

多级 AO 工艺应用于农村生活污水治理

文 / 黄毅 广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司

摘要: 多级 AO 工艺具有对水质、水量波动的适应性强、抗冲击负荷强的特点, 其一体化设备具有占地面积小、运输组装简便的优点, 适用于四周空间有限, 巷道较窄的农村地区。本文以广州市某村为例, 提供对农村生活污水处理设施点提升改造为多级 AO 工艺的思路, 供同类型工程项目作参考。

关键词: 多级 AO 工艺; 农村生活污水; 一体化设备

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.117

引言

随着农村经济的快速发展和生活水平的提高, 农村生活污水的排放量逐年增加, 污水处理问题日益突出。由于农村地区基础设施相对薄弱, 污水处理设施不完善, 大量未经处理的生活污水直接排放, 严重污染了水体、土壤和生态环境, 威胁着农村居民的健康和生活质量。因此, 探索适合农村地区特点的生活污水处理技术具有重要意义。

一、设计概况

广州市某村生活污水处理设施, 现状为厌氧池工艺, 规模为 30t/d, 出水标准执行《农村生活污水处理排放标准》(DB44/2208-2019) 一级排放标准。由于水量、水质已超过现状厌氧池设施的处理能力, 对该设施点进行

提升改造, 改造后处理规模 130t/d, 采用多级 AO 工艺。

二、多级 AO 工艺原理及特点

(一) 多级 AO 一体化生化工艺简介

多级 AO 一体化生化设备是一种多级生物膜法的组合设备, 通过将单个罐体内部分隔成多个相互串联的空间, 内部填充高效改性生物填料和曝气管道, 污水依次流经各功能区, 利用填料内部栖息的厌氧或好氧微生物, 能有效去除原水中的 COD、NH₃-N, SS 等污染物, 通过多级串联好氧的方式运行, 出水无需设置沉淀池。针对部分地区对总氮和总磷有更高去除的站点, 可以通过灵活的搭配, 组合成 AO 或 A²O 工艺, 并通过在末端增加除磷模块的方式, 出水可达一级排放标准。

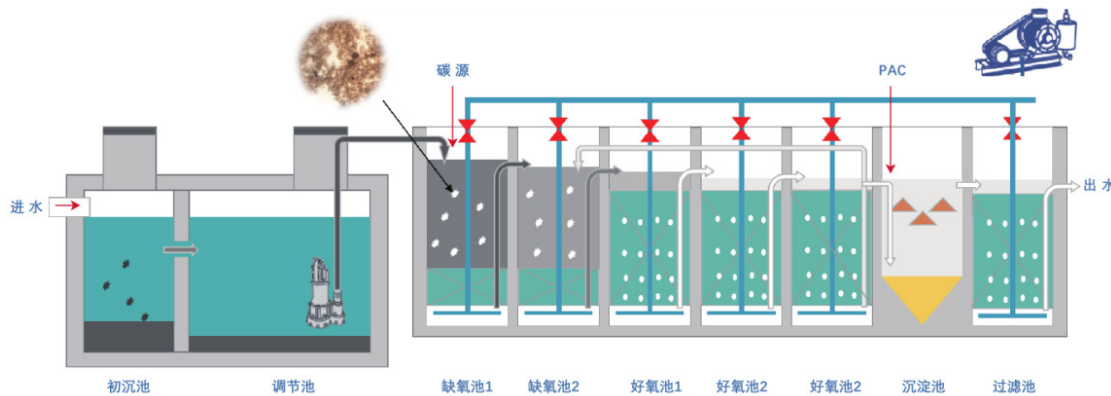
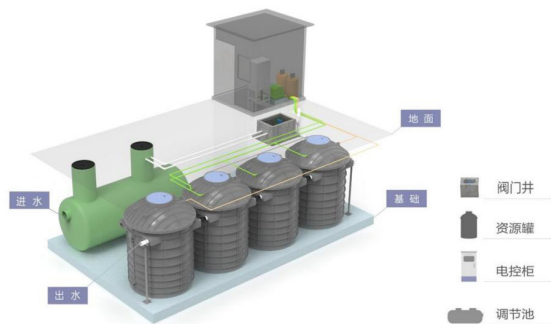
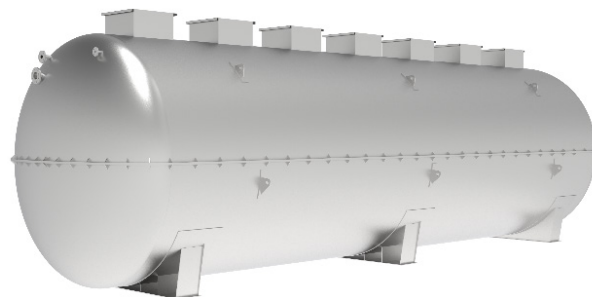


图1 多级 AO 一体化工艺设备立面图

多级 AO 一体化工艺设备分为立式与卧式形式, 可根据站点情况进行选型。



形式1: 立式多级 AO 一体化设备



形式2: 卧式多级 AO 一体化设备

图2 多级 AO 一体化工艺设备形式

(二) 多级 A0 工艺原理

多级 A0 工艺是一种好氧生物膜法工艺，接触氧化池内设有填料，一部分微生物以生物膜的形式附着生长在填料表面，另一部分则是以絮状悬浮生长于水中。该工艺兼有活性污泥法与生物滤池二者的特点。

利用现有化粪池，设置预处理设施和调节池。化粪池出水及生活污水经格栅池将大颗粒悬浮物进行拦截，以免堵塞后续设备；初步处理是污水流入调节池，通

过调节池提升系统，提升到一体化多级接触氧化池；设备在传统生物接触氧化法的基础上将反应单元设计成多级形式，并结合多级生物接触氧化设备独特的结构设计，使得原单级或二级反应器在的混合菌群在多级反应器中形成优势菌自然分化，各级中的优势菌群功能发挥到最大，水流经设备内部滤料，经好氧微生物和缺氧微生物的共同作用，对原水中的 CODCr、BOD5、氨氮及悬浮物等进行快速分解去除。

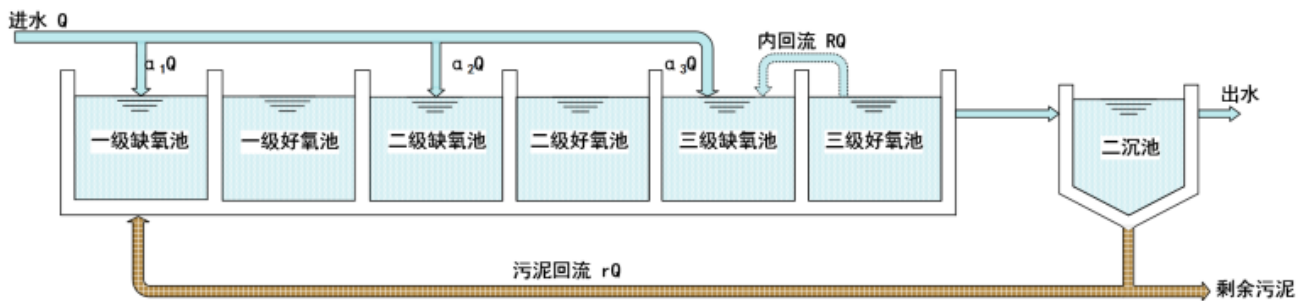


图 3 多级 A0 工艺流程图

(三) 多级 A0 工艺特点

- (1) 通过将罐体内部分隔成相互独立的空间，多级串联；
- (2) 内部填充高效改性填料，使其形成小区域的厌氧和好氧相互交替功能区；
- (3) 污水依次流经各功能区，利用填料缝隙内部的兼氧和好氧微生物，实现同步硝化反硝化作用生物脱氮；
- (4) 无需污泥回流，几乎不产生有机污泥；
- (5) 小规模脉冲式进水。

(四) 多级 A0 一体化设备技术优点

- (1) 可靠的工艺效果，产泥量少，半年清一次泥，减少运维工作量；埋地式设备使用寿命达 30 年以上；
- (2) 模块化设计与组合，不受农村地形和运输条件的限制，可按站点实际进行选型，提高设计效率，减少调研费用；
- (3) 标准化生产与快速交付，大大缩短了项目工期，降低施工管理成本；
- (4) “多级生物”工艺，适用于低浓度和高浓度生活污水，出水效果稳定；
- (5) 在无人值守情况下，排泥周期超过 6 个月以上，摆脱了人伺候机器的运维历史；
- (6) 可根据农村实际水量灵活选择“标准模式”、“平日模式”和“假日模式”三种运行模式，降低运行电耗。

三、农村污水处理设施工艺比选

传统的污水处理站点一般建成全部钢筋混凝土的形式，投资大，工期长。此外现场站点用地紧张；站点

采用“厌氧”工艺、“厌氧+人工湿地”以及“厌氧+MBR”工艺存在出水水质标准低、出水不达标、人工湿地易堵塞以及运营成本高等问题，本次新建及提标改造以节省用地和投资，降低运维成本，实现无人值守为目标进行设计。

本次项目污水处理设施的工艺采用多级 A0 工艺，主要理由有以下几个方面：

- (1) 规模及标准适用。本项目新建污水处理站及提标改造设计处理规模为 130 ~ 150 吨 / 天，埋地式多级 A0 工艺系列设备使用寿命长，可达 30 年，集成度较高，自动化程度较高。
- (2) 对水质、水量波动的适应性强，抗冲击负荷强；污泥产量少，运维较为方便；处理效果较稳定，可稳定达到满足出水标准。
- (3) 占地面积小。结合现场勘察情况，用地紧张，新建污水处理站选址，征地补偿费用较高，因此应选择用地面积较少的工艺。
- (4) 投资及运行费用适中。在保证出水水质及运行效果的前提下，多级 A0 工艺系列设备投资及运行费用均较低。相比下 MBR 运行管理较复杂，对管理人员技能要求较高。

(5) 站点选址位于西侧公园内，四周空间有限，且巷道较窄宽度 2 ~ 2.5m，大型的一体化设备无法通行，现设计采用单体资源罐体，可通过叉车搬运进出。由于场地周边施工环境影响及需新建调节池等因素制约，二次施工不具备施工条件。

表 1 污水处理系统工艺比选

工艺名称	人工湿地	AAO	MBBR	MBR	多级 AO
占地面积	大	偏大	一般	小	小
站点投资 (元/吨水)	4000-6000	5000-9000	6000-10000	6000-10000	5000-7500
运行费用 (元/吨水)	0.3-0.6	0.4-1.0	0.5-1.0	0.5-1.2	0.3-0.6
优点	投资成本低	工艺运行比较成熟。	对水质、水量波动的适应性强；反应池的池体容积可充分利用，不产生堵塞及死角。	对水质、水量波动的适应性强，出水水质稳定。	对水质、水量波动的适应性强。占地面积小。运输组装简便。
缺点	出水标准低，处理量小。	对水质、水量波动的适应性一般。	反应池中需要投加及更换填料，控制滤料流化状态，建设和运行费用高。	费用投资偏高；能耗大，运行费用偏高。容易造成膜堵塞，维护费用高。	/

四、多级 AO 一体化设备设计

(一) 改造思路

改造思路为将原有厌氧池进行修复改造为调节池使用，新增多级 AO 一体化设备，在末端增加除磷模块的方式，出水可达《农村生活污水处理排放标准》(DB44/2208-2019) 一级排放标准。经现场勘察本站点进场道路狭窄，运输吊装条件差，无法进入大型机械，结合一体化设备的特性特点，选用立式多级 AO 一体化设备组合使用。

(二) 设计标准

1. 设计参数的选用

根据《广州市污水治理总体规划修编-规划纲要》一专题：污水量及重要设计参数研究确定，广州市综合生活污水排放系数取 0.85。地下水渗入量取设计污水量的 10%。人均综合生活污水量指标现状人口、现状土地利用情况及现状供水量的统计，按照《广州市排水工程技术管理规定》，本工程人均综合生活污水量指标按 130L/cap·d 选取。根据《农村生活污水处理排放标准》(DB44/2208-2019)，经处理后污水最终排向为一类河涌，采用一级排放标准。

2. 污水量计算

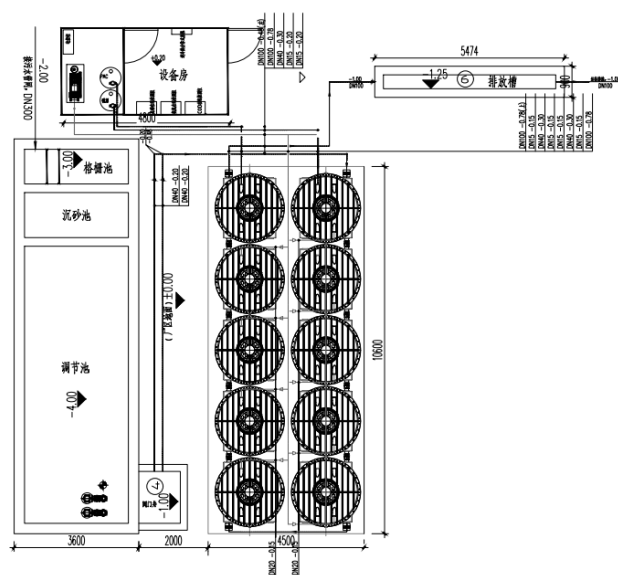


图 4 一体化多级 AO 设备平面图

表 2 污水量计算

户数	人数	人均排污量 L/(P·D)	地下水渗入系数	污水收集率	综合排放系数	污水排放量 (t/d)	设计规模
467	1011	130	0.10	1	0.85	123	130t/d

3. 进出水水质

表 3 多级一体化 AO 工艺设备进出水水质

项目	进水 (mg/L)				出水 (mg/L)			
	化学需氧量 (CODcr)	总氮	氨氮 (NH ₃ -N)	总磷 (TP)	化学需氧量 (CODcr)	总氮	氨氮 (NH ₃ -N)	总磷 (TP)
设计	100-180	40-70	40-60	3-5	<60	<20	<15	<1
其他已运行站点效果	101	60.7	55.8	3.88	33	3.03	1.65	0.34

结语

多级 AO 工艺作为一种高效、低成本的污水处理技术，并适用于四周空间有限，巷道较窄的地区，在农村生活污水治理中具有广阔的应用前景。可为农村污水治理提供科学依据和技术支持，助力农村生态环境的可持续发展。

参考文献

[1] 王涛. 多级 A/O 废水处理工艺的理论研究 [J]. 环境科学与技术, 2003, (04): 8-10+64.
 [2] 黄开, 于春洲, 魏飞, 等. 多级 A/O 工艺在国内的应用现状 [J]. 环境科学与管理, 2007, (02): 73-76.
 [3] 燕炳成, 王武强, 王春, 等. 多段多级 AO 工艺在污水处理中的应用与研究 [J]. 中国新技术新产品, 2019 (4): 2.