

水解(酸化)-缺氧-好氧固定床生物膜系统 处理焦化废水的试验研究

邵林广

(武汉建筑高等专科学校环境工程系, 武汉 430070)

陈 斌* 黄 霞 钱 易

(清华大学环境工程系, 北京 100084)

摘要 用内填 YDT 弹性立体填料的水解(酸化)-缺氧-好氧固定床生物膜系统处理焦化废水。结果表明:当进水 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度分别为 1065mg/L 和 253mg/L, 系统水力停留时间(HRT)为 33.5h, 混合液回流比为 3.6 时, 出水 COD 约为 180mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 5mg/L, COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率分别达 83% 和 98%。

关键词 水解-缺氧-好氧, 固定床生物膜, 焦化废水, 活性污泥, 弹性立体填料。

目前, 国内普遍采用的二级活性污泥法处理焦化废水一直存在着出水 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 严重超标问题。原因是此法对难生物降解的有机物的去除存在很大局限性, 导致出水 COD 偏高(350—850mg/L)^[1]。对于硝化反应, 活性污泥需要较长的 HRT, 所需的曝气池容积较大。且由于一般异养菌的世代期比硝化菌的短很多, 繁殖速度也快得多, 在一般废水的碳氮负荷下, 活性污泥系统中异养菌的数目会远远超过硝化菌的数目, 最终导致硝化菌从系统中流失, 使得出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 偏高^[2,3]。在生物膜系统中, 微生物附着在填料上生长, 且能保持很高的 SRT, 从而截留大量的硝化菌, 有效地克服了硝化菌生长缓慢的缺点, 还可最大限度地减少生物外排量, 省去污泥回流及污泥处理系统。本研究采用 YDT 型弹性立体填料固定床生物膜法, 水解(酸化)-缺氧-好氧系统处理焦化废水, 目的在于能开辟一条降低焦化废水 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的新途径。

1 试验材料与方法

1.1 试验流程

试验装置如图 1 所示。

反应器均为有机玻璃制作。各反应器内填 YDT 型弹性立体填料。该流程与常见的缺氧-好氧系统相比, 增加了一级水解(酸化)预处理段。目的在于通过水解(酸化)的预处理, 改变焦化废

水中难降解物质的分子结构, 提高其可生化性, 强化脱氮效果。

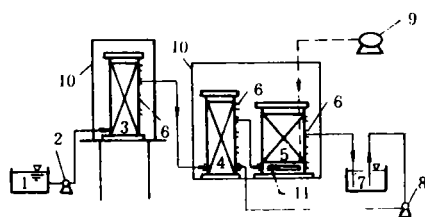


图 1 试验装置

1. 配水箱 2. 进水泵 3. 水解(酸化)反应器(2.5L)
4. 缺氧反应器(4.5L) 5. 好氧反应器(11.5L)
6. 出水口(可根据需要, 调整反应器容积) 7. 水槽
8. 循环泵 9. 空压机 10. 保温箱 11. 曝气头

1.2 试验水质

表 1 为首都钢铁公司焦化厂废水水质。其中, 气浮除油水质为经蒸氨、气浮除油后水质; 二沉池出水为经废水处理车间二级鼓风曝气活性污泥法处理后出水水质; 试验进水取自处理车间气浮除油水, 由于该厂设备和管理方面等原因, 气浮除油后的废水氨氮浓度过高(一般在 350mg/L 以上), 而过高的氨氮浓度对硝化菌产生严重的抑制和毒害作用。所以, 试验水质经 pH 调整(pH=11), 鼓风曝气, 吹脱除氨预处理, 使 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度保持在 200—250mg/L(这是焦化厂

* 现在核工业部二院工作

收稿日期: 1993-12-26

蒸氨设备操作正常时所能达到的浓度范围),然后用磷酸调 pH 为 7.0—7.2。所形成的磷酸盐作为微生物的营养源。

2 试验运行条件与效果

试验操作条件见表 2。

表 1 首钢焦化废水水质与试验水质

项目	COD(mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	酚(mg/L)	氰化物(mg/L)	油(mg/L)	pH
气浮、除油水	1100—1300	200—450	100—200	1—6	2—5	8.0—8.5
二沉池出水	350—450	196—225	0.36	0.35	0.5	7.1—7.2
试验进水	1000—1200	200—250	80—100	1—5	1—3	7.0—7.2

表 2 焦化废水处理操作运行条件¹⁾

水力停留时间(h)				溶解氧(mg/L)		pH			系统温度(℃)		碳氮比 (COD/NH ₃ -N)
水解	缺氧	好氧	总	缺氧	好氧	水解	缺氧	好氧	水解	缺、好氧	
4.5	8.2	20.8	33.5	0.8—1.0	4—5	7.0—7.2	6.5—7.0	6.5—7.0	35±1	28±1	4.5

1) 系统进水量 0.56L/h,回流比:3.6

表 3 为稳定运行阶段系统处理效果。

表 3 稳定运行阶段系统处理效果

项目	进水(mg/L)		出水(mg/L)		去除率 (%)
	范围	平均	范围	平均	
COD	990—1140	1065	150—210	180	83
NH ₃ -N	248—258	253	2.5—7.5	5	98
BOD ₅	300—360	330	6.5—10.5	8.5	97
TOC		236.51		23.72	90
挥发酚		217.4		0.21	99.4

3 分析与讨论

3.1 水解(酸化)的预处理作用

表 4 为水解(酸化)段水力停留时间(HRT)与出水水质关系。

表 4 HRT 与出水水质关系

HRT(h)	0	3.5	4.5	5.0	5.6	13.0
COD(mg/L)	1300	1350	1315	1300	1220	1000
BOD ₅ (mg/L)	300	330	364	358	337	210
BOD ₅ /COD	0.23	0.24	0.28	0.275	0.27	0.21
NH ₃ -N	248	251	260	254	247	201

有机物的厌氧分解主要经历 2 个阶段:酸性发酵和碱性发酵。酸性发酵能改变废水的化学结构,使废水的可生化性能得到改善^[4]。从表 4 中可看到,焦化废水在水解(酸化)反应器中停留 4.5—5.0h 时,BOD₅/COD 提高了 0.05,BOD₅ 提高了 64—58mg/L。表 4 还表明,延长水解(酸化)

反应器的停留时间,将使废水 BOD₅ 降低,BOD₅/COD 比值也会相应降低。研究表明:焦化废水经水解(酸化)预处理后,水中杂环化合物如喹啉、多环芳香族化合物都有明显减少;同时产生了大量低分子有机酸,如乙酸、丙酸等,从而使原来难以为好氧微生物所分解的有机物变为较易降解的有机物,减轻了好氧段处理负担。

3.2 系统的脱氮效率

该系统具有显著的脱氮和去除 COD 的效果。除了水解(酸化)预处理作用外,还有以下 2 方面的原因:

3.2.1 生物固体停留时间(SRT)长

处理系统运行稳定,各反应器内的微生物在不同负荷条件下,培养驯化了一大批适宜处理焦化废水的微生物种群,日积月累地增加了该类微生物的数量。这就使得系统的脱氮除 COD 能力较强,即使系统遭受冲击负荷后,也能很快(一般为 2—3d)恢复较高的脱氮除 COD 能力。

3.2.2 YDT 型弹性立体填料的良好性能^[5]

YDT 型弹性立体填料以尼龙绳为中心,呈丝状条幅射而为立体状态。丝条经拉毛处理,表面粗糙;比表面积大(265—307m²/m³)。该填料丝条的特殊结构对水中的气泡能作密集性多层次的切割,对微气泡有良好的吸附作用,使得生物膜、废水和氧气充分接触。本研究表明:当曝气

量适宜($DO=4-5\text{mg/L}$)时,该填料具有挂膜快,生物附着量大,质密不易脱落,绝无堵塞现象的特点。是处理焦化废水较为理想的生物膜填料。

由于系统的长期运行,系统中的缺氧反应器内不但生长着良好的生物膜,而且在反应器里存在从上至下递增的活性污泥。缺氧反应器内上升水流和反硝化反应产生的氮气(N_2)推动这些活性污泥上升。但由于弹性立体填料及填料上的生物膜的拦截、阻滞作用,除极少量质轻的活性污泥随出水进入好氧反应器外,绝大部分活性污泥均按各自不同的比重,或逗留在填料束间、或沉至反应器底部。其运动方式呈膨胀状态。活性污泥由两种形态混合而成:一种呈单独离散型的颗粒状;另一种是由大量絮状物结合成较紧密的小球状。而以后一种形态数量居多。肉眼观察,该污泥色褐黑,沉降性极佳。未发现该污泥内含砂粒或其它无机物,经测定该污泥 $VSS/SS=0.73$,证明该污泥由有机质组成。取出这些污泥作静态实验,发现它们具有很高的反硝化能力。

同样,在好氧反应器内也有大量的活性污泥存在。只是前者为缺氧型,后者为好氧型,前者以反硝化菌为主,后者以硝化菌为主。由此可以认为,正是由于附着在弹性立体填料上的生物膜和反应器内的具有颗粒化趋势的活性污泥的共同作用,才使得系统有着十分显著的脱氮、除 COD 效果,以及很强的抗冲击负荷能力。

3.3 回流比

增大系统的回流比,无疑对系统的 COD 去除和脱氮效果有益。然而,回流比大,意味着动力消耗大。而且混合液中较高的 DO 回流到起反硝化作用的缺氧反应器中,势必造成缺氧反应器溶解氧浓度过高,使反硝化菌选择 O_2 为电子受体而不是 NO_x-N ,从而影响反硝化效果。本研究混合液 $DO=4-5\text{mg/L}$,当回流比为 3.6 时,缺氧反应器 $DO\leq 1\text{mg/L}$,反硝化效果良好。

3.4 pH 值

一般认为硝化菌生长繁殖的最佳 pH 值为

8.5, $pH=7.0-7.5$ 时对反硝化菌最适宜。试验中发现:当好氧反应器内 $pH<7.5$ 时,有大量泡沫产生,硝化效果下降。当系统进水 $pH=7.0-7.2$,混合回流液 $pH=6.5-7.0$ 时,系统去除 COD 和脱氮效果良好。再一次证明了经长期驯化培养的硝化菌和反硝化菌完全可以适应低 pH 值的生长环境。系统能在低 pH 值的条件下正常运行的意义在于节省了投碱量,降低了处理费用。

3.5 碳氮比

为了保证系统硝化与反硝化反应的顺利进行,保持系统合适的碳氮比极为重要。有人提出焦化废水中的碳氮比即 COD/NH_3-N 为 6—7 时就能满足要求,不需另投加碳源^[6]。本试验进水 COD/NH_3-N 约为 4.5,碳源不足。因此,通过向好氧反应器内滴加 20g/L 浓度的 $NaHCO_3$,以增加硝化段的碳源,同时提高了硝化段的 pH 值。 $NaHCO_3$ 的投加量以满足硝化段出水 $pH=6.5-7.0$ 为准,就能保证硝化反应和反硝化反应的正常进行。

4 结论

(1)本系统对焦化废水去除 COD 和脱氮效果显著。具有 SRT 长,运行稳定,抗冲击负荷,无堵塞的特点。

(2)在缺氧-好氧处理系统前增加水解(酸化)预处理,可提高焦化废水的可生化性。

(3)YDT 弹性立体填料是一种处理焦化废水较为理想的生物填料。

参考文献

- 1 Gauthier J J et al. . Proc. 36th Ind. Waste Conf. . Purdue University, 1981:77—91
- 2 Carrard G et al. . Wat. Sci. Tech. . 1990, 22(2):261
- 3 Faup G M et al. . Wat. Sci. Tech. . 1982, 14:795
- 4 钱易等. 环境科学研究. 1992, 5(5):1
- 5 李怀正等. 上海给排水. 1991, 3(1):11
- 6 章非娟等. 中国给排水. 1989, 5(2):8

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

residence time (HRT) of 40 h with an influent having a COD_{Cr} concentration of 1101 mg/L, then the second stage of the A/O system and the biological activated carbon unit had their effluents with a COD_{Cr} concentration of 82 mg/L and 55 mg/L respectively, and a corresponding COD_{Cr} removal of 92% and 95%, respectively. When the pilot plant was operated at a HRT of 32 h with an influent having a COD_{Cr} concentration of 1112 mg/L, the second stage of the A/O system and the biological AC unit had their effluents with a COD_{Cr} concentration of 86 mg/L and 64 mg/L respectively, and a corresponding COD_{Cr} removal of 92% and 95%, respectively. Under the above conditions of operation, the second stage of the A/O system had a TA (total acid) removal of 93% for both cases.

Key words: A/O biofilm process, terephthalic acid wastewater, wastewater treatment, pilot plant.

Study on the Acid Hydrolysis- Anaerobic- Aerobic Fixed Biofilm System for the Treatment of Wastewater from Coking Plant. Shao Lin' guang et al. (Dept. of Environ. Eng., Wuhan College of Construction, Wuhan 430070); *Chin. J. Environ. Sci.*, 15(6), 1994, pp. 51—53

An acid hydrolysis- anaerobic- aerobic fixed biofilm system filled with a YDT elasto-steric packing was used to treat wastewater from coking plant. The results show that when the system was operated with an influent in which the concentrations of COD and $\text{NH}_3\text{-N}$ were 1065 mg/L and 253 mg/L respectively, a total hydraulic residence time (HRT) of 33.5 h, and a mixed liquor recirculating ratio of 3.6, then there was an effluent with a COD concentration of about 180 mg/L and a $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration of 5 mg/L, namely that the removals of COD and $\text{NH}_3\text{-N}$ were up to 83% and 98%, respectively.

Key words: acid hydrolysis- anaerobic- aerobic treatment system, fixed bed biofilm, wastewater from coking plant.

Study on the Treatment of wastewater from the Production Process of Vitamin C by Using a Complex Reactor of Upflow Anaerobic Sludge Blanket-Filter. Yang Jingliang et al. (Dept. of Environ. Eng., Hebei Institute of Light and Chemical Industries, Shijiazhuang 050018); *Chin. J. Environ. Sci.*, 15(6), 1994, pp. 54—57

A complex reactor of upflow anaerobic sludge blanket-filter (UASB + AF) with an available volume of 6 m³ was used to treat a highly concentrated organic wastewater from the production process of Vitamin C. During the period of its stable operation, it had a volumetric COD loading of up to

10—12 kg COD/(m³ · d), a COD removal of over 80%, and a volumetric biogas yield of over 3.0 Nm³/(m³ · d), as well as a high start-up speed and a stronger resistance to shock loading.

Key words: upflow anaerobic sludge blanket-filter reactor, wastewater, Vitamin C, synthetic fiber filter.

Feasibility Study on the Use of Several Devices for Sampling Natural Hydrocarbons. Bai Yuhua, Li Jinlong et al. (Dept. of Technical physics, Environ. Sci. Center, Peking University, Beijing 100871); *Chin. J. Environ. Sci.*, 15(6), 1994, pp. 58—62

The tests were conducted on the performances of several devices such as polished canister, steel tank, sampling bag and Tenax GC stainless steel tube for sampling HCs emitted from natural sources. It was found that the polished canister is well sealed and has a less wall effect. The Tenax GC tube has excellent performances in absorption and desorption. It is insufficient for steel tank and sampling bag to sample natural HCs over C₆ because of their serious wall absorption. However, the sampling bag is useful for sampling and saving HCs below C₆.

Key words: natural hydrocarbons, sampling devices, feasibility.

Determination of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in the Effluent from a Pulp Bleaching Process. Yang Chun, Yao Weixi (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085); *Chin. J. Environ. Sci.*, 15(6), 1994, pp. 63—65

Trace PCBs in the effluent from a pulp bleaching process with liquid chlorine or deactivated chlorinated lime were quantitatively determined with a method in which the samples were enriched by using a resin GDX-501, then extracted, washed with a concentrated sulfuric acid, and cleaned up over a deactivated alumina-silver nitrate-silica gel column before determination using a gas chromatography with a capillary and an electron capture detector. The PCBs in the effluent were found to be at a level in the range of 10⁻¹²—10⁻⁹ and to consist of dominant PCBs substituted with less (2 or 3) chlorines.

Key words: PCBs, pulp bleaching effluents, determination.

Qualitative Determination of Organic Pollutants in Atmospheric Vapor Phase and Particulate Phase in the Urban Area of Huhhot. Feng Shen' ying et al. (Inner Mongolia Center Station of Environ. Monitoring, Huhhot 010010); *Chin. J. Environ. Sci.*, 15(6), 1994, pp. 66—69

Full air samples were collected from the urban area