

再生水景观水体色度和臭味控制研究

周军¹ 于德森² 白宇¹ 刘晓霞³ 甘一萍¹ 马军²

(1 北京城市排水集团有限责任公司,北京 100061; 2 哈尔滨工业大学,哈尔滨 150090;

3 北京科技大学,北京 100083)

摘要 对再生水景观水体的色度和臭味进行测定,分析 DePAT 系统对其色度和臭味的处理效果。研究表明,DePAT 系统中旁滤单元对色度有较强的去除能力,但湖水中色度仍出现积累,这主要是由于藻类和悬浮物所引起的;DePAT 系统对臭味物质 MIB、IPMP、TCA 均具有很强的去除能力。

关键词 再生水 景观水体 色度 臭味 表色 DePAT 系统

色度和臭味是人类评价水体水质最早的指标之一,也是直接反映水质好坏程度的重要参数。近年来,由于水资源的匮乏,再生水在人们的生产生活中得到广泛的应用,再生水回用于景观水体也日益引起人们的重视。再生水景观水体一般具有流动性差、自净能力较差、污染物含量高且不断积累等特点^[1]。这些性质易使水体产生色度积累、散发令人不愉快的气味,使水体失去观赏功能,自身的景观美学价值大减。再生水景观水体中普遍存在色度和臭味过高的问题,如何解决是我们面临的重要任务^[2,3]。

1 试验材料和方法

本试验以北京城市排水集团有限责任公司(以下简称“北京排水集团”)培训中心景观湖为研究对象。该水体以高碑店污水处理厂经混凝—沉淀—深度处理的再生水为原水和补水,湖体积 600 m³,平均水深 1 m。再生水水质见表 1。景观湖采用 DePAT 系统循环处理,试验时间从 6 月 25 日~7 月 11 日。检测湖水中色度和臭味的含量并分析色度的变化趋势,水温为 24~27℃。

表 1 高碑店污水处理厂再生水水质

项目	范围	平均值
TN/ mg/L	15.0~23.7	20.4
TP/ mg/L	1.6~4.6	3.4
BOD ₅ / mg/L	2.0~9.1	5.7
浊度/ NTU	1.0~3.6	2.2
色度/ 度	15~35	26
藻类计数/ 个/L	1.27 ×10 ⁵ ~5.73 ×10 ⁵	3.18 ×10 ⁵
粪大肠菌群/ 个/L	2.40 ×10 ⁵ ~7.20 ×10 ⁶	1.88 ×10 ⁶

DePAT 系统是北京排水集团自主研发,用于控制景观水体富营养化和“水华”现象的处理维护工艺,由水处理旁滤单元、水力条件改善单元及生态改善单元三部分组成,是多种处理工艺的组合系统^[4]。在处理过程中 DePAT 工艺各部分可以形成多级屏障效应,发挥协同作用,有效改善景观水水质,抑制“水华”暴发,美化生态环境。

根据现场试验条件,旁滤单元采用混凝沉淀过滤[机械加速澄清池(以下简称“机加池”)—砂滤池]工艺或慢滤工艺,其循环处理流量分别为 6 m³/h 和 1.2 m³/h。混凝剂采用 PAC,投量为 50 mg/L;滤后水投加 ClO₂ 4.2 mg/L,起到消毒和杀藻作用;慢滤池采用石英砂和石灰石双层填料。

水体中显色物质是多种多样的,主要分以下几类:显色有机物、藻类和悬浮物、可溶性显色离子及其与有机物形成的螯合物等。它们之中有溶解于水中产生的色度,称为真色;也有悬浮在水中的产生的色度,称为表色。由于色度的组成复杂,将所有显色物质检测出来是很困难的,因此本试验采用标准铂钴标准比色法,测定水体所有显色物质呈现的色度集合^[5,6]。

景观水臭味可分为两类:一类是天然发生的异臭,另一类是人为产生的异臭。再生水景观水体发生异臭的原因主要是藻类和放线菌的生长。通常在温度较高、日照充足、营养丰富、湖底泥不断积累的情况下,藻类和放线菌生长旺盛,分泌出臭味物质,造成湖水有土霉味和鱼腥味^[7,8]。臭味的测定分为感官分析法和仪器分析法,感官分析法依靠人的

嗅觉直接对水样进行测定,设备和操作简单,便于现场的测定,但由于检测者的主观差异,分析结果不够准确,有较大的差异性^[9]。试验中采用气相色谱-质谱联用仪对水样中的主要 4 种臭味物质:2-甲基异茨醇(2-Methylisoborneol, MIB);2-甲氧基-3-异丙基吡嗪(2-Methoxy-3-isopropyl-pyrazine, IPMP);2-甲氧基-3-异丁基-吡嗪(2-Methoxy-3-isobutyl-pyrazine, IBMP);2,4,6-三氯苯甲醚(2,4,6-Trichloroanisole, TCA)进行了定量检测。检测仪器为美国 Aglient 公司 6890NGC-5973NMS。表 2 为检测的臭味物质的分子式及嗅阈值^[10]。

表 2 臭味物质的分子式及嗅阈值

臭味物质	MIB	IPMP	IBMP	TCA
分子式	C ₁₁ H ₂₀ O	C ₈ H ₁₂ ON ₂	C ₉ H ₁₄ ON ₂	C ₇ H ₅ OCl ₃
摩尔质量/g/mol	168	152	166	222
结构式				
嗅阈值/ng/L	29	7	2	2

2 试验结果与分析

2.1 色度

试验结果见图 1。通过图 1 可以明显看出,景观湖水中的色度随着时间的延长逐渐升高。试验初期 6 月 26 日时湖水色度为 30 度,符合再生水景观水体的水质标准;而在试验结束时湖水中的色度已经上升到 50 度,其中在 7 月 5 日时色度最大达到 70 度,远超过国家景观用 C 类水质标准。再生水景观湖此时呈现色度累积现象,过高的色度表明湖水水质恶化,景观湖丧失了美学景观效应。

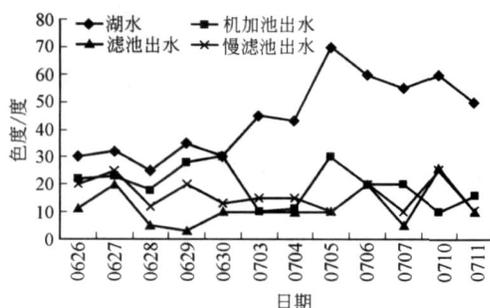


图 1 湖水与旁滤各工艺出水色度变化趋势

在景观湖旁滤系统中,混凝沉淀是通过絮凝作用形成较大的絮体,经沉淀后将污染物从水中去除,藻类、悬浮物、胶体有机物以及金属离子螯合物等都可在混凝沉淀中去除,表现为对真色和表色均有一定处理效果。砂滤池和慢滤池对色度的净化机理主要是物理机械截留作用,主要可去除藻类、悬浮物等粒径较大的污染物,对表色具有较强的去除能力,对真色的去除效果有限。在图 1 中湖水经过混凝沉淀过滤或慢滤处理后,出水的色度稳定,没有随湖水色度增加而升高,湖水中色度物质容易被旁滤单元去除,因此色度的增大可能是由藻类、悬浮物等污染物产生的表色引起的,旁滤单元所采用的处理工艺对表色均有较好去除能力,经过砂滤池或慢滤池后色度始终低于 20 度。由于循环处理水量过小,与湖水量相比仅为 1/100,因此无法有效地抑制湖水中表色的积累。

图 2 和图 3 为试验期间湖水藻类和浊度的变化趋势,我们观察到,藻类和浊度的变化趋势同色度相同。在 7 月 4~6 日,湖水藻类计数和浊度同色度一样均出现峰值,并且均升高一倍左右,藻类从 3.0×10^7 个/L 增长到 5.6×10^7 个/L,浊度由 15 NTU 升高到 27.5 NTU。这同样可说明色度的升高主要原因是表色的升高,即藻类的生长和悬浮物的增加。混凝沉淀过滤对藻类的去除率为 97.3%,对浊度的去除率为 93.9%;慢滤池对藻类的去除率为 95.9%,对浊度的去除率为 95.0%。旁滤系统各工艺对藻类和浊度等可增加水体表色的污染物有非常好的去除效果。

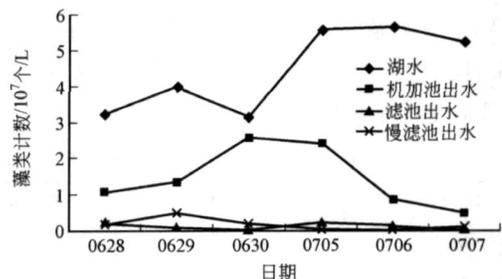


图 2 湖水与旁滤各工艺出水的藻类计数变化趋势

从再生水景观湖体来看,DePAT 系统还不能有效地控制水中色度的升高,主要是对表色的整体处理效果还不够,还需采取一些强化 DePAT 处理系统的手段。

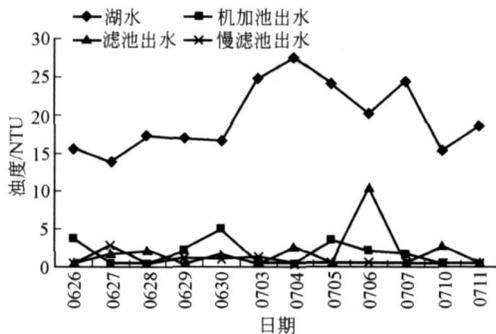


图3 湖水与旁滤各工艺出水的浊度变化趋势

2.2 臭味

试验分别对景观湖水、再生水和生物处理二级出水所含臭味物质进行检测,检测结果见表3。

表3 测定臭味物质的含量

景观湖水		再生水		二级出水	
臭味物质	浓度/ng/L	臭味物质	浓度/ng/L	臭味物质	浓度/ng/L
IPMP	< 0.1	IPMP	0.722	IPMP	1.352
IBMP	7.981	IBMP	7.598	IBMP	5.744
MIB	2.731	MIB	11.205	MIB	21.497
TCA	< 1.0	TCA	1.352	TCA	2.039

由表3可看出,生物处理二级出水中臭味物质含量均较高,IBMP、TCA均超过嗅阈值,可以明显闻出强烈的土霉味和腐臭味。再生水中臭味物质含量有所下降,混凝沉淀过滤对臭味有一定的去除效果,但去除率较低,在50%以下,特别是经过常规工艺处理后,IBMP不但没有下降反而上升,可能是由于混凝剂刺激藻类或放线菌释放IBMP,但无法完全使其形成絮体沉降下来,因此再生水中也会有臭味。在景观湖水中,臭味物质IPMP、MIB、TCA含量会大幅度减少,其含量则远低于嗅阈值,DePAT系统具有较强控制臭味能力。同样在湖水中,IBMP也出现了升高。旁滤处理、生态植物净化和水力循环系统对IBMP也没有明显改善,DePAT系统对IBMP去除速度小于其生成速度,此时湖水中会因为IBMP的含量较高(7.981 ng/L)而产生臭味。

要完全控制臭味,可调整DePAT系统中的旁滤工艺,选用对臭味具有较强去除能力的活性炭吸附工艺或臭氧氧化工艺,另外强化除藻也是控制臭味的重要措施。

3 结论

(1) 色度和臭味过高一直是再生水景观水体普遍存在的问题,由于水体中污染物含量通常较高,如营养盐、有机物、藻类等,传统的水处理工艺无法有效地控制色度和臭味。

(2) 在DePAT循环处理系统中,旁滤单元混凝沉淀过滤或慢滤池对色度均有较好的去除能力。湖水中色度出现了累积现象,从30度增至50度左右,色度升高主要是由于藻类和悬浮物的增加造成的,此时色度主要以表色为主。

(3) 高碑店污水处理厂生物二级出水中有明显的臭味,再生水中仍有一定臭味,经过DePAT系统处理后臭味物质IPMP、MIB、TCA远低于嗅阈值,IBMP含量略有上升,IBMP是湖水中臭味的主要来源。

(4) 根据湖水中色度和臭味变化情况,仍需强化DePAT系统,可选用对色度和臭味处理能力更强的旁滤工艺,加大循环处理水量、改善水生生态的作用,投加经济有效的药剂等。

参考文献

- Campbell C S, Ogden M H. Constructed wetlands in the sustainable landscape. Canada: John Wiley & Sons, 1999. 169 ~ 186
- 李海燕, 吴雨川, 张跃武, 等. 城市景观水污染控制. 自然杂志, 2004, 26(3): 132 ~ 134
- 翟滨. 中水市场若隐若现. 劳动安全与健康, 2001, (10): 23 ~ 24
- 白宇, 于德森, 周军, 等. 再生水用于景观水体维护与保障技术示范研究. 给水排水, 2007, 33(8): 40 ~ 42
- Coro E, Laha S. Color removal in groundwater through the enhanced softening Process. Wat Res, 2001, 35(7): 1851 ~ 1854
- 郑祖庆. 水的色度. 城市给水, 2001, 15(1): 23 ~ 24
- Cotsaris E, Mallevialle J. The identification of odorous metabolites produced from algae monoculture. Wat Sci Tech, 1995, 31(11): 251 ~ 258
- 王学云, 高乃云. 水中藻类的嗅味及去除方法. 净水技术, 1999, 18(1): 36 ~ 39
- 熊晓庆, 周驰. 饮用水中气味有机物来源及检测方法. 环境监测管理与技术, 1999, 11(5): 9 ~ 11
- 李镜明, 蒋海涛. 营养化水源的给水除臭技术. 中国给水排水, 1994, 10(1): 33 ~ 37

& E-mail: zhoujun992@yahoo.com.cn

收稿日期: 2007-02-15