

文章编号:1001-5078(2007)01-0082-03

烟幕透过率测量系统设计研究

沈涛, 宋建社

(西安第二炮兵工程学院 602 教研室, 陕西 西安 710025)

摘要:从烟雾干扰效果的测试与评价的方法入手, 针对目前野外动态烟幕透过率的测试大多数采用单一通道方式的现状, 提出了多通道烟幕透过率测试技术, 并设计了一种用于测量透过率的系统, 实现多通道烟幕透过率测试的几种技术途径, 试验结果与理论估计情况基本一致。

关键词:烟幕遮蔽; 透过率; 多通道; 测试方法

中图分类号:TH741.4 **文献标识码:**B

Study on the System of Multi-channel Measurement of Transmissivity of Smoke

SHEN Tao, SONG Jian-she

(the Second Artillery Engineering College Section 602, Xi'an 710025, China)

Abstract: Analyzing the theory of the smoke interference and the smoke transmissivity measurement technique, the multi-channel measuring technique is put forward, and the measurement system is designed. The randomness of the single channel measurement of smoke transmissivity is decreased by the multi-channel measuring technique. There are several ways to realize the multi-channel measurement, and the experiment result is consisted with the theory estimation.

Key words: smoke screening; transmissivity; multi-channel; measurement method

1 引言

激光制导武器以其极高的命中率大大提高了武器系统的作战能力。在光电对抗中, 烟幕可以有效地削弱、干扰敌人的无线电指挥、雷达侦察和激光武器制导系统。在不破坏电力系统的条件下能够阻止仪器对电磁波频谱的正常工作 and 有效作用, 使敌人的侦察制导雷达迷盲、无线电指挥中断、制导武器失控和自动指挥系统失灵。因此, 烟幕在未来战争中的地位 and 作用不可忽视, 而烟幕对电磁波干扰作用的强弱, 取决于烟幕的消光性能, 这样, 烟幕性能的测试工作就显得非常重要。

2 烟幕干扰效果的评价方法

烟幕干扰效果测试与评估, 是对烟幕作用于干扰对象所产生的遮蔽效果进行测试与评估, 它与烟幕的战术技术性能、被干扰对象的战术技术性能、实施干扰的环境和评估检测条件等密切相关。关于烟

幕干扰效果的评价方法主要分为两类: 理论计算法和实验测定法。理论计算法主要是推导烟幕红外光谱透过率或消光系数对光电辐射的遮蔽效果并进行运算评价, 从理论上进行深入的研究; 实验测定法主要是按照实验环境条件和要求, 对烟幕的一些战术技术性能指标进行测量, 具有能人为控制环境条件、测试项目多、方便重复测试等优点。红外烟幕是通过对被保护目标红外辐射的衰减来干扰敌方对被保护目标的侦察和跟踪, 对其干扰效能的评价, 主要是通过对其遮蔽效果的测量来评价。遮蔽效果一般包含透过率、遮蔽面积、形成时间和持续时间等技术指标。而遮蔽面积、形成时间和持续时间的定义和测

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目 (No. 60272022)。

作者简介: 沈涛 (1978 -), 男, 博士研究生, 主要从事光电对抗系统仿真及效能评估方面的工作。

收稿日期: 2006-05-22; **修订日期:** 2006-06-22

量都是建立在透过率确定或已知的基础之上,因而对透过率的测量是基础。

烟幕对抗电磁波主要靠的是其衰减电磁波的能力和其形成的有效面积。在动态烟幕性能测试时,由于气象条件、成烟方式、空间位置等多项因素的影响,导致烟幕的质量浓度的分布、几何尺寸的变化有很大的随机性。目前野外动态烟幕透过率的测试大多采用单一通道的方式,就是说在烟幕形成的遮蔽面积上只有测试光束通过的那一区域,为烟幕透过率的数据采集点。以单一的数据采集点来测试整个烟幕透过率,用这种方式所测得的透过率来表征烟幕衰减电磁波的能力,必然造成烟幕透过率的很大随机性。

理想的透过率值应是烟幕所形成的遮蔽面积上各处透过率的分布或平均值。然而就现阶段的技术而言实现这样的测试是困难的。倘若适当增加透过率数据采集点,透过率测试的随机性将随采集点的增加而减少。多通道透过率测试即是在烟幕遮蔽面积上分布多个数据采集点,即形成多个测试通道,可在同一时刻测试出烟幕的不同位置上的透过率,以克服单通道透过率测试的随机性大的弊端。

3 多通道烟幕透过率测量系统设计

3.1 测量系统结构

激光烟幕透过率测量系统是一种光电测量系统,它包括光学系统、机械调整系统和电子系统等。考虑到系统的测试要求及调试方便,在设计中加入了绿光激光器和三维调节基座(用于光路的校准),由于测量采用的红外激光器波长是 1064nm,人眼睛是看不到的,为了调试方便,加入了波长为 532nm 的绿光激光器,使其输出与红外激光同轴,可用于光路的校准。另外在发射端和接收端加入了两套三维调整机构,使系统的光路调整简捷、方便。测量系统结构如图 1 所示。

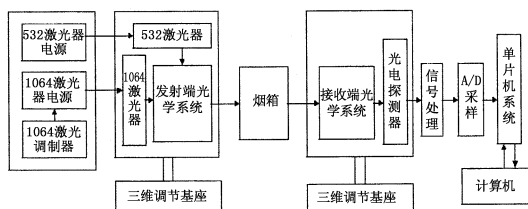


图1 系统结构框图

整个系统主要由发射和接收两部分组成,发射端采用 532nm 和 1064nm 两个激光器,其中 532nm 激光器用于光路的校准,可以通过调节 532nm 激光器电源上的电位器来调节 532nm 激光器的输出功

率(调节亮度);1064nm 的激光是要测量的信号,为了增加系统的抗干扰能力,需要对 1064nm 激光进行调制。激光通过发射端光学系统发射出去,激光信号经过空气和烟幕后经接收端光学系统照射到光电探测器,光电探测器把激光信号转变为与之成正比的电流信号,经信号的处理后进行 A/D 采样,把模拟信号变为计算机能够接收的数字信号,经单片机系统处理后送入 PC 机进行数据的显示、处理、存储、曲线绘制、打印等工作。单片机系统除了进行数据处理外,还负责信号的采集、A/D 转换、数据通讯与存储等控制功能。

3.2 系统测试原理及方法

3.2.1 单辐射源反射式测试

采用单辐射源反射式测试,即在烟幕两侧分别置辐射源、反射器和探测器,见图 2。

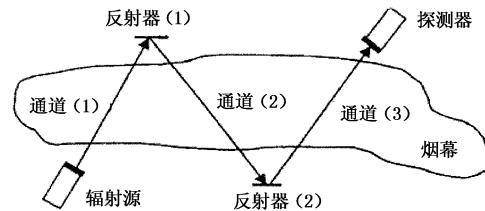


图2 反射式透过率测试

测量时,使发射系统的中心轴对准反射器,辐射源发射一定功率的激光,并调节反射器的反射角度,使反射激光能够到达下一反射器,反射激光多次透射烟幕,形成多通道,最后到达接收系统。记录测得的数据,之后对测得的数据进行处理,实现反射式多通道透过率测试。这种方式的特点是单辐射源多个反射器或多个探测器,系统结构简单。由于测试激光要经过多次反射和衰减,因此要求辐射源的辐射强度要大。

测得的透过率平均值为几何平均值,即:

$$\bar{\tau}_s = \sqrt[n]{\tau_{s1}\tau_{s2}\cdots\tau_{sn}} = \sqrt[n]{\frac{P_s}{P_a}}$$

式中, $\bar{\tau}_s$ 为烟雾的平均透过率; $\tau_{s1}\tau_{s2}\cdots\tau_{sn}$ 为各通道的透过率; P_s 为有烟雾时最后一个探测器测得的辐射强度; P_a 为无烟雾时最后一个探测器测得的辐射强度。

3.2.2 单辐射源扫描式测试

单辐射源扫描式多通道测试烟幕透过率,即在烟幕遮蔽面两侧分别置一辐射源和多台探测器,辐射源以扫描方式按时序轮流射向烟幕对面的探测器,并记录测得的数据,之后对测得的数据进行处理,实现多通道透过率测试。其测试原理如下:

设在某时刻,激光扫描至探测器处,受指令控

制,此时计算机按一定速率分别对参考信号和测试信号进行数据采集(测试信号由数据发送机发送至数据接收机)。参考信号电压为 V_1 ,测试信号电压为 V_2 ,对于野外(远距离)测试有如下关系:

$$V_1 = T_1 K_1 P_0$$

$$V_2 = T_2 K_2 T_a T_s P_0$$

式中, T_1 为参考通道光学透过率; K_1 为参考通道光电传递函数; P_0 为激光器输出功率; T_2 为测试通道光学透过率; K_2 为测试通道光电传递函数; T_a 为大气透过率; T_s 为烟雾透过率。

这样, V_1 与 V_2 的比值就与激光输出功率无关。换言之,激光器输出功率的波动将不会影响透过率测试的精度。下式可证明这一点,用 K 表示 V_1 与 V_2 的比值,即:

$$K = \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2 K_2 T_a T_s P_0}{T_1 K_1 P_0} = \frac{T_2 K_2}{T_1 K_1} T_a T_s = K_0 T_a T_s$$

式中, K_0 为仪器常数, $K_0 = \frac{T_2 K_2}{T_1 K_1}$

以 $K_0 T_a$ 作为归一化因子对 K 进行归一化处理,便可得到烟雾透过率的计算公式,即:

$$T_s = \frac{K}{K_0 T_a}$$

无烟雾时, $T_s = 1, K = K_0 T_a$ 。

在烟雾箱内(近距离)测试时,大气对激光衰减可以忽略不计,这时 $T_a = 1$,无烟雾时 $K = K_0$ 。

扫描式多通道烟幕透过率测试系统的一些主要技术参数的确定必须合理,这样才能保证应用时充分发挥其先进的功能。从理论上讲通道设置数目宜多,但设置太多必然带来投资大的结果,综合考虑一般设置 3~7 个通道。扫描周期的确定必须满足烟幕动态变化(指质量浓度、尺寸)的实时性和探测器响应时间的要求,扫描周期短,实时性好,但扫描周期过短会导致测试光束投射到探测器上的时间短,使得响应不充分或数据采集不足。扫描范围以满足烟幕最大宽度需要且留有一定的增宽的余地。扫描定位角(指辐射源法线与辐射源到探测器连线的夹角)应实现任意设定,这样在扫描范围内透过率的采样点设置的机动性大。

4 实验结果及分析

为了检测系统在实际使用中的动态性能,以扫描式为例,进行了动态测试,测试时间为 5min。发射端距离接收端 20m,在测试光路中人为加入烟雾,采用 4 个探测器接收反时试验。取有烟雾前后的数据测试结果及曲线如表 1 所示。

表 1 光源稳定性测试结果

	标准电压/V	信号最大电压/V	信号最小电压/V	最大不稳定性/%
辐射源	4.00	4.00	4.00	0.0
探测器 1	4.00	4.02	3.98	0.5
探测器 2	4.00	4.02	3.98	0.5
探测器 3	4.00	4.02	3.98	0.5
探测器 4	4.00	4.02	3.98	0.5

由表 1 可以看出:在测试中,发射系统和接收系统 20m 以内的条件下,系统的最大不稳定性为 0.5%。

图 3 是 4 个探测器测得的烟雾透过率曲线图。图 4 是经过计算机处理后的平均烟雾透过率曲线图。图中横坐标是时间,纵坐标是透过率。可以看到,图 4 中曲线 10~30s 段的透过率偏小,而且变化较大,这主要是大气扰动对烟雾的影响使透过率减小。由于系统发射端与接收端距离较远,周围的空气气流和尘埃使激光发生折射与散射,影响了测量系统的精度。在无风条件下,空气扰动引起的系统误差很小,可以忽略。

整个测试过程、数据处理、测试结果的提供完全由计算机软件来完成。实验动态测试结果和理论估计情况相一致。

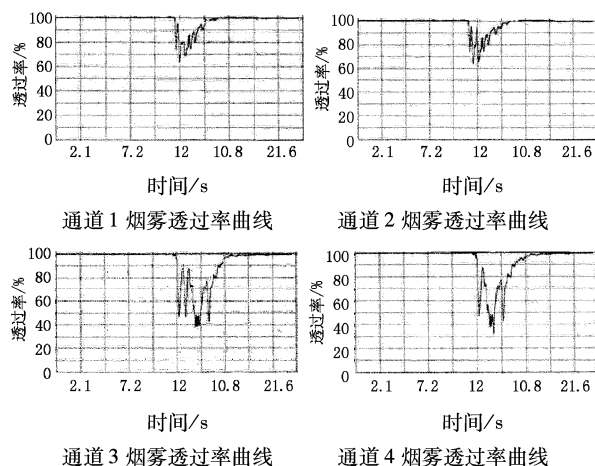


图 3 各通道烟雾透过率曲线

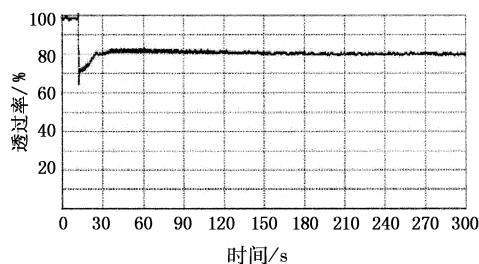


图 4 平均透过率测试曲线图

5 结论

在可实现多通道烟幕透过率测试的技术途径
(下转第 97 页)

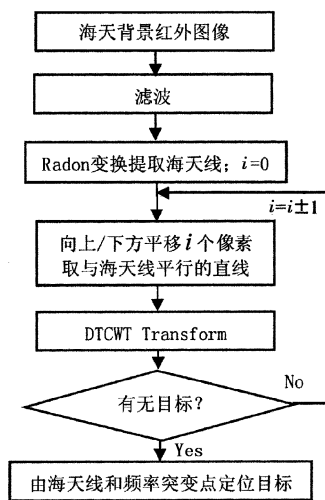
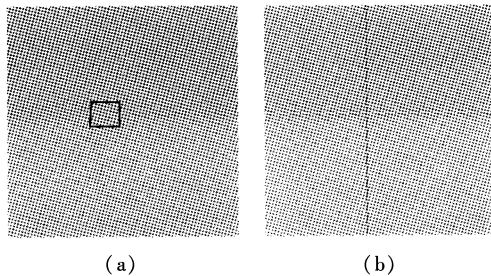


图3 算法流程图

图4 海天背景红外图像小目标自动检测
(a)原始红外图像;(b)目标定位结果

4 结论

综上所述,本文提出的“交叉算法”红外图像小目标自动定位的优点可以概括为:(1)通过图像 Radon 变换域极大值点对海天线进行自动的提取,不需要人为设置阈值;(2)计算量小,由于目标存在于海天线附近,对以海天线为中心的 $[-\sigma, +\sigma]$ 区域进行扫描可以快速地定位图像中的小目标;(3)对同一序列的海天背景红外图像小目标具有较准确的定位性,不需要人工参与,实现了红外图像小目标的自动定位,为目标识别与跟踪奠定了基础。

(上接第 84 页)

中,单辐射源反射式测试,其系统结构简单,由于测试激光要经过多次反射和衰减,因此要求辐射源的辐射强度要大,对探测器要求高。单辐射源扫描式测量系统构成复杂,场地选择要求高,但克服了多台仪器同时测试所显示出来的诸多缺点,又发挥了先进技术应用透过率测试中的优势:通道设置机动性大、测试精度高、数据可靠、数据处理灵活、操作较方便等。在实际的测量工作中,可根据不同的测试目的和测试条件选择不同的测试方法。

参考文献:

[1] 薛建国,王冰. 红外烟雾透过率测量原理及其精度分

析[J]. 光电技术应用,2005,20:9-12.

参考文献:

- [1] 叶增军,王江安,阮玉,等. 海空复杂背景下红外弱点目标的检测算法[J]. 红外与毫米波学报,2000,19(2):121-124.
- [2] 张锋,杨树谦,倪汉昌. 舰船红外图像特征提取及目标识别技术探讨[J]. 红外与激光技术,1991,(2):21-25.
- [3] Mohanty N C. Image Enhancement and Recognition of Moving Ship in Cluttered Background [J]. IEEE 82CH1761-6/82,1982,135-140.
- [4] 裴继红. 海面舰船红外成像目标的实时识别与跟踪[D]. 西安电子科技大学硕士学位论文,1994.
- [5] Rey M T, Tunaley J K, Folinsbee J T, et al. Application of Radon transform techniques to wake detection in sea-sat2SAR images [J]. IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing,1990,28(4):553-560.
- [6] 杨力华,戴道清,等. 信号处理的小波导引[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [7] N G Kingsbury. Image processing with complex wavelets [M]. Phi. Trans. Royal Society London A, September 1999.
- [8] Ivan W Selesnick. Hilbert Transform Pairs of Wavelet Bases [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2001, 8(6):170-173.
- [9] S M Phoong, C W Kim, P P Vaidyanathan. A new class of two-channel biorthogonal filter banks and wavelet bases [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1995, 43(3):649-665.

析[J]. 光电技术应用,2005,20:9-12.

- [2] 韩洁,张建奇,何国经. 红外烟雾干扰效果评估方法[J]. 红外与激光工程, 2004,33:69-72.
- [3] 王晓. 光电无源干扰的试验理论与技术[D]. 国防科技大学博士学位论文,1999.
- [4] 杨臣华,等. 激光与红外技术手册[M]. 北京:国防工业出版社,1990.
- [5] 熊晓伟. 光电干扰定量评价的研究[D]. 西安电子科技大学硕士学位论文,1995.
- [6] 许春玉,谢德林,杨虎. 激光大气传输透过率的分析[J]. 光电工程,1999,26:18-22.
- [7] 王永仲. 现代军用光学技术[M]. 北京:科学出版社,2002.