

## “双子座”激光试验可促进将来的应用

B. Miller

“双子座7号”激光通讯和传输实验的成功，以及在1966年初用“探索者22号”人造卫星进行的激光实验，有助于美国国家航空和宇宙航行局实现地球与太空之间使用激光器的计划。

如果一切顺利，“双子座”试验将会简捷地证明从在轨道上运行的宇宙飞船到地球的激光音频通讯的可能性。反过来，音频调制讯号圆满的接收，将是对宇宙飞行员用激光来瞄准目标的能力的一种有意义的衡量。这种能力一直被认为是狭小的激光束用于通讯的主要问题之一。

### 瞄准精度

这一期间，由夏威夷群岛中考爱岛上的跟踪站进行的其他实验可以更精密地测量瞄准精度。“双子座”实验的其他时间，选定MSC-4（载人宇宙飞船中心-4号），将探索激光传输效应，包括发散和所谓的速度行差效应。

在1966年1月或者2月，由该局的艾姆斯(Ames)研究中心进行的另一些实验将调查

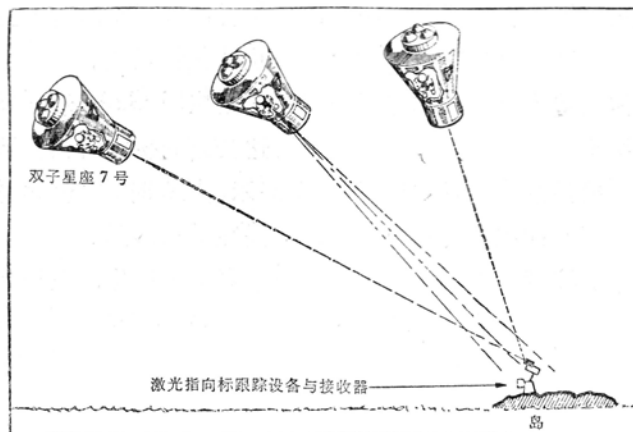


图1 “双子座7号”的激光音频通讯系统。宇宙飞行员顺序呼叫，以观察闪烁激光指向标。然后将其半导体激光发射器对准指向标源通话。

大气的传输特性、卫星导航和应用正在绕地球轨道运行的人造卫星 S-66 或探索者 22 号的跟踪。这些实验将采用许多由光电系统公司提供的与在考爱运转的激光地面设备相同的设备。

如果该局的这些初步实验证明了许多空间科学家对激光器的信赖，那么即使在地球大气层内，衰减和散射会妨碍激光器的应用，但在宇宙计划中仍会起着重要的作用。已经注意到在重返大气层的通讯中用激光器来代替由于电离等离子区而失效的射频系统。而等离子区对光束是很透明的。激光束具有非常大的信息容量，它提供了一种从星际宇宙飞船——例如“航行者”(Voyager)——上获得象电视那样的实时高数据率信息的可能性。载人宇宙飞船中心已请休斯飞机公司研制一种实验性高数据率激光通讯系统，它能从 5 千万哩外的载人宇宙飞船上向地球发回数字电视数据。

在“双子星座 7 号”实验中，宇宙飞行员将美国无线电公司的一个 6 磅重的砷化镓激光发射机瞄准一个可见的地面激光指向标。改变发射机的四个砷化镓二极管的红外输出的脉冲重复率而将他的声音加到激光束上。

### 地面指向标

安装在一个专门改装的奈克 I 型支座上，并且当宇宙飞船通过跟踪位置时连续瞄准它的一个连续波氩气体激光器作为宇宙飞行员的指向标。激光指向标与跟踪载在飞船头部的 C 波段指向标的 FPS-16 型雷达同步，激光指向标每秒闪烁 7 次，它的蓝绿光束引起宇宙飞行员的注意。一旦这一闪烁的指向标被宇宙飞行员观察到，并作为他的目标来利用时，他就把伴随望远镜接收机的、发射音频讯号的装置变为连续波操作，告诉地面他已经收到信号。

选择电离氩激光器作为指向标是因为它能产生高的连续功率。

有三个站能参加这一实验，每个站都装备有氩激光器指向标和安在跟踪座上的光学接收机。这三个站分别设在阿森匈岛、白沙导弹试验靶场和考爱岛。

砷化镓激光发射机输出峰值功率约 22 瓦，平均功率约 1 毫瓦。它以非音频调制方式工作时，每秒有 120 个脉冲，当音频调制时，每秒有 8,000 个脉冲。它的输出能量集中在 3 毫弧度的束宽内，为了改善宇宙飞行员恰好瞄准如此狭的光束的机会，慎重考虑后使束宽比所必需的要宽。当斜距为 200 哩时，这样大小的发散光束在地面上发散尺寸约达 3,100 呎。由于激光束相当宽，牺牲了地面接收的功率密度。

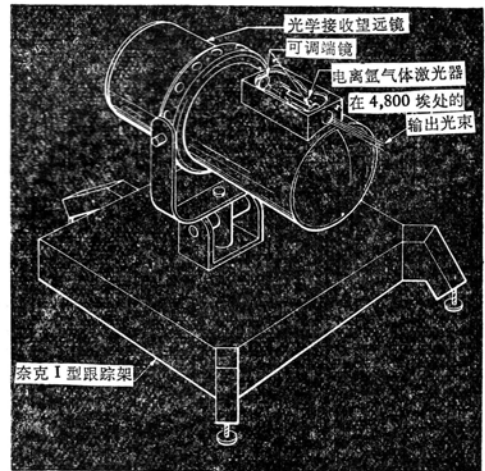


图 2 激光指向标包括一台连续输出 3 瓦的电离氩激光器，与一台 16 时光学望远镜和接收器一起装在跟踪架上。

## 固 定 精 度

为保证成功地发送信号，宇宙飞行员固定激光发射机的精度必须为 $\pm 1.5$ 毫弧度。通过比较，一个熟练的步枪手处于卧姿并且有足够的时间来瞄准，那么他能击中 $\pm 0.5$ 毫弧度圆中的图象。

在候斯顿进行了地面模拟联合试验，宇宙飞行员站着时把激光发射机对1哩外的氩激光指向标和接收机瞄准了三十秒的时间。当他坐着时，瞄准有所改进。

实验要求在黄昏时进行，但不论何时，氩激光指向标应很容易在比较暗的背景和在白天识别出来。氩激光指向标比夜间行星中的金星的亮度约高15倍，在夜晚的太空中，金星是仅次于月亮的最亮的一颗星星。激光器只在宇宙飞船的脉冲飞行姿态控制系统稳定期间工作。

## 保 护 眼 镜

宇宙飞行员戴有保护眼镜来防护座舱内激光反射产生的任何危险。

为了保证最佳接收条件，宇宙飞船在空中相对于跟踪站位置的高度应尽可能的高，实际上为垂直位置。在水平以上 $35\sim 40^\circ$ 角时将是满意的。

按电光公司的意见，从“双子星座7号”的轨道参数来推测，考爱站最适合接收来自飞船的激光通讯。这个站也是三个站中最复杂的一个。

准备了二个相似的跟踪座，相距400呎，每一个跟踪站都装备由探测器、放大器和提取音频信息的解调器组成的光学接收机。氩激光指向标位于其中一个上。通过跟踪飞船座舱，FPS-16雷达锁定两个光学接收机，使之瞄准并伺服宇宙飞船。

## 两 套 跟 踪 器

两台完全一样的成对的跟踪器和接收机使得万一一个处于故障状态时有一后备。它也能使科学家通过研究在两个跟踪座同时接收到的信号的时间顺序来确定宇宙飞行员瞄准激光发射机的准确度。

它们也提供了研究速度行差效应的基础，当另一地点也具有考爱那样的光学接收装置时，速度行差效应将在“探索者22号”的实验中看得更直接。速度行差是由于光束在宇宙飞船和地面的传输需要有限时间，和由于宇宙飞船和它的地面站间相对运动关系的结果。在地面接收到来自宇宙飞船的信号时，宇宙飞船早已飞到前面去了。而且尽管可见指向标也是运动着的，宇宙飞行员却把激光器瞄在一个他认为是可见指向标所在位置的点上。

在允许有相对的飞起时间来选择两个接收站之间的距离时，一个站可直接位于计算出的光束达到点的中心。

## 激 光 束 宽

因为宇宙飞船的激光束宽比速度行差的效应要宽，所以“双子星座7号”实验中束宽问题不会带来什么困难。但是在“探索者22号”的实验中，激光发射机是在地面的，激光能量由

卫星上的反射器反射回来，其结果就需要二倍的传输时间，速度行差的影响就较大。

该岛的光学接收机由 16 吋的望远镜构成，它直接接收红外能量送到光电倍增管检测器上。每个望远镜的焦距为 60 吋。光电倍增管输出的信号经 15 兆赫的带通放大器放大，然后幅度解调分离出信号包络线，再以脉冲重复率解调使接收者听到声音。在两个完全相同的接收机中，每一个都有两个解调器，解调器的输出和有关宇宙飞船的瞄准方向、时间等数据一同记录。脉冲的包络留作以后分析大气传输影响。

氩激光器指向标产生的平均功率为 3 瓦，束宽 1.5 毫弧度，其瞄准精度必须为  $\pm 0.7$  毫弧度，而雷达跟踪精度的上限为 0.1 至 0.2 毫弧度。指向标功率的 70% 集中在 5,130 埃和 4,880 埃两根强谱线处。一个机械斩光器产生对宇宙飞行员来说是必须可见的脉冲或闪烁。

### 位置照相

将尝试用一个照相机在该岛的一个望远镜中进行宇宙飞船激光位置照相。当照相机快门打开时，跟踪座锁定在一个位置上。出现在照片上的宇宙飞船按预期的航线成为一系列的点，每个点对应于激光器发射的光。由于大气影响的发散而造成的激光器对预期航线位置间的间隔变化将由可见的方式记录下来。

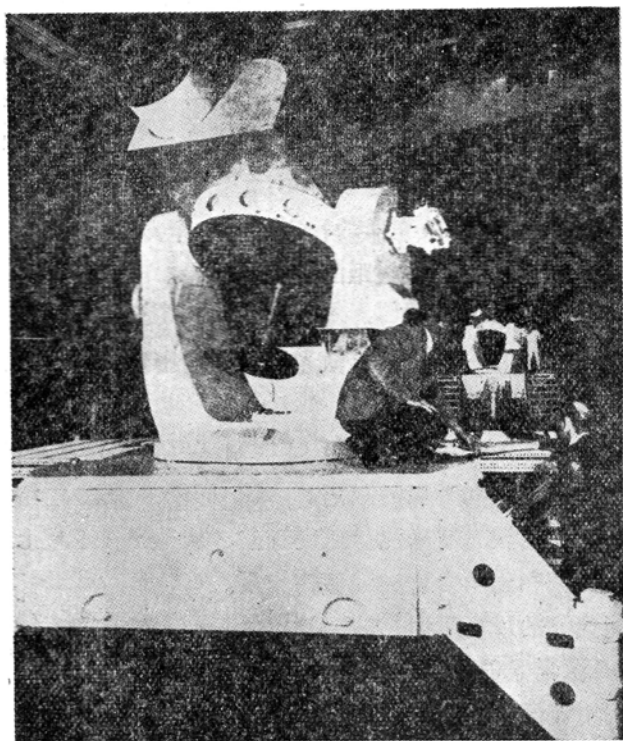


图 3 接收来自“双子星座 7 号”飞船的激光信号的光学望远镜与接收器，装在跟踪架上，进行最后检验，准备出厂。

由哥达空间飞行中心建立的阿森匈光学站将专门研究大气传输，但是因为没有足够的时间去装备解调器，因此不能解调音频信号。以高速示波器照下接收到的激光脉冲波形，这样检验激光器的 70 毫微秒脉冲波形的变化就能发现通过大气引起的多种影响。幅度的差别作瞄准误差的测量。对宇宙飞行员来说阿森匈和考爱是比较容易发现的，因为它们是海岛。

## 幅度记录

白沙试验场的装置只参加音频通讯实验部分，但也可以记录接收到的脉冲幅度。这一位置对更有限的较低级的激光实验“双子座 5 号”来说倒是一关键，“双子座 5 号”实验因为在飞行中需要维持定向的燃料而取消了。

回想一下，“双子座 5 号”那个实验是比较临近边缘的，宇宙飞行员没有所期待的指令，也得不到象中心在氩激光波长带宽为 400 埃的滤光片的目标显示帮助，制造的镓砷发射机是拒斥阳光的而且又并不打算在夜间进行。

双子座实验以后，考爱的光学传动装置将移到艾姆斯去，以便利用“探险者 22 号”人造卫星研究大气的传输特性。他们主要的目的是想得到有关从艾姆斯到装有四面体反射器来集中激光回波的卫星间激光的双程衰减数据。

自动光学跟踪器和 3 瓦氩激光器的结合将允许能在微明的条件下跟踪卫星，亦即观察者处在黑暗中，而卫星在太阳的方向或者是在夜间条件下。

除了氩激光器外，还将有一个 Q 突变的红宝石器件，它工作在 6,943 埃，每分钟 2 次产生的峰值功率达 100 兆瓦，若峰值功率 10 兆瓦每分钟至少产生 10 次，另外还有一个 Q 突变的掺钕玻璃激光器 (10,600 埃)，峰值功率 50 兆瓦，每分钟 2 次，若峰值功率 5 兆瓦，每分钟 12 次。用一个喇曼盒使这些激光器的输出能在一个宽的波段内移动，可以用来探测大气，水蒸汽的百分比作为地面到卫星斜距的函数来测量。

计划中的实验包括如下一些：

**连续波的反向散射和衰减**——将连续氩激光器用来精密地测量气悬体的反向散射和往返卫星间的衰减。

**脉冲波的反向散射和衰减**——用一个二级 Q 调制红宝石激光器来获得空气中粒子大小的分布，衰减和距离的函数关系和卫星的距离。

**连续波激光反射**——用氩激光器来测量速度行差，从排列在卫星上的四面体反射回来的激光图样，幅度起伏对高频和光学多普勒偏移的关系。

条件允许时，可能代替的或者是附加的实验包括有：

用 Q 调制的红宝石激光器进行激光测距来得到距离和时间的关系。

激光辅助探测，利用氩激光器来研究自动探测的困难。

激光辅助跟踪，以连续波氩激光器来得到卫星的方位角和仰角与时间的关系，激光瞄准误差和时间的关系。

湿度实验，用带喇曼频移装置的红宝石激光器来得到绝对湿度与高度和大气中水蒸汽总

量间的关系。

大气结构实验，用带喇曼频移装置的红宝石或者钽玻璃激光器来确定二氧化碳、氧和臭氧的吸收波长。

哥达宇宙飞行中心最近对技术研究集团公司投资研制的每秒 5 次的激光器，也将用在将来 S-66 卫星的实验中。

原载 *AW & ST*, 1966, 83, №24, 71, 74, 77, 79, 81 (胡企铨译, 冯大任校)

## 用激光束进行压缩通讯

美国专利第 3243592 号叙述通用电气公司的富安木代 (Kiyo Tomiyasu) 和惠顿 (J. R. Whitten) 发展的一种通讯系统，可在延续千分之一秒的激光脉冲中至少发出 400 个字。若每秒可发射 10 个这样的脉冲，则每秒发出 4,000 个字。

这种激光束为在地面站与宇宙飞船间的视线通讯中提供了相当大的优点。它不受使无线电信号熄灭的许多种干扰的影响，并可能解决宇宙飞船重返大气层时通讯失灵的问题。

讯号是以数字方式编码的，并用此种形式来调制激光束。激光束以光电方法接收，将信号转换为原有的数字暗码形式。

原载 *Radio-Electronics*, 1966, 37, № 6, 6 (陈加华译)

## 在工厂中用激光器测量速度

英国的德卡 (Decca) 雷达有限公司，将激光多普勒系统用在测量运动表面的速度上。

该公司已经就布列颠铝公司的冲压机检验了一台多普勒实验系统。在这种情况下，由于代替了用人工估计冲压棒速度，因而排除了高达 20% 的生产变化。获得了这一结果后，德卡公司在这个工厂中又建立了另外两台装置，用来测量热钢板通过铣床的速度。

在理想的条件下，德卡系统能测量运动表面的速度，其精准度为 1/100,000；但是，要达到这一精准度，需要一个镜状表面。在工厂的现有条件下，精度降低到 1/1,000，但对工业应用来说，这个精确度仍然是很高的。

使用激光器测量时，无须与运动表面接触，并且激光器与运动表面是热隔离的。

德卡的多普勒系统，将低功率的 He-Ne 气体激光束从正被测量的运动表面反射回来。反向散射的激光被光学透镜系统接收，并与输出光束的一部分一起，施加到平衡光二极管探测器上，以光电二极管电路探测出二者的频率差。

多普勒频率移动依赖于反射光束的表面的速度和光束的角度。例如，激光波长为 6,328 埃时，直接离开光束的运动表面每运动 0.001 吋，就产生 80 周的频率移动。对于以 20 呎/分速度运动的表面，当用同一激光束以 75° 角照射时，频率移动是 83 千赫。

系统的原理相当简单。然而，用来工作的是另一种工作物质，因为在通常工业上所遇见的表面上，反向散射光讯号水平是低的。德卡公司用以获得系统满意的信噪比的技术是保密