

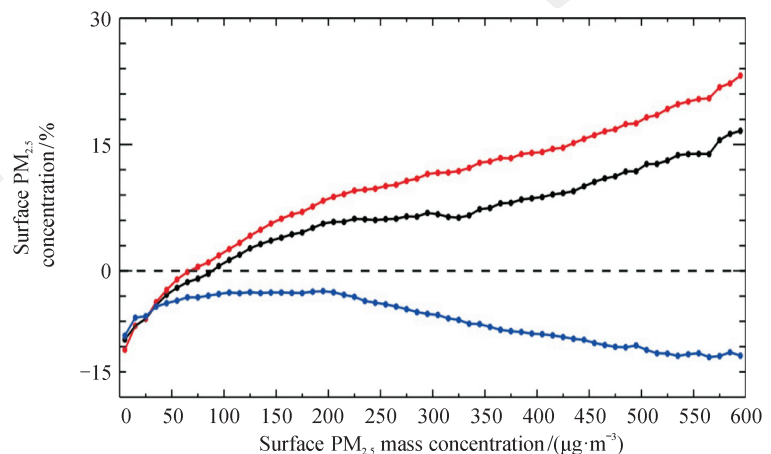
气溶胶 - 光解相互作用减轻华北平原冬季雾霾

大气气溶胶粒子是影响我国空气质量、天气以及气候变化的重要因素。气溶胶可以通过吸收和散射太阳辐射影响到达地面的辐射收支（气溶胶 - 辐射相互作用），影响边界层内的温度廓线，改变边界层内大气动力结构，抑制边界层的发展，导致雾霾加重，同时到达地面太阳辐射的减少，降低光解速率和光化学过程（气溶胶 - 光解相互作用），影响大气氧化性，使得二次气溶胶浓度下降，因此气溶胶 - 辐射 - 光解的相互作用，既可以通过大气物理过程又可以通过大气化学过程影响雾霾的发生发展。然而目前的研究主要着眼于定量气溶胶 - 辐射相互作用在雾霾发生发展的影响，而气溶胶 - 光解相互作用以及气溶胶 - 辐射和气溶胶 - 光解作用的共同效应对于雾霾发生发展的定量影响还存在很大的不确定性。

近日，由中国科学院地球环境研究所李国辉研究员带领其模式团队针对该问题进行了一系列深入的讨论分析。研究选取了华北平原地区冬季一段典型的重污染过程，首先从观测数据入手，发现我国从2013年到2015年，冬季二次气溶胶占比上升，大气氧化性增强，大气氧化性的变化对于冬季雾霾发展的贡献是比较重要的。

大气气溶胶对太阳辐射的吸收和散射必然会影响到光解速率，从而导致大气氧化性改变，影响二次气溶胶生成以及雾霾的发生发展。研究人员进一步利用发展完善的区域气象化学耦合模式（WRF-Chem）采取敏感性试验的方法定量分析了气溶胶 - 光解对大气氧化性的影响，研究结果表明：气溶胶 - 光解相互作用可以降低22.6%和18.6%的日间 NO_2 光解速率以及 O_3 浓度，大气氧化性下降，导致硫酸盐、硝酸盐、铵盐和二次有机气溶胶的浓度平均下降3.5%、9.3%、4.5%和9.4%。对于日间晴天到达近地面紫外辐射、 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度的观测数据的相关性分析也间接发现了气溶胶 - 光解导致大气氧化性以及二次颗粒物浓度下降的现象。

气溶胶 - 辐射相互作用可以通过大气物理过程的反馈加重华北平原冬季雾霾，而气溶胶 - 光解相互作用可以通过对大气化学过程的反馈影响导致颗粒物浓度下降。研究人员又进一步通过模式方法重点分析了在华北平原冬季重霾过程中，气溶胶通过这两种过程对于雾霾发生发展的影响。研究结果表明：气溶胶 - 辐射相互作用导致近地面 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度平均增加7.8%，而气溶胶 - 光解的相互作用却导致 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度平均下降4.2%，在综合考虑两种过程后发现二者的共同作用导致 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度平均增加4.8%，这也就说明气溶胶 - 光解相互作用可以抵消气溶胶辐射反馈对华北平原冬季雾霾的加重，其中气溶胶辐射反馈对雾霾加重贡献的40%可以被气溶胶 - 光解相互作用抵消。在实际过程中考虑二者的共同作用时，只有当近地面 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度高于 $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，气溶胶 - 辐射相互作用和气溶胶 - 光解相互作用的共同作用才会加重雾霾；除非是 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度超过 $400 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的重霾过程，否则气溶胶效应对雾霾的加重影响并没有那么显著。同时研究人员还进行了大量的不确定性



2015年12月5日到2016年1月4日，随着近地面 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度的增加，气溶胶 - 光解相互作用（蓝线）、气溶胶 - 辐射相互作用（红线）以及二者共同作用（黑线）对近地面 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度的平均百分比贡献的变化趋势

分析,包括气象条件、排放、模式中可能存在的化学机制缺失、气溶胶与辐射的相互作用(例如黑碳形态、棕碳吸收特性、气溶胶混合状态)、云与气溶胶相互作用以及引发的温度扰动等不确定性因子对研究结果的影响,分析表明这些不确定性因子对于结果的影响是比较小的。研究人员最后还指出气溶胶-光解相互作用还会导致达到地面的太阳辐射增加,导致大气氧化性改变,影响二次无机和二次有机气溶胶的生成,进一步导致气溶胶-云的相互作用受到影响,因此未来气溶胶-光解相互作用也将成为气候变化研究的热点。

该成果于2020年4月16日在国际顶尖学术期刊《美国国家科学院院刊》(PNAS)上发表,题为《Aerosol-photolysis interaction reduces particulate matter during wintertime haze events》。本项工作得到了国家重点研发计划(2017YFC0210000)、中国科学院战略性先导科技专项(XDB40030200)以及大气重污染成因与治理攻关项目(DQGG0105)的共同支持。

(李国辉, ligh@ieecas.cn, DOI: 10.7515/JEE203005)