

8

平谷西柏店村功能型精准湿地污水处理

项目位置：北京市平谷区大兴庄镇西柏店村

项目规模：80m³/d

竣工日期：2014年6月

8.1 项目基本情况

8.1.1 项目概况

西柏店村生活污水处理项目位于北京市平谷区大兴庄镇西柏店村北，是平谷区“美丽智慧乡村”集成创新试点建设项目之一。项目于2014年4月8日开工建设，2014年6月28日建成并投入使用，并获得2014年环保部“以奖促治”农村环境专项资金的奖励。

项目以预处理+功能型精准湿地为核心工艺，主要用于处理村民洗浴水、厨房水及冲厕水等生活污水。项目设计处理能力为80m³/d，占地面积1500m²，有效面积1000m²，服务人口1000人。

8.1.2 气象与水文地质条件

平谷区属暖温带半湿润大陆性季风气候，四季分明。全年主导风向为北北西（NNW），年均风速为1.56m/s，最大风速17.0m/s，年均气温11.5℃，最热的七月份平均气温26.1℃，极端最高气温40.2℃，最冷的一月份平均气温为-5.5℃，极端最低温度-26.6℃，年均日照率为62%，平均日照2729.4小时，最大冻土深度为740mm，平均湿度61%，平均无霜期191天，年平均降水量为653.9mm，平均降雪量67mm。

平谷是独立的山间盆地水文地质单元区，境内有河流

20余条，属海河流域蓟运河水系，主要河流有洵河、泃河、金鸡河等。根据地形地貌，地层岩性特征，富水条件和富水程度划分为山区、平原2个水文地质大区，是透水性良好的砂、砾层，单井涌水量大于1900m³/d，可开采水量为1.0437亿m³/a。最低水位埋深3.5m，最高水位0.45m。地下水主要补给来源是大气降水直接入渗补给、洪水入渗补给、海子水库渗漏、渠渗和井灌回归补给等，其中大气降水在山区入渗补给后，除当地工农业用水外，其余部分以侧向径流的形式补给盆地平原区，为盆地平原区的主要补给源。

8.1.3 场地条件

此前，西柏店村已建成雨污分流排水管道系统和生活污水污水处理站，但污水处理站由于年久失修和运维不当已经停止运行。村民生活污水经排水系统收集汇入污水处理站后，溢流排入边沟、直接进入下游河道。

8.2 问题与需求分析

平谷区是北京市的生态涵养发展区和水源保护区，但由于近年来干旱连年发生，降水量减少，年可利用水资源逐年递减，地下水位下降，水资源形势严峻。同时，农村生活污水未经处理无序排放，也严重影响平谷区河湖水体水质，并带来了地下水污染的潜在风险。因此，对农村生活污水进行处理后达标排放、循环利用或

回补地下水，可以在一定程度上缓解区域水资源短缺和环境问题。

通过对已建成农村生活污水处理站调研结果显示，采用城市污水处理厂生化处理工艺的小型污水处理站，均需要专业技术人员定期检测和运维，视工艺不同直接运行费用约为1~6元/吨，以80m³/d规模计算则年直接运行费用为2.92~17.52万元。受人员技术水平和运维费用限制，大多数农村污水处理站出水水质不达标，处于间歇运行或停运状态。

因此，本项目需要选择运行稳定、易于管理维护、运行费用低廉，适合农村地区技术水平和使用需求的污水处理技术，进行村庄污水处理站建设。

8.3 工程任务与规模

8.3.1 工程任务

拟建设平谷区大兴庄镇西柏店村生活污水处理站1处，出水指标满足国标《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）基本控制项目最高允许排放浓度（日均值）中一级标准A标准。

8.3.2 工程规模

设计污水处理规模为80m³/d。

8.4 工程设计

8.4.1 设计依据

- (1) 《室外排水设计规范》（GB50014-2006）；
- (2) 《镇（乡）村排水工程技术规范》（CJJ124-2008）；
- (3) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (4) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）
- (5) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2012）；
- (6) 《人工湿地污水处理工程技术规范》（HJ2005-2010）；

8.4.2 规模与水量确定

根据《建筑给水排水设计规范》（GB50015-2003）、《村镇供水工程技术规范》（SL310-2004）等有关标准，结合平谷区实际用水情况，确定农村人均日生活用水定额均取80L/(人·d)。污水处理站建设规模和水量按照表1进行设计。

污水处理设施每天运行24小时，平均时流量为3.33m³/h。污水流量变化系数为1.85，因此小时最大污水流量为2.46m³/h。

表1 建设规模与水量表

村庄	设计人口（人）	用水定额 L/(人·d)	污水处理站规模m ³ /d
西柏店村	1000	80	80

8.4.3 设计水质

本项目污水来源为西柏店村民生活污水，包括洗漱污水、厨房污水及厕所污水等。污水浓度低，水质波动大，含一定量的氮、磷，可生化性强，不含重金属和有毒有害物质。污水处理站进水主要污染物指标按照表2进行设计。

表2 生活污水主要污染物设计指标

单位：mg/L

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
进水水质	200~400	150~300	100~200	40~60	20~35	2~4

本项目污水处理站设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002中“表一 基本控制项目最高允许排放浓度（日均值）”中一级标准A标准。出水水质如表2所示。

表3 设计出水水质 单位: mg/L

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
出水水质	50	10	10	15	5 (8)	0.5

8.4.4 工艺设计

(1) 工艺流程

西柏店村生活污水处理站以预处理+功能型精准湿地为核心工艺, 由格栅井、隔油池、沉淀池、调节池、湿地植物床、均压通气布水系统、出水收集系统、液位调节井、及控制系统等构成。收集的污水经由格栅、隔油、沉淀三级预处理去除固体有机物和杂质后, 存储于调节池中, 由水泵定时提升至湿地植物床。污水在植物床垂直向下流动过程中, 其中的污染物通过微生物分解利用、植物吸收和矿物反应吸附被去除, 净化过的污水通过出清水收集系统收集并溢流排出湿地。一部分清水作为景观水被末端荷花塘利用, 其余清水沿边沟排入下游河道。工艺原理、工艺流程如图1、图2所示。

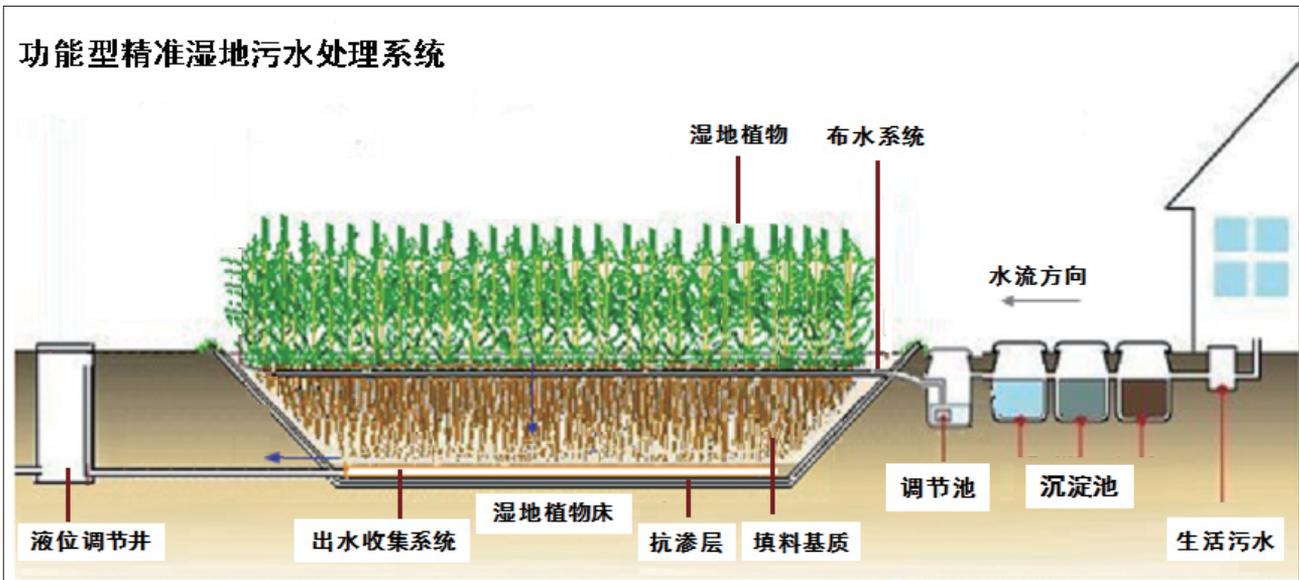


图1 工艺原理图

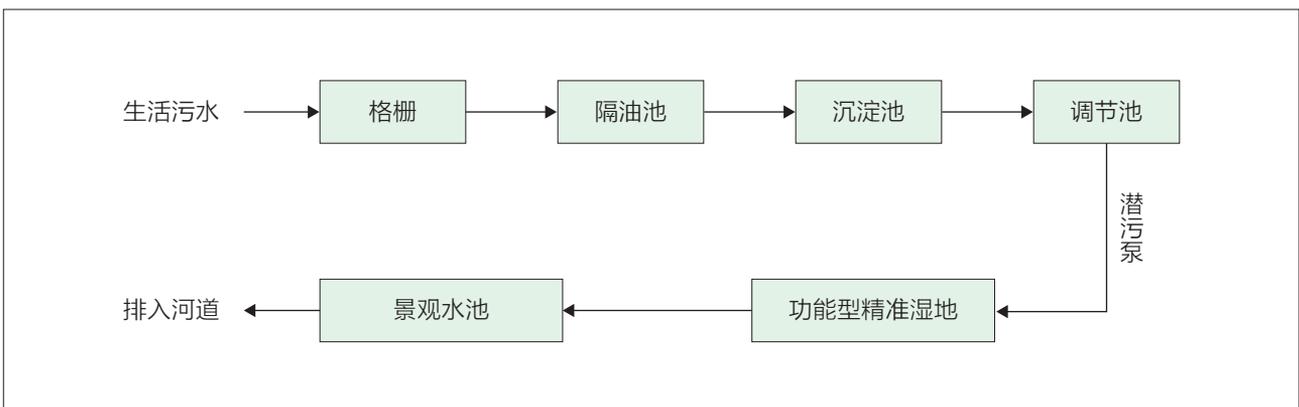


图2 工艺路线图

(2) 工艺设计

1) 湿地有效面积计算

以BOD₅表面负荷和水力负荷两项指标进行湿地面积计算。湿地有效面积取A=1000m²，占地面积1500m²。

以BOD₅表面负荷计算湿地面积：

$$A_{\text{BOD}} = Q \times (C_0 - C_e) / N_{\text{BOD}}$$

$$= 80 \times (100 \times (1 - 0.2) - 6) \div 7.5$$

$$= 789.4 \text{m}^2$$

其中，生活污水经过三级预处理时，BOD₅去除率按20%计算；

BOD₅表面负荷NBOD=7.5g/m².d计算，则湿地面积为：

Q-污水流量m³/d，选取刘庄村80m³/d；

C₀-进水污染物BOD浓度，mg/L，取100mg/L；

C_e-出水污染物BOD浓度，mg/L，取6mg/L。

以水力负荷计算湿地面积：

$$A_q = Q / N_q$$

$$= 80 \times 1000 \div 80$$

$$= 1000 \text{m}^2$$

其中，水力负荷N_q=80L/(m².d)

2) 水力停留时间：24~48小时。

3) 湿地分区设计

本项目湿地采取分区设计，湿地按照有效面积均匀分为4块，每块200m²，设置独立的布水、排水和控制系统。运行时采取整体连续和局部轮作的运行方式，进一步均匀湿地负荷、减少有机物积累和填料堵塞的发生。

4) 结构设计

① 主要构筑物参数

序号	构筑物及设备	尺寸	数量	单位
1	格栅渠	2.2m × 0.6m × 1.2m	1	座
2	隔油池	2.0m × 3.1m × 2.5m	1	座
3	沉淀池	2.8m × 3.1m × 2.5m	1	座
4	调节池	5.2m × 3.1m × 2.5m	1	座
5	湿地主体		1000	m ²
6	阀门井	500*500mm	4	座
7	液位控制井	1500*700mm	4	座
8	格栅	500mm宽	1	台
9	污水泵	3kW	2	台
10	电控柜		1	套

② 湿地设计

本项目湿地采用土坝结构+HDPE抗渗工艺，设计深度为1.2m，有底部自上依次填充高渗透填料、固磷填料、混合低渗透填料（含微生物基质、氧化填料）以及保温填料。湿地底部铺设排水收集系统、湿地表面20cm处铺设布水系统，湿地内部沿垂直于湿地方向安装通气检查井和应急反冲洗系统。各类填料填充厚度如下：

保温材料：200mm

混合低渗透填料：800mm

高渗透填料和固磷填料：200mm

8.4.5 运行管理

(1) 预处理系统

用户需要定期检查提升泵运转是否正常，可以通过电控箱中的故障指示灯和高液位报警的提示，同时也可以听水泵运转是否有杂音，一般一个月左右观察一次。

用户需要对格栅池中的栅渣、隔油池中的浮渣、沉淀池中的污泥定期进行清理，沉淀池中污泥的厚度不要超过

50厘米，根据处理水量以及排水构筑物的设置情况，预处理系统中的废渣和污泥设计12个月清理一次。

(2) 湿地植物

功能型精准湿地植物床中种植有芦苇。芦苇种植初期，用户要清除系统中的杂草，等芦苇长成熟之后，杂草就可以得到抑制。湿地越冬运行期间，应保留植物及枯叶，并控制适宜水位，维持稳定流量，待开春后再行收割植物作为生物质燃料或堆肥原料循环利用。

(3) 布水系统

湿地和布水系统等分成4个单元，采用轮作方式布水。当植物成活、出水达标且运行稳定后（一般两到三个月），布水系统开始轮作运行，一般为三个单元同时运行，一个单元休息，依次轮换。

8.4.6 技术特点

功能型精准湿地污水处理技术被广泛应用于农村污水处理、高浓度有机污水处理、污水厂提标改造处理农村、面源污染治理、河道污染拦截、河湖水体修复以及生活污水泥处理等领域，具有下列技术特点：

(1) 出水水质好、运行稳定

功能型精准湿地技术具有良好的运行稳性。在负荷冲击、极端天气、气温变化、电力中断等不利条件下可正常运行。作为二级工艺处理生活污水时，出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准。

(2) 冬季抗冻、周年可使用。

功能性精准湿地通过工程设计、材料以及运维调控等综合措施，促进微生物产热和湿地保温蓄热，最大限度降低季节气温变化的不利影响，解决人工湿地因冬季结冰而无法正常运行的难题。

(3) 填料防堵塞、使用寿命长

功能型精准湿地技术通过污染负荷精准计算和调控、污染去除性能提升、水力条件改善和应急措施等，解决湿地负荷不均、过量有机物和含磷污染物积累以及由此引起的堵塞、短路及断流等问题，使用寿命达到30年以上。

功能型精准湿地内部设置应急反冲洗系统，在冲击负

荷下发生堵塞时，可通过对故障部位填料反冲洗促进污染降解和故障排除。

(4) 运行成本低、运维简单

功能型精准湿地的运维费用包括调节池水泵电费、芦苇收割和化粪池清掏费用，不足一般村镇污水处理场站的1/10，直接运行费用在0.1元/吨以下。如区域地形高差符合要求时，可建设无动力系统，运行电耗为0。

功能型精准湿地运行与维护简便易行，一般由运维公司或村民定期巡检即可，无需技术人员值守。主要运维工作包括：用电设备运行状态检查、每年一次收割芦苇和清掏化粪池等。

(5) 建设规模灵活、因地制宜

功能型精准湿地污水处理设施建设规模极其灵活，可大可小，可利用废弃地或河道等建设村镇的集中污水厂，也可利用房前屋后的空地建设单户或几户合用的设施，也可区域环境设计、美丽乡村建设结合，进行景观化设计。

(6) 产生大量生物质、生态友好

功能型精准湿地技术在全生命周期为能量正输出过程，在处理污水的同时生物质产量为一般植物的3~7倍，即运行周期产生的生物质能大于其建设材料生产、设施建设及运行周期能耗之总和。生命周期结束时，填料富集的氮、磷污染物可作为矿产资源回收和资源化利用。利用柳树还可构建零排放污水处理系统。

8.5 建成效果

自2014年建成以来，西柏店村生活污水处理站运行稳定，取得了良好的示范效果。经过5年的推广，功能型精准湿地技术在平谷区农村治污工程中得到规模化、区域化应用。其中示范项目建成场站10个，农村治污工程一期大兴庄镇项目20个场站已经建成并投入使用，二期大华山镇项目11个场站将于2019年建设完成，其余乡镇已完成设计场站69个。总设计处理能力近8000m³/d，总计服务人口近10万人。

以此项技术为依托，编写的北京市地方标准《农村生活污水人工湿地处理工程技术规范》（DB11/T1376-2016），已于2017年4月1日正式施行。2018年，功能型精准湿地技术入选《北京市水污染防治技术指导目录》

8.5.1 工程造价

西柏店村污水处理站总投资为110.39万元，包括基础设施建设、运行调试、及培训费等，吨水建设投资为1.38万元。

8.5.2 运行费用

根据2016年1月~2016年7月实际运行情况，折合年处理污水29200吨，年运行费用1168元，吨水运行费用为0.04元。

8.5.3 技术指标

根据北京市农村经济研究中心出具的验收报告，项目出水优于GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准要求，主要污染物和去除效率详见下表：

表4 主要污染物检测结果和去除率表

检测指标	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP
进水水质(mg/L)	190	66	37	11.6	1.45
出水水质(mg/L)	10	0.5	6	0.098	0.58
去除率(%)	95	99	84	99	60

西柏店村生活污水处理站每年可处理生活污水29200吨，按照上述检测指标计算，则每年可削减COD排放5.26吨，减少氮排放0.34吨，减少总磷排放0.03吨。

该技术有明显的节能效果，2016~2017年度实际运行电耗为2336kW.h，吨水电耗为0.08kW.h，以电费0.5元/kW.h计，则吨水直接运行费用为0.04元。

8.5.4 实景效果

2014年7月实景



2016年9月实景





2017年7月实景



蔡奇书记实地考察项目



卢彦副市长实地考察项目