

木栅栏砾石笼生态护岸技术及其应用

王艳颖^{1,2}, 王超^{1,2}, 侯俊^{1,2}, 王沛芳^{1,2}

(1. 河海大学浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098;

2. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 结合林庄港的生态修复工程建设, 系统地研究了木栅栏砾石笼生态护岸的技术要求和生态效果. 现场监测结果表明: 试验河段内河道水体中 COD_{Mn} , TN , TP 的去除率分别达到 20.7%, 13.9%, 21.1%, 同时生态护岸建设前后河段内底栖动物结构、种类和优势物种均出现明显变化, 底栖动物的类群发生了由耐污类群为主向中间类群为主的转化, 说明木栅栏砾石笼护岸对林庄港河流生态系统的改善和修复有良好的效果.

关键词 木栅栏砾石笼护岸 林庄港 生态型河道 水质 底栖动物

中图分类号: X522

文献标识码: A

文章编号: 1000-198X(2007)03-0251-04

随着社会经济的快速发展, 河道用地被大量侵占, 河流生态水量被挤占, 而且大量污水排入河道水体, 导致河流综合功能的缺失和生态系统的退化. 生态型河道建设是修复受损河道的重要手段, 成为国内外研究的热点^[1-8]. 木栅栏砾石笼生态护岸是生态型河道建设的重要手段之一, 能有效地改善河流生态系统与滨水陆地系统的连通性, 为水生生物栖息繁殖提供了良好的场所.

林庄港位于太湖西侧的江苏省宜兴市大浦镇境内, 是一条典型的平原入湖河道. 由于沿岸居民的生活污水、生活垃圾和畜禽养殖的影响, 使河道水质恶化, 河岸生态系统严重受损, 水生生态系统严重破坏, 危害了河流水体的景观环境, 影响了入湖河流的水环境质量, 加重了湖泊的富营养化程度. 本文在已有研究的基础上, 进行了林庄港生态型河道木栅栏砾石笼生态护岸的建设研究, 旨在促进河流生态修复技术的开发.

1 林庄港河段河道生态系统特征及存在问题

林庄港西起溪西河, 东至林庄港闸入太湖, 水体流向以由西向东为主, 太湖水体倒灌时水流自东向西. 林庄港在村庄内的河段沿程由于河流沿岸紧邻居民民舍, 河流生态系统遭到严重破坏. 其主要问题如下:

- 沿岸面源污染严重. 林庄港流经村庄中心, 沿岸居民的生活污水和洗涤废水直接排放进入河道, 生活垃圾直接抛弃到河岸或河道中; 多数禽舍沿河岸搭建, 畜禽粪便直接随降水进入河道, 造成严重的水体污染.
- 护岸遭到破损. 林庄港河道在村庄中的河段主要为浆砌石直立护岸, 河道为矩形断面, 大量居民的旱厕紧邻护岸建设, 部分家禽禽舍搭建在河道边甚至开挖河岸, 造成河岸斑驳残缺, 部分还出现坍塌. 另外, 浆砌块石护岸不利于生物的生长繁衍, 而且阻隔了河道水体与地下水的交换, 给河流生态系统带来危害.
- 生态系统失衡, 群落物种单一. 林庄港河道水体营养盐浓度偏高, 导致初级生产力过高, 水花生等大型水生植物和藻类大量繁殖生长, 生态系统失衡. 据对鱼类和底栖动物的调查, 林庄港河道物种绝大部分为耐污的鲫鱼、螺类、蚌类、颤蚓类和摇蚊类.

鉴于上述问题, 针对林庄港村庄内河段河床和沿岸生态环境特点, 选择木栅栏砾石笼护岸作为该段的护岸形式, 旨在通过生态护岸的建设, 逐渐构建良性的河流生态系统, 改善水体环境质量, 重建林庄港河道健康的水生生态系统.

2 木栅栏砾石笼生态护岸构建

2.1 护岸设置原理

木栅栏砾石笼生态护岸是利用砾石堆砌成岸, 木栅栏成排固定在河道内侧以稳固砾石岸坡. 一方面砾石

粗糙的表面可以使微生物大量附着生长和代谢,对水体有机污染物的净化起着重要的作用,特别是对营养物质的同化吸收作用更为重要。同时,砾石间的孔隙有利于水生生物的生长繁殖,也有利于滨水陆地生物的生长,对生物系统的活性、多样性和完整性起着重要作用。

同时,木栅栏砾石笼护岸直立式边坡的断面形式不仅适合沿岸依河而居的居住风格,减少占地,而且砾石护岸的材料选择可以避免沿岸居民占用护岸土地设置家禽养殖区,对控制河流沿线污染源具有一定的作用。

2.2 护岸结构设计

林庄港木栅栏砾石笼护岸主要按矩形断面施工,设置在村庄河段左岸。该段水面宽约 9.0 m,水深 2.0 m 左右。按照河段沿岸特点并考虑河岸稳定性,将砾石笼护岸设置为图 1 所示结构。砾石直径为 0.2~0.3 m,砾石笼按梯形堆砌,顶宽 0.3 m,背水侧边坡比约 1:0.25,底端宽 1.0 m。砾石笼以 $\Phi 6$ 钢筋笼(0.15 m×0.15 m)固定。杉木桩和横隔板挡板组合成木栅栏结构,木桩直径约 0.2 m,长 3.5 m,木桩间距 1 m,横隔板尺寸为 0.98 m×0.20 m×0.08 m,间距 0.40 m。木栅栏垂直固定于河道迎水侧,并以堆石防护坡脚,在满足护岸强度的情况下保持了河流生态系统的完整性,为滨水带生物的生长、繁殖提供了条件。

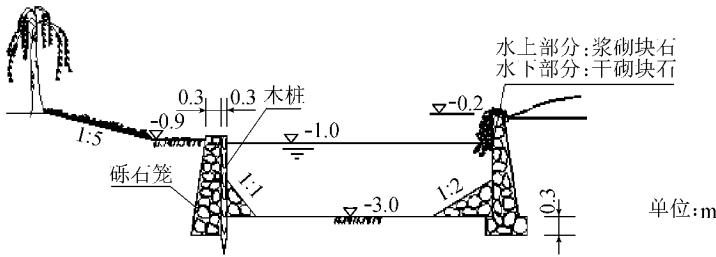


图 1 木栅栏砾石笼生态护岸

Fig.1 Ecological bank protection by wooden fences and gravel boxes

3 木栅栏砾石笼护岸实施效果

3.1 监测方案

3.1.1 水质监测

根据林庄港生态型河道构建技术的应用状况以及试验河段选取原则,选取木栅栏砾石笼生态护岸河段 200 m 作为试验河段,该段水面宽 9 m,水深约 2 m。

根据水体污染特征,试验选用 COD_{Mn} 、TN、TP 为水质指标,采样断面为试验河段的上游、中游和下游 3 个断面,每个断面设一个采样点,位于河道中心线水面下 0.5 m 处。监测期为生态护岸构建完成后的 2004 年 6~12 月,每月监测 1 次,每次采样时间为每日 8 时、12 时和 16 时。

3.1.2 生物指标观测

以水生植物、底栖动物作为木栅栏砾石笼护岸河段的生物监测指标。通过对比试验河段内生态系统特征变化,分析生物指标的变化规律,研究生态型河道建设对水环境质量改善作用,分析生态型河道构建对河流生态功能的恢复作用。

观测方法和取样时间综合考虑了水生植物生长期、自然降雨以及护岸工程建设等因素,进行综合设定。

a. 大型水生植物群落观测。观测方法为目视和计量法,估算水生植物生长密度和覆盖度。观测时间为 2004 年 6 月 28 日、8 月 2 日、10 月 17 日和 12 月 2 日。

b. 大型底栖无脊椎动物检测。检测采样时间包括生态型河道建设前和建设完成后 2 期,第 1 周期包括 2004 年 2 月 29 日和 3 月 11 日,第 2 周期为 2004 年 8 月 2 日和 2005 年 11 月 4 日。

3.2 试验河段运行效果分析

3.2.1 水质改善状况

根据 2004 年 6~12 月对木栅栏砾石笼 200 m 试验河段的连续监测,在正常流向条件下,木栅栏砾石笼生态护岸河段对河道水体中 COD_{Mn} 、TN 和 TP 的净化去除率分别为 10.1%~20.7%、9.5%~13.9%和 10.2%~21.1%。冬季 12 月由于水温较低,生物活性受到影响,去除率降低,分别约为 6.5%、7.4%、18.1%。2004 年 6 月 28 日和 11 月 4 日监测期内太湖水体发生倒灌,因此污染物去除率表现为负值,水体流经生态护岸工程河

段后 6 月 28 日 COD_{Mn} ,TN 和 TP 去除率分别为 9.4% ,13.4% ,15.4% ,11 月 4 日分别为 3.0% ,26.5% 和 13.2%(图 2)。

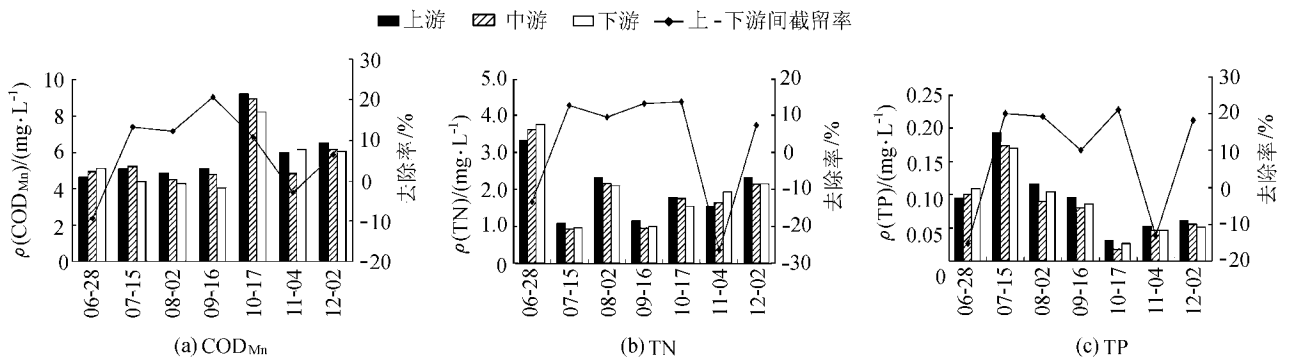


图 2 木栅栏砾石笼生态护岸试验河段水质净化效果

Fig.2 Water quality purification effect of ecological bank protection by wooden fences and gravel boxes in tested river courses

3.2.2 生态系统特征变化状况

a. 水生植物系统.砾石笼护岸构建后河段内大部分时期水生植物优势种为菹草(*potamogeton crispus*),菹草属眼子菜科眼子菜属,是典型的 2 年生大型水生维管束植物.它秋季萌发、幼苗越冬、春季生长迅速、夏末死亡,9~12 月局部出现槐叶萍(*salvinia notans*),10 月生长最盛,12 月衰亡腐烂.植物种群结构完好.

b. 大型底栖无脊椎动物.大型底栖无脊椎动物在水生态系统的物质循环和能量流动中起着重要作用,具有种类多、生活周期长、活动场所比较固定、易于采集、不同种类对水质的敏感性差异大、受外界干扰后群落结构的变化趋势经常可以预测等特点,所以对于评价河流水质和生态系统健康有着重要作用.底栖无脊椎动物生长情况与其所处的水体环境有着密切的关系^[9],其受河流系统影响的因素主要有物理因素(底质、流速、水深)、水体质量(总氮、总磷、有机物)和水生植物等.

木栅栏砾石笼河段构建后,河段的水环境质量及水生植物群落更替均有明显的变化.林庄港生态型河道构建后,底栖大型无脊椎动物种类和数量也有着明显的变化,检测统计结果见表 1.

表 1 生态型河道建设前后大型底栖无脊椎动物统计
Table 1 Statistical data of zoobenthos in tested river courses before and after ecological river construction

时期	分类单元数/个					生物密度/(个·笼 ⁻¹)				
	环节动物	软体动物	水生昆虫	甲壳动物	合计	环节动物	软体动物	水生昆虫	甲壳动物	合计
建设前	4	11	4	0	19	8.7	5.0	3.5	0	17.2
建设后	6	11	6	2	25	5.7	7.8	2.0	0.3	15.8

4 结果与讨论

林庄港木栅栏砾石笼生态护岸构建后,河段中水环境质量得到一定程度的改善,污染物浓度沿程降低较为明显,其中 COD_{Mn} 去除率基本为 10%~15%,TN 和 TP 的净化效率分别为 10%~20%,10%~30%.污染物的去除是砾石和木栅栏表面生物膜的净化作用、水体流动提高大气复氧的自净作用、水生植物光合作用和对营养物质的同化吸收作用等协同作用的结果.河流动水条件下污染物的去除效应结果与 Marcus 等^[10]研究成果的规律性相一致.

同时,生态型河道的建设为河流水体的生态系统修复完善提供了条件.连续运行的检测结果表明,试验段河道中水生植物结构和更替过程均有明显改善,特别是木栅栏砾石笼护岸河段,砾石和木栅栏表面生物膜具有一定厚度,微生物生长更替是在好氧状况下进行的,有利于生物膜中好氧微生物的繁殖,而且河岸带和河床底部底栖动物种类增多并发生一定的转化.对生态河道建设前后的大型无脊椎动物改变的统计分析可知,建设前河道底栖动物中没有敏感类群(耐污值 ≤ 3.0),而耐污类群(耐污值 ≥ 7.0)占 79.6%,其前 3 位优势种为苏氏尾鳃蚓、霍甫水丝蚓、摇蚊属,均为典型的耐污类群,具有很强的耐缺氧能力和喜有机质的生活习性,共占 51.5%.建设后出现仙女虫、涡虫和蛭科 3 种敏感类群,但数量较少,只占 3.2%,耐污类群降至 45.3%,前 3 位优势种为巨毛水丝蚓、长角涵螺、纹沼螺,均为中间类群(耐污值 3.0~7.0),共占 37.9%.底栖动物的类群发生了由耐污类群为主向中间类群为主的转化.

5 结 语

木栅栏砾石笼生态护岸是生态型河道建设的有效形式之一,将其应用于林庄港生态型河道的构建是河流生态修复技术研究探索的一个尝试.工程实施后的运行效果表明,木栅栏砾石笼生态护岸对试验河段水体的环境质量改善具有一定的作用,特别是对河流水生植物和水生动物群落结构完善、数量密度、耐污种类和优势物种转变起到了重要的作用,为生态型河道的建设提供了理论依据和技术支持.但由于当前的研究仅是基于河流生态系统总体指标的探讨,对其中的原理和单因子的贡献评判尚需进一步研究.

参考文献:

- [1] WANNER S C, PUSCH M. Analysis of particulate organic matter retention by benthic structural elements in a lowland river(River Spree, Germany) [J]. Arch Hydrobiol, 2001, 151: 475-492.
- [2] KOZERSKI H-P, LEUSCHNER K. A new plate sediment trap: design and first experience [J]. Verh Int Verein Limnol, 2000, 27: 242-245.
- [3] 王超, 王沛芳. 城市水生态系统建设与管理 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [4] 邓建绵. 污染河流生物修复技术研究 [J]. 环境科学与技术, 2003, 26(增刊1): 55-57.
- [5] MARCUS S, KARINA R, JAN K. A combined approach of photogrammetrical methods and field studies to determine nutrient retention by submersed macrophytes in running water [J]. Aquatic Botany, 2003, 76: 17-29.
- [6] 胡洪营, 何苗, 朱铭捷. 污染河流水质净化与生态修复技术及其集成化策略 [J]. 城市给排水, 2005, 3(4): 1-9.
- [7] 顾斌杰, 王超, 王沛芳, 等. 生态型灌区应用伊乐藻修复受损水体的试验研究 [J]. 水利学报, 2006, 37(2): 178-183.
- [8] 中村太士. 多自然型川づくりの歩みと今後の展望 [J]. 河川, 2001, 13(11): 15-19.
- [9] 刘建康. 高级水生生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 241-259.
- [10] MARCUS S, KOZERSKI H P, THOMAS P, et al. The influence of macrophytes on sedimentation and nutrient retention in the lower River Spree (Germany) [J]. Water Research, 2003, 37: 569-578.

Ecological bank protection technique by wooden fences and gravel boxes and its application

WANG Yan-ying^{1, 2}, WANG Chao^{1, 2}, HOU Jun^{1, 2}, WANG Pei-fang^{1, 2}

(1. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lakes
of Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The technical requirements and ecological effects of the technique for ecological bank protection by wooden fences and gravel boxes were systematically studied for Linzhuanggang ecological rehabilitation project in Taihu Lake Basin. According to the field monitoring, the ecosystem of the tested river courses was improved evidently: the removal rates of COD_{Mn}, TN and TP reached 20.7%, 13.9% and 21.1% respectively; the structures and species of zoobenthos changed obviously after the ecological construction, and the dominant species of zoobenthos changed from pollution-tolerant ones to mesosaprobic ones. As a result, the ecological bank protection by wooden fences and gravel boxes is effective for improvement and rehabilitation of Linzhuanggang river ecosystem.

Key words: ecological bank protection by wooden fences and gravel boxes; Linzhuanggang; ecological river; water quality; zoobenthos