

太阳磁场望远镜摄像系统 关键指标的测量

孙星宇

(长春物理研究所)

为“太阳磁场望远镜”而研制的慢速扫描制式的摄像系统，要求反映出太阳磁场10高斯变化的灵敏度，即相当于0.15%光量差的变化。要求系统的信噪比为68.5dB，这除了在计算机中信号累加36次而提高6倍的信噪比外，摄像机必须保证53dB的信噪比。要想精确地测出上述两项指标，必须具备相应的噪声设备和可提供0.1%变量的标准光源设备。在缺少这些设备的情况下，只好因陋就简，采用了极为简便的方法但又必须保证测量之准确性。此外，对空间分辨率 $2'' \times 2''$ ，可利用测试卡进行测量。

一、灵敏度的测量

XQ1020L型氧化铅管（后来损坏，换了E5020型硅靶管），其正常工作照度为4LX。根据天文要求，0.15%光量差即为 $0.15 \times 4 = 0.6$ LX。而摄像机后面的模数转换所要求的相应值为1mv，即信号变量大于1mv时A/D变换才能反映出来。摄像机输出白电平之标准幅值为4V。

测量原理及步骤如下：

当光源直径与被照物体距离之比小于10倍时，则可视为点光源。而点光源在被照物体上的照度与距离平方成正比。经标定的标准灯数据为：电流1.35A，电压 ≈ 12 V，光强 $I = 20$ 烛光（cd），根据公式可求出距离R：

$$\text{照度 } (L_x) = \frac{\text{烛光数}(cd)}{\text{距离}R^2}$$
$$\therefore R = \sqrt{\frac{\text{烛光数}}{\text{照度}}} = \sqrt{\frac{20cd}{4L_x}} = \sqrt{5}(\text{米}) = 2.236068(\text{米}) = 2.24(\text{米})$$

要想得到0.006L_x的变化（在被照物体即靶面处），则可求出距离R的相应变化 ΔR 。

$$R + \Delta R = \sqrt{\frac{20cd}{4 - 0.006L_x}} = 2.2377469$$

$$\therefore \Delta R = 0.0016789(\text{米})$$

$$\therefore \Delta R < 1.7(\text{毫米})$$

根据R及 ΔR 值，将标准灯与摄像管靶面之间刻上相应刻度，应注意二者始终保持在同一条直线上。先将标准灯置于靶面前2.24米处，并将标准灯接入稳流源或接到串接一个标准

电阻(0.01级, 0.1Ω)的稳压源上,用数字电压表监视标准电阻两端的电压值,从而换算出电流值,调节稳压源使之通过标准灯的电流值为1.35A,即光强为20cd。

另将摄像机调至最佳工作状态,并将输出幅度调到4V。

再将标准灯向后按刻度滑动1.7毫米,从示波器上观察输出幅度的变化。测得结果,变化量超过了1mV,即满足了要求。

对于上述要求所进行的精密测量,稳压电源的精度起码要高出一个数量级,即稳定度应为0.01%以上,才能保证光源0.1%的稳定度。然而这种高精度的大功率电源,一般实验室是不具备的。那么如何解决这个问题呢?我们知道,稳压源的稳定度是指在几个小时期间的变化精度,对某个瞬间或非常短暂的时间而言,则可认为基本上是不变的或变化甚微。因此,可采用瞬间测量来降低对稳压源的稳定度的要求。即要求在变化 ΔR 和测量幅度变化值时要快,并可反复多次测量,这样就解决了问题。至于 $4L_x$ 的照度无须严格保证,但 ΔR 值必须准确,因为所测量的值是相对变化值。

二、信噪比的测量

根据正切法原理测量信噪比。图1为一个三角形网络,从A、B点看进去皆为 75Ω ,A点噪声与B点方波在C点混合后各为其原幅度的一半。

先将摄像机调到最佳工作状态,输出为4V,然后盖上镜头盖。将摄像机输出接到A点,方波产生器xc22输出接到B点,示波器SBD-1输入接到C点,该三点波形分别绘在图2上。在C点看到的是噪声与方波之混合波形。

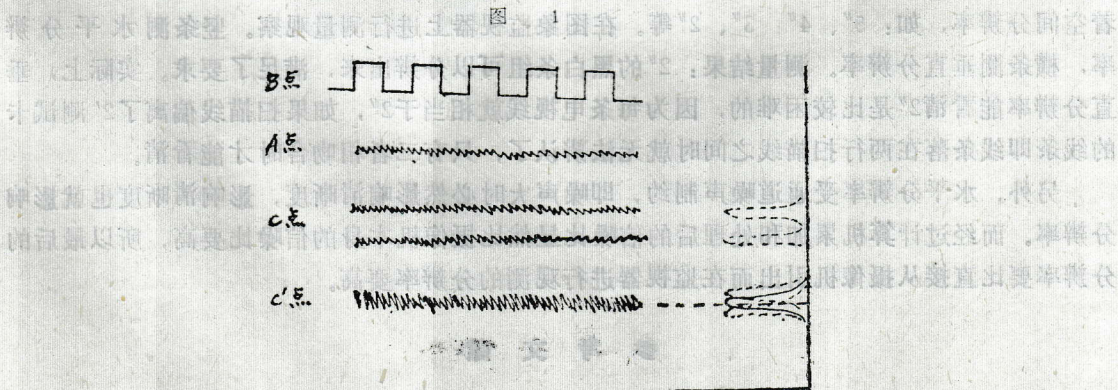
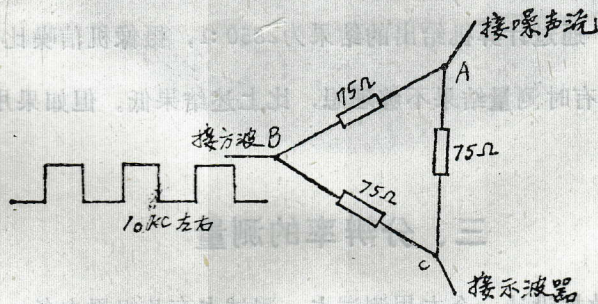


图 2

调节方波输出幅度，使之两个光带合成一个光带，其中间一段具有均匀的亮带，此时方波的幅度恰好等于二倍起伏噪声的均方根值（如图二C'点波形），即噪声均方根值等于B点方波的 $\frac{1}{2}$ 。根据公式可计算出信噪比（SNR）：

$$SNR = 20 \lg \frac{\text{图像信号幅度 } 4v}{\text{起伏噪声均方值}}$$

为了避免广播干扰，可在屏蔽室里或在不广播的时间里进行测量。

为了消除50周干扰，在噪声波与三角网络之间串入一个简单的高通（微分）网络，时间常数 τ 约 10^{-5} 秒。完整的测试线路如图3所示。

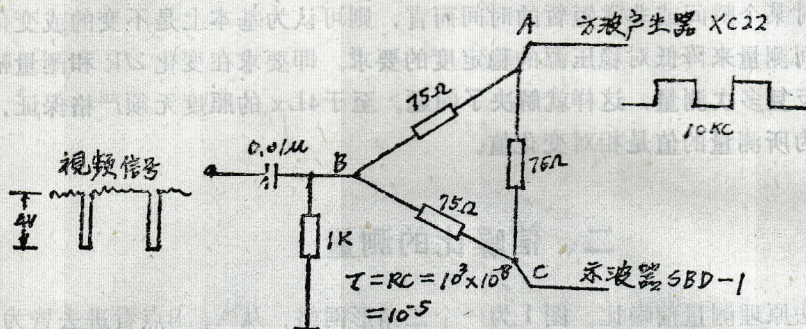


图 3

最后的测试结果是：C'点波形宽度小于3mv（几乎与扫描线差不多），计算出 $SNR > 62.50dB$ 。超过了53dB的要求。

整个系统联调时，又通过计算机进行几次实际测量。方法是：从摄像机打入测试卡或太阳像，调好状态送单次，通过计算机给出的结果为2850:1，摄像机信噪比则为 $\frac{2850}{\sqrt{36}} = 475 \Rightarrow 53.5dB$ 满足了要求。有时测量结果不够理想，比上述结果低。但如果用白光测量，指标应比上述结果还高。

三、分辨率的测量

首先按天文上给的数据设计一个专用测试卡。测试卡有几组黑白条，每组黑白条都对应着空间分辨率，如：5"、4"、3"、2"等。在图象监视器上进行测量观察。竖条测水平分辨率，横条测垂直分辨率。测量结果：2"的黑白条组可以分辨出来，满足了要求。实际上，垂直分辨率能看清2"是比较困难的，因为每条电视线就相当于2"，如果扫描线偏离了2"测试卡的线条即线条落在两行扫描线之间时就无法辨认了，只有二者相吻合时才能看清。

另外，水平分辨率受通道噪声制约，即噪声大时必然影响清晰度，影响清晰度也就影响分辨率。而经过计算机累加和处理后的信噪比显然比摄像机本身的信噪比要高，所以最后的分辨率要比直接从摄像机引出而在监视器进行观测的分辨率要高。

参 考 文 献

- [1] 《英国 Muglard 公司》：“Pbo 管摄像机”。

- [2] 《TV camera checks itself out》, 《Electronics》, 1970, 43, No18, 135—136.
 [3] 《Electron Optics and signal Read—Out of High—Difi—nition Return—Beam Vidicon Cameras》
 《RCA Rev》, 1970, 31, No1, 60—119.

THE KEY INDEXES OF SMT (SOLAR MAGNETIC FIELD TELESCOPE) CAMERA SYSTEM MEASURE

Sun Xing-Yu

(Chang Chun Institute of Physics)

Abstract

The camera system of SMT with slow scanning speed is required to have the sensitivity that can reflect the 10 G alteration of solar magnetic field (as much as 0.15% luminous flux alteration). The system's S/N ratio should be 68.5 db. This demand that the camera has a 53 db S/N ratio except 15.5db obtained by adding signals 36 times in the computer. There must be appropriate noise equipments and a stand ard light source with 0.1% resolution to take measurments of the two indexes mentioned above precisely. For lack of the equipments we had to make the measurements with a simple method which, however, give a enough acuuracy. The sensitivity measurement was carriod out with instantaneous method of point luminous souroe, 4 Lx working illuminaoe and 0.6 Lx luminous flux alteration. The output electric variable is larger than 1 mv, it satisfied the requirment of A/Dconverter. The S/N ratio measurment was made with the tangent method. $S/N > 762.50$ db, it meets the demand. Otherwise, space resolution is $2'' \times 2''$, it can be measured with test pattern, the result is acceptable.