

光电经纬仪防护圆顶技术

王 志

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘 要: 对国内外经纬仪防护圆顶按开启方式作了简要的分类, 对各类圆顶结构形式特点、各组成机构功能及单件材料分别作了介绍, 为经纬仪防护圆顶研究工作提供相关素材。

关键词: 经纬仪; 防护圆顶分类; 结构特点; 设计要点

中图分类号: TH761.1 文献标识码: A

DOI: 10.3788/OMEI20112809.0018

1 引 言

随着光电经纬仪的发展, 其防护圆顶也有了很大变化, 由最初的单一固定站圆顶发展成现在的具有可机动性拖挂式或车载式移动圆顶。圆顶的结构形状也不仅局限于圆形, 可根据需要做成其他形状。其功能也由简单防风、防雨, 发展成现在的集光、机、电于一体结构紧凑的防护圆顶。

由于光电经纬仪主要针对航空目标观测, 这些目标具有距离近、速度快、低空飞行等特点, 因此, 防护圆顶设计要具备快速展开、伺服控制响应速度快、观测视场不能遮挡等特性。本文针对光电经纬仪圆顶技术及其特殊性进行介绍。

2 光电经纬仪防护圆顶要求

圆顶在关闭状态用于保护光电经纬仪及其内部的设备免受太阳、雨、雪、强风、灰尘及周围光线

的影响。圆顶在打开状态允许光电经纬仪在水平面上半球范围内任意方向上自由接近天空。由于主要针对航空目标观测, 热影响基本上可不考虑。

3 光电经纬仪防护圆顶结构分类

根据光电经纬仪布站需求, 圆顶可分为固定站和车载移动式两种。

固定站圆顶按工作方式可分为: 可分离式圆顶、推拉式圆顶、随动圆顶及软棚圆顶。

车载移动式圆顶按工作方式可分为: 敞开式圆顶、可分离式圆顶、随动圆顶及可迁移圆顶。

4 固定站各种结构形式防护圆顶技术特点

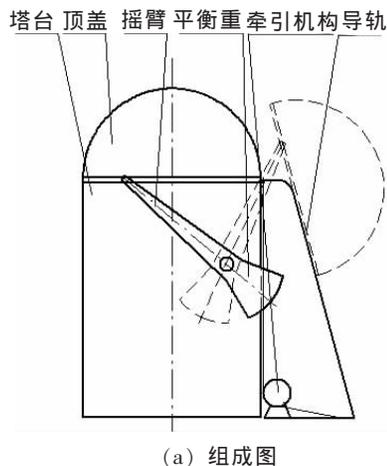
光电经纬仪固定站圆顶是从传统的天文望远镜圆顶发展而来的, 由于主要是白天对航空目标观测, 因此, 天文望远镜热效应对观测视宁度^[1]的影响在结

构设计上可不作考虑。

4.1 可分离式圆顶

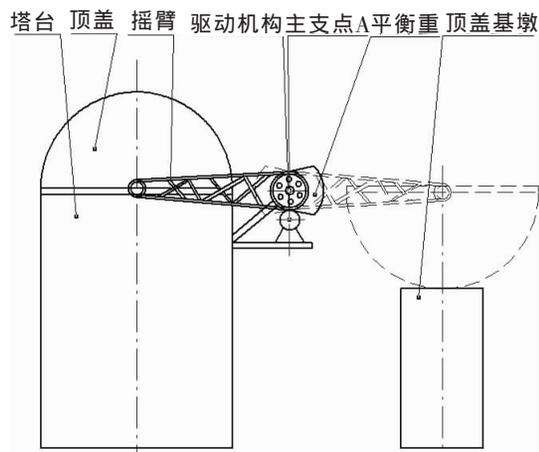
这种结构形式的圆顶在经纬仪工作时圆顶罩和塔台完全分离，放置在塔台侧面或下面，其外形大多为半球形。半球形圆顶的优点是：结构具有轴对称性，允许经纬仪在其内自由转动，方位 360°无遮挡、无噪音，抗风能力强，整体支撑稳定性好，圆顶控制简单，便于维护使用，寿命长，体积较其他结构形状圆顶要小，关闭时密封性好，遇有雨雪天气，球形结构较平面结构残存物少。

可分离式圆顶主要有两种结构形式。一种为滑轨翻盖式，见图 1 (a) 和图 1 (b)；另一种为直接翻盖式，见图 2 (a) 和图 2 (b)。



(b) 滑轨翻盖式图片
图1 滑轨翻盖式结构

滑轨翻盖式为圆顶盖起闭时采用主支点旋转，副支点沿导轨滑行侧翻式结构。圆顶由球型顶罩、摇臂、平衡重、导轨及牵引机构组成。其工作原理



(a) 组成图
(b) 直接翻盖式图片
图2 直接翻盖式结构

是：牵引机构（卷扬机及一组定滑轮）通过环形回路钢丝绳驱动，圆顶盖沿固定导轨按设计曲线作开启与关闭运动。

直接翻盖式：圆顶罩起闭时绕主支点 A 作 180° 翻转，完全打开后圆顶盖落于单独基墩上。圆顶由球型顶罩、摇臂、平衡重、驱动机构、顶罩基墩等组成。其工作原理是：驱动机构通过减速箱驱动圆顶罩绕主支点 A 作 180° 翻转，作开启与关闭运动。

两种结构形式中圆顶罩由多组拱型钢架、底盘钢架和内外蒙皮组成，拱型钢架一般由角钢焊接成球形桁架结构，构成圆顶罩的骨架；底盘钢架由钢板焊接而成，构成圆顶罩底部边缘，其表面要平整，以便与塔台接触环面进行良好的密封；圆顶罩的蒙皮由铝板或玻璃钢^[2]制成，颜色为银灰色或象牙白色；摇臂的作用是圆顶罩起闭时承载圆顶罩的重量，

同时带动圆顶罩沿设定的轨迹运动；平衡重可平衡掉圆顶罩的大部分重量，由比重较大的金属铅质制成；驱动机构或牵引机构是圆顶罩起闭的动力源和中间传动机构；导轨则是保证滑轨圆顶罩起闭时能按设定轨迹运动。

该类型圆顶设计时要对以下工况的受力进行分析：

- (1) 当地十年一遇风速下圆顶罩起闭受力分析计算；
- (2) 雪载荷受力分析计算；
- (3) 当地十年一遇风速下圆顶罩防开启受力分析计算；
- (4) 圆顶罩起闭运行时间计算。

4.2 推拉式圆顶

这种结构形式的圆顶工作时圆顶罩沿两条固定水平滑道从经纬仪一端（关闭位置）移到另一端（开启位置），因此该圆顶需要有一个大的展开空间，使圆顶与经纬仪有足够的距离，避免工作时视场遮挡。该结构外形大多为方形，尽管方形结构形式的效率较低，表面积及体积较大，但由于可使用直梁构件进行建造，其造价会大大降低。见图3。

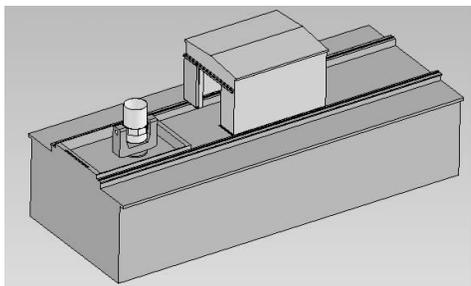


图3 推拉圆顶

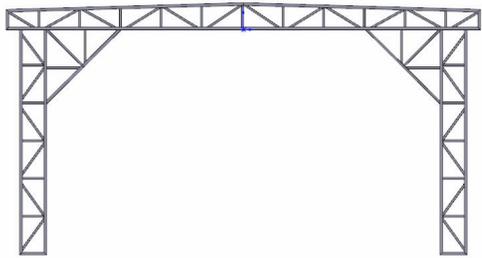


图4 单片框架

推拉圆顶由可移动方顶罩、方顶罩平移驱动机构、顶罩锁定机构、平移门及其驱动机构、密封等组成。可移动方顶罩由多个单片框架组成，见图4，每个单片框架由角钢焊接成桁架结构。将多个单片框架焊接到C形底盘上，即组成方顶罩的骨架。在骨架上铆接好1.5 mm厚的铝制蒙皮形成完整的移动方顶罩。顶罩下端的密封通常为裙边迷宫密封。

顶罩平移驱动机构由三相异步电机、蜗轮减速机、链轮链条机构组成。工作原理如下：由三相异步电机通过驱动蜗轮减速机，经万向联轴节带动链轮做旋转运动，链轮与固定在建筑基础上的链条做相对移动，将旋转运动变为直线运动，达到方顶罩水平启闭的功能。

方顶罩锁定机构是方顶在打开和关闭两个极限位置时防止被风推动的辅助固定装置。工作原理是当方顶罩打开前，由电机驱动偏心轮转动，将活动挂钩拉起，方顶罩解锁，方顶罩平移机构启动，方顶罩移走露出望远镜。电控在延迟一定时间后，电机继续转动，活动挂钩复位（即锁定位）。活动挂钩尾部与拉簧连接，以保证当偏心轮旋转时活动挂钩能按要求复位。当方顶罩关闭时，活动挂钩与固定挂钩接触，活动挂钩顺时针旋转，方顶罩到达关闭位置，活动挂钩在拉簧的作用下复位，锁定方顶罩。

平移门的作用是方顶罩开启前，平移门要预先打开，使方顶罩在开启时给经纬仪留有滑出空间。平移门一般设计成对开的两扇门，平移门靠承重轮悬挂于方顶罩前墙壁上部的滑槽中，类似于电动葫芦悬挂方式。在每扇门的下端有两个导向轮，以使平移门在上下两边都有所约束，在受到风力作用时不会有较大位移。每扇门在开启和关闭位置都由行程开关控制，同时还设有橡胶过冲机械保护撞块。方顶罩电控系统只有在收到平移门位置打开信号及方顶罩锁定机构解锁信号后，才会启动方顶罩平移系统。

平移门分为左右侧门，驱动机构为电机经减速器驱动滚珠丝杆旋转，左右侧门丝杆旋向相反，分别带动其上被卡块限制旋转运动的螺母，将丝杆旋转运

动变为螺母直线运动，实现两门同时打开或关闭的功能。两扇平移门采用两道挤压式密封圈密封，上下口为迷宫密封，侧面为毛刷密封。

推拉式圆顶罩设计^[3]时要对以下工况的受力进行分析。

- (1) 当地十年一遇风速下圆顶罩起闭风压分析计算；
- (2) 雪载荷受力分析计算；
- (3) 驱动机构电机容量的分析计算；
- (4) 圆顶罩起闭运行时间计算。

4.3 随动圆顶

随动圆顶意味着圆顶要随着经纬仪同步转动，该种圆顶的优点是封闭性好，可以减小进入内部的风速，能较好地挡住作用在经纬仪上的风载荷，减小风振动，同时对经纬仪操作手也具有一定的保护作用。随动圆顶允许圆顶罩和经纬仪各自独立旋转，经纬仪周围有较大的可用空间，随动圆可手动控制也可自动控制。缺点是由于随动旋转，较大地提高了转动质量，造成控制的复杂化。

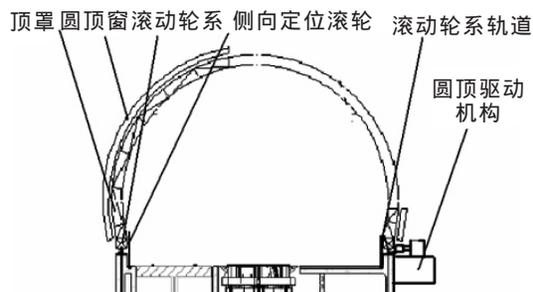
随动圆顶主要有两种结构形式，一种为半球开天窗式结构，另一种为两半球式结构。

4.3.1 半球开天窗式结构

半球开天窗式结构顶罩一般为超半球结构形式，即上半部分为半球形，下半部分为圆柱形。在半球形部分有一上下移动可开启闭合的天窗，供经纬仪观测航空目标之用。

半球开天窗式随动圆顶结构由半球形顶罩、滚动轮系、侧向定位滚轮、滚动轮系轨道、圆顶驱动机构、圆顶窗及驱动系统组成。其工作原理是驱动机构（电机带动摩擦轮）通过固定在半球型顶罩上的环形摩擦板，推动圆顶在滚动轮系环形轨道上沿固定轨迹运动。而圆顶窗则在经纬仪工作时预先由圆顶窗驱动机构沿预定滑道打开。结构组成图见图5 (a)，图片见图5 (b)。

半球形顶罩由型材焊接成主拱和环形梁，再用桁架做成其他多组拱型梁，形成半球骨架，外蒙皮



(a) 半球开天窗式结构组成图



(b) 半球开天窗式图片

图5 半球开天窗式结构

由金属板制成，内部镶嵌复合板；滚动轮系按圆顶载荷分布作适当分配，一般底部环行梁主拱处受力大，要布置多组滚轮；滚轮由可调弹簧支撑以便减小随动圆顶的震动和噪声；侧向定位滚轮也装有刚度可调节的弹簧，顶在轨道的内外两个侧面上，用以承载圆顶的侧向力。

滚动轮系轨道由多段弧型工字钢拼接而成，拼接成圆轨道后，轨道面平度误差 <0.5 mm，轨道整体圆度误差 <2 mm。

圆顶驱动机构有多种结构组合形式，如齿轮传动、链轮传动及摩擦轮传动。一般固定站圆顶多采用摩擦轮传动。摩擦轮传动由多组直流电机、橡胶摩擦轮^[4-6]及圆顶上的摩擦板组成。摩擦轮传动的优点是易实现多台电机并联拖动，减小传动机构所占的空间，工作时传动噪声小，造价低廉。

圆顶窗起闭结构有3种方式：左右开启式、前后开启式和偏心旋转式。圆顶窗框架用铝合金制作，外表面用铆接铝板，内表面用保温复合材料封装。圆顶窗起闭由电机通过链条机构驱动带有平衡重的天窗在滑轨上运动。在机构设计中同时考虑了弹簧

张紧机构, 以保证链条传动在正反向时不松弛。

由于是随动圆顶, 随动系统控制相对其他圆顶控制要复杂得多。因此, 计算机的参与是必要的。这里以摩擦轮传动为例, 说明其传动的特点。

首先是传动控制要求

圆顶传动控制方式既能快速电动, 也能自动跟随经纬仪随动;

快速电动时, 圆顶要达到要求的最高转速且运转平稳;

自动跟踪时圆顶随动误差应在 $0.5^{\circ}\sim 1^{\circ}$ 范围内;

要能手动控制摩擦轮与圆顶摩擦板之间的分合, 便于摩擦轮维护。

其次是传动的控制方法:

圆顶采用多组直流电机宽调速伺服回路, 满足快速电动和自动随动的要求;

多组直流电机采用串联控制方式, 使电机负载均匀;

控制电路中要有缓冲器, 可设置不同的加减速时间常数, 使圆顶平稳启动, 制动迅速;

圆顶要有位置检测元件, 以便检测圆顶当前位置。检测元件可采用旋转变压器, 光电编码器等。

天窗的控制相对简单, 只有开启与关闭两种状态, 电机选用交流电机。采用机械行程开关检测开启与关闭两种位置。

以上圆顶的控制方法和位置检测及与经纬仪的相对位置关系等多路信号需用计算机将其逻辑组合并编程控制。

4.3.2 两半球式结构

两半球式结构圆顶为两个四分之一半球形部分绕同一个回转轴各自独立旋转, 两个部分的组合运动可使经纬仪光轴指向半球面内的任何方向。两半球组合最大开启视场为 180° , 因此, 不用担心因随动控制系统控制精度不够, 对经纬仪跟踪视场有遮挡作用。这对圆顶随动控制系统要求降低。两半球式随动圆顶结构除将半球变成两四分之一半球顶盖外, 其余组成结构与前述基本相同, 控制方式也与



图6 两半球式图片

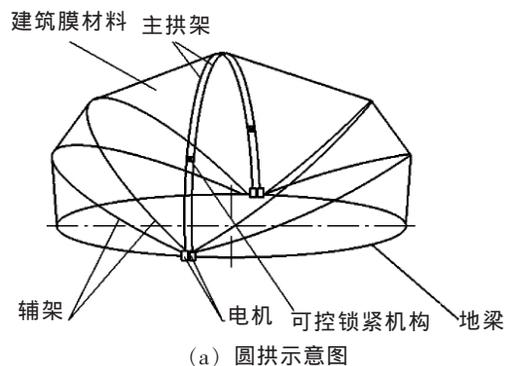
前述接近且相对简单, 这里不多叙述。见图6。

4.4 软棚圆顶

软棚圆顶是 Utrecht University 制作的一种新颖的结构形式^[7-9], 虽然它是作为1.5 m GREGOR 太阳望远镜的防护圆顶, 但其完全可以作为经纬仪的一种防护圆顶。其特点是整体结构简单, 重量轻、安装方便, 需要时可整体迁移。

软棚圆顶结构由主拱架、辅架、地梁、可控锁紧机构、电机、建筑膜材料组成。见图7。

图7(a)为圆拱示意图, 图7(b)为半开状态下的圆拱图片。圆拱需要闭合时, 按下开关, 驱动电机带动主拱架旋转, 当到达闭合位置时, 位置传感器给出信号使电机停止转动, 然后3个可控锁紧



(a) 圆拱示意图



(b) 软棚圆顶图片

图7 软棚圆顶

机构的电机启动,直到锁紧为止;当圆拱需要打开时,按下开关,3个可控锁固装置的电机首先启动、开锁,延时一定时间后,开锁完成,驱动电机同时反向旋转,带动主拱架运动,圆拱逐渐打开,待圆拱放平后,位置传感器给出信号,电机停止转动,动作结束。

软棚圆顶由两主拱架和若干辅架及地梁组成。主拱架采用钢结构,通过自身稳定的结构体系支撑膜体,能在质量较轻的前提下有足够的强度抵抗强风负载;地梁是塔台基面与圆顶联接的过渡零件。

薄膜既是受力构件又是覆面材料,要求质轻面薄,又要具有一定强度。膜材料一般选用建筑膜材PTFE,它广泛应用于大型建筑屋顶。

传动系统采用电机驱动主拱架,通过膜材带动其他拱架进行随动,完成圆拱的开启和关闭动作。

可控锁紧机构的作用是圆顶关闭后对拱架进行锁紧,使边缘紧密接触,以达到防雨、防尘的密封效果。可控锁紧机构采用螺旋拉紧方式完成锁紧动作。

以上介绍了固定站经纬仪防护圆顶的结构形式、组成要素和控制方式。它们各有特点,设计人员可根据经纬仪工作的需求,以简洁、低成本的设计思路满足使用要求。

5 车载移动式各种结构形式防护圆顶技术特点

近年来,随着经纬仪临时布站任务的增多,各种车载小型化机动式经纬仪也随之增多,相应的各种结构形式的防护圆顶也应运而生。车载移动式防护圆顶不仅要有固定站的功能特点,还要具备以下车载运输的特性:

- (1) 机动运输的稳定性、通过性要好;
- (2) 好的密闭性,环境温度适应性;
- (3) 具备迅速展开与撤收能力;
- (4) 具有良好的设备存贮功能。

5.1 敞开式圆顶

车载敞开式圆顶有其独特的结构形式,以国外

EOS公司设计的一款敞开式圆顶为例。它由舱体和滑动顶盖两部分组成。舱体为方型舱式结构,提供侧面防护,舱体侧壁可三面90°向下打开,变为操作空间地板。上部的滑动顶盖为框架式整体结构,提供顶部的防护。敞开式圆顶的工作过程是:开启时,上部的滑动顶盖向后滑动,完全移出舱体,然后打开舱体侧壁对接处的锁扣,使三面侧壁相互脱开,每个侧壁由液压支撑杆带动,以壁板与载车连接铰链为轴,向舱体外侧翻转90°,此时圆顶全部打开。关闭过程反之。这种结构的优点是舱体全部敞开,经纬仪视场不受限制,舱体侧壁和滑动顶盖分别采用液压和电动启闭机构,控制简单、节约人力,可在较短的时间内展开与撤收。结构图片见图8。



图8 敞开式圆顶结构图片

该防护圆顶的舱体主要由壁板、锁扣、密封条及液压驱动杆组成。壁板采用粘接式平板工艺,整个壁板由多块整张防锈铝板粘接而成。内侧为铝骨架,填充材料为硬质聚氨酯泡沫塑料,靠近内壁一侧有断热桥阻隔外部热量传递。壁板外表面平整、美观、整体强度高,打开变为操作空间地板时满足支撑要求。舱体两壁板之间设有橡胶密封条及多组锁扣,橡胶密封条随锁扣锁紧而压紧,保证舱体侧壁连接处的密封。舱体侧壁上边缘设有U型滑轨,为滑动顶盖提供运动轨道。舱体壁板采用整体翻转液压启闭机构,每个壁板设有两个液压驱动杆,提供壁板启闭动力。

滑动顶盖由顶罩、滑轨、顶罩驱动机构、顶罩锁定机构等组成。顶罩采用与舱体壁板相同的制作

工艺,即外表多块整张防锈铝板粘接、铝骨架、硬质聚氨酯泡沫塑料添充、内侧设有断热桥。滑轨采用U型轨道,顶罩滚轮在U型轨道中滚动,U型轨道上边缘设有限位挡片,防止顶罩因外力向上翻动。顶罩驱动机构由电机、减速箱、钢绳及限位块组成。工作原理:电机通过减速箱驱动钢绳正反转,从而带动顶罩启闭运动,到达两极限位置时,限位块触动U型轨道上的限位开关,电机断电,顶罩停止运动。

敞开式圆顶设计时要对以下工况进行受力分析:

- (1) 舱体壁板承载强度分析计算;
- (2) 舱体壁板液压启闭分析计算;
- (3) 液压驱动杆承载分析计算;
- (4) 滑动顶盖启闭风压分析计算;
- (5) 滑动顶盖起闭运行时间计算。

5.2 可分离式圆顶

这种结构形式的圆顶由载车厢体和圆顶罩两部分组成,载车厢体是防护圆顶的一部分,其侧壁高,不遮挡经纬仪俯仰光学视场,载车箱体侧壁设有供操作人员进出的小门,载车箱体内部空间供操作人员对经纬仪日常维护,同时载车箱体也是圆顶罩的支撑体。圆顶罩是防护圆顶的可移动上盖,工作时圆顶罩和载

车厢体完全分离,放置在载车侧面或下面,其外形大多为半球形或柱锥形。其结构优点是具有轴对称性,开盖工作时方位360°无遮挡、无噪音,抗风能力强,圆顶罩起闭控制简单,便于维护使用,密封性好。如图9(a)、(b)、(c)。

以圆柱形为例,载车厢体主要由厢体组件、门组成。

厢体各壁由板件组成。板壁外层蒙皮选用镀锌薄钢板,内层蒙皮选用铝合金板,夹层为钢方管骨架,骨架内充填硬质阻燃高强度聚氨酯泡沫板。壁板采用压制工艺,分块制作,然后拼装成厢体,包角选用镀锌钢板板弯,与厢体焊接装配。厢体门制作方法及材料与壁板相同。

圆顶罩由顶盖、支承摇臂、长插销、举升油缸、转柱、旋转动力机构和旋转限位装置等组成。结构图见图10(a)。

顶盖开启过程:向上打开、举升、旋转和降落。圆顶罩开启示意图见图10(b)。

顶盖的起落由支承摇臂和举升油缸来控制。工作原理是:随着液压油的推动,顶盖举升油缸支承摇臂渐渐提起,顶盖离开厢体顶。当顶盖举升到最大高

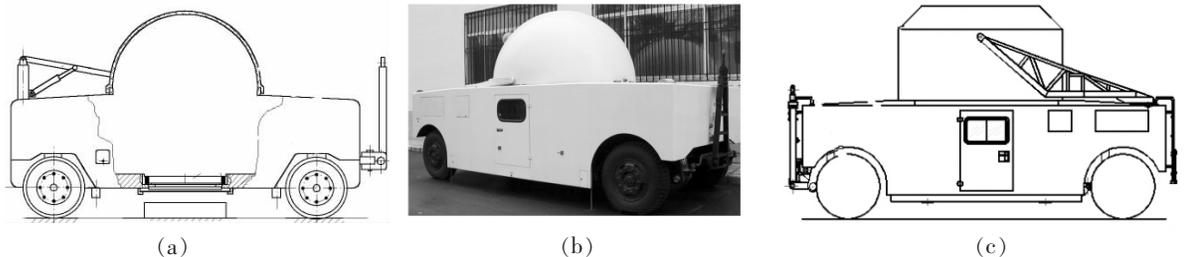


图9 可分离式圆顶

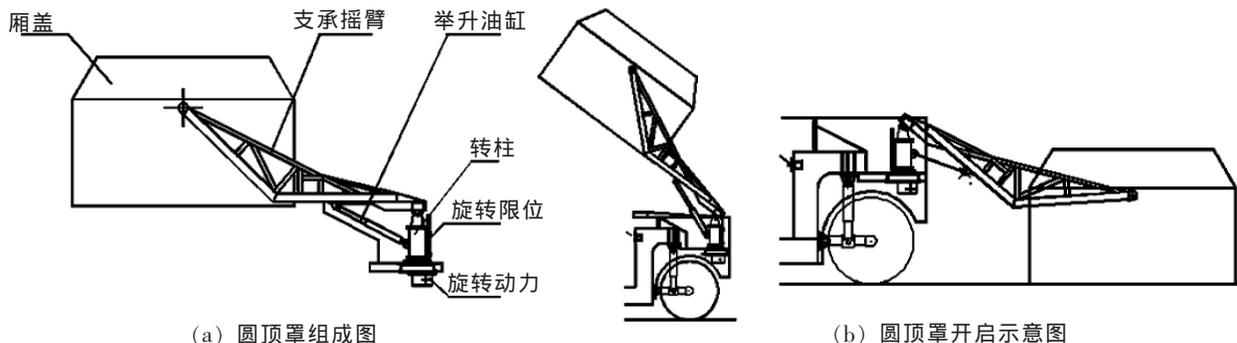


图10 圆顶罩

度时,绕转柱由前向后旋转 180° ,此时液压油缸收缩,顶盖就随着支承摇臂的回落而下落,最终落于地面。反之关闭。

采用液压系统的优点是可利用载车的液压系统设立分液泵站、控制板和工作油缸,而不用另外设置驱动电源。设有电动泵加压和手动摇泵提供压力。

顶盖为夹层结构,夹层骨架由方形钢管焊接而成,内外均为铝质蒙皮。构架内填充硬质阻燃高强度聚氨酯泡沫板。

支承摇臂用于厢盖的支撑。主杆一般选用型钢对焊,组成构架。支承摇臂上共有3个铰点:顶盖铰点、油缸举升铰点、悬转柱支座铰点,三铰点均用销轴装配。

转柱是顶盖整体旋转的支撑点,由支座、中轴、推力球轴承等组成。

旋转驱力机构包含蜗轮蜗杆变速器、传力杆、摇动手柄等。当摇动手柄套时,传力杆随着手柄的摇动,转柱会慢慢地转动。

旋转限位装置是为了保证经纬仪安全而设置的机构。当顶盖举升达到最高位置时(此时顶盖旋转不与经纬仪刮碰)才允许转柱转动。若顶盖低于最高位置,限位块则阻挡它旋转。

可分离式圆顶设计时要对以下的工况进行受力分析:

- (1) 圆顶罩启闭风压分析计算;
- (2) 圆顶罩车载震动强度分析计算;
- (3) 液压升降油路及容量分析计算;
- (4) 支承摇臂承载分析计算;
- (5) 圆顶盖起闭运行时间计算。

5.3 随动圆顶

经纬仪车载移动式随动圆顶是由固定站随动圆顶发展而来的,考虑车载的通过性,其外形制作尺寸较小。这种结构形式的圆顶由下厢体和随动圆顶罩两部分组成。下厢体一般制作成圆柱形,侧壁设有操作人员进出的小门,侧壁高,不遮挡经纬仪俯仰光学视场,下箱体内部圆柱形空间仅供操作人员对

经纬仪日常维护。下箱体为圆顶罩提供支撑体。随动圆顶罩是防护圆顶的顶罩,其上设有窗口,窗口由3片窗门组成,窗门可向3个方向开起,窗门打开后不能遮挡经纬仪静态视场。圆顶工作时随动圆顶罩与经纬仪同步转动,经纬仪可指向测量范围内的任意目标,而不会被遮挡。其结构优点与固定站随动圆顶相同。缺点是转动质量大、控制复杂、有一定噪音。

车载随动圆顶罩结构由半球型顶罩、上钢丝滚道、下钢丝滚道、大齿圈(或钢链)、齿轮减速箱(或链轮)、驱动电机、窗口及驱动系统组成。其工作原理是:直流伺服电机通过减速箱驱动固定在圆顶罩上的大齿轮,带动圆顶罩在钢丝滚道上转动;而圆顶窗则在经纬仪工作时预先沿3个方向打开。结构图见图11(a),11(b),窗口开启图见图11(c)。

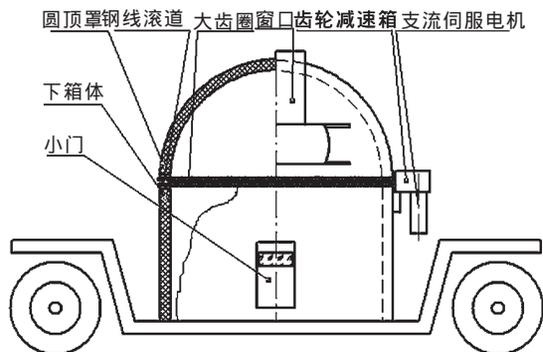
半球型顶罩为夹层结构,夹层骨架由型钢焊接而成,内外同为铝质蒙皮。铝质蒙皮由铝合金板材经过张拉成球面形状,与夹层骨架铆接。构架内填充硬质阻燃高强度聚氨酯泡沫板。

钢丝滚道由上下钢丝滚道及散装钢球组成,上钢丝滚道相当于止推轴承的上环固定于圆顶罩底部,中间散装钢球作为轴承的滚珠,下钢丝滚道相当于止推轴承的下环固定于下厢体的上缘。上下钢丝滚道及散装钢球共同构成顶罩转动的支撑机构。钢丝滚道的优点是制造成本低,转动平稳性接近标准滚珠轴承,自身可承受径向和轴向力。

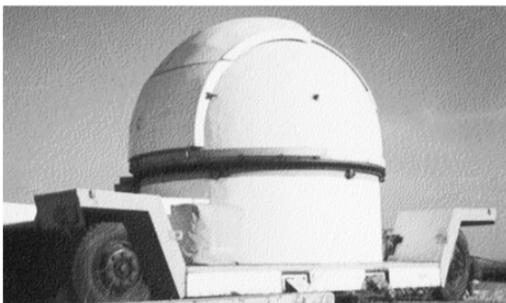
顶罩驱动机构由大齿圈(或钢链)、多组齿轮减速箱(或链轮)、多组驱动电机组成,由于半球型顶罩尺寸较小(直径 $<2\text{ m}$),因此,无论在使用成本还是可加工性上,都使得齿轮减速机构(或链轮机构)成为可能。

窗门组成与材料同顶罩相同,驱动一般为手动,通过手柄、棘轮、不锈钢带,拉动窗口3片门板启闭。

车载移动式随动圆顶的控制方式与固定站随动



(a) 结构组成图



(b) 结构外形图



(c) 窗口开启图

图11 车载随动圆顶

圆顶控制方式基本相同，可参考固定站方法。

可分离式圆顶设计时要对以下工况进行受力分析：

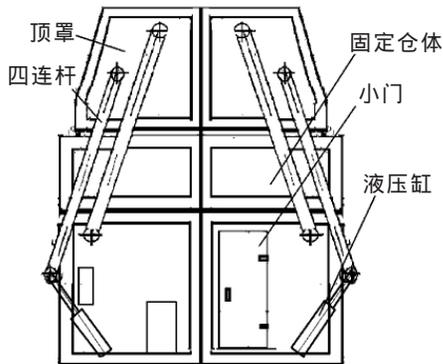
- (1) 圆顶罩开启时风压分析计算；
- (2) 圆顶罩车载震动强度分析计算；
- (3) 随动圆顶驱动电机容量分析计算；
- (4) 随动圆顶控制方式及控制精度分析计算。

5.4 可迁移圆顶

这种结构形式的圆顶不是车载移动式圆顶，而是可多次重复拆装、远距离搬迁、构思新颖的一种

结构形式。其特点是整体结构设计便于野外拆装，拆解件便于吊装，适于普通载货车分体装运。

可迁移圆顶由顶罩、固定仓体、液压驱动系统3部分组成。顶罩为方型两对开式结构，启闭由四连杆机构带动。固定仓体由多块侧壁组合而成，其中一片侧壁设有小门，仓体内空间供操作人员对经纬仪日常维护，同时仓体也是顶罩的支撑体。液压驱动系统由直流电机、液压泵、液压缸、液压回路组成。液压驱动系统固定于仓体外侧，方便人员操作。其工作原理是：液压泵通过液压缸及液压回路驱动四连杆机构，带动两对开式顶罩起闭。机构设有手动控制和遥控操作两种模式。机构优点是操作简单，可靠性高。结构组成见图12(a)，开启效果见图12(b)。



(a) 结构组成图



(b) 开启效果图

图12 可迁移圆顶

顶罩由两对开式梯形壳体组成，两壳体对接处采用锥形铝型材构建凹凸双道式密封结构，确保导向定位准确。接触点镶嵌橡胶密封条，达到密封可靠。如图13所示，顶罩侧面分别设置连杆连接座，以便连杆固定。顶盖板采用双面铝板，中间采

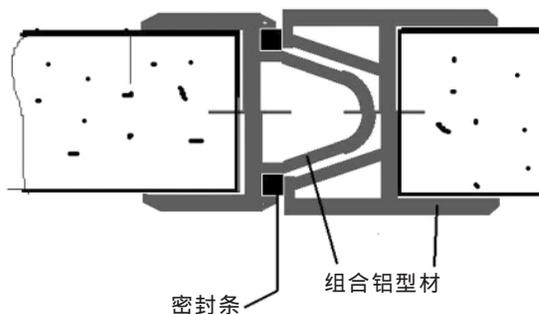


图13 对接处结构组成

用 DOW 挤塑板, 经真空负压成型, 保证良好的刚性。

固定仓体由多块组件拼成, 便于拆装及运输。每两组件连接方式采用锥形铝型材, 构建成凹凸双道式密封结构, 接触点镶嵌橡胶密封条达到可靠的密封性, 连接处采用锁紧机构, 保证了锁紧的稳定可靠。锁紧机构由拉紧器、锁紧带、锁紧带孔等组成, 见图 14。每块仓体组件均采用双面铝板, 中间 DOW 挤塑板, 经真空负压成型, 保证良好的刚性。仓体侧面组件设有四连杆机构连接座, 供四连杆机构安装。四连杆机构分别由液压缸驱动。固定仓体与安装面连接采用多组直角型钢连接, 直角型钢一边与仓体用螺栓固定, 另一边与安装面用膨胀螺栓连接。见图 15。

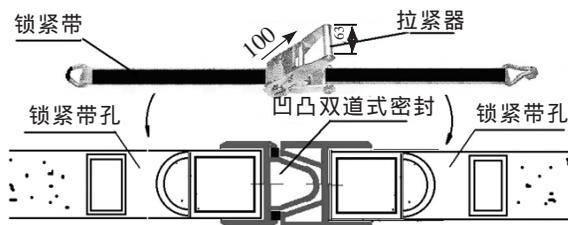


图14 锁紧机构组成

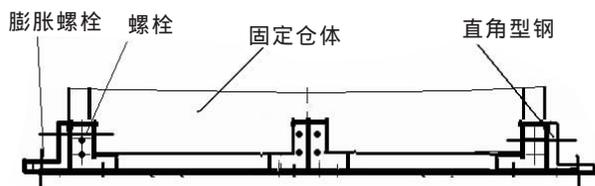


图15 仓体与安装面示意图

液压驱动系统单路的详细组成及工作原理见图 16。液压驱动系统是利用市场上容易购得的现有小型液压泵站、控制板和工作油缸拼装组成的系统, 具有成本低、结构简单可靠, 噪声低等特点。

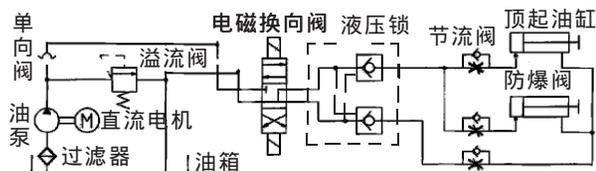


图16 液压驱动系统单路组成图

可迁移圆顶设计时要对以下工况进行受力分析:

- (1) 圆顶罩开启时风压分析计算;
- (2) 圆顶罩雪载强度分析计算;
- (3) 驱动电机及液压泵容量分析计算;
- (4) 四连杆机构运动轨迹设计分析;
- (5) 液压驱动系统回路设计计算。

以上介绍了车载移动式经纬仪防护圆顶的结构形式、组成要素和控制方式。由于车载设备受通过性限制, 而且随着车载移动式经纬仪需求的增多, 口径的增大, 给车载移动式防护圆顶的结构设计带来很大的挑战, 因此, 设计时要与经纬仪结构一同考虑, 以达到简单、适用化、低成本的目的。

6 总 结

根据靶场测量需求的发展, 固定站经纬仪和车载移动式经纬仪还将同时存在下去。随着观测目标的不同, 经纬仪的用途在不断地被开发, 相应的结构尺寸也在不断增大, 如何观测到更清晰的目标, 已经不仅仅是经纬仪本身的问题。因此, 在某些特殊要求的经纬仪圆顶防护罩设计上要引入天文望远镜圆顶防护罩的设计理念, 即考虑大气视宁度、温度、挡风、振动等诸多环境因素, 来满足这些特殊的需求。以上总结了经纬仪圆顶防护罩的结构形式, 提供给相关设计人员参考。

参考文献

- [1] 姚正秋, 周放. 近代天文圆顶发展概况[J]. 天文学进展, 2003, 21(3): 210-218
- [2] 冷圣泉. 玻璃钢圆顶整体翻起传动装置设计的探讨[J]. 天文研究与技术, 1986(2): 100-115.
- [3] Comfort C H, Jr. Matheson M, Limmongkol S, *et al.* Sloan digital sky survey telescope enclosure: advanced technology Optical Telescopes V Munich [J]. *SPIE*, 1994, 2199: 1074-1078.
- [4] 毛同生, 蒋世仰. 2.16 m 天文望远镜圆顶室[C]. 2.16 m 天文望远镜工程文集, 北京, 2001: 260-267.
- [5] Wilson R N. Reflecting telescope optics [J]. *SPIE*, 2003, 4084: 693-695.
- [6] Kerstan G. High performance mount for the SOAR telescope project[J]. *SPIE*, 2000, 4004: 127-134.
- [7] Volkmer R, von der Lühe O, Kneer F, *et al.* Progress report of the 1.5 m solar telescope GREGOR[J]. *SPIE*, 2004, 5489: 693-704.
- [8] McAlister H A, Bagnuolo W G, Hartkopfand W I, *et al.* Multiple telescope optical interferometric array[J]. *SPIE*, 1990, 1237: 22-30.
- [9] Sliepen G, Jagers A P L, Bettonvil F C M, *et al.* Contactless sub-millimeter displacement measurements[J]. *SPIE*, 2008, 7018: 49-52.

作者简介: 王志 (1963-) 男, 吉林长春人, 硕士, 副研究员, 2007年于长春理工大学获得硕士学位, 主要从事精密光学仪器结构设计研究。E-mail: wangzhi8927@163.com

长春光机所参展第一届中国国际新材料产业博览会

9月6日上午9时, 由工信部与黑龙江省政府共同主办的第一届中国国际新材料产业博览会在哈尔滨市国际会展体育中心隆重开幕。中共中央政治局委员、国务院副总理张德江出席开幕式并宣布第一届中国国际新材料产业博览会开幕。工信部部长苗圩、吉林省副省长王祖继、吉林省工信厅厅长常明及有关部门负责同志出席了开幕式。

长春光机所参加了此次展会, 展出的展品主要包括: 氧化锌极紫外光电探测器、新型高效率荧光粉、透明导电薄膜、特种玻璃、光学镀膜材料、晶体材料、LED照明产品和发光材料等。

吉林省工信厅厅长常明专程代表王祖继省长到长春光机所展区参观考察, 对该所在展会期间所作的工作给予了充分肯定。常明厅长认真观看了该所展出的实物和图片, 听取了该所关于新材料产业发展情况的介绍, 并对该所近几年在科技成果转移转化方面所取得的成绩给予了高度评价。

此次展会旨在培育、引导、支持新材料产业发展, 促进新材料产学研用相结合, 交流技术、市场、政策信息, 搭建国际经济技术合作桥梁。