



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107192343 B

(45) 授权公告日 2023.08.18

(21) 申请号 201710537263.X
 (22) 申请日 2017.07.04
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 107192343 A
 (43) 申请公布日 2017.09.22
 (73) 专利权人 华中科技大学
 地址 430000 湖北省武汉市洪山区珞喻路
 1037号
 (72) 发明人 张云清 徐鹏举 吕天启 卓凯敏
 孙海华
 (74) 专利代理机构 湖北高韬律师事务所 42240
 专利代理师 周俊华
 (51) Int.Cl.
 G01B 11/03 (2006.01)
 (56) 对比文件
 DE 102005063082 A1,2007.07.05

US 2007112469 A1,2007.05.17
 CN 207456395 U,2018.06.05
 CN 101351683 A,2009.01.21
 CN 1283266 A,2001.02.07
 CN 1908612 A,2007.02.07
 CN 102257354 A,2011.11.23
 CN 101995219 A,2011.03.30
 CN 1358266 A,2002.07.10
 CN 105091794 A,2015.11.25
 CN 105699098 A,2016.06.22
 CN 101059340 A,2007.10.24
 US 5535522 A,1996.07.16
 US 2005078304 A1,2005.04.14
 US 2008148581 A1,2008.06.26
 US 6748796 B1,2004.06.15

审查员 於锦航

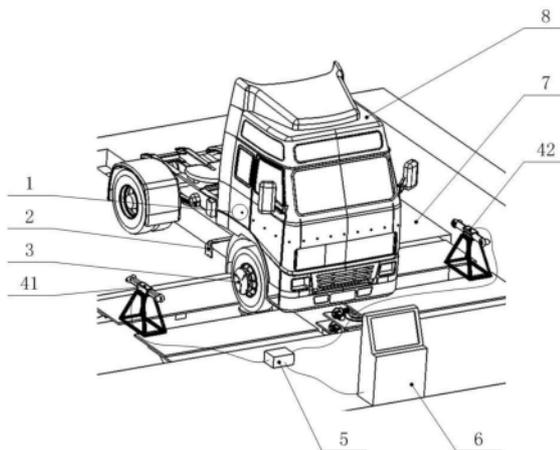
权利要求书3页 说明书13页 附图5页

(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

(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。



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,通过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,求解两台双目视觉测量仪坐标系间的转换矩阵 T ,并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;

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;

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;

用于安装在左侧车轮(81)的车轮定位夹具的圆盘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)的车轮定位夹具的圆盘的测量平面上沿圆周均匀分布着三个光学标靶(17、18、19);

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,所述基准夹具的测量平面与被测车辆的车身纵向对称平面平行。

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。

3. 如权利要求1-2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,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。

4. 如权利要求1-2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,所述上标靶、中间标靶和右标靶的形状为圆形。

5.一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量方法,其特征在于,所述测量方法根据权利要求1-4任一项所述的悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置进行,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;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;

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。

6.如权利要求5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。

7.如权利要求5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。

8.一种悬架特性试验车轮六自由度位移测量方法,其特征在于,所述测量方法根据权利要求1-4任一项所述的悬架特性试验车轮六自由度位移测量装置进行,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平面夹具的夹具平面上,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车轮定位夹具上的光学标靶(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车轮定位夹具上的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。

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

[0001] 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

[0002] 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。

[0003] 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 轴绕车轮回转轴中心线 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。

[0004] 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。

[0005] 该方法需要辨识测量臂末端轴线和车轮回转轴线的相对位置,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。

[0006] 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

[0007] 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。

[0008] 本发明通过以下技术方案实现:

[0009] 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。

[0010] 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。

[0011] 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。

[0012] 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。

[0013] 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。

[0014] 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。

[0015] 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：

[0016] 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；

[0017] 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；

[0018] 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；

[0019] 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；

[0020] 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。

[0021] 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：

[0022] 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。

[0023] 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：

[0024] 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，

[0025] 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，

[0026] 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。

[0027] 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：

[0028] 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;

[0029] 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;

[0030] 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。

[0031] 本发明还包括以下车轮六自由度位移的计算方法:

[0032] 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} ;

[0033] 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:

$$[0034] \quad \overline{PW}_L = l_{WL} \cdot \frac{(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})}{|(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})|}$$

$$[0035] \quad \overline{PW}_R = l_{WR} \cdot \frac{(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})}{|(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})|}$$

$$[0036] \quad \overline{O_vW}_L = \frac{1}{3}(r_{O_cA4} + r_{O_cA5} + r_{O_cA6}) - r_{O_cA2} + \overline{PW}_L$$

$$[0037] \quad \overline{O_vW}_R = \frac{1}{3}(r_{O_cA7} + r_{O_cA8} + r_{O_cA9}) - r_{O_cA2} + \overline{PW}_R$$

[0038] 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。

[0039] 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:

$$[0040] \quad \overline{PW}_{LO_v} = \left(\frac{\overline{PW}_L \cdot \overline{O_vX_v}}{|\overline{O_vX_v}|}, \frac{\overline{PW}_L \cdot \overline{O_vY_v}}{|\overline{O_vY_v}|}, \frac{\overline{PW}_L \cdot \overline{O_vZ_v}}{|\overline{O_vZ_v}|} \right)$$

$$[0041] \quad \overline{PW}_{RO_v} = \left(\frac{\overline{PW}_R \cdot \overline{O_vX_v}}{|\overline{O_vX_v}|}, \frac{\overline{PW}_R \cdot \overline{O_vY_v}}{|\overline{O_vY_v}|}, \frac{\overline{PW}_R \cdot \overline{O_vZ_v}}{|\overline{O_vZ_v}|} \right)$$

$$[0042] \quad r_{O_vW_L} = \left(\frac{\overline{O_vW}_L \cdot \overline{O_vX_v}}{|\overline{O_vX_v}|}, \frac{\overline{O_vW}_L \cdot \overline{O_vY_v}}{|\overline{O_vY_v}|}, \frac{\overline{O_vW}_L \cdot \overline{O_vZ_v}}{|\overline{O_vZ_v}|} \right)$$

$$[0043] \quad r_{O_V W_R} = \left(\frac{\overline{O_V W_R} \cdot \overline{O_V X_V}}{|\overline{O_V X_V}|}, \frac{\overline{O_V W_R} \cdot \overline{O_V Y_V}}{|\overline{O_V Y_V}|}, \frac{\overline{O_V W_R} \cdot \overline{O_V Z_V}}{|\overline{O_V Z_V}|} \right)$$

[0044] 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 :

$$[0045] \quad \delta = \arctan \left(\frac{\overline{P W}_{LO_y x}}{\overline{P W}_{LO_y y}} \right)$$

$$[0046] \quad \lambda = \arcsin \left(\frac{\overline{P W}_{LO_y z}}{|\overline{P W}_{LO_y}|} \right)$$

[0047] 利用汽车坐标系下的 $\overline{A5 A4}$ 向量解算车轮转动角 θ :

$$[0048] \quad \theta = \arcsin \left(\frac{\overline{A5 A4}_{O_y z}}{|\overline{A5 A4}_{O_y}|} \right)$$

[0049] 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。

[0050] 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:

[0051] 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;

[0052] 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;

[0053] 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;

[0054] 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;

[0055] 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。

[0056] 本发明的有益效果在于:

[0057] (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;

[0058] (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;

[0059] (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;

[0060] (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;

[0061] (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

[0062] 图1是汽车坐标系的示意图;

[0063] 图2是车轮坐标系的示意图;

[0064] 图3是本发明的整体示意图;

[0065] 图4是本发明的左侧车轮测量示意图;

[0066] 图5是本发明的右侧车轮测量示意图;

[0067] 图6是本发明的车轮定位夹具结构;

[0068] 图7是本发明的基准夹具结构;

[0069] 图8是本发明的测量原理图;

[0070] 图9是车轮空间角度示意图;

[0071] 图10是本发明的另一实施例的示意图。

[0072] 图中:

[0073] 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

[0074] 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。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] 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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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} ;

[0081] 汽车坐标系 X_V 、 Y_V 、 Z_V 轴的向量可表示为:

$$[0082] \quad \overline{O_V X_V} = \overline{A2A3} = r_{O_cA3} - r_{O_cA2}$$

$$[0083] \quad \overline{O_V Z_V} = \overline{A2A1} = r_{O_cA1} - r_{O_cA2}$$

$$[0084] \quad \overline{O_V Y_V} = \overline{O_V Z_V} \times \overline{O_V X_V}$$

[0085] 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:

$$[0086] \quad \overline{A5A4} = r_{O_cA4} - r_{O_cA5}$$

$$[0087] \quad \overline{A5A6} = r_{O_cA6} - r_{O_cA5}$$

[0088] 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:

$$[0089] \quad \overline{A7A8} = r_{O_cA8} - r_{O_cA7}$$

$$[0090] \quad \overline{A7A9} = r_{O_cA9} - r_{O_cA7}$$

[0091] 左、右侧车轮转动轴线向量可表示为:

$$[0092] \quad \overline{PW}_L = l_{WL} \cdot \frac{\overline{A5A4} \times \overline{A5A6}}{|\overline{A5A4} \times \overline{A5A6}|} = l_{WL} \cdot \frac{(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})}{|(r_{O_cA4} - r_{O_cA5}) \times (r_{O_cA6} - r_{O_cA5})|}$$

$$[0093] \quad \overline{PW}_R = l_{WR} \cdot \frac{\overline{A7A8} \times \overline{A7A9}}{|\overline{A7A8} \times \overline{A7A9}|} = l_{WR} \cdot \frac{(r_{O_cA8} - r_{O_cA7}) \times (r_{O_cA9} - r_{O_cA7})}{|(r_{O_cA8} - r_{O_cA7}) \times (r_{O_cA9} - r_{O_cA7})|}$$

[0094] 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。

[0095] 汽车坐标系原点 O_V 到左、右侧轮心之间的矢量可表示为:

$$[0096] \quad \overline{O_V W}_L = \frac{1}{3}(r_{O_cA4} + r_{O_cA5} + r_{O_cA6}) - r_{O_cA2} + \overline{PW}_L$$

$$[0097] \quad \overline{O_V W_R} = \frac{1}{3}(\mathbf{r}_{O_c A7} + \mathbf{r}_{O_c A8} + \mathbf{r}_{O_c A9}) - \mathbf{r}_{O_c A2} + \overline{P W_R}$$

[0098] 左、右侧车轮转动轴线向量和向量 $\overline{A5A4}$ 、 $\overline{A8A7}$ 在汽车坐标系下表示为:

$$[0099] \quad \overline{P W_{L O_V}} = \left(\frac{\overline{P W_L} \cdot \overline{O_V X_V}}{|\overline{O_V X_V}|}, \frac{\overline{P W_L} \cdot \overline{O_V Y_V}}{|\overline{O_V Y_V}|}, \frac{\overline{P W_L} \cdot \overline{O_V Z_V}}{|\overline{O_V Z_V}|} \right)$$

$$[0100] \quad \overline{P W_{R O_V}} = \left(\frac{\overline{P W_R} \cdot \overline{O_V X_V}}{|\overline{O_V X_V}|}, \frac{\overline{P W_R} \cdot \overline{O_V Y_V}}{|\overline{O_V Y_V}|}, \frac{\overline{P W_R} \cdot \overline{O_V Z_V}}{|\overline{O_V Z_V}|} \right)$$

$$[0101] \quad \overline{A5A4}_{O_V} = \left(\frac{\overline{A5A4} \cdot \overline{O_V X_V}}{|\overline{O_V X_V}|}, \frac{\overline{A5A4} \cdot \overline{O_V Y_V}}{|\overline{O_V Y_V}|}, \frac{\overline{A5A4} \cdot \overline{O_V Z_V}}{|\overline{O_V Z_V}|} \right)$$

$$[0102] \quad \overline{A8A7}_{O_V} = \left(\frac{\overline{A8A7} \cdot \overline{O_V X_V}}{|\overline{O_V X_V}|}, \frac{\overline{A8A7} \cdot \overline{O_V Y_V}}{|\overline{O_V Y_V}|}, \frac{\overline{A8A7} \cdot \overline{O_V Z_V}}{|\overline{O_V Z_V}|} \right)$$

[0103] 左、右侧轮心点在汽车坐标系下的坐标为:

$$[0104] \quad \mathbf{r}_{O_V W_L} = \left(\frac{\overline{O_V W_L} \cdot \overline{O_V X_V}}{|\overline{O_V X_V}|}, \frac{\overline{O_V W_L} \cdot \overline{O_V Y_V}}{|\overline{O_V Y_V}|}, \frac{\overline{O_V W_L} \cdot \overline{O_V Z_V}}{|\overline{O_V Z_V}|} \right)$$

$$[0105] \quad \mathbf{r}_{O_V W_R} = \left(\frac{\overline{O_V W_R} \cdot \overline{O_V X_V}}{|\overline{O_V X_V}|}, \frac{\overline{O_V W_R} \cdot \overline{O_V Y_V}}{|\overline{O_V Y_V}|}, \frac{\overline{O_V W_R} \cdot \overline{O_V Z_V}}{|\overline{O_V Z_V}|} \right)$$

[0106] 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;

[0107] 可以看出,车轮转动轴线向量 $\overline{P W}$ 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 $\overline{P W}$ 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 $\overline{P W}$ 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。

[0108] 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 :

$$[0109] \quad \delta = \arctan\left(\frac{\overline{PW}_{LO_yx}}{\overline{PW}_{LO_yy}}\right)$$

$$[0110] \quad \lambda = \arcsin\left(\frac{\overline{PW}_{LO_yz}}{\left|\overline{PW}_{LO_y}\right|}\right)$$

[0111] 利用汽车坐标系下车轮定位夹具标靶间的向量 $\overline{A5A4}$ 解算车轮转动角 θ ：

$$[0112] \quad \theta = \arcsin\left(\frac{\overline{A5A4}_{O_yz}}{\left|\overline{A5A4}_{O_y}\right|}\right)$$

[0113] 本发明的一个实施例包括以下试验步骤：

[0114] 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：

[0115] 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；

[0116] 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；

[0117] 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；

[0118] 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：

[0119] 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°；

[0120] 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；

[0121] 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；

[0122] 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；

[0123] 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。

[0124] 本发明包括以下计算步骤:

[0125] 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:

[0126] 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;

[0127] 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 $r_{O_C A7}$ 、 $r_{O_C A8}$ 、 $r_{O_C A9}$;

[0128] 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:

[0129] 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 $r_{O_C A1}$ 、 $r_{O_C A2}$ 、 $r_{O_C A3}$,向量 $\overline{A2A1}$ 与汽车坐标系 Z_V 轴平行,向量 $\overline{A2A3}$ 与汽车坐标系 X_V 轴平行,向量 $\overline{A2A1}$ 与 $\overline{A2A3}$ 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 $\overline{O_V X_V} = r_{O_C A3} - r_{O_C A2}$,汽车坐标系 Z_V 轴的向量可表示为 $\overline{O_V Z_V} = r_{O_C A1} - r_{O_C A2}$,汽车坐标系 Y_V 轴的向量可表示为 $\overline{O_V Y_V} = \overline{O_V Z_V} \times \overline{O_V X_V}$;

[0130] 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:

[0131] 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 $r_{O_C A4}$ 、 $r_{O_C A5}$ 、 $r_{O_C A6}$,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 $r_{O_C A7}$ 、 $r_{O_C A8}$ 、 $r_{O_C A9}$;

[0132] 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:

$$[0133] \quad \overline{PW}_L = l_{WL} \cdot \frac{(\mathbf{r}_{O_cA4} - \mathbf{r}_{O_cA5}) \times (\mathbf{r}_{O_cA6} - \mathbf{r}_{O_cA5})}{\left| (\mathbf{r}_{O_cA4} - \mathbf{r}_{O_cA5}) \times (\mathbf{r}_{O_cA6} - \mathbf{r}_{O_cA5}) \right|}$$

$$[0134] \quad \overline{PW}_R = l_{WR} \cdot \frac{(\mathbf{r}_{O_cA4} - \mathbf{r}_{O_cA5}) \times (\mathbf{r}_{O_cA6} - \mathbf{r}_{O_cA5})}{\left| (\mathbf{r}_{O_cA4} - \mathbf{r}_{O_cA5}) \times (\mathbf{r}_{O_cA6} - \mathbf{r}_{O_cA5}) \right|}$$

$$[0135] \quad \overline{O_V W}_L = \frac{1}{3} (\mathbf{r}_{O_cA4} + \mathbf{r}_{O_cA5} + \mathbf{r}_{O_cA6}) - \mathbf{r}_{O_cA2} + \overline{PW}_L$$

$$[0136] \quad \overline{O_V W}_R = \frac{1}{3} (\mathbf{r}_{O_cA7} + \mathbf{r}_{O_cA8} + \mathbf{r}_{O_cA9}) - \mathbf{r}_{O_cA2} + \overline{PW}_R$$

[0137] 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。

[0138] 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:

$$[0139] \quad \overline{PW}_{LO_V} = \left(\frac{\overline{PW}_L \cdot \overline{O_V X_V}}{\left| \overline{O_V X_V} \right|}, \frac{\overline{PW}_L \cdot \overline{O_V Y_V}}{\left| \overline{O_V Y_V} \right|}, \frac{\overline{PW}_L \cdot \overline{O_V Z_V}}{\left| \overline{O_V Z_V} \right|} \right)$$

$$[0140] \quad \overline{PW}_{RO_V} = \left(\frac{\overline{PW}_R \cdot \overline{O_V X_V}}{\left| \overline{O_V X_V} \right|}, \frac{\overline{PW}_R \cdot \overline{O_V Y_V}}{\left| \overline{O_V Y_V} \right|}, \frac{\overline{PW}_R \cdot \overline{O_V Z_V}}{\left| \overline{O_V Z_V} \right|} \right)$$

$$[0141] \quad \mathbf{r}_{O_V W_L} = \left(\frac{\overline{O_V W}_L \cdot \overline{O_V X_V}}{\left| \overline{O_V X_V} \right|}, \frac{\overline{O_V W}_L \cdot \overline{O_V Y_V}}{\left| \overline{O_V Y_V} \right|}, \frac{\overline{O_V W}_L \cdot \overline{O_V Z_V}}{\left| \overline{O_V Z_V} \right|} \right)$$

$$[0142] \quad \mathbf{r}_{O_V W_R} = \left(\frac{\overline{O_V W}_R \cdot \overline{O_V X_V}}{\left| \overline{O_V X_V} \right|}, \frac{\overline{O_V W}_R \cdot \overline{O_V Y_V}}{\left| \overline{O_V Y_V} \right|}, \frac{\overline{O_V W}_R \cdot \overline{O_V Z_V}}{\left| \overline{O_V Z_V} \right|} \right)$$

[0143] 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 :

$$[0144] \quad \delta = \arctan \left(\overline{PW}_{LO_Vx} / \overline{PW}_{LO_Vy} \right)$$

$$[0145] \quad \lambda = \arcsin \left(\overline{PW}_{LO_Vz} / \left| \overline{PW}_{LO_V} \right| \right)$$

[0146] 利用汽车坐标系下的 $\overline{A5A4}$ 向量解算车轮转动角 θ :

$$[0147] \quad \theta = \arcsin \left(\overline{A5A4}_{O_Vz} / \left| \overline{A5A4}_{O_V} \right| \right)$$

[0148] 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。

[0149] 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。

[0150] 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。



图1

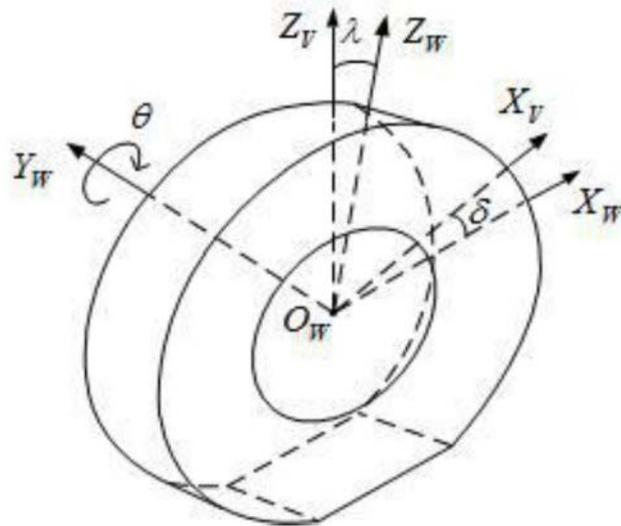


图2

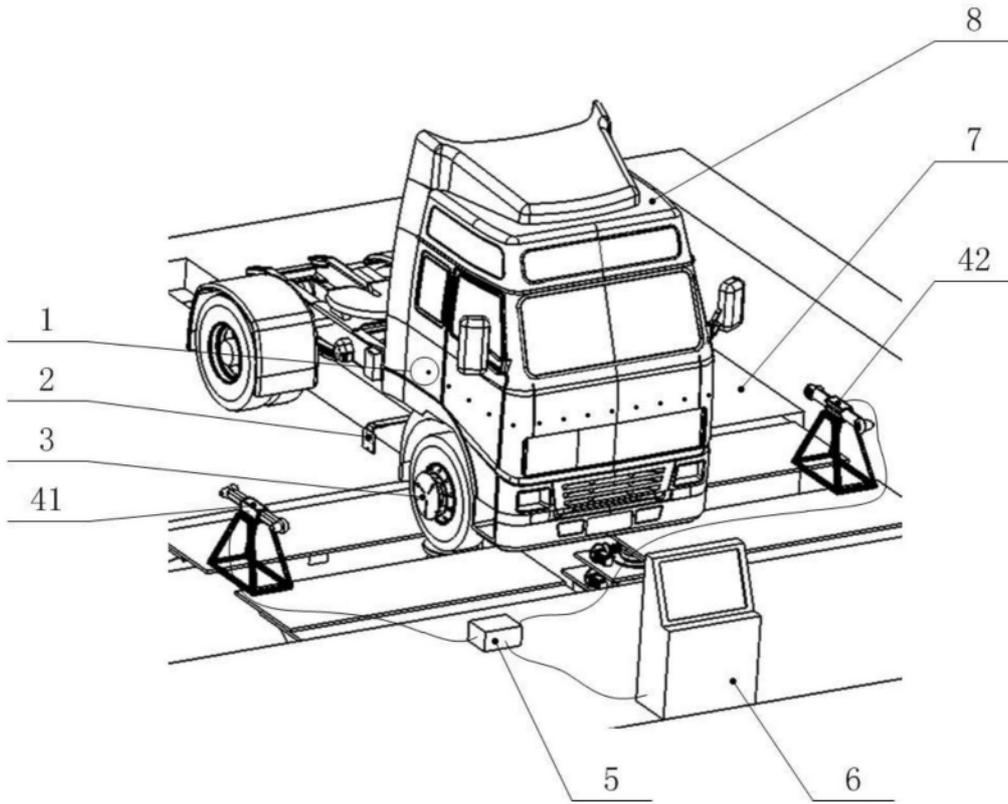


图3

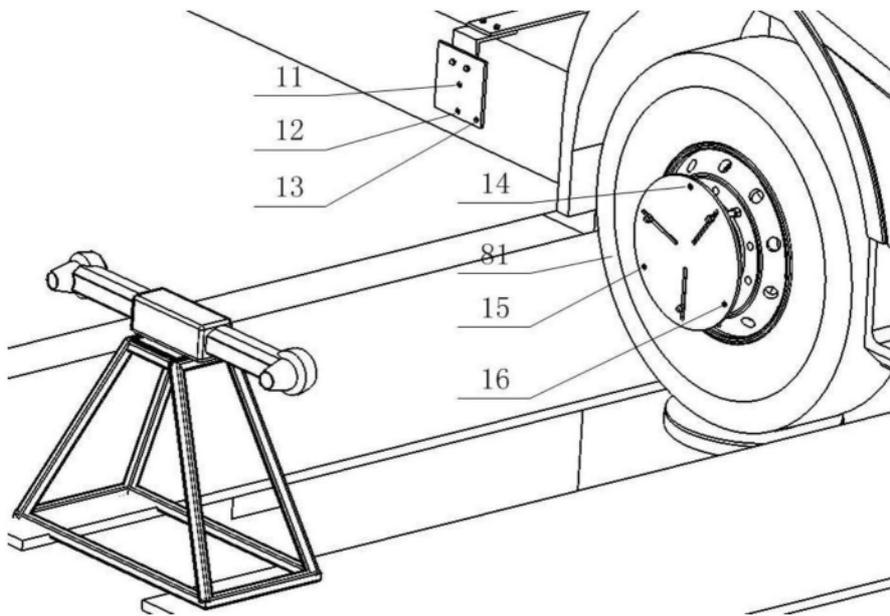


图4

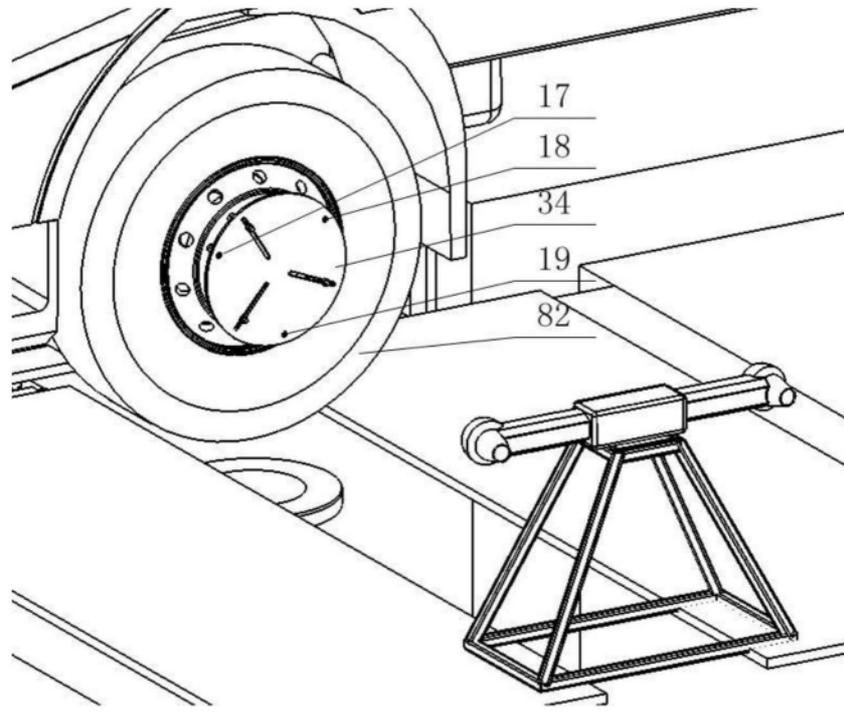


图5

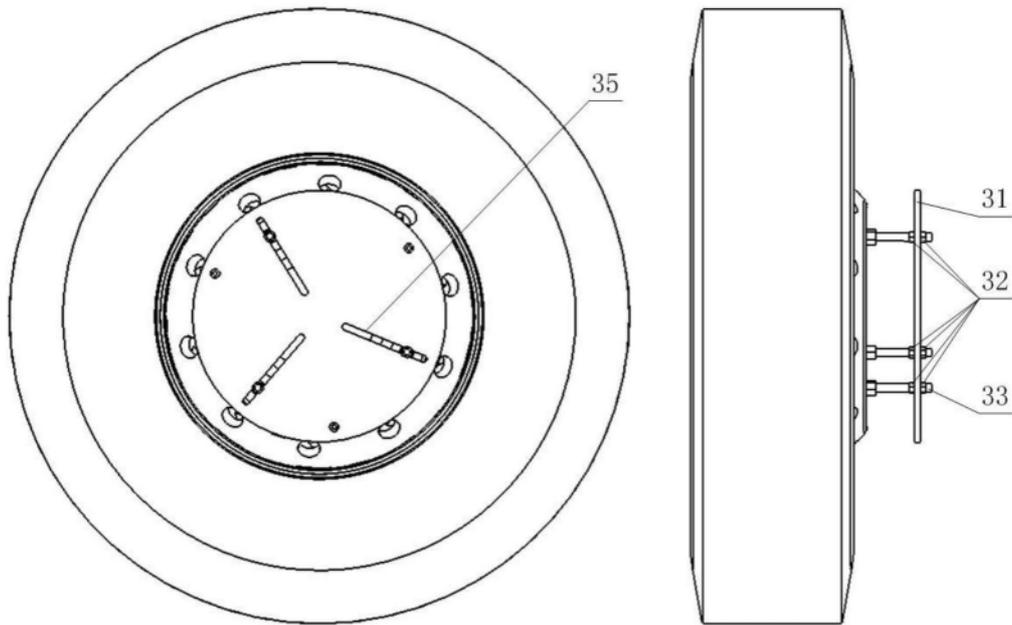


图6

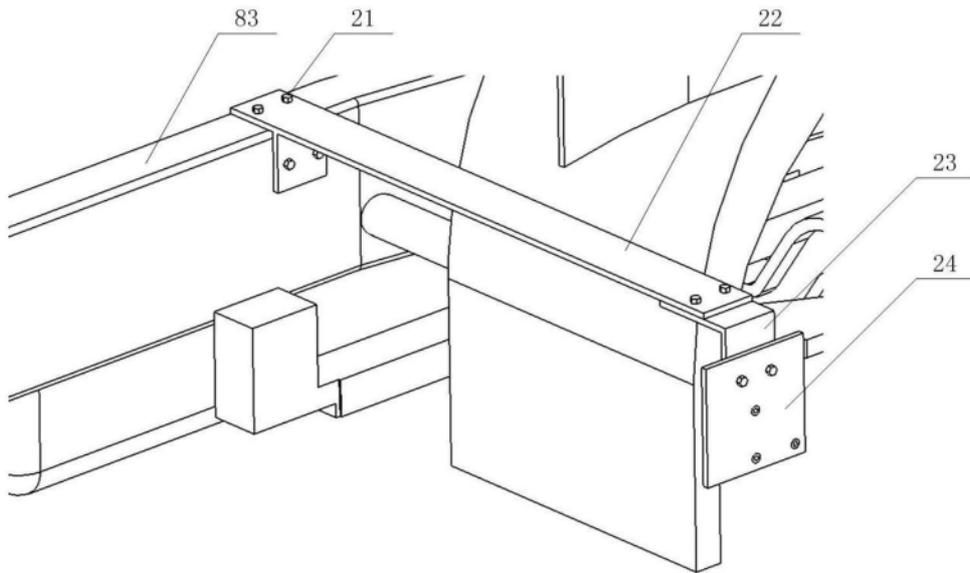


图7

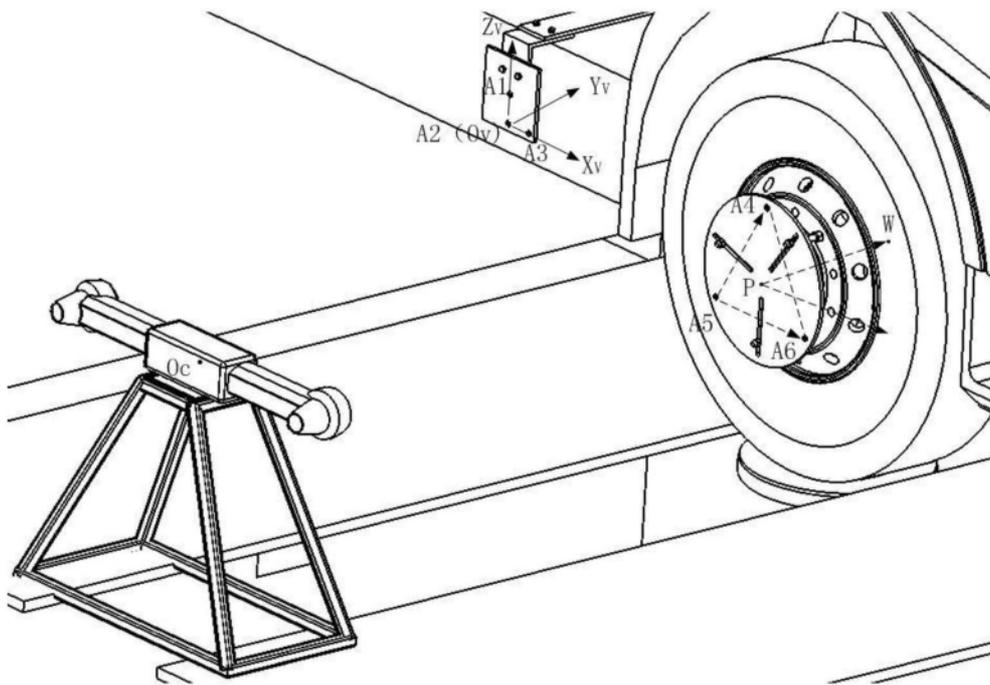


图8

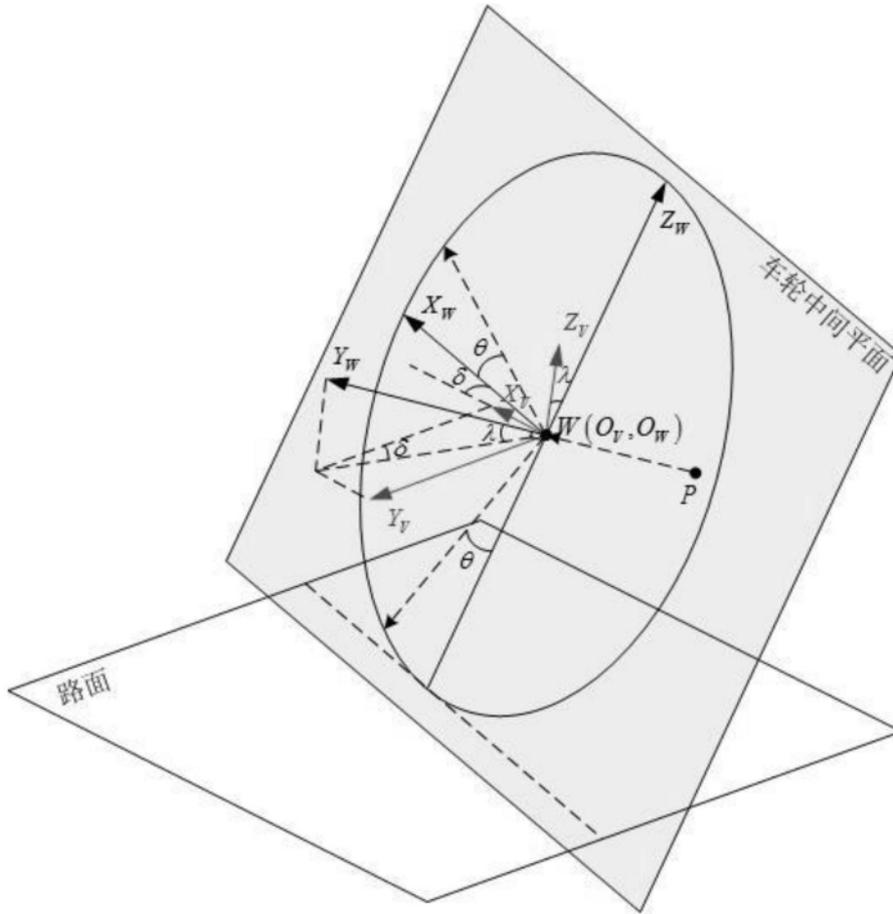


图9

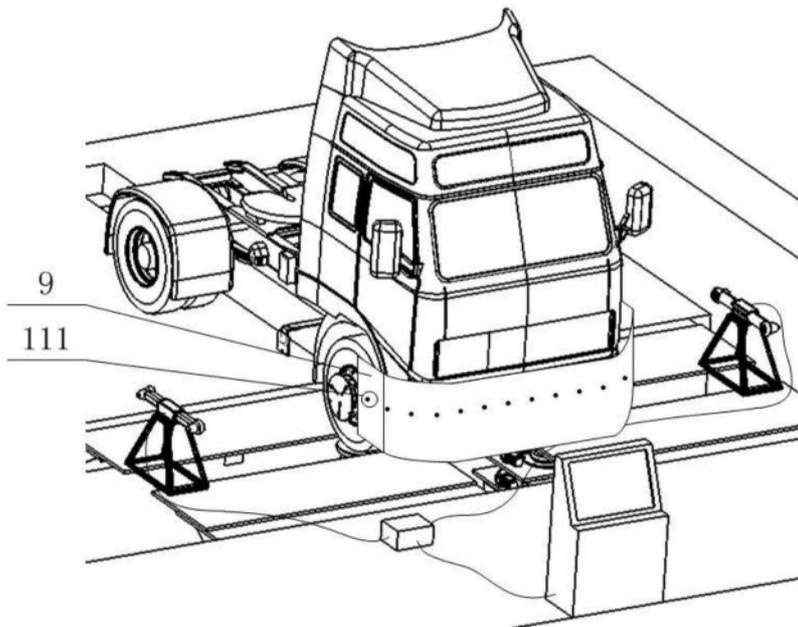


图10