

红外热像仪定性评判烟幕的遮蔽效果*

胡碧茹, 吴文健, 满亚辉, 李 蒙

(国防科技大学航天与材料工程学院, 湖南 长沙 410073)

摘要 结合实际测试结果, 通过理论分析, 并在试验数据的基础上, 讨论了用红外热像仪定性评价烟幕的红外遮蔽效果的各种方法, 分析了靶标温度、热像仪的屏幕显示以及操作观察等因素对其遮蔽效果的影响。

关键词 红外热像仪; 烟幕; 红外遮蔽; 定性评价

中图分类号: TN219 文献标识码: B

Qualitative Evaluation of the Obscure Effect of Smoke by IR-imaging Equipment

HU Bi-ru, WU Wen-jian, MAN Ya-hui, LI Meng

(College of Aerospace and Material Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract The IR thermal-imaging equipment is used to test the obscure effect of smoke screens. Based on the experimental data, different qualitative-evaluation methods for the IR-jamming effects are discd. Different influential factors, such as the temperature of the target, the screen display of the IR-imaging equipment and the artificial factor are analyzed.

Key words IR thermal-imaging equipment; smoke screen; IR jamming; qualitative-evaluation

热像仪是利用目标与周围环境之间由于温度与发射率的差异所产生的热对比, 得到红外辐射能量密度分布图, 再通过光电子和信息处理技术将其转换为人眼可见或仪器可识别的“热图像”。现代战争中, 红外热成像的应用日益广泛, 已成为军事侦察探测、目标识别和精确制导的重要手段, 使各种军事目标的生存面临严重的威胁, 对军事伪装提出了更高的要求。红外烟幕可对被保护目标的红外辐射产生吸收、散射作用, 使进入红外探测系统的特征信号低于系统的分辨能力, 从而使热像仪无法探测或识别目标, 达到保护目标的目的。

用红外热像仪评价烟幕的遮蔽性能是一项必要的考察指标, 更接近实战应用条件, 并且红外热像仪视场大, 具有其它方法无法做到或很难达到的“全面考察”效果, 克服了红外辐射透过率仪和红外激光透过率仪“点对点”测量的局限性。但由于各种因素的影响, 在对烟幕作定性判别时, 标准不一, 差异较大, 暂时还无法形成统一的认识。

用红外热像仪评价烟幕的遮蔽效果, 除与烟幕本身的性能(如烟幕剂材料、烟幕浓度和厚度、布烟技术和方法、环境条件等)有关外, 还与靶标温度、热像仪的屏幕显示以及人为操作、观察因素等有关。本文就这三个方面进行讨论。

1 靶标温度的影响

任何温度高于绝对零度以上的物体都发出红外辐射, 其辐射能量与其绝对温度的 4 次方成正比。因此, 靶标温度上升, 辐射的总功率将提高, 即使同一烟幕对温度不同的靶标遮蔽效果也将不相同。图 1 是某型烟幕在 33.8m^3 烟箱中, 不同靶温条件下烟幕的红外衰减率测试结果。表 1 是由下面式(1)和式(2)计算所得不同靶温的红外辐射峰值波长及辐射总功率。

从图 1 看出, 随靶温的上升, $3 \sim 5\mu\text{m}$ 和 $8 \sim 12\mu\text{m}$ 两个波段的红外衰减率均降低, 且以 $3 \sim 5\mu\text{m}$ 波段

* 收稿日期: 2003-12-10
基金项目: 国家部委预研项目(41101050402)
作者简介: 胡碧茹(1972—), 女, 讲师。

的下降幅度大,表明此种烟幕在长波范围的遮蔽效果更佳。另一方面,为简便起见,将靶标近似看作黑体,根据 Wien 位移定律,黑体光谱辐射峰值波长 λ_m 随黑体的绝对温度 T 成反比移动,其关系式为:

$$\lambda_m \cdot T = 2897.8 \pm 0.4 \quad (\mu\text{m} \cdot \text{K}) \quad (1)$$

因此靶温升高,其红外辐射的峰值波长向短波方向移动,从表 1 看出,靶标温度从 30℃ 升高至 80℃,峰值波长向短波方向移动了 1.35 μm ,因而使得烟幕对长波的衰减相对效果增强。

表 1 不同靶温的红外辐射峰值波长及辐射总功率

Tab.1 IR wavelenth and radient power at different temperatures on target

靶温(℃)	30	35	40	45	50	55	60	70	80
靶标红外辐射峰值波长(μm)	9.56	9.41	9.26	9.11	8.97	8.83	8.70	8.45	8.21
靶标辐射总功率($10^2\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)	4.78	5.11	5.44	5.80	6.17	6.56	6.97	7.85	8.80

注:靶标采用调压器控制的电炉,靶温为炉盘中心表面温度。

根据 Stefan-Boltzmann 公式,

$$M = \sigma T^4 \quad (2)$$

其中, M 为黑体辐射的总功率(全辐射度), $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4})$, T 为绝对温度。则从表 1 看出,靶标辐射的总功率是随温度增大的。

红外辐射衰减率与靶温有关,靶温的高低对烟幕的红外性能评价是有直接影响的。即使烟幕红外辐射衰减率与靶温无关,靶温升高,靶标的红外辐射总功率升高,透过烟幕的红外辐射的绝对能量仍然升高,反映在热图上就是与环境的温差增大,目标更加明显,则烟幕的遮蔽效果显得较差。

2 热像仪的屏幕显示

热像仪摄录的热图像在屏幕上是以不同颜色或灰度代表各个目标及其不同部位的热特征,因此,图像显示的颜色或灰度性能直接关系到烟幕的评价结果。热像仪的屏幕显示主要与以下因素有关。

2.1 热像仪软件设置

利用热像仪的处理软件可以调节屏幕显示的温标范围,如 -5 ~ 30℃、-45 ~ 50℃、0 ~ 800℃ 等。同一烟幕的热图像温标设置不同,评价效果就不同。

图 2 是布烟前的红外热图像,热像仪温标为 5.6℃ ~ 55.8℃;图 3、图 4 为布烟后相同时刻和场景的红外热图像,但热图像的温标设置不同,温标范围分别为 5.6℃ ~ 55.8℃、-10℃ ~ 100℃。图 3 中目标若隐若现,但若将温标范围调大些(见图 4)此时每种颜色代表的温度区越宽,靶标与周围环境的温度

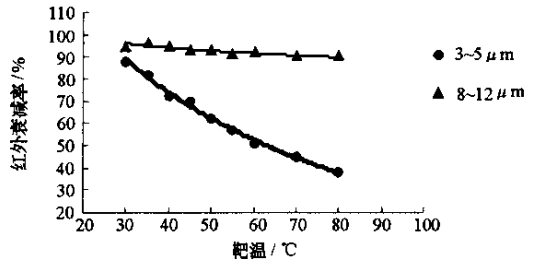


图 1 不同靶温的红外衰减率

Fig.1 IR attenuation ratio of smoke at different temperatures on target

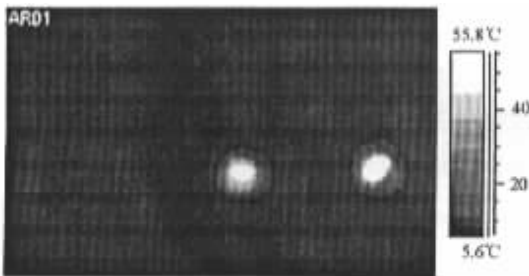


图 2 布烟前红外热图像

Fig.2 IR image before smoke sprayed

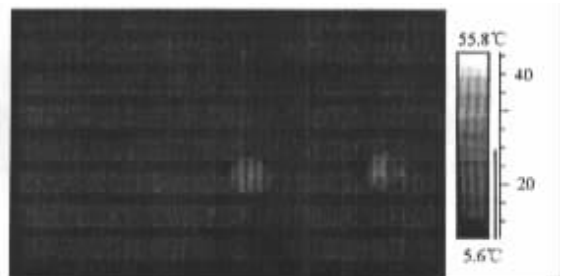


图 3 布烟后红外热图像 1

Fig.3 IR image 1 after smoke sprayed

差“显得较小”,观察到的烟幕遮蔽效果要比实际情况更好一些。

表2 AGEMA 900 红外热像仪各种镜头的参数

Tab.2 Parameters of different lenses for AGEMA 900

镜头视场	2.5°	5°	10°	20°	40°
最小焦距(m)	20	5	1.0	0.5	0.05
2~5.6 μm 空间分辨率(mrad)	0.22	0.44	0.87	1.7	3.5
8~14 μm 空间分辨率(mrad)	0.20	0.39	0.76	1.5	3.0



图4 布烟后红外热图像2

Fig.4 IR image II after smoke sprayed

2.2 视场变化的影响

热像仪根据需要可以更换不同的镜头,视场的变化就

引起空间分辨率变化,表2是AGEMA900红外热像仪各种镜头的参数。以2~5.6 μm 波段为例,10°和20°镜头的空间分辨率分别为0.87和1.7mrad,两者相差一倍,100m远处的分辨率为8.7cm和17cm。即热图中一个像素点代表的是靶标处以某点为中心、以4.4cm(或8.5cm)为半径的圆圈内的平均测量结果。因此,用视场大的镜头观测,靶标与环境的温差显示区别程度相对要模糊一些,使烟幕的评价结果要好些。

实际上,在某次外场试验时,测量136m远处的电炉(表面温度约100°C),用20°和10°的镜头分别测得其温度值为28°C和52°C,这正是由空间分辨率造成的误差。如果换用5°的镜头,应该测得比较切合实际的靶温。

另外,热像仪探测到的景像最终成像在显示器,因而显示器的分辨率、对比度、亮度等参数都对显示结果有影响。

3 人为因素的影响

当目标若隐若现、模糊不清时,对烟幕遮蔽效果的评价更易引起争论,即当烟幕遮蔽效果处于“可见”与“不可见”的边界时,应该怎样进行评价。

评价烟幕对红外热像仪的遮蔽效果,一般有两项要求:有效遮蔽时间和热像仪不能分辨目标。但结果发现,外界环境、各人的视力差别、眼睛的疲劳程度以及情绪等都会影响判断结果,即使同一个人也可能对同一事件作出两次相差较大的判断。另一方面,如果某一个目标隐藏在固定的位置,预先知道形状和方位与预先完全不知道,这两种情况下对目标识别所花的时间和精力是不一样的。因此,该方法也存在一定的问题,未得到专家的一致认可。

以“不能分辨目标形状”作为烟幕遮蔽效果的评价标准,一般情况下也存在实际操作上的难度。外军某些先进的制导和侦察装备可能已具备“智能”,根据探测到的模糊不清的目标轮廓或其某部分特征,由计算机进行分析处理,与预存的各种武器装备的特征数据进行对比,可以准确判断目标的真实面目。

因此,必须对热像图所代表的信息进行全面和定量的分析,才有可能作出较为客观的评价。

4 结论

从靶标温度、热成像的屏幕显示以及人为因素的影响三方面探讨了烟幕对红外热像仪的遮蔽效果,表明三种因素影响较大。用红外热像仪检验烟幕的遮蔽性能时不仅应综合考虑上述各因素,而且还要深入研究,根据具体情况,制定统一的标准,将烟幕对热像仪的遮蔽效果进行量化,评价才更为科学。

参考文献:

- [1] 吴宗凡. 红外与微光技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- [2] 陈衡. 红外物理学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.

