

山西省县域农村污水连片治理研究

——以河津市为例

王海东^{1,2} 胡雪峰³ 杨永森^{1,2} 杨渤京^{1,2} 范德强¹ 张霞^{1,2}

1. 北京广诚环境科技有限公司
2. 清华大学山西清洁能源研究院
3. 山西黄河水务生态环保控股有限公司

摘要:近年来,建制镇地区和农村地区的市政基础设施建设水平相对城市地区明显滞后,污水处理系统不完善引起的水污染问题直接影响居民的饮水健康与生活质量,因此想要从根本上提升农村居民生活水平以及改善其居住环境,需要采取合理措施做好污水治理工作。本文综述了河津市农村生活污水综合利用PPP项目工程,结合河津市村镇排水现状及存在的问题,确定最终进水水质,确定处理工艺以及相关参数,对山西其他地区农村污水处理的建设具有一定的参考价值。

关键词:农村生活污水;治理模式;污水处理技术;组合工艺

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.24.112

近年来,我国经济发展速度提升,城镇化进程也得到快速推进。在此大环境中,人们对生活质量提出更高标准,同时也针对当地居住环境提出了更高的要求。农村以及郊区的面貌得益于城镇发展水平的提升也出现较大改观。通过对农村地区情况展开了解,其人口的流动以及发展在很大程度上受到污水处理水平滞后所牵制^[1-4]。污水处理的滞后导致人居环境受影响,也会对当地长久稳定发展起到阻碍作用^[5-7]。河津市深入贯彻落实山西省委“四为四高两同步”的总体思路和要求,全面开展农村污水治理综合利用项目。农村污水治理项目通过分析污水排放进出水水质、污水排放总量来确定管网布设路径及污水处理站的建设位置、规模及工艺技术。以河津市农村污水为研究对象,同当地农村污水指标还有出水水质等要求相结合,在此基础上确保设计出的管网铺设路线以及污水处理技术与河津市农村实际情况相适应,以期对相关地域性农村污水处理项目工程实施提供参考^[8-13]。

一、研究区域概况及排水现状

河津市坐落在山西省境内,位于该省西南位置。河津市与运城相邻,并且该地区属于汾河和黄河的三角地带。河津市属于暖温带大陆性黄土高原气候,四季分明,自然降水不足,气象灾害频繁。河津市平均人口密度为593人/平方公里。河津市农村污水主要来源于居民的厨房跟卫生间,因此水质相差不大,有害物质以及重金属含量很少,具体物质有磷和氮等,具有较好的可生化性。农村地区污水水量小,农村居民人口数量不多且居住较为分散,因此其排污量并不大。农村地区的排水系统还需要进一步完善,污水还有雨水会顺着路面与边沟流入到附近水体中,绝大多数地区会选择合流制排水。大部分村庄内基本无管网,村庄居民门口建有排水口排入路面,污水多院内或街巷随意泼洒、倾倒,汇入村外低洼处、水沟或河流内。对村庄周边环境造成污染,影响地下水水质,造成一定程度的资源浪费。

二、治理需求

(一) 农村污水产量

山西省河津市农村生活污水主要源自于村民生活污水,具体有洗涤废水、厕所废水以及餐厨废水等,河津市农村生活污水项目分为两期完成,第一期工程共涉及8个乡镇54个村庄,各村污水排放量在44.8-788.98t/d区间内,总计污水量6030t/d;第二期涉及6个乡镇51个行政村59个自然村,覆盖人口10.9791万人,各村污水排放量在16-342t/d区间,总计污水量6020t/d。

(二) 进出水水质标准

在本项目中,生活污水作为污水处理站最主要的进水水质,根据有关水质数据还有规范内容将进水水质确定下来,如下表(表2-1)。

表2-1 项目进水水质

| 项目 | COD _{Cr} | BOD ₅ | SS | TN | TP | NH ₃ -N | pH |
|--------------------------------|-------------------|------------------|------|-----|------|--------------------|-----|
| 河津一期进水水质 (mg·L ⁻¹) | ≤400 | ≤200 | ≤200 | ≤30 | ≤2.0 | ≤30 | 6~9 |
| 河津二期进水水质 (mg·L ⁻¹) | ≤240 | ≤120 | ≤200 | ≤30 | ≤2.0 | ≤25 | 6~9 |

河津市农村生活污水综合利用PPP项目工程根据政策内容,当地出水水质达到V类标准的污水处理站总

计有四个,分别位于中湖潮村、龙门、西王村和北原;寨上、东湖潮、南村、史惠庄、石庄、垣上、闫家洞、

曹家窑、常好、史家庄污水处理站以达到《农村生活污水处理设施污染物排放标准》(DB14/726-2019)相关

排放标准。其余污水处理站均达到一级排放标准。(表2-2)。

表2-2 农村生活污水处理设施水污染排放标准 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

| 项目 | COD _{Cr} | BOD ₅ | SS | TN | TP | NH ₃ -N | pH |
|---------|-------------------|------------------|-----|------|------|--------------------|-----|
| 一级标准 | ≤50 | -- | ≤20 | ≤20 | ≤1.5 | ≤5 (8) | 6~9 |
| 二级标准 | ≤60 | -- | ≤30 | ≤30 | ≤1.5 | ≤8 (15) | 6~9 |
| 三级标准 | ≤80 | -- | ≤50 | -- | -- | ≤15 (20) | 6~9 |
| 地表水V类标准 | ≤40 | ≤10 | -- | ≤2.0 | ≤0.4 | ≤2.0 | 6~9 |

三、治理模式及工艺选择

(一) 处理模式

农村污水主要来源于居民生活, 生活中的污水有机物含量高, 含一定量的氮和磷、水质波动大, 可生化性好的特点。需要充分参考布局形态规模、地理位置因素以及基础设施条件等内容, 可以选择污水处理站处理以及管网汇集处理。

1. 管网汇集处理

选择同城镇污水管网距离适中的管网接入, 具体可以选择接入周边污水处理厂处理模式。项目中阳村乡三迁村、永安村、连伯村、峻岭村、东庄村、绍庄村、东窑头村、西窑头村共计8个村排入市政污水管网, 污水排放量在70-408.8 m^3/d , 处理总量达到1296.4 m^3/d 。

2. 接入邻近污水处理站处理

接入邻近铝厂污水处理设施处理: 距离邻近铝厂污水处理设施不远, 可接入邻近污水处理站管网处理设施处理。河津市农村生活污水综合利用PPP项目中康家庄、樊村、西樊村、东光德村共计4个村庄排入铝厂污水管网, 污水排放量在44.8-221.76 m^3/d , 处理总量达到911.68 m^3/d 。

3. 建设污水处理站集中处理

根据实地现场调研, 对所在地理位置没有邻近的排水污水处理站的村镇, 采用建设污水处理站集中处理技术。河津市农村生活污水综合利用PPP项目中除了采用纳管处理的村庄, 剩余101个村庄全部采用集中处理模式, 建立污水处理站集中处理。处理总量达到13274.94 m^3/d 。

(二) 污水处理工艺

综合考虑进出水条件、当地气温、运维管理、建设费用以及环境条件等, 河津市农村生活污水综合利用PPP项目一期相对集中处理采用“ A^2O +人工湿地工艺流程”和“微生态滤床工艺”; 该项目二期相对集中处理采用“上行高负荷厌氧反应+微生态滤床(垂直下行潜流)”和“ A^2O +MBR”两种工艺^[14-17]。

1. A^2O +人工湿地工艺

生活污水由截流井截流后到格栅井中, 格栅机将大颗粒杂质还有悬浮物先进行去除, 接着污水通过调节

池, 由提升泵送至缺氧池, 降解部分有机物以及脱氮。从缺氧池自流进入二级或三级好氧池, 氨氮被降解为硝态氮。降解后的泥水混合物进入沉淀池进行泥水分离后进入深度处理单元。两级生化处理污水后, 出水就会来到湿地滤池进一步去除残留悬浮物和总磷, 在进行紫外线消毒后进入人工湿地再深入净化。

A^2O 工艺优势: 景观性强, 处理效果好, 抗冲击能力强, 较高的集成化程度和较短的施工周期等, 可以高效去除TP和TN。人工湿地可以将SS和TP以及TN有效去除。

2. “上行高负荷厌氧反应+微生态滤床(垂直下行潜流)”工艺

生活污水至高负荷厌氧反应池, 再由高负荷厌氧反应池中第四格的潜水泵取水至微生态滤床, 在微生态滤床中经过物理、化学及生物的多种反应净化后, 就近排放至河道中。在微生态滤床的处理过程中, 充分分解吸收污水中氮、磷、有机物等污染物质, 将污染物质进行转移, 完成水质的净化。处理后的出水收集与回用水清水池, 用于农田灌溉。整套系统在自动控制下运行, 无须专人管理。

微生态滤床主要强化COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 处理, 该工艺可以很好地处理 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和SS还有COD, 但是在处理TN以及TP效果一般。工艺优点: 运行成本低, 能耗低, 污泥量少, 处理效果好, 可集成化控制且没有噪音等。

3. “ A^2O +MBR”工艺

生活污水由截流井截流后, 进入污水处理站的格栅井, 经格栅机去除较大的悬浮物及颗粒杂质后进入调节池, 由提升泵送至一体化厌氧池、缺氧池和好氧池, 处理之后, 再进入MBR膜池进行深度处理, 最后经紫外线消毒后外排。膜生物反应器(MBR)是将传统活性污泥法与膜分离技术结合的一种处理技术。膜具有截留提高活性污泥浓度、高效截留悬浮物的作用, 对悬浮物去除效果好^[18-22]。

该工艺组合具有处理效果好, 耐冲击负荷能力强、占地小、施工周期短及集成化程度高等优点, 适用于水环境敏感、出水水质要求高的村庄, 运行成本相对较高。

4. 组合工艺应用

天津市农村生活污水综合利用PPP项目根据各自实际场地条件,因地制宜选择使用生活污水处理工艺技术。土地较易解决的38个站点选择厌氧+微生物滤床工艺技术方案;选址场地小的8个站点选用A²O+人工湿地工艺;土地相对紧张的12个站点选择A²O+MBR工艺方案。

四、治理效果

天津市农村生活污水综合利用PPP项目建设是其中一个对天津市环境进行保护的重要措施,对我国经济稳健发展起到了促进作用,而且还对当地投资环境也进行了改善,吸引来不少外资。

天津市农村生活污水综合利用PPP项目(一期)污水处理站完成创建以后,城市环境得到了很大的改善,新建的污水站,对污染物每年的减排量进行了统计,具体如下:每年的化学需氧量COD_{Cr}可降低减少437吨,每年生化需氧量BOD₅可下滑273吨,总悬浮物SS每年减少520吨,磷酸盐(以P计)每年减少9.85吨,氨氮每年减少95.8吨,总氮每年减少82.12吨。

天津市农村生活污水综合利用PPP项目(二期),污水处理总量达6020m³/d,新建各污水处理站出水水质执行地表V标准,其余污水站的出水符合《城镇污水处理站污染物排放标准》(18918-2002)中的一级A排放标准,满足当地环保和有关部门的要求。二期工程建成后,可实现农村生活污水收集处理全覆盖。污水治理从本质上控制了污水对地下水源的污染,对下游水源地起到了一定的保护作用。

五、投资情况与建设运维模式

天津市农村生活污水综合利用PPP项目二期估算有21182.3万元的总投资,18242.5万元是污水处理站工程费用,1538.7万元是基本预备费,281.2万元是土地补偿费,其他费用1208.5万元。

天津市农村生活污水综合利用PPP项目二期估算总投资22120.95万元(含建设期利息)。其中:工程费用17670.17万元(管网工程11378.62万元,污水处理站6061.55万元,污泥脱水站230万)2389.92万元属于其他费用,还有1603.02万元的基本预备费。465.85万元是建设期的利息,通过PPP模式运作,引入社会资本建设。

六、结论与建议

(1)天津市农村生活污水综合利用PPP项目(一期)污水处理总规模6030m³/d,解决了54个行政村的生活污水收集处理难题,惠及14万人。二期继续采用PPP模式推进剩余村庄生活污水治理工程建设,污水处理总量6020m³/d,二期工程实现了农村生活污水收集处理全覆盖。

(2)本项目将组合工艺在北方地区农村生活污水

处理板块进行了具体运用,有稳定的出水,且水质达标;用厌氧+微生物滤床组合工艺,投资小、能耗低,适合中小规模农村生活污水处理;A²O+人工湿地组合工艺具有景观特点,占地面积小;A²O+MBR组合工艺先进,出水水质高。这三种组合工艺为农村生活污水治理提供了实际案例参考。

(3)本项目天津市农村生活污水综合利用PPP项目已经建成,经过工艺处理后,运行效果好,具备稳定的出水水质,且符合《中华人民共和国地表水环境质量标准》(GB3838-2002)V类标准、《山西省农村生活污水处理设施污染物排放标准》(DB14/726-2013)综合排放标准一级标准。

(4)建议:在还未建设项目的时候,需要将现场调研及勘察工作做到位,其中涵盖的内容有很多,如地形和具体人口,还有供水及水质情况等。将项目的基础资料完全掌握后,有利于后期工作的展开。

参考文献

- [1]中华人民共和国水利部.村镇供水工程设计规范:SL687-2014[S].北京:中国水利水电出版社,2014.
 - [2]中华人民共和国住房和城乡建设部.室外排水设计规范:GB50014-2006(2016版[s]).北京:中国计划出版社,2016.
 - [3]山西省市政工程设计研究总院有限公司.给水排水设计手册(第5册):城镇排水(第三版)[M].山西:中国建筑工业出版社,2017.
 - [4]汪民,吴永锋钟佐燊污水快速渗滤土地处理[M].北京:地质出版社,1993.
 - [5]王枫,骆灵喜,刘欢,等.人工快速渗滤系统中人工快渗池对污染物的去除效果研究[J].环境污染与防治,2013,35(5):58-63.
 - [6]葛会超,宋彬,姜广辉,等.生物膜法A/O₂工艺处理城市小区污水并回用[J].中国给水排水,2012,28(8):60-62.
 - [7]晁雷,李婧男,李亚峰.兼氧MBR工艺在北方农村污水处理工程中的应用[J].工业水处理,2019,39(004):97-99.
 - [8]王冠鹏.沈阳市西部污水处理厂扩建工程的设计及可行性分析[D].沈阳:沈阳建筑大学,2011.
 - [9]谢晴,张静,麻泽龙,等.A²O-MBR工艺在农村生活污水治理中的示范[J].环境工程,2016,34(7):38-41.
- 作者简介 王海东(1990.12月),女,汉族,山西省山阴县,硕士,助理工程师,技术研发科技管理,环境工程研究方向。