

浸没式超滤工艺在双阀滤池水厂改造中的应用

高蕴宸

(唐山市自来水有限公司, 唐山 063000)

摘要: 传统滤池已成为水厂净水能力进一步提升的瓶颈,亟待工艺升级,随着过滤技术的发展,具有明显优势的超滤膜技术在国内饮用水处理方面得到越来越多的应用。针对传统双阀滤池存在的滤池窜水、反冲洗效率低、耐冲击能力差等问题,以唐山市自来水公司净水厂一期工程为例,使用浸没式超滤膜池,将设计规模为 $12.5 \text{万 m}^3/\text{d}$ 的双阀滤池改造为虹吸式膜系统,无需对原滤池的主体土建结构做改造。通过改造可有效提高产水量,系统集成化程度高,布局紧凑,稳定性强,产水浊度稳定低于 0.1NTU ,平均产水率达 95% 。研究表明:利用膜池与清水池高度差实现虹吸驱动,相比负压抽吸式浸没式超滤系统,吨水电耗节省约 90% ;优化恢复性清洗药剂浓度(次氯酸钠 1000mg/L 、柠檬酸 5000mg/L)后,药剂成本较传统方法降低 50% ;通过调整反冲洗程序与设备维护策略,系统运行能耗减少 35% 。实际运行后产水成本较改造前仅增加 $0.08\sim 0.15 \text{元}/\text{m}^3$,为同类型水厂工艺升级提供了低成本、高稳定性的技术参考。

关键词: 双阀滤池改造; 工艺升级; 浸没式超滤; 应用; 净水厂

中图分类号: TQ028; TU991.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-8924(2025)05-0172-09

doi: 10.16159/j.cnki.issn1007-8924.2025.05.017

水厂传统处理工艺^[1-2](混凝→沉淀→过滤→消毒)已经沿用多年,其中过滤工艺中的滤池有多种形式,包括普通快滤池、双阀滤池、无阀滤池、虹吸滤池和V型滤池等。以双阀滤池为例,双阀滤池是较早出现、应用较为广泛的一种快滤池,其为我国供水事业作出了巨大贡献^[3],但也存在滤池隔墙穿孔导致滤池窜水、反冲洗耗水量较大且冲洗不彻底、操作管理较复杂和耐冲击能力差等问题^[4],已成为使用此种工艺的水厂净水能力进一步提升的瓶颈,亟待工艺升级。

随着过滤技术的发展,对比常规工艺有明显优势的超滤膜技术在国内饮用水处理方面得到越来越多的应用^[5],超滤膜改造滤池的做法也逐步在国内开始进行工程实践,开辟了一条水厂改造的新思路,

表1给出了部分超滤膜改造滤池项目信息,可以看出使用超滤改造传统过滤方式具有明显的优势。

本研究以唐山自来水公司净水厂双阀滤池超滤膜工艺改造项目为例,介绍项目的设计和运行优化情况,为浸没式超滤技术在水厂的应用和运行优化提供设计经验与实际参考。

1 工程简介及改造思路

1.1 工程概况

唐山市自来水公司净水厂分为一期和二期工程,一期工程建于1987年,二期建于1996年。均采用常规处理工艺:絮凝→沉淀→砂滤→出水,一、二期设计规模均为 $10 \text{万 m}^3/\text{d}$ 。改造前一期实际生产量为 $3 \text{万}\sim 4 \text{万 m}^3/\text{d}$,二期实际生产量为 $6 \text{万}\sim$

收稿日期: 2025-03-17; 修改稿收到日期: 2025-05-12

第一作者简介: 高蕴宸(1982-),男,天津人,工程师,主要研究方向为饮用水处理, E-mail: 59381165@qq.com

引用本文: 高蕴宸. 浸没式超滤工艺在双阀滤池水厂改造中的应用[J]. 膜科学与技术, 2025, 45(5): 172-180.

Citation: Gao Y C. Application of immersion ultrafiltration technology in the renovation of double-valve filter water plant [J]. Membrane Science and Technology(Chinese), 2025, 45(5): 172-180.

7 万 m³/d。水源为陡河水库,水库容量 50 亿 m³。其中,一期水厂产水不直接输送到管网,而是送到龙王庙水厂加氯消毒。

由于水厂一期工程已运行三十多年,产水量难以达到设计的 10 万 m³/d。另外,水源为水库水,夏季降雨较多,来水中的大量泥沙会对水厂工艺造成

季节性的冲击而导致常规工艺处理后出水难以达标;冬季来水水温可低至 2 ℃ 左右,且来水浊度较低,利用絮凝、砂滤工艺对低温低浊水的处理效果较差,出水水质也会受到影响。因此水厂整体的处理能力已无法满足用户需求,一期项目改造已迫在眉睫,改造当年原水水质如图 1 所示。

表 1 部分超滤膜改造滤池项目

Table 1 Part of the ultrafiltration membrane modification filter project

项目	改造方式	改造优势	参考文献
肇庆高新区水厂改造项目	无阀滤池改造成超滤膜池	最大限度地降低了改造成本,出水水质优于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022),利用膜池与清水池间的液位差即可达到产水设计规模	[6]
宁波江东水厂改造项目	虹吸滤池改造成超滤膜池	原池主体结构基本保留,产水量翻倍,出水水质稳定	[7]
济南雪山水厂改造项目	普通快滤池改造成超滤膜池	出水水质稳定优于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)、占地小且运行成本增加较低(制水成本仅增加 0.57 元/m ³)	[8]

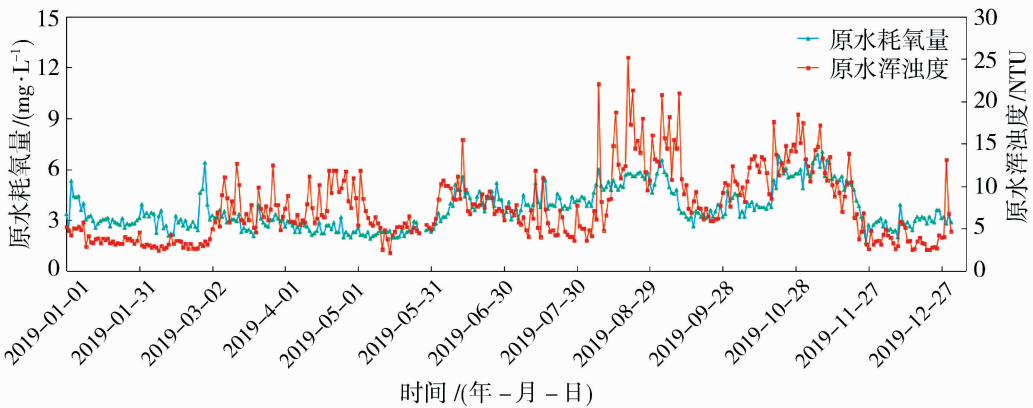


图 1 唐山市自来水公司一期改造当年原水水质图

Fig. 1 The raw water quality chart of the first phase of Tangshan Water Supply Company

为了饮用水水量水质的提升,将水厂一期的双阀滤池进行改造,提升一期 10 万 m³/d 的产水量至 12.5 万 m³/d。考虑到水厂占地有限、出水水质以及操作管理方便,选择占地面积小、出水水质更好的超滤膜工艺进行改造^[9]。浸没式超滤系统设计集成化程度高,布置紧凑,在改造中可减少无效容积的占用,且改造后的系统稳定性强。

水厂一期改扩建工程项目结合原有双阀滤池的特点和浸没式超滤膜系统配置的要求对原有设施进行改造。改造中,尽可能利用原有土建设施,减少大结构的改变,保证池体结构安全的同时,降低施工难度。

唐山市自来水公司净水厂一期改造后采用“高

密度絮凝沉淀+浸没式超滤”的净水工艺,其中原有斜管沉淀池改造为高密度絮凝沉淀池,原有双阀滤池改造为超滤膜池,机修间改造为综合加药间,新建污泥调节、浓缩、曝气(降解污泥)储泥功能为一体的综合池,新建一座中和池(处理恢复性清洗废液),主要工艺流程如图 2 所示。

1.2 超滤膜池系统改造设计

唐山市自来水公司净水厂一期改造工程将原有 10 万 m³/d 规模的双阀滤池改造为 12.5 万 m³/d 规模的浸没式超滤膜池,具体改造如下:

1) 进排水改造方面,拆除虹吸进水管和排水管,新建进、排水闸门,将原有的进水虹吸隔墙和排水虹吸隔墙改为进水堰和溢流堰。

2) 滤池改造方面,将双阀滤池中的滤料拆除后改成浸没式超滤膜池,无需对原有滤池的主体土建结构进行改造,池体池面由 24.2 m 整体接高至 24.95 m,与管廊顶齐平,单格池体中央渠道拆除重建,对池体内部进行加固,改造后每格膜池在内部合理布局 9 个组件。

3) 产水改造方面,滤池改造为膜池后,膜池可

实现虹吸产水,另新增真空发生装置,对产水管道进行排气。

4) 反洗改造方面,原有的反冲洗水泵和管路拆除,增设需要的反洗水泵、鼓风机、反洗主管和配套自动阀门,配套反洗空气流量计,保证气量满足要求。

改造后单格膜池平面布置与剖面图如图 3、图 4 所示。

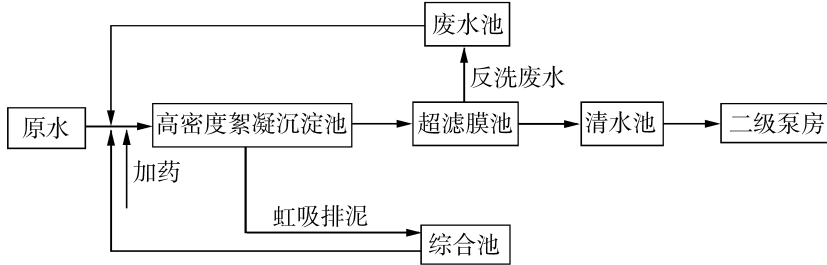


图 2 唐山市自来水公司净水厂工艺流程图

Fig. 2 Process flow chart of water purification plant of Tangshan Water Supply Company

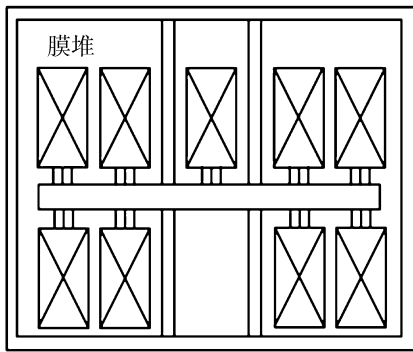


图 3 唐山市自来水公司净水厂超滤车间单格膜池平面布置图

Fig. 3 Layout of ultrafiltration workshop single membrane pool of water purification plant of Tangshan Water Supply Company

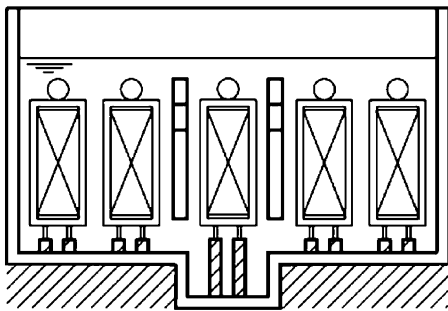


图 4 唐山市自来水公司净水厂超滤车间单格膜池剖面图

Fig. 4 Profile of ultrafiltration workshop single membrane pool of water purification plant of Tangshan Water Supply Company

一期工程改造的工程费合计为 6 620.67 万元,

其中设备及安装费 3 861.42 万元,土建施工费 2 317.87 万元,其他费 441.38 万元。改造后分东西 2 个单元,每个单元 6 格膜池,原先每格膜池净尺寸 5.8 m×12 m,改造后净尺寸 5.5 m×11.70 m(含北侧 0.82 m 内挑走道)。每格膜池布置 9 套浸没式超滤膜设备,采用虹吸方式运行,西侧 1~6# 膜池使用 M 品牌 SF+635 超滤膜组件,材质为 PVDF(聚偏氟乙烯),单个膜池总膜面积约 25 500 m²,设计平均膜通量 19L/(m²·h),设计跨膜压差范围 0~42 kPa,反洗周期 120 min,反洗时间 105 s;东侧 7~12# 膜池使用 L 品牌 LGJ2 型超滤膜组件,材质为 PVC(聚氯乙烯),单个膜池总膜面积约 25 578 m²,设计平均膜通量 19L/(m²·h),设计跨膜压差范围 0~42 kPa,反洗周期 120 min,反洗时间 90 s。每个单元设 1 套真空引水装置,每格膜池总管设抽真空阀组;在原冲洗泵间内改设 3 台膜反冲洗泵,变频控制;化学清洗循环泵间设 1 台用于化学清洗的化工离心泵,变频控制,通过管路阀门切换实现每格膜池化学清洗液的循环和化学清洗膜池排空的功能;每个单元膜池设 1 套用于气检的空压机系统以便膜池检查使用。膜滤池虹吸调节阀采用气动控制。在膜滤池反冲洗间设 3 台罗茨鼓风机,变频控制,作为膜池反冲洗气源。

2 超滤膜系统运行管理优化

2.1 恢复性清洗周期优化

恢复性化学清洗由碱洗、酸洗以及漂洗三部分

组成,是膜系统稳定运行的主要手段之一^[10]。为保证超滤膜系统的产水量及稳定运行,按照技术要求,应进行恢复性清洗,本工程恢复性清洗以单个膜池作为一个清洗单元,逐个完成清洗。在整个恢复性化学清洗周期,跨膜压差都会有一个上升的过程,正常情况下,恢复性化学清洗后压差下降到初始状态,

然后开始下一个上升周期,在周期内膜系统保持相对稳定的压力波动范围。

不同品牌浸没式超滤膜产品抗污染性能存在差异,M品牌超滤膜产品恢复性清洗较频繁,产水负荷相对较低,故结合实际运行情况,选取采用L品牌超滤膜设备的9#膜池进行分析。

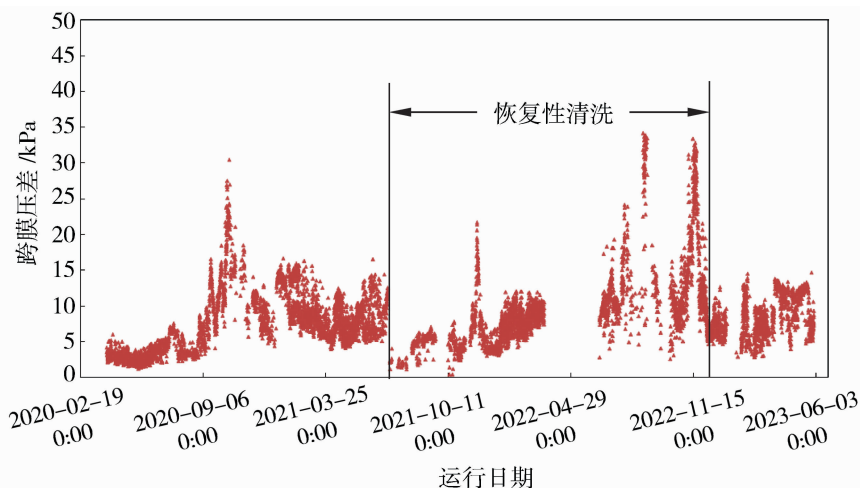


图5 9#膜池跨膜压差随时间变化情况[过滤通量 $10\sim 25\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$]

Fig. 5 Change of transmembrane pressure difference of 9# membrane pool with time [filtration flux $10\sim 25\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$]

在产水浊度稳定 $<0.1\text{ NTU}$ 的情况下,分析了9#膜池(2020年4月2日至2023年5月31日) $10\sim 25\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 运行通量下的膜跨膜压差随时间的变化情况(图5)。在2020年4月至2021年6月期间,9#膜系统运行半年,在2020年10月极少部分时间跨膜压差达到 30 kPa 以上,考虑影响运行的主要原因为该时段原水藻类及有机物含量较高,用于吸附藻类和有机物的活性炭流入膜池后吸附在膜丝表面(为了控制原水中 $800\text{万}\sim 2\text{200万个}/\text{L}$ 的藻类及 $4\sim 6\text{ mg}/\text{L}$ 含量的有机物,保证出水达标,水厂在前段工艺中投加 $5\sim 40\text{ mg}/\text{L}$ 粉末活性炭,不可避免地导致部分粉末活性炭进入膜池对膜系统产生影响,这种膜污染可通过恢复性清洗去除)。

同时,浸没式超滤膜池从2020年4月起至2021年6月,运行14个月未进行恢复性清洗,且结合每年7月藻类爆发的潜在风险和冬季低温条件下至少 $8.5\text{万 m}^3/\text{d}$ 的制水水量要求,建议对浸没式超滤膜进行恢复性清洗。2021年6月底完成恢复性清洗后,9#膜池跨膜压差运行10月内均未超过 30 kPa ,从以上数据来看,恢复性清洗有效维持了运行跨膜压差稳定性。

自2022年6月至2022年11月,由于膜系统先

后受到藻类爆发和冬季水温较低影响,运行跨膜压差有部分时间呈现上升趋势且超过 30 kPa ,结合运行管理经验,建议进行恢复性清洗,2022年11月底完成恢复性清洗后,9#膜池在接下来半年左右的大部分运行时间内跨膜压差均稳定低于 20 kPa 。

在膜池运行中,若按照设计温度下 $10\text{万 m}^3/\text{d}$ 左右的流量运行时,跨膜压差数值持续接近建议恢复性清洗状态跨膜压差值(40 kPa)时,说明膜污染严重,产水能力降低,膜池会出现溢流现象,导致水资源浪费,如不及时进行恢复性清洗即需要缩短维护性清洗的周期来满足正常的生产量,造成日常运行维护成本的增加。

综合以上运行情况,本项目建议:恢复性清洗时间为每年5~8月为宜,避开供水高峰期,利用较高水温条件增强恢复性清洗的效果,促进恢复性清洗后运行稳定;恢复性清洗周期为12~18个月,以保证膜系统稳定运行。

2.2 恢复性清洗药剂浓度优化

对于恢复性清洗而言,常规次氯酸钠清洗药剂质量浓度一般为 $2\text{000 mg}/\text{L}$,柠檬酸清洗药剂质量浓度一般为 $10\text{000 mg}/\text{L}$ ^[11],实际可根据污染情况进行调整。为控制水厂的运行成本,以及减少二次

污染的考虑,尝试削减恢复性清洗药剂的浓度,削减后的药剂清洗浓度如表 2 所示。

对恢复性清洗药剂浓度的调整,实现了 50%次氯酸钠及 50%柠檬酸用量的削减,有效降低了水厂的运行成本。通过采集各膜池清洗前后跨膜压差的数据分析各膜池清洗效果,以 9# 膜池清洗前后的跨膜压差数据为例,如图 6 和图 7 所示。

表 2 酸碱恢复性清洗方式

Table 2 Acid-base restorative cleaning mode

恢复性清洗方式	碱洗	酸洗
药剂名称	次氯酸钠	柠檬酸
药剂质量浓度/(mg · L ⁻¹)	1 000	5 000
清洗频率	1 年 1 次	1 年 1 次

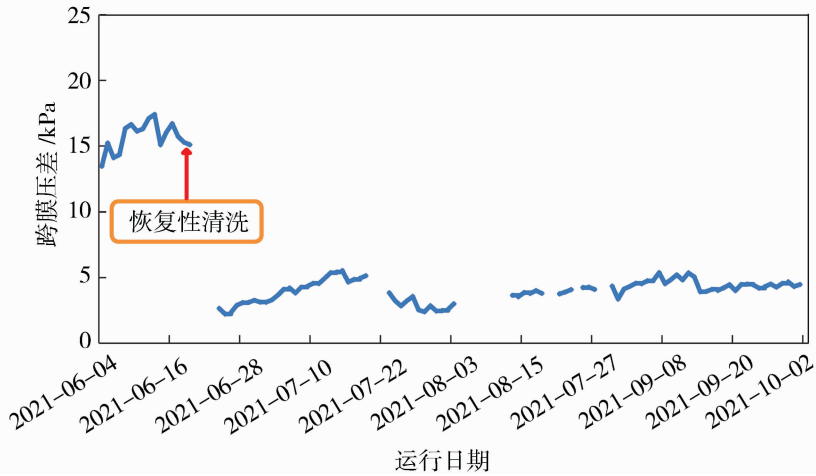


图 6 9# 膜池 2021 年恢复性清洗前后跨膜压差变化情况

Fig. 6 Change of transmembrane pressure difference before and after restorative cleaning of 9# membrane pool in 2021

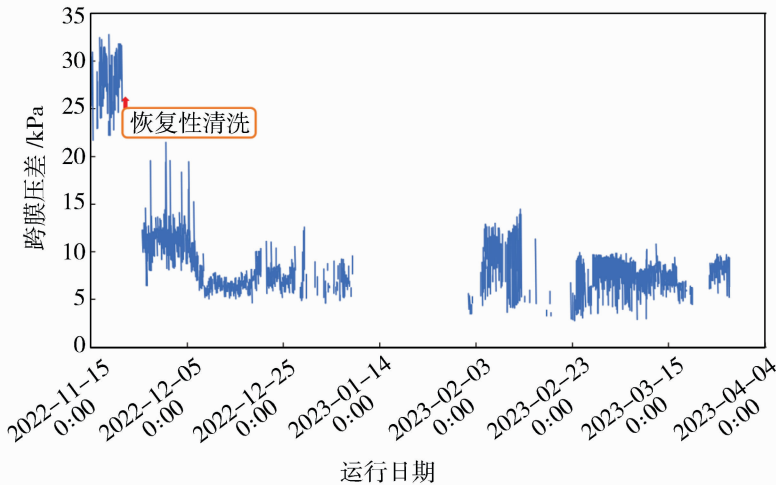


图 7 9# 膜池 2022 年恢复性清洗前后跨膜压差变化情况

Fig. 7 Change of transmembrane pressure difference before and after restorative cleaning of 9# membrane pool in 2022

9# 膜池从 2020 年 4 月起至 2021 年 6 月,运行 14 个月未进行恢复性清洗,其中极少部分时间段膜池运行跨膜压差超过 30 kPa,于是在 2021 年 6 月 20 日开始进行恢复性清洗。清洗后 9# 膜池跨膜压差下降至 10 kPa 左右,并稳定在 5 kPa 以内,并在接下来的 3 个月内均保持在 10 kPa 以下,总体处于

一个稳定的状态。自 2022 年 6 月至 2022 年 11 月,由于膜系统先后受到藻类爆发和冬季水温较低影响,运行跨膜压差有部分时间超过 30 kPa,2022 年 11 月底完成恢复性清洗后,9# 膜池跨膜压差在接下来的 3 个月内大部分时间均低于 20 kPa。结合两次恢复性清洗的效果,说明超滤膜在恢复性化学

清洗后,跨膜压差下降较大,并能长期保持在低压状态,清洗后基本能恢复到超滤膜运行初期的状态。其次,恢复性化学清洗后,3个月跨膜压差处于稳定状态,证明超滤膜在恢复性化学清洗后有好的抗污染能力,也表明使用以上浓度的药剂对超滤膜进行恢复性清洗能达到预期效果。

本项目在清洗过程中,次氯酸钠质量浓度为1 000 mg/L,柠檬酸质量浓度为5 000 mg/L,清洗效果达到预期,同时大大降低了超滤膜恢复性清洗的药剂成本,对于超滤膜工艺恢复性清洗成本的控制具有借鉴意义。

2.3 日常过滤反冲洗程序优化

不同品牌两种超滤膜的特性有所不同,在运行

过程中发现,1~6#膜池内M品牌超滤膜膜组拆卸简便。7~12#膜池内L品牌超滤膜膜组抗污染能力较强,在原水有机物含量较高、活性炭流入膜池时,膜组通量受影响较小。

不同品牌的超滤膜运行参数也略有不同,采用M品牌超滤膜设备(1~6#膜池)运行步序以及参数设置与采用L品牌超滤膜设备(7~12#膜池)运行步序和参数设置相比较,1~6#膜池程序中的曝气时间、水冲时间较长,同时还增加了“中间曝气”步骤;使反洗泵的运行时间增加了20%,鼓风机的运行时间增加了约35%,经过计算,单次反洗总能耗相比增加35%。具体参数对比如表3所示。

表3 反冲洗各步序时间和用电量

Table 3 Each step time and electricity consumption of backwash

项目	1~6#有中间曝气膜池反冲洗各步序时间/s	1~6#膜池反冲洗各步序用电量/(kW·h)	7~12#无中间曝气膜池反冲洗各步序时间/s	7~12#膜池反冲洗各步序用电量/(kW·h)
中间气洗时间	60	1.25	0	0
反洗气冲时间	60	1.25	60	1.25
混冲时间(气)	105	2.19	90	1.875
混冲时间(水)	105	2.92	90	2.5

从表3中可以看出,1~6#膜池超滤膜运行步序中增加了“中间曝气”步序,该步序实际运行对比中并未明显降低超滤膜在过滤过程中的污染,产水量相当的情况下,两个品牌超滤膜跨膜压差均在0~40 kPa之间浮动,1~6#膜池跨膜压差无明显减小,两种系列膜池恢复性清洗周期也都为1年左右,可预见膜使用寿命周期未见明显差异。但因为增加了“中间曝气”,导致这个系列每个膜池过滤周期内增加一次曝气,造成鼓风机启动频繁。单个过滤周期鼓风机使用时间延长,单日设备运行时间比无中间曝气延长35%。单日设备运行时间延长缩短了设备使用寿命,增加了消耗性物品的成本,如润滑油、润滑脂等,增加设备维护频次,使得设备维护成本增加。另外,由于膜池数量较多,鼓风机启动频繁,会造成设备高频连续启动,启动间隔短或无间隔启动对设备造成损伤。因此综合考虑,超滤膜系统全面投入使用后,优化1~6#膜池超滤膜运行参数,与7~12#膜池步序统一。

2.4 日常设备维护优化

超滤膜配套真空装置设备正常运行压力在-80 kPa~-40 kPa,当真空装置压力在-50 kPa~-40

kPa时,由于跨膜压差较高,真空节点无法抽吸至高点,从而使得抽真空电磁阀长时间不能关闭,容易造成抽真空电磁阀损坏,故需及时恢复较好的运行状态,进而降低配套设备故障风险。

3 工艺处理效果及经济性分析

3.1 超滤膜系统处理水量

从2019年9月开始,唐山市自来水公司一期改造工程超滤膜膜池正式投入生产运行,水厂组织人员开始执行24h的值班管理工作,超滤膜池运行至今,一般情况下平均每天白天运行11个膜池,夜间运行12个膜池(维护性清洗只在白天9点~17点之间进行),各膜池轮流进行维护性清洗(每天1个膜池进行维护性清洗,13天轮转一次)。

在用水低峰期,超滤膜系统日进水量基本控制在8.5万m³/d。进入用水高峰期,用户的用水量增加,水厂逐步提高日进水量,高峰期产水量基本维持在10.5万~11.5万m³/d。

由于受超滤膜系统需水量未全年满负荷,根据实际水量仪表记录进、产水量数据,核算超滤膜系统的产水率,产水率最高时约为95.6%,最低时约为

94.1%，平均产水率维持在 95% 左右，满足浸没式超滤膜系统设计的要求。

3.2 超滤膜系统产水水质

由于受季节性影响的水温和水中藻类生长情况不同以及水源水质变化等因素，原水浊度变化较大，最高时超过 42.0 NTU，最低时 14.18 NTU，沉淀池出水浊度在 2.6~9.8 NTU 区间内上下波动。超滤膜系统运行至今，膜池总出水浊度在 0.03~0.07 NTU 区间上下波动，稳定在 0.1 NTU 以下，产水水质优于砂滤出水的 1 NTU 以下，同时，超滤

膜出水的稳定性更优于传统砂滤工艺。

3.3 超滤膜系统成本分析

超滤膜系统部分成本分析如表 4 所示，“高密度絮凝沉淀+浸没式超滤”工艺运营成本较常规处理工艺略高，主要原因为膜折旧及维护费用较高。除此之外，“高密度絮凝沉淀+浸没式超滤”联用工艺改造双阀滤池，无需对原有滤池主体土建改造即可有效提高产水量，占地面积小，出水水质稳定，系统稳定性强，且可通过调整运行参数进一步降本增效。

表 4 超滤膜系统成本分析

Table 4 Cost analysis of ultrafiltration membrane system

项目	成本分析	备注
总成本费用	本项目改造后正常年总成本在原制水年总成本基础上增加 1 752.07 万元，单位制水成本增加 0.442 元/m ³	总成本费用是建设项目投产运行后一年内的生产营运而花费的全部成本和费用(包括外购原材料、燃料和动力、工资及福利费、维修费、摊销费等)
产水成本费用	该项目改造后，实际运行后产水成本较改造前增加 0.08~0.15 元/m ³	超滤膜系统采用虹吸驱动，相比于原虹吸滤池无显著成本增加
膜折旧费用	膜年折旧费用为 379.406 3 万元	按五年平均折旧计

4 运行管理经验

本项目使用超滤膜工艺改造双阀滤池后，自动化运行及管理便利性大大增强，但同时对于水厂的日常管理水平提出了更高的要求。经过多年的运行过程，总结出适合于本项目运行的管理经验，并归纳出浸没式超滤在自来水厂运行中需要注意的事项，主要从工艺运行监测、设备维护管理及程序优化等角度阐述。

1) 全过程工艺运行监测分析，关注膜前沉淀池出水浊度、有机物等水质变化情况，做好运行工艺的动态管理，特别是夏季藻类爆发和冬季低温时，适当调整运行参数，如过滤周期、维护性清洗周期等，降低高阈值跨膜压差风险，合理控制恢复性清洗周期，使得超滤膜系统运行保持更稳定水平。

2) 精细化设备维护管理，按计划定期保养，如鼓风机、空压机等设备周期性检查，并记录核查。注意工艺设备的联动分析，通过配套工艺设备常规参数数据显示，分析超滤膜系统真实运行状态，如通过真空运行压力范围形成报警信号，降低配套设备故障风险，记录易发生故障设备并形成规范检修作业应对措施，避免突发性设备故障对供水产生不利影响。

3) 若使用多个品牌膜系统，应优化不同品牌膜系统同步应用时程序的兼容性，通过对比运行参数，在最大化地保证系统稳定运行条件下，降本增效。

5 结论

本研究通过唐山市自来水公司净水厂一期双阀滤池改造工程，验证了浸没式超滤工艺在传统水厂升级中的技术可行性与经济性优势，主要结论如下：

1) 技术可行性显著：在不改变双阀滤池主体土建结构的条件下，将其改造为虹吸式浸没式超滤膜系统，设计规模由 10 万 m³/d 提升至 12.5 万 m³/d，改造前实际产水量仅能达到设计规模的 30%~40%，改造后可达设计规模的 90% 以上，实际产水量提升明显，产水浊度稳定低于 0.1 NTU，水质稳定性显著优于传统砂滤工艺(1 NTU)。该系统集成化程度高、布局紧凑，有效解决了滤池窜水、反冲洗效率低等历史问题，为老旧水厂工艺升级提供了可复用的技术路径。

2) 运行管理优化效果突出：通过虹吸驱动(利用膜池与清水池高度差)与恢复性清洗周期调整(12~18 个月/次，优先选择 5~8 月实施)，系统能耗降低 15%~20%。药剂浓度优化(次氯酸钠 1 000 mg/L、柠檬酸 5 000 mg/L)使恢复性清洗成本较传

统方法降低50%,且清洗后跨膜压差可恢复至初始状态的80%~90%,为超滤膜工艺的长期稳定运行提供了经济高效的管理策略。

3) 经济性与推广价值明确:实际运行后产水成本较改造前仅增加约0.08~0.15元/m³,主要增加成本源于膜折旧及维护费用,但通过工艺参数优化(如反冲洗程序统一、设备维护联动分析)可进一步降本增效。本工程的成功实践表明,浸没式超滤技术尤其适用于用地紧张、水质波动大的水厂改造场景,其“低成本改造+高稳定性运行”模式具有广泛的行业借鉴意义。

未来研究可针对不同水源特性(如高藻、低温低浊)进一步优化膜系统抗污染策略,并长期监测药剂削减对膜寿命的影响,以完善技术体系的可持续性。

参考文献:

- [1] 石洁,姚家隆,唐娜,等. 纳滤膜工艺在太仓某水厂深度处理工程中的应用[J]. 净水技术, 2024, 43(1): 50-57.
- [2] 许兵,李珂,刘佳,等. 臭氧-生物活性炭工艺处理饮用水研究进展[J]. 净水技术, 2022, 41(12): 9-18,25.

- [3] 李瑞成,王吉宁,邹磊. 双阀滤池的技术改造设计[J]. 给水排水, 2008, 34(7): 26-28.
- [4] 刘云奎. 超滤膜技术应用于双阀滤池改造的设计方案介绍[J]. 给水排水, 2013, 39(10): 24-28.
- [5] 何寿平,张国宇. 以浸没式超滤膜为核心的短流程净水工艺的应用与思考[J]. 给水排水, 2011, 37(1): 27-33.
- [6] 徐叶琴,谭奇峰,李冬平,等. 肇庆高新区水厂超滤膜法升级提标改造示范工程[J]. 供水技术, 2012, 6(5): 44-47.
- [7] 魏恒,余文庆,朱林勇,等. 浸没式超滤膜在大型给水厂的应用与思考[J]. 净水技术, 2024, 43(1): 43-49,139.
- [8] 丛学志,焦文海,杨红红,等. 浸没式超滤在短流程净水厂改造工程中的应用[J]. 中国给水排水, 2023, 39(10): 111-114.
- [9] 刘前军,周胜昔. 超滤膜组合工艺在大型净水厂扩建工程中的应用[J]. 中国给水排水, 2017, 33(8): 65-68.
- [10] 沈玉东,冯凌宇,陈伟雄,等. 基于物联网的重力流、低通量超滤用于农村供水[J]. 中国给水排水, 2023, 39(24): 111-114.
- [11] 鲁彬,黄胜前. 深圳市沙头角水厂深度处理工艺研究与设计[J]. 供水技术, 2013, 7(3): 13-17.

Application of immersion ultrafiltration technology in the renovation of double-valve filter water plant

GAO Yuncheng

(Tangshan Water Supply Company, Tangshan 063000, China)

Abstract: In the process of water plant, the traditional filter has become the bottleneck of further improving the water purification capacity. It is urgent to upgrade the process. With the development of filtration technology, ultrafiltration membrane technology with obvious advantages has been more and more applied in domestic drinking water treatment. In view of the problems existing in the traditional double-valve filter tank, such as water channeling, low backwashing efficiency and poor impact resistance, taking the phase I renovation project of the water purification plant of Tangshan Water Supply Company as an example, the immersion ultrafiltration membrane tank was used to transform the double-valve filter tank with a design scale of 125 000 m³/d into a siphon membrane system, without the need to transform the main civil structure of the original filter tank. The transformation could effectively improve the water production, the system had a high degree of integration, compact layout, strong stability, and water production turbidity was stable below 0.1 NTU, and the average water production rate was 95%. The results showed that by using the height difference between the membrane tank and the clear water tank to achieve siphonic drive, compared with the negative pressure suction and immersion ultrafiltration system, the electricity consumption per ton of water could be saved by approximately 90%. After optimizing the

concentration of restorative cleaning agent (sodium hypochlorite 1 000 mg/L, citric acid 5 000 mg/L), the cost of the agent was reduced by 50% compared with the traditional method. By adjusting the backwash procedure and equipment maintenance strategy, the operation energy consumption of the system was reduced by 35%. After the transformation, the actual operation cost of water production only increased by 0.08~0.15 CNY/m³, which provides a technical reference of low cost and high stability for the process upgrading of the same type of water plant.

Key words: double-valve filter renovation; process upgrading; immersion ultrafiltration; application; water plant

●中国科技核心期刊●中国科学评价研究中心核心学术期刊(A)●开放获取期刊数据库(DOAJ) ●华东地区优秀期刊

欢迎订阅 2026 年《净水技术[®]》杂志

CN 31-1513/TQ ISSN 1009-0177 邮发代码:4-652 官方网址:www.jsjs1982.com

中国科技核心期刊《净水技术》(创刊于1982年)每月25日出版,是我国市政给排水和工业水处理领域最具知名度和权威性的国家核心期刊之一。国内外公开发行人,侧重报道我国市政给排水和工业水处理中的科技创新和实践,理论与实践并重,常设栏目“大家之言”获评华东地区期刊优秀栏目。

《净水技术》常设“大家之言”“净水技术前沿与热点综述”“水源与饮用水保障”“污水处理与回用”“工业水处理”“城镇水系统研究与应用”“城镇给排水工程设计案例专栏”“城镇水系统全流程水质监测技术专栏”“供排水企业运行及管理成果专栏”“AI与智慧水务”等栏目,欢迎广大新老读者订阅《净水技术》杂志,相关订阅信息如下。

一、订阅方式

2026年《净水技术》杂志纸质版全年定价为360元/年(12期正刊,快递寄送),电子版全年定价为300元/年。

①微店订阅:扫描右边二维码进入《净水技术》微店订阅;②编辑部订阅:拨打杂志社固定电话(021-66250061)或添加订阅责任编辑微信(15000842025),发送本订阅回执及付款凭证。

二、付款方式(付款需备注“杂志订阅+付款人单位/姓名”)

1. 银行汇款(仅接受公司账户汇款)

收款人:上海《净水技术》杂志社

账号:1001222319024881609

开户行:工商银行上海杨树浦桥支行

2. 支付宝付款

收款人:上海《净水技术》杂志社

支付宝账号:shjsjs@vip.126.com



微店二维码

欢迎订阅 2026 年《膜科学与技术》杂志(双月刊)

CN 10-1905/TB ISSN 1007-8924

《膜科学与技术》创刊于1981年,是膜技术领域专业性科技期刊,内容涵盖基础研究和应用研究,报道国内外膜科学与技术最新研究成果,尤其涉及膜材料在水质安全、水资源保护、新能源开发、医疗与健康过程的应用,以及在石油、化工、冶金、医药、食品、环保及生物制品提纯等领域的应用成果及产业化情况,反映该学科的发展趋势及最新科技信息。

《膜科学与技术》入选北京大学《中文核心期刊要目总览》、《中国科学引文数据库》(CSCD)核心期刊目录、RCCSE中国核心学术期刊(A)、《中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊)》,入选首版《化工领域高质量科技期刊分级目录》T2期刊,被美国化学文摘社CAS、EBSCO、日本JST、《中国学术期刊(光盘版)》(CNKI)、万方数据库、维普数据库及《世界期刊影响力指数(WJCI)报告》等收录。

2022年在西部科技期刊联盟“西牛计划”项目评选中,《膜科学与技术》被评为“优秀中文科技期刊”,2023年入选全国石油和化工期刊百强榜,学术期刊60强排行榜。欢迎从事膜与水处理行业的科研、教学及工程技术人员投稿和订阅。可通过全国各地邮局或登录《膜科学与技术》网站、公众号进行订阅。

邮发代号:54-40

国内定价:30元/本,全年180元(共6期)

地址:北京市朝阳区北三环东路19号蓝星大厦1012室(100029)

订阅电话:010-64426130

E-mail:mkxyjs@163.com

网址:https://mkxyjs.boyuanxc.cn/



微信公众号二维码: