

太湖湖泛预警监测系统及治理技术探析

龚 慧¹, 姚 敏², 邵飞燕¹, 汪 珊¹

(1. 江苏省水文水资源勘测局常州分局, 江苏 常州 213000;

2. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029)

摘要: 目前, 太湖蓝藻水华特别是太湖湖泛已成为全社会广为关注的一个热点水环境问题。研究表明, 蓝藻爆发是一个缓慢的过程, 通过采用恰当的预警监测技术, 并开展行之有效的防范治理, 可对蓝藻水华现象进行控制, 甚至消除。本文主要介绍了蓝藻水华预警监测技术, 并结合太湖实际情况建立了一个太湖湖泛预警监测系统, 并提出了相应的蓝藻水华治理方法。

关键词: 太湖; 湖泛; 预警监测; 治理

中图分类号: X835

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 08-0052-04

Analysis of warning monitoring system and control technology for black water cluster in Taihu Lake

GONG Hui¹, YAO Min², SHAO Feiyan¹, WANG Shan¹

(1. Changzhou Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Changzhou 213000, Jiangsu; 2. Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210029, Jiangsu)

Abstract: At present, blue-green algae bloom in Taihu, especially black water cluster, has become a hot spot of concern for the whole society. Studies have shown that blue-green algae outbreaks are a slow process, which can be controlled, even eliminated, by appropriate early warning monitoring techniques and effective preventive treatment. This paper mainly introduces the cyanobacteria bloom warning monitoring technology. Combining with the actual situation of Taihu, a Taihu Lake flood early warning monitoring system is established. The corresponding cyanobacteria bloom water treatment method is put forward.

Key words: Taihu; black water cluster; early warning monitoring; governance

自2007年5月28日太湖蓝藻爆发并继发湖泛以来, 太湖蓝藻水华已成为社会普遍关注的水环境焦点问题之一。作为水源地, 太湖水质的好坏关系到人民群众的身体健康, 关系到人民群众的切身利益, 故更应该得到重视。水华(Algal Blooms)指淡水水体中藻类大量繁殖, 使水体呈现蓝色或绿色的一种生态现象。水华是目前淡水系

统的主要环境难题^[1], 太湖蓝藻水华其实就是微囊藻水华。湖泛是指在湖岸边、入湖口和湖汊聚集的蓝藻与发酵上浮的淤泥相混合, 在厌氧状态下分解造成水质发黑发臭的现象。湖泛通常是由蓝藻水华引起的。

通常人们以为蓝藻的爆发具有瞬时性、不可预测性^[2]。然而研究发现, 蓝藻爆发是个漫长的、可

收稿日期: 2017-05-03

作者简介: 龚慧(1982-), 女, 工程师, 硕士, 主要从事水质监测与评价等工作。

以预测的复杂的生物、化学及物理共同作用的结果。它是水体中已存在的藻类在合适的条件下聚集、上浮至水面的过程。一般而言水华的形成是分阶段进行的^[3], 详见表 1。不同的时间段, 蓝藻生长有不同的影响因子, 相关部门可以根据这些影响因子制定针对性的预警及治理方案。

表 1 蓝藻水华阶段介绍

时间	11 月 ~ 2 月	3 月 ~ 4 月	4 月 ~ 9 月	5 月 ~ 10 月
阶段	休眠及衰亡	复苏	生物量增加	积聚及上浮
主要影响因子	黑暗、低温	溶解氧、温度、营养	光合作用需要的能量及物质	水文及气象条件

1 蓝藻水华预警监测技术

从上述介绍可知, 蓝藻爆发是水体生物、化学及物理过程的共同作用结果, 且机理相当复杂多变, 故要及时且准确的预警蓝藻爆发是一个非常庞大复杂的工作, 需多种理论及技术支持^[4]。常见的蓝藻预警监测技术如下:

1.1 人工现场监测

作为最原始的监测方法, 人工现场监测是一种最直观且最有效的监测技术。蓝藻爆发时水体中会有大量藻类颗粒增大并聚集在一起, 水体的颜色会由碧绿色变为黄绿色, 最后变为灰黄色, 最后湖面上出现一层厚厚的蓝藻。蓝藻爆发后, 若藻类开始死亡, 藻类中间会出现白色泡沫并有腥臭味出现。因此可以在取水口 5 公里范围布置监测点, 监测点呈扇形, 每周进行一次人工现场嗅觉及视觉监测。同时使用相关仪器对水质进行现场监测, 如水温、溶解氧、pH 值、叶绿素及蓝绿藻密度等。若检测结果异样, 则采集水样带回实验室做进一步分析。

1.2 水质自动在线监测

当检测水体中出现可见藻类颗粒之后, 应密切关注相关水质参数, 特别是溶解氧含量^[5]。若检测发现溶解氧含量迅速增加, 远远超过历史同期值, 这说明藻类迅速繁殖, 此时应加强监测, 若之后溶解氧急速下降至零左右, 这时藻类大量死亡, 水中充满了释放的藻毒素, 是最高警戒状态^[6]。在此预警监测过程中, 水质自动在线监测每四个小时监测一次, 包含浊度、水温、pH 值、总氮、总磷、溶解氧、叶绿素等水质指标, 尤其关注溶解氧

含量的变化。

1.3 卫星遥感监测及气象观测

在预警监测蓝藻水华中, 由于成本低、可动态监测、宏观性等特征, 卫星遥感监测技术具有常规监测不可替代的优点^[7]。该技术既可以动态监测, 又可以满足大范围监测工作的需要。故实际预

警监测时, 可利用相关卫星遥感资料进行解释, 并利用光谱水质模型反演整个过程, 并结合太湖的实际气象资料, 预判蓝藻可能发生水域、面积、移动方向等^[8]。

1.4 实验室分析监测

(1) 监测藻毒素

目前, 我国饮用水标准及国际相关部门已明确要求藻毒素含量小于等于 1 $\mu\text{g/L}$, 故能通过监测藻毒素含量预警蓝藻爆发。水源地中藻毒素可从毒性上进行分类, 分为内毒素、神经毒素及肝毒素。目前最常见的是铜绿微囊藻, 该藻有霉腐味且伤害肝脏。因而需对该藻类进行监测, 维护水源水质安全。

(2) 监测藻群落结构

太湖蓝藻爆发前, 水中藻类优势种群为隐藻, 而蓝藻爆发后, 水中藻类优势种群就变为了微囊藻^[9]。故可以通过分析藻类优势种群、藻类数量及叶绿素含量预警蓝藻水华的爆发。目前监测的重点是异味藻, 不同的异味藻产生的异味程度不尽相同, 可以作为简单便捷的一个监测内容。如隐藻等异味藻的异味通常比较弱, 而囊藻等异味藻的异味通常比较大。

(3) 计算机模拟

目前已有一些水质生态模型用于推测蓝藻的爆发, 如 WASP 等, 并已开始运用人工神经网络和决策树方法预测蓝藻爆发。这些高科技的应用, 可以更准确及时的预测蓝藻爆发, 但目前仍存在很多问题, 仍有很大的发展空间, 政府及相关部门应该加强对这一部分的支持, 鼓励更多的研究者参与, 做出更好的模型, 为预测蓝藻爆发做出更大的

贡献。

2 太湖湖泛预警监测专门系统

结合太湖所处地理环境、现有数据积累及已有预警经验,可建立太湖湖泛预警监测专门系统。

一是确立例行监测与加密监测相结合。根据蓝藻生长规律,例行监测可安排在每年11月至次年4月,加密监测可安排在每年4~11月,加密监测每天一次,例行监测的监测频率可酌情安排。

二是确立人工监测与自动监测相结合。太湖蓝藻爆发机理复杂且情况多变,在近岸湖湾区及避风港口区爆发现象尤为突出,必须强化监测。因此在水华多发季节,4~11月可采用人工监测和自动监测相结合的方法^[10];而在11月至次年4月,则可采用自动监测配合人工监测的方式。

三是拓展卫星遥感及计算机模拟技术。卫星遥感监测技术具有一般监测不可替代的优点,与气象资料相结合,并采用计算机模拟技术,将会如“天气预报”般预测未来几日甚至数日的蓝藻生长状况。目前这一领域的开发和应用还有待更多的研究者参与和突破^[11]。

四是突出实验室浮游植物监测研究。可通过持续开展浮游藻类的调查监测工作,并同步开展常规水质监测,通过分析藻类优势种群、藻类数量及叶绿素含量,研究太湖水华特别是湖泛现象与相关藻类种群的关联性、与水中理化指标的关联性,开展太湖湖泛成因研究。

自2013年起,江苏省水环境监测中心苏州、无锡、常州等3个分中心已相继开展太湖浮游藻类监测,并编制季度藻类分析报告,积累了大量的原始数据,可为后续开展太湖湖泛预警监测提供依据和参考。

3 太湖蓝藻水华治理技术

综合考虑太湖地理位置、苏锡常经济实力及国内外类似的治理实例,可以从以下几个方面出发,以期最大程度上控制蓝藻水华,达到消除太湖湖泛的目的:

3.1 加强领导,提高保障

治理蓝藻水华是一个漫长且复杂的过程,需要社会各界相互协调,密切合作,太湖流域机构要统筹安排,加强领导,有机协调各方共同参与。一

方面要保障有足够的人才资源和资金资源,确保研发出新设备及新技术,并持续治理蓝藻;一方面要完善太湖防治法律法规,规范环太生产、生活行为,有效控制太湖污染源。

3.2 打捞蓝藻

打捞蓝藻可以直接除去蓝藻及其所含的氮磷及其他有机污染物,因此可以明显改善水质。目前,大规模的蓝藻打捞工作以机械打捞为主。可利用移动式打捞及藻水分离船在远湖进行打捞蓝藻工作;可利用吸藻打捞船用吸藻泵在近湖打捞蓝藻,并送到蓝藻储运船;可以在湖边建立打捞平台、使用吸藻泵,利用网等工具打捞蓝藻。为减少二次污染、投资及场地,打捞完蓝藻后需进行藻水分离,并进行资源化处理。太湖目前采用“德林海”藻水分离技术。

3.3 阻止外源,控源截污

可以从阻止外源及控源截污两方面入手。阻止外源可从提高污水处理能力和分区分片治理两方面进行。提高污水处理能力可以通过提高新建污水管道、污水厂的污水排放标准,减少入湖负荷;分区分片治理是指以环太湖河流及其两边汇流区为单位,分批关闭该区域的全部入河排污口,减少氮磷类污染物的排放,最终达到零排放。控源截污是指控制和减少外源污染物入湖,可以通过减少生活、生产及地表径流中氮磷的污染达到控制蓝藻营养源的目的。

3.4 生态清淤

调查发现,太湖的底泥中氮磷含量逐年增大。采用生态清淤可达到直接清除富余有机物的目的。生态清淤可应尽量做到少干扰水体,并且要连续进行,清淤处理的面积不可以过小。生态清淤还应该考虑水生植物的光合作用和耐水深度,要考虑后续的生态修复工作,且要防治泥浆二次污染水体。此外生态清淤要注意时效性,不是一劳永逸,每8~15年生态清淤一次。当整体生态环境良好时可不再生态清淤。

3.5 变废为宝

蓝藻被打捞到地面后就是一种垃圾,但垃圾同时也是放错地方的资源,故可以变废为宝,对蓝藻进行资源化利用,使其发挥资源、经济及社会价值。迄今为止,蓝藻的资源化利用主要有下面几个方面的应用^[12]:生产有机肥料,蓝藻可以作为农田的有机肥料,改善土质;生产沼气,可以将蓝

藻变为沼气进行发电等工作;生成生物塑料,国际上已有从事蓝藻生成生物塑料的公司,并取得了不错的经济收益,这将是未来很好的一个产业方向,政府和相关部门可以引导并支持该产业的大力发展,解决污染的同时增加GDP;生产饲料,将蓝藻除去毒素后加碳酸盐中和,晒成干粉成为饲料;提取藻蓝蛋白,藻蓝蛋白可以作为食品添加剂,也可制作成高级化妆品,还可以抑制癌细胞的生长,有很高的医学价值和商业价值;提取生物柴油,这可以解决资源短缺问题,用于农业和工业生产中。

3.6 水生态重建

一个健康的水生态系统可以有效减少氮磷及其它有机物含量,并可以减少悬浮物、固定底泥、净化水质及抑制蓝藻生长。水生态重建是指通过一系列措施使已遭破坏的水生态系统得到修复或恢复,最终达到甚至超越原有的水生态水体,并可以长久稳定的保存。也被称为水生态修复。重建太湖生物及水体是重建太湖水生态系统的两个有机组成部分。重建太湖生物系统可以通过增加动物、植物、藻类及其他生物的多样性来实现。重建太湖水体系统是指通过一系列方法改善水质,使水质达到相关标准。水生态重建需要较长时间才会见效,但长久而言将是最行之有效的方法。

3.7 生态调水

生态调水是指在保证无洪涝的前提下,根据相关工程通过一系列人工手段合理地调水,改变或调整水流方向、流量及流速,从而增大环境容量、自净能力及减少入湖负荷,最终保护水质及环境。目前,生态调水是治理太湖蓝藻的主要措施之一,并取得了不错的效果。

4 结论

自太湖蓝藻爆发并继发太湖湖泛以来,太湖蓝藻水华问题已成为社会普遍关注的水环境问题。由于蓝藻的爆发是一个长期过程,故对蓝藻进行预警监测切实可行且意义重大。蓝藻水华的

治理是一个复杂的过程,需多方合作。本文主要介绍了太湖蓝藻水华的预警监测技术:人工现场监测、水质自动在线监测、卫星遥感监测及气象观测、藻毒素监测之类的实验室监测技术等,并结合太湖实际情况提出了可行的预警监测方案和防治方法。当然,目前太湖蓝藻水华的预警和治理还存在一系列问题,未来可通过更多研究者的努力和创新研发出更为成熟和有效的预警技术及治理方法,还太湖一片清澈。

参考文献:

- [1] 朱喜. 太湖蓝藻大爆发的警示和启发[J]. 上海企业, 2007(7):7-9.
- [2] 王扬才, 陆开宏. 蓝藻水华的危害及治理动态[J]. 水产学志, 2004, 17(1):90-94.
- [3] 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.
- [4] 胡德荣, 杜进富, 汪艺朋. 蓝藻的危害与治理[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2007, 28(4):50-53.
- [5] 安克敬. 水体中溶解氧的含量变化及相关问题[J]. 生物学教学, 2005, 30(6):70-71.
- [6] 李军, 陈程. 总氮总磷在线自动监测仪的现状与问题[J]. 中国环境监测, 2013, 29(2):156-158.
- [7] 吴传庆, 王桥, 杨志峰, 等. 太湖水华的遥感分析[J]. 中国环境监测, 2007, 23(3):52-56.
- [8] 丰江帆, 滕学伟, 张宏, 等. 基于GIS的太湖蓝藻预警系统研究[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(2):60-62.
- [9] 张杭君, 张建英, 陈英旭, 等. 微囊藻毒素含量与自然水体环境影响因子的相关性[J]. 环境科学, 2006, 27(10):1969-1973.
- [10] 张江龙. 在线水质自动监测系统的的基本构成和功能[J]. 厦门科技, 2007(3):54-55.
- [11] 曾勇, 杨志峰, 刘静玲. 城市湖泊水华预警模型研究——以北京“六海”为例[J]. 水科学进展, 2007, 18(1):79-85.
- [12] 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, 24(2):62-65.

(责任编辑: 华智睿)