

双膜法中水回用系统中的微生物污染治理方案的讨论

王静 王旭 张进

中电环保股份有限公司

DOI:10.12238/eep.v3i11.1130

[摘要] 以超滤反渗透技术为核心的双膜法在中水回用,目前已经得到越来越广泛的使用。由于中水回用的来水水质波动较大,污染不好控制,尤其是微生物污染。反渗透膜的材质为聚酰胺,不利用次氯酸钠等强氧化剂进行杀菌。因此需要制定其他的微生物污染处理方案,以便整个膜系统更加良好地运行。

[关键词] 超滤; 反渗透; 中水回用系统; 微生物污染治理

中图分类号: Q93 **文献标识码:** A

目前以超滤反渗透技术为核心的双膜法在中水回用系统中有着越来越广泛的应用。由于各个用水单位中水水源不同,处理后的产水用途不一,因此在项目的设计及调试中,需要进行有针对性的解决方案,确保系统稳定。本文就江阴市某中水回用项目膜系统的微生物污染处理进行阐述。

1 工程概况

该项目为江苏省江阴市某中水利用有限公司中水处理。系统来水水质达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)中的一级A排放标准(COD按一级B标准),水温在13~35℃。系统来水的TDS含量随上游排放情况而波动,大约在3000~5000mg/L。中水处理后产水供至某纺织厂作为工业生产用水。反渗透产水量10000m³/d。

1.1超滤系统介绍。超滤装置按4套设计,每套设计净产水量为150m³/h。超滤系统由网式自清洗过滤器、超滤膜组件、超滤膜池、透液泵、反洗装置、清洗装置、加药装置、管阀、仪表等附件组成。

超滤膜采用苏伊士公司ZeeWeed-1000型号浸没式产品,单支膜元件表面积41.8m²。膜孔径为0.02μm,每个膜池装配126支膜元件,膜的设计通量为28.5L/m²·h。设计产水水质:浊度≤0.2,SDI≤3。

1.2反渗透系统介绍。反渗透装置按

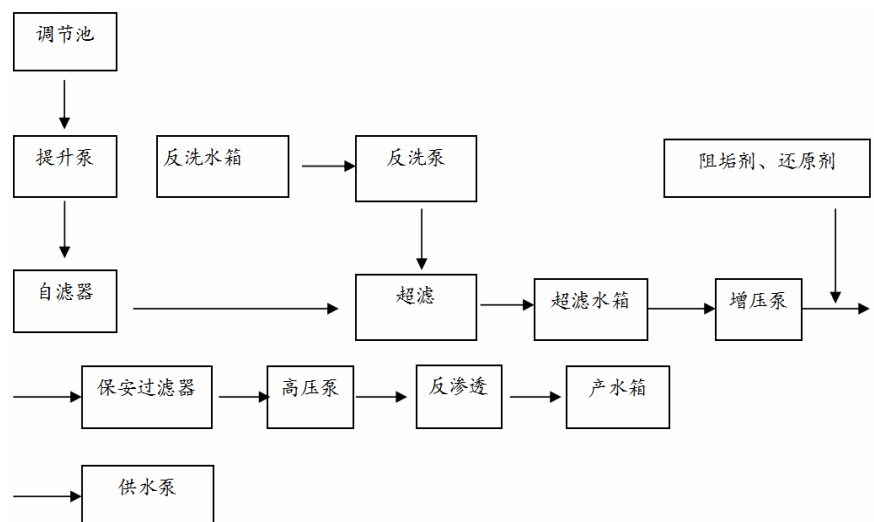


图1 中水处理系统流程简图

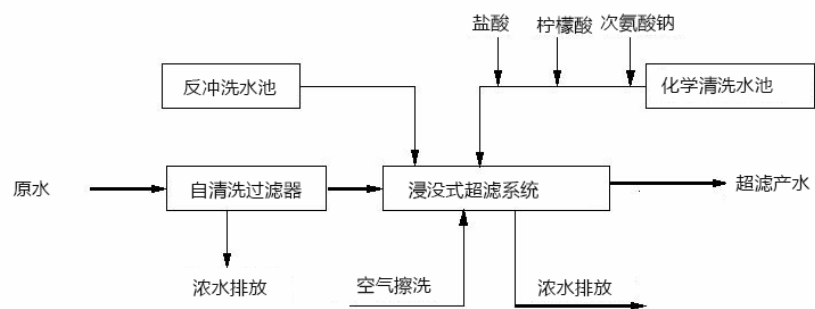


图2 浸没式超滤系统流程简图

4套设计,进水为超滤产水。每套反渗透装置前设置一台过滤精度为5μm的保安过滤器,内部装填3M品牌长度为40寸的大流量折叠滤芯。

单套反渗透产水为105m³/h。反渗透膜选用DOW品牌BW30FR-400/34i型号产

品,单支膜面积37.2m²。反渗透的回收率按70%设计,采用18:9设置膜组件的排列,平均设计膜通量为17.4L/m²·h。

1.3超滤反渗透系统的辅助清洗加药系统。双膜系统的稳定运行,必须配备必要的清洗加药装置。本项目配置如表1:

表 1 中水回用系统清洗加药设备明细

序号	名称	规格型号	单位	数量	备注
1	柠檬酸加药装置	一箱两泵	套	1	用于超滤膜清洗,去除超滤膜的无机污堵。
1.1	加柠檬酸溶液箱	V=1m ³	台	1	
1.2	加柠檬酸计量泵	Q=200L/h,H=0.5MPa	台	2	
2	杀菌剂加药装置	一箱四泵	套	1	用于超滤系统进水及超滤清洗,去除有机和生物污堵。
2.1	加杀菌剂溶液箱	V=1m ³	台	1	
2.2	预处理进水加杀菌剂计量泵	Q=39L/h,H=0.5MPa	台	2	
2.3	超滤清洗加杀菌剂计量泵	Q=200L/h,H=0.5MPa	台	2	
3	还原剂加药装置	两箱两泵	套	1	用于反渗透进水,避免游离氯对反渗透膜的氧化。
3.1	加还原剂溶液箱	V=1m ³	台	2	
3.2	还原剂计量泵	Q=35L/h,H=0.5MPa	台	2	
4	阻垢剂加药装置	两箱两泵	套	1	用于反渗透进水,抑制反渗透膜表面结垢。
4.1	加阻垢剂溶液箱	V=1m ³	台	2	
4.2	加阻垢剂计量泵	Q=35L/h,H=0.5MPa	台	2	
5	反渗透化学清洗装置		套	1	当膜表面被污堵,污染物不能被轻易冲洗时,启用清洗装置对反渗透膜进行在线清洗。
5.1	清洗水箱	V=5m ³	台	1	
5.2	反渗透化学清洗水泵	Q=120t/h, H=30m	台	1	
5.3	清洗保安过滤器	Q=120t/h,精度 5um	台	1	
6	超滤化学清洗系统		套	1	当膜表面被污堵,污染物不能被轻易冲洗时,启用清洗装置对超滤膜进行在线清洗。
6.1	超滤化学清洗水泵	Q=120t/h, H=15mH ₂ O	台	1	
6.2	加热循环泵	Q=10t/h, H=5mH ₂ O	台	1	

表 2 反渗透系统当前运行值与初始设计值比较

参数	一段压差 (KPa)	二段压差 (KPa)	产水量 (m ³ /h)	回收率 (%)	脱盐率 (%)
初始设计值	100~120	80~140	105	70	≥98.5(一年内); ≥96(三年内)
当前值	220~350	100~140	80~100	55~60	98.8~99
结论	上升	略升	偏低	偏低	正常

2 系统运行问题阐述

本项目于2018年6月安装调试完成并正式投入生产。但在初期运行中发现以下问题:

2.1 每套反渗透保安过滤器滤芯的污堵周期很短,2~3天保安过滤器进出口差压就能达到150~200KPa,影响过水流量,必须更换滤芯。

2.2 四号反渗透在正式运行15天以后一段压差上升了20%,对其进行常规化学清洗,效果甚微。

3 问题分析

反渗透系统发生污堵问题,首先查看超滤系统的运行情况。4套浸没式超滤装置采用的运行方式为:产水(40分钟制水周期)→常规反洗(气水反洗)→维护性清洗。每套超滤装置每天有34个“产水+常规反洗”周期,34个周期后进行一次“维护性清洗”,维护性清洗分别加次氯酸钠及柠檬酸。

事实证明通过以上的步骤可以实现超滤系统的稳定运行。每套超滤装置制水40分钟后,完成一次常规气水反洗;每天完成一次加药维护性清洗。运行2个月,

每套超滤装置可以维持150m³/h到170m³/h的产水流量,产水的浊度稳定在0.04到0.06NTU,远远优于业主要求的浊度小于0.2NTU的指标。超滤系统稳定运行,反渗透系统出现污堵,这在中水回用系统中是一种常见的问题。

为进一步分析反渗透系统的污堵问题,我们对保安过滤器滤芯进行分析。更换下来的旧滤芯外表呈灰色,无可见颗粒物,有严重的腥臭味。保安过滤器内壁覆盖约1-2mm的生物膜,肉眼可见的片状粘稠物。通过截取污堵滤芯过滤介质层进行扫描机能谱分析,发现过滤介质纤维层污堵严重。污堵物质元素分析显示,主要成分为C(55.77%)、O(28.27%)

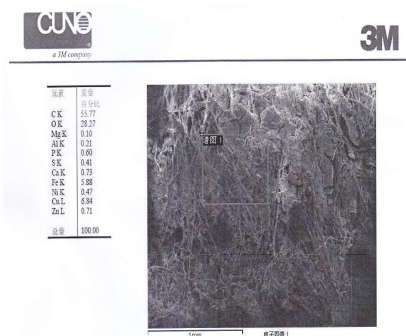


图3 污堵滤芯的电镜照片及污堵物的检测值

综上所述可判断滤芯发生了典型的微生物污染。同时,把一段反渗透膜元件进行离线检测,发现与滤芯类似的生物污染。由于污染产生较快,故段间差压上升较快,影响产水率。

4 处理方法

4.1 在500m³的超滤产水池中倒入150L浓度10%次氯酸钠溶液(约300ppm)浸泡一夜,对超滤产水池进行强力杀菌,第二天早上排放干净。超滤装置重新制水,让来水中保持3~8ppm余氯进入超滤产水池。

4.2 反渗透系统增设进水非氧化杀菌剂投加及使用非氧化杀菌剂配合离线清洗。

现场采用美国PWT公司反渗透专用非氧化性杀菌剂BioGuard SHOCK产品,其成分为改良的DBNPA(化学名:2,2-双溴代-3-次氨基-丙酰胺)。通过小试可知,

能对滋生在膜内微生物消毒灭活并促使 进水前尽量去除微生物污染物。反渗透

表3 化学清洗方案

序号	清洗顺序	配药种类及浓度	清洗温度	循环时间	备注
1	碱洗	0.2%氢氧化钠	≤35℃	40 分钟后排放	
2	碱+非氧化杀菌剂	0.2%氢氧化钠+ 1000ppm 非氧化 杀菌剂	≤35℃	循环 40 分钟后浸泡 30 分钟,反复 2 次后,浸泡一夜。	关闭所有清 洗阀门浸泡 一夜。
3	盐酸	0.2%盐酸	≤35℃	循环 40 分钟后浸泡 30 分钟,反复 2 次后排放。	注意 pH 变 化,如有上升 需补充盐酸。
4	碱+十二烷基苯磺酸钠	0.2%氢氧化钠+ 1.25Kg 十二烷基 苯磺酸钠	≤35℃	循环 40 分钟后浸泡 30 分钟,反复 2 次后,浸泡一夜。	关闭所有清 洗阀门浸泡 一夜。

表4 清洗前后反渗透系统运行参数对比

序号	进水压力	一段压差	二段压差	产水量	产水电导	进水电导
清洗前	1050KPa	320KPa	150KPa	70t/h	58μS/cm	6400μS/cm
清洗后	980KPa	220KPa	140KPa	104t/h	56μS/cm	6400μS/cm

其剥落,无氧化性,完全溶于水。

4.3 非氧化性杀菌剂的投加方式。

4.3.1 反渗透进水支管投加非氧化性杀菌剂。新增非氧化性杀菌剂加药装置,用计量泵(流量Q=15L/h)间断投加方式。加药点设在每台反渗透保安过滤器进水口处,100%浓度原液加入。非氧药剂采用每运行8小时投加一次,每次投加0.5~1小时,加药频率后续采用人工手动不定期更改,同时注意该非氧化性杀菌剂不得与还原剂(亚硫酸氢钠)同时混投。

4.3.2 使用非氧化杀菌剂配合离线清洗反渗透系统,清洗方案如表3:

5 处理效果

通过以上对超滤系统使用次氯酸钠进行杀菌处理,及反渗透进水投加抑制生物滋生的非氧化性杀菌剂及对反渗透膜进行添加非氧化性杀菌剂配合的离线清洗。2周后,本中水回用系统恢复稳定运行。后续运行中,反渗透滤芯正常更换周期稳定在1.5月左右时间。反渗透的段间压差上升缓慢,离线清洗保持在40~50天一次。达到了业主方的使用要求,减轻了业主方的操作维护压力。

6 关键问题探讨

中水回用中的反渗透系统能否稳定运行,主要取决于反渗透的预处理运行和反渗透装置日常的维护。由于中水系统反渗透进水水质不稳定,需在反渗透

膜由于其聚酰胺材质的不耐氧化性的特征,若无有效的抑制生物滋生的药剂,将会很容易造成短时间内膜的严重堵塞。装置运行发生问题应及时解决。以下就几个运行中关键问题进行探讨。

6.1 超滤预处理的杀菌问题。超滤膜作为反渗透的预处理,目前已经积累大量成熟的使用案例。超滤可将原水中的细菌、病毒、藻类及一些大分子有机物进行有效截留,但对小分子COD的截留效果甚微。经过长期运行,超滤产水池如不及时清理,很容易发生池体内的微生物二次污染。加之反渗透进水管投加亚硫酸氢钠,间接对微生物也起到保护作用,从而导致反渗透膜易产生微生物污染。

因此,在进水污染较为严重的中水回用系统中超滤系统的“带氯运行”尤为重要。让超滤系统的管线内保持一定的余氯浓度,保证超滤膜不受微生物污染。同时,在运行过程中超滤产水箱(池)也要定期进行杀菌处理,保证最大程度的消灭微生物污染源。但在超滤系统增加次氯酸钠的同时,需注意反渗透进水还原剂的投加。反渗透系统的进水余氯量必须保证小于0.1ppm,建议通过人工定期加强检测。

6.2 反渗透膜元件的冲击性杀菌处理。当常规酸碱药剂离线清洗对微生物污染没有良好的效果,反渗透系统在短

时间内再次发生微生物污垢时,建议反渗透系统采用非氧化杀菌剂进行系统间断冲击性杀菌。

由于反渗透膜的聚酰胺材质不耐受次氯酸钠的强氧化性,因此选择与膜兼容,能发挥较快消毒作用的非氧化杀菌剂成为重要的选择。反渗透进水管道上,建议增设非氧药剂的投加点。药剂的投加量及投加时间手动调整,具体周期视微生物污染情况。每次持续0.5~2小时,确保将反渗透系统内部滋生细菌杀灭。反渗透进水的投加量及时间需经常调整,避免微生物对药性产生抗性。

对于已经发生严重微生物污染的反渗透系统,可以在对反渗透系统进行常规酸碱清洗的同时添加非氧化性杀菌剂进行处理。在进行酸碱洗之前,使用非氧杀菌剂循环浸泡,有效促使污垢表层的微生物膜破坏,然后再进行酸碱洗,可有效将膜元件中杀灭的微生物剥离并排出,从而达到最佳的清洗效果。

7 结语

本中水回用项目在初期设计时,未能完全考虑到微生物对膜系统所产生的弊端。在初期运行时,反渗透系统遇到微生物污染,对运行造成影响。后根据现场分析和小试,确定了系统最优的杀菌方案并进行了设备整改,整改后系统运行良好。这些案例为其他中水回用项目的设计及运行积累了宝贵的经验,值得相关单位借鉴推广。

【参考文献】

[1]李倩,汪后港,于萍,等.超滤-反渗透双膜法用于中水回用的中试研究[J].膜科学与技术,2013,33(3):88-91.

[2]王希辉,滕子峰,盛亚荔,等.超滤和反渗透双膜工艺在印染废水回用中的应用[J].山东纺织科技,2009,(03):24-27.

[3]程新华,舒纯,于萍,等.反渗透膜用于中水回用时的污染和化学清洗[J].净水技术,2010,(3):39-43.

作者简介:

王静(1983--),男,汉族,江苏句容人,大学本科,中电环保股份有限公司,环境工程专业,从事水处理工艺设计及调试工作。