

· 水业导航 ·

现有水厂改造中超滤工艺的应用研究

天津大学环境科学与工程学院教授 顾 平

我国经济高速发展的同时,水源水的污染也在持续。近年的研究表明,水中的|一些有机物和微生物对人体健康的危害极大。加强对水源中这些污染物的控制,已成为给水行业关注的热点。然而,传统水处理工艺仍然是我国净水厂的主流工艺,它建立在水源水质合格的基础之上,对有机物的去除能力较低;传统的氯消毒杀灭某些微生物效率较低,投加量提高后可能形成消毒副产物。因此很多水厂面临着技术升级改造问题。

膜分离技术是当今制备优质饮用水的技术之一,近年来由于膜材料价格的降低和性能的改进在给水处理中得到了广泛关注,特别是超滤和微滤技术,它们过滤精度高、操作压力低,具有代替或强化传统工艺的潜力。目前我国大型水厂采用膜技术进行改造的应用实例较少。

为了解决上述问题,为期|年的现场试验研究在天津市某水厂进行。研究中邀请了四家国内外知名膜制造商分别提供规模不小于 $100 \text{ m}^3/\text{d}$ 的膜处理设备,在水厂分别以沉淀池出水和滤池出水为进水,比较膜过滤后的出水水质、膜通量和运行费用,以期水厂改造提供参考依据。在本文的比较中,重点分析不同进水水质对处理效果的影响,四套设备的表现以平均值表征。

沉淀池出水的试验从2008年8月进行到2009年3月,运行了162天;滤池出水的试验从2009年3月进行到2009年7月,运行了124天。试验获得的主要结论如下:

(1) 四套膜设备共获得了2288个膜出水的浊度数据。统计分析表明,以沉淀池出水为进水时,四套膜设备出水的平均值为 0.072 NTU ;以滤池出水为进水时,四套膜设备出水的平均值为 0.073 NTU ,这表明膜出水的浊度不受进水水质的影响;但是处理沉淀池出水期间四套膜设备出水浊度的变异系数(方差除以平均值)平均值为 0.89% ,而以

滤池出水为进水期间的变异系数平均值仅为 0.07% ,表明采用滤池出水时膜出水的浊度更稳定。同时在处理沉淀池出水时,对膜出水细菌总数进行的68次检测中58次符合标准;对大肠菌群的68次检测中66次符合标准;在处理滤池出水时,对膜出水细菌总数进行了69次检测,67次符合标准;对大肠菌群的69次检测中68次符合标准。

(2) 在处理沉淀池出水时,沉淀池出水 COD_{Mn} 的平均值为 2.00 mg/L ,四套膜设备共获得了648个膜出水的 COD_{Mn} 数据,其平均值为 1.63 mg/L , COD_{Mn} 去除率为 18.5% 。在处理滤池出水期间,其滤池出水 COD_{Mn} 的平均值为 1.65 mg/L ,四套膜设备共获得了496个膜出水的 COD_{Mn} 数据,其平均值为 1.34 mg/L , COD_{Mn} 去除率为 18.8% 。两个试验时段膜出水 COD_{Mn} 的变异系数平均值分别为 1.74% 和 1.07% ,这个指标也表明采用滤池出水时膜过滤对 COD_{Mn} 的去除更稳定。

(3) 膜通量对于基建投资和运行费有着显著的影响。本研究引入“可用通量”的概念,其定义为在试验期间内,遵循膜制造商的使用手册,优化运行参数以期获得最大膜通量,以膜设备的净产水量除以膜面积与实际工作时间之积。实际工作时间是试验总时间扣除等待维修时间,但维修时间包括在内。最后将水温的影响修正到年平均温度。采用“可用通量”可以对不同的膜设备进行比较,它反映膜设备的透水性、产水率和运行稳定性等因素。在处理沉淀池出水时,四套设备的平均可用通量为 $38.53 \text{ L}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$,而在处理滤池出水时,四套设备的平均可用通量为 $44.31 \text{ L}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$,后者是前者的 1.15 倍。

(4) 在处理工艺选择中运行费用是重要的考虑因素之一。本试验考虑了电费、膜清洗剂费和膜折旧费。电费是以膜设备运行期间电耗除以净产水量得到,电价按 $0.7 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 计。(下转第46页)

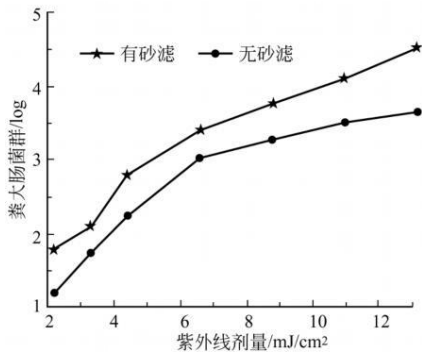


图6 紫外线对粪大肠菌群的灭活效果

池出水在紫外线剂量 13 mJ/cm^2 时, 总大肠菌群数低于 100 个/L , 粪大肠菌群未检出。与未经过滤直接消毒相比, 灭活率分别提高了 24.5% 和 23.3%。

由图 5 和图 6 可以看出, 粪大肠菌群与总大肠菌群的灭活率变化规律基本一致, 未经 GAC 强化砂滤预处理的水当紫外线剂量达到 10 mJ/cm^2 时出现“拖尾”现象^[7], 经过 GAC 强化砂滤池预处理的水进行紫外线消毒时总大肠菌群与粪大肠菌群的“拖尾”现象明显削弱, 这主要归因于 GAC 强化砂滤池预处理去除了水中的浊度和颗粒物, 提高了紫外线透光率有关。实际工程中, 补充余氯可以满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002) 规定的总大肠菌群不得高于 3 个/L 的要求。

3 结论

(1) 通过滤料的吸附和截留作用, GAC 强化砂滤池预处理能有效去除水中色度、浊度和颗粒物, 提

高紫外线透光率, 尤其是对大于 $4 \mu\text{m}$ 的颗粒物有较好的去除效果, 平均去除率可达 89.2%。

(2) 与二沉池出水直接紫外线消毒相比, GAC 强化砂滤池预处理可明显提高紫外线消毒效果: 对总大肠杆菌的灭活率平均提高 24.5%; 对粪大肠杆菌灭活率平均提高 23.3%。

参考文献

- 王广智, 李伟光, 王锐, 等. 炭砂滤池在松花江污染应急处理中的应用特性研究. 给水排水, 2007, 33(8): 11~15
- 杨艳玲, 李星. 用颗粒计数和浊度联合评价颗粒物去除作用. 北京工业大学学报, 2007, 33(11): 1199~1202
- Qualls R G, Flynn M P, Johnson J D. The role of suspended particles in ultraviolet disinfection. Water Pollut Control Fed, 1983, 55(10): 1280~1285
- Joliset D, Lam C, Pitt P. Particle effects on ultraviolet disinfection of coliform bacteria in recycled water. Water Environ Res, 2001, 73(2): 233~236
- Caron E, Chevretils J G, Barbeau B. Impact of microparticles on UV disinfection of indigenous aerobic spores. Water Research, 2007, 41(19): 4545~4556
- 甘一萍, 白宇. 污水处理厂深度处理与再生利用技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010
- 梁咏梅, 刘超斌, 葛洁桦, 等. 紫外线光—氯联用污水消毒削弱拖尾程度的实验研究. 环境科学学报, 2010, 30(4): 762~767

& 通讯处: 100022 北京市朝阳区高碑店甲 1 号

E-mail: baiyu75322@163.com

收稿日期: 2010-09-06

(上接第 1 页) 膜清洗药剂费包括预氯化、在线通量维护等方法恢复膜的透水性能时单位产水量实际消耗化学品的费用。膜的折旧费是通过电话访问膜制造商, 获得膜组件的单价和使用寿命。膜折旧费是以单位膜面积的价格除以膜寿命与可用通量之积获得。应该指出这个数据仅是 1 个估计, 商业因素对其有显著影响。在处理沉淀池出水时, 四套膜设备的平均运行费用为 0.271 元/m^3 , 而在处理滤池出水时该数值为 0.216 元/m^3 , 前者是后者的 1.25 倍。

以上研究结果可以为水厂的升级改造提供一些参考, 但实际应用时应具体分析, 充分考虑相关因素的影响, 并进行技术经济分析确定超滤单元的位置

(沉淀池之后或滤池之后)。以下两个因素在工程应用中值得重点考虑:

(1) 水源水的水质。净水厂的传统处理工艺对水源水中的有机物去除能力有限, 针对水质较差的水源水, 可以考虑将超滤单元设置于滤池之后, 以提高有机物的去除率并且减轻超滤膜的负担, 延长膜的使用寿命。对于水质较好的水源水, 超滤单元置于沉淀池之后或滤池之后都可; 若置于滤池之后, 水厂的产水水质会更加稳定。

(2) 净水厂的管理水平。与传统处理构筑物不同, 超滤单元对水厂的自动化和维护管理要求均较高, 同时需要操作人员具有较高的专业管理水平, 一旦维护不当, 超滤膜的使用寿命将会受到较大影响。