

湖南高望界国家级自然保护区两栖爬行动物多样性调查及区系分析

黄 杰¹, 杨鑫宇¹, 唐依萍¹, 刘 昕¹, 刘 慧¹, 刘陈义¹, 谭叶琛¹, 张自亮²,
徐培培³, 张佑祥^{1*}, 吴 涛^{1*}

(1. 吉首大学 生物资源与环境科学学院, 中国湖南 吉首 416000; 2. 湖南高望界国家级自然保护区管理局, 中国湖南 湘西自治州 416000; 3. 古丈县高望界国有林场, 中国湖南 湘西自治州 416000)

摘 要: 2022—2023 年, 运用样线法调查了湖南高望界国家级自然保护区两栖爬行动物多样性, 并分析了其区系特征。共记录到两栖爬行动物 3 目 19 科 44 属 60 种, 其中省新纪录 1 种, 新种 1 种, 动物区系组成以东洋界种为主, 广布种次之。进一步的数据分析显示, 高望界国家级自然保护区两栖爬行动物的香农-维纳多样性指数、物种均匀度指数、辛普森指数均较低, 说明该地区此类生物的保护亟待加强。本次调查进一步掌握了高望界国家级自然保护区两栖爬行动物的资源现状, 为两栖爬行动物的系统地理研究与保护提供了参考依据。

关键词: 高望界国家级自然保护区; 湖南省; 两栖动物; 爬行动物; 物种多样性

中图分类号: Q958

文献标志码: A

文章编号: 1007-7847(2024)05-0419-11

Species Diversity and Faunal Characteristics of Amphibians and Reptiles in Gaowangjie National Nature Reserve, Hunan Province

HUANG Jie¹, YANG Xinyu¹, TANG Yiping¹, LIU Xin¹, LIU Hui¹, LIU Chenyi¹,
TAN Yechen¹, ZHANG Ziliang², XU Peipei³, ZHANG Youxiang^{1*}, WU Tao^{1*}

(1. College of Biology and Environmental Sciences, Jishou University, Jishou 416000, Hunan, China; 2. Hunan Gaowangjie National Nature Reserve Administration, Xiangxi Tujiazu & Miaozi Autonomous Prefecture 416000, Hunan, China; 3. Gaowangjie State Owned Forest Farm in Guzhang County, Xiangxi Tujiazu & Miaozi Autonomous Prefecture 416000, Hunan, China)

Abstract: During 2022 to 2023, the diversity of amphibians and reptiles was investigated in the Gaowangjie National Nature Reserve of Hunan Province by the sample line method, and their faunal characteristics were analyzed. A total of 60 species of amphibians and reptiles were recorded, belonging to 44 genera, 19 families, and 3 orders, among which one species was identified as a new record for Hunan Province and one species was recognized as a novel species. The faunal composition was dominated by Oriental species, followed by widespread species. Further analysis showed that the Shannon-Wiener index, Pielou index, and Simpson index of amphibians and reptiles in the Gaowangjie National Nature Reserve were all low, suggesting that the protection of these organisms urgently needs to be strengthened. Through this survey, a deeper grasp of the current status of amphibian and reptile resources in Gaowangjie National Nature Reserve was obtained, benefiting systematic geographic research and protection of the animals.

Key words: Gaowangjie National Nature Reserve; Hunan Province; amphibian; reptile; species diversity

(Life Science Research, 2024, 28(5): 419-429)

收稿日期: 2023-12-22; 修回日期: 2024-03-20; 网络首发日期: 2024-09-20

基金项目: 湖南省财政厅国家重点野生动植物保护项目“古丈县自然保护地雉类的保护与监测研究”

作者简介: 黄杰(2001—), 男, 湖南邵阳人, 学生, E-mail: 2993171853@qq.com; * 通信作者: 吴涛(1992—), 男, 苗族, 湖南湘西土家族苗族自治州人, 讲师, 主要从事动物分类及行为生态研究, E-mail: 623725242@qq.com; 张佑祥(1966—), 男, 苗族, 湖南湘西土家族苗族自治州人, 副教授, 主要从事动物学研究, E-mail: yxzhang12@126.com。

高望界国家级自然保护区(东经 $110^{\circ}00'29''$ ~ $110^{\circ}14'38''$, 北纬 $28^{\circ}38'00''$ ~ $28^{\circ}45'35''$)毗邻小溪国家级自然保护区和借母溪国家级自然保护区, 位于武陵山脉中段, 属于湘西北山地区^[1], 是全球 200 个重要生态区的组成部分。区内地貌结构独特, 地势崎岖陡峭, 沟壑纵横, 森林密布, 由于受第四纪冰川活动的影响较小, 保存了大片低海拔常绿阔叶原始次生林植被, 为两栖爬行动物提供了优越的生存环境。

2014 年, 宿秀江等^[2]将高望界国家级自然保护区历年调查的文献资料和科学考察数据整理成《湖南高望界国家级自然保护区综合科学考察报告》, 该报告记录了保护区内两栖动物 22 种, 爬行动物 45 种, 但由于当时未采用分子技术, 生物多样性可能被低估。随着近年来分子技术的广泛使用, 大量两栖爬行动物的分类发生变动。基于此, 吉首大学生物资源与环境科学学院联合湖南高望界国家级自然保护区管理局开展了为期 1 年的两栖爬行动物多样性调查研究, 以期为准评估高望界国家级自然保护区内两栖爬行动物的资源状况提供基础数据, 为制定科学的保护措施提供参考资料。

1 方法

1.1 调查方法

鉴于两栖爬行动物对水源依赖程度高, 我们以沿溪设计为主要原则, 综合高望界国家级自然保护区的地形地势、森林植被、人为干扰等因素, 共计划分 66 条两栖爬行动物调查样线, 每条样线的长度为 500~700 m (图 1)。调查时间原定 2022

年 5 月、6 月、7 月、8 月, 后因 2022 年部分样线未进行调查, 于 2023 年 5 月、6 月进行补充调查。

夜间调查时段为 19:30—23:00, 2~3 人一组, 每条样线的调查时间为 30 min 左右, 尽量做到不遗漏任何物种, 调查时详细记录时间、地点、经纬度、海拔、生境、物种个体情况、受干扰因素等信息, 并用两步路户外助手记录行进轨迹。所有记录物种均拍摄照片, 对于形态保守的类群进行采样, 带回实验室使用分子技术鉴定。

1.2 物种鉴定

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》^[3]《中国爬行动物图鉴》^[4]《湖南动物志 两栖纲》^[5]《湖南动物志 爬行纲》^[6], 以及“中国两栖类”信息系统^[7]和近期发表的文章^[1, 8-10]。动物区系、濒危等级、保护等级则依据《中国动物地理》^[11]《中国生物多样性红色名录 脊椎动物 第三卷 爬行动物(上册)》^[12]《中国生物多样性红色名录 脊椎动物 第三卷 爬行动物(下册)》^[13]《中国生物多样性红色名录 脊椎动物 第四卷 两栖动物(上册)》^[14]《中国生物多样性红色名录 脊椎动物 第四卷 两栖动物(下册)》^[15]和《国家重点保护野生动物名录》(2021; https://www.gov.cn/zhengce/2021-02/05/content_5727412.htm)。

针对从形态难以鉴定的物种, 采集适量的标本。使用 Ezup 柱式动物基因组 DNA 抽提试剂盒(上海生工生物工程股份有限公司)提取保存于乙醇中的肌肉组织 DNA。随后, 利用合适的引物, 采用 PCR 扩增基因片段并测序。16S *rRNA* 基因、*COI* 基因和 *Cytb* 基因的 PCR 扩增引物分别为 L3975 与 H4551^[16]、Chfm4 与 Chrm4^[17]、L14915 与

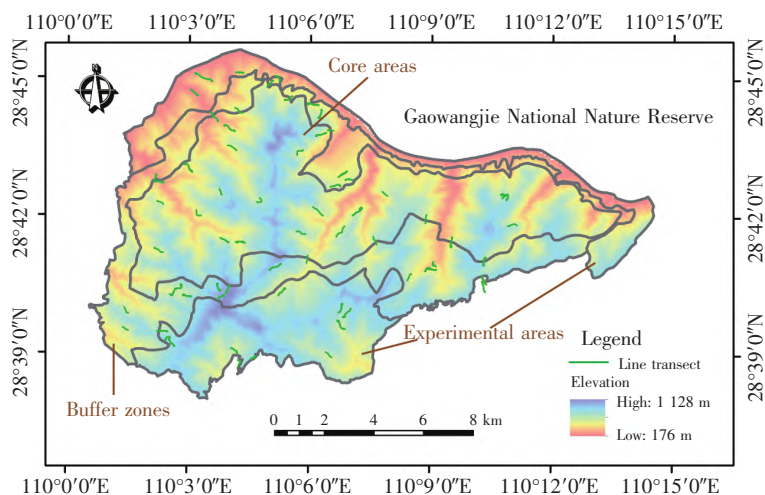


图 1 高望界国家级自然保护区两栖爬行动物调查样线图

Fig.1 Line transect map of amphibian and reptile survey in Gaowangjie National Nature Reserve

H16064^[18], PCR 扩增条件和步骤分别参考文献[19]、[20]、[21]。L3975 和 H4551 用于两栖纲部分物种的鉴定, Chfm4 和 Chrm4 用于脊蛇属(*Achalinus*)物种的鉴定, L14915 和 H16064 用于东亚腹链蛇属(*Hebius*)、白环蛇属(*Lycodon*)、两头蛇属(*Calamaria*)、后棱蛇属(*Opisthotropis*)、小头蛇属(*Oligodon*)物种的鉴定。经电泳检测后, 选取大小符合要求的 DNA 扩增产物交由上海生工生物工程股份有限公司测序。文中系统发育树所用新序列均上传至 GenBank 数据库, 登录号分别是 PQ394804~PQ394829 和 OR161055。所得序列使用 NCBI 数据库中的 BLAST 进行比对, 并使用 MEGA 11.0 以最大似然法(maximum likelihood)构建系统发育树, 最佳模型见图 2。最后, 经形态比对, 确定标本所属物种。

1.3 数据分析

1.3.1 优势度分析

Berger-Parker 优势度的计算公式为 $P_i = \frac{N_i}{N} \times$

100%, 式中, P_i 表示优势度指数, N_i 表示物种 i 的个体数, N 为动物个体总数。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

以香农-维纳多样性指数(Shannon-Wiener index, H)、物种均匀度指数(Pielou index, J)和辛普森指数(Simpson index, D)评估高望界国家级自然保护区两栖爬行动物的物种多样性。香农-维纳多样性

指数计算公式为 $H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$, 式中 S 为群落总物种数; 物种均匀度指数计算公式为 $J = H/H_{\max}$, $H_{\max} = \ln S$, 式中 $H_{\max}$ 为最大香农-维纳多样性指数值; 辛普森指数计算公式为 $D = -\sum_{i=1}^S P_i^2$ 。

2 结果

2.1 物种组成

两轮生物多样性调查共发现两栖爬行动物 3 目 19 科 44 属 60 种(表 1), 其中两栖动物 2 目 8 科 18 属 26 种, 爬行动物 1 目 11 科 26 属 34 种。在两栖纲(Amphibia)中, 蛙科(Ranidae)物种组成最为丰富, 共计 5 属, 10 种; 在爬行纲(Reptilia)中, 游蛇科(Colubridae)物种组成最为丰富, 共计 8 属 11

种。在此次调查所发现的物种中, 中国特有种 19 种, 分别为红点齿蟾(*Oreolalax rhodostigmatus*)、崇安髭蟾瑶山亚种(*Leptobrachium liui yaoshanensis*)、武陵掌突蟾(*Leptobrachella wulingensis*)、雪峰山角蟾(*Boulenophrys xuefengmontis*)、三港雨蛙(*Hyla sanchiangensis*)、徂徕林蛙(*Rana culaiensis*)、镇海林蛙(*R. zhenhaiensis*)、寒露林蛙(*R. hanluica*)、黄岗臭蛙(*Odorrana huanggangensis*)、中华湍蛙(*Amolops sinensis*)、大树蛙(*Zhangixalus dennysi*)、北草蜥(*Takydromus septentrionalis*)、云开脊蛇(*Achalinus yunkaiensis*)、平鳞钝头蛇(*Pareas boulengeri*)、福建钝头蛇(*P. stanleyi*)、龙胜小头蛇(*Oligodon lungshenensis*)、华西腹链蛇(*Hebius maximus*)、山溪后棱蛇(*Opisthotropis latouchii*)和赵氏后棱蛇(*O. zhaoermii*)。

本次调查在使用 L14915 和 H16064 对东亚腹链蛇属物种进行分子鉴定时, 发现了湖南省蛇类新纪录——华西腹链蛇, 详细内容已在文献[22]中报道。2023 年, 李辉等^[20]、马舜等^[23]报道, 湖南湘西山地区分布有云开脊蛇(系湖南省分布新纪录)。同年, 此次调查采集到脊蛇属物种标本, 通过扩增其 *COI* 基因进行分子鉴定, 确定湘西北山地区也分布有云开脊蛇(图 2B)。

在此次调查中, 我们使用引物 L3975 和 H4551 对疣螈属(*Tylototriton*)、拟髭蟾属(*Leptobrachium*)、掌突蟾属(*Leptobrachella*)、布角蟾属(*Boulenophrys*)、雨蛙属(*Hyla*)、林蛙属(*Rana*)、湍蛙属(*Amolops*)、臭蛙属(*Odorrana*)、陆蛙属(*Fejervarya*)和泛树蛙属(*Polypedates*)物种进行了分子鉴定, 基本确定高望界国家级自然保护区拟髭蟾属、掌突蟾属(图 2F)、布角蟾属(图 2C)、雨蛙属、湍蛙属(图 2D)、陆蛙属和泛树蛙属(图 2E)均仅存 1 种, 臭蛙属存在花臭蛙-黄岗臭蛙复合体(图 2A), 这与何玉晓等^[24]的研究相符合。此外, 布角蟾属、疣螈属和大绿臭蛙种组(*O. graminea* species group)物种的分子鉴定有新发现。布角蟾属鉴定的物种为 Lyu 等^[9]于湘西山地区发现的新种——雪峰山角蟾, 此次在湘西北山地区的发现(图 2C), 揭示了其模式产地外第 2 个分布地。疣螈属鉴定出一新种——高望界疣螈(*Tylototriton gaowangjienensis*) (新种文章已被接收, 待刊), 其濒危等级与保护级别参考疣螈属其他物种。大绿臭蛙种组标本的 16S *rRNA* 基因与臭蛙属已知物种存在极大分子差异(图 2A)。根据 Liu 等^[10]的研究, 大绿臭蛙种组在中国共计 5 种, 其中 3 种已定种, 隐存未定种 2 种, 1 未定种的分布延

伸至湖南,而大绿臭蛙(*O. graminea*)在国内仅分布于广东、广西和海南;依据“中国两栖类”信息系统^[7],大绿臭蛙广泛分布于我国南方。为保证物种

鉴定的准确性,本文将湖南高望界国家级自然保护区鉴定的大绿臭蛙种组物种定为大绿臭蛙的同名异物(*O. cf. graminea*)。

表 1 湖南高望界国家级自然保护区两栖爬行动物名录、资源量、区系划分、濒危等级、保护级别及生境类型
Table 1 Species list, resource quantity, fauna classification, endangerment category, protection level and habitat type of amphibians and reptiles in Gaowangjie National Nature Reserve, Hunan Province

物种名 Species	资源量 Resource quantity	动物区系 Fauna	濒危等级 Endangerment categories	保护级别 Protection level	生境类型 Habitat type
两栖纲 Amphibia					
(一) 有尾目 Caudata					
1. 大鲵科 Cryptobranchidae					
1) 大鲵 <i>Andrias davidianus</i>	—	W	CR	II	R, Q
2. 蝾螈科 Salamandridae					
2) 高望界疣螈 <i>Tylotriton gaowangjienensis</i>	++	C	VU	II	TQ
(二) 无尾目 Anura					
3. 角蟾科 Megophryidae					
3) 红点齿蟾 <i>Oreolalax rhodostigmatus</i>	+	SW	VU	3, X	C
4) 崇安髭蟾瑶山亚种 <i>Leptobrachium liui yaoshanensis</i>	+	C	NT	3, X	TR
5) 峨眉髭蟾 <i>Leptobrachium boringii</i>	—	C	EN	II	TR
6) 武陵掌突蟾 <i>Leptobrachella wulingensis</i>	+	C	NE	3, X	TR
7) 雪峰山角蟾 <i>Boulenophrys xuefengmontis</i>	+	C	NE		TR
4. 蟾蜍科 Bufonidae					
8) 中华蟾蜍指名亚种 <i>Bufo gargarizans gargarizans</i>	++	W	LC	3, X	TQ
5. 雨蛙科 Hylidae					
9) 三港雨蛙 <i>Hyla sanchiangensis</i>	+	CS	LC	3, X	A
10) 华西雨蛙武陵亚种 <i>Hyla annectans wulingensis</i>	—	C	LC	3, X	A
6. 蛙科 Ranidae					
11) 徂徕林蛙 <i>Rana culaiensis</i>	++	CS	DD		TQ
12) 寒露林蛙 <i>Rana hanluica</i>	++	CS	LC		TQ
13) 镇海林蛙 <i>Rana zhenhaiensis</i>	++	CS	LC		TQ
14) 中华湍蛙 <i>Amolops sinensis</i>	+++	CS	NE		R
15) 沼水蛙 <i>Hylarana guentheri</i>	++	CSSW	LC	3, X	TQ
16) 阔褶水蛙 <i>Hylarana latouchii</i>	++	CS	LC	3, X	TQ
17) 大绿臭蛙 <i>Odorrana cf. graminea</i>	++	CS	LC	3, X	TQ, TR
18) 花臭蛙 <i>Odorrana schmackeri</i>	++	CS	LC	3, X	TQ, TR
19) 黄岗臭蛙 <i>Odorrana huanggangensis</i>	+++	CS	LC		TQ, TR
20) 绿臭蛙 <i>Odorrana margaretae</i>	—	CSW	LC	3, X	TQ, TR
21) 黑斑侧褶蛙 <i>Pelophylax nigromaculatus</i>	+++	W	NT	3, X	TQ
22) 弹琴蛙 <i>Nidirana adenopleura</i>	—	CSSW	LC	3, X	TQ
7. 叉舌蛙科 Dicroglossidae					
23) 虎纹蛙 <i>Hoplobatrachus chinensis</i>	+	CS	EN	II	TQ
24) 川村陆蛙 <i>Fejervarya kawamurai</i>	+++	W	LC		TQ
25) 棘腹蛙 <i>Quasipaa boulengeri</i>	++	W	VU	3, X	TR
8. 树蛙科 Rhacophoridae					
26) 布氏泛树蛙 <i>Polypedates braueri</i>	++	CSSW	LC		A
27) 大树蛙 <i>Zhangixalus dennysi</i>	++	W	LC	3, X	A
9. 姬蛙科 Microhylidae					
28) 粗皮姬蛙 <i>Microhyla butleri</i>	+	CSSW	LC	3, X	TQ
29) 饰纹姬蛙 <i>Microhyla fissipes</i>	++	W	LC	3, X	TQ
30) 小弧斑姬蛙 <i>Microhyla heymonsi</i>	++	CSSW	LC	3, X	TQ
31) 花姬蛙 <i>Microhyla pulchra</i>	+	CS	LC	3, X	TQ
爬行纲 Reptilia					
(一) 龟鳖目 Testudines					
1. 鳖科 Trionychidae					
1) 中华鳖 <i>Pelodiscus sinensis</i>	—	W	EN	3, X	D
2. 地龟科 Geoemydidae					
2) 乌龟 <i>Mauremys reevesii</i>	—	W	EN	II	D

表 1(续)

物种名 Species	资源量 Resource quantity	动物区系 Fauna	濒危等级 Endangerment categories	保护级别 Protection level	生境类型 Habitat type
(二) 有鳞目 Squamata					
3. 壁虎科 Gekkonidae					
3) 多疣壁虎 <i>Gekko japonicus</i>	+	CS	LC	3	B
4) 铅山壁虎 <i>Gekko hokouensis</i>	—	CS	LC	X	B
4. 石龙子科 Scincidae					
5) 铜蜓蜥 <i>Sphenomorphus in dicus</i>	+	W	LC	3, X	B
6) 股鳞蜓蜥 <i>Sphenomorphus incognitus</i>	+	CS	LC	3	B
7) 中国石龙子 <i>Plestiodon chinensis</i>	+	W	LC	3, X	B
8) 蓝尾石龙子 <i>Plestiodon elegans</i>	—	W	LC	3	B
5. 蜥蜴科 Lacertidae					
9) 北草蜥 <i>Takydromus septentrionalis</i>	+	W	LC	3, X	B
6. 蛇蜥科 Anguidae					
10) 脆蛇蜥 <i>Dopasia harti</i>	—	CSSW	EN	II	B
7. 闪皮蛇科 Xenodermatidae					
11) 云开脊蛇 <i>Achalinus yunkaiensis</i>	+	C	NE	3	S
12) 黑脊蛇 <i>Achalinus spinalis</i>	—	CSSW	LC	3, X	S
8. 钝头蛇科 Pareatidae					
13) 平鳞钝头蛇 <i>Pareas boulengeri</i>	+	C	LC	3	B
14) 福建钝头蛇 <i>Pareas stanleyi</i>	+	C	VU	3	B
9. 蝰科 Viperidae					
15) 白头蝰 <i>Azemiops kharini</i>	+	CSSW	VU	3, X	B
16) 原矛头蝰 <i>Protobothrops mucrosquamatus</i>	+	W	LC	3, X	B
17) 菜花原矛头蝰 <i>Protobothrops jerdonii</i>	—	W	LC	3, X	B
18) 尖吻蝰 <i>Deinagkistrodon acutus</i>	+	CS	EN	3, X	B
19) 福建竹叶青 <i>Trimeresurus stejnegeri</i>	—	W	LC	3, X	B, F
20) 短尾蝰 <i>Gloydius brevicaudus</i>	—	W	NT	3, X	B
21) 山烙铁头 <i>Ovophis monticola</i>	—	CSSW	LC	3	B
10. 斜鳞蛇科 Pseudoxenodontinae					
22) 横纹斜鳞蛇 <i>Pseudoxenodon bambusicola</i>	—	CS	LC	3, X	E
23) 大眼斜鳞蛇 <i>Pseudoxenodon macrops</i>	—	W	LC	3, X	E
11. 眼镜蛇科 Elapidae					
24) 银环蛇 <i>Bungarus multicinctus</i>	+	CSSW	VU	3, X	E
25) 中华珊瑚蛇 <i>Sinomicrurus maclellandi</i>	+	CSSW	LC	3, X	E
12. 游蛇科 Colubridae					
26) 绞花林蛇 <i>Boiga kraepelini</i>	+	CSSW	LC	3, X	F
27) 龙胜小头蛇 <i>Oligodon lungshenensis</i>	+	C	NT	3	B
28) 中国小头蛇 <i>Oligodon chinensis</i>	—	CS	LC	3, X	B
29) 翠青蛇 <i>Cyclophiops major</i>	+	W	LC	3, X	F
30) 乌梢蛇 <i>Ptyas dhumnades</i>	+	CSSW	VU	3, X	F
31) 滑鼠蛇 <i>Ptyas mucosa</i>	—	CSSW	EN	3, X, 4	B
32) 灰鼠蛇 <i>Ptyas korros</i>	—	CS	VU	3, 4	B
33) 黑背白环蛇 <i>Lycodon ruhstrati</i>	+	CSSW	LC	3, X	B
34) 赤链蛇 <i>Lycodon rufozonatus</i>	+	W	LC	3, X	B
35) 黄链蛇 <i>Lycodon flavozonatus</i>	+	CSSW	LC	3, X	B
36) 玉斑丽蛇 <i>Euprepophis mandarinus</i>	+	W	VU	3, X	E
37) 紫灰锦蛇黑线亚种 <i>Oreocryptophis porphyracea nigrofasciata</i>	+	CSSW	LC	3, X	E
38) 王锦蛇 <i>Elaphe carinata</i>	+	W	EN	3, X	E
39) 黑眉锦蛇 <i>Elaphe aeniura</i>	+	W	VU	3, X	E
40) 红纹滞卵蛇 <i>Oocatochus rufodorsatus</i>	—	W	LC	3, X	D
13. 两头蛇科 Calamariidae					
41) 钝尾两头蛇 <i>Calamaria septentrionalis</i>	+	CSSW	LC	3, X	S
14. 水游蛇科 Natricidae					
42) 黄斑渔游蛇 <i>Xenochrophis flavipunctatus</i>	—	CSSW	LC	X	D
43) 草腹链蛇 <i>Amphiesma stolatum</i>	+	W	LC	3, X	E
44) 锈链腹链蛇 <i>Hebius craspedogaster</i>	—	W	LC	3, X	E
45) 丽纹腹链蛇 <i>Hebius optatum</i>	+	CSW	LC	3, X	E
46) 华西腹链蛇 <i>Hebius maximus</i>	+	CS	LC		E

表 1(续)

物种名 Species	资源量 Resource quantity	动物区系 Fauna	濒危等级 Endangerment categories	保护级别 Protection level	生境类型 Habitat type
47) 虎斑颈槽蛇 <i>Rhabdophis tigrinus</i>	+	W	LC	3, X	E
48) 山溪后棱蛇 <i>Opisthotropis latouchii</i>	+	C	NE	3, X	D
49) 赵氏后棱蛇 <i>Opisthotropis zhaoermii</i>	+	C	NE	3, X	D
50) 环纹华游蛇 <i>Trimerodytes aequifasciata</i>	+	CS	NT	3, X	D
51) 乌华游蛇 <i>Trimerodytes percarinatus</i>	++	CSSW	NT	3, X	D
15. 剑蛇科 Sibynophiidae					
52) 黑头剑蛇 <i>Sibynophis chinensis</i>	+	W	LC	3, X	B

注: 资源量中, “+”为罕见, “++”为少见, “+++”为常见, “—”表示文献记载但此次调查未发现; 动物区系型中, C 表示华中区种, CS 表示华中-华南区种, CSSW 表示华中-华南-西南区种, CSW 表示华中-西南区种, SW 表示西南区种, W 表示广布种; 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, DD 表示数据缺乏, NE 表示未评估; 保护级别中, II 表示国家二级重点保护野生动物, 3 表示国家保护的有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物, X 表示湖南省地方重点保护动物, 4 表示 CITES 附录 II (2019)物种; 两栖动物生境类型中, A 为树栖型, C 为洞穴型, Q 为静水型, R 为流水型, TQ 为陆栖-静水型, TR 为陆栖-流水型; 爬行动物生境类型中, B 为灌丛石隙型, D 为水栖型, E 为林栖傍水型, F 为树栖型, S 为土壤型。

Notes: In resource quantity, “+” represents rare, “++” represents uncommon, “+++” represents common, “—” represents no findings in this investigation. In the fauna, C means Central China species, CS means Central & South China species, CSSW means Central & South & Southwest China species, CSW means Central & Southwest China species, SW means Southwest China species, W means widespread species. In the endangerment categories, CR means critically endangered, EN means endangered, VU means vulnerable, NT means near threatend, LC means least concern, DD means data deficient, NE means not evaluated. 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, X means provincial protected animals, 4 means appendix II of the CITES (2019). In habitat type of amphibians, A means arboreal type, C means cave-dwelling type, Q means hydrostatic type, R means running water type, TQ means terrestrial and hydrostatic type, TR means terrestrial and running water type. In habitat type of reptiles, B means shrub-rock crevice type, D means aquatic type, E means woodland near-water type, F means arboreal type, S means fossorial type.

2.2 区系特征、优势种及珍稀濒危情况

按动物区系划分, 此次调查共计发现华中区种 10 种, 占总种数 16.67%; 西南区种 1 种, 占总种数 1.67%; 华中-华南区种 16 种, 占总种数 26.67%; 华中-西南区种 1 种, 占总种数 1.67%; 华中-华南-西南区种 14 种, 占总种数 23.33%; 广布种 18 种, 占总种数 30.00%, 说明高望界国家级自然保护区的两栖爬行动物以东洋界种为主 (42 种, 占 70.00%), 广布种次之。根据《中国动物地理》^[1]的划分, 高望界国家级自然保护区在动物地理区划上属于东洋界华中区, 本次调查结果与区系划分相符合。

此次调查共计发现两栖爬行动物 2 091 只, 其中爬行动物 128 只, 两栖动物 1 963 只。根据相对多度等级划分标准, 在所有发现的两栖爬行动物中, 数量优势种为黑斑侧褶蛙(*Pelophylax nigromaculatus*) (21.46%)、川村陆蛙(*Fejervarya kavamurai*) (20.48%)、黄岗臭蛙(19.68%)和中华湍蛙(10.57%), 稀有种为红点齿蟾(0.88%)、雪峰山角蟾(0.47%)、武陵掌突蟾(0.47%)、粗皮姬蛙(*Microhyla butleri*) (0.38%)、崇安髭蟾瑶山亚种(0.29%)、虎纹蛙(*Ho-*

plobatrachus chinensis) (0.15%)、三港雨蛙(0.14%)、花姬蛙(*Microhyla pulchra*) (0.12%)以及除乌华游蛇(*Trimerodytes percarinatus*)外所有爬行类, 其余为常见种, 占比 1%~10%。

在保护级别方面, 高望界国家级自然保护区此次调查发现的两栖爬行动物含国家二级重点保护野生动物 2 种, 国家保护的有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物 49 种, 湖南省地方重点保护动物 43 种。

在濒危等级方面, 此次野外调查共计发现 36 种无危物种(least concern, LC), 5 种近危物种(near threatened, NT), 9 种易危物种(vulnerable, VU), 3 种濒危物种(endangered, EN), 6 种未评估物种(not evaluated, NE), 以及 1 种数据缺乏的物种(data deficient, DD)。

2.3 物种多样性

本次野外调查共记录到两栖爬行动物 60 种, 占湖南省两栖爬行动物总物种数(含亚种, 参考 2022 年高志伟等^[1]发表的湖南省两栖爬行动物名录, 且加入高望界疣螈、雪峰山角蟾、云开脊蛇、华西腹链蛇, 共计 192 种, 下同)的 31.25%, 其中

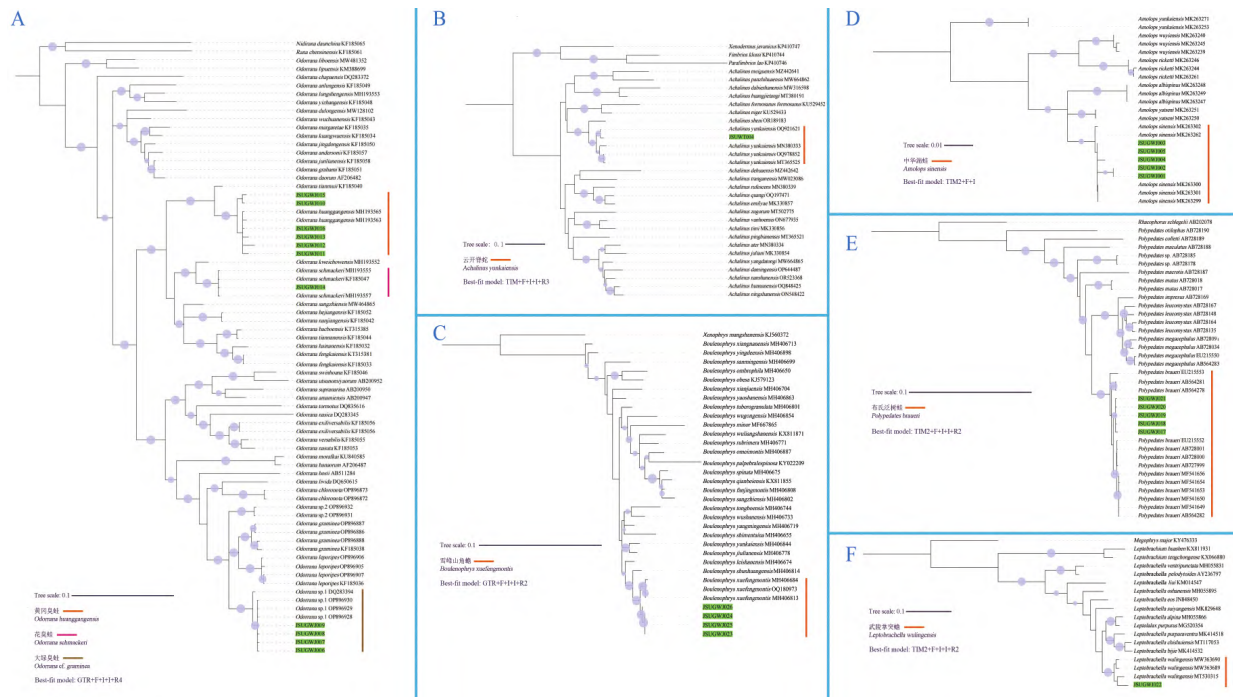


图 2 部分物种相关系统发育树

(A) 臭蛙属; (B) 脊蛇属; (C) 布角蟾属; (D) 端蛙属; (E) 泛树蛙属; (F) 掌突蟾属。圆圈大小表示支持率(80%~100%); 本研究所采标本(标本号)用绿色标明。

Fig.2 Phylogenetic trees of some species

(A) *Odorrana*; (B) *Achalinus*; (C) *Boulengerophrys*; (D) *Amolops*; (E) *Polypedates*; (F) *Leptobrachella*. The size of the circle indicates the support rate (80%~100%), and the specimens (specimen number) collected in this study are marked in green.

两栖动物占湖南省(88 种)的 29.55%, 爬行动物占湖南省(107 种)的 31.78%。若仅分析湘西北山地区, 此次调查发现的两栖爬行动物总种数占此地理区(112 种)的 53.57%, 其中两栖动物占此地理区(48 种)的 54.17%, 爬行动物占此地理区(64 种)的 53.12%。

对此次两栖爬行动物的多样性调查数据进行评估(表 2), 发现该保护区两栖爬行动物的香农-维纳多样性指数(H)、辛普森指数(D)偏低, 说明高望界国家级自然保护区两栖爬行动物的种间个体分布不均; 同时, 物种均匀度指数(J)一般, 说明物种总体分布较不均。综上可知, 高望界国家级自

然保护区的两栖爬行动物可能受到较大的胁迫。

2.4 生境干扰类型

我们收集了 66 条调查样线起点和终点的生境干扰类型(共计 132 个地点), 并评估了各干扰类型对高望界国家级自然保护区的影响范围(即干扰类型出现频率)。结果显示, 自然干扰因素仅干旱(40.2%), 人为干扰因素包含路桥水坝房屋建设(25.8%)、放牧(11.4%)、放牧毁林毁草开垦(8.3%)、狩猎捕捞(6.8%)、旅游开发(6.1%)、土壤污染(0.8%)和其他(0.6%)共计 7 种类型。按类型分, 干旱对生境的影响最大; 若仅区分自然因素与人为因素, 则人为因素对生境的影响最大, 其中路桥水坝房

表 2 湖南高望界国家级自然保护区两栖爬行动物多样性指数

Table 2 Diversity index of amphibians and reptiles in Gaowangjie National Nature Reserve, Hunan Province

物种 Species	香农-维纳多样性指数 Shannon-Wiener index (H)	辛普森指数 Simpson index (D)	物种均匀度指数 Pielou index (J)	物种数目 Number of Species
两栖动物 Amphibian	2.239 8	0.847 2	0.679 6	26
爬行动物 Reptile	2.272 8	0.841 8	0.819 7	34
两栖爬行动物 Amphibian and reptile	2.381 3	0.856 2	0.633 1	60

屋建设对生境的影响范围最大。

3 讨论

3.1 高望界国家级自然保护区两栖爬行动物组成的变动

对比 2014 年的高望界两栖爬行动物名录^[2], 此次调查未见中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)、乌龟(*Mauremys reevesii*)、铅山壁虎(*Gekko hokouensis*)、蓝尾石龙子(*Plestiodon elegans*)、脆蛇蜥(*Dopasia harti*)、黑脊蛇(*A. spinalis*)、菜花原矛头蝮(*Protobothrops jerdonii*)、福建竹叶青(*Trimeresurus stejnegeri*)、短尾蝮(*Gloydius brevicaudus*)、山烙铁头(*Ovophis monticola*)、横纹斜鳞蛇(*Pseudoxenodon bambusicola*)、大眼斜鳞蛇(*P. macrops*)、中国小头蛇(*O. chinensis*)、滑鼠蛇(*Ptyas mucosa*)、灰鼠蛇(*P. korros*)、红纹滞卵蛇(*Oocatochus rufodorsatus*)、渔游蛇(*Xenochrophis piscator*)、锈链腹链蛇(*H. craspedogaster*)、变色树蜥(*Calotes versicolor*)、中国钝头蛇(*P. chinensis*)、横纹后棱蛇(*O. balteata*)、大鲵(*Andrias davidianus*)、峨眉髭蟾(*L. boringii*)、华西雨蛙武陵亚种(*H. annectans wulingensis*)、绿臭蛙(*O. margaretae*)、弹琴蛙(*Nidirana adenopleura*)、宽头短腿蟾(*Brachytarsophrys carinense*)、小角蟾(*Megophrys minor*)、日本林蛙(*R. japonica*)、崇安湍蛙(*A. chunganensis*)、华南湍蛙(*A. ricketti*)、斑腿泛树蛙(*Polypedates megacephalus*)和 *F. limnocharis*。考虑到当时欠缺分子技术以及近年来两栖爬行动物的分类变动较大, 结合近年文献, 本文名录(表 1)剔除上述物种中变色树蜥、横纹后棱蛇、中国钝头蛇、渔游蛇、宽头短腿蟾、小角蟾、日本林蛙、华南湍蛙、崇安湍蛙、斑腿泛树蛙和 *F. limnocharis* 在高望界国家级自然保护区的分布。具体分析如下:

1) 中国分布的变色树蜥已被厘定为中国树蜥(*C. wangi*)^[25], 其广泛分布于福建、广东、海南、广西、澳门、香港以及湖南南部, 而这些分布地与高望界所处地域相隔较远。关于高望界国家级自然保护区是否分布有中国树蜥或同属其他物种, 本次调查未能发现, 为避免引起进一步混乱, 剔除该物种在高望界国家级自然保护区的分布。

2) 横纹后棱蛇现已被厘定为横纹环游蛇(*T. balteatus*)^[26], 湖南仅见于南部南岭部分地区, 由于其区系与高望界相异, 本次调查也未能发现, 故剔除该物种在高望界国家级自然保护区的分布。

3) 渔游蛇属在国内仅 2 种, 其中渔游蛇在国

内仅分布于云南和西藏, 而黄斑渔游蛇广泛分布于中国南部^[27]。原记录渔游蛇可能是黄斑渔游蛇的误定, 故剔除该记录的同时于原名录增加黄斑渔游蛇。

4) 中国分布的宽头短腿蟾已被厘定为若干其他物种^[28], 且中国无宽头短腿蟾分布。关于该保护区是否有短腿蟾属物种分布, 本次调查未能发现, 为避免引起进一步混乱, 剔除该物种在高望界国家级自然保护区的分布。

5) 分类学早期, 许多体型较小的角蟾属物种被误定为小角蟾。在分子技术普及后, 小角蟾被厘定为若干物种。目前, 小角蟾仅被确认分布于都江堰市^[9]。基于此, 我们认为高望界国家级自然保护区往年的小角蟾记录极可能是雪峰山角蟾的误定, 故剔除小角蟾在该保护区的分布。

6) 中国所产日本林蛙已被厘定为镇海林蛙^[29], 且在本次调查中也有发现, 故剔除日本林蛙在高望界国家级自然保护区的分布。

7) 经多地采样和分子技术鉴定, 基本确定高望界国家级自然保护区的湍蛙属仅中华湍蛙(图 2D), 泛树蛙属仅布氏泛树蛙(*P. braueri*) (图 2E), 故剔除华南湍蛙、崇安湍蛙和斑腿泛树蛙在该保护区的分布。

8) 郭玉红^[30]有关钝头蛇研究的综述提及, 中国钝头蛇较为明确的分布仅限于四川盆地西部与南部边缘山区。这些山区与高望界所处地域相隔较远, 考虑到宿秀江等^[3]整理的名录中无钝头蛇属其他种, 原记录中国钝头蛇极有可能是平鳞钝头蛇或福建钝头蛇的误定, 故剔除中国钝头蛇在高望界国家级自然保护区的分布。

9) 中国分布的陆蛙属物种均属于 *F. limnocharis* 种组^[31], 且国内无 *F. limnocharis* 分布^[7], 因此过去许多文献错误地认为广布于中国的泽陆蛙学名为 *F. limnocharis*。中国的陆蛙属物种经历多次分类变动, 现确定高望界国家级自然保护区分布的仅有川村陆蛙。

3.2 高望界国家级自然保护区物种组成与武陵山区的关系

高望界国家级自然保护区位于武陵山脉中段, 受第四纪冰川影响较小^[32], 成为许多生物的避难所。因此, 该地区保留了许多孑遗物种。武陵山脉横跨贵州、重庆、湖南、湖北 4 省市^[33], 使得高望界国家级自然保护区与武陵山区的其他区域共享许多地域特有物种, 如华西腹链蛇、赵氏后棱蛇、

武陵掌突蟾、雪峰山角蟾等。武陵山脉在地质构造上是一个复背斜,其形成主要与中元古代以来发生的多次构造运动有关,包括地层的褶皱隆起、断块上升、断陷下降,以及在新构造运动影响下地壳多次间歇性地大幅度抬升。这些复杂的地质活动孕育了许多特有物种^[34]。武陵山区分布广阔,各个山段都有自己独特的群落结构。此次发现的华西腹链蛇,在湖北恩施(武陵山脉北端)也有发现^[35],说明华西腹链蛇可能广布于武陵山脉。赵氏后棱蛇已知仅在贵州佛顶山地区有一定种群^[36],此次在高望界国家级自然保护区的发现,说明其可能是武陵山脉形成过程中演化出的特有种。武陵掌突蟾原本仅在湖南张家界武陵源区天子山自然保护区和永定区天泉山国家森林公园有发现^[37],现在在贵州梵净山国家级自然保护区^[38]和湖南高望界国家级自然保护区(图2F)也有分布,说明其在武陵山脉中部至东部均有种群分布。作为迁移能力极弱的类群,雪峰山角蟾以往仅发现于雪峰山脉^[9],此次于武陵山脉中段发现,可推测其诞生与两座山脉的形成密切相关。许多迁移能力弱的类群在山脉的形成过程中诞生更多谱系甚至新种^[39]。Xu等^[40]揭示了武陵山区是中国潜藏的生物多样性热点区之一。因此,对武陵山区的两栖爬行动物进行一次系统性统计调查将具有重大的意义。

3.3 分子技术的应用与意义

近年来,随着分子技术的广泛应用,众多隐存种被陆续发现,导致部分两栖爬行动物在分类学上发生了变动。这些技术的使用揭示了一个事实:许多物种之间的形态差异极其微小,这使得人们在进行生物多样性调查时,对于那些形态特征保守的类群,必须借助分子技术来进行精确识别。这不仅加速了隐存种的发现,也为生物多样性研究提供了新的视角。相比于传统的形态学鉴定方法,分子鉴定方法虽然具有其固有的缺点,如耗时长、对实验场地有一定要求(这使得该方法在偏远地区的野外考察中尤为难以实施),但其优势也是显而易见的。分子鉴定方法能够准确确定物种的种类,即使在标本受损严重的情况下也能进行有效鉴定,这是传统形态学鉴定方法所无法比拟的。

基于分子技术,本次调查不仅发现了许多物种的新分布区域,还揭示了一些隐存种。这些成果进一步证明了分子技术在现代生物多样性研究中的重要作用。

为了克服分子技术在野外应用时面临的挑战,未来可以探索更加便捷、快速的分子鉴定方法,如采用便携式DNA测序仪等,以提高野外考察的效率和准确性。

3.4 高望界国家级自然保护区两栖爬行动物受威胁情况与保护建议

2022年,高温干旱对高望界国家级自然保护区造成极大影响。在调查过程中我们发现,许多小水系枯竭,蝌蚪聚于仅存的水洼中,这或许是造成粗皮姬蛙、雪峰山角蟾、花姬蛙和武陵掌突蟾等依赖小型水体的两栖动物数量过少的原因,以致调查结果所得物种丰富度、均匀度等指数偏低。

除自然因素外,人为活动也是造成两栖爬行动物数量偏低的重要原因。据村民反映,仍有人非法捕捉棘腹蛙(*Quasipaa boulengeri*; 本地俗名:石蛙、邦邦)进行贩卖。在调查过程中,我们也偶尔发现有人使用蛇钳非法捕捉尖吻蝾螈(*Deinagkistrodon acutus*)。同时,调查团队在靠近村庄的样线区域经常发现被人为打死的蛇类,这反映出当地居民对野生动物的保护意识较低。在公路上,我们偶尔也会发现被车辆碾压致死的原矛头蝾螈(*P. mucrosquamatus*)、翠青蛇(*Cyclophiops major*)、赤链蛇(*Lycodon rufozonatus*)、中国石龙子(*P. chinensis*)、铜蜓蜥(*Sphenomorphus dicus*)、中华蟾蜍指名亚种(*Bufo gargarizans gargarizans*)等物种。作为两栖爬行动物的天敌,流浪猫频繁出现在保护区的公路上,对本土物种也构成了一定的威胁。此外,农田的开垦和农药的使用不仅会破坏两栖爬行动物的栖息地,还会对它们产生毒害作用。

综合上述内容,现对高望界国家级自然保护区两栖爬行动物提出以下六点保护建议。

1) 加强科普教育和宣传力度。例如:通过举办讲座、发放宣传册、设置展览等多种形式,提高当地居民对野生动物保护相关法律法规的了解,增强他们的野生动物保护意识;通过媒体和社交平台,普及资源可持续利用的重要性,树立正确的环保观念。

2) 严格执行保护区管理制度。例如:加强对保护区的监管,禁止非法狩猎和捕捉野生动物;定期对周边市场进行检查,严厉打击非法交易野生动物的行为。

3) 开展珍稀濒危物种的保护研究。例如:对王锦蛇(*Elaphe carinata*)、虎纹蛙和尖吻蝾螈等濒危物种以及高望界疣螈这一新分类单元进行数量和

生态环境调查, 根据调查结果制定科学合理的保护措施, 从而为这些物种设立专门的保护区域, 保障它们的生存环境。

4) 建立警示系统, 减少人为伤害。例如: 在保护区内设置明显的警示牌, 提醒过往车辆注意减速, 避免对野生动物造成伤害; 对进入保护区的车辆进行宣教, 减少故意伤害野生动物的行为。

5) 解决外来物种问题。例如: 对保护区内的流浪猫等外来物种进行合理管理, 避免它们对本土物种构成威胁。

6) 改善生态环境。例如: 在受干旱影响严重的区域建立人工水源, 为两栖爬行动物提供生存所需的水资源; 向当地居民普及减少农药使用的重要性, 推广生态农业, 实施退耕还林等生态恢复措施。

参考文献(References):

- [1] 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.
- [2] 宿秀江, 刘芳, 龙文高. 湖南高望界国家级自然保护区综合科学考察报告[M]. 杭州: 浙江摄影出版社(SU Xiujiang, LIU Fang, LONG Wengao. Comprehensive Scientific Investigation Report on Gaowangjie National Nature Reserve, Hunan[M]. Hangzhou: Zhejiang Photographic Press), 2014: 1-291.
- [3] 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 Publishing House of Science & Technology), 2012: 1-519.
- [4] 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.
- [5] 沈猷慧. 湖南动物志: 两栖纲[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社(SHEN Youhui. Fauna Hunan: Amphibia[M]. Changsha: Hunan Science & Technology Press), 2014: 1-347.
- [6] 沈猷慧, 叶贻云, 邓学建. 湖南动物志: 爬行纲[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社(SHEN Youhui, YE Yiyun, DENG Xuejian. Fauna Hunan: Reptilia[M]. Changsha: Hunan Science & Technology Press), 2014: 1-220.
- [7] 中国科学院昆明动物研究所. 中国两栖类[DB/OL]. [2024-02-10]. <http://www.amphibiachina.org/>.
- [8] LI M L, REN J L, HUANG J J, *et al.* On the validity of *Hebius sauteri maximus* (Malnate, 1962) (Squamata, Natricidae), with the redescription of *H. maximus* comb. nov. and *H. sauteri* (Boulenger, 1909)[J]. Herpetozoa, 2022, 35(8): 265-282.
- [9] LYU Z T, QI S, WANG J, *et al.* Generic classification of Asian horned toads (Anura: Megophryidae: Megophryinae) and monograph of Chinese species[J]. Zoological Research, 2023, 44(2): 380-450.
- [10] LIU S, HOU M, HUI H. Taxonomic reassessment of *Odorrana graminea* (Boulenger, 1900) sensu lato in China (Anura, Ranidae)[J]. Journal of Animal Diversity, 2022, 4(4): 1-11.
- [11] 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.
- [12] 王跃招, 蔡波, 李家堂, 等. 中国生物多样性红色名录: 脊椎动物 第三卷 爬行动物(上册)[M]. 北京: 科学出版社(WANG Yuezhao, CAI Bo, LI Jiatang, *et al.* China's Red List of Biodiversity: Vertebrates Vol. III, Reptiles (I)[M]. Beijing: Science Press), 2021: 1-322.
- [13] 王跃招, 蔡波, 李家堂, 等. 中国生物多样性红色名录: 脊椎动物 第三卷 爬行动物(下册)[M]. 北京: 科学出版社(WANG Zhaoyue, CAI Bo, LI Jiantang, *et al.* China's Red List of Biodiversity: Vertebrates Vol. III, Reptiles (II)[M]. Beijing: Science Press), 2021: 323-1055.
- [14] 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(上册)[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 (I)[M]. Beijing: Science Press), 2021: 1-413.
- [15] 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.
- [16] SIMOM C, FRATI F, BECKENBACH A, *et al.* Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers[J]. Annals of the Entomological Society of America, 1994, 87(6): 651-701.
- [17] CHE J, CHEN H G, YANG J X, *et al.* Universal COI primers for DNA barcoding amphibians[J]. Molecular Ecology Resources, 2011, 12(2): 247-258.
- [18] BURBRINK F T, LAWSON R, SLOWINSKI J B. Mitochondrial DNA phylogeography of the polytypic North American rat snake (*Elaphe obsoleta*): a critique of the subspecies concept[J]. Evolution, 2000, 54(6): 2107-2118.
- [19] LI S Z, WEI G, XU N, *et al.* A new species of the Asian music frog genus *Nidirana* (Amphibia, Anura, Ranidae) from Southwestern China[J]. PeerJ, 2019, 7: e7157.
- [20] 李辉, 朱乐强, 张先泰, 等. 湖南省蛇类新记录: 云开脊蛇[J]. 四川动物(LI Hui, ZHU Leqiang, ZHANG Xiantai, *et al.* A new record of snakes in Hunan Province: *Achalinus yunkaiensis*[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2023, 42(4): 428-429.
- [21] MA S, SHI S C, AYI B, *et al.* A new species of the genus *Hebius* Thompson, 1913 (Serpentes: Natricidae) from Yunnan, China[J]. Asian Herpetological Research, 2023, 14(3): 212-226.
- [22] 黄杰, 张自亮, 李辉, 等. 湖南省爬行动物新纪录: 华西腹链蛇及其系统发育分析[J]. 生命科学研究(HUANG Jie, ZHANG Ziliang, LI Hui, *et al.* A new reptile record from Hunan Province: *Hebius maximus* and its phylogenetic analysis[J]. Life Science Research), 2024, 28(2): 165-170.
- [23] 马舜, 石胜超, 江建平. 湖南省发现云开脊蛇兼记棕脊蛇新地模标本[J]. 动物学杂志(MA Shun, SHI Shengchao, JIANG Jianping. *Achalinus yunkaiensis*, a new provincial record of Hunan Province, China, with description of an additional topotype of *A. rufescens*[J]. Chinese Journal of Zoology, 2023, 58(5): 760-771.
- [24] 何玉晓, 朱艳军, 冯琦琦, 等. 湖南省花臭蛙复合体分类及分布格局[J]. 动物学杂志(HE Yuxiao, ZHU Yanjun, FENG Qiqi, *et al.* The taxonomic revision and geographic distribution of the piebald odorous frog (*Odorrana schmackeri* species complex) in Hunan Province[J]. Chinese Journal of Zoology, 2017, 52(4): 607-619.

- [25] HUANG Y, LI H Y, WANG Y L, *et al.* Taxonomic review of the *Calotes versicolor* complex (Agamidae, Sauria, Squamata) in China, with description of a new species and subspecies[J]. ZooKeys, 2023, 1187: 63–89.
- [26] REN J L, WANG K, GUO P, *et al.* On the generic taxonomy of *Opisthotropis balteata* (Cope, 1895) (Squamata: Colubridae: Natricinae): taxonomic revision of two natricine genera[J]. Asian Herpetological Research, 2019, 10(2): 105–128.
- [27] 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.
- [28] LI Y, ZHANG D D, LYU Z T, *et al.* Review of the genus *Brachytarsophrys* (Anura: Megophryidae), with revalidation of *Brachytarsophrys platyparietus* and description of a new species from China[J]. Zoological Research, 2020, 41(2): 105–122.
- [29] 叶昌媛, 松井正文. 我国日本林蛙(*Rana japonica* Guenther)分类的研究[C]//中国两栖爬行动物学会第四次会员代表大会论文集. 北京: 中国动物学会(YE Changyuan, MATSUI M. Taxonomic studies of Chinese *Rana japonica* Guenther[C]//Proceedings of the Fourth Representative Conference of the China Society of Amphibians and Reptiles. Beijing: China Zoological Society), 1995: 82–87.
- [30] 郭玉红. 钝头蛇属 *Pareas* (蛇亚目: 钝头蛇科)系统分类研究进展[J]. 动物学杂志(GUO Yuhong. Research progress on the systematics of the genus *Pareas* (Serpentes: Pareidae)[J]. Chinese Journal of Zoology), 2023, 58(2): 307–317.
- [31] YANG K, WO Y B, SHAO G, *et al.* Phylogenetic relationships among Chinese rice frogs within the *Fejervarya limnocharis* species complex (Amphibia: Dicroglossidae)[J]. Asian Herpetological Research, 2022, 13(4): 232–241.
- [32] 王本忠, 刘辉华, 杨森, 等. 湖南高望界自然保护区雪峰山梭罗的群落特征[J]. 吉首大学学报(自然科学版)(WANG Benzhong, LIU Huihua, YANG Sen, *et al.* Community characteristics of *Reevesia pubescens xuefengensis* in Gaowangjie National Nature Reserve, Hunan Province[J]. Journal of Jishou University (Natural Sciences Edition)), 2020, 41(1): 73–79.
- [33] 蒋能, 黄昀, 何骄阳, 等. 武陵山地区自然保护区的数量与分布格局[J]. 世界生态学(JIANG Neng, HUANG Yun, HE Jiaoyang, *et al.* Quantity and distribution of nature protected areas in the Wuling Mountains Region[J]. International Journal of Ecology), 2020, 9(2): 159–172.
- [34] 周启永, 陈佩英. 贵州及邻区晚新生代岩相古地理演化[J]. 贵州地质(ZHOU Qiyong, CHEN Peiying. Lithofacies change and palaeogeographical evolution during Late Cenozoic in Guizhou and its vicinity[J]. Guizhou Geology), 1993, 10(3): 201–207.
- [35] 李茂良, 董俊材, 任金龙, 等. 湖北省蛇类新记录种: 华西腹链蛇[J]. 四川动物(LI Maoliang, DONG Juncai, REN Jinlong, *et al.* *Hebius maximus*: a new snake record from Hubei Province, China[J]. Sichuan Journal of Zoology), 2023, 42(6): 668–675.
- [36] 韩玲, 肖宁, 罗涛, 等. 贵州省蛇类新记录: 赵氏后棱蛇[J]. 四川动物(HAN Ling, XIAO Ning, LUO Tao, *et al.* A new record of snake (*Opisthotropis zhaoermii*) in Guizhou Province[J]. Sichuan Journal of Zoology), 2019, 38(4): 368–378.
- [37] QIAN T Y, XIA X, CAO Y, *et al.* A new species of *Leptobrachella* (Anura: Megophryidae) Smith, 1925 from Wuling Mountains in Hunan Province, China[J]. Zootaxa, 2020, 4816(4): 491–526.
- [38] 刘京, 李仕泽, 程彦林, 等. 贵州省两栖动物新记录种: 武陵掌突蟾[J]. 四川动物(LIU Jing, LI Shize, CHENG Yanlin, *et al.* A new record of *Leptobrachella wulingensis* in Guizhou Province[J]. Sichuan Journal of Zoology), 2021, 40(2): 189–195.
- [39] XU W, DONG W J, FU T T, *et al.* Herpetological phylogeographic analyses support a Miocene focal point of Himalayan uplift and biological diversification[J]. National Science Review, 2020, 8(9): nwaa263.
- [40] XU W, WU Y H, ZHOU W W, *et al.* Hidden hotspots of amphibian biodiversity in China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of USA, 2024, 121(20): e2320674121.