反渗透水处理设备在工业污水处理中的应用实践

陈金秋[1] 吕剑[2]
1.永康市一滴水自动化设备有限公司；2.浙江欧雅菲环境检测有限公司

【摘 要】随着工业化进程的加快，工业污水的排放量逐年上升，对环境造成了严重的影响。反渗透水处理设备作为一种高效、节能的污水处理技术，在工业污水处理中得到了广泛应用。本文介绍了反渗透技术的原理及其优势，探讨了反渗透水处理设备在工业污水处理中的应用实践。

【关键词】反渗透；处理；工业污水；应用

Practical Applications of Reverse Osmosis Water Treatment Equipment in Industrial Wastewater Treatment

Chen Jinqiu[1] L ü Jian[2]
1.Yongkang Yidishui Automation Equipment Co.，Ltd.；2.Zhejiang Ouyafei Environmental Testing Co.，Ltd.

【Abstract】With the rapid advancement of industrialization，the discharge volume of industrial wastewater has been increasing annually，causing significant environmental impacts.As an efficient and energy-saving wastewater treatment technology，reverse osmosis equipment has gained widespread application in industrial wastewater management.This paper introduces the principles and advantages of reverse osmosis technology，while exploring practical applications of reverse osmosis water treatment equipment in industrial wastewater treatment.

【Key words】Reverse Osmosis；Treatment；Industrial Wastewater；Application

引言：

工业污水排放量大、成分复杂，含有大量重金属、有机物和化学物质，对环境造成了严重污染。反渗透技术作为一种高效的液体分离技术，具有分离效率高、操作简单、节能环保等优点，被广泛应用于工业污水处理领域[1]。

一、反渗透技术原理及优势

（一）反渗透技术原理

反渗透（Reverse Osmosis，简称 RO）技术，作为现代水处理领域的一项重要技术，其核心在于利用半透膜的选择透过性来实现对水质的高效净化。这一技术的基本原理根植于渗透现象的逆过程。在自然状态下，当两种不同浓度的溶液被半透膜分隔时，溶剂（通常是水）会自发地从低浓度溶液一侧向高浓度溶液一侧渗透，直至达到渗透平衡。然而，在反渗透过程中，人们通过外部施加的压力，迫使水分子逆着自然渗透的方向，即从高浓度溶液（通常为待处理的污水）一侧通过半透膜流向低浓度溶液（通常为净化后的清水）一侧。这一逆渗透过程需要施加的压力大于溶液的自然渗透压，以确保水分子能够克服阻力，顺利穿过膜层。半透膜是反渗透技术的核心组件，其孔径极小，通常小于 0.0001 微米，能够有效阻挡溶解性盐类、有机物、细菌、病毒以及大部分重金属离子等杂质，只允许水分子及部分小分子溶质通过。这种高度的选择透过性，使得反渗透技术成为去除水中杂质、实现水质净化的有效手段[2]。

（二）反渗透技术优势

1.高效净化

反渗透技术以其卓越的净化能力著称。通过精密的半透膜过滤，能够有效去除水中 95%以上的溶解性盐类、有机物、微生物及重金属离子等杂质，产出水质接近纯水标准，满足多种用水需求。这种高效净化能力，使得反渗透技术在水处理领域，尤其是工业污水处理和饮用水制备方面，具有不可替代的优势[3]。

2.运行可靠

反渗透设备通常采用模块化设计，易于安装、调试和维护。先进的膜材料和制造技术，确保了膜组件的长期稳定性和耐用性，减少了因膜损坏导致的停机时间。同时，自动化控制系统的应用，使得设备运行更加智能化，能够根据水质变化自动调节运行参数，确保出水质量的稳定可靠[4]。

3.环保节能

反渗透技术在实现高效净化的同时，也注重环保节能。一方面，通过精确控制操作压力和流量，减少能源消耗；另一方面，对于处理后的浓水（即未通过膜的废水），可以通过回用、再处理或适当排放的方式，减少对环境的影响。此外，反渗透技术还能有效去除水中的有害物质，减少了对环

境的污染，符合可持续发展的理念[5]。

4.经济可行

从经济角度来看，反渗透技术的初期投资虽然较高，但其在长期运行中的低维护成本和高效率，使得整体处理成本相对较低。特别是对于需要大量高品质用水的行业，反渗透技术不仅能够满足水质要求，还能显著降低后续处理费用，提高水资源利用效率，实现经济效益和环境效益的双赢。

二、反渗透水处理设备在工业污水处理中的应用实践

（一）电镀行业

电镀行业在生产过程中会产生大量含有重金属离子的废水，如铜、锌、镍等，这些重金属对环境和人体健康构成严重威胁。反渗透水处理设备通过其精密的半透膜过滤系统，能够有效截留这些重金属离子，实现废水中重金属的高效去除，经过反渗透处理的废水，其水质得到显著提升，可达到回用水质标准，实现电镀废水的资源化再利用。减少了废水排放对环境的污染，还降低企业的水资源消耗和废水处理成本，达到了经济效益和环境效益的双重提升。

（二）化工行业

化工行业废水成分复杂，含有大量有机物、无机盐以及化学物质，处理难度较大。反渗透水处理设备通过其强大的分离能力，能够去除废水中的有机物、无机盐以及大部分化学物质，使废水达到排放标准，对于某些含有高价值化学物质的废水，反渗透技术还能实现化学物质的回收和再利用，提高了资源利用效率。此外，反渗透技术还能有效去除废水中的颜色和异味，改善废水的水质，为化工企业的可持续发展提供了有力支持。

（三）制药行业

制药行业废水对水质要求极高，含有微生物、药物残留等有害物质，处理不当会对环境和人体健康造成严重影响。反渗透水处理设备通过其高效的净化能力，能够去除废水中的微生物、药物残留以及大部分有机物，实现制药废水的深度净化，反渗透技术还能有效去除废水中的盐分和离子，提高废水的可生化性，为后续的生物处理提供有利条件。经过反渗透处理的制药废水，其水质可达到排放标准，甚至可用于生产过程中的循环使用，降低了企业的水资源消耗和废水处理成本。

（四）石油化工行业

石油化工行业废水含有大量油污物质，处理难度较高。反渗透水处理设备通过其独特的膜分离技术，能够去除废水中的油污物质、悬浮物以及部分溶解性有机物，实现石油化工废水的净化处理。同时，反渗透技术还能有效去除废水中的盐分和离子，提高废水的可生化性，为后续的生物处理或物理处理提供有利条件。经过反渗透处理的石油化工废水，其水质可达到排放标准，减少了废水排放对环境的污染，对于某些含有高价值化学物质的废水，反渗透技术还能实现化学物质的回收和再利用，提高资源利用效率。

三、反渗透水处理设备的应用优化

（一）反渗透膜的选择与优化

作为水处理工艺的核心部件，反渗透膜的选用和优化直接影响设备的运行性能、运行寿命和整体净化效果。随着科技进步与环境保护意识的提高，反渗透膜技术不断更新，以适应日趋严格的水质标准与应用要求。目前，反渗透膜主要有两大类，一种是有机高分子材料，一种是无机材料。以聚酰胺、醋酸纤维素为代表的有机高分子材料具有成膜性好、选择透过性好、成本低等优点，已成为反渗透膜的主流材料。如陶瓷薄膜等无机材料，具有较高的耐高温、耐化学腐蚀性以及较高的机械强度而被广泛应用于一些特殊领域。在制备过程中，反渗透膜的制备一般要经过溶液制备、膜成形和后处理等一系列步骤。目前，膜制备技术日趋成熟，不但能改善膜的性能，同时也能降低生产成本，使其更具普遍性与高效性。对于不同水质的反渗透膜，要求也各不相同。例如，对于高含盐量和高硬度的水质，应选用具有较高脱盐率和抗污染性的膜。因此，在选用反渗透膜时，应充分考虑原水水质特点，保证选用的反渗透膜能满足要求。反渗透膜的使用寿命及净化效果与膜的材料、结构及操作条件有很大关系。为延长膜的使用寿命，降低运行费用，需定期清洗与保养。膜的选择要注意清洗的难度及维护费用，选用容易清洗且维修费用低的膜产品。膜污染严重影响了反渗透膜的使用寿命。因此，在膜材料的选择上，应优先选择耐污染性能优良的膜材料，如通过表面改性等方法来提高膜的抗污染性能。在选用反渗透膜时，除了要考虑膜的各项性能指标外，还要对膜的产水量、脱盐率、操作压力、能耗及投资费用等进行综合评价。综合比较，选出性能价格比最佳的膜材。

（二）循环流速控制

在膜处理技术的实际应用中，膜通量作为衡量膜性能和处理效率的关键指标，其大小直接影响到整个水处理系统的运行效果。而膜面循环流速，作为影响膜通量的重要因素之一，其控制对于提高净化效果和防止膜污染具有重要意义。膜通量是指单位时间内通过单位膜面积的水量，它反映了膜处理系统的处理能力。研究发现，膜面循环流速与膜通量之间存在着密切的关系。当膜面循环流速增加时，膜表面的水流速度加快，这有助于减少膜表面的浓差极化现象，即减少溶质在膜表面的积累，从而降低膜表面的浓度极差。浓度极差的降低有助于减少溶质对膜的堵塞，进而提高膜通量。通

过控制膜面循环流速，可以间接控制膜通量，从而实现对净化效果的提升。膜污染是膜处理过程中常见的问题之一，它会导致膜通量下降、出水水质恶化以及运行成本增加。而提高膜表面流速是防止膜污染的有效手段之一。当膜表面流速增加时，水流对膜表面的冲刷作用增强，能够及时带走附着在膜上的污染物，防止其在膜表面形成致密的污染层。此外，高速水流还能减少溶质在膜表面的停留时间，降低其与膜表面发生化学反应的可能性，从而进一步防止膜污染。在实际应用中，循环流速的控制需要根据具体的水质情况、膜类型以及处理要求来确定。一般来说，对于含有大量悬浮物或胶体物质的水质，需要适当增加膜面循环流速以提高净化效果；而对于水质较好的情况，则可以适当降低循环流速以节约能耗。同时，还需要定期对膜处理系统进行清洗和维护，以确保其长期稳定运行。

（三）超滤预处理

在反渗透水处理设备的预处理环节中，超滤技术扮演着至关重要的角色，不仅能够有效去除水中的悬浮物、胶体、细菌以及部分大分子有机物，还能为后续的反渗透膜提供必要的保护，延长其使用寿命。然而，传统的反渗透水处理设备大多采用卷式结构超滤膜进行预处理，在一定程度上能够满足基本的处理需求，但效果仍存在局限性。卷式结构超滤膜虽然具有较高的截留率和一定的通量，在长期运行过程中，由于膜面容易积累污染物，导致透水通量逐渐下降，需要频繁进行清洗和维护。这不仅增加了运行成本，还可能影响整个水处理系统的稳定性和出水水质。为了解决这一问题，随着膜技术的不断发展，中控纤维膜逐渐崭露头角，并在反渗透水处理设备的预处理环节中得到了广泛应用。中控纤维膜，又称中空纤维膜，是一种具有特殊结构的超滤膜。其纤维状的设计使得膜面积大大增加，从而提高了透水通量和处理能力。同时纤维膜的内壁和外壁均可作为过滤面，使得其在实际应用中具有更高的灵活性和适应性。与传统的卷式结构超滤膜相比，中控纤维膜在预处理方面具有显著的优势。首先，其透水通量更高，能够在短时间内处理更多的水量，从而提高整个水处理系统的效率。纤维膜的孔径分布均匀，且孔径较小，能够更有效地截留水中的悬浮物、胶体、细菌以及大分子有机物，提高预处理效果。其次，中控纤维膜还具有良好的抗污染性能和耐化学腐蚀性能，能够在恶劣的水质条件下稳定运行，减少清洗和维护的频率。更重要的是，中控纤维膜还能够在脱机状态下实现短时间内的透水通量恢复。这意味着在膜组件需要清洗或更换时，可以迅速将其从系统中取出，并在短时间内通过特定的清洗方法恢复其透水通量，降低了清洗过程中的停机时间，提高整个水处理系统的可靠性和灵活性。

（四）膜系统工艺流程

反渗透膜系统作为工业污水处理的核心技术之一，其设计和使用过程中的每一步都至关重要。由于工业污水中常含有高浓度的有机物，导致化学需氧量（COD）值较高。在进入反渗透系统前，首先需要通过生化处理降低有机物含量。这一过程通常包括好氧生物处理或厌氧生物处理，利用微生物的代谢作用将有机物转化为无害物质。预处理是确保反渗透膜稳定运行的关键步骤，主要包括过滤、调节水质（如 pH 值）、去除悬浮物、胶体物质以及部分溶解性有机物等。常用的预处理手段包括多介质过滤器、活性炭过滤器、软化器以及保安过滤器等，以逐步提升水质，减少膜污染的风险。经过预处理后的水进入高压泵，加压后通过反渗透膜进行过滤。在压力作用下，水分子通过膜孔进入产水侧，而大部分溶质、有机物、细菌等则被截留在浓水侧，实现水的深度净化，根据需要，对反渗透产水进行进一步的后处理，如脱盐、除菌等，以满足特定的水质要求，同时定期对系统出水进行水质监测，确保出水质量达标。

结语：

反渗透水处理设备在工业污水处理中展现出广泛的应用前景。通过引入反渗透技术，不仅能有效解决工业污水处理难题，降低对环境的影响，还能实现资源化利用，推动工业污水处理技术的不断进步。未来，在反渗透水处理设备的保养、日常维护以及操作系统优化等方面仍有较大的发展空间，需要进一步开展研究，改进相关工艺。

参考文献

[1]周乾.反渗透水处理设备在工业污水处理中的应用探析[J].皮革制作与环保科技，2024，5 （08）：24-25+28.
[2]冬志裕.反渗透水处理设备在工业污水处理中的应用实践[J].清洗世界，2023，39 （10）：131-133.
[3]林洁婷.反渗透水处理设备在工业污水处理中的应用[J].资源节约与环保，2023，（04）：87-90.
[4]滕龙，黄凯，王睿.反渗透水处理设备在工业污水处理中的应用[J].科技创新与应用，2022，12 （29）：165-168.
[5]赵书芳.反渗透水处理设备在工业污水处理中的应用探析[J].清洗世界，2022，38 （01）：76-78.