

文章编号: 1001-5078(2005)05-0363-02

一种集发射、接收与瞄准三共轴系统的光学结构

陈安健, 郑 炜

(厦门大学机电工程系, 福建 厦门 361005)

摘要: 根据激光测距的特点, 介绍一种通过特殊设计的锥棱镜 (Pyramidal prism) 并以其互成锥角的棱镜斜面与物镜, 分别构成激光测距特性所要求的集发射、接收与瞄准三共轴且共用一个物镜的新光学结构。该结构可以满足对固定或运动目标的快速搜索、跟踪和实时的标定测量的要求。

关键词: 三共轴, 激光测距, 锥棱镜

中图分类号: P225.2 **文献标识码:** B

A New Kind of Optical Structures to Gather the Radiate Receive Observe and Collimate for Three Shared Coaxial System

CHEN An-jian ZHENG Wei

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

Abstract Following the theory of the laser range system, a new kind of optical structure is put forward. It uses a special design pyramidal lens. The angular surfaces of the lens are pyramidal angle each other. The surfaces and objective respectively form the three shared coaxial which can radiate, receive, observe and collimate. The system is a new optical structure which uses a shared objective. This structure can satisfy quick movement, tracking, real time demarcation of fixed or orbital object.

Key words three shared coaxial system; laser range; pyramidal prism

1 引言

在现有激光测距系统中, 对于发射、接收与观察瞄准三系统的结合具有三种不同的光学系统结构^[1]。有发射与接收系统共轴而与观察瞄准系统异轴; 有接收与观察瞄准系统共轴而与发射系统异轴; 有的甚至三系统互为异轴。由于这三种光学结构都处于异轴状态, 致使系统结构形成分离而变得庞大笨重, 给军用激光测距带来相当不便。特别是在战场情况下的操作更是常常造成顾此失彼, 因而受到一定程度的局限。为此, 本文介绍一种有别于上述三种结构以外新设计的一种集发射、接收与观察瞄准三系统共轴且共用一个物镜的光学结构, 可以满足对固定目标或运动目标的快速搜索、跟踪和实时的标定测量。该结构一经联机于军用激光测距, 能够获得较为理想的效果^[2]。

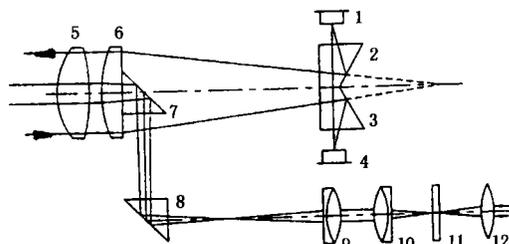
2 光学结构的组成

光学结构主要由发射、接收和观察瞄准三部分光学系统构成, 如图 1 所示。

2.1 发射光学系统

发射光学系统由物镜和锥棱镜的上半部 ($f' < 0$) 构成倒置伽利略式扩束望远系统。它的功能是将

激光器射出的激光束进一步得到扩束而压缩激光束的发散角, 使单位立体角的光能量得到提高, 目标所得到的照度也相应提高, 形成的高发射峰值功率的激光脉冲射向既定目标, 同时使作用距离得到提高。



1—激光器 (Nd:YAG); 2—锥棱镜 (上半部); 3—锥棱镜 (下半部); 4—光电探测器; 5—6—物镜组; 7—8—转折棱镜组; 9—10—中继透镜组; 11—分划板; 12—目镜

图 1 三共轴光学结构

2.2 接收光学系统

接收光学系统由物镜和锥棱镜的下半部 ($f' > 0$) 构成刻普勒式望远系统。它的功能是, 激光能量

作者简介: 陈安健, 男, 长期从事光学、光电及激光仪器的新光学系统结构的研究、开发设计与教学工作, 发表相关论文 23 篇, 现为厦门市仪器仪表学会、机械工程学会会员。

收稿日期: 2004-10-8

将由被测目标物对脉冲激光实现漫反射后的微弱信号回波光脉冲收集、会聚并射向位于物镜像方焦平面处与峰值波长 $1.06\mu\text{m}$ 相对应的硅雪崩光电探测器 (国产 SPD-052 型) 的敏感面上, 探测器将接收到的微弱回波光脉冲信号转换为毫伏量级的电脉冲信号。

2.3 观察瞄准光学系统

观察瞄准系统由物镜、转折棱镜组、 $\beta' = -1$ 倍中继透镜组及目镜构成转像望远系统。它的功能是为使物镜的像方焦平面上形成正立的物空间像, 通过目镜实现观察和瞄准。

2.3.1 转折棱镜组

转折棱镜组是由两块同材质等腰棱镜组成。它的功能是将进入物镜光轴中心的会聚光束转折成像于 $\beta' = -1$ 倍中继透镜组的前焦点上。为消除引起系统附加视差, 设计时应使棱镜的最小会聚焦距满足 $f' = 2000\Gamma^2 D(\text{sd})^{1/3}$ 的要求。式中 Γ 为发射或接收光学系统的视角放大率, $D(\text{sd})$ 为视度。这时棱镜在 $\beta = 45^\circ$ 制造工艺角度下的视场角为 $\omega = 5.33^\circ$, 其外形尺寸为 $15 \times 15 \times 10$ 如图 2 所示。

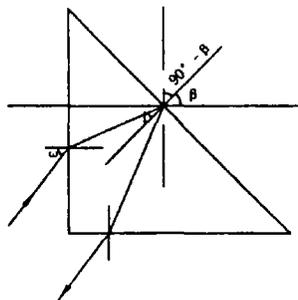


图 2 转折棱镜

当会聚光束射入转折棱镜且当 $90^\circ - \beta > \beta - i$ 时, 视场角 ω 将由临界角决定:

$$\sin \omega = n \sin(\beta - i)$$

反之则由棱镜制造工艺角度 β 决定:

$$\sin \omega = n \sin(90^\circ - \beta) = n \cos \beta$$

因此, 若 $\beta < i$ (或 $\omega_0 > \omega$) 则在棱镜反射面上必须镀上反射膜层。

2.3.2 $\beta' = -1$ 中继透镜组

中继透镜组, 如图 3 所示。它只起转像作用, 将第一次的像再次成像于后焦平面处的分划板上, 以给目镜提供一个清晰的远方目标的观察空间。故中继透镜组的系统设计能力为横向放大率 $\beta' = -1$ 的结构, 即此也就决定了两双胶合透镜组为完全对称的光学结构。这样, 物面和像面将位于各自前后焦点上, 以此确保主光线准确通过筒长平行光路中心。即由:

$$u'_2 = -u_1 = \Phi / 2f'_2 = \omega$$

$$\text{或 } u'_2 = -u_1 = D / 2f'_1$$

$$\text{得到 } f'_2 = \Phi f'_1 / D = -f'_1$$

$$\text{及 } d = 2(1 - k)f'_2$$

式中: Φ 为筒长平行光路光束口径; D 为物镜通光口径; d 为透镜组主平面间空气距离; u 为孔径角, k 为系统渐晕系数。

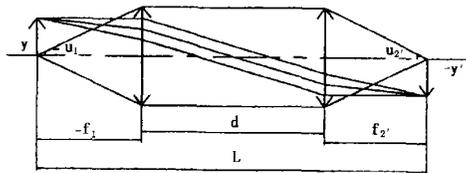


图 3 $\beta' = -1$ 转像透镜组

2.3.3 锥棱镜

由于 Nd:YAG 激光器的发射波长 $\lambda = 1.06\mu\text{m}$, 它决定了锥棱镜工作在近红外区域, 透射波长应与激光器的发射波长相适应。因此, 棱镜材料应选取 ZnSe, 折射率为 2.4, 色散系数为 30.8, 透光率为 97%。其锥平面的上下两半部各自形成所需焦距为 $f' = \pm 19.81\text{mm}$ 的“透镜”, 以与物镜配合构成相应的 $\Gamma = 10$ 倍扩束系统。

2.3.4 物镜

发射光源为 Nd:YAG 固体激光器, 激光器本身自然发射角为 $5 \sim 6\text{mrad}$ 左右, 根据测距系统要求以 $0.5 \sim 1\text{mrad}$ 左右的发散角的激光束射向目标, 所以设计的光学天线应为 10 倍倒置伽利略和刻普勒式望远镜。即:

$$\theta = \theta' / \Gamma = 0.5 \sim 1$$

因此, 在这样的压缩 (扩束) 条件下, 经光学计算, 物镜的通光孔径为 $\phi 60.4\text{mm}$, 相对孔径为 1:3.28。根据这一光学特性以及像差校正要求, 选用双-单型结构的分离透镜组予以满足, 其空气间隔 0.53mm , 焦距 $f' = 198.112\text{mm}$ 。同时由于结构要求, 其中的单透镜必须设计成平凸型, 以利用其透镜平面与一转折棱镜实现光胶。

3 结构的主要技术特点

(1) 由于转折棱镜之一光胶于物镜光学平面中心, 有效地克服了在国内外同类仪器系统中专门为此设置的光分束器而难于共轴调试的缺陷。

(2) 由于在结构中采用了特殊设计的锥棱镜, 同时让锥棱镜的两个反射面, 通过方便地旋转机构形成相对应的 $f' < 0$ 和 $f' > 0$ 的发散和会聚光学表面, 以与物镜构成激光测距时发射、接收与观察瞄准三系统共轴且共用一个物镜所需要的光学结构。由于该结构处于三共轴状态下, 因而也能消除系统目标所引起的视差。

4 结束语

正是由于上述技术特点, 通过特殊设计的锥棱镜使发射、接收与观察瞄准三系统实现了共轴, 且共用一个物镜窗口, 因而光路紧凑, 整个光学结构十分简单、成像优良。能够满足军用激光测距特有的战术技术要求, 且适合于军用机械、舰载和地面火炮的战术展开而实现各种复杂条件下的激光测距。

参考文献:

[1] 中国矿业学院测量教研室编. 激光测距仪 [M]. 煤炭工业出版社, 1980: 45-48.
 [2] 陈安健, 路晓东. 一种新型军用激光测距系统的设计与研究 [J]. 激光与红外, 2004, 31(2): 90-92.
 [3] 光学仪器设计手册编辑组编. 光学仪器设计手册 (上册) [M]. 国防工业出版社, 1971: 3, 74-76.