

# 陕南农村生活污水处理实例

武毛妮

(西京学院 理学院, 陕西 西安 710123)

**摘要:** 陕西省安康市平利县2016年建设了5座村级污水处理站,结合农村的现实情况,设计采用改进的厌氧生物池结合人工湿地技术。厌氧生物池由三格式化粪池改进而来,更适用于农村生活污水前端处理。人工湿地技术采用快速渗滤湿地结合两级垂直潜流人工湿地工艺。污水处理站建成后,出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级B标准,运行成本为0.52~0.73元/m<sup>3</sup>。

**关键词:** 农村生活污水; 厌氧生物池; 快速渗滤湿地; 潜流人工湿地

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)24-0095-05

## Case Projects of Rural Domestic Sewage Treatment in Southern Shaanxi

WU Mao-ni

(Science College, Xijing University, Xi'an 710123, China)

**Abstract:** Five village scale sewage treatment stations were built in Pingli County, Ankang City, Shaanxi Province in 2016. The improved anaerobic biological tank and constructed wetland technology were adopted based on the rural reality. The anaerobic biological tank was improved from the three-chamber septic tank, which was more suitable for the pretreatment of rural domestic sewage. The constructed wetland combined rapid infiltration wetland and two-stage vertical subsurface flow constructed wetland. After the completion of the sewage treatment stations, the quality of effluent has stably reached the first level B criteria of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002), with operation cost of 0.52-0.73 yuan/m<sup>3</sup>.

**Key words:** rural domestic sewage; anaerobic biological tank; rapid infiltration wetland; subsurface flow constructed wetland

近年来,随着我国城镇化的加速发展,农村经济也取得较大的进步,然而农村的水环境质量却在不断的恶化,并且影响到了我国农村居民的生活质量<sup>[1]</sup>。目前我国的城市污水处理率约为46%,县城污水处理率约为11%,而乡镇甚至不超过1%<sup>[2]</sup>,所以村镇级污水治理空间比较大。村镇污水的排放特征相差较大,并且污水处理技术及排放标准也不尽相同。农村污水从宏观来看,总量很大,不集中,分

散户的水量又较小,并且日变化较大,污水水质及排放特点与城市差异性较大<sup>[3]</sup>。

陕南地区水资源丰富,居民用水习惯与关中、陕北地区相差较大。村镇污水与市政污水相比,污染物的浓度偏低:COD<sub>Cr</sub>≤300 mg/L, BOD<sub>5</sub>≤150 mg/L,属于中低浓度的生活污水,且以有机污染物为主,较容易处理<sup>[4]</sup>。

农村生活污水处理工艺目前有A/O<sup>[5]</sup>及A/O

结合人工湿地技术<sup>[6]</sup>、改良 A<sup>2</sup>O + 人工湿地工艺、净化槽工艺<sup>[7]</sup>、MBR(膜生物反应器)工艺<sup>[8]</sup>等。农村污水处理技术要以简单实用、管理方便为原则,同时要根据农村的用水习惯,尽量采用投资低、运行费用省并且污染物去除效率高、管理方便简单、易维护、具有一定的抗冲击能力的处理工艺。

农村污水处理属于小型污水处理的范围,处理量 < 100 m<sup>3</sup>/d,多采用无动力污水处理设施进行处理<sup>[9]</sup>,以厌氧处理为主。本设计根据农村用地灵活的优势,结合人工湿地深度处理技术,改进了无动力处理设施,采用厌氧生物池结合人工湿地技术,建成后系统运行比较稳定。

## 1 工程概况

根据陕西省安康市平利县农村环境综合整治的要求,2016年需建设村镇级生活污水处理站5座,覆盖4个镇5个村,分别是洛河镇六一村、正阳镇南溪河村、八仙镇乌药山村、八仙镇龙门山村、三阳镇九里村。分别采用预处理+人工湿地组合工艺进行农村生活污水处理,主要构筑物包括格栅池、厌氧生物池、组合式人工湿地等。

## 2 设计水质

进水为农村居民生活污水,主要来源于厨余、冲刷、洗涤、人畜尿和养殖废水<sup>[10]</sup>,含有大量有机物,如纤维素、淀粉、糖类和脂肪蛋白质等,也常含有病原菌、病毒和寄生虫卵以及氯化物、硫酸盐、磷酸盐、碳酸氢盐等无机盐类和钠、钾、钙、镁等。综合考虑农村污水排放特点、居民生活习惯及经济水平等因素,进水水质参考《室外排水设计规范》(GB 50014—2006,2014年版),以及《污水排入城镇下水道水质标准》(CJ 343—2010)中A标准并结合当地的实际情况确定。设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准,并排入附近河流。具体的设计进、出水水质如表1所示。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design concentration of influent and effluent

mg · L <sup>-1</sup>						
项目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP	SS	TN
设计进水	300	150	35	4	200	45
设计出水	60	20	8(15)	1	20	20

## 3 工艺流程

通过现场实地勘察,结合《陕西省行业用水定

额》(DB 61/T 943—2014),确定陕南农村居民用水定额为80 L/(人·d)。通过人口综合法进行污水排放量的估算,污水产生率取值80%,截污率取值90%,通过计算可知,污水排放量均在100 m<sup>3</sup>/d以下,分别是50、60、70 m<sup>3</sup>/d,并且排水量具有一定的不稳定性,存在早、中、晚用水高峰期,夜间几乎不排水。

农村居民生活污水具有排水量少、征地成本低的特点,后期要求运行简单、费用低,因此选择无动力的污水处理工艺,即厌氧生物池+组合式人工湿地工艺,通过水体自然落差实现无动力污水处理,大大降低了运行成本。

工艺流程如图1所示。

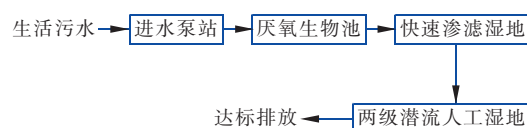


图1 农村生活污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of rural domestic sewage treatment process

## 4 主要构筑物及设计参数

以60 m<sup>3</sup>/d的排水量为例,运行时间为24 h,则设计水量为2.5 m<sup>3</sup>/h。

### 4.1 格栅池

格栅池主要用来拦截污水中的漂浮物,采用钢筋混凝土结构,尺寸为2.5 m × 1.0 m × 1.2 m(有效水深为0.55 m),1座。配套设备:1套平板粗格栅,栅宽800 mm,间隙10 mm;1套平板细格栅,栅宽800 mm,间隙3 mm,栅渣及污泥定期外运处理。

### 4.2 厌氧生物池

厌氧生物池为钢筋混凝土结构,1座,水力停留时间为18 h,有效容积为45 m<sup>3</sup>,厌氧填料Ø150 mm。厌氧生物池类似于三格化粪池,但优于三格化粪池,第一格为自然沉淀,悬浮性污染物在此自然沉降,中间过水孔进水,防止第一格中的浮渣进入第二格。上清液流入装有厌氧填料的第二格,大分子有机物被分解为小分子有机物,能有效降低后续处理单元的有机污染负荷,有利于提高污染物的去除效果。第三格加入20~40 mm碎石层进行过滤,过滤后的水向上流入快速渗滤湿地。三格的体积比约为3:3:2。

三格化粪池与厌氧生物池具体结构如图2所示。

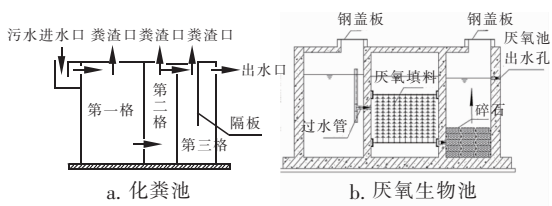


图 2 三格化粪池与厌氧生物池示意

Fig. 2 Three compartment septic-tank and anaerobic biological tank

4.3 快速渗滤湿地

湿地为垂直潜流式砖混结构,水力负荷为  $1.0\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,总面积为  $60\text{ m}^2$ 。配套设施:阀门井 1 座,尺寸为  $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m} \times 0.8\text{ m}$ ,砖混结构。湿地基质级配见表 2。

表 2 快速渗滤湿地基质级配参数

Tab. 2 Grading parameters of substrate in the rapid infiltration of wetlands

湿地基质	碎石	沸石	碎石	中砂
粒径/cm	0.5	0.5	2~4	0.5
厚度/m	0.05	0.10	0.30	0.05

快速渗滤湿地采用渗透性能较好的砂石、轻石、沸石等渗滤基质来替代土地处理方法中的天然土层,大大提高了污水的水力负荷。污水在向下渗滤的过程中经历不同的物理、化学和生物作用,通过截留、吸附和生物降解的协同作用使污染物得以去除,为后续的两级潜流人工湿地的进水水质提供一定的保障,可有效防止堵塞问题的发生。

快速渗滤湿地剖面见图 3。

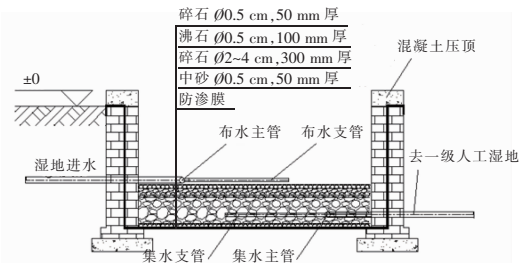


图 3 快速渗滤湿地剖面

Fig. 3 Cross-section of rapid infiltration of wetlands

4.4 两级潜流人工湿地

两级潜流人工湿地剖面见图 4。

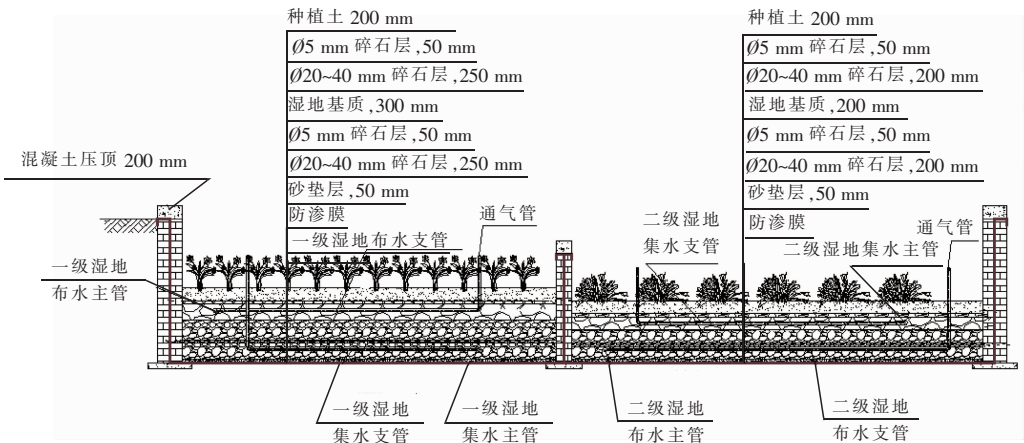


图 4 两级潜流人工湿地剖面示意

Fig. 4 Cross-section of two-stage subsurface flow constructed wetland

人工湿地类型为垂直潜流式,分下向流及上向流布水、集水方式,水力负荷取值  $0.20\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,水力停留时间为  $2\text{ d}$ ,基质的透水系数  $K_s = 3 \times 10^{-3}\text{ m/s}$ ,水力坡度  $n = 0.008$ ,湿地有效水深为  $0.9\text{ m}$ ,表层土壤厚为  $0.20\text{ m}$ ,超高为  $0.25\text{ m}$ 。人工湿地总面积为  $300\text{ m}^2$ ,分两块,分别为  $200\text{ m}^2$ (下向流式)及  $100\text{ m}^2$ (上向流式)。

潜流人工湿地基质级配参数见表 3。

表 3 潜流人工湿地基质级配参数

Tab. 3 Grading parameters of substrate in the subsurface flow constructed wetland

湿地基质	土壤层	碎石	碎石	基质	碎石	碎石	砂垫层
粒径/cm	—	0.5	2~4	—	0.5	2~4	—
一级厚度/m	0.20	0.05	0.25	0.30	0.05	0.25	0.05
二级厚度/m	0.20	0.05	0.20	0.20	0.05	0.20	0.05

配套设施:湿地布水管、集水管规格  $\varnothing 40 \sim 65\text{ mm}$ ,配水井 1 座,液位调节井 1 座(配套液位调节

器),排水井及排空井各1座,排空井的设置方便后期检修维护,与排水井合建。人工湿地及配套设施均为砖混结构。

湿地的基质由草炭土、沸石及陶粒组成,按照体积比为1:1:1配置。湿地植物种植清单见表4。

表4 湿地植物种植清单

Tab.4 Detailed list of plants in wetland

项目	种植地区	种植密度/(株·m <sup>-2</sup> )	数量/株
水芹菜/芦苇	一级湿地	9	1 800
香蒲/美人蕉	二级湿地	9	900

垂直潜流人工湿地采用下向流和上向流结合的布水方式及集水方式,形成好氧及厌氧区域,强化了脱氮除磷效果。为了确保湿地的布水、集水均匀,布水、集水主管、支管安装管道应保证其水平;布水、集水支管间距100 mm交错开孔;湿地布水、集水支管两侧需摆放管道保护砖,确保碎石无法进入管道;湿地铺设完防渗膜需做闭水试验,确保不渗水方可回填;液位调节器采用管箍连接。

## 5 运行效果

该工程于2017年10月建成试水,2017年11月—2018年4月进、出水水质平均值见表5。该工艺投资省、运行费用低、操作简便、无需复杂的自控系统,出水COD、SS等指标可以稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级B标准,并具备较强的脱氮除磷能力。该工艺适合小水量的生活污水处理,抗冲击负荷性能较好;同时可以美化景观,为动植物提供良好的环境。

表5 污水厂进、出水水质

Tab.5 Concentration of influent and effluent of WWTP

mg·L <sup>-1</sup>						
项目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP	SS	TN
进水	283.54	140.78	32.72	3.63	185.55	40.63
出水	58.83	18.95	6.85	0.93	17.05	16.97

## 6 技术经济分析

由于每座污水站都有人工湿地处理单元,占地面积较大,50 m<sup>3</sup>/d的污水站占地约350 m<sup>2</sup>,60 m<sup>3</sup>/d的占地约450 m<sup>2</sup>,70 m<sup>3</sup>/d的占地约500 m<sup>2</sup>。总投资为345.36万元,污水处理设施采用无动力运行,因此不产生电费;污水站无需专门配置管理人员,由村干部兼职,每月补助800元;污水站的设施维护费用约300元/月,则单位运行成本为0.52~0.73元/m<sup>3</sup>。

## 7 结论

① 生物厌氧池结合人工湿地技术是从多年农村污水处理设计经验中改进而来。

② 生物厌氧池中加入了厌氧弹性填料及碎石过滤,提高了生活污水脱氮除磷效果。

③ 人工湿地设计根据现场的地形条件,采用快渗湿地结合两级垂直潜流人工湿地,其中快速渗滤湿地主要去除悬浮性污染物,非常重要的人工湿地前处理阶段。两级垂直潜流人工湿地采用下向流及上向流水流方向,提高了污染物在人工湿地的去除效率。

## 参考文献:

- [1] 吴杰,童祯恭,刘占孟,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.  
Wu Jie, Tong Zhengong, Liu Zhanmeng, et al. Analysis on the current situation and countermeasures of rural sewage treatment [J]. Environmental Protection, 2014, 42(4): 58-60 (in Chinese).
- [2] 刘强,王学江,陈玲. 中国村镇水环境治理研究现状探讨[J]. 中国发展,2008,8(2):15-18.  
Liu Qiang, Wang Xuejiang, Chen Ling. Current research on water environment control for countryside in China [J]. China Development, 2008, 8(2): 15-18 (in Chinese).
- [3] 侯京卫,范彬,曲波,等. 农村生活污水排放特性研究评述[J]. 安徽农业科学,2012,40(2):964-967.  
Hou Jingwei, Fan Bin, Qu Bo, et al. A review of the discharge characteristics of rural domestic sewage [J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2012, 40(2): 964-967 (in Chinese).
- [4] 刘霞,陈洪斌. 村镇及小区污水的生态处理技术[J]. 中国给水排水,2003,19(12):32-35.  
Liu Xia, Chen Hongbin. Ecological treatment of wastewater in towns and communities [J]. China Water & Wastewater, 2003, 19(12): 32-35 (in Chinese).
- [5] 宋亚宁. A/O工艺在乡镇污水处理中的应用研究[J]. 现代盐化工,2018,(2):85-86.  
Song Yaning. Study on the application of A/O process in township wastewater treatment [J]. Modern Salt and Chemical Industry, 2018, (2): 85-86 (in Chinese).
- [6] 李晓东. A/O及人工湿地耦合工艺处理县城生活污水[J]. 环境保护与循环经济,2012,(9):54-55.  
Li Xiaodong. The coupling process of A/O and constructed wetland to treat county sewage [J]. Environmental



- Protection and Circular Economy, 2012, (9): 54 – 55 (in Chinese).
- [ 7 ] 吴光前, 孙新元, 张齐生. 净化槽技术在中国农村污水分散处理中的应用[J]. 环境科技, 2010, 23(6): 36 – 40.
- Wu Guangqian, Sun Xinyuan, Zhang Qisheng. Application of purification tank in distributed rural sewage treatment in China [J]. Environmental Science and Technology, 2010, 23(6): 36 – 40 (in Chinese).
- [ 8 ] 蒋岚岚, 刘晋, 钱朝阳, 等. MBR/人工湿地工艺处理农村生活污水[J]. 中国给水排水, 2010, 26(4): 29 – 31.
- Jiang Lanlan, Liu Jin, Qian Zhaoyang, et al. Treatment of rural domestic sewage by MBR/constructed wetland process [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(4): 29 – 31 (in Chinese).
- [ 9 ] 袁定浩, 孔一江. 村镇建设中农村污水处理设施的选择[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(2): 93 – 95.
- Yuan Dinghao, Kong Yijiang. Chooses the sewage treatment facility in village and town construction [J]. Environmental Science and Management, 2010, 35(2): 93 – 95 (in Chinese).
- [ 10 ] 潘碌亭, 吴坤, 杨学军, 等. 我国农村污水现状及处理

方法探析[J]. 现代农业科技, 2015, (5): 223 – 225.

Pan Luting, Wu Kun, Yang Xuejun, et al. Analysis of present situation and treatment methods of sewage in rural areas in China [J]. Modern Agricultural Technology, 2015, (5): 223 – 225 (in Chinese).



作者简介:武毛妮(1985 – ), 女, 陕西咸阳人, 博士, 工程师, 主要研究方向为水环境污染治理。

E – mail: 454123766@ qq. com

收稿日期: 2018 – 06 – 27

(上接第 94 页)

- Chao Guoliang. Status and development trend of industrial hazardous waste management [J]. Science & Technology Information, 2012, (24): 1 – 2 (in Chinese).
- [ 4 ] 李雪红, 柳宪布, 张文功. 危险废物处理处置技术研究 [J]. 硅谷, 2010, (8): 2 – 2.
- Li Xuehong, Liu Xianbu, Zhang Wengong. Research of hazardous waste treatment and disposal technology [J]. Silicon Valley, 2010, (8): 2 – 2 (in Chinese).
- [ 5 ] 张丽颖. 危险废物分级管理指标体系研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2006.
- Zhang Liying. Study on Index System of Hazardous Waste Classification Management [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2006 (in Chinese).
- [ 6 ] Regel-Rosocka M. A review on methods of regeneration spent pickling solutions from steel processing [J]. J Hazard Mater, 2010, 177(1/2/3): 57 – 69.
- [ 7 ] Agrawal A, Sahu K K. An overview of the recovery of acid from spent acidic solutions from steel and electroplating industries [J]. J Hazard Mater, 2009, 171(1/2/3): 61 –

75.



作者简介:马琦(1993 – ), 男, 陕西富平人, 硕士研究生, 主要研究方向为水处理药剂开发及其技术应用。

E – mail: damaqi11@ 163. com

收稿日期: 2018 – 05 – 02