

# 电影经纬仪电视跟踪系统 动态模拟靶标设计

于 虹

**摘要:** 本文介绍了用靶标对经纬仪电视跟踪系统的动态测量精度、跟踪性能、引导性能等进行全面检测的方法,对原有靶标进行了改进,使之能较真实地模拟实际跟踪目标的各种运动状态。

## 一、引 言

随着靶场光测设备的发展,电影经纬仪的电视跟踪受到重视,这是因为电视技术是目前实现电影经纬仪自动跟踪和实时测量最重要的手段之一。由于电视技术的发展,使电视跟踪系统的性能更加完善可靠,与主机伺服系统配合,既能对空中飞行目标进行自动跟踪,又能对空中目标进行实时测量,还能实时多路地在监视器上显示出目标的图像,并用录像设备实时记录下来,供事后进行分析。

由于经纬仪电视跟踪系统是一个光、机、电、计算机综合的复杂系统,要想使之在外场测试中很快成功是比较困难的。因此需要有一种室内实验的方法,并配有相应的实验装置,实现在室内装调、检测电视跟踪系统动态测量精度及跟踪性能,及时发现技术问题并予以调整、修正、提高其在外场测试中成功的可能性。为此,我们设计了电影经纬仪电视跟踪系统动态模拟靶标。

## 二、用光学靶标检测经纬仪电视跟踪系统 动态测量精度及跟踪性能的方法

光学靶标输出一个在空间某一平面转动的光信号,它为经纬仪电视跟踪系统提供了一个运动的跟踪目标。用靶标检测经纬仪电视跟踪系统动态测量精度和跟踪性能等的工作过程如下:

1. 检测电视跟踪系统动态测量精度。此时靶标为经纬仪及其电视跟踪系统提供一运动的光信号,使它分别被经纬仪的主接收系统和电视跟踪系统接收,两系统同时记录下运动信号的角位置参数。由于误差的存在,两个结果不可能完全一致,但由于主系统测量精度( $5''\sim 7''$ )约是电视跟踪系统动态测量精度( $20''\sim 30''$ )的 $3\times\sim 5\times$ ,因此我们可以以主系统记录的目标角位置为相对真值,标定电视跟踪系统的动态测量误差,即主系统记录的目标角位置值与电视跟踪系统记录的目标角位置值之差。

2. 检测电视跟踪系统识别及跟踪目标的性能。此时靶标为电视跟踪系统提供近似于实际跟踪目标的模拟目标,它应该对实际跟踪目标的以下状态进行模拟:(1)可以选择不同的跟踪目标如飞机、导弹等。(2)跟踪目标应有可变的运动速度和加速度。(3)跟踪目标应有一定的背景如云、海浪、假目标等。(4)跟踪目标与背景应有不同的对比如亮目标暗背景或暗目标亮背景(由于光源、目标、跟踪系统相对位置不同造成)及目标与背景反差较低的情况。(5)跟踪目标要有相对于背景的运动。(6)跟踪目标除在空间某一平面上做圆周运动外,还要有相对于跟踪系统由远及近、由近及远的运动。

3. 通过计算机引导经纬仪捕获靶标信号。经纬仪实际工作过程中,在目标的初始跟踪阶段往往要采用雷达引导工作模式,即由捕获到目标的雷达将其测量参数通过变换后输至经纬仪,使后者也捕获目标进入高精度跟踪测量。在实验室研制阶段及平时校机时,我们用靶标实现这一功能,即在靶标的转轴上安装光电轴角编码器,取出模拟目标在空间某平面上转动时为一瞬间的角方位值,再用计算机按一定的转换公式将此信息转换为跟踪时经纬仪所应有的高低角和方位角值及相应的速度代码来引导电视跟踪系统捕获靶标信号。

### 三、用靶标进行电视跟踪系统动态检测的原理

如图1所示,靶标由支撑架1、目标及背景光路2、平行光管3、平行光管支承板4、力矩马达5、直流测速机6、平面反射镜7、光电轴角编码器8以及控制箱、实时输出单元等组成。电机带动套在轴上的平行光管支承板及板上的平行光管,平面反射镜等在调速回路的控制下匀速转动,由平行光管出射的平行光束经平面反射镜反射后与转轴夹角为 $\rho$ ,随着靶标的转动,该平行光束在空间进行圆锥扫描。调整靶标架,使锥顶位置与经纬仪三轴交点重合,这样靶标转动时,经纬仪主光轴也在此圆锥的表面运动,对靶标信号进行跟踪。编码器送出的靶标角位置值 $\theta$ 经实时输出单元送入计算机,计算机按所采集的 $\theta$ 值根据公式分别算出经纬仪的高低角 $E$ 、方位角 $A$ 、并通过接口电路将此数据传输到光电经纬仪的数学引导系统,对经纬仪进行实时引导。

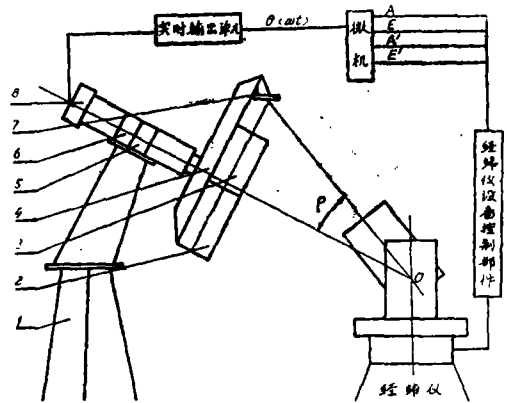


图1

### 四、靶标转动角方位值 $\theta$ 与经纬仪高低角 $E$ 、方位角 $A$ 及相应的角速度 $E'$ 和 $A'$ 的转换公式

如图2所示: $OP$ 为靶标旋转轴线,平面反射镜 $M$ 在与 $OP$ 相垂直的平面上以 $P$ 为圆心做圆周运动。若让经纬仪视轴对 $M$ 点跟踪,则经纬仪以 $O$ 为顶点进行圆锥扫描,其半锥角为 $\rho$ 。设 $M_0$ 为反射镜运动的初始点,反射镜转过的角度为 $\theta$ ,则 $E$ 和 $A$ 为 $M$ 运动 $\theta$ 角时跟踪 $M$ 的经纬仪视轴所应有的高低角和方位角。根据球面三角的原理,我们可以推出:

$$\sin E = \sin E_0 \cos \rho + \cos E_0 \sin \rho \cos \theta$$

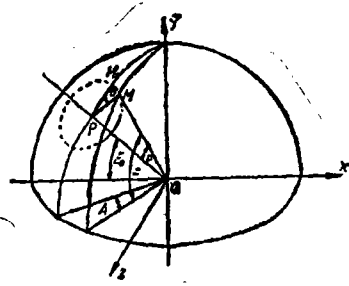


图 2

$$\sin A = (\sin \rho \sin \theta) / \cos E$$

对应的角速度为:

$$E' = (-w \sin \rho \cos E_0 \sin \theta) / \cos E$$

$$A' = (w \sin \rho \cos \theta + E' \sin E \sin A) / (\cos A \cos E)$$

式中  $E_0$  是圆锥扫描的轴线与水平面的夹角,  $w$  为靶标转轴的转速。

### 五、靶标的光学整体结构设计

我们用光学成像的方法产生模拟目标的光信号。如图 3 所示, 光源 1 通过聚光镜 1 照亮画有目标图形的画片。将目标成像在平行光管的前焦面上, 这样经过平行光管后出射的平行光

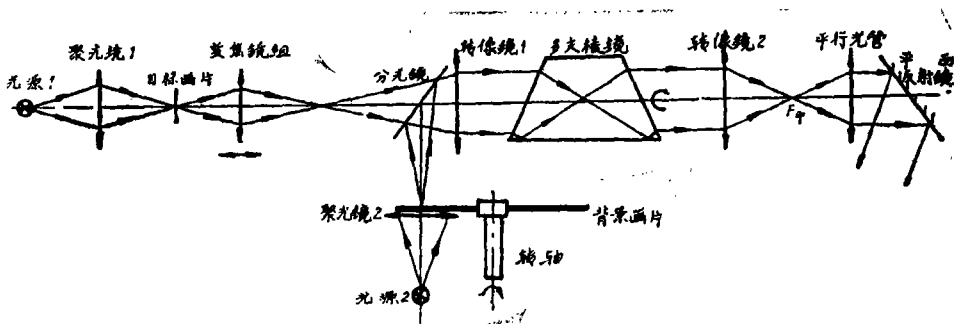


图 3

信号对于经纬仪及其电视跟踪系统来说相当于无穷远处的目标。目标画片可以非连续改换, 满足对不同形状及亮暗的跟踪目标选择的要求。为了产生背景信号, 另加一路光。光源又通过聚光镜 2 均匀照亮背景画片, 产生的背景光信号由分光镜合并到目标光路, 使背景画片也成像在平行光管前焦面上。背景画片做成圆环状, 套在一个转轴上, 转轴带动它转动时, 背景画片上的图形运动, 形成了目标与背景相对运动的效果。在目标画片和分光镜之间加一个变焦镜组, 当它工作时, 它对目标图形所成的像其像面位置不变而像的大小变化, 产生目标相对于观测系统由远到近或由近到远运动的视觉效果。由于整个光路都固定在平行光管支架上而绕靶标转轴转动, 因此目标信号在经纬仪主接收系统及电视跟踪系统上所成的像是旋转的, 且它的旋转与靶标的旋转同步。但在实际跟踪时目标很少发生这样的旋转, 如此我们在分光镜之后加一个多夫棱镜, 让它的转动方向, 转动速度与靶标轴的转动相匹配, 补偿输出图像发生的转动。转像镜 1 和转像镜 2 使多夫棱镜处于平行光路中而且能控制像面落在平行光管前焦面上。以上是工作在检测经纬仪电视跟踪系统跟踪性能的状态下, 如果要检测跟踪

系统动态测量精度我们可以关掉光源<sup>2</sup>,即去掉背景信号,且把目标画片换为画有简单几何形状如圆孔的画片,这样在经纬仪主接收系统和电视跟踪系统上所得的像也为简单几何形状图形,以减小判读确定所跟信号角位置时的误差,提高检测精度。

光学靶标作为经纬仪及其电视跟踪系统的跟踪目标,其光能输出是很重要的,我们通过能量校核来验证靶标光学总体的可行性。

## 六、小 结

本文提出了用光学靶标对经纬仪电视跟踪系统动态测量精度、辨别目标的能力、跟踪性能、引导性能等进行全面检验的方法,对旧靶标进行了改进,使之不再是一个进行简单圆周运动的光信号,而是一个对进行较复杂空间运动的实际跟踪目标的模拟,实现了在室内对经纬仪电视跟踪系统的检测,提高了系统在外场测试中成功的可能性。

### 考 参 文 献

- [1] 王世华, 光学工程, 1986, No, 2

## The Design of a Dynamic Simulated Target for TV Tracking and Measuring System

Yu Hong

### Abstract

A method is described in this paper which uses a moving target to check the dynamic measuring accuracy, tracking and guiding performances of the TV tracking system of the cinetheodolite. The old target is improved to truly imitate different states of an actual tracked object.