

# 用于成像光谱技术的多色仪性能测试

张明辉 马月英

**摘要:** 多色仪是成像光谱技术中的关键部分。本文利用不同类型的光源和面阵CCD, 对长春光机所研制的空间分辨平谱场多色仪的杂光、像质和色散等主要性能进行了测试, 并根据应用要求对测试结果进行了讨论。

## 一、引 言

成像光谱仪是能够同时获取景物的图像和各象元光谱信息的新一代光学遥感仪器<sup>[1]</sup>。使用面阵固态成像器件的成像光谱仪的光学系统具有与传统的成像仪器或光谱仪器不同的独特性能, 其关键部分是多色仪, 不仅要求它的谱面平、像散小, 而且要求杂光也少。长春光机所研制的空间分辨平谱场多色仪就是为此目的设计的仪器之一。为了考察这种仪器的性能, 对其杂光、谱面平度和色散等性能进行了测试。其中杂光测试方法类似于常规的单色仪杂光测试方法<sup>[2]</sup>, 谱面平度和像散的测量则是利用面阵 CCD 进行, 测试条件与成像光谱仪的实际工作状态类似, 因而可直接用于成像光谱仪的装调过程。

## 二、谱仪的杂散光测试

在各种光谱仪器中, 杂光是影响仪器测试精度的重要因素。正确的测试光谱仪器中的杂光是分析仪器测量结果和评价仪器性能的必要条件。长春光机所研制的空间分辨平谱场多色仪是用  $100\text{c/mm}$  的光栅作为分光元件的, 工作波长范围为  $0.4\mu\text{m}\sim 1.0\mu\text{m}$ 。我们采用如图 1 所示的实验装置对其杂光进行了测试。入射光是经过调制的 He—Ne 激光, 调节光束的入射角度使其依次照射到光栅的不同位置上, 出射光由光电倍增管接收并用锁相放大器测量。调节多色仪的出射波长, 就可获得出射光强随波长的变化曲线。测试结果如图 2a、2b、2c 所示, 图中的 9 条曲线分别对应光栅上 9 个典型位置的测试结果。测试结果表明, 除光栅左下点以外, 其余各点的杂光强度均在峰值的万分之一左右; 光栅左下点的杂光强度最大, 约为峰值的千分之一。产生杂散光的原因主要有光栅刻划质量、灰尘和漏光。

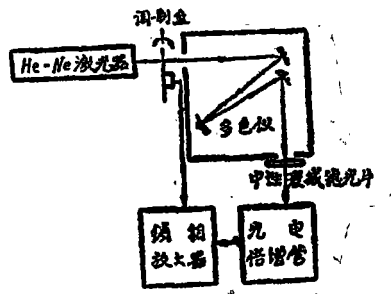
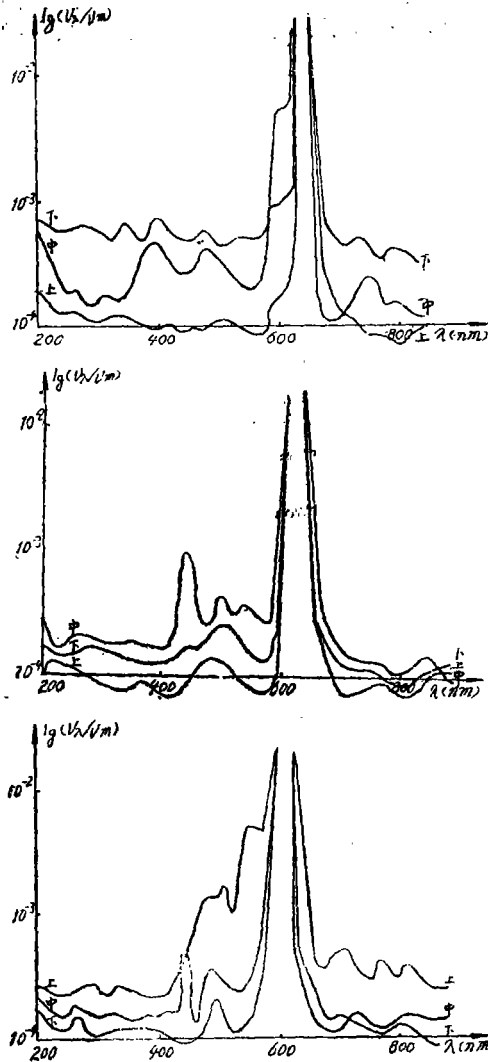


图 1 多色仪杂光测试装置

## 三、多色仪的像质及其色散评价

在平谱场多色仪的出射像面上, 垂直方向为入射狭缝的像, 水平方向为光谱分布。理想

的像面应是一个平面，而且像质均匀，不存在畸变。但在多色仪的设计中，考虑到仪器的体积、重量和价格，不可能使谱仪的像质达到理想情况，只需达到应用要求即可；另一方面，谱仪的加工和装调过程都不可避免地引入误差，破坏了多色仪的像质。所以，我们对其像质和色散进行了全面测试，以检验谱仪的设计、加工和装调。测试装置如图 3 所示，聚光镜将光源的出射光会聚成像到谱仪的入射狭缝上，面阵 CCD 放置在谱仪的像面上，其输出信号经图像卡进入计算机。测试时，首先选用汞灯作为光源，图 4 和图 5 分别示出了 0.1mm 宽的人射狭缝和沿狭缝方向分布的一排  $\phi 0.1\text{mm}$  小孔的绿色像。从图中可以看出，狭缝的上部成像较好，边缘清晰、亮度均匀；在狭缝像的中下部，右侧边缘渐变模糊，并且宽度变大。小孔的像除左部一直径 0.16mm 的亮斑外，其右部还存在一个尾巴，并且由上到下拖尾逐渐变大。不论是小孔像还是狭缝像的测试结果都表明，该谱仪在垂直方向的成像质量在上部最好，越靠近下部，像质越差。这是与谱仪的设计不符的。根据测试结果我们推测，造成这种现象的原因是谱仪光学元件的装调问题。因此重新调节了谱仪的光学元件，在调节的同时，利用我们的测试装置监视像面情况，直至像场中部的像质最佳为



(上) 光栅左侧三点的测试曲线；(中) 光栅中间三点的测试曲线；(下) 光栅右侧三点的测试曲线

图 2 对应光栅上 9 个位置的杂散光分布曲线

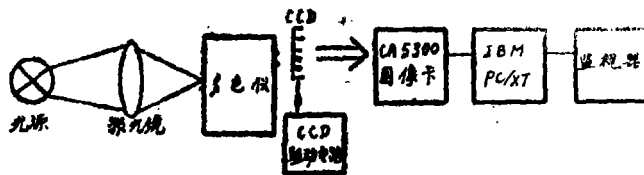


图 3 多色仪像质测试装置

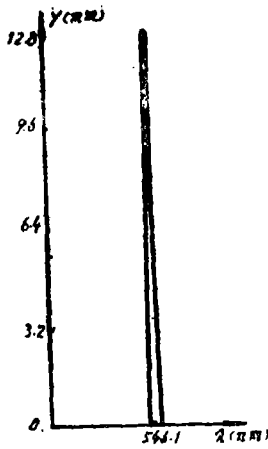


图4 0.1mm狭缝的单色像

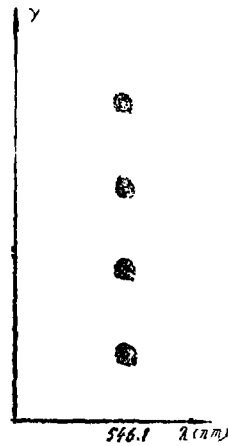


图5  $\phi$ 0.1mm小孔的单色像

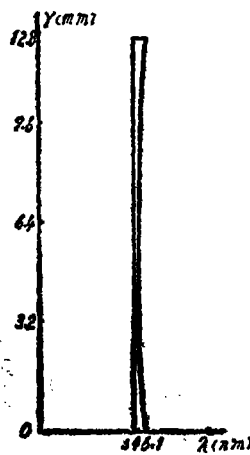


图6 谱仪调整后0.1mm狭缝的单色像

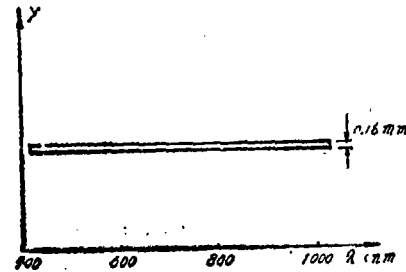


图7  $\phi$ 0.1mm小孔的色散像

止。调整后 0.1mm 宽的狭缝像如图 6 所示，狭缝像的中部边缘清晰、亮度均匀，其宽度为 0.16mm；上下两端的像质较中部略差，右侧边缘存在拖影。当前后移动面阵 CCD 时，狭缝各部分的像质均无改善，这说明在垂直方向上像面弯曲的程度在面阵 CCD 移动精度之内，即小于  $10\mu\text{m}$ 。

为了测量色散方向谱仪像质的好坏，在入射狭缝处放置一排直径为 0.1mm 的小孔，用溴钨灯作为照明光源，观测谱仪的成像情况。由于照射光源为连续光谱光源，所以每一小孔在像面上应为一水平方向的亮线。测试结果如图 7 所示，图中只画出了一个小孔的色散像。由图 7 可以看出，谱仪在水平方向的成像情况较为理想，整条谱线从左到右宽度一致，均为 0.16mm，并且边缘清晰，不存在弯曲。在水平方向上像面的弯曲也小于  $10\mu\text{m}$ 。

谱仪的色散测量是利用汞灯的黄线和绿线进行的，实验测得在像面上，一级衍射光谱中绿线与黄线的间距为 40 个象元，所以谱仪的色散为  $8.25 \text{ \AA} / \text{每元}$ ；在色散方向 CCD 像元间距为  $20\mu\text{m}$ ，所以该谱仪的线色散为  $412.5 \text{ \AA} / \text{mm}$ 。

#### 四、结 论

通过对空间分辨平谱场多色仪的性能测试，基本上得到该谱仪的杂散光、谱面平度、像

质和色散等特性。采用He—Ne激光测试时，谱仪的杂散光数量级为 $10^{-4}$ ，属于中等程度。谱仪的像面基本上为一个平面，平面的弯曲度小于 $10\mu\text{m}$ 。在水平方向谱仪的像质较均匀，在垂直方向像面中部的像质较好，两端逐渐变差，且右侧出现拖影。总之，测得的谱仪性能基本上与设计符合。

正如上文指出的那样，本文采用的像质测试方法基本上与成像光谱仪的实际工作条件相同，所以本文的工作不仅测得了多色仪的性能参数，而且为将来成像光谱仪的装调打下基础。

在本文的实验过程中，得到了崔敦杰、任建伟、翁志成等同志的指导和帮助，在此表示感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] J.B. Wellman, Proc.SPIE, 345, p32(1982)
- [2] Poulson, R.E., Appl.Opt., 3, p99(1964)

### Performance Measurement of the Polychromator Used in Imaging Spectroscopy

Zhang Minghui Ma Yueying

#### Abstract

Polychromator is the key part in the imaging spectrometer. The main properties, such as stray light, flatness of the focus plane, image quality and dispersion of a polychromator, which was made by Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, were measured. The results were discussed according to the usage.