

佟富春, 麦艳仪, 官方正, 等. 广东翁源青云山省级自然保护区的鸟类多样性及群落特征分析 [J]. 华南农业大学学报, 2023, 44(2): 287-295.
TONG Fuchun, MAI Yanyi, GUAN Fangzheng, et al. Bird diversity and community characteristics in Qingyunshan Provincial Nature Reserve, Wengyuan, Guangdong[J]. Journal of South China Agricultural University, 2023, 44(2): 287-295.

广东翁源青云山省级自然保护区的 鸟类多样性及群落特征分析

佟富春¹, 麦艳仪¹, 官方正¹, 黄子峻^{1,2}, 杨新东³, 朱耘生⁴, 杨梅啸云¹,
张昊妍⁵, 章亚宁⁶, 曾献兴³, 谢冲林³

(1 华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642; 2 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520;
3 广东翁源青云山省级自然保护区管理处, 广东 韶关 512600; 4 华南农业大学 广州都柏林国际生命科学与技术学院, 广东
广州 510642; 5 华南农业大学 人文与法学学院, 广东 广州 510642; 6 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】了解广东翁源青云山省级自然保护区鸟类的群落组成与多样性。【方法】于 2021 年, 采用样线法对青云山保护区中林区、公路、村庄和水库 4 种生境的鸟类群落进行实地调查, 同时访问调查本地居民和保护区工作人员、查阅保护区本底资料和科考报告, 查找中国知网、中国观鸟记录中心等有关记录。【结果】本研究共统计到鸟类 17 目 51 科 168 种。区系组成: 东洋界 103 种, 广布种 40 种, 古北界 25 种。居留型组成: 留鸟 119 种, 候鸟 43 种 (冬候鸟 27 种、夏候鸟 16 种), 旅鸟 6 种。生态类型以鸣禽为主, 食性组成以杂食性和食虫为主。鸟类优势种包括淡眉雀鹀 *Alcippe hueti*、栗背短脚鸭 *Hemixos castanonotus*、赤红山椒鸟 *Pericrocotus speciosus*。国家一级重点保护鸟类 2 种, 国家二级重点保护鸟类 30 种。不同生境鸟类的平均生物量从高到低依次为: 林区、村庄、水库、公路。多样性指数分析表明, 村庄生境的 Shannon-Wiener 多样性指数 (3.24)、Pielou 均匀度指数 (0.61) 最高; 公路生境的 Margalef 丰富度指数 (7.34) 最高; 村庄和公路生境的 Simpson 优势度指数 (0.94) 并列最高。【结论】广东翁源青云山省级自然保护区植被丰富、生境多样, 为鸟类提供了丰富的食物资源和适宜的生存繁殖空间。随着保护区植被的演替和人类环保意识的增强, 其在鸟类多样性保育方面仍有很大潜力。

关键词: 鸟类; 物种多样性; 群落特征; 广东翁源青云山省级自然保护区

中图分类号: Q959.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2023)02-0287-09

Bird diversity and community characteristics in Qingyunshan Provincial Nature Reserve, Wengyuan, Guangdong

TONG Fuchun¹, MAI Yanyi¹, GUAN Fangzheng¹, HUANG Zijun^{1,2}, YANG Xindong³, ZHU Yunsheng⁴, YANG Meixiaoyun¹,
ZHANG Haoyan⁵, ZHANG Yaning⁶, ZENG Xianxing³, XIE Chonglin³

(1 College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Research
Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China; 3 Administrative Office of Wengyuan
Qingyunshan Provincial Nature Reserve, Shaoguan 512600, China; 4 Guangzhou Dublin International College of Life Sciences
and Technology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 5 College of Humanities and Law,
South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 6 College of Natural Resources and
Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

收稿日期: 2022-02-12 网络首发时间: 2023-01-12 10:31:40

首发网址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20230111.1449.001.html>

作者简介: 佟富春, 副教授, 博士, 主要从事野生动物研究, E-mail: fuchuntong@scau.edu.cn

基金项目: 国家科技支撑计划 (2015BAD07B06-8); 广东翁源青云山省级自然保护区生物多样性与生态系统综合监测系统建
设项目 (QYSBHQ-2020-016); 华南农业大学大学生科技创新项目 (X202110564186)

Abstract: 【Objective】 To understand the community composition and diversity of birds in Qingyunshan Provincial Nature Reserve, Wengyuan, Guangdong. 【Method】 In 2021, this study used line transect method to conduct field surveys of bird communities in four habitats of forest, highway, village, and reservoir in Qingyunshan Reserve, while interviewing local residents and reserve staff, looking up reserve basic information and scientific expedition reports, and searching for the records of China National Knowledge Infrastructure (CNKI) and China Bird Reports Center, etc. 【Result】 A total of 168 species of birds in 17 orders and 51 families were counted. Statistics of the faunal types showed that there were 103 oriental birds, 40 widely distributed birds, and 25 palaearctic birds. The result of residence type classification suggested that there were 119 species of resident birds, 43 species of visitor birds (27 species of winter visitor birds and 16 species of summer visitor birds), and 6 species of passage migrant birds. The ecotype was dominated by the songbirds, and the diet habit was dominated by omnivorous and insectivorous. The dominant species included *Alcippe huei*, *Hemixos castanonotus* and *Pericrocotus speciosus*. Of all the detected species, two species were listed as first-class National Protected Wildlife and 30 species were listed as second-class National Protected Wildlife. The avian average biomass declined in order of forest, village, reservoir and highway respectively. The diversity index analysis showed that the highest Shannon-wiener diversity index (3.24) and Pielou evenness index (0.61) were in the village habitat; The highest Margalef richness index (7.34) was in the highway habitat; The village and highway habitats tied for the highest Simpson dominance index (0.94). 【Conclusion】 With rich vegetation and diverse habitats, Guangdong Wengyuan Qingyunshan Provincial Nature Reserve provides abundant food resources and suitable space for birds to survive and breed. With the succession of vegetation and the enhancement of environmental awareness amongst the public, the reserve still has great potential in bird diversity conservation.

Key words: Bird; Species diversity; Community characteristic; Guangdong Wengyuan Qingyunshan Provincial Nature Reserve

生物多样性是人类赖以生存的物质基础^[1], 在自然生态系统中, 鸟类处于能量金字塔中上层^[2]。作为生物多样性监测的重要指示类群, 鸟类的物种组成和群落结构特征是生态系统状态测度的重要指标^[3]。对自然保护区野生动物多样性进行调查, 是自然保护区发挥生物多样性保护优势的基础。因此, 对保护区鸟类资源的调查, 对广东省后续有效统筹管理各自然保护区内的生物资源、监测生物多样性和生态环境变化有重要意义。

广东翁源青云山省级自然保护区 (以下简称青云山) 属南岭东段的延伸部分, 为长江水系-珠江水系的分水岭山脉之一^[4]。保护区内存有较完整的亚热带常绿阔叶林森林生态系统, 群落物种组成丰富, 总体更新良好并处于演替初期^[5], 保护区独特的地理环境、气候等条件, 造就了丰富多样的鸟类资源, 具有较高的保护价值和科研价值。目前对保护区的鸟兽调查研究较少, 笔者在 2016—2017 年通过红外相机进行了保护区鸟兽调查^[6], 在此基础上, 本研究主要通过样线法对青云山的鸟类资源进行

实地调查, 完善保护区鸟类资源状况数据, 并结合访问法和查阅历史资料, 系统全面地分析青云山的鸟类多样性。通过本研究, 不仅能够进一步了解青云山鸟类与栖息地环境之间的关系, 还能为保护区保护鸟类尤其是珍稀濒危鸟类提供数据基础, 为进一步保护该地生物多样性和保护区后续有效管理提供科学依据。

1 研究地与研究方法

1.1 研究地概况

青云山 (24°14'22"~24°21'45"N, 114°07'50"~114°17'25"E) 位于粤北山区翁源县的东南部, 是由茶坑尾-雷公礞-青云山-瑶背山-茶坑尾所围合形成的闭合地域, 总面积 7 359.0 hm², 属于中低山地貌, 区内地形多为山地和丘陵。青云山保护区地属中亚热带季风气候区, 夏季多雨、湿热同期, 冬季少雨、干冷同期。年平均光照 1 586.2 h, 年平均气温 20.6 ℃, 年总积温 7 434 ℃, 1 月平均气温 11.3 ℃, 7 月平均气温 28.2 ℃, 年平均相对湿度 81%, 年平

均降水量 1 693.9 mm, 无霜期 303 d。青云山处于粤北山区向珠三角平原的过渡区域, 也是热带-亚热带过渡区, 具备过渡区的敏感性和独特性, 物种丰富度较高^[5]。青云山共有野生维管植物 178 科 630 属 1 289 种, 植被型共 7 种, 即常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林、竹林、常绿阔叶灌丛、灌草丛、针阔叶混交林、暖性针叶林及人工栽培植被, 地带性植被为常绿阔叶林^[4]。

1.2 调查方法

2021 年 1—12 月, 采用样线法对青云山鸟类群落进行野外实地调查。共设定 11 条鸟类调查样线并编号, 每条长 2~5 km, 覆盖保护区内典型

区域和各类生境, 生境类型根据地形地貌、植被类型和人类干扰状况等差异划分为林区、公路、村庄、水库 4 类(图 1)。调查时间集中在早上和傍晚, 调查人员 2~3 人为一组, 同时沿固定样线以 1~2 km/h 的速度行进, 用 10×42 双筒望远镜观察样线两侧和前方出现的鸟类, 同时辅以录音、鸣声辨认、长焦相机摄影取证等方法进行物种鉴别与记录, 记录内容包括鸟类的种类、数量、距离(水平、垂直)、性别、行为等。使用 GPS 卫星定位系统记录样线轨迹, 11 条样线总调查长度为 29.42 km, 单侧调查距离为 50 m, 调查面积为 2.94 km², 占保护区总面积的 4.00%。

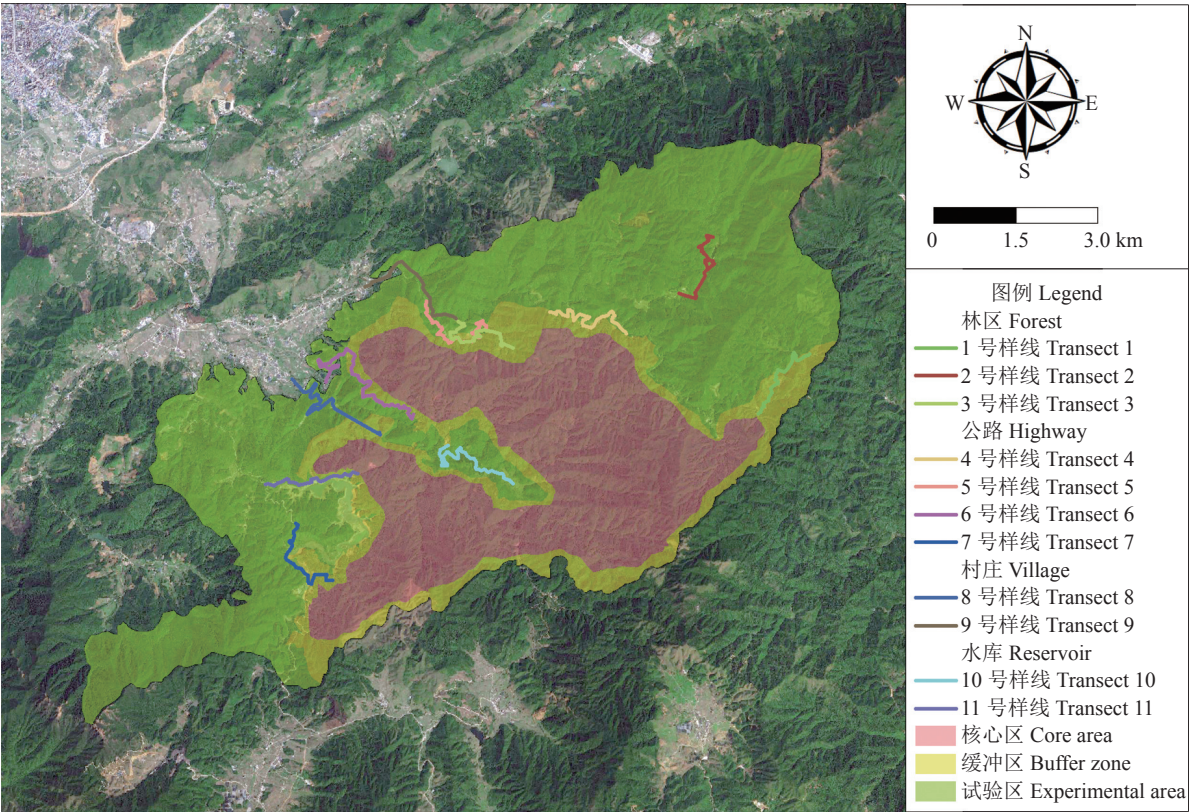


图 1 保护区样线分布图
Fig. 1 Distribution of reserve transects

同时, 对保护区工作人员、当地居民等进行非诱导式访问, 查阅保护区本底资料和科考报告, 查找中国知网文献、中国观鸟记录中心记录、《秘境之眼》等网络平台资料, 全面收集、梳理保护区鸟类资源信息。鸟类的鉴定主要参照《中国野外鸟类手册》^[7]和《中国香港及华南鸟类野外手册》^[8]; 鸟类分类系统主要参照《中国鸟类观察手册》^[9]; 鸟类居留型和区系主要参考《中国动物地理》^[10]; 鸟类食性参考《EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals》^[11];

鸟类体质量参考《中国鸟类的生活史和生态学特征数据集》^[12]。

1.3 数据处理

1.3.1 物种累积曲线 用 Excel 分别对各样线记录到的鸟类个体数进行统计, 将不同鸟类的全部调查数据分样线进行汇总, 运用 EstimateS 处理数据, 以计算结果中的抽样次数(本研究中的样线数量)、个体数和物种数 3 组数据绘制抽样次数及个体数的物种累积曲线的平滑线散点图, 根据物种累积曲线的上升趋势判断抽样是否充分^[13]。

1.3.2 优势度 以公式 (1) 计算鸟类优势度:

$$P_i = C_i / (C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n), \tag{1}$$

式中, P_i 为 i 物种的个体数占有所有物种个体总数的比例, C_i 为 i 物种在某一生境中的总个体数, $C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n$ 为第 1, 2, 3, $\cdots$, n 种鸟在相同生境个体数的总和。 $P \geq 5\%$ 为优势种、 $1\% < P < 5\%$ 为常见种、 $P \leq 1\%$ 为稀有种^[14]。

1.3.3 鸟类群落特征 根据 Wilman 等^[11] 发表的 EltonTraits 1.0 鸟类食性数据, 参照 Felice 等^[15] 的研究, 将鸟类的主要食性划分为以下 5 个类别: 1) 食虫鸟类 (Invertebrate): 食物组成中昆虫占比大于或等于 60%; 2) 肉食鸟类 (VertFishScav): 食物组成中哺乳动物、鸟类、爬行类、两栖类和鱼类等脊椎动物及其尸体总占比大于或等于 60%; 3) 植食/种食鸟类 (PlantSeed): 食物组成中非生殖植物材料和种子占比大于或等于 60%; 4) 食果/食蜜鸟类 (FruiNect): 食物组成中果实和花蜜占比大于或等于 60%; 5) 杂食鸟类 (Omnivore): 非单一食物组成且各食物类型占比均低于 60%。

为便于统计不同生境鸟类生物量情况, 将鸟类体质量 (m) 分为 5 组: $m \leq 50$ g、 50 g $< m \leq 200$ g、 200 g $< m \leq 1\,000$ g、 $1\,000$ g $< m \leq 2\,000$ g、 $m > 2\,000$ g^[16]。

生物量 (E) 计算公式^[17]:

$$E = \sum m_i n_i, \tag{2}$$

式中, m_i 为第 i 种鸟类的平均体质量, g; n_i 为第 i 种鸟类的个体数量。

1.3.4 α 多样性指数 本研究选取的 α 多样性指数分别有 Gleason 指数 (d_{GL})、 Shannon-Wiener 生物多样性指数 (H')、 Margalef 物种丰富度指数 (M)、 Pielou 均匀度指数 (J')、 Simpson 优势度指数 (D)^[18-19]。

$$d_{GL} = S / \ln A, \tag{3}$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i, \tag{4}$$

$$M = (S - 1) / \ln N, \tag{5}$$

$$J' = \frac{H'}{H_{\max}}, \tag{6}$$

$$H_{\max} = \log_2 S, \tag{7}$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2, \tag{8}$$

式中, S 为鸟类总种数, A 为保护区面积, $H_{\max}$ 为最大的物种多样性指数, N 为总个体数量。

1.3.5 β 多样性指数 用 β 多样性指数测度鸟类群落在不同生境之间的差异时, 选取 Sorensen 相似性系数 (S_i) 和 Morisita-Horn (C_{MH}) 相似性系数^[16]。

$$S_i = \frac{2S_{AB}}{S_A + S_B}, \tag{9}$$

$$C_{MH} = \frac{2N_A N_B \sum_i a_i b_i}{N_B^2 \sum_i a_i^2 + N_A^2 \sum_i b_i^2}, \tag{10}$$

式中, S_A 和 S_B 为 A、B 两生境各自的鸟类种数, S_{AB} 为 A、B 两生境共有的鸟类种数, a_i 和 b_i 为第 i 个物种在两生境各自的总个体数, N_A 和 N_B 为两生境各自的物种总个体数。

2 结果与分析

2.1 物种累积曲线

根据绘制的物种累积曲线 (图 2), 2 个曲线特征均表现为上升舒缓的典型抛物线, 没有直线性上升的趋势, 表明对青云山鸟类种群的调查接近充分。

依据 EstimateS 的计算结果, 青云山基于多度的物种估计值 (Abundance-base coverage estimator, ACE) 为 79.78, 基于盖度的物种估计值 (Incidence-

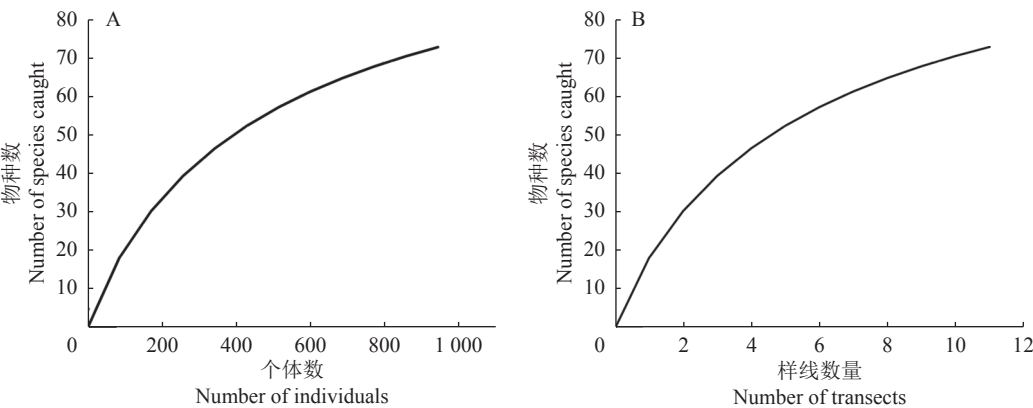


图 2 青云山鸟类群落调查的物种累积曲线
Fig. 2 Species accumulation curves of bird community survey in Qingyunshan

based coverage estimator, ICE) 为 98.09, 即这 2 种方法对青云山鸟类的物种丰富度估计为 80 种和 98 种。从抽样效果来看, 实际调查到的物种数目(73 种) 为估计值的 74.49%~91.25%, 高于 60%, 表明抽样接近充分, 调查效果较好^[20]。

2.2 鸟类群落组成

样线法共记录鸟类 11 目 36 科 73 种, 结合查阅资料和访问调查, 共统计鸟类 17 目 51 科 168 种(详见中国知网网络首发版附表), 约占韶关市已记录鸟类物种数(322种^[21]) 的 52.17%, 约占广东省已记录鸟类物种数(555 种^[22]) 的 30.27%。以雀形目物种最为丰富, 占比达 58.93%; 其次为鹰形目, 再其次为鹃形目, 其他目的物种相对较少。种类最多的科为鹛科, 13 种, 占总种数的 7.74%。保护区单种目有雁形目、鸊鷉目、鲢鸟目、鵒形目、咬鹃目和隼形目共 6 目, 占总目数的 35.29%; 单种科有 20 科, 占总科数的 39.22%。与青云山以往记录比较, 此次实地调查新增 4 种鸟类, 即栗苇鵒 *Ixobrychus cinnamomeus*、白腹凤鵒 *Erpornis zantholeuca*、锈脸钩嘴鵒 *Erythrogenys erythrogenys*、白颊噪鵒 *Pterorhinus sannio*。

2.3 鸟类群落特征

168 种鸟类中, 东洋界鸟种 103 种(占鸟类物种总种数的 61.31%), 广布种 40 种(占比 23.81%), 古北界 25 种(占比 14.88%)。本次调查的鸟类区系组成以东洋界物种占优势, 这与其所处的地理位置特征相符。居留型方面, 留鸟 119 种(占鸟类物种总种数的 70.83%), 冬候鸟 27 种(占比 16.07%), 夏候鸟 16 种(占比 9.52%), 旅鸟 6 种(占比 3.57%)。生态类型方面, 青云山鸟类以林鸟为主, 共 152 种(其中, 鸣禽 99 种, 攀禽 23 种, 猛禽 19 种, 陆禽 11 种), 占物种总种数的 90.48%, 水鸟 16 种(涉禽 13 种, 游禽 3 种), 占比 9.52%。

食性方面, 食虫鸟类 85 种(占鸟类物种总种数的 50.60%), 杂食鸟类 29 种(占比 17.26%), 食肉鸟类 24 种(占比 14.29%), 植食/种食鸟类 19 种(占比 11.31%), 食果/食蜜鸟类 11 种(占比 6.55%)。

依据实地调查的鸟类数据分析, 林区、公路、村庄、水库生境中的鸟类食性组成均以食虫为主。4 类生境中, 食虫鸟类种类在公路最多, 平均数量在村庄最多; 杂食鸟类种类在村庄最多, 平均数量在林区最多(表 1)。

表 1 不同食性的鸟类在不同生境间的物种数及数量¹⁾
Table 1 Number of species and individuals of birds with different diet habits in different habitats

生境 Habitat	物种数 Species number					样线平均鸟类数量 Average number of birds in the transect				
	I	O	V	P	F	I	O	V	P	F
林区 Forest	20	7	2	0	4	59	38	1	0	4
公路 Highway	25	9	0	3	3	24	19	0	3	5
村庄 Village	18	12	2	5	2	83	23	2	22	4
水库 Reservoir	18	6	1	1	2	66	16	1	1	2

1)I: 食虫鸟类, O: 杂食鸟类, V: 食肉鸟类, P: 植食/种食鸟类, F: 食果/食蜜鸟类; 样线平均鸟类数量=鸟类数量/样线数
1)I: Invertebrate, O: Omnivore, V: VertFishScav, P: PlantSeed, F: FruiNect; Average number of birds in the transect= Individual number/transect number

鸟类体质量方面, $m \leq 50$ g 的有 79 种, $50 \text{ g} < m \leq 200$ g 的有 53 种, $200 \text{ g} < m \leq 1\,000$ g 的有 28 种, $1\,000 \text{ g} < m \leq 2\,000$ g 的有 7 种, $m > 2\,000$ g 的有 1 种。对不同生境之间鸟类平均生物量进行比较, 发现林区生境的生物量最高(12 369 g), 村庄生境的生物量次之(11 246 g), 水库生境的生物量相对较低(7 176 g), 公路生境的生物量最低(6 360 g)。

2.4 优势种

样线调查记录到 73 种鸟类, 优势种为赤红山

椒鸟 *Pericrocotus speciosus*、栗背短脚鹀 *Hemixos castanonotus*、淡眉雀鹀 *Alcippe hueti*。林区优势种有赤红山椒鸟、红嘴蓝鹀 *Urocissa erythrorhyncha*、灰树鹊 *Dendrocitta formosae* 等 5 种; 公路优势种有红嘴蓝鹀、黄颊山雀 *Machlolophus spilonotus*、小黑领噪鹀 *Garrulax monileger* 等 6 种; 村庄优势种有棕背伯劳 *Lanius schach*、淡眉雀鹀、黑领棕鸟 *Gracupica nigricollis* 3 种; 水库优势种有小鹈鹕 *Tachybaptus ruficollis*、灰喉山椒鸟 *Pericrocotus solaris*、红头长尾山雀 *Aegithalos concinnus* 等

7 种。不同生境的专有种 (只在某种生境中出现的鸟类)^[16] 分别为: 村庄 16 种、公路 7 种、林区 6 种、水库 3 种。

2.5 珍稀保护及特有物种

青云山记录的 168 种鸟类中, 有国家一级重点保护鸟类黄腹角雉 *Tragopan caboti*、黄胸鹀 *Emberiza aureola* 2 种, 国家二级重点保护鸟类 30 种; 世界自然保护联盟 (IUCN) 濒危物种红色名录极危 (CR) 物种 1 种, 易危 (VU) 3 种, 近危 (NT) 1 种; 中国脊椎动物红色名录濒危 (en) 物种 2 种, 易危 (vu) 3 种, 近危 (nt) 14 种; 列入濒危野生动植物种国际贸易公约 (CITES) 附录 I 有 1 种, 附录 II 有 22 种; 广东省重点保护野生动物 23 种; 国

家保护的重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物即“三有”动物有 98 种。中国特有种^[12] 8 种, 占中国特有鸟类总种数 117 种的 6.84%。

2.6 不同生境鸟类群落 α 多样性

对比 4 种生境类型的 α 多样性指数计算结果 (表 2), 鸟类 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 最高的生境类型是村庄 (3.24), 最低的是林区 (2.72); Marglef 丰富度指数 (M) 最高的生境是公路 (7.34), 最低的是水库 (5.26); Pielou 均匀度指数 (J') 最高的生境是村庄 (0.61), 最低的是林区 (0.54); Simpson 优势度指数 (D) 最高的生境为公路和村庄并列 (0.94), 最低的是林区 (0.90)。

表 2 不同生境鸟类群落 α 多样性¹⁾
Table 2 The α diversity of bird communities in different habitats

生境Habitat	S	N	H'	M	$H_{\max}$	J'	D
林区 Forest	33	305	2.72	5.59	5.04	0.54	0.90
公路 Highway	40	203	3.18	7.34	5.32	0.60	0.94
村庄 Village	39	265	3.24	6.81	5.29	0.61	0.94
水库 Reservoir	28	169	2.88	5.26	4.81	0.60	0.93
总和 Total	73	942	3.59	10.51	6.19	0.58	0.95

1) S : 物种数, N : 个体数, H' : Shannon-Wiener 多样性指数, M : Margalef 丰富度指数, $H_{\max}$: 最大多样性指数, J' : Pielou 均匀度指数, D : Simpson 优势度指数

1) S : Species number; N : Individual number, H' : Shannon-Wiener diversity index, M : Margalef richness index, $H_{\max}$: Maximum diversity index, J' : Pielou evenness index, D : Simpson dominance index

2.7 不同生境鸟类群落 β 多样性

对青云山不同生境类型之间的鸟类群落相似性进行分析 (表 3), 2 种相似性系数越接近 1.00, 表示生境间鸟类群落的相似性越高^[23]。Morisita-Horn 相似性系数 (C_{MH}) 在林区-水库之间最大 (0.73), 共有种 18 种, 在村庄-水库之间最小 (0.34), 共有种 13 种; Sorensen 相似性系数 (S_i) 在林区-水

库之间最大 (0.62), 而其余生境两两之间均低于 0.60, 可视为不相似^[24-25], 在林区-村庄之间最小 (0.35), 共有种 12 种。

2.8 与其他保护区比较

与广东省其他省级自然保护区比较 (表 4), 青云山记录鸟类种数较多, 且 Gleason 指数相对较高, 林鸟占比高, 鸟类资源多样性较高。

表 3 不同生境鸟类群落 β 多样性¹⁾
Table 3 The β diversity of bird communities in different habitats

生境 Habitat	林区 Forest	公路 Highway	村庄 Village	水库 Reservoir
林区 Forest		0.69	0.39	0.73
公路 Highway	0.55		0.40	0.56
村庄 Village	0.35	0.46		0.34
水库 Reservoir	0.62	0.57	0.39	

1) 左下方数值为 Sorensen 相似性系数, 右上方数值为 Morisita-Horn 相似性系数
1) The values in the lower left are the Sorensen similarity coefficients, and the values in the upper right are the Morisita-Horn similarity coefficients

表 4 青云山保护区与其他保护区对比
Table 4 Comparison between Qingyunshan Reserve and other reserves

保护区 Reserve	面积/hm ² Area	级别种类 Level type			鸟类种数 Number of bird species		Gleason指数(G) Gleason index			调查时间/年 Survey time
		目 Order	科 Family	种 Species	林鸟 Forest bird	水鸟 Water bird	林鸟 Forest bird	水鸟 Water bird	总和 Total	
青云山省级自然保护区 Qingyunshan Provincial Nature Reserve	7 359.0	17	51	168	152	16	17.07	1.80	18.87	1
白盆珠省级自然保护区 ^[26] Baipenzhu Provincial Nature Reserve	4 163.5	16	45	151	119	32	14.28	3.84	18.12	>1
乳源大峡谷省级自然保护区 ^[27] Grand Canyon Provincial Nature Reserve	4 022.9	15	45	146	136	10	16.39	1.20	17.59	>1
惠东古田省级自然保护区 ^[28] Huidong Gutian Provincial Nature Reserve	2 189.2	13	41	115	97	18	12.61	2.34	14.95	>1
阴那山自然保护区 ^[29] Yinna Mountain Nature Reserve	2 566.0	14	42	175	140	35	17.83	4.46	22.29	1
龙文-黄田省级自然保护区 ^[30] Longwen-Huangtian Provincial Natural Reserve	7 960.5	13	40	150	130	20	14.47	2.23	16.70	1

3 讨论与结论

3.1 鸟类群落组成与食性

在利用物种累积曲线证明实地调查接近充分的前提下,本研究共统计到 17 目 51 科 168 种鸟类。相比佟富春等^[6]通过红外相机监测到的 2 目 3 科 9 种鸟类,本次调查综合性更强,突破了红外相机监测的局限性,调查结果更全面、完整,补充了保护区鸟类资源状况。本次调查的青云山鸟类优势种为赤红山椒鸟、栗背短脚鹬、淡眉雀鹀,数量多、种群分布广且稳定。

食物资源是鸟类群落结构和分布的决定性因素之一^[24],公路处于林地和村庄之间,兼有天然和人造食物资源,因此,昆虫资源多样,食虫鸟类种类最多。村庄的农耕区土壤动物丰富,农作物的茎叶、花果等吸引蜂、蛾蝶类昆虫取食,因此,食虫鸟类平均数量最多。村庄食物资源丰富,能满足大量鸟类的食物需求,特别是帮助鸟类安全度过食物匮乏的冬季,因此,杂食鸟类种类最多^[31]。林区内各类小生境异质性较其他 3 类生境高,为鸟类提供了脊椎动物、昆虫、花蜜、果实、种子等多种多样的食物资源,因此,杂食鸟类平均数量最多。

3.2 保护区不同生境鸟类生物量

不同生境之间鸟类平均生物量从高到低依次为:林区、村庄、水库、公路。食物资源丰富度和植被结构多样性是群落生物量高低的决定因素,鸟类群落的物种数、密度和个体数量、体质量等对生物量都有一定的影响,同时生境资源的丰富度以及鸟类群落对生境的适应性在生物量方面起着关键作用^[32]。林区生境以森林生态系统和灌丛生态系统为主,为林鸟提供了丰富的植物性和动物性食物资源,森林植被类型主要为常绿阔叶林和针叶林,垂直结构复杂,层次丰富,隐蔽性良好,人为干扰小,是大多数鸟类的理想栖息地,尤其有利于大型鸟类隐藏、筑巢^[33],如白鹇 *Lophura nycthemera*、灰胸竹鸡 *Bambusicola thoracicus* 等鸡形目鸟类,体质量较大,主要生活在远离人类活动区域的林区^[34]。村庄生境的鸟类群落多样性指数较高,食物资源丰富,但人类活动频繁,植被类型单一,结构层次较简单,缺乏大型鸟类。水库生境以水体为主,位于林间,常绿阔叶林是此生境的主要植被类型,但由于水电站的工程建设,影响周边植被,不适宜鸟类生活。公路一般在林区之间,两旁以针阔混交林为主,但植被覆盖率较低,汽车鸣笛和灯光会影响鸟类活

动,公路周边以生物量较小的雀形目鸟类为主^[34]。

3.3 保护区不同生境鸟类群落多样性

鸟类群落多样性与其赖以生存的生境密切相关,生境的植被多样性和空间异质性在鸟类群落多样性形成过程中起着决定性作用^[35]。保护区不同生境鸟类群落 Shannon-Wiener 多样性指数高低排序为村庄>公路>水库>林区, Marglef 丰富度指数排序为公路>村庄>林区>水库, Pielou 均匀度指数排序为村庄>公路=水库>林区, Simpson 优势度指数排序为村庄=公路>水库>林区, 综上可知,村庄生境的鸟类群落多样性最高,公路次之,水库较低,而林区最低。保护区内的村庄分布在林区之间,与自然环境接近,鸟类能快速地在村庄和林地之间活动^[23],同时临近公路,即村庄位于不同生境交界处,出现不同生境的种类共生现象,表现出一定程度的边缘效应,导致鸟类在村庄生境的富集度最为显著^[36-37]。保护区内森林边缘处的村庄属于混合型栖息地,不同于林内的环境和生物变化特征,村庄鸟类可以同时利用林缘和人类生产活动的产品。同时,村庄生境包括农田和菜地,可提供种子、果蔬、根茎、昆虫等食物,是白鹡鸰 *Motacilla alba*、棕背伯劳、白腰文鸟 *Lonchura striata* 等多种鸟类的主要觅食场所。村庄开阔度高,鸟类食物来源丰富,取食较林地容易,人类生活垃圾增加了村庄中伴人生活的鸟类数量,如麻雀 *Passer montanus* 等城市依赖型鸟类常被人类抛弃的食物碎屑所吸引^[38-39]。林区植被覆盖率高,因为高大的乔木和密集的灌木遮挡,林内光线不足,视野不佳,不利于观察,加之林鸟警惕性高,移动快速,尤其是占比最多的雀形目鸟类,体型较小,且大部分鸟类非繁殖季节较少鸣叫或鸣唱,难以被发现。林区采用样线法调查难度较大,调查结果可能与林区实际的鸟类群落组成及多样性情况存在一定偏差。由于边缘效应、空间异质性、食物资源丰富度及取食难易程度等因素,村庄中鸟类的多样性和密度要高于林地中心。

根据 Morisita-Horn(C_{MH}) 相似性系数计算结果,林区-水库之间相似度最高,村庄-水库之间相似度最低;根据 Sorensen 相似性系数 (S_i) 计算结果,林区-水库之间相似度最高,林区-村庄之间相似度最低。水库建在林区内,植被类型、植物景观均与林区相似,推测食物资源的相似性可能是 2 种相似性系数均在林区-水库生境间最高的主要原因之一。鸟类对栖息繁殖的生境条件具有主动选择性,不同生境的植被覆盖率、植被高度、食源植物种类和丰富度、水源、干扰类型与强度等环境条件,导

致不同生境中鸟类群落成分的差异。村庄的主要景观为人工建筑,与农田交错排布,植被主要为农作物,食物来源趋于同质化,鸟类物种组成可变性低,人类在此聚居,人的活动频繁,因此多为伴人鸟种。水库属于人为改造生境,而食物来源较村庄少;林区空间异质性较高,人类活动少,对自然环境的人为干扰低,故水库和林区分别在 2 种相似性系数上表现为与村庄的鸟类群落组成不相似。

3.4 结论与建议

青云山水热条件良好,植物资源丰富,生境类型多样,为多种鸟类提供了觅食、栖息和繁殖的场所,因而青云山鸟类资源丰富,珍稀濒危鸟类众多。鸟类区系、居留型、生态类型、食性分别以东洋界、留鸟、鸣禽、杂食和食虫鸟类为主;鸟类平均生物量以林区最高;鸟类群落多样性以村庄最高;林区和水库生境的鸟类群落相似度最高。由于青云山为亚热带常绿阔叶林,森林保存较为完整,森林覆盖率高,垂直分层结构复杂,形成多样的微环境,为鸟类取食和栖息提供了较大的生态位空间,鸟类种数较多。同时,青云山的亚热带常绿阔叶林群落物种组成丰富,群落总体更新良好并处于演替初期^[5],植物优势物种多样,而植物丰富度对鸟类丰富度有正向影响,鸟类物种丰富度随植被结构异质性的增加而增加^[40]。因此,与其他保护区相比,青云山鸟类种数和丰富度较高,是生物多样性保护的前沿阵地,值得密切关注。

建议保护区重点关注珍稀濒危鸟类,并进行长期的生物学、生态学监测,在迁徙季节提高鸟类调查的频率以及时长。同时,将红外相机监测与样点、样线调查相结合,逐步建立和完善保护区生物资源数据库,建立生物多样性持续动态监测体系,实现动物资源监测的自动化、常态化。植被影响着鸟类物种丰富度和分布,建议保护区增加原生林分的植被异质性,防止生境特有鸟种的流失^[40]。在保护乔木林的同时,增加植被垂直结构的层次和水平结构的延续性,为林下鸟类提供繁殖、摄食和隐蔽条件。建议加强科普宣教,提高周边居民的生态保护意识,严格管控各类工程建设及旅游项目进入保护区,避免人类活动对生态环境的破坏。建议保护区与科研院所合作,关注环境因子、鸟类功能特征、种间作用关系等因素对鸟类分布格局的影响^[41],探索跨区域的多方联动保护协调机制。

参考文献:

[1] 马克平, 钱迎倩. 生物多样性保护及其研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 1998, 4(1): 96-100.

[2] PADOA-SCHIOPPA E, BAIETTO M, MASSA R, et al. Bird communities as bioindicators: The focal species concept in agricultural landscapes[J]. *Ecological Indicators*, 2006, 6(1): 83-93.

[3] 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*, 2013, 29(3): 403-408.

[4] 陈晓熹. 广东青云山自然保护区森林群落结构及植物多样性特征[D]. 广州: 华南农业大学, 2018.

[5] 陈晓熹, 李群, 黄久香, 等. 翁源青云山自然保护区亚热带常绿阔叶林群落结构和区系特征[J]. *林业科学研究*, 2020, 33(5): 77-85.

[6] 佟富春, 杨亚婷, 任荣荣, 等. 广东青云山自然保护区地面活动鸟兽调查[J]. *福建林业科技*, 2018, 45(4): 78-81.

[7] (英) 约翰·马敬能 (JOHN M), (英) 卡伦·菲利普斯 (KAREN P), 等. 中国鸟类野外手册: 中英文本[M]. 何芬奇, 译. 长沙: 湖南教育出版社, 2000: 571.

[8] 尹琰, 费嘉伦, 林朝英. 中国香港及华南鸟类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2017: 266.

[9] 刘阳, 陈水华. 中国鸟类观察手册[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2021: 686.

[10] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 330.

[11] WILMAN H, BELMAKER J, SIMPSON J, et al. Elton-Traits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals[J]. *Ecology*, 2014, 95(7): 2027. doi: 10.1890/13-1917.1.

[12] 王彦平, 宋云枫, 钟雨茜, 等. 中国鸟类的生活史和生态学特征数据集[J]. *生物多样性*, 2021, 29(9): 1149-1153.

[13] 李巧. 物种累积曲线及其应用[J]. *应用昆虫学报*, 2011, 48(6): 1882-1888.

[14] 佟富春, 肖以华. 广州海珠湖公园夏季鸟类调查及其保护建议[J]. *广东园林*, 2015, 37(5): 70-73.

[15] FELICE R N, TOBIAS J A, PIGOT A L, et al. Dietary niche and the evolution of cranial morphology in birds[J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2019, 286(1897): 20182677. doi: 10.1098/rspb.2018.2677.

[16] 罗祖奎, 李扬, 徐曦. 鸟类群落结构及分布研究: 以贵阳市观山湖区为例[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2021, 49(5): 104-111.

[17] 罗祖奎, 王云, 李性苑, 等. 贵州省云台山林下鸟类群落特征[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2013, 41(5): 135-140.

[18] 张海波, 孙喜娇, 李光容, 等. 贵阳阿哈湖国家湿地公园鸟类群落多样性分析[J]. *野生动物学报*, 2020, 41(3): 626-640.

[19] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法 (上)[J]. *生物多样性*, 1994, 2(3): 162-168.

[20] 田园, 冯永军, 张春兰, 等. 样线法在南方山地生态系统野生动物调查中的试点效果评价[J]. *生物多样性*, 2015, 23(1): 109-115.

[21] 李石洲. 韶关市鸟类多样性初步调查[J]. *韶关学院学报*, 2009, 30(3): 92-94.

[22] RICHARD W L, 邹发生. 广东省的鸟类及考察历程[J]. *动物学杂志*, 2015, 50(4): 499-517.

[23] 罗祖奎, 李扬, 曹福平. 贵州安龙十里荷塘 4 种生境冬季林鸟群落结构差异性[J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2017(1): 125-131.

[24] SABO S R. Niche and habitat relations in subalpine bird communities of the white mountains of new Hampshire[J]. *Ecological Monographs*, 1980, 50(2): 241-259.

[25] 刘佳琪, 李灵贝, 王彩红, 等. 吉林农业大学校园鸟类多样性研究[J]. *野生动物学报*, 2019, 40(4): 933-944.

[26] 李小燕, 杨磊, 李东洋, 等. 广东莲花山白盆珠省级自然保护区鸟类资源调查[J]. *四川动物*, 2012, 31(4): 650-654.

[27] 邹建平, 林顺和, 许根有, 等. 广东乳源大峡谷省级自然保护区鸟类资源调查[J]. *热带林业*, 2021, 49(3): 51-56.

[28] 翁锦泓, 孟蕊, 林石运, 等. 广东惠东古田省级自然保护区鸟类多样性及群落特征分析[J]. *林业调查规划*, 2020, 45(5): 36-44.

[29] 钟福生, 黄勋和, 崔秋燕, 等. 广东阴那山自然保护区鸟类群落结构及多样性[J]. *生态科学*, 2015, 34(4): 76-85.

[30] 陈远忠, 何昇亮, 温淑娟. 龙文-黄田省级自然保护区鸟类资源调查[J]. *嘉应学院学报*, 2018, 36(2): 45-53.

[31] 李波, 徐玮, 王东睿, 等. 四川蜂桶山省级自然保护区鸟类多样性[J]. *四川动物*, 2021, 40(2): 220-232.

[32] 崔鹏, 邓文洪. 鸟类群落研究进展[J]. *动物学杂志*, 2007, 42(4): 149-158.

[33] 谢凡, 鲁碧耕, 油志远, 等. 四川格西沟国家级自然保护区鸟类多样性初探[J]. *四川动物*, 2022, 41(1): 107-120.

[34] 佟富春, 邓适彦, 黄子峻, 等. 广东三水云东海国家湿地公园鸟类多样性初步研究[J]. *生态环境学报*, 2021, 30(11): 2142-2149.

[35] 陈宇, 汪正祥, 杨其仁, 等. 湖北崩尖子自然保护区夏季鸟类群落及多样性研究[J]. *生态科学*, 2018, 37(5): 39-46.

[36] 廉振民, 于广志. 边缘效应与生物多样性[J]. *生物多样性*, 2000, 8(1): 120-125.

[37] 马友鑫, 张一平, 刘玉洪, 等. 森林片断的边缘效应及对物种的影响[C]//许智宏. 面向 21 世纪的中国生物多样性保护: 第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 昆明: 中国林业出版社, 1998: 378-387.

[38] 罗祖奎, 李性苑, 张文华, 等. 环境因子对凯里市区公园夏季鸟类群落结构的影响[J]. *东北林业大学学报*, 2012, 40(3): 78-83.

[39] 刘娜娜, 寿丹艺, 达良俊. 上海公园绿地鸟类多样性的城市化梯度格局及类群划分[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(12): 3676-3684.

[40] HANZELKA J, REIF J. Effects of vegetation structure on the diversity of breeding bird communities in forest stands of non-native black pine (*Pinus nigra* A.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the Czech Republic[J]. *Forest Ecology and Management*, 2016, 379: 102-113.

[41] 刘志发, 杨昌腾, 龚粤宁. 广东南岭国家级自然保护区森林鸟类多样性监测[J]. *热带地理*, 2018, 38(3): 328-336.