

生物浮床的研究进展

申倩倩, 李鑫渲, 罗文佳, 黎祖福 (中山大学, 广东广州 510275)

摘要 随着水污染和资源短缺的矛盾不断激化, 生物浮床技术被广泛应用于修复各类污染水体, 介绍了生物浮床的分类及结构, 并重点描述了组合式生物浮床的构建种类及对水质的净化效果, 为生物浮床的发展提供了可靠的依据。

关键词 生物浮床; 水生植物; 水质净化

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)01-217-02

The Research Progress of Biological Floating Bed

SHEN Qian-qian, LI Xin-xuan, LUO Wen-jia et al (Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275)

Abstract As the crisis intensified between water pollution and shortage of resources, biological floating bed technology is widely used in all kinds of polluted water. This paper introduces the classification and structure of biological floating bed, and mainly describes the construction of combined biological floating bed and water purification, provides a reliable basis for the development of biological floating bed.

Key words Biological floating bed; Aquatic plants; Water purification

生物浮床又称人工浮床, 它是一种以水生植物为主体, 以高分子材料或无机非金属材料等为载体和基质, 通过植物根部的吸收, 吸附作用和植物、浮床及微生物的协同作用^[1], 消减水体中的氮磷等有机物质, 净化水质的生态技术。

1 生物浮床的分类

1.1 依据接触方式分类 按照水和植物是否接触可分为湿式浮床和干式浮床^[2], 水和植物接触的为湿式, 不接触的为干式, 干式浮床不与水体接触, 水质净化效果较差^[3], 而湿式浮床的水生植物与水接触, 根系能吸收和吸附水体的有机物, 从而净化水质, 因此得到广泛的应用^[1]。

1.2 依据床体材料分类 根据生物床体的材料, 生物浮床可分为有机高分子材料浮床和无机非金属材料浮床^[4], 其中高分子材料又包括人工合成高分子材料和天然高分子材料, 橡胶和塑料因成本低, 化学稳定性好, 广泛应用于浮床床体的制作, 但易老化, 不易降解也是其致命缺点。无机非金属材料是指无机物单独或混合其他物质制成的材料, 目前应用最广泛的无机材料有陶粒^[5-6]、蛭石^[7], 因受到制作工艺和成本限制, 目前处于研究阶段, 未得到广泛推广^[1]。

2 生物浮床的结构

生态浮床一般由 4 个部分组成, 即浮床框架、植物浮床、水下固定装置以及水生植被。

2.1 浮床框架 框架可采用竹、木条、芦苇帘、藤条等亲近自然的材料, 捆绑搭建, 绿色环保, 但是景观效果差; 还可以采用一些化工塑料, 如 PVC 管等, 造型多样, 提升了美学效果, 而且可整体更换或搬迁, 管理和维护更方便。

2.2 植物浮床 植物生长的浮体一般是由高分子轻质材料制成, 目前用的较广泛的为聚苯乙烯泡沫板^[8], 耐酸碱、抗腐蚀、质轻价廉, 可在板上打孔, 空间栽种水生植物。

2.3 水下固定装置 一般可采用水下固定方式或者岸边固

定方式, 利用绳索连接岸边或者水下固定物体, 绳索有一定的幅度, 防止水位上涨或者下降。

2.4 水生植物 传统意义的浮床主要靠水生植物包括截留、吸附、沉降、吸收等的净化作用处理污染水体^[9], 据不完全统计, 目前用于生物浮床栽培的植物有 80 余种^[5], 主要为一年生或多年生草本植物和花卉, 这些植物到了冬季大部分会死亡, 造成功能丧失, 且带来二次污染, 因此水生植物的选择是生物浮床的关键^[6]。目前水生植物的分类主要包括粮食、蔬菜、花卉、牧草及草坪草, 常见的有水稻、美人蕉、伞草、风车草、黄菖蒲、西伯利亚鸢尾、黑麦草、香根草、水葫芦、空心菜、水芹菜、生菜、苋菜、再生花和千屈菜等。

3 生物浮床的构建与设计

3.1 水生植物 + 陶粒基质 李威等^[5]通过在美人蕉 (*Can-na glauca*) 底部悬挂生物陶粒基质构建了组合生态浮床, 研究组合浮床中植物、基质和微生物对水体净化的贡献率及其相互间协同作用^[5]。研究表明植物吸收不是组合浮床去除氮磷的主要机制, 但植物对微生物的数量和活性有积极作用, 组合浮床对水中污染物的去除存在着植物、基质及微生物之间的协同作用, 组合浮床可以有效提高对富营养化水体的净化效果。

3.2 水生植物 + 水生动物 + 微生物 蒋斌等根据生态工程中的“食物链物质循环原理”和“生物强化理论”, 对传统浮床进行改进, 构建了集水生植物、水生动物及微生物于一体的新型组合生态浮床, 并研究生物浮床对富营养化水体水质的改善效果^[10]。结果表明, 组合生态浮床对 TN, TP, NH₃-N, COD_{mn} 及 Chl-a 的去除较传统浮床均有大幅度提高。在李先宁等^[11]的研究中发现, 这种组合生态浮床不仅对 TN、TP 的去除率高达 83.7% 和 90.7%, 水质提高透明度, 而且对难降解有机物有较强的去除能力, 在中试研究中发现^[12], 污染物的净化主体为人工介质和水生植物单元, 但在生态浮床中引入水生动物, 通过食物链的“加环”作用, 水生动物对藻类等颗粒性有机物的滤食和排氮作用, 提高了颗粒性有机物的可溶化和无机化(氮化)以及可生化性, 改善了植物吸收以及人工介质单元生物膜中微生物的基质条件, 促进微生物的生

基金项目 中央分成海域使用金支出项目“广东海岸带生态修复及保护(海洋生物圈碳)示范及建设”。

作者简介 申倩倩(1986-), 女, 河北邢台人, 助理工程师, 硕士, 从事水处理研究。

收稿日期 2014-11-14

长和活性,提高了浮床的净化效果^[13]。另外,在刘海洪等^[14]的研究中也发现,这种组合生态浮床对污染物的去除效果明显提高,表明合理的生物配置对提高浮床治理富营养化水体的效能具有积极的促进效应。

3.3 植物吸收+滤料吸附+生物挂膜 刘雪梅等构建一种以浮篮为基本单元,以粉煤灰轻质陶粒和漂珠为装载材料,集成植物吸收、滤料吸附和生物挂膜三重功效于一体的新式生态浮床,水体净化模拟试验表明,试种的青菜、空心菜和美国四季青草长势良好,发芽率和生长速度均高于土壤对照组,受试水体的 TP、TN、NH₃-N 和 COD 浓度分别降低了 99.5%、99.0%、99.9% 和 90.9%,对水体修复有非常显著的效果^[15]。

3.4 生物净化槽/强化生态浮床 农村生活污水的随意排放导致农村生态环境遭到破坏,因地制宜地研发适合农村分散式生活污水处理的新技术与新工艺迫在眉睫。一种采用生物净化槽/强化生态浮床(BPT-EEFR)组合工艺^[16]用来处理崇明岛的农村生活污水,生物净化槽(BPT)可以有效地对有机物进行生物降解,强化生态浮床(EEFR)则进一步去除了氮和磷。研究结果显示,在稳定运行的状况下,BPT-EEFR 组合工艺的平均出水 COD < 45 mg/L、NH₄⁺-N < 5.0 mg/L、TP < 0.75 mg/L、SS < 20 mg/L,其对 COD、NH₄⁺-N、TN、TP 及 SS 的平均去除率分别为 80.3%、83.1%、50.2%、79.4% 和 88.1%,其中 BPT 对去除 COD、NH₄⁺-N、TN、TP 及 SS 的贡献率分别为 78%、25%、37%、53% 及 35%,EEFR 的则为 22%、75%、63%、47% 及 65%。同时,BPT-EEFR 组合工艺还具有占地少、造价低、易于维护管理等优点,比较适合农村地区生活污水的处理。

3.5 微曝气生态浮床系统 李海英等针对污染河水黑臭缺氧、NH₄⁺-N 含量高等问题,研发了一种“悬挂生物膜+水生植物+人工微曝气系统”的微曝气生态浮床系统,以漂浮植物水芹菜为例研究了系统中水生植物对 N、P 的吸收特性和去除作用。结果表明,水芹对 N、P 的积累主要集中在上部,分别占 N、P 吸收总量的 92.2%~93.4%、92.5%~93.1%,水芹对 N、P 的吸收仅是微曝气生态浮床净化系统去除 N、P 的一个途径,但水芹根际微生物的作用不可忽视^[17]。

3.6 水生植物-生物绳 张亚娟等在白洋淀富营养化水体构筑了菹菜(*Ipomoea aquatica*)浮床-生物绳组合系统,研究发现组合式浮床相比水生植物浮床有更强的氮磷去除能力,以菹菜-麻绳组合浮床的净化效果最好。表明浮床中水生植物对 N 的吸收作用贡献较小,微生物的脱氮途径占主导作用;而对 P 的去除,植物吸收起主要作用,该组合式生态浮床

可有效改善富营养化水体^[18]。

3.7 沉水植物与植物浮床

罗思亭等研究了沉水植物与植物浮床组建的新型养殖水体净化模式对养虾塘污染原位净化及水质调控效果。结果表明该植物浮床组合使污染水体中 TN、TP、COD_{Mn} 分别降低了 76.8%、93.8% 和 16.6%,该植物浮床对养殖废水处理有较好效果^[19]。

4 生物浮床的应用前景

我国生物浮床方面的应用始于 20 世纪 80 年代,目前广泛应用于净化景观用水、富营养化水体、城市生活污水、城市河道净化以及水产养殖废水等,并取得了良好的效果,但是大部分的研究仅限于静态模式,缺少现场试验数据支持,需要做出进一步探讨,以便更广泛地推广和应用。

参考文献

- [1] 马克星,吴海卿,朱东海,等.生物浮床技术研究进展评述[J].环境整治,2011(2):60-64.
- [2] 曹勇,孙从军.生物浮床的结构设计[J].环境科学与技术,2009,30(2):121-124.
- [3] 李玲玲.人工浮床技术[J].水科学与工程技术,2012(2):24-26.
- [4] 邱竟真,廖晓玲,胡云康.人工生物浮床床体材料的研究现状[J].重庆科技学院学报,2009,11(6):56-64.
- [5] 李威,陈晓国,方涛,等.组合生态浮床的水体净化效果与作用机理探讨[J].水生态学杂志,2012,33(6):76-81.
- [6] 罗固源,郑剑锋,许晓毅,等.美人蕉和凤车草人工浮床治理临江河[J].水处理技术,2008(8):46-48.
- [7] 卢进登.人工生物浮床技术治理富营养化水体研究现状[J].湖南职业技术学院学报,2005(3):214-218.
- [8] 高阳俊.2种浮床植物对大清河水质净化效果的研究[J].安徽农业科学,2009,29(2):285-290.
- [9] 王超,王永泉,王沛芳,等.生态浮床净化机理与效果研究进展[J].安全与环境学报,2014(2):112-116.
- [10] 蒋斌,王永浩.组合生态浮床对富营养化水体水质改善效果的研究[J].环境科技,2011,24(6):11-14.
- [11] 李先宁,宋海亮,朱光灿,等.组合型浮床生态系统的构建及其改善湖泊水源地水质的效果[J].湖泊科学,2007,19(4):367-372.
- [12] 李先宁,宋海亮,朱光灿,等.组合型生态浮床的动态水质净化特性[J].环境科学,2007,28(11):2448-2452.
- [13] 王国芳,汪祥静,吴磊,等.组合型生态浮床中各生物单元对污染物去除的贡献及净化机理[J].土木建筑与环境工程,2012,34(4):136-141.
- [14] 刘海洪,汪祥静,吴磊,等.生物组合对浮床污染物净化效能的影响[J].东南大学学报,2011,41(4):784-787.
- [15] 刘雪梅,杜卫刚,许晨红,等.组合式二效生态浮床的构建及应用研究[J].安徽农业科学,2011,39(34):21256-21258.
- [16] 张增胜,徐功娣,陈季华,等.生物净化槽/强化生态浮床工艺处理农村生活污水[J].中国给水排水,2009,25(9):8-11.
- [17] 李海英,李文朝,冯慕华,等.微曝气生态浮床水芹吸收 NP 的特性及其对系统去除 NP 贡献的研究[J].农业环境科学学报,2009,28(9):1908-1913.
- [18] 张亚娟,刘存岐,王军霞,等.植物-生物绳组合生态浮床对富营养化水体的净化效果[J].重庆师范大学学报,2012,29(3):31-36.
- [19] 罗思亭,张饮江,李娟英,等.沉水植物与生态浮床组合对水产养殖污染控制的研究[J].生态与农村环境学报,2011,27(2):87-94.

(上接第 121 页)

- [4] 卫君翔.抒写中华民族的自信——鹤雀楼重现天下之际论王之涣《登鹤雀楼》[J].运城学院学报,2003(1):46-47.
- [5] 宋万忠.欲穷千里目 更上一层楼——漫谈鹤雀楼[J].山西社会主义学院学报,2002(5/6):42-45.
- [6] 高建邻.风光再临鹤雀楼[J].绿化与生活,2004(2):37.
- [7] 之江艺苑.古诗赏析:登鹤雀楼[J].浙江林业,2012(4):42.
- [8] 耿娜娜,周柳华.打造鹤雀楼文化品牌新思考[J].沧桑,2008(2):53-

54.

- [9] 李国栋.中华历史文化名楼——鹤雀楼[J].中国地产市场,2004(9):60-63.
- [10] 韩振远.鹤雀[N].人民日报海外版,2004-12-07(8).
- [11] 李小丽.运城市黄河文化旅游区的开发策略初探[J].国土与自然资源研究,2010(5):80-81.
- [12] 钟名荣.鹤雀楼情思[J].政协天地,2007(9):53.
- [13] 文非.景人理势意韵高远——重读王之涣《登鹤雀楼》[J].名作欣赏,2000(1):40-41.