

T/CQSES

重庆市环境科学学会团体标准

T/CQSES 01-2020

重庆市污水处理厂尾水综合利用技术指南

Technical Guide for the Comprehensive Utilization of Tailwater from
Wastewater Treatment Plant

2020-12-02 发布

2020-12-02 实施

重庆市环境科学学会 发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 尾水综合利用原则.....	3
5 污水处理厂分类.....	3
6 尾水利用的用户调查.....	5
7 尾水回用工艺选择.....	7
8 部分推荐工艺形式.....	9
9 输配水系统.....	10
10 尾水利用效益分析.....	11

前 言

为贯彻执行《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国循环经济促进法》，加快推进重庆市污水处理厂尾水综合利用工作，加强污水处理厂污染物排放控制，改善水生态环境，制订本指南。

本指南规定了重庆市污水处理厂尾水综合利用的原则、方案及主要工艺选择的要求。

本指南为首次发布。

本指南主要起草单位和起草人：

长江水利委员会水文局长江上游水环境监测中心：吕平毓、张士君、兰峰、左新宇、程帅、唐鸿琴、王宇翔、谢智超、刘陈飞、熊中福、徐杨、谷川、李同庆、曹均伟、古松

河海大学：暴瑞玲、高成、刘俊、顾文卓、吴娟、徐坚、刘清

长江水利委员会水文局长江上游水文水资源勘测局：张世明、薛兴江、方德胜、阎龙增、段恒轶、董丽梅、熊焱川、马玉婷、董溢、薛果、蒲海汪洋

重庆市城市供水节水事务中心：刘宗星、曾峥、袁源

重庆港力环保股份有限公司：况力、杨肃博、王静、樊昌井、王尧

重庆多邦科技股份有限公司：王永平、刘华、王东、王永尧、甘洪江、冉晓军、张加利

本指南由重庆市环境科学学会提出、发布并解释。

本指南于 2020 年 12 月 2 日首次发布。

重庆市污水处理厂尾水综合利用技术指南

1 适用范围

本指南适用于重庆市污水处理厂尾水综合利用管理,可作为污水处理厂尾水综合利用技术方案选择的依据。

2 规范性引用文件

本指南引用的下列文件或其中的条款即成为本指南的条文,与本指南同效。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本指南。

GB 3838	地表水环境质量标准
GB 8978	污水综合排放标准
GB 18918	城镇污水处理厂污染物排放标准
GB/T 31962	污水排入城镇下水道水质标准
GB 5084	农田灌溉水质标准
GB/T 18919	城市污水再生利用 分类
GB/T 18920	城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB/T 18921	城市污水再生利用 景观环境用水水质
GB/T 19923	城市污水再生利用 工业用水水质
GB/T 20922	城市污水再生利用 农田灌溉用水水质
CJ/T 95	再生水回用于景观水体的水质标准
S L 368	再生水水质标准
GB 50014	室外排水设计规范
GB 50335	污水再生利用工程设计规范
GB 50336	建筑中水设计规范
GB50050	工业循环冷却水处理设计规范
GB/T 50109	工业用水软化除盐设计规范

3 术语和定义

3.1 城镇污水 municipal wastewater

指城镇居民生活污水，机关、学校、医院、商业服务机构及各种公共设施排水，以及允许排入城镇污水收集系统的工业废水和初期雨水等。

3.2 工业废水 industrial wastewater

指工业生产过程中产生的废水和废液，其中含有随水流失的工业生产用料、中间产物、副产品以及生产过程中产生的污染物，分为生产废水、生产污水及冷却水。其接入市政管道必须满足《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962-2015）要求。

3.3 城镇污水处理厂 municipal wastewater treatment plant

指对进入城镇污水收集系统的污水进行净化处理的污水处理厂。

3.4 污水处理厂尾水 tailwater of wastewater treatment plant

污水经污水处理厂处理后的排放水。

3.5 污水处理厂排放标准 discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant

规定的城镇污水处理厂出水、废气和污泥中污染物的控制项目和标准值。

3.6 污水再生利用 reuse of wastewater

以污水处理厂尾水为再生水源，经再生工艺净化处理后，达到可用的水质标准，通过管道输送或现场使用方式予以利用的全过程。

3.7 景观环境用水 scenic environment use

指满足景观需要的环境用水，即用于营造城市景观水体和各种水景构筑物的水的总称。

3.8 城市杂用水 urban miscellaneous water consumption

用于冲厕、道路清扫、消防、城市绿化、车辆冲洗、建筑施工的非饮用水。

3.9 工业用水 industrial water consumption

包括工业生产所需工艺用水、冷却用水，锅炉补给水等。

3.10 农田灌溉用水 farmland irrigation water consumption

指为了满足作物生长的需要而提供的用水。

3.11 人工湿地 constructed wetland

指用人工筑成水池或沟渠，地面铺设防渗隔水层，充填一定深度的基质层，种植水生植物，利用基质、植物、微生物的物理、化学、生物三重系统作用使污水处理厂尾水得到净化，按照水流动方式分为表流人工湿地、潜流人工湿地和垂直流人工湿地。

4 尾水综合利用原则

4.1 就近利用

优先满足污水处理厂附近的利用对象，以减少尾水的输送费用。

4.2 优水优用、分质供水

根据污水处理厂尾水水质情况，优先选用尾水水质较好的污水处理厂进行尾水利用；尾水回用水质应满足尾水回用用户对水质要求的相关标准，宜根据不同用户对水质的要求分质供水。

4.3 安全用水

确保公众、操作人员的健康安全及周边环境的安全，应有效地控制病原菌的污染和传播。

4.4 合理选择工艺

尾水利用的处理工艺应在综合考虑处理规模、安全性及经济性的基础上，主要根据用户对水质的要求与尾水实际水质的差别确定。

4.5 充分考虑地形

重庆市地势高差起伏较大，尾水综合利用存在再生水输送过程中能耗大、管网及泵站要求高等问题，尾水利用时宜首先考虑供水能耗较低的用户。

4.6 考虑尾水发电

在条件允许的情况下，可适当考虑建设尾水发电工程。

5 污水处理厂分类

5.1 按污水处理厂所属管辖区域分类

根据污水处理厂所属管辖区域划分为城市污水处理厂和镇级污水处理厂。城市污水处理厂尾水回用可优先考虑城市杂用、景观环境及工业企业用水；镇级污水处理厂尾水回用可优先考虑景观河道、城市杂用及工业企业用水。

5.2 按污水处理厂规模分类

根据污水处理厂规模分为：

污水处理厂 I，处理规模为 0.5 万 t/d（含）以上的污水处理厂；

污水处理厂 II，处理规模为 0.1 万 t/d（含）以上，0.5 万 t/d 以下的污水处理厂；

污水处理厂 III，处理规模为 0.1 万 t/d 以下的污水处理厂。

不同规模污水处理厂尾水的利用方向可参考表 5-1。规模大于 0.1 万 t/d 的处理厂尾水回用优先考虑城市杂用、环境用水和工业用水，规模小于 0.1 万 t/d 的污水处理厂尾水回用优先考虑环境用水。

表 5-1 不同规模污水处理厂尾水利用方向

回用方向 污水厂分类	城市杂用	工业用水	环境用水	农林牧渔业用水
污水处理厂 I	1	1	1	2
污水处理厂 II	1	2	1	3
污水处理厂 III	3	4	1	3

表中 1 表示优先级别最高，4 表示优先级别最低。

5.3 按污水处理厂接纳污水成份分类

根据污水处理厂接纳的污水中工业废水所占比例分为：

污水处理厂 IS，污水处理厂接纳的污水中工业废水所占比例小于 50%；

污水处理厂 IM，污水处理厂接纳的污水中工业废水所占比例大于 50%（含），小于 80%；

污水处理厂 IL，污水处理厂接纳的污水中工业废水所占比例大于 80%（含）。

接纳的污水中不同工业废水含量的污水处理厂尾水利用方向可参考表 5-2。接纳的污水中工业废水含量小于 50%的污水处理厂尾水回用优先考虑城市杂用、环境用水和工业用水；进水工业废水含量大于 50%（含）但小于 80%的污水处理厂尾水回用优先考虑工业用水，其次考虑城市杂用和环境用水；进水工业废水含量大于 80%（含）的污水处理厂尾水回用主要考虑工业用水。

表 5-2 工业废水比例不同污水处理厂尾水利用方向

回用方向 污水厂分类	城市杂用	工业用水	环境用水	农林牧渔业用水
污水处理厂 IS	1	1	1	2
污水处理厂 IM	2	1	2	3
污水处理厂 IL	4	3	4	4

表中 1 表示优先级别最高，4 表示优先级别最低。

5.4 按污水处理厂执行排放标准分类

根据污水处理厂执行的排放标准分为：

污水处理厂一级 A，执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 排放标准的污水处理厂；

污水处理厂一级 B，执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 排放标准的污水处理厂。

执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 排放标准的污水处理厂优先考虑尾水回用。

5.5 按污水处理厂所处敏感区域分类

根据污水处理厂所处区域是否为敏感区分为：

污水处理厂 S，污水处理厂所处区域为敏感区；

污水处理厂 NS，污水处理厂所处区域为非敏感区。

不同区域的污水处理厂尾水利用方向应考虑对环境的影响，处于敏感区的污水处理厂尾水回用时应考虑减少进入环境的污染物质。

表 5-3 不同规模污水处理厂为水利用方向

回用方向 污水厂分类	城市杂用	工业用水	环境用水	农林牧渔业用水
污水处理厂 S	1*	1	1*	2
污水处理厂 NS	1	1	1	2

说明：*表示尾水回用时应减少进入环境的污染物质。

表中 1 表示优先级别最高，4 表示优先级别最低。

6 尾水利用的用户调查

根据污水处理厂尾水就近利用原则，按照污水处理厂每 1 万 t/d 规模调查范围为 1~1.5km² 确定污水厂尾水利用的调查范围。调查尾水利用用户及其对水量水质的需求，应考虑范围外用水量集中且较大的尾水利用用户。

6.1 城市杂用水

城市杂用水用户调查，包括城市绿化、冲厕、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工、消防用水，调查应包括用户对尾水利用水量的潜在需求，并应按照相关标准确定尾水利用的水质标准。

根据优水优用原则，优先考虑污水处理厂接纳的污水中工业废水含量较小的污水处理厂 IS、其次污水处理厂 IM 进行此部分回用，而污水处理厂 IL 暂不考虑此部分回用。

6.2 工业用水

工业用水调查，包括冷却用水、洗涤用水、锅炉用水、工艺用水、产品用水等，调查包括用户对回用水量的潜在需求，并应按照相关标准确定回用水水质标准。部分工业行业回用水无明确的水质标准，从物理、生化角度考虑选择指标，水质标准可参考表 6-1 水质，并做为尾水利用水质的基本要求。

表 6-1 尾水回用于工业的水质标准

序号	基本控制项目 (≤)	印染行业 工艺标准	造纸行业 工艺标准	冶金行业 工艺标准	电子行业 工艺标准	冷却用水 标准
1	BOD ₅ (mg/L)	10	10	-	3	10
2	COD (mg/L)	50	60	-	15	60
3	阴离子表面活性 (mg/L)	-	1	-	1	1
4	色度 (稀释倍数)	25	30	10	30	-
5	总磷 (mg/L)	-	1	-	0.1	1
6	氨氮 (mg/L)	-	10	-	2.5	10
7	浊度 (NTU)	-	5	-	3	5
8	悬浮物 (mg/L)	30	30	30	1	-
9	溶解性总固体 (mg/L)	-	1000	-	1500	1000
10	总硬度 (以 CaCO ₃ 计 mg/L)	450	450	150	450	450
11	总碱度 (以 CaCO ₃ 计 mg/L)	-	-	-	-	350
12	Cl ⁻ (mg/L)	-	-	20	-	-
13	铁 (mg/L)	0.3	0.3	-	0.2	0.3
14	总锰 (mg/L)	0.2	0.1	-	0.2	0.2

优先考虑污水处理厂接纳的污水中工业废水含量较小的污水处理厂 IS、其次污水处理厂 IM 和污水处理厂 IL 进行此部分回用。

6.3 环境用水

环境用水调查，包括娱乐性景观环境用水、观赏性景观环境用水、湿地环境用水，调查包括用户对回用水量的潜在需求，并应按照相关标准确定回用水水质

标准。

优先考虑污水处理厂接纳的污水中工业废水含量较小的污水处理厂 IS、和污水处理厂 IM；可能与人体接触的环境用水暂不考虑污水处理厂 IM 和污水处理厂 IL 对此部分的回用。

6.4 农林牧渔业用水

农林牧渔业用水调查，包括出水地表水、补充地下水用水，调查包括用户对回用水量的潜在需求，并应按照相关标准确定回用水水质标准。

优先考虑污水处理厂接纳的污水中工业废水含量较小的污水处理厂 IS，暂不考虑污水处理厂 IM 和污水处理厂 IL 对此部分的回用。

7 尾水回用工艺选择

根据调查结果确定尾水利用用户对水质的要求、污水处理厂尾水水质以及尾水利用水量等因素确定尾水利用工艺。尾水利用技术主要有：（1）以强化氮磷去除的二级生物脱氮除磷技术为核心，并增加三级处理工艺，如混凝、沉淀、过滤技术和现代消毒技术，其中包括微絮凝—过滤技术等；（2）采用以膜技术为核心的深度处理工艺及高级氧化技术等，包括微滤、超滤、纳滤、反渗透，使处理后的水质达到多种用途的要求；（3）采用以生态处理为核心的人工湿地和自然湿地处理技术，如表流人工湿地、潜流人工湿地、垂直流人工湿地以及景观湿地等；（4）以微生物为核心的生化处理技术，如曝气生物滤池、反硝化滤池等，主要去除水中 COD、BOD、氨氮、总磷等污染物。

城市污水处理厂尾水利用的主要处理工艺有：

7.1 尾水—过滤—消毒（1）

工艺可以进一步去除水中微细颗粒物，之后进行消毒。适用于工业循环冷却水、城市浇洒、绿化、景观、消防、补充河湖等市政用水和居民住宅的冲厕水等杂用水，以及农业用水等。

7.2 尾水—混凝—沉淀（澄清、气浮）—过滤—消毒（2）

混凝、沉淀、过滤工艺主要去除的对象是城市污水处理厂二级处理尾水中的胶体和微小悬浮状态的有机物和无机物，降低出水色度和浊度，杀灭水传染病菌；

同时可去除尾水中的某些溶解性的物质。可用于对浊度、色度要求较高的城市杂用等用水的尾水处理工艺。

7.3 尾水—微絮凝—过滤—消毒（3）

微絮凝直接过滤工艺是指在滤池前投加絮凝剂，经快速搅拌，形成微絮体后直接进入滤池，同时完成反应、沉淀、过滤的过程，具有占地少、投资和运行费用低的优点。工艺可用于城市杂用、景观用水等的尾水处理工艺。

7.4 尾水—石灰软化（CaO 软化）—沉淀—过滤—消毒（4）

污水处理厂待处理尾水中含有较多工业用水，当尾水硬度较高不能满足用户对回用水水质要求时，石灰软化是一经济有效的除硬度方法。如回用于工业冷却水等可采用此类工艺。

7.5 尾水—过滤—活性炭—消毒（5）

当污水处理厂二级处理尾水经过混凝、沉淀、过滤后，其出水仍达不到回用水用户对水质要求时可选用活性炭吸附工艺。活性炭吸附对去除尾水中微量难降解有机物、色度等作用显著。

7.6 尾水—曝气生物滤池—消毒（6）

曝气生物滤池充分发挥生物代谢作用、物理过滤作用、生物膜和填料的物理吸附作用，实现深度去除尾水中的氮、磷及 BOD 等污染物。

7.7 尾水—曝气—锰砂过滤—消毒（7）

工艺能有效改善尾水中总锰、铁两项污染物指标，并对悬浮物有一定程度的去除效果。对铁、锰及色度要求较高回用水可采用此类工艺处理。

7.8 尾水—RO 深度处理（8）

RO 深度处理工艺对水中各种盐类离子、总硬度、细菌病毒、铁、总锰等有良好的去除效果。对水质要求较高的工业用水，如对水质要求较高的印染工艺、电子类生产线用水，可采用此工艺对尾水进行深度处理。

7.9 尾水—人工湿地—消毒（9）

人工湿地可用于对水中悬浮物、氮、磷及 BOD 的深度处理，可供景观环境用水的尾水处理工艺选择。

8 部分推荐工艺形式

8.1 回用于城市杂用

污水处理厂执行一级 A 排放标准，且回用于城市杂用时，重点是降低 SS 含量并强化消毒处理。推荐处理工艺为以混凝沉淀为核心的物化处理技术。有去除铁锰要求时，可在此基础上增加锰砂过滤。尾水为一级 B 排放标准，且回用于城市杂用水时，且上述工艺不能满足 BOD 水质要求时，宜在此基础上增加降低 BOD 的措施，如人工湿地、曝气生物滤池等。

8.2 回用于工业

尾水回用于工业主要有工艺用水、冷却水和锅炉补水等三个方面。

(1) 工艺用水：由于不同的工业、不同的工序对水质的要求均不相同，因此工艺用水处理工艺需根据具体情况进行确定。可采用澄清—超滤—RO 深度处理工艺。

(2) 冷却水：尾水水质不能满足冷却用水需要时，将会影响冷却系统的运行，由于水质引起的问题有结垢、腐蚀、生物孳生等。推荐处理工艺为澄清—软化—过滤工艺。

(3) 锅炉补水：尾水回用于锅炉补水的水质与锅炉压力有关，锅炉蒸汽压力较高，需经软化及离子交换处理等使尾水水质符合用户要求，锰砂过滤主要针对尾水中铁锰含量较高的处理工艺。推荐处理工艺为石灰软化—微絮凝过滤—微滤/超滤—RO 深度处理。

8.3 回用于景观环境

尾水回用于景观环境的关键是控制水体的富营养化，一般经脱氮除磷的二级处理出水可达到要求，此外必须保持水体的流动。推荐处理工艺为澄清—过滤。

8.4 回用于农业

尾水为一级 A 排放标准用于农业灌溉时，应确保卫生安全，并防止土壤退化或盐碱化等。对于旱作物，二级处理加消毒即可满足要求；对于水作物及蔬菜，需采用常规二级处理加混凝、沉淀、过滤等补充处理才能达标。推荐处理工艺为微絮凝—过滤工艺。尾水为一级 B 排放标准时，需增加氮、磷及 BOD 的去除措施。

污水处理厂尾水不同利用方向的处理工艺选择如表 8-1，应考虑尾水水质及用户对水质的要求选择具体工艺形式。

表 8-1 尾水回用于工业的处理工艺选择

	城市杂用	工业用水	环境用水	农林牧渔业用水
处理工艺选择	(1)(2)(3)(8)(9)	(1)(2)(3)(4)(6)(7)(8)	(1)(3)(8)(9)	(5)(8)(9)

9 输配水系统

9.1 管网建设原则

1. 分步实施原则。在全市范围内开展回用水管网建设投资比例较大，必须分步实施、逐步推进。其中污水处理厂尾水回用于城市杂用水的管网近、远期分期建设；回用于企业的管网根据近、远期尾水利用规划，部分近期建设完毕，部分近、远期分期建设。

2. 合理布局原则。回用于工业的管网以“点对点”的方式布局，即由污水处理厂直接铺设管网至回用水用户。回用于城市杂用的管网以“点对面”的方式铺设，即由污水处理厂为起点向对应城区铺设，沿途建设取水点。

3. 方便建设原则。为了便于维修与改造，规划设计回用水管网尽可能布置在人行道或绿化带。同时，在新建城市道路与管线时，必须预留回用水管道位置，有条件的路段应预设回用水管网。

4. 经济可行原则。为使得管网铺设方便，费用节约，定线时应选用短捷的线路，避开洼地、河沟等地形。

9.2 管网建设要求

1. 管材的选择

回用水供水管网常采用的管材有高密度聚乙烯（HDPE）、玻璃钢夹砂管（RPM）和球墨铸铁管（DIP）。高密度聚乙烯（HDPE）具备塑料管材所共有的特性，包括：输送流体阻力小、能耗低、耐腐蚀，足够的强度与韧性，使用寿命长等优点外，还具有其他两类管网不具备的特点：管道采用热熔焊接，其接口与管身形成一个整体，没有污染，可保证输水水质；管材的柔韧性好，在外力撞击作用下，可利用变形吸收能量；管材的延伸率高，对地壳运动、不均匀沉降等变形能承受。

2. 回用水管网安全防护

(1) 回用水管道严禁与生活饮用水给水管道连接；

(2) 回用水池内的自来水补水管应采取自来水防污染措施，补水管出口应高于回用水贮存池内溢流水位，其间距不得小于 2.5 倍管径，严禁用淹没式浮球阀补水；

(3) 回用水管道应采取防止误接、误用、误引的措施：中水管道外壁应按有关标准的规定涂色和标志；水池、阀门、水表及给水、取水口均应有明显的“回用水”标志；公共场所及绿化的回用水取水口应设带锁装置；工程验收时应逐段进行检查，防止误接。

10 尾水利用效益分析

10.1 节水

污水处理厂尾水综合利用，可以实现水资源微观上利用高效率、中观上配置的高效益和宏观上利用的可持续。尾水处理利用量即节约对传统水资源的取用量。

10.2 减排

污水处理厂尾水利用后减少的污染物干物质量计算公式如下：

$$W = QC_s \cdot \delta \quad (10-1)$$

式中：W—尾水回用后减少的污染物干物质量，t/a；Q—各污水处理厂尾水回用量，m³/s；C_s—各污水处理厂各类污染物排放标准，mg/L； δ —系数，介于 0-1 之间，与尾水利用途径有关。

10.3 改善水环境

参考《地表水环境质量标准（3838-2002）》，以排放口下游监测断面 COD、NH₄⁺-N、TP 监测值分析重庆市采用尾水利用的各污水处理厂排放口所在水功能区现状水质。

以污水处理厂尾水排放口下游 1000m 处为控制断面，分析尾水利用后各控制断面水质改善情况。控制断面水质改善计算模型宜根据河道水流条件选取适宜的水质模型进行计算。

水质降解系数的选取，综合考虑附近区域水质降解系数的规律，取 COD 降

解系数为 0.08~0.12mg/d 之间；氨氮降解系数为 0.07~0.12mg/d 之间；总磷降解系数为 0.07~0.1mg/d 之间。

附录

A 标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、批准	允许
不必	不需要、不要求	