



长江流域水生两栖爬行动物多样性与保护

舒国成¹, 何忠萍¹, 郭鹏¹, 贺锦铎¹, 杜文字¹,
胡琳¹, 李成², 谢锋^{2*}

(1. 宜宾学院农林与食品工程学部, 四川 宜宾 644007;

2. 中国科学院成都生物研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 为了解长江区域的水生两栖爬行动物多样性、受胁及保护现状, 本研究以长江水系自然分区为主将长江流域分为 11 个地理单元, 采用编目法揭示区域内的水生两栖爬行动物物种组成; 使用 G-F 指数方法测度区域物种多样性; 运用权重赋值法评估区域内物种的受胁现状及各区域的保护优先性。结果显示, 该流域的水生两栖爬行动物共 281 种, 其中两栖类 225 种, 隶属 2 目 9 科 37 属; 爬行类 56 种, 隶属 3 目 9 科 22 属。该流域的水生两栖爬行动物特有种及其比例分别为 119 种和 42.35%; 国家重点保护物种数及比例分别为 60 种和 22.06%; 受胁物种数和比例分别为 102 种和 36.30%。物种多样性总体呈现出“上游高下游低和右岸高左岸低”的分布格局; 对于水生两栖动物, 金沙江-雅砻江流域 (JSYL)、岷江-沱江流域 (MJTJ) 和乌江-赤水河-清江流域 (WCQ) 保护优先性更高; 对于水生爬行动物, 江源区 (JY)、太湖流域 (TH) 和中下游干流区间 (ZXG) 保护优先性更高。研究表明, 长江流域的水生两栖爬行动物物种不可替代性强, 保护关注度大, 保护紧迫性高, 建议进一步加强流域内本底资源调查, 建立科学高效的联防、联控一体化保护管理体制, 建立健全区域物种多样性监测及评价机制, 以及注重增加科研投入与增强公众保护意识。本研究为长江流域的物种多样性保护提供了参考。

关键词: 两栖动物; 爬行动物; 物种多样性; 保护; 长江流域

中图分类号: S 931

文献标志码: A

长江是世界第三、中国第一大河, 其发源于青藏高原唐古拉山脉各拉丹冬峰西南侧, 干流全长约 6 300 km, 流经 11 个省(自治区、直辖市), 支流延伸至 8 个省(自治区), 流域面积约 180 万 km², 约占我国国土面积的 18.8%^[1]。该流域横跨我国西南、华中和华东三大区, 地形地貌、气候等自然地理因素在流域内差异极大, 形成了极其复杂多样的生境类型, 物种多样性极高, 是我国重要的生物资源宝库, 而且全球 36 个生物多样性保护热点区域之一的西南山地便位于此区域^[2],

因此, 长江流域是具有全球重大意义的生物多样性优先保护区域。

水生两栖爬行动物是指幼体和成体不能完全脱离水环境生活的两栖动物和爬行动物, 它们是脊椎动物进化史上从水生到陆生的过渡类群, 具有重要科研价值; 其对于环境变化十分敏感, 是良好的环境指示生物, 对于维持环境生态平衡十分重要; 同时, 它们具有重要经济价值。最新评估数据显示, 全球两栖动物和爬行动物的受胁比例分别高达 40.7% 和 21.1%^[3]。研究显示, 中国两

收稿日期: 2022-09-30 修回日期: 2023-02-06

资助项目: 宜宾学院启航计划项目 (2020QH07); 四川省自然科学基金 (2023NSFSC1157)

第一作者: 舒国成 (照片), 从事两栖爬行动物多样性与保护研究, E-mail: shugcib@163.com。何忠萍为共同第一作者。

通信作者: 谢锋, 从事两栖爬行动物多样性与保护研究, E-mail: xiefeng@cib.ac.cn



栖动物受胁共计 176 种, 爬行动物受胁共计 137 种, 分别占评估总数的 43.1% 和 29.72%^[4-5]。目前, 已有 71 种水生两栖动物和 44 种水生爬行动物被列入了国家重点保护野生动物名录, 如中国大鲵 (*Andrias davidianus*) (CR, 国家二级) 和扬子鳄 (*Alligator sinensis*) (CR, 国家一级) 等^[6]。但是, 近年来社会各界对于长江流域的其他类群旗舰物种关注度较高, 如长江江豚 (*Neophocaena asiaeorientalis*)、白鲟 (*Psephurus gladius*)、中华鲟 (*Acipenser sinensis*)、长江鲟 (*Acipenser dabryanus*) 和白鱈豚 (*Lipotes vexillifer*) 等^[7], 然而对于水生两栖爬行动物关注不够, 仅有少量研究^[8-10], 本文旨在厘清该区域的物种多样性及分布格局, 识别特有种、保护物种和濒危物种, 明确流域内各地理区域的物种多样性、不可替代性和保护优先性, 分析区域受胁因素, 以期为促进该流域生物多样性保护提供依据。

1 材料与方法

1.1 地理分区

长江流域范围依据水利部长江水利委员会所划定^[1]。由于水生两栖爬行动物对于水系依赖性强, 所以本研究以长江水系自然分区为主, 结合《长江流域地图集》^[11]和《长江流域综合规划》(2012—2030 年)^[12]将长江流域共分为 11 个自然地理单元: 江源区 (JY)、金沙江-雅砻江流域 (JSYL)、岷江-沱江流域 (MJTJ)、嘉陵江流域 (JLJ)、乌江-赤水河-清江流域 (WCQ)、上游干流区间 (SG)、汉江流域 (HJ)、洞庭湖流域 (DTH)、鄱阳湖流域 (PYH)、中下游干流区间 (ZXG) 和太湖流域 (TH)。

1.2 数据来源与分析

物种组成及多样性分析 水生两栖爬行动物的物种基础数据 (如生活习性, 分布区域等) 主要依据调查资料、文献资料和专业网站获得, 文献资料包括《中国动物志》^[13-18]、《中国蛇类》^[19]、《中国两栖动物彩色图鉴及其分布》^[20]、《中国贸易龟类检索图谱》^[21]、《中国龟鳖分类原色图鉴》^[22]、《中国两栖动物》(英文版)^[23]、《中国蝮蛇》^[24]、《中国蛇类图鉴》^[25], 专业网站包括中国两栖类^[26], 世界两栖动物^[27], 爬行动物数据库^[28]和物种多样性数据平台^[29], 并根据已发表论文补充物种信息。濒危等级则参照最新出版的《中国脊椎动物物种红色名录》^[30], 将名录中近危 (NT) 以上等级物种视为受胁动物, 2016 年后

新发现物种为“未评估 (NE)”; 动物保护等级依据国家林业和草原局以及农业农村部 2021 年 2 月 5 日公布的《国家重点保护野生动物名录》。特有种、保护物种和濒危物种在各地理单元分布区域依据收集的物种信息及《长江流域地图集》进行确定^[11]。外来种不纳入分析。多样性评估采用蒋志刚等^[31]的 G-F 指数。以上数据收集截止时间为 2022 年 8 月。

受胁现状分析 受胁因素归类参考谢锋等^[32]、江建平等^[4]和蔡波等^[5]。对于不同类群和地理单元的受胁现状分析参考谢锋等^[31]方法。

受胁权重: 根据《中国脊椎动物物种红色名录》^[30]的分类对各物种进行赋值, 绝灭 (EX)-5; 极度濒危 (CR)-4; 濒危 (EN)-3; 易危 (VU)-2; 近危 (NT)-1; 无危 (LC)、数据缺失 (DD) 和暂未评估 (NE)-0。受胁权重是指在一个特定分类类群或区域所有物种的权值总和。通俗来讲, 高的受胁权重意味着一个类群和地区具有高的受胁水平, 而它包含了受胁物种数量和这些物种的受胁严重性两方面信息。

受胁指数: 受胁指数是一个类群和区域内的受胁权重除以总的物种数量所得值。

保护优先性评价 参考谢锋等^[32]对物种受胁现状水平的分析方法, 同样采用权重赋值法进行定量综合评价, 包含了物种特有性 (不可替代性), 保护等级和受胁现状等信息。

特有性权重: 根据物种特有性高低进行赋值, 长江流域特有-2; 中国特有-1; 非特有-0。

特有性指数: 又称不可替代性指数, 指在一个类群和区域内根据特有性权重除以总的物种数量所得值。

保护等级权重: 根据物种保护等级高低进行赋值, 国家一级-2; 国家二级-1; 无等级-0。

保护等级指数: 指在一个类群和区域内保护等级权重除以总的物种数量所得值。

保护优先性权重: 指受胁权重、特有性权重和保护等级权重之和。

保护优先性指数: 指受胁指数、特有性指数和保护等级指数之和。

保护空缺分析 利用 IUCN 濒危物种红色名录网站^[33]、《中国生物多样性红色名录: 脊椎动物. 第三卷 (爬行动物)》^[34]、《中国生物多样性红色名录: 脊椎动物. 第四卷 (两栖动物)》^[35] 以及结合各自然保护区的重点保护对象信息, 筛选出

长江流域内未被自然保护区覆盖的水生两栖爬行动物, 并计算现有自然保护区对长江流域内水生两栖爬行动物的覆盖度, 即位于长江流域自然保护区内的水生两栖爬行动物物种数/长江流域内水生两栖爬行动物总物种数。

2 结果

2.1 物种组成

长江流域共记录水生两栖爬行动物 281 种, 隶属 5 目 18 科 59 属; 其中两栖类 225 种, 隶属 2 目 9 科 37 属, 有尾目 53 种, 分别占中国和世界总数 58.89% 和 6.8%, 无尾目 172 种, 分别占中国和世界总数 33.15% 和 2.3%; 爬行类 56 种, 隶属 3 目 9 科 22 属, 鳄形目 1 种, 中国仅此 1 种, 龟鳖目 19 种, 分别占中国和世界总数 54.35% 和 5.25%, 有鳞目 (全为蛇亚目) 36 种, 分别占中国和世界总数 12.68% 和 0.90% (表 1)。

水生两栖动物中占比靠前的 3 个科为角蟾科

Megophryidae (81 种)、蛙科 Ranidae (60 种) 和蝶螈科 Salamandridae (30 种)(图 1-a), 水生爬行动物中占比靠前的 3 个科为水游蛇科 Natricidae (27 种)、地龟科 Geoemydidae (11 种) 和鳖科 Trionychidae (7 种)(图 1-b)。

2.2 区域多样性比较

水生两栖动物中, 科属最多的区域是金沙江-雅砻江流域和乌江-赤水河-清江流域, 均为 9 科 26 属, 而江源区科属均最少 (均为 5 种); 物种数最多的区域为洞庭湖流域 (79 种), 最少的是江源区, 仅 8 种; 水生爬行动物中, 科最多的区域为中下游干流区间和太湖流域, 均为 8 科, 属最多的区域是中下游干流区间 (19), 物种数最多的区域与两栖动物一致, 即洞庭湖流域 (37 种), 而江源区科属种均最少 (均 1 种)(表 2)。

多样性指数方面, 两栖动物的 G 指数在江源区最低 (0.036), 最高的是洞庭湖流域 (0.351), 其余区域介于 0.107~0.320, 相对均匀; F 指数最低

表 1 长江流域中水生两栖爬行动物和中国及世界两栖爬行类物种组成 (目级单元)

Tab. 1 Species composition of aquatic Amphibians and Reptiles in the Yangtze River basin, China and the world (order level)

纲 Class	目 Order	长江流域/种 Yangtze River basin	中国/种 China	世界/种 world
两栖纲 Amphibian	有尾目 Caudata	53	90	779
	无尾目 Anura	172	519	7 491
爬行纲 Reptilia	鳄形目 Crocodylia	1	1	27
	龟鳖目 Testudines	19	35	362
	有鳞目 Squamata	36	284	3 994
合计/种 total	5	281	929	12 653

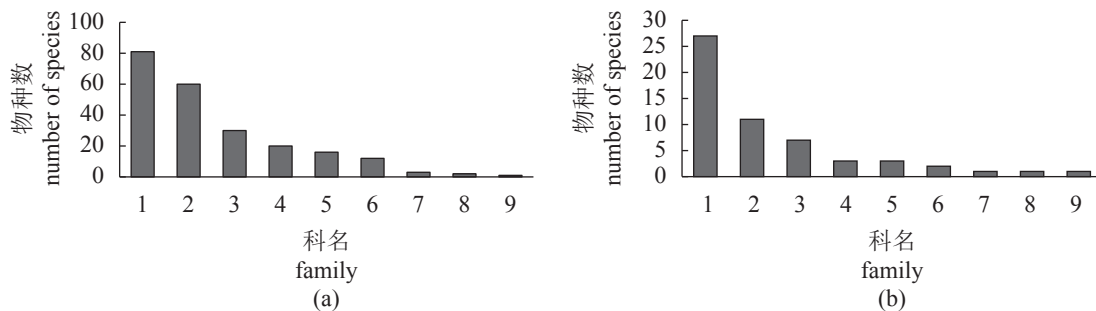


图 1 长江流域水生两栖爬行动物的各科物种数

(a) 两栖类。1.角蟾科, 2.蛙科, 3.蝶螈科, 4.小鲵科, 5.叉舌蛙科, 6.姬蛙科, 7.隐鳃鲵科, 8.蟾蜍科, 9.蟾蜍科。(b) 爬行类。1.水游蛇科, 2.地龟科, 3.鳖科, 4.游蛇科, 5.食螺蛇科, 6.水蛇科, 7.鬲科, 8.平胸龟科, 9.眼镜蛇科

Fig. 1 Number of species in each family among Aquatic amphibians and Reptiles in the Yangtze River basin

(a) Amphibian. 1.Megophryidae, 2.Ranidae, 3.Salamandridae, 4.Hynobiidae, 5. Dicroglossidae, 6. Rhacophoridae, 7.Cryptobranchidae, 8. Bombinatoridae, 9. Bufonidae; (b) Reptile. 1.Natricidae, 2.Geoemydidae, 3. Trionychidae, 4.Colubridae, 5.Dipsadidae, 6. Homalopsidae, 7.Alligatoridae, 8.Platyserpidae, 9.Elapidae

的区域也是江源区(0), 最高的是乌江-赤水河-清江流域, 达 6.779, 而其余区域均在 4.381~6.311 之间; $G-F$ 指数除江源区为 0, 其余区域比较均匀且较高, 均在 0.9~1.0。爬行动物的 G 指数最低区域和最高区域和两栖动物一致, 即江源区最低

(0.052), 而洞庭湖流域最高 (0.603); F 指数与两栖类分布情况不一致, 即各区域差异较大且总体低于两栖类, 其中江源区为 0, 最高的区域是中下游干流区间, 达 4.779; $G-F$ 指数除江源区为 0, 其他都介于 0.806~0.929 (表 2)。

表 2 长江流域中水生两栖爬行动物的不同区域物种多样性比较

Tab. 2 Comparison of species diversity of aquatic Amphibians and Eeptiles in different regions of the Yangtze River basin

名称及代码 name and cosde	两栖动物 Amphibian						爬行动物 Reptiles					
	科 Family	属 Genus	种 Species	G 指数 G -index	F 指数 F -index	$G-F$ 指数 $G-F$ index	科 Family	属 Genus	种 Species	G 指数 G -index	F 指数 F -index	$G-F$ 指数 $G-F$ index
江源区(JY) Headwater of Yangtze River Basin	5	5	8	0.036	0	0	1	1	1	0.052	0	0
金沙江-雅砻江流域(JSYL) Jinshajiang-Yalongjiang sub-basin	9	26	60	0.253	6.169	0.959	6	13	30	0.552	2.839	0.806
岷江-沱江流域(MJTJ) Minjiang-Tuojiang sub-basin	8	23	62	0.271	5.648	0.952	4	7	14	0.241	1.542	0.843
嘉陵江流域(JLJ) Jialinjiang sub-basin	7	20	37	0.160	5.287	0.970	4	9	14	0.224	2.707	0.917
乌江-赤水河-清江流域(WCQ) Wujiang-Chishuihe-Qingjiang sub-basin	9	26	72	0.320	6.779	0.953	6	15	28	0.535	3.916	0.864
上游干流区间(SG) Upper mainstream sub-basin	8	21	40	0.178	4.987	0.964	5	13	22	0.431	3.345	0.871
汉江流域(HJ) Hanjiang sub-basin	7	20	31	0.138	5.824	0.976	4	9	11	0.190	2.662	0.929
洞庭湖流域(DTH) Dongtinghu sub-basin	7	25	79	0.351	6.311	0.944	6	16	37	0.603	4.172	0.855
鄱阳湖流域(PYH) Poyanghu sub-basin	6	21	51	0.231	5.393	0.957	6	16	31	0.535	4.207	0.873
中下游干流区间(ZXG) Middle-Lower mainstream sub-basin	7	19	34	0.151	4.659	0.968	8	19	27	0.482	4.779	0.899
太湖流域(TH) Taihu sub-basin	6	16	24	0.107	4.381	0.976	8	13	17	0.293	2.431	0.879

2.3 特有种和濒危物种分布情况

整个流域中水生两栖动物的中国特有种及长江流域特有种分别为 195 种和 108 种, 分别占整个流域该类群总数的 86.67% 和 48%; 水生爬行动物的中国特有种及长江流域特有种分别为 27 种和 11 种, 分别占整个流域该类群总数的 48.21% 和 19.64%, 均低于两栖动物。

水生两栖动物的中国特有种、长江流域特有种、国家重点保护物种和濒危物种最少的区域均为江源区, 分别为 5 种、1 种、2 种和 3 种; 中国特有种和长江流域特有种最多的区域均为洞庭湖流域, 分别为 59 种和 29 种; 国家重点保护物种和濒危物种最多的区域均为乌江-赤水河-清江流域, 分别为 19 种和 25 种 (图 2-a); 水生爬行动物的中国特有种、长江流域特有种、国家重点保护物种和濒危物种最少的区域与两栖动物一致, 均

为江源区, 物种数分别为 1、0、1 和 1, 中国特有种最多的区域与两栖动物一致, 为洞庭湖流域 (14 种), 而长江流域特有种最多的是金沙江-雅砻江流域 (6 种), 国家重点保护物种和濒危物种最多的区域均为中下游干流区间, 分别为 14 种和 16 种 (图 2-b)。

从各区域的特有性权重排序来看, 水生两栖和爬行动物均是洞庭湖流域 (DTH) 最高, 江源区 (JY) 最低 (图 3-a, b); 而从特有性指数排序来看却有所差异, 对于水生两栖动物, 岷江-沱江流域 (MJTJ) 最高, 太湖流域 (TH) 最低; 而对于水生爬行动物, 江源区 (JY) 最高, 中下游干流区间 (ZXG) 最低 (图 3-c, d)。

2.4 受胁现状及保护优先性

长江流域中有 174 种水生两栖动物已经开展了受胁评估, 占整个流域水生两栖动物总数的

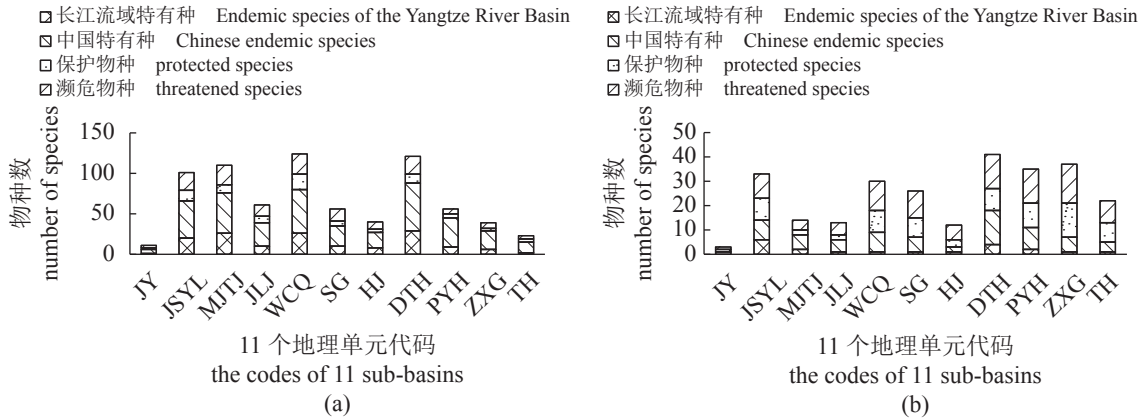


图 2 长江流域水生两栖爬行动物的特有种及濒危保护物种分布

(a) 两栖类, (b) 爬行类

Fig. 2 Distribution of endemic and endangered species of aquatic Amphibians and Reptiles in the Yangtze River basin

(a) Amphibian, (b) Reptile

77.33%, 51 个物种还未开展受胁评估或最新评估结果未进入国家层面发布 (NE)(图 4-a), 已开展受胁评估的物种中有 78 种为受胁动物, 占整个流域水生两栖动物总数的 34.67%, 其中灭绝 1 种, 即滇螈 (*Hypselotriton wolterstorffi*), 8 种极危 (CR),

包括有尾类 6 种和无尾类 2 种, 13 种缺乏数据 (DD); 流域内已列入国家重点保护野生动物名录的水生两栖动物 42 种, 占比 18.67%, 国家一级保护动物 5 种, 国家二级保护动物 37 种 (图 4-b)。水生爬行动物中已有 51 种开展受胁评估,

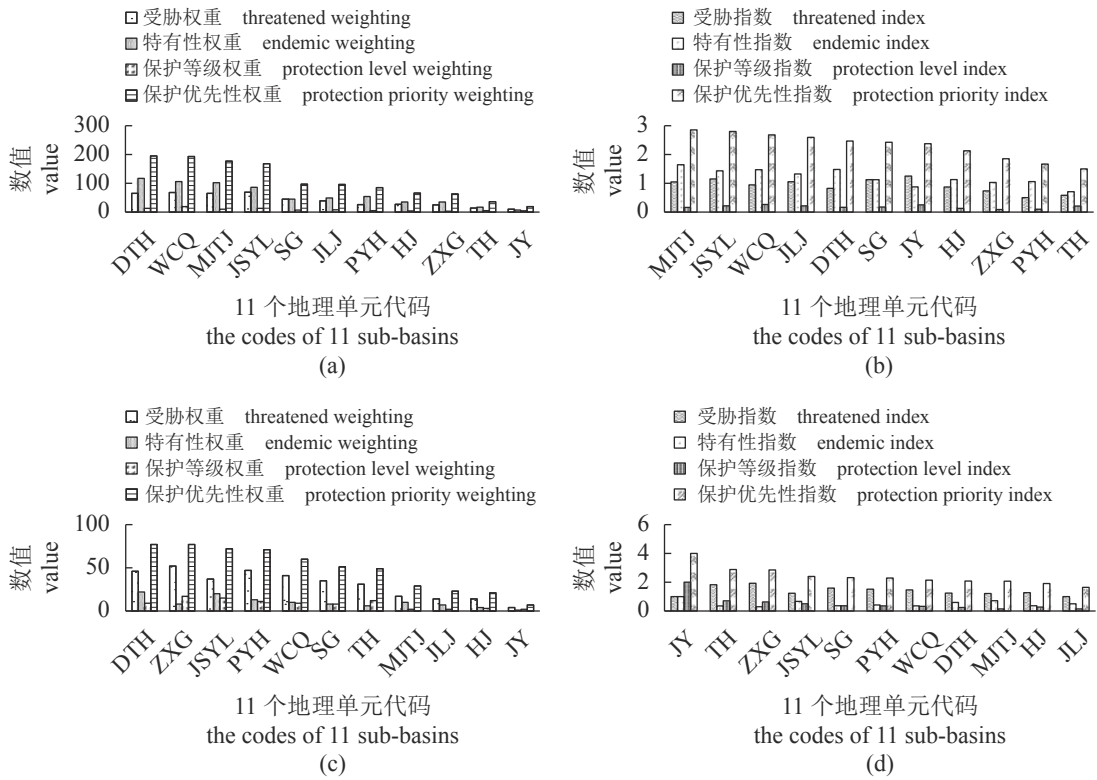


图 3 长江流域水生两栖爬行动物的保护优先性评价

(a)(b) 两栖类; (c)(d) 爬行类

Fig. 3 Assessment of conservation priorities of aquatic Amphibians and Reptiles in the Yangtze River basin

(a) Amphibian; (c) (d) Reptile

占比 91.07%，仅 5 种未开展评估，其中 24 种为受胁动物 (NT 以上等级)，占整个流域水生爬行动物总数的 42.86%；极危 (CR) 等级 11 种 (图 4-c)。已列入国家重点保护野生动物名录 20 种，占比 35.71%，其中国家一级保护动物 6 种，国家二级保护动物 14 种 (图 4-d)。

保护空缺分析显示，目前国家设立的自然保护区已经覆盖长江流域总面积的约 28.8%；绝大多数水生两栖爬行动物都已经有了保护区覆盖，物种覆盖度约 94.3%，但仍然有 12 种水生两栖动物和 4 种水生爬行动物无保护区覆盖。其中濒危受胁物种 11 种，国家重点保护物种 8 种 (国家一级 2 种，国家二级 6 种)。

受胁指数显示 (图 3-b, d)，水生两栖动物最高和最低区域分别为江源区 (JY) 和鄱阳湖流域 (PYH)；水生爬行动物最高区域和最低区域分别为中下游干流区间 (ZXG) 和嘉陵江流域 (JLJ)。保护等级指数显示 (图 3-b, d)，水生两栖动物最高和最低区域分别为乌江-赤水河-清江流域 (WCQ) 和中

下游干流区间 (ZXG)；水生爬行动物最高和最低区域分别为江源区 (JY) 和嘉陵江流域 (JLJ)。保护优先性权重结果显示水生两栖类最高和最低区域分别是洞庭湖流域 (DTH) 和江源区 (JY)，保护优先性指数最高和最低区域分别是岷江-沱江流域 (MJTJ) 和太湖流域 (TH)；水生爬行动物保护优先性权重最高区域是洞庭湖流域 (DTH) 和中下游干流区间 (ZXG)，最低区域是江源区 (JY)；而保护优先性指数最高和最低区域分别为江源区 (JY) 和嘉陵江流域 (JLJ)。

3 讨论

3.1 长江流域水生两栖爬行动物物种多样性高且具有区域差异

长江流域的水生两栖爬行动物较丰富，其中水生两栖动物占全国两栖动物总数 36.82%。于晓东等^[8-9]曾报道该流域的两栖爬行动物分别为 145 种和 166 种，而本研究结果显示仅水生两栖动物

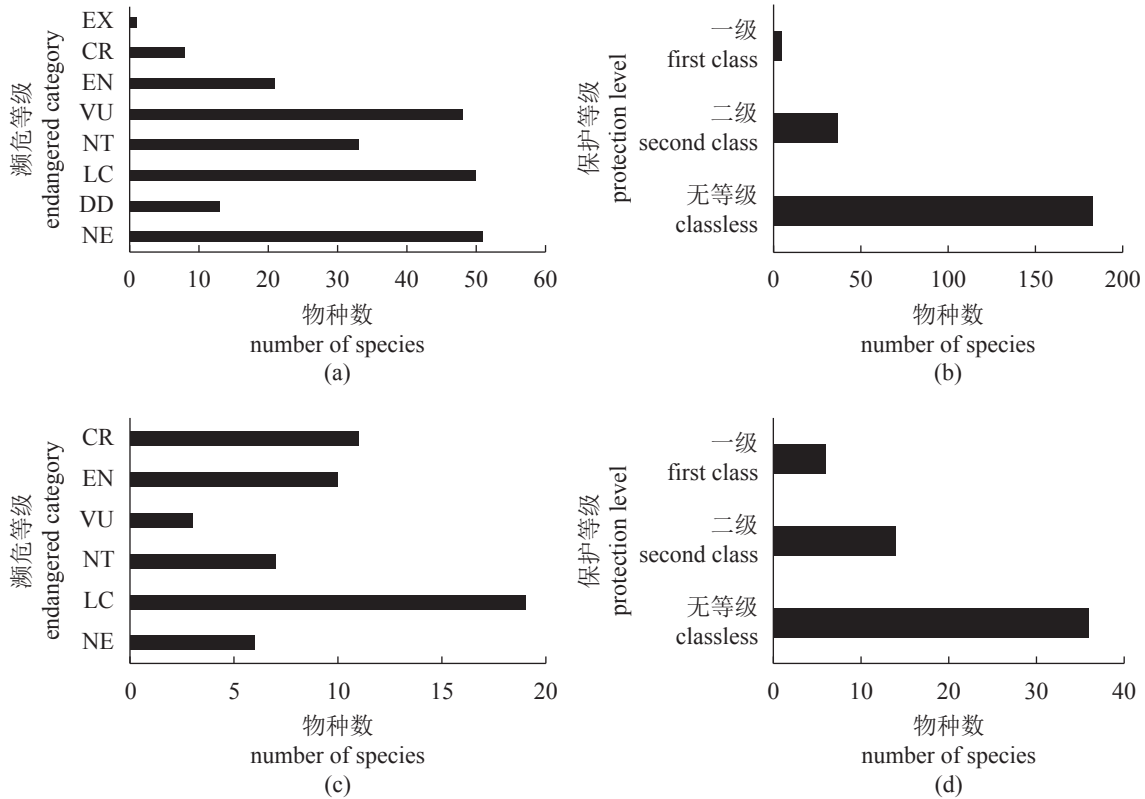


图 4 长江流域水生两栖爬行动物受胁现状评估及保护物种组成

(a) (b) 两栖类; (c) (d) 爬行类

Fig. 4 Threatened assessment of aquatic Amphibians and Reptiles and composition of protected species in the Yangtze River basin

(a) (b) Amphibian; (c) (d) Reptile

就已超过此前流域记录的两栖动物总数。近年来, 随着调查的不断深入及研究技术方法的提升, 全国范围内关于两栖爬行动物的新物种描述或新纪录报道不断增加, 仅 2021 年我国累计发现两栖、爬行动物新物种达 60 种, 其中两栖动物 29 种, 爬行动物 31 种, 而新物种发现多集中于长江流域干流和支流区域, 如云南、四川和贵州等地^[36], 这提示该区域的物种多样性仍需持续关注。

不同区域的物种多样性差异较大, 但水生两栖动物和爬行动物呈现相似趋势: 即江源区 (JY) 由于海拔较高, 环境温度较低, 自然环境恶劣, 两类爬行动物分布均较少。长江上游的金沙江-雅砻江流域 (JSYL)、长江右岸的乌江-赤水河-清江流域 (WCQ)、洞庭湖流域 (DTH) 和鄱阳湖流域 (PYH) 的物种数均高于或等于同类群在长江左岸的嘉陵江流域 (JLJ)、上游干流区间 (SG)、汉江流域 (HJ)、中下游干流区间 (ZXG) 和太湖流域 (TH) 的物种数, 这种左右岸分布差异与于晓东等^[7-8] 基于整个流域两栖动物和陆生爬行动物分析所展示的上中下游海拔三级台阶物种组成特点有所不同, 但都显示长江中下游的物种丰富度相对低, 形成了“上游高下游低和右岸高左岸低”的分布格局 (图 5)。

3.2 长江流域水生两栖爬行动物不可替代性强且保护优先性存在区域差异

本研究显示长江流域的水生两栖爬行动物特有种比例较高, 其中水生两栖动物的中国特有种及长江流域特有种分别占整个流域内该类群总数的约 90% 和 50%; 水生爬行动物中的中国特有种及长江流域特有种分别占流域内对应类群总数约 50% 和 20%, 这提示长江流域在生物多样性保护中具有较高的不可替代性。根据特有性权重和特有性指数分析, 对于保护水生两栖动物特有种, 岷江-沱江流域 (MJTJ)、洞庭湖流域 (DTH) 和乌江-赤水河-清江流域 (WCQ) 区域需重点关注; 保护水生爬行动物特有种需重点关注岷江-沱江流域 (MJTJ)、金沙江-雅砻江流域 (JSYL) 和洞庭湖流域 (DTH)。另外, 由于江源区 (JY) 分布着较多高海拔物种, 如西藏温泉蛇 (*Thermophis baileyi*), 属国家一级中国特有种, 具有极高的科学研究价值^[37], 因此该区域需重点关注。

长江流域的保护关注度一直比较高, 保护优先性在各地理单元有差异。该流域除了物种不可

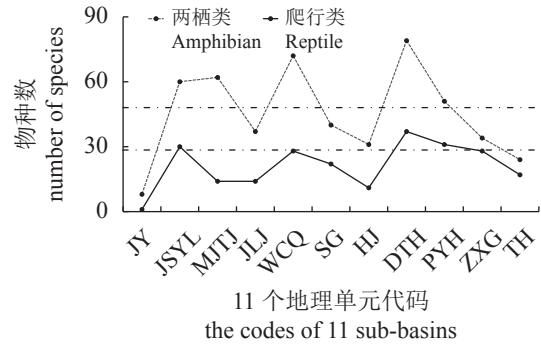


图 5 长江流域 11 个地理单元水生两栖爬行动物物种丰富度

Fig. 5 Species richness of aquatic Amphibians and Reptiles in 11 geographical units of the Yangtze River basin

替代性较强, 流域内濒危物种和保护物种比例也较高, 受胁的水生两栖动物占水生两栖类总数的 34.67%, 国家二级及以上的水生两栖动物达 42 种; 受胁的水生爬行动物超过该流域对应类群总数的 40%, 国家二级及以上的保护物种达 14 种。整体而言, 流域内的水生两栖爬行动物受胁水平显著高于全国水平^[4-5]。从区域保护优先性分析显示: 对水生两栖动物而言, 洞庭湖流域 (DTH)、金沙江-雅砻江流域 (JSYL)、岷江-沱江流域 (MJTJ) 和乌江-赤水河-清江流域 (WCQ) 的保护优先性权重及保护优先性指数都靠前, 需重点关注, 而且这些区域与张路等^[10] 筛选出的长江流域两栖爬行动物多样性保护优先区总体一致; 而对于水生爬行动物, 江源区 (JY)、金沙江-雅砻江流域 (JSYL) 和中下游干流区间 (ZXG) 的珍稀濒危保护物种较多, 需重点关注。

保护优先性除了考虑区域, 保护空缺物种也需同时考虑, 目前水生两栖动物中的水城拟小鲵 (*Pseudohynobius shuichengensis*) (二级, EN)、贵州拟小鲵 (*P. guizhouensis*) (二级, DD)、呈贡蝶螈 (*Cynops chenggongensis*) (CR)、织金瘰螈 (*Paramesotriton zhijinensis*) (二级, EN)、川南疣螈 (*Tylototriton pseudoverrucosus*) (二级, NT)、花齿突蟾 (*Scutigera maculatus*) (CR)、川北齿蟾 (*Oreolalax chuanbeiensis*) (EN)、秉志齿蟾 (*O. pingii*) (VU)、抱龙角蟾 (*Boulenophrys baolongensis*) (EN)、康县隆肛蛙 (*Nanorana kangxianensis*) (VU) 以及水生爬行动物中的斑鳖 (*Rafetus swinhoiei*) (一级, CR)、潘氏闭壳龟 (*Cuora pani*) (二级, CR)、云南闭壳龟 (*C. yunnanensis*) (二级, CR) 和香格里拉温

泉蛇 *Thermophis shangrila* (一级, NE) 均处于濒危或属于国家重点保护物种但没有被保护区覆盖, 因此, 今后的保护工作需对以上物种加以重视。

3.3 长江流域水生两栖爬行动物的受胁因素分析

两栖爬行动物具有特殊的生理和生活史特征, 其皮肤渗透性极强, 对环境变化敏感。水生两栖爬行动物的受胁因素一般包括 6 类, 即栖息地退化或丧失、资源利用、污染、自然灾害与气候变化、物种内在因素 (疾病等) 和生物入侵^[4-5,31], 其中栖息地退化或丧失和污染对于长江流域内的水生两栖爬行类影响尤其明显。

长江上游地区因地势具有起伏高、落差大的条件, 形成了独有的流域环境, 水电站的梯级开发较多, 因此对于水生两栖爬行动物栖息地势必造成影响^[38-40]; 另外上游地区放牧较为普遍, 特别是高海拔少数民族地区, 过渡放牧对于动物的栖息地破坏也较为明显^[38]。而且在上游地区分布较多完全水栖性或高海拔物种, 如有尾目的小鲵科和蝾螈科, 有鳞目的食螺蛇科, 这些种类的幼体和成体都高度依赖水环境, 栖息地一旦被破坏便直接影响它们的生存。

长江中下游地区的水生两栖爬行动物受胁因素较为复杂, 但大坝、河岸利用和航运严重干扰了原有的生态系统及水文环境^[39]。截至 2017 年底, 长江经济带 10 个省份已建成小水电站 2.41 万座, 最小间距仅 100 m^[41]。并且, 长江沿岸工业规模不断扩大, 水体污染也是影响水生两栖爬行动物生存的重要因素之一, 据统计 2011—2021 年, 长江经济带累计发生环境事件 2 165 次, 占全国环境事件总数的 52.03%^[42], 水体污染严重威胁着水生两栖爬行动物生存。

3.4 长江流域水生两栖爬行动物保护中存在问题及建议

物种名录需适时更新 近年来随着生物学研究方法和技术的不断提升, 中国两栖、爬行动物物种多样性研究发展迅猛, 两栖爬行动物新物种和新纪录不断增加。2015 年至 2021 年底, 中国两栖类从 434 种增至 583 种; 中国爬行类则从 462 种增至 584 种^[43-45]。虽然全国的两栖爬行动物物种数在不断增加且名录及时更新, 但长江流域的两栖爬行动物名录缺乏整理, 从 2005 年至今一

直沿用旧名录, 未及时加入新描述和新记录物种^[8-9,38-41,46-47], 这将严重阻碍对新发现或新记录物种的现状评价和保护。因此, 建议进一步加强流域内本底资源调查, 及时更新流域内特有种和濒危保护物种的生存状况, 为精确开展保护工作提供数据支撑。

保护体制有待完善 两栖动物具有典型的水陆两相的生活史, 因此对水体具有较强的依赖性。但长江流域的保护模式仍更多注重在短期成效上, 管理主体仍按照部门性质进行分工开展保护工作, 如对水生和陆生动物的保护仍是分农业和林业部门进行管理, 而两栖爬行动物类群很难以这种形式分开, 且物种的分布也不与行政界限划分一致, 分江段或分区域进行保护存在一定缺陷, 如对于不同省份江段依然按照流域所属行政单位进行保护管理; 保护对象更多关注濒危旗舰物种, 设立保护区有时只重点考虑单个物种的保护。为提升保护成效, 有必要提高保护管理部门的联动性, 加强跨行政区域、跨流域、跨山地的保护合作^[40], 促进数据和保护技术的共享, 增加对关键区域和关键类群的整体保护投入。

监测体系急需健全 目前, 长江流域的保护地体系基本完善, 整个流域已建成自然保护区多达 1329 个, 占国土面积的 13.6%, 其中国家级自然保护区 224 个, 面积占比 9.4%, 但普遍存在单个自然保护区面积太小, 野生动植物的生存空间有限, 且保护区周边人类活动频繁, 易受干扰等问题^[41]。目前保护区多围绕大型脊椎动物 (鸟兽) 或者重点生态系统建设, 但对于重点两栖爬行动物及其关键区域的监测区域覆盖不够, 根据中国关键地区两栖爬行动物多样性监测的结果显示: 目前全国系统性开展两栖爬行动物监测的关键样区有 22 个, 但落在长江流域的仅 8 个, 包括陕西佛坪县、河南内乡县、四川九寨沟县和石棉县、湖南桑植县和岳阳市、浙江开化县和云南丽江市^[48], 覆盖度不够。因此, 建议对重点保护物种进行及时筛选和监测, 并根据农业农村部制定的《长江流域水生生物完整性指数评价办法 (试行)》进行科学有效的全面评价, 并根据监测效果及时更新监测样点或样区; 另外注重增加科研投入与增强公众保护意识。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

- [1] 长江水利网. 长江流域 [EB/OL]. (2020-08-25) [2022-8-10]. <http://www.cjw.gov.cn/zjzx/lypgk/>. Changjiang Water Resources Commission official website [EB/OL]. (August 25, 2020) [August 10, 2022]. <http://www.cjw.gov.cn/zjzx/lypgk/> (in Chinese).
- [2] Conservation International. Biodiversity hotspots: targeted investment in nature's most important places [EB/OL]. (August 10, 2022) [August 10, 2022] <https://www.conservation.org/priorities/biodiversity-hotspots>.
- [3] Cox N, Young B E, Bowles P, *et al.* A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods[J]. *Nature*, 2022, 605(7909): 285-290.
- [4] 江建平, 谢锋, 臧春鑫, 等. 中国两栖动物受威胁现状评估[J]. *生物多样性*, 2016, 24(5): 588-597. Jiang J P, Xie F, Zang C X, *et al.* Assessing the threat status of amphibians in China[J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(5): 588-597 (in Chinese).
- [5] 蔡波, 李家堂, 陈跃英, 等. 通过红色名录评估探讨中国爬行动物受威胁现状及原因[J]. *生物多样性*, 2016, 24(5): 578-587. Cai B, Li J T, Chen Y Y, *et al.* Exploring the status and causes of China's threatened reptiles through the red list assessment[J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(5): 578-587 (in Chinese).
- [6] 农业农村部渔业渔政管理局. 国家重点保护水生野生动物 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2022. Fisheries Administration of Ministry of Agriculture and Rural Affairs. National protected aquatic wildlife[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022 (in Chinese).
- [7] Chen T, Wang Y, Gardner C, *et al.* Threats and protection policies of the aquatic biodiversity in the Yangtze River[J]. *Journal for Nature Conservation*, 2020, 58: 125931.
- [8] 于晓东, 罗天宏, 戴强, 等. 长江流域爬行动物物种多样性大尺度格局研究[J]. *生物多样性*, 2005, 13(4): 298-314. Yu X D, Luo T H, Dai Q, *et al.* Macro-distribution of reptile biodiversity in the Yangtze River Basin[J]. *Biodiversity Science*, 2005, 13(4): 298-314 (in Chinese).
- [9] 于晓东, 罗天宏, 伍玉明, 等. 长江流域两栖动物物种多样性的大尺度格局[J]. *动物学研究*, 2005, 26(6): 565-579. Yu X D, Luo T H, Wu Y M, *et al.* Macro-distribution of Amphibian Biodiversity in the Yangtze River Basin[J]. *Zoological Research*, 2005, 26(6): 565-579 (in Chinese).
- [10] 张路, 欧阳志云, 徐卫华, 等. 基于系统保护规划理念的长江流域两栖爬行动物多样性保护优先区评价[J]. *长江流域资源与环境*, 2010, 19(9): 1020-1028. Zhang L, Ouyang Z Y, Xu W H, *et al.* Biodiversity priority areas analysis for amphibians and reptiles in the Yangtze Basin based on systematic conservation planning idea[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2010, 19(9): 1020-1028 (in Chinese).
- [11] 水利部长江水利委员会. 长江流域地图集 [M]. 北京: 中国地图出版社. 1999. The Yangtze River Water Conservation Commission of China's Ministry of Water Resources. Atlas of the Changjiang River Basin[M]. Beijing: SinoMaps Press, 1999 (in Chinese).
- [12] 水利部长江水利委员会. 长江流域综合规划 (2012-2030年)[R]. 2009. The Yangtze River Water Conservation Commission of China's Ministry of Water Resources. Report on integrated planning in Yangtze basin (2012-2030) [R]. 2009 (in Chinese).
- [13] 张孟闻, 宗愉, 马积藩. 中国动物志: 爬行纲. 第一卷 (总论 龟鳖目 鳄形目)[M]. 北京: 科学出版社, 1998. Zhang M W, Zong Y, Ma J F. Fauna Sinica: Reptilia (Vol. 1): General Accounts of Reptilia, Testudoformes and Crocodiliformes[M]. Beijing: Science Press, 1998 (in Chinese).
- [14] 赵尔宓, 黄美华, 宗愉. 中国动物志: 爬行纲. 第三卷 (有鳞目: 蛇亚目) [M]. 北京: 科学出版社, 1998. Zhao E M, Huang M H, Zong Y. Fauna Sinica: Reptilia (Vol. 3): Squamata (Serpentes)[M]. Beijing: Science Press, 1998(in Chinese).
- [15] 赵尔宓, 赵肯堂, 周开亚, 等. 中国动物志: 爬行纲. 第二卷 (有鳞目: 蜥蜴亚目) [M]. 北京: 科学出版社, 1999. Zhao E M, Zhao K T, Zhou K Y, *et al.* Fauna Sinica: Reptilia (Vol. 2): Squamata (Lacertilia)[M]. Beijing: Science Press, 1999 (in Chinese).
- [16] 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 等. 中国动物志: 两栖纲. 上卷 (总论 蚓螈目 有尾目)[M]. 北京: 科学出版社, 2006. Fei L, Hu S Q, Ye C Y, *et al.* Fauna Sinica: Amphibia (Vol. 1): General Accounts of Amphibia, Gymnophiona, and Caudata[M]. Beijing: Science Press, 2006 (in Chinese).
- [17] 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 等. 中国动物志: 两栖纲. 中卷 (无尾目)[M]. 北京: 科学出版社, 2009a.

- Fei L, Hu S Q, Ye C Y, *et al.* Fauna Sinica: Amphibia (Vol. 2): Anura[M]. Beijing: Science Press, 2009 (in Chinese).
- [18] 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 等. 中国动物志: 两栖纲. 下卷 (无尾目 蛙科)[M]. 北京: 科学出版社, 2009b.
- Fei L, Hu S Q, Ye C Y, *et al.* Fauna Sinica: Amphibia (Vol. 3): Anura Ranidae[M]. Beijing: Science Press, 2009 (in Chinese).
- [19] 赵尔宓. 中国蛇类 [M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2006.
- Zhao E M. Snakes of China [M]. Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House, 2006 (in Chinese).
- [20] 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, 2012.
- Fei L, Ye C Y, Jiang J P. Colored atlas of Chinese Amphibians and their distributions[M]. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 2012(in Chinese).
- [21] 史海涛. 中国贸易龟类检索图谱 [M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2008.
- Shi H T. Identification manual for traded turtles in China[M]. Beijing: Encyclopedia of China Publishing House, 2008(in Chinese).
- [22] 周婷, 李丕鹏. 中国龟鳖分类原色图鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- Zhou T, Li P P. Colored atlas taxonomy of Chinese Chelonians[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013 (in Chinese).
- [23] Fei L, Ye C Y. Amphibians of China(I)[M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [24] 郭鹏, 刘芹, 吴亚勇, 等. 中国蝮蛇 [M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- Guo P, Liu Q, Wu Y Y, *et al.* Pitvipers of China[M]. Beijing: Science Press, 2021 (in Chinese).
- [25] 黄松. 中国蛇类图鉴 [M]. 福建: 海峡书局, 2021.
- Huang S. Sinoophis[M]. Fujian: The Straits Publishing & Distributing Group. 2021 (in Chinese).
- [26] 中国两栖类. “中国两栖类”信息系统 [DB/OL]. 中国, 云南省, 昆明市. (2022-8-10)[2022-8-10]. <http://www.amphibiachina.org/>.
- AmphibiaChina. The database of Chinese amphibians[DB/OL]. Kunming Institute of Zoology (CAS), Kunming, Yunnan, China. (August 10, 2022) [August 10, 2022]. <http://www.amphibiachina.org/> (in Chinese)
- [27] Frost, D R. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1. [DB/OL]. American Museum of Natural History, New York, USA. (August 10, 2022)[August10, 2022]. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>.
- [28] Uetz, P., Freed, P, Aguilar, R, *et al.* The Reptile Database [DB/OL]. (July 28, 2022) [August 10, 2022]. <http://www.reptile-database.org>.
- [29] 中国科学院动物研究所. 物种多样性数据平台 [DB/OL]. 中国, 北京市. (2022-8-10)[2022-8-10]. <http://www.especies.cn/>.
- Institute of Zoology(CAS). Especies [DB/OL]. Beijing, China. (2022-8-10) [August 10, 2022]. <http://www.especies.cn/> (in Chinese).
- [30] 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 中国脊椎动物红色名录 [J]. 生物多样性, 2016, 24(5): 500–551.
- Jiang Z G, Jiang J P, Wang Y Z. Red list of China's Vertebrates[M]. Biodiversity Science, 2016, 24(5): 500–551(in Chinese).
- [31] 蒋志刚, 纪力强. 鸟兽物种多样性测度的G-F指数方法[J]. 生物多样性, 1999, 7(3): 220-225.
- Jiang Z G, Ji L Q. Avian-mammalian species diversity in nine representative sites in China[J]. Biodiversity Science, 1999, 7(3): 220-225 (in Chinese).
- [32] 谢锋, 刘惠宁, Simon N Stuart, 等. 中国两栖动物保护需求总述 [J]. 中国科学: C 辑, 2006, 36 (6): 570–581.
- Xie F, Liu H N, Simon N S, *et al.* Summary of amphibian conservation needs in China[M] Science in China Ser. C Life Sciences, 2006, 36 (6): 570–581(in Chinese).
- [33] IUCN 2022. The IUCN Red List of Threatened Species [EB/OL]. Version 2022-1. [August 10, 2022] <https://www.iucnredlist.org>.
- [34] 王跃招, 蔡波, 李家堂. 中国生物多样性红色名录: 脊椎动物. 第三卷 (爬行动物)[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- Wang Y Z, Cao B, Li J T. China's red list of biodiversity: vertebrates (Vol. 3): Reptiles [M]. Beijing: Science Press, 2021 (in Chinese).
- [35] 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)[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- Jiang J P, Xie F, Li C, *et al.* China's red list of biodiversity: vertebrates (Vol. 4): Amphibians. Beijing: Science Press, 2021 (in Chinese).
- [36] 张栋儒, 王凯, 吴云鹤. 2021 年中国两栖、爬行动物分
- 中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- 类变动汇总 [EB/OL]. "中国两栖类"信息系统. (2022-05-13) [2022-8-10] (<https://www.amphibiachina.org/news/scientifictrends/262-20220513>.)
- Zhang D R, Wang K, Wu Y H. Summary for taxonomic changes of Chinese amphibians and reptiles in 2021[EB/OL]. AmphibiaChina, (May 13, 2022) [August 10, 2022] (<https://www.amphibiachina.org/news/scientifictrends/262-20220513>.)(in Chinese)
- [37] Li J T, Gao Y D, Xie L, *et al.* Comparative genomic investigation of high-elevation adaptation in ectothermic snakes[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2018, 115(33): 8406-8411.
- [38] 刘海龙, 张益章, 周语夏. 淡水生物多样性保护背景下长江流域河流干扰度分析及展望[J]. *西部人居环境学刊*, 2022, 37(3): 33-39.
- Liu H L, Zhang Y Z, Zhou Y X. Analysis and Prospect of River Disturbance index in the Yangtze River Basin under the background of freshwater biodiversity protection[J]. *Journal of Human Settlements in West China*, 2022, 37(3): 33-39 (in Chinese).
- [39] 中国科学院生态环境研究中心, 世界自然基金会. 长江流域生物多样性格局与保护图集 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, World Wildlife Fund. Atlas of biodiversity and conservation in the Yangtze River Basin[M]. Beijing: Science Press, 2011(in Chinese).
- [40] 李琴, 陈家宽. 长江流域的历史地位及大保护建议[J]. *长江技术经济*, 2018, 2(4): 10-13.
- Li Q, Chen J K. Historical status of the Yangtze River Basin with suggestions for its comprehensive conservation[J]. *Technology and Economy of Changjiang*, 2018, 2(4): 10-13 (in Chinese).
- [41] 陈进. 长江流域生态红线及保护对象辨识[J]. *长江技术经济*, 2018, 2(1): 30-36.
- Chen J. Identification of ecological red line and protected objects in the Yangtze River Basin[J]. *Technology and Economy of Changjiang*, 2018, 2(1): 30-36 (in Chinese).
- [42] 黄成, 吴传清, 邓明亮. 环境规制与长江经济带工业绿色转型要素——基于排污异质性的视角 [J]. *改革*, 2022, <https://kns.cnki.net/kcms/detail//50.1012.F.20221223.1416.001.html>.
- Huang C, Wu C Q, Deng M L. Environmental regulation and industrial green transition in the Yangtze River economic belt: from the perspective of emission heterogeneity[J]. *Reform*, 2022, <https://kns.cnki.net/kcms/detail//50.1012.F.20221223.1416.001.html> (in Chinese).
- [43] 蔡波, 王跃招, 陈跃英, 等. 中国爬行纲动物分类厘定[J]. *生物多样性*, 2015, 23(3): 18.
- Cai B, Wang Y Z, Chen Y Y, *et al.* A revised taxonomy for Chinese reptiles[J]. *Biodiversity Science*, 2015, 23(3): 18 (in Chinese).
- [44] 王凯, 蒋珂. 2015 中国两栖爬行动物新物种和新纪录 [EB/OL]. 中国两栖类信息系统. (2016-02-05) [2022-8-10] <http://www.amphibiachina.org/news/scientifictrends/132-2015>.
- Wang K, Jiang K. Taxonomic novelties and new records of herpetofauna of China in 2015[EB/OL]. Amphibia China. (February 5, 2016)[August 10, 2022] <http://www.amphibiachina.org/news/scientifictrends/132-2015>. (in Chinese)
- [45] 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*, 2020, 28 (2): 189-218.
- Wang K, Ren J L, Chen H M, *et al.* The updated checklists of amphibians and reptiles of China[J]. *Biodiversity Science*, 2020, 28 (2): 189-218(in Chinese).
- [46] 李红清. 长江流域自然保护区建设现状与生态保护[J]. *长江流域资源与环境*, 2011, 20(2): 150-155.
- Li H Q. Construction status quo and eco-protection of natural conservation areas in the Changjiang River Basin[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2011, 20(2): 150-155 (in Chinese).
- [47] 黄硕琳, 王四维. 长江流域濒危水生野生动物保护现状及展望[J]. *上海海洋大学学报*, 2020, 29(1): 128-138.
- Huang S L, Wang S W. Conservation status and prospects of endangered aquatic wildlife in Yangtze River Basin[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2020, 29(1): 128-138 (in Chinese).
- [48] 李成, 谢锋, 车静, 等. 中国关键地区两栖爬行动物多样性监测与研究 [J]. *生物多样性*, 2017, 25(3): 246-254.
- Li C, Xie F, Che J, *et al.* Monitoring and research of amphibians and reptiles diversity in key areas of China[J]. *Biodiversity Science*, 2017, 25(3): 246-254 (in Chinese).

Diversity and conservation of aquatic amphibians and reptiles in the Yangtze River basin

SHU Guocheng¹, HE Zhongping¹, GUO Peng¹, HE Jinxin¹, DU Wenyu¹,
HU Lin¹, LI Cheng², XIE Feng^{2*}

(1. Faculty of Agriculture, Forestry and Food Engineering, Yibin University, Yibin 644007, China;

2. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract: The Yangtze River Basin is a priority biodiversity conservation area of global significance. To understand the diversity, threatened situation, and conservation status of the aquatic amphibians and reptiles in the Yangtze River basin, the basin was divided into 11 geographical units mainly based on the natural drainage. The cataloging method was conducted to reveal the species composition of aquatic amphibian reptile in the area. The G-F index method was used to measure regional species diversity. The weight assignment method was used to assess the species' threat status and conservation priority in the region. The result showed that 281 species were recorded in the area, including 225 amphibians and 56 reptiles. The amphibians contained 2 orders, 9 families and 37 genera, and reptiles contained 3 orders, 9 families and 22 genera. There were 119 endemic species to the Yangtze River Basin, accounting for 42.35%; 60 species are under state key protection, accounting for 22.06%; 102 species were threatened, accounting for 36.30%. The species diversity of the two taxa showed a similar distribution pattern of "Upstream high, downstream low and right bank high, left bank low". For aquatic amphibians, the Jinshajiang-Yalong sub-basin (JSYL), Minjiang-Tuojiang sub-basin (MJTJ) and Wujiang-Chishuihe-Qingjiang sub-basin (WCQ) have higher conservation priority; For aquatic reptiles, the Headwater of Yangtze River basin (JY), the Taihu sub-basin (TH) and the Middle-Lower mainstream sub-basin (ZXG) have higher conservation priority. The results indicated that the irreplaceability of aquatic amphibians and reptiles was strong in the Yangtze River Basin, the protecting attention and the protection urgency were also high. So, we suggest further strengthening the investigation of the background resources in the basin, establishing a scientific and efficient integrated protection management system for joint prevention and control, establishing and improving monitoring and evaluation mechanism for regional species diversity, and paying attention to increasing scientific research investment and enhancing public conservation awareness. This study provides an important reference for the conservation of species diversity in the Yangtze River basin.

Key words: amphibian; reptile; species diversity; conservation; Yangtze River basin

Corresponding author: XIE Feng. E-mail: xiefeng@cib.ac.cn

Funding projects: Sailing Project of Yibin University (2020QH07); National Natural Science Foundation of Sichuan (2023NSFSC1157)