

# 赤道叉式太阳望远镜的纬轴平衡方法

胡企千

## 摘要

本文针对一般赤道叉式太阳望远镜不能使镜筒指向天顶的特点提出一种纬轴平衡的方法,该方法已被有效地用于最近安装成功的太阳多通道望远镜。

众所周知,天文望远镜一般要在全部装配完成后在现场进行最后的轴系平衡,特别是大型望远镜,不经过精细的平衡调整就不可能获得满意的伺服驱动性能。

这次,在北京天文台怀柔观测站最后调整太阳多通道望远镜(该仪器相当于一台一米口径的望远镜)的纬轴平衡时,我们采用了一种简单而有效的方法,现介绍如下,并希望在今后的类似仪器上推广应用。

如图, O 为望远镜纬轴, x-O-y 为固定于镜筒上的自然坐标系, x 轴即为光轴。显然 x 与铅垂线 OB 之夹角,对太阳望远镜而言,通常被设计在  $\phi - 23.5^\circ$  到  $\phi + 23.5^\circ$ ,  $\phi$  为观测点地理纬度。现设镜筒重心在 C 处,坐标值为  $x_o, y_o$ , 镜筒重量为 G (清单,随着加平衡重此重量将发生变化,但由于它与所加的平衡重相比要大得多,因此可视为常量)。易于得出重力 G 的力臂如下:

$$AO = -x_o \sin(\phi \pm 23^\circ) - y_o \cos(\phi \pm 23^\circ)$$

现若用弹簧测力器在力臂  $\bar{X}$  处测得所需的平衡力为  $P_{1,2}$ , 则平衡方程式为

$$G \cdot AO = P_{1,2} \bar{X}$$

式中  $P_1$  为镜筒光轴 Ox 处于角度  $\phi - 23.5^\circ$  时的平衡力,  $P_2$  为角度  $\phi + 23.5^\circ$  时的平衡力, 本文规定  $P_{1,2}$  沿 -y 方向为正。

由上述方程式可得出二元一次方程组:

$$\begin{cases} -\frac{G}{\bar{X}} [x_o \cdot \sin(\phi - 23.5^\circ) + y_o \cdot \cos(\phi - 23.5^\circ)] = P_1 \\ -\frac{G}{\bar{X}} [x_o \cdot \sin(\phi + 23.5^\circ) + y_o \cdot \cos(\phi - 23.5^\circ)] = P_2 \end{cases}$$

作为例子, 现将太阳多通道望远镜的有关数据代入:

$$\phi = 40^\circ \text{ (北京)}$$

$$G = 3500 \text{ kgf}$$

$$\bar{X} = 1600 \text{ mm}$$

$$\begin{cases} -0.621x_o - 2.907y_o = P_1; \\ 1.957x_o - 0.976y_o = P_2; \end{cases}$$

从而解得

$$\begin{cases} x_o = 0.279P_1 - 0.600P_2; \\ y_o = -0.56P_1 + 0.178P_2; \end{cases}$$

我们只须在镜筒两个极限位置上 ( $\phi - 23.5^\circ$  和  $\phi + 23.5^\circ$ ) 分别测出所需之平衡力  $P_1$ 、 $P_2$ ，就可用上式求出镜筒重心位置  $X$ 、 $Y_o$ 。

两点注意：

1. 上述测试时镜筒轴线应处于子午面内（即赤经度盘应处于正午位置）
2.  $P_1$ 、 $P_2$  必须为纯平衡力。弹簧测力器的读数为平衡力和摩擦力的找数和，为了剔除摩擦力，须同时测出正反两个方向刚好能使镜转筒转动的力  $P'_1$ 、 $P''_1$  以及  $P'_2$ 、 $P''_2$  因为

$$P'_1 = f_1 + P_1 \quad (\text{逆着不平衡力矩方向拉})$$

$$P''_1 = f_1 - P_1 \quad (\text{顺着不平衡力矩方向拉})$$

故而

$$P_1 = 1/2(P'_1 - P''_1)$$

同样

$$P_2 = 1/2(P'_2 - P''_2)$$

测出镜筒重心位置 ( $x_o$ 、 $y_o$ ) 后就可以按其天然坐标系进行静力平衡。当然由于结构上的限制仍须仔细推敲在何处加多大的平衡重，但毕竟不再处于盲目尝试状态了。一般而言这时要确定的量有四个：平衡重量  $g$  以及它的座标值  $x_o$ 、 $y_o$ ，这时可以根据实际清闲先确定其中之一，例如  $X$ ，然后再算出  $g$  和  $y_o$ 。平衡方程式为

$$g \cdot x = G \cdot x_o$$

$$g \cdot y = G \cdot y_o$$

由此得

$$g = \frac{Gx_o}{x};$$

$$y = \frac{Gy_o}{g};$$

至于太阳望远镜的赤经平衡调整，由于没有那样的限制，故而不存在上述问题。

最后将太阳多通道望远镜实际调整时的测试数据列出如下。由以下结果可见，仅经五次平衡整，镜筒重心对纬轴在  $x$ 、 $y$  方向上的偏离已分别小于  $0.15\text{mm}$  和  $0.28\text{mm}$ ，相应的残余不平调力矩分别小于  $0.5\text{kgm}$  和  $0.98\text{kgm}$

$P_1$ (kgf)	$P_2$ (kgf)	$x_0 = -0.6p_1 + 0.279p_2$ (mmm)	$y_0 = 0.178p_1 - 0.560p_2$ (mmm)
-13.5	5.5	-7.1	8.5
-3.5	2.5	-2.5	2.4
0	4.5	-2.7	0.80
-0.3	1.5	-1.0	0.44
-0.5	-2.5	1.4	-0.17
-0.5	0	-0.14	0.28