

自动激光跟踪器拍摄速度为每秒 380° 的合作靶

导弹和飞机的试验设备一般总是用人工操纵的跟踪摄影机在飞行体测量行程内拍摄照片。只要可见目标的飞行速度小于每秒 60° ，一个有经验的工作者就能熟练的跟踪它。然而在快速跟踪，或企图跟踪运动方向无法预知的飞行体时，他就无能为力了。

为了拍摄高速飞行导弹的精确照片，美帝西耳伐尼亚电子系统部为霍洛曼空军基地研制了一种精密自动激光跟踪器。此种跟踪器(ALT-3型)用一连续激光照射导弹上的一个合作靶，能在火箭滑橇飞行速度为6马赫、在距测量仪器最近为1,000呎处飞行时进行跟踪。这时速度(为步枪子弹飞行速度的两倍)的等效靶角速为每秒 380° 。跟踪器的静态定位精度小于25微弧度，相当于在10哩距离上误差为 $1\frac{1}{4}$ 呎的角度测量。

跟踪器结构

ALT-3型自动激光跟踪器包括一个电光发射-接收系统与在同一支座上安装的一个摄影机架。支座和有关的跟踪电子仪器全部装在一可移动的车内，要做特殊的实验时，就可以把它们运到最好的地方去。车子还可以在各种气候条件下保护仪器和工作人员。并为维修和贮藏提供方便(图1)。

跟踪器上唯一的活动元件是一块直径为12吋的常平架平面镜，它装在一个双轴伺服制动架上。它架在支座顶部，从车顶的窗口伸出。激光器、光学接收系统和摄影机全固定在同一轴线上，通过可控镜对准飞行靶。

由于转镜的运动质量小，所以能获得极快的动态性能。

系统的工作状况

激光发射-接收器，实际就是跟踪雷达的光学模拟。图2是光学系统的方块图。

从发射器中发出一束窄激光束，指向装于测试导弹上的一个后向反射镜，反射回来的光聚焦于接收器中一个扫描光电倍增管上。从倍增管中输出的脉冲序列经过解调后变成伺服误差讯号，使可控反射镜对准飞行靶。

为了找到飞行靶，工作人员用手控装置操纵。这时要使用操纵杆和定位电位器。一旦靶被捕获，系统就不再需要工作人员管理，而能跟踪靶上的向后反射器了。

光发射-接收器

用连续波氦-氖激光器作光源。工作波长6328埃，输出功率50毫瓦。激光器垂直装在支座的一边。激光束方向改变 90° 后，通过一个调制器然后通过支座顶上的一个成束望远镜。再用第二块镜使发射光束和接收机的光轴处在同一直线上，并使光束瞄准可控转镜的中心。支承第二块镜的托架同样阻挡可控转镜的反向散射光，因此发射器和接收器之间可完全隔离。

由于发射光束的功率水平较低，故需要合作靶。故在火箭滑橇上装了高精度的角形立方棱镜(向后反射器)。这个向后反射器将光束按原方向反射回可控转镜，再通过固定

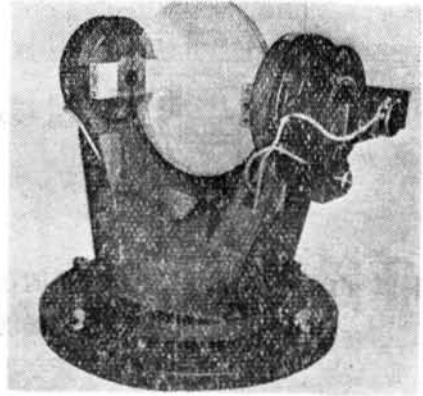
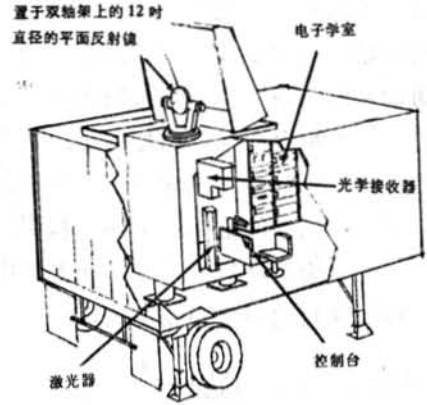
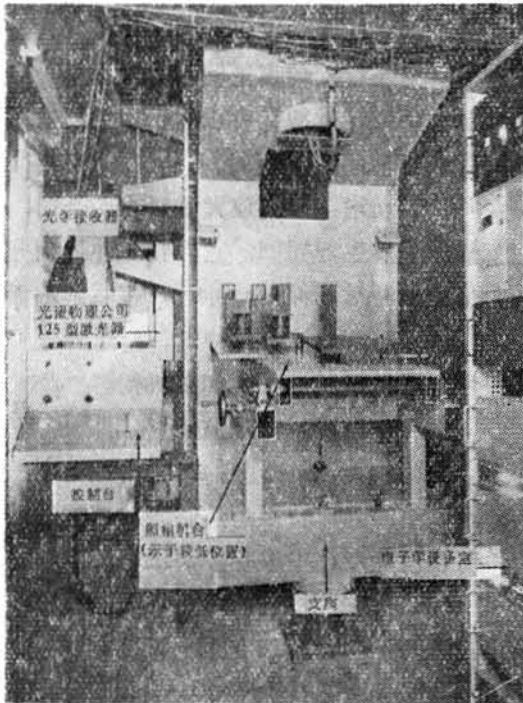


图 1 左上角为车载 ALT-3 型自动激光跟踪器的剖视图。除装在合作目标上的反射镜外，系统的唯一可动元件为左下角所示的两轴、伺服控制反射镜架。右侧为跟踪元件在车内的布置情况。

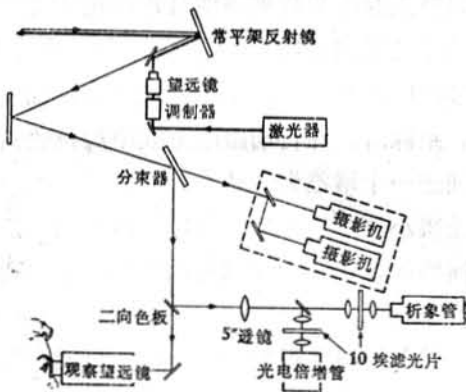


图 2 ALT-3 型自动激光跟踪器的光学系统设计。

经分束器反射回来的部分光射到摄影机架上。适当的安置另外一些镜子和分束器后，可以在机架上安装各种电视机和电视摄影机。

另外经过主分束器的那部分光射到一个二向色分束器上。非红光通过二向色分束器反射到工作控制台的望远镜上。红光则反射到一个直径为 5 吋的集光镜上。

集光透镜中出来的聚焦光被再分一次。每束光都加以准直，通过一个 10 埃滤光片，然后重新聚焦在析象管的光敏表面上（扫描放大器）。析象管形成脉冲序列，用于误差检查电路；另一束光射在一个常用的光电倍增管上，其输出讯号用于自动增益控制电路。

于支架后的一面大反射镜转到一个 50-50 的分束器上。

接收器的电子线路部分

接收器的电子学部分包括两个电路。一是自动增益控制电路。一是误差检查电路(图3)。因为反射光的总讯号电平经常受大气闪烁以及光束功率密度的不规则性调制。已观察到这种调制的范围在1/50内,调制频率达1千赫。为消除这种效应,在系统中使用了一种快速自动增益控制电路。

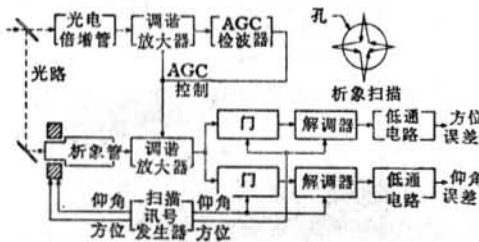


图3 AL/T-3型自动激光跟踪器的接收电子线路方块图。

同样,由于伺服特性,光学系统的视场必须相当大,大约要1度。这样,视场就包括了该基地试验跟踪设备处的整个天空以及沙漠地带。当折象管在这种崎岖不平的背景上扫描时,就会引起不真实的误差讯号,使系统跟踪中断。为了从背景中分辨出后向反射器,激光采用455赫的振幅调制。

在当前的系统中,从常用的光电倍增管来的讯号通向一个调谐放大器,该放大器只允许从后向反射器反射回来的455赫讯号通过。自动增益控制检波器输出一控制电压,将放大器的输出讯号维持在一恒定电平上。折象管后的调谐放大器的自动增益控制特性和第一个放大器要仔细匹配。由于控制电压同时也馈给这个放大器,故在误差检查电路中消除了大气闪烁效应。

折象管是一种特殊的光电倍增管,它有一个向外伸出的部分,上装双轴偏转系统。电子束从管子的光敏面上发射出来,在光电倍增管前面的小孔上扫描出一个玫瑰花结形

的图象。当电子流落进小孔内,在管子的阳极就出现一个电流脉冲。如果向后反射器正处在系统的光轴上,那么脉冲序列就是对称的。当飞行靶偏离光轴时,就引起一非对称脉冲序列,脉冲宽度正比于向后反射器与平行准直轴间的角距离。

自动增益控制放大器后有两个门,由扫描讯号发生器控制。它们将脉冲序列分成方位角脉冲对和仰角脉冲对。相敏解调器和滤波器同时解调这些脉冲对,产生直流误差讯号,用以控制常平架伺服机构。

可控转镜的伺服控制

可控转镜常平架的每个转轴都由一个直接联结的直流转矩马达制动。速率反馈回路从直流速度计中取得控制讯号,以稳定伺服机构。另外,用一个电流反馈回路紧绕在方位角马达上,用来克服电枢感应所引起的滞后。支架是铝铸盒形结构,其固有频率大大高于100赫。因此,速率回路的带宽就能扩展到约40赫。

外部位置的回路有两种形式:人工操纵和自动跟踪。以人工操纵时,工作人员通过控制台上的电位计来调整可控转镜的位置。当激光瞄准向后反射器时,操作者按动开关,转换成跟踪方式,伺服机构就自动跟踪飞行靶。跟踪时,在自动跟踪方式中的位置回路上加进一个增益为100的积分网络,把速度误差减小到可以忽略的程度。两个轴上的速率回路的带宽约为40赫,位置回路上的带宽约为15赫。

显著的跟踪误差,是围绕方位轴旋转时瞄准线的角加速度引起的。对这种系统的诸参量系统来说,误差可用下式表示:

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

此处, $\dot{\theta}$ 是瞄准线的角速度, $\ddot{\theta}$ 是角加速度(图4)。当飞行体的速度为6马赫,距跟踪

器 1,000 呎飞过时，最大瞄准线加速度是 1,600 度/秒²，相应的最大伺服误差小于 0.5 弧度。

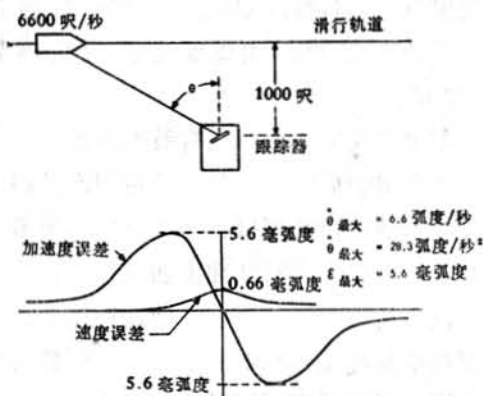


图 4 火箭滑行测试装置跟踪的几何位置表示。下图为此装置的跟踪误差曲线。

要注意，最大速度和最大加速度误差不是同时发生的，且加速度误差是在两个方向上摆动的。有了这种漂移后，前面已经谈到，

在运行中要找到向后反射器就需要足够宽的光学视场。以一台望远镜(图 2)将激光束发散 15 毫弧度，使之不论在任何情况下都能照到向后反射器。

试验结果

系统的静态精确度设计为 25 毫弧度均方根，其动态精度由式(1)给出。仪器运到霍洛曼空军基地以前，曾在研制地点试验过，这些数值都得到证实。

欲测量动态性能时，距测试车 60 呎处，将一个小的向后反射器绕直径为 5 呎的圆转动，用以模拟瞄准线的角加速度。可用人工办法摇动向后反射器，得到相当于 3 马赫的滑行加速度。这样试验的结果，最大误差稍大于 1 毫弧度。因为 θ 正比于滑行速度的平方，所以跟踪器的运转情况与预计相符。

译自 Fitzger B. P.; *Laser Focus*, 1967 (Apr.), 3, №7, 34~37

以机载激光系统测量海洋表面

美帝电光系统公司研制出一种空携激光系统，可以极其精确的测量海波的高度、洋面的风速和风向。公司研究者克尔克(R. L. Kirk)曾在一次会议上描述此种系统，说明将它装到军用飞机上，就能获得用目前的海洋学和气象学技术所不能得到的战略和战术情报。这种系统称为表面环境判断器(SUEDE)，是在海军航空系统司令部资助下研制的。

克尔克说，可直接将连续波激光指向飞机下面的一个海区，以此照明空气和海水的交界面。将反射光强度作为视角的函数纪录，可以构成一幅三维强度图形，就能表明洋面上显著的风浪区。进一步在光载波上加上一

个微波频率，就能从反射光中检出相对相位位移讯号，可直接转换成波浪的幅度。

他说：“如果侦察飞机用上这种洋面测量系统，几乎就能立即在目前还没有设立气象网的太平洋和大西洋的各洋面检查大风浪的形成情况。因此，这种系统能帮助水面上和水下的舰船进行战术布置。”

用风浪机作模拟实验时，实验包括两部分。第一部分是测定表面风速和风向，第二部分是波浪高度检验。

测量被风扰动的水面上“进回”来的反射激光束强度，就能得知海面风速和风向。已经知道水面的反射特性是表面风速的函数。实验是在一个加压的封闭室里，用定向风吹