

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710150182.0

[51] Int. Cl.

C02F 9/08 (2006.01)

C02F 1/78 (2006.01)

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 1/50 (2006.01)

C02F 1/28 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100537457C

[22] 申请日 2007.11.15

[21] 申请号 200710150182.0

[73] 专利权人 天津市市政工程设计研究院

地址 300051 天津市和平区营口道 239 号

[72] 发明人 赵乐军 王玉秋 刘文亚 曹仲宏

王秀朵

审查员 秦士魁

[74] 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代理
事务所

代理人 王 丽

权利要求书 1 页 说明书 5 页

[54] 发明名称

再生水回用组合处理方法

[57] 摘要

本发明属于环境工程领域，特别涉及一种高安全性的再生水回用组合处理方法。本发明的再生水回用组合处理方法，组合如下：利用污水处理厂的二级出水或者达到同类水质要求的水作为源水，经过臭氧预氧化、混凝、沉淀、砂滤、微孔过滤、臭氧氧化、活性炭吸附、消毒后回用。本发明的特点是对进水水质变化适应性强、运转方式灵活、再生水出水安全性高、出水水质好、容易被用户接受，可以减少再生水用户对用水安全的疑虑，有利于拓展再生水的市场。

1. 一种再生水回用组合处理方法, 其特征在于: 利用污水处理厂的二级出水或者达到同类水质标准的水作为源水, 经过臭氧预氧化、混凝、沉淀、砂滤、微滤膜过滤、臭氧氧化、活性炭吸附、消毒后回用; 臭氧预氧化的停留时间为 8~20min, 投加量以进水量为基准为 1~3mg/l。
2. 如权利要求 1 所述的再生水回用组合处理方法, 其特征在于所述的混凝是在混凝池投加聚合氯化铝和次氯酸钠的药剂; 聚合氯化铝的投加量为 20~30mg/l, 次氯酸钠的投加量为 2~3mg/l。
3. 如权利要求 1 所述的再生水回用组合处理方法, 其特征在于所述的沉淀的停留时间为 0.6~1.2hr。
4. 如权利要求 1 所述的再生水回用组合处理方法, 其特征在于所述的砂滤的滤料厚度为 500~1000mm, 滤速为 4~6m/hr。
5. 如权利要求 1 所述的再生水回用组合处理方法, 其特征在于所述的微滤膜的孔径为 0.1~0.3 μ m, 停留时间为 10~30min。
6. 如权利要求 1 所述的再生水回用组合处理方法, 其特征在于所述的臭氧氧化的停留时间为 10~30min, 臭氧投加量为 2~4mg/l。
7. 如权利要求 1 所述的再生水回用组合处理方法, 其特征在于所述的活性炭吸附的停留时间为 20~60min, 炭层厚度 1.0~2.5m, 滤速 5~7m/hr。
8. 如权利要求 1 所述的再生水回用组合处理方法, 其特征在于所述的消毒剂次氯酸钠的投加量按照有效氯计算为 6~8mg/l。

再生水回用组合处理方法

技术领域

本发明属于环境工程领域，特别涉及一种高安全性的再生水回用组合处理方法。

背景技术

我国是世界上 13 个贫水国之一，人均水资源量仅为世界平均水平的 1/4，而且时间空间分布不均，经过多年的研究，普遍认为再生水回用是解决水源短缺问题的有效途径之一。再生水回用工艺影响着再生水使用的安全性，也影响着再生水水质，最终影响到用户的推广。

污水经过深度处理被资源化，已经被公认为第二水源，污水再生利用不仅是节约用水的有效举措，同时对保护水源，减少污染，缓解地下水资源短缺状况，起着举足轻重的作用。世界上很多缺水的国家和地区都采用再生水回用来部分解决缺水问题，不少学者对这一问题进行了深入的探讨，取得了许多有价值的研究成果，很多研究成果已经应用于工程实践，收到了良好的社会效益和经济效益。

以往的再生水回用工艺一般采用混凝、沉淀、过滤的流程，其中：

(1) 混凝及沉淀单元

混凝沉淀就是将适量的混凝剂投入污水中，经过充分混合、反应，使污水中微小悬浮颗粒和胶体颗粒相互接触反应产生凝聚作用，成为颗粒较大且易于沉淀的絮凝体，再经过沉淀加以去除。

混凝沉淀主要去除胶体和微小悬浮状态的有机和无机污染物，从表观而言，就是去除污水的色度和浊度；混凝沉淀对 BOD、COD 也有较好的去除作用，还能降低出水中细菌和病毒含量。

(2) 过滤单元主要去除粒径大于 3 μm 的悬浮颗粒物，可以进一步去除污水中的生物絮体和胶体物质，使出水悬浮物、浊度大幅度降低，出水变得透明；过滤也能去除部分重金属、细菌、病毒污染物，可以减少后续的消毒费用。过滤是再生水回用的最低安全保证。

经过实践证明该流程对于去除 BOD、COD、SS 效果良好，对氨氮有一定的去除效果，但去除效果比较低，一般在 10% 以下，对有毒有害有机物的去除效果也比较差。在 SARS 和高致病性禽流感发生之后，人们对再生水安全的重要性有了更加深刻的认识，因此应该结合目前各种处理单元的优缺点，在去除常规污染物的基础上进一步去除微量有毒化学物质，提高再生水回用的安全性，不仅对于保障再生水用户的安全有重要意义，而且对于消除用户疑虑，拓展再生水市场有重要意义。

发明内容

本发明提供一种高安全性的再生水回用组合处理方法，主要使生产的再生水安全性更

高，减小再生水对生态安全、人体健康存在的潜在威胁。

本发明是通过以下工艺流程实现的：

本发明的再生水回用组合处理方法，组合如下：利用污水处理厂的二级出水或者达到同类水质标准的水作为源水，经过臭氧预氧化、混凝、沉淀、砂滤、微滤膜过滤、臭氧氧化、活性炭吸附、消毒后回用。

所述的臭氧预氧化的停留时间为 8~20min，投加量以进水量（除非特殊说明，下同）为基准为 1~3mg/l。

所述的混凝是在混凝池投加聚合氯化铝和次氯酸钠的药剂；聚合氯化铝的投加量为 20~30mg/l，次氯酸钠的投加量为 2~3mg/l，投加次氯酸钠的作用是防止沉淀阶段藻类的滋生。

所述的沉淀阶段的停留时间为 0.6~1.2hr。

所述的砂滤的滤料厚度为 500~1000mm，滤速为 4~6m/hr。

所述的微滤膜的孔径为 0.1~0.3 μ m，停留时间为 10~30min。

所述的臭氧氧化的投加量为 2~4mg/l，停留时间为 10~30min。

所述的活性炭吸附的停留时间为 20~60min，炭层厚度 1.0~2.5m，滤速 5~7m/hr。

所述的消毒采用次氯酸钠作为消毒剂，次氯酸钠的投加量按照有效氯计算为 6~8mg/l。

各单元的主要功能如下：

本发明的混凝、沉淀单元及砂滤单元去除有机物的机理同现有技术，为了降低处理成本，体现各单元的组合优势，沉淀时间由常规的 2.0~4.0hr 减少为 0.6~1.2hr，以便减少沉淀池的容积，降低投资。

微滤膜过滤单元主要去除悬浮物、细菌、寄生虫、原生动物。

臭氧氧化：臭氧能迅速而广泛地分解水中大部分有机物，因而能有效地去除水中杂质所造成的色、臭、味，但一般不能将有机物完全氧化成二氧化碳和水，其脱色效果比氯和活性炭都好。臭氧氧化能降低出水浊度，起到良好絮凝作用，提高过滤的滤速或延长过滤周期。

通常臭氧预氧化去除无机物（如铁、锰）等、色度、浊度和悬浮固体、异臭味；此外，还可部分地降低天然有机物和使微生物灭活；预氧化处理还能强化混凝—絮凝—澄清过程，臭氧预氧化的目的，是降解有毒害的微污染物质，去除三卤甲烷前体和增加污染物的可生物降解性；为了完全地去除有机物，还需依靠随后的粒状活性炭（GAC）过滤，最后消毒去除剩余的微生物和使消毒副产物产生量最小。

臭氧氧化单元主要是进一步去除浊度、色度、臭味和部分微量有机物。

活性炭吸附：二级出水经混凝沉淀和过滤处理后，再经活性炭吸附，既可去除溶解性有机物，也可去除水中残留的胶体粒子、微生物、余氯、痕量重金属、表面活性剂、微量有机物等，并可用来脱色、除臭。活性炭吸附是以物理吸附（范德华力）为主，但也有化学吸附的作用在内。

本发明有如下特点：对进水水质变化适应性强、运转的自动化程度高、再生水出水安全性高、运转方式灵活、出水水质好和容易被用户接受，可以减少再生水用户对再生水安全性的疑虑，拓展再生水的市场。

本工艺适用于中小规模的再生水回用（一般 $1000\text{m}^3/\text{d}$ 以下）。

本发明的工艺流程与现有的工艺流程相比，去除 COD、总氮、总磷的效果差不多，但去除氨氮的效果明显提高，可以达到 83%，现有再生水处理流程对氨氮的去除率在 10% 以下。

通过我们的研究证明，混凝、沉淀处理单元对雌激素、烷基酚等影响动物生殖发育、影响生态安全、并具有致癌效应的微量有机物去除效果为 8.3%~30%，而通过混凝、沉淀、微滤膜过滤、臭氧氧化之后，对上述物质的去除率为 58%~82%。如果再加上活性炭过滤，通过活性炭的吸附作用，去除效率肯定会更高。

由于水中有毒有害有机物含量低、种类多，测定难度较大，成本较高，为了判别再生水的安全性，我们引入了一个综合指标 UV254，污水中的很多有机物在 254nm 的紫外光处都有一定的吸收值，UV254 值的大小反映了水中有机物含量的高低，采用该指标可以间接反映再生水的安全性。

由于以前在选择再生水处理工艺时对再生水的安全性重视不够，仅局限于满足指标要求，所以尚没有现有工艺对 UV254 去除效果的对比数据，但从理论上分析，以前的处理流程，对 UV254 的去除效果很小。

具体实施方式

下面结合具体实施例，进一步阐述本发明。

（1）原水

以某污水处理厂的二级出水为原水，建设时该厂的设计出水水质为：

$\text{BOD}_5 \leq 30\text{mg/L}$ ； $\text{COD} \leq 120\text{ mg/L}$ ； $\text{SS} \leq 30\text{mg/L}$ ； $\text{NH}_3\text{-N} \leq 25\text{ mg/L}$ 。

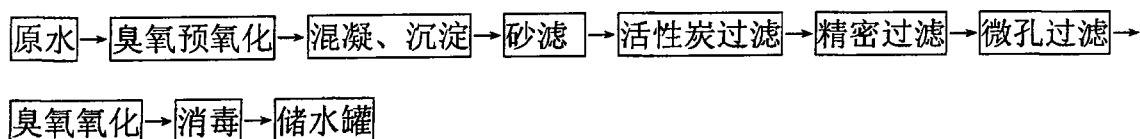
在实际运转过程中，由于污水处理厂进水中工业废水量比较大，致使出水 COD、氨氮不能达到设计标准。

在试验期间，组合处理单元实际进水水质为：进水 COD_{Cr} 在 21.44~140.77mg/l 之间，进水氨氮在 5.11~102.61mg/l 之间，进水总氮在 32.95~51.62 mg/l 之间，进水总磷在 2.07~12.30mg/l 之间，进水浊度在 6.43~13.69mg/l 之间。

（2）处理规模

试验规模为日处理量水量 100m^3 ，约 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

（3）工艺流程



流程中的精密过滤当时采用的是 $5\mu\text{m}$ 的膜过滤。

试验时采用的微孔过滤膜的孔径为 $0.45\ \mu\text{m}$ 。

首先针对本发明的工艺流程的去除效果进行研究，采用如下工艺参数：

二级出水在投加药剂进行混凝之前，进行臭氧预氧化，臭氧预氧化的停留时间为 10min，投加量为 2mg/l。

混凝池投加的药剂包括聚合氯化铝、次氯酸钠。聚合氯化铝的投加量为 20mg/l，次氯酸钠的投加量为 2mg/l。

沉淀阶段的停留时间为：0.8hr。

砂滤的滤料厚度为 700mm，滤速为 5m/hr。

臭氧氧化的停留时间为 20min，投加量为 3mg/l。

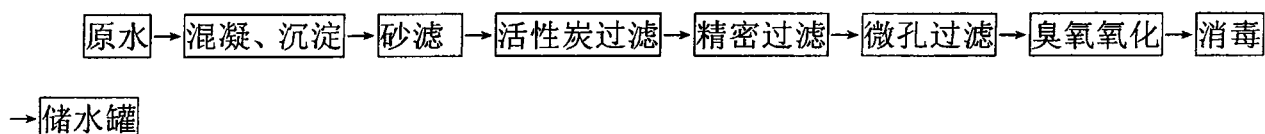
活性炭吸附的停留时间为 40min，炭层厚度 2.0m，滤速 6m/hr。

消毒剂 NaClO 的投加量为 6mg/l。

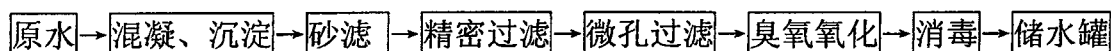
在试验期间，组合处理单元实际出水水质为：COD_{Cr} 在 18.72~39.58mg/l 之间，出水氨氮在 0.60~30.82mg/l 之间，出水总氮在 9.84~49.36mg/l 之间，出水总磷在 1.14~3.53mg/l 之间，出水浊度在 1.25~3.59mg/l 之间。

为了进一步证实优化的工艺组合，同时验证臭氧预氧化对去除氨氮和 UV254 的效果，我们选用以下 4 种工艺流程进行了对比试验研究。

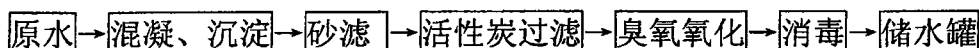
①工艺流程一



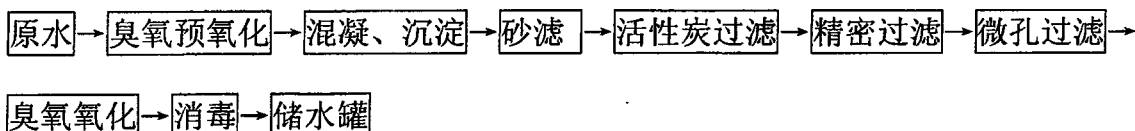
②工艺流程二



③工艺流程三



④工艺流程四



工艺流程④为本发明流程。

所使用的单元的工艺条件是从下述条件中提取：缺省单元工艺条件也相应缺省。

臭氧预氧化的停留时间为 8~20min，投加量以进水量为基准为 1~3mg/l。

混凝是在混凝池投加聚合氯化铝和次氯酸钠的药剂；聚合氯化铝的投加量为 20~30mg/l，次氯酸钠的投加量为 2~3mg/l，投加次氯酸钠的作用是防止沉淀阶段藻类的滋生。

沉淀的停留时间为 0.6~1.2hr。

砂滤的滤料厚度为 500~1000mm，滤速为 4~6m/hr。

微滤膜的孔径为 0.1~0.3 μ m，停留时间为 10~30min。

臭氧氧化的投加量为 2~4mg/l，停留时间为 10~30min。

活性炭吸附的停留时间为 20~60min，炭层厚度 1.0~2.5m，滤速 5~7m/hr。

消毒采用次氯酸钠作为消毒剂，次氯酸钠的投加量按照有效氯计算为 6~8mg/l。

工艺流程①处理单元最齐全，工艺流程②中不含活性炭单元，工艺流程③中不含精密过滤、微孔过滤单元，工艺流程④和工艺流程①的区别是增加了臭氧预氧化单元，通过上述实验，可以比较几个处理单元的不同组合对去除污染物尤其是和安全性相关的污染物的效果。

上述四种工艺流程的运转效果如下表：

表 1 选定的四种工艺流程出水效果对比表

项目 \ 流程	①	②	③	④	原水
NH ₃ -N	2.50	1.90	1.40	0.60	3.60
总氮	52.08	54.88	58.66	53.64	63.67
总磷	2.33	2.22	3.18	2.26	3.61
COD _{Cr}	45.03	45.03	51.96	45.03	65.82
浊度(度)	2.29	3.32	2.29	2.36	5.40
UV254	0.038	0.100	0.147	0.046	0.235

由上述实验结果可以看出，流程①~④对总氮、总磷、COD_{Cr}、浊度的去除效果相差不多，但是工艺流程①对 UV254 的去除效果较好；流程 2 对浊度去除效果稍差，这也说明活性炭在去除浊度中所起的作用，和工艺流程①对比，工艺流程④对氨氮和 UV254 的去除效果明显改善，这也说明了臭氧预氧化的作用。

通过上述四种工艺流程的对比性试验，说明本发明的工艺相对其它组合工艺对氨氮和 UV254 等影响再生水安全的污染物有较高的去除效率。

在研究中发现，由于微孔过滤膜的孔径采用 0.45 μ m，孔径偏大，对浊度、COD、UV254 的去除效果不佳，结合新的膜技术，将微孔过滤膜的孔径改为 0.1~0.3 μ m。

经过查阅相关文献，并且参考给水深度处理的经验，从提高再生水安全性的角度出发，将臭氧氧化单元置于活性炭单元的前面。

本发明并不局限于实例中所描述的技术，它的描述是说明性的，并非限制性的，本发明的权限由权利要求所限定，基于本技术领域人员依据本发明所能够变化、重组等方法得到的与本发明相关的技术，都在本发明的保护范围内。