

Research on Algae Removal Effect of New Ultrasonic Algae Removal Equipment

Jiangchuan Yu Qiuju Wang Jingshan Deng Yingying Yuan Yongli Li

Shijiazhuang Yuanshengyuan Environmental Protection Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050051, China

Abstract

Developed a new type of intelligent ultrasonic algae removal equipment, which uses 5-20W low power, provides 12 kinds of optional low frequency, monitors water quality in real time, intelligently recognizes algae, automatically transforms sound waves to control algae, predicts red tide, which can eliminate up to 90% of existing algae and prevent new algae from being produced. Maintaining algal cell wall integrity during algae removal does not release algal toxins, and can simultaneously reduce solid suspended solids, chemical oxygen demand, ammonia nitrogen, and total phosphorus in water. The low-intelligent ultrasonic ultrasonic algae removal equipment has the characteristics of high efficiency, economy, energy saving, safety and environmental protection. There is no secondary pollution in the algae removal process, and it will not adversely affect aquatic plants and aquatic animals.

Keywords

ultrasonic algae removal; low pressure; multiple frequencies; no secondary pollution; harmless

新型超声波除藻设备除藻效果研究

于江川 王秋菊 邓景山 苑莹莹 李勇利

石家庄市源生园环保有限公司, 中国·河北 石家庄 050051

摘要

研发新型智能化超声波除藻设备, 该设备采用 5-20W 低功率, 提供 12 种可选低频率, 实时监测水质、智能识别藻类, 自动变换声波控制藻类、预测赤潮, 可以消除高达 90% 的现有藻类并防止新的藻类产生。除藻过程中保持藻细胞壁完整不会释放藻毒素, 可同时降低水中固体悬浮物、化学需氧量、氨氮、总磷。低新型智能化超声波除藻设备具有高效、经济、节能、安全、环保的特点, 除藻过程中无二次污染, 不会对水生植物及水生动物造成不利影响。

关键词

超声波除藻; 低压; 多频率; 无二次污染; 无害

1 引言

水体富营养化会导致水华频繁发生, 使藻类和其它生物迅速繁殖, 蓝藻、绿藻、硅藻是天然河湖中最主要的三类藻, 而蓝藻危害最为严重^[1]。藻类暴发周期短, 生长速度快, 会严重扰乱水体生态平衡, 导致水体散发腥臭味, 水体浑浊, 而且蓝藻产生的毒素会对水生生态、牲畜甚至人类的安全产生威胁, 如果不能实时快速地监测并形成预警系统, 同时采取有效措施抑制其大面积暴发, 将严重影响人民群众基本的生活需求, 甚至威胁其生命安全。超声波作为一种清洁、高效的污染控制手段, 操作条件比较温和、可以单独与其它水处理技术联合使用, 越来越受到研究人员的重视。

目前的超声设备多定位在满足小范围景观水体抑制藻类

污染、维持水质的需求上, 限制性的处理范围以及高能耗, 限制了这些超声除藻设备难以在水华突发的大型湖、库现场应用^[2]。新型超声波除藻技术采用低频率、低功率, 可智能识别不同类型藻类, 自动变换声波攻击藻细胞, 可监测水质、抑制藻类、预测赤潮, 同时去除藻毒素等部分有害物质, 具有适用性广, 效率高, 能耗低, 无二次污染, 安全环保等特点, 另外, 与紫外线、臭氧、双氧水等水处理常用的高级氧化技术联合起来可产生很好的协同效应, 可以应用于饮用水水源的深度处理中。

2 超声波除藻原理

2.1 超声波对藻类的作用机制

超声波以纵波的方式在弹性介质内传播, 声波在传播过

程中质点的震动方向与声波的传播方向一致,其波段是压缩相与膨胀相交替组成的^[3]。它是一种能量的传播形式,其特点是超声波频率高,波长短,在一定距离内沿直线传播具有良好的束射性和方向性^[4](如图1)。

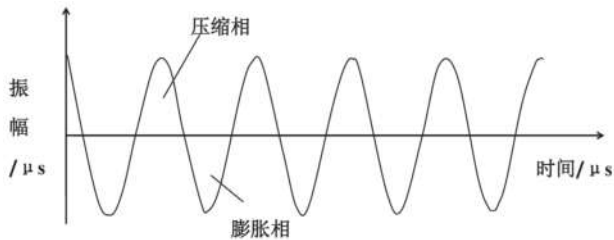


图1 超声波对藻类的作用机制

藻细胞含有的丰富伪空泡,使藻细胞具有浮力,这些空泡具备了产生超声空化效应的重要条件—空化核,频率很小的超声波即可使其产生空化效应^[5]。低频超声除藻的机理是:超声空化作用破坏藻细胞气泡及正常的内组织结构,藻细胞失去气泡提供的浮力沉于水底,无法进行光合作用而失去存活和繁殖能力,超声空化的同时产生高温和高压,藻内部组织在瞬间即被声波所破坏,这与以往大功率超声依靠热效应和机械效应除藻在机理方面有着本质不同^[6,7]。低频超声除藻可达到高效、经济、节能、安全、环保的除藻效果,而不会对水生环境造成不利影响。

2.2 新型除藻设备运行原理

新型除藻设备采用智能化控制,适用于各种面积的饮用水水库、污水处理池、原水水库灌溉水库、休闲湖泊,单台辐射面积达直径500米,可多台联合安装,运行原理如下:

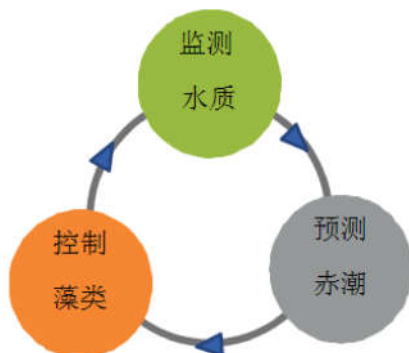


图2 新型超声波除藻设备运行原理

2.2.1 监测水质

设备系统智能每10分钟收集水中以下参数:叶绿素a(绿藻)藻青蛋白(蓝绿藻)、pH值、浊度、温度和溶解氧等。

2.2.2 预测赤潮

收集到的数据通过广播、GPRS、3G网络软件实时传递。可以修改超声程序的具体条件,设置水质临界参数,提前几天预测赤潮。

2.2.3 控制藻类

根据接收到的信息,超声程序被激活拥有12种低频声波,自动识别不同水条件和类型的藻类,自动变换超声波频率消除现有的藻类和防止新的藻类的生长,长久维持水体生态环境。

3 超声波除藻效果研究

3.1 超声辐射对不同浓度藻细胞的作用效果

取浓度分别为8000cells/L、5000cells/L、2000cells/L的对数生长期蓝藻,分为低浓度组、中浓度组、高浓度组,使用此设备辐射藻细胞溶液,每天超声照射30min,连续观察4天,每天下午5:00显微镜法^[8-10]测定藻细胞浓度,观察藻细胞浓度大小对超声除藻作用的影响。

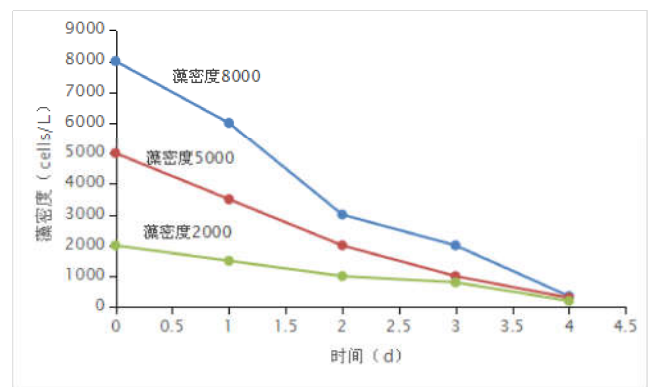


图3 超声辐射对不同浓度藻细胞的作用效果

由图3可知:超声波辐射对不同浓度的藻类均有很好的去除作用,去除率分别为95.6%、94%、90%,低频率超声设备对蓝藻的去除率达到90%以上,对比之下,藻密度越大,去除率越高。

3.2 超声波辐射后水中COD、TSS、总氮、总磷的变化情况

超声处理水样10min、20min、30min、60min、120min后采用速测法^[11]测水中化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)、采用重量法^[12]测总悬浮物(TSS)的变化情况。

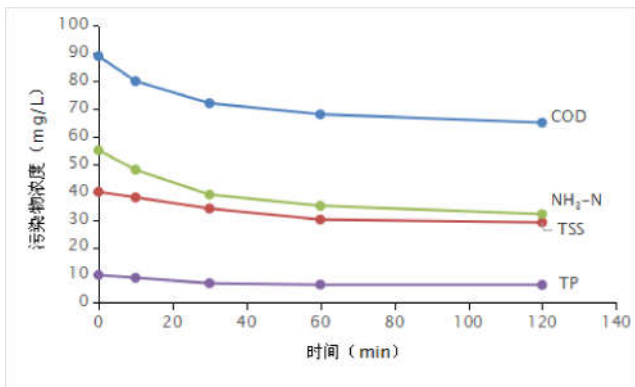


图4 超声波辐射后水中COD、TSS、总氮、总磷的变化情况

由图4可知：采用低功率低频超声波处理20min后，水体中的COD、氨氮、固体悬浮物、总磷变化较大，分别下降了11.1%、10.9%、12.5%、5%，继续超声波处理下降趋势降低，证明此类超声波对水中的COD、氨氮、总磷和悬浮物有一定的去除作用，可能原因是超声波辐射中的高温高压使水分子裂解产生了羟基自由基，自由基的氧化作用去除了部分污染物。

3.3 超声波辐射后水中藻毒素的变化情况

藻毒素严重危害人类健康，各国均制定相关标准，明确指出饮用水中的限定值，世界卫生组织（WTO）推荐标准值为1 μ g/L，中国的限定值与其一致^[13]。取1000ml含藻毒素的水，采用高效液相色谱法（HPLC）^[14]测定藻毒素值为 $\rho=2.6\mu$ g/L。超声波照射15min、30min、60min、120min后测水中藻毒素含量变化情况。

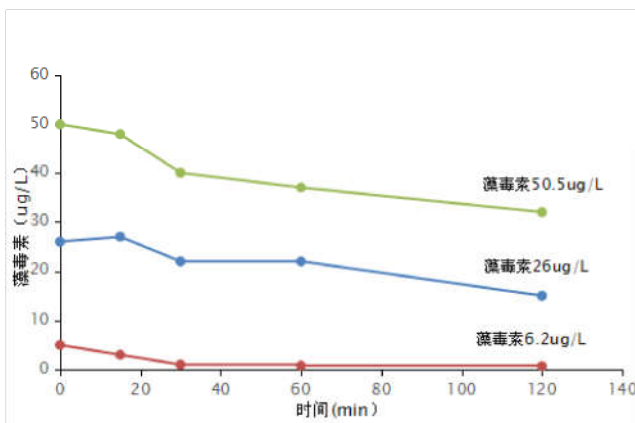


图5 超声波辐射后水中藻毒素的变化情况

由图5可知：采用此超声波处理后，水体中藻毒素没有上升，反而有所下降，证明此超声波可以使藻细胞的内部结构发生损伤，使之失去漂浮能力沉降在水体底部，同时不破坏

藻的外壁，藻内含的藻毒素等物质不会显著外溢，污染水质，超声辐射中产生的自由基对藻毒素也具有一定的降解作用。

3.4 超声波对浮游动物、鱼类及沉水植物影响

鲫鱼是鱼类中较小的品种，是对超声波相对较为敏感的种类，草履虫是水体中典型的原生生物^[14-16]，在容积为1L的玻璃缸中，培养浮游动物为大草履虫，鲫鱼和，采用试验场地水模拟自然条件下生长。培养装置置于5-20W超声辐照环境中，距离发生器0.5m处，辐照5min后与没有进行超声辐照的对照组在自然状态下培养^[17]。每天早晨9:00观察鲫鱼的生长情况，采用显微镜观察计数法^[18]记录大型草履虫的数目情况共观察5d。

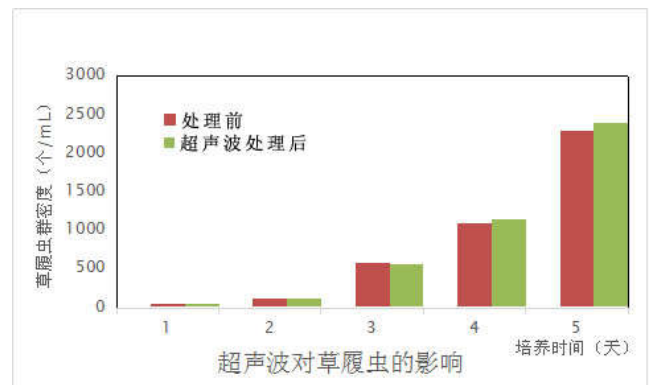


图6 超声波对浮游动物、鱼类及沉水植物影响

从图6可以看出，超声波对水体进行处理5min，并培养5d后草履虫生长情况并未受到影响，并且观察到鲫鱼鱼苗在玻璃钢中自由游动，无死亡现象，说明低功率、低频率的超声波辐照作用对水生生态系统没有明显的影响作用。

3.5 超声波抑制藻类作用周期

用该设备作用于水体30min后观察藻类生长曲线发现超声作用后，大部分藻类死亡，抑制藻类生长的效果明显，但是在良好的环境下未死亡的藻类又会逐渐生长起来，如图7。

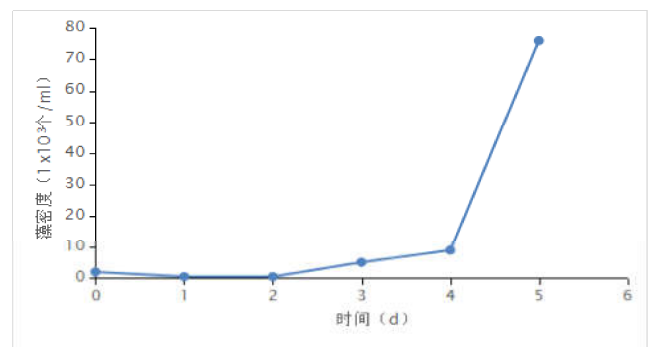


图7 超声波照射一次后藻类的生长情况

因此,必须根据一定的周期将超声波施加于水体,才能达到持续抑藻作用。该设备可实现智能化控制,即通过监测系统实时监测水中叶绿素 pH 值、浊度、温度和溶解氧等数值的变化,然后监测的数据通过 GPRS 和 3g 网络传递至网络软件,实现管理人员远程监测水质及藻类控制情况,同时,我们可以设定水质预警值,一旦达到预警值系统可以自动报警反馈,提前预测赤潮。

4 结语

新型超声除藻设备智能化控制,实时监测与治理并用,可确保水体藻类浓度安全,同时实现智能化管理,节约管理费用,性价比更高,应用前景很广阔,与紫外线、臭氧、双氧水等水处理常用的高级氧化技术联合起来可产生很好的协同效应,可以应用于饮用水水源的深度处理。

参考文献

- [1] 谭晶晶,刘雷,谷尘勇.超声波溶胞作用对脱氮除磷系统的影响[J].环境保护工程,2015,5(33):122-129.
- [2] 张光平,姜黎明.湖泊富营养化除藻技术综述[J].宁夏工程技术,2015,14(9):232-233.
- [3] 刘萍.溶藻细菌及溶藻活性物研究进展[J].环境污染与防治,2016,38(9):86-92.
- [4] 李姣,田小方,赵以军,程凯.低功率密度超声波强化絮凝沉降除藻技术研究[J].水生态学杂志,2019,40(02):88-93.
- [5] 王宏丽,钱丹,武軼,于淼,张力.超声波除藻仪应用效果分析[J].水科学与工程,2019(01):49-53.
- [6] 骆灵喜,张美娟,王波,梅立永,李彬辉.低强度超声波强化混凝技术中试应用试验[J].工业安全与环保,2019,45(01):12-14.
- [7] 田静思,都凯,王金恒,田雪.水华蓝藻物理控制方法研究进展[J].资源节约与环保,2018(12):45-46.
- [8] 钱丹,王宏丽,赵双喜,武軼.超声波除藻技术研究及应用前景[J].海河水利,2018(06):52-54.
- [9] 王剑,张泽明,罗中沛,何诗咏.超声波除藻系统的开发[J].中国科技信息,2016(15):77-79.
- [10] 宋微.蓝藻水华暴发的危害与控制技术研究[J].环境保护与循环经济,2016,36(09):55-58.
- [11] 方文秀,杨晓茹.浅谈蓝藻治理技术及应用[J].安徽建筑,2016,23(04):252-254.
- [12] 谌宣晓.蓝藻水华与水体富营养化综合治理策略分析[J].技术与市场,2015,22(12):199.
- [13] 范功端,林茜,陈丽茹,林茹晶,苏昭越,陈薇.超声波技术预防性抑制蓝藻水华的研究[J].水资源保护,2015,31(06):158-164.
- [14] Haoyuan Zhou, Yanqing Sheng, Xuefei Zhao, Martin Gross, Zhiyou Wen. Treatment of acidic sulfate-containing wastewater using revolving algae biofilm reactors: Sulfur removal performance and microbial community characterization[J]. Bioresource Technology, 2018, 264.
- [15] Mardlijah, Ahmad Jamil, Lukman Hanafi, Suharmadi Sanjaya. Optimal control of algae growth by controlling CO₂ and nutrition flow using Pontryagin Maximum Principle[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2017, 890(1).
- [16] Donna L. Sutherland, Rupert J. Craggs. Utilising periphytic algae as nutrient removal systems for the treatment of diffuse nutrient pollution in waterways[J]. Algal Research, 2017, 25.
- [17] Žižková Eva, Kubeš Martin, Dobrev Petre I, Příbyl Pavel, Šimura Jan, Zahajská Lenka, Závěská Drábková Lenka, Novák Ondřej, Motyka Václav. Control of cytokinin and auxin homeostasis in cyanobacteria and algae[J]. Annals of botany, 2017, 119(1).
- [18] Sara P. Cuellar-Bermudez, Gibran S. Aleman-Nava, Rashmi Chandra, J. Saul Garcia-Perez, Jose R. Contreras-Angulo, Giorgos Markou, Koenraad Muylaert, Bruce E. Rittmann, Roberto Parra-Saldivar. Nutrients utilization and contaminants removal. A review of two approaches of algae and cyanobacteria in wastewater[J]. Algal Research, 2016.