



利用粉煤灰综合处理高浓度有机污水的实验研究

邓利军¹, 周 泽^{2a}, 张 鹏^{2b}

(1. 赤峰蓝天环保科技开发有限责任公司, 内蒙古 赤峰 024000; 2. 华北电力大学 a. 后勤与资产管理处;
b. 建筑工程系, 河北 保定 071003)

摘要: 利用渣滤和深层内循环法处理高浓度有机污水。首先采用粉煤灰吸附过滤工艺, 对污水进行过滤, 然后采用 CAF 涡凹气浮-深层内循环 SBR 法对污水做进一步处理。通过实验研究证明了该项技术的可行性。

关键词: 高浓度有机污水; 洗毛污水; 粉煤灰; 渣滤; 深层内循环 SBR 工艺

中图分类号: R123 文献标识码: A 文章编号: 1007-2691 (2006) 02-0105-04

Experimental study on comprehensive treatment of high concentration organic wastewater using flyash

DENG Li-jun¹, ZHOU Ze^{2a}, ZHANG Peng^{2b}

(1. Blue Sky Environmental Protection Co., Ltd., Chifeng 024000, China; 2 a. Department of Logistics and Capital Management; b. Department of Architecture Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: High concentration organic wastewater is treated by the methods of slag filter and deep internal circulation. The wastewater is filtrated by using absorption process of flyash. More treatment is conducted with the method of CAF air floating and deep internal circulation SBR. Experimental study proves the feasibility of this technology.

Key words: high concentration organic wastewater; hair wastewater; flyash; slag filter; process of deep internal circulation SBR

引 言

高浓度有机污水, 其污水具有有机负荷高, 难以生物降解等特点。以典型的洗毛污水为例, 洗毛污水为黄褐色, 所含杂质有羊毛生长过程中的分泌物及生长环境的粘附物, 如羊毛脂、羊毛汗、砂土、植物质、蛋白质还含有洗涤剂 and 纯碱, 其 COD_{Cr} 值高达 10 g/L, BOD 值为 3~4 g/L, SS 也非常高, 均超过国家排放标准几十倍甚至上百倍。洗毛污水由于其水质复杂, 泥沙量大, 且含脂

质, 微生物难降解, 有机物浓度高, 处理成本高, 国际国内一直没有找到可行的方法。

粉煤灰是燃煤电厂大量排放的一种固体废物。粉煤灰的比表面积较大、表面能高, 且存在着许多铝、硅等活性点, 因此, 粉煤灰的化学组成和多孔性结构使其具有一定的吸附能力^[1~3]。目前, 粉煤灰在废水处理方面应用已引起环保学者的注意, 用粉煤灰处理废水已进入应用研究阶段, 有些技术已应用于工业实践^[4~8]。

本文采用粉煤灰吸附过滤-CAF 涡凹气浮-深层内循环 SBR 法的综合处理工艺对污水进行综合

处理。

1 实验原理

1.1 粉煤灰吸附过滤

粉煤灰具有发达的孔隙,对有机分子有一定吸附能力,同污水还有混凝沉淀性能,把粉煤灰作为滤层又有过滤作用。

污水在填有一定厚度的滤池中,在重力作用下,自上而下流动,产生机械过滤作用,滤料为炉渣与粉煤灰混合物,滤液为废水,整个过程有三方面机理:

(1) 机械筛分作用:即把整个渣层看作一个筛子,当某种粒径大于孔隙尺寸的絮凝物成悬浮物随水流经滤层,则首先被截留下来,随着截流的增加,孔隙逐渐变小,导致后续细小悬浮物杂质也相继被截流下来,达到固液分离的目的。

(2) 沉淀作用:即将灰渣层内孔隙看作是层层叠叠起来的多层沉淀池,具有巨大沉淀面积,污水在其中流动时,杂质在重力作用下沉淀在孔隙壁上被截流下来。

(3) 絮凝作用:灰渣滤料可以看作是接触吸附的介质,但浓度远远高于澄清池中泥渣层的浓度,排泥更稳定,更紧密。水在滤层中是曲折流动的,杂质与滤料具有更多接触吸附机会,使之被吸附截流在灰渣中而被分离。

(4) 由于灰渣成份复杂,存在类似分子筛,活性炭类物质和金属化合物,且比表面积大,物化活性强,故在洗毛污水处理中起到吸附、凝聚、氧化还原等综合作用。

(5) 灰渣中有一定比例的烘干量,是未燃尽的残炭,由于高温已焦化成为活性炭,极具物理吸附和化学吸附能力,对长链低溶解度物质吸附作用较好,洗毛污水中也有此类物质。

(6) 分子筛吸附作用:由于灰渣中含有铝硅酸盐类矿物质,绝大部分是空心玻璃体,如石英、莫来石之类。这些物质实质属沸石分子筛,具有均匀微孔,吸附力也较好,适用低链高溶解度物质吸附,同活性炭吸附互补,增强处理效果。

在实验过程中,考虑到虽然烟道灰吸附容量大,过滤效果好,但其过滤阻力太大,而炉渣过滤虽阻力小,但出水效果要低于前者,因此将烟道灰与炉渣按定配比混合使用(这里仍称为粉煤灰)能较好地弥补各自的不足,并充分发挥各自优势,既

减少了阻力,又提高了处理效果。

1.2 CAF 涡凹气浮

混凝气浮法是在水中通入或产生大量微细气泡,并使其粘附于杂质絮粒上造成涡旋絮凝气浮,整体比重小于水的状态,并依靠浮力使其上浮水面。采用较先进的涡凹气浮技术,能在技术上处于相对经济合理状态,从而获得固流分离、射流曝气。变速絮凝技术则实现动态进水,气水乳化,压力溶气,动态出水和自动出渣,目的是提高处理效率,达到最优化设计。

由于洗毛污水中含脂类、腊类物质,用生化法降解较难,且微小油球比重接近于水,悬浮于污水中,采用涡凹气浮将其大部分去除有利后续生化处理装置。

CAF 是自吸旋流气浮装置,主要由气浮槽浮水机组成,配以刮渣机和出渣机等辅助设备。污水进入装有空穴曝气机的曝气区,位于水下的叶轮和旋流器由转轴联接电动机而旋转。由于水的旋转产生负压,由转轴吸气口自动吸入空气,空气与水形成气、水乳液速度加快,压力升高,空气在水中溶解度增大。当气水脱离叶轮通道经过气浮区,压力突然下降,溶解的空气立即释放出微小气泡,并捕获与絮凝剂起反应的污染物,形成浮渣上升到水面而被刮渣机刮去。CAF 涡凹气浮技术是近年来发展较快的气浮技术,它比溶气气浮能量消耗降低 70%,且系统操作弹性大,抗负荷冲击能力强,出水稳定,是理想物化处理技术。

1.3 深层内循环 SBR 生物处理工艺

深层内循环 SBR 生物处理工艺是现行 SBR 活性污泥法的一种变型,它的生物反应机理和传统活性污泥法基本相同,但又有处理能力强、耐冲击负荷、占地面积少、运行方式灵活和不易发生污泥膨胀等独特优点,是处理中小水量废水理想工艺。

活性污泥法利用微生物去除有机物。首先需要微生物将有机物转化成 CO_2 和 H_2O 以及微生物菌体。反应后需将微生物保存下来,在适当时间通过剩余污泥从系统中除去新增微生物。连续工艺是从空间上进行这一过程的,而深层内循环工艺通过的时间上交替实现这一过程。它将曝气和二沉池功能集中在池子上,兼行水质水量调节、微生物降解有机物和固体分离等功能。它是传统活性污泥法的一种变形,形成几个单元操作交替运行,可比 CFS(连续流活性污泥法)有更理想的特点。

由于洗毛污水排放有一定周期性,深层内循环



工艺运行方式与洗毛污水排放周期比较一致。洗毛污水经物化前处理后,再进行二级生化处理具有一定创新性。深层内循环工艺同 CFS 工艺相比较,基建投资和运行费用均比 CFS 要低 20%。

深层内循环工艺是对传统 SBR 工艺进行改进。它内设导流环,导流环内安装微孔曝气头,配两台液下推进器,形成内循环集水解酸化,生物氧化,沉淀于一体。它打破 SBR 工艺或其改进型 CASS、ICAES 池等水深不超过 5 m 的概念,水深达到 8 m 以上,这样在曝气和污水循环过程中提高氧利用率,节省动力消耗,提高处理效果。根据测算,深层内循环可提高氧利用率 20%。此工艺把 SBR 完全混合式工艺、深层曝气工艺特点集合起来,使工艺更合理,处理效果更好。

1.4 实验流程

实验流程如图 1 所示。

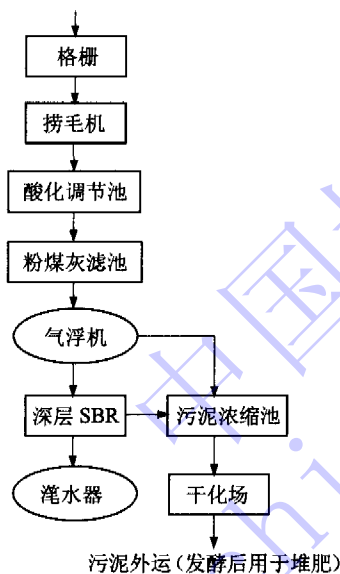


图 1 污水处理实验流程

Fig.1 Experimental flow chart of wastewater processing

2 实验装置——过滤池的设计^[9]

该项技术于 2000 年在内蒙古东雪羊绒制品公司进行了小试实验,污水选取的该公司一车间排放的洗毛污水,日排水量 $Q=50$ t/d。小试处理水量即为 50 t/d。

过滤池的设计依据如下:

(1) 滤池个数: $n=2$ (考虑到能够连续运行,一用一备),滤池工作时间为 24 h。

(2) 滤料选取:采用该厂锅炉车间产生的粉煤灰,粒径范围 $d=0.8\sim 1.6$ mm。

(3) 承托层:采用天然卵石,一共分 4 层,粒径分布在 2~32 mm 之间,每层厚度 125 mm。

(4) $V_{\text{进口}}$ 取 0.8 m/h。

过滤面积 $f=\frac{Q}{V}$, $f=2.6$ m²。

过滤池长、宽均为 1.6 m。

(5) 配水系统:

① 冲洗强度 q 取 14 L/s·m²。冲洗时间为 6 min。

② 配水干渠:进口配水流速配取 1.2 m/s,干渠流量 $Q_{\text{干}}=f\cdot q$, $Q_{\text{干}}=36.4$ L/s。干管始端流速 V_g 取 1.1 m/s。

$$F_{\text{干}}=\frac{Q_{\text{干}}}{V_g}, F_{\text{干}}=0.03 \text{ m}^2;$$

$$D_{\text{干渠}}=0.20 \text{ m}。$$

③ 支管 16 根,每侧 8 根。

④ 支管小孔直径采用 10 mm。

孔口数取 80 个。支管直径取 80 mm,每支管开孔数为 5 个。

⑤ 过滤周期确定为 7 d。两套滤池循环使用。

⑥ 排水槽

滤池冲洗流量 $Q_{\text{冲}}$ 为 0.018 m³/s。

排水槽断面模板模数

$$x=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{Q_{\text{冲}}}{v}}=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{q\cdot l\cdot a_1}{v}}, x=0.086 \text{ m},$$

式中冲洗强度 $q=14$ L/s·m²;排水槽长度 $l=1.6$ m;两槽中心间距 $a_1=0.8$ mm;排水槽出水流速 $v=0.6$ m/s。

排水槽出口距排水渠高度

$$H_c=1.73\left(\frac{Q_{\text{冲}}^2}{g\cdot B^2}\right)^{\frac{1}{3}}+0.2, H_c=0.3 \text{ m},$$

式中渠宽度 $B=0.7$ m;重力加速度 $g=9.81$ m/s²。

距滤料高度

$$H=eh_2+2.5x+\delta+0.07, H=0.6^2 \text{ m},$$

式中反冲洗滤层膨胀率 $e=45\%$;滤料层高度 $h_2=0.7$ m; x 为排水槽断面模板;排水槽底厚度 $\delta=0.02$ m。

(6) 反冲洗阻力计算及水泵参数确定

水泵流量 $Q_{\text{泵}}=10$ m³/h。

① 排水槽顶与清水池最低允许水位差 $h_0=2.5$ m。

② 清水池至滤池配水系统之间管渠中的沉程和局部水头损失之和 $h_1=1.0$ m (设定数值)。

③ 泵托层水头损失

$$h_3=0.022H_1\cdot q, h_3=0.16 \text{ m},$$

式中承托层厚度 $H_1=0.5$ m。



④ 孔口平均损失

$$h_2 = \frac{1}{2g} \left(\frac{q}{10\mu k} \right)^2, h_2 = 4.2 \text{ m},$$

式中 h_2 为孔口平均水头损失, m; k 为孔眼总面积与滤池面积之比, 采用 0.25%~0.3%; μ 为流量系数, 一般为 0.62。

⑤ 滤料层水头损失

$$h_4 = \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - 1 \right) (1 - m_0) H_2, h_4 = 0.41 \text{ m},$$

式中 γ_1 为滤层的比重, 粉煤灰比重为 2.0~2.3, 这里

取 2; γ 为水的比重, 这里取 1; m_0 为滤料膨胀前的孔隙率, 取 0.41; H_2 为滤层膨胀前厚度, 取 0.7m。

⑥ 富裕水头取 $h_5 = 1.5 \text{ m}$ 。

计算得水泵扬程为 9.77 m。

3 实验结果及分析

3.1 实验结果

水解酸化—粉煤灰吸附过滤—涡凹气浮—深层 SBR 洗毛污水处理系统, 污水排放达到国家二级排放标准。污水处理前后的水质指标对比如表 1 所示。

表 1 洗毛污水水质化验数据对照表
Tab.1 Measured data of hair wastewater

项目	CODcr	BOD5	SS	油脂
处理前水质情况	10 000 mg/L	3 000 mg/L	1 000 mg/L	2 600 mg/L
处理后水质情况	92.6 mg/L	45.3 mg/L	76.1 mg/L	16.9 mg/L
排放标准	<150 mg/L	<60 mg/L	<200 mg/L	<20 mg/L

3.2 结果分析

(1) 通过试验和生产实践, 认为粉煤灰作为洗毛污水处理前处理工序是可行的, 优于其它物理化学方法, 它可使污水中泥砂、COD、SS、表面活性剂等大幅度下降, 为后续处理打下良好基础, 并可节省大量混凝剂, 降低处理成本。

(2) 由于粉煤灰成分所决定, 该工艺同时具有分子筛与活性炭吸附化学混凝以及沉淀过滤等功能, 它不但能用于洗毛污水处理, 同样也能广泛应用于各种复杂污水的治理, 其多功能多元化综合处理效果要优于任何其它单功能专项处理工艺。

(3) 尽管粉煤灰用于洗毛污水处理十分有效, 但在具体应用中的效果却是千差万别的, 这主要是因为每项工程实际条件不同, 如水质、煤质、炉型、灰渣量、灰渣水比及操作管理水平等。但其作为污水处理工程的预处理, 效果还是显著的。

(4) 在东雪公司洗毛车间采用了粉煤灰处理洗毛污水生产试验, 并经过实际运转, 取得较好结果, 从而取得实用价值的设计参数: 滤池表面负荷为 0.5~1.0 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$; 灰渣比为 1:3~1:5; 灰渣:水为 1:50~1:150。

4 结 论

(1) 粉煤灰吸附过滤工艺合理, 效果显著, 成本低廉。虽然烟道灰吸附容量大, 过滤效果好, 但其过滤阻力太大; 就渣滤工艺的运转情况而言, 炉

渣过滤虽阻力小, 但出水效果要低于前者。因此, 将烟道灰与炉渣按定配比混合使用以弥补各自的不足, 并充分发挥各自优势, 既减少了阻力, 又提高了处理效果。

(2) 深层内循环 SBR 活性污泥工艺运行稳定。

(3) 深层内循环生物装置打破 SBR 工艺或其改进型 CASS、ICAES 池等水深不超过 5 m 的概念, 水深达到 8 m 以上, 氧利用率得到提高。

参考文献:

- [1] 刘国光, 刘兴旺, 侯杰. 粉煤灰吸附性能的研究 [J]. 环境科学研究, 1994, 7 (5): 62-64.
- [2] 李亚峰, 赵玉华, 刘军. 粉煤灰处理废水研究与应用的现状及发展 [J], 15 (4): 348-351.
- [3] 张建平. 粉煤灰处理废水机理及应用 [J]. 粉煤灰综合利用, 1996, (4): 33-35.
- [4] 杨崇豪, 周瑞云. 粉煤灰技术在污水处理中的应用研究及存在问题讨论 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, (2): 49-53.
- [5] 李武, 董有, 夏文林. 粉煤灰预处理-好氧生物技术处理有机废水的研究 [J]. 环境科学研究, 2001, 14(1): 31-33.
- [6] 曾芳, 朱洪涛, 张慧敏. 粉煤灰处理含铜废水的正交实验研究 [J]. 华北电力大学学报, 2003, 30 (6): 94-96.
- [7] 朱洪涛, 王跃利, 许佩瑶. 用粉煤灰及过氧化氢联合处理印染废水 [J]. 华北电力大学学报, 2002, 29 (3): 89-92.
- [8] 肖羽堂, 许建华. 利用电厂粉煤灰处理染料中间体废水 [J]. 环境工程, 1998, 16 (2): 30-32.

(责任编辑: 吴 勃)