



废纸造纸废水生物处理 方式的分析与选择

郑州大学 王 利 买文宁 马新辉

近年来,我国利用废纸造纸的企业不断增加,废纸回用率明显上升。然而,由于废纸造纸废水中含有大量细小纤维、油墨、树脂、化学药品和机械杂质等污染物,仍然需要治理。目前废纸造纸废水的处理方法主要有物理法、生化法、化学法以及三种方法的组合工艺。在各种组合工艺中,“物化+生化”法应用最普遍。目前,国内废纸造纸废水“物化+生化”处理方法生化段的选择主要有两类:①活性污泥法,主要包括:A/O法、SBR法、百乐克、选择器活性污泥法、氧化沟。②生物膜法,主要是生物接触氧化法。本文就“物化+生化”法中生化段的选择做一比较分析,在此基础上,为不同废纸造纸企业选择废水处理工艺提供一个参照。

一、两类生化处理方式的比较分析

尽管两类生物处理方法都可以使废纸造纸废水达标排放,但是两种方式下有机物的降解速率,投资、运行费用,各自的适用范围等都有一定的差异,下面就从有机物降解动力学、传质速率,运行费用等方面进行综合比较。

1. 有机物降解速率比较分析。废纸造纸废水中

BOD₅ 浓度较低,可生物降解物质含量较少,因此生物降解反应遵循一级反应动力学。基质的好氧微生物转化速率可用与微生物浓度相关的一级反应来表示^[2]。

$$r_{v,s} = (u_{obs}/Y_{max}) X_B \quad (1)$$

其中: $r_{v,s}$ 是基质的去除速率 ($ML^{-3}t^{-1}$), X_B 是微生物浓度 (ML^{-3}), u_{obs} 是表观比生长速率常数 ($MM^{-1}t^{-1}$), Y_{max} 是最大产率常数 ($M_X M_S^{-1}$)。 u_{obs} 与基质浓度 S_2 , 氧浓度 SO_2 , PH 值, 温度 T 等因素有关。一般可用 Monod 方程来描述。

$$u_{obs} = u_{max} [S_2 / (S_2 + K_s)] \quad (2)$$

其中: u_{max} 是最大比生长速率 (t^{-1}), S_2 是反应器中基质浓度 (ML^{-3}), K_s 是基质的饱和常数 (ML^{-3})。好氧生物处理过程中,溶解氧的消耗也可以用 Monod 方程来描述。

$$u_{obs} = u_{max} [S_{O_2,2} / (S_{O_2,2} + K_{s,O_2})] \quad (3)$$

其中: $S_{O_2,2}$ 是反应器中溶解氧浓度 (ML^{-3}), K_{s,O_2} 是氧的饱和常数 (ML^{-3})。对于活性污泥法处理系统而言,基质浓度和溶解氧浓度均须考虑,可用式子(2)和(3)的组合来计算微生物的表观比生长速率常数,此时的方



程为一个双 Monod 方程。

$$u_{ds} = u_{\max} [S_2 / (S_2 + K_s)] [S_{O_2,2} / (S_{O_2,2} + K_{s,O_2})] \quad (4)$$

将式子(4)带入(1)可得到活性污泥法基质降解速率,见式子(5)。

$$r_{v,s} = (u_{\max} / Y_{\max}) [S_2 / (S_2 + K_s)] [S_{O_2,2} / (S_{O_2,2} + K_{s,O_2})] X_B \quad (5)$$

式中各参数的意义同前。

生物膜过程基质降解速率近似遵循一级或零级反应动力学,因为废纸造纸废水可生物降解有机物浓度较低,基质的降解速率近似遵循一级反应^[2],方程为:

$$r_{v,s} = k_{1,v} S_2 = (u_{\max} / Y_{\max}) [S_2 / (K_s)] X_B \quad (6)$$

式中动力学参数的含义及数值与活性污泥过程相同。对废纸造纸废水而言,在相同的环境条件下,生物膜中的微生物浓度远高于活性污泥菌胶团中微生物浓度,活性污泥过程污泥浓度通常为 2~6kgVSS/m³,而生物膜过程微生物浓度通常为 10~60kgVSS/m³。比较式(5)和(6)可知,生物膜过程基质的降解速率远大于活性污泥过程。

2.溶解氧传递速率的比较分析。在好氧生物处理系统中,高的溶解氧传递速率是保证污染物快速降解的一个至关重要的因素,氧在水中的传递速率可用下面的方程来表示^[3]。

$$dc/dt = K_L (C_s - C) \quad (7)$$

式中:dc/dt 氧的传递速率,mg/l.h,C_s 氧的饱和浓度,mg/l,C 氧的实际浓度,mg/l,K_L 液相总传质系数,1/h。对于废纸造纸废水而言,在环境条件和运行方式(推流式或完全混合式)一定的条件下,以鼓风曝气为例,活性污泥法氧传递速率小于生物接触氧化法。这是因为在生物接触氧化池中,曝气装置设在填料之下,气泡上升时受到填料阻挡,大气泡被切割成小气泡,增大了空气与填料接触的表面积,同时增加了水的紊流程度,提高了氧传递系数,氧气的利用率增加。在活性污泥曝气系统中,水的紊流程度不如接触氧化池那样强烈,所以溶解氧的传递速率及溶解氧的利用率都不及接触氧化法。

二、其他指标的比较分析

在活性污泥法和生物接触氧化法两种处理方式下,微生物的生长方式不同,从而产生了工艺参数、运行方式、投资运行费用等方面的差异,具体比较如下:

接触氧化池中生物膜含水率低,单位容积反应器内生物量很高,而活性污泥法中菌胶团含水率高,单位容器内生物量相对于生物膜法要低一些,因此生物膜法的容积负荷高于活性污泥法,在废水量,水质相同的条件下,生物膜法反应器的体积小于活性污泥法。

生物膜中存在着明显的生物分层现象,膜表面是生长迅速的好氧菌,内部由于缺氧或厌氧,生长着世代期

较长的微生物,因此膜内的生物相比较丰富。对于废纸造纸废水来说,多种微生物并存的微环境条件将有利于难降解有机物的分解。活性污泥法中菌胶团内的微生物绝大部分是好氧菌,好氧菌分解易降解有机物能力很强,但对于难降解有机物的降解能力则是有限的。从这一点来说,生物膜法净化废水的效率高于活性污泥法。

生物膜法的传氧速率和容积负荷均高于活性污泥法,因此膜法在运行中的电耗将低于活性污泥法。

接触氧化系统中微生物以附着态生长,整个处理系统没有污泥回流,当废水水质波动很大时,微生物数量要在较短时间内适应水质波动,人为控制微生物数量在一个稳定的水平将比较困难,这将直接影响废水的稳定达标排放。活性污泥法有污泥回流系统,当废水水质波动较大时,只要调整污泥回流量使之达到曝气池要求的污泥浓度即可,而回流量的调整又较容易,因此废水的达标排放率将会比接触氧化法高。

生物接触氧化池中填料易堵塞、老化,而且填料上容易产生集泥现象,填料需要经常更换,整个处理系统的维护工作量很大,管理起来很不方便。活性污泥法则不存在这些问题。

生物接触氧化法悬浮态污泥量少,脱落的生物膜形成的悬浮物含量较活性污泥法少,因此,接触氧化池出水污泥总量小,后续二沉池表面负荷将会很小,二沉池的占地面积增大。

以上三个缺点,尤其是第二点限制了生物接触氧化法的普遍应用。另外,生物接触氧化法应用的历史较短,运行管理方面的经验积累不如活性污泥法那样丰富,也限制了该法的广泛应用。

三、生物处理方式的选择

两类好氧处理法各有优缺点,但是应该看到各个废纸造纸企业在处理自身废水时,在技术和资金方面存在着很大的差异,因此两类方法各有用武之地。对那些资金实力雄厚、技术先进、废水处理量大的企业来说,可以选择活性污泥法,便于实现废水处理系统的自动化控制,减少人工劳动量。小型的废纸造纸企业由于资金有限,废水产生量少,可以选择基建投资少的生物接触氧化法,只要在生物接触氧化工艺运行当中,精心管理,不断积累运行经验,也能够取得良好的效果。

参考文献

- [1]刘俊超.制浆造纸废水生化处理系统曝气方式的选择.中国造纸,2003,22(11):35.
- [2]姚重华.废水处理计量学导论.北京:化学工业出版社,环境科学与工程出版中心,2002. 81-83,126,144.
- [3]武江津,王凯军,丁庭华.三废处理工程技术手册——废水卷.北京:化学工业出版社,2000.499,599.