

农村简易消毒设备在黑水小型集中供水工程中的实践运用

谢仲文

黑水县农业农村水利和科技局, 四川 阿坝州 623500

[摘要]川西北高原不少偏远农村供水站点不通市政电网, 依靠人工投放消毒剂也很难把控用量。本文结合黑水县农村饮水提质改造工程, 试点使用水力计量式自动消毒配液器。工作人员根据设备构造、管路布局和现场环境完成安装调试, 经过长时间跟踪观测, 检验设备运行状态与水质改善情况。这套设备药剂投放量可以跟随供水流量灵活调整, 出水水质全部达到国家饮用水相关标准。设备构造简单, 日常运行开销小, 十分适配高原山区小型供水工程, 也能为同类地区饮水改造提供实际借鉴。

[关键词]农村小型集中供水; 简易消毒设备; 水力配液器; 脉冲计量投药; 饮水安全

DOI: 10.64635/ja.2026.1315

中图分类号: TU991.25

文献标识码: A

Practical Application of Simple Rural Disinfection Equipment in Small Centralized Water Supply Projects in Heishui

Xie Zhongwen

Heishui County Bureau of Agriculture, Rural Affairs, Water Conservancy and Science and Technology, Heishui County, Aba Prefecture, Sichuan 623500, China

Abstract: Many remote rural water supply stations in the plateau area of northwestern Sichuan are not connected to the municipal power grid, and it is also difficult to accurately control the dosage when disinfectants are added manually. Based on the rural drinking water quality improvement project in Heishui County, this paper presents a pilot application of a hydropower-driven metered automatic disinfectant dosing and solution-mixing device. According to the equipment structure, pipeline layout, and on-site environment, staff completed installation and commissioning, and then examined the operating status of the equipment and the improvement of water quality through long-term follow-up observation. The device generates electricity through water flow and can flexibly adjust the disinfectant dosage according to the water supply flow. The quality of the treated water fully meets relevant national drinking water standards. With a simple structure and low daily operating cost, the equipment is highly suitable for small water supply projects in plateau mountainous areas and can provide practical reference for drinking water improvement in similar regions.

Keywords: small rural centralized water supply; simple disinfection equipment; hydropower-driven solution-mixing device; pulse metering dosing; drinking water safety

引言

饮水保障是农村民生工作里的重要一环。近些年中央水利发展资金不断向农村供水领域倾斜, 各地陆续开展老旧管网维修, 同步推进饮用水提质工作。黑水县坐落于川西北高原, 当地小型集中供水设施点位分散, 管网内水压和水流时常出现波动, 不少村落蓄水池处无市电。当地以往主要采用人工加药的消毒方式, 不仅作业效率不高, 药剂配比也容易出现偏差, 市面上常见的电动加药设备又离不开外接电源, 消毒环节始终存在不少问题。

本次水质升级工程依托黑水县 2024 年中央水利发展

资金落地。为解决传统消毒方式存在的各类问题, 项目组选用水力计量式自动消毒配液器开展试点使用。本文结合现场实际应用情况, 梳理设备使用经验, 总结适合高原山区的落地方法, 希望能为当地及周边区域的饮水安全工作提供实用参考。

1 项目概况与原有消毒问题

1.1 项目基本情况

本项目依托中央水利发展资金落地实施, 服务黑水县下辖多个乡镇村落, 改造范围覆盖县域内大量小型集中供水工程。当地供水体系大多采用露天蓄水池搭配室外管网

的模式,供水线路顺着山地地形延伸,整体布局十分分散。受山区用水习惯影响,供水系统采用间歇运行模式,管网内部水流速度、运行水压会随着用水时段产生明显起伏。

设备长期放置在露天环境当中,高原地区昼夜温差悬殊,冬季低温持续时间久,户外设施容易出现部件老化、药液流动性变差等问题,这对设备耐候性与保温设计提出较高标准。县域深处的偏远村落远离集镇,市政供电线路并未延伸至高位蓄水池处,各类机电设备无法依靠常规电力运转,只能依托水源自带开展作。

消毒系统升级是本次水质提升行动的核心工作。当地原有供水设施投入使用年限较长,管路老化、消毒能力不足等问题日渐凸显。项目结合现场安装空间、管路接口条件统一规划设备点位,所有消毒装置全部布置在供水主管路与蓄水池的衔接位置。项目设定两大改造目标,一方面实现消毒作业全程自动化,减少人为干预,另一方面精准控制药剂投放量,从源头提升生活饮用水安全水平。

1.2 原有消毒模式短板

改造工作开展之前,区域内主流消毒方式为人工现场添加药剂,偏远村落没有供电基础,电动设备完全无法启用,只能依靠管护人员定时往返各个站点完成投药工作。村落分布范围广,人工巡检往返耗时久,整体工作效率偏低。

人工操作按照固定时段、固定药量投放消毒剂,工作人员无法根据实时水流变化调整用量。药剂投放不足会造成水体微生物超标,投放过多又会形成药剂残留,两类情况都会威胁群众饮水健康。原有管路没有加装过滤、稳压类辅助配件,山区水源夹杂泥沙与细小悬浮物,这类杂质容易堵塞药剂输送管路。山地地势落差较大,管网水压始终处于不稳定状态,也会干扰药剂与原水的混合效果^[1]。

基层管护人员多为当地村民,没有接受过专业设备培训,面对管路堵塞、药剂断流等常见故障,大多无法独立处置。小故障不断积累,会逐步影响整套供水系统稳定运行,饮水安全隐患随之增加。

1.3 设备选用依据

项目团队提前走访县域内数十处供水站点,全面摸排现场工况、水质条件以及基层管护能力,综合划定设备选用标准。新设备需要脱离市政电网独立运行,可借助光伏太阳能维持工作状态。药剂投放环节具备动态调节能力,水量变化时药量同步改变,保证消毒效果稳定。

设备整体结构不宜复杂,配套零部件优先选择市面通用款式,方便后期采购更换,适配农村简易管护模式。整套装置必须搭配完整管路配件,应对山区水源含杂量高、管网水

压波动大的现实情况。团队对比多款市面主流加药设备,结合高原低温、户外露天等特殊环境综合评估,最终确定采用水力计量式自动消毒配液器作为本次统一改造设备。

2 消毒设备结构、运行原理与现场适配要点

2.1 设备整体构造与参数

本次使用的自动消毒配液器外形尺寸不小于 500mm×400mm×900mm。箱体选用喷塑板材或不锈钢材质,具备户外防腐能力。箱体分为上下两层,上层布置发电控制组件与脉冲计量泵,下层作为储药空间,内壁加装橡塑保温材料抵御低温影响。

设备配套立杆安装高度控制在 3.5m 以上,立杆搭载太阳能板支架辅助补能。设备配备 25L 储液桶,单次最大储药量 15kg。整套装置集成取水阀、快接球阀、Y 型过滤器、脉冲水表、双法兰、背压阀与加药控制柜,可完成管路对接、水体过滤、水压调节等工作。



图 1 水力计量式自动消毒设备整体外观结构图

2.2 功能单元与核心部件

设备划分五个协作单元,协同完成取水、发电、流量监测与精准加药。供电系统以 12V~50W 光伏太阳能面板为核心,搭配储能电瓶、控制器与逆变器。

脉冲水表串联在供水主管路,采集流量数据并转化为脉冲电信号,作为投药量调节依据。DP 系列电磁隔膜计量泵负责药剂投放,支持手动调节与脉冲信号智能控制,可切换运行模式调整投药频率,维持药剂与原水固定比例^[2]。设备预留液位接口,实时反馈储药桶余量。

各类管路配件分工明确,取水阀与快接球阀管控水源通断,配合设备检修作业。Y 型过滤器拦截固体杂质,降低管路堵塞概率。双法兰加固管路接口,背压阀平衡管网水压,闸阀作为二级管控部件提升管路运行安全性。

2.3 整体运行流程

原水依次经过取水阀与 Y 型过滤器完成杂质过滤,水流进入脉冲水表采集流量信号,电信号传递至计量泵后,设备按照信号频率抽取消毒剂,药剂混入主流水体。完成消毒的水体流入蓄水池,整套自动化流程结束。



图2 设备管路连接原理示意图

2.4 现场布设与投运质控要点

高原户外选址优先选择通风干燥区域，避开积水与管线密集地带。管路配件依照水流方向安装，法兰位置做好密封处理，药剂管路保持平顺，规避积气、弯折问题。箱内强弱电线路分区排布，户外线路接头做防水包裹，外露管线加装防护套管。

设备布设完成后开展多层次核验，依次检查电路、仪表与联动运行状态，结合当地标准校准投药比例。项目实践发现，过滤器装反、立杆高度不足、线路缠绕等问题会影响设备运行，现场作业需重点做好防控。

3 运行监测与综合效益

3.1 监测方案设置

设备全面投运后，工作人员开展为期一个月的连续监测。监测覆盖常温、低温、高低流量等工况，监测点位设置在管网进水端与蓄水池出水口。监测内容包含水压、流量、设备工况、水体余氯、菌落总数、总大肠菌群。现场每日开展一次巡检，实验室每周完成水质检测，每月开展一次全工况核查。

3.2 设备运行与水质表现

管网水流启停阶段，设备可同步响应。低流量工况下，储能电瓶供电稳定，计量泵运转正常。过滤器与背压阀持续发挥作用，长期运行未出现管路堵塞、药剂断流等故障。箱体保温效果良好，低温环境下药液流动状态稳定，设备耐候性满足现场使用要求^[3]。

对比改造前后数据，人工投药阶段水体余氯波动较大，微生物指标偶有超标。新设备投用后，余氯稳定在国家标准范围，核心微生物指标全部达标。不同流量工况下，实际投药量与理论数值偏差较小，药剂配比失衡问题得到彻底解决。

3.3 运维与经济价值分析

设备全程自动化运行，管护人员无需全天候值守。日常仅需补充药剂、清洗滤网，操作简单易上手，基础故障

可在现场排查处理，适配农村现有管护体系。

项目一次性采购与安装成本处于合理区间，通用零部件后期更换费用低。设备依靠光伏太阳能供电，全程不产生电费，运行阶段仅需采购消毒药剂。人工值守岗位精简后，长期运维开支得到有效控制，综合经济优势明显。

4 应用建议与实施策略

4.1 设备选型与配套布设策略

山区供水工况存在明显差异，设备选型与现场布设需结合实际因地制宜。对于布局零散的小型供水站点，优先选用本次实践的水力消毒设备。水源泥沙含量偏高的区域，可增设前置过滤器降低堵塞风险。针对高海拔低温环境，建议选用保温性能更强的设备箱体。设备尽量安装在通风干燥区域，同时结合山地地形铺设管路，合理把控管线坡度，减少管内积气问题。

4.2 现场施工标准化管控策略

多点位同步开展改造时，标准化管理是保障施工质量的关键。项目开工前，相关部门统一制定作业规范，并组织施工人员完成岗前培训。考虑到高原户外环境复杂，管线对接、线路布设等工序尽量选择晴好天气施工，同步做好防水防护。单站点施工结束后，必须执行多级自检流程，及时排查安装隐患。施工人员同步整理管路参数、设备调试等资料，为后续运维留存技术依据。

4.3 日常运维长效管理策略

完善的运维体系是设备长期稳定运行的保障。结合农村管护人员专业能力偏弱的现状，当地可通过图文手册、现场演示开展常态化技能培训。同时以乡镇为单位设置备件存放点，集中储备阀门等易损配件。日常管理采用分级模式，村级人员负责日常巡检与药剂补充，县级技术人员处置复杂故障，依靠分级机制提升整体运维效率。

4.4 区域规模化推广策略

结合本次项目实践，该设备十分适配无市政供电的山区供水工程，可向西南高原、深山丘陵等同类区域推广。供水规模较小的单村工程采用单机配置即可，多村联网的大流量系统可使用多台设备并联运行^[4]。推广阶段需结合当地水质、海拔选配过滤、保温配件。各地也可先打造示范站点，依托成熟案例总结经验，再逐步完成全域改造，有效降低规模化应用的试错成本。

5 结论

本次在黑水县饮水改造项目中，完成了水力驱动消毒设备的整套应用试验。该设备能够适应山区供水时断时续、水压不稳定的运行特点，弥补了当地传统消毒方式存

在的诸多不足。从长期运行数据来看,设备运转状态平稳,消毒后的水体各项指标均满足卫生要求,加上操作简单、运维成本不高,和农村现有的供水管理模式高度契合。

依托本次实践总结的设备选型、现场施工、日常管护以及批量推广等方法,同样适用于西南高原、深山丘陵等没有市政供电的农村区域。综合现场使用效果判断,这类简易水力消毒设备上手难度低、环境适配性好,在国内偏远地区的小型集中供水工程中,有着不错的推广价值。

[参考文献]

[1]张曾宇.农村饮用水处理系统对浊度波动的响应机制及

调控策略[J].吉林水利,2025,(11):77-84.

[2]高珊珊,张育斌,汪旭鹏,等.农村饮用水净化消毒设备原理与分析[J].农业与技术,2024,44(24):64-68.

[3]林友隆.单村供水工程净水工艺评价指标研究与应用[J].水利科技,2025,(3):80-83.

[4]李源富.农村饮水工程中的水处理技术及净化工艺[J].农业机械,2024,(1):66-68+71.

作者简介:谢仲文(1987.11—),性别:男,民族:汉族,籍贯:四川省成都市,学历:本科,职称:工程师,研究方向:农村供水。