

# 四川林业科技

## 瓦屋山国家森林公园两栖动物多样性及其海拔分布格局

汤开成, 孙菱, 王家才, 陈青枫, 范月峥, 石天权 and 李媛

文献标志码: A

Citation: *四川林业科技*, **46**, 1 (2025) doi: 10.12172/202410290001

View online: <https://doi.org/10.12172/202410290001>

View Table of Contents:

Published by the 《四川林业科技》编辑部

---

### Articles you may be interested in

四川栗子坪国家级自然保护区及周边区域两栖动物多样性

Amphibian diversity in Liziping National Nature Reserve and its surrounding areas

*四川林业科技*. 2025, **46**(1): 57; <https://doi.org/10.12172/202408130001>

高黎贡山鸟类物种多样性纬度和海拔梯度分布格局

Spatial Distribution Pattern of Bird Species Diversity on Latitude and Altitude Gradient in Gaoligong Mountains

*四川林业科技*. 2023, **44**(3): 88; <https://doi.org/10.12172/202208300001>

白马雪山自然保护区植物物种多样性海拔分布格局

Altitude Distribution Pattern of Plant Species Diversity in the Baima Snow Mountain Nature Reserve, Yunnan Province

*四川林业科技*. 2022, **43**(2): 95; <https://doi.org/10.12172/202107160001>

梵净山稀果杜鹃群落结构及物种多样性初步研究

Preliminary study on community structure and species diversity of *Rhododendron oligocarpum* in Mount. Fanjing

*四川林业科技*. 2020, **41**(4): 38; <https://doi.org/10.12172/202003160002>

川西鹧鸪山典型林线杜鹃-冷杉林的物种多样性研究

Study on Species Diversity of *Rhododendron-Abies* Forest in the Typical Timberline Area in the Zhegu Mountains in Western Sichuan

*四川林业科技*. 2020, **41**(5): 7; <https://doi.org/10.12172/202005080002>

尕海-则岔国家级自然保护区不同海拔紫果云杉群落物种多样性特征

Species Diversity of *Picea purpurea* Community at Different Altitudes in Gahai-Zecha National Nature Reserve

*四川林业科技*. 2023, **44**(3): 141; <https://doi.org/10.12172/202208120001>

---

# 瓦屋山国家森林公园两栖动物多样性及其海拔分布格局

汤开成<sup>1</sup>, 孙菱<sup>1</sup>, 王家才<sup>1</sup>, 陈青枫<sup>2</sup>, 范月峥<sup>2</sup>, 石天权<sup>3</sup>, 李媛<sup>2\*</sup>

1. 洪雅县国有林场, 四川眉山 620360;
2. 中国科学院成都生物研究所, 四川成都 610213;
3. 瓦屋山景区, 四川眉山 620365

2024-10-29 收稿, 2025-01-25 网络版发表

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



基金项目 保护国际基金会(108153/6009495)

汤开成(1971—), 男, 高级工程师, 本科, 516135426@qq.com

\* 通信作者 liyuan@cib.ac.cn

**摘要** 物种多样性的空间分布格局及驱动因素是近年来保护生物学研究的热点问题。两栖动物作为受胁最严重的脊椎动物类群, 迫切需要得到有力的保护和持续的监测。瓦屋山国家森林公园地处横断山区与四川盆地的过渡地带, 具有复杂多样的生境类型和丰富的生物多样性, 在中国西南山地生物多样性保护中具有十分独特的地位。为及时更新区域内的两栖动物物种名录、探明物种多样性海拔分布格局及其关键影响因子, 基于已有的历史资料, 于 2023—2024 年在瓦屋山国家森林公园四个代表区域(瓦屋山、玉屏山、张村、铜厂坝)布设了 62 条样线, 系统开展两栖动物多样性及海拔分布调查。研究结果表明: 瓦屋山国家森林公园两栖动物多样性和独特性高, 共记录两栖动物 36 种, 隶属于 2 目 9 科 19 属; 中国特有种 14 种, 占总物种数的 38.89%; 四川省特有种 8 种, 占总物种数的 22.22%; 洪雅县特有种 3 种, 占总物种数的 8.33%。从公园总体来看, 两栖动物的  $G-F$  指数为 0.326; 从生境类型来看, 天然林两栖动物多样性相对较高, 其  $G-F$  指数最高(0.102), 人工林和农田相对偏低(-0.260; -0.591)。地理区系上, 以东洋界、西南区物种为主; 生态类型上, 以陆栖-流水型物种居多。已记录的两栖动物主要分布于海拔 400~2 704 m, 有 25% 的物种垂直分布宽度小于 200 m。瓦屋山国家森林公园两栖动物物种多样性的海拔分布格局呈单峰分布模式, 总物种丰富度在海拔 1 200 m 达到最大值, 受胁物种丰富度在海拔 1 600 m 达到最大值。年均温、年降水、归一化植被指数等环境因子共同驱动了瓦屋山国家森林公园两栖动物物种多样性的海拔分布格局; 其中, 年均温与沿海拔梯度的物种丰富度呈显著正相关。研究阐明了瓦屋山国家森林公园的两栖动物物种多样性海拔分布格局及其驱动因素, 为后续的保护生物学研究提供了基础数据。

**关键词** 两栖动物; 瓦屋山; 物种多样性;  $G-F$  指数; 海拔分布

两栖动物作为从水生到陆生过渡的脊椎动物, 皮肤渗透性高, 对环境变化十分敏感, 被视为环境健康的重要指示类群<sup>[1-2]</sup>。同时, 由于其有限的扩散能力、特殊的栖息地需求和独特的生活史, 两栖动物通常比其他脊椎动物类群面临更高的灭绝风险<sup>[3-4]</sup>。随着全球生物多样性下降与保护问题的凸显, 物种多样性分布格局及其驱动因素已成为近代生态学、生物地理学和保护生物学研究的热点问

题<sup>[5]</sup>。海拔梯度综合了气候条件、植被类型等多种因素, 是物种多样性分布格局的重要研究内容之一<sup>[6]</sup>。探明物种多样性的海拔分布格局及其驱动因素, 可为科研人员和保护部门确定优先保护顺序和制定保护计划提供科学依据。

山地生态系统具有明显的海拔落差和气候环境差异, 并且分布着全球 80% 以上的两栖动物, 是研究两栖动物多样性海拔梯度格局的理想系统<sup>[7]</sup>。瓦屋

**引用格式:** 汤开成, 孙菱, 王家才, 等. 瓦屋山国家森林公园两栖动物多样性及其海拔分布格局[J]. 四川林业科技, 2025, 46(2): 1-12.  
TANG K C, SUN L, WANG J C, et al. Amphibian diversity and its elevational pattern in Wawu Mountain National Forest Park[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2025, 46(2): 1-12. doi: 10.12172/202410290001.

山国家森林公园地处生物多样性热点地区之一的横断山区与四川盆地的过渡地带，在中国西南山地生物多样性保护中具有十分独特的地位。1993—1996年，江建平等人于瓦屋山国家森林公园开展两栖爬行动物物种多样性调查，实地调查到两栖动物27种<sup>[8]</sup>。2001年、2015—2016年，瓦屋山自然保护区分别组织开展了两次野生动物资源调查，但两栖动物并非其主要调查对象，野外调查到的两栖动物仅有19种<sup>[9]</sup>。调查强度的不同使得历史的调查结果并不全面，而且已有的研究仅报道了物种名录和区系特征，缺乏物种多样性及其海拔分布格局的统计分析。此外，随着分子生物学技术的快速发展，两栖动物的分类体系不断更新，许多物种的分类地位也被重新调整<sup>[10]</sup>。及时更新两栖动物物种名录、探明物种多样性海拔分布格局及其驱动因素对于制定和实施保护计划至关重要。在收集历史文献资料的基础上，洪雅县国有林场联合中国科学院成都生物研究所于2023—2024年在瓦屋山国家森林公园系统开展了新一轮的两栖动物资源调查，并通过计算物种多样性指数、拟合多项式回归、相关性分析等方法解析物种多样性海拔分布格局及其驱动因素，以期厘清区域内的两栖动物多样性本底情况，为后续的保护生物学研究提供基础数据。

## 1 研究区概况

瓦屋山国家森林公园地处四川盆地西缘邛崃山支脉大相岭东南麓，位于四川省眉山市洪雅县国有林场境内，介于东经102°49′~103°19′，北纬29°24′~29°53′之间。该区域属于中亚热带季风湿润气候，雨量充沛，年均降水量2397~2500 mm，年均温11.9℃<sup>[11]</sup>。参考江建平等人<sup>[8]</sup>的研究，选择瓦屋山、玉屏山、张村、铜厂坝等地作为瓦屋山国家森林公园的代表性研究区域（见图1a）。其中，瓦屋山片区分布有大面积天然林（见图1b）；玉屏山片区以人工林为主（见图1c）；而张村片区内海拔1500 m以上的植被主要为天然林，海拔1500 m以下则主要为人工林；铜厂坝片区分布有较多农田，以种植大韭菜为主（见图1d）。

## 2 研究方法

### 2.1 野外调查

参考《生物多样性观测技术导则 两栖动物》（2015），采用样线法调查两栖动物。基于科学性、代表性、随机性、保护性和可达性原则，综合地形地貌、生境类型、海拔跨度、道路交通等多种因

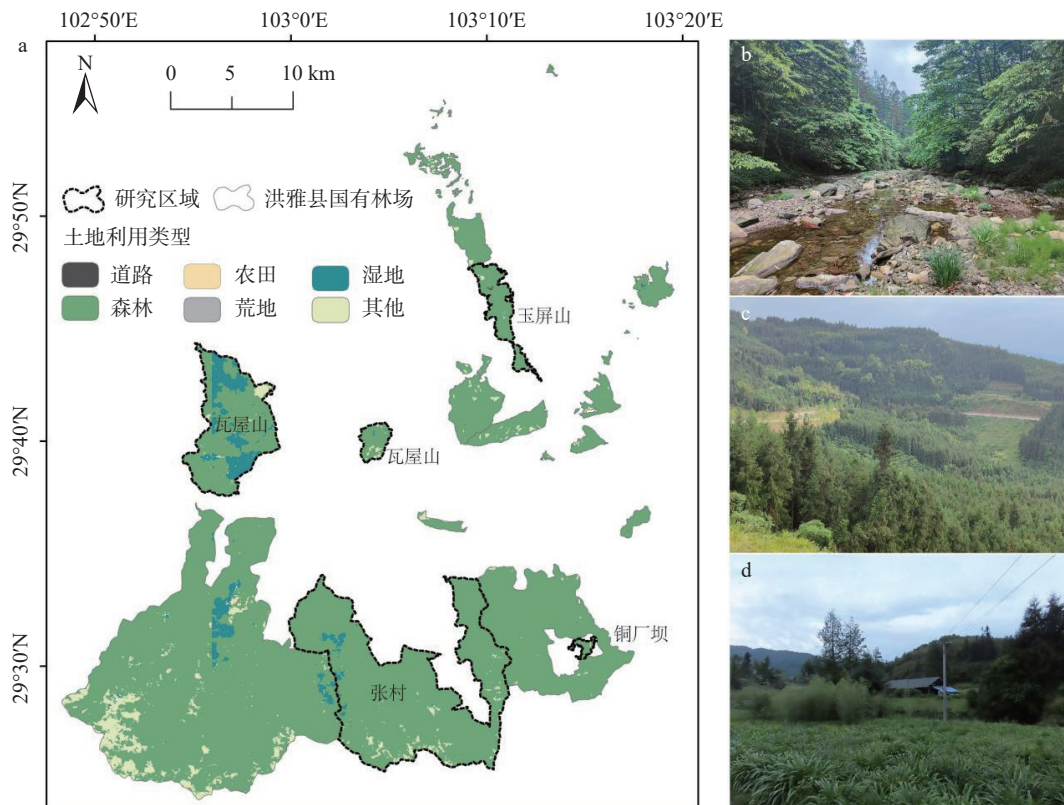


图1 研究区域及区域内的土地利用类型 (a-研究区域; b-瓦屋山溪流生境; c-玉屏山人工林生境; d-铜厂坝农田生境)

Fig. 1 Study area and land use types (a- study area; b- streams in Mount Wawu; c- planted forests in Mount Yuping; d- farmland in Tongchangba)

素<sup>[12]</sup>, 沿海拔梯度共布设了 62 条样线 (见附录 1)。为了全面、准确地了解两栖动物的地理分布、生态需求和生存状况, 调查样线的设置覆盖了两栖动物可能出现的所有生境, 包括天然林 39 条、人工林 12 条、农田 11 条, 样线数量基本符合各个生境类型在研究区域内的面积占比。样线基本位于河流、山溪或林缘地带。样线长度视地形而定, 一般为 300~500 m; 样线宽度根据视野情况而定, 一般为 2~6 m。考虑到两栖动物的生活和繁殖习性, 先后于 2023 年 7 月、9 月和 2024 年 5 月开展了 3 次野外调查, 时间涵盖春夏秋三个季节。每天 20:00 至翌日 2:00 之间, 两人一组, 沿样线仔细搜索、观察两栖动物, 发现物种时, 记录时间、地点、天气、物种名、性别、个体数、生境类型、经纬度、海拔等信息。

## 2.2 分类依据

物种鉴定及生态类型划分等依据《中国动物志·两栖纲》<sup>[13-15]</sup>、《中国两栖动物及其分布彩色图鉴》<sup>[16]</sup>和《中国两栖动物图鉴(野外版)》<sup>[17]</sup>; 分类系统参照中国两栖类 (<https://www.amphibiachina.org/>); 地理区系参考《中国动物地理》<sup>[18]</sup>, 其中未涉及物种根据其实际分布区域确定; 特有性参考《中国生物多样性红色名录·脊椎动物(第四卷): 两栖动物》<sup>[19]</sup>, 其中未涉及物种根据其实际分布区域确定; 濒危等级参考《中国生物多样性红色名录·脊椎动物(第四卷): 两栖动物》<sup>[19]</sup>和 IUCN (International Union for Conservation of Nature, IUCN) 红色名录 (<https://www.iucnredlist.org/>), 其中未涉及物种暂定为“未评估”(NE); 物种的国家保护等级参照最新版《国家重点保护野生动物名录(2021)》<sup>[20]</sup>。最后, 通过实地调查和历史文献制定瓦屋山国家森林公园两栖动物名录, 并统计区域内两栖动物的海拔分布范围, 包括海拔上限(最高分布海拔)和海拔下限(最低分布海拔)(见附录 2)。

## 2.3 数据分析

### 2.3.1 物种多样性

采用  $G-F$  指数公式度量瓦屋山国家森林公园全域和不同生境中的两栖动物物种多样性<sup>[21]</sup>。 $G-F$  指数与动物类群科内属种分布有关, 取值范围通常为 0~1, 少数情况为负数。较高的  $G-F$  指数说明某物种在科、属水平上有较高的生物多样性, 其物种在属间分布越均匀; 较低的  $G-F$  指数则表明拥有较多的

单种科和单属科<sup>[22]</sup>。

(1)  $F$  指数:

一个特定科  $k$  的  $F$  指数:

$$D_{Fk} = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

式中:  $p_i = S_{ki}/S_k$ ,  $S_k$  表示  $k$  科中的物种数,  $S_{ki}$  表示  $k$  科  $i$  属中的物种数,  $n$  表示  $k$  科中的属数;

一个地区的  $F$  指数:

$$D_F = - \sum_{k=1}^m D_{Fk}$$

式中:  $m$  表示一纲中的科数。

(2)  $G$  指数:

$$D_G = - \sum_{j=1}^p q_j \ln q_j$$

式中:  $q_j = S_j/S$ ,  $S$  表示一纲中的物种数,  $S_j$  表示一纲中  $j$  属中的物种数,  $p$  表示一纲中的属数。

(3)  $G-F$  指数:

$$D_{G-F} = 1 - \frac{D_G}{D_F}$$

### 2.3.2 物种多样性的海拔分布格局

在研究物种多样性的海拔分布格局时, 200 m 通常被认为是合理且有效的间隔<sup>[23]</sup>。基于此, 将瓦屋山国家森林公园(总体海拔范围为 400~2 800 m)划分为 12 个 200 m 间隔的海拔段, 统计每个海拔段的两栖动物总物种丰富度和受胁物种丰富度。在统计过程中, 每个物种被认为在其最低分布海拔和最高分布海拔之间均有分布<sup>[12, 24]</sup>。通过多项式回归分析物种丰富度与海拔之间的关系, 并利用修正后的 Akaike 信息准则(AICc)值筛选最优模型<sup>[12]</sup>。同时, 使用 Arcgis10.6 提取每个海拔段内的年均温、年降水量、归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI), 然后采用 Pearson 相关性分析各个因素与物种丰富度的相关性。海拔数据和 NDVI 数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心 (<https://www.resdc.cn>); 年均温和年降水量数据来源于国家地球系统科学数据中心 (<https://www.geodata.cn>)。

## 3 结果与分析

### 3.1 物种组成及多样性

本次野外调查共发现两栖类 27 种, 隶属于 2 目 8 科 15 属。综合文献资料和实地调查, 瓦屋山国家

森林公园共记录两栖类 36 种，隶属于 2 目 9 科 19 属（见附录 2）。其中，中国特有种 14 种，占总物种数的 38.89%；四川省特有种 8 种，占总物种数的 22.22%；洪雅县特有种 3 种，占总物种数的 8.33%。从物种组成来看，有尾目 2 种，无尾目 34 种。种数最多的科为角蟾科（Megophryidae）和蛙科（Ranidae），均有 12 种；其次为树蛙科（Rhacophoridae）、叉舌蛙科（Dicroglossidae）和姬蛙科（Microhylidae），分别有 4 种、2 种、2 种；种数最少的科为小鲵科（Hynobiidae）、隐鳃鲵科（Cryptobranchidae）、蟾蜍科（Bufonidae）和雨蛙科（Hylidae），均只有 1 种（见图 2）。

瓦屋山国家森林公园的两栖动物  $G-F$  指数为 0.326，总  $F$  指数高于总  $G$  指数（见表 1）。从物种数来看，角蟾科、蛙科、叉舌蛙科和树蛙科对总  $F$  指数的贡献最大，其余 5 科为单种科或单属科，对  $F$  指数无贡献；齿蟾属（*Oreolalax*）对总  $G$  指数的贡献最大，其次为布角蟾属（*Boulenophrys*）、湍蛙属（*Amolops*）、臭蛙属（*Odorrana*）、树蛙属（*Rhacophorus*）、蛙属（*Rana*）和姬蛙属（*Microhylla*），其余 12 个属均为单属，对总  $G$  指数贡献较小。从生境类型来看，在天然林记录到的两栖动物最多， $F$  指数、 $G$  指数、 $G-F$  指数也最高，其次

为人工林、农田（见表 1）。

### 3.2 分类变动

相较于此前的调查结果，新增两栖动物 4 种，分别为：炳灵角蟾（*B. binlingensis*）、花臭蛙（*Od. schmackeri*）、大绿臭蛙（*Od. graminea*）、粗皮姬蛙（*M. butleri*）。依据中国两栖类网站最新分类系统，瓦屋山国家森林公园两栖动物名录中有 13 个物种的种属关系或名称发生了变动（见附录 3），其中，原记录分布于瓦屋山的斑腿泛树蛙（*Polypedates megacephalus*）、峨山掌突蟾（*Leptobranchella oshanensis*）、崇安湍蛙（*A. chunganensis*）和小角蟾（*B. minor*），现依次修订为布氏泛树蛙（*P. braueri*）、叶氏掌突蟾（*L. yae*）、钊琴湍蛙（*A. chaochin*）和赤水角蟾（*B. chishuiensis*），其中叶氏掌突蟾、钊琴湍蛙和赤水角蟾为近五年重新厘定的新种。

### 3.3 区系分析和生态类型

已记录的 36 种两栖动物中，有 28 个物种属于东洋界，其余 8 个为东洋界和古北界共有种。在东洋界物种中，以西南区种类为主，有 13 种，其次为广布种 9 种、西南区-华中区共有种 5 种和西南区-华南区共有种 1 种（附录 2）。

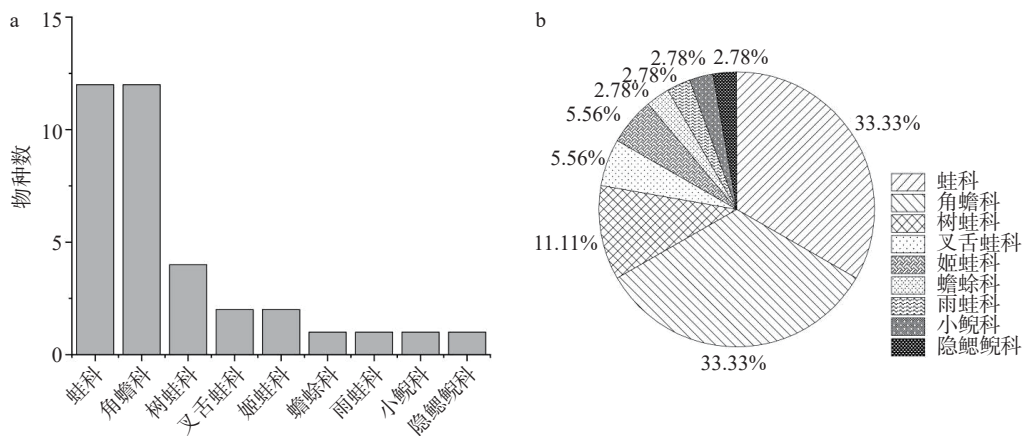


图 2 瓦屋山国家森林公园两栖类物种组成 (a-各科的物种丰富度; b-各科物种占总物种数的百分比)

Fig. 2 Amphibian species composition in Wawushan National Forest Park (a- species richness by family; b- species by family as a percentage of the total species richness)

表 1 瓦屋山国家森林公园不同生境的两栖动物多样性

Tab. 1 Amphibian diversity in Wawushan National Forest Park and different habitats

生境类型 (Habitat Type)	科数 (Number of Families)	属数 (Number of Genera)	种数 (Number of Species)	$F$ 指数 ( $F$ Index)	$G$ 指数 ( $G$ Index)	$G-F$ 指数 ( $G-F$ Index)
农田 (Farmland)	4	6	7	1.099	1.748	-0.591
人工林 (Artificial Forest)	7	11	16	1.805	2.274	-0.260
天然林 (Natural Forest)	6	13	22	2.661	2.390	0.102
总计 (Total)	9	19	36	4.043	2.726	0.326

瓦屋山国家森林公园的两栖动物包括 5 种生态类型, 其中以陆栖-流水型物种为主, 有 12 种, 其次为流水型 9 种、陆栖-静水型 8 种、树栖型 5 种、静水型 2 种 (见附录 2)。

### 3.4 两栖动物的海拔分布格局

#### 3.4.1 物种的垂直分布

系统整理了瓦屋山国家森林公园 36 种两栖动物的海拔分布, 其中魏氏齿蟾 (*Or. weigoldi*) 的分布资料较少, 缺乏具体的海拔记录 (附录 2)。其余 35 个物种主要分布在 400~2 704 m (图 3), 金顶齿突蟾 (*Scutigera chintingsensis*)、山溪鲵 (*Batrachuperus pinchonii*)、无蹼齿蟾 (*Or. schmidtii*)、宝兴树蛙 (*Zhangixalus dugritei*)、大齿蟾 (*Or. major*) 的分布海拔最高, 均在 2 600 m 以上。有 25% 的物种海拔分布宽度小于 200 m; 仙琴蛙 (*Nidirana daunchina*)、峨眉树蛙 (*Z. omeimontis*)、绿臭蛙 (*Od. margaretae*) 的海拔分布宽度最大, 均在 1 300 m 以上。粗皮姬蛙在瓦屋山国家森林公园属于首次记录, 目前仅一个分布点 (海拔 1 107 m); 历史文献表明, 桑植蛙仅记载于海拔 1 300 m。

#### 3.4.2 物种多样性的海拔分布格局

回归分析结果表明, 多项式回归模型的拟合度高于线性回归 (见附录 4), 呈现出总物种丰富度沿海拔梯度呈单峰分布模式, 即先上升后下降, 受胁物种丰富度沿海拔梯度也表现出类似的趋势但相对平缓 (见图 4)。总物种丰富度在海拔 1 200 m 达到最大值, 从 1 800 m 开始急剧下降。依据《中国生物多样性红色名录》和 IUCN 红色名录, 受胁两栖动物

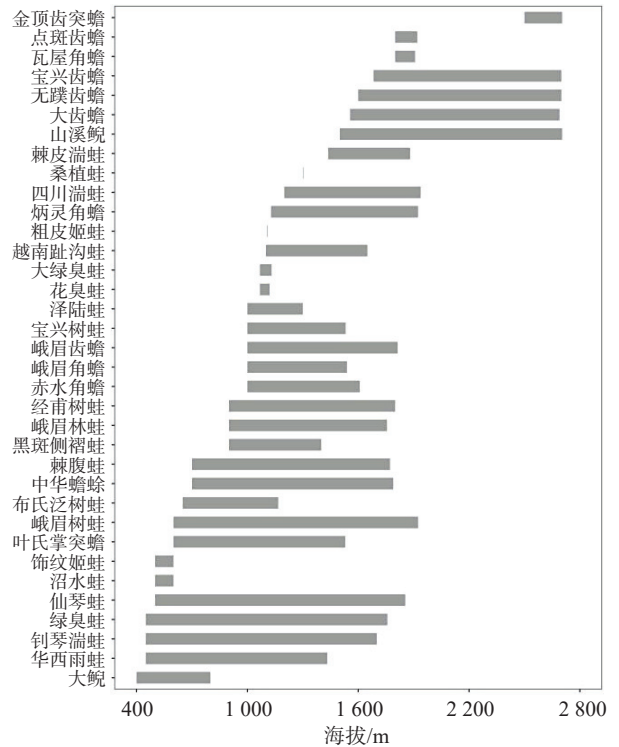


图 3 瓦屋山国家森林公园两栖动物的海拔分布  
Fig. 3 Elevational distribution of amphibian in Wawushan National Forest Park

分别有 10 种、6 种, 受胁比例分别为 27.78% 和 16.67%; 受胁物种丰富度均在海拔 1 600 m 达到最大值; 极危 (CR) 物种均分布于海拔 600~800 m, 濒危 (EN) 物种分别分布于 2 600~2 800 m 和 1 000~2 000 m, 易危 (VU) 物种则几乎全域均有分布。Pearson 相关性分析表明 (见表 2), 年均温与总物种丰富度呈显著正相关 ( $P < 0.05$ ); 年降水量与总物种丰富度也呈正相关, 但并不显著 ( $P > 0.05$ ); NDVI 和总物种丰富度几乎没有相关性。

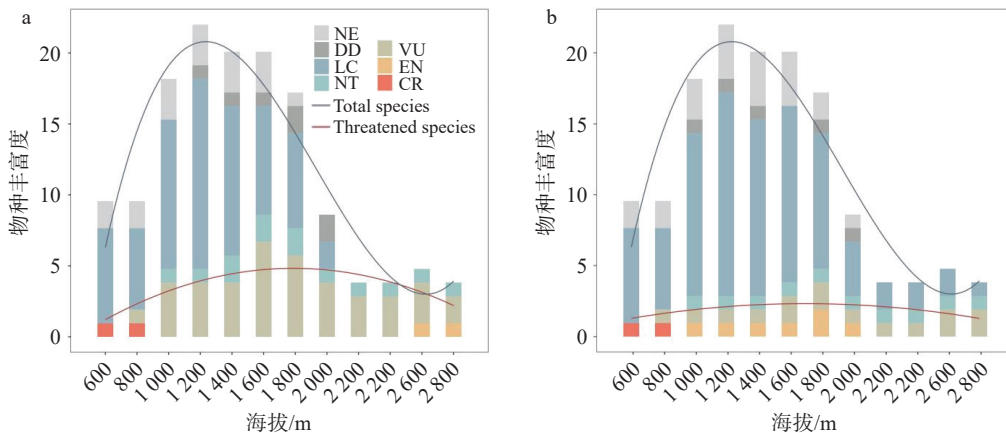


图 4 总物种丰富度和受胁物种丰富度的海拔分布格局 (a-依据中国生物多样性红色名录统计的受胁物种丰富度与海拔之间的关系; b-依据 IUCN 红色名录统计的受胁物种丰富度与海拔之间的关系)

Fig. 4 Elevational patterns of total species richness and threatened species richness (a- the relationship between threatened species richness and elevation based on the China Biodiversity Red List; b- the relationship between threatened species richness and elevation based on the IUCN Red List)

表2 环境因子与总物种丰富度的相关性分析  
Tab. 2 Pearson correlation analysis between environmental factors and total species richness

	年均温	年降水	NDVI
相关性系数	0.700	0.475	0.022
P值	0.011*	0.119	0.946

注：\*表示 $P < 0.05$ 。

## 4 结论与讨论

两栖动物作为关键的环境指示物种，掌握其多样性现状和空间分布对于实施物种保护和提高生态系统稳定性具有重要意义。瓦屋山国家森林公园是全球生物多样性保护的重要地区之一。综合实地调查和历史文献揭示了瓦屋山国家森林公园两栖动物的物种多样性和海拔分布格局现状，并针对两栖动物的受威胁因素提出了相关的保护建议。

与历史调查<sup>[8-9]</sup>相比，本次统计的两栖动物的科属种数量均有增加，但仍然存在一些有历史分布记录而野外调查未发现的受胁物种，如大鲵 (*Andrias davidianus*) 和点斑齿蟾 (*Or. multipunctatus*)。过去的几十年里，由于人类的过度捕杀、自然环境的恶化、栖息地破碎化等原因，野生大鲵种群几乎消失<sup>[25]</sup>，该物种在瓦屋山的实际分布有待进一步调查；点斑齿蟾目前在国内也仅有峨眉和洪雅分布记录<sup>[17, 26]</sup>，种群数量稀少，有必要开展进一步调查和监测。另外，本次统计的两栖动物物种名录在属级和种级上也发生了较大的变动（见附录3），反映出当下两栖爬行动物分类学发展较快，为区域内的物种多样性研究提供了更多契机<sup>[27]</sup>。

瓦屋山国家森林公园两栖动物的 *G-F* 指数为 0.326，高于省内已有报道的多个保护区<sup>[28-29]</sup>，可见公园内的两栖动物多样性相对较高。然而，在已记录的 36 种两栖动物中，有尾目物种占比仅为 5.6%（见图 2），足以反映其稀缺程度。其中，山溪鲵因具有独特的药用价值而被过度利用，加之栖息地质量下降、面积缩减等因素，种群数量急剧减少<sup>[30-31]</sup>。基于此，建议加强对种群和原生生境的保护，维持生态系统的完整性。在不同的生境类型中，天然林拥有最高的两栖动物多样性，人工林和农田的两栖动物多样性相对较低（见表 1）。这个结果与前期研究一致<sup>[31]</sup>。一方面，相较于天然林，人工纯林树种单一、稳定性差、生物多样性低，林下缺乏灌木草本等多种类型的植被，无法满足两栖动物的不同生态需求<sup>[32-33]</sup>。另一方面，农田（尤其是水田）是陆栖-静水型和静水型两栖类的重要繁殖场所之一，大

量农药的使用可能会影响卵的孵化和幼体的存活。因此，对于目前不再担当生产功能的人工林而言，建议给予恰当的干预（包括疏伐、补植本地物种）对其进行天然化改造；对于农耕区，则加强农药、化肥等的安全、科学使用管理，降低化学污染对两栖动物的威胁。

准确了解物种多样性的海拔分布格局及其成因有助于揭示生物群落的维持机制<sup>[34-35]</sup>。公园内大部分两栖动物的海拔分布范围较为狭窄，其中有 25% 的垂直分布宽度小于 200 m（见图 3），具有较高的灭绝风险。两栖动物的总物种丰富度随海拔上升表现为先增加后减少，受胁物种丰富度的变化趋势也类似（见图 4）。物种多样性的海拔分布格局通常是多个环境因素共同作用的结果<sup>[6]</sup>。相关性分析表明，年均温和沿海拔梯度的物种丰富度呈显著正相关，这个结论与澜沧县的一致<sup>[34, 36]</sup>。然而，年降水、归一化植被指数与物种丰富度的相关性均不显著，这暗示可能还存在许多未考虑到的因素。瓦屋山国家森林公园中低海拔地区具有许多集中分布的居民点，人为干扰相对较强，但中海拔段的植被类型相对丰富，因此仍然分布着许多两栖动物；高海拔地区环境湿冷，且瓦屋山山顶为公园主景区，旅游开发和人为活动可能也会影响两栖动物的分布<sup>[37]</sup>。综上，建议在制定保护计划时优先考虑狭域分布的物种，并在中低海拔和中高海拔物种多样性丰富的区域实施分层保护策略，加强自然栖息地的保护和监管力度，维持现有生境的完整性和复杂性。

根据《中国生物多样性红色名录》和 IUCN 红色名录，公园内两栖动物受胁比例分别为 27.78% 和 16.67%。人类活动被认为是导致目前较高的物种灭绝率和种群数量下降的主要原因，包括道路铺设、房屋建设、森林砍伐等<sup>[38]</sup>。在实地调查中发现的两栖动物受威胁因素可能也与人类活动有关，如景区道路建设。瓦屋山作为国内的旅游名山，公园内道路建设投入不断加大、景区开发程度增强，造成两栖动物原有栖息地高度破碎化，潜在路杀风险增加<sup>[31]</sup>。建议在规划景区道路时，应事先对两栖动物路杀热点路段进行科学评估并通过增设警示牌、限定通行时间等措施缓解车辆活动对两栖动物的影响。

**致谢** 感谢中国科学院成都生物研究所汪晓意博士、付作梅、崔佳欣、李爽，洪雅县国有林场赵海军等工作人员在野外工作中提供的支持和协助。

参考文献

- [1] Luo Z, Wang X, Yang S, et al. Combining the responses of habitat suitability and connectivity to climate change for an East Asian endemic frog[J]. *Frontiers in Zoology*, 2021, 18: 14.
- [2] Zhao C, Jiang J, Xie F, et al. Assessment of amphibians vulnerability to climate change in China[J]. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2022, 10: 826910.
- [3] Luo Z, Wei S, Zhang W, et al. Amphibian biodiversity congruence and conservation priorities in China: Integrating species richness, endemism, and threat patterns[J]. *Biological Conservation*, 2015, 191: 650–658.
- [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.
- [5] 胡一鸣, 梁健超, 金崑, 等. 喜马拉雅山哺乳动物物种多样性垂直分布格局[J]. *生物多样性*, 2018, 26(2): 191–201.
- [6] 郑智, 龚大洁, 孙呈祥, 等. 秦岭两栖、爬行动物物种多样性海拔分布格局及其解释[J]. *生物多样性*, 2014, 22(5): 596–607.
- [7] Rahbek C, Borregaard M K, Colwell R K, et al. Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity?[J]. *Science*, 2019, 365(6458): 1108–1113.
- [8] 江建平, 费梁, 叶昌媛, 等. 瓦屋山国家森林公园两栖爬行动物的物种多样性和区系特点 [C]// 中国动物学会两栖爬行动物学分会, 遵义医学院. 两栖爬行动物学研究 (第 8 辑)——亚洲两栖爬行动物学第四届国际学术会议专辑. 贵阳: 贵州科技出版社, 2000: 97–103.
- [9] 洪雅县国有林场. 洪雅县林场志 (1989—2016)[M]. 北京: 新华出版社, 2022.
- [10] 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.
- [11] 四川省瓦屋山旅游网. 瓦屋山百科大全 [EB/OL]. (2022-12-26) [2024-10-29]. <http://www.chinawws.cn/view/news-details.html?id=2269&channelCode=jqzx>.
- [12] Wang X, Yang S, Guo C, et al. Amphibian diversity and conservation along an elevational gradient on Mount Emei, southwestern China[J]. *Amphibian & Reptile Conservation*, 2020, 14(3): 46–56.
- [13] 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.
- [14] 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, 2009.
- [15] 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, 2009.
- [16] 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.
- [17] 费梁. 中国两栖动物图鉴 (野外版) [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2020.
- [18] 张荣祖. 中国动物地理 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [19] 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.
- [20] 国家林业和草原局, 农业农村部. 《国家重点保护野生动物名录》(2021 年 2 月 1 日修订)[J]. *野生动物学报*, 2021, 42(2): 605–640.
- [21] 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(3): 61–66.
- [22] 李蕴慧, 黄镇, 陈友铃. 基于  $G-F$  指数的福建省陆生哺乳动物多样性分布格局[J]. *福建师范大学学报 (自然科学版)*, 2020, 36(5): 23–29.
- [23] Hu J, Xie F, Li C, et al. Elevational patterns of species richness, range and body size for spiny frogs[J]. *PLoS One*, 2011, 6(5): e19817.
- [24] Gibson - Reinemer D K, Sheldon K S, Rahel F J. Climate change creates rapid species turnover in montane communities[J]. *Ecology and Evolution*, 2015, 5(12): 2340–2347.
- [25] 王文博, 刘品, 窦玲玲, 等. 中国大鲵研究概况[J]. *水生生物学报*, 2021, 45(2): 464–472.
- [26] Wu G, Zhao E, Inger R F, et al. A new frog of the genus *Oreolalax* (Pelobatidae) from Sichuan, China[J]. *Journal of Herpetology*, 1993, 27(4): 410–413.
- [27] 侯东敏, 辉洪, 张栋儒, 等. 云岭山脉云南地区两栖爬行类动物多样性[J]. *生物多样性*, 2023, 31(2): 190–198.
- [28] 王刚, 李万洪, 康力文, 等. 四川蜂桶寨国家级自然保护区两栖爬行动物调查及区系分析[J]. *四川动物*, 2021, 40(2): 233–240.
- [29] 孙厚成, 刘绍龙, 冉江洪, 等. 四川布拖乐安自然保护区两栖爬行动物多样性分析[J]. *四川大学学报 (自然科学版)*, 2007, 44(2): 410–414.
- [30] 黄荣通, 龚大洁, 张海军, 等. 我国山溪鲵属分布及保护对策[J]. *野生动物学报*, 2017, 38(4): 682–688.
- [31] 陈青枫, 汪晓意, 汤开成, 等. 四川洪雅县国有林场两栖动物多样性空间分布格局 [J/OL]. *应用与环境生物学报*, 1–19. 2024-10-29]. <https://doi.org/10.19675/j.cnki.1006-687x.2024.04017>.
- [32] Hua F, Bruijnzeel L A, Meli P, et al. The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches[J]. *Science*, 2022, 376(6595): 839–844.
- [33] 王恒恒, 李斌, 栾晓峰. 福建典型人工林两栖动物生态位分析[J]. *北京林业大学学报*, 2014, 36(1): 66–71.
- [34] 刘高慧, 饶定齐, 史娜娜, 等. 澜沧县两栖动物多样性及海拔分布格局[J]. *生态学报*, 2022, 42(7): 2593–2604.
- [35] Wang X, Zhong M, Zhang J, et al. Multidimensional amphibian diversity and community structure along a 2 600 m elevational gradient on the eastern margin of the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Zoological Research*, 2022, 43(1): 40–51.
- [36] Fu C, Hua X, Li J, et al. Elevational patterns of frog species richness and endemic richness in the Hengduan Mountains, China: geometric constraints, area and climate effects[J]. *Ecography*, 2006, 29(6): 919–927.
- [37] Fan Y, Chen Q, Cheng Y, et al. Resurvey after 20 years: updating the distribution, population, and potential threats of the Chinting alpine toad[J]. *Asian Herpetological Research*, 2024, 15(2): 73–81.
- [38] Li J, Chen L, Wang H, et al. Pattern and drivers of soil fungal community along elevation gradient in the *Abies georgei* forests of Segila mountains, Southeast Tibet[J]. *Global Ecology and Conservation*, 2022, 39: e02291.

- [39] Lyu Z, 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.
- [40] Shi S, Hou Y, Song Z, et al. A new leaf litter toad of *Leptobrachella* Smith, 1925 (Anura, Megophryidae) from Sichuan Province, China with supplementary description of *L. oshanensis* [J]. *Asian Herpetological Research*, 2021, 12(2): 143–166.
- [41] Jiang K, Ren J, Lyu Z, et al. Taxonomic revision of *Amolops chunganensis* (Pope, 1929) (Amphibia: Anura) and description of a new species from southwestern China, with discussion on *Amolops monticola* group and assignment of species groups of the genus *Amolops* [J]. *Zoological Research*, 2021, 42(5): 574–591.
- [42] Kuraishi N, Matsui M, Ota H, et al. Specific separation of *Polypedates braueri* (Vogt, 1911) from *P. megacephalus* (Hallowell, 1861) (Amphibia: Anura: Rhacophoridae) [J]. *Zootaxa*, 2011, 2744(2744): 53–61.

Summary for “瓦屋山国家森林公园两栖动物多样性及其海拔分布格局”

## Amphibian diversity and its elevational pattern in Wawu Mountain National Forest Park

TANG Kaicheng<sup>1</sup>, SUN Ling<sup>1</sup>, WANG Jiakai<sup>1</sup>, CHEN Qingfeng<sup>2</sup>, FAN Yuezheng<sup>2</sup>, SHI Tianquan<sup>3</sup>, LI Yuan<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Hongya State-owned Forest Farm, Meishan 620360, China;

<sup>2</sup> Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610213, China;

<sup>3</sup> Wawushan Scenic Spot, Meishan 620365, China

\* Corresponding author, [liyuan@cib.ac.cn](mailto:liyuan@cib.ac.cn)

**Abstract** The spatial distribution pattern and driving factors of species diversity are hot topics in conservation biology research in recent years. Amphibians, as the most threatened vertebrate group, urgently need effective protection and continuous monitoring. Wawushan National Forest Park is located in the transitional zone between Hengduan Mountain and Sichuan Basin, with diverse habitat types and rich biodiversity, and has a very unique position in biodiversity conservation of southwest mountain areas in China. In order to promptly update the amphibian species list in the area, and explore the elevational patterns of species diversity and the key influencing factors, based on the existing historical data, 62 transects were set up in four representative areas of the park (Mount Wawu, Mount Yuping, Zhangcun, Tongchangba) from 2023 to 2024, and the survey of amphibian diversity and elevation distribution was systematically carried out. By integrating field survey and historical data, the study revealed rich diversity and high endemism of amphibian in Wawushan National Forest Park. There were 36 species belonging to two orders, nine families, and 19 genera. Among which, 14 species were endemic to China, accounting for 38.89% of the total number of species, eight species (22.22%) were endemic to Sichuan Province, and three species (8.33%) were endemic to Hongya County. The overall *G-F* index of amphibians in the park is 0.326. In terms of habitat types, natural forests exhibited the highest *G-F* index (0.102), and planted forests and farmlands displayed relatively lower indices (−0.260; −0.591). At the geographical region level, the species were mainly from the Oriental realm and Southwest realm; at the ecological types level, terrestrial-stream species were the majority. The recorded amphibians were primarily distributed at elevations of 400–2,704 m, with 25% of species vertically distributing less than 200 m. The elevational pattern of amphibian species diversity in Wawushan National Forest Park showed a unimodal distribution pattern, with total species richness peaking at an elevation of 1,200 m and threatened species richness peaking at 1,600 m. The annual mean temperature, annual precipitation, and normalized difference vegetation index collectively drove the elevational pattern of amphibian diversity in Wawushan National Forest Park, and the annual mean temperature was significantly positively correlated with amphibian diversity along the elevational gradient. This study illuminated the elevational pattern of amphibian diversity in Wawushan National Forest Park, as well as the underlying factors driving this distribution. The findings provided essential data to inform future research in conservation biology.

**Key words** amphibian; Mount Wawu; species diversity; *G-F* index; elevational distribution

doi: [10.12172/202410290001](https://doi.org/10.12172/202410290001)

**附表 1** 瓦屋山国家森林公园调查样线信息  
**Appendix 1** Information of line transects in Wawushan National Forest Park

样线编号	地点	起点经度	起点纬度	起点海拔	终点经度	终点纬度	终点海拔	生境类型
1	玉屏山片区	103.184	29.762	1208	103.183	29.763	1211	人工林
2	玉屏山片区	103.184	29.763	1212	103.186	29.764	1243	人工林
3	玉屏山片区	103.192	29.771	1129	103.193	29.770	1118	人工林
4	玉屏山片区	103.193	29.770	1096	103.192	29.768	1100	人工林
5	玉屏山片区	103.192	29.767	1098	103.193	29.765	1063	人工林
6	玉屏山片区	103.193	29.765	1068	103.193	29.762	1156	人工林
7	玉屏山片区	103.192	29.762	1167	103.190	29.761	1198	人工林
8	瓦屋山片区	102.957	29.670	1944	102.958	29.671	1906	天然林
9	瓦屋山片区	102.964	29.674	1804	102.967	29.672	1763	天然林
10	瓦屋山片区	102.969	29.672	1736	102.969	29.672	1730	天然林
11	瓦屋山片区	102.970	29.671	1716	102.973	29.673	1691	天然林
12	瓦屋山片区	102.959	29.673	1890	102.962	29.675	1872	天然林
13	瓦屋山片区	102.962	29.675	1845	102.964	29.672	1834	天然林
14	瓦屋山片区	102.974	29.674	1671	102.972	29.677	1659	天然林
15	瓦屋山片区	102.972	29.678	1652	102.970	29.681	1623	天然林
16	瓦屋山片区	102.969	29.670	1714	102.968	29.669	1578	天然林
17	瓦屋山片区	102.966	29.669	1520	102.967	29.667	1556	天然林
18	瓦屋山片区	102.968	29.666	1537	102.970	29.666	1470	天然林
19	瓦屋山片区	102.970	29.665	1458	102.972	29.665	1430	天然林
20	瓦屋山片区	102.972	29.664	1411	102.975	29.663	1394	天然林
21	瓦屋山片区	102.943	29.671	1874	102.943	29.674	1864	天然林
22	瓦屋山片区	102.943	29.675	1849	102.945	29.677	1867	天然林
23	瓦屋山片区	102.947	29.678	1882	102.950	29.679	1850	天然林
24	瓦屋山片区	102.950	29.680	1829	102.950	29.683	1833	天然林
25	瓦屋山片区	102.947	29.667	1937	102.946	29.663	1929	天然林
26	瓦屋山片区	102.945	29.663	1917	102.943	29.664	1916	天然林
27	瓦屋山片区	102.943	29.666	1917	102.941	29.668	1892	天然林
28	瓦屋山片区	102.940	29.667	1895	102.942	29.670	1886	天然林
29	瓦屋山片区	102.960	29.710	1435	102.960	29.708	1416	天然林
30	瓦屋山片区	102.960	29.709	1431	102.959	29.713	1472	天然林
31	瓦屋山片区	102.959	29.713	1480	102.956	29.713	1531	天然林
32	瓦屋山片区	102.967	29.700	1329	102.967	29.699	1328	天然林
33	瓦屋山片区	102.978	29.691	1268	102.977	29.688	1244	天然林
34	瓦屋山片区	102.956	29.720	1539	102.956	29.718	1537	天然林
35	瓦屋山片区	102.956	29.712	1540	102.956	29.713	1538	天然林
36	瓦屋山片区	102.960	29.702	1474	102.960	29.700	1452	天然林
37	瓦屋山片区	102.961	29.699	1442	102.963	29.699	1434	天然林
38	瓦屋山片区	102.975	29.693	1250	102.977	29.692	1273	天然林
39	瓦屋山片区	102.948	29.643	2703	102.950	29.641	2689	天然林
40	瓦屋山片区	102.951	29.641	2690	102.954	29.642	2660	天然林
41	瓦屋山片区	102.954	29.642	2651	102.956	29.645	2692	天然林
42	瓦屋山片区	102.950	29.643	2699	102.955	29.645	2705	天然林

(续表1)

样线编号	地点	起点经度	起点纬度	起点海拔	终点经度	终点纬度	终点海拔	生境类型
43	瓦屋山片区	102.954	29.646	2688	102.954	29.646	2701	天然林
44	瓦屋山片区	102.955	29.648	2680	102.955	29.651	2689	天然林
45	瓦屋山片区	102.954	29.652	2674	102.951	29.654	2685	天然林
46	铜厂坝片区	103.264	29.523	1749	103.263	29.521	1755	农田
47	铜厂坝片区	103.262	29.521	1753	103.261	29.521	1762	农田
48	铜厂坝片区	103.261	29.520	1758	103.262	29.521	1765	农田
49	铜厂坝片区	103.259	29.521	1761	103.258	29.522	1761	农田
50	铜厂坝片区	103.262	29.521	1758	103.263	29.522	1755	农田
51	铜厂坝片区	103.265	29.523	1733	103.264	29.522	1722	农田
52	铜厂坝片区	103.267	29.523	1773	103.265	29.523	1763	农田
53	铜厂坝片区	103.265	29.522	1735	103.265	29.520	1769	农田
54	铜厂坝片区	103.264	29.519	1728	103.264	29.518	1767	农田
55	铜厂坝片区	103.264	29.517	1770	103.265	29.516	1784	农田
56	铜厂坝片区	103.263	29.516	1777	103.262	29.514	1771	农田
57	张村片区	103.092	29.505	1427	103.089	29.508	1409	天然林
58	张村片区	103.089	29.508	1411	103.090	29.511	1428	人工林
59	张村片区	103.090	29.512	1430	103.091	29.515	1389	人工林
60	张村片区	103.168	29.480	1634	103.165	29.481	1677	人工林
61	张村片区	103.165	29.481	1678	103.164	29.483	1645	人工林
62	张村片区	103.123	29.548	1240	103.123	29.552	1250	人工林

附表2 瓦屋山国家森林公园两栖动物名录

Appendix 2 Amphibian list of Wawushan National Forest Park

物种	国家保护等级	中国生物多样性红色名录	IUCN红色名录	动物区系	生态类型	特有性	数据来源	海拔下限	海拔上限
一、有尾目	Caudata								
(一) 小鲵科	Hynobiidae								
1. 山溪鲵	II	VU	VU	QZ, SW	R	+	F, L	1500	2704
(二) 隐鳃鲵科	Cryptobranchidae								
2. 大鲵	II	CR	CR	N, QZ, SW, C, S	R	+	L	400	800
二、无尾目	Anura								
(三) 角蟾科	Megophryidae								
3. 赤水角蟾		NE	NE	SW	TR	+	F, L	1000	1609
4. 峨眉角蟾		VU	LC	SW, C, S	TR	+	F, L	1000	1539
5. 炳灵角蟾		DD	NE	SW	TR	+++	F, L	1128	1924
6. 瓦屋角蟾		DD	DD	SW	TR	+++	F, L	1800	1908
7. 金顶齿突蟾	II	EN	VU	SW	TR	++	F, L	2500	2704
8. 大齿蟾		VU	LC	SW	TR	++	F, L	1556	2690
9. 点斑齿蟾		VU	EN	SW	TR	++	L	1800	1920
10. 峨眉齿蟾		VU	EN	SW	TR	++	F, L	1000	1814
11. 宝兴齿蟾		VU	LC	SW	TR	++	F, L	1000	1532
12. 无蹼齿蟾		NT	NT	SW	TR	++	F, L	1600	2700
13. 魏氏齿蟾		DD	DD	SW	TR	+++	L	/	/
14. 叶氏掌突蟾		NE	NE	SW	TR	++	F, L	600	1530

(续表 2)

物种	国家保护等级	中国生物多样性红色名录	IUCN 红色名录	动物区系	生态类型	特有性	数据来源	海拔下限	海拔上限
(四) 蟾蜍科	Bufonidae								
15. 中华蟾蜍		LC	LC	W	TQ		F, L	700	1790
(五) 雨蛙科	Hylidae								
16. 华西雨蛙		LC	LC	SW, C, S	A	+	F, L	450	1433
(六) 蛙科	Ranidae								
17. 钊琴湍蛙		NE	NE	SW	R	+	F, L	450	1701
18. 四川湍蛙		LC	LC	SW, S	R	+	F, L	1200	1938
19. 棘皮湍蛙		NT	LC	SW, C	R	+	F, L	1437	1881
20. 绿臭蛙		LC	LC	N, SW, C, S	R		F, L	450	1758
21. 花臭蛙		LC	LC	SW, C, S	R		F	1068	1121
22. 大绿臭蛙		LC	LC	SW, C, S	R		F	1068	1131
23. 黑斑侧褶蛙		NT	NT	W	Q		L	900	1400
24. 仙琴蛙		LC	LC	SW, C	TQ	+	F, L	500	1855
25. 沼水蛙		LC	LC	SW, C, S	Q		L	500	600
26. 越南趾沟蛙		LC	LC	SW, C, S	TQ		L	1100	1650
27. 峨眉林蛙		LC	LC	SW, C	TQ	+	F, L	900	1756
28. 桑植蛙		LC	LC	SW, C	TQ	+	L	1300	1300
(七) 叉舌蛙科	Dicroglossidae								
29. 泽陆蛙		LC	DD	N, SW, C, S	TQ		L	1000	1300
30. 棘腹蛙		VU	VU	N, SW, C, S	R	+	F, L	700	1772
(八) 树蛙科	Rhacophoridae								
31. 布氏泛树蛙		LC	LC	SW, C, S	A		F, L	650	1167
32. 经甫树蛙		LC	LC	SW, C	A	+	F, L	900	1800
33. 宝兴树蛙		VU	LC	SW	A	++	F, L	1683	2700
34. 峨眉树蛙		LC	LC	SW, C, S	A	+	F, L	600	1924
(九) 姬蛙科	Microhylidae								
35. 饰纹姬蛙		LC	LC	N, SW, C, S	TQ		L	500	600
36. 粗皮姬蛙		LC	LC	SW, C, S	TQ		F	1107	1107

注: 1. 种名中: \*表示瓦屋山国家森林公园两栖动物分布新记录。2. 国家保护等级: II-国家二级重点保护野生动物。3. 中国生物多样性红色名录/IUCN红色名录: CR-极危; EN-濒危; VU-易危; NT-近危; LC-无危; DD-数据缺乏; NE-未评估。4. 动物区系: S-华南区; C-华中区; SW-西南区; N-华北区; QZ-青藏区。5. 生态类型: A-树栖型; R-流溪型; Q-静水型; TQ-陆栖-静水型; TR-陆栖-流水型。6. 特有性: +-中国特有种; ++-四川省特有种; +++-洪雅县特有种。7. 数据来源: F-野外实地调查; L-文献资料整理。

附表 3 瓦屋山国家森林公园两栖动物分类变动  
Appendix 3 Amphibian taxonomic changes in Wawushan National Forest Park

原科 中文名	原科 拉丁名	原属 中文名	原属 拉丁名	原种 中文名	原种 拉丁名	现科 中文名	现科 拉丁名	现属 中文名	现属 拉丁名	现种 中文名	现种 拉丁名
锄足蟾科	Pelobatidae	角蟾属	<i>Megophrys</i>	小角蟾	<i>M. minor</i>	角蟾科	Megophryidae	布角蟾属	<i>Boulenophrys</i>	赤水角蟾 <sup>[39]</sup>	<i>B. chishuiensis</i>
				峨眉角蟾	<i>M. omeimontis</i>					/	<i>B. omeimontis</i>
				瓦屋角蟾	<i>M. wawuensis</i>					/	<i>A. wawuensis</i>
		齿蟾属	<i>Oreolalax</i>	瓦山齿蟾	<i>O. weigoldi</i>			/	/	魏氏齿蟾	<i>O. weigoldi</i>
				掌突蟾属	<i>Leptolalax</i>			峨山掌突蟾	<i>L. oshanensis</i>	/	<i>Leptobranchella</i>
蛙科	Ranidae	湍蛙属	<i>Amolops</i>	崇安湍蛙	<i>A. chunganensis</i>	/	/	/	/	钊琴湍蛙 <sup>[41]</sup>	<i>A. chaochin</i>

(续表3)

原科 中文名	原科 拉丁名	原属 中文名	原属 拉丁名	原种 中文名	原种 拉丁名	现科 中文名	现科 拉丁名	现属 中文名	现属 拉丁名	现种 中文名	现种 拉丁名
		水蛙属	<i>Hylarana</i>	仙琴水蛙	<i>H. daunchina</i>			琴蛙属	<i>Nidirana</i>	仙琴蛙	<i>N. daunchina</i>
		趾沟蛙属	<i>Pseudorana</i>	越南趾沟蛙	<i>P. johnsi</i>			蛙属	<i>Rana</i>	/	<i>R. johnsi</i>
叉舌蛙科	Dicroglossidae	棘蛙属	<i>Paa</i>	棘腹蛙	<i>P. boulengeri</i>	/	/	棘胸蛙属	<i>Quasipaa</i>	/	<i>Q. boulengeri</i>
树蛙科	Rhacophoridae	树蛙属	<i>Rhacophorus</i>	斑腿树蛙	<i>R. megacephalus</i>	/	/	泛树蛙属	<i>Polypedates</i>	布氏泛树蛙 <sup>[42]</sup>	<i>P. braueri</i>
				经甫树蛙	<i>R. chenfui</i>			张树蛙属	<i>Zhangixalus</i>	/	<i>Z. chenfui</i>
				宝兴树蛙	<i>R. dugritei</i>					/	<i>Z. dugritei</i>
				峨眉树蛙	<i>R. omeimontis</i>					/	<i>Z. omeimontis</i>

注：1. 原科、属、种的中文名和拉丁名指江建平等<sup>[8]</sup>中曾使用的中文名和拉丁名。“/”表示该项未有变动。

附表4 物种多样性海拔分布格局的多项式回归

Appendix 4 Polynomial regressions of species diversity along the elevational gradient

多项式回归	总物种丰富度	受胁物种丰富度	
		IUCN红色名录	中国生物多样性红色名录
First-order R <sup>2</sup>	0.277*	-0.050	-0.100
AICc	85.444	52.775	38.189
Second-order R <sup>2</sup>	0.576**	0.496*	0.042
AICc	82.489	47.418	39.986
Third-order R <sup>2</sup>	0.836***	0.554*	0.095
AICc	75.934	50.832	44.173

注：\*表示P<0.05，\*\*表示P<0.01，\*\*\*表示P<0.001。