

宋承明,王晨雯. 西北某农村生活污水处理工艺设计分析[J]. 净水技术, 2022, 41(7): 78-82.

SONG C M, WANG C W. Design and analysis of a rural wastewater treatment process in northwest China[J]. Water Purification Technology, 2022, 41(7):78-82.



扫我试试?

## 西北某农村生活污水处理工艺设计分析

宋承明<sup>1</sup>,王晨雯<sup>2,3</sup>

(1. 上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司,上海 200092;2. 甘肃省绿洲资源环境与可持续发展重点实验室,甘肃兰州 730000;3. 西北师范大学地理与环境科学学院,甘肃兰州 730000)

**摘要** 农村生活污水由于缺乏污水收集管道和处理设施,大量污水得不到有效处置,严重影响农村水环境和村民身体健康。通过分析西北某农村的污水水质水量,结合当地实际情况,比选确定了最适合的污水处理工艺,即“预处理+AO+膜生物反应器(MBR)”工艺的智能一体化污水净化系统。运行结果表明,处理后水质能够满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,同时具有管理简单、自动化程度高等特点,适宜各类小规模污水处理,对西北农村污水处理具有一定借鉴意义。

**关键词** 西北地区 农村生活污水 水质水量分析 工艺比选 AO+膜生物反应器(MBR)工艺

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2022)07-0078-05

**DOI:** 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.07.011

## Design and Analysis of a Rural Wastewater Treatment Process in Northwest China

SONG Chengming<sup>1</sup>, WANG Chenwen<sup>2,3</sup>

(1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China;

2. Key Laboratory of Resource Environment and Sustainable Development of Oasis, Gansu Province, Lanzhou 730000, China;

3. College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract** Due to the lack of wastewater collection pipelines and treatment facilities for rural domestic wastewater, a large amount of wastewater can't be effectively treated, which seriously affects the rural water environment and the health of villagers. Based on the analysis of the quality and quantity of wastewater water in a rural village in northwest China, combined with the actual local conditions, the most suitable wastewater treatment process is selected, that is, the intelligent integrated wastewater purification system of "pretreatment + AO + membrane bioreactor (MBR)" process. The operation results show that the effluent indices can stably reach the first class A criteria of the *Discharge Standards of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plants* (GB 18918—2002), and have the characteristics of simple management and high degree of automation, which is suitable for all kind of small-scale wastewater treatment. And it has certain reference significance for the wastewater treatment in rural areas in northwest China.

**Keywords** northwest region rural sewage analysis of water quality and quantity process selection AO+membrane bioreactor (MBR) process

随着我国农村经济的迅速发展,居民生活水平不断提高,农村污水量也日益增加。然而,西北农村基础设施不完善,污水处理系统匮乏,导致大量污水

难以得到有效处置,农村水环境急剧恶化,严重威胁水源地水质和村民身体健康<sup>[1-3]</sup>。十八大以来,我国将加强农村基础设施建设、改善农村人居环境作为重要任务,把“乡村振兴”提升到国家战略高度。农村污水治理问题作为加快“美丽乡村建设”的重要环节,已成为当前环境污染治理工作亟待推进的

[收稿日期] 2020-11-11

[作者简介] 宋承明(1993—),男,硕士,研究方向为市政给排水设计及 BIM 技术,E-mail:songchengming@smedi.com。

重点<sup>[3-6]</sup>。

近年来,我国农村生活污水处理率逐年上升<sup>[6]</sup>,主要污水治理方式分为生物处理和生态处理两种。常见生物处理技术<sup>[3-6]</sup>有AO法、AO+膜生物反应器(MBR)、曝气生物滤池、厌氧生物滤池和厌氧沼气等;生态处理技术<sup>[3-4,7-9]</sup>包括人工湿地、稳定塘、蚯蚓生态滤池和土地渗滤等方式。同时,农村污水处理应因地制宜,尽可能采用简单实用、投资少、效率高、易维护、无二次污染的处理工艺。因此,本文根据西北某村污水特点,通过对比分析确定了AO+MBR工艺,建立了一套适合农村污水处理的智能一体化污水净化系统,运行后效果良好,对西北农村污水处理具有一定借鉴意义。

## 1 污水现状分析

西北某农村污水主要来自村民家中的厨房污水、洗衣废水等生活污水和家庭式畜禽养殖废水,水中N、P含量高,重金属和有毒有害物质含量极少。然而,由于缺乏污水收集管道和处理设施,污水只能沿道路、水沟直接排放至附近河流,镇区污水横溢,夏季蚊虫滋生、臭味弥漫,大大影响乡村环境和周边人民群众正常的生产生活。

污水中污染物(如N、P、病菌等)随地表径流转移,严重威胁地下水水质,同时影响当地河流和水源地水质,从而诱发全流域水环境生态危机<sup>[3,6-7]</sup>。该村地处西北干旱内陆,地表水和地下水作为该地区有限的可利用水资源,对今后的可持续发展起着决定作用,坚决不容污染。因此,从保护水资源、减少地下水污染和建设和谐社会等多角度出发,该村污水处理势在必行。

## 2 水质和水量分析

污水水质和水量决定污水处理站的处理工艺和负荷,是污水处理站设计最重要的基础数据。然而,本项目无水质监测报告,用户单一,污水全部为社区生活污水,因此,只能参考相关设计规范及同类污水处理站参数设计。

### 2.1 水质分析

本项目通过对比参考以往工程经验、给排水手册和周边地区已建污水处理厂站的实际进水水质情况,预测污水处理站的进水水质。其中,给排水手册典型生活污水的水质分为高、中、低3种,主要污染物指标如表1所示。

表1 典型生活污水水质指标

Tab. 1 Water Quality Indices of Typical Domestic Sewage

水质类别	COD <sub>Cr</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	TP/(mg·L <sup>-1</sup> )	氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	TN/(mg·L <sup>-1</sup> )
高	1 000	400	350	15	50	85
中	400	220	200	8	25	40
低	250	110	100	4	12	20

由于地域、气候和生活习俗等因素类似,我国西北城镇污水处理厂的水质参数更有参考意义,同时

考虑周边污水处理厂进水水质,周边部分城市污水处理厂设计进水水质参数如表2所示。

表2 西北部分城市污水处理厂设计进水水质

Tab. 2 Designed Influent Quality of Some WWTPs in Northwest China

地区	COD <sub>Cr</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	TP/(mg·L <sup>-1</sup> )	氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )
兰州	250~500	100~250	150~350	2~9	20~45
银川	310~510	180~275	80~170	3.8~6.8	29~38
西安	180~375	135~200	160~400	2~6	15~40

综合比较上述参数,同时结合该地区经济发展水平现状,污水处理站处理负荷能力设计时留有适当余地,确定该农村生活污水处理站设计进水水质

如表3所示。

### 2.2 水量分析

常用的污水量预测方法包括数据统计法、建设

表3 设计污水进水水质  
Tab. 3 Designed Influent Water Quality

水质项目	COD <sub>Cr</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	TP/(mg·L <sup>-1</sup> )	氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	TN/(mg·L <sup>-1</sup> )
设计进水	400	200	250	5	40	45

用地分类用水指标法和城市单位人口及建设用地综合排水量指标法。本项目由于服务区域较小,采用单位人口综合用水量指标法对项目区用水量进行预测,并结合当地实际情况进行修正。根据《室外给水设计规范》(GB 50013—2018)要求,并结合《西北地区农村生活污水处理技术指南》的农村人均排水量、当地自来水用水量核定定额及该地区农村生活习惯,确定本项目社区人均生活污水排放量按 60 L/d 计算,普通学校人均用水标准为 30 L/d,政府等机关单位人均用水标准为 60 L/d,排水量按用水量的

的 80% 计算。

通过调查该村居民的生活习惯和生产周期,发现该村人口中年轻人夏、秋季大多外出打工。同时,该村生活污水排放量呈季节性变化,即冬、春季相比夏、秋季人均污水排放量大大降低。经过综合分析,该村夏、秋季居住人口较少,人均污水排放量较高;冬、春季居住人口较高,人均污水排放量较少。根据计算,冬、春季污水排放量大于夏、秋季污水排放量,所以本项目设计污水排放量按预测污水排放量的 90% 计算,最终确定该村污水量如表 4 所示。

表4 项目区人口统计及污水量预测  
Tab. 4 Demography and Wastewater Quantity Forecast in the Project Area

项目	社区	学校	政府机关	商铺	合计
人口数量/人	1 640	460	70	240	2 410
污水量/(m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	88.56	11.04	3.36	11.52	114.48

注:社区人口按照 4 人/户计算

### 3 污水处理工艺比选分析

#### 3.1 出水水质标准

污水处理站出水水质的确定取决于污水处理站处理后出水的最终出路、收纳水体自净功能及国家颁布的不同水域的污水排放标准。本项目出水均用

于绿化、洒水降尘等生态用水,应充分考虑提高出水水质,防止储存水质恶化和对地下水的污染,根据《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002),当出水用作城镇景观用水和一般回用水时执行一级 A 标准,具体出水水质指标如表 5 所示。

表5 本项目设计出水水质  
Tab. 5 Designed Effluent Quality in the Project

水质项目	COD <sub>Cr</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	TN/(mg·L <sup>-1</sup> )	氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	TP/(mg·L <sup>-1</sup> )
设计出水	50	10	10	15	5(8)	0.5

注:氨氮括号外数据为水温>12℃时的控制指标,括号内数值为≤12℃时的控制指标

根据中水的回用用途,中水回用的水质执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2020),相应的回用水水质标准为 BOD<sub>5</sub>≤20 mg/L、SS≤20 mg/L、氨氮≤10 mg/L、PH 值=6~9。污水处理站出水均能满足中水回用的要求,所以中水回用前不另设处理设备。

#### 3.2 污水处理工艺比选

与城市污水相比,农村生活污水水量小、波动大且分散度高。再者,不同地区乡村污水的排放特征相差较大,排放标准也不尽相同。因此,农村污水处

理工艺应根据其污水的特点和自身条件决定<sup>[3,8-10]</sup>,工艺选择应考虑以下几点:(1)污水变化系数大,需要抗冲击负荷能力强;(2)应选一次投资低、运行费用少的处理工艺,降低经济成本;(3)产泥量要低,降低污泥处理费用;(4)要操作简单、维护管理方便。根据以上特点,结合国内外工程实例,选取以下 3 种工艺路线进行比选(表 6)。

由表 6 可知,方案一占地面积较少、工艺流程较短、土建费用较低、运行稳定、出水可靠、自动化程度高,但设备投资较高;方案二占地面积较小、土建费

表6 污水处理工艺方案比选

Tab. 6 Schemes Comparison of Sewage Treatment Processes

比较项目	方案一	方案二	方案三
	预处理+二级生物处理+膜生物处理	预处理+曝气生物滤池+沉淀+过滤	预处理+二级生物处理+沉淀+过滤
占地面积	小	较小	较大
土建投资	小	较小	较大
设备投资	大	较大	较小
工程总投资	较大	大	一般
运行费用	较高	高	一般
工艺流程	短	较短	较长
处理稳定性	好	较好	一般
出水水质	好	较好	一般
运行管理	简单	复杂	一般
污泥产量	少	较少	多
自动化程度	高	一般	一般

用较低,但总投资和运行费用较高、运行管理复杂;方案三工程投资及运行费用较省,但工艺流程较长、运行管理较复杂。本工程污水处理工艺路线要求出水稳定、运行管理简单,因此,最终采用方案一处理工艺。

### 3.3 处理工艺论证

近年来,农村水源地水体富营养化加剧,对污

水 N、P 等指标的控制尤显重要,脱氮除磷效果已成为确定污水处理工艺的重要指标。本项目对“AO 生物处理+MBR”工艺和“AO 生物处理+曝气生物滤池+CMF 膜过滤”工艺进行比选。由于工艺方案的不同,其机械设备、电气设备和自控系统的配套不尽相同,总体归纳两种工艺的技术特性如表 7 所示。

表7 两种工艺的技术性能比较

Tab. 7 Technical Performance Comparison of Two Processes

性能	AO 生物处理+MBR	AO 生物处理+曝气生物滤池+CMF 膜过滤
处理效果	对 N、P 等污染物去除效果好,出水水质较好,可以直接回用;抗冲击能力强	出水水质可达标,但不如 MBR 工艺,抗冲击负荷能力差
一次投资	小	大
占地面积	小	大
运行费用	一般	较高
操作管理	工艺流程短、自动化程度高、操作简便	工艺流程长、构筑物多、管理较复杂

综上所述,本工程根据进水水质和回用要求,最终采用 AO+MBR 工艺。

### 3.4 一体化污水处理系统

本项目污水处理工艺主要采用一套处理能力为 150 m<sup>3</sup>/d 的智能一体化污水处理系统,该系统结合了生物技术与膜技术的优点,采用 APP 智能远程控制,无需人工值守,同时具有设备集成化、结构模块化、运输方便、安装便捷等特点,能够适用于各种中、

小规模的分散性生活污水和与之类似的工业有机废水处理。通过污水管道收集的污水首先通过格栅拦截进行预处理,目的是初步降低无机颗粒物质的含量,提高污水的同一致性和可生化性;接着进入调节池进行水质水量的调节,经调节后的污水进入智能一体化污水净化系统,依次通过集成化的缺氧池、好氧池及膜池后直接出水。具体工艺流程及一体化智能系统如图 1~图 2 所示。

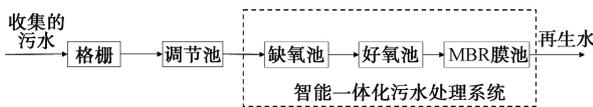


图1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow Chart of Wastewater Treatment Process



图2 一体化污水净化系统模块单元

Fig. 2 Module Units of Integrated Wastewater Purification System

## 4 运行效果

该项目现已建成通水,经监测,运行期间各项进出水水质如表 8 所示。各项水质指标能够满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,并具备很好的脱氮除磷能力。然而,由于本次设计未考虑除油措施,污水中的油脂易吸附在 MBR 膜片上,可能导致膜堵塞,降低膜使用寿命。

智能一体化污水处理系统机械化、自动化程度高,每 3~5 座污水处理站配备 1 名管理人员,定期进行水质化验分析和污泥清理等工作,即可满足正常运行。该系统运行管理简单、操作方便、自动化程度高,同时可以美化乡村环境,为当地居民提供良好的生活环境。

## 5 结语

(1)农村污水水质水量波动较大,居住人口分散,需选择抗冲击负荷能力强的处理工艺,并且宜采

表 8 污水处理系统实测进出水水质

Tab. 8 Actual Influent and Effluent Quality of WWTP

项目	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	氨氮	TP
进水/(mg·L <sup>-1</sup> )	294.0~352.0	146.0~205.0	165.0~228.0	36.0~43.0	31.0~40.0	2.80~4.50
进水均值/(mg·L <sup>-1</sup> )	321.3	176.2	192.5	39.7	34.1	3.80
出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	32.0~46.0	7.0~10.0	6.0~10.0	10.2~15.4	4.0~5.2	0.30~0.50
出水均值/(mg·L <sup>-1</sup> )	38.2	8.4	7.8	12.9	4.8	0.45

用小规模一体化污水处理系统。

(2)综合考虑经济水平、操作运维和村容村貌等因素,该村采用“AO+MBR”工艺智能一体化污水处理工艺是可行的。

(3)工艺设计时应考虑增加除油设施,避免造成 MBR 膜堵塞。

(4)该一体化污水处理工艺处理农村污水出水水质能稳定达到一级 A 标准,对西北地区农村生活污水处理具有一定借鉴意义。

## 参考文献

- [1] 江成,饶红敏,熊继海,等. 鄱阳湖流域农村生活污水处理现状及技术模式[J]. 环境工程, 2018, 36(10): 9-12.
- [2] 石炼,秦嘉琦,程小文,等. 中部地区某县农村“厕所革命”专项规划实践研究[J]. 给水排水, 2019, 55(6): 16-21.
- [3] 段先月,唐朝春,吴庆庆,等. 农村污水现状及处理技术研

究进展[J]. 水处理技术, 2018, 44(9): 27-31.

- [4] 谢林花,吴德礼,张亚雷. 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.
- [5] 吕锡武. 可持续发展的农村生活污水生物生态组合治理技术[J]. 给水排水, 2018, 54(12): 1-5.
- [6] 贾小宁,何小娟,韩凯旋,等. 农村生活污水处理技术研究进展[J]. 水处理技术, 2018, 44(9): 22-26.
- [7] 杜澄明,邢蓓燕,严志豪,等. 组合型人工湿地处理农村生活污水的效能分析[J]. 净水技术, 2019, 38(4): 16-20.
- [8] 朱泽民. 生态沟+厌氧+人工湿地用于农业面源污染综合治理[J]. 中国给水排水, 2019, 35(8): 96-99.
- [9] 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.
- [10] 王刚,刘春梅,赵雪莲,等. 缺氧接触氧化/生物转盘组合工艺处理农村生活污水[J]. 中国给水排水, 2019, 35(19): 99-104.