

文章编号 1004-924X(2001)01-0028-03

激光测距机低温测距性能实验设计

宋文武¹, 王希军²

(1. 江苏曙光光学电子仪器厂, 江苏 扬州 225009;

2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

摘要: 针对激光测距机-40℃工作温度性能测量要求, 提出在常温下对低温激光测距机测距性能检测的方法, 采用低温试验箱安装可加热的导电膜光学观测窗设计方案, 叙述了实现激光测距机低温测距性能检测的初步实验结果和讨论, 从而保证激光测距机出厂前的直接检测及标定。

关键词: ITO 测距窗口; 低温激光测距; 激光测距机

中图分类号: TH761.2, P225.2 文献标识码: A

1 引言

国家 GJB150 标准规定激光测距机低温工作温度的下限为-40℃^[1], 目前甚至产品列装定型试验也无法对该项指标进行实际考核^[2], 即使到自然寒区进行低温环境适应性考核, 由于受环境温度限制, 实际的测距机低温性能实验往往也仅做到近-40℃, 平时只能在低温室或低温箱内进行模拟低温功能性检查, 由此给出厂激光测距机产品质量带来了一定隐患, 成为急需解决的问题。而且自然寒区本身具有季节性, 给产品检验工作带来诸多不便, 造成人力物力大量消耗。在常温下对激光测距机性能测量时, 将会遇到光学观察窗结霜问题。初步认为结霜的原因主要是测距机检测环境的低温和探测目标(通常处于常温)之间的温差产生的, 如果要在常温下模拟低温环境试验室条件, 就必须找到简便易行的低温测距性能检测方法, 因此文中提出简便建立测距机低温检测条件的实验设计和初步分析。

2 方案设计与分析

为实现常温下进行激光测距机低温测距性能检测, 在低温室内装有观察、瞄准、激光发射和接收的窗口, 简称观测窗。该窗口必须满足对激光波

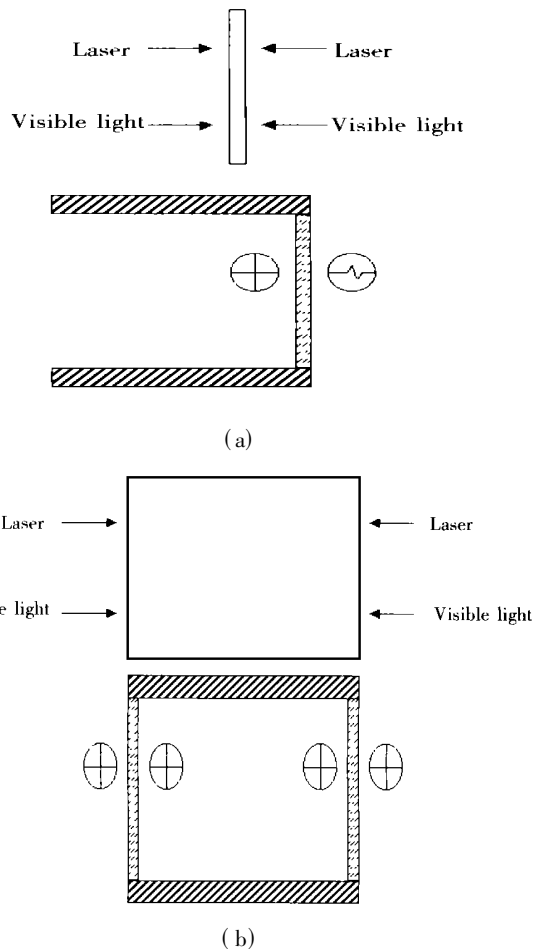


Fig. 1 Schematic designs of optical window under low temperature condition. (a) using ITO film as the window. (b) using vacuum pipe as the window

长和可见光有高透过率, 达到基本不影响观察、激光发射与接收的目的。初步分析和试验认识到观测窗结霜与其透过率低是难以实现低温测距性能检测的症结所在, 故采用在观测窗镀增透导电膜或用真空增透隔热玻璃管方法, 设计制作观测窗可以解决低温测距性能检测问题。其原理设计如图 1 中 (a) 和 (b) 所示。

增透玻璃隔热管观测窗方法, 优点是不需电源, 缺点是结构复杂, 制造成本高, 隔热管的长度越长效果越好, 反过来又使观察视场减小, 相应的激光测距机的工作视场也减小。正是这种制约关系限制了隔热管式低温箱在测距性能检测方面的应用。

从理想角度考虑, 光学透过率越高越好; 导电膜单位面积功率越大越好。但受工艺水平、经济性和实用性的制约不可能无限追求过高的技术要求。现就观测窗各项技术参数选定方法介绍如下:

2.1 可见光透过率

增加观测窗会影响测距机瞄准镜透过率, 增加一个 90% 透过率的观测窗, 其观察影响程度为 10%, 从实践经验来看, 对观察影响不大, 从工艺上容易实现 96% 左右的透过率(单面透过率), 故可见光透过率选定为大于 92% 为宜。

2.2 激光反射率

观测窗的激光的反射率主要容易造成接收光敏器件的损伤。测距机激光输出一般在 20mJ 以下, 脉宽在 5 ~ 8ns 左右, 峰值功率在 20mJ/5ns = 4MW 左右, 即使观测窗激光反射率在 0.5% 水平, 反射激光的强度也将达到 20kW 量级, 接收器光敏面约为 $\varnothing 0.8\text{mm}$ (参见文献[3]), 接收光强约为 3MW/cm², 已经可以对接收器件雪崩管造成损伤。因此, 为了安全和避免观测窗上反射光可能造成接收器件的损坏, 在检测测距性能时应当严格避免发射激光正入射在观测窗上。

2.3 激光透过率

激光透过率影响测距激光能量, 即影响到测距能力, 对测距机而言, 测距能力主要由最大测程反应, 其测距方程为:

对大目标(漫反射):

$$R_{\max} = \frac{P_t \cdot A_r \cdot \rho \cos \varphi \cdot T_t \cdot T_r \cdot T_\alpha}{\pi \cdot P_r} \quad (1)$$

对小目标(漫反射):

$$R_{\max} = 4 \frac{P_t \cdot A_r \cdot \sigma \cdot T_t \cdot T_r \cdot T_\alpha}{4\pi \cdot \theta^2 \cdot P_r} \quad (2)$$

(1) 和 (2) 式中物理量的意义如下,

P_t : 发射功率

P_r : 接收机最小可探测功率

T_t : 发射系统的光学透过率

T_r : 接收系统的光学透过率

T_α : 传输媒质的单程透过率

ρ : 目标反射率

A_r : 接收孔径面积

φ : 目标表面法线和入射光束的夹角

σ : 目标散射截面

θ : 激光发散角

一般情况对 1.064nm 激光观察窗的透过率可达 95% 以上, 往返两次的透过率为 90%, 对大目标而言, 由 (1) 式可知, 对 R_{\max} 影响最大程度为 5%, 若指标为 10km, 对其影响程度为 10 km × 5% = 500m, 可以在试验中予以计算考虑或忽略。对小目标时, 由于作用距离和透过率成四次方根关系, 影响程度小于 230m。

2.4 导电膜防霜

防霜关键在于导电膜要始终保持一定温度, 这一温度取决于单位面积的加热功率, 从实践得知 0.6W/cm² 较为适宜, 过大会造成玻璃炸裂, 过低起不到防霜作用。

根据国家 GJB150 标准, 测距机低温 - 40 保温时间一般为 4 小时, 再加上测试时间约 2 小时, 因此低温试验时间一般为 6 小时。若使观察窗不结霜, 在 6 小时内必须使维持温度场的能耗平衡低温冷源所需的热量。根据傅立叶热传导公式^[4]:

$$Q = k \times \text{grad}(T) \quad (3)$$

(3) 式中 k 代表材料的热导率, 表示传导热流 Q 和传导方向的温度场梯度成正比, 对于稳态情况, 温度场梯度可以简化为观察窗两侧的温度差。如果选择室温为 20, 温差为,

$$\Delta T = 20 - (-40) = 60$$

以直径 D 为 $\varnothing 42$ 的 BAK7 钡冕玻璃为例, k 为 1.7(W m⁻¹ K⁻¹), 参见文献[5], 导电观察窗的厚度 h 为 20mm, 得到,

$$Q = k \times (\Delta T/h) = 5100\text{W/m}^2 \quad (4)$$

$$P = (\pi D^2/4) \times Q = 7.1\text{W} \quad (5)$$

设计时必须保证导电膜的加热功率大于观察窗的热流功率 P , 从而保证观察窗不结霜。

3 初步实验结果与讨论

在 $\varnothing 42$ 孔径的 BAK7 钡冕玻璃镀制 ITO 导

电膜,其具体的技术参数值为可见光 $T = 92\%$, $T_{1.06} = 92\%$,可见光 $R = 4\%$, $R_{1.06} = 4\%$,可见光透过率 $T_a = 90\%$,电阻值为 50Ω 。原理性试验未镀增透膜,最大作用距离需要根据测距方程(1)和(2)折算出实际的数值。其中导电观察窗在 -40 条件下加载直流 20V 不炸裂,此时的电注入功率为 8W ,大于公式(4)的条件要求,实验也证明观察窗不结霜,在“37A 激光低温光轴检测方法工艺评审报告”中有详细的说明^[6]。实验的结果初步说明通过传热理论对实现低温测距性能实验方案设计和分析的可靠性,电注入导电膜观测窗,激光测距机的测距性能检测结果与理论计算分析基本相

符。测距机实测初步结果:

近距离目标 230m ,测量 10 次,正常; 3070m , $1 \times 1\text{m}^2$ 白色靶板,测量 5 次,正常; 5080m , $2.3 \times 2.3\text{m}^2$ 黄绿色靶板,测距 5 次,正常;上述测试均达到 $\pm 10\text{m}$ 精度要求。

纵向测距分辨力,首目标显示为 1020m ,末目标 1060m ,达到 50m 纵向分辨力要求。

因此根据目前工艺技术水平完全可以达到理论设计的技术参数要求,故可以判定该设计方案可行。导电膜观测窗方法,其优点结构简单,制造成本低,是一种切实可行的技术方案。

参考文献:

- [1] 薛振夷. GJB150, 4-86 设备环境试验方法与低温试验[M]. 北京:国防科工委出版发行部,1986.
- [2] 李玉山. d001-5 常规实验报告[R]. 甘肃:试验训练基地,1999.
- [3] RCA. 1980-1981 catalogs & specification[Z]. 1980.
- [4] 林瑞泰. 热传导理论与方法[M]. 天津:天津大学出版社,1992.
- [5] 张承铨. 国外激光仪器手册[M]. 北京:兵器工业出版社,1989.
- [6] 魏灿如,等. 37A 产品工艺评审报告[R]. 扬州:江苏曙光光学电子仪器厂,1999.

Experiments on testing range-finding properties of laser range finder under lower temperature circumstance

SONG Wen-wu¹, WANG Xi-jun²

- (1. Jiangshu Factory of Optical & Electronic Instruments, Yangzhou 225009, China;
2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)

Abstract: The experimental designs and the characteristics of a laser range finder under -40 circumstance were investigated with ITO optical windows heated to keep observation from dew or hoarfrost at room temperature. Primary experimental results and data of laser range finder in low temperature circumstance were accumulated and discussed. To meet the demands of the performance inspection of the laser range finder in working condition, the designs of ITO windows set up on a low temperature cabinet, are used to confirm the quality inspection and calibration of the laser range finder before its leaving from factory.

Key words: ITO ranging window; low temperature laser ranging; laser range finder

作者简介:宋文武(1963-),男,吉林省长春市人,1984年毕业于长春光学精密机械学院,工程师,从事激光测距机研究工作和相关国家标准研究。