

城市生活污水深度处理中膜法水处理技术的应用

李明星

安徽凯格环保工程有限公司 安徽安庆 246008

摘要：本文对一种膜法水处理技术进行了研究。本文从膜法水处理技术的基础理论出发，对我国在该技术中应用的几种主要类型进行了阐述。对新技术如：反渗透、微孔滤膜、电渗法、超滤、纳滤膜等进行了较为详尽的论述。其次，探讨了采用反渗透技术、微孔过滤技术、电渗析技术、超滤分离技术和纳滤分离技术对城市生活废水的治理效果。本项目研究成果将为我国废水处理提供科学依据，对于提升我国废水处理效率与质量合格率，降低其带来的消极影响，具有重要的实际意义。

关键词：生活污水；深度处理；膜法；应用

一、膜法水处理技术概述

1. 作用原理

当前，膜处理技术关键在于膜材料的选择透过性能，这是技术得以广泛应用的基础。膜技术利用其独特的透过性与半透性双重特性，能够对流体进行有效的浓缩与分离，适用于超滤、微滤、纳滤、反渗透、电渗析等多种水处理工艺。超滤是一种加压膜分离技术，能够将溶液净化，分离或者浓缩。微孔过滤法能够精确分离不同粒径的粒子，确保大小粒子得到有效分离。纳滤技术作为一种新兴工艺，在去除水体中的有机物及可溶性有机物方面表现出高效性能。在较高压力环境下，反渗透法能够彻底脱除水中的离子、可溶性物质及微生物，保障水质安全。此外，电渗析过程是电化学过程和渗析扩散过程的结合，通过外加电场以及离子交换膜的选择透过性，可以专门针对污水中的重金属离子进行净化，组合大孔过滤工艺后可进一步提升污水处理的效果和效率。

2. 国内生活污水处理技术发展现状

当前，我国的城镇废水处理正朝着多样化和创新化的方向发展，但是仍然存在着许多的问题。传统的生物化学方法可以有效地去除污水中的氮磷，但是仍然面临着系统运行稳定性差和运行成本高的问题。A/O是一种新的好氧-乏氧循环除磷技术，能够高效去除污水中的氮磷污染物。然而，目前还存在着处理过程中能量消耗大、出水困难等问题。SBR（顺序批式反应器）法由于其环境适应能力强、占地面积小、工艺简单等优点，在国内得到了广泛应用。MBR（膜生物反应器）技术具有高效、低耗、高效等优点，但同时也面临着膜污染、运行周期过久的问题。由于现有的MBR工艺中的一些缺

点，通常采用膜生物反应器与膜生物反应器联合运行的工艺，此工艺可降低膜污染，保证MBR的长期高效稳定运行。厌氧产甲烷技术作为一种将有机物转化为能源和有机肥的新型技术，已经在全国范围内得到了广泛的应用。但是，当前国内城镇污水治理工程投资较大，实施难度较大。

二、城市生活污水深度处理中膜法水处理技术的类型

1. 超滤分离技术

超滤膜是近年来兴起的一项基于物理学的膜分离新工艺。以该模型为依据，研究了不同种类的有机物以及不同种类的离子在复合膜中的吸附性能。通过膜过滤技术，可实现水中大分子（悬浮物、蛋白和胶体）的有效分离，对水中小分子和水溶性离子的有效渗透。通过以上研究，为该类材料在食品和饮用水中的应用奠定基础。除了物理筛选之外，超滤处理也具有特殊的作用机制。申请人在前期工作中发现，利用细菌本身的代谢活动和相应的酶系可以高效地去除水体中的有机污染物。针对这一问题，这种生物膜过滤机制能够进一步提高超滤膜的处理效果，实现对溶液中有机污染物的有效去除。

2. 微孔过滤技术

微孔过滤技术是第一个实现气-液两相颗粒高效筛选的新型技术。小孔的尺寸和适当的气体压力范围是决定过滤器工作效率的关键因素。小孔尺寸直接关系到过滤器对粒子的捕集效果，而压强又直接关系到过滤器是否能够正常运行。其多孔性好，孔隙比例合适（80%），可以有效地改善膜的性能，并保持膜的强度。该装置具有 10^1-10^7 个/平方厘米的平均孔直径，保证了有效的过

滤，而不会增大阻力。根据污水的性质和污水的治理需要，开发了圆形、椭圆形和不规则形状的微孔过滤材料，以满足不同类型的固-液分离需求。该技术在净水、工业污水治理、废气治理等领域有着广泛的应用前景。目前，以微孔薄膜为主体的膜分离技术在污水处理中具有环保和回收的双重作用。

3. 纳滤分离技术

纳滤分离技术是一种新型的高价态重金属离子捕获技术，可以实现对水、无机盐及一些有机小分子的高效分离。纳滤膜可实现对海水中数百种分子量有机物和无机盐的高效脱除。纳滤技术通常用于去除水中的硬度、色度、异味以及三卤甲烷前体物等污染物，是一种新兴的净水技术。同时，对水中残留的农药、合成洗涤剂、可溶性有机物及残留农药等也进行了吸附处理，提高了水环境的品质，保障了人们的饮水安全。纳滤膜由于其特有的微孔隙特性，在不使用任何化学试剂的情况下实现污水的深度净化，具有环保和节能双重优势。纳滤技术在废水处理中的应用，不仅可以提高水环境质量，而且可以达到降低废水排放量的目的，满足我国可持续发展的水资源需要，因此，现有纳滤分离技术的研究成果将为我国水资源的可持续发展提供新的思路。随着纳滤技术的不断完善，它将成为未来水处理技术的重要组成部分。

4. 反渗透技术

反渗透技术，作为膜法水处理技术的一种关键手段，其核心原理是利用压力差来实现溶剂的分离。研究表明，这种新型的溶剂分离层对溶剂的选择性渗透性能良好，可以在低压条件下实现高浓缩。使用反渗透的方法，即：将新水置于较低的一侧，而将咸水置于较高的一侧。在一定压力下，采用反渗透技术能够有效地将水中的溶剂与水分子有效分离，实现污水的深度净化。本方法具有运行简便、高效、占地少等优点，适用于海水淡化、废水处理、饮水处理等领域，在环境保护、节约用水、节约用水等方面越来越突出。通过对复合薄膜进行结构调控，改善其综合性能，降低其能耗，为我国可持续发展战略提供科学依据。研究结果将有助于推动环保产业的发展，推动国家绿色、低碳发展，推动环保产业持续健康发展。

5. 电渗析技术

电渗析是一种利用电磁场进行离子转换的新方法。在电渗析技术中，阴离子转换层是一种常见的分离设备。其特殊的结构和性质可以阻断负离子的传递，实现对金属离子的高效率交换。电渗析的理论依据是溶液中不同离子之间的电荷相互作用。采用电化学法，在施加电场

的条件下，使正负电极中的阳离子在电极表面富集，而负电极上的阴离子则被吸附到正电极上。在这两个过程中，阴离子转换膜是关键。研究发现，这种结构的阴极不仅改善了材料的阳离子传输性能，而且改善了材料的负极输运性能。而阳离子区则恰恰相反，只有负离子才有可能通过。在此基础上提出了一种新的求解方法。结果表明，阴极上的阳离子较多，而阳极上的阴离子较多；采用电渗析技术对污水中的重金属和有机污染物进行了处理，实现了污水的深度净化和循环使用。

三、不同膜法水处理在城市生活污水深度处理的应用

1. 超滤及纳滤技术的应用

近年来，以纳米膜分离原理为基础的超过滤工艺已逐渐成为城镇生活废水治理领域的研究热点。该技术以空心纤维薄膜为媒介，通过内部和外部压力的不同来实现对液体的有效分离。研制了一种能有效地从废水中去除水中大分子有机物的内、外两层结构的复合膜。结果表明，超滤分离是一种不需要粉碎、不需要乳化、过程相对简便、能一次性处理较多废水的新技术。该工艺既可用于小分子原油的提取，又可用于大分子原油的热加工及化学精炼。超滤技术是一种节能、低耗、高效的处理方法。利用静电筛分技术，不仅可以提高污水的处理效率，而且可以有效地去除水体中的重金属及挥发性有机物。纳滤是一种高效、安全、可靠的新方法，其在水体中的高效回收与再利用，是一项非常有意义的研究课题。采用纳滤膜处理城市污水，将其转化为工农业用水，达到可持续发展的目的。超滤及纳滤系统经常用于MBR工艺以及后端的保安系统，其对不同水质指标去除效果如下表所示，由此发现其主要针对生活污水中的生化性以及SS进行去除。

表1 不同水质指标去除效果表

工艺单元	项目	水量	COD _{Cr} (mg/l)	BOD (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	SS (mg/l)
MBR系统	进水	-	8736	4128	619	1224
	出水	-	437	41	6	12
	去除率	0.00%	95.00%	99.00%	99%	99.00%
NF膜系统	进水	-	437	41	6	12
	出水	-	87	8	6	12
	去除率	15%	80%	80%	0%	0%

2. 微滤技术的应用

微滤技术，作为一种新兴的净水工艺，在近年来得到了广泛的关注和应用。它主要依靠内部压力差的作用，实现了对水中微粒及微生物的高效预处理，为后续的水处理步骤奠定了良好的基础。这种技术因其高效、简便的特点，被认为是一种极具发展潜力的污水处理方法，特别是在处理成分复杂的废水方面显示出独特的优势。针对废水中酸性和碱性组分较多的特点，研究人员开发了一种新型的微过滤工艺。与传统的污水处理方式相比，这种工艺省去了污水的运输、沉淀、消毒等繁琐且耗时的工序，大大简化了处理流程。通过膜分离方法，新型微过滤工艺不仅能够有效拦截水中的悬浮物和微生物，还能防止这些有毒物质对污水的二次污染，从而达到了高效处理污水的目的。然而，在实际应用中，微滤技术在废水治理方面也遇到了一些挑战。特别是在处理过程中，氧气的消耗和供应之间出现了互相制约的问题。这种制约影响了微滤系统的处理效率和处理效果，需要通过优化工艺设计、改进膜材料或引入辅助曝气等措施来解决。尽管存在这些挑战，微滤技术仍然被视为未来污水处理领域的重要发展方向。

3. 反渗透技术的应用

反渗透技术，作为膜法水处理技术中不可或缺的一环，其在城市生活污水深度处理中的应用日益广泛，发挥着至关重要的作用。通过采用负压抽提工艺，反渗透技术能够有效地去除废水中的不溶物，包括悬浮固体、胶体和部分微生物，从而显著提高废水的水质，为后续的处理步骤创造了良好的条件。特别是在处理高盐有机污染物方面，反渗透技术显示出巨大的发展潜力。它能够有效地截留废水中的盐分和有机物，使得处理后的水质达到再生利用的标准。这一点对于我国这样一个水资源短缺且分布不均的国家来说，具有重要的现实意义。反渗透技术的二次回用功能不仅能够大幅降低废水排放量，减轻对环境的压力，而且能够在一定程度上解决用水量不断增加的问题。通过将处理后的废水回用于工业生产、农业灌溉、城市景观用水等领域，反渗透技术为水资源的循环利用开辟了新的途径。此外，反渗透技术的应用还能带来经济效益和社会效益的双提升。一方面，通过减少新鲜水资源的开采和废水处理的成本，企业能够实现成本的节约；另一方面，通过提高水资源的利用

效率，社会能够实现可持续发展，促进生态文明建设。因此，反渗透技术在未来城市生活污水处理中将扮演更加重要的角色，为水资源的保护和利用提供强有力的技术支持。

4. 电渗析技术的应用

电渗析技术，作为一种利用外加电场促进反向离子转移的创新方法，为废水中的多组分高效处理提供了新的解决方案。通过利用水相压差作为驱动力，加速溶液中离子的传输，实现对木素等有机污染物的有效去除。通过电渗析技术，我们不仅能够去除废水中的有毒组分，还能提取其中的活性组分，为资源的再利用打下基础。木质素作为一种在纸浆和造纸工业中具有重要价值的化学品，其高效的分离与再生利用对于推动生物质资源化具有重要意义。本技术将采用电化学方法对木质素进行分离和再生，以实现生物质资源的高效利用，促进循环经济的发展。在污水处理领域，电解方法已经被广泛采用，并证明能够有效处理水体中的有机污染物和金属离子，显著提升水质。因此，应用电化学法对废水进行治理不仅必要，而且具有广阔的应用前景，有助于实现环境保护与资源循环利用的双重目标。

结束语

综上所述，膜分离技术作为一种具有巨大发展潜力的方法，其在水处理领域的应用前景十分广阔。然而，现有的膜分离工艺普遍存在膜污染、能源消耗较大等挑战。为了克服这些问题，未来的研究和实际应用中，我们需要将膜分离技术与其他环保手段相结合，优化工艺流程，提高过程的稳定性和经济性，实现水处理技术的一体化和可持续发展，以更好地服务于环境保护和资源节约。

参考文献

- [1] 闫玮祎. 基于数据集成平台的LNG接收站数字化设计流程研究[J]. 中国管理信息化, 2022, 25(19): 137-140.
- [2] 高宇, 王姝. 基于AVEVA的集成设计及数字化交付[J]. 化学工程与装备, 2022, (07): 193-194+17.
- [3] 靳鑫彤. 膜法水处理技术在生活污水深度处理中的应用[J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(06): 36-37.