

自动激光跟踪的进展

由于操作手反应慢，所以人工操作相机拍摄高速导弹实验的视场是不适应的。为了发展导弹实验跟踪，在霍洛曼空军基地研究了自动激光跟踪器，以提供给这些实验的精确特写摄影术。这个光电跟踪系统能跟踪最接近的途径为1000呎以6马赫速度滑行的火箭滑撬。

进行导弹和飞机实验总是依靠人工操作跟踪相机获得实验运行的有效范围的特写摄影。只要表现的靶运动角速度相当低(大约至每秒 60° 的速度)，实验操作者就能很好的跟踪靶。然而对于较高的角速度或有意外运动时，操作者的能力很快降低。为了获得高速火箭滑撬飞行实验的精确照片，为了发展导弹跟踪实验，在霍洛曼空军基地研究了自动

激光跟踪器。这个跟踪器能跟踪最接近的途径为1000呎以6马赫速度滑行的火箭滑撬(靶运动最高速度大约为 $380^\circ/\text{秒}$)。1966年4月份的“应用光学”所报导的“精密激光自动跟踪系统”证明了此类系统的可靠性。

自动激光跟踪器(图1和2)使光电发送器—接收器系统和相机平台结合安装在活动搬运车的共同支架上。只有附属于双轴随动控制装置的12吋平面反射镜是运动的光学元件。这个光学装置安装在支架的顶端以及通过搬运车屋顶的窗口向外看。激光发射、接收光学装置和相机都调在一条共同轴上，通过可转反射镜看见目标。只运动适当尺寸的反射镜，装置惯性就能保持小；因此能得到非常快的动态性能。

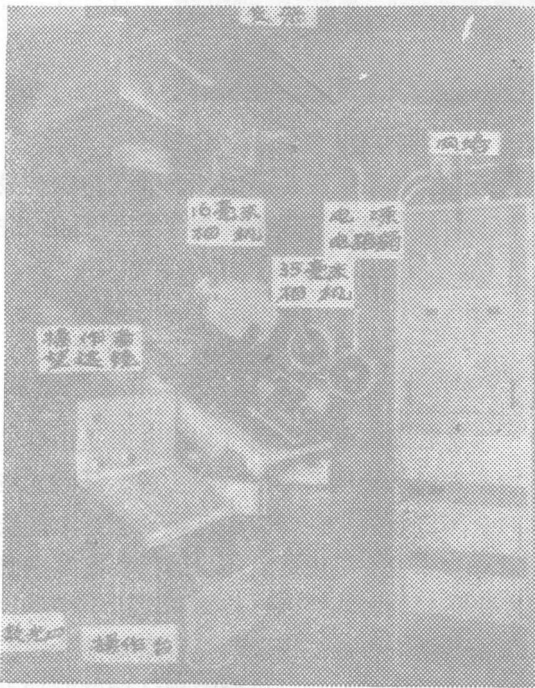


图1 激光跟踪器搬运车内部装备机架，操作台，相机平台和一个电网架。相机平台将安装各种取决于要求摄影范围的电影摄影机和电视摄像相机，目前摄影采用16毫米 Bolex, 16毫米 Milliken和35毫米 Mitchell

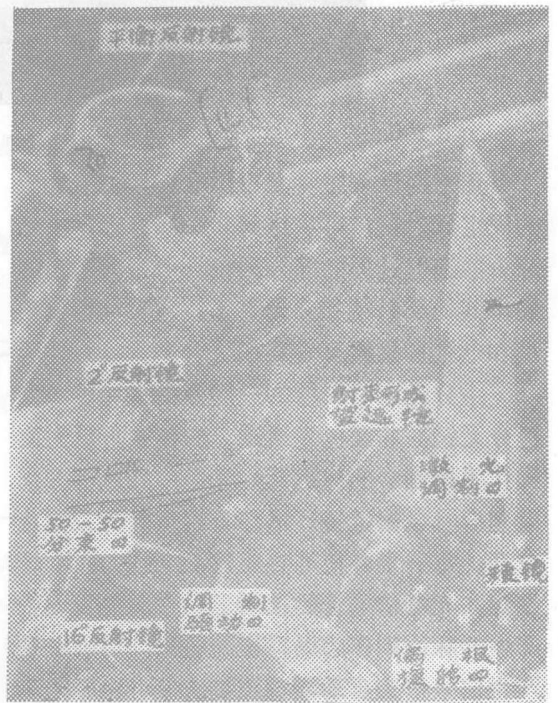


图2 机架顶部跟踪装置上的平衡反射镜和传输光学组件。照片右下角出口部分安装激光器 和它的偏振旋转器

光学发送器和接收器

激光发送器和接收器是跟踪雷达的光学模拟。狭窄的激光射束直接对准在实验车上的逆向反射镜，反回来的射束在扫描光电倍增管表面聚焦，从光电倍增管来的这脉冲列作同步解调并发出随动误差信号，这就保持反射镜瞄准靶。

如光学草图 3 所示，50 毫瓦的氦氖气体激光器(波长 632.8 毫微米)垂直的安装在机架的边上。光束转角 90° 通过激光调制器和安装在机架顶部形成光束的望远镜。第二个反射镜折转发送来的入射线使与接收日光轴一致，并将其对准在平衡反射镜的中心。第二反射镜的托架阻止从平衡反射镜造成的逆散

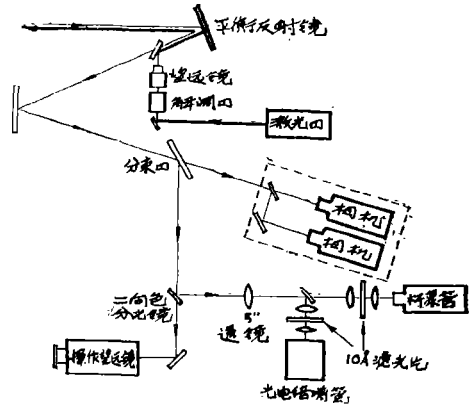


图 3 光学草图

射，这样发送器和接收器之间完全隔离。因为是低功率光束，所以需要协作靶。在火箭滑撬上安装高精度立体角逆向反射器向平衡反射镜反回光束。(图 4)

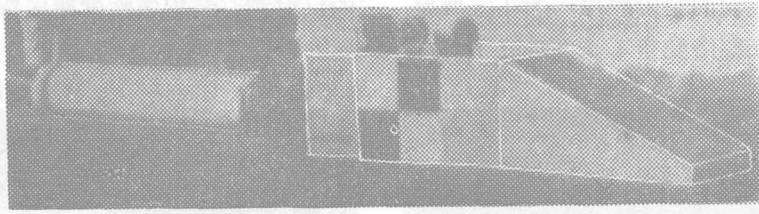


图 4 带有安装在顶部的逆向反射器阵列的典型火箭滑撬

用平衡反射镜将光束对准机架背面的大的固定反射镜，再从这到 50—50 分束器。用分束器透射过去的部分到相机平台。适当的安排其他反射镜和分光束器，各种电影摄像机和电视摄像机可安装在平台上。

主分光束器反射的一部分光束对准二向色分光镜。非红色光通过二向色镜再反射到操作手控制台的望远镜。光谱中红色部分反射到 5 吋会聚透镜。这部分聚焦的光束再次分开。每一半各使准直通过 10 埃滤光片再聚焦在光电倍增管的极面上。这图象析象管产生的脉冲列作为误差检测信道，另一个管产生信号作为自动增益控制信道。由于随动特性(这将在下面解释)，这个光学系统的视场必须稍大(约 10°)。在霍洛曼实验跟踪这个视场包括天空和沙漠。用图象析象管扫描这个不均匀的背景时，产生寄生误差信号，这

信号能引起系统跟踪的破坏。为了辨别背景和逆向反射器，激光射束被振幅调制在 455 千赫。

接收电子设备

接收器的电子设备(如图 5)是由自动增益和误差检测两个信道组成。反回光束的全部信号电平经常受大气抖动和光束能量密度分布中的不规的调制，已经观察到调制变化在 50:1 的范围内，其频率可达 1 千赫。在这个系统中加一快速增益线路抵消这些影响。信号从标准光电倍增管到已调谐的放大器，这个放大器只能通过逆向反射器反射的 455 千赫的信号。自动增益控制检测器产生控制电压大致保持放大器的输出在不变的电平上。随着图象析象管的已调谐的放大

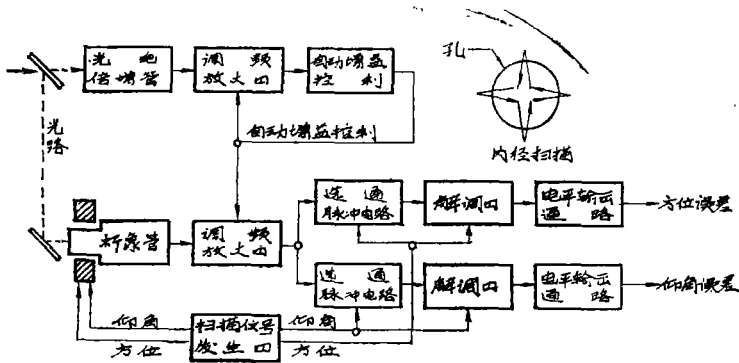


图5 接收器电子设备方框图

器自动增益控制的性能严格与第一级放大器相匹配。由于控制电压也馈给这个放大器，在误差检测信道中的抖动影响被消除

这个析象管是特殊的光电倍增管，其延伸部分周围安装双轴偏转器。从管子的光电表面发出的电子流在光电倍增管前面小口径范围内以圆窗花样进行垂直和水平扫描。当电子流落进小口时，一个电路脉冲中出现在管子的阳极上。如果逆反射器是在系统的光轴上，这脉冲是对称的。离轴靶产生不对称脉

冲列其脉冲宽度与穿孔瞄准和靶间角距离成比例。自动增益放大器后的两个选通用扫描信号发生器控制并将脉冲列分成高低和方位的脉冲对。相位灵敏解调器和滤波器产生直流误差信号来控制平衡随动装置。

平衡随动装置

平衡架各个轴(图6)直接接受直流力矩马达驱动。用直流转速计速率反馈回路来的

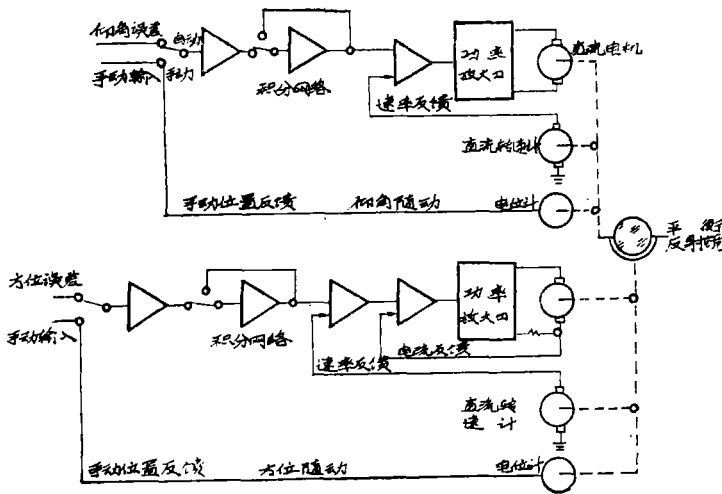


图6 平衡随动系统方框图

信号来稳定随动系统。另外，为了减少电枢电感引起的滞后，所以在方位马达周围有电流反馈电路。这个装置是铸铝盒而其固有频率是在100赫以上相当多。结果这速率回路波段宽度能延伸大约40赫。

在外面的位置回路有手动和自动跟踪两种方式的装置。在手动方式中，操作手可以

在控制台上用电位计安放平衡反射镜，当瞄准激光射束对准逆向反射镜后，操作者开起自动跟踪方式的开关，随动装置自动跟踪靶。在自动跟踪靶的方式中，积分网络加到位置回路上以减少速度误差达到可忽略的电平。位置回路波段宽度调节约在15赫。

瞄准线绕方位轴的角加速度引起显著的

跟踪误差，用本系统的参量表示误差如下：

$$\theta \varepsilon = 10^{-4} \times \dot{\theta} + 2 \times 10^{-4} \ddot{\theta} \dots\dots (1)$$

其中 θ' 和 θ'' 分别是瞄准线的角速度和角加速度（图7）。

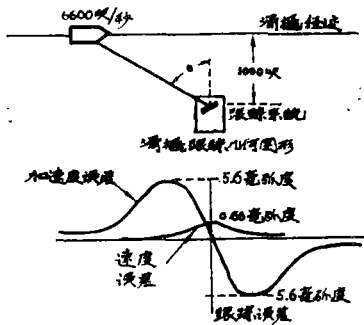


图7 滑撬跟踪几何图形和跟踪误差曲线

- $\dot{\theta}$ 最大值=6.6弧度/秒
- $\ddot{\theta}$ 最大值=28.3弧度/秒²
- ε 最大值=5.6毫弧度

一个以6马赫速度运动的靶在1000呎处产生56毫弧度的峰值误差。注意速度和加速度峰值误差不同时发生，而加速度误差在两个方面摆动。如上所述，这光学视场必须有足够的宽度才能在偏移时使系统能看到逆向

反射器。形成光束的望远镜发散激光束约15毫弧度以便在所有条件下逆向反射器总是被照明。

跟踪结果

系统的静态精度是25毫微弧度均方根值，动态精度用方程(1)表示。在系统运到霍洛曼空军基地之前，在威尔兹姆(Walthem)莫斯(MoZZ)实验时静态和动态精度被证实。距离运输车大约60呎的地方使小逆向反射镜在5呎圆环上旋转来模拟瞄准线角加速度，以此来测量系统的动态性能。这逆向反射器可以手动摆动加速度，相当于滑撬以3马赫的速度运转。实验结果其峰值误差比1毫弧度稍多一点。由于 $\dot{\theta}$ 与滑撬速度平方成正比，这个跟踪器的性能与预计的误差是相一致的。

译自“J. SMPTE”Vol. 78, No1, P 26.

1969.

（上接第55页）

制作实验室仪器的有用的滤波器，然而这种滤波器的偶然失败并不危害实验。

图12*中由蒂尔福德拍摄的真空火花的光谱说明硅滤光片的应用。每对的上方都是用1200埃厚的硅膜产生的。这说明硅在有序分类中 useful。当波长大于686埃时放入硅滤光片时只出现第二级线，而从550埃到686埃第一级线相对于第二级线大大减弱。在上方光谱，清楚地看到在130埃时尖锐切断。原

先的板说明了在49埃硅再次透过，但至今还没做过特别短波长时的透射比的定量测量。

译自“Applied Optics”

Vol.4, No.8, August,
1965, P891.

〔于和平译、林开华校〕

* 因图复制后模糊不清省略