

除藻技术的研究进展

徐大伟¹, 施永生¹, 柳伟², 陈原¹

(1. 昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650224;

2. 大理白族自治州城乡规划设计研究院, 云南 大理 671000)

摘要: 文综述了目前用于除藻的几种方法。对湖泊、水源水, 植物化感抑藻作用有待进一步朝着将从植物中提取的化感物质直接施入水体抑制藻类研究。另外, 利用“噬藻体”与“藻病毒”控制藻类生长也有广阔的前景。对于水厂水除藻, 应注重改善预氧化条件、强化混凝、优化投加粉末活性炭及组合工艺等, 此外还应加强对藻及藻病毒的研究, 以便更好地指导水厂安全供水。

关键词: 富营养化; 除藻; 藻毒素

中图分类号: X524 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-275X(2007)03-0076-03

Research Progress on Algae Removal Technology

Xu Dawei¹, Shi Yongsheng¹, Liu Wei², Chen Yuan¹

(1. School of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China;

2. Dali Bai Autonomous Prefecture Research Institute of Urban & Rural Plan and Design, Dali 671000, China)

Abstract: Some algae removal methods were introduced, and further measures to control algae growth were discussed. For lakes, allelopathy for the inhibition of algae growth need further study and extraction of plant allelochemicals could be directly put into water. In addition, use of cyanophage and phycovirus for the control of algae also had an extensive prospect. For water treatment plant, focus should be on the improvement of pre-oxidation, enhancement of coagulation, optimization of powder activated carbon cast and composite process. Study of algae and algal toxins should be also strengthened for the better guide of water treatment plant to supply safe water.

Key words: eutrophication; algae removal technology; algal toxins

前言

近年来,“水华”现象频繁发生,其中大部分是由蓝—绿藻引发,例如太湖、巢湖、滇池和武汉东湖等,其危害主要表现在:(1)“水华”爆发时,大面积水面被蓝—绿藻覆盖,引起水体 DO 急剧下降,水质腐败,散发恶臭的气味,致使鱼类等因缺氧而窒息死亡;(2)许多蓝—绿藻可产生毒素,鱼腥藻、束丝藻和铜绿微囊藻是三种最常见的含有毒素的物种^[1],藻毒素本身是十分复杂的有机物,由鱼腥藻和束丝藻产生的是神经毒素,会损害神经系统,引起惊厥、

口舌麻木、呼吸困难甚至呼吸衰竭,而微囊藻产生的是肝毒素,会导致腹泻、呕吐、肝肾等器官的损害,并有促瘤致癌作用^[2]。(3)许多藻类及其代谢产物是消毒副产物的前体物,在氯消毒过程中,会生成“三致”物质,致使饮用水安全性下降。如果水厂出水藻类去除不彻底的话又会使管网中的水产生后絮凝而影响水质。(4)藻类的出现使得投药量增加,藻类使水体 pH 值升高,此外藻类形成的浊度,其组成大多为有机质,电动电位(ξ)约在一 40 mV 以上,具有较高的稳定性,比重小,难于下沉,且藻类自身常

收稿日期:2006-11-20

作者简介:徐大伟(1983-),男,江西南昌人,在读硕士研究生。研究方向:水处理理论与基础。

导师简介:施永生(1957-),男,上海人,博士,昆明理工大学教授,研究方向:水污染控制。

粘附在滤料表面,使过滤周期缩短^[3]。

1 湖泊、水源水除藻

1.1 人工湿地除藻

利用人工湿地除藻可沿湖修建截洪渠,将汇入湖泊的河道水截流至人工湿地处理后再流入湖泊,澄江抚仙湖就是采用此方法并取得很好的效果。一方面人工湿地可以去除引起富营养化的N、P,另一方面对富营养水体中的藻类也有较大的去除作用。吴振斌^[4]等人通过实验得出由水平流碎石床湿地、下行流湿地、上行流湿地、好氧塘和兼性塘等不同生态工程单元组合成的5组8套小试系统均具有较高的除藻效率,全年运行稳定,可推广应用于富营养化水体藻类的去除。

与传统的混凝、直接过滤、沉淀、气浮、预氧化等物理化学除藻方法相比,人工湿地具有建造及运行费用低、管理维护方便、二次污染小、抗冲击性能强等优点。但人工湿地受季节等外界条件影响较大,其除藻效率还有待研究。

1.2 植物化感抑藻

植物在其生长发育过程中,通过排出体外的代谢产物(化学物质)而对另一种植物包括微生物产生促进或抑制作用,这种现象称为植物化感作用。近年来,水生植物对藻类的化感抑制作用的发现,使化感作用开始应用于富营养化水体藻类控制领域。抑藻水生植物一方面能吸收水体中的营养物质,为水中营养物质提供输出的渠道;另一方面,它们能够分泌抑制藻类生长的化感物质,起到修复、净化富营养化水体的作用,而且,这些化感物质是水生植物生长过程中产生的次生代谢物质,一般能在自然条件下降解,不会在生态系统中长期积累,生态安全性好。利用水生植物的化感作用控制水体中藻类生长的方式主要有3种:一是水体中栽培活体植物释放化感物质达到抑制藻类;二是使干枯的植物体在水体中腐败释放出化感物质抑制藻类;三是提取植物中的化感物质施入水体抑制藻类^[5-7]。

水生植物对藻类化感作用的研究对于利用生态学方法控制藻类爆发性生长有重要意义,但在不适合种植大型水生植物的水域则具有局限性。同时,这种方法周期长,不能在短期内见效,也限制了其应用。如果能从水生植物中分离提取出产生抑藻作用的化感物质,将其投放于污染水体,则

可克服以上缺点。此外,化感物质的提取、分离和鉴定也是进一步研究其抑藻机理的前提。

1.3 微生物技术除藻

近年来,利用微生物防治有害藻类的方法逐渐得到重视。即我们所说的利用溶藻微生物来防治有害藻类。溶藻微生物主要包括病毒、细菌、真菌和放线菌等。某些细菌对一些赤潮藻细胞抑制生长,甚至有裂解藻细胞之功效。某些真菌对水华中的蓝藻有裂解作用。藻病毒有可能成为治理水华的有效方法。蓝藻病毒同噬菌体相似,因此通常称蓝藻病毒为“噬藻体”,而真核藻类病毒是一类大病毒,绝大多数为多角体粒子,通常称为“藻病毒”^[8,9]。

微生物技术除藻有诸多优点,但病毒在自然条件下的侵染性、有效性和适应性如何还有待研究,病毒的寄主藻群之中也存在着敏感群和抗性群,后者则成为其专一性灭藻的障碍,也需要进一步探究。

2 水厂水除藻

2.1 预氧化除藻

常用的氧化剂有氯、臭氧、高锰酸钾、二氧化氯、紫外光照等。投加氯进行预氧化可以提高藻类的去除率,但要求的投加量较大。有一些藻类在预加氯后常会产生臭味,这时应加过量的氯,使之产生游离态的余氯,然后再根据水质要求进行脱氯^[10]。高锰酸钾预氧化除藻可以消除腐殖酸对混凝除藻的阻碍作用^[11],但要注意高锰酸钾投加量过多而穿透滤池。采用 $K_2FeO_4(VI)$ 预氧化也可明显提高去除藻的效果,能大大减少后续药剂的用量,提高混凝效果^[12]。

在各种预氧化方法中,紫外光照对藻类的去除是最有效的,但受技术的限制,在生产上应用比较困难,建议臭氧和过氧化氢聚合应用,臭氧-活性炭联用也有很好的效果,是解决微囊藻毒素污染的理想途径^[13]。在藻类数量过多时需慎重采用预氧化,此时预氧化容易使藻细胞破裂而析出更多的藻毒素。

2.2 混凝除藻

投加混凝剂可同时去除浊度和藻类,由于藻类必须在 ξ 电位=0时才能脱稳,所以所需投量会较大,若同时投加聚丙烯酰胺或阳离子型助凝剂则可减少硫酸铝用量。藻类代谢产生的有机物对絮凝和过滤也有影响。其原因是该有机物中的酸性物质与混凝剂

(铁盐或铝盐)的水解产物发生反应,生成的表面络合物附着在絮体颗粒表面,阻碍了颗粒相互碰撞,因此必须增加混凝剂的投量,补偿由于表面络合物的形成对颗粒脱稳和絮凝造成的影响^[14]。腐殖酸对混凝除藻也有阻碍,混凝之前可采用高锰酸钾预氧化强化混凝。高键等^[15]研究了传统 PAC 混凝除藻方法的改进,结果表明,与单加 PAC 相比,粘土矿的加入可显著增加絮体的密实度,使得沉淀后的活藻絮体在微扰动下不再漂浮上升,且能大大减少沉淀后底泥的体积,还可降低剩余浊度及出水中藻和铝的浓度。

2.3 气浮除藻

近年来气浮法除藻得到了广泛应用,气浮措施通常是和预氧化措施相结合的,因为活藻具有机动性,使得其不容易为微絮体和微气泡所捕获,死藻则有利于气浮去除。在滤池前增设气浮池后,原水中藻的大部分都可以因此而被去除,有利于延长过滤周期。可采用气浮沉淀池(图1),即在斜管沉淀池增设曝气管,平时采用沉淀工艺,气浮沉淀池下进水上出水,在藻类爆发时采用气浮法,气浮沉淀池上进水下出水。

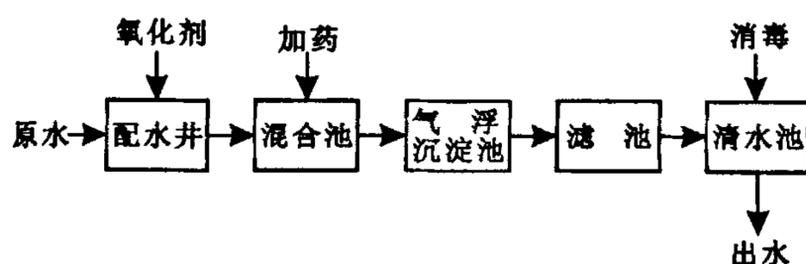


图1 气浮沉淀池除藻

Figure 1 Algae removal with air-floating sedimentation tank

气浮除藻工艺效果明显优于沉淀工艺,可节约混凝剂投加量。气浮除藻工艺可在不破坏藻细胞的情况下对藻类和微囊藻毒素具有很好的去除效果,采用预臭氧化或 PPC 预氧化和气浮工艺联用可进一步提高除藻效果^[16]。但要求原水的悬浮固体含量不高,并且设备发生故障能及时检修。

3 结语

随着源水富营养化的加剧,除藻将会更加迫切。物理除藻虽然效果好,但工程量大、运作周期长、一次性投入成本较高;化学除藻虽然具有除藻速度快、效果明显的优点,但容易造成二次污染;生物除藻毒效用持久,无二次污染,但技术本身还有待完善成熟。生物除藻将有更为广阔的前景。

对湖泊、水源水,植物化感抑藻作用有待进一

步朝着将从植物中提取的化感物质直接施入水体抑制藻类研究^[7]。另外,利用“噬藻体”与“藻病毒”控制藻类生长也有广阔的前景。但更为重要的还是加强水源地水体的保护工作。对于水厂水除藻,应注重改善预氧化条件、强化混凝、优化投加粉末活性炭及组合工艺等,此外还应加强对藻及藻病毒的研究,以便更好地指导水厂安全供水。

参考文献:

- [1] Awwa Research Division Microbiological Contaminants Research Committee. Committee report; emerging pathogens - viruses, protozoa, and algal toxins[J]. JAWWA, 1999, 91(9): 110 - 121.
- [2] Fawell J K. Blue - green algae and their toxins[J]. Water Supply, 1993, 11(3): 109 - 115
- [3] 石颖, 马军, 李圭白. PH 值对高铁酸盐复合药剂强化除藻的影响[J]. 中国给排水. 2000, 16(1): 18 - 20.
- [4] 吴振斌, 吴晓辉, 付贵萍, 等. 不同生态工程及其组合系统除藻效率的比较研究[J]. 环境科学. 2006, 27(2): 242 - 245.
- [5] Aliotta G, Greca N D, Monaco P, et al. In vitro algal growth inhibition by phytotoxins of *Typha latifolia*[J]. Chem. Ecol. 1990, 16: 2637 - 2646.
- [6] Everall N C, Lees D R. The use of barley. straw to control general and blue. green algal growth in a Derbyshire reservoir[J]. Water Research. 1996, 30(2): 269 - 276.
- [7] Ball A S, Williams M, Vincent D, et al. Algal growth control by a barley straw extract[J]. Bioresource Technology. 2001, 77: 177 - 181.
- [8] Safferman R S, Cannon R E, Desjardins P R, et al. Classification and nomenclature of viruses of cyanobacteria[J]. Intervirology. 1983, 19: 61 - 66.
- [9] 赵以军, 石正丽. 真核藻类的病毒和病毒类粒子[J]. 中国病毒学. 1996, 11(2): 93 - 102.
- [10] 彭海清, 谭章荣, 高乃云, 等. 给水处理中藻类的去除[J]. 中国给水排水. 2002, 18(2): 29 - 31.
- [11] 马军, 刘炜, 盛力, 等. 腐殖酸对高铁酸钾预氧化除藻效果的影响[J]. 中国给水排水. 2000, 16(9): 5 - 8.
- [12] Jun Ma, Wei Liu. Effectiveness and mechanism of potassium ferrate(VI) preoxidation for algae removal by coagulation[J]. Water Research. 2002, 36: 871 - 878.
- [13] 贾瑞宝, 刘军, 王珂, 等. 气浮/微絮凝/臭氧/活性炭工艺除藻效果[J]. 中国给水排水. 2003, 19(10): 47 - 48.
- [14] 毛学云, 高乃云. 水中藻类的嗅味及去除方法[J]. 净水技术. 1999, 67(1): 36 - 39.
- [15] 高键, 赵春禄. 传统 PAC 混凝除藻方法的改进[J]. 青岛科技大学学报. 2005, 26(2): 120 - 123.
- [16] 梁恒, 李圭白, 李星, 等. 不同水处理工艺流程对除藻效果的影响[J]. 中国给水排水. 2005, 21(3): 5 - 7.