

探讨典型工业园区中的再生水回用工艺

张瑜翔

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司合肥分公司

摘要：优质水资源紧张正逐渐成为社会发展中需要重点解决的一项问题，为切实解决该项问题，满足社会发展需求，必须开源节流、齐头并进，加大非常规水源的利用方向和规模。对此，本文结合工程设计实践经验，选择典型工业园区这一用水大户，对再生水回用处理工艺的相关内容展开了分析和阐述，对降低优质水资源的消耗，实现水资源配置优化，获取最大的经济、社会、环境效益等方面展开相关探索。

关键词：工业园区；再生水回用工艺；水资源

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.14.113

为了有效解决水资源短缺问题，改善水环境，降低优质水资源消耗，2021年底以来，全国多地大力开展“典型地区再生水利用配置试点方案”申报工作。而典型工业园区存在较多用水大户，其内部的工业企业在生产、工艺用水方面，对水资源的消耗非常大，使用非常规水源替换地表水、自来水等优质水源已经势在必行。工业园区通过利用再生水，将污水作为水源，经过一系列的处理工艺，达到一定的水质标准，满足其使用需求，以此实现水资源配置结构的优化，实现工业园区污水的循环利用，是较为可行的一项措施。同时，工业园区通过再生水回用，可以有效缓解污水厂尾水对生态环境造成的影响，确保水环境质量，实现良好的水生态良性循环效益。

一、再生水回用概述

再生水的回用工艺选择，在典型工业园区工业企业的生产用水中，占据着重要的作用。高效的回用处理工艺，不仅能提升再生水资源的利用效率，满足企业生产用水的水质要求，还可以实现良好的生产、经济效益。对此，需要对再生水回用工艺进行研究，同时分析用户用水特性，对各类水质标准有着充分的了解和掌握，通

过设计、建设、运营的不断优化，进一步保证再生水回用工艺的**稳定、可靠**。

1、概述

再生水回用工艺主要是对污水进行回收、再利用。处理后的水资源，尽管不能饮用，但是可以用于一些对水质要求不高的场合，例如：工业企业部分回用、河道生态补水、道路清洗、冲洗厕所、绿化浇灌等方面。通常，再生水回用工艺属于一种介于给水处理与生活污水处理之间的水处理技术，且国内外大部分城市的再生水水质指标低于城市饮用水指标。优良的再生水回用工艺可以有效提升水资源利用效率，避免对水环境造成的影响，此外可以缓解水资源紧张的矛盾，响应可持续发展的原则，收获良好的经济效益、社会效益、环境效益。

2、水质标准

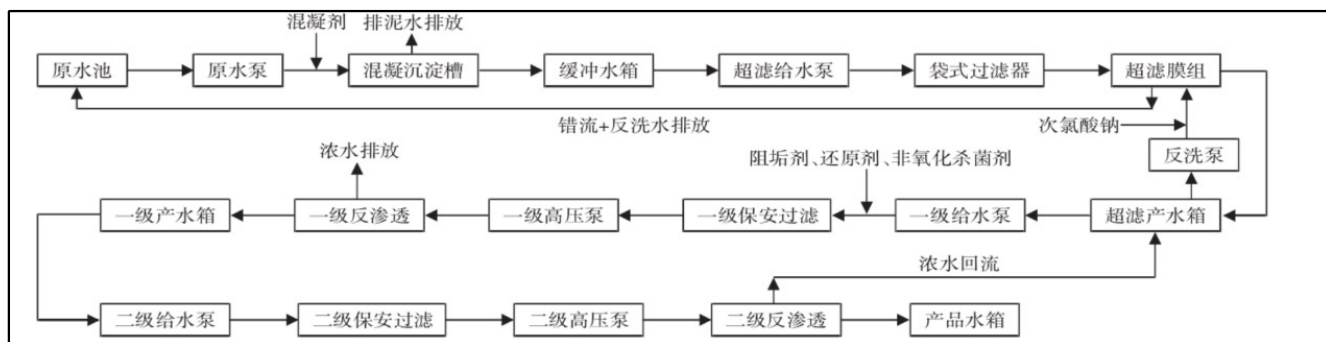
再生水回用工艺的水质标准，与其他水质标准有着很大的不同，从典型工业园区的角度来说，污水中除常规指标外还含有大量的有机物、溶解性无机物、盐类、细菌病原体、病毒、虫卵等，这些物质如果不及时处理，盲目的使用，会造成相当大的负面影响。污水再生利用的用途分类应符合现行国家水质标准中的有关规定，根据不同的用途，制定相应的水质标准，以此满足使用需求。

工业园区用水主要由于用途不同，对水质的要求差异很大，水质要求越高，相应的水处理技术要求、成本也越高。

二、再生水回用工艺分析及使用要点

以工程设计实践中的一个典型工业园区再生水回用工艺为案例，工艺流程由混凝沉淀系统、超滤系统、清洗系统和反渗透系统等组成，下面针对这几项进行详细的分析和阐述。

1、混凝沉淀系统



图：某再生水回用处理工艺流程

混凝沉淀系统的原水池为地下封闭构筑物，无法安装常规潜水泵，工程设计利用“真空引水罐+离心泵”技术进行取水，真空引水罐的容积为200L，设计有补水、排空等接口，引水罐进水管路底部应当设置阀门。混凝沉淀系统内部设置有絮凝区、斜管沉淀区、出水槽等功能分区，其中絮凝区设置三级絮凝，第一、二级絮凝区根据实际情况，设置不同转速的搅拌器；第三级絮凝区下部设置穿孔墙与斜管沉淀区进行连接^[3]。斜管沉淀池设计分为两格，每格可以单独排泥，并且以倾斜60°角进行布置，在槽进水总管的管道混合器中，设置混凝剂加药点，以此保证混凝沉淀系统运行的稳定性。混凝沉淀系统相关参数如下表所示。

表：混凝沉淀系统设计参数

| 项目 | 参数 |
|--|-------|
| 总进水量/(m ³ ·h ⁻¹) | 36 |
| 装置数量/套 | 2 |
| 絮凝时间/min | 20 |
| 沉淀负荷(m ³ ·m ² ·h ⁻¹) | 2.2 |
| 排泥方式 | 重力排泥 |
| 产水浑浊度/NTU | ≤5.00 |

2、超滤系统

超滤系统是再生水处理回用中的一种常见工艺，工业园区多利用浸没式超滤膜技术，主要机理是将膜组件浸没在需要处理的污水中，通过抽吸泵设备进行抽吸处理，可以将污水中的固体悬浮物沉降在膜的表面，根据设计工况，保证膜的产水量不变，膜过滤压力不断增加，故运行一定周期后需从与反方向对膜进行冲洗。超滤系统与其他去除污染物的技术相比，可以将悬浮物拦截、截留，随着抽吸泵的分选，悬浮物也离开原水，以此实现良好的处理效果^[1]。

3、清洗系统

清洗系统在再生水回用工艺中，往往起到关键性的作用。再生水回用工艺在应用时，必需注重清洗系统的设计。由于工业园区污水属化学性污水范畴，一般多采用恢复性清洗和维护性清洗等两种模式。针对所要处理的污水，将相应的化学试剂添加到其中，进行回用处理，在膜吸附阶段，经常会遇到一些不可溶的物质或者杂质，这样会影响吸附效果，也会给后续处理工艺的运行带来较为严重的影响。因此，需要定期进行清洗，保证再生水回用工艺的效果，使得处理后的出水达到相应水质标准。

4、反渗透系统

在工业园区再生水回用工艺中，反渗透系统属于一项重点内容，通常以高压泵、过滤器和RO膜为主要装置。反渗透是一种以压力差为推动力，从溶液中分离出

溶剂的膜分离工艺。对膜一侧的料液施加压力，当压力超过它的渗透压时，溶剂会逆着自然渗透的方向做反向渗透，从而在膜的低压侧获得透过的溶剂，即渗透液；高压侧获得浓缩的溶液，即浓缩液。在反渗透系统应用时，为了避免渗透期间产生较大的污染颗粒物，使泵类设备造成损坏，往往需要根据实际情况进行变频处理，以此更好的适应温差变化所带来的影响^[2]。此外，由于渗透膜的长期使用，很容易产生一些细菌和微生物，为了避免细菌和微生物给反渗透膜造成的影响，需要定期进行清洁、消毒、灭菌等处理，以此减少负面影响的发生。工业园区污水经过反渗透系统处理，并且达到一定标准以后，可供相应有条件的用户进行使用。反渗透系统能截留水中的各种无机离子、胶体物质和大分子溶质，并且也对色度、嗅味等方面进行严格控制，这样可以使再生水变得更加清澈、亲民，满足工业园区生产的需求，降低水资源的消耗，实现良好的经济效益。

三、再生水回用工艺应用常见的问题

鉴于典型工业园区特定的用水环境，且污水来源及组分十分复杂，所以再生水回用工艺在应用时，经常会受到诸多因素的影响，导致最终应用效果不佳，在实际运行中出现诸多问题。通过对工艺运行数据的分析和整理，其出现的常见问题总结如下：

1、工业园区污水经过再生水回用工艺处理后，尽管水质往往达到了设计要求，但是抗水量冲击负荷的能力相对较差，并且一些较大的污染颗粒物质，经常会进入内进流格栅喷嘴和带式脱水机喷嘴内，并不断积累，一些细小的悬浮物颗粒同样可以集中在喷嘴上，如果长时间不处理，就会形成喷嘴堵塞的问题，影响其使用性能^[4]。同时，喷嘴出现堵塞问题以后，冲洗压力以及水量会降低，进一步悬挂更多的杂质，并且无法清除，这样的长期积累，格栅的过水能力会大大降低，前端出现溢流的风险增加，严重影响了再生水回用工艺的使用效果。此外，为了满足工业园区生产的需求，一般在处理设备维护期间，会对喷头进行清洗，且对于栅板悬挂的杂质，通常是以人工方式为主，机械方式为辅，在一定程度上影响了工业园区的正常生产，同时增加了人工作业强度，降低了处理效率。

2、再生水处理单元在使用过程中的稳定性，直接影响着工业园区的生产效益。根据相关研究，精密过滤中的滤布作为工艺的主要通透性材料，如果滤布的通透性相对较差，进入压滤段的污泥流动性就会相对较强，易出现跑泥的现象，出泥的含水量就会降低。一般运行中为了保证滤布的透水性，会控制冲洗的水量及水压，而如上条分析，喷嘴属于重要设备，一旦发生堵塞，冲洗水量及水压就会大幅度降低，这时为保障滤布功能，就同样需要对喷嘴进行定期清洗。但喷嘴清洗同样是以人工拆卸为主，维护管理的工作量大大增加。

3、在运营实践中,反冲洗水压及冲洗时间等参数,往往在短期内无法做好协调和调试,很难找到最优解,这样很容易影响处理效果,甚至产生设备故障、材料破损等现象。同时,如果进水水质相对较差,不在设定极限处理的范围内,滤盘上附着的污染颗粒物就会增多,反冲洗效果也会大打折扣,这时又必须进行人工拆卸,消耗大量的人力和物力^[5]。此外,当处理设施运行效果严重下降时,往往需要更换滤盘,此举会影响工业园区的正常生产,增加了工业企业的经济负担甚至造成生产、经济方面的损失。

结合1、2、3条分析,各处理构筑物环环相扣、互相关联,受多方面因素叠加后,若关键工艺、设备受阻,整体处理效果及用户使用均会受到较大影响。

四、再生水回用工艺问题解决措施

为了保证再生水回用工艺的应用效果,需要切实制定并落实各项措施,有效解决常见的一些问题,减少负面影响的发生。综合上述分析,提出解决工业园区再生水回用工艺存在问题的一些对策,具体内容如下:

1、在再生水回用处理工艺应用时,针对一些细小的悬浮物颗粒,为了避免堵塞喷嘴,可增设再生过滤器,处理达标的污水进入过滤器后,对一些细小的物质进行进一步的过滤,以此提升再生水回用工艺的整体应用效果。同时,经过分析计算,结合相关工程经验,需要对处理工艺中的格栅机进行定期冲洗,并且每小时的设计冲洗量宜为 $160\text{m}^3/\text{h}$,内进流冲洗水量宜为 $60\text{m}^3/\text{h}$,并严格控制冲洗时间,应为 24h ^[6]。另外,需要根据实际情况,提升过滤性能,合理设置反冲洗泵,这样可以有效保证过滤网的使用效果。运行时要综合考虑设计参数和实际情况,做好反冲洗水压以及冲洗时间的协调和调试等工作,减少设备损坏、处理效率降低等问题的产生,确保再生水回用的稳定性。

2、为了确保再生水回用工艺的应用效果,在增设过滤器工艺的同时一定要做好其内部科学合理的设计和调节工作,提高过滤的效率,提升整体处理性能。微小颗粒物进入滚筒内以后,利用不锈钢网对其进行截留,经过滤后的再生水进入蓄水池。滚筒内的悬浮物累积到一定程度后,滤网的透水量就会呈现下降的趋势,滚筒内液位就会上升,水位上升到所设定的高位以后,反冲水泵和滚筒设定减速机就会自动启动,反冲洗水泵的高压水通过利用过滤器的反清洗组件,高压清洗滚筒筛网,同步对滚筒过滤网截留的悬浮物进行高压冲洗,冲洗后将污染物收集到槽内,再通过排污管排出。在筛网清洗完成以后,滚筒滤网的透水量会逐渐上升,其水位就会下降,当水位下降到一定程度时,反冲水洗泵和滚筒减速机会自动停止运行,过滤器就会进入正常过滤的状态,整个工艺得以高效运行,进而实现良好的过滤效果。

3、如果水量较大,处理不及时就很容易产生溢流的现象,为了避免该问题的产生,需要在再生水回用处理工艺前,预设好溢流堰尺寸、阀门尺寸和阀门开度,根据设计、运行调试数据不断优化。在消毒药物投加时,一定要注重投药的位置和药量的选择,需要根据水质和流量进行严格的计算并做实验,以此保证出水水质达到设计标准,避免造成二次污染^[7]。此外还需要根据再生水回用工艺的相关应用需求,结合典型工业园区中工业企业的生产情况,做好各项构筑物及处理设备的清洗工作,可引进先进的机械设备进行清洗,针对一些功能性较高的重要设备,需要提前制定专项方案或预案,判定其损坏等级并及时更换,以此提高效率,减少人力和物力的消耗。这样不仅可以减少相应问题的产生,也能确保再生水回用工艺的效果,满足工业园区生产的需求,实现良好的经济效益。

结束语

综上所述,典型工业园区内的污水由于组分复杂,随意排放影响生态环境;同时工业企业等用户消耗大量的优质水资源,直接影响了社会和经济效益。缓解水资源供需矛盾是保障现代城市高质量发展的关键基础,因此,再生水回用对于典型工业园区循环利用、节约优质水资源有着重要的意义。本文通过相关分析与研究,明确各项工艺要点,并较为详细、充分的了解现状存在的部分问题,切实制定各项解决措施,在保证再生水回用工艺应用的效果、提升典型工业园区的生产效益等方面做出了思考与探索,力求对类似工业园区再生水回用工程规划、设计、建设、管理提供一定借鉴。

参考文献

- [1] 陈楚晓, 韩宏彦, 郝京华, 刘星, 曹宽, 曹珍, 杨欣然. 基于TRIZ理论的再生水回用超滤系统设计[J]. 科学技术创新, 2022(09): 172-175.
- [2] 李爱英, 田雨. 典型工业园区再生水回用工艺技术研究[J]. 化工设计通讯, 2021, 47(08): 165-167.
- [3] 刘继成, 孙思, 田洁, 刘海峰. 某城市污水处理厂再生水回用方式探讨[J]. 广东化工, 2021, 48(14): 143-144.
- [4] 张彩云, 张朋川, 袁璐璐, 俞开昌, 薛涛. 超高标准除磷的纳滤再生水工艺设计及工程验证[J]. 中国给水排水, 2021, 37(10): 116-119+125.
- [5] 宋薇. 城市污水处理厂再生水回用工程的工艺设计研究[J]. 居业, 2020(09): 89+91.
- [6] 高枫, 张宝军, 王永宏, 郭万齐, 隋兴东. 城市再生水回用于火电厂循环冷却水的应用研究[J]. 给水排水, 2020, 56(S1): 768-770+773.
- [7] 刘其彬. 膜法用于高盐再生水回用的工程实例分析[J]. 当代化工研究, 2020(06): 114-115.