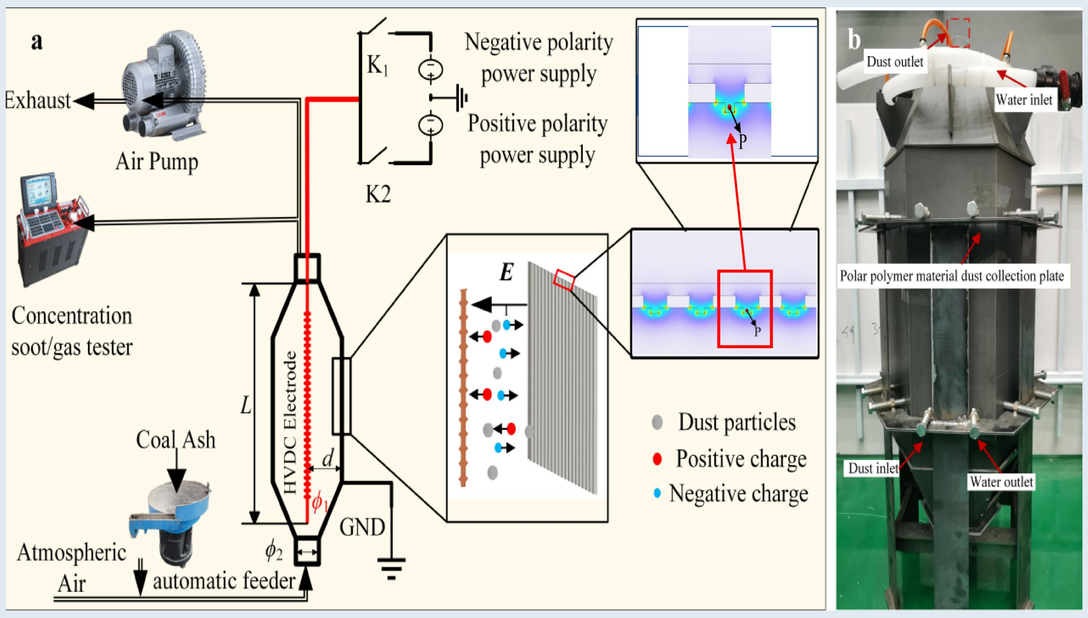
时域极化调控下介质集尘板捕获细颗粒物的理论与实验研究

大气污染问题日益突出，细颗粒物主要源于钢铁、冶金、燃煤电厂及化工等重工业生产过程，细颗粒物高效脱除是工业污染治理的关键任务。

李鑫豪[1]，杨怡轩[1]，李一昉[1]

1.山西大学，太原，山西，中国。



摘要

本研究提出基于电介质极化弛豫效应调控湿式静电除尘器空间电场的方法。首先，基于改进的 Dissado–Hill 弛豫模型建立计及空间电荷削弱弛豫效应的时域极化响应模型；随后，利用 COMSOL Multiphysics 建立传统与改进除尘室仿真模型，集尘板采用凹凸结构 PVC 介质材料，双极性电源由−10 kV反转至+10 kV，仿真不同反转时间下集尘板的弛豫时间与极化强度演化、反转后空间电场分布，并投入荷电灰尘颗粒分析其运动轨迹及电场叠加作用。结果表明：弛豫时间随电压降低而增大，在1 kV 附近达到最大；以1 kV 反转、1s 上升时间时，PVC-空气界面处极化滞后时间约0.91 s、残余极化强度为−1.74×10⁻⁹ C/m²；PP弛豫时间长于PVC；电源反转后除尘室中心合成电场增强约2倍。结论：改进弛豫模型结合 COMSOL 仿真可确定最优电源反转参数与集尘板材料，使荷电灰尘电场由削弱转为增强空间电场，为双极性电源提升细颗粒物捕集提供理论依据。

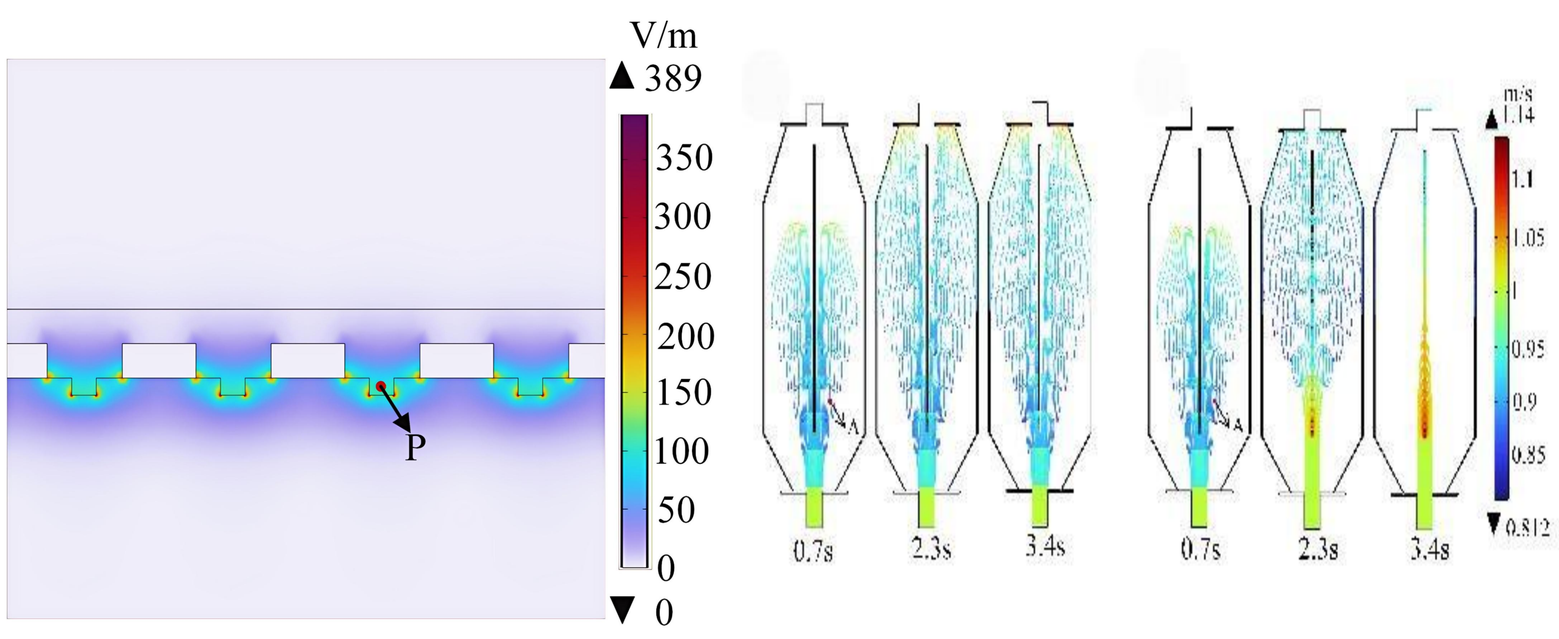


图 1 集尘板弛豫效应的仿真结果以及电场和颗粒运动的仿真结果

方法

集尘板采用电介质材料，借助其在外电场变化下的弛豫效应，促使荷电颗粒与极化电荷协同参与空间电场构建。运用COMSOL 搭建了改进 WESP 模型，得到粉尘颗粒在叠加空间电场下的运动轨迹。

结果

结合 Dissado-Hill 弛豫改进时域模型分析了具有凹凸改进结构集尘板的弛豫特性。使用 COMSOL 仿真，计算了不同电压下的电介质的弛豫时间，确定了极低频双极性电源的最优的参数配置，实现除尘室空间电场最大化。当电源极性反转时，附着在板上凸起处的粉尘颗粒会形成额外增强的电场。结果表明，通过优化除尘板结构和电源配置，不仅能有效捕捉微小颗粒物，还显著提升了除尘效率。

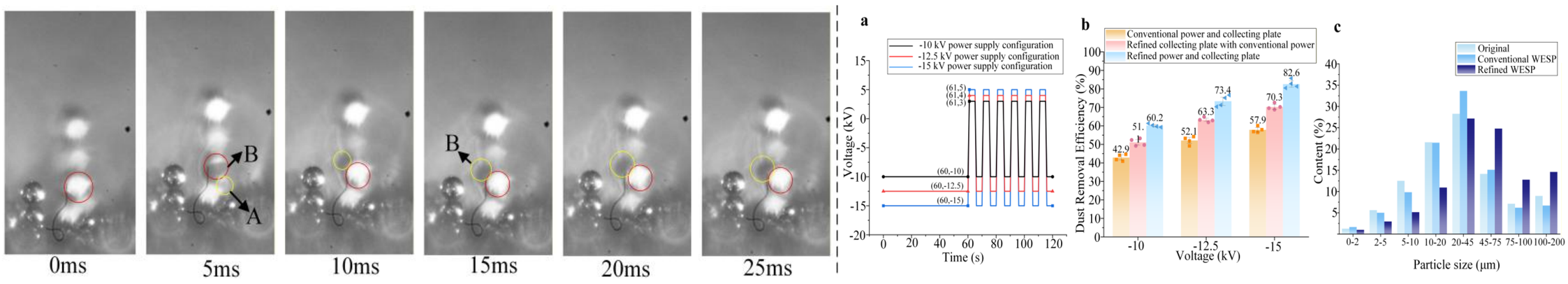


图 2 除尘实验观测颗粒介电弛豫现象以及电压、结果、改进结构下的除尘效率

参考文献

Junmei Tian, Yifang Li, Runnan Chen, Mengfei Li, Jinhua Zhang,Theoretical and experimental studies on capturing fine particulate Matter by dielectric dust-collecting plates under time-domain polarization regulation conditions,Powder Technology,Volume 483,2026