

# 农村生活污水处理设计案例及分析

梁家成<sup>1</sup>, 赵永生<sup>2</sup>, 陆嘉平<sup>1</sup>, 贡瑞金<sup>1\*</sup>

(1. 苏州中晟环境修复有限公司, 江苏 苏州 215104; 2. 苏州市吴中区水务局, 江苏 苏州 215100)

**摘要:**农村生活污水处理设计应根据村庄所处区位、户间集聚度、地形地貌、河网分割、市政管网距离、排水特点, 结合达标性、经济性, 因地制宜进行设计。根据江苏省如东县106个行政村污水处理工程案例, 分析了大市政处理、小集中处理、分散处理污水收集系统设计模式。

**关键词:**农村生活污水; 村庄形态; 设计; 处理模式

中图分类号: TU992

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2023)07-0024-0004

## Design cases and analysis of rural domestic sewage treatment

LIANG Jiacheng<sup>1</sup>, ZHAO Yongsheng<sup>2</sup>, LU Jiaping<sup>1</sup>, GONG Ruijin<sup>1\*</sup>

(1. Suzhou Zhongsheng Environmental Remediation Co., Ltd., Suzhou 215104, China;

2. Suzhou Wuzhong District Water Affairs Bureau, Suzhou 215100, China)

**Abstract:** The design of rural domestic sewage treatment should be based on the location of the village, the degree of agglomeration between households, terrain and topography, river network segmentation, municipal pipeline network distance, and drainage characteristics, combined with compliance and economy, and tailored to local conditions. This article analyzes the design models of sewage collection systems for large municipal treatment, small centralized treatment, and decentralized treatment based on 106 administrative villages in Rudong County, Jiangsu Province, in order to provide guidance and reference for similar projects.

**Key words:** rural domestic sewage; forms of rural villages; design; rural sewage treatment mode

从“全面推进农村人居环境整治工作”到“采取城镇管网延伸、集中处理和分散处理等多种方式, 加快农村生活污水治理”, 再到全面落实中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《农村人居环境整治三年行动方案》和国家多部门联合印发的《关于推进农村生活污水治理的指导意见》, 江苏各地的农村生活污水治理率已明显提高。

当前是生态文明建设的“关键期、攻坚期、窗口期”。高质量推进城乡生活污水治理, 是加强生态文明建设的重大举措。本文根据笔者参与的江苏

省如东县辖区内7个建制镇(区)(双甸镇、岔河镇、马塘镇、大豫镇、曹埠镇、新店镇及高新区)106个行政村污水处理工程设计案例, 重点介绍村级污水收集系统的设计经验, 旨在探索建立一套符合如东县农村实际、富有成效的污水系统治理推进体系, 形成一种可复制可推广的农村生活污水治理模式。

## 1 项目概况

### 1.1 现状概述

如东县位于江苏省东南部, 南北长达46 km, 东

收稿日期: 2023-05-08

作者简介: 梁家成(1989—), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为水资源利用与水污染控制工程。E-mail: liangjiacheng2010@163.com

通信作者: 贡瑞金(1959—), 男, 高级工程师, 研究方向为水环境。E-mail: 394006826@qq.com

西向宽约68 km,县域总面积1872.7 km<sup>2</sup>。如东县现辖255个行政村,常住人口约97.71万人。项目实施前,农村生活污水排放途径主要有:一是通过市政污水管或河道沿线截污管排入建制镇污水处理厂;二是通过村内雨水管网就近排入河道;三是散排,污水直接泼洒庭院周边,大部分蒸发渗漏,少量污水流向道路或草地。

### 1.2 项目运作模式

项目将如东县辖区内7个建制镇(区)的农村污水处理设施打包运作,引入社会资本,与政府联合组建项目公司后,由项目公司进行整体建造、运营,合作期满后无偿移交给政府,项目以主体BOT、部分TOT、ROT的方式运作。

## 2 工艺设计原则

工艺设计的核心是满足“污水接得进、尾水排得出、设施接得电、系统运行稳定达标、工程方案经济合理”的要求。根据村庄所处区位、户间集聚度、地形地貌、河网分割、市政管网距离、排水特点等因素,结合达标性、经济性,合理选择适宜的村庄生活污水治理模式<sup>[1-3]</sup>。按照“能集中则集中、宜分散则分散”的原则确定了大市政、小集中、分散式处理模式,详见图1设计思路。

## 3 模式选择原则

治理模式的选择根据村庄自然形态,考虑户间集聚度、地形地势、河网分割、市政管网距离、退水去向等多方面因素,结合达标性、经济性,因地制宜进行设计。

对太湖一级保护区、水源地保护区、生态红线一级管控区采用高标准治理,基本采用大市政处理模式;而对太湖二、三级保护区内的规划发展村庄,重要入湖河道两侧1 km范围、黑臭水体周边村庄,尽可能采用大市政处理模式或小集中的模式。

### 3.1 大市政处理模式

这是一种村庄生活污水接入城镇污水管网统一处理模式,即将村庄生活污水经管道收集后,就近接入城镇污水管网,在城镇污水处理厂进行处理<sup>[4-5]</sup>。大市政处理模式具有投资省、施工周期短以及运维简便等优点。对于城镇周边和邻近城镇污水管网的村落(距城镇<2 km),应优先考虑大市政处理模式。

### 3.2 小集中处理模式

如果村庄距离城镇污水处理设施或管网系统较远(距城镇>2 km),或者接入城镇污水管网的村庄污水管网投资大,可以采用居住相对集中的一个

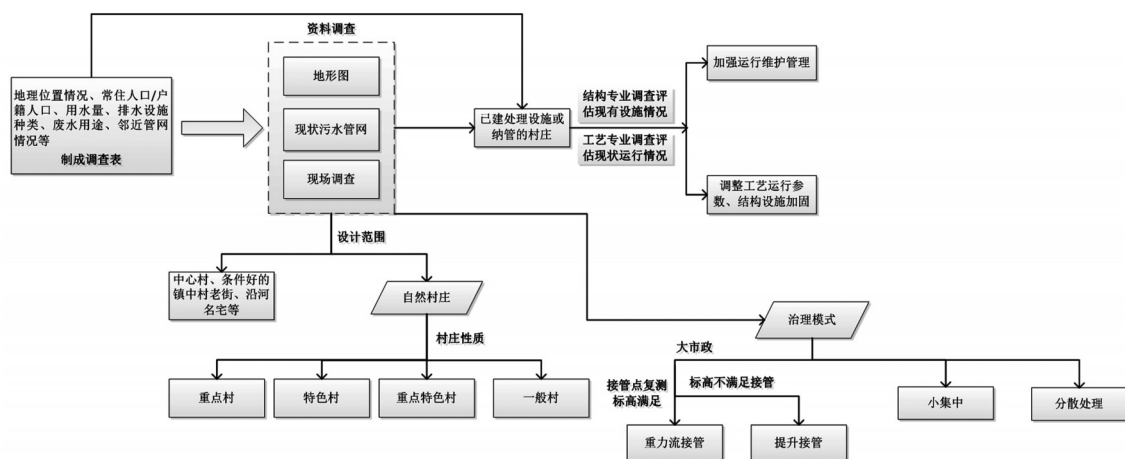


图1 设计思路

或多个村庄污水收集后集中处理的方式,选择中心位置处的村庄,建设污水处理设施,统一进行治理<sup>[6]</sup>。小集中处理模式具有运行成本相对较低、自动化程度高、抗冲击能力强等优点,适用于人口密集、污水量较大、距离较近的村庄。

### 3.3 分散处理模式

分散处理模式即将村内住户产生的污水进行

收集,单独处理,通常采用小型污水处理设备或生态处理。对于不具备“大市政”“小集中”建设条件的村庄,可建设单户或多户联用污水处理设施。

## 4 工程内容

### 4.1 户内改造要求

户内改造是农村污水处理的重中之重,只有合

理规范地进行了户内改造,才能确保实现雨污分流、黑灰水分离,也只有在户内收水最前端进行了适当的预处理,才能有效避免过大的水质、水量变化,有效减少收水管线的堵塞和蚊虫滋生,有效确保末端一体化处理设施的稳定可靠运行,因此,户内改造工程对整个农村污水处理系统有着至关重要的作用。

具体户内改造实施时,原则上每户需严格执行雨污分流改造,确保只收集黑水和灰水,不混入庭院雨水。具备条件的农户黑水和灰水也应分别收集,黑水收集后进入一体化化粪池简单处理,原有的混凝土或砖砌化粪池废弃,灰水中厨房尾水收集后就近进入油污格栅井,对厨房污水中的油污进行初步拦截,最后将黑水和灰水混合汇入一根出户管接至预留的接户管检查井。

#### 4.2 户均排水量设计

户均排水量的设计将直接影响末端处理设备的选型,招标文件对污水量的预测考虑了各户用水类型、用水习惯、自来水用量、经济条件等因素,但都只是定性描述,实施阶段无法作为统一定量化参考。为确保各个承包方排水量取值标准统一,特对如东县各镇的用水量定额进行细分,设计时按照用水量定额乘以折污系数再乘以各户常住人口即可确定出各户的户均排水量。

#### 4.3 配套管线设计

农村出户管:de160及以下管径采用UPVC实壁管;污水重力管:收集次干管及主管管径 $\leq$ DN400,管材主要采用HDPE双壁波;污水压力管:管径 $\leq$ DN100采用PE管,管径 $>$ DN100时采用PE管,牵引管:采用PE实壁管。

农村污水管道最小管径、最小设计坡度、最大设计充满度参考《建筑给排水设计规范》(GB50015—2003(2009年版))表4.4.8规定,接户管管径最小160 mm,连接支管管径最小160 mm,主干管径最小200 mm。特别指出,两户以内的连接定义为支管,超过两户的连接都定义为主干管。

农村出户管、接户管以及主干管道的最小覆土深度可参考《建筑给排水设计规范》(GB50015—2003(2009年版))4.3.2条文规定,主干管道和车行道路下的管道,其覆土深度不宜小于0.7 m;出户管及接户管埋设深度不得高于土壤冰冻线以上0.15 m,且覆土深度不宜小于0.3 m(采用塑料管道时,排出管埋设深度可不高于土壤冰冻线以上0.5 m)。原则上管线走向应尽可能避开水田、沟渠,不可避免穿过

水田时,管顶覆土不小于1 m;穿过沟渠时,管顶距沟底不小于10 cm。覆土厚度确有困难不能满足上述要求的,应在管道外采取适当的保护措施(如钢管加固、混凝土包管、增加面层厚度等)。

市政处理模式、小集中处理模式和分散模式的管线连接过程检查井统一采用流槽井,检查井盖上统一印制如东污水LOGO和维护热线。

#### 4.4 终端站点设计

终端站点设施选址应考虑地理位置、常年风向、地形条件、退水去向等因素,宜建在交通方便且位于居民区下风向、通风无遮蔽物的地方,以方便日后运维,减少对周围环境的影响;宜利用原有地势高差,减少动力成本;宜尽可能靠近尾水排放口,方便退水;另需重点关注排放水体的一般汛期河水位和历史最高洪水位,选取合适的场站地坪标高,尽可能确保不发生河水回灌或场站淹没的情况。

大市政处理模式、小集中处理模式或分散模式尽量采用重力流排放,高程上不满足条件的,考虑前提升。

大市政处理模式在末端设置一体化提升泵站,一体化提升泵站采用玻璃钢井筒,有效停留时间按4~6 h设计,泵站内配备提篮格栅(栅隙5 mm),2台潜水泵(1用1备),水泵的出水口径不小于DN50,水泵性能满足每小时启动达到15次以上要求,水泵需加装自耦装置,通过浮球液位计控制水泵启停。一体化提升泵站需集成维修服务平台,设爬梯和通风管,可人工维修出水的阀门井、止回阀和闸阀、流量计等。

小集中处理模式或分散模式在末端处理设备前设置一体化调节池,一体化调节池采用玻璃钢井筒,有效停留时间按8~12 h设计,建议取最大值,调节池内需配备提篮格栅(栅隙5 mm),1台潜水泵,通过浮球液位计控制水泵启停,底部设穿孔曝气搅拌,气源取自后端一体化处理设施的气泵或风机。

户内按照原则要求改造,管线排布按照规范要求实施,理论上系统混入的雨水量在可控范围内,不需要设置溢流口。目前部分站点雨季水量过大,与户内改造不规范、管线施工质量差有很大关系,不应作为必须设置溢流口的依据,后期实施应加强规范化管理,如遇特殊情况,再另行考虑。

一体化处理设备要按照系列化选型,各供货厂家提供标准化施工图纸,设计根据现场实际情况校核设备基础是否满足抗浮、抗不均匀沉降的需求,



设备与管道的连接管管径是否匹配,设备的进出水方向是否合理等。

4.5 各村设计情况

如东县辖区内7个建制镇(区)(双甸镇、岔河镇、马塘镇、大豫镇、曹埠镇、新店镇及高新区)106个行政村的污水收集管网系统及污水处理系统。

工程结合村镇规划,尊重行政村落管理界线,合理控制污水处理设施收集范围,降低泵站投入及后期运维费用,尽量降低施工难度,不穿越如泰运河等高级航道。对7个建制镇(区)行政村村部所在自然村的污水进行规划分区,总计96个收集处理系统。具体如下:

新店镇共划分15个污水收集分区,计算总污水量为1 496 m³/d;马塘镇共计17个行政村,共划分27个污水收集分区,计算总污水量为3 480 m³/d;曹埠镇共计9个行政村,共划分16个污水收集分区,计算总污水量约为1 926 m³/d;双甸镇共计15个行政村,共划分30个污水收集分区,计算总污水量为2 918 m³/d;大豫镇共计17个行政村,共划分36个污水收集分区,计算总污水量为4 559 m³/d;岔河镇共计19个行政村,共划分24个污水收集分区,计算总污水量约为2 868 m³/d。

5 村庄分析

5.1 村庄分类影响因素

村庄污水收集系统主要由收集支管与主管组成,经现场调研并分析:污水收集系统的投资与村庄布局形态、居住密度、地形地势有关系。

5.1.1 村庄形态

村庄的布局形态是影响管道工程量的重要因

素之一。结合已实施的如东县农村项目经验并分析本项目涉及村庄特征,村庄布局主要呈棋盘型、“非”字型、条带型或散点型分布。其中“非”字型、条带型村庄污水收集管网长度较长。

5.1.2 居住人口密度

居住人口密度一般指居住区人口数量与服务范围面积之比,按比例大小可将村庄分为松散型、一般型、密集型、高度密集型。根据对已进行设计的村庄分析结果,发现污水收集管网长度与居住人口密度存在一定的关联性,居住人口密度越大,人均污水收集管网长度越短,反之居住人口密度越小,人均污水收集管网长度越长。因此居住人口密度也直接关系到污水管网工程量,影响管网工程投资。

5.1.3 地形条件

村庄地形条件会影响到管道的埋设深度,如东多是平原地区,还会涉及是否需要污水进行中途提升等问题,也会直接影响到工程的投资。

5.1.4 总结

本项目村庄分类主要考虑村庄形态和居住密度,见表1。

5.2 工程量分析

根据上述分类原则,对已设计的村庄进行村庄形态和居住密度进行归类,然后对同类村庄的管网工程量进行分析,得出该类村庄合理的工程量范围,见表2。

6 结 语

由于农村生活污水具有水量低、道路狭窄、居民多“沿路分布,逐水而居”,空间形态均质松散,污水收集难度大。因此,应首先完善村庄内的污水管

表1 村庄分类

序号	类型	村庄特征	村庄形态	人口密度/(人·hm <sup>-2</sup> )	各类村庄占比/%
1	松散型	村庄沿河或道路两侧发展,居民居住松散	条带型 散点型	< 30	8
2	一般型	离集镇一定距离或经济较为一般的村庄	条带型 “非”字型	30~60	39
3	密集型	人口密度相比一般型村庄较大,但低于高度密集型	棋盘型 “非”字型	60~80	26
4	高度密集型	一般位于集镇边上或经济相对发达,居住密度较大,或者房屋层数较多,外来人口较多	棋盘型	> 80	27

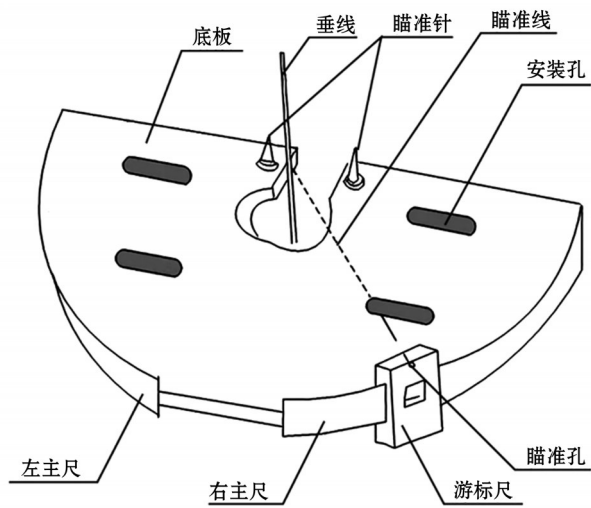


图5 垂线瞄准仪结构

用于监测桥头堡与大地之间的相对位移。将引张线法监测的闸身相对于桥头堡的位移,与倒垂线法

监测的桥头堡相对于大地的水平位移相叠加,即为闸身的绝对水平位移。配套了自动化监测系统,亦具备人工比测条件,自动监测和人工比测精度相当,均达到有关标准要求。三河闸水平位移监测系统能实时监测各测点水平位移,提供动态化、可视化界面,具有报警功能,测值稳定可信,系统运行正常,有助于工程安全运行,提升了科学管理水平。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. 水闸安全监测技术规范: SL 768—2018[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [2] 黄海. GNSS-RTK技术在港口工程围堤水平位移监测中的应用分析[J]. 珠江水运, 2022(7): 17-19.
- [3] 王宏晖. 浅谈引张线系统在外走马埭海堤水闸监测中的应用[J]. 运行管理, 2018(11): 67-70.
- [4] 张清杰, 黄善和, 万永波, 等. 引张线法在船闸闸墙水平位移监测中的实践[J]. 水利水电自动化, 2005(9): 44-47.

(上接第27页)

表2 工程量分析

序号	类型	DN160/m	DN250/m	人均管道长度 / m	人均管长 / m
1	松散型	5.5	6.2	11.7	11.2~14.4
2	一般型	2.3	2.6	4.9	4.3~6.5
3	密集型	2.4	1.7	4.1	3.7~5.3
4	高度密集型	1.5	1.8	3.3	3.0~3.9

线收集系统, 保证村内的污水收集率, 再根据当地村庄形态、居住密度等, 按照大市政、小集中、分散式处理等多种模式布局灵活运用提升泵站、污水收集池、污水处理站等设施, 最大程度实现污水的收集、处理。

#### 参考文献:

- [1] 薛楠, 葛会超, 邓子决. 分散式农村生活污水处理模式与管理分析[J]. 给水排水, 2021, 57(增刊1): 180-182.
- [2] 刘星, 柳文莉, 姜霞, 等. 嘉兴地区农村生活污水时空分布及处理设施现状分析[J]. 环境工程, 2020, 38(12):

38-44.

- [3] 孔令为, 邵卫伟, 叶红玉, 等. 农村生活污水处理技术应用的浙江经验及发展方向[J]. 中国给水排水, 2021, 37(2): 12-17.
- [4] 武毛妮. 陕南农村生活污水处理实例[J]. 中国给水排水, 2018, 34(24): 95-99.
- [5] 张金良, 樊新颖, 蔡明, 等. 我国城镇生活污水源分离技术实施途径探究[J]. 水资源保护, 2022, 38(5): 1-7.
- [6] 张景波. 浙江省桃峙村污水治理工程设计[J]. 中国给水排水, 2015, 31(10): 91-94.