

再生水回用于水体的富营养化及其景观修复措施

龚瑶¹, 赖龙隆²

(1. 北京大学 深圳研究生院城市规划与设计学院, 深圳 518055; 2. 中外园林建设有限公司, 北京 100037)

摘要: 随着北京、天津等中国大城市淡水资源的紧缺加剧,再生水已成为城市景观用水的重要的水源之一。以再生水为补水水源的城市水体比天然河流、湖泊更容易发生富营养化问题。因此,保障水体水质达到相应的功能要求,研究水质净化与维持的方法和技术具有十分重要的现实意义。采用景观修复手段防治水体富营养化具有生态可持续性的优点,而且维护成本较低,并能创造充满野趣的生态景观,越来越得到人们的重视。本文探讨了人工湿地技术、水体系统优化设计、水生生物调控技术等景观修复措施的应用,从源头补水处理,景观水体系统合理设计,景观水质、效果控制和维护三个方面入手,改善再生水回用的富营养化状况,重塑自然生态的水体环境。

关键词: 再生水; 富营养化; 水质净化; 景观修复

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)02-0142-04

Eutrophication of water body by using recycled water and its landscape restoration measures

GONG Yao¹, LAI Longlong²

(1. School of Urban Planning & Design, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China;

2. Landscape Architecture Corporation of China, Beijing 100037, China)

Abstract: As Beijing, Tianjin and other Chinese big cities are short of fresh water, the recycled water has become an important water source for the city landscape. Eutrophication is more likely to happen in landscape using recycled water than in the natural rivers and lakes. Therefore, it is significant to study the methods and technologies of water purification and maintenance to guarantee water quality meeting the corresponding functional requirements. Using the landscape restoration measures for preventing and controlling eutrophication has gained popularity since it has the advantages of ecological sustainability, low maintenance cost, and can create the ecological landscape filled with delight. This paper discussed the application of constructed wetlands, water system design and biomanipulation from the aspects of source water disposal, water system design and water quality control and maintenance, preventing the eutrophication and rebuilding natural and ecological water environment.

Key words: recycled water; eutrophication; water purification; landscape restoration

1 概述

城市污水回用就是把城市污水经深度处理使之达到一定水质标准后进行有效利用,是解决水资源短缺和实现污水资源化的一种有效途径,更是缺水城市势在必行的重大决策。随着淡水资源的紧缺加剧,再生水已成为重要的水源,其中作为景观水体补水是主要的用途之一。水体的景观修复途径是通过人工设计和恢复措施,在受干扰破坏的水体生态系统的基础上,恢复和重新建立一个具有自我调节能力的健康的生态系统。发达国家在水质净化和景观

修复中,研究、开发和实践了多种值得借鉴的技术,并积累了宝贵的实践经验和教训^[1]。从20世纪70年代起,尤其是近十余年来,日本、美国、德国、瑞士等发达国家纷纷对以往的水环境治理思路进行反思,提出了尊重河湖系统的自然规律,生态治水的新理念。国外河流修复研究的75%是致力于河道形态的修复,大约40%是尝试修复丧失的河岸植被和湿地群落^[2]。近年来景观修复技术发展很快,在国外已经达到工程实用化的程度,并且积累了系列观测数据。如日本的坂川古崎净化场就是河道大水体进行景观修复的典型工程^[3]。

收稿日期:2011-10-21; 修回日期:2011-11-20

作者简介:龚瑶(1988-),女,湖北人,在读硕士研究生,研究方向为景观设计。

2 再生水回用于景观水体存在的问题

富营养化是再生水回补于城市景观水体的最大障碍之一。水体富营养化是指大量溶解性营养盐类进入水体,引起藻类和其他浮游生物迅速繁殖,大量消耗水体中的溶解氧,水质变差,鱼类及其他生物大量死亡的现象^[4],严重时还会导致水华,影响水体的景观功能。

城市景观水体多属缓流水体和浅水水域,径流量小、自净能力差、停留时间长,极易发生富营养化。当再生水补入一般景观水体时,由于再生水自身污染物本底值高,使得水体氮、磷含量也明显增高,而且通常情况下再生水在河流、湖泊中的停留时间较长,残留于水中的污染物会不断得到积累,富营养化问题可能会更加严重,使水体产生颜色和异味,影响水体外观,降低水体的美学价值。因此,必须采取措施预防和控制景观水体富营养化的发生。

3 再生水回用于景观富营养化的防治

富营养化的防治过程,实际上就是通过调节诱发富营养化发生的主要控制性条件,抑止富营养化发生。李锦绣等人提出:富营养化发生所需的必要条件有三个方面:充足的 TN、TP 等营养盐;缓慢的水流流态;适宜的温度条件^[5]。

将再生水用于景观水体的补充水源时,通常从两方面着手保持水质不恶化。一方面,严格限制排入景观水体的氮磷指标,从源头上减少营养盐和污染物进入景观水体;另一方面,对已进入景观河流、湖泊中的水体采取进一步的水质净化措施,防止水体富营养化的发生,对此通常采用的措施有:曝气充氧法、增加景观水体流动的水力循环系统、循环过滤净化系统、化学药剂除藻、生物调控法和人工湿地生态系统等以控制水体中 COD、BOD₅、TN、TP 等污染物的含量及藻类的生长(使其不过度繁殖)^[6]。

与其他技术相比,景观修复具有明显的优越性,具体表现在:①着眼于水体自净能力的强化,能持续发挥作用;②遵循水体生态系统的自然规律,副作用小,对环境友好;③所需投入能源、物质少,人为管理控制少,更为经济;④易融入水景观整体设计和建设,外在表现形式自然亲切,更富人性化。

4 景观修复在水体富营养化防治中的应用

景观修复依靠生态系统的自我调节能力与自我

组织能力使其向有序的方向进行演化,或者利用生态系统自我恢复能力,辅以人工措施,使遭到破坏的生态系统逐步恢复或使生态系统向良性循环方向发展。常用的景观修复技术包括:人工湿地技术、稳定塘技术、生态护岸技术、水生生物调控技术、生物浮岛技术以及多自然型河流构建技术等。此类技术不仅能够通过生态系统的自我修复能力清洁水体,通过与景观学的结合可以在城市中营造出赏心悦目的生态景观^[7]。

4.1 人工湿地技术

人工湿地在利用自然湿地特点的基础上,对湿地的结构和功能进行了人为的改造和强化,如通过植物、基质、流态等的选择、配置和设计加强了其对污染物的处理能力。人工湿地在污水处理、河流污染治理和生态修复中的应用正处于快速发展时期。将人工湿地作为污水处理设施,或应用于污染河水的原位及异位净化及修复等在国内外已有许多成功范例,取得了良好的环境、生态及经济效益^[8]。与传统的污水处理技术相比,人工湿地处理系统具有低成本、少能耗、运行维护简单的特点,同时湿地的设计可以同城市景观相结合,代替传统水处理设施的钢筋混凝土外观,充分发挥湿地美学、景观、生物多样性等多方面环境价值。

人工湿地一般由人工基质(多为碎石)和生长在其上的水生植物(如芦苇等)组成,是一种独特的“土壤—植物—微生物”生态系统。其主要设计参数包括:污水类型、水流负荷、渗滤介质、滞水深度和时间、流路的可控性、植物类型及管理模式等。人工湿地处理废水的净化机理十分复杂,至今仍不完全清楚。一般认为,人工湿地成熟以后,填料表面吸附许多微生物,形成大量生物膜,它们协同分布于池中的植物根系,通过物理、化学及生化反应三重作用净化污水^[9]。

根据水流是否位于介质表面及水流方向,人工湿地污水处理系统可分为表面流湿地(Surface flow wetland, SFW),水平潜流湿地(Subsurface flow wetland, SSFW),垂直潜流湿地(Vertical flow wetland, VFW)以及复合垂直流湿地(Integrated Vertical Flow Wetland, IVFW)等类型(图1、图2、表1。)

表面流湿地系统也称水面湿地系统,与自然湿地最为接近,但它是受人工设计和监督管理的影响,其去污效果又要优于自然湿地系统。潜流式人工湿地技术已在海外得到广泛运用,美国东部有400多个废水排放点是通过人工湿地系统处理后再进入地

下水、河口、河流和湖泊。同传统的污水处理工艺不同,潜流式人工湿地的效率比基本不受规模影响,如果当地缺乏大片土地,潜流人工式湿地污水处理系统也可以化整为零,将小块的荒地、绿化用地利用起来,效果同样出色。在国外,许多别墅区居民都利用自己的花园绿地建立小型的潜流式人工湿地污水处理系统,日处理量仅为几百升;运用潜流式人工湿地技术来处理河流湖泊沿岸分散的污染源,既简便易

行,又能避免破坏河岸景观,如果能够充分利用地形,其运行费用甚至可能接近于零。而且保温效果好,处理效果受气候、季节的影响较小,可以有效防止蚊蝇滋生和不良气味弥漫^[10]。虽然潜流湿地净化水质能力强,但对流量大的水体净化能力不如表流湿地,因而潜流湿地主要用于净化城市景观水体的水质,表流湿地常用于河道的水质净化,小幅度改善水质。

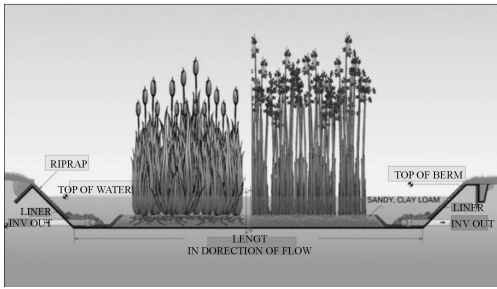


图1 表面流人工湿地

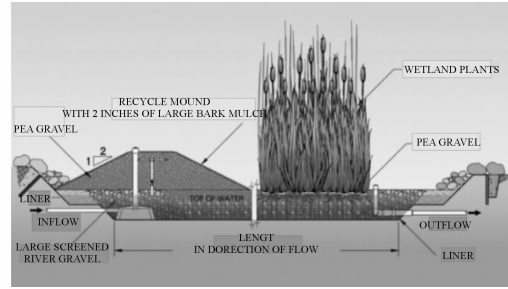


图2 潜流人工湿地

表1 表面流湿地、水平潜流湿地、垂直潜流湿地的比较^[12]

湿地类型	特点	优点	缺点
表面流湿地	污水以较慢速度从湿地表面流过,即地表布水、地表出水;湿地中的O来源于水面扩散与植物根系传输;固体介质多采用自然介质,如土壤,较少或不用人工填料。	投资少; 操作简单; 运行费用低	水力负荷低,占地面积大;处理效果一般;受季节影响大;夏季易滋生蚊蝇
水平潜流湿地	污水从一端水平流过填料床,床体填充基质,床底设防水层;湿地中的O源于植物根系传输。	水力负荷与污染负荷较大;保温性能好,处理效果受气候影响小;对BOD、COD、SS及重金属等处理效果好;少有恶臭及蚊蝇现象。	控制相对复杂;除P、N效果一般。
垂直潜流湿地	污水从湿地表面纵向流过填料床,床体处于不饱和状态;O通过大气扩散与植物根系传输进入湿地。	硝化能力强,适于处理NH ₃ 、N含量高的污水	处理有机物能力欠佳;控制复杂;落干/淹水时间长;夏季易滋生蚊蝇。

4.2 水体系统的优化设计

景观水体的平面几何造型、水体深度分布、水文特征、池壁材料、池底底质、驳岸形式都应该与水生生物生理特征、生活习性及其空间分布规律保持协调,同时利于水体的流动,增加流动复氧和水体交换水平,提高水体自净和自我修复能力。

(1)岸线设计。景观水体的岸线应尽量实现曲线柔和的不规则设计,以利于水体的流动,避免死角现象,否则容易滋生藻类。同时形成水流的急流段、缓流段等不同形态,增加水体的动感。辅以机械曝气和微孔曝气等技术,强化水体的复氧效果,提高景观水体的自然净化能力。

(2)水深设计。景观水体考虑到游客安全问题,水深不宜太深;但是水体太浅,又易发生富营养

化,因此综合考虑,设计水景深度选择为1.0 m左右比较合适。可顺着水势营造浅滩和深潭,形成多样水域环境,使曝气、多种凹凸面的接触氧化和吸附、向着深潭等处的沉淀、动植物及微生物的摄取和消化分解等河流的自净作用大大增强。

(3)池壁材料及池底底质的选择。考虑生态系统的修复,池壁可以采用天然材料的护面,如粘土、砂砾、卵石等,池底要保证有部分底泥,这样既可以满足与自然环境的协调性,同时也实现了水体生态系统的建立。要尽量避免池壁、池底使用水泥混凝土结构,阻碍水体与底泥物质的交换,破坏水体生态系统。

(4)生态护岸的设计。作为水陆交界地带的湿地岸边环境的营建也十分重要,生态护岸对于修复水体生态系统、净化水质、美化环境等都有巨大作用。

由于生态护岸沿着岸线有带状连续分布的特征,其上均可种植水生植物,而水生植物是再生水、底质和光的最大利用者,在维护水域生态系统结构的完整性和稳定性方面有决定性作用,通过吸收、降解、吸附、过滤、沉淀、对藻类的抑制作用净化水质,并提供水生动物食物、繁殖、栖息场所等重要的生态功能。

(5)水系循环流动的设计。根据“流水不腐”的生态理念和水华产生的流速限制条件,以水体建设地形、自然流向和周边水系连通为主导,通过设置泵站,解决湖体流动动力问题,促进水系循环流动,增加流动复氧和水体交换水平。对于局部死水区可安装曝气推流设施促进水体交换流动,稀释局部污染物积累。

4.3 水生生物调控技术

生物调控(Biomanipulation)是通过重建生物群落以减少藻类生物量,保持水质清澈并提高生物多样性。生物调控法的优点是投资少,有利于建立合理的水生生态循环。目前主要有2种方法:①在浅水型富营养化湖泊中种植水生植物;②放养食鱼性鱼类以控制食浮游生物鱼类,以此壮大浮游动物种群,从而遏制藻类^[13]。这样既保持了水体的自然景观特点,对再生水回用的水景也具有较弱的截污、净化功能。生物调控的核心在于建立平衡的生态系统,有效地控制藻类规模。平衡的湖区水体生态系统应具备由湖中挺水植物、浮水植物、沉水植物及水生动物的合理栽植与放养而构成的完整的生物链(图3)^[14]。

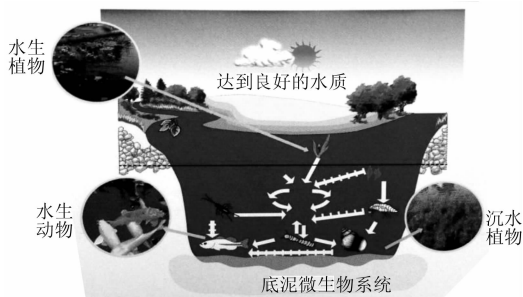


图3 水生生物调控模式图

5 结 语

再生水回用于景观水体在目前水资源短缺的情况下具有积极的节水意义。保障景观水体的水质达到相应的水体功能要求,抑止富营养化发生,需要结合再生水自身污染物本底值较高和缓流水体及浅水体等特点进行考虑,针对源头补水处理—景观水体系统合理设计—景观水质、效果控制和维护,采取相

应的水质净化与保持技术。

在水体的景观修复措施中,人工湿地技术能够高效处理再生水水源,池体的优化设计通过恢复重建水体生态系统提高自然净化能力,水生生物调控通过放养和种植水生动植物,加快有机污染物的同化吸收,进一步防治富营养化。景观修复途径具有生态可持续性的优点,同时比之水质净化的纯工程技术,能更加细腻地发现并表现水体与周围环境的关系,恢复并延续文化景观。通过最小的人工干预达到自然过程的巨大改进,创造更加接近自然条件的开放空间,保障公共健康,增加美学价值。

参考文献:

- [1] 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, 4: 8-11.
- [2] De Wall L C, Large ARG, Gippel C J, et al. River and flood plain rehabilitation in Western Europe: Opportunities and constraints[J]. Arch. Hydrobiol. Suppl. 1995, 9: 679-693.
- [3] 董哲仁,刘倩,曾向辉. 受污染水体的生物生态修复技术[J]. 水利水电技术, 2002, 33(2): 1-4.
- [4] 李春丽,周律,贾海峰,等. 再生水回用于景观水体的富营养化控制[C]//. 2003年全国城市污水再生利用经验交流和技术研讨会论文集, 2003.
- [5] 李锦秀,廖文根. 富营养化综合防治调控指标探讨. 水资源保护, 2002, 18(2): 4-5.
- [6] 赵乐军,王秀朵,刘春光,等. 再生水回用于景观水体时富营养化趋势研究[C]//. 全国给水排水技术信息网2009年年会论文集, 2009.
- [7] 郭民,李开伟. 中水回用技术[J]. 科学, 2011, 63(3): 38.
- [8] 孙远奎. 生态浮床技术净化城市景观水体的试验研究[D]. 山东: 山东建筑大学, 2010. 7.
- [9] 姚枝良,闻岳,李剑波,等. 人工湿地处理系统的运行管理与维护[J]. 四川环境, 2006(5): 41-44.
- [10] 文雯. 人工湿地污水处理技术为奥林匹克森林公园添彩[J/OL]. [2005-09-20]. http://www.cenews.com.cn/lxw/200803/t20080328_253354.html
- [11] Natural Systems International Constructed Wetlands [J/OL] [2007-11-04]. <http://www.natsys-inc.com/resources/about-constructed-wetlands/>
- [12] 赵乐军. 城市污水再生利用规划设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [13] 郎小薇. 再生水回用于景观水体的相关技术研究[D]. 北京: 北京建筑工程学院, 2006.
- [14] 北京市水利规划设计研究院. 北京奥林匹克公园水系及雨洪利用系统研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.