

水处理中的超滤技术研究与应用

徐立然

中煤科工集团南京设计研究院有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i2.1907

[摘要] 超滤技术是一种高效、可靠的水处理方法,在去除微生物、悬浮物、颗粒物和溶解性有机物等方面表现出色。本论文旨在综述超滤技术的原理、研究进展以及应用领域,希望为水资源的保护与可持续利用提供参考。

[关键词] 水处理; 超滤技术; 应用

中图分类号: TU94+3.1 **文献标识码:** A

Research and application of ultrafiltration technology in water treatment

Liran Xu

China Coal Technology & Engineering Group Nanjing Design & Research Institute Co., Ltd

[Abstract] Ultrafiltration technology is an efficient and reliable water treatment method that performs well in removing microorganisms, suspended solids, particulate matter, and dissolved organic matter. This paper aims to review the principles, research progress, and application fields of ultrafiltration technology, hoping to provide reference for the protection and sustainable utilization of water resources.

[Key words] water treatment; Ultrafiltration technology; application

前言

超滤技术作为一种先进的膜分离技术,被广泛应用于水处理领域。其通过微孔膜对污水进行物理截留,能够高效去除微生物、病毒、悬浮物等污染物,从而提供更为洁净和安全的水源。本文将着重探讨超滤技术在污水处理中的应用,探究其在提高处理效率、净化水质等方面的优势。通过深入分析实际应用案例,我们将进一步认识超滤技术对改善水环境质量和推动可持续发展的重要意义。

1 超滤技术的原理

1.1 膜材料和膜孔结构

超滤膜作为一种半透膜,其核心作用在于根据孔径大小精确分离出水中的不同组成部分。膜的材料和孔结构设计对过滤性能至关重要。常用的聚合物材料,如聚醚砜、聚丙烯和聚酰胺,因其优异的化学稳定性、机械强度和抗渗透性,成为超滤膜的主要材质。

孔径大小直接关系到膜的截留能力,常在纳米到微米级别,允许水和一些低分子量的物质通过,同时截留细菌、病毒、悬浮固体和某些大分子有机物。膜孔的精密结构使超滤成为一种高效的过滤技术,用于供水处理、废水治理乃至医药和食品工业等领域。此外,材料的亲水性和抗污染能力也是影响膜性能的重要因素。通过调节合成条件,如使用不同相分离技术和表面改性,可以获得所需孔径和结构,以适应特定的分离需求。

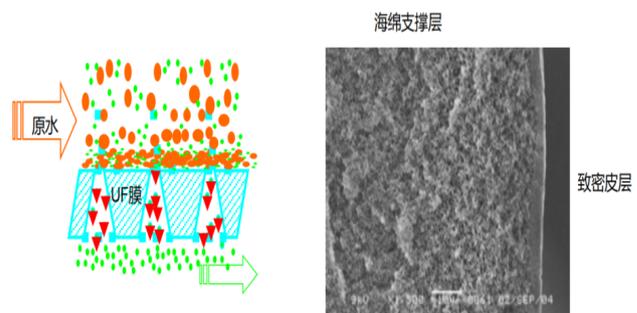


图1 超滤膜结构图示

1.2 渗透压和分离机制

超滤是一种物理分离过程,其主要依据是溶液中组分的大小差异,并且在一定压力的推动下进行。超滤过程中,作用于溶液的压力必须大于溶液的渗透压,这样水分子和小分子溶质才能被迫通过超滤膜,而大分子溶质和悬浮物则被膜所截留。渗透压是指在理想半透膜两侧形成的溶液和纯溶剂间的压差,与溶液的浓度有关。在超滤过程中,形成的截留层可以起到次级过滤的作用,对溶质的截留有进一步的增强效果。但是,如果截留层过厚,会减少水的流动性,增加渗透阻力,降低过滤效率。因此,控制和管理截留层是超滤操作中的重要部分。通过适当调节流动条件和采用清洗和反洗等手段,可以减轻膜表面污染和截留层的问题,从而保持超滤系统的长期稳定性和高效性。超滤过程

所需的驱动压力相较于反渗透等其他膜分离技术来说较低,因此能耗相对较小。由于它的这些优点,包括简单、高效、易于操作,并具有节能特性,超滤技术广泛应用于水处理、生物制品的分离纯化、食品加工等领域。

2 超滤技术的研究进展

2.1 膜材料的发展与改进

膜材料在超滤技术中具有关键的作用,目前,超滤膜材料主要分为有机膜和无机膜两类。有机膜材料为高分子材料,如聚酰胺、聚醚砜、聚酰亚胺和聚酮等已经成为常用的超滤膜材料。这些材料具有良好的化学稳定性和机械强度,在水处理过程中表现出较好的分离性能。聚酰胺膜通常具有较高的透水性能和良好的抗污染能力,聚醚砜膜则具有较高的机械性能和热稳定性。此外,聚酰亚胺和聚酮等膜材料还可通过物理或化学修饰以改善其分离性能。无机膜材料一般为氧化铝、碳化硅等陶瓷材料,无机膜较有机膜具有耐腐蚀性、耐油和机械强度高优点,因而可以有更高的通量和使用寿命,易于清洗和恢复,可适用复杂废水或含油废水的过滤,目前也广泛应用于食品、石油、化工、废水回用等领域。但是由于膜材料制作成本较高,价格也高于有机超滤膜。

近年来,研究人员致力于开发新型膜材料以提高超滤膜的分离性能和稳定性。纳米材料的应用也为超滤膜的改进提供了新的途径。纳米纤维素、碳纳米管和金属有机框架等具有独特的结构和性质,能够提供更高的孔隙度、表面积和选择性。纳米纤维素具有纤维状结构,可形成纳米孔隙网络,因此具有较高的通量和分离效果。碳纳米管具有高机械强度和独特的孔道结构,使其在超滤膜方面有着广阔的应用前景。金属有机框架具有可调控的孔隙结构和吸附能力,可以用于特定物质的选择性分离。这些新型膜材料的开发和改进为超滤技术提供了更多选择和可能性。它们具备优良的分离性能、较高的通量和抗污染性能,能够在水处理领域中发挥重要作用。然而,仍需要进一步的研究和优化,以克服材料制备的挑战和提高膜的稳定性。

2.2 膜组件类型及应用

超滤装置常用形式分为内置式和外置式。内置膜主要为平板膜、帘式膜,是膜生物反应器(MBR)的主要部件,在大型城镇污水处理厂、生活污水处理中应用广泛。外置式超滤膜组件种类较多,有中空纤维式、板式、管式、卷式等类型,在工程应用中,膜组件形式不同,适用的场合也不尽相同。中空纤维式超滤主要应用于有预处理措施的反渗透系统前端,主要起过滤除浊作用,以保障反渗透进水水质,广泛应用于废水回用、中水处理、地表水处理等水处理系统中;管式超滤膜由于膜管直径较中空纤维式膜丝大,因此抗污染性较高,适用较差水质系统,既可以用于进水中悬浮物的过滤分离,如在渗滤液处理系统的生化池后端采用管式超滤膜直接过滤,也可以用于化学软化法后的过滤分离单元,在零排放领域也逐步用来取代软化后的过滤澄清单元。



图2 管式超滤膜

3 超滤技术在水处理中的应用

3.1 饮用水处理

超滤技术在饮用水处理中是提高水质安全的关键步骤之一,能有效去除水中的悬浮固体、细菌、病毒及某些溶解污染物。这种技术利用细孔径的膜来分离水中的污染物,孔径通常在0.01到0.1微米之间,足以截留大多数微生物和颗粒物。超滤处理的饮用水不仅清澈透明,并且微生物含量大大降低,从而保障了饮水安全。相较于传统的砂滤或絮凝沉淀,超滤能够在不添加化学药剂的情况下达到更高的水质标准,尤其是在去除病毒和细菌方面表现更为突出。这一点对于避免水传播疾病的风险至关重要。同时,超滤系统具有易于自动化和模块化设计的特点,可以根据水处理量的需要扩展或降低处理规模,这在处理不同水源或面对不同处理需求时显示出较高的灵活性。此外,其维护简单,占地面积小,相对投资和运行成本较低,因此对于城市水厂和小型水处理设施来说,都是一个有吸引力的选项。在实践中,超滤通常作为一个预处理步骤,与其他水处理技术(如活性炭吸附、离子交换、反渗透等)结合使用,以达到去除水中的有机物、重金属、盐分和其他溶解性物质的目的,生产出符合卫生标准的饮用水。随着技术的发展,超滤也越来越多地被用于直饮水处理,提供更高标准的饮用水。

3.2 工业废水处理

超滤技术在工业废水处理中扮演了重要角色,尤其是在对水质净化要求严格的领域,如制药、食品饮料和化工行业。这些行业生产过程中产生的废水通常含有复杂的成分,包括有机化合物、微粒、油脂和其他难以降解的物质。超滤膜能够有效移除这些物质,因此成为提升工业废水再利用或排放标准的理想选择。超滤系统能够拦截一定大小的分子,使得大分子有机物、胶体和固体被截留,而允许水和小分子物质通过。这种分离过程不需要添加大量的化学试剂,减少了对化学处理的依赖,同时也减少了化学试剂处理过程可能产生的次生污染。与其他精细过滤技术相比,超滤系统具有结构简单、操作和维护容易的优点。较低的能耗以及对运行条件(如温度、pH值)的宽容度,使得超滤系统在长期运行中具有经济可行性。此外,废水经过超滤处理后,其质量提升显著,可用于回收利用,例如作为工业循环冷却水或

锅炉给水,有助于减少企业对新鲜水资源的需求,促进可持续发展,以及符合越来越严格的环境法规要求。

3.3 农田灌溉水处理

在农业领域,水资源的质量直接影响到作物的生长、产量以及最终产品的质量。农田灌溉水如果含有有害物质和病原体,不仅会降低作物产量,还可能导致作物病害,甚至产生对人畜有害的食品。因此,提升灌溉用水的质量是提高农业可持续性的重要一环。使用超滤技术处理灌溉水是一个有效的解决方案。超滤膜能够有效移除水中的悬浮固体、病毒、细菌以及其他微生物,这有助于防止由这些微生物引起的植物病害,减少农田的化学农药使用,进而降低农产品中的化学残留物,提供更健康安全的农产品给消费者。此外,超滤还能去除水中的某些溶解性有机物和微量重金属,这些成分长期积累在土壤中可能会对作物生长产生负面影响,而通过超滤则可以降低这些污染物对土壤和作物的潜在危害。超滤技术的应用可以改善灌溉水质,提高农业水利用效率,促进作物健康生长,有助于保护土壤环境,并且改善整个农业生态系统的健康。这样不仅有利于提高农业产出和质量,还是实现可持续农业生产的关键措施。随着超滤技术成本的进一步降低和人们对农产品安全的重视,预计超滤在农田灌溉水处理上的应用将会变得更加广泛和有效。

3.4 淡化海水

超滤技术在海水淡化中通常作为预处理步骤使用。由于海水中含有大量的盐分、有机物、矿物质、微生物和其他悬浮颗粒,直接进行淡化处理(如反渗透)会导致淡化设备的性能下降和寿命缩短。因此,超滤技术作为一种有效的预处理方法,能够去除这些污染物,提高反渗透膜的处理效果和使用寿命。在海水淡化的预处理中,超滤膜可以截留大部分的悬浮物、细菌、病毒及部分大分子有机物。超滤过程中不需添加化学助剂,操作简便,且能在常压下工作。超滤出来的水质已相对提高,对后续的反渗透(RO)膜或电渗析(ED)等淡化核心过程具有保护作用。此外,相较于传统的预处理方法,诸如絮凝沉淀、砂滤等,超滤技术具有更高的去除效率,占地面积小,对水质波动的适应能力更强。

超滤预处理可以显著降低RO膜污染的风险,减少清洗频率,节约运营成本。

3.5 城镇污水处理

城镇污水中含有大量的悬浮物、细菌、病毒等有机物和微生物,对水体造成严重污染,因此需要进行有效处理。超滤技术通过微孔膜的物理截留作用,能够高效去除污水中的微生物和有机物,产水质量高,符合排放标准,可以实现更加安全和清洁的污水处理。与传统的污水处理工艺相比,超滤技术具有能耗低、操作简便、不产生二次污染等优势,因此在城镇污水处理厂得到了广泛应用。此外,超滤技术还能够实现污水的资源化利用,处理后的水体可以作为城市绿化、工业生产和农田灌溉的再生水源,实现了资源的循环利用,促进了城镇污水资源化和可持续利用。随着城市化进程的加快和环境保护意识的提高,超滤技术在城镇污水处理中的应用前景广阔,将对改善城市水环境质量、推动健康城市建设和水资源可持续利用发挥重要作用。

4 结束语

本文主要论述了超滤技术在水处理工程的研究现状及方向,超滤技术是在膜法水处理工艺中不可或缺的一部分,它的高效分离能力和环保特性使其在工业废水处理、饮用水净化、海水淡化、城镇污水等方面展现出了显著的优势。对于超滤在应用中的存在的问题及改进方法仍是未来研究的主要方向。

[参考文献]

- [1]辛红香,王耀龙,梁霍燕.超滤技术在市政给水领域的设计和应用[J].供水技术,2023,17(04):1-5.
- [2]刘军.环保工程水处理中超滤膜技术的应用探究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(17):8-10.
- [3]毛永生.超滤技术可以这样用[J].中国石油和化工产业观察,2021,(10):49

作者简介:

徐立然(1990--),女,汉族,安徽滁州人,硕士研究生,中级工程师,现主要从事的工作或研究的方向:水处理。