

利用云团实现激光遥测风速*

梁镜明 林太基** 陈仲良

(香港城市大学物理及材料科学系; ** 南京理工大学近代光学技术应用研究所, 南京 210014)

提要 提出利用云团实现激光遥测大气风速,并用研制的一台测量风速的激光雷达,在香港地区的上空测量了不同气象条件下的各种风速数据。

关键词 激光雷达, 激光遥感

1 引言

风速的空间和时间变化特性是气象的重要数据,它对空气污染物漂移的环保研究以及飞机的起飞和着落安全均有价值。通常测量风速是用测风气球和放置在高塔上的测风仪,它们只能作点测量,仅能获得小量的空间范围数据,如要对大的空间范围进行多点测量则很困难而且费用也大,激光遥测风速可以克服上述局限性。激光探测近地层大气风场现已取得不少进展,发展了激光相关分析测量风速^[1,2]、激光多普勒测风速^[3,4]、激光双光束干涉测风速^[5]等方法。本文提出利用云团作为目标的激光测量方法,用所研制的香港第一台激光雷达装置对不同的气象条件进行风速测量,获得多种风速数据并与香港气象台测量的数据相比较,结果是吻合的。

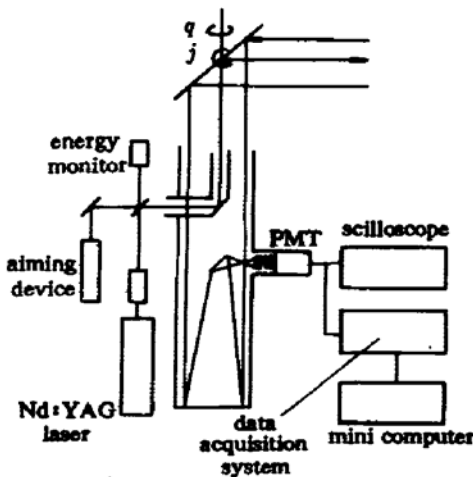


Fig. 1 The schematic diagram of the basic LIDAR station

本文介绍了该激光雷达装置的设计;简述测风的原理,给出各种测量的风速数据。

2 激光雷达装置

所研制的激光雷达装置是由发射系统、接收系统、瞄准系统、数据采集及处理系统所组成,其原理如图1所示。

倍频 YAG 激光器发射激光束,工作波长为 532 nm,脉冲宽度为 10 ns,重复频率为 10 Hz,每一脉冲输出能量为 100 mJ,激光光束经 5 倍准直镜扩束,准直后通过一台直径为 350 mm 扫描镜发射出去,扫描镜可作方位和俯仰方向的扫描,通过扫描镜控制器可调节扫描速度和扫描角范

* 香港高校研究资助委员会(UPGC)资助项目。

收稿日期: 1995年1月25日; 收到修改稿日期: 1995年3月29日

图, 控制器也与微机联接。接收望远镜为直径为 250 mm 的牛顿型望远镜, 焦距为 1.75 m, 在望远镜焦点处加有可变光阑直径从 0.5 mm 到 3 mm, 相应的接收视场角为 0.3~1.8 mrad。采用了发射光束与接收望远镜共轴的光学系统, 因此扫描镜也为接收系统共用, 望远镜接收的光束经准直镜后再通过窄带滤光片 ($\Delta\lambda = 1 \text{ nm}$)。由高增益光电倍增管接收, 接收信号被预置放大器和对数放大器放大后输入 20 MHz, 8 bit 的数据采集处理系统。

能量监视器用于测量每次激光发射能量并输到数据采集处理系统作能量规一化用。激光束所要照射的目标位置可通过瞄准镜观察确定。

3 风速测量

测量风速的原理图示于图 2, 通常大气中是以水平风场为主导风场, 因此水平风速和风向是基本气象要素之一, 利用云团作为探测目标, 测量出云团的移动量和所对应的时间求得其速度。

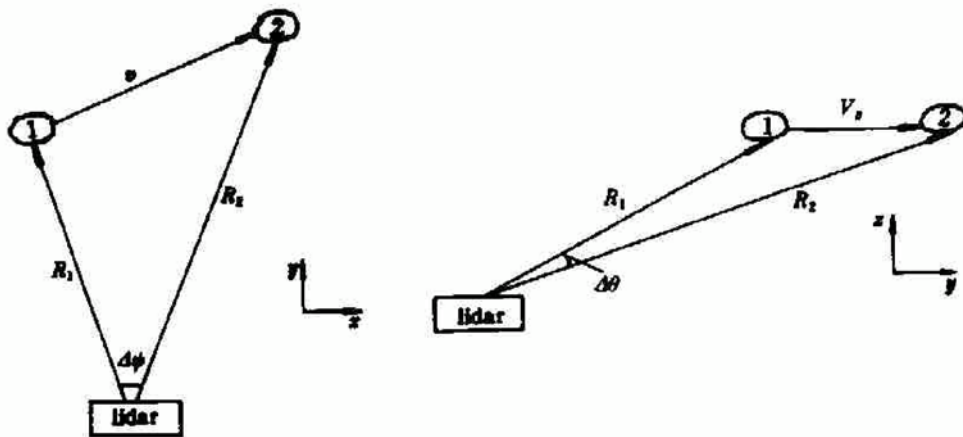


Fig. 2 Scheme of measurement of wind velocity by tracking a single cloud movement

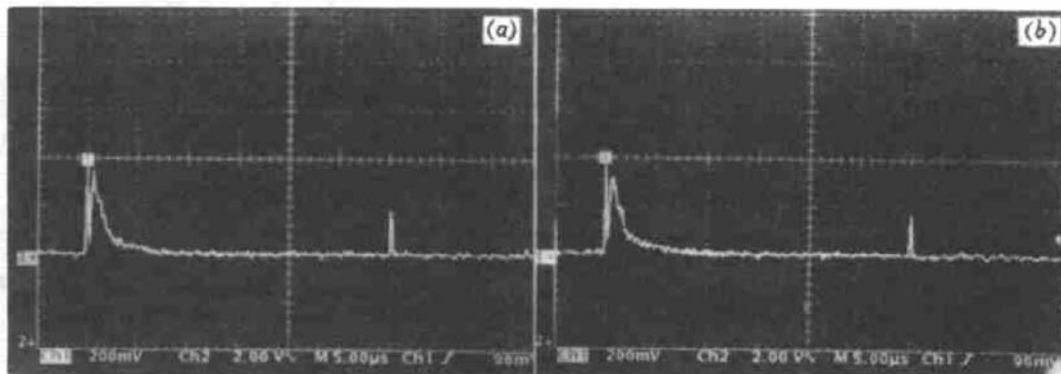


Fig. 3 Back-scattered LIDAR signals from a targeted cloud (a) at the beginning of the tracking, (b) at a later time. The second peak is the received signal

通过激光雷达装置的瞄准镜, 可以使激光束对准需要的云团目标, 从激光回波信号可测得目标的距离(图 3), 由云团的方位角 ψ 和俯仰角 θ 的改变量即可求得云团在 x, y 水平面的移动量, 云团由位置 I 移动到位置 II 所需时间为 t , 即可得到云团的 x, y 方向速度分量。

一般, 云团的速度可以代表风速, 我们在不同的气象条件下, 不同的时间, 对不同高度的云团进行各种风速测量, 以此来验证方法的可行性及激光雷达装置的性能特性。经过多次测量得到如下结果:

(1) 风速大小及方向随时间的变化。图 4 (a) 为每隔 30 min 风速和风向曲线, 图 4 (b) 为相隔 5 min 风速和风向曲线。

(2) 激光雷达测量香港 800~3300 m 上空的风速及风向并与香港天文台(即气象台)用气球测风仪测量的结果相比较, 结果示于图 5。

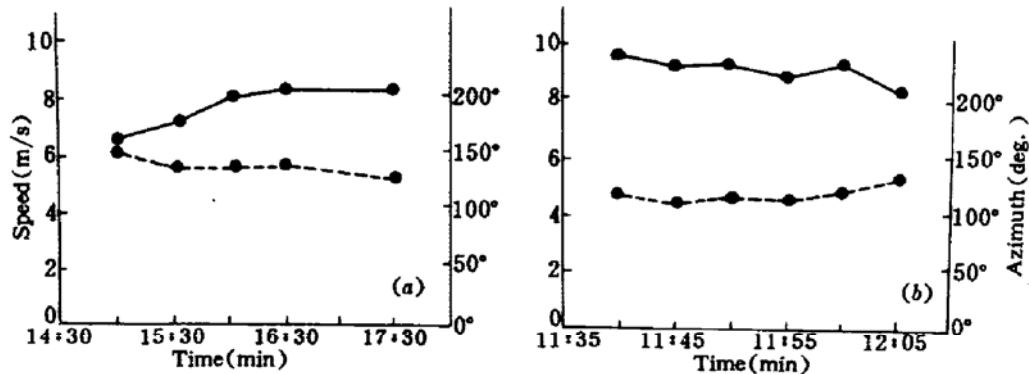


Fig. 4 A time history of wind speed (solid lines) and azimuth (dashed lines) measured with lidar
(a) On 6-July-1994 at an altitude 900~1100 m, time interval 30 min;
(b) On 9-July-1994 at an altitude 1100~1350 m, time interval 5 min

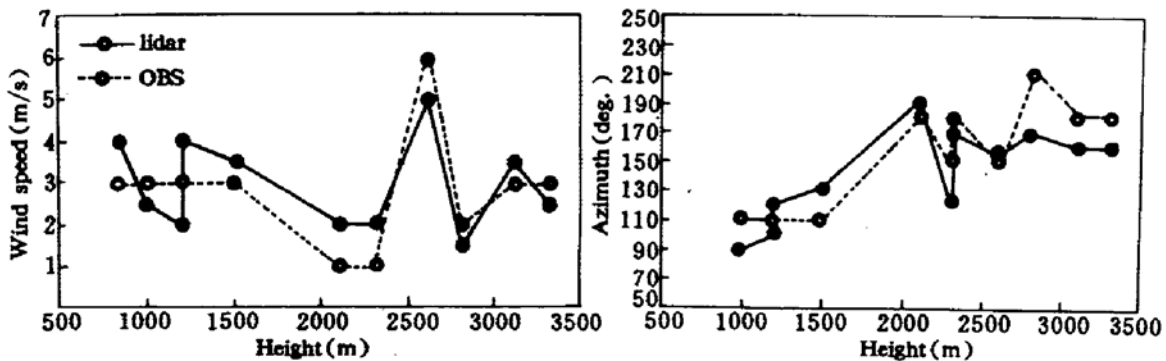


Fig. 5 A comparison of lidar and balloon wind measurements at Hong Kong on 16-July-1994

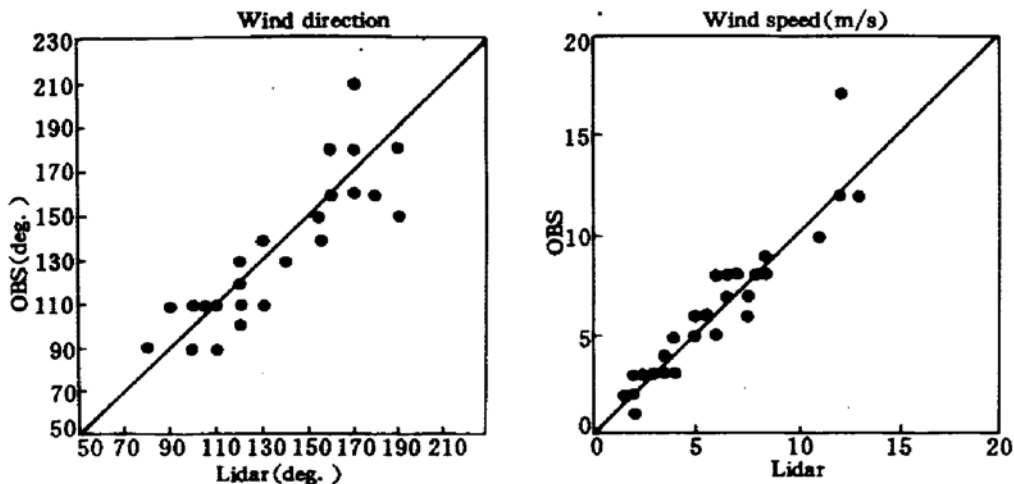


Fig. 6 A comparison of lidar and balloon wind measurements at Hong Kong
on 3-July; 4-July; 6-July; 9-July; 14-July; 17-July 1994

(3) 在 1994 年 7 月 3~17 日之间选择不同的气象条件, 有大风的天气, 风速大于 10 m/s, 微风的天气, 风速小至 1.5 m/s。这个期间风向最大的改变有 100°, 即在东风和偏西的南风之间变化。测量结果与香港天文台(OBS)测量数据相比较, 如图 6 所示。

对引起误差的各种因素及其对测量精度的影响程度可进行分析并列于表 1。

可见,主要误差取决于确定云团位置的精度,测量时是要瞄准云团的可辨认的部位,由于它在运动过程中有时会渐渐模糊,虽然瞄准系统精度为 0.5 mrad,但云团位置的确定精度在 3 mrad 范围内。测量的时间间隔要短一些,大约在 10~60 s 之间,视风速大小而定,风速大时时间间隔取短可以减小测量误差。

Table 1 Sizes of error sources in winds speed measurement

Error sources	Uncertainly
1) Cloud displacement measurement uncertainty resulted from scanner precision	<2%
2) Cloud displacement measurement uncertainty resulted from range precision	negligibly
3) Determination of cloud characteristic position	<15%
4) PMT dark current	negligibly
5) backgroud noise	negligibly small

4 讨 论

用云团来实现激光测量风速有其一定的特点,因云团有较强的反向散射信号,这在图 3 中云的信号可以说明,这样就增加了激光雷达的探测范围,目前该装置可探测约 15 km 距离的云团。较大的作用距离范围也可减少一些受气象条件的局限程度。另外激光雷达的一些主要设备如激光器、接收望远镜等相应可小型化,可降低设备的费用和便于装置的移动。在数据处理方面也较“相关方法”测风速要简便得多,“相关方法”要采集的数据和处理量都很大,所需时间也较长,要 5~10 min,而测量得到的是几百米空间范围的平均风速。“云团方法”测风速可较“相关方法”有更好的时间分辨率和空间分辨率。这些特点对于短时间内(10 s)风速变化量约 10 m/s,方向改变约 180°,对航空安全危害极大的切变风探测是有利的。但为了在无云团的天气也能进行风速测量,该激光雷达装置同时也具有相关运算的数据采集和处理系统,可用大气中气溶胶的不均匀特性作为探测目标进行相关方法测量风速,这方面的工作将于另文发表。

致谢 T. S. Poon 先生研制了接收望远镜,张保民教授、陈钱和李影辉先生等研制了信号采集和处理系统,李允川先生参加了实验工作,我们表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 T. J. Sroga, E. W. Eloranta. Lidar measurement of wind velocity profiles in the boundary layer. *J. Applied Meteorology*, 1980, 19:598
- 2 Ivan Kolev, Orlin Parvanor, Boiko Kaprilov. Lidar determination of winds by aerosol inhomogeneities: motion velocity in the planetary boundary layer. *Appl. Opt.*, 1988, 27(12):2524
- 3 G. J. Fetzer, M. J. Post. A low cost cw CO₂ lidar system for low-level wind shear detection. *SPIE*, 1990, 1222:130
- 4 J. Rothermel, C. Kessinger, D. L. Davis. Dual Doppler lidar measurement of winds in the JAWS experiment. *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 1985, 2:138~147
- 5 L. Lading. Time-of-light laser anemometer for velocity measurements in the atmosphere. *Appl. Opt.*, 1978, 17(10):1486

Lidar Measurement of Wind Velocity by Tracking a Single Cloud Movement

Leung Kangming Lin Taiji* Chen Zongleung

(*Department of Physics and Materials Science, City University of Hong Kong;*

** Institute of Modern Optics Technology Application, Nanjing University
of Science & Technology, Nanjing 210014*)

Abstract Lidar measurement of wind velocity by tracking a single cloud movement was proposed. The first lidar system in Hong Kong has recently been developed. Various wind velocities unique to Hong Kong were measured under different meteorologic conditions.

Key words lidar, laser remote sensing

.....

刘颂豪教授被遴选为 OSA 高级会员

在 1995 年 5 月的美国光学学会 (OSA, Optical Society of America) 理事会会议上, 华南师范大学前校长、华南师范大学量子电子学研究所所长刘颂豪教授被遴选为该会高级会员 (FELLOW)。此举是由于刘颂豪教授在固态激光器、Raman 光谱学、生物激光光谱学和科学管理方面的杰出贡献而作出的。

《OSA 章程》规定, 具有光学及其相关领域的工作经历或相应的学术训练的任何个人, 均可申请成为 OSA 的一般会员; 对于光学及相关领域有突出贡献的会员, 可被选举成为高级会员。高级会员人数不超过全体会员人数的十分之一。OSA 是光学界的国际性学术团体, 有 12436 名个人会员 (截止 1994 年 3 月 1 日的统计) 中, 美国以外的会员人数占 26%。