

凹面反射镜焦面的精确标定和提高 激光产品光轴平行性的方法

陈灼英

(国营华光仪器厂科研设计所, 重庆)

摘要: 本文阐述了反射镜焦距、焦面标定误差、激光产品跨距和光轴平行性的关系, 提出了一种标定焦面位置较精确的方法。

Precise orienting of focal plane of the concave mirror and method
for increasing optic axis parallelism of laser products

Chen Zhuoying

(Design Institute of Huagong Instrument Factory)

Abstract: The relationships between focal length, oriented error of focal plane of the mirror and span, optic axis parallelism of the laser products are described. A method for orienting more precise position of focal plane is presented.

一、引 言

目前, 国内研制激光产品的单位很多, 大都要碰到光轴的调校问题。所用仪器不外乎平行光管和凹面反射镜。由于反射镜具有不产生色差, 移动、携带方便等优点, 越来越多的单位乐于使用。这种反射镜一般焦距较长(如不小于2m), 相对孔径较小(如不大于1/7), 再加上反射面产生的球差只有相同光焦度单个折射球面产生球差的1/8, 因而球差很小, 用球面代替难加工和存在一定加工误差的非球面, 不会有明显的差别。我厂从70年代开始, 用通光口径 $\phi 300$ 、焦距2100mm的凹球面反射镜调校产品, 至今效果较好。经计算, 焦点上发出的光线反射后满口径只产生 $18''$ 不平行性的误差。由于产品各系统光轴间的距离小, 误差更可忽略不计。在调校中, 有时认为三轴已调好, 实际光轴间还存在较大的不平行性误差, 在某些情况下是由于凹面反射镜焦面标定误差或感光相纸放置位置不正确引起的。

二、焦面标定误差与光轴平行性的关系

对于激光测距机这种典型产品, 一般系统包括瞄准、发射和接收三光轴。为了对远距离目标进行测距, 在调校时必须使三轴处于相互平行。为了方便说明问题, 这里只讨论瞄准与发射二轴的情况(其余可类推), 从理论上分析反射镜焦距、焦面标定误差、产品跨距与光轴平行性的关系。

如图1所示, P为凹面反射镜, 焦距为 f' , 发射光轴1代表激光的发射方向, 瞄准光轴为2, B为真实焦面上感光相纸所在位置, 与发射光轴垂直, L为发射光轴与瞄准光轴(实际为视准轴)之间的距离。我们把产品中每两光轴之间的距离称之为“跨距”。

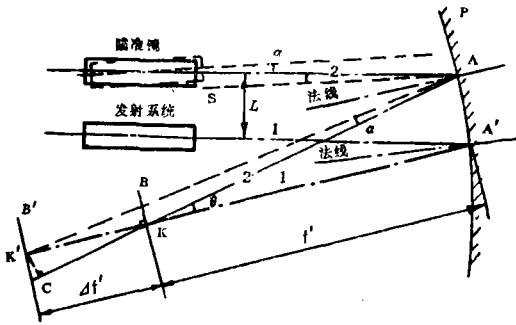


图 1

众所周知, 一般调整光轴1与光轴2平行度的方法: 沿光轴1方向发射激光束, 经凹面反射镜P反射后, 在处于焦面的感光相纸B上打一激光斑点K, 然后用灯光照明, 用瞄准镜观察, 看光斑中心是否与分划十字交点重合, 否则调整使其重合。

当反射镜焦面标定有误差, 或者相纸位置有所变动时, 打出的斑点就不在焦面上, 而在离焦面有一距离 $\Delta f'$ 的 B' 平面上的 K' 点, 这时, 处在发射轴1上的 K' 点已变成了瞄准镜光轴2的轴外点。这样, 在存在 $\Delta f'$ 误差的情况下就可能出现下列两种情况: (1) 虽然发射轴1与瞄准轴2实际上已相互平行, 但由于 $\Delta f'$ 的存在, 引起 $K'C$, 使斑点 K' 并不与分划板的十字交点重合, 反映不出二光轴已平行的实际情况; (2) 如果调整瞄准与发射两光轴之间的夹角为 α , 即瞄准轴在图面上(见图1)逆时针旋转 α 角后, 使激光斑点 K' 在视场内与分划板十字交点重合。这是一种假象, 实际上光轴1与转动后的瞄准轴2'并不平行而相互夹角 α , 如图1虚线所示。

对于一个单位, 若有两个以上的反射镜, 由于焦面标定的误差不同, 就有可能在检验产品时出现不一致的情况, 这是应该避免的。

由图1得到:

$$K'C = KK' \cdot \sin\theta = \Delta f' \cdot \sin\theta$$

式中, θ 为两光轴经反射镜反射后的夹角, 此角度很小。

一般情况下, $L \ll f'$, $\theta \approx \sin\theta$,

又 $\theta = AA' / f' \approx L / f'$

所以, $K'C = \Delta f' \cdot L / f'$ (1)

瞄准镜光轴与反射镜P的交点为A, A即为反射镜的主点, 连接 $K'A$, 令 $K'A$ 与瞄准镜反射后的光轴AK的夹角为 α , $K'A$ 反射前的光线AS与瞄准镜光轴2的夹角亦为 α 。因此, K' 与C点对瞄准镜的张角也为 α , 瞄准轴必须转动 α 角才能使 K' 与分划十字交点重合。 α 即为发射与瞄准两光轴的不平行度。

由图1可知:

$$K'C = (f' + \Delta f')\alpha$$

代入(1)式得:

$$\alpha = \Delta f' L / [(f' + \Delta f') \cdot f']$$

因 $\Delta f' \ll f'$, 所以,

$$\alpha = \Delta f' L / f'^2 \quad (2)$$

由公式(1)和(2)可以得出以下结论:

1. α 与 f'^2 成反比

凹面反射镜的焦距 f' 愈长， $\Delta f'$ 引起的光轴平行性误差 α 愈小。这就是用长焦距反射镜的根本原因。使用长焦距反射镜可明显地提高调校精度。

2. α 与 $\Delta f'$ 成正比

焦距标定误差 $\Delta f'$ 愈大， α 也愈大，双轴的平行性调整精度就愈低。这就明确告诉我们在产品调校过程中，感光相纸必须始终与反射镜的真实焦点重合。对于新制造的球面或非球面反射镜必须对其实际焦面进行精确标定。

3. 当 $\Delta f'$ 不为零时，跨距 L 和 α 成正比

这就要求我们在实践中对跨距 L 大的产品要引起特别的注意。少量的焦距标定误差 $\Delta f'$ 可能引起较大的光轴不平行性误差 α ，从而使调校精度降低。

4. 当跨距 $L=0$ 时，始终 $\alpha=0$

即双轴合一的产品，尽管调三轴反射镜存在焦距标定误差 $\Delta f'$ ，打斑点相纸不在真实焦面上，因 $\alpha=0$ ，所以不会产生双轴的平行性调整误差（对出瞳直径较大的瞄准镜，虽然激光斑点的象不与分划面重合存在视差，但可用遮拦物镜入瞳的办法加以消除）。

5. 当 f' 与 $\Delta f'$ 为定值时，若连续改变跨距 L ，此时， α 和 $K'C$ 也随之连续变化。当 $\Delta f'=0$ 时，不管跨距 L 如何变化， α 和 $K'C$ 始终为零。

三、结论的应用

1. 光轴平行的判别

某个激光产品已用一个焦距标定有误差 $\Delta f'$ 的凹面反射镜调校完毕，已使激光斑点与分划板十字交点重合。如何仍用此反射镜来判别产品光轴是否平行？

首先，准备好两块具有一定精度的斜方棱镜，此棱镜的特点是：出射光线与入射光线相互平行。

如图2所示，发射系统对凹面反射镜发射激光（为了减小象差，特别是慧差的影响，尽量使 β 角小些）在原调校位置的相纸上打一斑点，然后，在瞄准镜前放置棱镜M和N（可用两棱镜都能旋转的光轴平移仪），将瞄准轴引向与发射轴重合，再用瞄准镜观察激光斑点，这时，已人为地使跨距 $L=0$ ，根据结论4，有 $\alpha=0$ 和 $K'C=0$ ，这就表明虽存在焦面标定误差 $\Delta f'$ ，但只要斑点与分划十字交点重合，就表示双轴平行，否则就反映出了两轴不平行的。

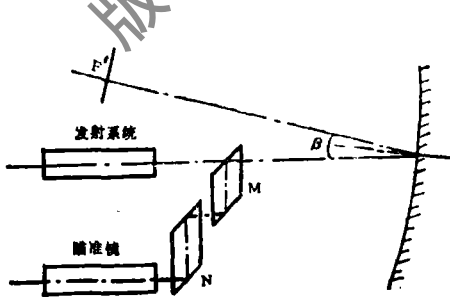


图 2

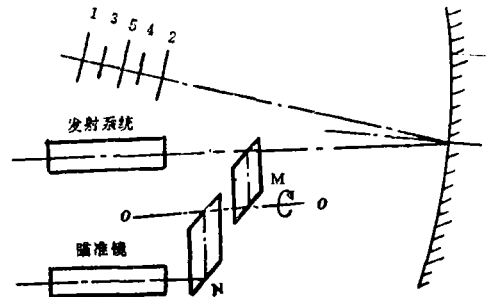


图 3

2. 凹面反射镜焦面的精确标定

一般是在反射镜焦面附近放上有标记或表面有某些特征的物体，用带目镜的平行光管通

过反射镜进行观察,用消视差的方法标定焦面,此方法由于平行光管的出瞳较小,焦面标定也就存在一定的误差。

下面介绍一种较精确标定焦面的方法:

如图3所示,在真实焦面(在标定前只能根据反射面的曲率半径知道大概的位置)附近1、2、3、4、5……位置先后放感光相纸,每放一位置打一激光斑点,用灯光照明,然后按图3放置棱镜M、N。棱镜M绕轴 oo 转动,这时,发射轴与通过斜方棱镜平移后的瞄准轴之间的跨距 L 随棱镜的旋转而变化。由结论5,或公式(1)和(2),知 α 、 $K'C$ 与 L 的大小成正比,因而激光斑点在瞄准镜视场内随棱镜M的转动而发生位置变化, L 变化愈大,斑点动得就愈厉害。只有当相纸处于凹面反射镜的焦面上,即 $\angle f' = 0$ 时,根据结论5,不管跨距 L 为何值,始终 $\alpha = K'C = 0$,因此,当棱镜转动时,斑点在视场内始终不动。这不动正说明了反射镜反射出的是一束平行光,此时相纸的位置即为反射镜的焦面。

为了提高激光产品的光轴平行性调校精度,根据公式(1)和(2)以及上述推出的几个结论,可采取如下三个措施:

- a. 使用长焦距凹面反射镜或平行光管;
 - b. 精确标定焦面位置;
 - c. 用两个斜方棱镜组成的光轴平移仪将一光轴人为地引向与另一光轴重合,使跨距 $L = 0$ 。
- 上述方法在我们的产品调校中得到了良好的效果。

* * *

作者简介:陈灼英,男,1938年12月出生。高级工程师。现从事光学设计和激光产品的研制工作。

收稿日期:1990年1月5日。

· 简 讯 ·

Georgia技术研究所研究激光感生荧光效应

Georgia技术研究所的研究人员应用激光感生荧光技术探测和测量两种气相硅,这两种气相硅在制造高级半导体器件和光纤方面是很重要的。激光感生荧光(LIF)是可调谐激光器的光束照射未知化学成分的气体。气体的各种组分吸收某些波长的激光,然后再反向辐射。应用激光诊断学,研究人员可直接研究发生在控制生成物的反应器中的化学反应。灵敏的LIF技术广泛应用在鉴别微量元素,以及研究大气和燃烧化学方面。

译自 L & O, 1990, Aug; 10

邹福清 译 邹声荣 校

薄 膜 蒸 镀

由Plasmatron Coatings & Systems公司生产的UHV型X多室薄膜蒸镀系统可用于在低温下生产高温超导器件,基片加工室以原地、大面积、高密度、抗等离子体装置等为特色,这样就可以让基片在淀积期间浸没在高密度的氧原子等离子体中,并能单独控制氧原子、离子的密度、流量和能量。

译自LF World, 1990, Aug; 176

于祖兰 译 松明 校