

四川省农村生活污水治理要求与技术选择

罗运祥, 刘 稳*

四川省第一地质大队, 四川 成都

收稿日期: 2025年6月30日; 录用日期: 2025年8月2日; 发布日期: 2025年8月12日

摘 要

农村生活污水治理是“十四五”期间实施乡村振兴, 建设美丽乡村的重点工作。本文从农村生活污水特点及现状出发, 分析现阶段四川省农村生活污水治理存在的问题, 结合国家和省级相关政策和技术要求, 梳理适用于四川省农村污水治理的技术, 并提出对策和建议, 以期四川省农村生活污水治理提供一定技术参考。

关键词

农村生活污水, 治理要求, 治理技术

Requirements and Technology Selection for Rural Domestic Sewage Treatment in Sichuan Province

Yunxiang Luo, Wen Liu*

The 1st Geological Brigade of Sichuan, Chengdu Sichuan

Received: Jun. 30th, 2025; accepted: Aug. 2nd, 2025; published: Aug. 12th, 2025

Abstract

The treatment of rural domestic sewage is a key task in implementing rural revitalization and building a beautiful countryside during the “14th Five-Year Plan” period. Starting from the characteristics and current situation of rural domestic sewage, this paper analyzes the existing problems in the treatment of rural domestic sewage in Sichuan Province at the present stage. Combining relevant national and provincial policies and technical requirements, it sorts out the technologies applicable to rural sewage treatment in Sichuan Province and proposes countermeasures and suggestions, with

*通讯作者。

文章引用: 罗运祥, 刘稳. 四川省农村生活污水治理要求与技术选择[J]. 环境保护前沿, 2025, 15(8): 1069-1076.
DOI: 10.12677/aep.2025.158120

the aim of providing certain technical references for the treatment of rural domestic sewage in Sichuan Province.

Keywords

Rural Domestic Sewage, Treatment Requirements, Treatment Technologies

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国是农业大国,农村人口数量庞大,农村地区基础设施建设相对薄弱,加上环保意识不高,很多农村生活污水不能及时得到有效处理,导致农村污水处理形势严峻,农村生态环境问题日益严重。

2025年,中央一号文件《中共中央国务院关于进一步深化农村改革扎实推进乡村全面振兴的意见》[1]中提出:“加强农村生态环境治理。因地制宜选择农村生活污水治理模式,推动厕所粪污和生活污水协同治理,基本消除农村较大面积黑臭水体。”中共四川省委四川省人民政府一号文件《关于进一步深化农村改革奋力推进乡村全面振兴的意见》[2]中提出“加强农村生态环境治理。持续推进农村户厕无害化改造、生活污水治理,实施建制镇生活污水处理设施补短提质。加强农村河湖环境保护,整治农村黑臭水体”。

当前,从国家层面,到省级层面对农村生活污水治理要求都上升到了新高度,对农村生活污水开展有效治理是开展新农村建设和乡村振兴工作的重点。本文将从农村生活污水特点及问题、治理要求、治理技术选择等方面进行阐述。

2. 农村生活污水特点及现状问题

2.1. 污水产排特点

农村生活污水产排特点与农村居民生活用水习惯息息相关,主要包括冲厕、洗涤、洗漱、洗澡和厨房等排水。分散性排放和间歇性排放是农村生活污水产生量的显著特征。农村住宅布局分散,污水产生点间距不一,产生的污水在农村呈现散点分布。其次,污水排放量随时间波动明显,日变化主要表现在早晚用水高峰期排水量占全天60%以上,其余时间流量低甚至断流。季节变化表现为夏季用水量比冬季高30%~50%,基本呈现夏>春≈秋>冬的规律[3]。此外,根据农村居民生活供水和用水设备条件的不同,其人均用水量20 L/d~100 L/d不等,排放量占用水量的百分比30%~90%不等[4]。

2.2. 污水水质特征

农村生活污水的水质特征受居住方式、生活习惯、经济水平及环境条件等多重因素影响,呈现出与城市污水显著不同的特点,同城镇生活污水相比,农村生活污水污染物浓度低、种类简单、水质水量波动较大,很少含有重金属和有毒有害物质,但含有较多的合成洗涤剂以及细菌病毒、寄生虫卵等[5]。有机物浓度适中但可生化性好,COD浓度范围通常为200~800 mg/L,但BOD₅/COD比值达0.3~0.5;氮磷含量高且比例失衡,氨氮浓度可达50~300 mg/L,总磷浓度通常为5~15 mg/L,TN:TP可能达10:1以上;pH值偏中性但波动大,通常为6.5~7.5,但洗涤剂使用过量或粪便分解可能使pH值短暂升至8~9。根据

相关研究,四川省部分农村生活污水的水质变化范围极大,其中 SS 为 100~500 mg/L, COD 为 62.06~314.05 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 3.59~40.5 mg/L, TP 为 0.45~12.11 mg/L, pH 值变化在 6~9 [6]。

2.3. 污水治理现状问题

设施建设流程复杂。农村生活污水治理工程量总体偏小,但是可研、立项、初步设计、环评、财评、建设、验收等程序复杂,造成工程建设进度缓慢。管网建设较为滞后,“重设施,轻管网”的建设问题普遍存在,导致污水收集困难,进而造成设施“建而不用”。

规划设计指导性不强。已完成的县域农村生活污水治理专项规划与当地乡镇总体规划、产业布局 and 区域发展衔接不紧密,大多以集中或相对集中污水处理设施建设为重点规划方向,未注重资源化利用[7]。

厕污共治衔接不畅。厕所革命与污水治理统筹衔接不足,如农业部门改建厕所和三格式化粪池不预留灰水管网接口和污水处理设施位置,三格式化粪池不允许接入灰水,导致本来扩建三格式化粪池就可以解决的污水问题,只能重新设计建设,造成浪费。

工艺模式选择适应性不强。已建农村生活污水处理设施大多照搬城镇模式,选用水解酸化、多级生化、MBR 等“高大上”处理工艺,导致部分设施非正常运行,存在工艺、规模、标准等“水土不服”情况。

污水资源化利用水平低。一是整合打包项目实施效率低;二是资源化利用配套设施不完善;三是资源化利用方式原始粗放,无法精准指导各地实现有效利用。因此,目前四川省农村生活污水处理亟需发展适合农村地区污水资源化、碳氮磷等有用元素回收利用的工艺技术[8]。

资金短缺问题。农村污水治理设施建设经费来源较单一,主要来自中央和省级财政资金。此外,设施建成运行后一到两年,运维费用得不到保障,造成设施无法正常运行。

管理机制不健全,人才队伍缺乏。大部分农村污水治理设施的建设、运维管理等没有健全的制度或办法,县级和乡镇街道尚无专业环保机构,设施运维管理人员专业素养较低,导致后期设施运维管理不到位,运转效率低。

赵兵等[9]对雅安市农村生活污水现状进行调查分析,截至 2018 年底,全市现有 106 个村建成了 123 个生活污水处理设施,其中有 97 个污水处理设施在运行,未正常运行设施的问题主要集中在管网未建成、缺乏资金和设施老化等方面。总体上看,雅安市在农村污水治理方面存在污水来源多且分散,难以分类和收集;规划、按图施工难度较大、设计规模不匹配、工艺选择不合理等问题。

3. 农村生活污水治理要求

3.1. 政策工作要求

2022 年 5 月,四川省生态环境厅等 7 部门联合印发《四川省“十四五”农业农村生态环境保护规划》[10],明确到 2022 年、2025 年,四川省农村生活污水得到有效治理的行政村比例达到 65%和 75%以上,治理类行政村生活污水基本上得到有效治理。

2024 年 1 月,四川省生态环境厅等 6 部门印发《四川省农村生活污水处理设施运行维护管理办法》[11],要求科学合理确定农村生活污水处理设施运维管理模式。鼓励以县(市、区)为单位委托有实力的专业企业作为运维单位,运维管理农村生活污水处理设施。对于规模较小、工艺相对简单、操作简便的农村生活污水处理设施,可根据当地实际采用乡镇或村属地自行运维的模式,保障设施正常运行。

2024 年 4 月,四川省生态环境厅印发《四川省农村生活污水资源化利用指南(试行)》[12],科学指导农村生活污水资源化利用,进一步提高农村生活污水有效治理率。

2024 年 6 月, 四川省生态环境厅印发《四川省农村生活污水处理工作指南(试行)》[13], 从建立工作机制、前期统筹谋划、项目具体实施到后期运维考核均对我省农村生活污水处理工作作了相关要求, 实现全过程指导和科学化、规范化管理。

3.2. 技术工作要求

2020 年 1 月起, 四川省实施《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》[14], 标准规定了农村生活污水处理设施水污染物排放的一般要求、水污染物排放控制要求、监测要求。根据污水处理设施出水直接排入的水域功能类别和设计处理规模, 将农村生活污水处理设施水污染物排放标准划分为一级标准、二级标准和三级标准, 各级标准的适用情况见表 1。

Table 1. Classification of emission standards
表 1. 排放标准分级表

设计处理规模	出水直接排入的水域功能类别		
	II、III类水域	V、V 类水域	其他功能未明确水域
100 m³/d (含)~500 m³/d (不含)	一级标准	二级标准	二级标准
20 m³/d (含)~100 m³/d (不含)	一级标准	二级标准	三级标准
<20 m³/d		三级标准	

注: 岷江、沱江流域重点控制区域内设计处理规模 20 m³/d (含)以上的农村生活污水处理设施基于以上标准分级上调一级(最高不得超过一级标准)。

农村生活污水经处理后的水污染物, 其最高允许排放浓度按表 2 规定执行。

Table 2. Maximum allowable discharge concentrations of water pollutants (Unit: mg/L)
表 2. 水污染物最高允许排放浓度(单位: mg/L)

序号	污染物或项目名称	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH 值(无量纲)		6~9	
2	化学需氧量(CODcr)	60	80	100
3	悬浮物(SS)	20	30	40
4	氨氮(以 N 计)	8(15) ^a	15	25
5	总氮(以 N 计)	20	-	-
6	总磷(以 P 计)	1.5	3	4
7	动植物油 ^b	3	5	10

a 括号外的数值为水温>12℃的控制指标, 括号内的数值为水温≤12℃的控制指标; b 动植物油指标仅针对含提供餐饮服务的农村旅游项目生活污水的处理设施执行。

4. 农村生活污水处理技术

4.1. 常见农村生活污水处理技术

农村生活污水处理技术的遴选应遵循“达标排放、运行稳定、管理简便、耐冲击负荷、建设及运行成本经济”等原则, 同时考虑处理后尾水可实现资源化利用, 并且易于实现设备化。农村生活污水处理按照流程及净化原理, 可分为预处理技术、生物处理技术、生态处理技术[15]-[18], 见图 1。

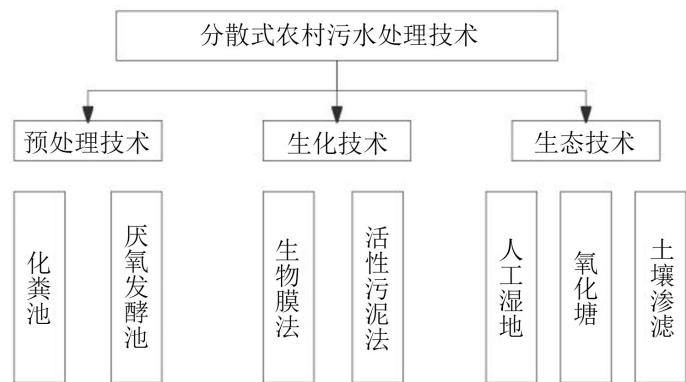


Figure 1. Decentralized technologies for rural domestic sewage treatment
图 1. 分散式农村生活污水处理技术

4.2. 常见技术参数比选

根据四川省内已实施的农村生活污水处理项目，从单位水量投资、吨水运行成本、占地面积、抗冲击负荷能力、氮磷去除效率、运维管理复杂度和技术成熟度等 7 个方面对常用生活污水处理技术等方面进行了经济技术比选，见表 3。考虑到四川省内经济发展水平、人口密度、地形地貌条件的差异性，对成都平原、川中丘陵、西南山地和川西高原主要适用技术进行筛选，见表 4。

4.3. 案例分析

4.3.1. 龙泉驿区土门村农村生活污水治理

成都市龙泉驿区土门村位于成都平原东部，属经济发达地区，此前污水收集系统不完善，生活污水直排导致村容村貌差、地下水污染风险高。

2024 年，龙泉驿区水务局投资 800 万元实施污水治理项目，覆盖 3000 余名村民。采用集中式管网收集、末端统一处理的模式，铺设 16km 污水管道，配套 500 余座出户井和检查井，实现污水全收集。新建 6 座污水收集池、9 座一体化污水提升泵站，将污水输送至三道堰第二污水处理厂，采用“物理沉淀 + 生化处理 + 膜过滤 + 消毒”工艺，出水水质达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》。项目建成后污水收集率提升至 95% 以上，出水 COD ≤ 30 mg/L、氨氮 ≤ 1.5 mg/L，可用于灌溉和景观补水。村内黑臭水体消失，嘉陵江支流水质稳定在 II 类。后期泵站和管网年维护费用约 20 万元，由区财政承担；污水处理厂运营成本 0.8 元/吨，通过财政补贴和少量用户付费覆盖。该项目由区水务局负责设施建设，镇政府监督运维，村集体协助管理。污水处理厂委托第三方公司运维，泵站和管网由镇水利站定期巡检。

4.3.2. 仪陇县双胜镇新民村生活污水分类资源化利用

仪陇县双胜镇新民村地处川东北丘陵区，地形破碎、农户分散，传统集中处理模式成本高。2022 年，仪陇县以“因户施策、充分利旧”为原则，推进改厕与污水治理结合，改厕率达 89%。

总体上采用三种模式：针对养殖户，采用“沼气池 + 旧粪坑”，厕所粪污与畜禽粪便接入沼气池发酵，淘米、洗菜水接入旧粪坑，沼气用于做饭，沼渣沼液用于农田施肥。针对非养殖户，采用“三格化粪池 + 灰水储存池”，粪污经化粪池发酵后用于果园施肥，灰水储存池用于灌溉。对于集中聚居点，采用“调节池 + 多级厌氧池 + 人工湿地”，处理后水质达农田灌溉标准，尾水用于周边产业园区。项目建设费用由政府补贴和农户自筹组成，后期运行由农户自行清掏化粪池，村集体每季度组织管道检修，年费用约 5000 元，由村集体承担。项目建成后资源化利用率达 90%，粪污和灰水全部用于农田，化肥使用量减少 30%。

Table 3. Comparison matrix of parameters for decentralized rural domestic sewage treatment technologies
表 3. 分散式农村生活污水处理技术各参数比较矩阵

技术类型	单位水量投资 (元/m ³)	吨水运行成本 (元/m ³)	占地面积 (m ² /m ³)	抗冲击负荷能力	氮磷去除效率	运维管理 复杂度	技术 成熟度
化粪池	200~500	0.05~0.1 (仅清理)	0.5~1.0	低 (SS 波动易堵塞)	差 (需后续处理)	低 (定期清理)	成熟
厌氧发酵池	800~1500	0.1~0.3 (无沼气回收)	0.8~1.5	中 (高浓度适应强)	差 (需好氧补充)	中 (防堵塞监测)	较成熟
生物膜法	1500~3000	0.3~0.6 (曝气 + 反洗)	0.3~0.6	高 (MBBR 抗冲击强)	高 (硝化菌丰富)	中 - 高 (需专业维护)	较成熟
活性污泥法	2000~4000	0.5~1.0 (曝气 + 污泥处理)	0.4~0.8	中 (需稳定进水)	高 (需深度处理)	高 (需专业团队)	成熟
人工湿地	600~1200	0.1~0.3 (植物维护)	2.0~5.0	低 (水力负荷低)	高 (植物吸收)	低 (季节性管理)	较成熟
氧化塘	300~800	0.05~0.2 (自然净化)	1.5~3.0	低 (依赖光照)	中 (藻类吸收)	低 (定期清淤)	不成熟
土壤渗滤	800~1500	0.15~0.3 (间歇配水)	6.0~8.0	中 (需土层稳定)	高 (吸附 + 微生物)	中 (防堵塞监测)	不成熟

Table 4. Applicability of various domestic sewage treatment technologies in different regions of Sichuan Province
表 4. 各生活污水处理技术在四川省不同地区适用性

区域	区域特征	化粪池	厌氧发酵池	生物膜法	活性污泥法	人工湿地	氧化塘	土壤渗滤
成都平原	经济发达、人口密度高， 适合高投资、高效率技术。	☆☆☆	★★☆	★★★	★★☆	★★☆	☆☆☆	☆☆☆
川中丘陵	地形起伏小，土地资源相对 丰富，适合生态技术。	★★☆	★★☆	☆☆☆	☆☆☆	★★☆	★★☆	★★☆
西南山地	气候湿润，光照充足， 适合氧化塘和湿地。	★★☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	★★☆	☆☆☆	☆☆☆
川西高原	人口密度低，污水产生量少， 适合低成本技术。	★★★	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	★★☆	☆☆☆	☆☆☆

注：“☆☆☆”代表不适用，“★★☆”代表较适用，“★★☆”代表适用，“★★★”代表非常适用。

4.3.3. 盐边县红格镇昔格达村低碳技术 + 生态循环

红格镇昔格达村位于川西南盐边县，气候干旱、土地瘠薄，传统污水处理模式耗水量大。2023 年，该村采用“污水预处理 + 生态循环 + 能源自给”的绿色发展模式，探索污水资源化与清洁能源结合的治理路径。

通过建设“预处理 + 人工湿地”设施，日处理量 150 吨，采用“格栅 + 调节池 + 水平流人工湿地”工艺，出水水质达农田灌溉标准。尾水用于零碳立体植物工厂和陆基循环渔业，植物工厂利用光伏发电驱动；渔业系统通过光伏发电增氧控温，鱼生长周期缩短 50 天。安装分布式光伏，年发电量 315.4 万度，满足全村公共用能需求，剩余电力反哺电网。项目建成后污水资源化利用率 100%，尾水用于 200 亩农田灌溉，减少地下水开采量 40%。村集体年增收 40 万元，农户户均增收 6000 元。

项目总投资 2000 万元，后期光伏系统年维护费用 10 万元，污水设施 5 万元，由村集体承担；植物工厂和渔业收益覆盖部分成本。村集体联合政府部门、电网公司、金融机构，构建“光伏 + 电网 + 银

行 + 平台公司 + 村集体”合作模式。

4.3.4. 阿坝州生态旱厕 + 资源化利用

川西高原地广人稀、气候寒冷,传统水冲厕所易冻结且运维成本高。阿坝州采用“生态旱厕 + 灰水沉淀”模式,适应高寒环境。生态旱厕采用双坑交替式设计,粪污自然发酵后转化为有机肥;灰水沉淀池用于收纳厨房、洗浴废水经沉淀后用于草地灌溉。厕所外墙加装保温层,防止管道冻结。项目建成后达到污水零排放,粪污资源化利用率达 100%。草地植被覆盖率提高 20%,土壤肥力显著增强。村民生活习惯改善,疾病发生率下降。单户旱厕建设成本约 3000 元,由政府全额补贴。后期运维由村民自行完成,每年清理粪污 1~2 次,无额外费用。采用“政府主导 + 社区监督”的运维模式,由州生态环境局制定技术标准,村级组织定期检查使用情况。结合藏族传统生态观念,开展“厕所革命”宣传,提高村民接受度。

4.4. 小结

从上述已实施成功的典型案例看,各地实施的成功经验在于采取的生活污水治理和运维模式并未采取单一的技术方法,关键是结合各地、各村气候、文化实际情况,以资源化利用为主,分区分类开展污水治理。充分利用当地光伏、养殖等优势产业,在降低后期运维成本的基础上进一步增加居民收入。

5. 建议

农村生活污水处理选择工艺时应因地制宜,融合当地生活污水水质、排放标准、地形特点、社会经济条件、文化特征、后期运行维护、资源化利用可行性等各方面,不宜过度追求高标准出水水质而选择工艺复杂、建设运行维护难度大的“高大上”设施,在具体选择处理技术时可以多种技术组合联用。在前期规划阶段,应充分考虑水量收集的实际情况,避免收水困难导致设备闲置;在运营期,有条件引入第三方专业运维公司,同时积极探索污水和污泥资源化利用,如将污泥转化为有机肥或生物质燃料,在产生经济效益的同时,降低污水处理设施的运行成本,减轻资金压力。

针对灰水无法接入三格式化粪池问题,可考虑将含油量和洗涤剂浓度较高的灰水预先通过隔油池 + 调节池 + 生物滤池的前处理工艺处理后接入三格式化粪池第三格,避免灰水直接接入化粪池导致的淤积、处理效率下降或堵塞等问题。

为确保运行效果,应加大环保宣传力度,培养当地村民主动参与监管现有污水处理设施,保障污水处理设施长效运维。积极引导村民自治管理,成立“污水治理村民监督小组”,负责设施日常巡查、费用收缴和矛盾调解,引入奖励机制或补贴。

参考文献

- [1] 中共中央国务院. 关于进一步深化农村改革 扎实推进乡村全面振兴的意见[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/202502/content_7005158.htm, 2025-01-01.
- [2] 中共四川省委 四川省人民政府. 关于进一步深化农村改革 奋力推进乡村全面振兴的意见[EB/OL]. <https://www.sc.gov.cn/10462/c110462/2025/2/28/35372a80143e44cdb236cbdd55f81fbf.shtml>, 2025-02-20.
- [3] 侯京卫, 等. 农村生活污水排放特征研究述评[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 964-967.
- [4] 孙瑞敏. 我国农村生活污水排水现状分析[J]. 能源与环境, 2010(5): 33-42.
- [5] 孙兴旺, 等. 中国重点流域农村生活污水处理现状及其技术研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(18): 384-388.
- [6] 林青, 等. 农村环境综合整治生活污水的现状及对策[J]. 城镇供水, 2021(4): 103-108.
- [7] 鞠昌华, 等. 我国农村生活污水治理问题及对策研究[J]. 环境保护, 2016, 44(6): 49-52.
- [8] 吴杰, 等. 农村生活污水治理现状及对策分析[J]. 环境保护, 2014, 42(4): 58-60.

-
- [9] 赵兵, 等. 农村生活污水治理的现状、难点及对策研究——以四川省雅安市为例[J]. 环境与可持续发展, 2021, 46(6): 91-97.
- [10] 四川省生态环境厅. 四川省“十四五”农业农村生态环境保护规划[EB/OL]. 川环发〔2022〕3号. <https://sthjt.sc.gov.cn/sthjt/c23101811/2022/5/17/1e7ca744d86f4747b07a73e3a420bbb3.shtml>, 2022-05-06.
- [11] 四川省生态环境厅, 等. 四川省农村生活污水处理设施运行维护管理办法[EB/OL]. 川环规〔2024〕1号. <https://sthjt.sc.gov.cn/sthjt/c245601/2024/2/6/38bf0060674f4596b44e856f82b2761c.shtml>, 2024-01-30.
- [12] 四川省生态环境厅. 四川省农村生活污水资源化利用指南(试行)[EB/OL]. 川环办函〔2024〕226号. <https://sthjt.sc.gov.cn/sthjt/c23101814/2024/5/11/c2b46c5119ef47cdb716a8c5bb61ae07.shtml>, 2024-04-19.
- [13] 四川省生态环境厅. 四川省农村生活污水治理工作指南(试行)[EB/OL]. 川环办函〔2024〕332号. <https://sthjt.sc.gov.cn/sthjt/c23101814/2024/7/1/e0e4bc53eade489c9588784d0539236d.shtml>, 2024-06-20.
- [14] 陈亚平, 等. DB 51/2626-2019, 农村生活污水处理设施水污染物排放标准[S]. 2019. <https://sthjt.sc.gov.cn/sthjt/c103963/2019/12/18/e469116c3c6a4cdeac095eb3a05cbbd4/files/41f5d20422a14b789ca6f13aa418f855.pdf>
- [15] 谭学军, 等. 农村生活污水收集与处理技术现状及进展[J]. 净水技术, 2011, 30(2): 5-9, 13.
- [16] 谢林花, 等. 中国农村生活污水处理技术现状分析及评价[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(10): 865-870.
- [17] 李海明. 农村生活污水分散式处理系统与实用技术研究[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(9): 177-181.
- [18] 张曼雪, 等. 农村生活污水处理技术研究进展[J]. 水处理技术, 2017, 43(6): 5-10.