

湖南壶瓶山国家级自然保护区两栖爬行动物多样性的时空格局

田书荣^{①②} 杨存存^② 蒋博文^③ 杜静^② 廖庆义^② 李迪强^{①*}

① 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所 北京 100091; ② 湖南省壶瓶山国家级自然保护区管理局 常德 415300;

③ 东北林业大学野生动物与自然保护地学院 哈尔滨 150040

摘要: 本研究利用 2013 至 2016 年湖南壶瓶山国家级自然保护区巡护监测数据, 评估壶瓶山保护区两栖爬行动物多样性水平。壶瓶山保护区在 8 个监测站点布设了 25 条两栖爬行动物调查样线, 进行常规监测, 其中, 日间样线 14 条, 夜间样线 11 条, 日间样线平均长度 4 km, 夜间样线平均长度 0.75 km。每个月, 每条样线平均调查 3 次。4 年共调查到 62 种两栖爬行动物, 占湖南省两栖爬行动物总种数的 38.04%。逐月计算各监测站点的 α 多样性指数和整个保护区的 β 多样性指数, 按季节比较不同站点间物种组成的 Hellinger 距离。结果显示, 保护区不同位置间、不同的监测站点间以及年际间的两栖爬行动物多样性没有显著差异, 提示保护区环境具有相对稳定性。但是, 个别位于实验区或邻近实验区的站点, 物种组成有着剧烈的波动, 表明人为活动影响了两栖爬行动物的分布。另外, 保护区两栖爬行动物的物种组成与多样性有着显著的季节差异, 这与两栖爬行动物的生物学特性有关。以上结果说明, 壶瓶山保护区两栖爬行动物的多样性结构具有稳定性和敏感性的特点, 可以考虑用作保护区生物多样性水平的监测指标。

关键词: 两栖纲; 爬行纲; 生物多样性; 空间格局; 时间格局; 壶瓶山自然保护区

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2019) 06-825-10

Spatial and Temporal Patterns of Amphibian and Reptile Diversity in Hupingshan National Nature Reserve

TIAN Shu-Rong^{①②} YANG Cun-Cun^② JIANG Bo-Wen^③ DU Jing^②
LIAO Qing-Yi^② LI Di-Qiang^{①*}

① *Institute of Forest Ecological Environment and Protection, China Forest Science Academy, Beijing 100091;*

② *Hunan Hupingshan National Nature Reserve administration Bureau, Changde 415300;*

③ *College of Wildlife and Protected Area, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China*

Abstract: Our study showed visible spatial and temporal patterns of amphibian and reptile diversity in

基金项目 中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金重点项目 (No. CAFYBB2018ZD001);

* 通讯作者, E-mail: lidq@caf.ac.cn;

第一作者简介 田书荣, 男, 高级工程师; 研究方向: 自然保护区规划、管理和生物多样性保护; E-mail: 139685878@qq.com。

收稿日期: 2019-03-09, 修回日期: 2019-08-20 DOI: 10.13859/j.cjz.201906009

Hupingshan National Nature Reserve. The patrolling and monitoring data from 2013 to 2016 was used to assess amphibian and reptile diversity of Hunan Hupingshan National Nature Reserve. In order to carry out routine monitoring, Hupingshan Reserve set 25 amphibian and reptile investigating transects at 8 monitoring stations, including 14 daytime transects with an average length of 4 km and 11 nighttime transects with an average length of 0.75 km (Fig. 1). Each transect was investigated 3 times per month on average. During these 4 years, 62 amphibian and reptile species were recorded in total, accounting for 38.04% of the amphibian and reptilian species in Hunan province. We calculated the alpha diversity index of each monitoring site and the beta diversity index of the whole reserve monthly and compared the Hellinger distance of species composition in different stations among seasons. And we respectively applied ANOVA to analyze significances. The results showed that there was no significant difference among amphibian and reptile diversity in different locations, monitoring stations and in different years, which means the ecological environment of reserve is relatively stable. However, species composition fluctuated drastically in several stations located in or near experimental zone of reserve, which means human activities are influential to the distribution of amphibian and reptilian species. Besides, there were significant seasonal differences in species composition and diversity of amphibians and reptiles in the reserve, which is related to the biological characteristics of amphibians and reptiles. The results above indicate that the diversity structure of amphibians and reptiles in Hupingshan Reserve is stable yet sensitive, which can be considered as a monitoring index for the biodiversity level in the reserve.

Key words: Amphibian; Reptile; Biodiversity; Spatial patterns; Temporal patterns; Hupingshan Nature Reserve

生物多样性丧失是人类面临的最严重的环境问题之一 (Chisholm et al. 2018), 保护地作为保护生物多样性的基地, 在生物多样性监测和保护中起着非常重要的作用 (Xu W et al. 2017)。寻找恰当的监测指标, 是生物多样性监测中非常重要的工作 (Bal et al. 2018)。稳定性和敏感性是选择生物多样性监测指标的重要评价标准 (Siddig et al. 2016), 两栖爬行动物因为对环境变化非常敏感, 常常被用作监测环境变化的指示物种, 或者作为生物多样性监测的替代指标 (Ficetola et al. 2013, Sillero et al. 2014, Ilg et al. 2017)。能否结合特定地区的环境特点, 使用两栖爬行动物表征地区生物多样性的变化, 是值得研究的课题。

本研究使用湖南壶瓶山国家级自然保护区 (以下简称壶瓶山保护区) 4 年巡护监测数据, 分析壶瓶山保护区两栖爬行动物的分布格局, 评价其多样性指标的稳定性和敏感性, 为进一

步选择恰当的生物多样性监测指标提供理论基础。

1 研究方法

1.1 研究地概况

壶瓶山保护区位于湖南省石门县境内 (110°29' ~ 110°59' E, 29°50' ~ 30°09' N), 地处武陵山脉东北端, 总面积 66 568 hm² (图 1), 其北部核心区紧邻湖北后河国家级自然保护区。壶瓶山保护区内海拔变化幅度大, 最低点 220 m, 位于石家河谷底, 最高点 2 098.7 m, 位于壶瓶山主峰, 相对高差 1 878.7 m。本区属亚热带山地气候, 受太平洋暖流气候的影响明显, 年均温度 9.2 °C, 年均降水量 1 898.5 mm。本区森林植被是目前我国亚热带地区保存较完好的少数地区之一, 森林覆盖率达 86.5%, 植被覆盖度达 98.7%。壶瓶山保护区以华南虎 (*Panthera tigris amoyensis*)、珙桐 (*Davidia*

involutrata) 等濒危动植物为主的森林生态系统为保护对象, 森林类型包括低山针叶林、中山针叶林、中山针阔混交林、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林等。保护区位于洞庭湖区澧水第二大支流——溇水的上游, 境内各溪流均属于溇水上游的江坪河和南坪河两条水系, 主要溪流有北溪河、高桥河、金家河、龙池河等。保护区现已记录两栖类 2 目 8 科 25 种, 其中, 有尾目 2 科 2 种, 无尾目 6 科 23 种; 爬行类 3 目 9 科 47 种, 其中, 龟鳖目 2 科 2 种, 蜥蜴目 4 科 6 种, 蛇目 3 科 39 种 (张国珍等 2004)。

野外调查在 8 个常设监测站点监测范围内进行 (图 1, 表 1)。壶瓶山保护区的核心区被缓冲区和实验区分隔成四块, 其中面积相对较大的两块在保护区北侧, 这两块中西侧的一块划分为核心区西组, 包括顶坪、联防、神景洞、惜粮坪 4 个站点, 东侧的一块划分为核心区东组, 包括壶瓶山和野猫岔 2 个站点。位于缓冲区的黄莲棚和位于实验区的土湾 2 个站点划分

为核心区外组。3 个站点区组分别位于保护区内不同的水系支流。

1.2 数据收集方法

数据来自于保护区 2013 至 2016 年的巡护监测数据。每年于 4 月至 11 月采用样线法进行两栖爬行动物调查。结合各监测站点范围内的植被、水文及地形特点, 在每个监测站点附近布设 2~4 条样线 (表 1), 共计 25 条, 其中, 日间样线 14 条, 夜间样线 11 条。日间样线选择保护区内现有的自然道路, 夜间样线选择水环境多的峡谷溪沟和小路。日间样线平均长度 4 km (3~5 km), 夜间样线平均长度 0.75 km (0.5~1.0 km)。每个月, 每条样线平均调查 3 次 (2~4 次)。

每次调查以平均 1.5 km/h (1~2 km/h) 的速度行进, 日间样线于白天 6:00~12:00 时进行调查, 夜间样线于晚上 20:00~23:00 时进行调查。调查过程中沿样线记录两栖爬行类实体的种类、数量及生境, 并辅以蛙声辨认, 尤其在夜间调查时留意石堆、积水潭和苔藓石壁等

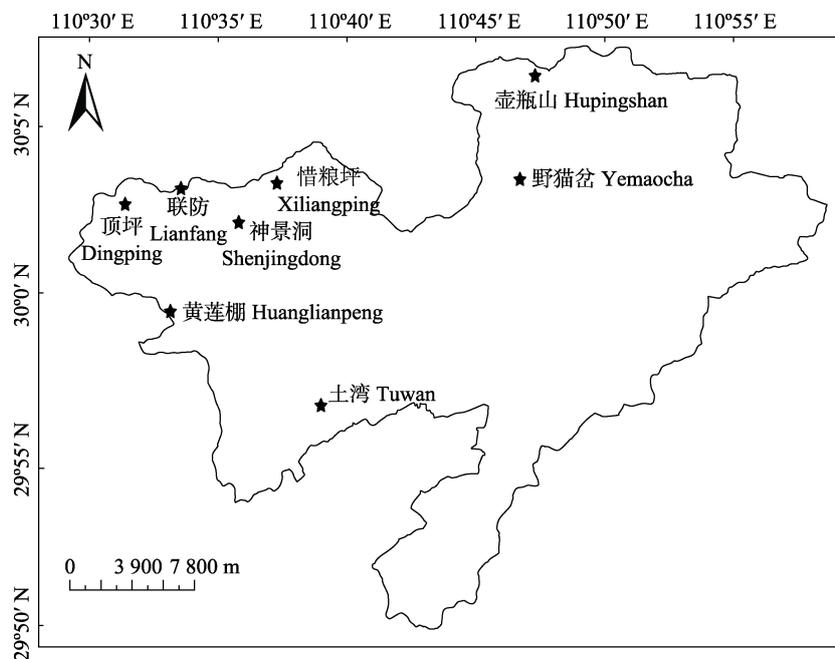


图 1 壶瓶山保护区各监测站点位置

Fig. 1 Locations of monitoring sites in Hupingshan Nature Reserve

表 1 各监测点所在位置及其基本生境和样线信息

Table 1 Locations, habitat and transect information of monitoring stations

监测站点 Station	位置 Location			海拔 Altitude (m)	地形 Landform	生境 Habitat	样线数量 Transects Number
	所在区划 Zone	纬度 Latitude	经度 Longitude				
顶坪 Dingping	核心区 Core zone	30°02'49"	110°31'43"	1 819	缓坡 Gentle slope	落叶阔叶林 Broadleaved deciduous forest	4
联防 Lianfang	核心区 Core zone	30°03'30"	110°33'37"	1 768	缓坡 Gentle slope	落叶阔叶林 Broadleaved deciduous forest	3
神景洞 Shenjingdong	核心区 Core zone	30°01'49"	110°35'41"	1 034	陡坡 Abrupt slope	常绿落叶阔叶混交林 Mixed evergreen and deciduous broadleaved forests	3
惜粮坪 Xiliangping	核心区 Core zone	30°03'27"	110°37'35"	1 149	山谷 Valley	常绿落叶阔叶混交林 Mixed evergreen and deciduous broadleaved forests	4
壶瓶山 Hupingshan	核心区 Core zone	30°06'44"	110°47'36"	1 574	缓坡 Gentle slope	落叶阔叶林 Broadleaved deciduous forest	4
野猫岔 Yemaocha	核心区 Core zone	30°03'34"	110°47'20"	1 339	缓坡 Gentle slope	常绿落叶阔叶混交林 Mixed evergreen and deciduous broadleaved forests	2
黄连棚 Huanglianpeng	缓冲区 Buffer zone	29°59'31"	110°33'13"	1 218	缓坡 Gentle slope	常绿落叶阔叶混交林 Mixed evergreen and deciduous broadleaved forests	2
土湾 Tuwan	实验区 Experimental zone	29°57'02"	110°39'13"	875	陡坡 Abrupt slope	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaf forest	3

小生境。能识别的个体直接进行野外鉴定而不作任何处理，部分难以直接识别的个体捕捉后拍摄活体照片再放回原生境，对极少数难以鉴定个体进行标本采集，将采集到的标本麻醉处死后常温保存于无水乙醇，以便进行后期的鉴定。

1.3 数据处理与分析

1.3.1 相对丰富度 分别计算 8 个监测站点各物种的相对丰富度 (relative species abundance, A_R) (Preston 1948), $A_R = N_i/N$, 式中, N_i 为第 i 个物种在某监测站点的数量, N 为某监测站点两栖爬行动物总个体数。得到各物种的相对丰富度后, 按属分别将 4 年的物种相对丰度数据以求和的方式合并, 获得各站点监测范围内以属为单位的相对丰富度数值。

1.3.2 alpha 多样性指数 采用香农-威纳多样性指数 (Shannon-Wiener index, H') (Shannon et al. 1950) 和 Pielou 均匀度指数 (Pielou's evenness index, J') (Pielou 1966) 衡量各站点

监测范围内的 alpha 多样性。 $H' = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$,

式中, p_i 为第 i 个物种的个体数与物种个体总数的比值; $J' = H' / \ln S$, 式中, H' 为香农-威纳指数, S 为总物种数。

由于每个监测站点每月调查次数和样线长度各不相同, 首先对数据进行标准化, 具体方法是将每个站点每月调查数据分别除以相应站点当月调查次数和样线总长度。以标准化后的调查数据为基础, 按月份分别计算每个站点监测范围内的 alpha 多样性指数, 以比较 alpha 多样性在不同时间尺度上的变化。采用五因素方差分析 (five-way ANOVA), 比较 alpha 多样性指数在不同站点区组、不同站点、不同年份、不同季节和不同月份间是否存在差异。季节划分标准为, 4 和 5 月为春季, 6 至 8 月为夏季, 9 至 11 月为秋季。

1.3.3 beta 多样性指数 按月计算整个壶瓶山保护区两栖爬行类群落的惠特克指数 (Whittaker's index, β), 用以比较 beta 多样性的变化。将数据进行上述的标准化处理后, 以标准化的数据为基础, 使用 R 语言环境中

vegetarian 包 (Charney et al. 2012) 的 $d()$ 函数计算相应的惠特克指数。采用两因素方差分析 (two-way ANOVA), 比较 beta 多样性指数在不同年份和不同季节间是否存在差异。

1.3.4 监测站点间物种组成的差异 在分析多样性指数的基础上, 采用 Hellinger 距离比较不同站点间物种组成的差异 (Legendre et al. 2012)。由于前述分析显示, 多样性指数在年际间没有显著差异, 因此将每个监测站点 4 年的调查数据按季节以求和的方式合并对, 以合并后的数据为基础, 使用 R 语言环境中 vegan 包 (Oksanen et al. 2018) 的 decostand() 和 dist() 函数获得站点间 Hellinger 距离的相异性矩阵。采用两因素方差分析 (two-way ANOVA), 比较 Hellinger 距离在不同站点和不同季节间是否存在差异。

所有的计算都在 R version 3.4.4 环境下完成, 统计检验显著性水平 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2013 至 2016 年共调查到两栖、爬行动物 3 目 12 科 36 属 62 种 (表 2, 3), 调查到的种类数占保护区有记录的两栖和爬动物的种类总数的 86.11%。其中, 蟾蜍属 (*Bufo*)、棘蛙属 (*Quasipaa*)、原蝮蛇属 (*Protobothrops*) 的物种在所有站点监测范围内都被调查到; 石龙子属 (*Eumeces*)、地蜥属 (*Platyplacopus*)、钝头蛇属 (*Pareas*)、华游蛇属 (*Sinonatrix*)、后棱蛇属 (*Opisthotropis*)、环蛇属 (*Bungarus*) 等 10 个属的物种仅在单一站点监测范围内被调查到 (表 2, 3), 特别是瑶螈属 (*Yaotriton*) 的宽脊瑶螈 (*Y. broadoridgus*) 仅在位于实验区的土湾站点被调查到, 此种是保护区新记录物种。湍蛙属 (*Amolops*) 的华南湍蛙 (*A. ricketti*) 和崇安湍蛙 (*A. chunganensis*) 在绝大多数监测到的区域内是绝对优势种 (表 2), 华南湍蛙数量为崇安湍蛙数量的 3.62 倍。

各站点监测范围内两栖、爬行动物群落的 alpha 多样性指数没有显著差异 (站点组间

$F_{2,59} = 0.3707$, $P = 0.6918$; 各站点间 $F_{5,59} = 1.2260$, $P = 0.3084$), 但壶瓶山和神景洞监测站点范围内的多样性变化幅度较大 (图 2a, b)。alpha 多样性指数在不同年份间也没有显著差异 ($F_{3,59} = 1.3106$, $P = 0.2794$), 但不同季节间 ($F_{2,59} = 3.5859$, $P = 0.0339$) 和不同月份间 ($F_{5,59} = 2.8625$, $P = 0.0222$) 存在显著差异 (图 2)。9、10 月多样性指数变化不大, 而 11 月多样性指数显著降低, 导致秋季多样性指数显著降低 (图 2c, d)。

整个壶瓶山保护区两栖、爬行动物群落的 beta 多样性指数在年际间没有显著变化 ($F_{3,17} = 2.7074$, $P = 0.0777$), 但存在着显著的季节差异 ($F_{2,17} = 4.1213$, $P = 0.0347$) (图 3), 秋季 Whitaker's 指数显著低于春季 (Tukey HSD, $P = 0.0344$)。

比较各监测站点的物种组成, 同样存在显著的季节性差异 (站点间 $F_{27,54} = 0.6084$, $P = 0.9190$; 季节间 $F_{2,54} = 12.9321$, $P < 0.0001$) (图 4), 夏季各站点间的差异要远大于春季和秋季 (Tukey HSD, 夏季-秋季 $P = 0.0015$, 夏季-春季 $P < 0.0001$, 春季-秋季 $P = 0.4610$)。

3 讨论

从调查结果看, 保护区日常巡护监测中调查到绝大部分保护区内可能分布的两栖爬行动物物种, 反映了日常巡护监测的有效性。

3.1 壶瓶山保护区两栖爬行动物的分布特点

4 年共调查到 62 种两栖爬行动物, 占湖南省两栖爬行动物种数的 38.04% (沈猷慧 2014a, b)。湍蛙属主要分布在中国、南亚以及东南亚等地区, 成蛙一般栖息在湍急溪流附近, 目前世界共发现 58 个种, 中国 30 个种 (费梁等 2009)。壶瓶山保护区地处中国大陆中部, 气候温暖湿润, 季节差异较小, 区地山高林密, 水系充沛 (张国珍等 2004), 为湍蛙在区内的分布提供了基本的生存条件, 这也是调查显示湍蛙丰度较高的原因。其余如黄莲棚站点棘蛙和土湾站点臭蛙分布较多, 也与此因素有关,

表明保护区内具有适宜两栖动物分布的高质量生境。值得注意的是, 宽脊瑶蟾仅在位于实验区的土湾站点被监测到, 实验区存在适合宽脊瑶蟾的静水型生境, 更加说明了保护区对生境管理的有效性。

从调查结果看, 保护区内爬行动物虽然丰度不高, 但种类丰富, 分布也比较广泛, 且呈现相对集中分布的特点。惜粮坪、壶瓶山、野猫岔、黄莲棚、土湾这 5 个站点的蛇类种类多、数量大。土湾位于实验区, 黄莲棚位于缓

表 2 调查到的两栖纲物种组成及其相对丰度

Table 2 Species composition and relative abundance of amphibian

物种 Species	站点 Station							
	顶坪 DP	联防 LF	神景洞 SJD	惜粮坪 XLP	壶瓶山 HPS	野猫岔 YMC	黄莲棚 HLP	土湾 TW
宽脊瑶蟾 <i>Yaotriton broadoridgus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.036 3
峨眉髭蟾 <i>Vibrissaphora boringii</i>	0.023 0	0.023 8	0.009 5	0.001 1	-	0.001 7	-	-
崇安髭蟾 <i>V. liui</i>	-	-	-	0.001 1	-	-	-	0.000 9
小角蟾 <i>Megophrys minor</i>	0.041 5	0.047 6	-	0.010 3	0.044 4	0.001 7	-	0.003 8
中华大蟾蜍 <i>Bufo gargarizans</i>	0.004 6	0.071 4	0.062 4	0.017 2	0.010 3	0.005 6	0.020 0	0.008 9
寒露林蛙 <i>Rana hanluica</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.005 6
日本林蛙 <i>R. japonica</i>	-	-	-	-	-	0.000 3	0.100 0	0.000 5
镇海林蛙 <i>R. zhenhaiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.000 5
湖北侧褶蛙 <i>Pelophylax hubeiensis</i>	-	-	-	-	-	0.000 3	-	-
黑斑侧褶蛙 <i>P. nigromaculatus</i>	-	-	-	0.004 6	-	0.157 7	0.040 0	0.102 6
阔褶水蛙 <i>Hylarana latouchii</i>	-	-	-	-	-	0.005 2	0.010 0	-
弹琴蛙 <i>H. adenopleura</i>	-	-	-	-	-	0.001 0	-	-
泽蛙 <i>Fejervarya multistriata</i>	-	-	0.013 2	0.012 6	0.006 0	0.290 3	0.040 0	0.040 0
大绿臭蛙 <i>Odorrana graminea</i>	0.004 6	-	-	-	0.003 4	-	-	-
龙胜臭蛙 <i>O. lungshengensis</i>	-	-	-	-	-	0.000 3	-	-
绿臭蛙 <i>O. margaretae</i>	-	-	0.001 9	0.005 7	0.009 4	-	-	-
花臭蛙 <i>O. schmackeri</i>	0.110 6	-	0.200 4	0.298 5	0.072 6	0.329 5	0.020 0	0.459 5
棘腹蛙 <i>Paa boulengeri</i>	0.023 0	0.261 9	0.037 8	0.018 4	0.068 4	0.052 8	0.640 0	0.011 8
棘胸蛙 <i>P. spinosa</i>	-	-	0.009 5	0.011 5	0.009 4	0.000 3	-	0.000 9
棘蛙 <i>P. exilispinosa</i>	-	-	-	-	-	-	0.020 0	-
隆肛蛙 <i>Feirana quadranus</i>	-	-	-	0.001 1	0.000 9	-	0.010 0	0.000 5
崇安湍蛙 <i>Amolops chunganensis</i>	0.059 9	-	0.124 8	0.165 3	0.302 6	-	-	0.003 8
华南湍蛙 <i>A. ricketti</i>	0.732 7	-	0.406 4	0.419 1	0.458 1	0.056 3	-	0.308 9
斑腿泛树蛙 <i>Polypedates megacephalus</i>	-	-	0.081 3	0.031 0	0.005 1	0.018 2	0.070 0	0.004 2
大树蛙 <i>Rhacophorus dennysi</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.010 4
经甫树蛙 <i>R. chenfui</i>	-	0.428 6	0.020 8	-	0.009 4	-	-	-
峨眉树蛙 <i>R. omeimontis</i>	-	0.166 7	-	-	-	-	-	-
小弧斑姬蛙 <i>Microhyla heymansi</i>	-	-	0.032 1	0.002 3	-	0.078 3	0.030 0	0.000 9

“-” 表示无记录。“-” indicate no record.

DP. Dingping; LF. Lianfang; SJD. Shenjingdong; XLP. Xiliangping; HPS. Hupingshan; YMC. Yemaocha; HLP. Huanglianpeng; TW. Tuwan.

表 3 调查到的爬行纲物种组成及其相对丰度

Table 3 Species composition and relative abundance of reptile

物种 Species	站点 Station							
	顶坪 DP	联防 LF	神景洞 SJD	惜粮坪 XLP	壶瓶山 HPS	野猫岔 YMC	黄连棚 HLP	土湾 TW
多疣壁虎 <i>Gekko japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.024 4
蓝尾石龙子 <i>Eumeces elegans</i>	-	-	-	-	0.014 5	-	-	-
铜蜓蜥 <i>Sphenomorphus indicus</i>	-	-	-	0.024 4	0.130 4	-	-	0.122 0
峨嵋地蜥 <i>Platyplacopus intermedius</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.073 2
峨嵋草蜥 <i>Takydromus intermedius</i>	0.125 0	-	-	-	-	-	-	0.097 6
北草蜥 <i>T. septentrionalis</i>	-	-	-	-	0.087 0	-	-	0.146 3
黑脊蛇 <i>Achalinus spinalis</i>	0.041 7	0.500 0	-	-	0.043 5	-	-	-
平鳞钝头蛇 <i>Pareas boulengeri</i>	-	-	-	-	-	0.052 6	-	-
黄链蛇 <i>Dinodon flavozonatum</i>	0.041 7	-	-	-	0.014 5	-	-	0.024 4
赤链蛇 <i>D. rufozonatum</i>	0.125 0	-	0.333 3	0.146 3	0.144 9	0.184 2	0.285 7	0.122 0
双斑锦蛇 <i>Elaphe bimaculate</i>	-	-	-	-	-	0.026 3	-	-
王锦蛇 <i>E. carinata</i>	0.041 7	-	-	-	-	-	-	-
玉斑锦蛇 <i>E. mandarina</i>	-	-	-	-	0.058 0	0.052 6	-	-
黑眉锦蛇 <i>E. taeniura</i>	-	-	-	0.024 4	0.014 5	0.026 3	0.142 9	-
翠青蛇 <i>Cyclophiops major</i>	0.166 7	-	-	0.048 8	0.101 4	0.105 3	-	0.048 8
双全白环蛇 <i>Lycodon fasciatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.024 4
刘氏白环蛇 <i>L. liuchengchaoi</i>	-	-	-	-	0.014 5	-	-	-
黑背白环蛇 <i>L. ruhstrati</i>	-	-	-	0.024 4	-	-	-	-
锈链腹链蛇 <i>Amphiesma craspedogaster</i>	-	-	-	0.024 4	-	-	0.142 9	-
丽纹腹链蛇 <i>A. optata</i>	-	-	-	-	0.014 5	-	-	0.024 4
颈槽蛇 <i>Rhabdophis nuchalis</i>	0.041 7	-	-	-	-	-	-	-
虎斑颈槽蛇 <i>R. tigrinus</i>	0.041 7	-	-	0.463 4	0.014 5	0.157 9	-	0.048 8
乌华游蛇 <i>Sinonatrix percarinata</i>	-	-	-	-	-	0.078 9	-	-
山溪后棱蛇 <i>Opisthotropis latouchii</i>	-	-	-	-	-	0.026 3	-	-
大眼斜鳞蛇 <i>Pseudoxendon macrops</i>	0.041 7	-	-	-	0.029 0	-	0.142 9	-
黑头剑蛇 <i>Sibynophis chinensis</i>	-	-	-	0.024 4	0.072 5	-	-	-
乌梢蛇 <i>Zaocys dhumnades</i>	-	-	-	-	0.058 0	0.026 3	0.142 9	0.048 8
绞花林蛇 <i>Boiga kraepelini</i>	-	-	-	-	0.029 0	0.026 3	-	-
银环蛇 <i>Bungarus multicinctus</i>	-	-	-	-	-	0.026 3	-	-
菜花原矛头蝮 <i>Protobothrops jerdonii</i>	0.208 3	0.500 0	0.333 3	-	-	-	-	-
原矛头蝮 <i>P. mucrosquamatus</i>	-	-	0.333 3	0.146 3	0.130 4	0.157 9	0.142 9	0.048 8
尖吻蝮 <i>Deiagkistrodon acutus</i>	0.041 7	-	-	0.073 2	0.014 5	0.052 6	-	0.146 3
山烙铁头 <i>Ovophis monticola</i>	-	-	-	-	0.014 5	-	-	-
福建竹叶青 <i>Trimeresurus stejnegeri</i>	0.083 3	-	-	-	-	-	-	-

“-”表示无记录。“-” indicate no record.

DP. Dingping; LF. Lianfang; SJD. Shenjingdong; XLP. Xiliangping; HPS. Hupingshan; YMC. Yemaocha; HLP. Huanglianpeng; TW. Tuwan.

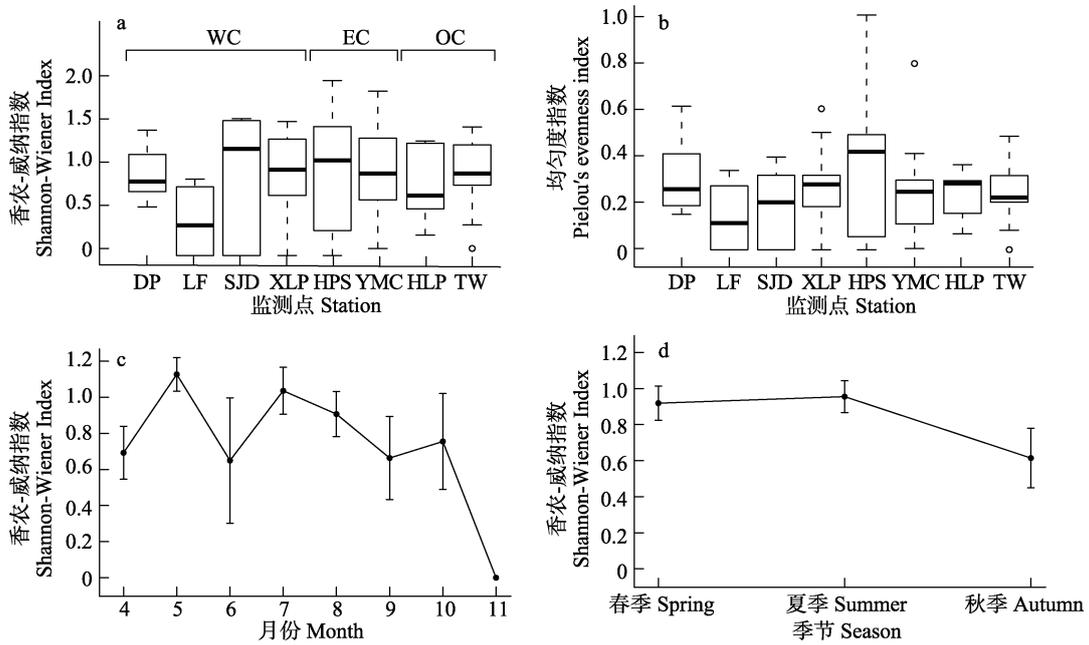


图 2 2013 至 2016 年壶瓶山保护区两栖及爬行动物 alpha 多样性指数的变化

Fig. 2 the alpha diversity index variation of amphibian and reptiles of Hupingshan Nature Reserve in 2013-2016

a. 站点间香农-维纳指数的差异; b. 站点间均匀度指数的差异; c. 月际间香农-维纳指数的差异; d. 季节间香农-维纳指数的差异。
 a. Shannon-Wiener indexes in different monitoring stations; b. Evenness indexes in different monitoring stations; c. Shannon-Wiener indexes in different months; d. Shannon-Wiener indexes in different seasons.
 WC. 核心区西组; EC. 核心区东组; OC. 核心区外组; DP. 顶坪; LF. 联防; SJD. 神景洞; XLP. 惜粮坪; HPS. 壶瓶山; YMC. 野猫岔; HLP. 黄莲棚; TW. 土湾。
 WC. West core zone; EC. East core zone; OC. Outside of core zone; DP. Dingping; LF. Lianfang; SJD. Shenjingdong; XLP. Xiliangping; HPS. Hupingshan; YMC. Yemaocha; HLP. Huanglianpeng; TW. Tuwan.

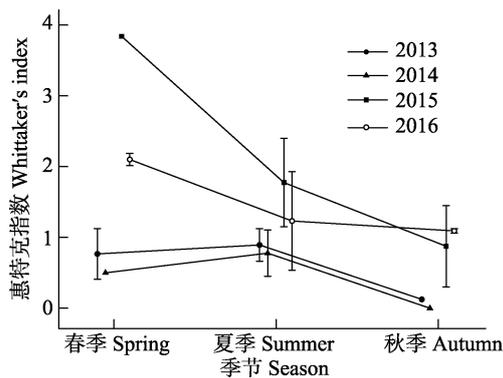


图 3 壶瓶山保护区两栖及爬行动物 beta 多样性的季节变化

Fig. 3 The seasonal variation of beta diversity index for amphibian and reptiles in Hupingshan Nature Reserve from 2013 to 2016

缓冲区, 位于核心区东组的壶瓶山、野猫岔两个监测站点尽管位于核心区, 但是监测样线距离缓冲区和实验区都较近, 缓冲区和实验区人为活动较核心区频繁。蛇类除了捕食蛙类外, 还捕食啮齿动物。是否是人类活动导致啮齿动物数量增大, 引起蛇类的集中分布, 还需要进一步深入研究。

3.2 两栖爬行动物多样性的时间和空间格局

从 alpha 指数看, 无论是不同的站点区组间, 还是不同的监测站点间, 都没有显著的差异, 提示两栖爬行动物在壶瓶山保护区内分布相对均匀。由于两栖爬行动物多数为活动能力弱、活动范围小的物种 (Honeycutt et al. 2016), 这种均匀分布是在稳定的生存环境下, 长期缓

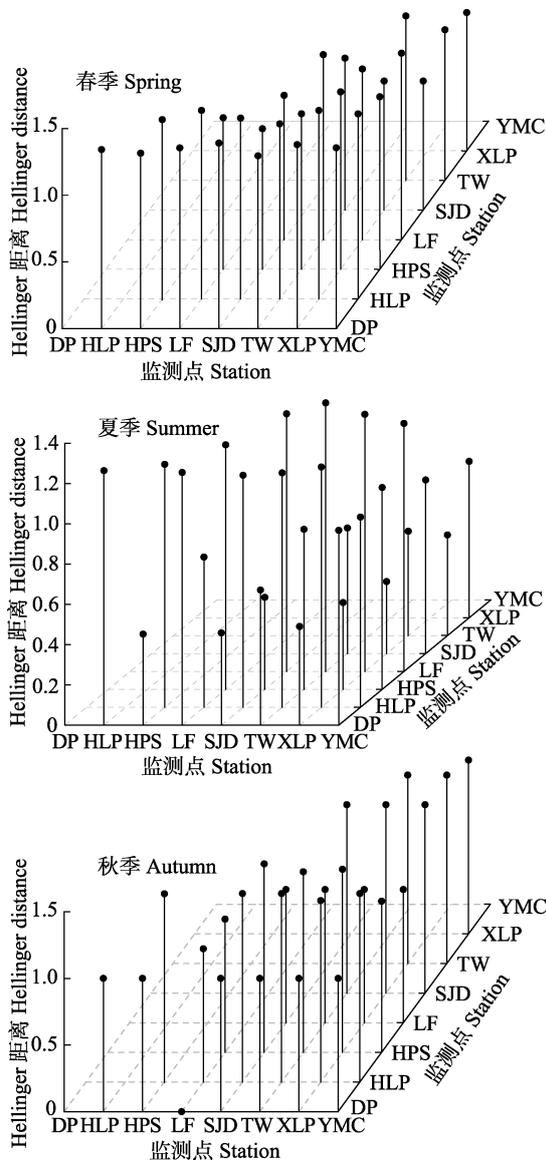


图 4 监测点间物种组成的相异性

Fig. 4 the species composition variation among different monitoring stations in Hupingshan Nature Reserve

DP. 顶坪; HLP. 黄连棚; HPS. 壶瓶山; LF. 联防; SJD. 神景洞; TW. 土湾; XLP. 惜粮坪; YMC. 野猫岔。

DP. Dingping; HLP. Huanglianpeng; HPS: Hupingshan; LF. Lianfang; SJD. Shenjingdong; TW. Tuwan; XLP. Xiliangping; YMC. Yemaocha.

慢扩散的结果 (Tournier et al. 2017)。无论 alpha 指数还是 beta 指数在年际间没有显著差异, 正

说明了这一点。

壶瓶山站点和神景洞站点相对较大的物种组成波动, 与这两个站点监测样线位置邻近实验区有关 (张国珍等 2004)。保护区实验区的管理水平通常低于核心区, 环境质量也相对较差, 这从另一个侧面说明, 环境稳定对两栖爬行动物分布稳定的重要性 (Nowakowski et al. 2018)。

虽然壶瓶山保护区两栖爬行动物多样性在年际间没有明显的波动, 但是在季节间、月际间却有显著的不同, 而且不同站点监测范围内的物种组成也有显著的季节差异, 我们认为这种差异出现的原因来自两栖爬行动物行为特征与繁殖特点, 秋季多样性较低, 与两栖爬行动物活动水平下降有关, 而夏季复杂的物种组成波动, 则与不同物种的繁殖能力差别有关 (Moreira et al. 2017, Thompson et al. 2017, Greenberg et al. 2018)。

3.3 监测与保护建议

在环境监测、生物多样性监测和环境恢复监测领域, 将两栖爬行动物作为监测物种的研究日益成为热点 (Díaz-García et al. 2017, Ilg et al. 2017)。如何优化监测位置、监测方法和监测对象, 也逐渐成为保护生物学研究者和保护地管理一线工作人员关注的话题 (Xu H et al. 2017)。从本研究的结果看, 由于保护区全境各地的两栖爬行动物组成虽有差异, 但并不明显, 如何根据保护区的不同功能分区, 选择合适的监测站点, 在提高监测质量的同时, 提高监测资源的使用效率, 是保护区管理者需要考虑的问题。

两栖爬行动物均为变温动物, 其越冬隐蔽地、食物资源等均会影响它们的分布与丰度, 因此, 无论是监测站点的规划, 还是监测对象的选择, 都要考虑它们的生境与食物资源变化, 注意甄别因为人类活动导致监测结果的异常。

参 考 文 献

Bal P, Tulloch A I, Addison P F, et al. 2018. Selecting indicator

- species for biodiversity management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(10): 589–598.
- Charney N. and Record S. 2012. “vegetarian: Jost Diversity Measures for Community Data. R package version 1.2.” [CP/OL]. [2019-02-26]. <https://CRAN.R-project.org/package=vegetarian>.
- Chisholm R A, Lim F, Yeoh Y S, et al. 2018. Species–area relationships and biodiversity loss in fragmented landscapes. *Ecology Letters*, 21(6): 804–813.
- Díaz-García J M, Pineda E, López-Barrera F, et al. 2017. Amphibian species and functional diversity as indicators of restoration success in tropical montane forest. *Biodiversity and Conservation*, 26(11): 2569–2589.
- Ficetola G F, Bonardi A, Sindaco R, et al. 2013. Estimating patterns of reptile biodiversity in remote regions. *Journal of Biogeography*, 40(6): 1202–1211.
- Greenberg C H, Seibold T, Keyser T L, et al. 2018. Reptile and amphibian response to season of burn in an upland hardwood forest. *Forest Ecology and Management*, 409: 808–816.
- Honeycutt R K, Lowe W H, Hossack B R. 2016. Movement and survival of an amphibian in relation to sediment and culvert design. *The Journal of Wildlife Management*, 80(4): 761–770.
- Ilg C, Oertli B. 2017. Effectiveness of amphibians as biodiversity surrogates in pond conservation. *Conservation Biology*, 31(2): 437–445.
- Legendre P, Legendre L. 2012. *Numerical Ecology*. Netherlands: Elsevier.
- Moreira L F, Dorado-Rodrigues T F, Ferreira V L, et al. 2017. An inter-dependence of flood and drought: disentangling amphibian beta diversity in seasonal floodplains. *Marine and Freshwater Research*, 68(11): 2115–2122.
- Nowakowski A J, Watling J I, Thompson M E, et al. 2018. Thermal biology mediates responses of amphibians and reptiles to habitat modification. *Ecology Letters*, 21(3): 345–355.
- Oksanen J, Blanchet F G, Friendly M, et al. 2018. Vegan: community ecology package. R package version 2.5–2. [CP/OL]. [2019-02-26]. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Pielou E C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13(1): 131–144.
- Preston F W. 1948. The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, 29(3): 254–283.
- Shannon C E, Weaver W. 1950. The mathematical theory of communication. *Bell Labs Technical Journal*, 3(9): 31–32.
- Siddig A A, Ellison A M, Ochs A, et al. 2016. How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change? Insights from 14 years of publication in *Ecological Indicators*. *Ecological Indicators*, 60: 223–230.
- Sillero N, Campos J, Bonardi A, et al. 2014. Updated distribution and biogeography of amphibians and reptiles of Europe. *Amphibia-Reptilia*, 35(1): 1–31.
- Thompson D M, Ligon D B, Patton J C, et al. 2017. Effects of life history requirements on the distribution of a threatened reptile. *Conservation Biology*, 31(2): 427–436.
- Tournier E, Besnard A, Tournier V, et al. 2017. Manipulating waterbody hydroperiod affects movement behaviour and occupancy dynamics in an amphibian. *Freshwater Biology*, 62(10): 1768–1782.
- Xu H, Cao M, Wu Y, et al. 2017. Optimized monitoring stations for detection of biodiversity trends in China. *Biodiversity and Conservation*, 26(8): 1959–1971.
- Xu W, Xiao Y, Zhang J, et al. 2017. Strengthening protected areas for biodiversity and ecosystem services in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(7): 1601–1606.
- 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 等. 2009. 中国动物志: 两栖纲 (下卷): 无尾目. 北京: 科学出版社.
- 沈猷慧. 2014a. 湖南动物志: 两栖纲. 长沙: 湖南科学技术出版社.
- 沈猷慧. 2014b. 湖南动物志: 爬行纲. 长沙: 湖南科学技术出版社.
- 张国珍, 杨道德. 2004. 湖南壶瓶山国家级自然保护区科学考察报告集. 长沙: 湖南科学技术出版社.