

太阳磁场望远镜的机械结构

李挺 吕韵翎 杨还 顾伯伟 陈贤龙

(南京天文仪器厂)

一、对机械结构的技术要求

一、太阳磁场的测量始源于本世纪初,采用的手段简单,祇能测量黑子的强的纵向磁场。直到1953年美国巴布柯克发明了光电磁象仪,将磁场测量精度提高了2—3个数量级,随后,各种类型的太阳磁象仪应运而生,它们大多是在太阳摄谱仪基础上改装的,但进入摄谱仪的光线来自定天镜或定日镜,因而不可避免地引入严重干扰横向磁场测量的仪器偏振,一般祇能测量纵向磁场,此外,摄谱仪的入射狭缝使观测祇能是一维的,对二维区域的观测需要较长的时间,不适于实时观测的需要。60年代后期开始有人利用双折射滤光器层色散元件,在其前方安置磁场分析器,便可输出含有偏振信息的,而且不受仪器偏振干扰的,二维单色图象,通过相应接收器,便可同时得到二维磁场图。北京天文台太阳物理研究室艾国祥、胡岳风、史忠光等也在这时候提出相同的设想,并建议研制一台能够用光电和视频接收器测量日面向量磁场和视向速度的仪器,鉴于它具有较通常的太阳磁象仪更全面的性能,因而将它命名为“太阳磁场望远镜”,经过科学院批准,1972年5月在天文仪器厂成立了研制组。这台仪器具有明确的课题思想,对光机电性能都有较高的要求。仪器口径不大,但光学系统相当复杂,诸成像系统的光学元件总数达108块,双折射滤光器共有光学元件(以晶体为主)138块,是我国现有天文仪器中光学元件数量最多的。接收系统有照相,光电,视频三种,因此,磁场望远镜的机械结构除了满足一般望远镜的跟踪,成像的要求外,还必须满足复杂的光学和电子系统,特殊需要。从而决定了仪器机械结构的复杂性。

从仪器的使用要求出发,对仪器的机械结构提出以下基本要求:

- (1) 机械装置应具有足够的刚度,在五级风作用下,焦面上像的抖动小于1角秒,镜筒自重变形引入的跟踪误差在1小时内小于1角秒。
- (2) 备有光电导行装置,使仪器的跟踪误差小于2角秒。还有白光导行镜进行目视导行及照相记录。
- (3) 应尽可能减小仪器内部热空气湍流对成像质量的影响。采取补偿措施清除环境温度变化对光学系统稳定性的影响。
- (4) 主光路成像光学元件同轴性偏移小于3'。
- (5) 光电扫描系统的设计应保证尽可能高的测信噪比。
- (6) 双折射滤光器的机械结构应具有满足光学准直性的精度,尽可能好的保温性能和密封性能。
- (7) 具有各种不同的驱动速度,赤经:120°/分、0.5°/分、15'/分和2'/分。赤纬:0.5°~7.5°/分, 2'/分。

(8) 9种成像系统(照相二种,光电二种,视频五种之间能灵活,可靠地转换)。

(9) 配备必要的附属装置:晶体定轴测厚仪,模拟光源装置和照相翻拍装置。

二、机械结构的特点(图1)

(1) 保证刚度的结构设计:

由于观测对象是太阳,自然采取刚度较好的对称叉式装置。对诸变形环节的(在5级风作用下的)刚度分配如下:镜筒 $0.1''$,叉臂和轴承 $0.1''$,蜗轮 $0.1''$,轴承 $0.1''$ 。在所有环节中最薄弱的是轴承,原设计采用刚度较大的圆锥滚子轴承,但在装配前无法买到尺寸合适的,只好改用滚珠轴承,刚度较差,经计算表明变形量为 $0.6''$,接近规定的上限。其余三个环节的变形量均控制在 $0.1''$ 。

(2) 传动系统

采用经典的多电机差动叠加结构,以满足不同驱动速度的要求。机械结构较复杂,但稳定性好,相应电气控制线路就比较简单,从而提高了整个传动系统的可靠性。对赤经蜗轮精度不提出过高的要求,其周期误差是按照太阳视运动不均匀性和大气蒙气差较差的平均值规定的,可用一般机床加工,从而降低了加工费用。蜗轮付的齿合间隙由力矩电机矩加恒定力矩而消除,使得结构紧凑。

(3) 镜筒设计

镜筒为钢结构,具有相当好的刚性。主镜室采用了温差补偿结构,它与准直镜间是用温差补偿杆连接的。主镜和准直镜之间有一个长的真空镜筒,从而基本上消除了成像光路上的湍动热气流。由于真空窗不同主镜在一起,由另一个镜筒单独支承,从而减小了自重变形。成像系统的结构保证了8种尺寸太阳像之间的灵活而可靠的转换。

(4) 光电扫描系统。

为提高测量信噪比,机械设计具有以下特点:对日面用小方孔逐点前进扫描;光电倍增管用半导体致冷器冷却,以降低暗流。并采用了在金属板上加工方形小孔,圆弧导轨等特殊工艺以提高机械结构的综合性能。

(5) 双折射滤光器。

对滤光器的热学性能进行计算,作为结构设计的依据。设计和工艺上保证诸晶体元件相互间准直性误差小于 $2'$,并充分考虑到不让硅油泄漏的密封设计。此外,还设计了步进电机转动波片的结构。

(6) 光电导行镜和白光导行镜

利用开环的自整角机使光电导行镜与主镜筒作反向同步的运动,不需采用伺服随动系统,简化了电控设计。接收器采用灵敏度高,性能稳定的光导管。其前方的狭缝是沿太阳像半径方向安置,不需随太阳视角直径的周年变化而调节狭缝位置。白光导行镜给出目视图视用的全太阳像,并可拍摄具有扫描区域标志的太阳像。

(7) 附属装置。

为加工和检测各种双折射晶体(石英,欧洲石,电光晶体)和偏振片,专门设计和制造了一台晶体定轴测厚仪,它不仅成功地应用于磁场望远镜,还用于太阳精细结构望远镜的

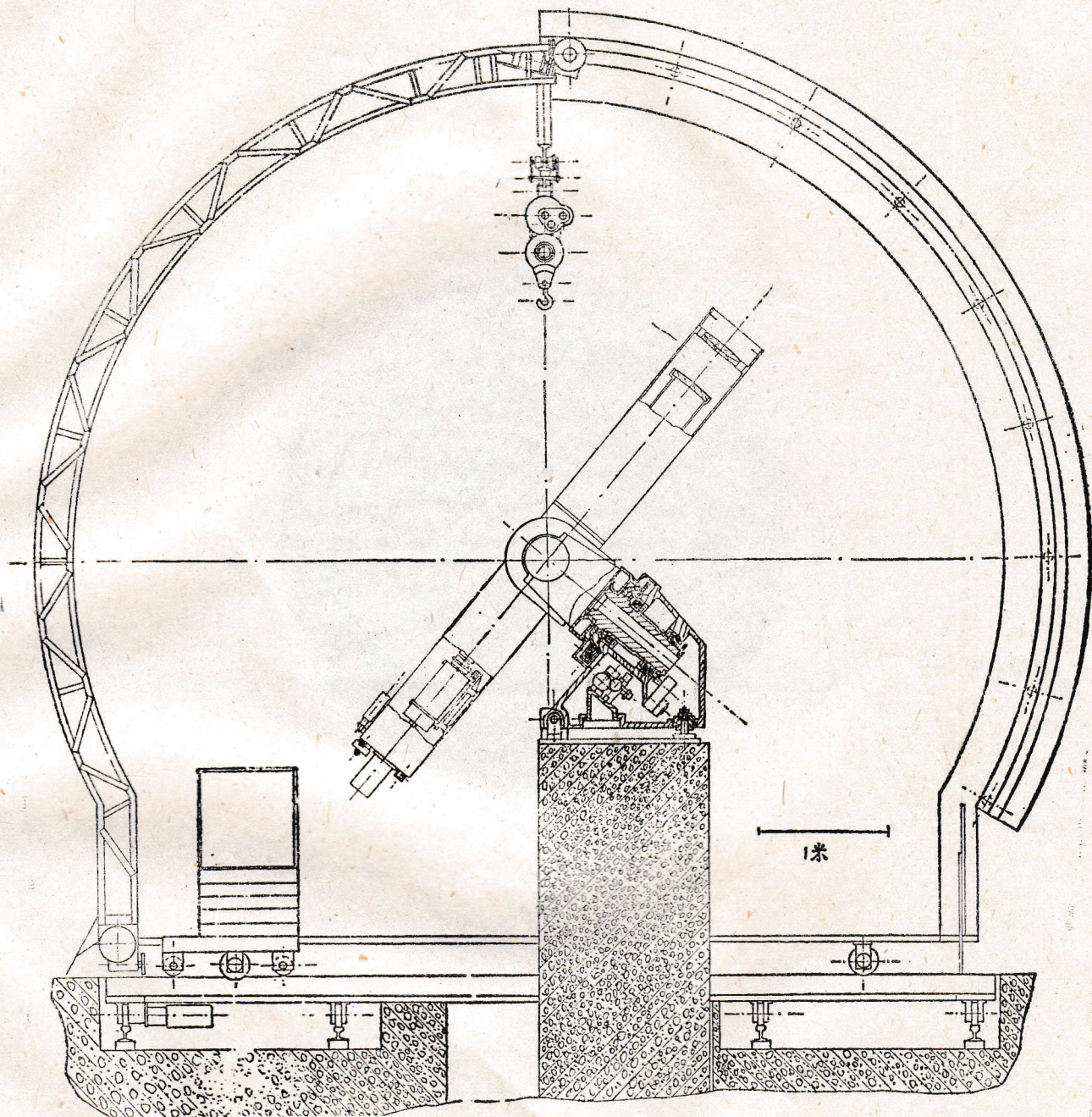


图1 太阳磁场望远镜

对折射滤光器的晶体和偏振片加工，具有推广应用的价值。模拟光源装置和照相翻拍装置的设计和制造也满足了使用要求。

(8) 园顶设计

为适应高分辨力的太阳观测，有时需将园顶移开，使望远镜处于自由的空气流中，前方没有可能被太阳晒热的建筑物。该园顶除具备一般性能（转动和启闭天窗）外，还可平移到塔顶北端与望远镜相距15米的地方。此外，由于观测室所在地怀柔水库是北京的风景区，园顶外形设计还必须满足环境保护当局的要求。