

基于智能化过滤系统的农村安全饮用水解决方案

□ 彭双双 卢 森 黄修行 陈星豪

摘 要 农村地区的饮用水源基本上以原生态水源为主, 诸多因素会影响水质, 同时农村安全饮用水问题是脱贫攻坚需要攻克的一大问题。经过相关实践后, 提出一种过滤饮用水的解决方案, 设计和搭建设备工艺对水质进行自动过滤, 同时使用智能化水质实时监测功能, 控制饮用水的过滤步骤, 形成一套完整的农村安全饮用水的解决方案。该方案运用到实际当中, 具有良好的实施效果并且产生了良好的社会效益和一定的经济效益。

[关键词] 农村饮水; 安全饮水; 智能化; 过滤系统

农村地区饮用水源大多是以山泉水、山涧坑水、河水为水源,水体直接暴露在自然环境中,很容易受到山体表土沙、泥冲刷,并受到人、畜活动等污染^[1]。尤其是在雨季,大量的泥沙涌入,致使水源变得浑浊发黄,无法饮用。自从开展精准扶贫以来,解决农村安全饮用水成为迫切需要解决的问题。广西电力职业技术学院响应国家“精准扶贫”号召,对帮扶的河池市环江毛南族自治县东兴镇东兴社区安全饮用水进行充分调研。通过对该供水水源地取样分析,结果发现雨天时水质存在多项指标超标,如浊度、悬浮物、铁离子等,且持续水质质量持续若干天,不满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中规定的作为饮用水水源地的Ⅲ类及以上水体标准,从而导致饮水终端水质未达到《生活饮用水卫生标准》标准;同时供水管道经常被泥沙堵塞,难以保证正常供水^[2-3]。为解决东兴社区居民饮水问题,拟对水源地至自来水厂段供水设施及管网进行技术改造升级,提出了基于智能化过滤系统的农村安全饮用水解决方案。

基于智能化过滤系统的农村安全饮用水解决方案主要包括两个模块,分别为饮用水自动过滤模块和智能化水质检测模块。饮用水自动过滤模块通过工艺结构的设计,达到过滤的功能。智能化水质检测模块通过检测传感设备收集数据,运用检测算法得出水质结果,根据结果再判断是否启动相应的过滤流程。整体框架如图1所示。

[基金项目] 广西高校中青年教师基础能力提升项目“基于大数据的智能故障诊断系统在广西电网应用中的研究”(编号: KY2016YB721)研究成果; 广西高校中青年教师基础能力提升项目“基于改进的灰色模型在中长期电力负荷预测中的研究”(编号: KY2016YB730)研究成果。

【作者简介】彭双双，广西电力职业技术学院，讲师。
卢森，广西电力职业技术学院，讲师。
黄修行，广西电力职业技术学院，讲师。
陈星豪（通讯作者），广西电力职业技术学院，副教授。



图1 整体框架图

1 饮用水自动过滤模块

1.1 总体思路

一是将水源地的水引进沉淀池，在沉淀池内通过设计结构和装设工艺设备，实现过滤的功能。二是通过臭氧杀菌后进行蓄水池，蓄水池的水可直接引入家庭作为饮用水。

1.2 过滤流程

水源地的水进入沉淀池中,同时加药箱的絮凝剂聚合氯化铝也随水加入沉淀池。在絮凝剂的反应下,大颗粒泥沙将会聚集,并在重力的作用下沉淀。经过沉淀池后的水再进入砂滤池,而砂滤池中的石英砂、活性炭能过滤水中细小的泥沙颗粒,同时除臭除异味,最终通过臭氧杀菌进入蓄水池中。具体流程如图2和图3所示。

1.3 设备工艺

1.3.1 絮凝加药箱

絮凝加药箱采用PE材质药桶，药箱容量1000L，人工预拌药剂，主要用途是为原水中添加絮凝剂聚合氯化铝，采用射流器的自吸原理，添加到原水管路中，再通过管道混合器在管路内混合，整个过程无须电力，使用管理方便，系统工作简单。

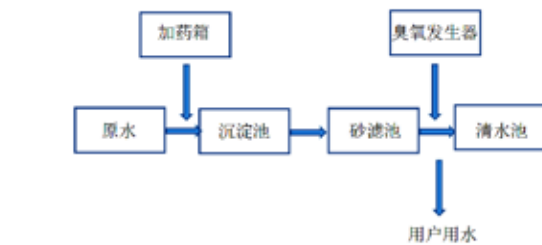


图2 工艺流程图

1.3.2 混凝沉淀池

混凝沉淀池的主要作用。先对原水进行加药混凝反应，在絮凝剂的反应下，大颗粒泥沙将会聚集，在重力的作用下沉淀，水中所含的泥沙沉淀后，沉淀池设计采用斜板（斜管）式截流，水力停留时间为20min，更方便污泥排出，沉淀池的材质选用混凝土结构。

1.3.3 砂滤池

砂滤池的主要填料为石英砂、活性炭。主要作用是过滤水中细小的泥沙颗粒，同时除臭除异味，其过滤精度高，具有出水水质稳定等特点，是目前水处理行业常用的预处理工艺。

砂滤池具有反冲洗功能。反冲洗是通过空压机在底部暴气和反冲洗水泵同时工作，利用气泡混合冲洗，设计在砂滤池底部的暴气装置，反冲洗水源，来自沉淀池

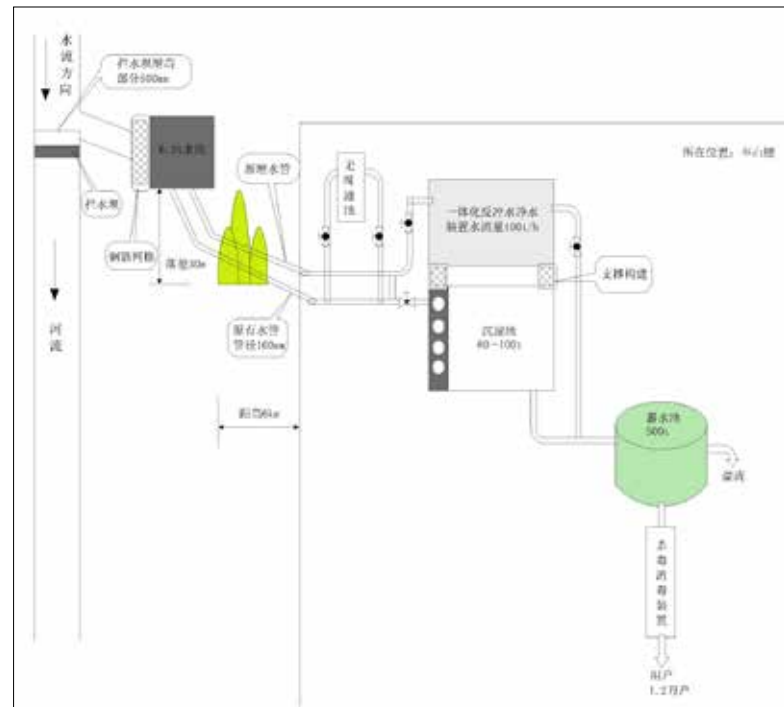


图3 工艺流程图

出水口水源。冲洗废水排除池外。砂滤池材料选用混凝土结构。

1.3.4 臭氧放生器

臭氧发生器主要是消毒水处理。臭氧发生器作为高效环保的消毒设备，利用了臭氧的强氧化性，臭氧可在一段时间内杀灭水中的各种微生物，并且，臭氧的半衰期为8h左右，可以持续消毒，防止水质受到二次污染。

2 智能化水质检测模块

智能化饮用水检测模块分为环境感知数据采集层、数据通信网络层和云平台智能化分析处理层^[4-5]，框架如图4所示。



图4 水质检测模块框架图

环境感知数据采集层通过集成化数据采集仪，可以对蓄水池环境数据采集，可实现pH、总硬度、浑浊度、细菌总数、温度、压力、流量等水质参数的数据采集。数据通信网络层由各种网络方式负责把采集到的各个环境数据传递到云平台，同时也会根据云平台的指令传递

及控制现场设备,从而采集控制所有的感知层传感器。云平台智能化数据分析处理层对收集的数据与生活饮用水标准进行指标匹配比对,并能实现实时预警功能。同时根据测量公式计算浊度测量值来自动控制反冲洗的时间和强度。

指标匹配比对采用线性的一一比对方式, 某一指标超出范围值则发出预警。本文定义 $f(x_i, y_j)$ 为指标匹配比对结果, 使用循环得出各个指标匹配比对结果, 根据结果来执行相应的预警等信息。

```
for(i=1,i<=n,i++)
{
    for(j=1,j<=m,j++)
    {
        //if f(xi,yj)不在某范围值内
        //执行相应预警等结果
    }
}
```

根据美国水厂协会 (AWWA) 和美国环保局的说法, 当出水达到0.10NTU

时，可以开始过滤器反冲洗过程；当浊度在10NTU~15NTU范围内时，反冲洗过程应终止^[6]。

本文使用浊度测量来监测清洗过程的进展，定义 u 为浊度测量值：

当 $u=0.10$ 时，过滤器反冲洗过程开始。

当 $u>0.10$ 时，反冲洗过程终止。

准确的浊度测量优化了过滤器反冲洗，优化了饮用水工厂的性能，最大限度地降低了运行成本。

3 实施效果

项目实施地原本的饮用水获取流程如下：自然山泉涌出水所形成河流，为满足用水量已筑坝截流形成供水水库，水流引至水池容量为6.20t，再利用自然重力作用经无阀滤池流入落差为30m的80t~100t沉淀池，经初步沉淀处理后溢流进入500t蓄水池，为自来水厂待用。在晴天条件下，河水清澈未浑浊，自来水厂出水水质目测达标，但未有监测设备可以科学验证水质实际达标。在雨天条件下，河水浑浊，出现沉淀池处理效果不佳，最终导致自来水厂水质目测不达标。

项目实施后，晴天和雨天取水抽样发现，晴天和雨天水质目测并无异样，说明饮用水自动过滤模块充分发挥了作用，过滤了杂质。从晴天和雨天水质监测结果图4和图5来看，测试结果只存在微小的可忽略不计的差异。综合结果来看，基于智能化过滤系统的农村安全饮水的解决方案能较好地解决农村的安全应用水问题。

4 结语

基于智能化过滤系统的农村安全饮水的解决方案即从工艺设计角度完成水自动过滤，再根据智能化公式控制和调度过滤步骤。根据此方案建成的河池市环江县东兴镇东兴社区安全饮水工程项目，可解决2万人（其中建档立卡户489户1891人）喝上了符合国家饮用水标准的安全水和放心水的问题，日均供水量达15t，产生直接经济效益约500万元。

同时，项目的建成，极大改善了人民群众的生活

河项目	标准	单位	#1(晴天取水)	
			检测结果	判定
外状	透明		透明	合格
pH	6.50~8.50	/	6.80	合格
总硬度(以CaCO ₃ 计)	≤450	mg/L	7.06	合格
电导率	无	uS/cm	109.70	合格
悬浮物	≤3mg/L	mg/L	1.70	合格
COD	≤3	mg/L	0.30	合格
全硅	无	mg/L	4.17	合格
铜	≤1	mg/L	0.07	合格
铁	≤0.30	mg/L	0.83	不合格
溶解固体	≤1000	mg/L	54.80	合格
碱度	无	mmol/L	0.22	合格

图4 晴天水质监测显示

河项目	标准	单位	#2(雨天取水)	
			监测结果	判定
外状	透明		浑浊	不合格
pH	6.50~8.50	/	6.60	合格
总硬度(以CaCO ₃ 计)	≤450	mg/L	9.00	合格
电导率	无	uS/cm	94.40	合格
悬浮物	≤3mg/L	mg/L	116	不合格
COD	≤3	mg/L	0.60	合格
全硅	无	mg/L	5.27	合格
铜	≤1	mg/L	0.12	合格
铁	≤0.30	mg/L	0.79	不合格
溶解固体	≤1000	mg/L	47.10	合格
碱度	无	mmol/L	0.28	合格

图5 雨天水质监测显示

条件、健康状况以及受益群众的生产和生活条件，使农村群众减轻了找水、担水的劳动强度和经济负担。促进了乡镇区域经济的发展，积极推动了农村生活环境的改善。党委和政府急农民之所急，想群众之所想，办群众之所盼，密切了党群干群关系，促进了农村社会和谐，具有良好的社会效益。

基于智能化过滤系统的农村安全饮水解决方案为农村安全饮水问题的解决起到了较好的参考作用，不足之处在于智能化控制方面在深度和全面性还有待加强，这是下一步需要完善的工作。

[参考文献]

[1]谢子渊.农村饮水安全工程存在的问题及解决措施[J].河南农业,2020(35):60-61.
[2]张远,林佳宁,王慧,等.中国地表水环境质量标准研究[J].环境科学研究,2020,33(11):2523-2528.
[3]周昀,陈飞,姚建国,等.地表水环境质量标准中有机物的荧光特征分析[J].中国给水排水,2020,36(19):55-59+66.
[4]罗军舟,何源,张兰,等.云端融合的工业互联网体系结构及关键技术[J].中国科学:信息科学,2020,50(2):195-220.
[5]王国法,刘峰,孟祥军,等.煤矿智能化(初级阶段)研究与实践[J].煤炭科学技术,2019,47(8):1-36.
[6]王海欧,王全勇,等.北方某城镇净水厂滤池的运行评估[J].净水技术,2020,39(S1):68-73.