

太阳多通道望远镜滤光器恒温电控设计

陆海天

南京天文仪器研制中心, 210042

摘要

本文介绍太阳多通道望远镜滤光器的恒温电控的研制过程。重点介绍使滤光器恒温精度达到长期稳定的设计方案。

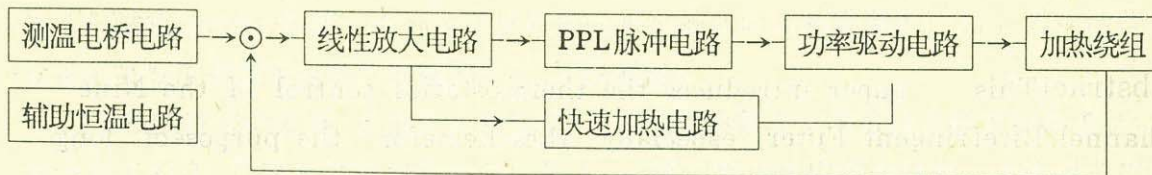
太阳多通道滤光器是一台多镜筒组合式望远镜, 它一共配备有四套滤光器: $H\alpha$ 、 0.1\AA 、九通道头和九通道体滤光器, 四套滤光器中以九通体滤光器的结构最为复杂, 为长方形结构, 滤光器侧面不均匀分布了四十多只步进电机, 体积为 $50 \times 50 \times 80\text{CM}$, 重量为 250 多公斤。由于这种复杂结构的滤光器以前没有人做过, 因此, 在正规产品之前, 在中间实验装置做了大量的实验工作, 并在此实验的基础上总结出经验, 九通道体滤光器设计采用双层、两级恒温和端面辅助加温的控制方案。这样, 就比较好的保证滤光器体内的恒温精度。由于滤光器是方形结构, 温控电路共有八块长方形加热板和两个端面加热绕组构成。因为体积大, 结构复杂, 又需要拆卸, 所以对电路的绝缘可靠性与控制可靠性有更高的要求, 所以在电路和工艺设计方面作了仔细考虑。

由于共有四套滤光器, 而且九通道体滤光器又是双层两级恒温, 所以电控加热不采用以往以采用的可控硅作为加热驱动电路, 而采用大功率三极管作为加热驱动, 并使用直流电源, 这样可以避免各个分系统之间的互相干扰, 而且晶体管的线性度比可控硅好, 从而大大提高温度控制的精度。

另外, 电控电路采取测温电桥和加热绕组分开的方法, 可以获得较好的控制效果。测温电桥的阻值设计为 $100\ \Omega$ 左右, 可大大提高测温电桥的灵敏度, 并减小检测电流引起的静态功率的增加, 还可以使加热绕组的阻值设计减小为 $10\ \Omega$ 左右, 这样可以减少预热和系统过渡过程的时间。

以下对滤光器的恒温电控设计作一介绍。

本恒温控制电路由: 测温电桥、线性放大电路, PPM 脉冲位置发生器, 快加温, 加热绕组及功率驱动三极管组成。原理方框图如下所示:



测温电桥的四个桥臂中的两个测温桥臂采用漆包铜线双线并绕而成, 是因为铜的温度复现性好。另两个固定桥臂采用锗锰铜线绕制, 锗锰铜的电阻温度系数 $\alpha = \pm 3 \times 10^{-6}$, 因此它的温度稳定性大大优于普通锰铜线。

关于电桥的阻值和检测电压的取值是这样设计的。

因为电桥的误差信号 $\Delta V = \frac{a \times \Delta T}{2 - a \Delta T \times V}$ (V 为检测电压)

又因为电桥的检测功率 $P_{\text{检}} = \frac{V^2}{R}$

由于滤光器的机械结构设计不断完善,至使保温性能也大大提高。夏季时加热功率为 0.07 瓦,如果检测功率过大,特别是外界温度较高时,则会引起 $P_{\text{检}} > P_{\text{加热}}$,造成温度失控。另因本级电桥测温性能有较好的稳定性和复现性,所以设计时考虑本级应有较高的灵敏度,也就是本级输出信号大些,后级线性放大器的放大倍数就可以小些,因为运算放大器的失调温漂是与温度成正比的。因此电桥的阻值设计为 120Ω 左右,检测电压为 2V, $P_{\text{检}}$ 约 0.03 瓦,这样整个电控系统的温度稳定性就能够提高。由于滤光器与控制器之间的连线较长,分布电容杂散,所以测温电桥的检测电源采用直流电源。

电桥的误差信号经差动放大器和反相放大器放大,这一级运算放大器采用第三代运放 OP-77,其温度漂移优于 $0.2 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$,时漂为 $0.2 \mu\text{V}/\text{月}$ 。放大电路中的阻性元件采用精密电阻,以降低电路的温度失调漂移。

放大后的信号分为两路:其中一路连至电压比较器,用于初开机时的快速加温,滤光器冷态时,由于误差信号大,经电压比较器输出一正电压,直接驱动功率三极管。使恒温器得到全电压加热,接近温度平衡点后,电压比较器输出一负电压,使本支路退出全电压加热。放大信号的另一路连到由 555 时基电路组成的 PPL 脉冲位置调制器中的控制端(5脚),其工作原理是这样的:555 的触发端(2脚)和阈值端(6脚)的电平一方面随电容的充放电变化,另一方面也随控制端的电位变化,即电桥的误差信号大,控制端电位就高,输出的脉冲波宽而密;控制端电位低,输出的脉冲波窄而疏。这种电路与 PWM 类似。

对滤光器的整机联调自出厂后历时两年,从中总结较多的经验,如仪器的整机温控性能的好坏与仪器外层设计的保温性能有关,保温措施好,电控平衡时的加势功率就小,温度控制精度就高,而且受外部环境温度变化的影响小;反之温控精度就差。所以仪器的保温措施设计是一个比较重要的课题。

Abstract This paper introduces the thermostatics control of the Nine Channel Birefringent Filter, especially the scheme for the purpose of long-time stability on temperature accuracy.