

The Advantages and Application of Membrane Technology in Industrial Wastewater Treatment Are Analyzed

Huan Dai Teng Gong Wang

China Light Industry Xi'an Design and Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shanxi, 710000, China

Abstract

With the acceleration of the process of industrialization and the enhancement of environmental protection awareness, industrial sewage treatment has become an important environmental protection task. Membrane technology, as an efficient and reliable method of wastewater treatment, has been widely used in the industrial field. This paper mainly analyzes the advantages and application of membrane technology in industrial wastewater treatment.

Keywords

membrane technology; industrial sewage treatment; separation efficiency; reverse osmosis

浅析膜技术在工业污水处理中的优势与运用

代欢 王腾功

中国轻工业西安设计工程有限责任公司, 中国·陕西 西安 710000

摘要

随着工业化进程的加快和环境保护意识的增强, 工业污水处理成为重要的环保任务。膜技术作为一种高效、可靠的污水处理方法, 在工业领域得到了广泛应用。论文主要针对膜技术在工业污水处理中的优势与运用进行了浅析。

关键词

膜技术; 工业污水处理; 分离效率; 反渗透

1 引言

膜技术作为一种先进的分离技术, 近年来在工业污水处理中得到广泛应用。膜技术以其卓越的分离效果和操作灵活性, 成为改善工业废水处理效果的重要手段。论文旨在对膜技术在工业污水处理中的优势与运用进行深入浅析, 探讨其在解决工业污水问题中的潜力和前景, 通过持续的创新和技术进步, 膜技术将为工业污水处理提供更加可行和可持续的解决方案。

2 工业污水分类及危害

依照行业产品加工对象区分, 包含着金属酸洗污水、制革污水、造纸污水等; 依照工业污水涵盖的污染物性质分类, 含无机污染物的称为无机废水, 含有机污染物的则是有机废水。这种分类方法十分简易, 对选择具体的处理方法非常有利。根据污水中的污染物成分分类, 包括含汞污水、含

镉污水以及含放射性污水等。

在工业污水随意排放的过程中, 一旦超出允许的范围, 水体便会出现厌氧腐败现象。特别是在大量无机物流入的情况下, 水体中的盐类浓度也会随之提升, 由此改变渗透压, 直接影响到生物生长。

3 膜技术的基本原理和分类

3.1 膜技术的基本原理

膜技术是一种基于膜材料的分离技术, 通过膜的选择性透过或阻隔作用, 将污水中的不同组分分离开来。其基本原理是利用膜的微孔结构或膜表面的特殊性质, 实现对溶质、悬浮物、微生物等的选择性分离。溶质分配, 根据物质在膜上的分配系数, 通过膜的溶解扩散作用实现分离, 溶质在膜上的分布不均会导致分离效果。离子交换, 利用膜表面的离子交换作用, 选择性地吸附或排除某些离子物质, 实现分离和净化^[1]。

3.2 膜技术的分类

膜技术根据孔径大小和分离机制的不同, 可以分为微滤、超滤、纳滤和反渗透等不同类型。

【作者简介】代欢(1991-), 女, 中国陕西渭南人, 本科, 工程师, 从事膜处理技术、环保治理技术及应用、给排水设计、消防设计等研究。

3.2.1 微滤 (Microfiltration)

微滤是一种通过物理筛选的膜分离技术,其膜的孔径范围通常在 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 。微滤膜能够有效去除悬浮物、细菌和一些大分子物质,同时保留溶解物质和较小分子物质。微滤广泛应用于工业废水处理中的预处理过程,以去除颗粒物和胶体物质,净化水源。

3.2.2 超滤 (Ultrafiltration)

超滤是一种通过物理筛选和分子扩散的膜分离技术,其膜的孔径范围通常在 $0.001\sim 0.1\mu\text{m}$ 。超滤膜能够去除细菌、胶体、有机物和高分子化合物等较大分子物质,同时保留低分子量的溶质。超滤被广泛应用于工业废水处理中的中后期处理,以实现高效的分离和浓缩效果。

3.2.3 纳滤 (Nanofiltration)

纳滤是一种介于超滤和反渗透之间的膜分离技术,其膜的孔径范围通常在 $0.001\sim 0.01\mu\text{m}$ 。纳滤膜具有较高的选择性,能够去除溶解物质中的离子、有机物和较大分子量的物质,同时保留溶质中的较小分子物质。纳滤广泛应用于工业废水处理中的去盐、去色和去重金属等工艺。

3.2.4 反渗透 (Reverse Osmosis)

反渗透是一种通过强制溶液逆向渗透的膜分离技术,其膜的孔径范围通常在 $0.0001\sim 0.001\mu\text{m}$ 。反渗透膜具有极高的分离效果,能够去除溶质中的离子、有机物、微生物和溶剂等,得到高纯度的水。反渗透广泛应用于工业废水处理中的脱盐和浓缩过程,以及饮用水的制备等领域。

4 膜技术在工业污水处理中的优势

4.1 高效的分离效果

膜技术在工业污水处理中具有高效的分离效果。由于膜的微孔结构或表面特性的选择性,膜能够有效地去除微小颗粒、细菌、病毒和胶体等悬浮物。与传统的物理化学处理方法相比,膜技术能够实现更高的去除率和更好的水质净化效果。膜的分离效果可通过调整膜孔径、厚度和表面性质等参数进行优化,以适应不同种类和浓度的污染物。

4.2 提高出水质量

膜技术在工业污水处理中能够显著提高出水质量。膜具有良好的截留性能,能够有效去除污水中的悬浮物、胶体、有机物和微生物等污染物。通过膜处理后的水质稳定、透明度高,且满足各种环境排放标准和再利用要求。这种高水质的出水使得工业废水能够更好地与环境相容,减少对水体生态系统的负面影响^[2]。

4.3 操作简单和占地面积小

膜技术在工业污水处理中具有操作简单和占地面积小的优势。相对于传统的物理化学处理方法,膜技术的操作过程相对简化,只需要较少的设备和工艺步骤。膜系统通常具有较小的体积和结构紧凑,可以灵活安装在有限的场地上。这不仅节省了工程投资和运行成本,还减少了处理设施的占

地面积,方便在空间有限的工业区域实施污水处理。

4.4 能耗低和可持续发展

膜技术在工业污水处理中具有低能耗和可持续发展的优势。与传统的物理化学处理方法相比,膜技术所需的能量消耗较低。一方面,膜技术基于分离原理,不需要大量的化学药剂投加和混凝沉淀等处理步骤,从而减少了化学品的使用和能量消耗。另一方面,膜技术通常采用压力驱动的操作方式,能耗相对较低,特别是在反渗透膜中,可以利用压力差来实现水的逆向渗透,降低了能量消耗。这种低能耗特性有助于减少环境污染和碳排放,符合可持续发展的原则。

5 膜技术在工业污水处理中的运用

5.1 应用领域的概述

膜技术在工业污水处理中应用广泛,涵盖了多个领域和行业。无论是处理工业废水还是回收再利用水资源,膜技术都能提供高效、可靠的解决方案。膜技术可以应用于去除悬浮物、浓缩溶质、回收水资源等方面,提高废水处理效率。电子行业,电子制造过程中的废水含有重金属离子、有机溶剂和微细颗粒等。膜技术能够实现重金属的回收和去除、有机溶剂的浓缩和回收等,确保废水处理达到环保要求。

5.2 膜处理技术在焦化废水中的应用

某焦化厂采用超滤-纳滤膜处理工艺对焦化废水进行深度处理,主要处理工艺流程如下:

系统长时间运行后对水质进行检测,超滤-纳滤膜处理系统出水有机物可小于 40mg/L ,氨氮可小于 3mg/L ,色度基本去除,其他指标均符合设计要求,系统实际运行出水满足 GB/T 31329-2014《循环冷却水节水技术规范》规定的再生水作为工业循环冷却水补水的水质指标^[3]。

5.3 膜处理技术在制药废水中的应用

上海市某制药企业主要生产特色原料药、配套制剂及制药中间体等产品,应用于神经类药物与抗癌类药物领域。根据制药工艺将该企业生产废水分为3类:车间工艺生产的高浓度母液类、残次品有机废水;反应釜设备洗涤废水;低浓度生产废水。该车间生产工艺中高浓母液类来水水质成分复杂,含有高浓度的苯酚成分。采用预处理+A³/O+MBR+RO组合工艺进行处理;排出水质执行上海市地方污染物标准 DB31/199-2018《污水综合排放标准》的三级标准和 GB/T31962-2015《污水排入城镇下水道水质标准》的B级标准;出水进入纳管排放。朱勇强,方明明,张战等人对本工艺的运行效果进行分析,膜处理单元对有机物(以COD计)的平均去除率不低于55.7%;对NH₃-N平均去除率为85.9%。MBR膜生物反应器出水水质表明在MBR膜使用3~4个月后,出水COD有所上升,这时需对MBR膜进行清洗,以保证出水水质稳定,避免出现膜堵塞^[4]。

5.4 膜处理技术在酒精废水中的应用

倪振威、曹文平研究了膜生物反应器(MBR)处理酒

精生产废水的特性和效果。探讨了生物降解和膜滤作用对 COD_{Cr}、氨氮 (NH⁴⁺-N)、总氮 (TN)、总磷 (TP) 的降低效果以及膜组件运行压力等。研究表明,膜生物反应器 (MBR) 中生物在 2~4h 内对 COD_{Cr}、氨氮 (NH⁴⁺-N)、总氮 (TN)、总磷 (TP) 的降解效果明显,而膜滤是强化生物降解效果的补充,对 COD_{Cr}、NH⁴⁺-N、TN 和 TP 的去除均有着不同程度的效果,说明膜生物反应器能净化酒精生产废水。

5.5 膜处理技术在印染废水中的应用

因为印染用水对水质的要求比较高,所以需要采用反渗透膜进行废水处理,实现废水回用。某纺织厂采用印染废水反渗透膜处理回用技术进行废水处理。印染废水首先通过“格栅—沉砂池—调节池—水解酸化池—接触氧化池—沉淀池—气浮池”处理达到国家一级排放标准后进入反渗透膜处理系统中,反渗透膜处理系统的工艺流程为“气浮池出水—集水池—澄清池(添加混凝剂)—无阀滤池—膜进水调节池—保安过滤器—反渗透膜过滤—出水达标回用”。将回用水与车间用水在印染效果、漂白效果、后处理皂洗效果进行对比分析。回用水的染色效果和车间用水的染色效果非常接近,色差值要小于 0.6,染色力度相差无几,两者之间的差值要小于 3%;漂白效果要优于车间用水的漂白效果,白度值要更高;后处理皂洗布样色差和车间生产用水的差值小于 0.5。

综上所述,反渗透膜能够将印染废水中的污染物进行分离、浓缩与回收,从而实现废水的处理再利用。

5.6 膜处理技术在半导体含氟废水中的应用

施锡栋等人采用结晶—沉淀结合超滤—反渗透组合工艺对半导体产业含氟废水进行零排放处理研究,结果表明,利用同离子效应和晶种异相成核的原理,结晶—沉淀法不仅可以去除 99.5% 的氟化物,而且能降低 32% 的污泥含水率,便于污泥循环利用;通过超滤—反渗透膜选择性分离的原理进一步强化了除氟能力。根据产水量动态变化分析确定了组合工艺中超滤—反渗透最佳操作条件。经过双膜处理的产水,其氟化物浓度稳定在 0.5mg/L 左右,低于 1.5mg/L (WHO 饮用水氟化物标准),其余指标也满足工业用水水质要求,可全部回用,从而实现零排放要求。

6 膜技术的挑战和未来发展

膜技术在工业污水处理中具有许多优势和应用前景,但同时也面临着一些挑战。理解并解决这些挑战是实现膜技术在工业污水处理中可持续发展的关键。以下将探讨膜技术的挑战以及未来的发展方向。

6.1 成本问题

膜技术的应用成本是一个重要的考虑因素。包括膜材料、膜组件、能源消耗和维护成本在内的多个方面都对整体成本产生影响。目前,膜技术相对传统处理方法可能更昂贵,因此在实际应用中可能面临经济可行性的问题。然而,随着技术的发展和规模效应的实现,膜技术的成本有望逐渐

降低。此外,与成本相关的研究和创新也将有助于提高膜技术的经济性,使其更加可持续。

6.2 膜污染和膜寿命

膜污染是膜技术面临的主要挑战之一。随着废水处理过程的进行,膜表面容易附着污染物,如颗粒物、有机物和微生物等,导致膜通量下降和分离效果降低。膜污染不仅影响了处理效率,还增加了维护和清洗的成本。因此,研究人员致力于开发抗污染膜材料和膜模块设计,以提高膜的抗污染性能和延长膜的使用寿命。此外,采用适当的操作和维护策略,如物理清洗、化学清洗和反吹等,也可以有效减少膜污染,提高膜系统的稳定性和可靠性。

6.3 技术改进和创新

为了克服膜技术的挑战并进一步提升其性能,技术改进和创新是必不可少的。在膜材料方面,研究人员正在寻找更高效、更耐用的材料,如新型纳米材料和功能化膜。同时,改进膜模块的设计和工艺,以提高膜的分离性能和抗污染能力。此外,结合膜技术与其他先进处理技术,如电化学处理、光催化技术和生物技术等,也是未来发展的方向。这些技术的结合能够弥补膜技术的局限性,进一步提高废水处理效率和水质净化效果。

6.4 可持续发展的前景

膜技术在工业污水处理中具有巨大的可持续发展潜力。随着对水资源的需求不断增加和环境法规的加强,对高效、经济和环保的处理技术的需求也在增加。膜技术能够提供高效的分离和净化效果,实现废水资源的回收利用,减少对自然资源的依赖。此外,膜技术具有操作简单、占地面积小和能耗低的特点,与传统处理方法相比更具优势。随着技术的进步和创新,膜技术的应用将越来越广泛,可持续发展的前景将变得更加明确。

7 结语

综上所述,膜技术在工业污水处理中具有重要的优势和应用前景。通过充分发挥膜技术的优势,我们能够实现高效、经济和环保的工业污水处理,为可持续发展做出贡献。未来,我们应该加强研究和创新,不断推动膜技术的发展,以应对日益严峻的水资源和环境保护挑战。只有不断努力,我们才能建立起清洁、可持续的工业污水处理系统,实现可持续发展的目标。

参考文献

- [1] 余坚.膜技术在工业废水处理中的应用[J].工业b,2015(45):98.
- [2] 李佳琦.膜技术在工业污水处理中的应用[J].云南化工,2022(3):49.
- [3] 李国忠,葛丰华,杜连喜.膜处理工艺在焦化废水深度处理中的应用[J].燃料与化工,2014,45(4):49.
- [4] 朱勇强,方明明,张战军,等.基于预处理+A²O+MBR+RO 组合工艺的高浓度制药废水处理流程优化及其运行效果[J].环境工程学报,2023,17(3):740-749.