

一种激光便携式大气能见度、目标距离综合测试仪

阎宁 徐荣甫

(北京理工大学, 北京)

摘要: 本文介绍了一种单端收发的激光大气能见度、目标距离综合测试仪, 研究了这种装置对于能见度测量的理论依据及其可行性, 并提出了该仪器的设计总体思想。

A light laser multipurpose test instrument for detecting visibility and target range

Yan Ning, Xu Rongfu

(Beijing Institute of Technology)

Abstract: A laser multipurpose test instrument one end source-receiver, for detecting the visibility and target range is introduced in this paper. The theory of the visibility detection and its feasibility of the device are studied. The general idea of design is given.

近年来, 人们为了对大气能见度有一个较客观较确定的测量, 设计了多种测试仪器。其工作原理主要有透射计方式和激光雷达方式两种^[1]。一般透射计方式的接收和发射都采用双端结构, 在安装调整时比较复杂。而激光雷达方式却具有单端收发的优点, 但一般大气回波较目标回波弱得多, 需使用较大的光学元器件和机械结构, 不能便携。

本文介绍一种利用与透射计方式相似的工作原理, 同时利用单端收发的整体结构的便携式大气能见度和目标距离综合测试仪的工作原理。

根据大气能见度理论^[3], 能见度的表达式为:

$$V = \frac{1}{b} \left(\ln \left| \frac{\bar{C}}{\epsilon} \right| - \ln \epsilon \right) \quad (1)$$

式中, b 为大气消光系数; \bar{C} 为目标和背景的固有对比度; ϵ 为人眼对比感阈值。

当以下四个条件均被满足时, 所得的能见度 V 叫标准能见度:

- (1) 在观察方向, b 是一个常数;
- (2) 散射光的强弱正比于散射大气的体积和消光系数, 散射光在观测方向是均匀的(即均匀照明);
- (3) 目标是绝对黑体, 地平线以上的亮度就是背景亮度;
- (4) 根据国际气象学会和美国空军气象部门的规定, 对比感阈值 ϵ 取 0.02,

即标准能见度公式为,

$$V = -\frac{\ln 0.02}{b} \quad (2)$$

由于人眼对 $\lambda = 0.55\mu\text{m}$ 的光最敏感, 上式可写为:

$$V = -\frac{\ln 0.02}{b_{0.55}} \quad (3)$$

实际上的观测都是在比上述假设更复杂的条件下进行的。本文所介绍的只是一个可进行实际野外测量, 并能提供一个较可靠较稳定能见度数值的测量仪器, 为简单计, 我们采用标准能见度公式来作为测量计算的依据。

实际上我们是采用波长为 $1.06\mu\text{m}$ 的YAG调Q激光器作为测量的光源。可以推导出, 标准能见度与 $1.06\mu\text{m}$ 波长的大气消光系数之间的关系为^[2]:

$$b_{1.06} = -\frac{\ln 0.02}{V} \left(\frac{0.55}{1.06}\right)^{0.585V^{1/3}} \quad (4)$$

由该式知, 只要知道了 $b_{1.06}$ 就可确定 V 。

利用(4)式, 我们结合透射计方式的测量原理和激光雷达单端收发的结构特点, 提出了一种可称之为折返透射方式的测量方法。其基本原理如图1所示。

假设接收光学系统的视场角大于激光束的束散角, 并使合作目标充满接收视场, 则接收系统接收到的回波功率为:

$$P_b = P_0 \frac{D^2}{4L^2} \pi R(180^\circ, \theta) \exp(-2b_{1.06}L) \quad (5)$$

式中, P_0 为激光发射功率; D 为回波接收口径; L 为合作目标距离; $b_{1.06}$ 为波长 $1.06\mu\text{m}$ 光在大气中的消光系数; $R(180^\circ, \theta)$ 为合作目标对激光束的后向反射系数随其方位角的分布。

令 $\pi R(180^\circ, \theta) = r(\theta)$, 则上式可写成:

$$P_b = P_0 \frac{D^2}{4L^2} r(\theta) \exp(-2b_{1.06}L) \quad (6)$$

由于合作目标的不同, r 的值有很大的差异。对于余弦漫反射体, $r(\theta) = \cos\theta$, 与靶的方位角有关, 这就要求合作目标的放置要有一定的方位精度, 这将给野外操作带来一定的不便。我们通过定量的测试发现, 用玻璃微珠作为合作目标将带来两个好处: 首先, 由于其具有后向反射强的特点^[5]。它的后向反射系数 r 比余弦漫反射体高两个数量级, 只需在接收光路中加上适量的衰减片, 就能获得信噪比较高的回波信号, 同时还能减小接收口径, 这对降低仪器成本、减轻重量有极大的帮助; 其次, 由于其后向反射与方位角的关系不大, r 基本是常数, 所以对合作目标的放置没有很严格的精度要求, 这对野外操作带来很大的方便。

这样, 我们可以把(6)式改写为:

$$b_{1.06} = -\frac{1}{2L} \ln \left[\frac{4L^2}{D^2 r} \frac{P_b}{P_0} \right] \quad (7)$$

该式说明, 只要利用本仪器的测距系统测得合作目标的距离 L 和激光发射及接收功率之

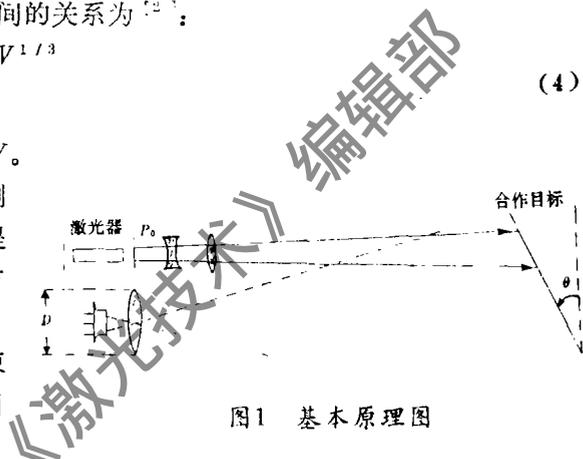


图1 基本原理图

比 P_b/P_0 ，就能算出 $b_{1.000}$ 的值，进而由(4)式可得到 V 的值。

经估算，利用玻璃微珠作合作目标，放在约300m远处，激光脉冲峰值功率1MW，接收口径为 $\phi 30\text{mm}$ ，则在能见度400m~10000m范围内的回波功率为 $10^{-3}\text{W} \sim 10^{-1}\text{W}$ ，动态范围约两个数量级。考虑到PIN光电二极管的动态范围要大于两个数量级，而且其接收灵敏度在微瓦量级，脉冲响应时间在毫微秒量级，所以可以用PIN管作为接收元件，同时，利用PIN管还可以使仪器具备一定的测距能力。

整机可分为两个系统：激光发射接收及瞄准的光学系统和光电信号的处理及显示系统。

光学系统原理如图2所示。

发射系统采用小型染料调Q YAG 激光器，利用发射望远镜将其光束发散角压缩到1mrad以内。在激光器的全反射端后，利用漏出去的激光通过聚焦透镜和衰减片，用PIN管接收，以此来检测激光输出功率 P_0 的大小变化。因为要做定量计算，所以设计衰减片要使PIN管工作在线性动态范围的大信号区域。

接收系统的视场角应略大于激光发散角。光电转换也可用PIN管，在接收物镜前也应加上适当设计的衰减片，使接收回波的动态范围与PIN管的线性动态范围相匹配。

光电信号处理及显示系统原理如图3所示。首先，单片机给出一个激光电源的充电信号，延时到充电完毕后又给出触发信号使脉冲氙灯点燃，并以此信号为起始点，经适当延时后打关闭着的电子开关1和2以及使测距机允许计数，

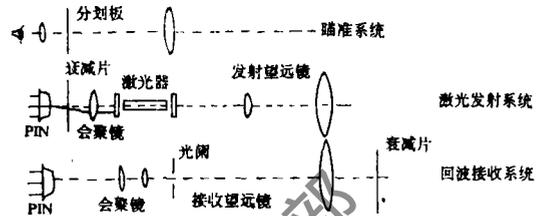


图2 光学系统原理图

触发信号后大约100 μs 左右，激光器将产生一个脉宽10ns左右的调Q脉冲，这时参考光进入参考电路的PIN探测器，经放大后，第一路进入峰值保持电路，展宽成几十到几百毫秒且峰值为 U_0 的宽脉冲，等待A/D转换，第二路经整形后作为测距机计数器的开门信号，第三路通过延时触发器将脉冲前沿延时1.33 $\mu\text{s} \sim 1.7\mu\text{s}$ （设置大约200m~250m的大气散射盲区）再打开电子开关3，使回波接收电路作好接收准备。目标回波经PIN管转换成电信号后，一路经放大整形作为测距机计数器的关门信号，另一路经放大和峰值保持后，变成脉宽为几十毫秒，峰值为 U_b 的宽脉冲，等待A/D转换。

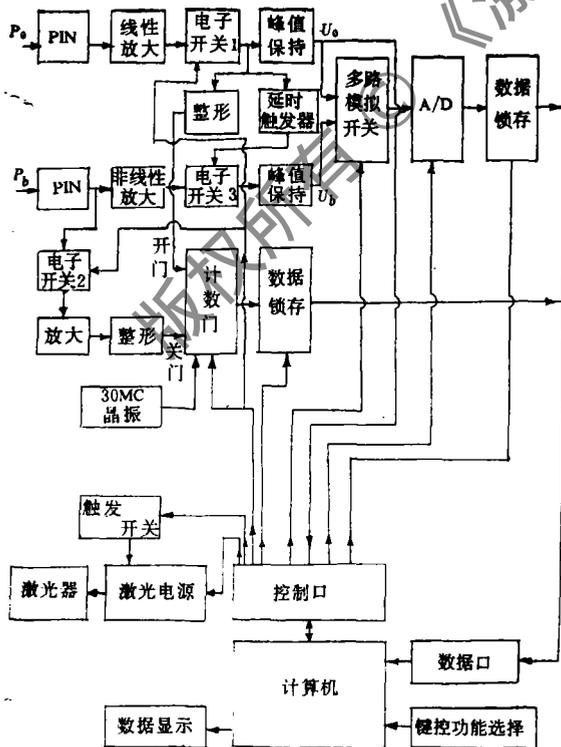


图3 光电信号处理及显示系统原理框图

U_0 和 U_1 被分别送到多路模拟开关的两路上,由计算机控制模拟开关,对它们分别进行A/D转换。此外, U_0 还被送到计算机控制口,通知计算机准备进行A/D转换和数据采集。

计算机还通过并行输入输出接口,向多路开关、A/D转换器、A/D数据和测距数据锁存器等发出控制时序,通过数据口对各个数据进行采集,并对其进行运算和处理,最后显示出处理结果。

经过设计、制作和调校,实验证明这种激光便携式大气能见度、目标距离综合测试仪的原理是正确的。可以发展成一种有特色的激光气象仪器。

参 考 文 献

- [1] 欣克利编。大气激光监测。北京:科学出版社,1984
- [2] 祖耶夫,巴卡诺夫著。光信号在地球大气中的传播。北京:科学出版社,1987
- [3] Horvath H. Atoms Environ, 1981; 15 (10~11): 1785~1796
- [4] Klett J D. Appl Opt, 1981; 20 (2): 15
- [5] 波恩 M, 沃尔夫 E 著。光学原理。北京:科学出版社,1981: 843
- [6] 徐荣甫,刘敬海编著。激光器件与技术教程。北京:北京工业学院出版社,1986
- [7] 周明德编著。微型计算机硬件软件及其应用(修订本)。北京:清华大学出版社,1988

* * *

作者简介: 阎 宁, 1961年7月出生。硕士。现从事激光及应用技术研究。

收稿日期: 1991年5月5日。收到修改稿日期: 1991年12月30日。

· 简 讯 ·

高损伤阈值光束取样器

加拿大Gentec公司介绍一种可用于高功率或高能量的多光束、实时光和同步光诊断的HBS全息光取样器。HBS系列产品能提供三对传输功率或能量在10%~10⁻⁷%之间任何点上的极精确的空间取样信号。其特点是对光偏振、摆动、温度和湿度都不敏感。它适用于标准的波长(308nm, 532nm, 1.064μm, 2.1μm, 10.6μm,)或制作的光学件。

译自L&O, 1992; 11 (1): 22 中尧译 马理校

· 产品简讯 ·

激光二极管准直仪

英国Melles Grot公司推出一种独立的小型激光二极管准直仪,是为了给用户在光电和电连接到激光器装配的线路中以最大灵活性,组件装在一个(直径10mm,长53.34mm)小型的盒中,由激光二极管,准直镜片和驱动器组成。其工作电源为直流5V,波长、输出功率和光点大小有较宽选择范围,功率稳定。

译自L F World; 1991; 27 (8); 157 祖兰译 马理校