

运行与管理

超滤膜工艺优化与运行维护管理

邹琳, 李臻, 笮跃武, 周圣东, 戎文磊
(无锡市自来水有限公司, 江苏 无锡 214073)

摘要: 以某市Z水厂超滤净水系统为例,对超滤膜工艺运行过程中常见的问题,如膜泄漏、膜污染和清洗以及常见设备故障和维护保养等问题进行分析汇总,提出了系统优化、提升、降本增效等合理建议。

关键词: 超滤膜; 膜泄漏; 膜污染; 化学清洗

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2015)24-0116-07

Technique Optimization and Operational Maintenance of Ultrafiltration Membrane Process

ZOU Lin, LI Zhen, DA Yue-wu, ZHOU Sheng-dong, RONG Wen-lei
(Wuxi Waterworks Co. Ltd., Wuxi 214073, China)

Abstract: Exemplified by an ultrafiltration water purification system in Z Waterworks, common problems occurred during the operational process of the ultrafiltration membrane, such as the membrane leakage, the membrane fouling and the membrane cleaning as well as the common equipment failure and maintenance were analyzed and summarized. The reasonable suggestions for system optimization and upgrading, reducing the costs to improve benefits and so on were offered.

Key words: ultrafiltration membrane; membrane leakage; membrane fouling; chemical cleaning

某市Z水厂于2009年建成 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的超滤净水系统,至今该系统已连续稳定运行多年。以历年来膜系统运行管理中遇到的工艺、设备问题为线索,就膜泄漏、膜污染、膜清洗和主要设备的维护等关注重点进行深入探讨,进而提出对系统优化、设备维护的合理建议。

1 超滤工艺运行中的问题

超滤技术虽日趋成熟,但在实际运行过程中超滤膜分离技术依然面临各种问题,其中最突出的是运行维护成本高。造成膜分离过程中运行维护成本

高的重要原因有以下3点:①膜寿命的缩短;②膜污染而引起的通量下降;③辅助设备的维护。

影响膜寿命长短的因素较为复杂,除膜本身强度(制膜材料、制膜工艺等)、膜组零配件质量(如密封胶、O型圈、膜架等)外,还与过滤水质、整个工艺参数设置的合理性、膜系统的运行环境、膜的辅助设备等有关;而膜的污染取决于膜材料的选择性、吸附和化学稳定性、过水通量、原水水质和化学清洗的有效性等;膜辅助设备的维护指各子单元中如泵、自清洗过滤器、真空系统、气动阀门、管道、仪表、空气压缩

基金项目: 江苏太湖水源饮用安全保障技术集成与综合示范项目(2012ZX07403-001)

系统、加药系统、暖通系统等定期检查、维护保养和更新改造。

2 膜泄漏分析

目前,压力式超滤膜及膜组件已经完成了产业化、商品化的推广,但在实际使用过程中还存在一定的问题,需要从各个角度去优化、提升^[1]。其中膜泄漏就是超滤系统日常应用中亟需面对和解决的一项关键问题,这也是造成膜寿命缩短的最主要原因。

2.1 膜泄漏的影响

膜泄漏即膜出现完整性缺失,会对整个系统造成较大影响。

① 影响过滤效果。即过滤短路,部分进水不通过膜丝过滤直接由泄漏点短流进入产水端,污染物得不到有效截留,影响出水水质。

② 影响反洗效果。Z水厂膜系统反洗不设反洗水泵,采用鼓风擦洗和产水端水受压反向挤压的方法,此种反洗方式可节约设备成本,同时降低运行水耗和电耗,保持膜成品水的高产率,但若膜有漏点,则有压气体直接从产水端透过漏点进入进水端,然后排出,严格意义上讲并未进行水的反向挤压,影响膜的清洗效果,若日常清洗不到位,则会加重维护性清洗和化学清洗的负担。

③ 影响各组膜负荷差异。为保障出水水质,膜泄漏后需暂时隔离处理,但当单组膜隔离数量接近15%~20%则会引发各组膜过滤负荷的差异,隔离较多的膜进水负荷增加,通量增加,膜污染增加,容易出现膜组频繁触发反洗甚至化学清洗的情况。

④ 增加成本。无论影响过滤还是反洗的有效性,均会造成各种耗用浪费,增加制水成本。

2.2 膜泄漏的检测

膜是否泄漏主要通过完整性测试(PDT)来判断。通常超滤膜在正常过滤状态下只过水不过气,运用这个原理,在用完整性测试确定某组膜存在完整性缺失的情况下,再通过对单支膜进行声响测试(Sonic Test)找到问题膜柱的位置进行隔离,待条件允许可用专用工具进行修补或更换。

2.3 膜泄漏的原因分析

通常造成膜泄漏主要原因有:①膜丝破损;②膜两端封胶开裂;③连接件的密封失效。

2.3.1 膜丝破损

膜丝破损有断丝、纵向撕裂、空洞、膜丝掉皮等多种表现。而Z水厂出现膜丝破损的情况仅断丝

一种,而由断丝引起的膜泄漏比例较小,仅在个别膜中出现过。断丝(见图1)通常指膜丝断裂。断丝会使膜失去分离性能^[2],经拆检膜柱分析,可能存在以下几种情况:①个别产品瑕疵;②施工过程中残留在管道中的焊渣等会损伤膜丝,造成断丝;③反洗过程中膜丝不断抖动,造成膜丝与封胶连接处剪切力较大,导致断裂;④各种不适当的冲击压力造成断丝。而Z水厂膜断丝率较低的原因除膜丝本身质量稳定、进膜水质较优外,膜前端的预处理自清洗过滤器也起到保护作用,它能初步去除水中易伤膜的物质,尤其在工程调试阶段,可将进水管道中的多数焊渣、异物及时排除。

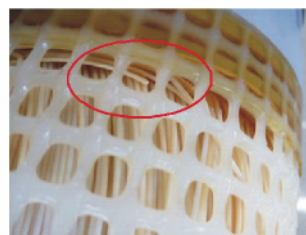


图1 断丝

Fig. 1 Broken fibre

对于断丝的处理一般需使用特定工具,将泄漏膜从膜架上拆下,通过补水充气的方法确定断丝位置,再用补针将漏点封堵(见图2),然后方可装上重新投入使用。



图2 断丝的修补

Fig. 2 Repairing of broken fibre

2.3.2 封胶开裂

Z水厂膜泄漏主要原因是膜柱上端封胶开裂,下端较少,此开裂现象多呈无规律地分布在各组,一般集中出现在夏季高温期结束后。其无规律性也揭示了封胶开裂问题为整套膜系统普遍存在的共性问题,同时反映了工艺运行中可能存在某些不合理因素需要优化改进。从工艺运行条件、设备配套合理性、清洗方式等方面具体分析如下:

① 偏高压、温度的气体冲击。系统采用鼓风擦洗和150 kPa气体反向挤压的方式,这种反洗

方式对膜的封胶存在一定破坏作用。夏季高温时,当环境温度 $>35^{\circ}\text{C}$,空压机出口温度会接近 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$,虽高温气体经过冷干机,但因原气体本底温度高,冷干机出口温度也相应偏高,在反洗降液位步骤执行后,上产水端封胶暴露在空气中的部分因没有水的缓冲,高温高压气体直接接触膜上端封胶,造成较强的膨胀冲击,这种较为频繁的气体冲击会使封胶变性脆化,最终出现开裂。

② 封胶的材质。反洗时的气、过滤时的水以及化学清洗时的各种药剂多相轮流同封胶接触,使封胶的工作环境较为复杂,也会造成材料失效如变性脆化等,因此封胶材质的耐腐蚀性、抗冲击强度和可塑性就尤为关键。

针对以上几种原因,Z水厂进行了优化改进:

① 对于封胶开裂因其无法修补,通常采用直接换膜的方式,更换的膜为加强型膜(由厂家重新研制和调整封胶配比,同时加粗膜丝厚度,膜丝和封胶强度、耐受性均高于原膜),从近两年的观察看,更换后的膜运行稳定,没有出现开裂的现象。

② 降低进膜组件的空气温度。a. 在夏季高温时,压缩空气在原有二级冷干的条件下再增加一级进行两级冷干,进一步去除空气中的水分,同时降低压缩空气的温度,始终确保冷干机正常运行,若发现故障应第一时间进行维修;b. 强制通风,高温天气时打开屋顶风机和室内通风系统,强化空气的流通和置换,将空压机的吸风口设置在室外,防止空压机内的高温空气循环吸入空压机内,导致气源温度偏高;c. 在空压机出口、压缩气罐出口和膜入口处都增加温度检测,密切关注温度变化,确保任何条件下进膜的空气温度 $<35^{\circ}\text{C}$ 。

③ 膜运行一年后,Z水厂进行升级改造,在膜系统前增加臭氧生物活性炭工艺,该工艺运行后进膜水质得到进一步提升,同时也降低膜污染的可能性,由此可适当延长维护性清洗和化学清洗的周期,即减少膜柱与化学药剂的接触频次,降低膜丝和封胶的化学损伤。

④ 建议在条件允许的情况下,可将高压气体的反向挤压改造为高压水的反洗,减少气体对封胶的冲击,避免封胶变性变脆。

2.3.3 密封失效

此处密封主要指O型圈、膜架或各种管道弯头、接口处的密封性能:①如隔离进、出水的O型圈

出现损坏断裂也会造成系统的完整性缺失,产生此种现象的原因主要是拆、装膜柱的时候受力方向不对,用力不当,使O型圈损坏;O型圈上可能粘附上级工艺中漏出的砂(见图3),造成密封不严。②膜组上进出水、反洗、加药、排气的阀门衬胶老化,出现连接处漏水和漏气,建议定期检查维修。③膜架(工业尼龙)的老化变脆造成换膜时出现变形(见图4),最终导致密封不严。



图3 O型圈上附着的砂性颗粒

Fig.3 Sandy articles adhering to the o-ring

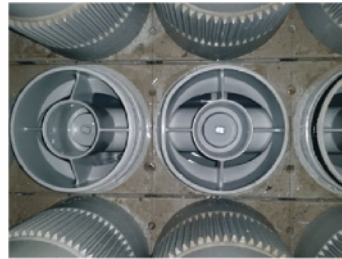


图4 膜架变形

Fig.4 Deformation of the membrane frame

3 膜污染

膜的污染会造成膜通量持续下降,这是缩短膜寿命的另一大原因。膜污染可定义为由于被截留的颗粒、胶粒、乳浊液、大分子和盐等在膜表面或膜内的(不)可逆沉积,这种沉积包括吸附、堵孔、沉淀、形成滤饼等^[2,3]。

3.1 膜污染表征

Z水厂超滤膜系统在日常运行中主要通过跨膜压差(TMP)、阻力系数(R)和进水污染系数(FFI)进行表征,以上三值的持续增高或突变都是膜的污染增加或进水水质异常的有力证明。TMP、R、FFI三个参数严格控制反洗、维护性清洗和化学清洗的周期。除手动强制干预外,正常情况下反洗、维护性清洗和化学清洗的周期分别是45 min、6 d和120 d,但当进水水质异常或膜污染严重时,会频繁触发反洗和维护性清洗。

3.2 湖泊水水质对膜污染的影响

如前所述,膜投入使用一年后Z水厂在膜前端建成臭氧-生物活性炭工艺,此后膜的各项污染指数均有所下降,针对湖泊原水水质情况,分析对膜造成污染的物质主要有以下几种:无机污染(金属物质)、藻类以及微生物。通过电镜分析得无机污染来源于湖泊水中固有的Si和Al;每年夏季的高藻对膜也会产生污染;膜微孔中附着的微生物等,一般这几种污染物质可通过维护性清洗和化学清洗得以较好去除。

3.3 膜污染分析

以2014年7月-8月Z水厂原水藻类突变为例,具体见图5。图5中因气温升高原水藻类由平时的 20×10^4 个/L上升至 1100×10^4 个/L,其代谢产物2-MIB的浓度也逐渐增加,并存在一定的滞后性。虽然99%以上的藻类可由膜的前端工艺去除,但当原水中藻类总量增加,进入膜的绝对数量也会随之增加,这必然会造成膜处理负荷与污染的增加。膜运行的TMP和R值于8月初逐步上升,TMP由50 kPa增至90 kPa,而R值由3.0增至7.0,且两值的增长滞后于藻类和2-MIB的增长数天。进入9月,虽原水藻类下降,而膜污染并未随水中藻类数

量下降而减少,且这种污染通过普通的反洗和低浓度短时间的维护清洗恢复效果欠佳,需进行化学清洗。

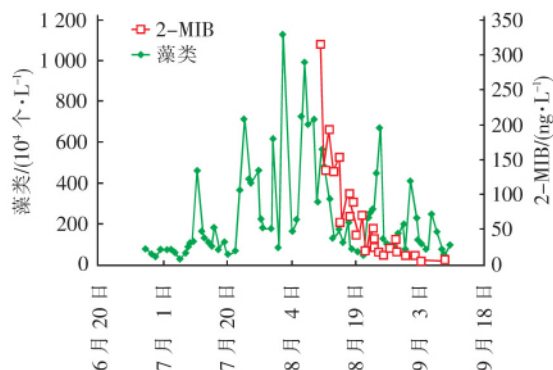


图5 原水藻类与2-MIB的对应关系

Fig. 5 Correspondence between algae and 2-MIB

3.4 膜的合理清洗

3.4.1 膜清洗方式

膜的物理和化学清洗方式较多,制膜厂家会根据膜的材质、制备方式、原水水质条件以及膜污染的主要形式等,采用适宜的清洗方式和清洗药剂。Z水厂膜的清洗方式主要有三种:反洗、维护性清洗和化学清洗,其主要参数和作用见表1。

表1 膜系统的主要清洗方式

Tab. 1 Main washing modes of membrane system

项目	频次	清洗介质	作用
反洗	30~45 min 一次	气水擦洗和气体反向挤压	抖落膜丝表面堆积松散污染物
维护性清洗	4~6 d 一次 酸洗和氯洗 洗间隔 2~3 d 一次	酸洗: 0.06% 柠檬酸 + 0.07% 磷酸; 氯洗: 0.02% 次氯酸钠	①酸洗: 去除吸附在膜表面和膜孔中难以被反洗清除的无机污染物; ②氯洗: 去除膜表面和膜孔中有机污染物和微生物污染物 ^[4] 。经试验,本系统无论是维护性清洗还是化学清洗,均采用先酸后氯的顺序清洗效果明显,TMP和R值恢复率高
化学清洗	45~90 d 一次	酸洗: 0.06% 柠檬酸 + 0.07% 磷酸; 氯洗: 0.05% 次氯酸钠	

Z水厂在生产过程中根据实际情况及时调整清洗系统的有关参数,合理的化学清洗频次、药剂种类和浓度、清洗浸泡时间有利于减缓膜污染,延长膜的使用寿命,维持系统的长期稳定运行,也可以降低整个膜系统的运行费用。

3.4.2 化学药剂的调整

通过对膜丝取样进行电镜分析得:湖泊原水中的金属铝和硅会对膜造成无机污染,而原有的盐酸+柠檬酸清洗对金属的去除效果不甚理想,出现TMP、R和FFI增加较快、膜反洗频繁等现象。为解决这一问题,Z水厂对几种有效酸分别进行清洗恢复性试验,试验结果显示磷酸和柠檬酸配合使用最为有效,这两种酸的络合作用能去除水中金属离子,

降低膜的无机污染,随即将盐酸更换成磷酸,采用磷酸+柠檬酸进行维护性和化学清洗。在满负荷运行状态下,考察1号膜组(U1)分别用两种不同组合的酸进行维护性酸洗R值的变化,结果见表2。可见,第二种清洗方式即磷酸+柠檬酸清洗的R值恢复率明显提高。

表2 酸洗药剂更换前后R值恢复率比较

Tab. 2 Comparison of recovery rate before and after reloading pickling agent

项目	洗前R值	洗后R值	R值恢复率(需减去本底值 $R_0=2$) / %
盐酸+柠檬酸	4.86	3.33	54
磷酸+柠檬酸	6.50	2.62	86

3.4.3 清洗频次的调整

在没有臭氧生物活性炭前处理时,膜的污染较为严重,满负荷运行时TMP经常接近100 kPa, R 值为5左右;待臭氧生物活性炭建成投用后,水中的污染物质明显减少,水质更为稳定,日常运行TMP降至50 kPa, R 值约为2~3,且周期内上升幅度不大,鉴于以上变化,水厂将原有反洗、维护清洗和化学清洗的周期适当延长:即反洗周期由30 min延长至45 min;维护性清洗的周期由4 d延长至6 d,化学清洗时间由45 d延长至90 d。该调整既可以充分发挥膜的过滤作用,同时又有利于降低各种耗用,减缓化学清洗对膜的损伤,延长膜的使用寿命。

3.4.4 污染严重时的处理

在特殊情况下,例如夏季藻类高发时期,高藻及藻类代谢产物对膜的污染较大,采用原有的化学清洗时间(化学药剂循环后浸泡12 h)显然无法满足膜深层清洁的需要,这时可在做完循环后将浸泡时间延长至18 h,强化化学试剂与膜丝的接触。对比运行情况相似的两组膜不同浸泡时间下的 R 值恢复率,其中浸泡12 h的恢复率为51%,且该组膜运行数天后 R 值又较大幅度上升,浸泡18 h的膜组其恢复率达到91%,且后期运行 R 值的上升平稳,见表3。

表4 酸剂pH值对清洗效果的影响

Tab.4 Effect of pH value of pickling agent on cleaning

项目	2011-01-19	2011-02-08	2011-04-10	2011-04-10
清洗膜单元	U7	U7	U4	U6
清洗水温/ $^{\circ}\text{C}$	2(自然水温)	20(加热水温)	15(自然水温)	15(自然水温)
维护清洗pH值	2.2~2.5	2.1~2.3	第一次循环2.7~2.8,第二、三次循环2.35	2.75
清洗效果(R 值)/%	59	74	49	39

3.5 停膜的处理方法

多数的湿膜自然干燥过程会造成膜孔不可逆收缩,甚至发生孔塌陷从而使膜分离性能受到严重破坏^[5]。因此无论是膜运行、清洗或是停机检修,始终保持膜的湿润,即膜应与水或化学试剂充分接触。在运行管理中应特别注意:

① 当需停膜超过24 h时,除在停用和恢复前各需进行一次反洗外,建议在停用期间用消毒剂如次氯酸钠等进行浸泡,一可抑制微生物滋生,二可保持膜丝湿润,次氯酸钠浸泡浓度应根据停运时间和环境温度而定,浸泡状态下需每日检测有效氯浓度,若浓度衰减需及时补加。

② 冬季低温时一般不建议停膜检修,因为膜

表3 浸泡不同时间膜 R 值的恢复率

Tab.3 Comparison of Recovery rate of membranes immersed for different duration

项目	清洗前 R 值	清洗后 R 值	R 值恢复率/%
U2(浸泡12 h)	8.61	5.24	51
U3(浸泡18 h)	7.54	2.51	91

3.4.5 酸洗应注意的问题

① 水温。当温度高时,药剂溶解度上升,有利于清洗药剂与膜丝充分接触,同时由于水中分子热运动加强,反应速率增加,清洗药剂同污染物反应更加完全,因此当水温 $< 10^{\circ}\text{C}$ 时,清洗水箱内的加热器会自动打开对清洗水加热。

② pH值的控制。酸维护性清洗或化学清洗时pH值越接近2.0,其清洗效果越好,pH值 > 2.0 较多会导致清洗效果不理想。在清洗过程中需对药剂的pH值跟踪观察,如果pH值较高则需在第二次循环中额外加酸调整以满足清洗要求。若酸清洗效果降低,一般可能由于药剂pH偏离目标值2.0较大引起,此时需对系统内的pH计和加药泵计量准确性、药剂的有效性等进行核定,分析误差产生的原因再做调整。分析表明,pH值与2的接近程度比提高清洗水温对膜具有更好的化学清洗效率(见表4)。

壳内静止的水在低温下容易结冰,会伤害膜丝内部结构。

4 设备维护

4.1 主要设备的维护

Z水厂膜系统共有200多个阀门,其中约80%为气动阀,通过这些阀门的快速切换实现膜的自动化控制。其中一些共用阀门,其启闭十分频繁,因此在该子系统中气动阀门稳定就显得尤为关键。

4.1.1 空压系统和气动阀门的组成

空压系统包括空压机、冷干机、精密滤芯、自动排水器、不锈钢输气管、PVC气源管、配气箱、气动阀门和阀门调节器。在空气压缩系统内单元内应该重点关注:①空压机、冷干机的定期维护和合理的设

备备用性;②纯净的压缩空气气源;③降低沿程管道供气的漏损率,提高压缩空气的有效利用率;④气动阀门的定期维护与保养。

4.1.2 空压机出气管路优化与子系统设备维护

膜车间内有空压机和冷干机各两台,一用一备,分两路,管道无沟通,为保障生产安全性,提高故障检修时的设备使用率,技术人员在原有两台空压机出气管道上增加一根联络管并安装相应切换阀门。

空压机的定期维护十分重要,其内容包括:用0.2~0.4 MPa的气体吹扫空滤、散热片,到期需更换空气滤清器、空滤、油滤、油分、润滑油等,以上工作需按时完成。

4.1.3 保障压缩空气质量

压缩空气的质量很重要,因为较脏的压缩空气会对后续的气路管道与阀门执行机构造成损坏。如空气中的水能锈蚀金属元件,低温时凝结成冰易损坏管道及附件;空气中的油能氧化成有机酸,腐蚀设备,加速密封件的老化,因此膜的空压系统内建议配置无油空压机;空气中的固体尘埃会增大摩擦,加速气动元件磨损,与油气混合,阻塞管路。要保障压缩空气质量,需注意以下几点:

① 在工程调试阶段,接入气源之前,必须用高压气体吹扫供气管路、气源接口和开关等器件,空气尽可能不带油污和水,清洁度应小于0.4 μm,以防由于管路不清洁带上污物和微小垃圾冲入气动执行单元而造成故障。

② 确保气路管道上的各级精密过滤器的正常工作。Z水厂在空压机后设置一道P级过滤器,在冷干机后分别设置S和C级过滤器,在气罐出口再设置一道S级过滤器,多级过滤保证气体纯净。

③ 当过滤器效果明显恶化,如压差表示值超过0.07 MPa(初始滤芯压降<0.015 MPa)或使用超过12个月需更换滤芯,注意滤芯需选择材质密实,具有一定抗压能力和截污能力强的。

④ 每级精密过滤器和冷干机的下方接自动排水器。自动排水器是极易出故障的一个部件。由于以上各级排出的凝结水不是清洁水,而是混有固态杂质(灰尘、锈泥等)、油污的稠状液体,因此自动排水器的排水孔容易被堵塞,造成冷干机和滤芯积水。建议经常观察自动排水器的状态,定期清洗。

4.1.4 供气管道泄漏的处理

供气管道上会出现泄漏现象,空压机等设备运

行时产生的微小震动、平时更换滤芯、检修维护等对管道接口形成的扭力,造成局部接口密封处出现老化、漏气等现象。压缩空气管道若出现漏气则会增加空压机和冷干机的使用频次,增加电耗以及加速设备的损坏。为此需定期对管道漏点进行修整工作,通常运行2~3年后需对所有管道漏点进行一次全面的修复。漏点修复前后空机电耗如下:空压机的额定功率按38 kW,电价按0.7元/(kW·h)计,原来漏气情况下一天空压机运行12 h(一用一备),现将管道漏点修复之后一天空压机运行约5~6 h,则电量比原来减少1/2,即仅空压机的运行即可节省5.8万元/a。

4.1.5 阀门故障、泄漏的处理

在运行过程中气动阀门常会出现以下故障:阀门不动作、阀门执行缓慢或阀门密封缺失。

① 因介质为深度处理后的水,一般不会出现脏污造成的阀芯卡死阀门不动作现象,除非因橡皮老化变形等。因此阀门不动作或执行缓慢多数是因为执行器气缸内摩擦增大(润滑不够造成缸体、机构磨损,或因进气质量差,颗粒物、油、水等造成缸体锈蚀,密封圈张力不均匀,导致执行机构卡涩造成调节失灵,如图6所示)、气源压力不够(进气孔或出气口被堵,可增大进气压力进行吹扫)所致,气动阀在使用过程中,应经常保持清洁,传动机构必须定期润滑,发现故障时,应立即停止使用,查明原因清除故障。

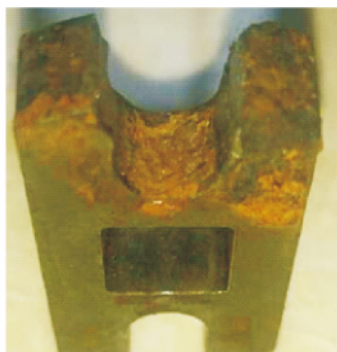


图6 气动执行器内部磨损痕迹

Fig.6 Inner wear marks of pneumatic actuators

② 超滤系统管路设计较为复杂,共用管道较多,进水、产水、清洗等主要通过阀门进行隔离。若阀门密封作用缺失,则可能造成水、气、化学试剂互串的情况,引起管道和设备的损伤和产品水的污染。因此需定期进行阀门保压试验,发现漏点应及时修

复或更换阀门。

4.2 其他辅助设备的维护

4.2.1 进水单元

进水单元主要由4台进水泵(变频控制)和一套真空引水系统组成。在该子单元中需重点关注真空引水系统,其经常出现的问题有:循环冷却水箱、气水分离器的材质问题(铸铁),长期使用后会生锈腐蚀,冷却水箱内的腐蚀颗粒物随补充的工作液进入真空泵,造成叶轮和泵体的磨损;而气水分离器会因腐蚀逐渐堵塞,无法正常排气和回流部分工作液。若是真空引水系统无法工作直接导致水泵无法满足气动液位要求,影响水泵供水,最终造成膜系统停运。

对于真空引水系统建议:①若条件许可,其管材、真空罐、冷却水箱等均可采用不锈钢材质,减少腐蚀对泵的损伤;②系统内的常开/常闭电磁阀需定期检查,以防造成不必要的漏气和真空泵的频繁启动,进而导致泵电机发热故障。

4.2.2 自清洗过滤器的维护

自清洗过滤器(保安过滤器)内有200 μm的滤网,可预过滤、降低膜损伤风险。笔者认为Z水厂膜断丝率较低是因为自清洗过滤器起保护作用,尤其在工程调试阶段,可有效防止膜丝损伤。

自清洗过滤器的安装应尤其注意:便于维护检查清理时的逐个拆装。在历年的检查过程中滤筒滤网外侧附有较厚的水垢层,转刷上缠有断裂的尼龙丝带、垃圾袋等物,该现象除了会损伤钢刷,还会增加水损,造成前端进水泵的电耗升高,因此正常运行时需每两年对自清洗过滤器转刷、滤筒进行清洗检查,并经常留意自清洗过滤器的排水是否顺畅,若流量偏小可能是有污物卡在管道内,需及时清理。

4.2.3 加药清洗系统的维护

加药间内主要设备包括用于投加化学清洗药剂的计量泵各两台,若干储液罐,用于提供膜清洗循环水的加热水箱一座和清洗循环泵两台,以及屋顶抽风系统一套。运行过程中需注意:

① 防腐与通风。重视该车间内设备、管道、地面等防腐层的完好性,保证车间通风设备运行正常。连接加药泵的进出管道接口因泵运行时的震动会发生脱开、断裂,引起漏液等现象,漏液对车间环境和设备均有腐蚀,需及时发现并检修;若加药泵表面腐蚀严重后酸液可将泵体油箱烂穿,造成设备损坏无

法运行。

② 加药泵出液流量需定期校核,其投加浓度的精确性直接影响到化学清洗的效果,若校核曲线偏离出厂测定值较远,则应查明原因并及时整改。

5 总结

Z水厂超滤膜系统运行至今已进行一系列系统优化和完善工作,在此过程中积累了关于膜系统突发状况的处理方法和对进口设备稳定运行的维护保养经验。在超滤系统日常运行中核心膜组件固然重要,而辅助子单元与配套设备的有效、稳定也不容忽视;在核心膜组件中,除了关注膜丝本身的质量之外,还需重视其零配件的配置和完好情况。只有当所有子单元有效组合,稳定运行,定期维保,才能保障超滤系统的正常出水,发挥其良好的过滤截留作用。

参考文献:

- [1] 万思青,王乐译,张伟政,等.应用价值工程法优化饮用水用超滤膜组件的设计[J].膜科学与技术,2014,34(1):87-90.
- [2] 胡保安,吕晓龙,马世虎,等.聚偏氟乙烯中空纤维膜的耐氧化性[J].纺织学报,2007,28(1):5-9.
- [3] 刘利,方佩晖.超滤技术用于饮用水处理领域案例分析[J].中国给水排水,2009,25(24):72-75.
- [4] 黄明珠,曹国栋,李东梅,等.浸没式超滤膜污染监测与清洗效果分析[J].给水排水,2009,35(7):9-13.
- [5] 徐红梅,魏俊富,王晓磊,等.中空纤维超滤膜干燥过程中膜孔演变规律研究[J].天津工业大学学报,2014,33(3):7-11.



作者简介:邹琳(1981-),女,江苏无锡人,硕士,工程师,主要从事饮用水处理研究工作。

E-mail: 370084800@qq.com

收稿日期:2015-06-23