



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101819017 B

(45) 授权公告日 2012.06.13

(21) 申请号 201010144825.2

(22) 申请日 2010.04.13

(73) 专利权人 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 陈宝刚 王建立 杨飞 明名  
林旭东

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王立伟

(51) Int. Cl.

G01B 5/213(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1403783 A, 2003.03.19, 全文.

CN 1731232 A, 2006.02.08, 全文.

CN 101034034 A, 2007.09.12, 全文.

CN 101285732 A, 2008.10.15, 全文.

审查员 杨延春

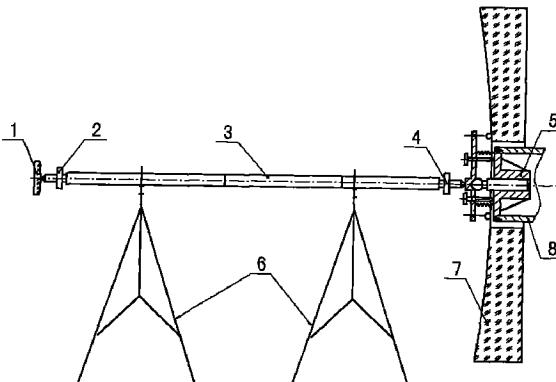
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

大口径非球面反射镜顶点曲率半径的检测装置和方法

(57) 摘要

一种大口径非球面反射镜顶点曲率半径的检测装置和方法，其装置包括组合测杆、测微头、顶点测量基准转换器和支撑架。顶点测量基准转换器安装在主镜中心孔内，测微头安装在组合测杆的两端，组合测杆通过支撑架支撑安装在主镜光轴上。测量前首先采用高精度的测量仪器标定该装置，测量时调整该装置，通过测量最后计算出测量结果。本发明不仅可以用于非球面主镜加工的在线检测，而且可以实现光学系统装调时保证主次镜间距。本发明测量精度高，使用简单方便，效率高，重复性好，避免了采用昂贵的大尺寸测量仪器，简化了测量系统的配置，降低了检测成本。适合于大光学加工企业、科研院所和检测计量单位使用。



1. 一种大口径非球面反射镜顶点曲率半径的检测装置,其特征在于该装置包括前测微头(2)、组合测杆(3)、后测微头(4)、顶点测量基准转换器(5)和支撑架(6);各部分的位置及连接关系:

顶点测量基准转换器(5)安装在被测非球面反射镜(7)中心孔内,前测微头(2)和后测微头(4)分别安装在组合测杆(3)的两端,且测微头测量线与组合测杆(3)同轴,组合测杆(3)安装在被测非球面反射镜的主光轴上,支撑架(6)支撑组合测杆(3);

所述的顶点测量基准转换器(5)包括测头(51)、调节螺钉(52)、三角板(53)、拉簧(54)、转换器联接座(55)、心轴(56);顶点测量基准转换器(5)通过转换器联接座(55)联接在被测非球面反射镜支撑的轴(57)上,心轴(56)安装在转换器联接座(55)上,三角板(53)上的锥窝与心轴(56)上的球头配合在一起,调节螺钉(52)与拉簧(54)成对使用,联接三角板(53)与转换器联接座(55),测头(51)安装在三角板(53)上;

所述的顶点测量基准转换器(5)上的三个测头(51)圆周均匀安装,且三测头安装要与转换器上被测面距离一致,三个测头中心所在圆的圆心与三角板(53)上的锥窝同轴,测头测量方向与锥窝轴线平行;心轴(56)可以在转换器联接座(55)中沿轴向滑动。

2. 根据权利要求1所述的大口径非球面反射镜顶点曲率半径的检测装置,其特征在于组合测杆(3)分段组合而成,每段组合测杆尺寸都经过标定,通过组合满足不同尺寸的测量。

3. 根据权利要求1所述的大口径非球面反射镜顶点曲率半径的检测装置,其特征在于前测微头(2)和后测微头(4)具有零位,可在量程内任一点锁定。

4. 大口径非球面反射镜顶点曲率半径的检测方法,其特征在于:该检测方法包括三个步骤:测量前首先采用高精度的测量仪器标定装置;测量时调整该装置;最后通过测量、计算,给出测量结果;

1) 所述标定步骤:包括对组合测杆(3)的标定、前测微头(2)和后测微头(4)的标定、测杆安装上测微头后的整体标定、和顶点测量基准转换器(5)的标定;使用高精度的长度测量仪器标定每段测杆,并记录其精确尺寸;测微头的标定主要是检验其重复性精度;把两只测微头安装在一较短测杆的两端标定其零位,从而标定出测微头两零位之间的尺寸;把顶点测量基准转换器(5)放置在一平台(9)上,调节其上的调节螺钉,使每个测头的读数都为零,使用测微仪测量转换器的测量基准点到平台(9)的高度即完成顶点测量基准转换器(5)的标定;

2) 所述测量调整步骤:包括顶点测量基准转换器(5)的调整和组合测杆(3)的调整:把顶点测量基准转换器(5)联接到被测非球面反射镜中心孔上,调整使其上三个测头(51)所在圆的圆心与中心孔同心,再调整调节螺钉(52)使3个测头(51)与镜面轻微接触且读数相等,即完成顶点测量基准转换器(5)的调整,记录测头读数;调整支撑组合测杆(3)的两个三脚支撑架(6),在保证测杆两端测微头在各自量程内未与测量点接触的前提下,使组合测杆(3)的中心与光轴重合;

3) 所述检测和计算步骤:

先把顶点测量基准转换器(5)放置一平台(9)上,然后调整调节螺钉(52),使三个测头(51)读数相等,记录读数h<sub>1</sub>,再用测微仪测量平台(9)到顶点测量基准转换器(5)测量平面的距离h;

然后把顶点测量基准转换器(5)联接在被测非球面反射镜的中心孔内,使3个测头(51)所在圆的圆心与中心孔同心,再调节顶点测量基准转换器(5)上的三个调节螺钉(52),使3个测头与镜面接触且读数相等,记录测头读数值h2;

最后根据所要测量尺寸组合合适的测杆长度L,并把两个测微头锁在最小量程,再把安装测微头的组合测杆(3)通过支撑架放在被测非球面反射镜光轴上,使两端测微头不要接触被测点,但都在测微头的量程范围内,解锁测微头使其都接触被测点,记录每个测微头的读数d1、d2;

最后结果为:R<sub>0</sub>大口径非球面反射镜顶点曲率半径的实际数值:

$$R_0 = D + m \quad (1)$$

$$D = L + L_2 - L_1 + d_1 + d_2 + H \quad (2)$$

$$H = h + h_1 - h_2 + \frac{y^2}{2(R'_0 - r)} \quad (3)$$

其中:D为被测非球面反射镜(7)与补偿器(1)之间的距离,m为光学设计中的已知量,L为组合测杆的长度,L<sub>1</sub>为组合标定时使用测杆的长度,L<sub>2</sub>为组合标定时的测量长度值,d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub>分别为组合测杆两端安装的测微头的读数,H为转换器上测量基准面与被测非球面反射镜面顶点的距离,h为测微仪标定平台到顶点测量基准转换器测量平面的测量值,h<sub>1</sub>为顶点测量基准转换器平台标定时测头的读数,h<sub>2</sub>为顶点测量基准转换器安装调整后测头的读数,y为顶点测量基准转换器上三测头中心所在圆的半径,R'<sub>0</sub>为被测反射镜顶点曲率半径理论设计值,r为顶点测量基准转换器上测头的半径;通过公式(3)计算得出H,通过公式(2)计算得出D,再通过公式(1)计算得出R<sub>0</sub>=D+m,即得出大口径非球面反射镜顶点曲率半径的实际数值。

## 大口径非球面反射镜顶点曲率半径的检测装置和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学加工检测领域的测量技术,特别是涉及一种对大口径非球面反射镜顶点曲率半径检测的装置与方法。

### 背景技术

[0002] 随着科学技术的发展,大口径非球面反射镜在天文、空间光学和军事领域得到越来越广泛的应用,口径和曲率半径越来越大,对光学加工和检测的要求越高,提出了新的挑战。目前大口径非球面的检测普遍采用补偿器检验法,该方法应用较为成熟,针对具体的非球面设计专用的补偿器,在完成球面的加工后,需要严格按光学设计的距离摆放补偿器,用干涉仪在加工过程中进行实时检测,如果补偿器位置的摆放不正确,虽然最终加工镜面面型合格,但非球面的顶点曲率半径  $R_0$  和非球面系数  $k$  值与设计不符,给光学系统的加工和装配带来很大麻烦,甚至最终不能满足光学设计的要求。因此如何高精度的检测补偿器和镜面之间的距离,成为光学加工检测领域的一项重要课题。

[0003] 目前光学加工一般采用米尺或标定过的石英杆作为测量基准来测量或保证补偿器与镜面之间的距离,米尺测量精度低,不能瞄准对正,石英杆虽然经过标定,能瞄准对正,但测量调整不安全,易划伤镜面,基准传递精度也难以保证,而且只能实现对特定尺寸的测量。

[0004] 双频激光干涉仪和激光跟踪仪等高精度大尺寸测量仪器能够实现对光学加工中的大尺寸进行高精度检测,但这类测量仪器价格昂贵,需要引入复杂的硬件支持,实用性不强。

[0005] 本方法的特点是在传统方法的基础上创新改进,首先使用高精度长度测量仪器标定组合测杆、测微头和顶点测量基准转换器,测量时安装调整顶点测量转换器和组合测杆的位置,就可以测量补偿器和主镜顶点的距离,进而实现大口径非球面反射镜顶点曲率半径的测量。本发明不仅可以用于非球面被测非球面反射镜加工的在线检测,而且可以实现光学系统装调时保证主次镜间距。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术中的不足,提高测量精度,提供一种基于大尺寸几何量检测和球面失高测量原理的大尺寸测量方法,配合干涉仪等测量设备实现大口径非球面反射镜顶点曲率半径检测的装置和方法。

[0007] 本发明的目的通过以下技术方案予以实现:

[0008] 大口径非球面反射镜顶点曲率半径检测的装置如图 2 所示:包括前测微头、组合测杆、后测微头、顶点测量基准转换器和支撑架。各部分的连接关系:顶点测量基准转换器安装在被测非球面反射镜中心孔内,测微头安装在组合测杆的两端,且测微头测量线与组合测杆同轴,组合测杆安装在被测被测非球面反射镜的主光轴上,支撑架支撑组合测杆。

[0009] 顶点测量基准转换器的结构如图 3 所示:包括测头、调节螺钉、三角板、拉簧、转

换器联接座、心轴；顶点测量基准转换器通过转换器联接座联接在被测非球面反射镜支撑轴上，心轴安装在转换器联接座上，三角板上的锥窝与心轴上的球头配合在一起，调节螺钉与拉簧成对使用联接三角板与转换器连接座，三个测头圆周均布安装在三角板上，且三个测头安装要与转换器上被测面距离一致，三个测头中心所在圆的圆心与三角板上的锥窝同轴，测头测量方向与锥窝轴线平行。心轴可以在转换器连接座中沿轴向滑动。

[0010] 所述每段组合测杆尺寸都经过标定，通过组合可以满足不同尺寸的测量。测微头具有零位，在量程内任一点可锁定，测量接触力小，测量精度高。

[0011] 大口径非球面反射镜顶点曲率半径检测的方法，包括三个步骤：即测量前首先采用高精度的测量仪器标定装置；测量时调整该装置；最后通过检测，计算，给出测量结果。

[0012] 所述标定步骤：包括对组合测杆的标定、测微头的标定、测杆安装上测微头后的整体标定、和顶点测量基准转换器的标定。使用高精度的长度测量仪器标定每段测杆，并记录其精确尺寸。测微头的标定主要是检验其重复性精度。把两只测微头安装在一较短测杆的两端标定其零位，从而标定出测头两零位之间的尺寸。把顶点测量基准转换器放置在一高精度平台上，调节其上的调节螺钉，使每个测头的读数都为零，使用测微仪测量转换器的测量基准点到平台的高度即完成顶点测量基准转换器的标定。

[0013] 所述测量调整步骤，包括测量基准转换器的调整和组合测杆的调整。把测量基准转换器联接到主镜中心孔上，调整使其上三测头所在圆圆心与中心孔同心，再调节调整螺钉使3测头与镜面轻微接触且读数相等，即完成测量基准转换器的调整，记录测头读数。调整支撑组合测杆的两三脚架，在保证测杆两端测微头在各自量程内未与测量点接触的前提下，使组合测杆的中心与光轴重合。

[0014] 装置调整完成就可以进行测量了，先把测量基准转换器放置一高精度平台上，然后调整调节螺钉，使三个测头读数相等，记录读数  $h_1$ ，再用测微仪测量平台到转换器测量平面的距离  $h$ ；

[0015] 然后把顶点测量基准转换器联接在被测镜的中心孔内，使3个测头所在圆的圆心与中心孔同心，再调节转换器上的三个调节螺钉，使3个测头与镜面接触且读数相等，记录测微头读数值  $h_2$ 。

[0016] 最后根据所要测量尺寸组合合适的测杆长度  $L$ ，并把两个测微头锁在最小量程，再把安装测微头的组合测杆通过支撑架放在被测镜光轴上，使两端测微头不要接触被测点，但都在测微头的量程范围内，解锁测微头使其都接触被测点，记录每个测头的读数  $d_1$ 、 $d_2$ ；

[0017] 再通过公式计算得出大口径非球面反射镜顶点曲率半径。

[0018] 与现有技术相比，本发明具有以下优点：直接测量被测参数，测量精度高；结构简单，操作方便，效率高；测头接触力小，且垂直接触镜面，不会划伤镜面；对于不同的被测镜，只需稍作调整就能测量；同时还可以用在光学系统装配时保证主次镜间距。适合于大光学加工企业、科研院所和检测计量单位使用。

## 附图说明

[0019] 图1为补偿法检测示意图，

[0020] 图2为本发明装置检测示意图，其中包括补偿器1、前测微头2、组合测杆3、后测微头4、顶点测量基准转换器5、支撑架6、主镜7、主镜支撑轴8；

- [0021] 图 3 为顶点测量基准转换器结构示意图,其中包括测头 51、调节螺钉 52、三角板 53、拉簧 54、转换器联接座 55、心轴 56 ;
- [0022] 图 4 为平台上标定顶点测量基准转换器示意图,包括平台 9、测头 51、调节螺钉 52、三角板 53 ;
- [0023] 图 5 为顶点测量基准转换器俯视图,包括测头 51、调节螺钉 52、三角板 53 ;
- [0024] 图 6 为测微头与测杆组合标定示意图,包括前测微头 2、后测微头 4、平晶 10 ;
- [0025] 图 7 为顶点测量基准转换器原理图,包括主镜 7、测头 51、三角板 53 ;

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明做进一步说明。大口径非球面反射镜顶点曲率半径检测的装置包括 :前测微头 2、组合测杆 3、后测微头 4、顶点测量基准转换器 5 和两个支撑架 6,顶点测量基准转换器 5 安装在被测反射镜 7 的中心孔内,前测微头 2 和后测微头 4 分别安装在组合测杆 3 的两端,前测微头 2 和后测微头 4 的测量线与组合测杆 3 同轴,组合测杆 3 通过两个支撑架 6 安装在被测反射镜 7 的主光轴上。

[0027] 测微头 2 和 4 具有自己的零位,在量程内任一点可锁定,测量接触力小,测量精度高。

[0028] 组合后测杆 3 要同轴,且与测微头测量线同轴。

[0029] 测头 51 与反射镜 7 的镜面接触后不允许碰撞装置的任何部位以防划伤镜面(也可在测头与镜面间垫光学道纸,但要考虑其厚度),读数后应迅速把测头 51 退回。

[0030] 所述的顶点测量基准转换器 5 包括测头 51、调节螺钉 52、三角板 53、拉簧 54、转换器联接座 55、心轴 56 ;顶点测量基准转换器 5 通过转换器联接座 55 联接在主镜支撑的轴 57 上,心轴 56 安装在转换器联接座 55 上,三角板 53 上的锥窝与心轴 56 上的球头配合在一起,调节螺钉 52 与拉簧 54 成对使用联接三角板 53 与转换器连接座 55,测头 51 安装在三角板 53 上。

[0031] 顶点测量基准转换器 5 上的三个测头 51 零点安装与被测面距离要一致,测头测量方向应与中心孔同轴,转换器 5 上的测量平面应与反射镜 7 的中心孔垂直。

[0032] 该检测方法包括三个步骤 :测量前首先采用高精度的测量仪器标定该装置 ;测量时调整 该装置 ;最后通过测量、计算,给出测量结果。

[0033] 1) 装置使用前需用高精度测量仪器标定 :标定组合测杆 3 的方法是 :采用测长仪、三坐标、激光跟踪仪等仪器测量每段测杆的两端面之间的距离 ;测杆两端安装测微头的标定方法是 :先把一标定过尺寸为 L1 的测杆两端装好前测微头 2 和后测微头 4,再把组合后的测头两端各放置一平晶 10,使平晶垂直方向接触测微头并使测头指零,然后测量两平晶内端面之间的距离 L2 ;顶点测量基准转换器 5 的标定方法是 :先把转换器 5 放置一高精度平台 9 上,使三个调节螺钉 52 支撑带有测微头的转换器 5,测微头接触平台且在量程范围内,然后调整调节螺钉 52,使三个测头 51 读数相等,记录读数 h1,再用测微仪测量平台到转换器测量平面的距离 h。

[0034] 2) 装置使用时需要进行调整,先把顶点测量基准转换器联接在被测镜的中心孔内,使 3 个测微头所在圆的圆心与中心孔同心,再调节转换器上的三个调节螺钉,使 3 个测微头与镜面接触且读数相等,记录测微头读数值 h2。然后根据所要测量尺寸组合合适的测

杆长度 L，并把测微头锁在最小量程，再把安装测微头的组合测杆通过支撑架放在被测镜光轴上，使两端测微头不要接触被测点，但都在测微头的量程范围内。

[0035] 3) 上述工作完成就可以进行测量了，解锁测微头使其都接触被测点，记录每个测头的读数 d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub>。

[0036] 最后结果为：

$$R_0 = D + m \quad (1)$$

$$D = L + L_2 - L_1 + d_1 + d_2 + H \quad (2)$$

$$H = h + h_1 - h_2 + \frac{y^2}{2(R'_0 - r)} \quad (3)$$

[0040] 其中：D 为被测非球面反射镜 7 与补偿器 1 之间的距离，m 为光学设计中的已知量，L 为组合测杆的长度，L<sub>1</sub> 为组合标定时使用测杆的长度，L<sub>2</sub> 为组合标定时的测量长度值，d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub> 分别为组合测杆两端安装的测微头的读数，H 为转换器上测量基准面与被测镜面顶点的距离，h 为测微仪标定平台到顶点测量基准转换器测量平面的测量值，h<sub>1</sub> 为顶点测量基准转换器平台标定时测头的读数，h<sub>2</sub> 为顶点测量基准转换器安装调整后测头的读数，y 为顶点测量基准转换器上三测头中心所在圆的半径，R'<sub>0</sub> 为被测反射镜顶点曲率半径理论设计值，r 为顶点测量基准转换器上测头的半径。通过公式 (3) 计算得出 H，通过公式 (2) 计算得出 D，再通过公式 (1) 计算得出 R<sub>0</sub> = D + m，即得出大口径非球面反射镜顶点曲率半径的实际数值。

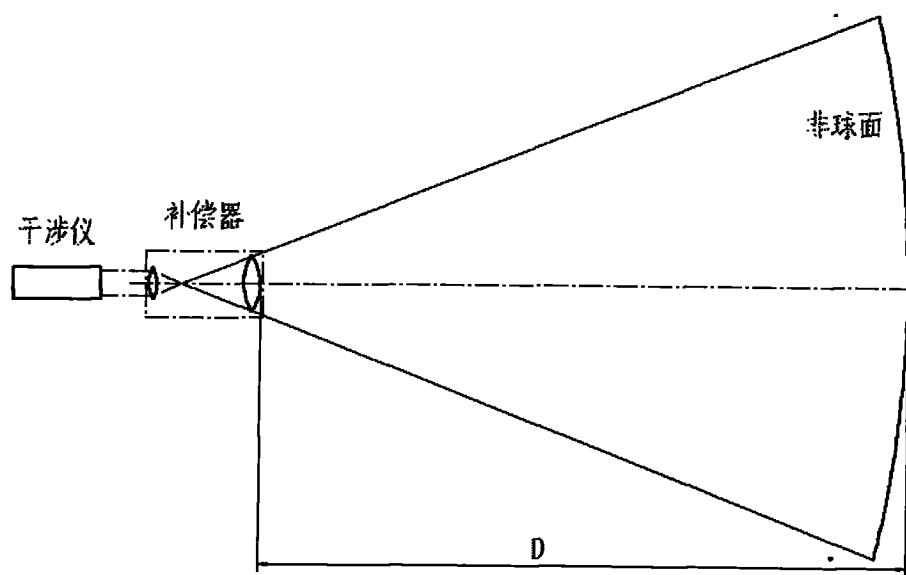


图 1

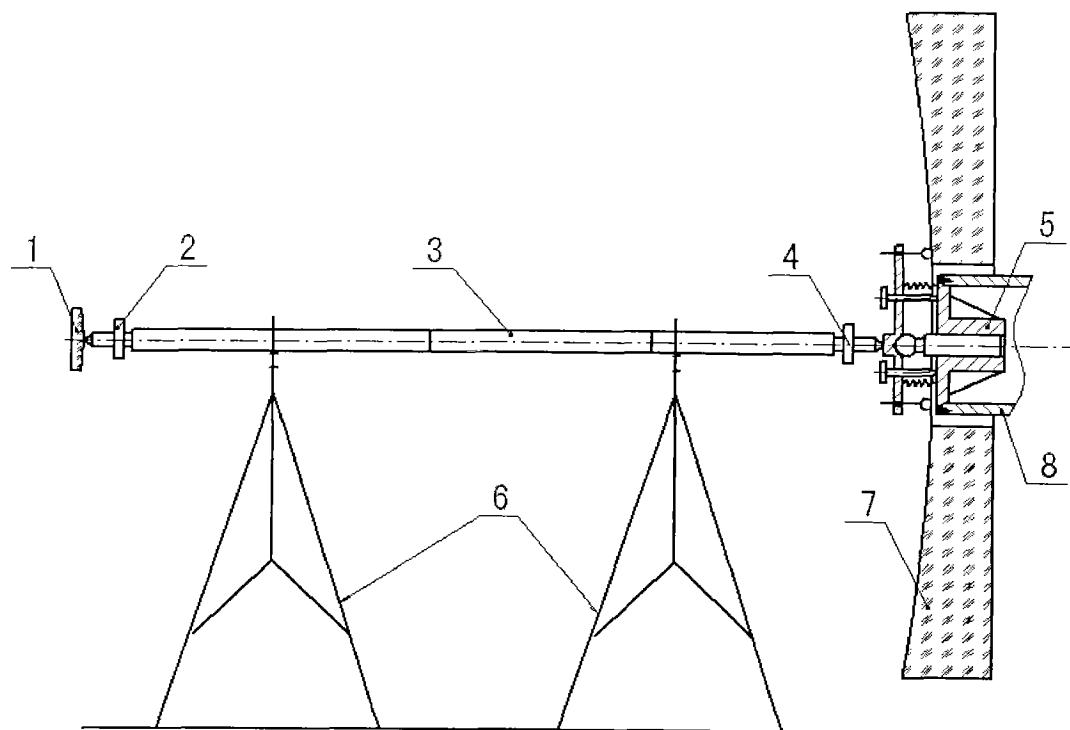


图 2

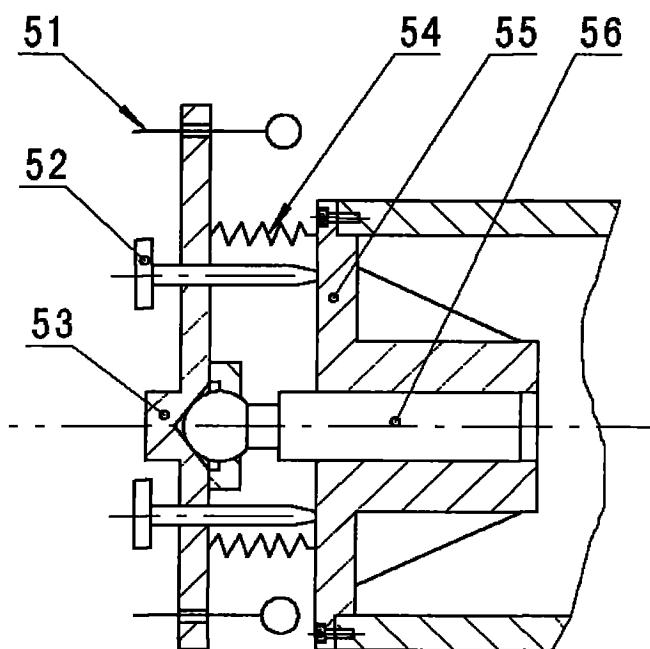


图 3

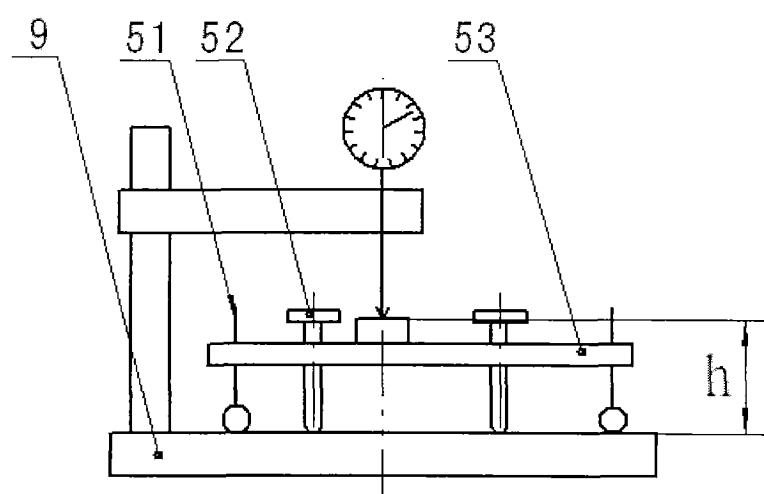


图 4

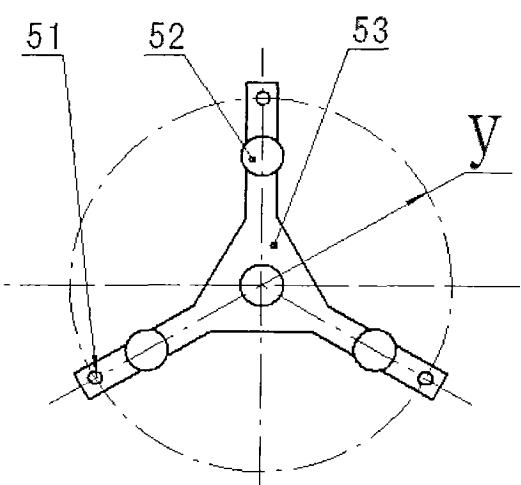


图 5

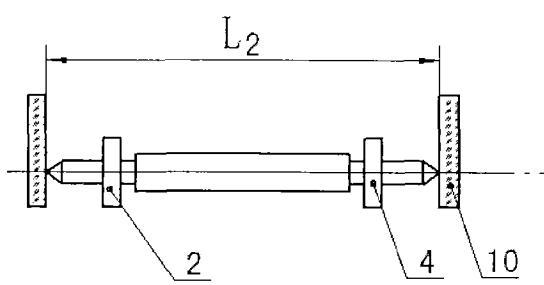


图 6

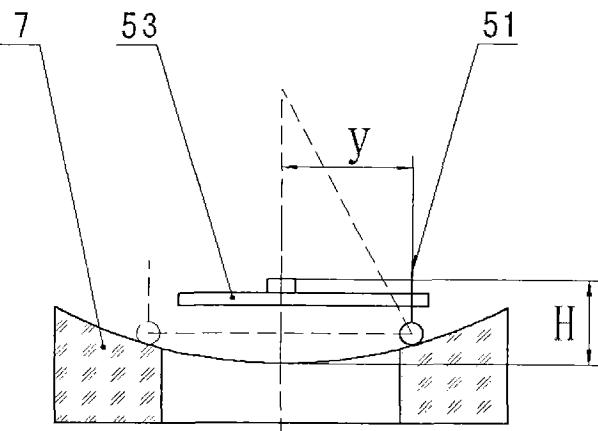


图 7