

·测试、试验与仿真·

自然地物激光散射特性的测量方法设计

张雷, 邵铭, 张雷雷

(63891部队, 河南 洛阳 471003)

摘要:对常用的比对测量法进行了分析,指出了该方法在测量自然地物激光散射特性时存在的问题。基于比对测量法原理,对测量方法进行了改进,设计了一种全向测量、转置比对的自然地物激光散射特性近场测量方法,提高了对该类型目标激光散射特性的测量效率和测量精度。

关键词:激光散射特性;自然地物;朗伯反射板

中图分类号:TN247

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2012)03-0082-03

Measurement Design of Laser Scattering Characteristic for Nature Ground Objects

ZHANG Lei, SHAO Ming, ZHANG Lei-lei

(63891 Army Unit, Luoyang 471003, China)

Abstract: The common comparative measurement method is analyzed, and some difficulties of this method are pointed out when the laser scattering characteristic for the nature ground objects is measured. Based on the principle of the comparative measurement method, the measurement method is improved, and a near field measurement method which is based on the omni-directional measurement and the energy conversion contrast is designed. It can improve the measurement efficiency and precision of the laser scattering characteristic for the nature ground objects.

Key words: laser scattering characteristic; nature ground objects; Lambert standard baffle

激光散射特性是目标重要光学特性之一^[1-9]。自然地物激光散射特性测量是以自然地物为测量对象,通过测量获得目标的激光散射能量分布和激光散射系数,通常采用比对测量法^[2]。但在实际测量中,由于无法实现激光源以天顶角方向照射地物,导致激光光束入射方向需与地物所在平面呈一定角度的夹角,当其夹角达到一定程度时,目标处激光光斑将大于朗伯反射板尺寸,无法准确给出比对测量法所需的参照标准值。同时,为了测量目标在不同方向上的激光散射系数,需要在不同方位上进行测量,采用单一探测器逐方位测量的方法将大幅延长测量周期,从而将引入激光输出功率起伏、大气传输特性变化等因素带来的较大测量误差。基于比对测量法原理,设计了“全向测量、转置比对”的测量方法,解决了以上难题。

1 测量原理及方法设计

比对测量法是用已知激光散射系数的朗伯反射板作为参考,在相同激光入射和探测接收条件下,先分别测出目标和朗伯反射板对激光的反射能量,然后再用其比值乘以朗伯反射板的反射率,从而计算得到该方向上的待测目标激光散射系数^[2,3],原理如图1所示。通过全方位测量目标激光散射系数,绘制目标的激光散射方向图,从而分析得出目标对激光的散射特性规律。

测量过程中,先将探测器对准朗伯反射板,测得朗伯反射板的激光散射信号幅值 V_{Lambert} ,然后,保持相同的入射和接收条件,待测目标代替朗伯反射板,测得待测目标激光散射信号幅值 V_{Target} ,公式为

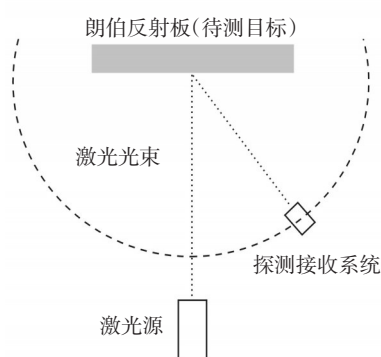
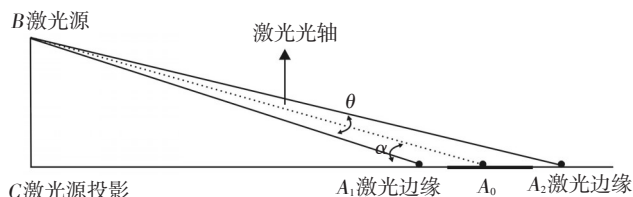


图1 目标激光散射特性比对测量法示意图

$$\beta_{\text{Target}} = \frac{V_{\text{Target}}}{V_{\text{Lambert}}} \cdot \beta_{\text{Lambert}} \quad (1)$$

式中, β_{Target} 为待测目标激光散射系数; β_{Lambert} 为朗伯反射板激光反射率。

在开展自然地物的激光散射特性测量时,由于无法实现激光源以天顶角方向照射目标,导致激光光束入射方向需与目标所在平面呈一定角度的夹角 α ,几何投影示意如图2所示。

图2 一定小角度 α 入射时地面的激光光斑投影图

当激光器架设高度 $BC=1.5\text{ m}$, 束散角 $\theta=1\text{ mrad}$, 激光源投影与瞄准点距离 $CA_0=50\text{ m}$ 时,由式(2)~式(4)计算可知,此时激光光斑长度约为 1.74 m 。

$$\angle CA_1B = \angle CA_0B + \theta/2 = 1.75^\circ \quad (2)$$

$$\angle CA_2B = \angle CA_0B - \theta/2 = 1.69^\circ \quad (3)$$

$$\overline{A_1A_2} = \overline{A_2C} - \overline{A_1C} = \frac{\overline{BC}}{\tan(\angle CA_2B)} - \quad (4)$$

$$\frac{\overline{BC}}{\tan(\angle CA_1B)} = 1.74\text{ m}$$

若选择尺寸小于该值的朗伯反射板直接采用比对法进行测量,将造成探测器接收到朗伯反射板以外自然地物散射的激光能量,即 V_{Lambert} 表征的并不是激光源照射后朗伯反射板所得的信号幅度,从而导致较大测量误差。但由于朗伯反射板的分谱辐射亮度不依赖于方位角而依赖于俯仰角,即对于朗伯平面的辐射或漫反射在相同俯仰相同距离处从任何方位上探测得到的能量值是不变的^[3,4]。因此,可以通

过调整朗伯反射板的俯仰以及与探测器的相对位置,达到对朗伯反射板标定的目的。

此外,为了测量目标在不同方位上的激光散射系数,需要在不同角度进行测量,若采用单一探测器逐次测量目标在方位上的激光散射信号幅值,测量工作将会十分繁重,并且激光器输出功率起伏、大气条件的变化等因素也会给测量带来较大误差。合理选择性能稳定的多个探测器,其测量结果经比例系数修正后,能够将误差控制在允许范围内,因此,测量中可采用经过一致性标定后的多个探测器系统分角度同时接收的方式,实现对目标激光散射特性全方向同时的测量。

基于比对测量法原理和以上分析,基本思路设计如下:将朗伯反射板置于 A_1 点处,调节朗伯反射板俯仰使激光光斑完全落于其上,通过调整探测器接收角度实现对朗伯反射板的标定。对探测器进行标定时,取其中一个探测系统为标准值,测量其他探测系统与该探测系统在同等测量条件下的比例系数。在计算目标激光散射特性时,用该比例系数对测量数据进行修正,实现激光散射系数的全方向测量。

2 自然地物激光散射特性的测量

2.1 系统组成

测量系统由激光源、探测接收系统、光斑采集系统、朗伯反射板和供电设备组成。其中,激光源发射的激光为单模,激光束呈高斯分布;探测接收系统由多个激光能量探测器(设其编号分别为 $1, 2, \dots, n$)、无线数据采集传输系统、数据分析处理系统等组成,用于对自然地物激光散射特性的全方位测量;光斑采集系统主要有 CCD 摄像头、图像采集系统、窄带滤光片等组成,用于对激光光斑的监视和采集;选定的朗伯反射板尺寸为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 。测量布局示意如图3所示。

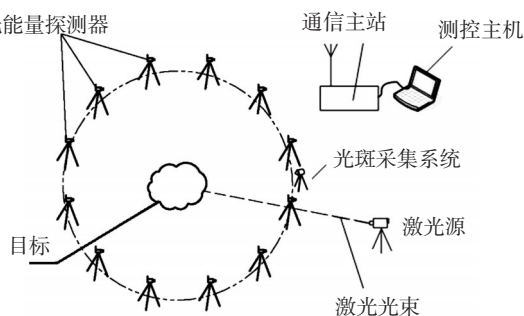


图3 激光散射特性测量布局示意图

2.2 测量方法

测量时,激光源交替照射自然地物和其所在位置的朗伯反射板,光斑采集系统架设于不影响测量处。测量朗伯反射板激光散射特性的俯视如图4所示,测量自然地物激光散射特性的侧视如图5所示。

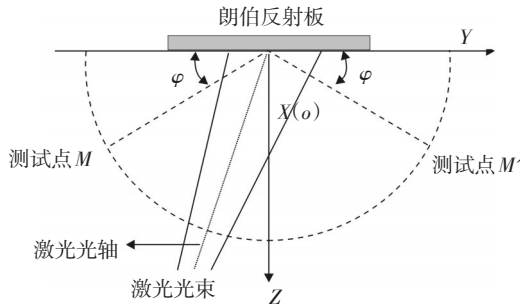


图4 朗伯反射板激光散射能量测量俯视图

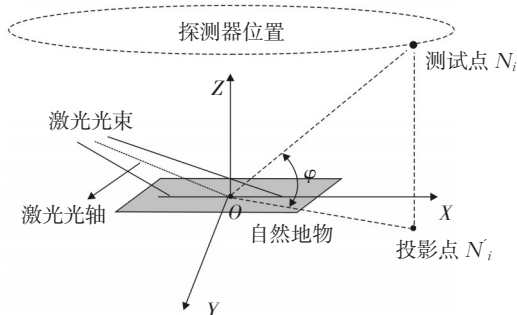


图5 自然地物激光散射能量测量侧视图

测量过程中,激光源架设高度、架设距离、激光发射参数一致,图4、图5所示角度 φ 一致。具体测量方法如下:

(1)对探测接收系统的激光能量探测器响应度进行标定,获得各个探测器响应度相对于1#探测器的比例系数;

(2)在自然地物处放置朗伯反射板,调整其俯仰使激光光斑完全落在朗伯反射板上,1#探测器架设于图4中测试点M或M'处,对准朗伯反射板。激光源以参数P(激光束散角、重复频率、照射时间等)向朗伯反射板发射激光信号,光斑采集系统实时监测激光光斑,探测接收系统实时记录激光散射信号值;

(3)撤掉朗伯反射板,激光能量探测器依次分布架设于图5所示测试点 $N_i(i=1,2,\dots,n)$ 处,瞄准待测目标,并记录各探测器相对于激光入射方向的方位角 θ_i ;

(4)激光源以相同参数P照射目标,光斑采集系统实时监测激光光斑,探测接收系统实时记录激光散射信号值。

此外,为减小随机误差,在一个测试点上测量多组数据,取其平均值进行处理。

2.3 数据处理方法

将测试点M或M'处所测得的朗伯反射板散射能量作为标准值,以经过探测器比例系数修正过的自然地物激光散射能量作为比较值,根据式(5)计算目标对激光的方向散射系数。统计各方位的测量结果,绘制激光散射方向图,分析得出自然地物对激光的散射特性规律。

$$\beta_{\text{Target}i} = \frac{\lambda_i \cdot V_{\text{Target}i}}{V_{\text{Lambert}}} \cdot \beta_{\text{Lambert}} \quad (5)$$

式中, $\beta_{\text{Target}i}$ 为 θ_i 方位上待测目标的激光散射系数; λ_i 为*i*#探测器响应度相对于1#探测器的比例系数; $V_{\text{Target}i}$ 为*i*#探测器测得的待测目标激光散射信号值; V_{Lambert} 为1#探测器在测试点M或M'处测得的朗伯反射板的激光散射信号幅值; β_{Lambert} 为朗伯反射板激光反射率。

3 结束语

基于比对测量法原理,设计了一种测量自然地物激光散射特性的方法,通过全向测量、转置比对,测得了多种自然地物的激光散射特性,提高了测量的效率和精度。该方法不失一般性,可应用于类似条件下其他目标激光散射特性的测量工作。

参考文献

- [1] 孙鹏举,高卫,汪岳峰.目标激光雷达截面的计算方法与应用研究[J].红外与激光工程,2006,35(5):597-600.
- [2] 付跃刚,邱旭,刘智颖,等.目标激光反射率测试方法研究[J].仪器仪表学报,2006,27(6):1215-1217.
- [3] 张涵璐,吴振森,曹运华,等.目标激光散射特性测量及分析[J].电波科学学报,2008,23(5):973-976.
- [4] 吴振森,韩香娥,张向东,等.不同表面激光双向反射分布函数的试验研究[J].光学学报,1996,16(3):262-268.
- [5] 张恒伟,薛建国,郑永军,等.大目标激光散射特性测量研究[J].光电技术应用,2007,22(3):49-51.
- [6] 王建,王凤贺,包国彬.漫反射板双向反射比系数的测量[J].光电技术应用,2005,20(4):32-34. (下转第88页)

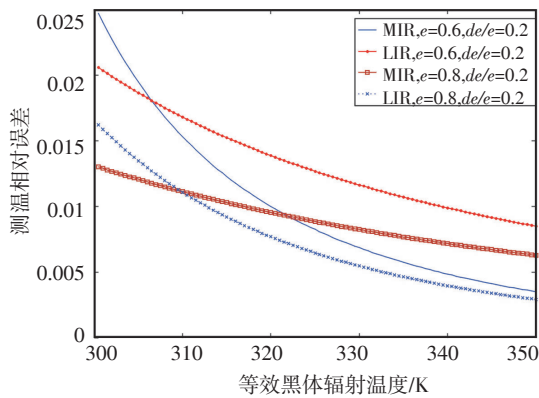


图6 中波红外热像仪测温最大误差与目标等效黑体温度之间的关系曲线

发射率分别为 $0.6 \pm 20\%$ 、 $0.8 \pm 20\%$ 的条件下获得的。可以看到:当所测目标等效黑体辐射增强(目标等效黑体辐射温度),则测温精度升高;目标发射率增大,测温精度提高;且目标等效辐射温度高于310 K后,中波红外测温精度高于长波红外测温精度。以上计算所使用的参数分别如表1所示。

表1 计算参数

$\varepsilon=0.6$	$\tau=0.98$	$T_{\text{sur}}=300 \text{ K}$	$T_{\text{atm}}=300 \text{ K}$	$n_{\text{MIR}3.7-4.8}=10$	$T_{\text{IR}}=313.15 \text{ K}$
$d\varepsilon=0.12$	$d\tau=-0.2$	$dT_{\text{sur}}=3 \text{ K}$	$dT_{\text{atm}}=0.5 \text{ K}$	$n_{\text{LIR}7.7-9.3}=4$	--

3 结 论

从上述分析可以看出:采用红外热像仪对目标

(上接第76页)

- [7] 岑峰,戚飞虎,陈茂林.长期视频监控系统的分布模型差方法[J].红外与毫米波学报,2002,21(1):59-63.
- [8] 侯志张,韩崇昭.基于像素灰度归类的背景重构算法[J].软件学报,2005,16(9):1568-1576.
- [9] 胡敏,石美,汪荣贵.一种具有抗噪性的图像分割方法[J].计算机工程,2011,37(8):231-232.

(上接第84页)

- [7] 姚连兴,仇维礼,王福恒.目标和环境的光学特性[M].北京:宇航出版社,1995:274.
- [8] 巨养锋,薛建国,张乐,等.激光隐身效果评估方法研究[J].

场景进行测温精度主要受到目标发射率 ε 、大气透过率 τ 、环境等效辐射温度 T_{sur} 、大气温度 T_{atm} 和它们的误差、以及探测器响应参数等因素相关。在保证以上参数精度的情况下,能保证系统的测温精度优于2%。对于存在高温辐射源的环境等效辐射温度很难准确测量,其测量误差对系统的测温精度影响最大。在其他条件相同时,中波红外成像系统测温精度比长波红外测温精度高。

参考文献

- [1] 刘慧开,杨立.红外热像仪的最大测温误差分析[J].热科学与技术,2002(12):170-172.
- [2] 张建奇,方小平.红外物理[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004:2-5.
- [3] Gerald C Holst.红外成像系统测试与评价[M].张正辉,魏宇飞.昆明:《红外与激光工程》编辑部,2006:80-85.
- [4] 李旭东,胡铁力.红外热像仪SiTF的测试研究[J].应用光学,2005(10):22-24.
- [5] 杨立.红外热像仪测温计算与误差分析[J].红外技术,1999(7):21-23.
- [6] 李云红,孙晓刚,原桂彬.红外热像仪精确测温技术[J].光学精密工程,2007(9):1337-1339.
- [7] 张健,杨立,刘慧开.环境高温物体对红外热像仪测温误差的影响[J].红外技术,2005(9):420-422.
- [8] 杨立,寇蔚,刘慧开,等.热像仪测量物体表面辐射率及误差分析[J].激光与红外,2002(2):43-45.
- [9] 胡剑虹,宁飞,沈湘衡,等.目标表面发射率对红外热像仪测温精度的影响[J].中国光学与应用光学,2010(4):152-155.
- [10] 文志强,蔡自信.目标跟踪中巴氏系数误差的分析及其消除方法[J].计算机学报,2008,31(7):1165-1174.
- [11] 于雪莲,宋洋,刘晓红.运动目标检测和目标区域的估算[J].通讯技术,2011,44(5):119-120.
- [12] 陶文兵,金海.一种新的基于图谱理论的图像阈值分割方法[J].计算机学报,2007,30(1):110-119.

半导体光电,2011,32(3):436-438.

- [9] 韩意,孙华燕,李迎春,等.空间目标激光雷达散射截面仿真分析[J].红外与激光工程,2010,39(5):819-823.