

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 1 月 10 日 (10.01.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/007259 A1

(51) 国际专利分类号:
G01B 11/275 (2006.01) **G01M 17/013** (2006.01)
G01B 11/26 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/093425

(22) 国际申请日: 2018 年 6 月 28 日 (28.06.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710537263.X 2017年7月4日 (04.07.2017) CN

(71) 申请人: 华中科技大学(HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

(72) 发明人: 张云清 (ZHANG, Yunqing); 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。徐鹏举 (XU, Pengju); 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。吕天启 (LV, Tianqi); 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。卓凯敏 (ZHUO, Kaimin); 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。孙海华 (SUN, Haihua); 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

(74) 代理人: 湖北高韬律师事务所(HUBEI GROWTOP LAW FIRM); 中国湖北省武汉市东湖新技术开发区关东园路 2-2 号武汉光谷国际商会大厦 A 座 22 层 20 室周俊华, Hubei 430074 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MEASURING SIX-DEGREE-OF-FREEDOM DISPLACEMENT OF VEHICLE WHEEL DURING SUSPENSION CHARACTERISTIC TEST

(54) 发明名称: 一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置及方法

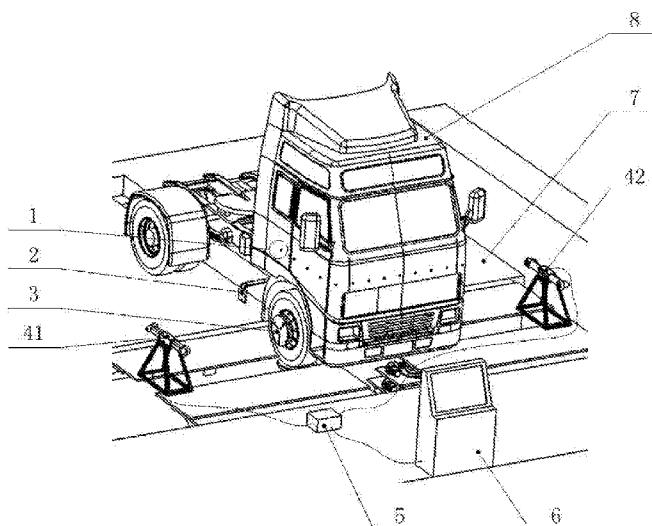


图 3

(57) Abstract: Disclosed in the present invention are a device and method for measuring the six-degree-of-freedom displacement of a vehicle wheel during a suspension characteristic test. The device mainly comprises a first binocular vision measuring instrument (41), a second binocular vision measuring instrument (42), optical targets, a data exchange unit (5), an upper computer (6), a vehicle wheel positioning fixture (3), and a reference fixture (2). A measured vehicle (8) is fixed on a test bench (7); the vehicle wheel positioning fixture and the reference fixture are mounted on a vehicle wheel and a vehicle frame respectively; the optical targets are distributed on the measuring planes of the fixtures and a vehicle body; the upper computer is connected to the binocular vision measuring instruments by



WO 2019/007259 A1

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

means of the data exchange device, controls the binocular vision measuring instruments to measure the spatial coordinate changes of the optical targets, and calculates the six-degree-of-freedom displacement of the vehicle wheel in a vehicle coordinate system. According to the present invention, the six-degree-of-freedom displacement of the vehicle wheel in the vehicle coordinate system is calculated according to the spatial coordinate changes of the optical targets, and accurate non-contact measurement can be implemented. The present invention implements convenient and flexible measurement, achieves a wide test range and high precision, and has a good application prospect.

(57) 摘要: 本发明公开了一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置及方法, 主要包括第一双目视觉测量仪(41)、第二双目视觉测量仪(42)、光学标靶、数据交换装置(5)、上位机(6)、车轮定位夹具(3)、基准夹具(2); 被测车辆(8)固定在试验台架(7)上, 车轮定位夹具和基准夹具分别安装在车轮和车架上, 光学标靶分布在夹具的测量平面和车身上, 上位机通过数据交换装置连接双目视觉测量仪, 控制其测量光学标靶的空间坐标变化, 计算汽车坐标系下的车轮六自由度位移; 本发明通过光学标靶的空间坐标变化解算汽车坐标系下的车轮六自由度位移, 可以实现准确的非接触式测量; 本发明测量方便灵活, 测试范围广精度高, 具有较好的应用前景。

一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置及方法

技术领域

本发明属于汽车悬架性能测试技术领域，具体涉及一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置及方法。

背景技术

因为大部分悬架零件通过橡胶衬套与车身连接，同时相对车身运动，通常在汽车坐标系中描述悬架的特性，研究车身运动及轮胎力对车轮定位参数的影响。传统的汽车悬架特性试验台采用准静态加载方式，在试验台架上模拟车辆在路面行驶时的受力和位移运动，通常采用将车身固定在试验台上对车轮进行加载的方式，通过车轮六自由度位移测量装置及方法测量车轮运动或受载时部分车轮定位参数在汽车坐标系下的变化。

车轮定位参数主要包括：轮心空间坐标、车轮外倾角 λ 、车轮转动角 θ 和车轮转向角 δ 。通常在汽车坐标系中描述悬架的特性，测试结果为车轮相对车身的位移变化。如图 1 所示，汽车坐标系（ X_v 、 Y_v 、 Z_v ）是以簧上质心（ O_v ）为原点的右手直角坐标系，该坐标系随同簧上质量一起运动和旋转，在静止状态下， X_v 轴在水平面内指向前方， Y_v 轴在水平面内指向左方， Z_v 轴指向上方；车身坐标系（ X 、 Y 、 Z ）是以车轮的轮心（ O ）为原点的右手直角坐标系， X 轴和 Z 轴在车轮中间平面内， X 轴水平向前， Y 轴为车轮回转轴中心线， Z 轴向上。如图 2 所示，车轮坐标系（ X_w 、 Y_w 、 Z_w ）是以车轮的轮心（ O_w ）为原点的右手直角坐标系， X_w 轴和 Z_w 轴在车轮中间平面内， X_w 轴水平向前， Y_w 轴为车轮回转轴中心线， Z_w 轴向上。车轮转向角 δ 为汽车坐标系 X_v 轴与车轮坐标系 X_w 轴间的夹角，车轮外倾角 λ 为汽车坐标系 Z_v 轴与车轮坐标系 Z_w 轴间的夹角，车轮转动角 θ 为 X_w 轴和 Z_w 轴绕车轮转动轴线 Y_w 轴转过的角度。车轮六自由度位移测量装置及方法测量汽车坐标系下主要的车轮定位参数随试验加载的变化规律。

现有技术中，悬架特性试验台的车轮六自由度位移测量装置主要有两种形式。一种采用测量臂的形式，通过 6 个旋转轴及相应的角度传感器测量车轮六自由度位移。测量臂的折叠状态为机械零位，是各关节角度传感器的零位，测量臂各关节相互垂直的状态为测量零位，通常以此位置推导车轮六自由度位移解算公式。

该方法需要辨识测量臂末端轴线和车轮转动轴线的相对位置，修正测量臂解算模型参数来保证车轮六自由度位移解算精度，而且测量臂机构串联，存在累积误差；试验时要求测量

臂坐标系各坐标轴分别与汽车坐标系各坐标轴平行，对测量臂的安装精度要求较高；测量装置一端与夹具固定，机构的冲击、柔性和重力都会影响关节处转角的动态反馈；测量装置另一端与试验台架固定，移动不便。

另一种采用拉线式位移传感器测量车轮六自由度位移变化，主要包括 5 根拉绳及固定拉绳的测量盘，车轮可以相对测量盘绕 Y 轴转动，安装在测量盘上的光电编码器测量车轮旋转角度得到车轮转动角，沿 X、Z 轴的拉线分别测量轮心的纵向及垂向位移，沿 Y 轴的 3 条拉线测量轮心的侧向位移、前束角及外倾角，采用拉线式位移传感器较好地解决了早期角度传感器分辨率不足的问题，但在车身运动较快时测量精度会下降。

发明内容

为了解决现有技术中存在的上述问题，本发明提供一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置及方法，使试验时车轮定位参数的测量更加方便、灵活和准确。

本发明通过以下技术方案实现：

一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置，所述测量装置包括双目视觉测量仪、光学标靶、数据交换装置、上位机、车轮定位夹具和基准夹具；所述双目视觉测量仪包括第一双目视觉测量仪和第二双目视觉测量仪，被测车辆固定在试验台架上，所述车轮定位夹具用于安装在被测车辆的左、右侧车轮上，所述基准夹具用于安装在被测车辆上并与被测车辆固定，所述光学标靶为多个，其中一部分所述光学标靶分布在车轮定位夹具和基准夹具的测量平面上，另一部分光学标靶用于分布在被测车辆的车身上；所述第一、第二双目视觉测量仪分别用于放置在被测车辆的车身左右两侧测量所述光学标靶的空间坐标变化；所述上位机通过所述数据交换装置同时连接第一、第二双目视觉测量仪，用于控制第一、第二双目视觉测量仪测量并获得测量数据，并可以根据所述测量数据计算得到汽车坐标系下的车轮六自由度位移。

具体的，所述车轮定位夹具包括圆盘、螺母、内六角螺栓；所述圆盘具有周向分布的沿径向延伸的直槽口，所述直槽口与内六角螺栓之间存在间隙，所述内六角螺栓一端用于与被测车辆的车轮螺栓连接，另一端穿过圆盘上分布的直槽口，所述螺母通过内六角螺栓设置在圆盘两侧，圆盘两侧的螺母旋向相同。

再具体的，所述基准夹具包括连接螺栓、T 形板、L 形板、平板，所述 T 形板两端不对称，其具有长端和短端，被测车辆包括车架，被测车辆的车架具有纵梁，所述纵梁具有上平面和侧平面，T 形板的短端互相垂直的两平面分别用于与车架纵梁的上平面和侧平面贴合并通过

螺栓与车架连接，T形板的长端伸出车身外，L形板互相垂直的两端分别与T形板长端和平板通过螺栓连接。

再具体的，用于安装在左侧车轮的车轮定位夹具的测量平面上沿圆周均匀分布着三个光学标靶，用于安装在右侧车轮的车轮定位夹具的测量平面上沿圆周均匀分布着三个光学标靶，分布在车轮定位夹具的测量平面上的每个所述光学标靶之间的间隔为 120° ，且分布在车轮定位夹具的测量平面上的每个所述光学标靶的形状为圆形。

再具体的，所述基准夹具的测量平面上分布着三个光学标靶，所述三个光学标靶分别为上标靶、中间标靶和右标靶，其依次呈“L”形分布，中间标靶与上标靶的连线与水平面垂直，中间标靶与右标靶的连线与汽车前进方向平行，所述上标靶、中间标靶和右标靶的形状为圆形。

再具体的，所述第一双目视觉测量仪用于放置在车身左侧正对左侧车轮，分布在左侧车轮的车轮定位夹具的测量平面上的光学标靶和基准夹具的测量平面上的光学标靶设置在第一双目视觉测量仪的视野内；第二双目视觉测量仪用于放置在车身右侧正对右侧车轮，分布在右侧车轮的车轮定位夹具的测量平面上的光学标靶设置在第二双目视觉测量仪的视野内；从左侧车轮正上方到右侧车轮正上方的车身上连续分布间距一定的圆形光学标靶，左侧车轮一端的车身上分布的一部分标靶在第一双目视觉测量仪视野内，右侧车轮一端的车身上分布的一部分标靶在第二双目视觉测量仪视野内。

本发明还包括一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量方法，其包括双目视觉测量仪、光学标靶、数据交换装置、上位机、车轮定位夹具和基准夹具；所述双目视觉测量仪包括第一双目视觉测量仪和第二双目视觉测量仪，所述车轮定位夹具包括圆盘，所述基准夹具包括平板，所述测量方法包括以下步骤：

E1：将被测车辆固定在试验台架上，将车轮定位夹具安装在被测车辆的车轮上，使圆盘与车轮的中间平面平行且与车轮同轴，将基准夹具安装在被测车辆的车架上，使平板与被测车辆的车身纵向对称平面平行；

E2：从被测车辆的车身左侧到右侧间隔地分布光学标靶，测量车身上的光学标靶间的相对位置关系；

E3：在车轮定位夹具和基准夹具上分布光学标靶，使第一双目视觉测量仪正对左侧车轮，第二双目视觉测量仪正对右侧车轮，调整双目视觉测量仪与车轮之间的距离，使分布在车身上左侧的光学标靶位于第一双目视觉测量仪视野内，车身上右侧的光学标靶位于第二双目视觉测量仪视野内；

E4: 将数据交换装置一端与上位机连接, 另一端与第一、第二双目视觉测量仪连接, 启动上位机, 通过车身上的光学标靶间的相对位置关系建立第一、第二双目视觉测量仪之间的坐标转换关系;

E5: 选择车轮定位夹具上的光学标靶, 对被测车辆进行加载, 同时控制第一、第二双目视觉测量仪同步测量所选中靶的空间坐标变化, 通过车轮定位夹具上三个光学标靶的空间坐标变化和圆盘测量平面与车轮中间平面间的距离解算汽车坐标系下车轮中间平面的空间角度变化和轮心的空间坐标变化, 得到汽车坐标系下的左、右侧车轮六自由度位移。

具体的, 上述步骤 **E2** 中车身上的光学标靶间的相对位置关系通过以下方法建立:

从车身左侧到右侧以一定间隔连续分布光学标靶, 连续移动第一双目视觉测量仪, 测量车身上的标靶间的相对位置关系, 其中, 每步移动后第一双目视觉测量仪的视野内具有部分上步残留的旧光学标靶和刚进入视野的新光学标靶来保证相对位置关系的连续过渡。

再具体的, 上述步骤 **E4** 中建立第一、第二双目视觉测量仪之间的坐标转换关系包括:

测量分布在第二双目视觉测量仪视野内的右侧车身上的光学标靶在第二双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标, 测量分布在第一双目视觉测量仪视野内的左侧车身上的光学标靶在第一双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标,

通过车身上的标靶间的相对位置关系得到不在第一双目视觉测量仪视野内的右侧车身上的标靶在第一双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标,

右侧车身上的标靶个数大于等于转换矩阵 T 的未知数个数, 由此得到第二双目视觉测量仪坐标系相对于第一双目视觉测量仪坐标系的转换矩阵 T 。

本发明还包括一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量方法, 其包括双目视觉测量仪、光学标靶、平面夹具; 所述双目视觉测量仪包括第一双目视觉测量仪和第二双目视觉测量仪, 所述测量方法包括以下步骤:

F1: 将该平面夹具安装在被测车辆的车头前方, 从左侧车轮正上方延续到右侧车轮正上方, 将光学标靶分布在固定于试验台架的夹具平面上, 将第一、第二双目视觉测量仪分别放置在被测车辆的车身左右两侧, 根据车身上的光学标靶间的相对位置关系建立第一、第二双目视觉测量仪之间的坐标转换关系, 将第二双目视觉测量仪视野内测得光学标靶的空间坐标转换到第一双目视觉测量仪坐标系下;

F2: 通过基准夹具上三个光学标靶的空间坐标建立平行于汽车坐标系的车轮六自由度位移测量基准坐标系;

F3: 根据“三点确定一个平面”的原理, 通过车轮定位夹具上三个光学标靶的空间坐标

变化和圆盘测量平面与车轮中间平面间的距离解算汽车坐标系下车轮中间平面的空间角度变化和轮心的空间坐标变化，得到汽车坐标系下的左、右侧车轮六自由度位移。

本发明还包括以下车轮六自由度位移的计算方法：

T31: 通过第一双目视觉测量仪直接测得左侧车轮定位夹具圆盘上的光学标靶在第一双目视觉测量仪坐标系下的坐标点 A4、A5、A6 的空间坐标 r_{O_cA4} 、 r_{O_cA5} 、 r_{O_cA6} ，间接测得右侧车轮定位夹具圆盘上的光学标靶在第一双目视觉测量仪坐标系下的坐标点 A7、A8、A9 的空间坐标 r_{O_cA7} 、 r_{O_cA8} 、 r_{O_cA9} ；

T32: 根据向量运算可将左、右侧车轮的转动轴线向量和轮心坐标在第一双目视觉测量仪坐标系下表示为：

$$\begin{aligned}\overrightarrow{PW}_L &= l_{WL} \cdot \frac{(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})}{|(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})|} \\ \overrightarrow{PW}_R &= l_{WR} \cdot \frac{(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})}{|(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})|} \\ \overrightarrow{O_VW}_L &= \frac{1}{3} (r_{O_cA4} + r_{O_cA5} + r_{O_cA6}) - r_{O_cA2} + \overrightarrow{PW}_L \\ \overrightarrow{O_VW}_R &= \frac{1}{3} (r_{O_cA7} + r_{O_cA8} + r_{O_cA9}) - r_{O_cA2} + \overrightarrow{PW}_R\end{aligned}$$

式中， l_{WL} 为左侧圆盘测量平面与左侧车轮中间平面间的距离， l_{WR} 为右侧圆盘测量平面与右侧车轮中间平面间的距离。

T33: 根据余弦定理可将左、右侧车轮的转动轴线向量和轮心坐标从第一双目视觉测量仪坐标系转移到汽车坐标系下，表示为：

$$\begin{aligned}\overrightarrow{PW}_{LO_V} &= \left(\frac{\overrightarrow{PW}_L \cdot \overrightarrow{O_VX_V}}{|\overrightarrow{O_VX_V}|}, \frac{\overrightarrow{PW}_L \cdot \overrightarrow{O_VY_V}}{|\overrightarrow{O_VY_V}|}, \frac{\overrightarrow{PW}_L \cdot \overrightarrow{O_VZ_V}}{|\overrightarrow{O_VZ_V}|} \right) \\ \overrightarrow{PW}_{RO_V} &= \left(\frac{\overrightarrow{PW}_R \cdot \overrightarrow{O_VX_V}}{|\overrightarrow{O_VX_V}|}, \frac{\overrightarrow{PW}_R \cdot \overrightarrow{O_VY_V}}{|\overrightarrow{O_VY_V}|}, \frac{\overrightarrow{PW}_R \cdot \overrightarrow{O_VZ_V}}{|\overrightarrow{O_VZ_V}|} \right) \\ r_{O_VW_L} &= \left(\frac{\overrightarrow{O_VW}_L \cdot \overrightarrow{O_VX_V}}{|\overrightarrow{O_VX_V}|}, \frac{\overrightarrow{O_VW}_L \cdot \overrightarrow{O_VY_V}}{|\overrightarrow{O_VY_V}|}, \frac{\overrightarrow{O_VW}_L \cdot \overrightarrow{O_VZ_V}}{|\overrightarrow{O_VZ_V}|} \right)\end{aligned}$$

$$\mathbf{r}_{O_V W_R} = \left(\frac{\overrightarrow{O_V W_R} \cdot \overrightarrow{O_V X_V}}{|\overrightarrow{O_V X_V}|}, \frac{\overrightarrow{O_V W_R} \cdot \overrightarrow{O_V Y_V}}{|\overrightarrow{O_V Y_V}|}, \frac{\overrightarrow{O_V W_R} \cdot \overrightarrow{O_V Z_V}}{|\overrightarrow{O_V Z_V}|} \right)$$

T34: 根据左、右侧车轮轮心在汽车坐标系下的空间坐标变化测得左、右侧车轮在汽车坐标系下的三自由度线位移, 根据左、右侧车轮转动轴线和车轮定位夹具上标靶连线在汽车坐标系下的向量与汽车坐标系坐标轴间夹角的变化测得左、右侧车轮在汽车坐标系下的三自由度角位移, 左、右侧车轮角位移的解算方法相同, 均为左、右侧车轮前束角、外倾角和转动角的变化量, 以左侧车轮为例, 利用汽车坐标系下的车轮转动轴线向量解算车轮前束角 δ 和车轮外倾角 λ :

$$\delta = \arctan \left(\overrightarrow{PW}_{LO_v x} / \overrightarrow{PW}_{LO_v y} \right)$$

$$\lambda = \arcsin \left(\overrightarrow{PW}_{LO_v z} / \left| \overrightarrow{PW}_{LO_v} \right| \right)$$

利用汽车坐标系下的 $\overrightarrow{A5A4}$ 向量解算车轮转动角 θ :

$$\theta = \arcsin \left(\overrightarrow{A5A4}_{O_v z} / \left| \overrightarrow{A5A4}_{O_v} \right| \right)$$

可选的, 本发明为一种悬架特性试验车轮多自由度位移测量装置, 其特征在于, 所述测量装置包括双目视觉测量仪、光学标靶、数据交换装置、上位机、车轮定位夹具和基准夹具; 所述双目视觉测量仪包括第一双目视觉测量仪和第二双目视觉测量仪, 被测车辆固定在试验台架上, 所述车轮定位夹具用于安装在被测车辆的左、右侧车轮上, 所述基准夹具用于安装在被测车辆的车架上, 所述光学标靶为多个, 其中一部分所述光学标靶分布在车轮定位夹具和基准夹具的测量平面上, 另一部分光学标靶用于分布在被测车辆的车身上; 所述第一、第二双目视觉测量仪分别用于放置在被测车辆的车身左右两侧测量所述光学标靶的空间坐标变化; 所述上位机通过所述数据交换装置同时连接第一、第二双目视觉测量仪, 用于控制第一、第二双目视觉测量仪测量并获得测量数据, 并根据所述测量数据计算得到汽车坐标系下的车轮多自由度位移。

本发明还包括一种悬架特性试验车轮多自由度位移测量方法, 其特征在于, 包括双目视觉测量仪、光学标靶、数据交换装置、上位机、车轮定位夹具和基准夹具; 所述双目视觉测量仪包括第一双目视觉测量仪和第二双目视觉测量仪, 所述车轮定位夹具包括圆盘, 所述基准夹具包括平板, 所述测量方法包括以下步骤:

E1: 将被测车辆固定在试验台架上, 将车轮定位夹具安装在被测车辆的车轮上, 使圆盘与车轮的中间平面平行且与车轮同轴, 将基准夹具安装在被测车辆的车架上, 使平板与被测

车辆的车身纵向对称平面平行；

E2：从被测车辆的车身左侧到右侧间隔地分布光学标靶，测量车身上的光学标靶间的相对位置关系；

E3：在车轮定位夹具和基准夹具上分布光学标靶，使第一双目视觉测量仪正对左侧车轮，第二双目视觉测量仪正对右侧车轮，调整双目视觉测量仪与车轮之间的距离，使分布在车身上左侧的光学标靶位于第一双目视觉测量仪视野内，车身上右侧的光学标靶位于第二双目视觉测量仪视野内；

E4：将数据交换装置一端与上位机连接，另一端与第一、第二双目视觉测量仪连接，启动上位机，通过车身上的光学标靶间的相对位置关系建立第一、第二双目视觉测量仪之间的坐标转换关系；

E5：选择车轮定位夹具上的光学标靶，对被测车辆进行加载，同时控制第一、第二双目视觉测量仪同步测量所选中靶的空间坐标变化，通过车轮定位夹具上三个光学标靶的空间坐标变化和圆盘测量平面与车轮中间平面间的距离解算汽车坐标系下车轮中间平面的空间角度变化和/或轮心的空间坐标变化，得到汽车坐标系下的车轮多自由度位移。

本发明的有益效果在于：

(1) 采用了双目视觉测量仪对悬架特性试验中的车轮多自由度位移进行了非接触式测量，使测量装置的布置、安装、调整、测量更加方便快捷；

(2) 建立了两台双目视觉测量仪之间的坐标转换关系，使左、右侧车轮的六自由度位移统一在了一个坐标系下，在分析左、右侧车轮之间的运动关系时更加方便、准确；

(3) 通过基准夹具上的标靶坐标建立了固定在车身上的汽车坐标系，并将所测左、右侧车轮的六自由度位移转换到了汽车坐标系下，使测量基准和测得位移在定义上更加准确；

(4) 通过定位夹具上的标靶坐标变化解算车轮六自由度位移，数学模型简单准确，并且消除了接触式测量时测量机构与定位夹具连接时的安装误差；

(5) 通过上位机程序控制两台双目视觉测量仪进行同步跟踪测量，方便试验台系统的集成，并使所测左、右侧车轮的六自由度位移与试验台的激励在每一时刻准确对应。

附图说明

图 1 是汽车坐标系的示意图；

图 2 是车轮坐标系的示意图；

图 3 是本发明的整体示意图；

图 4 是本发明的左侧车轮测量示意图；

图 5 是本发明的右侧车轮测量示意图；

图 6 是本发明的车轮定位夹具结构；

图 7 是本发明的基准夹具结构；

图 8 是本发明的测量原理图；

图 9 是车轮空间角度示意图；

图 10 是本实用新型的另一实施例的示意图。

图中：

11、12、13.基准夹具光学标靶，14、15、16.左侧车轮定位夹具光学标靶，17、18、19.右侧车轮定位夹具光学标靶；2.基准夹具，21.连接螺栓，22.T 形板，23.L 形板，24.平板；3.车轮定位夹具，31.左侧车轮定位夹具圆盘，32.螺母，33.内六角螺栓，34.右侧车轮定位夹具圆盘；41.第一双目视觉测量仪，42.第二双目视觉测量仪；5.数据交换装置；6.上位机；7.试验台架；8.被测车辆，81.左侧车轮，82.右侧车轮，83.车架。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。

如图 3 所示为本发明的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置及方法进行测量时的整体示意图，其主要包括第一双目视觉测量仪 41、第二双目视觉测量仪 42、数据交换装置 5、上位机 6、车轮定位夹具 3、基准夹具 2。如图 3-7 所示，被测车辆 8 固定在试验台架 7 上，车轮定位夹具 3 安装在被测车辆 8 的左、右侧车轮 81、82 上，基准夹具 2 安装在被测车辆上并与被测车辆固定，优选地，固定在被测车辆的车架 83 上；一部分光学标靶分布在车轮定位夹具 3 和基准夹具 2 的测量平面上，另一部分光学标靶分布在车身上，通过连续移动第一双目视觉测量仪 41 测量车身上的标靶间的相对位置关系，求解两台双目视觉测量仪坐标系间的转换矩阵 T ；两台双目视觉测量仪 41、42 分别放置在被测车辆 8 的车身两侧，测量夹具平面上光学标靶的空间坐标变化并统一在第一双目视觉测量仪坐标系下，上位机 6 通过数据交换装置 5 连接双目视觉测量仪，控制其测量并获得测量数据，根据所测数据计算得到汽车坐标系下的车轮六自由度位移。

如图 6 所示为本发明的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置的左侧车轮定位夹具结构图，其包括一个圆盘 31、六个螺母 32、三个内六角螺栓 33，内六角螺栓 33 一端与车

轮螺栓连接，另一端穿过圆盘 31 上径向分布的直槽口 35，内六角螺栓的直径小于直槽口 35 槽宽，内六角螺栓与直槽口之间存在一定的调节间隙，从而圆盘 31 可通过直槽口沿内六角螺栓 33 的轴向和圆盘 31 的径向移动，圆盘平面两侧各有一个旋向相同的螺母 32 拧在内六角螺栓 33 上，调整圆盘 31 的姿态使其与左侧车轮 81 的中间平面平行且同轴，通过两侧螺母 32 对顶确定圆盘 31 的姿态并使其固定不动，左、右侧车轮 81、82 上的车轮定位夹具 3 的结构和安装要求均相同。通过平面两侧各有一个旋向相同的螺母拧在内六角螺栓上保证了夹具的稳固性，而直槽口的设置使得车轮定位夹具安装方便，便于调节，适用于各类车轮型号，适用性强。

如图 7 所示为本发明的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置的基准夹具结构图，基准夹具可安装在车身任意一侧，其包括连接螺栓 21、T 形板 22、L 形板 23、平板 24，T 形板 22 两端不对称，T 形板 22 短端互相垂直的平面分别与车架 83 纵梁的上平面和侧平面贴合并通过螺栓 21 与车架 83 连接，T 形板 22 的长端伸出车身外，L 形板 23 互相垂直的两端分别与 T 形板 22 的长端和平板 24 通过螺栓 21 进行连接，使平板平面与汽车纵向对称面平行，通过上述结构，将基准夹具直接安装在车架上，使得基准夹具结构简单、安装方便稳定，适用性强。

如图 4 所示为本发明的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置及方法进行测量时的左侧示意图，以基准夹具安装在车身左侧为例，如图 3-4 所示，其主要包括第一双目视觉测量仪 41、左侧车轮 81、车轮定位夹具 3、基准夹具 2、光学标靶；其中，与左侧车轮 81 固定的定位夹具圆盘 31 的测量平面上沿圆周均匀分布着三个光学标靶 14、15、16，标靶间隔 120°；与车架 83 固定的基准夹具平板 24 的测量平面上呈“L 形”分布着三个光学标靶 11、12、13，标靶 11 在标靶 12 的上方，标靶 13 在标靶 12 的右侧，标靶 12 与标靶 11 的连线与水平面垂直，标靶 12 与标靶 13 的连线与汽车前进方向平行；第一双目视觉测量仪 41 正对车轮定位夹具 3 和基准夹具 2，距离圆盘 31 的测量平面约 2 米，测量其视野内夹具测量平面上的标靶 11、12、13、14、15、16 在第一双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标变化，测量数据通过数据交换装置 5 传输到上位机 6 上。

如图 5 所示为本发明的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置及方法进行测量时的右侧示意图，包括第二双目视觉测量仪 42、右侧车轮 82、车轮定位夹具 3、光学标靶；其中，与右侧车轮 82 固定的定位夹具圆盘 34 的测量平面上沿圆周均匀分布着三个光学标靶 17、18、19，标靶间隔 120°；第二双目视觉测量仪 42 正对车轮定位夹具圆盘 34，距离其测量平面约 2 米，测量其视野内夹具测量平面上的标靶 17、18、19 在第一双目视觉测量仪坐标系下

的空间坐标变化, 测量数据通过数据交换装置 5 传输到上位机 6 上。

如图 8 所示为本发明的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量方法的测量原理图, 通过转换矩阵 T 可将第二双目视觉测量仪视野内该坐标系下的标靶坐标转换到第一双目视觉测量仪坐标系下, 通过第一双目视觉测量仪 41 可直接测得基准夹具平板 24 和左侧车轮定位夹具圆盘 31 上的光学标靶 11、12、13、14、15、16 在第一双目视觉测量仪坐标系下的坐标点 A1、A2、A3、A4、A5、A6 的空间坐标 r_{O_cA1} 、 r_{O_cA2} 、 r_{O_cA3} 、 r_{O_cA4} 、 r_{O_cA5} 、 r_{O_cA6} , 可间接测得右侧车轮定位夹具圆盘 34 上的光学标靶 17、18、19 在第一双目视觉测量仪坐标系下的坐标点 A7、A8、A9 的空间坐标 r_{O_cA7} 、 r_{O_cA8} 、 r_{O_cA9} ;

汽车坐标系 X_V 、 Y_V 、 Z_V 轴的向量可表示为:

$$\overrightarrow{O_V X_V} = \overrightarrow{A2A3} = r_{O_cA3} - r_{O_cA2}$$

$$\overrightarrow{O_V Z_V} = \overrightarrow{A2A1} = r_{O_cA1} - r_{O_cA2}$$

$$\overrightarrow{O_V Y_V} = \overrightarrow{O_V Z_V} \times \overrightarrow{O_V X_V}$$

左侧车轮定位夹具圆盘 31 上的光学标靶间的矢量可表示为:

$$\overrightarrow{A5A4} = r_{O_cA4} - r_{O_cA5}$$

$$\overrightarrow{A5A6} = r_{O_cA6} - r_{O_cA5}$$

右侧车轮定位夹具圆盘 34 上的光学标靶间的矢量可表示为:

$$\overrightarrow{A7A8} = r_{O_cA8} - r_{O_cA7}$$

$$\overrightarrow{A7A9} = r_{O_cA9} - r_{O_cA7}$$

左、右侧车轮转动轴线向量可表示为:

$$\begin{aligned} \overrightarrow{PW_L} &= l_{WL} \cdot \frac{\overrightarrow{A5A4} \times \overrightarrow{A5A6}}{|\overrightarrow{A5A4} \times \overrightarrow{A5A6}|} = l_{WL} \cdot \frac{(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})}{|(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})|} \\ \overrightarrow{PW_R} &= l_{WR} \cdot \frac{\overrightarrow{A7A8} \times \overrightarrow{A7A9}}{|\overrightarrow{A7A8} \times \overrightarrow{A7A9}|} = l_{WR} \cdot \frac{(r_{O_cA8} - r_{O_cA7}) \times (r_{O_cA9} - r_{O_cA7})}{|(r_{O_cA8} - r_{O_cA7}) \times (r_{O_cA9} - r_{O_cA7})|} \end{aligned}$$

式中, l_{WL} 为左侧车轮定位夹具圆盘测量平面与左侧车轮中间平面间的距离, l_{WR} 为右侧车轮定位夹具圆盘测量平面与右侧车轮中间平面间的距离。

汽车坐标系原点 O_V 到左、右侧轮心之间的矢量可表示为:

$$\overrightarrow{O_V W_L} = \frac{1}{3}(r_{O_cA4} + r_{O_cA5} + r_{O_cA6}) - r_{O_cA2} + \overrightarrow{PW_L}$$

$$\overrightarrow{O_V W_R} = \frac{1}{3}(\mathbf{r}_{O_{CA7}} + \mathbf{r}_{O_{CA8}} + \mathbf{r}_{O_{CA9}}) - \mathbf{r}_{O_{CA2}} + \overrightarrow{PW_R}$$

左、右侧车轮转动轴线向量和向量 $\overrightarrow{A5A4}$ 、 $\overrightarrow{A8A7}$ 在汽车坐标系下表示为:

$$\begin{aligned}\overrightarrow{PW_{LO_V}} &= \left(\frac{\overrightarrow{PW_L} \cdot \overrightarrow{O_V X_V}}{|\overrightarrow{O_V X_V}|}, \frac{\overrightarrow{PW_L} \cdot \overrightarrow{O_V Y_V}}{|\overrightarrow{O_V Y_V}|}, \frac{\overrightarrow{PW_L} \cdot \overrightarrow{O_V Z_V}}{|\overrightarrow{O_V Z_V}|} \right) \\ \overrightarrow{PW_{RO_V}} &= \left(\frac{\overrightarrow{PW_R} \cdot \overrightarrow{O_V X_V}}{|\overrightarrow{O_V X_V}|}, \frac{\overrightarrow{PW_R} \cdot \overrightarrow{O_V Y_V}}{|\overrightarrow{O_V Y_V}|}, \frac{\overrightarrow{PW_R} \cdot \overrightarrow{O_V Z_V}}{|\overrightarrow{O_V Z_V}|} \right) \\ \overrightarrow{A5A4_{O_V}} &= \left(\frac{\overrightarrow{A5A4} \cdot \overrightarrow{O_V X_V}}{|\overrightarrow{O_V X_V}|}, \frac{\overrightarrow{A5A4} \cdot \overrightarrow{O_V Y_V}}{|\overrightarrow{O_V Y_V}|}, \frac{\overrightarrow{A5A4} \cdot \overrightarrow{O_V Z_V}}{|\overrightarrow{O_V Z_V}|} \right) \\ \overrightarrow{A8A7_{O_V}} &= \left(\frac{\overrightarrow{A8A7} \cdot \overrightarrow{O_V X_V}}{|\overrightarrow{O_V X_V}|}, \frac{\overrightarrow{A8A7} \cdot \overrightarrow{O_V Y_V}}{|\overrightarrow{O_V Y_V}|}, \frac{\overrightarrow{A8A7} \cdot \overrightarrow{O_V Z_V}}{|\overrightarrow{O_V Z_V}|} \right)\end{aligned}$$

左、右侧轮心点在汽车坐标系下的坐标为:

$$\begin{aligned}\mathbf{r}_{O_V W_L} &= \left(\frac{\overrightarrow{O_V W_L} \cdot \overrightarrow{O_V X_V}}{|\overrightarrow{O_V X_V}|}, \frac{\overrightarrow{O_V W_L} \cdot \overrightarrow{O_V Y_V}}{|\overrightarrow{O_V Y_V}|}, \frac{\overrightarrow{O_V W_L} \cdot \overrightarrow{O_V Z_V}}{|\overrightarrow{O_V Z_V}|} \right) \\ \mathbf{r}_{O_V W_R} &= \left(\frac{\overrightarrow{O_V W_R} \cdot \overrightarrow{O_V X_V}}{|\overrightarrow{O_V X_V}|}, \frac{\overrightarrow{O_V W_R} \cdot \overrightarrow{O_V Y_V}}{|\overrightarrow{O_V Y_V}|}, \frac{\overrightarrow{O_V W_R} \cdot \overrightarrow{O_V Z_V}}{|\overrightarrow{O_V Z_V}|} \right)\end{aligned}$$

根据图 9 中的右侧车轮六自由度位移示意图可见车轮六自由度包括车轮在汽车坐标系下的三个移动自由度和三个转动自由度, 车轮在汽车坐标系下的平动位移为轮心 W 沿汽车坐标系 X_V 、 Y_V 、 Z_V 轴的位移, 即轮心 W 在汽车坐标系下的空间坐标变化; 车轮在汽车坐标系下的转动位移为车轮坐标系 X_W 、 Z_W 轴与汽车坐标系 X_V 、 Z_V 轴间夹角的变化以及 X_W 、 Z_W 轴绕 Y_W 轴转角的变化;

可以看出, 车轮转动轴线向量 $\overrightarrow{PW}$ 与 Y_W 轴重合, X_W 轴在 $X_V - Y_V$ 平面上, X_W 轴与 X_V 轴的夹角为车轮前束角 δ , 其正切值等于汽车坐标系下的 $\overrightarrow{PW}$ 向量在 X_V 轴和 Y_V 轴上的分量的比值。 Z_V 轴在 $Y_W - Z_W$ 平面上, Z_V 轴与 Z_W 轴的夹角等于 Y_W 轴与其在 $X_V - Y_V$ 平面上投影之间的夹角, 为车轮外倾角 λ , 其正弦值等于汽车坐标系下的 $\overrightarrow{PW}$ 向量在 Z_V 轴上的分量与其模的比

值。车轮转动角 θ 为 X_w 轴和 Z_w 轴绕车轮转动轴线 Y_w 轴转过的角度, 由于轮心测量点 P 也在 Y_w 轴上, 车轮转动角与车轮定位夹具标靶间的向量绕点 P 转过的角度相同, 约等于汽车坐标系下车轮定位夹具标靶间的向量与 Z_v 轴间夹角的变化, 该夹角的正弦值等于汽车坐标系下车轮定位夹具标靶间的向量在 Z_v 轴上的分量与其模的比值。

左、右侧车轮角位移的解算方法相同, 均为左、右侧车轮前束角、外倾角和转动角的变化量, 以左侧车轮为例, 利用汽车坐标系下的车轮转动轴线解算车轮前束角 δ 和车轮外倾角 λ :

$$\delta = \arctan\left(\frac{\overrightarrow{PW}_{LO_v x}}{\overrightarrow{PW}_{LO_v y}}\right)$$

$$\lambda = \arcsin\left(\frac{\overrightarrow{PW}_{LO_v z}}{\left|\overrightarrow{PW}_{LO_v}\right|}\right)$$

利用汽车坐标系下车轮定位夹具标靶间的向量 $\overrightarrow{A5A4}$ 解算车轮转动角 θ :

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\overrightarrow{A5A4}_{O_v z}}{\left|\overrightarrow{A5A4}_{O_v}\right|}\right)$$

本发明的一个实施例包括以下试验步骤:

S1: 将试验车辆 8 固定在试验台架 7 上, 安装基准夹具 2 和车轮定位夹具 3:

S11: 将车轮定位夹具 3 安装在车轮上, 将三个内六角螺栓 33 的一端与车轮螺栓连接, 另一端穿过圆盘 31 上径向分布的直槽口, 通过圆盘两侧螺母 32 对顶确定圆盘 31 的姿态并使其固定不动, 使车轮悬空后转动车轮, 使用千分表测量圆盘平面在转动时的跳动量, 若圆盘边缘某处的跳动较大, 通过调节圆盘在螺栓轴线上的前后位置调整圆盘平面的空间姿态, 直至满足要求则认为圆盘轴线与车轮转动轴线平行, 同样转动车轮, 使用千分表测量圆盘圆柱面的转动偏移量, 通过调节圆盘沿圆盘径向在滑槽内的位置调整圆盘轴线的空间位置, 使其与车轮转动轴线重合;

S12: 将基准夹具 2 安装在车架 83 上, 将 T 形板 22 短端互相垂直的平面分别与车架 83 纵梁的上平面和侧平面贴合并通过螺栓 21 与车架 83 连接, 将 L 形板 23 互相垂直的两端分别与 T 形板 22 的长端和平板 24 通过螺栓 21 进行连接, 使平板与车身纵向对称平面平行;

S2: 从车身左侧到右侧间隔 0.5 米左右连续分布光学标靶 1 (如图 3 所示), 通过连续的移动第一双目视觉测量仪测量车身上的标靶间的相对位置关系, 要求每步移动后的视野内具有部分上步残留的旧标靶和刚进入视野的新标靶来保证相对位置关系的连续过渡, 比如在第一双目视觉测量仪移动的第 i 步测得其视野内光学标靶 a 和 b 的空间坐标即得到了标靶 a 和 b 之间的相对位置关系, 在第一双目视觉测量仪移动的第 $i+1$ 步测得其视野内光学标靶 b 和 c

的空间坐标即得到了标靶 b 和 c 之间的相对位置关系，通过标靶 b 可计算得到标靶 a 和 c 之间的相对位置关系，同理可得到所有分布在车身上标靶的相对位置关系；

S3：在车轮定位夹具 3 和基准夹具 2 上按要求分布光学标靶，使车身两侧的标靶分别位于第一、第二双目视觉测量仪的视野内；

S31：在左侧车轮定位夹具圆盘 31 的测量平面上沿圆周均匀贴上三个圆形的光学标靶 14、15、16，在右侧车轮定位夹具圆盘 34 的测量平面上沿圆周均匀贴上三个圆形的光学标靶 17、18、19，两处的标靶均间隔 120° ；

S32：在基准夹具平板 24 的测量平面上呈“L 形”贴上三个圆形的光学标靶 11、12、13，标靶 11 在标靶 12 的上方，标靶 13 在标靶 12 的右侧，标靶 12 与标靶 11 的连线与水平面垂直，标靶 12 与标靶 13 的连线与水平面平行；

S33：将第一双目视觉测量仪 41 放置在被测车辆 8 的车身左侧并正对车轮定位夹具圆盘 31 和基准夹具平板 24 的测量平面（以基准夹具在车身左侧为例），调整它们之间的距离，使光学标靶 11、12、13、14、15、16 分布在第一双目视觉测量仪视野内；

S34：将第二双目视觉测量仪 42 放置在被测车辆 8 的车身右侧并正对车轮定位夹具圆盘 34 的测量平面，调整它们之间的距离，使光学标靶 17、18、19 分布在第二双目视觉测量仪视野内；

S4：将数据交换装置 5 一端与上位机 6 连接，另一端与两台双目视觉测量仪连接，启动上位机 6，运行测量仪控制程序，导入车身上标靶间的相对位置关系建立两台双目视觉测量仪之间的坐标转换关系，选择夹具上的光学标靶，在试验台开始加载的同时控制两台双目视觉测量仪开始同步跟踪测量所选中靶的空间坐标变化，试验结束时停止测量，测量仪控制程序停止运行。

本发明包括以下计算步骤：

T1：根据车身上的标靶间的相对位置关系建立两台双目视觉测量仪之间的坐标转换关系，将第二双目视觉测量仪视野内测得的光学标靶的空间坐标点转换到第一双目视觉测量仪坐标系下：

T11：现已知分布在第二双目视觉测量仪视野内的右侧车身上的标靶在第二双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标和分布在第一双目视觉测量仪视野内的左侧车身上的标靶在第一双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标，通过车身上的标靶间的相对位置关系可得到不在第一双目视觉测量仪视野内的右侧车身上的标靶在第一双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标，右侧车身上的标靶个数大于等于转换矩阵 T 的未知数个数，由此可解得第二双目视觉测量仪坐标系

之于第一双目视觉测量仪坐标系的转换矩阵 T;

T12: 将圆盘 34 上的光学标靶 17、18、19 在第二双目视觉测量仪坐标系下的坐标点 B7、B8、B9 乘以转换矩阵 T, 得到光学标靶 17、18、19 在第一双目视觉测量仪坐标系下的坐标点 A7、A8、A9 的空间坐标 r_{O_cA7} 、 r_{O_cA8} 、 r_{O_cA9} ;

T2: 通过第一双目视觉测量仪 41 测得的其视野内基准夹具 2 上的三个光学标靶 11、12、13 的空间坐标建立平行于汽车坐标系的汽车六自由度位移测量基准坐标系:

T21: 通过第一双目视觉测量仪 41 可测得基准夹具平板 24 上的光学标靶 11、12、13 在第一双目视觉测量仪坐标系下的坐标点 A1、A2、A3 的空间坐标 r_{O_cA1} 、 r_{O_cA2} 、 r_{O_cA3} , 向量 $\overrightarrow{A2A1}$ 与汽车坐标系 Z_V 轴平行, 向量 $\overrightarrow{A2A3}$ 与汽车坐标系 X_V 轴平行, 向量 $\overrightarrow{A2A1}$ 与 $\overrightarrow{A2A3}$ 的外积与汽车坐标系 Y_V 轴平行, 汽车坐标系 X_V 轴的向量可表示为 $\overrightarrow{O_VX_V} = r_{O_cA3} - r_{O_cA2}$, 汽车坐标系 Z_V 轴的向量可表示为 $\overrightarrow{O_VZ_V} = r_{O_cA1} - r_{O_cA2}$, 汽车坐标系 Y_V 轴的向量可表示为 $\overrightarrow{O_VY_V} = \overrightarrow{O_VZ_V} \times \overrightarrow{O_VX_V}$;

T3: 根据“三点确定一个平面”的原理, 通过车轮定位夹具上三个光学标靶的空间坐标变化和圆盘测量平面与车轮中间平面间的距离解算汽车坐标系下车轮中间平面的空间角度变化和轮心的空间坐标变化, 得到汽车坐标系下的左、右侧车轮六自由度位移:

T31: 通过第一双目视觉测量仪 41 可直接测得左侧车轮定位夹具圆盘 31 上的光学标靶 14、15、16 在第一双目视觉测量仪坐标系下的坐标点 A4、A5、A6 的空间坐标 r_{O_cA4} 、 r_{O_cA5} 、 r_{O_cA6} , 可间接测得右侧车轮定位夹具圆盘 34 上的光学标靶 17、18、19 在第一双目视觉测量仪坐标系下的坐标点 A7、A8、A9 的空间坐标 r_{O_cA7} 、 r_{O_cA8} 、 r_{O_cA9} ;

T32: 根据向量运算可将左、右侧车轮的转动轴线向量和轮心坐标在第一双目视觉测量仪坐标系下表示为:

$$\begin{aligned}\overrightarrow{PW}_L &= l_{WL} \cdot \frac{(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})}{|(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})|} \\ \overrightarrow{PW}_R &= l_{WR} \cdot \frac{(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})}{|(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})|} \\ \overrightarrow{O_VW}_L &= \frac{1}{3}(r_{O_cA4} + r_{O_cA5} + r_{O_cA6}) - r_{O_cA2} + \overrightarrow{PW}_L \\ \overrightarrow{O_VW}_R &= \frac{1}{3}(r_{O_cA7} + r_{O_cA8} + r_{O_cA9}) - r_{O_cA2} + \overrightarrow{PW}_R\end{aligned}$$

式中, l_{wL} 为左侧圆盘测量平面与左侧车轮中间平面间的距离, l_{wR} 为右侧圆盘测量平面与右侧车轮中间平面间的距离。

T33: 根据余弦定理可将左、右侧车轮的转动轴线向量和轮心坐标从第一双目视觉测量仪坐标系转移到汽车坐标系下, 表示为:

$$\begin{aligned}\overrightarrow{PW}_{LO_v} &= \left(\frac{\overrightarrow{PW}_L \cdot \overrightarrow{O_v X_v}}{|\overrightarrow{O_v X_v}|}, \frac{\overrightarrow{PW}_L \cdot \overrightarrow{O_v Y_v}}{|\overrightarrow{O_v Y_v}|}, \frac{\overrightarrow{PW}_L \cdot \overrightarrow{O_v Z_v}}{|\overrightarrow{O_v Z_v}|} \right) \\ \overrightarrow{PW}_{RO_v} &= \left(\frac{\overrightarrow{PW}_R \cdot \overrightarrow{O_v X_v}}{|\overrightarrow{O_v X_v}|}, \frac{\overrightarrow{PW}_R \cdot \overrightarrow{O_v Y_v}}{|\overrightarrow{O_v Y_v}|}, \frac{\overrightarrow{PW}_R \cdot \overrightarrow{O_v Z_v}}{|\overrightarrow{O_v Z_v}|} \right) \\ \mathbf{r}_{O_v W_L} &= \left(\frac{\overrightarrow{O_v W_L} \cdot \overrightarrow{O_v X_v}}{|\overrightarrow{O_v X_v}|}, \frac{\overrightarrow{O_v W_L} \cdot \overrightarrow{O_v Y_v}}{|\overrightarrow{O_v Y_v}|}, \frac{\overrightarrow{O_v W_L} \cdot \overrightarrow{O_v Z_v}}{|\overrightarrow{O_v Z_v}|} \right) \\ \mathbf{r}_{O_v W_R} &= \left(\frac{\overrightarrow{O_v W_R} \cdot \overrightarrow{O_v X_v}}{|\overrightarrow{O_v X_v}|}, \frac{\overrightarrow{O_v W_R} \cdot \overrightarrow{O_v Y_v}}{|\overrightarrow{O_v Y_v}|}, \frac{\overrightarrow{O_v W_R} \cdot \overrightarrow{O_v Z_v}}{|\overrightarrow{O_v Z_v}|} \right)\end{aligned}$$

T34: 根据左、右侧车轮轮心在汽车坐标系下的空间坐标变化测得左、右侧车轮在汽车坐标系下的三自由度线位移, 根据左、右侧车轮转动轴线和车轮定位夹具上标靶连线在汽车坐标系下的向量与汽车坐标系坐标轴间夹角的变化测得左、右侧车轮在汽车坐标系下的三自由度角位移, 左、右侧车轮角位移的解算方法相同, 均为左、右侧车轮前束角、外倾角和转动角的变化量, 以左侧车轮为例, 利用汽车坐标系下的车轮转动轴线向量解算车轮前束角 δ 和车轮外倾角 λ :

$$\begin{aligned}\delta &= \arctan\left(\overrightarrow{PW}_{LO_v x} / \overrightarrow{PW}_{LO_v y}\right) \\ \lambda &= \arcsin\left(\overrightarrow{PW}_{LO_v z} / \left|\overrightarrow{PW}_{LO_v}\right|\right)\end{aligned}$$

利用汽车坐标系下的 $\overrightarrow{A5A4}$ 向量解算车轮转动角 θ :

$$\theta = \arcsin\left(\overrightarrow{A5A4}_{O_v z} / \left|\overrightarrow{A5A4}_{O_v}\right|\right)$$

可选的, 本发明虽然为一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置及方法, 但根据实际测量需要, 本发明可以用于测量车轮的某一自由度位移或者某几个自由度位移, 即本发明也是一种悬架特性试验车轮多自由度位移测量装置及方法, 并不限定只测量六自由度。

如图 10 所示, 本发明另一实施例在于, 用于建立两台双目视觉测量仪之间的坐标转换关系的光学标靶 111 分布在固定于试验台架的平面夹具 9 的夹具平面上, 该平面夹具 9 安装在

车头前方，从左侧车轮正上方延续到右侧车轮正上方，光学标靶 111 的分布要求和相对位置关系的测量方法与上述实施例中的相同，光学标靶间的相对位置关系经首次测得后可在以后的试验中一直使用。

以上实施例仅为本发明之优选方案，而非对本发明的限制，有关技术领域的技术人员，在不脱离本发明的精神和范围的情况下，还可以做出各种变换或变型，因此所有等同的技术方案，都落入本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置，其特征在于，所述测量装置包括双目视觉测量仪、光学标靶、数据交换装置（5）、上位机（6）、车轮定位夹具（3）和基准夹具（2）；所述双目视觉测量仪包括第一双目视觉测量仪和第二双目视觉测量仪，被测车辆（8）固定在试验台架（7）上，所述车轮定位夹具用于安装在被测车辆的左、右侧车轮上，所述基准夹具用于安装在被测车辆上并与被测车辆固定，所述光学标靶为多个，其中一部分所述光学标靶分布在车轮定位夹具和基准夹具的测量平面上，另一部分光学标靶用于分布在被测车辆的车身上；所述第一、第二双目视觉测量仪分别用于放置在被测车辆的车身左右两侧测量所述光学标靶的空间坐标变化；所述上位机通过所述数据交换装置同时连接第一、第二双目视觉测量仪，用于控制第一、第二双目视觉测量仪测量并获得测量数据，并可以根据所述测量数据计算得到汽车坐标系下的车轮六自由度位移。

2. 如权利要求 1 所述的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置，其特征在于，所述车轮定位夹具包括圆盘（31）、螺母（32）、内六角螺栓（33）；所述圆盘具有周向分布的沿径向延伸的直槽口，所述直槽口与内六角螺栓之间存在间隙，所述内六角螺栓一端用于与被测车辆的车轮螺栓连接，另一端穿过圆盘上分布的直槽口，所述螺母通过内六角螺栓设置在圆盘两侧，圆盘两侧的螺母旋向相同。

3. 如权利要求 1 所述的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置，其特征在于，所述基准夹具包括连接螺栓（21）、T 形板（22）、L 形板（23）、平板（24），所述 T 形板两端不对称，其具有长端和短端，被测车辆包括车架，被测车辆的车架具有纵梁，所述纵梁具有上平面和侧平面，T 形板的短端互相垂直的两平面分别用于与车架的纵梁的上平面和侧平面贴合并通过螺栓与车架连接，T 形板的长端伸出车身外，L 形板互相垂直的两端分别与 T 形板长端和平板通过螺栓连接。

4. 如权利要求 1-3 任一项所述的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置，其特征在于，用于安装在左侧车轮（81）的车轮定位夹具的测量平面上沿圆周均匀分布着三个光学标靶（14、15、16），用于安装在右侧车轮（81）的车轮定位夹具的测量平面上沿圆周均匀分布着三个光学标靶（17、18、19），分布在车轮定位夹具的测量平面上的每个所述光学标靶之间的间隔为 120° ，且分布在车轮定位夹具的测量平面上的每个所述光学标靶的形状为圆形。

5. 如权利要求 1-3 任一项所述的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置，其特征在于，所述基准夹具的测量平面上分布着三个光学标靶（11、12、13），所述三个光学标靶分别为上标靶、中间标靶和右标靶，其依次呈“L”形分布，中间标靶（12）与上标靶（11）的连线与水平面垂直，中间标靶（12）与右标靶（13）的连线与汽车前进方向平行，所述上标

靶、中间标靶和右标靶的形状为圆形。

6. 如权利要求 1-3 任一项所述的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置，其特征在于，所述第一双目视觉测量仪（41）用于放置在车身左侧正对左侧车轮（81），分布在左侧车轮的车轮定位夹具的测量平面上的光学标靶和基准夹具的测量平面上的光学标靶设置在第一双目视觉测量仪的视野内；第二双目视觉测量仪（42）用于放置在车身右侧正对右侧车轮（82），分布在右侧车轮的车轮定位夹具的测量平面上的光学标靶设置在第二双目视觉测量仪的视野内；从左侧车轮正上方到右侧车轮正上方的车身上连续分布间距一定的圆形光学标靶，左侧车轮一端的车身上分布的一部分标靶在第一双目视觉测量仪视野内，右侧车轮一端的车身上分布的一部分标靶在第二双目视觉测量仪视野内。

7. 一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量方法，其特征在于，包括双目视觉测量仪、光学标靶、数据交换装置（5）、上位机（6）、车轮定位夹具（3）和基准夹具（2）；所述双目视觉测量仪包括第一双目视觉测量仪和第二双目视觉测量仪，所述车轮定位夹具包括圆盘，所述基准夹具包括平板，所述测量方法包括以下步骤：

E1：将被测车辆固定在试验台架上，将车轮定位夹具安装在被测车辆的车轮上，使圆盘与车轮的中间平面平行且与车轮同轴，将基准夹具安装在被测车辆的车架上，使平板与被测车辆的车身纵向对称平面平行；

E2：从被测车辆的车身左侧到右侧间隔地分布光学标靶，测量车身上的光学标靶间的相对位置关系；

E3：在车轮定位夹具和基准夹具上分布光学标靶，使第一双目视觉测量仪正对左侧车轮，第二双目视觉测量仪正对右侧车轮，调整双目视觉测量仪与车轮之间的距离，使分布在车身上左侧的光学标靶位于第一双目视觉测量仪视野内，车身上右侧的光学标靶位于第二双目视觉测量仪视野内；

E4：将数据交换装置一端与上位机连接，另一端与第一、第二双目视觉测量仪连接，启动上位机，通过车身上的光学标靶间的相对位置关系建立第一、第二双目视觉测量仪之间的坐标转换关系；

E5：选择车轮定位夹具上的光学标靶，对被测车辆进行加载，同时控制第一、第二双目视觉测量仪同步测量所选中靶的空间坐标变化，通过车轮定位夹具上三个光学标靶的空间坐标变化和圆盘测量平面与车轮中间平面间的距离解算汽车坐标系下车轮中间平面的空间角度变化和轮心的空间坐标变化，得到汽车坐标系下的车轮六自由度位移。

8. 如权利要求 7 所述的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量方法，其特征在于，上

述步骤 E2 中车身上的光学标靶间的相对位置关系通过以下方法建立：

从车身左侧到右侧以一定间隔连续分布光学标靶，连续移动第一双目视觉测量仪，测量车身上的标靶间的相对位置关系，其中，每步移动后第一双目视觉测量仪的视野内具有部分上步残留的旧光学标靶和刚进入视野的新光学标靶来保证相对位置关系的连续过渡。

9. 如权利要求 7 或 8 所述的一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量方法，其特征在于，上述步骤 E4 中建立第一、第二双目视觉测量仪之间的坐标转换关系包括：

测量分布在第二双目视觉测量仪视野内的右侧车身上的光学标靶在第二双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标，测量分布在第一双目视觉测量仪视野内的左侧车身上的光学标靶在第一双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标，

通过车身上的标靶间的相对位置关系得到不在第一双目视觉测量仪视野内的右侧车身上的标靶在第一双目视觉测量仪坐标系下的空间坐标，

右侧车身上的标靶个数大于等于转换矩阵 T 的未知数个数，由此得到第二双目视觉测量仪坐标系相对于第一双目视觉测量仪坐标系的转换矩阵 T 。

10. 一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量方法，其特征在于，包括双目视觉测量仪、光学标靶、平面夹具（9）；所述双目视觉测量仪包括第一双目视觉测量仪和第二双目视觉测量仪，所述测量方法包括以下步骤：

F1： 将该平面夹具安装在被测车辆的车头前方，从左侧车轮正上方延续到右侧车轮正上方，将光学标靶分布在固定于试验台架的夹具平面上，将第一、第二双目视觉测量仪分别放置在被测车辆的车身左右两侧，根据车身上的光学标靶间的相对位置关系建立第一、第二双目视觉测量仪之间的坐标转换关系，将第二双目视觉测量仪视野内测得光学标靶（17、18、19）的空间坐标转换到第一双目视觉测量仪坐标系下；

F2： 通过基准夹具上三个光学标靶（11、12、13）的空间坐标建立平行于汽车坐标系的的车轮六自由度位移测量基准坐标系；

F3： 根据“三点确定一个平面”的原理，通过车轮定位夹具上三个光学标靶的空间坐标变化和圆盘测量平面与车轮中间平面间的距离解算汽车坐标系下车轮中间平面的空间角度变化和轮心的空间坐标变化，得到汽车坐标系下的车轮六自由度位移。

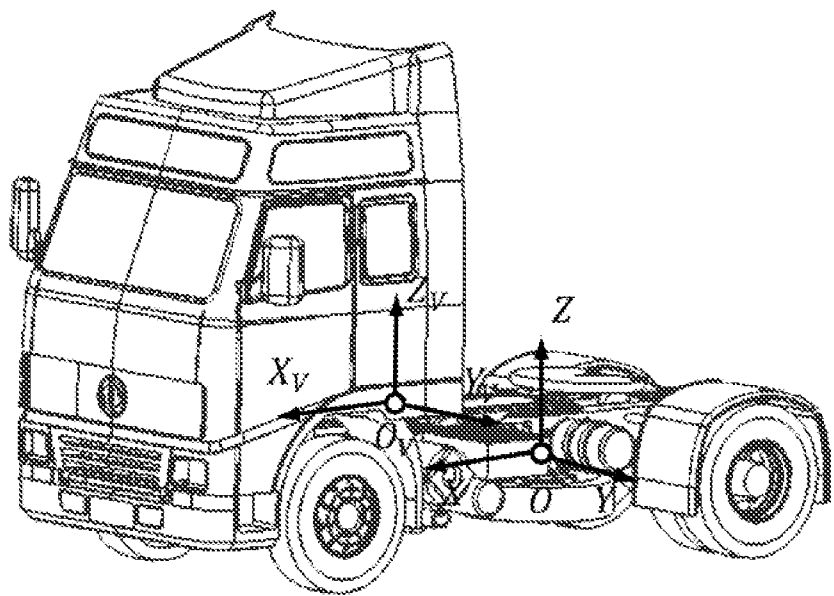


图 1

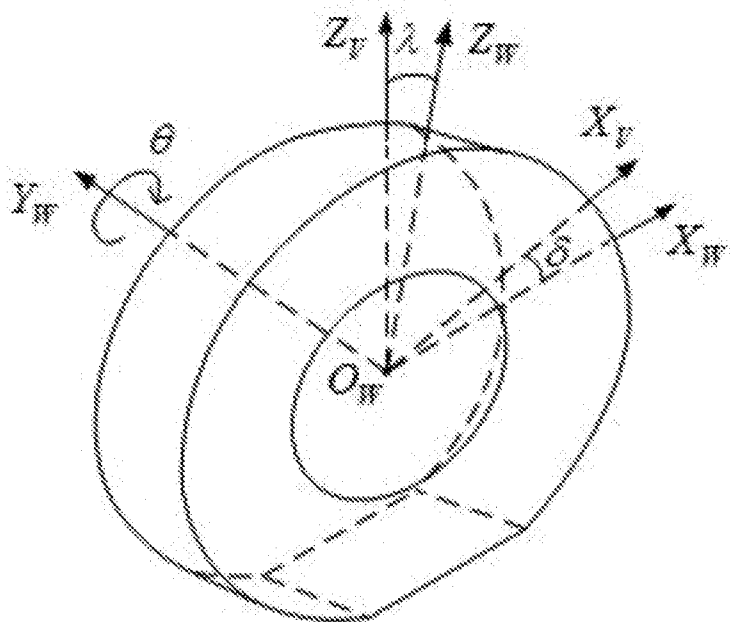


图 2

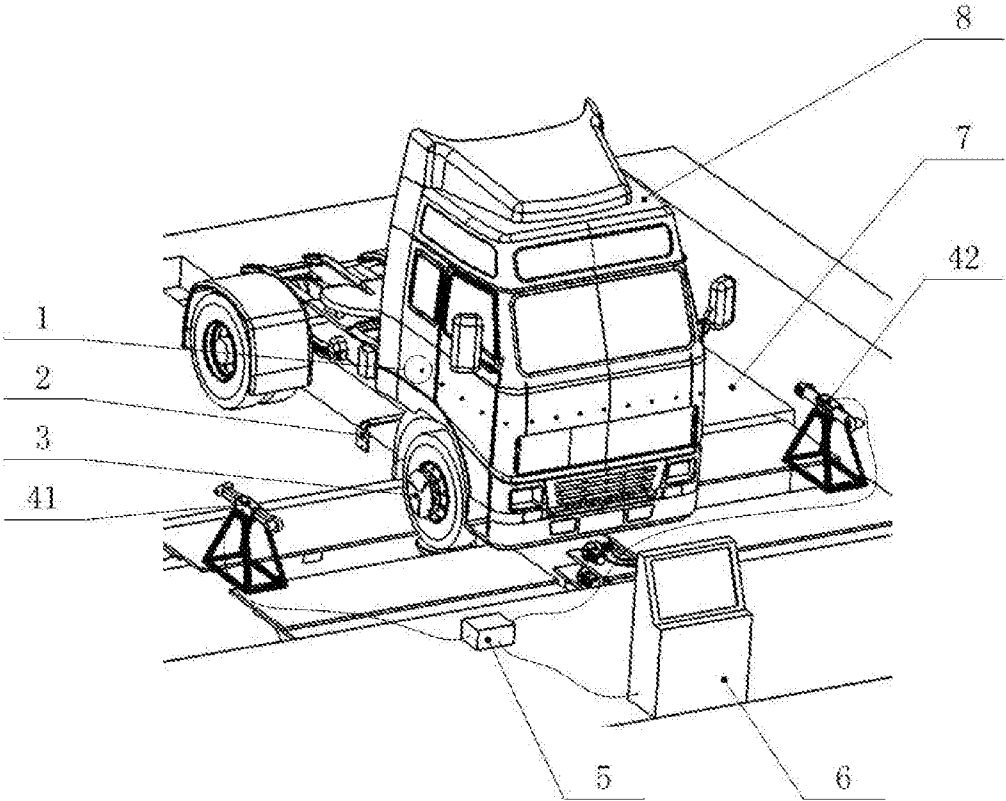


图 3

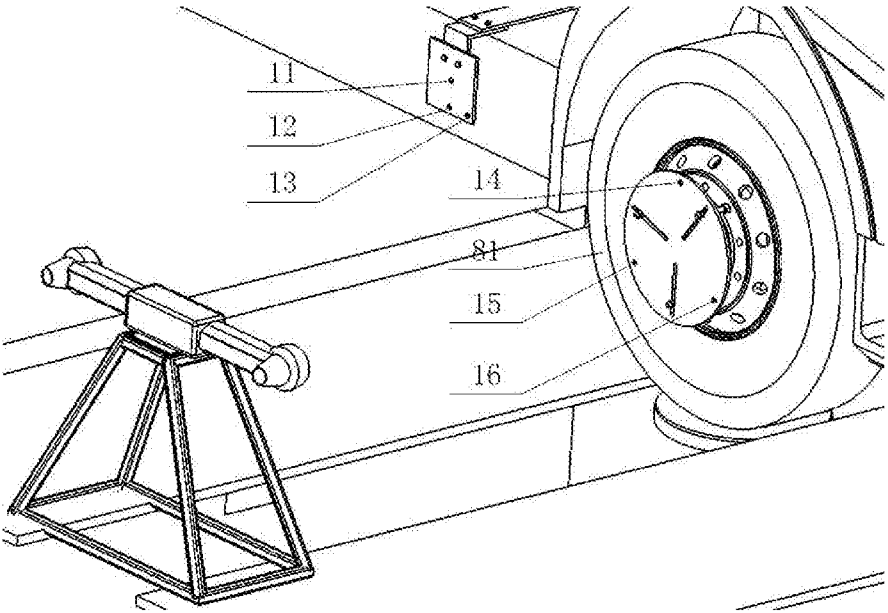


图 4

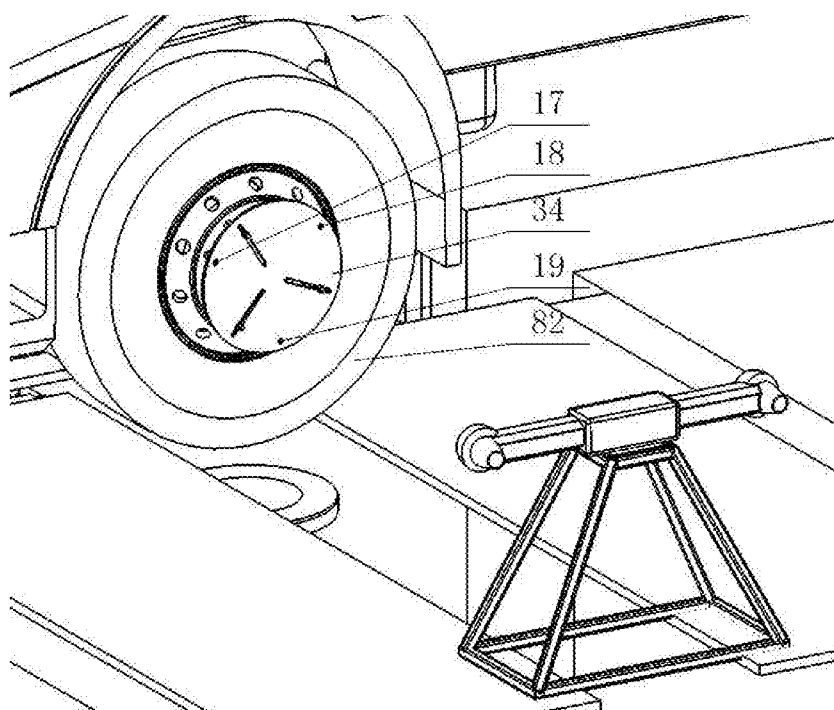


图 5

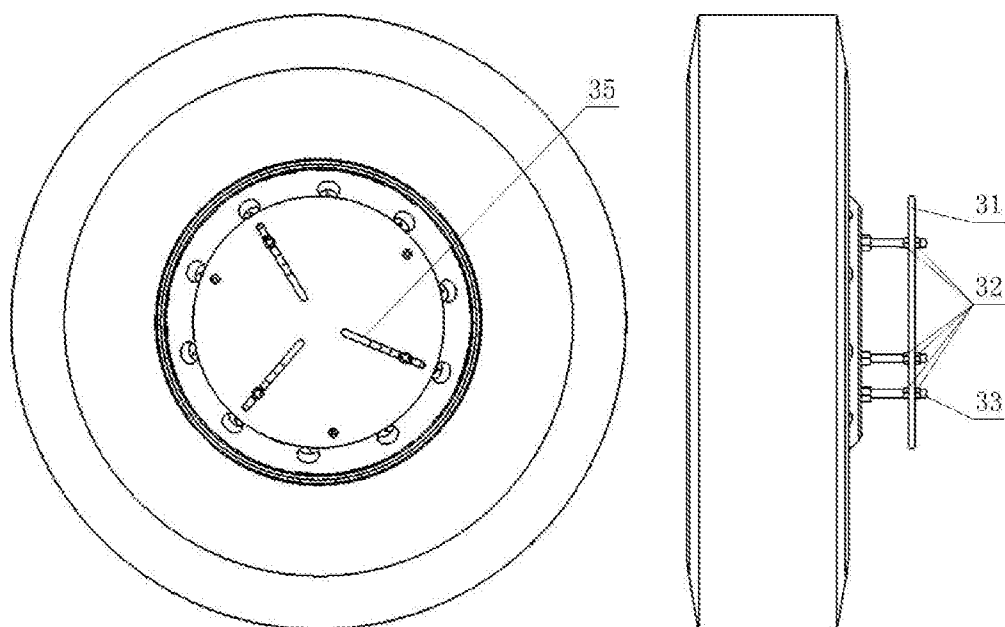


图 6

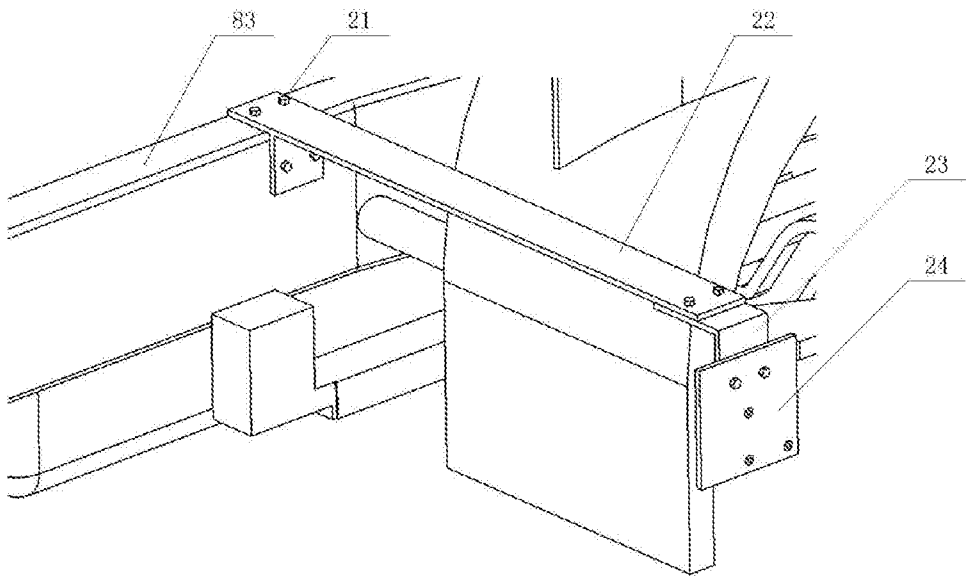


图 7

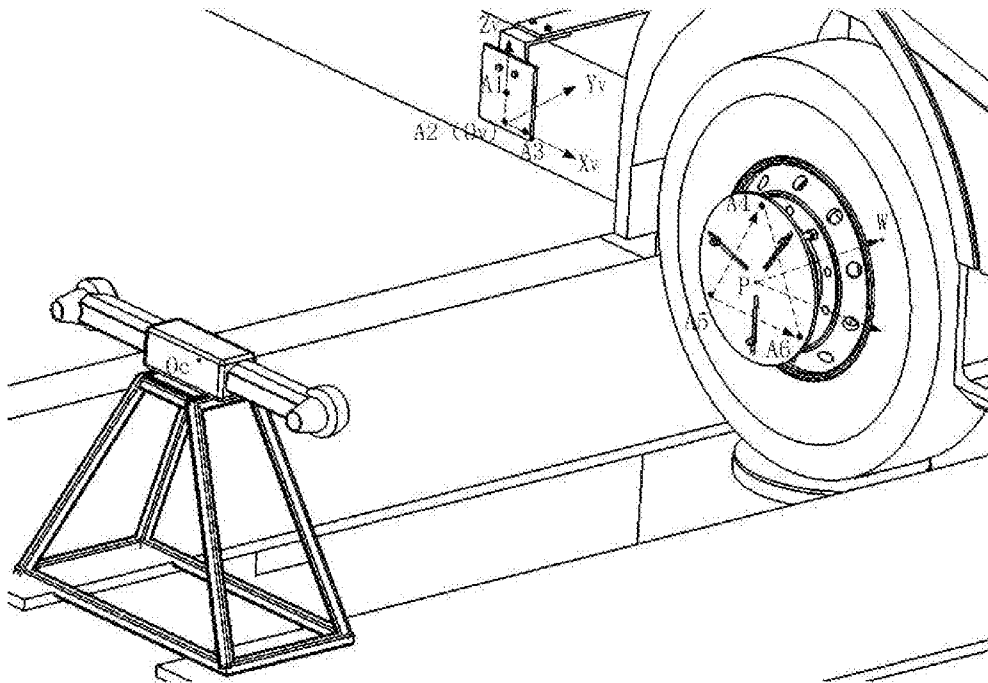


图 8

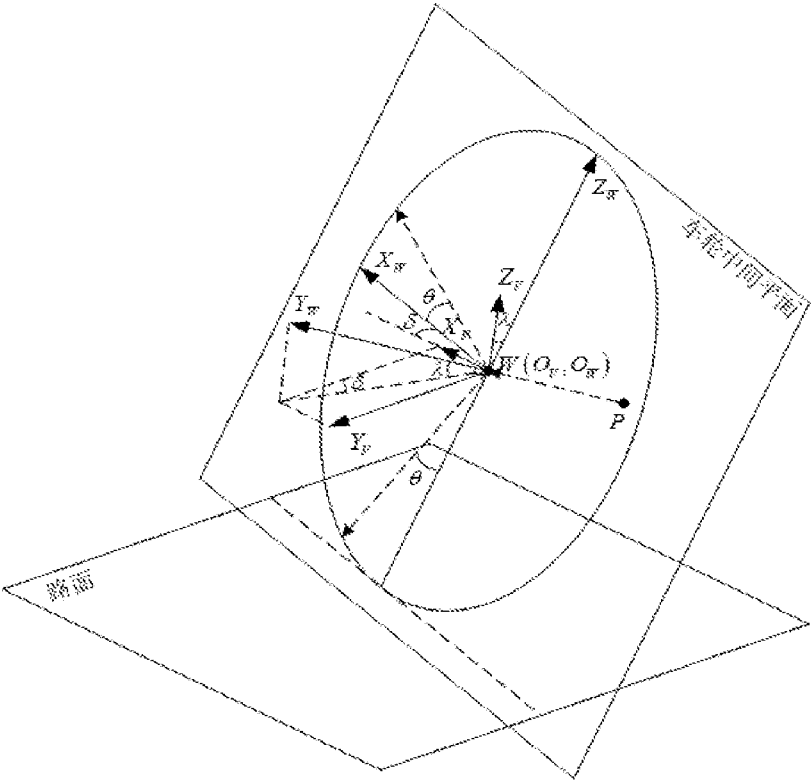


图 9

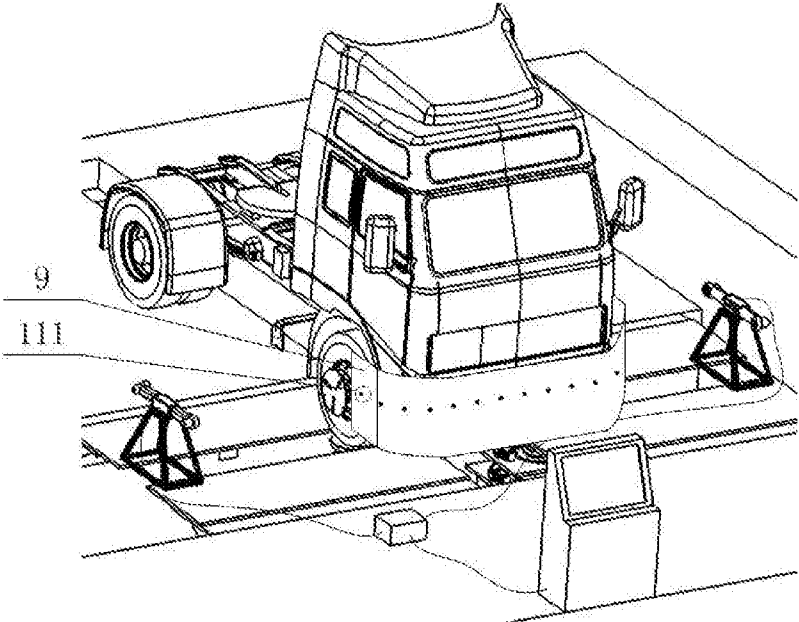


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/093425

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B 11/275(2006.01)i; G01B 11/26(2006.01)i; G01M 17/013(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B11 G01M17

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNKI; CNTXT; VEN: 悬架, 测试, 测量, 检测, 试验, 实验, 车轮, 六自由度, 位移, 转动, 外倾, 前束, 双目视觉, 机器视觉, 3D, 相机, CCD, 标靶, 标记, 夹具, 基准, 参考, 坐标, 转换, 变换, suspension, test+, detect+, measur+, experi+, wheel+, displacement, roat+, camber, toe, binocular vision, machine vision, camera+, maker+, point+, reference, coordinate, transfer+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 107192343 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 22 September 2017 (2017-09-22) description, paragraphs [0062]-[0150], and figures 1-10	1-10
Y	US 6748796 B1 (KRYPTON ELECTRONIC ENGINEERING N.V.) 15 June 2004 (2004-06-15) description, column 1, paragraph 5 and column 2, paragraph 9 to column 4, paragraph 6, and figures 1-4	1-10
Y	US 2008148581 A1 (BONI, F. ET AL.) 26 June 2008 (2008-06-26) description, paragraphs [0071]-[0134], and figures 1, 2 and 6-13	1-10
Y	CN 105699098 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 22 June 2016 (2016-06-22) description, paragraphs [0035]-[0057], and figures 1-4	1-10
A	CN 1358266 A (ROBERT BOSCH GMBH) 10 July 2002 (2002-07-10) entire document	1-10
A	CN 105091794 A (AUTEK INC.) 25 November 2015 (2015-11-25) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 August 2018

Date of mailing of the international search report

07 September 2018

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/093425

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2002089661 A1 (ROTH, V.S. ET AL.) 11 July 2002 (2002-07-11) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/093425

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107192343	A	22 September 2017	None			
US	6748796	B1	15 June 2004	JP	2003515157	A	22 April 2003
				ES	2230166	T3	01 May 2005
				WO	0138843	A1	31 May 2001
				DE	60012781	D1	09 September 2004
				BE	1013152	A3	02 October 2001
				AU	1506601	A	04 June 2001
				EP	1236029	A1	04 September 2002
				JP	4567268	B2	20 October 2010
				DE	60012781	T2	04 August 2005
				EP	1236029	B1	04 August 2004
US	2008148581	A1	26 June 2008	EP	1887317	A1	13 February 2008
				US	7774946	B2	17 August 2010
				IT	1390750	B	23 September 2011
CN	105699098	A	22 June 2016	None			
CN	1358266	A	10 July 2002	CN	1157587	C	14 July 2004
				JP	4559681	B2	13 October 2010
				JP	2003505681	A	12 February 2003
				EP	1204844	B1	06 October 2004
				DE	19934864	A1	08 February 2001
				US	6710866	B1	23 March 2004
				WO	0107862	A1	01 February 2001
				EP	1204844	A1	15 May 2002
				DE	50008149	D1	11 November 2004
CN	105091794	A	25 November 2015	None			
US	2002089661	A1	11 July 2002	JP	2004518120	A	17 June 2004
				US	6545750	B2	08 April 2003
				EP	1352226	A1	15 October 2003
				WO	02055982	A1	18 July 2002

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/093425

A. 主题的分类

G01B 11/275(2006.01)i; G01B 11/26(2006.01)i; G01M 17/013(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01B11 G01M17

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNKI;CNTXT;VEN: 悬架, 测试, 测量, 检测, 试验, 实验, 车轮, 六自由度, 位移, 转动, 外倾, 前束, 双目视觉, 机器视觉, 3D, 相机, CCD, 标靶, 标记, 夹具, 基准, 参考, 坐标, 转换, 变换, suspension, test+, detect+, measur+, experi+, wheel+, displacement, roat+, camber, toe, binocular vision, machine vision, camera+, maker+, point+, reference, coordinate, transfer+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 107192343 A (华中科技大学) 2017年 9月 22日 (2017 - 09 - 22) 说明书第[0062]-[0150]段, 附图1-10	1-10
Y	US 6748796 B1 (KRYPTON ELECTRONIC ENG NV) 2004年 6月 15日 (2004 - 06 - 15) 说明书第1栏第5段, 第2栏第9段-第4栏第6段, 附图1-4	1-10
Y	US 2008148581 A1 (FABIO BONI等) 2008年 6月 26日 (2008 - 06 - 26) 说明书第[0071]-[0134]段, 附图1、2、6-13	1-10
Y	CN 105699098 A (华中科技大学) 2016年 6月 22日 (2016 - 06 - 22) 说明书第[0035]-[0057]段, 附图1-4	1-10
A	CN 1358266 A (罗伯特 博施有限公司) 2002年 7月 10日 (2002 - 07 - 10) 全文	1-10
A	CN 105091794 A (深圳科澳汽车科技有限公司) 2015年 11月 25日 (2015 - 11 - 25) 全文	1-10
A	US 2002089661 A1 (VLADIMIR S. ROTH等) 2002年 7月 11日 (2002 - 07 - 11) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 8月 22日

国际检索报告邮寄日期

2018年 9月 7日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

颜彦

电话号码 86- (0512) -88997267

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/093425

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	107192343	A	2017年 9月 22日	无			
US	6748796	B1	2004年 6月 15日	JP	2003515157	A	2003年 4月 22日
				ES	2230166	T3	2005年 5月 1日
				WO	0138843	A1	2001年 5月 31日
				DE	60012781	D1	2004年 9月 9日
				BE	1013152	A3	2001年 10月 2日
				AU	1506601	A	2001年 6月 4日
				EP	1236029	A1	2002年 9月 4日
				JP	4567268	B2	2010年 10月 20日
				DE	60012781	T2	2005年 8月 4日
				EP	1236029	B1	2004年 8月 4日
US	2008148581	A1	2008年 6月 26日	EP	1887317	A1	2008年 2月 13日
				US	7774946	B2	2010年 8月 17日
				IT	1390750	B	2011年 9月 23日
CN	105699098	A	2016年 6月 22日	无			
CN	1358266	A	2002年 7月 10日	CN	1157587	C	2004年 7月 14日
				JP	4559681	B2	2010年 10月 13日
				JP	2003505681	A	2003年 2月 12日
				EP	1204844	B1	2004年 10月 6日
				DE	19934864	A1	2001年 2月 8日
				US	6710866	B1	2004年 3月 23日
				WO	0107862	A1	2001年 2月 1日
				EP	1204844	A1	2002年 5月 15日
				DE	50008149	D1	2004年 11月 11日
CN	105091794	A	2015年 11月 25日	无			
US	2002089661	A1	2002年 7月 11日	JP	2004518120	A	2004年 6月 17日
				US	6545750	B2	2003年 4月 8日
				EP	1352226	A1	2003年 10月 15日
				WO	02055982	A1	2002年 7月 18日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)