

活性污泥法在合成氨废水处理中的应用

卞昶晖

(安徽颍上鑫泰化工有限责任公司 236204)

0 前言

安徽颍上鑫泰化工有限责任公司每天产生污水量约为2400 t,废水中主要污染物为COD, S²⁻和氨氮等。为此,安徽颍上鑫泰化工有限责任公司投资500多万元建立了(终端)废水处理站,采用活性污泥法处理合成氨工艺废水。该废水处理站投运1年多来,一直处于良好的平稳运行状态,去除有机物及氨氮的效果明显,出水水质满足《合成氨工业水污染物排放标准》(GB 13458—2001)。

1 废水处理站

1.1 设计能力及处理要求

设计能力为2400 m³/d (100 m³/h)。设计原水水质及排放指标见表1,出水水质满足GB 13458—2001。

表1 设计原水水质及排放指标

项目	质量浓度/(mg·L ⁻¹)			pH	温度/ ℃
	COD	氨氮	总氮		
原水水质	200	150	150	5~11	常温
行业排放标准	100	40		6~9	常温
企业内部排放标准	≤70	≤25	≤30	6~9	常温

的作用下很多没有燃烬或者细小颗粒在此断裂区域被下行煤气带走。通常情况下,下吹带出物是表面失去光泽被焦化的块炭和部分生炭。这是锥型炉自身结构决定的,尤其锥型炉算设计上没有根据这种结构特点制造,其带出物更多。在上吹结束后,气化层的温度有所降低,主要反应属于动力学控制中,反应时间是主要影响因素,下吹蒸汽的气流在由小面积到较大面积的炉下部充压下行过程中,形成湍流,气化剂沿边缘料层,即边缘区

1.2 废水处理工艺流程

废水处理工艺流程见图1。本工艺按工艺流程可分为3个部分:废水预处理、脱氮除碳三级生物处理和污泥处理。

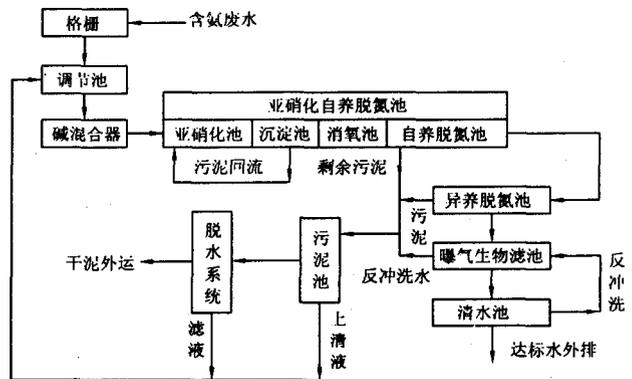


图1 废水处理工艺流程

(1)废水预处理:主要采用物理方法对废水简单预处理,去除水中大块固形物,调节池水水质、水量,保证后续生物处理工艺的连续运行。该部分包括格栅、调节池。

(2)脱氮除碳三级生物处理:一级脱氮系统(亚硝化池、沉淀池、消氧池、自养脱氮池)、二级脱氮系统(异养脱氮池)和三级除碳系统(曝气生物滤池)。

经过上述三级处理系统,废水中的绝大部分

(阻力相对较小),经炉算风道送出得相对较多,为此锥型炉在蒸汽使用量较大,而且灰渣中残碳较多。

锥型炉自投放市场以来取得了较大的影响,并且在一些企业取得了很好的经济效益,但是在利用和推广这项技术的同时要了解其技术特点。新建煤气炉的选型上要科学看待,在实践中论证,力求在达到最佳化。

(收稿日期 2009-05-30)

氨氮和有机物在活性污泥的作用下被降解,分解为氮气、水和二氧化碳,出水水质达到排放标准,可以直接排入厂区排水管道内。

(3)污泥处理:由污泥池和脱水机房组成。废水处理系统排出的剩余污泥自流进入污泥池,再由污泥螺杆泵送入污泥脱水机进行脱水。压滤液返回调节池,泥饼入袋保存或外运。

(4)站内给排水:废水处理站本身自来水用量很少,综合用房位于调节池顶部,其室内排水进入调节池;脱水机房位于清水池顶部,其室内排水汇于室内放空排水管道与室外排水管道相连处,将污水排入调节池;加药间室内地坪低于地平面0.5 m,设放空管与外排水管道相连,将污水排入调节池,进入处理系统,从废水处理站最终排水口排出。

2 主要构筑物

(1)格栅:机宽400 mm,采用尼龙栅条,间距3 mm。对废水中的粗大固形物进行截留,被截留的固形物通过机械旋转,人工定期清运。

(2)调节池:为地下构筑物,规格为10.0 m×9.7 m×5.8 m,有效容积为388 m³,废水停留时间为3.9 h。调节池提升泵为自吸泵,污泥泵为潜水泵,对工业废水进行水质和水量调节,保证后续处理工艺在相对稳定连续的条件下运行。

(3)亚硝化池:它是具有特定功能的活性污泥曝气池。通过培养自养亚硝化微生物,完成氨氮向亚硝酸盐的转化(转化率>95%);同时因进水中含有少量有机物,使得少量异养微生物也得到繁殖,从而形成了以自养菌为主体,异养菌为辅的混合活性污泥系统。

采用曝气池形式,规格为13 m×4 m×7 m,有效容积为338 m³,有效水深6.5 m,废水停留时间为3.38 h。池底部布置588只KBB-215型高效微孔曝气器。

(4)沉淀池:采用多斗平流式沉淀池,规格为13.0 m×6.0 m×6.5 m,有效容积为438 m³,表面负荷为1.28 m³/(m²·h)。其底部泥斗内设置DN200 mm排泥管,污泥回流采用气体方式。主要作用是对泥水进行分离,使出水清澈;同时使污泥回流至亚硝化池,以维持足够的生物量。

(5)消氧池:规格为10.0 m×3.0 m×6.5 m,有效容积为159 m³,废水停留时间为1.6 h。主要为亚硝化池与自养脱氮池的过渡,亚硝化反应、厌氧氨厌氧反应分别在好氧、严格厌氧条件下,为保证后续厌氧氨厌氧反应不受亚硝化出水夹带的溶解氧抑制,在两者间设置消氧池消氧,由提升泵将废水提升至自养脱氮池。

(6)自养脱氮池:采用附着生长工艺,反应器为填料床形式。规格为9.6 m×4.5 m×6.5 m,有效容积为259 m³,有效水深6 m。底部设置配水系统,均匀布水。采用150 mm的立体弹性填料(有利于厌氧氨氧化微生物的截留,从而保持反应器内较高的污泥浓度)。池内发生厌氧氨氧化反应,在厌氧氨氧化微生物的作用下,来水中的氨氮与亚硝酸盐氮反应生成氮气,从水中去除,同时有一定的硝酸盐氮生成。

(7)异氧脱氮池:2组5.5 m×2.4 m×6.5 m的池体,单池填料体积为32.8 m³。单元池内部设滤板滤头作为配水系统,滤板上部是3~6 mm陶粒滤料作为滤层,高度3 m。滤板下设有反冲洗空气管以及反冲洗水管。采用附着生长工艺,反应器为降流式滤池形式,主要利用传统反硝化工艺将废水中的硝酸盐氮还原为氮气,需要补充一定量的碳源(碳源为本公司的甲醇残液)。在反硝化菌的新陈代谢作用下,氮污染物被降解,使废水中的总氮达标。原污水中的悬浮物及由于生物膜脱落形成的生物污泥,被填料所截留。滤层具有两级沉淀池的功能。

(8)曝气生物滤池:4组5.5 m×2.4 m×6.5 m的池体,单池填料体积21.9 m³。单元池内部设滤板滤头作为配水系统。滤板上部是粒度为3~6 mm的陶粒滤料作为滤层,高度2 m,下部设有反冲洗空气管(兼曝气用)以及反冲洗水管(兼做处理水集水管)。其功能是为防止补充碳源过量而导致出水有机物指标COD(BOD)超标。

(9)清水池:为地下构筑物,规格为8.0 m×8.0 m×5.0 m,有效容积为288 m³,有效水深为4.5 m,废水停留时间为2.9 h。主要是储存曝气生物滤池处理后的出水,为异氧脱氮池和曝气生物滤池提供充足的反冲洗用水。

(10)污泥池:规格为4.5 m×4.8 m×5.5 m,

有效容积为 103 m^3 , 有效水深 4.8 m^3 。主要是储存各池排泥(调节池污泥、沉淀池污泥、消氧池污泥和自养脱氮池污泥)供污泥脱水系统使用。

(11) 电器自控系统: 由上位控制、PLC 控制和仪表显示等部分组成, 各设备可以现场手动操作, 或者计算机手动和计算机自动操作。

3 运行情况

3.1 污泥培养驯化期

本公司为了缩短调试时间, 采用了接种污泥培训法, 菌种污泥取自城市污水处理厂的脱水污泥饼, 含水率 80%, 污泥质量 13 t。首先在调节池内调节适宜的进水水质, pH 为 8.0 左右、COD 为 300 mg/L 左右、氨氮为 70 mg/L 左右, 然后将废水打入亚硝化池, 其注水量为池容积的 $2/3$ 。将菌种污泥投入亚硝化池, 并依次曝气、沉淀、排水、进水 4 个程序不间断运行, 根据运行状况逐步调节水中 COD 和氨氮的浓度, 并相应调整曝气时间。

在菌种污泥驯化初期, 污泥呈灰黑色, 并伴有泥土的腥味, 沉淀池出水浑浊, 污泥沉降比 (SV30) 逐渐降低。7 d 后, 沉淀池出水开始变清, SV30 开始上升, 说明菌种开始繁殖。污泥培养期间, 进水量调节为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

(1) COD 去除率变化示意图见图 2, 氨氮去除率变化示意图见图 3。

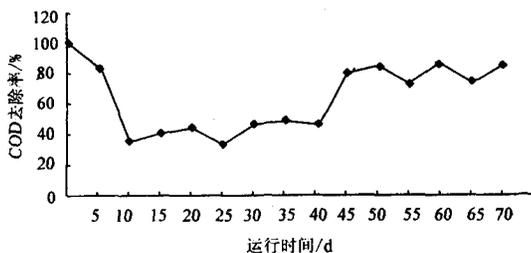


图2 COD去除率变化示意图

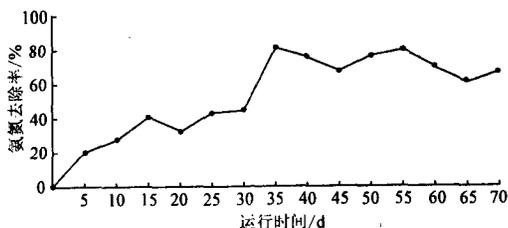


图3 氨氮去除率变化示意图

由图 2 和图 3 可知: 由于菌种污泥来自城市污水处理厂, 驯化初期 COD 的转化率可达到 98%, 而氨氮的转化率为 0, 但随着曝气池的连续曝气和进水水质的调节, 氨氮的转化率逐渐提高, 最高可大于 80% 以上并趋于稳定, COD 的转化率也逐渐趋于平稳。

(2) SV30 的变化示意图见图 4。

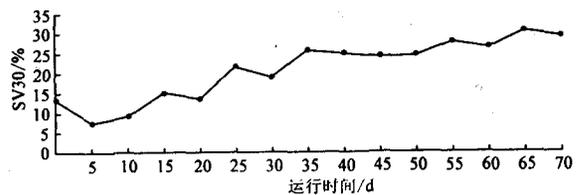


图4 SV30变化示意图

由图 4 可知: 开始几天内, SV30 随运行时间的延长逐渐降低, 污泥絮凝效果差, 无机化程度高, 比较密实。而 7 d 后, SV30 又开始缓慢上升, 污泥絮凝效果逐渐增强。由此说明: 不适应该废水的部分菌种死亡而随水流失, 而保存下来的优势菌种得到了繁衍增殖, 且活性逐渐加强, 对有机物及氨氮的去除效率也逐渐提高。

(3) DO 控制在 $\geq 2 \text{ mg/L}$, ALK 控制在 $300 \sim 500$, 为菌种提供充足的养分, 从而保证硝化细菌得以大量繁殖。废水处理装置运行期间, 未对污泥浓度进行分析, 但可通过污泥沉降比 (SV30) 数据 (见图 4) 从侧面反映污泥快速增长的事实。自第 1 天接种污泥后, SV30 呈下降趋势, 这是污泥自然淘洗、不适应本系统的菌种被淘汰的结果。运行 15 d 后, SV30 呈上升趋势。在 15 ~ 38 d 内, SV30 从 5% 升至 25%, 增长了 5 倍; 同期氨氮去除率也快速增长, 从 40% 持续升至 80%。这表明具有氧化氨氮能力的自养微生物通过利用氨氮基质得到快速增长, 硝化细菌大量繁殖。这期间通过人工投加药剂提高碱度并保证充分曝气, 使硝化池的出水碱度维持在 $300 \sim 500 \text{ mg/L}$, $\text{DO} \geq 2 \text{ mg/L}$, 可以确保自养微生物所需的无机碳源和氧气充足, 不对微生物生长构成限制。

3.2 淘汰硝酸菌, 保留亚硝化细菌 (亚硝酸菌)

进水流量逐渐增大 ($50 \sim 100 \text{ m}^3/\text{h}$); 通过降低 DO 含量 ($\leq 0.5 \text{ mg/L}$), 并且维持充足的碱度, 使 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 氧化控制在亚硝酸盐阶段, 不进一步氧化为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 。在此阶段, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 生成率 $> 80\%$ 。

总之,在上述两个阶段均大量回流污泥,不主动排泥,尽可能增大水量,直至满负荷运行。

3.3 稳定运行期

经过2个月的菌种污泥驯化淘洗后,开始加负荷到设计负荷,进入稳定运行阶段。

(1)运行周期的优化筛选。为了进一步提高曝气池及自养脱氮池的效能,在废水处理站稳定运行后,可以通过调整各池的曝气时间对其运行周期进行优化筛选。其不同周期内污水中COD去除率的变化情况见图5。

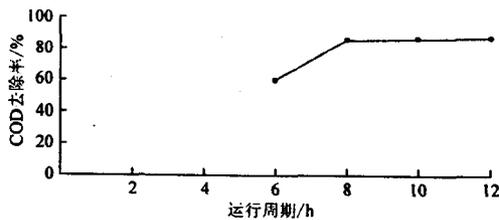


图5 不同运行周期污水中COD去除率

由图5可知:在相同进水水质条件下,各运行周期内进水、沉淀和排水时间不变,COD的去除率随曝气时间延长而逐渐提高,其中8h的运行周期(即曝气时间为5h)时,COD去除率显著提高,但运行周期延长至10h(即曝气时间为7h)或者12h(即曝气时间为9h)时,污水中COD去除率变化不明显。所以,从技术和运行费用综合考虑,最佳运行周期确定为8h。

(2)运行结果。该废水处理站自投入运行以来,一直平稳运行。废水处理站进、出水监测分析数据见表2。

表2 废水处理站进、出水中各污染物监测结果

项目	pH	质量浓度/(mg·L ⁻¹)				
		COD	氨氮	SS	CN ⁻	S ²⁻
进水水质	7.7	88.82	73.50	90.0	0.98	0.80
出水水质	7.6	13.33	22.05	16.2	0.29	0.16
去除率/%		85	70	82	70	80

由表2可知:该工艺处理合成氨工艺废水具有较好的工作稳定性,其出水中的COD、氨氮、SS、氰化物和硫化物均能达到GB 13458—2001。

4 效益分析

该废水处理站处理能力2400 m³/d,工程总投资500万元,总占地面积600 m²,吨水处理成本

0.65元。该项目自投运以来,一直处于良好的平稳运行状态,每年消减氨氮和COD污染物排放量分别为37.04 t和543.50 t。

5 问题讨论

5.1 氨氮浓度对处理结果的影响

该废水处理站运行以来,对处理含氮废水具有较高的脱氮功效,主要是由于在好氧状态下硝化细菌将废水中的氨氮转化为亚硝态氮和硝态氮;而在缺氧状态下,反硝化细菌又将亚硝态氮和硝态氮逐步还原成N₂而脱除。同时由于设置了生物选择区和缺氧区,并且采用了污泥回流的措施,保证了活性污泥中菌种生长,提高菌种的活性,使其快速地去废水中的溶解性易降解基质,强化了脱氮功能。但是由于微生物承受污染物的能力有限,实践结果表明:进水中氨氮≤200 mg/L时,出水水质可稳定达标;但当进水中的氨氮>200 mg/L时,脱氮效果会明显降低,有机物的去除率也会随之下降。

5.2 调节污泥回流量,防止大块污泥上浮

沉淀池内无曝气,若污泥回流量较小,大量污泥沉积在泥斗中,形成反硝化所需的缺氧条件,从而发生反硝化反应产生N₂,气体夹带活性污泥絮体大量上浮;或在亚硝化池如存在死角,微生物得不到供氧,也会发生反硝化反应,出现漂泥现象。可以通过增大污泥回流量,调节空气支管阀门,使尽可能曝气均匀,不产生死角,防止出现大块污泥上浮现象。

5.3 消氧池中DO含量上升的原因及控制方法

原因:消氧池不供气,池内存有从沉淀池带入的一定量的亚硝化污泥,通过亚硝化微生物的需氧特征,消耗水中剩余DO,以实现其消氧功能。若池中DO含量上升,说明池中菌种污泥失去活性。原因是来水中的DO<0.5 mg/L,不足以池内微生物维持生命活性。

控制方法:开启池底排泥管上的空气阀,向消氧池内通入适量的空气。这是利用刺激微生物生长的原理,向池内好氧微生物提供足以维持其生长所需的氧,微生物在进行生命活动时,就会消耗水中的DO,实现出水DO<0.1 mg/L的目标。

(收稿日期 2009-06-12)