

ZD—75型激光准直仪

物理系 温桂林 吴春煌
 郑庆璋 罗泰昭

自从激光问世以来，它在工农业各部门和各科学领域有着广泛的应用，激光准直仪是激光应用中的一种。

激光准直仪是应用激光作光源，加上适当的光学系统和机械结构，利用激光器辐射一条连续可见的光束，它对于 TEM_{00} 模光束的横截面光强分布是高斯型的（如图一）。

$$I = I_0 \exp \left[-2 \left(\frac{x^2 + y^2}{W^2} \right) \right] \quad (1)$$

式中：

I_0 ——光束横截面中心的光强

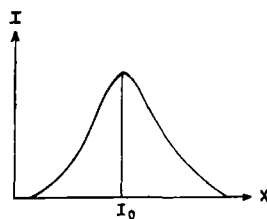
I ——光束横截面偏中心处的光强

x, y ——分别是光束横截面上水平和垂直坐标

W ——光束横截面光斑的半径，它是其强度降至最大

值 I_0 的 $\frac{1}{e^2}$ 时与中

心径向距离。



图一

这光束的每个横截面光强分布中心连线是一条直线，这直线作为我们准直的基准线，应用观察或者光电接收的方法来达到准直的目的。

激光准直仪可以应用于许多大型结构的安装和大型另件的加工。例如在造船工业中的尾轴安装、龙骨划线；大型机床的平直度；大型建筑的垂直度以及矿山、隧道和地下工程的准直指向等。激光准直仪比过去拉线或一般光学准直工具具有精度较高、作用距离大、直观性强和便于实现自动控制等特点。目前，激光准直仪的应用已越来越广泛。

本文1976年3月10日收到。

(一) 激 光 准 直 仪 的 结 构

一般激光准直仪由下面几部份组成：激光器，光学系统，接收器，机械调节部份和电源等。

图（二）是我们采用的一种类型的结构形式的外表。图（三）是它的光路原理图。

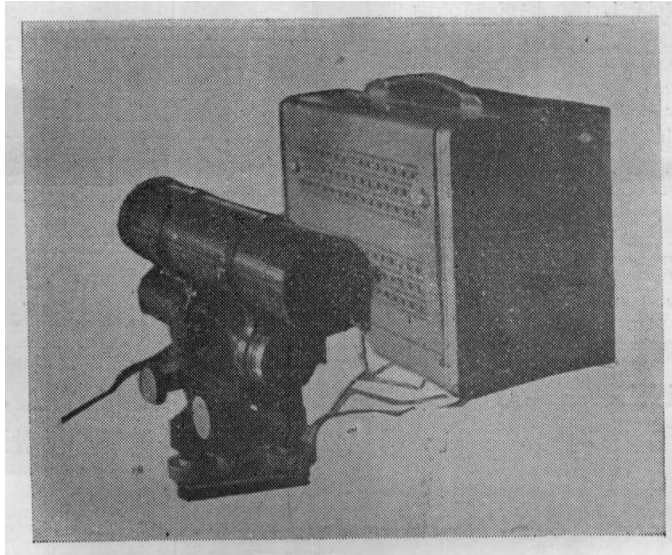


图 二

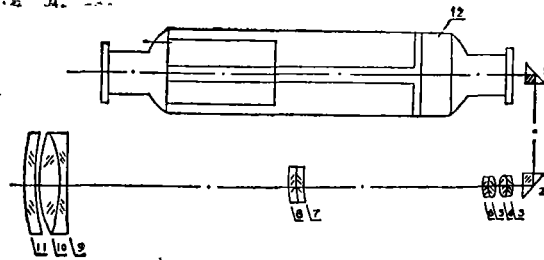


图 三

- | | |
|------------|--------------|
| 1. 反射稜鏡（一） | 7. 調焦鏡（一） |
| 2. 反射稜鏡（二） | 8. 調焦鏡（二） |
| 3. 目鏡（一） | 9. 物鏡（一） |
| 4. 目鏡（二） | 10. 物鏡（二） |
| 5. 目鏡（三） | 11. 物鏡（三） |
| 6. 目鏡（四） | 12. He—Ne激光器 |

一、激光器：采用He-Ne激光器，它的辐射波长 6328\AA 连续可见红光，模式是 TEM_{00} ，输出功率一毫瓦左右，管子的长度约 250mm 。

二、光学系统：从He-Ne激光器辐射的红光经稜镜1向下反射 90° ，再由稜镜2将光束射进一个逆转望远系统。根据使用单位具体要求，我们采用内调焦望远系统，放大倍率 $\beta = 30X$ 。它可以用作平行光工作，也可以对不同距离进行聚焦。

三、接收器：接收器是由接收头和接收线路两部份组成。接收头为一个光电特性均匀的四象限硅光电池，它分为上下、左右相对的两对（见图四），其引出线接在一个八脚的插头中。接收器的电路

如图（五）所示。它对来自光电池的电信号进行处理并在表头上直观地显示出来。当硅光电池接收到准直光束时，光电池将光信号转换为电信号，四个象限的电信号分别输进两个差分放大器的四个输入端。如果光束横截面强度分布的中心和接收头的光电池中心重合，则在分别表示上下、左右两个表头上的指示为零；如果光束横截面强度分布中心偏离光电池中心，则两个表头指示不为零。这是由于光电池的上下或左右接收光能存在一个差值，对于四象限光电池，设分画线中心坐标为 $x = X$ ， $y = Y$ ，分画线宽分别为 $24X$ 和 $24Y$ ，这时，投射到有光电池上

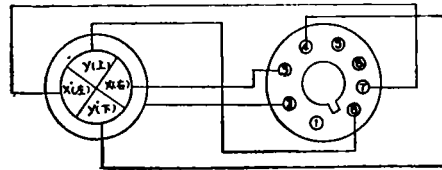


图 四

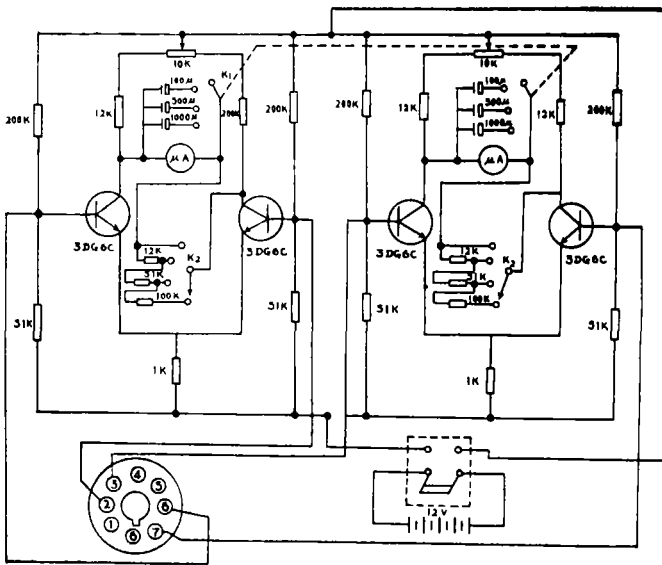


图 五

的能量差为:

$$\begin{aligned} \Delta E &= \int_{-\infty}^{\overline{X-\Delta X}} \int_{-\infty}^{\overline{Y-\Delta Y}} I_0 \exp\left[-2(X^2+Y^2)/W^2\right] dx dy \\ &- \int_{\overline{X+\Delta X}}^{\infty} \int_{\overline{Y+\Delta Y}}^{\infty} I_0 \exp\left[-2(X^2+Y^2)/W^2\right] dx dy \\ &= \frac{\pi W^2}{4} I_0 \left\{ P\left[\frac{2(\overline{X+\Delta X})}{W}\right] + P\left[\frac{2(\overline{X-\Delta X})}{W}\right] \right. \\ &\quad \left. - P\left[\frac{2(\overline{Y+\Delta Y})}{W}\right] + P\left[\frac{2(\overline{Y-\Delta Y})}{W}\right] \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

$P(\xi)$ 是正交几率积分

其余符号意义和(1)式相同。

当沿x、y轴移动接收头时,使光电池的中心与光束能量分布中心重合时,ΔE=0,这时对应的表头读数为零。光电池的中心就是我们要找的中心,将不同地方这些光束中心连成一直线,就是一条比较准确的直线。

四、仪器的机械调节部分包括望远系统的俯仰、水平转动和接收的x、y轴的移动及读数。根据具体对水平和俯仰转动的要求,采用水平仪的结构是合适的。

五、电源:激光器的电源,由于采用光电接收的方法,在这类准直仪上我们采用稳压稳流电源的形式,其框图如图(六)所示

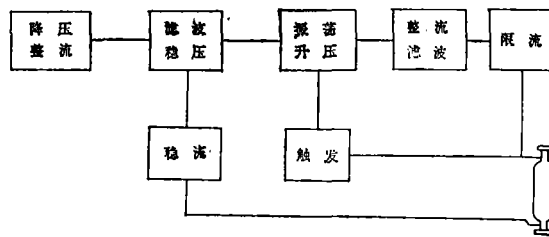


图 六

(二) 实 验 结 果

我们应用激光准直仪分别在大宝山铁矿和江门船厂试验和应用。在大宝山铁矿是用准直仪观测一条长150米尾矿坝的变化。当观测距离在20米内时,其灵敏度为每格0.02mm;当观测距离长至150米时,其灵敏度为每格0.06mm。该铁矿在用激光准直仪观测以前采用经纬仪进行观测,当距离在20米内时,偏离中心1mm已无法测到,而当距离在150米时,偏离中心大至5mm也无法测出。显然,用激光准直仪的灵敏度比用经纬仪有较大的提高。

我们和江门船厂工人一起用激光经纬仪进行画水线、中线和校验轨道的平直度

等。画一条500吨船的水线,用原来拉水管的方法,两人需用1个工作日的时间,现用激光准直仪划同样一条水线,则两人只需1小时;划一条四米长钢板的中线,用原来拉线的方法,一人用半个工作日的的时间,现用激光准直仪两人仅用半个小时便可完成。这不仅提高了工效,而且提高了精度。

(三) 讨 论

应用激光准直仪比用一般光学仪器准直,有它优越的地方,特别是对于一些精度要求较高的装配或加工方面。为了更好地发挥激光准直仪的作用,特别是在精度方面进一步提高,必须排除可能影响测量精度的因素。这些因素主要有:光斑漂移、大气抖动的影响、光斑强度的分布和接收器等。我们对几个主要影响因素作了试验。

一、激光光斑的漂移。从实验中可以看到,在 $He-Ne$ 激光器一开始工作时就作漂移测量,发现光斑明显向某方向漂移,但在 $He-Ne$ 激光器工作一小时以后,这漂移明显下降,逐步到比较稳定。这漂移产生的原因是由于 $He-Ne$ 激光器工作时,激光管的阳极和阴极温度不一致,产生一个不均匀的温度场,使谐振腔产生一个相对的变化,这一变化就使光斑漂移。当 $He-Ne$ 激光器开始工作时,管子温差大些,所以漂移明显。当 $He-Ne$ 激光器工作时间长些(如一小时以上)管子温度接近平衡,漂移明显降低。但由于外界的温差和散热条件的差异,对激光管也有所影响。我们对激光管采取了热平衡措施,外界的影响有所改善。另一些实验说明用半内腔的 $He-Ne$ 管要比用全内腔管好些。

二、大气抖动的影响。从实验中看到,光束存在抖动的现象,这抖动随着测量距离的增长更明显些。这是因为激光束在大气中传播,受到大气湍流的影响,实质上是由于空气中温度和密度的起伏,它们在光路中折射率产生变化,使光束的传播产生一个小的偏移。这抖动可以由一秒几次至几十秒一次。在一般生产条件下,虽然我们不能控制大气的变化,但是我们可以通过实验掌握大气变化的规律,并应用这些规律。实验结果说明,在每天早晨六时左右和晚上六时左右大气抖动最小,而中午抖动最大。对于快速抖动,我们在接收器的线路中用积分电路来解决,这使得周期小于四秒的抖动基本可以克服。

三、光束光能分布的改善。从前面介绍知道,一个辐射 TE_{M00} 的激光束,高它的光能分布应该服从高斯分布,如(1)式或图(一)所示。但是在实际测量中,这斯分布往往受到破坏,产生光斑分裂和衍射条纹。这给测量带来误差。对整部激光准直仪光学元件保持清洁是很重要的,并且我们采取空间滤波,这对衍射条纹有改善。

四、接收器。当采用光电接收方法时,接收头也是测量中关键元件之一,硅光电池四象限的灵敏度是否比较严格一致,它们之间的相对位置是否准确,这些对测量结果都有影响。如果四个象限的灵敏度不一致,可采用平衡电阻解决,也可以挑选四象限灵敏度比较一致的使用。我们在实验中采用了后一种方法,效果达到要求。

至于光学系统的调整、电源的稳压调整等比较容易达到。这里不再赘述。