



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109373931 A

(43)申请公布日 2019.02.22

(21)申请号 201811530834.8

(22)申请日 2018.12.14

(71)申请人 上海晶电新能源有限公司

地址 201112 上海市浦东新区泥城镇新城路2号24幢N1191室

(72)发明人 孙楠 沈平 游思梁

(51)Int.Cl.

G01B 11/24(2006.01)

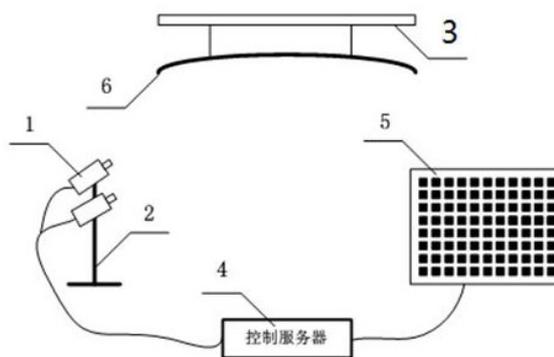
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统及方法

(57)摘要

本发明涉及一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统及方法,包括图像采集系统、动态编码标志物和控制服务器,被测太阳能热发电用光学设备的反射面通过安装机构进行固定,图像采集系统由多台图像采集器组成,通过支架固定并调整至合适的视场范围,控制服务器通过线缆控制图像采集系统进行采集,采集图像发送至控制服务器进行计算,控制服务器通过线缆控制动态编码标志物不同区域点光源的独立发光,供图像采集系统进行采集。本发明使用基于可编程点光源阵列的动态编码设备作为检测用标志物,平面度对面形检测精度的影响较小,解算时动态编码标志物各个区域相对独立,所以整体亮度均匀性不会对面形检测产生影响。



1. 一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统,其特征在于:包括图像采集系统(1)、动态编码标志物(5)和控制服务器(4),被测太阳能热发电用光学设备的反射面(6)通过安装机构(3)进行固定,图像采集系统(1)由多台图像采集器组成,通过支架(2)固定并调整至合适的视场范围,控制服务器(4)通过线缆控制图像采集系统(1)进行采集,采集图像发送至控制服务器(4)进行计算,控制服务器(4)通过线缆控制动态编码标志物(5)不同区域点光源的独立发光,供图像采集系统(1)进行采集。

2. 根据权利要求1所述的一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统,其特征在于:所述的动态编码标志物(5)由可编程的点光源阵列组成,包括LED显示屏、液晶显示屏及其它主动发光的可编程点光源阵列;动态编码标志物(5)可由程序控制实现不同区域点光源独立发光;动态编码标志物(5)的点光源可以是彩色的、单色的或者灰阶的;动态编码标志物(5)的点光源亮度可调,其尺寸由被测太阳能热发电用光学设备的反射面(6)决定,能够完整覆盖被测太阳能热发电用光学设备的反射面(6)。

3. 根据权利要求1所述的一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统,其特征在于:所述图像采集器的数量由被测太阳能热发电用光学设备的反射面(6)的尺寸决定,保证图像采集器视场的集合能够覆盖整个被测太阳能热发电用光学设备的反射面(6)。

4. 一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测方法,其特征在于:包括如下步骤:

(1)、固定太阳能热发电用光学设备,建立检测用测量坐标系,以被测太阳能热发电用光学设备的反射面中心为原点,x轴指向正南方向,y轴指向正东方向,z轴指向天空;

(2)、根据太阳能热发电用光学设备反射面布置图像采集系统和动态编码标志物;

(3)、测量图像采集系统中每个图像采集器的中心坐标 $C_i = [c_{x_i} \ c_{y_i} \ c_{z_i}]$,其中i表示图像采集器编号, $[c_{x_i} \ c_{y_i} \ c_{z_i}]$ 分别为图像采集器中心 C_i 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;测量动态编码标志物的中心坐标 $B = [b_x \ b_y \ b_z]$,其中 $[b_x \ b_y \ b_z]$ 分别为动态编码标志物B在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;测量动态编码标志物的平面法线 $N = [n_x \ n_y \ n_z]$,其中 $[n_x \ n_y \ n_z]$ 分别为动态编码标志物的平面法线N在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;测量太阳能热发电用光学设备反射面各个顶点坐标 $R_j = [r_{x_j} \ r_{y_j} \ r_{z_j}]$,其中j表示图像采集器编号, $[r_{x_j} \ r_{y_j} \ r_{z_j}]$ 分别为顶点 R_j 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;

(4)、动态编码标志物为点光源的周期性排列,单个点光源的尺寸已知,根据动态编码标志物的中心坐标B和和平面法线N,可计算每个点光源的中心坐标 $P_{m,n} = [p_{x_{m,n}} \ p_{y_{m,n}} \ p_{z_{m,n}}]$,其中m表示点光源所在的行号,n表示点光源所在的列号, $[p_{x_{m,n}} \ p_{y_{m,n}} \ p_{z_{m,n}}]$ 表示每个点光源的中心 $P_{m,n}$ 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;

(5)、太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形的数学表述 $\mathfrak{R}(u, v, w)$ 已知,其中(u, v, w)为无误差反射面初始状态的测量坐标系坐标,根据各个顶点坐标 R_j 计算太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形上各个点与检测状态的转换关系

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = Rot_z(\theta_z) \cdot Rot_y(\theta_y) \cdot Rot_x(\theta_x) \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} + \Delta$$

其中 $Rot_z(\theta_z)$ 、 $Rot_y(\theta_y)$ 、 $Rot_x(\theta_x)$ 分别表示绕Z轴、Y轴、X轴的旋转矩阵, Δ 表示中心位

移量, (x, y, z) 表示太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形上各个点在检测状态下的测量坐标系坐标;

(6)、控制服务器动态使编码标志物中某个点光源 $P_{m,n}$ 发光, 该点发出的光被 i 号图像采集器接收;

(7)、 i 号图像采集器采集的图像中太阳能热发电用光学设备反射面上某点 R_k 被点亮, 控制服务器对该图像进行图像识别, 获得该亮点在反射面上的相对位置 $\mathfrak{R}_k = (u_k, v_k, w_k)$, 其中 (u_k, v_k, w_k) 表示反射面上的亮点 \mathfrak{R}_k 初始状态的测量坐标系坐标;

(8)、根据步骤(5)中的转换关系, 计算获得太阳能热发电用光学设备反射面上亮点坐标 $R_k = [x_k, y_k, z_k]$, 其中 $[x_k, y_k, z_k]$ 表示反射面上的亮点 R_k 在测量坐标系中 x 轴、 y 轴和 z 轴对应的数值;

(9)、由点光源中心坐标 $P_{m,n}$ 、 i 号图像采集器中心坐标 C_i 和太阳能热发电用光学设备反射面上亮点坐标 R_k , 计算亮点处的镜面法线矢量表述

$$N_k^R = \frac{\frac{P_{m,n} - R_k}{|P_{m,n} - R_k|} + \frac{C_i - R_k}{|C_i - R_k|}}{\left| \frac{P_{m,n} - R_k}{|P_{m,n} - R_k|} + \frac{C_i - R_k}{|C_i - R_k|} \right|} ;$$

(10)、同一时刻发光的其它点光源点亮的太阳能热发电用光学设备反射面各点镜面法线矢量按照步骤(6)至步骤(9)计算;

(11)、动态编码标志物根据控制服务器的指令变换不同的发光区域, 重复步骤(10)进行计算, 当所有的点光源均被点亮一次后, 获得被测太阳能热发电用光学设备反射面面形数据。

一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统及方法,属于面形检测技术领域。

背景技术

[0002] 太阳能热发电技术的核心是将太阳光汇聚至很小的区域内以便吸收其中的能量。为了实现该目标,需要通过特定的光学设备将太阳反射至目标区域。在传统塔式太阳能热发电站中,需要通过多台具有凹面镜光学特性的定日镜将太阳光汇聚至高处的目标吸热器;在二次反射式太阳能热发电站中,多台具有凹面镜光学特性的定日镜将太阳光反射至二次反射镜盘的反射面,再反射至地面处的吸热器内;在槽式太阳能热发电站中,抛物线反射镜将太阳光汇聚至焦线出的线状吸热器内;在碟式太阳能热发电站中,抛物曲面反射镜将入射太阳光汇聚至焦点处;在菲涅尔反射式太阳能热发电站中,由多块平面镜将太阳光汇聚至线状吸热器内。定日镜、二次反射镜盘、抛物线反射镜、抛物曲面反射镜和菲涅尔反射镜等均为太阳能热发电技术中核心光学设备,这些光学设备的反射面面形直接影响整个太阳能热发电站的运行,因此需要有效的检测系统及方法能够对上述光学设备的反射面面形进行精确测量以保证电站的发电效率。目前的面形技术主要可以分为接触式和非接触式。接触式的方法主要通过探针接触被测面后的位移量变化实现面形的测量。该方法不适用于表面光滑的光学面形,并且属于点测量方法,难以实现高效率的面形检测。非接触式的方法主要包括摄影测量法、双目测量法和条纹投影法。摄影测量法是在被测太阳能热发电用光学设备的反射面上布置大量编码点和标志点,然后通过相机拍摄不同姿态的图像计算编码点和标志点的空间坐标信息。该方法在布置点和去除点的步骤中需要效率大量的工时,无法应用于实际的生产环节。双目测量法通过被测太阳能热发电用光学设备的反射面上特征点在两台位置已知相机的图像坐标差解算特征点的空间坐标信息。由于光学设备的反射面均为光滑表面,没有明显的特征点,所以也需要布置编码点或标志点进行测量,影响检测效率,并且两台相机的公共视场范围有限,不适用于空间尺寸大的光学设备。条纹投影法是通过采集经过反射面的条纹图像的像,通过斜率积分的方法获得反射面面形信息。该方法对条纹图案的平面度要求高,否则条纹图案自身的变形会叠加到反射面面形中,其次对整幅条纹图案整体亮度均匀性要求高,否则会影响条纹的有效识别。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于:针对目前技术不能满足现有的需要,提供一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统及方法,通过基于可编程点光源阵列的动态编码标志物、图像识别技术和光学反射定律,计算太阳能热发电用光学设备反射面各个被测区域法线矢量的相对坐标系表述,实现一种高效率、高精度的太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统。

[0004] 本发明所采用的技术方案是:一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系

统,包括图像采集系统、动态编码标志物和控制服务器,被测太阳能热发电用光学设备的反射面通过安装机构进行固定,图像采集系统由多台图像采集器组成,通过支架固定并调整至合适的视场范围,控制服务器通过线缆控制图像采集系统进行采集,采集图像发送至控制服务器进行计算,控制服务器通过线缆控制动态编码标志物不同区域点光源的独立发光,供图像采集系统进行采集。

[0005] 在本发明中:所述的动态编码标志物由可编程的点光源阵列组成,包括LED显示屏、液晶显示屏及其它主动发光的可编程点光源阵列动态编码标志物可由程序控制实现不同区域点光源独立发光;动态编码标志物的点光源可以是彩色的、单色的或者灰阶的;动态编码标志物的点光源亮度可调,其尺寸由被测太阳能热发电用光学设备的反射面决定,能够完整覆盖被测太阳能热发电用光学设备的反射面。

[0006] 在本发明中:所述图像采集器的数量由被测太阳能热发电用光学设备的反射面的尺寸决定,保证图像采集器视场的集合能够覆盖整个被测太阳能热发电用光学设备的反射面。

[0007] 一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测方法,包括如下步骤:

[0008] (1)、固定太阳能热发电用光学设备,建立检测用测量坐标系,以被测太阳能热发电用光学设备的反射面中心为原点,x轴指向正南方向,y轴指向正东方向,z轴指向天空;

[0009] (2)、根据太阳能热发电用光学设备反射面布置图像采集系统和动态编码标志物;

[0010] (3)、测量图像采集系统中每个图像采集器的中心坐标 $C_i = [c_{x_i} \ c_{y_i} \ c_{z_i}]$,其中i表示图像采集器编号, $[c_{x_i} \ c_{y_i} \ c_{z_i}]$ 分别为图像采集器中心 C_i 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;测量动态编码标志物的中心坐标 $B = [b_x \ b_y \ b_z]$,其中 $[b_x \ b_y \ b_z]$ 分别为动态编码标志物B在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;测量动态编码标志物的平面法线 $N = [n_x \ n_y \ n_z]$,其中 $[n_x \ n_y \ n_z]$ 分别为动态编码标志物的平面法线N在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;测量太阳能热发电用光学设备反射面各个顶点坐标 $R_j = [r_{x_j} \ r_{y_j} \ r_{z_j}]$,其中j表示图像采集器编号, $[r_{x_j} \ r_{y_j} \ r_{z_j}]$ 分别为顶点 R_j 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;

[0011] (4)、动态编码标志物为点光源的周期性排列,单个点光源的尺寸已知,根据动态编码标志物的中心坐标B和和平面法线N,可计算每个点光源的中心坐标 $P_{m,n} = [p_{x_{m,n}} \ p_{y_{m,n}} \ p_{z_{m,n}}]$,其中m表示点光源所在的行号,n表示点光源所在的列号, $[p_{x_{m,n}} \ p_{y_{m,n}} \ p_{z_{m,n}}]$ 表示每个点光源的中心 $P_{m,n}$ 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;

[0012] (5)、太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形的数学表述 $\mathfrak{R}(u, v, w)$ 已知,其中 (u, v, w) 为无误差反射面初始状态的测量坐标系坐标,根据各个顶点坐标 R_j 计算太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形上各个点与检测状态的转换关系

$$[0013] \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = Rot_z(\theta_z) \cdot Rot_y(\theta_y) \cdot Rot_x(\theta_x) \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} + \Delta$$

[0014] 其中 $Rot_z(\theta_z)$ 、 $Rot_y(\theta_y)$ 、 $Rot_x(\theta_x)$ 分别表示绕Z轴、Y轴、X轴的旋转矩阵, Δ 表示中心位移量, (x, y, z) 表示太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形上各个点在检测状态下的测量坐标系坐标;

[0015] (6)、控制服务器动态使编码标志物中某个点光源 $P_{m,n}$ 发光,该点发出的光被 i 号图像采集器接收;

[0016] (7)、 i 号图像采集器采集的图像中太阳能热发电用光学设备反射面上某点 R_k 被点亮,控制服务器对该图像进行图像识别,获得该亮点在反射面上的相对位置 $\mathfrak{R}_k = (u_k, v_k, w_k)$,其中 (u_k, v_k, w_k) 表示反射面上的亮点 \mathfrak{R}_k 初始状态的测量坐标系坐标;

[0017] (8)、根据步骤(5)中的转换关系,计算获得太阳能热发电用光学设备反射面上亮点坐标 $R_k = [x_k, y_k, z_k]$,其中 $[x_k, y_k, z_k]$ 表示反射面上的亮点 R_k 在测量坐标系中 x 轴、 y 轴和 z 轴对应的数值;

[0018] (9)、由点光源中心坐标 $P_{m,n}$ 、 i 号图像采集器中心坐标 C_i 和太阳能热发电用光学设备反射面上亮点坐标 R_k ,计算亮点处的镜面法线矢量表述

$$[0019] \quad N_k^R = \frac{\frac{P_{m,n} - R_k}{|P_{m,n} - R_k|} + \frac{C_i - R_k}{|C_i - R_k|}}{\left| \frac{P_{m,n} - R_k}{|P_{m,n} - R_k|} + \frac{C_i - R_k}{|C_i - R_k|} \right|};$$

[0020] (10)、同一时刻发光的其它点光源点亮的太阳能热发电用光学设备反射面各点镜面法线矢量按照步骤(6)至步骤(9)计算;

[0021] (11)、动态编码标志物根据控制服务器的指令变换不同的发光区域,重复步骤(10)进行计算,当所有的点光源均被点亮一次后,获得被测太阳能热发电用光学设备反射面面形数据。

[0022] 本发明的有益效果:

[0023] 1.本发明属于非接触式光学检测方法,通过基于可编程点光源阵列的动态编码标志物和图像识别技术即可实现一种高效率、高精度的太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统;

[0024] 2.本发明中定日镜面型检测设备不需要对光学设备的反射面作额外的布置或者处理,检测效率高;

[0025] 3.本发明可根据被测太阳能热发电用光学设备的反射面的尺寸设置不同大小的动态编码标志物和图像采集器数量,适用于不同尺寸的反射面面形检测;

[0026] 4.本发明使用基于可编程点光源阵列的动态编码设备作为检测用标志物,平面度对面形检测精度的影响较小,解算时动态编码标志物各个区域相对独立,所以整体亮度均匀性不会对面形检测产生影响

附图说明

[0027] 图1是本发明的系统示意图;

[0028] 图2是本发明的单光源成像示意图。

[0029] 图中:1.图像采集系统;2.支架;3.安装机构;4.控制服务器;5.动态编码标志物;6.被测太阳能热发电用光学设备的反射面。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细描述。

[0031] 如图1-2所示,一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测系统,包括图像采集系统1、动态编码标志物5和控制服务器4,被测太阳能热发电用光学设备的反射面6通过安装机构3进行固定,图像采集系统1由多台图像采集器组成,通过支架2固定并调整至合适的视场范围,控制服务器4通过线缆控制图像采集系统(1)进行采集,采集图像发送至控制服务器4进行计算,控制服务器4通过线缆控制动态编码标志物5不同区域点光源的独立发光,供图像采集系统1进行采集。所述的动态编码标志物5由可 $\mathcal{R}_k = (u_k, v_k, w_k)$,编程的点光源阵列组成,包括LED显示屏、液晶显示屏及其它主动发光的可编程点光源阵列动态编码标志物5可由程序控制实现不同区域点光源独立发光;动态编码标志物5的点光源可以是彩色的、单色的或者灰阶的;动态编码标志物5的点光源亮度可调,其尺寸由被测太阳能热发电用光学设备的反射面6决定,能够完整覆盖被测太阳能热发电用光学设备的反射面6。所述图像采集器的数量由被测太阳能热发电用光学设备的反射面6的尺寸决定,保证图像采集器视场的集合能够覆盖整个被测太阳能热发电用光学设备的反射面6。

[0032] 一种太阳能热发电用光学设备反射面面形检测方法,包括如下步骤:

[0033] (1)、固定太阳能热发电用光学设备,建立检测用测量坐标系,以被测太阳能热发电用光学设备的反射面中心为原点,x轴指向正南方向,y轴指向正东方向,z轴指向天空;

[0034] (2)、根据太阳能热发电用光学设备反射面布置图像采集系统和动态编码标志物;

[0035] (3)、测量图像采集系统中每个图像采集器的中心坐标 $C_i = [c_{xi} \ c_{yi} \ c_{zi}]$,其中i表示图像采集器编号, $[c_{xi} \ c_{yi} \ c_{zi}]$ 分别为图像采集器中心 C_i 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;测量动态编码标志物的中心坐标 $B = [b_x \ b_y \ b_z]$,其中 $[b_x \ b_y \ b_z]$ 分别为动态编码标志物B在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;测量动态编码标志物的平面法线 $N = [n_x \ n_y \ n_z]$,其中 $[n_x \ n_y \ n_z]$ 分别为动态编码标志物的平面法线N在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;测量太阳能热发电用光学设备反射面各个顶点坐标 $R_j = [r_{xj} \ r_{yj} \ r_{zj}]$,其中j表示图像采集器编号, $[r_{xj} \ r_{yj} \ r_{zj}]$ 分别为顶点 R_j 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;

[0036] (4)、动态编码标志物为点光源的周期性排列,单个点光源的尺寸已知,根据动态编码标志物的中心坐标B和和平面法线N,可计算每个点光源的中心坐标 $P_{m,n} = [p_{x_{m,n}} \ p_{y_{m,n}} \ p_{z_{m,n}}]$,其中m表示点光源所在的行号,n表示点光源所在的列号, $[p_{x_{m,n}} \ p_{y_{m,n}} \ p_{z_{m,n}}]$ 表示每个点光源的中心 $P_{m,n}$ 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值;

[0037] (5)、太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形的数学表述 $\mathcal{R}(u, v, w)$ 已知,其中 (u, v, w) 为无误差反射面初始状态的测量坐标系坐标,根据各个顶点坐标 R_j 计算太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形上各个点与检测状态的转换关系

$$[0038] \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = Rot_z(\theta_z) \cdot Rot_y(\theta_y) \cdot Rot_x(\theta_x) \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} + \Delta$$

[0039] 其中 $Rot_z(\theta_z)$ 、 $Rot_y(\theta_y)$ 、 $Rot_x(\theta_x)$ 分别表示绕Z轴、Y轴、X轴的旋转矩阵, Δ 表示中心位移量, (x, y, z) 表示太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形上各个点在检测状态

下的测量坐标系坐标；

[0040] (6)、如图2所示,控制服务器动态使编码标志物中某个点光源 $P_{m,n}$ 发光,该点发出的光被i号图像采集器接收；

[0041] (7)、i号图像采集器采集的图像中太阳能热发电用光学设备反射面上某点 R_k 被点亮,控制服务器对该图像进行图像识别,获得该亮点在反射面上的相对位置 $\mathfrak{R}_k = (u_k, v_k, w_k)$,其中 (u_k, v_k, w_k) 表示反射面上的亮点 \mathfrak{R}_k 初始状态的测量坐标系坐标；

[0042] (8)、根据步骤(5)中的转换关系,计算获得太阳能热发电用光学设备反射面上亮点坐标 $R_k = [x_k, y_k, z_k]$,其中 $[x_k, y_k, z_k]$ 表示反射面上的亮点 R_k 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值；

[0043] (9)、由点光源中心坐标 $P_{m,n}$ 、i号图像采集器中心坐标 C_i 和太阳能热发电用光学设备反射面上亮点坐标 R_k ,计算亮点处的镜面法线矢量表述

$$[0044] \quad N_k^R = \frac{\frac{P_{m,n} - R_k}{|P_{m,n} - R_k|} + \frac{C_i - R_k}{|C_i - R_k|}}{\left| \frac{P_{m,n} - R_k}{|P_{m,n} - R_k|} + \frac{C_i - R_k}{|C_i - R_k|} \right|} ;$$

[0045] (10)、同一时刻发光的其它点光源点亮的太阳能热发电用光学设备反射面各点镜面法线矢量按照步骤(6)至步骤(9)计算；

[0046] (11)、动态编码标志物根据控制服务器的指令变换不同的发光区域,重复步骤(10)进行计算,当所有的点光源均被点亮一次后,获得被测太阳能热发电用光学设备反射面面形数据。

[0047] 在本发明中,太阳能热发电用光学设备反射面上单个点法线矢量的解算方法为:控制服务器动态使编码标志物中某个点光源 $P_{m,n}$ 发光,该点发出的光被i号图像采集器接收;i号图像采集器采集的图像中太阳能热发电用光学设备反射面上某点 R_k 被点亮,控制服务器对该图像进行图像识别,获得该亮点在反射面上的相对位置 $\mathfrak{R}_k = (u_k, v_k, w_k)$,其中 (u_k, v_k, w_k) 表示反射面上的亮点 \mathfrak{R}_k 初始状态的测量坐标系坐标;根据各个顶点坐标 R_j 计算太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形上各个点与检测状态的转换关系

$$[0048] \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = Rot_z(\theta_z) \cdot Rot_y(\theta_y) \cdot Rot_x(\theta_x) \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} + \Delta$$

[0049] 计算获得太阳能热发电用光学设备反射面上亮点坐标 $R_k = [x_k, y_k, z_k]$ ($[x_k, y_k, z_k]$ 表示反射面上的亮点 R_k 在测量坐标系中x轴、y轴和z轴对应的数值),其中 $Rot_z(\theta_z)$ 、 $Rot_y(\theta_y)$ 、 $Rot_x(\theta_x)$ 分别表示绕Z轴、Y轴、X轴的旋转矩阵, Δ 表示中心位移量, (x, y, z) 表示太阳能热发电用光学设备反射面无误差面形上各个点在检测状态下的测量坐标系坐标;由点光源中心坐标 $P_{m,n}$ 、i号图像采集器中心坐标 C_i 和太阳能热发电用光学设备反射面上亮点坐标 R_k ,计算亮点处的镜面法线矢量表述

$$[0050] \quad N_k^R = \frac{\frac{P_{m,n} - R_k}{|P_{m,n} - R_k|} + \frac{C_i - R_k}{|C_i - R_k|}}{\left| \frac{P_{m,n} - R_k}{|P_{m,n} - R_k|} + \frac{C_i - R_k}{|C_i - R_k|} \right|}。$$

[0051] 通过上述技术方案可见：

[0052] 本发明属于非接触式光学检测方法，通过基于可编程点光源阵列的动态编码标志物和图像识别技术即可实现对太阳能热发电用光学设备反射面进行精确地面形检测；而接触式的方法主要通过探针接触被测面后的位移量变化实现面形的测量，该方法不适用于表面光滑的光学面形，并且属于点测量方法，难以实现高效率的面形检测；

[0053] 本发明中定日镜面型检测设备不需要对光学设备的反射面作额外的布置或者处理，通过基于可编程点光源阵列的动态编码标志物和图像采集系统即可实现太阳能热发电用光学设备反射面面形的精确检测；而摄影测量法是在被测太阳能热发电用光学设备的反射面上布置大量编码点和标志点，然后通过相机拍摄不同姿态的图像计算编码点和标志点的空间坐标信息，该方法在布置点和去除点的步骤中需要效率大量的工时，无法应用于实际的生产环节；

[0054] 本发明不需要在太阳能热发电用光学设备反射面上布置编码点或者标志点，提高检测效率，并且根据被测太阳能热发电用光学设备的反射面的尺寸设置不同大小的动态编码标志物和图像采集器数量，可以适用于不同尺寸的反射面面形检测；而双目测量法通过被测太阳能热发电用光学设备的反射面上特征点在两台位置已知相机的图像坐标差解算特征点的空间坐标信息；由于光学设备的反射面均为光滑表面，没有明显的特征点，所以也需要布置编码点或标志点进行测量，影响检测效率，并且两台相机的公共视场范围有限，不适用于空间尺寸大的光学设备；

[0055] 本发明使用基于可编程点光源阵列的动态编码设备作为检测用标志物，平面度对面形检测精度的影响较小，解算时动态编码标志物各个区域相对独立，所以整体亮度均匀性不会对面形检测产生影响；而条纹投影法是通过采集经过反射面的条纹图像的像，通过斜率积分的方法获得反射面面形信息；该方法对条纹图案的平面度要求高，否则条纹图案自身的变形会叠加到反射面面形中，其次对整幅条纹图案整体亮度均匀性要求高，否则会影响条纹的有效识别。

[0056] 以上对本发明的具体实施方式进行了描述，但本发明并不限于以上描述。对于本领域的技术人员而言，任何对本技术方案的同等修改和替代都是在本发明的范围之内。因此，在不脱离本发明的精神和范围下所作的均等变换和修改，都应涵盖在本发明的范围内。

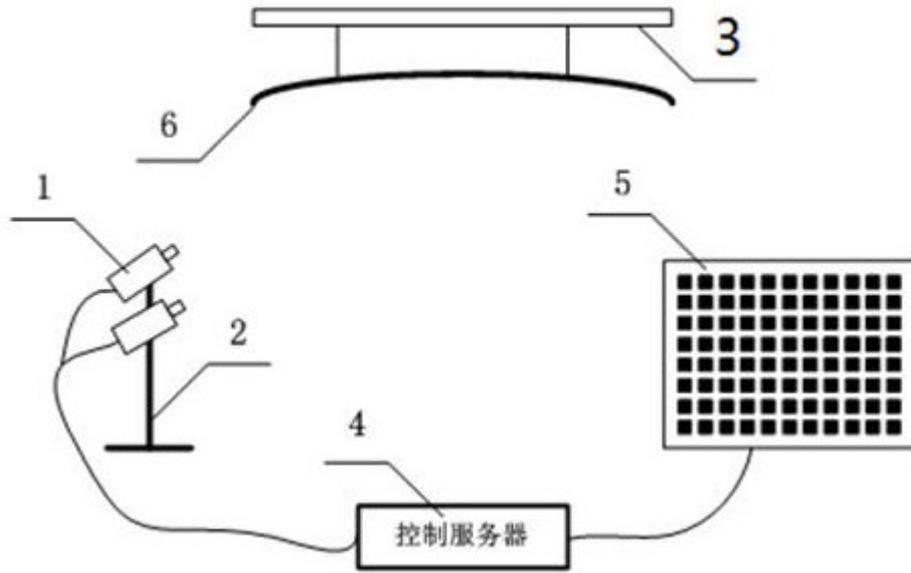


图1

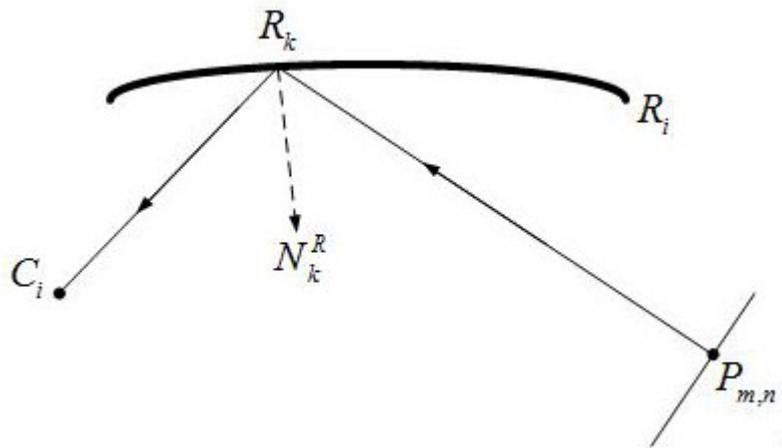


图2