

ICS 13.060.99
CCS Z 10

团 标 准

T/CSES 42—2021

水回用指南 再生水中药品和个人护理品类 微量污染物处理技术

Guidelines for water reuse—Treatment technologies for pharmaceuticals
and personal care products in reclaimed water

2021-12-22 发布

2022-1-1 实施

中国环境科学学会 发 布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术选择原则	3
4.1 适用性	3
4.2 稳定性	3
4.3 经济性	3
5 处理技术	3
5.1 处理技术分类	3
5.2 活性炭吸附技术	3
5.3 氧化技术	4
5.4 膜过滤技术	4

前　　言

本文件按照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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由清华大学提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：清华大学、北控水务（中国）投资有限公司。

本文件主要起草人：文湘华、徐睿、冒建华、李鑫玮、郑琬琳、胡洪营、陈卓、秦伟。

引　　言

再生水具有成本低，水质水量稳定等特点，是重要的非传统水资源，是城市景观环境用水的主要水源。但再生水中的药品和个人护理品类微量污染物种类繁多、化学性质稳定、难生物降解，具有潜在的景观生态风险和人体接触健康风险。为明确其有效的处理技术，指导再生水制备工艺的选择，提高再生水中药品和个人护理品类微量污染物的去除效率，制定本文件。

水回用指南 再生水中药品和个人护理品类微量污染物处理技术

1 范围

本文件规定了再生水中药品和个人护理品类微量污染物处理技术的相关术语和定义、处理技术选择原则、处理技术内容等。

本文件适用于城镇集中式再生水处理设施中药品和个人护理品类微量污染物处理技术方案的选择；同样也适用于排水区域涉及与人体有密切接触情形的农村污水再生处理技术方案的选择。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 18919 城市污水再生利用 分类
- GB/T 19249 反渗透水处理设备
- GB/T 20103 膜分离技术 术语
- GB/T 25499 城市污水再生利用 绿地灌溉水质
- GB/T 32092 紫外线消毒技术 术语
- HJ 493 水质采样 样品的保存和管理技术规定
- HJ 494 水质 采样技术指导
- HJ 495 水质 采样方案设计技术规定
- HY/T 114 纳滤装置
- JB/T 2932 水处理设备 技术条件
- JB/T 10193 活性炭吸附罐 技术条件
- YS/T 3016 臭氧化工艺用反应器
- T/CSES 07 水回用指南 再生水分级与标识

3 术语和定义

GB/T 18919、GB/T 20103、GB/T 25499、GB/T 32092和T/CSES 07界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市污水 municipal wastewater

设市城市和建制镇排入城市污水系统的污水的统称。在合流制排水系统中，还包括生产废水和截流的雨水。

[来源：GB/T 18919—2002，3.1]

3.2

再生水 reclaimed water

城市污水经适当再生工艺处理后，达到一定水质要求，满足某种使用功能要求，可以进行有益使用的水。

[来源：GB/T 25499—2010，3.1]

3. 3

微量污染物 micropollutants

在很低或者极低浓度水平即能危害自然环境生物化学过程的污染物。

3. 4

药品和个人护理品类微量污染物 pharmaceuticals and personal care products

残留于再生水中的用于治疗人类或动物疾病的处方和非处方药物制剂（如抗生素、止痛药、内分泌干扰物等）以及人类日常生活中所使用的各种护理品（如化妆品、染发剂等）。

3. 5

二级处理 secondary treatment

在一级处理的基础上，用生物处理等方法进一步去除污水中胶体、溶解性有机物和氮、磷等污染物的过程。

[来源：T/CSES 07—2020, 3. 5]

3. 6

反渗透 reverse osmosis

在高于渗透压差的压力作用下，溶剂（如水）通过半透膜进入膜的低压侧，而溶液中的其他组份（如盐）被阻挡在膜的高压侧并随浓溶液排出，从而达到有效分离的过程。

[来源：GB/T 20103—2006, 4. 2. 2]

3. 7

纳滤 nanofiltration

以压力为驱动力，用于脱除多价离子、部分一价离子和分子量 200 道尔顿 ~ 1000 道尔顿有机物的膜分离过程。

[来源：GB/T 20103—2006, 4. 2. 3]

3. 8

淤泥密度指数 silt density index; SDI

由堵塞 0.45 μm 微孔滤膜的速率所计算得出的、表征水中细微悬浮固体物含量的指数。

[来源：GB/T 20103—2006, 2. 3. 21]

3. 9

臭氧化 ozonation, ozonation

投加臭氧于水处理或废水处理中，以进行灭菌、有机物的氧化或去除不良臭味等处理。

[来源：GB/T 20103—2006, 7. 1. 5]

3. 10

活性炭吸附 activated carbon adsorption

利用活性炭的物理吸附、化学吸附等性能去除水中污染物的水处理方法。

3. 11

紫外线 ultraviolet UV

波长为 100 nm ~ 400 nm 的电磁波。

[来源：GB/T 32092—2015, 2. 1]

3. 12

紫外线穿透率 UV transmittance; UVT

波长为 253.7 nm 的紫外线在通过 1 cm 比色皿水样后的紫外线强度与通过前的紫外线强度之比。
[来源: GB/T 32092—2015, 2.10]

4 技术选择原则

4.1 适用性

需要结合再生水厂已有的处理技术,充分考虑进水水质条件和出水水质目标,有针对性地选择适合的药品和个人护理品类微量污染物处理技术或组合处理技术。

4.2 稳定性

再生水中药品和个人护理品类微量污染物的残留浓度具有波动性和不确定性,拟选择的处理技术需满足对再生水中药品和个人护理品类微量污染物去除率稳定大于 80%的目标。用户宜根据当地再生水厂水源和应用情况,有针对性地跟踪监测再生水中药品和个人护理品类微量污染物,水样采集与保存应符合 HJ 493、HJ 494 和 HJ 495 的要求。

4.3 经济性

对拟选择的药品和个人护理品类微量污染物处理技术方案进行技术经济比选,确保技术的经济合理性。

5 处理技术

5.1 处理技术分类

再生水中药品和个人护理品类微量污染物处理技术主要包括活性炭吸附、氧化和膜过滤三大类。

5.2 活性炭吸附技术

5.2.1 粉末活性炭吸附技术

采用粉末活性炭吸附技术遵循下列规定:

- a) 适用条件:二级处理出水(或二级处理中曝气池的改造);
- b) 作用机理:粉末活性炭可通过物理吸附或化学吸附作用去除再生水中药品和个人护理品类微量污染物;
- c) 技术特点:设备简单,投资成本低;
- d) 技术参数:粉末活性炭投加量宜为 10 mg/L ~ 30 mg/L,水力停留时间宜为 15 min ~ 30 min;
- e) 处理效果:对再生水中常见的绝大多数药品和个人护理品类微量污染物的去除率应大于 80%;
- f) 注意事项:活性炭吸附池/罐可参照 JB/T 2932 设计;设置粉末活性炭与水的分离设施;应注意活性炭的投加方式及吸附饱和情况;应注意控制活性炭吸附反应器的温度、pH 值等运行参数。

5.2.2 颗粒活性炭吸附技术

采用颗粒活性炭吸附技术遵循下列规定:

- a) 适用条件:二级处理出水;
- b) 作用机理:颗粒活性炭可通过物理吸附或化学吸附作用去除再生水中药品和个人护理品类微量污染物;
- c) 技术特点:设备简单,投资成本低,活性炭使用寿命长;
- d) 技术参数:颗粒活性炭粒径为 0.8 mm ~ 3.0 mm,长度在 3 mm ~ 8 mm 之间,强度大于 85%,水力停留时间宜为 15 min ~ 30 min;
- e) 处理效果:对再生水中常见的绝大多数药品和个人护理品类微量污染物的去除率应大于 80%;

- f) 注意事项：颗粒活性炭吸附池/罐可参照 JB/T 10193 设计；应注意活性炭的投加方式；控制活性炭吸附反应器的温度、pH 值等运行参数；颗粒活性炭吸附饱和后应定期更换。

5.3 氧化技术

5.3.1 臭氧氧化技术

采用臭氧氧化技术遵循下列规定：

- a) 适用条件：二级处理出水；
- b) 作用机理：臭氧可直接或通过产生羟基自由基等活性氧自由基与再生水中药品和个人护理品类微量污染物发生氧化反应；
- c) 技术特点：操作简单，现场制备臭氧，可自动化调控臭氧投加量；
- d) 技术参数：臭氧投加量宜为 $0.35 \text{ mg/mg DOC} \sim 1.50 \text{ mg/mg DOC}$ ，接触时间宜为 $10 \text{ min} \sim 30 \text{ min}$ ；
- e) 处理效果：对再生水中常见的绝大多数药品和个人护理品类微量污染物的去除率应大于 80%；
- f) 注意事项：臭氧反应器可参照 YS/T 3016 设计；需要控制臭氧投加剂量，宜优先检查空气中臭氧含量，同时监测出水中臭氧含量，并采取防止臭氧从接触反应器中泄漏的措施，应设置尾气处理装置；臭氧具有强氧化性，配套设施应采用耐氧化材料；应注意臭氧去除目标污染物过程中可能产生的某些中间产物，宜采用后置生物过滤技术去除中间产物。

5.3.2 紫外-过氧化氢氧化技术

采用紫外-过氧化氢技术遵循下列规定：

- a) 适用条件：二级处理出水，紫外线穿透率（UVT）宜大于 30%；
- b) 作用机理：过氧化氢经紫外光照射生成较高浓度的羟基自由基与再生水中药品和个人护理品类微量污染物发生氧化反应；
- c) 技术特点：氧化能力强，兼有消毒、除色、除嗅的效果；
- d) 技术参数：低压紫外线灯波长 253.7 nm ，中压紫外线灯波长 $200 \text{ nm} \sim 400 \text{ nm}$ ，有效剂量 $\geq 250 \text{ mJ/cm}^2$ ；过氧化氢投加量宜为 $5 \text{ mg/L} \sim 30 \text{ mg/L}$ ；
- e) 处理效果：对再生水中常见的绝大多数药品和个人护理品类微量污染物的去除率应大于 80%；
- f) 注意事项：紫外线消毒设备可参照 GB/T 19837 设计；应注意控制水中悬浮固体浓度及紫外灯管表面的积垢对紫外线的工作效率的影响；紫外灯管寿命一般为一年，会产生含重金属的废弃灯管，需采取相应的安全处置措施。

5.4 膜过滤技术

5.4.1 反渗透技术

采用反渗透技术遵循下列规定：

- a) 适用条件：经微滤或超滤处理的二级处理出水，淤泥密度指数（SDI） < 3 ；
- b) 作用机理：反渗透膜在压力驱动下，借助于半透膜的选择分离作用去除再生水中药品和个人护理品类微量污染物；
- c) 技术特点：出水中无机盐类以及药品和个人护理品类微量污染物含量低于其他处理技术的出水；
- d) 技术参数：运行压力 $\leq 2.0 \text{ MPa}$ ；
- e) 处理效果：对再生水中常见的绝大多数药品和个人护理品类微量污染物的去除率应大于 90%；
- f) 注意事项：反渗透装置可参照 GB/T 19249 设计；可根据原水水质，添加一定的化学试剂，调整 pH；根据膜污染状况，应定期进行化学清洗或更换膜组件；反渗透出水 pH 值偏低，应根据水质需求进行调整；需妥善处理浓水。

5.4.2 纳滤技术

采用纳滤技术遵循下列规定：

- a) 适用条件：经微滤或超滤处理的二级处理出水，淤泥密度指数（SDI） < 3 ；

- b) 作用机理：纳滤膜主要通过道南效应、空间位阻作用、静电作用和吸附作用等去除再生水中药品和个人护理品类微量污染物；
- c) 技术特点：能耗低，可选择性的去除目标污染物，出水水质好；
- d) 技术参数：运行压力 ≤ 0.5 Mpa；
- e) 处理效果：对再生水中常见的绝大多数药品和个人护理品类微量污染物的去除率应大于 80%；
- f) 注意事项：纳滤设备应符合 HY/T 114 的要求；应注意纳滤膜对药品和个人护理品类微量污染物的去除率主要取决于目标污染物自身的物理化学特性（如分子半径、分子量、带电荷数和亲疏水性等）、膜本身特性（如膜材料和膜孔径等）及纳滤装置运行操作条件（如压力、通量和温度等）；根据膜污染状况，应定期进行化学清洗或更换膜组件；需妥善处理浓水。