



空气污染与电子顺磁共振 (EPR)

室外空气污染是影响全球范围内人体健康的一类主要环境危害。大量流行病学和毒理学研究均表明吸入大气颗粒物 (PM: Particulate Matter) 与各种不良健康影响之间存在联系:

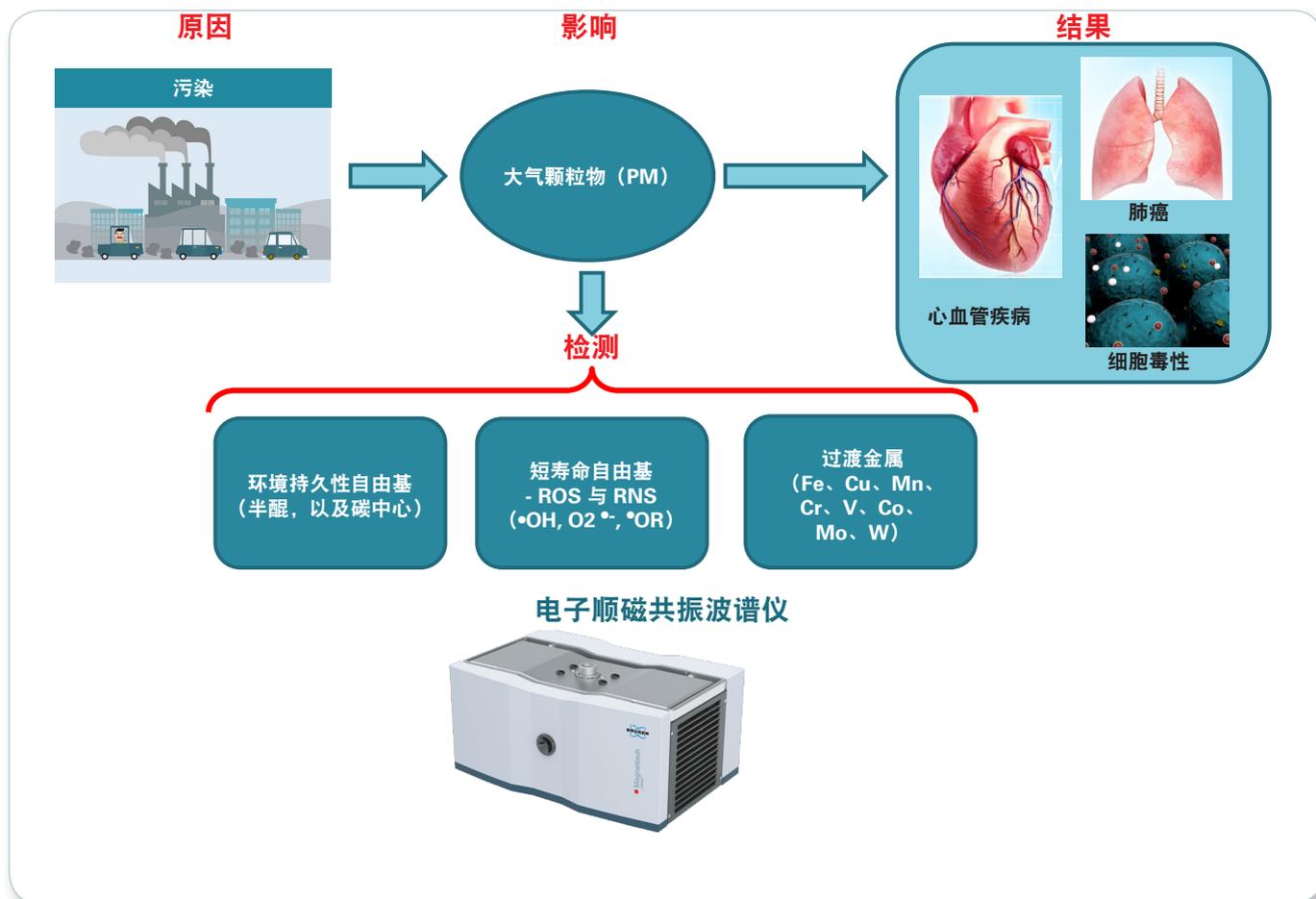
- 过渡金属 (Fe、Cu、Mn、Cr、V、Co、Mo、W) 经鉴定属于通过类芬顿反应来触发羟基自由基 ($\bullet\text{OH}$) 生成的重要颗粒物组分, 这表明颗粒物的氧化电位是关乎健康的一项重要指标。
- 活性氧与活性氮自由基物质 (ROS 与 RNS) 由多环芳烃 (PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) 和氧化还原循环型醌类化合物产生, 也属于环境颗粒物。这些短寿命有毒自由基极有可能对肺组织造成有害的氧化损伤。
- 大气颗粒物中还包含长寿命自由基, 也称为环境持久性自由基 (EPFRs: Environmentally Persistent Free Radicals), 其中比较典型的有能够促进 ROS 生成的氧中心半醌自由基或碳中心多环芳烃自由基。这些自由基的半衰期从几天到几个月不等, 在细颗粒的内表面上甚至可以无限期存留。

电子顺磁共振 (EPR) 波谱法是唯一能够直接、无创地检测过渡金属和自由基的技术。通过分析 EPR 信号, 可鉴定、量化大气颗粒物中的短寿命 (ROS 与 RNS) 自由基和长寿命 (EPFRs) 自由基并检测它们的固有形成过程。EPR 能够检测出含量低至十亿分之一量级的痕量过渡金属。

挑战: 由于会对人体健康产生不良影响, 对大气颗粒物中的自由基的鉴定、形成过程监测及其氧化电位的确定备受关注。

解决方案: Magnettech ESR5000 台式电子顺磁共振波谱仪套装

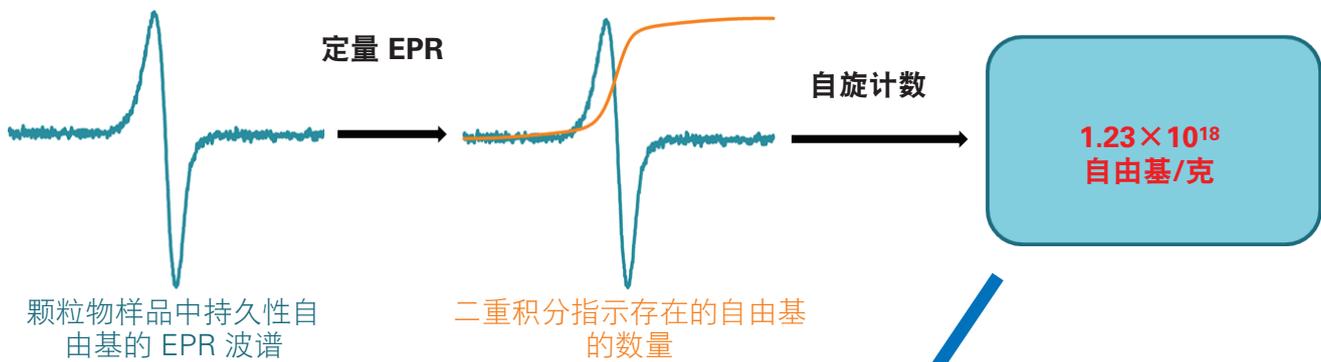
- 检测、鉴定、量化颗粒物化学中涉及的 ROS、PAHs、EPFRs 和过渡金属
- 确定颗粒物的氧化电位, 这是评估潜在不利影响的重要指标
- 监测自由基反应, 以更好地了解氧化机理并确定自由基的半衰期



Magnettech ESR5000 主要特性:

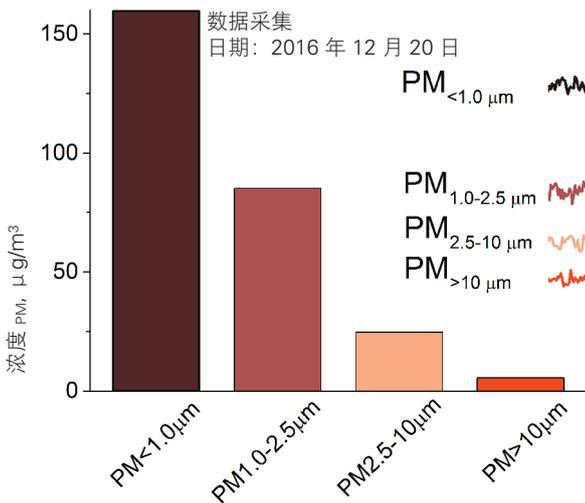
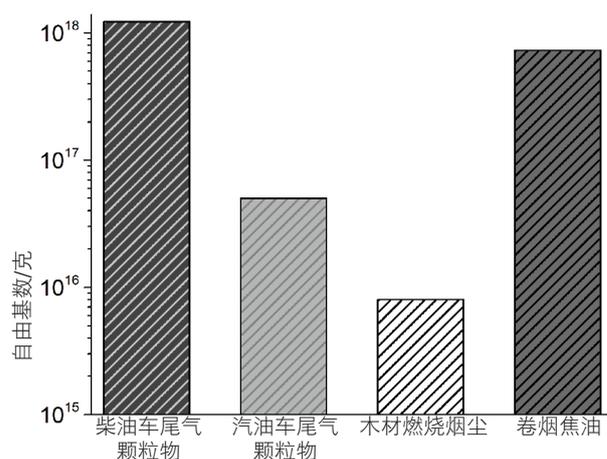
- 无需拥有 EPR 相关经验
- 使用指南及启动视频套件
- 精确的结果
- 出色的灵敏度
- 易于使用
- 完整的自由基和过渡金属检测、分析和定量工作流程
- 占地面积小
- 拥有成本低





利用 EPR 分析各种空气污染源中的颗粒物

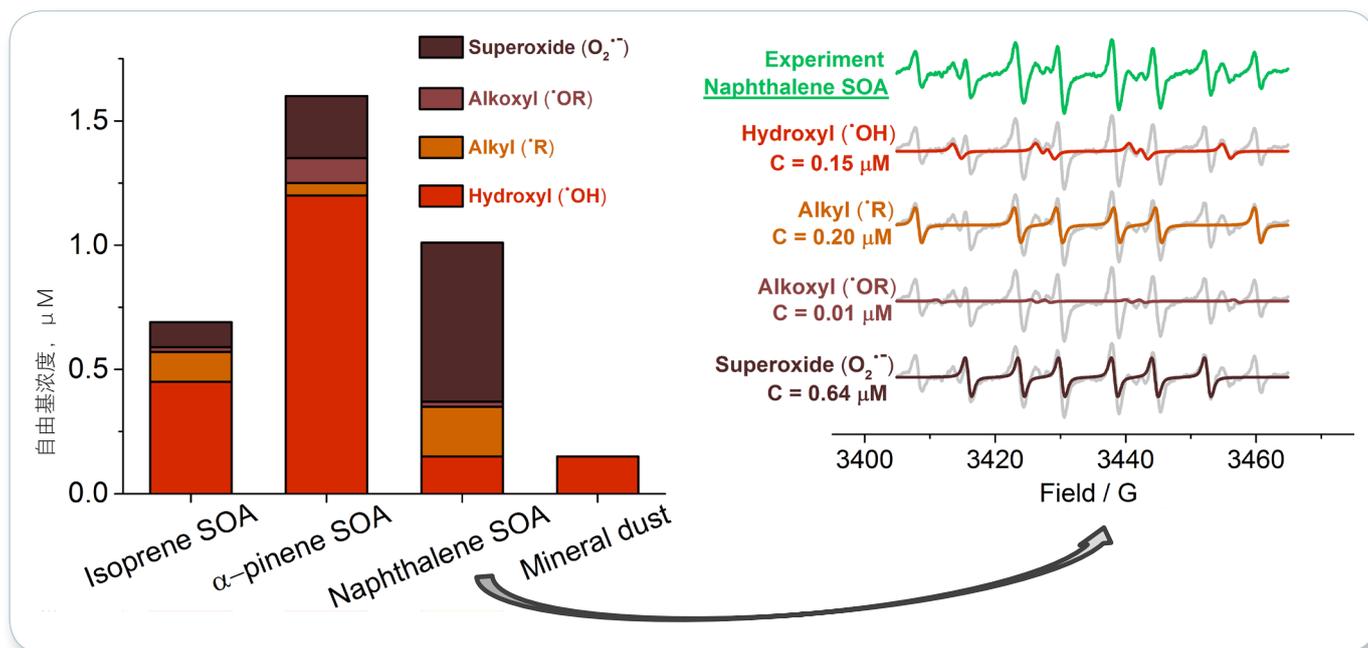
- EPR 可鉴定、量化长寿命自由基，即环境持久性自由基 (EPFRs)。
- 根据 EPR 波谱的特征参数 (g 因子)，EPFRs 可推定为氧中心半醌自由基或碳中心多环芳烃自由基。



利用 EPR 研究北京雾霾期间的大气颗粒物：

- EPR 可检测不同粒径颗粒物中被鉴定为半醌自由基的 EPFRs。
- EPR 表明，EPFRs 主要存在于 $d_{ae} < 1 \mu m$ 的颗粒物组分中，且最具危害性。
- 对 EPFRs (自旋数/克) 的日常监测可显示环境变化对人体健康的长期影响。
- 此类监测可用于制定应对措施，减少公众的健康风险。

颗粒物中自由基含量分析



矿物粉尘和二次有机气溶胶 (SOA: Secondary Organic Aerosol) 构成大气颗粒物的主要组分:

- EPR 可检测 SOA 和矿物粉尘的含水混合物中有毒的氧中心自由基和碳中心自由基物质
- 自由基是有机氢过氧化物 (ROOH) 通过均裂或类芬顿反应而分解所形成:



- EPR 可监测、鉴定、量化导致肺细胞及组织产生氧化应激的各类自由基。

总结:

由于颗粒物的不良健康影响, 必须对自由基化学成分进行检测、表征和监测。Magnettech ESR5000 为调查和评估这一类重要化学成分提供了解决方案。借助 EPR, 可深入了解可吸入大气颗粒物生成大量有毒自由基的机理。

延伸阅读

- Tong H. et al., Reactive oxygen species formed in aqueous mixtures of secondary organic aerosols and mineral dust influencing cloud chemistry and public health in the Anthropocene (Tong H. 等, 人类世中影响到云化学成分和公众健康的次生有机气溶胶和矿物粉尘的含水混合物中形成的活性氧物质), Faraday Discuss. (2017) 200 251
- Yang L. et al., Highly elevated levels and particle-size distributions of environmentally persistent free radicals in haze-associated atmosphere (Yang L. 等, 雾霾相关大气中环境持久性自由基的含量水平的剧增及其粒径分布), Environ.Sci.Technol. (2017) 51 7936
- Borrowman C.K. et al., Formation of environmentally persistent free radicals from the heterogeneous reaction of ozone and polycyclic aromatic compounds (Borrowman C.K. 等, 由于臭氧和多环芳香化物的非均相反应导致的环境持久性自由基的形成), Phys.Chem.Chem. Phys. (2016) 18 205
- Hellack B. et al., Oxidative potential of particulate matter at a German motorway (Hellack B. 等, 德国高速公路上颗粒物的氧化电位), Environ. Sci.: Processes Impacts (2015) 17 868
- Yang A. et al., Spatial variation and land use regression modeling of the oxidative potential of fine particles (Yang A. 等, 细颗粒氧化电位的空间变异和土地利用回归模型), Environ.Health Perspect. (2015) 123 1187

