

紊流、锈蚀及清洗等困难，用上述方法就能避免这些困难。

最后还想说一点，有人认为，在需要测量大速度的地方，激光陀螺是很适用的，但在目前，如果要测量小的角速度，它只能让位给带转子的陀螺。

编译自 Christiansen D., *Electronics*, 1966, 39, No. 19, 183—188.

用光学定位法测量月球的距离

天体的光学定位可以用来进行天文测量。下面我们就谈一下用光雷达来测量月球表面距离的实验。这一实验完成了现阶段的测量任务^[1]，它的最终目的是使用将来在月球上建立的人造光学反射器来研究月球的轨道参数和它的形状，以及一系列其它天文学常数^[2,3]。鉴于这种情况，故除了测量距离的基本任务外，还提出了完成未来的装置和方法的任务。

实验装置

实验装置见图 1。

红宝石激光器 1 及用作月球反射光信号接收器的光电倍增管 2 固定地安装在望远装置 3 的库德焦点上。在光电倍增管的光阴极前面装有可调谐的干涉滤光器 4。光阑 5 确定接收部分的视场。为了将装置中发射转换为接收，使用了自动后仰反射镜 6、方框 7 用来将落在光电倍增管上的脉冲进行放大

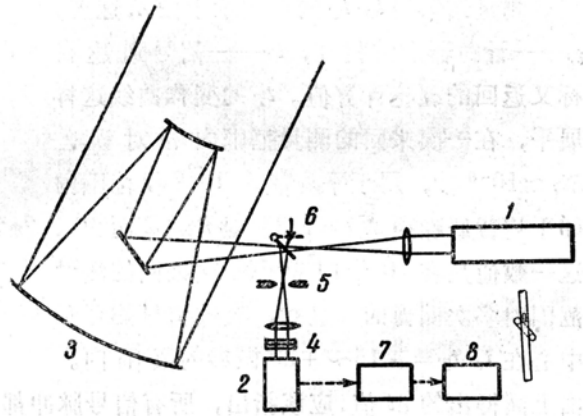


图 1 实验装置。

和整形。时间间隔记录器 8 用来测量由激光器发出脉冲到接收器接收反射信号的时间间隔。将激光器辐射脉冲的部分能量导入光电倍增管，以使计数器开始工作。反射讯号（同噪声一起）的记录只能在选通脉冲时间间隔中被记录下来。选通脉冲的中心与反射讯号到达的计算瞬间相吻合。因为在反射镜 6 和计时器 8 这段通路上，发射讯号与反射信号走过同样的距离，因此由此而引起的误差可以消除。

装置的参数

激光器波长 $\lambda_z = 6,943$ 埃；脉冲能量 $W_z = 5 \sim 7$ 焦耳；脉冲宽度 $J_z = 5 \times 10^{-8}$ 秒；光束直径 $d_z = 13$ 毫米；望远装置主反射镜的直径 $D_T = 2.6$ 米；焦距 $F_T = 104$ 米；在望远装置出射端上光束的发散度 $\theta_T \approx 3''$ 。干涉滤波器的通带 $\Delta\lambda = 10$ 埃；光电倍增管的量子效率 $K_\phi = 0.04$ ；装置中测量时间的误差 $\delta t_a = \pm 10^{-7}$ 秒；选通脉冲的持续时间 $T = 150$ 微秒。

信号预期值和测量误差的估计

选择弗拉马里昂火山口底部月面坐标为 $\lambda - 3^\circ.57$ ； $\phi - 2^\circ.98$ 的中心场地为测绘目标。可以用下面的公式估算反射信号值：

$$n_c = \frac{W_z \lambda_z D_T^2}{4R^2 hc} \rho K_{\text{发射}} K_{\text{接收}} K_{\text{大气}}^2 K_\phi$$

其中, n_c ——发射一个脉冲时在光电倍增管上输出的脉冲数; h ——普朗克常数; c ——光速; R ——到月球的距离; ρ ——月球反射率; $k_{\text{发射}}$ 、 $K_{\text{接收}}$ 、 $K_{\text{大气}}$ ——在发射装置、接收装置及大气中的损耗率*。用下面的数值代入上式: $\rho=0.15$, $K_{\text{发射}}=0.6$, $K_{\text{接收}}=0.25$, $K_{\text{大气}}=0.8$, 就得到 $n_c \approx 0.12$ 。1965年10月19日, 在从5时17分到5时47分所进行的实验中, 一共发射了 $n=82$ 个脉冲。预期的回波信号 $N_c = nn_c \approx 10$ 脉冲。

回波信号的时间分布由仪器误差 $\delta t_a \approx 10^{-7}$ 秒、数据处理方法误差 $\delta t_T \approx 10^{-6}$ 秒(见下文)以及目标实际深度所引起的弥散 $\delta t_{\pi} = -\frac{\theta R}{c} \operatorname{tg} \omega$ 决定。式中 $\theta \approx 5''$ ——包括大气散射及对焦误差所引起的光束的总发散角; $\omega \approx 4^\circ$ ——光束至月表面的入射角。由此 $\delta t_{\pi} \approx 2 \cdot 10^{-6}$ 秒。信号分布的预期的总半宽度 $\delta t \approx 2.5 \cdot 10^{-6}$ 秒。

测量结果

测量结果用 $t_s - t_T$ 的形式示于图2, 这里, t_s ——计时器上的指数, t_T ——信号到达目标又返回的理论计算值。 t_T 的变化曲线这样展平, 在一次来回的测量范围内相对误差 $\delta t_T \approx 10^{-6}$ 秒, 属于平均值 $5 \cdot 10^{-6}$ 秒范围内的平均背底噪声 $N_\phi = 1.35$ (对 $n=82$ 而言)。这一数值是在10秒时间内一次来回的测量范围内多次测得的。显然, 有效信号的分布中心在 $t_s - t_T = +15 \sim +20$ 微秒的范围内。

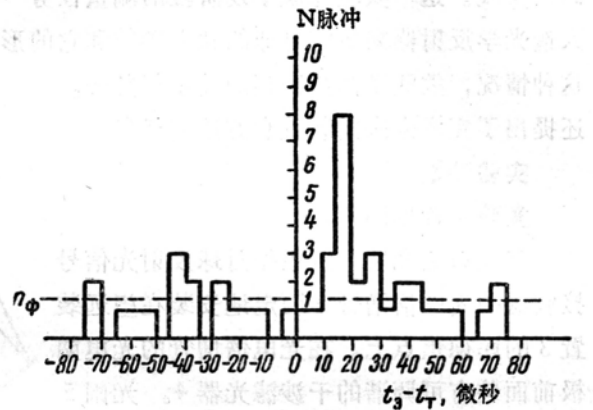


图 2

由上面得出的 δt 值, 应该指出, 所有信号脉冲都集中于 $t_s - t_T = +5 \sim +30$ 微秒之间。在这一范围内, 位于柱形图解中 N_ϕ 之上的有 $N_s \approx 11$ 个点, 而分布半宽度 $\delta t_s = 4 \times 10^{-6}$ 秒。我们认为这一数值是过高的, 因为 $t_s - t_T$ 的范围的选择还有很明显的裕量。有效信号对噪声的比值为 ~ 5 。信号点分布的中心位置取决于测量的均方统计误差 $\Delta t_N = \delta t_s / \sqrt{N_s} = 1.2 \times 10^{-6}$ 秒。因为不可能严格地区分信号与噪声, 因此存在有与柱式图解信号范围内噪声起伏有关的中心位置的补充不定性。根据噪声实验数据估计的噪音起伏位移的均方值 $\Delta t_\phi \approx 0.5 \times 10^{-6}$ 秒。在分布的中心位置上总的误差 $\Delta t \approx (\Delta t_N^2 + \Delta t_\phi^2)^{1/2} \approx 1.3 \times 10^{-6}$ 秒, 这一数值符合于距离误差 $\Delta \eta \approx 200$ 米。

参 考 文 献

- [1] А. З. Грасюк, В. С. Зуев, Ю. Л. Кокурин, П. Г. Крюков, В. В. Курбасов, В. Ф. Лобанов, В. М. Можжерин, А. Н. Сухановский, Н. С. Черных, К. К. Чуваев, Докл. АН СССР, 154, 1, 303, 1964.
- [2] С. О. Alley, Р. L. Bender, R. H. Dicke, J. E. Faller, P. A. Franken, Н. Н. Plotkin, D. T. Wilkinson. J. Geoph. Res., 70, 2, 267, 1965.
- [3] Ю. Л. Кокурин, В. В. Курбасов, В. Ф. Лобанов, В. М. Можжерин, А. Н. Сухановский, Н. С. Черных, Космические исследования, №4, 1966.

译自 Кокурин Ю. Л., Курбасов В. В.; ЖЭТФ, Письма в редакцию, 1966, 3, № 5, 219—223.

* 应为透射系数——译校注。