

钱斌,汪晋舟,张江涛,等. 水厂次氯酸钠投加系统改造及优化[J]. 净水技术, 2022, 41(9):180-186.

QIAN B, WANG J Z, ZHANG J T, et al. Optimization and reconstruction of sodium hypochlorite dosing system in WTP [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(9):180-186.



扫我试试?

## 水厂次氯酸钠投加系统改造及优化

钱斌,汪晋舟,张江涛,袁可心,孙倩雯

(无锡市水务集团有限公司,江苏无锡 214000)

<https://www.cilvsuanna.com/>

**摘要** 目前在城市供水领域中,次氯酸钠消毒已逐渐替代了原有的液氯消毒,但是在实际使用过程中存在管道易结垢堵塞、次氯酸钠稳定性较差、出水余氯波动等技术瓶颈。为提高次氯酸钠投加的安全可靠性,W市Z水厂对次氯酸钠投加系统进行了优化改造。改造方案包括:增设离子交换树脂软水装置,降低了稀释水体的硬度;优化次氯酸钠投加管道,提高加药系统的备用系数;对加药泵重新选型,便于精准投加和智能化管理。改造完成后,水质软化效果较好,管道结垢现象明显减少;投加管道可实现1用1备和管道冲洗的功能;出水余氯较为稳定,出水水质符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。本次改造保障了水厂的水质安全,实现了精准加药和稳定运行。

**关键词** 自来水 次氯酸钠 优化改造 离子交换树脂 备用管道 数字计量泵

中图分类号: TU991 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2022)09-0180-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.09.026

## Optimization and Reconstruction of Sodium Hypochlorite Dosing System in WTP

QIAN Bin, WANG Jinzhou, ZHANG Jiangtao, YUAN Kexin, SUN Qianwen

(Wuxi Water Group Co., Ltd., Wuxi 214000, China)

**Abstract** At present, sodium hypochlorite disinfection has gradually replaced the original liquid chlorine disinfection in the field of urban water supply. However, there are some technical bottlenecks in the actual use, such as pipe scaling, poor stability of sodium hypochlorite and fluctuation of residual chlorine. In order to improve the safety and reliability of sodium hypochlorite dosing, the sodium hypochlorite dosing system of Z water treatment plant (WTP) in W City was optimized and reconstruction. The transformation plan included: Adding an ion exchanger resin water softener to reduce the hardness of dilution water; optimizing dosing pipelines to improve the reserve factor of dosing system; re-selecting pump to achieve accurate dosing and intelligent management. After the reconstruction, the water softening effect was better, and the phenomenon of pipe scaling was significantly reduced; the dosing pipelines could realize the function of pipeline backup and pipeline flushing; the residual chlorine of the effluent water was relatively stable, and the quality of the effluent meet the *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749—2006). This optimization ensured the water quality safety of the WTP, and achieved accurate dosing and stable operation of the WTP.

**Keywords** tap water sodium hypochlorite optimization and reconstruction ion exchange resin standby pipeline digital metering pump

随着我国生活饮用水处理工艺的不断发展,自来水消毒技术也逐渐成熟。与原有的液氯消毒相比,NaClO消毒技术在储存和使用的过程中安全隐

患较小,而且操作维护更为便捷<sup>[1]</sup>。此外,研究表明NaClO消毒技术有利于减少水体中消毒副产物的生成<sup>[2]</sup>,NaClO是目前较为理想的消毒剂。因此,近年来NaClO消毒技术已在城市自来水生产领域中得到广泛运用<sup>[3-4]</sup>。然而,也有诸多学者提出NaClO消毒工艺依然存在技术瓶颈,譬如加药管道易堵塞、结垢物较多、氧化性较弱、不稳定易分解、出

[收稿日期] 2021-12-24

[基金项目] 无锡市水务集团科研项目(KY202101B)

[作者简介] 钱斌(1993—),男,硕士,研究方向为饮用水净化处理,E-mail:qianbin233@126.com。

水余氯较低<sup>[5-6]</sup>。

W市Z水厂NaClO投加系统已投运5年,生产运行中暴露出一些问题。本文以Z水厂为例,通过结合实际生产运行情况,对其进行原理分析,提出合理性建议进行优化改造,从而提高NaClO投加的安全性,保障出水水质达标,为后续水厂加药系统的改造提供一定的参考价值。

## 1 项目背景

W市Z水厂始建于1986年,总体设计规模为

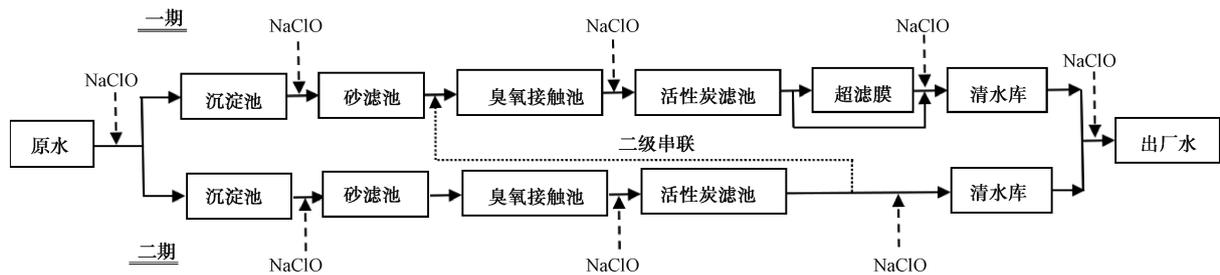


图1 Z水厂现有工艺流程

Fig. 1 Flow Chart of Existing Process of Z WTP

在外层增设316L不锈钢加强护板,形成双层保护,防止NaClO泄露。根据生产实际需要既可以原液投加,也可以按比例稀释后投加。并采用机械计量泵作为投加设备。根据工艺需求,Z水厂共有5处NaClO投加点,每处都有着不同的作用。

(1)沉淀前加氯。起助凝、降解有机物及去除异味等作用。加氯量为0~0.40 mg/L,出水余氯质量浓度 $\leq 0.05$  mg/L。

(2)砂滤前加氯。对滤料颗粒表面的污染物进行氧化分解,有效地保障了砂滤池的净化效果。加氯量为0~0.60 mg/L,出水余氯质量浓度 $\leq 0.05$  mg/L。

(3)炭滤前加氯。当炭滤池中微生物大量繁殖、出现大型微生物堵塞或穿透滤层时,适当投加起杀菌消毒作用。加氯量为0~0.10 mg/L,出水余氯质量浓度 $\leq 0.05$  mg/L。

(4)炭滤后加氯。主要是消毒作用,确保出水水质达到国标要求。加氯量为1.20~1.80 mg/L,出水余氯质量浓度为0.60~0.90 mg/L。

(5)集水井补加氯。当出厂水流量发生变化,余氯有波动时,可进行微调使余氯达到水质标准。出水余氯质量浓度为0.60~0.90 mg/L。

在实际生产运行中,以炭滤后加氯为主要消毒

60万 $m^3/d$ ,于2011年增设了60万 $m^3/d$ 规模的深度处理工艺和15万 $m^3/d$ 规模的超滤膜工艺。水厂共有两期,每期设计规模为30万 $m^3/d$ ,且每期各有2组生产管线。Z水厂在2016年7月进行了技改工程,将原有的氯气消毒更改为NaClO消毒,现水厂工艺流程如图1所示。

为缓解NaClO衰减速率,水厂选用有效氯质量分数为11%左右的NaClO溶液为原料进行储备,采用高密度聚乙烯(HDPE)加强筋储罐进行储存,并

方式。

## 2 问题分析与改造方案

### 2.1 存在主要问题

Z水厂NaClO投加系统已使用5年,随着投运时间的增加,逐渐暴露出一些瓶颈和不足。

#### (1)NaClO投加管道结垢

起初结垢物呈片状附着在管壁上,但当结垢物逐渐增多,受到水力冲刷的影响,结垢物开始从管壁脱离并聚集在变径管和弯管处,严重时会导致管道堵塞,如图2所示。



图2 管道堵塞

Fig. 2 Pipe Scaling and Blockage

通过电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)检测出结垢物中  $\text{Ca}^{2+}$  质量分数为 38.76%,  $\text{Mg}^{2+}$  质量分数为 0.32%。由图 3 可知,结垢物在  $2\theta$  为  $29.34^\circ$ 、 $35.86^\circ$ 、 $39.32^\circ$ 、 $43.04^\circ$  等位置附近出现特征衍射峰,对照 PDF 标准卡卡片(PDF No: 41-1475, 05-0586)可知,结垢物以  $\text{CaCO}_3$  峰值比较明显。

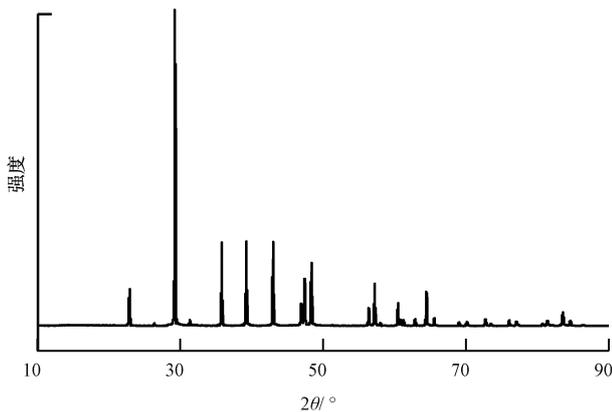
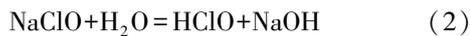


图 3 结垢物的 XRD 谱

Fig. 3 XRD Pattern of Scalant

$\text{NaClO}$  和液氯的水解反应如式(1)~式(2)。 $\text{NaClO}$  消毒和液氯消毒的机理基本相似,最终都是通过生成  $\text{HClO}$  达到氧化消毒的效果。然而,液氯水解后会形成  $\text{HCl}$ ,可以降低水体的 pH;  $\text{NaClO}$  水解后会形成  $\text{NaOH}$ ,增加水体的 pH。



由此推测,在稀释配药过程中,  $\text{NaClO}$  易分解且溶液呈微碱性,在  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{CO}_2$  存在的情况下会形成  $\text{CaCO}_3$  结晶物,并附着在管壁或贮槽中,这与许谦等<sup>[5]</sup>的结论相同。

(2) 投加管道备用系数较低,且管道无法冲洗

Z 水厂所有投加管道均只有 1 根,无备用管道,只有砂滤前投加管道和炭滤后投加管道可相互切换。当夏季水质发生波动时,砂滤前加氯和炭滤后加氯要同时使用,在检修管路时无备用管道,仅依靠集水井补加维持出水余氯,无法做到精准投加。改造前  $\text{NaClO}$  投加管路如图 4 所示。

(3) 出厂水量时变化系数较大,平稳加氯难度较高

Z 水厂靠近主城区,目前采用的投加装置是机

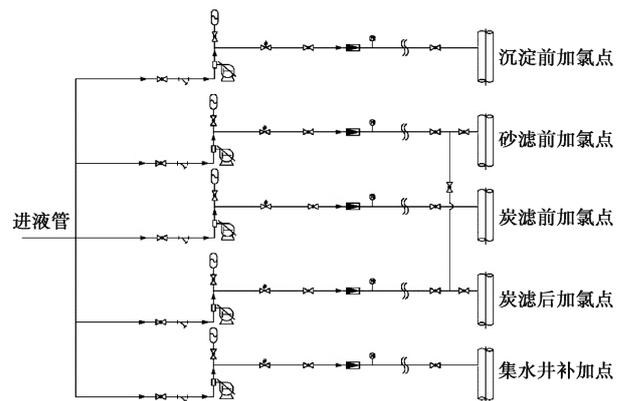


图 4 改造前的  $\text{NaClO}$  投加管道示意图(单组)

Fig. 4 Schematic Diagram of  $\text{NaClO}$  Dosing Pipeline before Reconstruction (Single Group)

械计量泵。随着使用年限的增加,投加管路流量计逐渐失效,导致现有设备的投加精度较低。此外,有学者指出在低流量运行状态下,机械计量泵易出现流量不均甚至断流等问题<sup>[7]</sup>。

## 2.2 改造思路研究

### (1) 降低水体硬度

由上文可知,Z 水厂管道结垢的根本原因在于稀释水体中  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量偏高。针对水体软化问题,目前普遍采用投加药剂法、电化学法、离子交换树脂法、膜工艺等技术。虽然通过投加复合药剂可以把  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  转化为沉淀物,但需添设固液分离装置才能获取软化水<sup>[8]</sup>;电渗析法通过外加电场,利用离子交换膜完成离子去除工作,但是其处理成本相对较高,一般用于纯水制造和海水淡化<sup>[9]</sup>;反渗透膜处理工艺脱盐效果明显、工艺较为完善,但在运行过程中会生成浓水,需要定期清洗膜组,延长设备使用寿命<sup>[10]</sup>;离子交换树脂法具有运行稳定、处理效率高、工艺成熟等特点,目前已广泛应用于锅炉水软化、盐水精制等多个领域<sup>[11]</sup>。Z 水厂从占地空间、运维方式和基建成本等角度考虑,认为离子交换树脂法具有明显的技术优势和经济优势。

### (2) 保持平稳加氯

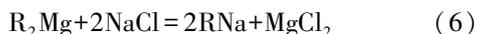
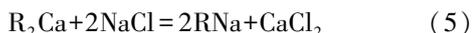
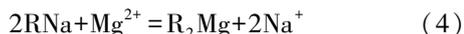
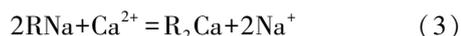
为提高  $\text{NaClO}$  投加系统的运行稳定性,已有诸多学者开展了相关的技术改造工作。譬如:邵志昌等<sup>[7]</sup>在水厂加药系统技术改造中对重要投加点铺设双管路,并在投加点处增设流量计,优化控制系统提高投加精度;周徐权等<sup>[6]</sup>针对长距离  $\text{NaClO}$  投加波动的问题,提出后  $\text{NaClO}$  投加方式,通过就地增

加一套投加系统,缩短投加距离,并改造 PLC 系统实现远程控制,提高投加流量的稳定性。另外,有学者指出市场上推广的数字计量泵自带流量控制模块,不仅提高了投加精度,还可以直接对加药量进行监测和调整<sup>[12]</sup>。Z 水厂针对现有投加设备运行情况,拟从管道改造、加药泵选型两方面开展优化改造工作。

### 2.3 具体改造方案

#### 2.3.1 增设软水装置

本次改造采用软水装置对稀释水进行软化,整套设备设计产能为 20 m<sup>3</sup>/h,并配置专用盐水箱。在正常使用过程中可利用钠型阳离子交换树脂去除水中 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>,从而降低稀释水硬度。另外,吸附 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>饱和后的树脂可通过 NaCl 溶液进行再生,重新恢复其离子交换能力<sup>[13]</sup>。水质软化和树脂再生过程如式(3)~式(6)。



整套软水装置包含立式玻璃钢储罐、盐水箱、离子交换树脂、控制器及配套管路阀门。树脂再生过程中的工作状态依次为运行→反洗→吸盐→补水→正洗→返回运行。

#### 2.3.2 管道改造

在原有投加管道的基础上,在炭滤后加氯点增设 1 根备用管,并在投加点处增设排空管。改造后的 NaClO 投加管道如图 5 所示。

改造后,当原有管道堵塞或检修时,在不改变 NaClO 正常投加的前提下,可利用备用管进行投加。另外,还可以通过厂区自用水冲洗管道,清理管道附

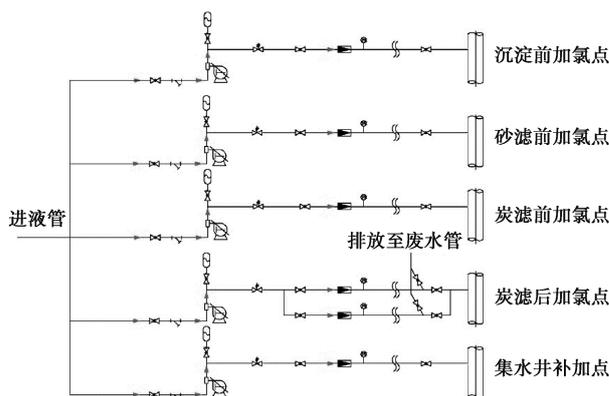


图 5 改造后的 NaClO 投加管道(单组)

Fig. 5 Schematic Diagram of NaClO Dosing Pipeline after Reconstruction (Single Group)

着物并排放至废水管道。可以实现 1 用 1 备和管道冲洗的功能,有效缓解 NaClO 结垢和管道堵塞问题。

#### 2.3.3 加药泵重新选型

现将 1 组炭滤后的机械计量泵(最大设计流量为 160 L/h,最大压力为 0.5 MPa)更换为数字计量泵(最大设计流量为 375 L/h,最大压力为 1 MPa),通过实际生产情况比较,对比数字计量泵和机械计量泵的运行效果。

## 3 改造效果

### 3.1 软水装置运行情况

选用原水和软化水分别稀释 NaClO 浓液并静置,NaClO 稀释液的变化情况如图 6 所示。原水稀释 NaClO 后,会生成絮状沉积物,且分布较为均匀,自然风干后有白色结晶物形成;而软化水稀释 NaClO 后,水体清澈透明,自然风干后烧杯底部较为干净,无结晶物生成。

Z 水厂选用自用水对 NaClO 浓液进行稀释,稀

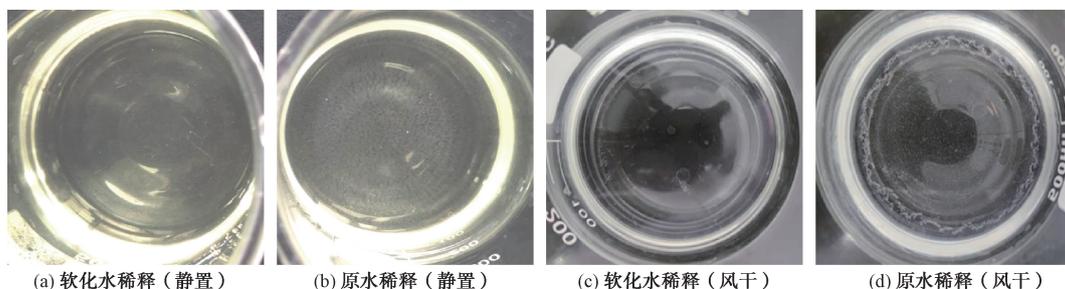


图 6 稀释效果对比

Fig. 6 Comparison of Dilution Effects

释水日均用量约为 5 000 L/d。近年来,太湖水源硬度已呈现显著增长的趋势<sup>[14]</sup>,Z 水厂自用水中的水质硬度在 80~140 mg/L。软水装置接入水厂加药系统后,其实际软化效果如图 7 所示。软水装置已稳定运行 135 d,经软水装置处理后,出水硬度均在 10 mg/L 以下。因此,整套软水装置软化效果较好,在实际生产运行中出水硬度较为稳定。综上,离子交换树脂软化法可以有效降低水质硬度,极大地抑制了 CaCO<sub>3</sub> 结晶物的形成。

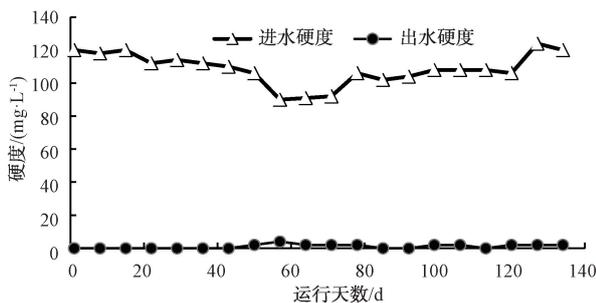


图 7 软水装置运行时硬度变化

Fig. 7 Hardness Changes under Water Softener Plant Operation

整套软水装置的使用寿命为 10 年,其中每隔 5 年更换 1 次钠型阳离子交换树脂。为提高离子交换树脂的使用寿命,Z 水厂选用不含 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 且纯度较高的软水盐配置再生液。软水装置的运行成本分析如表 1 所示。设备的资产折算约为 0.9 万元/a,耗材费约为 0.6 万元/a。根据往年数据估算,添加软水装置后,Z 水厂制水成本约增加 0.000 15 元/m<sup>3</sup>。

表 1 软水装置运行成本分析

Tab. 1 Operation Costs Analysis of Water Softener Plant

名称	折算成本
设备价格	3 万元,预计使用寿命为 10 年(仅设备本体,不包含树脂费用)
树脂价格	3 万元,预计 5 年换 1 次,总计 6 万元
软水盐耗材	2 t/a,软水盐单价按 2 800 元/t 计算
电费	设备功率为 32 W,电费单价按 0.7 元/(kW·h) 计算
处理量	NaClO 稀释水用量为 1 800 m <sup>3</sup> /a,Z 水厂产水量为 10 165.94 万 m <sup>3</sup> /a
成本折算	总计为 1.5 万元/a;制水成本增加 0.000 15 元/m <sup>3</sup>

注:根据往年数值估算 NaClO 处理量

### 3.2 数字计量泵和机械计量泵对比

为贴合生产实际,选取水厂目前常用的 NaClO 投加流量,采用人工测量的方法,对数字计量泵和机

械计量泵进行性能测试,对比结果如图 8 所示。结果显示,数字计量泵在设定流量为 10~100 L/h 时,流量输出较为均匀,而且精准度较高。机械计量泵流量波动相对较大,在 10 L/h 的工况下,机械计量泵投加流量波动已远大于 5%。

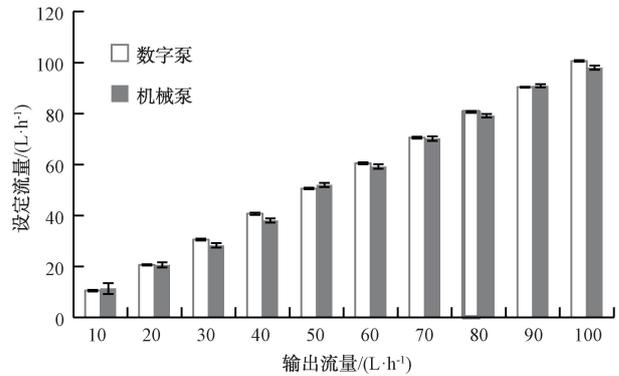


图 8 两种泵的流量测试对比

Fig. 8 Comparison of Flow Test of Different Pumps

经研究,机械计量泵的结构比较简单,利用电机带动顶杆运转,促使隔膜前后挠曲变形,达到液体输送的目的,可以通过手动调节冲程长度或使用变频器改变电机转速的方式控制出液流量。而数字计量泵的工作原理是使用异步电机调节冲程长度或频率,吸入行程时的速度保持稳定,计量冲程的持续时间可持续延长。数字计量泵以全冲程长度运行,精准度较高,另外,在实际调整流量过程中,数字计量泵操作简单,无需调节冲程和频率,还可以根据外部模拟信号进行计量,更有利于智能化改造。

为验证数字计量泵在真实生产中的实用性,Z 水厂选用常用的 NaClO 稀液投加方式(有效氯质量分数为 5%)进行加氯对比试验。通过追踪清水库余氯变化情况,比较数字计量泵和机械计量泵的投加效果,具体结果如图 9 所示。数字计量泵投加的清水库出水余氯标准差相对较小,出水余氯较为稳定,运行较好。经分析,Z 水厂靠近主城区,城市管网调压效果明显,出厂水的时变化系数较大。结合上述分析,数字计量泵的量程比较大,且出液较为均匀,在夜间低流量的工况下加氯更为平稳。

试验结果表明,虽然数字计量泵出水稳定,但两者的药耗却无明显差异。数字计量泵氯耗(1.63 mg/L)≈机械计量泵氯耗(1.67 mg/L)。经分析,Z 水厂以炭滤后 NaClO 投加为主要消毒方式,但仅能在清水库出水口处检测水体余氯变化情况。NaClO

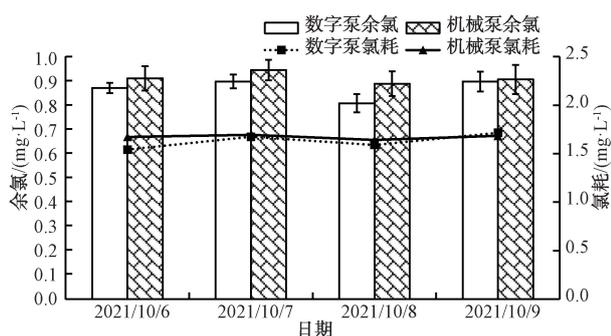


图9 两种泵的投加效果对比

Fig. 9 Comparison of Dosing Effects of Different Pumps

投加反馈时间为 1.5~3.5 h, 由于加药反馈滞后, 职工多以经验值和氯耗试验结果进行投加作业。目前的加药方式受到人为因素的干扰, 无法即时精准地核算出实际加药量, 因此, 在本次对比试验中, 两种泵的加药量无明显差异。建议后期改进加药方式, 通过添加数学分析模型、多变量智能算法等方式, 优化加药控制系统, 形成全自动 NaClO 投加方式。

此外, 当出水余氯显著增高后, 消毒副产物中的二氯一溴甲烷、一氯二溴甲烷、三溴甲烷、三卤甲烷浓度均有所上升<sup>[15]</sup>。由此可见, 为减少消毒副产物的生产, 可以提高设备的投加精度, 确保出水水质平稳。

### 3.3 改造后水质变化情况

Z 水厂 NaClO 投加系统改造完成后, 对出厂水的各项水质指标进行持续跟踪, 具体检测结果如表 2 所示。虽然一氯二溴甲烷、二氯一溴甲烷、三氯甲烷略微波动, 但是出水水质符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 的相关要求。另外, 运行过程中无管道堵塞现象发生, NaClO 投加系统运行正常。

表2 改造后出水的水质指标

Tab. 2 Water Quality Indices of Treated Water after Reconstruction

检测项目	检测情况	国家标准
总大肠菌群/[CFU·(100 mL) <sup>-1</sup> ]	未检出	不得检出
耐热大肠菌群/[CFU·(100 mL) <sup>-1</sup> ]	未检出	不得检出
大肠埃希氏菌/[CFU·(100 mL) <sup>-1</sup> ]	未检出	不得检出
菌落总数/(CFU·mL <sup>-1</sup> )	未检出	100
三氯甲烷/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.006 4~0.009 2	0.06
一氯二溴甲烷/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.005 6~0.006 9	0.1
二氯一溴甲烷/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.009 0~0.009 2	0.06
三溴甲烷/(mg·L <sup>-1</sup> )	<0.002 5	0.1

## 4 结论与建议

(1) 对于 NaClO 结垢物以 CaCO<sub>3</sub> 为主的水厂, 离子交换树脂技术对水质的软化效果较好, 且运行稳定、成本较低, 利用软水稀释 NaClO 会抑制结垢物的生成。

(2) 采用软水稀释 NaClO 和管道定期冲洗的方式, 可有效解决 CaCO<sub>3</sub> 结晶问题; 新增备用管道后, NaClO 投加系统的安全备用系数有所提升。

(3) 数字计量泵投加精度较高, 出水余氯波动较小, 但受到人为因素干扰, 数字计量泵的优势并未完全体现。可进一步引入人工智能算法, 对水体水质变化和计量泵运行参数形成闭环分析管理, 创建智能加药模式。

(4) 国内水务行业正面临现代化建设和智能化转型。建议以 NaClO 消毒原理和水源地水质特性参考为依据, 指导自来水厂加氯车间技改工作, 确保智慧化加药系统运行稳定可靠, 减少后期设备维护工作, 达到无人值守的目标。

### 参考文献

[1] 王立彪. 次氯酸钠消毒技术在自来水厂中的应用[J]. 给水排水, 2018, 54(11): 45-49.

[2] 朱有长, 刘敬雅, 赵尔格, 等. 饮用水消毒副产物比较分析与健康风险评估[J]. 净水技术, 2019, 38(5): 45-50.

[3] 王庆松, 宋淑芬, 柯丞东. 次氯酸钠消毒在大型水厂的优化与创新[J]. 净水技术, 2019, 38(8): 130-134.

[4] 毕爱军. 水厂液氯消毒系统技改工程设计[J]. 给水排水, 2019, 55(10): 26-31.

[5] 许谦, 罗莹, 贝德光, 等. 次氯酸钠投加系统管道排气及结垢问题的处理[J]. 净水技术, 2019, 38(6): 25-29.

[6] 周徐权, 董文铭, 朱培红. 后次氯酸钠投加系统在水厂的应用[J]. 净水技术, 2021, 40(s1): 71-74.

[7] 邵志昌, 纪宏卓, 翁巧龙, 等. 净水厂次氯酸钠投加系统技术改造[J]. 中国给水排水, 2016, 32(24): 97-100.

[8] 常涛. 原水水质硬度控制技术应用实践[J]. 净水技术, 2020, 39(4): 154-155.

[9] 王浩歌, 王小娟. 电渗析海水淡化技术研究进展[J]. 广东化工, 2017, 44(20): 138-140, 137.

[10] 王健. 嘉祥县地下水除盐处理工艺设计[J]. 给水排水, 2010, 36(9): 37-40.

[11] 徐勇, 陈青柏, 王建友. 离子交换水软化技术研究与应用进展[J]. 化工进展, 2020, 39(s2): 319-328.

[12] 马宝圆. 智能数字计量泵在次氯酸钠消毒系统中的应用[J]. 海河水利, 2020(5): 72-74.

[13] 刘大朋, 赵涛. 阳离子交换树脂对钙镁离子的吸附性能研究

- [J]. 印染助剂, 2012, 29(5): 39-42.
- [14] 王瑞. 流域酸化作用对太湖水体钙镁(硬度)的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2019.
- [15] 王雪娇, 费娟, 丁震, 等. 次氯酸钠与液氯消毒效果及消毒副产物对比分析[J]. 环境卫生学杂志, 2021, 11(1): 83-86.

**【编辑推荐】**水厂运行中,除了关注各工艺环节对水质的改善效果,相关药剂投加系统本身的运行状况也是需要关心的重点之一。次氯酸钠投加系统存在管道易结垢堵塞、次氯酸钠稳定性差等实际问题,如不进行优化改进,会影响消毒效果和出水水质。文章将次氯酸钠投加系统的改造优化作为研究重点,考察了增设软水装置、优化管道设计、调整加药泵选型、改进管道冲洗方式等措施,为水厂的精细化管理提出了实用的技改经验。

(上接第 179 页)

度、锰指标处于 W++ 污染程度时,或者铁指标处于 W++ 污染程度、锰指标处于 W+ 污染程度时,本文未进行试验数据论证,但实践运行数据表明,无论原水铁、锰处于何种程度的污染,当两者污染指标加和 < 1.0 mg/L 时可采用二氧化氯进行消毒及预氧化法,同时控制二氧化氯投加总量 ≤ 4.0 mg/L。因地域或季节性原水铁、锰指标的异同,具体实操数据将略有异同,当原水铁、锰任一指标达到 W+++ 污染程度时,不建议采用本文的方法进行消毒及预氧化。

(5) 针对国内采用二氧化氯消毒的中大型水厂,单独采用二氧化氯同时作为消毒剂及与氧化剂,在原水受铁、锰微污染环境下是可行的,实际生产过程只需对二氧化氯投加系统做局部改造即可实现;但当原水受到铁、锰重度污染时,可单独采用二氧化氯作为铁、锰去除剂,但不宜同时作为消毒剂使用。鉴于此,本文推荐寻求其他消毒剂作为联合消毒及预氧化剂,进而与二氧化氯协同,达到去除铁、锰、控制消毒副产物、保有消毒余氯指标的目的,最大化发挥二氧化氯在水厂的消毒与氧化功能。

#### 参考文献

- [1] 张盛军, 张大钰, 董燕, 等. 二氧化氯消毒副产物的生成规律研究[J]. 中国给水排水, 2013, 29(9): 70-71.
- [2] 吴雪军, 吴雪军, 李益飞, 等. 二氧化氯除锰技术在某县城市地表水厂改造中的应用[J]. 中国给水排水, 2018, 34(10): 71-75.
- [3] 杨学光, 陈丽琼, 刘娟. 饮用水中二氧化氯除锰应用实例[J]. 净水技术, 2020, 39(4): 156-159.
- [4] 刘宇鹤, 吴明松, 周秀艳, 等. 二氧化氯水消毒副产物的生成与削减研究进展[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(5): 380-383.
- [5] 朱明新, 沈丽娜, 朱小梅, 等. 二氧化氯在饮用水中消毒副产物的形成[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(6): 3508-3509.
- [6] 张晓娜. 二氧化氯消毒在饮用水处理中的应用[J]. 城镇供水, 2019(1): 15-17.
- [7] WIDO S, BÖHME U, SACHER F, et al. Minimization of disinfection by-products formation in water purification process using chlorine dioxide-Case studies [J]. Ozone: Science & Engineering, 2000, 22(2): 215-226.
- [8] 黄晓平. 饮用水二氧化氯净化工艺设计要点[J]. 中国给水排水, 2005, 21(9): 63-65.
- [9] 范长香. 净水过程中二氧化氯消毒副产物去除研究[J]. 中国资源综合利用, 2019, 37(11): 32-34.
- [10] 廖岚, 蔡广强, 卢小艳, 等. 深圳盐田港水厂二氧化氯消毒副产物控制技术示范[J]. 中国给水排水, 2018, 34(5): 6-9.
- [11] 王秀荣. 浏园水厂采用二氧化氯消毒的实践总结[J]. 中国给水排水, 2010, 26(12): 103-105.

**【编辑推荐】**结合历史经验,对一线水厂运营中常见原水水质波动情况进行预判,针对性预设应对措施方案,对于指导一线运营人员快速应对水质变化采取工艺调整措施具有实践意义,有助于提高水厂的响应速度,最大化减少对出厂水水质的影响。文章所述水厂以原水中铁、锰的季节性变化为研究对象,设定了 3 种水质异常情况,通过试验针对性提出了应对之法并提出了工艺段内控水质要求,具有参考价值。