

用激光测量沙风洞中风沙的速度*

中国科学院安徽光机所五室 502 组

沙漠的研究、治理和改造是国家经济建设的一项重要课题。能否把激光这门新技术拓广应用于沙漠的研究,中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所向我们提出了这个新课题。近两年来,我们就这个新课题开展了一点工作,并于1976年11月下旬至12月底,与沙漠所大力协同,在兰州作了判断实验。实验结果对上述问题给出了肯定的答复。

系统布置及有关参数

如图1所示,由He-Ne激光器发出的一束激光,经分光系统分成对称的两束平行光,再经发射系统 L_1 聚焦于沙风洞的流场中。焦点 F 就是所谓测量探头。两束光在 F 点的会聚角为 θ 。由于干涉效应,在 F 点便形成一组清晰的干涉条纹,如图2所示。

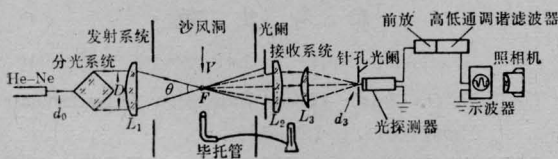


图1 沙风洞激光测速判断实验系统布置示意图

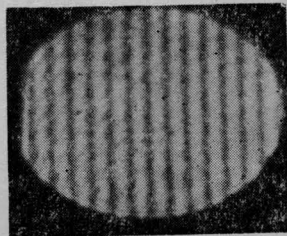


图2 激光探头条纹照片

当速度为 V_p 的运动粒子穿越条纹系统时,强度受到多普勒频率调制的散射光便被

接收系统收集,经针孔光阑在 F 的象点处进行空间滤波,最后闪击在光探测器的光阴面上变为信号光电流输出。根据双光束差动多普勒的条纹模型,很容易得到下面一组公式:

$$f_D = \frac{2V_p}{\lambda} \sin \frac{\theta}{2} \quad (1)$$

$$S = \frac{\lambda}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \quad (2)$$

$$V_p = S f_D \quad (3)$$

式中 f_D ——多普勒频率;

V_p ——流场在垂直于 θ 角平分线方向上的速度分量;

λ ——激光波长;

S ——条纹间隔,装置的标定因子。

系统有关参数如下:

(1) He-Ne激光器连续输出功率约1毫瓦,光束直径 $d_0 \approx 1$ 毫米, $\lambda = 6328$ 埃。

(2) 分光距离 $D = 32$ 毫米。

(3) 发射系统 L_1 的焦距 $f_1 = 610$ 毫米,焦点 F 直径 $d_1 \approx 0.5$ 毫米。

(4) 接收系统 L_2 的焦距 $f_2 = f_1 = 610$ 毫米, L_3 的焦距 $f_3 = 200$ 毫米。

(5) 针孔光阑直径 $d_3 = 0.34$ 毫米。

(6) 光探测器为EMI9558QB光电倍增管。

由上述参数,可根据前述公式求得

$$V_p = 12 f_D \quad (4)$$

式中, V_p 的量纲为米/秒, f_D 的量纲为兆赫,12微米为本实验装置的标定因子。

* 收稿日期:1978年2月13日。

实验结果

在实验中,我们观测到单个运动粒子典型的激光多普勒信号的整体波形,如图3所示。它是由多普勒信号迭加在低频高斯型基架信号上形成的。经前置放大和高、低通调谐滤波器滤除基架后,便得到质量优良的正弦多普勒信号。

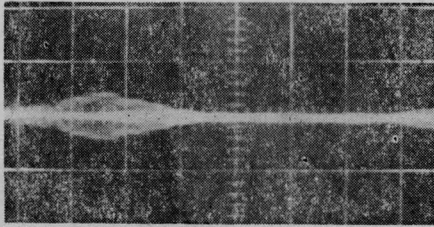


图3 典型的多普勒信号照片

我们对风沙速度作了定量测量。在测试过程中,用置于激光探头上方5厘米处的毕托管读出的风沙速度作为参考,对每秒5米、10米、15米和20米的风速和沙速进行了激光测量。图4、5、6、7为当时拍摄的部分示波照片。

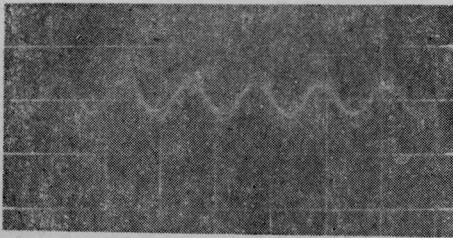


图4 参考风速为10米/秒时的
风速信号照片

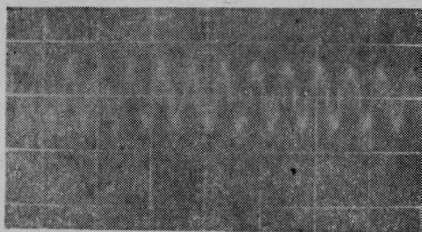


图5 参考风速为20米/秒时的
风速信号照片



图6 参考沙速为6米/秒时的
沙速信号照片



图7 参考沙速为15米/秒时的
沙速信号照片

为便于比较,将毕托管监测的参考速度与激光实测的速度列于表1。表1中的多普勒信号波形周期直接由示波照片上读出,把它换算成频率,再按(4)式换算成相应的激光实测速度。所有定量照片都是在示波器扫描速率校正正在1微米/厘米挡上拍摄的。标尺刻度每大格为1厘米,表示1微秒时间间隔。

表1 风沙速度定量测试结果

底片 编号	测量 对象	参考 速度 (米/秒)	示波器波形周期	激光实 测速度 (米/秒)	速度相 对偏差 (%)
25-7	沙	6	5.5格3个周期	6.6	10
25-26	风	5	8.4格3个周期	4.3	14
25-9	沙	10	6.7格6个周期	10.7	7
25-25	风	10	7格6个周期	10.3	3
25-15	沙	15	6.2格8个周期	15.4	2.7
25-18	风	15	6.8格9个周期	15.9	6
25-22	风	20	7格12个周期	20.5	3

根据这次判断实验,我们可得出如下结论:用激光可以测量风速。所谓风速,实际上也就是大气中随风悬移的尘埃的运动速度。在沙漠上空,尘埃粒子的数密度为 $10^4/\text{厘米}^3$ 量级,粒子半径在0.1微米到1微米左右,具

有良好的大气光学特性。因此,用激光可以解决沙漠研究工作中风速的精确测量问题。

激光可以测量沙速。沙粒在风的作用下起动后,沙流运动有三种状态即随风悬移、呈抛物弹跳(这是主要的)以及沿地表滚动。我们测量的是悬移沙及部分弹跳沙,其粒径分布在0.01毫米到0.1毫米左右。而对任一沙粒来说,我们测得的仅是其某一段运动轨迹上平行于沙风洞轴线的瞬时速度分量。

与沙漠研究中通常使用的转杯风速表、

毕托管、热线或热膜等相比较,激光测速有许多优点,如测量精度高、对流场无接触干扰,仪器使用寿命长(无机械转动部分的磨损并可以避免风沙直接吹打)、使用灵活(可作局部和瞬时测量,也可测极高速与极低速)等等。对光学和机械作合理设计并配备适当的信号处理系统,可以制成符合一定实用要求的激光风沙速度计,用作沙漠研究的实验室测试仪器。

WJX-1型激光显微光谱分析仪研制成功

激光显微光谱分析仪是利用激光作激发能源,使激光通过透镜聚焦后,直接激发微细矿物样品,使之气化,矿物蒸气所发的光经摄谱仪分光加以记录,根据记录出的谱线相板,即可分析出该微细矿物的成分。激光显微光谱分析仪的研制成功,对于微区、微量成分分析,具有分析速度快、分析准确、灵敏度高、样品不用加工、基本上不破坏样品等优点,适用于金属或非金属样品的分析。在地质、冶金、金相、公安、文物、材料等科学研究领域有着重要用途。

激光显微光谱分析仪达到了有关领导部门对新仪器性能和技术指标的文件规定,国家地质总局科技组、安徽省科学技术委员会和安徽省机械工业局于1978年9月27日至9月30日在安徽省合肥市召开了《WJX-1型激光显微光谱分析仪》鉴定会。参加会议的,有来自全国15个省市、自治区43个有关单位85名代表,并由33名代表组成鉴定委员会。会议期间听取了研制单位关于光谱仪的试制报告、技

术报告和样机技术测试结果报告,审查了光谱仪的技术文件,生产图纸和生产工艺报告,对送鉴样机主要技术性能指标进行了现场参观抽测。全体与会代表经过认真讨论和仔细分析,一致认为《WJX-1型激光显微光谱分析仪》的性能和技术指标达到了设计方案的技术要求,并具有结构简单,操作方便,可析性强、调整容易、返转搬运不影响仪器稳定性,成本低廉等优点。另外希望仪器在工艺加工精度上也进一步提高,为满足科学技术的需要,迅速投入批量生产。

会议一致认为,合肥工业大学、芜湖光学仪器厂的科研人员,在粉碎“四人帮”以来,在华主席“抓纲治国”战略决策鼓舞下,敢挑重担、敢于创新、敢攀高峰、厂校紧密配合,为我国地质等领域的科学技术研究提供了新型工具,填补了国家空白,为我国激光技术的发展和早日实现科学技术现代化作出了一定贡献。