

折流式曝气生物滤池处理小城镇污水的工艺设计

陈 垚, 翟 俊, 龙腾锐

(重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘 要: 结合重庆市三峡库区新生镇污水厂的工程设计, 介绍了厌氧水解池 + 折流曝气生物滤池处理小城镇污水的工艺特点、主要设计参数、技术经济指标等。该工艺具有占地面积小、除污效率高的优点, 同时能够节约造价和运行费用, 且管理简便。

关键词: 污水处理; 折流式曝气生物滤池; 厌氧水解; 化学除磷

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2007)08 - 0038 - 04

Process Design of Baffled Biological Aerated Filter for Small Town Wastewater Treatment

CHEN Yao, ZHA IJun, LONG Teng-rui

(MOE Key Lab of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: Combining the project design of the WWTP of Xincheng Town in Chongqing Three Gorges Reservoir Region, the process characteristics, main design parameters and techno-economic indexes of anaerobic hydrolytic tank coupled with baffled biological aerated filter (BBAF) for small town wastewater treatment are introduced. The process has advantages of small occupancy area, high pollutant removal efficiency, low construction and operation cost and convenient management.

Key words: wastewater treatment; baffled biological aerated filter; anaerobic hydrolysis; chemical phosphorus removal

曝气生物滤池 (BAF) 与普通活性污泥法相比, 具有单位体积生物量高、所需池容小、无需二沉池、能够防止污泥膨胀等优点, 逐渐受到各国污水处理专家的重视, 并得到推广和应用^[1,2]。目前, 研究者提出了一系列改进的新型曝气生物滤池工艺, 并都申请了专利^[1]。其中具代表性的有: Biocarbon, Biofor, Biostyr, Biopur 等反应器和工艺形式^[3]。重庆大学龙腾锐等人也在原有上向流和下向流曝气生物滤池的基础上开发出新型折流式曝气生物滤池 (Baffled Biological Aerated Filter, BBAF)^[4,5]。笔者以重庆市三峡库区重点移民镇——新生镇的污水处

理厂为例, 介绍了采用该新型曝气生物滤池污水处理厂的工艺设计。

1 工程概况

新生镇位于重庆市忠县县城以西, 濒临长江北岸, 为亚热带湿润季风气候。多年平均气温为 18.2, 历年最高气温为 42, 最低气温为 -4.1。该污水处理工程服务人口为 6 000 人, 处理规模为 800 m³/d。污水处理工艺采用厌氧水解池 + 折流式曝气生物滤池。

该工程是重庆市三峡库区镇级污水处理厂的示范工程, 工程设计的指导思想是适合库区小城镇建

基金项目: “十五” 国家科技攻关课题 (2003BA604A01)

设资金和运行维护资金缺口大、管理水平低、处理出水水质要求高、地形复杂等实际情况,在满足污水排放标准的前提下,尽可能地降低建设和运行成本,同时操作管理方便。

2 工艺介绍

新型折流式曝气生物滤池是一种一体化的多级串联组合式曝气生物滤池工艺,它一般由 2~4级生物滤池组成,每一级都有各自的主要功能。例如,3级折流式曝气生物滤池可以由 1个厌氧/缺氧生物滤池和 2个好氧生物滤池组成。第 1个厌氧/缺氧生物滤池的主要功能是厌氧水解和反硝化;第 2个生物滤池主要是在好氧条件下氧化碳源有机物,降低 COD和 BOD₅浓度;第 3个生物滤池在好氧状态下完成氨氮的硝化反应,同时设置独特的除磷填料,以降低污水中的磷浓度。

为简化滤池反冲洗系统,延长反冲洗周期,降低管理难度,设计中采用一体化的厌氧水解+折流式曝气生物滤池(见图 1)作为污水处理工艺。

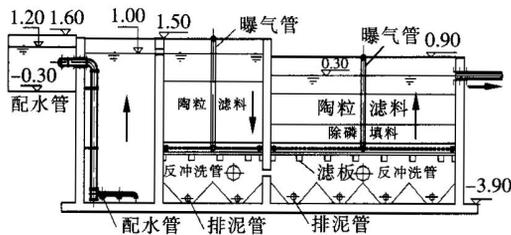


图 1 厌氧水解+折流式曝气生物滤池剖面图

Fig 1 Section drawing of anaerobic hydrolysis reactor and BBAF

厌氧水解反应池借鉴了升流式厌氧污泥床反应器的原理,采用池底均匀布水,使污水缓慢上升经过污泥区,有机物在厌氧微生物的作用下发生厌氧水解,以提高污水的可生化性及后续好氧处理的效率。此外,通过水解池对 SS的高效去除,还可延长曝气生物滤池的反冲洗周期。

折流式曝气生物滤池共两级,池容比约 1:2。第 1级为下向流曝气生物滤池,第 2级为上向流曝气生物滤池。运行中,污水以推流态依次折流经过两级滤池单元。由于不同单池之间存在污染物浓度梯度,使得不同种群的微生物在不同单池内生长并形成优势菌群。其中第 1级曝气生物滤池以去除含碳有机物为主,可使 COD和 BOD₅的浓度大幅下降;第 2级曝气生物滤池因其进水有机物浓度较低,为自养型硝化细菌创造了良好的生长环境,使硝化

细菌成为优势菌种。此外,在第 2级生物滤池中的下部装填多孔富铁填料,专门用于化学除磷。该多孔富铁填料在曝气的协同作用下,能够有效降低污水中的总磷浓度,使曝气生物滤池在生物硝化过程中同时进行化学除磷反应,可省去沉淀池和配药、投药及计量设备,运行管理简单。除磷填料在吸附趋于饱和后,可通过气水联合反冲洗的方法进行再生^[5]。

BBAF的出水回流至调节沉淀池后,在厌氧/缺氧条件下实现反硝化脱氮,同时消耗进水中的部分构成 BOD₅的碳源。

3 工程设计

3.1 设计进、出水水质

进水水质按普通城镇生活污水,并结合当地实际情况进行设计,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 B标准,具体数值如表 1所示。

表 1 新生镇污水厂设计进、出水水质

Tab 1 Influent and effluent quality of Xincheng Town Wastewater Treatment Plant

指标	进水 / (mg · L ⁻¹)	出水 / (mg · L ⁻¹)	去除率 / %
BOD ₅	200	20	90
COD	350	60	83
SS	220	20	91
NH ₃ - N	35	8 (15)	77 (57)
TP	4	1	75

3.2 工艺流程及主要构筑物设计

3.2.1 工艺流程

工艺流程如图 2所示。

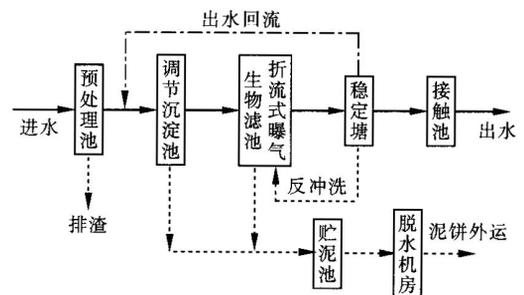


图 2 新生镇污水厂工艺流程

Fig 2 Flow chart of Xincheng Town WWTP process

3.2.2 构筑物的设计参数

预处理池

为减少投资和运行成本,设置预处理池以取代

机械格栅和沉砂池。预处理池采用人工活动网兜和挡流墙,用于去除漂浮物和泥沙,同时起到沉砂的作用,保证后续处理的顺利进行。预处理池的主要设计参数见表 2。

表 2 预处理池的主要设计参数

Tab 2 Main design parameters of pre-treatment tank

项目	数值
组数/组	1
设计流量 / (m ³ · h ⁻¹)	33
L × B × H / (m × m × m)	4.8 × 4.0 × 3
HRT/h	2.6
沉砂区表面负荷 / (m ³ · m ⁻² · h ⁻¹)	4.12

调节沉淀池

新生镇污水厂的处理规模小,水质、水量昼夜变化大,需通过设置调节池来调节水量、均衡水质。设计中将调节池与预处理池合并建设,其构造见图 3。

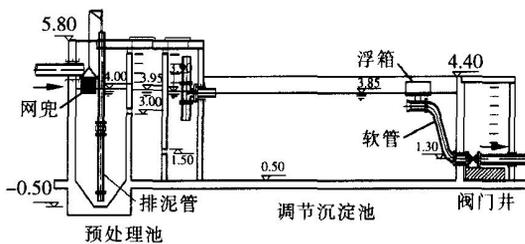


图 3 预处理 + 调节沉淀池剖面图

Fig 3 Section drawing of pretreatment and regulating tank

新生镇污水厂厂址内地形高差较大,污水自流入入预处理池和调节池后可自流入入后续处理构筑物。调节池采用浮箱 + 调节阀的形式控制出水,保证出水水量稳定。其投资小、控制简单,是一种适合中小城镇污水处理厂采用的简易、有效的流量控制方式。调节沉淀池的排泥采用排泥泵定期排放。调节池的主要设计参数如表 3 所示。

表 3 调节池的主要设计参数

Tab 3 Design parameters of regulating tank

项目	数值
组数/组	1
设计流量 / (m ³ · h ⁻¹)	33
L × B × H / (m × m × m)	10.0 × 4.0 × 3.9
HRT/h	4.4
水力负荷 / (m ³ · m ⁻² · h ⁻¹)	0.825

厌氧水解池

经过预处理的污水,首先进入厌氧水解池并发生水解酸化反应。厌氧水解池的主要设计参数如表 4 所示。

表 4 厌氧水解池的主要设计参数

Tab 4 Main design parameters of anaerobic hydrolysis tank

项目	数值
组数/组	2
设计流量 / (m ³ · h ⁻¹)	33
L × B × H / (m × m × m)	5.0 × 2.5 × 5.4
总 HRT/h	3.8
上升流速 / (m · h ⁻¹)	1.32
污泥浓度 / (g · L ⁻¹)	20
容积负荷 / (kgCOD · m ⁻³ · d ⁻¹)	1.83

折流式曝气生物滤池

折流式曝气生物滤池共设两组,每组主要由两级串联组成。

第 1 级好氧生物滤池用于 COD 的去除,其填料区高度为 2 m,配水室高度为 0.7 m,污泥区高度为 0.7 m,承托层高度为 0.3 m,滤板厚为 0.3 m,清水区高度为 0.9 m,超高为 0.5 m。

第 2 级好氧生物滤池主要用于 NH₃ - N 的硝化和化学除磷,其填料区高度为 1.6 m (其中富铁除磷填料高度为 0.6 m),配水室高度为 0.7 m,污泥区高度为 0.7 m,承托层高度为 0.3 m,滤板厚为 0.3 m,清水区高度为 0.6 m,超高为 0.6 m。

曝气生物滤池在运行一段时间后会产堵塞,需对生物滤池进行强制反冲洗。冲洗过程为:首先采用气冲,作用时间为 5 min,冲洗强度为 5 L / (m² · s);然后采用气水联合冲洗,时间为 3 min,水冲洗强度为 5 L / (m² · s);最后采用水冲洗,时间为 3 min,冲洗强度为 5 L / (m² · s)。主要设计参数如表 5 所示。

表 5 折流式曝气生物滤池的主要设计参数

Tab 5 Main design parameters of BBAF

项目	数值	
组数/组	2	
设计流量 / (m ³ · h ⁻¹)	33	
回流流量 / (m ³ · h ⁻¹)	66 (回流比 R = 200%)	
第 1 级曝气生物滤池	L × B × H / (m × m × m)	5.0 × 3.5 × 5.1
	HRT/h	4.5
	容积负荷 / (kgBOD ₅ · m ⁻³ 填料 · d ⁻¹)	1.6
第 2 级曝气生物滤池	L × B × H / (m × m × m)	5.0 × 6.5 × 4.5
	HRT/h	6.9
	硝化容积负荷 / (kgNH ₃ - N · m ⁻³ 填料 · d ⁻¹)	0.27

稳定塘

由于折流式曝气生物滤池占地面积小,在污水厂总图布置时剩余了一片空地,因此在曝气池后面设置了一个稳定塘兼作清水池。曝气生物滤池处理后的出水进入稳定塘,通过自然生物降解和植物吸收等生态技术进一步去除水中残留的污染物。部分出水回流至调节沉淀池,在厌氧、缺氧条件下实现脱氮;部分贮水用作生物滤池的反冲洗用水。氧化塘中设置 1 台反冲洗水泵和 2 台混合液回流泵。

稳定塘采用素土夯实结构,塘中栽种三峡库区土著水生植物(如水仙、风车草等)。主要设计参数见表 6。

表 6 稳定塘的主要设计参数

Tab 6 Main design parameters of stabilization pond

项目	数值
组数/组	1
设计流量 / ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	33
HRT/h	11.3
占地面积 / m^2	413
水力负荷 / ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)	1.9

3.3 主要技术经济指标

新生镇污水处理厂工程的主要技术经济指标如表 7 所示。

表 7 主要技术经济指标

Tab 7 Main technical and economical indexes

项目	数值	
处理规模 / ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	800	
占地面积 / hm^2	0.27	
单位占地面积 / ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$)	3.4	
投资 / 万元	处理构筑物	56.25
	设备购置	33.09
	辅助建筑	8.63
	场地平整及厂区管道	15.75
	其他费用	57.86(含征地 40.00)
	预备费	2.95
	铺底流动资金	1.33
合计	175.86	
人员定额 / 人	4	
单位运行成本 / ($\text{元} \cdot \text{m}^{-3}$)	0.31	

4 结论

折流式曝气生物滤池是一种新型的高效生物反应器,其单位容积生物量大,处理效率高,所需池容小,占地面积小,布置灵活,适合在中小城镇应用。

折流式曝气生物滤池根据污水处理功能进行分区,保证各区中形成不同的优势菌群,实现高效、稳定地去除各种污染物。

采用折流曝气生物滤池前加厌氧水解池的设计方案,可使该工艺在较低能耗和池容的情况下,提高污水的可生化性及后续好氧生物滤池的处理效率,有利于降低能耗和节约造价,同时也可以延长滤池的反冲洗周期。

曝气生物滤池的填料选取非常重要,它直接影响其处理效果,建议通过试验后选取。为了提高曝气生物滤池的除磷效果,可以在最后一级滤池的底部设置富铁除磷填料,污水中的磷酸根离子与富铁填料释放出的铁离子经化学反应生成难溶性磷酸盐,可被后续的陶粒填料所截留,以达到良好的除磷效果。

实际运行中发现,曝气生物滤池的填料层顶部会积聚较厚的污泥层,因此可在填料层顶部设置一根排泥管进行排泥。

对于小型污水处理厂,可以利用调节池来代替格栅、沉砂池及沉淀池,达到一池多用的目的,节约造价和运行成本,管理也非常简易。

参考文献:

- [1] Francisco Osotio, Ernesto Hontoria. Wastewater treatment with a double-layer submerged biological aerated filter, using waste materials as biofilm support [J]. J Environ Manage, 2002, 65 (1): 79 - 84.
- [2] Pujol R, Lemmel H, Gousailles M. A keypoint of nitrification in an upflow biofiltration reactor [J]. Water Sci Technol, 1998, 38 (3): 43 - 49.
- [3] Pujol R. Process improvements for upflow submerged biofilters [J]. Water 21, 2000, 32 (1): 25 - 29.
- [4] 张涵,龙腾锐,严子春,等. 新型折流曝气生物滤池处理城市污水 [J]. 中国给水排水, 2005, 21 (4): 40 - 44.
- [5] 严子春,龙腾锐,何强,等. 城市污水曝气过滤式化学除磷试验研究 [J]. 中国给水排水, 2006, 22 (3): 86 - 88.

电话: 13594172768

E-mail: chenyaoyao2001403@sina.com

chenyaoyao_cqu@126.com

收稿日期: 2006 - 09 - 10