

平原河网地区农村生活污水治理项目设计研究

陈博, 卞方杰, 李俊

上海勘测设计研究院有限公司, 上海 201800

DOI:10.61369/EAE.2025030009

摘 要 : 农村生活污水治理既是农村人居环境整治的重要内容, 也是突出短板^[7]。江苏省农村生活污水治理行政村覆盖率达62.9%, 其中苏南、苏中、苏北分别为96.1%、66.8%、48.6%。虽然苏南平原河网地区农村生活污水治理工作取得了一定成效, 但部分地区仍然存在治理覆盖率不足、治理模式不合理、设施运行负荷低、长效管护机制不健全等问题。本文通过对苏州市吴江区农村生活污水治理项目的设计研究, 提出了针对性的治理方式和措施建议。

关 键 词 : 农村生活污水治理; 环境整治; 治理方式; 长效管护

Design and Research on Rural Domestic Sewage Treatment Projects in Plain River Network Areas

Chen Bo, Bian Fangjie, Li Jun

Shanghai Investigation, Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 201800

Abstract : The treatment of rural domestic sewage is not only an important part of the improvement of rural living environment but also a prominent shortcoming^[7]. The coverage rate of administrative villages for the treatment of rural domestic sewage in Jiangsu Province has reached 62.9%, among which it is 96.1%, 66.8% and 48.6% respectively in southern Jiangsu, central Jiangsu and northern Jiangsu. Although some achievements have been made in the treatment of rural domestic sewage in the plain river network areas of southern Jiangsu, there are still some problems in some areas, such as insufficient coverage rate of treatment, unreasonable treatment mode, low operational load of facilities and imperfect long-term management and protection mechanism. Through the design and research of the rural domestic sewage treatment project in Wujiang District, Suzhou City, this paper proposes targeted treatment methods and suggestions for measures.

Keywords : rural sewage treatment; environmental improvement; treatment mode; long-term management

引言

长江是中华民族的母亲河, 既孕育了灿烂的长江文明, 也承载着长江经济带发展国家战略。经过几十年的开发建设, 长江经济带的生态问题比较突出, 长江流域污染排放总量大、环境风险高、环境承载总量不堪重负, 部分区域发展与保护的矛盾尖锐等问题日益受到各方高度重视。习近平总书记早在2016年1月5日长江经济带发展重庆座谈会上就明确提出, 长江水质关系着沿江4亿人民的生产生活, 更关系子孙后代的生存环境, 我们必须从中华民族长远利益考虑, 把修复长江生态环境摆在压倒性位置, 探索出一条生态优先、绿色发展新路子, 为今后长江经济带发展正确把握生态环境保护和经济发展的关系指明了方向。长江流域的生态环境治理除关注到城镇外, 农村的生活污水治理也是不容忽视的一环。

一、总体设计思路探讨

(一) 污水收集范围^[1]

农村生活污水指农村居民生活过程中产生的污(废)水, 主要包括卫生间、厨房、庭院洗衣、农家乐、民宿或宴会厅食堂排水等, 污水收集应做到人粪尿、洗涤、洗浴和厨用废水等生活污水应纳尽纳、应收尽收、应治尽治。

除了常规农村生活污水外, 农村还存在部分畜禽养殖, 豆制品

品加工、粉条加工、酿酒等作坊, 小规模工业企业等^[6]。这部分非生活污水通常被村民接入厨房、洗手间等下水管, 易随接户管进入污水处理站点。该部分污水虽然量小, 但由于污染物浓度高或有毒有害, 其进入污水处理系统后会对普遍采用的生物处理系统产生强烈冲击, 甚至会使生物系统崩溃, 进而大大增加污水处理系统出水超标风险。因此, 农村生活污水收集时应杜绝非生活污水进入污水收集系统。

村庄内的小型作坊、特色产业生产废水原则上不纳入污水收

集范围，但对于采用纳管模式的村庄，确需排入则应向行业主管部门提出申请，经评估排放污水能够稳定达到《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015），获得批准后可排入村庄污水收集系统。

（二）村庄治理模式^[3]

农村生活污水治理模式一般有三种：纳管模式、相对集中治理模式和分散治理模式^[8]。具体模式的选择应综合考虑村庄的规划、居住人口、与现状市政污水厂网的距离、村民诉求等因素，在苏州市吴江区农村生活污水治理中治理模式的选择主要遵循下表所示原则。

表1 村庄治理模式
Tab.1 Village governance model

序号	治理模式	适用情形
1	纳管模式	①重要水体保护区范围内的村庄采用纳管方式，将污水导出保护区范围； ②距离现状市政污水厂网不超过2km，或者可新建一段主管，沿途收集一片区域的村庄污水。
2	分散治理模式	①常住人口较少，污水总量不超过5t/d形态分散的村庄； ②某村庄被道路或河流分隔的个别少数农户。
3	相对集中治理模式	上述两种情形以外的村庄。

（三）工程类型

新建工程：针对完全未治理过的村庄，在村内新建污水管网、污水提升泵站、污水处理设施，收集并处理生活污水。

整改工程：针对已实施过农村生活污水治理，但是现状污水管道及设施存在轻微损坏、缺陷或者无法达到目前整治标准，经过局部整改可以继续发挥使用功能的村庄，按照现行标准对现状管道和设施进行修复、翻新。

重建工程：针对已实施过农村生活污水治理，但是采用庭院式人工湿地等分散处理设施，基本处于废弃状态，或者现状污水管道及设施损坏、缺陷严重，排水设施丧失使用功能的村庄，重新建设村庄污水收集处理系统。

二、户内污水收集系统分析

苏南等经济条件较好的地区基本都已实施过多轮农村生活污水治理，但是以往的工程多注重主管道及污水处理终端的建设，对接户未引起重视，接户管设计不合理或者建设质量不高，造成污水无法有效收集或管道反臭村民意见大等问题，后续农村生活污水治理应加强接户管的建设实施。

苏州市吴江区要求工程范围内三水（厨房水、卫生间水、庭院水）接户率达到85%以上。接户工程以农户房屋建筑外墙为界，在建筑物或院墙外设置靠墙井，厨房、卫生间和庭院洗涤污水通过管道接入靠墙井^[5]。靠墙井宜采用混凝土现浇或砖砌形式，方便多根管道从各个方向接入。对于楼房立管混接以及立管老化严重的，需进行立管改造，根据实际情况新建雨、污水立管。

接户管一般根据农户排水设施实际情况采用 De75、De110、De160三种规格，尽量采用大管径；为防止接户管堵塞，接户管之间的连接采用小型检查井，不得采用弯头连接；接户管每隔一定距离也应设置小型检查井，根据工程经验该距离建议不大于15m。

（一）化粪池的设置^[2]

若选择相对集中模式，每户均新建玻璃化粪池，厕所排出的污水接入玻璃化粪池后排入污水管网，该措施目的是为了防管道设施淤堵，减轻后期运维工作量；若选择纳管模式，均不建设化粪池，原化粪池废弃或做超越处理，厕所排出的污水直接排入污水管网，以保证污水处理厂进厂浓度。若部分村民有浇菜地等资源利用需求，纳管模式村庄也可根据村民诉求设置玻璃化粪池，方便居民取用粪水。

（二）清扫井的设置

在农贸市场、商铺、农户厨房等出水管上设置成品塑料清扫井，拦截絮状固体杂物，防止管道堵塞，便于居民开盖清理。

（三）隔油池的设置

对于农家乐及饭店等餐饮类的污水管道，需设置隔油池，厨房废水经过隔油池沉淀悬浮杂物和油水分离的工艺过程处理后，进入管网或农村生活污水处理设施。隔油池容积应满足厨房最大排水量，保证废水在此处可停留10分钟以上。

（四）防臭设计

农户住宅的卫生间、厨房出水立管设置“S”型存水弯，或在埋地横管设置“P”型存水弯、水封井，水封深度不小于50mm，防止化粪池或污水管道臭气倒逸至农户家中。

三、户外污水收集系统

由于村庄生活污水流量较小，根据水力计算及工程实践，村内污水管道设计一般选用 DN200~DN400，管材多采用 HDPE 结构壁缠绕管。

（一）主管道敷设^[9]

人行步道、宅间小弄、绿化带下面的污水管最小覆土厚度为0.4m，车行道下面的污水管最小覆土厚度为0.7m，覆土不足0.7m时采用混凝土包封进行保护。对于部分管道，特别是住户和管网系统之间的连接管，位于低洼地带时，可以采用局部填土方式，以保证管道有一定的覆土厚度，对管道进行保护。

（二）管道过河方式研究^[10]

江南平原河网地区水网密布，水面率高。苏州市吴江区河道数量多达2600条，河湖水面率为24.4%。农村房屋沿河而建，一个村庄通常被河道划分成2个及以上片区，因此污水管在敷设过程中无法避免穿越河道，是农村生活污水治理实施过程中的重难点，也是卡点。管道过河细分下来通常有4种方式：重力管顺埋过河、倒虹管过河、压力管牵引过河和压力管架设过河，具体过河方式的选择要根据河道宽度、深度、通航情况、管道埋深、用地条件及河道周边环境综合考虑。

表2 管道过河形式比选				
Tab.2 Comparison and selection of pipeline crossing forms				
过河形式	重力管顺埋过河	倒虹管过河	压力管牵引过河	压力管架设过河
优点	1) 满足设计坡度要求, 水力条件好, 不易淤堵; 2) 对周边景观影响较小。	1) 对下游管道埋深影响较小; 2) 对周边景观影响较小。	1) 对下游管道埋深无影响; 2) 对周边景观影响较小。	1) 对下游管道埋深无影响; 2) 后期维护较容易。
缺点	当上游管道埋深较浅的情况下, 对下游管道埋深影响较大。	农村水量变化大, 容易淤堵。	后期维护难度大。	管道明设, 对周边景观有一定影响。
经济性对比	施工难度大, 造价最高	施工难度大, 造价较高, 运维难度大	施工方便, 造价较低, 但运行中产生电费及设备维修保养费, 运维成本较高	施工方便, 造价较低, 但运行中产生电费及设备维修保养费, 运维成本较高

对于管道敷设标高合适, 上下游可顺接的情况, 或者河道较窄且水深不大的河段, 可选用重力管顺埋过河的方式, 其余情况, 优先采用水泵提升压力管过河的方式。临近现状桥梁时, 在征得桥梁主管部门同意的情况下过河压力管段可采用挂桥的形式, 无现状桥梁时过河压力管段可采用河底穿越的形式。

明敷管道采用 PE 管外套不锈钢管。过河重力管施工宜采用围堰法施工, 以保证管道坡度满足要求, 尽量避免采用牵引施工等不宜控制管道坡度的施工方式。倒虹管因易产生淤堵, 尽量避免使用。

（三）污水提升泵站选型及设置

1. 在以下情形需酌情设置污水提升泵站：

①管道埋深过大处，本项目管道埋深控制在3m以内，村内房屋密集处不宜超过2m；

②管道穿越河流处，通过泵站提升后压力管过河；

③管道接入现状市政污水管，且新建管道标高比现状市政污水管标高低；

④接入的市政污水管道水位较高，存在污水倒灌风险。

2. 新建泵站形式比选

目前，除了传统混凝土泵站，一体化预制泵站也得到了很广泛的应用。现对这两种泵站形式进行分析比选，如下表所示。

表3 泵站形式比选表			
Tab.3 Comparison table of pump station forms			
序号	项目	传统混凝土泵站	一体化预制泵站
1	土建成本	较高	低于传统砼泵站
2	占地面积	施工期间占地面积较大	较小
3	施工周期	需分步施工，浇注和养护需要2-3个月工期	便于运输吊装，完成基坑开挖、预制好泵站底板，1周内即可完成安装。施工量小，安装工期短。
4	使用寿命	较长	一般
5	底部沉积	平坦的泵坑底部设计、较长的水力停留设计易产生淤积和臭气	设计自清洁底部，最大程度的降低泵站底部的淤积，减少臭气产生

序号	项目	传统混凝土泵站	一体化预制泵站
6	密封性	对施工水平要求较高，施工不当易造成渗漏	工厂一体化成品预制，密封性较好
7	综合造价	一般	较高

村庄污水水量一般较小，其周边建设用地有限，施工作业面狭小，为了节省用地，缩短施工周期，方便后期运营管理，综合考虑新建泵站宜尽量采用成品一体化预制泵站。

3. 利用现状调节池改造为泵站

苏南地区太湖一级保护区等重要水体周边村庄，之前已经实施过农村生活污水治理，建设了污水处理设施，但是这些处理设施出水标准较低，无法满足现行排放标准要求，可考虑将该部分村庄污水导排至保护区外的市政污水管网进行处理。为节能减排，节约工程造价，可对现状污水处理设施进行利旧，利用既有钢筋混凝土池体，改建为提升泵站。

经过现场调查，村庄内现状污水处理设施内设有调节池，部分池体为钢筋混凝土、砖砌等传统土建结构，外观状态正常无破损，适当改造后可改建为调节池，以节约污水设施占地面积，降低工程投资。

常规改造方法如下：①将调节池前管道用气囊封堵，在气囊上游检查井内放置水泵，污水抽排至现状污水处理设施内进行处理，作为施工期间污水的临时处理措施；②拆除原调节池顶板，将调节池内污水、淤泥清除干净，检查调节池内部是否有结构性缺陷、破损、是否漏水，对缺陷、破损进行修补，加高调节池墙体至地面，实施池体表面防水措施，对池体防水性能进行补强；③安装水泵及其附属设施，并对安装过程中破坏的防水措施进行补充，安装调节池活动盖板。

（四）格栅检测井的设置

本工程在容易造成管道堵塞、管道堵塞难以清理和管道中固体杂物易对设备设施造成危害的位置，设置格栅检测井，以便于对管道中的杂物进行拦截清理。

本次设计主要在以下4个部位设置格栅检测井：

①过河倒虹管进水井前；

②污水提升泵站前；

③污水处理设施前；

④村庄生活污水接入市政管网前。

格栅宜选用不锈钢304材质，格栅间距为20mm。

格栅检测井的具体做法和管理养护可参照《上海市排水检测井图集》(DB31 SW/Z017—2021)、《上海市排水检测井技术规程》(DB31SW/Z016—2021)。

（五）污水处理设施设计

1. 污水处理设施的设置

对于采用相对集中治理模式的村庄，需建设污水处理设施对污水进行就地处理，处理达标之后排入自然水体或资源化利用。为降低后期运维工作量，应尽量降低独立处理设施的数量，1个自然村原则上仅考虑设置1~2座污水处理站。

2. 污水处理工艺的选择

农村生活污水处理设施污水处理工艺需要具有较强的抗冲击

负荷能力、具有较高的碳源利用率、产泥量小、运维简单^[4]。AO工艺和SBR工艺具有工艺运行稳定可靠、污染物去除率高的特点；生物接触氧化工艺具有抗冲击负荷能力强、污泥产生量少的特点。污水处理设施可采用“单级AO+生物接触氧化”的组合工艺。结合农村污水处理项目较多采用一体化设施的项目特点，在项目实施过程中，可根据实际情况，在满足现场工况和设备性能要求的前提下，对设施工艺及构造进行局部调整或改良。

四、设施站点装饰装修

（一）标识、标牌设计

目前农村生活污水治理的设施站点通常是无人值守、定期巡检，设置一个美观、耐用、信息全面的展示牌就显得尤为重要。一个精心设计的展示牌不仅可以美化周边环境，提升站点的整体景观，更能够突显当地独特的人文特色，为游人呈现一幅生动的文化画卷。其次，这样的展示牌也为运维和巡检人员提供了极大的便利。通过展示关键信息，如站点的工艺流程、出水指标等重要数据，工作人员可以迅速了解站点的运行状态，有针对性地进行维护和管理，确保设施持续高效运转。

1. 污水处理设施标识牌

每一处污水处理站内都布置一块标识牌，标识牌展示污水处理设施信息，其中内容包含：项目名称、所属县级市（区）、镇（街道）、行政村、自然村、治理方式、管理部门、建设单位、设计单位、设计规模、受益户数及人口、工艺流程图、管网平面布置图、排放要求、开始运行时间、运维单位、运营范围、安全警示、村联系人及联系方式、二维码、监督电话等。

2. 污水提升泵站标识牌

污水提升泵站标识牌内容：村庄名称、泵站编号、潜污泵数

量、设计流量、流量计量程（若有）、设计扬程、污水去向、管网长度、管理部门、建设单位、安全警示、运维单位、村联系人及联系方式、报修二维码、监管平台二维码等。

3）报修卡

在农户出户管或靠墙井旁边墙上设置报修卡，注明：运维单位、报修电话、报修二维码等。

（二）围栏设计

在污水设施站点设置围栏，防止人员进入发生安全问题，并对站点内设备进行保护。污水处理设施围栏高度1.2m，分散独立设施、一体化泵站围栏高度0.6m。靠近围栏门和道路一侧，在围栏上设置水环境保护宣传标语。

（三）进场道路

在一体化处理设施、泵站等位置离现状道路较远的站点，设置进场道路。进场道路可考虑采用8字型绿色植草砖，收边采用灰色pc砖，道路宽1.2m。

五、结语

江南平原河网地区经济较为发达，很多地方已实施过农村生活污水治理项目，甚至实施过多轮，但是总体效果不甚理想，这与农村环境复杂、边界影响因素变数多，建设期间头痛医头、脚痛医脚，缺乏顶层系统设计、建设管理不到位有关，也存在建成后运维养护缺失等问题。江南平原河网地区农村生活污水治理，应以“设施全覆盖、污水全收集、尾水全提标、监管全方位”为目标，按照“因地制宜，分类推进”的原则实施，借助智慧水务平台加强设施运营期间的养护，使农污治理设施真正发挥应有作用，守护一方水环境，为美丽乡村建设添砖加瓦。

参考文献

- [1] 金赵明. 关于农村生活污水治理存在的问题及未来发展规划的探讨 [J]. 环境保护与循环经济, 2023, (2): 70.
- [2] 王一萍. 基于乡村振兴发展战略的苏北农村人居环境整治现状及优化探析 [J]. 农村经济与科技, 2023, (3): 46.
- [3] 毛超杰. 南方某农村地区污水自排体系及分区处理工艺研究 [J]. 云南化工, 2023, (3): 102.
- [4] 陈辉熾. 农村生活污水治理工程设计研究 [J]. 科学技术创新, 2023, (3): 50.
- [5] Li Yongqiu. Practice and thinking of rural domestic sewage treatment design [J]. Municipal Technology, 2023, (3): 191.
- [6] 邓彩红. 农村水环境污染现状及对策 [J]. 市政技术, 2023, (1): 88.
- [7] 袁建伟. 长三角区域农村生活污水治理投建运经验与探讨 [J]. 长江技术经济, 2023, 7 (1) : 82-86.
- [8] 邱国勤. 分散式农村生活污水治理技术的思考探究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2023, (4): 90.
- [9] 崔 昱, 朱砂砾, 王凯丽. 环巢湖治理项目——双桥河沿岸农村地区水环境治理工程设计研究 [J]. 中国市政工程, 2023, (1): 58.
- [10] 许珂, 蒋鹏, 郑美妹, 刘 晓. 环境友好的农村污水治理网络优化设计 [J]. 工业工程, 2023, (1): 162.