

项目名称：宽光谱在轨空气污染监测技术

推荐单位：南开大学

奖励类别：科技进步奖

项目简介：

本项目属于光学工程科学光谱分析技术领域，针对在轨载人飞行器舱内有害气体检测及大气气溶胶在轨实时监测的技术难题，攻克了具有高空间环境适应性的宽光谱有害气体吸收谱测量和分析、细颗粒物探测全链路仿真等技术难题，取得了在轨高灵敏度多组分有害气体检测装置及高精度细颗粒物探测多载荷全链路仿真软件等标志性成果。项目的主要创新点在于：

(1) 利用空芯光子晶体光纤作为光通道的吸收光谱测量方法，实现小空间大光程，提高有害气体多组分测量的灵敏度，解决了多组分、高灵敏度的在线测量性能需求与体积小、重量轻、功耗低的航天任务空间环境适应性之间的尖锐矛盾；

(2) 巧妙设计空芯光子晶体光纤微结构，实现了 900~1700nm 范围内平均低于 200dB/km 的光传输损耗，覆盖 20 多种有害气体特征吸收谱波长，实现了高灵敏度达到 10ppm 多组分有害气体检测，为在轨飞行器舱内空气污染检测提供先进技术；

(3) 建立常见地理条件、气候环境、卫星轨道等观测参数下，240-2000nm 光谱范围内光经过分子吸收、瑞利散射、米散射、拉曼散射等多种效应后，强度、偏振态及空间分布等多光学参数融合的计算模型，为大气中细颗粒物（PM2.5 等）浓度和分布的在轨高精度定量化监测提供可靠依据，突破了传统在轨测量技术需要利用地面站测量数据进行标定的局限性；

(4) 通过融合小波变化的光谱去噪、光谱峰谷沿匹配相似度分析的成分识别及基于神经网络深度机器学习的浓度计算等人工智能技术，实现了近 20 种有害气体的快速识别，识别精度达到 20%。

依托项目技术，获得“一种基于宽光谱分析技术的多组分气体检测装置装；权利人：南开大学，北京空间机电研究所；发明人：刘伟伟，李明，母国光，王宇，刘波，徐彭梅，方晖，董长哲，陈芳；专利号：201010051236.X；授权日期：

2013-10-23”、“基于光纤 F-P 可调谐滤波器的气体传感系统和传感方法；权利人：南开大学；发明人：刘伟伟，赵得龙，郭兰军，杨晶；专利号：201510154087.2；授权日期：2017-06-16”两项发明专利。

项目成果应用于“天宫一号”、“天宫二号”舱内有害气体检测，是我国第一台在轨有害气体检测装置，提升了我国在轨空间舱气体检测技术水平，为保障宇航员空间站内活动安全和科学实验顺利开展提供了关键技术，成果被中央电视台等媒体广泛报导。项目成果还应用于中国第一颗多模式融合大气细颗粒物探测卫星设计与立项论证，提供关键数据。

主要完成单位及创新推广贡献：

1. 南开大学是本项目的第一完成单位，本项目的核心科研成果主要都是在南开大学完成。在本项目的研究、开拓、开发和应用推广等过程中，学校各级部门自始至终在人力、物力等方面都给予了全力的支持与帮助，使本项目得以顺利完成。对于项目所有创新点做出贡献。

2. 北京空间机电研究所是本项目的第二完成单位，主要完成本项目的机电设计集成与空间环境适应性测试等工作，在本项目的研究、开拓、开发和应用推广等过程中，自始至终给予了全力的支持与帮助，使本项目得以顺利完成。对于项目创新点 1、2、4 做出重要贡献。

推广应用情况：

项目成果应用于“天宫一号”、“天宫二号”舱内有害气体检测，是我国第一台在轨有害气体检测装置，提升了我国在轨空间舱气体检测技术水平，为保障宇航员空间站内活动安全和科学实验顺利开展提供了关键技术，成果被中央电视台等媒体广泛报导。项目成果还应用于中国第一颗多模式融合大气细颗粒物探测卫星设计与立项论证，提供关键数据。

曾获科技奖励情况：无

主要知识产权证明目录:

1. 名称: 一种基于宽光谱分析技术的多组分气体检测装置; 权利人: 南开大学, 北京空间机电研究所; 发明人: 刘伟伟, 李明, 母国光, 王宇, 刘波, 徐彭梅, 方晖, 董长哲, 陈芳; 专利号: 201010051236.X; 授权日期: 2013-10-23
2. 名称: 基于光纤 F-P 可调谐滤波器的气体传感系统和传感方法; 权利人: 南开大学; 发明人: 刘伟伟, 赵得龙, 郭兰军, 杨晶; 专利号: 201510154087.2; 授权日期: 2017-06-16

主要完成人情况:

1. 刘伟伟, 排名 1, 教授, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 本项目首席科学家, 项目选题主要提出者, 负责项目总体研究思路设计和统筹安排, 对于项目各个创新点均做出主要贡献。曾获科技奖励情况: 2016 年天津市自然科学一等奖(排名第一), 2018 年天津市专利优秀奖(排名第一)。
2. 徐彭梅, 排名 2, 研究员, 工作单位: 北京空间机电研究所, 完成单位: 北京空间机电研究所, 项目主要完成人, 负责项目空间环境适应性方面的总体设计和测试工作, 对于项目的第 1、2、4 创新点做出重要贡献。曾获科技奖励情况: 2007 年国防科技进步三等奖(排名第一), 2003 年国防科技进步二等奖(排名第三)。
3. 赵星, 排名 3, 教授, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 项目主要完成人, 负责项目光学设计工作, 对于项目 1、3 创新点做出重要贡献。
4. 刘波, 排名 4, 教授, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 项目主要完成人, 负责执行项目电子期间与系统的设计, 对于创新点 1、2 做出重要贡献。曾获科技奖励情况: 2011 年天津市技术发明二等奖(排名第一)。
5. 董长哲, 排名 5, 助理研究员, 工作单位: 上海卫星工程研究所, 完成单位: 北京空间机电研究所, 项目主要完成人, 负责执行标准数据库的建立, 对于创新点 1、2、4 做出重要贡献。

6. 王宇, 排名 6, 副研究员, 工作单位: 北京空间机电研究所, 完成单位: 北京空间机电研究所, 项目主要完成人, 负责执行电子器件与系统的设计与测试, 对于创新点 1、2 做出重要贡献。

7. 宋丽培, 排名 7, 讲师, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 项目主要完成人, 负责执行多光学参数信息融合方法研究, 对于创新点 1、3 做出重要贡献。

8. 孙陆, 排名 8, 讲师, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 项目主要完成人, 负责执行大气激光传输模型算法与软件, 对于创新点 3 做出重要贡献。

9. 赵得龙, 排名 9, 助理实验师, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 项目主要完成人, 负责执行大气散射光谱算法与软件, 对于创新点 1 做出重要贡献。

10. 龚诚, 排名 10, 讲师, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 项目主要完成人, 负责执行电子探测系统数模转换模型建立与数值模拟, 对于创新点 1、3 做出重要贡献。

11. 方晖, 排名 11, 教授, 工作单位: 深圳大学, 完成单位: 南开大学, 项目主要完成人, 负责执行多组分识别算法与软件, 对于创新点 4 做出重要贡献。

12. 陈芳, 排名 12, 副研究员, 工作单位: 北京空间机电研究所, 完成单位: 北京空间机电研究所, 项目主要完成人, 负责项目空间环境适应性测试工作, 对于项目的第 1、2 创新点做出重要贡献。