

外压式超滤膜在城镇大型水厂 升级改造工程中的应用

张 硕, 王如华, 赵 晖, 蔡报祥

(上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200092)

摘要: 针对城镇中心城区超大型水厂原址的升级改造工程, 外压式超滤膜作为消毒前的精细过滤单元. 以中试试验, 分析了膜通量对膜出水水质影响, 优化了设计参数. 按模块化和集约化, 合理布置了膜车间. 建成通水后, 出厂水达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)要求, 其中浊度 0.1 NTU, 色度 5, COD_{Mn} 为 1.01 mg/L, 氨氮 < 0.02 mg/L, 总有机碳 1.43 mg/L, 三卤甲烷总量 0.3 mg/L.

关键词: 超滤; 升级改造; 饮用水

中图分类号: TU991 **文献标志码:** A

膜分离被称为“21 世纪的水处理技术”, 在饮用水处理领域的应用日益广泛. 近十年, 超滤膜质量不断提高, 成本显著降低, 已开始应用于多座大中型水厂, 以达到保障生物安全、提升水质的目标.

某大型水厂在现状工艺条件下, 出厂水浊度小于 0.3 NTU, 耗氧量基本小于 3 mg/L, 但仍不能满足企业出厂水优质标准中规定的浊度小于 0.1 NTU 和耗氧量 ≤ 2.0 mg/L 的要求. 该厂升级改造工程征地受限, 只能在原址上进行改扩建. 为了实现占地受限、保障生物安全和提升水质的多重建设目标, 流程采用预臭氧+混凝沉淀+炭砂过滤+膜过滤的新型组合工艺^[1], 其中以压力式超滤膜作为消毒前的精细过滤单元. 工程应用中, 对采购膜进行了中试试验, 优化了设计参数, 集约化布置了膜车间. 水厂运行投产后, 膜分离工艺有效提升了出厂水水质, 满足了国家标准和企业标准的要求.

1 组合工艺流程

通过优化, 将预氧化、助凝、充氧与后续混凝沉淀过滤及生物活性炭直接结合, 省去了后臭氧单元, 节省了用地、投资和运行成本, 并将膜与炭砂过滤相结合用于市政饮用水的深度处理, 既部分传承传统深度处理工艺技术, 又充分形成新技术, 体现了时代特色.

工艺流程如图 1 所示.

混凝(包括混合絮凝)沉淀增设了助凝剂, 已在必要时加改善混凝条件、减少混凝剂用量和提高沉淀效率.

强化预加臭氧主要是为了结合后续设置炭砂生物滤池工艺的需要, 并替代原有预加氯的助凝作用, 避免加氯引起的卤代物超标现象和对生物炭砂滤池的生物作用不利影响. 并对锰进行有效氧化, 为提高沉淀除锰效率创造条件. 同时还可以提高水的溶解氧, 为炭砂滤去除部分氨氮和有机物创造条件.

收稿日期: 2015-03-04

基金项目: 水体污染控制与治理科技重大专项(2012zx07403-002); 国家科技支撑计划(2012BAJ25B02-01); 上海市青年科技启明星计划(B类)资助(13QB1403300)

第一作者简介: 张硕(1979-), 男, 山东淄博市人, 博士, 高级工程师, 主要从事水处理理论和技术研究. E-mail: zhangshuo@smedi.com

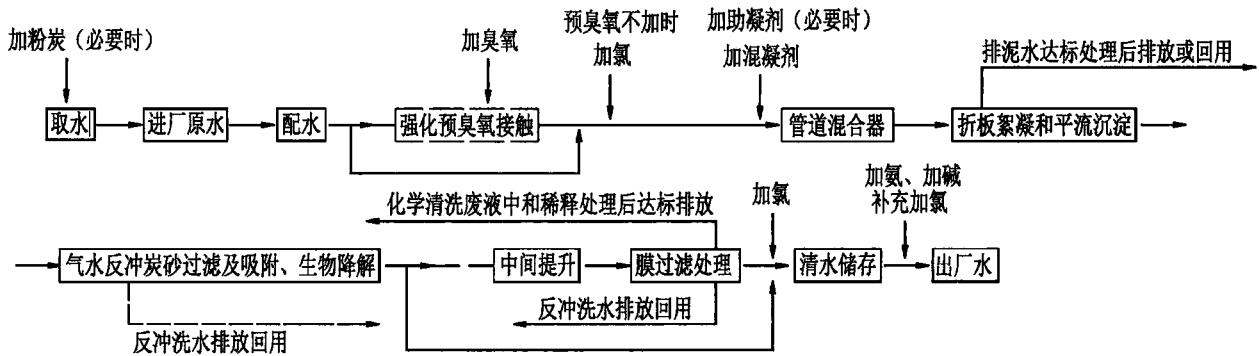


图 1 饮用净水改造工程工艺流程图

生物炭砂滤池主要是为了进一步去除浊度和引起水中口感的微量有机物、色度、以及对人体长期健康安全带来影响的有害物质,如农药、藻毒素和环境激素等;降低水中的可同化有机碳含量,提高出厂水的生物稳定性;防止水中有机物污染后继的膜组件;同时还可使活性炭滤料内脱落的生物膜和碎炭被砂再次截留,为下一道膜处理工序增加一道保护屏障。

膜处理主要是为了更有效地去除水中浊度和微粒物质,同时通过膜对细菌、腐殖酸、孢囊和藻类的有效去除,明显减轻后继消毒难度,从而可以不设置专门的消毒接触设施,并降低消毒剂投加量。

消毒接触,主要是考虑到设生物活性炭滤池后,出水的微生物指标可能会提高,为保持有足够稳定的消毒接触时间和保证出水的微生物指标可靠。出水氯消毒后加氨主要是为了使出厂水的余氯以化合

氯的形式存在,以保证管网中余氯能维持较长时间和防止出现管网二次污染。

加碱主要是考虑到出厂水的碱度偏低,存在着较严重的腐蚀倾向,为提高出厂水的化学稳定性和防止管网腐蚀而采取的工艺措施。此外,保留预加氯是为了在超越预臭氧工艺或深度处理系统时使用,以既达到改善混凝条件,而又可避免单纯加氯出现卤代物超标现象。

2 膜通量对膜出水水质影响的中试试验

2.1 浊度和色度

膜通量为 100、120、140 和 130 L/(m²·h)时,膜处理系统出水浊度和色度的变化结果如图 2~图 3。

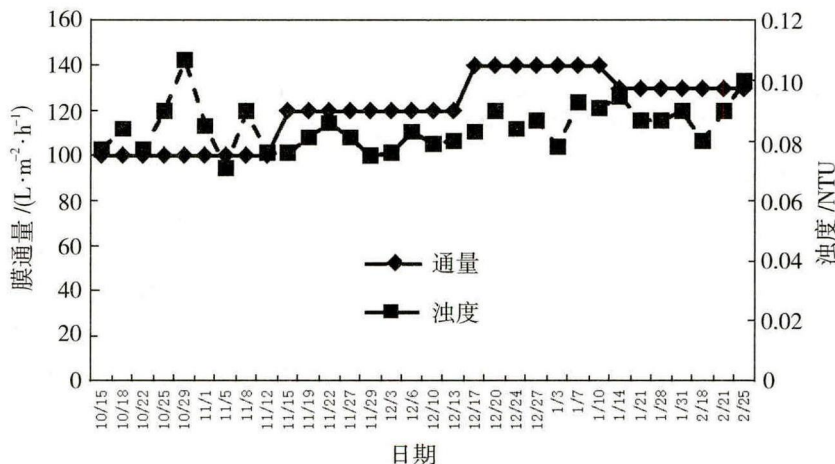


图 2 膜通量对出水浊度的影响

从图 2~图 3 可知,在通量变化的情况下,膜处理系统出水色度值在 2~5 度之间,浊度值在 0.07~0.1 NTU 之间,无升高或下降趋势。这表明通量在 100~140 L/(m²·h)时,出水浊度和色度基本不受影响。

2.2 COD_{Mn}和 BOC

膜通量为 100、120、140 和 130 L/(m²·h)时,膜处理系统出水 COD_{Mn}和 BOC 的变化结果如图 4~图 5。

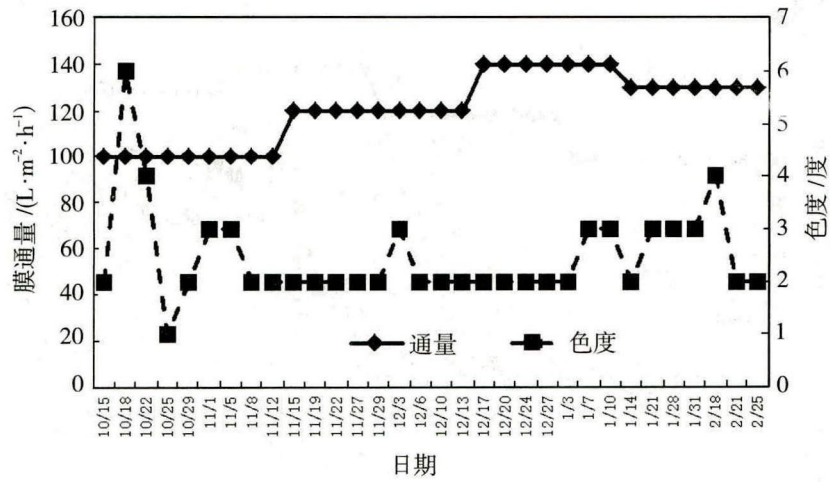


图3 膜通量对出水色度的影响

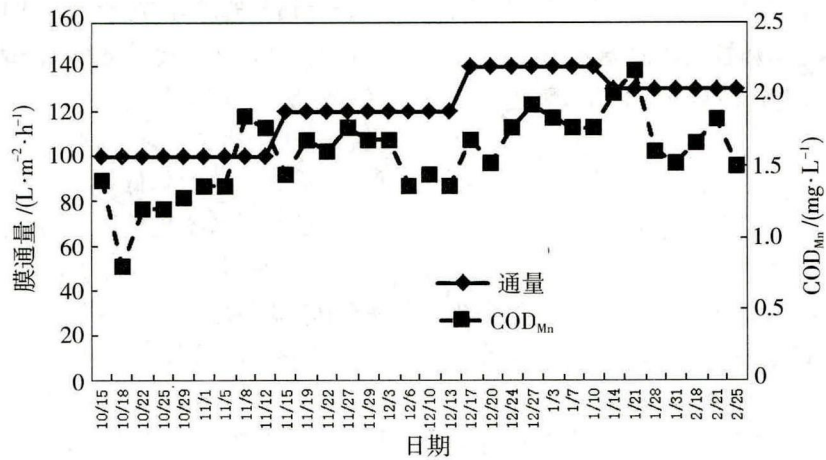


图4 膜通量对出水 COD_{Mn}的影响

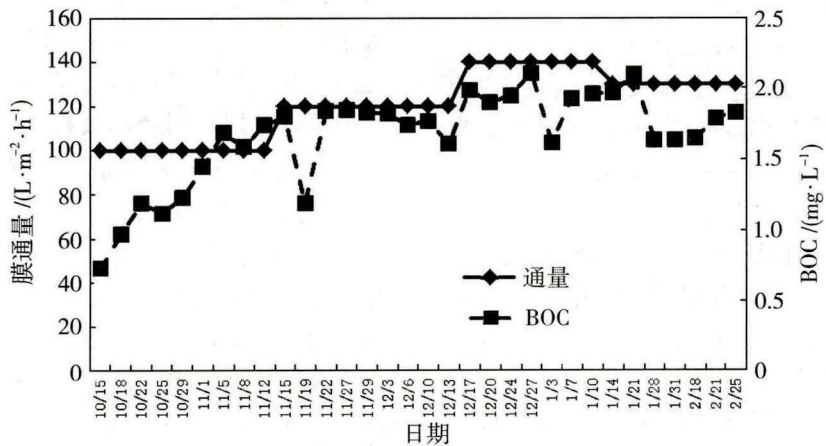


图5 膜通量对出水 BOC 的影响

分析图4~图5可知,随膜通量增大,出水 COD_{Mn}和 BOC 值增大.膜通量为 100 L/(m²·h) 时,膜出水 COD_{Mn}为 1.0~1.5 mg/L,BOC 为 0.75~1.5 mg/L;膜通量为 140 L/(m²·h)时,膜出水

COD_{Mn}为 1.5~2.0 mg/L,BOC 为 1.85~2.25 mg/L.

2.3 氨氮

膜通量为 100、120、140 和 130 L/(m²·h)时,膜处理系统出水氨氮的变化结果如图 6.

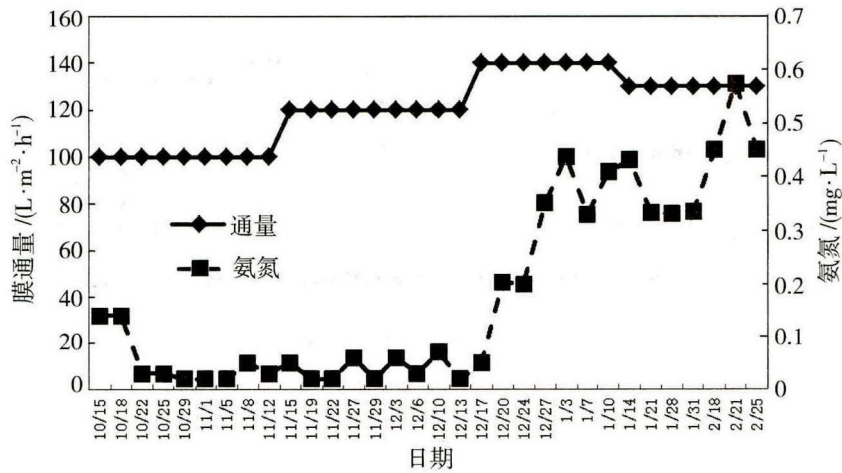


图6 膜通量对出水氨氮的影响

从图6可知,随膜通量增大,出水氨氮值增大.膜通量为100 L/(m²·h)时,膜出水氨氮值在0.05 mg/L以下;膜通量为140 L/(m²·h)时,膜出水氨氮值在0.5 mg/L以下.

3 膜设计优化和应用

膜处理系统设施包括提升泵、保安过滤器、微滤膜组件及膜组件水清洗和化学清洗设备.设二条生产线,每条处理能力15万 m³/d,每条主过滤系统生产线各设有9列膜架,8用1备,每列膜架上设有168支膜组件.为提高系统的回收率,设有二级处理系统,用于再处理膜生产系统的全部反冲洗废水,回收处理系统为2列,1用1备.

进水进入吸水池,由水泵提升、经过7台自清洗预过滤器进行过滤,除去来水中较大的悬浮颗粒,以保证后续膜处理设备的正常使用,经过预过滤的出水进入主过滤膜系统进行过滤,过滤后的产品水直接流入设在车间下部的清水池内.

膜处理设备为全自动运行方式,包括过滤、空气摩擦冲洗、水反冲洗、CIP/EFM清洗,在线膜完整性检测等全部功能.整个系统由以下部分组成:原水泵,预过滤器,膜架和膜架,反冲洗系统、化学清洗CIP/EFM系统,在线膜完整性检测系统,仪表风空压机系统,在线各类仪表和控制检测元器件,PLC及计算机控制系统以及必要的设备附件.

膜处理系统采用恒流过滤,系统原水泵变频运行,以节约能耗,运行时是跨膜压差通常在0.05~0.1 MPa之间,能够较强的适应由于水质或温度变化冲击.膜过滤系统运行膜通量最大为100 L/(m²·h),

每套膜架能够独立运行,也可同时运行,每自动过滤运行30 min后自动进行1次水反洗和气洗,水反洗和气洗持续时间为60 s.整个系统平均每2~4天进行一次小化学清洗,以保持整个系统处于高通量、低运行压力,从而降低系统总的投资及长期运行费用,并延长了系统化学清洗的间隔时间,系统化学清洗的间隔时间为35天左右.如果一列进行检修或发生故障离线时,其余的膜架运行仍可保证运行通量在设计要求的最大值范围内.

膜主过滤系统每日产生的反洗及冲洗废水全部排入回收系统废水池内,由回收系统供水泵提升进入回收系统膜组件内,过滤后的产品水亦排入清水池内,回收系统所产生的反洗废水和错流过滤水排入水厂的排泥水处理系统的回用水池或排泥水调节池.水回收系统包括2台回收系统供水泵、3台回收系统预过滤器和两套回收系统膜架,净产水能力为5000 m³/d,每套膜架上安装有86只膜组件,设计的过滤运行膜通量为60 L/(m²·h),每自动过滤运行15 min后,自动进行一次水反洗和气洗,水反洗和气洗持续时间为60 s.系统每天进行一次小化学清洗,每30天进行一次大化学清洗.

在考虑了进出水位差、设备的安装高度、预过滤器阻力损失、管道的损失以及膜过滤系统在最不利运行状况下的最大运行压差后,膜系统的进水水泵总扬程为24 m.

膜主过滤系统共设置4套反洗水泵和4套罗茨风机,每2套反洗水泵和鼓风机为一条主过滤生产系统服务.反洗水泵一用一备,变频运行,水泵直接从主过滤系统的产水总管上取水.罗茨风机一用一

备,变频运行.水回收系统不再单独设置反洗水泵和空气擦洗装置,与膜主过滤系统共用1套相同的设备.

主过滤系统和反洗回收系统的小化学清洗均采用400~500 mg/L的NaClO清洗剂.当系统中某列膜组得膜压差达到工艺设定的上限或达到设定的清洗周期时,该列膜组停止水过滤运行,进行大化学清洗(CIP)的碱洗和酸洗.

CIP碱洗配制成0.5%~1%的NaOH+1 000 mg/L NaClO的碱性清洗剂;CIP酸洗配制成1%~2%的柠檬酸清洗剂.碱洗循环持续时间约60 min;CIP碱洗后进行水冲洗,然后进行CIP酸洗,CIP酸洗循环持续时间约60 min,CIP酸洗后进行水冲洗.

化学清洗后产生的酸碱废水集中排放到膜车间以东的中和水池内集中处理,投加化学药剂中和后外排至城市污水处理系统.

膜处理车间下叠清水池,设备按功能进行模块化布置,集约化膜车间见图7.

4 生产运行效果

目前,水厂已建成通水,投入运行,出水水质较好,出厂水总体达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)要求,浊度、有机物指标明显低于限值,浊度0.1 NTU,色度5,氨氮<0.02 mg/L, COD_{Mn}为1.01 mg/L,总有机碳1.43 mg/L, Ames阴性,

三卤甲烷总量0.3 mg/L.



图7 膜车间

5 结语

1) 膜通量变化对出水浊度和色度影响不大,但出水氨氮和溶解性有机物含量随膜通量提高而增大.

2) 膜作为最后一道饮用水处理工艺,可保障出水水质稳定可靠,出水浊度可稳定在0.1 NTU以下,对颗粒物质的去除率可达99.9%以上,有效去水中贾第虫、隐孢子虫、藻、细菌等病原微生物.

参考文献:

- [1] 赵 晖,王如华.臭氧活性炭与膜过滤联用技术在清泰水厂工艺升级提标中的应用[J].净水技术2012,31(4):7-12.

Application of pressurized UF membrane in drinking water plant

ZHANG Shuo, WANG Ruhua, ZHAO Hui, CAI Baoxiang

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: An ultrafiltration (UF) membrane system has been in operation in a drinking water upgrading plant. The effect of membrane flux on the effluent water quality was analyzed in a pilot-scale. The layout of membrane workshop accorded with the modularity and integrated design principle. The finished water quality of the plant could meet the standards for drinking water quality (GB 5749—2006), in which turbidity, chroma, COD_{Mn}, NH₃-N, TOC and THMs below 0.16 NTU, 5, 1.01 mg/L, 0.02 mg/L, 1.43 mg/L and 0.3 mg/L respectively.

Key words: ultrafiltration(UF); upgrading; drinking water