

再生水景观利用水华预警监测技术体系探讨

文 / 赵珊¹ 李安娜¹ 周军¹ 甘一萍¹ 周律² 刘晶晶²

(1 北京城市排水集团有限责任公司 北京 100022;

2 清华大学 环境科学与工程系 北京 100084)

摘要: 城市再生水景观回用的主要问题是水体富营养化导致水华的暴发, 水体一旦暴发水华, 将导致水体透明度下降, 溶解氧降低, 水生植物和鱼类大量死亡。前人研究表明水华是一个缓慢、可以预测的过程。但是藻计数、叶绿素等藻类指示指标的测定繁琐、耗时、昂贵, 因此本研究重点研究藻类生长与常规检测数据(pH、DO)的关系, 通过常规检测数据的变化简便快捷预测藻类生长的状态。本课题研究结果表明: $DO \geq 8.38 \text{ mg/L}$ 、 $\Delta DO \geq 5 \text{ mg/L}$; $pH \geq 8.5$ 、 $\Delta pH \geq 0.5$ 是四个主要预测指标。预测指标的最大值出现在16:00–18:00, 最小值出现在08:00–09:00。如果检测指标都达到上述标准, 即需对景观水体进行抑藻处理, 防止水华大面积暴发。

关键词: 再生水 景观利用 水华预警

一、前言

我国水资源严重短缺, 根据2002年的统计数据, 中国共有市级以上城市668个, 其中缺水城市400多个, 严重缺水城市136个, 严重缺水城市涉及到18个省、自治区及直辖市。且人均水资源量逐年递减, 2007年的人均水资源量仅为2000年的87%^[1]。为了解决我国日益缺水的严峻局面, 污水再生利用成为万众瞩目的焦点, 再生水成为了城市的“第二水源”。再生水回用于景观环境是满足缺水城市对于娱乐性水环境需要而发展起来的一种再生水回用方式, 也是完成水生

态循环的自然修复与恢复的最佳途径^[2]。但是藻类过度生长导致的水华问题严重地困扰着再生水的景观利用。

水华又称“水花”或“藻花”, 通常是指淡水池塘、河流、湖泊、水库等水体受到污染, 氮磷等营养物质大量增加, 致使水体达到富营养化或者严重富营养化状态, 在一定的温度、光照、水流流速等条件下, 引起明显的水色变化, 并在水面形成或厚或薄的绿色或其他颜色的藻类漂浮现象^[3]。虽然人们通常认为水华是在很短时间内暴发、难以预测。但研究表明^[4], 这种突

然出现的“水华”只不过是已存在、分散在水体中的藻类群体在适宜条件下的上浮、聚集、迁移至水面并为人们肉眼所见的过程, 而非藻类在短时间内连续的快速生长所致。因此, 从本质上看“水华”显然是一个缓慢、可以预测的过程。本课题重点研究藻类生长与pH、DO之间的关系, 以期用常规检测数据预测藻类的生长状态。

二、试验基地与分析项目

1、试验基地

试验基地为研发中心景观湖, 湖水面积100m², 水深1m。

表1 景观湖检测项目及方法列表

序号	项目	所用检测仪器或方法
1	水温	哈希公司 P53型pH/ORP 分析仪, 记录时间间隔: 1min
2	pH	哈希公司 P53型pH/ORP 分析仪, 记录时间间隔: 1min
3	DO	哈希公司 sc100™ LDO™ 溶解氧在线分析仪, 记录时间间隔: 1min
4	藻计数	显微镜和血球计数板
5	优势藻	显微镜和血球计数板

水流形态: 低进高出。

2、分析项目及方法

根据《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)的规定调节景观湖水质和水力停留时间。试验时期: 2010年5月-2010年10月。试验初期从实际湖水中引入部分原水(通过镜检, 优势藻种为水网藻、小球藻), 作为藻种来源。检测项目及方法如表1所示。试验周期为一个月, 在此期间藻类经历适应、增长、衰亡等阶段。在本年度实验中, 共进行了四个周期的重复实验。以2010年9月2日至2010年10月7日这一周期的数据作为代表, 进行数据分析。

三、数据分析

1、水温与藻类生长的关系

藻类在进行光合作用时, 要求一定范围的温度。温度直接影响藻细胞内酶的活性, 在温度上

升或下降时, 足以促进或减弱光合作用, 从而影响了藻类的生长和繁殖; 多数藻类的最适生长温度为18~25℃, 其中蓝藻最适温度为20~35℃, 绿藻的最适温度为25~30℃。

景观湖内的温度变化趋势如图1所示。在试验进行过程中从2010年9月3日到9月19日温度基本维持在25℃左右, 从2010年9月20日开始下降, 最低温度达到18.9℃。试验过程中温度的急剧降低直接抑制藻类水华。

2、DO与藻类生长的关系

溶解氧是水体与大气交换平衡, 以及经化学和生物化学反应后, 溶解在水中的氧。洁净水体的溶解氧一般接近饱和。如果水体受有机物和还原性物质污染时, 溶解氧会低于饱和值。此外水体中藻类进行光合作用产生O₂和呼吸作用产生CO₂, 所以溶解氧是反映水体水质的重要指标^[5, 6]。

25℃时氧在蒸馏水中的溶解度为8.38mg/L^[7]。受到有机物污染的景观水体溶解氧本底值应低于此值。但从图2(试验水体溶解氧的变化曲线图)可知, 在试验过程中, DO值始终大于8.38mg/L, 说明水体中存在藻类。并且, 景观湖中的DO未因2010年9月20日的降温而有明显改变, 这说明降温导致藻类沉伏于水底, 但并未杀死藻类, 藻类仍有发生水华的可能。含藻水体DO的昼夜变化也呈现明显规律, 如图3所示。DO最大值出现在16:00-18:00, DO最小值出现在08:00-09:00, ΔDO指标可设定为此两点差。在水华暴发期间, 昼夜溶解氧差值维持在5mg/L左右。

3、pH与藻类生长的关系

袁元^[8]等人的研究表明: 水中植物作用导致pH值周期变化。水体中的碳酸盐与重碳酸盐的相互转换导致pH值的昼夜变化。白天, 气温高, 日照强, 植物的光合作用强, CO₂气体的消耗也大; 夜晚, 随着日照的减弱, 气温逐渐降低, 植物的光反应也渐渐减弱, CO₂的消耗也在减少, 水体逐渐恢复原有的碳酸盐平衡。

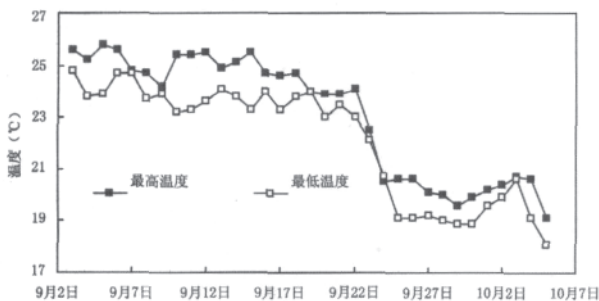


图1 景观湖水温变化曲线

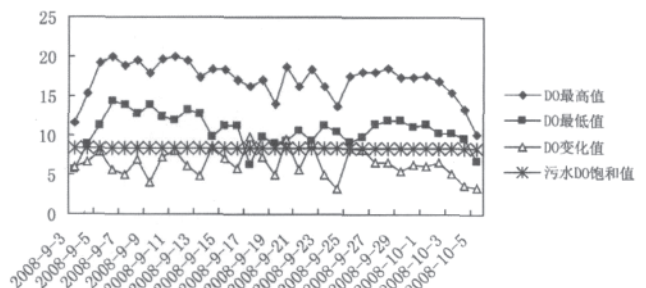


图2 溶解氧变化曲线

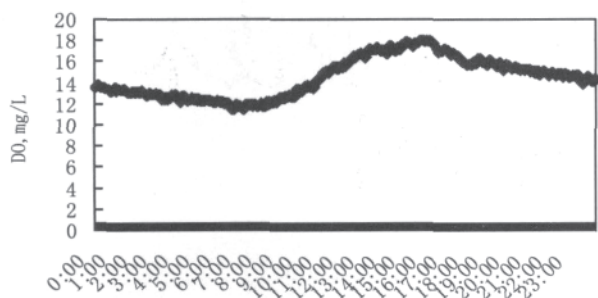


图3 溶解氧日变化曲线

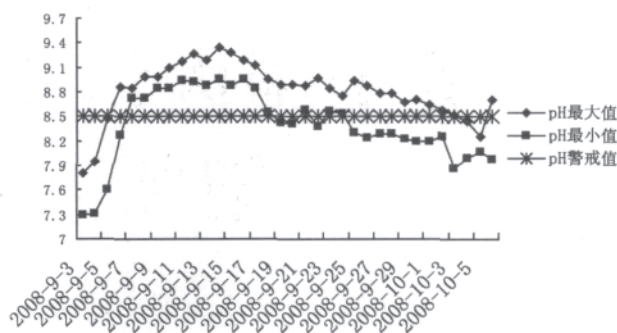


图4 pH变化曲线

含藻水体在白天进行光合作用时,产生大量的氧,使水体呈过饱和状态,并使水体pH值升高,过饱和程度越高,pH值升幅也越大,两者协同变化,形成联动效应^[9]。在本试验中也发现DO的变化规律同样适用于pH值。pH值始终大于8.5, $\Delta \text{pH} \geq 0.5$,水中藻类大量繁殖。

四、结论与展望

本课题由北京城市排水集团有限责任公司承担,隶属于“北京城市再生水水质提高关键技术与集成示范”课题(课题编号:2008ZX07314-008)。通过对研发中心景观湖的连续监测和分析,得出以下结论:

1、“水华”显然是一个缓慢、可以预测的过程,肉眼看到的水华仅是已存在、分散在水体中的藻类群体在适宜条件下的上浮、聚集、迁移至水面的表象。在水华发生前可以通过常规水质指标检测值的变化来预测藻类生长,提早做出预防措施,避免水华造成危害。

2、含藻水体在白天进行光合作用时,产生大量的氧,使水体呈过饱和状态,DO升高。碳酸盐与重碳酸盐的相互转换导致

白天水体pH值升高,两者协同变化。藻类大量繁殖的预测指标: $\text{DO} \geq 8.38 \text{mg/L}$ 、 $\Delta \text{DO} \geq 5 \text{mg/L}$; $\text{pH} \geq 8.5$ 、 $\Delta \text{pH} \geq 0.5$ 。预测指标的最大值基本出现在16:00-18:00,最小值基本出现在08:00-09:00,若无现场在线检测仪器,日变化值可设定为两者之差。如果检测指标都达到上述标准,即需对景观水体进行抑藻处理,防止水华的暴发。

3、在这种高pH值及pH值呈周期性变化的水环境中,某些水生生物是难以适应的,会形成特定的生物种群结构。因此,在准确预测藻类生长状态的基础上,未来景观湖经过人工模拟技术应恢复成生态系统。利用生态系统各环节之间的相互促进、相互制约的关系,利用细菌、浮游生物、水生植物、鱼类等的共同作用抑制藻类的过剩繁殖,防止水华暴发。[所属课题:北京城市再生水水质提高关键技术与集成示范(课题编号:2008ZX07314-0080)]

参考文献

- [1] 水资源情况(2000-2007年). 中华人民共和国国家统计局
- [2] Reed, Sherwood C, Ronald W

Crites and E Joe Middle brooks. Natural systems for waste management and treatment[M]. New York, Lewis Publishers, 1995.

[3] GAMINI H. Freshwater Algal Blooms and Their Control; Comparison of the European and Australian Experience [J]. Journal of Environmental Management, 1997, 51: 217-227

[4] 徐恒省, 洪维民, 王亚超, 翁键中, 李继影. 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.

[5] 王正方, 张庆. 长江口溶解氧赤潮预报简易模式[J]. 海洋学报, 2000, 22(4): 125-129.

[6] 王蕾, 杨敏, 郭召海, 张昱, 姜颖, 樊康平. 密云水库水质变化规律初探[J]. 中国给水排水, 2006, 22(13): 45-48.

[7] 张自杰主编. 排水工程(下册). 北京: 中国建筑工业出版社, 2000

[8] 袁元, 钟鸿雁. 水生植物对水体pH值影响的原因探究[J]. 江西化工, 2008(2): 62-64.

[9] 王庆安, 孙铁珩等. 多藻浅水体中pH值和溶解氧协同周期性变化初探[J]. 四川环境, 2001, 20(2): 4-7, 29.