsoni* and *Hepatozoon canis* in an Asiatic wild dog (*Cuon alpinus*) from Thailand. *Interna-*

- tional Journal for Parasitology-Parasites and Wildlife, **17**: 225–229.
- Bian X, Liang X. 2020. First photographic evidence of the Eurasian otter, *Lutra lutra*, in an inland saline lake of the Tibetan Plateau, China. *IUCN/SSC Otter Specialist Group Bulletin*, **37** (4): 191–195.
- Butchart S H M, Walpole M, Collen B, van Strien A, Scharlemann J P W, Almond R E A, Baillie J E M, Bomhard B, Brown C, Bruno J, Carpenter K E, Carr G M, Chanson J, Chenery A M, Csirke J, Davidson N C, Dentener F, Foster M, Galli A, Galloway J N, Genovesi P, Gregory R D, Hockings M, Kapos V, Lamarque J F, Leverington F, Loh J, McGeoch M A, McRae L, Minasyan A, Morcillo M H, Oldfield T E E, Pauly D, Quader S, Revenga C, Sauer J R, Skolnik B, Spear D, Stanwell-Smith D, Stuart S N, Symes A, Tierney M, Tyrrell T D, Vié J C, Watson R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, **328** (5982): 1164–1168.
- Chatterjee N, Ghaskadbi P, Modi S, Havmøller L W, Havmøller R W, Nigam P, Habib B. 2021. A novel approach to estimate the population of unmarked social animal using camera traps photo-captures. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3952085> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3952085>.
- Chen J, Jiang Z G, Li C L, Ping X G, Cui S P, Tang S H, Chu H J, Liu B W. 2015. Identification of ungulates used in a traditional Chinese medicine with DNA barcoding technology. *Ecology and Evolution*, **5** (9): 1818–1825.
- Chen Z Z, He K, Huang C, Wan T, Lin L K, Liu S Y, Jiang X L. 2017. Integrative systematic analyses of the genus *Chodsigoa* (Mammalia: Eulipotyphla: Soricidae), with descriptions of new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **180** (3): 694–713.
- Chen D, Qin B X, Xie F, Wang Q, Chen S D. 2021a. The complete mitochondrial genome of long-tailed red-toothed shrew (*Epi-soriculus leucops*) and implication of phylogenetic status. *Mitochondrial DNA Part B-Resources*, **6** (4): 1308–1309.
- Chen Z Z, He S, Hu W H, Song W Y, Onditi K O, Li X Y, Jiang X L. 2021b. Morphology and phylogeny of scalopine moles (Eulipotyphla: Talpidae: Scalopini) from the eastern Himalayas, with descriptions of a new genus and species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **193** (2): 432–444.
- Chen J H, Zhong J, He X F, Li X Y, Ni P, Safner T, Šprem N, Han J L. 2022. The de novo assembly of a European wild boar genome revealed unique patterns of chromosomal structural variations and segmental duplications. *Animal Genetics*, **53** (3): 281–292.
- Cho Y S, Hu L, Hou H L, Lee H, Xu J H, Kwon S, Oh S, Kim H M, Jho S, Kim S, Shin Y A, Kim B C, Kim H, Kim C U, Luo S J, Johnson W E, Koepfli K P, Schmidt-Küntzel A, Turner J A, Marker L, Harper C, Miller S M, Jacobs W, Bertola L D, Kim T H, Lee S, Zhou Q, Jung H J, Xu X, Gadhvi P, Xu P W, Xiong Y Q, Luo Y D, Pan S K, Gou C Y, Chu X H, Zhang J L, Liu S Y, He J, Chen Y, Yang L F, Yang Y L, He J J, Liu S, Wang J Y, Kim C H, Kwak H, Kim J S, Hwang S, Ko J, Kim C B, Kim S, Bayarlkhagva D, Paek W K, Kim S J, O'Brien S J, Wang J, Bhak J. 2013. The tiger genome and comparative analysis with lion and snow leopard genomes. *Nature Communication*, **4** (1): 1–7.
- Dai Y C, Hacker C E, Zhang Y G, Li W W, Zhang Y, Liu H D, Zhang J J, Ji Y R, Xue Y D, Li D Q. 2019. Identifying climate refugia and its potential impact on Tibetan brown bear (*Ursus arctos pruinosis*) in Sanjiangyuan National Park, China. *Ecology and Evolution*, **9** (23): 13278–13293.
- Dai Y C, Hacker C E, Zhang Y G, Li Y, Li J, Xue Y D, Li D Q. 2020. Conflicts of human with the Tibetan brown bear (*Ursus arctos pruinosis*) in the Sanjiangyuan region, China. *Global Ecology and Conservation*, **22**: e01039.
- Feng Y B, Siu K Y, Wang N, Ng K M, Tsao S W, Nagamatsu T, Tong Y. 2009. Bear bile: dilemma of traditional medicinal use and animal protection. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, **5** (1): 1–9.
- Frick W F, Kingston T, Flanders J. 2020. A review of the major threats and challenges to global bat conservation. *Annals of the New York Academy of Science*, **1469** (1): 5–25.
- Furey N M, Racey P A. 2016. Conservation ecology of cave bats. In: Voigt C, Kingston T eds. *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*. Cham: Springer, 463–500.
- Gao H, Chi X, Qin W, Wang L, Song P, Cai Z Y, Zhang J, Zhang T. 2019. Comparison of the gut microbiota composition between the wild and captive Tibetan wild ass (*Equus kiang*). *Journal of Applied Microbiology*, **126** (6): 1869–1878.
- Ge D Y, Feijó A, Abramov A V, Wen Z X, Liu Z J, Cheng J L, Xia L, Lu L, Yang Q S. 2021. Molecular phylogeny and morphological diversity of the *Niviventer fulvescens* species complex with emphasis on species from China. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **191** (2): 528–547.
- Ge D Y, Lu L, Xia L, Du Y B, Wen Z X, Cheng J L, Abramov A V, Yang Q S. 2018. Molecular phylogeny, morphological diversity, and systematic revision of a species complex of common wild rat species in China (Rodentia, Murinae). *Journal of Mammalogy*, **99** (6): 1350–1374.
- Ge R L, Cai Q L, Shen Y Y, San A, Ma L, Zhang Y, Yi X, Chen Y, Yang L F, Huang Y, He R J, Hui Y Y, Hao M R, Li Y, Wang B, Ou X H, Xu J H, Zhang Y F, Wu K, Geng C Y, Zhou W P, Zhou T C, Irwin D M, Yang Y Z, Liu Y, Bao H H, Kim J, Larkin D M, Ma J, Lewin H A, Xing J C, Platt II R N, Ray D A, Auvil L, Capitanu B, Zhang X F, Zhang G J, Murphy R W, Wang J, Zhang Y P, Wang J. 2013. Draft genome sequence of the Tibetan antelope. *Nature Communication*, **4**: 1858.
- Greenspan E, Giordano A J. 2021. A rangewide distribution model for the Pallas's cat (*Otocolobus manul*): identifying potential new survey regions for an understudied small cat. *Mammalia*, **85** (6): 574–587.
- Han X S, Chen H Q, Dong Z Y, Xiao L Y, Zhao X, Lu Z. 2020. Discovery of first active breeding den of Chinese mountain cat (*Felis bieti*). *Zoology Research*, **41** (3): 341–344.

- Hassanin A, Ropiquet A, Couloux A, Cruaud C. 2009. Evolution of the mitochondrial genome in mammals living at high altitude: new insights from a study of the Tribe Caprini (Bovidae, Antilopinae). *Journal of Molecular Evolution*, **68** (4): 293–310.
- He L, García-Perea R, Li M, Wei F W. 2004. Distribution and conservation status of the endemic Chinese mountain cat *Felis bieti*. *Oryx*, **38** (1): 55–61.
- Hua Y, Cao H Q, Wang J, He F P, Jiang G S. 2020. Gut microbiota and fecal metabolites in captive and wild North China leopard (*Panthera pardus japonensis*) by comparison using 16S rRNA gene sequencing and LC/MS-based metabolomics. *BMC Veterinary Research*, **16** (1): 1–11.
- Jackson S M, Li Q, Wan T, Li X Y, Yu F H, Gao G, He L K, Helgen K M, Jiang X L. 2022. Across the great divide: revision of the genus *Eupetaurus* (Sciuridae: Pteromyini), the woolly flying squirrels of the Himalayan region, with the description of two new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **194** (2): 502–526.
- Jacobson A P, Gerngross P, Lemeris Jr J R, Schoonover R F, Anco C, Breitenmoser-Würsten C, Durant S M, Farhadinia M S, Henschel P, Kamler J F, Laguardia A, Rostro-García S, Stein A B, Dollar L. 2016. Leopard (*Panthera pardus*) status, distribution, and the research efforts across its range. *PeerJ*, **4**: e1974.
- Jiang F, Gao H M, Qin W, Song P F, Wang H J, Zhang J J, Liu D X, Wang D, Zhang T Z. 2021. Marked seasonal variation in structure and function of gut microbiota in forest and alpine musk deer. *Frontiers in Microbiology*, **12**: 699797.
- Jiang F, Song P F, Wang H J, Zhang J J, Liu D X, Cai Z Y, Gao H M, Chi X W, Zhang T Z. 2022. Comparative analysis of gut microbial composition and potential functions in captive forest and alpine musk deer. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **106** (3): 1325–1339.
- Johnson W E, Eizirik E, Pecon-Slatery J, Murphy W J, Antunes A, Teeling E, O'Brien S J. 2006. The late Miocene radiation of modern Felidae: a genetic assessment. *Science*, **311** (5757): 73–77.
- Kaiser F K, van Dyck L, Jo W K, Schreiner T, Pfankuche V M, Wohlsein P, Baumann I, Peters M, Baumgärtner W, Osterhaus A D M E, Ludlow M. 2021. Detection of systemic canine kobuvirus infection in peripheral tissues and the central nervous system of a fox infected with canine distemper virus. *Microorganisms*, **9** (12): 2521.
- Kuang X, Jiao J J. 2016. Review on climate change on the Tibetan Plateau during the last half century. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **121** (8): 3979–4007.
- Leach K, Kelly R, Cameron A, Montgomery W I, Reid N. 2015. Expertly validated models and phylogenetically-controlled analysis suggests responses to climate change are related to species traits in the Order Lagomorpha. *PLoS ONE*, **10** (4): e0122267.
- Li J, Xue Y D, Hacker C E, Zhang Y, Li Y, Cong W, Jin L X, Li G, Wu B, Li D Q, Zhang Y G. 2021. Projected impacts of climate change on snow leopard habitat in Qinghai Province, China. *Ecology and Evolution*, **11** (23): 17202–17218.
- Li R Q, Xu M, Wong M H G, Qiu S, Li X H, Ehrenfeld D, Li D M. 2015. Climate change threatens giant panda protection in the 21st century. *Biological Conservation*, **182**: 93–101.
- Li W D, Zhang H, Liu Z. 2006. Brief report on the status of Kozlov's pika, *Ochotona koslowi* (Büchner), in the east Kunlun mountains of China. *Integrative Zoology*, **1** (1): 22–24.
- Liang M, Wang Z, Yi L, Batmunkh M, Liu T, Siren D, He J, Juramt N, Jambl T, Li Y X, Jirimutu. 2020. Chromosome-level assembly of wild Bactrian camel genome reveals organization of immune gene loci. *Molecular Ecology Resources*, **20** (3): 770–780.
- Liu F, McShea W J, Garshelis D L, Zhu X J, Wang D J, Shao L K. 2011. Human-wildlife conflicts influence attitudes but not necessarily behaviors: Factors driving the poaching of bears in China. *Biological Conservation*, **144** (1): 538–547.
- Liu S Y, Jin W, Liu Y, Murphy R W, Lv B, Hao H B, Liao R, Sun Z Y, Tang M K, Chen W C, Fu J R. 2017. Taxonomic position of Chinese voles of the tribe Arvicolini and the description of 2 new species from Xizang, China. *Journal of Mammalogy*, **98** (1): 166–182.
- Liu Y X, Pu Y T, Wang X M, Wang X, Liao R, Tang K Y, Chen S D, Yue B S, Liu S Y. 2021. Status emendation of *Mustela aistoodon-nivalis* (Mustelidae: Carnivora) based on molecular phylogenetic and morphology. *ARPHA Preprints*: <https://doi.org/10.3897/arp-hapreprints.e72208>.
- Lundy M, Montgomery I, Russ J. 2010. Climate change-linked range expansion of Nathusius' pipistrelle bat, *Pipistrellus nathusii* (Keyserling & Blasius, 1839). *Journal of Biogeography*, **37** (12): 2232–2242.
- Luo Z H, Jiang Z G, Tang S H. 2015. Impacts of climate change on distributions and diversity of ungulates on the Tibetan Plateau. *Ecological Applications*, **25** (1): 24–38.
- Mallon D P, Jiang Z G. 2009. Grazers on the plains: challenges and prospects for large herbivores in Central Asia. *Journal of Applied Ecology*, **46** (3): 516–519.
- Mallon D, Weinberg P, Kopaliani N. 2007. Status of the prey species of the leopard in the Caucasus. *Cat News*, **SI 2**: 22–27.
- McCracken G F, Bernard R F, Gamba-Rios M, Wolfe R, Krauel J J, Jones D N, Russell A L, Brown V A. 2018. Rapid range expansion of the Brazilian free-tailed bat in the southeastern United States, 2008–2016. *Journal of Mammalogy*, **99** (2): 312–320.
- Morales-González A, Fernández-Gil A, Quevedo M, Revilla E. 2021. Patterns and determinants of dispersal in grey wolves (*Canis lupus*). *Biological Reviews*, **97** (2): 466–480.
- Mudd A B, Bredeson J V, Baum R, Hockemeyer D, Rokhsar D S. 2020. Analysis of muntjac deer genome and chromatin architecture reveals rapid karyotype evolution. *Communications Biology*, **3** (1): 480.
- Penteriani V, Del Mar Delgado M, Krofel M, Jerina K, Ordiz A, Daleurum F, Zarzo-Arias A, Bombieri G. 2018. Evolutionary and eco-

- logical traps for brown bears *Ursus arctos* in human-modified landscapes. *Mammal Review*, **48** (3): 180–193.
- Peterson A T, Ortega-Huerta M A, Bartley J, Sánchez-Cordero V, Soberón J, Buddemeier R H, Stockwell D R B. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature*, **416** (6881): 626–629.
- Qin W, Song P F, Lin G H, Huang Y G, Wang L, Zhou X W, Li S Q, Zhang T Z. 2020. Gut microbiota plasticity influences the adaptability of wild and domestic animals in co-inhabited areas. *Front Microbiol*, **11** (25): 1–16.
- Quéré J P, Raoul F, Aniskin V, Durette-Desset M C, Giraudoux P. 2009. Original biological and ecological data on the endemic Chinese jumping mouse *Eozapus setchuanus* (Pousargues, 1896). *Mammalian Biology*, **74** (6): 509–515.
- Raoul F, Pleydell D, Quéré J P, Vaniscotte A, Rieffel D, Takahashi K, Bernard N, Wang J, Dobigny T, Galbreath K E, Giraudoux P. 2008. Small-mammal assemblage response to deforestation and afforestation in central China. *Mammalia*, **72** (4): 320–332.
- Reljić S, Srebočan E, Huber D, Kusak J, Šuran J, Brzica S, Cukrov S, Crnić A P. 2012. A case of a brown bear poisoning with carbofuran in Croatia. *Ursus*, **23** (1): 86–90.
- Ross S, Kamnitzer R, Munkhtsog B, Harris S. 2010. Den-site selection is critical for Pallas's cats (*Otocolobus manul*). *Canadian Journal of Zoology*, **88** (9): 905–913.
- Ross S, Munkhtsog B, Harris S. 2012. Determinants of mesocarnivore range use: relative effects of prey and habitat properties on Pallas's cat home-range size. *Journal of Mammalogy*, **93** (5): 1292–1300.
- Rostro-García S, Kamler J F, Ash E, Clements G R, Gibson L, Lynam A J, McEwing R, Naing H, Paglia S. 2016. Endangered leopards: Range collapse of the Indochinese leopard (*Panthera pardus delacouri*) in Southeast Asia. *Biological Conservation*, **201**: 293–300.
- Skendžić S, Zovko M, Živković I P, Lešić V, Lemić D. 2021. The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, **12** (5): 440.
- Smith A T, Foggin J M. 1999. The plateau pika (*Ochotona curzoniae*) is a keystone species for biodiversity on the Tibetan Plateau. *Animal Conservation*, **2** (4): 235–240.
- Smith A T, Senko J, Siladan M U. 2016. Plateau pika *Ochotona curzoniae* poisoning campaign reduces carnivore abundance in southern Qinghai, China. *Mammal Study*, **41** (1): 1–8.
- Stein A B, Hayssen V. 2013. *Panthera pardus* (Carnivora: Felidae). *Mammalian Species*, **45** (900): 30–48.
- Stepanian P M, Wainwright C E. 2018. Ongoing changes in migration phenology and winter residency at Bracken bat cave. *Global Change Biology*, **24** (7): 3266–3275.
- Su J H, Aryal A, Hegab I M, Shrestha U B, Coogan S C P, Sathyakumar S, Dalannast M, Dou Z G, Suo Y L, Dabu X, Fu H Y, Wu L J, Ji W H. 2018. Decreasing brown bear (*Ursus arctos*) habitat due to climate change in Central Asia and the Asian Highlands. *Ecology and Evolution*, **8** (23): 11887–11899.
- Sun J, Liang E, Barrio I C, Chen J, Wang J N, Fu B J. 2021. Fences undermine biodiversity targets. *Science*, **374** (6565): 269.
- Sun J, Liu M, Fu B J, Kemp D, Zhao W W, Liu G H, Han G D, Wilkes A, Lu X Y, Chen Y C, Cheng G W, Zhou T C, Hou G, Zhan T Y, Peng F, Shang H, Xu M, Shi P L, He Y T, Li M, Wang J N, Tsunekawa A, Zhou H K, Liu Y, Li Y R, Liu S L. 2020. Reconsidering the efficiency of grazing exclusion using fences on the Tibetan Plateau. *Science Bulletin*, **25** (16): 1405–1414.
- Tseng Z J, Wang X M, Slater G J, Takeuchi G T, Li Q, Liu J, Xie G. 2013. Himalayan fossils of the oldest known pantherine establish ancient origin of big cats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **281** (1774): 20132686.
- Tsunoda H. 2022. Niche overlaps and partitioning between eurasian golden jackal *Canis aureus* and sympatric red fox *Vulpes vulpes*. *Proceeding of the Zoological Society of London*, **75**: 143–151.
- Wang Q Y, Zheng K D, Han X S, He F, Zhao X, Fan P F, Zhang L. 2021. Site-specific and seasonal variation in habitat use of Eurasian otters (*Lutra lutra*) in western China: implications for conservation. *Zoological Research*, **42** (6): 825.
- Wang Y, Guan L, Chen J D, Kong Y P. 2018. Influences on mammals' frequency of use of small bridges and culverts along the Qinghai-Tibet Railway, China. *Ecological Research*, **33** (5): 879–887.
- Wei L, Wu X B, Jiang Z G. 2009. The complete mitochondrial genome structure of snow leopard *Panthera uncia*. *Molecular Biology Reports*, **36** (5): 871–878.
- Werhahn G, Kusi N, Li X Y, Chen C, Zhi L, Martín R L, Sillero-Zubiri C, Macdonald D W. 2019. Himalayan wolf foraging ecology and the importance of wild prey. *Global Ecology and Conservation*, **20**: e00780.
- Willig M R, Patterson B D, Stevens R D. 2003. Patterns of range size, richness, and body size in the Chiroptera. In: Kunz T H, Fenton M B eds. *Bat Ecology*. Chicago: University of Chicago Press, 580–621.
- Wilson M C, Smith A T. 2015. The pika and the watershed: The impact of small mammal poisoning on the ecohydrology of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Ambio*, **44** (1): 16–22.
- Xu Y, Wang B, Gu X D, Song D Z, Yang B. 2022. Camera trapping reveals area of conservation significance for large and medium-sized mammals on the eastern Tibetan Plateau. *Oryx*, **56** (1): 137–144.
- Yang J, Jiang Z G, Zeng Y, Turghan M, Fang H X, Li C W. 2011. Effect of anthropogenic landscape features on population genetic differentiation of Przewalski's gazelle: Main role of human settlement. *PLoS ONE*, **6**: e20144.
- Yang L, Wei F W, Zhan X J, Fan H Z, Zhao P P, Huang G P, Chang J, Lei Y H, Hu Y B. 2022. Evolutionary conservation genomics reveals recent speciation and local adaptation in threatened takins. *Molecular Biology and Evolution*, **39** (6): msac111.
- You Z Q, Jiang Z G, Li C W, Mallon D. 2013. Impacts of grassland

- fence on the behavior and distribution range of the critically endangered Przewalski's gazelle around the Qinghai Lake. *Chinese Science Bulletin*, **58** (18): 2262–2268.
- Yu F R, Yu F H, Pang J F, Kilpatrick C W, McGuire P M, Wang Y X, Lu S Q, Woods C A. 2006. Phylogeny and biogeography of the *Petaurista philippensis* complex (Rodentia: Sciuridae), inter- and intraspecific relationships inferred from molecular and morphometric analysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **38** (3): 755–766.
- Yu Q, Xiao N, Yang S J, Han S. 2017. Deworming of stray dogs and wild canines with praziquantel-laced baits delivered by an unmanned aerial vehicle in areas highly endemic for echinococcosis in China. *Infectious Diseases of Poverty*, **6** (1): 1–6.
- Zhang F, Jiang Z G, Zeng Y, McCarthy T. 2007. Development of primers to characterize the mitochondrial control region of the snow leopard (*Uncia uncia*). *Molecular Ecology Notes*, **7** (6): 1196–1198.
- Zhang J J, Jiang F, Li G Y, Qin W, Wu T, Xu F, Hou Y S, Song P F, Cai Z Y, Zhang T Z. 2021a. The four antelope species on the Qinghai-Tibet Plateau face habitat loss and redistribution to higher latitudes under climate change. *Ecological Indicators*, **123**: 107337.
- Zhang S Z, Liu W Y, Liu X F, Du X, Zhang K, Zhang Y, Song Y W, Zi Y N, Qiu Q, Lenstra J A, Liu J Q. 2021b. Structural variants selected during yak domestication inferred from long-read whole-genome sequencing. *Molecular Biology and Evolution*, **38** (9): 3676–3680.
- Zhao D, Yang C M, Ma J N, Zhang X Y, Ran J H. 2020. Vertebrate prey composition analysis of the Pallas's cat (*Otocolobus manul*) in the Gongga Mountain Nature Reserve, based on fecal DNA. *Mammalia*, **84** (5): 449–457.
- Smith A T, 解焱. 2009. 中国兽类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社, 7–259.
- 丁佳, 刘星雨, 郭玉超, 任鸿瑞. 2021. 1980—2015年青藏高原植被变化研究. *生态环境学报*, **30** (2): 288–296.
- 马生林. 2004. 青藏高原生物多样性保护研究. 青海民族学院学报, **30** (4): 76–78.
- 马英, 魏有文, 罗军, 鲁亮, 刘起勇. 2011. 青海省海东地区小型兽空间生态位分析. *动物学杂志*, **46** (4): 126–130.
- 王雪莲. 2017. 两株狂犬病重组疫苗株剂量依赖反应及对强毒的攻毒保护研究. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文.
- 王湘国, 张同作. 2022. 三江源野生动物图鉴. 西宁: 青海人民出版社, 356.
- 王福麟. 1985. 复齿鼯鼠生态的初步研究. *兽类学报*, **5** (2): 103–110.
- 王福麟, 王小非. 1995. 中国的复齿鼯鼠. *生物学通报*, **30** (7): 11–13.
- 冯祚建, 郑昌琳, 蔡桂全. 1980. 西藏东南部兽类的区系调查. *动物学报*, **26** (1): 91–97.
- 邢伟, 胡江军, 李富兵, 毛进. 2021. 流域水电开发生态环保全过程管理探索. *四川水力发电*, **40** (1): 141–144.
- 师蕾, 陈新文, 敬凯, 胡建生, 杨士剑. 2013. 云南省德钦县兽类区系调查. *云南师范大学学报 (自然科学版)*, **33** (5): 64–70.
- 朱博伟, 王彬, 冉江洪, 李波, 黄蜂, 李晓清, 古晓东. 2019. 黄喉貂日活动节律及食性的季节变化. *兽类学报*, **39** (1): 52–61.
- 任锦海, 张跃, 出塔, 肖维阳. 2020. 基于红外相机技术对九寨沟湿地保护区水獭夏秋季活动的初步研究. *湿地科学与管理*, **16** (2): 57–60.
- 刘雨珂, 王爱兵, 刘国华, 刘磊, 程天印, 段德勇. 2022. 豪猪血蜱的形态学和分子生物学鉴定. *中国兽医科学*, **52** (2): 214–222.
- 齐成. 2021. 新疆塔什库尔干野生动物自然保护区动物资源调查与分析. *林业资源管理*, **50** (3): 145–148.
- 闫晓杰. 2019. 沙狐细胞体外培养体系建立及其生物学特性分析. 呼和浩特: 内蒙古大学硕士学位论文.
- 孙鸿烈, 郑度, 姚檀栋, 张德铨. 2012. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设. *地理学报*, **67** (1): 3–12.
- 李文靖, 曲家鹏, 陈晓澄. 2009. 青海省翼手目类一新纪录: 东方蝙蝠. *四川动物*, **28** (5): 738.
- 李娜娜, 李华, 雷光春, 周延. 2013. 高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 的生态功能. *野生动物*, **34** (4): 238–242.
- 李维东, 张会斌, 刘志虎. 2000. 柯氏鼠兔在东昆仑山的生存现状. *动物学杂志*, **35** (6): 28.
- 李琴, 杨永贵, 提布, 许琨, 赵筱青. 2021. 白马雪山国家级自然保护区“天空地一体化”生态监测技术体系构建初探. *西部林业科学*, **50** (5): 49–54.
- 肖宏强, 张永兵, 韦伟, 洪明生, 唐俊峰, 周宏, 张泽钧. 2021. 拟建川藏铁路 (康定至巴塘段) 沿线野生鸟兽的红外相机调查. *生物多样性*, **29** (10): 1396–1402.
- 吴海丽. 2020. 不同季节圈养岩羊肠道微生物的多样性分析. *中国动物传染病学报*, **28** (4): 71–78.
- 汪松, 解焱. 2004. 中国物种红色名录 (第一卷 红色名录). 北京: 高等教育出版社, 1–224.
- 张同作, 蔡振媛, 薛亚东, 高红梅, 代云川, 曹巍. 2022. 三江源国家公园生态经济功能协同提升研究与示范. 北京: 科学出版社, 79–112.
- 张进. 2014. 中国犬科动物线粒体基因组研究及系统发育分析. 曲阜: 曲阜师范大学硕士学位论文.
- 张词祖, 盛和林, 陆厚基. 1984. 我国西藏的菲氏麂 (*Muntiacus feae*). *兽类学报*, **4** (2): 88–106.
- 张金龙, 陈英, 葛劲松, 聂学敏. 2013. 1977—2010年青海湖环湖区土地利用/覆盖变化与土地资源管理. *中国沙漠*, **33** (4): 1256–1266.
- 陈建伟, 才项仁增. 2021. 普氏原羚数量增长近10倍. *森林与人类*, **9** (2): 96–97.
- 陈晓澄, 李文靖. 2009. 西藏东南部灰颈鼠兔 (*Ochotona forresti*) 一新亚种. *兽类学报*, **29** (1): 101–105.
- 陈德亮, 徐柏青, 姚檀栋, 郭正堂, 崔鹏, 陈发虎, 张人禾, 张宪洲, 张德铨, 樊杰, 侯增谦, 张天华. 2015. 青藏高原环境变化科学评估: 过去、现在与未来. *科学通报*, **60** (32): 3023–3035.
- 苗丽. 2018. 野生动物口服狂犬病疫苗的研究. 哈尔滨: 东北林业大学硕士学位论文.
- 周伟伟, 鲍清泉, 宋景良, 夏文军, 孟和达来, 张书理, 杨永昕, 鲍伟

- 东. 2015. 基于自动相机技术的欧亚猓猫 (*Lynx lynx*) 个体识别和行为研究. 生物学杂志, **32** (2): 20–23.
- 尚帅. 2015. 犬科动物苦味受体基因 (*T2Rs*) 家族的系统发育研究. 曲阜: 曲阜师范大学硕士学位论文.
- 拉巴卓玛. 2020. 湿地自然保护区生态环境现状及保护措施. 现代园艺, **43** (24): 81–183.
- 封托, 张洪峰, 吴晓民. 2013. 青藏铁路运营期野生动物通道利用状况初探. 陕西林业科技, **41** (6): 42–45.
- 赵晓娜, 陈琼, 陈婷. 2022. 三江源国家公园人兽冲突现状与牧民态度认知研究. 干旱区资源与环境, **36** (4): 39–46.
- 胡杰, 魏永, 陈红, 李艳红, 袁玉龙. 2021. 贡嘎山国家级自然保护区发现赤鹿. 四川动物, **40** (1): 58.
- 胡锦涛, 张泽钧, 魏辅文. 2011. 中国大熊猫保护区发展历史、现状及前瞻. 兽类学报, **31** (1): 10–14.
- 黄祖宏, 王新贤, 张玮. 2021. 青藏高原地区人类发展水平评估及其演变分析. 地理科学, **41** (6): 1088–1095.
- 黄薇, 夏霖, 杨奇森, 冯祚建. 2008. 青藏高原兽类分布格局及动物地理区划. 兽类学报, **28** (4): 375–394.
- 崔茂欢, 杨国斌, 杨士剑. 2014. 兰坪云岭省级自然保护区兽类资源调查. 大理学院学报, **13** (6): 48–53.
- 隋璐璐, 程继龙, 夏霖, 杨奇森. 2022. 中国跳鼠总科物种系统发育与分布格局. 兽类学报, **42** (2): 131–143.
- 蒋志刚, 覃海宁, 刘忆南, 纪力强, 马克平. 2015. 保护生物多样性, 促进可持续发展: 纪念《中国生物物种名录》和《中国生物多样性红色名录》发布. 生物多样性, **23** (3): 433–434.
- 蒋志刚, 刘少英, 吴毅, 蒋学龙, 周开亚. 2017. 中国哺乳动物多样性 (第2版). 生物多样性, **25** (8): 886–889.
- 蒋志刚, 李立立, 胡一鸣, 胡慧建, 李春旺, 平晓鸽, 罗振华. 2018. 青藏高原有蹄类动物多样性和特有性: 演化与保护. 生物多样性, **26** (2): 158–170.
- 韩徐芳, 张吉, 蔡平, 张毓, 吴国生, 王恩光, 徐爱春. 2018. 青海省人与藏棕熊冲突现状、特点与解决对策. 兽类学报, **38** (1): 28–35.
- 韩雪松, 董正一, 赵格, 赵翔, 史湘莹, 吕植, 李宏奇. 2021. 基于视频监控系统的欧亚水獭活动节律初报及红外相机监测效果评估. 生物多样性, **29** (6): 770–779.
- 程继龙, 夏霖, 温知新, 张乾, 葛德燕, 杨奇森. 2021. 中国跳鼠总科物种的系统分类学研究进展. 兽类学报, **41** (3): 275–283.
- 傅伯杰, 欧阳志云, 施鹏, 樊杰, 王小丹, 郑华, 赵文武, 吴飞. 2021. 青藏高原生态安全屏障状况与保护对策. 中国科学院院刊, **36** (11): 1298–1306.
- 谢培根, 胡馨予, 俞可心, 胡娟, 吴国生, 蔡平, 管峰, 徐爱春. 2022. 棕熊分子鉴定方法的建立与应用. 野生动物学报, **43** (2): 364–369.
- 雷欢, 李希辰, 孙博, 吴丛梅, 殷玉和. 2020. 貉细小病毒的原核表达及病毒样颗粒的制备. 黑龙江畜牧兽医, **44** (11): 104–109.
- 简生龙, 关弘弢, 李柯懋, 拉尔其布, 王国杰, 王振吉, 李鲜存. 2019. 青海水生生物生态优先发展现状与对策研究. 中国水产, **46** (2): 42–45.
- 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** (4): 410–420.
- 德例归吉. 2019. 近30年青藏高原气温变化趋势分析. 西藏科技, **8** (7): 36–43.
- 薛亚东, 李佳, 胡杨, 马莉, 钱卫强, 严频发, 杨明伟, 陈大祥, 吴波, 李迪强. 2019. 利用红外相机调查祁连山国家公园 (青海片区) 兽类和鸟类多样性. 兽类学报, **39** (4): 466–475.
- 魏辅文, 冯祚建, 王祖望. 1988. 野生动物对生境选择的研究概况. 动物学杂志, **33** (4): 48–52.
- 魏辅文, 聂永刚, 苗海霞, 路浩, 胡义波. 2014. 生物多样性丧失机制研究进展. 科学通报, **59** (6): 430–443.
- 魏辅文. 2018. 大熊猫演化保护生物学研究. 中国科学: 生命科学, **48** (10): 1048–1053.
- 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 蒋学龙, 刘少英, 李保国, 杨光, 李明, 周江, 李松, 胡义波, 葛德燕, 李晟, 余文华, 陈炳耀, 张泽钧, 周材权, 吴诗宝, 张立, 陈中正, 陈顺德, 邓怀庆, 江廷磊, 张礼标, 石红艳, 卢学理, 李权, 刘铸, 崔雅倩, 李玉春. 2021. 中国兽类名录 (2021版). 兽类学报, **41** (5): 487–501.