

DOI: 10.14188/j.ajsh.2024.01.007

# 云南威远江省级自然保护区鸟类多样性与季节性变化研究

王羽丰<sup>1</sup>, 李新宇<sup>2</sup>, 王斌<sup>3</sup>, 熊朝永<sup>3</sup>, 杨晓军<sup>1\*</sup>

(1. 西南林业大学 云南省高校极小种群野生动物保育重点实验室, 云南 昆明 650224;

2. 威远江省级自然保护区管护局, 云南 普洱 666400;

3. 西双版纳傣族自治州亚洲象保护管理中心, 云南 西双版纳 666100)

**摘要:** 于2021年8月—2022年9月进行调查, 主要采用不定宽样线法及样点法对云南威远江省级自然保护区鸟类进行调查。在调查范围内, 共设置了12条监测样线, 基本覆盖保护区内所有生境类型。保护区共记录鸟类209种, 隶属17目62科139属。其中, 物种组成以雀形目(Passeriformes)为主, 共记录137种, 占记录鸟类的65.6%。鸟类区系组成以东洋界为主, 共有141种, 在保护区内占据了最大的比例, 为67.46%; 留鸟为主, 共有167种, 占保护区鸟类的79.90%。珍稀濒危及重点保护鸟类有44种, 其中, 记录国家一级重点保护野生动物1种, 冠斑犀鸟(*Anthracoceros coronatus*)。基于不同季节分析, 春季的物种种数(200种)、香农威纳指数(5.02)、辛普森指数(0.99)最大, 而夏季的均匀度指数(0.81)最大; 林地生境的物种丰富度、香农威纳指数、均匀度指数和辛普森指数在4个季节均显著高于农田和湿地。

**关键词:** 威远江; 鸟类多样性; 群落组成; 季节性变化; 多样性指数

中图分类号: Q985.1

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2024)01-0061-08

## Bird diversity and seasonal change in Weiyuanjiang Provincial Nature Reserve, Yunnan

WANG Yufeng<sup>1</sup>, LI Xinyu<sup>2</sup>, WANG Bin<sup>3</sup>, XIONG Chaoyong<sup>3</sup>, YANG Xiaojun<sup>1\*</sup>

(1. Key Laboratory of Conservation of Endangered Wildlife in Small Populations at Universities in Yunnan Province, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Management and Protection Bureau of Weiyuan River Provincial Nature Reserve, Puer 666400, Yunnan, China;

3. Asian Elephant Conservation and Management Center of Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture, Xishuangbanna 666100, Yunnan, China)

**Abstract:** This bird survey was conducted in the Weiyuanjiang Provincial Nature Reserve in Yunnan from August 2021 to September 2022, mainly using the transect method and point count method. A total of 12 monitoring transects were established, covering all habitat types within the reserve. In total, 209 bird species were recorded, belonging to 17 orders, 62 families, and 139 genera. The most dominant order was Passeriformes, with 137 species recorded, accounting for 65.6% of the total bird species. The bird fauna was mainly composed of the Oriental Realm, with a total of 141 species, accounting for the largest proportion within the reserve, at 67.46%. Resident birds were the most prevalent group, comprising 167 species and accounting for 79.90% of the bird species in the reserve. The survey also recorded 44 species of rare, endangered, and key protected birds, including *Anthracoceros coronatus*, a national first class key protect-

收稿日期: 2023-08-14 修回日期: 2023-12-17 接受日期: 2024-02-08

作者简介: 王羽丰(1983-), 男, 硕士生, 主要从事野生动植物保护与利用研究。E-mail: yufengw@163.com

\* 通讯联系人: 杨晓军(1965-), 男, 博士, 教授, 主要从事动物生态学和生物地理学方面的教学和研究。E-mail: yangxj86@163.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(31860603); 云南省重点学科野生动植物保护与利用项目(XKZ200904); 云南省林业一流学科建设项目(51600625)

引用格式: 王羽丰, 李新宇, 王斌, 等. 云南威远江省级自然保护区鸟类多样性与季节性变化研究[J]. 生物资源, 2024, 46(1): 61-68.

Wang Y F, Li X Y, Wang B, et al. Bird diversity and seasonal change in Weiyuanjiang Provincial Nature Reserve, Yunnan [J]. Biotic Resources, 2024, 46(1): 61-68.

ed wildlife. Based on seasonal analysis, spring had the highest number of species (200 species), Shannon-Weiner index (5.02), and Simpson index (0.99), while summer had the highest evenness index (0.81). The species richness, Shannon-Weiner index, evenness index and Simpson index of forest habitats were significantly higher than those of farmland and wetlands in all four seasons.

**Key words:** Weiyuan River, bird diversity; community composition; seasonal change; diversity index

## 0 引言

鸟类作为生物多样性重要指示类群,常作为环境监测和评价的指示类群<sup>[1]</sup>。由于鸟类物种对栖息地变化的快速反应,栖息地的丧失和破碎化严重威胁着它们的生存<sup>[2~4]</sup>。生物多样性监测是生物多样性资源管理利用的关键<sup>[5]</sup>,不仅能提供物种的种群变化信息,还是评估生物多样性保护成效、制定有关计划和措施的重要途径<sup>[6]</sup>。获取这些信息对于更大范围的科学社区、区域和县级管理以及在自然保护区系统内生活和工作的人类社区都是非常重要的<sup>[7]</sup>。随着目前野生动物多样性研究的逐渐深入<sup>[8,9]</sup>,样线法、访谈法、痕迹法和采样法等多种多样的调查方法被相继提出<sup>[10~13]</sup>,并使用这些方法在全国范围内多次开展野生动物资源调查<sup>[14]</sup>,但由于当时传统监测方法存在主观性强、局限性大、重复性差、执行要求高和难度大等问题,数据质量不高,缺乏可比性和连续性<sup>[15]</sup>。

云南省威远江省级自然保护区(以下简称保护区)地处中国西南,位于云南省普洱市景谷傣族彝族自治县境内,为澜沧江支流威远江下游,是中国云南特有种思茅松(*Pinus kesiya*)的重要栖息地和种源区。保护区特殊的地理位置和生境类型受人为干扰较小,保持着较为原始的生活状态,为野生动物提供了良好的栖息环境。关于该地区的物种多样性调查鲜有报道,仅于2004年10月至2005年4月,云南大学、云南省林业调查规划院和云南师范大学的研究人员对保护区进行了综合科学考察,共记录脊椎动物295种,隶属30目81科209属<sup>[16]</sup>。野生动物监测是保护区开展管护工作的基础,这有助于摸清野生动物的基本资料及其变化,为保护区制定监管和保护策略提供科学依据<sup>[17,18]</sup>。保护区虽进行了一次系统的调查,但由于资料陈旧,当时调查方法及调查强度的局限性,现已不能准确真实地反映当前保护区内物种的组成和分布情况,且没有对该区域的某一类物种多样性专门做过研究分析。鉴于此,为全面地了解威远江省级自然保护区的鸟类物种多样性组成及种群数量,本研究对保护区的鸟类开展监测,旨在补充保护区鸟类名录,分析保护区目前鸟类多样性及栖息地状况,着重探讨保护区鸟类多样性的时

空分布和日活动节律等监测信息,以期为保护区鸟类监测、保护及栖息地管理提供科学的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

威远江保护区地处云南省普洱市景谷县益智乡西部的石寨村附近(23°06'~23°17' N, 100°31'~100°35' E),1983年经云南省人民政府批准为省级自然保护区。保护区总面积7 704 hm<sup>2</sup>。思茅松林是该保护区的主要保护对象,这是云南省至今为止基本未受人为干扰的最大的一片思茅松林。因此,保护区保持着较为原始的生活状态,为野生动物提供了良好的栖息环境。同时,该保护区也是目前唯一的以思茅松林为保护对象建立的自然保护区。保护区所处纬度低在北回归线以南,位于全国和云南省气候热量带区划中的南亚热带,基带气候类型为低纬高原南亚热带湿润季风气候,是南亚热带气候特征较典型的地区。全年日照时数2 011.2 h,年平均气温为20.2 °C,年平均降水量为1 278.7 mm。

### 1.2 野外调查

本次调查时间于2021年8月—2022年9月,主要采用不定宽样线法及样点法对云南威远江省级自然保护区鸟类进行了调查。在调查范围内,共设置了12条监测样线,基本覆盖保护区内所有生境类型。根据春夏秋冬不同季节鸟类生活习性,对样线的鸟类资源状况进行调查。利用保护区内及周边地区现有公路、小路作为鸟类调查路线;样点法到达地点后,静止休息15 min后观察鸟类的种类和数量,每个样点的调查时间为10 min。调查时间通常为上午7:30—11:00,下午5:00—7:30。如果因调查地点与住地路途较远,调查则从上午8点开始,至下午5:00—6:30结束。调查时2人1组,携带尼康单反相机和蔡司10×40,北辰8×42双筒望远镜观察鸟类种类,记录路线前方和两侧看到或者听到的鸟类种类和数量。

### 1.3 数据分析

物种分类及鉴定参照国内外相关著作及手册<sup>[19~24]</sup>。种群数量等级基于Berger-Parker优势度指数( $I$ )= $N_i/N$ 划分<sup>[25]</sup>,其中 $N_i$ 为物种 $i$ 个体数, $N$ 为

群落中全部物种总数,  $I$  为优势种。物种多样性选择香农威纳(Shannon-Wiener)多样性指数、Pielou均匀度指数、辛普森(Simpson)多样性指数<sup>[26]</sup>。同时,通过正态性以及方差齐性检验所得数据,检验结果符合正态分布和方差齐性的数据,采用单因素方差分析(ANOVA),对不同生境和季节动态下的鸟类 Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数进行多重比较,以 0.05 为检验标准<sup>[27]</sup>。

优势种( $I$ ):

$$I = N_i/N$$

香农威纳指数( $H'$ ):

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

均匀度指数( $J$ ):

$$J = H'/\ln S$$

式中:  $S$  为保护区内各类群的总物种数;  $P_i$  为各类群中第  $i$  个物种在相应类群中的比例。

辛普森指数( $D$ ):

$$D = 1 - \sum (N_i/N)^2$$

式中:  $N_i$  为群落中第  $i$  个物种数;  $N$  为群落中全部物种总数。

## 2 结果与分析

### 2.1 物种组成

云南威远江省级自然保护区有鸟类 209 种,隶属 17 目 62 科 139 属。其中,以雀形目(Passeriformes)鸟类占绝对优势,有 137 种,占鸟类物种数的 65.6%;其次是鸊形目(Cuculiformes)和啄木鸟目(Piciformes)各有 10 种,分别占鸟类物种数的 4.8%;佛法僧目(Coraciiformes)有 8 种,占鸟类物种数的 3.8%;隼形目(Falconiformes)有 7 种,占鸟类物种数的 3.3%;鸡形目(Galliformes)有 6 种,占鸟

类物种数的 2.9%;鸊形目(Pelecaniformes)和鸱形目(Strigiformes)各有 5 种,占鸟类物种数的 2.4%;鸨形目(Chardriiformes)和鸽形目(Columbiformes)分别有 4 种,占鸟类物种数的 1.9%;雁形目(Anseriformes)有 3 种,占鸟类物种数的 1.4%;犀鸟目(Bucerotiformes)、鹤形目(Gruiformes)、鸚形目(Psitaciformes)和夜鹰目(Caprimulgiformes)各有 2 种,占鸟类物种数的 1.0%;剩余的咬鹃目(Trogoniformes)和鹇目(Podicipediformes)各有 1 种,分别占鸟类物种数的 0.5%(图 1)。

### 2.2 居留及区系组成

鸟类具有迁徙习性,每种鸟的区系从属是视其主要繁殖区域而定。依据所记录各种鸟类在该地区的采集、观察时间,并参照有关文献记载。本次云南威远江省级自然保护区共调查记录到鸟类 209 种,分析当地鸟类区系概貌,发现鸟类区系组成以东洋界为主,共有 141 种,在保护区内占据了最大的比例,为 67.46%;其次是广布种的 51 种,为 24.40%;占北界物种最少只有 17 种,占鸟类总数的 8.13%。

从居留情况来看,统计结果云南威远江省级自然保护区所记录的 209 种鸟类中:留鸟 167 种,占保护区鸟类的 79.90%。夏候鸟计 19 种,占所录鸟类的 9.09%。冬候鸟有 22 种,占保护区鸟类的 10.53%。旅鸟仅有黄鹡鸰(*Motacilla flava*) 1 种,在当地属于旅鸟,占保护区鸟类的 0.48%(表 1)。

### 2.3 重点及濒危保护物种

珍稀种及其特有种的分布形式是指示某个地区生物多样性的一个重要指标。本次调查到的《国家重点保护野生动物名录》情况为:记录到国家一级重点保护野生动物 1 种,冠斑犀鸟(*Anthracoseros coronatus*);国家二级重点保护野生动物 33 种,如:凤头鹰(*Accipiter trivigatus*)、雀鹰(*A. nisus*)、普通鵟(*Bu-*

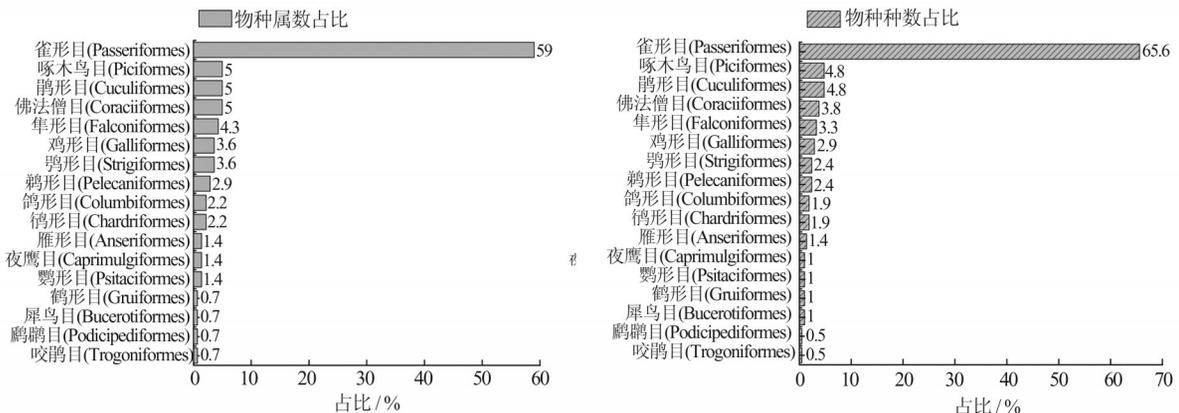


图 1 云南威远江省级自然保护区各目鸟类组成

Fig. 1 Composition of birds of various orders in Weiyuan River Provincial Nature Reserve, Yunnan

表1 云南威远江省级自然保护区鸟类区系组成  
Table 1 Avian fauna composition in the Weiyuan River Provincial Nature Reserve, Yunnan

居留类型	物种数			总计
	东洋界	古北界	广布种	
留鸟	125	1	41	167
夏候鸟	12	—	7	19
冬候鸟	4	15	3	22
旅鸟	—	1	—	1
总计	141	17	51	209

表2 云南威远江保护区鸟类不同季节多样性指数比较  
Table 2 Comparison of diversity index of birds in different seasons in Weiyuan River Nature Reserve, Yunnan

季节指标	物种种数	香农威纳指数(H')	均匀度指数(J)	辛普森指数(D)
春季	200	5.02	0.76	0.99
夏季	175	4.91	0.81	0.99
秋季	155	4.77	0.79	0.99
冬季	191	4.99	0.79	0.99
总体物种	209	5.23	0.69	0.99

teo buteo)、白鹇(*Lophura nycthemera*)、栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)、长尾阔嘴鸟(*Psarisomus dalhousiae*)、画眉(*Garrulax canorus*)等。

本次调查到的物种红色名录物种情况为:保护区内记录有褐胸山鹧鸪(*Arborophila brunneopectus*)、红原鸡(*Gallus gallus*)、黄冠啄木鸟(*Picus chlorolophus*)、翠金鹃(*Chalcites maculatus*)、红头咬鹃(*Harpactes erythrocephalus*)等23种近危物种(NT);绿胸八色鸫(*Pitta sordida*)和大紫胸鸚鵡(*Psittacula derbiana*)2种易危物种(VU);濒危(EN)和极危(CR)物种各有一个,分别是巨鸫(*Sitt magna*)和冠斑犀鸟。

此外,根据濒危野生动植物种国际贸易公约附录,共有凤头鹰、雀鹰、普通鵟、蛇鹗(*Spilornis cheela*)、红隼(*Falco tinnunculus*)、领鸺鹠(*Glaucidium brodiei*)、斑头鸺鹠(*G. cuculoides*)、灰林鸮(*Strix aluco*)、冠斑犀鸟、银耳相思鸟(*Leiothrix argenteauris*)、画眉等15种鸟类被CITES附录II收录。本次调查并未发现中国特有鸟类及新纪录。

#### 2.4 季节动态

基于总体和季节来分析,总体鸟类多样性指数表现为:物种种数209种、香农威纳指数5.23、均匀度指数0.69、辛普森指数0.99。春季的物种种数200种,香农威纳指数5.02、辛普森指数最大为0.99,而夏季的均匀度指数最大,为0.81;秋季的物种种数155种,香农威纳指数4.77、辛普森指数最小,为0.99,而春季的均匀度指数最小,为0.76(见表2)。但鸟类在不同季节下的香农威纳指数( $P > 0.05$ )和Pielou均匀度指数( $P > 0.05$ )差异均不显著。

#### 2.5 生境差异

林地类型的优势种为:黑短脚鹫(*Hypsipetes madagascariensis*,  $I=0.027$ )、绿翅短脚鹫(*Hypsipetes mccllellandii*,  $I=0.024$ )、暗灰鹧鸪(*Lalage melaschistos*,  $I=0.023$ )、长尾山椒鸟(*Pericrocotus*

*ethologus*,  $I=0.023$ )、暗绿柳莺(*Phylloscopus trochiloides*,  $I=0.021$ )。农田的优势种为:斑文鸟(*Lonchura punctulata*,  $I=0.061$ )、白腰文鸟(*Lonchura striata*,  $I=0.053$ )、麻雀(*Passer montanus*,  $I=0.034$ )、黑喉红臀鹎(*Pycnonotus cafer*,  $I=0.030$ )和凤头雀嘴鹎(*Spizixos canifrons*,  $I=0.025$ )。湿地的优势种为:牛背鹭(*Bubulcus ibis*,  $I=0.123$ )、小白腰雨燕(*Apus affinis*,  $I=0.114$ )、金腰燕(*Hirundo dauurica*,  $I=0.105$ )、池鹭(*Ardeola bacchus*,  $I=0.067$ )和白鹭(*Egretta garzetta*,  $I=0.067$ )。

进一步分析比较不同季节各个生境的情况发现:在物种丰富度方面,林地生境4个季节均显著高于农田、湿地。在林地生境中,春季、冬季明显高于其他季节;农田生境中,春季明显高于其他季节;湿地生境中,冬季明显高于其他季节(图2a)。在香农威纳指数方面,林地生境4个季节均显著高于农田、湿地。在林地生境中,春季明显高于其他季节,而秋季的指数最小;农田生境中,春季明显高于其他季节;湿地生境中,冬季明显高于其他季节(图2b)。在均匀度指数方面,林地生境4个季节均显著高于农田、湿地。在林地生境中,秋季、夏季明显高于其他季节;农田生境中,夏季明显高于其他季节,春季的指数最小;湿地生境中,夏季明显高于其他季节,春季的指数最小(图2c)。在辛普森指数方面,林地生境4个季节均显著高于农田、湿地。在林地生境中,春季明显高于其他季节;农田生境中,春季明显高于其他季节;湿地生境中,冬季明显高于其他季节(图2d)。

### 3 讨论

#### 3.1 鸟类群落组成变化

鸟类受环境影响主要表现为种类和数量的变化<sup>[28]</sup>,本研究表明云南威远江省级自然保护区拥有丰富的鸟类物种资源,威远江省级自然保护区有鸟类209种,隶属17目62科139属。依据最新发布的

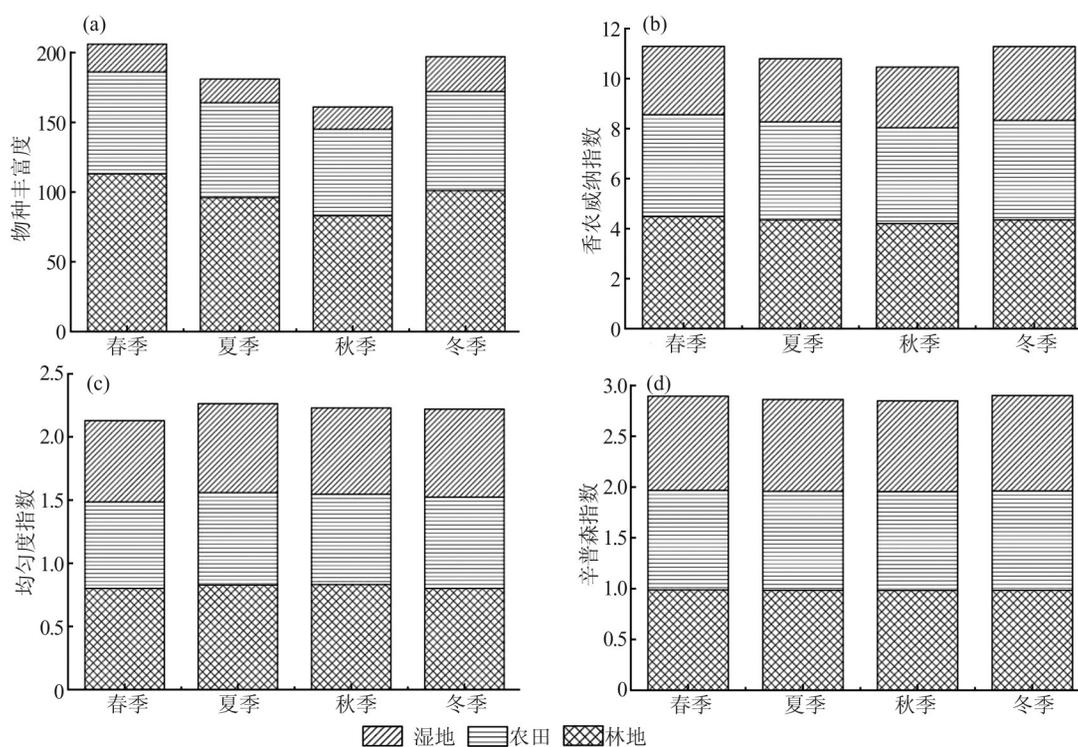


图2 云南威远江省级自然保护区鸟类不同季节不同生境的多样性指数

Fig. 2 The diversity index of birds in different seasons and habitats in Weiyuan River Provincial Nature Reserve, Yunnan

《国家重点保护野生动物名录(2021)》<sup>[21]</sup>,记录到国家一级重点保护野生动物1种;国家二级重点保护野生动物33种。IUCN红色名录和《中国脊椎动物红色名录(2016)》<sup>[23]</sup>,发现保护区内有23种近危物种(NT);2种易危物种(VU);濒危(EN)和极危(CR)物种各有1种。此外,根据濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)附录,共有15种鸟类被CITES附录II收录。鸟类组成以雀形目为主,表明保护区内鸟类多为中、小型鸣禽。保护区内大面积的常绿阔叶林和针阔混交林为鸣禽类鸟类提供了丰富的食物和良好的隐蔽条件<sup>[29]</sup>。样线法存在局限性<sup>[30]</sup>,对不易见到的地栖鸟类(特别是雉鸡类)一级的调查比较不充分,仅对森林常见中上层活动鸟类的调查极为有利<sup>[31]</sup>。因此,建议保护区在后续工作中,持续对鸟类进行系统的监测,建立长期监测固定样线,为保护区制定生物多样性保护和长期监测策略提供更加全面的科学数据。

### 3.2 区系组成和居留类型分析

威远江省级自然保护区在动物地理区划<sup>[32]</sup>属东洋界中印亚界下的华南区的滇南山地亚区,因其处于云南热带向亚热带过渡地区,鸟类组成热带成分较多,例如绿鸠、鸚鵡、啄木鸟等热带鸟类所占比例较高,多为树栖食果实的鸟类。云南威远江省级自

然保护区的鸟类区系组成具有明显的东洋界特征,又呈现出了明显的南北混杂的过渡性特点,这与保护区所处的地理位置密切相关。在动物地理中,保护区位于东洋界北缘,邻近古北界<sup>[30]</sup>。在气候带上云南威远江省级自然保护区地处北亚热带与中亚热带的过渡地带<sup>[33]</sup>。独特的地理位置和生态环境为鸟类提供了适宜的栖息地,并使其成为华南区南北动物迁徙扩散的天然通道和东西生物交汇的纽带,对生物多样性的保护起关键性作用<sup>[34,35]</sup>。

鸟类作为生态系统的重要组成成分,对气候和环境的改变反应相当敏感<sup>[36]</sup>。气候变暖对东洋界鸟类的影响要超过对古北界和广布种鸟类<sup>[37-39]</sup>。保护地是全球生物多样性保护工作的基石,研究表明保护地可以有效地保护鸟类物种多样性<sup>[40]</sup>。通过对比,掌握了云南威远江省级自然保护区内鸟类多样性及区系组成的变化,为保护区监测和管理提供了基础数据,但这些变化的具体原因及其机制还需进一步研究。

### 3.3 多样性指数分析

物种的丰富度和特有性是评价生物多样性保护优先区保护价值的指标之一<sup>[41]</sup>。鸟类生存的自然生境受农业集约化的影响,正在不断减少,由此产生的生境破碎化和人类干扰在很大程度上影响鸟类的生

存<sup>[42]</sup>。栖息地丧失和质量下降都会对野生生物的种群维持带来严重影响<sup>[43]</sup>,保护区内的原始林是森林鸟类的栖息环境和繁殖的重要场所。作为鸟类的重要栖息地,有研究表明,林地比其他生境更为复杂和多样,因此可能分布更多的鸟类<sup>[44]</sup>。本次调查不同季节鸟类香农威纳指数, Pielou 均匀度指数不存在显著差异,说明鸟类多样性不随季节的改变而发生变化,分析原因可能是本次调查到鸟类以留鸟居多,记录到的春季鸟类丰富度显著高于其他季节,说明威远江是鸟类迁飞的重要中转站,应注重迁飞季节对候鸟的保护。本次调查发现,林地是鸟类生物多样性最丰富的区域,其原因可能与调查的“可达性”有关,由于林地内部环境复杂,在选取样线的时候充分考虑密林深处的鸟类调查,可能导致林地鸟类数据相对较多。物种灭绝会严重威胁到生态系统的结构完整性<sup>[45]</sup>。保护区内鸟类资源异常丰富,生物多样性高,具有重要的保护价值。但是,保护区外围的低海拔天然林,因当地村民种植橡胶和其他经济作物,其林地面积正在大面积减少,而且保护区是以保护思茅松为主的保护区,生境类型过于单一,对鸟类保护极为不利。建议管理部门向当地政府汇报,得到政府的理解支持,尽力将低海拔地区地形陡峭的沟谷森林以生态公益林的方式保护下来,以增加保护区外鸟类的栖息生境。

### 参考文献

- [1] Gregory R D, van Strien A. Wild bird indicators: using composite population trends of birds as measures of environmental health [J]. *Ornithol Sci*, 2010, 9(1): 3-22.
- [2] Yang X R, Tan X W, Chen C W, *et al.* The influence of urban park characteristics on bird diversity in Nanjing, China [J]. *Avian Res*, 2020, 11: 1-9.
- [3] Dendup P, Wangdi L, Jamtsho Y, *et al.* Bird diversity and conservation threats in Jigme Dorji National Park, Bhutan [J]. *Glob Ecol Conserv*, 2021, 30: e01771.
- [4] Zhou Y, Chen A P, Ouyang J, *et al.* Comparing community birdwatching and professional bird monitoring with implications for avian diversity research: a case study of Suzhou, China [J]. *Avian Research*, 2020, 11: 19.
- [5] 吕一河, 陈利顶, 傅伯杰. 生物多样性资源: 利用、保护与管理[J]. *生物多样性*, 2001, 9(4): 422-429.  
Lü Y H, Chen L D, Fu B J. Biodiversity resources: utilization, conservation and management [J]. *Biodivers Sci*, 2001, 9(4): 422-429.
- [6] 马克平. 中国生物多样性编目取得重要进展[J]. *生物多样性*, 2015, 23: 137-138.
- Ma K P. Species Catalogue of China: a remarkable achievement in the field of biodiversity science in China [J]. *Biodivers Sci*, 2015, 23: 137-138.
- [7] Bohnett E, Riordan P, Kun S. Initial assessment on large and medium sized terrestrial mammal assemblage using camera trapping in Nangunhe nature reserve in Yunnan, China [J]. *J Resour Ecol*, 2015, 6(5): 331-344.
- [8] Isbell F, Calcagno V, Hector A, *et al.* High plant diversity is needed to maintain ecosystem services [J]. *Nature*, 2011, 477(7363): 199-202.
- [9] 赵鸣飞, 康慕谊, 刘全儒, 等. 东江干流河岸带植物多样性分布规律及影响因素[J]. *资源科学*, 2013, 35(3): 488-495.  
Zhao M F, Kang M Y, Liu Q R, *et al.* Riparian plant species diversity and environmental factors along Dongjiang River [J]. *Resour Sci*, 2013, 35(3): 488-495.
- [10] 蒋忠军, 叶信初, 胡加云, 等. 基于红外相机对四川千佛山国家级自然保护区兽类及鸟类多样性的初步调查[J]. *四川动物*, 2019, 38(1): 99-106.  
Jiang Z J, Ye X C, Hu J Y, *et al.* Infrared camera survey on the diversity of mammals and birds in Qianfoshan national nature reserve, Sichuan [J]. *Sichuan J Zool*, 2019, 38(1): 99-106.
- [11] 高行宜, 姚军. 新疆天山东部的盘羊[J]. *野生动物*, 1997, 18(4): 39-40.  
Gao X Y, Yao J. Argali sheep in eastern Tianshan Mt, Xinjiang [J]. *Chin Wildlife*, 1997, 18(4): 39-40.
- [12] McCarthy K P, Fuller T K, Ming M, *et al.* Assessing estimators of snow leopard abundance [J]. *J Wildl Manag*, 2008, 72(8): 1826-1833.
- [13] 马鸣, 徐峰, Munkhtsog Bariushaa, 等. 新疆雪豹种群密度监测方法探讨[J]. *生态与农村环境学报*, 2011, 27(1): 79-83.  
Ma M, Xu F, Munkhtsog B, *et al.* Monitoring of population density of snow leopard in Xinjiang [J]. *J Ecol Rural Environ*, 2011, 27(1): 79-83.
- [14] 肖治术, 陈立军, 宋相金, 等. 基于红外相机技术对广东车八岭国家级自然保护区大中型兽类与雉类的编目清查与评估[J]. *生物多样性*, 2019, 27(3): 237-242.  
Xiao Z S, Chen L J, Song X J, *et al.* Species inventory and assessment of large- and medium-size mammals and pheasants using camera trapping in the Chebaling National Nature Reserve, Guangdong Province [J]. *Biodivers Sci*, 2019, 27(3): 237-242.
- [15] 肖治术, 李学友, 向左甫, 等. 中国兽类多样性监测网的建设规划与进展[J]. *生物多样性*, 2017, 25(3): 237-245.  
Xiao Z S, Li X Y, Xiang Z F, *et al.* Overview of the mammal diversity observation network of Sino BON

- [J]. *Biodivers Sci*, 2017, 25(3): 237-245.
- [16] 栗冰峰. 威远江自然保护区两栖爬行类动物资源及区系特点[J]. 林业调查规划, 2007, 32(4): 109-113.  
Li B F. The fauna characteristics and animal resources of amphibian reptile in Weiyuanjiang nature reserve [J]. *For Invent Plan*, 2007, 32(4): 109-113.
- [17] 姬云瑞, 陶义, 李昌林, 等. 利用红外相机调查四川雪宝顶国家级自然保护区鸟类和兽类多样性[J]. 生物多样性, 2021, 29(6): 805-810.  
Ji Y R, Tao Y, Li C L, *et al.* Using camera traps to survey mammals and birds in Sichuan Xuebaoding National Nature Reserve [J]. *Biodivers Sci*, 2021, 29(6): 805-810.
- [18] 马克平. 监测是评估生物多样性保护进展的有效途径[J]. 生物多样性, 2011, 19(2): 125-126.  
Ma K P. Assessing progress of biodiversity conservation with monitoring approach [J]. *Biodivers Sci*, 2011, 19(2): 125-126.
- [19] 约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 卢和芬, 何芬奇, 解焱, 译. 长沙: 湖南教育出版社, 2000.  
Mackinnon J, Phillipps K, He F Q. A field guide to the birds of China [M]. Lu H F, He F Q, Xie Y, Trans. Changsha: Hunan Education Publishing House, 2000.
- [20] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录. 3版[M]. 北京: 科学出版社, 2017.  
Zheng G M. List of Classification and Distribution of Birds in China Version 3[M]. Beijing: Science Press, 2017.
- [21] 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.  
State Forestry and Grassland Administration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. 《List of National Key Protected Wildlife》(revised on February, 2021) [J]. *Chin J Wildl*, 2021, 42(2): 605-640.
- [22] 木子师. 云南省珍稀保护动物名录[J]. 云南林业, 1990, 11(5): 13.  
Mu Z S. List of rare and protected animals in Yunnan Province [J]. *Yunnan For*, 1990, 11(5): 13.
- [23] 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, *et al.* Red list of China's vertebrates [J]. *Biodivers Sci*, 2016, 24(5): 500-551.
- [24] Iucn. The IUCN Red List of Threatened Species [J]. Version 2021-3. [EB/OL]. 2021. <https://www.iucnredlist.org/>.
- [25] May R M. Patterns of species abundance and diversity [M]//Cody M L, Diamond J M. Ecology and evolution of communities. Cambridge: Harvard University Press, 1975: 81-120.
- [26] 张明海, 萧前柱, 高中信. 多样性指数公式在鸟类群落中应用的探讨[J]. 生态学杂志, 1990, 9(5): 50-55.  
Zhang M H, Xiao Q Z, Gao Z X. Approach on the application of diversity index formulae to bird community [J]. *Chin J Ecol*, 1990, 9(5): 50-55.
- [27] 丁鹏, 阴俊齐, 刘威, 等. 新疆塔城市不同生境繁殖期鸟类多样性研究[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(5): 580-586.  
Ding P, Yin J Q, Liu W, *et al.* Bird diversity in different habitats during breeding season in Tacheng city, Xinjiang, China [J]. *J Ecol Rural Environ*, 2020, 36(5): 580-586.
- [28] 马瑞俊, 蒋志刚. 青海湖流域环境退化对野生陆生脊椎动物的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 3066-3073.  
Ma R J, Jiang Z G. Impacts of environmental degradation on wild vertebrates in the Qinghai Lake drainage, China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2006, 26(9): 3066-3073.
- [29] 宋朝枢, 刘胜祥. 湖北后河自然保护区科学考察集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1999.  
Song C S, Liu S X. Scientific Investigation Collection of Hubei Houhe Nature Reserve [C]. China Forestry Publishing House, Beijing, 1999.
- [30] 张倩雯, 龚粤宁, 宋相金, 等. 红外相机技术与其他几种森林鸟类多样性调查方法的比较[J]. 生物多样性, 2018, 26(3): 229-237.  
Zhang Q W, Gong Y N, Song X J, *et al.* Comparing the effectiveness of camera trapping to traditional methods for biodiversity surveys of forest birds [J]. *Biodivers Sci*, 2018, 26(3): 229-237.
- [31] 肖治术. 红外相机技术在我国自然保护地野生动物清查与评估中的应用[J]. 生物多样性, 2019, 27(3): 235-236.  
Xiao Z S. Application of camera trapping to species inventory and assessment of wild animals across China's protected areas [J]. *Biodivers Sci*, 2019, 27(3): 235-236.
- [32] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.  
Zhang R Z. Zoogeography of China [M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [33] 郑度. 中国自然地理总论[M]. 北京: 科学出版社, 2015.  
Zheng D. General theory of physical geography of China [M]. Beijing: Science Press, 2015.
- [34] 于天宝, 禹苗. 后河国家级自然保护区鸟类资源调查[J]. 林业调查规划, 2004, 29(3): 34-42.  
Yu T B, Yu M. Study on the avifauna resources of

- Houhe national nature reserve in Hubei Province [J]. For Invent Plan, 2004, 29(3): 34-42.
- [35] 戴宗兴, 郑志章, 龚仁琥, 等. 湖北后河国家级自然保护区两栖爬行动物资源调查[J]. 动物学杂志, 2009, 44(6): 48-53.
- Dai Z X, Zheng Z Z, Gong R H, *et al.* Field survey on amphibians and reptiles in Houhe national nature reserve [J]. Chin J Zool, 2009, 44(6): 48-53.
- [36] Lemoine N, Schaefer H C, Böhning-Gaese K. Species richness of migratory birds is influenced by global climate change [J]. Glob Ecol Biogeogr, 2007, 16: 55-64.
- [37] 杜寅, 周放, 舒晓莲, 等. 全球气候变暖对中国鸟类区系的影响[J]. 动物分类学报, 2009, 34(3): 664-674.
- Du Y, Zhou F, Shu X L, *et al.* The impact of global warming on China avifauna [J]. Acta Zootaxonomica Sin, 2009, 34(3): 664-674.
- [38] Li X Y, Liang L, Gong P, *et al.* Bird watching in China reveals bird distribution changes [J]. Chin Sci Bull, 2013, 58(6): 649-656.
- [39] Sun Y F, Cui P, Li J Y, *et al.* The common koel *Eudynamys scolopaceus* in Northern China, new distributional information, and a brief review of range extensions of cuckoos in China [J]. Ornithological Science, 2018, 17: 217-221.
- [40] Cazalis V, Princé K, Mihoub J B, *et al.* Effectiveness of protected areas in conserving tropical forest birds [J]. Nat Commun, 2020, 11: 4461.
- [41] Jokimäki J, Suhonen J. Distribution and habitat selection of wintering birds in urban environments [J]. Landsc Urban Plan, 1998, 39(4): 253-263.
- [42] 刘艳, 杨钰爽. 生物多样性保护优先区对重庆苔藓植物多样性保护的重要性[J]. 生物多样性, 2019, 27(6): 677-682.
- Liu Y, Yang Y S. Importance of conservation priority areas for bryophyte biodiversity in Chongqing [J]. Biodivers Sci, 2019, 27(6): 677-682.
- [43] 袁玉洁, 邹曦, 史方, 等. 气候变化情景下洞庭湖流域鸟类栖息地适宜性分布研究[J]. 水生态学杂志, 2022, 43(4): 56-62.
- Yuan Y J, Zou X, Shi F, *et al.* Bird habitat suitability distribution in Dongting Lake basin under different climate change scenarios [J]. J Hydroecology, 2022, 43(4): 56-62.
- [44] 卢梦洁, 包新康, 李建亮, 等. 秦岭西段麦积山区域繁殖鸟类多样性[J]. 野生动物学报, 2021, 42(1): 124-136.
- Lu M J, Bao X K, Li J L, *et al.* Diversity of breeding birds in the Maiji Mountain area of the western Qinling Mountains [J]. Chin J Wildl, 2021, 42(1): 124-136.
- [45] Cardinale B J, Duffy J E, Gonzalez A, *et al.* Biodiversity loss and its impact on humanity [J]. Nature, 2012, 486(7401): 59-67.

□

(编辑: 杨晓翠)