

陕西青木川国家级自然保护区脊椎动物 物种多样性现状和保护成效

梁冬妮^{①②} 缪涛^③ 常江^④ 郭松凯^① 蒋志刚^{①②}
吉晟男^④ 平晓鸽^{①*} 李春旺^{①②*}

① 中国科学院动物研究所动物生态与保护生物学院重点实验室 北京 100101; ② 中国科学院大学生命科学学院 北京 100049;
③ 陕西青木川国家级自然保护区管理局 汉中 724400; ④ 中国环境科学研究院 北京 100012

摘要: 野生动物资源本底是自然保护区开展生物多样性有效管理的基础。为了掌握脊椎动物资源现状和评估保护成效,在2017和2018年,利用样线法和红外相机陷阱法等方法,对陕西青木川国家级自然保护区脊椎动物资源进行了实地调查,并采用专家打分法对该保护区保护成效进行赋值评估。结果表明:(1)青木川自然保护区现已记录野生脊椎动物342种,隶属5纲32目91科233属,其中,国家I级、II级重点保护野生动物分别为10种和41种;与2002年保护区建立初期相比,增加了4目9科46属83种,其中,鸟类物种数增加最多,达55种,两栖类仅增加1种。(2)青木川镇游客总量从2009年的5万余人次/年,发展到2017年的162万人次/年,保护区外围的旅游开发对该保护区脊椎动物及栖息地均有一定的潜在影响。(3)过去30年内土地利用模式变化明显,2001年未建立保护区时,该区域农业用地面积约占总面积的33%,建立保护区后至2018年,农业用地仅占保护区总面积的1%,使得区域内脊椎动物的栖息地面积显著增加。(4)保护区的保护成效显著,主要干扰因素发生变化,表现为保护区脊椎动物物种总数明显增加,栖息地适宜性和区域完整性显著增强,主要干扰因素类型已由早期的农林牧渔活动转变为现在的外围旅游开发。

关键词: 物种丰富度; 威胁因素; 土地利用; 旅游开发; 保护成效; 陕西青木川国家级自然保护区
中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2021) 06-808-11

Vertebrate Richness and Conservation Effectiveness in Shaanxi Qingmichuan National Nature Reserve

LIANG Dong-Ni^{①②} MIAO Tao^③ CHANG Jiang^④ GUO Song-Kai^①
JIANG Zhi-Gang^{①②} JI Sheng-Nan^③ PING Xiao-Ge^{①*} LI Chun-Wang^{①②*}

① Key Laboratory of Animal Ecology and Conservation Biology, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101;

② College of Life Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100149; ③ Shaanxi Qingmichuan National Nature Reserve,

基金项目 国家重点研发计划项目 (No. 2017YFC0506506, 2016YFC0503304), 陕西青木川国家级自然保护区野生动物多样性调查项目, 生态环境部生物多样性调查观测与评估项目 (No. 2019HJ2096001006, 2019HB2096001006);

* 通讯作者, E-mail: pingxg@ioz.ac.cn, licw@ioz.ac.cn;

第一作者介绍 梁冬妮, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: liangdongni20@mails.ucas.ac.cn.

收稿日期: 2021-05-25, 修回日期: 2021-10-03 DOI: 10.13859/j.cjz.202106002

Hanzhong 724400; ④ Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Abstract: The background of wildlife resources is the basis for effective management of biodiversity in nature reserves. In order to find out the latest situation of vertebrate resources in Qingmichuan Nature Reserve and understand the protection effectiveness and main interference factors, we took field surveys from 2017 to 2018 by using the method of line transect and infrared camera trap. We also estimated the main threatening factors on wild vertebrates through analyzing the historical and social economic data, and evaluated the conservation effectiveness by using expert scoring method. We found that: (1) 342 species of wild vertebrates have been recorded in Qingmichuan Nature Reserve, belonging to 5 classes, 32 orders, 91 families and 233 genera (Table 1), including 10 species and 41 species of national first-class and second-class key protected animals respectively (Table 2). Compared with the initial establishment of the reserve in 2002, 83 species, 46 genera, 9 families and 4 orders were added (Table 1). Among them, the number of bird species increased the most, up to 55 species; Only one species of amphibians was added (Table 1). (2) Tourism was the main economic activity in Qingmichuan with the changes from 50 000 tourists in 2009 to 1 620 000 tourists in 2017 (Fig. 1). The tourism development in the periphery of the reserve has a certain potential impact on vertebrates and habitats in the reserve. (3) The land use pattern has changed significantly in the past 30 years. When the reserve was not established in 2001, the agricultural land area in the region accounted for about 33% of the total area, and only 1% in 2018 (Fig. 2). (4) The main threatening factor to wild animals in the reserve has changed from agriculture and farming to the current peripheral tourism development during past 20 years (Table 3), and the evaluation analysis showed that the reserve is with higher score of conservation effectiveness (Table 4).

Key words: Vertebrate richness; Threatening factors; Land-use pattern; Tourism development; Conservation effectiveness; Shaanxi Qingmichuan National Nature Reserve

开展保护成效评估对促进自然保护区的有效管理和宏观决策具有重要意义(晏玉莹等, 2015)。自 2001 年《全国野生动植物保护及自然保护区建设工程》实施以来, 我国自然保护区的数量和面积均急速增加, 截至 2018 年底, 全国已建立 2 750 处, 约占陆地国土面积的 14.8% (高吉喜等 2019, 魏辅文等 2021a)。虽然国内外已有相关研究从濒危物种种群动态、物种多样性变化、栖息地环境变化、威胁因素种类以及管理措施成效等多个方面尝试对自然保护区的成效进行评估 (Badano et al. 2012, 杨道德等 2015, 王伟等 2016), 但尚未建立一套被广泛认可的科学指标体系来指导未来保护措施的设计和实施 (Huang et al. 2021)。近年来, 随着遥感、地理信息系统、红外相机

和无人机等技术的发展, 以及长期监测数据的积累, 对自然保护区保护成效评估的研究越来越多 (Rodrigues et al. 2004, Nagendra et al. 2013)。

野生动物资源本底是自然保护区开展生物多样性有效管理的基础。2002 年 8 月陕西省政府建立了陕西省马家山自然保护区, 2005 年 6 月更名为陕西青木川省级自然保护区, 2009 年 9 月经国务院批准晋升为陕西青木川国家级自然保护区 (蒋志刚 2005, 党晓伟等 2012)。为了掌握野生动物多样性现状, 我们于 2017 和 2018 年对陕西青木川国家级自然保护区开展了 3 次野外考察, 涵盖鱼类、两栖类、爬行类、鸟类和哺乳类等类群, 进而对脊椎动物多样性、代表性和稀有性及威胁因素进行评估, 分析土地利用变化和自然保护区外围旅游的潜在影

响, 对该保护区的保护成效进行评价。

1 研究区域概况

陕西青木川国家级自然保护区(以下简称青木川保护区), 地处四川、陕西、甘肃三省交界处的秦岭与岷山交汇地带的陕西宁强县青木川镇境内(105°29'13" ~ 105°40'01" E, 32°49'15" ~ 32°55'22" N)。保护区北与甘肃武都、康县接壤, 西与四川省青川县毗邻, 南至陕西省汉中市宁强县青木川镇南坝村, 东至广坪河, 南北宽 15.5 km, 东西长 28.0 km。2019 年勘界确定总面积为 9 724.92 hm², 其中, 核心区 3 756.69 hm², 缓冲区 2 453.06 hm², 实验区 3 515.17 hm²。青木川保护区属典型的北亚热带山地气候, 年平均气温 13 °C, 最高气温 35.8 °C, 最低气温 - 9.8 °C, 年降水量 1 214 mm。

青木川保护区是一处以川金丝猴(*Rhinopithecus roxellanae*)、羚牛(*Budorcas taxicolor*)和大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)等珍稀濒危动物为保护对象的自然保护区(中华人民共和国生态环境部 2019)。青木川保护区丰富的水热条件孕育了丰富多样的野生植物资源, 构成了典型的北亚热带森林景观和复杂多样的植被类型。青木川保护区生物多样性的调查研究, 最早始于 1998 年西北大学对灵长类等动物资源较为系统的调查(杨兴中 1998)、2001 年的第三次大熊猫调查(赵学敏 2004)以及 2004 年中国科学院动物研究所开展的野生动植物本底调查(蒋志刚 2005), 此外还有一些专项研究(刘艳等 2006, 党晓伟等 2012, 王芸等 2012)。青木川保护区现已记录维管束植物 173 科 732 属 1 598 种, 其中, 种子植物 905 种, 隶属于 126 科 501 属, 保护区内国家 I 级、II 级重点保护野生植物分别有 4 种和 25 种(刘艳等 2006)。

2 研究方法

2.1 调查方法

综合考虑鸟类迁徙和两栖爬行动物休眠等

因素, 安排 3 次野外实地调查, 分别为 2017 年 10 和 11 月、2018 年 4 和 5 月以及 2018 年 8 和 9 月。抽取 10% 的保护区面积作为调查样区, 在调查样区内设置样线 16 条, 包括核心区 8 条、缓冲区 3 条以及实验区 5 条, 样线长度在 4 ~ 6 km, 单侧宽度为 20 ~ 120 m (不同动物类群采取不同的宽度, 如两栖类、爬行类动物宽度为 20 m, 鸟类宽度为 120 m)。另外, 在每条样线布放红外相机 4 ~ 6 台, 每条样线设置 2 个 100 m × 100 m 样方用于啮齿类专项调查。在调查区域内的水域湖泊设置样点 7 个, 用于鱼类调查和鸟类样线外的定点观察。调查区域景观包括森林、溪流、水库、农田和居民区等 5 种类型的生境。其中, 哺乳类调查使用样线法、直接计数法和红外相机法; 鸟类调查使用样线法、样点法和直接计数法; 两栖类、爬行类和鱼类使用样线法和样方法。陆生脊椎动物类群的具体调查方法参照《全国第二次陆生野生动物资源调查技术规程》(国家林业和草原局 2011), 水生脊椎动物参考《生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类》(中华人民共和国生态环境部 2015a)、《生物多样性观测技术导则 两栖动物》(中华人民共和国生态环境部 2015b)、《中国两栖、爬行动物更新名录》(王凯等 2020)、《内陆鱼类多样性调查与评估技术规定》(中华人民共和国生态环境部 2017)以及其他专业文献(杨道德等 2007, 冯广朋 2008, 王生等 2016, 魏辅文等 2021b)。

2.2 数据收集、分析与评估评价

2.2.1 保护区脊椎动物多样性与重要性分析

对调查获得的脊椎动物多样性、代表性和稀有性进行分析, 包括: (1) 本次调查获得的物种情况; (2) 中国特有种物种数和国家重点保护物种数及其在全国(或青木川保护区)相应数据的占比情况; (3) 保护区内被 IUCN 红色名录(IUCN 2021)和中国脊椎动物红色名录(蒋志刚等 2016, 蒋志刚 2021)评估为受威胁的物种, 被《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)附录(中华人民共和国濒危物种科

学委员会等 2019) 收录的物种, 以及这些物种占保护区总物种数的比例。青木川保护区历史调查数据参考已发表的文献(杨兴中 1998, 蒋志刚 2005, 王芸等 2012)。中国脊椎动物各类群物种数参考最新发表的数据, 包括淡水鱼类(张春光等 2020)、两栖类和爬行类(王凯等 2020)、鸟类(郑光美 2017) 和哺乳类(魏辅文等 2021b)。另外还参考了国家重点保护野生动物名录(国家林业和草原局等 2021)、IUCN Red List (IUCN 2021)、中国脊椎动物红色名录(蒋志刚等 2016, 蒋志刚 2021) 和《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES) 附录(中华人民共和国濒危物种科学委员会等 2019)。

2.2.2 土地利用情况变化数据收集分析 从美国地质勘探局 (United States Geological Survey, USGS) 分别获取了 1988 年 5 月和 2001 年 5 月保护区范围内陆地卫星 5 号的多波段扫描 (thematic mapper, TM) 遥感影像, 和 2018 年 4 月陆地卫星 8 号的陆地成像仪 (operational land imager, OLI) 遥感影像 (129 列 37 行, 空间分辨率 30 m)。考虑到这 3 期影像中的大气云层对解译的影响小, 且进入植物生长季, 便于区分林地和非林地, 我们通过 ENVI5.3 支持向量机方法对遥感影像进行监督分类。监督分类的训练样本来自于野外调查和保护区管理局提供的植被图, 且在保护区建立前后均比较稳定。监督分类后, 2018 年 OLI 遥感影像地物信息被分为林地和非林地 2 大类, 并利用谷歌地球更高分辨率的遥感影像评估监督分类后土地覆盖图的解译准确性。监督分类的结果与实际地物信息比较分析显示, 其解译总体精确度为 89.5%, Kappa 值超过 0.85。同样的方法和训练样本也被用于 1989 年和 2001 年 TM 遥感影像的监督分类。

2.2.3 人类活动干扰分析和保护成效评估 利用陕西省宁强县旅游局的数据, 分析保护区实验区青木川古镇的旅游产业发展情况, 比较保护区建立初期至今旅游干扰的变化。并采用专家打分法对青木川保护区的保护成效进行评

估。评估专家由来自中国科学院动物研究所、北京林业大学、北京生物多样性保护研究中心和青木川保护区的 7 位专家组成。打分内容及赋值法参考已有的保护区评估研究(晏玉莹等 2015, 杨道德等 2015, 王伟等 2016)。评估内容主要涉及: (1) 保护区建立前后, 以及晋升国家级至今, 保护区内人类活动和自然干扰因素水平的变化; (2) 利用已发表的数据(李春旺等 2021), 从保护区的区域完整性、物种多样性、代表性、稀有性和适宜性等 5 个方面对保护区的保护成效进行赋值评估。最后根据评估结果评价保护区的保护成效。

3 研究结果

3.1 脊椎动物多样性、代表性和稀有性

本次调查共记录到野生脊椎动物 342 种, 隶属于 5 纲 32 目 91 科 233 属, 其中鸟类 195 种, 占绝对优势(表 1)。与以往文献记录相比, 脊椎动物物种总数增加 84 种, 增加了 32.56%。其中鱼类增加比率最高, 达到 114.29%, 而鸟类增加的物种数最多, 为 55 种(表 1)。

青木川保护区脊椎动物物种数占中国脊椎动物物种总数的 7.20%, 其中鸟类占全国鸟类物种数比例最高, 达到 13.49%(表 2)。有 26 种为中国特有种, 占中国脊椎动物特有种总数的 4.05%(表 2)。有 51 种脊椎动物被列入“国家重点保护野生动物名录”, 占全国陆生重点保护野生脊椎动物物种总数的 6.21%, 其中属国家 I 级的 10 种, 属国家 II 级的 41 种(表 2)。

在青木川保护区的脊椎动物中, 被 IUCN 和中国脊椎动物红色名录列为受威胁的物种分别有 19 种和 33 种, 分别占保护区脊椎动物物种总数的 5.56% 和 9.65%(表 2); 列入 CITES 附录 (I 和 II) 中的物种共有 32 种, 占保护区脊椎动物物种总数的 9.36%(表 2)。

3.2 旅游产业变化

自 2007 年至 2018 年, 位于青木川保护区实验区的青木川镇旅游产业逐年增长, 游客量逐年增加。其中, 2007 年游客量为 4.9 万人次

表 1 陕西青木川国家级自然保护区野生脊椎动物物种数变化情况

Table 1 The changes of vertebrate species numbers in Shaanxi Qingmuchiuan National Nature Reserve

类群 Taxa	本次调查物种数 Number of species from this survey	文献记录物种数* Number of species from references	增加数 Number of increase	增加比率 (%) Ratio of increase
鱼类 Fish	30	14	16	114.29
两栖类 Amphibian	17	16	1	6.25
爬行类 Reptile	26	22	4	18.18
鸟类 Bird	195	140	55	39.29
哺乳类 Mammal	74	66	8	12.12
合计 Total	342	258	84	32.56

* 文献记录数据来源于以往保护区调查研究的记录 (杨兴中 1998, 蒋志刚 2005, 王芸等 2012)

* The data of literature records are from the records of previous studies on the nature reserves (Yang 1998, Jiang 2005, Wang and Zhao 2012)

表 2 陕西青木川国家级自然保护区动物物种数、特有种数和国家重点保护种数占比以及受威胁野生脊椎动物物种比例情况

Table 2 The number of species, endemic species, proportion of national key protected species and proportion of threatened wild vertebrate species in Shaanxi Qingmuchiuan National Nature Reserve

		鱼类 Fish	两栖类 Amphibian	爬行类 Reptile	鸟类 Bird	哺乳类 Mammal	合计 Total
物种数 Number of species	青木川保护区 The Reserve	30	17	26	195	74	342
	中国 China	1 590	515	511	1 445	686	4 747
占全国物种数百分比 Percentage of species in China (%)		1.89	3.30	5.09	13.49	10.79	7.20
中国特有种数 Number of endemic species	青木川保护区 The Reserve		0	1	15	10	26
	中国 China		272	143	77	150	642
占全国特有种数百分比 Percentage of endemic species in China (%)			0	0.7	19.48	6.67	4.05
国家重点保护陆生脊椎动物物种数* Number of key protected wild animals	青木川保护区 The Reserve	0	3	1	29	18	51
	中国 China	88	93	102	394	144	821
占全国国家重点保护脊椎动物比率 Percentage of China's key protected vertebrates (%)		0	3.23	0.98	7.36	12.5	6.21
IUCN 红色名录物种数 Species number in IUCN Red List	极危 Critically Endangered	0	1	0	1	0	2
	濒危 Endangered	0	2	1	0	2	5
	易危 Vulnerable	1	2	1	2	6	12
	合计 Total	1	5	2	3	8	19
占保护区物种数百分比 Percentage of the species in the reserve (%)		3.33	29.41	7.69	1.54	10.81	5.56
中国脊椎动物红色名录物种数 Species number in Red List of China's Vertebrates	极危 Critically Endangered	0	1	0	0	2	3
	濒危 Endangered	0	1	4	1	3	9
	易危 Vulnerable	0	3	3	3	12	21
	合计 Total	0	5	9	4	17	33
占保护区物种数百分比 Percentage of the species in the reserve (%)		0	29.41	34.62	2.05	22.97	9.65
CITES 附录 CITES Appendices	I	0	1	0	0	5	6
	II	0	0	0	19	6	25
	III	0	0	1	0	0	1
	合计 Total	0	1	1	19	11	32
占保护区物种数百分比 Percentage of the species in the reserve (%)		0	5.88	3.85	9.74	14.86	9.36

* 《国家重点保护野生动物名录》(国家林业和草原局、农业农村部公告 2021 年第 3 号), 本文使用的数据不包括海洋哺乳动物和软骨鱼类。

* List of State Key Wildlife under Protection (Announcement of the National Forestry and Grassland Administration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs No. 3, 2021). The data used in this paper do not include Marine mammals and Cartilaginous fishes.

(比上年增长 53.13%), 旅游收入 0.10 亿元(比上年增长 66.67%); 2011 年游客量为 16.5 万人次(比上年增长 101.22%), 旅游收入 0.60 亿元(比上年增长 185.71%); 2017 年全年接待游客 162 万人次(比上年增长 101.22%), 旅游收入 7.62 亿元(比上年增长 12.6%) (图 1)。

3.3 土地利用变化

卫星图像分析结果表明, 1988 至 2018 年的 30 年间, 青木川保护区的土地利用模式经历了从农业农田到林业和自然保护的转变(图 2)。保护区建立之前的 1988 年和 2001 年, 现有保护区范围内约 1/3 是农业用地, 现有核心区内尚有农户居住和种植农作物; 2002 年成立原马家山保护区后, 核心区的农户逐渐迁出, 农田逐渐恢复为林地, 缓冲区的农业用地也基本改造为林地, 实验区的农田也逐渐转为经济林, 社区经营模式从农业转为旅游业; 至 2018 年, 保护区内农业用地大幅减少, 农业用地面积占比不足 1%。

3.4 保护成效评估

在干扰因素与程度方面, 建立青木川保护区之前干扰因素最多, 包括来自农林牧渔活动、开发建设、气象灾害、地质灾害、生物灾害和火灾等 6 大类型干扰中的 19 种, 其中, 又以农林牧渔活动和开发建设大类最为普遍, 这两类

干扰程度之和约占全部类型干扰的 75% (表 3)。在保护区建立初期(2002 年), 尚有农林牧渔活动的部分干扰, 但是开发建设的干扰程度明显降低, 只剩下旅游开发一项(表 3)。在保护区建立后到晋升为国家级保护区前的时间段内(2002 至 2009 年), 干扰程度较强的类型包括农林牧渔活动、旅游开发、气象和地质灾害等类型, 同时环境污染(噪声污染)由于旅游开发而开始出现。在保护区晋升为国家级(2009 年)之后, 因保护力度加强, 生态移民、禁牧禁猎等强有力的保护措施得以实施, 不同干扰类型间的干扰程度发生较大改变。截止到 2019 年, 保护区外围的旅游开发变成了干扰程度最强的干扰因素, 占全部干扰类型的 60%, 而农林牧渔活动的干扰程度下降到仅为 5% (表 3)。

通过对保护区的区域完整性、物种多样性、物种代表性、种群结构稳定性、物种稀有性和适宜性的赋值评估表明, 青木川保护区总体得分较高(表 4)。具体表现为: (1) 区域完整性方面, 栖息地面积显著增加, 破碎度大幅下降; (2) 物种多样性方面, 保护区内物种丰富度变化明显, 物种数目显著增加; (3) 从代表性来看, 保护区关键物种和珍惜濒危物种种群数量保持稳定或显著增加; (4) 种群结构稳定性

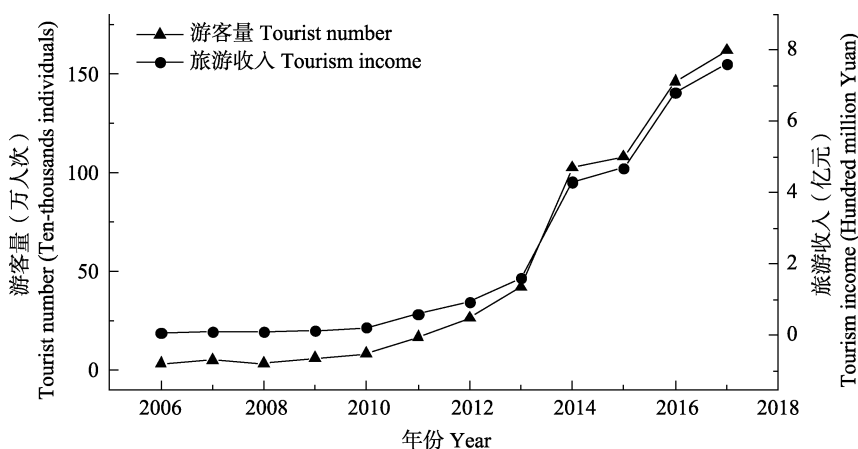


图 1 陕西青木川国家级自然保护区外围青木川镇旅游产业变化

Fig. 1 The changes of tourism in Qingmuchiuan town outside of Shaanxi Qingmuchiuan National Nature Reserve

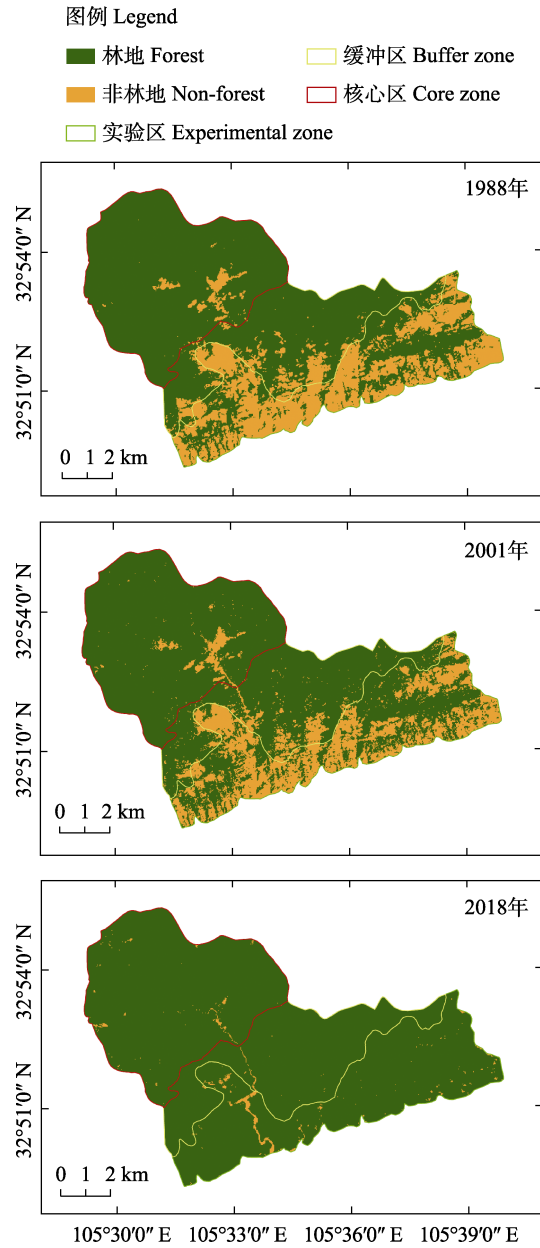


图2 陕西青木川国家级自然保护区
30年来林地和非林地的变化

Fig. 2 The changes of forest/nonforest lands
in Shaanxi Qingmuchiuan National Nature
Reserve during past 30 years

方面，保护区内一些重要保护物种的年龄结构动态稳定在合理的水平；(5) 从稀有性来看，保护区内的国家重点保护物种种群数量变化稳

中有增；(6) 在适宜性方面，保护区内关键物种的分布区面积保持稳定，食物资源增加，能满足主要保护物种的采食需求。综合以上各属性的评估，青木川保护区保护管理到位，保护成效总体得分 91 分（表 4）。

4 讨论

4.1 物种多样性保护

青木川保护区自 2003 年建立以来，采取了包括核心区与缓冲区居民外迁、栖息地恢复工程、生物多样性调查研究、日常巡查和管护、森林防火等保护管理措施，经过十几年的努力，在野生动物及栖息地保护方面取得了明显成效。我们的结果表明，青木川保护区动物多样性维持在较高的水平，并且各类群物种数与文献数据相比都有增加。这些新增加的物种记录，一些是由于调查技术改进(如红外相机的使用)和调查强度增加等导致以前未发现的物种被发现了；另一些则可能是由于保护区人类干扰降低和生境大面积恢复，使得一些物种，尤其是鸟类出现在保护区内。一些关键物种，如羚牛、川金丝猴和猕猴 (*Macaca mulatta*) 等的种群数量显著增加并形成了稳定种群 (李春旺等 2021)，从侧面也反映了青木川保护区保护工作取得的成效。

4.2 栖息地保护

栖息地是野生动物种群生存和繁衍必需的环境要素，保护动物的栖息地是保护区最核心的工作内容，有时甚至比直接保护野生动物更为重要 (Fahrig 2003)。青木川保护区自成立以来，积极改变保护区内及保护区周边的土地利用模式 (图 2)，林业和自然保护越来越占据优势，显著改善了野生动物栖息地的质量和连续性。保护区各个方面赋值评估的结果表明，青木川保护区自建立以来，保护区内的干扰因素逐年减少、总的干扰强度逐渐降低到“弱”的等级，这对保护区内野生动植物及其栖息地的维持与恢复起到积极作用，而实际上野生动植物物种数、种群数量以及栖息地质量都得到了

表 3 陕西青木川国家级自然保护区干扰因素程度变化评价表

Table 3 Estimation of the degree of disturbance in Shaanxi Qingmuchen National Nature Reserve

干扰因素 Interference factors	2001 年以前 Before year 2001		2002 至 2009 年 Year 2002-2009		2010 至 2019 年 Year 2010-2019	
	干扰指标 Interference index	占有干扰因素比率 Proportion of all interference factors (%)	干扰指标 Interference index	占有干扰因素比率 Proportion of all interference factors (%)	干扰指标 Interference index	占有干扰因素比率 Proportion of all interference factors (%)
农林牧渔活动 Primary industry	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	50	3, 4, 5, 6, 7, 8	30	3, 8	5
开发建设 Exploiture and construction	① ② ③ ⑤	25	④	20	④	60
环境污染 Environmental pollution		0	(4)	5	(3) (4) (5)	8
气象灾害 Meteorological disaster	II, III	10	II, III	20	II, III	12
地质灾害 Geological disaster	i, ii, iii, iv	12	i, ii, iii, iv	25	i, ii, iii, iv	15
生物灾害 Biological disaster	[2]	2		0		0
其他 Others	{1}	1		0		0
总干扰 In sum	强 Strong	100	中 Medium	100	弱 Weak	100

对影响强度等级状况描述的说明。强. 生境受到严重干扰, 植被、湿地等基本消失, 野生动物难以栖息繁衍; 中. 生境受到干扰, 植被、湿地等部分消失, 但干扰消失后, 植被仍可恢复, 野生动物栖息繁衍受到一定程度影响, 但仍可以栖息繁衍; 弱. 生境受到一定干扰, 植被、湿地等基本保持原有状态, 对野生动物栖息繁衍影响小; 无. 生境没有受到干扰, 植被、湿地等保持原有状态, 对野生动物栖息繁衍没有影响。

对于干扰指标类型及序号的说明。农林牧渔活动: 1. 毁林、毁草开垦; 2. 围湖造田; 3. 采集; 4. 砍伐林木; 5. 狩猎; 6. 放牧; 7. 捕捞; 8. 特种养殖。开发建设: ① 开矿; ② 建设路桥(公路、铁路、桥梁、隧道等); ③ 建造房屋; ④ 开发旅游; ⑤ 建设水坝。环境污染: (1) 土壤污染; (2) 水污染; (3) 空气污染; (4) 噪声污染; (5) 光污染。气象灾害: I. 强风; II. 暴雨; III. 洪涝; IV. 干旱; V. 寒潮。地质灾害: i. 地震; ii. 崩塌滑坡; iii. 泥石流; iv. 地面塌陷。生物灾害: [1] 病害(包括动物疫病); [2] 虫害; [3] 鼠害; [4] 外来种入侵。其他: {1} 火灾; {2} 陨石; {3} 其他。

Description of the status of impact intensity level. Strong: the habitat is seriously disturbed; Vegetation and wetlands have basically disappeared; Wild animals are difficult to inhabit and reproduce. Medium: Habitat disturbed; Vegetation, wetland and other parts disappeared, but the vegetation can still recover after the disturbance disappeared; The habitat and reproduction of wild animals are affected to some extent, but they can still inhabit and reproduce. Weak: certain disturbance to the habitat; Vegetation and wetlands should be basically kept in their original state; It has little impact on wildlife habitat and reproduction. None: Habitat is not disturbed; Vegetations and wetlands shall be kept in their original state; It has no effect on wildlife habitat and reproduction.

Description of the types and serial numbers of disturbance index. agriculture, forestry, animal husbandry and fishery activities: 1. Deforestation, grass destruction and reclamation; 2. Reclamation of lake; 3. Collection; 4. Felling trees; 5. Hunting; 6. Grazing; 7. Fishing; 8. Special breeding. Development and construction: ① Mining; ② Construction of roads and Bridges (roads, railways, bridges, tunnels, etc.); ③ Build houses; ④ Develop tourism; ⑤ Dam construction. Environmental pollution: (1) Soil pollution; (2) Water pollution; (3) Air pollution; (4) Noise pollution; (5) Light pollution. Meteorological disasters: I. Strong wind; II. Heavy rain; III. Flood; IV. Drought; V. Cold wave. Geological hazards: i. Earthquake; ii. Collapse and landslide; iii. Debris flow; iv. Ground collapse. Biological hazards: [1] Diseases (including animal epidemics); [2] Insects and pests; [3] Alien species invasion; [4] Invasion of alien species. Others: {1} Fire; {2} Meteorites; {3} Others.

显著提升。类似的评估结果也见于对其他保护区保护成效的评估(王亚欣等 2011, 关博等 2012, 晏玉莹等 2015)。

4.3 不足和展望

尽管青木川保护区的总体保护成效较好,

但除了关键物种外, 保护区内还分布有较多的国家重点保护物种、国际公约保护物种、IUCN 红色名录受威胁物种和中国脊椎动物红色名录受威胁物种, 这些物种的生存状况及其栖息地保护同样应引起重视, 并应持续稳定地开展保

表 4 陕西青木川国家级自然保护区保护成效评估表 (2001 至 2019 年)

Table 4 Evaluation of conservation effectiveness in Shaanxi Qingmuchiuan National Nature Reserve (2001-2019)

属性 Property	指标体系 Index	项目情况 Description	保护区当前情况 Current status	得分 Score
1 完整性 1 Integrity	栖息地面积变化 (10 分) Change of habitat area (10 points)	栖息地面积基本保持稳定 ($\pm 3\%$) 或增加 (7~10 分) The habitat area basically remained stable ($\pm 3\%$) or increased (7 - 10 points)	保护区内的社区居民全部移出, 栖息地面积显著增加 All community residents in the reserve were removed, and the habitat area increased significantly.	9
	栖息地破碎度变化 (10 分) Change of habitat fragmentation (10 points)	栖息地破碎度保持稳定 ($\pm 1\%$) 或减少 (7~10 分) Habitat fragmentation remained stable ($\pm 1\%$) or decreased (7 - 10 points)	栖息地破碎化程度大幅降低 Habitat fragmentation decreased significantly	9
2 多样性 2 Diversity	物种丰富度变化 (11 分) Changes in species richness (11 points)	物种数目保持稳定 ($\pm 1\%$) 或增加 (8~11 分) The number of species remained stable ($\pm 1\%$) or increased (8 - 11 points)	物种数目显著增加 The number of species increased significantly	10
3 代表性 3 Representative	种群数量变化 (21 分) Population change (21 points)	种群数量保持稳定 ($\pm 3\%$) 或增加 (15~21 分) The population remained stable ($\pm 3\%$) or increased (15 - 21 points)	关键物种种群数量稳定或显著增加 The population of key species is stable or significantly increased.	20
	种群结构稳定性 (12 分) Population structure stability (12 points)	主要保护物种年龄结构动态 (幼体/亚成体/成体/老年体比率) 年龄比率无明显变化 (9~12 分) The age structure dynamics (ratio of larval/subadult/adult/old) of the main protected species had no significant change (9 - 12 points)	主要保护物种年龄结构合理 The age structure of the main protected species is reasonable.	10
4 稀有性 4 Rareness	国家重点保护物种种群数量变化 (11 分) Population changes of National Key Protected Species (11 points)	重点保护物种种群数量保持稳定 ($\pm 3\%$) 或增加 (7~11 分) Population of key protected species remained stable ($\pm 3\%$) or increased (7 - 11 points)	重点保护物种种群数量稳中有增 The population of key protected species has steadily increased	10
5 适宜性 5 Suitability	分布面积变化 (13 分) Change of distribution area (13 points)	分布面积保持稳定 ($\pm 3\%$) 或增加 (9~13 分) The distribution area remained stable (3%) or increased. (9 - 13 points)	分布面积保持稳定 The distribution area remains stable	12
	食物资源变化 (12 分) Change in food resources (12 points)	主要保护物种种群所需天然食物的种类、质量及丰富度 (考虑矿物质需求的补充): 明显能满足目标物种的需求 (9~12 分) The type, quality and richness of natural food required by the population of main protected species (considering the need of mineral supplementation): obviously meet the needs of target species (9 - 12 points)	食物资源增加, 满足主要保护物种的采食需求 Food resources increasing and meeting the feeding needs of major protected species.	11
合计 Total				91

护管理工作。尤其值得注意的是, 随着青木川镇地区社会经济 (保护区外围工农业生产和旅游业) 的发展, 自然保护与经济建设之间的矛盾和共存需要引起更多关注。研究表明, 旅游在一定程度上会影响和干扰野生动物种群及栖息地 (李文斌等 2017, 罗庆华等 2017)。近年来, 青木川保护区外围旅游产业显著增长 (图 1), 对保护区内脊椎动物的潜在影响不容忽视,

关于旅游开发对保护区的不同分区和具体风险的调查评估是未来需要关注的重点。

在建设“美丽中国”的国家发展战略要求下, 生态旅游开发与生态保护之间的权衡关系是目前急需解决的问题 (Dayneko et al. 2021, 郭晓雨 2021, 江裕丰 2021)。只有处理好旅游开发和生态保护之间的关系, 科学合理地规划旅游开发的同时, 完善和加强保护区的管理制

度和方法(李翠 2021), 保证人类活动对生态的最低干扰, 才能使经济发展和生态保护实现共赢和利益最大化。因此, 需要研究和评估旅游业引起的直接干扰(如游人或车辆、人为噪音等)、水污染、能源消耗等各类因素对野生动物的潜在影响(刘炳亮 2013, 景露阳 2018, 罗庆华 2019), 定期评估其影响程度和风险等级(仲鑫等 2018, 吴燕平 2020), 并制定相应的管理措施。

致谢 感谢陕西青木川国家级自然保护区管理局对本研究的支持和在野外工作中的帮助。感谢在 2017 至 2020 年期间参加本研究野外调查和数据整理的团队成员, 他们是陕西青木川国家级自然保护区的刘军、李安宁、王新平、魏树强、李俊益、刘涛、莫登清、滕正华、赵鑫, 中国科学院动物研究所的曹丹丹、丁晨晨、李娜、李玮琪、刘雅欣、周钰媚、伊丽娜、珠岚、姜春燕和李义哲, 南京师范大学的陶夏秋、河北大学的张凯歌、南京野鸟会的邹维明、中国农业大学的刘杰、北京科技大学的张起。感谢中国科学院动物研究所的张润志研究员、赵亚辉副研究员, 北京麋鹿生态实验中心的白加德研究员和北京林业大学的胡德夫教授给予的帮助。

参 考 文 献

- Badano E I, García-Guzmán J, Vergara-Briceño C H, et al. 2012. Conservation value of a natural protected area in the state of Puebla, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3): 834–846.
- Dayneko D V, Dayneko A I, Dayneko V V, et al. 2021. Development of ecological tourism: Russia and China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 751: 012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/751/1/012006>.
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34(1): 487–515.
- Huang G, Ping X, Xu W, et al. 2021. Wildlife conservation and management in China: achievements, challenges and perspectives. *National Science Review*, 8: nwab042. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwab042>.
- IUCN. 2021. The IUCN red list of threatened species. Version 2021-1. [DB/OL]. [2021-09-12]. <https://www.iucnredlist.org>
- Nagendra H, Lucas R, Honrado J P, et al. 2013. Remote sensing for conservation monitoring: assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. *Ecological Indicators*, 33: 45–59.
- Rodrigues A S L, Akcakaya H R, Andelman S J. 2004. Global gap analysis: Priority regions for expanding the global protected area network. *BioScience*, 54(12): 1092–1100.
- 党晓伟, 王利军. 2012. 陕西青木川国家级自然保护区主要植物资源种类研究. *中国城市林业*, 10(6): 26–27.
- 冯广朋. 2008. 鱼类群落多样性研究的理论与方法. *生态科学*, 27(6): 506–514.
- 高吉喜, 徐梦佳, 邹长新. 2019. 中国自然保护区 70 年发展历程与成效. *中国环境管理*, 11(4): 25–29.
- 关博, 崔国发, 朴正吉. 2012. 自然保护区野生动物保护成效评价研究综述. *世界林业研究*, 25(6): 40–45.
- 郭晓雨. 2021. 自然保护区生态旅游与生态环境保护探讨. *南方农业*, 15(2): 18–19, 28.
- 国家林业和草原局. 2011. 林护发〔2011〕111 号: 《全国第二次陆生野生动物资源调查技术规程》. [EB/OL]. [2020-03-12]. <http://www.forestry.gov.cn>
- 国家林业和草原局, 农村农业部. 2021.《国家重点保护野生动物名录》(2021 年 2 月 1 日修订). *野生动物学报*, 42(2): 605–640.
- 江裕丰. 2021. 自然保护区生态旅游管理与可持续发展. *科技经济导刊*, 29(7): 113–114.
- 蒋志刚. 2005. 陕西青木川自然保护区的生物多样性. 北京: 清华大学出版社.
- 蒋志刚. 2021. 中国生物多样性红色名录: 脊椎动物. 第一卷 哺乳动物(蒋志刚主编)、第二卷 鸟类(张雁云, 郑光美主编)、第三卷 爬行动物(王跃招主编)和第四卷 两栖动物(江建平, 谢锋主编). 北京: 科学出版社.
- 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 2016. 中国脊椎动物红色名录. *生物多样性*, 24(5): 500–551.
- 景露阳. 2018. 基于旅游开发的红安天台山景区生态环境调查与评价. 武汉: 湖北大学硕士学位论文.
- 李春旺, 缪涛. 2021. 陕西青木川国家级自然保护区的动物多样性

- 与保护. 北京: 中国林业出版社.
- 李翠. 2021. 自然保护区生态旅游管理与可持续发展. 安阳工学院学报, 20(3): 75–78.
- 李文斌, 杨登琴, 邓红艳, 等. 2017. 生态旅游对野生鸟类行为的影响探讨. 环境保护与循环经济, 37(11): 42–43, 54.
- 刘炳亮. 2013. 自然保护区旅游开发对不同扩散模式植物多样性的影响. 北京: 北京林业大学博士学位论文.
- 刘艳, 覃海宁, 武建勇, 等. 2006. 陕西青木川自然保护区种子植物区系分析. 西北植物学报, (6): 1244–1249.
- 罗庆华. 2019. 旅游干扰对张家界大鲵生境和种群的影响研究. 北京: 北京科技大学博士学位论文.
- 罗庆华, 宋英杰, 向昌国, 等. 2017. 旅游干扰对野生动物的影响研究进展. 湖南农业科学, (9): 128–131.
- 王凯, 任金龙, 陈宏满, 等. 2020. 中国两栖、爬行动物更新名录. 生物多样性, 28(2): 189–218.
- 王生, 段辛斌, 陈文静, 等. 2016. 鄱阳湖湖口鱼类资源现状调查. 淡水渔业, 46(6): 50–55.
- 王伟, 辛利娟, 杜金鸿, 等. 2016. 自然保护地保护成效评估: 进展与展望. 生物多样性, 24(10): 1177–1188.
- 王亚欣, 鞠洪波, 张怀清, 等. 2011. 东洞庭湖国家级自然保护区湿地资源评价. 地球信息科学学报, 13(3): 323–331.
- 王芸, 赵鹏祥. 2012. 青木川自然保护区大熊猫生境评价. 应用生态学报, 23(1): 206–212.
- 魏辅文, 平晓鸽, 胡义波, 等. 2021a. 中国生物多样性保护取得的主要成绩、面临的挑战与对策建议. 中国科学院院刊, 36(4): 375–383.
- 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 等. 2021b. 中国兽类名录(2021 版). 兽类学报, 41(5): 487–501.
- 吴燕平. 2020. 基于 GIS 的鹫落坪自然保护区生态旅游风险评价. 合肥: 安徽农业大学硕士学位论文.
- 晏玉莹, 杨道德, 邓娇, 等. 2015. 国家级自然保护区保护成效评估指标体系构建——以陆生脊椎动物(除候鸟外)类型为例. 应用生态学报, 26(5): 1571–1578.
- 杨道德, 邓娇, 周先雁, 等. 2015. 候鸟类型国家级自然保护区保护成效评估指标体系构建与案例研究. 生态学报, 35(6): 1891–1898.
- 杨道德, 熊建利, 蒋志刚, 等. 2007. 江西桃红岭梅花鹿国家级自然保护区两栖动物资源调查. 动物学杂志, (6): 79–84.
- 杨兴中. 1998. 宁强县猕猴、川金丝猴等动物资源调查报告. 西安: 陕西省林业厅野生动物保护管理站和西北大学调查资料.
- 张春光, 邵广昭, 伍汉霖, 等. 2020. 中国生物物种名录: 第二卷 动物: 脊椎动物(V): 鱼类(上、下册). 北京: 科学出版社.
- 赵学敏. 2004. 强化野生动植物与湿地保护的重大举措-全国首次野生动植物、湿地和第三次大熊猫资源调查情况综述. 绿色中国, (6): 4–8.
- 郑光美. 2017. 中国鸟类分类与分布名录. 3 版. 北京: 科学出版社.
- 中华人民共和国濒危物种科学委员会和 CITES. 2019. 濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)附录. [EB/OL]. [2020-03-23]. <http://www.cites.org.cn>
- 中华人民共和国生态环境部. 2015a. 生物多样性观测技术导则: 内陆水域鱼类. [EB/OL]. [2020-03-23]. <http://www.mee.gov.cn>
- 中华人民共和国生态环境部. 2015b. 生物多样性观测技术导则: 两栖动物. [EB/OL]. [2020-03-23]. <http://www.mee.gov.cn>
- 中华人民共和国生态环境部. 2017. 内陆鱼类多样性调查与评估技术规定. [EB/OL]. [2020-03-23]. <http://www.mee.gov.cn>
- 中华人民共和国生态环境部. 2019. 2017 年全国自然保护区名录. [EB/OL]. [2020-03-23]. <http://www.mee.gov.cn>
- 仲鑫, 杨阿莉. 2018. 国内外旅游开发生态风险评价研究进展与展望. 四川环境, 37(4): 175–182.