

生物絮凝技术 在海产循环水养殖除氮中应用的可行性探究

杜兴峰 马嘉浩 张乙宸 徐国同 李滨洋

哈尔滨工业大学(威海)海洋科学与技术学院 山东威海 264209

摘要: 本文是哈尔滨工业大学(威海)创新研修课程《秋季海珍品养殖》课程论文,主要讨论了循环海水养殖有较大的环保价值,但氮素污染问题突出,简略给出了水产养殖中物理化学方法和传统生物化学方法除氮技术的原理、应用和缺陷,随后较为详细地讨论了生物絮凝技术的原理和应用价值,从而论述了生物絮凝技术在循环海水养殖中进行应用的可行性,供相关研究和有关创新研修课程论文和设计参考。

关键词: 生物絮凝技术; 循环水养殖; 除氮技术

1 海产养殖中的氮素污染简述

文献数据表明,海洋养殖鱼类仅能利用饵料中 20% 左右的蛋白质,残余饵料氮素和代谢产生的氮素以氨氮等排泄物、残饵和粪便等排遗物等形式,大量存在于养殖水环境^[1]。水产养殖业快速发展,导致养殖尾水中无机氮含量超标,不仅影响养殖主物生长,其排入自然水体引发的水环境污染问题也日趋严重。对此一种处理方法是进行换水,这样会消耗大量水资源且无法解决污染天然水体的问题。本文讨论的内容基于第二种方法,即循环水养殖(Recirculating Aquaculture System, RAS)。该法是指将养殖用水进行处理再利用,被认为是一种环境友好的水产养殖模式。本文主要讨论此模式中可行或已经有所应用的除氮技术,并给出利用生物絮凝技术除氮方案^[2]。

2 水产养殖中除氮技术的分类

目前已知的除氮技术可根据其主要依据的原理和技术手段分为物理化学除氮技术和生物化学除氮技术。物理化学除氮技术主要包括折点氯化法、化学沉淀法、离子交换与吸附法、氧化法、吹脱法与汽提法、电渗析法等;生物化学方法主要包括较传统的传统生物硝化与反硝化法、曝气法等,也包括本文所讨论的生物絮凝法^[3]。

3 水产养殖中物理化学除氮技术及其缺陷

3.1 折点氯化法

折点氯化法是利用有效氯制剂作为氧化剂,将氮盐氧化还原为 N_2 从而除去的一种氮素污染处理方法。该法对去除氨氮和亚硝酸盐等还原性无机氮方面具备较大作用,值得一提的是,该法还对于水体中的微生物具备一定杀灭作用,能两方面改善水质。但这种方法缺陷非常明显:含氯氧化剂在养殖水池对水产品有大量化学副反应,对水环境产生许多其他污染和破坏;由于投加药剂是该法主要干预手段,该法的应用要考虑加药成本问题和反应最适理化性质区间,折点氯化法要求的水体理化性质和加药量较为严格,此二者可能限制了该法在水产养殖废水处理,特别是循环水养殖中的推广^[4-5]。

3.2 化学沉淀法

化学沉淀法是指向水体中投加一定量的混凝试剂和助凝剂,使得无机氮以沉淀或以共沉淀的方式加以去除的技术和

方法。考虑成本,不光是上文中提到的混凝试剂和助凝剂的成本,固液分离与加药装置也要考虑投资问题,化学沉淀法类似于以折点氯化法为代表的化学氧化法都要投加相关化学药品,因此都存在药剂成本这一问题,难以做到低成本^[5]。

3.3 离子交换与吸附法

离子交换法和吸附法类似,分别是利用离子交换树脂和各种吸附材料去除氨氮等无机氮。此类方法在处理能力和处理效果上都基本上满足行业要求。其中,活性炭的物理吸附作用和天然沸石的离子交换作用得到了许多实验和小范围应用的验证和探索,此二者原材料成本也较低,被认为具有很大的应用价值,特别是在用活性炭处理方面。该方法优点是:操作方便,投资少,工艺简单,方便实现养殖厂相关操作与水质回用之间的结合,便于产业链的形成。但是,吸附材料的再生、如何就地选材和应用造成该法难以推广。特别地,在高盐度、大离子交换容量的海水养殖中,这种方法的成本急剧上升,其有效性可能有所下降^[5,7]。

3.4 电解氧化法

电解氧化的作用机理与化学氧化法相同,都是基于电子转移,形成一定的氧化还原能力,从而达到氨氮的氧化去除,区别在于是利用电解的相关机理。相对来说,化学氧化法中的选择药剂,电解氧化法中的水质要求,并没有广泛适应性。虽然电解氧化法在操作、稳定、处理能力等方面具有优势,但还需要解决从构建成品设备到解决能耗高、电极材料腐蚀等问题^[6]。

3.5 吹脱法与汽提法

吹脱法和汽提法都是用吹气的机械方式,利用固液相传质平衡,从而促进氨氮挥发去除。但这种技术对硝酸盐和亚硝酸盐氮的作用不大,只能结合下面所述的生化脱氮来进行。吹脱可以采用不同的技术,一般分为自然通风、机械通风和鼓风通风。但就低氨氮浓度污染而言,只能采用强机械通风或鼓风通风,这将导致巨大的运营成本。汽提法通过直接或间接加热或者蒸汽去除氨氮,更是存在严重的能耗问题。在相对氨氮浓度较低的情况下上述缺点更加放大化^[7-8]。

4 水产养殖中传统生物化学除氮技术及其缺陷

传统的生物脱氮技术一般包括硝化与反硝化两个过程,

分别利用的是一系列种类硝化细菌和反硝化细菌。生物硝化一般是指硝化细菌在好氧条件下将氨氮转化为亚硝酸盐和硝酸盐的一系列生化作用。反硝化是指反硝化细菌在没有分子氧的情况下,利用相关含碳物质将硝酸盐和亚硝酸盐还原为氮气,从而转移气相的生化作用^[9]。

传统的生物脱氮工艺包括厌氧—好氧法和厌氧—缺氧—好氧法等。这一系列的传统生物脱氮工艺一般基建造价较高,运行管理和维护对于普通养殖人员来说有一定难度,需要特定技术人员来完成。包括活性污泥和生物膜等方面都会在运行中出现相应技术问题。此外传统生物脱氮技术与水产养殖所产生污水特点结合并不紧密,因此不能很好做到海产养殖厂的低成本水质回收利用,但另一个角度上说,对集中处理区域水产养殖所汇集的含氮污水具备一定意义^[10-12]。

5 利用生物絮凝技术解决除氮问题

5.1 生物絮凝技术及其原理概述

生物絮凝技术(Bio-floc Technology, BFT)被认为是解决海洋水产养殖,特别是循环水养殖所面临的氮素污染、养殖环境制约和部分养殖饲料成本较高等问题的有效解决技术^[13]。基于生物絮凝技术的循环水海产养殖模式(Biofloc-Aquaculture System, BAS)可以净化水产养殖水环境,同时也可以实现部分饵料的多次利用。因此该模式被认为是具有较好生态、经济效益的循环水水产养殖模式,现正在以色列、美国等国家为主进行研究、实践和逐步推广。

这种生物絮凝工艺最早是作为对城市污水的处理方法来研究的。其实质是异养微生物的无机氮同化过程,即微生物将氨氮等无机氮转化成自身物质。近些年,生物絮凝技术获得了较大程度的推广应用。虽然对生物絮凝机理进行研究的非常多,但目前有关生物絮凝技术的原理实证性成果还相对空白,这一现象也表明了该技术机理的复杂性。

仅就胶体体系絮凝剂机理而言,较为经典的絮凝机理包括胞外电性中和机理、聚合物桥架机理、体外纤维素纤维机理、疏水机理、荚膜机理等。综合文献报道,絮凝过程复杂,絮凝剂分子的构型、分子量的大小、絮凝剂分子种类、絮凝剂浓度、水体 pH、絮凝剂胶体性质等因素影响该过程和机理。

应用层面上,该技术的应用价值主要是实现水体中无机氮的有效转化。这就是说水体中溶解态的碳、氮比维持某一平衡(例如碳氮比大于等于 15),水体中的无机氮可以通过吸收利用转化成异养微生物的生物量。大量研究表明,异养细菌的生长代谢速率快于硝化细菌类的自养细菌,所以实验和理论分析都表明,异养氮素转化快于硝化、反硝化作用实现的自养转化,因此生物絮凝技术优化了循环水养殖的氮素污染处理及整个过程^[14-15]。

5.2 水产养殖过程中生物絮凝过程及其条件

去除对水质有影响的氮化合物,在生物絮凝过程中主要可以通过以下途径实现:(1)藻类及原生动物的光合作用;(2)异养微生物同化作用;(3)硝化细菌化能合成作用。比较这三者可知:异养微生物群落生长繁殖稳定,一般不造成水体理化性质的大幅变化,也不受光照等条件影响。因此,生物絮凝与其他自净化技术的区别是将养殖环境中的浮游植物群落自养净化转变成异养的细菌群落净化。生物絮凝过程需要满足的条件包括但不限于:足够的混合强度、好氧环境,需要足够的有

机碳源和 C/N,合适的温度、pH、总悬浮固体量^[16]。

5.3 水产养殖中生物絮凝法的优势

生物絮凝技术在循环水水产养殖还利用水体中残饵和粪便等碳源,絮凝后形成可以被养殖对象摄食的生物絮凝体。这一过程实现饲料所含氮素的再次利用,提高了饲料中氮素转化率。简单来说,在水产养殖系统中利用 BFT 净化养殖水体只需要提供碳源,对理化性质要求不高,因而区别与上述化学法成本较低^[17]。该技术可以解决养殖过程中的水质问题,也可降低饲料成本,在以色列、加拿大、美国等国家正在推广,对于我国实现“面向海洋,经略海洋”的海水养的战略转变,和“既要绿水青山,也要金山银山”的可持续发展战略提供了一个很好的海水集中养殖参考模式。

5.4 水产养殖生物絮凝工艺分类

水产养殖中生物絮凝工艺可分为两种:一是自养和异养相结合的藻菌共生生物絮凝,二是以细菌等异养微生物为主的生物絮凝。藻菌共生生物絮凝需要光照,适宜于室外养殖,细菌为主生物絮凝不需要光照,适宜于室内处理。水产养殖系统中应用生物絮凝技术也可如下分类:一是直接在养殖池进行,比如在露天海虾养殖池中添加碳源并曝气。二是将养殖水泵出原养殖池,于序批式反应器(Sequencing batch reactors, SBR)中进行生物絮凝。后者完成生物反应后回水或收集絮体可进行投喂,能更好地与循环水养殖结合,解决养殖含氮废水处理问题^[18-19]。

参考文献:

- [1]周群.中国淡水水产养殖业的水环境影响及管理对策研究[D].南京林业大学,2013.
- [2]潘凡.“生物絮凝—多级人工湿地渗滤床”处理小城镇污水试验研究[D].重庆大学,2007.
- [3]周小愿,金卫荣,高宏伟,韩亚慧,高志.养殖环境生物除氮脱氮技术研究进展[J].经济动物学报,2010,14(04):238-242.
- [4]Wang Wen-Long, Wu Qian-Yuan, Du Ye, Huang Nan, Hu Hong-Ying. Elimination of chlorine-refractory carbamazepine by breakpoint chlorination: Reactive species and oxidation by-products. [J]. Water research, 2018, 129.
- [5]Nemat Alah Jaafarzadeh Haghighi Fard, Sahand Jorfi, Mehdi Ahmadi, Samaneh Mirali, Raheleh Kujlu. Treatment of mature landfill leachate by chemical precipitation and Fenton advanced oxidation process [J]. Environmental Health Engineering and Management, 2016, 3(1).
- [6]陈晓康,宁培森,丁著明.树脂吸附法处理有机废水的研究进展[J].热固性树脂,2015,30(06):55-64.
- [7]吴丹,刘伟,张琦,路绍斌,柴澍靖,张亚南,黄西平.高浓度氨氮废水处理研究方法研究进展[J].盐科学与化工,2020,49(04):10-15+19.
- [8]奥斯曼·吐尔地,杨令,安迪,王亭杰.吹脱法处理氨氮废水的研究和应用进展[J].石油化工,2014,43(11):1348-1353.
- [9]Li Liang, Qian Guangsheng, Ye Linlin, Hu Xiaomin, Yu Xin, Lyu Weijian. Research on the enhancement of biological nitrogen removal at low temperatures from ammonium-rich

wastewater by the bio-electrocoagulation technology in lab-scale systems, pilot-scale systems and a full-scale industrial wastewater treatment plant. [J]. Water research, 2018, 140.

[10] Xiangtian Man, Hua Lin, Jian Sun. Review on the Development of New Technology of Biological Nitrogen Removal from Sewage [J]. International Journal of Environmental Protection and Policy, 2017, 5(6).

[11] Liang Li, Guangsheng Qian, Linlin Ye, Xiaomin Hu, Xin Yu, Weijian Lyu. Research on the enhancement of biological nitrogen removal at low temperatures from ammonium-rich wastewater by the bio-electrocoagulation technology in lab-scale systems, pilot-scale systems and a full-scale industrial wastewater treatment plant [J]. Water Research, 2018, 140.

[12] Xu Mei-Ying, Fang Wei, Zhang Li-Juan, Liang Yan-Zhen, Sun Guo-Ping. Application of new biological nitrogen removal technologies in full-scale treatment of landfill leachate. [J]. Huanjing kexue, 2007, 28(3).

[13] Bartholomew W. Green. Performance of a temperature-zone channel catfish biofloc technology production system during winter [J]. Aquacultural Engineering, 2015, 64.

[14] M.H. Khanjani email, M.M. Sajjadi, M. Alizadeh, I. Sourinejad. Effect of different feeding levels on water quality, growth performance and survival of western white shrimp (Litopenaeus vannamei Boone, 1931) post larvae with application of biofloc

technology [J]. Majallah-i Ilmi-i Shilāt-i Irān, 2015, 24(2).

[15] Saptashish Deb, Md. T. Noori, P. Srinivasa Rao. Experimental study to evaluate the efficacy of locally available waste carbon sources on aquaculture water quality management using biofloc technology [J]. Aquaculture International, 2017, 25(6).

[16] 李立欣, 刘婉萌, 马放. 复合型微生物絮凝剂研究进展 [J]. 化工学报, 2018, 69(10): 4139-4147.

[17] 胡勇有, 高健. 微生物絮凝剂的研究与应用进展 [J]. 环境科学进展, 1999(04): 3-5.

[18] 张志斌, 夏四清, 赵建夫, 杨殿海, 饶应福. 化学生物絮凝工艺处理城市污水的试验研究 [J]. 工业水处理, 2005(07): 53-56.

[19] 李立欣. 基于松花江水源水絮凝沉淀工艺的微生物絮凝剂净水效能研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2016.

作者简介: 杜兴峰(2000—), 男, 汉族, 山东定陶人, 本科在读, 主要研究方向为生物技术在水产养殖中的应用; 马嘉浩(2001—), 男, 汉族, 山东青岛人, 本科在读, 主要研究方向为海洋特定环境微生物资源开发; 张乙宸(2001—), 男, 汉族, 山东滨州人, 本科在读, 主要研究方向为微生物技术商业应用; 徐国同(2001—), 女, 汉族, 山东青岛人, 本科在读, 主要研究方向为海洋微藻分离培养与鉴定; 李滨洋(2001—), 男, 汉族, 云南曲靖人, 本科在读, 主要研究方向为纸币微生物的杀菌处理。

(上接第 38 页)

(三) 打破教学管理与教学实践的异步性

扩大管理内容的覆盖面, 加强执行过程的动态监管。教学制度设置要将目标从单一的形式规范、内容规范以及执行规范中分散, 扩大到教学形象、教学氛围、教学材料等全方面; 分析实践需要, 根据需求灵活调整管理制度, 使其在各个网课发展阶段具有可行性。更为关键的是, 注重管理质量, 摆脱管理形式化。我国高校管理把教学当作实现某种政治目的和经济目的工具(别敦荣, 2004), 当教学管理附加上形式主义压力, 既打压师生兴趣、浪费教学时间和精力, 也对教学质量的提升效果甚微。因此, 高校管理要充分重视学生和一线教师的相关意见; 明确管理规定必要和非必要的“收-放”界限, 把控管理距离, 取消低效用的形式规范; 重视人性化管理, 给予师生更多的自我思考、自我提升的时间和空间, 平衡刚柔之间、创造激发、权威控制和服务效益之间的关系。

(四) 网课三大主体各尽其责并协调互通

教学资源互通共享, 实现精品课程入库。学校与学院可以为师生提供各类优质教学资源的整合服务, 做好资源分类, 提高教学资源利用率; 挑选权威性的优质示范资源深入分析研究, 高校与教师共同学习、寻找差距; 教师主动利用碎片化时间接触“线上论坛”和“云上课室”, 保持实时信息的新鲜获取; 师生之间依托互联网实现信息共享, 通过讨论组建、资料上传、信息员反馈等多种形式开展资源交流。教育培育在互动中也显得尤为重要。高校主动组织教师进行网课培训, 熟练网课操作流程, 灵活动态地更新网课资源; 通过培训引导教师教学行为, 以提高教师在网课时代的适应能

力; 综合各种网课技能, 创新互动技巧, 提升学生注意力和教学效果; 针对存在高龄、风格保守、操作陌生、设备不足等特殊情况的教师给予足够的关注和耐心。

参考文献:

[1] 任军. 高校混合式教学模式改革推进策略研究 [J]. 现代教育技术, 2017: 74-78.

[2] 赵辉, 陈劲松. 大学课堂中的教学行为、学习投入与学习收获——学生视角的调查 [J]. 高教探索, 2018: 37-42.

[3] 丁婉怡, 张曼晶. 基于混合教学模式的开放教育教学有效性研究 [J]. 成人教育, 2020: 20-26.

[4] Lewin K, R Lippitt, R White. Patterns of Aggressive Behavior in Experimentally Created “Social Climate” [J]. Journal of Social Psychology, 1939: 271-299.

[5] 别敦荣, 黄爱华. 我国大学教学之弹性研究 [J]. 清华大学教育研究, 2004, 03: 58-64.

项目基金: 安徽省教育厅重大线上教学改革研究项目“高校线上教学质量保障体系建设研究(2020zdxsjg074)”, 安徽建筑大学教学研究项目(2019jy01、2020jy18、2020jy31、2020kj11)

作者简介: 蔡弘(1990—), 男, 浙江宁波人, 博士, 讲师, 研究方向为教学改革与创新; 赵斌斌(1992—), 男, 安徽合肥人, 博士, 讲师, 研究方向为教育管理; 范海洲(1971—), 男, 安徽合肥人, 博士, 教授, 研究方向为教学体制改革; 马婕菲(1998—), 女, 河南三门峡人, 安徽建筑大学公共管理学院学生。