人工 YDT 及 PWT 填料接触氧化池生物预处理效果与原水 BOD_5/COD_{Cr} 的关系

杨文进　李树苑　李家就　周　力　张怀宇　张赐承　田应芳　雷培树　王早文　刘海燕

（中国市政工程中南设计研究院，武汉　430010）

摘要　人工 YDT 及 PWT 填料接触氧化池生物预处理的系统研究表明：生物预处理效率与原水 BOD_5/COD_{Cr} 的比值有重要关系。$BOD_5/COD_{Cr}>0.2$ 的原水，细菌总数较多，填料上生物膜生长良好，处理效率高，平均去除率为：浊度 63.8%，藻类 89.2%，氨氮 82.6%，COD_{Mn} 26.3%。BOD_5/COD_{Cr} 的比值为 0.08 左右的原水，相应的去除率低。在规划生物预处理工程以前，应先检测原水的可生物降解性。

关键词　微污染水源水　BOD_5/COD_{Cr}　生物预处理　人工填料接触氧化池　效果

On the BOD_5/COD_{Cr} ratio's effect on the performance of artificial YDT and PMT media packaged contact oxidation tank for raw water pretreatment

Yang Wen-jin, Li Shu-yuan, Li Jia-jiu, Zhou Li, Zhang Huai-yu, Zhang Ci-cheng, Tian Ying-fang, Lei Pei-shu, Wang Zao-wen, Liu Hai-yan

(Central and Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: The experimental results of a contact oxidation tank packaged with artificial YDT and PMT media for biological pretreatment of raw water shown that the performance of the oxidation tank is very dependent to the BOD_5/COD_{Cr} ratio of the inlet water. In case when the inlet BOD_5/COD_{Cr} was greater than 0.2, the biofilm on the surface of the packaged media grows fairly with high total bacterial number, and quite good removals of 63.8%, 89.2%, 82.6% and 26.3% were obtained for turbidity, algae, ammonia nitrogen and COD_{Mn} respectively. However, in case when $BOD_5/COD_{Cr}=0.08$, the tank works poorly. So the biodegradability of the raw water should be examined at the planning stage of a raw water biological pretreatment engineering.

Keywords: Micro-polluted water; BOD_5/COD_{Cr} ratio; Biological pretreatment; Contact oxidation tank packaged with artificial media; Effect

生物预处理是近年来微污染水源水给水处理领域的技术热点。在我国给水生物预处理中，人工 YDT 弹性立体填料接触氧化池在工程上已有应用[1~4]。人工 PWT 网状填料有填料区不易积泥、氧利用率高的优点[5,6]。但这两种填料接触氧化池生物预处理的效果，各地差别较大。其中原因，未见资料介绍。

中国市政工程中南设计研究院先后与武汉、广州、深圳、合肥、金坛 5 市自来水公司合作，分别用东湖、珠江后航道、深圳水库、巢湖、钱资荡的水源水，系统地进行了 YDT 填料和（或）PWT 填料接触氧化池的生物预处理中试。研究发现，两种填料接触氧化池生物预处理效果与水源水的 BOD_5/COD_{Cr} 比值

国家“八五”科技攻关课题（85－908－01－04），国家“九五”科技攻关课题（96－909－03－01）。

有重要关系。

1 试验工艺和方法

1.1 试验工艺

1.1.1 接触氧化池(见图1)

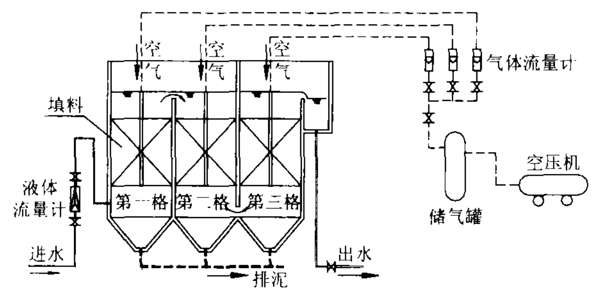

图1 生物接触氧化中试装置

5市水源水的接触氧化池都由二三格小池串联而成。原水先进入第一格,推流至最后一格出池。各格内都有悬挂式人工填料。试验过程均为:先以较小流量进原水,并连续用空气向各格曝气,在填料上培养生物膜。各格内流态均为完全混合式。在培养生物膜过程中进水量逐步加大。挂膜阶段之后,再按试验的水力负荷和气水比运行。

在同一接触氧化池内,各格的平面尺寸均相同。填料高度一般为3 m。填料上与填料下的水深之和均为1 m左右。在填料下方均匀装设穿孔管,直接对填料区进行曝气;或在每格的中心位置设竖式曝气筒,在筒内曝气,筒内气水混合体的连续上升使得全格的填料区得到充氧,水产生循环。研究证实,两种曝气方式的处理效果近似。填料下方都有脱膜用曝气管以及排泥管。

5市水源水的中试规模在1~15 m^3/h。池内第一、第二、第三格曝气量之比约为5:3:2。

1.1.2 填料

在5市水源水的试验中,共有7组接触氧化池。7组池内均安装同一规格的YDT填料或PWT填料,填料的构造见图2和图3,主要参数见表1。

表1 YDT填料和PWT填料主要参数

填料名称	尺寸 /mm	单位体积质量 /kg/m^3	比表面积 /m^2/m^3	孔隙率 /%
YDT弹性立体填料	单元直径185 丝条直径0.5	3.14~3.64	20~25	>97
PWT网状填料	网片平面250×200 间距 h=45~50	6.6~7.3	26.1~29.0	>99

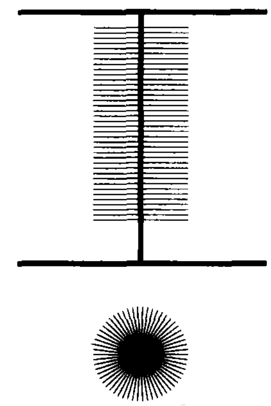

图2 YDT弹性立体填料

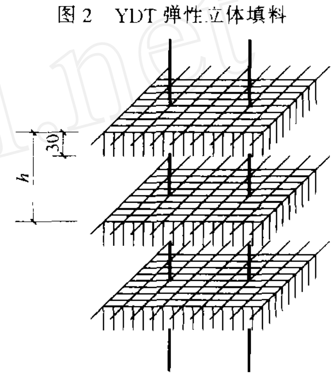

图3 PWT网状填料

1.2 试验方法

7组池的试验方法相同,即接触氧化池的水力负荷、气水比彼此接近,每日24 h连续运行,平均运行历时为13月/池,每周化验水质5~7次,水质检验按《生活饮用水标准检验法》(GB5750—85),藻类用计数框法。

5市水源水水质的检验结果平均值见表2。

2 结果和讨论

2.1 挂膜

东湖、珠江和深圳水库的试验装置在填料水力负荷0.5 $m^3/(h·m^3)$,曝气气水比2:1的条件下,开始培养生物膜。历时14~30 d后,YDT、PWT填料表面逐渐变为黄褐色至深褐色,生物膜形成良好,填料上的生物量为2~3 $kgVSS/m^3$;氨氮去除率达到50%~60%,藻类、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、浊度等含量相应降低,表明自然挂膜阶段完成。

但巢湖和钱资荡水的YDT、PWT填料,在与上述控制参数相同的运行条件之下以相同方法挂膜,虽在开始时有少量生物膜生成,后来膜都相继脱落,

表 2 YDT 及 PWT 填料接触氧化池生物预处理的进水水质平均值

水源	武汉市东湖	珠江后航道	深圳水库	巢湖(离岸 1.5 km 取水)	金坛市钱资荡
填料	YDT	YDT	YDT/PWT	YDT/PWT	PWT
水温/℃	15.9	24.9	24.3	20.3	17.5
pH	7.5～7.8	6.95～7.15	6.21～7.46	7.80～9.96	7.13～8.79
色度/度	33.4		33	22	14
浊度/NTU	27.8	58.3	7.7	42	50.8
藻类/10^4 个/L	2.88		472	1 997	186
氨氮/mg/L	0.42	1.48	1.95	0.62	0.27
TP/mg/L	0.18	0.08	0.17	0.16	0.05
TON	76		2.6	有异味	39.3
TOC/mg/L	4.4	5.01	3.87	11.39	
COD_{Mn}/mg/L	4.77	6.54	3.16	5.86	4.05
BOD_5/mg/L	5.35	3.95	6	2.5	1.55
COD_{Cr}/mg/L	25.2	11.23	13.3	30.6	19.9

挂膜 3 个多月后填料上的生物量为 0.1～0.4 kgVSS/m^3。

2.2 处理效果

(1)东湖、珠江和深圳水库水在试验运行期间，填料水力负荷为 0.98～1.25 $m^3/(h\cdot m^3)$，气水比为 0.81∶1～1.75∶1。运行过程中，第一格生物膜厚实，深褐色；第二、第三格膜逐渐减薄。表 3 是池中填料生物检验结果，第一格生物膜中菌胶团及硅藻较多，第三格中原生动物较多。串联各格的出水水质都逐格改善。3 处水源水的 YDT 及 PWT 填料接触氧化池生物预处理效率都高，平均去除率见图 4和表 4。

(2)巢湖、钱资荡水的填料经过 3 个多月挂膜后，按填料水力负荷 0.69～0.98 $m^3/(h\cdot m^3)$、曝气气水比 1∶1～2∶1 的参数进行中试运行。YDT 及 PWT 填料接触氧化池生物预处理的平均去除率见图 4 和表 4。说明巢湖、钱资荡水的 YDT 及 PWT 填料生物预处理的处理效率都低。

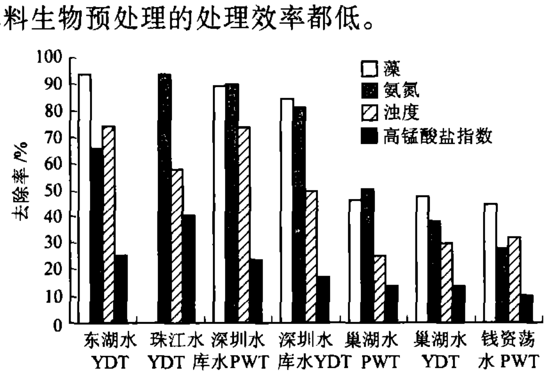

图 4 人工填料接触氧化池生物预处理的去除效率

表 3 生物接触氧化池 YDT 填料生物膜检验结果

接触氧化池串联格次	生物膜量/g/g 填料	挥发份含量/%	膜的厚薄及颜色	优势菌属数	微型生物种属数
第一格	4.38	27.53	厚，深褐	24	12
第二格	0.96	25.33	较薄，黄褐	24	8
第三格	0.10	—	薄，黄褐	20	4

表 4 东湖、珠江和深圳水库水试验平均值与巢湖、钱资荡水平均值的比较

项　目	东湖、珠江、深圳水库水	巢湖、钱资荡水
原水 BOD_5/COD_{Cr}	0.34	0.08
填料上生物量/kgVSS/m^3	2.5	0.26
色度去除率/%	42	10.4
浊度去除率/%	63.8	28.9
藻类去除率/%	89.2	45.8
氨氮去除率/%	82.6	38.7
TON 去除率/%	49.7	20.5
COD_{Mn}去除率/%	26.3	12.4

(3)综合比较 5 市水源水的处理效果，可以看出：东湖、珠江、深圳水库水的 YDT 填料或 PWT 填料去除率，以及两种填料总平均去除率，都显著高于巢湖、钱资荡水的去除率。

2.3 生物量、处理效率与原水水质的关系

在 5 市原水的试验期间，年平均水温都在 15.9～24.9 ℃范围内，挂膜期间水温彼此接近，氮、磷含量都能满足生物预处理需要，水中成分都无抑制生物预处理作用，试验方法均相同。巢湖、钱资荡水的生物量和生物预处理效率之所以显著地低于东湖、珠江、深圳水库水，与水的 BOD_5/COD_{Cr}比值以及细

菌总数有关。

(1)BOD_5/COD_{Cr}比值。BOD_5/COD_{Cr}的比值可近似地代表水的可生物降解有机物与有机物总量之比。一般说,比值愈大,水的可生物降解性愈好;比值小于0.2时,生物降解速率很小。东湖、珠江、深圳水库水的平均比值为0.21～0.45,而巢湖和钱资荡水的平均比值分别低至0.082和0.078。说明巢湖、钱资荡水的有机物总量中仅有8%左右可被微生物降解,故其生物预处理效率低。

(2)细菌总数。东湖、珠江、深圳水库水的细菌总数为5 845～16 273个/mL。巢湖、钱资荡水的细菌总数较少,分别为343个/mL,878个/mL;巢湖水在1998年365次检验水样中,细菌总数小于100个/mL的占169次,亦即46.3%的水样细菌总数少于给水厂出厂消毒水的细菌总数标准值。

巢湖、钱资荡水的细菌总数少,是因为BOD_5/COD_{Cr}比值低,可生物降解基质少,供给细菌的营养和能量缺乏,细菌难以繁殖,从而导致生成的生物量少、挂膜不良、生物预处理效率低。

(3)BOD_5、COD_{Cr}、细菌总数是常规水质化验项目,一般水质化验室都能检验。使用这3个指标判断微污染水源水生物预处理效果,在我国给水处理的实际工作中较为易行。此外,BOD_5/COD_{Cr}虽常用于污水处理,但在给水生物预处理领域中,在此之前尚未见到与本研究结果类似的报告。

2.4 建设接触氧化池生物预处理工程的必须条件

建设接触氧化池生物预处理工程以前,必须先对该工程水源水做可生物降解性指标的检测。水的BOD_5/COD_{Cr}比值应大于0.2,细菌总数不宜小于1 000个/mL。通过检测,水质符合上述要求后,还宜对工程所用填料做生物预处理中型试验,以便取得设计、运行参数。

上述化验水质的水样和中试装置用的水,都应是该工程取水头部的原水。因为同一水体的不同位置的水质,常有差异;在富营养化的大中型湖泊中,水质随水域的变化尤为明显。

3 结论

(1)人工YDT填料及PWT填料接触氧化池生物预处理系统的中试结果表明:武汉东湖、珠江、深圳水库水的$BOD_5/COD_{Cr}>0.2$,其细菌总数较多,处理效率高,平均去除率为:浊度63.8%,藻类89.2%,氨氮82.6%,高锰酸盐指数26.3%;巢湖、钱资荡水的BOD_5/COD_{Cr}为0.08左右,其细菌总数少,处理效率很低。这明确揭示,微污染水源水人工填料接触氧化池生物预处理效率与水的BOD_5/COD_{Cr}比值有重要关系。

(2)在规划接触氧化池生物预处理工程以前,应先对取水口的水源水做BOD_5/COD_{Cr}比值以及细菌总数的检测。

感谢武汉、广州、深圳、合肥、金坛5市自来水公司在试验中所做的大量工作。

参考文献

1 叶旭全,谢汉强,张辉,等. 东深原水生物硝化工程试运行小结. 给水排水,2000,26(2):1～5

2 张东,许建华,刘辉. 用生物接触氧化预处理与常规工艺净化受污染原水. 给水排水,2000,26(10):25～27

3 查人光,贺尧基,徐兵. 生物接触氧化预处理在石臼漾水厂中的应用. 给水排水,1999,25(3):9～11

4 戚盛豪,严煦世,杨文进,等. 水资源及给水处理. 北京:中国建筑工业出版社,2001

5 李树苑,罗宜兵,张怀宇,等. 网状填料生物氧化预处理受污染水库水. 中国给水排水,1999,15(11):5～9

6 梅翔,陈洪斌,高廷耀,等. 微污染水源水生物接触氧化处理工艺中几种填料处理效果的初步比较. 给水排水,1999,25(5):1～3

○电话:(027)82426036

E-mail: wenjin _ yang@hotmail.com

收稿日期:2004-10-27