

Silicon carbide ceramic membrane is used to treat coal slurry thickening wastewater suspended solids

Wenfeng Zhao

China Coal Technology and Engineering Xi'an Research Institute (Group) Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

With the widespread application of silicon carbide ceramic membrane separation technology, its excellent physical strength, corrosion resistance, and pollution resistance have led to its extensive use in treating complex water quality. This paper primarily explores the feasibility of using silicon carbide ceramic membranes for coal slurry thickening wastewater treatment. The study shows that by employing a process of "regulation tank + silicon carbide membrane treatment + filtration", it is possible to significantly enhance removal efficiency, reduce operating costs, save space, and minimize maintenance requirements.

Keywords

silicon carbide; Ceramic film; Water treatment; Coal slurry wastewater

碳化硅陶瓷膜处理煤浆提浓废水悬浮物

赵文峰

中煤科工西安研究院（集团）有限公司，中国·陕西 西安 710000

摘 要

随着碳化硅陶瓷膜分离技术的推广应用，其良好的物理强度、耐腐蚀性及抗污染能力强已在复杂水质得到广泛应用。本文主要探讨了碳化硅陶瓷膜在处理煤浆提浓废水的可行性，研究表明，通过“调节池+碳化硅膜处理+过滤”工艺，能有效提高去除效率、降低运行成本、节约占地面积及减少维护工作量。

关键词

碳化硅；陶瓷膜；水处理；煤浆废水

1 引言

近年由于碳化硅陶瓷膜有良好的分离特性、较高的机械强度、耐酸碱腐蚀以及较好的维护成本等优点，成功应用于水处理及其他行业^[1]。碳化硅陶瓷膜技术的应用能有效降低水处理运行及维护费用，减少技改占地面积，碳化硅陶瓷膜的成本及寿命及运行条件是制约应用的主要因素^[2]。为了降低碳化硅陶瓷膜的使用和维护成本，亟待寻找廉价的可替代性膜材料^[3]，将自然界中丰富的粘土和纳米石材料作为陶瓷膜的支撑体原材料，不仅能降低制备成本，还能实现对自然资源的保护。为打通上下游，便于煤炭输送，某管道公司将煤炭研磨不同粒径粉末，配成 53% 煤浆输送，全长 727 公里，53% 浓度煤浆由于具有紊流性、粘度低、磨蚀小、比较稳定的特性，开辟了煤炭运输的第三种物流模式。煤浆

到达终端站后，经提浓系统将 53% 的煤浆制成 65% 的煤浆，离心、压滤的废水进入水处理系统进行处理^[4]。

2 实验部分

2.1 实验用水

实验进入为提浓废水，水质如表 1 所示。处理规模为 465m³/h。

表 1 提供废水来水水质

指标	pH 值	CODcr	悬浮物	TDS	总硬度	电导率
数值	7.9	12-20	500-1000	1760	680	2930

2.2 实验装置

本实验采用“调节池 + 过滤器 + 陶瓷膜过滤 + 回用”工艺流程，如图 1 所示。主要分析装置对不同进水悬浮物的去除效果及运行方式。

碳化硅陶瓷膜系统由膜组、供水泵、反洗罐、化学清洗泵以及阀门管道组成，运行过程三个流程，分为在线运行、在线反洗，离线化学清洗，碳化硅陶瓷膜设备运行工艺图如图 2 所示。

【基金项目】中煤科工西安研究院（集团）有限公司科技创新基金（项目编号：2024XAJS16）。

【作者简介】赵文峰（1987-），男，中国山东滕州人，硕士，工程师，从事水污染控制工程研究。

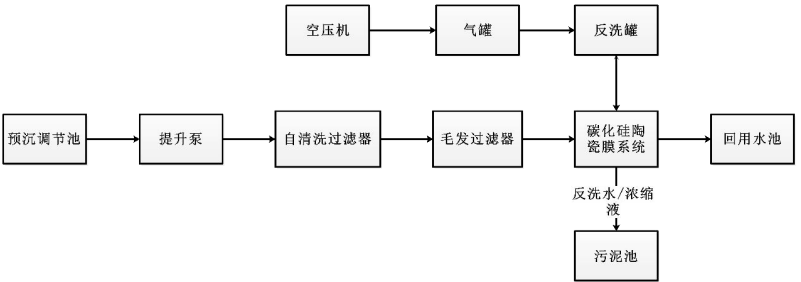


图 1 实验工艺流程图

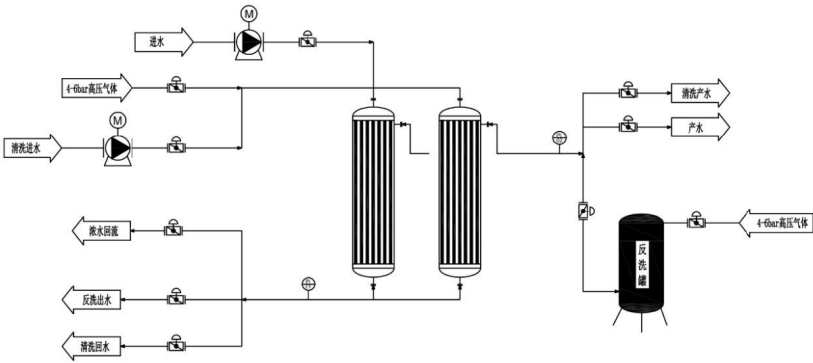


图 2 设备运行工艺图

2.3 检测方法

pH: 玻璃电极法 CODcr: 哈希 CODmax III 悬浮物: patcech 750 及 E+H CM442-CUS51D

3 结果与讨论

3.1 悬浮物含量为 500mg/L 实验

当悬浮物在 500mg/L 时，进行数据分析，设备运行反洗周期由时间进行控制，反洗周期为 3h，设备产水量为 1m³/h 如图 3 所示，反洗排污量为 0.1m³/h，吨水电耗为 0.03kWh，出水平均悬浮物含量为 0.3mg/L 进水压力控制在 0.05MPa 如图 4 所示。

3.2 悬浮物含量为 1000mg/L 实验

当悬浮物在 1000mg/L 时，进行数据分析，设备运行反洗周期由时间进行控制，反洗周期为 150min，设备产水量为 1m³/h 如图 5 所示，反洗排污量为 0.1m³/h，吨水电耗为 0.03kwh，出水平均悬浮物含量为 0.3mg/L 进水压力控制在 0.05MPa 如图 6 所示。

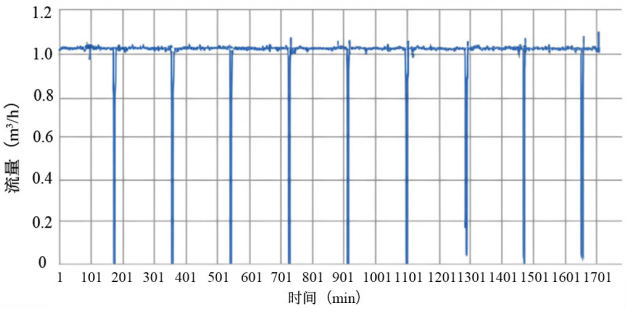


图 3 设备产水与运行时间

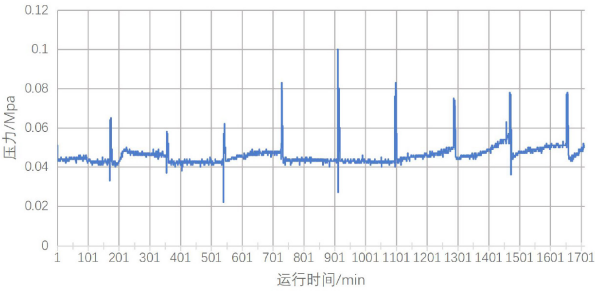


图 4 设备运行压力图

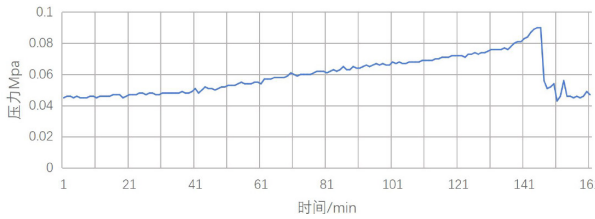


图 5 设备运行时间图

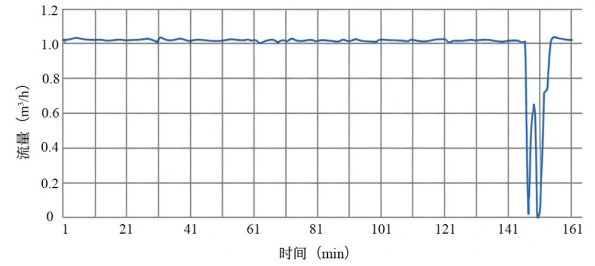


图 6 设备运行压力图

3.3 反洗对膜性能恢复

将设备运行时每次反冲洗后运行压力值进行总结,图7为试验期间每次反冲洗后进膜压力变化曲线图,因压力数据与悬浮物含量有关,存在一定波动,通过对压力值数据进行线性模拟后,可以看出,在试验前后,反洗后平均进水压力仅从0.043增加至0.046,变化较小,说明在0.2MPa反洗压力下对碳化硅陶瓷膜进行反冲洗时,膜具备较好的恢复性能。



图7 设备反冲洗压力图

3.4 化学清洗

化学清洗试验清洗前对设备运行各项参数进行记录,清洗过程中对清洗液进膜压力,产水侧压力以及产水流量进行记录,在清洗液流量保持不变时,碱洗过程在进行90分钟后进膜压力与产水压力差值不再变化,差值不变化表明碱洗已经不再起作用,碱洗结束。碱洗完成后重新启动设备,再次记录运行时各项参数,产水流量与产水压力不变,清洗前后进膜压力从0.052MPa降低至0.046MPa,表明1%次氯酸钠与0.1%的氢氧化钠具备较好的清洗效果。

碱洗结束后继续进行酸洗,清洗过程在45分钟后进膜压力与产水压力差值不再发生变化,表明酸洗已经不再起作用,酸洗结束。酸洗完成后重新启动设备,记录设备运行各项参数,在产水流量与产水压力相同时,清洗前后进膜压力从0.046MPa降低至0.043MPa,恢复至初始状态,表明0.4%的柠檬酸溶液对膜有较好的恢复性。

综合上述数据可知膜初始压力即为0.043MPa,试验后压力升高至0.052MPa,在进行化学清洗后进膜压力恢复0.043MPa,说明碳化硅膜在处理该矿井废水受到污染后,采用1%次氯酸钠与0.1%氢氧化钠混合溶液清洗90分钟,再用0.4%柠檬酸溶液清洗45分钟,即可完全恢复至初始状态。

3.5 运行成本分析

以目前试验地点某管道公司为例,正常条件下进水悬浮物小1000mg/L,因此成本核算时悬浮物以<1000mg/L来计算。按照400m³/h流量,每天24h运行,每天处理9600m³水量,电费0.75元/kWh计算:

年运行能耗费用: $9600 \times 0.03 \times 0.75 \times 365 = 78840$ 元

设备自动运行仅需1人巡检,3班制,需要3人,按照

工资5000元/月计算:

年工资为: $5000 \times 12 \times 3 = 180000$ 元

年总费用: 人工 + 能耗费 = 258840 元。

传统混凝沉淀过滤工艺运行费用核算时,悬浮物以及水量均与上述相同。目前PAC价格市场价约3000元/吨,PAM市场价约18000元/吨,某管道公司提浓废水实际处理过程中在该悬浮物时PAC实际添加量约45mg/L,PAM添加量约2mg/L。

因此按照400m³/h流量,每天处理9600m³水量计算,每天PAC添加量432kg,PAM添加量19.2kg,年药剂费用为: $(0.432 \times 3000 + 0.0192 \times 18000) \times 365 = 599184$ 元。

目前,现车间每班3人,3班制,共计9人,按照工资5000元/月计算:

年工资为: $5000 \times 12 \times 9 = 540000$ 元

年总费用为: 人工 + 能耗费 = 1139184 元

综上所述,与传统工艺相比碳化硅陶瓷膜在运行费用上有很高优势。

4 结论

碳化硅陶瓷膜技术处理煤浆提浓废水中试数据表明,该技术对煤浆提浓废水具备较好的处理效果,设备恒流水稳定,出水悬浮物含量不受进水悬浮物含量变化影响,设备运行费用低^[5],碳化硅膜耐污性好。具体情况如下:

①设备恒流水较为稳定,出水量为1m³/h,瞬时出水量不受进水悬浮物含量波动影响,出水水质不受进水悬浮物含量波动影响,出水悬浮物含量稳定在0.3mg/L。

②在0.2MPa压力作用时间2s,即可将碳化硅膜冲洗恢复,反冲洗过程耗时3分钟,反冲洗一次水量0.3m³。

③1%次氯酸钠与0.1%氢氧化钠混合液清洗90分钟,再用0.4%柠檬酸溶液清洗45分钟,碳化硅膜即可恢复至初始状态。

④设备处理过程无需添加药剂,与传统工艺相比有较低的运行费用。

参考文献

- [1] 宫玉柱, 公茂雷, 康少鑫, 等. 陶瓷膜微滤技术在火电厂含煤废水处理中的应用[J]. 工业水处理, 2021, 41(6):262—265.
- [2] 廖求文. 陶瓷膜过滤去除煤矿矿井水悬浮物[J]. 净水技术, 2021, 40(6):100—106.
- [3] 蒙政成. NCMBR工艺在工业园区污水处理厂升级改造的应用研究[D]. 南宁: 广西大学, 2021.
- [4] 张开明. 电氧化耦合陶瓷膜深度处理污水厂二级出水中抗生素研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2020.
- [5] 林茂宏, 王震, 张开明, 等. 电氧化耦合陶瓷膜处理南方某医院污水的研究[J]. 水处理技术, 2022, 48(1):112—117.