

水美乡村建设中 河道生态护岸技术应用与效果评价

孙明权¹, 武谦², 孙童², 余京轩³, 沈炜皓⁴

(1. 江苏省防汛防旱抢险中心, 江苏南京 211599; 2. 江苏河海工程建设监理有限公司, 江苏南京 210098;
3. 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 江苏南京 210000; 4. 江苏省秦淮河水利工程管理处, 江苏南京 210000)

摘要: 研究围绕河道生态护岸技术的概念、类型、设计施工要点展开探讨, 结合典型案例分析实际应用与成效。研究旨在为水美乡村建设提供技术支撑与实践参考, 助力生态保护与人居环境质量提升, 促进河湖系统整体健康与水资源可持续利用。

关键词: 水美乡村; 河道生态护岸; 技术应用; 效果评价; 乡村振兴

中图分类号: TV861 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839(2025)10-0034-0005

Application and effect evaluation of river ecological revetment technology in beautiful water village construction

SUN Mingquan¹, WU Qian², SUN Tong², YU Jingxuan³, SHEN Weihao⁴

(1. Jiangsu Provincial Flood Control and Drought Relief Center, Nanjing 211599, China;

2. Jiangsu Hehai Engineering Construction Supervision Co., Ltd., Nanjing 210098, China;

3. The Eastern Route of South-to-North Water Diversion Jiangsu Water Resource Co., Ltd., Nanjing 210000, China;

4. Management Division of Qinhuai River Hydraulic Engineering of Jiangsu Province, Nanjing 210000, China)

Abstract: The study focuses on the concept, types, design and construction points of river ecological revetment technology, and analyzes the practical application and effectiveness combined with typical cases. The purpose of this paper is to provide technical support and practical reference for the construction of beautiful water village, help to improve the quality of ecological protection and human settlements, and promote the overall health of the river lake system and the sustainable utilization of water resources.

Key words: beautiful water village; river ecological revetment; technology application; effect evaluation; rural revitalization

国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标建议及纲要, 明确提出推进农村水系综合整治, 建设美丽宜居乡村。2021年、2022年连续两年中央一号文件都提出要“实施水系连通及农村水系综合整治”, 补齐农村基础设施短板、推进

乡村振兴。2021年12月中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《农村人居环境整治提升五年行动方案(2021—2025年)》, 也将水美乡村建设作为推动村容村貌整体提升的重要措施^[1]。全国河湖健康状况调查数据显示, 仍有部分中小河流存在护岸硬质

收稿日期: 2025-07-23

作者简介: 孙明权(1971—), 男, 高级工程师, 本科, 主要从事水利工程运行管理等工作。E-mail: 838535105@qq.com

化、生态功能退化等问题,影响区域生态安全与乡村人居环境。水美乡村建设背景下,河道生态护岸技术不仅承载防护需求,更承接生态修复、景观提升与文化融合使命。探索生态护岸技术的应用模式及效果评价标准,已成为提升水环境治理水平的重要课题,具有紧迫的现实意义与广阔的实践前景。

1 河道生态护岸

河道生态护岸是指在保证河道防洪安全和水动力稳定的基础上,运用生态学原理及工程技术手段,通过优化护岸结构、配置适宜植物、利用生态材料及营造多样化生境,构建具备生态、景观、工程等多重功能的护岸体系^[2]。该技术强调与自然环境的协调共生,打破单一硬质护岸对水生态系统造成的割裂,力求恢复水体与岸带的自然联系。河道生态护岸不仅承担护坡、抗冲刷等工程职能,更承担生态恢复、物种栖息、水质净化及景观美化等综合目标。不同于传统单一刚性护岸,生态护岸更注重自然特性与生态效益的融合,是推动绿色水利与生态文明建设的重要技术路径。

河道生态护岸技术具备防护、安全、生态、景观及社会等多重功能。防护方面,合理的护岸结构能够有效减少水流冲刷对河岸的侵蚀,保持河道稳定,并降低洪涝灾害对周边区域的威胁;安全层面,生态护岸通过分散水动力、降低流速、增强岸坡稳定性,保障水工建筑物及沿岸基础设施的安全运行;生态功能表现为提供多样化的水生与陆生生境,为鱼类、鸟类、昆虫及多种湿地植物创造适宜的栖息和繁衍条件,促进生物多样性恢复;景观价值则体现在护岸绿化、湿地营造及水域景观融合,提升区域生态景观品质,满足居民亲水、休闲、观景需求,增强乡村人居环境吸引力。

2 河道生态护岸技术类型及应用特征

2.1 植被型生态护岸技术

植被型生态护岸技术依靠生物工程原理,利用植物根系固土、防冲刷特性,创建起兼具护坡功能与生态美观的护岸体系,在河道护岸当中主要采用草本、灌木、乔木等多种层次植被组合,依照不同流速状况、岸坡坡度及土壤性质,合理安排植被群落,从而达到抵抗侵蚀、改善水质、保持生态平衡等目的。常见做法有种植护坡草皮、生态植生袋、草毯铺设、树木定植等。这些措施均体现出较强的适应性,植被护岸一方面可以减轻岸坡失稳的风险,另

一方面植物蒸腾作用可对小气候产生调节效应,进而提高沿岸景观价值。水美乡村创建之际,植被护岸因其低碳、环保、景观多样而颇受欢迎,特别是在中小河流、生态敏感区及城市河段应用较为普遍^[3]。

2.2 土工合成材料生态护岸技术

土工合成材料生态护岸技术把现代材料科学成果融合进去,用高分子土工布、土工格栅、生态袋这些新式材料来创建透水性、柔韧性、生态适应性的护岸系统,技术关键是加强河岸结构的稳定性,分散冲刷力,给植被生长给予不错的基质,有着很强的力学性能和耐久性。土工布可以隔开不同的土层,阻止细颗粒流失,减轻岸坡渗漏破坏,生态袋凭借其空隙结构,给植物根系生长和微生物附着营造条件,形成绿色护岸立面,具有防护和生态改良双重功效,土工格栅通过改善土体整体抗剪强度,明显提升护岸稳定性,适应较大坡度和较高流速的环境。与传统刚性结构相比,土工合成材料护岸技术对环境干扰较小、施工灵活、工程量相对减少且有较好的景观融合能力,应用范围包含城乡河道整治、水美乡村创建、生态改良工程等,尤其适合地质状况不佳、水位起伏较大的河段。

2.3 混凝土生态护岸改良技术

混凝土生态护岸改良技术是在传统的刚性混凝土护岸上结合生态理念和技术创新,优化混凝土护岸结构形式、增加生态孔隙、进行表面绿化等,缓解了混凝土护岸对生态环境造成的破坏。传统的混凝土护岸由于具有良好的防冲刷、防推移的能力,常出现混凝土护岸表面光洁,生物附着空间不足等问题而造成水生态系统退化。生态混凝土护岸在设计时采用生态块、透水混凝土、空心砌块、生态砖等新式构件,这些构件具有空隙结构,利于水体交换、植物扎根和生物栖息,透水混凝土可调节雨洪径流、减轻水流冲击、增强护岸与自然环境的互动,生态表面处理技术改良护岸景观,增添亲水性和观赏性。

2.4 综合型生态护岸技术

综合型生态护岸技术把各种护岸技术的优点综合起来,依靠生物工程、土工材料、混凝土生态构件及景观设计等理念,形成多功能、多层次、系统化的护岸体系,这种技术按照河道各个段落的水力状况、土壤性质及生态需求,灵活采用植物护岸、土工合成材料、生态混凝土构件等多种手段,通过系统安排做到工程稳定和生态效益双丰收^[4]。

典型形式有复合式护岸断面设计,上部区域采

用植被护坡,增强景观效果与生态功能,中下部采用土工合成材料或者生态混凝土,保障结构安全与抗冲刷能力,形成“上软下硬”或者“软硬结合”的护岸模式,综合型生态护岸不仅能满足不同河段的防洪、排涝需求,还能起到生态恢复、生物栖息、水质净化、景观塑造等多重作用。在水美乡村创建过程中,综合型生态护岸是提高河道整治水平,营造宜居水环境的重要技术手段。

长江中下游及江南地区河网纵横,水位涨落频繁,生态护岸实践中重视水陆交接地带的生态恢复,各地偏好植物型护岸配合土工合成材料,植物根系可固土并供应生物栖息场所,江苏省太湖流域河道整治工程便是范例,用生态袋搭配挺水植物种植,营造出河岸湿地景象,整治后的河段生物多样性指数比整治前高出30%以上,该做法在水网稠密地区有明显优势。

3 河道生态护岸工程设计与施工关键点

3.1 护岸结构形式选择因素

护岸结构形式的选择要结合河道水力情况、地质状况、生态保护要求及地区发展需求,水流流速、洪水频率、波浪冲击力都会影响护岸的稳定性,流速较大的河段常常选用复合型或刚性结构,这样可以确保具备足够的抗冲刷性能,地质状况如土质疏松、地下水位较高、岸坡倾斜角度较大,决定结构所需的抗滑移、抗渗透和承载能力;护岸除了具备工程防护外,还要提供生物栖息地,加强水体与岸带的生态联系;区域发展规划和景观需求也影响护岸形式的选择,城市河段重视景观与休闲,乡村地区强调生态修复与自然景观融合;经济投入和施工难度也是结构选型的约束条件,资金不足的工程倾向于采用生态护岸或者土工合成材料护岸,以节省造价,简化施工。

3.2 护岸工程施工工艺要点

护岸工程施工时要按照科学工序和严格的技术规范,保障工程质量与生态功能并重,施工前要细致勘探河道水文、地质及环境情况,绘制护岸、施工放线务必精确,防止护岸线形发生偏移,维持护岸同河道流线相协调,基层处理环节要清理掉杂物、淤泥、松散土体,增大地基承载能力。

生态护岸要种植植被或者布置生态材料,施工时要把握好种植时节,种植密度以及苗木规格,保证后期植物成活率和呈现的景观效果,混凝土生态

构件施工要重视模板安装牢固性,保证构件表面空隙均匀,有利于后期植物生长,土工合成材料铺设环节要严格把控搭接宽度和锚固深度,防止因为拉力不够或者水流冲刷造成护岸结构失稳,施工期间要维持河道通水能力,采用临时导流手段,防止水流冲刷施工区域,现场管理要制订详细的施工进度计划,保证工序衔接紧密,应对突发天气或者洪水影响,保障共同达成施工安全和生态目标。

3.3 工程质量控制与安全管理

河道生态护岸工程质量控制涉及设计、施工、运维全过程,与工程稳定、生态功能实现、后期运维成本相关,设计时要根据水文测算成果,合理确定护岸断面尺寸、材料性能指标和施工技术要求,保障工程有足够抗冲刷、抗滑移、耐久性,施工时质量检测环节很重要,对原材料要严格检验,符合国家、行业标准,防止低质材料进入工程,混凝土类护岸要控制水灰比、砂石级配和浇筑振捣工艺,防止结构开裂、表面缺陷,土工合成材料铺设要检验拉伸强度、渗透性能和耐老化性能,保证使用寿命和生态效果,植被护岸要进行苗木检疫、品种鉴定和土壤检测,保证成活率和生态多样性。

安全管理属于河道护岸工程的重要部分,施工区靠近水域,洪水、暴雨、河床不稳定等情况都可能产生危险,所以要创建安全风险评价机制、制订应急计划,现场务必设立明显安全警告标志,准备好必要的防护用品和救援工具,施工机械不能在河道里工作太长时间,以免水位突然上涨造成设备被水冲走或者人员受伤,高空作业、临水作业都要按照安全操作规程来进行,而且安排专门人员看守,环保措施同样重要,不能让施工废水、泥浆、建筑废料直接排进河道。竣工之后要开展系统检测并予以评价,包括护岸结构强度、岸坡稳固性、植被成活比率及生态指标等,保证工程在防护、生态、景观等各方面都能达到预期目的,进入长久运维阶段以后就要形成巡查制度。

4 水美乡村建设中河道生态护岸典型案例

4.1 案例概况与工程背景

常州市武进区位于太湖上游洮滆湖地区,是典型的低洼平原水系密集区域,区域内河道纵横交错,水体连通度高,承担着排涝、防洪、生态涵养与人居环境保障等多重功能。随着生态文明建设的持续推进,该区域在“水美乡村”建设中将河道整治

与生态修复相融合,逐步形成生态优先、系统治理的新格局。

2023—2024年,常州市全面启动水系连通及水美乡村建设县工程,涉及治理面积约115.4 m²,骨干河道排涝标准设定为20年一遇,工程目标明确为提升区域水安全水平、恢复河湖生态功能、优化乡村滨水景观。2024年工程主要在嘉泽镇和湟里镇范围展开,内容涵盖河道清障、清淤疏浚、岸坡整治、水源涵养和水土保持等五大板块。在具体护岸构造方面,该项目重点采用A1型复合钢塑板桩结构体系,根据不同地段的水文条件及护坡要求,布置了多种护岸类型与组合形式,具有良好的通用性与工程适应性。如图1所示,为A1型复合护岸结构的标准断面图。



图1 A1型护岸结构(单位:cm)

4.2 技术应用过程与措施

工程I标段位于湟里镇,包括横渎浜、狗渎浜、杏沟河、东庄河、长沟河等典型河道,整治工作内容广泛,技术措施具有代表性。河道清障作业主要清除漂浮垃圾、堆积泥沙及阻水构筑物,清障面积达2.18万m²,显著提升行洪断面效率。清淤疏浚覆盖河道总长度约15.69 km,疏浚土方量为26.28万m³,采用环保低扰动设备,配套设置临时围挡及污水处理措施,减轻对河道生态系统的干扰,保障施工区域水体质量稳定。

岸坡整治方面,项目共新建护岸32.52 km,针对不同地质和岸型条件,采用塑钢板桩、生态袋护坡、透水混凝土结构、复合绿化坡面等多种护坡类型。在A1型护岸构造中,ZA402×180×9复合钢塑增强桩是关键构件之一,桩长2 m或3 m,其典型结构如图2所示。

护坡表层采用20 cm厚种植土与15 cm厚壤土回填层,坡比控制在1:3~1:2之间,利于植物扎根与排水。绿化植物以乡土草本与多年生灌木为主,增强生态护坡的稳定性、抗侵蚀能力和景观效果。

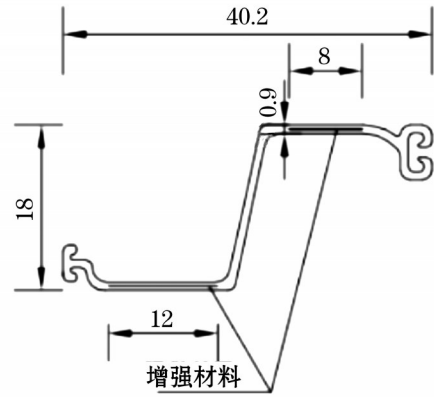


图2 单块板桩与连接桩节点(单位:cm)

在监测技术方面,设置沉降观测点用于板桩变形监测,采用不锈钢沉降钉固定于护岸顶部,观测点布置间距为100 m一组,结构形式如图3所示。

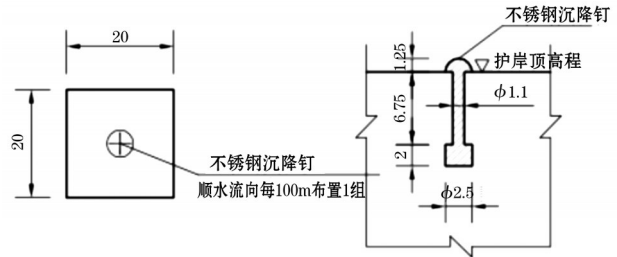


图3 沉降观测点结构(单位:cm)

水源涵养与生态湿地构建同步推进,杏沟河段增设生态滞留塘及净化湿地,总面积达7.8万m²,种植挺水、沉水及浮叶植物面积累计1.77万m²,形成完整的水质净化与生境营建系统。施工管理方面,设置临时排水通道、施工围护结构与弃土处理区,严格控制噪声、粉尘与污水排放,确保施工质量与生态环境双重达标。

4.3 效果评价与经验启示

工程竣工后,河道综合效能显著增强。疏浚河段水位平均下降10~20 cm,水体流速均衡,排涝压力缓解。新建护岸结构抗冲稳定,护坡绿化率提升35%以上,河道两侧生态连续性显著改善,构建起完整的绿色廊道体系。植被生长稳定,鸟类、昆虫、两栖动物等物种明显增多,生态系统恢复态势良好。

湿地区域监测数据显示,水体溶解氧质量浓度上升,总磷和总氮质量浓度普遍下降,水质类别由劣V类提升至IV类及以上。水体自净功能增强的同时,滨水景观视觉质量提升,群众满意度普遍较高。项目实现了工程功能与生态价值并重的治理目标,展现了生态护岸设计的应用潜力。从实施经

验来看,护岸形式多样化配置、因地制宜布设,能够有效应对不同水文条件下的冲刷压力。本地化植物与生态结构组合的护坡形式,兼顾护岸稳固性与生态功能,展现了生态护岸设计的系统性与适应性。施工阶段环境管控措施到位,有力保障了生态修复目标的实现,为水美乡村建设中河道生态护岸的推广提供了可借鉴的工程样板。

5 结 论

水美乡村建设背景下,河道生态护岸技术已成为提升水环境治理水平、修复生态系统、优化人居环境的重要技术路径。不同类型生态护岸技术各具优势,植被型护岸以生态修复和景观提升见长,土工合成材料护岸具备结构灵活、适应性强的特点,混凝土生态护岸通过结构改良兼顾工程防护与生态效益,综合型护岸则实现多目标协同,适应复

杂多变的河道环境。常州市武进区水系连通及水美乡村建设项目展示了生态护岸技术的系统集成与实践效果,在河道行洪安全、生态恢复及景观提升等方面成效显著。

参考文献:

- [1] 杨晓茹. 以系统治理理念推进水美乡村建设[J]. 中国水利, 2022(12): 11-13.
- [2] 娄瑜, 汝楠, 岳东, 等. 河道生态护岸技术研究进展[J]. 长江技术经济, 2024, 8(6): 121-125, 130.
- [3] 张万万. 生态型护岸模式在中小河流中的应用[J]. 价值工程, 2023, 42(7): 138-140.
- [4] 樊佳男, 包璐华, 孙峰, 等. RSP组合桩生态护岸在河道整治工程中的应用[J]. 江苏水利, 2023(6): 5-10.
- [5] 王帅. 河道生态护岸的建造及施工质量控制研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2014.

(上接第15页)

4 结 语

(1) 本文以成子河航道为例, 其通航水位分析与确定结合了通航保证率要求、区域水情变化趋势及河道规划输水要求等因素。重点考虑南水北调东线三期工程成子河规划输水要求, 分析了按不同最低通航水位整治后, 输水 $175 \text{ m}^3/\text{s}$ 时对应的成子湖口水位, 在此基础上根据南水北调东线三期工程洪泽湖最低北调控制水位要求, 推荐成子河最低通航水位取 11.13 m 。分析成果兼顾了通航保证率要求和河道输水要求, 为南水北调东线后续工程规划利用成子河输水留有余地。

(2) 江苏水网密布、航运发达, 包括京杭运河、通榆河、徐洪河、成子河等在内的部分骨干河道兼具行洪、输水、通航等功能。科学合理分析确定通航水位, 可使水网、航道网避免重复建设, 减少工程投资, 是水网、航道网两网规模适配、功能互济的基础。本文结合实际工作, 梳理了成子河航道通航水位分析过程中兼顾河道输水要求的思路与方法, 以期今后水网、航道网两网融合发展提供支撑。

参考文献:

- [1] 路璐, 许颖. 大运河文化遗产与民族国家记忆建构[J]. 浙江学刊, 2021(5): 65-72.
- [2] 任强. 京杭运河江苏段绿色现代航运综合整治建设必

- 要性分析[J]. 中国水运(下半月), 2021, 21(20): 14-16.
- [3] 熊海峰. 大运河江苏段的发展演进、鲜明特征与历史影响[J]. 扬州大学学报(人文社会科学版), 2022, 26(2): 114-128.
- [4] 丁坚, 吴腾, 邵雨辰, 等. 成子河船闸引航道与泄洪河道交汇区域通航水流条件与改善措施研究[J]. 水道港口, 2016, 37(2): 166-169.
- [5] 江苏省交通运输厅. 江苏省干线航道网规划(2023—2035年)[R]. 南京: 江苏省交通运输厅, 2023.
- [6] 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 徐州市水利建筑设计研究院, 宿迁市水务勘测设计研究院有限公司, 等. 江苏省洪泽湖周边及以上区水利治理规划[R]. 南京: 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 2019.
- [7] 李小红, 蒋肇冰, 王凯, 等. 中运河(骆马湖—成子湖段)输水潜力研究[J]. 江苏水利, 2024(10): 20-23.
- [8] 江苏省水利厅. 江苏省洪泽湖保护规划[R]. 南京: 江苏省水利厅, 2022.
- [9] GB 50139—2014, 内河通航标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [10] 詹道江, 徐向阳, 陈元芳. 工程水文学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- [11] 丁平, 刘圣保. 天然河流设计最低通航水位两种计算方法的对照分析及选用[J]. 中国水运(下半月), 2010, 10(2): 157-159.
- [12] 蒋先刚, 刘维明, 文宿菘, 等. 基于HEC-RAS模型的雅江中游古高能洪水的模拟研究[J]. 山地学报, 2022, 40(2): 276-288.