

· 仿真与评估 ·

烟幕对光的传输影响模型

牛 兵, 董明良, 刘 超

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘 要:分析了烟幕对可见光的遮蔽效果, 烟幕对目标背景视亮度对比影响, 烟幕对激光散射、反射效应, 探讨了烟幕光的传输影响模型. 通过模型理论分析, 表明了烟幕对光的传输影响与烟幕特性之间的作用关系.

关键词:烟幕; 遮蔽; 视亮度; 模型

中图分类号: TN972⁺.43

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)04-0071-02

A Model of Smoke Effects for Transfers of Light

NIU Bing, DONG Ming-liang, LIU Chao

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The smoke effects are analyzed, such as visible light shielding; the effects contrast of the visual luminance of background with the visual luminance of the target, the dispersion/reflection of the laser. The model of smoke effects for transfers of light is discussed. By analyzing the theory of the model, the working relationship between the smoke effects for transfers of light and the smoke properties are indicated.

Key words: smoke; shielding; visual luminance; model

烟幕是由烟(固体微粒)和雾(液体微粒)组成, 属于气溶胶体系, 是不均匀介质, 其分散介质是空气. 烟幕微粒对电磁波的反射、散射、辐射和吸收, 降低透射波的能量或衰减目标和背景反射或辐射的能量, 降低目标与周围背景之间的视觉对比度或热对比度, 使目标难以辨识, 甚至根本看不到. 或者强烈地散射光波, 形成干扰.

1 烟幕对可见光的遮蔽效应

烟幕对可见光的遮蔽主要体现在对可见光的衰减作用. 光通过烟幕时, 由于光波波长的不同, 烟幕密度及烟幕微粒的大小、形状、表面粗糙程度和性质的不同, 将对光线产生折射、反射、衍射、吸收和透过. 综合结果将使烟幕透出的光强度比进入的光强度要小. 散射和吸收是造成光衰减的基本原因.

烟幕对光的衰减, 同样遵从朗伯-比耳定律, 其

透过率 τ_s 为

$$\tau_s = e^{-\alpha_s R_s} \quad (1)$$

式中, α_s 为烟幕的消光指数; R_s 为烟幕厚度.

式(1)说明烟幕的浓度或厚度越大, 烟幕材料对光的消光作用越强, 散射的光越厉害, 吸收得也越多, 光的衰减越厉害. 由于光通过烟幕层时的衰减, 使定向透射系数变小, 透明度降低.

2 烟幕对目标背景视亮度对比的影响

由于光线通过烟的微粒的多次散射, 使烟幕亮度增大, 这样就直接影响目标与背景的视亮度对比, 反映在观察者方向上使目标与背景的亮度趋于均等的效果. 烟幕越亮, 效果越明显, 这就使目标与背景之间的亮度对比下降, 同时, 还需考虑到烟幕和大气的消光作用影响.

设 R 表示观察点与目标背景之间的距离, R_s

表示烟幕厚度, R_1 为烟幕边缘至目标背景之间的距离, R_2 为烟幕边缘至观察点之间的距离, 考虑到实际应用时, $R_1 \ll R_2$, 则 $R + R_2 \approx R$, $R_2 \approx R$, 则此时目标的视亮度为

$$L'_0 = L_0 e^{-\alpha R} e^{-\alpha_s R_s} + L_H(1 - e^{-\alpha R}) + L_s e^{-\alpha R} \quad (2)$$

式中, L_s 为烟幕亮度.

背景视亮度为

$$L'_b = L_b e^{-\alpha R} e^{-\alpha_s R_s} L_H(1 - e^{-\alpha R}) + L_s e^{-\alpha R} \quad (3)$$

由此可得烟幕遮蔽条件下目标背景视亮度对比 K_{ls} 为

$$K_{ls} = \frac{|L'_b - L'_o|}{\max(L'_b - L'_o)} = \frac{|L_b - L_o| e^{-\alpha R - \alpha_s R_s}}{\max(L_b, L_o) e^{-\alpha R - \alpha_s R_s} + L_H(1 - e^{-\alpha R}) + L_s e^{-\alpha R}} = \frac{K_l}{1 + \frac{L_H(e^{-\alpha R} - 1) + L_s}{\max(L_b, L_o) e^{-\alpha_s R_s}}} = \frac{K_l}{1 + \frac{r_H(e^{-\alpha R} - 1) + r_s}{\max(r_b, r_o) e^{-\alpha_s R_s}}} \quad (4)$$

式中, r_s 为烟幕亮度系数.

目标的发现概率 $P_{(D)}$ 为

$$P(D) = P(K_{ls} \geq \epsilon) = \varphi\left(\frac{K_{ls} - \mu}{\sigma}\right) \quad (5)$$

式中, $\varphi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

目标的条件识别概率 $P_{(R/D)}$ 为

$$P_{(R/D)} = \varphi\left(\frac{K_{ls} - \mu_r}{\sigma_r}\right) \quad (6)$$

式中, μ_r 为分辨级所要求的亮度对比阈均值; σ_r 为均方差.

目标的识别概率 $P_{(R)}$ 为

$$P_{(R)} = P_{(D)} \cdot P_{(R/D)} \quad (7)$$

上述算式说明, 烟幕的亮度与目标背景视亮度对比

成反比关系, 烟幕越亮, 则目标背景视亮度对比越低.

3 烟幕对激光的散射、反射效应

当激光照射到烟幕上时, 在其中形成光斑, 激光由烟幕上的光斑反射与散射出去.

激光探测设备接收烟幕散射的激光信号功率为

$$P_{rm} = \frac{P_t k_1 k_2 \tau_1 \tau_2 E A_r \rho}{2\pi R^2} \quad (8)$$

其中, R 为接收设备到烟幕上光斑的作用距离; p_t 为激光指示器功率; k_1 为激光器发射光学系统透过率; k_2 为接收系统光学透过率; τ_1 、 τ_2 为大气衰减系数; E 为烟幕消光度; A_r 为激光接收设备入瞳面积; ρ 为目标漫反射系数.

烟幕消光度与烟幕微粒成份、微粒大小等有直接关系. 上述算式说明, 烟幕消光度越大, 烟幕对激光反射、散射的功率越强.

4 结 论

烟幕模型反映了烟幕对光的传输影响与烟幕厚度、亮度及烟幕微粒成份等特性因素有关.

参考文献

- [1] 赵建林. 光学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 104 - 110.
- [2] Cooke C K. Automatic Laser Tracking and Raming system[J]. Applied Optics, 1972: 227 - 284.
- [3] 林涛, 张建奇, 石云侠. 红外探测系统计算机仿真模型研究[J]. 光电技术应用, 2008, 23(2): 70 - 74.
- [4] K Fukunaga, L D Hostetler. The Estimation of the Gradient of a Density Function, with Applications in Pattern Recognition[J]. IEEE Trans. Info. Theory, 1975, IT - 21(1): 32 - 40.
- [5] 郑江滨. 视频监控中运动目标的检测与跟踪算法[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(10): 34 - 37.
- [6] 段萌远, 于俊清, 王锦基. 基于活动状态预测与分类的多目标跟踪[J]. 计算机工程与科学, 2007, 29(11): 43 - 45.
- [7] 何东风. 人脸识别的技术研究与实现[D]. 广东: 广东工业大学, 2004.
- [8] 卢晓鹏, 殷学民, 邹谋炎. 一种基于颜色分布的混合视频跟踪方法[J]. 电子与信息学报, 2008, 30(2): 260 - 261.
- [9] 姚剑敏. 粒子滤波跟踪方法研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2004.

(上接第 70 页)

模型的自适应更新[J]. 数据采集与处理, 2005, 20(2): 126 - 1290.