

UAF——小型无动力污水处理技术简介

张 统¹ 王守中¹ 刘士锐¹ 骆 伟²

(1 总装备部工程设计研究总院,北京 100028; 2 解放军理工大学工程兵工程学院,南京 210007)

摘要 升流式厌氧滤池(UAF)污水处理技术是在总结第二代厌氧反应器特性基础上,结合厌氧滤池工艺的优点,针对生活污水达标排放研发的一种新型高效厌氧污水处理技术。从UAF工艺原理、参数设计、工程实例等几个方面对其进行介绍,说明了这种小规模无动力污水处理技术推广的优势。

关键词 升流式厌氧滤池(UAF) 无动力技术 农村污水

厌氧生物处理技术是利用厌氧微生物的代谢作用和特性,在无需提供外部能量的条件下,降解有机物使之转化为小分子无机物质的过程,是目前在低能耗条件下,解决有机废水污染问题的重要途径。厌氧生物处理技术自诞生以来多用来处理高浓度有机工业废水,在生活污水处理上的应用不多。升流式厌氧滤池(UAF)污水处理技术是在总结了第二代厌氧反应器处理工艺特性的基础上,结合厌氧滤池工艺的的优点,针对生活污水达标排放研制开发的一种高效新型厌氧污水处理技术。

1 UAF 工艺概况

1.1 工艺结构

UAF 是内部填充有微生物附着填料的厌氧反应器(见图1),下部为布水管,向上依次为承托层、填料层、集水管和排水管。污水在经过格栅、调节池等预处理后,在重力的作用下从反应器的底部进入,通过固定填料床,在厌氧微生物的作用下,污水中的有机物被厌氧分解,净化后的水通过集水管收集后排出滤池,产生的气体通过上部的排气孔排出。

UAF 工艺主要通过两种方式保证其中的高浓



图1 UAF 构造示意

度污泥: 细菌在厌氧滤池内固定的填料表面形成生物膜; 细菌在填料之间聚集形成微生物絮体。资料表明滤池内总的VSS可达到10~20 g/L,为系统具有高速反应性能提供了生物学基础。

1.2 工艺理论基础

废水中的厌氧反应是在一定条件下发生的一系列复杂的化学反应,在不同微生物的作用下,厌氧生物处理有机物降解途径分为水解、发酵产酸、产乙酸产氢和产甲烷四个阶段。首先微生物胞外酶对大分子有机物,如蛋白质、多糖及脂肪酸等物质,产生水解酸化反应,生成小分子物质,这些小分子物质能溶于水,并能进入细胞被微生物利用。发酵产酸阶段是在发酵菌的作用下将水解产生的小分子物质转化

境管理决策提供及时准确的服务。

(2) 加强水质监测,确保进入人工湖水环境系统的水质合格。

(3) 加强管理人员培训,保证处理设施的正常运行。

(4) 加强能力建设,在水质异常情况下,及时调整运行策略,确保水体水质安全。

(5) 增加雨水收集利用措施,建成“环保、生态、节能、宜居”型小区。

□通讯处:10028 北京市 4702 信箱环保中心

电话:(010)66358601

E-mail:bisdhbx@sohu.com

收稿日期:2008-04-01

为更简单的化合物,并分泌到细胞外,主要产物有挥发性脂肪酸、醇类、乳酸、硫化氢等。同时酸化菌利用部分基质合成新的细胞物质。在产氢产乙酸阶段发酵反应产物被进一步转化为乙酸、氢碳酸及新的细胞物质,最后通过两组生理上不同的产甲烷菌作用,一组将氢和二氧化碳转化为甲烷,另一组对乙酸进行脱羟产生甲烷。上述各个反应阶段是一个环环相扣的连续过程,不同微生物仅利用某些特定的底物、具有不同的生长繁殖速度并需要不同的生长环境。

UAF 中由于下部进水,上部出水,酸化菌多集中于下部,产甲烷菌集中于生物膜的深层和反应器中上部。生活污水的 pH 一般偏碱性,为 7.5~8.5,在反应器下部可中和酸化反应的出水,从而为反应器中、上层填料表面产甲烷反应的进行创造条件,保证系统生物反应过程的顺利完成。同时底部进水设计可以适应较高的负荷冲击,相比其他工艺扩大了应用范围。

2 UAF 技术工程应用

2.1 厌氧滤池对有机物去除效率

可用式(1)进行计算。

$$E = 100 \left(1 - \frac{1.8}{\text{HRT}} \right) \quad (1)$$

式中 E ——预计溶解性 BOD 去除率, %;

HRT——以滤池中空容积计算的水力停留时间, h。

该式表明,厌氧滤池中溶解性 BOD 去除率决定于参数 HRT;同时厌氧滤池有极限停留时间,即水力停留时间不仅能小于 1.8 h。事实上厌氧滤池的反应速率不仅与停留时间有关,与进水水质组成、温度等反应条件也直接相关。表 1 列出了厌氧滤池处理不同废水的 HRT、有机容积负荷率和溶解性 BOD 去除率的对比数据。

各组对比分析,高 HRT 和低有机负荷有利于提高系统 BOD 去除率。、组在 HRT 相同条件下,随着有机容积负荷率的增加,BOD 去除率有明显的下降趋势,、组在 HRT 相同条件下,随着有机容积负荷率的变化,BOD 去除率没有明显的变化。由此说明,HRT 对厌氧滤池 BOD 去除起决定性的作用。在厌氧滤池设计与运行中,HRT 和有机容积负荷率是主要的效率控制参数。

UAF 系统中,微生物呈固着生物膜形式生长于填

表 1 厌氧滤池 HRT、有机容积负荷率与去除率之间的关系

编号	HRT / h	有机容积负荷率 / kgCOD _{Cr} / (m ³ · d)	BOD 去除率 / %	备注
	18	0.89	90.8	乙酸、丙酸为主要成分的废水
	18	3.56	87.0	
	36	0.45	98.7	乙酸、丙酸为主要成分的废水
	36	0.89	92.4	
	36	1.78	97.8	
	9	1.78	84.3	蛋白质和碳水化合物为主要成分的废水
	9	3.56	75.4	
	36	0.45	98.4	蛋白质和碳水化合物为主要成分的废水
	36	0.89	95.4	

料表面,随污水出流带走的污泥量少,为提高 SRT 创造了条件。SRT 临界值一般定为 3~5 d,低于此值系统无法运转。试验研究表明,厌氧污泥在厌氧滤池中的 SRT 可达到 100 d 以上,为系统有机物的去除创造了良好的条件。

2.2 填料选择及水力特性

填料是 UAF 系统的核心部分,其作用一方面使厌氧微生物附着生长,另一方面截留悬浮生长的污泥。厌氧微生物具有很强的附着生长能力,在各类材质表面都可以生长,表面粗糙、比表面积大、孔隙率高、通水阻力小、稳定性高、寿命长是对填料的基本要求。同时还应具有化学和生物稳定性、机械强度高等特点。一般根据需要进行选择塑料、煤渣等人工填料或碎石、粘土等自然填料。UAF 的滤料选择还应注意填料空隙率,既要满足高浓度生物量附着生长的需要,同时还要保证反应器内足够的水力条件,以防止反应器由于微生物累积导致堵塞。

以碎石、卵石为滤料的厌氧滤池,由于比表面积不大(一般为 40~50 m²/m³),孔隙率低(一般为 50%~60%),有机容积负荷率不高,通常为 3~6 kgCOD_{Cr}/(m³ · d)。根据小型污水处理站建设、运行及后期维修管理的实际需要,考虑选择砂土、粘土、碎石不同填料来比较厌氧滤池处理污水的运行效果。

各种滤料不同粒径下的去除率(即 P_c 值)汇总于表 2。

表 2 采用不同滤料时的 P_c 值

滤料	砂土	5~7 mm 碎石	7~10 mm 碎石	10~16 mm 碎石	20~25 mm 碎石
P_c 值 / %	90.58	88.55	83.37	81.43	81.13

从表 2 可看出,填料的粒径对处理效果的影响是通过其比表面积的大小来反映的。在同一负荷下,比表面积越大,填料上附着的生物膜量越大,处理效果越好。当采用砂土、粘土时,系统处理效果虽然很好,但是当加大水力负荷时,由于水头损失大,导致排水不畅,出现管涌现象,破坏主反应层结构,同时,主反应层空隙率太低,没有足够的空间供微生物增殖,一旦微生物生长太快,就会堵塞主反应层,排泥也比较困难,导致系统报废。因此选用碎石作为填料,既可以保持一定的空隙率,又可保证排泥顺畅,避免系统堵塞,一般选用 5~7 mm 碎石。

2.3 UAF 结构设计

2.3.1 配水、集水系统设计

通过设置合理的配水和集水系统能够使得 UAF 的污染负荷均匀分布,系统能够高效运行,提高污染物净化效率。

UAF 系统的污水采用底部进水、上部出水的方式,充分发挥系统对污水的物理过滤作用和对生化污泥沉降作用。因此在 UAF 的底部布设配水系统,上部布设集水系统。

配水系统由布水沟和布水管网组成。污水先进入 UAF 底部的布水沟,再通过配置在布水沟两侧的陶土承插管(承插口不密封),达到均匀配水。这种布水系统材料便宜,施工简单方便,布水效果好,是污水处理工程中值得推荐的一种布水方式。

集水系统由放置在主反应层顶部的陶土集水管和 UAF 外壁的集水槽构成。陶土承插管首尾承插相接(承插口不密封),间距为 1.5 m,陶土管的下侧在烧制时均匀打有集水孔,这样既能均匀集水,又能引导水力在生物滤层均匀分布。同时由于集水管网和 UAF 外壁的集水槽相通,集水管管径较大,污水在管内流态为半管流,系统厌氧产生的气体可以通过集水管排到系统外,防止系统气阻和对上层耕作层植物生长的影响。

2.3.2 填料层结构设计

根据模拟试验对 UAF 内部结构,特别是填料层结构、滤层材料选择、滤料粒径选择、各层构成及层间过渡等方面的模拟试验研究结果,将 UAF 的生物滤层结构设计为 5 层(由下而上),如图 2 所示。

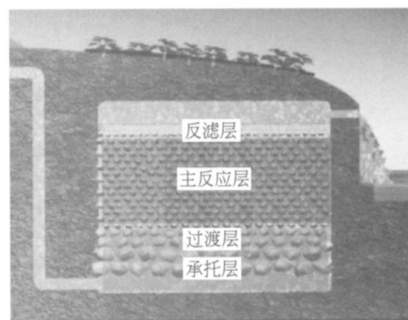


图 2 UAF 结构设计示意

第一层:承托(布水)层,厚度 60 cm。由粒径为 2~5 cm 的卵石组成。主要作用是承托整个体系,均匀布水,为悬浮生长的微生物提供生长的空间,作为生物膜的载体,为系统提供一定的储泥容量等。

第二层:过渡层,厚度 20 cm。由下而上粒径由大到小的碎石过渡层组成。其作用阻挡污水中的悬浮物进入主反应层,使填料的粒径由承托层的大粒径卵石逐步过渡到主反应层粒径较小的碎石。它和承托(布水)层一起构成生态处理田的初步兼氧、厌氧反应层。

第三层:主反应层,厚度 150 cm。由 5~7 mm 碎石滤层和集水管网组成。污水中的污染物主要在本层通过微生物的降解达到去除的目的。集水管网布置在主反应层的最上部,收集经主反应层净化处理过的污水。

第四层:反滤层,厚度 20 cm。由下到上依次由粒径呈递减数列的碎石层和砂层组成,作用是阻挡耕作层的泥土随雨水进入主反应层。

第五层:土壤耕作层。

3 UAF 技术工程示范

UAF 技术经过 3 年多的试验研究,确定了最佳填料、结构和设计参数,对生活污水处理效果良好、运行稳定、经济可靠。该技术已经工程化,应用到小型营区和农村污水处理中,取得良好的效果。

3.1 工程概况

解放军某部为一野战步兵团,位于大连市,该团营区地势高差大,南高北低,营区每天生活污水排放量约 210 m³,主要由洗浴、食堂、车辆及兵器冲洗、厕所和小型养猪场排放的污水组成。

3.2 工艺流程设计及说明

根据污水排放特点和自然地形条件,污水处理工程中充分利用自然地形高差,全流程采用重力流,未设泵站,经济可靠。污水站包括有以下构筑物:调节池、UAF、管道反应器、储水池,工艺流程为 UAF 系统的典型工艺流程,如图 3 所示。

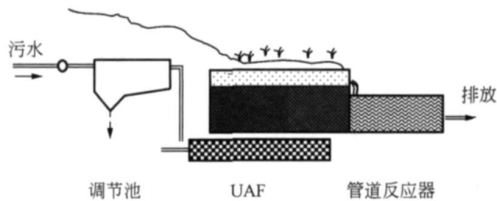


图3 工艺流程示意

收集的污水经格栅除去大颗粒固体物质,进入集沉淀、均化、酸化水解于一体的综合调节池进行沉淀调节均化,沉泥通过重力排泥排入污泥干化池浓缩干化;调节池出水,经浸没式浮筒恒压出水器均匀出水,流入地理式 UAF(见图 4);在池内,经物理、化学、生化处理后,一部分通过植物根系和毛细作用进入上层,被植物生长吸收,大部分处理后的污水经集水系统收集,排出 UAF,经跌水曝气流入管道反应器,进行好氧后处理,然后汇入储水池。经过处理的生活污水可用于农灌、绿化用水、冲洗厕所、增氧后用于养鱼或达标排放。



图4 地理式 UAF

3.3 运行情况

污水站经过半年的调试,已稳定运行两年多,出水稳定达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)二级标准,运行情况见图 5。

4 UAF 技术特点

4.1 优点

(1) 经过沉淀预处理的污水,通过厌氧消化、物

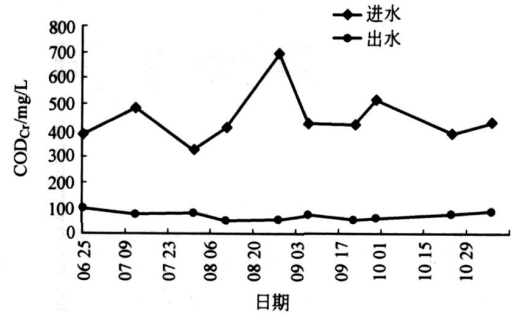


图5 污水处理站 COD_{Cr} 去除效果

理过滤、化学吸附植物吸收的协同作用,达到净化的目的。

(2) 生物反应系统置于地下,解决了冬季防冻问题,减少了反应器内温度的波动,保证了整个体系常年稳定运行。工程实践表明:当污水的 COD_{Cr} 在 80~600 mg/L 之间变化时,出水均可在 100 mg/L 以下,满足 GB 8978—1996 二级标准。

(3) 可借助地势落差,使污水自流进入系统后自动排出,做到动力零消耗。

(4) 反应器为钢筋混凝土结构,内部填料为经久耐用的砂石材料,成本低、寿命长,可以就地取材。

4.2 不足

(1) 启动时间长,一般需 8~12 周。

(2) 出水水质一般只能达到 GB 8978—1996 二级标准或更低,要达标排放可能还需后续处理。

(3) 无动力处理工艺需要借助地势高差,这也使其在推广过程中受到地形的限制。

(4) 处理低浓度污水或碱度不足时,处理效果不理想。

(5) 低温下动力学速率低。

5 结论

采用 UAF 无动力技术的农村污水处理站投入运行以来,出水水质稳定,操作简单,运行费用几乎为零,彻底解决了农村污水没有处理、污染环境的问题,在改善环境的同时,不但没有因为污水处理而增加开支,而且处理后的污水还可用于土地浇灌以及绿地用水。同时,由于处理后的污水含有植物需要的营养成分,使得这项技术更适用处理农村污水。

收稿日期:2008-04-01