

# 玉米酒精废醪蒸发废水处理工程

李亚强, 刘志刚, 赵庆良, 邱 微, 崔福义

(哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

**摘 要:** 针对某酒精厂在酒精废醪干燥回收过程中的蒸发排水的特点, 选择电解混凝 + 复合生物氧化 + 混凝气浮为主要处理工艺对原有废水处理设施进行工程改造。120 h 的连续运行结果表明, 该工艺的平均出水 COD 浓度为 100 mg/L。对工程运行过程中出现的异常原因及改造后存在的不足也进行了分析, 以供类似工程及工程改造作参考。

**关键词:** 酒精废醪; 电解; 复合生物氧化; 混凝气浮; 工程改造

**中图分类号:** X703.1

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-3770(2006)11-0089-03

酒精废醪是酒精生产蒸发过程中蒸馏塔底部的蒸馏残留物, 是酒精生产的主要污染源。根据酒精废醪的污染特点, 目前国内外对其采用的治理方法大多采用回收处理, 然后采用厌氧、好氧等生物处理工艺。废醪回收多采用固液分离法<sup>[1]</sup>和汽提法<sup>[2]</sup>, 前者多用于固形物的回收, 后者则可以用于酒精的回收。

吉林某酒精厂生产规模扩大后, 对酒精废醪采用离心干燥蒸发工艺回收其中的固形物作为饲料出售, 在此过程中的蒸发排水污染程度远小于一般的酒精废醪。因此该厂原有的废水处理设施已经不适用于现在的水质水量, 有必要根据现在的废水特点进行工程改造。

## 1 原工程概况

酒精厂经过扩产并对酒精废醪进行干燥蒸发回收后排出的生产废水污染程度大大降低, 混合厂内其他废水后的综合废水水量为 60m<sup>3</sup>/h, SS 为 200~500mg/L, COD 一般小于 4000 mg/L, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N < 10 mg/L, pH=4.5~6.0, 废水温度小于 60℃。由于水量的扩大以及水质的变化, 原有的处理设施已经不能保证出水达标, 而且在实际运行中发现, 由于原有设施没有降温措施, 系统尤其是好氧系统难以正常运行, 有必要根据现有废水特点和原有处理设施进行工程改造。

## 2 工艺选择及工程改造

### 2.1 工艺选择

单从该厂综合废水 COD 浓度来看, 选择厌氧 + 好氧工艺还是经济可行的, 但是经过现场调研, 发现原有的厌氧池即使经过改造, 也难以在现有水质水量条件下正常运行, 而且原有厌氧系统没有沼气回收装置。另外, 酒精废水大约 75%~99% 的有机负荷为乙醇<sup>[2]</sup>, 而乙醇为易挥发物, 因此经过蒸发后的废水 COD 尽管高达 4000mg/L, 但污染物仍以乙醇为主, 因此完全可以经过预处理后直接采用好氧工艺。根据文献, 直接对厌氧处理单元的酒精废水采用好氧技术, 尽管采用较低的有机负荷, 其 COD 去除率也很难达到 90% 以上。酒精废水的好氧处理要达到较高的 COD 去除率, 需要采取一定的预处理措施。为此, 选择图 1 所示工艺处理流程, 利用原有系统处理污泥。

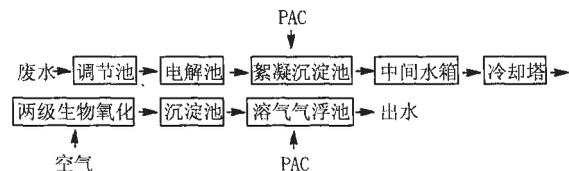


图 1 改造后酒精废水处理工艺流程

Fig.1 Schematic of distillery wastewater treatment plant after reform

### 2.2 工程改造说明

根据选择的工艺流程, 并结合原有的处理设施, 对工程的进行了如表 1 中所示的改造。工程改造后,

收稿日期 2006-03-31

作者简介 李亚强 (1965-) 男, 博士研究生, 主要研究方向为废水处理与资源化, 联系电话: 0451-86283017, E-mail: qjzhao@hit.edu.com  
联系作者 赵庆良 教授, 博士生导师, 联系电话: 0451-86776388, E-mail: jyg1031@163.com.

系统动力方面主要增加了在电解池和中间水箱位置上的提升装置、电解、冷却塔轴流风机、污泥回流装置以及投药装置。

### 3 工程运行效果及分析

#### 3.1 运行效果分析

工程完成后,按照先生化后物化的方案进行工程调试,其中生化部分利用城市污水处理厂剩余污泥作为接种污泥。调试时间经历了 3 个月,生化系统运行温度由 10℃ 左右升高到 32~34℃,待系统运行稳定后,对工程进行了为期 5 d 的处理效果验证。主要运行效果见图 2,其中气浮单元 PAC 投加量为 40~50 mg/L。

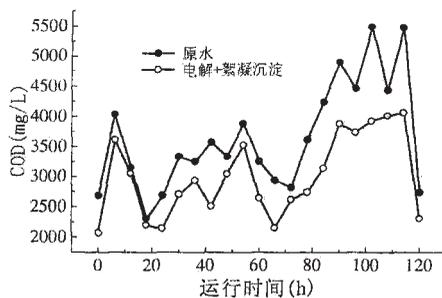


图 2(a) 电解 + 絮凝沉淀池对 COD 去除效果

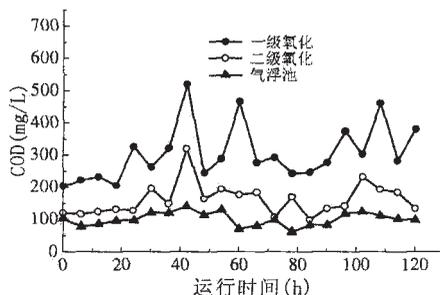


图 2(b) 两级好氧池及气浮池对 COD 去除效果

图 2 各处理单元对 COD 的去除效果

Fig. 2 COD removal in each treatment unit

由图 2 可以看出,电解 + 絮凝沉淀工艺对该厂废水的 COD 平均去除率并不高,仅达到 18%,而调

试期间此单元的平均去除率达到 30%,最高为 40%。对照图 2(a)和现场实际情况,分析主要由以下方面造成的:(1)该酒精厂的酒精废醪经过蒸发回收后,所排废水比较清澈,SS 浓度较低,直接影响了絮凝效果;(2)调节池水力停留时间仅为 3 h,对水质的调节能力有限,当酒精废水污染浓度变化较大时,直接影响了电解池和混凝处理单元的最佳运行条件;(3)电解极板没有及时清理。尽管采用了极板正负电极定时对换,但运行期间常常发现极板极化现象严重,致使最后极板间电压达到了 20 V。另外,经过现场试验发现,经过电解处理后的废水 PAC 投加量较小,仅为 70~80 mg/L,而原水直接混凝其投加量则为 150 mg/L 左右,且其去除率仅为 20%左右。对比调试期间和图 2 的数据,说明电解在本单元起了较大的作用。

根据好氧系统平均进水 COD 浓度和两级生物化的有效总容积,可以计算得其有机负荷达到 2.2 kg COD/m<sup>3</sup>·d。在比较高有机负荷下,尽管进水水质波动较大,但两级生物氧化出水 COD 浓度稳定,基本在 110~200 mg/L 之间,总去除率达到 94.6%,要好于一般的好氧系统。这一方面是本工程采用了污泥回流措施,将好氧系统变成了复合式生物反应池,增加了池中的生物量,使其对有机物有较高的去除能力<sup>[3-4]</sup>和系统的抗冲击负荷能力<sup>[5]</sup>。另一方面则应该归因于电解的作用,即在电场的作用下,改变废水中污染物的分子结构,提高了废水的好氧速率<sup>[7]</sup>。

需要说明的是,一级氧化出水 COD 为经过沉淀 30 min 后的上清液 COD,而实际运行中二级好氧系统的进水则为一级混合液,即二级进水平均 COD 要高于 306 mg/L,而且经过一级好氧系统后,生物易降解物质大多数消耗殆尽,加上好氧系统污泥量较大 (SV>30%),而二级沉淀池表面负荷较高 (>3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h),这些都直接导致了二级氧化表观去除率要远低于一级氧化系统。

表 1 工程主要单元改造说明

Table 1 Description for main unit reformed

序号	名称	规格 (m)	数量	改造说明
1	曝气调节池	10.0×5.0×5.5	1座	原有,有效容积=180m <sup>3</sup> 增加曝气搅拌、散热功能
2	电解池	8.5×2.0×2.0	1座	新增,极板采用铝极板,板间运行电压 2~5V
3	絮凝沉淀池	φ5.0×5.5	1座	原有改造,内装 φ50mm 斜管
4	中间水箱	4.0×2.0×4.0	1座	新增,HRT=30 min
5	冷却塔	Q=150m <sup>3</sup> /h	1座	新增,改进逆流式,设计冷却温度差 25℃
6	一级生物氧化	17.6×7.4×5.0	2座	厌氧池改造,内增弹性填料及微孔曝气器,并联运行
7	二级生物氧化	φ5.5×6.7	6座	氧化塔改造,改为微孔曝气,分两组并联运行
8	沉淀池	φ5.0×5.5	1座	原有改造,内装 φ50mm 斜管,污泥回流至一级氧化
9	溶气气浮池	9.7×3.3×2.7	1座	原有调整

此外,在整个好氧系统运行过程中发现,好氧系统内丝状菌较多,这主要是由于废水缺乏氮源营养物(一级氧化池内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 常常只有 $1\text{mg/L}$ 左右)和有机负荷冲击造成的<sup>[9]</sup>。

根据系统的运行情况和上述分析,针对该工程可提出如下建议和改进措施:(1)增大调节池,保证整个系统进水水质的稳定是系统稳定运行的关键;(2)对于高温酒精废水,冷却塔是必要的,可以保持好氧系统微生物在 $35^\circ\text{C}$ 左右的高活性;(3)适当增加一级氧化系统容积,并增加污泥回流系统,一方面可以使一级和二级氧化系统内的微生物分类明显,增加系统的处理能力和抗冲击能力,另一方面可以使得二级氧化系统内悬浮污泥减少而直接采用气浮或者混凝沉淀工艺,并使混凝工艺效果稳定;(4)斜管沉淀池的表面负荷在 $3\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 时,可以满足混凝沉淀,但当进水污泥浓度过大,如作为生物沉淀单元则容易出现跑泥现象,因此应根据进水SS特性来设计沉淀池;(5)要保证酒精废水出水 $\text{COD}<100\text{mg/L}$ ,生化后采用混凝工艺是比较经济的(见图2,其去除率可以达到35%以上),尽管通过延长好氧时间或减少有机负荷也可以达到此目的。

### 3.2 运行费用分析

本工程验证期间为冬季,因此冷却塔轴流风机未开,在运行期间平均每天耗电 $2800\text{kW}\cdot\text{h}$ ,按夏天最不利条件计算,每天耗电 $3064\text{kW}\cdot\text{h}$ ,电费为 $1.49\text{元}/\text{m}^3\text{水}$ (电费为 $0.70\text{元}/\text{kW}\cdot\text{h}$ 计),按最大PAC投加量 $130\text{mg/L}$ ,每吨 $2200\text{元}$ 计,液碱投加量约 $60\text{mg/L}$ ,价格 $1800\text{元}/\text{吨}$ ,则药剂费用为 $0.394\text{元}/\text{m}^3\text{水}$ ;本工程共9人负责操作、化验,当地平均工资为 $700\text{元}/\text{月}$ ,则人工费用为 $0.145\text{元}/\text{m}^3\text{水}$ 。因此本工程直接费用为 $2.03\text{元}/\text{m}^3\text{水}$ ,虽然运行费用较高,但可

以看出电费占了主要部分,这主要是因为本工程为改造工程,一方面废水提升次数较多,另一方面则是因为有些电机设备容量偏大造成的。

## 4 结 论

通过工程改造并运行验证表明,采用电解混凝+冷却+复合生物氧化+混凝气浮处理工艺对经过干燥回收后的酒精废水是可行的,其出水清澈,平均出水 $\text{COD}$ 可达到 $100\text{mg/L}$ ,且系统耐冲击负荷程度较高。电解处理单元一方面减少了混凝剂的投加,更重要的是提高了好氧氧化速率。冷却塔在高温废水进行好氧处理是十分重要的。混凝气浮对于好氧生化出水具有较好的 $\text{COD}$ 去除能力,因此对于处理要求较高的废水,混凝工艺是比较经济的。

### 参考文献:

- [1] 贾晓凤,王晓睿,买文宁.酒精废水处理工程的设计与运行[J].工业用水与废水,2004,35(6):73-74.
- [2] Colin T, Bories A, Sire Y, et al. Treatment and valorization of winery wastewater by a new biophysical process (ECCF(R)) [J]. Water Science and Technology, 2005,51(1):99-106.
- [3] Lee Hyung Sool, Park Se Jin, Yoon Tai I L. Wastewater treatment in a hybrid biological reactor using powdered minerals: effects of organic loading rates on COD removal and nitrification [J]. Process Biochemistry, 2002,81:81-88.
- [4] 赵庆良,黄汝常.复合式生物反应器中生物膜的特性[J].环境污染与防治,2000,22,(1):4-7.
- [5] Fadi Gebara. Activated sludge biofilm wastewater treatment system [J]. Wat Res., 1999,33(1):230-238.
- [6] 周利,彭永臻,黄志,等.丝状菌污泥膨胀的影响因素与控制[J].环境科学进展,1999,7(1):88-93.
- [7] 杨健,杨嬗.微电解预处理提高酒精废水可生化性的试验研究[J].环境科学与技术,2004,27(6):39-41.

## TREATMENT OF WASTEWATER FROM CORN DISTILLERY SPENT WASH

LI Ya-qiang, LIU Zhi-gang, ZHAO Qing-liang, QIU Wei, CUI Fuyi

(School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

**Abstract:** Aiming at the characteristics of vaporizing discharge from a corn distillery spent wash, a process of "electrolysis and coagulation + hybrid biological oxidation + coagulation flotation" was used for the reform of the existing wastewater treatment plant. In the technological process after reform, the effluent mean  $\text{COD}$  reached to  $100\text{mg/L}$ . In addition, some abnormal phenomena and insufficiencies appeared in course of operation were analyzed to provide the reference for the reform of similar project.

**Key words:** distillery spent wash; electrolysis; hybrid biological oxidation; coagulation flotation; project reform