

· 环境预警 ·

doi:10.3969/j. issn. 1674 - 6732. 2010. 01. 003

“加压上浮法”应急除藻技术在水源地的应用示范

翁建中,杨积德,徐恒省

(苏州市环境监测中心站,江苏 苏州 215004)

摘要:近年来,太湖蓝藻水华问题日趋严峻,除藻技术是解决该问题最直接而有效的手段,对现有各类除藻技术进行了比较,并以“加压上浮法”应急除藻技术在苏州阳澄湖局部地区的示范工程为例,介绍了该方法的技术原理、技术实现以及在工程应用中的实际意义,为同行在水源地或特殊功能区除藻技术的应用提供参考。

关键词:加压上浮法;除藻技术;饮用水源地;蓝藻水华

中图分类号:X524

文献标识码:B

文章编号:1674 - 6732(2010) - 01 - 0008 - 04

Demonstration of Ascent by Applying Pressure Technique in Emergent Algal Removal in Source Water Areas

WENG Jian-zhong, YANG Ji-de, XU Heng-xing

(Suzhou Environmental Monitoring Central Station, Suzhou, Jiangsu 215004, China)

ABSTRACT: Algal removal technology is the most straightforward and effective way in reining in the stiff cyanobacteria Blooms situation in the Lake Taihu. The comparison was made of different algal removal technologies. The technique of Ascent by Applying Pressure was introduced with its use in algal removal technology demonstration project in the Lake YangCheng in Suzhou. The purpose is to provide source water areas or special functional zones with a reference in combating cyanobacteria Blooms pollution.

KEY WORDS: method of ascent by applying pressure; algal removal technology; sources drinking water; cyanobacteria bloom-forming

太湖“蓝藻水华”近几年发展迅猛,藻类在湖面出现时间越来越早,历时越来越长,范围越来越广,后果日趋严重^[1]。部分蓝藻产生的微囊藻毒素不仅具有神经毒性,对胎儿造成不良影响,而且会损伤肝脏,是致癌和促癌因素之一^[2]。“蓝藻水华”和水华中产生的微囊藻毒素已对太湖流域沿岸城市供水产生了直接的影响,造成多次巨大的经济损失^[3]。因此,广泛应用各类除藻技术是目前减轻和降低“蓝藻水华”对太湖流域水源地影响最为直接和有效的手段。

以苏州市环境监测中心站和天宇高科合作的利用“加压上浮法”除藻技术在苏州阳澄湖地区的示范工程为例,介绍了该除藻技术的实际应用意义,为同行在相关除藻技术的应用提供参考。

1 除藻技术比较

目前,太湖流域各地区在“蓝藻水华”爆发时采用的除藻技术主要分为以下几类。

1.1 药物除藻

常用的除藻剂有硫酸铜、氯、二氧化氯等,此外,臭氧和高锰酸钾也可作为除藻剂。这些氧化剂可以较快地杀藻,并进一步氧化藻细胞损伤释放的代谢物质和有毒有害物质,效果显著^[4]。但这些药剂价格较为昂贵,而且对水生生物的影响以及与水中溶解性离子的反应目前均不清楚,可能引起二次污染。

1.2 生物控制

利用水生生物对藻类的捕食或竞争作用,投加相应抑制性的生物,再定期捕捞。该法投资少,而且有利于建立合理的水生生态循环,因此,国内外从20世纪70年代起均进行了广泛的研究,目前主

收稿日期:2009 - 06 - 09;修订日期:2009 - 06 - 17

基金项目:国家十一五水体污染控制与治理重大专项项目
(2008ZX7101 - 014)

作者简介:翁建中(1953—),男,高级工职称,本科,从事生物生态与监测工作。

要是针对水域的实际情况选择适当的鱼类、食藻微生物或水生植物来抑制藻类的大量繁殖。然而,这些生物在减少藻类的同时,本身也会排泄大量的营养物,这意味着同时有较大比例的营养物进入矿化循环而没有真正被去除^[5,6]。另外,水生生态系统十分复杂,在人为干扰下有可能导致系统不稳定,不属于当地自然种群的生物引进可能留下长期隐患。因此,采用生物控制时必须仔细考虑带来的不利生态后果。

1.3 机械捕集

在大规模“蓝藻水华”出现的开始阶段,利用人工打捞或机械清除的方式捕捞藻类,捕捞的藻类可以加工成鱼食,目前在上海等地有所使用。该法易于控制,短期效果显著,对水面没有二次污染,但会花费大量人力物力,工作量极大,并且会影响景观^[4-7]。

1.4 超声波除藻

20世纪90年代,日本开始进行超声波抑藻杀藻技术的研究,目前在千叶湖进行了较大规模的试验。我国清华大学等单位也进行了此类研究,初步试验结果表明,适当频率和强度的超声波处理5 min就可以严重抑制藻类生长(减少50%)。但近年来在应用过程中发现,超声波引发的化学效应能分解藻毒素等藻细胞分泌物和代谢产物,会带来严重的二次污染,在饮用水源地不适宜使用^[8]。

以上几种方法,在太湖流域各地区进行了几年的试验,效果不是很好。目前急需筛选一项实用有效且安全的除藻技术在蓝藻水华爆发时快速去除污染。

2 “加压上浮法”除藻技术研究

“加压上浮法”除藻技术主要是将蓝藻爆发水域进行围隔,向围隔水体加充空气,使空气在水体中形成微气泡,再与藻类等悬浮的颗粒黏附在一起,达到使颗粒上浮到水面,从而去除藻类水华及浮游杂质的目的^[9]。该方法在应用过程中克服了藻类颗粒悬浮于水体不易打捞的弊端,可用于消除湖泊、河流中“蓝绿藻”及浮游物质,净化江河湖川等各种水体水质,并可应用于“回收利用一种含藻类植物有机肥料的营养土及其制造方法和使用方法”,将含有大量氮、磷、钾等有机物质的藻类变废为宝综合利用。该方法是目前在“蓝绿藻”治理上将工程技术与深度物理技术相结合的最行之有效

的解决方案之一。

2.1 “加压上浮法”分离除藻的技术原理

“加压上浮法”分离除藻的技术原理主要是利用“气体-固体-液体”三者混合物理平衡和空气的溶解量遵守“亨得法则”的物理现象,下面介绍其具体原理。

自然水体一般是一个“气体-固体-液体”三者混合的均匀介质,对应在环境污染评价中一般是指出溶解在水中的气体(包括水面的气泡)-藻类或悬浮颗粒物-水构成,在水质的动态平衡中遵循着内外力平衡的关系,如图1所示。

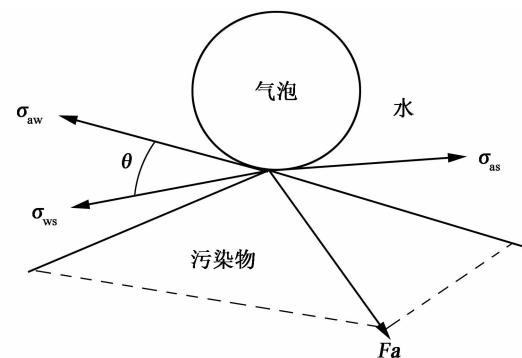


图1 气泡浮在水和污染物混合表面的内外力平衡的关系

图1具体说明如下:

$$\textcircled{1} \quad \sigma_{as} = \sigma_{ws} + \sigma_{as} \cdot \cos\theta$$

$$\textcircled{2} \quad Fa = \sigma_{aw} \cdot \sin\theta$$

σ_{as} :气体-固体间的表面张力(N/m)

σ_{aw} :气体-液体间的表面张力(N/m)

σ_{ws} :液体-液体间的表面张力(N/m)

θ :接触角度

Fa :浮着力(N/m)

接触角 θ 越大,气泡越稳定,更易于浮在对象体上,当使气泡冲撞于固体使其附着的时候,消水性的固体粒子被凝聚生成絮状物(floc),同时气泡则被围在了絮状物内部,此时一般的消水性物质均可以被气泡稳定地附着。另外,在外界加压的情况下,空气溶于水中产生的微小气泡会破坏这种动态平衡,促使凝聚生成的絮状物上浮,絮状物的上浮速度主要取决于加压体积的大小、不同气体形成的微小气泡特性以及絮状物本身的大小与特性等。因此,该技术可以利用配制好的含有空气或富含氧气和臭氧的加压配制水,加快对江河湖川等水质的

净化速度。

2.2 “加压上浮法”分离除藻的技术实现

根据“加压上浮法”分离除藻的技术原理设计的净化水质的装置主要由加压泵、供气系统、气液混合器和储水罐组成。

分离除藻过程依次包括下列步骤：

(1) 将需要处理的水源水引入加压泵,使其加压处理形成配制水,另外,可以在配制水被加压之前,向管路内加入熟石灰或絮凝剂以便提高加压配制水的工作效率。

(2) 加压后的配制水分两股,一股经喷射泵与供气系统提供的气体相混合、加压之后,流入一次储水罐,另一股流入二次储水罐。这里所述的供气系统可以是经多孔石去除了灰尘及吸附过部分氮气的增加氧浓度的空气装置,也可以是臭氧发生器。

(3) 当一次储水罐内的气液混合物的压力高于二次储水罐内的压力时,装置会自动打开连接一次和二次储水罐之间管路上的单向阀门,使所述气液混合物流入二次储水罐。

(4) 二次储水罐内保持着恒定正压力和恒定液位,当压力高于设定值时会通过压力释放阀排空,另外,当液位高于水位调节管上口时,会通过水位调节管溢流到三次储水罐内。

(5) 引入三次储水罐的配制水经压力调节阀被释放到要处理的水体中,配制水释放出已经加入气体的微细气泡,附着在水中的污染物表面,使藻类或悬浮物上浮到水面。

(6) 再利用围隔栏以及其他设备进一步清除上浮到水面的浮游物质。

3 “加压上浮法”除藻示范工程应用

3.1 示范工程现场情况

本次示范工程设在阳澄湖方家堰河道和阳澄湖湾里饮用水源地水域。实行除藻前,近3年来当地居民一直受“藻类水华”污染的困扰。每年的4、5月份至11月间,湖面就会漂浮像绿油漆一样的“藻类水华”。“水华”不但具有强烈的腥臭味,而且若皮肤接触会致使接触部位的皮肤发痒。监测部门多次监测结果显示,一般在7月底8月初,每升湖水含“蓝藻”在一亿个细胞以上。

方家堰河道每个试验段长约60 m,平均宽约

18 m,平均水深约1.5 m,处理时间设在2008年8月1日;湾里示范工程每个试验段长约100 m,宽约100 m,平均水深约1.6 m,处理时间设在2008年8月26日。

3.2 示范工程处理过程

(1) 在示范工程水域将该设备中的一个终端装置放在水面中央。

(2) 岸边组合设备的自带管道将空气和原水经过加压和处理后,打入在河道中央的终端装置中。

(3) 由该终端装置将带有微量电子负荷的微小气泡(直径0.1~0.3 μm)发射至水中(一般可达水下2 m左右),微小气泡在水中以2 m/min左右的速度自行向四周蔓延,一个终端装置的蔓延范围可覆盖方圆100 m左右区域,将“蓝藻水华”微小颗粒及悬浮物负荷在微小气泡中,使其黏附在一起浮上水面。

(4) 被微小气泡托浮上来的絮状物(95%以上是“蓝藻”,并夹杂着少许水体中的悬浮物)聚集在一起,如无大的外界力的影响,可在处理水面存留48 h左右,便于后期处理清除。

3.3 处理结果

该设备在方家堰河道试验段3个区域处理水量为4 860 m³,用时45 min,平均每分钟处理108 m³的源水;在湾里示范工程中,3个区域处理水量为48 000 m³,用时450 min,平均每分钟处理107 m³的源水。该设备在工作时间段中运行稳定,压力始终控制在 $3.9 \times 10^{-3} \sim 7.8 \times 10^{-3}$ Pa。另外,由于阳澄湖地区这两处水域pH值比较高,可直接达到设备应用要求,故未使用熟石灰或絮凝剂,也未使用臭氧发生器。在处理结束后可直接观测到该水域的“蓝藻水华”大部分被聚集于水面,水体的透明度明显提高。

另外,苏州市相城区环境监测站对该水域处理前后的水质进行了同步监测,监测结果见表1。从表1可见,应用该技术处理“蓝藻水华”的效果明显,处理完后藻密度处理效率一般可达85%以上,叶绿素处理效率达40%以上。

3.4 经济可行性分析

该设备价格为180万元人民币,可保障使用5年以上,即设备成本为980元/d;耗能为45 kW/h,如电费2元/kW,按8 h计,即720元/d;人员需要

表1 阳澄湖湾里水域处理前后水质监测结果

处理时间	示范水域	试验区域 编号	藻密度			叶绿素		
			处理前/ (万个·L ⁻¹)	处理后/ (万个·L ⁻¹)	处理效率/ %	处理前/ (mg·L ⁻¹)	处理后/ (mg·L ⁻¹)	处理效率/ %
2008年8月1日	方家堰河道	1#	9 300	1 300	86.0	56.7	32.3	43.0
		2#	8 500	1 180	86.1	49.5	27.6	44.2
		3#	6 100	840	86.2	43.8	24.7	43.6
		4#	3 600	510	85.8	38.9	22.6	41.9
2008年8月26日	湾里水域	5#	2 500	350	86.0	36.2	21.3	41.2
		6#	2 100	280	86.7	28.8	17.1	40.6

注:表中及文中涉及到的藻密度指标均为水面下0.5 m 亚表层测定值。

3人,若每人每天支付100元,合计300元/d。不考虑打捞费用、设备维修等不可估算的费用,以每天实际处理水量5万t计:980元+720元+300元=2 000元,即0.04元/t。如考虑絮凝剂、臭氧和其他不可预见的费用等,处理成本不超过0.1元/t。

3.5 该技术的实施应用条件

当藻类已形成水华,成片状或堆积,不需要采取该除藻技术,只需要人工直接打捞即可;当藻密度低于500万个细胞/L,属于藻类正常生长水平,对水源地不构成威胁,也不需要采取应急除藻技术。

“加压上浮法”应急除藻技术尤其对成丝带状或悬浮在水中的藻类颗粒作用明显,配以打捞设施能有效地解决早期“水华”打捞的难题。

在应用过程中发现,该方法对降低叶绿素指标水平效果并不理想,阳澄湖水域在爆发水华时虽然是以微囊藻为主,但优势并不明显,主要因为水体中存在以小型硅藻为代表的藻类群落,它们很难聚集于水面。而通过3年观测,太湖在水华爆发时期多以微囊藻群体为主,其他藻类种群较少,该方法应用效果更好^[10]。

4 讨论

通过对太湖流域各地区在“蓝藻水华”爆发时期采用的除藻技术的比较,可以看出目前使用的相关技术大多会引起二次污染,部分时效性差,费用高,对饮用水源地或特殊功能水域的藻类应急处理难以起到及时有效的作用。通过在苏州阳澄湖饮用水源地示范工程对“加压上浮法”应急除藻技术

进行的应用,得出以下结论,“加压上浮法”应急除藻技术在使用中对“蓝藻水华”的去除效果明显,可使藻密度、叶绿素等相关指标明显降低,水体的透明度得到明显提高,除藻效果达到了国内领先水平。

该技术虽然在应用原理上已经相当成熟,但藻类水华分布在水中,含水量较大,打捞出来后水路运输效率较陆路低很多,另外,目前该技术设备仅能用于近岸处操作。因此,建议设备向小型化发展,以便能适应船上操作;功率须适当加大,以增加处理面积;应配套完善的打捞、收集与压缩烘干设备,以便更为灵活机动地解决局部水华污染问题。

[参考文献]

- [1] 孔繁翔,高光.大型浅水富营养化湖泊中蓝藻水华形成机理的思考[J].生态学报,2005,25(3):589~595.
- [2] 唐宝莲,蒋岚,宋海燕.蓝藻治理对策建议[J].江苏科技信息,2008(1):27~29.
- [3] 徐恒省,洪维民,王亚超等.太湖蓝藻水华预警监测技术体系的探讨[J].中国环境监测,2008,27(2):62~65.
- [4] 董军,施永生.除藻技术的现状分析及展望[J].水科学与工程技术,2007(4):34~36.
- [5] 过龙根.除藻与控藻技术[J].中国水利,2006(17):34~36.
- [6] 马国红,杜兴华.除藻技术应用现状及发展[J].渔业现代化,2007,34(4):25~27.
- [7] 张秋生,李三中.湖泊水除藻技术初探[J].深圳大学学报:理工版,2002,19(1):76~82.
- [8] 舒天阁,苑宝玲,王少蓉.低功率超声波去除铜绿微囊藻技术[J].华侨大学学报:自然科学版,2008,29(1):72~75.
- [9] 王永,杨硕,陈艳荣.除藻技术及藻类的综合利用研究[J].山西建筑,2008,34(26):30~31.
- [10] 刘培启,胡文容,李力.水源水除藻研究中藻类监测方法的选用[J].环境监测管理与技术,2002,14(3):29~30.