北京林业大学学报
JOURNAL OF BEIJING FORESTRY UNIVERSITY

中国国际重要湿地生物多样性保护现状和保护成效

付元祥 张大才 饶珊

Current status and conservation effectiveness of biodiversity in China's Ramsar Sites

Fu Yuanxiang, Zhang Dacai, Rao Shan

引用本文:
付元祥, 张大才, 饶珊. 中国国际重要湿地生物多样性保护现状和保护成效[J]. 北京林业大学学报, 2025, 47(12):118–134. doi: 10.12171/j.1000–1522.20250133
Fu Yuanxiang, Zhang Dacai, Rao Shan. Current status and conservation effectiveness of biodiversity in China's Ramsar Sites[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2025, 47(12):118–134. doi: 10.12171/j.1000–1522.20250133

在线阅读 View online: https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20250133

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

天津市湿地入侵植物现状和分布格局

Current status and distribution patterns of invasive plants in wetlands of Tianjin City, northern China

北京林业大学学报, 2025, 47(5): 131–141. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20240320

仙霞岭保护区伯乐树种群结构及遗传多样性

Population structure and genetic diversity of *Bretschneidera sinensis* in Xianxialing Nature Reserve, Zhejiang Province of eastern China

北京林业大学学报, 2024, 46(11): 76–82. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20230211

福建泉州湾河口湿地时空动态及其驱动机理

Spatiotemporal dynamics and its driving mechanism of the Quanzhou Bay Estuary Wetland, Fujian Province of eastern China

北京林业大学学报, 2021, 43(6): 75–82. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20200358

塔里木河流域珍稀、特有植物组成特征及保护优先区识别

Taxonomical characteristics of rare and endemic plant species and identification of their protection priority area in the Tarim River Watershed, Xinjiang of western China

北京林业大学学报, 2025, 47(6): 19–29. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20240442

干扰和氮沉降对空心莲子草入侵湿地植物群落的短期影响

Short-term effects of disturbance and nitrogen deposition on *Alternanthera philoxeroides* invading wetland plant communities

北京林业大学学报, 2023, 45(5): 119–132. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20210552

基于生境质量构建森林生物多样性保育价值模型

Construction of biodiversity protection value model for forest based on habitat quality

北京林业大学学报, 2020, 42(1): 1–9. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20190289

DOI:10.12171/j.1000−1522.20250133

中国国际重要湿地生物多样性保护现状和保护成效

付元祥[1,2] 张大才[1] 饶 珊[2]
（1. 西南林业大学林学院，云南 昆明 650224；2. 国家林业和草原局西南调查规划院，云南 昆明 650031）

摘要:【目的】本文旨在探索全国范围内国际重要湿地的生物多样性分布概况，定量评估中国国际重要湿地的保护成效。**【方法】**以湿地植物和水鸟为切入点，通过定量分析国际重要湿地的湿地面积概况、湿地植物和水鸟的物种多样性分布概况，以及 2014—2022 年的珍稀濒危水鸟的种群动态变化情况，本文系统研究了中国 82 个国际重要湿地的生物多样性保护现状和保护成效。**【结果】**(1)中国国际重要湿地面积仅占全国湿地面积的 3.76%，却保护了全国 61.22% 的湿地被子植物和 82.26% 的水鸟，保护了国家重点保护湿地被子植物的 63.64%、国家重点保护水鸟的 85.44% 和《中国生物多样性红色名录》濒危水鸟的 90.91%；(2)78.4% 的珍稀濒危物种在多个(≥2 个)国际重要湿地有记录；(3)在 2014—2022 年，珍稀濒危水鸟在国际重要湿地的出现率、物种数和个体数量均呈稳步增长趋势，其中以雁形目的水鸟增长最为迅速。**【结论】**本研究首次用定量的数据证明：中国的国际重要湿地在全球生物多样性保护方面发挥了重要作用，从保护珍稀濒危水鸟的角度，揭示了中国国际重要湿地的生物多样性保护成效在稳步提升。未来应该加强对重要湿地水鸟的常态化监测，同时开展气候变化、栖息地的水文条件变化、栖息地碎片化对水鸟物种和种群分布影响的相关研究。

关键词：湿地生物多样性；国际重要湿地；湿地植物；水鸟；珍稀濒危物种；种群动态
中图分类号：Q948.15 **文献标志码：**A **文章编号：**1000−1522(2025)12−0118−17
引文格式：付元祥，张大才，饶珊. 中国国际重要湿地生物多样性保护现状和保护成效 [J]. 北京林业大学学报，2025，47(12)：118−134. Fu Yuanxiang, Zhang Dacai, Rao Shan. Current status and conservation effectiveness of biodiversity in China’s Ramsar Sites[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2025, 47(12): 118−134.

Current status and conservation effectiveness of biodiversity in China’s Ramsar Sites

Fu Yuanxiang[1,2] Zhang Dacai[1] Rao Shan[2]
(1. School of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China;
2. Southwest Survey and Planning Institute of National Forestry and Grassland Administration, Kunming 650031, Yunnan, China)

Abstract: [**Objective**] The establishment of Ramsar Sites aims to ensure effective global conservation of wetlands critical for waterbird habitats, species diversity and climate regulation. Ramsar Sites play a significant role in global biodiversity conservation. Since joining the Ramsar Convention in 1992, China has designated 82 Ramsar Sites. The aim of this study is to explore the distribution patterns of biodiversity, and quantitatively evaluate the effectiveness of biodiversity conservation in these sites. [**Method**] Here, we focuse on wetland plants and waterbirds, and use quantitative analysis to examine the wetland area distribution, species diversity of plants and waterbirds, and population dynamics of rare and endangered

收稿日期: 2025−04−22 **修回日期:** 2025−06−10
基金项目: 国家自然科学基金项目(31960340)。
第一作者: 付元祥，博士生，正高级工程师。主要研究方向：湿地保护。Email：fugee1221@163.com 地址：650224 云南省昆明市盘龙区白龙寺 300 号西南林业大学林学院。
责任作者: 张大才，博士，教授。主要研究方向：生物多样性保护。Email：dczhang24@163.com 地址：同上。
本刊网址: http://j.bjfu.edu.cn；http://journal.bjfu.edu.cn

waterbirds from 2014 to 2022 across China's 82 Ramsar Sites. [**Result**] (1) Although China's Ramsar Sites cover only 3.76% of China's total wetland area, it has protected 61.22% of the wetland angiosperms and 82.26% of the waterbirds nationwide. Additionally, these sites safeguard 63.64% of nationally protected wetland angiosperms, 85.44% of nationally protected waterbirds, and 90.91% of waterbirds listed as endangered in *the China Biodiversity Red List*. (2) 78.4% of the rare and endangered species occurred in multiple Ramsar Sites. (3) All of the occurrence rates of waterbirds in Ramsar Sites, the number of species, the population size of rare and endangered waterbirds showed steady growth from 2014 to 2022. [**Conclusion**] This study provides the first quantitative evidence of significant contribution of China's Ramsar Sites to global biodiversity conservation. It highlights the progressive enhancement of conservation effectiveness from the perspective of rare and endangered waterbirds, underscoring the vital role of these sites in safeguarding biodiversity. In the future, it is essential to enhance regular monitoring of waterbirds in key wetlands while conducting research on the impacts of climate change, hydrological condition changes in habitats, and habitat fragmentation on species and population distribution of waterbirds.

Key words: wetland biodiversity; Ramsar Sites; wetland plants; waterbirds; rare and endangered species; population dynamics

湿地生态系统是全球生物多样性和生态系统服务的重要组成部分[1]。作为“地球之肾”，湿地通过植物和微生物的作用，去除有机污染物和重金属，显著提升水体质量，在水质净化中发挥着关键作用[2]。此外，湿地还在碳储存和气候调节中发挥重要作用，能够在土壤和植被中固定大量的碳，从而在减缓气候变化方面作出重要贡献[3]。湿地同时还是众多水生和陆生物种的重要栖息地，是其繁殖、迁徙和越冬的关键区域，极大地促进了物种多样性[4]。例如，湿地为鸟类、两栖动物和鱼类等提供了重要生境，这些生物在湿地生态系统中构建出复杂的食物网与物种间关系[5]。因此，保护湿地生态系统对保护全球生物多样性至关重要。

20 世纪中叶以来，湿地在全球范围内遭受严重破坏，湿地生物多样性显著下降，引发了国际社会对其保护的高度关注[6]。1971 年，这一环境危机促使来自 18 个国家的代表在伊朗拉姆萨尔共同签署了《特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》（简称《湿地公约》，又称《拉姆萨尔公约》）。该公约作为一项政府间条约，旨在通过国际合作保护湿地，维护其生态功能和生物多样性[7]，为湿地及其资源的保护与合理利用提供制度框架。公约设立“国际重要湿地”制度，旨在全球层面推动湿地保护，尤其是对水鸟栖息、生物多样性维持和气候调节等具有重要意义湿地的保护。根据《湿地公约》的规定，各缔约方需将具有重要生态、植物、动物、水文和气候价值的湿地列入“国际重要湿地名录”，以促进其可持续管理和有效保护[8]。该机制旨在提升国际社会对湿地生态价值的认知，推动各国采取立法和政策手段加强湿地保护[9]。“国际重要湿地”尤其强调生物多样性保护，其 9 项认定标准中，有 8 项与生物多样性相关，并重点关注水鸟保护。截至目前，全球已有包括中国在内的 172 个缔约方，共认定 2 523 个国际重要湿地，总面积约 2.57×10^8 hm^2。中国于 1992 年加入湿地公约，目前已认定 82 个国际重要湿地，总面积约 7.648×10^6 hm^2（https://www.ramsar.org/）。

中国的国际重要湿地在生物多样性保护方面具有显著的全球与区域价值。首先，中国湿地分布广泛、类型多样，为大量动植物提供了独特的栖息地与繁殖场所，尤其栖息着众多珍稀濒危和特有物种，如黑颈鹤（*Grus nigricollis*）、黑鹳（*Ciconia nigra*）、丹顶鹤（*Grus japonensis*）和白鹤（*Grus leucogeranus*）等鸟类，这些物种在全球范围内具有极高的保护价值[10]。因此，中国国际重要湿地的认定与保护对维护全球湿地生物多样性具有积极意义[11]。其次，中国湿地是候鸟迁徙通道的重要节点，连接东北亚、东南亚与澳大利西亚等区域，在鸟类迁徙过程中扮演着关键的停歇地和补给站的角色[12]。全球共有 9 条主要候鸟迁飞通道，其中有 4 条穿越中国，分别为东亚—澳大利西亚迁飞通道、中亚迁飞通道、西亚—东非迁飞通道以及西太平洋迁飞通道。中国现存水鸟中，有 280 多种为候鸟，占全国水鸟种数的 96%[13]。例如，黄河口、鄱阳湖等国际重要湿地是多种候鸟的重要迁徙中转地或越冬地，保障这些重要湿地的生态功能对区域生物多样性以及全球迁飞通道生态系统的稳定性具有深远影响[14]。

自 1992 年加入《湿地公约》以来，中国湿地保护的体制与机制不断健全，逐步走向制度化与法制化。国家先后建立湿地保护相关机构，发布了《全国湿地保护工程规划（2002—2030 年）》，并将“保护湿地”写

入党的十八大与十九大报告。特别是 2016 年发布了《湿地保护修复制度方案》和 2022 年正式施行了《中华人民共和国湿地保护法》，这标志着我国湿地保护工作进入法制化发展新阶段[15]。上述制度性举措也为推进国际重要湿地的生物多样性保护提供了法律和制度保障。在研究方面，过去 30 余年中，学界围绕国际重要湿地的生物多样性保护开展了大量研究，涵盖不同地域与物种维度。有较多研究聚焦于单个国际重要湿地的水鸟保护问题，如东洞庭湖湿地[16]、升金湖[17]、扎陵湖−鄂陵湖国际重要湿地[18]、鄱阳湖[19]、广东海丰湿地[20]，崇明东滩[21−22]。也有部分研究关注湿地中的昆虫[23]、原生动物[24]，植被[25−26]和外来入侵物种[27−28]，这些研究大多局限于某 1 个或少数几个国际重要湿地，从不同角度探讨其生物多样性特征，而全国尺度的综合性研究仍较为缺乏。目前,仅有少数关于全国范围的国际重要湿地生态质量的评估研究[29]，以及基于水鸟栖息地质量与食物资源适宜性的分析研究[30]。而有关全国尺度的国际重要湿地在生物多样性保护方面的重要性及保护成效的定量研究仍属空白。

水鸟和濒危物种对生境质量高度敏感，其种群动态可直接反映湿地生态系统的质量和完整性。湿地是高寒水韭（*Isoetes hypsophila*）、中华水韭（*I. sinensis*）、水松（*Glyptostrobus pensilis*）、水杉（*Metasequoia glyptostroboides*）、海菜花（*Ottelia acuminata*）等珍稀濒危植物的重要生境。1 项对中国 3 种水韭属植物的研究发现，水韭种群主要分布在水体 pH 值为酸性或中性的区域，并且对人类活动引起的环境变化极为敏感，人类活动若引起水域消失或污染，将直接威胁到水韭的生存[31]。野生海菜花只能生长在水质洁净、透明度较高的水体中，对水体污染、蓝藻水华和富营养化极为敏感，因此被视为水质的“试金石”[32−33]。在水鸟方面，有研究通过控制实验发现，水鸟通过调控植食性蟹类的数量，显著提升湿地植被恢复效率和多功能性（如碳固持、重金属净化等）。当水鸟种群衰退时，蟹类过度啃食导致植被消亡，湿地功能下降 20%，这类研究验证了水鸟作为关键种的生态调控作用。因此，通过珍稀濒危保护物种和水鸟作为指示物种来探索湿地生态系统质量和湿地保护成效具有重要意义[34]。

因此，本研究以湿地依赖性较强的植物（特别是珍稀濒危植物）和水鸟为主要研究对象，系统收集了中国现有 82 个国际重要湿地（表 1）的生物多样性资料，发现大多数珍稀濒危物种分布在多个国际重要湿地（图 1）。在物种多样性数据整理与分析的基础上，细化整理了近 9 年（2014—2022 年）水鸟个体数量的长期监测数据，以期回答以下关键科学问题：（1）中国国际重要湿地共保护了多少种湿地植物？其中包括多少种珍稀濒危植物？（2）共保护了多少种水鸟？其中包括多少种珍稀濒危水鸟？（3）近 9 年来，中国国际重要湿地水鸟个体数量呈现何种变化趋势？通过以上问题的系统分析与数据支持，旨在定量评估中国国际重要湿地在全球生物多样性保护中的重要性与实际成效。

1 研究方法

1.1 研究区域和数据来源

本研究的 82 个国际重要湿地位于中国 26 个省级行政区，具体的分布情况见表 1。

湿地植物物种多样性、水鸟物种多样性数据和水鸟个体数量监测来源于国家林业和草原局的国际重要湿地生态状况评价数据上报系统（http://211.167.243.173/stzkpj/index）中的每个国际重要湿地的《国际重要湿地生态状况监测报告》及相关附表，该系统的数据由各个国际重要湿地的管理机构上传提供。水鸟种群监测数据覆盖的时间跨度为 2014—2022 年。由于香港米埔的湿地信息未纳入该系统内，因此该湿地的信息来源于国际重要湿地信息表（RIS, https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/CN750RIS.pdf?language=en），且该湿地水鸟和湿地植物物种多样性的数据来源于世界自然基金会香港分会网站[35−36]。

1.2 重要湿地面积概况

本研究共收集整理了我国 82 个国际重要湿地的面积、湿地地类等数据。湿地地类参考《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号）和《湿地分类》（GB/T 24708—2009）的地类划分标准，按照红树林地、森林沼泽、灌丛沼泽、沼泽草地、沿海滩涂、内陆滩涂、沼泽地、河流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面、沟渠、盐田、低潮时水深浅于 6 m 的浅海水域共计 14 类湿地地类进行统计。

1.3 物种多样性

在 82 个国际重要湿地中，本研究共收集整理了 79 个国际重要湿地的湿地被子植物物种多样性数据。另外 3 个国际重要湿地（广东南澎列岛湿地、上海长江口中华鲟湿地自然保护区、大连斑海豹国家级自然保护区）范围的地类为沿海滩涂和浅海水域，无种子被子植物分布。本研究筛选湿地植物种类的数据库源于《中国湿地资源总卷》中的湿地植物名录[37]。

另外，本研究共收集整理了 80 个国际重要湿地

表 1　中国 82 个国际重要湿地基本信息

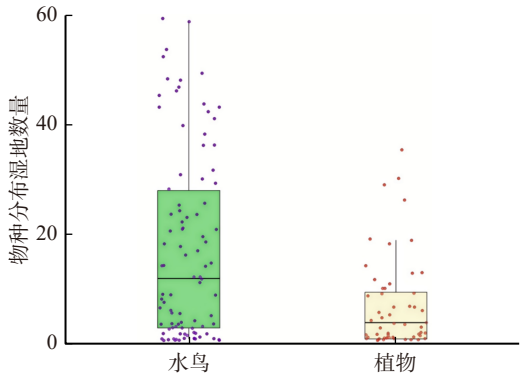
Tab. 1　Basic information of 82 Ramsar Sites in China

编号	所在省级行政区	名称	加入时间
1	吉林省	向海	19920331
2	黑龙江省	扎龙	19920331
3	江西省	鄱阳湖	19920331
4	湖南省	东洞庭湖	19920331
5	青海省	鸟岛	19920331
6	海南省	东寨港	19920331
7	香港特别行政区	米埔沼泽和内后海湾	19950904
8	上海市	上海崇明东滩自然保护区	20020111
9	江苏省	大丰国家级自然保护区	20020111
10	内蒙古自治区	内蒙古达赉湖国家级自然保护区	20020111
11	辽宁省	大连斑海豹国家级自然保护区	20020111
12	内蒙古自治区	鄂尔多斯国家级自然保护区	20020111
13	黑龙江省	洪河国家级自然保护区	20020111
14	广东省	惠东港口海龟国家级自然保护区	20020111
15	湖南省	南洞庭湖湿地和水禽自然保护区	20020111
16	黑龙江省	三江国家级自然保护区	20020111
17	广西壮族自治区	山口红树林自然保护区	20020111
18	湖南省	西洞庭湖自然保护区	20020111
19	黑龙江省	兴凯湖国家级湿地自然保护区	20020111
20	江苏省	盐城国家级自然保护区	20020111
21	广东省	湛江红树林国家级自然保护区	20020111
22	云南省	碧塔海湿地	20041207
23	云南省	大山包湿地	20041207
24	青海省	鄂陵湖	20041207
25	云南省	拉市海湿地	20041207
26	西藏自治区	麦地卡	20041207
27	西藏自治区	玛旁雍错	20041207
28	云南省	纳帕海湿地	20041207
29	辽宁省	双台河口	20041207
30	青海省	扎陵湖	20041207
31	福建省	福建漳江口红树林国家级自然保护区	20080202
32	广东省	广东海丰湿地	20080202
33	广西壮族自治区	广西北仑河口国家级自然保护区	20080202
34	湖北省	湖北洪湖湿地	20080202
35	上海市	上海长江口中华鲟湿地自然保护区	20080202
36	四川省	四川若尔盖湿地国家级自然保护区	20080202
37	浙江省	杭州西溪湿地	20090707
38	甘肃省	甘肃尕海湿地自然保护区	20110901
39	黑龙江省	黑龙江南瓮河国家级自然保护区	20110901
40	黑龙江省	黑龙江七星河国家级自然保护区	20110901
41	黑龙江省	黑龙江珍宝岛湿地国家级自然保护区	20110901

表 1(续)

Tab.1 (continued)

编号	所在省级行政区	名称	加入时间
42	湖北省	湖北沉湖湿地自然保护区	20131016
43	黑龙江省	东方红湿地国家级自然保护区	20131016
44	湖北省	湖北大九湖湿地	20131016
45	山东省	山东黄河三角洲湿地	20131016
46	吉林省	吉林莫莫格国家级自然保护区	20131016
47	甘肃省	张掖黑河湿地国家级自然保护区	20151016
48	安徽省	安徽升金湖国家级自然保护区	20151016
49	广东省	广东南澎列岛湿地	20151016
50	内蒙古自治区	内蒙古大兴安岭汗马湿地	20180108
51	黑龙江省	黑龙江友好湿地	20180108
52	吉林省	吉林哈泥湿地	20180108
53	山东省	山东济宁南四湖	20180108
54	湖北省	湖北网湖	20180108
55	西藏自治区	西藏色林错湿地	20180108
56	四川省	四川长沙贡玛湿地	20180108
57	甘肃省	甘肃盐池湾湿地	20180108
58	天津市	天津北大港湿地	20180108
59	河南省	河南民权黄河故道湿地	20200203
60	内蒙古自治区	内蒙古毕拉河湿地	20200203
61	黑龙江省	黑龙江哈东沿江湿地	20200203
62	甘肃省	甘肃黄河首曲湿地	20200203
63	西藏自治区	西藏扎日南木错湿地	20200203
64	江西省	江西鄱阳湖南矶湿地	20200203
65	北京市	北京野鸭湖国际重要湿地	20220202
66	黑龙江省	大兴安岭九曲十八湾国际重要湿地	20220202
67	黑龙江省	大兴安岭双河源国际重要湿地	20220202
68	江苏省	江苏淮安白马湖国际重要湿地	20220202
69	浙江省	浙江平阳南麂列岛国际重要湿地	20220202
70	福建省	福建闽江河口国际重要湿地	20220202
71	湖北省	湖北公安崇湖国际重要湿地	20220202
72	湖北省	湖北仙桃沙湖国际重要湿地	20220202
73	湖南省	湖南春陵湖国际重要湿地	20220202
74	湖南省	湖南毛里湖国际重要湿地	20220202
75	广东省	广东广州海珠国际重要湿地	20220202
76	广东省	广东深圳福田红树林国际重要湿地	20220202
77	广西壮族自治区	广西桂林会仙喀斯特国际重要湿地	20220202
78	广西壮族自治区	广西北海滨海国际重要湿地	20220202
79	四川省	四川色达泥拉坝国际重要湿地	20220202
80	云南省	云南会泽念湖国际重要湿地	20220202
81	甘肃省	甘肃敦煌西湖国际重要湿地	20220202
82	青海省	青海隆宝滩国际重要湿地	20220202



每一个点代表一个物种，其分布的湿地数量代表其在多少个湿地有分布记录。

图 1　有珍稀濒危物种出现的湿地数量

Fig. 1　Number of Ramsar Sites with rare and endangered species appearing

水鸟的物种多样性数据。其余 2 个国际重要湿地（上海长江口中华鲟湿地自然保护区、大连斑海豹国家级自然保护区）因其保护对象不涉及水鸟，管理机构未开展水鸟的调查监测。本研究筛选水鸟种类的数据库源于《中国湿地资源总卷》中的水鸟名录[37]。

用汇总的湿地物种名录建立包括科名、种中文名、种拉丁名的植物物种名录，植物名录通过 The Plant List 1.1（http://www.theplantlist.org/）标准化物种名，水鸟名录按照 2023 年版 Species2000 的中国生物物种名录（http://col.especies.cn/）进行标准化[38]。本研究还从统计得到的湿地植物和水鸟种类中筛选了列入国家重点保护物种名录[39–40]、IUCN 濒危物种[41]、CITES 附录 I 和 II 保护物种[42]、中国生物多样性红色名录（2020）的濒危物种名录的数量[43–44]。本研究中的珍稀濒危物种是指列入以上名录等级中 1 项或多项的物种。

为了进一步分析珍稀濒危物种的分布状况，本研究还统计了每一种珍稀濒危物种分布在哪些湿地，以及共在多少个湿地分布。

1.4　水鸟个体数量动态变化

本研究收集、整理了 2014—2022 年有水鸟种群记录的监测数据。针对同 1 个重要湿地，若同 1 年度、同 1 种水鸟有多个监测的种群记录，仅采用个体数量最大的单次记录。针对 2022 年新认定的 18 个国际重要湿地，本研究还从国际湿地公约网站的国际重要湿地信息服务站点（Ramsar Sites Information Service，https://rsis.ramsar.org/ris/xxxx，其中，“xxxx”代表该国际重要湿地在湿地公约网站的编号，例如会泽念湖湿地的地址为：https://rsis.ramsar.org/ris/2515），收集整理了这 9 年的水鸟监测记录数据。

为了分析珍稀濒危水鸟种群在不同年度的分布状况，本研究还统计了不同年度间，每 1 种珍稀濒危物种分布在哪些湿地，并用“出现率”来表示，出现率为某种水鸟当年出现在的国际重要湿地数量与当年开展了监测的所有湿地数量比值。在 R 语言中，对珍稀濒危水鸟出现率与时间（年份）进行了线性关系分析[45]。

为了分析 2014—2022 年间珍稀濒危水鸟物种数和个体数量的动态变化趋势，本研究对每个年度、每个湿地物种数量和个体数量进行了收集和整理统计。针对物种数量，分别统计每个年度所有国际重要湿地的物种数量（进行去重复统计）和平均每个国际重要湿地监测到的物种数。针对个体数量，分别统计每个年度所有国际重要湿地的个体数量和平均每个国际重要湿地监测到的物种数。为了进一步分析珍稀濒危水鸟种群在不同年度的种群构成，本研究还分目对鸟类的个体数量进行统计。

统计得到的结果在 R 语言中进行与时间（年份）的线性关系分析[45]。使用基础包（base package）中的 lm()函数来拟合线性模型，每组数据返回一个线性模型对象，其中包含斜率、截距信息。使用 summary()函数来查看模型的详细摘要，或者直接使用 *r*.squared()函数，从模型对象中提取衡量模型拟合程度的指标 R^2 值。在线性关系分析中，自变量年以 2013 年作为第 0 年，2014 年作为第 1 年，以此类推，2022 年为第 9 年。

2　结果与分析

2.1　湿地面积概况

在 82 个国际重要湿地中，有 20 个湿地属于滨海湿地，其余 62 个属于内陆湿地。国际重要湿地的总面积为 7.39×10^6 hm^2，其中湿地面积为 2.12×10^6 hm^2，湿地率为 28.7%，各类湿地面积与全国湿地面积[46]的比较见表 2。可以看出，湿地的主要类型为湖泊湿地（27.67%）、沼泽草地（20.87%）、沼泽地（14.74%）和滩涂湿地（包括沿海滩涂和内陆滩涂，共占 16.72%）。另外，国际重要湿地的湿地面积约占全国湿地面积的 3.76%。

2.2　物种多样性

本研究收集整理了 79 个国际重要湿地的湿地被子植物物种多样性数据，共收集到 141 科、834 属、2 379 种湿地被子植物，物种数占中国湿地被子植物的 61.22%。其中，国家保护植物 28 种，占中国湿地被子植物国家重点保护物种的 63.64%；IUCN 濒危物种 1 种，CITES 附录（I 和 II）的物种 5 种，《中国生物多样性红色名录》（2020）中的濒危物种 36 种，占中国湿地被子植物濒危物种的 63.64%。

另外，本研究共收集整理了 80 个国际重要湿地

表 2 中国国际重要湿地类型与面积

Tab. 2 Wetland types and areas of Ramsar Sites in China

湿地类型	国际重要湿地		全国湿地	
	面积/10^4 hm^2	占全国国际重要湿地总面积比例/%	面积/10^4 hm^2	占全国同类湿地比例/%
红树林地	1.080 4	0.51	2.71	0.05
森林沼泽	7.800 3	3.68	220.76	3.92
灌丛沼泽	1.897 2	0.89	75.48	1.34
沼泽草地	44.240 1	20.87	1 113.91	19.77
沿海滩涂	15.555 1	7.34	150.97	2.68
内陆滩涂	19.881 6	9.38	607.21	10.78
沼泽地	31.237 3	14.74	193.64	3.44
河流水面	8.546 7	4.03	882.98	15.67
湖泊水面	58.651 1	27.67	827.99	14.69
水库水面	0.893 3	0.42	339.35	6.02
坑塘水面	12.957 4	6.11	456.54	8.10
沟渠	3.500 2	1.65	351.71	6.24
盐田	3.198 8	1.51		
低潮时水深浅于6 m的浅海水域	2.548 5	1.20	411.68	7.31
总面积	211.987 9	100	5 634.93	100

注：全国湿地面积和类型数据源于《全国湿地保护规划（2022—2030 年）》[46]。

的水鸟物种多样性数据，共收集到 13 目、36 科、269 种水鸟。水鸟种数占中国湿地水鸟的 82.26%，列入珍稀濒危的水鸟种类共计 93 种，其中，国家保护水鸟 88 种，占中国湿地水鸟国家重点保护物种的 85.44%；IUCN 濒危物种 19 种，占中国湿地水鸟 IUCN 濒危物种的 70.37%；CITES 附录（I 和 II）的物种 17 种，占中国湿地水鸟 CITES 附录物种的 68.00%；《中国生物多样性红色名录》（2020）中的濒危物种 40 种，占中国湿地水鸟濒危物种的 90.91%。具体情况见表 3。

合计共记录到 55 种珍稀濒危植物和 93 种珍稀濒危水鸟，具体珍稀濒危物种名录和分布的湿地数见表 4~5。通过对珍稀物种分布的湿地数量分析，结果显示：有 32 种珍稀濒危物种仅在 1 个重要湿地有记录，约占珍稀濒危物种的 21.6%；而 78.4% 的珍稀濒危物种在 2 个（及以上）湿地有分布记录。在珍稀濒危植物方面，分布最广的 25% 植物（14 种）在 10 ~ 36 个湿地有分布，50% 的植物分布不超过 4 个湿地，75% 的植物分布不超过 10 个重要湿地，仅有 4 种植物在 20 个以上的国际重要湿地有分布。在珍稀濒危水鸟方面，分布最广的 25% 水鸟（24 种）在 28 ~ 59 个湿地有分布，50% 的水鸟分布不超过 12 个湿地，

表 3 中国国际重要湿地物种多样性

Tab. 3 Species diversity in China’s Ramsar Sites

类群	内容	国际重要湿地	全国湿地	比例/%
湿地植物	科	141	154	91.56
	属	834	1 096	76.09
	种	2 379	3 886	61.22
	国家重点保护	28	44	63.64
	IUCN	1	6	16.67
	CITES	5	16	31.25
	中国红色名录濒危	36	100	36.00
水鸟	目	13	13	100.00
	科	36	37	97.30
	种	269	327	82.26
	国家重点保护	88	103	85.44
	IUCN	19	27	70.37
	CITES	17	25	68.00
	中国红色名录濒危	40	44	90.91

注：IUCN.世界自然保护联盟（International Union for Conservation of Nature）红色名录濒危等级；CITES. 濒危野生动植物种国际贸易公约（Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora）附录。下同。生物多样性数据来源于《中国湿地资源总卷》[37]。

表 4　珍稀濒危植物名录及其分布的国际重要湿地数量

Tab. 4　List of rare and endangered plants and the number of Ramsar Sites where they are distributing

科	种名	国家保护级别	IUCN	CITES	中国生物多样性红色名录	物种分布的湿地数
豆科	野大豆 *Glycine soja*	Ⅱ			LC	35
睡莲科	莲 *Nelumbo nucifera*	Ⅱ			LC	30
兰科	绶草 *Spiranthes sinensis*			Ⅱ	LC	29
黑三棱科	黑三棱 *Sparganium stoloniferum*				VU	26
葫芦科	盒子草 *Actinostemma tenerum*				VU	19
毛茛科	水毛茛 *Batrachium bungei*				EN	19
榆科	榆树 *Ulmus pumila*				EN	18
水鳖科	龙舌草 *Ottelia alismoides*	Ⅱ			VU	14
百合科	北重楼 *Paris verticillata*	Ⅱ			LC	13
杨柳科	越橘柳 *Salix myrtilloides*				EN	13
兰科	大花杓兰 *Cypripedium macranthum*			Ⅱ		12
豆科	甘草 *Glycyrrhiza uralensis*	Ⅱ			NT	11
毛茛科	白花驴蹄草 *Caltha natans*				VU	10
鸢尾科	溪荪 *Iris sanguinea*				VU	10
木犀科	水曲柳 *Fraxinus mandschurica*	Ⅱ				9
菱科	四角刻叶菱 *Trapa incisa*	Ⅱ			DD	9
禾本科	中华结缕草 *Zoysia sinica*	Ⅱ			LC	9
龙胆科	条叶龙胆 *Gentiana manshurica*				EN	7
梧桐科	银叶树 *Heritiera littoralis*				VU	7
景天科	四裂红景天 *Rhodiola quadrifida*	Ⅱ			NT	7
伞形科	兴安白芷 *Angelica dahurica*				VU	6
睡莲科	莼菜 *Brasenia schreberi*	Ⅱ			CR	6
黄杨科	黄杨 *Buxus sinica*				VU	5
蓼科	金荞麦 *Fagopyrum dibotrys*	Ⅱ			LC	5
藜科	海滨藜 *Atriplex maximowicziana*				EN	4
豆科	胀果甘草 *Glycyrrhiza inflata*	Ⅱ			VU	4
杨柳科	小叶杨 *Populus simonii*				VU	4
泽泻科	浮叶慈菇 *Sagittaria natans*	Ⅱ			NT	4
败酱科	甘松 *Nardostachys chinensis*	Ⅱ				3
杨柳科	川三蕊柳 *Salix triandroides*				EN	3
禾本科	沙芦草 *Agropyron mongolicum*	Ⅱ			NT	2
豆科	响铃豆 *Crotalaria albida*				EN	2
茨藻科	纤细茨藻 *Najas gracillima*				VU	2
毛茛科	牡丹 *Paeonia suffruticosa*				CR	2
杨柳科	青杨 *Populus cathayana*				EN	2
景天科	长鞭红景天 *Rhodiola fastigiata*	Ⅱ			VU	2
泽泻科	小慈菇 *Sagittaria potamogetonifolia*				VU	2
兰科	缘毛鸟足兰 *Satyrium ciliatum*			Ⅱ		2
猕猴桃科	中华猕猴桃 *Actinidia chinensis*	Ⅱ			NT	1
胡桃科	喙核桃 *Annamocarya sinensis*	Ⅱ			EN	1
兰科	白及 *Bletilla striata*	Ⅱ			EN	1
泽泻科	泽苔草 *Caldesia parnassifolia*				CR	1

表 4(续)

Tab.4 (continued)

科	种名	国家保护级别	IUCN	CITES	中国生物多样性红色名录	物种分布的湿地数
胡桃科	山核桃 *Carya cathayensis*				VU	1
金缕梅科	中华蚊母树 *Distylium chinense*				EN	1
兰科	天麻 *Gastrodia elata*	Ⅱ		Ⅱ	DD	1
伞形科	珊瑚菜 *Glehnia littoralis*	Ⅱ	VU		CR	1
兰科	西南手参 *Gymnadenia orchidis*	Ⅱ		Ⅱ	VU	1
禾本科	水禾 *Hygroryza aristata*	Ⅱ			VU	1
茄科	黑果枸杞 *Lycium ruthenicum*	Ⅱ			NT	1
禾本科	野生稻 *Oryza rufipogon*	Ⅱ			CR	1
水鳖科	海菜花 *Ottelia acuminata*	Ⅱ			VU	1
胡桃科	湖北枫杨 *Pterocarya hupehensis*				VU	1
豆科	白刺花 *Sophora davidii*				VU	1
百合科	老鸦瓣 *Tulipa edulis*	Ⅱ				1
楝科	木果楝 *Xylocarpus granatum*	Ⅱ			VU	1

注：LC. 无危；CR. 极度濒危；EN. 濒危；VU. 易危；NT. 近危；DD. 数据缺乏。下同。

表 5 珍稀濒危水鸟名录及其分布的湿地数量

Tab. 5 List of rare and endangered waterbirds and number of Ramsar Sites where they are distributing

种名	科	目	国家保护级别	IUCN	CITES	中国生物多样性红色名录	物种分布的湿地数量
红头潜鸭 *Aythya ferina*	鸭科	雁形目		VU			59
白腰杓鹬 *Numenius arquata*	鹬科	鸻形目	Ⅱ				59
白琵鹭 *Platalea leucorodia*	鹮科	鹳形目	Ⅱ				54
鹗 *Pandion haliaetus*	鹗科	隼形目	Ⅱ				52
灰鹤 *Grus grus*	鹤科	鹤形目	Ⅱ		Ⅱ		49
鸳鸯 *Aix galericulata*	鸭科	雁形目	Ⅱ				48
黑鹳 *Ciconia nigra*	鹳科	鹳形目	Ⅰ		Ⅱ	VU	48
大天鹅 *Cygnus cygnus*	鸭科	雁形目	Ⅱ				47
花脸鸭 *Anas formosa*	鸭科	雁形目	Ⅱ		Ⅱ		46
青头潜鸭 *Aythya baeri*	鸭科	雁形目	Ⅰ	CR		CR	45
斑头秋沙鸭 *Mergellus albellus*	鸭科	雁形目	Ⅱ				44
鸿雁 *Anser cygnoides*	鸭科	雁形目	Ⅱ	VU			43
东方白鹳 *Ciconia boyciana*	鹳科	鹳形目	Ⅰ	EN	Ⅰ	EN	43
小天鹅 *Cygnus columbianus*	鸭科	雁形目	Ⅱ				42
黑颈鹛鹛 *Podiceps nigricollis*	鹛鹛科	鹛鹛目	Ⅱ				41
红腰杓鹬 *Numenius madagascariensis*	鹬科	鸻形目	Ⅱ			VU	40
白额雁 *Anser albifrons*	鸭科	雁形目	Ⅱ				38
小白额雁 *Anser erythropus*	鸭科	雁形目	Ⅱ	VU		VU	36
白尾海雕 *Haliaeetus albicilla*	鹰科	隼形目	Ⅰ		Ⅰ	VU	36
白枕鹤 *Grus vipio*	鹤科	鹤形目	Ⅱ	VU	Ⅰ	EN	32
翻石鹬 *Arenaria interpres*	鹬科	鸻形目	Ⅱ				31
白头鹤 *Grus monacha*	鹤科	鹤形目	Ⅰ	VU	Ⅰ	EN	30
水雉 *Hydrophasianus chirurgus*	水雉科	鸻形目	Ⅱ				29
阔嘴鹬 *Limicola falcinellus*	鹬科	鸻形目	Ⅱ				28
白胸翡翠 *Halcyon smyrnensis*	翠鸟科	佛法僧目	Ⅱ				26

表 5(续)

Tab.5 (continued)

种名	科	目	国家保护级别	IUCN	CITES	中国生物多样性红色名录	物种分布的湿地数量
小杓鹬 *Numenius minutus*	鹬科	鸻形目	II				25
白鹤 *Grus leucogeranus*	鹤科	鹤形目	I	CR	I	CR	24
黑嘴鸥 *Larus saundersi*	鸥科	鸥形目	I				24
黑脸琵鹭 *Platalea minor*	鹮科	鹳形目	I			EN	24
中华秋沙鸭 *Mergus squamatus*	鸭科	雁形目	I			EN	23
半蹼鹬 *Limnodromus semipalmatus*	鹬科	鸻形目	II				22
丹顶鹤 *Grus japonensis*	鹤科	鹤形目	I	EN	I	EN	21
黑颈鹤 *Grus nigricollis*	鹤科	鹤形目	I		I	VU	21
蓑羽鹤 *Grus virgo*	鹤科	鹤形目	II		II		21
角鸊鹈 *Podiceps auritus*	鸊鹈科	鸊鹈目	II				21
红腹滨鹬 *Calidris canutus*	鹬科	鸻形目				VU	20
赤颈鸊鹈 *Podiceps grisegena*	鸊鹈科	鸊鹈目	II				19
黄嘴白鹭 *Egretta eulophotes*	鹭科	鹳形目	I	VU		EN	18
棉凫 *Nettapus coromandelianus*	鸭科	雁形目	II			EN	18
玉带海雕 *Haliaeetus leucoryphus*	鹰科	鹰形目	I	EN	II	EN	17
大滨鹬 *Calidris tenuirostris*	鹬科	鸻形目	II	EN		EN	16
疣鼻天鹅 *Cygnus olor*	鸭科	雁形目	II				15
遗鸥 *Larus relictus*	鸥科	鸥形目	I				14
斑胁田鸡 *Porzana paykullii*	秧鸡科	鹤形目	II				14
小青脚鹬 *Tringa guttifer*	鹬科	鸻形目	I			EN	14
鹮嘴鹬 *Ibidorhyncha struthersii*	鹮嘴鹬科	鸻形目	II				12
小鸥 *Larus minutus*	鸥科	鸥形目	II				12
震旦鸦雀 *Paradoxornis heudei*	鸦科	雀形目	II				12
岩鹭 *Egretta sacra*	鹭科	鹳形目	II				11
长尾鸭 *Clangula hyemalis*	鸭科	雁形目		VU		EN	9
花田鸡 *Coturnicops exquisitus*	秧鸡科	鹤形目	II	VU		VU	9
勺嘴鹬 *Eurynorhynchus pygmeus*	鹬科	鸻形目	I				9
彩鹮 *Plegadis falcinellus*	鹮科	鹳形目	I				8
大凤头燕鸥 *Sterna bergii*	鸥科	鸻形目	II				8
紫水鸡 *Porphyrio porphyrio*	秧鸡科	鹤形目	II				7
斑嘴鹈鹕 *Pelecanus philippensis*	鹈鹕科	鹈形目	I			EN	6
海鸬鹚 *Phalacrocorax pelagicus*	鸬鹚科	鹈形目	II				6
黑头白鹮 *Threskiornis melanocephalus*	鹮科	鹈形目	I			CR	6
栗树鸭 *Dendrocygna javanica*	鸭科	雁形目	II			VU	5
远东苇莺 *Acrocephalus tangorum*	莺科	雀形目		VU		VU	4
白斑军舰鸟 *Fregata ariel*	军舰鸟科	鲣鸟目	II				4
白腹海雕 *Haliaeetus leucogaster*	鹰科	鹰形目	I		II	VU	4
虎头海雕 *Haliaeetus pelagicus*	鹰科	隼形目	I	VU	II	EN	4
小苇鹀 *Ixobrychus minutus*	鹭科	鹳形目	II				4
白喉斑秧鸡 *Rallina eurizonoides*	秧鸡科	鹤形目				VU	4
细纹苇莺 *Acrocephalus sorghophilus*	莺科	雀形目	II	EN		EN	3
红胸黑雁 *Branta ruficollis*	鸭科	雁形目	II	VU	II		3

表 5(续)
Tab.5 (continued)

种名	科	目	国家保护级别	IUCN	CITES	中国生物多样性红色名录	物种分布的湿地数量
黑浮鸥 *Chlidonias niger*	鸥科	鸻形目	Ⅱ				3
沙丘鹤 *Grus canadensis*	鹤科	鹤形目	Ⅱ		Ⅱ		3
栗鸢 *Haliastur indus*	鹰科	鹰形目	Ⅱ			VU	3
白鹈鹕 *Pelecanus onocrotalus*	鹈鹕科	鹈形目	Ⅰ			EN	3
棕背田鸡 *Amaurornis bicolor*	秧鸡科	鹤形目	Ⅱ				2
白鹳 *Ciconia ciconia*	鹳科	鹳形目	Ⅰ			RE	2
长脚秧鸡 *Crex crex*	秧鸡科	鹤形目	Ⅱ			VU	2
白腹军舰鸟 *Fregata andrewsi*	军舰鸟科	鲣鸟目	Ⅰ	CR	Ⅰ		2
栗头虎斑鸦 *Gorsachius goisagi*	鹭科	鹳形目	Ⅱ				2
黑冠虎斑鸦 *Gorsachius melanolophus*	鹭科	鹈形目	Ⅱ				2
黑嘴端凤头燕鸥 *Sterna bernsteini*	鸥科	鸻形目	Ⅰ				2
蓝耳翠鸟 *Alcedo meninting*	翠鸟科	佛法僧目	Ⅱ				1
大石鸻 *Esacus recurvirostris*	石鸻科	鸻形目	Ⅱ				1
黑腹军舰鸟 *Fregata minor*	军舰鸟科	鲣鸟目	Ⅱ				1
灰燕鸻 *Glareola lactea*	燕鸻科	鸻形目	Ⅱ				1
海南虎斑鸦 *Gorsachius magnificus*	鹭科	鹳形目	Ⅰ			EN	1
黄脚渔鸮 *Ketupa flavipes*	鸺鹠科	鸮形目	Ⅱ			EN	1
褐渔鸮 *Ketupa zeylonensis*	鸺鹠科	鸮形目	Ⅱ			EN	1
铜翅水雉 *Metopidius indicus*	水雉科	鸻形目	Ⅱ			VU	1
彩鹳 *Mycteria leucocephala*	鹳科	鹳形目	Ⅰ				1
朱鹮 *Nipponia nippon*	鹮科	鹳形目	Ⅰ			EN	1
白头硬尾鸭 *Oxyura leucocephala*	鸭科	雁形目	Ⅰ			CR	1
短尾信天翁 *Phoebastria albatrus*	信天翁科	鹱形目	Ⅰ			VU	1
黑鹳 *Pseudibis papillosa*	鹮科	鹳形目	Ⅰ				1
褐鲣鸟 *Sula leucogaster*	鲣鸟科	鹈形目	Ⅱ				1
红脚鲣鸟 *Sula sula*	鲣鸟科	鹈形目	Ⅱ				1

75% 的水鸟分布不超过 28 个重要湿地，有 16 种珍稀濒危水鸟在 40 个以上的国际重要湿地有分布。总体来看，珍稀濒危水鸟比珍稀濒危植物分布得更广。

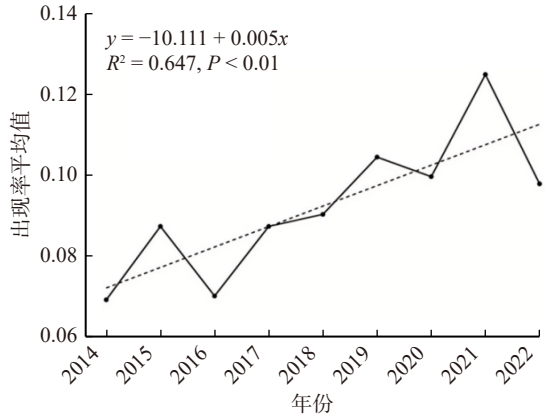
2.3 珍稀濒危水鸟个体数量动态变化

研究结果显示，在 2014—2022 年，有 65 个国际重要湿地有水鸟的监测记录，另外 27 个国际重要湿地因没有开展监测，无记录。这 9 年间，有水鸟监测记录的湿地数量分别为 14、16、24、38、32、38、40、37 和 43 个。有种群监测记录的珍稀濒危水鸟共 63 种，共计 1 707 条监测数据。

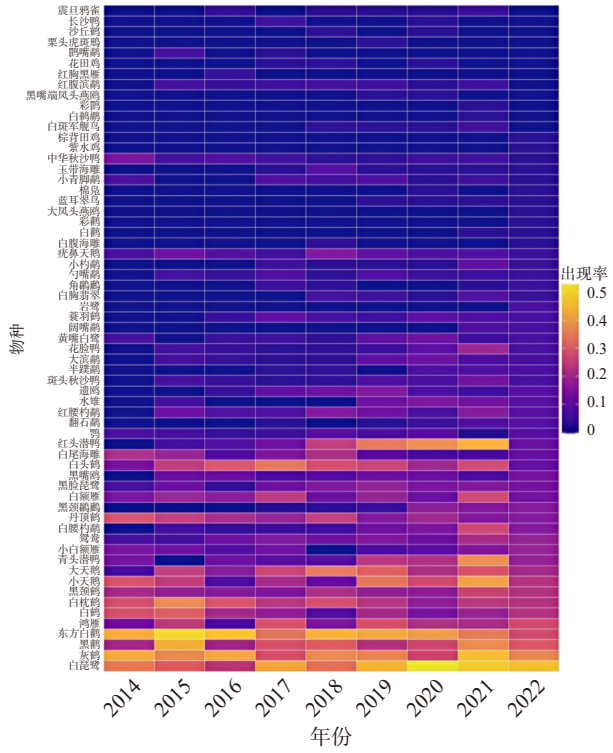
每种珍稀濒危水鸟每年在国际重要湿地的出现率分布如图 2 所示，监测到的珍稀濒危水鸟的物种出现率随年度的变化呈增加趋势(图 2a)。监测到的物种出现率随时间(年度)变化的斜率均为正值，且 P 值均小于 0.05，这说明这些指标随年度变化总体呈增加趋势，模型解释度(R^2)大于 60%，说明模型的解释度较好。每个年度每种水鸟在湿地出现的具体情况见图 2b。

监测到的珍稀濒危水鸟物种和个体数量随年度变化总体上也呈增加趋势(图 3)。监测到的物种总数(图 3a)、种群总数(图 3b)、平均每个湿地的物种数(图 3c)和平均每个湿地的个体数(图 3d)随时间(年度)变化的斜率均为正值，且 P 值均小于 0.05，这说明这些指标随年度变化呈显著增加趋势，其中有 3 个指标的模型解释度(R^2)大于 60%，说明模型的解释度较好。

珍稀濒危水鸟种群的组成随年度变化趋势的监测结果如图 4 所示。该结果显示，总体来看，各目的水鸟个体数量在年际有所波动，但总体呈增长趋势。在各目的水鸟中，雁形目水鸟个体数量增加最显著，从 2014 年的 5 352 只增加到了 2021 年的 40 299 只，其他目的水鸟个体数量则相对稳定。



a 物种出现率



b 物种出现率分布热力图

1 种鸟类的出现率 = 该鸟类出现在的国际重要湿地数量/当年开展水鸟监测的国际重要湿地数量

图 2　珍稀濒危水鸟出现率年际变化趋势

Fig. 2　Interannual changing trend of occurrence rates of rare and endangered waterbirds

3　讨　　论

3.1　中国国际重要湿地面积概况

中国国际重要湿地目前共有 82 个，国际重要湿地总面积为 7.38 × 10^6 hm^2，其中湿地面积为 2.12 × 10^6 hm^2（表 2）。全球目前共有国际重要湿地 2 524 个，国际重要湿地总面积 2.57 × 10^8 hm^2（https://www.ramsar.org/）。中国国际重要湿地的面积约为全球的 2.86%，数量约为全球的 3.25%。中国湿地面积约为 5.63 × 10^7 hm^2 [46]，约占全球湿地面积（1.21 × 10^9 hm^2）的 4.66%[9]。因此，从中国湿地面积占全球比例的角度来看，中国国际重要湿地数量和面积均低于全球平均水平，中国国际重要湿地数量应达到 117 个，面积应达到 1.2 × 10^7 hm^2，才能达到全球的平均水平。

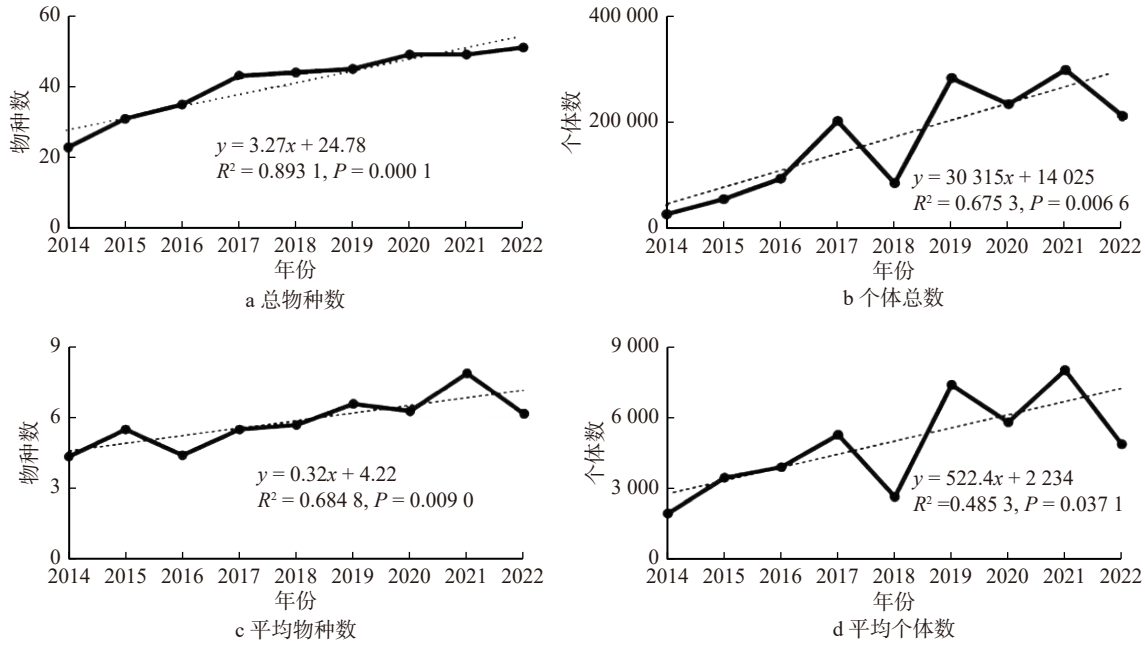
3.2　中国国际重要湿地是湿地植物和水鸟多样性汇集区域

中国国际重要湿地是野生动植物多样性汇集的区域，其面积约占全国湿地总面积（5.63 × 10^7 hm^2）的 3.76%（表 2）。国际重要湿地面积占比较低，但生物多样性极高。本研究共记录到了 141 科、834 属、2 379 种湿地被子植物，物种数占中国湿地被子植物的 61.22%（表 3）。这充分说明，这些湿地在中国湿地植物多样性中具有举足轻重的地位。另外，记录到的水鸟种数涵盖了中国湿地水鸟的 82.26%（表 3），这些湿地在全球范围内的物种保护网络中发挥了重要作用[47]。湿地生物多样性高的原因在于其复杂的栖息地结构、多样的功能服务以及其在迁徙路径中的关键地位[48−50]。此外，湿地环境的原真性与独特性使其能够维系多个濒危物种的生存需求[51, 8]。本研究还说明，湿地的面积与其生态功能并非简单的线性关系，而是表现出较高的生态效益密度。较小比例的国际重要湿地面积却承载了较高的物种多样性，体现了其在湿地生态系统保护和全球生物多样性维护中的核心地位。相关研究也表明，小面积但保护级别高的生态区域通常能有效涵养生物多样性[52−53]。

国际重要湿地是珍稀濒危物种集中分布和保护的区域，其在保护珍稀濒危物种方面的核心作用尤为显著。本研究显示，国际重要湿地中的珍稀濒危植物 55 种，其中国家重点保护植物有 28 种，占中国湿地被子植物国家重点保护物种的 63.64%。珍稀濒危水鸟共 93 种，其中国家重点保护水鸟种数占全国的 85.44%，IUCN 濒危水鸟占比达到 70.37%，而 CITES 附录水鸟和《中国生物多样性红色名录》濒危水鸟的比例也分别为 68.00% 和 90.91%（表 3）。这些数据表明，国际重要湿地尽管湿地面积有限，但对珍稀物种的栖息与繁殖至关重要[8, 54−55]，凸显了国际重要湿地作为濒危和保护物种避难所的功能。此外，IUCN 濒危物种和 CITES 附录物种的集中分布也表明，这些湿地在全球范围内的物种保护网络（特别是国际候鸟迁飞通道网络）中发挥了重要作用[47, 54]。

3.3　珍稀濒危水鸟种群动态

本研究结果显示，在过去的近 9a 中，中国国际重要湿地在生物多样性保护方面取得了显著成效。主要表现为：有监测记录的湿地数量越来越多、珍稀濒危水鸟的湿地出现率在增加（图 2）、珍稀濒危水鸟的物种数和个体数量也均呈增加趋势（图 3）。通过物种和个体数除以湿地数进行平均后，其结果也



线性回归分析中，自变量年份以 2013 年为基准年（第 0 年），2014 年为第 1 年，依此类推至 2022 年（第 9 年）。

图 3 中国国际重要湿地珍稀濒危水鸟物种数及个体数量的年际变化趋势

Fig. 3 Interannual changing trend of rare and endangered waterbird species number and individual number in China's Ramsar Sites

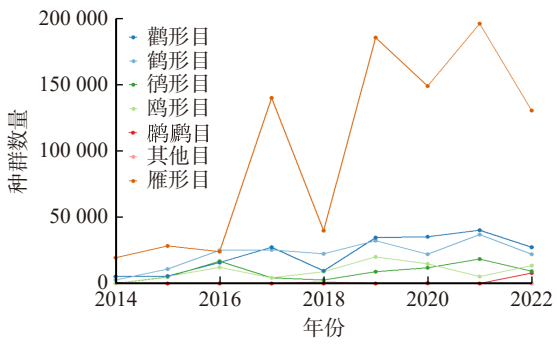


图 4 中国国际重要湿地珍稀濒危水鸟种群组成的年际变化趋势

Fig. 4 Interannual changing trend of population composition of rare and endangered waterbirds in China's Ramsar Sites

呈增加趋势（如图 2a，3c~3d）。因此，水鸟物种、个体数和湿地的出现率增加是客观和真实的。本研究推测，珍稀濒危水鸟保护成效的取得可能源于以下方面。

首先是湿地保护修复项目的大力开展。有研究[49]表明，生境异质性是影响该鸟类大尺度生物地理分布的最主要原因，环境异质性影响鸟类的丰富度，森林、灌木地和水体的比例对鸟类丰富度有积极影响[48]。例如，在 2008 年启动的滇池湿地生态修复项目中，研究人员通过 24 个月的实地调查，评估了修复对鸟类多样性的影响。发现新纪录种增加了 30% 以上，水鸟种类和数量显著增加，表明湿地修复对水鸟具有积极影响[56]。有研究[57]针对长江三角洲的崇明东滩、南汇东部和横沙东滩等区域，采用工程干预和疏浚沉积物补给等方法进行湿地修复。发现修复后，3 个区域的湿地面积年均分别增加了 3.83、19.66 和 8.78 km^2，水鸟数量分别增长了 1.5、1.3 和 121 倍。中国在“十三五”期间，实施了超过 3 000 个湿地保护修复项目，完成退化湿地修复 3.831×10^5 hm^2，新增湿地 2.026×10^5 hm^2[42]，而国际重要湿地的保护修复是我国湿地保护修复的重点。因此，本研究中，珍稀濒危水鸟在湿地出现率（图 2）、种类和个体数量（图 3 ~ 4）方面都呈增加趋势，可能是因为国际重要湿地及周边的栖息地有所改善，森林、灌木、草地和水体面积和质量都在整体改善，湿地生态系统功能正在持续提升。另外，湿地水鸟的增加又会反过来提升和改善湿地生态系统的功能[58−59]。例如，有研究[60]表明，水鸟不仅是湿地生物多样性保护修复成效的指示种，还是调控湿地结构和功能的关键种，可通过营养级联促进湿地植被及湿地生态系统功能的恢复。

其次是管理水平的提升。近年来，中国政府在“生态文明”思想的引领下，加强了包括国际重要湿地在内的生态空间保护力度，例如划定湿地保护红线、实施退化湿地修复工程，以及加大水鸟栖息地的管理和恢复力度[61−62]。一方面，管护力度的加强能有效减少水鸟栖息地的人为干扰。中国的国际重要湿地主要依托保护区来保护和管理。近年来，政府部门持续开展“环保督查”和“绿盾行动”，强化自然保护地监督，有研究和公开的政府工作报告表明，我国国家级自然保护区人为干扰活动呈下降趋势[63−64]。有研究[65]表明，国际重要湿地作为野生濒危动物的栖息、繁衍或越冬场所，其范围内的濒危物种丰富度受

人类干扰影响最大。而本研究结果显示，中国国际重要湿地珍稀濒危水鸟的湿地出现率有所增加（图 2），珍稀濒危物种的种类和数量都呈增加趋势（图 3～4），这可能是由于管理水平的提升降低了对国际重要湿地的人为干扰。另一方面，管护力度的加强能促进湿地生态系统恢复。湿地生态系统的恢复不仅能为水鸟提供充足的栖息和觅食资源，同时也增强了湿地生态承载力，从而为更多物种和种群提供庇护（图 2）。其次，单个湿地内的水鸟物种数和个体数也呈增加趋势（图 3c~3d），这也反映出国际重要湿地的管理和保护措施在局地尺度上也取得了良好成效。湿地生物多样性的提升不仅有助于丰富区域生物多样性，而且也增强了湿地对气候变化和人类干扰的适应能力[66]。此外这一趋势还表明，国际重要湿地对濒危水鸟的保护作用进一步凸显。

另外，水鸟的物种和种群分布还可能受气候变化[67]和栖息地水文条件变化[68]的影响。同时，可能存在栖息地碎片化加剧迫使水鸟向少数未受干扰区域（如国际重要湿地）集中的极端情况[69−70]，抑或存在随时间推移，湿地水鸟的调查覆盖度或调查力度有所增加，从而导致水鸟数量呈现增加趋势的情况，这些复杂情况是本研究没有涉及的，未来可能深入开展相关方面的研究。

4　结论与建议

4.1　结　论

从本研究收集到的监测数据可以看出，中国国际重要湿地以其有限的面积承载了巨大的生物多样性保护任务，特别是为水鸟和珍稀濒危物种的保护提供了重要支持。近 9 年来，中国国际重要湿地的生物多样性保护成效稳步提升。作为《湿地公约》的缔约国，中国在全球湿地保护方面发挥了重要作用。这些国际重要湿地不仅承担着中国湿地生态系统的生物多样性保护任务，还在全球范围内对濒危水鸟的迁徙网络和种群恢复起到了支撑作用[52−53]。

4.2　建　议

为了进一步提升中国国际重要湿地管理水平，本研究提出以下两点建议。

（1）增加国际重要湿地认定面积和数量。本研究结果表明，中国湿地面积占全球湿地面积的 4.66%，但中国国际重要湿地的数量（82 个）和面积（7.39 × 10^6 hm^2）均低于该比例，仅占全球的 3.25% 和 2.86%。要达到占全球 4.66% 的水平，中国国际重要湿地数量应增加至 117 个以上，面积应增加至 1.2 × 10^7 hm^2 以上，这反映出目前国际重要湿地的认定工作尚存在潜力未被充分挖掘。建议加强湿地资源调查与评估，特别是针对我国目前尚未列入国际重要湿地名录的高价值湿地进行深入研究，推动更多具有独特生态功能或重要珍稀濒危物种栖息地的湿地纳入国际重要湿地体系。国际重要湿地增加不仅有助于提升中国在全球湿地保护领域的地位，而且能进一步强化对水鸟等关键物种的保护力度。同时，这将有助于更好地争取国际保护资源与支持，加强湿地生态系统功能恢复与保护管理，最终提升湿地的生态系统服务能力和生物多样性保护效益。

（2）推动国际重要湿地常态化监测。本研究显示，在 2014—2022 年间，中国 82 个国际重要湿地中，仅 65 个湿地有水鸟监测记录，而其中监测年限达到 6 年以上的湿地仅有 19 个，尚有 27 个湿地完全缺乏水鸟监测数据。这反映出湿地监测工作尚未实现全面覆盖和常态化，无法为湿地保护政策提供足够科学依据，制约了保护工作的精准性与有效性。建议结合全国候鸟迁飞通道保护，加快建立统一的国际重要湿地监测网络，推动长期、全面的湿地生态监测。同时，加强监测数据的公开共享，便于开展科学研究。

参　考　文　献

[1] Mitsch W J, Gosselink J G. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting [J]. Ecological Economics, 2000, 35(1): 25−33.

[2] Vymazal J. Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review [J]. Hydrobiologia, 2011, 674(1): 133−156.

[3] Bridgham S D, Megonigal J P, Keller J K, et al. The carbon balance of North American wetlands [J]. Wetlands, 2006, 26(4): 889−916.

[4] Zedler J B, Kercher S. Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability [J]. Annu Rev Environ Resour, 2005, 30(1): 39−74.

[5] Finlayson C, Davidson N, Spiers A, et al. Global wetland inventory: current status and future priorities [J]. Marine and Freshwater Research, 1999, 50(8): 717−727.

[6] Fluet-Chouinard E, Stocker B D, Zhang Z, et al. Extensive global wetland loss over the past three centuries [J]. Nature, 2023, 614(7947): 281−286.

[7] Bridgewater P, Kim R E. The Ramsar convention on wetlands at 50 [J]. Nature Ecology & Evolution, 2021, 5(3): 268−270.

[8] Bridgewater P. A new context for the Ramsar Convention: wetlands in a changing world [J]. Review of European Community & International Environmental Law, 2008, 17(1): 100−106.

[9] Davidson N C. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area [J]. Marine and Freshwater Research, 2014, 65(10): 934−941.

[10] Cao L, Zhang Y, Barter M, et al. Anatidae in eastern China during

the non-breeding season: geographical distributions and protection status [J]. Biological Conservation, 2010, 143(3): 650−659.

[11] Ma Z, Cai Y, Li B, et al. Managing wetland habitats for waterbirds: an international perspective [J]. Wetlands, 2010, 30: 15−27.

[12] Yong D L, Liu Y, Low B W, et al. Migratory songbirds in the East Asian-Australasian Flyway: a review from a conservation perspective [J]. Bird Conservation International, 2015, 25(1): 1−37.

[13] 国家发展改革委, 财政部, 国家林草局. 候鸟迁飞通道保护修复中国行动计划 (2024—2030 年)[EB/OL]. (2024−06−04) [2025−04−13].
National Development and Reform Commission, Ministry of Finance, National Forestry and Grassland Administration. China Action Plan for the Conservation and Restoration of Migratory Bird Flyways (2024−2030) [EB/OL]. (2024−06−04) [2025−04−13]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202406/content_6959116.htm.

[14] Bai J, Chen X, Li J, et al. Ecosystem service value of wetlands in China [J]. Chinese Geographical Science, 2015, 25(1): 15−24.

[15] 王瑞卿, 张明祥, 武海涛, 等. 从《中华人民共和国湿地保护法》解析湿地定义与分类 [J]. 湿地科学, 2022, 20(3): 404−412.
Wang R Q, Zhang M X, Wu H T, et al. Analysis of wetland definition and classification from the perspective of “Wetland Protection Law of the People’s Republic of China” [J]. Wetland Science, 2022, 20(3): 404−412.

[16] 关蕾, 靖磊, 雷佳琳, 等. 洞庭湖鸟类资源分布及其栖息地质量评估 [J]. 北京林业大学学报, 2016, 38(7): 64−70.
Guan L, Jing L, Lei J L, et al. Distribution of wintering waterbirds and assessment of their habitat in Dongting Lake, China [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2016, 38(7): 64−70.

[17] Wang Y, Ji X, Zhou L. Functional diversity dynamics of waterbird communities driven by water levels at Shengjin Lake, a small river-connected shallow lake in the middle and lower Yangtze River floodplain [J]. Ecology and Evolution, 2024, 14(10): e70222.

[18] 巩匆然, 杨东东, 李印虎, 等. 扎陵湖-鄂陵湖国际重要湿地鸟类群落物种多样性 [J]. 湿地科学, 2022, 20(1): 15−23.
Gong C R, Yang D D, Li Y H, et al. Species diversity of bird communities in the Zhaling-Heling Lake Wetland of international importance [J]. Wetland Science, 2022, 20(1): 15−23.

[19] 夏少霞, 刘观华, 于秀波, 等. 鄱阳湖越冬水鸟栖息地评价 [J]. 湖泊科学, 2015, 27(4): 719−726.
Xia S X, Liu G H, Yu X B, et al. Evaluation of wintering waterbird habitats in Poyang Lake [J]. Journal of Lake Sciences, 2015, 27(4): 719−726.

[20] Hu J, Jiang Z, Zhang C, et al. Bird diversity and the conservation value of a new Ramsar Sites: Guangdong Haifeng Wetlands, China [J]. Integrative Zoology, 2011, 6(3): 266−278.

[21] Ma Z, Wang Y, Gan X, et al. Waterbird population changes in the wetlands at Chongming Dongtan in the Yangtze River Estuary, China [J]. Environmental Management, 2009, 43: 1187−1200.

[22] Xu Z, Dong B, Wei Z, et al. Study on habitat suitability change and habitat network of rare wintering cranes in important international wetlands [J]. Ecological Indicators, 2023, 154: 110692.

[23] 丁俊男, 于少鹏, 史传奇. 黑龙江东方红国际重要湿地鞘翅目昆虫种群结构和季节动态变化 [J]. 东北林业大学学报, 2022, 50(8): 111−116.
Ding J N, Yu S P, Shi C Q. Population structure and seasonal dynamics of Coleoptera insects in Heilongjiang Dongfanghong Wetland of International Importance [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2022, 50(8): 111−116.

[24] An R, Liu Y, Pan C, et al. Water quality determines protist taxonomic and functional group composition in a high-altitude wetland of international importance [J]. Science of the Total Environment, 2023, 880: 163308.

[25] 王金凤, 徐洁, 徐基良, 等. 黄河流域国家级自然保护区生态系统服务功能评估 [J]. 北京林业大学学报, 2024, 46(7): 90−100.
Wang J F, Xu J, Xu J L, et al. Evaluation of ecosystem service function of nationalnature reserves of the Yellow River Basin [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2024, 46(7): 90−100.

[26] Liu J, Engel B A, Wang Y, et al. Multi-scale analysis of hydrological connectivity and plant response in the Yellow River Delta [J]. Science of the Total Environment, 2020, 702: 134889.

[27] Gan X, Cai Y, Choi C, et al. Potential impacts of invasive Spartina alterniflora on spring bird communities at Chongming Dongtan, a Chinese wetland of international importance [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2009, 83(2): 211−218.

[28] Chen T, Chen P, Liu B, et al. Effects of invasive smooth cordgrass degradation on avian species diversity in the Dafeng Milu National Nature Reserve, a Ramsar Wetland on the eastern coast of China [J]. Diversity, 2024, 16(3): 176.

[29] Zhu X, Yang Y, Yuan J, et al. Evaluation of the ecological status of wetlands of international importance in China [J]. Sustainability, 2023, 15(4): 3701.

[30] Lin Y, Cui Q, Li H, et al. Assessment of importance of 64 Ramsar Sites in China for waterfowl [J]. Global Ecology and Conservation, 2022, 33: e01950.

[31] 庞新安, 刘星, 刘虹, 等. 中国三种水韭属植物的地理分布与生境特征 [J]. 生物多样性, 2003, 11(4): 288–294.
Pang X A, Liu X, Liu H, et al. The geographic distribution and habitat of the *Isoetes* plants in China[j]. Biodiversity Science, 2023, 11(4): 288–294.

[32] Xu R, Wu F, Hilt S, et al. Recovery limitation of endangered Ottelia acuminata by allelopathic interaction with cyanobacteria [J]. Aquatic Ecology, 2015, 49: 333−342.

[33] Chen S, Chu Z. Purification efficiency of nitrogen and phosphorus in *Ottelia acuminata* on four kinds of simulated sewage [J]. Ecological Engineering, 2016, 93: 159−165.

[34] Amano T, Székely T, Sandel B, et al. Successful conservation of global waterbird populations depends on effective governance [J]. Nature, 2018, 553(7687): 199−202.

[35] 世界自然基金会香港分会. Mai Po Plants [EB/OL]. (2021).

[2024.12]. https://wwfhk.awsassets.panda.org/downloads/plants_specieslist_aug2021_v1.pdf.

WWF. Hong Kong. Mai Po Plants [EB/OL]. (2021) [2024.12]. https://wwfhk.awsassets.panda.org/downloads/plants_specieslist_aug2021_v1.pdf.

[36] 世界自然基金会香港分会. Mai Po Birds [EB/OL]. (2022). [2024.12]. https://wwfhk.awsassets.panda.org/downloads/birds_specieslist_jan2022.pdf.

WWF Hong Kong. Mai Po Birds [EB/OL]. (2022) [2024.12]. https://wwfhk.awsassets.panda.org/downloads/birds_specieslist_jan2022.pdf.

[37] 国家林业局. 中国湿地资源总卷 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2014.

State Forestry Administration. China wetland resources: comprehensive volume [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2014.

[38] Zhang J L, Liu B, Liu S, et al. Plantlist: looking up the status of plant scientific names based on the plant list database, searching the Chinese names and making checklists of plants [J]. R package Version (0.8. 0), 2019: 1−2.

[39] 国家林业和草原局, 农业农村部. 国家重点保护野生动物名录 [EB/OL]. (2021−02−01) [2025−04−13]. https://ydbg.forestry.gov.cn/adminapproval/ctrl/customHome/viewNoticForm?pk=211201152502vKFWvMeQBqvXwJ3eIZv&moduleId=180805175628RK7ixI1IyrjDuG4njD5.

National Forestry and Grassland Administration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. List of national key protected wild animals [EB/OL]. (2021−02−01) [2025−04−13]. https://ydbg.forestry.gov.cn/adminapproval/ctrl/customHome/viewNoticForm?pk=211201152502vKFWvMeQBqvXwJ3eIZv&moduleId=180805175628RK7ixI1IyrjDuG4njD5.

[40] 国家林业和草原局, 农业农村部. 国家重点保护野生植物名录 [EB/OL]. (2021−09−07) [2025−04−13]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/09/content_5636409.htm.

National Forestry and Grassland Administration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. List of national key protected wild plants [EB/OL]. (2021−09−07) [2025−04−13]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/09/content_5636409.htm.

[41] IUCN. The IUCN red list of threatened species [EB/OL]. (2024−02)[2025−04−13]. https://www.iucnredlist.org/en.

[42] 中华人民共和国濒危物种进出口管理办公室. 濒危野生动植物种国际贸易公约附录 I、附录 II 和附录III (2023 年中文版) [EB/OL]. (2023−11−25) [2025−04−13]. http://www.cites.org.cn/zxgg/zxzn/202404/t20240419_770803.html.

Office of the People's Republic of China for the Import and Export Management of Endangered Species. Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora-Appendices I, II and III (2023 Chinese version) [EB/OL]. (2023−11−25) [2025−04−13]. http://www.cites.org.cn/zxgg/zxzn/202404/t20240419_770803.html.

[43] 生态环境部, 中国科学院. 中国生物多样性红色名录—脊椎动物卷 (2020)[EB/OL]. (2023−05−18) [2025−04−13]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.

Ministry of Ecology and Environment, Chinese Academy of Sciences. China biodiversity red list: volume of vertebrates (2020) [EB/OL]. (2023−05−18) [2025−04−13]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.

[44] 生态环境部, 中国科学院. 中国生物多样性红色名录—高等植物卷 (2020)[EB/OL]. (2023−05−18) [2025−04−13]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.

Ministry of Ecology and Environment, Chinese Academy of Sciences. China biodiversity red list: volume of higher plants (2020) [EB/OL]. (2023−05−18) [2025−04−13]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.

[45] Wilkinson G N, Rogers C E. Symbolic description of factorial models for analysis of variance [J]. Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics, 1973, 22(3): 392−399.

[46] 国家林业和草原局, 自然资源部. 全国湿地保护规划 (2022—2030 年)[EB/OL]. (2022−10−13) [2025−04−13]. https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/22/content_5720803.htm.

National Forestry and Grassland Administration, Ministry of Natural Resources. National wetland conservation plan (2022−2030) [EB/OL]. (2022−10−13) [2025−04−13]. https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/22/content_5720803.htm.

[47] Guo Z, Cui G, Zhang M, et al. Analysis of the contribution to conservation and effectiveness of the wetland reserve network in China based on wildlife diversity [J]. Global Ecology and Conservation, 2019, 20: e00684.

[48] Lu X, Jia Y, Wang Y. The effect of landscape composition, complexity, and heterogeneity on bird richness: a systematic review and meta-analysis on a global scale [J]. Landscape Ecology, 2024, 39(8): 132.

[49] Reino L, Beja P, Araujo M B, et al. Does local habitat fragmentation affect large-scale distributions? The case of a specialist grassland bird [J]. Diversity and Distributions, 2013, 19(4): 423−432.

[50] Qiu J, Zhang Y, Ma J. Wetland habitats supporting waterbird diversity: conservation perspective on biodiversity-ecosystem functioning relationship [J]. Journal of Environmental Management, 2024, 357: 120663.

[51] Zhang Y, Yan J, Cheng X. Advances in impact of climate change and human activities on wetlands on the Tibetan Plateau [J]. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(6): 2180−2193.

[52] Quan Q, Che X, Wu Y, et al. Effectiveness of protected areas for vertebrates based on taxonomic and phylogenetic diversity [J]. Conservation Biology, 2018, 32(2): 355−365.

[53] Wei W, Swaisgood R R, Pilfold N W, et al. Assessing the effectiveness of China's panda protection system [J]. Current Biology, 2020, 30(7): 1280–1286. e1282.

[54] Brennan A, Naidoo R, Greenstreet L, et al. Functional connectivity of the world's protected areas [J]. Science, 2022,

376(6597): 1101−1104.

[55] Venter O, Fuller R A, Segan D B, et al. Targeting global protected area expansion for imperiled biodiversity [J]. PLoS biology, 2014, 12(6): e1001891.

[56] Luo K, Wu Z, Bai H, et al. Bird diversity and waterbird habitat preferences in relation to wetland restoration at Dianchi Lake, southwest China [J]. Avian Research, 2019, 10(1): 21.

[57] Yuan L, Liu D, Tian B, et al. A solution for restoration of critical wetlands and waterbird habitats in coastal deltaic systems [J]. Journal of Environmental Management, 2022, 302: 113996.

[58] Mekonen S. Birds as biodiversity and environmental indicator [J]. Advances in Life Science and Technology, 2017, 60: 16−22.

[59] Chen W, Cao C, Liu D, et al. An evaluating system for wetland ecological health: case study on nineteen major wetlands in Beijing-Tianjin-Hebei region, China [J]. Science of the Total Environment, 2019, 666: 1080−1088.

[60] Li C, Chen J, Liao X, et al. Shorebirds-driven trophic cascade helps restore coastal wetland multifunctionality [J]. Nature Communications, 2023, 14(1): 8076.

[61] 郑晓玲, 于一雷, 吕翠翠, 等. 基于多源数据多特征组合的白洋淀生态修复工程前后湿地变化 [J]. 北京林业大学学报, 2025, 47(2): 152−162.
Zheng X L, Yu Y L, Lü C C, et al. Wetland changes before and after Baiyangdian Ecological Restoration Project based on multi-source data and multi-feature combination [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2025, 47(2): 152−162.

[62] 陈庆. 水鸟栖息地影响因素及修复技术研究综述 [J]. 湿地科学与管理, 2018, 14(4): 59−63.
Chen Q. A review of influencing factors and restoration techniques of waterbird habitats [J]. Wetland Science and Management, 2018, 14(4): 59−63.

[63] 祝萍, 黄麟, 肖桐, 等. 中国典型自然保护区生境状况时空变化特征 [J]. 地理学报, 2018, 73(1): 92−103.
Zhu P, Huang L, Xiao T, et al. Dynamic changes of habitats in China's typical nature reserves on spatial and temporal scales [J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(1): 92−103.

[64] 央视网. 我国国家级自然保护区人为干扰活动下降 侵占破坏生态环境的趋势基本扭转 [EB/OL]. (2023−04−27) [2024−03−20]. https://news.cctv.cn/2023/04/27/ARTI6e0tiap9dpMmoaeMg5AF230427.shtml.
CCTV News. Human disturbance activities in China's national nature reserves have decreased, and the trend of encroachment and destruction of the ecological environment has been basically reversed [EB/OL]. (2023−04−27)[2024−03−20]. https://news.cctv.cn/2023/04/27/ARTI6e0tiap9dpMmoaeMg5AF230427.shtml.

[65] 史沛文, 刘茂松, 池婷, 等. 国际重要湿地濒危物种丰富度的影响因子 [J]. 生态学杂志, 2015, 34(11): 3151.
Shi P W, Liu M S, Chi T, et al. Factors influencing endangered species richness in Wetlands of International Importance [J]. Chinese Journal of Ecology, 2015, 34(11): 3151.

[66] Xiong Y, Mo S, Wu H, et al. Influence of human activities and climate change on wetland landscape pattern: a review [J]. Science of The Total Environment, 2023, 879: 163112.

[67] Bellisario B, Cerfolli F, Nascetti G. Climate effects on the distribution of wetland habitats and connectivity in networks of migratory waterbirds [J]. Acta Oecologica, 2014, 58: 5−11.

[68] Miotto M L, Gusmao J B, Domit C, et al. Environmental drivers of waterbird diversity in a world heritage subtropical estuarine system [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2023, 288: 108343.

[69] Yang H Y, Chen B, Barter M, et al. Impacts of tidal land reclamation in Bohai Bay, China: ongoing losses of critical Yellow Sea waterbird staging and wintering sites [J]. Bird Conservation International, 2011, 21(3): 241−259.

[70] Wang W, Fraser J D, Chen J. Wintering waterbirds in the middle and lower Yangtze River floodplain: changes in abundance and distribution [J]. Bird Conservation International, 2017, 27(2): 167−186.

（责任编辑 范 娟 李 契
责任编委 崔国发）