

## 激光告警系统威力试验方法探讨

赵 威 张 辉 成 斌  
( 89821 部队, 洛阳, 471003)

摘要: 分析了现有的激光告警距离试验方法中存在的问题, 提出了依照激光测距机实际最大测程来评价激光告警系统威力的方法。

关键词: 激光告警 激光测距机 探测率

### Discussion on the capability test methods for laser warning systems

Zhao Wei, Zhang Hui, Cheng Bin  
(Unit 89821 of PLA, Luoyang, 471003)

**Abstract:** Some problems for present capability test methods for laser warning systems have been investigated in the paper. A method is proposed to review the capability of laser warning systems in terms of practical maximum range of a laser rangefinder.

**Key words:** laser warning system laser rangefinder interception probability

### 引 言

激光告警距离是激光告警系统最重要的指标之一, 通常军方要求“激光告警距离不小于告警对象作用距离的 1.5 倍(也有的要求 1.2 倍, 1 倍)”, 其指导思想是先敌发现。告警对象主要是激光测距机、激光照射器、激光雷达, 我们以激光测距机为例分析其试验方法。

激光告警距离试验中, 激光测距机作用距离一般采用其标称值的最大测程, 然而在直接利用该标称距离时存在几个问题: (1) 激光测距机最大测程定型鉴定试验方法中的判据可判定其最大测程是否满足指标要求, 在已满足最大测程指标要求的条件下, 试验方法并未要求确定某台测距机的实际极限最大测程; (2) 激光测距机最大测程定型鉴定试验方法中测距目标与激光告警距离试验中激光测距机所测目标是不同的; (3) 激光测距机最大测程定型鉴定试验中的气象条件(指温度、湿度、能见度等条件)与激光告警距离试验中的气象条件不一定相同。这些问题使激光测距机标称距离往往不能直接用于激光告警距离试验。

我们具体分析了以上问题影响的大小, 并提出了新的激光告警距离的试验方法。

### 1 激光告警距离一般的试验方法

对激光告警距离的试验, 通常采用如下试验方法及数据处理方法。

#### 1.1 试验条件

(1) 气候条件为无风、无雨、无雾, 中等气象条件; (2) 激光测距机置于离激光告警系统  $m$  倍其标称距离处。

#### 1.2 试验方法

试验配置示意图如图 1 所示。图中,  $L = m \cdot L_0$ ,  $m = 1 \sim 1.5$  (具体数值由战术技术指标规

定),  $L_0$  为激光测距机标称最大测程。

激光测距机精确瞄准激光告警系统后测距  $N$  次(根据要求的置信概率、置信区间选择试验次数), 记录每次激光告警系统的侦察结果。

激光测距机一般采用外触发方式工作, 以保证瞄准的准确度和瞄准点的稳定。如果在一次试验中激光告警系统未侦察到目标, 则应检测激光测距机是否出光并判断是由于激光测距机故障还是激光告警系统未截获目标。

### 1.3 结果评定

统计激光告警系统正确侦察次数与有效测量次数之比, 即截获率。

$$P_A = (N_A / N) \times 100\% \quad (1)$$

式中,  $P_A$  为截获率,  $N_A$  为截获目标次数,  $N$  为测距总次数。若  $P_A$  不小于指标规定数值时, 判定激光告警系统(对某型激光测距机)最大告警距离满足指标要求。

## 2 激光测距机最大测程试验方法

激光测距机是军用电光系统中最早广泛应用的, 对其定型、鉴定的试验方法较为成熟, 但在不同的军用标准、不同的资料上, 对最大测程的试验方法有一些不同, 主要的试验条件要求、测试方法与数据处理方法<sup>[1]</sup>为: (1) 气候条件为无雨、无雪、无雾及平均风速小于 10m/s 的天气, 或为战术技术指标规定的气候条件, 把待测目标置于距激光测距机战术技术指标规定的最大作用距离处并且目标符合战术技术指标规定的面积和性质; (2) 激光测距机对目标精确瞄准后测距  $N$  次(常取 100 次、200 次或根据试验需要增减), 记录每次测得的距离数值; (3) 将测距结果与标准距离相比较, 并统计计算错、漏数率、探测率、准测率; (4) 当由计算得到的错数率、漏数率分别不大于指标规定数值, 探测率、准测率不小于指标规定数值时, 认为被试激光测距机的测程满足战术技术指标要求, 否则认为不满足战术指标要求。

## 3 激光告警距离试验方法分析

激光测距机的标称最大测程与实际的测程是不同的。激光测距机最大测程试验方法是在一定气象条件下对一定性质和大小的目标, 判断其是否满足指标(最大标称距离)要求。按照第 2 节的试验方法, 对一台已定型激光测距机, 可以得出在一定气象条件下, 对一定性质和大小的目标, 其最大测程是否不小于标称距离值, 并不要求检测测距机可达到的实际最大极限测程。因此, 对某一给定的测距机就无法得知其极限最大测程的数据。如我国某型手持式激光测距机标称最大测程为 5000m, 而经实测, 在中等气象条件下对自然小目标测程可达 10000m。所以, 在激光告警距离试验中直接采用激光测距机最大标称距离作为测距机激光告警的依据是不准确的。

对于漫反射目标, 激光测距机照射一定距离处的目标后, 反射回测距机处, 到达光敏面上的回波能量为:

$$E_r = (2E_t \tau_t \tau_r A_r A_s \cos \theta \rho / \pi^2 R^4 \theta_a^2) e^{-2\mu_a R} \quad (2)$$

式中,  $E_r$  为测距回波到达光敏面上的回波能量;  $E_t$  为激光器脉冲能量;  $\tau_t$  为发射光学系统的透过率;  $\tau_r$  为接收光学系统的透过率;  $A_r$  为测距机有效接收面积;  $A_s$  为目标面积;  $\theta$  为目标被照射部分平均表面法线与入射线的夹角;  $\rho$  为目标漫反射系数;  $\mu_a$  为激光能量通过大气单位长度的衰减系数;  $\theta_a$  为发射光束的束散角。

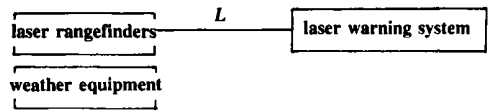


Fig.1 The diagram for the warning range test of LWR

由(2)式测距方程<sup>[2]</sup>可知,测距距离与激光测距机的发射激光能量、接收系统灵敏度、光学系统透过率,目标大小、反射特性以及大气衰减特性等因素有关。

激光测距机所测目标的特性不同,其最大测程随之不同。目标大小、反射特性的不同都将影响激光测距机对它的最大测程。在作战中,敌方激光测距机侦察、测距的目标是我方激光告警系统所在装备车或被保护目标,其目标性质和大小不可一概而论,激光测距机标定测程时一般采用一定大小的靶板,所以,在试验中采用激光测距机标称距离用于激光告警系统是不确切的,应予重新认定。

我们以激光测距机定型试验时的测距目标为目标一,考核激光告警距离时激光测距机的测距目标为目标二。令目标一、目标二在激光照射方向的投影面积相等,即目标大小相同,目标一军用涂层为 34159 号绿褐色,目标二军用涂层为 30219 号浅棕色。在其它条件不变时,令该激光测距机( $\lambda = 1.06\mu\text{m}$ )对目标一( $\rho_1$  为 0.0385)测距,最大测程为 10km( $V = 13\text{km}$  时),当大气能见度等大气衰减特性不变时,由(2)式,则该激光测距机对目标二( $\rho_2$  为 0.0818)最大测程为 11.19km,引起激光测距机最大测程误差 11% 左右。如果把激光测距机对目标一的标称最大测程用于测距目标为目标二时的激光告警试验,激光告警距离试验的结果将是错误的。

气象条件的改变将影响大气衰减系数,进而影响激光测距机的最大测程,而且气象条件对激光测距机的最大测程与激光告警系统的告警距离的影响是不同的。

气象条件的改变,影响激光测距机的最大测程。激光测距机最大测程的定型、鉴定试验与激光告警距离试验的气象条件往往是不同的,温度、湿度、大气能见度都将影响激光测距机的最大测程,进而影响激光告警距离试验的正确性。

以大气能见度的影响为例,讨论气象条件对最大测程的影响。

由大气衰减系数的经验公式<sup>[3]</sup>: 
$$\mu = (3.91/V)(M0.55)^{-q} \quad (3)$$

式中, $\mu$  为大气衰减系数,单位  $\text{km}^{-1}$ ;  $V$  为能见度,单位  $\text{km}$ ;  $\lambda$  为波长,单位  $\mu\text{m}$ ;  $q$  为修正系数,取决于散射粒子的尺寸分布;在高的能见度下, $q$  的典型值为 1.6;在平均条件下,为 1.3;在低能见度下(小于 6km),为  $0.585V^{1/3}$ 。

某一台激光测距机( $\lambda = 1.06\mu\text{m}$ )最大测程为 10km( $V = 13\text{km}$  时),当  $V$  为 10km 时,可知最大测程为 8.98km,引起激光测距机最大测程误差近 10%。如果在  $V$  为 10km 条件下仍采用 10km 作为激光测距机的最大测程,激光告警距离试验的结果将是错误的。

从这个例子可看出,激光告警距离试验时的条件必须与激光测距机定型时的气象条件相同,或在同样条件下先标定激光测距机的最大测程再试验激光告警距离。

大气衰减系数对激光测距机的最大测程与激光告警系统的告警距离的影响是不同的,激光告警距离试验结果应指明气象条件。当在大气衰减系数  $\mu$  下,激光测距机的最大测程  $R = L_0$  时,设激光告警系统对激光测距机的告警距离指标  $L = mL_0$ 。

当  $\mu$  改变  $\Delta\mu$  为  $\mu'$  时,考虑(2)式和(3)式,有:  $E_r/E_r' = e^{-2\Delta\mu R}$  ( $E_r, E_r'$  为大气衰减系数分别为  $\mu, \mu'$  时,激光测距机发射的激光被激光告警器接收的能量),  $E_A/E_A' = e^{-\Delta\mu L} = e^{-\Delta\mu mR}$  ( $E_A, E_A'$  为大气衰减系数分别为  $\mu, \mu'$  时,激光测距机发射的激光被激光告警器接收的能量),显然有  $E_r/E_r' \neq E_A/E_A' (m \neq 2)$  时,这样,气象条件改变引起大气衰减系数的改变,其对激光测距机的最大测程和激光告警距离的影响是不同的。

激光告警距离试验时其气象条件与激光测距机最大测程试验时的气象条件如不同,则需要考虑大气衰减对激光测距机测程的影响,如温度、湿度、大气能见度对试验结果影响很大,所

以在试验中采用激光测距机标称距离不准确,应重新标定。

## 4 激光告警距离试验方法

采用在一定的天气条件下,通过改变激光测距机与激光告警系统所在装备车或被保护目标之间的距离,标定激光测距机的最大测程,在此基础上和同样天气条件下,试验激光告警设备对激光测距机的告警距离。具体方法如下。

### 4.1 激光测距机的最大测程的标定

4.1.1 试验条件 (1) 气候条件由激光告警系统战术技术指标规定,或按 GJB2225 执行;(2) 应有一块长从  $0.5L_0 \sim 2L_0$  连续通视并可设置激光告警器、激光测距机的试验场地;(3) 测距目标为激光告警系统所在装备车或激光告警系统所保护的目标。

4.1.2 激光测距机实际测程试验方法 采用改变激光测距机与激光告警系统之间距离的方法确定激光测距机的实际最大测程,其步骤为:(1) 激光测距机置于距激光告警系统  $L_n$  ( $L_1$  先设为  $2L_0$ ) 处,其取值见(4)式;(2) 对目标精确瞄准后测距  $n$  次(常取 100 次、200 次或根据试验需要增减),记录每次测得的距离数值,统计探测率。若  $P_D = P_0$ ,则最大测程  $L'_0 = L_n$ 。若  $P_n \neq P_0$ ,则令  $n = n + 1$ ,带入(4)式,并重复以上过程。

$$L_n = 2L_{n-1} + [(P_n - P_0) / |P_n - P_0|] L_0 / 2^{n-1} \quad (4)$$

式中,  $L_n$  为第  $n$  次试验时,激光测距机与激光告警系统的距离;  $L_0$  为激光测距机的最大测程;  $P_0$  为指标要求的激光测距机的探测率;  $P_n$  为第  $n$  次试验时,激光测距机的探测率。

### 4.2 激光告警距离试验方法

在得出激光测距机对激光告警系统的实际最大测程之后,立即在同样条件下不断改变激光测距机与激光告警系统之间距离来确定激光告警系统的作用距离,试验示意图见图 2(1 为激光测距机,2 为气象设备,3 为激光告警设备所在装备车)。

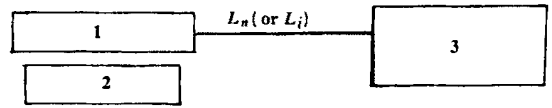


Fig. 2 The diagram for the range test of the LR and LWR

(1) 激光测距机置于距激光告警系统  $L_i$  ( $L_1$  先设为  $2L'_0$ ) 处,其取值见(5)式。

(2) 对目标精确瞄准后测距  $q$  次(常取 100 次、200 次或根据试验需要增减),激光告警系统对来袭激光信号实施侦察,记录每次测得的侦察结果,统计截获率。若  $P_i = P_{A0}$ ,则激光告警距离  $L = L_i$ 。若  $P_i \neq P_{A0}$ ,则令  $i = i + 1$ ,代入(5)式,并重复以上过程。

$$L_i = 2L_{i-1} + [(P_i - P_{A0}) / |P_i - P_{A0}|] L'_0 / 2^{i-1} \quad (5)$$

式中,  $L_i$  为第  $i$  次试验时,激光测距机与激光告警系统的距离;  $L'_0$  为激光测距机的最大测程;  $P_{A0}$  为指标要求的激光告警系统的截获率;  $P_i$  为第  $i$  次试验时,激光测距机的截获率。

若  $L \geq mL'_0$ ,则判定激光告警系统满足指标要求,否则判定激光告警系统不满足指标要求。试验结果必须注明气象条件。

## 5 结束语

光电对抗试验受气象条件、目标特性影响很大,我们定性定量地探讨了试验结果受影响的程度。在激光告警试验中采用新的试验方法中消除了气象条件、目标特性对试验结果的影响。

# 多波段激光防护塑料夹层玻璃窗口材料的研究

段 潜 刘大军 何兴权 王立杰 邹 颖  
(长春光学精密机械学院材料系, 长春, 130022)

**摘要:** 研究了多波段激光防护塑料夹层玻璃的制备工艺, 对其性能进行了测试, 结果表明, 该激光防护材料对紫外、可见、红外波段的多种激光防护效果显著, 能见度高, 抗激光破坏能力强, 稳定性好。

**关键词:** 激光防护 塑料夹层玻璃 多波段

## Study on multi-wavelength laser radiation protection plastic sandwich glass window material

*Duan Qian, Liu Dajun, He Xingquan, Wang Lijie, Zou Ying*  
(Changchun Institute of Optics and Fechanics, Changchun, 130022)

**Abstract:** The preparing techniques of multi-wavelength laser protection plastic sandwich glass are introduced in the paper. Its properties have been tested. The results indicate that this type of protection material can obviously protect radiation from laser in UV, visible and infrared range with high visibility, high stability and high anti-laser ability.

**Key words:** laser protection plastic sandwich glass multi-wavelength

## 引 言

激光技术的迅猛发展, 使其在军事领域中的应用甚为广泛, 激光致盲和强激光武器的出现, 给人眼和各种光电传感器造成了极大的威胁, 如何对其实施行之有效的激光防护, 是世界各国热点的研究课题<sup>[1~3]</sup>。在以往的激光防护材料中, 多采用单一的有机材料和无机材料, 这两类材料在综合性能上各有利弊, 而塑料夹层玻璃材料与它们相比, 具有抗激光破坏能力强、多光谱特性易实现、能避免因材料破裂所造成对人眼和光电传感器的二次伤害(较玻璃类材料而言)等优点, 可克服单一激光防护材料的不足之处, 提高激光防护材料的整体性能。我们充分利用无机和有机二种材料特有的光谱性质和物理化学性质, 采用玻璃与塑料两种不同性质激光防护材料相复合的办法, 制备新型吸收式高透明度、高光学密度多波段激光防护塑料夹层玻璃窗口材料, 以满足激光防护材料日益增长的需要, 适应未来现代战争的需求。

为了讨论方便, 我们采用了一些经验公式及对部分公式做了简化, 不会影响结论的正确性。

## 参 考 文 献

- 1 陈达庆. GJB349. 12~ 88. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 1988: 7
- 2 魏光辉, 杨培根. 激光技术在兵器工业中的应用. 北京: 兵器工业出版社, 1995: 3
- 3 光电对抗系统手册. 成都: 兵器工业第 209 所编著译, 1999: 25

作者简介: 赵 威, 男, 1972 年 5 月出生。工程师。主要从事光电对抗研究。