

曝气生物滤池的低温挂膜研究

谢曙光¹, 张晓健², 王占生²

(1. 北京大学 环境学院, 北京 100871; 2. 清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084)

摘 要: 低温下曝气生物滤池的挂膜结果表明,在滤池中异养微生物能有效地形成生物膜,饥饿的硝化细菌重新获得营养后其生长和活性能得到恢复,但会受到低温或异养菌生长的限制。

关键词: 挂膜; 曝气生物滤池; 低温; 硝化细菌

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2003)13 - 0058 - 02

1 试验概况

试验装置为一个约 15 d 没有运行的用于好氧反硝化的曝气生物滤池(原来生物膜内的优势菌为自养菌),其流程见图 1。

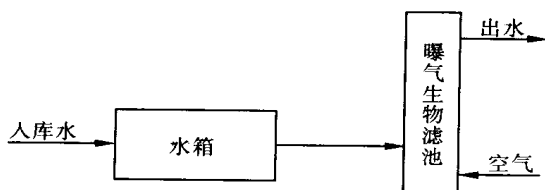


图 1 挂膜试验的工艺流程

滤池高为 3 m,直径为 20 cm,滤层厚为 1.2 m,填料为陶粒,其粒径为 3~5 mm,试验所采用的水力负荷为 $2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,滤池出水中的溶解氧浓度维持在 4 mg/L 。整个试验装置安装于一农房内,试验时先用泵把适量原水(严重污染的入库水,污染程度接近于城市污水)注入储备水箱,再用其进行连续运行试验(水箱的水每天更换一次)。由于冬季水温低于 0.5°C ,故挂膜起初阶段对储存在水箱内的原水进行适当加热(水温约为 $3\sim 5^\circ\text{C}$)。运行约 15 d 后停止加热。进、出水的水样经滤纸过滤后再进行分析测定。

2 结果与讨论

2.1 异养微生物生物膜的形成

表 1 是采用低于 0.5°C 的原水挂膜至第 3 天时滤池内污染物浓度沿柱高的变化。

表 1 污泥物浓度沿柱高的变化 mg/L

项目	进水	距滤料底部			出水
		0.1 m 处	0.6 m 处	1.1 m 处	
高锰酸盐指数	39.8	37.8	34	30.8	30.3
氨氮	20.0	20.0	19.1	15.1	14.6

从表 1 可以看出,生物滤池内的有机物污染物浓度(以高锰酸盐指数表示)沿水流方向逐渐降低,但有机物是由原有残存生物膜的过滤吸附作用去除的,还是由新形成的异养微生物去除的尚不得而知。为此,采用 OUR 法和间歇培养法来检验生物膜内异养微生物是否成为优势菌。

OUR 法

称取一定质量的陶粒(20 g,湿重)并放入盛有 250mL 原水的锥形瓶中(预曝气充氧饱和),密封锥形瓶,然后把锥形瓶放在磁力搅拌器上缓慢搅拌,记录溶解氧随时间的变化情况(持续时间为 30 min)。测定结果见表 2。

表 2 生物膜活性的测定结果 $\text{mgO}_2/(\text{min} \cdot \text{g})$

陶粒取样点	距滤料底部	
	0.1 m 处	0.6 m 处
OUR	0.002	0.001

从表 2 可以看出,距滤料底部 0.1 m 处的生物膜活性高于距滤料底部 0.6 m 处的。而从表 1 可知,距滤料底部 0.1 m 处氨氮降解很少(甚至几乎不降解),因而可以初步断定该处生物膜活性高是异养

菌作用的结果。距滤料底部 0.6 m 处由于易降解有机物浓度减少,因而生物膜内的异养菌电应相对较少。一般在好氧情况下,异养菌的活性远远高于自养菌的活性,故距滤料底部 0.6 m 处的生物膜活性也应较低。

间歇培养法

称取一定质量的陶粒(20 g,湿重)并放入盛有 100mL 原水(高锰酸盐指数为 39.8 mg/L)的 250 mL 锥形瓶中,密封锥形瓶,然后把它放在磁力搅拌器上缓慢搅拌,放置一天后测定残余的有机物浓度,结果见表 3。

表 3 间歇培养后残余的有机物浓度 mg/L

陶粒取样点	距滤料底部	
	0.1 m 处	0.6 m 处
高锰酸盐指数	34	34.5

从表 3 可以看出,虽然间歇培养法密封了锥形瓶(溶解氧供应受到限制),但仍有较多的有机物被降解,因而可以确定陶粒上有大量的异养微生物。

综上所述,可以认为采用低于 0.5 的原水挂膜至第 8 天时异养菌已成为生物膜中的优势菌,对有机污染物有一定的去除作用,也说明了在低温条件下仍可以成功地进行挂膜。分析原因如下: 残存的生物膜对原水中的异养细菌有良好的吸附截留作用,因而使其能得到很好的累积; 陶粒的粒径较小、比表面积大、表面粗糙,又具有微孔结构,生物很容易附着,挂膜速度很快; 异养菌世代周期短,生长较快; 较高的气水比(约为 2:1)使生物滤池内的溶解氧浓度很高($>4\text{ mg/L}$)。

2.2 硝化细菌的活性和生长恢复

图 2 是采用低于 0.5 的原水挂膜时最初一段时间内的氨氮去除情况。

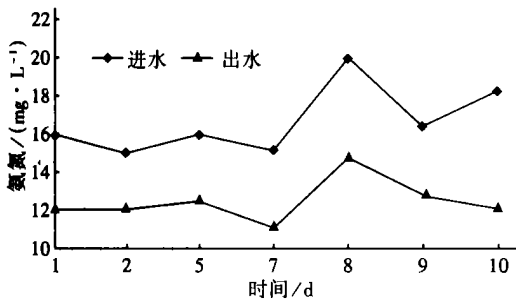


图 2 用未升温原水挂膜时对氨氮的去除

由图 2 可知,曝气生物滤池对氨氮有一定的去除能力,这是由于原水中的硝化细菌已经逐渐适应

了寒冷的环境,虽然它们在低温条件下生长很缓慢,但仍能附着在载体上而重新生长。另外,原生物膜中残存有许多硝化细菌,虽然经历了一段时间的饥饿状态,但它们不可能全部消失或死亡。

有资料表明,曝气生物滤池停止运行后滤料表面的微生物在得不到养料的情况下并没有全部死亡,有相当多的细菌将以孢子的形态存在,并在遇到适宜的环境下迅速恢复。齐兵强曾多次观察到,挂过膜的生物滤料再次启动挂膜所需要的时间比未挂过膜的要短。在没有氨氮供给的情况下,硝化细菌通过内源呼吸维持其生命,同时合成代谢降到极低的水平。另外,附着生长的硝化细菌由于细胞密度高,当重新获得营养物质(主要是氨氮)时其活性和生长能很快得到恢复。Batchelor 等发现沙滤柱上的用 *Nitrosomonas europaea* 纯种培养形成的生物膜经过 43 d 的饥饿状态后,尽管生物量有所减少,但当生物反应器恢复运行时生物膜的活性和生长立即恢复^[1],并且当重新供给营养物质时,附着生长的硝化细菌生物膜能分泌出一种可加快恢复硝化细菌活性和生长的物质——AHL (N - acyl homoserine lactones),而游离生长的硝化细菌不能分泌出该物质。

然而,曝气生物滤池中硝化细菌生长和活性的恢复不仅受自身增殖速度慢的限制,还受到低温的限制,而且异养菌的生长也严重影响其生长和活性的恢复。由于异养菌对空间的竞争,故只有当有机物被降解到一定程度、异养菌生长受到限制时,硝化菌才能有发展的条件。

3 结论

在曝气生物滤池中异养微生物能有效地形成生物膜,但受到低温的限制。

经过一段时间的饥饿后,重新获得营养物质时生物滤池内的硝化细菌活性和生长能得到一些恢复,但低温或异养菌的生长对其有抑制作用。

参考文献:

- [1] Batchelor S E, Coope M, Chhabra S B, et al. Cell density - regulated recovery of starved biofilm populations of ammonia - oxidizing bacteria [J]. Appl Env Microbiol, 1997, 63(6): 2281 - 2286.

电话:(010)62782196(O) 62774056(H)

收稿日期:2003 - 07 - 30