

膜分离技术中的清洗保养维护技术

杨腊梅, 许春华, 吴克宏, 赵男

(解放军理工大学工程兵学院, 江苏南京 210007)

摘要:解决膜污染和使用寿命问题是膜法水处理技术中的关键技术之一。只有有效控制膜污染延长膜使用寿命,膜分离技术才能在解决当今世界水资源危机中发挥突出作用,并在更多领域中得到推广和发展。膜的清洗、膜系统的停运保养和维护管理是有效解决膜污染延长膜组件使用寿命的重要措施。

关键词:膜污染;清洗;保养;维护

中图分类号:X703

文献标识码:B

文章编号:1006-8759(2010)06-0039-03

THE MEMBRANE SEPARATION TECHNOLOGY CLEANING MAINTENANCE TECHNOLOGY

YANG La-mei, XU Chun-hua, WU Ke-hong, ZHAO Nan

(Engineering Institute of Engineer Corps, PLA Univ. of Sci. & Tech, Nanjing 210007, China)

Abstract: To solve problems and life-span of membrane fouling membrane water treatment technology is one of the key technologies. Only the effective control of membrane fouling prolonged use of life, membrane separation technology to solve water crisis in the world today, and play a prominent role in more fields and development. The film, the service system of cleaning maintenance and maintenance management is effective to solve membrane pollution prolong the service life of membrane module.

Keywords: membrane pollution; clean; maintenance; maintain

膜分离技术作为一种新型的化工分离技术,具有能耗低、单级分离效率高、过程简单、不污染环境等优点。膜分离过程已成为解决当代能源、资源和环境污染问题的重要高新技术及可持续发展技术的基础^[1]。

膜分离过程中始终伴随着浓差极化和膜污染等现象,并在很大程度上制约着它的应用与发展,另外考虑到膜分离工艺系统运行的稳定性、高效性和膜组件本身的经济成本问题,膜组件的维护保养问题成了膜分离技术应用的值得研究的一个至关重要问题。

膜组件应当始终保持湿态,一旦脱水变干,将

会造成膜组件不可逆损坏^[2]。但是当膜运行系统出现故障或其他原因确实需要停机时膜该如何维护保养的问题同样不容忽视。

1 膜的清洗

膜污染是指滤液中的某些组分在膜表面或膜孔中沉积导致膜渗透流率下降的现象,包括膜的孔道被大分子溶质堵塞引起膜过滤阻力增加、溶质在孔内壁吸附、膜面形成凝胶层增加传质阻力等^[3]。对于膜污染,一旦料液与膜接触,膜污染即开始。膜污染只有减轻而不可避免,必须定期对膜进行清洗。需长期停运时,在停运前必须对膜进行清洗^[4]。

1.1 清洗方法步骤

膜清洗的方式包括物理清洗和化学清洗。物

理清洗包括正向冲洗、变向冲洗、振动、排气冲水法、空气喷射和循环洗涤等多种方法^[5]。一般按照先物理冲洗后化学清洗的顺序进行。通常化学清洗前,有必要通过对污染物分析,确定污染的种类^[6]。根据不同污染物的种类选择合适的清洗剂。清洗剂的不同,清洗的方法相差很大。酸碱表面活性剂一般用循环清洗;用酶分解的清洗剂,更需要选择合适的温度、pH及活化剂等条件,以浸泡为主。无论采用哪种清洗剂,最后一步都是冲洗并检测清洗结果。

膜元件或系统清洗的一般步骤是^[7]:第一步:使用反渗透产水或超滤产水冲洗系统(原水中若含有能与清洗液发生反应的特殊化学物质,则不宜使用)。第二步:用反渗透产品水配制清洗液,准确称量并混合均匀,检查清洗液的pH值及药剂含量等条件是否符合要求。第三步:用正常清洗流量及20~40PSI的进料压力向反渗透系统输入清洗液,初始出水排出系统防止清洗液被稀释;使清洗液在清洗系统中循环20~30min。检测循环液的浊度和pH值,若其明显变浑或pH值变化超过0.5,可重新配制清洗液再进行上述操作。第四步:停止循环,视污染情况,可将膜组件全部浸泡于清洗液中1小时左右或更长时间(10~1h或过夜)。期间可间歇开启清洗泵使清洗液保持一定温度(25℃~30℃)。第五步:加大流量至正常清洗流量的1.5倍进行清洗,此时压力不能太高,以系统不产水时的压力为上限;并循环30~60min。第六步:用预处理系统的合格产水冲洗系统20~30min,将清洗液置换出系统。调整系统至正常运行,测试膜元件或系统运行性能,检查清洗效果。若暂不运行,可按相关方法保存膜组件。

1.2 清洗药剂的选择

清洗药剂的选择需要根据膜污染物类型进行合理选择,对于一些特殊用途的膜或以被生物污染为主的膜要选择专门的清洗药剂,比如DROC系列专用清洗剂适用于CA及TFC系列反渗透膜和纳滤膜。膜生产厂家在出售膜产品的同时一般会附带膜的使用手册,手册中会对膜的清洗要求、药剂使用等作出说明,在实际的工程运用中还要根据实际污染情况进行合理选择。典型的清洗剂参见表1^[7]。

1.3 清洗注意事项

(1) 提高清洗液中有效药剂的浓度,有利于污

表1 典型的清洗剂

主要 污染物	推荐清洗液	备注
	0.2%盐酸	HCl,最好,最高温度45℃,pH>2
碳酸盐垢	2.0%柠檬酸	C ₆ H ₈ O ₇ ,可以
	0.5%磷酸	H ₃ PO ₄ ,可以,最高温度30℃
硫酸盐垢	0.1%氢氧化钠	NaOH,EDTA四钠,pH<12,最高温度30℃
	1.0%EDTA四钠	
金属化合物	1.0%焦亚硫酸钠	Na ₂ S ₂ O ₅ ,最好
	2.0%柠檬酸	C ₆ H ₈ O ₇ ,可以
	0.5%磷酸	H ₃ PO ₄ ,可以,最高温度30℃
	0.1%氢氧化钠	pH<12
无机胶体 (淤泥)	0.025%十二烷基苯磺酸钠	
有机物	0.1%氢氧化钠 0.025%十二 烷基苯磺酸钠 0.2%盐酸	先用NaOH和十二烷基苯磺酸钠 清洗,pH<12;再用HCl清洗,pH>2
	0.1%氢氧化钠 0.2%盐酸	先用NaOH清洗,pH<12;再用HCl清洗,pH>2
微生物	0.1%氢氧化钠 0.025% 十二烷基苯磺酸钠	先用NaOH和十二烷基 苯磺酸钠清洗,pH<12

染物和药液的充分反应,但高浓度的强酸或强碱清洗液会使膜发生水解反应,降低膜的分离性能,降低脱盐率。

(2) 延长清洗液与膜的接触时间,虽可提高膜元件产水量,但可能对膜分离层造成化学损伤,降低膜元件脱盐率。因此,实际清洗过程中,应控制清洗时间不宜过长。

(3) 提高清洗液温度虽然有利于改善清洗效果,但应注意将其保持在膜元件可承受温度范围内,否则反而会降低膜元件的透水脱盐性能。

(4) Muthukumaran等^[8]研究发现在任何实验条件下超声波清洗法都能提高清洗效率,而且在缺少表面活性剂的情况下超声波的作用效果更加明显,且温度和膜压力对其影响较小。在清洗过程中根据实际条件可以采用超声波清洗来提高清洗效率。另外,在物理和化学清洗后可以根据需要进行一定的紫外线杀菌消毒。

2 膜系统的停运保养

为防止停运时,在含有阻垢剂的情况下形成的压稳态盐类析出而结晶和避免生物的滋生与污染,针对膜材料和装置停运实际情况,选择合适的停运保护方法十分重要^[9]。膜系统的停运保养措施能有效保持膜组件的“健康”状态,延长其使用寿命,节省系统成本。如果保养措施不到位,方法不恰当,则会对膜造成严重损坏。

2.1 膜系统的短期停运保养

一般认为系统停运一周以内为短期停运。停运期间可采用低压水冲洗膜装置,每6~8 h冲洗一次,也可每天开机运行1~2 h。夏天或者因为环境温度需要冲洗周期可以缩短,开机时间可以延长1~2 h。对于超滤管式膜,可在超滤器上槽中加满水,浸泡整体膜管,每3 d换水一次,以防细菌污染,造成膜腐烂,同时亦可检查超滤器中水是否干涸。

2.2 膜系统的长期停运保存

在膜组件长期停运前必须充分清洗,然后密封湿态保存,每次开机前必须先进行反冲洗^[10]。停运时间超过7 d的应该视为长期停运。长期停用时,应用药物保护膜组件。对于管式膜,应拆下膜管,可放进一些膜保存溶液中浸泡保存,对于一些不便拆下的膜装置可以用循环的方式将保护溶液加入装置中,并确保循环结束时,系统中尽可能没有空气,关闭所有阀门,使得保护液和外部空气隔绝。每周检测保护液pH值,每月更换一次保护液。停运期间要保证装置所在环境的温度在其能正常运行的温度范围。常用的保护液有0.5%~1.0%甲醛溶液、双氧水溶液、0.5%~1.0% pH2~4的亚硫酸氢钠溶液、600 ppm 盐酸溶液等。

停机保存时膜组件药物保护溶液不同种类、相同种类不同浓度、以及保护的具体方式对保护效果的影响,目前研究比较少,值得开展一些更深入的研究。

3 膜系统的维护管理

(1)加强对人员的培训,使操作和维护管理人员熟知正确操作规范和情况处理适当,预防误操作和操作不当。比如设备启动时升压不宜过快,应使用高压泵采用变频启动,频率逐步给定,缓慢升压;设备停运时也应该慢速降压并进行彻底冲洗等。尤其是在膜系统停机保存期间需要人员专门管理和维护,进行周期性的反冲洗,定期对膜的保护液进行检测。

(2)引进自动控制系统和在线清洗装置,保证清洗的及时性。对膜组件污染情况和产水流量进行即时监测,对RO系统当正常的产水流量下降10%~15%或者压力容器压力损失比初始值超过15%以上,即可通过在线清洗装置进行即时的化学清洗。

(3)仪表定期校验,保证准确可靠。

(4)长期对膜设备运行数据分析统计。操作压

力、回收率(或浓水排放量)、进水的SDI(污染指数)、pH、温度是反渗透装置的主要运行控制参数;脱盐率、产水量和压差是3个主要监视参数。在运行管理中必须严格遵守,绝不能随意改变操作条件。特别要防止提高回收率来增加产水量,导致反渗透膜面产生结垢;要防止在SDI值超标的情况下继续运行,导致反渗透膜的堵塞;要防止在允许最大压差以上继续工作而造成膜元件的破坏性损坏^[11]。

4 展望

膜技术作为一种先进的新技术,运用广泛,前景巨大。膜污染是膜工程运行中不可避免的。膜污染问题会很大程度上影响膜的使用寿命。特别是膜系统在停机时如何控制膜污染,通过合理的保存工艺、保存方法来保持膜的“活性”,也直接影响到膜工程运行的经济性和应用的前景。

目前对膜污染清洗方面的研究还不够深入,今后应从膜污染控制的机理着手,研发高性能、高强度、耐污染、易保养、寿命长的膜材料,优化膜组件结构。针对污染物的特性研究价廉搞笑的化学清洗剂配方和膜药物保护溶液的配方,并不断优化化学清洗和膜药物溶液保护的工艺流程。研究更加科学的维护管理机制,确保膜工程运行安全可靠。

参考文献

- [1] 刘莱娥.膜分离技术手册[M].北京:化学工业出版社,2001.4.
- [2] 韩晓宝.微滤膜的污染与清洗保养[J].山西电力,2008,1:22.
- [3] 霍守亮,黄显怀,刘绍根,程静.膜生物反应器在污水处理中膜污染及其防治[J].工业水处理,2004,24(8):9~13.
- [4] 王宇彤.反渗透膜的污染与清洗[J].化学清洗,1996.3,Vol.12,NO.1:20~22.
- [5] 胡玉平,姜超.膜生物反应器膜污染机理及其防治[J].净水技术,2004.23(1):26~29.
- [6] 佐佐木武,徐平.美国海德能公司产品技术手册[Z],2005:77~80.
- [7] 贵州汇通源泉膜产品与技术手册[Z],2006.
- [8] Muthukumar, Shobhal Kentish, Sandral Lalehandani et al. The optimization of ultrasonic cleaning procedures for dairy fouled ultra filtration membranes[J]. Ultrasonic Sonochemistry, 2005, 12(1/2): 29~35.
- [9] 梁军昌,谢方磊,徐德亮.超滤-反渗透系统在电厂水处理应用中的运行维护与管理[J].电力材料与工程,2008.24(6):27.
- [10] 张胜昔.超滤系统的经济运行与维护[J].燃气轮机技术,2007.20(2):69.
- [11] 蔡巧燕.反渗透系统的运行与维护[J].新疆有色金属,2008.