

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01B 11/255 (2006.01)

G01M 11/00 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910066899.6

[43] 公开日 2009 年 11 月 4 日

[11] 公开号 CN 101571383A

[22] 申请日 2009.5.5

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所

[21] 申请号 200910066899.6

代理人 赵炳仁

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

[72] 发明人 林旭东 王建立 刘欣悦 董 磊  
陈宝刚 明 名 李宏壮

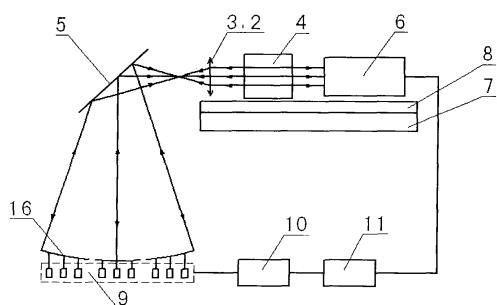
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

### [54] 发明名称

测量球面拼接望远镜子镜间相对曲率半径差的检测装置

### [57] 摘要

本发明涉及一种测量球面拼接望远镜子镜间相对曲率半径差的检测装置，包括共焦调整系统和球径仪，所述的共焦调整系统包括设置在一块安装板上的激光源、针孔、两只准直透镜、分光棱镜和 Shack – Hartmann 波前传感器，平面反射镜，微位移平移台，微位移平移台控制器，计算机；激光源射出的光束经过针孔和第一准直透镜后，通过分光棱镜反射后经过第二准直透镜射出；在分光棱镜的另一侧与其反射光路同轴的设置 Shack – Hartmann 波前传感器；平面反射镜设置在第二准直透镜焦面外的光轴上；在平面反射镜的反射光路上设置承载被测子镜的微位移平移台。本装置无需备置标准参考镜、不受测试环境影响、测量精度高、效率高。



1. 一种测量球面拼接望远镜子镜间相对曲率半径差的检测装置，包括共焦调整系统和球径仪（12），其特征在于，所述的共焦调整系统包括设置在一块安装板（8）上的激光源（1）、针孔（2）、两只准直透镜（3.1、3.2）、分光棱镜（4）和 Shack-Hartmann 波前传感器（6），平面反射镜（5），微位移平移台（9），微位移平移台控制器（10），计算机（11）；所述激光源（1）射出的光束经过针孔（2）和第一准直透镜（3.1）后，通过所述分光棱镜（4）反射后经过第二准直透镜（3.2）射出；在分光棱镜（4）的另一侧与其反射光路同轴的设置所述的 Shack-Hartmann 波前传感器（6）；

所述的平面反射镜（5）设置在第二准直透镜（3.2）焦面外的光轴上；在平面反射镜（5）的对光源光线的反射光路上设置所述的承载被测子镜的微位移平移台（9）；

所述的计算机（11）通过微位移平移台控制器（10）与微位移平移台（9）控制连接，与所述 Shack-Hartmann 波前传感器（6）电连接。

2. 根据权利要求 1 所述的测量球面拼接望远镜子镜间相对曲率半径差的检测装置，其特征在于，所述的微位移平移台（9），由平台（13）、设置在该平台上的至少 2 个支撑架（14）构成，在每个支撑架（14）上分别设置 3 个作为支撑一片被测子镜的轴向位移驱动器（15）。

3. 根据权利要求 1 所述的测量球面拼接望远镜子镜间相对曲率半径差的检测装置，其特征在于所述的安装板（8）固设在一五自由度调整机构（7）上。

## 测量球面拼接望远镜子镜间相对曲率半径差的检测装置

### 技术领域

本发明涉及球面镜光学测试装置，特别是一种适于测量大型球面拼接望远镜子镜之间相对曲率半径差的检测装置。

### 背景技术

随着天文和航天科学的发展，科学家们迫切需要更大口径的天文望远镜来观测更遥远、更暗、更小的星体或飞行器。下一代大型地基和空基望远镜的尺寸都有很大增加，但由于毛坯材料、制造、运输和（或）发射火箭的限制，这些大望远镜的主镜不可能是一块整镜，而采用由小块的子镜拼接形成大尺寸主镜的解决方案被认为是最有前景的一种选择。为了使各拼接子镜能够拼成一个连续的曲面，要求各子镜的曲率半径完全匹配，这是因为各子镜的曲率半径误差会对望远镜系统性能产生很大的影响，一般要求子镜之间的曲率半径差在几十微米范围之内。曲率半径误差的匹配对光学加工提出了很高的要求，使用传统的方法要测量子镜之间的相对曲率半径差到很高的精度是很难的。

对于单块的光学主镜，一定范围之内的曲率半径误差影响不大，因为它主要是造成离焦误差，这可以通过移动系统中的其它部件（如焦面仪器）来去除影响。光学加工人员一般使用传统的测量工具（球径仪或内置的千分尺）可以测量单块主镜的曲率半径到毫米级的精度。

亚利桑那大学的 Dave Baiocchi 等人提出了一种类似干涉测量的方法来测量各子镜之间的相对曲率半径偏差。这种方法是用一块凸表面的曲率半径比被测镜的曲率半径小约 1-2cm 的样板，先用点光源找到所测量的拼接子镜的准确焦点；再在子镜的上方放上样板，精确调整样板使其靠近拼接镜面的凸表面反射回来的像点与拼接子镜的焦点重合，也就是把被测子镜和样板的两个表面的曲率中心重合在一起了；最后，再用显微镜和千分尺来精确地测量两个表面之间的空隙高度，该高度即为两表面的曲率半径差。对于其它的子镜，

照此依次进行测量就可以得到它们之间的相对曲率半径偏差。该方法的优点是测量精度较高，可以达到  $10 \mu\text{m}$  的精度；另一个好处是可以做相移干涉测量，能够对拼接镜的面形进行测量，这样方便了光学加工同时对曲率半径和面形进行修正。这种方法的不方便之处在于需要比被测子镜曲率半径小 1-2cm 的试验镜，对于不同的拼接镜系统，需要更换试验镜。

### 发明内容

本发明的目的在于，提出一种测量球面拼接望远镜子镜间相对曲率半径差的检测装置，以克服现有测量技术存在的上述缺点，并提高其测量精度。

本发明测量球面拼接望远镜子镜间相对曲率半径差的检测装置，包括共焦调整系统和球径仪，所述的共焦调整系统包括设置在一块安装板上的激光源、针孔、两只准直透镜、分光棱镜和夏克-哈特曼（Shack-Hartmann）波前传感器，平面反射镜，微位移平移台，微位移平移台控制器，计算机；所述激光源射出的光束经过针孔和第一准直透镜后，通过所述分光棱镜反射后经过第二准直透镜射出；在分光棱镜的另一侧与其反射光路同轴的设置所述的 Shack-Hartmann 波前传感器；

所述的平面反射镜设置在第二准直透镜焦面外的光轴上；在平面反射镜的对光源光线的反射光路上设置所述的承载被测子镜的微位移平移台；

所述的计算机通过微位移平移台控制器与微位移平移台控制连接，与所述 Shack-Hartmann 波前传感器电连接。

本发明检测装置的工作原理是：

将两只以上的被测子镜放置在所述的微位移平移台上，从激光源出来的光线经过针孔滤波之后，到达第一准直透镜（针孔位于准直透镜的焦点处）之后，从第一准直透镜出来的平行光经过分光棱镜反射到达第二准直透镜，经第二准直透镜会聚后形成发散的球面波，经过平面反射镜反射之后到达被测子镜；从被测子镜反射回来的光线依次经过平面反射镜、第二准直透镜、分光棱镜到达 Shack-Hartmann 波前传感器。通过 Shack-Hartmann 波前传感器测量出被测子镜的离焦误差；然后精确调整各个子镜的倾斜和轴向离焦，使子

镜之间的焦点精确重合在一点；最后，使用球径仪对子镜之间的高度差进行测量，就可以得到子镜之间的相对曲率半径偏差了。

采用本发明检测装置，无需备置标准参考镜，可以直接测量出各拼接子镜之间的相对曲率半径差；适用于各种不同曲率半径的拼接镜系统；测量不受测试环境的影响、测量精度高、效率高；同时还可以对子镜的面形进行测量。适合于大型拼接镜的生产加工企业、科研和检测单位使用。

#### 附图说明

图 1 为本发明检测装置的共焦调整系统的结构示意图；

图 2 为图 1 的俯视图；

图 3 为图 1 中所示微位移平移台 9 的局部结构示意图；

图 4 为球径仪测量部分的示意图；

图 5 为使用本发明检测装置测量拼接子镜间相对曲率半径差的操作过程流程图。

#### 具体实施方式

以下结合附图给出的实施例对本发明检测装置作进一步详细说明。

参照图 1、2，一种测量球面拼接望远镜子镜间相对曲率半径差的检测装置，包括共焦调整系统和球径仪 12，所述的共焦调整系统包括设置在一块安装板 8 上的激光源 1、针孔 2、两只准直透镜 3.1 和 3.2、分光棱镜 4 和 Shack-Hartmann 波前传感器 6，平面反射镜 5，微位移平移台 9，微位移平移台控制器 10，计算机 11；所述激光源 1 射出的光束经过针孔 2 和第一准直透镜 3.1 后，通过所述分光棱镜 4 反射后经过第二准直透镜 3.2 射出；在分光棱镜 4 的另一侧与其反射光路同轴的设置所述的 Shack-Hartmann 波前传感器 6；

所述的平面反射镜 5 设置在第二准直透镜 3.2 焦面外的光轴上；在平面反射镜 5 的对光源光线的反射光路上设置所述的承载被测子镜的微位移平移台 9；

所述的计算机 11 通过微位移平移台控制器 10 与微位移平移台 9 控制连接，与所述 Shack-Hartmann 波前传感器 6 电连接。

所述的安装板 8 固设在一五自由度调整机构 7 上，以便于共焦调整系统的光路调校。

如图 3 所示，所述的微位移平移台 9，由平台 13、设置在该平台上的 3 个支撑架 14 构成，在每个支撑架 14 上分别设置 3 个作为支撑一片被测子镜 16 的轴向位移驱动器 15。

采用本检测装置对大型球面拼接望远镜子镜之间相对曲率半径差的测量方法是：

将球面拼接望远镜的 3 片被测子镜 16 分别置于 3 个所述的支撑架 14 上，按以下步骤对 3 片被测子镜进行共焦调整：

1) 调整波前使从激光源出来，经过针孔 2、第一准直透镜 3.1 和分光棱镜 4 之后由第二准直透镜 3.2 会聚的光点位于拼接子镜的曲率中心，并且使出射光束的中心落在拼接镜整体的中心。

2) 倾斜离焦调整。

通过驱动支撑架 14 上的轴向位移驱动器 15 调整各子镜的倾斜，使各子镜的像点大致重合在一起。

用 Shack-Hartmann 波前传感器 6 测量出各子镜的倾斜量，判断各子镜的倾斜量是否相同，如果相同，进入轴向共焦调整，否则，由计算机 11 的软件解算出调整量传给微位移平移台控制器 10，控制轴向位移驱动器 15 调整子镜的倾斜，直到各子镜的倾斜量相同为止。

3) 轴向共焦调整。

用 Shack-Hartmann 波前传感器 6 测量出各子镜的轴向离焦量，判断各子镜的轴向离焦量是否为接近于零的量，如果是，进入球径仪测量，否则，由计算机软件解算出调整量传给微位移平移台控制器，控制微位移平移台调整子镜轴向（曲率半径方向）运动，直到各子镜的轴向离焦量接近于零为止。

4) 用球径仪 12 测量 3 个子镜的曲率半径差。

如图 4 所示，把球径仪的测微头和三个固定点放在一块子镜上面，记录这时的测微头读数，移动球径仪，使三个固定点仍位于原来的子镜上面，而测微头位于相邻的另一块子镜上面，记录这时的测微头读数，两次读数之差即为两块子镜之间的相对曲率半径偏差，依次进行，即可以测量出所有子镜之间的相对曲率半径偏差。4) 用球径仪 12 测量 3 个子

镜的曲率半径差。如图 4 所示，把球径仪的测微头和三个固定点放在一块子镜上面，记录这时的测微头读数，移动球径仪，使三个固定点仍位于原来的子镜上面，而测微头位于相邻的另一块子镜上面，记录这时的测微头读数，两次读数之差即为两块子镜之间的相对曲率半径偏差，依次进行，即可以测量出所有子镜之间的相对曲率半径偏差。

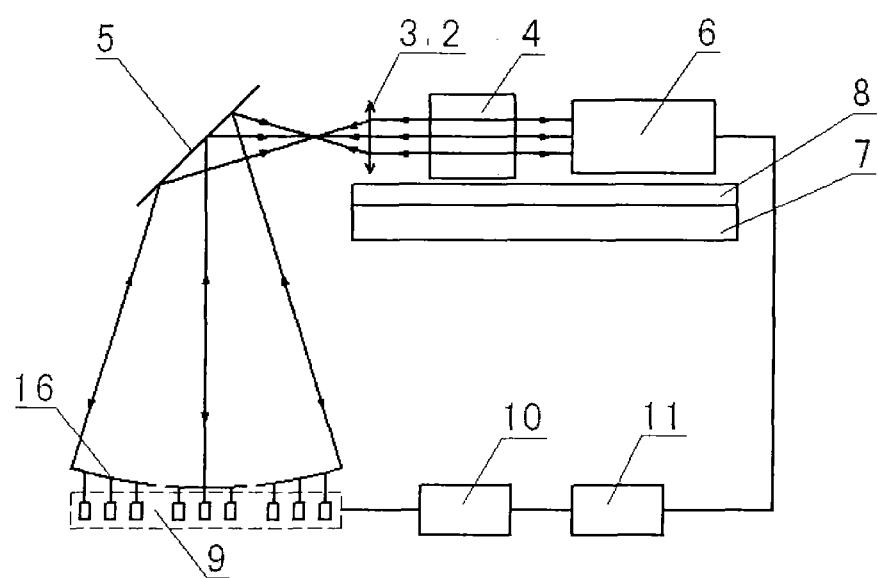


图 1

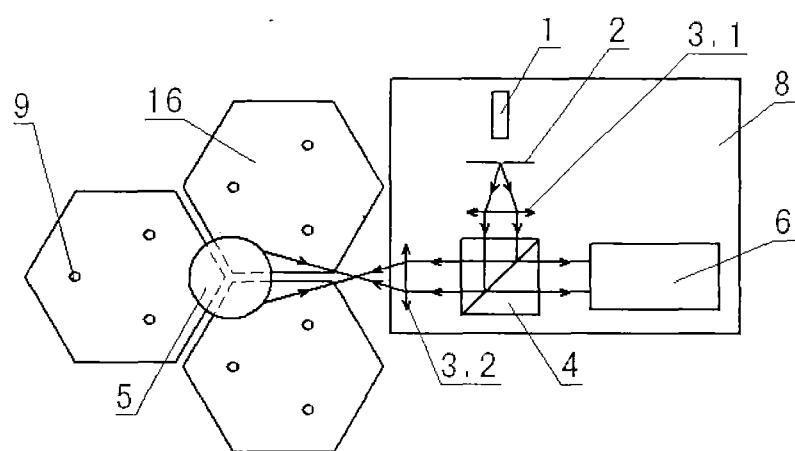


图 2

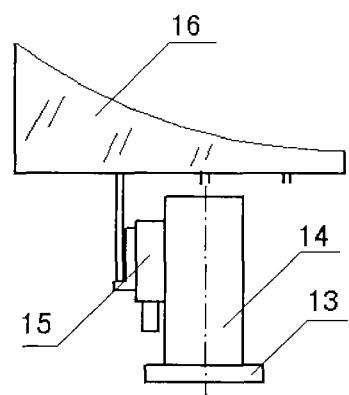


图 3

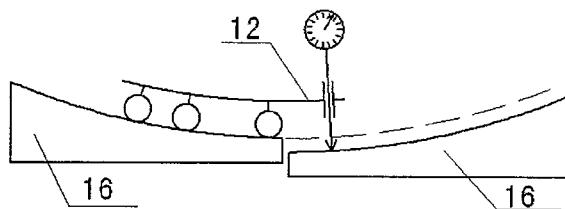


图 4

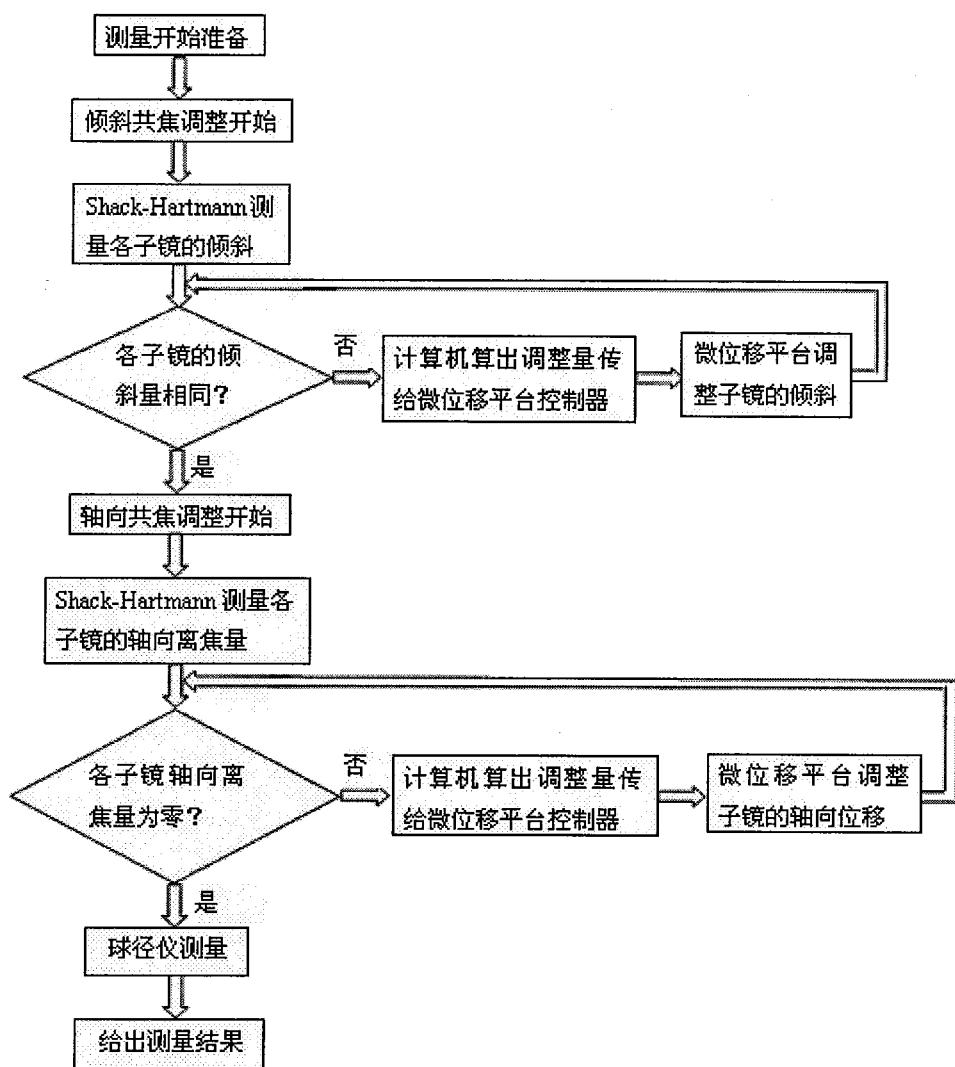


图 5