

(环境工程与生态工程)

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 采用内填弹性立体填料的缺氧—好氧固定床生物膜系统处理焦化废水, 试验效果良好。当总水力停留时间 ≥ 35.2 h, COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率分别达82%和96%以上, 出水浓度均达到国家排放标准。

关键词 缺氧—好氧, 固定床生物膜, 焦化废水

焦化废水是一种公认的难生物降解的工业废水。国内普遍采用二级活性污泥法进行处理, 其出水酚、氰两项指标一般基本上可以达到排放标准, 但COD去除效果差, $\text{NH}_3\text{-N}$ 也几乎毫无去除。

缺氧—好氧(以下简称A/O)处理工艺是一项废水处理新技术。该工艺用于处理经塔滤后的焦化废水(COD = 443~550mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ = 67~121mg/L)已有报道^[1]。但直接对经蒸氨、气浮除油后的焦化废水(COD = 1000mg/L~1200mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ = 200mg/L~2500mg/L)采用A/O固定床生物膜工艺处理, 国内尚未见报道。

本研究采用缺氧—好氧工艺直接处理首钢焦化厂污水处理厂的气浮出水, 对其处理效果进行了考察。

1 试验装置与方法

1.1 试验流程及装置

本研究所用固定床生物膜处理工艺流程及装置见图1。

缺氧、好氧反应器采用有机玻璃制作, 前者尺寸为 $\phi 10\text{cm} \times 120\text{cm}$, 后者为 $\phi 15.5\text{cm} \times 100\text{cm}$, 均内填立体弹性填料, 置于由白炽灯进行温控的保温箱内, 箱内温度控制

在 $27^\circ\text{C} \sim 29^\circ\text{C}$ 。反应器进水、回流均采用柱塞计量泵。

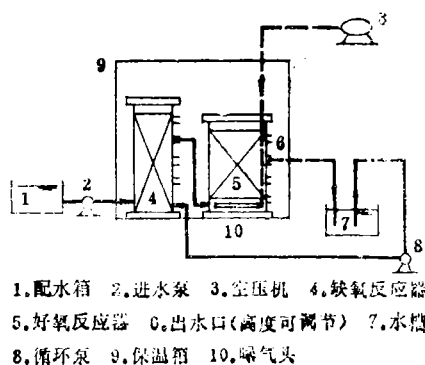


图1 A/O固定床生物膜处理工艺流程

1.2 试验水质

试验用水取自首都钢铁公司焦化厂, 该厂焦化废水采用普通活性污泥法进行处理。表1表示了经蒸氨、气浮除油后的废水水质和经二级活性污泥处理后二沉池出水水质。可见, 采用普通活性污泥法难以使出水COD浓度达到国家排放标准。试验原水取自该厂废水处理车间气浮出水。气浮除油后的焦化废水 $\text{NH}_3\text{-H}$ 一般在350mg/L以上, 而过高的 $\text{NH}_3\text{-H}$ 对硝化反应产生严重的抑制和毒害作用。因此, 试验用水先经pH调整

(pH=11), 鼓风曝气, 吹脱除氨预处理, 使 $\text{NH}_3\text{-H}$ 浓度保持在 $200\text{mg/L} \sim 250\text{mg/L}$ 浓度范围内, 然后用磷酸调 pH 至 $7.0 \sim 7.2$, 再进行试验, 其水质情况见表1。

表1 首钢焦化厂废水水质及试验原水水质

项 目	COD (mg/L)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	酚 (mg/L)	氰化物 (mg/L)	pH
气浮出水	1100~1300	200~450	100~200	1~6	8.0~8.5
二沉池	350~450	196~225	0.36	0.35	7.1~7.2
试验原水	1000~1200	200~250	80~100	1~5	7.0~7.2

1.3 试验操作条件

试验操作条件如表2所示。进行了7种水力停留时间条件下的试验。试验期间温度控制在 $27^\circ\text{C} \sim 29^\circ\text{C}$ 范围。好氧段溶解氧控制在 $4\text{mg/L} \sim 5\text{mg/L}$, 缺氧段溶解氧控制在 $0.8\text{mg/L} \sim 1.0\text{mg/L}$, 好氧段混合液回流比控制在 $3.7 \sim 6.7$ 。

表2 试验操作条件

序号	试验原水(mg/L)			水力停留时间(h)			流量 (l/h)
	COD	BOD_5	$\text{NH}_3\text{-N}$	A段	O段	A+O段	
1	1240	397	226	23.3	46.7	70	0.3
2	1151	368	230	16.7	33.3	50	0.42
3	1133	362	196	15.6	26.6	42.2	0.45
4	1174	376	178	14	24	38	0.5
5	1146	367	246	13.5	23	36.5	0.52
6	1193	382	246	12.9	22.3	35.2	0.54
7	1131	362	247	12.1	20.7	32.8	0.58

1.4 分析测试项目

主要分析项目有 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 。COD 采用快速测定仪进行日常测定, 并以标准法校正。其它项目按“水和废水标准检验法”进行。

2 试验结果与讨论

2.1 水力停留时间对去除效果的影响

试验结果见表3。表中数据为各水力停留时间条件下, 试验达到稳定运行时试验结果的平均值。COD 数据为快速测定仪测定结果经校正后的值。

由表3可以看出, 在本试验范围内, 系统的总水力停留时间 $\geq 35.2\text{h}$ 时, 系统处理出水 COD 浓度基本上都能达到国家排放标准 (200mg/L) 要求, 其去除率达82%以上。最高 COD 去除容积负荷为 $0.68\text{kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 主要在好氧段靠硝化菌的硝化作用被降解, 其去除效果与好氧段的水力停留时间有关。在试验范围内, 系统出水 $\text{NH}_3\text{-N}$

表3 试验结果

序号	COD				$\text{NH}_3\text{-N}$			
	进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率 (%)	去除负荷 ($\text{kg/m}^3 \cdot \text{d}$)	进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率 (%)	去除负荷 ($\text{kg/m}^3 \cdot \text{d}$)
1	1240	197	84.0	0.36	226	7	96.9	0.075
2	1151	195	83.1	0.46	230	7.6	96.7	0.107
3	1133	203	82.1	0.53	196	-	-	-
4	1174	192	83.6	0.62	178	5.3	97.0	0.109
5	1146	198	82.6	0.62	246	7.9	96.8	0.152
6	1193	195	83.6	0.68	246	8.9	96.4	0.162
7	1131	217	80.8	0.67	247	8.8	96.4	0.174

随好氧段HRT的减少略有增加的倾向,但不明显,且均在排放标准(15mg/L)以下, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率达96%以上。去除的最高 $\text{NH}_3\text{-N}$ 容积负荷为 $0.174\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 。

综合以上结果,系统的总水力停留时间最短为35.2h时,可以同时使系统出水COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度达到排放标准要求。

2.2 脱氮效果影响因素

2.2.1 A/O容积比

缺氧段和好氧段的容积比对硝化及反硝化效果影响较大。一般认为对于可生化性较好的废水,悬浮生长系统的反硝化速率可以达到硝化速率的3~4倍。然而,由于焦化废水的可生化性较差,所采用的A/O容积比应较大。另外,采用较大的A/O容积比,可使大部分有机物在缺氧段被去除,从而减轻好氧段的有机负荷。国内有人提出,对焦化废水而言,A/O容积比=1:2较适宜^[2]。本试验进行了A/O容积比的优化比较。试验初期,A/O容积比为1:2,反硝化效果较差,还导致系统出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 偏高。后将A/O容积比调整为1:1.7,出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 及COD处理效果均良好。

2.2.2 混合液回流比

好氧段混合液回流的目的在于向缺氧段提供反硝化反应所需的氧化态氮。回流比的大小对反硝化效果也具有较大影响。一般地说,混合液回流比大,回流到缺氧段的氧化态氮量增加,若缺氧段有足够的碳源,脱氮效率可得到提高。但相应地增加了动力消耗,而且还会造成缺氧段DO值的升高,进而影响反硝化效果。因此,存在一个适宜的混合液回流比。经试验发现,该比值在3.5~6.7间时,缺氧段 $\text{DO}\leq 1.0\text{mg}/\text{L}$,可获得较好的总氮去除效果。当总HRT为32.8h时,经分析发现处理出水 $\text{NO}_x\text{-N}$ 在 $21\text{mg}/\text{L}\sim 41\text{mg}/\text{L}$ 。

2.2.3 pH值

pH值对脱氮效果的影响也进行了探讨。很多文献报道认为硝化菌和反硝化菌最适生

长的pH为7.0~8.5。本试验进水 $\text{pH}=7.0\sim 7.2$ 。硝化过程中消耗的碱度,除一部分由反硝化反应产生的碱度(理论上,还原 $1\text{mg}\text{NO}_3\text{-N}$,产生 $3.57\text{mg}\text{CaCO}_3$)提供外,主要靠向好氧反应器内投加浓度为 $20\text{g}/\text{L}$ 的 NaHCO_3 来补充。通过控制投碱量,一般使系统出水pH保持在 $6.5\sim 7.0$ 。试验中发现,当系统出水 $\text{pH}=6.0\sim 6.5$ 时,反硝化菌受到部分抑制,当 $\text{pH}<6.0$ 时,反硝化菌受到严重抑制,脱氮效果急剧下降。出水 $\text{pH}=6.5\sim 7.0$ 时,处理效果良好。

2.2.4 溶解氧

硝化菌是一种好氧性自氧菌。通常,在生物膜法处理过程中,由于生物膜有一定的厚度,为了充分发挥生物膜的代谢能力,一般控制好氧段 $\text{DO}=3.5\text{mg}/\text{L}\sim 4.5\text{mg}/\text{L}$ 较合适,过低就会成为硝化反应的抑制因素。本试验结合进水情况,控制好氧段出水 $\text{DO}=4\text{mg}/\text{L}\sim 5\text{mg}/\text{L}$ 。曝气量过大,不仅动力消耗大,而且还会造成对生物膜的严重冲刷,致使其脱落,影响处理效果。

反硝化菌是一种兼性异氧菌,在缺氧系统中生长。在膜法反硝化系统中,由于细菌周围微环境的氧分压之间的差异,即反应器内有一定的溶解氧,生物膜内层仍呈缺氧状态。有文献报道,当DO为 $1\text{mg}/\text{L}\sim 2\text{mg}/\text{L}$ 时,并不影响反硝化进行^[3]。本试验中,一般控制在 $\text{DO}\leq 1.0\text{mg}/\text{L}$ 。

由于缺氧反应器从底部进原水和回流液,溶解氧的分布是从反应器的底部由下而上呈梯度分布。即反应器底部DO高,而后逐渐递减,反应池出水处最低。因此,在缺氧反应器底部,首先进行的是硝化反应,而后才逐渐过渡到反硝化反应。这也许是本研究中A/O容积比较大的一个重要原因。

2.2.5 碳氮比

焦化废水中碳源的质量和数量是影响反硝化效果的一个重要参数。Nutt, S.G.等人^[4]所进行的A/O流化床处理焦化废水的

试验研究中, 只有当进水 $\text{COD}/\text{NH}_3\text{-N} \geq 24.3$ 时, 才可以实现完全的反硝化 (即缺氧段 $\text{NO}_3\text{-N}$ 去除率为 100%)。用两级上向流填料床缺氧-好氧系统处理焦化废水, 其进水 $\text{COD}/\text{NH}_3\text{-N}$ 为 6~7 较好^[1]。

本试验焦化废水 $\text{COD}/\text{NH}_3\text{-N} = 4.8 \sim 5.0$, 同样取得了较好的反硝化效果。分析原因, 认为关键是在缺氧反应器内, 利用性能良好的 YDT 弹性立体填料^[5]培养驯化了大批抗毒物能力强和适应不良环境的反硝化菌, 这些反硝化菌大量附着在填料上, 能充分利用焦化废水中的原有碳源, 提高反硝化效果。当然, 在固定床生物膜 A/O 工艺中, 缺氧段水力停留时间较长, 也不排除生物膜内层结构中存在厌氧作用。而这种厌氧作用是否提高了焦化废水中碳源的质量和数量还有待于作进一步的研究。

3 结论

3.1 缺氧——好氧固定床生物膜系统是处理焦化废水的有效方法。它为现有焦化厂废

水处理工程的技术改造提供了新的技术途径。

3.2 YDT 型立体弹性填料是一种性能优良的生物膜填料, 用于处理焦化废水的生物膜系统中, 尤为理想。

3.3 在本试验条件下, 当总水力停留时间在 35.2h 以上时, COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率分别达 82% 和 92% 以上, 出水浓度均达到国家排放标准。

参考文献

- 1 章非娉等, 两级上向流填料床缺氧-好氧系统处理焦化废水的试验研究, 中国给排水, 1989; 5(2): 8
- 2 文一波等, 焦化废水生物脱氮研究, 环境科学, 1992; 13(5): 49
- 3 Christensen, M.H et al, Wat, Tech, 1977; 8(4/5): 509
- 4 Nutt, S.G, et al, Proc. 36th Ind Waste Conf 1982; Purdue University
- 5 李怀正等, YDT 型弹性立体填料性能试验研究, 上海给排水, 1991; 3(1): 11

COKE - PLANT WASTEWATER TREATMENT BY ANOXIC - OXIC FIXED BIOFILM SYSTEM

Shao Linguang

(Dep. of Envir. Eng., Wuhan Higher Professional training
College of Architecture, Wuhan 430070)

Chen Bin Huang Xia Qian Yi

(Dep. of Envir. Eng., Qing Hua University, Beijing 100084)

Abstract Coke-plant wastewater was treated satisfactorily by an anoxic/oxic fixed biofilm system. When the total HRT was higher than 35.2h, COD and $\text{NH}_3\text{-H}$ removal exceeded 82% and 96% respectively, their effluent concentrations came up to National Emission Standards.

Key words anoxic/oxic, fixed biofilm, coke-plant wastewater