

六十厘米反光望远镜的红外斩波副镜*

顾玉华 祝捷 夏自立

(中国科学院南京天文仪器厂)

摘要——本文叙述快速摆动反射望远镜红外斩波副镜的调制技术及其在天文望远镜中的应用。

一、引言

对天体红外源的探测是对强背景上出现的微弱辐射源的探测。为了取出天体红外源的信号，通常都得采用调制技术。让探测器交替地接受“源加背景”以及“单纯背景”的辐射，然后将所得到的两个信号相减，再用电子线路把差值放大，最后以方波形式取出所要的信号。

调制方法一般有以下几种：(1) 摆动整架望远镜；(2) 摆动望远镜的主镜；(3) 摆动望远镜的副镜；(4) 摆动接近望远镜焦平面的一个小镜子。摆动副镜是目前地面望远镜使用较好的一种方法。所谓斩波副镜是指按一定的频率和振幅作摆动的副镜，它应当满足下列条件：

1. 调制函数尽可能接近方波；
2. 斩波副镜两端位置非常稳定；
3. 无探测器颤噪或前置放大器颤噪引起的振动；
4. 在操作过程中能够又好又快地改变斩波器行程和斩波频率。

普通望远镜上使用的副镜，其驱动方法有两种：第一种是用螺线管来驱动镜子，镜子的两个端点靠机械挡块来限制，这要求螺线管有足够大的推动力，机械挡块应能消除反跳。这种方法电气结构简单，只要机械设计好，装置稳定可靠。第二种是用一个线性伺服系统来定位镜子。它能用任何所希望的波形来振动副镜，机械结构比第一种方法简单。我们参考了西德马克斯普朗克天文研究所研制的红外望远镜斩波主镜和美国 MMT 组合望远镜上六个斩波副镜的设计思想，采用第二种方法，设计研制了六十厘米反光望远镜红外斩波副镜。

二、结构设计

1. 主光学系统

图 1 为反光望远镜的主光路图。主光学系统为卡塞格林系统。主镜是直径为 600 mm

本文 1981 年 10 月 26 日收到。修改稿 1982 年 8 月 20 日收到。

* 参加这项工作的还有南京天文仪器厂李德培、汪达兴、马穗媛，从及北京天文台蒋世仰、叶基棠。

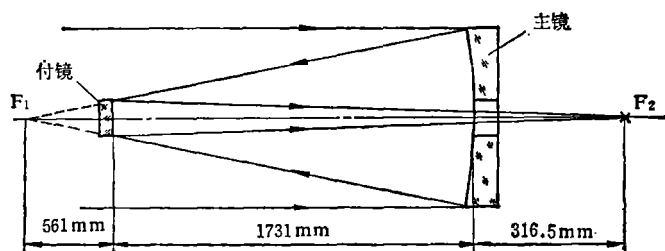


图1 反光望远镜的主光路图

的抛物面镜，副镜是直径为143mm的双曲面镜。探测器安装在卡氏系统的焦点 F_2 处。

2. 副镜斩波器

副镜斩波器如图2所示，其结构由副镜支承系统、直线电机、速度传感器及位移传感器等部分组成。

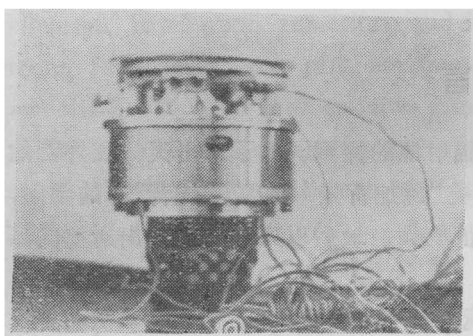


图2 副镜斩波器

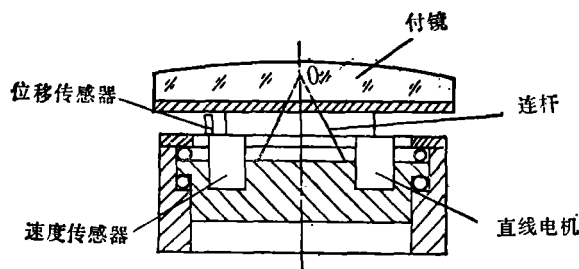


图3 副镜支承结构图

(1) 支承系统。副镜支承结构见图3，它支承在由四根连杆组成的摇杆机构上，四根连杆构成副镜的摆动轴。摇杆机构通过副镜和支承平面的重力中心 O ，这样转动惯量最小，并省去了平衡重。整个装置重约7kg。摆动部分的转动惯量约为 $8500\text{g}\cdot\text{cm}^2$ 。

(2) 直线电机。该电机由上海工业大学提供。电机的基本原理是基于载流导体在恒定磁场中受力产生运动。电机的实际推力约 0.8N ，最大行程为1mm，实际使用行程在 $\pm 0.05\text{mm}$ 以内，尺寸为 $\phi 46\text{mm}\times 60\text{mm}$ 。直线电机作上下运动，带动副镜绕 O 点摆动，达到调制目的。它的位移和速度分别由位置传感器和速度传感器来检测。直线电机，速度传感器分别与副镜相联，且均为弹性联接。整个机构均安排在镜子背后，以适应红外波段工作的需要。

(3) 位置传感器。它是一种电涡流式非接触型传感器（现成产品）。由传感头和变换器两部分组成。它通过被测物体的导电表面感应射频涡流来反映物体位置。

(4) 速度传感器。称直线测速机。这是一个电磁元件，根据法拉第电磁感应定律，线圈切割磁场的磁力线，在线圈内感应出与运动速度成反比的电势，用它来作速度反馈。在本设计中，考虑到机械设计的对称性，用直线电机代替了。

3. 电子线路

图4为斩波器电路原理方框图。为实现副镜快速摆动，副镜由直线电机驱动，速度传感器作反馈元件，反馈信号与方波发生器产生的方波信号在差分放大器中进行比较，经比较后

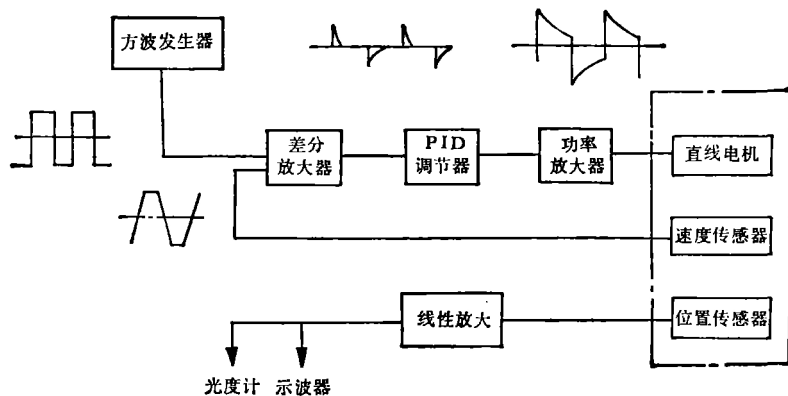


图4 斩波器电路原理方框图

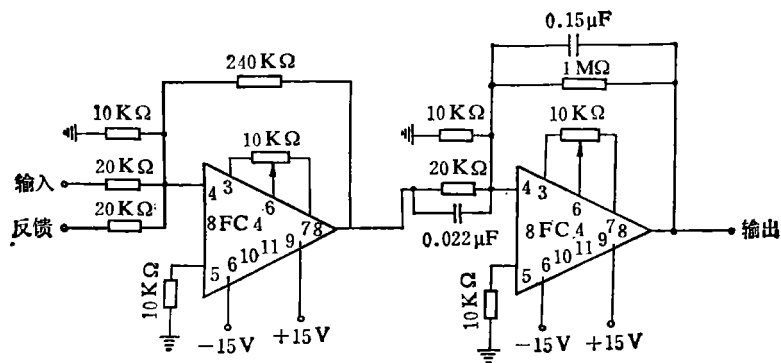


图5 差分和PID线路

输出的信号进入比例(P)、微分(D)、积分(I)线路,然后经过放大,驱动直线电机。 P 、 D 线路控制调制函数的形状和上升时间, I 线路控制零位置。副镜摆动时的瞬时位置由位置传感器测量。输出的调制函数是一个接近方波的电信号,放大后可作显示,或作红外光度计系统中锁相放大器的同步参考电压。

方波发生器通过2—5进制计数器的分频网络,产生12.5 Hz、20 Hz和25 Hz的信号。16 Hz信号是多谐振荡器产生的。

图5是差分和PID控制线路,它们由运算放大器组成。比例、微分的作用是反映调制函数的陡度,目的是使方波调制的前沿很快上升。积分的作用是决定调制函数零线的稳定性,以保证斩波器端点位置的稳定性。

图6是功率放大器,它是无输出变压器的推挽放大电路。

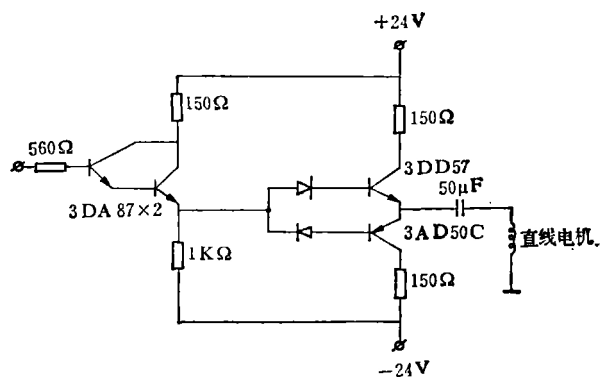


图6 功率放大器

三、试验结果

该斩波副镜在 60 cm 反光望远镜上做过试验, 试验得到的典型斩波如图 7 所示(副镜振幅相当于天空行程 $23''$ arc, 频率为 12.5 Hz)。上面一条曲线是经过放大限幅所得的位置传感器的输出信号, 下面一条曲线是调制后的光电信号。从图 7 测得, 此时从 10% 到 90% 的上升时间为 3 mS。试验证明, 该斩波副镜已达到下述性能指标:

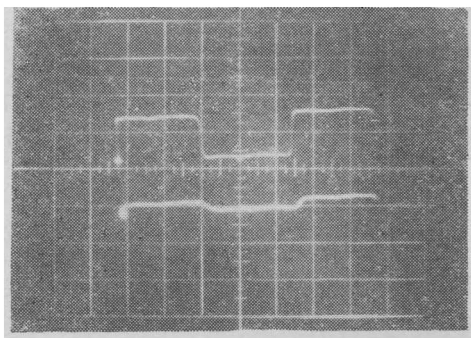


图 7

感器的输出信号, 下面一条曲线是调制后的光电信号。从图 7 测得, 此时从 10% 到 90% 的上升时间为 3 mS。试验证明, 该斩波副镜已达到下述性能指标:

1. 斩波方向: 可遥控调节, 从中心位置旋转 $\pm 150^\circ$;

2. 斩波振幅(相当于星象在空间的位移量): $0 \sim 2'$, 可遥控连续调节;

3. 频率: 12.5 Hz, 16 Hz, 20 Hz, 25 Hz;

4. 调制函数: 为方波, 当斩波振幅为 $20''$ arc 时, 10% 到 90% 的上升时间小于或等于 3 mS, 超调小于或等于 1%; 当斩波振幅为 $180''$ arc 时, 10% 到 90% 的上升时间为 4—6 mS。

四种频率中以 12.5 Hz 工作状态为最好, 但由于 12.5 Hz 是 50 Hz 的倍数, 易受市电干扰, 故实际观察时改用 11.7 Hz。

经过实验证明, 该斩波器能适用于红外天文观察。

参 考 文 献

- [1] Low F. J. & Rieke G. H., *Methods of Experimental Physics*, vol. 12, Astrophysics, part 9, Academic Press, 1974.
- [2] Gautier III T. N. et al., *Proc. SPIE*, **172** (1979), 54—59.
- [3] Fahrback U. et al., *Astron. & Astrophys.*, **33** (1974), 265—267.
- [4] 龚树模, 红外科学技术情报研究讨论会会议文集, 中国科学院上海技术物理研究所, 1978, 11—13.

INFRARED SECONDARY CHOPPING MIRROR OF 60 cm REFLECTING TELESCOPE

GU YUHUA, ZHU JIE, XIA ZILI

(Nanjing Astronomical Instrument Factory, Academia Sinica)

ABSTRACT

The technique of modulation by rapidly wobbling the secondary chopping mirror of a reflecting telescope, and its application to the astronomical telescope are described in this paper.