

# 湖南浏阳大围山繁殖期鸟类物种多样性的动态分析

翟家正<sup>1</sup>, 王德良<sup>1</sup>, 杨君林<sup>1</sup>, 李继承<sup>2</sup>, 崔鹏<sup>3</sup>, 张志强<sup>1\*</sup>

(1. 中南林业科技大学 野生动植物保护研究所 林学院, 中国湖南 长沙 410004; 2. 浏阳市大围山自然保护区管理所, 中国湖南 浏阳 410300; 3. 生态环境部南京环境科学研究所, 中国江苏 南京 210042)

**摘要:** 繁殖期是鸟类生活史的重要阶段, 掌握繁殖期鸟类的物种多样性及其种群动态对鸟类保护具有重要意义。2016—2020年, 采用样线法在湖南浏阳大围山于每年5月和7月分别开展1次系统的鸟类物种多样性调查。期间共记录到鸟类100种, 隶属于10目38科。其中, 留鸟73种、夏候鸟22种、冬候鸟2种、旅鸟3种; 国家一级重点保护鸟类有1种, 即白颈长尾雉(*Syrmaicus ellioti*), 国家二级重点保护鸟类有白鹇(*Lophura nycthemera*)、黑冠鹇(*Aviceda leuphotes*)、红嘴相思鸟(*Leiothrix lutea*)等12种。2016—2020年依次记录到鸟类64种、68种、63种、56种和57种。鸟类群落的Shannon-Wiener指数在2018年最高(3.421), 在2020年最低(3.062)。年际间鸟类物种组成周转率呈逐年上升趋势, 依次为77.27%、81.68%、84.87%和94.69%。调查期内5月的鸟类群落各项多样性指数均值略高于7月。常绿-落叶阔叶混交林、针阔混交林、常绿阔叶林和灌丛是大围山繁殖鸟类最主要的生境, 其中常绿-落叶阔叶混交林鸟类群落的Shannon-Wiener指数(2.943±0.146)和Pielou指数(0.850±0.020)均最高。结果表明, 大围山繁殖鸟类资源丰富且物种多样性较高, 但鸟类群落物种组成周转率较高, 鸟类物种多样性的动态变化波动较大, 并表现出一定的下降趋势, 需引起当地野生动物管理部门的重视。

**关键词:** 繁殖期; 鸟类物种多样性; 动态分析; 年周转率; 湖南浏阳大围山

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-7847(2024)01-0071-12

## Dynamic Analysis of Avian Species Diversity During Breeding Season in Daweishan of Liuyang City, Hunan Province

ZHAI Jiazheng<sup>1</sup>, WANG Deliang<sup>1</sup>, YANG Junlin<sup>1</sup>, LI Jicheng<sup>2</sup>, CUI Peng<sup>3</sup>, ZHANG Zhiqiang<sup>1\*</sup>

(1. College of Forestry, Institute of Wildlife Protection, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China; 2. Liuyang Daweishan Nature Reserve Management Institute, Liuyang 410300, Hunan, China; 3. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042, Jiangsu, China)

**Abstract:** Breeding season is the essential phase of avian life history. Understanding the avian species diversity and population dynamics during the breeding season is critical to bird conservation. From 2016 to 2020, a systematic survey of avian species diversity was conducted in Daweishan of Liuyang City, Hunan Province, by using the line transect method in May and July each year. A total of 100 avian species were recorded belonging to 10 orders and 38 families. Among them, there are 73 species of resident birds, 22 species of summer migrants, 2 species of winter migrants, and 3 species of passing birds. There is one species that is ranked as the national first-class protected wildlife, named Elliot's pheasant (*Syrmaicus ellioti*), and 12 species that are ranked as the national second-class protected wildlife, including silver pheasant (*Lophura nycthemera*), black baza (*Aviceda leuphotes*), red-billed leiothrix (*Leiothrix lutea*). From 2016 to 2020, there were 64, 68, 63, 56, and 57 species of birds recorded successively in field. The Shannon-Wiener

收稿日期: 2023-11-06; 修回日期: 2023-12-11; 网络首发日期: 2024-02-27

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31601869); 生态环境部生物多样性示范观测项目(繁殖鸟类)—浏阳市

作者简介: 翟家正(1994—), 男, 宁夏固原人, 硕士研究生; \*通信作者: 张志强(1981—), 男, 河北任丘人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事野生动物保护与自然保护地管理方向的研究, E-mail: csfuzzq@126.com。

index for bird communities was the highest in 2018 (3.421) and the lowest in 2020 (3.062). Meanwhile, avian species composition changed more frequently year by year, with the inter-annual turnover rates of 77.27%, 81.68%, 84.87%, and 94.69%, respectively. The average diversity indexes of bird communities in May were slightly higher than those in July. The mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest, mixed coniferous and broad-leaved forest, evergreen broad-leaved forest and brushwood were the most important habitats for breeding birds in Daweishan. Among these habitats, the mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest had both the highest Shannon-Wiener index ( $2.943\pm 0.146$ ) and Pielou index ( $0.850\pm 0.020$ ) of bird communities. The results demonstrated that Daweishan had abundant resources of breeding birds and high species diversity. However, the turnover rates of species composition in avian communities were high, and avian species diversity in this mountain showed a large fluctuation of dynamic changes and a certain trend of decline, which should be paid attention to by the local wildlife management department.

**Key words:** breeding season; avian species diversity; dynamic analysis; annual turnover rate; Daweishan of Liuyang City, Hunan Province

(*Life Science Research*, 2024, 28(1): 071–082)

物种多样性是生物多样性基于物种层面的表现形式,也是生物多样性的重要组成部分。鸟类是生态系统中重要的动物类群之一<sup>[1-2]</sup>,与其他动物类群相比,鸟类具有分布广、种类多、数量大、易被观察且对环境变化敏感的特点,常被作为生态环境评价的指示物种<sup>[3-4]</sup>。因此,鸟类物种多样性可以直观地反映区域生态系统的健康与生物多样性状况<sup>[5]</sup>。繁殖期是鸟类生活史中极为重要的阶段,繁殖成败在很大程度上影响着区域鸟类群落物种多样性的变化<sup>[6]</sup>。鸟类具有较强的扩散和迁移能力,能够从对其生存不利的地方迁移或扩散至相对有利的地方<sup>[7]</sup>,特别是在繁殖期,丰富的食物来源、良好的隐蔽场所以及较小的外界干扰都是鸟类栖息地选择与繁殖成功的重要因素<sup>[8]</sup>。另外,在自然状况下,一个地区的鸟类组成是动态的,而人们对此往往所知甚少,这不利于当地鸟类多样性的保护和研究<sup>[9]</sup>。因此,繁殖期鸟类物种多样性的动态研究能更好地揭示繁殖栖息地的环境质量,这对于鸟类保护有着极为重要的意义。

湖南浏阳大围山地处湘东幕阜山-罗霄山脉接壤地带的北段,生态区位独特<sup>[9]</sup>。主要植被类型为中亚热带常绿阔叶林,主要建群树种为壳斗科、樟科、山矾科等物种,但由于长期的人为干扰,现存植被以人工杉木林、毛竹林、次生阔叶林和灌丛为主。在海拔 1 200 m 以上,灌丛植被占优势,建群种以杜鹃(*Rhododendron simsii*)、日本白檀(*Symplocos paniculata*)、圆锥绣球(*Hydrangea paniculata*)等为主<sup>[10-11]</sup>。目前,该保护区已公开报道的鸟类资源调查文献,最早见于 1998 年杨道德等<sup>[9]</sup>对浏阳

大围山实验林场鸟类资源的初步调查,记录了 111 种鸟类。2005 年, Komar 等<sup>[12]</sup>使用网捕法在大围山调查到了 43 种鸟类。2017—2018 年,潘丹<sup>[13]</sup>利用红外相机技术在大围山监测到了 46 种鸟类。2016—2019 年,湖南省浏阳市(大围山)繁殖鸟类多样性观测项目被纳入由生态环境部牵头,生态环境部南京环境科学研究所组织实施的中国鸟类多样性观测网络<sup>[14]</sup>。2019 年项目结题后,课题组在 2020 年又继续开展了大围山繁殖鸟类的多样性观测工作。本文通过对 5 年连续观测数据的统计分析,系统地阐述了浏阳大围山繁殖期鸟类的物种多样性,以期为该地繁殖期鸟类的多样性保护与管理工作提供依据。

## 1 研究方法

### 1.1 野外调查方法

野外调查采用样线法,参照文献<sup>[15]</sup>,分别在大围山自然保护区内及其外围布设 7 条和 3 条固定观测样线(表 1),样线穿越鸟类不同的生境类型和海拔区间。鸟类的生境被划分为常绿阔叶林、常绿-落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、常绿针叶林、针阔混交林、灌丛、高度 < 5 m 的天然幼林地、竹林、居住地、池塘、小溪等 11 种类型;样线的海拔区间为 264 ~ 1 586 m。每年的 5 月和 7 月分别对每条样线调查 1 次,调查时间主要集中在上午 10:00 之前或下午 16:00 之后,一般 2~3 人一组以 1~2 km/h 的速度步行调查,观测样线两侧 50 m 以内的鸟类物种,记录鸟类的种类、数量、距离(垂直于样线的投影距离)和生境类型等信息。调查人员使用 8x

25 倍施华洛世奇双筒望远镜观测, 使用专业单反相机佳能 5D Mark IV 及 100~400 mm 专业长焦镜头和尼康数码相机(COOLPIX P1000)对鸟类与生境进行拍照, 使用专业录音设备(PMD661MK2)对陌生鸟种的鸣声进行录音, 同时使用奥维互动地图软件采集样线调查轨迹与物种分布点位。返回驻地后对陌生鸟类的照片以及录音进行鉴别, 鸟种照片识别参考《中国鸟类野外手册》<sup>[16]</sup>, 鸟类鸣声通过对比世界鸟类鸣声库(<https://birdsoftheworld.org/bow/home>)并结合鸟类分布情况确定。

## 1.2 数据分析方法

内业数据整理期间, 鸟类分类系统依据《中国鸟类分类与分布名录》(第四版)<sup>[17]</sup>, 区系依据《中国动物地理》<sup>[18]</sup>。年度鸟类个体数统计采用最大值法, 即每个年度繁殖期的鸟类个体数取两次调查的最大值。鸟类群落物种多样性分析采用 Shannon-Wiener 指数( $H'$ )、Simpson 指数( $D$ )、Pielou 指数( $E$ ), 采用 Sørensen 相似性指数( $J$ )分析群落间的相似性<sup>[19-21]</sup>。上述各指数的计算公式如下:

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

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

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

$$J = 2c / (a + b)$$

式中,  $P_i$  为第  $i$  个物种个体数( $N_i$ )占全部物种个体数( $N$ )的比例;  $S$  为群落中所有鸟类物种数;  $a$  为群落 A 的物种数;  $b$  为群落 B 的物种数;  $c$  为群落 A 和 B 的共有物种数。

区域鸟类物种组成年间周转率( $T\%$ )<sup>[22]</sup>的计算公式如下:  $T = (C + E') / (S_1 + S_2)$ 。其中,  $C$  为前后两年记录到的总鸟类物种数;  $E'$  为前后两年调查中只

在其中一年记录到的鸟类物种数;  $S_1$  和  $S_2$  分别为前后两年各记录到的鸟类物种数。

对月份间鸟类群落物种多样性指数进行差异性检验时, 先采用 Shapiro-Wilk  $W$  统计量法检验各组数据的正态性, 符合正态分布的数据使用  $t$  检验法, 非正态分布数据使用  $U$  检验法; 采用单因素方差分析对生境间鸟类群落物种多样性指数进行差异性检验, 检验前先对数据进行正态性分析, 对于不符合正态分布的数据, 需对其进行转换, 使其符合正态分布。

使用 Excel 2016 软件对数据进行汇总与整理, 均值数据用平均值±标准误( $\bar{x} \pm s$ )表示, 统计分析在 R 4.1.2 软件中进行, 使用 Origin 2022 软件绘图。

## 2 结果

### 2.1 鸟类群落物种组成

通过连续 5 年的繁殖期鸟类观测, 在大围山共记录到鸟类 100 种, 隶属 10 目 38 科(表 2)。其中, 雀形目有 28 科, 占调查鸟类总科数的 73.68%; 啄木鸟目有 2 科, 占总科数的 5.26%; 其余 8 目每目 1 科, 分别占总科数的 2.63%。从种的组成来看, 在记录到的 100 种鸟类中, 雀形目鸟类有 74 种, 占总种数的 74%; 其次是鸮形目和鹰形目, 分别有 6 种, 各占总种数的 6%; 啄木鸟目有 5 种, 占总种数的 5%; 鸡形目有 4 种, 占总种数的 4%; 其余各目均仅有 1 种。

依据鸟类的生态类群划分, 在记录到的 100 种鸟类中, 鸣禽最多, 有 74 种, 攀禽有 12 种, 猛禽有 8 种, 陆禽类有 5 种, 涉禽有 1 种。

鸟类的居留型表现为留鸟 73 种, 夏候鸟 22 种, 旅鸟 3 种, 冬候鸟 2 种。在鸟类区系构成上,

表 1 大围山鸟类观测样线信息

Table 1 Information on avian observation line transects in Daweishan

样线编号 No. of line transect	起点坐标 Coordinate of start site	终点坐标 Coordinate of end site	长度 Length/km	海拔区间 Altitude range/m
4301021001	114°08'42.3"E, 28°25'58.5"N	114°09'54.9"E, 28°26'23.1"N	3.00	1 410~1 586
4301021002	114°10'52.7"E, 28°25'23.7"N	114°11'07.2"E, 28°26'32.4"N	3.00	1 013~1 348
4301021003	114°06'59.5"E, 28°25'16.3"N	114°06'15.2"E, 28°24'36.9"N	3.00	1 403~1 541
4301021004	114°06'42.5"E, 28°25'32.3"N	114°06'13.1"E, 28°24'44.8"N	3.00	1 350~1 512
4301021005	114°06'35.8"E, 28°25'44.7"N	114°06'21.9"E, 28°26'22.7"N	3.00	1 377~1 089
4301021006	114°04'55.5"E, 28°25'58.8"N	114°04'44.5"E, 28°26'30.6"N	3.00	1 029~670
4301021007	114°05'55.9"E, 28°25'25.3"N	114°04'30.5"E, 28°25'31.3"N	3.00	1 288~702
4301021008	114°03'53.3"E, 28°24'53.8"N	114°03'49.7"E, 28°24'01.7"N	3.00	699~736
4301021009	114°04'14.5"E, 28°25'48.2"N	114°03'39.5"E, 28°26'26.5"N	3.00	639~448
4301021010	114°03'17.8"E, 28°25'06.3"N	114°02'44.5"E, 28°26'15.0"N	3.00	264~578

东洋界鸟类最多,有73种;古北界鸟类次之,有18种;广布种最少,仅9种。

在100种鸟类中,有1种鸟类属国家一级重点保护野生动物,即白颈长尾雉(*Syrnaticus ellioti*);有12种鸟类属国家二级重点保护野生动物,如白鹇(*Lophura nycthemera*)、黑冠鹃隼(*Aviceda leuphotes*)、红嘴相思鸟(*Leiothrix lutea*)等。被列入《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷(2020)》并属易危物种的有白颈长尾雉和白喉林鹑(*Cyornis brunneatus*)2种,属近危物种的有凤头鹰(*Accipi-*

*ter trivirgatus*)、蛇雕(*Spilornis cheela*)、画眉(*Garrulax canorus*)3种,其余鸟类均属无危物种。另外,有重要生态价值、科学价值和社会价值的鸟类有86种,属于湖南省地方重点保护物种的鸟类有36种。

## 2.2 年度间鸟类物种多样性的变化

各年度繁殖期鸟类物种的统计结果显示,2016年记录到鸟类9目29科64种,2017年记录到鸟类8目28科68种,2018年记录到鸟类8目31科63种,2019年记录到鸟类7目29科56

表2 大围山繁殖期鸟类名录  
Table 2 The list of bird species in Daweishan during breeding season

物种 Species	数量 Quantity	分布型 Distribution	居留型 Residence type	濒危等级与保护级别 Endangered and protected level
<b>一、鸡形目 Galliformes</b>				
<b>(一) 雉科 Phasianidae</b>				
1. 白鹇 <i>Lophura nycthemera</i>	9	D	R	LC, II
2. 环颈雉 <i>Phasianus colchicus</i>	2	A	R	LC, T, HN
3. 白颈长尾雉 <i>Syrnaticus ellioti</i>	8	D	R	VU, I
4. 灰胸竹鸡 <i>Bambusicola thoracicus</i>	12	D	R	LC, T, HN
<b>二、鸽形目 Columbiformes</b>				
<b>(二) 鸠鸽科 Columbidae</b>				
5. 山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>	6	D	R	LC, T, HN
<b>三、鹑形目 Cuculiformes</b>				
<b>(三) 杜鹃科 Cuculidae</b>				
6. 大杜鹃 <i>Cuculus canorus</i>	2	A	S	LC, T, HN
7. 红翅凤头鹑 <i>Clamator coromandus</i>	1	D	R	LC, T
8. 四声杜鹃 <i>Cuculus micropterus</i>	1	D	S	LC, T, HN
9. 小杜鹃 <i>Cuculus poliocephalus</i>	6	D	S	LC, T, HN
10. 噪鹛 <i>Eudynamys scolopaceus</i>	3	D	S	LC, T, HN
11. 中杜鹃 <i>Cuculus saturatus</i>	20	G	S	LC, T, HN
<b>四、鹈形目 Pelecaniformes</b>				
<b>(四) 鹭科 Ardeidae</b>				
12. 池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	6	D	S	LC, T, HN
<b>五、鸮形目 Strigiformes</b>				
<b>(五) 鸮科 Strigidae</b>				
13. 红角鸮 <i>Otus sunia</i>	3	A	R	LC, II
<b>六、鹰形目 Accipitriformes</b>				
<b>(六) 鹰科 Accipitridae</b>				
14. 凤头鹰 <i>Accipiter trivirgatus</i>	2	D	R	NT, II
15. 黑鸢 <i>Milvus migrans</i>	1	D	R	LC, II
16. 黑冠鹃隼 <i>Aviceda leuphotes</i>	1	D	S	LC, II
17. 赤腹鹰 <i>Accipiter soloensis</i>	2	D	S	LC, II
18. 蛇雕 <i>Spilornis cheela</i>	1	D	R	NT, II
19. 松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	1	D	R	LC, II
<b>七、佛法僧目 Coraciiformes</b>				
<b>(七) 翠鸟科 Alcedinidae</b>				
20. 普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	1	A	R	LC, T, HN
<b>八、啄木鸟目 Piciformes</b>				
<b>(八) 拟啄木鸟科 Megalaimidae</b>				
21. 大拟啄木鸟 <i>Psilopogon virens</i>	11	D	R	LC, T
22. 黑眉拟啄木鸟 <i>Psilopogon faber</i>	1	D	S	LC, T
<b>(九) 啄木鸟科 Picidae</b>				
23. 斑姬啄木鸟 <i>Picumnus innominatus</i>	5	D	R	LC, T, HN
24. 黄嘴栗啄木鸟 <i>Blythipicus pyrrhotis</i>	5	D	R	LC, T
25. 灰头绿啄木鸟 <i>Picus canus</i>	2	G	R	LC, T, HN

表 2(续)

物种 Species	数量 Quantity	分布型 Distribution	居留型 Residence type	濒危等级与保护级别 Endangered and protected level
<b>九、隼形目 Falconiformes</b>				
<b>(十) 隼科 Falconidae</b>				
26. 红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	1	A	R	LC, II
<b>十、雀形目 Passeriformes</b>				
<b>(十一) 山椒鸟科 Campephagidae</b>				
27. 灰喉山椒鸟 <i>Pericrocotus solaris</i>	134	D	R	LC, T, HN
<b>(十二) 卷尾科 Dicruridae</b>				
28. 发冠卷尾 <i>Dicrurus hottentottus</i>	10	D	S	LC, T, HN
29. 黑卷尾 <i>Dicrurus macrocercus</i>	3	D	S	LC, T, HN
<b>(十三) 伯劳科 Laniidae</b>				
30. 棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>	2	D	R	LC, T, HN
<b>(十四) 鸦科 Corvidae</b>				
31. 松鸦 <i>Garrulus glandarius</i>	12	G	R	LC, T, HN
32. 大嘴乌鸦 <i>Corvus macrorhynchos</i>	112	D	R	LC
33. 红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythrorhyncha</i>	23	D	R	LC, T, HN
34. 灰树鹊 <i>Dendrocitta formosae</i>	11	D	R	LC, T
<b>(十五) 玉鹇科 Stenostiridae</b>				
35. 方尾鹇 <i>Culicicapa ceylonensis</i>	1	D	S	LC, T
<b>(十六) 山雀科 Paridae</b>				
36. 大山雀 <i>Parus major</i>	40	A	R	LC, T, HN
37. 黄腹山雀 <i>Pardaliparus venustulus</i>	6	D	R	LC, T, HN
<b>(十七) 扇尾莺科 Cisticolidae</b>				
38. 纯色山鹧鸪 <i>Prinia inornata</i>	2	D	R	LC, T
39. 山鹧鸪 <i>Prinia striata</i>	1	D	R	LC, T
<b>(十八) 鳞胸鹧鸪科 Pnoepygidae</b>				
40. 小鳞胸鹧鸪 <i>Pnoepyga pusilla</i>	7	D	R	LC, T
<b>(十九) 燕科 Hirundinidae</b>				
41. 家燕 <i>Hirundo rustica</i>	20	G	S	LC, T, HN
42. 金腰燕 <i>Cecropis daurica</i>	88	G	S	LC, T, HN
43. 烟腹毛脚燕 <i>Delichon dasypus</i>	200	G	S	LC, T
<b>(二十) 鹎科 Pycnonotidae</b>				
44. 黄臀鹎 <i>Pycnonotus xanthorrhous</i>	6	D	R	LC, T, HN
45. 绿翅短脚鹎 <i>Ixos mccllellandii</i>	6	D	R	LC, T
46. 白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	55	D	R	LC, T, HN
47. 黑短脚鹎 <i>Hypsipetes leucocephalus</i>	15	D	R	LC, T, HN
48. 栗背短脚鹎 <i>Hemixos castanonotus</i>	103	D	R	LC, T
49. 领雀嘴鹎 <i>Spizixos semitorques</i>	36	D	R	LC, T, HN
<b>(二十一) 柳莺科 Phylloscopidae</b>				
50. 褐柳莺 <i>Phylloscopus fuscatus</i>	1	G	W	LC, T
51. 冠纹柳莺 <i>Phylloscopus claudiae</i>	88	D	S	LC, T
52. 黑眉柳莺 <i>Phylloscopus ricketti</i>	28	D	S	LC, T
53. 黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus</i>	1	G	P	LC, T
54. 黄腰柳莺 <i>Phylloscopus proregulus</i>	2	G	P	LC, T
55. 栗头鹟莺 <i>Phylloscopus castaniceps</i>	17	D	S	LC, T
<b>(二十二) 树莺科 Scotocercidae</b>				
56. 远东树莺 <i>Horornis canturians</i>	19	G	S	LC, T
57. 强脚树莺 <i>Horornis fortipes</i>	95	D	R	LC, T
58. 棕脸鹟莺 <i>Abroscopus albogularis</i>	60	D	R	LC, T
<b>(二十三) 长尾山雀科 Aegithalidae</b>				
59. 红头长尾山雀 <i>Aegithalos concinnus</i>	60	D	R	LC, T, HN
60. 银喉长尾山雀 <i>Aegithalos glaucogularis</i>	3	G	R	LC, T
<b>(二十四) 鸦雀科 Paradoxornithidae</b>				
61. 灰头鸦雀 <i>Psittiparus gularis</i>	9	D	R	LC, T
62. 棕头鸦雀 <i>Sinosuthora webbiana</i>	107	D	R	LC, T
<b>(二十五) 绣眼鸟科 Zosteropidae</b>				
63. 暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops simplex</i>	19	D	R	LC, T, HN
64. 栗耳凤鹛 <i>Staphida castaniceps</i>	45	D	R	LC, T

表 2(续)

物种 Species	数量 Quantity	分布型 Distribution	居留型 Residence type	濒危等级与保护级别 Endangered and protected level
<b>(二十六) 林鹀科 Timaliidae</b>				
65. 红头穗鹀 <i>Cyanoderma ruficeps</i>	33	D	R	LC, T
66. 斑胸钩嘴鹀 <i>Erythrogonys gravior</i>	4	D	R	LC, T
67. 棕颈钩嘴鹀 <i>Pomatorhinus ruficollis</i>	25	D	R	LC, T, HN
<b>(二十七) 幽鹀科 Pellorneidae</b>				
68. 褐顶雀鹀 <i>Schoeniparus brunneus</i>	5	D	R	LC, T
69. 灰眶雀鹀 <i>Alcippe davidi</i>	63	D	R	LC, T
<b>(二十八) 噪鹀科 Leiothrichidae</b>				
70. 白颊噪鹀 <i>Pterorhinus sannio</i>	2	D	R	LC, T
71. 橙翅噪鹀 <i>Trochalopteron elliotii</i>	1	D	R	LC, T
72. 黑脸噪鹀 <i>Pterorhinus perspicillatus</i>	9	D	R	LC, T, HN
73. 红嘴相思鸟 <i>Leiothrix lutea</i>	315	D	R	LC, II
74. 画眉 <i>Garrulax canorus</i>	24	D	R	NT, II
75. 灰翅噪鹀 <i>Ianthocincla cineracea</i>	1	D	R	LC, T
<b>(二十九) 河乌科 Cinclidae</b>				
76. 褐河乌 <i>Cinclus pallasii</i>	2	D	R	LC, T
<b>(三十) 椋鸟科 Sturnidae</b>				
77. 丝光椋鸟 <i>Spodiopsar sericeus</i>	2	D	R	LC, T
<b>(三十一) 鹀科 Turdidae</b>				
78. 乌鹀 <i>Turdus mandarinus</i>	3	A	R	LC, T, HN
<b>(三十二) 鹟科 Muscicapidae</b>				
79. 鹟鹀 <i>Copsychus saularis</i>	1	D	R	LC, T
80. 乌鹟 <i>Muscicapa sibirica</i>	1	G	P	LC, T
81. 白喉林鹟 <i>Cyornis brunneatus</i>	6	D	S	VU, II
82. 白腹蓝鹟 <i>Cyanoptila cyanomelana</i>	1	G	S	LC, T
83. 小燕尾 <i>Enicurus scouleri</i>	3	D	R	LC, T, HN
84. 灰背燕尾 <i>Enicurus schistaceus</i>	6	D	R	LC, T, HN
85. 白额燕尾 <i>Enicurus leschenaulti</i>	10	D	R	LC, T, HN
86. 紫啸鹟 <i>Myophonus caeruleus</i>	5	D	R	LC, T, HN
87. 北红尾鹟 <i>Phoenicurus aureus</i>	1	G	W	LC, T
88. 红尾水鹟 <i>Phoenicurus fuliginosa</i>	18	D	R	LC, T
89. 黑喉石鹟 <i>Saxicola maurus</i>	4	A	R	LC, T
90. 灰林即鸟 <i>Saxicola ferreus</i>	2	D	R	LC, T
<b>(三十三) 叶鹀科 Chloropseidae</b>				
91. 橙腹叶鹀 <i>Chloropsis lazulina</i>	2	D	R	LC, T
<b>(三十四) 啄花鸟科 Dicaeidae</b>				
92. 纯色啄花鸟 <i>Dicaeum minullum</i>	8	D	R	LC, T
<b>(三十五) 梅花雀科 Estrilidae</b>				
93. 白腰文鸟 <i>Lonchura striata</i>	10	D	R	LC, T
94. 斑文鸟 <i>Lonchura punctulata</i>	10	D	R	LC, T
<b>(三十六) 雀科 Passeridae</b>				
95. 麻雀 <i>Passer montanus</i>	5	G	R	LC, T
96. 山麻雀 <i>Passer cinnamomeus</i>	15	D	R	LC, T
<b>(三十七) 鹁鹑科 Motacillidae</b>				
97. 白鹁鹑 <i>Motacilla alba</i>	8	G	R	LC, T
98. 灰鹁鹑 <i>Motacilla cinerea</i>	5	A	R	LC, T
99. 山鹁鹑 <i>Dendronanthus indicus</i>	1	G	S	LC, T
<b>(三十八) 燕雀科 Fringillidae</b>				
100. 金翅雀 <i>Chloris sinica</i>	2	G	R	LC, T, HN

注: A, 广布种; D, 东洋种; G, 古北种; R, 留鸟; S, 夏候鸟; W, 冬候鸟; P, 旅鸟; VU, 易危; NT, 近危; LC, 无危; I, 《国家重点保护野生动物名录》中保护级别为“一级”的鸟类; II, 《国家重点保护野生动物名录》中保护级别为“二级”的鸟类; T, 《有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物名录》中的鸟类; HN, 《湖南省地方重点保护野生动物名录》中的鸟类。

Notes: A, widespread species; D, eastern species; G, palearctic species; R, resident birds; S, summer migratory birds; W, winter migratory birds; P, passing birds; VU, vulnerable; NT, near-threatened; LC, non-threatened; I, birds with protection level “Grade I” in the *List of State Key Protected Wild Animals in China*; II, birds with protection level “Grade II” in the *List of State Key Protected Wild Animals in China*; T, birds in the *List of Terrestrial Wild Animals with Important Ecological, Scientific and Social Values*; HN, birds in the *List of Local Key Protected Wild Animals in Hunan Province*.

种, 2020 年记录到鸟类 8 目 28 科 57 种。由图 1 可知, 2018 年鸟类群落的 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数均最高, 分别为 3.421 和 0.949; 2020 年鸟类群落的 Shannon-Wiener 指数最低, 为 3.062; 2019 年鸟类群落的 Simpson 指数最低, 为 0.908; Pielou 指数在 2019 年最高, 为 0.852, 在 2017 年最低, 为 0.757。

从表 3 不同年度鸟类群落的相似性分析可知, 2016 年与 2017 年的群落相似性最高, 共有 54 种鸟类; 2019 年与 2020 年的群落相似性最低, 共有 40 种鸟类。进一步对相邻年度间鸟类群落物种的年周转率进行分析, 结果表明大围山繁殖鸟类物种的年周转率呈逐年上升趋势, 其中, 2019—2020 年的年周转率最高, 为 94.69% (表 4)。

### 2.3 月份间鸟类物种多样性的变化

各年度不同月份间鸟类群落的物种多样性比

较结果显示, 2016 年、2017 年和 2019 年 5 月鸟类群落的各项多样性指数均高于 7 月; 与之相反, 2018 年和 2020 年 5 月鸟类群落的各项多样性指数均低于 7 月(图 2)。进一步的差异性检验表明, 各年度不同月份间鸟类群落的物种多样性差异不显著(表 5)。不过, 从多年平均水平比较而言, 5 月的鸟类群落各项多样性指数均高于 7 月。

### 2.4 生境间鸟类物种多样性的变化

在大围山 11 种鸟类生境中, 只有 8 种生境连续 5 年监测到鸟类, 其余 3 种生境均只有 2 年有监测记录, 故本文仅对比了在 5 年监测期间均有鸟类记录数据的 8 种生境的鸟类物种多样性。结果显示: 针阔混交林生境的鸟类物种数最多, 年均均为(36±4.283)种; 在常绿-落叶阔叶混交林生境中, 鸟类的 Shannon-Wiener 指数、Pielou 指数和 Simpson 指数均最高, 年均分别为 2.943±0.146、

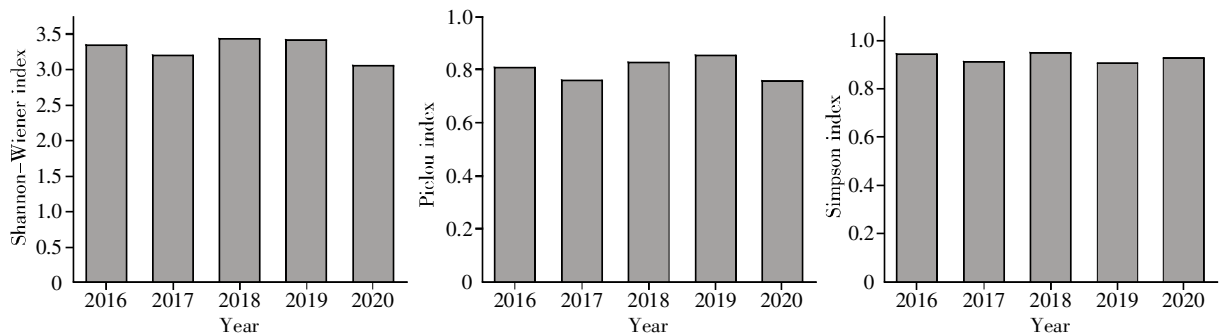


图 1 大围山各年份繁殖期鸟类群落的物种多样性指数比较

Fig.1 Comparison of species diversity indexes of avian communities in Daweishan in the breeding season of different years

表 3 大围山不同年份间鸟类群落的相似性

Table 3 Similarity of avian communities in Daweishan in different years

年份 Year	2016	2017	2018	2019	2020
2016		54	50	46	43
2017	0.818		51	46	45
2018	0.787	0.779		46	45
2019	0.767	0.742	0.773		40
2020	0.711	0.720	0.750	0.708	

注: 右上三角数据为两年间相同鸟类物种数, 左下三角数据为两年间相似性指数。

Notes: The upper right triangle data show the number of identical avian species between the two years, and the lower left triangle data show the similarity index between the two years.

表 4 大围山年际间鸟类群落物种组成周转率

Table 4 Inter-annual species composition turnover of avian community in Daweishan

年际 Inter-annual	总种数 Total number of species	不同种数 Different species	相同种数 Same species	年周转率 Annual turnover rate/(%)
2016—2017	78	24	54	77.27
2017—2018	80	27	53	81.68
2018—2019	74	27	47	84.87
2019—2020	75	32	43	94.69

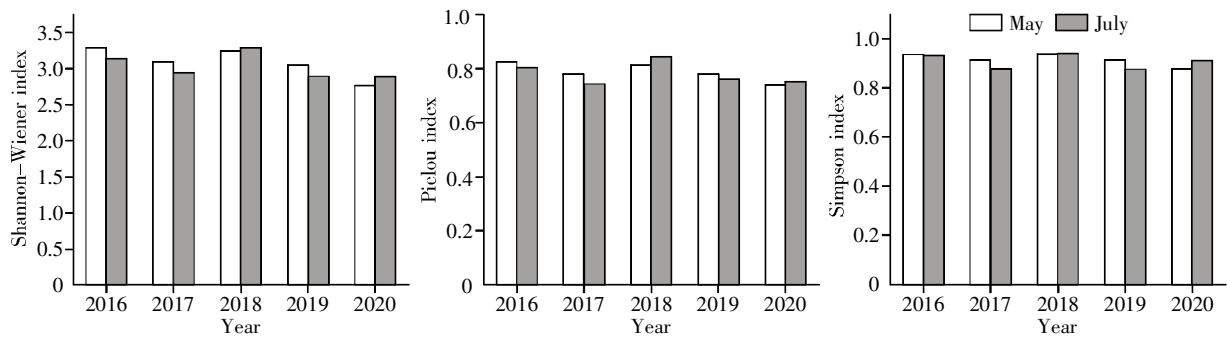


图2 大围山两个月份间鸟类群落的物种多样性指数比较

Fig.2 Comparison of species diversity indexes of avian communities between May and July in Daweishan

表5 大围山两个月份间鸟类群落的物种多样性统计分析

Table 5 Statistical analysis of species diversity of avian community between May and July in Daweishan

月份 Month	物种数 Number of species (N)		Shannon-Wiener index ( $H'$ )		Pielou index ( $E$ )		Simpson index ( $D$ )	
	$\bar{x} \pm s^x$	$t$ -test	$\bar{x} \pm s^x$	$t$ -test	$\bar{x} \pm s^x$	$t$ -test	$\bar{x} \pm s^x$	$t$ -test
May	51±2.354	$t=0.523$	3.088±0.094	$t=0.523$	0.786±0.015	$t=0.280$	0.915±0.011	$t=0.378$
July	49±1.364	$P=0.616$	3.025±0.075	$P=0.616$	0.779±0.019	$P=0.787$	0.908±0.014	$P=0.715$

注: 当  $P>0.05$  时, 差异不显著; 当  $P<0.05$  时, 差异显著。

Notes: There is no significant difference when  $P>0.05$ , and significant difference when  $P<0.05$ .

表6 大围山不同生境间鸟类群落的物种多样性统计分析

Table 6 Statistical analysis of species diversity of avian community among different habitats in Daweishan

生境 Habitat	物种数 Number of species (N)	Shannon-Wiener index ( $H'$ )	Pielou index ( $E$ )	Simpson index ( $D$ )
A3	23±2.676	2.562±0.140	0.821±0.267	0.880±0.020
A4	34±5.807	2.943±0.146	0.850±0.020	0.917±0.146
A8	36±4.283	2.860±0.118	0.810±0.028	0.907±0.011
B1	28±5.982	2.528±0.207	0.797±0.039	0.867±0.021
B6	14±2.922	1.883±0.356	0.729±0.112	0.718±0.124
F4	9±5.229	1.271±0.409	0.679±0.055	0.558±0.108
G1	4±1.208	1.048±0.136	0.678±0.103	0.461±0.087
G4	8±1.364	1.688±0.228	0.794±0.044	0.725±0.068

注: A3, 常绿阔叶林; A4, 常绿-落叶阔叶混交林; A8, 针阔混交林; B1, 灌丛; B6, 竹林; F4, 居住地; G1, 池塘; G4, 小溪。

Notes: A3, evergreen broad-leaved forest; A4, mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest; A8, mixed coniferous and broad-leaved forest; B1, brushwood; B6, bamboo grove; F4, village; G1, pond; G4, brook.

0.850±0.020 和 0.917±0.146; 池塘的各项指数均最低(表6)。

生境间鸟类群落的相似性分析表明, 针阔混交林和灌丛的鸟类群落最为相似, 相似性系数为 0.820; 其次是常绿-落叶阔叶混交林和针阔混交林, 相似性系数为 0.776; 池塘生境与其他生境的鸟类群落相似性均较低(表7)。

单因素方差分析结果表明, 大围山繁殖鸟类生境间的 Shannon-Wiener 指数差异极显著( $F=9.219$ ,  $df=7$ ,  $P=3.33 \times 10^{-6}$ , 图3)。两两对比分析表明, 常绿阔叶林与居住地存在显著差异( $P=0.029$ ), 与池塘存在极显著差异( $P=0.004$ ); 常绿-落叶阔叶混交林与

竹林存在显著差异( $P=0.029$ ), 与居住地、池塘、小溪等均存在极显著差异( $P<0.01$ ); 针阔混交林与小溪存在显著差异( $P=0.016$ ), 与居住地、池塘存在极显著差异( $P<0.01$ ); 灌丛与居住地存在显著差异( $P=0.030$ ), 与池塘存在极显著差异( $P=0.005$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 时间尺度上的鸟类物种多样性及其影响因素

前期研究表明, 大围山繁殖期已记录的鸟类有 126 种<sup>[9, 12-13, 23]</sup>。本课题组在 2009—2015 年繁殖期于大围山共记录鸟类 128 种(未发表数据)。与前期调查结果相比, 有 45 种已记录鸟类在本轮

表 7 大围山不同生境间鸟类群落的相似性  
Table 7 Similarity of avian communities among different habitats in Daweishan

生境 Habitat	A3	A4	A5	A6	A8	B1	B2	B6	F4	G1	G4
A3		44	21	8	43	37	24	29	9	3	14
A4	0.721		21	8	52	50	31	32	8	4	16
A5	0.583	0.457		6	21	21	16	18	3	1	5
A6	0.271	0.203	0.414		8	7	7	8	1	0	4
A8	0.754	0.776	0.500	0.225		50	31	33	10	4	15
B1	0.673	0.769	0.525	0.209	0.820		29	32	9	4	15
B2	0.571	0.596	0.593	0.341	0.646	0.630		22	5	1	10
B6	0.674	0.604	0.643	0.372	0.673	0.681	0.647		5	1	8
F4	0.295	0.198	0.194	0.111	0.274	0.261	0.233	0.222		2	3
G1	0.102	0.101	0.069	0	0.113	0.119	0.049	0.047	0.222		3
G4	0.400	0.356	0.250	0.296	0.366	0.385	0.385	0.296	0.207	0.222	

注: A3, 常绿阔叶林; A4, 常绿-落叶阔叶混交林; A5, 落叶阔叶林; A6, 常绿针叶林; A8, 针阔混交林; B1, 灌丛; B2, 高度<5 m的天然幼林地; B6, 竹林; F4, 居住地; G1, 池塘; G4, 小溪。右上角三角形数据为两个栖息地之间相同鸟类物种数, 左下角三角形数据为两个栖息地间相似性指数。

Notes: A3, evergreen broad-leaved forest; A4, mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest; A5, deciduous broad-leaved forest; A6, evergreen coniferous forest; A8, mixed coniferous and broad-leaved forest; B1, brushwood; B2, natural young woodland with tree height <5 m; B6, bamboo grove; F4, village; G1, pond; G4, brook. The upper right triangle data show the number of identical bird species between the two habitats, and the lower left triangle data show the similarity index between the two habitats.

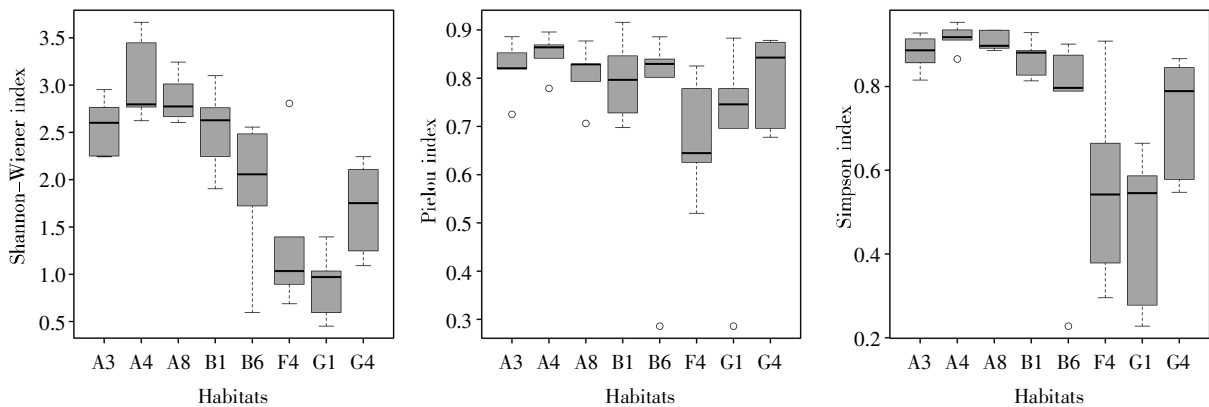


图 3 大围山不同生境间鸟类群落多样性指数比较箱线图

A3: 常绿阔叶林; A4: 常绿-落叶阔叶混交林; A8: 针阔混交林; B1: 灌丛; B6: 竹林; F4: 居住地; G1: 池塘; G4: 小溪。

Fig.3 Box plot for comparison of avian community diversity indexes among different habitats in Daweishan

A3: Evergreen broad-leaved forest; A4: Mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest; A8: Mixed coniferous and broad-leaved forest; B1: Brushwood; B6: Bamboo grove; F4: Village; G1: Pond; G4: Brook.

调查周期内未被发现, 然而在本轮调查周期内的不同年份中先后发现的黑冠鹃隼、纯色啄花鸟(*Dicaeum minullum*)、白喉林鹟、红翅凤头鹛(*Clamator coromandus*)、橙翅噪鹛(*Trochalopteron elliotii*)、灰头鸦雀(*Psittiparus gularis*)、黑眉拟啄木鸟(*Psilopogon faber*)、褐顶雀鹛(*Schoeniparus brunneus*)、山鹪莺(*Prinia striata*)、橙腹叶鹎(*Chloropsis lazulina*)等 10 种鸟类属大围山本地鸟类新记录种, 表明大围山繁殖期的鸟类群落物种组成在一定的历史时期内具有较大的波动性。此外, 本轮调查数据的年际间对比分析显示, 大围山繁殖期鸟类群落的物

种多样性于 2018 年之后呈逐年下降趋势, 自 2016 年起鸟类群落的相似性也呈逐年下降趋势, 但物种组成年周转率呈逐年上升趋势, 表明近年来大围山繁殖期鸟类群落的物种多样性呈现衰退迹象, 而且鸟类群落的物种组成极不稳定。

究其原因, 一方面可能在于鸟类群落的物种组成会随着繁殖栖息地状况的改变而发生变化。相关研究表明, 鸟类群落的物种组成以及物种数量在很大程度上受到食物资源、栖息地质量、隐蔽条件等因素的影响<sup>[24-25]</sup>。这些因素在自然条件下常与生态系统演替的过程紧密联系, 根据生态演替

理论,生态系统不同演替阶段的野生动物群落结构具有一定的特异性,导致不同演替阶段的物种组成及多样性呈现较大差异<sup>[26]</sup>。当树木年龄变老时,不同栖息地之间的结构差异会增加,从而产生不同的资源和生态位,引起鸟类群落的丰度和物种丰富度出现定量差异<sup>[27]</sup>。Arnold等<sup>[28]</sup>在研究中指出,鸟类的物种组成随着森林年龄的增长发生了显著变化。也有研究证明,次生林的鸟类物种丰富度低于原始林,森林鸟类群落的物种丰富度随着次生林年龄的增长而增加<sup>[29]</sup>。同样,在灌丛生境中,繁殖鸟类的多样性在灌木林的年龄梯度上逐渐增加<sup>[27]</sup>。大围山自1985年建立省级自然保护区以来,历经了30余年的严格保护,森林生态系统经历了一段宝贵的演替阶段,境内森林植被生长日益旺盛,森林覆盖率逐步提升,植被顶级群落物种发育良好。与历史数据<sup>[9, 12-13]</sup>对比,本研究发现,在大围山近年来一些适应顶级群落的森林鸟类逐年增多,如蛇雕、黑冠鹃隼、凤头鹰、黑鸢(*Milvus migrans*)、红角鸮(*Otus sunia*)、大拟啄木鸟(*Psilopogon virens*)、黑眉拟啄木鸟、黄嘴栗啄木鸟(*Blythipicus pyrrhotis*)、灰树鹊(*Dendrocitta formosae*)、大嘴乌鸦(*Corvus macrorhynchos*)等。

另一方面,人为干扰也是影响区域鸟类群落物种多样性的重要因素,繁殖期尤为明显<sup>[30]</sup>。频繁的人为干扰可能导致鸟类中断正常生活行为,减少觅食时间,增加与受惊逃跑相关的能量消耗,严重时甚至从首选栖息地迁移<sup>[31]</sup>。近十多年来,大围山旅游业发展迅速,特别是每年鸟类繁殖期亦是当地旅游旺季,高海拔游道穿越众多鸟类繁殖区,游客及车辆产生的噪声对鸟类正常的繁殖活动存在较大的干扰。另外,当地居民上山采药、挖竹笋、砍伐竹林等人为干扰活动对鸟类繁殖活动也会产生较大的负面影响。

本研究的月际间对比分析显示,大围山5月份的鸟类群落物种多样性略高于7月份,意味着鸟类繁殖季前期的物种多样性略高于后期,表明该区域鸟类繁殖活动的高峰期出现在暮春时节,这可能与山区气候和植物物候规律相关<sup>[32]</sup>。不过,大围山繁殖季前期与后期的鸟类物种多样性水平差异并不显著,表明大围山鸟类的繁殖期较长,一些鸟类在盛夏依然活跃,并仍处于繁殖阶段。针对该区域红嘴相思鸟繁殖生态的研究显示,大围山红嘴相思鸟的繁殖高峰期6—7月,最长可持续到10月<sup>[33-34]</sup>。这一方面与鸟类的繁殖习性

相关,另一方面与大围山独特的山地气候适宜鸟类繁殖的时间较长相关。

### 3.2 生境尺度上的鸟类物种多样性及其影响因素

大围山多种生境鸟类群落的物种多样性差异显著,其主要原因是生境结构的复杂性存在差异。根据生态学原理,物种多样性指数越高,群落的营养通道越广,群落就越稳定<sup>[8]</sup>。多年平均水平的分析表明,常绿-落叶阔叶混交林、针阔混交林、常绿阔叶林和灌丛是大围山繁殖鸟类最具代表性的生境。大围山常绿-落叶阔叶混交林的鸟类物种多样性最高,主要在于该生境内叶层结构较复杂,落叶腐殖质层厚,植被群落结构最为复杂,能为鸟类提供丰富的食物资源以及更好的隐蔽条件,这与相关研究结果<sup>[35]</sup>类似。随着生境结构的复杂性降低,针阔混交林的鸟类物种多样性也随之降低,尽管本研究中针阔混交林记录的鸟类物种数较常绿-落叶阔叶混交林多2种,但是其各项物种多样性指数均低于后者,表明常绿-落叶阔叶混交林鸟类物种间的个体数更均匀。常绿阔叶林和灌丛由于生境结构较前两种生境结构相对简单,其鸟类物种多样性指数次之,但这两种生境因拥有较高的植物多样性,能够为鸟类提供较为适宜的食物与隐蔽场所,故其鸟类物种多样性明显高于生境结构更为单一的其他生境类型,如竹林、居住地、池塘、小溪等。

通过对上述4种主要生境的鸟类群落物种数和Shannon-Wiener指数进行纵向变化分析(图4)可知,在调查周期内这些生境中的鸟类群落物种多样性均呈现出年际间非线性的波动,但部分生境的鸟类群落物种多样性在2018年以后呈现明显的下降趋势,如常绿阔叶林生境和灌丛生境;此外,虽然部分生境的鸟类群落物种多样性在后期年份仍处于波动状态,但相较于前期年份也总体呈下降趋势。此种结果表明,近年来大围山繁殖期主要生境中的鸟类群落物种多样性正在经历一个不稳定的渐变阶段,然而令人担忧的是此种变化正朝着对鸟类多样性保护不利的方向发展。

此种变化趋势可能受到海拔、气候、食物资源、干扰、生态演替等诸多因素不同程度的影响<sup>[36]</sup>。在大围山,常绿-落叶阔叶混交林和灌丛主要分布于高海拔区域,高海拔植被生长缓慢,演替速率低,生境脆弱性较高,鸟类繁殖期气温相对较低且雾气弥漫湿度大,食物资源相对匮乏;另外,因旅游活动干扰逐年增大,鸟类繁殖生境受干扰程

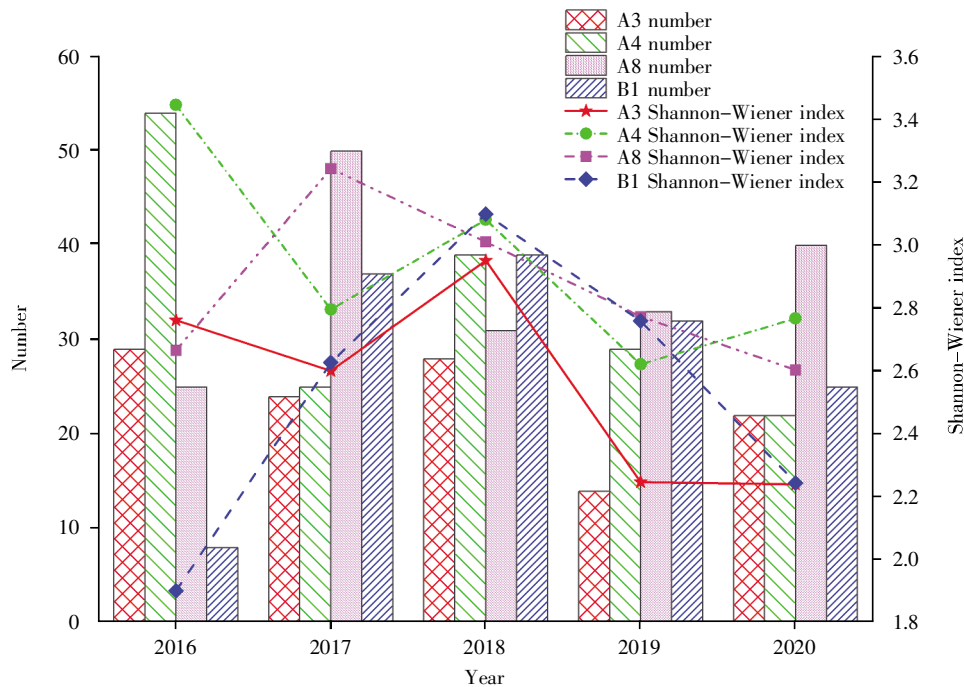


图 4 大围山典型生境鸟类群落物种多样性的年际变化

A3: 常绿阔叶林; A4: 常绿-落叶阔叶混交林; A8: 针阔混交林; B1: 灌丛。

Fig.4 Inter-annual dynamics of species diversity of avian communities among typical habitats in Daweishan

A3: Evergreen broad-leaved forest; A4: Mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest; A8: Mixed coniferous and broad-leaved forest; B1: Brushwood.

度逐年增加, 导致此生境中鸟类繁殖活动受影响程度最高。针阔混交林和常绿阔叶林则分布于中、低海拔区域, 鸟类繁殖期受极低气温影响较小, 食物资源丰富, 植被生长茂盛, 生态演替速率相对较快, 人为干扰相对较低, 因而其鸟类群落的稳定性相对于高海拔区域较高。然而, 随着当地旅游业的发展, 中、低海拔区域旅游基础设施的开发与商业化活动的兴旺, 导致鸟类繁殖生境受干扰的程度也在逐年增加, 这对于维持鸟类群落物种多样性和群落结构的稳定极为不利。

#### 4 结论

湖南浏阳大围山繁殖期的鸟类资源丰富且物种多样性较高, 鸟类繁殖期较长。多年监测结果表明, 该区域鸟类群落物种组成周转率较高, 鸟类物种多样性的动态变化呈现较大的波动, 并呈现出一定的下降趋势。基于影响因素的分析, 提出以下保护建议:

1) 建议对大围山保护区的鸟类多样性持续开展监测。鉴于部分鸟类隐匿性强, 在野外样线调查中被发现的概率较低, 需要在长期监测中通过多种技术手段, 全面掌握当地的鸟类资源本底状况。

2) 加强对鸟类繁殖生境的保护与修复。调查发现, 在鸟类繁殖季节仍有大片砍伐竹林的现象, 伐木林道的建设导致部分灌丛鸟类繁殖生境遭到破坏, 因此建议当地管理部门在尊重鸟类繁殖习性和生态演替规律的前提下, 将砍伐竹林和修建林道的时间调整至鸟类非繁殖季(10月至翌年3月); 同时启动濒危保护鸟类的繁殖生境修复工作, 如大围山旗舰保护物种——红嘴相思鸟繁殖生境的修复。

3) 处理好旅游开发与鸟类保护之间的矛盾, 增强游客对鸟类的保护意识。对涉及鸟类繁殖生境的旅游活动应当加以管控, 减少旅游开发对鸟类繁殖的影响。同时, 在旅游旺季加强宣传, 科普鸟类的生活习性以及生态价值, 如设置宣传点等, 加强游客对鸟类的保护意识。

致谢: 野外调查工作得到了湖南浏阳大围山省级自然保护区管理所黎尚林、寻富民、寻院、周平等同志的大力支持, 同时也先后得到了中南林业科技大学周卓雅、甘惠婷、周琳、杨君林、李昊荣、李旭丰、茹扬凯、荀莹、彭人宏等同学以及国际科研志愿者西班牙马拉加大学 Adrián Martín Taboada 和 Ana Luisa Pérez Jódar 同学的参与, 在此一并表示衷心的感谢!

## 参考文献(References):

- [1] SEKERCIOGLU C H. Increasing awareness of avian ecological function[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2006, 21(8): 464–471.
- [2] 崔鹏, 徐海根, 丁晖, 等. 我国鸟类监测的现状、问题与对策[J]. *生态与农村环境学报*(CUI Peng, XU Haigen, DING Hui, *et al.* Status quo, problems and countermeasures of bird monitoring in China[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*), 2013, 29(3): 403–408.
- [3] MORRISON M L. Bird populations as indicators of environmental change[M]//JOHNSTON R F. *Current Ornithology*. Boston: Springer, 1986: 429–451.
- [4] GREENBERG C H, WHITEHEAD M, DREW LANHAM J, *et al.* Shelterwood harvests promote high breeding bird diversity and shrubland species for less than 10 years in hardwood forests[J]. *Forest Ecology and Management*, 2023, 545: 121257.
- [5] BRYCE S A, HUGHES R M, KAUFMANN P R. Development of a bird integrity index: using bird assemblages as indicators of riparian condition[J]. *Environmental Management*, 2002, 30(2): 294–310.
- [6] 王燕, 何兴成, 张尚明玉, 等. 四川荃经大相岭繁殖期鸟类多样性与群落结构[J]. *四川动物*(WANG Yan, HE Xingcheng, ZHANG Shangmingyu, *et al.* Diversity and community structure of birds in breeding season in Daxiangling of Yingjing, Sichuan[J]. *Sichuan Journal of Zoology*), 2021, 40(3): 344–360.
- [7] DEREBE Y, DEREBE B, KASSAYE M, *et al.* Species diversity, relative abundance, and distribution of avifauna in different habitats within Lewi Mountain, Awi zone, Ethiopia[J]. *Heliyon*, 2023, 9(6): e17127.
- [8] 周放, 韩小静, 蒋爱伍, 等. 广西金钟山鸟类保护区鸟类多样性初步研究[J]. *四川动物*(ZHOU Fang, HAN Xiaojing, JIANG Aiwu, *et al.* Primary research of bird diversity in Jinzhongshan of Guangxi[J]. *Sichuan Journal of Zoology*), 2006, 25(4): 765–770.
- [9] 杨道德, 吴香文, 宋澄, 等. 湖南浏阳大围山实验林场鸟类资源及保护对策[J]. *中南林学院学报*(YANG Daode, WU Xiangwen, SONG Cheng, *et al.* The survey of bird resources and analysis of species diversity in Daweishan experimental forest farm[J]. *Journal of Central South Forestry University*), 1998, 18(4): 69–77.
- [10] 李家湘, 张旭, 谢宗强, 等. 湖南大围山杜鹃灌丛的群落组成及结构特征[J]. *生物多样性*(LI Jiaxiang, ZHANG Xu, XIE Zongqiang, *et al.* Community composition and structure of *Rhododendron simsii* shrubland in the Dawei Mountain, Hunan Province[J]. *Biodiversity Science*), 2015, 23(6): 815–823.
- [11] 张旭, 李家湘, 喻勋林, 等. 湖南大围山杜鹃灌丛木本植物种群空间格局[J]. *生态学杂志*(ZHANG Xu, LI Jiaxiang, YU Xunlin, *et al.* Spatial patterns of woody species in *Rhododendron simsii* shrubland at Daweishan, Hunan Province[J]. *Chinese Journal of Ecology*), 2015, 34(11): 3034–3039.
- [12] KOMAR O, BENZ B W, 陈国君. 中国湖南舜皇山和大围山夏末鸟类(英文)[J]. *动物学研究*(KOMAR O, BENZ B W, CHEN Guojun. Late summer ornithological inventories of Mt. Shunhuang and Mt. Dawei in Hunan, China[J]. *Zoological Research*), 2005, 26(1): 31–39.
- [13] 潘丹. 湖南浏阳大围山及张坊镇兽类和鸟类多样性的红外相机初步监测[D]. 长沙: 中南林业科技大学(PAN Dan. Preliminary Monitoring of Mammals and Birds by Infrared Camera in Dawei Mountain and Zhangfang Town, Liuyang, Hunan Province[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology), 2019.
- [14] 徐海根, 伊剑锋, 刘威, 等. 中国鸟类多样性观测[M]. 北京: 科学出版社(XU Haigen, YI Jianfeng, LIU Wei, *et al.* China's Bird Diversity Observation[M]. Beijing: Science Press), 2022: 1–87, 285–336.
- [15] 许龙, 张正旺, 丁长青. 样线法在鸟类数量调查中的运用[J]. *生态学杂志*(XU Long, ZHANG Zhengwang, DING Changqing. Line transect methods in avian census[J]. *Chinese Journal of Ecology*), 2003, 22(5): 127–130.
- [16] 马敬能, 菲力普斯. 中国鸟类野外手册[M]. 卢何芬, 译. 长沙: 湖南教育出版社(MACKINNON J, PHILLIPPS K. A Field Guide to the Birds of China[M]. Translated by LU Hefen. Changsha: Hunan Education Publishing House), 2000: 22–495.
- [17] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录[M]. 4 版. 北京: 科学出版社(ZHENG Guangmei. A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China[M]. 4th ed. Beijing: Science Press), 2023: 1–425.
- [18] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社(ZHANG Rongzu. *Zoogeography of China*[M]. Beijing: Science Press), 2011: 10–252, 281–315.
- [19] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 3 版. 北京: 北京师范大学出版社(SUN Ruyong. *Principle of Animal Ecology*[M]. 3rd ed. Beijing: Beijing Normal University Publishing Group), 2001: 399–400.
- [20] 杨亚桥, 刘博野, 刘威, 等. 陕西陇县关山繁殖鸟类群落多样性研究[J]. *生态与农村环境学报*(YANG Yaqiao, LIU Boye, LIU Wei, *et al.* A preliminary study on breeding birds community diversity in Guanshan, Longxian County, Shaanxi Province[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*), 2021, 37(5): 597–602.
- [21] 陈雪, 张塔星, 罗概, 等. 四川美姑大风顶国家级自然保护区鸟类物种及垂直多样性研究[J]. *四川动物*(CHEN Xue, ZHANG Taxing, LUO Gai, *et al.* Composition and vertical distribution pattern of birds species in the Meigu Dafengding National Nature Reserve, Sichuan[J]. *Sichuan Journal of Zoology*), 2019, 38(4): 445–451.
- [22] 马东辉, 李建亮, 刘威, 等. 2016—2018 年六盘山中部崆峒山区域夏季鸟类多样性研究[J]. *生态与农村环境学报*(MA Donghui, LI Jianliang, LIU Wei, *et al.* Study on bird species diversity in Gansu Kongtong Mountain in summer from 2016 to 2018[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*), 2020, 36(11): 1388–1394.
- [23] 胡珂, 舒兆恩, 罗竟, 等. 湖南发现苍头燕雀、日本鹰鸮和短趾雕[J]. *动物学杂志*(HU Ke, SHU Zhaoen, LUO Yao, *et al.* Common Chaffinch, Northern Boobook and Short-toed Snake Eagle found in Hunan Province[J]. *Chinese Journal of Zoology*), 2023, 58(1): 142–147.
- [24] 王娜. 中国鸟类物种丰富度与群落结构的分布及其影响因素[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学(WANG Na. *Distribution and Drivers of Bird Species Richness and Community Structure in China*[D]. Hohhot: Inner Mongolia University), 2021.
- [25] 姬云瑞, 韦雪蕾, 张国锋, 等. 湖北五峰后河国家级自然保护区鸟类多样性[J]. *生物多样性*(JI Yunrui, WEI Xuelei, ZHANG Guofeng, *et al.* Diversity and composition of bird species in the Hubei Wufeng Houhe National Nature Reserve[J]. *Biodiversity Science*), 2022, 30(7): 219–225.
- [26] 马建章, 邹红菲, 贾竞波. 野生动物管理学[M]. 2 版. 哈尔滨: 东北林业大学出版社(MA Jianzhang, ZOU Hongfei, JIA Jingbo. *Wildlife Management*[M]. 2nd ed. Harbin: Northeast Forestry University Press), 2004: 45–84.
- [27] MENTIL L, BATTISTI C, CARPANETO G M. The older the richer: significant increase in breeding bird diversity along an age gradient of different coppiced woods[J]. *Web Ecology*, 2018, 18(2): 143–151.

- [76] 黄小明. 磁性纳米  $\text{TiO}_2$  复合材料的合成及其在水体污染修复中的应用[D]. 长沙: 湖南大学(HUANG Xiaoming. Synthesis of Magnetic  $\text{TiO}_2$  Nanocomposites and Its Application in Remediation of Water Pollution[D]. Changsha: Hunan University), 2016.
- [77] KOCAOBA S. Adsorption of Cd(II), Cr(III) and Mn(II) on natural sepiolite[J]. Desalination, 2009, 244(1/2/3): 24–30.
- [78] 郭添伟, 夏光华, 占俐琳, 等. 改性海泡石处理含铬工业废水的试验研究[J]. 陶瓷学报(GUO Tianwei, XIA Guanghua, ZHAN Lilin, *et al.* Study on removing heavy metal Cr(VI) of industry wastewater in modified sepiolite[J]. Journal of Ceramics), 2003, 24(4): 215–218.
- [79] MARJANOVIĆ V, LAZAREVIĆ S, JANKOVIĆ-ČASTVAN I, *et al.* Chromium(VI) removal from aqueous solutions using mercaptosilane functionalized sepiolites[J]. Chemical Engineering Journal, 2011, 166(1): 198–206.
- [80] 于生慧, 姜铭峰, 王倩琳, 等. 基于海泡石制备的含镁纳米复合材料对 Cr(III)去除的研究[J]. 陕西科技大学学报(YU Shenghui, JIANG Mingfeng, WANG Qianlin, *et al.* Study on removal of Cr(III) by magnesium-containing composites derived from sepiolite[J]. Journal of Shaanxi University of Science & Technology), 2019, 37(2): 24–30, 51.
- [81] 魏东宁. 纳米零价铁污泥基生物炭的制备及其对水体中 Sb(III)的吸附行为研究[D]. 长沙: 湖南农业大学(WEI Dongning. Preparation of Nano-Zero-Valent Iron Sludge-Based Biochar and Its Adsorption Behavior for Sb(III) in Water[D]. Changsha: Hunan Agricultural University), 2018.
- [82] 肖俊杰. 改性海泡石对水体中  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Cr}^{3+}$ 的吸附特性及机理研究[D]. 湘潭: 湘潭大学(XIAO Junjie. The Adsorption Characteristics and Mechanism of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  on Modified Sepiolite[D]. Xiangtan: Xiangtan University), 2018.
- [83] 肖洪涛. 氨基改性海泡石的制备及其对  $\text{Ni}^{2+}$ 的吸附性能研究[D]. 广州: 广东工业大学(XIAO Hongtao. Preparation of Amino Modified Sepiolite and Its Adsorption Properties for  $\text{Ni}^{2+}$ [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology), 2018.
- [84] 李双双. 铁改性海泡石(IMS)吸附除锑研究[D]. 湘潭: 湘潭大学(LI Shuangshuang. The Adsorption Study of Antimony on Iron Modified Sepiolite[D]. Xiangtan: Xiangtan University), 2009.
- [85] 何振东. 铁修饰的酸碱改性海泡石对水中 Sb(III)吸附性能及机理研究[D]. 湘潭: 湖南科技大学(HE Zhendong. Study on the Adsorption Performance and Mechanism of Iron-modified Acid-Base Modified Sepiolite for Sb(III) in Water[D]. Xiangtan: Hunan University of Science and Technology), 2021.
- [86] SALEH T A, TUZEN M, SARI A. Effective antimony removal from wastewaters using polymer modified sepiolite: isotherm kinetic and thermodynamic analysis[J]. Chemical Engineering Research and Design, 2022, 184: 215–223.
- [87] 林大松, 徐应明, 孙国红, 等. 海泡石黏土矿物对  $\text{Cu}^{2+}$ 的吸附动力学研究[J]. 环境化学(LIN Dasong, XU Yingming, SUN Guohong, *et al.* Kinetic of the adsorption of copper from aqueous solution by natural sepiolite[J]. Environmental Chemistry), 2009, 28(1): 58–61.
- [88] 李秀玲, 谭玉婷, 柳亚清, 等. 海泡石矿粉对水中镍的吸附及再生性能研究[J]. 工业水处理(LI Xiuling, TAN Yuting, LIU Yaqing, *et al.* Adsorption and regeneration properties of sepiolite ore powder for nickel in water[J]. Industrial Water Treatment), 2020, 40(12): 79–82.
- [89] 李琛, 夏强, 曹阳, 等. 用磁改性海泡石处理含镍废水[J]. 电镀与涂饰(LI Chen, XIA Qiang, CAO Yang, *et al.* Treatment of nickel-containing wastewater with magnetic modified sepiolite[J]. Electroplating & Finishing), 2015, 34(1): 47–52.
- [90] VAHEDI A, RAHMANI M, RAHMANI Z, *et al.* Application of polymer-sepiolite composites for adsorption of Cu(II) and Ni(II) from aqueous solution: equilibrium and kinetic studies[J]. e-Polymer, 2018, 18(3): 217–228.

## (上接第 82 页)

- [28] ARNOLD H, DEACON A E, HULME M F, *et al.* Contrasting trends in biodiversity of birds and trees during succession following cacao agroforest abandonment[J]. Journal of Applied Ecology, 2021, 58(6): 1248–1260.
- [29] SAYER C A, BULLOCK J M, MARTIN P A. Dynamics of avian species and functional diversity in secondary tropical forests[J]. Biological Conservation, 2017, 211(Part A): 1–9.
- [30] SQUALI W, MANSOURI I, DOUINI I, *et al.* Diversity of avian species in peri-urban landscapes surrounding Fez in Morocco: species richness, breeding populations, and evaluation of menacing factors[J]. Diversity, 2022, 14(11): 945.
- [31] LETHLEAN H, VAN DONGEN W F D, KOSTOGLU K, *et al.* Joggers cause greater avian disturbance than walkers[J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 159: 42–47.
- [32] 刘阳, 华方圆, 罗昊, 等. 基于长时间序列的中国动物物候变化趋势——以鸟类为例[C]//中国动物学会鸟类学分会. 第十二届全国鸟类学术研讨会暨第十届海峡两岸鸟类学术研讨会论文集. [出版地不详]: [出版者不详] (LIU Yang, HUA Fangyuan, LUO Hao, *et al.* Phenology and climate changes on Chinese birds based on long-term observation[C]//China Ornithological Society. Abstracts of the 12th National Symposium on Ornithology and the 10th Cross-Strait Symposium on Ornithology. [S.l.]: [s.n.], 2013: 24.
- [33] 张志强. 红嘴相思鸟(*Leiothrix lutea*)繁殖期的栖息地选择与繁殖成功率研究[D]. 北京: 北京师范大学(ZHANG Zhiqiang. Habitat Selection and Breeding Success of Red-Billed Acacia (*Leiothrix lutea*) During Breeding Season[D]. Beijing: Beijing Normal University), 2015.
- [34] ZHANG Z Q, HOU D H, XUN Y, *et al.* Nest-site microhabitat association of red-billed leiothrix in subtropical fragmented forest in central China: evidence for a reverse edge effect on nest predation risk?[J]. Journal of Natural History, 2016, 50(23/24): 1483–1501.
- [35] 张尚明玉, 何兴成, 王燕, 等. 都江堰地区繁殖期鸟类多样性[J]. 生物多样性(ZHANG Shangmingyu, HE Xingcheng, WANG Yan, *et al.* Diversity of birds in breeding season of Dujiangyan[J]. Biodiversity Science), 2022, 30(3): 87–95.
- [36] 周彤. 山地次生阔叶林鸟类群落的确定和结构过程[D]. 长春: 东北师范大学(ZHOU Tong. Structure Processes and Determinants of Bird Community in the Secondary Broadleaf Forest[D]. Changchun: Northeast Normal University), 2011.