

滇池鸟类多样性及生态特征：对湿地修复的启示

黄文^{1,2#} 肖剑平^{3#} 董蓉梅^{1,2} 刘平安^{1,2} 鲁斌⁴ 曹光秀⁴
王荣兴^{1,2,5*} 潘珉^{4*} 杨晓君⁵

1 大理大学交叉科学中心 大理 671003; 2 大理大学东喜玛拉雅研究院 大理 671003; 3 云南无量山国家级自然保护区南涧管护局 南涧 675700; 4 昆明市滇池高原湖泊研究院 昆明 650228; 5 中国科学院昆明动物研究所 昆明 650201

摘要：鸟类多样性保护既是生态修复的主要目标之一，也是指导和评价生态修复成效的重要指标。滇池为我国污染最为严重的三大湖泊之一，为治理水质污染，提升其综合生态功能，近年来，进行了大量的湿地修复工作。然而，系统的鸟类多样性评价报道匮乏，亟须基于长期监测数据全面梳理其鸟类多样性特征，以指导水鸟保护和湿地修复。因此，本研究整合了 2013 至 2023 年的长期实地调查数据、并辅以文献以及公民科学数据，从多样性、生态特征、营养生态位等方面分析滇池鸟类群落的生态需求。结果显示，滇池共记录鸟类 363 种，包括水鸟 126 种和林鸟 237 种，其中，国家保护或受胁物种 75 种。从居留型来看，水鸟以旅鸟和冬候鸟为主，林鸟以旅鸟和留鸟为主，且多为偶见种和稀有种；从生态类群来看，水鸟以涉禽为主，尤其是小型涉禽，林鸟以鸣禽为主。水鸟和林鸟分别以水生肉食性和虫食性为主。基于上述发现，建议实施覆盖全年的鸟类动态监测，并重点关注迁徙期与越冬期的种群变化；构建从浅滩到深水的连续水深梯度，并提升植被群落的结构复杂性与多样性，以满足不同鸟类的生态需求。

关键词：滇池；鸟类多样性；生态特征；湿地修复

中图分类号：Q958 **文献标识码：**A **文章编号：**0250-3263 (2026) 02-183-13

Ecological characteristics of the avian community at Dianchi Lake and their significance for wetland restoration

HUANG Wen^{1,2#} XIAO Jian-Ping^{3#} DONG Rong-Mei^{1,2} LIU Ping-An^{1,2} LU Bin⁴
CAO Guang-Xiu⁴ WANG Rong-Xing^{1,2,5*} PAN Min^{4*} YANG Xiao-Jun⁵

1 Center for Interdisciplinary Sciences, Dali University, Dali 671003; 2 Institute of Eastern-Himalaya Biodiversity Research, Dali University,

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 32560136), 云南省科技厅野外科学观测研究站建设专项-滇池湖泊生态系统云南省野外科学观测研究站 2025 年验收后补助经费 (No. 202505AW340008), 滇池保护治理“十四五”规划项目-“滇池湖泊-流域生态系统监测网络建设与跟踪研究”;

* 通信作者, E-mail: wangrx@eastern-himalaya.cn, 51877941@qq.com;

共同第一作者 黄文, 女, 硕士研究生; 研究方向: 鸟类生态学; E-mail: 1206745127@qq.com.

肖剑平, 男, 助理工程师; 研究方向: 野生动植物保护与研究; E-mail: 744502185@qq.com.

收稿日期: 2025-05-20, 修回日期: 2025-08-20 DOI: 10.13859/j.cjz.202625098 CSTR: 32109.14.cjz.202625098

Dali 671003; 3 Nanjian Authority of Wuliangshan National Nature Reserve, Nanjian 675700; 4 Kunming Dianchi and Plateau Lakes Institute, Kunming 650228; 5 Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China

Abstract: [Objectives] The conservation of bird diversity is not only a primary goal of ecological restoration but also an important indicator for guiding and evaluating its effectiveness. As one of the three most polluted lakes in China, Dianchi Lake has undergone extensive wetland restoration in recent years. However, few researchers have systematically investigated its bird diversity to guide effective conservation and further restoration efforts. Therefore, this study synthesizes a decade of field surveys on bird diversity, integrating findings from literature and citizen science of Dianchi Lake. A key objective is to analyze the ecological characteristics of the avian community, thereby generating critical, actionable insights to direct the future wetland restoration efforts in this region. **[Methods]** The methodology was structured as a two-stage analytical process. Initially, a comprehensive avian checklist for Dianchi Lake was compiled by integrating a decade of field survey data with existing scientific literature and citizen science records. Subsequently, the ecological requirements of the avian community were assessed through a multi-faceted analysis of the species diversity, residency patterns, ecological traits, and trophic niche structure. **[Results]** A total of 363 species were recorded, comprising 126 waterbird species and 237 forest bird species. Among them, 75 species are classified as nationally protected or are listed as endangered on national or global Red Lists (Fig. 3, Electronic appendix 1). Analysis of residency patterns revealed that waterbirds were predominantly passage and winter migrants, while forest birds were predominantly residents and passage migrants, with the majority of species in both groups being rare or occasional (Table 3). In terms of ecological guilds, the waterbird community was dominated by grallatores, particularly small shorebirds, whereas forest birds were primarily passerines. Correspondingly, the primary trophic niches were aquatic predators for waterbirds and invertivores for forest birds (Fig. 4). **[Conclusion]** The avian community of Dianchi Lake is characterized by high diversity in residency patterns, ecological guilds, and trophic niches. However, the community structure is uneven, dominated by a small number of dominant and common species alongside a large proportion of rare and occasional visitors. In light of the aforementioned findings, the establishment of a continuous, year-round monitoring regime for avian population dynamics is advised, with specific attention directed towards migratory and overwintering seasons. Furthermore, the construction of a continuous bathymetric gradient extending from swamp zones to deeper waters, alongside the enhancement of the structural complexity and diversity of the aquatic and hygrophilous vegetation community, is advocated to satisfy the specific ecological niches of the avian assemblage.

Key words: Dianchi Lake; Bird diversity; Ecological characteristics; Wetland restoration

湿地被誉为“地球之肾”，是生物多样性最丰富的生态系统之一，在气候调节、水质净化等方面发挥着至关重要的生态功能（Zedler and Kercher 2005, Zhang et al. 2014）。然而，当前全球湿地正面临面积缩减和功能退化等严峻挑战，亟须通过系统性保护与修复措施来应对生

态压力（Fluet-Chouinard et al. 2023）。此外，鸟类作为生态系统中的重要指示物种，其群落结构对环境变化极为敏感，群落组成也会随着季节更替、年际波动以及湿地植被演替而发生相应的变化（王强和吕宪国 2007, Ma et al. 2010）。因此，通过长期监测数据全面评估湿地

修复成效，不仅可以为后续湿地恢复工作提供科学依据，更能为保护这一重要的生态系统提供重要的参考。

滇池不仅是云贵高原最大的湖泊，也是我国重点治理的三大污染湖泊之一（Liu and Qiu 2007），其环境治理与生态恢复工作一直备受关注。该湖泊不仅是全球水鸟重要的越冬地及繁殖地，也是东亚-澳大利西亚候鸟迁飞路线上的关键中途停歇地（Wang et al. 2016），在中国高原湖泊湿地修复工程中扮演着重要的示范角色（吴富勤等 2021）。自 2008 年起，为改善其生态环境，当地政府启动了“四退三还一护”工程。该工程通过退塘、退田、退人、退房，实现还湖、还林、还湿地和护水，累计建成湖滨湿地 4 193.33 hm²，湖滨带植被覆盖率从 2007 年的 13.1% 提升到 2020 年的 81% 以上，并构建了入湖河口多级人工湿地净化系统，旨在达成污染防治与生态修复的双重目标（周玲等 2020，吴雪等 2024）。因此，在这样持续且大规模的湿地修复背景下，深入探讨鸟类的多样性及其特定的生态需求，对于评估现有修复措施的有效性，并据此调整和优化未来的修复策略至关重要。

自 20 世纪 80 年代起，关于滇池鸟类多样性的研究逐渐展开，但大多研究主要基于短期调查（罗康 2014，Wang et al. 2016，Luo et al. 2019，廖辰灿等 2021，Wang and Yang 2021a, b），缺乏长期完整的监测数据用于更好地指导湿地修复。近年来，滇池不断涌现云南省鸟类分布新记录的报道，如斑尾塍鹬（*Limosa lapponica*）（李继明和王荣兴 2013）、大滨鹬（*Calidris tenuirostris*）（王荣兴和杨晓君 2015）和印度池鹭（*Ardeola grayii*）（王荣兴等 2016）等，这不仅证明了滇池地区鸟类多样性的丰富性，更凸显了在持续修复背景下开展长期研究的必要性。另外，随着公民科学的兴起，观鸟数据为鸟类监测提供了重要补充（顾燚芸等 2024）。

基于此，本研究拟整理长期系统的野外实

地调查数据，辅以文献资料梳理与公众观鸟数据整合，旨在构建一份详尽的滇池鸟类名录。基于此名录，重点探究以下科学问题：（1）滇池鸟类多样性现状及生态特征；（2）依据鸟类多样性的具体特征，为湿地修复措施的优化与调整提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

滇池（24°40′~25°02′N，102°37′~102°48′E），又名昆明湖、昆明池，位于云贵高原中部，昆明市主城区西南，是中国六大淡水湖之一，也是云贵高原第一大淡水湖（图 1）。湖体面积约 308.6 km²，平均水位线为 1 888 m。滇池被一条交通堤坝分成了北部草海和南部外海两部分，草海面积约 10.7 km²，平均水深 2.5 m；外海面积约 297.9 km²，平均水深 4.3 m（Jin et al. 2006）。该区域属亚热带气候，年平均气温 14.7 °C，年降水量 797~1 007 mm，全年无霜期 227 d（Yang et al. 2010）。2008 年，昆明市政府陆续开展湿地修复工作，湖滨带林地、草地及园地的面积不断增加（黄文等 2025）。

1.2 鸟类数据获取

通过实地调查、文献资料以及公民科学数据获取鸟类数据（表 1）。其中实地调查分为湖体和湖滨带两部分。湖体调查为沿湖岸线每隔 5~7 km 设置 1 个视野开阔的观察点（图 1），利用单筒望远镜（Carl Zeiss DiaScope 85 T*FL，卡尔·蔡司股份公司，20~75 倍）对 1 km 视野范围内的水鸟进行调查；湖滨带（环湖路与湖岸线之间的区域）采用标图法（spot-map census）进行，根据湿地修复情况，对 28 块样地（S1~S28）进行调查（图 1），使用双筒望远镜（OLYMPUS 10×42 EX WP，奥林巴斯中国有限公司）进行观察。每次调查从清晨（7:00 时左右）到傍晚（19:00 时左右），持续进行 5 d 完成所有样地的调查，实地调查时间和频次见表 1。如遇大雾、雨天、大风以及寒潮等天气则推迟；林鸟调查于上午（7:00~11:00 时）进行。

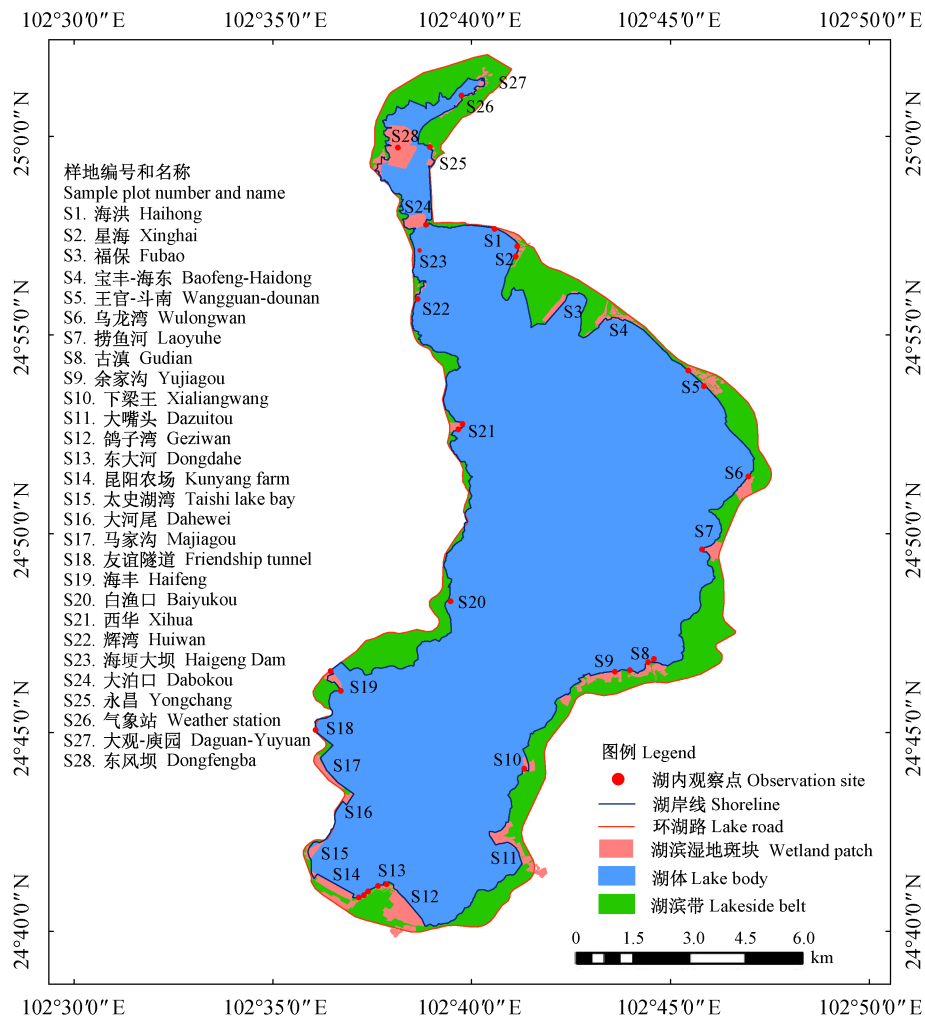


图 1 研究区域及观察区域位置

Fig. 1 Study area and observation sites

表 1 滇池鸟类数据来源及实地调查时间和频次

Table 1 Bird data sources and field survey schedule for Dianchi Lake

数据来源 Data sources	鸟类类群 Bird group	调查频次 Frequency of field survey	调查时间 Survey period	文献/网站出处 Literature/Website sources
实地调查 Field survey	水鸟 Waterbirds	每月 3 次 Three times a month	2013 年 2 月 ~ 2015 年 5 月 February 2013 ~ May 2015	
	水鸟 Waterbirds		2015 年 6 月 ~ 2017 年 6 月 (其中 2016 年 4 月、11 月因天气原因未调查) June 2015 ~ June 2017 (No surveys in April and November 2016 due to weather)	
	水鸟、林鸟 Waterbirds, forest birds	每月 1 次 Monthly	2021 年 5 月 ~ 2022 年 4 月, 2022 年 7 月, 2023 年 2 月、5 月、6 月, 2023 年 10 月 ~ 2024 年 10 月 May 2021 ~ April 2022, July 2022, February, May, June 2023, October 2023 ~ October 2024	

续表 1

数据来源 Data sources	鸟类类群 Bird group	调查频次 Frequency of field survey	调查时间 Survey period	文献/网站出处 Literature/Website sources
文献查阅 Literature review	水鸟 Waterbirds	1 次 Once	1984 年 11 月 ~ 1985 年 1 月 November 1984 ~ January 1985	杨岚等 1988
	水鸟 Waterbirds	每周 1 次 Weekly	1997 年 10 月 ~ 1998 年 5 月 October 1997 ~ May 1998	韩联宪等 2000
	水鸟 Waterbirds	每月 2 次 Bimonthly	2007 年 1 ~ 4 月 January ~ April 2007	吴忠荣等 2008
	水鸟、林鸟 Waterbirds, forest birds	每月 1 次 Monthly	2011 年 10 月 ~ 2013 年 11 月 October 2011 ~ November 2013	罗康 2014
	水鸟 Waterbirds	冬季 1 次 Once in winter	2015 年 1 月、2016 年 1 月 January 2015, January 2016	涂文姬等 2017
	水鸟 Waterbirds	每月 1 次 Monthly	2018 年 9 月 ~ 2019 年 8 月 September 2018 ~ August 2019	廖辰灿 2020
	水鸟、林鸟 Waterbirds, forest birds	不限 Unlimited	不限 Unlimited	中国观鸟记录中心 (http://www.birdreport.cn/)、全球 生物多样性信息网络 (https://www.gbif.org/)、 eBird (https://ebird.org/)、《云南 鸟讯》(https://review.ngoid.net/) The China Bird Report (http://www.birdreport.cn/), Global Biodiversity Information Facility GBIF (https://www.gbif.org/), eBird (https://ebird.org/), <i>Yunnan Bird Report</i> (https://review.ngoid.net/)
公民科学数 据 Citizen science data	水鸟、林鸟 Waterbirds, forest birds	不限 Unlimited	不限 Unlimited	

1.3 数据分析

1.3.1 实地调查强度衡量 采用物种累积曲线来衡量实地调查强度。将每个物种单次调查数量的最大值作为该物种数量，分别绘制水鸟和林鸟的物种累积曲线（species accumulation curve, SAC）。若物种累积曲线趋于平缓则表明调查强度充足。使用 iNEXT Online 完成数据处理（Chao et al. 2014）。

1.3.2 物种多样性分析 利用实地调查的鸟类数据，采用分类多样性（taxonomic diversity）、功能多样性（function diversity）和谱系多样性（phylogenetic diversity）来评估物种的多样性。

分类多样性计算：采用物种丰度（species richness）和香农-威纳多样性指数（Shannon-Wiener diversity index, H' ）来度量，香农-威纳多样性指数计算如下： $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ ，式中， S 为总物种数， P_i 是第 i 个种的个体数占所有种

总个体数的比例。

功能多样性计算：参照 AVONET 数据库（Tobias et al. 2022），选取喙长、喙宽、喙深、翅长、尾长、体重和食性 7 个功能特征，其中食性是分类特征，喙长、喙宽、喙深、翅长、尾长和体重是连续特征。根据物种特征矩阵，计算 Gower 距离（Gower dissimilarity），结合 Gower 距离使用非加权组平均法（unweighted pairgroup method with arithmetic means, UPGMA）构建功能系统树。

谱系多样性计算：根据已有物种建立物种库，在 BirdTree 数据库（<http://birdtree.org>）中下载对应的随机树，然后根据 50%多数裁定原则使用 SumTree 合成合一树（consensus tree）（Sukumaran and Holder 2010），根据谱系树计算谱系距离（phylogenetic distance），统计物种间的总分支长度。

1.3.3 鸟类的生态类型、居留型、营养生态位

和优势度划分 生态类型 (ecological guilds) 划分参考王荣兴等 (2025) 的方法以及 AVONET 数据库 (Tobias et al. 2022), 将水鸟划分为 5 种生态类群: 浮水游禽 (Dabbling waterbird)、潜水游禽 (Diving waterbird)、小型涉禽 (Small shorebird)、中型涉禽 (Large shorebird) 和大型涉禽 (Large wader)。参考中国鸟类观察手册 (刘阳和陈水华 2021), 将林鸟划分为 4 种生态类群: 陆禽 (Terrestores)、猛禽 (Raptatores)、鸣禽 (Passeres) 和攀禽 (Scansores)。

居留型 (residency status) 划分: 根据鸟类在滇池湖滨带出现的季节及停留时间, 并参考《中国鸟类分类与分布名录》(4 版, 郑光美 2023), 划分为留鸟 (Resident)、夏候鸟 (Summer visitor)、旅鸟 (Passage migrant)、冬候鸟 (Winter visitor) 和迷鸟 (Vagrant visitor)。

营养生态位 (trophic niche) 划分: 参照 AVONET 数据库 (Tobias et al. 2022), 根据鸟类的主要取食环境和食物组成, 将水鸟食性划分为水草食性 (Herbivore aquatic)、陆草食性 (Herbivore terrestrial)、水生肉食性 (Aquatic predator)、虫食性 (Invertivore) 和杂食性 (Omnivore); 林鸟食性划分为虫食性、谷食性 (Granivore)、果食性 (Frugivore)、脊椎动物肉食性 (Vertivore)、蜜食性 (Nectarivore)、水生肉食性 (Aquatic predator) 和杂食性 (Omnivore)。

优势度 (dominant) 划分: 利用实地调查

数据进行划分。采用 Berger-Parker 指数 (Berger-Parker index, D , 即某一物种数量占总物种数量的百分比, 某一物种的数量为单次调查数量的最大值) 判别水鸟的优势度, 当 $D \geq 5\%$ 时, 该水鸟为优势种; 当 $0.5\% \leq D < 5\%$ 时, 该水鸟为常见种; 当 $0.05\% \leq D < 0.5\%$ 时, 该水鸟为稀有种; 当 $D < 0.05\%$ 时, 该水鸟为偶见种 (May 1975, 张淑霞等 2015)。另外, 因红嘴鸥 (*Chroicocephalus ridibundus*) 数量在滇池占据绝对优势 (约 4 万只), 将其默认为优势种, 不参与其他物种优势度的划分。

1.3.4 珍稀物种划分 参考王荣兴等 (2025) 的方法, 珍稀物种包括被列入《中国重点保护野生动物名录》(国家林业和草原局和农业农村部 2021) 的国家一级和二级重点保护野生动物, 《国际自然保护联盟濒危物种红色名录》(IUCN 2023) 或《中国生物多样性红色名录 脊椎动物 第二卷 鸟类》(张雁云 2021) 列为受威胁的物种, 以及被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》(中华人民共和国濒危物种科学委员会 2023) 的物种。

2 结果

2.1 物种多样性组成

依据实地调查数据, 水鸟和林鸟的物种累积曲线上升趋势均趋于渐近线, 表明调查强度充分, 能够为后续研究提供有力支持 (图 2)。

实地调查、文献资料查阅及公民科学数据在水鸟名录整理中互为补充 (图 3)。其中,

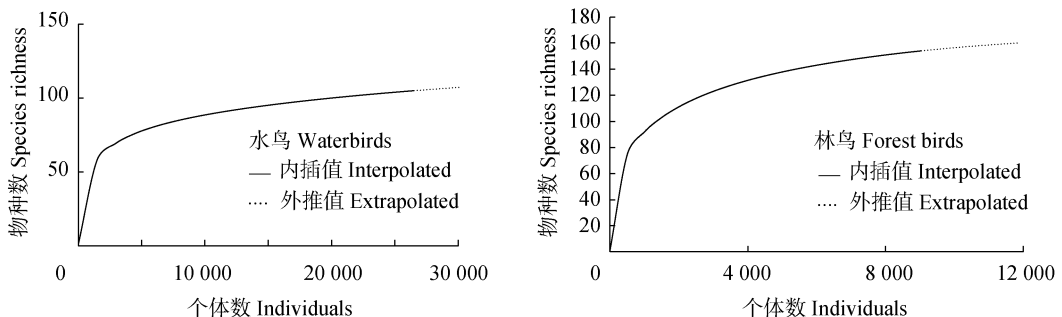


图 2 基于实地调查的滇池鸟类物种累积曲线

Fig. 2 Species accumulation curves of birds at Lake Dianchi based on field observation

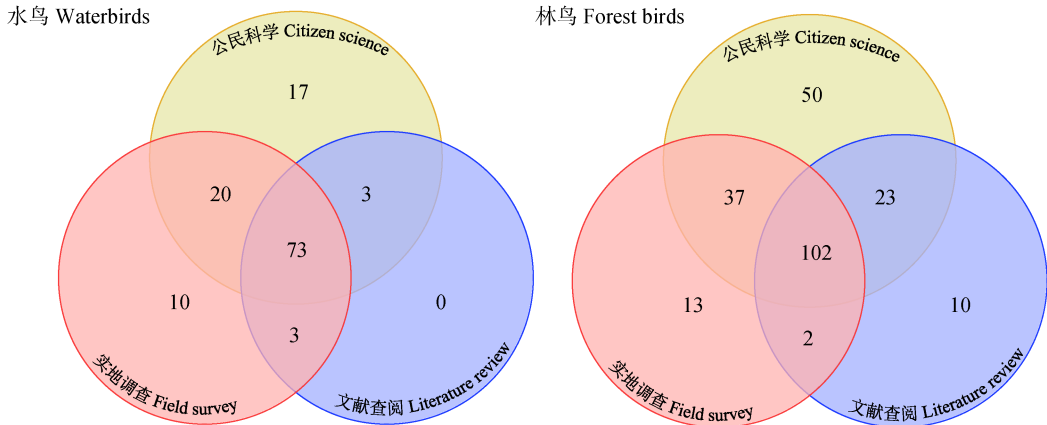


图3 实地调查数据、文献数据、公民科学数据所记录的鸟类物种组成比较

Fig. 3 Comparison of bird species composition recorded by field surveys, literature data, and citizen science data at Dianchi Lake

水鸟实地调查到的物种数为 106 种（占水鸟总记录物种数的 84.13%），文献整理到的物种数为 79 种（占水鸟总记录物种数的 62.70%），公民科学数据整理到的物种数为 113 种（占水鸟总记录物种数的 89.68%）；林鸟实地调查到的物种数为 154 种（占林鸟总记录物种数的 64.98%），文献整理到的物种数为 137 种（占林鸟总记录物种数的 57.81%），公民科学数据整理到的物种数为 212 种（占林鸟总记录物种数的 89.45%）（图 3，电子附录 1）。通过三种数据收集方法，共记录鸟类 363 种，隶属 17 目 63 科。其中，水鸟 126 种，隶属 7 目 14 科；林鸟 237 种，隶属 10 目 49 科。水鸟珍稀物种共有 36 种，包括国家一级保护野生动物 5 种，如青头潜鸭（*Aythya baeri*）、彩鹇（*Plegadis falcinellus*）、遗鸥（*Ichthyaeetus relictus*）等，国家二级保护野生动物 18 种，如栗树鸭（*Dendrocygna javanica*）、白额雁（*Anser albifrons*）、棉凫（*Nettapus coromandelianus*）等，世界或中国红色名录受胁物种 31 种，CITES 附录 I 或附录 II 物种 4 种。林鸟中珍稀物种共有 39 种，包括国家一级保护野生动物 2 种，国家二级保护野生动物 30 种，如短耳鸮（*Asio flammeus*）、鸮（*Pandion haliaetus*）、

栗喉蜂虎（*Merops philippinus*）等，世界或中国红色名录受胁物种 25 种，CITES 附录 I、附录 II 或附录 III 物种 9 种（电子附录 1）。

通过实地调查数据分析，仅 10 余年，水鸟的分类多样性达到 106、 $H' = 1.65$ ，功能多样性为 2.45，谱系多样性为 2 265.99。林鸟的分类多样性达到 154、 $H' = 3.74$ ，功能多样性为 2.67，谱系多样性为 3 256.4。水鸟在湿地修复早期（2013 至 2015 年）物种数较多，特别是 2014 年达到最大值 85 种，在湿地修复末期（2021 年之后）物种数量趋于稳定。林鸟的年间物种数变化不大（表 2）。

2.2 生态类群、居留型、营养生态位

鸟类在生态类群、居留型、营养生态位方面都表现出高度的多样性（图 4）。

水鸟：生态类群主要以小型涉禽（46 种，占水鸟总记录物种数的 36.51%）和浮水游禽（38 种，占水鸟总记录物种数的 30.16%）为主；居留型主要是旅鸟（57 种，占水鸟总记录物种数的 45.24%）和冬候鸟（43 种，占 34.13%），其中，冬候鸟主要以游禽为主，旅鸟主要以小型涉禽为主；营养生态位方面，水生肉食性种类最多（88 种，占 69.84%）。

林鸟：生态类群以鸣禽为主（187 种，占林鸟总记录物种数的 78.90%）；居留型主要是

表 2 滇池鸟类实地调查物种数

Table 2 Interannual variations in bird species richness from field surveys at Dianchi Lake

时间段 Period	水鸟物种数 Species richness of waterbirds		林鸟物种数 Species richness of forest birds	
	实地调查 Field survey	累积物种数 Cumulative species richness	实地调查 Field survey	累积物种数 Cumulative species richness
2013 年 2 ~ 12 月 February to December 2013	72			
2014 年 1 ~ 12 月 January to December 2014	85	91		
2015 年 1 ~ 12 月 January to December 2015	69	97		
2016 年 1 ~ 12 月 (除 4、11 月) January to December 2016 (except for April and November)	48	97		
2017 年 1 ~ 6 月 January to June 2017	50	99		
2021 年 5 ~ 12 月 May to December 2021	60	102	92	
2022 年 1 ~ 4、7 月 January to April and July 2022	57	102	92	118
2023 年 2、5、6、10、11、12 月 February, May, June, October, November, and December 2023	62	104	92	135
2024 年 1 ~ 10 月 January to October 2024	59	106	116	153

留鸟 (97 种, 占林鸟总记录物种数的 40.93%) 和旅鸟 (95 种, 占林鸟总记录物种数的 40.08%); 营养生态位方面, 主要是虫食性 (151 种, 占林鸟总记录物种数的 63.71%) 和杂食性 (33 种, 占林鸟总记录物种数的 13.92%)。

2.3 优势度与生态类群

水鸟: 优势物种分别为红嘴鸥、棕头鸥 (*Chroicocephalus brunnicephalus*)、赤膀鸭 (*Mareca strepera*)、赤颈鸭 (*Mareca penelope*)、白骨顶 (*Fulica atra*) 和白鹭 (*Egretta garzetta*); 常见种 17 种, 占水鸟实地调查记录物种数的 16.04%; 稀有种 37 种, 占水鸟实地调查记录物种数的 34.91%; 偶见种最多, 有 46 种, 占水鸟实地调查记录物种数的 43.40%。从生态类群上看, 主要是涉禽类中的小型涉禽 (表 3 和电子附录 1)。

林鸟: 优势物种为家燕 (*Hirundo rustica*)、黄臀鹌 (*Pycnonotus xanthorrhous*)、灰椋鸟 (*Spodiopsar cineraceus*)、噪苇莺 (*Acrocephalus stentoreus*) 和丝光椋鸟 (*S. sericeus*); 常见种 35 种, 占林鸟实地调查记录物种数的 14.77%; 稀有种和偶见种居多, 分别占林鸟实地调查记录物种数的 44.09% 和 44.88%。从生态类群上看主要以鸣禽为主 (表 3 和电子附录 1)。

3 讨论

本研究结合了大量的实地调查、文献和公民科学数据, 得出了较为全面的滇池鸟类物种名录, 可为研究人员和相关保护部门提供重要的基础数据。参考《中国鸟类分类与分布名录》(4 版, 郑光美 2023) 及《云南湿地水鸟多样性及空间分布》(王荣兴等 2025), 本研究共记录水鸟 126 种, 分别占全国和云南省水鸟物种数的 40.38% 和 64.95%; 共记录林鸟 235 种, 分别占全国和云南省林鸟物种数的 19.87% 和 29.70%, 其中, 国家重点保护野生动物、IUCN 及中国红色名录受胁物种以及 CITES 附录物种共有 75 种, 充分体现了滇池在鸟类保护方面的重要价值。

相比之下, 滇池的鸟类多样性显著高于周边重要湿地和其他重要高原湖泊。例如, 李湫等 (2021) 于 2018 至 2020 年对滇中地区抚仙湖、星云湖和杞麓湖进行调查, 仅记录到鸟类 67 种; 刘学先等 (2008) 于 2005 和 2006 年于越冬期在纳帕海记录到水鸟 49 种; 和淑春等 (2006) 于 1998 至 2004 年在拉市海记录到鸟类 195 种; 廖峻涛 (2017) 于 2011 年 9 月至 2013 年 9 月对拉市海进行了持续 105 次的观

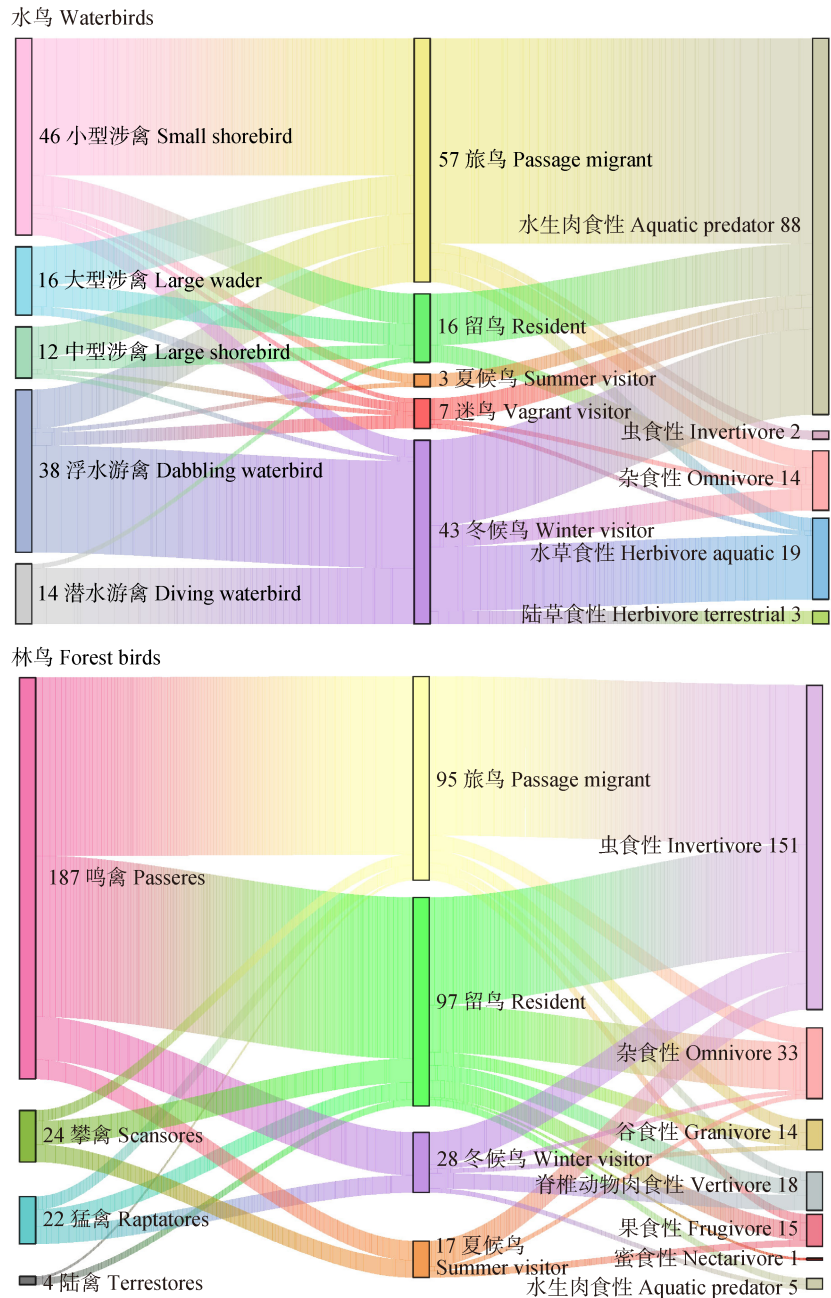


图 4 滇池鸟类的不同生态类群、居留型和营养生态位之间的关联（图中的数字显示物种数）

Fig. 4 Correlations between different ecological guilds, residency patterns, and trophic niches of birds at Dianchi Lake (The numbers in the figure show the species richness)

测，共记录水鸟 59 种。贵州威宁草海作为云贵高原另一重要湿地，历史记录鸟类 249 种，其中水鸟 99 种（朱源 2020）。这些对比进一步表明，滇池是云贵高原湖区重要的鸟类分布区。其原因可能在于两方面：一是近年来

湿地生态修复工程的持续推进，为鸟类提供了更好的栖息环境；二是野外调查工作得以长期、持续地开展。所以，加强对滇池鸟类的监测工作，对云贵高原乃至整个中国的鸟类保护都具有重要意义。

表 3 基于实地调查的滇池不同生态类群鸟类优势度的物种数

Table 3 Species richness of avian ecological guilds from field surveys at Dianchi Lake

生态类群 Ecological guild			优势种 Dominant species	常见种 Common species	稀有种 Rare species	偶见种 Occasional species
水鸟 Waterbirds	涉禽 Grallatores	小型涉禽 Small shorebirds	0	1	21	20
		中型涉禽 Large shorebirds	0	4	2	6
		大型涉禽 Large waders	1	2	4	7
	游禽 Natatores	潜水游禽 Diving waterbirds	1	5	2	4
		浮水游禽 Dabbling waterbirds	4	5	8	9
林鸟 Forest birds	陆禽 Terrestores 猛禽 Raptatores 攀禽 Scansores 鸣禽 Passeres		0	2	1	0
			0	1	3	8
			0	3	5	8
			5	29	47	41

居留型分析显示，水鸟主要是旅鸟（45.24%）和冬候鸟（34.13%），林鸟主要是留鸟（76.98%）和旅鸟（75.40%）。这再次证明滇池是众多鸟类的越冬地、迁徙停留地和繁殖地（Wang et al. 2016, Wang and Yang 2020）。由于不同季节栖息着不同居留类型的鸟类，如旅鸟主要在春秋季节出现，冬候鸟集中在冬季，留鸟则全年均有分布，单一季节的监测数据难以全面反映鸟类群落的动态变化。因此，在湿地修复过程中有几点建议，首先应持续开展全年四季的鸟类监测工作，并且充分调动社会各界的积极力量，特别是广泛吸纳观鸟爱好者的参与，为鸟类的实时保护和管理提供及时信息，从而有效加强珍稀鸟种的保护工作（王荣兴等 2025）。其次，可将植被清理和收割工作推迟至 9 月后进行，以保留裸地、泥滩和开阔水域等生境，为秋季迁徙的旅鸟提供适宜的觅食和停歇场所（曹光秀等 2023）。同时，加强对现有重要鸟类栖息地的保护，如东大河湿地、鸽子窝和余家沟等区域，确保关键栖息地的生态功能得到有效维护（鲁斌等 2024）。最后，可对滇池实施功能分区管理，划定核心保育区、生态保育修复区、传统利用区、居住和游憩服务区，分区管理既能保障鸟类的栖息需求，又能满足游客的休闲需求（付梦娣等 2017）。

生态类群和优势度分析发现，滇池的鸟类

资源分布不均，41.27%的水鸟为游禽，58.73%的水鸟为涉禽，且在涉禽中 36.51%为小型涉禽，以鸕鹚类为主。但受迁徙的影响，这些小型涉禽多为偶见种和稀有种，主要依赖泥滩、沼泽等浅水生境栖息。滇池水鸟各年间的物种数不同，在修复前期，特别是 2014 年物种数达到峰值，主要原因之一是湿地建设前期的泥滩地为大量的小型涉禽提供了栖息地（王荣兴 2017）。然而，随着湿地修复措施的完善，修建了大量以氧化塘形式存在的湖滨人工湿地，虽然这些湿地发挥着净化水质和游憩的功能，但是也导致滇池湖滨区泥滩、沼泽这类的浅水区域面积有所缩减，同时伴随的人类活动可能对鸕鹚类栖息造成干扰（Wang and Yang 2021a, 鲁斌等 2024）。为优化湿地生态功能，建议在湿地修复过程中采取以下措施：首先，通过水文控制，为水鸟提供从裸露泥滩到深水区的多样化觅食生境，满足鸕鹚类、涉禽、浮水游禽和潜水游禽等不同类型水鸟的需求，如提供鸕鹚类所需的裸露泥滩、涉禽适宜的浅水区、浮水游禽的中等水深和潜水游禽的深水区（Ma et al. 2010）。其次，在开阔水域修建人工浮岛，为鹭类等涉禽提供休息、夜栖、理羽甚至繁殖的场所（钟日朝 2022）。最后，加强宣传教育，增强公众对鸟类保护的意识，有效减少旅游活动对栖息地的人为干扰，低人为干扰则有助于

吸引更多鸟类 (Yuan et al. 2016)。

致谢 感谢大理大学东喜马拉雅研究院高泰、蒙小好、罗以梦、姚思倩、莫正仙、王倩、吕亚东、杨露、田翔、赵飞扬、夏航、刘煊等同学参与部分野外调查工作。

电子附录 电子附录 1 见本文网络版 (<http://dwxzz.ioz.ac.cn>)。

参 考 文 献

- Chao A, Gotelli N J, Hsieh T C, et al. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1): 45–67.
- Fluet-Chouinard E, Stocker B D, Zhang Z, et al. 2023. Extensive global wetland loss over the past three centuries. *Nature*, 614(7947): 281–286.
- IUCN. 2023. The IUCN Red List of Threatened Species. [DB/OL]. [2025-08-10]. <https://www.iucnredlist.org>.
- Jin X C, Wang L, He L P. 2006. Lake Dianchi: experience and lessons learned brief // International Lake Environment Committee. LBMI Experience and Lessons Learned Briefs, 159–178. ILEC. [EB/OL]. <https://iwlearn.net/documents/6005>.
- Liu W, Qiu R L. 2007. Water eutrophication in China and the combating strategies. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 82(9): 781–786.
- Luo K, Wu Z L, Bai H T, et al. 2019. Bird diversity and waterbird habitat preferences in relation to wetland restoration at Dianchi Lake, south-west China. *Avian Research*, 10(1): 21.
- Ma Z J, Cai Y T, Li B, et al. 2010. Managing wetland habitats for waterbirds: an international perspective. *Wetlands*, 30(1): 15–27.
- May R M. 1975. Patterns of species abundance and diversity // Cody M L, Diamond J M. *Ecology and Evolution of Communities*. Cambridge MA: Harvard University Press, 81–120.
- Sukumaran J, Holder M T. 2010. DendroPy: a Python library for phylogenetic computing. *Bioinformatics*, 26(12): 1569–1571.
- Tobias J A, Sheard C, Pigot A L, et al. 2022. AVONET: morphological, ecological and geographical data for all birds. *Ecology Letters*, 25(3): 581–597.
- Wang R X, Wu F, Chang Y Y, et al. 2016. Waterbirds and their habitat utilization of artificial wetlands at Dianchi Lake: implication for waterbird conservation in Yunnan-Guizhou Plateau Lakes. *Wetlands*, 36(6): 1087–1095.
- Wang R X, Yang X J. 2020. Seasonal pattern of waterbird communities at Lake Dianchi, Yunnan-Guizhou Plateau, south-west China. *Forktail*, 36: 97–105.
- Wang R X, Yang X J. 2021a. Waterbird composition and changes with wetland park construction at Lake Dianchi, Yunnan-Guizhou Plateau. *Mountain Research and Development*, 41(1): R29–R37.
- Wang R X, Yang X J. 2021b. Nestedness theory suggests wetland fragments with large areas and macrophyte diversity benefit waterbirds. *Ecology and Evolution*, 11(18): 12651–12664.
- Yang Y H, Zhou F, Guo H C, et al. 2010. Analysis of spatial and temporal water pollution patterns in Lake Dianchi using multivariate statistical methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 170(1): 407–416.
- Yuan B D, Lu C H. 2016. Effects of urbanization on bird diversity: A case study in Yizhou, Guangxi, China. *Asia Life Science* 25(1): 79–96.
- Zedler J B, Kercher S. 2005. Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 30: 39–74.
- Zhang Y R, Zhou D M, Niu Z G, et al. 2014. Valuation of lake and marsh wetlands ecosystem services in China. *Chinese Geographical Science*, 24(3): 269–278.
- 曹光秀, 王荣兴, 鲁斌, 等. 2023. 滇池湖滨湿地挺水植物收割对冬季水鸟多样性的影响. *湿地科学与管理*, 19(3): 9–13, 18.
- [Cao G X, Wang R X, Lu B, et al. 2023. Effects of harvesting of emergent macrophytes on waterbird diversity in lakeside wetland of Dianchi Lake in winter. *Wetland Science & Management*, 19(3): 9–13, 18.]
- 付梦娣, 田俊量, 朱彦鹏, 等. 2017. 三江源国家公园功能分区与目标管理. *生物多样性*, 25(1): 71–79. [Fu M D, Tian J L, Zhu Y P, et al. 2017. Identification of functional zones and methods of target management in Sanjiangyuan Nature Park. *Biodiversity Science*, 25(1): 71–79.]
- 顾臻芸, 薛嘉祈, 高金会, 等. 2024. 一种基于公众科学数据的区域性鸟类多样性评价方法. *生物多样性*, 32(7): 133–143. [Gu Y Y, Xue J X, Gao J H, et al. 2024. A public science data-based regional bird diversity assessment method. *Biodiversity Science*,

- 32(7): 133–143.]
- 国家林业和草原局, 农业农村部. 2021. 国家重点保护野生动物名录. [EB/OL]. [2025-08-10]. <https://www.gov.cn/zhengce/2021-02/05/5727412/files/7bf5c0b21f554df497f370068f027ddb.pdf>. [National Forestry and Grassland Administration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. 2021. List of National Key Protected Wild Animals. [EB/OL]. [2025-08-10]. <https://www.gov.cn/zhengce/2021-02/05/5727412/files/7bf5c0b21f554df497f370068f027ddb.pdf>.]
- 韩联宪, 陈崇祥, 初涛, 等. 2000. 云南昆明滇池冬季水鸟调查 // 中国鸟类学会, 台北市野鸟学会, 中国野生动物保护协会. 中国鸟类学研究——第四届海峡两岸鸟类学术研讨会文集. 北京: 中国林业出版社, 282–290. [Han L X, Chen C X, Chu T, et al. 2000. Winter waterbird survey of Dianchi Lake in Kunming, Yunnan // Ornithological Society of China, Taipei Wild Bird Society, China Wildlife Conservation Association. Ornithological Research in China—Proceedings of the 4th Cross-Strait Symposium on Avian Research. Beijing: China Forestry Publishing House, 282–290.]
- 黄文, 董蓉梅, 高超平, 等. 2025. 滇池湖滨湿地修复驱动的土地利用及湿地景观格局变化. 四川林业科技, 46(2): 69–77. [Huang W, Dong R M, Gao C P, et al. 2025. Changes of land use and wetland landscape pattern driven by the ecological restoration of lakeside wetland in Dianchi Lake. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 46(2): 69–77.]
- 李继明, 王荣兴. 2013. 云南鸟类一新纪录——斑尾塍鹬. 四川动物, 32(6): 937. [Li J M, Wang R X. 2013. A new record of birds in Yunnan—spotted-tailed sandpiper. Sichuan Journal of Zoology, 32(6): 937.]
- 李湫, 杨利云, 邓开红, 等. 2021. 滇中三大高原湖泊鸟类资源调查与评价. 湖北农业科学, 60(17): 104–110. [Li Q, Yang L Y, Deng K H, et al. 2021. Investigation and evaluation of bird resources on three highland lakes in central Yunnan province. Hubei Agricultural Sciences, 60(17): 104–110.]
- 廖辰灿. 2020. 滇池湖滨区两个时期鸟类多样性变化及其与土地覆盖的相关性研究. 昆明: 云南大学硕士学位论文. [Liao C C. 2020. Alteration of birds diversity in two periods in the lakeshore of Dianchi Lake and its correlation with land cover type. Kunming: Yunnan University, Master's dissertation.]
- 廖辰灿, 毛茜, 史惠灵, 等. 2021. 滇池湖滨区湿地鸟类栖息地适宜性评价研究. 西南林业大学学报: 自然科学, 41(1): 78–84. [Liao C C, Mao Q, Shi H L, et al. 2021. Study on habitat suitability evaluation for wetland birds in Dianchi Lake wetland. Journal of Southwest Forestry University, 41(1): 78–84.]
- 廖峻涛. 2017. 拉市海水鸟多样性时空特征及保护策略. 昆明: 云南大学博士学位论文. [Liao J T. 2017. Spatio-temporal variation characteristics and conservation strategies of waterbird diversity at Lashihai Lake. Kunming: Yunnan University, Doctoral dissertation.]
- 刘学先, 冯理, 韩联宪, 等. 2008. 纳帕海湿地冬季水鸟种类与数量监测初报. 林业调查规划, 33(1): 66–69. [Liu X X, Feng L, Han L X, et al. 2008. Preliminary report on monitoring of quantity and species of winter water bird in Napahai wetland. Forest Inventory and Planning, 33(1): 66–69.]
- 刘阳, 陈水华. 2021. 中国鸟类观察手册. 长沙: 湖南科学技术出版社. [Liu Y, Chen S H. 2021. The CNG Field Guide to the Birds of China. Changsha: Hunan Science & Technology Press.]
- 鲁斌, 王荣兴, 曹光秀, 等. 2024. 滇池湖滨湿地水鸟栖息地重要性评估及其影响因子分析. 野生动物学报, 45(3): 561–570. [Lu B, Wang R X, Cao G X, et al. 2024. Habitat importance assessment and analysis of influencing factors of waterbirds in lakeside wetland of Dianchi Lake. Chinese Journal of Wildlife, 45(3): 561–570.]
- 罗康. 2014. 滇池湖滨区湿地鸟类群落及其栖息地选择影响因素研究. 昆明: 云南大学硕士学位论文. [Luo K. 2014. Communities and habitat selection of wetland birds in the lakeshore-wetland around the Dian Lake. Kunming: Yunnan University, Master's dissertation.]
- 彭燕章, 杨德华, 匡邦郁. 1987. 云南鸟类名录. 昆明: 云南科技出版社. [Peng Y Z, Yang D H, Kuang B Y. 1987. List of Birds in Yunnan. Kunming: Yunnan Science and Technology Press.]
- 涂文姬, 杨启鸿, 刘波, 等. 2017. 滇池越冬水鸟同步调查研究. 林业调查规划, 42(6): 52–57. [Tu W J, Yang Q H, Liu B, et al. 2017. Synchronous survey of the wintering waterfowl in Dianchi Lake. Forest Inventory and Planning, 42(6): 52–57.]
- 王琳, 安雨, 崔庚, 等. 2024. 黄河银川段湿地水鸟群落多样性. 湿地科学, 22(4): 563–571. [Wang L, An Y, Cui G, et al. 2024. Diversity of waterbird communities in wetlands in Yinchuan reaches of the Yellow River. Wetland Science, 22(4): 563–571.]
- 王强, 吕宪国. 2007. 鸟类在湿地生态系统监测与评价中的应用. 湿地科学, 5(3): 274–281. [Wang Q, Lu X G. 2007. Application

- of water bird to monitor and evaluate wetland ecosystem. *Wetland Science*, 5(3): 274–281.]
- 王荣兴. 2017. 滇池水鸟群落特征及其对湖滨人工湿地的响应机制. 昆明: 中国科学院大学博士学位论文. [Wang R X. 2017. Characteristics of waterbird communities in Dianchi Lake and their response mechanisms to lakeside constructed wetlands. Kunming: University of Chinese Academy of Sciences, Doctoral dissertation.]
- 王荣兴, 莫正仙, 吕亚东, 等. 2025. 云南湿地水鸟多样性及空间分布. *生态学报*, 45(7): 3487–3506. [Wang R X, Mo Z X, Lü Y D, et al. 2025. Diversity and spatial distribution of waterbirds in Yunnan wetlands. *Acta Ecologica Sinica*, 45(7): 3487–3506.]
- 王荣兴, 吴飞, 杨晓君. 2016. 云南昆明发现印度池鹭. *动物学杂志*, 51(4): 716. [Wang R X, Wu F, Yang X J. 2016. Indian pond heron (*Ardeola grayii*) found in Kunming, Yunnan. *Chinese Journal of Zoology*, 51(4): 716.]
- 王荣兴, 杨晓君. 2015. 云南鸟类新纪录——大滨鹬. *四川动物*, 34(4): 598. [Wang R X, Yang X J. 2015. A new record of birds in Yunnan—big snipe. *Sichuan Journal of Zoology*, 34(4): 598.]
- 王智斌, 白皓天, 赵雪冰. 2017. 云南省鸟类新纪录——斑胸滨鹬、三趾滨鹬. *四川动物*, 36(3): 284. [Wang Z B, Bai H T, Zhao X B. 2017. New records of birds in Yunnan Province—spotted-breasted sandpiper and three-toed sandpiper. *Sichuan Journal of Zoology*, 36(3): 284.]
- 吴富勤, 张绍辉, 曾昭朝, 等. 2021. 湖滨带生态修复: 以云南昆明捞鱼河国家湿地公园为例. *湿地科学与管理*, 17(3): 54–58. [Wu F Q, Zhang S H, Zeng Z Z, et al. 2021. Ecological restoration of lakeside zone: a case study of Laoyu River national wetland park in Kunming. *Wetland Science & Management*, 17(3): 54–58.]
- 吴雪, 邓义祥, 何佳, 等. 2024. 对滇池流域山水林田湖草一体化保护和系统治理的思考. *中国环境管理*, 16(3): 66–74. [Wu X, Deng Y X, He J, et al. 2024. Considerations on the integrated protection and systematic conservation of mountain-water-forest-farmland-lake-grassland system in Dianchi Lake Basin. *Environmental Conformity Assessment*, 16(3): 66–74.]
- 吴忠荣, 刘越强, 刘菡, 等. 2008. 滇池草海越冬水鸟种类、数量与栖息环境调查. *林业调查规划*, 33(3): 33–36. [Wu Z R, Liu Y Q, Liu H, et al. 2008. A survey on species, number and habitats of waterfowls in Caohai of Dianchi Lake in winter. *Forest Inventory and Planning*, 33(3): 33–36.]
- 杨岚, 韩联宪, 王淑珍, 等. 1988. 云南水禽资源的调查研究. *动物学研究*, 9(S1): 23–31. [Yang L, Han L X, Wang S Z, et al. 1988. Investigation and study on waterfowl resources in Yunnan. *Zoological Research*, 9(S1): 23–31.]
- 张淑霞, 孔德军, 李连翔, 等. 2015. 泸沽湖及其附近竹地海湿地越冬水鸟群落组成及历史变化分析. *动物学杂志*, 50(5): 686–694. [Zhang S X, Kong D J, Li L X, et al. 2015. Waterbird communities changes in the past two decades in Lugu Lake and its adjacent Zhudihai Wetland, SW China. *Chinese Journal of Zoology*, 50(5): 686–694.]
- 张雁云. 2021. 中国生物多样性红色名录: 脊椎动物 第二卷 鸟类. 北京: 科学出版社. [Zhang Y Y. 2021. China's Red List of Biodiversity: Avian. Beijing: Science Press.]
- 郑光美. 2023. 中国鸟类分类与分布名录. 4 版. 北京: 科学出版社. [Zheng G M. 2023. A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China. 4th ed. Beijing: Science Press.]
- 中华人民共和国濒危物种科学委员会. 2023. 濒危野生动植物国际贸易公约: 附录 I、附录 II 和附录 III. [EB/OL]. [2025-08-10]. <http://cites.org/citesgy/fl/201912/W020191212554434119153.pdf>. [Scientific Commission on Endangered Species of the People's Republic of China. 2023. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora: Appendices I, II and III. [EB/OL]. [2025-08-10]. <http://cites.org/citesgy/fl/201912/W020191212554434119153.pdf>.]
- 钟日朝. 2022. 仿自然生态浮岛在深水区湿地生境恢复中的应用. *湿地科学与管理*, 18(5): 51–53. [Zhong R C. 2022. Application of imitated natural ecological floating island in wetland habitat restoration of deep-water wetland. *Wetland Science & Management*, 18(5): 51–53.]
- 周玲, 李云梅, 赵焕, 等. 2020. 滇池湖滨带植被时空变化及其对滇池总磷浓度的影响. *地球信息科学学报*, 22(10): 1946–1958. [Zhou L, Li Y M, Zhao H, et al. 2020. The spatiotemporal changes of vegetation in lakeshore of Dianchi Lake and its impact on total phosphorus concentration in Dianchi Lake. *Journal of Geo-Information Science*, 22(10): 1946–1958.]
- 朱源. 2020. 贵州草海水鸟群落动态及其重金属暴露风险研究. 贵阳: 贵州大学硕士学位论文. [Zhu Y. 2020. Dynamics of waterbirds community and their exposure risk of heavy metal exposure in Caohai wetland, Guizhou Province, China. Guiyang: Guizhou University, Master's dissertation.]