

2026 年度自然资源科学技术奖拟申报项目公示

一、成果基本情况

成果名称	大气环境精细遥感监测与智能预测预警关键技术及应用
主要完成人	李四维，杨洁，宋戈，王庆鑫，董佳鑫，滕梦凡
主要完成单位	湖北珞珈实验室，武汉大学
推荐单位	湖北珞珈实验室
推荐等级	一等奖或二等奖

二、推荐意见

项目围绕大气环境监测、预测、评估的主线，系统开展了云与气溶胶精细化遥感监测理论、大气污染物反演预测方法和大气环境风险效应评估等关键技术研究，取得系列重要科技创新成果：突破了云结构遥感探测、复杂地表气溶胶高精度反演等关键技术，攻克了复杂大气环境遥感监测技术瓶颈；创新性将表面紫外光化学机制因子引入臭氧卫星遥感，建立强迁移性模型，实现近地面臭氧高精度动态监测；融合区域污染物输送演化机制，创立大气污染长时效预测新方法；以气溶胶为共同物质载体，揭示气溶胶—云—闪电相互作用机理并建立极端天气临近预警技术，阐明省际贸易驱动健康风险跨区域转移规律，创建了健康导向的环境公平评价新方法，构建了从大气环境监测、污染演化预测到灾害风险预警与健康风险评价的完整技术体系。

该成果实现从关键技术攻关创新到业务应用的有效贯通，相关研究获国家自然科学基金面上项目持续资助（2020 年、2024 年），两次入选典型资助成果范例。成果服务于国家卫星气象中心、中国气象局地球系统数值预报中心、生态环境部卫星环境应用中心等国家业务部门，气溶胶遥感算法已部署于风云卫星算法平台并业务化生产陆地气溶胶产品，为大气环境监测和重大任务保障提供了关键核心技术支持。建议授奖等级为一等奖或二等奖。

三、成果简介

大气环境精细化演变规律认知，是支撑全球可持续发展、环境治理与健康风险评估的重大科学命题，需要突破复杂云层与地表背景对卫星遥感精度的制约，厘清污染物形成演化及其与天气系统的相互作用机理，完善环境公平性定量评价理论。为此，项目组在国家自然科学基金、国家青年人才专项等项目支持下，围绕大气环境高精度监测、污染形成演化解析与大气环境风险效应评估开展系统研究，取得以下重要科技创新成果：

- 1.复杂大气环境云与气溶胶精准遥感反演技术。阐明高光谱氧 A 带云结构遥感探测机理，建立全球云垂直结构被动遥感新方法；建立复杂地表条件下地表反射与气溶胶光学性质的动态约束机制，实现气溶胶光学参数高精度反演，奠定了精细化遥感监测的技术基础。
- 2.耦合气溶胶光化学与区域输送机理的大气污染反演与长时效预测技术。创新性将光化学机制因子引入臭氧卫星遥感，建立强迁移性模型，实现近地面臭氧高精度动态监测；揭示

区域污染输送时空演化规律，建立面向 PM_{2.5}长时效预报的动态表征方法，显著提升污染物监测与预测能力。

3.气溶胶驱动的危害风险与健康风险效应评估技术。揭示气溶胶—云—闪电相互作用机理，建立极端天气临近预警技术，提升气象灾害风险防控能力；阐明省际贸易驱动健康风险跨区域转移规律，创建面向健康效应的环境公平评价新方法，为区域协同治理和“环境—健康”风险防控提供科学依据。

成果共发表 SCI 期刊论文 86 篇，其中代表性论文 8 篇（引用 177 次），授权发明专利 9 项。相关成果支撑国家自然科学基金面上项目立项（2020、2024 年）并两次入选典型范例，被国家卫星气象中心、生态环境部卫星环境应用中心等业务机构采纳应用，气溶胶遥感算法已部署于风云卫星算法平台并业务化生成陆地气溶胶产品。研发技术应用于全球 196 个国家及地区 2000 多个重点城市的地表 PM_{2.5} 浓度反演，成果入选《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2024）》中 SDG 11.6.2 城市 PM_{2.5} 的撰写内容，在第 79 届联合国大会未来峰会向所有成员国发布，实现对全球各大城市的可持续发展工作的有力支撑。总体而言，项目构建了“大气环境高精度监测—污染形成演化解析—环境健康损失与公平性评价”的完整理论与方法体系，研究成果推进了大气遥感从大气柱综合观测向近地表环境信息定量反演与过程表征的拓展，对提升我国大气环境遥感监测和业务应用能力具有重要科学意义与应用价值。

四、客观评价

项目围绕三大科技创新，在 Nature Communication、npj Climate and Atmospheric Science、Remote Sensing of Environment、Environment International、遥感学报等本科学领域权威期刊发表论文，研究成果得到中国气象科学研究院、NASA 兰利研究中心等国内外单位学者的高度认可，被评价为“更精细、更高精度、更准确”的反演体系，“为气候变化环境下的大气污染及策略研究带来了新思路 and 方向”等，相关成果也获得国家卫星气象中心、生态环境部卫星环境应用中心、湖南省气象科学研究所等国家业务机构的积极评价与业务应用采纳。

项目团队参与由可持续发展大数据国际研究中心组织的《地球大数据支撑可持续发展目标报告(2024)》的研制编写，第 77 届联合国大会主席乔鲍·克勒希评价“为科学家和决策者提供了清晰、实用的信息，为推动 2030 年议程和规划后续行动指明了方向”。

五、主要知识产权和标准规范目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
专利	一种适用于氧气 A 带的云反射比快速确定方法	中国	ZL 2019 1 136117 9.2	2021.1.26	4217555	武汉大学	李四维；杨洁	有效
专利	一种云垂直结构的被动遥感方法及装置	中国	ZL 202310 164153. 9	2024.3.22	6819779	武汉大学	李四维；杨洁	有效

专利	一种基于氧气吸收带的云检测方法	中国	ZL 202310 315739. 0	2024.5. 10	6988278	武汉大学	李四维； 郭子健； 杨洁；滕 梦凡	有效
专利	一种遥感影像的云去除方法及系统	中国	ZL 2024 1 189709 0.9	2025.1 0.10	8341329	武汉大学	李四维； 孟轼尧； 杨洁	有效
专利	一种基于云信息的近地面紫外辐照度卫星缺失数据补全方法	中国	ZL 202111 246019. 0	2024.7. 12	7187173	武汉大学	李四维； 宋戈；杨 洁；张茂 林	有效
专利	一种基于近地面紫外辐射的近地面臭氧反演方法	中国	ZL 202111 245783. 6	2024.7. 26	7237684	武汉大学	李四维； 宋戈；杨 洁；张茂 林	有效
专利	一种支持高分辨率气溶胶光学厚度反演的城市复杂地表反射率估算方法	中国	ZL 202110 562764 X	2022.9. 23	5527071	武汉大学	李四维； 林昊；杨 洁	有效
专利	一种基于深度神经网络预测 24 小时 PM2.5 浓度的方法	中国	ZL 202111 623874 9	2024.4. 23	6933310	武汉大学	李四维； 滕梦凡； 杨洁；宋 戈	有效
专利	一种地表反照率的快速估计方法及系统	中国	ZL 202110 168927. 6	2022.4. 26	5108997	武汉大学	李四维； 杨洁	有效