

文章编号:1002-2082(2009)03-0519-04

关于激光测距机光轴平行性校正方法的改进

骆新新¹, 刘秉琦², 孙东平², 马健²

(1. 71391部队, 河南 开封 475003; 2. 军械工程学院 光学与电子工程系, 河北 石家庄 050003)

摘要:对激光测距机传统的光轴校正方法进行了改进:通过光轴平行性偏差与偏心环(框)旋转角度之间的校正模型计算出偏心环(框)需要调整的角度值,利用光轴校正装置可实现激光测距机光轴的校正。校正方法可分为半自动校正和全自动校正两种方法:半自动校正方法采用在激光测距机双偏心结构上加刻度环,通过套筒旋转双偏心结构一定角度,实现对光轴进行调整;全自动校正方法采用步进电机带动双偏心结构旋转达到对光轴进行调整的目的。通过对某型激光测距机进行实验研究,实验结果表明,采用提出的方法进行光轴校正后光轴误差均在最大允许误差范围内(0.25 mrad),该值满足实际要求。

关键词:激光测距机;光轴平行性;光轴校正方法

中图分类号:TN24; TN761.2

文献标志码:A

Improvement of optical axis parallelism correction for laser rangefinder

LUO Xin-xin¹, LIU Bing-qi², SUN Dong-ping², MA Jian²

(1. Unit 71391 of PLA, Kaifeng 475003, China; 2. Department of Optics
and Electronic Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: The method of the traditional optical axis correction for laser-range-finder was improved. The angle which the eccentric ring (or eccentric frame) needs to adjust was calculated by the mathematical model of the optical axis parallel deviation and the eccentric ring (or eccentric frame) rotary angle. The correction of optic-axes parallel was realized by the optical axis correcting device. Two correcting methods (semiautomatic and fully automatic corrections) are presented. In the semiautomatic correcting method, a scale ring is attached to the lateral portion of the double eccentric structure, and the optical axis correction is realized by rotating the eccentric structure to a certain angle by the two eccentric sleeves. In the fully automatic correcting method, the double eccentric structures are controlled by two stepping motors to adjust the optical axes. The experimental research on a certain laser rangefinder is conducted. The results show that the optical axis error corrected by the method is within the maximal permitted range (0.25 mrad), the efficiency is increased by the improved method, and this method can meet the requirement of the practical need.

Key words: laser rangefinder; optic-axes parallelism; method of optic-axes correction

收稿日期:2008-09-07; 修回日期:2008-11-05

作者简介:骆新新(1983-),女,河北衡水人,硕士研究生,主要从事光学检测方面的研究工作。

E-mail:luoxinxinliaoliao@126.com

引言

与一般光学测距相比, 激光测距技术具有操作方便、系统简单和昼夜可用的优点, 早在 20 世纪 60 年代就已在部队服役。作为最早的军用激光装备, 激光测距机已批量装备部队, 它能迅速准确地测定目标距离, 提高作战能力, 而激光测距机的测距精度与激光测距机的激光发射轴、激光接收轴和观察瞄准轴的平行性有着至关重要的联系, 只有保证了三光轴的平行性才能保证激光测距机的测距精度, 实现其快速、准确地测量目标距离。

由于激光测距机的光学系统在结构设计和生产中保证了瞄准光轴与接收光轴平行, 所以三轴平行性的校正实际上变成了激光发射轴与瞄准轴两光轴的平行性校正。

目前, 激光测距机光轴的校正一般采用“激光打点法”, 即专业人员根据激光测距机所采用的校正调整方式, 每调整一次, 调整镜就通过“激光打点法”观察激光斑点与瞄准光轴十字分划中心是否重合来检查一次调整效果, 直到激光斑点与分划中心符合要求为止。由于光轴校正涉及的问题比较多, 一般都是在工厂或修理所由经验丰富的专业人员根据经验操作。伴随着武器科技含量的不断提高, 武器装备变得越来越复杂, 对装备的维护保养和性能检测提出了更高的要求, 数字智能化检测已成为各类新型武器装备的发展趋势。而对激光测距机光轴的校正仍然存在智能化程度不高等问题: 对维修人员要求高, 自动化程度低, 误差较大, 工作效率低, 很难适应高科技条件对装备的维修与性能检测越来越高的要求。

本文对光轴的误差量与校正量之间的关系进行了量化, 通过特定的光轴校正装置实现光轴的校正。改进后的校正方法对校正人员要求降低, 避免了由于专业人员紧缺而导致无法及时对测距机进行检测校正, 从而实现了对测距机光轴的及时校正。

1 校正模型

校正激光测距机光轴平行, 可采用径向移动瞄准系统的分划板或径向移动物镜的方法实现瞄准光轴方向的改变, 通常是利用径向移动瞄准物镜的方法。因此, 光轴的校正就是通过瞄准物镜的径向移动来实现的。而大多数激光测距机中瞄准物镜是通过旋转瞄准系统中的偏心环和偏心物镜框来实现

物镜中心的径向移动, 从而实现光轴的校正, 达到光轴平行的目的。由此可见, 光轴偏差量与偏心环和物镜框旋转角度之间存在着对应关系, 只要找到这种对应关系就可有规律地调整偏心环和物镜框, 校正光轴平行。

本文针对具有偏心环和偏心物镜框这种双偏心结构的激光测距机改进了校正光轴平行性的方法。激光测距机发射激光, 由 CCD 传感器代替传统方法中的相纸, 对激光测距机发射的激光斑点和瞄准分划线进行采集, 得到光轴偏差量。由于光轴的校正通过旋转瞄准系统中的偏心环和偏心物镜框实现的, 所以光轴偏差量与偏心环和偏心物镜框的旋转角度之间存在着某种确定的对应关系, 即校正模型, 通过这种校正模型可计算出校正量(偏心环和物镜框的旋转角度), 然后利用光轴校正装置旋转偏心环和物镜框实现激光测距机的光轴调整, 如图 1 所示。校正模型的框图如图 2 所示, 通过传感器可以得到光轴的偏差量, 然后通过建立的数学模型可求得校正量, 即偏心环(框)的旋转角度。

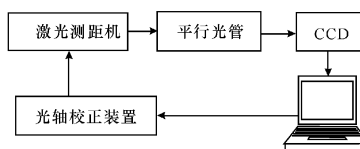


图 1 激光测距机光轴校正系统整体方案

Fig. 1 Scheme of optical axis correcting system for laser rangefinders

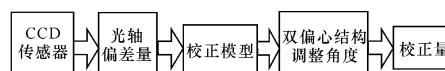


图 2 数学模型框架图

Fig. 2 Block diagram of mathematical model

图 3 表示了偏心环和物镜框的旋转角度关系, 校正光轴前物镜框与偏心环薄边分别在 W 、 P 两点处, 物镜主点落在以 OQ 、 OR 为两边的平行四边形对角线顶点 S 处, 设物镜框和偏心环的偏心量均为 l 。同时拨动物镜框与偏心环, 使其薄边分别落在 W' 和 P' 处, 物镜主点移至以 OQ' 和 OR' 为两边的平行四边形对角线顶点 S' 处。即拨动过程中物镜中心实际上由 S 点移动到了 S' 点, 位移量为 SS' 。故有 $SS' = \delta'$ 。 α 为初始位置处物镜框与偏心环薄边与中心的夹角, 即 OW 与 OP 之间的夹角; θ 为偏心环旋转角度, 即 OP 与 OP' 之间的夹角; φ 为物镜

框旋转角度,即 OW 与 OW' 之间的夹角。

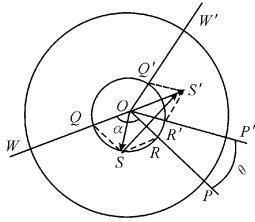


图3 偏心环(框)旋转角度示意图

Fig. 3 Scheme of rotary angle of eccentric ring

通过对激光测距机光轴校正原理的分析,可得如下校正模型^[2]:

$$\theta = \arccos \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{2} + \arctan \frac{B}{A} - \alpha \quad (1)$$

$$\varphi = \arctan \frac{B}{A} - \arccos \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{2} \quad (2)$$

$$A = \cos \alpha + 1 + \frac{1}{l} \cdot \frac{f'_{物}}{f'_{准}} \Delta x \quad (3)$$

$$B = \sin \alpha + \frac{1}{l} \cdot \frac{f'_{物}}{f'_{准}} \Delta y \quad (4)$$

式中: $f'_{物}$ 和 $f'_{准}$ 分别为激光测距机瞄准物镜和平行光管准直物镜的像方焦距; α 为光轴校正前物镜框与偏心环薄边的夹角; l 为偏心结构的偏心量; Δx 和 Δy 分别为CCD光敏面上激光光点与瞄准分划中心在水平和垂直方向上的偏差量。

由(1)~(4)式可知,光轴的校正模型将激光测距机的光轴误差与双偏心结构的调整量之间的关系进行了量化。只要知道激光测距机物镜焦距 $f'_{物}$,平行光管准直物镜焦距 $f'_{准}$,像点偏移量 Δx 和 Δy ,初始位置时物镜框与偏心环薄边的夹角 α 以及偏心量 l ,就可以计算出物镜框与偏心环旋转的角度,而 $f'_{物}$ 、 $f'_{准}$ 和 l 属于系统参数, α 由初始位置可知,所以校正光轴时只需测量出像点偏移量 Δx 和 Δy ,即可求出偏心环和物镜框的旋转角度,通过旋转双偏心结构即可校正光轴。

2 校正方法

由于在传统的校正方法中,光轴的误差与双偏心结构的调整量之间没有量化的关系,所以只有根据经验调整双偏心结构,并且调整一次就需要检测一次光轴误差,过程比较繁琐。通过建立光轴校正模型,可以通过光轴误差量得到双偏心结构的调整量。在对激光测距机光轴进行校正时,首先应检测

光轴误差量,然后由校正模型计算出双偏心结构的旋转角度,最后通过光轴校正装置对双偏心结构进行调整,使其转动相应的角度,实现对光轴的调整。

光轴的校正方法可以分为半自动校正和全自动两种。

2.1 半自动校正方法

半自动校正方法的原理是在激光测距机双偏心结构外侧加一个刻度环,用2个偏心套筒控制偏心环和物镜框旋转。通过刻度环获知校正前物镜框和偏心环分别对应的刻度值,即初始夹角 α ,利用光轴平行性检测系统检测激光光斑与分划中心的偏差量 Δx 与 Δy ,将 Δx 与 Δy 代入校正模型,计算可得到物镜框和偏心环分别应调整的角度值,进而得知其对应的刻度值,通过偏心套筒带动偏心环和物镜框转动至其相对应的刻度值,即可校正瞄准光轴。

2.2 全自动校正方法

全自动校正方法是在半自动校正方法的基础上进行了改进,通过采用步进电机代替人手进行自动的调整与校正,2个步进电机带动外部的机械传动机构分别卡在物镜框和偏心环的薄边位置,由于偏心环或物镜框上2个卡槽的连线与薄边与厚边的连线相互垂直,所以此时2个电机的夹角即为系统的初始夹角 α 。利用CCD传感器可得知激光光斑与瞄准分划中心的偏差量 Δx 与 Δy ,通过校正模型计算可得到物镜框和偏心环分别应调整的角度值。对步进电机的控制可采用单片机控制方法,将得到的调整角度值传输给单片机控制系统,其发出控制命令,即可控制步进电机旋转相应的角度值,带动双偏心结构转动,从而达到校正光轴的目的。

通过以上分析可见,这两种方法虽然有所区别,但都是根据激光测距机的光轴误差使双偏心结构旋转一定的角度,实现对光轴的校正,避免了传统方法的多次校正过程。

3 实验研究与精度分析

由于激光测距机分划板上读取角度的精度为0.105 mrad或0.209 mrad(略大于0.1或0.2 mrad),因此只要检测精度达到0.1 mrad即可满足使用要求。以本文中所述激光测距机为例,其双偏心物镜的焦距 $f \approx 140$ mm,物镜框与偏心环的偏心量 $l = 0.5$ mm。考虑极限情况,即光轴校正前物镜框与偏

心环的薄边重合,光轴校正后物镜框与偏心环厚边恰好重合于原薄边位置,这一过程中物镜框与偏心环均转过了180°,而光轴的校正量为 $2 \times 2l/f \approx 14$ mrad,则光轴方向上每改变1 mrad对应物镜框和偏心环转过约1.3°。所以,只要校正精度高于1.3°即可满足精度要求^[3]。

对于半自动校正方法而言,只要刻度环最小刻度值 $<1.3^\circ$ 即可满足精度要求;对全自动校正方法而言,只要步进电机细分后每步转的角度 $<1.3^\circ$ 即可满足精度要求。

对某型激光测距机进行实验研究,实验采用半自动校正方法,实验结果如表1所示。表中分别给出了用传统的平行光管法和本文提出的CCD直接采集方法检测的光轴平行性结果和校正后光轴的平行性误差。由表中数据可见,采用本文提出的方法进行光轴校正后误差均在最大允许误差范围内(0.25 mrad),因此本文提出的校正方法对激光测距机光轴的检测校正是可行的。

表1 实验结果比较

Table 1 Comparison of experiment results

传统方法检测结果/mard	CCD检测结果/mrad	检测误差/%	校正结果/mrad
0.25	0.238	4.80	0.16
0.50	0.512	2.40	0.15
1.00	1.020	2.00	0.13
1.50	1.524	1.60	0.19
2.20	2.223	1.15	0.10
2.80	2.828	1.00	0.12

4 结束语

本文对传统的激光测距机光轴校正方法提出了改进方案,建立了光轴误差量与双偏心结构校正量之间的校正模型,提出采用半自动校正方法和全自动校正方法对双偏心结构进行调整,并对两种校正方法的精度进行了分析。通过实验分析可知,改进后的方法能够减少校正激光测距机光轴的繁琐过程,使其更加方便、简单,能够在野战条件下对激光测距机进行光轴的检测与校正,解决了传统方法需要送至工厂或修理所由专业人员进行检校的缺陷。

参考文献:

[1] 王西庚,李祥辉,贾连友.军用光学仪器修理[M].北

京:兵器工业出版社,1996:96-99.

WANG Xi-geng, LI Xiang-hui, JIA Lian-you. Military optical instrument repairing [M]. Beijing: Ordnance Industry Press, 1996:96-99. (in Chinese)

[2] 骆新新,刘秉琦,孙东平.激光测距机三轴平行性智能检测校正方法研究[J].光学技术,2008,34(4):590-592.

LUO Xin-xin, LIU Bing-qi, SUN Dong-ping. Study on the intelligent method for detecting and adjusting the parallelism of laser-range-finder's three-optic-axes [J]. Optical Technique, 2008, 34(4): 590-592. (in Chinese with an English abstract)

[3] 张维,周冰,沈学举,等.精确校正激光测距仪三光轴平行的理论计算方法[J].光学·精密工程,2002,16(6):650-653.

ZHANG Chu, ZHOU Bing, SHEN Xue-ju, et al. Study of the calculation method for accurately adjusting laser-range-finder's three-optic-axes to parallel to each other [J]. Optics and Precision Engineering, 2002, 16(6): 650-653. (in Chinese with an English abstract)

[4] 安忠还,苏美开,高雅允,等.激光测距机光轴误差的测试与校正[J].激光杂志,2003,24(1):54-55.

AN Zhong-huan, SU Mei-kai, GAO Ya-yun, et al. Automatic examine and rectify of optic-axes error in impulse laser range finder [J]. Laser Journal, 2003, 24(1): 54-55. (in Chinese with an English abstract)

[5] 凌军,刘秉琦,赵熙林.几种光轴平行性测试方法的比较与探讨[J].应用光学,2003,24(1):43-45.

LING Jun, LIU Bing-qi, ZHAO Xi-lin. The omparison and discussion of several testing methods about optical axis parallelism [J]. Journal of Applied Optics, 2003, 24(1): 43-45. (in Chinese with an English abstract)

[6] 李刚,周冰,孙新华,等.激光制导装置出射激光束散角和光轴平行性的简易检测方法[J].光学技术,2004,30(5):628-636.

LI Gang, ZHOU Bing, SUN Xin-hua, et al. Handy method to detect divergence angle and optical axis parallelism of laser guidance device [J]. Optical Technique, 2004, 30(5): 628-636. (in Chinese with an English abstract)

[7] 苏美开.光轴偏差对激光测距机测距能力的影响[J].激光杂志,2001,22(3):39-40.

SU Mei-kai. Effect on the range ability of laser range finder by optics axis error [J]. Laser Journal, 2001, 22(3): 39-40. (in Chinese with an English abstract)