

试验研究

曝气生物滤池处理矿区生活污水中反冲洗强度的控制研究

周宝俊¹, 秦树林²

(1.中海石油化学股份有限公司,北京 100029;2.煤科集团杭州环保研究院,
浙江 杭州 311201)

摘要:影响上向流曝气生物滤池反冲洗效果因素包括冲洗强度和冲洗时间等。针对矿区生活污水特点,对矿区生活污水厂的曝气生物滤池进行了反冲洗强度及其控制的研究。研究表明:采用负压脉冲方式反冲洗滤池,运行周期为 48 h,平均水力反冲洗强度、速度梯度、反冲洗所需水量及水冲洗时间为 26.25L/(m²/s)、649.4 s⁻¹、43.4 L 和 169 s 时,可实现滤床的快速更新,反冲洗耗水率为 1.45 %,效果明显。

关键词:曝气生物滤池;矿区生活污水;负压脉冲;反冲洗强度

中图分类号:U664.9+2 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2015)02-0017-03

THE BACKWASHING STRENGTH AND CONTROL IN DOMESTIC SEWAGE TREATMENT FOR COAL MINING AREA USING BIOLOGICAL AERATED FILTER

ZHOU Bao-jun¹, QIN Shu-lin²

(1.China Blue Chemical Ltd.,Beijin 100029, China;2.Hangzhou Environmental Protection Research Institute,CCTEG, Hangzhou 311201, China)

Abstract:The washing strengths and washing time is keys to the biological aerated filter. Based on the characteristic of the domestic sewage in coal mining area, we studied the Backwashing strength and it's Control of Biological Aerated Filter. The result show: using negative pressure pulse backwashing Aerated Filter, operation period is 48 hours, and at the average hydraulic The Backwashing strength of 26.25 L/(m²/s), the velocity gradient is 649.4s⁻¹, the water is 43.4 L,and the Backwashing time is 169 s,the Sewage Treatment worked batter, the Backwashing water consumption rate can reach 1.45 %, and can rapidly update the filter bed.

Key words:Biological Aerated Filter;Domestic Sewage in Mining Area;Negative pressure pulse;The Backwashing strength

上向流曝气生物滤池集生物氧化降解及滤层截留效能于一体,是一种适合规模回用、高效、低耗的污水再生工艺^[1]。由于滤层的机械截留、接触凝聚及生物絮凝作用,滤池随着运行时间的延长,

污水中的悬浮物和胶体颗粒不断被截留在填补填料孔隙中;另外,生物膜在新陈代谢过程中不断增殖,同时产生一些分泌物,使悬浮物、胶体粘结在填料表面和孔隙中,填料颗粒间孔隙率减少,导致滤层水头损失增大,当达到某一限值时,造成布水、布气不均匀,最终影响出水水质。为保证滤池

收稿日期:2014-09-20

第一作者简介:周宝俊,男,1974年生,汉族,化学工艺硕士,工程师,一直从事化工安全生产技术及质量管理工作。

稳定的处理效果,必须进行反冲洗,实现滤层的更新,恢复系统活性,因此反冲洗强度及其控制技术是保证曝气生物滤池运行效能的关键。

1 试验材料与方法

1.1 试验水质

检测水质取自某矿生活污水处理厂进水水质,污水中主要污染物指标为:pH值 7.5,SS 25.4 mg/L,COD_{cr} 104.2 mg/L,TNH₃-N 21.4 mg/L,TP 5.6 mg/L。

1.2 分析方法和仪器

COD测定采用重铬酸钾容量法;SS测定采用重量法;滤层水头损失采用压差计测定(控制反冲洗)。

1.3 试验装置

上向流曝气生物滤池试验装置采用直径 250 mm、高度 3.5 m 的有机玻璃柱,填料采用粒径 5~8 mm 轻质滤料(EPS 粒子),填料层高度 2 m,池底设置进水管、穿孔曝气管、放空管等,污水由池底进入,顶部采用短柄滤头出水,实验过程中定时从上部取样测定。

2 试验结果及讨论

2.1 滤池运行阻力及出水水质的变化规律

在研究滤池反冲洗之前,对滤池运行阻力变化情况的分析是很必要的,这将为滤池最佳反冲洗时间的确定提供依据,试验中以出水 COD_{cr} 去除率为参考指标。试验条件:进水水力负荷 2.5 m³/(m²·h),气水比 3:1。滤池运行阻力、COD_{cr} 去除率与滤池运行时间的关系如图 1 所示。试验中滤池运行阻力采用芬兰 HK 仪表公司生产的 1 516DG 膜片式压差表(液体)进行测定。

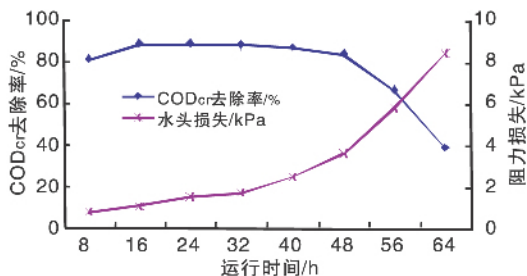


图 1 运行时间对滤池阻力及 COD_{cr} 去除效果的影响

从图 1 可以看出,随着运行时间的增加,滤层阻力呈现先缓慢升高,后快速升高的趋势,COD_{cr} 去除率先缓慢上升后趋于稳定,运行到 48 h 后出现较快下降。在开始运行的 8 h 内,COD_{cr} 去除率

在 80 % 左右,而滤池阻力仅为 0.75 kPa,相当于 76.5 mm 水头损失,这说明滤池在前一个周期反冲洗结束后的 8 h 内微生物活性得到较快的恢复,其实,在反冲洗后 6 h 左右已观察到出水浊度明显改观,在一定程度上也反映了系统适应能力较强。在 16~40 h 运行时间内,滤池对有机物降解效果很稳定,COD_{cr} 去除率维持在 86 % 左右,而当运行到 48 h 后,滤池运行阻力明显增大,由此给有机物的去除带来较大的影响,表明较长时间运行后,因滤床截留较多的悬浮物和自然脱落的生物膜堵塞填料孔隙,影响了传质效果,故 COD_{cr} 去除效果下降较快。滤池运行阻力突增及出水水质快速下降将意味着滤池反冲洗时间的来临,即在试验条件下,滤池的运行周期确定为 48 h;当运行条件发生变化后,滤池运行周期必须进行针对试验后再进行确定。

2.2 滤池反冲洗强度的测定

曝气生物滤池在工作过程中,反冲洗效果直接影响滤池出水水质,而影响滤池反冲洗效果的因素包括反冲洗强度及反冲洗时间等,采取的方式也有多种,但无论采用何种冲洗方式,最终目的是保证滤池在较短时间内,使填料得到有效清洗、尽快恢复滤池处理能力;研究以空气为动力的负压脉冲反冲洗强度及大小将为滤池的稳定运行奠定良好的基础。试验中采用外配清水来满足冲洗用水要求,同时以外配清水水量与反冲洗所用时间来确定滤池的反冲洗强度,同时以反冲洗后滤池污泥(底泥)总不可过滤残渣(SS)浓度是否达到最高值作为衡量滤池反冲洗效果的参照。试验条件下滤池的水力负荷为 2.5 m³/(m²·h),对单个冲洗周期内多次负压反冲洗对污泥中 SS 的影响结果如图 2 所示。

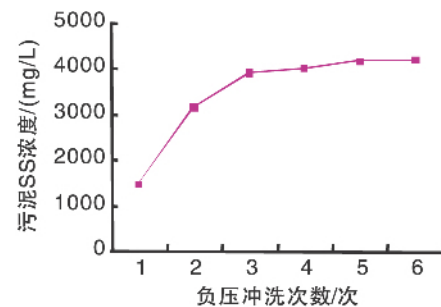


图 2 不同反冲洗次数对污泥浓度的影响

从图 2 可以看出,在试验条件下,当滤池负压反冲洗到第 3 次时,滤池反冲洗出的污泥中 SS 浓度达到最高值 4 012 mg/L,继续增加冲洗次数,SS

浓度有小幅提高,但程度有限,说明滤池在3~5次连续负压反冲洗后滤床中的悬浮物、胶体及老化的生物膜基本得到清除。为此,我们进行了不同冲洗周期内滤池反冲洗强度试验,结果见表1。

表 1 滤池反冲洗强度试验及计算结果

试验序号	单次反冲用水量/L	单次反冲时间/S	反冲洗强度/L/(m ² /s)	总反冲洗耗水量/L	水冲总时间/s
1#	42.5	35	24.78	42.5	175
2#	44.3	32	28.25	44.3	160
3#	42.7	34	25.63	42.7	170
4#	43.9	35	25.60	43.9	175
5#	43.6	33	26.96	43.6	165
平均	43.4	33.8	26.25	43.4	169

从表1可以看出,采用负压脉冲方式反冲洗曝气生物滤池,平均水力反冲洗强度可达到26.25 L/(m²/s),连续5次负压反冲洗可实现滤床的更新,反冲洗所需水量及冲洗时间分别为43.4 L和169 s,试验中的运行周期为48 h,由此可计算出滤池在给定水力负荷下的反冲洗(含漂洗)耗水率为1.45%,该值远低于一般曝气生物滤池的2~3%,可见反冲洗耗水量较低,在一定程度上增加了产水率。

2.3 滤池反冲洗机理分析及速度梯度计算

曝气生物滤池反冲洗主要为去除滤料颗粒间截留的悬浮物、胶体和滤料表面脱落的生物膜以及更新生物膜并保持一定生物量^[2]。试验采用负压脉冲方式,滤层在强烈的水力剪切及碰撞摩擦作用下使滤床得到更新,从而达到高效反冲洗目的。采用负压脉冲反冲洗可实现滤床的快速更新,我们可从流体力学角度进行分析。根据流体力学理论,反冲洗过程中流体产生的剪切力可表示为^[2]:

$$\tau = \mu \alpha G w \quad (1)$$

上式中: τ 为剪切力,N; α 为与剪切力方向平行的滤料表面积,m²; μ 为水的动力粘度,N/(s/m²) Gw 为水力反冲洗产生的速度梯度,s⁻¹。

剪切力计算公式中, α 与 μ 对给定的曝气生物滤池为定值,要提高剪切力主要是通过提高 G 值来实现。

根据试验确定最佳反冲洗条件及流体力学理论公式计算负压水力反冲洗产生的速度梯度为:

$$G w = [\rho g V w \Delta h / (\mu L_e)]^{1/2} \quad (2)$$

上式中: Gw 为水力反冲洗产生的速度梯度,s⁻¹; Vw 为水反冲洗流速,m/s; Δh 为冲洗时滤层水头损失,m; μ 为水的动力粘度,N/(s/m²); L_e 为膨胀

滤床深度,m; ρ 为水的密度,1 000 kg/m³; g 为重力加速度,9.81 m/s²。

通过水力反冲洗速度梯度公式计算结果如表2。

从表2计算结果可知,负压脉冲水力反冲洗

表 2 滤池反冲洗速度梯计算结果

反冲洗周期号	水反冲洗流速/(m/s)	反冲洗滤层水头损失/m	滤床膨胀深度/m	水的动力粘度 N/(s/m ²)	水反冲洗速度梯度/s ⁻¹
1#	0.025	0.35	0.18	0.001	687.2
2#	0.028	0.33	0.21	0.001	659.6
3#	0.026	0.35	0.24	0.001	605.2
4#	0.026	0.34	0.19	0.001	670.0
5#	0.027	0.34	0.23	0.001	625.0
平均	0.026	0.34	0.21	0.001	649.4

产生的速度梯度可达649.4 s⁻¹,该值对曝气生物滤池反冲洗具有显著的效果。在保证反冲洗效果的前提下,并不是 G 值越大越好,过大的速度梯度将会破坏滤床中微生物的生长环境,造成大量生物膜的流失,这对反冲洗后滤池的恢复带来麻烦。因此,在工程应用中尽量取小值,同时还具有节能降耗的效果。

2.4 滤池反冲洗控制方式的选择

试验采用悬浮型EPS填料,因其比重较水小得多,整个滤层悬浮于滤池中,不同于沉没型填料,采用常规水反冲洗或气水反冲洗等方法对其难以奏效,故采用负压脉冲作为滤池的反冲洗手段。

目前,反冲洗控制技术^[3]包括数学模型法、定浊度法及定时法三种。对于处理污水的曝气生物滤池,目前采用定时法的比较多,而有些大型污水处理厂采用定浊度法,在线检测仪器多采用在线COD测定仪等。对滤池反冲洗控制方式力求简便、可靠,投资成本较低,这也是整个曝气生物滤池工艺反冲洗控制方式的发展趋势。

试验装置采用定时法与压差法联合控制曝气生物滤池反冲洗,具体过程:以压差控制为主,当滤池运行阻力达到设定值(上限,需现场调试)时,开启反冲洗系统进行反冲洗,当阻力降至设定值(下限)时,关闭反冲洗系统,使滤池进入下一个运转周期。为提高反冲洗系统的可靠性,在控制上增加了时间控制,即当压差控制系统出现意外或其他情况时,时间控制系统将自动启用,实现定时反冲洗功能。

3 结语

(1)滤池阻力随着运行时间的延长,滤层阻力
(下转第41页)

NDVI 年均值总和为 7.2962,缓冲区 26 a 的 NDVI 年均值总和为 7.8022,区内 NDVI 总量比缓冲区低约 6.5%,有待后续研究深入分析。

(2)实际扰动面积与开发程度有关,两类区域的选择是个动态问题,26 a 的数据涵盖了神东矿区建设起步阶段(1986-1988 年),高产高效探索阶段(1989-1998 年),跨越式发展的部分阶段(1998 年-2009 年),矿区从无到有,区域原煤产量由千万吨/a 级提升至亿吨/a 级。依据存档数据土地利用分类结果,根据矿区扩张情况具体设定缓冲区将更为合理。

(3)神东矿区地处西北干旱区,生态脆弱,高强度开采对原生植被的生长环境造成巨大破坏,退耕还林还草,种草植树,土地复垦等人为干预对生物量提高短期作用明显,但原生植被的生存状况,后期引入植被的适应性等有赖长期野外观测及科学实验提供实证。

(4)由于目前对内蒙古地区各气象站的气象数据收集不足,尚不能确定气候变化对神东矿区 NDVI 演化的贡献,这方面的研究正在继续。

参考文献

- [1]杜加强,舒俭民,王跃辉,等.青藏高原 MODIS NDVI 与 GIMMS NDVI 的对比[J].应用生态学报,2014,25(2):533-544.
- [2]Scott J. Goetz, Gregory J. Fiske, Andrew G. Bunn. Using satellite time-series data sets to analyze fire disturbance and forest recovery across Canada [J]. Remote sensing of environment, 2006, 101(3):352-365.
- [3]De Jong R, de Bruin S, de Wit A, et al. Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series[J]. Remote Sensing of Environment, 2011, 115(2):692-702.
- [4]姚雪茹,刘华民,裴浩,王立新.鄂尔多斯高原 1982-2006 年植被

变化及其驱动因子[J].水土保持通报,2012,32(3):225-230.

[5]王强,张勃,戴声佩,邹悦,马中华,张亚宁.基于 GIMMSAVHRRNDVI 数据的三北防护林工程区植被覆盖动态变化[J].资源科学,2011,33(8):1613-1620.

[6]王广军,胡振琪,杜海清,杜明义,陈秋计.采矿扰动下草地荒漠化的遥感分析--以霍林河露天煤矿区为例[J].遥感学报,2006,10(6):917-925.

[7]吴立新,马保东,刘善军.基于 SPOT 卫星 NDVI 数据的神东矿区植被覆盖动态变化分析[J].煤炭学报,2009,34(9):1217-1222.

[8]Mukul Sonwalkar, Li Fang, Donglian Sun. Use of NDVI dataset for a GIS based analysis: A sample study of TAR Creek superfund site [J]. Ecological Informatics, 2010, 5(6):484-491.

[9]马超,张晓克,郭增长,吴立新.半干旱山区采矿扰动植被指数时空变化规律[J].环境科学研究,2013,26(7):751-759

[10]Tucker C J, Pinzon J E, Brown M E, et al. An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data [J]. Remote Sensing of environment, 2005, 26(20):4485-4498.

[11]Tucker C J, Pinzon J E, Brown M E. Global Inventory Modeling and Mapping Studies[D]. University of Maryland, Maryland:1994,4.

[12]马明国,王建,王雪梅.基于遥感的植被年际变化及其与气候关系研究进展[J].遥感学报,2006,10(3):421-431.

[13]Douglas A Stow, Allen Hope, David Verbyla, Fred Huemmrich, Charles Racine, Kenneth Tape, Kenji Yoshikawa, Brian Noyle, David Douglas, Gensuo Jia, Donald Walker, Aaron Petersen, Ranga Myneni. Remote sensing of vegetation and land-cover change in Arctic Tundra Ecosystems [J]. Remote sensing of environment, 2004, 89(3):281-308.

[14]李震,阎福礼,范湘涛.中国西北地区 NDVI 变化及其与温度和降水的关系[J].遥感学报,2005,9(3):308-313.

[15]张宇镭,党琰,贺平安.利用 Pearson 相关系数定量分析生物亲缘关系[J].计算机工程与应用,2005,33(2):79-82.

[16]程水英,周育红.开发神东矿区对生态环境的影响[J].洁净煤技术,2010,16(6):67-69.

[17]包刚,吴琼,等.近 30 年内蒙古气温和降水量变化分析[J].内蒙古师范大学学报,2012,41(6):668-674.

(上接第 19 页)

呈现先缓慢升高,后快速升高的趋势,COD_{cr}去除率先缓慢上升后趋于稳定,运行到 48 h 后出现较快下降,滤池的运行周期确定为 48 h;

(2)采用负压脉冲方式反冲洗曝气生物滤池,平均水力反冲洗强度可达到 26.25 L/(m²/s),连续 5 次负压反冲洗可实现滤床的更新,反冲洗速度梯度、反冲洗所需水量及水冲洗时间分别为 649.4 s⁻¹、43.4 L 和 169 s,试验给定水力负荷下的反冲洗(含漂洗)耗水率为 1.45%,该值远低于一般曝

气生物滤池 2~3%;

(3)采用定时控制与压差控制能实现曝气生物滤池自动反冲洗。

参考文献

- [1]张杰,陈秀荣.曝气生物滤池反冲洗的特性.环境科学,2003(9),86-91.
- [2]张俊贞,邓彩玲,安鼎年.滤池气水反冲洗的数学模型.中国给水排水,13(3):10-13.
- [3]徐勇鹏,王在刚,崔福义.滤池反冲洗时间控制模式的分析与优化.中国给水排水,22(1):66-69.