

湖南通道县两栖爬行动物物种多样性调查及区系分析

李辉¹, 朱乐强¹, 潘佳¹, 吴少武², 杨利勋², 林源², 张志强^{3*}, 莫小阳^{1*}

(1. 湖南师范大学生命科学学院 脊椎动物学实验室, 中国湖南 长沙 410081; 2. 通道侗族自治县林业局, 中国湖南 怀化 418500; 3. 中南林业科技大学 野生动植物保护研究所, 中国湖南 长沙 410004)

摘要: 为了解通道县两栖、爬行动物资源状况, 于2022年5月、7月、9月在该县域内共设置80条样线开展实地调查。调查共记录到两栖纲动物1目6科24种, 爬行纲动物2目12科40种, 分别占湖南省记录的27.59%和38.10%。通道县两栖、爬行动物的区系特征明显, 以东洋界种类为主(67.19%), 广布种次之(32.81%), 无古北界种。生物多样性计算表明, 通道县两栖爬行动物的 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数分别为 3.314 6 和 0.944 1, Pielou 指数为 0.797 0。区系相似性结果显示, 该县区系划分与湖南省动物地理区系划分相一致。本次调查更进一步掌握了该县域两栖、爬行动物的资源现状, 为开展两栖、爬行动物资源保护与研究提供了科学依据。

关键词: 两栖动物; 爬行动物; 生物多样性; 通道县

中图分类号: Q958

文献标志码: A

文章编号: 1007-7847(2023)06-0528-11

Species Diversity Survey and Fauna Analysis of Amphibians and Reptiles in Tongdao County, Hunan

LI Hui¹, ZHU Leqiang¹, PAN Jia¹, WU Shaowu², YANG Lixun², LIN Yuan², ZHANG Zhiqiang^{3*}, MO Xiaoyang^{1*}

(1. Vertebrate Zoology Laboratory, College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, Hunan, China; 2. Forestry Bureau of Tongdao Dong Autonomous County, Huaihua 418500, Hunan, China; 3. Institute of Wildlife Conservation, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China)

Abstract: In order to understand the resources of amphibians and reptiles in Tongdao County, a total of 80 sample lines were set up in May, July and September of 2022 to carry out field investigation. A total of 24 species of amphibians belonging to 1 order, 6 families and 40 species of reptiles belonging to 2 orders, 12 families were recorded, accounting for 27.59% and 38.10% of the records in Hunan Province, respectively. It was found that the two types of animals in Tongdao County have obvious fauna characteristics: the Oriental species are dominated ones (67.19%), followed by widespread species (32.81%), and there are no Palearctic species. Analysis of biodiversity showed that the Shannon-Wiener and Simpson indexes are 3.314 6 and 0.944 1, respectively, and the Pielou index is 0.797 0. The results of faunistic similarity showed that the faunistic division of the county is consistent with that of Hunan zoogeographic fauna. The survey made the current situation of amphibians and reptiles in the county more clearer, and would provide a scientific basis for protecting and studying the animal resources in this region.

Key words: amphibian; reptile; biodiversity; Tongdao County

(*Life Science Research*, 2023, 27(6): 528-538)

收稿日期: 2023-02-18; 修回日期: 2023-04-08; 网络首发日期: 2023-05-08

基金项目: 通道侗族自治县生物多样性资源调查专项; 全国第二次陆生脊椎动物资源调查项目—沅江流域地理单元(通道县)

作者简介: 李辉(1998—), 男, 安徽宣城人, 硕士研究生; *通信作者: 张志强(1981—), 男, 河北任丘人, 博士, 讲师, 主要从事野生动植物保护与利用研究, E-mail: csfuzzq@126.com; 莫小阳(1971—), 男, 湖南常德人, 博士, 湖南师范大学教授, 主要从事野生动物保育与利用研究, E-mail: moxiaoyang@hunnu.edu.cn.

通道县位于湖南省西南部,湘、桂、黔三省(区)交界处,地处云贵高原向南岭山地的过渡带^[1]。境内多高海拔山峰,形成南北气流交换屏障,属亚热带湿润季风气候,年平均气温 16.3 ℃,年均降水量 1 480.7 mm^[2]。其内保存着完整的沟谷常绿阔叶林、常绿落叶季雨林、丹霞地貌生态结构,是华中、华南和西南区两栖爬行动物分布交汇点^[3],蕴藏着丰富的两栖爬行动物资源。

目前,已报道的通道县两栖爬行类物种的多样性调查研究较少。2003年,张海浪等^[4]在通道县龙底沟谷森林生态系统自然保护区的自然资源调查中记录到两栖类 2 目 7 科 18 种,爬行类 3 目 9 科 27 种。2010年,李星照等^[2]报道,通道县的两栖类有 2 目 8 科 22 种,爬行类有 3 目 10 科 39 种。2015年,龙丁秀等^[5]对通道县进行了野生动物资源的调查研究,其中,共记录到两栖类 2 目 8 科 19 种,爬行类 3 目 10 科 39 种。2016年,李进斌等^[6]对通道县子遗珍稀濒危野生动植物资源进行了调查,共记录两栖类 2 目 7 科 18 种,爬行类 3 目 9 科 28 种。此外,张志强等^[6]调查分析了通道县域内玉带河国家湿地公园的野生动物资源,报道了两栖类 22 种,隶属 1 目 7 科;爬行类 34 种,隶属 2 目 6 科。总的来讲,通道县境内丰富的两栖爬行动物资源有待全面深入调查分析。

本研究于 2022 年 5 月、7 月、9 月对通道县进行了系统的两栖爬行动物资源调查与研究,以期能够更进一步掌握该县域两栖爬行动物资源现状,为开展两栖爬行动物资源保护与管理提供依据。

1 研究方法

1.1 调查方法

在 2022 年 5 月、7 月和 9 月主要采用样线法,并结合传统动物分类与分子鉴定展开针对两栖、爬行动物的野外调查。

综合通道县实际地理地貌与该县相关文献^[2-6],结合 ArcGIS 软件,考虑县域内多种生态类型及人类频繁活动对环境的影响,以通道县城为中心,根据生境典型性原则,设置涵盖农田、沟渠、河流、丘陵、人工林、湿地、湖堤等多种生态类型的两栖爬行动物调查样线 80 条(图 1)。样线长度为 500~1 000 m。夜间 20:00—23:00 对样线进行调查时,2~3 人一组,使用强光手电筒,以 0.5~2.0 km/h 的行进速度沿样线缓慢行走,仔细观察前方及左右宽度 3~5 m 的范围,详细记录调查时间、地点、经

纬度、海拔、生境、物种个体信息及行进轨迹等内容。用相机对行进过程中发现的两栖爬行动物个体进行拍照或录像,对物种进行适当标本采集,对于不需要采集的个体辨认特征后放生。采集的标本鉴定后保存于福尔马林或 75%乙醇溶液中。在调查过程中要注意对部分两栖动物繁殖季节的特殊求偶鸣叫声进行录音及辨别。

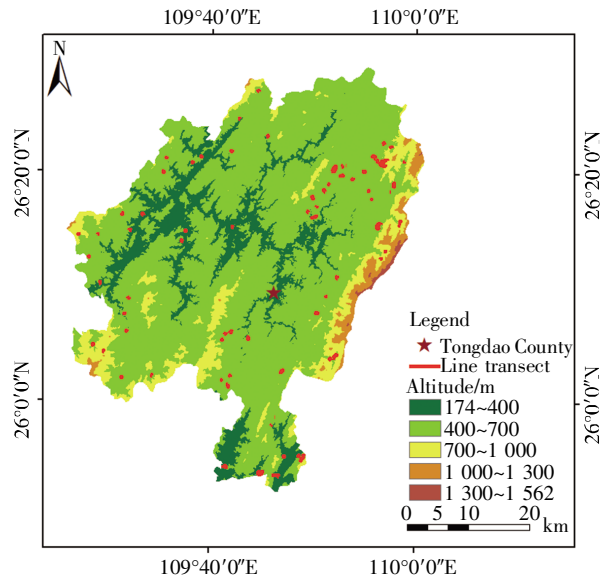


图 1 通道县海拔样线分布图

Fig.1 Distribution of line transects in Tongdao County

1.2 分类依据

两栖爬行动物的物种鉴定与分类依据《中国两栖动物及其分布彩色图鉴》^[7]《中国爬行动物图鉴》^[8]《湖南动物志 两栖纲》^[9]《中国生物物种名录 第二卷 动物 脊椎动物(IV) 两栖纲》^[10]以及“中国两栖类”信息系统^[11]。物种学名及分类地位参考《中国两栖、爬行动物更新名录》^[12]。物种濒危等级依据《中国生物多样性红色名录 脊椎动物 第四卷 两栖动物(下册)》^[13]进行划分,保护等级参考国家重点保护野生动物名录(2021; <https://www.forestry.gov.cn/c/www/gkml.jhtml>, 2023-04-08)。物种地理区系依据《中国动物地理》^[14]进行划分。

1.3 数据分析

1.3.1 相对丰富度分析

参照文献[15],按公式 $A_R = \frac{N_i}{N} \times 100\%$ 对物种

进行相对丰富度(relative abundance, A_R)分析。 N_i 为物种 i 的个体数, N 为群落中所有物种个体数。相对多度等级划分: 10%以上为优势种; 1%~10%为常见种; 1%以下为稀有种。

1.3.2 物种多样性分析

为了评估通道县物种多样性, 本文分别计算了香农-维纳指数(Shannon-Wiener index, H)、辛普森指数(Simpson index, D)和均匀度指数(Pielou index, J)。 $H = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$, $D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$, $J = H/H_{\max}$,

$$H_{\max} = \ln S。$$

式中, P_i 为物种 i 的个体数(N_i) 在所有物种个体数(N) 中占的比例, S 为群落总物种数, H 为实际观察到的物种多样性指数, H_{\max} 为最大 Shannon-Wiener 指数值。样线调查到的卵和蝌蚪等不纳入计算。

1.3.3 动物区系相似性分析

为了评估通道县与湖南省 6 个动物地理区系——湘西北山原山地区、湘西山地区、湘南山地区、湘东山地丘陵区、湘中丘陵区、湘北洞庭湖平原区^[16] 的区系关系, 参考文献[17]的方法: $A = C(N_1 + N_2) / (2N_1 N_2)$, 计算了各区域间动物区系的相似性值(A)。式中, N_1 、 N_2 分别表示两区域总物种数, C 为两区域共有物种数。值域为 0~1 或 0~100%。判别标准为: 当 A 值为 80%~100%、60%~79%、40%~59%、<40% 时, 两区域动物区系分别为共同关系、密切关系、周缘关系、疏远关系。

1.4 分子鉴定

针对形态难以鉴定的标本, 使用 TIANNamp Genomic DNA Kit (北京天根生化科技有限公司) 提取保存于乙醇中的肌肉组织 DNA。利用引物 L3975 (CGCCTGTTTACCAAAAACAT) 和 H4551 (CCGG-TCTGAACTCAGATCACGT), PCR 扩增 16S $rRNA$ 基因部分片段并测序。PCR 扩增条件参考文献[18], 扩增产物经电泳检测后, 选取大小符合要求的产物提交上海生工生物工程股份有限公司测序。将所得序列同 NCBI 数据库中的序列进行比对, 以确定样本所属物种。

2 结果

2.1 物种组成

根据 3 次野外调查, 通道县共发现两栖爬行动物 3 目 18 科 45 属 64 种(表 1)。其中, 两栖动物共记录 1 目 6 科 15 属 24 种, 爬行动物共记录 2 目 12 科 30 属 40 种; 中国特有种 14 种, 分别为三港雨蛙(*Hyla sanchiangensis*)、镇海林蛙(*Rana zhenhaiensis*)、寒露林蛙(*Rana hanluica*)、粤琴蛙(*Nidirana guangdongensis*)、雷山琴蛙(*Nidirana leishanensis*)、黄岗臭蛙(*Odorrana huanggangensis*)、中华湍蛙(*Amolops sinensis*)、棘胸蛙(*Quasipaa spinosa*)、大树蛙(*Zhangixalus dennysi*)、北草蜥(*Takydromus septentrionalis*)、坡普腹链蛇(*Hebius popei*)、锈链腹链蛇(*Hebius craspedogaster*)、颈棱蛇(*Pseudagkistrodon rudis*)、山溪后棱蛇(*Opisthotropis latouchii*)。

在两栖动物中, 蛙科的种类与数量最多, 共 6 属 11 种, 其次分别为叉舌蛙科、姬蛙科、树蛙科、蟾蜍科、雨蛙科。在爬行动物中, 游蛇科种类占明显优势, 共有 8 属 12 种, 龟鳖目数量较少, 且发现频数极低, 仅发现平胸龟(*Platysternon megacephalum*) 两次。

针对从形态上难以鉴定的 6 份样品, 使用引物 L3975、H4551 对其进行了分子鉴定, 鉴定结果为雷山琴蛙 3 只、寒露林蛙 3 只。其实, 2020 年刘京等^[19] 就在湖南省通道县万佛山镇采集到 4 只雷山琴蛙标本。此次调查采集到的 3 只雷山琴蛙再次证明了其在湖南省通道县的分布。

2.2 地理区系及濒危状况

依据《中国动物地理》^[4] 的划分, 湖南省通道县在动物地理区划上属于东洋界华中区。本次调查到的结果显示, 通道县两栖爬行动物在区系组成中以东洋界种类为主, 共记录到 43 种, 占全部物种的 67.19%; 广布种次之, 共记录到 21 种, 占 32.81%; 无古北界种。其中, 华中-华南区物种有 24 种, 占 37.50%; 华中-西南区物种有 1 种, 占 1.56%; 华中-华南-西南区物种有 17 种, 占 26.56%; 西南区物种有 1 种(雷山琴蛙), 占 1.56%, 与通道县所处区系相符合。

2.2 地理区系及濒危状况

根据《中国生物多样性红色名录 脊椎动物第四卷 两栖动物(下册)》^[13], 本次通道县调查发现的 64 种两栖爬行动物有 1 种为极危(critically endangered, CR)等级, 即平胸龟。此外, 虎纹蛙(*Hoplobatrachus chinensis*)、尖吻蝾(*Deinagkistrodon acutus*) 和王锦蛇(*Elaphe carinata*) 3 种为濒危(endangered, EN)等级; 棘腹蛙(*Quasipaa boulengeri*)、棘胸蛙、白头蛙(*Azemiops kharini*)、银环蛇(*Bungarus multicinctus*)、舟山眼镜蛇(*Naja atra*)、灰鼠蛇(*Ptyas korros*)、乌梢蛇(*Ptyas dhumnades*)、玉斑锦蛇(*Euprepophis mandarinus*) 和黑眉锦蛇(*Elaphe taeniura*) 9 种为易危(vulnerable, VU)等级。其中, 虎纹蛙与平胸龟被列为国家二级重点保护野生动物, 且平胸龟和舟山眼镜蛇分别为濒危野生动植物种国际贸易公约(the Convention on International

表1 通道县两栖爬行动物名录、地理分布、濒危等级、保护级别及区系划分

Table 1 List of amphibians and reptiles in Tongdao County, and their geographical distribution, endangered level, protection level and faunal division

物种名 Species	地理分布 Distribution	动物区系 Fauna	生态类型 Ecological type	保护级别 Protection level	濒危等级 Endangerment categories
两栖纲 Amphibia					
一、无尾目 Anura					
(一)蟾蜍科 Bufonidae					
1 中华蟾蜍指名亚种 <i>Bufo gargarizans gargarizans</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	TQ	3, 4	LC
2 黑眶蟾蜍 <i>Duttaphrynus melanostictus</i>	III, V	CSSW	TQ	3, 4	LC
(二)雨蛙科 Hylidae					
3 三港雨蛙 <i>Hyla sanchiangensis</i> *	II, III	CS	A	3, 4	LC
(三)蛙科 Ranidae					
4 镇海林蛙 <i>Rana zhenhaiensis</i> *	I, II, III, IV, V, VI	CS	TQ	3	LC
5 寒露林蛙 <i>Rana hanluica</i> *	I, II, III, IV, V	CS	TQ		LC
6 黑斑侧褶蛙 <i>Pelophylax nigromaculatus</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	Q	3, 4	NT
7 粤琴蛙 <i>Nidirana guangdongensis</i> *	III	CS	Q		NE
8 雷山琴蛙 <i>Nidirana leishanensis</i> *	II	SW	Q		NE
9 沼水蛙 <i>Hylarana guentheri</i>	I, II, III, IV, V, VI	CSSW	Q	3, 4	LC
10 台北纤蛙 <i>Hylarana taipehensis</i>	IV	CS	Q	3	NT
11 花臭蛙 <i>Odorrana schmackeri</i>	I, II, III, VI	CS	R	3, 4	LC
12 黄岗臭蛙 <i>Odorrana huanggangensis</i> *	I, II, III	CS	R	4	LC
13 大绿臭蛙 <i>Odorrana graminea</i>	I, II, III	CS	R	3, 4	LC
14 中华湍蛙 <i>Amolops sinensis</i> *	I, III, V	CS	R	4	NE
(四)叉舌蛙科 Dicroglossidae					
15 川村陆蛙 <i>Fejervarya kawamurai</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	TQ	4	LC
16 虎纹蛙 <i>Hoplobatrachus chinensis</i>	I, II, III, IV, V, VI	CS	Q	II	EN
17 棘胸蛙 <i>Quasipaa spinosa</i> *	I, II, III, IV, V	CS	R	3, 4	VU
18 棘腹蛙 <i>Quasipaa boulengeri</i>	I, II, III, V	W	R	3, 4	VU
(五)树蛙科 Rhacophoridae					
19 斑腿泛树蛙 <i>Polypedates megacephalus</i>	I, II, III, IV, V, VI	CSSW	A	3, 4	LC
20 大树蛙 <i>Zhangixalus dennysi</i> *	I, II, III, IV, V, VI	W	A	3, 4	LC
(六)姬蛙科 Microhylidae					
21 小弧斑姬蛙 <i>Microhyla heymonsi</i>	I, II, III, IV, V	CSSW	TQ	3, 4	LC
22 粗皮姬蛙 <i>Microhyla butleri</i>	II, III	CSSW	TQ	3, 4	LC
23 饰纹姬蛙 <i>Microhyla ornate</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	TQ	3	LC
24 花姬蛙 <i>Microhyla Ichra</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	TQ	3, 4	LC

表 1(续)

物种名 Species	地理分布 Distribution	动物区系 Fauna	生态类型 Ecological type	保护级别 Protection level	濒危等级 Endangerment categories
爬行纲 Reptilia					
一、龟鳖目 Testudines					
(一)平胸龟科 Platysternidae					
1 平胸龟 <i>Platysternon megacephalum</i>	II, III	CS	D	II, A I	CR
二、有鳞目 Squamata					
(二)石龙子科 Scincidae					
2 铜蜓蜥 <i>Sphenomorphus indicus</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	B	3, 4	LC
3 股鳞蜓蜥 <i>Sphenomorphus incognitus</i>	I, III, VI	CS	B	3, 4	LC
4 中国石龙子 <i>Plestiodon chinensis</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	B	3, 4	LC
5 蓝尾石龙子 <i>Plestiodon elegans</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	B	3	LC
(三)蜥蜴科 Lacertidae					
6 北草蜥 <i>Takydromus septentrionalis</i> *	I, II, III, IV, V, VI	W	B	3, 4	LC
(四)盲蛇科 Typhlopidae					
7 钩盲蛇 <i>Indotyphlops braminus</i>	V	CS	C	3, 4	LC
(五)闪鳞蛇科 Xenopeltidae					
8 海南闪鳞蛇 <i>Xenopeltis hainanensis</i>	III	CS	C	3, 4	LC
(六)钝头蛇科 Pareatidae					
9 缅甸钝头蛇 <i>Pareas hamptoni</i>	II	CS	B	3	NT
(七)蝰科 Viperidae					
10 白头蝰 <i>Azemiops kharini</i>	I, II	CSSW	B	3, 4	VU
11 原矛头蝰 <i>Protobothrops mucrosquamatus</i>	I, II, III, IV, V	W	B	3, 4	LC
12 尖吻蝰 <i>Deinagkistrodon acutus</i>	I, II, III, IV, V	CS	B	3, 4	EN
(八)眼镜蛇科 Elapidae					
13 银环蛇 <i>Bungarus multicinctus</i>	I, II, III, IV, V, VI	CSSW	E	3, 4	VU
14 舟山眼镜蛇 <i>Naja atra</i>	I, II, III, IV, V	CS	B	3, 4, A II	VU
15 中华珊瑚蛇 <i>Sinomicrurus maccllellandi</i>	I, III, V	CSSW	E	3, 4	LC
(九)游蛇科 Colubridae					
16 绞花林蛇 <i>Boiga kraepelini</i>	I, III, V	CSSW	F	3, 4	LC
17 中国小头蛇 <i>Oligodon chinensis</i>	II, III, IV, V	CSSW	B	3, 4	LC
18 翠青蛇 <i>Cyclophiops major</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	F	3, 4	LC
19 乌梢蛇 <i>Ptyas dhumnades</i>	I, II, III, IV, V, VI	CSSW	F	3, 4	VU
20 灰鼠蛇 <i>Ptyas korros</i>	I, II, III, IV, V	CS	B	3, 4	VU
21 黑背白环蛇 <i>Lycodon ruhstrati</i>	I, II, III, V	CSSW	B	3, 4	LC
22 赤链蛇 <i>Lycodon rufozonatus</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	B	3, 4	LC
23 黄链蛇 <i>Lycodon flavozonatus</i>	I, II, III, IV, V	CSSW	B	3, 4	LC

表 1(续)

物种名 Species	地理分布 Distribution	动物区系 Fauna	生态类型 Ecological type	保护级别 Protection level	濒危等级 Endangerment categories
24 玉斑锦蛇 <i>Euprepiophis mandarinus</i>	I, II, III, V, VI	W	E	3, 4	VU
25 紫灰锦蛇黑线亚种 <i>Oreocryptophis porphyraceus nigrofasciata</i>	I, II, III, IV, V	CSSW	E	3, 4	LC
26 王锦蛇 <i>Elaphe carinata</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	E	3, 4	EN
27 黑眉锦蛇 <i>Elaphe taeniura</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	E	3, 4	VU
(十)两头蛇科 Calamariidae					
28 钝尾两头蛇 <i>Calamaria septentrionalis</i>	I, II, III, V, VI	CSSW	B	3, 4	LC
(十一)水游蛇科 Natricidae					
29 草腹链蛇 <i>Amphiesma stolatum</i>	I, II, III, V	W	E	3, 4	LC
30 丽纹腹链蛇 <i>Hebius optatum</i>	I, II	CSW	E	3, 4	LC
31 坡普腹链蛇 <i>Hebius popei</i> *	I, III	CS	E	3, 4	LC
32 锈链腹链蛇 <i>Hebius craspedogaster</i> *	II, III, V, VI	W	E	3, 4	LC
33 颈棱蛇 <i>Pseudagkistrodon rudis</i> *	III	W	E	3, 4	LC
34 山溪后棱蛇 <i>Opisthotropis latouchii</i> *	I, II, III, IV, V	CS	D	3, 4	LC
35 环纹华游蛇 <i>Trimerodytes aequifasciata</i>	I, III, V, VI	CS	D	3, 4	NT
36 乌华游蛇 <i>Trimerodytes percarinatus</i>	I, II, III, IV, V, VI	CSSW	D	3, 4	NT
37 黄斑渔游蛇 <i>Xenochrophis flavipunctatus</i>	II, III, IV, V, VI	CSSW	D	4	LC
38 虎斑颈槽蛇 <i>Rhabdophis tigrinus</i>	I, II, III, IV, V, VI	W	E	3, 4	LC
(十二)斜鳞蛇科 Pseudoxenodontidae					
39 崇安斜鳞蛇 <i>Pseudoxenodon karlschmidti</i>	III, V	CS	E	3, 4	LC
40 横纹斜鳞蛇 <i>Pseudoxenodon bambusicola</i>	I, III, V	CS	E	3, 4	LC

注: 物种名中, *表示中国特有种。地理分布中, I表示湘西北山原山地区, II表示湘西山地区, III表示湘南山地丘陵区, IV表示湘东山地丘陵区, V表示湘中丘陵区, VI表示湖北洞庭湖平原区。动物区系中, CS表示华中-华南区种, CSW表示华中-西南区种, CSSW表示华中-华南-西南区种, SW表示西南区种, W表示广布种。生态类型中, 对于两栖类, A表示树栖型, Q表示静水型, R表示流水型, TQ表示陆栖静水型; 对于爬行类, B表示灌丛石隙型, C表示穴居型, D表示水栖型, E表示林栖傍水型, F表示树栖型。保护级别中, II表示国家二级重点保护动物, 3表示三有保护动物, 4表示湖南省地方重点保护动物, A I、A II分别表示 CITES 附录 I、II (2019)。濒危等级中, CR表示极危, EN表示濒危, VU表示易危, NT表示近危, LC表示无危, NE表示未评估。

Notes: In the species, * means species endemic to China. In the distribution, I means mountain area in northwestern Hunan Province, II means mountain area in western Hunan Province, III means mountainous and hilly areas in southern Hunan Province, IV means mountainous and hilly areas in eastern Hunan Province, V means hilly areas in central Hunan Province, VI means Dongting Lake plain in northern Hunan Province. In the fauna, CS means Central & South China species, CSW means Central & Southwest China species, CSSW means Central & South & Southwest China species, SW means Southwest China species, W means widespread species. In the ecological type, for amphibians, A means arboreal type, Q means hydrostatic type, R means flow type, TQ means terrestrial hydrostatic type; for reptiles, B means shrub-rock crevice type, C means fossorial type, D means aquatic type, E means woodland near-water type, F means arboreal type. In the protection level, II means the second class in National Key Protected Wild Animal List, 3 means terrestrial wild animals protected by the state that are beneficial or have important economic or scientific research value, 4 means provincial protected animals, A I and A II mean appendix I and II of the CITES (2019), respectively. In the endangerment categories, CR means critically endangered, EN means endangered, VU means vulnerable, NT means near threatend, LC means least concern, NE means not evaluated.

Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES)附录 I、II 中的物种。

2.3 物种相对多度及多样性

此次通道县域内的 3 次调查共记录到两栖爬行动物 1 069 只, 其中两栖类 914 只, 爬行类 155 只。根据相对多度等级划分, 两栖类的数量优势种为川村陆蛙(*Fejervarya kawamurai*) (17.07%); 稀有种有粗皮姬蛙(*Microhyla butleri*) (0.88%)、棘胸蛙(0.88%)、虎纹蛙(0.55%)、台北纤蛙(*Hylarana taipehensis*) (0.33%)和雷山琴蛙(0.33%); 其余为常见种, 占比 1%~10%。爬行类中记录数量最多的物种为原矛头蝮(*Protobothrops mucrosquamatus*) (9.68%)。在 3 次调查中, 2022 年 7 月记录到的两栖爬行物种数量最多, 其次为 9 月、5 月(图 2)。

2022 年 5 月、7 月、9 月共记录到两栖爬行动物 3 目 18 科 64 种 1 069 只, 其 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数分别为 3.314 6 和 0.944 1 (表 2), 较大的 H 值表明该县两栖爬行动物的种间个体分配较均匀, 两栖爬行动物资源较丰富; Pielou 指数为 0.797 0, 说明物种总体分布较为均匀。

2.4 区系相似性分析

两栖爬行动物的区系相似性分析显示, 通道县与湖南省 6 个动物地理区系的相似性值的排序为湘西山地区>湘南山地丘陵区>湘中丘陵区>湘西北山原山地区>湘北洞庭湖平原区>湘东山地

丘陵区(表 3)。由表 3 可知, 除湘西山地区外, 湘南山地丘陵区、湘中丘陵区与通道县的区系关系同样密切, 相似性值分别为 67.05%、66.67%; 另外 3 个动物地理区系湘西北山原山地区、湘北洞庭湖平原区、湘东山地丘陵区与通道县的区系相似度分别为 60.32%、57.22%、53.75%。这也说明通道县与湘西北山原山地区、湘北洞庭湖平原区、湘东山地丘陵区区系的生态环境存在一定差异。

2.5 威胁因素统计结果

进一步对本次调查中 80 条样线的威胁因素予以统计, 结果显示, 栖息地退化或丧失是影响两栖、爬行动物生存与繁衍的关键因素(图 3)。

调查过程中, 共有 69 条样线的两栖、爬行动物受到栖息地退化或丧失的威胁, 该类威胁占有所有威胁因素的 86.25%。其中, 毁林开垦、路桥与房屋建设、旅游开发等是导致通道县两栖、爬行动物栖息地退化或丧失的主要原因。此外, 有 32 条样线的两栖、爬行动物受到人类捕捉的威胁, 其中大多数为有经济食用价值的物种, 如两栖动物中的棘胸蛙、黑斑侧褶蛙(*Pelophylax nigromaculatus*)、寒露林蛙和爬行动物中的乌梢蛇、王锦蛇、尖吻蝮等, 这类威胁占有所有威胁因素的 40.00%; 有 6 条样线的两栖、爬行动物受到环境污染的威胁, 如静水型、溪流型的两栖动物受到农药等化学药品导致的水污染, 这类威胁占有所有威胁因素的 7.50%,

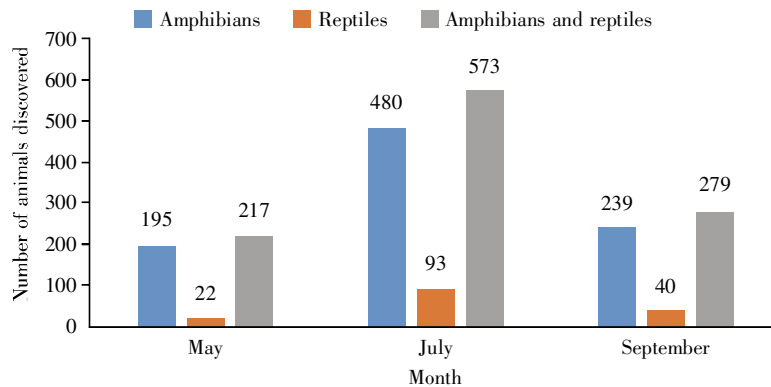


图 2 两栖爬行动物各月份被发现数量

Fig.2 The number of amphibians and reptiles found each month

表 2 通道县两栖爬行动物多样性指数

Table 2 Diversity indexes of amphibians and reptiles in Tongdao County

物种 Species	香农-维纳指数 Shannon-Wiener index (H)	辛普森指数 Simpson index (D)	均匀度指数 Pielou index (J)	物种丰富度 Species richness
两栖类 Amphibians	2.818 2	0.924 7	0.886 8	24
爬行类 Reptiles	3.387 4	0.956 8	0.827 3	40
两栖爬行类 Amphibians and reptiles	3.314 6	0.944 1	0.797 0	64

表 3 通道县与湖南省 6 大地理区系两栖爬行动物之间的平均区系相似性
Table 3 The average faunal resemblance of amphibians and reptiles in Tongdao County to six geographical areas of Hunan Province

地区 Area	物种 Species	数量 Quantity	共有物种数量 Number of common species	相似性指数(A) Index of similarity (A)
通道县 Tongdao County	两栖类 Amphibians	24		
	爬行类 Reptiles	40		
	两栖爬行类 Amphibians and reptiles	64		
湘西北山原山地区 Mountain area in northwestern Hunan Province	两栖类 Amphibians	46	17	0.554 3
	爬行类 Reptiles	62	31	0.637 5
	两栖爬行类 Amphibians and reptiles	108	48	0.603 2
湘西山地区 Mountain area in western Hunan Province	两栖类 Amphibians	37	20	0.686 9
	爬行类 Reptiles	51	30	0.669 1
	两栖爬行类 Amphibians and reptiles	87	50	0.678 0
湘南山地丘陵区 Mountainous and hilly areas in southern Hunan Province	两栖类 Amphibians	58	22	0.668 0
	爬行类 Reptiles	80	36	0.675 0
	两栖爬行类 Amphibians and reptiles	138	58	0.670 5
湘东山地丘陵区 Mountainous and hilly areas in eastern Hunan Province	两栖类 Amphibians	25	12	0.490 0
	爬行类 Reptiles	34	21	0.571 3
	两栖爬行类 Amphibians and reptiles	59	33	0.537 5
湘中丘陵区 Hilly areas in central Hunan Province	两栖类 Amphibians	24	16	0.681 2
	爬行类 Reptiles	60	32	0.666 7
	两栖爬行类 Amphibians and reptiles	84	48	0.666 7
湘北洞庭湖平原区 Dongting Lake plain in northern Hunan Province	两栖类 Amphibians	12	10	0.634 0
	爬行类 Reptiles	28	18	0.546 4
	两栖爬行类 Amphibians and reptiles	40	28	0.572 2

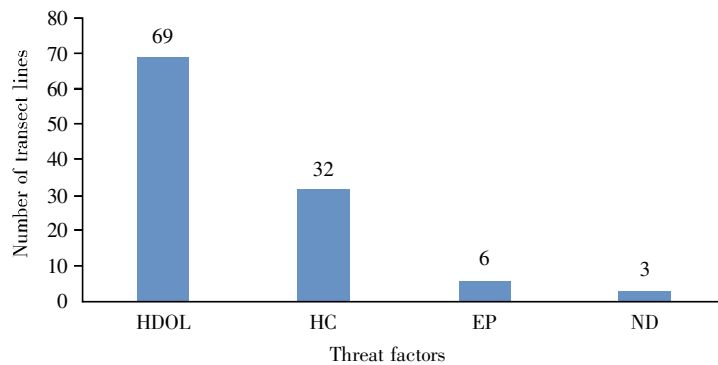


图 3 通道县两栖、爬行动物的威胁因素统计结果

HDOL: 栖息地退化或丧失; HC: 人类捕捉; EP: 环境污染; ND: 自然灾害。

Fig.3 Statistical results of threat factors for amphibians and reptiles in Tongdao County

HDOL: Habitat degradation or loss; HC: Human catch; EP: Environmental pollution; ND: Natural disaster.

其中风电场产生的巨大噪音与油污染、水污染是两栖、爬行动物受到的主要环境污染; 有 3 条样线的两栖、爬行动物受到自然灾害导致的威胁, 这类威胁占有所有威胁因素的 3.75%。

3 讨论

3.1 通道县两栖爬行动物的物种组成特点

湖南省通道县在世界动物地理区系中属于东洋界, 在中国动物地理区系划分中属于华中区。其东邻南岭山脉西部的“八十里大南山”, 南连广西“九万大山”北部山地, 西接云贵高原东缘延伸

地带, 北界雪峰山脉青定山, 为南岭山地、桂北山地、贵州东部山地和雪峰山地的交汇过渡区域^[20]。本次针对该县域两栖爬行类物种的资源调查发现, 该地区的两栖爬行动物区系以华中-华南区为主, 有部分西南区成分渗入(表 1), 表现出明显的由中、南地区向中、西地区扩散过渡的趋势。根据沈猷慧先生的《湖南省两栖动物区系与地理划分》^[21], 通道县应属于湘西山地区, 本文通过对通道县与湖南省 6 大地理区系两栖爬行动物之间的平均区系相似性进行比较发现, 除湘西山地区以外, 该县与湘中丘陵区、湘南山地丘陵区同样具有密切关

系(表 3),造成上述情况的原因在于,通道县地处云贵高原向南岭山地的过渡带,境内地貌:八斗坡以北,东、南、西三面较高,北部隆起,中部凹陷,地势向中、向西倾斜,特殊的地理地貌造就了山地多夹丘陵、谷地,使县域内发现的物种多倾向为丘陵区物种;八斗坡以南,地势由北向南急剧下降,地表切割深,地势起伏大,山高谷深,表现出与湘中丘陵区、湘南山地丘陵区类似的地形地貌特点。这也反映出通道县内物种组成的复杂性。

3.2 通道县两栖爬行动物的物种分布特点

在此次调查到的两栖类动物中,川村陆蛙的个体数量最多,共记录有 156 只,除农田生态类型的样线外,其他生境样线几乎均有分布;其次是沼水蛙(*Hylarana guentheri*),共调查到 89 只,其主要分布在农田及水塘生境的样线,需要指出的是,在山地森林观察到的沼水蛙大多为幼体,这与其繁殖期后分散到水域周围的草丛、林间、山地等地觅食、育肥的生活习性相一致;数量较少的物种包括棘腹蛙、棘胸蛙,受限于物种自身特殊生态需求,调查中它们仅在中高海拔的山地溪流中有发现。在调查到的爬行类动物中,个体数量较多的物种为原矛头蝮、乌华游蛇(*Trimerodytes percarinatus*)和山溪后棱蛇,分别观察到 15 只、12 只、12 只。其中,原矛头蝮记录到的分布生境广泛,包括村庄、马路、山地溪流、林地;乌华游蛇分布栖息在溪流及附近小型灌木上;山溪后棱蛇的分布生境更为单一,仅在中高海拔多乱石的山涧溪流中有发现。这些物种的栖息地类型与样线生境类型表现出高度一致。

3.3 通道县两栖爬行动物的物种分类变动

当前,通道县地区两栖、爬行动物的公开调查资料较少,仅部分资料^[2-6]记录了该县域的两栖爬行动物物种资源,且仅简单记录了物种种类,并无详细的物种名录、物种分布情况以及威胁因素分析。对比以上资料,本次调查在科级分类上变动较小,但是在属级和种级上变动较大,其中共发现两栖类 24 种,包括黄岗臭蛙、台北纤蛙、雷山琴蛙、粤琴蛙等 4 个物种新分布,占本次两栖类调查总物种数的 16.67%;共发现爬行类 40 种,包括股鳞蜓蜥(*Sphenomorphus incognitus*)、钩盲蛇(*Indotyphlops braminus*)、海南闪鳞蛇(*Xenopeltis hainanensis*)、黑背白环蛇(*Lycodon ruhstrati*)、坡普腹链蛇、紫灰锦蛇黑线亚种(*Oreocryptophis porphyraceus nigrofasciata*)等 6 种新发现分布,占本次爬

行类调查总物种数的 15.00%。可能原因是近年来生物技术的进步与分子生物学分类的细化,导致种水平上的分类更为精确详细,以及本次调查样线范围的增加和调查深度的提升。不过,相对于历史资料^[2-6],本次调查未发现两栖类有尾目以及爬行纲中除平胸龟外的其他龟鳖目物种,可能原因在于调查时常遇干旱天气,且物种警觉性较高。

3.4 物种的分子鉴定技术

从分子的角度对物种进行鉴定,往往能够捕捉到近缘物种之间的细微差别,使鉴定结果更加准确^[2]。例如,本研究调查发现的镇海林蛙与寒露林蛙在形态上的差异很难在野外快速辨别,采用分子手段则能快速准确地辨别两个物种。同时,分子鉴定对标本要求较低,对形态受损的样品也能做到准确鉴定,这能帮助调查和鉴别一些形态严重受损,无法通过传统形态分类方法鉴别的物种。但是,分子鉴定速度通常较传统分类学慢,且部分物种的遗传序列并未被数据库收录,生物信息收录不足将制约分子鉴定的结果^[23]。在生物物种多样性调查中,形态鉴定和分子鉴定结合运用,将对调查结果给予一定的数据补充。可以预见,随着分子生物学技术的不断发展,物种的分子鉴定技术将日益完善,并更好地在生物调查中辅助传统形态分类鉴定物种。

3.5 两栖爬行动物的保护对策与建议

生态环境保护是当代社会一项重要的议题。尽管本次调查结果显示,通道县两栖爬行动物总体的物种多样性、物种多度及均匀度尚可(表 2),但境内两栖爬行动物仍面临着以人为干扰为主的严重威胁。针对通道县境内两栖爬行动物多样性保护方面面临的威胁因素,提出以下保护对策与建议。

1) 正确处理旅游开发、风电项目开发与两栖爬行动物保护的关系。道路建设导致两栖爬行动物生境破碎化,使斑块边缘效应加剧^[24-25]。生境破碎化产生的阻隔效应不仅减小了物种栖息地面积,影响了两栖爬行动物觅食、繁衍等正常生命活动,更极大程度加剧了两栖爬行动物在穿越公路时致死的可能性^[26]。风电场叶片和机械运转会产生巨大噪音、气流扰动、局部干旱和高温^[27],同时风机运营及维护可能会引发油污染和水污染等^[28]。因此,建议根据两栖爬行动物的习性,适当建立能支持物种基因流动,避免生物多样性丧失的生物廊道,并且在适当位置建立警示牌,降低车辆

致死的发生率;在风电项目开发中,建议最大程度使用清洁能源,尽可能降低项目对环境的污染,发挥更大的社会和环境效益。

2) 加强对非法捕杀野生动物的打击力度和资源可持续利用管理。在调查过程中我们发现,人们仍存在野生动物“滋补”的观念并捕捉食用的习惯,说明当地居民对捕杀野生动物的危害及个人法律行为认知不深。因此,相关部门应完善当地科教及宣传力度,加强当地居民的环境保护意识,树立民众对资源可持续利用的正确认知。

3) 加强分子生物学等多种方法在物种鉴定上的运用。近些年对两栖、爬行动物的深入研究^[19, 22]表明,单一运用传统形态学的鉴定方法,大大低估了两栖、爬行动物的物种多样性,启示科研人员今后在坚持野外调查的同时,可以将形态学鉴定与分子生物学、鸣声特征比较等方法结合起来,同时也要加大对地理位置特殊的湘西地区的调查力度,探索更多可能被低估的生物多样性。

4) 开展极危、濒危两栖爬行动物物种专项调查。通道县域内存在高数目受威胁物种,而其中许多物种仍缺乏近期调查的基础生物学、生态学数据,使研究人员无法准确评估其生存状态,建议尽快对这些物种开展专项调查,明确其目前县域内的种群数量及具体分布范围,以制定科学有效的保护措施。

参考文献(References):

- [1] 梁庆勇,姚宗理,吴少武,等.通道县生物多样性调查[J].绿色科技(LIANG Qingyong, YAO Zongli, WU Shaowu, et al. Biodiversity investigation in Tongdao County[J]. Journal of Green Science and Technology), 2016, 18(14): 11-13.
- [2] 李星照,陆奇勇,袁正科,等.湖南省通道侗族自治县生物多样性调查与研究[M].长沙:湖南科学技术出版社(LI Xingzhao, LU Qiyong, YUAN Zhengke, et al. Investigation and Study on Biodiversity in Tongdao Dong Autonomous County, Hunan Province[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press), 2010: 1-372.
- [3] 龙丁秀,杨丹,薛冰峰,等.湖南省通道县野生动物资源的调查研究[J].绿色科技(LONG Dingxiu, YANG Dan, XUE Bingfeng, et al. Investigation on wildlife resources in Tongdao County of Hunan Province[J]. Journal of Green Science and Technology), 2015, 17(11): 160-163.
- [4] 张海浪,刘国云,袁正科.湖南省通道县龙底沟谷森林生态系统自然保护区自然资源研究[M].长沙:湖南科学技术出版社(ZHANG Hailang, LIU Guoyun, YUAN Zhengke. Study on Natural Resources of Longdi Forest Ecosystem Nature Reserve in Tongdao County, Hunan Province[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press), 2003: 1-264.
- [5] 李进斌,杨友海,杨利勋,等.通道县子遗珍稀濒危野生动植物资源的调查[J].绿色科技(LI Jinbin, YANG Youhai, YANG Lixun, et al. Investigation of relict rare and endangered wild-life resources in Tongdao County[J]. Journal of Green Science and Technology), 2016, 18(14): 8-10.
- [6] 张志强,曾垂亮,陆奇勇.湖南通道玉带河国家湿地公园资源本底科学考察报告[M].北京:中国纺织出版社(ZHANG Zhiqiang, ZENG Chuiliang, LU Qiyong. A Report on the Scientific Investigation of the Resources of Yudaihe National Wetland Park in Tongdao County, Hunan Province[M]. Beijing: China Textile & Apparel Press), 2021: 1-162.
- [7] 费梁,叶昌媛,江建平.中国两栖动物及其分布彩色图鉴[M].成都:四川科学技术出版社(FEI Liang, YE Changyuan, JIANG Jianping. Colored Atlas of Chinese Amphibians and Their Distributions[M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press), 2012: 1-519.
- [8] 中国野生动物保护协会.中国爬行动物图鉴[M].郑州:河南科学技术出版社(China Wildlife Conservation Association. Atlas of Reptiles of China[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press), 2002: 1-347.
- [9] 沈猷慧,杨道德,莫小阳,等.湖南动物志:两栖纲[M].长沙:湖南科学技术出版社(SHEN Youhui, YANG Daode, MO Xiaoyang, et al. Fauna Hunan: Amphibia[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press), 2014: 1-347.
- [10] 江建平,谢锋,李成,等.中国生物物种名录:第二卷 动物脊椎动物(IV) 两栖纲[M].北京:科学出版社(JIANG Jianping, XIE Feng, LI Cheng, et al. Species Catalogue of China: Vol. 2 Animals, Vertebrates (IV), Amphibia[M]. Beijing: Science Press), 2020: 1-129.
- [11] 中国科学院昆明动物研究所.中国两栖类[DB/OL]. [2023-04-08]. <http://www.amphibiachina.org/>.
- [12] 王凯,任金龙,陈宏满,等.中国两栖、爬行动物更新名录[J].生物多样性(WANG Kai, REN Jinlong, CHEN Hongman, et al. The updated checklists of amphibians and reptiles of China[J]. Biodiversity Science), 2020, 28(2): 189-218.
- [13] 江建平,谢锋,李成,等.中国生物多样性红色名录:脊椎动物 第四卷 两栖动物(下册)[M].北京:科学出版社(JIANG Jianping, XIE Feng, LI Cheng, et al. China's Red List of Biodiversity: Vertebrates Vol. IV, Amphibians (II)[M]. Beijing: Science Press), 2021: 414-1052.
- [14] 张荣祖.中国动物地理[M].北京:科学出版社(ZHANG Rongzu. Zoogeography of China[M]. Beijing: Science Press), 2011: 1-330.
- [15] 方小斌,周奕琳,杨璐伊,等.浙江省古田山国家级自然保护区两栖爬行动物资源现状[J].四川动物(FANG Xiaobin, ZHOU Yilin, YANG Luyi, et al. Amphibian and reptilian resources of Gutian Mountain National Nature Reserve in Zhejiang Province[J]. Sichuan Journal of Zoology), 2013, 32(1): 125-130.
- [16] 高志伟,钱天宇,江建平,等.湖南省两栖、爬行动物物种多样性及其地理分布[J].生物多样性(GAO Zhiwei, QIAN Tianyu, JIANG Jianping, et al. Species diversity and distribution of amphibians and reptiles in Hunan Province, China[J]. Biodiversity Science), 2022, 30(2): 21290.
- [17] 吴炳贤,杨道德,刘应志,等.湖南黄桑国家级自然保护区两栖爬行动物多样性及区系分析[J].四川动物(WU Bingxian, YANG Daode, LIU Yingzhi, et al. Analysis on herpetological diversity and fauna in Huangsang National Nature Reserve, Hunan Province[J]. Sichuan Journal of Zoology), 2016, 35(4): 601-607.
- [18] LI S Z, WEI G, XU N, et al. A new species of the Asian micro frog genus *Nidirana* (Amphibia, Anura, Ranidae) from Southwestern China[J]. PeerJ, 2019, 7: e7157.
- [19] 刘京,程彦林,周钊,等.湖南通道发现雷山琴蛙[J].动物学杂志(LIU Jing, CHENG Yanlin, ZHOU Zhao, et al. *Nidirana leishanensis* found in Tongdao, Hunan[J]. Chinese Journal of Zoology), 2022, 57(1): 105-111.

- [20] 薛冰峰, 刘丹, 杨丹, 等. 通道县森林资源变化动态分析及保护措施探讨[J]. 绿色科技(XUE Bingfeng, LIU Dan, YANG Dan, *et al.* Analysis on the dynamic change of forest resources in Tongdao County and discussion on the conservation strategies[J]. Journal of Green Science and Technology), 2015(11): 105-108.
- [21] 沈猷慧. 湖南省两栖动物区系与地理区划[M]//杨道德, 王斌, 莫小阳. 沈猷慧先生文集. 长沙: 湖南师范大学出版社(SHEN Youhui. Amphibian fauna and geographical division of Hunan Province[M]//YANG Daode, WANG Bin, MO Xiaoyang. Collected Works of Mr. Shen Youhui[M]. Changsha: Hunan Normal University Press), 2019: 147-151.
- [22] 王彬, 杨刘洋, 王明胜, 等. 安徽青阳县、石台县两栖爬行动物生物多样性及区系特征分析[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版) (WANG Bin, YANG Liuyang, WANG Mingsheng, *et al.* Analysis of amphibian and reptile biodiversity and floristic characteristics in Qingyang County and Shitai County, Anhui, China[J]. Journal of Anhui Normal University (Natural Science)), 2022, 45(2): 144-153.
- [23] 邱旻, 陈清, 柯雪梅. 基因鉴定技术在拟钉螺亚科物种鉴定中的应用进展[J]. 中国当代医药(QIU Min, CHEN Qing, KE Xuemei. Application progress of gene identification technology in species identification of Triculinae[J]. China Modern Medicine), 2016, 23(34): 11-14.
- [24] 张爽爽. 风电场建设对生态环境影响的研究: 以锡林郭勒盟灰腾梁风电场为例[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学(ZHANG Shuangshuang. Research on Ecological Environment Impacts Because of the Wind Power Plant Construction: Take Huitengliang Wind Power Plant as Example[D]. Hohhot: Inner Mongolia University), 2012.
- [25] 李勇. 五台山林区风力发电使用林地生态影响分析[J]. 山西林业(LI Yong. Analysis on the ecological impact of forest use for wind power plant in Wutaishan[J]. Forestry of Shanxi), 2019(5): 22-23.
- [26] 莫吉炜. 湖南莽山国家级自然保护区两栖爬行动物公路死亡研究及生物通道设计[D]. 长沙: 中南林业科技大学(MO Jiwei. The Research on Herpetological Roadkill and Wildlife Undercrossing Design in Hunan Mangshan National Nature Reserve[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology), 2009.
- [27] 陈洪林, 敬曼曼. 风能大规模利用对环境的影响[J]. 南方农机(CHEN Honglin, JING Manman. The impact of large-scale utilization of wind energy on environment[J]. China Southern Agricultural Machinery), 2019, 50(19): 131-132.
- [28] 刘宗恺. 风力发电对水生态环境的影响分析[J]. 山西水利(LIU Zongkai. Analysis on influence of wind power on water ecological environment[J]. Shanxi Water Resources), 2019, 35(8): 31-32.

《生命科学研究》生态学专栏征稿启事

一、刊登范围

1. 群落结构及生物多样性的资源调查与维持或保护机制研究;
2. 基于生物有机体开展的生态系统空间分布格局与动态变化机制研究;
3. 基于动物、植物、微生物开展的生态系统对全球变化的响应与适应机制研究;
4. 生物地球化学循环与生物环境控制机制研究;
5. 生物防治和生态毒理方面的基础与应用研究;
6. 生物资源的开发与利用;
7. 生物资源在生态环境建设中的应用;
8. 聚焦生物生态学的各种技术手段的开发与应用;等等。

研究内容可从以上几方面考虑(但不局限于此)。

二、来稿要求及权益

1. 来稿均须原创,严禁抄袭,字数控制在 6 000 字左右,要求层次清晰,逻辑严谨,行文流畅,数据可靠,图片无版权纠纷,观点鲜明,创新性强,无政治性差错。
2. 来稿须使用规范汉字,严格按本刊格式要求规范撰写。
3. 来稿免收审稿费,通过本刊外审和终审的稿件,电子版于 15 个工作日内在“中国知网”网络首发平台全文出版,纸质版论文在 4 个月内优先发表。
4. 正式见刊的稿件均由本刊负责付费在同方知网平台上进行大力推广,增加曝光率和引用率。

三、联系方式

投稿网址: <http://smkx.hunnu.edu.cn>

E-mail: smkxyj@hunnu.edu.cn; life@hunnu.edu.cn

地址:长沙市湖南师范大学生命科学学院 1 号楼 105 房《生命科学研究》编辑部,邮编:410081

电话:0731-88872616