

# 《大气环境物理致因颗粒物的增长机制及空气质量研究》

## 项目信息

- 1.项目名称：**大气环境物理致因颗粒物的增长机制及空气质量研究
- 2.提名者：**贵州省生态环境厅
- 3.提名意见：**提名该项目为 2024 年度贵州省自然科学一、二等奖
- 4.项目简介：**本项目属大气环境学、大气物理学及环境流体力学的交叉研究内容。对于大气气溶胶形成及污染过程，绝大多数研究重点关注了大气化学机制及过程，而近地层的大气环境物理过程对大气气溶胶的形成与空间输运研究缺乏应有重视。在国家自然科学基金等项目的资助下，本项目围绕“高密度城市环境下影响空气污染排放集中与扩散的城市形态参数、大气环境的阵风影响机制及数值模拟方法”和“重灰霾天气过程颗粒物静电行为促发的气溶胶物理增长及物理-化学复合增长机制”等关键科学问题，历时近 20 年研究，解析了贵州省主要人为排放源污染物物理化学特征、源谱和排放清单，提出了城市冠层空间建筑形态及布局参数化与植被层热/阻力效应的非均匀街谷/街区多相流物理力学模型，实现了城市复杂边界的非稳态驱动流模拟，研制了颗粒物荷电大气外场观测系统和室内环境实验舱，系统研究了颗粒物表面的荷电行为，明确了重灰霾天气过程气溶胶颗粒的碰撞、聚并、荷电和运动的机理，构建了颗粒荷电机制的数学物理模型和气固两相体系中颗粒荷电数值模拟方法，理论研究成果揭示了冠层空间内宏观间歇流及污染物传输规律，为解释城市中颗粒物污染形成提供新的理论视角，相关的城市风环境模拟方法为建筑

布局的科学规划提供了分析工具。

**5.客观评价：**形成了城市气溶胶形貌特征、物理化学特征和粒度谱数据集，提出了真实大气气溶胶形貌特征的含吸附水颗粒概念，构建了灰霾爆发式增长物理机制反应界面框架，完成了街谷颗粒物三维立体分布图谱，建立了城市街谷气溶胶扩散数值模拟研究重要参数数据库，为灰霾污染大气颗粒物爆发式增长和扩散等物理机制研究提供实测数据支撑。

**6.应用情况：**项目成果已在海外、其他省市、省内各级部门和相关领域应用推广，提升了大气污染防治的工作效果和技术水平，促进了该领域整体技术进步。

### 7.主要知识产权和标准规范等目录（前十项）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种农村家用炉灶排放大气污染物采样和监测系统及方法	中国	ZL202011515025.7	2021.04.11	5500040	贵州省环境科学研究设计院	
2	发明专利	一种颗粒物荷电测量装置及检测方法	中国	ZL201811297260.4	2018年11月01日	3553434	西安交通大学	贺沅平、顾兆林、张力元、程燕、张云伟等
3	实用新型专利	一种适用于大气污染物浓度监测的稀释装置	中国	ZL202023085098.5	2020年12月21日	14044083	贵州省环境科学研究设计院	王艳妮、杨敬婷、秦俊虎
4	实用新型专利	一种燃烧炉	中国	ZL202023086559.0	2020年12月21日	14078631	贵州省环境科学研究设计院	王艳妮、杨敬婷、秦俊虎
5	发明专利	环境大气科学的广域多源大数据汇聚融通平台	中国	2021SR0368000	2021年03月10日	7090227	贵州省环境科学研究设计院	王艳妮、杨敬婷、秦俊虎
6	论文	Effect of uneven building layout on air	中国	2011, 46, 2657-2665	2011.12.1	Building and Environment	西安交通大学	Zhaolin Gu

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
		flow and pollutant dispersion in non-uniform street canyons						
7	论文	Numerical simulation and in situ investigation of fine particle dispersion in an actual deep street canyon in Hong Kong	中国	2011, 20, 206-216	2011.4.1	Indoor and Built Environment	西安交通大学	Yun-Wei Zhang, Zhao-Lin Gu, Shun-Cheng Lee, Tzung-May Fu, Kin-Fai Ho
8	论文	Atmospheric humidity and particle charging state on agglomeration of aerosol particles	中国	2019, 197, 141-149	2019.1.15	Atmospheric Environment	西安交通大学、长安大学	Yuanping He, Zhaolin Gu, Weizhen Lu, Liyuan Zhang, Tomoaki Okuda, Kentaro Fujioka, Hui Luo, Chuck Wah Yu
9	论文	基于入户调查的贵阳市生活燃煤排放清单	中国	2021年第41卷 1809-1817页	2021.5	环境科学学报	贵州省环境科学研究设计院	王艳妮、杨敬婷、顾兆林等
10	论文	Chemically-speciated on-road PM2.5 motor vehicle emission factors in Hong Kong /	中国	2010, 408, 1621-1627	2010.3.1	Science of the Total Environment	西安交通大学	Y. Cheng, S.C. Lee, K.F. Ho, J.C. Chow, J.G. Watson, P.K.K. Louie, J.J. Cao,

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
								X. Hai

## 8.主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
顾兆林	1	原常务副院长	教授	西安交通大学	西安交通大学	学术带头人，总体学术思想和理论体系提出者；发现点 1, 2 的核心贡献者，代表作 1, 2, 3 的通讯作者，代表作 1 的第一作者。
程燕	2	无	教授	西安交通大学	西安交通大学	实测获得机动车尾气排放的颗粒物化学特征和粒度谱分布特征，建立了源谱和排放清单，参与非均匀街谷模型构建。对发现点 3 做出了主要贡献，是项目代表作 4 的第一作者，代表作 1 的合作者。
张力元	3	无	副教授	长安大学	长安大学	提出了 PM2.5 浓度短时快速增长的物理机制，分析了演化特征，辨析了多相体系中颗粒物荷电机制的物理化学作用共献。对发现点 2 做出了主要贡献，是项目代表作 3 的合作者。
张云伟	4	副系主任	教授	西安交通大学	西安交通大学	实现了时变来流下城市街谷内复杂流场的模拟，在建筑布局与空气质量评价的理论及城市冠层内街谷街区多尺度风场及污染物传输分析平台构建中做出重要贡献。对发现点 1, 2 做出了主要贡献，是项目代表作 2 的第一作者，代表作 1 的合

						作者。
李顺诚	5	系主任	教授	香港科技大学 (广州)	香港科技大学 (广州)	指导实测获得机动车尾气排放的颗粒物化学特征和粒度谱分布特征, 参与非均匀街谷模型构建。对发现点 3 做出了重要贡献, 是代表性文章 2, 4 的合作者。
王艳妮	6	无	高工	贵州省环境科学研究设计院	贵州省环境科学研究设计院	实测获得贵州省燃煤和生物质燃烧人为源排放的颗粒物化学特征和粒度谱分布特征, 建立了源谱和排放清单。对发现点 3 做出了主要贡献, 是项目代表作 5 的第一作者。
杨敬婷	7	经理	高工	贵州省环境科学研究设计院	贵州省环境科学研究设计院	参与实测获得贵州省燃煤和生物质燃烧人为源排放的颗粒物化学特征和粒度谱分布特征, 建立了源谱和排放清单。对发现点 3 做出了贡献, 是项目代表作 5 的第三作者。

## 9. 主要完成单位及创新推广贡献

序号	单位名称	单位性质	通讯地址	联系电话	对本项目贡献
1	贵州省环境科学研究设计院	事业单位	贵阳市观山湖区黔灵山路 217 号	0851-84829669	本项目发现点 3 部分工作是由我单位组织王艳妮和杨敬婷等多位职工进行的活动水平调查、燃烧实验和数据处理等工作, 建立了煤燃烧和生物质燃烧颗粒物化学特征和粒度谱分布特征, 建立了源谱和排放清单, 并发表了代表性文章 5。

序号	单位名称	单位性质	通讯地址	联系电话	对本项目贡献
2	西安交通大学	高等院校	陕西省西安市咸宁西路 28 号	029-83395100	本项目发现点 1 和 2 城市尺度的风环境大涡模拟及风环境评价方法已经作为西安国家级开发新区—西咸新区规划部门的辅助技术评价工具；发现点 2 是张力元在西安交通大学攻读博士学位期间的研究成果。
3	长安大学	高等院校	西安市雁塔路 126 号	029-82339952	项目第三完成单位，参与项目的总体设计，联合制定研究方案和技术攻关路线，发现点 2 是张力元老师在西安交通大学攻读博士学位期间的研究成果，进入我单位以来张力元老师继续对气溶胶颗粒荷电增长的物理机制进行完善与扩展。

## 10. 完成人合作关系说明

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	支撑佐证材料
1	论文合著	顾兆林、程燕	2007 年至今	Effect of uneven building layout on air flow and pollutant dispersion in non-uniform street canyons	代表性文章 3
2	论文合著	顾兆林、张力元	2012 年至今	Atmospheric humidity and particle charging state on agglomeration of aerosol particles / Atmospheric Environment	代表性文章 4
3	论文合著	顾兆林、张云伟	2005 年至今	Numerical simulation and in situ investigation of fine particle dispersion in an actual deep street canyon in Hong Kong , Effect of	代表性文章 2 和 3

				uneven building layout on air flow and pollutant dispersion in non-uniform street canyons	
4	论文合著	顾兆林、李顺诚	2008 年至今	Numerical simulation and in situ investigation of fine particle dispersion in an actual deep street canyon in Hong Kong	代表性文章 2
5	论文合著	顾兆林、王艳妮	2017 年至今	基于入户调查的贵阳市生活燃煤排放清单	代表性文章 5
6	论文合著	王艳妮、杨敬婷	2020 年至今	基于入户调查的贵阳市生活燃煤排放清单	代表性文章 5
7	论文合著	程燕、李顺诚	2003 至今	Chemically-speciated on-road PM2.5 motor vehicle emission factors in Hong Kong	代表性文章 1