

曝气生物滤池在制浆造纸废水处理中的研究进展

李颖¹ 张安龙¹ 崔炜²

(1. 陕西科技大学造纸工程学院, 咸阳, 712081;

2. 西安中轻设计有限责任公司, 西安, 710048)

摘要:本文以造纸废水、硫酸盐浆废水及 TMP 废水为例, 阐述了国外运用曝气生物滤池处理各类制浆造纸废水的工艺情况, 并对其在制浆造纸废水深度处理方面的应用作了简单介绍。

关键词:曝气生物滤池; 制浆造纸废水; 深度处理

中图分类号: X 793

文献标识码: A

文章编号: 1671 - 4571 (2006) 04-0040-04

曝气生物滤池 (biological aerated filter, 简称 BAF) 是上个世纪末 80 年代末和 90 年代初在普通生物滤池的基础上, 借鉴给水滤池工艺而开发的污水处理新技术。最初用于污水的三级处理, 后直接用于二级处理, 结构见图 1^[1,2]。自 80 年代在欧洲建成世界上第一座曝气生物滤池污水处理厂后, 曝气生物滤池已在欧美和日本等发达国家广为流行, 目前世界上已有数百座不同规模的污水处理厂采用了这种技术。

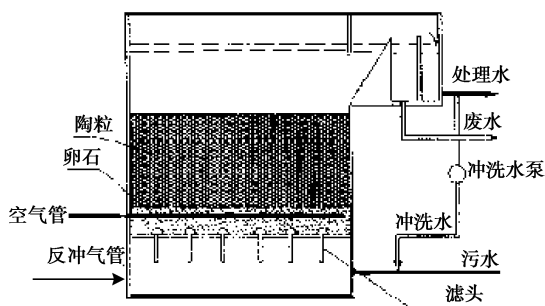


图 1 曝气生物滤池结构图

曝气生物滤池集曝气、高滤速、截留悬浮物、定期反冲洗等特点于一体。其工艺原理^[3]为, 在滤池中装填一定量粒径较小的颗粒状滤料, 滤料表面生长着生物膜, 滤池内部曝气, 污水流经滤料时, 利用滤料上高浓度生物膜的强氧化降解能力对污水进行快速净化, 此为生物氧化降解过程; 同时, 因污水流经时, 滤料呈压实状态, 利用滤料粒径较小的特点及生物膜的生物絮凝作用, 截留污水中的大量悬浮物, 并且保证脱落的生物膜不会随水漂出, 此为截留作用; 运行一定时间后, 因水头损失的增加, 需对滤池

进行反冲洗, 以释放截留的悬浮物并更新生物膜, 此为反冲洗过程。

由于曝气生物滤池与普通活性污泥法相比, 具有有机负荷高、占地面积小 (普通活性污泥法的 1/3)、投资少 (节约 30%)、不会产生污泥膨胀、氧传输效率高、出水水质好等优点^[4]; 近年来用曝气生物滤池处理制浆造纸废水的研究引起了人们的关注, 而且目前国外已有数十家造纸企业将这一新技术投入运行。然而国内针对曝气生物滤池的研究刚刚起步, 且大多集中在市政污水的处理上^[5], 未见有处理制浆造纸废水的研究应用报道。本文概述了国外运用曝气生物滤池处理制浆造纸废水的研究应用情况^[6,7], 旨在为我国造纸污水处理的从业人员提供新的思路。

1 曝气生物滤池作为主要生化单元处理制浆造纸废水的研究

曝气生物滤池技术可代替普通活性污泥法直接用于不同种类制浆造纸污水的二级处理, 这在许多国家都已作过尝试性试验与探讨, 有些已投入生产规模的应用。在此分别以造纸废水、硫酸盐浆废水及 TMP 废水为例, 说明曝气生物滤池运行的工艺情况。

1.1 造纸过程废水处理

加拿大某纸品加工厂 (日产 340t) 利用商品漂白硫酸盐浆和二次纤维生产各种纸制品 (如静电复印纸、无菌医疗用纸、食品包装纸等)。该厂污水处理系统采用了两级曝气生物滤池 (滤料体积: 8m × 8m × 6m 高); 其废水经沉淀、筛滤后进入曝气生物

作者简介: 李颖, 女, 硕士研究生, 主要从事造纸环境保护的研究。

滤池处理,负荷为 3500kgBOD/d。该系统污泥产量少(0.28kgTSS/kgBOD),耐冲击负荷好,能耗低。表

1、表 2 为处理该厂废水的中试研究结果。

表 1 中性抄纸废水中试处理结果

阶段	值	进水浓度 /mg · L ⁻¹		进水负荷 /kg · m ⁻³ · d ⁻¹		出水浓度 /mg · L ⁻¹		去除率 /%	
		COD	BOD	COD	BOD	COD	BOD	COD	BOD
HRT = 39min	平均	95	73	2.5	1.1	50	24	55	77
HRT = 19min	平均	169	87	4.4	2.2	106	34	53	68
HRT = 39min	平均	191	98	1.95	1	43	2	76	77

注: HRT为水力停留时间,下同

表 2 酸性抄纸废水中试处理结果

阶段	值	进水浓度 /mg · L ⁻¹		进水负荷 /kg · m ⁻³ · d ⁻¹		出水浓度 /mg · L ⁻¹		去除率 /%	
		COD	BOD	COD	BOD	COD	BOD	COD	BOD
HRT = 47min	平均	375	218	3.2	2.0	59	37	84	83
HRT = 24min	平均	486	273	9.0	5.0	126	78	74	71

表 1、表 2 试验结果表明水力停留时间越长,相应的污染物去除率也高。这是因为对于曝气生物滤池来说,它内部的生物氧化作用主要发生在滤料区,滤料上的微生物与污水中的基质进行生化作用,需要一定的接触反应时间作保证^[8]。在水力停留时间相同时,适当增加进水有机物浓度,其有机物去除率也相应提高,这说明曝气生物滤池有良好的耐冲

击负荷能力。

1.2 硫酸盐浆废水处理

硫酸盐浆废水有机物浓度高,污染负荷大,不适于直接用普通活性污泥法处理。将高负荷的曝气生物滤池作为前处理工序,出水再经好氧稳定塘深度净化,可以达到理想的处理效果。表 3 为某硫酸盐浆厂曝气生物滤池处理段的运行结果。

表 3 曝气生物滤池段处理结果 (硫酸盐浆)

参数	COD _总 /mg · L ⁻¹	COD _{可溶} /mg · L ⁻¹	BOD _总 /mg · L ⁻¹	SS /mg · L ⁻¹	VSS /mg · L ⁻¹	COD _{负荷} /kg · m ⁻³ · d ⁻¹	BOD _{负荷} /kg · m ⁻³ · d ⁻¹	COD _{去除} /%	BOD _{去除} /%
进水平均	2920	2737	795	56	49	12	3.4	-	-
出水平均	1493	1383	144	53	43	-	-	49	82

表 4 曝气生物滤池段处理结果 (TMP)

参数	COD _总 /mg · L ⁻¹	COD _{可溶} /mg · L ⁻¹	BOD _总 /mg · L ⁻¹	SS /mg · L ⁻¹	VSS /mg · L ⁻¹	COD _{负荷} /kg · m ⁻³ · d ⁻¹	BOD _{负荷} /kg · m ⁻³ · d ⁻¹	COD _{去除} /%	BOD _{去除} /%
进水平均	823	711	240	98	63	8.9	2.7	-	-
出水平均	396	309	50	66	54	-	-	52	79

表 3 中研究数据表明曝气生物滤池可以达到远高于一般生化法的 COD 容积负荷,适宜于处理高浓硫酸盐浆废水。研究结果表明曝气生物滤池利用固定生物膜法原理来去除污染物,微生物附着在滤料表面生长并使生物膜有较低的含水率,滤池内微生物量多,单位反应器内的生物量可高达活性污泥法的 5~20 倍^[9],因而曝气生物滤池具有较高的处理能力。

1.3 TMP 废水处理

TMP 废水处理中试规模的试验研究表明,用曝

气生物滤池单独处理 TMP 废水是可行的。试验处理装置为内装两个级配滤料的曝气生物滤池,容积为 5m³。在有机负荷为 3.5kgBOD/m³ · d 滤料的情况下,系统出水满足排放标准的要求。表 4 为其运行处理结果。

2 曝气生物滤池深度净化制浆造纸废水的研究

曝气生物滤池最初主要用于污水的三级处理,因此它在制浆造纸废水深度净化方面也有不少研究与应用。一般来讲,可以将应用分为以下三个类型:

经生化处理后 BOD 浓度小于 25mg/L 的废水的深度净化;

经生化处理后 BOD 浓度位于 20 - 50mg/L 的废水的深度净化;

首先经生化处理后 BOD 浓度小于 30mg/L, 然后经部分臭氧氧化作用 BOD 高达 80mg/L 的废水的深度净化。

类型 应用于低负荷生物反应器之后, 实际应用中一般指低负荷活性污泥法 (BOD 负荷约为 0.1 kg/kg · d) 处理之后。该类型考察三个厂的处理情况, 如表 5 中 1# - 3#。

类型 应用于中等负荷生物反应器 (BOD 负荷约为 0.3kg/kg · d) 之后, 如普通活性污泥反应装置、曝气生物滤池或其它类型生物反应器之后。该类型主要以两段曝气生物滤池处理为例, 考察第二段的运行情况, 如表 5 中 4#。

类型 应用于臭氧氧化处理之后, 废水首先经一级生物处理, 然后臭氧氧化, 进一步提高其可生化降解物质的含量, 最后再用曝气生物滤池深度净化。根据一级生物处理装置的不同, 该类型考察了三种情况下的处理结果, 如表 5 中 5# - 7#。

表 5 曝气生物滤池深度处理结果

处理类型	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#
工艺参数 (平均值)							
BOD 体积负荷 /kg · m ⁻³ · d ⁻¹	1.28	0.28	0.24	0.27	0.70	2.45	1.04
水力负荷 /m · h ⁻¹	7.3	2.29	2.56	2.35	3.57	2.30	2.30
水力停留时间 /h	0.41	0.74	0.62	0.49	2.00	0.79	0.79
空塔水力停留时间 /h	0.16	0.22	0.19	0.20	0.80	0.31	0.31
进水参数 (平均值)							
BOD /mg · L ⁻¹	22	9	6	20	59	80	34
COD /mg · L ⁻¹	287	109	107	69	331	324	123
BOD /COD	0.08	0.08	0.06	0.30	0.18	0.25	0.28
出水参数 (平均值)							
BOD /mg · L ⁻¹	20	5	6	7	23	22	13
COD /mg · L ⁻¹	243	94	92	46	253	230	82
去除率							
BOD /%	9.1	46.2	10.5	67.5	61.6	72.5	61.8
COD /%	15.3	14.3	13.7	32.6	23.5	29.0	33.3

注: 各考察类型前段处理工艺: 1# - 3#: 低负荷活性污泥法; 4#: 二级曝气生物滤池; 5# - 7#: 臭氧氧化

表 5 中研究数据表明, 曝气生物滤池在深度净化处理制浆造纸废水时, 有机物去除率与废水的可生化性相关, 即当 BOD /COD 值较大时, 其 BOD、COD 去除率也较大。因此, 选择适宜的前段处理工艺, 如类型 或类型 , 对于取得更好的净化效果是必要的。

3 结语

作为一种崭新的水处理工艺——曝气生物滤池正处在推广之中。在我国, 制浆造纸废水约占全国工业废水总排放量的 1/10, 其高效治理关系到生态环境的保护及造纸工业的可持续发展。然而, 限于技术经济等原因, 目前我国对于制浆造纸废水的处理力度还远远不够。

而且处理工艺采用较多的依然是活性污泥法、接触氧化法等, 这类工艺具有处理流程长、基建投资

大、运行费用高等缺点^[10]。而曝气生物滤池工艺具有高效、价廉、流程短、易管理等优点, 是一种较理想的污水处理工艺。另外, 随着人们对排放水质要求的日益严格, 制浆造纸废水的深度处理必将逐渐提上日程, 因此, 开发经济合理的处理方式是必要的。曝气生物滤池工艺处理装置结构紧凑, 生化反应与过滤统一在一个单元中进行, 不需要二沉池, 可将其置于原处理工艺之后, 对其出水进一步去除污染物, 以达到新的水质标准, 从而可以完成原处理工艺的改造, 避免资源的浪费。综上所述, 借鉴国外处理经验, 将曝气生物滤池这一经济高效的工艺技术推广至我国制浆造纸废水的治理过程中, 定会符合我国国民经济、社会发展和环境保护的迫切需要。

参考文献

- [1] 朱乐辉. 污水处理新工艺——曝气生物滤池 [J]. 世界环境, 2000(1): 34 - 37

- [2] 李亚新,徐丽花. 一种好氧生物处理有机废水的新工艺设备——生物曝气滤池[J]. 给水排水, 1999, 25(11): 1 - 4 - 108
- [3] 奇兵强等,曝气生物滤池在污水处理中的应用[J]. 给水排水, 2000, 26(10): 4 - 8
- [4] Mendoza - Espinosa, L. G. et al A review of biological aerated filters (BAFs) for wastewater treatment[J]. Environ Eng Sci, 1999, 16(3): 201 - 206
- [5] 王立立等,曝气生物滤池处理低浓度生活污水的研究[J]. 工业水处理, 2003, 23(3): 29 - 32
- [6] Christian H. M. Wastewater biofilters used for advanced treatment of papermill effluent[J]. Wat Sci Tech, 1999, 40(11 - 12): 101
- [7] A. Kantardjief and J. P. Jones Practical experiences with aerobic biofilters in TMP (thromomechanical pulping), Sulfite and Fine paper mills in Canada Wat Sci Tech, 1997, 35(2 - 3): 227 - 234
- [8] 邱立平,马军等. 水力停留时间对曝气生物滤池处理效能及运行特性的影响[J]. 环境污染与防治, 2004, 26(6): 433 - 437
- [9] 郑俊,吴浩汀. 曝气生物滤池工艺的理论工程应用. 化学工业出版社, 2005: 38
- [10] 李志健,王晓昌等. 制浆造纸废水处理技术评述[J]. 西北轻工业学院学报, 2002, 20(6): 81 - 83

Research Progress in the Application of Aerated Bio-Filter in Pulping and Papemaking Effluent Treatment

Li Ying¹ Zhang Anlong¹ Cui Wei²

(1. College of Papemaking Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xianyang, 712081;

2. Xi'an Engineering Co., Ltd of China Light Industry, Xi'an, 710048)

Abstract: This paper expounds the technological conditions of effluent treatment in various kinds of pulping and papemaking by aerated bio-filter, such as in a kraft pulp mill, a TMP mill and a paper mill. In addition, its application in the advanced treatment of pulping and papemaking effluent is also introduced simply.

Key words: aerated bio-filter; pulping and papemaking effluent; advanced treatment

(上接第 13 页)

Study on the Optimal Biotreating Conditions of Bamboo

Peng Ling, Lin Benping, Wang Shuangfei

(School of Light Industrial and Food Engineering, Guangxi University, Nanning, 530004)

Abstract: This paper studied mainly the optimal biotreating conditions of bamboo with *Aspergillus N iger*, *Aspergillus O ryzae*, *Candida L ipolytica*, *Aspergillus N iger* + *Aspergillus O ryzae*, *Aspergillus N iger* + *Aspergillus O ryzae* + *Candida L ipolytica* from a new point of view. The results showed that all the optimal biotreating conditions of this five groups of fungi were similar except the temperature and pH, and the degradation result of *Aspergillus N iger* + *Aspergillus O ryzae* + *Candida L ipolytica* was the best.

Key words: *Aspergillus N iger*; *Aspergillus O ryzae*; *Candida L ipolytica*; bamboo