

# 某污水处理厂消毒系统技改工程设计

余舰波, 皮家悦

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

**摘要** 本工程对重庆市某设计规模为 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$  的污水处理厂消毒系统改造, 通过对成品次氯酸钠原液、现场制备次氯酸钠溶液以及二氧化氯复合法消毒三种方式进行综合比较, 确定将其原液氯消毒改造为成品次氯酸钠原液消毒, 以提升厂区生产安全性。分析了成品次氯酸钠原液消毒系统的主要单元及设计参数, 旨在为类似污水处理厂消毒方式改造提供参考和借鉴。

**关键词** 污水处理厂; 消毒改造; 次氯酸钠

中图分类号: X7

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)03-0100-03

液氯是化工行业的主要化工产品, 具有生产成本低, 工艺技术成熟、杀菌效果稳定的优势, 在城市污水处理厂消毒中广泛应用。然而, 液氯具有强氧化性、强腐蚀性、高剧毒性。按照《危险化学品重大危险源辨识》(GB 18218—2018) 相关规定, 液氯量超过临界容量 5t 则是重大风险源, 面临着储运困难、泄漏风险大等重大安全问题。随着城市化进程的加快, 寻求更加安全的消毒方式取代液氯消毒已成为一种趋势。本工程拟对重庆市某污水处理厂液氯消毒方式进行改造, 改造厂区生产运行环境。

## 1 项目背景

该污水处理厂成立于 2010 年, 现状处理规模为 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$ , 采用格栅沉砂池—A2O 生物池—V 型滤池—接触消毒池常规处理工艺。目前厂区内采用液氯消毒, 实际生产运行加氯量为 1.9~2.5  $\text{mg/L}$ 。由于液氯为重点监管的危化品, 在道路运输风险, 长假日和重要活动时可能出现药剂断供。此外, 污水处理厂氯库建筑物距离东侧居民区直线距离较近, 存在泄露的安全风险, 亟须对厂区内消毒系统进行改造。

## 2 消毒方式选择

目前污水处理厂常用的消毒方式有二氧化氯消毒、次氯酸钠消毒、紫外线消毒、臭氧消毒等<sup>[1]</sup>。本工程对成品次氯酸钠原液、现场制备次氯酸钠, 以及二氧化氯消毒三种消毒方式进行比较分析来确定消毒系统改造工艺。

### 2.1 成品次氯酸钠原液消毒

次氯酸钠 ( $\text{NaClO}$ ) 溶液为浅黄色透明液体, 有类似氯气的刺激性气味, 是一种强氧化剂。 $\text{NaClO}$  在水中水解可形成次氯酸 ( $\text{HClO}$ ) 和氢氧化钠, 其中  $\text{HClO}$

为消毒剂的有效成分。 $\text{HClO}$  在水中会进一步离解生成新生态氧  $[\text{O}]$ , 能够使菌体和病毒的蛋白质变性, 从而杀死病原微生物。由于次氯酸分子很小, 可迅速扩散至细菌表面, 穿过细胞壁到达内部, 与病原体蛋白、核酸和酶等发生氧化反应起到消毒作用<sup>[2]</sup>。

成品次氯酸钠消毒采用在污水中直接投加 10%~12% 的成品次氯酸钠原液消毒。消毒系统主要包括药剂储存单元、投加单元、应急处理单元等。该工艺的改造方案可利用现状氯库作为次氯酸钠储存间, 现状投加间更换计量泵来实施。该方案改造简单、运行相对安全、消毒效果良好稳定。通常情况下, 当成品次氯酸钠溶液就近货源充足且保证率高时, 宜首选成品次氯酸钠溶液进行消毒。

### 2.2 现场制备次氯酸钠消毒

现场制备次氯酸钠溶液为利用次氯酸钠发生器, 通过电解氯化钠溶液, 在电解槽中发生一系列化学反应, 生成有效氯约 0.8% 的次氯酸钠溶液消毒。次氯酸钠消毒系统主要包括原料制备、原料进料、产品制备、产品储存、产品投加等多个单元<sup>[3]</sup>。该工艺的改造方案可利用现状氯库作为次氯酸钠现场制备间, 但次氯酸钠发生器所在建筑的屋顶不得有吊顶、梁顶无通气孔的下翻梁要求, 需对现状房间建筑及土建进行改造。该方案制备原料为食盐, 运行成本低, 但由于产生氢气, 设备运行具有一定的危险性, 且涉及土建改造, 改造时间较长。

### 2.3 二氧化氯复合法消毒

二氧化氯常温下为白色粉末, 具有很强的氧化作用。二氧化氯复合法消毒利用二氧化氯发生器, 通过氯酸钠与盐酸两种原料的复合反应生成二氧化氯进行

表 1 消毒方式比选

| 比较内容  | 成品次氯酸钠原液            | 电解食盐水现场制备次氯酸钠溶液                   | 二氧化氯复合法                          |
|-------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 实施内容  | 储罐、加药泵、围堰、加药管路      | 现状土建改造，次氯酸钠制备系统、加药管路              | 防爆墙、二氧化氯发生器、中水回用泵、储罐、加药泵、围堰、加药管路 |
| 改造时间  | 改造时间最短              | 土建改造时间长、设备采购周期长                   | 土建改造时间长                          |
| 制备原料  | 成品液体                | 食盐                                | 盐（硫）酸、（亚）氯酸钠                     |
| 原料管控  | 10% 液体受监管           | 无                                 | 受监管                              |
| 药剂安全  | 10% 次氯酸钠原液储存时间过长会降解 | 原料为食盐，运输存储安全，次氯酸钠溶液（0.6~0.8%）不易降解 | 浓盐酸腐蚀性强，为公安管控危险化学品原料，运输存储风险较大    |
| 设备安全  | 相对安全                | 产生氢气，设备运行有一定危险性                   | 设备操作维护不当容易爆炸                     |
| 消毒效果  | 好                   | 好                                 | 好                                |
| 工程费用  | 120 万元              | 2000 万元                           | 210 万元                           |
| 年运行成本 | 164 万元              | 230 万元                            | 162 万元                           |

消毒<sup>[4]</sup>。二氧化氯消毒系统一般包括原料调制供应、二氧化氯发生及投加的成套设备。

为避免制备二氧化氯的原料氯酸钠、和盐酸、氯气等接触发生爆炸，各原料库房与设备间均应互相隔开，互不连通，且均应可直接通向外部。根据现状消毒系统房间布置情况，可将原氯库作为盐酸储存间，漏氯吸收间作为氯酸钠储存间。该方案消毒效果较好，但其原料为浓盐酸及氯酸钠，其中浓盐酸为危险药品，运输储存风险大，氯酸钠为易爆物质，安全性差，需对原房间进行土建改造。

#### 2.4 方案比较

对以上三种改造方案的实施内容、改造时间、工程费用、运行成本等方面综合比较，比较结果如表 1。

综上所述，成品次氯酸钠原液消毒工程投资最低，改造速度最快，运行管理简单，因此，本工程采用成品次氯酸钠原液消毒。

### 3 成品次氯酸钠原液消毒设计

#### 3.1 储存单元

成品次氯酸钠原液储存需综合考虑运行水量、药剂特性以及气候条件等诸多因素。此外，10% 次氯酸钠原液存在衰减情况，需结合运输条件及储存环境合理考虑储存周期及储存量。

本工程设计规模为 10 万吨 / 天，采用 10% 成品次氯酸钠原液消毒，设计投加量按最大 50mg/L（有效氯含量 5mg/L）考虑。次氯酸钠储存量按照 7d 设计，考虑春节药剂运输困难、高峰时段污水量增大以及次氯

酸钠衰减等因素，考虑变化系数 1.5。则 10% 次氯酸钠原液最高日投加量为 7500kg/d，日用量约 7.5m<sup>3</sup>，7 天用量约 52.5m<sup>3</sup>，按 60m<sup>3</sup> 设计。

根据现状氯库情况，储存单元采用 PE 储液罐形式储存次氯酸钠原液，共配置 3 座有效容积为 20m<sup>3</sup> 的储液罐。

#### 3.2 投加单元

投加单元主要包括加氯设备、投加管道及管件等。加氯设备除数字计量泵外，还包括配套相应的背压阀、安全阀、阻尼器、Y 型过滤器、压力表、自来水冲洗系统等附件。同时，需配备对应的自控系统以控制精准加氯。注料阀设置在投加管道末端，且距离液面有一定高度，以防止水汽进入加药管道，同时便于观察和检修。同时需在合理位置安装放空阀及冲洗阀，对储罐进行放空及防止管道结垢沉积堵塞。

投加量是投加单元的关键参数，根据污水厂预实验结果，确定投加量按有效氯 5mg/L 设计，能够可靠地达到出水要求。投加点考虑为两点投加，分别为接触消毒池前后投加，共设置 4 台数字计量泵，两用两备，泵参数为 Q=200L/h，H=4bar，P=0.75kW。根据原药剂投加间情况，将 4 台计量泵及其附件集成于一套撬装柜中，每两台泵间隔距离不小于 50cm，同时应保留设备检修空间。

#### 3.3 应急单元

氯库内的储药罐长期存放大量药剂，应考虑极端情况下药剂渗漏的处置问题。

本工程在室内储药区域四周设置一圈排水沟，药

剂泄露后顺坡度汇集至排水沟内集水坑。同时,沿排水沟外四周砌有一定高度围堰,将渗漏的药液与外界隔开。

为避免废液泄露造成危害,另设置专门的事故池或事故罐收集泄露的废液。本工程专门设置一座 $20\text{m}^3$ 的废液回收罐,收集泄露的废液。废液通过室内排水沟汇集至集水坑,由耐腐蚀废液泵提升至废液回收罐内。此外,若药剂储存量不足时,可使用废液回收罐内药剂进行应急消毒处理。

### 3.4 通风设计

由于次氯酸钠溶液具有刺激性气味,存在次氯酸钠的房间内不可避免有挥发气体逸出,为改善室内环境空气质量,应在次氯酸钠储存间及投加间设置机械通风设施。目前,厂区现状氯库内有10台墙壁轴流风机,加氯间内有3台屋顶轴流风机,参数均为 $Q=2500\text{m}^3/\text{h}$ , $220\sim 280\text{Pa}$ ,对其进行通风核算,轴流风机通风量能对房间进行 $8\sim 12$ 次/h的换气,达到规范通风要求。

### 3.5 防腐设计

10%次氯酸钠溶液为碱性,此外次氯酸钠分解产生腐蚀性物质。根据次氯酸钠溶液特性,储存间及投加间内与次氯酸钠可能直接接触的墙面与地面均需设置防腐措施。

本工程在次氯酸钠储存间内排水沟及围堰内外均贴耐酸耐碱砖,同时排水沟盖板采用高分子耐腐蚀材料。

### 3.6 电气自控

电气自控需完成污水厂内整个加氯系统的全自动化运行。本次次氯酸钠采用原液投加,共设计四台计量泵(两用两备),两台卸料泵(一用一备),一台废液泵,用电负荷约 $7.0\text{kW}$ 。现状加药间配电系统满足本次改造用电负荷要求。新增次氯酸钠投加系统自带PLC控制系统,通过工业以太网接入污水厂现状自控系统,信号上传至中控室,与污水厂自控系统融合。此外,计量泵需实现就地控制和远程PLC控制。

## 4 运输及运行安全

### 4.1 药剂运输与贮存

为保证运输及运行安全,必须选用合规的次氯酸钠药剂,同时需根据《次氯酸钠溶液包装要求》GB19107-2003相关要求对药剂进行包装。此外,次氯酸钠应采用防腐的装运容器进行密闭运输,且不能与还原性物品混运。

次氯酸钠溶液性质与温度、浓度及pH值等因素相关。次氯酸钠水溶液在 $15^\circ\text{C}$ 以下时性质相对稳定,而

在气温较高情况下则容易出现分解现象。浓度为10%次氯酸钠溶液时,可贮存 $5\text{d}\sim 7\text{d}$ ,而浓度为 $3\%\sim 5\%$ 的次氯酸钠溶液可储存 $10\text{d}\sim 15\text{d}$ 或更长时间,且具有更高的热稳定性。此外,次氯酸钠溶液在中性和强酸条件下性质都不稳定,而在碱性条件下则相对稳定。

根据药剂特性,次氯酸钠原液应存放在阴凉且通风的仓库,避免阳光照射,且远离火种、热源,库温不宜超过 $30^\circ\text{C}$ ,并禁止与其他还原剂、酸类、易燃可燃物等可能发生危险反应的货物一起存放,宜采用避光、密封(留一出气口)、耐腐蚀的罐体存储。

### 4.2 安全设施设置

根据《化学品分类和危险性公示通则》(GB13690-2009)及化学品分类,次氯酸钠溶液可引起严重的皮肤灼伤和眼睛损伤,一次接触可能导致消化系统危害。考虑次氯酸钠的腐蚀性<sup>[5]</sup>,需对加氯间配备防护用具、消防器材、抢救设施和抢修工具箱。本工程根据厂区作业人数,同时考虑备用,设置过滤式防毒面具、正压式空气呼吸器、压缩空气充气泵、自来水紧急冲淋洗眼器、聚乙烯类材料防护套装、防爆强光手电筒及灭火器等以保证工作人员健康安全。

## 5 结语

1. 液氯消毒系统改造为成品次氯酸钠原液消毒等运输及运营更为安全的消毒工艺是消毒处理转变的趋势。

2. 本工程针对三种氯消毒方式的实施内容、工程费用、运行成本等进行综合比较分析,选用综合成本最低,改造速度最快的成品次氯酸钠原液消毒方式。

3. 本工程对成品次氯酸钠原液消毒系统储存、投加、应急单元设计进行了阐述,对类似污水处理厂消毒系统改造设计具有参考和借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] GB 50014-2021, 室外排水设计标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
- [2] 崔红军, 吴东升, 宋思怡, 等. 自来水厂采用次氯酸钠替代液氯消毒的可行性研究[J]. 中国给水排水, 2016, 32(19): 58-61.
- [3] 毕爱军. 水厂液氯消毒系统技改工程设计[J]. 给水排水, 2019, 45(10): 26-31.
- [4] 张自杰. 排水工程(第四版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [5] 同[4].