

悬浮填料浮动床石化废水处理初步研究

夏四清¹, 王学江¹, 高廷耀², 周增炎², 孙华² (1. 河南师范大学, 河南新乡 453002; 2. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要: 对悬浮填料浮动床进行了充氧能力试验和石化废水处理试验, 初步结果表明, 当填料投加率为 50% 时, 在与普通曝气池相同条件下, 可使反应器充氧能力提高至无填料时的 2 倍以上. 在普通生物反应器内投加填料在不改变其生化反应条件下, 进水 COD 300~500 mg/L, NH₃-N 24~35 mg/L 时, 出水 COD < 90 mg/L, NH₃-N < 15 mg/L.

关键词: 悬浮填料浮动床, 石化废水, 废水处理, 生物反应器.

中图分类号: X742.031 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)02-0091-03

Preliminary Study on Petrochemical Wastewater Treatment Using A Suspended Packing Bed

Xia Siqing¹, Wang Xuejiang¹, Gao Tingyao², Zhou Zengyan², Sun Hua (1. Henan Normal University, Xinxiang Henan 453002, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The aeration efficiency test and petrochemical wastewater treatment test using a suspended packing bed were presented in this paper. The results showed that the aeration efficiency of the aeration tank with 50% suspended packing was elevated to more than two times of that of without it. When suspended packing was added into the aeration reactor and other biochemical conditions were same as general aeration tank, the effluent concentrations of COD_{Cr} and NH₃-N were less than 90 mg/L and 15 mg/L under the influent COD_{Cr}, NH₃-N concentrations of 300~500 mg/L and 20~35 mg/L respectively.

Keywords: suspended packing bed, petrochemical wastewater, water treatment, biological reactor.

上海石油化工股份公司水质净化厂的废水来源于上海石化乙烯厂、化工一厂、化工二厂、维纶厂、腈纶厂等的工业废水和该地区的生活污水。

该厂日处理水 138800 m³, 总水力停留时间 23h, 其中推流式曝气池水力停留时间 8h, 通过调整氧化沟运行参数实现生物脱氮, 但根据统计, 该处理工艺对 BOD、COD 的处理效果良好, 而对氨氮的去除率只有 10%~40%, 出水中氨氮浓度常超过 15 mg/L 的排放标准. 本研究探索在不改变其构筑物结构的情况下, 仅靠投加填料使其实现生物硝化从而达到去除氨氮的可能性.

1 工艺流程

工业废水和生活污水的比例约为 3:1. 一般情况下进水水质如表 1 所示. 目前采用的工艺流程图如图 1.

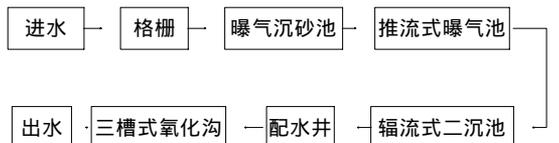


图 1 水质净化厂工艺流程

表 1 水质净化厂进水水质/mg·L⁻¹

pH	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	浊度/NTU	SS
6~9	200~700	100~350	15~35	30~200	50~400

2 材料、主要设备和方法

(1) 填料 填料是自行研制开发的实用新型专利产品^[1], 为 $\phi 50 \times 50$ mm 圆柱型, 有不同面积的翼板、底板构成, 比表面积 250~300 m²/m³, 比重为 0.90~

作者简介: 夏四清(1965~), 男, 博士研究生, 副教授, 现在同济大学环境科学与工程学院.

收稿日期: 1999-06-14

0.99. 该生物载体直接放于曝气池中, 由于其比重略小于 1, 故在不曝气时浮于水面, 曝气时只需与一般曝气池相同的曝气量即可流化于整个曝气池. 由于翼板表面易于生物膜的生长和自然脱落, 不会结团, 翼板间的空隙不会堵塞. 基于该填料的良好通气性、过水性, 所以对曝气池的布气、布水设备没有特殊要求, 并且省去专门设置捆绑载体的支架.

(2) 主要设备 试验工艺如图 2 所示. 进水取自水质净化厂调节池, 用蠕动泵调节进水流量, 生化反应器体积 150L, 反应器内设有塑料穿孔曝气管, 内加悬浮填料作生物载体, 空气来自厂方进气管气源, 气水比控制 6~12:1 范围内, 二次沉淀池停留时间 1.5~2.0h.

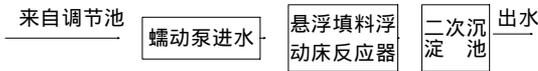


图 2 试验工艺流程图

(3) 水质分析方法 COD_{Cr}: 快速铬法; NH₃-N: 纳氏试剂光度法, DO: YSI MODEL 58 型溶氧仪, 浊度: 浊度仪法, SS: 称重法, 定期进行微生物显微镜观察.

3 试验结果与讨论

3.1 悬浮填料浮动床充氧能力实验

在现场用自来水进行悬浮填料浮动床充氧能力实

验, 先用 Na₂SO₃ 进行脱氧, 使水中溶解氧降到 0, 然后再曝气, 直到溶解氧升高到接近饱和水平. 假定这个过程中液体是完全混和的, 符合一级动力学反应, 则与评价本装置有关的参数可由以下公式分别导出^[2]:

$$dc/dt = K_{La}(c_s - c) \quad (1)$$

积分得:

$$\ln(c_s - c) = -K_{La}(T) \times t + \text{常数} \quad (2)$$

$$K_{La}(20^\circ\text{C}) = K_{La}(T) \times 1.024^{(20-T)} \quad (3)$$

$$dc/dt(20^\circ\text{C}) = K_{La}(20^\circ\text{C}) \times c_s(20^\circ\text{C}) \quad (4)$$

$$OC = K_{La}(20^\circ\text{C}) \times c_s(20^\circ\text{C}) \times V \quad (5)$$

$$E_A = OC/S \times 100\% \quad (6)$$

$$S = G_s \times 21\% \times 1.43 = 0.3G_s \quad (7)$$

式中, dc/dt 为氧转移速率 [$\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$]; $K_{La}(T)$ 为测定温度 T 时的氧总传递系数 ($1/\text{h}$); c_s 为试验条件下自来水的溶解氧饱和浓度 (mg/L); c 为相应于某一时刻 t 的溶解氧浓度 (mg/L); OC 为生化反应器的充氧能力 (kg/h); V 为曝气池有效容积 (m^3); E_A 为氧的利用率 (%); G_s 为供气量 (m^3/h). 试验通过测定 G_s 和相应于每时刻 t 的 DO 值后, 绘制 $\ln(c_s - c)$ 与 t 的关系曲线, 其斜率即为 K_{La} . 通过测定不同填料投加率条件下的 K_{La} 值, 由以上公式分别计算出相应的参数, 列于表 2 中.

表 2 不同填料投加率条件下的充氧性能指标

投加率%	$K_{La}(T)/\text{h}^{-1}$	$K_{La}(20^\circ\text{C})/\text{h}^{-1}$	$dc/dt(20^\circ\text{C})/\text{kg} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{h})^{-1}$	$OC/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$	$E_A/\%$
0	7.67	7.18	0.066	0.30	4.3
30	14.34	13.68	0.125	0.58	8.4
50	16.94	15.93	0.146	0.67	9.7
60	14.70	13.59	0.124	0.57	8.3

从表 2 可以看出, 由于存在碰撞和切割气泡等作用, 在生化反应器中投加悬浮填料使氧的总传递系数、传递速率、曝气设备的充氧能力、氧利用率等均有显著提高, 对氧的传递起着促进作用. 投加率为 50% 时效果最好, 其氧的利用率为 9.7%, 是无填料生化反应器的 2.26 倍, 故试验主要考查填料投加率为 50% 的浮动床运行效果, 间或试验其它投加率条件下的情况以进行对比.

3.2 悬浮填料生物膜的形成与分析

悬浮填料浮动床中生物膜的培养和形成是该工艺能否运行的关键. 为了与水质净化厂推流式曝气池的运行效果具有可比性, 本研究选择水力停留时间 6~8h, 气水比 6~12:1 条件下连续进水进行培养. 经过 2 周连续培养, 发现个别填料叶瓣表面有褐色点状膜, 3 周后显微镜观察出现大量菌胶团、漫游虫、变形虫等, 膜普遍形成, 1 个月时观察有轮虫和线虫等后生动物种

类, 标志着生物膜已逐渐长至成熟, 生物膜呈黄褐色, 膜厚在 1~2mm 之间, 同时也获得了较稳定的出水, 从 1998-10~1998-12 运行效果均稳定.

3.3 运行结果分析

(1) COD 的去除 悬浮填料生物浮动床处理石化废水研究以采用 50% 填料投加为主, 水力停留时间为 8h, 经过连续 1 个月的培养后运行稳定, 其中 1 周的运行结果见图 3. 由图 3 可以看出, 在进水 COD 浓度为 340~500mg/L 时, 对 COD 去除率均达 75% 以上, 且出水水质达到城市二级污水厂的一级排放标准要求 ($\leq 100\text{mg}/\text{L}$), 说明悬浮填料浮动床处理石化废水是可行的, 其处理效率高于水质净化厂推流式曝气池的去除效果.

(2) NH₃-N 去除 悬浮填料浮动床对石化废水中 NH₃-N 的去除远远高于水质净化厂推流式曝气池, 运

行结果如图 4 所示。由图 4 可知,当进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度 24~30 mg/L 时,其去除率为 51%~60%,平均为 55.6%,并且保证了一级排放标准 $\leq 15\text{ mg/L}$ 的要求。

(3) 不同工况运行结果比较 为了考察悬浮填料生物浮动床在不同填料投加率、不同水力停留时间条件下对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果,分别进行了 3 个工况的试验研究,其 $\text{NH}_3\text{-N}$ 运行效果列于表 3 中。

从表 3 可以看出,在相同投加率(50%)条件下, HRT = 8h 的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率普遍优于 HRT = 6h 的去除率;而投加率为 40%、HRT = 6h 条件下,微生物量因

填料的减少而相应减少,加上停留时间缩短的不利条件,造成 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率明显下降,且出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度全部超标。

(4) 其它污染指标的去除 悬浮填料浮动床对石化废水的浊度和 SS 也有较好的去除效果,试验表明,在填料投加率为 50%, HRT = 8h, 进水浊度在 46~150 NTU 时,出水为 8~29 NTU,去除率为 72.5%~95.4%,平均 85.7%;当进水 SS 为 74~342 mg/L 时,出水为 13~35 mg/L,去除率 82.4%~90%,平均为 86.2%。

表 3 悬浮填料浮动床在不同条件下对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

投加率 50%	进水	24.4	26.2	28.2	27.5	25.9	25.6	30.0
	HRT 8h 出水	9.6	12.8	12.5	13.0	11.6	10.8	13.2
	去除率/%	60.7	51.1	55.7	52.7	55.2	57.8	56.0
投加率 50%	进水	28.5	33.6	39.5	30.4	27.1	21.9	25.5
	HRT 6h 出水	13.8	15.6	15.2	13.8	13.2	10.8	11.7
	去除率/%	48.0	53.6	61.5	54.6	51.3	50.7	54.1
投加率 40%	进水	25.4	26.1	25.6	33.0	26.5	25.3	27.8
	HRT 6h 出水	17.0	18.4	17.3	21.1	19.6	18.3	20.6
	去除率/%	33.1	29.5	32.4	36.1	26.0	27.7	25.9

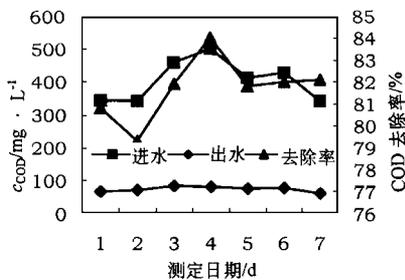


图 3 进、出水 COD_{Cr} 的变化曲线及去除率

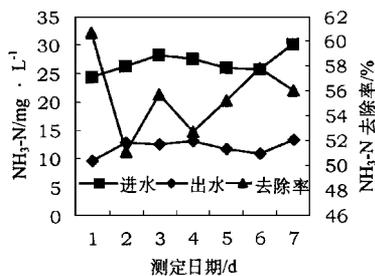


图 4 进、出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的变化曲线及去除率

4 结论

悬浮填料浮动床由于填料具有比表面积大、易挂膜、可有效切割气泡,能使生物反应器对氧的利用率有较大提高。试验表明,当填料投加率为 50% 时,在保持与普通曝气池相同的气水比条件下,可使充氧能力和充氧速度提高至无填料时的 2 倍以上。

悬浮填料浮动床处理石化废水在启动运行时无须引进接种污泥,可直接挂膜培养,操作方便、易于管理。

悬浮填料浮动床在投加率 50%, 与普通曝气池基本相同的水力停留时间和气水比条件下,对 BOD、COD、SS、浊度有很高的去除率,对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 也有较好的去除效率。

由于填料不需要支撑装置、不结团,只需在一般污水厂曝气池进、出水口设置小于填料粒径的格栅即可防止填料流失,容易在一般污水处理厂中推广。

参考文献

- 周增炎,高廷耀,刘霞.一种悬浮式生物载体,国家实用新型专利(ZL-97-2 34855.7)第 298313 号,1998-08.
- 章非娟主编.水污染控制工程实验.北京:高等教育出版社,1993.126~130.