

通过算法改进、定标验证和联合比对提高中国和欧洲星载高光谱分辨率激光雷达的数据质量：ACDL/DQ-1、ATLID/EarthCARE 和 ALADIN/Aeolus

吴松华¹, Ulla Wandinger², 陈卫标³, 刘继桥³, 徐娜⁴, 戴光耀¹, 翟晓春⁴, Holger Baars², Sebastian Bley², Oliver Reitebuch⁵, Vassilis Amiridis⁶, 龙文睿¹, 孙康闻¹, 孟凡谦¹, Athena Augusta Floutsi²,

¹ 中国海洋大学海洋技术学院, 中国青岛

² 莱布尼茨对流层研究所, 德国莱比锡

³ 中国科学院上海光学精密机械研究所, 中国上海

⁴ 中国气象局国家卫星气象中心, 中国北京

⁵ 德国宇航中心大气物理研究所, 德国韦斯灵

⁶ 雅典国家天文台, 希腊雅典

气溶胶和云是影响辐射强迫和气候变化的重要因素, 提高其光学性质的高精度剖面观测能力, 将会降低气候模式模拟和预报系统中的不确定性。高光谱大气探测激光雷达, 能够对气溶胶和云进行大范围、连续、动态、全天时的综合监测。高时空分辨率的三维风场数据是深入理解大气边界层结构及演化特征、对流层上下层之间的热量-动量-物质的交换平衡过程的重要观测基础。基于星载多普勒测风激光雷达全球化、全天时、剖面测量等显著优势。为实现星载多普勒测风激光雷达和高光谱分辨率激光雷达全球高精度风场及气溶胶廓线观测, 需要对其进行长期且严格的定标与验证。

中国大气环境监测卫星大气一号(DQ-1)于2022年4月16日成功发射。其主载荷大气探测激光雷达(Aerosol and Carbon Detection Lidar, ACDL)是一部偏振探测、双波长(532 nm, 1064 nm)的高光谱分辨率激光雷达, 能够对气溶胶和云进行大范围、连续、动态、全天时的综合监测。本研究针对ACDL各通道在日间和夜间场景下的数据质量特点, 对原始测量信号进行数据预处理、去噪处理和数据质量控制, 开发了辐射定标和光学参数反演算法。算法实现退偏比、气溶胶后向散射系数、气溶胶消光系数、激光雷达比和衰减色比等数据产品的高精度直接反演, 并通过层次识别和场景分类算法, 进行云相态分类和气溶胶分类研究。本研究形成的ACDL气溶胶通道高分辨率标准化数据产品广泛应用于多传感器联合观测和气象环境监测。EarthCARE卫星于2024年5月发射。该卫星携带的高光谱分辨率激光雷达ATLID工作在355 nm波长, 具有高光谱分辨率探测通道和退偏振探测通道。本研究将ACDL和ATLID在轨观测数据产品进行时空匹配和质量控制后, 针对沙尘、卷云、极地平流层云等场景进行同步观测。通过建立全球范围内的星地、星星观测比对验证流程, 对两部雷达的衰减后向散射系数、退偏比等光学参数进行联合比对。验证了星载高光激光雷达观测能力和数据准确性, 并为定标方案和数据处理算法提供迭代优化方向。

Aeolus是第一颗能够获取全球范围内垂直风廓线的卫星。Aeolus于2018年8月22日发射, 于2023年4月30日停机, 并于2023年7月28日重新进入大气层。Aeolus卫星的唯一载荷为直接探测多普勒测风激光雷达ALADIN。其在轨运行期间, 提供了超过4年的全球风廓线与气溶胶廓线观测, 并持续开展Aeolus数据的再处理阶段phase F以改进其数据质量。利用中国相干多普勒激光雷达网CDLnet, 对Aeolus的再处理数据进行评估, 通过对数据质量的评估和分析, 进一步改进星载测风反演算法。