

科技桥

科技桥栏目由本刊编辑部和清华大学科技开发部合办。其目的是推介清华大学和校友企业的科研成果，专利申报，报道院系科研团队、重点实验室和国际科技前沿动态，发布校企及校友企业新产品。

联系方式：《水木清华》编辑 010-62797884

科技开发部《科技桥》编辑 010-62785671

邮 箱：smthkj@tsinghua.org.cn 、kj@tsinghua.edu.cn

项目推介

梯度扩散及相对扫掠清除雾霾技术与装备

清华大学航天航空学院

成果介绍

灰霾正对人们的健康产生着越来越严重的影响，大雾导致机场和高速公路封闭时常严重影响人们的出行，也给运营商带来不小的经济损失。而由于雾霾存在的空间广阔、流动性强，清除雾霾又有着远远大于固定污染源治理的难度。

基于十多年对细微固体和液体颗粒在电磁流体场中运动行为、荷放电机理、PM2.5 的物理化学性质等研究和在细微颗

粒凝聚研究方面的积累以及颗粒极化荷电的研究发现，特别是理论及实验验证了细微颗粒存在很强的类似于分子布朗扩散的浓度梯度扩散现象，以及可利用净化装置向污染空气的相对运动方式净化敞开大空间污染空气，成熟了空间扫掠除雾霾和屏风除雾霾的技术方案，并开始应用于工程实际。技术负责人王连泽博士为清华大学航天航空学院副教授、博士生导师，流体力学实验室主任。



除霾实验装置



实验室实验效果图（发烟后）



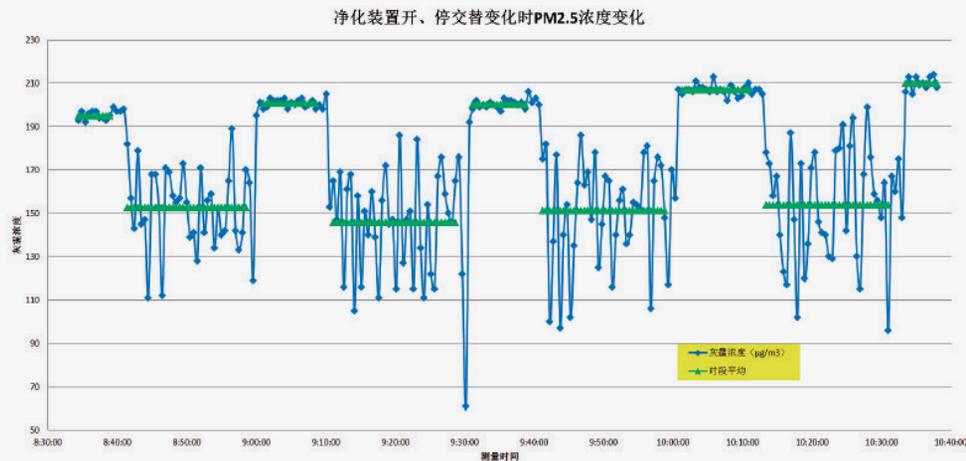
实验室实验效果图（装置启动3分钟后）



实验室实验效果图（装置启动6分钟后）



实验室实验效果图（装置启动10分钟后）



户外实验数据



除霾屏风

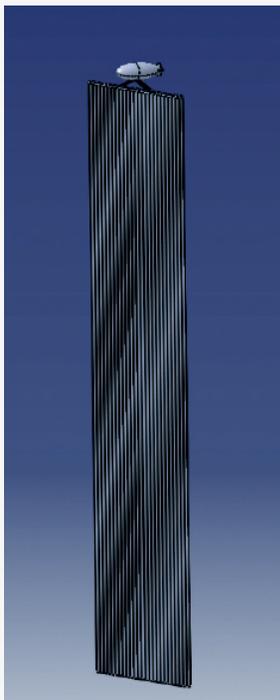
应用说明 根据应用场合和拟清除颗粒物的不同，该技术可形成四类净化装置：

1. 除霾屏风

装置外观酷似铁笼子，通电工作时可实现细微颗粒凝聚变大及被荷电后吸附到拟定表面，从而被从空气中清除。该凝聚吸附装置，形成了PM2.5的汇，颗粒物在风力或浓度梯度作用下源源不断地汇流到此，进而被吸附清除。有风时其净化的是下风侧，宜布置在拟净化区域主导风向的上风侧；无风

时其净化的基本是周围等距空间。

除霾屏风可独立布置在合适的场地，也可结合灯箱广告牌、市政设施、景观构筑物等或在建筑物无窗外墙布置，当然也可布置在机动车上实现移动除霾。除霾屏风的布置数量不同，净化区域的面积和PM2.5浓度降低程度不同。当占地面积千分之一针对单独住宅小区或公园或广场、占地面积十万分之一针对城市大区域布置时，污染程度可从重度降至中度或轻微。



飞艇悬挂除霾网效果图



气球悬挂、机动车拖曳除霾网效果图

2. 除霾网

当除霾屏风所用金属材料用碳纤维型材和碳纤维布代替时，装置便可做的很庞大但却很轻。远看酷似一张大网的物体，是具有一定厚度的、足够宽度和高度的净化装置。其可借助遥控飞行的飞艇悬挂及供电，也可借助氦气球悬挂、下方机动车拖曳及供电。该除霾网所掠过的空间，其空气得到高效净化，PM2.5去除率可达90%以上。

通常可能不是单一挂网飞艇在工作，而是一个飞艇编队，由此可以扫掠城市上空更大范围。虽然干净过后，由于有风或梯度扩散，会从其它地方飘过来灰霾，但上空的颗粒总数量在减少、地面的颗粒总数量也在减少，人们呼吸带的PM2.5浓度在降低。

3. 机场除雾装置

大雾存在的高度远低于灰霾高度，且机场封闭时机场类似于一个大广场，因此机场除雾要比城市除霾容易。可以采用气球悬挂除雾网（类似除霾网）下方再由机动车拖曳、在合适位置布置除雾屏

风（类似于除霾屏风）的组合方式或单一方式除雾。

4. 高速公路除雾装置

高速行驶的机动车对周围空气有压缩和诱导作用，隔离带处存在着很强的剪切流和活塞流，这将大大提高隔离带处气流的横向掺混，提高净化装置的效率。可以采用在高速公路隔离带设置除雾屏风、将除雾屏风布置在配合或不配合循环风机的机动车上的组合方式或单一方式除雾。

效益分析 我国众多城市已存在严重的空气质量问题，而尚无可行的净化技术。无论是考虑政府针对城区、街区、公园、广场等，还是考虑商家针对小区、大院等等，都有广阔的应用空间。随着人们对室内空气净化方式认识的深入，如其不能从根本上解决问题的局限性，占据部分昂贵房价的经济性，不能保证按其

要求更换滤料等时、其可能成为藏污纳垢的污染源、使原本单一的细微颗粒富集上细菌等的可靠性，等等，人们会越发期待室外空气质量的提高。该除霾技术不仅为政府部门解决民生问题所关注，还会深受富有人士为创造自己更大的清洁空间所青睐。

大雾致使航班延误或取消、高速公路封闭，运营商在浪费资源的同时，不仅收入降低还要多支付相关费用。运营商除雾工作时，本已是航班停运期间，除雾不影响机场运行，也不存在安全隐患。因此，该技术应该能受到机场运营商的欢迎。高速公路除雾装置造价不高且可分段布置，相信高速公路运营商会为了提高高速公路的利用率和自身收益购置除雾装置。

使用行业 环境、交通、公共安全

合作方式 联合开发