

文章编号: 1002-2082(2005)04-0056-02

激光测距机主要参数校准测量不确定度分析

杨冶平, 杨照金, 侯 民

(西安应用光学研究所, 陕西 西安 710065)

摘 要: 简述激光测距机主要参数校准装置的组成, 通过对其主要参数(最大测程、最小测程、测距准确度、重复频率、束散角)的校准测量进行详细的不确定度分析, 评价激光测距机主要参数校准装置的达标程度。

关键词: 激光测距机; 消光比; 束散角; 重复频率; 不确定度

中图分类号: TH744.5-34

文献标识码: A

The Uncertainty Analysis of the Calibration Measurement of Main Performances for Laser Range-finders

YANG Ye-ping, YANG Zhao-jin, HOU Min

(Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: The configuration of the calibration equipment for the main performances maximum detectable range, minimum detectable range, range accuracy, repetition frequency, beam divergence angle of laser range-finders is briefly introduced. This paper presents the detailed uncertainty analysis of the main performances of laser range-finder calibration. The standard degree of the calibration equipment for the main performances of laser range-finder will be evaluated through these uncertainty analyses.

Keywords: laser range-finder; extinction ratio; beam divergence angle; repetition frequency; uncertainty

引言

激光测距机是激光技术在军事上获得最广泛应用的一种装备, 它能迅速、准确地给出目标的距离数据, 敌对双方都利用这一点来提高战场上最大有效作用距离下的武器装备首发命中概率^[1]。

激光测距机作为军用产品, 依据其作用及类别有许多技战术指标, 但最主要的基本性能评价参数可归纳为: 最大测程、最小测程、测距准确度、重复频率、束散角。利用这5个参数可建立不受室内、外界条件影响的客观校准装置。它们主要用于已装备部队的、正在研制和生产的激光测距机及其检测仪器的校准, 统一各参数量值, 规范校准方法, 以及校准和量传工作的开展。

本文介绍了该校准装置的组成, 并对主要参数的校准测量不确定度进行分析。

1 激光测距机校准装置的组成

在调研分析的基础上, 拟用4套装置对激光测距机5个参数实现校准, 主要包括:

- (1) 测程校准分系统;
- (2) 测距准确度校准分系统;
- (3) 束散角校准分系统;
- (4) 重复频率校准分系统。

其系统组成见图1所示。

2 测量不确定度分析

测量不确定度是对测量结果质量的定量表征, 测量结果的可用性很大程度上取决于其不确定度的大小^[2]。所以, 当我们研制测量标准时, 必须要评定标准装置的测量不确定度, 评价仪器装置是否达标。

收稿日期: 2004-12-20; 修回日期: 2005-04-15

作者简介: 杨冶平(1970-), 女, 湖北襄樊人, 西安应用光学研究所研究生, 主要从事激光测距机参数计量标准方法的研究工作。

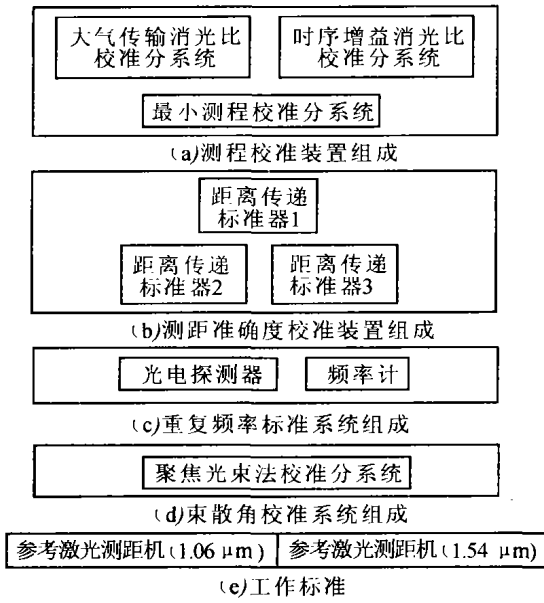


图1 激光测距机校准装置组成

Fig. 1 Configuration of calibration equipment for laser range-finder

2.1 距离校准不确定度分析

距离校准不确定度公式为

$$L = nL_0/2$$

影响 L 测量不确定度的主要因素有:

- 1) 光纤距离 L_0 校准不确定度分量;
- 2) 光纤折射率 n 测量不确定度分量。

由于 L_0 和 n 都是预先经过鉴定的,证书给出了测量的不确定度,所以按 B 类不确定度评定。

合成不确定度

$$U = \sqrt{\left(\frac{\partial L}{\partial L_0}\right)^2 U_B^2(\partial L_0) + \left(\frac{\partial L}{\partial n}\right)^2 U_B^2(\partial n)}$$

表1 大气传输消光比测量诸影响因素的不确定度分析

Table. 1 Uncertainty analysis of the several disturbing factors for extinction ratio measurement in the atmospheric transmission

($\rho_1=0.2$, $\rho_2=0.85$, $\Psi=5.4$, $V_2=1.3R_1$, $R_1=30$ km, $R_2=0.5$ km)

| 影响源 X_i | 靶反射率 $u(\rho_2)$ | 靶漫射立体角 $u(\pi)$ | 消光试验距离 $u(R_2)$ (km) | 消光试验能见度 $u(V_2)$ (km) | 大气衰减系数 $u(\Psi)$ | 衰减片组 $u(S_1)$ (dB) | 时序增益消光比 $u(S_4)$ (dB) |
|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------|--------------------|-----------------------|
| $u(x_1)$ | 0.01 | 1.8° | 0.001 | 0.195 | 0.54 | 0.2 | 0.28 |
| $u(y_i)$ | 0.051 | 0.014 | 0.0006 | 0.0015 | 0.031 | 0.2 | 0.28 |
| 靶 $u(S_2)$ | 0.056 | | 大气 $u(S_3)$ | | | 0.031 | |
| 测量消光比 $u(S)$ (dB) | | | | | 0.35 | | |

注: $S_1=41.81(0.20)$ dB, $S_2=-0.343(0.056)$ dB, $S_3=0.301(0.031)$ dB, $S_4=17.78(0.28)$ dB, $S=59.55(0.35)$ dB

2.3 束散角校准不确定度

聚焦光束测量法的校准不确定度主要取决于 CCD 的空间分辨率及其光斑尺寸处理不确定度。从公式 $\theta=d_1/f$ 出发,以发散角 1 mrad 为例,当选

其中, $\frac{\partial L}{\partial L_0} = \frac{n}{2}$; $\frac{\partial L}{\partial n} = \frac{L_0}{2}$ 。

以 1.06 μ m 为例,代入 $n=1.4661$, $L_0=3000$ m

$$U = \sqrt{\left(\frac{1.4661}{2}\right)^2 U_B^2(\partial L_0) + \left(\frac{3000}{2}\right)^2 U_B^2(\partial n)}$$

$$= \sqrt{0.537 U_B^2(\partial L_0) + 2.25 \times 10^6 U_B^2(\partial n)}$$

由证书可知,折射率测量不确定度为 0.002,取扩展因子 2,则

$$U_B(\partial n) = 0.001$$

光纤长度测量不确定度为 0.02 m,取扩展因子 2,则有

$$U_B(\partial L_0) = 0.01 \text{ m}$$

由此得到

$$U = \sqrt{0.537 \times 0.01^2 + 2.25 \times 10^6 \times 0.001^2}$$

$$= \sqrt{5.37 \times 10^{-5} + 2.25} = 1.5$$

2.2 消光比较准不确定度分析

测程校准的关键是消光比测量的不确定度。经计算分析可见,影响消光比测量的主要不确定度源及其大小见表 1。

由表 1 的数据可以看出, $u(S_1)$ 衰减器不确定度(包括衰减器的标定、定位和量化影响)、 $u(S_4)$ 时序增益检测的衰减不确定度(包括衰减器的标定、定位和量化等影响,脉冲延时不确定度等电器方面的影响,模拟激光器功率不稳定性直接造成消光比测量的不确定度)是其中最主要的两个不确定度源。只要严格控制好表 1 中的各个不确定度分量,就可以确保消光比 S 的测量不确定度控制在 0.35 dB 以内。

取透镜焦距 $f=500$ mm, CCD 空间分辨率及其光斑尺寸处理的不确定度为 10 μ m 时,束散角的校准不确定度可做到 4%。

(下转第 65 页)

线直射(如图2所示)情况,此时物体各断面截面椭圆的离心率等于0,与S1越近,第一个变形因素越小。S2为光锥中心线垂直于物体中心断面的延长面与投影面夹角的角平分线(见图4)的情况,它又称为光锥中心线斜射且垂直于物体投影面夹角角平分线。此时中心断面截面与投影截面椭圆的离心率相等,离心率差等于0,其它对应的投影截面与断面截面椭圆的离心率差的绝对值接近于0。在夹角不变时,离心率差绝对值的平均值最小,而且各断面投影的不均等放大率小于S1。与S2越近第二个变形因素越小。在夹角不变时,S1最能正确反映物体上下断面投影间的位置关系,即投影位置变形最小。S2物体的影像与物体的实际形态最接近,即投影形态变形最小,如骶椎前后位、尾骨前后位、汤氏位及脚跟骨轴位等,点光源都是位于S2及其附近。X线摄影主要是观察物体的形态、位置和大小等(物体的大小可以通过放大率及不均等率的计算得出)。点光源向S2右侧移动,在第三个变形因素缩小的同时,其它两个变形因素增大。因此,第三个变形因素不应该选择最小,而应该选择适中,以S2为最佳。

8 与教材的分歧

教材分析影像变形及失真脱离了光锥和以上变形因素,不能揭示影像变形及失真的本质。教材回避了物体与投影面成某一角时点光源位置选择问题的讨论,这是X线摄影最常见的、必须要讨论的问题。物体的影像有变形存在,延长点光源与物体的距离,各变形因素及放大率同时缩小,影像变形和放大同时减轻。缩短物体与投影面的距离,放大率缩小,影像放大减轻,变形因素及变形程度不变,影像相似。缩小放大率不能减轻变形,只有缩小

变形因素,变形才能减轻。影像变形与放大是不同的概念,作为教材更不应该混淆。教材用物体平行投影面和物体二侧面投影是否等大说明中心线直射与斜射的投影差异。包括中心线直射且物体上投影面成某一角在内的所有变形现象,都与物体二侧面投影大小和形态的差异有关。它是所有变形现象都有的变形表现,不是中心线直射及斜射的投影特征。中心线直射及斜射的投影特征在物体与投影面平行及成某一角时始终存在。教材用物体各部放大率不同解释物体与投影面成某一角的不均等放大作用,没有客观判断的标准,因此不准确。正如教材所述:中心线斜射且物体平行于投影面时,物体二侧面投影不等大。物体各部投影自然包括二侧面投影。显然,这种二侧面投影不等大不是物体与投影面成某一角时所产生的。断面投影不均等放大率是有客观标准的,并能够通过数学计算得出。在物体与投影面成某一角时不均等放大率才大于1,该结论可指导实际的摄影工作。

参考文献:

- [1] 邹仲 主编. X线检查技术学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1983.
- [2] 燕树林,曾祥阶. 医学影像技术学全科纲要及考题解[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,2000.
- [3] 孟代英. X线投照技术[M]. 济南:山东科学技术出版社,1987.
- [4] 王庆义. X线摄影技术[M]. 济南:山东科学技术出版社,1998.
- [5] 袁聿德. X线摄影学[M]. 北京:人民卫生出版社,1993.

(上接第57页)

2.4 重复频率校准不确定度

重复频率校准实际上是时间间隔的校准,以5 Hz和50 Hz重复频率校准为例,其脉冲时间间隔分别为200 ms和20 ms。现在快速脉冲测量的分辨率可达ns和ps量级,故利用一般频率计即可达到校准要求。

3 结束语

通过对实验测量结果的不确定度分析,本校准

装置已达到规定的主要技术指标,能满足各类激光测距机室内校准和现场校准的需要,能对激光测距机的综合性能进行准确的评估,具有极大的推广价值。

参考文献:

- [1] 张晓舟. 脉冲激光测距机检定测试设备[J]. 应用光学,1998,19(6):12-15.
- [2] 质量技术监督局计量司. 测量不确定度评定与表示指南[M]. 北京:中国计量出版社,1999.