

激光为器 探索大气

——记中国科学院合肥物质科学研究院研究员刘东

■ 宋洁



刘东主持召开第29届国际激光雷达会议。此次会议是自1968年第一届会议在美国召开50年后，首次在中国（合肥）召开。

1991年6月15日，菲律宾Pinatubo火山在沉睡了600多年以后再度爆发，中国科学院合肥研究院安徽光学精密机械研究所（简称“中科院安光所”）的龚知本、周军、胡欢陵等科学家闻讯而动，利用自行研制的L625多波长激光雷达，在合肥的“科学岛”上对其进行了成功的监测。自此之后，激光雷达探测技术在中科院安光所得到了长足的发展。

20世纪90年代后期，中科院安光所顺应新时代变局，根据学科发展和国家需求，提出了未来发展的明确定位：发展以

激光大气传输为重点的大气光学，以环境监测技术为重点的环境光学，以可调谐、全固化激光器（包括晶体）为重点的激光技术等。恰逢其时，大学毕业的刘东被推荐到中科院安光所攻读硕士研究生，由此与激光雷达探测技术结缘。

扎根激光雷达研究领域多年，刘东先后主持研制了国内首台偏振、多波长拉曼、机载双波长和侧向散射等激光雷达系统，经过专家鉴定达到了国内领先和国际先进水平，并应用到了气象、环保和全球变化研究领域。如今，随着激光雷

达探测技术应用的扩展，刘东也正在积极进行着新的尝试。

创新探测技术

2005年，刘东从中科院安光所博士毕业，留所工作一年后，前往美国怀俄明大学大气科学系从事博士后研究工作。在美国，刘东主要做A-Train卫星序列（The Afternoon Constellation, 美国NASA发射的一系列编队飞行卫星）的数据分析方面的工作，他利用美国云—气溶胶激光雷达和红外探测者卫星（CALIPSO）全球观测数据，首次分析了全球沙尘气溶胶垂直分布的情况，被*JGR-Atmosphere*杂志评为当期的亮点文章，同时利用星载激光雷达和微波雷达的数据，揭示了全球卷云和对流云的垂直分布特征。

2009年，刘东结束在美国的工作后回到了中科院安光所。“回来以后我主要从事硬件设备的研究工作，因为要做一流的科学研究的话，所使用的设备必须要自己研发，自己去做，才能有好的成果出来。”因此，刘东承担了我国重大科学基础设施航空遥感系统机载双波长偏振激光雷达载荷的研制工作，其研究成果填补了国家在该方面的空白。

之后，刘东又做了多波长联合探测技术反演大气气溶胶谱垂直分布的探索。他

形象地介绍说：“多波长探测是精细化的探测，是光学参数探测迈向微物理参数的探测。光学参数是知其然，而微物理参数是知其所以然。”从光学参数到微物理参数的激光雷达新技术是近些年国际上的发展趋势，刘东及其团队在国内首先研制了该型雷达，并得到了国家自然科学基金面上项目的支持。

刘东和他的团队正在尝试发展大口径望远镜激光雷达探测技术，积极推动世界最大望远镜激光雷达系统的落地，目前，前期的预先研究正在进行中。相较于提高激光发射能量而言，增加望远镜半径，其接收面积会按照半径的平方关系增加，激光雷达的信噪比将会大大提高。可以实现激光雷达在更小的时间分辨率、更小的垂直分辨率上探测，揭示极端分辨率下的大气现象及其规律。同时，大口径望远镜激光雷达的探测高度也会更高。

探测大气状态

自工业革命以来，在人类活动和自然因素的双重影响下，全球气候状况正经历着全球增温、雾霾、极端气候事件频发等一系列变化，严重影响着人类的生产生活。气溶胶和云的相互作用是气候和天气预测中的重要组成部分，对地气系统的辐射平衡、水循环和能量循环有着重要影响。然而，气溶胶和云是怎样相互作用的，至今仍没有人能完全搞清楚，这一问题已经成为未来全球气候变化研究领域的重点。

2013年，刘东承担了国家重大科学研究计划项目“云、气溶胶气候效应的观测与模拟研究”里面的“云宏观、微观和大气状态参数的综合观测研究”课题研究。在该研究中，刘东团队进行了大气气溶胶和云参数的主被动、多波段、多平台的协

同观测研究。

在大气中，不同的高度，云的状态不同，在某一个高度的云有可能是冰云，也有可能是水云，这其中气溶胶是否起到了作用是刘东团队想要搞清楚的一个问题。为此，团队研发了基于现有的地基激光雷达和微波雷达相关算法，以提供云的垂直分布以及水云、冰云和混合相云的云水含量及特征尺度参数的高度分布。除此之外，刘东团队还联合激光雷达和微波辐射计测量研发反演层状云中滴浓度的方法，为云和气溶胶相互作用研究提供了必要的基础；研发了拉曼激光雷达气溶胶、水汽和温度协同探测技术。

刘东还参与了组织天一地一空综合观测实验，使用地基多波长和拉曼激光雷达连续测量大气气溶胶、温度和湿度廓线，提供了综合观测实验期间的地基遥感垂直观测数据。他说道：“中国目前存在大气污染问题，通过研究我们想知道这种污染情况是否会对云的属性产生影响。”

课题实施期间，刘东及其团队成员在项目首席的带领下通过认真开展观测试验，对观测数据进行深度挖掘分析，产出了一批在国际上有影响力的研究成果，远超预期考核指标。最重要的是，通过该课题的实施，打造了一支高素质的实验观测和数据分析相结合的研究队伍。

推动成果转化

在研发新算法、研制新设备、创新实验方法的同时，刘东也在积极推动研究产品的产业化。他介绍说，之前用激光雷达探测大气是垂直探测，所取得的实验数据都用于科学研究，但是后来发现激光雷达对环保部门有着重要作用。

“用激光雷达水平观测，也就是在城市中的某个制高点，进行水平扫描周围同

一高度的区域，就可以发现哪些地方有污染排放，其排放强度如何。”刘东表示，这样就可以大大提高环保部门的执法效率。目前，在中国科学院合肥物质科学研究院有专门实现产业化的平台，在这个平台中，刘东团队也正在积极孵化环保领域需要的产品。他说道：“我们希望可以基于现有的成果，进行产业化，将产品用于气象，用于环保，或者用于其他的一些领域，真正地把我们的技术与行业结合起来。”

2017年，刘东承担了中国科学院科技服务网络计划区域重点项目“水相关气象要素探测设备工程化研发和产业化”。针对当前气象业务化探测设备的局限性，刘东提出采用激光雷达、全天空云图仪和降水天气现象仪来分别探测大气水汽廓线、云和降水，获得高时间分辨、全相态和昼夜连续的水相关气象要素，为气象站点提供一体化的综合探测设备。此外，团队还突破了长期稳定工作、外场定标和数据实时反演等工程化关键技术，实现了具有自主知识产权的气象探测装备的产业化，相关设备也获得了中国气象局颁发的“气象专用技术设备使用许可证”，带动了水相关气象要素整体探测技术的产业升级。

众所周知，激光雷达因其强大的环境感知能力，不仅仅在大气探测领域，同时在遥感测绘、目标识别和智能驾驶等领域，也被认为是不可或缺的传感器。随着这些研究领域技术需求的推进，激光雷达市场也在逐渐打开。刘东的研究也涉及这些领域，并做了初步尝试，他坦言有些构想在技术上可以实现，但是怎样降低成本、提高稳定性是目前亟需解决的问题。随着万物互联世界的到来，激光雷达势必还有更大的应用空间，刘东和他的团队正紧跟时代的脚步，不断突破，不断创新。■