



激光雷达工作原理与气象探测

王 保 成

(江苏徐州空军后勤学院 徐州 221000)

张 卫 华

(民航徐州导航站 江苏 221000)

激光是 20 世纪 60 年代出现的最重大科学技术成就之一。它的出现深化了人们对光的认识,扩大了光为人类服务的天地。激光技术从它的问世到现在,虽然时间不长,但是由于它有着几个极有价值的特点:高亮度性、高方向性、高单色性和高相干性,因而无论在国防军事、工农业生产、医学卫生和科学研究等方面都有广泛的应用。激光雷达是将激光技术、高速信息处理技术和计算机技术等尖端技术相结合的产物。

一、激光雷达的工作原理

激光雷达主要由发射、接收、测量控制和电源 4 部分组成。其工作原理是,激光雷达先向目标方向发射激光探测信号,光标碰到信号后被反射回来形成回波。由于回波经历的时间等参数恰好反映了接

法集中,情绪上恐惧不安,还会引起头痛、恶心、晕眩;严重时使人神经错乱,癫狂不止,休克昏厥,丧失思维能力。

当次声波频率和人体内脏器官的固有频率(4Hz—18Hz)相当时,将会使人的五脏六腑产生强烈共振,轻者肌肉痉挛、全身颤抖、呼吸困难;重者血管破裂、内脏损伤,基层迅速死亡。1968 年的一天傍晚,一些正在田间操作和使用晚餐的法国农民突然失去知觉;几十秒以后就死亡了。究其原因 是 16 千米外马赛附近的法国国防部次声试验所正在进行次声武器试验,由于不慎将次声波泄漏了出去。

三、次声在军事上的应用

在军事工程中,次声有着广阔的应用前景。由于次声在介质中传播衰减缓慢,在水中传播速度快可达 $1600\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,在军用侦察方面效果极佳。次声在传播过程中,无声无光亮,不易被敌方觉察,因而

近目标的情况和运动状态的变化,所以通过测量回波信号的到达时间、频率变化和波束所指方向等,就可以确定目标的距离、方位和速度等。

二、激光雷达在气象探测方面的应用

由于激光雷达具有识别能力强、测量精度高、抗干扰性能好、盲区小、反应快等优点,因而被广泛用于探测湿、温、风、压等基本参数,并实现了对那些威胁飞行安全的能见度、低云等疑难参数的遥测,所以在气象探测领域有着广泛的应用。

1. 在测云方面的应用

测云是激光最早的应用之一。用激光可以探测云底高、云厚和云的层次,这对天气分析和航空飞行均有实际意义。激光测云的优点是测量精度不随高度而变,精度一般可控制在 10 米以内。

制成的次声武器隐蔽性好,再加上它有很强的穿透性能,坦克、装甲车内的驾驶员、指挥员也难以逃脱它的袭击。

次声武器还有一个特点,它一般只伤害人员,不会造成环境污染,也不会破坏自然物质。根据次声对人体神经系统和器官的危害,次声武器可分为“神经性”次声武器和“器官型”次声武器。

以次声武器作为一种致命的武器使用,还要做许多工作,当今能在战场上使用的小型次声源还不理想。次声在传播过程中,定向聚束性不强,不仅有效作用距离小,而且还会发生误伤现象。1979 年国外就曾发生因试验次声武器而使不少参试人员惨死事故。因此要把次声武器用于实战,还需要军事科学家们作出很大的努力。但是可以肯定,次声武器这种无声的武器必将成为未来兵器家族中新的出色成员。

激光雷达测云底高的原理与激光测距仪相同。先由激光雷达向云底发射一束脉冲激光,在发射点测出从发射讯号至接收到云层的激光回波信号之间的时间差 Δt , 可根据测距公式 $S = c \Delta t / 2$, 求出云底高。为了使测量精确,需精确测量时间 Δt , 而激光速度极快,往返时间很短(如云层高度为 15km, 往返时间仅为 10^{-4} s), 所以通常采用时标电脉冲振荡器, 精确记录光信号往返时间并直接换算成距离, 在距离显示器上显示出来。

激光雷达测云厚和云的层次, 是向云层发射激光脉冲, 在遇到云层后继续在云中传输。若激光在传输过程中尚未被云体衰减殆尽就会穿过云层。此时若遇第二、第三层云, 就能观测到两层、三层的激光回波, 由此即可确定各层的云底高度和云层厚度。

2. 在测能见度方面的应用

能见度取决于人眼的生理特点、目标物和背景物的光学特点、目标物和背景物与观察者之间大气气柱的光学特性以及大气消光系数的分布等因素。若其他因素已确定, 能见度则主要取决于大气消光系数的分布。利用激光雷达可较准确地探测大气消光系数的分布, 因而能获得机场能见度的数据。借助高速取样和信息处理技术, 还能探测斜视能见度。

激光雷达能见度仪可分为前向散射型和后向散射型两种。前者是用发射系统和接收系统分置的双端设备通过测量大气气溶胶粒子的前向散射回波来确定能见度; 后者是用发射和接收系统合置的单端设备通过测量气溶胶粒子的后向散射回波来确定能见度。探测斜视能见度时只能用单端设备。

3. 在测风方面的应用

激光雷达能够为气象部门和飞行员提供高精度、高垂直分辨率的风速风向数据。现在所能达到的指标为: 水平风速精度小于 1m/s, 水平风向精度小于 5 度; 垂直有效区域自地面到 20km 高度, 垂直分辨率 1km。

用激光雷达测速主要基于激光具有高度的相干性、单色性、方向性和探测器的平方律特性, 从而使激光外差探测成为可能。相干激光雷达测风是利用光外差探测技术获得激光多普勒频移信息, 进而求出径向风速的分量。

激光雷达测风原理如图 1 所示:

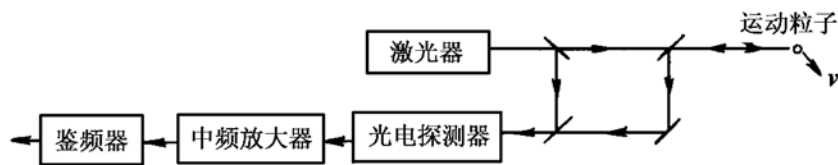


图 1 测风激光雷达光路示意图

从激光器发出频率为 f_0 的激光, 经分光计被分成两束, 一束直接送到光电探测器、一束射向运动粒子(风), 经粒子反射后形成回波, 也被送到光电探测器, 经中频放大后送往鉴频器。根据多普勒原理:

$$f = f_0 / (c \pm \omega)$$

其中 c 为光速, ω 为风运动的速度, “-”表示风向着雷达运动, “+”表示风远离雷达运动。

鉴频器根据接收到的 f_0 和 f 就可以计算风的运动速度, 雷达接收天线根据接收到的回波方向就可以判定风向。

4. 在测量气压和温度轮廓线方面的应用

激光雷达系统还可以提供实时的、高精度、高分辨率的气压和温度轮廓线测量。用于这种目的的激光发射器一般采用差分吸收双波长激光器(即两个红宝石泵浦染料激光器或一个金绿宝石激光器和一个染料激光器)。

其工作原理为: 使其中一个激光器的波长位于对温度最灵敏的氧吸收线上, 另一激光器的波长设在吸收线外, 通过测量氧的 760 纳米附近 A 带吸收, 来确定气压和温度轮廓线。另外也可以用同样的方法测量 720 纳米附近水蒸气的吸收来确定气压和温度。除上述用途外, 激光雷达还能对大气气溶胶、雷暴强度和晴空湍流等进行探测。

激光雷达是一种代价小、效果好、使用范围广的遥感手段。目前中国、美国、俄罗斯等国家已成功研制出机载、航天飞机载和卫星载激光雷达系统, 广泛地应用于气象探测的各个领域。

