

应用研究

获得数据的数字式激光测距仪

提要：美帝海军武器试验站在其一个靶场上安装了一台脉冲红宝石激光测距仪，并正在估价它在获得空携目标轨道数据上的作用。为了从高速目标得到有意义的数据而高达每秒10次的脉冲重复频率和距离的数字显示，是这一设备的重要特色。本文提供一些结构的详情、性能指标以及表明这些指标被满足的程度的试验数据。指出并分析了运转中的一些困难，推荐了一些补救方法。

引言

在摄影光学仪器工程师协会第九届技术讨论会(1964)上，美帝海军武器试验站的伯格曼(T. G. Bergman)提出一篇名为“用激光测距仪改进轨道记录”的论文，它给出了应用激光测距仪后，所期望得到的在轨道信息方面的理论和计算机研究结果。精确地记录轨道越来越必要，因为确定新设计的一些特性的需要变得更重要。目前，轨道信息是通过三角测量法由一系列电影摄影经纬仪站来获取的。借助于斜距测量后证明，在一般情况下，概率误差椭球的体积显著减少了。在这同一装置上合用激光测距仪和海军武器试验站的跟踪误差检测器，将有可能极可靠地迅速读出轨道数据，而且如果需要的话，还可具有实时基础。

性能要求

这些结论的基础是假定激光测距仪获取数据的速率能和电影摄影经纬仪相比，且其测距精度是 ± 1 呎。

因为我们经常对在50兆瓦峰值功率输出条件下测得的距离仅9哩不满意，故有必要指出已提出来的更为紧迫的性能要求。第一， ± 1 呎的测距精度应由一次脉冲获得，而不是多次测量的平均值。第二，激光束的发散角应为9毫弧度，以弥补有经验的电影摄影经纬仪操纵者手动跟踪的限制。第三，得到上述性能的目标面积应小达0.03米²，约为边长为7吋的正方形。这里所作的让步是，目标可涂向后反射涂料。最后，目标和背景被明亮阳光照耀时应保持这种性能。

重新改写普通的测距方程式，便能最清楚的表明影响所需的峰值功率的因素，以及取得这种输出的方法：

$$P_T = P_S \frac{\pi \theta^2 R^4}{K_T K_r d_r^2 A_x E_x e^{-2\alpha R}}$$

式中：

P_T ——发射峰值功率

P_S ——接收机中的信号峰值功率

R ——距离

K_T ——发射光学系统的效率

K_r ——包括滤光片时接收光学系统的效率

d_r ——接收光学系统的直径

A_t ——目标面积

E_t ——目标反射率，包括向后反射的效率

α ——大气衰减

接收机中所要求的信号功率 P_S 由所要求的信噪功率比 P_S/P_N 决定。噪声主要来自天空中的背景辐射，或接收机角视场中的其他背景辐射。为了具备高的探测概率和约每发射一万个脉冲就有一个脉冲的假信号率，信噪比取 15 或 32 分贝。由各种参数的实际值和 14 公里这一最大距离要求计算出的峰值发射功率为 50 兆瓦。准备用来满足这些要求的装置将加以描述。

装 置

本站的激光测距仪由四个单元组成：激光头和接收机、控制单元和距离计数器、电源以及冷却单元。这些单元是针对一定的大气环境而设计的。我们的激光测距仪的初次使用完全在室外，由于恶劣的沙漠环境，发生了一些问题。图 1 示出现场试验时架设起来的测距仪。

激光头和接收机。激光发射机和接收机装

在一起，并使它们平行准直。激光头内部有：

(1) 激光腔，(2) 使 Q-开关和闪光灯同步的定时电路，(3) 伽利略输出望远镜。红宝石棒和闪光灯加水套，并放在椭圆柱聚光器里。红宝石长 $4\frac{1}{2}$ 吋，直径 $5/16$ 吋。而光泵腔和闪光灯弧长为 5 吋。由 800 周振荡器供电的双通旋转棱镜 Q 开关装在光泵腔的一端。由于原来设计的限制，必须用一个 $40^\circ-50^\circ-90^\circ$ 的棱镜来弯曲谐振腔。最后，激光谐振腔终端是反射率为 50% 的谐振反射镜。加输出望远镜使光束的发散接近 1 毫弧度。能用发射机窗口的辅助透镜调节发散。闪光灯和红宝石用冷冻的、去除了离子的水冷却。椭圆腔上还有热交换器。运转前，发射机头用干燥氮气冲洗并密封。为了得到所希望的 50~60 兆瓦的峰值脉冲功率输出，闪光灯的输入从 700 到 1,000 焦耳。

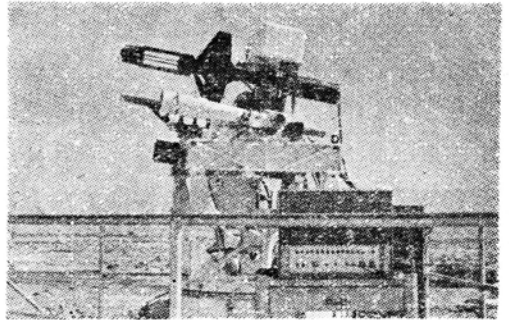


图 1 海军武器试验站的激光测距仪

和发射机平行准直的是接收机，它的视场可达 9 毫弧度，这决定于场阑的选取。接收机光学系统是一种折迭式系统构成的 Dahl Kirkham 望远镜，其椭圆主轴为 16 吋，球面的二次反射体的直径为 2.5 吋。接收到的能量通过一面向场透镜和一块 18 埃的滤光片传至 S-20 光电倍增管。光学系统总的有效焦长是 250 吋。光电倍增管盒里还装有有关的接收机电路、视

频放大器和光电管高压电源。

控制单元和距离计数器。系统控制单元和距离计数器装在 22 吋深 24½ 吋宽 14 吋高的箱内。启动安全联锁开关(电键开关)和“高压-开”开关,就能从控制单元获得激光器的高压电源。此外,控制单元里还有 Q 开关控制和激光器点火手动开关。激光器也可以用外部信号点燃,这种信号能使激光器与距离定时或其他已知的定时标准同步。同步为激光器点火时间的跳动所限,其精度为几微秒。

激光脉冲飞行时间的测量由距离计数器完成,这是美帝埃耳多雷德(Eldorado)电子学公司制造的商品,为适合我们的特殊应用,稍作一些修改。距离数据从氖泡上读出,并以二进位的十进制代码形式记录。计数可读出 6 位,最后一位距离计数是 1 呎(约 2 毫微秒)。如果环境温度保持在标称标定温度的 $\pm 15^{\circ}\text{F}$ 之内,那末估计基准振荡器能稳定到每天 10^{-7} 或每星期 10^{-6} 。给出的精度是 ± 0.5 呎 \pm (从开始触发点到停止触发点的)振荡器稳定性。利用这种计数器,选择由目标返回的前 7 个脉冲中的任意一个,就可以辨别目标。这也可以通过一个能排除比预定距离更近的任何东西的电子门来实现。

电源。点燃激光器的高压由每秒钟能供给 10 次 10 千瓦、1,000 焦耳输出的电源供给。这是一种谐振充电电源;这意味着储能电容器不通过电阻,而是通过 LC 电路充电,因此除导线之外,功率无电阻性的耗损。电源很大,其壳架高 40 吋,宽 39 吋,深 29 吋,重约 600 磅。电源要求为 230 伏、三相,每相约 17 安培。

冷却系统。水的冷却采用致冷方法。冷却系统内有两个水容器、两个泵和一个降温致冷器。其目的是为了用两个回路,每一回路有它自己的容器和泵。红宝石棒冷却到 40°F ,而闪光灯只冷却到 5 加伦水箱的平衡温度,它只比环境温度稍高一点。现在已作修改,使整个冷却过程在一个回路内实现。这减小了一些流量,但省掉了从冷却器到激光头间的一对管子,无疑这对我们所希望的一至二分钟的数据试验过程是足够的。已去掉离子的水通过致冷器、红宝石和椭圆腔上的热交换器泵入,并通过闪光灯水套回到容器。让入口处的温度比原来的 40°F 稍高一些,就可避免在激光头上凝结水气。这种情况在盒内湿度升高时可能发生。

操 作

用这种设备测量激光脉冲射到目标然后返回的时间来得出距离。点燃激光器后,一个放在激光输出棱镜后面的小光电二极管将一脉冲送入距离计数器的起始通道,开始计时。一个时变增益(TPG)电路使这时候的视频放大器的增益最小。视频放大器的增益近似随距离平方变化。激光器点燃后约 40 微秒,视频放大器增益回到最大值,在测量期间一直保持这个值。时变增益减小了由于大气反向散射引起的虚假距离显示的可能性。从目标反射回来的脉冲由光电倍增管探测器接收,由视频放大器放大和整形,最后送到计数器。从计数器氖管上可以读出距离,并由合适的缓冲存储器和记录器以 BCD 形式记录。为了试验,激光器能以手动方式点燃,氖管显示可以每秒一次的速度读出和记录。因为它能以每秒 10 次的速度点火,故如果需要的话,它能用测距计时脉冲触发,以便和电影摄影经纬仪同步。

试 验 过 程

试验条件。迄今，全部试验都已用安在仪器实验室屋顶上修改过的 M-45 跟踪架上的测距仪进行了，它位于 G-1 试验靶场的发射装置和火力控制建筑物后面(南面)约 800 码。这个跟踪架的位置与最小、中间和最大距离附近的三个目标的位置一样，是仔细测量过的。除一般测量外，这几个距离还用测地仪直接测量过。这两种方法在测量值的可能误差范围内符合得很好，因而可以相信，从测距仪到每个目标的斜距的精度为±1 吋。这对于试验一个认为精确到±2 呎的系统是完全足够。第四个目标安在轻型卡车上，用来试验测距仪分辨距离变化的能力。在这种情况下，重要的是要知道由于目标运动而引起的距离变化，而不是实际的距离。

除了中间距离上的那一个目标之外，全部目标都是 2 呎见方的铝板，涂有向后反射漆(3M 公司 PSA-3008, “CODIT”),它比白色漫反射表面在光源方向上的反射率大 100~200 倍。中间距离的目标具有同样的表面，但只有 6 吋见方，近似于原定的 0.03 米²的面积。因为缓冲存储器、磁带记录器和计算机数据处理的程序尚不合用，故大多数试验都是以约每秒一个脉冲工作的。

美帝无线电公司和海军武器试验站一致同意的性能鉴定手续，是分别试验系统性能所要求的各项规格。没有特别注意精度，因为系统的标定尚有待完成。然而，对准确性，即距离数据的可重复性，仍有一定的要求，即在预定的±2 呎以内。

这三个测得目标的距离是

近的	2,646.5 呎
中间的	25,596.3 呎
远的	44,160.0 呎

测距仪离地面约 30 呎，固定目标离地 50 到 100 呎。

试验结果。从三个固定目标得来的结果示于图 2。所示的每一分布是向每一目标位置近 100 次发射的结果。条与条间的阶距是 1 呎。每一目标位置的标准偏离稍小于 1 呎。

可动目标的结果见图 3，它不太好，但仍然通得过。只有观察到以最大重复率(每秒 10

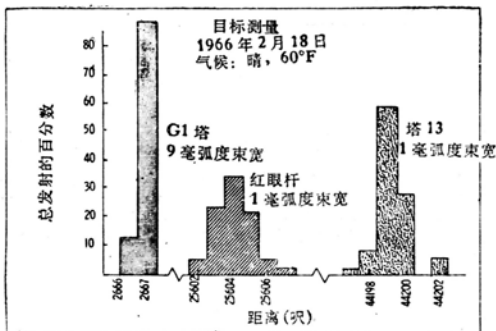


图 2 固定目标测量

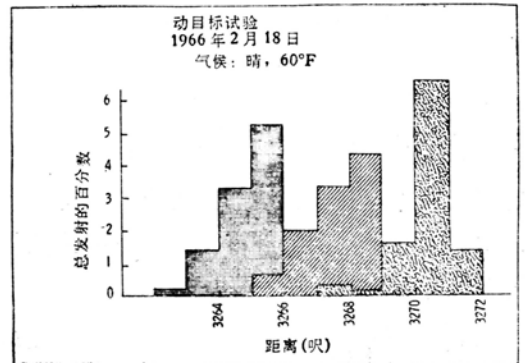


图 3 可动目标试验

个脉冲) 点燃的结果时, 才明显地出现严重的困难。图 4 示出了以每秒 10 次脉冲工作的 40 秒的数据。

图上的每一点是 10 次读数的平均, 所以看来要比用单次读数描绘的图平滑得多。曲线上最引人注意的特征是, 在工作的前 5 秒内, 距离读数有很迅速而明显的漂移。应注意, 这相当于在 5 秒钟内, 在所指出的 17 呎距离内较均匀的增加。不幸的是, 由于主电源电路击穿而过早地中止了这一试验, 而且一直到写稿时还没有进行实验。

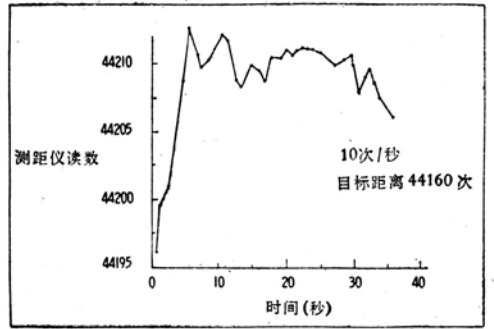


图 4 最高发射率

试验结果的讨论

距离偏差的非线性。如果重新把从三个固定目标得到的数据作图, 以便将实际的距离误差表为距离的函数, 那么很明显, 这一误差既不是单单有振荡器漂移时的那种线性函数, 也不是电子学系统存在固定延时的那种常数。这一情况用图 5 中的实线表示。作了一些研究之后, 我们得出这样的结论: 起主要作用的因素是激光脉冲的有限的上升时间以及出现在激光脉冲前部的意外的二次峰。

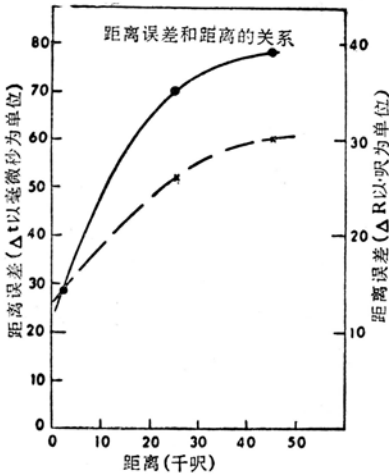


图 5 距离误差曲线

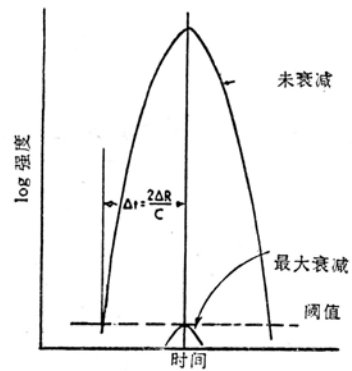


图 6 上升时间测量

为了确定脉冲上升时间的影响, 对三个固定目标中的每一个都作了一系列的测量, 逐步地衰减脉冲, 直至到达阈值为止。在每一情况下, 这引起了明显的距离增加, 这种距离的增加的原因在于从阈值到峰值上升时间的变化。图 6 表示了所涉及的关系。从观察到的 ΔR 根据下式计算出时间座标:

$$\Delta t = 2\Delta R / C$$

这些简单的上升时间确定的结果是:

近目标	34 毫微秒
中间距离目标	18 毫微秒
远目标	18 毫微秒

如果三个目标具有同样的大小，就可以预期中间距离目标的上升时间在其他两个的中途附近某处有所下降，但是即使修正了这一因素，当修改了上升时间后，图 5 中的 ΔR 和 R 间的关系曲线并不成为线性。这在图中用虚线表示。

为了研究脉冲形状，用了一个 ITTFW-114 型双平面光电管，以适宜的同轴插头联结，并用适当的终端负载避免反射。从这些研究表明，在激光脉冲的前沿有一个很明显的二次峰。其对有关上升时间修正的影响在图 7 中指出了。

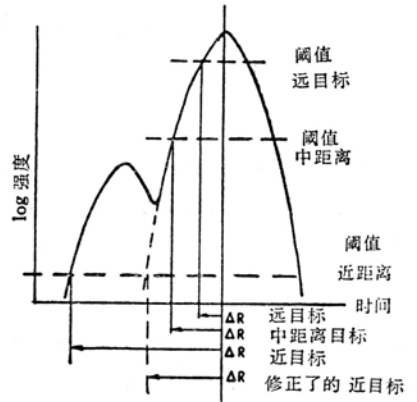


图 7 脉冲形状和距离误差的关系

这种脉冲形状的畸变认为是由于在激光谐振腔内几个界面过早地产生了受激发射所致，由于这个原因，在 Q 开关棱镜构成输出谐振反射器之前，临界准直已经达到。我们想矫正这一现象，其办法是稍加重新准直，以保证这种寄生受激发射只能发生在主脉冲峰值之后。这些内表面没有一个是增透的，因为没有一种涂层能承受所用的功率水平。最近我们听说有一种特别牢固的涂层，它比劳伦斯 (Lawrence) 辐射实验室的一般性能好，我们准备试用。

高脉冲重复率测距的漂移。如图 4 所示，在最大的脉冲重复率下，显示的距离一开始很快地变化。我们认为这和到达接收机引起显示距离相应变化的脉冲高度的有限上升时间有关。由于脉冲高度下降，脉冲超出接收机阈值的点退后了，比如说，退向了脉冲峰值，因而在终止计算机时，引进相应的时延。

影响所接收到的脉冲高度的因素有三种：(1) 输出脉冲的峰值功率，(2) 距离及 (3) 瞄准精度。本文的附录给出了后二种因素能计算出来的影响的较全面讨论。这里我们只简略讨论影响输出峰值功率的因素，脉冲可取得的能量决定于 (1) 激活离子的集居数反转程度和 (2) 对输出有贡献的工作物质的体积。

如果有一根均匀激励的棒，没有不均匀性，二端平面完全平行，那么我们就利用整个棒的体积，均匀有效地对输出能量作出贡献。不幸的是，即使有这样的棒，一旦受到泵光的辐照时，其光学性质也会变化。

如果棒的圆柱侧面抛光，它的作用就相当于一个柱形透镜，有助于使光泵能量聚集在棒轴附近。由于这些能量的绝大部分转换成热，故棒的中心比周围更热，膨胀更厉害，因而棒端面变凸了，加上折射率的径向变化，这就根本改变了腔的谐振特性，因而增加了光束的发散，减小了棒中能维持受激发射的体积。

即使把棒的圆柱表面打毛，以便在棒中得到比较均匀的能量分布，但在使用高能高脉冲重复率泵浦的情况下仍然必须冷却棒。当冷却液沿棒的圆柱表面流动时，又会建立起一个径

向的热梯度，因而引起类似的波前畸变。

美帝空军剑桥研究实验室的斯蒂克利 (C. M. Stickley) 在 1966 年的菲尼克斯 (Phoenix) 国际量子电子学会议上提出的论文，讨论了一个采用补偿曲面镜来代替平面镜构成谐振腔的有效修正方法。将 3.81 厘米长的、光学性能优良的红宝石棒，置于相距 50 厘米的两面介质膜反射镜的中点，由平面镜变成适当的曲面镜的结果，使亮度增加 135 倍，发散角至少减小 4 倍。

虽然这些结果能重复出现，但它们很明显地依赖于每次发射具有相同的热平衡条件。当脉冲频率很快变化时，很难达到这一点。

很明显，以上我们对高重复率测距漂移的观察的含意在于，由于脉冲重复率很高，产生一个极明显的径向温度梯度，以致改变了静态激光棒的温度的均匀性，这就减小了输出，因而减低了回波信号的强度，并使达到阈值水平的时延增加。当由于脉冲上升时间有限，致使其他任何信号强度减小时，这就引起表观距离的同样增加，从而说明了图 4 曲线的形状。可以指出，这一曲线表明，在输出一开始很快降低之后，当棒达到一个新的热平衡状态时，有复原的趋势。

期待的修改工作。自然，由测距仪取得经验后，将发展一种新设计，用以作为获取精确轨道数据的第二代脉冲激光测距仪列阵的基础。为了达到所希望的精度，目前正在作二种较大的修改：(1) 在接收机里以光学方法控制脉冲高度，以消除上升时间效应，(2) 采用分段冷却的红宝石棒，以使波前畸变最小。

(1) **脉冲高度控制。**由于假定了脉冲形状保持不变，信号的衰减究竟是起因于距离增加、目标大小或方位改变、光束不在目标中心，还是由于在探测器前插进了中性滤光片，是无关紧要的。如果达到接收机的脉冲高度保持恒定，那么因为上升时间有限而发生的距离偏移也是恒定的。为此，在场栏附近安了一个伺服驱动的中性光楔，它由光电倍增管的输出来操纵，以保证输出一是一恒定值，从而保证上升时间的影响是常数。

(2) **分段冷却的红宝石。**从北美航空公司沃托奈提克斯 (Autonetics) 分部得到一根分段红宝石。根据宝石的专有设计，其冷却过程全在段的界面上进行。图 8 是表示这种设计的主要特点的草图。应该指出，每段的端面都切成布儒斯特角，当然它应是就红宝石和冷却剂——水的组合情况计算得出的。表面间的间隔是 0.01 吋，水垂直于棒轴流动。诸段宝石由周围的玻璃套管精确地维持准直，玻璃管中的通道使冷却水从一个界面流到另一界面。实际的组合体有 12 到 15 段。沃托奈提克斯分部已制成了这种分段的钽玻璃棒，并且表现出的受激发射在整个端面上都非常均匀。这种冷却方式迫使热流平行于棒轴，因而热梯度在轴向上，故波前和棒表面都不畸变。计算表明，同样的方法对红宝石应该适用。实际上，红宝石的热导率比玻璃要好得多，但宝石所需的较高的泵强度，使设计大概类似。

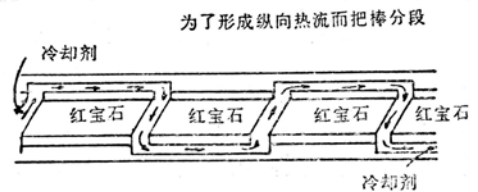


图 8 分段的棒

将 来 的 计 划

虽然目前设备并不完全符合规格，但可作为工程的原始模型，象经验所表明的那样，它是能改进的，并提供了有关操作和应用这类设备时的有价值的经验。除收集数据之外，这种脉冲激光系统可能还有许多应用。诸如(1)大气研究，(2)火力控制的距离指示器，(3)雷达定标和(4)改装成激光跟踪器——一种完备的光学跟踪雷达。用这种仪器研究大气的依据是：高功率激光束所穿过的大气不连续处的反向散射的量是可测量的。

作为火力控制系统的一部分，激光测距仪能提供实时距离数据输入到火力控制计算机中去。和合适的探测器相配合之后，它就能跟踪具有反射辐射的目标，该目标是用提供距离信息的激光器来照明的。目前计划把激光器和海军武器试验站的被动式自动跟踪的跟踪误差探测器装在一起。

这是一个闭路式电视系统，其跟踪门比视场小。若采用激光束来引导，只照明门选通的面积，就能保证对所跟踪的目标进行测距，并减小所必需的光束发散度。

附 录

激光脉冲上升时间的影响。许多观察到的限制激光测距仪精度的影响，可归之于激光脉冲本身。在空间传播的激光脉冲不过是一快速运动的能量束。在激光束的远场中，能量束有相当确定的形状，其能量密度将表现出几乎均匀的变化。将证明，光束的有限大小以及其边界不严格确定这一事实，能引进脉冲激光测距仪数据的误差。

通常认为激光束受衍射限制的，因而其远场图形在理想情况下应该是熟知的爱理(Airy)花样。而且，垂直于束轴的所有截面都应该有爱理分布，它们的极小值距轴的距离相同，图A-1画出了一些脉冲截面上的能量分布。

如果把所画的轮廓线间的截面填补满，那么图A-1可认为是在某一固定的远场距离上的强度图形随时间的变化。坐标 I 、 r 和 t 分别代表强度、到光束轴的径向距离和时间。我们可以把分布写成：

$$I(r,t) = K(t)I_{\text{最大}}(r), \quad (1)$$

式中 $I(r,t)$ 是在时间为 t 、离轴的距离为 r 处的强度， $I_{\text{最大}}(r)$ 是幅度最大的截面的强度，而 $K(t)$ 是时间的函数。把对时间的依赖关系和对径向距离 r 的依赖关系分开是允许的，因为每一截面都是爱理图形，因而乘上一个常数后就能从一个得到另一个。

利用前面所述的，将比光束小的目标放在离测距仪的距离为 R 处。从目标反射回来并被接收机接收的总能量和 R 以及目标的有效大小有关。它还依赖于目标离光束轴的距离 r_T 。暂设 $r_T=0$ ，即光束轴通过目标(由于瞄准误差等于零)接收机里的信号随时间的变化为

$$I_r(t) = K(R)K(t)I_{\text{最大}}(0)A_{\text{有效}}E, \quad (2)$$

激光脉冲的强度分布

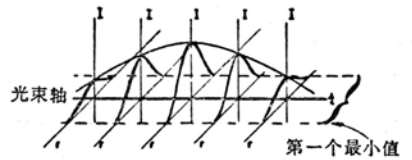


图 A-1

图 A-1

式中 $K(R)$ 代表由于 $\frac{1}{R^2}$ 损耗及大气衰减所引起的脉冲衰减, $A_{\text{有效}}$ 和 E 分别是目标的有效大小及反射率。我们可以更简单地写成

$$I_r(t) = C(R)K(t)i_{\text{最大}}(O) \quad (3)$$

这里, 常数已按 $C(R) = K(R)A_{\text{有效}}E$ 总算在一起。二个目标的距离为 R_1 和 R_2 时的函数情况以及接收机的阈值皆示于图 A-2。

如果 $t=0$ 是激光脉冲发射的时刻, 即距离计数器开始工作的时刻, 则 t_{R_1} 将是所记录的时间, 它和距离的关系是

$$R'_1 = Ct_{R_1}/2$$

这种有撇号的 R'_1 表示和所示的距离有关系, 以便与实际距离相区别。当目标距离变到 R_2 时, 所记录的时间将为 t_{R_2} , 所示出的距离为

$$R'_2 = Ct_{R_2}/2$$

为了求出确定这些距离时的相对误差, 令图 A-2 的两曲线重迭, 使他们的与峰值相对应的时间相合(见图 A-3), 注意计数器已在具有不同时间(相对于脉冲峰)这两种情况下停止工作。因此, 激光测距仪就必然产生因激光脉冲的上升时间而引起的误差。在这种情况下, 如果在 R_1 处的目标用作定标的标准, 则在 R_2 处同样目标的测量误差为

$$\Delta R_{12} = \pm C(\tau_1 - \tau_2)/2$$

现在考虑瞄准误差。如果目标偏离光束轴的距离为 r_T , 则接收机得到的信号是

$$I(t, r_T) = C(R)K(t)I(r_T) \quad (4)$$

从图 A-4 来考虑由于瞄准误差而引起的显示距离的差别。因误瞄而引进的误差为

$$\Delta R = C(\tau_1 - \tau_3)/2$$

如果在标定时瞄准误差为零, 那么这种误差总是正的。

描写能量束的时间和空间特性的方程式(1)可分成二部分: 一部分和时间有关, 另一部分和光束轴的径向距离 r 有关。这一事实对解决上升时间误差问题是重要的。可分性的要求是, 代表目标在接收机上产生的信号的曲线的形式, 总是 $K(t)$ 乘以某一常数。这就允许采用伺服系统来调节接收机里的所有信号, 使之达某一特殊

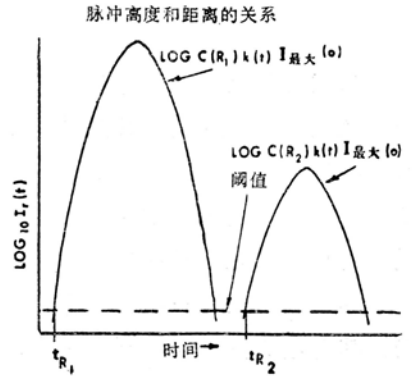


图 A-2.

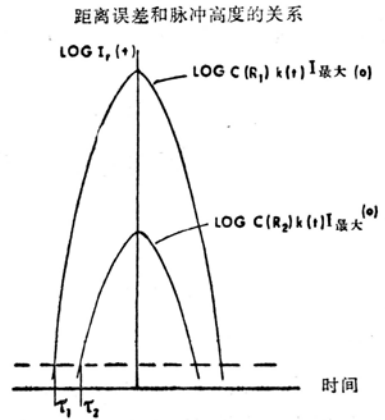


图 A-3

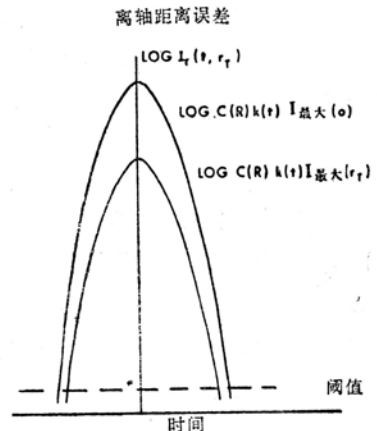


图 A-4

高度，这样，对每一目标位置，距离计数器在上升曲线的同一点上停止工作。

译自 Thompson J. L., Stoner T. R.; *SPIE J.*, 1966~1967, 5, №2, 47—53

以激光器作精密测距实验

美帝在犹他州的陆军新装置实验场用两台 5 千瓦的脉冲红宝石激光器进行精密测距的野外实验，在 2 万公里以上的距离内，成功地将误差缩至 ± 5 米以内。

这种激光器由科拉德公司制造。在环境实验中，对 $-10^{\circ}\text{F}\sim 110^{\circ}\text{F}$ 温度范围内的尘埃和雨滴的影响以及标准振动等都作了实验。据报导，这是一种 Q 开关方式的激光器，使用旋转棱镜，当输出为最大值的一半时，光束的发散角为 1 毫弧度。该激光器重 40 磅，尺寸为 $18\times 11\times 6$ 吋。

译自《科学新闻》，1967, № 1188 (5 月), 3

美帝陆军激光测距仪研制近况

弗兰克福兵工厂的战车和通用仪器实验室的领导何里斯 (W. Hollis) 说集成电路和多层电路板的应用消除了比较大的布线问题。布线使激光测距仪的采用或分类几乎延缓 6 个月的时间。在 1967 年初，XM23 测距仪还不适于使用，因为布线点太多，使之不可能在战场上维护。1966 年 7 月底，XM23 测距仪转到陆军试验和鉴定司令部，现正在亚伯丁和西耳堡进行最后试验。

何里斯认为 XM23 不会有更多的问题。在 1966 年 11 月或 12 月将决定采用和分类。以后，将发出投标的邀请，并作出投标估价。1967 年 1 月或年初将签订生产合同。

目前的 XM23 测距仪采用了密封的激光器组件，并在 100 G 的振动下曾保证精密的光学准直。

红宝石激光器输入 110 焦耳，输出 2.5 兆瓦的光脉冲。可测距几千次而不需要维修。

接收机电路抑制了高功率光束反向散射的影响，但保证了目标信号的灵敏度。Q 开关马达在 0.2 秒内从 0 加速到每分钟 24,000 转，在旋转时期用其他电路在 10 微秒内同步点燃闪光灯。

测距仪的光学系统把光电接收机和瞄准器合在一起，使这些系统不必分别瞄准。

测距仪的三角架带方位测量系统，有一个背负的塑料箱，电池足够进行 100 次测距，连包装物在内只重 31 磅。

给前沿观察者还提供一个电池充电器，装在吉普车上，它能以 115 伏 60 周或 400 周的发电机运转。

目前，这种测距仪在可靠性、重复性及易于维修等方面还不能满足军用要求，故无商品。

摘译自 Gradel T., *Electronic News*, 1966, 11, № 559, 1, 24.