

文章编号: 0253-2239(2003)06-0766-03

利用倾斜镜对太阳像作平场处理*

饶长辉¹ 姜文汉¹ 方 成² 凌 宁¹ 丁明德² 陈东红¹ 周维超¹ 张学军¹ 高修发² 米 田²

(¹ 中国科学院光电技术研究所, 成都 610209)
(² 南京大学天文系, 南京 210093)

摘要: 提出一种利用高速倾斜反射镜对太阳像进行平场处理的新方法。介绍了此方法的原理和实际工作过程, 并给出了实验结果。结果表明, 应用高速倾斜反射镜可以非常有效地对太阳像进行平场处理, 提高太阳像成像质量。

关键词: 天文仪器; 太阳望远镜; 平场; 倾斜镜

中图分类号: P182.4⁺2 文献标识码: A

1 引 言

在研究太阳物理活动中, 需要对太阳目标进行成像观测。为了减小大气湍流和望远镜跟踪引起的倾斜扰动, 中国科学院光电技术研究所为南京大学垂直式太阳望远镜配备了一套倾斜校正自适应光学系统, 用于高分辨率太阳像观测。南京大学太阳塔垂直式太阳望远镜的光路如图 1 所示, 它由一条主光路和两条副光路组成。其主光路由 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 和 M_6 组成, 系统有效口径为 $\phi 430$ mm。 M_1 和 M_2 为定天镜, M_3 为主球面镜, M_4 和 M_6 为折轴反射镜, 其中 M_6 为高速倾斜反射镜, F_1 为主焦点。

在实际太阳目标成像观测时, 通常需要对太阳像进行平场处理, 这主要是为了消除望远镜光路的亮度不均匀、光学系统的“脏点”(主要为焦面反射镜和成像 CCD)以及成像 CCD 像素响应的不一致性对成像质量的影响。

倾斜反射镜^[1]通常采用压电驱动器, 它可以通过对其施加一定的电压以改变光路传输方向同时具有非常快(毫秒级)的响应速度, 从而赋予光学系统以能动可变的特点。倾斜反射镜在 x 或 y 方向的倾斜角为 $\theta = \delta/L$, 其中 δ 为驱动器的位移量, 在其有效行程范围内, 它与所施加的电压成正比关系; L 为驱动器中心到固定支点中心的距离(简称力臂)。

提出了一种利用倾斜镜对太阳像进行平场处理的新方法, 并将此方法应用于实际太阳像处理中。

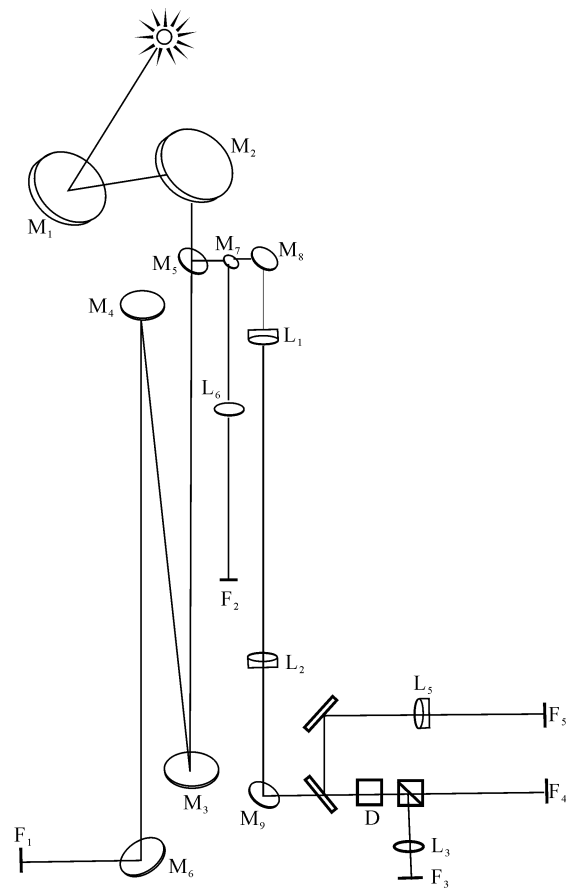


Fig. 1 Optical setup for Solar Tower Nanjing University

2 原理及其实现

通常情况下, 对 CCD 作平场处理的目的是为了消除 CCD 各个像素的响应不一致对成像质量的影响。这种响应不一致主要是由于 CCD 像素本身的响应不一致性以及光学系统的缺陷(如灰尘和亮度不均匀等)所致。一般情况下, 对 CCD 作平场处理

* 国家自然科学基金(19789301、49990451)资助课题。

E-mail: chrao@sc.homway.com.cn

收稿日期: 2002-05-14; 收到修改稿日期: 2002-06-24

通常需要平场光源,即一个光强非常均匀的光源。由于太阳中心区域光强比较均匀,因此比较适合用作平场光源。在对太阳像作平场处理时,通常首先将望远镜指向太阳中心区域,然后让望远镜绕着太阳中心轴旋转,采集太阳中心区域多幅不同位置的图像并进行平均(平滑处理),从而得到平场系数。

利用高速倾斜反射镜对太阳像进行平场处理,其基本过程与上述过程类似,具体如下:

- 1) 调整望远镜位置,使其指向太阳中心区域;
- 2) 对倾斜镜某一方向施加一定幅度的低频正弦扰动,从而扫描太阳中心区域不同位置的图像;
- 3) 对成像 CCD 连续曝光并同时采集多幅不同的太阳像;
- 4) 对倾斜镜另一方向施加同样的正弦扰动,重复 2、3 步;
- 5) 取消倾斜镜扰动并将太阳像移开整个望远镜视场,对成像 CCD 连续曝光并采集暗场图像数据;
- 6) 对所采集的平场图像进行暗场处理;
- 7) 对经过暗场处理后的平场数据多帧平均,从而得到平场系数。

必须指出,在对倾斜镜施加扰动时,其频率和幅度必须考虑成像 CCD 的曝光时间和读出速率的快慢,以使成像 CCD 能够采集到太阳中心区域多帧不同位置的图像。对于正弦扰动的幅度,一般是加到使倾斜镜偏移到其最大角度为准,这样可以充分利

用倾斜镜的扫描区域。对于常用的天文 CCD 相机而言,其曝光时间 T_1 可以设定,读出时间 T_2 与读出靶面大小直接相关。在试验中,正弦扰动的频率 f 通常取为: $f = N / (T_1 + T_2)$, 其中 N 为每个周期内 CCD 所能采集到的太阳像幅数。这样可以保证对倾斜镜施加正弦扰动时,这每个周期内 N 幅图像分别对应于太阳中心区域的不同位置。一般情况下, N 取 20~50 即可。在作平场处理时,两个方向上的抽样数目各取 50~100。

3 实验结果

在实际太阳目标成像观测时,利用倾斜镜对太阳像进行了平场处理。图 2 给出了 2001 年 12 月 22 日几种不同观测目标作平场处理前后的图像。成像所用 CCD 为 12 位的天文科学级 CCD,曝光时间为 100 ms,观测区域像元数为 512×440 ,像素分辨率为 0.0854 arcsec/pixel(角秒/像素)。其中图 2(a) 为没有作平场处理的图像;图 2(b) 为经过平场处理后的图像。图 2(a) 中的一些小黑点为望远镜主焦面或成像 CCD 上的“脏点”;图像中下方的亮斑为成像光路中的杂散光所致。从实验结果可以看出,经过平场处理后的太阳像能够有效消除系统中的“脏点”和杂散光的影响。与未经平场处理的图像相比,经过平场处理后的太阳黑子的半影要清晰得

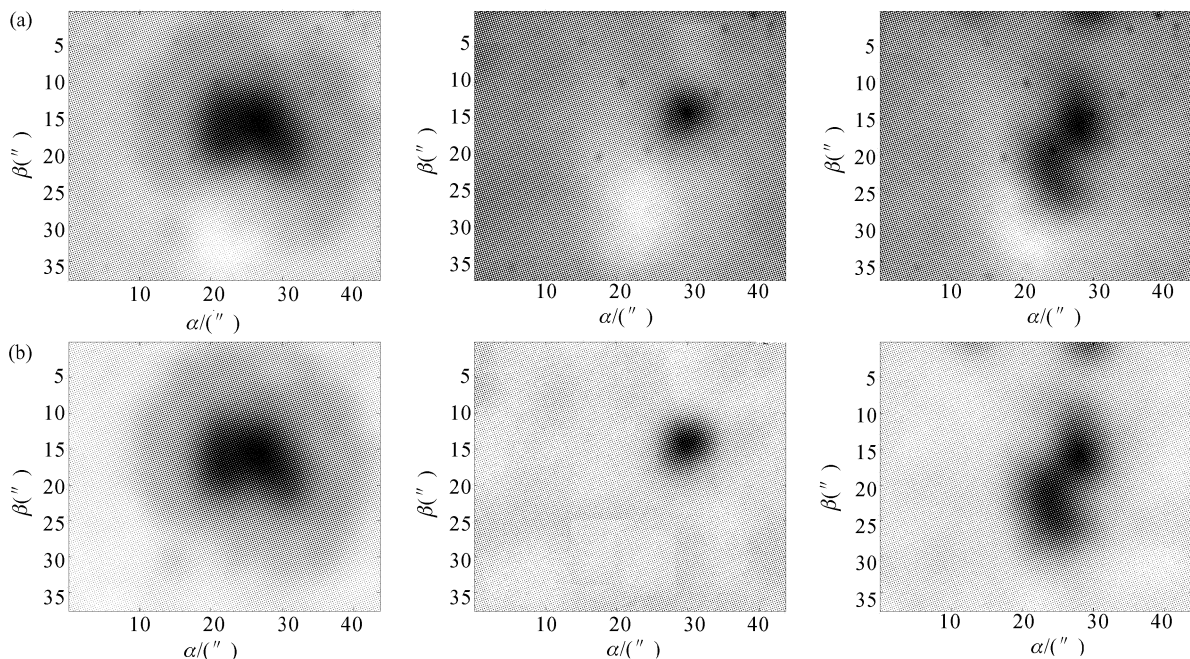


Fig. 2 The observation solar images. (a) Without flat field processing; (b) With flat field processing. These images were taken on 22 Dec. 2001. The exposure time is 100 ms

多,图像质量得到一定改善。这些结果也表明,应用高速倾斜反射镜可以非常有效地对太阳像进行平场处理。

结论 本文介绍了利用高速倾斜反射镜对太阳像进行平场处理的原理和实际工作过程,并通过实际太阳观测实验验证了这种方法的可行性。结果表明,应用高速倾斜反射镜可以非常有效地对太阳像进行平场处理,提高太阳像成像质量。

参 考 文 献

- 1 Rao Changhui, Jiang Wenhan, Fang Cheng *et al.*. Tilt-correction adaptive optical system for Solar Telescope of Nanjing University. *Proc. SPIE*, 2003, **4853**:658~666
- 2 Ling Ning, Chen Donghong, Guan Chunlin *et al.*. Two-dimensional piezoelectrical fast steering mirror. *Opto-Electronic Engineering* (光电工程), 1995, **22**(1):51~60 (in Chinese)

Flat Field Processing for Solar Images Using Tip-Tilt Mirror

Rao Changhui¹ Jiang Wenhan¹ Fang Cheng² Ling Ning¹ Ding Mingde²
Chen Donghong¹ Zhou Weichao¹ Zhang Xuejun¹ Gao Xiufa² Mi Tian²

(¹ *Institute of Optics and Electronics, The Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610209*)
(² *Astronomy Department, Nanjing University, Nanjing 210093*)

(Received 14 May 2002; revised 24 June 2002)

Abstract: Based on the characteristics of tip-tilt mirror, a new method of flat field processing for solar images using tip-tilt mirror is proposed. The principle and the procedure for this method are introduced. The experimental results are presented. The results show that it is very effective to do flat field processing for solar images with tip-tilt mirror. After making flat field correction, the quality of the solar images can be improved.

Key words: astronomical instrument; solar telescope; flat field; tip-tilt mirror

《光学学报》重要通告

为了减少严重急性呼吸系统综合症(SARS,又称非典型肺炎)病毒的传播途径,并加快稿件的处理速度,本刊从2003年5月1日起一律采用电子邮件(E-mail)方式投稿。单位证明用扫描仪扫描后,也通过电子邮件方式传过来。

未曾给《光学学报》编辑部留过电子邮件地址的《光学学报》审稿专家,请尽快把你们的电子邮件地址发给本刊编辑部,以便实行电子邮件方式审稿。

电 话:021-69918011, 69918428

E-mail:gxxb@mail.shcnc.ac.cn

传 真:021-69918011

《光学学报》编辑部

2003年5月10日