



脉冲激光测距仪灵敏度与消光比的研究

谭显裕

(华中精密仪器厂研究所, 湖北枝城, 443304)

Research on the sensitivity and extinction ratio for pulsed laser rangefinders

Tan Xianyu

(Institute of Huazhong Precision Instrument, Factory Zhicheng)

Abstract: Extinction ratio test is adopted directly to check the sensitivity of pulsed laser rangefinders and the influence of weather and the limitation of terrain are eliminated effectively by analysing the test data and comparing them with its measurement range quantitatively.

Key words: pulsed laser rangefinder, sensitivity, extinction ratio

一、测距仪灵敏度与消光比

脉冲激光测距仪的灵敏度是仪器系统内部的探测灵敏度, 主要由激光发射系统(发射功率 P_t)、接收系统(接收功率 P_r)和发射、接收、瞄准三轴平行度等决定, 与外部条件无关, 它可直接决定其最大测程。

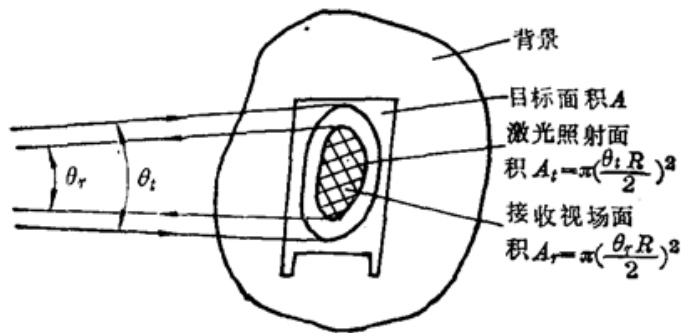


图1 脉冲激光测距系统示意图

假设图1中激光发射角为 θ_t , 接收视场角为 θ_r , 则光束到达 R 处目标面上的激光功率为 $P_t K_t e^{-\alpha R}$, 在目标面上的照射面积为

$$A_t = \pi \left(\frac{\theta_t R}{2} \right)^2,$$

接收视场面积为 $A_r = \pi \left(\frac{\theta_r R}{2} \right)^2$ (A 为目标面积)。

当 $A > A_t$ 时, 为大目标测距, 反之为小目标测距。为了减小背景光噪声的影响, 应在接收器件光敏面前设置小孔光阑, 其视场角为 θ_r 。当 $\theta_r < \theta_t$ 时, 对减小背景光噪声有利, 反之对三轴平行度校正有利。

1. 如果设计要求是对大目标测距且测距仪的 $\theta_r > \theta_t$, 则脉冲激光测距方程为

$$P_r = P_t K_t A_r K_r \rho e^{-2\alpha R} / \pi R^2 \quad (1)$$

式中, K_t 为发射系统透射率, K_r 为接收系统透射率, R 为测程, ρ 为目标反射系数, α 为大气衰

减系数(可用 $\alpha=2.7/V$ 算出, V 为能见距离)。

由公式(1)变换得

$$P_t K_t / P_r / (A_r K_r) = \frac{\pi R^2}{\rho} e^{2\alpha R} \quad (2)$$

如进入接收器的回波功率等于维持最小正常测距功率 $P_{r\min}$ 时, 测距仪的测程最大。这时测距仪灵敏度 S 可用常用对数再乘以 10 表示, 即

$$S = 10 \lg \left(\frac{P_t K_t}{P_{r\min} / (A_r K_r)} \right) = 10 \lg \left(\frac{\pi R_{\max}^2}{\rho} e^{2\alpha R_{\max}} \right) \quad (3)$$

当用测距仪测量近距 R_0 大目标靶(靶面反射系数为 ρ_0 , 大气衰减系数为 α_0), 并在发射或接收窗前插入 M 倍衰减片时, 激光功率将衰减 M 倍达到“测距临界状态”。这时公式(3)就变成

$$\begin{aligned} S &= 10 \lg \left(M \frac{\pi R_0^2}{\rho_0} e^{2\alpha_0 R_0} \right) = 10 \lg \left(\frac{\pi R_{\max}^2}{\rho} e^{2\alpha R_{\max}} \right) \\ &= 10 \lg (P_t K_t / P_{r\min} / (A_r K_r)) \end{aligned} \quad (4)$$

上式即激光测距仪全系统综合测距灵敏度 S 。

2. 如果设计要求是对小目标测距且测距仪的 $\theta_r \leq \theta_t$, 则脉冲激光测距方程为

$$P_{r\min} = [P_t K_t A_r K_r \rho e^{-2\alpha R_{\max}} / \pi R_{\max}^2] \frac{A}{\pi \left(\frac{\theta R_{\max}}{2} \right)^2} \quad (5)$$

式中, $\theta = \theta_r / \theta_t$, A 为目标面积。

当用测距仪测量近距 R_0 大目标靶并在发射或接收窗前插入 M 倍衰减片时, 根据(1)~(4)式推算, 测距仪全系统综合测距灵敏度 S 为

$$\begin{aligned} S &= 10 \lg \left(M \frac{\pi R_0^2}{\rho_0} e^{2\alpha_0 R_0} \right) = 10 \lg \left(\frac{\pi R_{\max}^2}{\rho} e^{2\alpha R_{\max}} \cdot \frac{\frac{\pi}{4} \theta^2 R_{\max}^2}{A} \right) \\ &= 10 \lg (P_t K_t / P_{r\min} / (A_r K_r)) \quad \left(\theta = \frac{\theta_r}{\theta_t} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

因此, 采用消光比法测试测距仪全系统综合测距灵敏度 S 是 $M \frac{\pi R_0^2}{\rho_0} e^{2\alpha_0 R_0}$ 。其计算式为

$$\begin{aligned} S &= 10 \lg \left(M \frac{\pi R_0^2}{\rho_0} e^{2\alpha_0 R_0} \right) = 10 \lg M + 10 \lg \left(\frac{\pi R_0^2}{\rho_0} \right) + 10 \lg (e^{2\alpha_0 R_0}) \\ &= N + S(\rho_0) + S(\alpha_0) \end{aligned} \quad (7)$$

式中, N 为光路中所加衰减片总分贝值, $S(\rho_0)$ 为靶面修正值, $S(\alpha_0)$ 为气象修正值。

据上所述, 消光比法就是脉冲激光测距仪在 R_0 、 ρ_0 为固定值条件下, 对大目标靶保持正常测距时, 使接收面积范围内的回波功率减少到最大分贝数的测试方法。如在气象条件较好的条件下, 采用该方法来检测仪器的灵敏度, 能有效排除气象差异影响和地形条件限制。这时所测消光比分贝值, 接近脉冲激光测距仪的灵敏度, 从而比较出它的最大测程。

二、灵敏度计算和消光比测试数据分析

选用机型: 为保证测试数据准确, 便于比较, 选最大测程分别为 5 km、10 km 和 30 km 激

光测距仪各 2 台, 代号分别为 A_1 和 A_2 、 B_1 和 B_2 、 C_1 和 C_2 。

根据设计要求, A_1 和 A_2 测距仪在能见距离 V 为 18 km 条件下, 对 $\rho=0.08$ 的 $2.3 \times 2.3 \text{ m}^2$ 坦克目标测距, 最大测程为 5 km, $\theta_r=0.8 \text{ mrad}$, $\theta_t=1 \text{ mrad}$; B_1 和 B_2 测距仪在能见距离 $V=20 \text{ km}$ 条件下, 对 $\rho=0.29$ 的 $5 \times 8 \text{ m}^2$ 红砖墙目标测距, 最大测程为 10 km, $\theta_r=\theta_t=1 \text{ mrad}$; C_1 和 C_2 测距仪在能见距离 $V=60 \text{ km}$ 条件下, 对 $\rho=0.08$ 的 $25 \times 20 \text{ m}^2$ 千吨级军舰测距, 最大测程为 30 km, $\theta_r=\theta_t=1 \text{ mrad}$ 。

1. 灵敏度计算

将 A 、 B 和 C 机型的设计指标分别代入公式(6)中第二项计算各台测距仪灵敏度分别为: $S_A=40.2 \text{ dB}$, $S_B=45.09 \text{ dB}$, $S_C=58.71 \text{ dB}$ 。

2. 消光比测试

测试条件: 靶距 $R_0=0.5 \text{ km}$, 靶面尺寸 $A_0=0.8 \times 0.8 \text{ m}^2$, 靶面 $\rho_0=0.85$ 且与激光束垂直度为 90° , 不垂直度小于 5° , 能见距离 $V=5 \text{ km}$ 。

测试方式: 采用挡发射或挡接收窗均可

实测数据: $N_A=41.81 \text{ dB}$, $N_B=46.8 \text{ dB}$, $N_C=60.85 \text{ dB}$ 。

3. 测试和计算数据比较

A 型机: $\Delta N_A=N_F-S_A=41.81-40.2=1.61 \text{ dB}$

B 型机: $\Delta N_B=N_B-S_B=46.8-45.09=1.71 \text{ dB}$

C 型机: $\Delta N_C=N_C-S_C=60.85-58.71=2.14 \text{ dB}$

4. 分析

(1) N 和 S 分贝值均很接近, ΔN 在 3 dB 以内;

(2) 误差 ΔN 随仪器的测程增大而增大且始终保持 $N>S$, 说明了气象对测程的影响。

三、讨 论

1. 靶距 R_0 和靶面尺寸 A_0

从公式(7)看, R_0 取值越小, $S(\rho_0)$ 和 $S(\alpha_0)$ 两项修正值也越小, 但应服从: (1), R_0 应大于测距仪的最小测程, 否则不能正常测距; (2), 应考虑接收与发射光轴及其基线(B)对近距 R_0 消光比测量的影响(见图 2), 即 $B/R_0 \leq \left(\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}\right) \theta_t$ 。

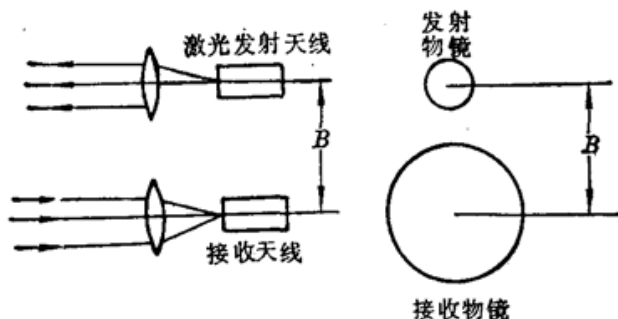


图 8 发射和接收天线示意图

对近距 R_0 测消光比时, 靶面尺寸 A_0 应大于激光在靶面上的照射面积(见图 1)为大目标测距。

2. “临界状态”测距次数

“测距临界状态”是一种非稳状态。在确保一定的准测率和虚警率条件下, 准测率为 90% 的测距仪只测 10 次, 95% 的测距仪应测 20 次, 98% 的测距仪需测 50 次。

3. 气象修正

影响测距仪测程是光通道的气象条件, 如水蒸气吸收衰减、大气散射及阳光闪烁等。消光

比测试就是为了克服气象条件的影响。从上述消光比实测和计算数据比较可以看出, 近距 R_0 测消光比时, 气象修正值很小, 可忽略不计。

采用消光比法来检测和考核脉冲激光测距仪灵敏度和测程指标是简便而有效的好方法, 它可以免于室外测程检测, 排除气象和地形条件的限制, 很有推广价值。

参 考 文 献

- 1 F. T. Arecchi *et al.*, *Laser Handbook*, 2, 1787 (1972)
- 2 BCA, *Electro-Optics Handbook*, 1974, 89
- 3 林钧挺, 光电子技术及其应用, 国防工业出版社, 北京, 1983
- 4 华中工学院等, 激光技术, 湖南科学技术出版社, 湖南, 1981

(收稿日期: 1989年8月29日)

利用掺杂铌酸锂作相位共轭镜的 全光学联想记忆系统*

康 辉 杨昌喜 母国光 吴仲康

(南开大学物理系, 300071)

All-optical associative memory by using doped LiNbO_3 as phase-conjugate mirror

Kang Hui, Yang Changxi, Mu Guoguang, Wu Zhongkang

(Department of Physics, Nankai University, Tianjin)

Abstract: An all-optical associative memory based on Dunning's device is developed. In this system, a doped LiNbO_3 crystal is used as phase-conjugate mirror and a low power He-Ne laser as an illumination light source. Thus the system is simple to construct and of low cost.

Key words: holography, phase-conjugate, associative memory

最近, 一种用光学方法模拟神经网络的最新研究成果将全息和相位共轭技术结合起来, 完成了一种所谓全光学联想记忆系统^[1, 2]。光源是氩离子激光器, 记忆元件——全息图的记录材料是热塑片, 具有反馈、取域和增益功能的非线性元件——相位共轭镜(PCM)由 BaTiO_3 晶体构成。

本工作是在[2]装置的基础上, 选用掺杂 LiNbO_3 晶体作为相位共轭镜而实现了全光学联想记忆系统。在我们的系统中, 利用 He-Ne 激光器作为照明光源, 使用掺杂 LiNbO_3 晶体来做 PCM 实现联想记忆。图 1 是全光学联想记忆系统的示意图。

* 本课题为国家自然科学基金资助项目。