

多通道太阳望远镜滤光器恒温控制改进

张斌 艾国祥 王敬山
中国科学院北京天文台
100080

摘要

滤光器温度的稳定度是滤光器正常工作的极其重要的因素，温度的漂移会使已经调到某一谱线的滤光器偏离正确的谱线，从而导致我们观测不到期望的太阳结构，甚至测量不到磁场信号，从而导致错误的结论。恒温对于滤光器如此重要，但温度的控制却依赖于很多因素，诸如恒温控制器的灵敏度，温度传感器件的灵敏度，恒温对象的保温状况热量流动情况以及体积等等，在滤光器的恒温控制已经定型的情况下，滤光器本身的保温状况热量流动情况以及体积成为重要的因素。

一、九通道滤光器的恒温改进

在多通道太阳磁场望远镜中，九通道滤光器是最重要的核心部件，它长0.8米，宽0.45米，高0.45米，是现今世界上使用的最大的滤光器系统，体积的庞大使得恒温控制难度增加数倍。因为我们要保证它在一年中始终温度恒定保持在0.01度的变化范围内，而北京夏季高温达38度，冬季低温到零下15度，环境温度差可以达到53度之多，可见一年中热量的交换差别相当大。就滤光器本身而言，其温度分布也是相当不均匀的，这种不均匀性又因其体积的增大而趋于严重，温度分布不均匀导致热量传递不均匀，最终使得滤光器整体恒温性能变差。九通道滤光器本身温度沿与光路平行方向的分布的示意图如下图示：

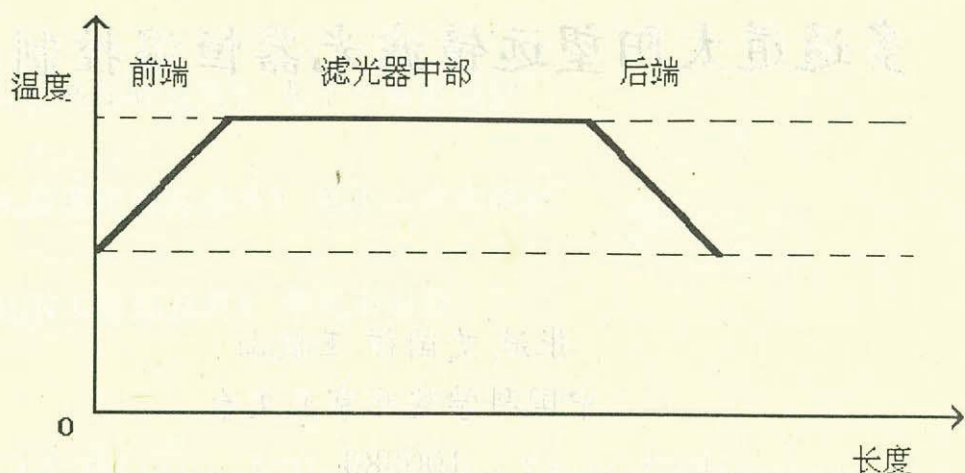


图 1

从图1可以看出，九通道滤光器的温度分布是中部高而前后两端较低，两端的热量散失是相当大的，其根本原因在于九通道滤光器的截面积过大，如果缺乏两端面的保温措施就难以保证滤光器整体的温度恒定。针对以上情况，我们对九通道滤光器端面采取了保温措施，即主动的控温保温法。如果仅仅采取被动的保温法，就无法保证滤光器在大温差环境中正常工作，因为一旦环境温度降低，两端的热量损失就会加大，则图1中的两端斜线的斜率就会变大，使滤光器中部的热量从两端流失导致整体温度降低，从而导致滤光器整体温度分布改变。

九通道滤光器前后端面的具体热量流动情况又不相同，前端为五条入射光路，而后端为九条出射光路。在光路上的保温措施是采用保温密封玻璃，而在透光孔四周是胶木板和泡沫保温材料，显而易见两种情况的散热状况是不一样的，所以要采取分别独立的温度控制器，九通道滤光器两端面的情况示意如下图2。

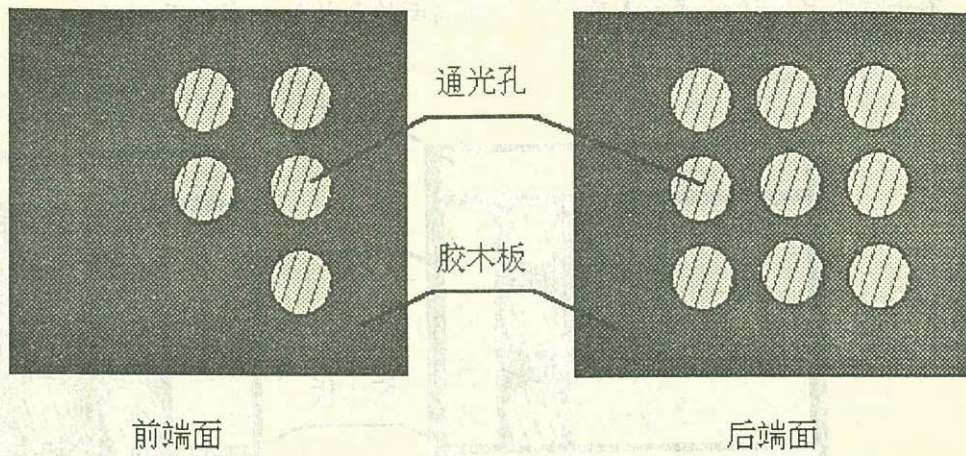


图 2

下面我们分中央和四周两种情况来讨论。中央的控温要求不能遮挡光路，所以我们采用胶木材料外绕加热丝的方法，然后在外层包上保温层，控温探头深埋在胶木中以达到最佳的温控效果，截面示意图如下：

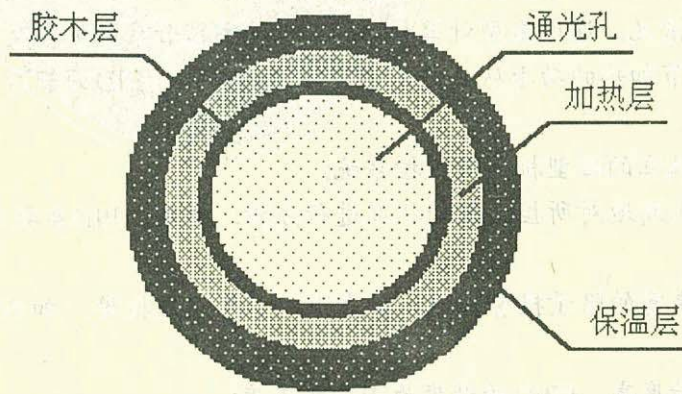


图 3

对于两端面的温控，针对滤光器对尺寸的严格要求以及保温面积过大的特点，我们采用平板式的加热结构，就是将加热丝绕在形状不同的板上，这些板的形状是依据滤光器两端面透光孔四周的形状而定的，经过适当的组合就可以基本上把滤光器两端面覆盖，然后再在其上加一层泡沫保温材料就可以保证热量的散失。但

仅此并不能保证端面的温度均匀，所以每一块加热板的加热功率又各不相同，这种不一致性只能通过试验来确定，此两端面的加热板分布如下图所示：

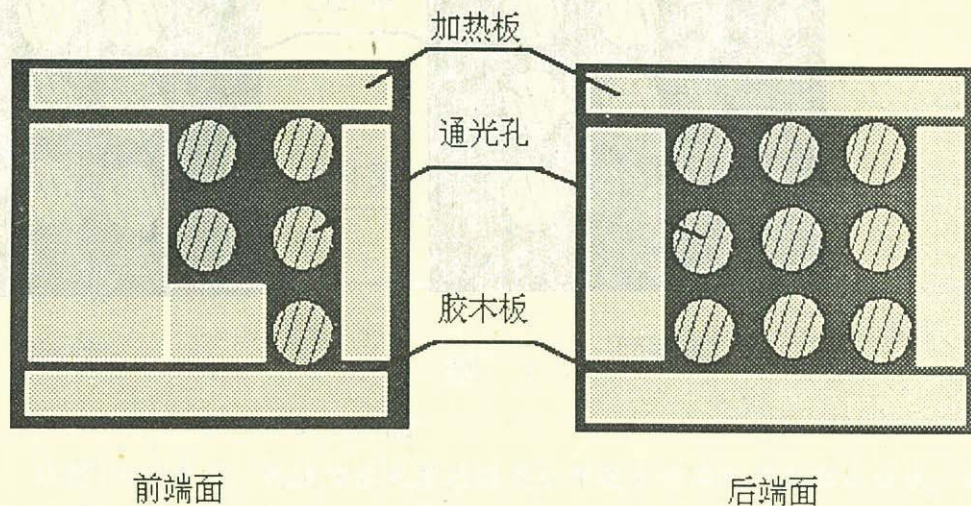


图 4

对于温度控制器的选择，我们采用了目前流行的PID温度调节器，具体是日本SHIMADEN公司生产的PID温度调节器系列中的SR41。PID调节器可以根据系统的整体热量交换情况，通过微型计算机采用PID算法算出系统热量交换的参数，并用这个参数去调节加热的功率从而达到调节温度的目的。PID调节器的特点是：

1. 具有独立的微型机调节监控系统；
2. 可以不断地对所控系统的状况进行分析，并得出PID参数以供进一步调节；
3. 具有丰富的限量报警功能，如上限，下限温度报警，加热器断线报警等等；
4. 控温精度高，SR41的精度为千分之五度；
5. 控温探头采用国际标准，精度高，易于更新；
6. 工作电压范围宽，一般从50伏到240伏；
7. 采用直观的数字显示方式，易于监测；
8. 温度调节简便，并且所有参数均可以保存以备断电；

温度传感器采用国际标准的铂电阻PT100，它具有反应灵敏，精度高，重复性好，不易破损的特点。在九通道滤光器上我们用了四套SR41控温器，即前端中央

，四周，后端中央，四周。为了监视端面的温度极其均匀性，我们在前后端面的上下左右各放置了一个PT100探头。除了增加控温部分之外，我们还加进了一定厚度的泡沫保温板，板的形状依据端面的孔径分布形成，在孔之间加入了小块的保温块，以达到良好保温的目的。

二、其它滤光器的恒温改进

对于SM，HALFA滤光器我们也采取了类似的端面保温措施，但依据其具体情况，加热板的形状采用圆形，加热丝按螺旋状固定在表面，使加热板能被均匀加热，然后在将其嵌入特定形状的保温材料中，其形状示意如下图：

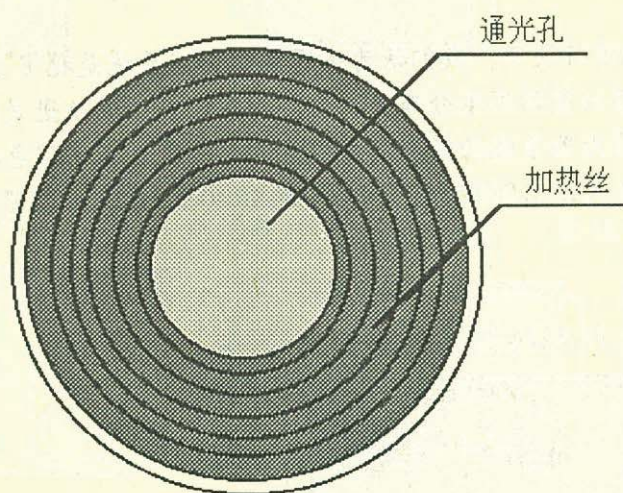


图 5

三、滤光器温度监视的改进

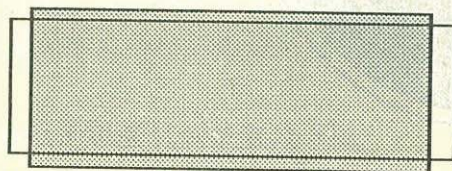
温度的显示一直是一个令观测人员比较头疼的问题，以前一直采用高精度温度计的方法，但温度计要占用滤光器的一部分体积，而且容易破碎，观察困难，对于多通道望远镜这样具有十几个测温点的庞大系统来讲，采用温度计已经不可能。现在我们采用高精度的数字温度显示器，将温度的显示从望远镜上移到观测室，即便于观察又直观。

采用的温度显示器是日本SHIMADEN公司的SD20四位数字温度显示器，其精度为百分之五，作为温度显示已经是足够了，测温探头采用PT100。我们制作一个多键互锁的选择开关来选择不同的检测对象，检测对象是：九通道滤光器体1，九通道滤光器体2，九通道滤光器头，九通道滤光器前端面上下左右，九通道滤光器后端面上下左右，SM滤光器，HALFA滤光器，共计十三个测温点。

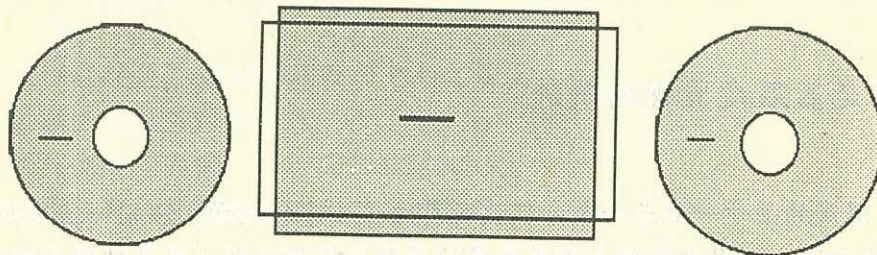
在多通道望远镜上的控温器有：九通道滤光器体外，九通道滤光器体内，九通道滤光器头，九通道滤光器前端面中央，九通道滤光器前端面四周，九通道滤光器后端面中央，九通道滤光器后端面四周，九通道KD*P，HALFA滤光器，HALFA滤光器端面，SM滤光器，SM滤光器前端面，SM滤光器后端面，SM干涉滤光片5576，SM干涉滤光片5324，共计十五个恒温系统。

经过长时间的运行使用，我们认为多通道的恒温系统是稳定可靠的，SR41控温器的加入使滤光器的整体温度分布更均匀，对恒温系统的改进是很有成效的，以下是多通道望远镜滤光器系统的恒温及测温点的示意图（图中黑色横线为PT100铂电阻放置处）。随本文附上SHIMADEN公司的SR40系列PID控制器的功能及操做说明一份以供参考。

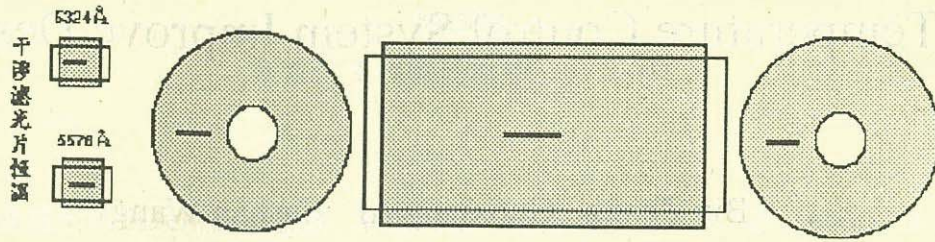
35CM太阳磁场滤光器体恒温



前端面恒温 HALFA滤光器体恒温 后端面恒温

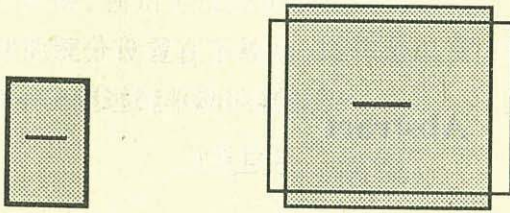


前端面恒温 SM滤光器体恒温 后端面恒温



九通道KD*P恒温

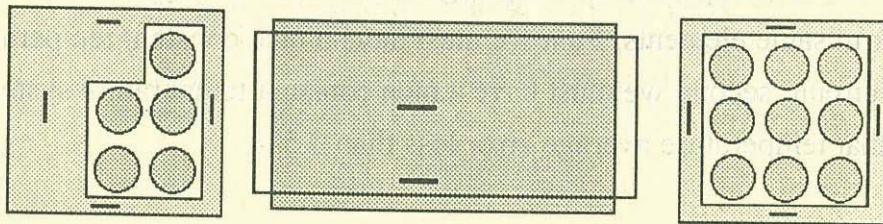
九通道滤光器头部恒温



前端面恒温

九通道滤光器体恒温

后端面恒温



参考文献

- [1] 《恒温器的设计》 电子工业出版社
- [2] 《SR40系列恒温控制器的应用》 北京先锋电子公司
- [3] 《PT100铂电阻技术手册》 电子工业出版社

Multi-Channel Telescope Optic Filter Constant

Temperature Control System Improve Design

Bin Zhang Guoxiang Ai Jinshan Wang

Beijing Astronomical Observatory Academia of Science

100080

Abstract

Working temperature of optic filter is very important, optic filter can not work normally in wrong temperature, it requires the constant temperature accuracy measured practically within $1/200^{\circ}\text{C}$. The constant temperature control circuit for optic filter is holding the heater and temperature sensor together in same elements. First we must have a nice constant temperature control circuit, second we must have a nice constant temperature system. It means that temperature average error less than 0.5%.

We added several mini constant temperature control units to the old optic filter system, especially at the both ends. It is usually noticed that a good constant temperature system must have constant swooping heat, so we must make sure that optic filter is in a constant swooping heat environment, but we did not notice the both ends. Heat always loose from here. After the improvement, optic filters work better than before.