

主镜侧支撑结构分析与优化*

韩光宇 邵帅 高云国 陈宁

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

The analysis & optimal for azimuthal support of primary mirror

HAN Guang-yu, SHAO Shuai, GAO Yun-guo, CHEN Ning

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,
Changchun 130033, China)

【摘要】讨论了光电设备中主镜侧支撑的结构形式,并针对某大型设备中主镜侧支撑的方案、结构以及在检测过程中发现的问题,通过对结构的分析,找出问题所在并加以改进,使支撑结构能够满足设计要求。

关键词 光电设备;支撑形式;优化

【Abstract】The format of azimuthal support for primary mirror was studied and illuminate the project of azimuthal support of primary mirror and configuration of it in some equipment. Some questions were found in test. On the basis of analysis the questions were solved and the optimal configuration can suffice the request of design.

Key words Photoelectric instrumentation; Format of support; Optimal

中图分类号: TH16, TH74 文献标识码: A

随着观测要求的提高,通常要求光电设备的聚光和分辨细节的能力有较大改善。基于这个方面的考虑,光电设备的口径做得越来越大。现在国际上的跟踪设备已经有很多的大型观测设备,我国也在向大口径的观测设备努力。

光学系统口径的增加,带来了主镜重量的增加、主镜支撑结构的改变等一系列问题,下面我们针对某光电跟踪设备对主镜的侧支撑的结构及优化进行讨论。

1 侧支撑形式

现代光电跟踪系统的主镜支撑由底支撑和侧支撑组合实现,底支撑采用传统形式,经过验证效果较好,这里不做过多叙述。侧支撑方式较多,需要根据不同的情况选取相应的形式。

1.1 水银带支撑

此种方法是将橡胶带放置在主镜的外圆周上,在橡胶带内罐装水银,在不同角度内通过水银的重量来调节对主镜侧面的支撑。水银带结构示意图如图1所示。

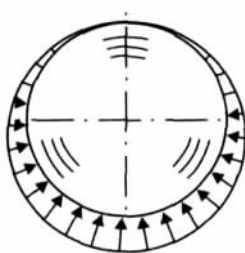


图1 水银带支撑示意图

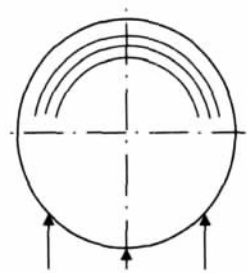


图2 下圆周支撑示意图

此种支撑结构简单,所占空间较小,但是对镜面存在挤压现象,对镜面产生不利影响,并且在罐装水银过程中存在罐装污染、

橡胶老化和水银泄漏问题。

1.2 下圆周支撑

在主镜外圆周的下方,采用三点的支撑方式,此种结构为杠杆方式,一端支撑主镜,另一端采用铅块平衡。结构示意图如图2所示。

此种支撑结构比较简单,在小口径主镜支撑中应用比较广泛,但是对于口径较大的主镜,由于自身重力的原因,主镜的凹面上半部分有弯曲情况,这样对主镜面形有一定的影响。

在此项目中将主镜进行了三维仿真分析,主镜在这种支撑方式下主镜变形情况如图3所示。经过多次取值分析,这种支撑状态下主镜的最大变形量为 $\lambda/3.2$ 。

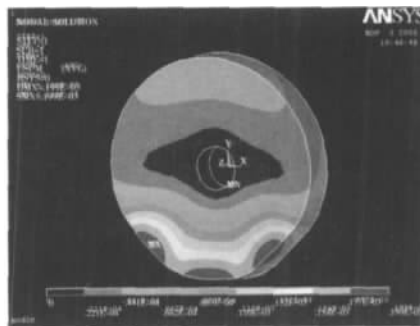


图3 下圆周支撑仿真示意图

1.3 外圆周下推上拉支撑

为了解决在下圆周支撑方式下大口径主镜由于重力产生的变形,采用主镜外圆周下推上拉的支撑方式。此种结构与下圆周支撑结构相似,结构示意图如图4所示。

对于大口径主镜,上拉的作用力可以减轻主镜由于重力造成

的上半部分的弯曲变形,对主镜面形的改善起到很好的作用,下推上拉结构的主镜变形情况如图 5 所示。经过取值分析,主镜最大变形量为 $\lambda/7.2$ 。

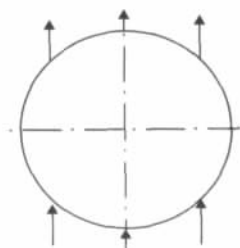


图 4 外圆周支撑示意图

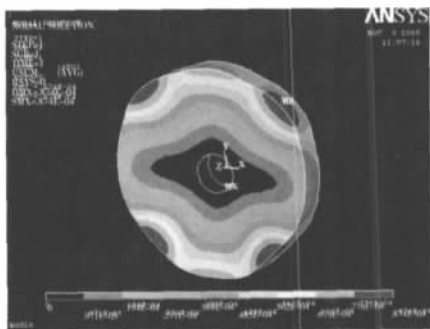


图 5 外圆周支撑仿真示意图

综合上述分析,对于大口径主镜的侧支撑来讲,采用外圆周下推上拉支撑方式是比较好的选择。

2 侧支撑结构优化

在某大型光电观测设备上,由于口径较大,主镜重量较大,根据上述分析,主镜采用外圆周下推上拉的侧支撑方式。此系统为能量系统,要求采用星点法检测时星点不大于 $\phi 0.02\text{mm}$ 可以满足使用要求。侧支撑结构采用的支撑方式如图 6 所示。

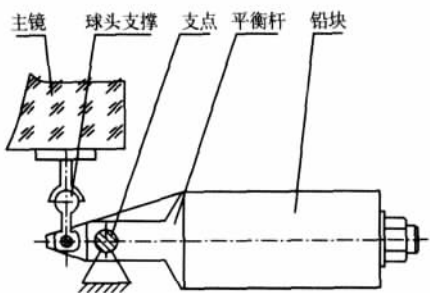


图 6 侧支撑结构图

在这种支撑结构中,球头支撑中一端与主镜粘接在一起,另一端通过螺母与平衡杆连接,这样以支点为轴线,通过铅块可以对主镜起到平衡作用,侧支撑通过支点处与主镜室连接。这种支撑结构共有六个,分别如图 4 所示分布在主镜的上端和下端。这样主镜在翻转过程中,在不同角度下通过铅块的重量对主镜起到下推上拉的平衡作用。

通过星点法对主镜的正镜和倒镜状态进行了检测,星点均能满足 $\phi 0.02\text{mm}$ 的检测要求。但是在检测过程中发现主镜晃动大约为 $20''$ 左右,完全不能满足视场的要求,分析原因,是由于侧支撑部分地方设计不合理所致,分析原因如图 7 所示。

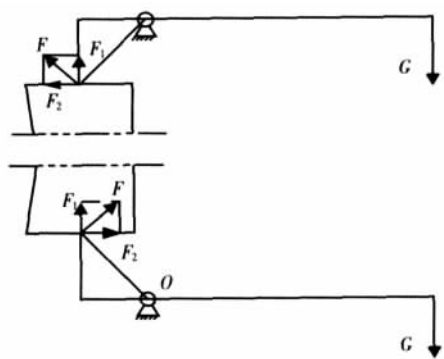


图 7 主镜侧支撑受力图

铅块的重量使平衡杆受到的力为 G ,由于球头支撑与平衡杆为固定连接,所以在主镜与球头支撑粘接处受到的力为 F ,上下两侧的力为大小相等,方向不同, F 与 G 平衡,支点为 O 。 F 的分力分别为 F_1 和 F_2 ,其中上下的分力 F_1 大小相等,方向相同,用来平衡主镜的重量,起到侧支撑作用,上下的分力 F_2 大小相等,方向相反,对主镜起到了力偶作用,使主镜绕中心轴产生旋转,导致主镜晃动。

为了避免主镜产生由于侧支撑引起的晃动,上下受到的 F_2 分力必须消除掉,分析原因是由于球头支撑与平衡杆固定连接所致,如果将固定连接修改成铰链连接,可以有效的消除分力 F_2 ,修改后结构如图 8 所示。

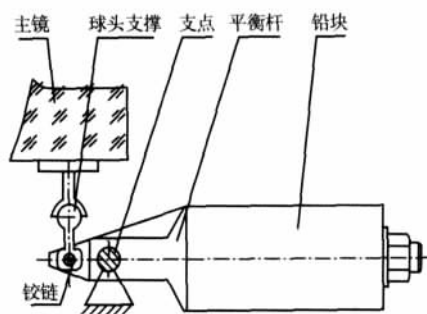


图 8 修改后侧支撑结构

图 8 中的铰链为优化后结构,将修改后的侧支撑重新安装在主镜上,并对安装后的主镜检测晃动,晃动量达到了 $3''$,满足视场要求,正镜和倒镜时星点不大于 $\phi 0.02\text{mm}$,说明此种结构的优化成功解决了原结构中分力所带来的影响。

3 结论

光电设备中,主镜侧支撑的方式有很多种,需要根据不同的情况来选择适合的支撑方案。主要分析了各种侧支撑的形式及优缺点,针对某大型光电设备采用的下推上拉侧支撑方案、结构形式以及在检测过程中发现的问题进行了讨论。并对侧支撑的机械结构进行了优化设计,使其满足了使用要求。

参考文献

- 1 陈涛,陈娟,王旭超,陈长青.光电经纬仪跟踪架结构模式浅析[J].吉林工学院学报,2002,23(3):19-22
- 2 严庆伟.1米平行光管结构讨论方案[R].南京天仪厂,2007
- 3 张景旭.总体方案设计报告[R].长春光机所,2006
- 4 濮良贵,纪名刚.机械设计[M].北京:高等教育出版社,2001