

农村河道生态修复措施研究

方应梅^{1,2}, 宋子奇¹, 方国华¹, 陈 于³, 叶晓晶¹

(1. 河海大学, 江苏 南京 210098; 2. 南京市浦口区土地储备中心, 江苏 南京 211800;
3. 江苏省农村水利科技发展中心, 江苏 南京 210029)

摘要:农村河道在行洪排涝、灌溉供水以及农田排水等方面发挥重要的作用,通过对农村河道特点的归纳总结,结合农村河道已有的相关研究与江苏省部分代表县、区、市的实地调研,对农村河道目前存在的主要问题进行了探讨与研究,并基于农村河道的生态问题,围绕物理生境改造与河道生物修复,提出了适于农村河道的生态修复措施,为农村河道治理提供理论支撑。

关键词:农村河道; 物理生境改造; 生态修复

中图分类号:TV85 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2021)09-0043-07

Study on ecological restoration measures of rural rivers

FANG Yingmei^{1,2}, SONG Ziqi¹, FANG Guohua¹, CHEN Yu³, YE Xiaojing¹

(1. Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Pukou District Land Reserve Center, Nanjing 211800, China;
3. Rural Water Conservancy Science and Technology Development Center of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China)

Abstract: Rural rivers play an important role in flood drainage, irrigation and water supply and farmland drainage. Based on the summary of the characteristics of rural rivers, combined with relevant research of rural rivers and field investigation of some representative counties and cities in Jiangsu Province, main problems existing in rural rivers were discussed and studied. Based on ecological problems of rural rivers, around the physical habitat transformation and river bioremediation, ecological restoration measures suitable for rural rivers were put forward, which could provide theoretical support for the management of rural rivers.

Key words: rural rivers; physical habitat modification; ecological restoration

农村河道作为农村水环境的重要载体,与农村居民的日常生活和农村经济的发展有着密切的关系。近年来随着城乡一体化建设和乡村振兴战略的实施,农村经济社会得到了快速发展,人们生活水平得到了显著提高,而伴随出现的农村河道生态环境问题日趋严重,主要表现为岸坡坍塌、泥沙淤积、水面减小、水质恶化、生态脆弱等。

1 农村河道特点

农村河道主要指直接为农业生产、农民生活服务的县乡河道,其中,县级河道为县域内、流经数个乡镇、对乡级河道有调节作用的河道,乡级河道为沟通调节村内沟河的干沟或支沟,具体划分标准见表1。据统计,江苏全省共有县级河道2 141条,

收稿日期:2021-06-07

基金项目:江苏省水利科技项目(2019042)

作者简介:方应梅(1991—),女,硕士研究生,主要从事河道生态修复和土地整理等研究。E-mail:1193748863@qq.com。

2.56 万 km, 乡级河道 21 803 条, 7.22 万 km^[1], 这些县乡河道不仅承担着农村防洪排涝、农业灌溉、城乡饮用水源保障等重要功能, 也是农村水生态环境的主要载体。

线居民未经处理直排的生活污水。目前农村生活污水问题已纳入农村人居环境整治行动, 但在实际推行中, 由于一些地区居民居住分散, 虽也修建了部分小型污水处理设施就地处理, 但实际应用效果

表 1 农村河道划分标准

类型	县级河道				乡级河道			
	流域范围 (行政区域)	灌排控制 面积/km ²	长度/ km	平均底宽/ m	流域范围 (行政区域)	灌排控制 面积/km ²	长度/ km	平均底宽/ m
山丘区	县内跨乡	50 ~ 500	>12	>5	乡内跨村	5 ~ 50	3 ~ 10	2 ~ 5
平原区	县内跨乡	40 ~ 300	>10	>6	乡内跨村	5 ~ 40	3 ~ 10	3 ~ 6
圩区	县内跨乡	30 ~ 200	>8	>5	乡内跨村	5 ~ 30	2 ~ 8	3 ~ 5

农村河道较城市河道来说, 存在着自身非常独特的特点, 主要表现在以下几个方面。

1.1 河道水流季节性强, 断面结构多样

由于农村地区河道水源主要源于降水, 而天然降水具有季节性的特点。我国大部分地区春夏两季降雨相对比较集中, 夏季降雨呈现出降雨密集、降水量大、区域分布差异大等特点, 故农村河道水流量年内变化较大, 具有明显的季节性特征。农村河道周边多散布着农田村舍, 河滨带及河内水生植物分布相对较多, 大部分河段呈自然景观状态, 河道横断面结构多样。

1.2 功能多样

农村河道除承担基本的农业灌溉、生活供水及船舶运输功能外, 还是地区行洪排涝、调蓄分洪的重要通道。同时农村河道还承担着纳污的功能, 不论是农田污水、养殖污水还是生活污水, 大多都排入河流, 河道自净能力与沿线污水排放强度的平衡与否, 直接决定了沿线农村的水生态环境质量, 农村河道是生态和自然环境的重要载体。此外, 农村河道本身包含丰富的水资源、生物、矿物资源、景观资源, 很多农村河道还是所在地区重要的饮用水水源地, 与生产生活联系紧密, 影响着沿线地区居民的生活水平及经济发展潜力。

1.3 污染源复杂, 难以控制

伴随着经济社会的快速发展, 一个突出的问题是我国农村河道愈发严重的河流污染。农村河道的污染物主要来自于农业灌溉的排涝污水, 以及沿

不甚理想, 生活污水直排现象仍难以杜绝。同时, 乡镇企业所排放的工业废水, 以及沿线地区水产及畜禽养殖的养殖污水也是重要的污染源。此外, 河道沿线生活垃圾以及生活废弃物的堆放也会造成农村河道水域一定程度的水源污染。综合起来, 导致河道污染的干扰因素较多, 且呈分散化, 较城市河道污染更难控制。

1.4 缺乏科学管理

农村地区河流多处于失管状态, 河道岸坡和河滨带多被农田村舍或农户占用, 河道自然景观连续性受损, 部分河道淤积现象严重, 而淤积又导致流量减小, 水体滞流, 河道自净能力降低, 水质不断恶化。且河道内普遍存在水生植物泛滥, 河面垃圾漂浮等现象。由此引发的问题直接关系到农村地区的用水保障与安全, 是影响农村社会环境稳定的关键因素。

2 农村河道存在的主要问题

自 2009 年水利部、财政部发布《全国重点地区中小河流近期治理建设规划》以来, 农村河道的治理问题逐渐得到了重视, 全国范围内开展了大规模的农村河道整治工作。江苏的农村河道治理工作开展较早, 2003 年就已开始农村河道的疏浚整治工作。2009 年结合全国重点地区中小河流近期治理建设, 进一步加大农村河道的疏浚整治力度, 到 2012 年基本完成了对所有县乡河道的一轮疏浚。2013 年, 开始组织实施农村河道轮浚, 加大河道清

淤力度,增强农村河道的引排能力。2018年开始,以生态优先、绿色发展的理念,重点开展农村生态河道建设,主要通过采取河道疏浚、畅通引排、岸坡整治、生态修复、长效管护等措施,连通邻近宜连河湖水体,修复河道空间形态,增强水体流动性,进一步提高河道行洪排涝能力。

经过多年整治,农村河道的水利功能不断提升,水环境质量也不断改善,河道治理工作成效显著,但当前仍存在许多问题亟待解决。通过对全国范围内农村河道的相关资料分析,以及对江苏省苏北和苏南以及苏中地区的阜宁、淮安、洪泽、如东、如皋、吴江、太仓等7个代表县市区的实地调研发现,目前农村河道还存在如下几个方面的主要问题。

2.1 河道水质欠佳,污染源难以得到有效控制

农村河道水质普遍有待提高,主要表现为氨氮、总磷的污染物浓度较高,且存在一定的季节性特征。究其原因主要是河道污染源难以得到有效控制。农村地区污染源复杂,农业面源污染及生活、养殖、工业污水排放污染加之生活垃圾入河污染,而想要有效控制这些分散的污染源,不仅需要投入大量资金建设雨污分流、污水处理等配套工程,还需建立与城市河道一样完备的长效河道管护机制,并在农业生产方式、日常管理模式等方面做出革新,使之适应于农村地区的实际情况,但目前大多数农村地区还难以做到。

2.2 河道岸线侵占现象严重,河道淤积问题反复

由于以前农村水利建设欠缺流域宏观整体上的考虑,河道岸线开发利用管理状况较差,多数农村河道岸线上分布着大量菜地、养殖网箱等。很多沿线居民片面考虑眼前短期利益,盲目挤占河道和沟塘,与水争地,甚至填河造地,导致河道岸线受到严重挤占,水域面积急剧减少,河道流速降低,水体的自净功能明显减弱,河道淤积问题加剧,区域内的防洪和排涝能力也急剧下降。

尽管近年来通过国家中小河道整治计划的推进,已对多数河道开展了清淤疏浚工作,但仍有许多农村河道存在淤积问题,并在总体上呈现出“清”赶不上“淤”的特点^[2]。这主要是由于河道沿线垃圾、污水倾倒现象未彻底杜绝,河道水质难以得到持续的改善,使得水生动物大量死亡,水草大量繁殖,腐败后淤积河底,造成河道淤积问题反复。而河道的严重淤积致使河床抬高、河道淤塞,农村河道调蓄洪水的能力明显下降,洪涝灾害发生风险显

著增大。

2.3 植被覆盖率较低,岸坡稳定性较差

农村河道多为天然土质河岸,河岸坍塌现象频发。同时受到农村土地承包经营政策的影响,部分河道两侧的河堤被划入村民承包田,但沿线大部分农户多占地耕种,河堤水土保持所需的栽桑和植树事实上并不能得到保证,河岸带宽度也难以达到实现径流过滤、水土保持功能的最低要求。两者叠加导致河岸水土流失情况较为严重,在季节性洪水的共同作用下,岸坡极易发生突然崩塌,沿线地区存在很大的防洪安全隐患。

2.4 平直化河道占比大,河道蜿蜒性被改变

由于在农村河道治理中过分强化河道行洪排涝功能,而忽略了河道自然形态改变对河道周边环境的影响及河道功能因此产生的反馈,缺乏对河道生态系统的整体考虑,片面追求河道形态平直化、规则化,使得目前农村灌溉河道多呈现“横平竖直”的形态,河道自然蜿蜒性被大幅降低。河道及河岸中部分动植物的栖息地被破坏,部分生物链消失,最终导致河道生物多样性、生态系统多样性降低,河道生态系统自调节、自恢复能力减弱。

2.5 河道综合整治水平不高

河道管护方面,虽然目前河长制已在全国全面实行,村镇一级明确了河长及责任,但实际履职情况并不到位,仍有一些乡村河道“三乱”(乱建、乱占、乱排)现象屡禁不止,部分河道岸线管理保护范围尚未全部划定,或治理后因缺乏长期管理保护再次污染。河道综合整治是一项长期的工作,不可半途而废,需长期坚持,在扩大整治范围的同时,保证整治的长期效果。

治理理念方面,目前大部分的农村河道整治工程多采取清淤疏浚、水系连通、清障、堤防加固、岸坡绿化等重在恢复河道防洪排涝和灌溉供水等水利功能的措施,系统修复河道及河岸带水生态环境,充分发挥河道生态功能的举措还很少。虽然在当前河道环境整治中已普遍具有生态修复的意识,但却存在将生态修复完全等同于景观绿化的错误概念,满足于“盆景”式的景观河道^[3],缺乏将河道沿线水文、污染、管理等方面情况协同考虑的整体意识。

2.6 缺乏河道环境保护意识

农村地区部分群众河道保护意识淡薄,没有定点投放、集中处理垃圾的习惯,时常将生活垃圾与污水私自倾倒在河堤或河内;不重视河岸保护,常

侵占河道进行种植、养殖,不仅影响河道行洪安全,也对河道造成了污染。河道沿线地区保护意识的缺乏,导致目前河道长效管护难以实现,河道治理成果难以持续,易陷入治理后再污染、再淤塞、再治理的恶性循环。

3 农村河道生态修复措施

为有效解决当前农村河道存在的主要问题,亟需对农村河道水环境进行修复,加快农村生态河道建设。下面从物理生境改造与河道生物修复两方面,探讨提出符合农村河道实际的河道生态修复措施。

3.1 物理生境改造

对农村河道生态进行修复,首先要考虑改造河道物理生境,为河道生态功能的恢复创造基础条件。河道物理生境改造旨在以自然为导向,在满足河道沿线地区防洪排涝要求的基础上,通过生态工程措施增强河道自动力过程,恢复河道生态服务功能^[4]。河道物理生境改造主要包括河道地形地貌的改造,河道护岸的生态化改造以及滨水河岸带的生态环境改造。

3.1.1 河道地形地貌改造

(1) 向河道抛物

在河道中抛掷砾石、块石、木桩等,改变水流条件,丰富河床结构,提高水体富氧能力,为动植物栖息创造条件。清淤后铺设碎石,平整河床,均匀河道断面流量,为底栖动物提供生长环境^[5]。在河道中布设块石群形成急流,增加水体含氧量,产生的块石间隙可为水生生物提供遮蔽场所。因地制宜在河道边缘布设木桩,减少近岸水流冲击力,同时为鸟类提供捕食落脚点,吸引鸟类在周边活动,增加河道生物多样性。

(2) 构建浅滩和深潭

在河道中布设浅滩和深潭,可改变渠化河道形态单一的断面形态,丰富河道空间结构,为水生动植物的生长发育提供适宜场所。在河道中构建浅滩和深潭有多种方式,在河道弯曲处开挖深潭,其后堆积浅滩,根据河道的底质及生物栖息特征选择不同类型的人工浅滩(如细砂浅滩、粗砂浅滩、挺水植物浅滩等),并通过滩地设计恢复河道的自然蜿蜒形态;在河床两侧利用石块、木材建立丁坝,抬高河岸,使河道主流由平直变为弯曲,在水流冲刷和泥沙堆积作用下,丁坝的迎水面和背水面将逐渐形成深潭和浅滩;利用天然材料横跨河道设置堤堰,

堤堰上游形成水流平缓的深水区,而下游形成深潭,有效控制河道流速,丰富河床地貌。

(3) 水系连通

通过自然或人工手段,在自然水系基础上,调整河道水系连通关系,构建生态健康的水系连通网络,以提高河道水体流动性和连续性,充分发挥平原河网的调蓄能力,增强河网水系对环境变化的适应能力,改善区域水生态环境。一般连通水系的方式包括打通断头浜,开挖明渠,将部分河道与同级河道或上一级河道打通相连,实现不同水体间的良性水循环;拆除沿岸违法建筑,拓展河道过水断面宽度,恢复河道水体流动的畅通性;将河道中部分仅排水的闸站改造为引排两用,提高河网水资源调配能力。

3.1.2 护岸生态化改造

(1) 植物覆盖护岸

植物覆盖护岸即在河岸种植灌木、乔木或草本植物,利用植物根系的固土保水能力来维护岸坡稳定,可减少天然土质河岸水土流失,适用于坡度较缓、防洪要求不高的小型河道。而对于已硬化护岸,也可在其硬质岸坡上敷设具有一定抗冲刷、保水能力的利于植物生长的基质材料后进行植物覆盖处理,目前喷射护坡绿化技术已较为成熟。

(2) 块石护岸

块石护岸就地取材,利用天然石材,将其抛置、堆砌进行护岸,可显著提高岸坡抗冲刷能力,适用于水位不高、水流速度不大的小型河道。一般可在石块缝隙间种植或扦插植物,以减缓河道水流速度,降低水流对河岸的冲蚀作用,同时为动植物提供生物栖息地。砌石护岸保留了河道与岸坡的物质交换能力,可将河流生态系统与非河流生态系统联系起来,有助于提高河道生态系统的自调节能力。

(3) 木桩护岸

木桩护岸即在岸坡坡脚排布固定木桩,以减少水流冲刷来进行防护,一般多与植物护岸相结合,既可有效稳固河岸土壤,又可快速恢复河岸生态环境,适用于水流速度不大的小型河道,对河道走向的适应性强,与生态景观相容性强。木桩间的缝隙使得河水与地表径流可进行正常交换,河道与河岸植被间的水汽循环得以保证,河道防洪排涝功能得到充分发挥,同时也较好地满足了河道生态环境需求。

(4) 生态混凝土护岸

生态混凝土护岸是一种将工程安全防护和生

态绿化修复有机结合的新型护岸,适用于受侵蚀较为严重、稳定性差的河岸^[6]。生态混凝土以特定较大粒径骨料作为支承,由生态胶凝材料(碱性低,包含适宜植物生长的基质)和骨料包裹而成,播种养护后可完成岸坡的植被恢复。其强度与硬质材料相当,但具有较多连通孔隙,可为植物的生存、生长提供条件,同时其孔隙和表面还可附着栖息微生物、动物及藻类,能够有效提高河道水体自净能力。

(5)生态袋护岸

生态袋护岸是一种新型的柔性护岸,利用透水不透土的土工布袋堆叠形成固土渗水的具有一定稳定性的边坡,适于非城镇区的河岸。土工布袋中装满植物生长基质,其表面可进行植物绿化,为微生物、小型动物提供了良好的生长发育环境。生态袋的物理化学性能优越,可在潮湿环境中保持不变形,耐腐蚀能力强,抗生物降解、动物破坏能力强,无毒零污染,对生态环境十分友好。

3.1.3 滨水河岸带生态环境改造

(1)建立河岸植被缓冲带,对陆域进行生态绿化

建立河岸植被缓冲带,增加河岸植被覆盖率^[7],因地制宜,确定河岸植被缓冲带宽度、种植密度。缓冲带宽度的大小决定了其截留沉积物的效率,是关系河岸带净化水质、环境缓冲功能发挥的关键影响因素。栽种时应参照区域自然条件及周边区域植被种类,结合功能需求,选择适宜在此生长的植物群落、植被类型。同时还应注意保证河岸带物种的多样性,遵循自然植被分布规律,建立乔木—灌木—草本多层次混交的群落结构,合理配置。

(2)河道断面改造

在考虑河道水文条件及河岸地形限制情况的基础上,应尽量使河道横断面形式多样化。在天然断面难以满足河道功能时,选择对天然断面进行改造,在条件允许的情况下应尽量选择过流能力、景观性、生态功能均较强的复式断面。但对于河滩相对窄小的农村河道,复式断面河滩占地相对较大,易受限,可选择结构较为简单的梯形断面。

3.2 河道生物修复

生物修复利用生物(微生物、植物或动物)的生命代谢活动,降低污染环境中有毒有害物的浓度或使其无害化,从而使被污染的生态环境和生态效应能够部分或完全恢复到原初状态。生物修复旨在

提高生态系统的自净、自调节能力,通过完善、强化生态系统功能的方式对河道生态进行修复^[8],是对河道生态综合治理的有力补充。生物修复措施,根据所利用的生物种类可划分为生物修复、植物修复、动物修复及联合修复。

3.2.1 微生物修复

(1)投放微生物菌剂

向污染水体投加可高效降解污染物的微生物菌种,如硝化细菌、光合细菌等,可针对河流中超标污染物类型选择不同菌种,有针对性地提高特定污染物去除效率,实现水质的净化。这种外源微生物投放技术成本低、净化效果好,在我国黑臭河道治理中应用广泛,但投放外源菌种存在一定生物安全隐患,需对投放地区本土菌群进行调查后科学投放使用。由于投放时一般采用人工投加法,即人工向河道表面喷洒微生物菌剂,而菌剂易随水流流失,因此该方法更适于流速较缓的中小型河道。

(2)投加微生物促进剂

向水体投加营养物质、电子或共代谢基质等微生物促进剂,以提高水体中降解污染的原生微生物的活性,使微生物能够快速繁殖生长,促进生化反应的进行,提高水体溶解氧水平,从而达到净化水质、改善污染环境的目的,对河道生态环境进行修复。与投放菌剂相比,投放促进剂的方法投放成本更低,且未引入外源微生物,生态安全性更高,已在我国上海、广州、南京等地区的河湖整治中得到广泛应用,生态治理效果较好。

(3)底泥生物氧化

该方法对土著微生物进行定向扩增,利用土著微生物与各种电子受体、共代谢底物等氧化组合生产出靶向药物,将药物以注射的形式作用于底泥表面,对底泥进行生物氧化,通过硝化和反硝化作用去除底泥中的氨氮即耗氧有机物,从而减少底泥污染排放,减轻河道生物降解负荷,有效改善河道生态环境。底泥生物氧化的水质净化效果不易受水体流动、置换作用影响而减弱或消失,可从根本上消除河道内源污染物的排放,是最为治本的底泥污染处理措施。

(4)人工增氧

通过一定的增氧设备人工向水体中充入空气,增加水体溶解氧含量,改变水体缺氧状态,为水体中微生物分解污染物提供良好环境,提高微生物净化活力,以改善水质。在充氧的同时也增加了河流垂向流动,有利于底泥污染物迁移、分解^[9]。所以

人工增氧曝气措施具有水质净化效果较好、投资运维成本低的特点,适用于相对较窄($<30\text{ m}$)的河道,但不宜在低水位($<0.3\text{ m}$)、通航的河道中使用。目前常用的人工曝气措施主要有叶轮增氧机、微泡增氧机、喷泉式增氧机、跌水坝溢流增氧、鼓风微孔增氧设备等。

3.2.2 植物修复

(1) 种植水生植物

河道植物修复涉及的植物以水生植物为主,包括挺水植物、浮水植物、沉水植物等,这些高级水生植物不仅可直接吸收水中的氮、磷元素,还能与藻类形成生长竞争关系,并向水体中释放化感物质,抑制藻类的生长,有效控制水华,降低水体富营养化程度。不同水生植物对水中主要污染物的去除效果不同,在不同程度污染环境下的去除效率也存在差异,因此在栽种前应根据河道实际污染情况,选择合适的水生植物及植物组合,以达到最佳的修复效果。

(2) 布置生态浮岛、浮床

生态浮岛、浮床,利用无土栽培技术将水生植物及部分改良的陆生植物种植浮于水面的载体基质上,建立高效的小型人工生态系统,通过植物根系净化作用,对河道水环境进行修复。同时浮岛上的植物为鸟类提供了栖息地,浮岛下部植物根系形成了鱼类和水生动物的生存空间。由于生态浮床直接利用水面面积,无需工程开挖占地,生态友好无污染,浮体形状多样,易于栽培管理,净化效率高,成本及后续维护费用低等优点,在城市、农村的水体污染治理中十分常见。

3.2.3 动物修复

动物修复是指向河道中投放小型动物,利用动物对污染物的直接吸收、转化、分解以及调控作用,对河道生态环境进行修复。一般以增加滤食性动物数量为主,如贝类、螺类、鱼类等,其主要原理是利用食物链关系调整生物群落结构,通过滤食性动物对藻类的过滤摄取,严格控制藻类的生长,维持水体溶解氧水平,促进河道生态系统物质循环,从而改善河道水环境,提高水体透明度。最后还可通过对投放动物的捕获,将水体中污染物迁移出河湖生态系统,最大限度地降低河道中污染物浓度。目前河道生态动物修复已被应用于一些河湖的富营养化治理,实践证明,治理效果较好的动物有水蚤、河蚌、螺蛳、鳊鱼、鲢鱼等。

3.2.4 联合修复

(1) 构建氧化塘(稳定塘)

选择河道适宜河段或河道附近水塘进行改造,种植水生植物,进行水产和水禽养殖,形成具有生产者、消费者、分解者的完整人工生态系统,通过塘中多条食物链物质能量的迁移、转化,降解去除水体中的有机污染物,显著改善河流水质。且在改善水环境的同时,塘中水生植物形成了生态景观,水产、水禽带来了一定的经济效益,塘底累积的少量污泥也可作为有机肥用于附近农业生产,尤其适用于农村河道的生态治理。

(2) 构建人工湿地

在河道集中排污口附近区域,人工构建类似于沼泽地的地面,并于其上种植各类湿生植物,建立人工湿地生态系统,利用土壤的接触沉淀过滤,基质养分的积累吸收,植物根茎的吸附降解,微生物的氧化分解及各类动物的同化吸收等,对污染水体进行净化处理。建设人工湿地投资和运行费用较低,但占地面积大,在植物经过2~3个生长周期后才能达到较好的净化效率,且需定期对植物腐败残渣进行清理,以免造成反向污染。因此,该措施适用于水量不大、管理水平不高的农村地区。实际应用中可结合农村地区发展情况,在人工湿地上选种一些具备净化效果、经济价值较高的水生植物,在周边规划构建具有地方特色的临水栈桥、观景平台、滨河跑道等形式多样的亲水空间,在净化水质的同时,发挥人工湿地可持续的经济效益。

(3) 设置生物栅

生物栅是在固定支架上设置了绳状生物接触材料的栅栏装置,这些生物接触材料为参与污染净化的微生物、原生动物、小型浮游动物等生物提供了固着生长空间,使其表面附着生物不易被吞食或随水流流动而消失。在河道中设置生物栅,可显著提高水体中生物数量,强化水体自净能力,改善河道水质。同时,生物栅上各生物要素的协同作用可有效改善水体富营养化环境,抑制藻类生长,在短时间内提高水体透明度,美化河道景观。将生物栅与水体曝气设施相结合,可达到更佳的净化效果。

4 结 论

农村河道在行洪排涝、灌溉供水以及农田排水等方面发挥着重要的作用,它是农村人居环境的重要组成部分,近年来随着农村经济社会快速发展,农村河道生态环境破坏越来越严重。农村河道问

题复杂,污染严重,需因地制宜,选择合适的修复措施和手段,多种措施相结合,改善河道水生态环境。河道治理是一项长期的工程,不仅要治理好,更要管理好。实现河道长效管护,农村人居环境质量将会进一步提升,从而满足人民群众对美好生活的向往。

参考文献:

- [1] 江苏省水利厅,江苏省财政厅. 江苏省农村县乡河道轮浚整治及生态建设规划(2018-2022)[Z]. 南京:江苏省水利厅,2019.
- [2] 姜谋余,龚森. 我国农村河道整治的现状和问题[J]. 水资源保护,2015,31(1):41-47.
- [3] 张会文,蔡勇,仇荣,等. 江苏农村河道治理现状调查及分析[J]. 水资源保护,2015,31(1):69-73.

- [4] 王宏岩. 微观尺度下城市河流近自然化改造[J]. 水资源开发与管理,2016(3):54-56.
- [5] 毛雪慧,林静,彭亚莉. 基于生境营造的河流生态修复技术研究——以东莞市人工补水河道为例[J]. 绿色科技,2019(12):97-100.
- [6] 李治源. 平原地区农村中小河道生态修复技术集成研究[D]. 苏州:苏州科技大学,2017.
- [7] 徐亚同. 农村水环境保护和治理对策的思考与建议[J]. 净水技术,2017,36(1):93-94.
- [8] 樊进娟. 农村河道生态治理方法研究及其应用[D]. 大连:大连理工大学,2015.
- [9] 徐玉良,张剑刚,蔡聪,等. 昆山市凌家浜黑臭水体生物治理与生态修复[J]. 中国给水排水,2015(12):76-81.

(上接第34页)

重最大,高达约80%。西部河流污染物主要来自上游地区的工业废水,2008—2011年水质恶化,近年来有所缓解;中部河流接纳泗洪县城区大量工业废水及生活污水,氮类及磷类污染负荷均较重;东部河流主要受到农区面源污染及上游来水的影响,TP呈显著上升趋势。

参考文献:

- [1] 王苏民,窦鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [2] 崔彩霞,花卫华,袁广旺,等. 洪泽湖水质现状评价与趋势分析[J]. 中国资源综合利用,2013,31(10):44-47.

- [3] 赵挺,高方述. 洪泽湖西部湖滨水质污染特征分析[J]. 环保科技,2013,19(4):16-20,25.
- [4] 纪小敏,闻亮,张鸣,等. 洪泽湖入湖污染物通量分析[J]. 江苏水利,2014(7):45-47.
- [5] 李颖,张祯,程建华,等. 2012-2018年洪泽湖水质时空变化与原因分析[J/OL]. 湖泊科学,1-13.
- [6] 郝淑英. 淮阴地区主要湖河水质污染状况及防治建议[J]. 江苏水利,1982(3):102-109.
- [7] 徐亚东,毛晓文. 洪泽湖北部主要入湖河道阵发性水质污染原因分析及预防措施[J]. 江苏水利,2020(11):4-8.
- [8] 张少威,刘茂松,徐驰,等. 洪泽湖7条入湖河流的水质动态及其关联分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2012,36(4):36-40.

(上接第42页)

- [29] LEROY P N, DAVID A J, BAIN M B, et al. The natural flow regime [J]. Bioence, 1997, 12(11):769-784.
- [30] Ward J V. The four - dimensional nature of lotic ecosystems [J]. Journal of the North American Benthological Society, 1989, 8(1):23-45.
- [31] 高永胜. 河流健康生命评价与修复技术研究[D]. 北京:中国水利水电科学研究院,2006.

- [32] 刘晓燕. 构建黄河健康生命的指标体系[J]. 中国水利,2005,11(21):30-34.
- [33] 赵彦伟,杨志峰,姚长青. 黄河健康评价与修复基本框架[J]. 水土保持学报,2005,9(5):133-136,175.
- [34] 苏辉东,贾仰文,牛存稳,等. 河流健康评价指标与权重分配的统计分析[J]. 水资源保护,2019,35(6):138-144.