

广州近永久性小微湿地类型及其要素营造技术研究

Research on the Types and Element Construction Techniques of Permanent Small and Micro Wetlands in Guangzhou

袁霖 周浩波 丁鑫 战国强*

YUAN Lin, ZHOU Haobo, DING Xin, ZHAN Guoqiang*

项目信息: 广东省省级财政专项资金项目“广东省湿地公园科普宣教体系建设研究项目”

摘要

小微湿地是城市中重要的生态空间,具有水质净化、雨洪调蓄、生物多样性保护等生态功能。以广州市为研究区域,分析了湖库型、河涌型、坑塘型3种近永久性小微湿地的内涵和特征,并构建了因地制宜的小微湿地营造技术框架。在环境要素维度,分析了微地貌组合、岸线和护坡营造、土壤修复改良、底质选择、水文形态和补水系统营造、水污染治理等湿地建造措施的选择和要点;在生物要素方面,提出了以乡土植物为核心的群落配置模式,以及针对鸟类、两栖动物等关键生物类群的生境设计方法。

Abstract

Small and micro wetlands are important ecological spaces in cities, with functions like water purification, rain storage, flood regulation, and biodiversity protection. Taking Guangzhou City as the research area, three types of permanent small and micro wetlands are analyzed and classified: lakes, rivers and ponds. Based on this, the study has established a systematic technical framework for the construction of small and micro wetlands. In the dimension of environmental elements, the selection and key points of wetland construction measures were analyzed, such as micro-landform assemblage, shoreline and slope construction, soil amendment, sediment selection, hydrological morphology and water supply system construction, and water pollution treatment. In the dimension of biological elements, a community configuration model centered on native plants has been proposed, alongside habitat design methodologies tailored for key biological groups such as birds and amphibians.

文章亮点

1) 基于广州实际,将近永久性小微湿地类分为湖库型、河涌型、坑塘型3种类型,并从动植物、地形、基底、水环境、设施等要素的角度探讨了小微湿地的营造技术。2) 研究综合构建了系统性、因地制宜的小微湿地营造技术框架,具有一定的实操性,可为高度城市化地区小微湿地资源的保护和利用提供参考。

关键词

小微湿地; 近永久性湿地; 环境要素; 生境营造; 生态修复

Keywords

Small and micro wetlands;
Permanent wetland;
Environmental elements;
Habitat construction; Ecological restoration

收稿日期: 2025-05-09

修回日期: 2025-09-10

2018年,《湿地公约》第十三届缔约方大会通过了我国提交的《小微湿地保护与管理》决议草案,要求各缔约方将小微湿地纳入国家湿地保护体系。2022年,我国在第十四届缔约方大会上推动《加强小微湿地保护与管理》决议草案顺利通过。2次决议草案为全球小微湿地的保护治理提

供了可借鉴的路径与经验^[1],对于我国深度参与维护全球生态平衡、实现全球可持续发展目标具有重要意义。

2023年,我国发布《小微湿地保护与管理规范》(GB/T 42481—2023),提出小微湿地是面积在8 hm²以下的单独湿地^[2]。根据水文周期,小微湿地可分为短暂性湿地、

偶然性湿地、间歇性湿地、季节性湿地和近永久性湿地 5 类^[3]。其中, 近永久性湿地(permanent micro wetlands)指在 10 年中有 9 年以上保持淹水状态, 仅在极端干旱年才会完全干涸, 水位存在季节性波动但具有稳定地下水或地表水补给的湿地单元^[4]。因其积水期长, 水文连通性稳定, 年际环境变化小, 生态过程具有高度重复性, 能够代表小微湿地的最大潜在生态效益, 可为城市湿地生态服务功能提供参照。

近年来, 全国多个省市如北京、青海、黑龙江、四川、江西、重庆等相继出台小微湿地相关的地方标准, 积极推进小微湿地的修复与建设。广州是在湿地环境中发展起来的城市^[5], 自然地理环境的差异化使其市域内形成了数量多、分布广的小微湿地。这些湿地为城市提供了雨洪调蓄^[6]、净化水体^[7]、保护生物多样性^[8]、景观游憩等生态功能, 并孕育了具有岭南特色的湿地文化。当前, 广州市以小微湿地示范点建设为抓手, 在湿地生态修复、“湿地+科普”运营及公众参与等方面取得了良好成效, 为高密度城区的生态修复和生物多样性保护提供了可借鉴案例。然而, 城市扩张、气候变化等压力使小微湿地面临水质污染、水文阻隔、生境退化、生物多样性下降、管护不足等威胁^[6-7]。如广州东山湖小微湿地(2 号湖)在治理前因周边污水直排, 水质曾为劣 V 类, 现通过截污、清淤和生态修复后提升至 IV 类, 但在广州其他区域类似问题仍存在^[9]。同时, 小微湿地相关研究较多关注生态功能评估、修复技术、生物多样性保护等领域, 多为案例研究, 针对具体物种的生境设计仍停留在理论阶段, 缺乏具有区域性、系统性、针对性的深入研究和具体实践。因此, 面对广州复杂的城市环境, 以及人类游憩和动植物栖息的差异化需求, 本文基于近永久性小微湿地的类型和特征, 提出地形、基底、水体、设施等环境要素和植物、动物等生物要素的营造技术和提升策略, 以期在广州乃至粤港澳大湾区的高度城市化

地区小微湿地资源的保护、修复和利用提供理论参考。

1 广州近永久性小微湿地分类

广州地处亚热带季风气候区, 降水充沛、季节变化明显, 当地的河流、湖泊、水库、沼泽、红树林等湿地资源非常丰富, 为唐鱼 *Tanichthys albonubes* 等南方特有物种提供栖息地, 承载着特色鲜明的岭南水乡文化, 但也面临着高度城市化带来的巨大压力和挑战。广州小微湿地是城市湿地资源的重要组成部分, 其水文过程和生态功能与其他湿地存在显著差异, 具有重要的研究和保护价值。

广州市林业和园林局公布的《2024 年广州市湿地保护年度报告》显示, 截至 2023 年底, 广州累计建成小微湿地 28 处, 其中 4 处为广东省小微湿地示范点^[10], 均为近永久性小微湿地, 在空间分布、形成机理、维持物种等方面具有典型性和特殊性。因此, 根据湿地的水文地貌特征, 研究将广州市近永久性小微湿地分为湖库型、河涌型和坑塘型(表 1), 以代表湿地网络的点、线、面三层水动力格局。其中, 湖库型小微湿地包括面状、块状等封闭、半封闭的小型水体, 主要依赖地表径流汇水和库容调蓄保持水位, 水位年变幅小, 滞留时间长, 能调蓄雨洪、

表 1 广州市近永久性小微湿地的分类和特点

Tab.1 Classification and characteristics of permanent small and micro wetlands in Guangzhou

一级分类	二级分类	主要特点	代表案例
湖库型小微湿地	小型景观水体	城市中用于观赏和美化环境的较小水体, 通常包括池塘、人工湖等。通常位于城市公园、广场、街道等公共场所, 为周边居民提供休闲娱乐和观赏游憩服务	东山湖公园南部湖湾、白云山云溪小微湿地、珠江公园水生植物区、越秀公园东秀湖
	小型自然湖泊	没有或较少人为干预, 由自然的地质、地貌和气候条件形成的面积相对较小的湖泊, 呈圆形、椭圆形或不规则形状	石门国家森林公园石柱上天池湿地、黄埔麦村天池
河涌型小微湿地	人工河涌	人工修建形成、具有特定水利功能的线型湿地, 包括小型河道、沟渠等。在岭南地区中常见的“涌”“濠”“渠”等名称均指该类型小微湿地	黄埔区南岗河(长岭段)、增城区小楼镇邓山涌
	自然河涌	由于地理条件因素自然形成的线型湿地, 包括交叉河道、小型溪流、农田沟渠等, 多位于乡村地区。在岭南地区中常见的“沟”“濠”“沥”等名称均指该类型小微湿地	白云区杨山九潭潮头公小微湿地、白云山翠竹园小微湿地
坑塘型小微湿地	山塘	通常位于山区或丘陵地带, 往往与溪流、湖泊等水体共同组成山体水系生态系统, 可储存雨水或少量山水、沟水等	帽峰山森林公园天湖、白云区六片山大山塘
	风水塘	乡村地区常见的人工水体, 多数由人工修建或自然形成, 是具有文化功能的农业和生活用水	黄埔区麦村风水塘
	湿地塘	水域浅, 土层厚而有机质丰富, 地形坡度稍带倾斜、水量较充足, 是适于沼生植物生长的潮湿地带, 常见的有稻田、荷塘等。在岭南地区中常见的“氹”“塍”等名称即指该类型小微湿地	黄埔区迳下村水氹、黄埔区莲塘村古荷塘
	净化塘	利用微生物、藻类及水生生物的自然净化能力对水中污染物进行处理的污水处理系统, 又称“氧化塘”“生物塘”	永和污水处理厂小微湿地、增城区派潭镇污水处理厂小微湿地

维持以沉水植物为主的静水生物群落；河涌型小微湿地通过河流上游来水和潮水滞留维持水位，受潮位影响大，主要起到水质净化、行洪排涝和纵向连通等作用；坑塘型小微湿地以散点式积水、高边缘比、易孤立为特点，通过降雨或地下水进行水文补给，多与农田、森林、乡村、社区等耦合共生。

2 环境要素营造技术

2.1 地形营造

地形营造应满足小微湿地生态功能恢复与建设目标^[11]，在遵从现状地形地貌基础上，参考自然湿地形态，因地制宜地进行塑造和改造。

2.1.1 微地貌组合

起伏多变的微地形可通过构建浅滩、深水区、湿草甸、泥滩、沙洲、沼泽、湖心岛、灌丛等多种地貌单元进行塑造和组合。其中，浅滩坡度宜在1‰~4‰，宽度不宜低于5 m，常水位下的淹水深度宜设置为10~30 cm^[12]。深水区水深可大于2 m，地形以凹形为主，为鱼类及游禽提供活动和取食场所。如在东山湖公园南部湖湾的小微湿地中，通过微地形组合提高了水文连通性以及小微湿地生境的异质性和稳定性（图1）。面积较大的风水塘，可于驳岸内侧营造起伏的微地形，丰富生境界面。

2.1.2 岸线营造

岸线是小微湿地与周边其他环境的过渡地带，形式与地形坡度具有较强的关联性^[13]，因此应结合水质净化、生物多样性提高、生境恢复、景观游憩等功能，根据现状地形坡度因地制宜选择岸线形式，并修复护坡（表2）。

2.1.3 护坡营造

小微湿地边缘常采用植物护坡、石笼护坡、块石护坡3种措施防止水土流失（表3，图2）。其中，植物护坡依靠湿生植物根系固土并形成植被覆盖，可为生物提供栖息地与食源。因维护费用低，植物护坡适用于土壤良好、水流平缓、坡度较缓的河流和湖湾，但初期防护能力较弱。石笼护坡由金属网箱内填石块或卵石构成，结构具有柔性，可适应地基变形，适用于流速大、坡度较陡的河道。但金

属网箱易腐蚀，需定期检查更换，维护成本偏高。块石护坡以块石堆砌或干砌而成，结构稳固，抗冲刷能力强，适用于水流急、坡度陡的河岸或湖岸。

2.2 基底营造

基底是湿地植物重要的立地条件、小型湿地动物的主要栖息场所及许多湿地物质转化的关键媒介，同时是小

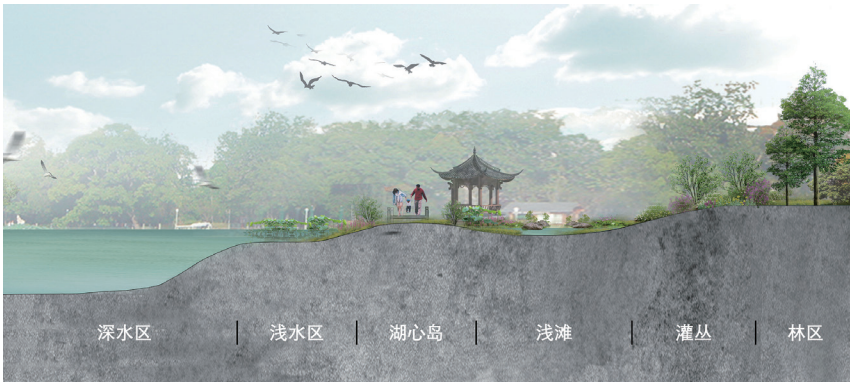


图1 东山湖公园南部湖湾小微湿地的微地貌组合营造
Fig.1 Construction of the micro-landform assemblage of small and micro wetland in the southern bay of Dongshan Lake Park

表2 不同地形坡度的小微湿地岸线选择和营造要点
Tab.2 Shoreline selection and construction key points of small and micro wetlands with different terrain slopes

地形坡度	岸线选择	营造要点
≤ 30°	自然堆土种植岸线 (湿地一般形态)	对局部高差较大的地形进行修整形成土壤自然安息角，或改造为台地式湿地种植床，满足不同类型水生植物的立地需求
(30°, 40°]	自然式干抛毛石驳岸	通过机械或人工抛投块石、卵石等天然石料，留出植物生长和生物活动空隙
(40°, 50°]	自然式立插木桩驳岸	将除去表皮后涂抹桐油的木桩以绑扎的形式插入湿地底质中，深度应大于1 m，桩顶与水面距离小于0.4 m
>50°	干砌或浆砌块石驳岸	可就地取材，利用已有建筑废石，采用干砌或灌浆的形式将块石砌筑成护岸。砌筑过程中应适当保留内部空洞，为生物存活创造条件

表3 小微湿地不同护坡提供的生态系统服务功能
Tab.3 Ecosystem service function of different slope types in small and micro wetlands

护坡类型	水土保持	水质净化	生物维持	景观效果
植物护坡	固定土壤	减少污染物	为昆虫、鸟类和小型哺乳动物提供栖息地	植被覆盖度高，景观效果好
石笼护坡	减缓水流冲刷、沉降泥沙	过滤悬浮物	为鱼类、两栖动物提供栖息空间，为鸟类提供食源	石笼间隙可种植水生植物，景观效果一般
块石护坡	抵抗水流冲刷	无	为鱼类、底栖动物提供栖息空间	石块难以与周边环境融合，景观效果较差

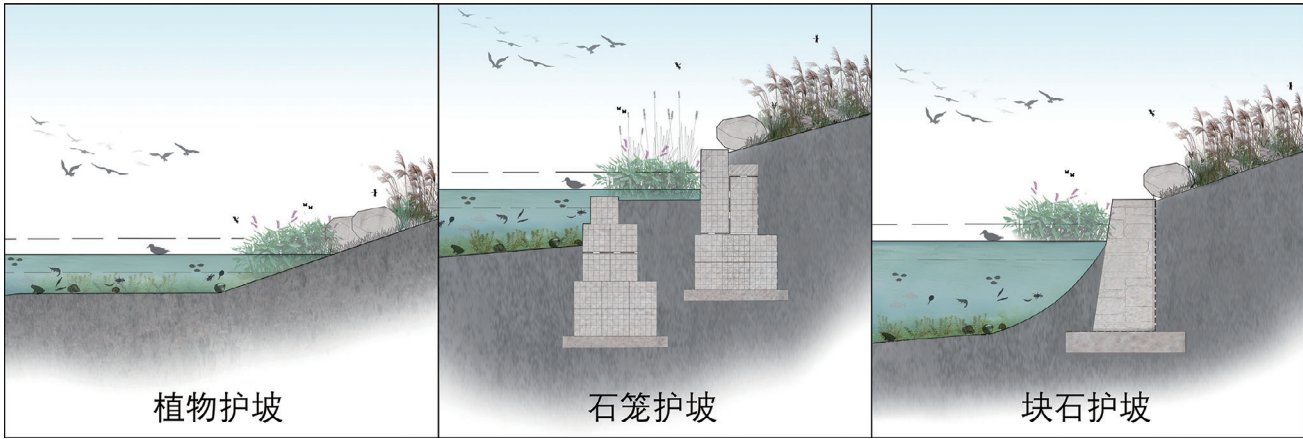


图 2 不同护坡类型示意图
Fig.2 Schematic diagrams of different slope protection types

微湿地生态系统的重要组成部分^[14]。

2.2.1 土壤修复与改良

针对广州城市中部分河涌底泥黑臭的情况，应先清淤疏浚，去除污染物，再采取相应的技术进行土壤改良。一般来说，宜用黏性水生土搭配填料组成小微湿地的基底土壤，土壤渗透率宜为 0.024~0.340 cm/h^[15]，以限制植物根系及根茎的穿透，增强湿地保肥能力，提高营养含量。以生产为主要功能的小微湿地可采用轮作技术，改善土壤性状和肥力。

2.2.2 底质选择

小微湿地底质粒径和组成对水流速度、水文条件和植被生长有着重要影响，决定着湿地生态系统的功能和效能。细颗粒可提高底质的孔隙度并增强渗透排水能力；底质的化学组成和矿物类型会影响污染物吸附、水质维持、养分供给，富含有机质的底质更利于植被生长。因此，设计时应考虑实际情况和目标功能，选择沙子、泥土、砾石、粘土和人工底质等不同类型的底质进行分层或混合配置（表 4）。

2.3 水环境营造

借助人工设施和工程措施，可系统恢复小微湿地水体环境，为水生植物和动物提供生存空间，改善水质，减少洪水和土壤侵蚀等自然灾害的风险。

2.3.1 水文形态营造

借助人工设施在小微湿地布局不

表 4 小微湿地不同底质类型和选择

Tab.4 Different basements and selections of small and micro wetlands

底质类型	底质特征	选择要点
沙子	常见的底质类型，颗粒粗大、排水性好	宜用于水质净化和植物生长，有利于水流通和过滤
泥土或淤泥	富含有机质和养分	宜用于湿地植物种植，但需考虑排水和过滤能力
砾石	提供物理支撑和稳定性	宜用于湿地底部或边缘区域
粘土	胶结物质含量高，渗透性低	宜用于构建底部防渗层，提高保水率
人工底质	特殊材料或复合材料	宜用于增强湿地的特定功能，如水质净化

同深浅、大小、形状和淤积程度的水体单元，模拟自然水位的周期性波动，形成缓流、激流、干湿交替的区域，为不同水生生物的繁殖和生长创造生境条件，提高生态系统稳定性和生物多样性。

2.3.2 补水系统营造

补水以维持自然条件下的水位平衡为原则。针对受损生境或基底不良的小微湿地，需要引入雨水、尾水或地表径流进行补充，以满足湿地生态系统的运行需求。以雨洪调节功能为主的小微湿地，需要根据旱雨季的水量变化设置调蓄设施，兼顾防洪和抗旱。同时，湿地之间或内部应以渠道、河道或人工水道连通，保障水体交换和流动，促进生物迁移、养分循环和水质改善。

2.3.3 水污染治理

小微湿地通过植物与微生物的协同作用，将有机物、悬浮物和营养物

质转化为无害的物质。如乡村地区普遍面临土壤污染、水质恶化和生物多样性丧失等威胁，可通过改善水生态基底、设置植被生态缓冲区、建立生态廊道等低干预、低维护、高效能的修复手段^[16]，实现水质净化和湿地生态系统调节能力的增强。

2.4 设施配套

小微湿地的配套设施包括宣教设施、景观设施以及安全设施，为居民提供游憩和科普服务。其中宣教设施包括陈列馆、科普牌以及树牌等，用于展示小微湿地的生态特征、生物多样性及相关知识，增强公众生态保护意识。景观设施包括景观小品、照明、栈道等，用于景观提升和文化意境营造。在视野独特或生物多样性丰富的节点，可设置观景台或观鸟台，便于游客欣赏和观察湿地。安全设施包括在进水口、敞水区、溢流口水口、护坡、驳岸及维护通道等位置设置的护栏、

警示牌等，需定期巡查和维护^[17]。对于水深超过 1.5 m 的区域，应配置救生圈、急救包等应急救援设备。

3 生物要素营造

3.1 植物营造

植物是小微湿地中最具生命力的元素，在湿地生态系统中具有吸收和去除污染物^[18]、为动物提供食物和栖息地、防止岸坡侵蚀、美化环境和体现地域特色等多重功能。

3.1.1 植物选择

小微湿地的植物选择应以华南地区的乡土植物为主，考虑植物对干旱、高温、病虫害、盐碱、污染等不利条件的耐受能力，模拟自然群落配置，营造自然原始的、可持续发展的生态系统，并减少维护投入。湿地植物对重金属离子具有吸附作用，例如芦苇 *Phragmites australis* 对铅、镉和铜等重金属具有良好的吸附性^[19]。其还具有文化和美学价值，故在如风水塘等公共空间，宜选择能体现南国风

光的乡土植物，如粉美人蕉 *Canna glauca*、菖蒲 *Acorus calamus*、花叶芦竹 *Arundo donax* ‘Versicolor’ 等。适用于广州小微湿地的植物见表 5。需要注意的是，应慎用莲 *Nelumbo nucifera*、风车草 *Cyperus involucratus* 等占地较大、扩张能力较强的植物，避免引入如微甘菊 *Mikania micrantha*、鬼针草 *Bidens pilosa* 和粉绿狐尾藻 *Myriophyllum aquaticum* 等入侵植物^[20]，以防湿地岸线与水面空间被侵占和破坏。同时不建议种植椰子 *Cocos nucifera*、大王椰 *Roystonea regia* 等高大型的临水植物，以保持小微湿地的整体景观协调性。

3.1.2 植物配置

乔木、灌木、草本植物复合的植物配置模式能增强小微湿地保持水土、净化水质和维持生物多样性的能力。其中沉水植物、浮水植物的植被覆盖度宜为 10%~30%，挺水植物和湿生植物的植被覆盖度宜不小于 60%^[21]。通过乔木、灌木、草本植物的有序搭配，可使水面与岸坡之间过渡自然，形成

表 5 适用于广州小微湿地的植物
Tab.5 Plants suitable for small and micro wetlands in Guangzhou

植物类型	植物特性	适宜生境	种类选择
挺水植物	①适应能力强，或为本土优势品种； ②根系发达，生长量大，营养生长与生殖生长并存，对氮、磷、钾的吸吸收能力较强； ③部分能于无土环境生长	浅水区、坑塘	水葱 <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> 、荸荠 <i>Eleocharis dulcis</i> 、畦畔莎草 <i>Cyperus haspan</i> 、问荆 <i>Equisetum arvense</i> 、小香蒲 <i>Typha minima</i> 、鸭舌草 <i>Pontederia vaginalis</i>
		水边、沼泽	菖蒲 <i>Acorus calamus</i> 、灯芯草 <i>Juncus effusus</i> 、笋石菖 <i>Juncus prismatocarpus</i> 、茭苳 <i>Cyperus malaccensis</i> 、金钱蒲 <i>Acorus gramineus</i> 、水莎草 <i>Cyperus serotinus</i> 、纸莎草 <i>Cyperus papyrus</i> 、芦苇 <i>Phragmites australis</i> 、蘋 <i>Marsilea quadrifolia</i> 、雨久花 <i>Pontederia korsakowii</i> 、粉美人蕉 <i>Canna glauca</i>
		草甸、林中潮湿地	千屈菜 <i>Lythrum salicaria</i> 、纤草 <i>Burmanna itoana</i> 、芦竹 <i>Arundo donax</i> 、花叶芦竹 <i>Arundo donax</i> ‘Versicolor’
		湿地塘	野慈菇 <i>Sagittaria trifolia</i> 、海芋 <i>Alocasia odora</i> 、水蜡烛 <i>Pogostemon yatabeanus</i>
浮水植物	①生命力强，根系发达； ②生物量大，生长迅速； ③具有季节性休眠现象	湖库、坑塘	勺状槐叶蘋 <i>Salvinia cucullata</i> 、槐叶蘋 <i>Salvinia natans</i> 、满江红 <i>Azolla pinnata</i> subsp. <i>asiatica</i> 、苳菜 <i>Nymphoides peltata</i> 、水鳖 <i>Hydrocharis dubia</i> 、芡 <i>Euryale ferox</i> 、浮萍 <i>Lemna minor</i> 、紫萍 <i>Spirodela polyrhiza</i>
		湿地塘	水薹 <i>Aponogeton lakhonensis</i> 、茳苳 <i>Wolffia arrhiza</i> 、欧菱 <i>Trapa natans</i>
沉水植物	①通气组织发达，利于气体交换； ②叶片多呈丝状，利于吸收阳光； ③植物体多呈墨绿或褐色	湖库、坑塘	黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i> 、金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i> 、菹草 <i>Potamogeton crispus</i> 、苦草 <i>Vallisneria natans</i>
		浅水坑塘、人工河涌	小眼子菜 <i>Potamogeton pusillus</i> 、眼子菜 <i>Potamogeton distinctus</i>
湿生植物	①根系可稳固底质，具有一定观赏价值； ②陆生，耐旱且耐一定水湿	林中潮湿地	猪笼草 <i>Nepenthes mirabilis</i> 、乌桕 <i>Triadica sebifera</i> 、露兜草 <i>Pandanus austrosinensis</i> 、分叉露兜 <i>Pandanus urophyllus</i> 、露兜树 <i>Pandanus tectorius</i> 、五节芒 <i>Miscanthus floridulus</i> 、粽叶芦 <i>Thysanolaena latifolia</i>
		滨海砂地	匍匐滨藜 <i>Atriplex repens</i> 、南方碱蓬 <i>Suaeda australis</i> 、鬘刺 <i>Spinifex littoreus</i>
		水边、堤旁	水蕉草 <i>Apluda mutica</i> 、蕙苡 <i>Coix lacryma-jobi</i> 、大花马齿苋 <i>Portulaca grandiflora</i> 、水石榕 <i>Elaeocarpus hainanensis</i> 、番石榴 <i>Psidium guajava</i> 、量天尺 <i>Selenicereus undatus</i> 、类芦 <i>Neyraudia reynaudiana</i> 、水松 <i>Glyptostrobus pensilis</i> 、榕树 <i>Ficus microcarpa</i>

稳定的湿地生境。

3.2 动物生境营建

受区域气候和自然地理条件的影响,广州小微湿地作为动物生境具有功能累加效应,拥有微环境多样化、水文周期性波动以及食物网结构简单等特征。小微湿地面积虽小,但生境异质性较高。在相同面积下,多个分散小微湿地的生物多样性维持功能优于单一大面积湿地。天然小微湿地多由降雨或局部积水形成,水位受天气变化影响频繁涨落,可为部分动物提供短期栖息空间和水源补给。同时,受面积和水文条件限制,湿地内部仅支持小型哺乳类、两栖类、昆虫、游禽和候鸟等城市动物栖息,缺少大型鱼类等捕食者,湿地内部的食物链较短、营养级较低,食物网结构相对简化^[22]。因此,开展湿地动物生境修复与营建时,应结合目标物种的生态习性和生活史特征,以及小微湿地立地属性,开展一体化设计和建设。

3.2.1 鸟类

对鸟类来说,小微湿地属于微栖息地类型^[23],是迁徙中的“踏脚石”和能量补给站。因此,小微湿地的设计应侧重觅食和停歇空间的设置。可在自然缓坡驳岸布置泥滩,栽植芦苇、灌木丛等,提高蜗牛、蚯蚓等无脊椎动物的密度,丰富食源;可在开阔水面的中央营造湖中岛,其陆地高度宜为0.5~1.5 m^[12],同时保留裸露滩涂作为觅食场;水边绿地可种植榕树、水石榕、番石榴等乡土树木,提供鸟类驻留、繁殖和栖息的场所。

3.2.2 两栖动物

迁移与防御能力弱的两栖动物更依赖面积小、结构简单的小微湿地。通过塑造丰富的水下地形和岸线形态,布设小型洞穴、倒木等,可形成阴凉、安全的觅食和庇护场所。结合周期性水位波动,抑制掠食性鱼类及脊椎动物的数量,可提升两栖动物及其幼体的存活率,为其提供稳定、安全、低干扰的城市繁殖栖息地。

3.2.3 其他动物

多数小微湿地的水深不足以维持鱼类种群生存,但在宽浅水域中布设由泥沙和石块群组成的基底,可提高底质复杂度和水力多样性,为部分动物提供攀附面;栽植如黑藻、苦草等沉水植物作为食源,可局部改善鱼类生境。小微湿地亦是许多水生昆虫(如蜻蜓)的栖息地,而水生昆虫在不同的生活史阶段对生境需求各异^[24]。因此,可从该角度出发对小微湿地开展针对性、系统性的设计。

3.3 微生物处理

小微湿地中的微生物承担着分解有机物、参与物质循环以及维持水质等功能^[25-26],其活性直接影响湿地的自净能力和生态系统稳定性。例如,变形菌门、拟杆菌门等细菌类群在降解污染物中作用显著,而古菌群落可能参与甲烷生成或氮循环过程^[27]。

改造地形、改良底质、调控水文能提高水体溶氧量和底质通透性^[28],从而激活微生物群落;香蒲、芦苇等水生植物的根系通过提供附着点和氧气,为微生物创造适宜的生存

环境;还能引入食藻虫、鱼类等动物形成“植物-动物-微生物”的共生体系^[29],通过食物链调整微生物群落结构,增强湿地生态系统的平衡能力。对于污染的小微湿地,在减少外部污染物输入的同时,可构建氧化塘,通过接种高效降解菌剂,强化对特定污染物的净化效能^[26],并定期监测水质和微生物群落变化,实现对污染的跟踪、控制和长效管理,提高小微湿地的生态韧性。

4 结语

广州地处珠江三角洲,丰富的小微湿地资源是城市生态系统的重要组成部分,具有重要的生态功能。本文根据水文地貌特征,将广州近永久性小微湿地分为湖库、河涌和坑塘3类,分析了不同类型湿地的主要特点和代表案例;并从环境要素和生物要素的维度,构建了系统性、因地制宜的营造技术框架,具有一定的实操性。但是,生态修复技术的实际应用效果在很大程度上受制于具体场地条件,如不同类型的护坡设计直接影响湿地植被的恢复速度和效果^[30],因此研究的普适性和长效性有待进一步验证。此外,本文仅关注广州市域内的淡水湿地,未能全面涵盖广州作为滨海城市特有的咸淡水交互湿地类型,也缺乏对短暂性、偶然性、间歇性、季节性等小微湿地的充分探讨,导致研究结论的整体性和代表性存在一定局限。

持续开展对小微湿地的系统调查和定位研究,有助于进一步提升城市湿地生态系统服务功能价值^[31]。因此,量化评估小微湿地在水质净化、雨洪调蓄等方面的生态服务效能,厘清咸淡水湿地、滨海湿地等不同类型小微湿地的分布特征和生态功能,进一步优化其保护修复、建设与可持续运营的策略,是下一步研究的重点,也是更好地助力小微湿地在城市创新发展中焕发生机的必由之路。

注:图片均由作者自绘。

参考文献:

- [1] 袁兴中.小微湿地保护与利用:城乡绿色发展的细胞工程[J].绿色中国,2024(18):56-63.
- [2] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.小微湿地保护与管理规范:GB/T 42481—2023[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [3] 崔丽娟,雷茵茹,张曼胤,等.小微湿地研究综述:定义、类型及生态系统服务[J].生态学报,2021,41(5):2077-2085.
- [4] BOULTON A, BROCK M, ROBSON B, et al. Australian Freshwater Ecology: Processes and Management 2nd Edition[M]. United States: John Wiley & Sons Inc, 2014.
- [5] 曾新.论湿地对古代广州城市发展的影响[J].华南师范大学学报(社会科学版),2006(4):29-33.
- [6] MAO D, WANG Z, SONG K, et al. Rescue urban wetlands for flood resilience[J]. Nature, 2023, 624(7990):42.
- [7] WANG L, BIE W, LI H, et al. Small Water Body Detection and Water Quality Variations with Changing Human Activity Intensity in Wuhan[J]. Remote Sensing, 2022, 14(1):200.
- [8] WANG W, HUANG W, JIANG S, et al. The Underestimated Role of Small and Micro Wetlands in Enhancing Habitat Quality

Amid a High-Intensity Anthropogenic Impact Area[J]. Water, 2025: 17 (2) : 1796.

[9] 王丽萍, 解常鑫, 李丹丹, 等. 2012—2021 年广州市八大湖泊水环境变化趋势分析 [J]. 中国环境监测, 2024, 40 (4) : 111-121.

[10] 广州市林业和园林局. 2024 年广州市湿地保护年度报告 [R/OL] (2025-03-28) [2025-05-06]. <https://lyylj.gz.gov.cn/attachment/7/7788/7788983/10190639.pdf>.

[11] 陈新芳, 冯慕华, 关保华, 等. 微地形对小微湿地保护恢复影响研究进展 [J]. 湿地科学与管理, 2020, 16 (4) : 62-65, 70.

[12] 湿地恢复与建设技术规程: DB11/T 1300-2015[S]. 北京: 北京市质量技术监督局, 2015.

[13] 钟日朝. 松木桩自然式生态驳岸在湿地公园中的应用 [J]. 湿地科学与管理, 2023, 19 (4) : 69-72, 82.

[14] 张成. 生态恢复导向下深圳华侨城湿地景观规划设计策略研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.

[15] 宋轶. 垛基果林湿地场地特征对小气候影响效应研究——以广州海珠国家湿地公园二期为例 [D]. 广州: 华南理工大学, 2021.

[16] 袁黛玉, 王蕾, 李晖. 基于生态空间划定的乡村小微湿地修复策略研究 [J]. 广东园林, 2023, 45 (3) : 9-14.

[17] 天然小微湿地修复技术规程: DB23/T 3178—2022[S]. 哈尔滨: 黑龙江省市场监督管理局, 2022.

[18] 张碧媛, 林妍栏, 林雯, 等. 石井净水厂 8 种湿地植物的净化和固碳功能研究 [J]. 广东园林, 2024, 46 (5) : 101-109.

[19] 胡肄慧, 陈章龙, 陈灵芝, 等. 凤眼莲等水生植物对重金属污水监测和净化作用的研究 [J]. 植物生态学报, 1981, 5 (3) : 187-192.

[20] 邱园, 冯志坚, 翁殊斐. 广州滨水绿地自生植物群落调查与园林应用潜力分析 [J]. 广东园林, 2022, 44 (6) : 18-22.

[21] 孙语晗. 生态恢复视角下的哈尔滨松江湿地规划设计研究 [D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2019.

[22] 刘素帆. 生物多样性维持型小微湿地设计 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2022.

[23] 杨勇, 温俊宝, 胡德夫. 鸟类栖息地研究进展 [J]. 林业科学, 2011, 47 (11) : 172-180.

[24] 李祖慧. 基于蜻蜓生境营建的小微湿地景观设计 [D]. 重庆: 重庆大学, 2023.

[25] 林明海, 胡连信, 郝丽萍, 等. 小型城市湿地微生物组及其固碳基因潜力分析 [J]. 生物工程学报, 2025, 41 (6) : 2415-2431.

[26] 李青, 张琼华, 周卫东, 等. 人工湿地净化污水处理厂低浓度尾水的效果 [J]. 水生生物学报, 2022, 46 (10) : 1456-1465.

[27] 郭云, 仲波, 李娜英, 等. 青藏高原东缘溪流型小微湿地沉积物古菌群落的海拔分布格局及驱动因素 [J]. 湖泊科学, 2024, 36 (5) : 1506-1521.

[28] 付元祥, 张大才, 韩莹莹, 等. 小微湿地修复技术要素探讨 [J]. 湿地科学与管理, 2021, 17 (3) : 63-65, 69.

[29] 四川省小微湿地建设规范: DB5/T 3098—2023[S]. 成都: 四川省市场监督管理局, 2023.

[30] ZHAO B, SHEN Y, HU X, et al. Evaluation of coupling coordination relationship between different habitat materials and vegetation system in the engineering disturbed area[J]. Frontiers in materials, 2022, 9: 976489.

[31] 庄大昌, 杨青生. 广州市城市湿地生态系统服务功能价值评估 [J]. 热带地理, 2009, 29 (5) : 407-411.

作者简介:

袁霖/1989 年生/女/广东河源人/暨南大学生命科学技术学院(广州 510632)/在读博士研究生/风景园林工程师/专业方向为湿地生态学与风景园林规划设计

周浩波/2000 年生/男/广东普宁人/广东生态工程设计研究院有限公司(广州 510520)/助理工程师/专业方向为园林技术

丁鑫/1987 年生/男/江苏邳州人/博士/广东生态工程职业学院(广州 510520)/讲师/研究方向为国家公园、自然保护地与生物多样性保护

战国强(*通信作者)/1977 年生/男/内蒙古西乌旗人/广东生态工程职业学院(广州 510520)/教授级高级工程师/研究方向为风景园林与城市林业建设管理/E-mail: 31477523@qq.com