

一种简易的激光测距能力检测方法的研究

王海先

(华中光电技术研究所, 武汉 430073)

摘 要 介绍了一种简单易行的激光测距能力检测方法。该方法是根据测距方程, 结合现场已知目标和气象条件, 使目标的探测功率与设备要求的最小探测功率相等, 由此求出对应的接收面积, 用此面积对已知目标进行测距, 当测距回波率满足探测概率指标时, 认为设备的测距能力达到要求。通过现场应用证明该方法切实可行。

关键词 激光测距; 测距能力; 检测方法

One Easy Method to Test Laser Range Finding Capability

WANG Hai-xian

(Huazhong Institute of Electro-Optics, Wuhan 430073, China)

Abstract This paper presents one easy method to test the laser range finding capability. Based on the range finding equation, known target and weather condition, this method equalizes the target detection power and the minimal detection power to obtain the corresponding laser receiving area. This area is used for target range finding. If the range finding laser return rate is in accordance with the detection probability specification, it means that the range finding capability of the device meets the requirement.

Keywords laser range finding; range finding capability; detection method

1 前 言

随着激光测距仪在军用装备的大量应用, 现场维修日益增多。测距仪维修后的性能检测, 直接影响着装备的使用, 性能检测主要是检测激光测距能力。在研制生产阶段, 常用的测距能力检测有三种方法: 消光试验法、近似消光试验法、实际远距离目标测距法。消光试验法需要衰减片和大的漫反射靶板, 还必须打开设备后盖进行。近似消光试验法省去了漫反射靶板及其安装, 用近目标代替靶板进行检测, 但仍然需要衰减片。实际远距离目标测距法需要有具备符合设备要求(规定目标截面积、目标反射系数等)的标准远距离目标。

在维修现场时, 上述三种方法都难以实施。本人通过对测距方程的分析, 结合消光试验的原理, 设计出了一种简单易行的测距能力检测方法, 即控制接收面积法。在介绍此方法之前, 先简单地介绍一下常用的测距能力检测方法。

2 常用测距能力的检测方法简介

激光测距能力的检测一般是在设备出所前进行, 最常用的是消光试验法, 其次是近似消光试验法, 再其次是实际远目标检测法。

2.1 消光试验检测法

一台激光测距仪的测距能力是可以通过消光试验来测量的, 消光试验可以测出测距仪的最大衰减值, 对于一个距离 500m、反射系数为 0.85 的白色大目标, 在大的功率衰减下, 仍然可以获得满足要求的探测概率。

典型的消光试验步骤如下: 在激光发射光束或接收机前方插入中性密度滤光片, 将宽带放大器的时控增益电路短接, 对置于 500m 距离处的漫反射白目标靶板进行测距, 测距 10 次, 得出正确测距次数, 该次数与插入衰减损耗之间的关系由表 1 给出。表 1 中, A 表示一个固定的没有透露的衰减因子,

由于使用了A, 用相对值代替了绝对值, A+9可表示为消光值。

表1 消光试验表

发射10次中测出距离的次数	衰减(dB)
10	A+6.4
9	A+9
8	A+9.8
5	A+11.6
0	A+12.4

在实际应用中, 回波率要达到设备要求的真值概率。

2.2 近似消光试验检测法

近似消光试验检测法是消光试验的简化方法, 不需要在500m处安装漫反射大靶板, 而用近目标代替靶板进行消光试验。在设备附近找个500m左右的目标, 截面积应大于激光在该处的光斑面积。将接收放大器的近程增益控制线短接, 在激光发射光束或接收光束前方插入最大衰减片, 对目标测距, 当回波率达到设备要求时, 衰减片的分贝数 A_J 就是最大的功率衰减值。消光值A除了最大功率衰减值外, 还要加上实测距离、能见度、目标反射系数等与标准消光试验的相对应参数比值的 $10 \times \log$ 数, 即:

$$A = A_J + A_N + A_F + A_G \quad (1)$$

式中, A_N —实测能见度与标准能见度折算后的分贝数;

A_F —实际目标反射系数与靶板反射系数折算后的分贝数;

A_G —实测距离与标准距离(500m)折算后的分贝数。

由(1)式可见, 消光值是由四部分组成的, 即最大功率衰减值、能见度折算值、目标反射系数折算值、距离折算值。当能见度、目标反射系数、距离均与标准状态相同时, 消光值就是插入的功率衰减片的分贝数。

2.3 实际远目标测距检测法

每一台激光测距仪研制时都有测距能力的要求。例如, 能见度20km, 对截面积为 2m^2 和反射系数为0.3的目标, 测距距离为15km。检测时, 当能见度满足要求, 目标条件符合上述要求时, 对此标准目标进行测距。如果回波率大于等于要求的探测概率, 则设备的测距能力达到要求。当能见度发生变化时, 进行相应的换算, 求出等效的距离, 再

进行测距, 当回波率满足要求时, 测距仪的测距能力达到设计值。

3 简易测距能力检测方法

3.1 简易测距能力检测方法的理论依据

检测激光测距能力的理论依据是测距方程, 测距方程用最小探测功率来表示, 定义如下:

$$P_{\min} = \frac{4 \times P_t \times e^{-2\sigma L} \times \beta \times A_r \times A_t \times T_r \times T_t}{\pi^2 \times \theta^2 \times L^4} \quad (2)$$

式中, P_{\min} —最小可探测功率(W);

P_t —激光发射功率(W);

L —作用距离(m);

σ —大气衰减系数, $\sigma = 2.7/V$, V 是能见度(km);

β —目标有效反射系数;

A_r —接收光学系统面积(m^2);

A_t —目标有效反射面积(m^2);

T_r —接收光学系统透过率;

T_t —发射光学系统透过率;

θ —光束发射角(mrad)。

由测距方程(2)式可知, 能见度与激光测距能力呈指数关系。当能见度发生变化时, 测距能力会发生明显的变化。因此, 不同的能见度对应的测距距离是不同的, 通过测距方程可以进行等效换算, 换算公式如下:

$$\frac{e^{-\frac{2 \times 2.7 \times L_0}{V_0}}}{L_0^4} = \frac{e^{-\frac{2 \times 2.7 \times L}{V}}}{L^4} \quad (3)$$

式中, L_0 —设备要求的作用距离;

V_0 —设备要求的能见度;

L —满足设备要求的折算作用距离;

V —实际能见度。

由此可见, 能见度对作用距离的影响是很大的, 所以在进行测距能力检测方法研究中, 必须充分考虑能见度的影响。

3.2 简易测距能力检测方法工作原理

由测距方程(2)式可知, 在测距仪各项指标(目标特性、气象条件、设备条件)已确定的情况下, 探测功率与接收面积成正比, 改变接收面积可达到改

变探测功率的目的。而减小接收面积相当于在接收光路上加衰减片,将光信号衰减,等价于消光试验。然而,接收面积多大能满足消光试验要求,必须进行计算。

接收面积的计算公式,可由测距方程(2)式推导出来,再结合现场已知的目标距离、能见度、目标特性和设备要求的具体参数进行计算。设待测目标的接收面积为未知数,用该目标的探测功率与最小探测功率(或测距能力)相比,并令其相等,由此求出两种状态下两接收面积的比例系数。

测距方程(2)式是针对小目标的,即目标面积要小于光斑面积,此时最小探测功率 P_{\min} 与距离 L 的四次方成反比。所以选择待测目标时,截面积必须小于光斑面积。下面应用(2)进行推导分析。

设原标准状态下的探测功率 $P_{\min B}$ 为:

$$P_{\min B} = \frac{4 \times P_t \times e^{-2\frac{L}{V}} \times \beta \times A_r \times A_t \times T_r \times T_l}{\pi^2 \times \theta^2 \times L^4}$$

设现场目标的距离为 L_x , 能见度 V_x , 目标的反射系数和反射面积分别为 β_x 和 A_{rx} , 待求的接收面积为 A_{rx} , 待测目标的探测功率 $P_{\min X}$ 为:

$$P_{\min X} = \frac{4 \times P_t \times e^{-2\frac{L_x}{V_x}} \times \beta_x \times A_{rx} \times A_{tx} \times T_r \times T_l}{\pi^2 \times \theta^2 \times L_x^4}$$

令现场目标的探测功率与设备在标准状态下的最小探测功率相等,即

$$P_{\min X} = P_{\min B} \quad (4)$$

$$\text{则 } \frac{P_{\min B}}{P_{\min X}} = \frac{e^{-\frac{2L}{V}} \times \beta \times A_r \times A_t \times L^4}{e^{-\frac{2L_x}{V_x}} \times \beta_x \times A_{rx} \times A_{tx} \times L_x^4} = 1$$

现场用接收面积与原设备的接收面积之比为:

$$\frac{A_{rx}}{A_r} = e^{-5.4(\frac{L}{V} - \frac{L_x}{V_x})} \times \frac{\beta}{\beta_x} \times \frac{A_t}{A_{tx}} \times \left(\frac{L_x}{L}\right)^4 \quad (5)$$

为了简化计算,令标准状态下目标反射面积 A_t 与现场目标反射面积相等,目标反射系数也相等,

即 $A_{tx} = A_t$, $\beta_x = \beta$

则(5)式简化为:

$$\frac{A_{rx}}{A_r} = e^{-5.4(\frac{L}{V} - \frac{L_x}{V_x})} \times \left(\frac{L_x}{L}\right)^4 \quad (6)$$

$$A_{rx} = e^{-5.4(\frac{L}{V} - \frac{L_x}{V_x})} \times \left(\frac{L_x}{L}\right)^4 \times A_r \quad (7)$$

由(6)、(7)两式可以看出,只要掌握了现场目标距离和测距时的能见度以及设备要求的测距能力和接收系统的口径,就可以求出针对现场目标满足测距能力所需要最小接收面积,进而求出最小接收口径。用此接收面积,对现场目标进行测距,如果测距回波率满足要求,则测距能力达到指标。

3.3 简易测距能力检测方法的应用

根据简易激光测距能力检测方法的原理,对现场目标进行了具体的应用。现场目标为球形,距离 7km,反射面积小于等于 2m^2 ,能见度 10 km。能见度 20 km,目标截面积 2m^2 ,测距距离为 20 km。设备的发散角为 1 mrad,在 7 km 处光斑直径为 7m,面积为 38.5m^2 ,远远大于 2m^2 ,满足(2)式条件。接收口径为 120mm,两目标的反射系数相等,针对此目标,已知 $A_{tx} = A_t$, $\beta_x = \beta$,由(6)式得出达到测距能力所需要最小接收面积和接收口径为:

$$A_{rx} = e^{-5.4(\frac{L}{V} - \frac{L_x}{V_x})} \times \left(\frac{L_x}{L}\right)^4 \times A_r$$

将上述参数代入式中,求得现场控制的接收面积为:

$$A_{rx} = 0.003 \times A_r = 0.003 \times 0.0113 = 0.339\text{mm}^2$$

由上式可见,现场的接收面积是原面积的千分之三。

接收最小口径 D_{\min} 为:

$$D_{\min} = 2 \times \sqrt{\frac{A_{rx}}{\pi}} = 7\text{mm}$$

在一张面积大于原设备的接收面积 A_r 的不透光的纸上,剪出以接收口径 D_{\min} 为 7mm 的圆,用这个小圆作为新的光学接收面积,将剪好的纸贴在原接收光学系统前,大部分的光能被挡掉,在此状态下,对 7km 的目标测距,测中率满足要求,证明该设备测距能力达到要求。

3.4 简易测距能力检测方法的验证

用简易测距能力检测方法检查合格的设备,后来在实际应用中,对设备要求的标准远目标距离进行测距,测距正确,回波率满足探测概率要求,证明测距能力达到了设计指标。

如前面介绍的例子,设备要求在能见度 20km 条件下,对截面积为 2m^2 的目标的测距能力为 20km。维修后,采用简易检测法,确定该设备的测距能力达到要求。后来,设备有条件到具有远距离

