

# 高效膜分离技术在水环境净化装备中的应用

李建武

南京鼎仕和膜科技有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i6.2120

**[摘要]** 工业废水、农业面源污染和城市污水等因素导致水中出现了大量的有机物、重金属离子、微生物和悬浮物等污染物对人类健康和生态环境造成了严重威胁。高效膜分离技术作为一种新兴的水处理技术,具有许多优势,包括高效、选择性好、操作简便、占地面积小、无化学药剂添加等,它基于膜的分离原理,通过合理设计和制备膜材料,可以实现对不同类型污染物的高效分离和去除。基于此,本文首先阐述高效膜分离技术的定义和发展历程,其次分析高效膜分离技术在水环境净化装备中的应用优势,最后提出几条高效膜分离技术在水环境净化装备中的应用策略,以供参考。

**[关键词]** 高效膜分离技术; 水环境净化; 装备; 应用研究

中图分类号: TQ028 文献标识码: A

## Application of Efficient Membrane Separation Technology in Water Environment Purification Equipment

Jianwu Li

Nanjing Dingshihe Membrane Technology Co., Ltd

**[Abstract]** Factors such as industrial wastewater, agricultural non-point source pollution, and urban sewage have led to the emergence of a large amount of pollutants such as organic matter, heavy metal ions, microorganisms, and suspended solids in water, posing a serious threat to human health and the ecological environment. Efficient membrane separation technology, as an emerging water treatment technology, has many advantages, including high efficiency, good selectivity, easy operation, small footprint, and no chemical agent addition. Based on the separation principle of membranes, it can achieve efficient separation and removal of different types of pollutants through reasonable design and preparation of membrane materials. Based on this, this article first elaborates on the definition and development history of high-efficiency membrane separation technology, then analyzes the application advantages of high-efficiency membrane separation technology in water environment purification equipment, and finally proposes several application strategies of high-efficiency membrane separation technology in water environment purification equipment for reference.

**[Key words]** Efficient membrane separation technology; Water environment purification; Equipment; application research

### 引言

全球水污染问题日益严重,威胁到人类健康和生态系统,传统的水处理方法在面对复杂水污染问题时效率不高,因此开发高效、可持续的水处理技术显得尤为重要。在当下,高效膜分离技术因其高效、节能且操作简便,在净化水环境方面展现了广泛的应用前景。

#### 1 高效膜分离技术的定义和发展历程

##### 1.1 定义

膜分离技术作为现代分离技术的一种,在传统膜分离技术的基础上,经过不断改进和优化发展出的更为先进和高效的分离手段。简而言之,高效膜分离技术是指利用具有特殊选择透过

性的膜材料,在一定的驱动力作用下将混合物中的不同组分进行分离、提纯或浓缩的过程。驱动力可能是压力差、浓度差或电位差等,举例来说,在压力差的驱动下,混合液中的溶剂(例如水)能够透过膜,而溶质(比如杂质、污染物等)则被膜阻挡从而实现分离净化的目的。高效膜分离技术的核心在“高效”二字,意味着它具备更高的分离效率,更佳的分离效果以及更经济的运行成本。具体表现为在更短时间内处理更多的物料,实现更精确分离的同时减少能源消耗和设备磨损。与传统的分离方法相比,高效膜分离技术的应用不需添加化学试剂,避免了二次污染,操作简单且易于实现自动化控制特别适合分离热敏性物质。

总体而言, 高效膜分离技术是一项具有巨大潜力和发展前景的分离技术, 为解决众多领域中的分离难题提供了强有力的手段。

### 1.2 发展历程

高效膜分离技术在20世纪中叶开始走上探索之路, 并经历了从摸索到逐渐成熟的演化过程。初期, 科研人员主要致力于膜材料的筛选和基本性能的研究, 从而奠定了膜技术的理论基础和应用前景。随着材料科学和化学工程的不断进步, 膜分离技术逐渐被应用于水处理和食品加工等领域工业生产和日常生活中。

在20世纪末至21世纪初期间, 由于纳米技术和高分子材料科学的突破性进展膜分离技术得到了迅猛发展。科学家不仅在膜制备方法上进行了创新, 研发了多种具有特殊功能的膜材料, 例如抗污染膜和高选择性膜等, 显著提高了分离效率和膜的使用寿命, 同时拓宽了膜技术的应用范围。

近年来, 随着环保意识的提升以及资源回收需求的增长, 膜分离技术在废水处理、海水淡化和生物制品提纯等领域显示出巨大的潜力和优势。为了进一步提升膜分离技术的经济效益和环境友好性, 研究人员致力于开发低能耗和高效率的新型膜分离系统。例如, 采用能量回收装置的反渗透系统能够在一定程度上显著降低海水淡化过程中的能耗。

## 2 高效膜分离技术在水环境净化装备中的应用优势

### 2.1 提高分离效率

高效的膜分离技术在水环境净化中能够有效地分离水中的溶质与悬浮物。膜自身微孔结构凭借其精妙的尺寸和电荷特性, 能够精准地阻隔不同大小及电荷的分子或颗粒, 其分离机制符合特定条件的物质通过同时有效拦截水中的杂质, 以高效、连贯且稳定的方式推动分离进程, 为水环境净化工作显著提升效率。例如, 在处理含有复杂成分的工业废水时, 高效膜分离技术能够精确地将水分子与重金属离子、有机污染物等有害成分分离开来, 其精准的分離能力远远优于传统的过滤或沉淀方法, 避免了因分离不彻底而导致的水质不稳定问题。此外, 膜分离技术对水中微小颗粒和溶解性物质的去除效果显著能够有效消除那些难以被常规方法捕获的污染物, 为达到水环境净化的高标准提供坚实保障。

### 2.2 节约能源和资源

高效膜分离技术与传统水处理方式相比能够在较低的操作压力下实现显著的分离效果, 在水环境净化过程中具有不可忽视的意义, 意味着使用高效膜分离技术显著降低能源消耗和化学药剂的使用, 从而有效减轻对自然资源的依赖。例如, 在城市污水处理厂的日常运行中, 传统的处理方法常常需要消耗大量电能来驱动设备, 同时投入大量化学药剂以促进污染物沉淀和分解。然而, 由于高效膜分离技术操作压力较低, 设备运行能耗大幅降低, 且对化学药剂的依赖明显减少。此外, 高效膜分离技术还具备回收水中价值物质的卓越能力, 从而实现资源的节约与优化利用。在处理某些特定类型的工业废水时, 膜分离技术

可以有效回收废水中的贵重金属离子、稀有化学物质等减少了资源浪费, 实现了资源的最大化利用和可持续发展。



图1 高效膜分离设备

### 2.3 占地面积小

高效膜分离技术在设备占地面积较小并采用模块化设计结构, 高效膜分离设备能够灵活地扩展或缩减模块数量, 从而根据实际需求调整处理规模。例如, 在城市中心地区, 传统水处理设施因其庞大的体积常常面临选址和布局上的困扰, 但高效膜分离技术彻底改变了这一现状。该技术凭借其结构紧凑的特点能够轻松融入有限的空间, 不论是地下室还是狭小的厂角落都能找到合适的位置。在新兴的工业园区或产业集群中, 土地资源的高价值利用以及规划的紧凑性对水处理设备占地面积的要求极为严格。高效膜分离技术它不仅节省了宝贵土地资源, 还为园区的整体规划和布局提供了更大的灵活性和便利性。此外, 应对突发环境应急处理任务时, 如在污染水源地附近需快速建立临时水处理设施, 高效膜分离技术展现出无可比拟的优势。

### 2.4 操作简便、自动化程度高

高效膜分离技术在操作层面的简便性和高度自动化控制的实现在各个应用场景中表现出色, 相关部门对关键参数如压力、流量、浓度等的严格监测, 实时调节和优化, 确保处理效果的稳定可靠。在现代工业水处理厂中, 操作人员无需进行繁琐的手动操作和频繁的现场监控。例如, 当压力出现异常波动时系统会自动调节泵的工作状态, 以维持稳定运行; 当流量变化时, 也会及时调整阀门开度, 确保处理水量恒定。此外, 高效膜分离技术还具备卓越的兼容性和集成能力, 能与其他自动化设备完美融合, 共同构建智能化水环境净化管理体系, 实现水环境净化过程的远程监控和智能化管理。

## 3 高效膜分离技术在水环境净化装备中的应用策略

### 3.1 优化膜材料选择

高效膜分离技术在水环境净化设备中的应用, 核心在于对膜材料的精细选择和优化。不同种类的膜材料具有不同的特性, 如化学稳定性、耐腐蚀性和亲水性等等都会影响膜的性能及其适用范围。在具体实践中, 相关部门必须结合待处理水体的特点和所需的净化要求挑选最合适的膜材料。例如, 处理包含强酸强碱的工业废水时应选择具有极高化学稳定性和优秀耐腐蚀性的膜材料才能在恶劣环境下保持优良的分離效果。当需要高效去

除微小有机污染物时具有良好亲水性和均匀孔径分布的膜材料应成为首选,因为它能显著提高对目标污染物的截留率。此外,在选择膜材料时还需综合考虑膜材料的成本、使用寿命和维护难易程度等多种因素。

### 3.2 创新膜组件设计

一种科学合理的膜组件结构能够有效提升膜的填充密度,显著增加处理量,同时降低能耗和运行成本。例如,相关部门采用中空纤维膜组件可以在有限空间内有序排列大量膜丝,显著增加过滤面积。在设计膜组件过程中必须全面考虑流体流动分布的均匀程度,尽可能避免局部流速过高或过低的状况,从而有效减少浓差极化和膜污染的发生。此外,相关部门引入新颖的支撑结构和密封方式可以极大增强膜组件的机械强度和稳定性,从而延长其使用寿命。在当下,创新性的膜组件设计还应充分考虑安装、拆卸和维护的便利性,从而提升设备的操作性和运行效率。例如,在实际工业废水处理项目中,如果膜组件设计不合理,流体分布不均匀那么在流速过高的区域会导致膜表面冲击力过大,从而加速膜的磨损;而在流速过低的地方则容易引发污染物积聚,加重膜污染。

### 3.3 提升膜清洗与维护水平

在高效膜分离技术的应用过程中,膜的清洗和维护直接关系到其能否长期、稳定地运行。实践中,膜在使用过程中不免会出现污染和堵塞的问题将显著影响其分离性能。因此,定期的清洗和维护应根据膜的污染类型和程度选择合适的清洗方法。在当下,常见的清洗方式有物理清洗、化学清洗和生物清洗等。其中,物理清洗如反冲洗和超声清洗能有效去除膜表面的松散污垢;化学清洗则通过特定试剂来溶解或分解附着在膜上的污染物;生物清洗利用微生物的代谢作用来清除生物膜。同时,企业要建立一套完善的膜维护制度,包括定期检测膜的性能参数和及时更换受损膜组件能够在一定程度上延长膜的使用寿命,确保水环境净化设备持续高效运行。举例来说,某工业废水处理项目中,若长时间运行却未及时清洗和维护,膜的分离性能会逐渐下降,导致处理后的水质无法达到预期标准。

### 3.4 强化工艺集成与协同

膜分离技术能够与生物处理工艺有机融合,如膜生物反应器(MBR)利用微生物的降解功能以及膜的高效分离特性,能有效去除有机物和氮磷等污染物。同时,膜分离技术还可以与物理化学处理方法,如吸附和混凝沉淀等结合,充分发挥各自优势显著提高整体处理效果。例如,在处理含有重金属离子的废水时可以先通过混凝沉淀去除大部分重金属,再结合膜分离技术进一步清除残留的微量重金属,从而达到严格的排放标准。在工艺集成与协同过程中必须优化各工艺之间的衔接和参数匹配,才能实现最佳协同效应,提高设备的整体性能。举个例子,在某工业园区废水处理项目中若膜分离技术与生物处理工艺衔接不顺畅,可能导致微生物群落环境突变,影响其降解有机物的效率,同时也会增加膜表面的负荷,加速膜的磨损和损坏。

## 4 结束语

综上所述,应用高效膜分离技术于水环境净化设备中展现了巨大的潜力和广阔的发展前景。企业基于不断的技术创新和优化应用能够解决当前面临的水资源污染问题,进而对保护全球水资源和促进可持续发展作出重要贡献。未来,随着技术日趋成熟和成本降低,高效膜分离技术将在更多领域得到广泛应用,为人类创造更清洁、安全的水环境。

### [参考文献]

[1]袁章福,循环水复合管膜高效过滤净化技术的研发.天津市,天津钢铁集团有限公司,2019-01-17.

[2]仲兆祥,张峰,邢卫红.膜分离技术在化工过程烟气高效净化中的应用[C]//中国环境科学学会.第二十二届大气污染防治技术研讨会论文集.南京工业大学化工学院国家特种分离膜材料工程技术中心,2018:6.

[3]万印华,沈飞,苏仪.高性能膜分离材料、膜过程强化关键技术及装备的研制与应用[J].科技促进发展,2015,(03):369-373.

[4]CO\_2/N\_2 高效膜分离技术获突破[J].石油化工应用,2019,38(01):11.

### 作者简介:

李建武(1990--),男,汉族,安徽滁州人,硕士研究生,中级环保工程师,研究方向:工业污水处理工艺开发研究。