

技术总结

生物流化反应器去除生活污水中的 SS

张玉魁¹, 施汉昌¹, 姜家顺¹, 曾亮²

(1. 清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084; 2. 中国矿业大学 化工与环境工程学院, 北京 100083)

摘 要: 针对内循环三相生物流化床存在的问题,设计出了内循环流化床与溶气气浮相耦合的高效分离生物流化复合反应器(BFR),并考察了其对悬浮固体的去除效果。中试结果表明,在不投加混凝剂的情况下气浮分离区的最佳运行条件为: $HRT = 20\text{ min}$,工作压力 = 0.3 MPa,回流比 = 20%。在该运行条件下处理清河污水处理厂未经沉淀的生活污水时(气浮反应区进水 SS 为 347 ~ 1 578 mg/L),对 SS 的去除率可达 85%,且运行稳定。

关键词: 生物流化反应器; 生活污水; 悬浮固体; 溶气气浮

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2004)08 - 0036 - 04

Biological Fluidized Reactor for Removal of SS from Domestic Waste waterZHANG Yu-kui¹, SHI Han-chang¹, JIANG Jia-shun¹, ZENG Liang²

(1. Dept. of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: In response to the problems existing in internal recycle three-phase fluidized bed, a high-efficient separation biological fluidized reactor (BFR) was designed by coupling the internal recycle fluidized bed with high-efficient dissolved air floatation, and the removal effect on suspended solid was investigated. The result of pilot scale test shows that under the condition of no coagulant dosing, the optimum running conditions of air-floatation separation section are: HRT of 20 min, working pressure of 0.3 MPa, return ratio of 20%. When it was operated at that condition for treatment of unsettled domestic wastewater in Qinghe Wastewater Treatment Plant (the influent SS of air-floatation reaction section is 347 ~ 1 578 mg/L), the removal rate of SS can reach 85%, and stable treatment effect can be obtained.

Key words: biological fluidized reactor; domestic wastewater; suspended solid; dissolved air floatation

内循环三相生物流化床是一种处理效率高、占地少且有机负荷高的新型生物反应器^[1,2],但它还

存在一些问题: 以沉淀原理为基础的三相分离器由于沉淀时间短,固液分离效果不理想; 内、外筒

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2002AA601200)

结构在反应器的进一步放大过程中(如使单台设备的处理量达到 $5\,000\text{ m}^3/\text{d}$) 将受到结构因素的制约。对于第一个问题有两种解决方法,一是在反应器后边再增加泥水分离的“二沉池”,但这又返回到了污水处理多个构筑物串联的老路,削弱了该反应器一体化、占地省、能耗低的优点;二是采用高效泥水分离设备。第二个问题的解决方法是在保证反应器高效的前提下改进反应器结构。据此,设计了一种新型的改进结构内循环流化床与高效溶气气浮相耦合的高效分离生物流化复合反应器(BFR, Biological Fluidized Reactor),并开展了相关研究。

1 装置及流程

试验所用装置见图1。

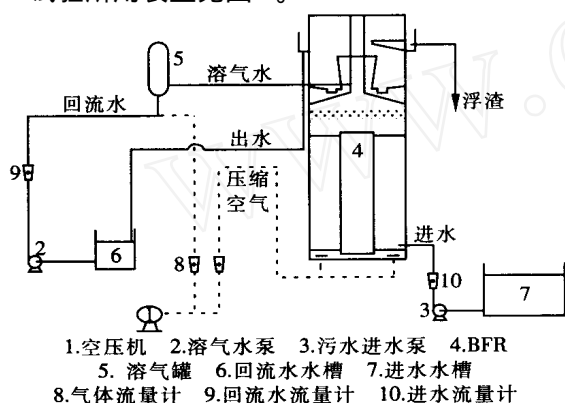


图1 试验装置

Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

BFR 主要由下部生物流化反应区、中间载体分离器和上部气浮分离区三部分构成(通过合理设计而耦合成一体),其中下部的生物流化反应区采取了蜂窝式断面(见图2),该种结构在保证处理高效的同时还降低了反应器的高径比,并且增加了反应器的整体结构强度,从而易于实现反应器的大型化。在运行过程中,三个曝气头的气体流量相等,可保证反应器内气、液、固混合体的均匀流化。

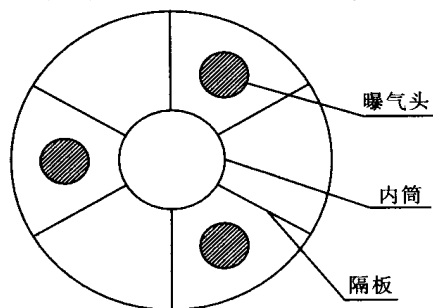


图2 BFR 的蜂窝状断面

Fig. 2 Cellular cross section of BFR

中试 BFR 可处理水量为 $30\text{ m}^3/\text{d}$ 。其直径为 $1\,000\text{ mm}$,反应区高度为 $2\,000\text{ mm}$,总高度为 $2\,800\text{ mm}$ 。反应区在平面上分成7格(如图2所示),降流区与升流区的面积比 $A_d/A_r = 1.25$;气浮区的有效水深为 0.6 m 。

鉴于传统的无机悬浮载体(活性炭、陶粒等)存在易破碎难于流化等问题,选用颗粒状橡胶为载体(来源于废旧轮胎经粉碎后形成的颗粒),其密度为 1.1 g/cm^3 ,粒径为 $2\sim 3\text{ mm}$ 。

2 结果与讨论

中试在北京市清河污水处理厂进行,BFR 的进水来自该厂的曝气沉砂池出水,考察了不同工况下的固液分离效果。为减少处理成本,在泥水分离过程中没有投加混凝剂。

2.1 HRT 对SS 去除效果的影响

在气浮池的设计中停留时间可作为复核参数,一般控制在 $20\sim 30\text{ min}$ 。事实上这个时间可以缩短,但是 HRT 太短将导致水流速度过快,会影响整个气浮池中的流态,进而对泥水分离产生影响。当反应器中有大量絮粒时其停留时间需适当延长,这是由于带气絮粒的存在产生了拥挤上浮,致使分离速度变慢^[3]。

图3是在回流比为20%、工作压力为 0.3 MPa 、进水 SS 浓度为 $1\,000\text{ mg/L}$ 条件下测得的 SS 去除率随 HRT 的变化情况。

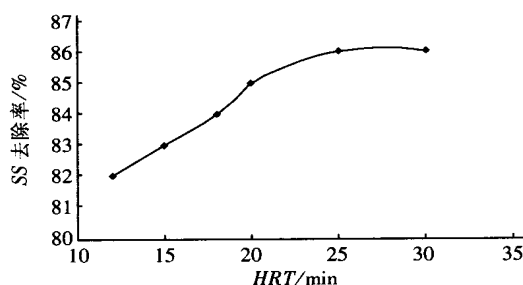


图3 HRT 与 SS 去除率的关系

Fig. 3 Relationship between HRT and SS removal rate

从图3可以看出,当 HRT 超过 10 min 时 SS 去除率即达到了 80% 以上,当 HRT 为 20 min 时 SS 去除率达到了 85% ;此后随着 HRT 的增加则 SS 去除率变化不明显。

2.2 工作压力对SS 去除效果的影响

溶气压力合理与否,不仅涉及气浮净水的效果,而且关系到气浮净水的经济性。有资料显示,溶气

系统的能耗占气浮过程的 50 %^[4],溶气罐投资占气浮系统总基建投资的 20 %^[5]。以往为了取得足够数量的微细气泡,只得提高溶气水压力,而后再不得不把这部分能量释放掉。因此,尽量降低溶气的动力消耗对于推广气浮净水技术十分重要。

图 4 是在回流比为 20 %、进水 SS 为 1 000 mg/L、HRT 为 20 min 条件下测得的 SS 去除率随工作压力的变化情况。

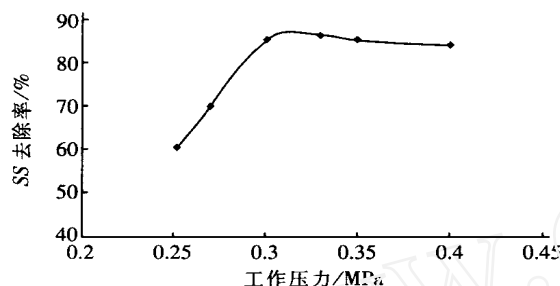


图 4 工作压力与 SS 去除率的关系

Fig. 4 The working pressure vs SS removal rate

从图 4 可以看出,当工作压力达到 0.3 MPa 时 SS 去除率为 85 %,此后再增加工作压力不能显著提高对 SS 的去除率,并且当工作压力 > 0.35 MPa 时还稍微有所下降。

由亨利定律可知,溶气量与压力成正比,在温度、进水量和溶气水回流比一定的条件下,增加溶气压力将会增加空气在水中的溶解量,经减压后析出大量气泡。但压力过大将使微气泡产生并聚作用,对气浮分离不利。另外,由于高压下溶气罐中的气水比将增加,导致了溶气水量减少,因而不利于溶气水与待处理水的充分混合。因此,工作压力过高可能导致 SS 去除率下降。

2.3 回流比对 SS 去除效果的影响

回流比的选择恰当与否,直接影响到气浮效果、设备投资及日常运转费用,而且一经选定则很难改变。因此,在确保出水水质的情况下应尽量减少回流量,以降低日常电耗。

影响回流比的因素很多,其中包括溶气压力、温度、溶气条件、释放器性能、微气泡的大小及其级配分布、溶气水水质及表面活性剂的应用、原水的絮凝特性及与溶气水的接触条件等,任何一个因素的改变都会影响原来选定的回流比,因此在生产设计中很难套用一个固定的回流比值。目前,给水净化所采用的回流比一般为 5 % ~ 10 %,在污(废)水处理

上采用的回流比一般为 15 % ~ 30 %^[6]。

图 5 是在进水 SS 为 1 000 mg/L、HRT 为 20 min、工作压力为 0.3 MPa 条件下测得的 SS 去除率随回流比的变化情况。

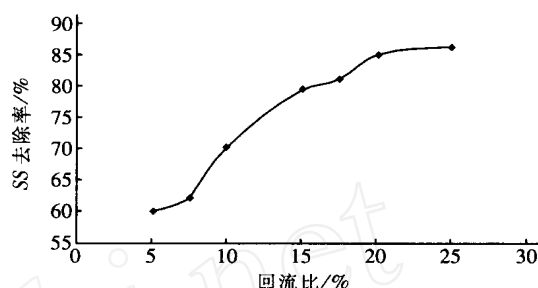


图 5 回流比与 SS 去除率的关系

Fig. 5 The reflux ratio vs SS removal rate

从图 5 可以看出,在一定范围内随着回流比的增加则 SS 去除率也增加,当回流比为 20 % 时去除率达到了 85 %,此后再增加回流比则 SS 去除率增加不明显。

对于工作压力和回流比,在实际应用中究竟取压力低些、回流量多些好,还是取压力高些、回流量少些好呢? 根据中试结果笔者认为前者较好,原因: 当压力 > 0.35 MPa 后,在溶气释放器中会产生气泡并大现象; 在低压下 (0.3 MPa), 随着回流比的增大则净水效果有明显改善; 低压时,对压力溶气罐的制作要求较低,操作安全性好; 溶气压力高而回流量小会影响微气泡扩散的均匀性,使气泡粘附絮粒变得困难。

2.4 固体负荷对 SS 去除效果的影响

在回流比为 20 %、工作压力为 0.3 MPa、HRT 为 20 min 条件下考察了进水 SS 含量 (347 ~ 1 578 mg/L) 对气浮效果的影响。结果显示,尽管进水 SS 值存在波动,但出水 SS 值较稳定,平均为 116 mg/L,平均去除率为 85 %。

由于清河污水处理厂只设曝气沉砂池而没有设初沉池,因此 BFR 进水中较多的无机物。这些无机物密度较大,单纯采用气浮工艺将其从出水中去除存在一定困难,因而 BFR 出水 SS 值较高。建议在实际工程应用中在 BFR 前设初沉池,或在气浮池前投加混凝剂,以使出水 SS 进一步降低。

3 结论

在不投加混凝剂的条件下,BFR 的最佳运行条件为: $HRT = 20 \text{ min}$, 工作压力 = 0.3 MPa, 回流

比 = 20 %。

在最佳运行条件下处理清河污水处理厂未经沉淀的生活污水时对 SS 的去除率可以达到 85 % ,且运行稳定。

参考文献:

- [1] 周平,钱易. 空气提升内循环生物流化床反应器动力学研究[J]. 环境科学,1996,17(6):9-12.
- [2] 周平,钱易. 内循环生物流化床处理生活污水的实验研究[J]. 给水排水,1998,24(10):28-31.
- [3] 何群彪,高廷耀. 剩余活性污泥气浮浓缩技术研究[J]. 同济大学学报,1995,23(4):417-419.

- [4] Zabel T F. Flotation water treatment[A]. Innovations in Flotation Technology NATO AIS Series[C]. Kluwer Academic Publishers, The Dordrecht Netherlands, 1992.
- [5] Haarhoff Johannes, Rykaart E Maritz. Rational design of packed saturators[J]. Water Science and Technology, 1995, 31(3~4):179-190.
- [6] 陈冀孙,胡斌. 气浮净水技术[M]. 北京:中国环境科学出版社,1991.

电话:(010)62775441 62777823

E-mail: zhangyukui00@mails.tsinghua.edu.cn

收稿日期:2004-03-03

·信息·

收录我刊 2001 年发表的部分文章(一)

2001,17(7)1~5

淹没序批式生物膜法除磷工艺特性研究

作者: 李 军(北京工业大学)

王宝贞(哈尔滨工业大学)

聂梅生(建设部)

2001,17(7)6~9

二氧化氯在煤气废水处理中的应用

作者: 赵振业 张文兵(中国科学院广州地球化学研究所)

黄君礼(哈尔滨工业大学)

2001,17(7)10~13

配水管网产生二次污染的数学模拟

作者: 傅金祥 赵玉华(沈阳建筑工程学院)

2001,17(7)14~16

水污染控制规划的数据管理研究

作者: 何 强 龙腾锐 李惠鹏(重庆大学)

2001,17(7)17~22

连续进水、恒水位的改进型 SBR 系统

作者: 吴卫国 Peter L. Timpany(加拿大 Stantec Consulting International Ltd.)

2001,17(7)23~26

污泥减量技术的研究及其应用

作者: 魏源送 樊耀波(中国科学院生态环境研究中心)

2001,17(7)27~29

需水量预测方法的评析与择优

作者: 张雅君 刘全胜(北京建筑工程学院)

2001,17(7)30~32

河北省城市供水、节水、污水处理的现状

作者: 刘俊良(河北建筑工程学院)

刘兴坡(武汉大学)

蒋洪江 李景会(河北省建设厅)

2001,17(7)33~35

高浓度豆制品废水处理的工艺选择和设计

作者: 黄 武(杭州能源环境工程设计所)

2001,17(7)36~38

高尔夫球场排水系统的设计

作者: 李安志(上海虹桥高尔夫俱乐部有限公司)

2001,17(7)68~69

利用碳纤维加固预应力圆形水池的探讨

作者: 高家增(天津市政工程设计研究院)

潘明媚(顺德市桂镇自来水公司)

张正坤(河北省建设集团有限公司)

张志波 徐国清(廊坊市市政设施管理处)

(本刊编辑部 供稿)