

HCR 反应器处理味精厂废水

某味精厂生产味精 15000t/a，在生产过程中产生的废水具有 SO_4^{2-} 高、COD 高、氨氮高和 pH 值低等特点。如采用厌氧+好氧工艺(如 UASB+SBR 等)处理，因废水中 SO_4^{2-} 的大量存在，工艺将变得相当复杂，一次性投资很大。为此，作者采用好氧生物处理新工艺进行了处理味精废水的试验研究。

1 试验方法及基本条件

1.1 工艺选择

为避免原水中 SO_4^{2-} 的影响采用好氧生物处理工艺，并以德国 Clausthal 工科大学物相传递研究所研制开发的 HCR(High Performance Compact Reactor)为核心工艺，其流程如图 1 所示。

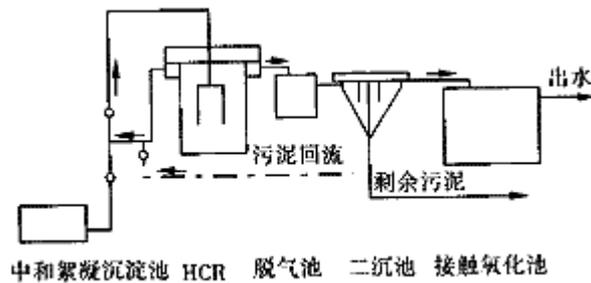


图 1 工艺流程

中和絮凝沉淀池、HCR、脱气池、二沉池、接触氧化池的有效容积分别为 50、15、5、40、50L，HCR、接触氧化池的水力停留时间分别为(3~5)、(12~16)h，污泥停留时间为 6~8h。

HCR 反应器为两端封闭的圆柱形容器，顶部安装射流器并开有一排气孔。反应器的部分出水、絮凝沉淀池出水及回流污泥通过循环泵加压经管道混合后进入 HCR 顶部的射流器，形成高速射流，同时由于负压作用而吸入大量空气。射流器的两相喷头将吸入的空气切割成微小气泡，从而在其下方形成高速泵流剪切区。富含溶解氧的污水经导流桶流到反应器底部后又沿外桶壁向上反流，从而形成环流。在此过程中微气泡和活性污泥充分接触，获得了很好的传质效果(氧传输利用率高达 50%)。

首先用石灰乳将废水 pH 值中和至 6.5~8, 然后加入 PAFC(聚合氯化铝铁), 絮凝沉淀 0.5h(COD 去除率为 20%~30%)后上清液进入 HCR。HCR 出水经脱气池(主要脱去附着在活性污泥表面的 CO₂、空气等)脱气后进入沉淀池进行泥水分离, HCR 可去除 70%~80%的 COD。沉淀池出水经接触氧化池处理后出水达到进入城市管网的排放要求。

1.2 操作条件

1.2.1 分析项目及方法

分析项目及方法如表 1 所示。

表 1 分析项目及方法

项 目	分析方法	项 目	分析方法
COD	重铬酸钾快速测定法	BOD ₅	标准稀释倍数法
DO 和水温	便携式溶氧仪测定	生物相	显微镜观察
NH ₃ -N	滴定法	MLSS	重量法
SO ₄ ²⁻	重量法	pH	pH 试纸

1.2.2 试验用水

试验用水为南宁味精厂的生产废水, 先用该厂离交工段中产生的高浓度有机废水进行试验, 后再直接用各工段实际排放量按比例配水进行试验。其中, 高浓度废水的水质如下: COD 为 25000mg/L, NH₃-N 为 10000mg/L, BOD₅为 13000mg/L, SO₄²⁻为 45000mg/L, pH=1.5~3。

2 结果及讨论

以桂林市第四污水厂的活性污泥作为种泥, 经过培养驯化后投入 HCR 并启动处理系统。仅 7dHCR 系统的容积负荷就从 4 kgCOD/(m³·d)升至 15kgCOD(m³·d); 18d 以后容积负荷达到 28.74kgCOD/(m³·d), 且系统运行稳定。

2.1 絮凝去除效果

试验把 PAFC 作为絮凝剂，进水 COD 浓度对其去除率的影响及絮凝前后 COD 的变化分别见图 2、3。由图 2 知，絮凝对 COD 的去除率相对稳定，其值稳定在 25%~35%。絮凝前后的 COD 浓度相关直线斜率为 0.6，相关系数 > 0.9 (图 3)。

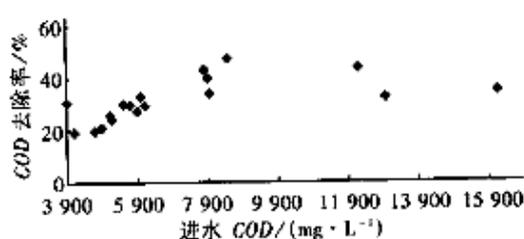


图 2 进水 COD 浓度与去除率的关系

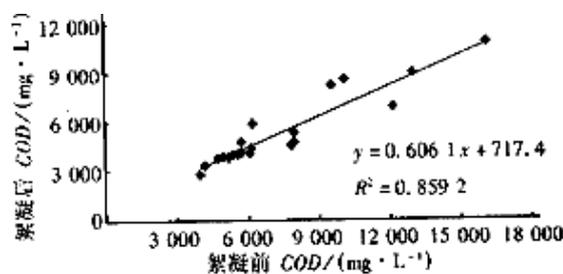


图 3 絮凝前后 COD 的变化

2.2 HCR 对 COD 的去除

2.2.1 容积负荷与去除率

试验表明，当容积负荷为 9.7~72.4kgCOD/(m³·d) 时 HCR 出水并没有随进水 COD 值的升高而上升，其对 COD 的去除率一直为 75%~80%。这说明 HCR 去除 COD 的性能很稳定、耐冲击负荷能力强、COD 负荷率高(最后阶段高达 72.4kgCOD/(m³·d) 且运行稳定，出水水质有保证。

2.2.2 SO₄²⁻对 COD 去除率的影响

当进水 COD 维持在 8000~10000mg/L、SO₄²⁻为 16000~26118mg/L 时，HCR 对 COD 去除率始终为 76.98%~82.34%，说明 SO₄²⁻的存在并不影响系统对 COD 的去除。

2.3 其他因素影响分析

2.3.1 溶解氧

当 HCR 中溶解氧浓度为 2~3.3mg/L 时，COD 去除率较低(60%)，随着溶解氧(DO)浓度的上升，COD 去除率也上升，当溶解氧浓度 > 6mg/L 时，COD 去除率可达到 85%。由试验也知，当溶解氧浓度 > 4mg/L 后，COD 去除率的增长趋势不十分明显。因此，HCR 中溶解氧浓度维持在 3.3~4.5mg/L 即可，进水 COD 浓度高，溶解氧浓度可适当高一点。

2.3.2 污泥浓度

污泥浓度与 COD 去除率关系见表 2。

由表 2 可知，当 HCR 进水 COD 在 5710~13800mg/L、活性污泥浓度在 13~20g/L

时，污泥浓度与容积负荷呈一定的正相关关系。此时微生物降解 COD 速度较快，对 COD 去除率较高。当污泥浓度 $<13\text{g/L}$ 时，如果进水 COD 浓度高，由于微生物量太少，水中的 COD 不能被有效降解，使 HCR 去除 COD 的能力降低；而当污泥浓度 $>20\text{g/L}$ 时，由于微生物量多，消耗氧气量大，此时要防止溶氧量不足而导致好氧生物死亡。因此，反应器内活性污泥浓度保持在 $13\sim 20\text{g/L}$ 为宜。

表 2 污泥浓度与 COD 去除率的关系

样号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
HCR 进水 COD 浓度 (mg/L)	2800	4800	5710	6384	6793	7517	8387	9357	8452
污泥浓度 (g/L)	10.23	4800	12.12	14.65	15.47	16.63	16.94	17.01	17.22
COD 去除率 (%)	85.26	81.66	83.68	81.39	79.39	77.48	75.37	73.13	76.17
样号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
HCR 进水 COD 浓度 (mg/L)	99.80	99.59	10244	8374	11054	13054	11624	12000	13800
污泥浓度 (g/L)	17.45	17.84	18.1	18.71	20.1	21.01	21.5	23.83	24.3
COD 去除率 (%)	79.23	78.13	76.98	70.77	73.38	73.24	70.37	67.39	66.2

2.4 接触氧化池处理效果

试验结果表明，经 HCR 处理后的废水可生化性仍较好，接触氧化池对 COD 的去除率达 $65\sim 80\%$ ，平均为 71.46% 。一般出水 $\text{COD}<450\text{mg/L}$ 能满足进入城市管网的排放要求。

2.5 整个系统对 COD 的去除

经整个工艺处理后味精废水中的 COD 可降至 400mg/L 左右，总去除率为 93%~98% (平均为 95% 以上)，具有良好的去除效果。对于中浓度的味精废水可以直接处理达标排放，对 10000mg/L 以上的高浓度味精废水经处理后也可达到进入南宁城市管网的排放要求。

3 结论

① 味精厂废水可采用以 HCR 为核心的好氧生物方法进行处理。该工艺不需对其中的 SO_4^{2-} 进行预处理，且容积负荷和污泥负荷都很高，COD 去除率达 93% 以上，出水能达到进入城市管网的排放要求。

② HCR 处理南宁味精厂废水所产生的剩余污泥中蛋白质含量较高，可回收作饲料蛋白，在治理污染的同时获得了显著的经济效益。

③ 该工艺技术上可行、设计紧凑、结构合理、占地面积少、水力停留时间较短。