

生物接触氧化处理微污染地面水的实验研究

耿士锁¹, 王占生²

(1. 南京大学城市与资源学系, 南京 210093; 2. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要:生物接触氧化处理微污染地面水的实验结果表明:该方法处理效果显著、稳定性好、操作方便、容易实施,是解决微污染给水处理问题的经济可行办法。

关键词:微污染地面水;生物接触氧化法;氨态氮;有机物

中图分类号:X703 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-1264(2000)04-0034-02

Research on the Lightly-polluted Surface Water Treatment by the Bio-contact Oxidation Method

GENG Tu-suo¹, WANG Zhan-sheng²

(1. Dept. of Urban Resource Nanjin Univ., Nanjin 210093; 2. Environ. Dept, TsingHua Univ, Beijing 100084)

Abstract: This article describes the experiment of lightly-polluted surface water treatment by bio-contact oxidation. The results show that this method is effective, stable and easy in constructing and operating. It's also the economically-feasible one in solving the problems encountered in lightly-polluted surface water treatment

Key words: lightly-polluted surface water; bio-contact oxidation; $\text{NH}_3\text{-N}$; organic substance

随着生产的发展、生活水平的改善及人口的增长,用水与排水量、地面水体中污染物的种类与数量都在不断上升,使得水体的污染程度也在不断加剧。天然水体中的污染物,几乎全部来自人们的生产或生活污水,大多是溶解状的有机物及 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等,显然,不能借助传统给水处理方法,如:混凝沉淀、过滤及氯气消毒等手段进行有效去除^[1]。

本次实验研究中,即采用生物接触氧化法对微污染地面水水源水进行预处理,其目的是观察微生物的生长繁殖情况,监测有机物与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的处理效果,评价生物预处理对微污染水源水净化的作用^[2-4]。

1 现场概况与试验内容

1.1 现场概况

本试验系在南方某沿海城市自来水厂的地面取水口进行的。该城市的地面水源受到涨潮的影响,发生倒流,取水口下游的城市污水也随着涨潮而进入到取水设施内。此外,该水厂取水口的上游又有许多污染严重的乡镇企业如酚醛树脂厂、纸箱厂与修船厂等,使得水源无时不受污水的污染,且无法通过取水口的上移来取得合适的原水水质。该市的地下水源由于连年的超量开采,不仅水位很低,且面临枯竭的可能。迫切需要采用

经济有效的办法,改善地面水源水厂的处理效果。考察表明:该河水的浊度高、色度深、经常呈现深绿色,说明水中的藻类多,有机物及 N、P 等营养元素丰富。河水水面上经常漂浮油花,可能来自附近的修船厂及河流中的航船。水中还带有明显的异味。总之,水源水的污染已很严重,且只有通过良好的处理才能较好地解决供水问题。

1.2 试验流程

本次试验的试验流程如图 1 所示。在该市水厂的取水构筑物内设潜水泵,将原水送到生化处理试验柱(柱内放置弹性生物填料,作为生物膜的固定载体)。水中充氧的氧源为空气压缩机,压缩空气从试验柱底进入水中,以微气泡的形式在柱内上升,向水中充氧,确保水的溶解氧浓度及好氧生物的生存条件。柱内水的流向分成上流式与下流式两种,比较不同水流方向时试验柱的处理效果。试验柱的进水管路与进气管路上都有调节阀门,可以调节试验柱的进水量(及柱内的水力停留时间)与进气量(及气水比),观察不同条件下的试验情况。

水源水→取水口→潜水泵→流量计→生物接触氧化柱→出水
(可去常规处理工艺)

空气→空压机→气量机→

图 1 微污染地面水水源生物预处理试验流程

生物接触氧化试验柱为有机玻璃柱, $\Phi \times H = 90 \times 4200(\text{mm})$ 。柱内放置生物填料为棒状弹性

• 国家“九五”微污染水处理新技术攻关课题。

收稿日期:2000-03-08

填料,该种填料比表面积大,达 $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 以上,且均匀性好,强度高,弹性好,不会在形成生物膜后即粘结成块,从而具有很持久的高效运行状态,可以说,该填料既有软性填料比表面积高的优点,又具有蜂窝填料等的不粘结的优点。该填料在柱内的高度为 3.15 m ,因此,柱内填料的有效容积约为 $20 \text{ L}^{[5]}$ 。

1.3 水质监控指标

常见污染物指标为有机物与 $\text{NH}_3\text{-N}$,因此,观察评价时采用这两种参数作依据。此外,对浊度指标也进行测量,因为一般情况下,同种水质浊度的增减意味着混凝沉淀负荷的增减及混凝剂量的增减,从而能够间接评估生化预处理过程对混凝过程的影响。而生化预处理过程对加氯消毒的影响,取决于生化过程中有机物的去除效果,有机物去除率越高,则消毒过程的需氯量也越少,进而有机氯的形成量也越少。

2 生物膜的培养方法与试验方法

污水处理中,生物膜的培养驯化有较多的要求。如必须向培养装置内安置填料和投放同类企业或相近企业废水处理中的菌种,再向培养装置内投放营养液与适量待处理的废水,然后向培养装置内不停曝气,以维持好氧状态,促进微生物的生长与驯化,逐渐增加待处理废水的比例,直至基本上全部为待处理废水,从而使微生物膜上的生物能够完全适应待处理废水的水质特点。此过程不仅要连续曝气,而且要投加合适菌种,还要适当提高待处理废水的比例。

相对说来,给水的生物培养过程要简单些,因为微污染水源水中含有许多生物生长所必需的营养元素,污染物浓度低,天然菌种即能很好地适应与生长,进而具有净化效果。天然水体中,虽然溶解氧没有达到饱和状态,但是作为给水源的河水中,溶解氧浓度一般都在 $3\text{--}4 \text{ mg/L}$ 以上,能够满足好氧生物对溶解氧的需求。因此,将生物填料浸设在天然水体中,既能够维持生物膜的产生、成长与完善,且不必曝气与投加营养等。本次试验,即是将生物填料放置在该市取水构筑物内,经过一个多月的自然培养过程,填料上已完好地附着了淡黄色的生物膜,说明自然挂膜既可行,又简便快速,且生物膜处于好氧状态,符合生物接触氧化所需要的生物膜。

将经过自然培养驯化而长满生物膜的填料,

从柱顶放入柱内。按图 1 的流程接好水路与气路。如前所述,空气的进口位于柱底,以微气泡的形式在试验柱中上升,再从柱顶释放到大气中;进水口既可在柱底,也可在柱顶,分别形成上流式与下流式试验方法。该市水源水的水质参数如:溶解氧在 $2\text{--}3 \text{ mg/L}$ 以上, COD 接近 10 mg/L ; $\text{NH}_3\text{-N}$ 约为 $3\text{--}5 \text{ mg/L}$ 。由此推定,试验柱的进气量与进水量比例为 $1:1$,即能够满足好氧生物的生长条件。试验中的气水比一般为 $1:1$,以观察加大曝气量是否有助于提高生化效果。

试验过程中,试验柱的进水量通常为 1 L/min 与 2 L/min ,此时,生化试验柱内的水力停留时间分别为 20 min 与 10 min ,柱内水流的流速分别为 9.46 m/h 与 18.9 m/h ,空气流量则分别为 1 L/min 与 4 L/min ,即分别按气水比为 $1:1$ 与 $2:1$ 两种状态向生化柱内供气。

3 结果与分析

本次试验持续了 10 个月,经历了冬春夏三个季节,以便观察一年中不同温度时,对试验效果的影响。试验结果见表 1。

表 1 生物接触氧化法处理微污染地面水试验情况

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	HRT (min)	$\text{NH}_3\text{-N}$			COD			浊度		
		进水	出水	效率 %	进水	出水	效率 %	进水	出水	效率 %
7	10	4.33	3.39	21.8	11.26	4.73	58.0			
7	20	2.99	2.06	30				54	45	16.7
12	10	2.86	2.19	23.4	9.12	8.80	3.50	48	44	3.08
12.5	20	3.90	2.30	41.0	10.7	9.06	15.5	37	33	10.8
21.5	10	3.66	1.66	54.6	7.50	6.80	9.30	28.2	14.0	50.4
21.5	20	13.3	2.06	84.5				74	62	16.2

备注:1.表中 HRT 为试验柱内的水力停留时间。2. $\text{NH}_3\text{-N}$ 与 COD 参数的进水与出水浓度按 mg/L 计,浊度按度计。

从表 1 的数据可以看出:

(1) 在试验温度范围(即水温为 $7^{\circ}\text{C}\text{--}21.5^{\circ}\text{C}$)内, $\text{NH}_3\text{-N}$ 、COD 与浊度都能取得处理效果。相对而言, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率最高,浊度其次, COD 更次。

(2) 水温越高,处理效果越好。尤其是 $\text{NH}_3\text{-N}$ 受到的影响最显著。如当 HRT 同为 20 min 时,水温为 7°C 时,去除率为 30% ;当水温上升到 21.5°C 时,去除率高达 84.5% 。

(3) 水力停留时间越长,处理效果越好。表 1 的各组数据说明,水力停留时间为 20 min 时的处理效果显著优于 10 min 时的效果。试验表明,当水力停留时间达 1 h 时,处理效果更好。因为考虑该市水厂改造后,最多只能获得水力停留时间

(下转第 38 页)

之间的差异是由植物种类、对照点观测值共同作用的结果,其中,植物种类造成的结果差异难以区别出来。因此,以除菌率为园林植物除菌能力度量指标在前述的观测条件下具有较高的可比性。

表 5 以除菌量为度量指标的多元方差分析结果

误差来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	F(0.05)	P 值
植物种类	2 334.50	2	1 167.25	12.81	3.52	<0.01
光照	19.90	2	9.95	0.11	3.52	
群落类型	352.45	1	352.45	3.87	4.38	
温度	119.77	1	119.77	1.31	4.38	
风速	9.53	1	9.53	0.11	4.38	
对照	1 789.71	1	1 789.71	19.64	4.38	<0.01
剩余误差	1 731.35	19	91.12			
合计	6 357.21	27				

根据观测植物除菌率和聚类分析结果可以看出,园林植物除菌能力大致可分成 3 个等级:除菌率小于 40%:一串红、接骨木、火炬树、京桃、树锦鸡儿、红皮云杉、榆、黄刺玫、樟子松;除菌率 40% - 80%:矮牵牛、梓树、垂榆、黑心菊、鸡冠花、丁香、翠菊、华北桤柳、沙松、杏、圆柏、万寿菊、沙地柏、杨、紫杉、落叶松;除菌率大于 80%:大圆锥绣球花、油松。

3 小结

(1)园林植物可显著地清除空气中的细菌,最大可较对照减少 40 倍以上;

(2)不同种园林植物清除空气中细菌的能力

具一定差异;其中,一串红、接骨木、火炬树、京桃、树锦鸡儿等植物除菌率小于 40%;落叶松、圆柏、垂榆、加杨、华北桤柳、鸡冠花、黑心菊等除菌率介于 40% - 80%;油松、大圆锥绣球花除菌率大于 80%。

(3)园林植物除菌能力测定的可比参考条件为:于早 8:00 前阳光不强、风力不大($< 0.6 \text{ m/s}$)、小片纯林林内或单株树树冠内层、温度相差在 10°C 以内的条件下测定,评价指标为除菌百分率。

参考文献

- [1] 陈有民.园林树木学.北京:中国林业出版社,1990:95 - 96
- [2] 杨颐康.微生物学.北京:高等教育出版社,1993:172 - 173
- [3] 范秀容,李广武,沈萍.微生物学实验.北京:高等教育出版社,1992:261 - 262
- [4] 郎奎健,唐守正.IBMPC 系列程序集.北京:中国林业出版社,1989:106 - 110,130 - 171
- [5] 唐守正.多元统计分析方法.北京:中国林业出版社,1986:61 - 74

作者简介:戚继忠 1963 年出生,北华大学林学院副教授,植物学博士,1996 年毕业于南京林业大学资源与环境学院。现任北华大学林学院副院长,园林学科带头人,中国林学会树木学分会副主任委员、吉林市长白山资源开发与保护研究会副理事长,吉林市环境科学学会理事。从事植物学、园林植物学教学与科研 10 余年,承担过省级以上课题 6 项,出版著作 2 部,发表学术论文 20 余篇。

(上接第 35 页)

为 20 min 的生化池,因此,试验中很少采用更长的水力停留时间。

(4)气水比只需 1:1 即可。试验表明,气水比进一步提高无助于去除率的提高。

(5)试验柱内的水流方向对处理效果没有显著影响。

4 结论

用弹性生物填料为载体的生物接触氧化法,能够有效地处理微污染地面水。能够显著降低原水中的 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、COD 与浊度。温度越高或水力停留时间越长,效果越好。该法投资少、运行费很低,且能节省氯消毒剂及混凝剂的用量。因此,生

物接触氧化法是改善微污染水源水质的经济、有效途径。

参考文献

- [1] 翁剑玉等.国内外给水现状与趋势.江苏给排水,1994;26(4):26
- [2] 李家驹等.给水与废水处理国际会议论文集.北京:中国建筑工业出版社,1994:7
- [3] Ryuichi Sudo et al. Wat. Sci. Tech, 1989;121:1743 - 1746
- [4] Y. Enamoni et al. Wat. Sci. Tech, 1991;123:991 - 999
- [5] 罗晓鸿,王占生.陶粒弹性填料在富营养化水源水生物预处理中的对比研究.西南给排水,1996;93(3):16

作者简介:耿士钺 男,清华大学环境工程系硕士,讲师,现在南京大学从事城市环境生态及城市管线工程的教学与环境工程方面的科研。发表论文 9 篇。