(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107139968 A
(43)申请公布日 2017.09.08

(21)申请号 201710265675.2

(22)申请日 2017.04.21

(71)申请人 南京理工大学
地址 210094 江苏省南京市玄武区孝陵卫200号

(72)发明人 韩煜霖 徐坤 杨志 朱慕涵 邢宗义

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心 32203
代理人 薛云燕

(51)Int.Cl.
B61K 9/12(2006.01)
G01B 11/24(2006.01)

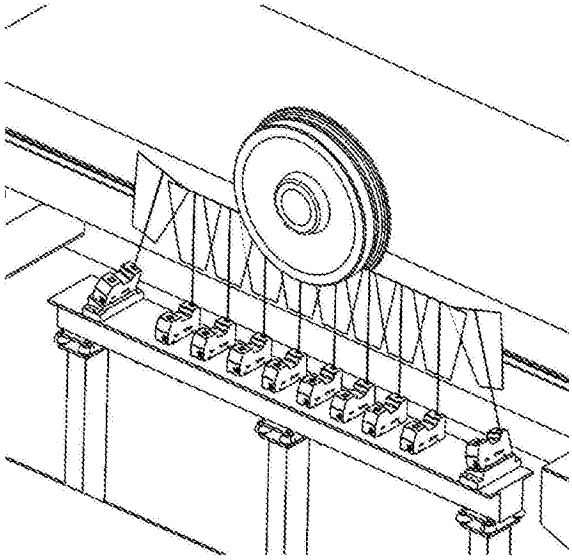
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置及方法。该装置包括槽型钢轨、处理中心和多个激光位移传感器，其中激光位移传感器与处理中心连接，槽型钢轨为只保留凹槽部分的钢轨；槽型钢轨的外侧依次安放激光位移传感器，感测头排列在车轮下方的同一水平线上，沿着槽型钢轨向上测量，探测光束同时到达车轮边缘且与车轮直径所在的圆周共面。方法为：激光位移传感器探测车轮得到的测量点，先进行坐标变换以及数据融合，然后用最小二乘拟合法得到多组车轮的拟合圆的直径，用最大值减去最小值得到车轮不圆度。本发明对车轮不圆度进行在线非接触式测量，具有速度快、精度高、测量直径范围大、抗干扰性强的优点。



CN 107139968 A

1.一种基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置，其特征在于，包括槽型钢轨、处理中心和多个激光位移传感器，其中：激光位移传感器与处理中心连接；槽型钢轨为只保留凹槽部分的钢轨；槽型钢轨外侧顺次设置多个激光位移传感器；各激光位移传感器的感测头沿槽型钢轨方向排列在车轮下方的同一水平线上，且均沿着槽型钢轨向上测量，探测光束同时入射至车轮边缘，且探测光束所形成的平面与车轮直径所在的圆周共面。

2.根据权利要求1所述的基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置，其特征在于，槽型钢轨的型号为60R，且只保留凹槽部分。

3.根据权利要求1所述的基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置，其特征在于，进行不圆度测量的车轮圆周距离车轮轮缘内侧面的距离为57mm。

4.根据权利要求1所述的基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置，其特征在于，所述的激光位移传感器为二维激光位移传感器，激光位移传感器的数量为n，且8≤n≤25；检测区间段的水平线长度为L，且1900mm≤L≤2500mm。

5.根据权利要求1所述的基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置，其特征在于，所述激光位移传感器安装在槽型钢轨外侧，并位于同一水平线上，激光位移传感器安装点距离槽型钢轨上沿平面的垂直距离为h，且160mm≤h≤290mm。

6.根据权利要求1所述的基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置，其特征在于，所述激光位移传感器感测头沿槽型钢轨，按相对于钢轨方向倾角为α_i安装，且能够使探测光束同时入射至车轮边缘，沿着钢轨方向i依次为1,2,3,…n，其中n为激光位移传感器的个数；发出的探测光束所形成的平面与车轮直径所在圆周，即距轮缘内测基准面57mm处踏面上的点所在的圆周共面，且所有激光位移传感器的感测头均通过激光位移传感器夹具固定在车轮下方。

7.一种基于激光位移传感器的车轮不圆度检测方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤1，将激光位移传感器记为Q_i，沿着钢轨方向i依次为1,2,3,…n，其中n为激光位移传感器的个数；

步骤2，在进行不圆度测量的有轨电车车轮圆周所在平面上建立二维坐标系XOY：以最外侧激光位移传感器Q_1为原点，沿钢轨方向为X轴，垂直于槽型钢轨向上为Y轴，最外侧激光位移传感器的坐标为(0,0)，其他激光位移传感器的坐标为(X_i,Y_i)，各个激光位移传感器感测头相对于X轴安装倾角为α_i；

步骤3，采集所有激光位移传感器的输出值，并选出每一时刻同时有10个及以上激光位移传感器输出值的有效数据组$(x_{ij}^{t\prime},y_{ij}^{t\prime})$，$(x_{ij}^{t\prime},y_{ij}^{t\prime})$为时刻t第i个激光位移传感器$Q_i$返回的第j个的有效值在各自激光位移传感器自身坐标系$x_i'o_i'y_i'$下的坐标；其中，i＝1,2…n，j＝1,2,…m，且m≥10，t＝1,2,…ω；

步骤4，坐标变换：为每个激光位移传感器Q_i建立二维坐标系$x_io_iy_i$，以经过各自激光位移传感器Q_i感测头为原点，沿钢轨方向为x轴，垂直于槽型钢轨向上为y轴；根据激光位移传感器Q_i的输出值$(x_{ij}^{t\prime},y_{ij}^{t\prime})$、安装倾角$\alpha_i$，确定车轮上对应激光位移传感器$Q_i$的测量点在各自二维坐标系$x_io_iy_i$下坐标$(x_{ij}^{t},y_{ij}^{t})$：

$$(x_{ij}^{t},y_{ij}^{t})=(x_{ij}^{t\prime}\times\cos\alpha_i,y_{ij}^{t\prime}\times\sin\alpha_i)$$

其中，i＝1,2…n，j＝1,2,…m且m≥10，t＝1,2,…ω，ω为时刻总数；

步骤5，数据融合：根据激光位移传感器Q_i的测量点在各自二维坐标系$x_iO_iy_i$下坐标(x_{ij}^t, y_{ij}^t)、激光位移传感器Q_i位置坐标值(X_i, Y_i)确定车轮上对应激光位移传感器Q_i的测量点在融合坐标系XOY下坐标(X_{ij}^t, Y_{ij}^t)：

$$(X_{ij}^t, Y_{ij}^t)=(X_i, Y_i)+(x_{ij}^t, y_{ij}^t)$$

其中，i＝1,2…n，j＝1,2,…m且m≥10，t＝1,2,…ω；

步骤6，将车轮上某一时刻所有有效测量点坐标(X_{ij}^t, Y_{ij}^t)，在空间位置上等分为μ段区域，利用最小二乘法进行拟合圆，得到μ组某一时刻的车轮不同位置拟合直径$D_{t\mu}$；

步骤7，重复步骤6得到的各个时刻车轮不同位置拟合直径$D_{t\mu}$，用所有车轮拟合直径$D_{t\mu}$中的最大值减去最小值，得到车轮不圆度E。

8.根据权利要求7所述的基于激光位移传感器的车轮不圆度检测方法，其特征在于，步骤6所述利用最小二乘法进行拟合圆，公式如下：

$$D_0=\sqrt{a^2+b^2+4\frac{\sum[(X_{ij}^t)^2+(Y_{ij}^t)^2]+a\sum X_{ij}^t+b\sum Y_{ij}^t}{n}}$$

其中，i＝1,2…n，j＝1,2,…m且m≥10，t＝1,2,…ω，a为拟合后的圆心横坐标X_a的-2倍即$a=-2X_a$，b为拟合后的圆心纵坐标Y_b的-2倍即$b=-2Y_b$，并且

$$a=\frac{HD-EG}{CG-D^2}$$

$$b=\frac{HC-ED}{D^2-GC}$$

其中C、D、E、G、H为中间参数，分别如下：

$$C=\lambda\sum X_{ij}^{t\,2}-\sum X_{ij}^t\sum X_{ij}^t$$

$$D=\lambda\sum X_{ij}^t Y_{ij}-\sum X_{ij}^t\sum Y_{ij}^t$$

$$E=\lambda\sum X_{ij}^{t\,3}+\lambda\sum X_{ij}^t Y_{ij}^{t\,2}-\sum(X_{ij}^{t\,2}+Y_{ij}^{t\,2})\sum X_{ij}^t$$

$$G=\lambda\sum Y_{ij}^{t\,2}-\sum Y_{ij}^t\sum Y_{ij}^t$$

$$H=\lambda\sum X_{ij}^{t\,2}Y_{ij}^t+\lambda\sum Y_{ij}^{t\,3}-\sum(X_{ij}^{t\,2}+Y_{ij}^{t\,2})\sum Y_{ij}^t$$

其中，λ为所有传感器有效测量点的个数，i＝1,2…n，j＝1,2,…m且m≥10。

基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及有轨电车车轮检测技术领域，特别是一种基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置及方法。

背景技术

[0002] 有轨电车车轮是保障车辆行走的重要的部件，承载着有轨电车的全部静、动载荷。车轮在长期的运行中与轨道不断摩擦，会产生不同程度的磨耗，进而改变车轮的直径参数。当电车运行时，如果车轮的同轴径差、同架径差、同车径差超过一定范围，容易造成车轮擦伤、轮缘偏磨、车体振动异常等现象，甚至导致电车车轴断裂、侧翻、脱轨等事故。因此，及时有效检测出车轮不圆度异常情况，对保障有轨电车的安全运行具有重要意义。

[0003] 首先，由于有轨电车车轮附近存在排障器、喷砂管磁轨制动器等遮挡物，其次有轨电车车轮在运行中轮缘几乎100％接地并可以承重，使得通常的直径测量方法无法完全适用于有轨电车。列车车轮直径检测的方法主要可以分为静态检测和动态检测。目前，有轨电车的车轮直径测量基本采用的是静态检测方法，该方法具有精度高的优点。但需要投入大量的人力和使用专用的检测设备，具有成本高、周转时间长、劳动强度大等缺点。

[0004] 目前车轮不圆度的检测主要采用接触式测量法和激光法，在接触式测量方法中，较为经典的是平行四边形法，专利1(升降式车轮踏面插伤及不圆度在线动态检测装置，申请号：200720082608.9，申请日：2007-12-20)和专利2(一种车轮踏面插伤和不圆度在线检测装置，申请号：201210307496.8，申请日：2012-08-27)均公开了平行四边形结构的测量方法及其改进方法。该方法中位移传感器与固定在构成平行四边形机构一边的钢轨上的支座相连，传感器可直接测量出车轮踏面与轮缘的相对高度的变化量，通过传感器输出的曲线可得出车轮的不圆度情况。但是该方法采用了接触式测量，只是定性的分析了车轮的不圆度，没有定量进行分析，同时也不适合于列车高速通过的情况，精确度低，响应速度慢。专利3(基于激光传感器的城轨车辆车轮不圆度检测装置及方法，申请号：201310556634.0，申请日：2013.11.11)公开了一种将一维激光位移传感器设置在钢轨偏移所空出的区域与护轨之间，非接触检测地铁车轮不圆度的方法，该方法采用一维激光位移传感器，检测点数较少，很难完整反映车轮整体圆周，同时该方法由于设置护轨，若在稳定运营路线上使用该方法，需要重新设置轨道布局，因此该方法不适用于有轨电车的车轮不圆度测量。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种速度快、精度高、抗干扰性强的基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置及方法，从而对有轨电车的车轮不圆度进行在线非接触式测量。

[0006] 实现本发明目的的技术解决方案为：一种基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置，包括槽型钢轨、处理中心和多个激光位移传感器，其中：激光位移传感器与处理中心连接；槽型钢轨为只保留凹槽部分的钢轨；槽型钢轨外侧顺次设置多个激光位移传感器；各激光位移传感器的感测头沿槽型钢轨方向排列在车轮下方的同一水平线上，且均沿着槽型

钢轨向上测量，探测光束同时入射至车轮边缘，且探测光束所形成的平面与车轮直径所在的圆周共面。

[0007] 一种基于激光位移传感器的车轮不圆度检测方法，包括以下步骤：

[0008] 步骤1，将激光位移传感器记为Q_i，沿着钢轨方向i依次为1，2，3，…n，其中n为激光位移传感器的个数；

[0009] 步骤2，在进行不圆度测量的有轨电车车轮圆周所在平面上建立二维坐标系XOY：以最外侧激光位移传感器Q_1为原点，沿钢轨方向为X轴，垂直于槽型钢轨向上为Y轴，最外侧激光位移传感器的坐标为(0,0)，其他激光位移传感器的坐标为(X_i,Y_i)，各个激光位移传感器感测头相对于X轴安装倾角为α_i；

[0010] 步骤3，采集所有激光位移传感器的输出值，并选出每一时刻同时有10个及以上激光位移传感器输出值的有效数据组(x'^t_{ij},y'^t_{ij})，(x'^t_{ij},y'^t_{ij})为时刻t第i个激光位移传感器Q_i返回的第j个的有效值在各自激光位移传感器自身坐标系$x'_iO'_iy'_i$下的坐标；其中，i＝1，2…n，j＝1，2，…m，且m≥10，t＝1，2，…ω；

[0011] 步骤4，坐标变换：为每个激光位移传感器Q_i建立二维坐标系$x_iO_iy_i$，以经过各自激光位移传感器Q_i感测头为原点，沿钢轨方向为x轴，垂直于槽型钢轨向上为y轴；根据激光位移传感器Q_i的输出值(x'^t_{ij},y'^t_{ij})、安装倾角α_i，确定车轮上对应激光位移传感器Q_i的测量点在各自二维坐标系$x_iO_iy_i$下坐标(x^t_{ij},y^t_{ij})：

[0012] $$(x^t_{ij},y^t_{ij})=(x'^t_{ij}\times\cos\alpha_i,y'^t_{ij}\times\sin\alpha_i)$$

[0013] 其中，i＝1，2…n，j＝1，2，…m且m≥10，t＝1，2，…ω，ω为时刻总数；

[0014] 步骤5，数据融合：根据激光位移传感器Q_i的测量点在各自二维坐标系$x_iO_iy_i$下坐标(x^t_{ij},y^t_{ij})、激光位移传感器Q_i位置坐标值(X_i,Y_i)确定车轮上对应激光位移传感器Q_i的测量点在融合坐标系XOY下坐标(X^t_{ij},Y^t_{ij})：

[0015] $$(X^t_{ij},Y^t_{ij})=(X_i,Y_i)+(x^t_{ij},y^t_{ij})$$

[0016] 其中，i＝1，2…n，j＝1，2，…m且m≥10，t＝1，2，…ω；

[0017] 步骤6，将车轮上某一时刻所有有效测量点坐标(X^t_{ij},Y^t_{ij})，在空间位置上等分为μ段区域，利用最小二乘法进行拟合圆，得到μ组某一时刻的车轮不同位置拟合直径$D_{t\mu}$；

[0018] 步骤7，重复步骤6得到的各个时刻车轮不同位置拟合直径$D_{t\mu}$，用所有车轮拟合直径$D_{t\mu}$中的最大值减去最小值，得到车轮不圆度E。

[0019] 本发明与现有技术相比，其显著优点在于：(1)基于二维激光位移传感器的检测系统，实现了有轨电车轮对非接触式测量，具有激光位移传感器标记容易、有效测量点多、测量直径范围大的优点；(2)采用槽型钢轨，便于激光位移传感器的安装和测量；(3)检测精度高，响应速度快。

附图说明

[0020] 图1为有轨电车车轮踏面示意图。

[0021] 图2为60R槽型钢轨与经过特殊处理的槽型钢轨对比示意图，其中(a)为60R槽型钢

轨结构图，(b)为经过处理的槽型钢轨结构图。

[0022] 图3为本发明的有轨电车车轮直径在线检测的装置整体结构图。

[0023] 图4为本发明的有轨电车车轮直径在线检测的装置俯视图。

[0024] 图5为本发明的有轨电车车轮直径在线检测的装置主视图。

[0025] 图6为本发明的有轨电车车轮直径在线检测的装置侧视图。

[0026] 图7为本发明基于激光位移传感器的车轮不圆度检测方法的流程图。

[0027] 图8为实施例中随机生成的各激光位移传感器测量点的分布示意图。

[0028] 图9为实施例中为有效测量数据点的区域分段分布示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图及具体实施例对本发明作进一步详细说明。

[0030] 图1中表示出了有轨电车车轮踏面示意图，可以看出距离轮缘内测基准面57mm处踏面上的点为磨耗集中处，该处为工程中常用的衡量直径所在位置，而车轮直径往往控制在520-600mm之间，故激光位移传感器进行探测时选取该处的圆周来计算车轮不圆度。

[0031] 本发明基于激光位移传感器的车轮不圆度检测装置，包括槽型钢轨、处理中心和多个激光位移传感器，其中：激光位移传感器与处理中心连接；槽型钢轨为只保留凹槽部分的钢轨；槽型钢轨外侧顺次设置多个激光位移传感器；各激光位移传感器的感测头沿槽型钢轨方向排列在车轮下方的同一水平线上，且均沿着槽型钢轨向上测量，探测光束同时入射至车轮边缘，且探测光束所形成的平面与车轮直径所在的圆周共面。

[0032] 如图2所示，其中(a)为60R槽型钢轨结构图，(b)为经过处理的槽型钢轨结构图，本发明检测区间段轨道为经过特殊处理的槽型钢轨，槽型钢轨的型号为60R，且只保留凹槽部分。进行不圆度测量的车轮圆周距离车轮轮缘内侧面的距离为57mm。所述的激光位移传感器为二维激光位移传感器，激光位移传感器的数量为n，且$8 \leq n \leq 25$；检测区间段的水平线长度为L，且$1900mm \leq L \leq 2500mm$。如图3～6所示，所述激光位移传感器安装在槽型钢轨外侧，并位于同一水平线上，激光位移传感器安装点距离槽型钢轨上沿平面的垂直距离为h，且$160mm \leq h \leq 290mm$。

[0033] 所述激光位移传感器感测头沿槽型钢轨，按相对于钢轨方向倾角为α_i安装，且能够使探测光束同时入射至车轮边缘，沿着钢轨方向i依次为1,2,3,…n，其中n为激光位移传感器的个数；发出的探测光束所形成的平面与车轮直径所在圆周，即距轮缘内测基准面57mm处踏面上的点所在的圆周共面，且所有激光位移传感器的感测头均通过激光位移传感器夹具固定在车轮下方。

[0034] 结合图7，本发明基于激光位移传感器的车轮不圆度检测方法，包括以下步骤：

[0035] 步骤1，将各激光位移传感器安装于经过特殊处理的槽型钢轨的外侧，使各个激光位移传感器的感测头沿钢轨方向排列，所有的激光位移传感器与进行不圆度测量的有轨电车的车轮圆周共面，将激光位移传感器记为Q_i，沿着钢轨方向i依次为1,2,3,…n，其中n为激光位移传感器的个数；

[0036] 步骤2，在进行不圆度测量的有轨电车车轮圆周所在平面上建立二维坐标系XOY：以最外侧激光位移传感器Q_1为原点，沿钢轨方向为X轴，垂直于槽型钢轨向上为Y轴，最外侧激光位移传感器的坐标为(0,0)，其他激光位移传感器的坐标为(X_i,Y_i)，各个激光位移传感

器感测头相对于X轴安装倾角为α_i；

[0037] 步骤3，采集所有激光位移传感器的输出值，并选出每一时刻同时有10个及以上激光位移传感器输出值的有效数据组$(x^t_{ij}{}', y^t_{ij}{}')$，$(x^t_{ij}{}', y^t_{ij}{}')$为时刻t第i个激光位移传感器$Q_i$返回的第j个的有效值在各自激光位移传感器自身坐标系$x'_iO'_iy'_i$下的坐标；其中，i＝1,2…n，j＝1,2,…m，且m≥10，t＝1,2,…ω；

[0038] 步骤4，坐标变换：为每个激光位移传感器Q_i建立二维坐标系$x_iO_iy_i$，以经过各自激光位移传感器Q_i感测头为原点，沿钢轨方向为x轴，垂直于槽型钢轨向上为y轴；根据激光位移传感器Q_i的输出值$(x^t_{ij}{}', y^t_{ij}{}')$、安装倾角$\alpha_i$，确定车轮上对应激光位移传感器$Q_i$的测量点在各自二维坐标系$x_iO_iy_i$下坐标$(x^t_{ij}, y^t_{ij})$：

[0039] $$(x^t_{ij}, y^t_{ij}) = (x^t_{ij}{}' \times \cos\alpha_i, y^t_{ij}{}' \times \sin\alpha_i)$$

[0040] 其中，i＝1,2…n，j＝1,2,…m且m≥10，t＝1,2,…ω，ω为时刻总数；

[0041] 步骤5，数据融合：根据激光位移传感器Q_i的测量点在各自二维坐标系$x_iO_iy_i$下坐标(x^t_{ij}, y^t_{ij})、激光位移传感器Q_i位置坐标值(X_i, Y_i)确定车轮上对应激光位移传感器Q_i的测量点在融合坐标系XOY下坐标(X^t_{ij}, Y^t_{ij})：

[0042] $$(X^t_{ij}, Y^t_{ij}) = (X_i, Y_i) + (x^t_{ij}, y^t_{ij})$$

[0043] 其中，i＝1,2…n，j＝1,2,…m且m≥10，t＝1,2,…ω；

[0044] 步骤6，将车轮上某一时刻所有有效测量点坐标(X^t_{ij}, Y^t_{ij})，在空间位置上等分为μ段区域，利用最小二乘法进行拟合圆，得到μ组某一时刻的车轮不同位置拟合直径$D_{t\mu}$；；

[0045] 所述利用最小二乘法进行拟合圆，公式如下：

[0046] $$D_0 = \sqrt{a^2 + b^2 + 4\frac{\sum[(X^t_{ij})^2 + (Y^t_{ij})^2] + a\sum X^t_{ij} + b\sum Y^t_{ij}}{n}}$$

[0047] 其中，i＝1,2…n，j＝1,2,…m且m≥10，t＝1,2,…ω，a为拟合后的圆心横坐标X_a的-2倍即a＝$-2X_a$，b为拟合后的圆心纵坐标Y_b的-2倍即b＝$-2Y_b$，并且

[0048] $$a = \frac{HD - EG}{CG - D^2}$$

[0049] $$b = \frac{HC - ED}{D^2 - GC}$$

[0050] 其中C、D、E、G、H为中间参数，分别如下：

[0051] $$C = \lambda\sum X^{t\,2}_{ij} - \sum X^t_{ij}\sum X^t_{ij}$$

[0052] $$D = \lambda\sum X^t_{ij}Y_{ij} - \sum X^t_{ij}\sum Y^t_{ij}$$

[0053] $$E = \lambda\sum X^{t\,3}_{ij} + \lambda\sum X^t_{ij}Y^{t\,2}_{ij} - \sum(X^{t\,2}_{ij} + Y^{t\,2}_{ij})\sum X^t_{ij}$$

[0054] $$G = \lambda\sum Y^{t\,2}_{ij} - \sum Y^t_{ij}\sum Y^t_{ij}$$

[0055] $$H = \lambda\sum X^{t\,2}_{ij}Y^t_{ij} + \lambda\sum Y^{t\,3}_{ij} - \sum(X^{t\,2}_{ij} + Y^{t\,2}_{ij})\sum Y^t_{ij}$$

[0056] 其中，λ为所有传感器有效测量点的个数，i＝1,2…n，j＝1,2,…m且m≥10。

[0057] 步骤7，重复步骤6得到的各个时刻车轮不同位置拟合直径$D_{tμ}$，用所有车轮拟合直径$D_{tμ}$中的最大值减去最小值，得到车轮不圆度E。

[0058] 下面结合具体实施例，介绍一种基于激光位移传感器的有轨电车车轮不圆度检测装置及方法，对本发明作进一步详细说明。

[0059] 实施例1

[0060] 本实施例为一种基于激光位移传感器的有轨电车车轮不圆度检测装置及方法。

[0061] 如图3～6所示，n个激光位移传感器的感测头沿钢轨方向排列且均布在水平线上，激光位移传感器的安装参数满足以下条件：各个激光位移传感器感测头相对于X轴按一定倾斜角度安装。本例中，安装倾角为：

[0062] α＝[75°90°90°90°90°90°90°105°]

[0063] 激光位移传感器的个数n为8，相邻激光位移传感器间隔250mm，激光位移传感器的安装点至钢轨的垂直距离为h为200mm。从而得到各激光位移传感器的坐标(X_i,Y_i)(单位：mm)：

[0064] X_i＝200*(i-1) i＝1,2,…8；

[0065] Y_i＝0 i＝1,2,…8；

[0066] 其中i表示第i个传感器；

[0067] 设激光位移传感器的采样周期为0.5kHz，由计算机模拟随机产生直径为550的被测车轮测量数据(X_{ij},Y_{ij})。

[0068] 如图8所示，某一时刻，激光位移传感器Q_1～激光位移传感器Q_5存在有效测量点。

[0069] 最终激光位移传感器Q_1的测量点在融合坐标系XOY下坐标如下：横坐标矩阵：X_1＝[138.0994 125.2008 112.7259 101.4943 90.03895 80.12421 69.61906 60.08732 49.81464 41.85321 34.83321 27.34583 22.47698 16.42967]；纵坐标矩阵：Y_1＝[236.337 243.5816 252.1439 261.6048 271.2846 280.9228 291.6423 302.9848 315.5433 327.1376 340.4631 353.0901 366.4152 380.4783]。

[0070] 激光位移传感器Q_2的测量点在融合坐标系下坐标如下：横坐标矩阵：X_2＝[251.4508 239.8063 227.058 215.2171 204.212 192.0098 179.9517 170.2668 158.3085 148.5071 137.7742 127.1628 117.0999 106.7715 98.43018]；纵坐标矩阵：Y_2＝[200.346 201.8035 203.7641 206.4511 208.481 211.8392 216.4891 220.0095 225.2007 230.4713 235.8655 242.2146 249.0297 256.0811 263.6588]。

[0071] 激光位移传感器Q_3的测量点在融合坐标系下坐标如下：横坐标矩阵：X_3＝[390.4849 377.4566 366.0028 351.2474 337.8762 324.594 309.6853 296.5137 281.6569 268.7323 252.9984 240.3939 225.1773 212.6053 199.1483 184.9356 171.29 157.9989]；纵坐标矩阵：Y_3＝[225.0483 219.9544 215.1182 210.0685 207.276 203.6643 201.8624 199.9999 199.9274 199.2307 199.9881 201.3054 204.2048 206.4874 210.3229 214.3256 219.4771 225.2903]。

[0072] 激光位移传感器Q_4的测量点在融合坐标系下坐标如下：横坐标矩阵：X_4＝[485.0562 477.4664 468.6174 459.3549 450.0922 440.3105 429.0358 418.2091 407.7516 397.0141 385.7393 373.9785 360.9984 348.7145 336.2589 323.2355]；纵坐标矩阵：Y_4＝[297.8949 288.1996 279.4375 270.0513 261.5372 254.6227 246.4554

240.0373 233.8868 227.8283 222.6121 217.8308 213.4398 210.0652 206.2479 204.3707]。

[0073] 激光位移传感器Q_5的测量点在融合坐标系下坐标如下：横坐标矩阵：X_5＝[532.9836 529.3612 523.8448 520.3612 514.6956 509.0764 503.4206 495.8326 490.0206 482.0089 475.3759 467.34 458.6547]；纵坐标矩阵：Y_5＝[380.1064 369.9959 360.0472 348.9473 339.4821 329.8887 320.0862 310.5687 302.1846 293.4838 285.1384 277.4185 269.2872]。

[0074] 如图9所示，将上述数据坐标测量点，按空间位置以相同点数均分为8段，其中分段区域5的数据为：横坐标矩阵：X'_5＝[280.4504 280.5339 280.8158 288.3346 294.2479 294.8513 300.6171 306.599 309.303 314.4261 321.8683 324.6659]；纵坐标矩阵：Y'_5＝[199.4701 199.3029 199.6671 199.3972 199.9434 200.0203 200.3333 201.1051 200.7344 201.4479 202.5601 202.7153]。

[0075] 使用最小二乘法对分段区域5的测量点进行拟合，得到直径为550.461，同理得到其他分段区域的测量点拟合得到圆周直径。该时刻的多组直径值如下：

[0076] D_t＝[550.234550.621550.378550.145550.461550.329550.459550.416]

[0077] 最后得到所有时刻车轮不同的位置的拟合圆周直径，其中最大直径D_{min}＝550.012、D_{max}＝550.789，用最大直径减去最小直径，得到车轮不圆度的量化值E＝0.777。

[0078] 综上所述，一种基于激光位移传感器的有轨电车车轮不圆度在线检测的装置及方法，通过最小二乘拟合的算法，分段拟合多个传感器同一时刻车轮不同位置的圆周直径，具有速度快、精度高、测量直径范围大、在线非接触式测量、抗干扰强等优点。

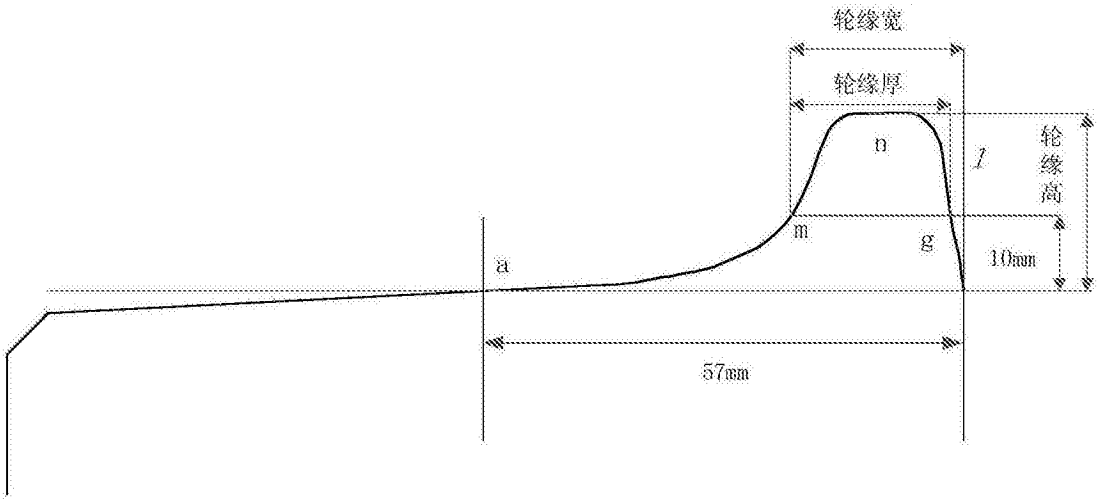
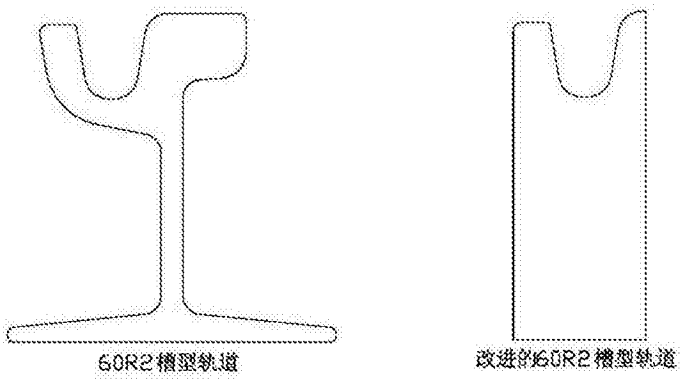


图1



（a） （b）

图2

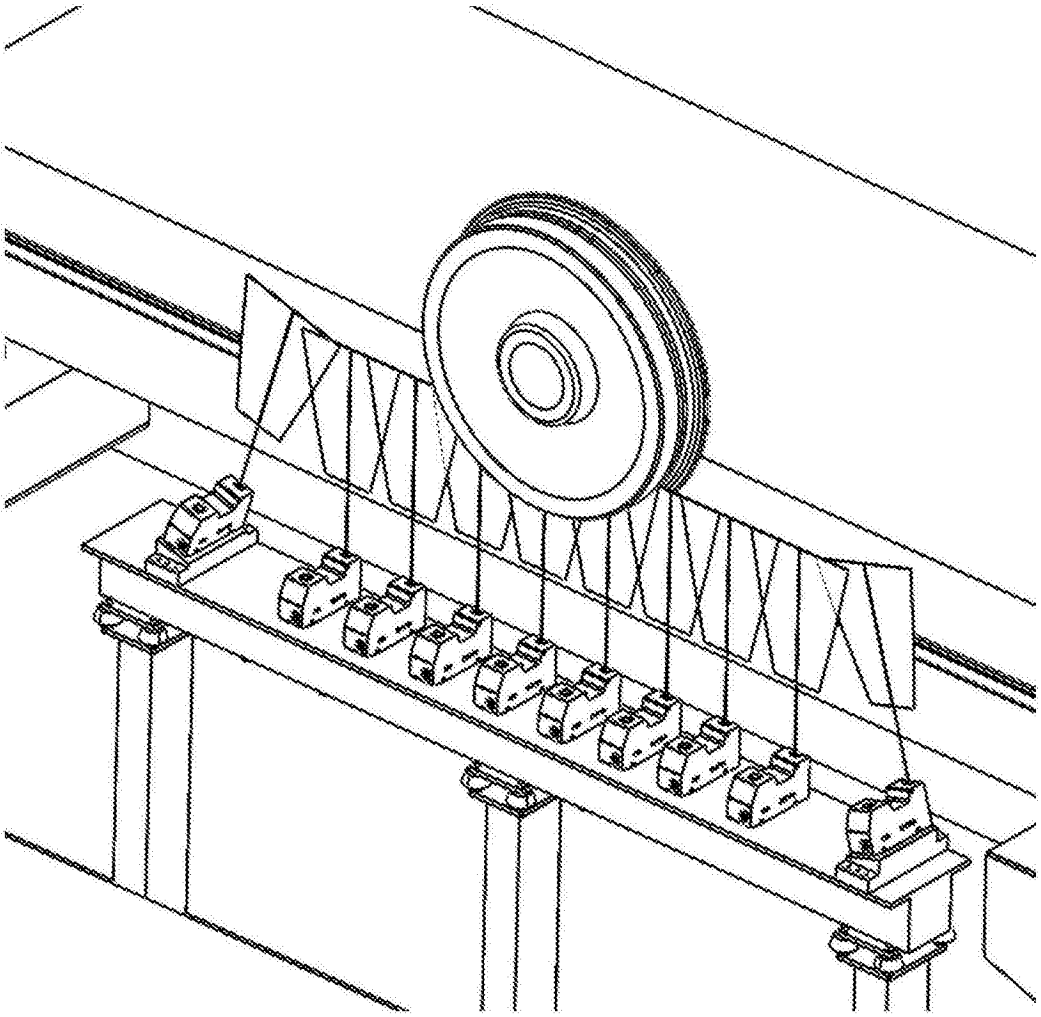


图3

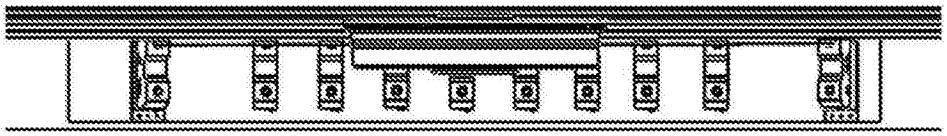


图4

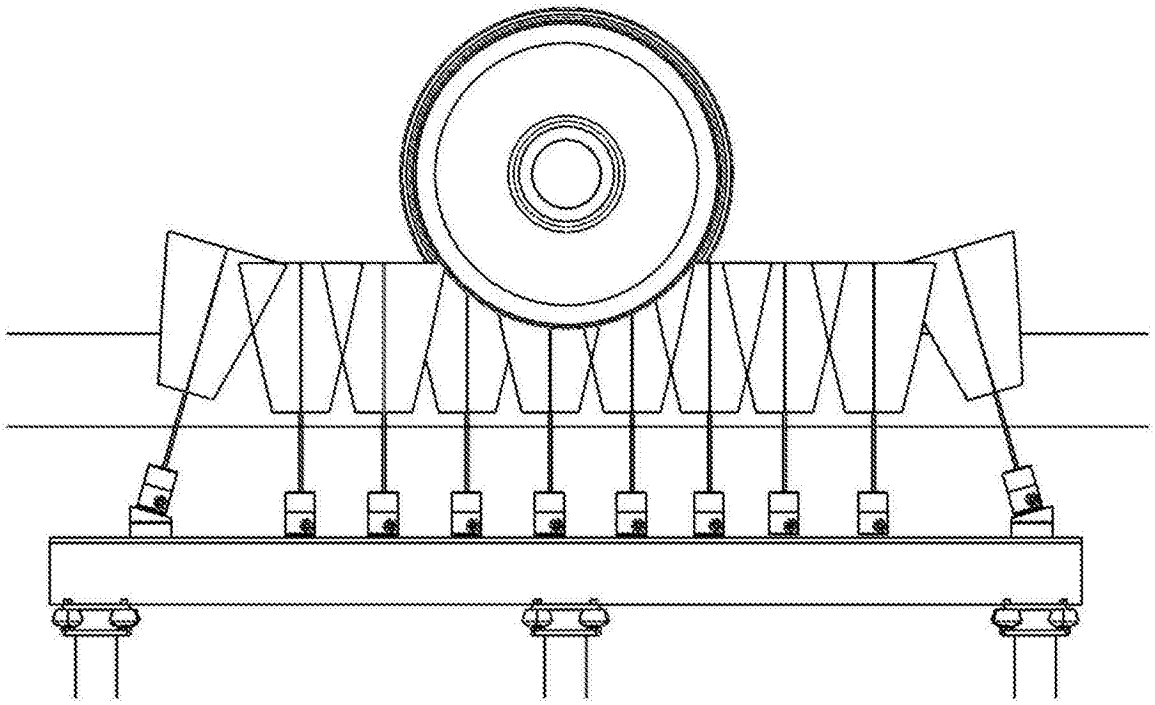


图5

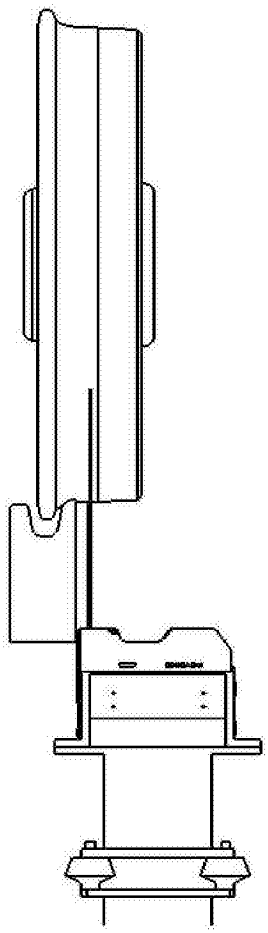


图6

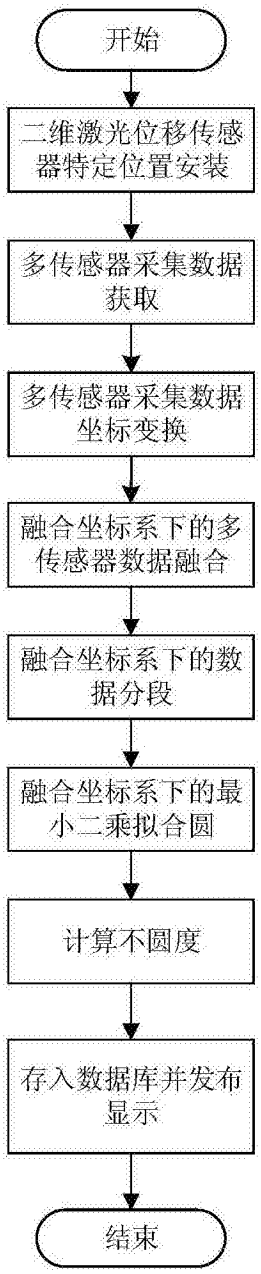

开始
二维激光位移传感器特定位置安装
多传感器采集数据获取
多传感器采集数据坐标变换
融合坐标系下的多传感器数据融合
融合坐标系下的数据分段
融合坐标系下的最小二乘拟合圆
计算不圆度
存入数据库并发布显示
结束

图7

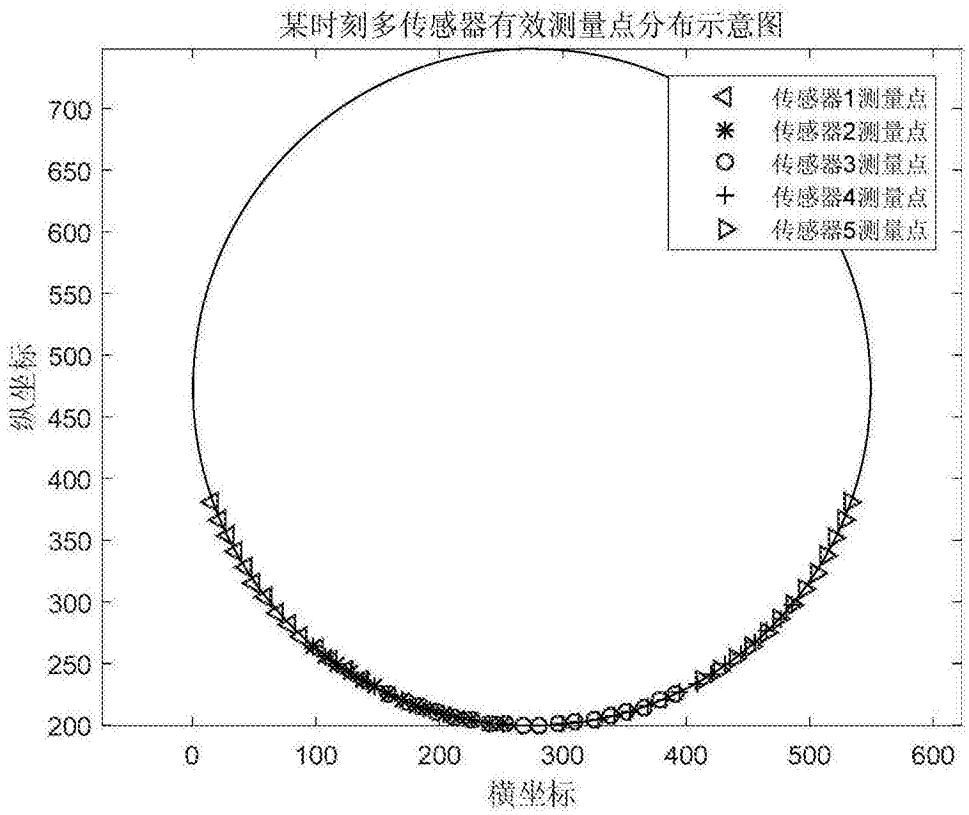

某时刻多传感器有效测量点分布示意图
传感器1测量点
传感器2测量点
传感器3测量点
传感器4测量点
传感器5测量点
纵坐标
横坐标
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
0
100
200
300
400
500
600

图8

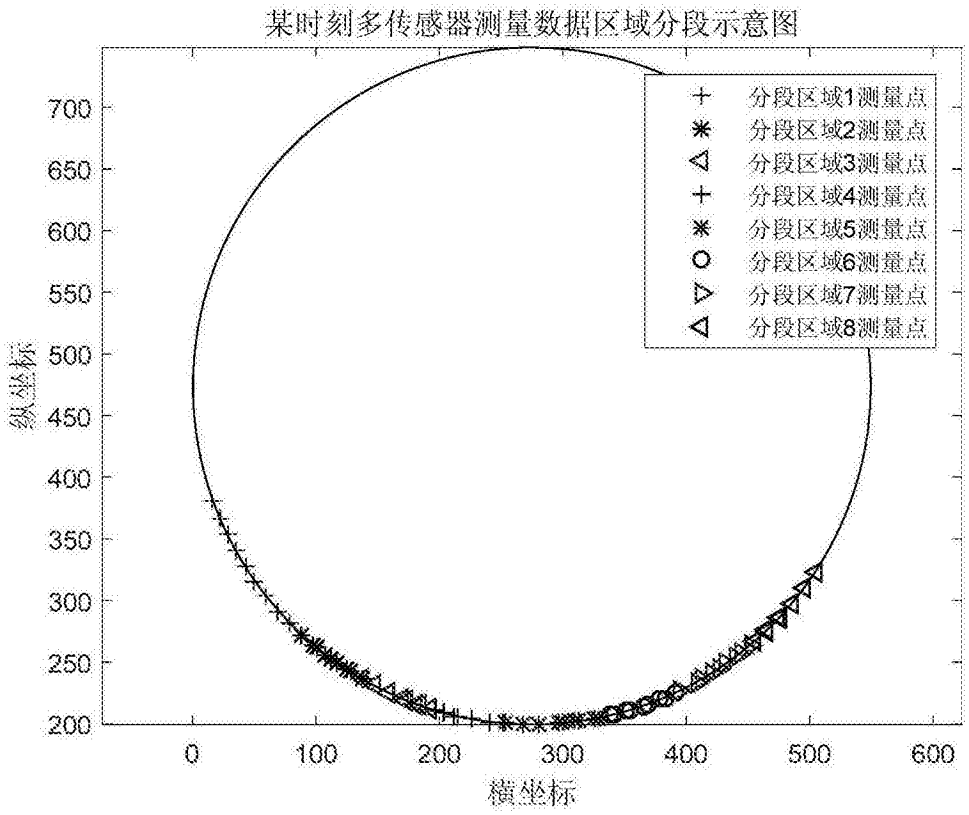

某时刻多传感器测量数据区域分段示意图
分段区域1测量点
分段区域2测量点
分段区域3测量点
分段区域4测量点
分段区域5测量点
分段区域6测量点
分段区域7测量点
分段区域8测量点
纵坐标
横坐标
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
0
100
200
300
400
500
600

图9