

# 溧阳市农村生活污水治理的模式与经验

袁 立

(溧阳市水利局, 江苏 常州 213300)

**摘要:**溧阳市政府于2018年组织实施了农村生活污水综合治理工程,该工程采取了政府和社会资本合作的PPP模式,实行了农村污水纳管处理、按村相对集中处理与按户就地处理相结合的技术路线,采用了A/O接触氧化、MBBR、MBR 3种主要的处理工艺。经过近年来的建设,累计完成了917个村庄的生活污水治理任务,各处理设施出水的各污染物指标达到了相应的排放标准。

**关键词:**农村生活污水; PPP模式; 溧阳

中图分类号:X799.3

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)09-0024-05

## Model and experience of rural domestic sewage treatment in Liyang City

YUAN Li

(Liyang Water Resources Bureau, Changzhou 213300, China)

**Abstract:** In 2018, Liyang Municipal Government organized the implementation of a comprehensive treatment project for rural domestic sewage, which adopted a PPP model of cooperation between the government and social capital, and implemented a combination of rural sewage treatment, relatively centralized treatment by village, and on-site treatment by households, using three main treatment processes such as A/O contact oxidation, MBBR, MBR. Through the construction in recent years, a total of 917 villages had completed the treatment of domestic sewage, and the effluent pollutant indicators of treatment facilities had reached the corresponding discharge standards.

**Key words:** rural domestic sewage; PPP mode; Liyang

随着中国农村经济的稳步发展,农村生活污水的排放量不断增加,成为我国农村污染物的主要来源之一<sup>[1]</sup>。加强农村生活污水治理、改善农村生态环境是实现乡村振兴战略现阶段的主要问题<sup>[2]</sup>,也是建设美丽乡村的重要内容。农村生活污水治理是一项包括技术、管理、组织、标准、经费、政策机制等多方面的系统工程,这决定了农村生活污水必须因地制宜地探索符合实际的技术模式、建设模式、运维模式和组织管理模式。

作为江苏省村庄污水治理试点县,溧阳市政府于2018年组织实施了农村生活污水综合治理工程,

共完成了917个村庄的生活污水治理任务,各处理设施出水的各污染物指标达到了相应的排放标准。

目前,我国的农村污水处理率还不高,而随着国家乡村振兴战略的出台,农村污水治理已经成为我国农村人居环境整治的重点。因此,总结回顾2018年溧阳市农村生活污水综合治理工程的PPP项目模式、治理的技术路线和核心处理工艺,分析溧阳市农村生活污水处理工程建设和管理中存在的问题,归纳总结溧阳市农村生活污水治理的工作经验和教训,为其他地方的农村污水治理工作提供借鉴,为政府管理部门的相关决策提供依据。

收稿日期:2020-04-22

作者简介:袁立(1987—),男,工程师,本科,主要从事水利水务管理工作。E-mail:99345049@qq.com

## 1 溧阳市村庄概括及污水治理需求

### 1.1 村庄概况

溧阳市位于江苏省西南部,下辖1个街道10个乡镇,共2 615个自然村,其中706个为规划发展村,1 909个为一般村。2018年末全市户籍人口79.04万,其中农村户籍人口约21万户,城镇化率60.41%。

溧阳市地形复杂,境内有低山、丘陵、平原圩区等多种地貌类型,不同区域的村庄自然地理条件存在差异。昆仑街道、溧城镇、埭头镇、南渡镇、别桥镇片区以圩区为主,村庄布局相对集中,周围农田、鱼塘较多,生活污水多排入农田沟渠及附近池塘或河道;上黄镇、上兴镇、竹箦镇、社渚镇、天目湖镇、戴埠镇片区以丘陵山区为主,村庄布局分散,周围山林较多,生活污水多排入山间涧沟及附近河道。

### 1.2 村庄生活污水治理需求

溧阳市属太湖上游湖西水网区,境内河网纵横,库塘星罗棋布。干河有南河、中河、北河、丹金溧漕河、溧戴河、竹箦河、赵村河等,最终均流入太湖。水库有库容量1亿 $\text{m}^3$ 以上的大型水库2座,其水质一直保持国家Ⅱ级饮用水标准。因此为了保护本地饮用水水源安全和下游太湖的水质安全,溧阳村庄规模较大的规划发展村、水源地上游的一般自然村、太湖流域保护区范围内的一般自然村具有开展生活污水治理的迫切需求。

## 2 溧阳市农村生活污水的特征及治理要求

### 2.1 村庄生活污水特征

村庄的大小,农村居民的用水习惯等,会影响到农村生活污水的水质水量和设计规模,因此尽可能实地调研,以获取相对准确的数据。

#### 1) 农村居民的人均排水量。

根据溧阳市公共供水企业提供数据显示,溧阳市农村地区年供水量约1286.9万 $\text{t}$ ,日均供水量约3.5万 $\text{t}$ ,服务人口约40万人,人均用水量87.5 $\text{L/d}$ 。按照90%的转化率计,则人均排水量为78.8 $\text{L/d}$ 。

#### 2) 农村生活污水水质。

溧阳市农村生活污水的来源主要是厨房、洗涤间、卫生间排水,对这三股水坚持应收尽收原则。溧阳市对已建成的村庄生活污水处理设施的进水水质进行了抽样检测,结果如表1所示。

表1 溧阳市村庄生活污水处理站进水水质抽样检测结果

检测指标	区间范围/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	平均值/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
COD	70 ~ 300	139.6
$\text{NH}_3\text{-N}$	20 ~ 80	65.43
TN	20 ~ 100	68.65
TP	1.0 ~ 10	6.89

### 3) 村庄污水设计规模。

按照80%的污水收集率计,则溧阳市村庄生活污水的集中处理设计规模为人口数、人均排水量与收集率的乘积取整,结果如图1所示。设计规模占比排在第一、第二和第三的分别为10~20 $\text{t/d}$ 、5~10 $\text{t/d}$ 、20~30 $\text{t/d}$ ,这三种规模合计占到83%,说明溧阳市大部分村庄生活污水的处理规模都比较小,适合采用地埋式一体化处理装置。

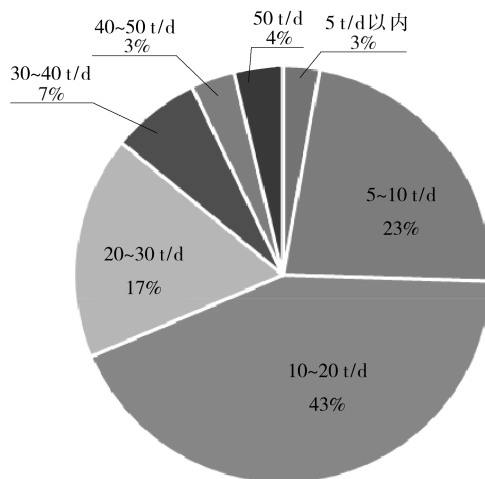


图1 项目实施范围内的村庄生活污水处理规模分布

### 2.2 治理要求

对于做接管处理的村庄,尾水执行与城镇污水处理厂相同的排放标准。分散式处理工程的尾水则根据排放去向,执行江苏省地方标准《村庄生活污水处理水污染物排放标准》(DB32/T 3462—2018)规定的相应排放标准,生态敏感度高、处理规模较大的区域,排放标准适当提高:太湖流域二级保护区、水源地保护区以及生态红线管控区内的村庄执行一级A标准,其他地区的村庄执行一级B标准<sup>[3]</sup>。

## 3 县域整体推进的PPP模式与污水治理路线

### 3.1 整体推进的PPP模式

2018年,溧阳市水利局统筹实施了溧阳市农村

表 2 基本控制项目排放限值 单位:mg/L

控制项目	$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{TP})$	动植物油
一级 A 标准	50	5(8)	20	1	1
一级 B 标准	60	8(15)	30	3	3

注:括号外数值为水温  $>12^\circ\text{C}$  时的控制指标,括号内数值为水温  $\leq 12^\circ\text{C}$  时的控制指标

生活污水综合治理(含部分村庄污水处理设施提升改造)项目,计划投资 12.5 亿元新建 735 个自然村治理工作,涉及整个县域范围,治理原则为城乡统筹、统一规划、统一建设、统一运行、统一管理,以实现区域治污一体化,并突出以保护太湖、溧湖等重要水源地和环境敏感区为实施重点。

鉴于该项目一次性投资大、治理范围广、村庄数量多、专业性强,项目采用了 PPP 模式,该模式适用于政府负有提供责任又适宜市场化运作的公共服务、基础设施类项目<sup>[4]</sup>。PPP 模式下,政府和企业共同融资,优化资源的配置,收益共享;同时共担风险,在项目每一阶段做好风险评估与管控,可保证工作高效高质地完成<sup>[5]</sup>。PPP 模式还确保了运行维护的专业化和监管的具体化,明确了农户、政府和企业各自的义务,有利于县域村庄生活污水治理工作的整体推进。

采用 PPP 模式一年后,以 2019 年 6 月底的数据为例,溧阳市建成了 617 套污水处理设施(5~60 t/d)、571 套净化槽(1~2 t/d),完成 63 个村庄污水接管工程,新增污水处理能力 10 320 t/d,共完成投资约 10 亿元。

### 3.2 农村污水治理技术路线

溧阳市农村生活污水的治理,从施工周期、经济效益、智能化管理、生态田园造型等方面综合考虑,实行了农村污水纳管处理,按村相对集中处理与按户就地处理相结合的技术路线。农村污水纳管处理,是指按村铺设管道收集污水后,送至附近的乡镇或区域集中污水处理厂处理,在有纳管条件的地区,为优先考虑的路线;农村污水按村相对集中处理,是指按村铺设管道收集污水后,送至新建的地理式一体化设备处理;农村污水按户就地处理,是指村庄铺设管道存在施工困难等不利于集中收集的情况下,可按单户、多户组合就地新建家用净化槽对其生活污水进行处理。总的技术路线如图 2 所示。

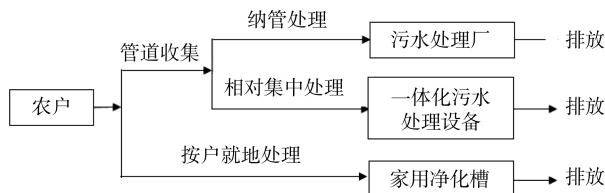


图 2 溧阳市农村生活污水治理总技术路线

#### 3.2.1 污水收集与尾水排放

##### (1) 农户庭院内的户用污水收集系统

场院内的生活污水排放点主要是厨房、卫生间和洗涤间,采取应收尽收原则收集。根据排放点实际情况选择接户管管材、管径,并配套建设厨房清扫井与化粪池。项目采用塑料厨房清扫井,所带提篮可拦截厨房污水中夹带的油垢、杂物等,缓解下游污水处理压力;化粪池改造采用一次注塑成型成品塑料或玻璃钢化粪池。

##### (2) 农户庭院外的污水收集系统

庭院外的污水收集系统根据村内污水收集主管网设计管道布置,管材采用 HDPE 双壁波纹管,一般为主管 DN150、DN200、DN300 污水管道;管道埋深方面,生活污水接户管起端埋深不小于 0.45 m,主管起端埋深不小于 0.7 m,村内主管道埋深不超过 2.0 m,否则增设提升泵站减小管道埋深,村外或道路较宽处理深可适当增加。

##### (3) 农户庭院外的污水处理设施出水排放系统

污水设施处理后的尾水分 2 种情况处理:附近有农田、沟渠的,考虑就近排入沟渠或农田回用;对于村庄采用集中式处理又没有受纳水体的,建设人工湿地统一处理,见图 3。

#### 3.2.2 主要的污水处理工艺

根据我国农村水环境修复工艺选择的原则,即高效、低耗、低投资、操作简单、运行稳定<sup>[6]</sup>,项目的污水处理设施主要选取了 3 种污水处理工艺,即多级 AO 生物接触氧化工艺、MBBR 工艺和 MBR 工艺。

##### (1) 多级 AO 接触氧化工艺

多级 AO 工艺可充分利用碳源,具有有机物去除率高,抗冲击负荷能力强,运行管理灵活的优点,是近期农村生活污水处理的常见工艺<sup>[7-9]</sup>。本项目采用的桑德生态公司多级生物接触氧化技术在传统生物接触氧化法的基础上将反应单元设计成多级形式,使得原单级或二级反应器中的混合菌群在多级反应器中形成优势菌自然分化,最大程度地发

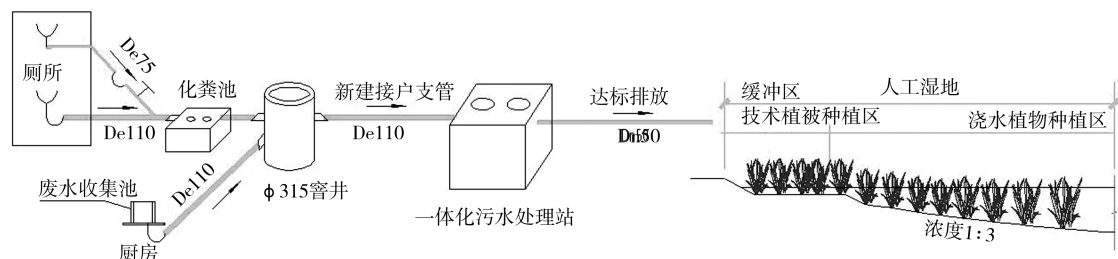


图3 溧阳市农村生活污水处理流程

挥各级优势菌群功能,提高处理效率。该工艺的流程图如图4所示。

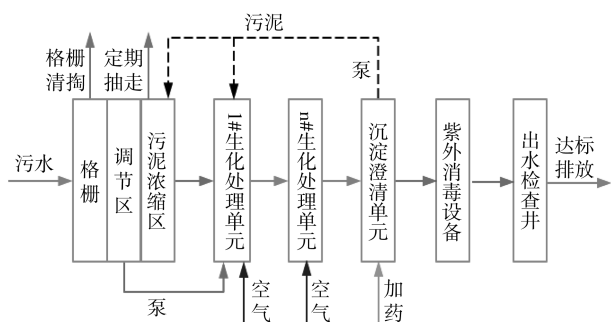


图4 多级AO接触氧化工艺

## (2) MBBR 工艺

MBBR 是一种微动力、低能耗的技术<sup>[10]</sup>,兼具活性污泥法和生物膜法的优点,无需调试复杂的工艺参数,适合于水量波动大、排放不均匀的农村生活污水处理<sup>[11]</sup>。填料是该工艺的核心,多用聚乙烯、聚丙烯等特性塑料或树脂制成,设备整体价格高。本项目采用合续环境公司自有专利的 MBBR 工艺,使用可再生的优质 PP 和玻璃纤维,工艺为热熔挤出缠绕制造,强度和耐腐蚀性能较好。该设备集生化、沉淀、消毒等单元于一体,可实现污水模块化处理,是装备化、标准化、自动化的工业化产品。

## (3) MBR 工艺

MBR 是一种新兴的高效污水处理法,已在农村污水处理领域得到了广泛应用<sup>[12-13]</sup>。但其运行中容易堵塞,核心部件膜片需定期清洗。项目采用上海稀沃公司的 ezMBR 集装箱式平片膜,将膜单元设计成较小的面积,单元之间通过自锁式互联形成产水汇总流道,无需软管连接。不但具有组装成型、管道连接、多组叠加、人工搬运、现场安装灵活方便的特点,还能克服现场尺寸和水位高度的限制,满足膜组件的大堆积率。

## 4 治理效果

该 PPP 项目的实施单位、完成的村庄数量、采用的处理设施类型如表 3 所示,建成后各工艺的处

理效果如表 4 所示。

可见实际运行中 3 种工艺去除率顺序为:多级 AO 接触氧化工艺 > MBBR 工艺 > MBR 工艺。水质监测数据表明,多级 AO 接触氧化工艺最贴近目前溧阳市村庄生活污水处理实际,工艺 COD 去除率 74.73%、氨氮去除率 96.82%、总氮去除率 82.11%、总磷去除率 80.84%,总体平均去除率达 83.63%,出水各污染物指标符合相应排放标准。

## 5 结论与建议

溧阳实施的农村生活污水综合治理工程项目采用 PPP 模式,走城乡污水统筹的一体化道路,结合溧阳市农村水环境的实际情况和主要问题,从收集和处理两个方面综合整治污水,不仅保证了污染物的去除,而且最大程度地节省了资源、节约了成本。治理工程取得了良好的效果,可为各地农村生活污水治理提供借鉴。

实际建设中,尽管 PPP 项目的参与单位较多,但是溧阳市坚持统筹施治,在图纸设计、现场施工、污水处理工艺及智能化运行监管上统一标准,明确农厕所污水以及盥洗、厨房污水全收集,因地制宜采取纳管处理优先,按村相对集中处理与按户就地处理相结合的处理模式,处理后出水稳定达到江苏省地方标准的排放要求。

建议在此运行管理水平的基础上鼓励资源化利用,因地制宜与当地的农业生产结构进行结合,进行污水的综合利用,在污水原位消纳的基础上实现资源化利用,走可持续发展道路。

## 参考文献:

- [1] 何军辉. 一体化设备在农村生活污水治理中的应用[J]. 环境与发展, 2020(2): 58-59.
- [2] 阳艳, 范文杰, 普梦瑜. AA-MBBR 一体化污水设备对农村生活污水的中式研究[J]. 环境工程, 2018(36): 191-194.
- [3] DB32/T 3462—2018. 村庄生活污水治理水污染物排放标准[S].

表 3 溧阳市农村生活污水综合治理项目建设概况

实施单位	镇区	自然村	接管村庄/个	分散处理村庄/个	地理式一体化处理站/座	净化槽/套	合计
北京桑德环境工程有限公司	别桥镇	66	18	48	69	39	108
	竹箦镇	39	1	38	41	33	74
	上黄	20	2	18	20	15	35
	社渚	90	3	87	94	64	158
	昆仑街道	7	2	5	6	2	8
	小计	222	26	196	230	153	383
中建水务环保有限公司	埭头	21	1	20	28	9	37
	溧城	18	0	18	27	6	33
	戴埠	82	13	69	67	103	170
	天目湖	56	4	52	64	85	149
	南渡	63	5	58	67	47	114
	上兴	134	14	120	134	168	302
	小计	374	37	337	387	418	805
合计		596	63	533	617	571	1188

表 4 溧阳市村庄生活污水处理工艺出水情况对比

工艺名称	处理规模/ ( $\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$ )	出水水质检测结果/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )				去除率/%				平均去除率/%
		$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{TP})$	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$	TN	TP	
多级 AO 接触氧化工艺	10 ~ 20	35.28	2.08	12.28	1.32	74.73	96.82	82.11	80.84	83.63
MBBR	5 ~ 10	25.4	9.51	20	1.82	81.81	85.47	70.87	73.58	77.93
MBR	10 ~ 20	28	7.25	19	2.3	79.94	88.92	72.32	66.62	76.95

- [4] 国家发展与改革委员会. 关于开展政府和社会资本合作的指导意见(国发[2014]60号)[EB/OL]. [2014-12-02]. [www.gov.cn/jzhengce/2016-05/22/content\\_5075602.htm](http://www.gov.cn/jzhengce/2016-05/22/content_5075602.htm).
- [5] 潘志富. PPP模式下连云港市河湖治理与发展路径研究[J]. 江苏水利, 2019(4):63-66.
- [6] 陈小攀. 农村污水治理技术综述[J]. 浙江化工, 2020, 51(1):36-40.
- [7] FUJII S. Theoretical analysis on nitrogen removal of the step-feed anoxic-oxic activated sludge process and its application for the optimal operation[J]. Water Science and Technology, 1996, 34(1/2):459-466.
- [8] ZHU G B, PENG Y Z, ZHAIL M, et al. Performance and optimization of biological nitrogen removal process enhanced by anoxic/oxic step feeding[J]. Biochemical Engineering Journal, 2009, 43(3):280-287.
- [9] 尹子华, 盛晓琳, 刘锐, 等. 多级 A/O 工艺强化处理城市污水的效果研究[J]. 环境科学, 2016, 37(9):3460-3465.
- [10] 唐文锋, 胡友彪, 孙丰英. 改性悬浮填料生物接触氧化预处理微污染水源水[J]. 水处理技术, 2016(5):109-112.
- [11] ZHANG X, CHEN X, ZHANG C, et al. Effect of filling fraction on the performance of sponge-based moving bed biofilm reactor[J]. Bioresource Technology, 2016, 219:762-767.
- [12] 张金. 模块化膜生物反应器(MBR)在农村污水处理中的实践分析[J]. 环境与发展, 2019(9):41-43.
- [13] S. DELGADO, R. VILLARROEL, E. GONZALEZ. Effect of the shear intensity on fouling in submerged membrane bioreactor for wastewater treatment[J]. Journal of Membrane Science, 2008, 311:1-2.