

电气浮工艺对富营养化湖泊型原水中蓝藻的去除

王利平¹, 郭宇川¹, 陆雷¹, 张勇银¹, 高乃云²

(1. 常州大学环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164; 2. 同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 选用电气浮工艺对富营养化湖泊型原水进行试验。结果表明: 在进水流量为 6 L/h, 水温 30 ℃, 控制极板间距 0.6 cm, 电流强度 1.2 A, 电极板 4 组的条件下, 连续运行 24 h, 对水体中 Chl-a 的平均去除率可达到 89.01%。试验期间, 装置运行稳定, 可对富营养化湖泊型原水中藻类的去除提供参考。

关键词: 富营养化水体; 电气浮; 除藻

中图分类号: X52 文献标识码: A

Elimination of the Algae in Eutrophic Lake Water by Electro-flotation

WANG Li-ping¹, GUO Yu-chuan¹, LU Lei¹, ZHANG Yong-yin¹, GAO Nai-yun²

(1. School of Environmental and Safety Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, Jiangsu Province, China;

2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The electro-flotation process is used to treat the eutrophic lake water. The results indicate that, under the condition of inflow rate 6 L/h, temperature 30 ℃, plate spacing 0.6 cm, current intensity 1.2 A, 4 electrode boards, 24-hour continuous operation, the average removal of Chl-a can reach 89.01%. The equipment is stable and reliable. It serves as a valuable reference for the treatment of the algae in eutrophic lake water.

Key words: eutrophic water; electro-flotation; algae removal

目前, 人类活动对水体生态的影响日益严重, 工农业的发展使得大量污染物被排放进河流湖泊, 导致水体富营养化, 水质恶化, 破坏水体生态平衡, 影响饮用水源水质安全, 危害人类身体健康。在对富营养化湖泊水体治理中最紧迫的任务之一就是除藻类的去除^[1-4]。

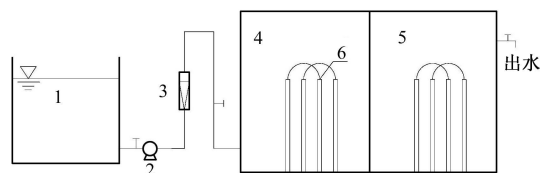
目前, 气浮法除藻已得到广泛应用, 而电气浮法多应用于含油废水的处理^[5-8]。电气浮除藻是通过电化学方法来去除富营养水体中的悬浮物、藻类、有机物等杂质的一种方法^[6], 通过电解水分子产生的氧化性物质·OH 和 O₂, 可对细菌、藻类的细胞以及其他的物质进行强氧化和强氧化还原, 使其失活和死亡^[7]。作者通过自行设计的电气浮装置, 探讨了其对富营养

化湖泊型原水的除藻效果。

1 材料与方法

1.1 试验装置

装置由有机玻璃制成, 长 36 cm, 宽 20 cm, 高 20 cm, 有效容积 12.8 L, 装置内设一、二级电气浮反应区, 采用串联运行。装置见图 1。



1-水箱; 2-水泵; 3-流量计; 4-一级反应区; 5-二级反应区; 6-电极板

图 1 试验装置

Fig. 1 Schematic diagram of experiment setup

1.2 试验原水

试验原水取自常州市周边湖泊型水体, 主要水质指标见表 1。

收稿日期: 2011-01-17

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX0741-002)。

作者简介: 王利平(1960-), 男, 教授。E-mail: wlp@cczu.edu.cn。

通讯作者: 陆雷(1986-), 男, 硕士研究生。E-mail: thunderfov@163.com。

表 1 试验原水水质	
Tab. 1 Quality of source water in experiments	
指 标	测定值范围
浊度/NTU	26.1~ 31.8
pH	6.74~ 7.82
COD _{Mn} /(mg·L ⁻¹)	8.32~ 15.83
Chl-a/(mg·m ⁻³)	4.81~ 6.74

原水水质随季节变化较大,在夏季高温少雨时,极易发生富营养化,严重时水体呈墨绿色并伴有臭味。因此,试验选在 7~8 月藻类易爆发阶段。

1.3 分析项目及方法

Chl-a 采用分光光度法。

2 结果与讨论

2.1 电流强度对 Chl-a 去除效果的影响

取水样 3 L,极板间距 0.6 cm,采用 2 组电极板,取电流强度分别为 0.6、0.8、1.0、1.2 和 1.4 A,考察在不同时间,电流强度对水体中 Chl-a 去除效果的影响,结果见图 2。

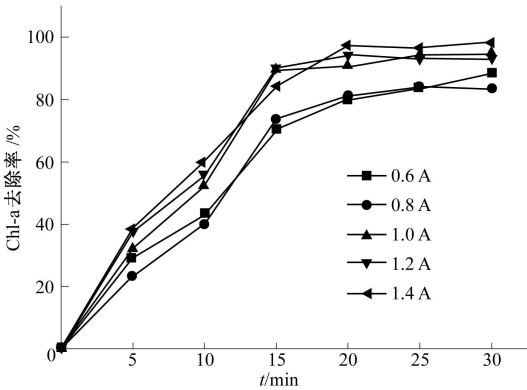


图2 电流强度对 Chl-a 的去除效果

Fig. 2 Effect of Chl-a removal efficiency by the strength of the electric

由图 2 可知,Chl-a 的去除率随着电流强度的增加而增加,反应进行到 15 min 时,试验对 Chl-a 的去除率逐渐趋于平缓;当反应进行 30 min,电流强度为 1.4 A 时,对 Chl-a 的去除率可达到 98.4%。电气浮过程中气体的生成量变化符合法拉第定律,即电极上析出的气体数量与通过溶液的电流强度和通电时间成正比,所以,电流的大小决定了电极板产生的气泡数目的多少,从而决定了气浮的效果。由于电流强度的增加将导致电能消耗的增加,当电流强度为 1.2 A,反应进行 30 min 时,对 Chl-a 的去除率可达到 92.9%,因此,综合经济效能考虑,试验采用电流强度为 1.2 A。

2.2 极板间距对 Chl-a 去除效果的影响

取水样 3 L,电流强度 1.2 A,采用 2 组电极板,取极板间距分别为 0.6、0.8、1.0 和 1.2 cm,考察在不同时间,极板间距对水体中 Chl-a 去除效果的影响,结果见图 3。

由图 3 可知,随着极板间距的减小,电气浮对水中 Chl-a 的去除率明显增加。当极板间距为 0.6 cm,反应 15 min 时,对 Chl-a 的去除率逐渐趋于平缓,达到 90.3%,当反应进行到 30 min 时,对 Chl-a 的去除率可达到 92.9%。主要原因是:随着极

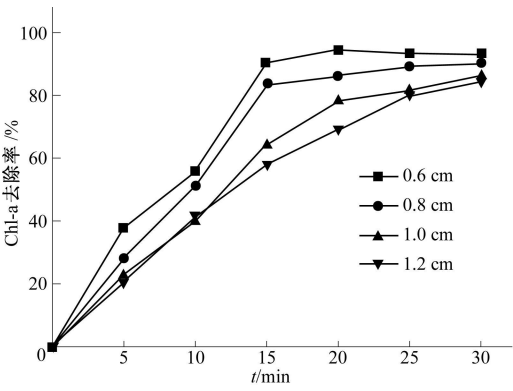


图 3 不同极板间距对 Chl-a 的去除效果

Fig. 3 Effect of Chl-a removal efficiency by the space between the electrodes

板间距的减小,系统中的欧姆电阻减小,有利于提高微气泡的生成速率,使有机物在电极表面氧化,加速有机物的氧化分解。实际应用中,减小极板间距可以有效地减少电能的无效损耗,但为防止短路情况的出现,便于电极安装检修,极板间距不宜过小^[6]。综合考虑处理效果及防止藻类堵塞电极,影响装置运行,试验采用极板间距为 0.6 cm。

2.3 极板组数对 Chl-a 去除效果的影响

取水样 3 L,极板间距为 0.6 cm,电流强度取 1.2 A,取极板数分别为 2 组、3 组和 4 组,考察在不同时间时,极板组数对水体中 Chl-a 去除效果的影响,结果见图 4。

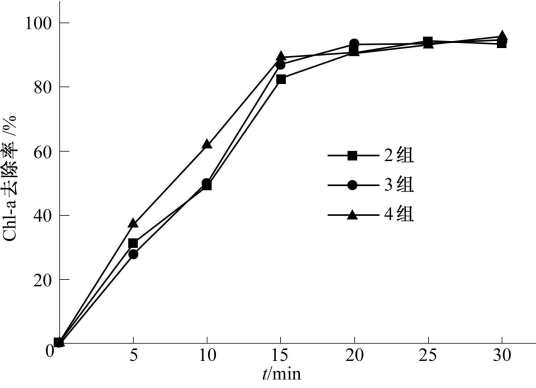


图 4 不同极板组数对 Chl-a 的去除效果

Fig. 4 Effect of Chl-a removal efficiency by the number of the electrode boards

由图 4 可知,随着极板组数的增多,电气浮对 Chl-a 的去除效果增强。当极板为 4 组,反应 15 min 时,对 Chl-a 的去除率逐渐趋于平缓,可达到 89.3%。极板组数的增加可以增加水体中的氢、氧气泡以及·OH 的生成量,从而可以进一步提高对水体中的 Chl-a 去除效果。

2.4 电气浮工艺运行效果

在水温 30℃,极板间距 0.6 cm,电流强度 1.2 A 的条件下,选取 4 组电极板,控制装置进水流量为 6 L/h,连续运行 24 h,每隔一段时间取样分析,考察电气浮工艺对水体中 Chl-a 的去除效果,结果见图 5。

由图 5 可知,试验进行 1 h,装置对 Chl-a 的去除率增加迅速,对 Chl-a 的去除率可达到 81.12%。运行 1 h 之后,装置对 Chl-a 的去除率逐渐趋于平缓,运行趋于稳定。在装置运行的

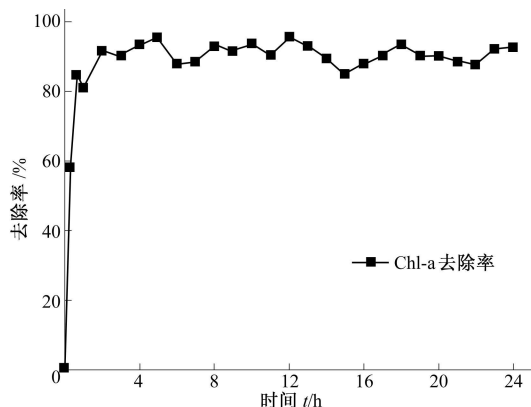


图5 装置运行效果

Fig 5 Operation effect of dynamic experiment

24 h 中,对 Chl-a 的平均去除率为 89.01%,最高去除率可达到 95.58%。水在电解过程中会产生大量氢、氧微气泡,这种微气泡具有直径小,密度小,比表面积大的特征^[7]。由法拉第定律可知,电极上析出的微气泡数量与通过溶液的电流强度和通电时间成正比,所以,在电流强度一定的情况下,通过延长水力停留时间,可以增加氢、氧微气泡的产生数量,提高微气泡的利用率,从而提高对水体中的藻类的去除效果。

3 结 语

(1) 电气浮工艺对富营养化湖泊型原水中蓝藻的去除取得

了较好效果。在进水流量为 6 L/h,水温 30 ℃,极板间距 0.6 cm,电流强度 1.2 A,采用 4 组电极板的条件下,连续运行 24 h,对 Chl-a 的平均去除率可达到 89.01%,试验期间,装置运行稳定。

(2) 电气浮具有无噪声,占地面积小,气浮效率高,可实现一体化运行等特点,应用于富营养化湖泊型原水蓝藻的去除是可行的。

参考文献:

- [1] 周 芬,卢晓燕.浙江省水库饮用水源地安全保障措施研究[J].中国农村水利水电,2009,(8):37-40.
- [2] 袁志宇,赵斐然.水体富营养化及生物学控制[J].中国农村水利水电,2008,(3):57-59.
- [3] 陈为国,许文杰,张晓平,等.湖泊水体富营养化评价与可持续发展研究[J].节水灌溉,2008,(6):47-52.
- [4] 刘凤丽,金 峰.富营养化水体中流速对藻类生长的调控作用研究[J].节水灌溉,2009,(9):52-54.
- [5] 李永红,汪立飞,李彦春,等.气浮处理含藻水库水的工艺设计[J].中国给水排水,2006,22(6):38-41.
- [6] 李祥华,魏平方,邓 皓,等.电气浮法处理钻井废水实验研究[J].油气田环境保护,2005,15(2):14-16.
- [7] 张登庆,任连锁,裴峻峰,等.电气浮技术在油田采出水处理中的应用研究[J].石油矿场机械,2002,31(2):11-14.
- [8] 何文杰,李玉仙,黄廷林.高藻水源水处理工艺的评价与优选[J].供水技术,2007,1(4):9-12.
- [9] 26(5):45-48.
- [10] 张掖市节水型社会试点建设领导小组办公室.张掖市节水型社会试点建设制度汇编[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
- [11] 张小平.泾惠渠灌区工程建设管理现状分析[J].陕西水利,2008,(3):29-30.
- [12] 陈 菁,水谷正一.泾惠渠管理体制研究[J].水利经济,2008,26(5):45-48.
- [13] 马孝义,聂卫波,黄兴国,等.陕西省农林牧业用水定额的编制[J].人民黄河,2007,29,(1):58-60.
- [14] 高 明,谭向勇,王玉斌.农户节水技术应用动因与激励对策[J].中国农村水利水电,2006,(9):4-6.
- [15] 宋云民,周泽福,党宏忠,等.北方半干旱沙地植被建设中节水技术的应用研究进展[J].世界林业研究,2006,19,(6):22-26.
- [16] 马 静,乔光建.河北省农业灌溉工程节水技术适应性研究[J].水利经济,2009,27(5):54-58.
- [17] 王克强,刘红梅,黄智俊.农业水价补贴的经济学分析[J].山西财经大学学报,2006,(5).
- [18] 刘红梅,王克强,黄智俊.农户采用节水灌溉技术激励机制的研究.中国水利,2006,(19).
- [19] 中国节水灌溉网.陕西省财政小型农田水利设施建设和水土保持重点建设工程补助专项资金管理办法[Z].
- [20] 孟 戈,王先甲.推广节水灌溉技术的激励机制[J].节水灌溉,2006,(3):27-32.
- [21] 李 艳,陈晓宏.农业节水灌溉的博弈分析[J].灌溉排水学报,2005,(6).
- [22] 韩 青.农户灌溉技术选择的激励机制[J].农业技术经济,2005,(6):22-25.
- [23] 曹 瑜.国内外水价比较研究[J].节水灌溉,2010,(7):81-84.
- [24] 李永根.节水水价制定理论与方法初探[J].南水北调与水利科技,2004,(5):40-41.
- [25] 李永根.节水水价制定理论与方法初探[J].南水北调与水利科技,2004,(5):40-42.
- [26] 喻玉清,罗金耀.在可持续发展条件下的农业水价制定研究[J].灌溉排水学报,2005,(4):77-80.
- [27] 雷 波.政府干预与市场行为对实现节水农业的作用[J].节水灌溉,2004,(2):36-38.
- [28] 雷 波,杨 爽.农业节水对农业水价变动反映的理论探讨[J].中国农村水利水电,2008,(2):17-19.
- [29] 龚 宇,单成钢,王聪玲,等.实行季节性梯度农用水价对农业节水的有效性研究[J].节水灌溉,2006,(1):5-8.
- [30] 廖永松,鲍子云,黄庆文.灌溉水价改革与农民承受能力[J].研究与探讨,2004,(9):29-34.
- [31] 卓汉文,王卫民,宋 实,等.农民对农业水价承受能力研究[J].中国农村水利水电,2005,(11):1-5.
- [32] 傅 琳.浅谈玛河灌区运用价格杠杆促进节水改善生态环境[J].水土保持研究,2005,12,(4):268-270.
- [33] 郭小军.泾惠渠灌区用水的调查与思考[J].陕西水利,2009,(4):133-134.
- [34] Tiwari, D N, A Dinarticate. Role and Use of Economic Incentives in Irrigated Agriculture, Paper prepared for Irrigation Reform Workshop, World Bank, Washington, DC, 2001, (12): 1-75.
- [35] 王克强.中国农户节水灌溉技术采用与激励机制[C]//中国农业节水灌溉市场的有效性及其政策绩效评价研究.上海:上海人民出版社,2009.
- [36] 丰景春,高 蕾.我国农业水费改革及建议[J].水利经济,2008,