

悬浮填料固定床固液分离新技术的研究

董 滨¹ 柳 翠² 傅 钢³ 周增炎¹ 高廷耀¹

(1 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071;

3 上海环保集团有限公司, 上海 200092)

摘要 在活性污泥工艺的生化反应池末端设置悬浮填料固定床进行固液分离可实现生化反应池出水直接达标排放。该固定床所占体积仅为传统二沉池的 1/4~1/3, 可在保持生化反应池处理能力基本不变的前提下, 实现泥水混合液的固液分离, 从而取消二沉池。进行了规模为 48 m³/d 的中试对比研究, 1[#] 系统为传统工艺, 由生化反应池和二沉池组成; 2[#] 系统采用与 1[#] 系统相同的生化反应池, 但在池末端设置悬浮填料固定床, 并取消了二沉池。试验结果表明, 两系统出水生化指标基本相同, 2[#] 系统出水的 SS 明显低于 1[#] 系统, 达到城镇污水处理厂污染物一级排放标准(GB 18918—2002)。并给出了新工艺的推荐设计运行参数, 以作为生产性试验的依据。

关键词 固液分离 生物处理 二沉池 悬浮填料固定床

Research on new fixed bed reactor with suspended package material for solid-liquid separation

Dong Bin¹, Liu Cui², Fu Gang³, Zhou Zeng-yan¹, Gao Ting-yao¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Tsingdao 266071, China;

3. Shanghai Environmental Protection Group, Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Fixed bed reactor with suspended package material was installed at the end of bio-reactor of activated sludge process to replace the secondary sedimentation tank, by this way the effluent of the bio-reactor can directly discharged to meet the wastewater discharging standard. The space occupation of the fixed bed reactor is small, only 1/4 or 1/3 of secondary sedimentation tank. In two pilot-plants experiments with capacity of 48 m³/d, one of bio-reactor followed by traditional secondary sedimentation tank and another same bio-reactor followed by fixed bed reactor without secondary sedimentation tank. The experimental results showed that the biological indexes of both effluents are same, but the SS of the fixed bed reactor is better evidently than that of the secondary sedimentation tank. The effluent can meet the class I of the national Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatmeat Plant (GB 18918—2002). The recommended design parameters of this new reactor are suggested in this paper.

Keywords: Solid-liquid separation; Biological treatment; Secondary sedimentation tank; Fixed bed reactor with suspended package material

随着生化反应池的不断改进与革新,多年来沿

用的传统二沉池存在的一些问题,如占地面积大、浮泥现象以及污泥回流能耗较高等,变得越来越突出^[1]。为了解决这些问题,膜分离和过滤技术近年

基金项目:上海市重点学科建设项目。

来受到了广泛关注。膜分离技术不仅实现了固液分离功能,而且具有生化反应池污泥浓度高、产泥率低、出水水质好的优点,但在应用过程中也存在着膜污染、膜通量较小和成本较高等问题^[2,3]。过滤技术应用于污水处理领域具有占地面积小,运行成本较低,生化处理效果较好等优点,但由于目前所采用的滤料粒径较小(一般 $<8\text{ mm}$),因此直接在生化反应池内应用会造成滤料层频繁冲洗的问题,而滤料粒径较小也易造成滤料结团,阻塞和冲洗复杂等问题^[4]。

通过分析以上技术的优缺点,结合大型污水厂工程化应用的实际情况,开发了一种兼有生化处理功能的悬浮填料固定床固液分离技术。该技术在生化反应池末端设置悬浮填料固定床,采用大孔径($\varnothing=25\text{ mm}$)的轻质悬浮填料作为载体介质达到泥水混合液的固液分离目的,从而完全省去了二沉池,使生化反应池出水可以直接达标排放。

1 试验概况、主要设备和方法

1.1 进水水质

中试试验研究在上海市某城市污水处理厂进行,进水水质见表1。

表1 进水水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
范围/mg/L	100~200	60~130	50~200	8~24	8~25	1.3~5.5

1.2 填料

为了克服一般过滤技术易堵塞、运行周期短的缺点,本研究采用ZG25型球形大孔径聚丙烯悬浮填料,见图1。该填料孔隙率大于90%,密度略小于水,停气时可以浮于水面,曝气时可以在曝气池内均匀流化,因此冲洗非常方便。

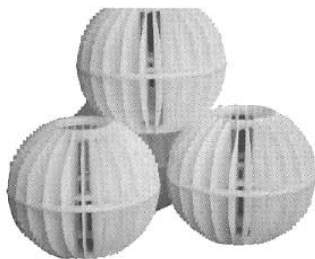


图1 悬浮填料

1.3 主要设备

中试规模为 $2\times 48\text{ m}^3/\text{d}$,对比试验工艺流程见图2。

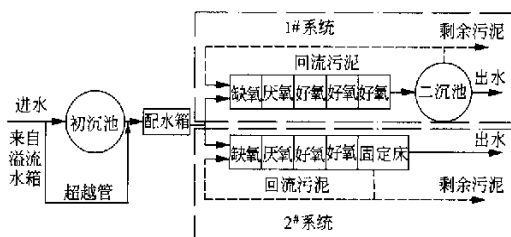


图2 试验工艺流程

进水经初沉池后平均进入两套生化反应池相同的试验系统中,均分为5格,每格尺寸为 $0.9\text{ m}\times 0.9\text{ m}\times 4.3\text{ m}$,有效容积为 3.2 m^3 ,有效水深 4 m 。1#系统生化反应池出水进入传统二沉池;2#系统取消二沉池,在生化反应池第5格(即第3格好氧池)中设置悬浮填料固定床,床高为 2 m ,采用ZG25型悬浮填料。2#系统生化反应池布置示意图3。

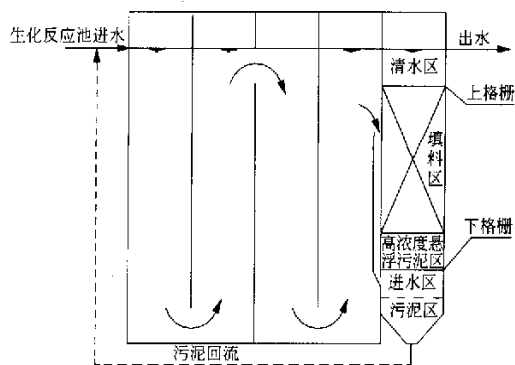


图3 2#系统生化反应池布置示意

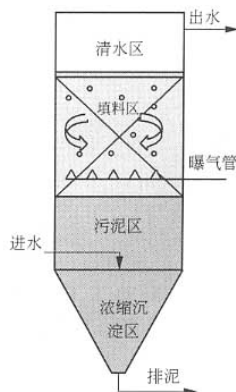


图4 悬浮填料固定床结构

2 悬浮填料固定床的技术原理

固定床自上而下可划分为4个功能区:清水区、

填料区、污泥区和污泥浓缩区(见图 4),其固液分离方式包含了一般过滤技术中填料层本身具有的截阻、整流以及表面吸附沉淀作用,更为重要的是,在固定床稳定工作时,污泥区和填料区内部会形成一个颗粒浓度近 10 g/L 的高浓度悬浮污泥层,发挥了对上升水流中悬浮颗粒的接触絮凝作用,泥水混合液在穿过污泥层上升的过程中得以澄清。当固定床稳定工作 5~8 d 后,悬浮污泥层由于污泥量的积累,泥面会缓慢上升直至穿透填料层,此时固定床需要进行冲洗,使截留的污泥返回至生化反应池中。在固液分离的过程中,填料上的生物膜会利用混合液中的溶解氧对污染物进行生物降解,从而保持了生化反应池的处理能力。

综上,悬浮填料固定床在基本保留工艺生物处理功能的同时,实现了固液分离功能,从而达到取消二沉池的目的。

3 试验结果及讨论

为了考察悬浮填料固定床的处理效果,对 1[#] 和 2[#] 系统进行了中试平行对比试验,保持两套系统的进水水质、水量,以及其他运行参数(曝气量、排泥量等)均相同,两套系统中 MLSS 控制在 2 500~3 500 mg/L,对比试验的工况条件见表 2。

表 2 不同处理水量的工况条件

工 况	I	II	III
每套系统进水量/m ³ /h	1.6	2.0	2.4
1 [#] 系统生化反应段 HRT/h	10.1	8.1	6.8
1 [#] 系统二沉池表面负荷 q/m ³ /(m ² ·h)	0.8	1.0	1.2
2 [#] 系统生化反应段 HRT/h	8.1	6.5	5.4
2 [#] 系统固定床表面负荷 q/m ³ /(m ² ·h)	2.0	2.5	3.0

3.1 固液分离效果

从图 5~图 7 以及表 3 的对比数据可以看出,在 3 种工况条件下,虽然 2[#] 系统生化反应池内悬浮填料固定床的表面负荷均为 1[#] 系统二沉池的 2.5 倍,但 2[#] 系统出水的 SS 明显低于 1[#] 系统。由此可见,将悬浮填料固定床设置于生化反应池内,可以取得优于传统二沉池的固液分离效果。考虑到一般二沉池的设计表面负荷为 0.8 m³/(m²·h) 左右,因此悬浮填料固定床所占的体积仅为传统二沉池的 1/4~1/3,极大的节省了占地面积。

3.2 生化处理效果

在表 1 所示的进水水质及表 2 所示的工况条件

下,考察了两套系统对各种污染物的去除效果。在 3 种工况条件下出水的污染物指标见表 4。

由表 4 可以看出,虽然悬浮填料固定床占据了

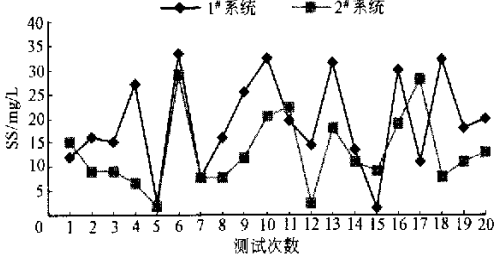


图 5 工况 I 两套系统出水 SS 平行对比

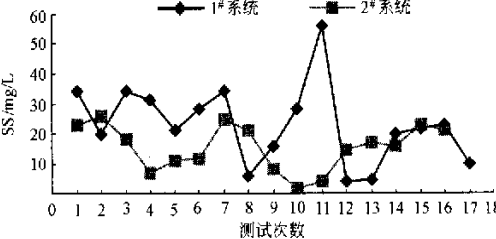


图 6 工况 II 两套系统出水 SS 平行对比

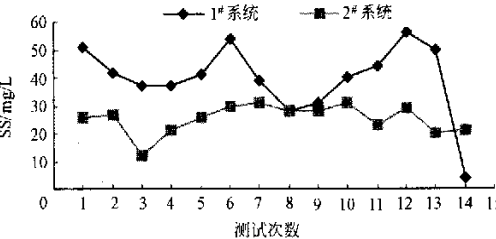


图 7 工况 III 两套系统出水 SS 平行对比

表 3 3 种工况下两套系统出水 SS 的平均值

工况	项 目	1 [#] 系统	2 [#] 系统
I	表面负荷/m ³ /(m ² ·h)	0.8	2
	出水 SS/mg/L	19	13
II	表面负荷/m ³ /(m ² ·h)	1	2.5
	出水 SS/mg/L	26	18
III	表面负荷/m ³ /(m ² ·h)	1.2	3
	出水 SS/mg/L	40	25

表 4 3 种工况条件下两套工艺出水对比

工况	系统	COD _{Cr} /mg/L	NH ₃ -N /mg/L	TN /mg/L	PO ₄ ³⁻ -P /mg/L	TP /mg/L
I	1 [#]	27	1.3	5.6	1.1	1.3
	2 [#]	23	1.2	6.6	1.0	1.1
II	1 [#]	26	1.6	5.5	0.8	1.0
	2 [#]	22	1.5	4.5	0.8	1.0
III	1 [#]	30	1.6	5.8	0.8	1.3
	2 [#]	26	1.6	6.6	0.8	1.1

一部分生化反应池的空间,但是在固定床内较高的污泥浓度以及悬浮填料上生物膜利用混合液中剩余溶解氧的联合作用下,并未使其生化处理效果受到明显影响。与1[#]系统平行对比试验表明,2[#]系统的生化处理效果与1[#]系统基本相当。

3.3 固定床的工作周期与冲洗

对2[#]系统的研究发现,随着处理过程的持续进行,生化反应池混合液中的污泥会不断地被截留在填料孔隙中,导致固定床内的高浓度悬浮污泥层缓慢上升,直至超出填料层导致出水SS超过30 mg/L,此时需要进行冲洗。为了便于研究,定义自冲洗结束投入运行至下一次冲洗之间的这段时间为一个工作周期。图8为在前文所述的3种工况条件下悬浮填料固定床的工作周期;图9为3种工况条件下将悬浮填料固定床取出后出水能够达标的工作时间。

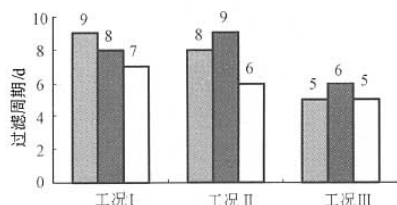


图8 悬浮填料固定床的工作周期

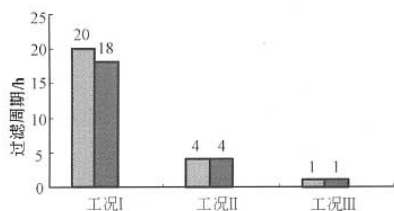


图9 无悬浮填料时的达标工作时间

由图8可见,当固定床的表面负荷从 $2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 上升到 $2.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,其工作周期并未发生明显变化,而当表面负荷上升到 $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,固定床的工作周期发生了较明显的下降,平均工作周期从8 d下降为5 d。与图9对比可以发现,当将固定床中的悬浮填料取出后,装置的稳定周期分别降为19 h,4 h和1 h,仅为有悬浮填料时的1%~10%。可见悬浮填料固定床的设置大大延长了工作周期。

在冲洗结束投入运行以后,固定床出水在0.2~0.5 h内SS即可达到低于30 mg/L的出水要求。

随着工作时间的延长,固定床出水SS一直保持达标。在工作周期中前期,出水SS极低,甚至接近零。当到达工作周期的末期时,由于污泥层已经穿透悬浮填料固定床,出水SS超过30 mg/L,此时需要对固定床进行冲洗,以将床内截留的SS释放出来,并通过回流送回生化反应池内。由于悬浮填料质量密度稍小于水,极易于流化,因此采用曝气的方法即可完成冲洗操作。在固定床内设置曝气管,填料在流化过程中释放截留的污泥,短时的静置即可使这些污泥沉降下来,通过污泥回流送回至反应器前端。经多次曝气—静置过程即可达到良好的冲洗效果,冲洗时间一般为1~2 h。

4 结论

(1) 在生化反应池末端采用悬浮填料固定床固液分离技术,可以完全省掉二沉池,从而大大节省了占地面积与能耗。

(2) 研究表明,悬浮填料固定床的存在可以形成一个高浓度的悬浮污泥层,这对于絮凝截留混合液中的污泥颗粒起着重要作用。

(3) 对于2 m高的ZG25型悬浮填料固定床,表面负荷宜采用 $2.5 \sim 3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,稳定工作时间宜为5~8 d,固定床的冲洗时间宜为1~2 h,可将冲洗安排在夜间进水量最小的时间进行。

在生化反应池内设置悬浮填料固定床可以兼具良好的固液分离和生化处理效果。与膜分离和过滤技术相比,具有节能、运行周期长、冲洗操作简便等优点,具有良好的应用前景。

参考文献

- 1 杨青,甘树应,刘遂庆. 二沉池反硝化浮泥产生机理及避免措施. 中国给水排水, 2003, 18(10): 68~70
- 2 魏源送,郑祥,刘俊新. 国外膜生物反应器在污水处理中的研究进展. 工业水处理, 2003, 23(1): 40~42
- 3 郑祥,魏源新,樊耀波,等. 膜生物反应器在我国的研究进展. 给水排水, 2002, 28(2): 105~110
- 4 耿士锁,袁嗣兵. 过滤技术发展的回顾与展望. 西南给排水, 1999, (2): 11~15

©E-mail: tj_dongbin@163.com

收稿日期: 2005-07-05

修回日期: 2006-01-06