

北方地区农村生活污水生态稳定塘处理示范工程设计

张巍¹, 路冰^{1,2}, 刘峥^{1,3}, 刘晋¹, 王坤元¹, 李晓东¹, 刁士民¹

(1. 辽宁省环境科学研究院 国家环境保护村镇污水处理与资源化工程研究中心, 辽宁 沈阳 110161; 2. 辽宁大学 环境学院, 辽宁 沈阳 110036; 3. 辽宁环境保护与循环经济杂志社, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 开原市庆云堡镇紧邻亮子河,为辽河的一级支流,在开原境内流程为25 km,庆云堡镇生活污水直接排入亮子河,其水质对辽河干流的水环境有直接影响,长期以来遭受严重污染。针对于此,建设了庆云堡镇生活污水处理工程,该工程主要由前置强化塘、自然塘和后置调节塘组成。出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)二级标准。该工程是“十二五”国家重大科技专项示范工程,运行结果表明,该工程投资成本低、维护简便、运行稳定,适合村镇污水的集中和分散处理,具有推广应用的前景。

关键词: 生态稳定塘系统; 农村生活污水; 示范工程

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)06-0049-04

Demonstration Project Design of Ecotypic Stabilization Pond for Rural Domestic Sewage Treatment in Northern China

ZHANG Wei¹, LU Bing^{1,2}, LIU Zheng^{1,3}, LIU Jin¹, WANG Kun-yuan¹,
LI Xiao-dong¹, DIAO Shi-min¹

(1. National Environmental Protection Engineering Research Center for Rural Wastewater Treatment and Resources, Liaoning Academy of Environmental Science, Shenyang 110161, China; 2. School of Environmental Science, Liaoning University, Shenyang 110036, China; 3. Editorial Department of Environmental Protection and Circular Economy in Liaoning, Shenyang 110161, China)

Abstract: Qingyunpu Town in Kaiyuan City locates close to the first tributary of the Liaohe, Liangzi River. The flowing distance is about 25 km in the Kaiyuan City. The drainage of sewage in Qingyunpu Town to Liangzi River leads to a direct impact on the quality of water quality of Liaohe, which has been heavily polluted for a long period of time. For this reason, an integrated ecological treatment process, namely the Qingyunpu Town Sewage Treatment Project, has been constructed to improve the water quality. The sewage treatment project includes pre-reinforced pond, natural pond and post-regulated pond. Effluent quality met the second grade standards of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). The project is a demonstration project of the national major program of science and technology for water pollution control during the period of “12th Five-Year Plan”. Due to the low investment, simple maintenance and stable operation, the project is suitable for

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07202-003, 2012ZX07212-001); 辽宁省科学技术计划项目(2011229001, 2013003008)

通信作者: 张巍 E-mail: wzhang1215@163.com

treatment of centralized and decentralized sewage. It has the prospect of popularization and application.

Key words: ecotypic stabilization pond system; rural domestic sewage; demonstration project

开原市庆云堡镇是辽河流域上游典型的村镇,2005年被命名为全国创建文明村镇工作先进镇,2006年被列为铁岭市社会主义新农村建设试点镇,2007年被列为省级“新农村试点项目”建设单位。庆云堡镇共有29个村,16万亩(1 hm² = 15 亩)耕地,人口总数2.2万人,是国家商品粮基地,也是开原市唯一的省级中心镇。

庆云堡镇紧邻亮子河,亮子河发源于昌图县,流经古城堡、庆云堡、三家子三乡镇,于前施家堡村西南入辽河,为辽河的一级支流,在开原境内流程为25 km,其水质对辽河干流的水环境具有直接影响,庆云堡镇生活污水直接排入亮子河,长期以来遭受严重污染。为此规划建设庆云堡镇污水处理厂,选址在亮子河河边,有大片低洼闲置土地,适合稳定塘技术。

2011年6月5日世界环境日,辽宁正式启动百座乡镇污水处理设施建设。为从根本上改善农村生产生活环境,辽宁决定在“十二五”期间,每年按全省乡镇总数20%左右的比例建设污水处理设施,5年累计建设900座以上^[1,2]。庆云堡镇生活污水处理工程是国家重大科技专项示范工程,是首批辽宁百座乡镇污水处理厂之一,总处理水量约2 000 m³/d,采用稳定塘工艺进行污水处理。通过该工程实施,对城镇污水稳定塘冬季低温运行与人工强化处理关键技术、北方低温地区组合稳定塘运行技术进行示范。预期削减COD 76 t/a,辽河流域一级支流亮子河水质将得到极大改善。

1 工程概况

1.1 工程位置和规模

开原市庆云堡镇生活污水处理工程的范围涉及庆云堡镇河东和河西村。工程处在亮子河的“几”字形内,区域面积为30 000 m²,实际占地面积为28 246 m²,受益人口为1.6万人,建设规模为2 000 m³/d,工程总投资为1 147万元。工程建成后,庆云堡镇污水将实现全部处理。

1.2 设计进水水量

亮子河属于典型的季节性河流,河水流量随月份变化明显。2007年亮子河全年总水量为0.89 × 10⁸ m³。本工程项目设计进水量为2 000 m³/d。

1.3 设计进、出水水质

出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的二级标准。具体进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP
进水	300	60	50	50	5
出水	100	30	30	25	3

mg · L⁻¹

2 治理措施及设计参数

庆云堡镇生活污水处理工艺流程见图1。

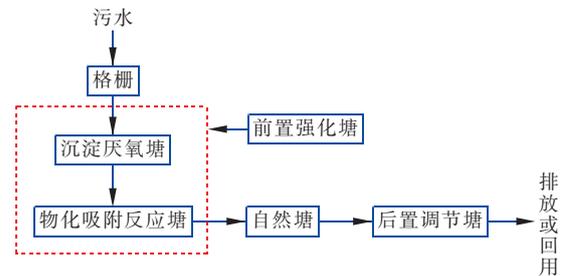


图1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

结合实际情况,提出如下技术措施:前置强化塘、人工后置调节塘、组合塘系统构建技术。

2.1 前置强化塘构建技术

设置前置塘,可降低后续自然塘进水的污染物负荷。前置塘的构建不仅可增大稳定塘的应用范围,同时降低了投资成本并便于后期维护管理。主要功能如下:①强化去除固体悬浮物与COD。利用沉淀厌氧塘截留固体悬浮物。②强化去除高浓度氮磷。利用粘土矿物开发技术,构建物化吸附反应塘,通过吸附、沉淀等作用,强化对水中氮磷的去除,进一步削减后续自然塘的污染负荷。

前置强化塘为钢筋混凝土结构,采用HDPE膜严格做好防渗处理。采用多头进水和多头出水。

2.1.1 沉淀厌氧塘

① 并联设置4座沉淀厌氧塘,塘型为矩形,每座塘面积为15 m × 50 m = 750 m²,一共3 000 m²。

② 有效水深为2.5 m,储泥厚度≥0.5 m,超高为1.0 m;位于稳定塘系统之首,起到截留污泥作

用,以便轮换除泥。

③ 堤坡:塘内坡度为(1.5:1)~(1:3);塘外坡度为(1:2)~(1:4)。

④ 水力停留时间为3 d。

2.1.2 物化吸附反应塘

① 并联设置8座物化吸附反应塘,一般为矩形,每座塘面积为 $15\text{ m}\times 25\text{ m}=375\text{ m}^2$,一共3 000 m^2 。

② 有效水深为2.5 m;储泥厚度 $\geq 0.3\text{ m}$;超高为1.0 m。

③ 堤坡:塘内坡度为(1:2)~(1:3);塘外坡度为(1:2)~(1:5)。

④ 水力停留时间为3 d。

2.2 人工后置调节塘构建技术

利用当地农业和工业废弃物(秸秆、炉渣等)研发低浓度氮磷吸附材料合成技术,筛选高效、低成本、安全的合成材料构建后置调节塘,利用吸附、沉淀等作用进一步去除氮磷,保证冬季出水水质。

① 并联设置8座后置调节塘,一般为矩形,每座塘面积为 $15\text{ m}\times 25\text{ m}=375\text{ m}^2$,一共3 000 m^2 。

② 有效水深为2 m;储泥厚度 $\geq 0.3\text{ m}$;超高为1.0 m。

③ 堤坡:塘内坡度为(1:2)~(1:3);塘外坡度为(1:2)~(1:5)。

④ 水力停留时间为3 d。

2.3 自然塘系统

① 一般为矩形,中间设置两座导流墙,塘面积为 $105\text{ m}\times 200\text{ m}=21\ 000\text{ m}^2$ 。

② 有效水深为1.5 m;储泥厚度 $\geq 0.3\text{ m}$;超

高为1.0 m。

③ 堤坡:塘内坡度为(1:2)~(1:3);塘外坡度为(1:2)~(1:5)。

④ 水力停留时间15 d。

2.4 组合塘系统构建技术

基于污水处理反应器原理,根据控制论的思想,结合各级单元塘的功能特性、各单元塘之间的互助性和互补性,层层递进、环环相扣,构建组合塘系统。根据村镇污水排放量和排放时间等特点,优化各单元塘结构,确定运行参数,建立逐级控制方案,实现村镇生活污水的生态处理,使出水水质达标。

3 污水收集及截流管网工程

3.1 工程范围和工程规模

庆云堡镇污水处理厂排水截流收集系统主要收集镇头村河东村和河西村的居民生活污水。总规模为 $2\ 000\text{ m}^3/\text{d}$ 。排水管网截流收集系统的建设规模为7.5 km,占地面积为7 000 m^2 ,管径为400 mm,管网单价为85万元/km,管网造价为638万元。

3.2 截流方式和截流倍数的确定

3.2.1 截流方式

新修建敷设的下水截流管路将庆云堡镇城区现有下水管路截流、汇集,最终引入新建污水处理厂。

3.2.2 截流倍数的确定

结合实际情况,考虑到工程投资和运行管理等因素,同时,借鉴东北地区现有城市污水截流干管设计情况,庆云堡的污水截流主干管截流倍数按 $n_0=1$ 设计,可以满足对初期雨水的收集和处理。

3.3 截流管网设计

各种管材综合性能对比见表2。

表2 各种管材综合性能对比

Tab.2 Comparison of various pipes properties

项 目	HDPE 双壁波纹管	玻璃钢夹砂管	塑料螺旋管	混凝土管
质量	相当于混凝土管的5%	相当于混凝土管的10%	相当于混凝土管的3%	较重
单管长度/m	>6	6、12	6,并可按实际情况制作	3~5
粗糙系数	0.009	0.008 4	0.009	0.013
材料耐腐蚀性能	优	优	优	良
管道工程质量与维护费用	采用牢靠的粘接和热熔法连接,连接质量高,不易破坏。整体工程质量易保证,工程维护费用低	采用双胶圈连接,抗渗性能好。不易损坏。工程维护费用较低	采用焊接连接,抗渗性能好。可按工程需要增加管段长度,工程维护费用较低	由于管材单管长度较短,接口较多,抗渗性能差,整体工程质量不如其他3种管材
对环境影响	良好	良好	良好	良好
使用寿命/a	60左右	50左右	≥ 50	≥ 50

经上述比较,结合庆云堡镇工程地质条件及实际经济状况,设计采用混凝土管。

4 示范工程运行效果

稳定塘运行期间控制参数如下:pH值为6.5~

7.0; C/N 比值取 11; T 为 20 °C, 厌氧塘 HRT 为 4.4 d, 强化厌氧塘 HRT 为 0.5 d, 兼性塘中部以上 DO 为 1.0 ~ 1.5 mg/L, HRT 为 7.2 d, 好氧塘和曝气塘 DO 为 2.0 ~ 4.0 mg/L, HRT 分别为 3.4 d 和 1.5 d; 强化厌氧塘内添加粉煤灰 + 赤泥填料, 好氧塘内种植水葫芦; 曝气塘曝气时间取 4 h。

该工程从 2016 年 9 月 30 日开始通水运行, 稳定塘总进、出水 COD、氨氮的逐月变化情况如表 3 所示。10 月为调试期, 当月进水量为 47 100 m³, 平均每天进水量为 1 519 m³, COD 平均去除率为 76.25%, 氨氮平均去除率为 91.4%。2016 年 11 月—2017 年 3 月, 平均每天进水量为 1 514 m³, COD 平均去除率为 85%, 氨氮平均去除率为 90.6%。

表 3 工程实际进、出水水质

Tab. 3 Actual influent and effluent quality

mg · L⁻¹

项 目	COD		NH ₃ - N	
	进水	出水	进水	出水
2016 年 10 月	139.0	33.0	76.5	6.6
2016 年 11 月	256.0	21.0	77.4	7.0
2016 年 12 月	262.0	48.0	72.6	6.8
2017 年 1 月	255.0	52.0	78.8	7.3
2017 年 2 月	263.0	50.0	74.4	7.4
2017 年 3 月	252.0	21.1	66.0	7.42

该示范工程投资成本为 2 545 元/m³。运行费用为 0.08 元/m³。该污水处理工程的建设和运行削减了开原市庆云堡镇地表水体的污染, 使地表水的环境功能得到改善。

5 结论

以生态稳定塘系统为主的庆云堡镇生活污水治理工程的建设, 保证了亮子河工程下游水质满足环境质量标准, 保障了辽宁省政府提出的“辽河干流三年消灭劣 V 类”目标的顺利实施。该工程经济上

合理, 技术上可行, 对于北方地区村镇支流的治理具有很好的示范作用。

参考文献:

- [1] 曹蓉, 王宝贞, 王琳, 等. 东营的生态塘污水处理系统 [J]. 中国给水排水, 2003, 19(13): 153 - 155.
Cao Rong, Wang Baozhen, Wang Lin, et al. Ecotypic pond wastewater treatment system in Dongying [J]. China Water & Wastewater, 2003, 19(13): 153 - 155 (in Chinese).
- [2] 张巍. 生态稳定塘系统处理农村及小城镇生活污水的现状 & 前景 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 329 - 332.
Zhang Wei. Current situation and prospect of sewage treatment in rural and small towns by ecological stabilization pond system [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 41(2): 329 - 332 (in Chinese).



作者简介: 张巍 (1975 -), 男, 满族, 辽宁锦州人, 博士, 教授级高级工程师, 生态治理工程中心主任, 研究方向为污水生态治理技术的研发。

E-mail: wzhang1215@163.com

收稿日期: 2017 - 07 - 27

科学防御水旱灾害, 有效促进人水和谐