

Research on Application of Reverse Osmosis Membrane Technology in Industrial Wastewater Treatment

Shuai Wang

Shanghai Mechanical and Electrical Design and Research Institute Co., Ltd., Shanghai, 200040, China

Abstract

At present, China's rapid economic growth, social sustainable development, reverse osmosis membrane technology is widely used in petrochemical, electric power, municipal and environmental protection and other fields, in seawater desalination, industrial pure water and electronic grade ultra-pure water preparation and drinking pure water production process also plays an important role. This paper introduces the basic principle and characteristics of reverse osmosis technology, which is a method of extracting solvent from solution by membrane separation technology using pressure difference as power. As a key part of the reverse osmosis process, reverse osmosis membrane can effectively intercept inorganic ions, colloids and macromolecular substances in wastewater, thereby purifying water quality. In addition, the paper briefly describes the different application scenarios of reverse osmosis technology in non industrial wastewater. Finally, the points for attention in the design, installation and operation of the reverse osmosis system are briefly summarized.

Keywords

reverse osmosis membrane technology; industrial wastewater treatment; applied research

反渗透膜技术在工业废水处理中的应用研究

汪帅

上海市机电设计研究院有限公司, 中国 · 上海 200040

摘 要

目前, 中国经济迅速增长, 社会持续发展, 反渗透膜技术广泛应用于石油化工、电力、市政及环保等领域, 在海水淡化、工业纯水及电子级超纯水制备和饮用纯净水生产等工艺中亦发挥着重要作用。论文介绍了反渗透技术的基本原理和特性, 这是一种以压差为动力, 通过膜分离技术从溶液中提取溶剂的方法。作为反渗透过程的关键部分, 反渗透膜能有效拦截废水中的无机离子、胶体和大分子物质, 从而净化水质。此外, 论文还简要描述了反渗透技术在工业废水中的不同应用场景。最后, 对反渗透系统在设计、安装及运行过程中注意事项做了简要汇总。

关键词

反渗透膜技术; 工业废水处理; 应用研究

1 引言

在中国轻工业领域, 纺织印染行业一直扮演着重要角色, 长期以来稳居行业比重的前列, 其废水以高浓度的有机物、高盐分和强烈的污染性质而闻名, 并一直是中国工业水污染的主要来源之一。在一些工业和市政领域以及类似环太湖区域等重点保护区域内的企业, 随着水价和减排的要求, 在此背景下, 采用可靠的反渗透膜法处理工艺可以帮助用户实现较高的废水回用率、减少运营成本, 同时降低能耗。研究表明, 这些方法在科学研究和实际工程应用中均具有重大的价值和意义。

2 反渗透膜工艺分析

在膜系统工艺设计的分析中, 胶体和颗粒污堵会严重影响反渗透的性能, 为了确保反渗透系统的高效脱盐率及产水量, 必须实行高效的预处理措施。这涉及在整个系统中配置多层介质过滤装置, 以此有效控制反渗透进水 SDI 值, 并延长膜系统的使用寿命。原水或废水中的微生物再进入反渗透系统后, 会找到水中溶解性的有机物营养物, 这些有机物伴随反渗透过程的进行而浓缩富集在膜表面上, 膜元件的生物污染亦会严重影响系统性能。研究分析表明, 浓差极化现象是导致膜初始通量逐渐下降的主要原因。通常, 随着膜截留分子量的减少, 通量下降的程度会增加^[1]。长期使用膜的过程中, 由于膜污染的原因, 会出现膜截留分子量的增加, 从而导致通量下降的幅度加大。因此, 在膜系统的使用和维护中, 关注并控制这些因素对于维持系统的高效运行和延长

【作者简介】汪帅 (1990-), 男, 中国安徽桐城人, 硕士, 工程师, 从事工业废水处理及膜法应用研究。

其使用寿命至关重要。反渗透系统运行流程如图 1 所示。

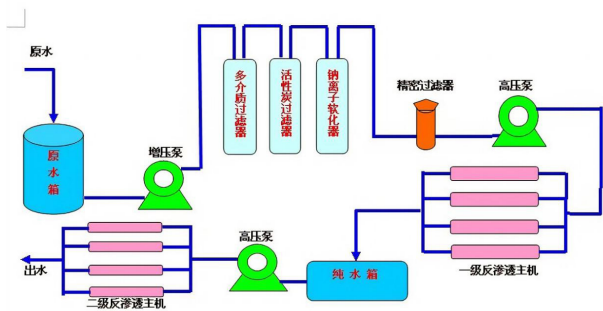


图 1 反渗透系统运行流程

3 在工业领域的应用

3.1 与传统水处理设备的优势

在工业污水处理领域，反渗透水处理设备相较于传统的水处理设备，在节能和处理效率上展现出卓越的性能。这种设备不需要加热或使用电能，从而大幅度节约能源。反渗透水处理涉及多个关键部件，包括多介质过滤器、微滤或超滤膜组件、滤芯式过滤等^[2]。多介质过滤器可以除去颗粒、悬浮物和胶体，其基于当水流流过过滤介质的床层时，杂质会附着在过滤介质表面。微滤或超滤膜组件能除去水中所有悬浮物，根据有机物分子量和膜截留分子量的大小，超滤还能除去一些有机物。反渗透系统在进膜组件前必须配置滤芯式保安过滤器，滤芯推荐孔径不大于 $5\mu\text{m}$ ，从而对膜和高压泵起到保护作用。反渗透技术如图 2 所示。

膜材料 - 原理示意图。

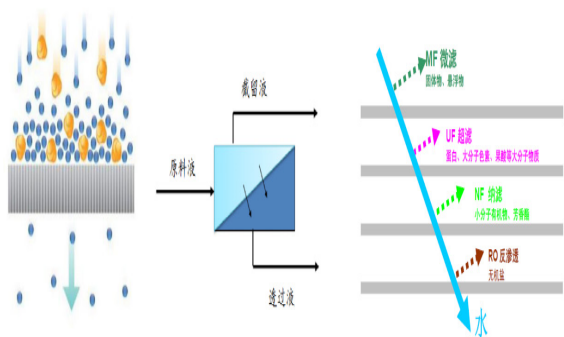


图 2 反渗透技术

3.2 反渗透技术在工业制造领域的应用

在汽车制造、产品涂装、油漆、精细加工清洗等领域中，需大量高质量、无腐蚀性、无菌纯水去清洗设备从而保证整体产线产品质量。对于汽车制造行业，纯净的水冲洗车身及其零部件，减少因脱脂、磷化及电泳工艺段化学药剂对各工段的影响，从而实现更好的涂装效果和更高的产品质量保障，在整个生产线中，涂料涂装、清洗等工序中纯水用于过滤、循环流动和清洁等，保证涂装工艺水的高质量 and 昂贵涂装系统的正常运行^[3]。同样，在涂料和油漆生产领域，反

渗透技术亦是应用广泛，高质量纯水可以减少涂料固化的时间和减轻颜色和色差方面的问题，从而提高产品生产的效率和产品的质量。此外，对于涂料和油漆生产行业来说，少废水和废料也意味着更好的环保成绩和更高的生产效率，反渗透技术可以去除水中的污染物质，使生产过程中的水循环使用，减少环境污染，对于企业的可持续发展也有显著的贡献。

3.3 反渗透技术在半导体芯片制造领域的应用

半导体工业需要大量的超纯水，随着半导体工业的发展，对超纯水水质的要求日趋严格。当前半导体工业的超纯水的水质指标要求，甚至严格于中国国标电子水的最高标准要求，其中电阻率、微粒子、气泡（溶解氧、溶解氮）和 TOC 是非常重要的指标，略微差异，可能导致半导体元器件生产过程的产品质量和合格率的下降。例如，金属离子影响 PN 结的反向击穿特性，增加漏电；碱金属、碱土金属会使产品发生结晶不良、栅氧化膜的绝缘耐压变化造成击穿；颗粒物菌群落会使氧化、扩散、沉积和金属化等工艺造成开路或短路，影响光刻精度。因此，在半导体生产中，超纯水可以应用于晶圆冲洗、化学品稀释、化学机械研磨、洁净室环境的加湿源等场合，超纯水的品质与半导体的良品率直接相关。随着半导体元器件尺寸缩小与精细度上升，超纯水水质技术要求也在不断上升，反渗透技术在半导体芯片制造领域有着不可或缺的作用。

3.4 反渗透技术在工业高盐废水近零排放中的应用

随着水价和减排成本的上升，业界一直在尝试寻找一种废水零排放工艺的替代方案。实现零排放需要消耗大量的能源和资源，而且未必有利于环境。一些工业和市政用户正在转而采用费用近零排放的思路：采用可靠的超滤、反渗透（纳滤）以及离子交换等工艺技术，帮助用户实现高达 95% 的废水回收率，而成本则远远低于零排放工艺所需的成本。

在煤化工、石油化工、燃煤电厂、造纸及印染等行业中，由于其用水量及水流域环境容量的限制迫使在主要影响区域内的该类行业执行更加严格的环保要求，工业高盐废水主要来源于特定高盐生产工艺排水或广泛应用的反渗透回用技术中的浓缩高盐浓水。为此，在如今更环保法规约束下，以废盐资源化为目的的分盐需求被提出，更高运行压力等级的反渗透技术被推广^[4]。

如今，知名反渗透膜元件厂商均推出低压、高压以及超高运行压力膜元件，分别在 40bar、80bar 和 120bar 运行压力下（温度 20°C ），将盐分最高浓度（盐分以氯化钠计）到 3%、7.5% 和 9%，更高运行压力可以将更多的盐分转化成反渗透浓水，从而实现高盐废水的近零排放。

4 反渗透系统设计、安装及运行注意事项

4.1 做好反渗透系统预处理

在反渗透系统的运行操作过程中，任何错误操作都可

能对膜元件造成损伤,因此做好反渗透系统的预处理极为关键。预处理的目的是去除系统给水中会对反渗透产生污染或导致劣化的物质,一旦预处理系统不能发挥作用,污染物进入系统后可能会在膜表面堆积,若给水中含有微生物,其繁殖会导致更加严重的后果。

预处理系统的目的不外乎以下几点:①保证SDI最大不超过5.0,一般要求系统进水低于3.0;②保证进水浊度低于1.0NTU,争取做到0.2NTU;③确保没有余氯或同类强氧化物,如臭氧、次氯酸钠等;④保证没有其他可能导致膜污染的化学物质。

4.2 做好膜元件的运输及安装工作

膜元件在投入运行之前,必然要经历远距离运输以及保存的问题,选择正确的运输方式以及保存条件可以最大限度保护膜元件的性能,相反就可能对膜元件造成损害,严重时将会影响系统性能。其中运输及保管时放在室内干燥通风处,禁止阳光直射和粗暴的搬运行为,同时避免长时间的竖直接放。

系统搭建后期的膜元件安装看似是一个简单的步骤,但若不好细节仍可能影响系统性能和膜元件使用寿命,包括:①膜元件拆封时剪刀等主要不要划伤膜元件表面;②安装时主要膜元件密封圈的安装方向是口朝上游张开,切勿装反;③禁止使用锤子或其他锐器敲打膜元件的野蛮安装。

4.3 系统运行及停运时的主要事项

反渗透系统的运行及停止必须遵循“启动时先开阀门再开水泵,关机时先关水泵后关阀门”的原则。启动和停止时,流量和压力会有波动,过大流量和压力波动可能会导致膜元件破裂,所以在系统启动和停止时需缓慢增加或降低压

力和流量^[5]。

系统停运时做好系统膜元件的保护工作,对于停止5~30天的膜系统,应充分冲洗膜系统,同时将气体从系统内完全排除,关闭阀门,每隔5天冲洗一次;对于长期停用系统的情形,应对膜元件进行化学清洗并配置合适的杀菌剂循环冲洗膜元件,并根据系统所属环境温度间隔固定时间更换杀菌剂。

5 结语

综上所述,反渗透技术在目前工业废水处理中应用广泛,在应用反渗透系统过程中应加强前端预处理设计效率,并在系统运行过程中加强运行数据的管理,确保反渗透系统的高效运行。同时,深入理解其精度和复杂性至关重要,以避免机械损伤和保持膜的功能性,确保反渗透处理的有效性。反渗透设备的使用不仅提高了污水的再利用率,也降低了处理成本,从而提高水资源的利用率,并为国家节约宝贵的水资源。

参考文献

- [1] 周春玲.浅谈几种工业污水处理方法[J].黑龙江科技信息,2010(4):30-280.
- [2] 郭冠军,韩梦龙,莫冰玉,等.反渗透水处理技术及其应用趋势研究[J].价值工程,2020,39(3):201-202.
- [3] 刘尚铭.反渗透设备技术在工业水处理中的应用[J].石化技术,2020,27(1):46-47.
- [4] 孙芮.反渗透技术在多种水处理应用中的分析[J].绿色环保建材,2020(9):52-53.
- [5] 谭永文,张维润,沈炎章.反渗透工程的应用及发展趋势[J].膜科学与技术,2013(4):110-115.