



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105115685 B

(45)授权公告日 2019.01.11

(21)申请号 201510542006.6

G01M 1/12(2006.01)

(22)申请日 2015.08.28

G01M 17/08(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105115685 A

(56)对比文件

CN 202153166 U, 2012.02.29,

CN 2274768 Y, 1998.02.18,

CN 1396458 A, 2003.02.12,

(43)申请公布日 2015.12.02

(73)专利权人 中车青岛四方机车车辆股份有限公司

杨学曾.三自由度运动加速度自补偿压力传感器.《火炮发射与控制学报》.1995,(第4期),第51-56页.

地址 266111 山东省青岛市城阳区锦宏东路88号

李海涛等.轨道车辆车下悬挂大部件质心惯量测试方法.《铁道机车车辆》.2015,第35卷第103-105页.

(72)发明人 关岳 张志强 李海涛 李明

审查员 聂林

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 李相雨

(51)Int.Cl.

G01M 7/02(2006.01)

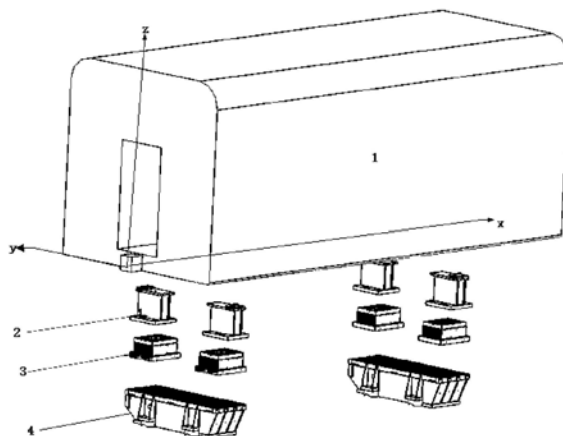
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统及方法

(57)摘要

本发明提供了一种基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统,包括:整车振动模拟试验台、力传感器和若干个车体支撑工装;所述整车振动模拟试验台,用于通过该整车振动模拟试验台使得待测试车体绕X轴方向旋转相应角度;所述力传感器,用于在测试过程中获取待测试车体在X、Y、Z三方向上力的变化;所述车体支撑工装,置于待测试车体的车体枕梁与所述力传感器之间,用于支撑及固定待测试车体。本发明还提供了一种基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试方法。本发明解决了铁路车辆整备后车体质心无法在试验台测试的问题。



1. 一种基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统,其特征在于,包括:整车振动模拟试验台、力传感器和若干个车体支撑工装;所述整车振动模拟试验台,用于通过该整车振动模拟试验台使待测试车体绕X轴方向旋转相应角度;

所述力传感器设置在所述整车振动模拟试验台的台面与所述车体支撑工装的底面之间,用于在测试过程中获取待测试车体在X、Y、Z三方向上力的变化;

所述车体支撑工装,置于待测试车体的车体枕梁与所述力传感器之间,用于支撑及固定待测试车体;

其中,所述力传感器内部包括四个测力单元loadcell11、loadcell12、loadcell13和loadcell14;每个测力单元包括一个垂向力测力通道 F_z ,一个横向力测力通道 F_y ,一个纵向力测试通道 F_x ,以及三个加速度动态补偿通道 A_x 、 A_y 和 A_z ;

所述系统包括四个车体支撑工装,其中一个车体支撑工装上带有定位销,所述定位销用于连接待测试车体的车体枕梁上的预设的接口,以使待测试车体与支撑工装准确对接和定位;

所述四个车体支撑工装表面均安装有橡胶垫,用于加大待测试车体与所述车体支撑工装之间的静摩擦力;

通过车体在X、Y、Z方向上所受的力 F_x 、 F_y 和 F_z 与测力通道上部质量部分的加速度测试通道 A_x 、 A_y 和 A_z ,进行动态补偿组合计算,去除力传感器运动时测力通道上质量部分的动态惯性力,以获取车体支撑工装及待测试车体所组成的整体的质心位置;

$$F_z = F_{z_loadcell11} + F_{z_loadcell12} + F_{z_loadcell13} + F_{z_loadcell14};$$

$$M_x = (F_{z_loadcell11} + F_{z_loadcell13} - F_{z_loadcell12} - F_{z_loadcell14}) * Dis_y_loadcell1 / 2 + M_{x_loadcell11} + M_{x_loadcell12} + M_{x_loadcell13} + M_{x_loadcell14};$$

其中,Dis_y_loadcell1为同一台面的力传感器中心横向间距;

$$M_y = (F_{z_loadcell11} + F_{z_loadcell12} - F_{z_loadcell13} - F_{z_loadcell14}) * Dis_x_loadcell1 / 2 + M_{y_loadcell11} + M_{y_loadcell12} + M_{y_loadcell13} + M_{y_loadcell14};$$

其中,Dis_x_loadcell1为两个台面的纵向间距; $F_{z_loadcell11}$ 为所述力传感器的第一测力单元测得的Z方向上所受的力, $F_{z_loadcell12}$ 为所述力传感器的第二测力单元测得的Z方向上所受的力, $F_{z_loadcell13}$ 为所述力传感器的第三测力单元测得的Z方向上所受的力, $F_{z_loadcell14}$ 为所述力传感器的第四测力单元测得的Z方向上所受的力;

$M_{x_loadcell11}$ 、 $M_{y_loadcell11}$ 为所述力传感器的第一测力单元的力矩, $M_{x_loadcell12}$ 、 $M_{y_loadcell12}$ 为所述力传感器的第二测力单元的力矩, $M_{x_loadcell13}$ 、 $M_{y_loadcell13}$ 为所述力传感器的第三测力单元的力矩, $M_{x_loadcell14}$ 、 $M_{y_loadcell14}$ 为所述力传感器的第四测力单元的力矩;

其中,质心的计算方式为:

$$CGx_{car} = \frac{\left(\frac{M_y}{g} - m_{fixture} - CG_{fixture} \right)}{m_{car}} ;$$

$$CGy_{car} = \frac{\left(\frac{M_x}{g} - m_{fixture} - CG_{fixture} \right)}{m_{car}} ;$$

$$CGz_{car} = \frac{m_{total} \times CGz_{total} - m_{fixture} \times CGz_{fixture}}{m_{car}} ;$$

其中, $m_{fixture}$ 为车体支撑工装的质量; $CG_{fixture}$ 为车体支撑工装的质心坐标; m_{car} 为待测试车体的质量; m_{total} 为车体支撑工装与待测试车体整体质量; CGz_{total} 为工装与待测试车体整体质心在Z轴上的坐标; $CGz_{fixture}$ 为车体支撑工装质心在Z轴上的坐标。

2. 根据权利要求1所述的系统, 其特征在于, 所述橡胶垫的厚度为1mm~2mm。

3. 一种基于权利要求1-2任一所述的整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统的车体质量中心测试方法, 其特征在于, 包括:

在安装所述车体支撑工装前, 将所述力传感器的位置调整预设位置并锁紧;

在整车振动模拟试验台上安装所述车体支撑工装, 并在待测试车体上安装角度传感器;

运行预先存储的整车振动模拟试验台驱动程序, 驱动所述整车振动模拟试验台, 通过静态称重和倾斜称重, 获取车体支撑工装整体质心位置;

将除去转向架的待测试车体放在整车振动模拟试验台上的车体支撑工装上;

安装待测试车体时, 根据待测试车体的车体枕梁上预设的接口, 将所述车体枕梁上预设的接口与车体支撑工装上的定位销对接, 使得待测试车体与车体支撑工装准确对接和定位;

运行预先存储的整车振动模拟试验台驱动程序, 驱动所述整车振动模拟试验台, 通过静态称重和倾斜称重, 获取车体支撑工装及待测试车体所组成的整体的质心位置。

4. 根据权利要求3所述的方法, 其特征在于, 还包括: 在车体支撑工装和待测试车体的中心销之间连接防倾覆工装。

基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测量技术领域,具体涉及一种基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统及方法。

背景技术

[0002] 质量中心简称质心,指物质系统上被认为质量集中于此的一个假想点,质心位置在工程上有重要意义。

[0003] 在铁路车辆设计过程中,通常需要计算车辆的总质量、质心位置、轴荷分配等,以确定车辆的行驶安全性及稳定性。由于车体质心无法在试验台测试,故传统车体质心的计算方法一般是通过仿真计算,但对于仿真的结果却没有有效的试验方法进行验证,因而无法获得较为准确的车体质心结果。

发明内容

[0004] 针对现有技术中的缺陷,本发明提供一种基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统及方法,解决了铁路车辆整备后车体质心无法在试验台测试的问题,能够完成对铁路车辆车体质心的测试。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供以下技术方案:

[0006] 第一方面,本发明提供了一种基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统,包括:整车振动模拟试验台、力传感器和若干个车体支撑工装;

[0007] 所述整车振动模拟试验台,用于通过该整车振动模拟试验台使待测试车体绕X轴方向旋转相应角度;

[0008] 所述力传感器,用于在测试过程中获取待测试车体在X、Y、Z三方向上力的变化;

[0009] 所述车体支撑工装,置于待测试车体的车体枕梁与所述力传感器之间,用于支撑及固定待测试车体。

[0010] 进一步地,所述力传感器为六自由度力传感器,所述力传感器内部包括四个测力单元loadcell1、loadcell2、loadcell3和loadcell4;每个测力单元包括一个垂向力测力通道 F_z ,一个横向力测力通道 F_y ,一个纵向力测试通道 F_x ,以及三个加速度动态补偿通道 A_x 、 A_y 和 A_z 。

[0011] 进一步地,所述系统包括四个车体支撑工装,其中一个车体支撑工装上带有定位销,所述定位销用于连接待测试车体的车体枕梁上的预设的接口,以使待测试车体与车体支撑工装准确对接和定位。

[0012] 进一步地,所述四个车体支撑工装表面均安装有橡胶垫,用于加大待测试车体与所述车体支撑工装之间的静摩擦力。

[0013] 进一步地,所述橡胶垫的厚度为1mm~2mm。

[0014] 第二方面,本发明还提供了一种基于上面所述的整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统的车体质量中心测试方法,包括:

[0015] 在安装所述车体支撑工装前,将所述力传感器的位置调整预设位置并锁紧;

[0016] 在整车振动模拟试验台上安装所述车体支撑工装,并在待测试车体上安装角度传感器;

[0017] 运行预先存储的整车振动模拟试验台驱动程序,驱动所述整车振动模拟试验台,通过静态称重和倾斜称重,获取车体支撑工装整体质心位置;

[0018] 将除去转向架的待测试车体放在整车振动模拟试验台上的车体支撑工装上;

[0019] 安装待测试车体时,根据待测试车体的车体枕梁上预设的接口,将所述车体枕梁上预设的接口与车体支撑工装上的定位销对接,使得待测试车体与车体支撑工装准确对接和定位;

[0020] 运行预先存储的整车振动模拟试验台驱动程序,驱动所述整车振动模拟试验台,通过静态称重和倾斜称重,获取车体支撑工装及待测试车体所组成的整体的质心位置。

[0021] 进一步地,所述获取车体支撑工装及待测试车体所组成的整体的质心位置包括:

[0022] 通过车体在X、Y、Z方向上所受的力 F_x 、 F_y 和 F_z 与测力通道上部质量部分的加速度测试通道 A_x 、 A_y 和 A_z ,进行动态补偿组合计算,去除力传感器运动时测力通道上质量部分的动态惯性力;

[0023] $F_z = F_{z_loadcell1} + F_{z_loadcell2} + F_{z_loadcell3} + F_{z_loadcell4}$;

[0024] $M_x = (F_{z_loadcell1} + F_{z_loadcell3} - F_{z_loadcell2} - F_{z_loadcell4}) * Disy_loadcell / 2 + M_{x_loadcell1} + M_{x_loadcell2} + M_{x_loadcell3} + M_{x_loadcell4}$;

[0025] 其中, $Disy_loadcell$ 为同一台面的力传感器中心横向间距;

[0026] $M_y = (F_{z_loadcell1} + F_{z_loadcell2} - F_{z_loadcell3} - F_{z_loadcell4}) * Disx_loadcell / 2 + M_{y_loadcell1} + M_{y_loadcell2} + M_{y_loadcell3} + M_{y_loadcell4}$;

[0027] 其中, $Disx_loadcell$ 为两个台面的纵向间距; $F_{z_loadcell1}$ 为所述力传感器的第一测力单元测得的Z方向上所受的力, $F_{z_loadcell2}$ 为所述力传感器的第二测力单元测得的Z方向上所受的力, $F_{z_loadcell3}$ 为所述力传感器的第三测力单元测得的Z方向上所受的力, $F_{z_loadcell4}$ 为所述力传感器的第四测力单元测得的Z方向上所受的力;

[0028] $M_{x_loadcell1}$ 、 $M_{y_loadcell1}$ 为所述力传感器的第一测力单元的力矩, $M_{x_loadcell2}$ 、 $M_{y_loadcell2}$ 为所述力传感器的第二测力单元的力矩, $M_{x_loadcell3}$ 、 $M_{y_loadcell3}$ 为所述力传感器的第三测力单元的力矩, $M_{x_loadcell4}$ 、 $M_{y_loadcell4}$ 为所述力传感器的第四测力单元的力矩;

[0029] 其中,质心的计算方式为:

$$[0030] \quad CGx_{car} = \frac{\left(\frac{M_y}{g} - m_{fixture} - CG_{fixture} \right)}{m_{car}} ;$$

$$[0031] \quad CGy_{car} = \frac{\left(\frac{M_x}{g} - m_{fixture} - CG_{fixture} \right)}{m_{car}} ;$$

$$[0032] \quad CGz_{car} = \frac{m_{total} \times CGz_{total} - m_{fixture} \times CGz_{fixture}}{m_{car}} ;$$

[0033] 其中, $m_{fixture}$ 为车体支撑工装的质量; $Gz_{fixture}$ 为车体支撑工装的质心坐标; m_{car} 为待测试车体的质量; m_{total} 为车体支撑工装与待测试车体整体质量; Gz_{total} 为工装与待测试车体整体质心在Z轴上的坐标; $Gz_{fixture}$ 为车体支撑工装质心在Z轴上的坐标。

[0034] 进一步地, 所述方法还包括: 在车体支撑工装和待测试车体的中心销之间连接防倾覆工装。

[0035] 由上述技术方案可知, 本发明所述的基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统及方法解决了铁路车辆整备后车体质量中心无法在试验台测试的问题, 可以使用本发明所述方法对轨道车辆车体质心进行测试。本发明通过台架试验完成对整备后的铁路车辆车体质心的测试; 在测试车体质心时, 本发明使用专门的测试软件, 测试结果能自动记录, 测试完毕能将测试数据导出进行处理, 全程自动化操作, 操作简便, 省时省力。

[0036] 另外, 由于传统计算车体质心的方法是通过仿真计算, 而对于仿真的结果没有有效的试验方法进行验证。通过本发明所述方法不仅可以验证仿真计算结果, 还可以为通过传统车体质心计算方法得到的仿真模型的修正提供依据。

附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图是本发明的一些实施例, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0038] 图1是本发明一个实施例提供的基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统的三维结构示意图;

[0039] 图2a-2c是本发明一个实施例提供的基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统的平面结构示意图;

[0040] 图3是本发明一个实施例提供的车体支撑工装的结构示意图;

[0041] 图4是本发明另一实施例提供的基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试方法的流程图。

具体实施方式

[0042] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚, 下面将结合本发明实施例中的附图, 对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述, 显然, 所描述的实施例是本发明一部分实施例, 而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例, 本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例, 都属于本发明保护的范围。

[0043] 图1示出了本发明一个实施例提供的基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统的三维结构示意图, 图2a-2c示出了基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统的平面结构示意图。参见图1和图2, 本发明实施例提供的基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试该系统包括: 整车振动模拟试验台4、力传感器3和若干个车体支撑工装

2;

[0044] 所述整车振动模拟试验台4,用于通过该整车振动模拟试验台使待测试车体1绕X轴方向旋转相应角度;

[0045] 所述力传感器3,用于在测试过程中获取待测试车体1在X、Y、Z三方向上力的变化;

[0046] 所述车体支撑工装2,置于待测试车体1的车体枕梁与所述力传感器3之间,用于支撑及固定待测试车体。

[0047] 其中,所述力传感器3为六自由度力传感器,所述力传感器内部包括四个测力单元loadcell1、loadcell2、loadcell3和loadcell4;每个测力单元包括一个垂向力测力通道 F_z ,一个横向力测力通道 F_y ,一个纵向力测试通道 F_x ,以及三个加速度动态补偿通道 A_x 、 A_y 和 A_z 。

[0048] 其中,所述系统包括四个车体支撑工装,三个如图3中A所示;一个如图3中B所示,带有定位销,用于连接车体枕梁上接口(例如空气弹簧补气座安装孔)与车体支撑工装,用于车体与支撑工装对接时定位;四个车体支撑工装表面都安装有橡胶垫,以加大车体与工装之间的静摩擦力。优选地,所述橡胶垫的厚度为1mm~2mm。

[0049] 本实施例解决了铁路车辆整备后车体质心无法在试验台测试的问题,本实施例可以通过整车振动模拟试验台完成对整备后的铁路车辆车体质心的测试。

[0050] 图4示出了本发明另一实施例提供的基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试方法的流程图。本实施例提供的基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试方法基于上述实施例所述的基于整车振动模拟试验台的车体质量中心测试系统,参见图4,该方法具体包括如下步骤:

[0051] 步骤101:在安装所述车体支撑工装前,将所述力传感器的位置调整到位并锁紧。

[0052] 在本步骤中,在安装所述车体支撑工装前,将所述力传感器的位置调整到位并锁紧,另外将所述力传感器的各测试通道清零。

[0053] 步骤102:在整车振动模拟试验台上安装所述车体支撑工装,并在待测试车体上安装角度传感器。

[0054] 步骤103:运行预先存储的整车振动模拟试验台驱动程序,驱动所述整车振动模拟试验台,通过静态称重和倾斜称重,获取车体支撑工装整体质心位置。

[0055] 步骤104:将除去转向架的待测试车体放在整车振动模拟试验台上的车体支撑工装上。

[0056] 步骤105:安装待测试车体时,根据待测试车体的车体枕梁上预设的接口,将所述车体枕梁上预设的接口与车体支撑工装上的定位销对接,使得待测试车体与车体支撑工装准确对接和定位。

[0057] 在本步骤中,安装待测试车体时,须根据车体枕梁上的接口(例如空气补气座的安装接口),对车体安装进行准确定位。安装待测试车体过程中,需要在车体支撑工装与待测试车体的车体枕梁间放置1mm~2mm厚度的薄橡胶垫片,以增加摩擦力,提高待测试车的运动稳定性。

[0058] 步骤106:运行预先存储的整车振动模拟试验台驱动程序,驱动所述整车振动模拟试验台,通过静态称重和倾斜称重,获取车体支撑工装及待测试车体所组成的整体的质心位置。

[0059] 在本步骤中,运行预先编制的MPT程序,驱动所述整车振动模拟试验台,通过静态称重和倾斜称重,获取车体支撑工装及待测试车体所组成的整体的质心位置。

[0060] 在本步骤中,整车振动模拟试验台的六自由度力传感器内部包括四个测力单元,分别为loadcell1、loadcell2、loadcell3和loadcell4,每个测力单元包括一个垂向力测力通道 F_z ,一个横向力测力通道 F_y ,一个纵向力测试通道 F_x ,以及三个加速度动态补偿通道 A_x 、 A_y 和 A_z 。

[0061] 更进一步地,通过 F_x 、 F_y 和 F_z 与测力通道上部质量部分的加速度测试通道 A_x 、 A_y 和 A_z ,进行动态补偿组合计算,去除力传感器运动时测力通道上质量部分的动态惯性力。

[0062] 整车试验4力传感器:

[0063] $F_z = F_{z_loadcell1} + F_{z_loadcell2} + F_{z_loadcell3} + F_{z_loadcell4}$;

[0064] $M_x = (F_{z_loadcell1} + F_{z_loadcell3} - F_{z_loadcell2} - F_{z_loadcell4}) * Dis_{y_loadcell} / 2 + M_{x_loadcell1} + M_{x_loadcell2} + M_{x_loadcell3} + M_{x_loadcell4}$;

[0065] 其中, $Dis_{y_loadcell}$ 为同一台面的力传感器中心横向间距;

[0066] $M_y = (F_{z_loadcell1} + F_{z_loadcell2} - F_{z_loadcell3} - F_{z_loadcell4}) * Dis_{x_loadcell} / 2 + M_{y_loadcell1} + M_{y_loadcell2} + M_{y_loadcell3} + M_{y_loadcell4}$;

[0067] 其中, $Dis_{x_loadcell}$ 为两个台面的纵向间距,例如本实施例中为17500mm; $F_{z_loadcell1}$ 为所述力传感器的第一测力单元测得的Z方向上所受的力, $F_{z_loadcell2}$ 为所述力传感器的第二测力单元测得的Z方向上所受的力, $F_{z_loadcell3}$ 为所述力传感器的第三测力单元测得的Z方向上所受的力, $F_{z_loadcell4}$ 为所述力传感器的第四测力单元测得的Z方向上所受的力;

[0068] $M_{x_loadcell1}$ 、 $M_{y_loadcell1}$ 为所述力传感器的第一测力单元的力矩, $M_{x_loadcell2}$ 、 $M_{y_loadcell2}$ 为所述力传感器的第二测力单元的力矩, $M_{x_loadcell3}$ 、 $M_{y_loadcell3}$ 为所述力传感器的第三测力单元的力矩, $M_{x_loadcell4}$ 、 $M_{y_loadcell4}$ 为所述力传感器的第四测力单元的力矩;

[0069] 其中,质心的计算方式为:

$$[0070] \quad CGx_{car} = \frac{\left(\frac{M_y}{g} - m_{fixture} - CG_{fixture} \right)}{m_{car}} ;$$

$$[0071] \quad CGy_{car} = \frac{\left(\frac{M_x}{g} - m_{fixture} - CG_{fixture} \right)}{m_{car}} ;$$

$$[0072] \quad CGz_{car} = \frac{m_{total} \times CGz_{total} - m_{fixture} \times CGz_{fixture}}{m_{car}} ;$$

[0073] 其中, $m_{fixture}$ 为车体支撑工装的质量; $G_{fixture}$ 为车体支撑工装的质心坐标; m_{car} 为待测试车体的质量; m_{total} 为车体支撑工装与待测试车体整体质量; Gz_{total} 为工装与待测试车体整体质心在Z轴上的坐标; $Gz_{fixture}$ 为车体支撑工装质心在Z轴上的坐标。

[0074] 在本发明的一个优选实施例中,在所述步骤106之前,所述方法还包括:在车体支

撑工装和待测试车体的中心销之间连接防倾覆工装。

[0075] 本实施例通过设计一种基于整车振动模拟试验台的试验方法,解决了铁路车辆整备后车体质量中心无法在试验台测试的问题,可以使用该方法对轨道车辆车体质心进行测试。

[0076] 本实施例通过台架试验完成对整备后的铁路车辆车体质心的测试;在测试车体质心时,本实施使用专门的测试软件,测试结果能自动记录,测试完毕能将测试数据导出进行处理,全程自动化操作,操作简便,省时省力。

[0077] 另外,由于传统计算车体质心的方法是通过仿真计算,而对于仿真的结果没有有效的试验方法进行验证。通过本实施例所述方法不仅可以验证仿真计算结果,还可以为通过传统车体质心计算方法得到的仿真模型的修正提供依据。

[0078] 以上实施例仅用于说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

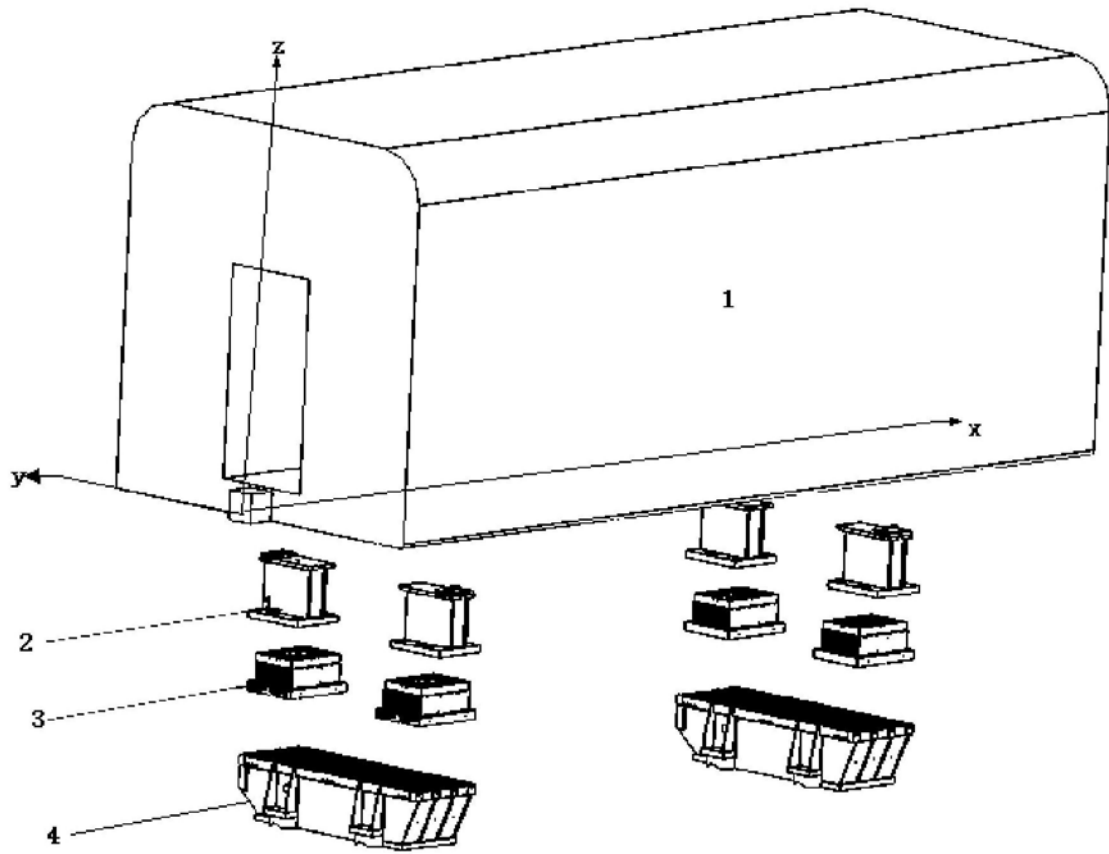


图1

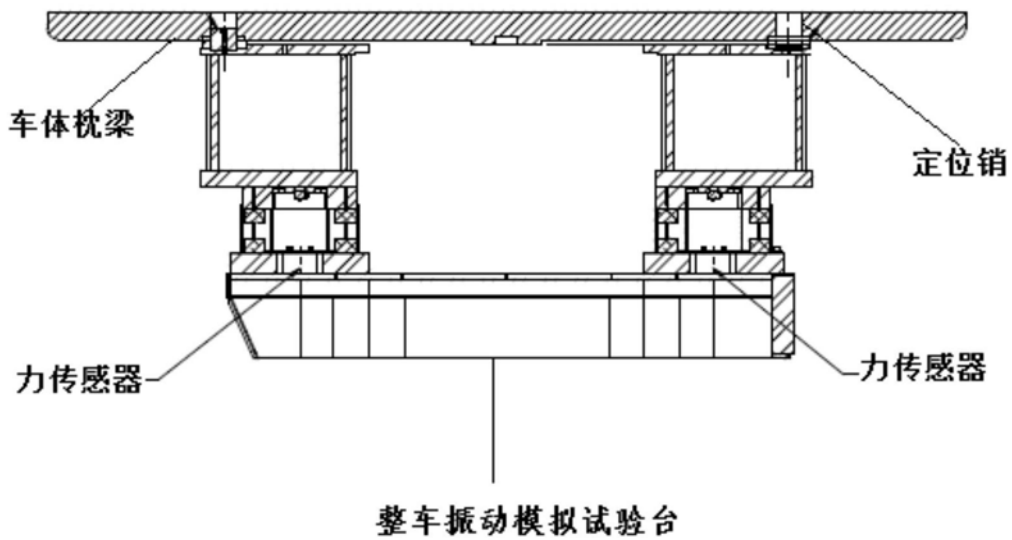


图2a

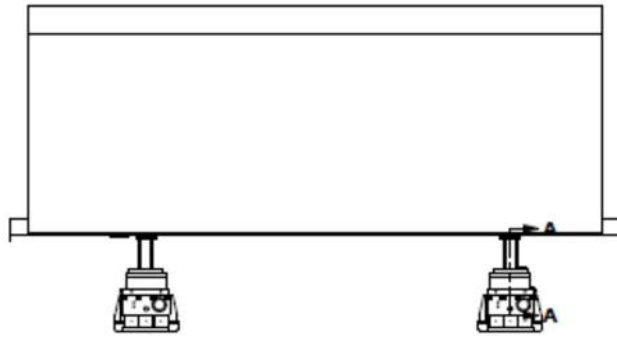


图2b

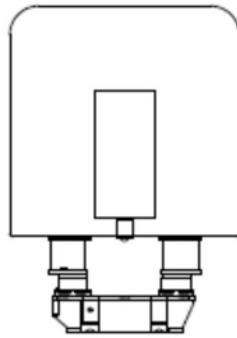


图2c

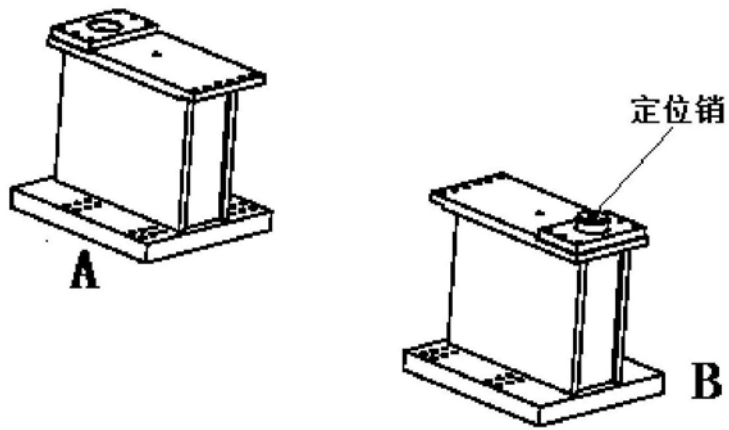


图3

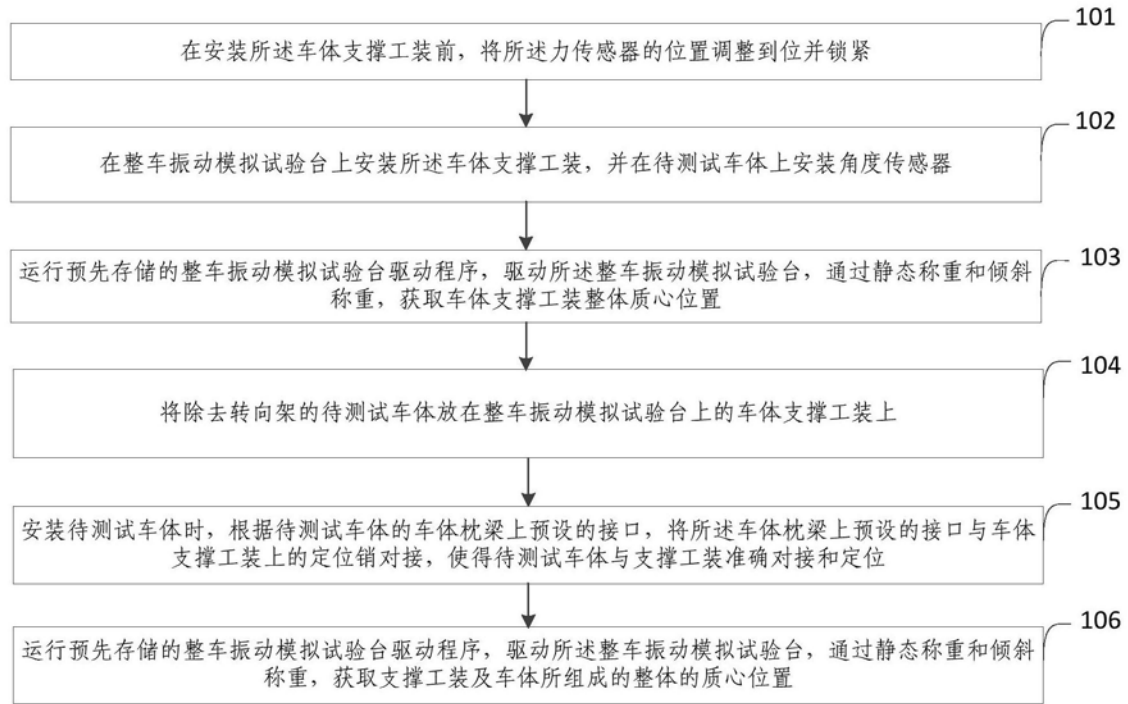


图4