

# 全日面太阳磁场望远镜

宋国峰 艾国祥 邓元勇

王敬山 刘扬 张斌

北京天文台 100080

胡企千 杨世模

南京天文仪器研制中心 210042

**提要:**我国在太阳磁场和速度场的观测方法和设备上,具有世界领先水平。九一年开始,又开展了全日面磁场和速度场的观测,其观测资料具有高时间分辨率和较高的空间分辨率,为太阳整体行为的研究提供了有效和先进的数据和资料。

## 一、引言

北京天文台和天文仪器研制中心合作于八十年代初,研制成功了一台具有国际先进水平的太阳磁场观测设备,太阳磁场望远镜,获得了一大批具有较高价值的较高时间、空间分辨率的太阳磁场、速度场观测资料,并在此基础上取得多项重要的太阳物理研究成果,使我国在太阳磁场和速度场观测和研究方面跨入了世界先进行列。

继35cm太阳磁场望远镜之后,为满足国内外太阳物理研究者对太阳大尺度磁场、速度场的观测和研究的需要,推动对太阳整体行为的研究,我们又自行研制了全日面太阳磁场望远镜。这是目前国际上唯一的一台不仅具有较高空间分辨,同时具有高时间分辨率的全日面太阳磁场观测系统。

它由一台10cm口径的折射望远镜,一台万能可调的 $0.1\text{\AA}$ 双折射滤光器以及宽视场的磁场速度场分析器,CCD接收器和数据处理设备组成的。

整套系统于1991年8月投入试观测,后经几次改进于1994年正式投入运行。本文介绍系统研制和改进的情况。

## 二、仪器

### 2.1 光学系统

全日面太阳磁场望远镜采用折射式光学系统。物镜口径100mm,焦距1200mm,经一组放大和缩焦系统得到焦面上6mm的全日面太阳像,整个光路如图1所示。其中成象镜F3是由两组透镜组成的,调节两组透镜的位置可以改变太阳象大小和焦面位置,具体的光路计算过于繁琐,此处不再赘述。

此光路特点是滤光器置于放大系统的会聚光路中。

采用这样一个光学系统的出发点在于减少由于滤光器内部晶体缺陷带来的视场效应等问题,同时这样一个系统由于采用了可调整的缩焦系统,使太阳象大小可以根据CCD靶面大小改变,对适应不同型号的CCD的使用是有利的。

望远镜光学系统参数如下

- 物镜口径: 10cm
- 相对孔径: 1/12
- 全视场:  $2W = \pm 16'$
- 工作波长: 4500~6600
- 太阳象大小: 6mm

## 2.2 望远镜结构

全日面太阳磁场望远镜与多通道太阳磁场望远镜等共同组成一个综合的太阳磁场观测设备,使用同一套恒动和光电导行跟踪系统。

全日面太阳磁场望远镜与光电导行镜固定在一起形成一个整体,它不随主望远镜拉偏移动,而是始终保持光轴指向日面中心,因此与主望远镜传动系统有相对运动,并且有独立的轴系和实现相对移动的自整角传动系统以完成不受主望远镜拉偏影响的全日面观测,具体结构参考文献(胡企千,1994)。

## 2.3 滤光器

全日面太阳磁场望远镜,采用的是新双带方案的万能双折射滤光器,带宽 $0.1\text{\AA}$ ,工作温度 $42^\circ\text{C}$ ,有两组KD\*P电光调制器,即可以测全日面矢量磁场,也可以测量全日面速度场。可以根据观测的需要选择观测谱线。由于前置干涉滤光片选择的原因,目前望远镜选择了两条谱线FeI  $5324.19\text{\AA}$ 和HeII  $5576.106\text{\AA}$ ,测量太阳纵向磁场精度达 $\pm 10\text{G}$ 左右,测量太阳横向磁场的精度约为 $\pm 100\text{G}$ ,空间分辨率约为 $2''$ 。

滤光器设计了7个晶体级,前5级为宽视场的冰洲石级,第六级为窄视场的冰洲石级,第七级为天然水晶制作的窄视场级。每一级晶体的设计参数见表1。

表1. 滤光器的晶体参数

序号	材料	厚度(mm)	视场状况
1	冰洲石	$25.8352 \times 2$	宽视场
2	冰洲石	$17.9176 \times 2$	宽视场
3	冰洲石	$8.9588 \times 2$	宽视场
4	冰洲石	$4.4794 \times 2$	宽视场
5	冰洲石	$2.2393 \times 2$	宽视场
6	冰洲石	2.9393	窄视场
7	石英	21.940	窄视场

该滤光器的透过带公式为

$$T(\lambda) = \pi \cos^2\left(\frac{\mu_i(a)d_i}{\lambda} \pi + 2\psi_i\right)$$

其中  $\psi_i$  是每个旋转1/2波片的角度。

滤光器采用隔热材料制作型腔,采用端面和圆周加热方法获得42℃的恒温,温度稳定性为  $\pm 0.01^\circ\text{C}$ 。

## 2.4 接收器件和图象处理器

### 2.4.1 系统的组成

目前我们仍采用了两套接收处理系统,一套高分辨系统和一套中分辨系统。下面简述一下高分辨系统的组成方案。

1. 采用一只美国Kodak公司生产的ViDEK Megaplug CCD作为接收器
2. 一台美国ITI公司生产的高分辨SR-150/151-1K图象处理器对图象进行实时采集, A/D变换和实时处理
3. 一台486PC机作为主控微机,辅以其它控制设备来控制CCD, KD\*P高压调制,数据采集器的同步,并进行实时的数据图象处理
4. 一台日本三菱公司生产的高分辨率HL6935K大屏幕显示器,显示CCD采集的图象
5. 数据处理工作站,由一台Sun470服务器和一台VAX750小型机组成,对采集到的磁场数据资料进行后续处理。图2为系统简化示意图。

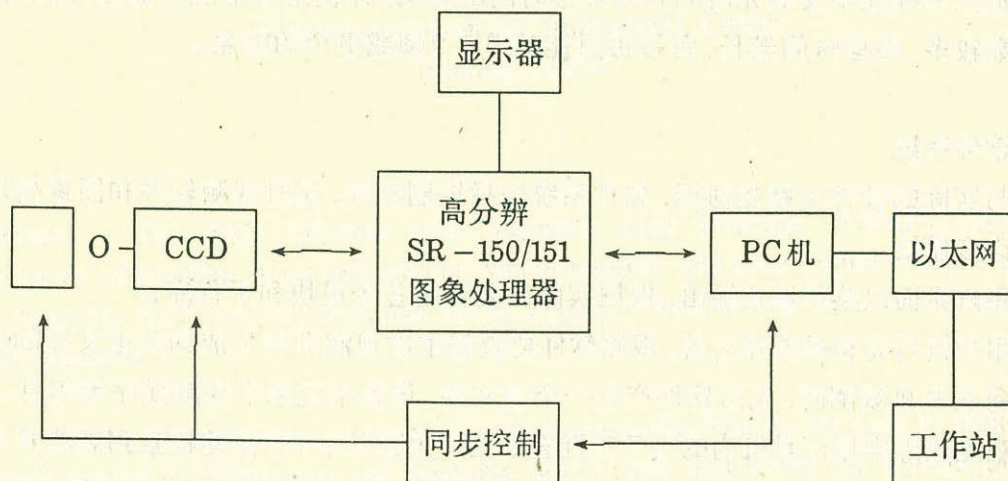


图2. 图象处理系统框图

中分辨率系统组成与前述系统相似,只是CCD为TM-860型(512×512),图象处理器为512×512,显示器为标准视频,不再重复。两种CCD性能比较见表2。

表2. 两种CCD的主要特性

	Mepaplus	TM-860
Total pixels	1342 × 1037	590 × 800
pixel size	6.8 × 1340	11.5 μ × 11.0 μ
active Area	8.98 × 7.04	6.6 × 8.8
量子效率	48%, max at 670nm	
响应区间	400~700nm	
饱和曝光量	0.12 μ J/cm <sup>2</sup> at 550nm 0.12 μ J/cm <sup>2</sup> 400~700nm	
动态范围	48dB	50dB
曝光时间	15~50 μ sec	20~40ms
传输速率	10MHz	14MHz
帧频	最大6.9帧每秒	25帧每秒

#### 2.4.2 Kodak公司Megaplus高分辨CCD的特点

这种CCD是一种靶面象元之间无间隙100%光敏材料填充本征硅制作的光电器件,具有8bit的A/D变换器,可产生256个灰度等级的数字输出信号,电荷转移方式为在每次曝光后利用一段单独的黑暗期来转移电荷,以避免转移过程中的继续积分。曝光控制由快门完成,以形成间隙曝光的黑暗期,曝光时间长短由外部控制。

最大的帧速率受曝光时间和帧转移时间的影响,即使是非常短的曝光时间,由于象素数较多,转移时间较长,每秒钟只能获得6.9帧或更少的图象。

#### 2.5 软件系统

与实际的硬件电路相协调,软件系统包括控制软件、实时观测软件和图象处理软件等许多模块。

用户界面以菜单形式输出,根据实际需要调用各个模块和子程序。

用户进行完菜单选择之后,观测软件要查找本次观测即将生成的数据文件的文件名。每天开机观测时,先由软件产生一个表文件,该表中记录了观测排序等信息。当实时观测软件根据计算机内的当天日期查到相应的记录表时,由此检索到观测号并以此确定当前观测号。这样可以避免差错,同时记录表文件亦可存档便于查询。

接下来是程序通过调用DOS功能,查询8255 I/O接口板的输入端口是否接收到同步电流,若接收到则发出开始观测信号,通过8255接口板送到系统各部分并开始观测,同时对图象处理器进行操作,完成采集、累加和处理任务。计算机内对已采集的帧数计数,当累加到指定帧数时,观测过程结束。

随后计算机调用图象处理软件模块将图象处理器中的图象数据传到计算机中进行归算, 归算结果按先后生成的文件名存盘, 同时传回图象处理器中用于显示。

### 三、初步数据处理

经过一年多的软、硬件调试工作, 全日面太阳磁场望远镜已投入观测使用。图 3 为利用此望远镜获得的全日面磁场图象。经与磁场望远镜比对(刘扬等, 1993), 其分辨率约为 3~4 角秒之间, 磁场灵敏度为  $\pm 40$  高斯左右, 基本上达到了设计要求。

#### 参考文献:

- 艾国祥, Fear, R. J., 汲培文, 天体物理学报, 10 (1990) 180  
刘扬, 宋国峰, 王敬山, 天体物理学报, 14 (1994) 191  
胡企千, 多通道太阳磁场望远镜, 鉴定报告(1994)

## The Full-disk Solar Magnetic Field Telescope

Guofeng Song, Guoxiang Ai, Jingshan Wang  
Yuanyong Deng, Yang Liu, Bin Zhang  
*Beijing Astronomical Observatory  
Chinese Academy of Sciences  
Beijing 100080*

Shimo Yang, Qiqian Hu  
*Nanjing Astronomical Instruments Center  
Nanjing 210042*

**Abstract.** The BAO full-disk solar magnetic field telescope (FSMFT) is a new instrument of Huairou observing station, which features real-time digital analysis of sight line magnetic field, velocity field and vector magnetic field formed on a two-dimensional CCD detectors.

It used an modulator, commercial video processing boards are used to digitize the spectral images at video rates and separate, accumulate and buffer the spectra image in the two polarization states, then calculate the magnetic field data.

目行... 望... 100... 1200... 320... 680... 100

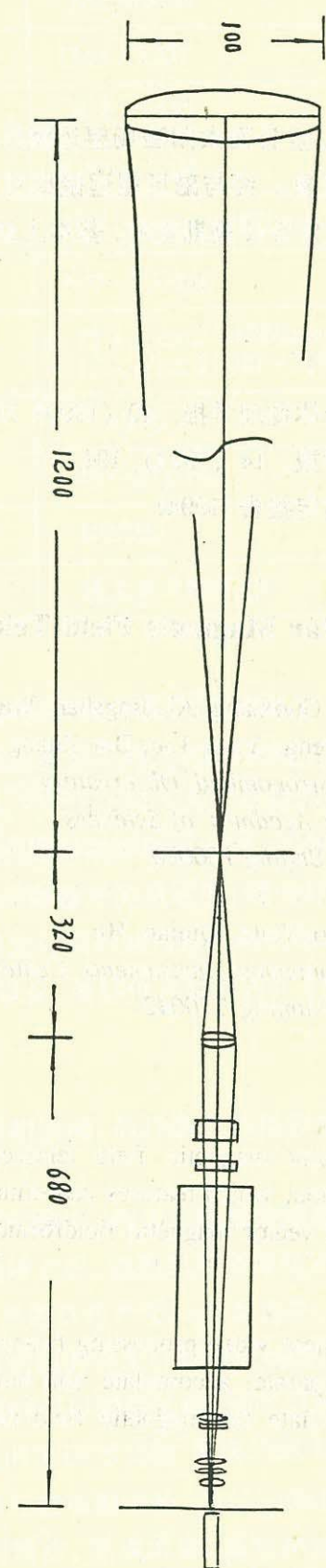


图1 改进后的10cm望远镜示意图

$f_1 = 1200$     $f_2 = 251$     $f_3 = 55$

# Huairou, Beijing Astro. Obs.

Time : Oct-04, 1991. 04:25:18

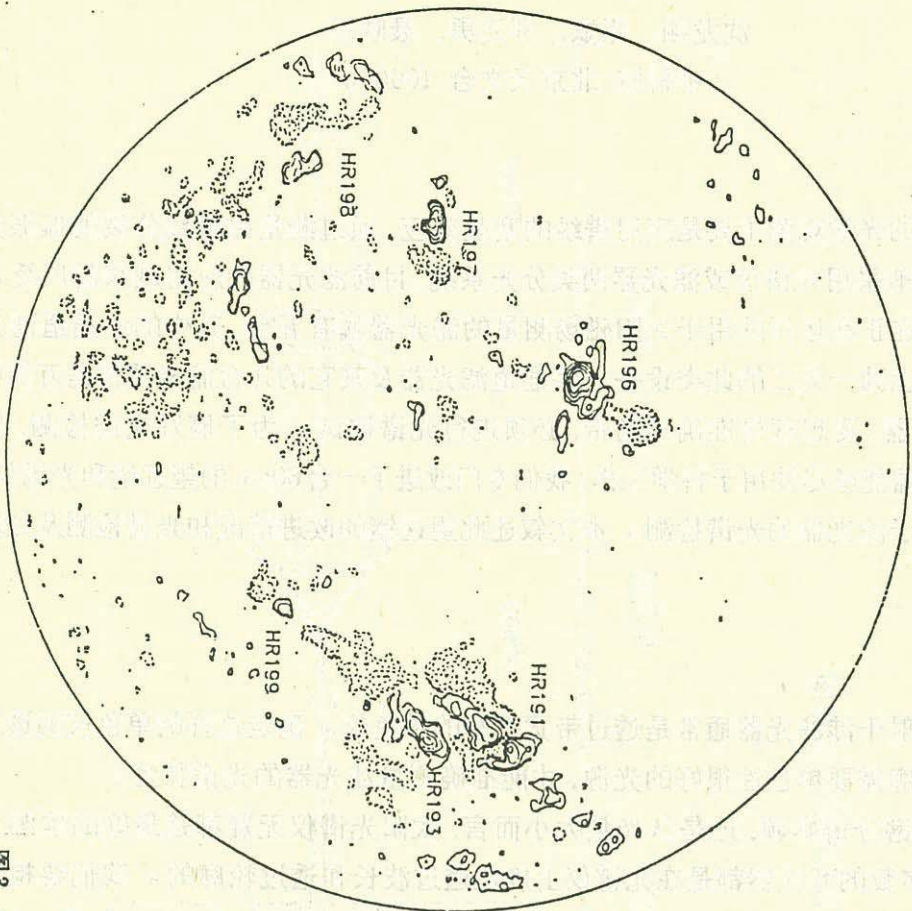
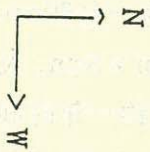


图3 全日面太阳磁图



N : ———  
 S : - - - -  
 Lev. : Gauss

- 2880.0
- 2560.0
- 2240.0
- 1920.0
- 1600.0
- 1280.0
- 960.0
- 640.0
- 320.0
- 160.0
- 80.0
- 40.0