

强化人工快渗+人工湿地处理技术在贡山县农村生活污水治理中的应用研究

董锡斌

云南环拓环保咨询有限公司, 中国·云南 昆明 650100

摘要: 本论文通过对贡山县茨开镇 3 座以运行水站的研究, 分析了强化人工快渗 + 人工湿地污水处理技术的运行机理, 去除效果等。同时总结了该技术的优势及劣势, 阐述了在贡山县的推广应用中需要注意的问题, 对其他类似环境敏感区的农村生活污水治理提供参考和借鉴。

关键词: 强化人工快渗; 农村污水处理; 贡山县

Application research on strengthening artificial fast infiltration+artificial wetland treatment technology in rural domestic sewage treatment in Gongshan County

Dong Xibin

Yunnan Huantuo Environmental Protection Consulting Co., Ltd., China Yunnan Kunming 650100

Abstract: This paper analyzes the operation mechanism and removal effect of the enhanced artificial fast infiltration+artificial wetland sewage treatment technology through the study of three operating water stations in Cikai Town, Gongshan County. At the same time, the advantages and disadvantages of this technology were summarized, and the issues that need to be paid attention to in the promotion and application of Gongshan County were elaborated, providing reference and inspiration for the treatment of rural domestic sewage in other similar environmentally sensitive areas.

Keywords: Strengthening artificial rapid infiltration; Rural sewage treatment; Gongshan County

0 引言

贡山独龙族怒族自治县(以下简称贡山县)地处祖国的西南边境线, 横断山脉的西北部, 位居云南省西北部, 是怒江傈僳族自治州所辖四县之一, 地处州域最北端。

贡山县属于川滇森林及生物多样性生态功能区, 也是怒江州重要的生态屏障区, 农村生活污水的环境问题尤为突出。贡山县域 98% 以上为山地, 平地 and 河流不足 2%, 因此属于典型的山地农村生活污水治理。除河流附近少部分村庄分布较为集中外, 大多数村庄分布较为分散, 因此, 集中式水站的处理规模较小, 大多数在 30m³/d 以下。生活污水来源主要包括冲厕水、洗涤水、洗浴水和厨房排水等, 内含有有机物、悬浮物及微量有害物质(如病原微生物、氮磷元素等), 浓度相对较低。

农村生活污水治理作为农村人居环境整治的重要内容, 是实施乡村振兴战略的重要举措, 是提升农村居民获得感幸福感的内在要求^[1]。在云南省大力推进农村生活污水治理的大背景下, 贡山县也积极推进持续推进农村生

活污水治理及成效巩固提升工作。目前, 全县已完成治理行政村 20 个, 自然村 149 个, 行政村治理率为 76.92%, 自然村治理率为 74.13%, 超过云南省平均水平。笔者于 2020 年参与编制《贡山县县域农村生活污水治理专项规划(2020—2035)》, 对贡山村庄分布及污水治理情况有一定了解, 近年, 公司也积极参与贡山县部分村组生活污水治理工作。

贡山县目前农村生活污水处理工艺较多, 而强化人工快渗 + 人工湿地处理技术作为其中一种, 投入使用后运行稳定。因此, 通过研究已建设的强化人工快渗 + 人工湿地处理系统, 在贡山县农村生活污水治理中具有重要的现实意义, 一方面可有效治理贡山县农村生活污水, 另一方面, 可为其他类似环境敏感区的农村生活污水治理提供参考和借鉴。

1 水站基本概况

本次研究采用贡山县茨开镇的 3 座强化人工快渗 + 人工湿地处理为主工艺的污水站, 分别为: 茨开村妮你朵组

污水站，处理规模为 15m³/d；丹珠村打所组污水站，处理规模为 15m³/d，丹珠村达嘎底组污水站，处理规模为 10m³/d。上述 3 座水站均为 2022 年底开始建设，2023 年投入运行，至今运行稳定，出水效果较好。

整个工艺流程如下：

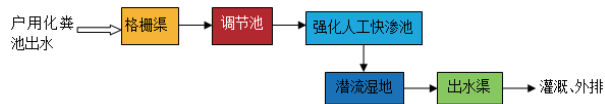


图1 工艺流程简图

3 座水站均距离怒江较近。村组内部采用雨污分流的方式进行污水收集，管网接至户用化粪池出水口，此部分污水仅为生活污水，畜禽养殖粪污及冲洗水不进入收集管网系统。

生活污水经管网收集至水站前端预处理区，预处理包括格栅渠及调节池。预处理是人工快渗十分重要的前处理工序，一旦不到位，不仅会造成人工快渗池填料堵塞，而且会增加主处理单位的负荷，从而影响减排效果^[1]。

格栅渠内设置粗格栅及细格栅各一道，去除污水中较大的漂浮物，防止后续单元和管道的堵塞，同时减轻后续工艺处理构筑物运行负荷。栅渣采用小推车收集后集中处置。

调节池是重要的工艺单元，具有调节水量、均衡水质和预处理三大作用。因农村污水排放具有高分散性、水量小、波动大的特点，同时管网较短，调节池的调节水量、均衡水质的作用能极大减小后端冲击负荷。另一方面，调节池在整个工艺中还起到厌氧池的作用，对污水进行了一定程度的预处理。

调节池出水进入到核心去除工艺段，即强化人工快渗+人工湿地处理系统。

强化人工快渗技术是在快速渗滤系统基础上发展而来，采用渗透性能良好的天然介质（如河砂）作为主要渗滤材料，并掺入一定量的特殊填料（如沸石、生物陶粒、玉米芯等）改变土壤本身结构及环境条件，进一步强化净化功能。在进水时，系统采用淹没/落干交替的运行方式，即在渗滤系统里介质的水力状态为落干和淹没相互交替，

从而形成厌氧/好氧的交替。进化机理主要是过滤作用、吸附作用和微生物降解作用。脱氮除磷去除过程为：氨氮通过硝化作用（落干）-反硝化作用（淹水）去除，磷元素通过渗滤池内功能性填料的吸附或者化学反应生成沉淀而去除^[2]。

潜流湿地也是污染物去除效率较高的关键工段，经过预处理的生活污水在此段进一步通过物理、化学和生物的三重协同作用。由于能够形成好氧、厌氧、缺氧的空间环境，COD_{Cr}、N、P 营养物质主要在此段得以去除。一是植物分泌类似助凝剂的物质向水中释放，使悬浮、胶体态的污染物得以加速沉淀去除；二是植物根系对机物及 N、P 营养物质的吸收作用；三是湿地基质填料内厌氧菌、兼性菌的微生物作用，分解大分子有机物及营养物质。潜流人工湿地系统对实际农村生活污水具有良好的净化效果，在进水水质波动较大时仍能稳定运行^[3]。

潜流湿地出水进入出水渠后可进行资源化利用，主要是引至林地、农田灌溉等用途。本项目所涉及村落均位于怒江沿岸，根据《怒江州水功能区划（2015-2030）》，怒江属Ⅱ类水环境质量功能区；根据《云南省农村生活污水治理模式及技术指南（试行）》，结合项目区村庄处理水的使用功能（农田灌溉），污水处理出水水质达到《农田灌溉水质标准》（GB5084-2021）后用于周边林地、农田灌溉。

2 水质情况

2.1 设计进水

根据项目设计资料，3 座水站设计时已结合相关已运行项目数据情况，并考虑到随着村庄发展，生活水平提高、生活习惯变化等因素，对进水水质进行了一定程度的放大调整，具体见表 1。

以上浓度属于云南省农村污水一般浓度，但从贡山县已建农村污水处理设施检测数值来看，远低于设计值。

2.2 实际进水

本次研究采用贡山县茨开镇的 3 座水站格栅渠前端进口（有水流时）的监测数据来看，整体数据波动较大。经过整理，实际进水浓度范围见表 2。

表1 设计进水浓度

项目	COD _{Cr} (mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	SS(mg/L)	pH
浓度取值	200	30	40	4	120	7

表2 监测实际进水浓度

项目	COD _{Cr} (mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	SS(mg/L)	pH
浓度值	34.67-109.67	3.67-20.63	4.45-30.00	0.54-2.11	8.67-94.00	7.3-7.9

表3 监测实际出水浓度

项目	CODcr(mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	SS(mg/L)	pH
浓度值	4.67-8.67	1.03-4.80	2.08-18.76	0.12-0.74	4.00-17.66	7.3-7.9

表4 污水站去除率状况

项目	CODcr	NH ₃ -N	TN	TP	SS
去除率(%)	74.15-92.71	69.00-81.95	58.60-76.20	75.22-84.26	77.93-92.59

2.3 实际出水

本次研究采用贡山县茨开镇的 3 座强化人工快渗 + 人工湿地处理为主工艺的污水站出水数据整理见表 3。

3 结果讨论及研究

3.1 实际进水水质分析

从表 2 实际进水的的结果情况得出，茨开村妮你朵组、丹珠村打所组、丹珠村达嘎底组生活污水进水数值波动较大，经调查，在 75% 以上的时间段内，实际进水浓度均小于设计进水浓度值的一半，这与当地生活用水习惯是及其相关的。走访中得知，厨余的残羹剩菜、淘米水、油等大多数经过泔水桶等用于畜禽饲喂等用途，厨房排水浓度相对较低。同时，因气候条件原因，洗澡及衣物洗涤等相对频次较少，洗涤废水浓度也相对较低。

3.2 实际出水水质分析

从表 3 实际出水浓度值的上限数据来看，通过强化人工快渗 + 人工湿地处理技术，污染物的削减是十分显著的。目前可以稳定达到《云南省地方标准农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB53/T 953-2019）的一级 A 标准。

3.3 去除率分析

根据 3 座污水站的每组进出水数据进行整理，数据见表 4、图 2。

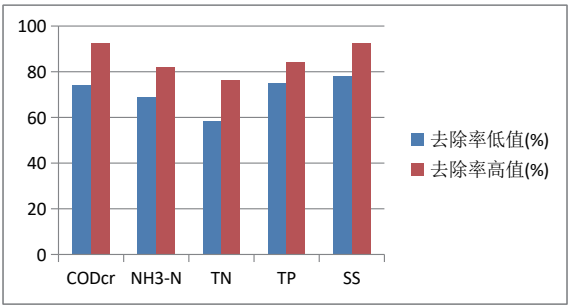


图2 主要污染物去除效率情况

根据以上数值分析，通过污水站处理，污染物去除效果是十分显著的。除 NH₃-N 和 TN 以外，最低去除率均超过 70%，CODcr 和 SS 最高去除率超过 90%。一般而言，对于一个正常稳定运行的系统而言（除去极端高或极端低的不具备代表性的数据），去除效率的波动应处于较小范

围，而本次数据的波动率在 10%-20% 之间，总氮则达到了 21.6%。因不同的水站在运行时，状况不尽相同（如布水情况、淹没 / 落干参数配置、植物生长情况周期等），同时因管网较短，来水调节作用较差，出现不同程度偏高或偏低，村庄污水这样的波动率是难免的。而后端的调节池能有效解决这个问题。

3.4 强化人工快渗 + 人工湿地处理技术的优劣势

该技术优势主要体现在以下几个方面：

（1）处理效果稳定且高效：强化人工快渗技术和人工湿地结合使用，能够显著提高污水处理的效果。通过物理、化学和生物过程，加之植物吸收，污染物去除是十分可靠的。

（2）占地面积小：采用强化人工快渗技术和潜流湿地相结合，因两种工艺占地均较少，相较于传统工艺，更节约用地。

（3）管理简便：该技术省去了运行复杂的曝气、回流、污泥等单元，控制简单，管理上仅需要及时调整布水防堵塞，同时按时收割植物，比传统污水站运营方便。

（4）基建和运行成本低：强化人工快渗 + 人工湿地技术的建设费用及能耗远低于传统污水处理站。工艺的缺氧、好氧环境通过淹水和落干实现，无需设置曝气系统，同时不产生污泥，可省去建设污泥处理设施的费用。主要依靠自然循环进行净化，运行费用低廉，按照计算吨水处理费用低于 0.3 元。

（5）生态效益显著：该技术不仅能有效处理污水，还建造了一个生态系统，动植物及微生物共同生存，促进生物多样性保护，还能够美化环境，提升区域生态质量。

该技术劣势主要体现在以下两个方面：

（1）环境条件：因受植物和微生物的生长情况影响，净化效果也会受到影响。该技术对气候和温度变化较为敏感，特别是在低温条件下，处理效果会显著下降。此外，人工湿地容易受到病虫害的影响，自然调节能力不足。

（2）基质易堵塞：该技术基质易堵塞，因此对进水 SS 要求较高。

4 结语

4.1 结论

本次研究的茨开村妮你朵组、丹珠村打所组、丹珠村达嘎底组位于怒江沿岸,通过对 3 座污水站的进出水等情况分析研究,得出采用强化人工快渗+人工湿地处理技术处理效果稳定高效,在贡山县是适宜的,能最大程度上削减污染物,减轻对怒江流域的污染。

贡山县地处祖国的西南边境线,经济较为落后,为国家乡村振兴重点帮扶县。因此探索运行费用低、处理效果好的污水处理模式,是农村打造干净整洁有序美丽人居环境提出的客观需求^[4]。相较于传统工艺,强化人工快渗+人工湿地处理技术基建及运行费用较低,同时在占地,管理等方面具有较大优势^[5]。同时,贡山县属于川滇森林及生物多样性生态功能区,生态处理方式也是保护生物多样性生重要举措。

综上,在贡山县大部分农村生活污水治理中推广应用强化人工快渗+人工湿地处理技术是可行的,可为其他类似条件的地域生活污水治理提供参考借鉴。但是,在推广中需要注意的是,对于贡山县少部分与藏区交界的地区因冬季气候过于寒冷不适合应用。同时在运行中,必须配置前端预处理,根据《云南省农村生活污水治理模式及技术指南》(试行),在进入强化人工快渗时保证沉淀出水

$SS \leq 100\text{mg/L}$ 。

4.2 建议

严格按照《贡山县农村生活污水治理设施运行维护管理办法》执行运行维护,特别强调禁止把雨水、工业性污(废)水、畜禽养殖废水等非生活污水接入污水管网系统。运行过程中,根据不同季节适当调整进水淹没/落干参数,使系统达到最佳运行状态。并及时做好记录反馈,以便更好运行维护。

参考文献:

- [1] 张春敏,金竹静,赵祥华等. 关于云南省山区半山区农村生活污水收集处理及资源化利用的对策及建议[J]. 环境科学导刊, 2022,41(3):32-36.
- [2] 王慧,姚杰. 人工快渗污水处理技术应用及减排效果现状的研究[J]. 广东化工, 2013(15):119-120.
- [3] 赵文聪. ABR-复合流人工快渗生态床工艺处理农村生活污水的研究[D]: 9-10.
- [4] 杨贞武,钟晨,周梦雨等. 潜流人工湿地对实际农村生活污水的净化效果[J]. 生态环境, 2019(3):84-93.
- [5] 于婷,于法稳. 农村生活污水治理相关研究进展[J]. 生态经济, 2019(7):209-213.

作者简介:董锡斌(1987.05-),男,白族,云南大理人,本科,工程师,研究方向:环境工程。