

污染河道生态修复技术研究

卜全民^{1,2}, 李凤英² (1. 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 江苏南京 210093; 2. 南京大学环境学院, 江苏南京 210093)

摘要 简要分析了我国河道污染的现状及其原因, 阐述了传统河道整治带来的负面影响, 论证了河道生态修复的必要性和紧迫性以及河道生态修复的目标和原则。探讨了在遵循自然规律的前提下河道生态修复的主要技术: 先期处理技术、河道形态修复技术、生态河堤修复技术、生态河床修复技术、生态护坡修复技术和生态水体修复技术以及人工湿地处理技术等, 展望了河道生态修复技术的研究和应用前景。

关键词 生态修复; 目标; 原则; 技术

中图分类号 X820.0 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)36-16084-02

Study on the Ecological Restoration Technology of River Pollution

BU Quan-min et al (State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Nanjing, Jiangsu 210093)

Abstract The river pollution and its causes in China were analyzed. The river regulation had a negative influence on the ecological rehabilitation of the river. The necessity and urgency of ecological restoration of the river, as well as the objectives and principles were demonstrated. The main river channel technology including pre-treatment technology, river morphology repair technology, ecological riverbank repair technology, ecological riverbed repair technology, ecological slope protection repair technology and ecological water repair technology were discussed on the premise of following natural law. The study and application prospect of ecological repair technology of river was viewed.

Key words Ecological restoration; Target; Principle; Technology

河道是包括河堤、河床、护坡、水体和生物等的复杂生态系统, 既是防洪排涝和引水抗旱的通道, 又是生态、景观、休闲和旅游的重要场所。随着人口及社会经济的迅速发展, 河道的生态环境状况越来越差, 给河道景观和居民身体健康带来了严重危害, 正日益成为困扰社会发展的重要瓶颈之一^[1]。在传统的河道整治过程中, 通常采用的硬化河床, 修筑石块、混凝土护坡等做法虽然有利于河道清淤和维护岸坡的稳定性, 但也带来了严重的生态环境问题。据报道, 目前我国已整治的河道中有 58% 以上的达不到设定功能区的水质标准, 同时河床硬化覆盖阻断了地下水的补给。随着可持续发展意识的增强, 河道生态系统的修复问题受到社会各界的广泛关注^[2]。河道生态修复技术具有处理效果好、工程造价低、不需耗能、运行成本低等优点, 因此成为河道修复的一种新措施和发展方向。

1 河道生态修复的必要性、目标和原则

河道生态修复指利用生态工程学或生态平衡、物质循环的原理和技术方法或手段, 对受污染或受破坏、受胁迫环境下的生物生存和发展状态的改善、改良或恢复、重现。河道生态修复主要通过河道中创造适合于河道各类生物生存的生境条件, 形成各种生物群落配比合理、结构优化、功能强大、系统稳定的河道生态系统, 重建受损河道生态系统的结构和功能^[3]。

1.1 河道生态修复的必要性 人类在河道整治取得经济快速发展的同时, 也给河道带来了致命的后果, 导致河道生态环境严重恶化, 现已发展到了必须尽最大可能修复河道生态环境、恢复或重建河道生态系统的境地。究其原因如下:

(1) 生物多样性减少。河道整治改变了水体流动的多样

性, 许多生物生息地环境改变甚至消失。随着生活水平的不断提高, 在人们对河道环境的要求越来越高的今天, 提倡河道的生物多样性具有重大的现实意义。

(2) 自净能力降低。天然河道均具有一定的自净能力, 水泥衬底和护衬割裂了水体与土壤的关系, 使水体与土地、生物和环境相隔离, 导致河道的自净能力降低。为了保证河道水体功能符合预定功能的要求, 必须确保河道有较大的自净能力。

(3) 生态系统的可持续性受阻。对河道生态系统的开发、处理, 必须考虑河道生态系统的可持续性, 协调人与河道之间的关系, 维护河道生态系统的可持续性, 故河道的生态修复不仅是对传统河道整治的补救措施, 也是今后河道整治的良好借鉴模式。

(4) 洪涝灾害的危害增加。河道被裁弯取直使河道束窄加深, 硬化覆盖使河床不透水面积增加, 导致河道泄洪功能减弱, 给防洪带来了隐患, 导致洪灾总体风险不断增加。

1.2 河道生态系统修复的目标 河道生态修复的目标是恢复河道的健康生命, 依照河道健康的基本标准, 在遵循自然规律的前提下, 尽可能地消除河道传统整治对生态环境带来的不利影响, 重建受损或退化的河道生态系统; 恢复河道泄洪、排沙等重要自然功能; 维持河道资源的可再生循环能力, 促进河道生态系统的稳定和良性循环, 实现人与水的和谐相处^[4]。

1.3 河道生态系统修复的原则

1.3.1 因地制宜。使河道生态系统完全恢复到受人类干扰之前的初始状态是不可能的, 因此河道的生态修复趋向于依据河道的具体特点, 在河道内营造适宜的生物栖息环境, 调整河道结构, 创造符合当地实际情况的河道自然环境, 促进河道生态系统的良性循环。

1.3.2 生态功能。重视河岸植被建设, 构建河道生态走廊, 控制河道水土流失。在河道水域内, 种植各种喜水、耐水植物, 发展水生动物, 提高河道生态系统的自净功能。

1.3.3 景观美学。河道生态修复工程设计中应考虑景观美

基金项目 国家科技支撑计划(2006BAC02A15); 江苏省高校自然科学基金基础研究项目(08KJB620001); 江苏省博士后基金资助项目(0801006C); 国家自然科学基金重点资助项目(40771080)。

作者简介 卜全民(1976-), 男, 江苏徐州人, 博士, 讲师, 从事水处理、风险分析的教学与研究。

收稿日期 2008-12-10

学的要求,合理规划方案,突出景观设计,将河道生态修复与景观美化有机统一,将河道景观与周围环境有机地融为一体,满足居民的休闲娱乐与亲水需求^[5]。

2 河道生态修复的主要技术

河道生态修复的技术和方法应依据传统河道整治方法对环境影响的内容、程度的不同而采取不同的修复技术和方法,使河道水质达到国家用水标准,逐步修复河道的生态功能。我国在河道生态修复方面的技术研究工作起步较晚,尚处于学习借鉴国外先进技术和经验的阶段,大规模推广河道生态修复工作尚不成熟^[6]。但可以预测,我国在未来几年内必将兴起河道生态修复的研究和应用推广热潮。目前,国内外河道修复的技术主要有:先期处理技术、河道形态修复技术、生态河堤修复技术、生态河床修复技术、生态护坡修复技术和生态水体修复技术以及人工湿地处理技术等。

2.1 先期处理技术 河流生态修复的前提是进行必要先期处理,实施污染控制和治污。如若不进行先期处理,许多以生态修复为基础的技术就无法开展。先期处理技术包括:外源性控制技术和内源性控制技术^[7]。

2.1.1 外源性控制技术。发达国家进行河道生态修复的经验表明,要发挥河道的生态功能,控制污废水直接排入河道是减轻河道污染的根本措施。河道水质的恶化主要是由外界输入的大量营养物质在水体中富集造成的,切实控制外源性营养物质的输入,是河道生态修复的重要前提。为此,必须加大外源性营养物质输入控制技术中的截污工程和引排污染源工程的建设力度。

2.1.2 内源性控制技术。大型水生植物大多具有吸收河道内源性营养物质的功能,某些植物的根茎还具有抑制底泥中营养物质释放的功能,这些大型水生植物在生长后期又能较方便地去除,从而带走河道中过多的营养物质。同时,一些植物对藻类包括形成水华的微囊藻有抑制作用,因此通过种植水生植物可在一定程度上实现控制内源性营养物质污染的目的。

2.2 形态修复技术 天然河道是蜿蜒弯曲、不规则的,在传统的河道整治中,为了便于进行规划建设或满足现代航运需求,许多蜿蜒曲折的河道被裁弯取直。自然蜿蜒的河道形态能降低河水流速,自然河岸可通过水体渗透和两岸植物的储水起到调蓄洪水的辅助作用,被水泥和钢筋混凝土加固了的河岸阻止了水体的自然交换,导致洪灾总体风险不断增加。同时,河道形态的直线化改变了原有河道的水流流态,水生鱼类也失去了栖息地,对生态环境产生不利影响。在河道整治的工程中,应尊重河道的天然形态,避免直线和折线型的河道设计,通过保持河道的蜿蜒性来保护河道形态的多样性^[8]。

2.3 生态河堤修复技术 河堤具有廊道、缓冲带和植被护岸等功能,不仅可为防洪安全提供可靠保障,同时还是一道人水相亲的风景区。因此,不仅要高度重视加固堤防工作,而且要同步实施河堤的生态修复工作,把河堤建成防洪和生态兼顾的绿色坚固长廊。通过河堤建设,使河堤符合防洪标准;通过实施河道沿线景观综合整治工程,使河道实现水清、景美的目标,成为自然景观与人文景观相协调的河道生态景观区。

河堤的生态修复主要是把河堤由过去的人工混凝土建筑改造成为水体和土体、水体和生物相互涵养,适合生物生长的河堤,使生态修复后的河堤具有适合生物生存和繁衍、提高水体自净能力、调节水量和滞洪补枯等功能,修复生态河堤已成为国内外河堤修复的发展趋势。

2.4 生态河床修复技术 去除传统整治河道铺设在河床上的硬质材料,恢复河床自然泥沙状态;恢复河床的多孔质化,建设生态河床,为水生生物重建栖息地环境。以生物防护稳定河床、改善河床生态环境的方法符合人与自然和谐相处的科学发展观,增强了河道生态的自然修复功能,有效地提高了河道行洪能力,改善了河道生态环境,为人们提供良好的亲水环境。

2.5 生态护坡修复技术 传统的河道整治方法往往忽视生态,把护坡搞成直立式或用钢筋混凝土覆盖护坡,从而破坏了生物的生长环境。从修复河道的生态环境出发,有条件的护坡都应种植草坪或灌木,草坪和灌木可有效增强护坡的稳定性、防止水土流失,为此可在坡面植草或灌木。同时,运用生态工程的技术与方法,充分发挥护坡植被的缓冲功能,恢复和重建退化的护坡生态系统,保护和提高生物多样性。

2.6 生态水体修复技术 河道生态修复的首要任务是水体水质的修复:一是控制污染物流入,增加水量,稀释污染物,输移污染物,提高水体的纳污能力,提高水环境容量和水环境承载能力。二是采取工程措施提高河道本身的自净能力和恢复水体水质,主要方法有:通过水利设施调控引入污染水域上游或者附近清洁水源的水进行冲刷、稀释污染河道,以改善河道水环境质量;加大河道的枯水期流量,增加河道的稀释能力。人工增氧的应急方法,对河道水环境的改善具有极其重要的作用。人工增氧能加快水体中溶解氧与污染物质之间的氧化还原反应速度,提高水体中好氧微生物的活性,加快有机污染物的降解速度。

2.7 人工湿地处理技术 人工湿地植物根系的输氧作用及传递特性使人工湿地生态系统呈现连续的好氧、缺氧、厌氧状态。在此过程中,60%以上的总氮通过硝化作用和反硝化作用被脱除。人工湿地对氮的去除主要依靠微生物的氨化、硝化、反硝化等作用完成。湿地植物吸收约8%~16%的总氮作为自身的营养成分,用于合成植物蛋白等有机氮,进而通过植物的收割而去除^[9]。

人工湿地处理是近年来迅速发展的生态污染处理技术,可处理多种工业废水和农业污水。人工湿地利用自然生态系统中物理、化学和生物的三重作用实现对污水的净化,这种技术已经成为提高大型水体水质的有效方法。人工湿地对有机污染物有较强的降解能力,废水中的不溶性有机物通过沉淀、过滤作用,很快地被截留并被微生物利用;废水中可溶性有机物通过植物根系的吸附、吸收及代谢降解等过程被分解去除。随着处理过程的不断进行,湿地中的微生物也繁殖生长,通过对填料的定期更换及对植物的收割而将新生的有机体从湿地生态系统中去除。

3 小结

河道的生态修复使生态系统遭到破坏的河道重新恢复

(下转第16090页)

式中, f_i 为第 i 单元因素因子指标值的作用分; x_i 为第 i 单元因素指标值; x_{\max} 为最大因素指标值; x_{\min} 为最小因素指标值。对末一级指标的分值不按零处理, 而是根据因素因子作用的衰减程度由经验法确定。

2.5 定级指数计算 按照养殖水面定级因素及权重表的值, 采用直接加权求和计算养殖水面定级指数, 计算公式为:

$$H_i = \sum_{j=1}^{p,n} W_j f_{ij} \quad (6)$$

式中, H_i 为第 i 个定级单元的定级指数; i 为定级单元编号; j 为定级因素因子编号; W_j 为第 j 个定级因子的权重; f_{ij} 为第 i 个定级单元内第 j 个定级因子的分值。

经计算养殖水面定级指数介于 59 ~ 98。

2.6 级别划分 农用地级别的划分遵循如下原则: 农用地级别高低与其质量相对优劣的对应关系基本一致; 各级别用地之间的收益应有明显差别; 级别之间应渐变过渡, 相邻单元之间级差不宜过大; 应尽可能保持权属单位的完整性。该研究采用总分值频率曲线法划分惠城区养殖水面级别。该方法是先将每一个总分值作为样本, 对其进行频率统计, 并绘制相应的曲线, 然后选择若干频率曲线突变处, 确定级别间的界限值和总级数^[15]。根据养殖水面单元定级指数, 分值区间及各级别面积所占比重见表 3。依据水产方面专家的意见, 并结合当地的实际情况对局部单元分值进行调整。将调整后的养殖水面级别, 确定为养殖水面初步定级成果, 将级别界线落实到大地比例尺土地利用现状图上, 并核实相应的土地利用类型和权属单位, 最终确定养殖水面级别。

表 3 养殖水面定级分值界定

Table 3 The grading score definition of aquaculture water surface

养殖水面级别 Levels of cultivation water surface	分值区间 Score interval	面积比重 % Area proportion
1 级 The first level	84	20.02
2 级 The second level	78 ~ 84	60.43
3 级 The third level	< 78	19.55

3 结论

(1) 农用地定级成果在农用地生产能力核算、土地利用

(上接第 16085 页)

原有的生态功能成为可能, 具有重要的社会和经济意义, 在国内外均有广阔的研究和应用前景。在河道生态恢复的过程中, 要融合环境科学、生态学、规划学、水利工程学、经济学和美学等多学科的相关原理, 在遵循自然规律的前提下恢复河道生态系统的功能, 恢复河道的生机与活力, 使河道成为水量充足、水质良好、生物多样的良性可循环生态系统。

参考文献

- [1] 潘继征, 李文朝, 陈开宁, 等. 滇池东北岸生态修复区的环境效应——污染净化效应[J]. 湖泊科学, 2006, 18(6): 579-584.
- [2] 钟萍, 李丽, 李静媚, 等. 河流污染底泥的生态修复[J]. 生态科学, 2007, 26(2): 181-185.
- [3] BEZRODNYKH A A, ZHRKOV A A, SAFONOVA S L. Health status of motor

总体规划、基本农田保护区规划、土地征用及农用地使用权流转等方面有着广泛的应用价值。该研究采用因素法确定惠城区养殖水面级别, 使之在耕地、林地等定级研究的基础上进一步完善了惠城区农用地级别体系, 为惠州市以市场机制和价格杠杆优化配置农用地资源提供了科学依据, 有一定的示范作用和推广价值。

(2) 该研究采用惠城区最新的 1:10 000 土地利用现状图作为工作底图, 在深入调查了解养殖水面地块图斑优劣程度的基础上, 选取地块法作为划分定级评价单元的方法, 较好地避免了其他方法划分单元精度不高的缺陷, 使研究成果具有较高的精确性和可行性, 从而能够充分发挥农用地定级成果的作用。

参考文献

- [1] 高中贵, 彭补拙. 我国农用地分等定级研究综述[J]. 经济地理, 2004, 24(4): 514-519.
- [2] 盛乐山, 赵哲远, 陈建明, 等. 农地定级估价探讨以浙江省义乌市为例[J]. 中国土地科学, 1999, 13(5): 34-37.
- [3] 但承龙, 王万茂, 厉伟. 农用地分等定级和估价理论与技术路线的探讨[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2000, 38(4): 42-46.
- [4] 王万茂. 土地定级和估价[M]. 南京: 中国矿业大学出版社, 1993.
- [5] 王令超, 刘荷芬, 王国强. 基于 GIS 工作平台的农用地定级方法研究[J]. 地域研究与开发, 1999, 18(4): 20-22.
- [6] 陈宝晖. 福建省林地分等定级与估价技术的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2005.
- [7] 陈敬雄, 黄劲松, 周生路. 我国农用地分等定级和估价研究的近况发展[J]. 土壤, 2003(2): 107-111.
- [8] 马仁会, 李小波, 李强, 等. 农用地定级因素法与修正法比较分析[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 277-281.
- [9] 周启刚, 黄志勤, 张叶. 基于 GIS 修正法与因素法的农用地定级研究——以四川省乐山市中区为例[J]. 资源开发与市场, 2006, 22(4): 307-310.
- [10] 陆春锋, 李爱军, 周生路. 修正法农用地定级方法探讨及与因素法比较——以宜兴市为例[J]. 土壤, 2005, 37(2): 176-181.
- [11] 温修春. 运用样地法进行农用地定级相关问题探讨[J]. 山东农业大学学报: 社会科学版, 2005(4): 49-53.
- [12] 罗璇, 黄茜, 赵小敏, 等. 农用地定级中样地法和修正法的比较研究——以上高县为例[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(3): 484-489.
- [13] 邓留献. 农用地定级估价理论与实践[M]. 北京: 中国大地出版社, 2000.
- [14] 王占岐. 农用地定级及基准地价评估研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2007.
- [15] 国土资源部. 农用地定级规程[S]. 2003.

vessel tears of the Lena river line and of the plant workers in Yakutia[J]. International Water Resources Engineering, 2007, 8(3): 46-47.

- [4] BEAUCHAMP J C, CHAN MY T, HONR H. Repair and evaluation of a damaged truss river[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 2006, 11(3): 494-504.
- [5] 李尚志, 唐永琼. 利用水生植物对污染水体进行生态修复[J]. 深圳大学学报: 理工版, 2005, 22(3): 272-276.
- [6] 李话雨. 生物-生态法修复受污染河流的实例分析[J]. 中国科技信息, 2008(3): 17-18.
- [7] 胡洪营, 何苗朱, 铭捷, 等. 污染河流水质净化与生态修复技术及其集成化策略[J]. 给水排水, 2005, 31(4): 1-9.
- [8] PARACER A P, SINHA B N. Expansion joints in RCC bridges with special reference to repairs to expansion joints of the across river Yamuna[J]. Journal of the Indian Roads Congress, 2007, 47(3): 427-463.
- [9] 季树勋. 生态修复技术在城市污染河道治理中的应用[J]. 科技资讯, 2008(2): 181-183.