

DOI: 10.20103/j.stxb.202505131143

吕亚东, 蒙小好, 刘平安, 伍和启, 王荣兴. 云南省水鸟保护优先区及保护空缺分析. 生态学报, 2026, 46(10): - .

Lü Y D, Meng X H, Liu P A, Wu H Q, Wang R X. Identifying priority sites and gaps for the conservation of waterbirds in Yunnan Province. Acta Ecologica Sinica, 2026, 46(10): - .

云南省水鸟保护优先区及保护空缺分析

吕亚东^{1,2}, 蒙小好^{1,2}, 刘平安^{1,2}, 伍和启³, 王荣兴^{1,2,*}

1 大理大学东喜马拉雅研究院, 大理 671003

2 大理大学交叉科学中心, 大理 671003

3 中国科学院昆明动物研究所遗传资源与进化国家重点实验室, 昆明 650201

摘要:《生物多样性公约》第十五次缔约方大会(COP 15)将生物多样性保护提升为全球战略, 中国正积极推进“昆明-蒙特利尔框架”目标的落实。然而, 在栖息地丧失、污染、过度狩猎、生物入侵及气候变化等多重压力的协同作用下, 全球水鸟种群正经历显著衰退, 其中亚洲的衰退状况尤为严峻。因此, 水鸟及其栖息地的保护已成为 COP 15 框架下的核心议题之一。作为长江、珠江、红河、澜沧江、怒江和伊洛瓦底江六条主要河流的上游流域, 云南不仅拥有丰富的湿地生态系统类型, 更是全球水鸟迁徙系统的关键枢纽。然而受气候变化、农业扩张及旅游业发展影响, 云南湿地破碎化现象日益严重, 导致水鸟栖息地持续缩减。尽管投入了大量资源修复生态, 但资金不足、优先区域界定不清等问题依然存在。因此, 识别并保护云南省重要的水鸟栖息地成为水鸟保护工作中的重要一环。基于 2017 年、2021 年、2022 年和 2023 年实地调查的鸟类数据, 同时整合全球生物多样性信息库(GBIF)和中国观鸟记录中心 2014 年至 2024 年的水鸟数据, 沿用三个国际通用的水鸟重要栖息地识别标准, 确定了云南省水鸟保护优先区。在此基础上, 使用水鸟栖息地重要性指数将水鸟保护优先区划分为五类保护优先等级, 结合国家林业和草原局保护地名录, 分析水鸟保护空缺状况。结果显示: 满足保护优先区识别标准的水鸟共 10 种, 其中, 极危物种 1 种, 濒危物种 2 种, 易危物种 3 种, 近危物种 1 种, 无危物种 3 种。共有 41 个水鸟保护优先区, 按保护优先等级由高到低分别有 3 个、3 个、3 个、11 个和 21 个, 主要分布在滇西、滇西北和滇中地区。有 20 个水鸟保护优先区处于保护空缺状态, 主要集中在滇中和滇西。建议重点关注优先区的水鸟及其栖息地保护, 并将保护空缺地以湿地公园或保护小区等形式纳入湿地保护地体系, 并加强长期监测。

关键词: 湿地; 优先区; 保护空缺; 水鸟; 云南省

Identifying priority sites and gaps for the conservation of waterbirds in Yunnan Province

LÜ Yadong^{1,2}, MENG Xiaohao^{1,2}, LIU Pingan^{1,2}, WU Heqi³, WANG Rongxing^{1,2,*}

1 Institute of Eastern-Himalaya Biodiversity Research, Dali University, Dali 671003, China

2 Center for Interdisciplinary Sciences, Dali University, Dali 671003, China

3 State Key Laboratory of Genetic Resources and Evolution, Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China

Abstract: The 15th Conference of the Parties (COP 15) to the Convention on Biological Diversity elevated biodiversity conservation to a global strategy, and China has been actively implementing the goals of the “Kunming-Montreal Framework”. Nevertheless, global waterbird populations are undergoing a marked decline, driven by the confluence of threats such as habitat loss, pollution, over-hunting, biological invasions, and climate change. This downturn is especially acute in Asia, making the protection of waterbirds and their habitats a central focus within the COP 15 framework. As the

基金项目: 国家自然科学基金(32560136)

收稿日期: 2025-05-13; **网络出版日期:** 2026-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangrx@eastern-himalaya.cn

headwater region of six major rivers, including the Yangtze, Pearl, Red, Lancang, Nujiang and Irrawaddy, Yunnan possesses rich wetland ecosystem types and serves as a critical node in global waterbird migration systems. However, affected by climate change, agricultural expansion, and tourism development, wetland fragmentation in Yunnan has intensified, resulting in the continuous shrinkage of waterbird habitats. Although substantial resources have been invested in ecological restoration, challenges such as inadequate conservation resources and unclear priority sites persist. Therefore, identifying and conserving critical waterbird habitats in Yunnan Province has become a crucial aspect of waterbird conservation efforts. Based on field surveys conducted in 2017, 2021, 2022, and 2023, along with integrated waterbird data from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) and the website of the China Bird Report from 2014 to 2024, this study applied three internationally recognized criteria for identifying important waterbird habitats to determine the priority sites for waterbird conservation in Yunnan Province. On this basis, the Waterbird Habitat Importance Index was used to classify waterbird conservation priority sites into five levels of protection priority. Combined with the list of protected sites from the National Forest and Grassland Administration, the gaps in waterbird conservation were analyzed. The results indicated that: (1) A total of 10 waterbird species met the criteria for identifying priority conservation sites, including one Critically Endangered species, two Endangered species, three Vulnerable species, one Near Threatened species, and three Least Concern species. (2) A total of 41 priority sites for waterbird conservation were identified, classified into five protection priority levels (from highest to lowest): Category I (3 sites), Category II (3 sites), Category III (3 sites), Category IV (11 sites) and Category V (21 sites). These sites were mainly distributed in western, northwestern, and central Yunnan. (3) Among them, 20 waterbird conservation priority sites were found to be in a protection gap, primarily concentrated in the western and central regions of Yunnan Province. It is recommended to enhance the protection of waterbirds and their habitats in these priority sites, incorporate unprotected gap sites into the wetland protected site system in the form of wetland parks or conservation zones, and strengthen long-term monitoring.

Key Words: wetlands; priority sites; conservation gap; waterbirds; Yunnan

《生物多样性公约》第十五次缔约方大会 (COP 15) 以“生态文明: 共建地球生命共同体”为主题, 将生物多样性保护提升至全球战略高度^[1]。生物多样性保护是我国生态文明建设的重要组成部分, 也是我国履行 COP 15“昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架”的关键任务。水鸟作为湿地生态系统的旗舰物种, 其生存状况直接反映区域生态健康水平。COP 15 明确提出到 2030 年保护 30% 的陆地和海洋区域, 并恢复 20% 的退化生态系统, 这一目标直接覆盖了水鸟迁徙路线、繁殖地和越冬地等关键栖息地^[1]。云南省作为长江、珠江、红河、澜沧江、怒江和伊洛瓦底江六条国内或国际重要河流的上游或发源地, 是众多物种迁徙与过渡的关键缓冲地带, 同时也是全球水鸟迁徙路径上的重要驿站^[2]。依据第三次全国国土普查及 2021 年度国土资源调查的数据, 云南省湿地总面积约 59.30 万 hm^2 ^[3], 其湿地生态系统类型丰富, 核心构成包括上述六大河流水系, 以及滇池、洱海、抚仙湖、程海等九大高原湖泊湿地。该省江河纵横, 水系复杂, 是西南地区淡水湖泊分布最多的省份^[4], 同时也是云贵高原湖区的核心区域^[5]。湿地呈现显著的高海拔低纬度地理特征, 湖泊湿地集中分布于海拔 1500 m 以上的高原区域, 多属封闭或半封闭型水体系统, 受地形地貌与水文条件限制, 湖水水体更新周期漫长, 致使污染物滞留效应显著, 极易遭受面源污染威胁并引发富营养化问题。随着湿地周边农业生产活动扩张与旅游业快速发展, 高强度的人类干扰加剧了湿地生态系统的破碎化进程, 严重威胁其完整性与连通性^[6]。

近几十年来, 由于气候变化、人类干扰等因素造成了大量湿地的退化, 依赖于湿地生存的水鸟种群数量也随之减少^[7-8]。在我国 260 种水鸟中, 84 个物种因为湿地退化或消失导致种群数量下降; 38 个濒危 (Endangered) 物种中有 32 个物种正受到严重威胁^[4]。云南省作为候鸟南北迁徙的重要驿站 (EAAFP, <https://www.eaaflyway.net>), 栖息着 10 目 23 科 194 种水鸟, 占全国水鸟物种数的 61.01%^[9]。在自然和人为

因素双重作用下,云南省湿地面积日益减少,水鸟栖息地受到威胁,针对性的开展栖息地保护工作势在必行。为处理湖泊的退化问题,云南省通过建立分级分类保护体系,将湿地保护纳入省级战略框架,采用“退田还湖”、“湖滨带修复”等措施,投入大量资金,重点支持国际重要湿地和国家重要湿地的生态修复^[10]。面对水鸟栖息地持续受损的现状,除了系统性的湿地修复外,及时制定针对性的水鸟及其栖息地保护措施尤为重要,其中建立自然保护地是推进水鸟栖息地保护和修复的一种有效途径^[11]。然而由于人力物力资源有限,在实际保护工作中难以涵盖所有物种及保护地^[12],识别保护优先区、分析保护空缺成为十分有效的水鸟保护措施^[13]。

当前,运用热点分析方法识别水鸟保护优先区,是该领域最为常用的方式,已被运用于沿海等区域^[14]。另外,随着信息和网络的进步,公众科学(Citizen science)提供了新的数据源,在生态保护和环境监测等领域中发挥着越来越重要的作用^[15];中国观鸟记录中心(China Bird Report, <http://www.birdreport.cn>)作为目前国内最大的鸟类监测公民科学数据平台,覆盖了全国94%的鸟类物种和94.3%的县级行政区域;针对每一份提交的记录,均由经验丰富的审查人员实施严格的审核流程,以确保记录中地理位置的精确性以及物种鉴定的准确性。在2019至2023年期间,该中心的数据库成为中国环境科学院主导的“全国生物多样性评估”项目核心支撑数据源之一^[16]。该网站数据被广泛应用于识别水鸟保护优先区的研究中,如中国海滨湿地^[17]、武汉市^[18]、以及长江流域^[19]、黄河流域^[20]、珠江流域^[21]、辽河流域^[22]的水鸟保护优先区及保护空缺分析。

因此,本研究基于实地调查的鸟类数据并整合公民科学数据,构建湿地水鸟名录,基于此,探究以下两个科学问题:(1)云南省水鸟保护优先湿地有哪些?(2)有哪些水鸟保护优先区存在保护空缺?对上述科学问题的解答,可为云南省相关部门在湿地水鸟保护工作中提供有价值的参考依据和决策支持。

1 数据与方法

1.1 研究区域概况

云南省地处青藏高原东南侧,具体范围为东经 $97^{\circ}31'39''$ — $106^{\circ}11'47''$ 与北纬 $21^{\circ}08'32''$ — $29^{\circ}15'08''$ 。全省总面积39.4万 km^2 ,地势和地貌类型复杂多样,海拔76.4—6740 m(图1)。根据第三次全国国土调查及2021年度全国国土变更调查结果,全省湿地面积约59.30万 hm^2 ,其湿地类型包含森林沼泽、灌丛沼泽、沼泽草地、内陆滩涂等^[6]。该省湿地水鸟多样性丰富,共记录水鸟194种,占全国水鸟物种的61.01%,居全国第五位,其中珍稀物种70种,包括一级和二级国家重点保护野生动物60种。水鸟居留类型多样,以冬候鸟和旅鸟为主,是重要的水鸟越冬地和迁徙中途停歇地。从生态类群看,涉禽占比最高(58.76%),特别是小型涉禽

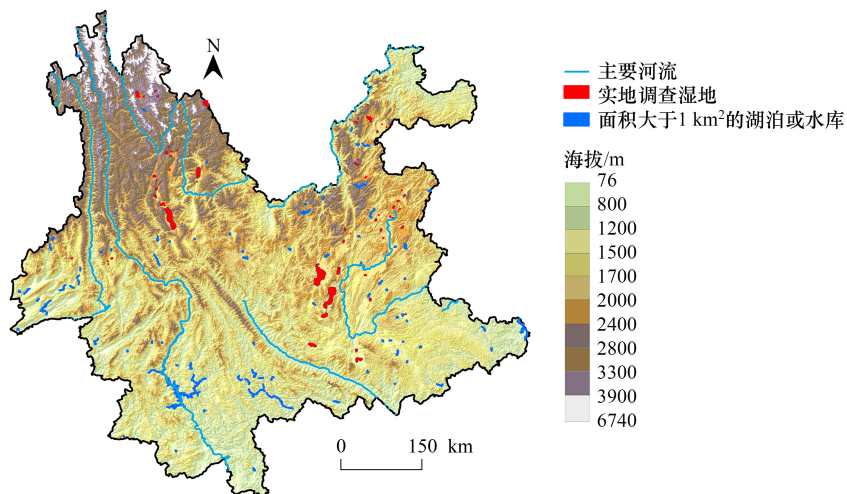


图1 云南省主要湿地空间分布与实地调查样点位置

Fig.1 Spatial distribution of major wetlands in Yunnan Province and the locations of field survey

(31.96%),而游禽中以浮水游禽为主(27.84%),是中国水鸟多样性最丰富的地区之一,其湿地生态系统对全球水鸟保护具有重要意义^[9]。

1.2 数据采集与处理

1.2.1 水鸟数据获取

(1) 实地调查

采用湖面扫描法进行湖(库)内调查;按照湿地斑块为单位,采用标图法对湖(库)滨湿地进行调查^[23]。于2017年、2021年、2022年和2023年对云南省部分面积大于1 km²的65个湿地进行水鸟调查,涵盖该省面积大于1 km²的31个湖泊湿地中的82.7%^[24],以及部分水库湿地(图1)。对于面积大于10 km²的湿地采用系统抽样法调查,沿湿地每隔5—7 km设置一个视野较好的观察点,用双筒望远镜(OLYMPUS 10×42 EX WP)和单筒望远镜(Carl Zeiss DiaScope 85 T* FL)扫描观察记录半径约为1 km范围内的水鸟种类及其数量;对于面积小于10 km²的湿地,采用全湖(库)调查完成,即使用调查设备扫描记录所有湖面的水鸟种类及数量。

(2) 公民科学数据获取

搜集整合全球生物多样性信息库(GBIF, <https://www.gbif.org>)和中国观鸟记录中心(China Bird Report, <http://www.birdreport.cn/>)2014年1月—2024年1月的水鸟数据。

(3) 水鸟多度数据获取

在鸟类多度评估中,优先采用系统性实地调查数据,并辅以公民科学数据来填补区域和物种的覆盖空白。对于实地调查数据,某物种在特定湿地的多度通过以下两步确定:首先,计算其在单次调查中所有观察点的累计数量;然后,从所有调查轮次中,取该物种单次累计数量的最大值作为其在该湿地的最终多度。

由于公民科学数据中同种鸟类观测数据存在重复和位置临近情况,为确保后续分析结果的准确性与可靠性,在ArcGIS 10.5软件中将数据点投影在同一坐标系后,借助缓冲区工具和空间连接工具,进行水鸟数据的提取与整合。具体而言,针对每个湿地生成500 m缓冲区,并利用空间连接功能,筛选出湿地范围内的水鸟观测信息。在此基础上,将湿地划分为500 m×500 m的网格单元。针对每个网格单元内的水鸟数据,以鸟类物种为分类依据,仅保留同种鸟类中观测数量最多的数据条目^[25],从而实现数据的精简与优化,确保后续生态学研究的数据质量。将筛选后同种鸟数量累积值作为该湿地水鸟的多度数据,共获得有效数据21818条。

1.2.2 水鸟保护优先区和保护空缺分析

(1) 水鸟保护优先区识别

采用拉姆萨尔公约水鸟保护优先区的判定标准进行识别(表1)^[26]。

表1 姆萨尔公约水鸟保护优先区评定标准

Table 1 Criteria for designating waterbird conservation priority sites under the Ramsar Convention

标准 Criteria	确定保护优先区的阈值 Provisional thresholds for identifying priority site
标准1 全球性受威胁物种大量存在的区域 Criteria 1 A wetland supports vulnerable, endangered, or critically endangered species or threatened ecological communities.	存在极危(CR)或濒危(EN)物种;易危(VU)物种的个体数量大于30只
标准2 栖息地占迁徙路线上种群的很大比例 Criteria 2 A wetland regularly supports 1% of the individuals in a population of one species or subspecies of waterbird.	种群数量超过全球或迁徙路线上种群的1%
标准3 维持一定的水鸟数量 Criteria 3 A wetland regularly supports 20,000 or more waterbirds.	为20000只或更多数量的水鸟提供栖息地

CR:极危 Critically Endangered; EN:濒危 Endangered; VU:易危 Vulnerable

若一个调查点满足上述三个标准中的一个,则认为该区域是水鸟保护优先区。

(2) 水鸟保护优先等级划分

参考 Xia 等的方法, 综合考虑水鸟保护优先区内的每个物种种群数量和 IUCN 红色名录受胁等级, 计算水鸟栖息地重要性指数, 值越大, 重要性越高^[14]。

$$I = \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \times W_i$$

式中, I 为水鸟栖息地重要性指数, 代表水鸟保护优先区的重要性值, n_i 和 N 分别代表第 i 种水鸟种群数量和该物种的全球种群数量(水鸟全球种群数量采用 IUCN 红色名录中最新全球种群估计值)。 W_i 是该物种的重要性权重, 参考《自然保护区水鸟栖息地状况计量方法》^[27], 划定依据为极危(Critically Endangered, CR) 赋值为 32, 濒危(Endangered, EN) 赋值为 16, 易危(Vulnerable, VU) 赋值为 8, 近危(Near Threatened, NT) 赋值为 4, 无危(Least Concern, LC) 赋值为 2, 濒危等级反映了物种受威胁程度及物种生存风险, 通过赋值, 在资源有限的情况下可确保保护资源优先投向最需要保护的物种及栖息地, 提高保护效率与针对性^[27]。

基于上述算法将获得的水鸟栖息地重要性指数值, 在 ArcGIS 10.5 软件中通过 Jenks 自然断裂法将水鸟保护优先等级划分为五类。Jenks 自然断裂法是专门为分析地理数据而开发的, 并已成为一种标准的地理分类算法, 其通过优化类内与类间方差平衡, 能精准捕捉生态数据自然分布特征, 对栖息地指数分级效果显著, 对于区域的划分具有很高的可信度^[28], 并被应用于水鸟保护优先区等级划分研究中^[20]。

(3) 保护空缺分析

基于所确定的水鸟保护优先区和所划分的保护优先等级, 结合国家林业与草原局湿地管理司于 2022 年公布的自然保护区、湿地公园、森林公园等保护地名录, 分析云南省水鸟保护优先区目前所存在的保护空缺。从完整性保护方面考虑, 忽略湿地单元中划定的局部保护地(如国家湿地公园)。

2 结果与分析

2.1 水鸟多样性

共记录水鸟 152 种, 隶属 7 目 19 科, 占云南省水鸟物种总数(194 种)的 78.35%。在记录的物种中, 珍稀保护物种共计 43 种, 占比 28.3%。具体包括: 国家重点保护野生动物 38 种(一级 12 种, 二级 26 种); 世界自然保护联盟(IUCN)红色名录受胁物种 43 种; 以及《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)附录 I、II 所列物种 9 种。

满足水鸟保护优先区识别标准的水鸟物种共 10 种。其中包括国家重点保护野生动物一级 4 种(占比 40.0%), 二级 2 种(占比 20.0%); IUCN 红色名录中极危物种 1 种(占比 10.0%), 濒危物种 2 种(占比 20.0%), 易危物种 3 种(占比 30.0%), 近危物种 1 种(占比 10.0%), 无危物种 3 种(占比 30.0%)(表 2)。

表 2 云南省水鸟保护优先区识别物种名录

Table 2 Key species for waterbird conservation priority sites in Yunnan Province

物种 Species	国家保护等级 China's national protection category	世界自然保护联盟濒危物种红色名录等级(2025) IUCN Red List category (2025)	优先区识别标准 Identification criteria for priority sites
青头潜鸭 <i>Aythya baeri</i>	国家一级	极危	标准 1、标准 2
中华秋沙鸭 <i>Mergus squamatus</i>	国家一级	濒危	标准 1
蒙古沙鸨 <i>Charadrius mongolus</i>		濒危	标准 1
河燕鸥 <i>Sterna aurantia</i>	国家一级	易危	标准 1
紫水鸡 <i>Porphyrio poliocephalus</i>	国家二级	易危	标准 1、标准 2
红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>		易危	标准 1
黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i>	国家一级	近危	标准 2
黑颈鸬鹚 <i>Microcarbo niger</i>	国家二级	无危	标准 2
斑头雁 <i>Anser indicus</i>		无危	标准 2
赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>		无危	标准 2

2.2 水鸟保护优先区及优先保护等级划分

经数据收集与分析,共获得 524 条数据。基于此,确定了云南省 41 个水鸟保护优先区域。这些优先区域主要分布于滇西、滇西北和滇中区域。根据优先保护等级划分:I 类区域 3 个,分别为纳帕海、滇池和拉市海;II 类区域 3 个,为洱海、剑湖与念湖;III 类区域 3 个,为北海湿地、星云湖及大山包黑颈鹤 *Grus nigricollis* 国家级自然保护区。此外,IV 类与 V 类区域分别有 11 个和 21 个(图 2 和表 3)。

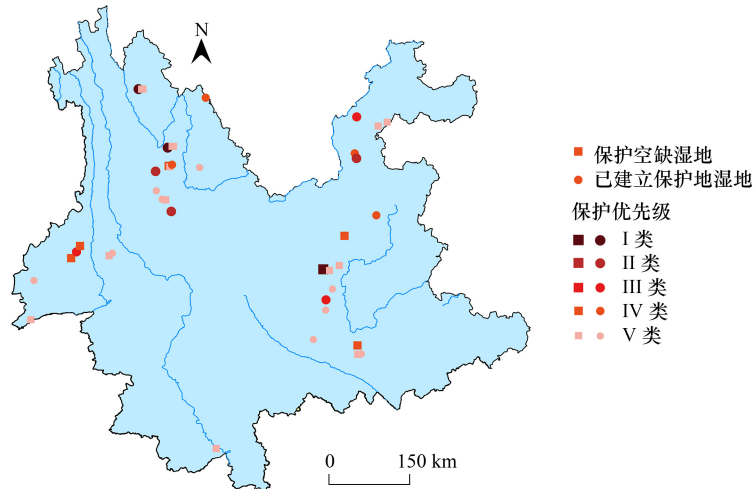


图 2 云南省水鸟保护优先区划分

Fig.2 Priority sites and conservation gaps of waterbirds in Yunnan Province

2.3 保护状态与空缺

所确定的 41 个水鸟保护优先区中,有 20 个为保护空缺区域,占总数的 48.8%。这些保护空缺地主要集中在滇中和滇西北区域(图 2)。水鸟保护空缺地中水鸟保护优先等级处于 I 类的有 1 个(滇池),IV 类的有 6 个;V 类的有 13 个(表 3)。

2.4 水鸟保护优先区物种组成相似性比较

将保护优先区对应的保护物种进行聚类分析,结果显示:在云南省水鸟保护优先区中,不同湿地呈现出差异化的保护重点(图 3)。

从优先保护物种的数量来看,优先保护物种分布最多的三个湿地为:泸沽湖 5 种,纳帕海 4 种,拉市海 4 种。

在单一优先保护物种方面,抚仙湖等 12 个湿地仅将红头潜鸭 *Aythya ferina* 列为优先保护鸟类;会泽黑颈鹤国家级自然保护区、大山包黑颈鹤国家级自然保护区等 4 个湿地,则把黑颈鹤作为优先保护物种;弄莫湖湿地将黑颈鸬鹚 *Microcarbo niger* 作为优先保护物种;大盈江湿地则以河燕鸥 *Sterna aurantia* 为优先保护物种。

3 讨论

本研究共确定了 41 个水鸟保护优先区,其中有 20 个水鸟保护优先区处于保护空缺状态。从空间分布来看,云南省的水鸟保护优先区主要集中在以九大高原湖泊为主的高海拔区域。其主要原因可能是这些区域具有更大的湿地面积,为水鸟提供更多样的栖息地,以及更有效地缓解人为干扰带来的影响,更有利于物种栖息^[29]。

在过去几十年间由于人类过度开垦、围湖造田等活动导致自然湿地面积大范围减少。面对这一严峻形势,云南省及时响应,相继颁布实施了《云南省湿地保护条例》及《云南省人民政府关于加强湿地保护工作的意见》(云政发[2014]44号)。这些政策法规的出台,不仅明确了湿地保护管理的指导思想、目标任务、工作

表 3 云南省水鸟保护优先区及优先保护物种数量
Table 3 Identification of priority conservation sites and associated population for protected waterbird species in Yunnan Province

优先等级 Priority category	湿地 Wetland	位置 Location	中心点经度 Central longitude	中心点纬度 Central latitude	所属保护区 Affiliated protected area	优先保护物种 Priority protected species											
						青头潜鸭 <i>Aythya baeri</i>	中华秋沙鸭 <i>Mergus squamatus</i>	蒙古沙鸥 <i>Charadrius mongolus</i>	河燕鸥 <i>Sterna aurantia</i>	紫水鸥 <i>Porphyrio poliocephalus</i>	红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>	黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i>	黑颈鸬鹚 <i>Microcarbo niger</i>	斑头雁 <i>Anser indicus</i>	赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>		
I 类 Category I	纳帕海▲	迪庆藏族自治州香格里拉市	99.64602874	27.8560382	纳帕海省级自然保护区	1*	5*			5	655*	560*			1281*	57	
I 类 Category I	拉市海▲	丽江市玉龙纳西族自治县	100.1334936	26.87957081	丽江市海高原湿地省级自然保护区	7*	9*			45*	183*		1		503	181	
I 类 Category I	滇池▲	昆明市	102.7351838	24.84835654		4*		21		1	113*			305	439		
II 类 Category II	洱海▲	大理白族自治州大理市	100.1919226	25.81450132	云南苍山洱海国家级自然保护区	2*		17		149*	125*	1		1	67		
II 类 Category II	剑湖▲	大理白族自治州剑川县	99.928212	26.48421644	剑川剑湖湿地省级自然保护区					612*	305*			273	104		
II 类 Category II	念湖	曲靖市会泽县	103.2911133	26.69876292	云南会泽黑颈鹤国家级自然保护区		7*			3	252*	1356*		2400*	6		
III 类 Category III	北海湿地▲	保山市腾冲市	98.55212373	25.12167366	腾冲北海湿地省级自然保护区	6*				100*	28			1	358		
III 类 Category III	星云湖	玉溪市江川区	102.7814489	24.33646951	云南江川星云湖国家级湿地公园	4*		1		2	153*						
III 类 Category III	大山包保护区	昭通市昭阳区	103.2944051	27.39085335	云南大山包黑颈鹤国家级自然保护区		1*				28	2178*		729			
IV 类 Category IV	泸沽湖▲	丽江市宁蒗彝族自治县	100.7662245	27.71265719	泸沽湖省级自然保护区	8*		60*		49*	1790*				6416*		
IV 类 Category IV	草海湿地▲	大理白族自治州鹤庆县	100.2048474	26.59193331	鹤庆草海国家级湿地公园	1*				348*	262*			11	97		
IV 类 Category IV	长桥海	红河哈尼族彝族自治州蒙自市	103.3698012	23.435963	云南蒙自长桥海国家级湿地公园	2*				116*	200*				4		
IV 类 Category IV	狼牙山水库	保山市腾冲市	98.610836	25.22831123		4*				30*					1		
IV 类 Category IV	三角海水库	红河哈尼族彝族自治州开远市	103.303959	23.57640585		8*					75*			27	260		
IV 类 Category IV	上游水库	昆明市嵩明县	103.088627	25.40616468		7*					28				3		
IV 类 Category IV	马树湿地	昭通市巧家县	103.2582561	26.7839353	巧家马树省级湿地公园					1	9	315*		199			
IV 类 Category IV	弄莫湖	德宏傣族景颇族自治州瑞丽市	97.8411691	24.0042875		3*				6	13		1252*		12		

续表

优先等级 Priority category	湿地 Wetland	位置 Location	中心点经度 Central longitude	中心点纬度 Central latitude	所属保护区 Affiliated protected area	优先保护物种 Priority protected species												
						青头潜鸭 <i>Aythya baeri</i>	中华秋沙鸭 <i>Mergus squamatus</i>	蒙古沙鸥 <i>Charadrius mongolus</i>	河燕鸥 <i>Sterna aurantia</i>	紫水鸥 <i>Porphyrio poliocephalus</i>	红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>	黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i>	黑颈鸕鹚 <i>Microcarbo niger</i>	斑头雁 <i>Anser indicus</i>	赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>			
IV类 Category IV	海峰湿地	曲靖市沾益区	103.620139	25.75020642	沾益海峰省级湿地 公园	8*					100*					40		1260
IV类 Category IV	西龙潭水库	大理白族自治州鹤 庆县	100.1460577	26.57543855		6*				10	41*							50
IV类 Category IV	水碓水库	保山市腾冲市	98.46089432	25.00932667		1*				32*	3							1
V类 Category V	清华湖	保山市隆阳区	99.20892887	25.11626646	云南保山清华海国 家级湿地公园	1*				3	120*							390
V类 Category V	拉姆央措湖	迪庆藏族自治州香 格里拉市	99.70302639	27.85957446		2*					37*					1		6
V类 Category V	异龙湖	红河哈尼族彝族自 治州石屏县	102.5654802	23.6741782	石屏异龙湖国家级 湿地公园	1*				13	35*							6
V类 Category V	大盈江	德宏傣族景颇族自 治州盈江县	97.8948784	24.65853161	云南盈江国家级湿 地公园					2	2			32*		15		1
V类 Category V	洱源西湖	大理白族自治州洱 源县	100.0362316	26.01754983	洱源西湖国家级湿 地公园					250*	22							9
V类 Category V	洱源东湖	大理白族自治州洱 源县	100.09774	26.00617717						100*								
V类 Category V	大屯海	红河哈尼族彝族自 治州	103.3106252	23.42929132		1*				32*	81*							1
V类 Category V	龙得湖	西双版纳傣族自治 州景洪市	100.9405074	21.85741086						67*	1							1
V类 Category V	杞麓湖	玉溪市	102.7726962	24.16614147	云南通海杞麓湖国 家级湿地公园					32*	2							
V类 Category V	茈碧湖	大理白族自治州洱 源县	99.94241838	26.1616178	洱源茈碧湖省级湿 地公园					1	271*							280
V类 Category V	觉池卡	迪庆藏族自治州香 格里拉市	99.68084113	27.85686188							62*							52
V类 Category V	大海子水库	保山市隆阳区	99.15156883	25.07687405							200*							1
V类 Category V	永丰水库	昭通市昭阳区	103.6527905	27.2386668							200*							2
V类 Category V	程海	丽江市永胜县	100.664113	26.54981496	永胜程海省级湿地 公园						60*							4

续表

优先等级 Priority category	湿地 Wetland	位置 Location	中心点经度 Central longitude	中心点纬度 Central latitude	所属保护区 Affiliated protected area	优先保护物种 Priority protected species														
						青头潜鸭 <i>Aythya baeri</i>	中华秋沙鸭 <i>Mergus squamatus</i>	蒙古沙鸥 <i>Charadrius mongolus</i>	河燕鸥 <i>Sterna aurantia</i>	紫水鸡 <i>Porphyrio poliocephalus</i>	红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>	黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i>	黑颈鸕鹚 <i>Microcarbo niger</i>	斑头雁 <i>Anser indicus</i>	赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>					
V类 Category V	关山水库	昆明市呈贡区	102.8360807	24.82676501		3					31*									
V类 Category V	抚仙湖	玉溪市	102.8863483	24.51925618	云南玉溪抚仙湖国 家级湿地公园					1	90*									5
V类 Category V	阳宗海	昆明市	103.00226	24.91175827							55*									1
V类 Category V	黄龙潭	大理白族自治州鹤 庆县	100.1677184	26.55815684							101*									31
V类 Category V	中济海	丽江市古城区	100.2059788	26.90036076							50*									11
V类 Category V	戛家石桥水库	昭通市昭阳区	103.8057879	27.30604931							41*									
V类 Category V	清溪公园	丽江市古城区	100.2260632	26.90354965							32*									30

▲:达到姆萨尔公约水鸟保护优先区评定标准 3 的湿地; *:该湿地该物种多度满足姆萨尔公约水鸟保护优先区评定标准 1 或标准 2

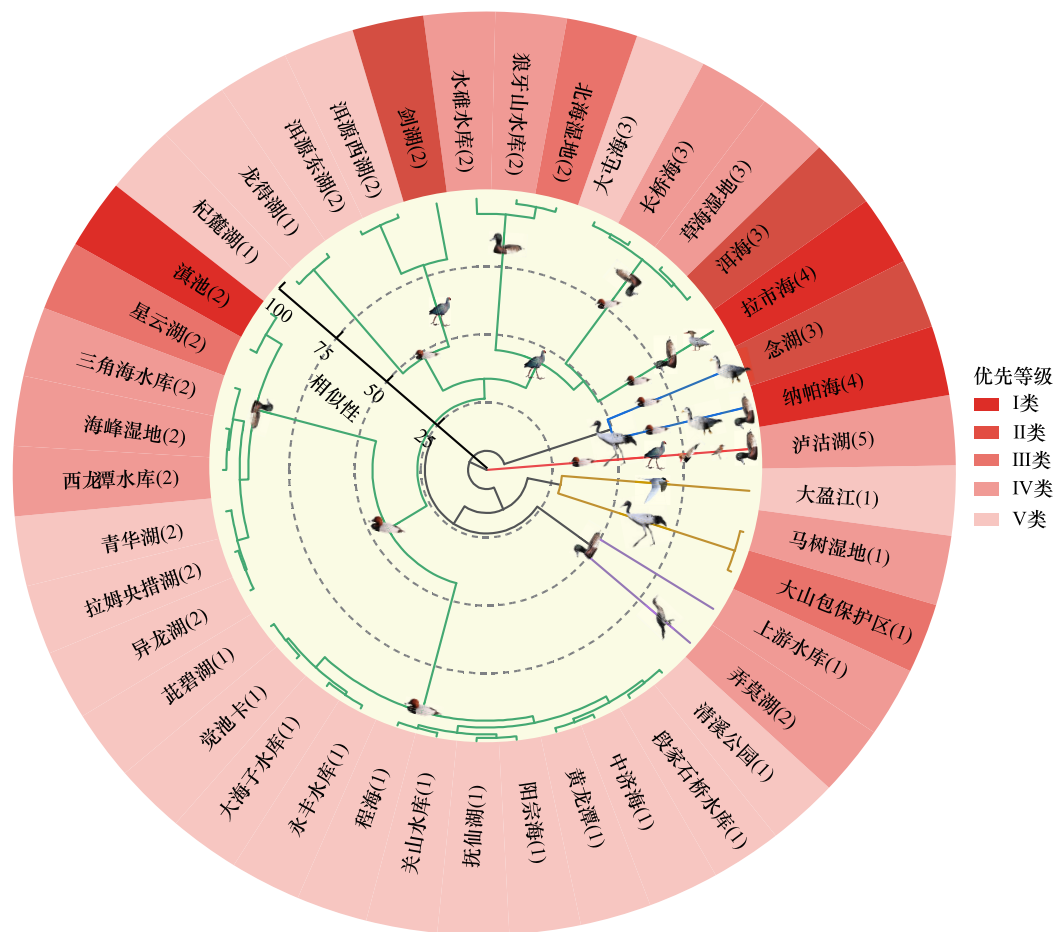


图3 云南省水鸟保护优先区优先保护物种聚类分析图

Fig.3 Cluster of priority conservation species among candidate conservation priority sites of waterbirds in Yunnan Province

括号内数字为对应湿地的优先保护物种数

重点和政策措施,更为科学、有序地开展湿地保护工作提供了坚实的法律依据与实践保障^[30]。然而,尽管政策层面已有所行动,湿地保护的实践成效仍面临挑战。在本研究所确定的41个水鸟保护优先区中,一个不容忽视的现实是,超过40%的地块仍存在保护空缺。这种保护空缺在具体案例中表现得尤为突出。以云贵高原第一大湖泊——滇池为例,其湖滨湿地曾因历史上长期的围湖造田以及环境污染等多重因素影响,导致水鸟栖息地面积持续萎缩,生态功能亦随之逐渐退化,进而引发了鸟类种群数量的下降^[31]。尽管如此,近十余年来,随着滇池湖滨湿地修复工程的积极推进,其水鸟多样性呈现出逐步提高的良好态势^[32]。基于此,本次分析将滇池列为I类水鸟保护优先区。这一转变恰恰凸显了对其制定并实施有效水鸟保护方案的紧迫性与必要性。除滇池外,本研究还识别出20个同样处于保护空缺状态的水鸟保护优先区。针对这些区域,特别是那些等级较高、且分布有独特优先保护物种的湿地,我们建议应优先考虑将其以保护小区或国家公园等不同形式,纳入现有的湿地保护地体系之中。同时,为动态掌握这些区域的生态状况与保护成效,加强长期监测工作亦至关重要。这既是弥补当前保护短板的关键举措,也是确保湿地生态系统及其生物多样性得以持续恢复与保护的重要保障。

在保护优先区制定策略时,需基于保护物种的生活习性,实施针对性的差异化保护措施。在单一物种保护型湿地中,需精准满足其特定需求,如以河燕鸥为优先保护水鸟的大盈江作为国内该物种的唯一繁殖区域,由于河燕鸥对繁殖生境存在特定偏好,倾向于选择有细沙、小石子且有稀疏草本植物的沙洲筑巢,这一习性决定了其繁殖成功率与此类生境的完整性高度相关^[33]。基于此,保护策略应围绕生境维护与干扰控制展开。

其中,对沙洲及石滩的保护需作为首要任务,具体包括维持其天然地貌与植被特征,避免因人为开发、工程建设等导致的生境破碎化或退化;同时,需采取措施减少人为干扰和外来物种入侵,如在繁殖期内限制人类进入核心区域,降低对河燕鸥繁殖行为的干扰,同时,在栖息地外围建立必要的物理屏障并配合化学防治措施,以防止红火蚁 *Solenopsis is invicta* 等外来物种的入侵。对于具有多物种多生态类群的湿地,可以尝试通过控制水位的方式来营造多样化的水鸟栖息地。许多研究表明水文是决定湿地结构和功能的重要因素^[34-35],影响着水鸟对湿地的动态响应^[36]。根据水鸟的生存需求调节水文条件,包括通过降低或升高水位来获得适宜水深、通过开闭溢洪道来实现预期水位波动、以及通过开挖或筑堤在湿地中形成各种地形地貌,用以控制不同类型水鸟可以进入的区域范围,更好的为水鸟保护提供便利^[37-38]。而云南省水鸟多为冬候鸟和旅鸟,且从生态类群来看多属于涉禽,在水鸟迁徙和越冬期间控制水位营造多样化栖息地可以在最大程度上满足不同类型水鸟的需求。

当前,我国物种保护工作主要聚焦于国家级重点保护野生动物及地方保护物种,多数此类物种的栖息地被纳入自然保护地体系,获得了较为有效的保护,如黑颈鹤,其受胁等级已从易危成功降为近危。此外,部分国家非保护物种,如斑头雁 *Anser indicus* 集中分布于纳帕海和会泽黑颈鹤保护区,在保护黑颈鹤栖息地的同时,实际也受到良好保护^[39]。然而,像红头潜鸭这类未被列入保护名录、种群明显衰退且栖息地分布广泛的水鸟,则需要加强关注。本研究识别出的保护空缺湿地,有 51% 正是为维持红头潜鸭种群而提出,虽然红头潜鸭在《中国脊椎动物红色名录》中仍被列为无危,但其自 1980s 以来分布范围大幅缩减、种群数量急剧下降,已引起广泛关注。根据国际鸟盟 2015 年数据,红头潜鸭的种群数量在三个世代内下降了 30% 至 40%。故世界自然保护联盟(IUCN)已将其全球受威胁等级从无危上调至易危^[40]。物种多样性保护作为一项具有全球意义的艰巨任务。在扎实推进国内生物多样性保护、积极实施各项保护措施的同时,也应树立全球视野,综合考量物种在全球尺度的保护需求^[41]。因此,在全球生物多样性保护框架下,持续关注红头潜鸭种群动态,给予适当的保护投入,不仅是对国际濒危物种保护倡议的响应,更是我国履行生物多样性国际责任、贡献全球保护力量的重要体现。

本研究虽取得了一定成果,但仍存在一些局限性。首先,云南省内湿地正处于持续改造与修复过程中,而水鸟对生境变化响应迅速,因此亟待对重要水鸟种类的分布与种群动态开展持续监测,及时更新数据,以深入了解其保护与栖息地状况。其次,本研究主要聚焦于面状湿地(如湖泊和水库),未系统覆盖线性湿地(如河流)。事实上,部分水鸟(如中华秋沙鸭 *Mergus squamatus*) 高度依赖河流生境,今后需加强对河流湿地的调查,识别其关键栖息地、明确分布范围,并通过设立保护小区等形式实施针对性保护。

4 结论

本研究共识别出云南省 41 个水鸟保护优先区,其空间分布集中于滇西、滇西北及滇中区域,有 10 种水鸟的种群数量达到国际重要栖息地识别标准。41 个优先区中有 20 个(48.8%) 处于保护空缺状态,其中包含 1 个 I 类优先区(滇池)和 6 个 IV 类优先区,主要分布于滇中和滇西。这些空缺区域是全球受胁物种及种群衰退物种的重要栖息地。基于此,建议进一步强化所有保护优先区水鸟及其栖息地的系统保护;将处于保护空缺的区域,以设立湿地公园或保护小区等形式纳入湿地保护体系,并实施基于物种生活史的差异化保护策略与长期动态监测。为水鸟的实时保护和管理提供及时信息,加强重点湿地和珍稀水鸟的保护,弥补当前的保护空缺。

参考文献(References):

- [1] Joly C A. The Kunming-montreal global biodiversity framework. *Biota Neotropica*, 2022, 22(4): e2022e001.
- [2] 曾昭朝,段利武,张绍辉,马山俊. 云南湿地生态效益补偿实施现状及政策建议. *福建林业科技*, 2023, 50(3): 124-128.
- [3] 云南省林业和草原局. 云南省湿地保护规划(2022—2030年)[2025-05-13]. https://lcj.yn.gov.cn/html/2023/fazhanguihua_1214/70373.html.
- [4] Wang X D, Kuang F L, Tan K, Ma Z J. Population trends, threats, and conservation recommendations for waterbirds in China. *Avian Research*,

- 2018, 9: 14.
- [5] Chan Y C, Peng H B, Han Y X, Chung S S, Li J, Zhang L, Piersma T. Conserving unprotected important coastal habitats in the Yellow Sea: Shorebird occurrence, distribution and food resources at Lianyungang. *Global Ecology and Conservation*, 2019, 20: e00724.
- [6] 李春卉, 张世涛, 叶许春. 云南高原湖泊面临的保护与开发问题. *云南地质*, 2005, 24(4): 462-470.
- [7] 吴富勤, 郑进烜, 华朝朗, 董磊, 王勇. 云南生物多样性保护成效及建议. *林业调查规划*, 2021, 46(5): 176-180.
- [8] Gregory R D, Noble D, Field R, Marchant J, Raven M, Gibbons D W. Using birds as indicators of biodiversity. 2003, 12(13): 11-24.
- [9] 王荣兴, 莫正仙, 吕亚东, 高超平, 刘平安, 杨露, 黄文, 董蓉梅, 蒙小好, 伍和启, 杨晓君. 云南湿地水鸟多样性及空间分布. *生态学报*, 2025, 45(7): 3487-3506.
- [10] 黄律, 高雨晗, 袁梦祥, 袁鑫奇, 刘嫦娥, 段昌群. 云南高原湖滨湿地修复进展. *环境生态学*, 2022, 4(7): 1-6, 14.
- [11] Zhang L, Wang X, Zhang J J, Ouyang Z, Chan S, Crosby M, Watkins D, Martinez J, Su L Y, Yu Y T, Szabo J, Cao L, Fox A D. Formulating a list of sites of waterbird conservation significance to contribute to China's Ecological Protection Red Line. *Bird Conservation International*, 2017, 27(2): 153-166.
- [12] 孔石. 国家级自然保护区与其他主要保护地类型的空间关系与分布格局[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.
- [13] 雷光春, 张正旺, 于秀波, 张明祥. 中国滨海湿地保护管理战略研究. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [14] Xia S X, Yu X B, Millington S, Liu Y, Jia Y F, Wang L Z, Hou X Y, Jiang L G. Identifying priority sites and gaps for the conservation of migratory waterbirds in China's coastal wetlands. *Biological Conservation*, 2017, 210: 72-82.
- [15] 张健, 陈圣宾, 陈彬, 杜彦君, 黄晓磊, 潘绪斌, 张强. 公众科学: 整合科学研究、生态保护和公众参与. *生物多样性*, 2013, 21(6): 738-749.
- [16] 中国环境科学研究院. 全国鸟类多样性评估报告. 北京, 2020.
- [17] 段后浪, 于秀波, 石建斌, 雷进宇, 夏少霞. 中国大陆沿海水鸟栖息地保护优先区及空缺分析. *生态学报*, 2021, 41(24): 9574-9580.
- [18] Tan C D, Ma J W, Yan Y S, Hong G, Wu X F. Identifying priority wetlands for the conservation of waterbirds in Wuhan, China. *Ecological Indicators*, 2023, 157: 111240.
- [19] 高俊琴, 郑姚闽, 张明祥, 崔国发. 长江中游生态区湿地保护现状及保护空缺分析. *湿地科学*, 2011, 9(1): 42-46.
- [20] 段后浪, 于秀波. 黄河流域水鸟保护优先区及空缺. *生态学报*, 2023, 43(20): 8663-8670.
- [21] 梁晨, 穆泳林, 智烈慧, 梁芳源, 李晓文, 白军红, 李鹏. 珠江流域湿地保护优先格局构建与保护空缺识别. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 2021, 57(1): 142-150.
- [22] 谢旭, 梁晨, 李晓文, 白军红, 穆泳林, 梁芳源. 辽河流域湿地优先保护格局构建与保护空缺识别. *湿地科学*, 2021, 19(4): 451-457.
- [23] Bibby C, Burgess N, Hill D, Mustoe S. *Bird Census Techniques*. 2nd ed. 2000
- [24] 马荣华, 杨桂山, 段洪涛, 姜加虎, 王苏民, 冯学智, 李爱农, 孔繁翔, 薛滨, 吴敬禄, 李世杰. 中国湖泊的数量、面积与空间分布. *中国科学: 地球科学*, 2011, 41(3): 394-401.
- [25] 蒋涛, 姜琳琳, 解晋敏, 姚思佳, 畅里鑫, 李欣, 杨朝辉. 基于兴趣点数据和最大熵模型的苏州市鸟类多样性研究. *生态与农村环境学报*, 2024, 40(11): 1473-1484.
- [26] Ramsar Convention Secretariat. *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*, 6th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland. 2013.
- [27] 孙锐, 崔国发. 自然保护区水鸟栖息地状况计量方法: CN102626060B. 2013-06-05.
- [28] Chen J, Yang S T, Li H W, Zhang B, Lv J R. Research on geographical environment unit division based on the method of natural breaks (jenks). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2013, 40: 47-50.
- [29] Cerda-Peña C, Rau J R. The importance of wetland habitat area for waterbird species-richness. *Ibis*, 2023, 165(3): 739-752.
- [30] Wang R X, Yang X J. Waterbird composition and changes with wetland park construction at Lake Dianchi, Yunnan-Guizhou plateau. *Mountain Research and Development*, 2021, 41(1): 29-37.
- [31] 董磊, 吴富勤, 马山俊, 李玲芬. 云南省湿地资源保护进展及建议. *安徽农业科学*, 2021, 49(11): 102-105.
- [32] 王欣, 鲍风宇. 基于鸟类多样性提升的南滇池国家湿地公园生态修复效果. *生物多样性*, 2025, 33(05): 171-180.
- [33] 左常盛, 张嵘荣. 那江那鸟那些人——河燕鸥保护纪实. *生命世界*, 2024(9): 32-35.
- [34] Euliss N H, LaBaugh J W, Fredrickson L H, Mushet D M, Laubhan M K, Swanson G A, Winter T C, Rosenberry D O, Nelson R D. The wetland continuum: a conceptual framework for interpreting biological studies. *Wetlands*, 2004, 24(2): 448-458.
- [35] O'Neal B J, Heske E J, Stafford J D. Waterbird response to wetlands restored through the conservation reserve enhancement program. *The Journal of Wildlife Management*, 2008, 72(3): 654-664.
- [36] Hoover J P. Effects of hydrologic restoration on birds breeding in forested wetlands. *Wetlands*, 2009, 29(2): 563-573.
- [37] Ma Z J, Cai Y T, Li B, Chen J K. Managing wetland habitats for waterbirds: an international perspective. *Wetlands*, 2010, 30(1): 15-27.
- [38] Mitchell L R, Gabrey S, Marra P P, Erwin R M. Impacts of marsh management on coastal-marsh bird habitats. 2006, 32: 155-175
- [39] 张建军. 云南会泽黑颈鹤国家级自然保护区冬季鸟类多样性研究. *绿色科技*, 2022, 24(12): 243-246.
- [40] Fox A D, Caizergues A, Banik M V, Devos K, Dvorak M, Ellermaa M, Folliot B, Green A J, Grüneberg C, Guillemain M, Håland A, Hornman M, Keller V, Koshelev A I, Kostushyn V A, Kozulin A, Lawicki L, Luigujõe L, Müller C, Musil P, Musilová Z, Nilsson L, Mischenko A, Pöysä H, Ščiban M, Sjeničić J, Stipnicec A, Švařas S, Wahl J. Recent changes in the abundance of Common Pochard *Aythya ferina* breeding in Europe. *Wildfowl*, 2016, 66(1): 22-40.
- [41] Wang W, Feng C, Liu F, Li J S. Biodiversity conservation in China: a review of recent studies and practices. *Environmental Science and Ecotechnology*, 2020, 2: 100025.