

用校正片确定激光测距机中 接收光栏的位置

于志文

对于YAG、GaSb等非可见波长的激光测距机,在其装校期间,经常碰到确定接收(视场)光栏位置的问题。这里介绍一种用校正片确定接收光栏位置的方法。通过校正片,利用可见光(D光)便可定出非可见波长光的焦点位置,从而接收光栏的位置便得以确定。

在YAG、GaSb或其它不可见波长的激光测距机的装校过程中,经常碰到确定接收光栏位置的问题。这是因为,如果位于探测器前面的接收光栏偏离正确位置而超出了所许可的范围,就会给测距机的性能带来不利影响。我们知道,波长为 $1.06\mu\text{m}$ 、 $0.9\mu\text{m}$ 的光是不可见的,在接收光路中的干涉滤光片也是不透(或几乎不透)可见光的,这对确定接收光栏的位置带来一定困难。尽管如此,人们总还是可以想出种种解决这方面问题的方法。本文叙述一种采用校正片借助可见光(D光)来确定接收光栏位置的方法。该方法在实践中证明是行之有效的。

一、基本原理

先来看一个通常至少是被光学专业人员所熟悉的事实:

当在一个聚焦透镜和它的焦点之间垂直插入一块玻璃平板时,焦点的位置发生变化,向远离透镜的方向位移^[1],如图1所示。其中图1a示出了未插入平板玻璃时焦点F'的位置,图1b则示出了同一聚焦透镜在插入平板玻璃时的情况。

设平板玻璃的折射率为 n ,厚度为 d ,位移量为 Δ ,则它们三者之间的关系为:

$$\Delta = \frac{n-1}{n} d \quad (1)$$

由(1)式可知,在折射率一定的情况,焦点位移量与平板玻璃厚度成正比。用校正片和可见光(D光)来确定接收光栏位置的方法便是建立在(1)式基础之上的。

现在,我们来分析图2a所示的接收光学系统。

为分析问题方便,我们在此假定接收光路是独立的,并且还假定是对激光波长 $\lambda = 1.06\mu\text{m}$ 而言的。所谓独立,就是说接收光路没有与瞄准光路或发射光路等进行合一。实际的接收光路不一定就是这样。但我们在作了这些假定情况下所获得的原理和方法,同样适用于合一光路的复杂情况及 $\lambda = 0.9\mu\text{m}$ 等情况。

收稿日期:1986年6月20日。

在图2a中,参考点位置选在接收物镜的后顶点(即光轴与接收物镜最后一个折射面的交点)处,1.06μm焦点位置用 $l'_{1.06}$ 表示,接收(视场)光栏的中心与1.06μm焦点位置 $F'_{1.06}$ 重合。这里提及一点的是,参考点应根据光路的具体情况,从解决问题方便的角度来选择,不一定就选择在物镜的后顶点上,这在后面关于校正片计算的实例中,便会看出。

图2b是把图2a中的干涉滤光片取走后对可见光(D光)的情况,D光焦点 F'_D 的位置用 l'_D 表示,由于波长不同及干涉滤光片的影响,1.06μm焦点与D光焦点在轴上有一距离 Δ 。此距离 Δ 可表示为:

$$\Delta = l'_{1.06} - l'_D \quad (2)$$

由于在光学系统设计完毕时, $l'_{1.06}$ 、 l'_D 是已知的,因而 Δ 也是已知的。

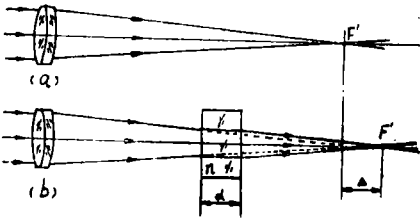


图1 平行板玻璃使焦点 F' 产生位移

根据上面的讨论,在图2b中的接收物镜和D光焦点 F'_D 之间垂直插入一块由玻璃平板制作的校正片(如图2c所示),该校正片使D光焦点 F'_D 位移到 l''_D 处恰好与图2a中的1.06μm焦点 $F'_{1.06}$ 重合,即满足 $l''_D = l'_{1.06}$,则此时,利用校正片确定出的D光焦点位置就是图2a所示的1.06μm焦点的位置或接收光栏的轴向位置。

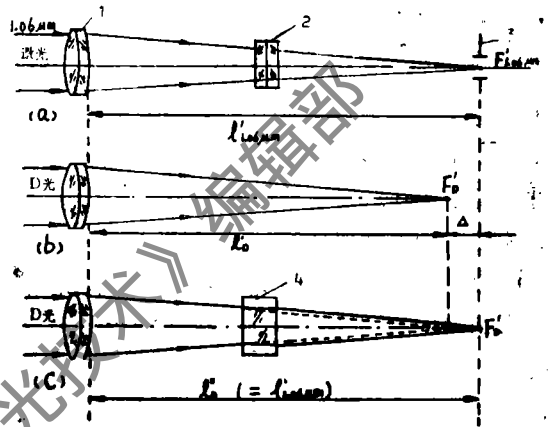


图2. 校正片的作用原理示意图。1.接收物镜; 2.干涉滤光片; 3.接收光栏; 4.校正片

图2. 校正片的作用原理示意图。1.接收物镜; 2.干涉滤光片; 3.接收光栏; 4.校正片

二、校正片的计算

校正片的主要参数有两个,一个是校正片对D光的折射率 n_D ,另一个则是它的厚度 d 。校正片的这两个参数可利用公式(1)和(2)来求取。把(2)式代入(1)式,并把 n 换成 n_D ,得:

$$\frac{n_D - 1}{n_D} d = l'_{1.06} - l'_D \quad (3)$$

式中, $l'_{1.06}$ 、 l'_D 可按设计值代入,引起的误差可忽略不计,由于 $l'_{1.06} - l'_D$ 是已知的,这样在(3)式中只剩下两个变量,只要我们选定了 n_D 和 d 中的任何一个参数,另一参数可通过(3)式计算出来。

为了进一步明了校正片的使用条件,对(3)式作如下几点讨论:

1. 由于(3)式左边的 $n_D > 1$ 、 $d > 0$,所以采用校正片的必要条件是:(3)式右端的 $l'_{1.06} - l'_D > 0$ 成立,在一般情况下,这一条件是会满足的。

2. 若 $l'_{1.06} - l'_D = 0$,则由于 $n_D \neq 0$,则由(3)式得 $d = 0$,该情况相当于1.06μm光与D

光消色差而不用校正片的情况。

3. 若 (3) 式右端的 $l'_{1.06} - l'_D < 0$ ，由于 $n_D > 1$ ，这样由 (3) 式解算出来的校正片厚度值为负值，没有意义，因为厚度为负值的光学元件是加工不出来的，这说明，当出现这种情况时，不能用校正片来确定接收光栏的位置。但若仍想用校正片来确定接收光栏的位置，最好是对原来的光学系统重新设计，把 $l'_{1.06} - l'_D < 0$ 的情况排除掉。

下面举一个校正片计算的实例。校正片的设计，通常是在光学系统设计完毕之后进行，它不是光路中的实际工作元件，只在测距机装校期间使用。对校正片提出的要求很多，如对材料的要求，加工精度的要求等，每一项要求中又常常包括好多项，对此，我们不予讨论。我们仅考虑校正中的两个最主要的参数 n_D 、 d 如何确定的问题。毫无疑问，其计算结果是设计校正片的必要依据。

图 3 是 YAG 激光测距机中的瞄准-接收合一光学系统^[2]，它同时具有接收和观察瞄准性能。

为了解决问题方便，我们把参考点不是选择在瞄准-接收共用物镜的后顶点处，而是选在分光棱镜对 $1.06\mu\text{m}$ 激光的出射面与光轴的交点 O 上，如图 4a 所示， $1.06\mu\text{m}$ 焦点位于 $l'_{1.06}$ 处。与此相应的 D 光焦点位于同一参考点的 l'_D 处。如图 4b 所示。这里，我们画出了图 3 中与计算校正片有关的部分（未按比例）。

根据光学系统设计完毕后的光路计算结果可知： $l'_{1.06} = 8.5418523$ ， $l'_D = 6.7748633$ 。

将它们代入公式 (3) 得：
$$\frac{n_D - 1}{n_D} d = l'_{1.06} - l'_D = 1.766989$$

取 ZF_2 玻璃作校正片材料， $n_D = 1.6725$ ，于是便得到校正片的另一参数， $d = 4.4394819$ 。

三、用校正片确定接收光栏位置的主要步骤

所需装校设备主要是光学实验室中所通用的光具座，如配 0.5m 准直管的 GXY-08A 型

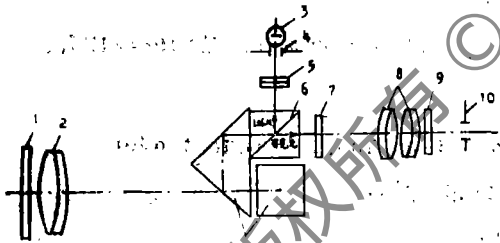


图 3 瞄准-接收合一光学系统示意图。

1. 保护玻璃；2. 瞄准-接收共用物镜；3. 雪崩光电二极管；4. 接收光栏；5. 干涉滤光片；6. 分光面（反射 $1.06\mu\text{m}$ 光，透射可见光）；7. 分划板；8. 目镜组；9. 防护镜；10. 出瞳；11. 转象棱镜组

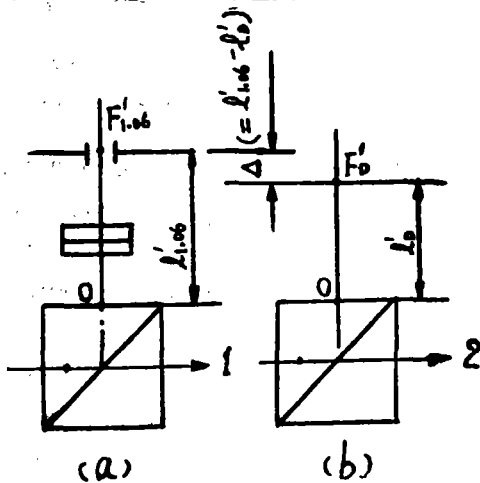


图 4 $l'_{1.06} - l'_D$ 计算示意图。

1. 至分划板；2. 至分划板

光具座。假定瞄准系统已调好。现在，我们以图 3 所示光学系统的装校为例，将用校正片确定接收光栏位置的主要步骤叙述如下：

1. 把接收光路中的干涉滤光片取走，换成校正片。

2. 从探测器方向照明接收光栏, 必要时, 从目镜方向把瞄准镜分划板照明。然后, 用装配了阿贝自准目镜 (或高斯自准目镜) 的 0.5m 准直管, 在瞄准-接收合一物镜的左方, 观察瞄准镜分划板在准直管分划板上的象, 该象是瞄准镜分划板依次经分光棱镜、转象棱镜组、瞄准接收共用物镜、保护玻璃, 最后经准直管物镜后形成的。把瞄准镜分划板象的十字中心调到准直管的视场中心。

3. 移动接收光栏, 使接收光栏也在准直管的分划板上成象, 直到光栏象不但清晰, 而且其中心与瞄准镜分划板象的十字中心重合为止。此时, 所确定出的光栏位置, 便是接收光路中 1.06 μ m 的接收光栏位置。

4. 校正片仅在装校过程中使用, 待接收光栏位置确定后, 即可取下, 再换上干涉滤光片, 并予以固定。

如果把干涉滤光片比作“梁”, 校正片比作“柱”, 则上述过程可形象地比方为: 先来个“偷梁换柱”, 成功后, 再来个“偷柱换梁”。

四、特点

在不可见波长的激光测距机中, 利用校正片和可见光 (D光) 来确定接收光栏的位置, 具有如下主要特点:

1. 在通用的光具座上即可实现;
2. 简单可行。

该方法在实践中已经受了考验, 在我所研制成功的采用瞄准-接收合一光学系统的便携式测距机的装校过程中, 利用校正片成功地解决了接收光栏位置的确定问题。

参考文献

- [1] 荆工、史尔编, 《应用光学》, 1973年10月, 国防工业出版社, 第210~212页。
- [2] 《兵器激光》, 1986年, 第1期, 第64页。

Positioning the receiving field stop of a laser range-finder with a correcting plate

Yu Zhiwun

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract

During setting and adjusting a laser range-finder, it is often met how to position the receiving field stop. The wrong position of the stop will result in a decrease in the performances of a range-finder. This paper describes a method of positioning the receiving field stop with a correcting plate. According to the method, the receiving field stop will be positioned by D ray ($\lambda = 5893 \text{ \AA}$) as long as the correcting plate is inserted into the optical path of the laser receiver. This method has been proved to be successful in the real applications.