

文章编号:1001-5078(2015)01-0063-03

· 光电技术与系统 ·

光电经纬仪视轴晃动的标定补偿

王 涛, 唐 杰

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘 要:为了修正视轴晃动对经纬仪测角精度的影响,补偿系统误差产生的测角误差,实现高精度测量,分析了星体标校方法补偿系统误差的基本原理,设计了一套利用平行光管对经纬仪视轴晃动进行室内标定和补偿的方法。通过对视轴误差标定,测试出系统误差的逼近函数,从而可根据逼近函数对任一目标进行补偿修正。该方法操作便利、测试试验条件简单,通过试验验证测角精度可达到 $10''$ 内。为实现视轴误差修正和高精度光电测量提供了一种有效的途径。

关键词:经纬仪;视轴晃动;星体标校

中图分类号:TH745 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2015.01.014

Calibration compensation on the optical axis swing of the electro-optical theodolite

WANG Tao, TANG Jie

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: In order to correct the impact of the optical axis swing on the angle-measuring precision of the theodolite and achieve high precision measurement, the fundamental theory of the system error compensation by using the method of cyrtaster calibration was analyzed, and then a method to calibrate and correction on the optical axis swing of the theodolite by using collimators was designed. After calibrating the optical axis error, the approximating function of the system error was obtained, and any optional object can be compensated and corrected according to the function. This method is convenient to operate and easy to construct by simple measuring condition, and the angle-measuring precision is better than $10''$ in the practical experiment. This provides a efficient method for correction of the optical axis error and the high precision electro-optical measurement.

Key words: theodolite; optical axis swing; cyrtaster calibration

1 引 言

现代光电经纬仪具有实时测量、高精度、自动跟踪监控和易于图像再现等优点,广泛地应用于航空、航天、武器试验、大地测量等科研和军事领域。随着我国国防事业的发展,经纬仪在靶场上的应用也越来越多,主要完成试验中目标外弹道、航迹、姿态及

拦截脱靶量测量^[1-2]。

为保证光电经纬仪的成像质量,主镜的面型精度一般要求支撑后达到 $\lambda/20$ (rms),其支撑方式一般选用柔性支撑;随着经纬仪通光口径的增大,其视轴的重量也成比例增大,由于重力、刚度等原因,必然导致视轴随俯仰角变化时机械零部件存在一定的

弹性变形。以上两种主要原因导致经纬仪观测不同俯仰角目标时,其指向精度存在一种误差,这种误差称之为视轴晃动误差^[3]。

本文针对光电经纬仪的视轴晃动误差,基于天文望远镜星体标校修正的原理及经验,给出了一种光电经纬仪视轴晃动的室内标定及补偿方法。通过试验验证,该方法可补偿视轴晃动的系统误差,补偿后经纬仪指向精度可达到10"内。

2 星体标校修正方法

星体标校是利用恒星在天球上的准确视位置来标定光电经纬仪的精度,是光电经纬仪在外场进行精度检测和单项误差调整常用的方法之一,广泛地应用于各种靶场的外场实时检测中。

星体标校的过程是利用光电经纬仪对一组空间恒星进行测量,实时记录星体的测量数据(测量时间、角度等),根据测量时间、设备站址的天文经纬度、星体坐标(视赤经、视赤纬)等参数,用星历表计算测量时刻星体的理论位置,将星体实测位置与理论位置进行比较^[4-6]。星体标校原理示意图如图1所示。

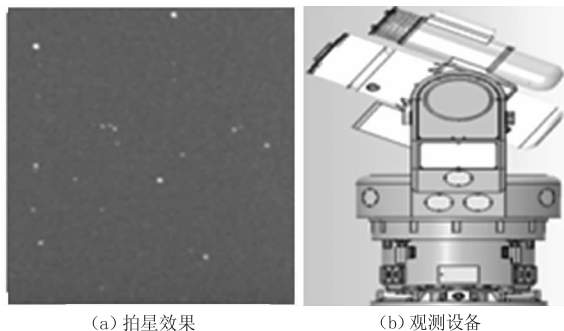


图1 星体标校原理图

Fig. 1 principle of cytaster calibration

光电经纬仪星校方法适用于外场实时检测,精度较高,但测试的相对条件要求也较高,如:准确的站址坐标,被测设备的探测性能(可探测星等、光谱范围)以及准确详细的星历表数据等。

星体标校的主要误差源:

(1) 星体的时角计算

天文年历所载的恒星数据是按一定表列时刻推算的,要求非表列时刻的其他时刻的数值则需内插;

(2) 蒙气差的修正

由于大气折射,需要进行蒙气差修正。

3 室内标定补偿方法

根据星体标校的原理,设计了一套经纬仪室内标定补偿的方法。该方法对测试条件要求不高,相

对星体标校,无需站址坐标的标定、星历表数据、光谱波段宽(适用可见、红外),同时没有大气折射影响。

室内标定方法:在被测设备主系统前刚性固定一个小口径平行光管,平行光管成像于被测设备靶面上,被测设备从水平0°开始向天顶90°方向运动。由于平行光管与被测设备之间相对固定,没有相对运动,所以靶面成像位置的偏移变化量即为被测设备的视轴晃动量。如图2所示。

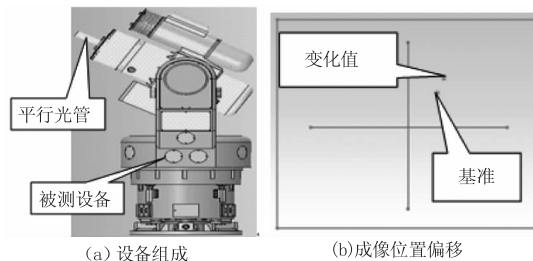


图2 室内标定示意图

Fig. 2 The laboratory calibration

光电经纬仪的光机结构决定其在天顶90°位置时受力状态最好,取天顶位置的脱靶量为基准值,其余位置与该值做差,求出偏移量。

针对某设备进行测试,测试数据如表1所示。由于经纬仪使用状态为0°~90°,故从水平位置至天顶位置,每10°测试一点,记录脱靶量数据(以俯仰脱靶量为例)。取两侧正反测量数据,从数据可以看出,随机量较小,所以取均值进行系统误差修正。

表1 某设备测试数据

Tab. 1 The test data of a certain

俯仰角/(°)	测试一(码值)	测试二(码值)	均值	差值
0	867	865	866	29
10	863	862	862.5	25.5
20	860	860	860	23
30	856	855	855.5	18.5
40	853	852	852.5	15.5
50	850	849	849.5	12.5
60	846	845	845.5	8.5
70	842	842	842	5
80	839	840	839.5	2.5
90	837	837	837	0

取差值分析,差值曲线如图3所示。从图中可以看出差值近似线性。取线性趋势对曲线进行插值逼近,可以得出线性趋势公式^[7-9]。

针对不同俯仰角目标,可按线性趋势公式进行修正补偿。图4为该设备针对室内检测架中65°仰角目标进行多次测量后的结果。

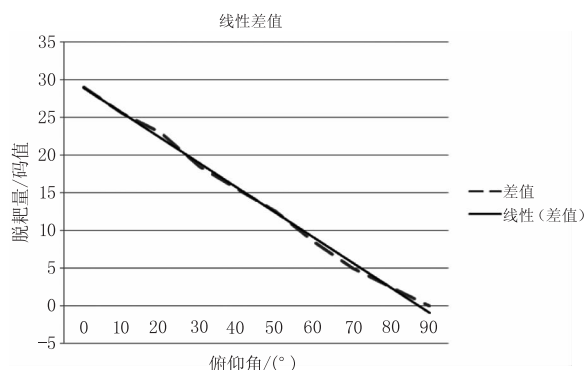


图3 差值曲线

Fig. 3 The difference curve

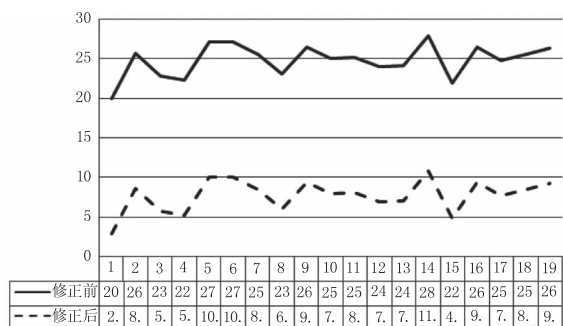


图4 修正结果

Fig. 4 The correction result

从图中可以看出,采用室内标定补偿方法后,经纬仪的俯仰角测量误差(均方)可以从25"左右修正到8"左右。

4 结 论

为修正补偿光电经纬仪的视轴晃动误差,本文基于星体标校原理,设计了一套经纬仪视轴误差的室内标定补偿方法。该方法操作简便、试验条件要求较低,通过对某设备的试验验证,该方法可实现10"级精度的修正补偿。

参考文献:

- [1] ZHAO Xueyan, LI Yingchun. Optical measurement in shooting range [M]. Beijing: Institute of Command and Technology, 2000, 4-35. (in Chinese)
赵学颜,李迎春. 靶场光学测量[M]. 北京:装备指挥技术学院, 2000, 4-35.
- [2] HE Zhao cai, HU Baoan. Photoelectric measurement [M]. Beijing: National Defense Industry Press. (in Chinese)

何照才,胡保安. 光电测量[M]. 北京:国防工业出版社.

- [3] MAO Dapeng, et al. Key technology of semi-strapdown stabilization in engineering application [J]. Laser & Infrared, 2012, 42(10): 1171-1176. (in Chinese)
毛大鹏,等. 半捷联稳定在工程应用中的关键技术[J]. 激光与红外, 2012, 42(10): 1171-1176.
- [4] SHI Chunlian, MI Bianli. Study on evaluating angle accuracy measured by electro-optical theodolite with star photograph [J]. Measurement & Control Technology, 2004, (23): 12-14. (in Chinese)
史春莲,弥变莉. 利用星体摄像法评定光电经纬仪测角精度的研究[J]. 测控技术, 2004, (23): 12-14.
- [5] HUANG Chen, et al. Survey for foreign infrared astronomical telescopes [J]. Laser & Infrared, 2013, 43(3): 235-239. (in Chinese)
黄晨,等. 国外红外天文望远镜发展现状[J]. 激光与红外, 2013, 43(3): 235-239.
- [6] LU Qianqian, et al. Influence of sky background on data of day-night atmospheric coherence length monitor [J]. Laser & Infrared, 2012, 42(8): 921-924. (in Chinese)
路茜茜,等. 白天天空背景对昼夜大气相干长度仪数据影响[J]. 激光与红外, 2012, 42(8): 921-924.
- [7] ZHANG Dongmei, SHANG Chunmin, QIAO Yanfeng. The research of deformation measurement technology of vehicle flat in photoelectric theodolite [J]. Laser & Infrared, 2005, 35(6): 435-437. (in Chinese)
张东梅,尚春民,乔彦峰. 光电经纬仪车载平台变形测量技术研究[J]. 激光与红外, 2005, 35(6): 435-437.
- [8] FEI Yetai. The theory of error and analysis of accuracy [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2005. (in Chinese)
费业泰. 误差理论与数据处理[M]. 北京:机械工业出版社, 2005.
- [9] ZHAO Jinyu, WANG Dexing, LI Wenjun, et al. New method of Influence of sky background on data of day-night atmospheric coherence length monitor action for the system errors of telescope [J]. Infrared and Laser Engineering, 2005, 34(2): 244-246. (in Chinese)
赵金宇,王德兴,李文军,等. 望远镜系统误差动态修正的一种新方法[J]. 红外与激光工程, 2005, 34(2): 244-246.