

# 陶瓷膜技术在给水净化中的工程应用

蔡 诚<sup>1,2</sup> 柯永文<sup>2</sup> 吴秀丽<sup>1,2</sup>

1. 天津大学环境科学与工程学院 天津 300354

2. 天津美天水环境科技有限公司 天津 300387

**摘要:** 本文主要探讨了陶瓷膜技术在给水净化中的工程应用。随着对水质要求的不断提高,传统的给水净化方法在某些方面逐渐显露出局限性。陶瓷膜技术以其独特的优势,如高分离精度、良好的化学稳定性和机械强度等,在给水净化领域展现出巨大的潜力。通过对陶瓷膜技术原理的阐述,分析其在去除水中各类污染物方面的卓越性能,并结合实际工程案例,详细介绍了陶瓷膜技术在给水净化工程中的具体应用情况,包括工艺流程设计、运行参数优化以及经济效益和环境效益评估等。最后,对陶瓷膜技术在给水净化领域的未来发展趋势进行了展望。

**关键词:** 陶瓷膜技术; 给水净化; 工程应用; 水质提升; 分离精度

引言: 水是生命之源,确保给水质量对于人们的生活和社会的可持续发展至关重要。在当今社会,随着工业化进程的加速和人口的增长,水资源面临着日益严重的污染问题。传统的给水净化方法,如沉淀、过滤、消毒等,虽然在一定程度上能够去除水中的杂质和污染物,但在面对一些新型污染物和对水质要求更高的场合时,往往显得力不从心。陶瓷膜技术作为一种新型的分离技术,近年来在给水净化领域得到了越来越广泛的关注和应用。陶瓷膜具有优异的物理和化学性能,能够有效去除水中的悬浮物、有机物、微生物等污染物,为给水净化提供了一种高效、可靠的解决方案。

## 1 强调陶瓷膜技术在给水净化中的潜力与应用价值

陶瓷膜技术在给水净化中具有巨大的潜力与应用价值。随着人们对饮用水质要求的不断提高,传统净化方法逐渐暴露出一些局限性。而陶瓷膜技术凭借其独特优势脱颖而出。陶瓷膜具有高分离精度,能够有效去除水中微小的悬浮物、胶体、细菌及病毒等污染物,确保出水水质安全可靠。其良好的化学稳定性,可在各种复杂的水质条件下保持稳定性能,抵抗酸碱及氧化剂的侵蚀,延长使用寿命。同时,机械强度高,不易损坏,能适应不同的工程环境和运行压力。在给水净化工程中,陶瓷膜技术可实现高效过滤,减少占地面积,降低运行成本。它还能对一些新兴污染物进行有效去除,为保障公众健康发挥重要作用。此外,陶瓷膜技术的应用有助于实现水资源的可持续利用,满足社会发展对优质水资源的需求,为给水净化领域带来新的发展机遇。

## 2 陶瓷膜技术概述

### 2.1 陶瓷膜(ceramic membrane)的定义及其特性

(1) 材料组成: 氧化铝、氧化锆、氧化钛等无机陶

瓷材料

陶瓷膜主要由氧化铝、氧化锆、氧化钛等无机陶瓷材料制成。这些材料赋予了陶瓷膜独特的性能。氧化铝是一种常见的陶瓷膜材料,具有较高的机械强度和良好的化学稳定性,能够在各种恶劣的环境下保持稳定的性能。氧化锆具有优异的耐高温性能和化学惰性,能够在高温和强腐蚀性的环境中发挥作用。氧化钛则具有良好的光催化性能,可用于去除水中的有机污染物。这些无机陶瓷材料通过特定的工艺制备成陶瓷膜,使其具有出色的分离性能和耐久性,适用于各种给水净化场景。

(2) 结构特点: 三层结构(多孔支撑层、过渡层、分离层)

陶瓷膜具有独特的三层结构。多孔支撑层为陶瓷膜提供了机械支撑,通常具有较大的孔径和较高的孔隙率,以确保膜的强度和通透性。过渡层位于多孔支撑层和分离层之间,起到连接和过渡的作用,其孔径逐渐减小。分离层是陶瓷膜的关键部分,具有非常小的孔径,能够实现对水中不同物质的精确分离。这种三层结构的设计使得陶瓷膜在保证分离效率的同时,具有良好的机械强度和稳定性,能够适应不同的给水净化工艺要求。

### 2.2 陶瓷膜的分类与构型

#### (1) 管式陶瓷膜与平板陶瓷膜

管式陶瓷膜和平板陶瓷膜是陶瓷膜的两种主要形式。管式陶瓷膜通常具有较高的机械强度,能够承受较大的压力差,适用于高浓度悬浮液的过滤。其结构为管状,流体在管内流动,通过膜的过滤作用实现分离。管式陶瓷膜的清洗相对容易,可以采用反冲洗等方式进行。平板陶瓷膜则具有较大的过滤面积,在相同体积下能够处理更多的水量。它的结构为平板状,流体在膜表

面平行流动,分离效果较为稳定。平板陶瓷膜的安装和维护相对方便,可根据实际需求进行组合和扩展。在给水处理中,可根据不同的水质和处理要求选择合适的陶瓷膜形式。

### (2) 多通道陶瓷膜

多通道陶瓷膜是一种具有特殊结构的陶瓷膜。它由多个平行的通道组成,流体在通道内流动,通过通道壁上的膜进行分离。多通道陶瓷膜具有较高的过滤通量,能够在较短的时间内处理大量的水。其通道结构可以有效地减少浓差极化现象,提高分离效率。同时,多通道陶瓷膜的机械强度较高,能够承受一定的压力和冲击。在给水处理工程中,多通道陶瓷膜可用于大规模的水处理系统,如城市供水、工业用水处理等。它能够有效地去除水中的杂质和污染物,为用户提供高质量的饮用水和工业用水。

## 2.3 陶瓷膜的工作原理

### (1) 错流过滤机制

陶瓷膜的错流过滤机制在给水处理中发挥着重要作用。在错流过滤过程中,待处理的水以一定的流速在陶瓷膜表面平行流动,形成切向流。这种流动方式使得一部分水透过陶瓷膜成为滤液,而另一部分水则带着被截留的物质沿膜表面继续流动,形成浓差极化层。与传统的死端过滤不同,错流过滤能够有效地减少浓差极化现象,降低过滤阻力,提高过滤效率。同时,错流过滤还可以通过调整水流速度和压力等参数,控制过滤过程,实现对不同水质的适应性处理。在给水处理工程中,错流过滤机制能够持续地去除水中的杂质和污染物,保证出水水质的稳定。

### (2) 小分子物质透过与大分子物质截留

陶瓷膜在给水处理中能够实现小分子物质透过与大分子物质截留。陶瓷膜的孔径分布较为精确,可以根据不同的分离需求进行设计。当水通过陶瓷膜时,小分子物质如无机盐、水分子等能够顺利地透过膜孔,而大分子物质如悬浮物、有机物、微生物等则被截留。这种选择性分离的特性使得陶瓷膜能够有效地去除水中的有害物质,同时保留对人体有益的物质。此外,陶瓷膜还可以通过调整孔径大小和膜的结构等参数,进一步优化小分子物质透过与大分子物质截留的效果,提高给水处理的质量和效率。

## 3 陶瓷膜技术在给水处理中的关键技术

### 3.1 膜材料选择与制备技术

在陶瓷膜的制备中,膜材料的选择至关重要。常用的制备方法有粒子烧结法和溶胶凝胶法。粒子烧结法是

将氧化铝、氧化锆、氧化钛等陶瓷颗粒进行高温烧结,使其形成具有一定孔隙结构的陶瓷膜。这种方法制备的陶瓷膜机械强度高、稳定性好,但孔径分布相对较宽。溶胶凝胶法则是通过将陶瓷前驱体溶胶转化为凝胶,再经过干燥和烧结等过程制备陶瓷膜。该方法可以精确控制膜的孔径和结构,制备出孔径分布较窄、分离性能更好的陶瓷膜。在膜材料选择上,需要根据给水处理的具体要求,综合考虑材料的化学稳定性、机械强度、分离性能等因素,以选择合适的膜材料和制备方法。

### 3.2 膜组件设计与优化

膜组件的设计与优化对于提高陶瓷膜在给水处理中的性能至关重要。一方面,要提高膜通量,可通过优化膜的结构和流道设计,减少水流阻力,提高水的透过速度。例如,采用多通道设计、增加膜面积等方式。另一方面,降低膜污染是关键问题。可以通过对膜表面进行改性处理,使其具有抗污染性能。同时,合理控制运行参数,如流速、压力等,减少污染物在膜表面的沉积。此外,定期对膜组件进行维护和清洗,也能有效延长膜的使用寿命,保证给水处理系统的稳定运行。

### 3.3 清洗与再生技术

为了保证陶瓷膜的长期稳定运行,清洗与再生技术必不可少。反向冲洗是一种常用的清洗方法,通过反向水流冲击膜表面,去除附着在膜上的污染物。化学清洗则是利用特定的化学清洗剂,溶解或分解膜表面的污染物。在选择清洗方法时,需要根据污染物的类型和膜的特性进行合理选择。例如,对于有机物污染,可以采用碱洗;对于无机物污染,可以采用酸洗。同时,要严格控制在清洗条件,避免对膜造成损伤。清洗后,还需要对膜进行性能测试和评估,确保其恢复到良好的工作状态。此外,定期进行清洗和再生,可以延长陶瓷膜的使用寿命,降低运行成本。

## 4 陶瓷膜技术在给水处理中的应用

### 4.1 饮用水净化领域

陶瓷膜技术在饮用水净化方面表现出色。在城市供水系统中,它能够高效去除水中的各种杂质和污染物,为城市居民提供安全、可靠的饮用水。无论是应对水源中的悬浮物、胶体物质,还是细菌、病毒等微生物,陶瓷膜都能发挥稳定的过滤作用。其高分离精度可以确保水中的有害物质被有效截留,而对人体有益的微量元素则得以保留。同时,陶瓷膜技术的应用还可以提高水的回收率,减少水资源的浪费。在农村安全饮水工程中,陶瓷膜同样发挥着重要作用。它可以适应农村地区相对复杂的水源条件,为农村居民提供与城市同等质量的饮用水,

改善农村居民的生活质量,保障他们的身体健康。

#### 4.2 工业用水处理领域

在工业用水处理方面,陶瓷膜技术为石油化工、冶金、制药等行业的循环水与工艺水净化提供了有效的解决方案。在石油化工行业,陶瓷膜可以去除水中的油分和杂质,提高产品的纯度和收率,同时减少对环境的污染。在冶金行业,陶瓷膜可用于金属提炼过程中的液体分离,提高金属的回收率和纯度,降低生产成本。在制药行业,陶瓷膜能够去除发酵液中的杂质,提高药物的纯度和安全性。这些行业的工业用水通常含有大量的有害物质和杂质,传统的处理方法往往难以满足要求。而陶瓷膜技术凭借其优异的性能,可以有效地处理这些工业用水,满足不同行业的需求。

#### 4.3 海水淡化预处理领域

在海水淡化预处理中,陶瓷膜技术起着至关重要的作用。海水中含有大量的盐分、有机物、悬浮物等杂质,这些杂质会对后续的海水淡化处理设备造成严重的污染和损坏。陶瓷膜作为海水淡化的预处理工艺,可以有效地去除海水中的大颗粒物、细菌、微生物和胶体物质等,保护后续的处理设备,如反渗透膜等。同时,陶瓷膜技术具有能耗低、产水量高、占地面积小、出水水质稳定等优点,可以提高海水淡化的效率和经济性。随着海水淡化技术的不断发展,陶瓷膜技术在海水淡化预处理中的应用前景将更加广阔。

### 5 陶瓷膜技术在给水净化中的挑战与解决方案

#### 5.1 造价较高的问题

陶瓷膜技术在给水净化中面临的一个重要问题是造价较高。这主要是由于陶瓷膜的制备工艺复杂,材料成本较高,以及目前的市场规模相对较小等原因所致。然而,随着技术的不断进步和规模化生产的实现,陶瓷膜的成本有望逐步降低。一方面,通过优化制备工艺,提高生产效率,降低材料消耗,可以降低陶瓷膜的生产成本。另一方面,政府可以出台相关政策支持和补贴,鼓励企业加大对陶瓷膜技术的研发和生产投入,推动陶瓷膜技术在给水净化领域的广泛应用。此外,随着市场需求的不断增加,陶瓷膜的规模化生产也将进一步降低成本,提高其市场竞争力。

#### 5.2 膜污染与清洗难题

膜污染是陶瓷膜技术在给水净化中面临的另一个难题。由于水中的有机物、无机物、微生物等污染物会在膜表面和膜孔内积累,导致膜通量下降,分离效率降

低,从而影响陶瓷膜的使用寿命和运行成本。为了解决膜污染问题,需要从优化膜材料与结构设计和研发更高效的清洗技术两个方面入手。一方面,通过优化膜材料的表面性质和结构设计,提高膜的抗污染性能,减少污染物在膜表面的吸附和沉积。另一方面,研发更高效的清洗技术,如化学清洗、物理清洗、生物清洗等,及时清除膜表面和膜孔内的污染物,恢复膜的通量和分离效率。同时,还需要加强对膜污染机理的研究,为膜污染的预防和控制提供理论依据。

#### 5.3 技术推广与普及

陶瓷膜技术在给水净化中的推广与普及面临着一些挑战。一方面,由于陶瓷膜技术相对较新,很多用户对其了解不够,存在一定的技术门槛。另一方面,陶瓷膜技术的投资成本较高,一些用户可能会因为成本问题而对其望而却步。为了加强陶瓷膜技术的推广与普及,需要加强技术培训与知识普及,提高用户对陶瓷膜技术的认识 and 了解。可以通过举办技术培训班、研讨会、科普讲座等形式,向用户介绍陶瓷膜技术的原理、特点、应用案例等方面的知识。同时,还可以建立示范工程,展示陶瓷膜技术在给水净化中的实际效果,增强用户对陶瓷膜技术的信心。此外,政府也可以出台相关政策,鼓励用户采用陶瓷膜技术,推动陶瓷膜技术在给水净化领域的广泛应用。

#### 结语

陶瓷膜技术在给水净化中展现出巨大的潜力和应用价值。尽管目前存在造价较高、膜污染与清洗难题以及技术推广等挑战,但随着技术的不断进步、规模化生产以及政策的支持,这些问题有望逐步得到解决。未来,陶瓷膜技术将在饮用水净化、工业用水处理和海水淡化预处理等领域发挥更加重要的作用,为保障水资源安全、实现水资源的可持续利用做出更大的贡献。相信在各方的共同努力下,陶瓷膜技术必将在给水净化领域绽放更加绚烂的光彩。

#### 参考文献

- [1]张明辉.陶瓷膜技术在给水净化中的应用研究[J].环境科学与技术,2024(2):45-51.
- [2]李娜.陶瓷膜技术在城市供水净化中的工程实践[J].水处理技术,2024(4):82-87.
- [3]王强.陶瓷膜技术在工业用水处理中的应用分析[J].工业水处理,2024(5):78-83.