电子产品防"熏黑"主动防御多场耦合仿真研究

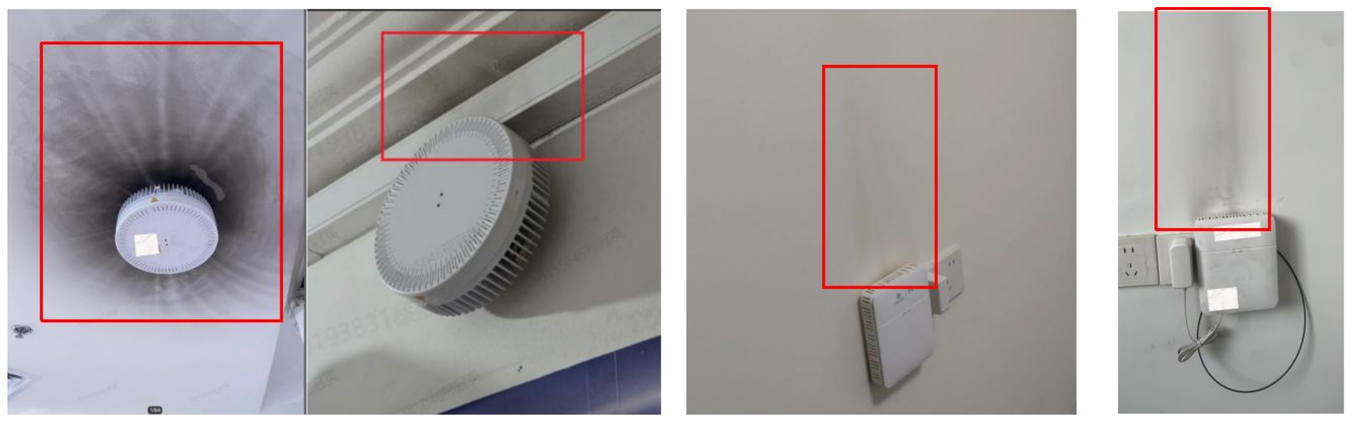
COMSOL 用户年会 2026案例展演

中兴通讯股份有限公司

一、背景与问题

- 问题现象：某些终端产品吸顶安装后墙面/天花板熏黑
- 客户影响：投诉增多，品牌形象受损
- 行业挑战：“熏黑”问题未行业共性问题
- 传统模式：定性分析为主，经验占比 >70%

痛点：缺乏定量工具，依赖主观判断



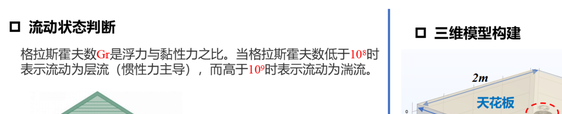
行业共性问题！

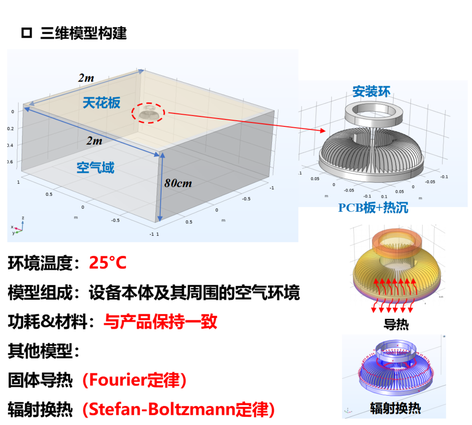
二、多物理场仿真模型构建

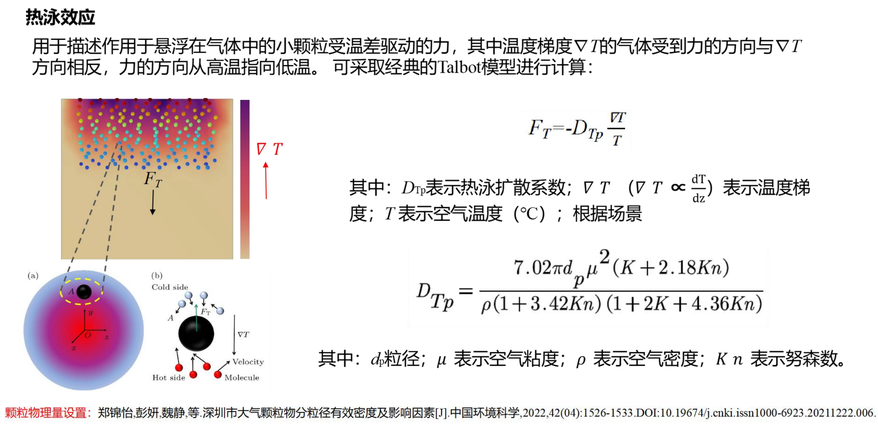
多场耦合物理模型：

1. 流动-传热耦合：三维数学模型，精准定位流态
2. 灰尘动力学：重力/浮升力/曳力/压力梯度力
3. 热泳效应：温度梯度驱动颗粒迁移（关键机理）
4. 跨尺度网格：高效捕捉流动与粒子细节

创新：经验决策70% → 数据决策 ≥80%





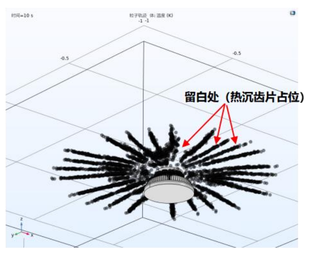


三、实践案例

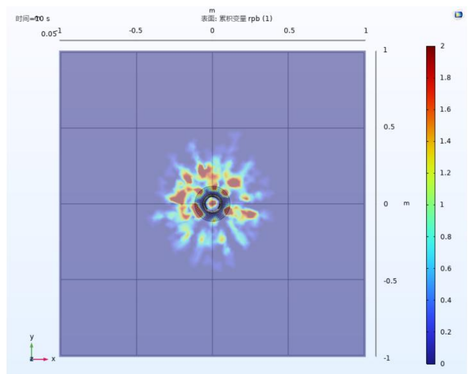
#1吸顶安装场景



外场熏黑实物图



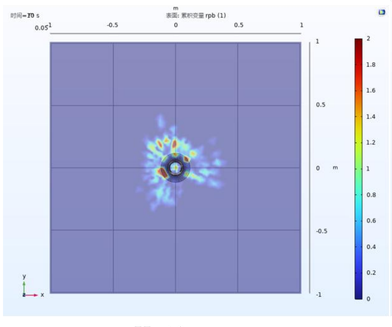
仿真结果



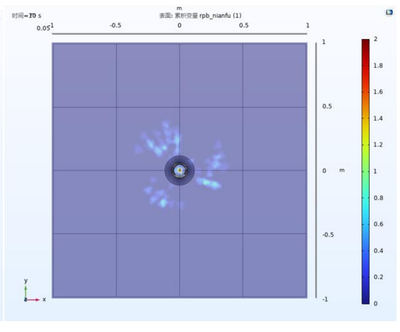
天花板处灰尘粒子沉积密度云图

灰尘粒子沉积形态的细节（齿间留白处）也做到了很好的还原！

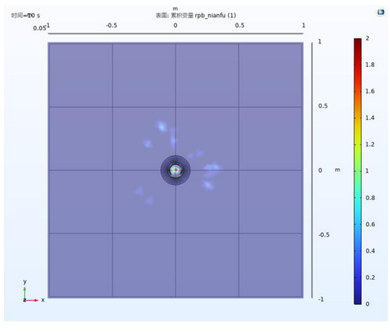
指导防“熏黑”设计



H=10mm

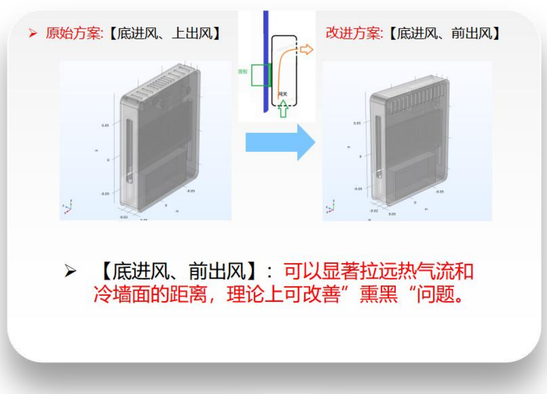


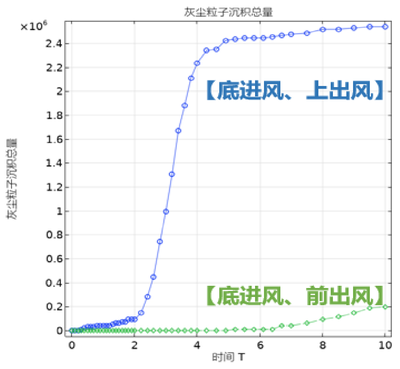
H=20mm



H=30mm

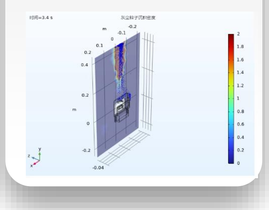
#2贴墙安装场景



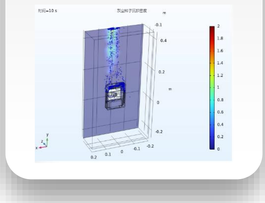


两种方案灰尘粒子沉积量vs时间

灰尘颗粒沉积过程（优化前）



灰尘颗粒沉积过程（优化后）



积尘速率↓92%

无“熏黑”运行时间：提升11.7倍

客户感知层面：我司优化改进后方案可显著延长无熏黑运行时间，从而直观提升客户感知，有效减少外场投诉。