



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103712555 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 29

(21) 申请号 201310288795. 6

(22) 申请日 2013. 07. 10

(73) 专利权人 湖北工业大学

地址 430068 湖北省武汉市洪山区李家墩特
1号湖北工业大学

(72) 发明人 宋小春 王凯 熊芝 陈海林
王亚午

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 崔友明

(51) Int. Cl.

G01B 11/00(2006. 01)

G01B 11/12(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202255302 U, 2012. 05. 30,

CN 100480627 C, 2009. 04. 22,

US 2009/0112487 A1, 2009. 04. 30,
JP 特开 2005-156554 A, 2005. 06. 16,
马骊群等. 大尺寸坐标测量技术在大型部件
装配应用中的若干问题. 《计测技术》. 2013, 第
33卷(第2期), 第7-11、23页.

审查员 陆颖莹

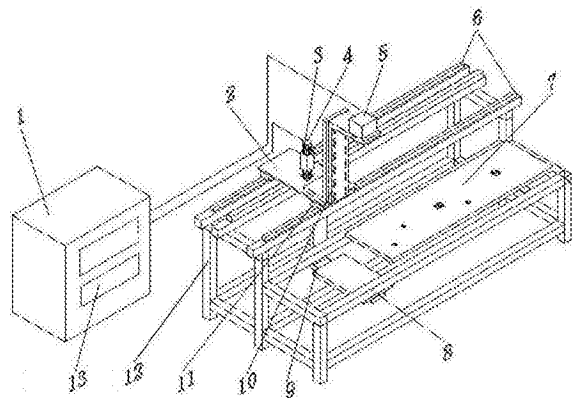
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

汽车大梁装配孔视觉在线测量系统及其方法

(57) 摘要

汽车大梁装配孔视觉在线测量系统及其方法, 系统包括主操控台、伺服电机、伺服电机编码器、滑台、滑块、水平滑轨、固定高低架、摄像机以及被测大梁, 主操控台上设有主机, 主机的 PCI 插槽中分别插有运动控制卡和图像采集卡, 主机通过运动控制卡与伺服电机相连, 伺服电机编码器与伺服电机同轴连接, 伺服电机固定在滑台上, 滑台通过滑块与水平滑轨配合连接, 水平滑轨安装在固定高低架的高侧; 主机还通过图像采集卡与摄像机连接, 摄像机通过 Z 型高度可调支架安装在滑台上; 被测大梁安装在固定高低架的低侧。本发明实现汽车大梁装配孔孔径和孔位尺寸非接触、全自动的高速在线测量, 尤其适用于装配孔分布不均匀、某些区域无装配孔的大梁测量。



1. 汽车大梁装配孔视觉在线测量系统,其特征在於:包括主操控台(1)、伺服电机(3)、伺服电机编码器(4)、滑台(2)、滑块(11)、水平滑轨(6)、固定高低架(12)、摄像机(5)以及被测大梁(7),所述主操控台(1)上设有主机(13),所述主机(13)的PCI插槽中分别插有运动控制卡和图像采集卡,所述主机(13)通过运动控制卡与伺服电机(3)相连,所述伺服电机编码器(4)与伺服电机(3)同轴连接,所述伺服电机(3)固定在滑台(2)上,所述滑台(2)通过滑块(11)与水平滑轨(6)配合连接,所述水平滑轨(6)安装在固定高低架(12)的高侧;所述主机(13)还通过图像采集卡与摄像机(5)连接,所述摄像机(5)通过Z型高度可调支架(10)安装在滑台(2)上;所述被测大梁(7)安装在固定高低架(12)的低侧。

2. 如权利要求1所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统,其特征在於:所述被测大梁(7)的正下方设有跟随光源(8),所述跟随光源(8)通过L型支架(9)安装在滑台(2)的底部,且跟随光源(8)始终与摄像机(5)处于同一垂线上。

3. 如权利要求1所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统,其特征在於:所述滑块(11)固定在滑台(2)下方的两侧。

4. 如权利要求2所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统,其特征在於:所述跟随光源(8)采用面阵LED光源。

5. 如权利要求1所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统,其特征在於:所述摄像机(5)采用面阵CCD相机。

6. 如权利要求1所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统,其特征在於:所述Z型高度可调支架(10)由两个L型分支架拼接成Z型结构,每个L型分支架沿其纵向设有多个螺栓孔,两个L型分支架通过螺栓和螺栓孔配合紧固。

7. 一种根据上述权利要求1所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统进行测量的方法,其特征在於:包括以下步骤:

1) 首先进行被测大梁(7)图像采集:①根据被测大梁(7)装配孔的分布特征对图像采集的路径和位置进行规划;②主机(13)将规划后的路径信息转换成脉冲信号通过运动控制卡发送给伺服电机(3)驱动滑台(2)搭载摄像机(5)按规划路径运动、启停;③伺服电机编码器(4)将滑台(2)的运动状态和位置精确采集并输出脉冲信号,反馈脉冲到图像采集卡进而触发摄像机(5)进行图像采集,被采集到的图像经过图像采集卡处理后传送到主机(13)中;

2) 图像处理和测量:被采集到的图像送入主机(13)之后开始进行图像处理和测量,首先对单幅图像上的孔径和孔位坐标进行测量,然后利用伺服电机编码器(4)在图像采集阶段反馈的位置信息作为参考坐标,将多幅图像统一到同一全局坐标系之下,并求出各装配孔在全局坐标系之下的坐标,至此便完成了被测大梁(7)上装配孔孔径和孔位的测量;

3) 主机通过图像处理软件对所测得的装配孔孔径和孔位尺寸与被测大梁(7)设计尺寸进行比对,并对其误差进行计算和评估,确定被测大梁(7)上装配孔尺寸是否满足生产装配要求。

8. 如权利要求7所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统进行测量的方法,其特征在於:所述步骤1)中对图像采集的路径和位置进行规划具体包括,摄像机(5)每次采集的范围恒定,在被测大梁(7)长度方向有选择的进行图像采集,其实现步骤如下:

a) 将某型号被测大梁(7)的CAD设计图转换为大梁标准图像数据,以大梁标准图像两相邻边分别为x、y轴建立直角坐标系,获得被测大梁(7)各装配孔在此坐标系下的圆心坐标;

b) 确定被测大梁(7)上述各装配孔的圆心坐标后,根据这些圆心坐标计算进行每次图像采集时摄像机(5)的拍摄位置,以第一次图像采集为例,摄像机采集范围包含4个装配孔 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 ,其圆心坐标分别为 $O_1(x_1, y_1)$ 、 $O_2(x_2, y_2)$ 、 $O_3(x_3, y_3)$ 、 $O_4(x_4, y_4)$,其中 O_1 和 O_4 两装配孔在x轴方向上相距最远,取 O_1 和 O_4 两装配孔横坐标 x_1 、 x_4 ,得到第一次图像采集的摄像机拍摄位置横坐标 S_1 :

$$S_1 = \frac{x_1 + x_4}{2}$$

第二次图像采集的摄像机采集范围包含2个装配孔 O_5 、 O_6 ,其圆心坐标分别为 $O_5(x_5, y_5)$ 、 $O_6(x_6, y_6)$;第三次图像采集的摄像机采集范围包含4个装配孔 O_7 、 O_8 、 O_9 、 O_{10} ,其圆心坐标分别为 $O_7(x_7, y_7)$ 、 $O_8(x_8, y_8)$ 、 $O_9(x_9, y_9)$ 、 $O_{10}(x_{10}, y_{10})$,其中 O_7 和 O_{10} 两装配孔在x轴方向上相距最远,根据第一次图像采集同理得出进行第二次、第三次图像采集的摄像机拍摄位置横坐标 S_2 、 S_3 分别为:

$$S_2 = \frac{x_5 + x_6}{2}$$

$$S_3 = \frac{x_7 + x_{10}}{2}$$

c) 将各次图像采集的摄像机拍摄位置横坐标 S_1 、 S_2 、 S_3 转换成脉冲信号发给伺服电机,伺服电机驱动滑台搭载摄像机依次运动到相应坐标位置并对被测大梁进行图像采集。

9. 如权利要求8所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统进行测量的方法,其特征在于:所述步骤2)具体步骤如下:

a) 图像预处理,系统对获取的被测大梁(7)目标区域的图像分别进行图像预处理,并对图像中相关图元进行拟合;

b) 单幅图像的测量,以被测大梁(7)某一局部区域图像来说明尺寸测量过程,该局部区域采集范围包含2个装配孔 O_5 、 O_6 , S_2 为摄像机(5)获取此幅图像时的拍摄位置横坐标,在路径规划阶段就已获得其全局坐标信息,针对单幅图像,以单幅图像两相邻的边缘建立子坐标系,对单幅图像进行图像预处理后采用hough变换对图像中的直线和圆进行提取,得到 $O_5(x'_5, y'_5)$ 、 $O_6(x'_6, y'_6)$ 及相应半径 R_5 、 R_6 ,以及摄像机拍摄位置的横坐标 S'_2 ;这样系统便得到了装配孔 O_5 、 O_6 的孔径,同理得到其他局部区域图像上各装配孔的圆心坐标及半径;

c) 多幅图像之间各装配孔相对位置的计算,利用伺服电机(3)反馈的各次局部区域图像采集的位置横坐标 S_1 、 S_2 、 S_3 在全局坐标下的坐标信息作为基准,将单幅图像下的装配孔的坐标转换为全局坐标下的坐标,装配孔 O_5 、 O_6 在全局坐标下的实际测量坐标为 $O_{5m}(x_{5m}, y_{5m})$ 、 $O_{6m}(x_{6m}, y_{6m})$,其中:

$$\begin{cases} x_{5m} = x'_5 + (S_2 - S'_2) \\ y_{5m} = y'_5 \\ x_{6m} = x'_6 + (S_2 - S'_2) \\ y_{6m} = y'_6 \end{cases}$$

令 $\sigma_2 = (S_2 - S'_2)$,则可得 $O_{5m}(x'_5 + \sigma_2, y'_5)$ 、 $O_{6m}(x'_6 + \sigma_2, y'_6)$,同理,设摄像机拍摄第一幅、第三幅图像时位置横坐标分别为 S'_1 、 S'_3 ,令 $\sigma_1 = (S_1 - S'_1)$, $\sigma_3 = (S_3 - S'_3)$,可得其他不同局部

区域图像上的装配孔的实际测量坐标,如 $O_{1m}(x'_1+\sigma_1, y'_1)$ 、 $O_{7m}(x'_7+\sigma_3, y'_7)$;至此,系统就将所有装配孔的坐标统一到了同一个全局坐标系下,得到各装配孔的实际测量坐标后便根据坐标运算求取装配孔之间的相对距离,如:

$$\overline{O_1O_5} = \sqrt{[(x'_5 + \sigma_2) - (x'_1 + \sigma_1)]^2 + (y'_5 - y'_1)^2}$$

$$\overline{O_1O_7} = \sqrt{[(x'_7 + \sigma_3) - (x'_1 + \sigma_1)]^2 + (y'_7 - y'_1)^2}$$

其中 $\overline{O_1O_5}$ 表示装配孔 O_1 和 O_5 的相对距离, $\overline{O_1O_7}$ 表示装配孔 O_1 和 O_7 的相对距离,至此,得到所有装配孔的半径及相对距离,即完成了装配孔孔径和孔位的测量。

汽车大梁装配孔视觉在线测量系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及视觉测量领域,具体涉及一种汽车大梁装配孔视觉在线测量系统及其方法。

背景技术

[0002] 在大型机械装备的制造及装配过程中,大型工件几何尺寸和形位公差的测量,是保证整套设备质量的关键因素。一般500mm以上尺寸的测量就是大尺寸测量,由于大尺寸测量超过了一般测量范围,测量条件差,因此其测量方法和使用的量具都具有特殊性。大梁是汽车底盘的重要组成部分,其形状为细条形,长度可达十几米,其测量属于典型的大尺寸测量。由于该零件需与底盘其他零件进行精密装配,因此,为保证装配精度,需要对其装配孔的孔径、孔位尺寸进行精密测量。在大批量生产中,孔径的测量多用极限量规来抽样检验,由于极限量规是一种无读数刻度的专用定值检验工具,因此,其只能确定被测件单一尺寸是否在允许的极限尺寸范围内,而不能获得准确的测量数据。激光干涉仪采用激光器作为光源,以激光稳定的波长作基准,利用光波干涉原理实现大尺寸的精密测量,是目前大尺寸测量中比较理想的方法,但对于底盘大梁,测量对象是孔径和孔位,由于孔的中心一般难以定位,因此无法实现快速的直接测量。

[0003] 近年来,随着计算机与机器视觉技术的发展,图像处理与分析方法水平的不断提高,机器视觉在线测量技术得到了越来越多的应用和关注。机器视觉在线测量具有非接触、设备简单、对现场环境要求不高、通用性好、易于实现自动化等诸多优点而受到人们的广泛关注。

[0004] 现有基于机器视觉的几何尺寸测量,主要集中在基于单幅图像的尺寸测量和基于图像拼接的尺寸测量。基于单幅图像的尺寸测量方法是用单幅图像反映待测零件的全貌,通过对单幅图像的处理获得工件尺寸。但是受成像区域和检测分辨率成反比例关系的制约,若用单幅图像获得待测零件全貌的较高精度图像,就必须要求待测零件很小。所以基于单幅图像的尺寸测量方法的缺点是只能检测尺寸较小的零件。也有研究学者提出了基于图像拼接技术的尺寸测量方法,该方法通过摄像机每次只成像大尺寸零件的局部区域,把所有局部图像拼成一整幅图像后再对零件进行测量。该方法的缺点是需要处理大量的数据,以现有图像处理的算法和计算速度,还无法达到快速测量的要求。

[0005] 汽车大梁形状多为细长形,所要测量的大梁长度为12m,由于摄像机成像范围有限,每次只能采集大梁部分区域的图像。如果对其按长度方向逐次进行图像采集,最终所采集的图像数量必然很大,为后续图像处理和测量带来负担,导致整个系统测量速度较低。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是,针对现有技术存在的上述不足,提供一种汽车大梁装配孔视觉在线测量系统及其方法,该系统能够实时在线测量汽车大梁各装配孔孔径和孔位尺寸,并且能够对所测得尺寸与图纸尺寸进行对比、计算和评估。

[0007] 本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案是：

[0008] 汽车大梁装配孔视觉在线测量系统，包括主操控台、伺服电机、伺服电机编码器、滑台、滑块、水平滑轨、固定高低架、摄像机以及被测大梁，所述主操控台上设有主机，所述主机的PCI插槽中分别插有运动控制卡和图像采集卡，所述主机通过运动控制卡与伺服电机相连，所述伺服电机编码器与伺服电机同轴连接，所述伺服电机固定在滑台上，所述滑台通过滑块与水平滑轨配合连接，所述水平滑轨安装在固定高低架的高侧；所述主机还通过图像采集卡与摄像机连接，所述摄像机通过Z型高度可调支架安装在滑台上；所述被测大梁安装在固定高低架的低侧。

[0009] 按上述方案，所述被测大梁的正下方设有跟随光源，所述跟随光源通过L型支架安装在滑台的底部，且跟随光源始终与摄像机处于同一垂线上。

[0010] 按上述方案，所述滑块固定在滑台下方的两侧。

[0011] 按上述方案，所述跟随光源采用面阵LED光源。

[0012] 按上述方案，所述摄像机采用面阵CCD相机。

[0013] 按上述方案，所述Z型高度可调支架由两个L型分支架拼接成Z型结构，每个L型分支架沿其纵向设有多个螺栓孔，两个L型分支架通过螺栓和螺栓孔配合紧固，通过变换螺栓紧固位置实现Z型高度可调支架的高度调节。

[0014] 本发明还提供了一种根据上述汽车大梁装配孔视觉在线测量系统进行测量的方法，包括以下步骤：

[0015] 1)首先进行被测大梁图像采集：①根据被测大梁装配孔的分布特征(不同部位孔的数量和位置存在差异：有些部位装配孔比较集中，有些部位无装配孔)对图像采集的路径和位置进行规划；②主机将规划后的路径信息转换成脉冲信号通过运动控制卡发送给伺服电机驱动滑台搭载摄像机按规划路径运动、启停；③伺服电机编码器将滑台的运动状态和位置精确采集并输出脉冲信号，反馈脉冲到图像采集卡进而触发摄像机进行图像采集，被采集到的图像经过图像采集卡处理后传送到主机中；

[0016] 2)图像处理和测量：被采集到的图像送入主机之后开始进行图像处理和测量，首先对单幅图像上的孔径和孔位坐标进行测量，然后利用伺服电机编码器在图像采集阶段反馈的位置信息作为参考坐标，将多幅图像统一到同一全局坐标系之下，并求出各装配孔在全局坐标系之下的坐标，至此便完成了被测大梁上装配孔孔径和孔位的测量；

[0017] 3)主机通过图像处理软件对所测得的装配孔孔径和孔位尺寸与被测大梁设计尺寸进行比对，并对其误差进行计算和评估，确定被测大梁上装配孔尺寸是否满足生产装配要求。

[0018] 按上述方案，所述步骤1)中对图像采集的路径和位置进行规划具体包括，摄像机每次采集的范围恒定，在被测大梁长度方向有选择的进行图像采集，其实现步骤如下：

[0019] a)将某型号被测大梁的CAD设计图转换为大梁标准图像数据，以大梁标准图像两相邻边分别为x、y轴建立直角坐标系，获得被测大梁各装配孔在此坐标系下的圆心坐标；

[0020] b)确定被测大梁上述各装配孔的圆心坐标后，根据这些圆心坐标计算进行每次图像采集时摄像机的拍摄位置，以第一次图像采集为例，摄像机采集范围内包含4个装配孔 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 ，其圆心坐标分别为 $O_1(x_1, y_1)$ 、 $O_2(x_2, y_2)$ 、 $O_3(x_3, y_3)$ 、 $O_4(x_4, y_4)$ ，其中 O_1 和 O_4 两装配孔在x轴方向上相距最远，为了保证 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 四个装配孔能被摄像机一次采集，摄像机

的拍摄位置必须位于 O_1 和 O_4 两装配孔的x轴向距离的中线上,取 O_1 和 O_4 两装配孔横坐标 x_1 、 x_4 ,得到第一次图像采集的摄像机拍摄位置横坐标 S_1 :

$$[0021] \quad S_1 = \frac{x_1 + x_4}{2}$$

[0022] 第二次图像采集的摄像机采集范围包含2个装配孔 O_5 、 O_6 ,其圆心坐标分别为 $O_5(x_5, y_5)$ 、 $O_6(x_6, y_6)$;第三次图像采集的摄像机采集范围包含4个装配孔 O_7 、 O_8 、 O_9 、 O_{10} ,其圆心坐标分别为 $O_7(x_7, y_7)$ 、 $O_8(x_8, y_8)$ 、 $O_9(x_9, y_9)$ 、 $O_{10}(x_{10}, y_{10})$,其中 O_7 和 O_{10} 两装配孔在x轴方向上相距最远,根据第一次图像采集同理得出进行第二次、第三次图像采集的摄像机拍摄位置横坐标 S_2 、 S_3 分别为:

$$[0023] \quad S_2 = \frac{x_5 + x_6}{2}$$

$$[0024] \quad S_3 = \frac{x_7 + x_{10}}{2}$$

[0025] c)将各次图像采集的摄像机拍摄位置横坐标 S_1 、 S_2 、 S_3 转换成脉冲信号发给伺服电机,伺服电机驱动滑台搭载摄像机依次运动到相应坐标位置并对被测大梁进行图像采集。

[0026] 按上述方案,所述步骤2)具体步骤如下:

[0027] a)图像预处理,系统对获取的被测大梁目标区域的图像分别进行图像预处理,并对图像中相关图元进行拟合;

[0028] b)单幅图像的测量,以被测大梁某一局部区域图像来说明尺寸测量过程,该局部区域采集范围包含2个装配孔 O_5 、 O_6 , S_2 为摄像机获取此幅图像时的拍摄位置横坐标,在路径规划阶段就已获得其全局坐标信息,针对单幅图像,以单幅图像两相邻的边缘建立子坐标系,对单幅图像进行图像预处理后采用hough变换对图像中的直线和圆进行提取,得到 $O_5(x'_5, y'_5)$ 、 $O_6(x'_6, y'_6)$ 及相应半径 R_5 、 R_6 ,以及摄像机拍摄位置的横坐标 S'_2 ;这样系统便得到了装配孔 O_5 、 O_6 的孔径,同理得到其他局部区域图像上各装配孔的圆心坐标及半径;

[0029] c)多幅图像之间各装配孔相对位置的计算,利用伺服电机反馈的各次局部区域图像采集的位置横坐标 S_1 、 S_2 、 S_3 在全局坐标下的坐标信息作为基准,将单幅图像下的装配孔的坐标转换为全局坐标下的坐标,装配孔 O_5 、 O_6 在全局坐标下的实际测量坐标为 $O_{5m}(x_{5m}, y_{5m})$ 、 $O_{6m}(x_{6m}, y_{6m})$,其中:

$$[0030] \quad \begin{cases} x_{5m} = x'_5 + (S_2 - S'_2) \\ y_{5m} = y'_5 \\ x_{6m} = x'_6 + (S_2 - S'_2) \\ y_{6m} = y'_6 \end{cases}$$

[0031] 令 $\sigma_2 = (S_2 - S'_2)$,则可得 $O_{5m}(x'_5 + \sigma_2, y'_5)$ 、 $O_{6m}(x'_6 + \sigma_2, y'_6)$,同理,设摄像机拍摄第一幅、第三幅图像时位置横坐标分别为 S'_1 、 S'_3 ,令 $\sigma_1 = (S_1 - S'_1)$, $\sigma_3 = (S_3 - S'_3)$,可得其他不同局部区域图像上的装配孔的实际测量坐标,如 $O_{1m}(x'_1 + \sigma_1, y'_1)$ 、 $O_{7m}(x'_7 + \sigma_3, y'_7)$;至此,系统就将所有装配孔的坐标统一到了同一个全局坐标系下,得到各装配孔的实际测量坐标后便根据坐标运算求取装配孔之间的相对距离,如:

$$[0032] \quad \overline{O_1 O_5} = \sqrt{[(x'_5 + \sigma_2) - (x'_1 + \sigma_1)]^2 + (y'_5 - y'_1)^2}$$

$$[0033] \quad \overline{O_1O_7} = \sqrt{[(x_7 + \sigma_3) - (x_1 + \sigma_1)]^2 + (y_7 - y_1)^2}$$

[0034] 其中 $\overline{O_1O_5}$ 表示装配孔 O_1 和 O_5 的相对距离, $\overline{O_1O_7}$ 表示装配孔 O_1 和 O_7 的相对距离, 至此, 得到所有装配孔的半径及相对距离, 即完成了装配孔孔径和孔位的测量。

[0035] 本发明测量系统实现了获取被测大梁多幅局部图像, 并对它们进行处理、测量、分析。在 VisualC++6.0 环境下通过主机进行图像处理软件的开发, 操作简单、界面友好, 克服以往依靠人工测量造成的效率低、误差大等缺点, 实现被测大梁的自动化在线测量。

[0036] 本发明的工作原理: 主控制台布置在生产线附近合适的位置, 主控制台上设有主机和各种板卡接口, 表面为操作面板, 液晶显示器和键盘鼠标操作区; 主机的 PCI 插槽中分别插有运动控制卡和图像采集卡, 主控制台通过键盘鼠标来设置运动控制卡和图像采集卡的参数。

[0037] 主机通过运动控制卡发出脉冲指令并决定伺服电机的运动规律, 进而伺服电机驱动滑台在水平滑轨上运动; 同时, 摄像机通过 Z 型高度可调支架与滑台固定连接, 从而使得摄像机随着滑台水平运动。伺服电机编码器与伺服电机同轴连接, 能将滑台的运动状态和位置精确采集并输出脉冲信号, 为摄像机曝光提供控制信号; 伺服电机编码器反馈脉冲信号到图像采集卡, 进而触发摄像机进行图像采集 (摄像机的曝光控制由伺服电机编码器反馈的脉冲信号来决定), 摄像机与主机的连接通过图像采集卡实现, 图像采集卡将采集到的图像进行处理后传送到主机中, 其采集参数设置和是否开始图像采集由主机向图像采集卡发出命令来完成。最后, 主机通过图像处理软件对图像进行处理、分析, 进而得出各待测尺寸误差大小, 并评估其精度。

[0038] 面阵 LED 光源通过 L 型支架与滑台固定, 采用单侧背光照明, 面阵 LED 光源始终与摄像机处于同一垂线上, 并且同步运动。当伺服电机驱动滑台沿水平滑轨运动时, 面阵 LED 光源位于被测大梁的装配孔正下方并与滑台同步运动。

[0039] 本发明汽车大梁装配孔视觉在线测量系统采用高性能的主机和高分辨率的 CCD 面阵相机, 能够对被测大梁各装配孔尺寸、间距进行实时在线测量, 测量长度最大可达 12m, 测量宽度在 300mm 左右, 测量精度可达到 $\pm 0.3\text{mm}$, 符合大梁装配孔尺寸测量需求。

[0040] 本发明与现有技术相比具有的有益效果:

[0041] 1) 本发明为大尺寸零件汽车大梁提供了一种高精度视觉测量方法, 能够实现汽车大梁装配孔孔径和孔位尺寸非接触、全自动的高速在线测量, 最终可判断各尺寸是否满足装配要求, 尤其适用于装配孔分布不均匀、某些区域无装配孔的大梁测量;

[0042] 2) 本发明采用大功率的面阵 LED 光源单侧背向照明, 并且面阵 LED 光源随着摄像机同步运动, 使得被测大梁上每一个装配孔在被测时光照强、照度均匀;

[0043] 3) 伺服电机编码器精度高, 能准确反馈电机的运动状态, 用于控制面阵 CCD 相机采集图像, 保证被测大梁的图像被完整采集, 不至于出现漏采; 采用高分辨率的面阵 CCD 相机, 通过高精度伺服电机编码器脉冲进行扫描控制, 精确定位被测大梁表面和图像采集位置; 被测大梁不需移动, 使得测量长度和宽度增大, 提高测量精度;

[0044] 4) 本发明设计了符合人体工学的工控台, 便于用户操作和对图像进行清晰显示。

附图说明

- [0045] 图1是本发明测量系统的结构示意图；
- [0046] 图2是本发明测量方法的原理示意图；
- [0047] 图3是本发明图像采集的结构示意图；
- [0048] 图4是本发明图像采集的位置示意图；
- [0049] 图5是本发明图像测量流程图；
- [0050] 图6是本发明单幅图像的尺寸测量示意图；
- [0051] 图中,1-主操控台,2-滑台,3-伺服电机,4-伺服电机编码器,5-摄像机,6-水平滑轨,7-被测大梁,8-跟随光源,9-L型支架,10-Z型高度可调支架,11-滑块,12-固定高低架,13-主机。

具体实施方式

[0052] 下面结合实施例和附图对本发明的技术方案做进一步的说明。

[0053] 参照图1所示,本发明所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统,包括主操控台1、伺服电机3、伺服电机编码器4、滑台2、滑块11、水平滑轨6、固定高低架12、摄像机5以及被测大梁7,所述主操控台1上设有主机13,所述主机13的PCI插槽中分别插有运动控制卡和图像采集卡,所述主机13通过运动控制卡与伺服电机3相连,所述伺服电机编码器4与伺服电机3同轴连接,所述伺服电机3固定在滑台2上,所述滑台2通过滑块11与水平滑轨6配合连接,所述滑块11固定在滑台2下方的两侧,所述水平滑轨6安装在固定高低架12的高侧;所述主机13还通过图像采集卡与摄像机5连接,所述摄像机5通过Z型高度可调支架10安装在滑台2上;所述被测大梁7安装在固定高低架12的低侧。

[0054] 所述被测大梁7的正下方设有跟随光源8,所述跟随光源8通过L型支架9安装在滑台2的底部,且跟随光源8始终与摄像机5处于同一垂线上。

[0055] 所述跟随光源8采用面阵LED光源。

[0056] 所述摄像机5采用面阵CCD相机。

[0057] 所述Z型高度可调支架10由两个L型分支架拼接成Z型结构,每个L型分支架沿其纵向设有多个螺栓孔,两个L型分支架通过螺栓和螺栓孔配合紧固,通过变换螺栓紧固位置实现Z型高度可调支架10的高度调节。

[0058] 参照图2所示,本发明所述的汽车大梁装配孔视觉在线测量系统进行测量的方法,包括以下步骤:

[0059] 1)首先进行被测大梁7图像采集:①根据被测大梁7装配孔的分布特征(不同部位孔的数量和位置存在差异:有些部位装配孔比较集中,有些部位无装配孔)对图像采集的路径和位置进行规划;②主机13将规划后的路径信息转换成脉冲信号通过运动控制卡发送给伺服电机3驱动滑台2搭载摄像机5按规划路径运动、启停;③伺服电机编码器4将滑台2的运动状态和位置精确采集并输出脉冲信号,反馈脉冲到图像采集卡进而触发摄像机5进行图像采集,被采集到的图像经过图像采集卡处理后传送到主机13中;

[0060] 2)图像处理 and 测量:被采集到的图像送入主机13之后开始进行图像处理和测量,首先对单幅图像上的孔径和孔位坐标进行测量,然后利用伺服电机编码器4在图像采集阶段反馈的位置信息作为参考坐标,将多幅图像统一到同一全局坐标系之下,并求出各装配孔在全局坐标系之下的坐标,至此便完成了被测大梁7上装配孔孔径和孔位的测量;

[0061] 3)主机通过图像处理软件对所测得的装配孔孔径和孔位尺寸与被测大梁7设计尺寸进行比对,并对其误差进行计算和评估,确定被测大梁7上装配孔尺寸是否满足生产装配要求。

[0062] 所述步骤1)中对图像采集的路径和位置进行规划如图3所示,具体包括,摄像机5每次采集的范围恒定,在被测大梁7长度方向有选择的进行图像采集,其实现步骤如下:

[0063] a)将某型号被测大梁7的CAD设计图转换为大梁标准图像数据,以其两相邻边分别为x、y轴建立直角坐标系,获得被测大梁7各装配孔在此坐标系下的圆心坐标,如图4所示;

[0064] b)确定被测大梁7上述各装配孔的圆心坐标后,根据这些圆心坐标计算进行每次图像采集时摄像机5的拍摄位置,以图3图像采集示意图中第一次图像采集为例,摄像机采集范围内包含4个装配孔 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 ,其圆心坐标分别为 $O_1(x_1, y_1)$ 、 $O_2(x_2, y_2)$ 、 $O_3(x_3, y_3)$ 、 $O_4(x_4, y_4)$,其中 O_1 和 O_4 两装配孔在x轴方向上相距最远,为了保证 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 四个装配孔能被摄像机5一次采集,摄像机5的采集位置必须位于 O_1 和 O_4 两装配孔的x轴向距离的中线上,取 O_1 和 O_4 两装配孔横坐标 x_1 、 x_4 ,得摄像机拍摄位置横坐标 S_1 :

$$[0065] \quad S_1 = \frac{x_1 + x_4}{2}$$

[0066] 第二次图像采集的摄像机采集范围包含2个装配孔 O_5 、 O_6 ,其圆心坐标分别为 $O_5(x_5, y_5)$ 、 $O_6(x_6, y_6)$;第三次图像采集的摄像机采集范围包含4个装配孔 O_7 、 O_8 、 O_9 、 O_{10} ,其圆心坐标分别为 $O_7(x_7, y_7)$ 、 $O_8(x_8, y_8)$ 、 $O_9(x_9, y_9)$ 、 $O_{10}(x_{10}, y_{10})$,其中 O_7 和 O_{10} 两装配孔在x轴方向上相距最远,根据第一次图像采集同理可以得出进行第二次、第三次图像采集的摄像机拍摄位置横坐标 S_2 、 S_3 分别为:

$$[0067] \quad S_2 = \frac{x_5 + x_6}{2}$$

$$[0068] \quad S_3 = \frac{x_7 + x_{10}}{2}$$

[0069] c)将各次图像采集的摄像机拍摄位置横坐标 S_1 、 S_2 、 S_3 转换成脉冲信号发给伺服电机3,伺服电机3驱动滑台2搭载摄像机5依次运动到相应坐标位置并对被测大梁7进行图像采集。

[0070] 这样便实现对摄像机图像采集按实际需求进行合理的路径规划,从而显著减少所需采集图像的数量,对于装配孔分布不均匀、某些区域无装配孔的被测大梁7用此方法进行图像采集可大大提高系统测量效率。

[0071] 系统将图像采集阶段得到的被测大梁7各局部区域图像送入主机,经图像处理软件预处理后,开始进行装配孔孔径和孔位测量,图像采集阶段得到的并非被测大梁7的完整图形,只能在单幅图像中进行测量,而不能直接求取不同图像中装配孔之间的距离,本系统采用图像采集时摄像机5的拍摄位置作为计算各孔圆心坐标的基准,而该基准的坐标信息由伺服电机3反馈给图像处理软件。在VisualC++6.0环境下通过主机进行图像处理软件的开发,操作简单、界面友好,克服以往依靠人工测量造成的效率低、误差大等缺点,实现被测大梁7的自动化在线测量。

[0072] 图像测量是被测大梁7尺寸测量的关键技术,其基本原理就是处理被测物体图像的边缘纹理而获得物体的几何参数,因此图像处理技术是图像测量的基础,图像处理技术

包括二值化、预处理、图元拟合等，系统图像测量具体流程如图5所示。

[0073] 在本测量系统中所要测量的尺寸即被测大梁7上装配孔的孔径和孔位，经图像处理对图像中的圆进行提取，即可得带装配孔的半径和圆心坐标。本测量系统在图像测量阶段的测量对象非被测大梁的完整图像，而是被测大梁某些装配孔密集部位的局部图像，故不在同一幅局部图像上的装配孔之间的相对距离无法计算。为了解决这一问题本系统通过伺服电机为图像测量提供一个统一全局坐标系，并在局部图像中建立子坐标系，具体步骤如下：

[0074] a) 图像预处理，系统对获取的被测大梁7目标区域的图像分别进行图像预处理，并对图像中相关图元进行拟合；

[0075] b) 单幅图像的测量，如图6所示，以被测大梁7某一局部区域图像来说明尺寸测量过程，该局部区域采集范围包含2个装配孔 O_5 、 O_6 ， S_2 为摄像机5获取此幅图像时的拍摄位置横坐标，在路径规划阶段就已获得其全局坐标信息，针对单幅图像，以其两相邻的边缘建立子坐标系，对其进行图像预处理后采用hough变换对图像中的直线和圆进行提取，得到 $O_5(x'_5, y'_5)$ 、 $O_6(x'_6, y'_6)$ 及相应半径 R_5 、 R_6 ，以及摄像机拍摄位置的横坐标 S'_2 ；这样系统便得到了装配孔 O_5 、 O_6 的孔径，同理得到其他局部区域图像上各装配孔的圆心坐标及半径；

[0076] c) 多幅图像之间各装配孔相对位置的计算，在步骤b)中得到的各装配孔和直线的坐标是在单幅图像子坐标系中的坐标，也即各单幅图像中的坐标信息相互独立，无法直接计算位于不同图像上装配孔之间的相对位置；本系统中，利用伺服电机3反馈的各次局部区域图像采集的位置横坐标 S_1 、 S_2 、 S_3 在全局坐标下的坐标信息作为基准，将单幅图像下的装配孔的坐标转换为全局坐标下的坐标，在如图6所示的局部区域图像当中，装配孔 O_5 、 O_6 在全局坐标下的实际测量坐标为 $O_{5m}(x_{5m}, y_{5m})$ 、 $O_{6m}(x_{6m}, y_{6m})$ ，其中：

$$[0077] \quad \begin{cases} x_{5m} = x'_5 + (S_2 - S'_2) \\ y_{5m} = y'_5 \\ x_{6m} = x'_6 + (S_2 - S'_2) \\ y_{6m} = y'_6 \end{cases}$$

[0078] 令 $\sigma_2 = (S_2 - S'_2)$ ，则可得 $O_{5m}(x'_5 + \sigma_2, y'_5)$ 、 $O_{6m}(x'_6 + \sigma_2, y'_6)$ ，同理，设摄像机拍摄第一幅、第三幅图像时位置横坐标分别为 S'_1 、 S'_3 ，令 $\sigma_1 = (S_1 - S'_1)$ ， $\sigma_3 = (S_3 - S'_3)$ ，可得其他不同局部区域图像上的装配孔的实际测量坐标，如 $O_{1m}(x'_1 + \sigma_1, y'_1)$ 、 $O_{7m}(x'_7 + \sigma_3, y'_7)$ ；至此，系统就将所有装配孔的坐标统一到了同一个全局坐标系下，得到各装配孔的实际测量坐标后便根据坐标运算求取装配孔之间的相对距离，如：

$$[0079] \quad \overline{O_1 O_5} = \sqrt{[(x'_5 + \sigma_2) - (x'_1 + \sigma_1)]^2 + (y'_5 - y'_1)^2}$$

$$[0080] \quad \overline{O_1 O_7} = \sqrt{[(x'_7 + \sigma_3) - (x'_1 + \sigma_1)]^2 + (y'_7 - y'_1)^2}$$

[0081] 其中 $\overline{O_1 O_5}$ 表示装配孔 O_1 和 O_5 的相对距离， $\overline{O_1 O_7}$ 表示装配孔 O_1 和 O_7 的相对距离，至此，得到所有装配孔的半径及相对距离，即完成了装配孔孔径和孔位的测量。

[0082] 本发明主操控台1布置在生产线附近合适的位置，按照人机工程学进行外形与操作设计，主操控台1上设有主机13和各种板卡接口，表面为操作面板，液晶显示器和键盘鼠

标操作区；主机13的PCI插槽中分别插有运动控制卡和图像采集卡，主控制台1通过键盘鼠标来设置运动控制卡和图像采集卡的参数。

[0083] 主机13通过运动控制卡发出脉冲指令并决定伺服电机3的运动规律，进而伺服电机3驱动滑台2在水平滑轨6上运动；同时，摄像机5通过Z型高度可调支架10与滑台2固定连接，从而使得摄像机5随着滑台2水平运动。伺服电机编码器4与伺服电机3同轴连接，能将滑台2的运动状态和位置精确采集并输出脉冲信号，为摄像机5曝光提供控制信号；伺服电机编码器4反馈脉冲信号到图像采集卡，进而触发摄像机5进行图像采集(摄像机5的曝光控制由伺服电机编码器4反馈的脉冲信号来决定)，摄像机5与主机13的连接通过图像采集卡实现，图像采集卡将采集到的图像进行处理后传送到主机13中，其采集参数设置和是否开始图像采集由主机13向图像采集卡发出命令来完成。最后，主机13通过图像处理软件对图像进行处理、分析，进而得出各待测尺寸误差大小，并评估其精度。如图1所示为本测量方法的原理示意图。

[0084] 面阵LED光源通过L型支架9与滑台2固定，采用单侧背光照明，面阵LED光源始终与摄像机5处于同一垂线上，并且同步运动。当伺服电机3驱动滑台2沿水平滑轨6运动时，面阵LED光源位于被测大梁7的装配孔正下方并与滑台2同步运动。

[0085] 本发明汽车大梁装配孔视觉在线测量系统采用高性能的主机13和高分辨率的CCD面阵相机，能够对被测大梁7各装配孔尺寸、间距进行实时在线测量，测量长度最大可达12m，测量宽度为300mm左右，测量精度可达到 $\pm 0.3\text{mm}$ ，符合大梁装配孔尺寸测量需求。

[0086] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

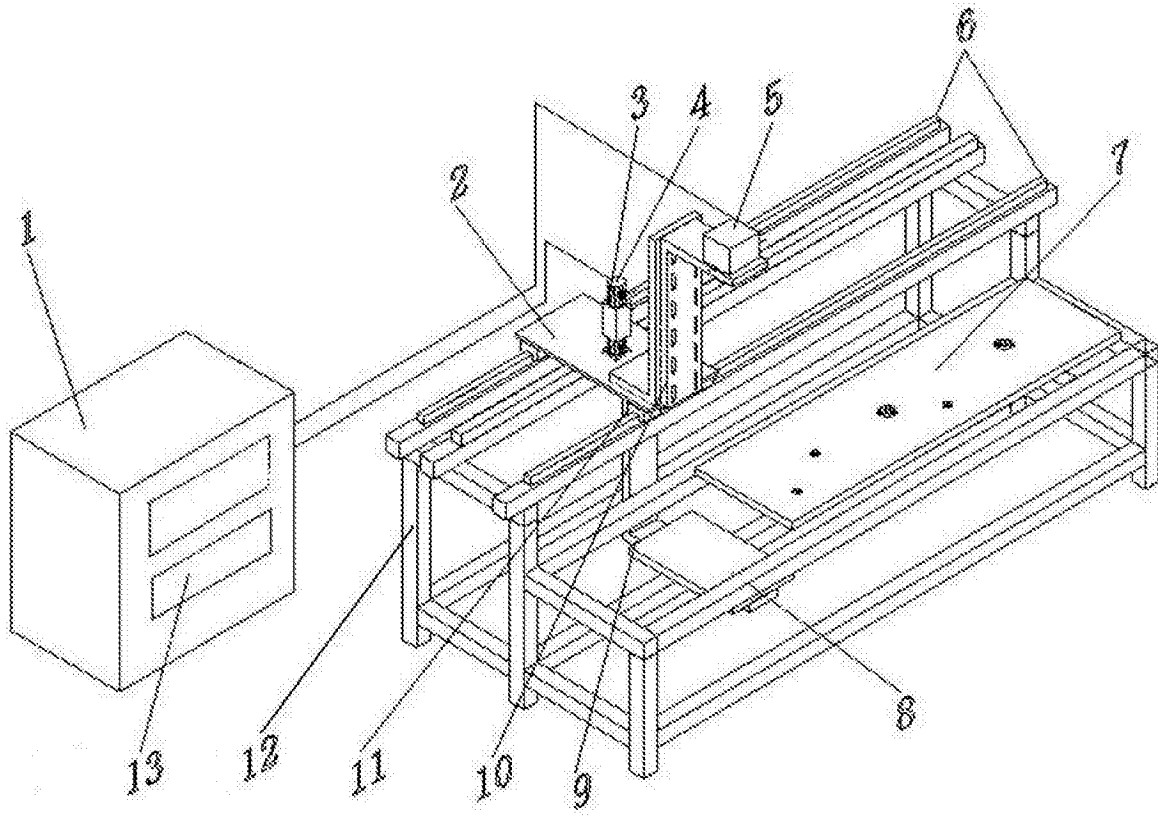


图1

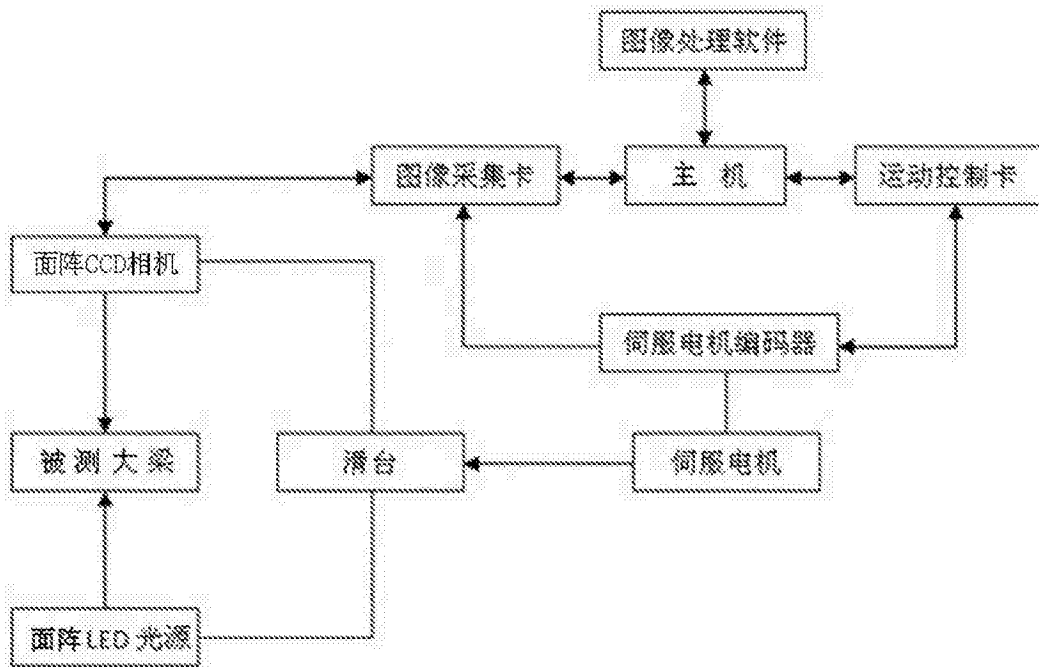


图2

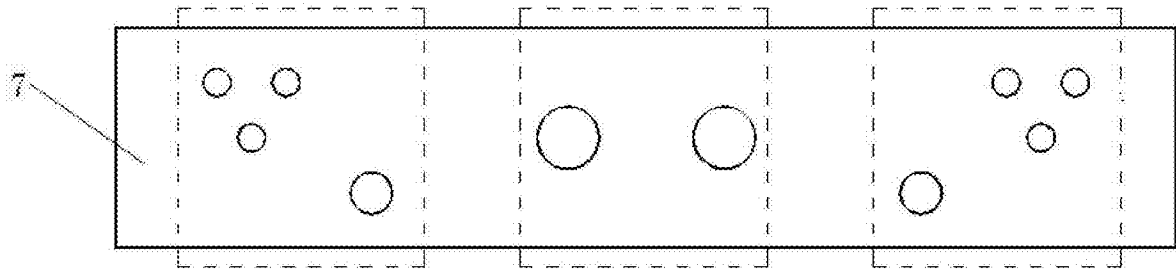


图3

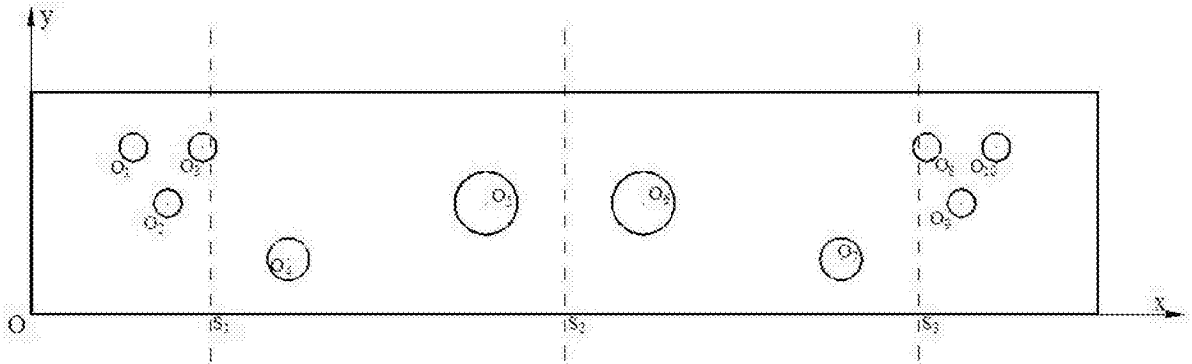


图4

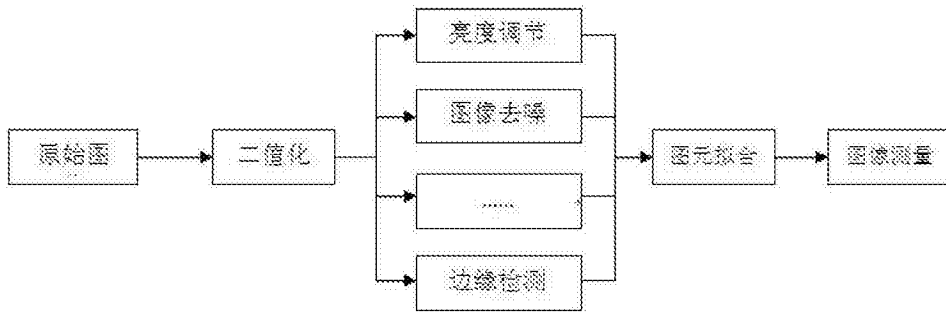


图5

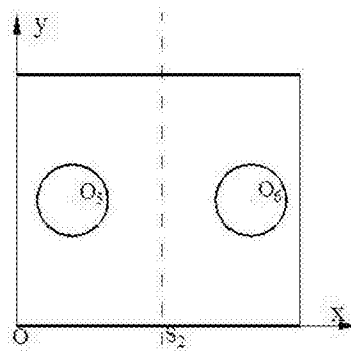


图6