

文章编号: 1672-8785(2014)05-0034-04

草地背景中伪装目标偏振 成像探测的实验研究

毛宝平 韩裕生 袁宏武

(偏振光成像探测技术安徽省重点实验室, 合肥 230031)

摘 要: 在室内仿真实验平台上对草地背景中的伪装目标和背景在不同观测角度不同波段的偏振特性进行了实验研究。通过分析得到了对伪装目标进行偏振成像探测的最佳角度和最佳波段的范围, 并在室外进行了实验验证。实验研究表明, 在一定条件下偏振成像可以较好地探测出隐藏于草地背景中的伪装目标。

关键词: 偏振成像探测; 伪装目标; 实验研究

中图分类号: TN21 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2014.05.007

Experimental Study of Polarization Imaging Detection of Camouflage Target in Grass Background

MAO Bao-ping, HAN Yu-sheng, YUAN Hong-wu

(Key Laboratory of Polarization Imaging Detection Technology in Anhui Province, Hefei, 230031, China)

Abstract: The polarization characteristics of both a camouflage target in grass background and the background are studied experimentally in different wavebands at different observation angles on an indoor simulation platform. The optimal angle and waveband for detecting the camouflage target by using polarization imaging are obtained and verified under the outdoor condition. The experimental result shows that the polarization imaging can be used to detect the camouflage target hidden in the grass background under certain conditions.

Key words: polarization imaging detection; camouflage target; experimental study

0 引言

在自然背景中检测出伪装或者隐蔽的目标是情报侦察、战场监视和目标识别中的一个重要课题。偏振成像探测技术作为一种新兴的成像探测手段, 从二十世纪八十年代发展至今, 已取得了较大的进展^[1]。近几年来, 该技术及其在军事领域的应用受到各国的普遍重视。与常见的强度辐射探测相比, 偏振探测能够提供多

维的信息。测量时除了能够获取辐射度值, 还可以获取目标的偏振态特征, 从而能为目标的探测、解译和识别提供更多的依据。偏振特征的方向敏感性有助于目标表面状态、结构特征和材料类型等固有性质的反演。初步研究结果表明, 偏振信息能够揭示目标的细节特征, 识别复杂景下的伪装目标, 在昏暗条件下提高目标与背景的对比如^[2]。本文利用室内仿真平台研究了不同

收稿日期: 2014-03-20

基金项目: 国家自然科学基金 (41176158)

作者简介: 毛宝平 (1989-), 男, 湖北黄冈人, 硕士研究生, 主要研究偏振成像、图像处理。

E-mail: 632255862@qq.com

观测角度、波段条件下的伪装目标和背景的偏振特征, 对相关数据进行了定量分析, 得到了偏振成像对草地背景中伪装目标进行探测的最佳适用条件, 并在场外进行了验证。结果表明, 利用偏振信息探测草地背景中的伪装目标在一定条件下具有较好的效果。

1 偏振成像理论

斯托克斯 (Stokes) 矢量法是描述光波偏振态的一种常用表示方法, 其定义为 $S = [I, Q, U, V]^T$, 其中 I 是总的光强强度, Q 是光波水平偏振分量与垂直偏振分量的差值, U 是 45° 线偏振与 135° 线偏振强度之差, V 是右旋偏振与左旋偏振强度的差值。在工程上, I 、 Q 和 U 的值一般通过处理 0° 、 60° 和 120° 三个偏振单方向光强度后获得^[3]:

$$\begin{cases} I = \frac{2}{3}(I_0(0^\circ) + I_0(60^\circ) + I_0(120^\circ)) \\ Q = \frac{2}{3}(2I_0(0^\circ) - I_0(60^\circ) - I_0(120^\circ)) \\ U = \frac{2}{\sqrt{3}}(I_0(60^\circ) - I_0(120^\circ)) \end{cases} \quad (1)$$

利用斯托克斯矢量定义可以计算得到目标表面的偏振度 P :

$$P = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2}}{I} \quad (2)$$

2 偏振成像探测的实验研究

伪装涂料是各种军事目标安全防护的重要手段之一, 它们可以降低目标与背景环境的差异, 提高目标在战场中的生存能力。本文采用的试验样品是涂有两种颜色 (翠绿色、深绿色) 伪装涂料的钢基试验样品。使用的伪装目标试验样品主要用于对抗可见光 / 近红外波段的光学侦察, 适用范围为林地环境 (包括草地、树丛等)^[4]。

2.1 室内实验研究

为了量化分析伪装目标的多波段偏振特性, 在实验室仿真实验平台上采用固定角度和强度的稳定平行光照射试验目标, 进行多角度、多波段的偏振成像观测。采用短氙灯作为照明

光源, 由直流稳压稳流电源供电。短氙灯光源稳定, 基本上为非偏振光源, 其光谱特性与太阳光相近, 能够模拟类似于室外自然光的照明条件。根据实验的具体需要, 光源的入射角设置为固定角度 (40°), 采取多角度偏振成像方式进行探测。实验室偏振成像探测实验的示意图如图 1 所示。实验过程中把伪装目标试验样品平放于草地上, 从 50° 角开始观测, 每隔 5° 采集一次图像信息, 共采集 13 次, 最大观测角为 110° 。实验中每个角度获取 390 nm、400 nm、430 nm、620 nm、625 nm 五个波段和全通条件下伪装目标的偏振图像。

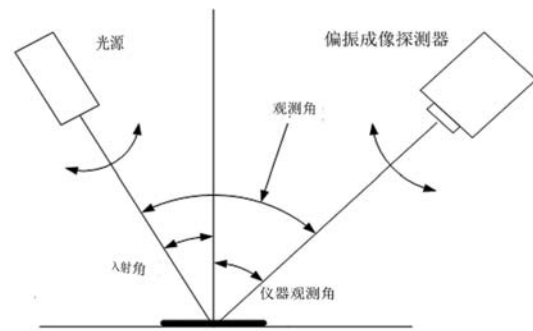


图 1 实验室偏振成像探测试验的示意图

2.2 实验数据分析

不同观测角度和波段下获得的目标偏振信息不同。为了研究伪装目标偏振度随观测角度变化的规律, 数据采集完毕后对偏振图像进行了分析, 并分别对草地、翠绿色钢基试验样品和深绿色钢基实验样品的数据进行了曲线拟合, 如图 2 所示。综合分析图图 2(a)~(f), 做出以下分析:

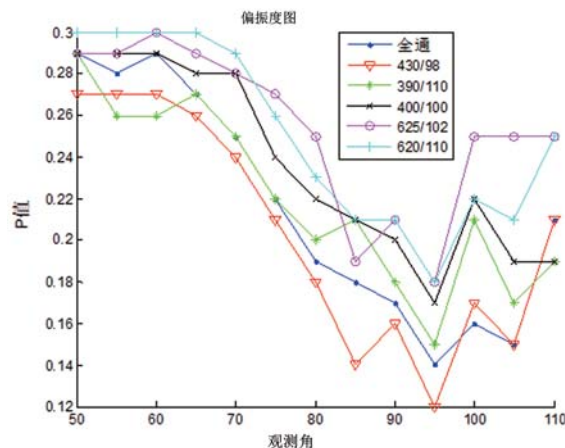
(1) 在不同波段, 背景和伪装目标分别反映出的强度和偏振度的变化趋势基本一致。

(2) 由图 2(a)、(c) 和 (e) 三条强度曲线图可以看出, 草地的强度随角度变化较为平缓, 两个钢板伪装样品都是先增后减, 且各个波段的曲线变化趋势基本一致, 草地的强度明显要小于两个钢板样品, 而深绿色钢板的强度整体大于翠绿色钢板。这是由于草地表面主要发生漫反射, 反射光强相对较小, 而观测角变大时探测距离

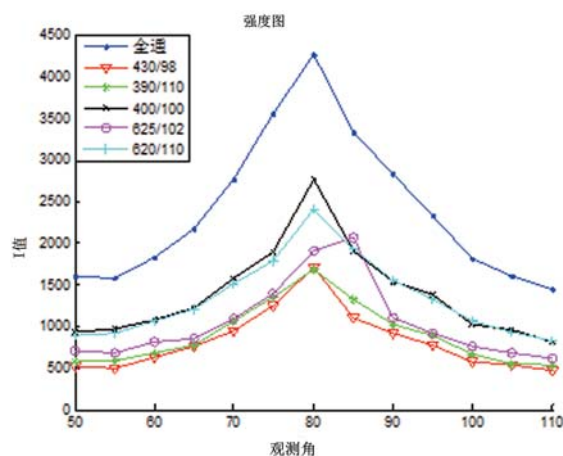
变大,因此强度整体平稳而呈减小趋势。两块钢板的表面比较光滑,主要产生镜面反射。当观测角在 110° 左右时,由于入射角与反射角接近,形成镜面反射,此时强度达到最大。

(3) 从图 2(b)、(d) 和 (f) 三幅图可以看出,钢板的偏振度明显高于背景。这与目标表面的粗糙度有重要关系。光线照射粗糙表面所产生的散射作用会使不同粗糙面的伪装目标产生不同的偏振度。光线与伪装目标表面作用时,在低反射率的区域即表面光滑区域单次散射占主要部分;在反射率高的区域即表面粗糙区域,多次散射占主要部分。当反射光以单次散射为主时,偏振度较大,多次散射由于发射光的偏振方向不确定,偏振度较低。从图 2(f) 可以看出,钢板的表面相对光滑,反射率低,在拟合曲线中体现出较高的偏振度。较暗的表面也表现出较大的偏振度,这是因为暗表面中单次反射所占比例较大。在较亮的表面中,多次反射占有较大的优势 [5]。

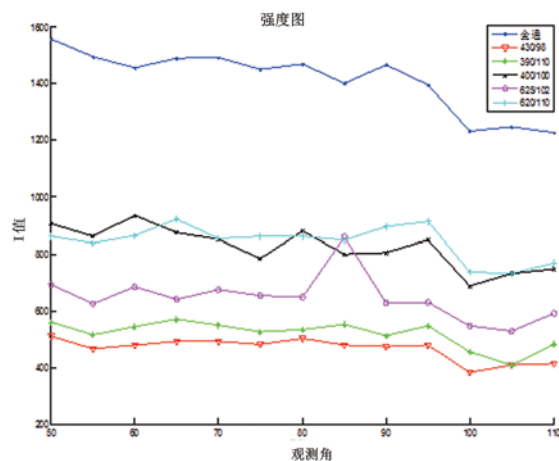
(4) 由这些曲线可以看出,观测角小于 80° 时,深绿色钢板目标的强度不断减小,其偏振度却随着观测角度的增大而大幅度增大。因此,此时该目标的强度图中目标和背景的对比度在不断减小,而偏振度图中两者的对比度在不断增大。在该条件下能很好地体现出用偏振成像技术探测伪装目标的优势。图 3 为深绿色钢板在观测角为 80° 前后的效果对比。



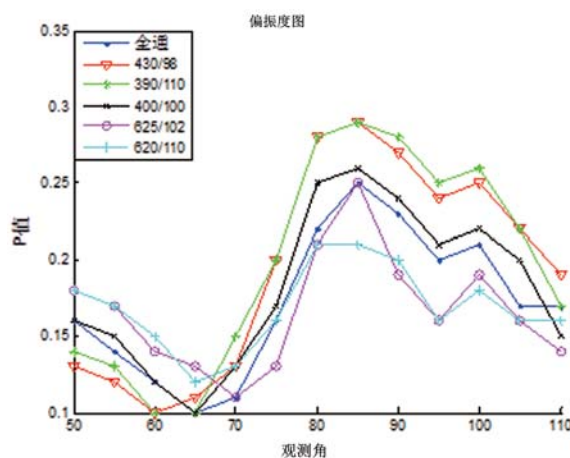
(b) 背景(草地)的偏振度



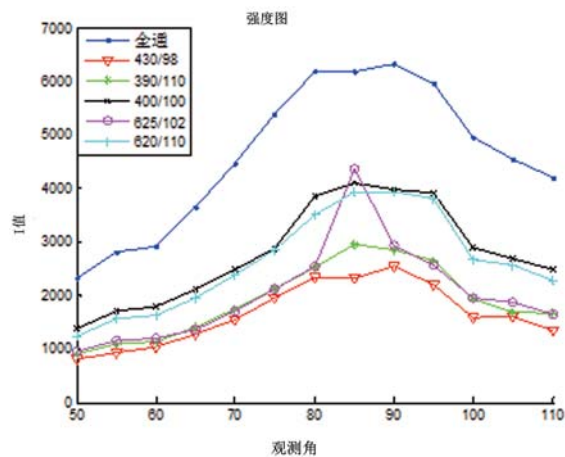
(c) 翠绿色钢板的强度



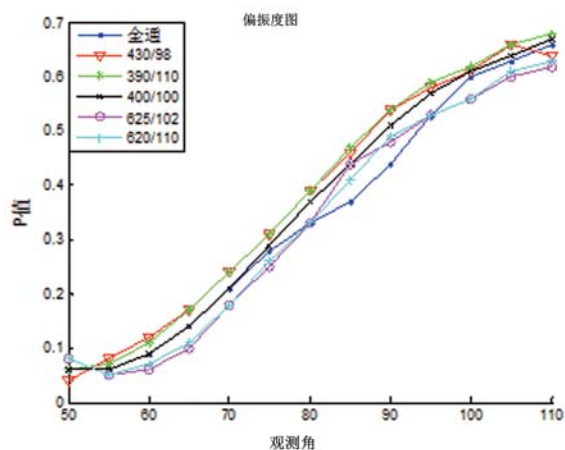
(a) 背景(草地)的强度



(d) 翠绿色钢板的偏振度



(e) 深绿色钢板的强度



(f) 深绿色钢板的偏振度

图 2 草地和伪装目标的图像强度及偏振度在各波段随观测角度变化的曲线

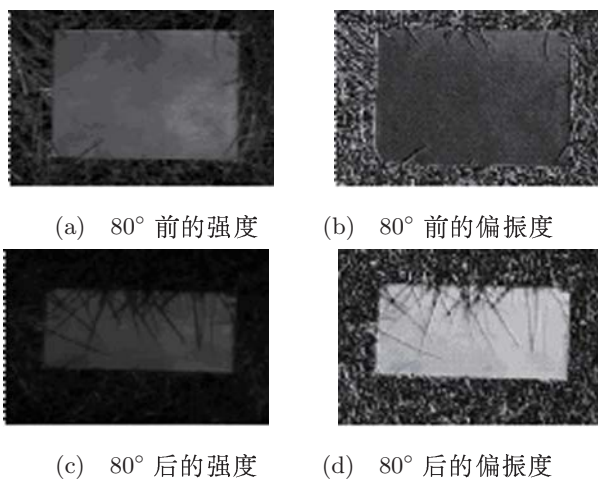


图 3 深绿色钢板在观测角为 80° 前后的强度和偏振度比较

2.3 场外实验验证

为了验证室内所得到的最佳观测条件在室外环境中的可靠性和可重复性, 将试验样品放在室外自然背景中, 在自然光照条件下进行了偏振成像探测试验。试验样品与室内相同, 是涂有伪装涂料的钢基样品, 背景为有阴影的草地。实验布局如图 4 所示。由于受实现条件的限制, 试验过程中固定仪器观测角度为 40° , 观测角度随光照方向变化而变化。

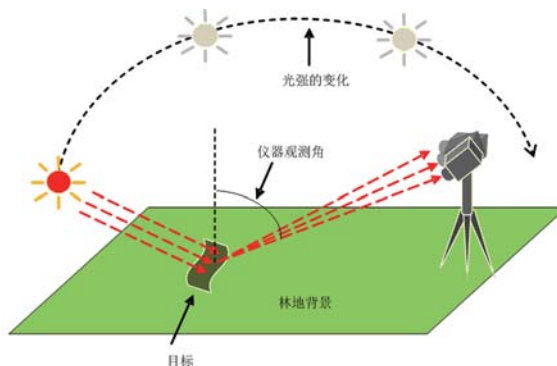
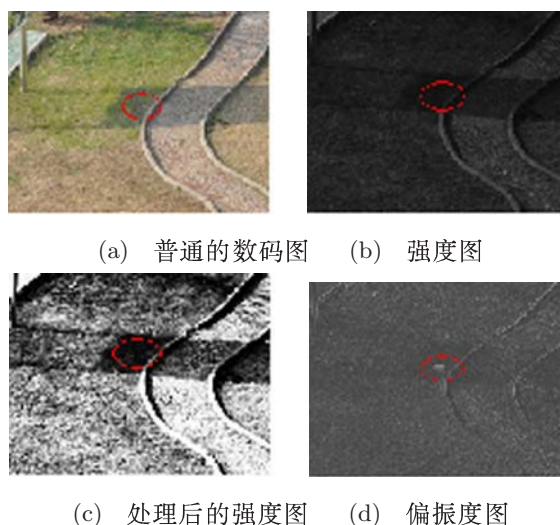


图 4 场外实验的示意图

随时间变化观测角的变化范围约为 $10^\circ \sim 140^\circ$ 。试验中, 伪装目标的偏振特性与室内试验中的结论近似; 背景的偏振度较低而且变化较小。经过试验得出初步结论: 室外偏振成像在观测角度为 $80^\circ \sim 100^\circ$ 之间时对草地背景下的伪装目标的检测效果较明显, 这与室内实验结果相符。室外偏振成像探测的效果对比如图 5 所示。



(c) 处理后的强度图 (d) 偏振度图

图 5 场外实验对比

(下转第 41 页)