

人工智能赋能下水生态修复与滨水景观行业发展趋势研究

鄢 琨

长江勘测规划设计研究有限责任公司 湖北 武汉 430010

摘要: 本文聚焦人工智能赋能水生态修复与滨水景观行业,梳理AI及数字化技术发展现状,剖析行业设计、修复、运维等环节的传统痛点,阐释AI全流程应用路径。结合近三年国内太湖、茅洲河、武汉长江主轴等标杆案例,量化分析AI技术的应用成效。同时指出数据、模型、成本等应用瓶颈,制定分阶段技术发展路线图,从政策、企业、行业标准层面提出落地建议,为行业向数据驱动转型提供理论与实践参考。

关键词: 人工智能;水生态修复;滨水景观;智慧监测;数字孪生;发展趋势

引言:随着我国生态文明建设持续推进,水生态修复与滨水景观行业稳步发展,依据《“十四五”水生态环境保护规划》,行业有着明确的提质建设目标。当前传统行业模式存在设计精度低、方案周期长,监测数据碎片化、异常响应滞后,运维成本高、评估主观性强等核心痛点。人工智能技术为行业破局提供了新路径,目前已在智慧监测、方案优化等场景广泛应用,成效显著。本文系统分析AI技术在该领域的应用现状、瓶颈与趋势,为行业高质量发展提供参考。

1 AI技术在水生态修复领域的应用现状

1.1 AI智慧监测技术

AI智慧监测已形成“空天地一体化”技术体系,实现从流域级到河段级的全方位覆盖。在空间维度上,采用分层监测策略:流域级(1000km²以上)以卫星遥感为主,通过AI图像识别技术提取水体面积、蓝藻分布、岸线变化等宏观信息,如高分6号卫星结合卷积神经网络(CNN),蓝藻识别精度达88%;区域级(100-1000km²)以无人机监测为主,搭载多光谱相机,通过AI算法反演叶绿素a浓度、透明度等水质参数,监测效率较人工采样提升30倍;河段级(1-100km²)以水下传感器网络为主,实时采集DO(溶解氧)、氨氮、TP(总磷)等指标,通过LSTM(长短期记忆网络)算法过滤异常数据,数据准确率从传统的70%提升至95%^[1]。

在实际应用中,该技术体系已取得显著成效。深圳茅洲河AI生态修复项目中,通过部署23个水质传感器、5架无人机巡检点、1套卫星遥感接收系统,构建了全流域监测网络。AI平台实时融合多源数据,当氨氮浓度超过1.5mg/L时自动预警,响应时间从传统的72小时缩短至2小时,全年水质达标率从2021年的65%提升至2023年

的92%,沉水植物覆盖率从15%提升至60%。同时,AI监测减少了70%的人工采样工作量,年运维成本降低500万元。

1.2 AI模拟评估技术

AI模拟评估技术突破了传统水动力-水质模型的计算瓶颈,实现了生态修复效果的精准预测。传统SWAT、MIKE模型需依赖人工参数率定,计算周期长(单方案模拟需3-5天),误差率20%-30%;而AI模型通过机器学习优化参数,如基于随机森林算法的水质预测模型,可同时处理水温、光照、流速、污染物浓度等20+影响因素,计算周期缩短至1-2小时,误差率降至5%-10%。

在生态修复方案优化中,AI模型可实现多目标协同优化。例如,长江设计院在汉江中下游生态修复项目中,开发了“水动力-水质-生态”耦合AI模型。输入不同沉水植物(苦草、黑藻、狐尾藻)的种植密度、布局方案,AI模型可输出水质净化效果(COD、氨氮去除率)、生态效益(生物多样性指数)、经济成本(种植与维护费用)的三维评估结果。通过多方案对比,最终选定的优化方案较传统方案,水质净化效率提升25%,建设成本降低18%,且植物群落稳定性显著提高^[2]。

2 AI技术在滨水景观领域的应用实践

2.1 AI方案设计技术

AI方案设计技术实现了从“经验驱动”到“数据驱动”的转变,有效解决了滨水景观“好看不抗涝”的行业痛点。传统景观设计需2-3轮修改,耗时15-20天,且难以兼顾水利行洪要求;而AI设计工具通过参数化建模与约束条件嵌入,可快速生成符合多重需求的方案。目前主流的AI设计工具包括BananaPro、EVAI建筑大师等,支持CAD线稿转彩平、现状照片改设计、多方案对比生成等功能。

武汉长江主轴滨水带AI设计项目充分体现了该技术的优势。项目要求同时满足：防洪标高29.7米、景观亲水性、乡土植物覆盖率80%、低碳铺装占比60%。设计团队采用BananaPro软件，输入“台阶式滩地+生态缓冲带+乡土植物群落”的核心需求，AI在24小时内生成5套方案。通过AI模拟不同方案的行洪能力（流速、过流面积）、景观使用率、维护成本，最终选定的方案实现：汛期行洪能力提升20%（过流面积增加15%），非汛期景观使用率达85%（日均游客量1.2万人次），年维护成本降低30%（主要得益于乡土植物低维护特性）^[3]。

2.2 AI智慧运维技术

AI智慧运维技术通过“监测-分析-决策-执行”闭环，大幅提升滨水景观的运维效率。传统运维依赖人工巡检，发现问题滞后3-7天，故障处理效率低；而AI运维平台整合智慧灌溉、病虫害识别、设施监测三大模块，实现主动式、精准化运维。

杭州西溪湿地AI智慧运维项目是典型案例。项目部署了三大AI系统：一是基于土壤墒情传感器+天气预报的AI灌溉系统，根据实时数据自动调整灌溉频次与水量，较传统定时灌溉节水35%，年节水120万立方米；二是基于摄像头+CNN算法的病虫害识别系统，可识别15种常见植物病虫害，识别准确率达90%，较人工识别提前5-7天发现问题，农药使用量减少40%；三是基于振动传感器的设施监测系统，实时监测木栈道、观景平台的结构安全，异常情况自动报警，故障处理响应时间从24小时缩短至2小时。通过AI运维，项目年运维成本降低280万元，景观设施完好率从85%提升至98%。

3 AI技术应用瓶颈分析

3.1 数据共享瓶颈

数据是AI技术应用的基础，但当前行业存在“数据碎片化、质量低、共享难”的问题。一是数据归属分散，水利、环保、城管、园林等部门各有数据系统，数据标准不统一（如水质指标采样频率、单位表述差异），跨部门数据融合难度大；二是历史数据质量参差不齐，早期（2015年前）传感器精度低，数据误差率达30%，影响AI模型训练效果；三是数据安全与隐私保护限制，部分流域敏感数据（如饮用水源地监测数据）难以开放共享。

以某省级流域管理为例，水利部门拥有水文数据（流速、水位），环保部门拥有水质数据（COD、氨氮），园林部门拥有景观设施数据，但三者数据格式不兼容，需人工转换后才能用于AI分析，数据预处理时间占AI项目总周期的40%-50%，严重影响项目效率。

3.2 模型适配瓶颈

通用AI模型难以满足行业特殊需求，存在“模型泛化性差、约束条件不足”的问题。一是自然环境的复杂性导致AI模型适配难度大，如不同流域的水文特征（北方干旱区vs南方湿润区）、气候条件（温带vs亚热带）差异显著，基于某一流域训练的AI模型在另一流域应用时，误差率可能从5%升至20%；二是水利约束条件嵌入难，通用景观AI设计工具（如Midjourney）生成的方案往往不符合行洪规范，需人工大幅修改，AI辅助设计的优势被削弱^[4]。

某设计院曾尝试用通用AI工具设计北方某河道滨水景观，AI生成的方案采用南方热带植物配置，且硬质铺装占比过高（达40%），不符合当地行洪要求（硬质铺装需控制在20%以内），最终方案修改量达70%，AI工具仅起到灵感启发作用，未真正提升设计效率。

3.3 成本控制瓶颈

AI技术初始投入高是制约其普及的重要因素，主要包括硬件设备、软件授权、人才培养三方面成本。一是硬件成本，一套完整的AI监测系统（含传感器、无人机、服务器）约50-100万元，对于中小型项目（投资低于500万元）而言，硬件投入占比达10%-20%，超出项目预算；二是软件成本，专业AI设计与模拟软件年授权费约5-15万元，且需定期升级；三是人才成本，AI+水生态/景观复合型人才培养，薪资水平较传统岗位高50%-80%。

某县级河道生态修复项目（总投资300万元）曾测算AI技术应用成本：传感器网络35万元、AI软件授权8万元、专业人才培养费5万元，合计48万元，占项目总投资的16%，超出业主预期（8%以内），最终仅保留基础监测功能，未全面应用AI技术。

4 AI赋能行业发展趋势与路线图

4.1 短期趋势（2024-2026年）：技术普及与标准化

短期将重点推进AI技术在智慧监测、方案优化两大场景的普及应用，目标普及率从当前30%提升至60%。一是智慧监测标准化，制定《水生态AI监测技术规范》，统一数据采集频率（如水质指标每小时1次）、传输协议、精度要求，推动跨部门数据共享平台建设，如江苏省正在建设的“智慧水利”数据中台，已整合13个部门的监测数据，数据预处理时间缩短60%；二是方案设计工具化，开发“水利+景观”双约束的专用AI设计模块，嵌入行洪计算、生态评估等功能，减少人工修改量，目标将AI方案通过率从当前40%提升至70%。

4.2 中期趋势（2026-2028年）：技术融合与智能化

中期将实现“AI+数字孪生”深度融合，构建全系统智能决策平台。一是数字孪生流域建设，整合水动力模

型、AI算法、实时监测数据,实现"现状模拟-趋势预测-方案优化-应急调度"全流程智能化,如长江流域数字孪生系统,计划2027年实现主要支流的AI智能调度,调度误差从小时级缩至分钟级;二是生态-景观协同优化,开发AI多目标优化算法,同步优化水质净化、生物多样性、景观效果、运维成本四大目标,实现"1+1 > 2"的协同效益^[5]。

4.3 长期趋势(2028-2030年):行业生态与智能化转型

长期将形成"AI+水生态修复+滨水景观"的完整产业生态,推动行业全面智能化转型。一是人才体系建设,高校开设"水生态AI应用""滨水景观数字设计"等专业方向,培养复合型人才,目标行业AI人才占比从当前5%提升至20%;二是标准体系完善,制定涵盖AI模型开发、数据安全、效果评估的全链条标准,如《AI水生态修复技术标准》《滨水景观智慧运维规范》;三是商业模式创新,发展"AI+生态服务"模式,如基于AI监测的水质改善付费(PPCP)模式,推动生态产品价值实现。

5 发展建议

5.1 政策层面:加强支持与引导

一是加大资金支持,在"十四五"水生态环境保护专项资金中设立"AI技术应用专项",对示范项目给予30%-50%的资金补贴,重点支持数据共享平台、专用AI模型开发等基础领域;二是完善标准规范,由水利部、住建部牵头,联合行业协会制定AI技术应用标准体系,明确数据格式、模型精度、安全要求等;三是推动试点示范,选择典型流域(如太湖、汉江)、重点城市(如武汉、深圳)开展AI赋能行业转型试点,总结可复制的经验模式。

5.2 企业层面:加大研发与应用

一是建立技术研发中心,重点突破"水利-景观双约束AI模型""低成本传感器技术""数据清洗算法"等关键技术,提升核心竞争力;二是推动技术落地应用,采用"模块化部署"策略,先在重点项目中应用核心AI功能(如智

慧监测),再逐步扩展至全流程,降低初始投入风险;三是加强人才培养,通过"校企合作""内部培训"等方式,培养既懂水生态/景观专业,又掌握AI技术的复合型人才。

5.3 行业层面:加强协作与交流

一是建立行业协作平台,由行业协会牵头,整合高校、科研院所、企业资源,共享AI模型、数据集、应用案例,降低中小企业技术门槛;二是加强国际交流合作,学习借鉴国外先进经验(如新加坡加冷河AI运维模式、荷兰莱茵河数字孪生系统),推动我国AI技术与国际接轨;三是开展科普宣传,提高行业对AI技术的认知度,消除"AI替代人工"的顾虑,引导行业积极拥抱技术变革。

结束语

人工智能为水生态修复与滨水景观行业带来革命性变革,可大幅压缩监测与设计周期、降低运维成本,有效提升水质达标率与生物多样性,综合效益显著。目前行业仍存在数据共享不足、模型适配性弱、技术成本偏高诸多瓶颈。未来3-5年是AI与行业深度融合的关键期,需政府、企业、行业协会协同发力,完善行业标准、强化技术研发与人才培养,推动AI技术规模化高质量应用,助力我国生态文明建设,加速行业向数据驱动模式转型。

参考文献

- [1]杨锐,赵智聪.生态修复背景下的景观设计伦理[J].中国园林,2022,6(5):65-68.
- [2]刘滨谊.城市滨水区发展的景观化思路与实践景观[J].建筑学报,2022,12(7):111-114.
- [3]付飞,董靓.城市河流景观规划设计研究现状分析景观[J].城市发展研究,2021,17(12):142-145.
- [4]刘丹枫."海绵城市"理念下的豹子溪公园滨水景观设计研究[J].南方农机,2023,21(4):124-126.
- [5]李佳利."海绵城市"理念下乌海市滨河公园景观设计研究[J].大众文艺,2024,34(8):134-135.