



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113484507 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 29

(21) 申请号 202110724037.9

CN 101477111 A, 2009.07.08

(22) 申请日 2021.06.29

WO 2006090686 A1, 2006.08.31

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113484507 A

刘程等. 一种轿车车轮应力状态测量与分析方法.《力学与实践》.2020,第42卷(第1期),第42-49页.

(43) 申请公布日 2021.10.08

Guo M等. Tire-pavement contact stress characteristics and critical slip ratio at multiple working conditions.《Advances in Materials Science and Engineering》.2019,第2019卷第1-11页.

(73) 专利权人 长春工业大学

地址 130012 吉林省长春市朝阳区延安大街2055号

(72) 发明人 高学亮 王英铭 刘亚梅 范伟光

龙振新 王佳懿 闫越

审查员 幸艳

(51) Int. Cl.

G01N 33/44 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 208907843 U, 2019.05.28

CN 104236929 A, 2014.12.24

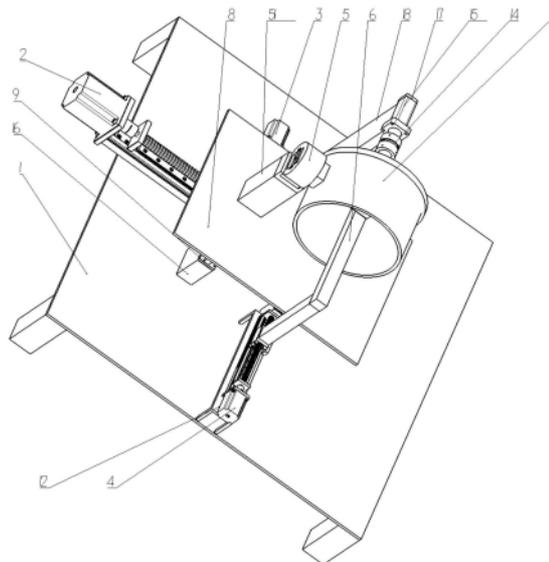
权利要求书3页 说明书8页 附图13页

(54) 发明名称

滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置及方法,由支撑平台、第一、二、三直线加载调节机构2、3、4和橡胶总成、视觉检测系统、玻璃板总成、温度控制单元、位移和压力传感器、电机和计算机组成,以上各个组成部分按照一定地位置关系固定连接在支撑平台上;该装置能够完全模拟启动、滚动制动工况下轮胎胎面橡胶材料接触印迹形成机理和接地印迹内的全域动态应变和位移,并且通过非接触视觉测量方法,解决了滚动接触印记内全域变形分布特征的难题,而且提出一种新的计算动态滑移率的方法,解决了目前获取方式单一及测量数据有限且存在误差大的测试问题,本发明具有结构简洁、易于控制及调节的特点。



1. 滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,其特征在于:包括支撑平台(1)、第一直线加载调节机构(2)、第二直线加载调节机构(3)、第三直线加载调节机构(4)、橡胶总成(5)、视觉检测系统(6)、玻璃板总成(7)、温度控制单元(8)、直线位移传感器(9)、第一支架(12)、第一联轴器(14)、第一电机(15)、角度编码器(17)、电机支架(18)和计算机,所述的第一直线加载调节机构(2)通过第一螺钉(11)固定在支撑平台(1)上、所述的第二直线加载调节机构(3)通过第二螺钉(13)固定在第一直线加载调节机构(2)的第一滑块(26)上,所述的第三直线加载调节机构(4)通过第一支架(12)固定在支撑平台(1)上,所述的橡胶总成(5)通过支撑架(51)与温度控制单元(8)的有机玻璃板(81)固定连接,所述的视觉检测系统(6)通过相机支架(63)固定连接在第三直线加载调节机构(4)的第三滑块(46)上,所述的玻璃板总成(7)中的旋转轴(73)通过第一联轴器(14)与第一电机(15)连接,所述的温度控制单元(8)通过第一矩形连接板(38)固定连接在第二直线加载调节机构(3)的第二滑块(36)上,所述的直线位移传感器(9)的移动端(91)固定在第二直线加载调节机构(3)的辅助导板(310)上,所述的直线位移传感器(9)的固定端(92)通过第二支架(16)固定在支撑平台(1)上,所述的视觉检测系统(6)的相机(61)和光源(62)的光轴线和橡胶试样(55)的中心线为同一条直线,压力传感器(54)、直线位移传感器(9)、温度传感器(82)分别通过数据采集卡与计算机通讯连接,所述的角度编码器(17)上对应的孔位与第一电机(15)的转轴固定连接,所述的第一电机(15)通过电机支架(18)与支撑平台(1)固定连接,第一电机(15)、第二电机(21)、第三电机(31)、第四电机(41)分别通过控制器与计算机控制连接,所述的相机(61)和光源(62)与计算机控制连接;

基于所述的滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置的方法,包括以下步骤:

步骤一、根据橡胶试样(55)的形状,在接触表面喷涂油漆散斑纹理,自然干燥,将散斑纹理特征的橡胶试样(55)放入橡胶固定圆柱筒(52)定位夹紧;调整视觉检测系统(6)的相机(61)和光源(62)的光轴线和橡胶试样(55)的几何中心线,使三条轴线共线;

步骤二、将第一直线加载调节机构(2)的第一支撑板(27)、第三直线加载调节机构(4)的第一支架(12)、电机支架(18)、直线位移传感器(9)的移动端的固定第二支架(16)分别与支撑平台(1)固定连接;

步骤三、依次调整视觉检测系统(6)的光源支架(64)的成像距离,调整镜头(66)的成像焦距和光源(62)的光强,在相机(61)和光源(62)的作用下,透过高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)在计算机屏幕上获取清晰橡胶试样(55)的接触表面散斑图像并且进行图像标定;

步骤四、通过控制第一直线加载调节机构(2)的第二电机(21),实现橡胶试样(55)的X向加载压缩,通过驱动第一电机(15)实现高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)启动、高速滚动、制动工况的实现,并且使高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)的线速度可以在5-30m/s之间进行调节,通过控制第二直线加载调节机构(3)的第三电机(31),实现橡胶试样(55)的Y向剪切变形并且与此同时通过控制第三直线加载调节机构(4)的第四电机(41),实现视觉检测系统(6)与橡胶试样(55)的Y向的运动同步保证实时获取滚动状态下的接地印迹内的全域位移以及应变分布,通过温度控制单元(8)中的加热单元(83)调节预设置温度,实现橡胶试样(55)的不同温度控制;

步骤五、依据测试轮胎工况下的橡胶试样(55)的变形特性,调整相机(61)的分辨率和帧率,以确保所采集的图像清晰可靠,采用的帧率为5000,即0.002秒采集一幅变形图像;并

且通过数字图像模板匹配技术,对所获取不同时刻的橡胶试样(55)全域力学分布形态图像进行对比分析,获取橡胶试样(55)的高速滚动接触印内的全域应变分布特征,并且对全域应变图像的处理计算出接地印迹处的滚动时的纵向速度 $v_2(t)$ 与此同时,通过压力传感器(54)获取滚动过程中接地印迹的应力和加载载荷以及滚动的扭矩计算,通过温度传感器(82)得到滚动过程的温度数值T,通过编码器计算出高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)的线速度,通过直线位移传感器(9)得到切向的滑移速度,并且计算出此时的橡胶试样(55)切向力 F_y ;

步骤六、对获取的实验数据进行数据处理如下:滑移速度: $v_1 = \frac{dx_1}{dt}$,切向加速度: $a_2 = \frac{d^2x_2}{dt^2}$,切向力: $F_y = ma_2$,橡胶试样切向线速度与高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)的线速度相等 $v(t) = \omega(t) \cdot r$,橡胶胎面块的应力 $\sigma = \frac{F_x}{A}$,其中 F_x 表示垂向载荷,A表示轮胎胎面有效接触面积, x_1 表示直线位移传感器(9)的位移, x_2 表示橡胶试样(55)的位移,m表示橡胶试样(55)的质量;

步骤七、最后,可以得到一种新的计算轮胎启动,滚动和制动状态动态纵向滑移率计算方法: $s = \frac{|v(t)-v_2(t)|}{v_2(t)}$,并且可以得到轮胎胎面启动、高速行驶、制动工况下的接触印迹内的动态位移和应变全域图像分布,并且根据X向控制加载量、控制Y向剪切速度等效控制轮胎在行驶过程中受到侧向力、控制温度变化以及滚动速度的不同,得到上述因素对接触印迹内位移和应变动态的分布的影响以及在各种因素中哪些因素对滚动轮胎接地印迹内的应变和位移分布特征占据主导,哪些因素可以忽略,从而,得到指导实践的作用。

2.如权利要求1所述的滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,其特征在于:所述的第一直线加载调节机构(2)包括第二电机(21)、第一连接板(22)、第二联轴器(23)、第一丝杠轴承座(24)、第一丝杠(25)、第一滑块(26)、第一支撑板(27)、第一矩形导轨(28)组成;所述的第二电机(21)与第一连接板(22)固定连接,第一丝杠(25)通过第二联轴器(23)与第二电机(21)连接,左右两个第一丝杠轴承座(24)与第一丝杠(25)组成旋转副,左右两个第一丝杠轴承座(24)与第一支撑板(27)固定连接,左右两个第一连接板(22)与第一支撑板(27)固定连接,第一滑块(26)与第一丝杠(25)组成螺旋副,第一矩形导轨(28)与第一支撑板(27)固定连接,第一滑块(26)与第一矩形导轨(28)构成移动副。

3.如权利要求1所述的滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,其特征在于:所述的第二直线加载调节机构(3)包括第三电机(31)、第二连接板(32)、第三联轴器(33)、第二丝杠轴承座(34)、第二丝杠(35)、第二滑块(36)、第二支撑板(37)、第一矩形连接板(38)、第二矩形导轨(39)、辅助导板(310)组成;所述的第三电机(31)与第二连接板(32)固定连接,第二丝杠(35)通过第三联轴器(33)与第三电机(31)连接,左右两个第二丝杠轴承座(34)与第二丝杠(35)组成旋转副的,左右两个第二丝杠轴承座(34)与第二支撑板(37)固定连接,左右两个第二连接板(32)与第二支撑板(37)固定连接,第二滑块(36)与第二丝杠(35)组成螺旋副,第二矩形导轨(39)与第二支撑板(37)固定连接,辅助导板(310)与第三滑块(46)固定连接,第一矩形连接板(38)与第二滑块(36)固定连接,第二滑块(36)与第二矩形导轨(39)构成移动副。

4. 如权利要求1所述的滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,其特征在于:所述的第三直线加载调节机构(4)包括第四电机(41)、第三连接板(42)、第四联轴器(43)、第三丝杠轴承座(44)、第三丝杠(45)、第三滑块(46)、第三支撑板(47)、第三矩形导轨(48)组成;所述的第四电机(41)与第三连接板(42)固定连接,第三丝杠(45)通过第四联轴器(43)与第四电机(41)连接,左右两个第三丝杠轴承座(44)与第三丝杠(45)组成旋转副的,左右两个第三丝杠轴承座(44)与第三支撑板(47)固定连接,左右两个第三连接板(42)与第三支撑板(47)固定连接,第三滑块(46)与第三丝杠(45)组成螺旋副,第三矩形导轨(48)与第三支撑板(47)固定连接,相机支架(63)与第三滑块(46)固定连接,第三滑块(46)与第三矩形导轨(48)构成移动副。

5. 如权利要求1所述的滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,其特征在于:所述的橡胶总成(5)由固定连接在支撑平台(1)上的支撑架(51)、橡胶固定圆柱筒(52)、压力支撑板(53)、压力传感器(54)、橡胶试样(55)组成;支撑架(51)与支撑平台(1)固定连接,橡胶固定圆柱筒(52)与支撑架(51)固定连接,橡胶试样(55)与橡胶固定圆柱筒(52)构成移动副,橡胶试样(55)通过压力支撑板(53)与橡胶固定圆柱筒(52)固定连接。

6. 如权利要求1所述的滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,其特征在于:所述的视觉检测系统(6)由相机(61)、光源(62)、相机支架(63)、光源支架(64)、相机支撑板(65)、镜头(66)组成;所述的相机(61)上固定连接有镜头(66),相机(61)与相机支撑板(65)固定连接,相机支撑板(65)与相机支架(63)固定连接,光源支架(64)与相机支撑板(65)中的槽构成移动副。

7. 如权利要求1所述的滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,其特征在于:所述的玻璃板总成(7)由高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)、圆形夹持盘(72)、旋转轴(73)、夹紧螺钉(74)组成;高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)通过夹紧螺钉(74)与圆形夹持盘(72)固定连接,圆形夹持盘(72)与旋转轴(73)固定连接。

8. 如权利要求1所述的滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,其特征在于:所述的温度控制单元(8)由有机玻璃板(81)、温度传感器(82)、加热单元(83)、PID恒温温度控制器(84)、低压直流电源(85)组成,四块有机玻璃板(81)构成正方体保温壳,底部有机玻璃板(81)与第一矩形连接板(38)固定连接,温度传感器(82)、加热单元(83)、PID恒温温度控制器(84)固定连接在一块有机玻璃板(81)的一个侧面,加热单元(83)和PID恒温温度控制器(84)与低压直流电源(85)连接。

滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于轮胎胎面橡胶材料力学特性测试领域,具体涉及一种考虑温度、载荷、侧向力以及滑移率复合工况对轮胎高速滚动的接地印迹形成机理以及接地印迹内的动态全域应变分布的影响和滚动轮胎动态纵向滑移率的计算方法的在线测试装置以及基于该装置的视觉测试方法。

背景技术

[0002] 轮胎是车辆与地面接触的唯一部件,轮胎与地面之间相互作用的力学特性不仅影响车辆的操纵稳定性、平顺性、动力性、制动性、经济性、安全性等,而且还影响车辆各总成以及零部件的寿命。对车轮在高速滚动时轮胎与地面接触形成接地区域,在接地印迹区域内的全域应变特征以及全域应变分布趋势和车辆行驶过程中轮胎的动态滑移率计算方法的研究,将对其高速行驶时汽车的转弯、启动、制动和行驶车辆安全性和操作稳定性有非常重要的启示作用。

[0003] 目前,对滚动轮胎的接地印迹内的特征主要的研究现状停留在静态接地印迹内的全域变形和应力的研究,对测试高速滚动轮胎的动态接地印记特征的形成机理和接地印迹内的全域动态应变分布趋势还存在空白。静态接地印迹内的应力分布测试方法主要集中在以下四种方法:压力板法、压敏膜法、光吸收法和压力传感器法。其中压力板法是利用橡胶板上的锥形颗粒在印痕纸上留下的印迹来分析接地印迹区域内接地压力的大小和分布情况。压力敏感膜法就是利用不同压力作用下被挤破的微小胶囊所形成的颜色不同来表达不同的压力,从而形成接地印迹的应力特征,从而获得轮胎的接地压力分布情况。光吸收法是建立不同地面光吸收量与压力的关系,以此获得轮胎接地印迹内的压力分布特性。压力传感器法可以分为单向力传感器和多向力传感器,且安装在平板上的压力传感器数量可以根据需要的不同而不同,并且通过传感输出接地印迹内的压力状态,综上所述,这几种测试方法都只能获取考虑滚动速度情况下的轮胎静态的接地印迹内压力分布特性,不能获取动态的接地印迹形成过程和印迹内的全域应变分布特性,并且采取的测量方式为接触式测量,测试数据易受干扰。其次,目前对轮胎的滑移率计算方法主要是静态滑移率的计算,主要的计算方式采用速度传感器测出滚动线速度与转动角速度乘以有效滚动半径作差得到滑移率,这种采用测量有效滚动半径和线速度得到滑移率的计算方式,测量数据受到很多因素的影响,例如胎压,测量精度等并且后期处理数据会产生累积误差。

[0004] 因此,亟需一种非接触式的测试滚动轮胎滚动时接地印迹内的应变动态力学特性以及滚动过程中的动态滑移率的计算方式的在线测试装置。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种涉及一种考虑温度、载荷、侧向力以及滑移率复合工况对轮胎高速滚动是的接地印迹形成机理、接地印迹内的全域应变分布的影响的在线测试装置及基于该装置的视觉测试方法和一种新的动态纵向滑移率的计算方法,本发明完全模拟

了轮胎实际使用工况下的轮胎胎面橡胶材料接触区域内的应变变形特征和轮胎接触印迹的形成全过程,通过非接触视觉检测方法实现轮胎接触印迹区域的全域应变的形态分布非接触式检测,并且综合分析已获得取轮胎胎面橡胶材料接触印迹内的全域应变图像以及传感器的温度数据和压力传感器的应力数据,得到轮胎实际运行工况下轮胎胎面橡胶材料接触印迹的形成机理和接触印迹内的实时滚动线速度,在此基础上,提出了一种基于全域应变图像的轮胎动态滑移率的计算方法,并且得到温度、垂向载荷、侧向力和滚动速度,对接地印迹内的全域应变特征以及动态滑移率的影响,填补了轮胎滚动行驶过程中的接地印迹的动态应变分布的空白,相比目前用滚动线速度与转动角速度乘以有效滚动半径作差得到滑移率的计算的测试方式,本测试装置具有稳定性强、测试方法简便以及可以检测胎面橡胶滚动过程接触印迹区域的形成机理以及动态应变和动态滑移率的计算,并且本发明与之前申请的非接触式橡胶扭转试验台和基于全域获取轮胎胎面摩擦系数有很大的区别,前者主要是测试轮胎胎面扭转的全域应变分布特征属于静态扭转测试,后者只是获取了切向变形的动态摩擦系数,而本发明中的测试装置以及测试方法主要测试启动、滚动、和制动的工况时的动态接地印迹位移和全域应变分布,并且根据全域应变图像的分析得到一种新的轮胎动态滑移率的计算方法,并且更好的模拟了汽车轮胎的实际运行工况,对汽车研发具有指导和启示作用。

[0006] 本发明的目的通过如下技术方案实现:

[0007] 一种滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,包括支撑平台1、第一直线加载调节机构2、第二直线加载调节机构3、第三直线加载调节机构4、橡胶总成5、视觉检测系统6、玻璃板总成7、温度控制单元8、直线位移传感器9、第一支架12、第一联轴器14、第一电机15、角度编码器17、电机支架18和计算机,所述的第一直线加载调节机构2通过第一螺钉11固定在支撑平台1上、所述的第二直线加载调节机构3通过第二螺钉13固定在第一直线加载调节机构2的第一滑块26上,所述的第三直线加载调节机构4通过第一支架12固定在支撑平台1上,所述的橡胶总成5通过支撑架51与温度控制单元8的有机玻璃板81固定连接,所述的视觉检测系统6通过相机支架63和固定连接在第三直线加载调节机构4的第三滑块46上,所述的玻璃板总成7中的旋转轴73通过第一联轴器14与第一电机15连接,所述的温度控制单元8通过第一矩形连接板38固定连接在第二直线加载调节机构3的第二滑块36上,所述的直线位移传感器9移动端91固定在第二直线加载调节机构3的辅助导板310上,所述的直线位移传感器9的固定端通过第二支架16固定在支撑平台1上,所述的视觉检测系统6的相机61和光源62的光轴线和橡胶试样55的中心线为同一条直线,压力传感器54、直线位移传感器9、温度传感器82分别通过数据采集卡与计算机通讯连接,所述的角度编码器17上对应的孔位与第一电机15的转轴固定连接,第一电机15通过电机支架18与支撑平台1固定连接,第一电机15、第二电机21、第三电机31、第四电机41分别通过控制器与计算机控制连接,所述的相机61和光源62与计算机控制连接。

[0008] 作为本发明进一步的技术方案,所述的第一直线加载调节机构2包括第二电机21、第一连接板22、第二联轴器23、第一丝杠轴承座24、第一丝杠25、第一滑块26、第一支撑板27、第一矩形导轨28组成;所述的第二电机21与第一连接板22固定连接,第一丝杠25通过第二联轴器23与第二电机21连接,左右两个第一丝杠轴承座24与第一丝杠25组成旋转副的,左右两个第一丝杠轴承座24与第一支撑板27固定连接,左右两个第一连接板22与第一支撑

板27固定连接,第一滑块26与第一丝杠25组成螺旋副,第一矩形导轨28与第一支撑板27固定连接,滑块25与第一矩形导轨28构成移动副。

[0009] 作为本发明进一步的技术方案,所述的第二直线加载调节机构3包括第三电机31、第二连接板32、第三联轴器33、第二丝杠轴承座34、第二丝杠35、第二滑块36、第二支撑板37、第一矩形连接板38、第二矩形导轨39、辅助导轨310组成;所述的第三电机31与第二连接板32固定连接,第二丝杠35通过第三联轴器33与第三电机31连接,左右两个第二丝杠轴承座34与第二丝杠35组成旋转副的,左右两个第二丝杠轴承座34与第二支撑板37固定连接,左右两个第二连接板32与第二支撑板37固定连接,第二滑块36与第二丝杠35组成螺旋副,第二矩形导轨39与第二支撑板37固定连接,辅助导轨310与第二滑块36固定连接,第一矩形连接板38与第二滑块36固定连接,第二滑块36与第二矩形导轨39构成移动副。

[0010] 作为本发明进一步的技术方案,所述的第三直线加载调节机构4包括第四电机41、第二连接板32、第四联轴器43、第三丝杠轴承座44、第二丝杠45、第三滑块46、第三支撑板47、第三矩形导轨48组成;所述的第四电机41与第二连接板32固定连接,第二丝杠45通过第四联轴器43与第四电机41连接,左右两个第三丝杠轴承座44与第二丝杠45组成旋转副的,左右两个第三丝杠轴承座44与第三支撑板47固定连接,左右两个第二连接板32与第三支撑板47固定连接,第三滑块46与第二丝杠45组成螺旋副,第三矩形导轨48与第三支撑板47固定连接,第二矩形连接板48与第三滑块46固定连接,第三滑块46与第三矩形导轨48构成移动副。

[0011] 作为本发明进一步的技术方案,所述的橡胶总成5由固定连接在支撑平台1上的支撑架51、橡胶固定圆柱筒52、压力支撑板53、压力传感器54、橡胶试样55组成;支撑架51与支撑平台1固定连接,橡胶固定圆柱筒52与支撑架51固定连接,橡胶试样55与橡胶固定圆柱筒52构成移动副,橡胶试样55通过压力支撑板53与橡胶固定圆柱筒52固定连接。

[0012] 作为本发明进一步的技术方案,所述的视觉检测系统6由相机61、光源62、相机支架63、光源支架64、相机支撑板65、镜头(66)组成;所述的相机61上固定连接有镜头66,相机61与相机支撑板65固定连接,相机支撑板65与相机支架63固定连接,光源支架64与相机支撑板65中的槽构成移动副。

[0013] 作为本发明进一步的技术方案,所述的玻璃板总成7由高强度耐压圆柱形透明玻璃71,圆形夹持盘72、旋转轴73、夹紧螺钉74组成;高强度耐压圆柱形透明玻璃71通过夹紧螺钉74与圆形夹持盘72固定连接,圆形夹持盘72与旋转轴73固定连接。

[0014] 作为本发明进一步的技术方案,所述的温度控制单元8由有机玻璃板81、温度传感器82、加热单元83、PID恒温温度控制器84、低压直流电源85组成,四块有机玻璃板81构成正方体保温壳,底部有机玻璃板81与第一矩形连接板38固定连接,温度传感器82、加热单元83、PID恒温温度控制器84固定连接在一块有机玻璃板81的一个侧面,加热单元83和PID恒温温度控制器84与低压直流电源85连接。

[0015] 本发明的另一个目的是提供滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率在线测试方法,包括以下步骤:

[0016] 1. 根据橡胶试样(55)的形状,在接触表面喷涂油漆散斑纹理,自然干燥,将散斑纹理特征的橡胶试样(55)放入橡胶固定圆柱筒(52)定位夹紧;调整视觉检测系统(6)的相机(61)和光源(62)的光轴线和橡胶试样(55)的几何中心线,使三条轴线共线;

[0017] 2. 将第一直线加载调节机构 (2) 的第一支撑板 (27)、第三直线加载调节机构 (4) 的第一支架 (12)、电机支架 (18)、直线位移传感器 (9) 的移动端的固定第二支架 (16) 分别与支撑平台 (1) 固定连接;

[0018] 3. 依次调整视觉检测系统 (6) 的光源支架 (64) 的成像距离, 调整镜头 (66) 的成像焦距和光源 (62) 的光强, 在相机 (61) 和光源 (62) 的作用下, 透过高强度耐压圆柱形透明玻璃 (71) 在计算机屏幕上获取清晰橡胶试样 (55) 的接触表面散斑图像并且进行图像标定;

[0019] 4. 通过控制第一直线加载调节机构 (2) 的第二电机 (21), 实现橡胶试样 (55) 的X向加载压缩, 通过驱动第一电机 (15) 实现高强度耐压圆柱形透明玻璃 (71) 启动、高速滚动、制动工况的实现, 并且使高强度耐压圆柱形透明玻璃 (71) 的线速度可以在5-30m/s之间进调节, 通过控制第二直线加载调节机构 (3) 的第三电机 (31), 实现橡胶试样 (55) 的Y向剪切变形并且与此同时通过控制第三直线加载调节机构 (4) 的第四电机 (41), 实现视觉检测系统 (6) 与橡胶试样 (55) 的Y向的运动同步保证实时获取滚动状态下的接地印迹内的全域位移以及应变分布, 通过温度控制单元 (8) 中的加热单元 (83) 调节预设置温度, 实现橡胶试样 (55) 的不同温度控制;

[0020] 5. 依据测试轮胎工况下的橡胶试样 (55) 的变形特性, 调整相机 (61) 的分辨率和帧率, 以确保所采集的图像清晰可靠, 采用的帧率为5000, 即0.002秒采集一幅变形图像; 并且通过数字图像模板匹配技术, 对所获取不同时刻的橡胶试样 (55) 全域力学分布形态图像进行对比分析, 获取橡胶试样 (55) 的高速滚动接触印内的全域应变分布特征, 并且对全域应变图像的处理计算出接地印迹处的滚动时的纵向速度 $v_2(t)$ 与此同时, 通过压力传感器 (54) 获取滚动过程中接地印迹的应力和加载载荷以及滚动的扭矩计算, 通过温度传感器 (82) 得到滚动过程的温度数值T, 通过编码器计算出高强度耐压圆柱形透明玻璃 (71) 的线速度, 通过位移传感器 (9) 得到切向的滑移速度, 并且计算出此时的橡胶试样 (55) 切向力 F_y ;

[0021] 6. 对获取的实验数据进行数据处理如下: 滑移速度: $v_1 = \frac{dx_1}{dt}$, 切向加速度:

$a_2 = \frac{dv_2}{dt}$, 切向力: $F_y = ma_2$, 橡胶试样切向线速度与高强度耐压圆柱形透明玻璃 (71) 的线速度

相等 $v(t) = \omega(t) \cdot r$, 橡胶胎面块的应力 $\sigma = \frac{F_x}{A}$, 其中 F_x 表示垂向载荷, A 表示轮胎胎面有效接触面积;

[0022] 7. 最后, 可以得到一种新的计算轮胎启动, 滚动和制动状态动态纵向滑移率计算方法: $s = \frac{|v(t) - v_2(t)|}{v_2(t)}$, 并且可以得到轮胎胎面启动、高速行驶、制动工况下的接触印迹内的动态位移和应变全域图像分布, 并且根据X向控制加载量、控制Y向剪切速度等效控制轮胎在行驶过程中受到侧向力、控制温度变化以及滚动速度的不同, 得到上述因素对接触印迹内位移和应变动态的分布的影响以及在各种因素中哪些因素对滚动轮胎接地印迹内的应变和位移分布特征占据主导, 哪些因素可以忽略, 从而, 得到指导实践的作用。

[0023] 本发明的有益效果如下:

[0024] 本发明可获取滚动轮胎在实际运行工况下胎面橡胶材料在接地印迹形成机理和接地印迹内的全域应变的分布以及动态纵向滑移率的计算, 解决了现有技术中只能测试静

态接地印迹内压力分布特征、测试数据易受外界干扰和后期数据处理困难和获取的胎面橡胶材料变形结构误差大的技术问题,实现了滚动轮胎胎面橡胶材料接触印迹形成机理和影响因素对其的影响,以及一种通过全域应变图像的方法获取动态纵向滑移率的在线检测。本测试装置具有控制简单、结构易于实现和机构调节简便的优点,完整的模拟了滚动轮胎实际使用工况下的轮胎胎面橡胶接地印迹形成机理和全域应变分布以及动态纵向滑移率的计算的非接触检测。

[0025] 本发明的测试装置可适用于各种轮胎胎面橡胶材料以及各种滚动测试工况。

附图说明

- [0026] 图1是本发明滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置的摘要附图;
- [0027] 图2是本发明滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置的结构主视图的剖视图;
- [0028] 图3是本发明滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置的结构主视图;
- [0029] 图4是本发明滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置的结构侧视图;
- [0030] 图5是本发明滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置的结构俯视图;
- [0031] 图6是本发明测试装置的第一直线加载调节机构2的主视图;
- [0032] 图7是本发明测试装置的第一直线加载调节机构2的俯视图;
- [0033] 图8是本发明测试装置的橡胶总成的主视图和局部剖视图;
- [0034] 图9是本发明测试装置的橡胶总成的左视图;
- [0035] 图10是本发明测试装置的视觉检测系统的俯视图;
- [0036] 图11是本发明测试装置的视觉检测系统的主视图;
- [0037] 图12是本发明测试装置的玻璃板总成的主视图;
- [0038] 图13是本发明测试装置的玻璃板总成的左视图;
- [0039] 图14是本发明测试装置的温度控制单元的主视图的C-C剖视图
- [0040] 图15是本发明测试装置的温度控制单元的主视图;
- [0041] 图16是本发明测试装置的橡胶胎面块加载变形测试结构示意图;
- [0042] 图17是本发明测试装置的橡胶胎面块剪切变形测试结构示意图;
- [0043] 图18是本发明测试装置的玻璃板总成的高速滚动测试结构示意图;
- [0044] 图19是本发明测试装置的垂向加载、侧向剪切变形、高速滚动和温度变化测试三维结构示意图;

具体实施方式

[0045] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0046] 如图1所示,图1表示本发明的摘要附图,包括支撑平台1、第一直线加载调节机构2、第二直线加载调节机构3、第三直线加载调节机构4、橡胶总成5、视觉检测系统6、玻璃板总成7、温度控制单元8、直线位移传感器9、第一支架12、第一联轴器14、第一电机15、角度编码器17、电机支架18和计算机。

[0047] 如图2、3、4和5所示,滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,包括支撑平台1、第一直线加载调节机构2、第二直线加载调节机构3、第三直线加载调节机构4、橡胶总

成5、视觉检测系统6、玻璃板总成7、温度控制单元8、直线位移传感器9、第一支架12、第一联轴器14、第一电机15、角度编码器17、电机支架18和计算机,所述的第一直线加载调节机构2通过第一螺钉11固定在支撑平台1上、所述的第二直线加载调节机构3通过第二螺钉13固定在第一直线加载调节机构2的第一滑块26上,所述的第三直线加载调节机构4通过第一第一支架12固定在支撑平台1上,所述的橡胶总成5通过支撑架51与温度控制单元8的有机玻璃板81固定连接,所述的视觉检测系统6通过相机支架63和固定连接在第四直线加载调节机构4的第三滑块46上,所述的玻璃板总成7中的旋转轴73通过第一联轴器14与第一电机15连接,所述的温度控制单元8通过第一矩形连接板38固定连接在第二直线加载调节机构3的第二滑块36上,所述的直线位移传感器9的移动端91固定在第二直线加载调节机构3的辅助导板310上,所述的直线位移传感器9的固定端92通过第二支架16固定在支撑平台1上,所述的视觉检测系统6的相机61和光源62的光轴线和轮胎胎面橡胶试样55的中心线为同一条直线,压力传感器54、直线位移传感器9、温度传感器82分别通过数据采集卡与计算机通讯连接,所述的角度编码器17上对应的孔位与第一电机15的转轴固定连接,第一电机15通过电机支架18与支撑平台1固定连接,所述的第一电机15、第二电机21、第三电机31、第四电机41分别通过控制器与计算机控制连接,所述的相机61和光源62与计算机控制连接。

[0048] 如图6和图7所示,所述的第一直线加载调节机构2包括第二电机21、第一连接板22、第二联轴器23、第一丝杠轴承座24、第一丝杠25、第一滑块26、第一支撑板27、第一矩形导轨28组成;所述的第二电机21与第一连接板22固定连接,第一丝杠25通过联轴器与第二电机21连接,左右两个第一丝杠轴承座24与第一丝杠25组成旋转副的,左右两个第一丝杠轴承座24与第一支撑板27固定连接左右两个第一连接板22与第一支撑板27固定连接,第一滑块26与第一丝杠25组成螺旋副,第一矩形导轨28与第一支撑板27固定连接,滑块25与第一矩形导轨28构成移动副。

[0049] 如图8和图9所示,所述的橡胶总成5由固定连接在支撑平台1上的支撑架51、橡胶固定圆柱筒52、压力支撑板53、压力传感器54、橡胶试样55组成;支撑架51与支撑平台1固定连接,橡胶固定圆柱筒52与支撑架51固定连接,橡胶试样55与橡胶固定圆柱筒52构成移动副,橡胶试样55通过压力支撑板53与橡胶固定圆柱筒52固定连接。

[0050] 如图10和图11所示,所述的视觉检测系统6由相机61、光源62、相机支架63、光源支架64、相机支撑板65、镜头(66)组成;所述的相机61上固定连接有镜头66,相机61与相机支撑板65固定连接,相机支撑板65与相机支架63固定连接,光源支架64与相机支撑板65中的槽构成移动副。

[0051] 如图12和图13所示,所述的玻璃板总成7由高强度耐压圆柱形透明玻璃71,圆形夹持盘72、旋转轴73、夹紧螺钉74组成;高强度耐压圆柱形透明玻璃71通过夹紧螺钉74与圆形夹持盘72固定连接,圆形夹持盘72与旋转轴73固定连接。

[0052] 如图14和图15所示,所述的温度控制单元8由有机玻璃板81、温度传感器82、加热单元83、PID恒温温度控制器84、低压直流电源85组成,四块有机玻璃板81构成正方体保温壳,底部有机玻璃板81与第一矩形连接板38固定连接,温度传感器82、加热单元83、PID恒温温度控制器84固定连接在一块有机玻璃板81的一个侧面,加热单元83和PID恒温温度控制器84与低压直流电源85连接。

[0053] 应用本发明所述的滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置,可实现滚动轮

胎面橡胶材料在接触印迹的形成机理以及接触印迹内动态的位移和应变分布情况以及接地印迹内动态滑移率的计算并且可以得到温度、载荷、侧向力和滚动速度、动态滑移率以及复合工况下接触印迹内的全域变形图像的变化关系。

[0054] 实施例1:

[0055] 如图16-19所示,滚动轮胎胎面应变分布和动态滑移率测试装置及方法,其步骤如下:

[0056] 1. 根据橡胶试样(55)的形状,在接触表面喷涂油漆散斑纹理,自然干燥,将散斑纹理特征的橡胶试样(55)放入橡胶固定圆柱筒(52)定位夹紧;

[0057] 2. 调整视觉检测系统(6)的相机(61)和光源(62)的光轴线和橡胶试样(55)的几何中心线,使三条轴线共线,将第一直线加载调节机构(2)的第一支撑板(27)、第三直线加载调节机构(4)的第一支架(12)、电机支架(18)、直线位移传感器(9)的移动端(91)的通过第二支架(16)分别与支撑平台(1)固定连接;

[0058] 3. 依次调整视觉检测系统(6)的光源支架(64)的成像距离,调整镜头(66)的成像焦距和光源(62)的光强,在相机(61)和光源(62)的作用下,透过高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)在计算机屏幕上获取清晰橡胶试样(55)的接触表面散斑图像并且进行图像标定;

[0059] 4. 通过控制第一直线加载调节机构(2)的第二电机(21),实现橡胶试样(55)的X向加载压缩,通过驱动第一电机(15)实现高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)启动、高速滚动、制动工况的实现,并且使高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)的线速度可以在5-30m/s之间进行调节,通过控制第二直线加载调节机构(3)的第三电机(31),实现橡胶试样(55)的Y向剪切变形并且与此同时通过控制第三直线加载调节机构(4)的第四电机(41),实现视觉检测系统(6)与橡胶试样(55)的Y向的运动同步保证实时获取滚动状态下的接地印迹内的全域位移以及应变分布,通过温度控制单元(8)中的加热单元(83)调节预设置温度,实现橡胶试样(55)的不同温度控制。

[0060] 5. 依据测试轮胎工况下的橡胶试样(55)的变形特性,调整相机(61)的分辨率和帧率,以确保所采集的图像清晰可靠,本发明采用的帧率为5000,即0.002秒采集一幅变形图像;并且通过数字图像模板匹配技术,对所获取不同时刻的橡胶试样(55)全域力学分布形态图像进行对比分析,获取橡胶试样(55)的高速滚动接触印迹内的全域应变分布特征,并且对全域应变图像的处理计算出接地印迹处的滚动时的纵向速度 $v_2(t)$ 与此同时,通过压力传感器(54)获取滚动过程中接地印迹的应力和加载载荷以及滚动的扭矩计算,通过温度传感器(82)得到滚动过程的温度数值T,通过编码器计算出高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)的线速度,通过位移传感器(9)

[0061] 得到切向的滑移速度,并且计算出此时的橡胶试样(55)切向力 F_y ;

[0062] 6. 对获取的实验数据进行数据处理如下:滑移速度: $v_1 = \frac{dx_1}{dt}$,切向加速度: $a_2 = \frac{d^2x_2}{dt^2}$,切向力: $F_y = ma_2$,橡胶试样55切向线速度与高强度耐压圆柱形透明玻璃(71)的线速度相等的 $v(t) = \omega(t) \cdot r$,橡胶胎面块的应力 $\sigma = (F_x) / A$,其中 F_x 表示垂向载荷,A表示轮胎胎面有效接触面积。

[0063] 7. 最后,通过本发明可以得到一种新的计算轮胎启动,滚动和制动状态动态纵向

滑移率计算方法： $s = \frac{|v(t) - v_z(t)|}{v_z(t)}$ ，并且可以得到轮胎胎面启动、高速行驶、制动工况下的接触印迹内的动态位移和应变全域图像分布，并且根据X向控制加载量、控制Y向剪切速度等效控制轮胎在行驶过程中受到侧向力、控制温度变化以及滚动速度的不同，得到上述因素对接触印迹内位移和应变动态的分布的影响以及在各种因素中哪些因素对滚动轮胎接地印迹内的应变和位移分布特征占据主导，哪些因素可以忽略，从而，得到指导实践的作用。

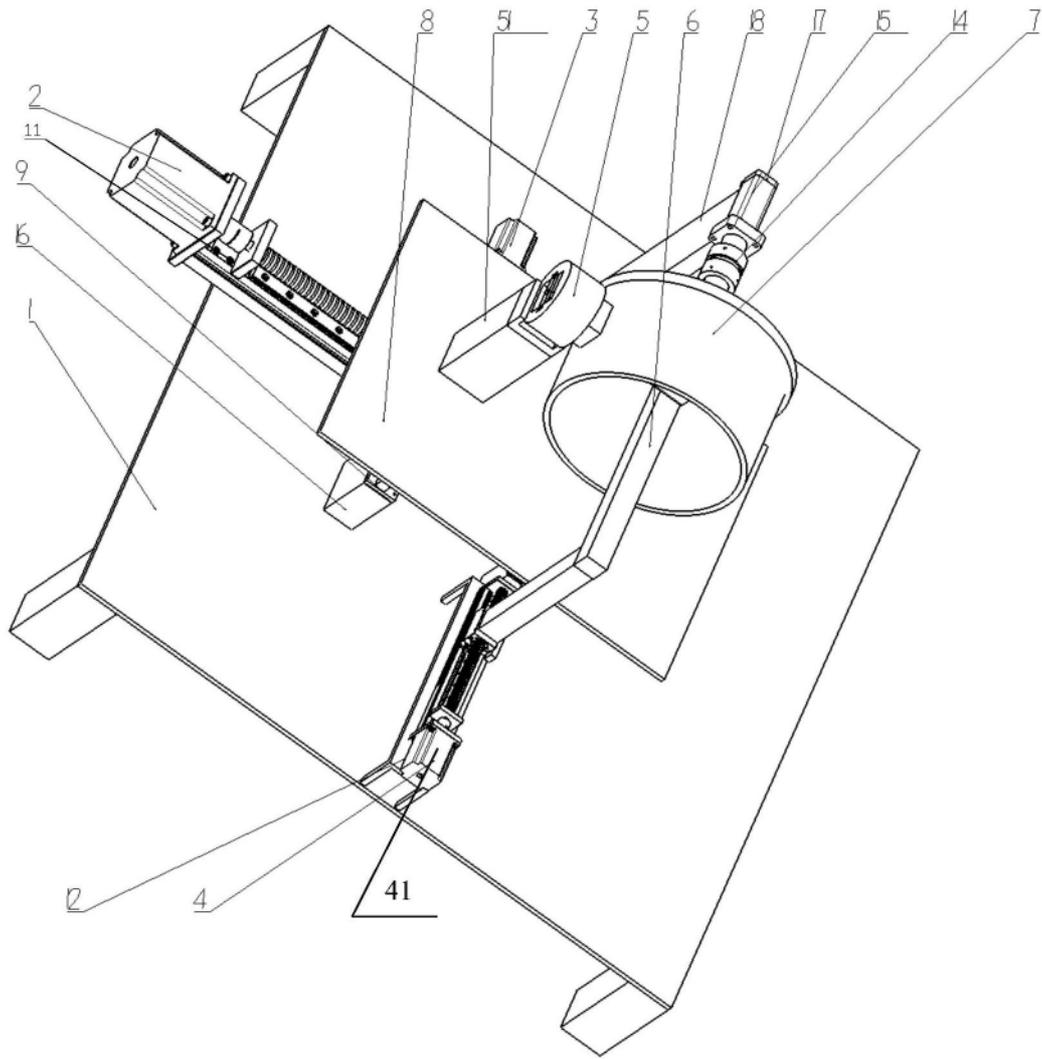


图1

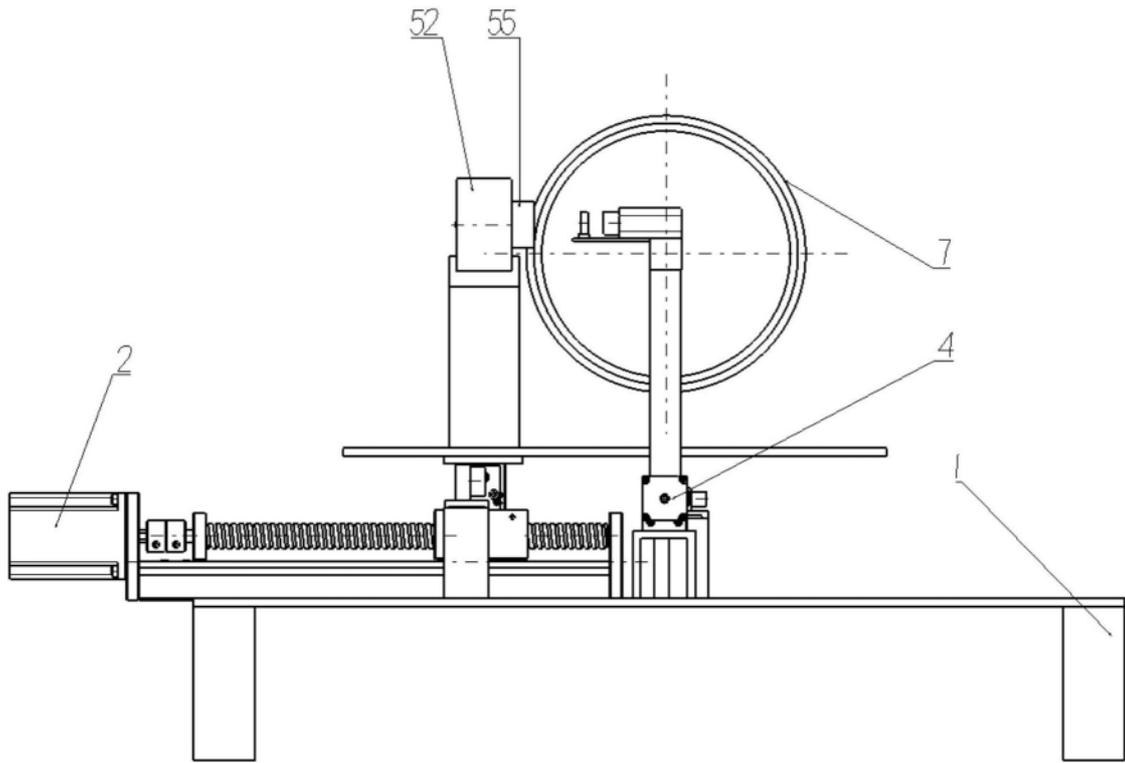


图2

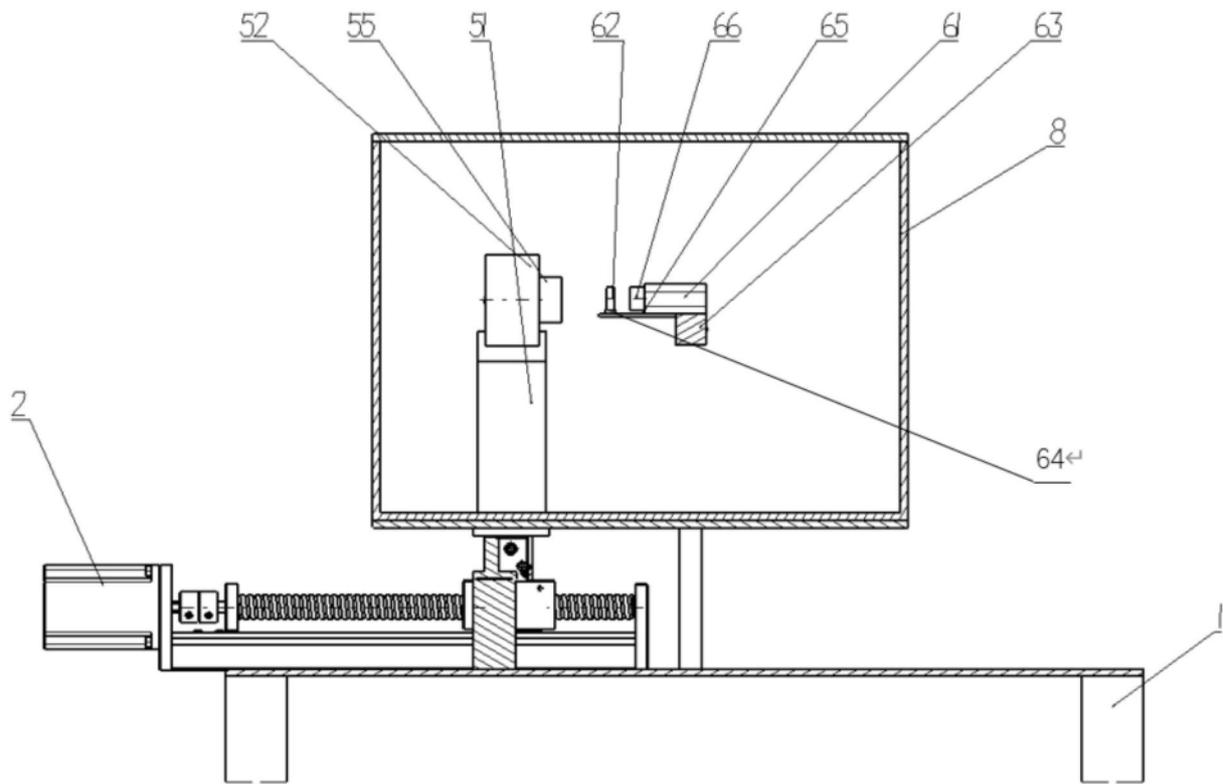


图3

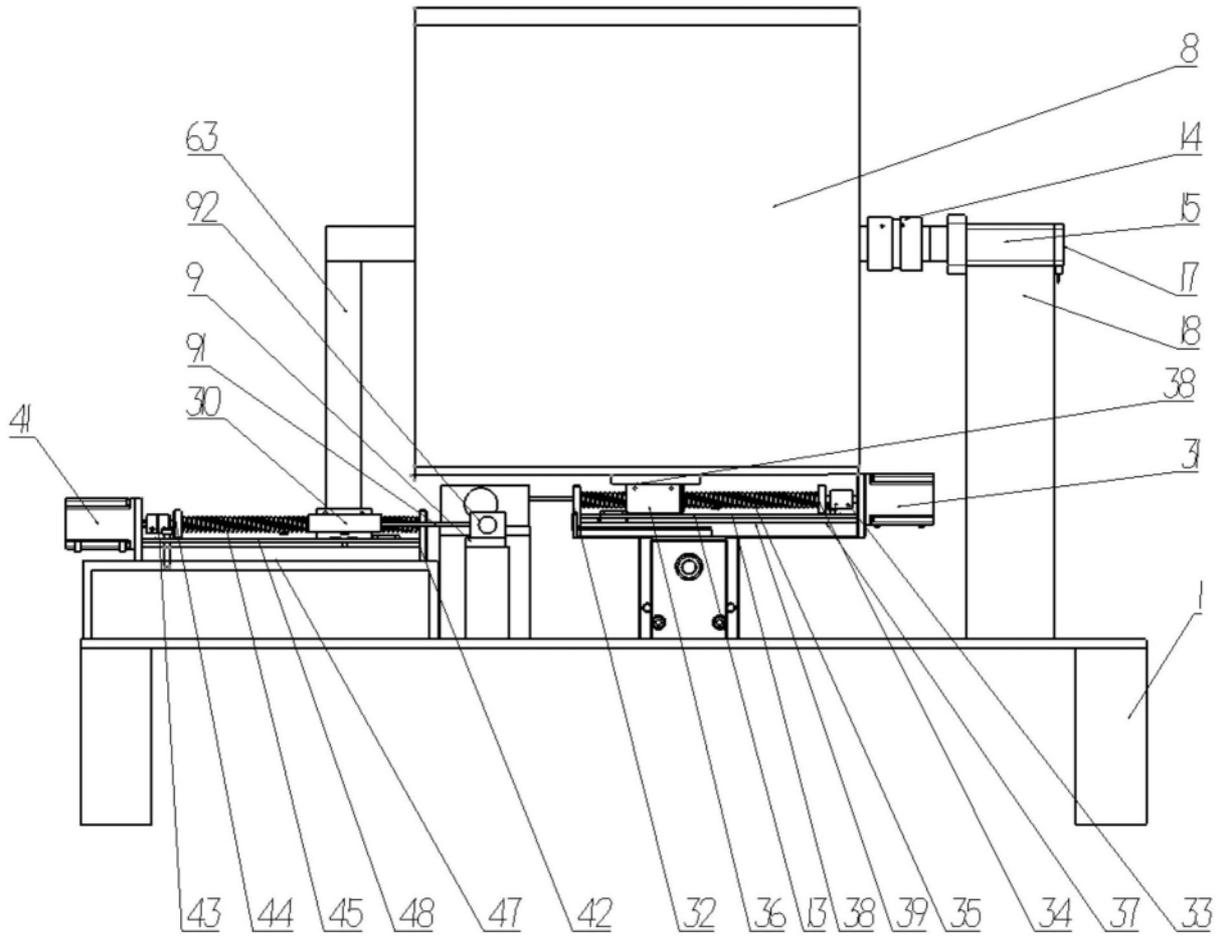


图4

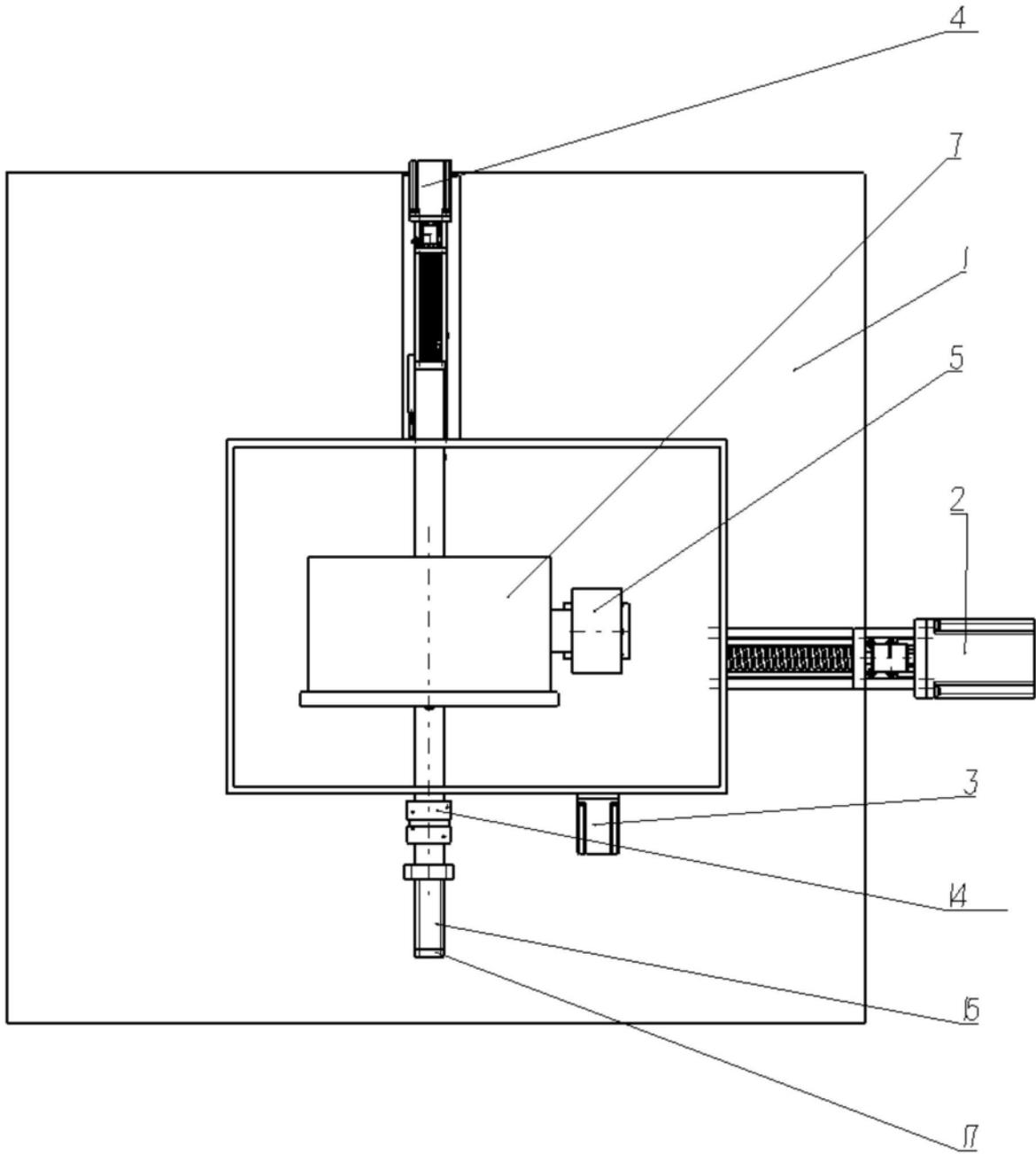


图5

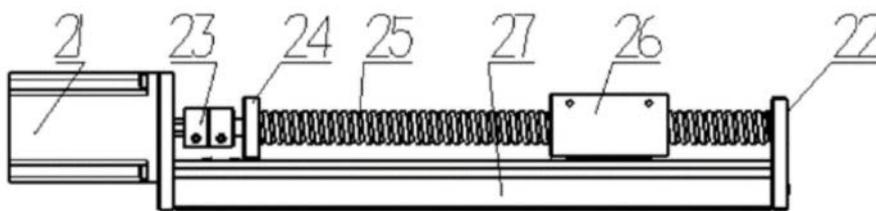


图6

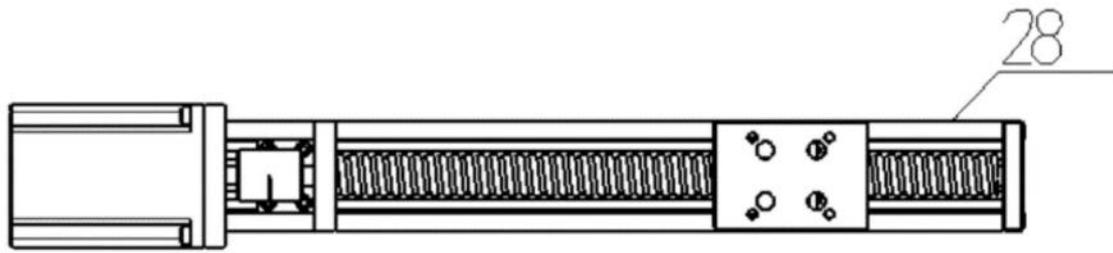


图7

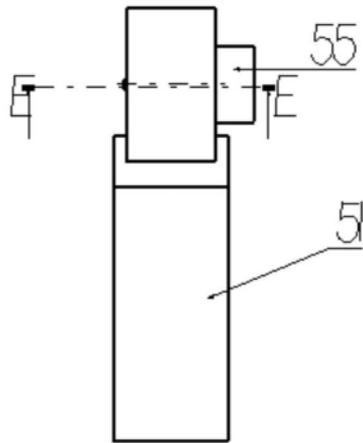
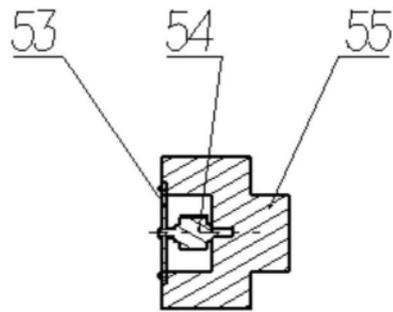


图8

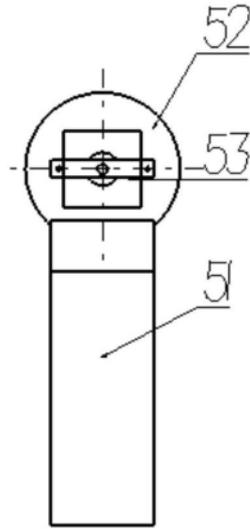


图9

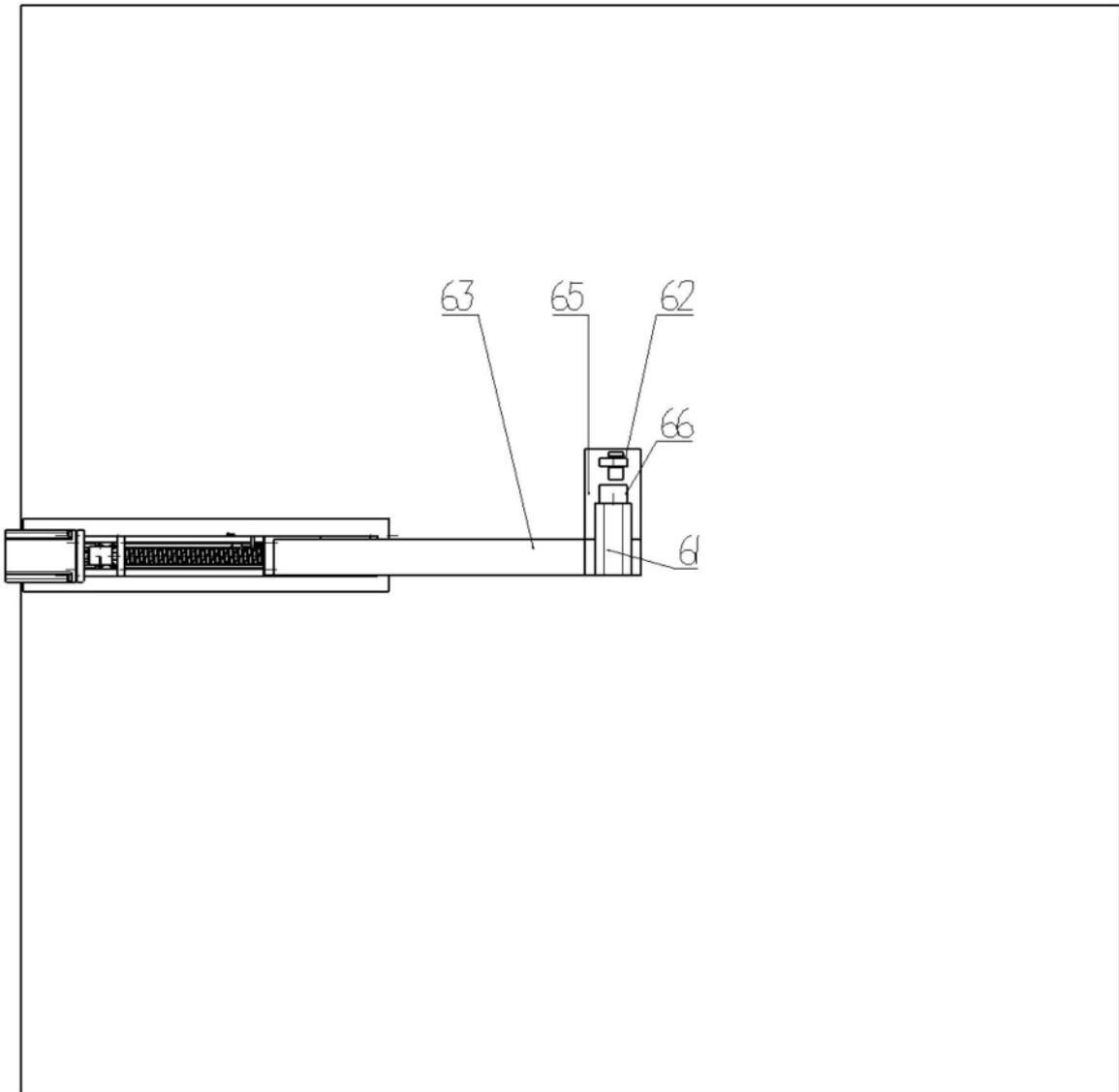


图10

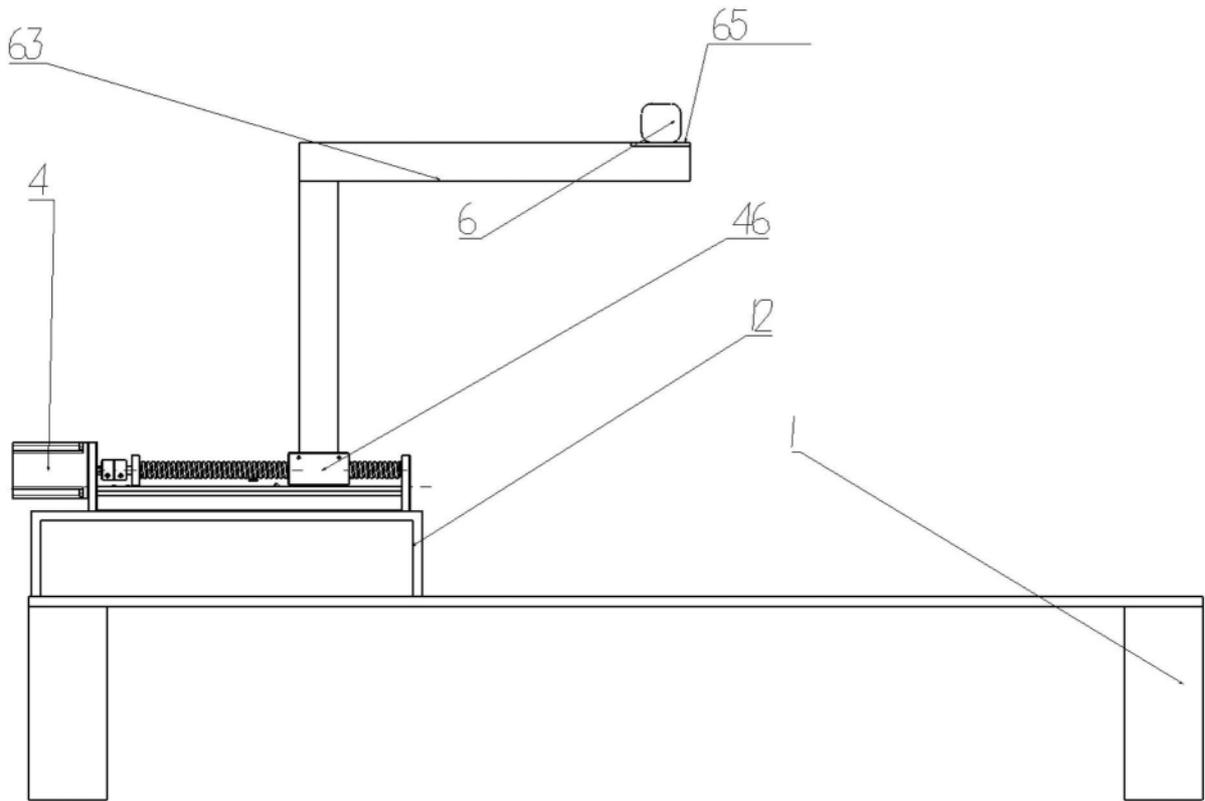


图11

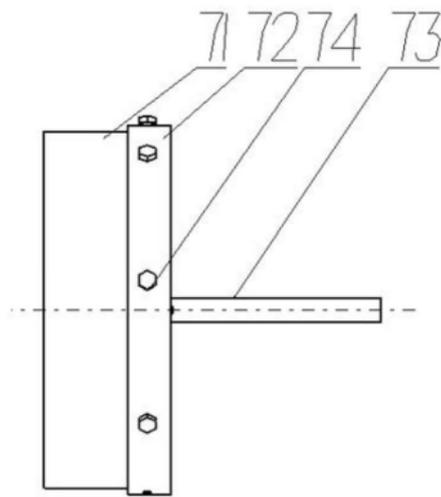


图12

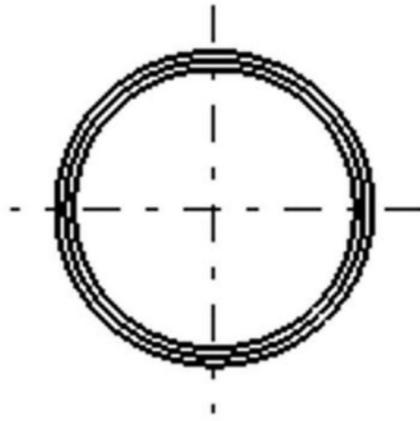


图13

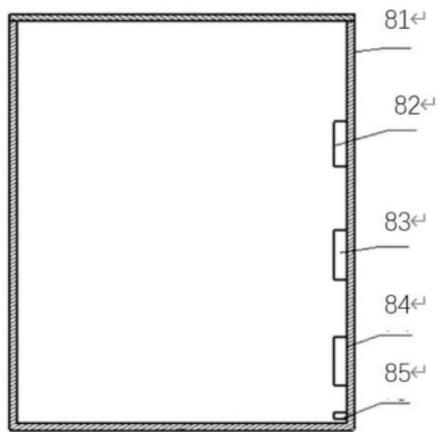


图14

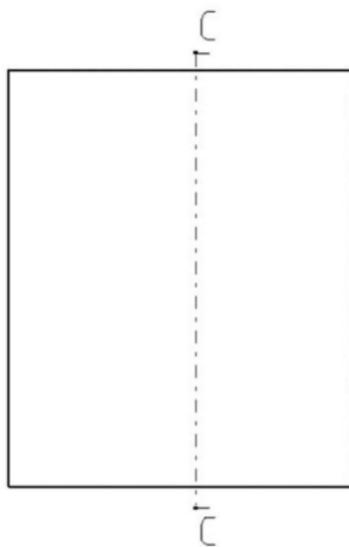


图15

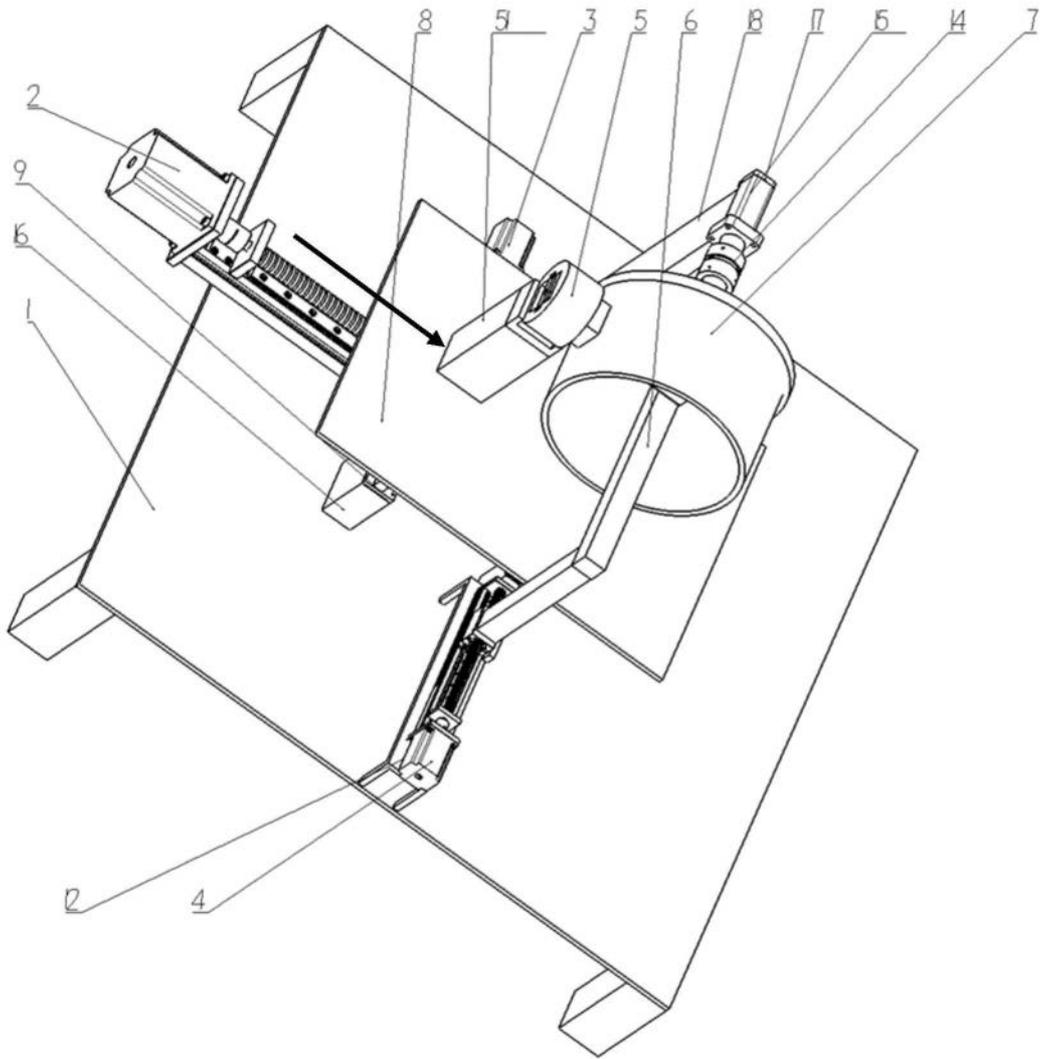


图16

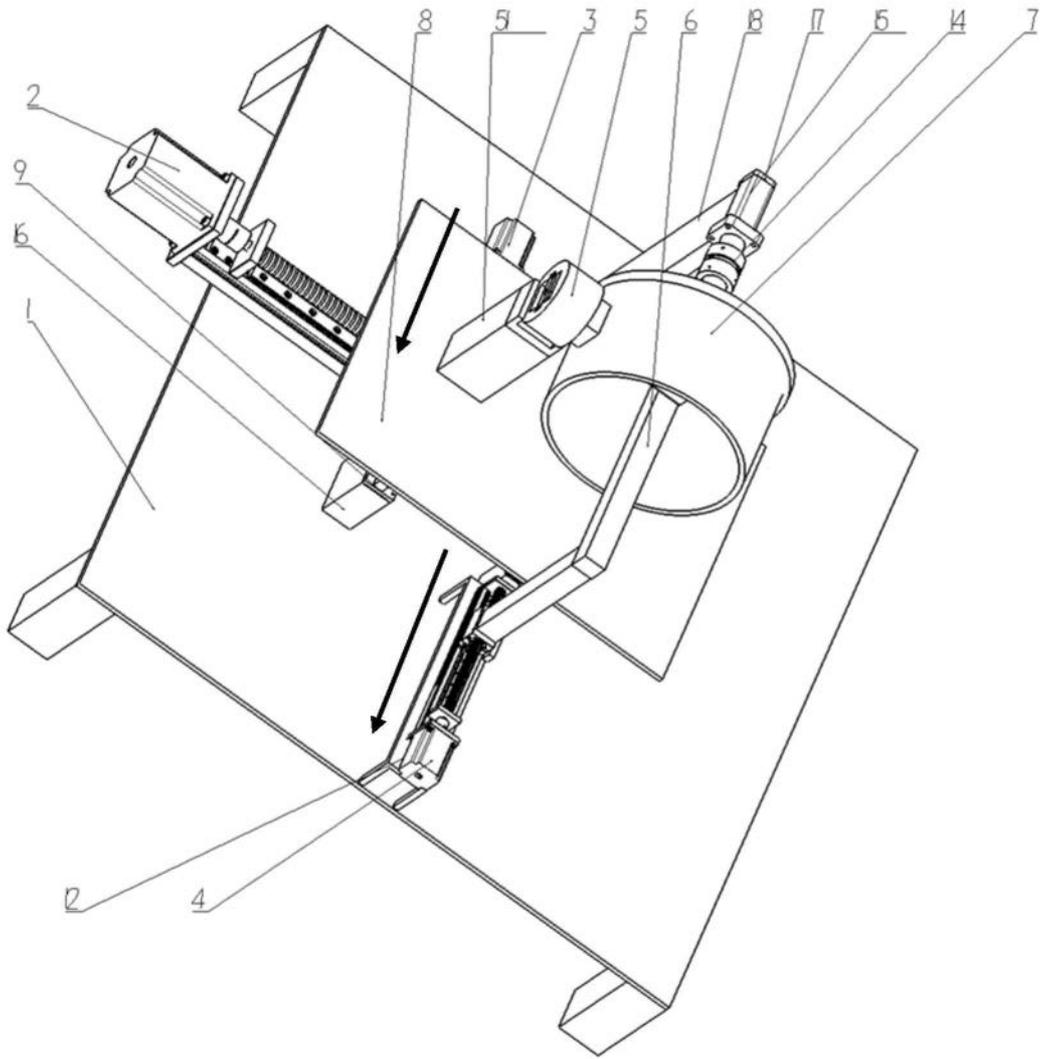


图17

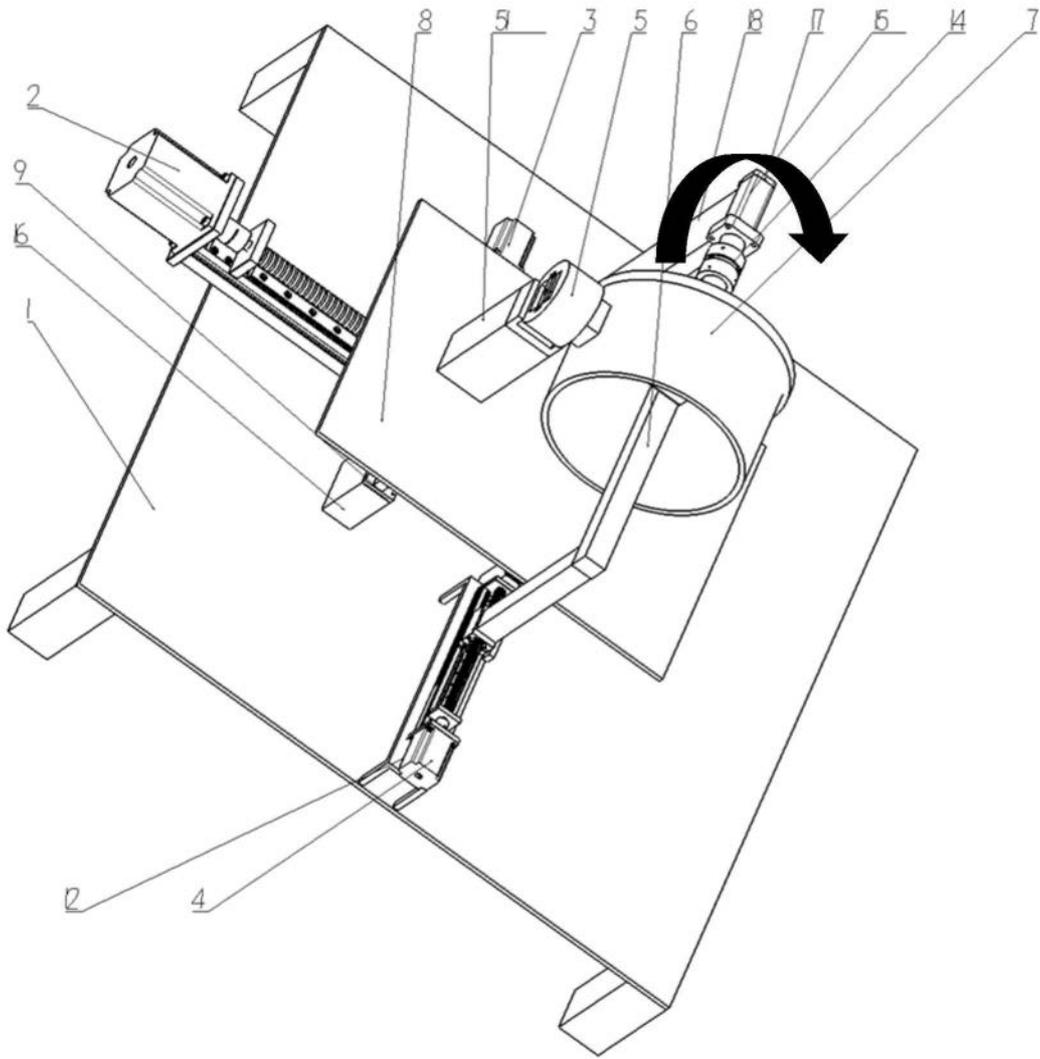


图18

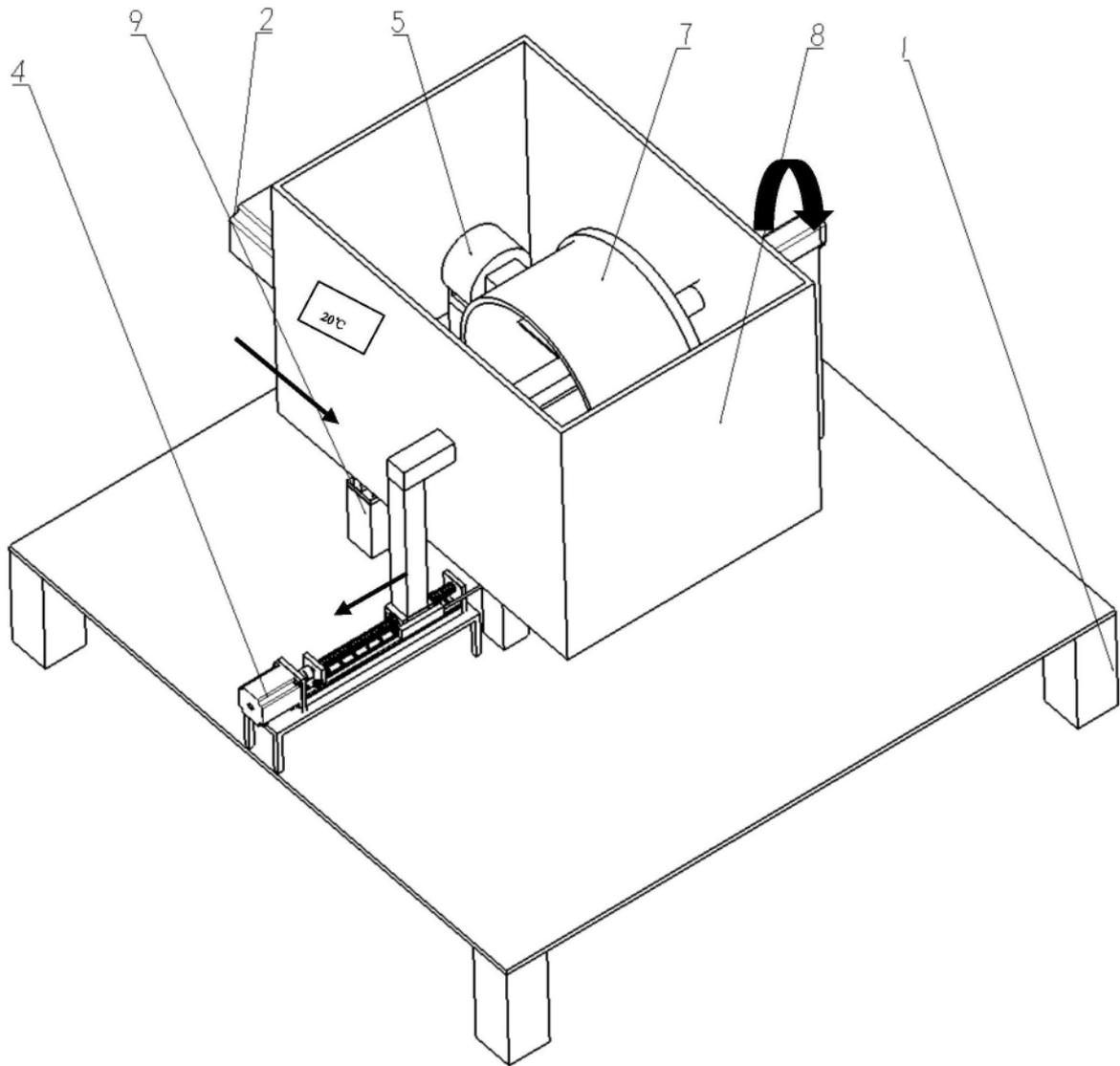


图19