

· 激光技术 ·

文章编号: 1001-5078(2001)02-0090-03

一种新型军用激光测距系统的设计与研究

陈安健, 路晓东

(厦门大学机电工程系, 福建厦门 361005)

摘要: 报导了一种新型的军用随伴火炮激光测距系统, 该系统具有便携且易于与火炮联机使用和技术集成。战术展开后, 实时将激光测距信息自动、快速转换为表尺装定密位, 并同时赋予射击诸元。实现了各种野外气象条件下的精确测距。

关键词: 随伴火炮; 射击诸元; 激光测距; 回波脉冲; 探测器

中图分类号: P225.2 **文献标识码:** B

Design and Reserch of A New Type M ilitary Laser Range System

CHEN An-jian, LU Xiao-dong

(Dept. of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen Univ. Xiamen 361005, China)

Abstract: This paper introduces a new type for laser range system of company with gun in military. It is easy the gun on-line application and technical integration by the light and portable. After the deplogment for tactics, real time take the infomation of laser range can be used the auto and fast transformation on set the rear sight of closes, and at the time in entrust shoot order. The accurate range of under all kinds of meteorological conditions are realigned.

Key words: company with gun; shoot orer; laser range; return warepul

1 引言

炮兵分队在训练及实弹射击中, 射击精度存在很大的波动性, 特别在炮兵放列观察射击时, 由于仍然沿用传统的目测距离法, 因此引起了距离表尺装定误差, 导致了以多发试射来修正射击诸元, 同时还要查阅《迫击炮射击修正量表》, 然后再转换成专用的密位单元。极大的影响了射击精度和速度。因此, 迫切需要一种能够满足部队战术技术要求的新型军用激光测距系统。

2 战术技术指标、测距方程及其测距原理

2.1 主要战术技术指标

测程: 300~ 5000m;

测距精度: $\pm 5m$;

工作重复频率: 单次, 0.5Hz, 1Hz, 2Hz, 5Hz;

电源: 干电池或可充电电池;

连续工作时间: 当系统在 5Hz 工作时, 应不小于 1h;

工作温度: $-40 \sim +50$;

作者简介: 陈安健(1950-), 男, 主要从事光学、激光仪器系统的研究、设计及教学工作。

收稿日期: 2000-09-25; **修订日期:** 2000-12-05

整机性能: 防尘, 防水, 防震且装拆方便, 体积小, 重量轻。

2.2 测距方程

脉冲激光测距就是利用激光发射光波脉冲至被测目标反射回来的回波脉冲相对于基准脉冲之间往返渡越时间来实现测距的。它遵循一般测距公式:

$$L = \frac{1}{2} ct$$

式中 L 为发射系统至被测目标的距离, 单位 m ; C 为光速, $C = 3 \times 10^8 m/s$, t 则为至目标之间光波脉冲往返一次的渡越时间^[1]。整个系统测距精度的主要因素决定于时间 t 的测量精度。

测程与回波脉冲强度有关。当激光脉冲沿测程射向目标时的反射回波的脉冲强度受到了大气传输的影响, 因而目标特性, 大气传输效应, 影响着测程和测距精度。

对于漫反射大目标其脉冲测距方程为^[1]:

$$L = \sqrt{A_J / 2\pi P_T \cdot K_G \cdot K_J \cdot K_F \cdot K_0^2 \cdot P_T \cdot \rho}$$

对于漫反射小目标, 其脉冲测距方程为:

$$L = \sqrt{A_0 A_J / 2\pi \alpha_e \cdot P_F \cdot K_G \cdot K_J \cdot K_F \cdot K_0^2 \cdot P_T}$$

式中 P_T —光探测器上的回波脉冲功率;

P_F —发射功率;

A_J —接收光学系统有效通光面积;

A_0 —目标反射的有效面积;

α_e —经发射光学系统后的激光发散角;

K_G —干涉滤光片峰值透过率;

$K_J \cdot K_F$ —接收和发射光学系统的透过率;

K_0 —单程大气传输系数;

ρ —目标反射率。

2.3 系统测距原理

激光束经发射准直扩束系统向被测目标发射激光的同时, 主波接收光电二极管将耦合出一个不经被测目标且同步于发射激光信号的电信号作为基准主波信号, 并输入距离计数器中作为计时的开门脉冲信号, 来自被测目标反射回程的散射激光回波信号由接收系统接收后立即通过窄带干涉滤光器滤除回波信号所夹带的目标背景杂散光, 由硅雪崩光电二极管转换成电信号, 此信号经前置放大进入恒比定时触发电路后形成距离计时的关门脉冲信号, 通

过选通门限进入距离计数器, 停止计时^[2]。此即完成了一次测距。

3 系统的结构及其组成

系统的结构组成主要由发射、接收系统、信号放大处理系统及计数显示系统等四大单元组成, 其结构组成如图 1 所示。

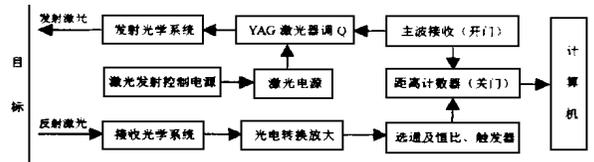


图 1 系统结构及其组成

3.1 激光器 它采用固体脉冲式高重频 YAG 调 Q 激光器。工作波长 $1.06 \mu m$, 脉宽 $25 ns$, 谐振腔为平-平腔, 聚光腔为聚四氟乙烯漫反射紧包腔, 单灯冷却的腔体结构。氙灯用掺铈石英玻璃材料制成, 它可滤掉紫外光, 冷却液不用加滤紫外光的药剂, 有效的保护了 Nd-YAG 棒不产生“色心”, 同时也防止了聚光腔的污染。

3.2 调 Q 开关 它为浸液 KD*P 普克尔盒开关^[4], 它可以实现调制电压变化信号转变为相应的光强变化, 实现对激光载波的幅度调制。因为光波在空气中往返 $1 m$ 距离仅需 $6.6 ns$ 的时间, $1 \mu s$ 时间内就相当于传播近 $300 m$ 距离, 因此, 必须将微秒级静态激光调制成纳秒级的动态激光。同时激光脉冲宽度不能太大, 否则影响测程。

$$Q = 2\pi n l / \alpha \lambda$$

式中 l —腔长, n —介质折射率, α —光能损耗率。可见, 提高 Q , 则器件的阈值低, 易起振, 损耗小, 即 α 小, 所以激光调 Q 有两个重要条件:

激光光源发光时间 < 激光材料的亚稳态寿命值, 即激发速率要快。

Q 开关时间要快, 越快表明脉宽越窄, 则输出功率越大。

3.3 激光电源 它采取单机供电 $220 V / 50 Hz$, 供电功率 $1 kW \cdot hr$, 备有内、外时统, 工作重频为单次, $0.5 Hz, 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz$, 可连续工作, 并有自动预电离和自保电路功能, 其工作电压在 $500 V \sim 900 V$ 之间可调。采用恒流充电, 充电电容 $100 \mu F / 1200 V$ 。并以专门技术, 使激光电源处于稳定可靠状态。

3.4 发射望远系统 激光器的自然发射角为 $6 m rad$, 本测距系统要求发散角以 $2 m rad$ 的激光束

射向目标。设计的光学天线为 3 倍的扩束望远镜, 满足了测距系统的要求。

3.5 接收望远系统 是将来自被测目标反射的激光信号会聚到光电探测器上。接收口径为 $\Phi 80$ 2mm, 相对孔径 1:2.47, 非球面物镜组的焦距为 198.094mm, 目镜组由 45 反射镜、分划板组成。位于接收望远系统的上方, 作为瞄准、观测调整。测距时可将 45 反射镜移开接收光路, 让接收来的光信号无损耗地通过后续系统单元。

3.6 光电探测接收器 选用带有前置放大组件的 SPO-052 型固态硅雪崩光电二极管作为系统探测器。它将接收到的光信号转变为电信号, 经电路放大, 处理后成为距离计数器的关门信号。其主要参数: 光敏面积的直径 $\Phi 8$ mm, 前放电源电压 $\pm 6 \sim \pm 9$ V; 等效噪声功率对 $1.06\mu\text{m}$ 波段为 $2 \times 10^{-13}/\text{Hz}^{1/2}$, 电压响应度 $1.4 \times 10^5 \text{V/W}$, 前放带宽 40MHz。

3.7 恒比定时触发电路 激光测距误差主要来源于激光回波脉冲信号强弱幅度起伏所引起的偶然误差, 此亦为激光回波脉冲前沿时间所引起的误差。采用 $< 1\text{ns}$ 定时精度的恒比定时触发电路处理, 可使输入的激光回波脉冲信号按设定的比例产生一个输出脉冲信号。这样, 该信号将不随激光回波输入幅度起伏而变化, 以此产生准确而稳定的距离计时关门信号。

3.8 选通电路 由于激光电源在充放电时处于高压、大电流工作状态, 与之匹配的 Q 开关也同时在高压、高频状态下工作而产生噪声。外界环境的各种光电干扰都可能造成误触发有关电路, 误触发将影响正常测距。为克服和控制以上各种噪声干扰, 选通电路的设计能够达到在有效测程上的激光回波脉冲信号允许进入与门, 其它干扰脉冲信号将被拦截, 从而获得正确的测距信息。

3.9 距离计数器 由于计数器频率上限为 150MHz, 时间分辨率为 6.6ns 与前沿脉冲持续时间相当, 为满足测距精度要求, 就必须采用超高速的集成电路, 才能将脉冲激光用于计时, 完成距离信息的实时计数。

3.10 窄带干涉滤光片 它充分利用了激光高单色性特点, 将干涉和滤光结合在一起而形成一种高效能窄带滤光器, 是接收系统后的第一道关卡, 可使 95% 以上能量通过, 而对太阳中其他谱线以 10^4 倍

衰减, 从而提高信噪比, 增加测程。

4 影响测距精度的几个因素^[5]

影响激光测距系统测量精度和稳定性的因素及关键技术主要由下面几个因素。

4.1 光电干扰及其控制 光干扰和系统中电源干扰信号十分复杂。日光、月光及战场上的火光等的光辐射构成了系统测量的主要杂散光干扰。对于这些光干扰, 利用激光波长为确定值以及激光为相干光等特点, 采用窄带干涉滤光片滤除杂散光及对激光信号进行处理, 可以得到有效抑制。

4.2 响应速度 激光回波的脉冲信号宽度只有数个微秒, 因此测量系统必须有足够快的响应速度和与之匹配的信号处理的软、硬件单元, 从而保证测量过程的实时完成。

4.3 探测精度 探测精度是系统获得完成测量的一个主要指标, 它取决于电路的线性放大特性, 计时的准确性以及距 L 处的回波功率 P_L 采集的准确性对于探测精度的影响。硅雪崩光电二极管作为系统的光电转换探测, 保证了电路处于线性状态而提高测量精度。

5 结束语

系统利用激光的相干及脉冲特性, 有效地排除了杂光干扰, 在 300m 测程上的测距精度为 $\pm 2.05\text{m}$, 最大测程 5000m 时达到 $\pm 4.47\text{m}$ 。同时系统通过不同高低温区域的防尘、防水、防震等实地实验, 各项指标均已达到了战术技术要求。具有反应快、灵敏度和集成度高等优点, 为火炮射击指挥决断提供了科学依据。

参 考 文 献

- [1] F F 阿雷克, E Q 舒尔茨-杜波依主编 激光技术的应用 [M], 北京, 科学出版社, 1983
- [2] 总后军械部, 军用光学仪器 [M], 解放军出版社, 1990 293~ 297
- [3] 朱煜 陈进榜 卿光弼, 等 人眼安全激光测距机的一些进展 [J], 激光杂志, 1998 19(6): 1~ 4
- [4] 徐荣甫, 刘敬海 激光器件与技术教程 [M], 北京: 北京工业学院出版社, 1986
- [5] 施德恒, 许启富 后向散射式路道能见度激光测量仪的研究 [J], 光学技术, 1999 5: 93~ 96,