

经纬仪对准动态靶标的方法研究

伞晓刚^{1,2}, 杨立保¹

(1.中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033; 2.中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 动态靶标是一种在室内检测光电跟踪测量设备的装置, 经纬仪在检验各项精度指标或调试伺服跟踪系统前都需要动态靶标和经纬仪的相对位置满足动态靶标按预定轨迹旋转一周, 经纬仪通过调整方位和俯仰姿态都能够捕获到靶标(简称经纬仪对准动态靶标)。首先介绍了传统的经纬仪对准动态靶标的方法, 指出了其四方面的局限性, 进而提出一种应用角度测量指向装置的经纬仪快速对准动态靶标方法, 阐述了该方法所用角度测量装置的具体结构和对准靶标的具体实现过程, 接着对应用角度测量装置对准靶标的主要误差进行了分析, 最后总结了这种方法的优势。具体使用结果表明, 该方法可以显著提高经纬仪对准靶标的工作效率。

关键词: 经纬仪; 动态靶标; 指向装置

中图分类号: TH761.1; TH712 文献标识码: A 文章编号: 1672-9870(2010)02-0001-04

Study on the Method of Aligning Theodolite with Dynamic Target

SAN Xiaogang^{1,2}, YANG Libao¹

(1.Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033;
2.Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039)

Abstract: Dynamic target is an indoor equipment using for examining electro-optical tracking devices. It's need to align the optical drawtube of theodolite by adjusting the azimuth and pitch attitude with dynamic target which is rotating in a schedule circle before degugging the servo tracking system of theodolite or examining accuracy index of theodolite. This article first introduces the traditional method of aligning optical drawtube of theodolite with dynamic target, points out its limitations, and further, proposes a fast approach of aligning theodolite with dynamic target by using a new angle measurement instrument. The structure of the angle measurement instrument is described in detail and the concrete process of aligning dynamic target is presented. Then this article makes the error analysis and summarizes the advantages of this new method. The specific using of this new approach shows that this method can significantly improve the efficiency of aligning theodolite with dynamic target.

Key words: theodolite; dynamic target; angle indicator

随着光电经纬仪在国内外靶场的广泛应用, 人们对经纬仪的总体性能, 尤其是跟踪性能和测量精度的要求越来越高。在室内应用动态靶标调试与检测光电经纬仪, 与外场试验相比, 以其节省人力物力、试验周期短等优势而被广泛采用^[1]。动态靶标是一种在室内检测光电跟踪测量设备的装置, 它能产生模拟无穷远处运动目标的平行光信号, 以供光电经纬仪等电视跟踪系统跟踪的室内检测装置^[2]。

经纬仪完成光机系统装配后, 在调试伺服跟踪

系统前, 首先需要使经纬仪镜筒的光轴始终和动态靶标出射的平行光轴在一条直线上, 即动态靶标和经纬仪的相对位置要保证动态靶标按预定轨迹旋转一周, 经纬仪通过调整方位和俯仰姿态都能够捕获到靶标(以下简称经纬仪对准动态靶标)。这是经纬仪调试伺服跟踪系统的基本前提条件。目前常用的经纬仪对准动态靶标方法主要依赖工作人员的操作经验, 靠寻找光源经镜组和反射镜后的光斑来直观判断其相对经纬仪镜筒的位置偏差, 以此获得需

收稿日期: 2010-03-10

基金项目: 国防科技预研基金资助项目

作者简介: 伞晓刚(1982-), 男, 博士研究生, 研究实习员, 主要从事光电测量设备结构设计方面的研究, E-mail: sanxiaogang1982@163.com

要的靶标位置及倾角的调整量。这种方法往往需要反复操作很多次才能找到动态靶标(相对经纬仪)的理想位置,工作效率低,影响工作进度。本文提出了一种应用角度测量指向装置的经纬仪快速对准动态靶标方法,使对准靶标工作有了定量依据,提高了工作效率。

1 经纬仪对准动态靶标的传统方法

如图1所示是一种常用的动态靶标装置结构图,它主要由三角支架和动态旋臂两部分组成,其中三角支架与地面接触的三个支点处都有丝杠螺母副,可调节整个靶标的空间倾角。动态旋转臂部分绕三角支架顶端的转轴做圆周运动,旋臂上依次布置光源、十字丝、透镜组和反射镜。旋臂做圆周运动时,经纬仪通过调整方位和俯仰姿态均能捕获到光源经透镜组和反射镜所成的像,即经纬仪三轴焦点O是靶标旋转光锥的顶点时^[3],则认为经纬仪对准动态靶标成功。

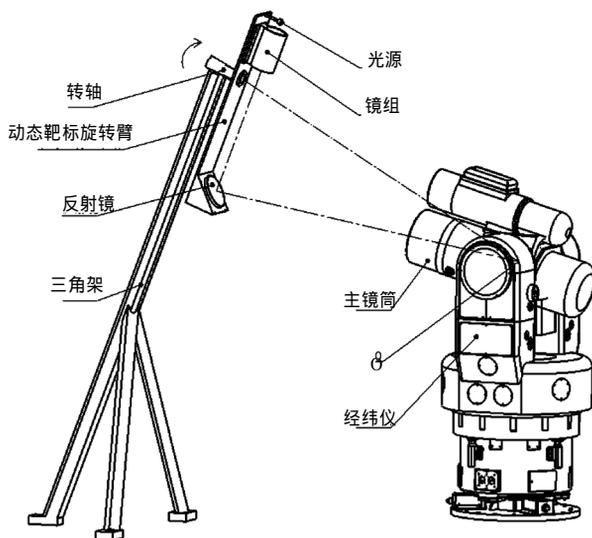


图1 经纬仪与动态靶标

Fig.1 Theodolite and dynamic target

目前,经纬仪对准动态靶标的常用方法是:工作人员凭经验将靶标移动到经纬仪附近,打开光源,然后拿一张纸在经纬仪镜头前的周边空间区域来回移动来寻找靶标投射过来的光斑(一般需要环境光线很弱,如晚上),判断出光斑位置和经纬仪镜头位置的相应偏差,然后移动靶标位置或调整靶标的倾角,调整后再用纸寻找靶标投射的光斑,判断光斑位置和经纬仪镜头位置的偏差,再移动靶标,如此反复多次,基本可以将经纬仪对准靶标。上述过程中,一般选择动态靶标在 0° (图1所示旋

转臂位置)和 180° 两个位置作为特征位置,在这两个位置将经纬仪对准靶标,则在靶标的整个圆周轨迹上,经纬仪都可以很好的捕获到动态靶标。

实际工作中发现,上述传统经纬仪对准靶标方法在四方面存在不足:

- 1.严重依赖于工作人员的经验,对此领域不熟悉的人员操作起来很吃力,也很费时,甚至根本完成不了对准靶标的工作;
- 2.根据目测纸上光斑和经纬仪镜筒的距离来调整靶标架的位置和倾角有一定的随意性,属于多次定性的调整以无限接近理想位置;
- 3.对工作场所的亮暗比较敏感,投射到纸上的光斑只有在光线暗的时候才能看到;
- 4.需要保持靶标光源常亮,在停电或靶标光源出现故障的情况下无法进行经纬仪对准靶标工作。

2 应用角度测量装置的经纬仪快速对准动态靶标方法

针对上述经纬仪对准动态靶标过程中四方面的缺陷,提出一种快速对准动态靶标的方法,该方法的主要思想在于标示出光源经透镜组所成像再经反射镜反射后的出射光线方向(以与光轴重合的光线为研究对象),以此作为移动靶标位置和调整倾角的定量依据,直观且便于操作,保证无论何种熟练程度的人员都可以进行经纬仪对准动态靶标的工作,提高工作效率。

2.1 动态靶标出射光线方向指示装置

如图2所示,反射镜、反射镜座和动态靶标旋转臂是动态靶标的原有结构,其中,反射镜安装于反射镜座上,反射镜座与动态靶标旋转臂通过镜座中心下方的球铰链相连接,反射镜座下方还有三个可调节的支点,可以调整反射镜的空间倾角。

本设计的动态靶标出射光线方向指示装置主要由四个普通的量角器组成,如图2所示,具体结构是:

(1)量角器3和量角器4交叉安装于环形定位架上,量角器4相对环形定位架固定,量角器3可绕OX轴相对环形定位架旋转,旋转的角度可通过量角器4读出;

(2)环形定位架沿Y轴负方向套在反射镜座上,使量角器3和量角器4底部紧贴反射镜表面。定位架通过周边的4个固定螺钉与反射镜座固定,

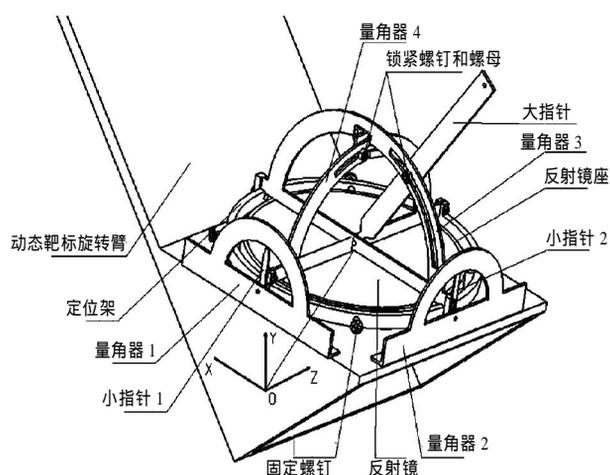


图 2 角度指向装置结构

Fig.2 Structure of angle measurement instrument

并保证环形架和反射镜座同心；

(3) 量角器 1 沿平行于 OX 轴的方向布置于动态靶标旋转臂上，量角器 2 沿平行于 OZ 轴的方向布置于动态靶标旋转臂上，量角器 1 和量角器 2 的半圆形刻度环的圆心应在反射镜的反射面上；

(4) 小指针 1 和小指针 2 对应于量角器 4 和量角器 3 的位置安装在环形架上，随反射镜座摆动，通过小指针 1 和量角器 1 可读出反射镜在 XOY 平面内的摆角 θ_{xoy} ，通过小指针 2 和量角器 2 可读出反射镜在 YOZ 平面内的摆角 θ_{yoz} ；

(5) 量角器 3 上的锁紧螺钉和螺母用于将大指针在某个角度值时相对量角器 3 固定；量角器 4 上的锁紧螺钉和螺母用于在量角器 3 绕 OX 轴旋转到某个角度时相对量角器 4 固定；

(6) 大指针可绕量角器 3 刻度半圆的圆心旋转。

(7) 4 个量角器的刻度刻画如图 3 所示。

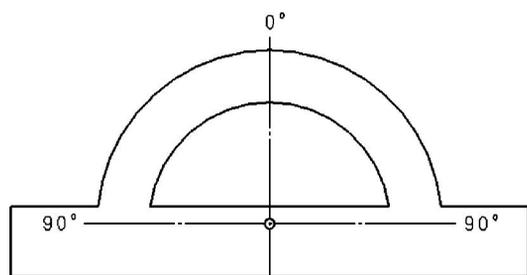


图 3 量角器的刻度刻画方法

Fig.3 Score way of the protractor

2.2 应用角度指向装置快速对准动态靶标工作原理

将角度指向装置如图 2 所示安装于反射镜座上后，首先要松开量角器 4 上的锁紧螺钉和螺母，调

整量角器 3 的位置，使之与量角器 4 成 90° ，此时锁紧螺母，固定两者的位置。然后调整反射镜座的空间倾角，使之只在 XOY 平面内相对旋转臂有倾角，其角度值 θ_{xoy} 可通过小指针 1 在量角器 1 上读出；而在 YOZ 平面内保持反射镜座的摆角 $\theta_{yoz}=0^\circ$ ，即小指针 2 在量角器 2 上的指示值应保持为 0° 。接着还要整体移动靶标使经纬仪的光轴也在 XOY 面内。

图 4 所示的是动态靶标旋转臂以及反射镜在 XOY 平面内的工作示意图。动态靶标旋转臂的固有夹角 α 可以事先测量得到，是已知常量；反射镜在 XOY 平面的旋转角是 θ_{xoy} （由量角器 1 读出）；入射光线表示光源的光线经过透镜组系统后生成的平行光，入射角是 β_{xoy} 。

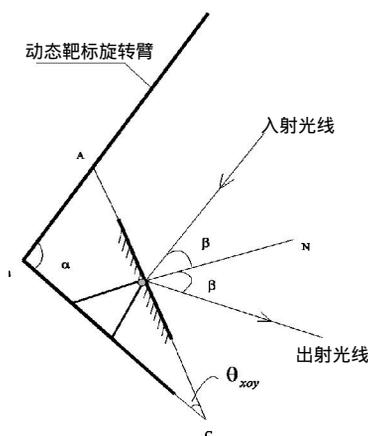


图 4 XOY 面内反射镜工作图

Fig.4 Working drawing of reflector in plane XOY

由图中不难看出，入射光线平行于 AB，于是有：

$$180^\circ - \alpha - \theta_{xoy} = \angle BAC = 90^\circ - \beta_{xoy} \quad (1)$$

于是，

$$\beta_{xoy} = \alpha + \theta_{xoy} - 90^\circ \quad (2)$$

如图 2 所示，拨动大指针使其在量角器 3 上的角度值为 β_{xoy} ，然后用锁紧螺钉和螺母固定其相对量角器 3 的位置。

这时，大指针所指的方向就是光线经反射镜反射后的出射光线方向。这时用一条细绳，一端接在大指针顶端，一端放在经纬仪镜筒中心，通常细绳和大指针不在一条直线上，说明靶标并未对准经纬仪镜筒光轴，通过调整靶标的位置和倾角，直到细绳和大指针、经纬仪镜筒在一条直线上为止（这里，细绳的作用相当于延长大指针的长度至经纬仪镜筒前端中心位置）。一般需要确定动态靶标在 0°

和 180° 时, 在经纬仪方位和俯仰可达到的范围内, 细绳和大指针、经纬仪镜筒都在一条直线上, 即完成了经纬仪对准动态靶标的工作。当然, 也可以选择动态旋臂在 0° 时, 让细绳和大指针、经纬仪镜筒都在一条直线上, 并且和动态旋臂旋转轴线的交点近似与经纬仪三轴焦点 O 重合, 也可达到对准靶标的目的。

最后松开固定螺钉, 取下环形定位架和量角器 1、2, 也即取下了角度指向装置。接着便可进行其他工作了。

需要说明的是, 传统的经纬仪对准靶标方法, 很少偏转反射镜, 它的位置是固定的, 不参与具体对准靶标的操作过程, 靶标位置和倾角的调节是通过三角支架与地面接触的三个支点处的丝杠螺母副来完成的, 而采用本文所述的结合角度指向装置的对准靶标方法, 为通过偏转反射镜来对准动态靶标提供了方便, 即在 XOY 面内偏转反射镜(座), 按上述方法找出出射光线方向, 使靶标动态旋臂在 0° 和 180° 时, 细绳和大指针、经纬仪镜筒在一条直线上, 如果三者不成一条直线, 再调整反射镜(座), 如此反复几次, 便能对准靶标。通过偏转反射镜(座)来对准靶标, 需要若干次读取角度值和简单计算, 但是却省掉了移动整个靶标的位置和调整其倾角的工作量, 可以提高工作效率。

2.3 应用角度测量装置对准靶标的主要误差分析

上述经纬仪快速对准动态靶标的方法, 随机误差的引入主要来自于各个量角器的读数误差, 这项误差在工作人员细心操作下可以控制在很小范围内, 相对于经纬仪对准动态靶标的精度要求, 此项误差可以忽略不计。

而系统误差的引入一方面是指向装置的制造安装误差, 一方面是指向装置结构设计造成的。对于前者, 由于本设计中的装置结构简单, 零件的制造精度容易保证, 所以前者引入的误差很小。对于后者, 在结构设计方面, 由于大指针(参见图 2)的回转中心不可能在反射镜所在的平面内, 那么它的指向就存在系统误差。如图 5 所示, 在 XOY 平面内, 黑色圆点代表大指针的回转中心, 由于它与反射镜面的距离的存在, 使出射光线方向相对理论出射光线方向发生偏移, 偏移量 Δ_{xoy} :

$$\Delta_{xoy} = d \cdot \sin\beta_{xoy} \leq d \quad (3)$$

当 $d=2\text{mm}$, $\Delta_{xoy} \leq 2\text{mm}$, 远小于经纬仪的镜筒口径值, 即该项系统误差不会影响到经纬仪对准动态靶标的效果。

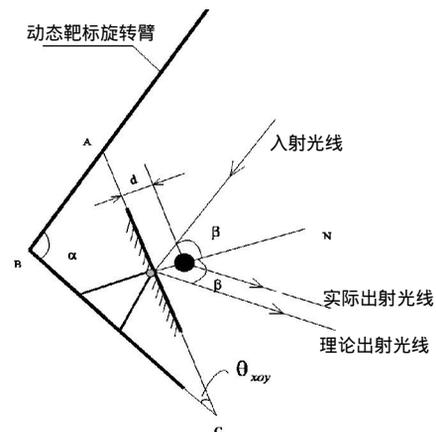


图 5 角度指向误差分析图

Fig.5 Analyzing drawing of error in angle measurement

3 结论

综上所述, 与传统的经纬仪对准动态靶标的方法相比, 不难看出新方法的如下优势:

1. 降低经纬仪对准动态靶标过程中对操作人员经验的依赖程度;
2. 由于有指针指示动态靶标经反射镜反射后的出射光线方向, 移动靶标和调整倾角有了定量依据, 降低了盲目性。
3. 对工作环境依赖程度低, 可全天任何时段操作, 效果相同;
4. 经纬仪对准动态靶标的过程不需要靶标光源常亮, 对准靶标后打开光源继续工作即可;
5. 为通过偏转反射镜(座)来对准靶标提供了方便。

实际工作中, 通过采用文中所述的经纬仪快速对准靶标方法, 取得了很好的工作效果, 对准靶标所需时间通常可缩短到传统方法所用时间的 $1/2$ 甚至更短。

参考文献

- [1] 李博, 王伟娜, 唐杰. 新型光学动态靶标模拟空间目标研究[J]. 工程设计学报, 2008, 15(3): 201.
- [2] 于虹. 电影经纬仪电视跟踪系统动态模拟靶标设计[J]. 光学精密工程, 1990(1): 40-43.
- [3] 张波. 可编程动态旋转靶标标定方法[J]. 光学精密工程, 2003(2): 177.