

# 多通道太阳磁场望远镜各谱线光量的理论计算

宋国峰 艾国祥

北京天文台 100080

## 提要

多通道太阳磁场望远镜是一台综合性的太阳物理观测设备,其核心部分是一台可同时透过九条太阳谱线的万能双折射滤光器。整个系统具有窄带高透过率等特点,但由于带宽很窄和采用视频商业化CCD作为数据接收元件,所以太阳象大小、视场、接收器靶面大小及接收器动态范围需要全面系统地安排。因此仪器整体性能参数需初步估算才能确定上述各部件参数。本文讨论仪器望远系统的一些参数的设计。

## 一、引言

太阳作为强光源类的观测目标,光度测量要根据所测物理参数的需要,有选择性地提取其中有用的光辐射信号。太阳磁场是通过磁敏谱线在磁场作用下的塞曼效应的大小获得的。即测量塞曼效应两个分量的不同偏振态的子谱线的光量差。塞曼效应两个子谱线的光量差,显然不可能象连续谱辐射的太阳光一样为几乎所有的探测器都能探测得到。可见光区的磁敏谱线又都比较窄,要想精确测量塞曼分裂的大小,则需滤光器的透过带宽足够窄。因此虽然太阳光非常强,但有用信号却也显得比较弱,加上其它因素的影响,还必须提高透过率或增大聚光能力才能得到良好的观测信号的信噪比。

多通道太阳望远镜较之前些年研制的太阳磁场望远镜而言,物镜口径加大,聚光能力增加了许多。但由于使用镀铝反射面,望远镜几何光路的透过率有所下降,而且部分通道滤光器的透过带宽非常窄,达到0.0048nm,总体上单位象面光量有所下降。而且由于仪器自身尚有许多地方有待改进和应用更先进的技术,这里探讨的是非理想状况下,整个仪器能保证运转,获得实用观测资料的一种方案。

## 二、光量的对比计算

根据整个系统的要求,我们对多通道太阳磁场望远镜各谱线的光量与太阳磁场望远镜所用两条谱线的光量进行了对比计算,计算结果如表1所示。这是一个估算的结果,但可以初步判定在系统等值焦距6M,即太阳象大小为55.85mm时,几乎所有谱线的光量均比35cm太阳磁场望远镜探测器上单位面积上的接收光量要小。这里只计算工作谱线线心位置的情况,对线翼位置因为与滤光器测量磁场时设置的偏离谱线线心的位置有关。可以找出磁场最为灵敏的线翼位置进行测量。理论计算其相对光量较之线心的计算则更不精确,此处则未予列出。等值焦距12M时,各谱线的光量则更小。

表1. 多通道太阳望远镜与太阳磁场望远镜光量的对比计算(部分谱线)

物镜通光孔径	35cm		60cm					
波长nm	532.4	486.1	524.7063	525.0211	630.2507	517.2699	557.6106	656.2808
大气外太阳辐射强度	190	194	191	191	155	191	190	155
大气透过率 (从天顶至70天顶距)	-0.8 ~0.42	-0.76 ~0.35	0.8 ~0.4	0.7 ~0.3	0.8 ~0.4	0.8 ~0.4	0.8 ~0.4	0.75 ~0.35
物镜接收面积	962cm <sup>2</sup>		~2600cm <sup>2</sup>					
系统透过率 (光学件吸收和反射引起)	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
双折射滤光器及磁分析器透过率	3%	3%	1.5%	1.5%	3%	3%	3%	3%
滤光器半宽nm	0.015	0.012	0.0048	0.0048	0.0092	0.0092	0.0057	0.0106
谱线剩余强度 线心	0.25	0.15	0.33	0.37	0.44	0.14	0.235	0.17
太阳像直径	43.7mm		55.85mm					
接收面相对光强 (忽略其它因素)线心	100	45	23	25	78	29	30	21

### 三、提高光量的方法和可行性

对天文观测,提高光量的最直接的方法便是增大望远镜口径。增大物镜口径,聚光能力加大,同时理论分辨率也提高,但对一个给定的观测台址,因为受大气条件的限制,增大口径并不意味着就能提高分辨率,而往往只意味着可以增加光量,而同时制作成本和技术难度将以幂指数上升。因此这种最直接的办法也是最难实现的解决方案。另一种办法是提高系统透过率,减少物镜所得光能的损失,这是一个行之有效的办法。目前我们在滤光器的设计和其它光学元件设计上都力争获得最大的有效透过率。增加滤光器带宽,在不得已的时候也是可以采取的。还有一种方案就是减小太阳象,使能量更为集中,同时使同样大小的光电接收靶面接收到更大视场的太阳光。当然,这要以牺牲空间分辨率为代价。

表2是三种等值焦距下采用TV1802型CCD和TM860型CCD一次观测的视场大小。从表中可以看出用同样的CCD,不同等值焦距下接收的太阳能量相差很大,因此可以通过改变系统等值焦距的方法,增加探测焦面的照度。

表2. CCD靶面对应太阳象大小

等值焦距	太阳象直径	TV 1802 CCD靶面 对应太阳大小	TM860 CCD靶面 对应太阳大小
400cm	37.2mm	6.84' × 5.55'	7.57' × 5.68'
600cm	55.85mm	4.56' × 3.70'	5.04' × 3.78'
1200cm	111.7mm	2.28' × 1.85'	2.52' × 1.89'

对一个实际使用的观测系统,对光量的实际情况需要整体考虑。如提高系统信噪比,亦可以提高探测器的性能,降低对系统光量的要求。这方面的问题在CCD选样时已考虑,在此不赘述。

提高有限口径望远镜系统的光量,还有一种行之有效的方法,就是提高反射系统的反射率,目前使用的镀铝反射镜在可见光区反射率平均只有85%左右,如果改用镀银反射膜可达到95%左右,即提高1/8左右的光量。如果按双反射面计算,则可以提高1/4~1/3左右的光量。总结前述提高仪器的总体性能的方法,可以归纳如下三个方面。

- ① 提高系统的反射率和透过率
- ② 减小太阳象大小,增加照度
- ③ 提高接收器件的灵敏度

在多通道太阳磁场望远镜的调试中,上述三种方案均有所考虑。实际测量中的具体问题,基本上得到解决。但系统的性能还有改进余地。

#### 参考文献

1. 艾国祥,胡岳风,北京天文台台刊,8(1~10),1986,6
2. 宋国峰等,多通道太阳望远镜的部分调试,鉴定报告,1994
3. 王敬山等,多通道双折射滤光器,鉴定报告,1994

#### The Light of the Multi-channel Solar Magnetic Field Telescope

Song Guofeng, Ai Guoxiang

Beijing Astronomical Observatory

Chinese Academy of Sciences

Beijing 100080

#### Abstract

By using Multi-channel Solar Magnetic Field Telescope, we can observe the sun in nine spectral line at same time. Because of the passband of the universal Birefringent filter was too narrowed, we must calculated the system transmittance and other parameters for determined some of the system general structure. In this paper, an overview of some parameters of the telescope in presented and some method of improved the system are discussed. More detailed dicussion of individual components and results will be publised separatly as appropriate.