

多级生物接触氧化设备在农村生活污水治理项目的设计与运行

曾祥林

湖南首辅环境科技有限公司 湖南 长沙 410000

摘要: 湖南省株洲市某县人居环境整治项目, 涉及农村污水处理站5座, 采用多级生物接触氧化设备工艺, 设计规模10~30t/d, 运行出水水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准。主要处理单元有格栅调节污泥池、多级生物接触氧化池(厌氧/缺氧池、好氧池)、沉淀池、中间水池、砂缸过滤器、紫外消毒器、出水井, 以及辅助设备间。本文介绍了该项目的处理流程、构筑物及设备设计参数, 并对污水处理站处理效果和运行成本进行了分析。

关键词: 污水处理站; 农村生活污水; 多级生物接触氧化设备; 去除效果; 运行成本

1 基本情况

株洲市某县人居环境整治项目, 涉及农村污水处理站5座, 其中10t/d、20t/d、40t/d污水处理站各1座, 30t/d污水处理站1座, 总规模100 t/d, 污水处理站采用级生物接触氧化设备工艺, 运行出水水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》^[1](GB 18918-2002)一级A标准。主要处理单元有格栅调节污泥池、多级生物接触氧化池(厌氧/缺氧池、好氧池)、沉淀池、中间水池、砂缸过滤器、紫外消毒器、出水井、设备间。

本项目于2019年开始设计工作, 于2023年底完成安装调整及设备验收工作, 本文主要参照当时规范标准进行工艺设计, 同时依据后期验收数据分析相关处理效果、运行成本。

2 工艺设计

2.1 设计规模

用水量指标直接关系到污水设施的建设规模, 取值过大造成浪费, 取值过小不满足服务区域污水处理需求, 制约发展。同时也关系到污水收集系统和污水处理设施的建设规模, 故合理确定人均污水量很有意义。

根据《湖南省用水定额》^[2](DB43T388-2014)结合各村实际情况, 综合确定各村平均日综合用水定额按照80L/(人·d)计算。

根据《镇(乡)村给水工程技术规程》^[3](CJJ123-2008)和《镇(乡)村排水工程技术规程》^[4](CJJ124-2008)结合现场实际情况, 污水产污系数按照0.9取值, 污水收集率按照0.95取值。污水预测量计算公式如下:

污水预测量 = (用水定额×片区人口)×污水产污系数×污水收集率。

2.2 设计进出水水质

本工程最终受纳水体为各村屯附近的河流、沟渠, 暂未有明确的水质分类数据, 结合现场调研实际情况, 由于当时湖南省未发布农村污水地方标准, 故本项目出水水质暂执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准。进水水质按类似项目经验取值, 为: $COD_{Cr} \leq 270\text{mg/L}$, $BOD_5 \leq 150\text{mg/L}$, $TN \leq 400\text{mg/L}$, $NH_3-N \leq 35\text{mg/L}$, $TP \leq 5\text{mg/L}$ 。

2.3 处理工艺选择

本工程生活污水 $BOD_5/COD = 0.59$, $BOD_5/TN = 3.75$, $BOD_5/TP = 30.0$, 从数值上来看, 污水具较好的可生化性, 且满足脱氮除磷要求。由于污水处理站的来水是以农村生活污水为主, 因此进入污水处理站的污水水量及水质不会处于稳定状态, 有着较大的波动性, 会冲击后段生化处理, 造成不利影响。因此, 在工艺流程的选择中, 首要考虑的抗冲击负荷强的工艺, 以克服进水的水质水量波动大的问题。本项目处理工艺采用脱氮除磷效果好、抗冲击负荷强的预处理+生物接触氧化工艺。其流程如图1所示:

生物接触氧化法采用与曝气池相同的曝气方法提供微生物所需的氧量, 并起搅拌与混合的作用, 同时在曝气池内投加填料, 以供微生物附着生长, 因此, 又称为接触曝气法、浸没式生物滤池, 是一种介于活性污泥法与生物滤池两者之间的生物处理法, 是具有活性污泥法特点的生物膜法, 它兼具两者的优点^[5]。

生物接触氧化法是一种介于活性污泥法与生物滤池之间的生物膜法工艺, 其特点是在池内设置填料, 池底曝气对污水进行充氧, 并使池体内污水处于流动状态,

以保证污水与污水中的填料充分接触，避免生物接触氧化池中存在污水与填料接触不均的缺陷。其净化废水的基本原理与一般生物膜法相同，以生物膜吸附废水中的

有机物，在有氧的条件下，有机物由微生物氧化分解，废水得到净化。

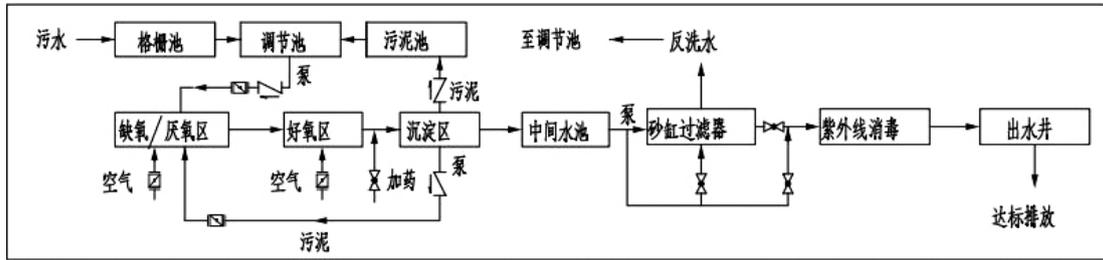


图1 工艺流程图

生物接触氧化池内的生物膜由菌胶团、丝状菌、真菌、原生动物和后生动物组成。在活性污泥法中，丝状菌常常是影响正常生物净化作用的因素；而在生物接触氧化池中，丝状菌在填料空隙间呈立体结构，增加了微生物与废水的接触表面，同时因为丝状菌对多数有机物具有较强的氧化能力，对水质负荷变化有较大的适应性，所以是提高净化能力的有利因素。

3 主要处理单元及设计参数

3.1 预处理单元-格栅调节污泥池

本工程预处理单元将格栅池、调节池及污泥池集合为同一罐体，采用的是玻璃钢材质。

格栅池采用人工格栅，主要用来过滤和分离污水中的大颗粒杂质，如纤维、漂浮物、沙子等，防止这些杂质进入后续处理系统，避免对设备造成损坏和堵塞。调节池调节和均质水量，保证后续生化处理系统水量、水质的均衡和稳定，设计水力停留时间停留时间选择为6-10小时。污泥池主要用于收集贮存沉淀池产生的剩余污泥，同时还具有重力浓缩的功能。

3.2 生物处理单元-生物氧化池

本工程生物处理单元将主要为厌氧/缺氧池、好氧池，采用的是玻璃钢材质。

厌氧/缺氧池主要利用厌氧菌去除水中的硝态氮以及提高污水的可生化性，厌氧池中的溶解氧的含量严格来说必须控制在0.2mg/L以下，厌氧/缺氧池悬挂式填料填充率为50%，水力停留时间2.5~3.0h。好氧池采用两个好氧

区组成，主要利用好氧菌达成更深层次的有机物去除。好氧池需配套风机及曝气装置，用于给好氧菌种供氧，本项目好氧池设计停留时间为4.5~6h，悬挂式填料填充率为50%，供气风机的气水比设计为15~20:1。

3.3 泥水分离处理单元-沉淀池

本工程泥水分离处理单元将主要为沉淀池，采用的是玻璃钢材质。沉淀池设在生物接触氧化池后，主要用于澄清水质，内设水泵进行硝化液回流以及污泥排放。本项目沉淀池设计表面水力负荷： $0.62(m^3/m^2 \cdot h)$ ，斜板组件水平倾角为 60° 。

3.4 深度处理单元-中间水池、砂缸过滤器、紫外消毒器

本工程深度处理单元将主要为中间水池、砂缸过滤器、紫外消毒，中间水池、砂缸过滤器采用的是玻璃钢材质，紫外消毒主体为304不锈钢材质。中间水池主要用于收集沉淀池出水，当储存到一定量时，通过水泵输送至砂缸过滤器进行深度过滤，确保出水水质。砂缸过滤器、紫外消毒器均根据不同规模，成品采购。

3.5 辅助单元-出水井、设备间

本工程辅助单元将主要为出水井、设备间。本工程出水井采用的砖砌形式，设备间为的为框架结构，主要用于配电控制柜及前述处理单元辅助设备的安装，如风机、水泵、砂缸过滤器、紫外消毒器，尺寸 $4.2 \times 2.4 \times 2.4m$ 。

4 处理效果与出水指标

表1 污水处理站进、出水水质检测数据及分析计算表

编号	检测指标 单位mg/L	化学需氧量 COD _{Cr}	生物需氧量 BOD ₅	悬浮物SS	氨氮NH ₃ -N	总磷 TP	总氮 TN	备注
1#	进水口	179.0	86.10	85.0	31.43	4.99	34.1	水温15.7°C
	出水口	44.0	8.30	7.0	4.23	0.46	14.0	
2#	进水口	218.0	96.10	88.0	29.9	5.12	35.2	水温15.6°C
	出水口	48.0	9.50	9.0	4.58	0.47	13.5	

续表:

编号	检测指标 单位mg/L	化学需氧量 COD _{Cr}	生物需氧量 BOD ₅	悬浮物SS	氨氮NH ₃ -N	总磷 TP	总氮 TN	备注
3#	进水口	221.0	107.0	95.0	33.2	4.57	36.0	水温12.3℃
	出水口	38.0	9.30	5.0	4.3	0.46	14.2	
4#	进水口	156.0	80.30	96.0	32.6	5.16	37.1	水温11.8℃
	出水口	47.0	9.10	8.0	5.04	0.47	13.9	
5#	进水口	164.0	98.3	90.0	28.2	4.88	31.3	水温12.1℃
	出水口	42.0	8.6	6.0	4.72	0.45	12.4	
效果分析	进口平均值	187.60	93.56	90.8	31.07	4.94	34.74	
	出口平均值	43.8	8.96	7.0	4.57	0.46	13.6	
	平均去除率	76.65%	90.42%	92.29%	85.28%	90.66%	60.85%	

4.1 COD_{Cr}去除效果分析

衡量工艺效能的一个重要指标是COD的去除能力^[6]。由表1可知,污水处理厂COD进水度范围为156.0~221.0mg/L(均值187.6mg/L),出水均低于50mg/L,平均去除率达76.65%。说明生物接触氧化工艺对COD去除效果好。

4.2 NH₃-N和TN去除效果分析

NH₃-N和TN的去除主要依靠生物脱氮,包括好氧硝化和缺氧反硝化,将氨氮和有机态氮转化为氮气,最终达到脱氮的目的。本工程设计脱氮效果如表1所示,污水站进水氨氮浓度区间值为28.2~33.6mg/L(均值31.07mg/L),出水氨氮浓度区间值为5.04~4.23mg/L(均值4.57mg/L),平均去除率为85.28%,出水氨氮浓度均低于5mg/L。进水总氮浓度区间值为31.3~37.1mg/L(均值34.74mg/L),出水总氮浓度区间值为12.4~14.2mg/L(均值13.6mg/L),平均去除率为60.85%,出水TN浓度均低于15mg/L。氨氮和TN去除率都达到于预期处理效果,出水浓度均低于排放标准。

4.3 TP去除效果分析

TP的去除主要通过排泥达到除磷的效果,包括生物除磷和化学除磷,由于本项目规模较小,故未设置化学除磷。生物除磷包括厌氧释磷和好氧聚磷。聚磷微生物在经过厌氧段的释磷后,能够在好氧段超其生理需要的吸收磷,以聚合磷的形式储存在体内,最终形成聚磷污泥,通过污泥的排放达到从污水中除磷的目的^[7]。本工程除磷效果如表1所示,工程进水TP浓度区间值为4.57~5.16mg/L(均值4.94mg/L),出水TP浓度区间值为0.45~0.47mg/L(均值0.46mg/L),平均去除率为90.66%,出水TP浓度均低于0.5mg/L,满足出水排放要求。

5 直接运行成本分析

本项目直接运行费用成本包括电费、人工费。电费消耗量49.52kW·h/d,吨水电费0.287元/t。污水处理站运营新

增一名兼职人员,按800元每月计,吨水人工费用为0.267元/t。则本项目污水处理站的直接运行成本为0.554元/t。

结语

1) 株洲市某县人居环境整治项目主体工艺多级生物接触氧化设备工艺,出水水质满足GB 18918-2002一级A标准;

2) 多级生物接触氧化设备工艺应用于农村生活污水处理具有去除效果好,抗冲击负荷强等优点,污水处理站直接运行成本0.554元/t;

3) 本文从设计和运行效果的角度分析了工程设计的要点,为后续工程和类似农村生活污水处理站设计提供参考;

4) 特别说明:该项目于2019年开始项目设计工作,项目于2023年底才完成安装调试及设备验收工作,期间国家、地方出具多项规范标准,本文主要分析相关设计要点、参数及运行情况,读者在后续设计中,需根据现行规范标准适当更新相关参数。

参考文献

- [1]GB 18918-2002,城镇污水处理厂污染物排放标准(湖南省已于2020年3月31日开始实行DB43/1665-2019《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》)。
- [2]DB43/T 388-2014,湖南省用水定额(已于2020年5月27日更新为DB43/T 388-2020《用水定额》)。
- [3]CJJ123-2008,镇(乡)村给水工程技术规程。
- [4]CJJ124-2008,镇(乡)村排水工程技术规程。
- [5]吴国旭,杨永杰,王旭.生物接触氧化法及其变形工艺.工业水处理,2009,29(6):9。
- [6]阳艳,范文杰,普梦瑜.AA-MBBR一体化污水设备对农村生活污水的中试研究.环境工程2018年全国学术年会论文集(下册).2018。
- [7]HJ576-2010,厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范。