

饮用水水厂建设中水质保障技术的应用与创新

戴广勇

乌苏市供排水有限责任公司，新疆乌苏，833000；

摘要：为了全面提高城乡居民饮用水的安全保障，饮用水水厂在建设过程中对水源配置，净化工艺及水质监控手段等方面进行了持续优化。采用地表和地下双水源联合供水，多级净化流程确保出厂水质，布设全过程在线监测系统和入户计量改造等措施，切实提高供水系统运行稳定性和水质达标率。同时结合供水区域的地形和原水情况，对“快沉-滤控等”的应急处置，“分区调蓄”的结构优化以及数字化的水质管控等途径进行了探索，实现了水质保障从水源至用户全过程创新，促进了饮水安全技术体系不断提升。

关键词：饮用水；水质保障；双水源供水；净化工艺

DOI：10.69979/3060-8767.25.08.003

引言

伴随着城乡统筹发展的深入，饮用水水厂是确保人们用水安全最核心的设施，建设标准与技术体系也面临着更高的要求。在处理老旧设施更新改造，管网漏损治理，水源水质波动治理等现实问题时，如何做到水质稳定，安全和可持续供应已成为现阶段供排水系统升级改造的重点。本文从目前饮用水水厂的建设实际出发，以供水全流程为主线，论述了水质保障技术在饮用水水厂中的典型运用和创新途径，对促进城乡供水一体化发展，提升饮水安全水平有着十分重要的意义。

1 饮用水水厂建设中水质保障技术概述

乌苏市饮用水水厂在建设过程中坚持稳定供水和水质安全这一中心目标，初步形成地表水和地下水协同保护技术体系。第三水厂作为主要供水枢纽，设计供水能力为 12 万立方米/日，其中地表水产能达 10 万立方米/日，地下水 2 万立方米/日，通过 5 口机井建设应急水源，水源冗余性和调节能力得到有效增强。在水处理上，通过“格栅—混合池—反应池—斜板沉淀池—D 型滤池—进行消毒处理”多级净化工艺来适应奎屯河这种原水浊度和泥沙较多的情况，确保出厂水长期合格。在水质监测中，辅以实时监控系統对出厂水的余氯和浊度进行动态跟踪。为了确保从源头到终端的水质全流程得到保障，城区和乡镇正在同步推进 8795 块智能水表和 6421 块机械水表的改造工程，提高用户末端用水计量和安全管理水平，形成城乡一体化的水质保障链条雏形。

2 饮用水水厂建设中水质保障技术的应用

2.1 双水源协同保障供水稳定性与水质连续性

建设饮用水水厂时，多元化配置水源是保证稳定供水和持续水质的关键。乌苏市三水厂充分利用地表水和地下水双水源格局，高效建设高容错高应急能力供水系统。老龙口水电站的压力前池分水口地表水是该厂的主要水源，其设计的供水容量达到了每日 10 万立方米；同时配套凿建 5 眼地下机井，日供水能力 2 万立方米，使得总供水能力达到 12 万立方米/日。该结构提供水质调节的空间：在地表水由于洪水和污染而引起水质波动的情况下，可以由地下水系统补给以达到快速转换的目的。在乡村地带，如夹河子、哈图布呼和西大沟的水处理厂，他们根据当地的水资源状况，设计了一个由水库、河流和地下水共同供应的供水策略，如西大沟水厂是建立在吉尔格勒特水库的基础上，并配备了备用的机井，其日供水容量高达 7320 立方米。这些站由统一调度平台协调管理，使供水区域相互备用，提高全系统高峰期，汛期和水质异常期稳态运行能力，对城乡居民饮水的连续性和安全性打下坚实的基础。

2.2 多级净化工艺确保出厂水质达标

水质保障，其核心是净化处理工艺科学配置和平稳运行。以第三水厂为例，该水厂地表水处理流程全面涵盖“格栅—搅拌—反应—斜板沉淀—D 型滤池—消毒”的一整套处理单元。其中格栅间对大颗粒杂质和漂浮物起到了有效的阻截作用，确保了装置的正常工作；混合池和反应池采用高效混凝药剂投加所形成的絮体并结合斜板沉淀池来完成初始澄清，以除去水中的悬浮物及一些有机污染；D 型滤池进一步采用砂滤和活性介质吸

附的方法,达到精细过滤的目的;最后通过加氯消毒综合保证细菌病毒的防治效果。在如西大沟镇这样的高原高浊区,为解决洪水季节水源中泥沙含量过高和浊度超出 3000NTU 的问题,新建的水厂采纳了“快沉加组合过滤”的优化工艺组合,从而增强了对突发水质波动的处理能力。另外,引入斜板沉淀池有效地减少了沉淀时间和处理效率;但 D 型滤池延长反冲周期、降低能耗,使滤后水质长期保持稳定。多级净化流程既保证出厂水质达到国家《生活饮用水卫生标准》要求,又通过设计优化增强水厂对复杂水质的适应性和稳定性,构建城乡居民饮用水安全高效技术保障。

2.3 水质在线监测系统实现全过程动态管控

为了增强水质管理精准性和实时响应能力,饮用水水厂普遍部署了在线监测系统以实现水源,处理过程及出厂水全过程动态监测。以第三水厂为代表,其在线监测点位覆盖原水入厂口、净化池出水口、出厂水管网接口等关键节点,通过自动化设备对余氯、浊度、pH、电导率和其他指标全天候采样分析,并将数据实时上传到调度中心,做到了水质异常第一时间报警。该监测平台既应用于出水质量的监测,又可动态评价过滤器的运行状况,实现了反冲洗周期的反向调控和运行效率的最优化。在乡镇片区为了改善季节变化引起的水质波动问题,西大沟片区等一些新水厂同时构建自动化信息管理平台以整合水质采样和水压监测等功能、供水流量和设备运行状态实现由人工巡检到智能运维。该体系通过云端数据汇总分析不但提升水质事件的应对效率,还能对水质溯源与责任划分起到技术支撑的作用。构建实时监测体系有效规避“事后应急”问题,实现全过程前移控制,对饮用水质量稳定产出和管网安全运行具有重要支持。

2.4 入户水质计量改造提升用户终端保障能力

供水末端水质保障既取决于水厂出水情况,又受管网老化,二次供水设施和违规用水问题的制约。针对“无表用水”,私接暗管,末端压降造成水质不稳的问题,2023 年对入户计量设施进行大改造。在市区内,对市政绿化用水进行计量规范,对故障水表进行彻底更换,提高计量的准确性;在居民层面,更换未换表用户 3696 块水表,清理无表户、违章转供和非法改接共计 18 处,追回水费超 10 万元。在乡镇区域,为改变“按户推销”方式带来的用水浪费与水质责任模糊现状,全年安装 8

795 块智能水表、更新 6421 块机械水表,涵盖皇宫镇,西大沟,哈图布呼几个镇,变精准计费模式。同时与手机缴费平台连接,在用户端对计量,缴费和用水查询等进行全过程智能化管理。二次供水,该公司整体承接高层小区设施,2023 年对 9 个老旧加压系统进行了改造,较好地解决了泵房老化和水箱污染等造成水质安全隐患。通过构建智能计量设备的系统,将水质的末端保障从“水厂达标”扩展到了“用户水龙头”,这大大增强了供水系统的闭环管理功能。

3 饮用水水厂建设中水质保障技术的创新举措

3.1 建立“源头-水厂-终端”三级数字水质保障链

为了对水源至用户饮水质量进行全程监测,乌苏市积极开展饮用水水厂建设三级数字化水质保障链建设。该体系主要围绕“源头取水—厂内处置—末端入户”,开启水质采样,指标分析和异常预警 3 个主要环节。源头方面,以老龙口水电站分水口水源地为依托,布置浊度,流量及污染物监测设备等,为预警机制的建立提供原始数据支持;水厂处理端第三水厂安装全流程在线检测节点对混凝,沉淀,过滤,消毒等各个环节运行状况进行实时监测,保证突发波动的快速反应;在终端设备方面,随着 8795 块智能水表和 6421 块机械水表在乡镇用户中的全面部署,不仅实现了用水的精准计量,还将用水行为数据反馈到调度中心,实现了末端反控。西大沟及其他新建水厂引进的信息管理平台进一步集成 GIS 管网监控,水压水量分析及用户投诉处理,真正建立了“源—水厂—末端”一体化的水质数字保障链。通过该系统,水质风险不依赖于人为抽检,而是通过数据驱动智能系统来预测,辨识和闭环处置,大大提高城乡供水系统感知能力和响应速度。

3.2 引入高原高浊区“快沉-滤控”组合应急工艺

面对季节性水源突变和高原洪水期原水浊度急剧上升等挑战,乌苏市首次将“快沉-滤控等”联合应急处理工艺引入西大沟水厂改扩建工程,在高浊高沙水质环境中,实现了快速应对能力的构建。原西大沟水厂以吉尔格勒特水库为依托,在洪水期原水浊度经常在 300 ONTU 以上,严重威胁出厂水的达标排放。为了应对这个挑战,新建的水处理厂设计了每日供水能力为 5000 立方米,并配备了高速的混凝反应池和精确控制的快速沉降池单元,这大大缩短了絮体的沉降时间并提高了浊度

的去除效率。滤控环节将 D 型滤池进行多介质复合结构优化,增加了在线反冲监测设备以实现滤池工作状态进行动态调节。另外水厂外部还配置了清水调蓄池作为后备供水水源,在主线水质起伏较大的情况下可以立即切换以确保用户侧供水的平稳。此组合工艺打破了传统“慢处理,高能耗”的制约,为区域应对极端气象条件下的原水突变提供了成熟方案,不仅在西大沟片区取得良好成效,这也为未来在水质复杂的乡镇地区提供了宝贵的参考经验。

3.3 推进“分区分压+调蓄塔”保障城乡高低位水质平衡

为了解决城乡供水区域存在的地形高差大、管网压力不均和水质波动频繁等问题,乌苏市在夹河子片区的建设过程中创新实施了“分区分压加上调蓄塔”的模式,以增强高低位区的水质平衡调控能力。该片区原供水布局杂乱,有的管线敷设在耕地及道路下方,导致水压不稳定,水不够用,特别是高峰期居民喝水经常有抱怨。为了解决前述的问题,该项目投入了 2732.21 万元资金,新建了从夹河子水厂到西湖减压塔段的 15.15 公里管道,并且还配备了南区调节池的 1.45 公里连接段。通过设置区域减压节点将供水系统分为若干水压独立控制单元并在各单元内安装压力监测装置以实现高位村落与低位集镇之间差异化输水调节。以调蓄塔为缓冲节点既为高峰用水提供了保证,又减小了末端管道水流速的波动,避免了二次污染。另外,该调节池还具有清洗排泥,水质在线监测等功能,增强高压区终端水质可控性。此举有效开启由“统一压力”到“区别精准供水”转变之路,显著改善农村高地和边缘区域饮用水保障,以期对复杂地形下城乡供水管理工作提供范式参考。

3.4 构建融资驱动下的水质基础设施迭代机制

饮用水水质保障体系提升与转型离不开稳定有效的投融资机制的支持。为破解农村供水建设“需求旺盛,资金紧张”的困局,乌苏市供排水公司创新采用“贷款加资本金撬动”模式,在 2023 年共筹措资金 9969.15 万元,自主筹集的资金占比为 20%,其中 7975.32 万元,也就是 80%,是通过国开银行的贷款得到了资助,这些资金将用于五个主要的农村供水项目的建设。在西大沟、夹河子、哈图布呼等地区,进行了投资以建设新的水处

理厂、铺设长达 24.82 公里的新管道,以及关键建筑和自动化信息平台的配置,实现源头,管网,用户端系统性水质保障能力增强。另外,为了保证后续设施的平稳运行,该公司还把水费收入的一部分作为“运维资本金”,专门用于智能水表的更换,水厂设备的更新改造和应急处理设备的调配。在项目实施过程中同步进行资金调度台账和绩效评估机制的设置,形成每笔投资的资产清单,运行效果和成本回收三重指标跟踪。这一机制不仅确保了水质保障工程能够如期完成,还构建了一个“投资—运维—收益”的闭环运作模式,在保证财务可持续性的基础上,实现了基础设施的动态升级和水质管理能力的持续提升。

4 结束语

饮用水水厂持续改进水质保障技术是城乡居民饮水安全的技术基础和制度支撑。通过源头多水源协同,净化流程优化,智能监测系统建设和末端计量设施转型等措施,使原有饮水体系由“合规达标”升级为“智能管控”。同时因地制宜地推动应急工艺,区域调压和投融资机制的创新,提供可持续的水质保障技术迭代。今后,要不断推进系统集成和技术升级双向发力,建设更可靠,更高效,更智能的水质安全保障体系。

参考文献

- [1] 朱志诚,何苗,汤峰,王冰鑫. 饮用水安全保障及水质提升技术的探索实践[J]. 城镇供水, 2024, (06): 95-98.
- [2] 王圣,赵欣,姜蕾,王铮,张双翼,阮辰旻,耿冰. 对标国际,标准引领——从源头到龙头的高品质饮用水水质安全保障技术与管理[J]. 净水技术, 2023, 42(01): 187-190.
- [3] 范宝鹤,张怡婷. 和政县城乡饮水安全保障技术研究与应用[J]. 现代农业研究, 2022, 28(07): 127-129.
- [4] 陈明吉. 高品质饮用水全链条水质保障技术和管理体系研究. 上海市,上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司, 2021-12-28.
- [5] 上海多水源调控超大城市饮用水安全保障与高品质饮用水技术与示范——太浦河金泽水源地水质安全保障综合示范(2017ZX07207)成果宣传[J]. 净水技术, 2021, 40(06): 167-172.