

光电技术

测风激光雷达的软件设计

钟志庆, 孙东松, 王邦新, 刘 博, 周 军

(中国科学院安徽光学精密机械研究所大气光学中心, 安徽 合肥 230031)

摘 要: 介绍了多普勒测风激光雷达运行控制的设计与实现, 包含对激光器、二维光束扫描单元、双 Fabry-Perot 标准具和光子计数卡的控制。运行控制软件采用 Microsoft Visual Basic++ 6.0 语言编写, 界面简洁, 操作方便, 实现了多普勒测风激光雷达系统的长时间无人看守连续工作。

关键词: 多普勒激光雷达; 风; 双 Fabry-Perot 标准具

中图分类号: TN958.98

文献标识码: A

文献编号: 1673-6141(2008)03-0223-05

Software Design for Doppler Wind Lidar

ZHONG Zhi-qing, SUN Dong-song, WANG Bang-xin, LIU Bo, ZHOU Jun .

(Center of Atmospheric Optics, Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: The software designed for the control and operation of Doppler wind lidar is introduced, which is used to control laser, X-Y scanner, dual Fabry-Perot etalon, and photon-counting card in measurements of wind. The control software, complied by Microsoft Visual Basic++ 6. 0, is convenient with compendious interface and simple operation. Doppler wind lidar can work continuously and unattendedly in a long time.

Key words: Doppler wind lidar; wind; dual-Fabry-Perot etalon

风是研究气候变化和大气科学的一个重要参量, 利用大气风场数据可以获得大气的变化过程, 促进人类对能量、水、大气气溶胶、化学和其他空气物质圈的了解, 提高气象分析与全球气候变化的预测能力。精确的大气风场资料可以提高数值天气预报、中长期气候预报的准确性; 减少和预防在航空飞行器起飞和着落过程中各类事故和

灾害的发生。因此, 开展三维风场分布的探测研究是十分必要的^[1]。

多普勒测风激光雷达采用基于双 Fabry-Perot 标准具的双边缘技术, 具有高测量精度、高时空分辨率、高稳定性以及小型化等特点, 是目前唯一能实现全球范围三维大气风场遥测的有效工具。

文中介绍了多普勒测风激光雷达的测量原

收稿日期: 2008-02-28; 修改日期: 2008-03-14

E-mail: zqzhong@aiofm.ac.cn

理,对运行控制软件的设计进行了详细的叙述,给出了风速和风向探测的典型结果。

1 多普勒测风激光雷达测量原理

多普勒激光雷达采用双边缘技术,测量的灵敏度与单边缘技术相比提高近一倍。利用双边缘技术的米散射信号的多普勒测量原理如图 1 所示。当米散射信号存在多普勒频移时,通过两个标准具的输出信号强度就会有差别,比较它们之间的差别大小就可以直接得到多普勒频移。例如,当两个信号通道的信号强度相同时,即发射激光的频率位于两个干涉仪频谱的相交叉点时,两个干涉仪的输出信号相平衡或相等,多普勒频移为零,径向速度为零;当两个信号相差大时,多普勒频移量或径向速度也大。由于散射信号谱中的瑞利散射信号谱相对于多普勒频移宽很多,因此在测量的动态范围内可以看成是近似均匀分布的,即可以看成是一种背景的均匀噪声信号,于是这种瑞利散射信号对测量精度的影响可以忽略^[2-3]。

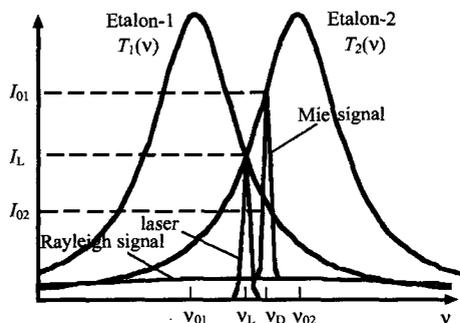


图 1 多普勒测量原理图

Fig.1 Scheme of the Doppler measurement

进行风场探测时,多普勒测风激光雷达通过二维光束扫描单元向大气发射一束窄带(几十 MHz)激光脉冲,激光被气溶胶粒子和大气分子散射,其中一小部分散射光沿发射方向返回多普勒测风激光雷达的接收望远镜。由于大气风的作用或大气粒子的运动,接收信号光频率相对于发射激光存在多普勒频移,利用双 Fabry-Perot 标准具检测

出多普勒频移量,由下式可得到径向风速

$$V = \frac{\lambda}{2} f_d, \quad (1)$$

式中, V 是径向风速, λ 是激光波长, f_d 是多普勒频移量。

二维光束扫描单元沿预先选定的 0° 、 120° 和 240° 三个方向,顺时针方向进行三个波束的扫描,获得三个方向的径向风速大小,然后进行合成获得水平风速和风向大小^[4]。

3 运行控制软件的设计

对多普勒测风激光雷达测量原理的分析显示,需要对激光器、二维光束扫描单元、双 Fabry-Perot 标准具和光子计数卡进行控制,图 2 是多普勒测风激光雷达系统运行控制图。

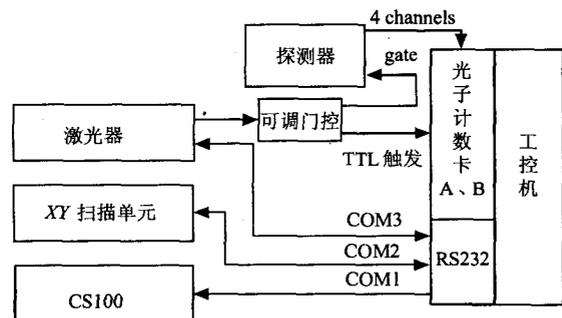


图 2 多普勒测风激光雷达系统运行控制图

Fig.2 Diagram of the Doppler wind lidar system

多普勒测风激光雷达中工控机与外围设备之间采用串行通讯方式。利用三个 RS232 串口分别对激光器、二维光束扫描单元和双 Fabry-Perot 标准具的控制器 CS100 进行控制,激光器的 Q - Switch 同步信号经过可调门控后,产生两路脉宽 10 ns、幅度 3.5 V 的电信号作为光子计数卡 A 和 B 的触发信号,同时产生三路脉宽 45 ns、幅度 3.5 V 的电信号作为探测器的门控信号,调节回波信号的接收起始距离,探测器输出的三路信号由光子计数卡采集后,对采集的数据进行传输、存储、处理和实时显示。

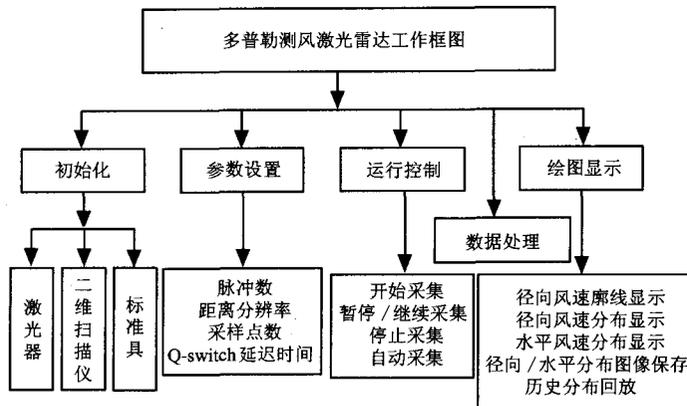


图 3 多普勒测风激光雷达工作框图

Fig.3 Operating diagram of the Doppler wind lidar

为了用户能够迅速理解并操作多普勒测风激光雷达, 使用的界面应该清楚简洁, 图 3 给出了多普勒测风激光雷达的工作框图。根据功能的不同, 划分为初始化、参数设置、运行控制、数据处理和绘图显示五个部分。外围设备包含激光器、二维光束扫描单元和标准具, 在工作前都需要确保与计算机连接正常, 三者都设计独立的子程序, 可单独进行控制, 尤其是对双 Fabry-Perot 标准具的控制。探测得到的透过率曲线, 为获得多普勒频移量大小、反演径向风速提供了可靠的依据。多普勒测风激光雷达在实际工作中常需要调节脉冲数、距离分辨率、采样点数, 以及激光器的 Q-Switch 的延迟时间等, 在设计时都需要在界面上体现出来。运行控制主要是对整个多普勒测风激光雷达的运行状态进行控制, 可以选择手动或自动探测。数据处理是运行控制程序的内部发生事件, 包含从光子计数卡数据采集结束、读取数据、进行背景扣除、数据平滑、多普勒频移量的获取和径向风速的反演, 直到三个方向探测完毕后, 合成水平风速与风向整个过程。绘图显示给用户呈现出一个完整的视觉印象, 每组探测中, 单一方向探测完毕就显示出相应方向的径向风速廓线, 每组探测完毕显示合成的水平风速与风向。进行连续观测时, 还给出径向风速与水平风速的时空分布图, 清楚显示当天风速的变化状况。

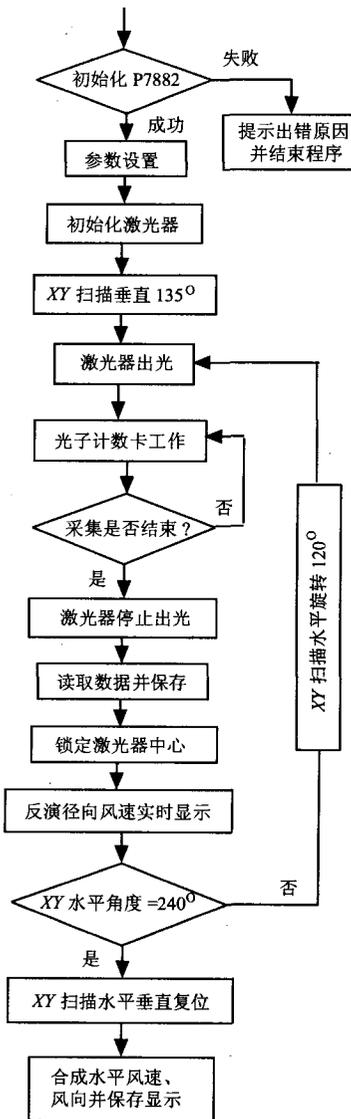


图 4 多普勒测风激光雷达控制流程图

Fig.4 Control flowchart of the Doppler wind lidar

4 运行控制软件的实现

图 4 是多普勒测风激光雷达测量控制流程图。运行控制程序打开后,首先对光子计数卡 P7882 和激光器进行初始化,二维光束扫描单元垂直方向旋转 135°,与水平方向呈 45° 夹角,参数设置完毕,激光器出光后,光子计数卡根据图 5 的工作时序图进行工作,达到预设的脉冲数后,激光器停止出光,进行数据处理,同时根据反馈的数据,锁定激光器的中心频率与标准具的中心。一个方位测量完毕实时显示反演的径向风速。程序对二维光束扫描单元的水平转动方位进行访问,如果未处于 240° 的方位,就控制二维光束扫描单元水平旋转 120°,进行 120° 方位的径向风速的探测,依次进行 240° 方位的探测,三个方位探测完毕,二维光束扫描单元水平和垂直均复位,显示并保存探测的水平风速与风向。

多普勒测风激光雷达在 Windows XP 操作系统下运行,通过对激光器、二维光束扫描单元、双 Fabry-Perot 标准具和光子计数卡的控制,实现了

直接探测风场的多普勒测风激光雷达的自动信号采集及处理工作。编制一个使用方便简洁、清晰明了的可视界面尤为重要。多普勒测风激光雷达系统运行控制软件操作界面如图 6 所示。图 6 是多普勒测风激光雷达系统 2006 年 4 月 24 日自动测量一天的一个画面,从方位指示图与状态栏显示可知正在进行 240° 方位的测量。单一方位测量选择脉冲数为 5000,距离分辨率为 30 m,采样点

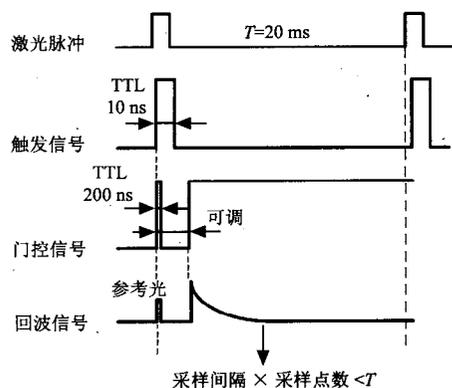


图 5 多普勒测风激光雷达工作时序图

Fig.5 Sequence chart of the Doppler wind lidar

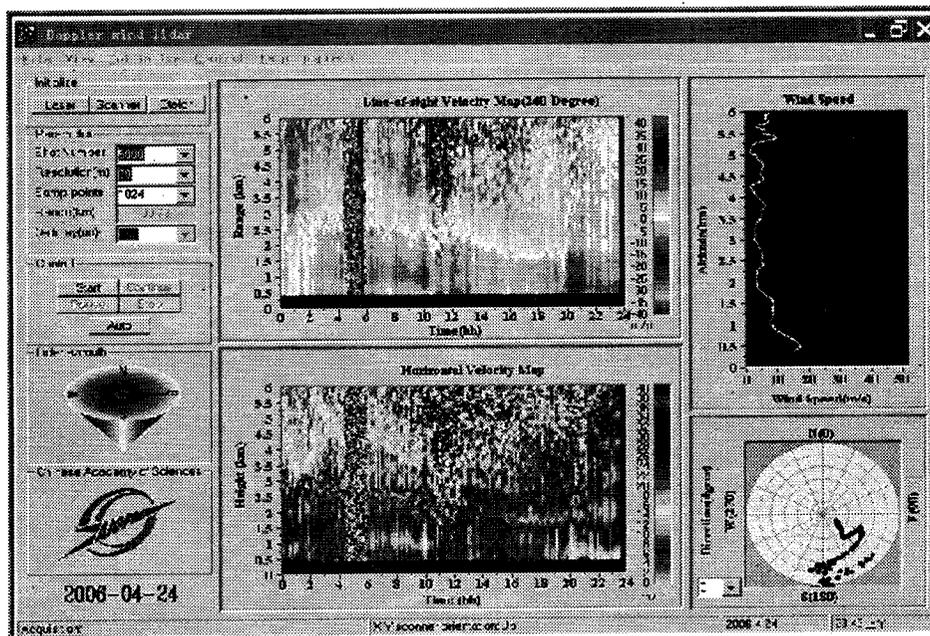


图 6 多普勒测风激光雷达系统运行控制主程序界面

Fig.6 Main program interface of the Doppler wind lidar

数为 1024 点, 相对应的距离为 30.72 km, 激光器的 Q-Switch 延迟时间为 150 μs 。从时间风速分布图可以知道, 测量时间从 00:00~23:50, 已连续工作了近 24 个小时, 在右上角显示的是水平风速廓线图。风向则在右下角以十六方位图方式显示, 圆的半径表示垂直高度, 可以选择查看不同垂直高度位置的风向值。当日的天气预报风力等级约 4~5 级, 风向东南风, 从图中水平风速趋势, 近地面风速大小约为 10~13 m/s, 0~3 km 内风向基本在东南方向, 测量结果与预报的基本一致。

5 小 结

多普勒测风激光雷达的运行控制软件设计, 考虑了对激光器、二维光束扫描单元、双 Fabry-Perot 标准具和光子计数卡进行控制, 并增加了大气水平风场反演过程, 实现了多普勒测风激光雷达对水平风速和风向的实时探测。

多普勒测风激光雷达系统运行软件使用 Microsoft Visual Basic++ 6.0 编写, 界面简洁直观, 操作简便。该软件在多普勒测风激光雷达系统上的成功使用, 不仅使多普勒测风激光雷达具有了探测水平风速和风场的能力, 还使该系统具有自动观测能力。为将来的机载和星载多普勒测风激

光雷达的实现提供了可靠的保证。

参考文献:

- [1] Korb C L, Gentry B M, Weng C Y. Edge technique: theory and application to the lidar measurement of atmospheric wind [J], *Applied Optics*, 1992, **31**(21): 4202-4213.
- [2] Korb C L, Gentry B M, Li S X, et al. Theory of the double-edge technique for Doppler lidar wind measurement [J], *Applied Optics*, 1998, **37**(15): 3097-3104.
- [3] Sun Dongsong, Zhong Zhiqing, Wang Bangxin, et al. Direct detection Doppler wind lidar based on dual FP etalon [J], *Chinese Journal of Quantum Electronics*, 2006, **23**(3): 303-306 (in Chinese).
孙东松, 钟志庆, 王邦新, 等, 基于 F-P 标准具的直接探测多普勒测风激光雷达 [J], *量子电子学报*, 2006, **23**(3): 303-306.
- [4] Wang Bangxin, Shen Fahua, Sun Dongsong, et al. Beam scanning and wind field measurement of direct-detection Doppler lidar [J], *Infrared and Laser Engineering*, 2007, **36**(1): 69-72 (in Chinese).
王邦新, 沈法华, 孙东松, 等, 直接探测多普勒激光雷达的光束扫描和风场测量 [J], *红外与激光工程*, 2007, **36**(1): 69-72.

作者简介: 钟志庆 (1976-), 女, 江西人, 博士, 主要从事激光雷达大气探测的研究工作。