

农村生活污水一体化处理设备的工艺优化与给排水系统适配性分析

王轶徐

江西省水务集团有限公司，江西南昌，330029；

摘要：农村生活污水一体化处理设备是解决农村水污染问题的重要手段。本文从工艺优化与给排水系统适配性两个方面展开研究。首先，分析了当前农村生活污水的水质特点和排放规律，为后续研究奠定基础。接着，深入探讨了一体化处理设备的工艺优化路径，包括生物处理工艺的改进、膜分离技术的应用以及污泥处理环节的完善。然后，详细研究了设备与农村给排水系统的适配性问题，涉及管网接入的优化、水量调节的协同以及水质标准的衔接。最后，提出了保障一体化处理设备高效运行的措施，包括设备选型的科学性、运维管理的规范化以及政策支持的完善性。通过以上研究，旨在为农村生活污水的有效治理提供理论支持和实践指导，推动农村生态环境的持续改善。

关键词：农村生活污水；一体化处理设备；工艺优化；给排水系统；适配性

DOI：10.64216/3080-1508.25.10.091

引言

随着我国农村经济的快速发展和居民生活水平的不断提高，农村生活污水的产生量日益增加。然而，与城市相比，农村污水处理设施的建设相对滞后，导致大量未经处理的生活污水直接排放，对农村水环境造成了严重污染。一体化处理设备因其占地面积小、自动化程度高、运行管理方便等优点，在农村生活污水处理中得到了广泛应用。但目前设备在工艺设计和与给排水系统的适配性方面仍存在一些問題，影响了其处理效果和运行效率。

1 农村生活污水的水质与排放特点

1.1 水质特性分析

农村生活污水的水质受地域气候、饮食结构和生活习惯影响显著，整体呈现成分复杂且波动较大的特点。与城市污水相比，农村污水中悬浮物含量较高，这主要源于洗涤、厨余等生活活动产生的杂质。COD（化学需氧量）和BOD（生化需氧量）浓度处于中等水平，且两者比值相对稳定，表明污水可生化性较强，具备生物处理的基础条件。此外，氮、磷含量因农村居民生活中洗涤剂使用、粪便排放等存在明显差异，部分地区因养殖活动渗透还会出现氨氮浓度异常波动，这些特性决定了处理工艺需具备一定的抗冲击能力。

1.2 排放规律探究

农村生活污水排放规律与居民作息和生产活动紧密相关，呈现出显著的时段性和季节性波动特征。从日

内变化来看，早中晚三餐前后及晚间洗漱时段会出现排放高峰，峰值水量可达日均排放量的2-3倍，而凌晨时段排放量则大幅降低，甚至出现短暂断流。季节性波动主要受农业生产和人口流动影响，春耕、秋收等农忙季节，农户居家时间减少，排放量有所下降；春节、中秋等节假日期间，返乡人口激增，排放量会出现阶段性攀升。同时，雨季时雨水易通过破损管网混入污水，进一步加剧了水量波动。

1.3 对处理设备的要求

基于农村生活污水的水质和排放特点，对一体化处理设备提出了针对性要求。首先，设备需具备较强的抗冲击负荷能力，以应对水质中氮磷浓度波动和水量时段性峰值的冲击，避免处理效果不稳定。其次，考虑到农村地区技术水平和运维条件，设备应简化操作流程，提升自动化运行程度，减少对专业运维人员的依赖。再者，农村地域分散且土地资源宝贵，设备需兼顾小型化和集成化，降低占地面积。

2 一体化处理设备的工艺优化路径

2.1 生物处理工艺的改进

生物处理工艺作为一体化设备的核心环节，优化重点在于提升污染物降解效率和适应农村污水特性。针对农村污水可生化性强的特点，可采用厌氧-好氧组合工艺替代单一好氧工艺，通过厌氧阶段初步降解大分子有机物，降低后续好氧处理负荷，同时减少能耗。在好氧单元中，引入生物膜法与活性污泥法结合的复合工艺，

利用生物膜附着稳定的优势,提升对氮磷的去除效果,缓解传统活性污泥法易出现的污泥膨胀问题。此外,通过优化曝气方式,采用间歇式曝气控制溶解氧浓度,既能满足微生物代谢需求,又能节约运行能耗,适配农村低成本运维需求。

2.2 膜分离技术的应用

将膜分离技术与传统生物处理工艺结合,是提升一体化设备处理效果的关键方向。采用超滤膜替代传统沉淀池,可高效截留污水中的悬浮物、胶体和微生物,显著降低出水浊度,使出水水质更稳定。针对农村污水氮磷去除需求,可将纳滤膜应用于深度处理单元,通过膜的截留作用进一步去除水中的氨氮、磷酸盐等污染物,确保出水达到农村再生水利用标准。同时,为解决膜污染问题,优化膜组件的排列方式和反冲洗周期,结合在线化学清洗技术,延长膜的使用寿命,降低设备运行成本。

2.3 污泥处理环节的完善

污泥处理环节的优化重点在于实现减量化、稳定化和资源化,解决农村一体化设备污泥处置难题。首先,在污泥浓缩阶段,采用重力浓缩与板框压滤结合的方式,提升污泥脱水效率,降低污泥含水率,减少污泥体积。其次,引入小型化厌氧消化装置,对浓缩后的污泥进行厌氧发酵处理,产生的沼气可作为设备辅助能源,实现能源回收利用,发酵后的沼渣经干化处理可作为有机肥料还田,契合农村农业生产需求。

3 一体化处理设备与给排水系统的适配性问题

3.1 管网接入的优化

农村生活污水收集管网是污水处理系统的重要组成部分,其接入方式和布局直接影响污水的收集效率和处理设备的运行效果。目前,一些农村地区的污水收集管网存在设计不合理、施工质量差等问题,导致污水收集不完全,部分污水无法进入处理设备。为了实现管网与一体化处理设备的有效接入,需要优化管网的布局和设计。首先,应根据村庄的地形地貌、居民分布情况以及污水排放规律,合理规划污水收集管网的走向和管径,确保污水能够顺畅地流入处理设备。其次,在管网接入点的设计上,要充分考虑污水的水位差和流量,采用合适的接入方式,如重力流接入或泵站提升接入等,保证污水能够顺利进入处理设备。

3.2 水量调节的协同

由于农村生活污水的排放具有间歇性和时空不均

匀性,导致进入一体化处理设备的污水量波动较大。而污水处理设备一般都有一定的设计处理水量和运行工况要求,如果污水量超出设备的处理能力,会影响设备的处理效果,甚至导致设备过载运行而损坏;如果污水量过少,设备则无法正常运行,造成资源浪费。因此,需要实现一体化处理设备与给排水系统在水量调节上的协同。一方面,可以在污水收集管网中设置调节池,对污水进行暂时储存和调节,使进入处理设备的污水量相对稳定。调节池的容积应根据污水排放规律和设备的处理能力进行合理设计,以满足水量调节的需要。另一方面,一体化处理设备本身也应具备一定的水量调节功能,如通过优化设备的控制系统,根据污水量的实时变化自动调整设备的运行参数,如曝气量、污泥回流量等,使设备能够在不同的水量条件下都能保持良好的运行状态,提高设备的抗冲击负荷能力和运行稳定性。

3.3 水质标准的衔接

农村生活污水经过一体化处理设备处理后,其出水水质应达到相应的标准要求,才能排放到环境中或进行回用。然而,目前在一些农村地区,污水处理设备的出水水质与当地的水环境质量标准或回用标准之间存在一定的差距,导致处理后的污水无法达标排放或回用。这主要是由于设备的工艺设计不合理或运行管理不到位等原因造成的。为了实现一体化处理设备与给排水系统在水质标准上的衔接,需要从设备的工艺优化和运行管理两个方面入手。在工艺优化方面,应根据当地的水质标准要求,选择合适的处理工艺和设备组合,确保设备能够有效去除污水中的各种污染物,使出水水质达到标准要求。

4 一体化处理设备的运行保障措施

4.1 设备选型的科学性

科学合理的设备选型是确保农村生活污水一体化处理设备高效运行的基础。在设备选型过程中,需要综合考虑当地的污水水质、水量、排放规律、经济条件、运维管理水平以及环境要求等因素。首先,应根据污水的水质和水量特点,选择适合的处理工艺和设备类型。例如,对于污水量较小、水质相对简单的农村地区,可以采用生物膜法一体化处理设备;而对于污水量较大、水质复杂的地区,则可以采用厌氧-好氧组合工艺或膜分离技术等。其次,要考虑设备的经济性,选择性价比高的设备,既要满足污水处理的要求,又要考虑设备的购置成本、运行成本和维护成本等。

4.2 运维管理的规范化

一体化处理设备的运行效果不仅取决于设备本身的性能,还与设备的运维管理水平密切相关。目前,一些农村地区的污水处理设备由于缺乏专业的运维管理,导致设备运行不正常,处理效果不佳。因此,需要加强对一体化处理设备的运维管理,实现运维管理的规范化。首先,要建立健全设备的运维管理制度,明确设备的运行操作规程、维护保养要求、故障处理流程等,确保设备的运行管理有章可循。其次,要加强设备运维人员的培训,提高其专业技能和操作水平,使其能够熟练掌握设备的运行操作和维护保养方法。

4.3 政策支持完善性

农村生活污水一体化处理设备的推广应用需要政府的政策支持。目前,虽然国家和地方政府出台了一些关于农村污水处理的政策和资金支持措施,但在实际操作中,仍存在一些问题,如政策落实不到位、资金投入不足等。因此,需要进一步完善政策支持体系,加大对农村生活污水处理的投入力度。首先,政府应加强对农村污水处理工作的重视,将农村生活污水治理纳入乡村振兴战略的重要内容,制定明确的目标和任务,出台相关的政策措施,引导和推动农村生活污水治理设施建设和运行。其次,要加大对农村污水处理的资金投入,建立多元化的资金投入机制,除了政府财政资金支持外,还可以通过吸引社会资本参与、申请专项补贴等方式,拓宽资金来源渠道,为农村生活污水一体化处理设备的建设和运行提供资金保障。

5 一体化处理设备的未来发展方向

5.1 智能化与自动化技术的应用

随着科技的不断进步,智能化与自动化技术在污水处理领域的应用越来越广泛。农村生活污水一体化处理设备也应顺应这一发展趋势,引入智能化与自动化技术,提高设备的运行管理水平和处理效果。例如,通过安装传感器和自动化控制系统,实现对设备运行参数的实时监测和自动调节,如自动控制曝气量、污泥回流量、药剂投加量等,使设备能够在最佳工况下运行,提高处理效率和运行稳定性。同时,利用物联网技术,将设备的运行数据传输到远程监控平台,实现对设备的远程监控和管理,及时发现和解决设备运行过程中出现的问题,降低运维成本。

5.2 能源自给与资源回收利用

农村生活污水中含有丰富的有机物和营养物质,具有一定的能源和资源回收潜力。未来,农村生活污水一

体化处理设备应更加注重能源自给与资源回收利用。一方面,可以采用厌氧处理技术,将污水中的有机物转化为沼气,沼气可以用于设备的加热或发电,实现能源的自给自足,降低设备的运行成本。另一方面,通过优化处理工艺和设备设计,提高对污水中氮、磷等营养物质的回收利用率,将其转化为肥料用于农业生产,减少对化学肥料的依赖,实现资源的循环利用。

5.3 与农村生态环境建设的融合

农村生活污水一体化处理设备不仅是解决农村水污染问题的重要手段,也是农村生态环境建设的重要组成部分。未来,应将污水处理设备与农村生态环境建设有机融合,实现污水处理与生态修复的协同推进。例如,可以在污水处理设备周边建设人工湿地、生态沟渠等生态设施,将处理后的污水引入生态设施进行进一步净化和生态修复,同时美化农村环境,提升农村生态景观质量。

6 总结

农村生活污水一体化处理设备在农村污水处理中具有重要作用,但目前仍存在一些问题需要解决。本文通过对农村生活污水的水质与排放特点进行分析,探讨了一体化处理设备的工艺优化路径,包括生物处理工艺的改进、膜分离技术的应用以及污泥处理环节的完善。同时,研究了设备与农村给排水系统的适配性问题,提出了管网接入优化、水量调节协同和水质标准衔接等措施。此外,还提出了一体化处理设备的运行保障措施,包括设备选型的科学性、运维管理的规范化和政策支持完善性。

参考文献

- [1] 陆海敏,李金城,韦春满,等.农村生活污水分散式处理模式与技术分析[J].农业与技术,2025,45(18):91-95.
- [2] 黄鹏.农村生活污水处理中A-MBR工艺设计探讨[J].黑龙江环境通报,2025,38(06):23-25.
- [3] 林伟,曹旦,顾连军,等.基于新型光伏控制的农村生活污水一体化处理设备研究[J].环境保护与循环经济,2025,45(05):20-26.
- [4] 郭海鹏.一体化设备在农村生活污水处理中的应用[J].广州化工,2025,53(09):179-181.
- [5] 谢多娇,胡成亮,李志海.农村一体化生活污水处理设备研究现状与趋势[J].环境生态学,2024,6(07):123-128.