

中国与欧洲星载激光雷达联合观测与应用研究：ACDL/DQ-1 Baseline05 算法改进及其与 EarthCARE/ATLID 的定标验证

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, Dimitri Traouk², 杨双丞¹, Andreas Karipis⁶, 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

气溶胶和云是影响气候变化和辐射强迫的重要因素, 提高垂直廓线探测精度有助于降低气候模式模拟和预报系统中的不确定性。星载高光谱分辨率激光雷达的发展, 为全球气溶胶和云的高精度三维观测提供了重要技术支撑。中国大气环境监测卫星大气一号 (DQ-1) 搭载的大气探测激光雷达 (ACDL) 是国际上首部采用碘分子滤波器实现高光谱分辨率探测的星载激光雷达, 集成了偏振探测、多波长探测和高光谱分辨率探测能力, 可直接反演气溶胶和云的关键光学参数, 并支持高精度层识别与分类。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。

本研究主依托 ACDL 在轨稳定运行三年半期间的持续研究, 研究团队完成了从早期处理版本到 Baseline05 的算法迭代, 建立了包含数据预处理、关键光学参数反演、层次识别和多源验证在内的较为系统的地面处理框架。Baseline05 算法链覆盖从 L1A 到 L2C 的处理流程, 重点优化了白天和夜间场景下的去噪与平均处理、定标参数更新、层识别以及弱信号的迭代反演过程。相对于前期 L2C 产品处理结果, Baseline05 显著改善了白天和夜间条件下光学参数产品的分布特征与物理一致性, 提高了有效数据获取率, 并增强了对平流层气溶胶、薄云和其他弱散射层的探测能力。

在此基础上, 研究进一步面向星载高光谱分辨率激光雷达数据质量评估与拓展应用, 开展 ACDL/DQ1 与 EarthCARE/ATLID 激光雷达的比对研究。通过时空匹配、质量控制和典型场景筛选, 对两种载荷在沙尘、卷云及平流层目标探测中的后向散射和退偏振观测结果进行联合分析, 以评估 ACDL Baseline05 产品的稳定性、一致性和适用性, 并为定标方案和数据处理算法提供迭代优化方向。同时, 通过 ACDL/DQ1, EarthCARE/ATLID, CALIPSO/CALIOP, Aeolus/ALADIN 等星载激光雷达联合观测, 结合 OSSE 实验, 研究不同观测配置和联合观测策略对风场、气溶胶与云廓线探测能力的影响, 并探索 ACDL 与 ATLID 等及其他观测手段在多源协同中的信息增益。相关结果将为后续星载高光谱分辨率激光雷达数据产品的定标验证、联合反演和应用拓展提供支撑。