

大口径长焦距平行光管主反射镜支撑与调整机构的研究

叶露, 王肇勋

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130021)

摘要: 检验大口径长焦距光学系统, 需要相应的大口径长焦距平行光管, 而大口径长焦距平行光管的制造不同于短焦距平行光管的制造, 环境因素及光学元件的固定方式对光管的成像质量有很大的影响。为了使光管有着较好的质量, 光学镜面要有较好的面形及灵敏的调整机构。本文介绍主反射镜的支撑方式对镜面面形的影响及主反射镜的支撑和调整机构。

关键词: 长焦距; 平行光管; 主镜; 支撑; 调整

中图分类号: TH741.3 文献标识码: A

1 引言

大口径长焦距光学系统的成像质量评价, 离不开相应的大口径长焦距平行光管。随着航天技术的发展, 大口径长焦距的光学系统已有了越来越多的应用, 因此研制大口径的平行光管已势在必行。大口径长焦距平行光管为大口径长焦距光学系统的检验提供无限远目标, 或提供一束平行光。它的基本结构是在一个平行光管物镜的焦面上放一块分划板、星点孔等焦平面所用的光学元件, 以满足被测光学系统不同参数检验的要求。比如放一分划板或星点孔, 可提供一无限远目标, 用于确定光学系统焦面的位置; 放一分辨率板可检验目视分辨率和照相分辨率; 放一像分析器, 可检验MTF值; 放一运动目标可检查像移补偿的性能等等。要检验高质量的光学系统, 对光管的成像质量要求也甚高, 而长焦距的平行光管的制作不同于短焦距的平行光管, 其光学元件的支撑方式、环境因素(如: 温度、振动、气流抖动等)都将对光管的成像质量产生很大影响, 必须在研制中采取一些特殊措施, 以满足检验的要求。以下着重讨论

支撑方式对光学面形的影响。

2 平行光管的光路结构

平行光管的光路采用反射式的光学系统, 如图1所示。其中主反射镜是光管的关键部件, 它的口径为700mm, 重量约120kg。主反射镜面形的好坏直接影响光管的成像质量, 而这样大的反射镜的支撑方式对面形的影响是不可忽略的, 必须恰当的选择支撑方式才能对其面形影响较小。

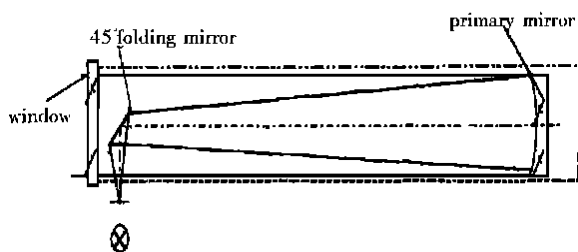


Fig. 1 Optical system of collimator

3 支撑方式的选择

反射镜的安装首先要考虑支撑方式对面形的影响。安装过程中, 由重力而引起的安装应力是无

法避免的。因此设计安装结构时主要考虑如何减小应力对面形的影响。通常镜子的安装方式有两种, 一是 V 型支撑方式, 采用 V 型支撑时, 如果镜子很重, 镜子的重力只作用在两条线上, 应力非常集中, 局部应力很大, 显然这种支撑方式不适合大镜子的支撑。二是采用钢带兜吊的方式, 采用这种方式镜子的重力分布在钢带与镜子接触的圆周面内, 而柔性的钢带与镜子之间会有良好的接触, 应力分布比较均匀, 不会产生较大的局部应力, 因此大镜子一般都采用钢带兜吊的方式。图 2 为两种支撑方式应力分布的示意图。

V 型支撑时局部受力与重力的关系:

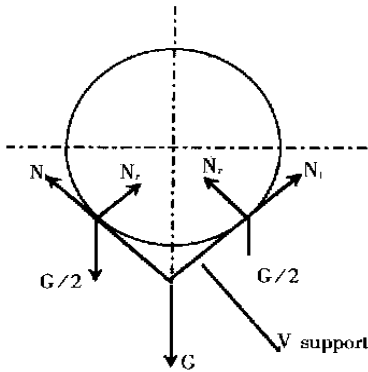
$$2 N_r^2 + N_t^2 = G$$

其中, G 为主镜重力, N_r 、 N_t 为支撑点的径向与切向分力。

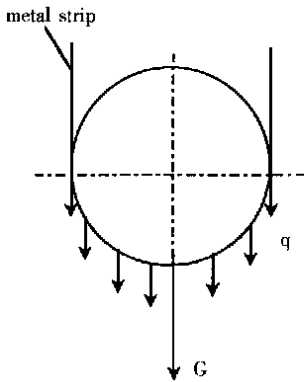
钢带兜吊方式时局部受力与重力的关系:

$$qdl = G$$

其中 q 为钢带载荷的线密度



a: "V" supporting



b: metal strip supporting

Fig. 2 Diagrammatic sketch of supporting mode and stress distribution

对于主反射镜其中心厚度与边缘厚度不一致, 如图 3 所示, 为了使力不作用在镜面上, 钢带宽度应小于镜子的中心厚度, 兜吊的位置也不应该超过镜面的顶点。

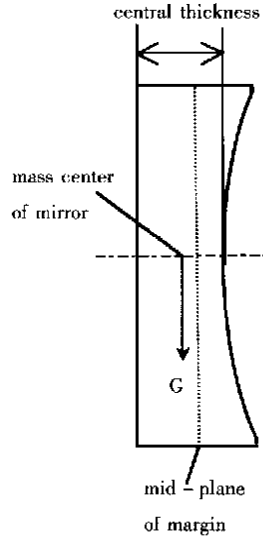


Fig. 3 Plane chart of mirror shape

4 主反射镜的安装与调整

主反射镜安装位置若不正确, 将产生拦光现象, 要对主反射镜的各个方位进行调整, 其中前后左右的平移及光轴水平方向的转动不改变力的作用方式, 调整时可直接移动支撑架。而俯仰的调整较为复杂, 因为俯仰转动时, 主反射镜的重心位置发生了变化, 力的作用点也发生了改变, 如果调整不当, 会对面形产生影响。由于主反射镜是由钢带兜挂的, 因此主反射镜的俯仰调整就要考虑如何来调整钢带。我们设计了两种调整方案。一是重心调整方案。

如图 4, A_1A_2 为主反射镜的重心线, B_1B_2 为钢带两悬挂点的连线, 反射镜可绕 B_1B_2 轴转动。如果这两条线重合, 主反射镜靠自重就可使其光轴处于水平状态。在机械设计上, 将重心线 A_1A_2 设计成可相对 B_1B_2 线移动的方式, 这样通过调整可保证 A_1A_2 线与 B_1B_2 线重合, 使得主反射镜靠自重使其光轴在水平方向。二是钢带调整方式。钢带两悬挂端由四个点 A、B、C、D 固定(图 5), 重心线 A_1A_2 位于这四点之间, 此时镜子的俯仰角度不受重心线位置的影响, 而只取决于 A、B、C、D 四个点的相对高低位置。调整这四个点的高低, 可以将主反射镜的光轴调整到水平位置。这种方法

的缺点是,当调整不当时,钢带表面与镜子周边不能很好地接触,使钢带对镜子的周边产生局部应力,容易对反射镜的面形产生影响。实际装置中将这两种方案设计在同一机构中,调整时可根据需要任意选择,直到获得满意的效果。

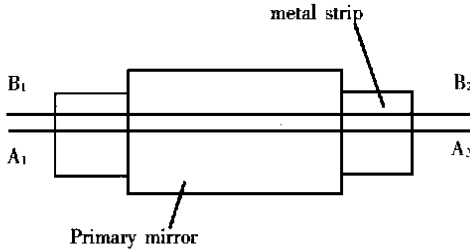


Fig. 4 Diagrammatic sketch for adjusting center-line of gravity

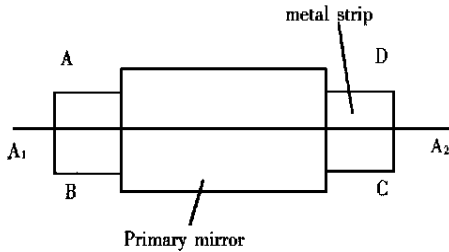
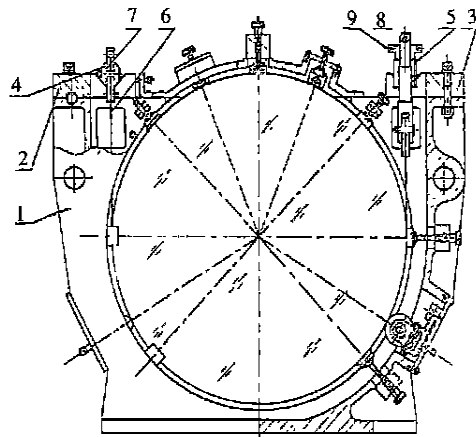


Fig. 5 Diagrammatic sketch for adjusting metal strip

5 主镜装调的具体结构



1. primary mirror frame; 2, 3. "V" support; 4, 5. transom; 6. metal strip; 7. splint; 8. lift-drop screw; 9. lift-drop nut

Fig. 6 Plane chart of primary mirror adjusting frame structure

如图所示:在主镜支架 1 上固定两块可调整

的 V 型架 2、3, V 型架 2 的中间有一个钢球,通过调整边缘的四个螺钉,可使 V 型架 2 绕这个钢球转动,用来调整钢带的平整度,使镜面不产生局部的挤压应力。V 型架 3 可在支架上左右移动,用来调整钢带的张角。在 V 型架 2、3 上有两个横梁 4、5, 钢带两端就固定在这两个横梁上。

钢带与横梁的连接如图 6 所示:在横梁 4 的垂直面上,铣一个长孔,为增加抗拉强度,钢带两端用钢板夹住,从横梁上的长孔中穿过。在钢带和钢带夹板上钻三个孔,中间为长孔,两边为圆孔,在横梁上钻三个圆孔,各孔的相对位置及间距与钢带的三个孔一致,用吊钉将钢带与横梁连接。

当采用重心调整法调整主镜的俯仰时,用一个吊钉穿过横梁的中心孔和钢带的长孔,将钢带同横梁连接,主镜吊起来后,横梁固定在 V 型架上。吊钉的位置固定在横梁上,钢带可在吊钉上滑动,主镜随钢带一起移动,而吊钉即为主镜在重力作用下的转轴,通过固定在横梁架上的两个钢带微调螺钉,将主镜重心调整到两吊钉的连线上,此时主镜在自重的作用下,光轴处于水平状态。俯仰角度为零。当采用钢带调整法调整主镜俯仰时,用两个吊钉分别穿过横梁和钢带两边的圆孔,将钢带固定在横梁上,主镜的俯仰取决于横梁的倾斜角度,通过调整 V 型架将光轴调整到水平面内。

为了使主镜的高低易于调整,在横梁 5 上加了一升降机构,在升降螺杆 6 的下部铣一个长槽,钢带及钢带夹板可插入长槽内,并通过吊钉来连接,连接方式同上面所述相同。转动升降螺母 7,可使升降螺杆上下移动,并带动主镜上下移动。

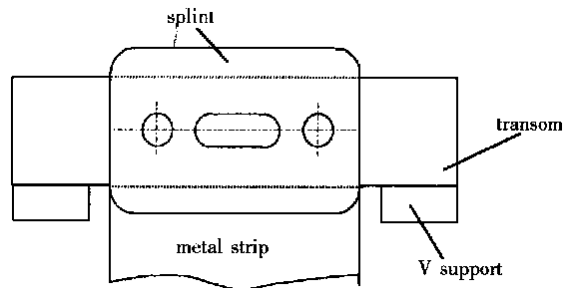


Fig. 7 Outline map for connecting metal strip with transom

通过以上的机械装置,可以使大主镜很方便的调整,以满足大口径平行光管的设计要求。总之,大口径长焦距平行光管的研制不同于常规平行光管的制造,由于环境因素对其影响特别大,同时平行光管所用的光学元件如主反射镜尺寸大重量重,其支撑方式对面形的影响较大,对于这些问

题必须有针对性的一一加以解决, 使之达到使用要求。通过自行研制的口径 700mm, 焦距 13m 的平行光管的装调过程证实了上述调整支撑方法是

有效的, 我们已获得了理想衍射极限质量的平行光管。

参考文献:

- [1] Park R. High-precision inspection and alignment of surface mounting devices[J]. *Opt. Eng.*, 1996, 35(7): 1820-1827.
- [2] Paul R, Yoder J. *Opto-mechanical Systems Design*[M]. New York and Basel: Marcel Dekker, Inc, 1986.
- [3] 张大伦, 李宗容. 材料力学[M]. 上海: 同济大学出版社, 1987.
- [4] 史习敏, 李永明. 精密机械设计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987.

Supporting and adjusting for collimator primary mirror with large-aperture and long-focal length

YE Lu, WANG Zhao-xun

(*Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China*)

Abstract: Testing large-aperture and long-focal length optical system needs proper large-aperture and long-focal length collimator. The manufacturing of the large collimator with long focal length is different from that of the large collimator with short one. The environmental condition and the mounting method of the mirror influenced the quality of collimator. In order to get a good quality of the collimator, the surface figure of the mirror must be good, and the mechanical construction for adjusting the mirror must be smart. In this paper, we introduced how to support and adjust the large primary mirror and its influence on the surface figure of the mirror. By testing, the method of supporting and adjusting has been proved right. We have already got the collimator with ideal diffraction limit.

Key words: long-focal length; collimator; primary mirror; supporting; adjusting

作者简介: 叶露(1965-), 女, 山东省宁津县人, 1986年毕业于长春光学精密机械学院, 1993年在长春光机所获硕士学位, 现在长春光机所从事光学检验及检验设备的研制等工作。