

黑龙江抚远段滨江湿地生态修复规划策略研究

王作为,王琳琳*,杨家宝

(哈尔滨工业大学城市规划设计研究院有限公司,哈尔滨 150001)

摘要:2016年习近平总书记强调保护抚远生态环境,2018年黑龙江省政协发布《关于界江沿岸生态保护与国土防护的建议》,强调界江沿岸生态保护与国土防护对国土安全 and 国家形象的重要性。本项目位于中俄界江黑龙江沿岸抚远段,旨在改善滨江上游河道淤塞环境恶化、下游湿地水体污染等问题,恢复滨江湿地生态,提升界江生态环境质量。规划通过“流域视角,源头控制”“以绿代灰,生境修复”和“河城交融,景观设计”等策略,由宏观到微观系统实现生态保护与城市发展的和谐共生。项目预计大幅提升生态净化效率,改善水质,恢复完整的生态链条。目前该项目已全面开工,秉承生态环保理念,为边境地区生态安全 and 国家形象作出重要贡献。

关键词:滨江湿地恢复;界江生态环境;水环境治理;生境修复;景观融合

中图分类号:S151.3 **文献标志码:**D **文章编号:**1672-2736(2024)04-0026-12

0 引言

界江作为一个流域生态载体,关系到了流域两岸沿河的动植物多样性以及生物种群发展,为了保护在流域范围内栖息的野生动物,在界江的生态环境治理恢复项目上,需要的是中俄两国乃至全球共同努力^[1-2]。2016年5月24日习近平总书记来到抚远市调研考察时指出,要保护好抚远得天独厚的生态环境。2017年中俄专家围绕“保护界江生态环境”主题建言献策,提出“跨境环保”建议。2018年,黑龙江省政协发布《关于界江沿岸生态保护与国土防护的建议》,指出界江沿岸生态保护与国土防护事关国土安全和国家形象。研究旨在改善因上游水土流失及城市排水系统不健全所导致的界江支流河道淤塞、环境恶化等问题,达成城市发展和界江生态环境的和谐共存。

1 研究区条件

研究基于黑龙江抚远段滨江湿地恢复区的湿地生态环境质量改善提升规划项目,该项目位于黑龙江沿岸抚远市中心城区东侧,总面积

141.6hm²,其中水域面积49.7hm²,水系由南侧山体汇聚向北流入黑龙江,研究范围为城市滨江上游河流及下游湿地,全长3520m。

2 滨江湿地生态环境困境

2.1 上游水土流失,中下游污染严重

上游汇水区存在的水土流失现象,造成了源头的水体污染,混合在雨水径流中的沙土,形成了水体中的宣和物,增加水的浑浊程度,另一方面,由于山体中的土壤表层也随径流进入水体,土壤表层中的大量营养物质也随着降水大量进入水体,使水体营养物质浓度增高,促使各种藻类大量繁殖,从而影响了水生动植物的生长环境,增加了水体的富营养化程度。

中下游水体主要存在水体污染、自然河道被占用等问题。水体主要污染源来自河道周边居民生活垃圾污水、农业生产废弃物及抚远城区内生活污水排放等面源污染。部分河段水质为劣V类,植被长势差,河流水环境生态系统失衡,严重影响周围居民的生活环境,同时对下游水体黑龙江的水质造成了极其恶劣的影响。

2.2 城市内河功能不完善,治理难度大

滨江湿地作为黑龙江(抚远段)支流承担着城市内河的基本功能^[3],其现存问题对于城市环境和城市安全影响更为显著。

排水不畅,地表径流导致污染物扩散。随着河道周边的城市不透水路面和材料实际铺装面积增多,以及地形高差现状的影响,使得河道沿岸地表径流系数不断增大,地表径流显著增加。

自净能力退化、人工净化不到位。沿江大堤割裂了湿地水体与江水的直接联系,水系不能形成自然循环,导致自然湿地和湖面成为死水,加之城市污水排放使抚远片区内河发生黑臭、淤积等水体变化,河流的稀释作用、沉淀作用、微生物衰减过程及耗氧—复氧作用等自净能力严重退化。同时,内河的氮磷等营养物质污染、有机物污染、有毒物质污染、悬浮固体污染导致水生动植物死亡,进而严重影响和破坏了河流生态系统。且河道仅靠河流微弱的自然净化能力是远不足的。

河流下游季节性枯水及内涝。受沿江大堤的影响,割裂的下游湿地区的水体无法与黑龙江江水直接联系,受季节影响水源水量无法保障时,水系不能形成自然循环而出现季节性枯水的现象,枯水季时,湿地水域面积明显缩小,部分河道淤积裸露;河流东西两侧雨污水通过地表径流和排水管道排入河道中,雨季时水量加大,经常造成大量洪水涌出,形成内涝。

2.3 河城孤立,景观与游憩功能缺失

活动空间单一,无吸引力。由于河水冲刷而形成的自然河道护岸类型单一,地表径流加剧且无法应对城市旱季雨季等水位的变化,较差的水质也无法满足景观水体的水质标准,不能满足居民及游人亲水的需求。

交通联系较少,游览不便。缺乏成型的人行游览系统,南北走线的河道被东西向的城市道路切割相对严重,基地地势的高差变化也影响着交通组织的连续性。

城市文化功能与运动场地设施的缺失。作

为城市不可或缺的内河与开放空间,其当前状态未能充分展现和体现城市的独特文化韵味。同时,沿岸区域显著缺乏多样化的运动场地设施,这在一定程度上削弱了城市的文化功能与居民的生活质量。

3 滨江湿地生态修复构思与策略

3.1 目标理念与技术路线

秉承“山水林田湖草沙”生命共同体、景观廊道构建、人与自然和谐共生及低碳生态四大理念,上游实施河道景观及周边环境重塑与整治,旨在串联并满足城市多元功能需求,将其塑造为抚远城区标志性的绿色景观廊道,进而提升城市品质,激发区域活力与价值,改善居民生活环境,推动城市可持续发展。同时,下游湿地聚焦于恢复湖泊湿地的生态系统服务功能,确保湿地资源可持续利用,以其在改善城市生态环境、提供休闲游憩空间及提升市民生态意识方面的独特作用,促进滨江湿地与城市的和谐共生。缔造城市的“蓝色水脉”与“绿蔓华妆”,成就生态与人文交相辉映的城市新名片。

3.2 流域视角、源头控制策略

3.2.1 上游流域管控

以全流域视角^[4]分析城市内河的形成和汇集过程,不局限于整治现有的水体污染,而是从源头解决河流存在的污染原因(见图1)。通过对全流域进行分析和判断后,规划在河流水系源头即设置生态化的净化措施,根据自然的地形地势风貌,利用自然高差,设置了起到沉淀过滤作用的初沉区,利用突然变宽的水面降低山水下流的速度,使雨水径流中裹挟的泥沙由于突然减低的水流速度而下沉,停留在自然沉淀区,达到了源头防控的作用。同时加强了河流上游汇水区范围内的山体的生态恢复工作,通过加强植被覆盖,固定土壤,以解决城市内河上游面源污染的产生。

3.2.2 截流污染与河流清淤

城市黑臭水体的整治应按照“控源截污、内



图 1 流域汇水动态分析图

源治理;活水循环、清水补给;水质净化、生态修复”的基本技术路线^[5-7]。其中控源截污和内源治理是选择其他技术类型的基础与前提。通过阻止生活污水没有经过处理直接进入河道,从而缓解后续处理的治污压力,有效的截流污水管道系统可以直接影响污水管网和各个污水处理设施的运行效果及状态,从而进一步影响黑臭水体的治理效果。同时,针对重点河段开展清淤疏浚、原位治理工程,削减河道内源污染负荷。部分水流过细处要适当拓宽水面,加快水系沟通、引清活水,提高环境容量。

3.2.3 生态缓冲处理

为防止直接进入水体的降雨将污染物进入水体,规划在河岸两侧设置生态缓冲处理带作为污染控制。生态缓冲处理区设置在河流河岸坡度较为平缓的区域,利用自然高差,设置两段式处理区。同时为了防止污水下渗污染地下水,需要对生态处理区的基础进行处理,利用多种材料铺设,创造一种既有利于动植物生长,又防止污染扩散的生物栖息环境。

生态缓冲处理区可以分为两部分(见图 2),

第一部分属于预处理区,通过碎石拦截大块的无机污染物,地面降水进入第一段处理区时,由于水流流速减缓,大块的悬浮颗粒物沉淀下去,与雨水径流分离,变成沉泥区。通过两段反应区的处理,可以减缓地面雨水径流排入水体的速度,削减河流中的雨洪径流峰值,同时减少了排入河流中的雨水中的污染物含量,减少了城市内涝灾害发生的威胁。

3.3 以绿代灰,生境修复策略

在滨江湿地生态恢复与功能优化方面,规划研究将海绵城市理念视为设计的基石,贯穿于规划与实践的每一个环节。摒弃了传统的以灰色工程为主导的治水思路,转而推崇绿色基础设施的广泛应用,辅以必要的工程措施,“以绿代灰”实现城市水系统的自然化、生态化转型^[8-9]。针对滨江湿地面临的污染物积累、循环调蓄功能受阻与洪涝风险加剧等问题,规划研究着重于恢复其自然净化能力、促进水系循环并提升防洪排涝功能。

3.3.1 生态处理景观协调

通过实施多样化的生态护岸策略,构建既能

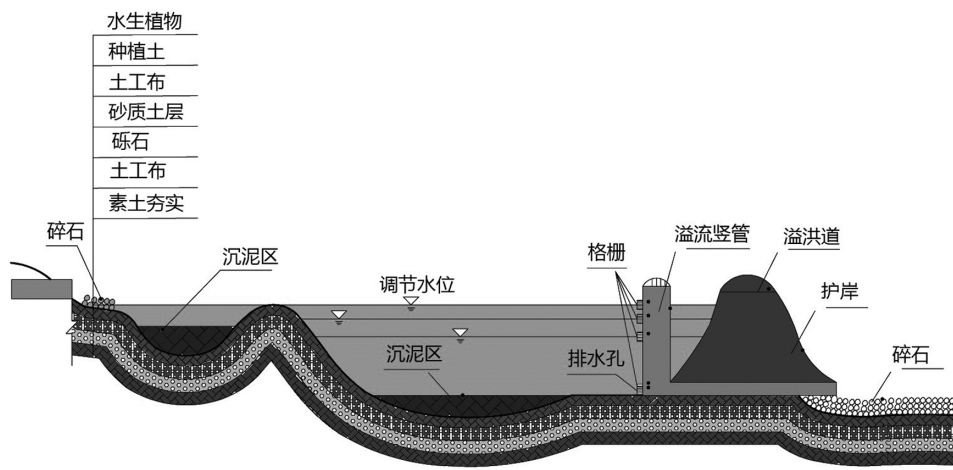


图2 生态缓冲区处理带原理图

实现水质自我净化,又能有效抵御洪水侵袭的湿地生态系统。上游河流通过设计强化自然净化与河岸稳定的自然生态种植护岸、促进水体曝气与生物多样性恢复的梯级石砌挡墙护岸、灵活高效净化水质的石笼生态工程护岸、低影响保护水岸生态完整性的抛石扦插结构护岸(见图3),全面恢复并提升湿地生态功能。

下游湿地公园设计中,根据公园场地内地形地势分可以划分出多个雨水的汇水分区,确定分

区内积水点,设置雨水花园收纳雨水^[10],同时在道路旁设置转输植物草沟,转输雨水的过程中,利用绿色植被减缓降雨径流的形成速度,削减雨水径流峰值,转输的雨水最终也被收集进入雨水花园内,超过雨水花园容纳容量的雨水则通过溢流管,排入公园水体内(见图4)。

其中,雨水花园的雨洪滞留能力则是根据汇水区面积和设计降雨量等工程参数确定的,公式如下:

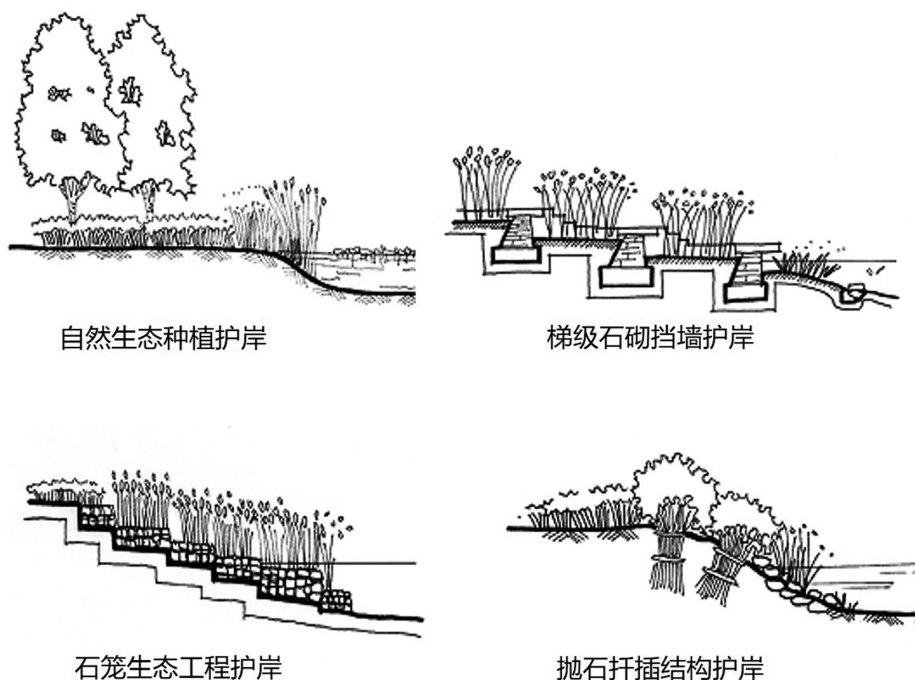


图3 生态护岸形式图

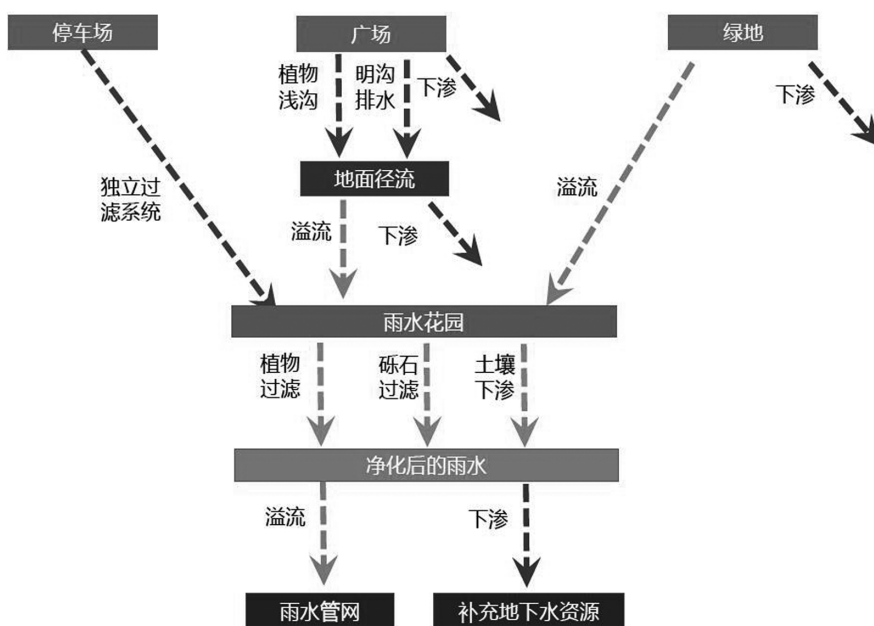


图 4 雨水汇集流程图

$$A_f = \frac{A_d \times H \times \Phi}{h_m} \quad (1)$$

式中： A_f ——雨水花园面积(m^2)；

A_d ——汇水面积(m^2)；

H ——设计降雨量(mm)；

Φ ——径流系数；

h_m ——蓄水层深度(mm)。

公园水体采用生态湿地方式设计(见图 5)，入水口设计景观跌水，出水口大量设置湿地植物，净化水体。利用生态工学原理，降解水中的

化学需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)、氮、磷等污染物,利用植物的根系吸收水中的富营养化物质,例如总磷、氨氮、有机物等,使得水体的营养得到转移,减轻水体由于封闭或自循环不足带来的水体腥臭、富营养化现象^[11]。

3.3.2 透水治污生态涵养

在生态涵养设计中,重视场地的透水性能优化与水体循环系统的精细调控(见图 6)。将雨水视为宝贵资源,摒弃了传统的快速排水工程方法,转而通过增强雨水在土壤中的滞留时间与渗



图 5 下游湿地区入口叠水设施效果图

透量,旨在涵养并补充地下水。这一设计理念贯穿于整个项目中,包括慢行步道与开敞空间的铺设,均选用了透水材料,不仅实现了雨水的自然下渗,还与整体的景观设计风格相得益彰,和谐统一。

面对下游湿地区域水质严重污染的现状,环保部门检测结果显示(见表7),该区域水质已降至劣V类标准,主要污染源为COD及氮磷化合物。针对这一特定水质污染状况,规划在景观设计上精心挑选了那些对COD及氨氮具有高效净化能力的动植物种类,作为湿地恢复区的核心生态要素。

针对水体溶解氧的具体需求,本研究依据污染物浓度进行科学估算,公式如下:

$$O = [1.4L_0(1 - e^{-K^1t}) - (C_s - C)(1 - e^{-K^2t} + C_m)] \cdot V \quad (2)$$

式中: O ——水体的需氧量(g);

V ——水体的体积(m^3);

t ——充氧时间(d);

C ——水体的溶解氧浓度(mg/L);
 L_0 ——水体初始的 BOD_5 浓度(mg/L);
 K^1 —— BOD_5 生化反应速率常数(d);
 C_s ——水体的饱和溶解氧(mg/L);
 K^2 ——水体的复氧速率常数(d);
 C_m ——维护水体好氧微生物生命活动的最低溶解氧浓度,一般可取 2 mg/L。

计算出湿地恢复区每日需氧量约为 5030.62kg。为实现这一目标,设计中融入了表层曝气机制^[12-13],利用跌水与瀑布的自然曝气效果,同时,在建设初期还计划在岸边安装表曝机作为辅助,以确保水体获得充足的溶解氧补充,全面改善湿地水质与生态环境。

3.3.3 运行设计雨洪防治

充分考虑城市应对雨洪内涝灾害的情况,设计出在不同情况下湿地生态系统的运行过程(见图7),通过泵站强排、景观补水等措施,保障

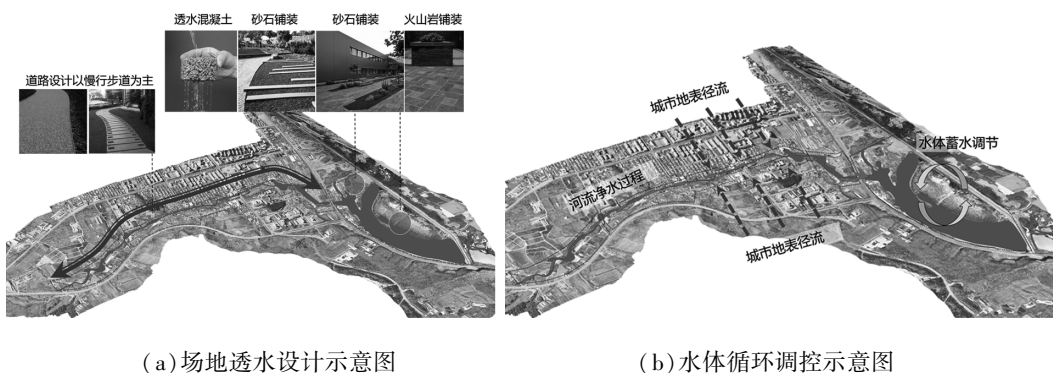


图6 场地透水设计及水体循环调控示意图

表7 水环境质量指标监测表

序号	监测项目	监测结果	单位
1	PH 值	7.14	
2	溶解氧	0	mg/L
3	高锰酸盐指数	44.30	mg/L
4	化学需氧量	235.0	mg/L
5	五日生化需氧量	55.30	mg/L
6	氨氮	30.40	mg/L
7	总磷	3.96	mg/L
8	总氮	53.80	mg/L



图 7 生态湿地水系调节示意图

湿地景观的弹性,景观湖常水位设计 36.5m,洪水水位设计 37.5m;生态湿地进水口结合景观跌水,出水口结合湿地植被;泵站近水不足时,从黑龙江补水,超过洪水水位时,进行泄洪。

3.3.4 技术介入功能修复

结合湿地的特点,依据河流生态修复理论、湿地生态修复理论、景观生态学理论的内容,通过岸线修复、生态精华和人工增氧的方式^[14-15],更新河道及湿地恢复区内部能量和物质流动,对其基底生态、水体生态和动植物进行修复。

通过原位治理、生态岛修复以及滨水岸带修复淤泥堆积和土壤污染等环境问题。采用原位修复的方法,工程实施过程中不会影响周边环境,并可逐渐改善河道微生物与微生态结构;生态岛修复利用清淤泥土,构建多样地形,丰富水生植物与底栖动物栖息地;滨水岸带修复则通过地形改造与植被种植,稳定水岸,减少污染流入(见图 8)。三大策略协同作用,旨在全面改善区

域生态环境。

水体修复策略聚焦于四个关键手段(见图 9):湿地净化通过构建多元化生态系统与人工湿地,有效净化水体;跌水墙利用地势高差增加水体曝气,促进生物生长与水体净化;生态滚水坝结合地形设置,既保障生态水量又创造丰富水景;生态护岸则通过多样化护岸形式,稳固土壤、减少侵蚀并丰富植被,全面提升水体自净能力与生态环境质量。

采用动植物修复手段,通过营造多样化植被群落景观与恢复水生植物净化水质,同时构建从陆生到水生的完整生态序列,为鸟类及野生动物提供丰富食物与栖息环境。此外,增强动物多样性,重建生物食物链,利用食物链关系消耗水体过量营养,并在水域中心建设生态鸟岛与恢复鱼类生物群落,以形成稳定健康的生态系统(见图 10)。

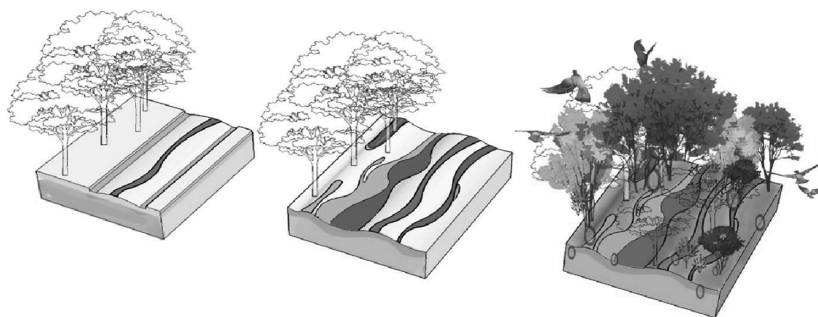


图 8 基底生态修复示意图

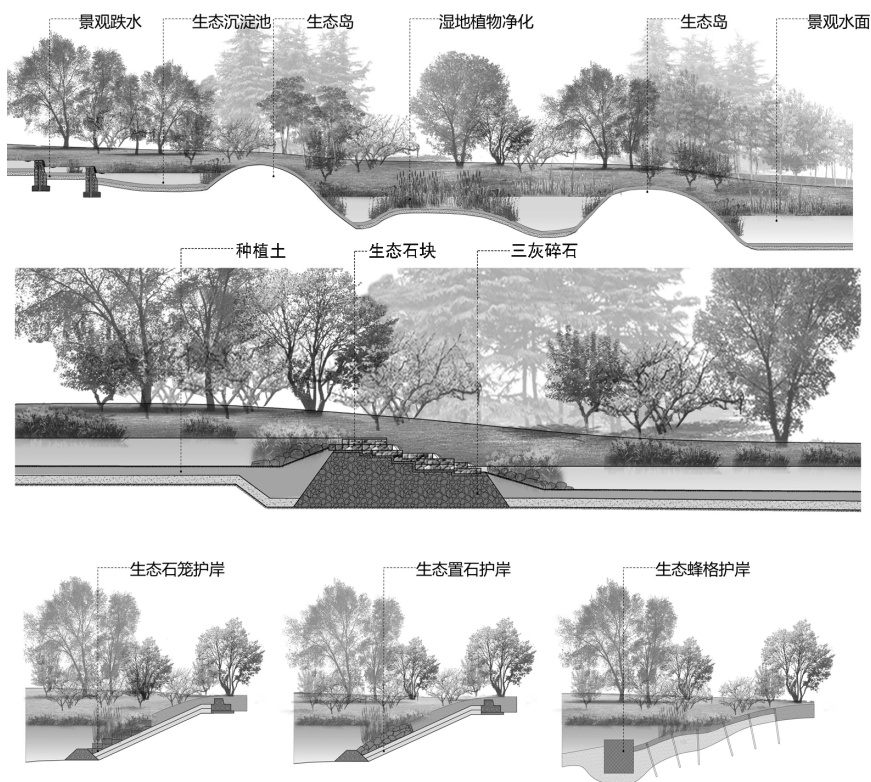


图9 水体生态修复示意图

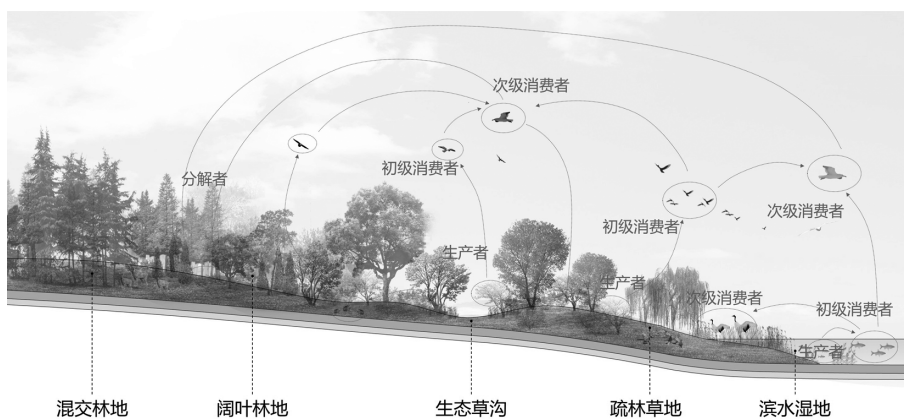


图10 动植物群落修复示意图

3.4 河城交融, 景观设计策略

3.4.1 游憩空间多彩定制

根据基地不同区段属性的差异,定位上游为自然生态净化主题空间,中游近中心城区部分河段为城市活力互动主题及城市生态体验主题,下游较大面积水域为湿地文化亲水主题空间,靠山一侧范围定位为山地徒步游览主题空间。营造各区段不同主题的游览体验(见图11)。

3.4.2 重要节点与城互动

基于河道各区段的资源、交通、地势及视线特征,本规划宏观设计了河道两岸及下游湿地的主要空间节点,强调与城市生活的深度融合与活力激发(见图12)。上游未开发区,水质优良但人迹罕至,通过石笼等生态手段美化环境,吸引静态观赏,尤其适合学龄儿童与康体人群。中游居住区密集,利用便利交通构建大型亲水活动区,并通过栈道连接对岸未开发地,激活区域潜



图 11 沿岸活动空间主题规划策略示意图

力。下游湿地作为滨江生态恢复的关键,不仅串联沿江美景,还承载多样活动如儿童游乐、林下休闲、亲水体验及风景观赏,全面体现“山水林田湖草”生态理念,提升区域综合价值。

场地空间贯彻“活力聚气”理念,打造人与城共享的活力空间。促使公园开放空间与城市活动结合,绿地空间合理定位节点功能,满足多层次的活动需求。引入城市创意空间,激发区域活力,架设城市与人群的互动桥梁。运用滨河自然生态肌理,融入抚远华夏东极文化、鱼文化人文要素,以“文化品牌+旅游景点+城市运营”等发展模式,发挥滨河流域及下游湿地区域综合效益的最大化(见图 13)。

3.4.3 绿色动态串联渗透

应用动态串联理念,串联景观环路为河道游

赏建立起有机网络,营造生态岸线打造系统完备的慢行绿道(见图 14)。河流经拓宽、净化与环境重塑后,景观游线组织成亲水游玩核心。中上游及下游湿地绿化升级,预计增植乔木超 38 000 棵,日均增氧逾 780 000m³,适于户外有氧运动,如骑行、漫步、慢跑等体育运动。上游沿岸设环形绿道,打造生态漫步长廊,融合文化设施提升体验,增设栈道桥激活东侧未开发地。下游湿地生态公园独立又联通,设便捷出入口接驳滨江与沿江路,慢行绿道与景观栈道交织,丰富游览层次。

4 结语

项目主要施工进度涵盖城市内河区域的河道清淤、岸线整治工程,截污管线的铺设、河道的

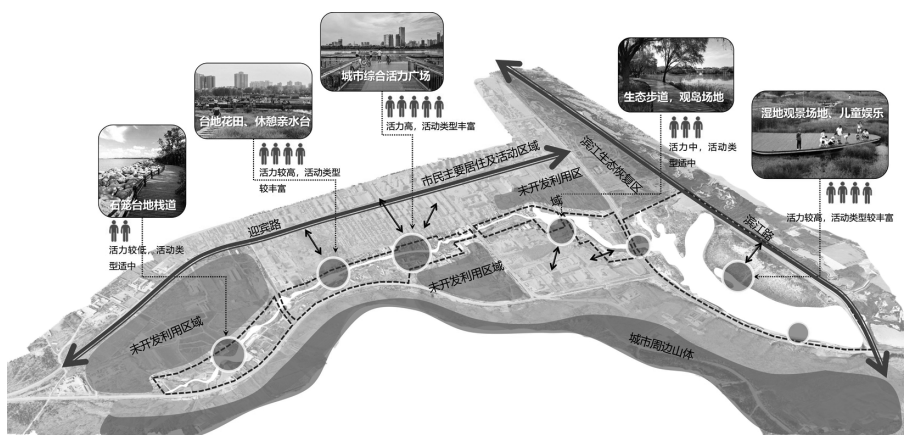


图 12 沿岸与城互动重要节点布局策略示意图



图 13 沿岸活力注入策略示意图

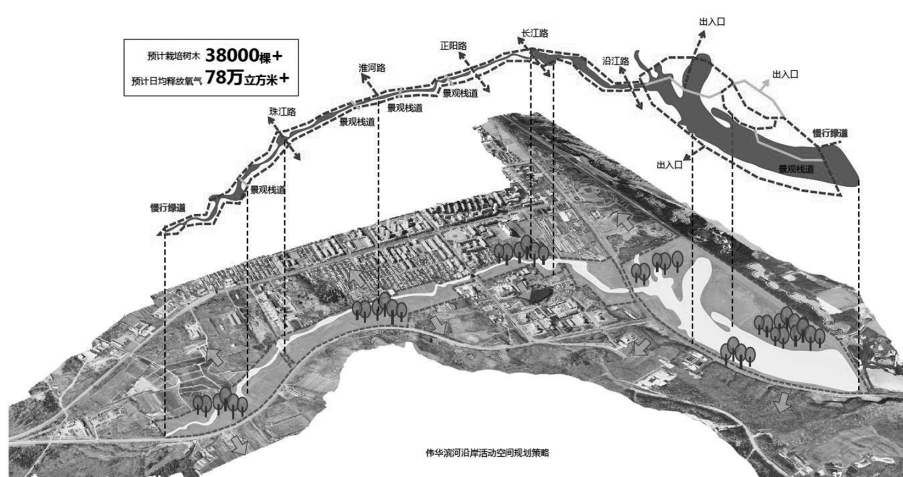


图 14 沿岸活动空间规划策略示意图

生态防渗处理、湖面排水系统建设以及公厕管理房的基础设施等建设。本研究项目入围我国第三批山水林田湖草生态保护修复工程试点名单，并荣获中国城市规划协会 2019 年度优秀城市规划设计三等奖和黑龙江省 2019 年度优秀城乡规划设计一等奖。

综上,本研究深入贯彻习近平总书记关于生态环境保护的重要战略部署,积极响应省关于界江沿岸生态保护与国土防护的倡议,创造性地提出了三大核心策略:“流域视角,源头控制”确保问题治理的系统性与前瞻性,从源头抓起,遏制生态退化趋势;“以绿代灰,生境修复”强调生态技术的应用,通过绿色基础设施设计促进湿地生态系统的自然恢复与生物多样性提升;“河城交

融,景观设计”强调在保护生态的基础上融入美学与人文考量,实现文化价值、提升居民生活质量,实现生态保护与经济的双赢。然而,未来的研究和实践仍需关注数据监测、公众参与机制及政策资金保障等方面的问题,以推动生态修复项目的顺利实施与长期可持续发展。

参考文献 (References):

- [1] 王慧. 中蒙俄朝四国界江界湖水安全问题国际合作研究[D]. 黑龙江大学, 2021.
- [2] 刘长青. 黑龙江省界江沿岸生态保护与国土防护[J]. 前进论坛, 2017, 63(10): 37.
- [3] 裴佩. 景观绩效视角下的北方城市内河更新设计研究[D]. 大连理工大学, 2021.
- [4] 张红娟. 基于供需视角的流域生态系统服务综合

- 评估[D]. 西北大学, 2020.
- [5] 王嘉悦. 河流清淤治理工程施工方案与技术措施研究[J]. 砖瓦, 2021, 53(01): 129 - 130.
- [6] 李鹏. 对城市河流淤泥污染的治理措施探讨[J]. 低碳世界, 2020, 10 (10): 7 - 8.
- [7] 李汉卿, 葛耀. 河流清淤工程环境影响评价中应关注的几点问题[J]. 治淮, 2020, (02): 62 - 64.
- [8] 张敏. 海绵城市建设视角下的城市内河生态治理研究[D]. 广西大学, 2019.
- [9] 李瀚源, 肖姝婷, 顾大治, 王志伟. “生态修复”视角下的海绵城市公园规划: 以遂宁市滨江北路水生态公园为例[A] 面向高质量发展的空间治理: 2020 中国城市规划年会论文集(12 风景环境规划)[C]. 中国城市规划学会、成都市人民政府, 中国城市规划学会, 2021: 12.
- [10] 宋珏莹, 许先升, 唐银莹, 李丹. “海绵城市”理念下的三亚城市公园雨水利用设计策略[J]. 热带生物学报, 2018, 9 (02): 244 - 251.
- [11] 姜灵彦, 李庆召, 刘蕾, 张翠芬. 郑州市公园景观河流富营养化现状评价及防治方案探讨[J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (35): 21896 - 21898.
- [12] 高文郑, 熊文浩, 陈超, 徐依程. 城市河流黑臭水体形成原因与水质改善技术研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8 (14): 225 - 227.
- [13] 王强, 支磊磊, 窦寅博. 城市河流水环境修复与水质改善技术的对比选择[J]. 清洗世界, 2021, 37 (12): 90 - 91.
- [14] 张涵. 基于生态敏感性评价的河流型湿地生态修复策略研究[D]. 北京林业大学, 2021.
- [15] 董金卫, 高铭悦, 党天骄. 咸阳古渡廊桥滩涂地动植物群落生态恢复研究[J]. 农家参谋, 2020, (12): 257 - 258.

作者简介:

第一作者:王作为,1987 年生,男,黑龙江人,硕士,哈尔滨工业大学城市规划设计研究院有限公司,高级城市规划师,主要研究方向为城市规划与设计。Email: 474209666@qq.com;

通讯作者:王琳琳,1990 年生,女,黑龙江哈尔滨人,硕士,哈尔滨工业大学城市规划设计研究院有限公司,工程师,主要研究方向为风景园林。Email: xuanqi2849@163.com

Research on Planning Strategies for Ecological Restoration of the Riverside Wetland in the Fuyuan Section along Heilongjiang River

WANG Zuowei, WANG Linlin*, YANG Jiabao

(Harbin Institute of Technology Urban Planning and Design Institute Co., Ltd. Harbin 150001, China)

Abstract: In 2016, General Secretary Xi Jinping emphasized the protection of the ecological environment in Fuyuan. In 2018, the Heilongjiang Provincial Committee of the CPPCC issued the "Proposal on Ecological Protection and Territorial Defense along the Border River," emphasizing the importance of ecological protection and territorial defense along the border river to national security and the country's image. This project is located within the Fuyuan section along Heilongjiang River, which serves as the border between China and Russia. This project aims to address the issues, such as the siltation and environmental degradation in the upstream of Weihua Binhe River and water pollution in the downstream wetlands, thereby restoring the ecological balance of the riverside wetlands and enhancing the ecological quality of the border river. In this plan, the watershed perspective is considered with the the source control by taking the strategies such as replacing the artificial treatment with natural ecological system, habitat restoration, landscape integration with recreation and landscape design, which achieves harmonious coexistence between ecological protection and urban development from a macro to micro level. It is expected to significantly improve ecological purification efficiency, enhance water quality, and restore a complete ecological chain. Currently, adhering to the principles of ecological and environmental protection the project has commenced in full swing with with great contributions to ecological security and the national image in border areas.

Key words: riverside wetland restoration; ecological environment of border river; water environment improvement; habitat restoration; landscape integration