

重离子微孔膜增氧技术探究

杨思聪 廖志军 张信武 耿春茂 彭东豪

广东科清环境技术有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i7.2168

[摘要] 重离子微孔膜作为一种先进的精密筛分材料,近年来在多个领域展现出其独特的优势,特别是在水体增氧和水处理方面。本文旨在探讨重离子微孔膜在水体增氧技术中的应用,通过理论分析与实验验证,探讨其增氧效率、节能环保特性及对水体环境的改善效果。研究表明,重离子微孔膜增氧技术能显著提高水体溶解氧含量,促进水体自净,为水体增氧提供了一种高效、可持续的解决方案。

[关键词] 重离子微孔膜; 水体增氧; 增氧效率

中图分类号: S969.32+1 **文献标识码:** A

Exploration of Heavy Ion Microporous Membrane Oxygenation Technology

Sicong Yang Zhijun Liao Xinwu Zhang Chunmao Geng Donghao Peng

Guangdong Keqing Environmental Technology Co., Ltd

[Abstract] In recent years, heavy ion microporous membrane has emerged as an advanced precision screening material, demonstrating unique advantages in various fields, particularly in water oxygenation and treatment. This paper aims to explore the application of heavy ion microporous membrane in water oxygenation technology through theoretical analysis and experimental verification. It seeks to investigate its oxygenation efficiency, energy-saving characteristics, environmental benefits, and its impact on improving water quality. The research indicates that heavy ion microporous membrane oxygenation technology can significantly enhance the dissolved oxygen content of water bodies, facilitate self-purification processes, and offer an efficient and sustainable solution for treating water pollution.

[Key words] Heavy ion microporous membrane; Water oxygenation; Oxygenation efficiency

引言

水体增氧作为水环境管理和水质提升的重要手段之一,近年来受到了广泛关注。随着工业化、城市化进程的加快以及农业活动的增加,水体富营养化、水质恶化等问题日益严重,导致水体中的溶解氧含量显著下降,进而影响水生生态系统的平衡和稳定。

为了应对这一挑战,科清公司技术研发团队开发重离子微孔膜增氧技术。该技术利用重离子微孔膜作为气体传输的介质,通过微孔结构实现高效、均匀的气泡释放,从而提高水体中的溶解氧含量。相较于传统的增氧方式,重离子微孔膜增氧技术具有能耗低、增氧效率高、对环境影响小等优点,为水体增氧提供了新的思路和技术路径。

本文旨在深入探究重离子微孔膜在水体增氧技术中的应用效果与机制,通过理论分析与实验验证相结合的方法,系统评估其增氧效率、节能环保特性以及对水体环境的改善效果。研究成果不仅有助于丰富水体增氧技术的理论体系,也为实际的水环境治理工程提供了重要的参考依据和技术支持。

1 重离子微孔膜制备技术

重离子微孔膜是通过加速器重离子束流辐照高分子薄膜,再经过化学蚀刻处理制备而成的一种优质微孔膜。其微孔近似圆柱形,孔型圆整,孔径大小均匀,可根据需求严格控制。相比其他微孔膜,重离子微孔膜具有更高的机械性能、化学稳定性和热稳定性。

制备过程: 辐照阶段: 利用加速器产生的重离子束(如 $(32)\text{S}$ 、 $(79)\text{Br}$ 等)轰击高分子薄膜(如聚对苯二甲酸乙二醇酯PET),使材料的高分子链损伤,在薄膜内部沿离子入射路径形成柱状潜径迹。

化学蚀刻: 对辐照后的薄膜进行严格的化学蚀刻处理,使潜径迹形成微孔。蚀刻过程需严格控制条件,以保证微孔的尺寸和密度符合设计要求。

后处理: 对蚀刻后的微孔膜进行精细的后处理,如清洗、干燥等,以提高其性能和使用寿命。

2 重离子微孔膜增氧技术原理

重离子微孔膜增氧技术利用高速旋流和水力剪切的气液混

合技术,将透过微孔膜孔的气体通过高速水流切割,产生大量微纳气泡。这些微纳气泡在水中具有更大的比表面积和更长的停留时间,从而显著提高水体的溶解氧含量。

3 实验设计

3.1 试验目的

对重离子微孔膜增氧设备即“增氧枪”的氧传质性能进行测定,确定增氧枪的氧总传质系数、充氧能力、充氧动力效率和氧利用率。

氧总传质系数:用 K_La 表示,单位为 L/min 。在数值上与曝气器在测试条件下、单位传质推动力作用时,单位时间向单位体积水中传递的氧气质量相同。

充氧能力:曝气器在标准状态、测试条件下,单位时间向溶解氧浓度为零的水中传递氧的数量。

充氧动力效率:曝气器在标准状态、测试条件下消耗 $1KW \cdot h$ 有用功传递到水中的氧量。

氧利用率:曝气器在标准状态、测试条件下,传递到水中的氧量占曝气器供氧量的百分比。

3.2 清水测试装置设计

清水测试是在 $4 \times 2 \times 2m$ 箱体对离子膜增氧枪的氧传质性能进行测定,确定增氧枪的氧总传质系数、充氧能力、充氧动力效率和氧利用率。需在池体安装楼梯,池体上方设平台,保证清水试验过程中的便利性,保证增氧设备和仪表安装满足试验条件。

增氧枪安装在池体中心线位置,枪口安装位置距池底 $1m$,液体流量计安装至增氧枪进水前,用于测定进水流量;气体流量计安装至增氧枪进气前,用于测定进气流量;压力表安装至进气前,用于测定进气压力和大气压;溶解氧测定仪探头分别安装至水面下 $0.5m$ 处(1#测试点)、水深 $1/2$ 处(2#测试点)和池底以上 $0.5m$ 处(3#测试点),用于记录溶解氧数据变化。下图1为清水测试装置示意图:

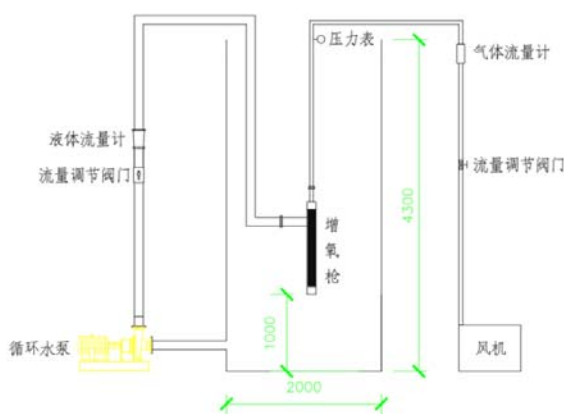


图1 为清水测试装置示意图

3.3 清水测试试验方案

3.3.1 测试原理。利用还原剂亚硫酸钠去除水体中的溶解氧,同时使用催化剂二氯化钴加快对氧的消除速度,水体中的溶解氧完全消除后再利用曝气装置对水体复氧,测定水体中溶解氧浓度随时间变化的趋势。

3.3.2 测试内容。溶解氧浓度记录,气体流量、气压和温度记录。通过对溶解氧数据进行拟合分析,得到增氧枪的总氧传质系数、氧利用率等参数。

3.3.3 测试依据。根据相关标准规范开展性能测试,所依据标准:《微孔曝气器清水氧传质性能测定》CJ/T475-2015。

3.3.4 测试步骤。(1)安装好增氧枪和溶氧仪等仪器仪表,并对设备进行初步调试,调试正常运行后进行下一步操作;(2)投加氯化钴,配置成溶液后加入,保持水中 Co^{+} 浓度在 $0.1mg/L \sim 0.5mg/L$;(3)投加亚硫酸钠(可配制溶液,也可投加粉末状药剂),要求亚硫酸钠中不含有钴杂质,使装置内所有位置的溶解氧浓度降低到 $0.5mg/L$;(4)记录水温、气温、大气压数据,启动气泵和潜水泵,记录水流量、气体流量、气压和溶解氧变化数据。

3.4 实验结果

3.4.1 测试结果分析。(1)氧总传质系数 K_La 。曝气充氧过程属于氧传质过程,在氧由气相向液相传递过程中,阻力主要来自于液膜,液膜氧传质微分方程详见式(1),将式(1)积分并整理可得式(2)。

$$\frac{dc}{dt} = K_L a (C_{\infty}^* - C) \quad (1)$$

$$\ln(C_{\infty}^* - C) = \ln(C_{\infty}^* - C_0) - K_L a \cdot t \quad (2)$$

式中:

——与曝气时间 t 相对应的水中溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L);

——曝气时间,单位为分钟(min);

——曝气器在测试点处得氧总传质系数,单位为每分(L/min);

——时间趋于无限大,测试点达到稳定状态时的饱和溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L);

——测试点在时刻为零时的溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L)。

根据测得数据,利用回归法可求得式(2)方程的斜率及为该测试条件的 K_La 值,按式(3)可求出标准状态、测试条件下的 K_La 值。

$$K_L a_s = K_L a \times \theta^{(20-T)} \quad (3)$$

——标准状态、测试条件下,曝气氧总传质系数,单位为每分($1/min$);

——测试水温条件下,曝气器氧总传质系数,单位为每分($1/min$);

——温度修正经验系数,可取 1.024 ;

T ——测试期间水温,取测试过程平均温度,单位摄氏度。

(2)充氧能力。依据以下公式计算:

$$q_c = K_L a \cdot V \cdot C_{\infty(20)}^* = 0.55 \cdot V \cdot K_L a \quad (4)$$

- 标准状态、测试条件下，曝气器充氧能力，kg/h；
 - 测试水池中水的体积，m³；
 - 20摄氏度水中饱和溶解氧浓度9.17，mg/L；
- 0.55=60/1000*9.17。

(3) 充氧动力效率。

$$E = \frac{q_c}{N_T} \quad (5)$$

式中：E——标准状态、测试条件下曝气器充氧理论动力效率(kg/kW·h)；

- 曝气器充氧能力(kg/h)；
- 曝气器充氧时所耗理论功率(kW·h)

(4) 氧利用率。氧利用率公式如下

$$\varepsilon = \frac{q_c}{0.28 \times q} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

- 标准状态、测试条件下，曝气器氧气利用率，%；
 - 标准状态、测试条件下，曝气器充氧能力，kg/h；
- 0.28——标准状态下，1立方米空气所含氧气的重量，kg/m³；

q——标准状态下(0.1MPa，20℃)曝气器通气量(m³/h)，按下式计算。

- 气体实际流量，m³/h；
 - 测试时气体的绝对压力，MPa；
 - 测试时气体的绝对温度，(273+T)K；
- P——0.1MPa；
- 绝对温度293K。

3.4.2 试验数据整理参数对比表。

表1 试验数据整理参数对比表

序号	增氧设备	充氧效率	充氧能力 kgO ₂ /h	充氧动力效率 kgO ₂ /kW·h	气量 m ³ /h
1	增氧枪 KQ65	50.79%	0.32	5.3	2.5
2	增氧枪 KQ80	52.40%	0.42	5.6	1
3	膜片式微孔曝气器	41.10%	0.13-0.28	4.2	2.0
4	碟式射流曝气器	32%	0.25-0.30	3.8	1.8
5	旋流式曝气器	22%	0.21-0.31	3.4	2.1

4 分析与讨论

4.1 增氧效率

增氧枪在充氧效率上具有较大优势，市场上普通曝气器的充氧效率一般在20~30%，增氧枪清水测试结果表明，不同型号的增氧枪在不同运行参数下的增氧效率不同，但增氧枪平均充氧效率在50%左右，最高充氧效率能达到52.40%。由此可见重离子微孔膜增氧技术通过产生大量微纳米气泡，显著提高了水体的溶解氧含量。微纳米气泡具有更大的比表面积和更长的停留时间，有利于气体在水中的溶解和扩散。

4.2 节能环保

相比传统增氧方式，重离子微孔膜增氧技术具有更低的能耗和更高的效率。微纳米气泡的生成过程无需复杂的机械设备和大量能源输入，且微孔膜材料具有优良的化学稳定性和热稳定性，使用寿命长，维护成本低。

4.3 环境效益

依据增氧枪的特性，重离子微孔膜增氧技术不仅能提高水体溶解氧含量，还能促进水体中的污染物氧化分解，改善水质。这对于水体黑臭现象的治理、水生生态系统的恢复具有重要意义。

5 结论

科清增氧枪增氧在充氧效率上可达50%以上，常规曝气器的充氧效率一般为30%~40%左右；在充氧能力方面科清增氧枪可达到0.5~0.6(kgO₂/m³·h)，常规曝气器一般为0.3~0.4(kgO₂/m³·h)。重离子微孔膜增氧技术作为一种新型的水体增氧方式，具有增氧效率高、节能环保、环境效益显著等优点。通过本文的探讨和实验验证，证明了该技术在提高水体溶解氧含量、改善水质方面的可行性和有效性。未来，随着技术的不断发展和完善，重离子微孔膜增氧技术有望在更多领域得到广泛应用和推广。

[参考文献]

- [1]赵晓蕊.污水处理中曝气设备的应用简介[J].城市建设理论研究(电子版),2015(5):458-459.
- [2]张塞,张有忱,阎华,等.污水处理中曝气设备的研究进展[J].广东化工,2015,42(5):83-84,86.
- [3]林乐峰,冉炜,冯宪章,微孔管器水下曝气增氧技术[J].中国水产,2008,(11).74-75.
- [4]杜堂正,李德昌,聂丽华.一种新型曝气设备及其气液传质研究[J].化工进展,2005,24(5):526-531.

作者简介:

杨思聪(1990--),男,汉族,广东人,大学本科,生态环境中级工程师,从事的环保行业环境治理、水处理等工作。