

膜生物反应技术应用用于污水处理中的研究

文 / 檀秀娟 中铁四局集团有限公司设计研究院

摘要: 科学技术不断发展,也因此创新了污水处理工艺,逐渐突出了污水处理技术集成化优势,并且不断完善了污水处理体系。当前在实际工作中开始利用各种新型工艺技术,但是污水来源和数量也逐渐增加,为了保证工作效果,提高整体水质,需要加强研究膜生物反应技术,控制污水中的病菌和重金属等,有效的净化污水。对比传统的污水处理技术,这项技术可以有效保护生态环境,同时可以保障污水处理效果,提高整体工作效率。本文主要分析了膜生物反应技术在污水处理中的应用,提出技术应用要点,对于实际工作发挥出参考作用,进一步提升污水处理的水平。

关键词: 膜生物反应技术; 污水处理; 应用措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.118

引言

我国在发展经济的同时,也越来越重视生态建设工作。衡量一个地区综合发展水平的过程中,通常是考察城市发展规划的科学性,保证城市向绿色环保方向发展,但是在经济发展的过程中会带来环境污染问题,尤其是水污染问题需要引起人们的重视,因为水污染问题不仅会造成经济损失,还会损害人体健康,因此在城市发展过程中要注意做好污水处理工作。在污水处理过程中可以利用膜生物反应技术,提高城市污水处理水平,保护城市生态环境。

一、膜生物反应技术原理

膜生物反应技术是一种结合了膜分离技术和生物处理技术的新型水处理技术。它的基本原理是将膜分离单元与生物处理单元相结合,以实现高效的水处理。具体来说,这种技术利用膜组件(如超滤膜或微滤膜)替代传统生物处理系统中使用的二次沉淀池,通过膜的截留作用,将活性污泥和较大分子质量的有机物截留在生物反应器内,从而保持高浓度的生物量和较长的生物固体平均停留时间。这种方法极大地提高了生物对有机物的降解率,同时保证了出水质量,甚至可以达到深度处理要求。此外,膜生物反应器系统几乎不排放剩余污泥,进一步减少了处理过程中的废物产生^[1]。

膜生物反应技术可以通过膜生物反应器深度净化污水,该设备发挥着重要的作用,当前常用的反应器包括萃取、膜分离以及无泡曝气分离反应器。利用膜生物反应器,可以有效去除污水中的微生物,深度处理污水。因为在膜生物反应系统中可以大量的繁殖硝化菌,因此可以有效去除污水的磷元素和硝元素。为了充分发挥出膜生物反应技术的优势,可以根据污水含氧量选择不同的反应器设备。通过综合利用膜分离技术和生物处理技术,可以进一步增强污水处理效果,尤其是膜生物反应技术发挥着不可替代的作用。在系统运行阶段,可以在曝气池中安装定制的膜生物反应器,污水经过格栅过滤处理之后进入到兼氧池中,再经过污泥储池处理之后,

再通过专用水泵将污水传输到膜生物反应器中,完成深度处理工作之后再通过水泵提升污水,并对污水进一步消毒处理。完成上述操作之后,污水即可满足相应的标准,甚至可以二次利用处理之后污水。

现有的膜分离技术有:微滤、纳滤、超滤、渗透汽化等。其中,微滤技术用于污水处理工艺,工作压力在0.1-0.3MPa之间,主要是通过滤网的过滤作用,即使是小颗粒的杂物,也可以保证过滤效果。微滤工艺用于生活污水处理工作,占地面积小,对流体的净化作用也相对较强,适用于连续性的污水处理工作^[2]。纳滤是1980年代提出的一种新型的分子膜分离方法,它是一种新型的以离子为导向的、可高效脱除二价金属的高压分离方法,在含大量有机污染物的污水处理工作中得到了广泛使用。超滤工艺实质上就是一个筛选工艺,它可以将水中的悬浮粒子和大分子粒子等进行有效的分离,随后再进行过滤。然而,超滤膜的使用寿命和耐久性都很低,经常要更换膜层。目前超滤技术的使用还比较有限。渗透汽化法是一种通过对溶液中各组分在溶液中的溶解和弥散特性进行分离的方法。该工艺具有能耗低、无二次污染等优点,广泛用于航空航天、化工和食品等行业。

二、膜生物反应技术优劣势

(一) 膜生物反应技术的优势分析

MBR在污水治理中具有诸多优点和特色,包括高效的处理效率、占地面积小、运行成本低、出水水质高、污泥产量少等。

高效的处理效率: 膜生物反应技术通过膜分离技术与生物处理技术的有机结合,能够高效地去除废水中的悬浮物、胶体物质和微生物菌体,实现高效的固液分离。这种技术可以彻底将污泥与出水进行分离,使得出水的SS及浊度接近于零,同时由于活性污泥的损失几乎为零,生化反应器中的活性污泥浓度可比传统工艺高出2~6倍左右,大大提高了脱氮能力。

占地面积小: 与传统的污水处理工艺相比,膜生物反应技术占地面积仅为传统工艺的1/4~1/2,这是因为该技

术可实现全自动化控制,操作简单可靠,维护方便。

运行成本低:膜生物反应技术通过保持高活性污泥浓度,减少剩余污泥量,从而降低了污泥处理费用。此外,由于该技术能够保留世代周期较长的微生物,可以实现污水深度净化,同时硝化菌在系统内能充分繁殖,提高硝化效果,对深度除磷脱氮提供可能,进一步降低了运行成本。

出水水质高:膜生物反应技术的出水可以直接回用,因为中空纤维膜对生化反应器的混合液具有高效的分离作用,可以彻底将污泥与出水进行分离,使得出水的SS及浊度接近于零,保证了出水的高质量。

污泥产量少:超高浓度的混合液体既可以提高MBR的使用效率,又可以快速提高反应器中的活性污泥和 大分子有机质的降解速度^[3]。在此工艺中,废水中的污泥会被截留在膜生物反应系统中,同时,废水中的悬浮物和污泥的浓度也会得到显著的下降。MBR应用可以有效地减少污泥产生,进而降低污泥的处理难度与处理费用,并缓解污泥带来的环保压力。较低的污泥产量有利于改善污水处理工艺的运行效果及可持续发展,并有利于实现对资源的有效开发。

(二) 膜生物反应技术的劣势分析

虽然这项技术具有较多的优势,但是在实际应用过程中仍旧存在一些问题,例如在污水处理过程中可能会堵塞渗透孔,逐渐延长使用时间之后,将会影响到污水处理效率和质量等。因此相关技术人员需要定期检查各种设备,及时处理发现的问题。

在利用膜生物反应技术的过程中存在着膜污染问题。当前膜分离技术主要包括:有机膜和无机膜、浸入式膜和外部膜、平板膜和空心纤维膜等。然而,各种膜在运行过程中,由于对废水中的污染物进行了大量的处理,微生物、有机物、颗粒物等在膜表面堆积,造成了膜的堵塞和渗透性能的降低。该问题严重制约着MBR的高效运行与可持续发展^[4]。针对这一问题,提出了一种新的处理工艺—膜清洗。目前,对薄膜进行清洁的主要方法是化学清洗。但膜清洗除需补充能量外,还需使用某些化学剂。然而,由于反复的清洁操作,导致了膜材的结构与功能受到了不同程度的破坏,进而降低了其服役年限,进而增加了运行费用。

在利用膜生物反应技术的过程中,需要利用电力提高跨膜压差,有利于顺利开展膜分离工作,但是过度利用电力会增加能源消耗,在低碳环保理念的影响,在污水处理过程中要注意控制电力成本。此外还要重视维护成本,例如定期更换和清洗膜等需要增加资金。为了节省资金投入量,需要加强改进膜生物反应技术,利用更加环保耐用型的膜材料。

尽管膜生物反应技术在国内已有了较大的发展,但在实践中还存在许多问题与制约。要想大规模的制造与运作,要综合考虑许多因素,如技术、成本、环境等。而在构建和使用膜生物反应技术的过程中普遍存在

着高投入、高运行维护费用等问题。同时,膜生化处理工艺对运行维护能力有更高的需求,对操作人员的技能需求也更高^[5]。如果MBR的操作性能下降,造成膜堵塞,将引起整体工作的瘫痪,从而降低出水效率,最终造成生产中断。所以要使MBR技术在环保行业中得到更大的发展,还有待于进一步突破。

三、膜生物反应技术应用于污水处理中的研究

(一) 曝气生物滤池

曝气生物过滤池技术是环保项目污水处理中的一项优先选择技术。采用曝气生物过滤池可以有效地防止水中的污染物出现上浮现象,对第一阶段的污水处理工作起到了积极的促进作用。在实践中,曝气生物过滤池技术通常与气浮技术相结合,严格按照污水处理原理,合理投入使用生产肥料,因此用来吸附污水中的杂质,使MBR的效能得到最大限度地发挥,并与其他技术相配合,达到最优的污水处理效果。例如,对酿酒企业来说,其日常生活中产生的废水量大、负载量大,为了达到高效的治理这一目标,并注重降低污水的处理费用,可以采用曝气生物过滤池工艺来达到污水的净化的目的,通过利用排水管道和调节池,实现污水的预处理,随后将其输入到酸化池中,发挥出水解酸化菌的作用,将水中的有机物大分子成分进行分解,再通过反应器深度反应处理污水。

(二) 工业废水处理

科学技术不断发展,人们也更加关注水资源的质量。但是在工业生产过程中会不断排放污水,对于人们的生存环境造成影响,影响到社会经济的稳定发展,因此需要加强控制和处理工业污水^[6]。排放工业废水会对周围的湖泊等水资源造成负面影响,不利于水生植物健康生长,因为水中包含较多的有害物质,将会威胁人体健康。在工业废水处理过程中利用膜分离技术,可以对水中的污染物和有害物等进行处理,工作人员需要根据污染物的种类,合理选择膜分离技术,保障工业废水处理效果。

以染料废水为例,研究了厌氧-好氧工艺对脱氮、脱色性能的影响,并使出水pH值达到7-8。这对降低污水中的有机物浓度、提高水质等具有重要意义。其次,将该工艺应用于其他行业(例如:制浆),EGSB-MBR联合处理工艺,能够实现对外水解过的废水进行深度处理。通过对污水进行循环使用,不仅可以有效地节约用水,而且可以有效地解决污水的污染问题,具有重要的经济与社会意义,对实现可持续发展与环境保护具有重要意义。在工业生产中,MBR可实现重金属的高效去除和有毒有害重金属的去除,保证出水质量达标,减少污水的污染。

(三) 动态内循环

动力内循环工艺也是最近几年比较常用的一种污水治理方法,它的产生是由于最近几年科学技术的进步和膜生化工艺的逐步完善而产生的。这项新的工艺采用了

一种称为“微电网”的制造生物薄膜的材料，它能极大地降低MBR的费用^[7]。内循环动力学反应器是指通过对废水中的有机物进行有效的吸收，以减少废水中的杂质，可以循环利用水资源。在现有条件下，常用的侧向曝气法动力膜生物工艺用于废水的处理，能够有效地避免横向流速过慢、反应器短流等问题，此外，还需要持续性地改进内循环装置的设备，使其成为垂直流形式，从而能够迅速地解决反应器短流问题，优化整体工作效果。

在利用该项技术的过程中，为了保障工作质量，技术人员需要对反应器参数进行合理设置，同时需要优化工作模式，提高膜生物反应器的自动化水平。在处理污水的时候，技术人员首先要选择高质量的膜材料，合理选用动态内循环反应技术，有效吸附污水中的污泥，再结合侧向曝气法，优化工作效果。同步利用两种技术，可以提高污水处理效率，例如在处理人们生活污水的回收，为了可以节省投资，综合利用了内循环反应技术，为了保证水质，利用曝气设备对水流速度进行控制，保证内循环反应处理之后，水质符合相关标准。

（四）咸水和苦水的处理

逐渐加剧水资源污染问题之后，已经影响到地下水质量，利用膜分离技术可以处理地下水，满足使用标准，不仅可以分离处理废水，还可以对苦水和咸水等发挥出淡化作用^[8]。我国沿海地区的苦水和咸水量较多，如果长期饮用这类水资源，将会降低人体机能。可以利用反渗透技术和纳滤技术分离和处理苦水和咸水，提高水资源的卫生水平。

（五）生物膜处理技术

与传统的生物处理工艺相比，该工艺相对复杂，但是可以保证污水处理效果。该工艺由三个环节组成，即：膜分离单元、曝气单元、膜清洗单元，三者协同工作，实现了污水的高效率降解。生物膜法具有诸多优势，例如可以通过膜分离装置高效分离污水中的杂质，并且可以保障污水颗粒物和带电荷离子的分离效率，降低带电荷离子的负面影响。另外，生物膜法还具有其他污水处理方法所不具备的优势，能够将活跃的微生物隔离在生物膜外，从而防止微生物对后续工作产生影响。

（六）污水净化

在污水净化过程中还可以利用组合式膜生物反应技术，通过最优组合MBR和EGSB技术，可以优化净化污水。其中MBR技术有效结合了膜分离技术和活性污泥处理技术，有利于高效处理污水。而利用EGSB技术的过程中，可以初步处理污水，及时清除污水中的有害物，再通过MBR设备将其中的氨氮成分和悬浮物等进行清理，可以对EGSB装置的清理工作发挥出辅助作用，通过综合利用这两种技术，可以深化处理污水，循环利用水资源^[9]。在实际工作中发挥出生物膜的氧化能力，通过利用生物填料，可以有效分解有机物。在污水处理过程中可以逐渐脱落生物膜，并且随着污水共同流出。此外实际应用过程中还可以发挥出脱氧和除磷的作用，通过合

理利用生物接触氧化反应器中的丝状菌，可以使水质得以提升，减少污泥量，实现节能发展目标。

膜生物反应器技术有机结合了膜分离技术和生物技术，利用膜分离设备截留污泥和大分子有机物，无需利用二沉池设备，在反应器中不断反应降解难度较大的物质。因此利用膜分离技术可以使生物反应器的性能得以增强，对比传统的技术，这项技术具有较高的生化效率和抗负荷冲击能力，有利于保障出水质量，同时节省占地面积，有利于实现自动化控制目的。

此外可以根据生物膜相互作用技术，进一步改进具备动态内旋的反应器。在实际应用过程中，可以利用动态膜，优化污水处理效果。动态内旋转的反应器中安装了大孔径微网，有利于节省投资，同时可以有效过滤增压污泥。这一设备的投用无需耗费较多的时间，而且可以增强COD的过滤效果。

结束语

在环境工程中，膜生物反应技术发挥着重要的作用，可以显著提升污水处理水平，突出环保价值。在今后发展过程中，相关技术人员需要加强研究这项技术，确定技术使用的影响因素，采取针对性的控制措施，加强研发优质的生物膜，分类处理不同种类的污水，使技术使用范围不断扩展，进一步提高污水处理效率，提升技术自动化水平。

参考文献

- [1] 刘其蕾, 顾洁. 污水处理中膜生物反应技术的实践运用研究[J]. 生态与环境科学, 2024, 5(3).
 - [2] 黄旭敏. 膜生物反应技术在环境工程污水处理中的应用[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(01): 125-127.
 - [3] 陈洁. 膜生物反应技术下的环境工程污水处理[J]. 科学技术创新, 2023(26): 17-20.
 - [4] 凌国峰, 克立方. 膜生物反应技术在环境工程污水处理中的实践探究[J]. 产业创新研究, 2023(18): 127-129.
 - [5] 潘婕妤. 环境工程污水处理中膜生物反应技术的应用分析[J]. 清洗世界, 2023, 39(09): 4-6.
 - [6] 李文杰. 膜生物反应技术在环境工程分散式农村生活污水处理中的应用[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(17): 96-98.
 - [7] 郑哲. 环境工程污水处理中膜生物反应技术的运用[J]. 清洗世界, 2023, 39(08): 52-54.
 - [8] 胡艳. 膜生物反应技术在环境工程污水处理中的运用[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(02): 22-24.
 - [9] 王海城. 基于膜生物反应技术的环境工程污水处理分析与思考[J]. 低碳世界, 2022, 12(12): 52-54.
- 作者简介: 檀秀娟(1984.9.18-), 女, 汉, 安徽省池州市, 工程师, 硕士研究生, 研究方向: 污水处理。