



废纸造纸废水生物接触氧化处理过程中 生物膜特征研究



MA Y W

马邕文, 刘洋, 万金泉, 周深桥

(华南理工大学制浆造纸国家重点实验室, 广东 广州 510640)

摘要: 对生物接触氧化法处理废纸造纸废水中生物膜进行实验研究。结果表明,生物膜的活性厚度在 70~100 μm ,在前期挂膜阶段,生物膜上的生物相以丝状菌为主,鞭毛类和纤毛类原生动物较少,活性较差。在正常运行的情况下,生物相中占优势的原生动物以固着型的纤毛虫为主,生物膜上生物相相对稳定,化学需氧量(COD)的去除率也稳定在 88% 左右。

关键词: 造纸废水;废纸;生物膜;生物相;生物接触氧化

中图分类号:X793

文献标识码:A

文章编号:0253-2417(2006)01-0095-04

Study on Characteristics of Bio-membrane in Bio-contact Oxidation Treatment of Wastewater from Regenerated Papermaking

MA Yong-wen, LIU Yang, WAN Jin-quan, ZHOU Shen-qiao

(State Key Lab. of Pulp Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Research on bio-membrane in treating wastewater from regenerated papermaking by bio-contact oxidation was carried out, and the result indicated that active thickness of the bio-membrane was between 70 and 100 μm . During the course of membrane formation, filamentous bacteria are the main biota, with less flagellated protozoan and ciliates, so that the activity of the membrane is relatively poor. In case of normal running, fixed ciliates are the dominant protozoan, the biota of the bio-membrane is relatively stable, and the removal rate of COD is kept steadily around 88%.

Key words: wastewater from papermaking; wastepaper; bio-membrane; biota; bio-contact oxidation

近年来,随着废纸再生在造纸工业中的不断发展,废纸造纸废水已经成为一种新的污染源。废纸造纸废水主要来自于许多以废纸浆为原料生产包装纸、瓦楞纸等中低档纸的造纸厂。废纸再生造纸的废水不仅固体悬浮物(SS)含量高、色度大,而且还含有大量溶解性物质。废水中含有大量纤维素、半纤维素,化学需氧量(COD)较高。实践证明用生物接触氧化法处理该废水可以取得较好的出水效果,而挂膜的效果和生物膜的优劣直接决定了生物接触氧化法处理的效果,所以对废纸造纸废水生物接触氧化处理过程中生物膜特征的研究具有重要的意义。

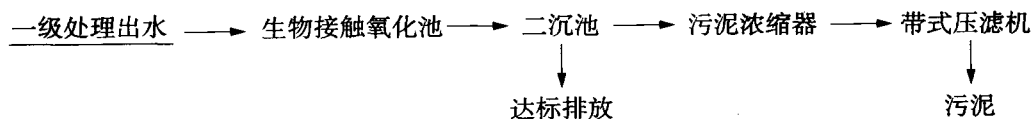
目前,对造纸废水处理过程中生物膜特征的研究也逐渐增多。疏明君等^[1]采用生物流化床处理造纸中段废水。生物膜的生长过程是由局部扩散到整个载体表面,生物膜中起骨架作用的是累枝虫和丝状物。朱光灿等^[2]在利用脱木质素-缺氧-好氧生物膜工艺处理碱法麦草浆黑液的实验中,观察柱内生物膜,均很致密,缺氧水解柱生物膜呈黑色,好氧柱内呈棕褐色,是理想的生物膜类型。废纸再生造纸废水处理过程中生物膜特征方面的研究比较少。

作者研究了生物接触氧化法处理废纸造纸废水过程中不同阶段生物膜上的生物相特征,测定了生物膜的厚度,并通过实验测定了挂膜各阶段 COD 的去除率。



1 工艺概况

1.1 工艺流程



1.2 工艺单元参数

生物接触氧化池分为5格,每格规格8.0 m(宽)×3.3 m(长)×5.1 m(高)。池体为钢筋混凝土结构,采用组合式填料,散流式曝气,水力停留时间为10 h。气水比为30:1时,反应器中溶解氧量为5~6 mg/L。进水(一级处理出水)pH值在5~6之间,出水pH值稳定在7左右。接触氧化池中的温度一般控制在30℃左右,比较适合微生物的生长。二沉池分为两格,每格规格8.0 m×4.0 m×5.1 m。池体为钢筋混凝土结构,水力停留时间约3 h,设置玻璃钢蜂窝填料,双层逆流布置。

2 材料与方 法

2.1 接种污泥

接种污泥取自某造纸厂污水站生化处理系统,混合液中的悬浮物(MLSS)为20.8 g/L,混合液中的挥发性悬浮固体(MLVSS)为13.6 g/L,颜色呈黄褐色。

2.2 挂膜方式

取一定量(约反应器的1/10,含水率98%)的浓缩污泥,放入反应池中,以葡萄糖为唯一的碳源,进水 COD_C 控制在300~700 mg/L,同时补充脲、磷酸氢钾,待生物膜成熟后逐渐减少葡萄糖用量,增加废水比例,使微生物逐渐适应水质的变化。

2.3 生物膜的观察

从接触氧化池内刮取一小块生物膜,用蒸馏水稀释,摇匀,制成菌液。取菌液置于显微镜下观察菌胶团的结构和疏密度、丝状菌的生长情况,以及原、后生动物的种类和活动情况。在电子显微镜下对不同阶段生物相进行观察(观察倍数在100~200倍),并拍摄电镜照片。对提取的菌液进行革兰氏染色实验^[3],观察革兰氏阴性菌和阳性菌的形态和比例。

2.4 生物膜的测定

采用直接显微镜法测定生物膜的总厚度。具体操作方法如下:生物膜样品从反应器中取出后,直接放置于显微镜观察平台上并加以固定,选定观察倍数为100倍,对生物膜表面和载体表面分别进行对焦,直到获得清晰图像,两次成像时微调读数之差即为所测生物膜的厚度^[4]。

3 结果与讨论

3.1 生物膜的结构和功能

生物膜的生物降解作用主要来自于生物膜上微生物的新陈代谢,而决定微生物新陈代谢的微生物浓度与生物膜厚度直接相关,所以合适的生物膜厚度就显得非常重要。生物膜的宏观结构是微生物增长及水力剪切作用的共同结果。根据溶解氧的扩展,生物膜在结构上分为两层:好氧生物膜层和厌氧生物膜层。依据基质底物在生物膜内的扩散,生物膜在功能结构上同样可划分为两部分:底物利用区和生物膜微生物饥饿区。处于饥饿区的生物膜微生物为了维持生命,必须利用它们自身的细胞物质代谢产生生命维持能。处于该区的微生物一般失去了粘附于载体的能力,因而很容易脱落。

3.2 生物膜的厚度

生物膜所处的扰动条件和水中的可生物降解基质浓度是决定生物膜厚度的关键。在生物膜形成的初期,生物接触氧化池单元内的水力条件是一个至关重要的因素,它直接影响着填料表面的生物膜是否能



够培养成功。水流剪切力的强弱也决定了生物接触氧化处理系统的启动周期。而生物膜的厚度又分为总厚度和活性厚度。

对生物膜进行观察,发现生物膜的总厚度介于 0.07 ~ 4.00 mm 之间,处于紊流系统时 ≤ 1 mm,营养充沛时可达 4 mm,活性厚度一般随液体中基质浓度的增加而增加,介于 70 ~ 100 μm 之间。Lamotta 提出了“临界生物膜厚”的概念,认为在一定的生物膜厚范围内,生物膜的活性与其厚度成正比,当生物膜厚超过“临界生物膜厚”时,生物膜的活性不会增加^[5]。因为生物膜中的扩散阻力限制了实际参与去除基质的生物量,在一定的基质浓度下微生物在 50 ~ 150 μm 深度时有停止呼吸的现象^[6],所以较厚的生物膜不一定比薄的具有更高的基质去除速率,本实验中的生物膜厚度可以满足出水水质的要求。

3.3 生物接触氧化各阶段生物膜上生物相的种类和形态

实验中通过镜检发现,接触氧化池内生物膜上生物相植物型种属以菌胶团和丝状菌为主,动物型种属则较为丰富,通过对生物膜进行生物镜检,发现指示生物具有一定规律性,出水水质与指示生物的种类、数量、形态等有一定相关性。

3.3.1 在挂膜初始阶段 此阶段,菌胶团较小,结构较疏松、呈褐色。培养一周后填料表面已布满一层稀薄的黄褐色生物膜,丝状细菌较多,出现了肉足类、鞭毛虫和纤毛类原生动物,但是鞭毛类和纤毛类数量较少,活性较差。由于丝状菌大量滋生,填料表面生物膜形成一个立体结构的密集生物网,污水在其中通过,可以起到类似于过滤的作用,从而有效地提高净化的效果。

3.3.2 在正常运行和生物膜降解能力良好的情况下 能观察到生物膜外观呈黄褐色,有较明显的泥腥味,生物膜较厚(约 0.3 ~ 0.5 mm),内层有一定的厌氧层存在,丝状菌较挂膜阶段数量有所减少,生物相中占优势的原生动物以固着型的纤毛虫为主,如钟虫、等枝虫、无柄钟虫等,也有少量游泳型纤毛虫,如草履虫、豆形虫、漫游虫等,生物膜上的生物相相对稳定。随着水质的好转,原生动物数量逐渐增多,破碎生物膜沉淀性能也变好。在氧化池内,不论是菌胶团还是原生动物的种类都比较一致,在各高度上基本相同,但数量和个体的大小有差别,上部原生动物数量逐渐减少,生物相的显微镜照片如图 1。

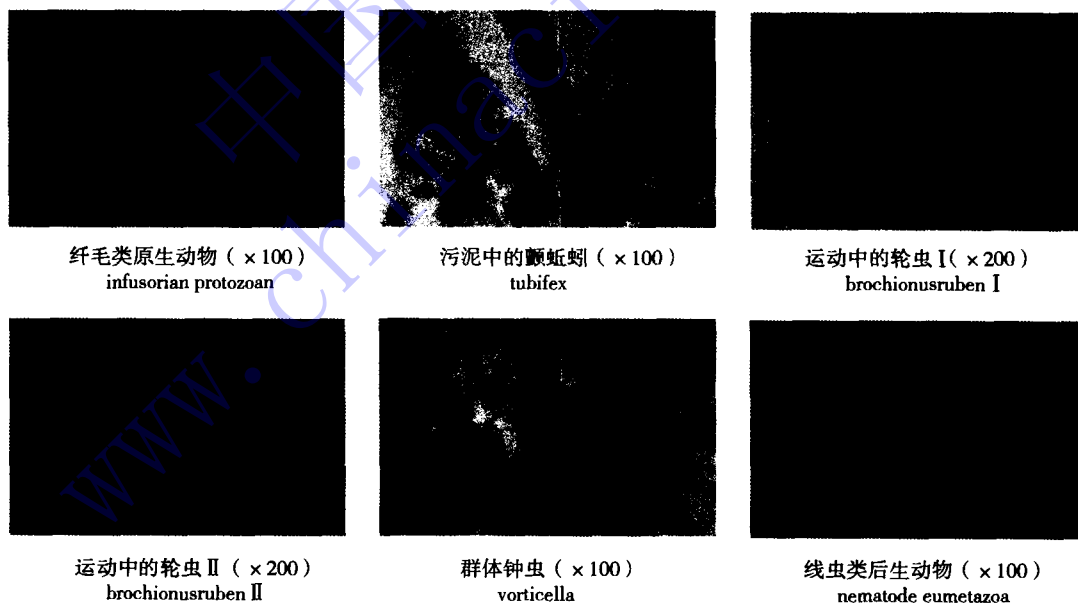


图 1 正常运行时生物膜上生物相的形态

Fig. 1 Configurations of biota on bio-membrane under normal condition

3.3.3 条件波动大时 由于大多数原生动物是广栖性的,能忍受很宽的环境范围,即使在生物接触氧化池的运行过程中有机负荷或营养状况出现较大的变化,原生动物中种属变化也不大,仍以固着型钟虫、等枝虫为主,但各种类的数量明显减少,同时伴随着丝状菌稀少,菌胶团结构松散,游泳型草履虫、钟

虫游泳体大量出现等现象,微生物活性和代谢能力减弱,出水水质变差,其显微镜照片如图2。

通过革兰氏染色实验发现:在前期挂膜阶段,菌胶团中以革兰氏阴性菌为优势菌种;经过一段时间的培养驯化后,微生物逐渐适应水质,革兰氏阳性菌数量有所增加,生物膜的吸附性能提高。

3.4 挂膜过程中 COD 去除率的变化情况

从表1可看出,在开始挂膜的前几天,COD去除率很高,其原因是投加的接种活性污泥有很强的吸附作用,由于活性表面积大(每立方米混合液2000~10000m²),废水中呈悬浮和胶体状态的有机物立即被活性污泥所吸附而除去,故去除率较高。在培养的开始阶段,镜检发现生物比较活跃,但此时主要以游泳型纤毛虫和变形虫等为主,COD的去除率比较低,两周后,生物镜检发现生物相中出现固型原、后生动物,接触氧化池中的微生物逐渐适应水质,适应水质的微生物种属大量生长并且占据优势,从而对废水中有机质进行有效的降解。COD去除率稳定在一个较高的水平。

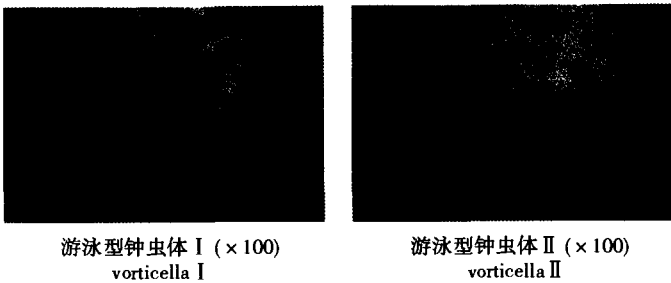


图2 条件波动大时生物膜上生物相的形态

Fig.2 Configuration of biota on bio-membrane under fluctuating condition

表1 接触氧化池中进水和出水的比较

Table 1 Comparison between entered water and effluents in bio-contact oxidation reactor

时间/d time	COD _{Cr} 含量 COD _{Cr} content/(mg·L ⁻¹)		COD去除率/% removal of COD
	进水 enter water	出水 effluents	
1	357	26	92.72
2	408	22	94.61
3	372	15	95.97
4	451	65	85.59
5	418	56	86.60
6	503	90	82.11
7	453	83	81.68
8	511	70	86.30
9	415	51	87.71
10	452	68	84.96
11	433	54	87.53
12	421	46	89.07
13	325	33	89.85
14	360	34	90.56

4 结论

4.1 生物膜厚度是影响生物膜活性的重要因素,在处理废纸造纸废水过程中生物膜的活性厚度在70~100μm之间,生物膜的活性较好。

4.2 挂膜的初期,生物膜上生物相以丝状菌为主,鞭毛类和纤毛类原动物较少,活性较差。在正常运行的情况下,生物相中占优势的原动物以固着型的纤毛虫为主,出现少量游泳型纤毛虫。实验还表明,在有机符合或营养状况出现较大的变化时,游泳型草履虫、钟虫大量出现。

4.3 根据对挂膜不同阶段生物膜上生物相的研究。分析得出在挂膜前期化学需氧量(COD)的去除率比较低,在正常运行后COD的去除率稳定在一个较高的水平。实验结果表明,在生物膜降解能力良好的情况下,COD去除率在88%左右,理论分析与实验结果一致。

参考文献:

[1]疏明君,李友明,谢澄,等.生物流化床处理造纸中段废水生物膜性质的研究[J].工业用水与废水,2002,33(4):32-35.
[2]朱光灿,吕锡武,宋海亮,等.脱木素-缺氧-好氧生物膜工艺处理造纸废水试验研究[J].给水排水,2004,30(1):56-59.
[3]BUCHANAN R E, et al. 伯杰细菌鉴定手册(8版)[M].中国科学院微生物研究所译.北京:科学出版社,1984.
[4]刘雨,等.生物膜法污水处理技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.73-82,101-110.
[5]LAMOTTA E J. Kinetics of growth and substrate uptake in a biological film system[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1976, 31: 286-293.
[6]刘辉.全流程生物氧化技术处理微污染原水[M].北京:化学工业出版社,2003.60-122.