

# 技术发明奖公示内容

## 一、 项目名称：

用于云及大气垂直廓线探测的气象激光雷达关键技术与应用

## 二、 提名者及提名意见（包含提名等级）：

陕西省教育厅（一等奖）

## 三、 项目简介：

近年极端气象灾害和环境污染事件多发频发，严重影响社会经济发展与人民生命财产安全。气象观测参量与设备众多，但造成当前对极端灾害性天气的早期预警预报难的主要瓶颈是缺乏高质量的实时有效气象垂直观测数据，究其原因是高时空分辨率、高灵敏度、高精度的实时气象垂直廓线探测技术与仪器欠缺或受制于人，制约了人们对云降水机理的科学认识以及极端灾害性天气的早期预警预报技术发展。激光雷达是当前实现气象参数高时空分辨率廓线探测的最具潜力的有效仪器，但其易受大气环境（如雾、霾、云与天空背景辐射等）影响，制约了其业务化应用与推广。项目在国家自然科学基金的国家重大科研仪器研制项目等资助下，针对气象发展的国家需求以及激光雷达技术挑战，以需求为牵引，技术创新为引导，突破了多项理论与关键核心技术，先后研发了国际首台云系降水潜力评估激光雷达，全天时温湿度激光雷达和小型化扫描激光雷达等系列气象与环境仪器与软件算法，发展了激光雷达和毫米波雷达相融合的云宏微观参数探测技术与算法，破解了激光雷达易受环境影响的技术瓶颈，实现了对温湿度等气象参数、云与气溶胶等的同步、高时空分辨率、高精度的廓线探测。成果完成成果转化，推向行业应用，取得了很好的应用示范效果及社会效益，有力地推动了我国大气与环境探测研究能力和气象服务保障的能力的提升，激光雷达技术从跟跑到领跑的跨越。

主要创新如下：

1. 首创了云凝结量的评估方法和技术，研发了国际首台云系降水潜力评估的激光雷达，发展了气象五条廓线（温度、水汽、气溶胶、风、云）的全天时、高精度探测技术，实现了云系降水潜力的定量评估，提出的包括理论、算法与仪器等 16 项专利权利全部获得美国与中国发明专利授权，相关成果也被国家自然科学基金委的验收专家认定为国际首创。

2. 提出并发展了激光雷达和毫米波雷达相结合的云宏微观参量的主动遥感探测新方法，研发了云内粒子谱、温度、湿度、风速、云相态及垂直气流速度的

遥感探测反演新算法，发现了天然云层之间“播种-受播”发生以及云层宏微观结构变化特征，评估了这种自然播种对受播云和地表降水的增强效应，为科学认识云的降水机理，揭示短临灾害性强降水成因提供科学有效的探测方法与数据支撑。

3. 研发了多波长偏振激光雷达、三维扫描激光雷达以及气溶胶微物理参数（PM<sub>1</sub>，PM<sub>2.5</sub> 以及 PM<sub>10</sub>）的定量反演新算法，破解了激光雷达对气溶胶颗粒物浓度定量反演的技术难题，并在多地开展长时间序列的秋冬季野外观测，首次获得不同颗粒物大小的三维浓度分布与时空传输特性，为城市雾霾精准科学的防治，提供了大尺度、高效与实时的观测新利器。

项目培育了教育部全国高校黄大年式激光雷达教师团队 1 个，培养了国家高层次人才 1 名，省部级人才 3 名。研发的仪器和数据反演算法等产品在国家人工影响天气办公室、中国科学院、陕西省环科院、西安市气象局等业务和科研部门得到应用和推广，其中研发的激光雷达参与了 2021 年第十四届全国运动会及第十一届残运会开幕式与赛期内的气象保障；2021 至今每年参与陕西省气象部门和环保部门的冬季大气雾霾探测、研判与预报，为西安城市冬季雾霾治理提供精准决策数据。观测的科学数据还被我国人工影响天气办公室作为西北地区云水资源数据资料收录。成果整体处于国际先进水平，部分成果趋于国际领先并填补了国际空白。成果多次被国家自然科学基金委官方网站、中国科学报、科技日报、人民网、陕西日报和省电视台的新闻联播等中央与省部级媒体的宣传报道，取得巨大的社会反响，也为激光雷达新技术的推广提供了应用示范。

#### 四、 客观评价：

本项目研究成果得到国内外同行专家和行业部门的认可和好评。研究成果被国内著名环境领域专家、中科院刘文清院士团队、中科院上海光机所陈卫标研究员团队、武汉大学龚威教授团队、意大利热那亚大学、美国南佛罗里达大学、Optics Express、Atmospheric Measurement Technique、Remote sensing 期刊等全球知名团队和期刊引用。项目研发仪器和成果得到国家自然科学基金委的“优秀”认定并作为优秀案例推荐在基金委官网与中国科学报宣传报道，同时仪器也得到中国气象局人工影响天气中心、陕西省气象局、陕西省环境科学研究院、中国科学院及西安市气象局、西安市生态环境局等行业部门应用与好评。成果被中国仪器仪表学会组织的专家鉴定会评价为“国际领先”。

#### 五、 应用情况和效益：

研发仪器和技术成果先后在气象部门、环保部门和人工影响天气部门的气象监测、污染监测及云水资源评估中得到推广与应用。研究成果为我国云水资源评估及气象和环境立体的监测提供方法、技术支撑和仪器保障，取得了显著的社会和生态效益，具有广阔的应用前景。仪器被中国气象局优选为城市科技成果优秀应用典型案例，算法在气象雷达应用大赛中获奖，产生了巨大的示范作用和社会效益，支撑了地方重大决策。

六、 主要知识产权目录：（限 10 条，所列专利证书颁发日期、标准规范发布日期、论文发表日期应在 2024 年 12 月 31 日之前。填写论文专著时请注意按原文中英文填写）

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（美国）	Cloud Water Resource Detecting System and Method	美国	PCT/CN2018/111097	2019.7.25	WO2019/214166	西安理工大学，兰州大学	华灯鑫，张镭，高飞，王骏，狄慧鸽，黄忠伟，何廷尧，闫庆，辛文辉，曹贤洁，王玉峰，汪丽，周天，李言
2	发明专利	云水资源探测系统与方法	中国	ZL2018104510637.7	2019.8.2	3476879	西安理工大学，兰州大学	华灯鑫，张镭，高飞，王骏，狄慧鸽，黄忠伟，何廷尧，闫庆，辛文辉，曹贤洁，王玉峰，汪丽，周天，李言
3	发明专利	探测云相态及云水含量的激	中国	ZL202110110392.7	2024.4.30	6955689	西安理工大学	狄慧鸽，华灯鑫，

		光雷达系统及方法						袁云, 闫庆, 王玉峰, 宋跃辉
4	发明专利	空中云系可凝结水量的遥感探测系统与探测方法	中国	ZL202110126135.2	2024.5.14	7003456	西安理工大学	狄慧鸽, 华灯鑫, 闫庆
5	发明专利	一种云相态探测和识别的拉曼-偏振激光雷达系统	中国	ZL202010357892.6	2023.3.14	5782029	西安理工大学	王玉峰, 王晴, 华灯鑫, 狄慧鸽, 闫庆, 刘晶晶
6	发明专利	一种自校正转动拉曼激光雷达测温系统及其反演方法	中国	ZL201810053745.2	2021.10	4742636	西安理工大学	李仕春, 华灯鑫, 李启蒙, 辛文辉
7	发明专利	一种基于转动拉曼激光雷达反演大气温度的方法	中国	ZL201610048550.X	2018.4.27	2903722	西安理工大学	王玉峰, 华灯鑫
8	发明专利	多通道激光雷达数据存储方法、装置及电子设备	中国	ZL202010847803.6	2020.8.21	6678617	西安理工大学	高飞, 陈浩, 朱青松, 华灯鑫
9	论文	Determination of atmospheric column condensate using active and passive remote sensing technology	中国	Atmospheric Measurement Techniques	2022.6	2022年第15卷 3555-3567页	西安理工大学, 兰州大学	Huige Di, Yun Yuan, Qing Yan, Wenhui Xin, Shichun Li, Jun Wang, Yufeng Wang, Lei Zhang, and Dengxin Hua*.

10	论文	Correction method for temperature measurements inside clouds using rotational Raman lidar	中国	Optics Express	2023.12	2023 年第 31（26）卷第 44088-44101 页	西安理工大学	Qimeng Li, Huige Di, Ning Chen, Xiao Cheng, Jiaying Yang, Yan Guo, and Dengxin Hua
<p>承诺：上述知识产权无争议且为本项目独有，未曾在往年国家科学技术奖励项目、往年其他省部级（政府）科学技术奖励项目和本年度其他陕西省科学技术奖提名项目中作为支撑材料出现。用于提名陕西省科学技术奖的情况，已征得未列入项目主要完成人和主要完成单位的权利人（专利指发明人）的同意，有关知情证明材料均存档备查。</p>								

七、 主要完成人情况：

主要完成人：（依次列写完成人姓名）

排名	姓名	技术职称	行政职务	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	华灯鑫	教授	无	西安理工大学	西安理工大学	项目负责人，提出并主持了系列气象激光雷达的研发
2	狄慧鸽	教授	无	西安理工大学	西安理工大学	项目技术负责，系列气象激光雷达方案设计、光学设计、数据算法反演等，实现气象激光的应用
3	闫庆	副教授	学院副院长	西安理工大学	西安理工大学	项目协调，气象激光雷达的应用
4	王玉峰	教授	无	西安理工大学	西安理工大学	水汽探测激光雷达、斜程能见度激光雷达
5	李仕春	教授	系主任	西安理工大学	西安理工大学	气象激光雷达控制功能实现
6	高飞	教授	研究生院副院长	西安理工大学	西安理工大学	侧向拉曼激光雷达研发

八、 主要完成单位情况：

主要完成单位：（依次列写单位名称）

排 名	完成单位	贡 献
1	西安理工大学	完成了整个项目的研发和应用工作
2		
3		

九、 完成人合作关系说明：（**合作方式**包括专著合著、论文合著、共同立项、共同知识产权、共同获奖、共同参与制定标准规范、产业合作等。下表中的“项目排名”指在本次报奖中的完成人排序。）

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果名称
1	共同立项 1-国家自然科学基金-国家重大科研仪器研制项目	华灯鑫 1、狄慧鸽 2、 闫庆 3、王玉峰 4、李仕春 5、高飞 6	2017.01	2021.12	研发云系降水潜力的全天时云底温湿度和上升气流速度探测激光雷达
2	共同立项 2-国家自然科学基金-科学仪器基础研究专项	华灯鑫 1，王玉峰 4	2011.01	2013.12	高度 30kn 内的大气水汽、温度及气溶胶探测的拉曼激光雷达系统及实验研究
3	共同知识产权 1	华灯鑫 1，狄慧鸽 2， 闫庆 3，高飞 6，王玉峰 4	2018.5	2028.4	Cloud Water Resource Detecting System and Method
4	共同知识产权 2	华灯鑫 1，狄慧鸽 2， 闫庆 3，高飞 6，王玉峰 4	2018.5	2028.4	云水资源探测系统与方法
5	共同知识产权 3	华灯鑫 1，狄慧鸽 2， 闫庆 3，王玉峰 4	2021.10	2031.10	探测云相态及云水含量的激光雷达系统及

					方法
6	共同知识 产权 4	华灯鑫 1, 狄慧鸽 2, 闫庆 3	2021.10	2031.10	空中云系可凝 结水量的遥感 探测系统与探 测方法
7	共同知识 产权 5	华灯鑫 1, 狄慧鸽 2, 闫庆 3, 王玉峰 4	2023.3.14	2033.3	一种云相态探 测和识别的拉 曼-偏振激光雷 达系统
8	共同知识 产权 6	华灯鑫 1, 李仕春 5	2019.10	2029.10	一种自校正转 动拉曼激光雷 达测温系统及其反演方法
9	共同知识 产权 7	华灯鑫 1, 王玉峰 2	2018.4.27	2028.4	一种基于转动 拉曼激光雷达 反演大气温度 的方法
10	共同知识 产权 8	华灯鑫 1, 高飞 6	2020.8.21	2030.8	多通道激光雷 达数据存储方 法、装置及电子 设备
11	共同知识 产权 9	华灯鑫 1、狄慧鸽 2、 闫庆 3、王玉峰 4、李 仕春 5	2021.1	2022.7	Determination of atmospheric column condensate using active and passive remote sensing technology
12	共同知识 产权 10	华灯鑫 1, 狄慧鸽 2	2020.1	2023.12	Correction method for temperature measurements inside clouds using rotational Raman lidar

