

合肥研究院全面解析环境监测领域中光谱学的技术进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/9340.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

近日，中国科学院合肥物质科学研究院安徽光学精密机械研究所刘文清团队在《光学学报》上发表创刊四十周年特邀综述，全面解析环境监测领域中光谱学的技术进展。

半个多世纪以来，随着人类对于光本质认识的提高和深化，光学技术的巨大进步，特别是激光器的发明和激光技术的应用，光与物质相互作用的认识有了根本性的提高和发展。与此同时，人们对环境污染问题的认识也不断提升，开始采用现代的技术手段特别是光学技术研究一些环境物理化学现象和过程，逐渐发展了现代的环境光谱学。

环境光谱学不仅是经典光学的创新发展，也是环境科学的新发展。环境光谱学监测是环境光学的重要组成部分，它利用光学中的吸收、发射、散射以及大气辐射传输等方法，通过建立特征因子指纹光谱数据库和定量解析算法，获取痕量气体的特性，可用于空气质量、固定和流动污染源自动监测，具有实时、动态、快速、非接触遥测、监测范围广、成本低等优势，是当今国际环境监测的发展方向 and 主导技术。

利用光学中的吸收光谱、发射光谱、光的散射以及大气辐射传输等方法，刘文清团队提出开展光学与环境交叉科学的创新研究，目前已形成了以差分光学吸收光谱（DOAS）技术、傅里叶变换红外光谱（FTIR）技术、非分光红外（NDIR）技术、可调谐半导体激光吸收光谱（TDLAS）技术、激光雷达（LIDAR）技术、荧光光谱技术、激光诱导击穿光谱（LIBS）技术、光腔衰荡光谱技术（Cavity Ring-Down Spectroscopy, CRDS）、光散射测量技术、光声光谱技术等为主体的环境光学监测技术体系，实现了对环境痕量成分/多要素的现场快速探测与多维度多平台监测，已成功应用于大气、水源及土壤等的监测。

在常规气体监测方面，主要利用

各种光学技术路线：如针对SO₂、NO₂、O₃及THC、CH₄

、NMHC、BTX等污染物，DOAS技术利用气体分子的吸收特性来鉴别成分，并根据窄带吸收强度反演出微量气体的浓度；针对温室气体CO₂

，CRDS利用相对较窄的吸收窗口，避免其他组分干扰，实现较高精度检测；针对CO，利用TDLAS的波长调谐特性，用单一窄带的激光频率扫描气体分子的一条或者几条气体特征吸收线，实现CO的定性或定量分析；在大气氧化性监测方面，可利用气体扩张激光诱导荧光技术获取大气中最重要的氧化剂——HOx（OH、HO₂

）自由基，308纳米激光将OH自由基激发至电子激发态，探测激发态OH自由基发出的荧光来确定大气中OH自由基的浓度；如要测量HO₂

自由基，则需向转换装置中通入一定浓度的NO将HO₂

自由基转化为OH自由基，再测OH自由基；在颗粒物监测方面，颗粒物在大气中的垂直分布不均，且高空的垂直迁移会影响近地面的污染浓度。激光雷达系统利用气溶胶的后向米散射回波信号来探测气溶胶光学特性如后向散射系数/消光系数的时空分布，可实现对颗粒物的垂直分布探测；在地表水质监测方面，利用水体中多数有机污染物属于含荧光团的大分子有机物，在适当波长的激发光作用下发射特征荧光光谱的原理，利用激光诱导荧光技术实现对大面积水域的有机物污染状况的遥测；在土壤重金属监测方面，可以利用LIBS技术，分析土壤样品的表面等离子体辐射谱线，实现土壤有机污染物的现场快速监测。

在实际运用中，通常将环境光谱和遥感技术结合应用，通过对系统性、区域性和复合性污染研究和多元信息融合，可以实现在线监测环境复合污染物、三维立体和流动在线监测，为构建天空地一体化环境复合污染物观测、研究、示范平台奠定技术基础。

随着光学、电子、信息、生物等相关领域的技术进步，环境光谱技术正向高精度高灵敏、多组分多平台、智能化网络化的趋势发展。

在大气复合污染形成过程监测中的大气氧化性现场监测、纳米级颗粒物在线测量、超低排放污染源监测，以及水土重金属在线检测等方面还存在检测限低、时间分辨率不高等问题，因此需进一步提高检测精度和灵敏度，使光学监测技术应用于光化学反应机理研究、工业过程控制、生产安全监控；工业迅速发展使得监测的污染物种类快速增加、组分更加复杂，亟需发展大气自由基、全组分有机物、重金属、生物气溶胶、二次有机气溶胶示踪物，水体细菌、浮游植物以及土壤中残留农药和其它有机污染物的检测等；发展多平台、智能化、网络化，且具有特异选择性的环境监测仪器，实时获取环境多要素监测数据，通过对海量数据的深度挖掘、模型分析，利用大数据分析区域、流域污染源与环境质量的相应关系，构建智能管理决策平台，使环境管理向精细化、精准化转变，实现主动预见、大数据科学决策成为发展的新趋势。

中国激光杂志社 | 10
CHINESE LASER PRESS

ISSN 0253-2239
CN 31-1252/O4
CODEN GUXUDC

光学学报

Acta Optica Sinica [总第458期]



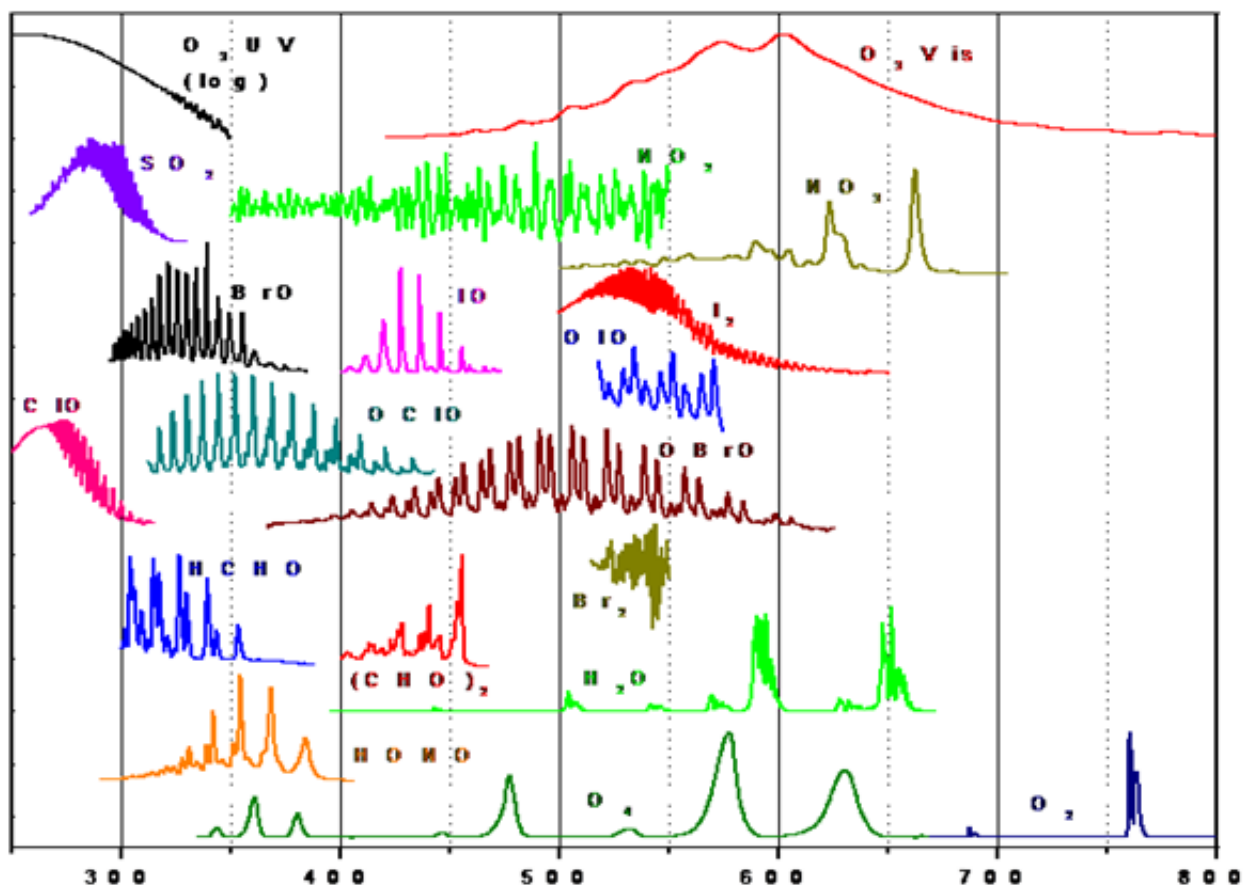
第40卷 | 第5期
Vol. 40 | No. 5

2020.3_(上)

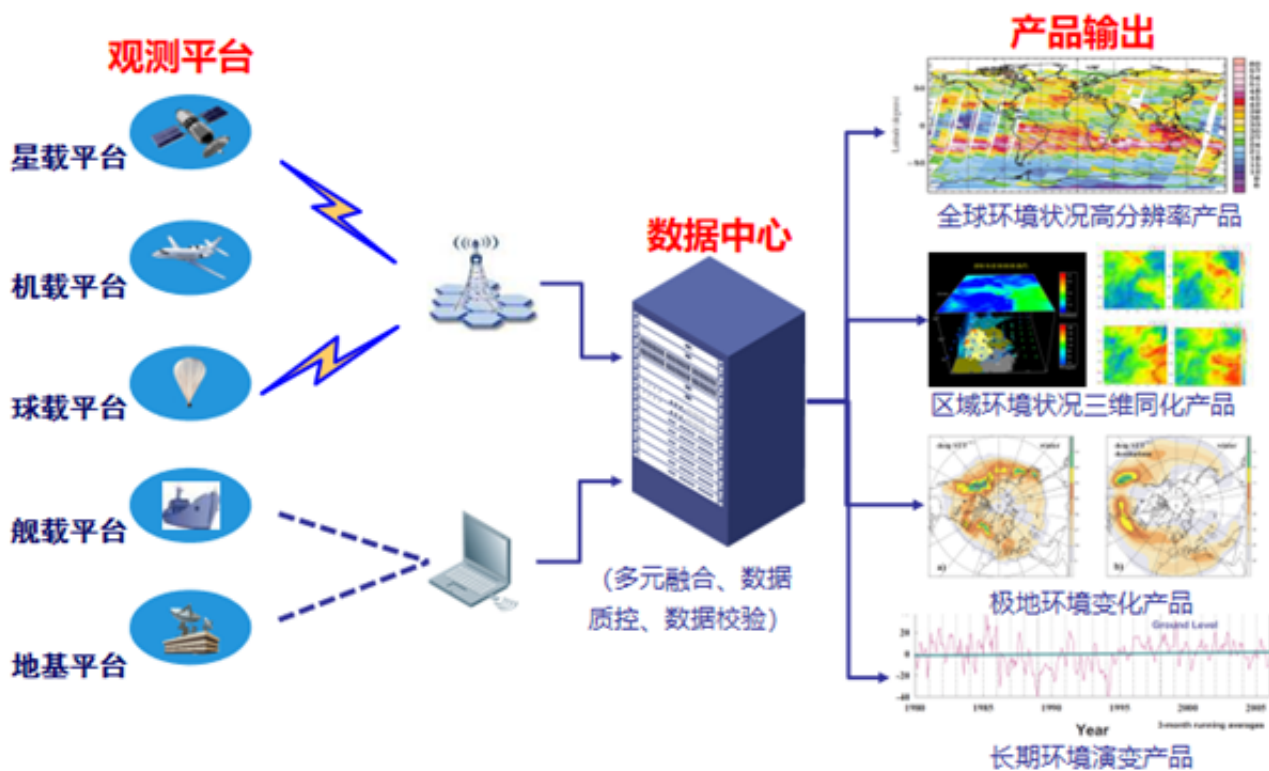


中国科学院上海光学精密机械研究所 主办
中国光学学会

封面文章 创刊四十周年特邀综述 (刘文清, 陈臻懿, 刘建国, 谢品华, 张天舒, 赵南京, 司福祺, 胡仁志, 殷高方. 环境监测领域中光谱学技术进展[J]. 光学学报, 2020, 40(5): 0500001)



紫外和可见波段部分痕量气体吸收光谱



多平台、多维度、多参数融合的环境综合分析平台

研究团队单位：合肥物质科学研究院

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发