

2023 年度中国光学学会科技创新奖简介

项目名称：航天火箭发动机光纤多维智能健康诊断技术及应用

获奖类别：科技进步奖

获奖等级：一等奖

主要完成单位：重庆大学

主要完成人：朱涛、尹国路、高磊、史磊磊、邓明

学科分类：光学工程

推荐单位：重庆市光学学会

项目简介：

航天火箭发动机作为运载火箭推进系统最重要的组成部分之一，其安全可靠运行对保证航天运载器和飞行器发射任务十分关键。发动机工作时的极端环境和对测量参数的极致要求导致传统传感器难以掌握火箭发动机管路等结构的运行规律和故障源头，从而带来一些“测不了，测不准，测不全，测不快”等棘手难题。

该项目发展形成了基于光纤多维智能感知技术的航天火箭发动机管路等结构的在线监测、评价及诊断方法。项目提出将干涉思想与相敏光时域反射仪相结合，同时将光时域反射仪与光频域反射仪的思想相结合，突破了可探测最高频率、光纤长度和空间分辨率之间相互制约的瓶颈，为发动机极端工况下宽频振动测量奠定了技术基础，解决了一直困扰航天火箭发动机高频强振精准定位溯源的难题。项目研制出一整套由封装保护、等离子体表面处理、高温粘合方案和温度非线性补偿组成的特种光纤光栅应变测量方案，在极端温度情形下，实现高应变传递效率的同时，有效保护了传感光栅，解决了航天火箭发动机高温下光纤光栅应变失

效的难题；在研制的测量仪器设备基础上，项目建立了光纤多维感知数据与发动机燃烧室、推力室、管路等核心部件关键事件的诊断预警模型，成功预警了多个型号航天火箭发动机的故障问题，减少了火箭发动机研制过程中的试错成本，有效测量方法为缩短发动机的研制周期提供了助力。

项目成果在中国航天科技集团公司第六研究院完成了 9 个型号发动机 40 余批次地面半系统/整机试车应用，开创了国内航天火箭发动机光纤智能健康诊断的先河，掌握了系列航天发动机的振动时空传递及演化规律，为强振溯源与故障分析提供了有效支撑和判据。该技术可定位某型液体火箭发动机的强振起源部件，准确测量出某重型发动机管路上每处振动模态的变化过程，掌握某型发动机管路的振动传递与放大规律，基本准确预判发动机某部件故障问题。该技术在 CZ-2F、CZ-7 等多型火箭配套的发动机地面试车成功应用，为空间站建设、“载人航天”工程实施提供了技术支撑。