

基于岭南基塘湿地的高密度城市鹭鸟栖息地生态修复模式探索——以顺德云鹭湿地公园为例

Exploring an Ecological Restoration Model for High-Density Urban Heron Habitats Based on the Lingnan Dike-Pond Wetland: A Case Study of the Yunlu Wetland Park in Shunde

薛懿 冯玲 杨锡涛 王珏 罗英娜

XUE Yi, FENG Ling, YANG Xitao, WANG Jue, LUO Yingna

摘要

粤港澳大湾区作为高密度城市化核心区域,其城央湿地面临生境破碎化、人为干扰强烈等多重挑战,鹭鸟栖息地保护与城市发展的矛盾日益突出。岭南基塘湿地作为华南特有的传统生态系统,其“塘-基-水”复合结构与鹭鸟栖息需求具有天然适配性。以佛山市顺德云鹭湿地公园为研究对象,探索基于岭南基塘湿地解决方案的城市高密度区鹭鸟栖息地生态修复模式。通过现场监测与文献研究,明确鹭亚科、苇鳎属、林栖伴生鸟三大类目标物种的生境需求;诊断场地基塘破碎、水动力不足、筑巢植被退化等核心痛点;提出基塘生境重构、水动力优化、筑巢栖息地营造等生态修复策略。

Abstract

In the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, a core area of high-density urbanization, urban wetlands face multiple challenges such as habitat fragmentation and intense human disturbance. The contradiction between Ardeidae habitat protection and urban development is becoming increasingly prominent. As a unique traditional ecosystem in South China, the Lingnan dike-pond wetland exhibits natural adaptability to the habitat needs of Ardeidae through its 'pond-dike-water' composite structure. This paper takes Yunlu Wetland in Shunde, Foshan as a case study to explore an ecological restoration model for Ardeidae habitats in high-density urban areas based on the Lingnan dike-pond wetland approach. Through on-site monitoring and literature research, the habitat requirements of three major target groups—Ardeinae, Ixobrychus, and forest-dwelling associated birds—were identified. Core problems such as fragmented dike-pond systems, insufficient hydrodynamic connectivity, and degraded nesting vegetation were diagnosed. Ecological restoration strategies including dike-pond habitat reconstruction, hydrodynamic optimization, and nesting habitat restoration were proposed.

文章亮点

1) 结合观测调研,总结岭南基塘湿地的生态修复策略。2) 探索适配高密度城市环境下主要目标鸟类种群栖息地的生境修复模式。3) 通过一期工程实践验证模式有效性,实现了城央高密度环境下鹭鸟保护、湿地修复与城市共生的多赢目标。

关键词

基于自然的解决方案;基塘;湿地;鸟类栖息地;生态基础设施

Keywords

Nature-based solutions; Dike-Pond; Wetlands; Bird habitats; Ecological infrastructure

收稿日期: 2026-03-15

修回日期: 2026-05-20

岭南地区核心区域的传统基塘湿地是鹭鸟的天然栖息地, 正面临着“塘埂硬化、水系隔断、功能单一化”的危机: 一方面, 基塘湿地的传统农业生产功能逐渐衰退, 人工改造导致其生态连通性丧失; 另一方面, 城市防洪排涝与生态保护需求之间矛盾突出, 单一化的水利调度模式破坏了鹭鸟栖息所需的梯级水深环境。如何在有限的城央空间内, 通过生态修复实现鹭鸟栖息地的提质增效, 成为高密度城市生物多样性保护的核心挑战。

岭南基塘湿地是华南地区特有的传统生态农业系统, 具有独特的生态优势: 一是梯级水深结构, 天然满足鹭鸟觅食、栖息、繁殖的多样化需求; 二是丰富的食物资源, 塘内鱼类、底栖生物构成的食物链为鹭鸟提供充足饵料; 三是柔性堤岸与乡土植被, 为鹭鸟筑巢提供理想场所; 四是雨洪调蓄功能, 与城市水利系统形成互补^[1]。纵观当前国内外相关研究, 围绕岭南基塘湿地生态保育、城市湿地生态修复以及水鸟栖息地营建等方向, 已积累较丰富的研究成果。在基塘湿地研究层面, 现有研究多聚焦基塘系统生态结构演变、退化机制、水环境治理及乡土景观营造等方向^[2-8]。例如, 聂呈荣等系统分析了珠江三角洲基塘系统在城市化、工业化进程中出现的面积萎缩、生态功能退化等问题, 运用恢复生态学与生态工程学原理提出了相应的生态修复对策^[2]; 黎华寿等以顺德为例, 探讨了现代集约型基塘系统的构建与调控方法^[3]; 刘凯等对佛山市基塘系统数十年来的空间格局演变特征进行了分析^[4]; 王驰等运用 MCE-CA-Markov 模型, 基于 1979—2020 年遥感影像, 对顺德区基塘景观格局的时空演变特征及生态系统服务价值进行了模拟预测^[5]。这些研究逐步明确了基塘湿地在区域生态格局中的重要地位, 但研究重心多集中于基塘系统自身的农业生态功能与景观格局演变, 对基塘湿地作为鸟类栖息生境的适宜性改造涉及较少。

在鹭鸟等涉禽栖息地保护领域, 相关研究多侧重于自然湿地、郊野林地及城市湿地公园的生境改造, 从水深调控、食源培育、巢区营造等方面提出常规修复手段, 为水鸟保护奠定理论基础^[6-10]。例如, 刘旭等以北京琉璃河湿地公园为

例, 从岸线重塑、水深设计、植物配置、生态鸟岛营造等方面提出了鸟类栖息地修复的技术方法^[6]; 张强等系统梳理了水位、食物资源、生境格局与人为干扰等要素对停歇地水鸟觅食与栖息活动的影响机制^[7]; John P. Kelly 等基于美国旧金山湾区长达 15 年的监测数据, 揭示了景观尺度湿地格局与鹭类营巢地选择及繁殖成效间的关联^[8]; 林知远等针对涉禽类营巢乔木提出了胸径、冠幅、高度等结构参数要求及相应的乡土植物配置方案^[9]; 广州市地方标准《城市湿地公园鸟类多样性恢复技术规程》(DB4401/T 290—2024) 则从觅食地、繁殖地、越冬地等功能分区角度, 规范了鸟类栖息地营造、鸟类招引与重引入的技术流程。上述研究表明, 水深梯级配置、食源生物培育与筑巢植被结构是涉禽栖息地修复的核心要素, 但相关技术方法多针对自然湿地或郊野公园环境, 缺乏对高密度城央存量基塘湿地这一特殊场地类型的适应性探讨。

因此, 本文以佛山顺德云鹭湿地公园为例, 探讨高密度城市中鹭鸟栖息地的生态修复模式, 旨在为岭南基塘湿地修复提供创新的理论与技术方法, 丰富基于自然的解决方案在鹭鸟保护中的应用实践。

1 基于岭南基塘湿地特征的生态修复路径

俞孔坚提出水生态基础设施的核心是构建“四个容量”, 分别为安全容量(防洪排涝)、资源容量(水资源供给)、环境容量(水质净化)和生态容量(生物多样性), 且湿地是唯一能同时承载并提升这 4 个容量的自然系统, 是水生态基础设施的灵魂^[10]。基于此, 研究在保持原有基塘的前提下, 通过优化肌理、水系联通、乡土种植等手段修复和保护湿地, 提升城市湿地与鹭鸟生境的韧性(图 1)。

研究从“城市扩张-生产功能-水系防洪-栖息地环境”4 个维度切入, 系统剖析岭南地区基塘湿地的共性矛盾, 结合城市更新发展的需求, 保留基塘重构湿地生境, 通过优化肌理形成分级管控^[11], 借助水系连通提升水环境质量, 依托乡土种植营造鹭鸟筑巢栖息地, 最终实现传统基塘湿地生态功

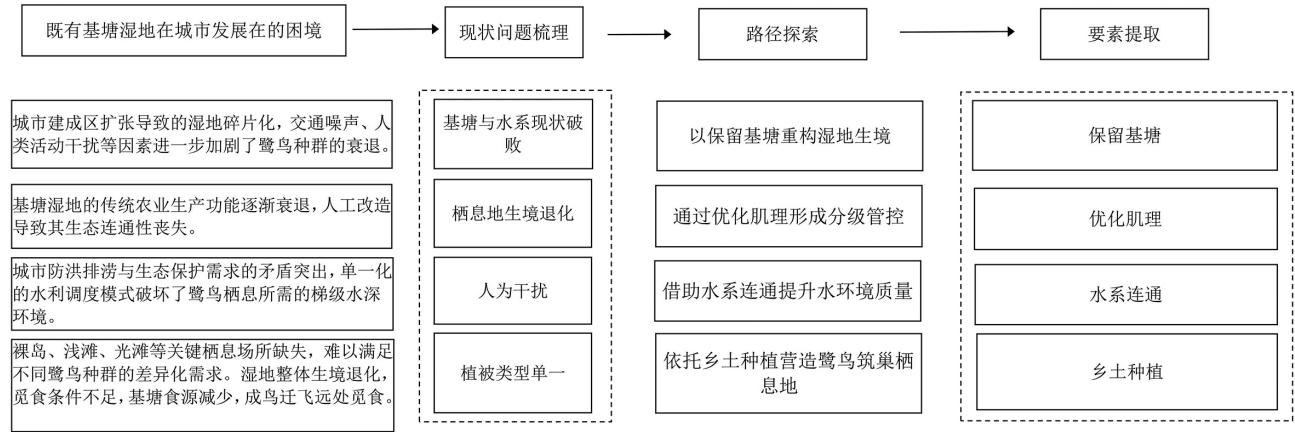


图 1 云鹭湿地公园生态修复路径

Fig.1 Ecological restoration pathway of Yunlu Wetland Park

能的活化。此外，生态修复路径需精准匹配鹭鸟生境需求与基塘修复技术，协调城市防洪排涝与生态保护的双重需求，实现“城-湿-鸟”共生。

2 项目概况与总体修复模式

2.1 项目概况

顺德云鹭湿地位于佛山市顺德区核心城区，总面积约 66 hm²，是粤港澳大湾区城央罕见的连片基塘湿地。其地理位置优越，紧邻碧桂园城市发展轴与广佛城际轨道，周边覆盖商务核心区、产业园区与生态社区，形成“城-湿-河”共生的空间格局(图2)。

作为东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线上的重要中途停歇地，云鹭湿地是大湾区鹭鸟种群密度最高的重要栖息地，区域内栖息着 3 万余只鸟类，共有国家一级重点保护物种 3 种，分别为东方白鹳 *Ciconia boyciana*、黑脸琵鹭 *Platalea minor*、乌雕 *Clanga clanga*，国家二级重点保护物种 5 种和广东省重点保护物种 13 种。云鹭湿地是佛山地区最大的鹭鸟繁殖地之一，也是华南地区最大的鹭鸟孵化基地之一(图3)。

该湿地水文系统隶属于北江水系，桂畔海、鸡洲大涌为主要过境河流，现状防洪标准可达 50 年一遇，排涝标准为 20 年一遇，24 小时暴雨 24 小时排干。湿地内部保留了传统基塘肌理，约占湿地总面积的 60%。湿地现状基塘以小型鱼塘为主，水系连通率仅为 35%，存在多处断头浜，换水频率仅为每天 0.5 次，已出现水体富营养化现象。其水利调度以防洪排涝为主要目标，正常水位维持在 0.8 m 左右，缺乏鹭鸟栖息所需的浅水区(水深 5~25 cm)与深水区(水深 80~120 cm)的梯级配置。

现状乔木茂密，营巢条件较好，场地胸径超过 15 cm 的树木有 5 041 株，多位于鹭岛周边及桂畔海沿岸。但栖息地类型较为单一，整体生境退化，缺少裸岛、浅滩、光滩和保育岛等关键栖息场所。湿地紧邻城市建成区，周边社区人类活动频繁，对鹭鸟繁殖造成严重干扰。湿地内部的巡逻

车道、人工设施等进一步分割了栖息地的完整性。

2.2 总体修复模式

本研究依据“保留基塘-优化肌理-水系连通-乡土种植”四位一体的生态修复策略，提出基塘湿地总体修复模式^[12]。

首先，开展目标物种识别与需求分析。通过梳理历史监测数据、现场调查(样线法、红外相机监测)等方式，明确湿地内目标鹭鸟种类及其种群动态；结合文献研究与行为观测，分析不同鹭鸟种群的生境需求，建立“种类-需求-指标”对应关系。

其次，开展场地适宜性与痛点诊断。从基塘肌理、水系连通、植被结构、

人为干扰等维度，开展场地适宜性评价；针对目标鹭鸟生境需求，诊断场地核心痛点，明确修复优先级。

再者，构建修复策略体系。基于岭南基塘湿地的生态特征，构建包含基塘生境重构、水动力优化、筑巢栖息地营造等策略的技术体系。针对不同区域的功能定位，提出对应的修复和活化途径。

最后，分阶段实施与动态优化。基塘湿地整体修复工作划分为 2 个阶段，一期的主要目标是修复生境，二期为完善功能，计划建立智慧监测系统^[13]，实时跟踪鹭鸟种群动态与栖息地质量变化，实现修复策略的动态优化。

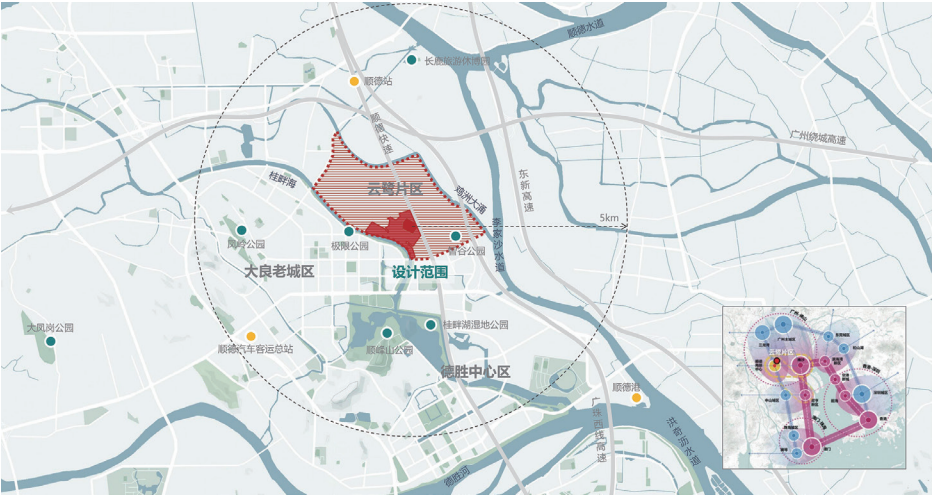


图2 云鹭片区的城市规划空间格局

Fig.2 The urban planning spatial pattern of the Yunlu Area



图3 鹭鸟的主要种类和觅食路径

Fig.3 Major heron and egret species and their foraging routes

3 基于目标鸟类生境需求的场地分析

3.1 鸟类的本底分析

3.1.1 种群组成与结构

2021—2022 年的现场监测数据显示，云鹭湿地共记录鸟类 7 目 15 科 42 种，其中鹭鸟相关物种 12 种，占总物种数的 28.6%。根据生态习性与栖息需求，研究将目标鸟类划分为三大类（表 1）：一是鹭亚科 Ardeinae，包括白鹭、苍鹭、池鹭、夜鹭等 6 种，占鹭鸟物种数的 50%，为湿地优势种群；

表 1 目标鸟类种群概况

Tab.1 Population profile of the focal bird species

类别	代表物种	身长 /cm	生态型	居留型	人为干扰耐受度
鹭亚科 Ardeinae	白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	55.0~65.0	涉禽	留鸟 + 冬候鸟	中
	苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	90.0~100.0	涉禽	冬候鸟	低
	池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	40.0~50.0	涉禽	留鸟	中高
	夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>	50.0~60.0	涉禽	留鸟	中高
苇鵲属 <i>Ixobrychus</i>	黄苇鵲 <i>Ixobrychus sinensis</i>	30.0~38.0	涉禽	夏候鸟	低
	紫背苇鵲 <i>Ixobrychus eurhythmus</i>	25.0~30.0	涉禽	夏候鸟	低
	黑鵲 <i>Ixobrychus flavicollis</i>	45.0~50.0	涉禽	留鸟	极低
	栗苇鵲 <i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	35.0~40.0	涉禽	冬候鸟	低
林栖伴生鸟	褐翅鸦鵲 <i>Centropus sinensis</i>	40.0~52.0	陆禽	留鸟	中
	白胸翡翠 <i>Halcyon smyrnensis</i>	26.0~30.0	攀禽	留鸟	中高

注：数据来自《顺德区第一联围水体综合整治工程——云鹭片区水系连通工程鸟类多样性监测报告》（2024 年 8 月—2026 年 7 月）。

二是苇鵲属 *Ixobrychus*；三是林栖伴生鸟，包括褐翅鸦鵲、白胸翡翠 2 种，依赖湿地周边林地与水域的复合生境。

3.1.2 种群动态特征

鸟类种群呈现明显的季节性动态特征：春季（3—5 月）为繁殖期，鹭亚科、苇鵲属的鸟类集中在竹林 *Bambusoideae*、榕树 *Ficus microcarpa* 林筑巢；夏季（6—8 月）幼鸟出巢，种群扩散至浅滩区域，鹭鸟个体数量达到峰值；秋季（9—11 月）部分鹭鸟向外扩散，个体数量有所下降；冬季（12—翌年 2 月）鹭鸟种群数量最少。

栖息地分布方面，鹭亚科主要集中在湿地中北部核心区的竹林，苇鵲属偏好湿地边缘的树林与浅滩，林栖伴生鸟则分布在基塘堤岸的乡土树林中。现状栖息地分布呈现“核心集中、边缘稀疏”的特征，反映出场地生境多样性不足的问题。

3.2 目标鸟类生境需求分析

研究通过现场观测，系统分析三大类目标鹭鸟的生境需求，明确核心生态因子（表 2）。

3.2.1 鹭亚科生境需求

鹭亚科为集群性鸟类，对开阔水面与筑巢乔木有强烈需求。白鹭偏好在水深 15~40 cm 的浅水区觅食，要求基底为软质、泥质，方便其啄食鱼类；苍鹭则倾向于在水深 50~80 cm 的水域边缘站立觅食，要求视野开阔无遮挡。鹭亚科多选择胸径 20 cm 以上的乡土乔木（如榕树、竹林）筑巢，树冠覆盖率需达到 60% 以上，且筑巢区需远离人类活动区 70~100 m 以上，噪声等效声级限值控制在 60 dB (A) 以下。

3.2.2 苇鵲属生境需求

苇鵲属为隐蔽性鸟类，对栖息地的隐蔽性要求极高。黄苇鵲偏好水生植物覆盖的浅水区（水深 5~15 cm），淤泥质基底有利于其捕捉虾类与昆虫；黑鵲则偏好岸边密植灌木的水域，要求噪声等效声级限值控制在 50 dB (A) 以下，距人类活动区 200 m 以上。苇鵲属多选择 3~8 m 高的灌木

表 2 目标鸟类核心生境因子需求

Tab.2 Critical habitat-factor requirements of the focal bird species

生境因子	鹭亚科	苇鵲属	林栖伴生鸟
水域特征	连续开阔水面（面积 > 2 hm ² ），植被覆盖率 < 25%	隐蔽性水域（芦苇 <i>Phragmites australis</i> 丛覆盖 > 30%），水面不规则	水域与林地交界带，岸线曲折度 > 1.5
水深要求	觅食区 15~40 cm；栖息区 50~80 cm	觅食区 5~15 cm；繁殖区 20~50 cm	觅食区 10~30 cm；停歇区为岸边浅滩
岸线类型	柔性堤岸（坡度 1：3~1：5），软质基底	自然缓坡（坡度 1：5~1：8），淤泥质基底	岩石或树根裸露的硬质岸线
筑巢植被	乔木（胸径 > 20 cm），树冠覆盖率 > 60%，树高 8~15 m	灌木或小乔木（树高 3~8 m），隐蔽性强	乔木（树高 10~20 m），枝干粗壮，靠近水域
食物资源	鱼类（体长 5~10 cm）、甲壳类，密度 > 5 ind/m ²	小型鱼类、虾类、昆虫，密度 > 3 ind/m ²	鱼类、水生昆虫、两栖类
人为干扰	噪声等效声级限值 < 60 dB (A)，距人类活动区 > 100 m	噪声等效声级限值 < 50 dB (A)，距人类活动区 > 200 m	噪声等效声级限值 < 65 dB (A)，距人类活动区 > 50 m
生态连通	水域连通率 > 80%，无明显隔断	水域连通率 > 70%，存在隐蔽通道	水陆连通率 > 60%，林地与水域无硬质隔离

或小乔木筑巢，巢位通常位于树冠中层，隐蔽性强，可避免天敌干扰。

3.2.3 林栖伴生鸟生境需求

林栖伴生鸟依赖水陆复合生境：褐翅鸦鹃多在林地中筑巢，并于水域觅食两栖类与昆虫，要求林地与水域之间无硬质隔离；白胸翡翠则选择水域周边的高大乔木筑巢，偏好岩石裸露的岸线，便于捕食鱼类。此类鸟类对人为干扰的耐受度相对较高，但仍需控制噪声等效声级限值在 65 dB (A) 以下。

3.3 场地的核心痛点分析

基于目标鸟类生境需求，研究从生境结构、水生态、植被系统、人为干扰 4 个维度，诊断云鹭湿地存在的 4 个核心痛点。

首先是生境结构破碎化。云鹭湿地的基塘碎片化严重，单个鱼塘面积不足 2 hm²，且被硬化堤岸分割，难以满足鹭亚科集群栖息的需求；水深配置单一，现状水深多维持在 0.8~1.0 m，缺乏浅水区与深水区的梯级配置；关键生境缺失，光滩、裸岛、芦苇丛等核心栖息场所不足湿地总面积的 10%，难以满足不同鸟类种群的差异化需求。

其次是水动力不足，生态连通性差。云鹭湿地的水系连通率仅 35%，断头浜较多，导致水体交换不畅，换水频率低；水利调度模式单一，以防洪排涝为主要目标，水位波动较大，无法维持稳定的栖息环境；水体质量有待提升，部分区域因水动力不足出现富营养化，底栖生物密度仅 1~2 ind/m²，无法满足鹭鸟食物需求。

再者是植被系统退化，筑巢资源短缺。云鹭湿地的乡土植被覆盖率低，外来物种占比较大，生态基底的服务功能差；筑巢植被不足，现状仅核心区鹭岛有适宜筑巢的榕树林与竹林，总面积不足，且存在退化现象；水生植被配置不合理，湿地以芦苇、凤眼莲 *Pontederia crassipes* 等挺水植物为主，沉水植物（如金鱼藻 *Ceratophyllum demersum*、狐尾藻 *Myriophyllum verticillatum*）缺失，导致食物链和生境不完整。

最后是为人为干扰强烈，栖息地质量下降。云鹭湿地受交通噪声干扰，碧桂路沿线边界区域噪声等效声级限值达 75 dB (A)，超过部分鸟类耐受阈值；部分区域受人类活动干扰，距人类活动区不足 50 m；存在灯光污染，影响夜鹭等夜行性鸟类的栖息行为。

4 鹭鸟栖息地生态修复策略

基于场地痛点与目标鹭鸟生境需求，结合岭南基塘湿地特征，研究总结云鹭湿地生态修复项目的整体策略。

4.1 修复目标

修复项目的总体目标是以岭南基塘湿地生态系统活化为核心，构建“基-塘-水-鸟-城”共生的生态格局，实现城央高密度环境下鹭鸟栖息地的提质增效，打造大湾区首个以鹭鸟为主题的城央人鸟共栖基塘生境（图 4）。

具体而言，在生境质量层面，提高基塘水系连通率至

100%，构建浅滩湿地（水深 5~40 cm）、基塘湿地（水深 40~80 cm）、湖泊湿地（水深 80~120 cm）、溪水湿地（水深 120~150 cm）4 个梯级的水深环境，加大关键生境（光滩、裸岛、水生植物群）占比至 30% 以上；在鸟类保护层面，实现首期鹭鸟种类保有率达到 80%，中期苇鹈属种群数量增长 50% 以上，水鸟物种丰富度提升 25%；在生态功能层面，湿地换水频率提升至每天 3 次，水质达到地表水Ⅲ类标准，底栖生物密度提升至 5 ind/m² 以上，碳汇能力提升 40%；在城央共生层面，构建三级防护体系，核心保育区噪声等效声级限值控制在 50 dB (A) 以下，实现生态保护与城市休闲、防洪排涝功能的协同。

分阶段设定修复目标为：1）近期（1—2 年）完成基塘生境重构、水动力优化、筑巢植被修复等核心工程，实现水系连通率 100%；2）中期（3—4 年）推进全域修复工程，完善生态缓冲带、配套设施与智慧监测系统；3）远期（5—10 年）建立长效管理机制，实现生态系统自我维持，湿地碳汇能力稳定增强，打造“国际鸟类友好型湿地”品牌。

4.2 生态修复策略

4.2.1 基塘湿地的生态活化

基塘湿地需以“活水、净水、稳水”为核心，协调生态需求与防洪排涝功能。项目首先构建“一泵四闸”水利调控系统，通过破埂活水实现鸡洲大涌、桂畔海与湿地内部水系的连通，提升水系连通率至 100%（图 5）。其次，优化水利调度模式，采用“三天一轮回”的潮汐式调度，涨潮时蓄水、落潮时换水，并结合内部环形深水沟（底宽 5 m，深度 2 m），提升湿地换水频率至每天 2~3 次。连通桂畔海与鸡洲大涌的湿地作为区域海绵体，承担着雨洪调蓄、抵御内涝的作用（图 6）。此外，构建“基塘-浅溪-溪流”三级湿地水质净化系统，种植香蒲 *Typha orientalis*、芦苇等挺水植物，狐尾藻、金鱼藻等沉水植物，以及睡莲 *Nymphaea tetragona* 等浮水植物，形成“湿生-挺水-浮水-沉水”的完整水生植物群落，增强湿地自净能力^[14]（图 7）。

4.2.2 适配不同种群鸟类的生境营造

项目选取鹭亚科与苇鹈属为明星目标类群，同时吸引 6



图 4 一期修复工程总体设计图

Fig.4 Master plan of the phase-i restoration project

类水鸟和 2 类林鸟，旨在打造区域湿地的标杆，为鸟类友好城区提供示范（图 8）。

针对不同种群的鸟类生境需求,需构建多样化的生境体系。其中,鹭亚科生境区重点营造乡土林,补植乡土榕树、桃花心木 *Swietenia mahagoni*、南洋楹 *Falcataria falcata*、洋蒲桃 *Syzygium samarangense*、竹子等,树冠覆盖率控制在 60~70%,以构建集群筑巢环境(图 9)。其他水鸟如雁鸭类的生境区位于湿地边缘,主要营造芦苇丛与灌木带(宽度 15~20 m),种植芦竹 *Arundo donax*、水梔子 *Gardenia jasminoides* ‘Radicans’等乡土灌木,要求树高达到 3~8 m,提升栖息地隐蔽性(图 10)。

项目以“生产者-初级消费者-次级消费者-三级消费者”的食物链构建为核心,增强湿地生态系统的自持能力。其中,生产者层为乡土湿生植物群落,通过补植金蒲桃 *Xanthostemon chrysanthus*、蓝花楹 *Jacaranda mimosifolia*、紫薇 *Lagerstroemia indica*、黄花风铃木 *Handroanthus chrysanthus* 等植物,提升昆虫多样性,为鹭鸟提供充足饵料;引入初级消费者蟹类、虾类以及三角鲂 *Megalobrama terminalis*、高体鳊 *Rhodeus ocellatus* 等乡土底栖生物与鱼类,密度控制在 $5\sim 8 \text{ ind/m}^2$,构成稳定的饵料库;引入次级消费者杂食两栖类动物,为林栖伴生鸟提供食物资源;三级消费者是白鹭、夜鹭、池鹭、苍鹭等。该食物链完善了生息网络,增强了生态系统的循环能力(图 11)。

4.2.3 “城-湿-鸟”和谐共生的策略

为了避开鹭鸟核心区域，项目在周边设置保育岛、环岛水系、裸岛、浅滩湿地等，让游人动线与鸟类的生存空间保持一定距离；并通过划分功能板块，完善交通游憩系统，设置不同层级的慢行及游览体系，打造人鸟互不干扰的共生空间，构建人与动物和谐共生的格局（图 12）。

在运营策划方面，项目围绕鹭鸟湿地的主题打造城市“绿色引擎”。首先建立科普研学基地，引入专业研

学运营团队,以湿地研学和鹭鸟研学为两大板块,打造相关生态研学精品课程,发挥生态资源的教育功能,鼓励城市中的孩子们走进自然、了解自然;其次,搭建顺德鹭鸟主题文旅品牌,与研究机构合作研发鸟类友好产品,并与当地艺术家合作开发鹭鸟艺术品和文创产品,延伸旅游产业链,扩大鹭鸟公园知名度;再者,考虑在公园休闲娱乐区采用开放式运营模式,

引入多元专业主体，策划包含艺术节、音乐节、露营节等多种类型的活动，引入商业服务业态，提供轻食简餐及饮品等。

4.3 工程实施初步效果

云鹭湿地公园生态修复的一期工程于 2025 年底竣工，经初步监测，湿地生态修复取得显著成效：1) 生境质量提升，水系连通率提升至 100%，湿地换水频率提升至每天 2~3 次；2) 浅



图5 外连内引的水系联通格局

Fig.5 The water-network connectivity pattern of external linkage and internal diversion

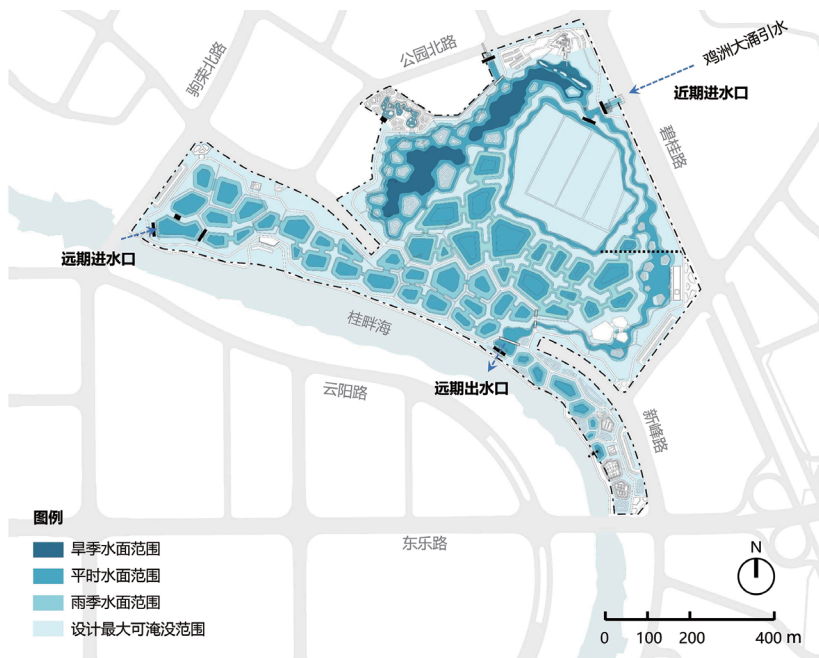


图 6 雨洪调蓄的海绵布局

Fig.6 Sponge-city layout for stormwater regulation and storage

滩区、基塘区、湖泊区、河流区比例达到设计目标；3) 生态功能增强，鹭鸟种类保有率较高，水鸟物种丰富度提高，底栖生物密度从 1.8 ind/m² 提升至 5.2 ind/m²，满足鹭鸟食物需求；4) 水生植物覆盖率从 20% 提升至 45%；5) 干扰控制有效，核心保育区噪声等效声级限值控制在 48 dB (A) 以下，缓冲区控制在 58 dB (A) 以下，人类活动对鹭鸟的干扰显著降低。

在 2023 年 1 月至 2025 年 12 月，云鹭片区共监测到鸟类 13 目 31 科 72 种，每年监测到的鸟类物种数保持在 54 种左右，较 2022 年增加了 17 种，在鸟类多样性保护方面发挥重要作用。2025 年 5 月，佛山地区首次记录到 1 只黑脸琵鹭栖息于云鹭湿地公园的鹭鸟繁殖区^①。

5 结语

研究以佛山市云鹭湿地为案例，探讨高密度城市鹭鸟栖息地生态修复模式，通过目标鹭鸟生境需求分析、场地痛点诊断、修复策略构建与工程实践，最终构建了基于岭南基塘湿地解决方案的鹭鸟栖息地生态修复模式，有效实现了城央湿地生态功能的提质增效。研究证实，岭南基塘湿地特有的“塘-基-水”复合结构与鹭鸟栖息需求具有天然适配性，针对该特性提出的基塘生境重构、水动力优化、筑巢栖息地营造等修复策略，可显著提升鹭鸟栖息地适宜性，为高密度城市环境下的生物多样性保护提供了切实可行的技术路径。同时，该修复模式能够有效衔接城市防洪排涝、休闲游憩与生态保护的多重需求，破解了城央基塘湿地转型过程中“生态保护与城市发展失衡”的核心难题，验证了岭南传统基塘湿地在城央生物多样性保护中的应用价值。

研究仍存在局限：一是仅以顺德云鹭湿地为单一案例，该模式在粤港澳大湾区不同水文条件、不同城市化程度的城央基塘湿地中的适配性尚未得到充分验证；二是侧重修复过程与

短期效果监测，缺乏对鹭鸟种群动态与栖息地质量变化的长期跟踪数据；三是未对修复模式开展系统的成本效益分析，对其规模化推广的经济性支撑不足。未来可从 4 个方面深化研究：一是建立长期监测评估体系，持续跟踪鹭鸟种群动态与栖息地质量变化，

结合监测数据优化修复策略，提升模式的长期稳定性与适配性；二是开展基塘湿地碳汇功能研究，探索生态修复与“双碳”目标的协同路径，拓展修复模式的生态价值；三是扩大研究范围，将该修复模式应用于粤港澳大湾区其他城央湿地，通过多案例验证

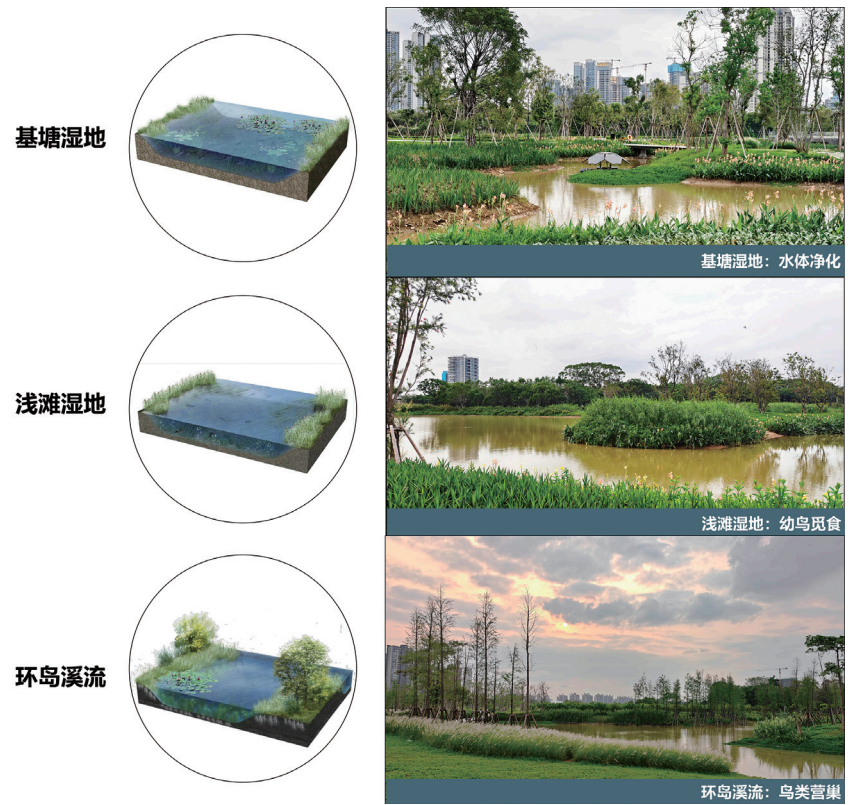


图 7 湿地水质净化的多种形式
Fig.7 Multiple forms of wetland water purification

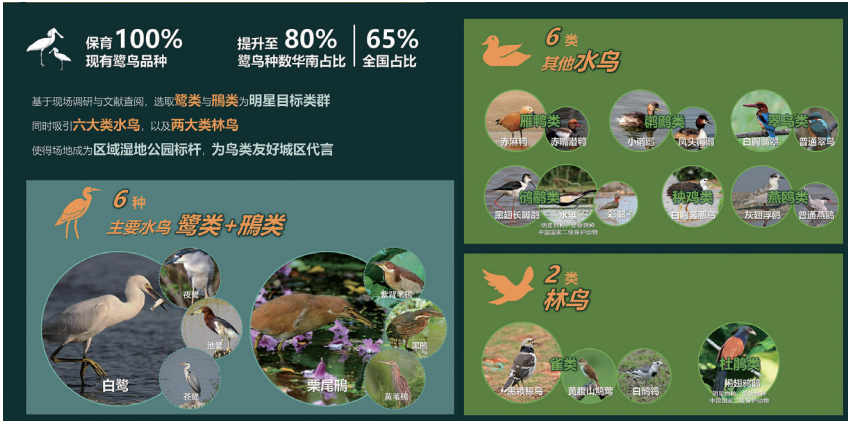


图 8 鸟类保育的种群分类
Fig.8 Species categorization for avian conservation

① 相关统计数据来自广州元亨自然资源科技有限公司的《顺德区第一联围水体综合整治工程-云鹭片区水系连通工程生物多样性监测报告》。

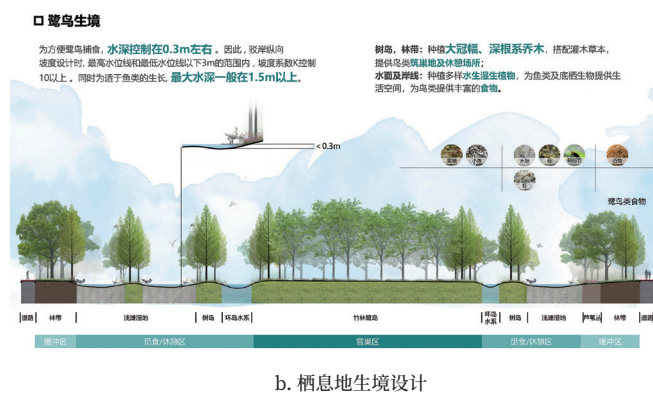


图9 鹭亚科栖息地生境营造

Fig.9 Habitat creation for the Ardeinae

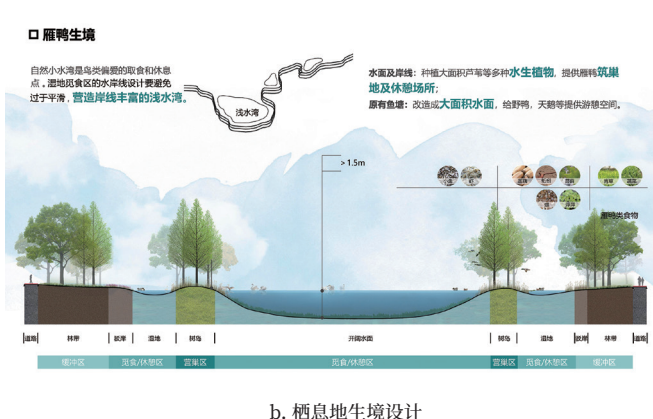


图10 雁鸭类栖息地生境营造

Fig.10 Habitat creation for the Anatidae



图11 食物链的营造策略

Fig.11 Strategies for constructing food web



图 12 鸟类友好的策略
Fig.12 Bird-friendly design strategies

优化，形成标准化技术手册，推动模式的规模化推广；四是补充成本效益分析，优化修复方案的经济性，为模式的广泛应用提供更全面的支撑。通过持续的研究与实践，进一步推动岭南基塘湿地的生态活化，为高密度城市生物多样性保护提供更多示范样本与技术支持。

致谢：特别感谢佛山市顺德区代建项目中心、华润置地广佛地区公司团队对工作的指导；感谢北京土人城市规划设计股份有限公司、艾奕康设计与咨询(深圳)有限公司设计团队、佛山市顺德区水利水电勘测设计院有限公司提供的支持和帮助；感谢焦瑞卿、丘仕均、李颖、周毅焘、陈嘉兴、王训昌、黄晓明、周晓东等设计团队成员对本项目的大力支持。

注：图2~11根据北京土人城市规划设计股份有限公司、艾奕康设计与咨询(深圳)有限公司的资料改绘；其余均由作者自摄自绘。

参考文献：

- [1] 钟功甫. 珠江三角洲桑基鱼塘生态系统若干问题研究 [J]. 生态学杂志, 1982 (1) : 10-13.
- [2] 聂呈荣, 骆世明, 章家恩, 等. 现代集约农业下基塘系统的退化与生态恢复 [J]. 生态学报, 2003, 23 (9) : 1851-1860.
- [3] 黎华寿, 骆世明, 聂呈荣. 广东顺德现代集约型基塘系统的构建

- 与调控 [J]. 生态学杂志, 2005, 24 (1) : 108-112.
- [4] 刘凯, 王树功. 佛山市基塘系统空间格局演变分析 [J]. 热带地理, 2008, 28 (6) : 513-517.
- [5] WANG C, HUANG S, WANG J. Spatio-Temporal Dynamic Evolution and Simulation of Dike-Pond Landscape and Ecosystem Service Value Based on MCE-CA-Markov: A Case Study of Shunde, Foshan [J]. Forests, 2022, 13 (8) : 1241.
- [6] 刘旭, 张文慧, 李咏红, 等. 湿地公园鸟类栖息地营建研究——以北京琉璃河湿地公园为例 [J]. 生态学报, 2018, 38 (12) : 4404-4411.
- [7] 张强, 马克明, 李金亚, 等. 不同尺度下停歇点湿地对迁徙水鸟的影响研究综述 [J]. 生态学报, 2017, 37 (8) : 2520-2529.
- [8] KELLY J P, STRALBERG D, ETIENNE K, et al. Landscape influence on the quality of heron and egret colony sites [J]. Wetlands, 2008, 28 (2) : 257-275.
- [9] 林知远, 张晨辉, 丁鹏飞, 等. 河岸带生态修复策略研究——以重庆市广阳湾为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2022, 44 (11) : 179-189.
- [10] 俞孔坚. Toward Resilient Hydro-Ecological Infrastructure: A "Four Capacities" Framework for Sustainable Development [J]. Landscape Architecture Frontiers, 2025, 13 (2) : 5-11.
- [11] 徐颂军, 巫细波, 郭程轩. 佛山市景观格局变化及其动力梯度分析 [J]. 水土保持通报, 2011, 31 (1) : 238-243.
- [12] 郭程轩, 徐颂军. 中国基塘系统研究进展与新视角 [J]. 湿地科学, 2011, 9 (1) : 75-81.
- [13] 李明传. 水环境生态修复国内外研究进展 [J]. 中国水利, 2007 (11) : 25-27.
- [14] 郭程轩, 徐颂军. 珠三角基塘湿地景观的梯度变化与生态环境响应——以广东佛山市顺德区为例 [C]// 中国地理学会. 中国地理学会百年庆典学术论文摘要集. 北京: 中国地理学会, 2019.

作者简介：

薛懿/1981 年生 / 男 / 广东广州人 / 硕士 / 佛山创茵设计工程有限公司 (佛山 528300) / 风景园林设计高级工程师 / 专业方向为风景园林建筑规划设计

冯玲/1978 年生 / 女 / 广东顺德人 / 硕士 / 佛山创茵设计工程有限公司 (佛山 528300) / 风景园林设计高级工程师 / 专业方向为园林规划及设计、文旅运营及策划、生态修复、艺术空间创作、历史文化传承、城更乡振建设等

杨锡涛/1986 年生 / 男 / 云南大理人 / 博士 / 深港产学研基地 (北京大学香港科技大学深圳研修院) (深圳 518052) / 动物学助理研究员 / 主要从事滨海湿地与水鸟保护研究

王珏/1992 年生 / 男 / 北京人 / 本科 / 华润置地广佛地区公司 (广州 510000) / 专业方向为规划建筑设计和项目管理

罗英娜/1988 年生 / 女 / 广东梅州人 / 本科 / 华润置地广佛公司云鹭公园代建项目部 (佛山 528300) / 风景园林设计中级工程师 / 专业方向为园林 (城市规划与园林) 设计