

全膜法水处理工艺技术在环境保护中的应用浅析

李小方

长江三峡绿洲技术发展有限公司 湖北 武汉 430000

摘要：在工业化进程加速和人口不断增长的形势下，水资源短缺和水污染问题日益成为全球关注的重大环境问题。水作为生命之源，其质量和数量直接关系到人类的生存与发展，所以需要高效地处理和利用水资源，减少水污染。全膜法水处理工艺技术作为一种新型、高效的水处理技术，近些年来在环境保护中得到了广泛应用，并取得了显著成效。因此，本文将深入探讨全膜法水处理工艺技术在环境保护中的应用，探讨其技术原理、应用优势，以为环境保护事业提供有益的参考。

关键词：全膜法水处理；环境保护；应用

水污染问题已成为制约可持续发展的瓶颈，传统的水处理方法，如化学沉淀、混凝沉淀等，虽然在一定程度上能够去除水中的污染物，但存在处理效率低、能耗高、易产生二次污染等问题。全膜法水处理工艺技术的出现，为水处理领域带来了新的希望，该技术通过利用不同孔径和特性的膜，实现对水中杂质、有机物、微生物等污染物的有效分离和去除，具有操作简单、连续制水、出水水质稳定等显著优势。

1 全膜法水处理工艺技术的原理分析

膜分离技术是一种以选择性透过膜为分离介质的物理过程，通过膜两侧存在的某种推动力（如压力差、浓度差、电位差等），使原料侧组分选择性地透过膜，达到分离、提纯的目的，膜分离技术主要包括微滤、超滤、纳滤、反渗透以及电除盐等。超滤技术是一种基于物理截留的膜分离过程，其分离机理主要依赖于膜孔径的大小及被分离物质的几何形态、体积和质量等物理性质，在压力作用下溶剂水和小溶质粒子能够透过超滤膜的微孔到达低压侧，而大粒子组分则被膜阻挡，从而实现污染物的分离和去除；超滤膜的孔径范围一般在 $0.005\mu\text{m}$ 至 $0.2\mu\text{m}$ 之间，能够有效去除水中的悬浮物、胶体、大分子有机物及细菌微生物等杂质。反渗透技术的分离机理基于溶解—扩散模型，反渗透过程中外界压力作用于半透性能的反渗透膜上，使得水溶液中的某些组分（如溶解性盐及分子量大于100的有机物）被阻挡，而水分子则能够选择性透过膜；反渗透膜由特殊材料和加工方法制成，具有极高的选择透过性，醋酸纤维素反渗透膜的脱盐率一般可大于95%，而反渗透复合膜的脱盐率则更高，通常大于98%。电除盐技术是在电渗析技术基础上发展起来的一种新型膜分离技术，将电渗析和离子交换技术有机结合，实现了离子交换树脂的连续再生和高

纯水的制备，电除盐系统由一系列模块并联组装而成，每个模块包含淡水室、浓水室和极水室，淡水室内填充混合离子交换树脂，浓淡水室之间设置有选择性的离子交换膜；在直流电的作用下，淡水室中的阴阳离子不断定向移动，通过离子交换膜进入浓水室，同时水分子被分解成氢离子和氢氧根离子，促使离子交换树脂保持再生状态^[1]。

2 全膜法水处理工艺技术在环境保护中的应用优势

2.1 高效去除污染物，提升水质

全膜法水处理工艺技术通过对不同类型的膜进行组合使用，能有效去除水中悬浮物、胶体、细菌、病毒、溶解性有机物和重金属等多种污染物，膜的孔径大小从几纳米到几十纳米不等，能够精准拦截不同尺寸的污染物，确保出水水质达到高标准要求；其中超滤可以有效去除水中的胶体、大部分溶解性有机物、细菌、病毒和其他微生物，确保出水安全可靠。反渗透能够去除水中98%以上的无机离子和大部分有机物，实现高效脱盐，通过反渗透处理，即使是高盐度水源也能转化为可用于多种工业用途的淡水，极大地提升了水资源的利用价值。

2.2 操作简便，自动化程度高

全膜法水处理工艺技术的设备操作相对简便，通过对设备进行简单调试和维护即可实现稳定运行，实际应用中只需通过调整膜的选择和工艺参数，即可适应不同水质的处理需求，可以减少人工操作的需求，降低运行成本；全膜法水处理工艺系统通常配备先进的自动化控制系统，能够实现设备的远程监控和智能调控，通过实时监测水质参数和设备运行状态，系统能够自动调整处理工艺，确保出水水质稳定达标，并提高系统的稳定性和可靠性，降低人为操作失误的风险^[2]。

2.3 节能环保，降低运行成本

全膜法水处理工艺技术在运行过程中能耗相对较低,反渗透技术通过压力驱动实现水的分离和净化,其能耗主要集中在高压泵的运行上,由于反渗透膜的高选择透过性,使得大部分水分子能够顺利通过膜层,从而减少了能耗损失,且通过电场作用实现离子的深度去除,无需消耗酸碱再生剂,进一步降低了能耗成本;全膜法水处理工艺技术在处理过程中不产生二次污染,相比其他化学污水净化技术,该技术避免了化学药剂的使用和废渣的产生,减少了对环境的负面影响,且全膜法水处理工艺能够高效去除水中的有害物质,确保出水水质安全无害。

2.4 促进资源循环利用,实现可持续发展

全膜法水处理工艺技术,能够将废水中的有用物质进行回收和再利用,提高了水资源的利用率,比如在海水淡化过程中,通过反渗透技术去除海水中的盐分和杂质后,可以将其转化为可用于灌溉、工业用水和饮用水等用途的淡水;在废水处理过程中,通过膜分离技术去除废水中的污染物后,可以实现废水的循环利用或达标排放。

3 全膜法水处理工艺技术在环境保护中的具体应用

3.1 城市污水处理

在城市污水处理中,全膜法水处理工艺通常采用超滤或微滤作为预处理技术,去除水中的悬浮物、胶体和大分子有机物等杂质,降低浊度和SDI(污染指数),为后续的反渗透提供可靠的进水水质保证,超滤和微滤过程无相转化,具有良好的耐温、耐酸碱和抗氧化性能,能够适应不同水质条件和处理需求。经过预处理后的污水进入反渗透处理阶段,反渗透技术利用高压泵将污水加压至一定压力,使水分子在压力差的作用下通过反渗透膜进入淡水侧,而溶解盐、有机物、微生物等其他物质则被截留在浓水侧,反渗透技术能够显著降低出水中的盐分和有机物含量,提高出水水质。为了进一步提高出水水质,全膜法水处理工艺还引入了电渗析除盐技术进行深度处理,电渗析除盐技术将电渗析和离子交换技术相结合,通过电场作用实现离子的定向移动和去除,相比传统的离子交换技术,电渗析除盐技术无需酸碱再生剂,能够连续制取高品质纯水,可以去除水中残留的微量离子和有机物,使出水水质达到更高的标准^[1]。

某城市污水处理厂负责处理该市及周边地区的城市污水,随着城市化进程的加快和人口的增长,该厂面临的处理量不断增大,同时出水水质要求也日益提高,为了提升处理能力和出水水质,该厂决定采用全膜法水处理工艺进行升级改造。该厂采用的全膜法水处理工艺

技术方案包括预处理、反渗透和电渗析除盐三个主要阶段。下表为该处理模式的主要技术参数。

表1 处理模式的主要技术参数

| 技术参数 | 数值/描述 |
|---------------|--|
| 预处理阶段 (超滤) | 膜孔径: 0.01 μm |
| | 去除率: 悬浮物 $\geq 99\%$, 胶体 $\geq 95\%$ |
| 反渗透阶段 | 操作压力: 4-6MPa |
| | 脱盐率: $\geq 98\%$ |
| | 去除率: 有机物 $\geq 95\%$, 细菌、病毒 $\geq 99.99\%$ |
| 电除盐技术阶段 | 电流密度: 20—40mA/cm ² |
| | 产水电阻率: $\geq 15\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ |
| | 去除率: 微量离子 $\geq 99\%$, 有机物进一步降低 |

经过升级改造后,该城市污水处理厂的处理能力和出水水质均得到了显著提升,出水中的悬浮物、胶体、溶解盐、有机物和微生物等污染物含量大幅降低,达到了更高的排放标准,且该厂还实现了水资源的循环利用,将部分处理后的再生水用于城市绿化、道路冲洗等非饮用目的,缓解了城市水资源短缺问题。

3.2 地下水修复

地下水污染主要来源于工业废水、农业化肥农药残留、生活污水及垃圾填埋场渗滤液等,污染源中的有机物、重金属、微生物等污染物通过土壤渗透进入地下水,造成水质恶化。地下水污染具有隐蔽性、长期性和难以修复等特点,一旦污染,治理难度极大,所以开发高效、可持续的地下水修复技术,对于保护地下水资源、维护生态平衡具有重要意义。

地下水中的污染物种类繁多,包括悬浮物、胶体、细菌、病毒、溶解性有机物和重金属等,全膜法水处理工艺技术通过超滤、反渗透等多级膜分离过程,能够有效去除污染物,超滤膜首先去除水中的大分子物质和胶体,降低浊度和污染指数;反渗透膜进一步去除溶解盐、有机物和细菌等杂质,确保出水水质达到高标准要求;电除盐技术则通过电场作用去除水中的离子,实现深度脱盐,提高水质纯度。传统的地下水修复技术需要大量使用化学药剂,如酸碱中和剂、氧化剂等,不仅增加了处理成本,还可能对地下水造成二次污染,而全膜法水处理工艺技术在处理过程中无需使用酸碱再生,避免了化学药剂的使用,减少了对环境的负面影响,且技术操作简便,运行稳定,降低了管理和维护成本。

地下水修复过程中,部分污染物如重金属、有机物等具有一定的回收价值,全膜法水处理工艺技术通过膜分离过程,可以将有用物质从废水中分离出来,实现资源的回收利用,比如反渗透浓缩液中含有较高浓度的盐

分和有机物,经过进一步处理后可回收用于工业原料或农业肥料。

3.3 水体生态修复

在水体生态修复项目启动前,首先需要对目标水体进行全面、系统的水质监测与评估,通过采集水样分析水中的悬浮物、溶解性有机物、重金属、微生物等污染物的种类和浓度,明确水体的污染状况和修复目标。水体污染源于外部污染源的输入,所以在水体生态修复过程中,必须同步实施污染源控制措施,通过排查工业排放、生活污水、农业面源污染等污染源,采取截污纳管、雨污分流、生态拦截等措施,减少污染物进入水体的量,为后续的修复工作创造有利条件。

某城市郊区的一条河流因长期受工业废水和生活污水排放影响,水质恶化严重,主要表现为高浊度、高化学需氧量、重金属超标等问题,河流生态系统受损,水生生物数量锐减,影响了周边居民的生活质量和区域生态环境,为恢复河流生态系统,当地政府决定采用全膜法水处理工艺技术进行水体生态修复。在预处理阶段,安装超滤膜系统,处理能力为1000 m³/h,并配置两级反渗透系统,每级处理能力均为500 m³/h,采用高效聚酰胺复合膜元件,其处理效果中COD去除率 $\geq 95\%$,出水COD ≤ 10 mg/L,氨氮去除率 $\geq 90\%$,出水氨氮 ≤ 1.5 mg/L,重金属(铅、镉)去除率接近100%;安装电除盐技术系统,处理能力为500 m³/h,用于进一步降低水中的溶解性固体含量,电导率降低至 ≤ 5 μ S/cm,出水水质接近纯水标准。处理完成后,根据河流历史生态资料和现状调查结果,投放适宜的鱼类(如鲫鱼、草鱼)、贝类(如河蚌)和水生植物(如芦苇、香蒲),并清除河底表层污染严重的底泥,厚度约0.5米;铺设厚度约0.3米的干净底泥,并掺入适量有机质和微生物制剂。

3.4 海水淡化

海水淡化是指将海水中的盐分和矿物质去除,使其

达到饮用水或工业用水标准的过程。在全球水资源短缺的背景下,海水淡化技术成为解决水资源问题的重要手段,全膜法水处理工艺技术作为一种先进的海水淡化技术,具有高效、环保、节能等优点。

采用全膜法水处理工艺技术进行海水淡化时,通过向海水中加入混凝剂,使海水中的悬浮物和胶体凝聚成较大的颗粒,然后通过沉淀或气浮的方式去除,然后采用砂滤、碳滤或精密过滤器等过滤设备,进一步去除海水中的悬浮物和胶体,保证进水的清澈度,并通过加入杀菌剂或使用紫外线杀菌器,杀灭海水中的细菌、病毒等微生物,防止其对后续膜处理系统造成污染;通过高压将海水中的水分子压过反渗透膜,而盐分和矿物质则被截留在膜的一侧,从而实现海水的淡化;由于反渗透过程中去除了海水中的大部分矿物质,因此需要对淡化后的水进行再矿化处理,以补充人体所需的矿物质元素,并通过加入适量的酸碱调节剂,将淡化后的水pH值调整至适宜的范围,以保证水的口感和使用安全性,最后对淡化后的水进行再次消毒处理,杀灭可能存在的微生物,保证水的卫生质量。

结束语

综上所述,在环境保护领域中,全膜法水处理工艺技术具有良好的应用优势,能够实现对多种废水的有效处理,所以需要加强对该工艺技术的应用与创新,从而推动环境保护工作更好地开展。

参考文献

- [1]程会芹,田国良.全膜法水处理技术在电厂锅炉补给水处理中的应用[J].现代工业经济和信息化,2022,12(11):142-144.
- [2]杨若雪.全膜法水处理技术在电厂中的应用研究[J].中国设备工程,2022(19):237-239.
- [3]吴兰.全膜法水处理技术在环境保护中的实践分析[J].智能城市,2023,9(4):107-109.