

人工湿地在城市生态建设中的应用探讨

Use of Constructed Wetlands in Construction of Ecological City

张建国/ZHANG Jian-guo^{1,2}, 何方/HE Fang²

1. 浙江林学院旅游学院, 浙江临安 311300

2. 中南林学院, 长沙 410004

1. School of Tourism, Zhejiang Forestry University, Lin'an 311300, Zhejiang Province, China

2. Central South Forestry University, Changsha 410004, China

[摘要] 阐述了人工湿地的概念、类型、特点及污水处理机理;探讨了在现代城市生态建设中的可行性和优越性;例举了在我国城市生态建设中的应用现状;最后讨论了目前人工湿地在应用中存在的问题。

[关键词] 人工湿地, 城市, 生态建设

[中图分类号] X323

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2005)10-0056-03

Abstract: The article introduced that concept, type, characteristic, and the mechanism of sewage disposal, then discussed its superiority and feasibility in the modern city ecological construction, and also introduced its present application in China, finally discussed the problem in the application of the constructed wetlands.

Key Words: constructed wetlands, city, ecological construction

CLC Number: X323

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2005)10-0056-03

1 前言

人工湿地是 20 世纪 70 年代末发展起来的一种废水处理新技术。与传统的污水二级生化处理工艺相比,它具有净化效果好、工艺设备简单、运转维护管理方便、能耗低、系统配置可塑性强、对负荷变化适应性强、出水具有一定的生物安全性、生态环境效益显著等特点,在城市的生态建设中起着日益重要的作用,正越来越多地得到人们的关注。

2 人工湿地概述

2.1 湿地的类型及特点

湿地是由水、永久性或间歇性处于水饱和状态下的基质以及水生生物所组成,是一个具有较高的生产力和较大活性,处于水陆交接相的复杂的生态系统^[1]。相对于天然湿地来说,人工湿地生态系统的群落结构和种群结构要简单得多,但其按照管理者意愿进行污水处理的功能却更强。人工湿地是一种由人工建造和监督控制的、与沼泽地类似的^[1,2],人为地将石、砂、土壤、煤渣等一种或几种介质按一定比例构成基质,并有选择性地植入植物的污水处理生态系统^[3]。

根据湿地中主要植物形式可分为浮水

植物系统、挺水植物系统和沉水植物系统。一般所指人工湿地都是挺水植物系统,因为挺水植物与基质床能够组成高效的处理系统^[1]。挺水植物系统可根据污水在湿地中流动的方式不同而分为表面流湿地(Surface Flow Wetlands, SFW),潜流湿地(Subsurface Flow Wetlands, SSFW)和垂直流湿地(Vertical Flow Wetlands, VFW) 3 类^[2,4-6]。

2.1.1 表面流湿地

也叫地表流湿地、水面湿地。此系统中,污水在湿地的表面流动,水位较浅,多在 0.1~0.9 m 之间。这种系统与天然湿地最为接近,污水中的大部分有机污染物的去除是依靠生长在植物水下部分的茎、杆上的生物膜来完成的。这种湿地系统的优点是工程量少、投资低、操作简单、运行费用低。缺点是不能充分利用填料及丰富的植物根系的处理能力,处理效率较低;因污水在湿地表面流动,夏季容易滋生蚊蝇,产生臭味,卫生条件差;占地面积较大;冬季在寒冷地区易发生表面结冰影响处理效果。在我国北方一些地区由于冬季气候寒冷而不能正常运行,故设计中采用的较少。

2.1.2 潜流湿地

也称渗滤湿地系统、水平流湿地系统(因污水从一端水平流过填料床而得名)。

在潜流湿地系统中,污水经配水系统在湿地的一端均匀地进入填料床植物的根区,在湿地床内部流动,净化后的出水由湿地末端集水管收集后排出。由于污水在湿地系统中可以充分利用填料表面的生物膜、丰富的植物根系及表层土和填料的截留作用,其处理能力较高。且由于水流在地表以下流动,所以保温性较好,处理效果受气候影响小,卫生条件好,是目前研究和应用较多的一种湿地处理系统。目前,水平潜流人工湿地已被美国、日本、澳大利亚、德国、瑞典、英国、荷兰和挪威等国家广泛使用。这种类型人工湿地的缺点是工程量大、投资较高、控制相对复杂,脱 P、除 N 的效果不如垂直潜流人工湿地。

2.1.3 垂直流湿地

垂直流湿地系统中的水流综合了前面两者的特性,水流在基质床中基本呈由上向下的垂直流,水流流经床体后被铺设在出水端底部的集水管收集而排出处理系统。由于污水是从湿地表面纵向流向填料床的底部,床体处于不饱和状态,氧可通过大气扩散和植物传输进入人工湿地系统,其硝化能力高于水平潜流湿地,可用于处理氨氮含量较高的污水。其缺点是对有机物的去除能力不如水平潜流人工湿地系

收稿日期: 2005-05-08

作者简介: 张建国,男,浙江临安浙江林学院旅游学院,讲师,博士生,主要从事观光农业、乡村旅游和环境生态等方面的研究、教学和开发工作; E-mail: zhangjianguo20040731@yahoo.com.cn

统,控制相对复杂,夏季滋生蚊蝇,基建要求较高,目前应用得还不是很多。

2.2 人工湿地的污水处理作用机理及应用

2.2.1 人工湿地的污水处理作用机理

人工湿地对污水的处理有十分复杂的净化机理^[5,7],现在仍未完全研究清楚。一般认为人工湿地对污水的处理综合了物理、化学和生物的3种作用。其处理过程大致可分为4个步骤:沉降和过滤、沉淀吸附和分解、微生物代谢、植物代谢。

人工湿地系统成熟以后,基质表面和植物根系吸附了大量微生物形成生物膜,污水流经生物膜时,大量的悬浮物被基质和植物根系截留,大肠杆菌和病原体被植物根系分泌物灭活或自然衰败死亡,有机污染物则通过生物膜的吸收、同化及异化作用而被去除。湿地床系统中因植物根系对氧的传递释放,使其周围的环境依次呈现好氧、缺氧和厌氧状态,保证了污水中的氮磷不仅能被植物和微生物作为营养成分而直接吸收,而且还可以通过硝化、反硝化作用及微生物对磷的过量积累作用使其从污水中去除,最后通过湿地床基质的定期更换和栽培植物的收割而使污染物最终从系统中去除。

2.2.2 人工湿地在城市生态建设中的应用

从自然条件角度来讲,在水资源相对缺乏且分布不均、城市缺水问题严重地区,如果任意排放大量未经处理的城市污水,则不仅造成水环境的污染,更加剧了水资源的紧张,因此,污水处理也成为调节城市生态系统水循环的关键环节。在城市生态建设中,人工湿地作为一种生态处理方式,因其下述的优势和作用,将成为城市污水处理重要的发展模式和研究方向。

1) 投资少、建设投资和运营成本相对较低廉 国内外研究实践表明^[8],培育人工湿地来净化废水,建造和运营成本低廉,并且易于维护。有数据显示,人工湿地净化污水系统的建设成本为相同处理污水能力的传统的二级污水处理厂成本的1/5左右;运营成本一般为每吨处理污水近0.2元左右,是二级污水处理厂成本的1/6。所以,相对于传统的二级污水处理厂建设、运营成本高的特点来看,培育人工湿地净化污水可以为城市建设节省大量资金,而且每年还可以节省大量的运营成本。

2) 符合城市水系特点,处理效果好 威胁城市河湖的主要问题是富营养化。因此,关键是要控制城市河湖氮、磷营养物质含量,尤其要控制磷的含量,人工湿地对此具有独特优势。目前,河湖水质污染程度相对较低,较差水体的BOD5一般在40~60 mg/L,符合人工湿地对处理水质一般不超过100 mg/L的要求^[9]。人工湿地具有非常高的耐水力及污染冲击负荷能力,适应河道水量和水质的变化,湿地机能不易受到破

坏。同时,城市水系主要河道都贯穿着许多湖泊、公园和滨河建筑,为建造人工湿地提供了地理条件,而河道较大的水位落差、完善的闸坝管理,为人工湿地运行提供了保障。

3) 为城市提供新的水资源 人工湿地系统出水水质可以因植物池内填料的不同达到GB3838~88《地面水环境质量标准》Ⅱ类至Ⅴ类标准。处理后的水可用于饮用水水源和景观用水的湖泊、水库或河流,亦可用作冲厕、洗车、灌溉、绿化及工业回用等。一座日处理污水10万m³的人工湿地除去系统自身运营的需水量以后,每年大约可获得达到养殖标准的净水3000万m³^[9]。而传统污水处理厂处理后的水由于大部分未达到城市用水标准而只能直接排入江河。

4) 治理环境污染,改善城市环境 由于城市热岛效应使得市区内降雨量增大,而城市地面透水性差,易引起暴雨径流,且城市污染使雨水水质复杂,因此可在市区低地处建立人工湿地用以净化雨水,从而减少雨水对城市河、湖的面源污染,并使水体富营养化达到有效治理。同时由于湿地对局域小气候的调节作用,可缓解城市热岛效应。也可在城市垃圾场附近建立人工湿地,来处理垃圾场渗滤液。

5) 营造湿地园林,丰富城市生态景观 人工湿地由于植物池内种植的是湿地植物,可以美化环境,改善地面景观^[9]。利用湿地污水处理技术与湿地园林造景技术建成人工湿地生态公园,可以从根本上解决城市市区的景观单调,改善河流水质,并为居民提供休憩、娱乐的场所。

6) 保护城市生物多样性 从保护野生动物和提高景观美学价值来看,人工湿地能够控制土壤侵蚀、防风护堤,是众多野生濒危动植物,特别是珍稀水禽的栖息、繁殖、迁徙、越冬集聚之地,对保护野生动物和提高局部地区景观的美学价值有很大的益处。如有的城市芦苇湿地建成后,鸟类的数量比原来增加了一倍以上,茂密的芦苇不仅吸纳大量的城市污水,又成了鸟类的乐园。

3 人工湿地在城市生态建设中的应用案例

运用人工湿地处理污水可追溯到1903年,建在英国约克郡Earby的这个被认作世界上第一处用于处理污水的人工湿地连续运行直到1992年^[4],而人工湿地处理污水工艺在世界各地受到重视并被运用,是从上世纪70年代德国学者Kickuth提出“根区法”(Root Zone Method)理论之后开始的^[1]。近10多年来,英国、德国、法国、澳大利亚、巴西、荷兰等国人工湿地发展迅速,它不仅成为中小城镇的重要污水处理措施,而且也成为雨水处理^[10]、工业废水处理^[12]的重要技术。

我国人工湿地应用于城市污水处理起步晚,但发展较快,目前城市人工湿地不但用于污水处理,而且在湿地景观、水景住宅方面的应用也初现端倪。

深圳与欧盟合作研究的人工湿地技术,经多年实践已取得明显的生态和经济效益。它们的人工湿地系统水质净化工程,是用芦苇、美人蕉等五六种热带植物和亚热带植物按一定比例配置,栽种到由沙子、细石等填料构成的水池里,原本臭不可闻的污水经池里流出后,变得清澈见底,达到国家地表水标准。

沈阳市浑南新区规划设计研究院根据人工湿地的特点,引进、消化和吸收了目前国际上在寒冷地区人工湿地建设先进技术,在沈阳市浑南新区中心区实施了人工湿地生态示范工程^[13],该工程包括雨水湿地生态工程、污水湿地生态工程、污泥矿化床湿地工程3部分,创造了污水处理和雨水净化相结合的人工湿地生态系统,实现了城市前期雨水和污水的净化,做到了水资源的再利用。在水质净化、下水输送、城市园林景观、水资源再利用和调节城市小气候等方面取得综合效益。

哈尔滨水上公园的湿地景观区占地38hm²,是国内最大的湿地景观公园^[13]。公园按照生物多样性、空间多位性的自然法则,构成生态顶级群落,形成贴近自然的生态链条,具有较强的观赏和科普价值,有效地增加了城市中心区域的生态容量。

上海市首个建筑住宅小区内,具有景观效果的高净效率“人工湿地系统”已经开建,业内人士预测,拥有“湿地景观”的生态活水住宅可能会成为下一个流行趋势^[13]。

4 人工湿地在城市生态建设应用中需注意的问题

从目前来看,培育人工湿地净化污水的技术问题已经日趋成熟,但仍存在着不少问题需要加以深入研究。

1) 人工湿地中植物群落的选取 人工湿地栽种的植物群落恰当与否,直接关系到污水净化的效率和经济效益。而植物群落类型的选取主要应该考虑所在城市的气候、土壤等自然条件以及污水中主要的污染物种类。由于城市污水的处理系统一般都靠近市郊,同时面积较大,故美化景观也是必须考虑的^[14]。

2) 不利因素的调控 培育人工湿地净化污水工程在运行中,也会产生一定的负面的影响,可以通过合理的人工调控手段来进行有效控制。在人工湿地排水过程中,污水封闭在排水系统的管网中,但是在污水中的污染物发生降解之前会散发出异味。因此,要采用沉沙、好氧曝气等方法来去除,以防止局部的环境污染。

另外,湿地栽培的植物,如芦苇,易受

关于科技进步法修订的三点建议

Revision Advice on Scientific and Technological Progress Law

《科技导报》编辑部：

1993年10月1日,《中华人民共和国科学技术进步法》(以下简称“科技进步法”)的实施把科技进步纳入了法制轨道,为科技进步提供了法律保障。但是,随着社会的进步和科学技术自身的发展,科技进步法在执行过程中也逐步暴露出一些弊端,不少专家学者对此发表看法。我们就此问题作了进一步探讨,并提出以下3方面的修订意见。

1 定性性与定量的界定

科技政策专家方新,在2005年5月举行的中欧科技发展战略论坛上警告说,我国虽然有相对完整的科学技术基础和规模庞大的科技人员队伍,但科学技术总体能力与世界先进水平存在着较大差距,国际科学论文产出比例仅占世界的4.38%。造成我国科研整体水平落后的原因,很大程度上与科研经费不足、分配不合理以及不完善的奖评制度有关。为我国科技进步提供法律保障的科技进步法,虽然对经费的投入分配情况也有所涉及,但大多只是定性的描述,而没有定量的界定。像第四十五条:“全国研究开发经费应当占国民生产总值适当的比例,并逐步提高,同科学技术、经济、社会发展相适应。全国研究开发经费占国民生产总值的具体比例,由国务院予以规定。国家财政用于科学技术的经费的增长幅度,高于国家财政经常性收入的增长幅度。”由于科技进步法中没有定量界定出“适当比例”,这使得实际操作中很难进行司法判定。中国科学院院长路甬祥曾指出:“在我国财政收入和财政支出大幅度增长的同

时,财政科技拨款在财政支出中的比例却呈下降趋势,从1996年的4.44%下降到2001年的3.72%,总体上没有达到科技进步法规定的要求。”为了解决这种矛盾,我们认为在今后的科技进步法修订中,对科研经费的投入不仅要有定性的规定,更要有定量的界定。不妨让专家学者通过翔实论证,对正常和平发展年代科研经费的投入制定出一个量的波动范围,或者设置一个底线,从而避免科研经费的投入和分配在实际操作过程中自由度太大,起不到应有的效果。

2 权力与责任的确认

科技进步法主要通过表彰、奖励的方式促进科技进步工作。但是,它毕竟是法律体系中的一部分,必然具有强制性和普遍的约束力。同样,它也应该具有可诉性。但是,现行的科技进步法对于各个部门的权力和责任并不明确,缺乏应有的可诉性。2005年1月,在北京举行的一次座谈会上,北京工业大学能源与环境学院院长马重芳讲述了这样一件事:一个本已被其它国家反复研究、确认是完全错误的研究项目,在中国某大学和部分院士的推动下强行开展,最终导致近1亿元资金打了水漂。类似的事例在实际科研中并不鲜见。一方面是科研经费严重不足,一些仪器设备无法购置,严重阻碍科研的进行;而另一方面,我们又因决策管理不善、重复引进设备等,浪费了大量资源。要避免这种事情发生,借助法律是一有效的途径。但是我们现行的科技进步法没能处理好这些问题,很大程度是在于权力和责任的不明确。如果我们明确

各级政府、企业,以及管理者、决策者、评估专家等各方面的权力和责任,形成系统的问责制,对出现的有意过失、无法合理解释的现象,运用法律进行严惩,对于重大项目的决策进行事后评估,实行责任追溯制,那么他们在行使权力的时候,就不会肆无忌惮、一意孤行,而是会更加理性地多方论证。

3 强制与威严的维护

尽管科技进步法已经实施了12年,但是作为一种法律,它的权威性、强制性并没有得到很好的体现,在有关司法实践中也很少把它纳入到法律依据中。为何同样具有国家强制性作保障的科技进步法会处于这种状况?笔者认为,这固然与科技进步法自身的特点有关,即它更倾向于运用鼓励、倡导的方式调整人们的规范,但是,更重要的在于科技进步法缺乏应有的可诉性。通览科技进步法,30多条应为模式中只有2条对应的违法后果,这样的局面必然导致大多数应为模式得不到法律约束力的保障。科技进步法中也没有明确国家、地方各级政府、企业等法律关系主体的地位、权利和义务,且还缺乏检查监督机构,因此才会出现像在拨发科研经费方面有明显的违法行为,也没有什么机构可以制止的现象。要想摆脱该法目前的这种尴尬境地,只有通过进一步强化它的可诉性,维护它的强制性,对出现的任何违法行为能够及时制裁,才有可能从根本上恢复科技进步法的威严。

厦门大学哲学系 刘明建

2005年7月4日

(责任编辑 黄永明)

病虫害的影响,还有潜在的火灾威胁。因此,必须建立预警机制及控制系统,以做到防患于未然。

5 结论

人工湿地作为一种经济、简易、节能和有效的生态化的污水处理技术,在我国的国情下有着非常广阔的应用。人工湿地技术也是创新思维与城市可持续发展相结合的一个新举措,如果能够得以实施,将发挥良好的综合效益,对城市生态建设起到巨大的推进作用。

参考文献(References)

[1] 康军利. 人工湿地生态系统在城市污水回用中的可行性[J]. 环境卫生工程, 2004, 12(2): 14~17

[2] 吴晓磊. 人工湿地废水处理机理 [J]. 环境科学, 2000, 16(3): 83~87
[3] 刘玲. 人工湿地污水处理技术[J]. 襄樊职业技术学院学报, 2004, 3(5): 35~37
[4] 宋志文, 毕学军, 曹军. 人工湿地及其在我国小城市污水处理中的应用 [J]. 生态学杂志, 2003, 22(3): 74~78
[5] 宁晓宇, 宋旭阳. 湿地污水处理技术在城市污水处理中的应用 [J]. 辽宁城乡环境科技 2004, 24(2): 51~52, 50
[6] 成水平, 吴振斌, 况琪军. 人工湿地植物研究 [J]. 湖泊科学, 2002, 14(2): 180~186
[7] 董哲仁. 生态水工学的工程理念 [J]. 中国水利, 2003, (1): 17~19
[8] 于少鹏. 培育人工湿地净化污水研究——构建哈尔滨生态市的新举措[J]. 哈尔滨学院学报, 2003, 24(7): 53~56
[9] 沈耀良. 废水生物处理新技术: 理论与应用

[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999
[10] Brix H. The applicability of the wastewater treatment plant in Othfresen as scientific documentation of the root zone method[J]. Wat. Sci. Technol., 1986, 19(10): 19~24
[11] Carleton J N, et al. Factors affecting the performance of stormwater treatment wetlands [J]. Wat. Res., 2001, 36 (6): 1552~1562
[12] Dani vrhovek, et al. Constructed wetlands for industrial waste water treatment [J]. Wat. Res., 1996, 30(10): 2287~2292
[13] 丁润柏, 刘军民. 城市湿地: 建设新亮点[J]. 建设科技, 2004, (20): 24~25
[14] 陈长太, 阮晓红, 王雪. 人工湿地植物的选择原则[J]. 中国给水排水, 2003, 19(3): 15~18

(责任编辑 王 芷)