

生态湿地削减水库型水源地非点源污染的应用

刘建飞 龙小龙 李文婷

(北京中水新华国际工程咨询有限公司,北京 100070)

【摘要】 大房郢水库湿地建设工程针对农田退水、雨水径流和农村生活污水等非点源污染,采用生态涵养林湿地、自然湿地塘、自然表流湿地、复合人工湿地4种生态湿地系统,以近自然的方式,结合现状地形采用不同的生态湿地类型和工艺设计建设,并用不同的植物搭配形式,来最大限度地截留非点源污染物,对进入水库及14条入库河流的非点源污染物进行拦截和削减。该方法既降低了建设保护成本,实现了工程的建设目的,又符合自然可持续发展的生态规律,充分发挥了本工程的效益。

【关键词】 生态湿地;非点源污染;削减;水库水源地

中图分类号: X501

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2018)03-046-03

Application of non-point source pollution of reservoir water source in ecological wetland

LIU Jianfei, LONG Xiaolong, LI Wenting

(Beijing Zhongshui Xinhua International Engineering Consulting Co., Ltd., Beijing 100070, China)

Abstract: 4 wetland ecological systems are adopted in Dafangying Reservoir wetland construction project according to non-point source pollution such as return water of farmland, rainfall runoff and rural domestic sewage, etc., namely ecological conservation forest wetland, natural wetland pool, natural surface flow wetland, compound artificial wetland. Non-point source pollutants entering into the reservoir and in 14 rivers entry to the reservoir are blocked and cut by nature-approximate method which adopted different biological wetland and process design construction combined with current terrain, as well as matching different plants to hold back farthest non-point source pollutants. The method reduces the cost of construction protection and realizes the purpose of engineering construction on the one hand, it is also in line with natural and sustainable ecological law on the other hand, and the engineering benefits can be fully exerted.

Key words: ecological wetland; non-point source pollution; reduction; reservoir water source

我国城镇大多以水库作为饮用水水源地,在经济发展过程中,水源地的生态环境受到了破坏,许多城市供水水库富营养化问题也日益突出,严重威胁饮水安全,因此防治水库水源污染已成为关系国计民生的重大问题。当前在全国范围内正在全面开展饮用水水源

地环境保护工作,在点源污染得到有效控制的前提下,非点源污染已经成为水库水环境污染的首要问题。非点源污染的形成过程随机性大,影响因子复杂,分布范围广,其控制措施的研究已成为当前的热点和难点之一。生态湿地在蓄洪防旱、调节气候,尤其在有效拦截

和降解氮、磷及有机污染负荷等方面的重要作用得到广泛认可。

大房郢水库湿地建设工程以生态环境的可持续性为原则,在尽量减少人为干预和地形改造的前提下,针对农田、雨水径流和农村生活污水等非点源污染,以近自然的方式,结合现状地形采用不同的生态湿地类型和工艺来进行设计建设,并利用不同的植物搭配形式,尽可能在有限的条件下最大限度的截留非点源污染物。建成后大房郢水库水质各项指标均达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类水质标准,水质达标率100%^[1],为综合利用生态湿地削减水库型饮用水源地非点源污染提供借鉴。

1 工程概况

大房郢水库位于巢湖西北岸的南淝河支流四里河上,合肥市庐阳区和长丰县境内。水库集水面积184km²,总库容为1.84亿m³,兴利库容0.626亿m³,为大(2)型水库,正常蓄水位28.0m。2009年底正式开始供水,2010年供水量达3535万m³,至2020年供水量为1.5亿m³,是合肥市的重要饮用水源。根据规划大房郢水库水质保护目标:2010年水质为地表水Ⅱ~Ⅲ类,达标率为97.0%;到2015年为地表水Ⅱ~Ⅲ类;到2020年为地表水Ⅱ类。

至2013年初,水库一级保护区内居民全部拆迁,水库周边城镇生活污水及企业污水基本纳入污水管网,基本实现点源污染的治理,但库周一级保护区内仍存在大量农田、大棚和鱼塘。根据调研,水库周边非点源污染产生主要包括农村生活污染、养殖散养源和农田径流,其中入库非点源污染物主要是农田径流^[2]。此外大房郢水库入库河流较多,河道两侧缺乏植被覆盖,水土流失严重,河道两侧农田径流中的污染物直接进入河流和水库。因此对非点源污染物拦截成为水库最重要的工作之一。

2 生态湿地削减系统建设

2.1 生态涵养林湿地削减系统

本系统有两种形式,包括:用于削减库周污染的湿

生涵养林+林下自然湿地系统和用于削减入库河道污染的湿生涵养林+草坪护坡+河流自然湿地系统。结合国内外研究表明,坡面森林可使固体污染物流失减少60%以上,林地的营养元素损失减少30%~50%,针对散在的非点源污染,生态涵养林湿地具有较好的效果^[3-5]。

水库周边高程在29.7~28.5m之间的退耕、退棚后的旱地、园地、草地等地势相对较高的位置建设水源涵养林,用以拦截外围农田径流并削减径流水体中的污染物。根据植物耐旱或耐湿程度的不同,地势较高的区域选取意杨、臭椿、楝树等乔木种类;地势适中的区域选取垂柳、枫杨、乌桕等乔木种类;地势相对较低的区域选用水杉、池杉、湿地松等乔木种类;林下湿生地被植物仅在受损严重的区域少量种植,种类有白三叶、堇菜、南荻、紫花地丁、中华结缕草等;因湿地有大量续存的种子库,在不受干扰的情况下,能够较快地自我恢复^[6],对林下大部分区域只进行隔离保护,让湿地植被自我修复生态自然,同时也减少了工程的投资。工程共建设库周涵养林56.21hm²。

在大房郢14条入库河流及其支流河道两侧构建湿地涵养林带,在河道边坡构建草坪护坡,对部分河道底部进行清淤后自然恢复河道内湿地植物,形成从两侧河岸→河道边坡→河流内部的河流缓冲削减系统。河道两侧外围布置意杨、楝树;内侧布置水杉、池杉;林下地被采用狗牙根、南荻、紫花地丁;草坪护坡采用生长能力、固坡能力和耐水旱能力均较强的狗牙根;河道内部经清淤后,加强管理,禁止人为干扰,其水生植物可较快自行恢复。工程共建设河道涵养林191.76hm²,林下地被189.69hm²,草坪护坡1.05hm²,恢复河道湿地25.80hm²。

2.2 自然湿地塘削减系统

本系统采用水流引导渠+自然湿地塘的形式来削减非点源污染物质。自然湿地塘削减系统是一种完备的生态系统,对降雨汇流及农田退水进入的非点源污染具有显著的净化和截留效应,自然湿地塘削减系统对农田退水产生的氮的截留率大于70%,对磷的截留

率约 93.3%^[7-8]。水库水源地一级保护区内有大量退渔的鱼塘,可充分利用,结合周边现场条件,改造成自然湿地塘系统,可将农田退水、雨水径流等引入湿地塘进行截留净化,充分削减污染物。

对水库水源地一级保护区内退渔后的鱼塘进行一定的整理,种植水生植物,形成自然湿地塘,根据地形将附近区域的农田径流通过自然沟渠引入湿地塘进行缓冲处理,出水经库滨自然湿地后再进入水库。湿地塘内植物布置根据水深从浅到深为:千屈菜、香蒲→藕、荇菜;茭白、水葱→菱等组合,形成挺水植物→浮叶→敞水面的自然湿地塘净化系统。工程共建设湿地塘面积 17.82hm²,水生植物种植面积 12.85hm²。

2.3 自然表流湿地削减系统

本系统采用水流引导渠或河道入库口+自然表流湿地的形式来削减入库水体污染物。自然表流湿地指自然界原本存在的、可以直接利用或者通过一定的恢复程序后用来净化污水的湿地,在退化湿地的原址恢复自然湿地,使其水质净化功能得到发挥。自然表流湿地系统对非点源径流的污染物具有良好的去除效果,其中颗粒物的去除率约 33.3%~47.4%,对有机污染物的去除率约 29.3%~44.4%,对总氮的去除率约 46.5%,对总磷的去除率约 35%~70%^[9-11]。

水库周边高程在 29.7~27.4m 之间的退耕、退棚后的水稻田、园地、草地等地势相对较低处,建设和恢复自然表流湿地。根据位置、地形的不同,分别将农田退水、地表径流和入库河水引入自然表流湿地进行净化,以削减水体中的污染物;并配置不同的植物,库周地势较高处选择地笋、灯芯草、酸模叶蓼等湿生植物;地势较低处选择芦苇、香蒲、旱伞草、千屈菜等水生植物;浅水处选择雨久花、黑三棱、水葱等水生植物。河流入库口处选取再力花、黄花鸢尾、水生美人蕉、水葱、芦苇等水生植物。工程共建设恢复自然湿地面积 29.20hm²,其中建设恢复库周自然表流湿地面积 24.6hm²,建设恢复河道入库口自然表流湿地面积 4.60hm²。

2.4 复合人工湿地削减系统

本系统采用生活污水→化粪池→一级表流湿地→

二级表流湿地→库滨自然湿地的工艺形式来削减净化生活污水。该系统在处理污染较重或水量较大的污水时效果会受到影响,而用于水量相对较小或有足够的湿地处理面积时能达到较好的处理效果。

位于库周一级保护区外围的范小郢村,因离水库较近,短期内该村生活污水无法收集接入市政污水管网,生活污水经沟渠直接排入水库,该村有居民 50 多户,约 250 人,排放污水量约为 20m³/d。采用复合人工湿地系统进行净化。设计进水水质采用典型农村生活污水水质指标,设计出水主要污染物指标达到地表水源地一级保护区要求的《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的Ⅱ类水质标准。根据项目区的特点,选择耐污能力强、净化效果好、根系发达、自然性较好、适宜当地生长的湿地植物,包括再力花、芦苇和水生美人蕉。建成后需定期对化粪池进行清掏,保证系统运行;入冬前对枯萎植物进行收割,以防止二次污染。

3 工程应用讨论

工程设计共采用 4 种类型生态湿地系统,特点及优势是:①近自然,对于较大面积的水库水源地保护来说,既降低了建设保护成本,又符合自然可持续发展的生态规律;②对非点源污染的拦截削减效果好,实现了工程的建设目的,充分发挥了本工程的效能;③不同生态湿地削减系统的应用,为水库型饮用水源地保护,尤其是对非点源污染削减措施提供了参考借鉴。

生态湿地的处理水量相对于本流域径流量的比例是很小的,为了更好地保护水库饮用水源地,还应加强对水库饮用水源地的保护和管理,包括加强水库周边保护宣传和管理来减少污染源。此外,在应用生态湿地削减非点源污染的工程建设过程中,应先用 SWAT 模型对非点源污染进行模拟研究,准确地分析非点源污染的形成及分布;其次加强对涵养林和自然湿地建设布局方面的研究和探索,在条件允许的情况下,通过对农田、涵养林、自然湿地的优化比例搭配,来实现更高效的净化削减;最后通过妥善管理,及时将湿地植物收割,能最大限度地移除系统的营养物质,使得系统发挥更大的效益。◆ (下转第 27 页)

③推进水系沟通和活水循环。加强河道“蓝线”规划管控,严禁随意填埋河道沟塘,严控侵占河道水体行为。创造条件恢复已覆盖的河道水体,打通“断头浜”,加强城乡水系沟通,构建健康水循环体系。④加强河道生态修复。因地制宜选择岸带修复、植被恢复、水体生态净化等生态修复技术。在城市中,积极引入海绵城市建设理念,同时通过建设下沉式绿地、雨水花园、植草沟等“海绵体”,控制初期雨水面源污染,改善河道水环境。为改善中心城区水环境,市区启动编制了水环境综合整治规划,完成了西南片区 235km² 范围内河道水系和排水处理两大系统全面排查摸底。马陵河整治中综合运用了截污纳管、活水循环、生态修复等技术,将黑臭河打造成生态河道典范。泗阳县城区河道采用 PPP 模式,吸引社会资本开展城区水环境整治。宿豫区生态经济示范镇新庄镇结合乡村旅游开发、道路建设,对境内水系连通、河道整治和生态护坡,把世纪河打造成为农村生态河道样板,杉荷园内农村水系沟通,鱼虾重现,综合效益显著。

3.5 健全长效机制,提高河道管护水平

a. 贯彻落实“水十条”,以保护水资源、防治水污染、改善水环境、修复水生态为主要任务,构建责任明确、协调有序、监管严格、保护有力的河湖管理保护机制,重点推进跨市水环境保护合作机制和水生态补偿机制建设。①市政府办印发了《宿迁市河流生态环境损害经济调节实施方案》,将“双向补偿”范围在原有

基础上扩大至 14 条河流 18 个断面;⑤进一步强化“谁污染谁付费”的环境保护制度,落实地方环境保护责任,2017 年区域补偿资金超 1700 万元;⑥创新建立水环境观察员制度,2017 年从社会公众中聘请了首批水环境观察员,设立水环境观察前哨,加强河道水质监督;⑦建立水环境监管综合平台,制订水环境监测能力建设计划,提高水质、水生态等自动监测能力,构建市、县水环境自动监控网络,支撑水质达标率的统计评估。

b. 全面实行“河长制”,建立健全长效管护机制,明确管护机构、管护人员和管护经费,加强河道巡查,推广“道路、绿化、垃圾、河道”四位一体的管护模式。按照建管分离的原则,积极推进水体养护市场化改革,形成主管部门定期考核、养护单位具体作业的养护模式。

4 结 语

按照调结构降水耗、治水先治岸、治岸先截污的思路,从源头抓起,截断污水入河通道,同时加大污水处理设施建设,加强河湖生态修复,创新机制,提高河湖管理水平,是当前宿迁治理和改善水生态环境的主要途径。

参考文献

- [1] 王飞. 宿迁市区雨污分流工程建设的若干思考[J]. 江苏水利, 2014, 2.
- [2] 崔娜欣, 吴娟, 成水平, 等. 湿地种子库及其植物恢复研究进展[J]. 湖泊科学, 2013, 25(1): 1-8
- [3] 王沛芳, 王超, 徐海波. 自然水塘湿地系统对农业非点源氮的净化截留效应研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(3): 782-785
- [4] 姜凯. 水塘湿地截留和净化农业面源污染物特性研究[D]. 江苏: 河海大学, 2006.
- [5] 姚鑫, 杨桂山. 自然湿地水质净化研究进展[J]. 地理科学进展, 2009, 28(5): 825-832
- [6] 靖玉明. 近自然湿地处理污染河水的工艺特性研究[D]. 山东: 山东大学, 2008.
- [7] 刘玉辉. 半人工湿地净化城市污水效应及其机理研究[D]. 吉林: 东北师范大学, 2004.
- [8] 合肥环境同治见成效 水清山绿渐行渐近[J]. 资源节约与环保, 2017(4): 14.
- [9] 徐春雷, 詹红丽, 韩松, 等. 合肥市董铺、大房郢水库饮用水水源地污染源调查及防治对策[J]. 水利科技与经济, 2013, 19(6): 32-36
- [10] 雷孝章, 陈季明, 赵文谦. 森林对非点源污染的调控研究[J]. 重庆环境科学, 2000, 22(2): 41-44.
- [11] 张灿强, 张彪, 李文华, 等. 森林生态系统对非点源污染的控制机理与效果及其影响因素[J]. 资源科学, 2011, 33(2): 236-241
- [12] 肖洋. 北京山区森林植被对非点源污染的生态调控机制[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.

(上接第 48 页)

参考文献