

次氯酸钠投加系统运行存在的问题及解决方法

毕 然

宁夏长城水务有限责任公司 宁夏 银川 750001

摘 要：次氯酸钠投加系统在水处理中扮演重要角色，但其运行常面临气体积聚、结垢堵塞、投加精度不稳定及材质腐蚀等问题。气体积聚影响系统性能和投加精度，结垢降低管道流畅性。投加精度受机械计量泵低流量运行和流量计失效影响。此外，次氯酸钠对管件密封材料的腐蚀也不容忽视。为解决这些问题，需增加排气点、采用水体软化技术、优化计量泵性能、选用耐腐蚀材质密封件等。这些措施能有效提升次氯酸钠投加系统的稳定性和运行效率。

关键词：次氯酸钠投加系统运行；存在问题；解决方法

引言：次氯酸钠投加系统作为水处理过程中的关键环节，对保障水质安全至关重要。然而，在实际运行过程中，该系统常面临一系列挑战，包括气体积聚导致的系统性能下降、管道结垢与堵塞影响流体输送、投加精度与稳定性不足以及材质选择与密封问题等。这些问题的存在不仅影响水处理效果，还增加了系统运行与维护的成本。因此，探讨并解决这些问题对于提升次氯酸钠投加系统的运行效率和稳定性具有重要意义。

1 次氯酸钠投加系统概述

1.1 次氯酸钠的性质与作用

（1）次氯酸钠的化学性质及灭菌原理。次氯酸钠（ NaClO ）是一种强氧化剂，具有显著的杀菌消毒效果。其化学性质活跃，能够在水中迅速水解并分解，形成次氯酸（ HClO ）和氢氧化钠（ NaOH ）。次氯酸具有极强的氧化能力，能穿透微生物的细胞壁，破坏其内部的酶系统和蛋白质结构，从而达到杀灭细菌、病毒等微生物的目的。此外，次氯酸钠还能与水中的有机物发生反应，将其转化为无害物质，从而净化水质。（2）次氯酸钠在水处理中的应用优势。次氯酸钠在水处理领域的应用优势显著。首先，其杀菌消毒效果强且持久，能有效保障水质安全。其次，次氯酸钠作为消毒剂，无毒、无害、无残留，不会对人体健康和环境造成危害。再者，次氯酸钠易于储存和运输，使用方便快捷。最后，次氯酸钠还能去除水中的异味和色素，提升水质的感官品质。

1.2 次氯酸钠投加系统的组成与功能

（1）储存槽、计量泵投加系统、原水加注点等关键部件。次氯酸钠投加系统主要由储存槽、计量泵投加系统和原水加注点等关键部件组成。储存槽用于储存次氯酸钠溶液，确保其稳定供应。计量泵投加系统则负责根据实际需要精确计量并投加次氯酸钠溶液。原水加注点是次氯酸钠溶液与原水混合的地方，通过在这里投加次

氯酸钠，可以实现对原水的有效消毒^[1]。（2）系统的工作流程与功能描述。次氯酸钠投加系统的工作流程清晰且高效。首先，次氯酸钠溶液被储存在储存槽中，需要时由计量泵精确计量并投加到原水中。计量泵通过调整其工作频率和行程，可以实现对次氯酸钠投加量的精确控制。在原水加注点，次氯酸钠溶液与原水充分混合，经过一段时间的接触反应后，水中的微生物被有效杀灭，水质得到净化。整个过程中，系统通过自动控制实现精确投加和稳定运行，确保水质安全。

2 次氯酸钠投加系统运行存在的问题

2.1 气体积聚与影响

（1）次氯酸钠分解产生的气体对系统性能的影响。次氯酸钠溶液在存储和输送中，受温度升高、光照等因素影响会分解产生氯气和氧气。氯气具有强腐蚀性，会侵蚀管道内壁和设备部件，导致金属管件锈蚀、塑料管道老化加速。同时，气体积聚使管道内形成气阻，增加流体输送阻力，导致泵体负荷增大、能耗上升。当系统内气压超过设计值时，可能引发管件连接处泄漏，造成次氯酸钠溶液损耗及周边环境污染，严重时甚至引发安全事故。（2）气体积聚对计量泵投加精度及流量计检测的影响。气体进入计量泵后，因气体可压缩性导致泵腔容积利用率下降，使实际投加量与设定值产生偏差，精度误差可达 $\pm 5\%$ 以上。气蚀现象还会造成泵体振动、噪音增大，缩短计量泵使用寿命。对于流量计，气体形成的气液两相流会干扰检测信号，电磁流量计电极易受气泡冲击出现信号波动，涡轮流量计则因气体阻碍叶轮旋转导致读数偏低，使系统无法准确监测投加量。

2.2 结垢与堵塞问题

（1）管道结垢的原因分析。水中钙、镁离子与次氯酸钠水解产生的氢氧根离子反应，生成氢氧化钙、氢氧化镁等沉淀物。这些沉淀物在管道内壁附着后，与水中

碳酸根离子进一步反应形成碳酸钙结晶。系统水温升高（超过30℃）会降低碳酸钙溶解度，加速结晶析出；管道流速低于1m/s时，水流扰动减弱，结晶物更易沉积形成垢层。（2）结垢对管道流畅性及系统正常运行的影响。结垢使管道内径缩小，导致流量下降，严重时造成管道堵塞，中断次氯酸钠投加。垢层增加流体阻力，使泵出口压力升高，可能引发管道爆管风险。此外，结垢部位形成局部湍流，加剧管道磨损，同时影响次氯酸钠与水体的混合效率，降低消毒效果。定期清理结垢还会增加系统停机时间和维护成本^[2]。

2.3 投加精度与稳定性问题

（1）机械计量泵在低流量运行状态下的流量不均与断流问题。机械计量泵的工作原理是通过活塞或隔膜的往复运动实现液体的输送。在低流量运行状态下，泵的活塞或隔膜运动频率降低，导致液体在吸入和排出过程中容易出现流量波动。同时，由于流量较小，液体在管道内的流速较低，容易受到管道阻力、气体积聚等因素的影响，造成液体输送不均匀。当系统内存在气体或管道阻力过大时，甚至可能出现断流现象，使次氯酸钠溶液无法持续稳定地投加，严重影响水处理效果。（2）流量计失效导致的投加精度降低。流量计是保证次氯酸钠投加精度的关键设备之一。然而，在实际运行中，流量计容易受到多种因素的影响而失效。例如，管道结垢会附着在流量计的传感器表面，干扰其检测信号；气体积聚导致的气液两相流会使流量计检测数据失真；次氯酸钠溶液的强腐蚀性也可能损坏流量计的内部构件，影响其正常工作。流量计失效后，无法准确监测次氯酸钠溶液的实际投加量，使得操作人员无法及时调整计量泵的运行参数，导致投加精度降低，影响水处理工艺的达标率。

2.4 材质选择与密封问题

（1）次氯酸钠对管件密封材料的腐蚀性。次氯酸钠具有强氧化性和腐蚀性，会对管件的密封材料产生严重的侵蚀作用。传统的橡胶密封材料，如丁腈橡胶、天然橡胶等，在与次氯酸钠溶液接触后，会发生化学分解，导致密封材料硬化、开裂或溶胀，失去密封性能。这会造成次氯酸钠溶液泄漏，不仅浪费药剂，还会对周围环境和设备造成腐蚀损害，同时增加了操作人员的安全风险。（2）氟橡胶、四氟包覆密封圈等材质的使用限制与问题。氟橡胶和四氟包覆密封圈虽然具有较好的耐腐蚀性，在一定程度上能抵御次氯酸钠的侵蚀，但它们也存在使用限制和问题。氟橡胶在长期接触高浓度次氯酸钠溶液或在较高温度环境下运行时，其耐腐蚀性会逐渐下降，容易出现老化现象，导致密封性能降低。四氟包覆

密封圈虽然耐腐蚀性优异，但质地较硬，弹性较差，在密封面不平整或压力波动较大的情况下，难以实现良好的密封效果，容易出现泄漏。此外，这些高性能密封材料的成本较高，增加了系统的初期投入和维护成本。

3 次氯酸钠投加系统运行问题的解决方法

3.1 气体积聚问题的解决

（1）增加排气点的设计与布置策略。次氯酸钠溶液在存储和输送过程中，因化学分解会产生氯气等气体，这些气体若积聚在管道内，会导致计量泵气蚀、投加量波动等问题。科学设计排气点需遵循“高点优先、节点覆盖”原则。在水平管道系统中，每隔6-8米设置一处排气点，且在管道坡向变化处、阀门组上游30cm位置必须加装排气阀。管道坡度应保持1%-2%，确保气体向高点聚集。对于立式储罐，需在罐顶对称设置两个DN25排气口，采用带聚四氟乙烯密封的球阀，既保证气体排出又防止杂质进入。计量泵入口段的“U”型弯顶部需安装微型自动排气阀（口径DN15），其响应压力设定为0.02MPa，当管道内气压超过此值时自动开启排气。排气点与主管连接采用45°斜接方式，减少液体涡流对排气效率的影响。（2）自动排气方式的应用。联通立管自动排气装置适用于管网压力稳定的系统，立管采用UPVC材质，直径为主管的1/3，高度超出系统最高点1.2米。立管底部安装止回阀，防止停泵时液体倒流，顶部配备防雨帽和丝网过滤器，避免昆虫进入堵塞管道。该装置可使管道气体残留量控制在3%以内。稳压筒自动排气系统由PE材质筒体（容积50-200L）、浮球液位控制器和电磁排气阀组成。当筒内气体占比超过20%时，液位下降触发排气阀开启，压力稳定在0.1-0.15MPa范围。筒体内壁需做钝化处理，减少次氯酸钠在表面的分解反应，延长维护周期至3个月一次^[3]。

3.2 结垢与堵塞问题的解决

（1）水体软化技术的采用。投加药剂法采用碳酸钠-磷酸三钠复合处理工艺，按钙镁离子浓度1:0.8的比例投加，通过静态混合器实现药剂与原水充分混合，反应时间控制在3-5分钟。处理后水的总硬度应 $\leq 50\text{mg/L}$ （以 CaCO_3 计），需在线安装硬度监测仪实时调控药剂投加量。电化学软化设备采用模块化设计，钛合金电极板间距5mm，电流密度 8mA/cm^2 ，电解槽内设置湍流促进器，提高离子迁移效率。设备运行时水温控制在25-35℃，通过PLC系统联动原水流量泵，实现软化效果的动态平衡。（2）管道定期清洗与维护。物理清洗采用25MPa高压清洗机，配备旋转喷头（转速300r/min），对DN80以下管道每2个月清洗一次。清洗顺序遵循“先支管后主管”原

则,喷头行进速度保持0.3m/min,确保管道内壁附着的碳酸钙垢层彻底剥离。清洗后通过内窥镜检查,内壁清洁度需达到90%以上。化学清洗采用3%稀盐酸溶液循环处理,循环流速为正常流速的1.5倍,持续1.5小时。清洗液需通过在线pH监测仪控制在2.5-3.0范围,防止过度腐蚀管道。清洗结束后用清水冲洗至中性,再用0.3%的次氯酸钠溶液循环30分钟进行管道消毒。

3.3 提高投加精度与稳定性

(1) 优化机械计量泵的性能与选择。计量泵选型需满足最大投加量1.3倍的流量储备,计量精度达到 $\pm 0.5\%FS$ 。泵头材质选用PVC-U,柱塞密封采用双层V型圈结构,内层为EPDM橡胶,外层为氟橡胶,提高耐磨性和耐腐蚀性。配备变频调速系统,通过4-20mA信号接收流量控制器指令,实现0-100%量程的无级调节。泵出口安装脉冲阻尼器(容积为泵冲程体积的12倍),使流量脉动率降低至5%以下。每月需通过称重法校准计量精度,偏差超过0.8%时调整冲程调节旋钮^[4]。(2) 流量计的选用、安装与调试策略。电磁流量计选用316L不锈钢电极,衬里为PTFE材质,测量范围0.5-10m³/h,精度等级0.2级。采用垂直安装方式,流体自下而上流动,传感器安装位置距离泵出口 ≥ 3 米,前直管段长度 $\geq 10D$,后直管段 $\geq 5D$ (D为管道直径)。调试时先进行零点校准,确保空管状态下示值 $\leq 0.01m^3/h$;再通过标准体积管进行三点标定(30%、60%、90%量程点),误差控制在 $\pm 0.3\%$ 以内。流量计需具备温度补偿功能,自动修正次氯酸钠密度随温度变化产生的测量偏差。

3.4 材质选择与密封问题的解决

(1) 选用耐腐蚀材质的密封件。静态密封部位采用EPDM乙丙橡胶密封圈,邵氏硬度70 ± 3 度,压缩量控制在20%-25%。该材质在5%次氯酸钠溶液中浸泡1000小时后,体积变化率 $\leq 8\%$,拉伸强度保持率 $\geq 80\%$,满足

长期运行需求。动态密封(如泵轴密封)采用聚四氟乙烯与氟橡胶复合密封件,PTFE层接触介质提高耐腐蚀性,氟橡胶层提供弹性保证密封效果,适用温度范围-10至80℃,可承受1.6MPa以下压力。(2) 密封圈结构与材质的优化设计。法兰连接采用截面为“T”型的组合密封圈,内侧设置聚四氟乙烯挡圈,防止介质渗入密封面。沟槽深度设计为密封圈直径的75%,底部开设0.5mm宽的排气槽,避免装配时空气残留影响密封效果。螺纹连接采用锥形密封结构,密封圈为改性EPDM橡胶(添加20%氟橡胶颗粒),通过螺纹预紧力使密封圈产生径向变形,实现金属与橡胶的线密封。安装时需使用扭矩扳手,根据管径大小设定拧紧力矩(DN50管道为25-30N·m),确保密封压力均匀稳定。

结束语

综上所述,次氯酸钠投加系统运行中存在的问题不容忽视,但通过科学合理的解决方法,我们可以有效应对这些挑战。从增加排气点到采用水体软化技术,从优化计量泵性能到选用耐腐蚀材质密封件,每一步改进都为系统的稳定运行提供了有力保障。未来,随着技术的不断进步和创新,我们有理由相信次氯酸钠投加系统将更加高效、稳定,为水质安全保驾护航,为环境保护贡献更大力量。

参考文献

- [1]秦晔.次氯酸钠消毒工艺在水厂中的应用[J].供水技术.2021,(03):32-33.
- [2]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.2020,(11):105-106.
- [3]孙云仙,孙蒙蒙.循环水中次氯酸钠投加后对水质的影响[J].辽宁化工,2021,(04):46-47.
- [4]李尚桦,袁曲,胡彪.次氯酸钠投加系统运行存在的问题及解决方法[J].市政工程,2023,(08):87-88.