

工业废水处理中双膜法水处理的应用

张景彪（国能新疆化工有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000）

摘要：煤基新材料项目废水是一种典型的难降解工业废水，具有成分复杂、污染物浓度高、可生化性差、色度高、水质波动大、水质浑浊等特点。废水含有较高的化学需氧量（COD）和氨氮，通过AO生化处理工艺去除。双膜法是由超滤和反渗透构成的组合工艺，传统的“预处理+AO生化处理”组合工艺无法满足产水回用要求，双膜法是由超滤与反渗透构成的组合工艺，目前已成为工业废水深度处理的首选。系统通过反渗透脱盐机理，除去废水中的溶解性物质，如溶解质盐、TDS等，以此保证产水水质达到项目回收水的水质指标要求，膜处理产生的浓盐水可以通过蒸发进行处理。本文结合双膜法在煤基新材料项目废水深度处理中的应用，分析影响双膜系统稳定运行的因素，然后提出改进建议，以提高工业废水处理效果，实现高效平稳运行。

关键词：双膜法；反渗透；超滤；生化

1 双膜法废水处理的原理

1.1 预处理原理

双膜法脱盐处理工艺的反渗透对进水水质要求严格，进水需要通过预处理进行初步处理。预处理设施包括高效沉淀池、V型滤池和超滤，脱盐处理的高效沉淀池是集混凝、絮凝、反应、沉淀、澄清技术与污泥浓缩技术于一体废水处理工艺，废水通过进水总管首先进入高效沉淀配水渠，再分别进入各系列的混凝反应区，在混凝反应区投加混凝剂，再搅拌器的作用下，通过一定的速度梯度，把混凝剂和原水快速融合成细小的絮体。

废水进入石灰反应区通过投加石灰乳降低水中的暂时硬度，软化水质，去除水中 CO_2 ，减少腐蚀，提高水的pH值，中和过量的混凝剂和总铁，并由于提高pH值而增加三氯化铁混凝剂的混凝效果。

石灰反应区出水进入纯碱反应区，通过投加碳酸钠溶液，去除水中永久硬度。废水反应后在絮凝池，投加絮凝剂，池内的搅拌机可实现多倍循环率的搅拌，对水中悬浮固体进行剪切，重新形成容易沉降的絮凝体。

隔板把沉淀池分为预沉区和斜管沉淀区两部分，沉淀池由隔板分为预沉区及斜管沉淀区，在预沉区中，易于沉淀的絮体快速沉降，未来得及沉淀以及不易沉淀的微小絮体被斜管捕获，最终高质量的出水通过池顶集水槽收集排出。

1.2 超滤原理

超滤是一种依靠压力驱动膜分离的技术。其主要原理是利用膜两侧的压差来驱动过滤过程。超滤膜作为过滤媒介，在适当压力下，原液流经膜表面时，膜

上的微小孔道仅允许水、小分子等物质通过，生成透过液。相反，原液中体积大于膜孔径的物质则被拦截在膜的进液端，把这称之为浓缩液，就此完成原水净化与分离的宗旨。所以，在水通过超滤膜后，可以把水中大部分胶体中的硅去除，与此同时还能除去部分有机物。

在进行工业处理过程中常见的超滤膜：醋酸纤维素膜、聚氯乙烯及聚酰胺膜等等，超滤的形式也有很多，例如，板框式、管式、卷式及中空纤维式等，其参数分为：膜通量、膜清洗、膜寿命。其在工作中可操作的压力值范围要保持在0.11~0.6MPa之间，温度如果小于 60°C ，超滤膜的膜通量应在 $100\sim 300\text{m}^3/\text{h}$ 是最佳值；超滤膜通量的影响因素也有很多，如进水水流速度、压力、温度、水质及反洗的频率和反洗的水量等等。

1.3 反渗透原理

20世纪60年代是反渗透膜分离技术开始发展的，其主要原理是凭借反渗透膜通过压力的作用下把溶液中的溶剂和溶质进行分离的经过。渗透现象在自然界是常见的，所谓的渗透是水从稀溶液向浓溶液自发的流动，通过半透膜时，半透膜把水和溶质分离。简而言之，反渗透就是在压力的作用下把溶液中的溶剂经过反渗透膜分离出来，这与自然渗透的原理是恰恰相反的，通常可以运用大于渗透压的反渗透法进行分离、提纯及浓缩浓液等工作。

一般浓溶液会随着水的加入被不断的稀释，在水流向浓溶液产生足够的压力时就可以阻止水的流入，从而达到渗透的平衡状态，在平衡状态下产生的压力称之为溶液中的渗透压。在浓溶液向外加压使该压力

大于渗透压后,浓溶液中的水便会经过半透膜流入稀溶液中,以此使浓溶液的浓度增大,在这一系列渗透中的反过程被称作反渗透。

2 双膜法在水处理中的应用

2.1 高效沉淀池在双膜法水处理中作用和应用

工业废水进入高密池后通过加入相应的药剂运用机械搅拌机进行搅拌,使其发生反应,如加入三氯化铁溶液、石灰乳、碳酸钠溶液等,混合后开始进入澄清区进行澄清,然后经过斜管沉淀区再次澄清,以此保证水质。这一过程中所产生的污泥直接下沉到澄清区的底部,再由污泥回流泵的方式回流到絮凝反应区,达到大絮状矾花的目的。

然后多余的污泥通过剩余污泥泵运输到污泥储槽中,通过出水槽流出来的预处理水,先进入中和池进行硫酸中和反应,再进入V型滤池的过滤区,经过滤后的清水进入冲洗水池,再溢流至超滤吸水池投加次氯酸钠。在中和池中设有浊度、pH在线监测仪表,当浊度、pH超过设定值时即报警。正常工况下,V型滤池按设定的程序进行反冲洗,将冲洗废水排入冲洗废水池。在该池中设有澄清区域,上面的清液溢流至清液区,经清液泵送回至废水调节罐、高密池配水区;冲洗废水池底部沉积的污泥则由污泥泵输送至污泥贮槽。

2.2 超滤在水处理中的应用

在工业废水处理中,虽然超滤膜的应用少,但是前处理工艺中多是应用超滤膜。因废水的成分复杂,所以需要充分的预处理,所以目前的工业废水应用中还是会应用到超滤膜技术,并且像是酒精废水、染料废水、造纸废水等水处理中还是会使用超滤膜组件的。在工业废水处理中,超滤可将水中大部分的胶体硅除掉,同时除去部分有机物,降低原水的浊度,对反渗透进水进行预处理。

对于污水水质状况较差的情况,可以选用超滤膜技术来进行深度净水。因为超滤膜相比于普通的过滤工艺来说,具有较强的过滤性能,出水的浊度小于1NTU,可以有效地去除原水中的胶体、大颗粒物等。一般在超滤吸水池投加次氯酸钠,防止微生物在超滤进水池内滋生,超滤投用前先检查超滤进水泵、自清洗过滤器、超滤模组等检修完成,具备投用条件,污水是通过超滤进水泵输送到超滤膜组的,此过程应在泵的出口管道中增加自动清洗过滤器,待超滤产水以后进入中间的水池中,应在设定的时间内完成超滤膜

组的在线清洗过程,从而保证系统的稳定运行,这就需要经过阀门进行自动切换,关闭进水口及产水管道的阀门。从而自动开启超滤清洗泵,通过超滤反洗过滤后,把清洗水加入需要清洗的超滤膜组中,而在线清洗的废水进入废水池后通过含盐废水调节罐的清洗,一般5次反洗后进行一次加强洗,加入化学药剂HCl、NaOH、NaOCl等加强反洗效果。在一段时间后,超滤膜组需要进行离线化学清洗,清洗系统设有化学清洗液箱,通常采用酸/碱清洗化学品,通过超滤化学清洗泵将酸/碱化学清洗液输送至超滤膜组,清洗的废液再返回化学清洗液箱。

2.3 反渗透技术在双膜法水处理中的应用

反渗透技术在日常生活及工业水处理中被广泛运用,如海水淡化、工业用水、医用、纯水制备、超纯水制备、工业费用处理及食品加工浓缩等等。反渗透一般作为工业废水终端处理,由于反渗透膜只透过水不透过溶质,把水中的溶质盐、有机物质、金属离子等物质截留,保证出水的水质达到预期效果,这些水质可以当做冷却水或者工艺中的用水循环被利用,从而减少污染,节约新鲜水源,达到节约成本的目的,这对生态环境的保护及节能降耗工作都产生深远的影响。在生产工作中反渗透进水池的水通过进水泵的增加,从而先到反渗透过滤器中,然后利用反渗透高压泵进行反渗透膜组,最后通过产水输送泵提升到回用水罐,经过反渗透产水输送到外界,此时的浓水经过反渗透浓水缓冲池进入后续工艺处理。

生产运行中对反渗透进水要求非常严格,要求余氯: $\leq 0.1\text{mg/L}$,氧化还原电位控制在: $-250\sim+250\text{mV}$,总硬度+总碱度(以 CaCO_3 计): $\leq 600\text{mg/L}$, SiO_2 : $\leq 10\text{mg/L}$,进水pH在6.5~8.5之间,SDI: ≤ 3.0 ,悬浮物: $\leq 3.0\text{mg/L}$,浊度: $\leq 1.0\text{NTU}$ 。开启反渗透装置前需要对进水水质做分析,水质达标后,才可以投用反渗透,防止反渗透模组被污染。对于进水水质差的反渗透模组,反渗透投入自动运行,设有快冲功能,系统每工作60~240min后,自动快冲,快冲时首先缓慢降低高压泵频率,待频率降低后打开RO冲洗出口气动蝶阀,60s后关闭RO冲洗出口气动蝶阀。反渗透投用和停用时都需要进行正冲60s,停机:手动/自动停机时,打开RO冲洗出口气动蝶阀,通过变频停止反渗透高压泵后,延时10s,关闭RO进水气动蝶阀,关闭保安过滤器进口气动阀,停止RO进水泵,关闭RO冲洗出口气动蝶阀。

3 存在的问题及解决方案

3.1 高密池运行中存在的问题及解决方案

3.1.1 废水水质波动

进水水质波动较大,当生化受上游装置非正常排污冲击,造成污泥上浮、解体,污泥细碎,沉降性能差,导致生化系统出水 COD、氨氮和悬浮物等指标超标,导致高效沉淀池进水水质超标。控制措施:受到冲击后,应当将超标水切出,降低高效沉淀池处理负荷,加强膜系统污水回流量,同时适当增加加药量及泥渣回流量。

3.1.2 处理负荷偏高

处理负荷偏高使水中絮体在絮凝区和沉淀区停留时间缩短,无法聚集长大形成大的絮体,导致沉降分离效果变差,出水浑浊。控制措施:遇到以上情况可以通过控制进水流量,同时适当增加加药量及泥渣回流量缩短絮体形成时间,保证出水水质合格。

3.1.3 进水硬度偏高

进水硬度偏高,在原有加药量的情况下运行,高效沉淀池的硬度去除率下降,导致出水硬度超指标。控制措施:高效沉淀池进水硬度波动时,应该加强进水水质分析,根据高效沉淀池进出水硬度分析结果,及时调整碳酸钠加药量,确保出水水质达标。

3.1.4 进水温度偏低

由于高效沉淀池进水水温偏低,不利于混凝剂的水解、成核、吸附及沉降等过程,导致形成的絮凝体细小,不易与水分分离沉降,水的澄清效果变差。控制措施:此时可以通过给进水升温的措施,控制进水水温不低于 20℃,同时提高混凝区搅拌机的搅拌速度,加快混凝剂和水分子的运动速度,加快絮体的形成。

3.2 超滤模组运行中存在的问题及解决方案

3.2.1 跨膜压差突然升高

在进水水温,进水水质和产水流量不变的情况下,跨膜压差突然升高。解决方案:进水可能含有悬浮物特别高、有机物含量高、Fe 或 Mn 的含量超过设计标准等情况,需要对膜元件进行在线加药清洗;清洗时使用酸性或碱性清洗剂。

3.2.2 产水水质不达标

超滤在正常运行一段时间后,进水水质差导致大量杂质进入超滤膜内部、超滤膜被污染、化学药剂残留、新超滤膜未清洗等情况出现产水水质不达标现象。解决方案:对超滤膜进行在线清洗,在线清洗后水质依然超标,对超滤进行在线加药洗,并且延长加

药洗时间和浸泡时间。

3.2.3 超滤膜组结垢

超滤在正常运行一段时间后,进水水质差导致超滤膜组污染结垢,污堵严重,进水压力升高,跨膜压差增大,产水流量下降的现象。解决方案:进行在线加药清洗,通过酸、碱和次氯酸钠在线加药清洗,如果流量达不到工艺需求,需要对超滤进行停机离线清洗,清洗时根据实际污堵情况投加酸碱和专用化学清洗药剂进行清洗。

3.3 反渗透模组运行中存在的问题及解决方案

3.3.1 操作压力问题

反渗透技术较传统膜分离工艺在能耗方面有着独特的优势,在运行中反渗透进水压力需要控制在一定的范围内,普通反渗透高压泵入口压力控制在 0.12~0.5MPa 以内,最佳运行压力控制在 0.39MPa 左右,高效反渗透高压泵出口压力控制在 0.2~0.43MPa,高效反渗透段间增压泵出口压力控制在 0.2~0.62MPa,反渗透压力控制过高容易造成模组被压实,压力控制过低,产水量和脱盐率下降。由于运行压力高能耗高,降低能耗仍然是人们关注的重点,为了减小操作压力,提高膜通量,反渗透膜组材料正在向低压型反渗透膜方向发展。

3.3.2 反渗透膜的污染问题分析

反渗透技术不被广泛的应用中最重要的因素就是反渗透膜的污染问题,如果膜污染就会对膜的出水水质产生一定的影响,同时还缩短的膜使用的期限。所以相关的工作人员针对反渗透膜污染的问题制定了一系列的方法。首先,加强优化预处理系统出水的水质及反渗透系统的进水的水质;其次,依据反渗透运行的实际情况定期对反渗透膜进行清洗处理,在清洗时对膜污染物进行化学分析,选出最优的清洗方式;最后,根据实际的工作情况对反渗透膜的装置进行定期冲洗,降低污染程度。

参考文献:

- [1] 高廷耀,顾国维.污水处理工程[M].北京:高等教育出版社,2015.
- [2] 邹家庆.工业废水处理技术[M].北京:化学工业出版社出版时间,2003.
- [3] 仲惟雷,张旭,孙海玲,王刚.双膜法水处理在钢铁工业废水回用中的应用[J].中国钢铁业,2021(2):26-28.