

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.06.045

村级河道水生态修复策略与技术措施研究 ——以闵行区浦锦街道为例

施安康

(上海陈政市政工程股份有限公司, 上海市 200940)

摘要: 随着国家与公众对乡村生态环境的日益重视,如何对乡村河道进行有效修复成为当前的研究热点。现以闵行区浦锦街道为例,在对其水生态现状调研基础上,解析河道污染特征与污染物来源。并基于绿色生态修复的原则提出了在空间上通过生态缓冲区、河道及植物种植的方式构建河道生态系统的修复思路。进一步根据水体污染特性,制定了底质改良、紫外催化、沉水曝气、底部生物载体、生态浮岛、漂浮草垫、点源净化的内源污染防治技术措施。对比治理前后河道踏勘与水质检测结果显示:治理后河道水生态恢复较好、溶解氧浓度大幅提升、总磷得到了有效控制。后期可根据水体溶解氧浓度对曝气调控以促进对氨氮的去除效果。

关键词: 乡村河道;水生态修复;工程措施;黑臭水体;富营养

中图分类号: TV85

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)06-0171-04

0 引言

乡村振兴战略是当前建设美丽中国的关键举措与实现手段。其中,乡村生态文明建设是乡村振兴战略的重要组成部分,即通过对乡村生态环境、人居环境、人与自然和谐关系的塑造来实现“以生态保护支撑绿色发展,以绿色发展引领乡村振兴”的基本目标^[1]。

乡村河流是乡村生态环境的重要组成部分,其承载了生态、景观、文化三大功能^[2]。乡村排水、旅游资源开发、历史风貌、农业生产均与河流有着密切关系,是河流串联起了乡村的不同的地域景致元素、人与建筑空间的联系、人与自然的联系。河流为乡村提供了持续可行的生态与经济效益。

但随着经济的快速发展,乡村水生态污染问题日益加剧。受工农业生产活动加剧、乡村生态意识有待提升、排水基础建设欠账多、政府监管力度与投资强度不足等诸多因素的影响,现阶段乡村河流污染严重,主要体现在:(1)有机污染物、固体悬浮物超标引起的黑臭水体问题尚未得到完全控制,氮磷超标排放引起的水体富营养化问题又逐步涌现;(2)除生活污水外,多数河流还过度接纳了工业废水、畜禽养殖废水、固体废弃物,导致河流环境容量大幅降低^[3]。

针对上述问题,通过工程技术手段恢复水体自净能力、提升其环境容量,同时控制点源与面源的持续性污染是河流生态修复的主要途径与手段^[4]。现以闵行区浦锦街道为例,通过河道水生态修复改造工程对污染成因进行解析,提出工程设计思路 and 关键性工程措施,从而为后续类似工程提供借鉴。

1 工程概况

该施工项目涉及上海市闵行区浦锦街道河道共4条,包括环南河、孙家宅河、张家宅河、洪家宅河。项目河道总长约3 923.4 m,工程总投资2 351.54万元。河道类型主要分为断头河道、水质不稳定的劣V类河道、富营养化藻类爆发河道。生态修复前现场踏勘与水质检测如图1所示与表1、表2所列。



图1 环南河东侧浜头河道现状之实景

2 污染源识别与成因解析

环南河道水深较深,水域面积较大,蓝藻爆发性

收稿日期: 2021-01-27

作者简介: 施安康(1991—),男,学士,助理工程师,从事水利及市政施工管理工作。

表1 河道基本信息与污染输入状况一览表

河道	河道长/m	河道宽/m	COD输入量/($\text{万 t} \cdot \text{a}^{-1}$)	总磷输入量/($\text{万 t} \cdot \text{a}^{-1}$)	氨氮输入量/($\text{万 t} \cdot \text{a}^{-1}$)
环南河	2 131.7	13.74	1.07	0.073	0.22
孙家宅河	576.5	3.42	0.23	0.020	0.11
张家宅河	670.2	3.74	0.17	0.021	0.087
洪家宅河	545.2	3.87	0.19	0.019	0.071

表2 修复前水质情况一览表

位置	点位	溶解氧/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氧化还原电位/mv	总磷/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
环南河	1#	2.0	107	0.368	1.567
	2#	1.8	101	0.218	2.690
	3#	1.8	105	2.621	4.160
	4#	1.7	100	0.248	1.445
	5#	2.0	113	0.344	3.350
孙家宅河	6#	2.0	106	0.484	1.350
	7#	1.3	111	0.384	1.056
张家宅河	8#	3.0	103	0.554	1.68
洪家宅河	9#	1.3	113	0.509	1.574

生长,水华现象十分严重,古河道治理难度较大。河两旁为垂直驳岸,驳岸上排口较多,日常会有居民在河道附近垂钓,同时段头浜处有农田种植。污染主要成因为规模化畜禽养殖。污染存在未有效治理的现象。雨季时,畜禽粪便尿液未经处理便形成径流排入河道。部分水产养殖及农田退水未见有效处理净化设施,直接进入河流,导致水质逐渐恶化,且存在污水外溢下游水体的风险。

孙家宅、洪家宅、张家宅所涉及河道多为乡村河道,河道蜿蜒曲折,周边居民区较多,河道周围普遍存在居民生活污水。生活垃圾,以及公共卫生间污水等随意倾倒入河道的情况。由于雨季降雨集中、河道淤积严重。沿河生活垃圾随意堆放,且水面存在污染性漂浮物,水生动植物贫乏。

3 水生态修复策略

考虑到乡村河流生态修复规划策略的首要目标是生态系统功能的构建与恢复。故在空间上采用生态保护的策略:即在河道与坡岸衔接处修建生态廊道与沟渠湿地,实现对河道的生态缓冲与保护。这样

不仅可以起到迟滞雨季雨水的径流侵入,还可通过植物配置起到丰富景观,提升人居环境的效果。

针对河道内源污染的特点采用物理、化学与生物处理方法。其中,先通过底泥疏浚与底质改良的方式对黑臭底泥进行疏浚与异位处理;再通过内循环+紫外催化装置实现水体难降解有机物的去除,同时增设沉水曝气装置提升水体中的溶解氧,强化水体自净能力和对水中可降解有机污染物的去除。然后,在水体中设置底部生物载体、生态浮岛、漂浮草垫、点源净化装置,通过物种共生关系、水体空间生态位的方式防止氮磷超标排放引起的水体富营养化、水体生物量较小的现象。最后,再以种植挺水植物、浮水/浮叶植物的形式完成包含有河道与周边生态缓冲区的生态系统的构建。整体修复策略如图2所示。

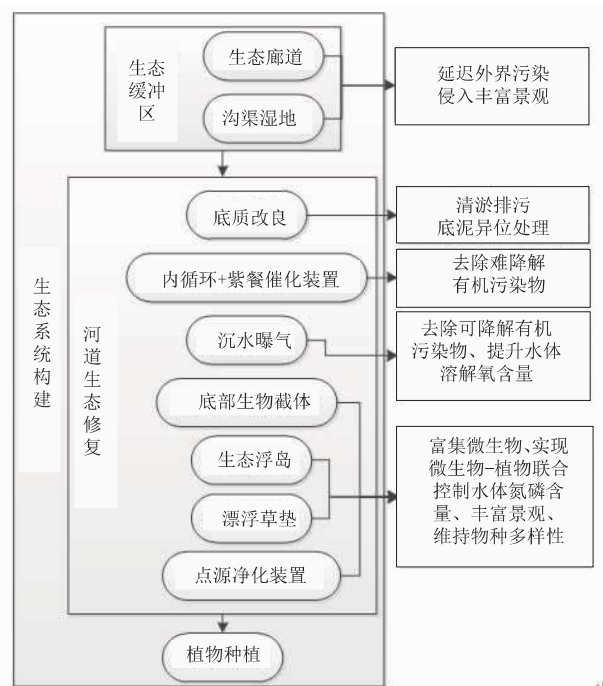


图2 水生态修复策略图

4 关键性技术措施

4.1 生态廊道与沟渠湿地

生态净化廊道组成主要包括廊道框架、廊道主体、生物载体、水生植物,如图3所示。其中,廊道框架要求坚固、耐用、抗风浪,工程采用UPVC管搭建成的框架。廊道基质主要起到固定植物、植株的作用;同时,还需要保证植物根系生长所需的水分、氧气条件及能作为肥料载体。根据上述要求基质材料必须具有弹性足,具有高固定能力,不易腐烂和不污染水体,能重复利用的特点。为保证植物直立与正常生长,工程使用细密网和HDPE高密度聚乙烯作为

材料。围隔系统是整个廊道对外部水体起围护作用, 为不污染水体, 工程中使用的是改性高分子纤维。



图 3 生态净化廊道之实景

沟渠湿地净化包括: 生态沟、围堰、挺水植物群落。生态沟是从排口附近的土质驳岸上开挖一条沟渠通向河道, 在沟渠附近选择合适植物种植。其出水口采用“导流出水汇入围堰 + 挺水植物(接触氧化)”工艺进行污染的汇集和净化, 布置于沟渠的尾端, 对排水进行过滤处理。对于没有驳岸开挖沟渠条件的点源排口设置点源净化装置, 进行雨污水的截流净化后再排入河道, 减少外来水体对治理河道水质的冲击影响。

4.2 底泥清淤与改良

工程施工前, 先降低水体的水位, 对存留的垃圾和杂草进行清理。完成或进一步降低水位对水体底泥进行清淤与消毒, 其目的是: 一方面, 清理底部腐烂淤泥; 另一方面, 消杀水体底质中的病原体, 建立或恢复底质本土有益微生物处理系统。实现促进沉水植物群落的生长及系统的恢复和稳定, 提高水体水质净化的效果。使用的主要技术是进行本土微量元素系统调控, 去除原底泥不利于植物生长的污染物, 创建利于沉水植物生长存活的条件。

底质处理的另一部分是根据底泥现状, 进行底泥的内部均衡消化; 同时改善底质紧实度, 以创造沉水植物快速扎根、扩繁的有利条件, 防止后续因曝气造成的底泥反复悬浮恶化水质的情况。

4.3 底部生物载体

底部生物载体组成主要包括: 生物载体、浮球、配重。根据现场实际情况, 以及底部生物载体的长度, 确定提供浮力的浮球大小, 及配重大小, 将生物基上端固定在浮球上, 下端固定配重。通过现场实验计算得到: 载体长度 0.5~1 m, 材质为聚烯烃类和聚酰胺等, 载体密度 16 根 /m²。

4.4 漂浮草垫

漂浮草垫主要包括: 草垫框架、水生植物, 如图 4 所示。草垫框架材质采用符合纤维, 其特点主要是轻柔、弹性好。水生植物选用高大型挺水植物品种如美人蕉、黄菖蒲、鸢尾等, 搭配少量低矮型挺水植物如粉绿狐尾藻、香菇草等, 构建错落有致的水景观。高大型挺水植物固定在浮床床体中, 挺水植物固定在复合纤维固定物中, 粉绿狐尾藻及香菇草接种在细密网上。



图 4 漂浮草垫与沉水曝气之实景

4.5 点源污染净化装置

点源污染净化装置主要包括: 点源框架、点源主体、生物载体、水生植物。点源框架要求坚固、耐用、抗风浪。该项目利用 UPVC 管搭建成的框架。点源主体是植物栽种的支撑物, 同时是整个点源浮力的主要提供者, 基质材料必须具有弹性足, 固定力强, 不腐烂, 不污染水体, 能重复利用的特点, 保证植物直立与正常生长。该项目使用细密网和 HDPE 高密度聚乙烯。生物填料按照合理密度固定在点源框架下部, 避免河水冲刷掉落。植物选用挺水植物, 挺水植物固定在点源主体中。

4.6 生态系统构建

由于该项目中的环南河水深较深, 正常种植的浮水 / 浮叶植物无法在较深河道处生长、存活。因此采用垫高做法, 使用支撑架与浮水 / 浮叶植物配合进行施工。支撑架采用膨胀螺丝固定支撑架与河道底部, 并在支撑架适宜位置上焊接布置平台, 将花盆等种植槽固定在布置平台内。植物种植在适宜的水深处放置花盆等种植槽。选用时应注意植物安装好以后, 在水中不致倾倒或被风浪吹翻。

5 工程量与修复后效果

各河道具体工程量如表 3 所列。

表 3 总工程量清单一览表

项目	修复内容	数量
环南河水生态修复工程	生态净化廊道 /m ²	200
	底部生物载体 /m ²	16 000
	沉水曝气装置 / 台	16
	漂浮草垫 /m ²	1 000
	浮水浮叶植物 /m ²	1 000
	支撑架 /m ²	1 000
	水体自净能力增强器 / 套	5
	内循环 + 紫外催化装置 / 套	4
	底质改良 / 项	1
	电控系统 / 项	1
孙家宅河水生态修复工程	底部生物载体 /m ²	700
	水体自净能力增强器 / 套	2
	内循环 + 紫外催化装置 / 套	2
	沉水曝气装置 / 套	2
	沟渠湿地净化装置 / 套	4
	挺水植物 /m ²	100
	点源净化装置 / 套	2
	底质改良 / 项	1
张家宅河水生态修复工程	电控系统 / 项	1
	底部生物载体 /m ²	660
	挺水植物 /m ²	200
	沉水曝气装置 / 台	4
	水体自净能力增强器 / 套	2
	内循环 + 紫外催化装置 / 套	2
	沟渠湿地净化装置 / 套	6
	点源净化装置 / 套	1
洪家宅河水生态修复工程	底质改良 / 项	1
	电控系统 / 项	1
	挺水植物 /m ²	20
	底部生物载体 /m ²	150
	水体自净能力增强器 / 套	1
	内循环 + 紫外催化装置 / 套	1
	沉水曝气装置 / 台	1
	沟渠湿地净化装置 / 套	2

自项目竣工后,连续稳定运行了 1 个月。之后经现场踏勘与水质检测情况如图 5 所示与表 4 所列。由表 4 可知: 由于增设了沉水曝气设施使治理完成后水体中溶解氧浓度较治理前有了大幅上升;同时,由于生态廊道、沟渠湿地、漂浮草垫、生态浮岛的设置丰富了河道生物量,使得水体中总磷浓度也有了很大程度削减。相较而言,氨氮去除效果不是十分明显。这可能是由于:受前期曝气产生的气泡影响,使底部生物载体中富集的硝化与反硝化细菌被吹脱驱离所致^[5],故在后续运行中可考虑适当降低曝气强度,减少对底部生物载体的扰动。



图 5 环南河治理前后对比图(左:治理前;右:治理后)

表 4 修复后水质情况一览表

位置	透明度 /cm	溶解氧 /(mg·L ⁻¹)	高锰酸钾指数 /(mg·L ⁻¹)	总磷 /(mg·L ⁻¹)	氨氮 /(mg·L ⁻¹)
环南河	85	11.3	5.2	0.153	1.64
孙家宅河	40	7.83	5.4	0.349	1.99
张家宅河	90	12.2	5.9	0.254	1.92
洪家宅河	65	12.2	4.7	0.083	0.237

6 工程经济与污染物削减

工程年运行费包括动力费、工资福利及劳保统筹费和工程维护费、管理费及其他费用等。采用类比法估算,年运行费 212.12 万元。

经测算,该工程措施实施后,每年削减的污染物总量见表 5 所列。

表 5 河道治理后污染物削减量一览表

河道	COD 输入量 /(万 t·a ⁻¹)	总磷输入量 /(万 t·a ⁻¹)	氨氮输入量 /(万 t·a ⁻¹)
环南河	0.92	0.07	0.18
孙家宅河	0.17	0.012	0.09
张家宅河	0.14	0.019	0.08
洪家宅河	0.15	0.017	0.069

7 结 语

通过对闵行区浦锦街道河流水生态现状进行调研,获得了其污染特征与污染物来源。对此,提出了空间上通过生态缓冲区、河道及植物种植的方式构建河道生态系统的方法。同时,根据污染特性,制定了底质改良、紫外催化、沉水曝气、底部生物载体、生态浮岛、漂浮草垫、点源净化设置的水体内源污染防治策略。并进一步阐述了治理中的关键性技术措施。治理后河道水生态恢复较好:溶解氧浓度大幅提升、总磷得到了有效控制。后期可根据水体溶解氧浓度对曝气进行调控以促进对氨氮的去除。

(下转第 178 页)

性,因此将后侧树根桩间距适当放宽,从而尽量使得断面优化后的工程量不发生大的变化。优化后的护岸加固改造方案断面如图8所示。

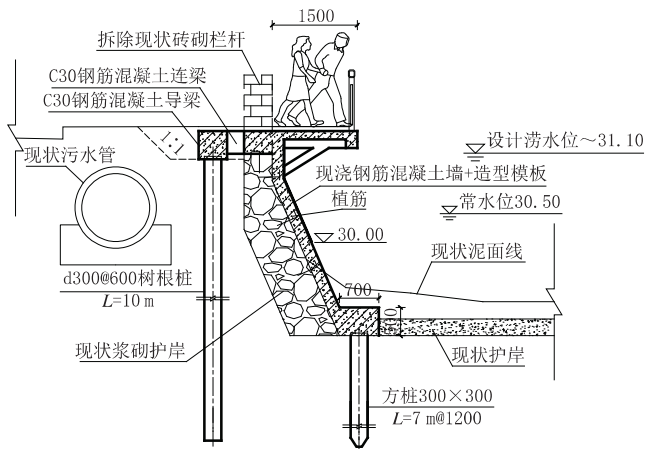


图8 护岸加固改造优化方案断面图(单位:mm)

5 结论

通过对徐州市区奎河上游段护岸现状问题的分析,归纳得出了对现状护岸进行加固改造的必要性

及设计关键点和难点。通过针对性的设计初拟了护岸加固改造方案,并根据对该方案的计算复核进一步优化了设计。充分利用了树根桩便于施工的特性及装饰混凝土的景观效果,以及利用有限元的计算手段进行复核,最终得到了一种既能实现提高水安全及水景观的目标,又能满足现场施工条件,最大程度地减少对现状构筑物影响的护岸加固改造措施。该方案及方案的研究过程对类似工程具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] GB 50286—2013,堤防工程设计规范[S].
- [2] 杨顾兵,孔洋.新型造型模板在市政景观河道护岸中的推广及应用[J].低碳世界,2017(36):147-148.
- [3] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
- [4] 黄志新,刘成柱.ANSYSWorkbench14.0 超级学习手册[M].北京:人民邮电出版社,2013.
- [5] 陈彤.钢筋混凝土方桩加混凝土贴面在船闸引航道护岸加固工程中的应用[J].中国水运,2014(3):194-196.

(上接第174页)

参考文献:

- [1] 孟兵.上海市静安区走马塘河道治理工程生态修复研究[J].城市道桥与防洪,2021(1):112-114+160+14.
- [2] 谢晴,王君勤,罗茂盛,麻泽龙,李建.生境重构技术在城市黑臭水体治理中的应用研究—以成都市二道河为例[J].环境科学与管理,2020,45(12):65-70.
- [3] 阿勒米热·塔衣尔,杨晓萍.乡村社会治理为视角的河流非点源污染

水净化技术研究[J].环境科学与管理,2019,44(3):94-98.

- [4] 熊亨亭,王丽,何成勇,施林宏,沈莉萍,刘洪昌,龚正君.成都市温江区农村污水治理模式与技术研究[J].环境与发展,2020,32(4):44-47.
- [5] 杨玥,钟惠舟.MABR与微生物菌剂联用治理小型黑臭河道的效果[J].环境工程技术学报,2020,10(5):853-859.