

ICS 13.040.20
CCS Z15

团体标准

T/LNUWA xxx--2025

城镇给水深度处理 UV/H₂O₂ 高级氧化技术规程

Code of practice for urban water supply advanced treatment by
Ultraviolet(UV)/H₂O₂ advanced oxidation

(征求意见稿)

2025-xx-xx 发布

2025-xx-xx 实施

辽宁省城镇供水排水协会 发布

目 次

前 言..... II

1 适用范围.....3

2 规范性引用文件.....3

3 术语和定义.....3

4 一般规定.....3

5 工艺要求.....4

6 运行维护与安全防护 5

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准规定了自来水深度处理UV/H₂O₂高级氧化工艺的技术规程。

本标准由*****提出。

本标准由辽宁省城镇供水排水协会归口。

本标准验证单位：

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

城镇给水深度处理 UV/H₂O₂ 高级氧化技术规程

1 适用范围

本标准规定了城镇给水紫外线/过氧化氢（UV/H₂O₂）高级氧化深度处理工艺的一般规定、工艺要求、运行维护与安全防护。

本标准适用于新建、改建的市政给水、生活饮用水等城镇给水的 UV/H₂O₂ 高级氧化深度处理工艺。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 5749 生活饮用水卫生标准
GB 15603 危险化学品仓库储存通则
GB/T 17218 饮用水化学处理剂卫生安全性评价
GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准
GB/T 19837 城镇给排水紫外线消毒设备
GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
GB/T 7782 计量泵
GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
GB/T 0 191 包装储运图示标志
CJJ 58 城镇供水厂运行、维护及安全技术规程

3 术语和定义

3.1 紫外线/双氧水高级氧化 UV/H₂O₂ advanced oxidation

紫外光与双氧水（H₂O₂）协同作用形成羟基自由基，通过羟基自由基对水中难降解污染物进行氧化降解的过程。

3.2 光强计 UV intensity sensor

用来检测紫外线反应器设备中某个点紫外线强度的仪器。

3.3 在线机械清洗 on-line mechanical clean(OMC)

利用机械清洗装置（例如移动式橡胶刮片），在 UV/H₂O₂ 高级氧化系统工作时，对石英套管进行在线自动清洗的方式。

3.4 紫外线 AOP 反应器 UV reactor

通过紫外灯管照射水体进行净化的设备，由紫外线 AOP 反应器腔体、紫外灯、石英套管、镇流器、紫外线强度传感器和清洗系统等组成。

3.5 UV/H₂O₂ 高级氧化系统 UV/H₂O₂ advanced oxidation system

紫外线 AOP 反应器、H₂O₂ 投加装置和其他辅助装置的集成。

3.6 淬灭 quenching

在高级氧化反应中，用另一种更易与过量氧化剂反应的物质与之反应，从而将氧化剂从反应体系中除去以终止反应的过程。

4 一般规定

4.1 系统组成

UV/H₂O₂ 高级氧化系统基本组成单位包括紫外线反应器、H₂O₂ 投加装置、残余 H₂O₂ 的淬灭单

元、系统控制中心、配电中心、管路及其他配件等。

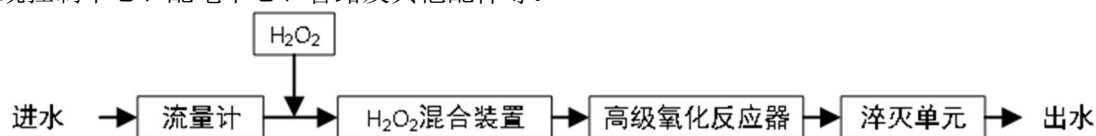


图 1 UV/H₂O₂ 高级氧化系统组成示意图

4.2 基本规定

4.2.1 UV/H₂O₂ 高级氧化工艺适用于水中嗅味、新污染物等微量污染物的去除或控制，原水中溴离子大于 100 ug/L 时，宜优先选用。

4.2.2 UV/H₂O₂ 高级氧化反应器腔体处理模块单元数量、H₂O₂ 储罐体积、紫外线灯管数量应根据水源水质水量条件及特征确定。

4.2.3 UV/H₂O₂ 高级氧化工艺与水厂现有工艺流程及其他新建工艺的上下游顺序应经过试验及技术经济综合比较后确定。

4.2.4 UV/H₂O₂ 高级氧化工艺宜设置再过滤单元后，紫外线反应器进水的紫外线透过率（UVT）应大于 80%。

5 工艺要求

5.1 紫外线 AOP 反应器

5.1.1 紫外线 AOP 反应器应配有光强计、在线机械清洗系统，根据用户需要，还可配备紫外线穿透率（UVT）在线测试仪。

5.1.2 紫外线 AOP 反应器腔体宜采用过流式管道反应器，可采用大功率低压高强紫外灯。

5.1.3 紫外灯石英套管的 UVT、结垢系数、石英套管的清洗以及配套电子镇流器、紫外灯老化系数、运行寿命应符合 GB/T 19837 的规定。

5.1.4 紫外线 AOP 反应器及其配件的卫生安全条件应符合 GB/T 17219 的规定。

5.1.5 紫外线 AOP 反应器内部壁面宜增加涂层，减少内壁对紫外线的吸收，增加紫外线的利用率。

5.1.6 紫外线 AOP 反应器内部进水端宜设置导流板，减少死水区和回水区。

5.1.7 紫外线 AOP 反应器前端管道宜安装管道混合器。

5.1.8 在场地条件允许的情况下，电子镇流器距离紫外线反应器的距离宜越近。

5.1.9 紫外线 AOP 反应器户外型电气设备防护等级应符合 GB/T 4208 规定，不应低于 IP65。户内型电气设备防护等级应符合 GB/T 4208 规定，不应低于 IP54。

5.1.10 紫外线 AOP 反应器宜符合下列规定：

1 管路系统的设计流速宜为 1.2 m/s~1.6 m/s；

2 紫外线 AOP 反应器的紫外线剂量宜为 400mJ/cm²~800mJ/cm²；

3 紫外线 AOP 反应器设备周围应预留足够的空间，以便于设备的维护和操作，侧方应预留紫外灯管更换及检修的距离；

5.2 H₂O₂ 投加装置

5.2.1 H₂O₂ 投加装置包括 H₂O₂ 的储存、计量、投加及混合设备等。

5.2.2 H₂O₂ 储存区宜符合下列规定：

1 化学危险化学品贮存应符合 GB 15603 的规定；

2 H₂O₂ 的卫生安全条件应符合 GB/T 17218 的规定；

3 H₂O₂ 储罐应考虑与周围构筑物保持一定距离。

4 H₂O₂ 储罐应设置降温装置。

5.2.3 H₂O₂ 计量、投加区宜符合下列规定：

1 H₂O₂ 投加装置的卫生安全条件应符合 GB/T 17219 的规定。

2 H₂O₂ 的投加方式宜采用计量泵，配合系统控制中心根据水源水质条件进行精准投加，计量泵应符合 GB/T 7782 的规定。

3 目标污染物达到单位对数去除率（即去除率为 90%）所需的 H_2O_2 投加量通常在 $3\text{ mg/L}\sim 20\text{ mg/L}$ ，具体投加量需根据水源水质条件进行试验确定；

4 宜通过管道混合器进行混合， H_2O_2 投加点距紫外线反应器的直管段距离不宜小于 5 倍管径，紫外线反应器后宜设置不小于 3 倍管径的直管段。

5.3 淬灭单元

5.3.1 UV/ H_2O_2 高级氧化工艺后续应设置消解残余 H_2O_2 的淬灭单元。

5.3.2 针对体系中的氧化剂 H_2O_2 ，淬灭单元宜采用新建活性炭滤池，当水厂无新建条件时，可将原砂滤池改造为炭砂滤池。

5.3.3 当活性炭滤池设在砂滤之后且其后续无进一步除浊工艺时，宜采用下相流（降流式）。

5.3.4 活性炭应采用煤制颗粒活性炭。

活性炭粒径及粒度组成应符合 CJ/T 345 的规定，可选择 8 目 $\times$ 30 目或试验确定的规格。

5.3.5 处理水与活性炭层的空床接触时间宜采用 $6\text{ min}\sim 20\text{ min}$ ，空床滤速宜为 $8\text{ m/h}\sim 20\text{ m/h}$ ，炭床厚度宜为 $1.0\text{ m}\sim 2.5\text{ m}$ 。

5.3.7 淬灭单元出水中不应检出 H_2O_2 。

5.4 系统控制中心

系统控制中心应根据水源水质、水量、目标污染物出水标准等控制要求，实时调节紫外线反应器紫外灯管的输出功率及 H_2O_2 投加量，以确保 UV/ H_2O_2 高级氧化系统完成污染物控制目标及监控要求，还可配有相关软件，结合电费时价、双氧水时价优化制水成本。

系统控制中心应具备紫外灯管累计使用时间，温度过高保护，低水位保护、清洗故障报警、灯管故障报警、以及 H_2O_2 投加量、紫外灯输出功率、在线监控系统。

5.5 其他

5.5.1 管道、阀门、管件及其它配件的安装应符合 GB50268 的规定。

5.5.2 应在管道处设有水流方向标志。

5.5.3 运输过程中，设备包装箱上的图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

5.5.4 紫外线反应器厂家在交付产品设备时，需要提供产品合格证、涉水产品卫生许可、设备的材料材质证书等。

5.5.5 性能测试

在安装并调试 UV/ H_2O_2 高级氧化系统之后，应进行性能测试，以验证系统对目标污染物的去除是否达标。性能测试按附录 A 的规定进行。

6 运行维护与安全防护

6.1 运行维护

6.1.1 城镇给水紫外线高级氧化系统的运行、维护及安全技术规程应参照 CJJ 58 要求执行。

6.1.2 紫外线反应器应在充满水后预热开机调试，确保 UV/ H_2O_2 高级氧化系统可正常运行。

6.1.3 紫外线光照计、UVT 在线测试仪、 H_2O_2 计量泵等仪器设备应定期校准、及时维修、更换。

6.1.4 应定期检查紫外线反应器腔体水位，确保设备运行过程中水流稳定，应对低水位保护等系统报警控制系统进行定期维护。

6.1.5 当紫外线灯管达到使用寿命或者紫外线强度低于初始值的 85% 时，应对紫外线灯管进行更换。

6.1.6 当石英套管在人工清洗后的透光率低于初始值的 80% 或者破裂时，应对石英套管进行更换。

6.1.7 应定期检验 H_2O_2 管路有无泄露、结晶。

6.1.8 应定期检查 H_2O_2 储罐液位是否充足，定期检测 H_2O_2 浓度是否达标。

6.1.9 若使用冷却水对 H_2O_2 罐进行降温，应使冷却水循环泵保持有水状态，管道无堵塞，冬天应注意防冻。

6.1.10 禁止覆盖遮挡镇流器机柜的散热孔。

6.1.11 需要停机检查或维修时，应先关闭紫外线灯管，然后缓慢关闭进水管阀门，关闭反应单元、 H_2O_2 投加系统、设备总电源开关，待紫外线灯管冷却及设备完全停止运行后再进行维修操作。

6.1.12 应建立相关档案，记录药剂使用、水质监测、设备运行、维护检修等。

6.2 安全防护

6.2.1 水厂操作人员应熟悉 UV/H₂O₂ 高级氧化设备的运行流程、设备操作、保养维护、检修注意事项。

6.2.2 H₂O₂ 储存区内应设置危险化学品安全周知卡。

6.2.3 应设置劳保用品用具工具箱（防静电工作服、防护护目镜、防护手套、防护靴）。

6.2.4 水厂操作人员应熟悉 H₂O₂ 性质及使用储存注意事项。

6.2.5 应按消防的有关规定配备必要的消防措施，严格执行建筑防火规范，留有足够防火距离。

附录 A

紫外线反应器性能检测

（资料性附录）

D.1 目标污染物的确定与分析检测

选取水厂工艺进水中主要有机污染物的一种或多种作为目标污染物，确定相应的污染物分析方法。目标污染物亦可采用投加的方式，使得工艺进水中目标污染物处于特定浓度。

D.2 对工艺进水的检测

对水体中的 UVT、TOC、pH、温度、电导率、TSS、TDS、碱度、无机阴离子、天然有机物（NOM）等重要水质背景参数进行测试。

若工艺进水中含有化学消毒剂余量（如氯），可采用中和试剂（如硫代硫酸钠）对化学消毒剂进行中和。水体的中和试剂残余浓度不应影响水体的 UVT 产生影响。

D.3 系统的调试运行

开启紫外线反应器，通过调节入口阀门、出口阀门或水泵功率，使系统达到目标流量。取样开始和结束时检测的目标流量误差不应超过 5%。

D.4 氧化剂的投加与分析检测

根据工艺进水中目标污染物的浓度、期望的污染物去除率、水体流量等参数，确定氧化剂的投加量，同时计算所需原液体积及确定计量泵参数。

氧化剂浓度测试依据 GB/T 37894、GB/T 1616 相关技术要求进行。

D.5 系统运行稳定状态调试和混合测试

D.5.1 稳定状态测试

取样前应对系统进行稳定状态测试。首先应根据整个测试系统的水容量和测试的流量，计算系统的水力停留时间（RT），向水中投加 UVT 调节剂（咖啡、木质素磺酸或者腐殖酸），开始计时为 0 时刻，每间隔 RT 在进水取样口和管路末端取样测试其 UVT，计算同一取样时间两个取样点紫外线穿透率的比值，从 0 时刻到比值趋近于 1 的时间即为系统达到稳定状态的时间（ST），对于不同的流量应进行相对应的 ST 测试。

D.5.2 进出水口混合测试

D.5.2.1 进水口混合测试

向水中投加目标污染物或 UVT 调节剂（紫外灯关闭），分别调节流量至测试中选择流量范围的最大值和最小值两种情况，在系统达到稳定后，检测系统进水口和出水口的 UVT 和目标污染物浓度。测试中两个检测点的平均 UV_{254} 差或目标污染物浓度误差应小于 5%，且同一点 3 次取样误差应小于 5%。

D.5.2.2 出水口混合测试

向水中投加目标污染物或 UVT 调节剂（紫外灯关闭），分别调节流量至测试中选择流量范围的最大值和最小值两种情况，在系统达到稳定后，检测系统出水口和排水管末端的 UVT 和目标污染物浓度。测试中两个检测点的平均 UV_{254} 差或目标污染物浓度误差应小于 5%，且同一点 3 次取样误差应小于 5%。

D.6 取样

D.6.1 取样时间

取样应在系统达到稳定状态后 10min 进行。

D.6.2 取样要求

在系统进、出水口分别取样。取样应包括目标污染物检测水样、水质参数检测水样、氧化剂检测水样，记录取样开始和结束时间。

出水口取样时，应避免水样被紫外线照射。

测试人员应在取样时记录并检测以下数据：样品编号、流量、紫外灯功率、紫外灯电流、光强、传感器位置、取样时间和水温。

D.6.3 样品保存及运输

样品应保存在 4℃ 左右的环境中。水样由测试人员送至现场实验室，进行基本水质参数、氧化剂浓度等的测试。目标污染物水样则送至相应的化学分析实验室进行检测。

D.7 测试数据分析

根据水样的检测结果，可以计算得到特定的氧化剂投加量、紫外线剂量和水质参数下的紫外线催化氧化系统对目标污染物的去除效率和对数去除率。

给出对数去除的计算公式：

$$\rho = \frac{c_0}{c} \times 100\% \dots\dots\dots (D.1)$$

$$L = \lg(\frac{C_0}{C})..... (D.2)$$

式中：

- ρ ——污染物的去除率，%；
- L——污染物的对数去除率；
- C_0 ——紫外催化氧化处理前水样中目标污染物的浓度；
- C——紫外催化氧化处理后水样中 R 目标污染物的浓度。

根据性能测试结果，可以考察系统对目标污染物的处理效能是否能够达到预期目标。