



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117368000 B

(45) 授权公告日 2024.05.07

(21) 申请号 202311325757.3

(22) 申请日 2023.10.13

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117368000 A

(43) 申请公布日 2024.01.09

(73) 专利权人 昆山美仑工业样机有限公司

地址 215316 江苏省苏州市昆山市玉山镇  
城北路1299号8号房

(72) 发明人 范力 曾湘莲

(74) 专利代理机构 苏州科权知识产权代理事务

所(普通合伙) 32561

专利代理师 卢平

(51) Int. Cl.

G01N 3/22 (2006.01)

G01N 3/04 (2006.01)

G01N 3/06 (2006.01)

G06F 18/15 (2023.01)

(56) 对比文件

CN 106546504 A, 2017.03.29

CN 111948414 A, 2020.11.17

CN 114347038 A, 2022.04.15

CN 114646540 A, 2022.06.21

KR 20200052641 A, 2020.05.15

US 2019107472 A1, 2019.04.11

US 2021026319 A1, 2021.01.28

US 5511431 A, 1996.04.30

CN 105352727 A, 2016.02.24

CN 213779496 U, 2021.07.23

CN 102525795 A, 2012.07.04

CN 108646545 A, 2018.10.12

CN 109101966 A, 2018.12.28

CN 109489921 A, 2019.03.19

CN 111531407 A, 2020.08.14

CN 113260941 A, 2021.08.13

CN 113485156 A, 2021.10.08

CN 203350040 U, 2013.12.18

CN 204036154 U, 2014.12.24

CN 207050980 U, 2018.02.27

CN 216816032 U, 2022.06.24

CN 216913615 U, 2022.07.08

(续)

审查员 王漪

权利要求书2页 说明书10页 附图4页

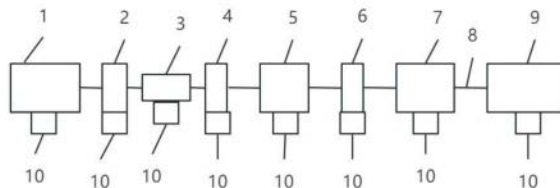
(54) 发明名称

一种配备自适应装夹机构的静扭试验台

(57) 摘要

本发明涉及试验台技术领域,公开了一种配备自适应装夹机构的静扭试验台,通过主体结构、测功机模块、自适应装夹机构、采集分析模块和测控模块构建静扭试验台,主体结构包括底座、支柱和横梁,用于支撑整个试验模块的稳定性和刚性,测功机模块包括驱动电机、变频器和传动装置,用于提供扭矩和扭转运动,自适应装夹机构用于适应不同被测变速器的形状和尺寸,并保持稳定的夹持力,采集分析模块用于测量被测变速器在扭转过程中的各项参数,并将参数传输到计算机进行记录和分析,测控模块包括计算机、控制软件和显示屏,用于控制试验台的运行

和参数设置,并提供人机界面供用户操作和监控试验过程,对试验台的夹具方式有很大的影响意义。



CN 117368000 B

[接上页]

**(56) 对比文件**

中国科学技术学会主编.《2008-2009机械工程学科发展报告》.中国科学技术出版社,2009,165-167.

焦海宁等.《深度学习与智慧交通》.冶金工

业出版社,2022,59-61.

梅尔亚莫里等著.《机器学习-从基础理论到典型算法》.机械工业出版社,2022,283-284.

郭继舜主编.《5G的世界》.SPM南方出版社,2020,68-70.

1. 一种配备自适应装夹机构的静扭试验台,其特征在于:包括,  
 主体结构、测功机模块、自适应装夹机构、采集分析模块和测控模块;  
 所述主体结构包括底座、支柱和横梁,用于支撑整个试验模块的稳定性和刚性;  
 所述底座放置于地面,所述支柱与所述底座进行活扣固定,所述横梁用于灵活连接所述测功机模块、所述自适应装夹机构、所述采集分析模块和所述测控模块;  
 所述测功机模块包括驱动电机、变频器和传动装置,用于提供扭矩和扭转运动;  
 所述驱动电机与所述变频器和所述传动装置之间使用所述横梁进行连接,先放置所述驱动电机进行驱动,再放置所述变频器执行对所述传动装置的变速调节,最后放置所述传动装置;

所述自适应装夹机构用于适应不同被测变速器的形状和尺寸,并保持稳定的夹持力;

所述自适应装夹机构包括识别模块、装夹模块和调节模块;

所述识别模块利用神经网络算法对所述被测变速器进行目标识别定位;

所述被测变速器定位的预测框函数表达式如下所示:

$$c_x = \theta(\kappa_x) + \lambda_x;$$

$$c_y = \theta(\kappa_y) + \lambda_y;$$

$$c_w = s_w (\theta(\kappa_w))^2;$$

$$c_h = s_h (\theta(\kappa_h))^2;$$

式中, $c_x$ 、 $c_y$ 、 $c_w$ 和 $c_h$ 分别表示所述预测框的中心点位置坐标数据, $\theta$ 表示非线性激活函数, $\kappa_x$ 、 $\kappa_y$ 、 $\kappa_w$ 和 $\kappa_h$ 分别表示偏移量,取值为[0,1]之间, $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ 分别表示所述预测框左上角的偏移量, $s_w$ 、 $s_h$ 表示先验框的大小;

所述装夹模块利用所述测控模块中的控制软件对所述被测变速器进行装夹和打开操作;

自适应补偿所述被测变速器的装夹操作,所述自适应补偿的函数表达式如下所示:

$$d_1 = ||c_x - c_w|| + \varepsilon \cdot \lambda_x;$$

$$d_2 = ||c_y - c_h|| + \varepsilon \cdot \lambda_y;$$

式中, $d_1$ 表示关于x坐标自适应补偿的结果值, $d_2$ 表示关于y坐标自适应补偿的结果值, $|| \cdot ||$ 表示绝对值运算, $c_x$ 、 $c_y$ 、 $c_w$ 和 $c_h$ 分别表示所述预测框的中心点位置坐标数据, $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ 分别表示所述预测框左上角的偏移量, $\varepsilon$ 表示所述自适应补偿的补偿常数;

所述自适应补偿的规则包括:通过所述自适应补偿,装夹臂两端的夹紧距离为关于x坐标自适应补偿的结果值,装夹头和缓冲垫的夹紧距离为关于y坐标自适应补偿的结果值;

所述调节模块用于监测所述被测变速器;

监测所述被测变速器的所述自适应补偿,并在补偿过程中不断进行自适应强化,所述自适应强化的函数表达式如下所示:

$$\mathcal{G}(d) \leftarrow \mathcal{G}(d) + \omega[\eta \cdot \max \mathcal{G}^*(d) - \mathcal{G}(d)];$$

式中, $\mathcal{G}(d)$ 表示所述自适应强化的最新结果, $\omega$ 表示所述自适应强化的强化率, $\eta$ 表示所述自适应强化的下降率, $\mathcal{G}^*(d)$ 表示所述自适应强化的预测结果;

所述采集分析模块用于测量所述被测变速器在扭转过程中的各项参数,并将所述参数传输到计算机进行记录和分析;

所述采集分析模块测量所述被测变速器在扭转过程中的各项参数,所述参数包括扭矩、扭角和变形,使用包括转速扭矩传感器和力传感器进行监测;

对所述参数的缺失值进行处理,函数表达式如下所示:

$$DW = \frac{\sum p_1 p_2 - \frac{\sum p_1 \cdot \sum p_2}{n}}{\sqrt{\sum p_1^2 - \frac{(\sum p_1)^2}{n}} \cdot \sqrt{\sum p_2^2 - \frac{(\sum p_2)^2}{n}}};$$

式中,DW表示对所述参数的相关性, $p_1$ 和 $p_2$ 分别表示不同时期同一传感器采集的参数时间序列,n表示参数的个数;

所述测控模块包括计算机、控制软件和显示屏,用于控制试验台的运行和参数设置,并提供人机界面供用户操作和监控试验过程;

所述控制软件安装于所述计算机中,所述显示屏放置于侧部,用于显示所述监控的画面。

2.如权利要求1所述的一种配备自适应装夹机构的静扭试验台,其特征在于:所述底座为铸铁的网格结构,通过地脚螺栓与铁平板进行连接,使螺栓孔均匀分布,并去除底座两侧和中下部的材料;

所述支柱配备变形补偿装置,用于校正支柱的形变和位移;

所述横梁与所述底座之间配备减震装置;

所述传动装置采用无齿轮传动,并结合所述变频器,使所述传动装置根据实际需要进行速度和扭矩的调节。

3.如权利要求2所述的一种配备自适应装夹机构的静扭试验台,其特征在于:所述采集分析模块将所述参数传输到计算机进行记录和分析,所述分析基于搭建的云平台实现,所述记录的参数存在缺失值,对所述参数的缺失值进行所述处理,将所述处理的参数发送到所述云平台中实现可视化展示;

其中,所述可视化展示的实现步骤如下所示:

配置所述可视化展示所需的可视化环境,搭建私有云并进行可视化功能分配与管理,搭建可视化展示平台,对所述处理的参数进行分析和可视化;

所述可视化的展示包括折线图和仪表盘图,并将试验数据与历史数据进行对比,进而进行趋势分析与预测。

4.如权利要求3所述的一种配备自适应装夹机构的静扭试验台,其特征在于:所述测控的流程如下所示:

查看所述试验台中设备的开启与关闭状态;

若所述设备未在5秒内同步开启或关闭,则触发软件告警;

若所述设备在5秒内同步开启或关闭,则查看扭矩的设定值与实际值比较;

若所述扭矩的设定值与实际值不符,则触发软件告警;

若所述扭矩的设定值与实际值相符,则查看扭角的大小、变形的状态;

若所述扭角的大小和变形的状态没有符合参数设置,则触发软件告警;

若所述扭角的大小和变形的状态符合参数设置,则结束所述测控流程。

## 一种配备自适应装夹机构的静扭试验台

### 技术领域

[0001] 本发明涉及试验台技术领域,尤其涉及一种配备自适应装夹机构的静扭试验台。

### 背景技术

[0002] 静扭试验台是一种用于测试材料静态扭转性能的设备,其主要功能是测量材料在扭转过程中的弹性变形、破坏扭矩、破坏角等参数。现阶段,静扭试验台的应用领域已经逐渐扩展到金属、复合材料、塑料、橡胶等领域,并且已开发了各种夹具和附件,以满足不同样品测试需求,部分厂家已经开始将计算机软件和控制系统集成到静扭试验台中,实现更高水平的数据采集、分析和控制,但是传统的扭矩传感器通常精度不够高,且偏移等误差较大,这对于某些材料来说可能会造成较大误差,影响测试结果的准确性,而且传统的夹具固定方式,如夹具螺栓旋紧,不同样品之间需要频繁更换夹具,增加了测试时间和成本,一些静扭试验台的数据采集系统可能存在局限性,难以处理复杂的多维度数据,数据分析和结果呈现不够实用。

[0003] 如申请公开号为CN114166504A公开了一种静扭试验台,用于一种发动机传动轴的静扭测试,该传动轴与主轴通过齿轮传动机构连接,其中,所述传动轴与主轴的轴线平行,其特征在于,包括:竖直设置的平板状支撑架;竖直设置的第一扭力加载柱和第二扭力加载柱;固定安装在所述第二伸出部(上的扭力加载盘;拉力绳和设置在所述拉力绳上的拉力传感器,将主轴固定在支撑架上,通过拉动拉力绳从而向扭力加载盘施加扭力,此时通过拉力传感器测出扭矩传感器上的竖直,结构简单,操作方便,有效解决了现有技术中遇到的问题。

[0004] 如申请公开号为CN114184378A公开了一种偏角轴静扭试验台,用于一种发动机传动轴的静扭测试,该传动轴与主轴通过齿轮传动机构连接,其中,所述传动轴与主轴的轴线呈锐角设置,其特征在于,包括:竖直设置的平板状支撑架;位于所述支撑架上方的扭力加载梁;设置在所述第二伸出部上的套管以及固定在所述第二伸出部端部的扭矩传感器以及连接在所述扭矩传感器另一端的扭转组件,所述扭转组件由扭力加载装置加载扭力;将主轴固定在支撑架上,通过扭转驱动装置向加载盘上施加扭力,此时通过扭矩传感器测出扭矩传感器上的竖直,结构简单,操作方便,有效解决了现有技术中遇到的问题。

[0005] 如申请公开号为CN113970442A公开了一种传动轴静扭试验台快换夹具,涉及传动轴的静扭装置,包括法兰底座和安装轴,所述法兰底座的中心处设置有对接孔;所述安装轴的一端具有与所述对接孔插接适配的对接部;所述对接部与所述对接孔可拆卸的插接;所述传动轴静扭试验台快换夹具还包括快锁件,所述快锁件用于将所述安装轴与所述法兰底座固定以完成对所述安装轴的轴向锁定;通过将传统整体式结构的夹具设计为目前的分体式结构,实现了拆装的效率,对于降低工作量,减轻工作强度具有极大地促进作用;同时通过采用多边形结构的对接孔和锁紧插销的结构来实现对安装轴的轴向锁定和周向锁定,进一步保证了拆装的效率和工作过程中安装轴的稳定性。

[0006] 以上专利存在本背景技术提出的问题:传统的扭矩传感器通常精度不够高,且偏

移等误差较大,这对于某些材料来说可能会造成较大误差,影响测试结果的准确性,而且传统的夹具固定方式,如夹具螺栓旋紧,不同样品之间需要频繁更换夹具,增加了测试时间和成本,一些静扭试验台的数据采集系统可能存在局限性,难以处理复杂的多维度数据,数据分析和结果呈现不够实用。为解决这一问题,本发明提出一种配备自适应装夹机构的静扭试验台。

## 发明内容

[0007] 本部分的目的在于概述本发明的实施例的一些方面以及简要介绍一些较佳实施例。在本部分以及本申请的说明书摘要和发明名称中可能会做些简化或省略以避免使本部分、说明书摘要和发明名称的目的模糊,而这种简化或省略不能用于限制本发明的范围。

[0008] 鉴于上述现有配备自适应装夹机构的静扭试验台存在的问题,提出了本发明。

[0009] 因此,本发明目的是提供一种配备自适应装夹机构的静扭试验台。

[0010] 为解决上述技术问题,本发明提供如下技术方案:主体结构、测功机模块、自适应装夹机构、采集分析模块和测控模块;

[0011] 所述主体结构包括底座、支柱和横梁,用于支撑整个试验模块的稳定性和刚性;

[0012] 所述底座放置于地面,所述支柱与所述底座进行活扣固定,所述横梁用于灵活连接所述测功机模块、所述自适应装夹机构、所述采集分析模块和所述测控模块;

[0013] 所述测功机模块包括驱动电机、变频器和传动装置,用于提供扭矩和扭转运动;

[0014] 所述驱动电机与所述变频器和所述传动装置之间使用所述横梁进行连接,先放置所述驱动电机进行驱动,再放置所述变频器执行对所述传动装置的变速调节,最后放置所述传动装置;

[0015] 所述自适应装夹机构用于适应不同被测变速器的形状和尺寸,并保持稳定的夹持力;

[0016] 所述自适应装夹机构包括识别模块、装夹模块和调节模块;

[0017] 所述识别模块利用神经网络算法对所述被测变速器进行目标识别定位;

[0018] 所述被测变速器定位的预测框函数表达式如下所示:

$$[0019] \quad c_x = \theta(\kappa_x) + \lambda_x;$$

$$[0020] \quad c_y = \theta(\kappa_y) + \lambda_y;$$

$$[0021] \quad c_w = s_w (\theta(\kappa_w))^2;$$

$$[0022] \quad c_h = s_h (\theta(\kappa_h))^2;$$

[0023] 式中, $c_x$ 、 $c_y$ 、 $c_w$ 和 $c_h$ 分别表示所述预测框的中心点位置坐标数据, $\theta$ 表示非线性激活函数, $\kappa_x$ 、 $\kappa_y$ 、 $\kappa_w$ 和 $\kappa_h$ 分别表示偏移量,取值为[0,1]之间, $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ 分别表示所述预测框左上角的偏移量, $s_w$ 、 $s_h$ 表示先验框的大小;

[0024] 所述装夹模块利用所述测控模块中的控制软件对所述被测变速器进行装夹和打开操作;

[0025] 自适应补偿所述被测变速器的装夹操作,所述自适应补偿的函数表达式如下所示:

$$[0026] \quad d_1 = ||c_x - c_w|| + \varepsilon \cdot \lambda_x;$$

$$[0027] \quad d_2 = ||c_y - c_h|| + \varepsilon \cdot \lambda_y;$$

[0028] 式中,  $d_1$  表示关于x坐标自适应补偿的结果值,  $d_2$  表示关于y坐标自适应补偿的结果值,  $|| \cdot ||$  表示绝对值运算,  $c_x$ 、 $c_y$ 、 $c_w$  和  $c_h$  分别表示所述预测框的中心点位置坐标数据,  $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$  分别表示所述预测框左上角的偏移量,  $\varepsilon$  表示所述自适应补偿的补偿常数;

[0029] 所述自适应补偿的规则包括: 通过所述自适应补偿, 装夹臂两端的夹紧距离为关于x坐标自适应补偿的结果值, 装夹头和缓冲垫的夹紧距离为关于y坐标自适应补偿的结果值;

[0030] 所述调节模块用于监测所述被测变速器;

[0031] 监测所述被测变速器的所述自适应补偿, 并在补偿过程中不断进行自适应强化, 所述自适应强化的函数表达式如下所示:

[0032]  $\mathcal{G}(d) \leftarrow \mathcal{G}(d) + \omega[\eta \cdot \max \mathcal{G}^*(d) - \mathcal{G}(d)];$

[0033] 式中,  $\mathcal{G}(d)$  表示所述自适应强化的最新结果,  $\omega$  表示所述自适应强化的强化率,  $\eta$  表示所述自适应强化的下降率,  $\mathcal{G}^*(d)$  表示所述自适应强化的预测结果;

[0034] 所述采集分析模块用于测量所述被测变速器在扭转过程中的各项参数, 并将所述参数传输到计算机进行记录和分析;

[0035] 所述采集分析模块测量所述被测变速器在扭转过程中的各项参数, 所述参数包括扭矩、扭角和变形, 使用包括转速转矩传感器和力传感器进行监测;

[0036] 对所述参数的缺失值进行处理, 函数表达式如下所示:

$$[0037] \quad DW = \frac{\sum p_1 p_2 - \frac{\sum p_1 \cdot \sum p_2}{n}}{\sqrt{\sum p_1^2 - \frac{(\sum p_1)^2}{n}} \cdot \sqrt{\sum p_2^2 - \frac{(\sum p_2)^2}{n}}};$$

[0038] 式中, DW表示对所述参数的相关性,  $p_1$  和  $p_2$  分别表示不同时期同一传感器采集的参数时间序列, n表示参数的个数;

[0039] 所述测控模块包括计算机、控制软件和显示屏, 用于控制试验台的运行和参数设置, 并提供人机界面供用户操作和监控试验过程;

[0040] 所述控制软件安装于所述计算机中, 所述显示屏放置于侧部, 用于显示所述监控的画面。

[0041] 作为本发明所述配备自适应装夹机构的静扭试验台的一种优选方案, 其中: 所述底座为铸铁的网格结构, 通过地脚螺栓与铁平板进行连接, 使螺栓孔均匀分布, 并去除底座两侧和中下部的材料;

[0042] 所述支柱配备变形补偿装置, 用于校正支柱的形变和位移;

[0043] 所述横梁与所述底座之间配备减震装置;

[0044] 所述传动装置采用无齿轮传动, 并结合所述变频器, 使所述传动装置根据实际需要进行速度和扭矩的调节。

[0045] 作为本发明所述配备自适应装夹机构的静扭试验台的一种优选方案, 其中: 所述采集分析模块将所述参数传输到计算机进行记录和分析, 所述分析基于搭建的云平台实现, 所述记录的参数存在缺失值, 对所述参数的缺失值进行所述处理, 将所述处理的参数发送到所述云平台中实现可视化展示;

[0046] 其中,所述可视化展示的实现步骤如下所示:

[0047] 配置所述可视化展示所需的可视化环境,搭建私有云并进行可视化功能分配与管理,搭建可视化展示平台,对所述处理的参数进行分析和可视化;

[0048] 所述可视化的展示包括折线图和仪表盘图,并将试验数据与历史数据进行对比,进而进行趋势分析与预测。

[0049] 作为本发明所述配备自适应装夹机构的静扭试验台的一种优选方案,其中:所述测控的流程如下所示:

[0050] 查看所述试验台中设备的开启与关闭状态;

[0051] 若所述设备未在5秒内同步开启或关闭,则触发软件告警;

[0052] 若所述设备在5秒内同步开启或关闭,则查看扭矩的设定值与实际值比较;

[0053] 若所述扭矩的设定值与实际值不符,则触发软件告警;

[0054] 若所述扭矩的设定值与实际值相符,则查看扭角的大小、变形的状态;

[0055] 若所述扭角的大小和变形的状态没有符合参数设置,则触发软件告警;

[0056] 若所述扭角的大小和变形的状态符合参数设置,则结束所述测控流程。

[0057] 本发明的有益效果:本发明通过主体结构、测功机模块、自适应装夹机构、采集分析模块和测控模块构建静扭试验台,主体结构包括底座、支柱和横梁,用于支撑整个试验模块的稳定性和刚性,测功机模块包括驱动电机、变频器和传动装置,用于提供扭矩和扭转运动,自适应装夹机构用于适应不同被测变速器的形状和尺寸,并保持稳定的夹持力,根据预测框函数对被测变速器进行定位预测,实现对不同被测变速器的精准预测,并通过对被测变速器的自适应补偿实现对被测变速器的自适应夹紧,有效防止了被测变速器的变形和掉落,改善测量效果,同时对补偿过程不断自适应强化,采集分析模块用于测量被测变速器在扭转过程中的各项参数,并将参数传输到计算机进行记录和分析,对参数的缺失值进行处理,保证参数的可利用性,测控模块包括计算机、控制软件和显示屏,用于控制试验台的运行和参数设置,并提供人机界面供用户操作和监控试验过程,监控被测变速器的装夹过程,研究被测变速器的装夹位置是否合适,装夹位置是否需要补偿,补偿完后对夹具做有力测试,改变了传统的夹具固定方式,并且能够处理多维度数据,通过不同的图表进行可视化展示。

## 附图说明

[0058] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅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性的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图。其中:

[0059] 图1为本发明一种配备自适应装夹机构的静扭试验台的整体结构示意图;

[0060] 图2为本发明一种配备自适应装夹机构的静扭试验台所述的自适应装夹机构结构示意图;

[0061] 图3为本发明一种配备自适应装夹机构的静扭试验台所述的预测框原理图;

[0062] 图4为本发明一种配备自适应装夹机构的静扭试验台所述的驱动电机所产生的扭矩与被测变速器的扭矩关系图;



[0063] 图5为本发明一种配备自适应装夹机构的静扭试验台所述的测控流程图。

### 具体实施方式

[0064] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合说明书附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0065] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是本发明还可以采用其他不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0066] 其次,此处所称的“一个实施例”或“实施例”是指可包含于本发明至少一个实现方式中的特定特征、结构或特性。在本说明书中不同地方出现的“在一个实施例中”并非均指同一个实施例,也不是单独的或选择性的与其他实施例互相排斥的实施例。

[0067] 再其次,本发明结合示意图进行详细描述,在详述本发明实施例时,为便于说明,表示器件结构的剖面图会不依一般比例作局部放大,而且所述示意图只是示例,其在此不应限制本发明保护的范围。此外,在实际制作中应包含长度、宽度及深度的三维空间尺寸。

[0068] 实施例

[0069] 参照图1,提供了一种配备自适应装夹机构的静扭试验台的整体结构示意图,如图1所示,一种配备自适应装夹机构的静扭试验台包括主体结构、测功机模块、自适应装夹机构、采集分析模块和测控模块。

[0070] 主体结构包括底座11、支柱10和横梁8,用于支撑整个试验模块的稳定性和刚性,底座放置于地面,支柱与底座进行活扣固定,横梁用于灵活连接测功机模块、自适应装夹机构、采集分析模块和测控模块。

[0071] 底座为铸铁的网格结构,通过地脚螺栓与铁平板进行连接,使螺栓孔均匀分布,并去除底座两侧和中下部的材料;

[0072] 该底座是灰铸铁制成的,铸铁底座的元结构是十字网格结构,长度为500mm,宽度为250mm,筋板厚度为50mm,筋板高度为260mm,该铸铁底座是通过地脚螺栓与铁平板进行连接,并使得螺栓孔能够均匀分布,最好两个螺栓孔之间的间隔能保持在900mm左右,在对元结构进行优化时,移除底座两侧和中下部的材料,同时对于筋板的尺寸优化为厚度升级为60mm,高度升级为290mm,多个元结构组成主体结构中的底座;

[0073] 支柱配备变形补偿装置,用于校正支柱的形变和位移;

[0074] 该支柱使用精密位移传感器和可调节的补偿装置,实时监测和调整柱子的形变,并对试验数据进行在线修正和校准,并采用空心结构增加支柱的刚度,降低了产生变形和形变的可能性,该支柱是模块化结构,方便用于组装、维修和升级;

[0075] 横梁与底座之间配备减震装置,用于减少外界振动对试验台的影响;

[0076] 该横梁采用复合材料进行构建,以增加其抗弯刚度和耐疲劳性能,在横梁和底座之间加入缓冲层,有效隔离振动传递,该横梁还是模块化结构,可以方便替换横梁的部件,增加附加功能或者进行定制化改造,提高了试验台的灵活性和可扩展性。

[0077] 具体应用中,该静扭试验台依据着一个主体结构,从左至右分别放置着测功机模块、采集分析模块、自适应装夹机构和测控模块,各有分工,实现对被测变速器的功能测试,保证了试验台的灵活性和可扩展性。

[0078] 测功机模块包括驱动电机1、变频器2和传动装置3,用于提供扭矩和扭转运动,驱动电机与变频器和传动装置之间使用横梁进行连接,先放置驱动电机进行驱动,再放置变频器执行对传动装置的变速调节,最后放置传动装置。

[0079] 该驱动电机使用的是交流电力测功机,型号为DYNAS3 HP,其最高转速能够达到10000转/分,兼具高动态性和低振动的特点,由于强化后的外壳和底座的出风口,提出了新的冷却方式,进一步提高了功率尺寸比,该驱动电机的额定吸收功率为265kW,额定吸收转速为4820rpm,额定吸收扭矩为525Nm,额定驱动功率为244kW,额定驱动转速为4660rpm,额定驱动扭矩为500Nm;

[0080] 该变频器采用先进的硅基功率模块,以减少功率损耗和提高效率,还有多功能集成,不仅实现了驱动电机转速的精确调节,还有故障保护、运行监测的功能,提高了变频器的智能化水平,方便用户监控和管理设备运行状态,并实现更高的可靠性和安全性;

[0081] 传动装置采用无齿轮传动,并结合变频器,使传动装置可以根据实际需要进行速度和扭矩的调节;

[0082] 该传动装置采用无齿轮传动方式和复合材料,以提高传动装置的轻量化、耐磨性和能量传递效率,并可以减少噪音和延长寿命,结合变频器,可以实现变速调节功能,使得传动装置可以根据实际需要进行速度和扭矩的调节,这样传动装置可以提供更精准、可靠和智能的扭转传动功能,为用户带来更好的使用体验和操作便利性。

[0083] 具体应用中,使用型号为DYNAS3 HP的交流电力测功机,实现转速的灵活选择,并选择采用硅基功率模块的变频器和无齿轮传动并采用复合材料的传动装置,实现对速度和扭矩的灵活调节。

[0084] 自适应装夹机构5包括识别模块、装夹模块和调节模块,用于适应不同被测变速器的形状和尺寸,并保持稳定的夹持力,具体的结构示意图如图2所示。

[0085] 其中,装夹头51是为了夹紧被测变速器的上方,装夹臂52是为了夹紧被测变速器的两端,上下运动活口53是方便夹紧大型的被测变速器,可旋转柱54方便不同方向的变速器测试,缓冲垫55是为了保护被测变速器;

[0086] 识别模块56利用神经网络算法对被测变速器进行目标识别定位;

[0087] 利用YOLO方法对被测变速器进行目标识别定位,根据实际生成不同的预测框进行目标识别定位,预测框的原理图如图3所示;

[0088] 被测变速器定位的预测框函数表达式如下所示:

$$[0089] \quad c_x = \theta(\kappa_x) + \lambda_x;$$

$$[0090] \quad c_y = \theta(\kappa_y) + \lambda_y;$$

$$[0091] \quad c_w = s_w (\theta(\kappa_w))^2;$$

$$[0092] \quad c_h = s_h (\theta(\kappa_h))^2;$$

[0093] 式中, $c_x$ 、 $c_y$ 、 $c_w$ 和 $c_h$ 分别表示预测框的中心点位置坐标数据, $\theta$ 表示非线性激活函数, $\kappa_x$ 、 $\kappa_y$ 、 $\kappa_w$ 和 $\kappa_h$ 分别表示偏移量,取值为[0,1]之间, $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ 分别表示预测框左上角的偏移量, $s_w$ 、 $s_h$ 表示先验框的大小;

[0094] 其中,图中的实线框为预测框,虚线框为先验框,预测框以网格的形式呈现,对被测变速器进行目标识别定位,将该被测变速器作为预测中心点,在周围生成预测框,设 $\kappa_x$ 是预测出来的预测中心点x坐标的偏移量,相当于网格的左上角, $\kappa_y$ 是预测出来的预测中心点

y坐标的偏移量,相当于网格的左上角, $\lambda_x$ 是对应网格左上角的x坐标, $\lambda_y$ 是对应网格左上角的y坐标, $w$ 是指预测被测变速器的宽, $h$ 是指预测被测变速器的高, $\kappa_w$ 是指预测出来的被测变速器宽的偏移量, $\kappa_h$ 是指预测出来的被测变速器高的偏移量,所以 $c_x$ 、 $c_y$ 、 $c_w$ 和 $c_h$ 分别表示预测框的中心点位置坐标数据,该中心点位置坐标数据包括中心点的x和y坐标以及预测出来被测变速器的宽和高,其中 $c_x$ 表示预测出来的预测中心点的x坐标, $c_y$ 表示预测出来的预测中心点的y坐标, $c_w$ 表示预测出来被测变速器宽的值, $c_h$ 表示预测出来被测变速器高的值;

[0095] 基于深度学习的目标检测算法大多使用全卷积网络结构,YOLO系列目标识别网络中常见的卷积层结构为卷积、批归一化层以及非线性激活函数级联的方式对输入的相关数据进行处理;

[0096] 由于卷积操作带来的大量冗余数据降低了深度学习网络的检测速度,所以需要采用结构化剪枝中的通道剪枝算法对深度学习网络进行剪枝操作,能够在一定程度上减少深度学习网络中冗余的数据量,继而生成轻量化深度学习网络模型,通过对深度学习网络中重要性程度不高的传输通道进行筛选,并区分出重要通道和冗余数据通道,从而进行剪枝,生成轻量化深度学习网络;

[0097] 装夹模块利用测控模块中的控制软件对被测变速器进行装夹和打开操作,通过装夹头和装夹臂实现装夹和打开操作;

[0098] 自适应补偿被测变速器的装夹操作,自适应补偿的函数表达式如下所示:

$$[0099] \quad d_1 = ||c_x - c_w|| + \varepsilon \cdot \lambda_x;$$

$$[0100] \quad d_2 = ||c_y - c_h|| + \varepsilon \cdot \lambda_y;$$

[0101] 式中, $d_1$ 表示关于x坐标自适应补偿的结果值, $d_2$ 表示关于y坐标自适应补偿的结果值, $|| \cdot ||$ 表示绝对值运算, $c_x$ 、 $c_y$ 、 $c_w$ 和 $c_h$ 分别表示预测框的中心点位置坐标数据, $\lambda_x$ 、 $\lambda_y$ 分别表示预测框左上角的偏移量, $\varepsilon$ 表示自适应补偿的补偿常数;

[0102] 自适应补偿的规则包括:通过自适应补偿,装夹臂两端的夹紧距离为关于x坐标自适应补偿的结果值,装夹头和缓冲垫的夹紧距离为关于y坐标自适应补偿的结果值;

[0103] 在实际的装夹过程中,被测变速器并不是统一规格的,如果只是使用固定的装夹装置,就会在一定程度上造成被测变速器的变形,并存在夹不稳的情况,所以需要在原有的装夹基础上进行形状自适应补偿,这里利用对被测变速器定位时的预测框中心点坐标和偏移量进行绝对值操作,求出需要自适应补偿的部分,并根据自适应补偿的规则更改装夹臂两端的夹紧距离以及调节上下运动活口来更改装夹头和缓冲垫的夹紧距离;

[0104] 调节模块用于监测被测变速器;

[0105] 监测被测变速器的自适应补偿,并在补偿过程中不断进行自适应强化,自适应强化的函数表达式如下所示:

$$[0106] \quad \mathcal{G}(d) \leftarrow \mathcal{G}(d) + \omega[\eta \cdot \max \mathcal{G}^*(d) - \mathcal{G}(d)];$$

[0107] 式中, $\mathcal{G}(d)$ 表示自适应强化的最新结果, $\omega$ 表示自适应强化的强化率, $\eta$ 表示自适应强化的下降率, $\mathcal{G}^*(d)$ 表示自适应强化的预测结果;

[0108] 该调节模块用于监测被测变速器的装夹状态,调整被测变速器的装夹姿势,以防造成被测变速器的变形和掉落,同时可以在试验过程中利用集成在装置上的力传感器实时监测被测变速器的受力状态,配合自适应补偿规则,主动调整被测变速器的装夹状态和装

夹姿势,实现自适应装夹功能;

[0109] 通过对整个过程的监测,在补偿过程中不断进行自适应强化,使得装夹机构能够自适应不同的被测变速器,对于强化的最新结果会不断地记录下来,从而能够更好地实现自适应装夹,其中自适应强化的强化率是指在深度学习网络的帮助下对装夹过程的学习强化几率,自适应强化的下降率是指在深度学习网络的冗余影响下出现的学习下降几率,强化的预测结果是指自适应装夹机构对下一个被测变速器的装夹姿势的预测。

[0110] 具体应用中,对不同的被测变速器实行自适应装夹,利用YOLO对被测变速器进行识别并进行预测框固定,对被测变速器的具体尺寸进行自适应补偿,并记录在采集分析模块中,分别对应不同的变速器,利用环境的特性,实现自适应装夹机构的自适应强化。

[0111] 采集分析模块7用于测量被测变速器在扭转过程中的各项参数,并将参数传输到计算机进行记录和分析。

[0112] 采集分析模块测量被测变速器在扭转过程中的各项参数,参数包括扭矩、扭角和变形,使用包括转速转矩传感器4和力传感器6进行监测;

[0113] 对参数的缺失值进行处理,函数表达式如下所示:

$$[0114] \quad DW = \frac{\sum p_1 p_2 - \frac{\sum p_1 \cdot \sum p_2}{n}}{\sqrt{\sum p_1^2 - \frac{(\sum p_1)^2}{n}} \cdot \sqrt{\sum p_2^2 - \frac{(\sum p_2)^2}{n}}};$$

[0115] 式中,DW表示对参数的相关性, $p_1$ 和 $p_2$ 分别表示不同时期同一传感器采集的参数时间序列,n表示参数的个数;

[0116] 其中,扭矩和扭角是机械工程中非常重要的一项计算方法,扭矩是指作用于物体上的旋转力,扭角是指物体旋转的角度,变形则是扭矩作用后的产生的影响,静态试验台的作用就是为了测试变速器的强度和耐久性,通过驱动电机对被测变速器作用于一定的扭矩力,然后计算被测变速器在受到扭矩作用下的变形和扭角,从而能够通过不断的试验保证被测变速器的稳定性和可靠性,驱动电机所产生的转矩和被测变速器的扭矩关系如图4所示;

[0117] 扭矩、扭角和变形这三个参数是通过不同的传感器进行采集的,在采集的过程中,参数是会存在异常值和缺失值的情况,对于异常值的处理需要进行具体的分类,通过分类后对异常值进行剔除,对于缺失值的处理需要计算参数之间的相关性,然后搜索与缺失值相似度最高的历史采集时间序列参数,按照时间序列回归关系估算缺失值;

[0118] 采集分析模块将参数传输到计算机进行记录和分析,分析基于搭建的云平台实现,记录的参数存在缺失值,对参数的缺失值进行处理,将处理的参数发送到云平台中实现可视化展示;

[0119] 其中,可视化展示的实现步骤如下所示:

[0120] 配置可视化展示所需的可视化环境,搭建私有云并进行可视化功能分配与管理,搭建可视化展示平台,对处理的参数进行分析和可视化;

[0121] 可视化的展示包括折线图和仪表盘图,并将试验数据与历史数据进行对比,实现了对试验台产生的各种参数的灵活可视化展示,进而进行趋势分析和预测,为产品的研发和质量控制提供参考和指导;

[0122] 需要解释的是:可视化环境包括配置主机名、禁用防火墙、启动网络服务、域名解析、安装时间源服务和配置yum源,所需的私有云选择阿里云,对可视化功能进行分配,包括可视化项目管理、用户管理、云主机类型、网络连接管理,云主机类型又包括内存大小、磁盘容量和CPU内核数量,搭建的可视化展示平台包括配置并启动集群环境、数据库的安装和可视化软件的安装配置,将处理后的参数导入可视化软件中,执行可视化操作。

[0123] 具体应用中,对于传感器采集的参数,对于异常值进行排除,对于缺失值先进行相关性计算,再根据历史采集时间序列参数进行估算,然后将处理过的参数发送到云平台中,实现可视化展示,其中折线图可以展示出时间与某一个参数或者多个参数之间的对比关系,进而分析某一个参数的规律性以及分析不同参数之间的相互影响和相关性,仪表盘图可以展示出试验台实时产生参数的数值和变化趋势,帮助用户监控试验台的工作状态和性能,并直观地将多个参数数值进行对比,帮助用户了解各个参数的相对大小和变化情况,同时还有更多的可视化图表,利用组合图可以更加全面地呈现参数之间的关系。

[0124] 测控模块9包括计算机、控制软件和显示屏,用于控制试验台的运行和参数设置,并提供人机界面供用户操作和监控试验过程,控制软件安装于计算机中,显示屏放置于侧部,用于显示监控的画面。

[0125] 测控的流程如图5所示,具体说明如下所示:

[0126] 查看试验台中设备的开启与关闭状态;

[0127] 若设备未在5秒内同步开启或关闭,则触发软件告警;

[0128] 若设备在5秒内同步开启或关闭,则查看扭矩的设定值与实际值比较;

[0129] 若扭矩的设定值与实际值不符,则触发软件告警;

[0130] 若扭矩的设定值与实际值相符,则查看扭角的大小、变形的状态;

[0131] 若扭角的大小和变形的状态没有符合参数设置,则触发软件告警;

[0132] 若扭角的大小和变形的状态符合参数设置,则结束测控流程;

[0133] 需要说明的是:在测试被测变速器的情况时,对于每个具体的变速器,它的扭角大小和变形状态取决于具体的变速器类型、设计参数和应用环境等因素,每个变速器的参数设置并不相同;

[0134] 在实际应用中,制造商会根据设计和工程经验,结合材料、载荷和可靠性等因素来确定适当的变形阈值,具体的扭角大小还会受到设计要求、传动效率、材料强度等因素的影响,比如汽车手动变速器的扭角范围在 $10^{\circ}$ 至 $30^{\circ}$ 之间,汽车自动变速器的扭角范围在 $5^{\circ}$ 至 $15^{\circ}$ 之间,工业变速器的扭角范围在 $20^{\circ}$ 至 $60^{\circ}$ 之间;

[0135] 将试验台连接到云平台中,实现对试验台中整个试验模块的远程监控和控制,用户可以通过手机、平板电脑或者计算机远程监控实时测试数据,并可以在整个试验过程中根据需要对各项参数进行调整和控制。

[0136] 具体应用中,管理人员通过手机进行远程监控,发现设备在5秒内同步开启或关闭,扭矩的设定值与实际值相符,同时扭角的大小和变形的状态符合制造商的参数范围设置,所以没有触发软件告警,结束测控流程。

[0137] 应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发

明的权利要求范围当中。

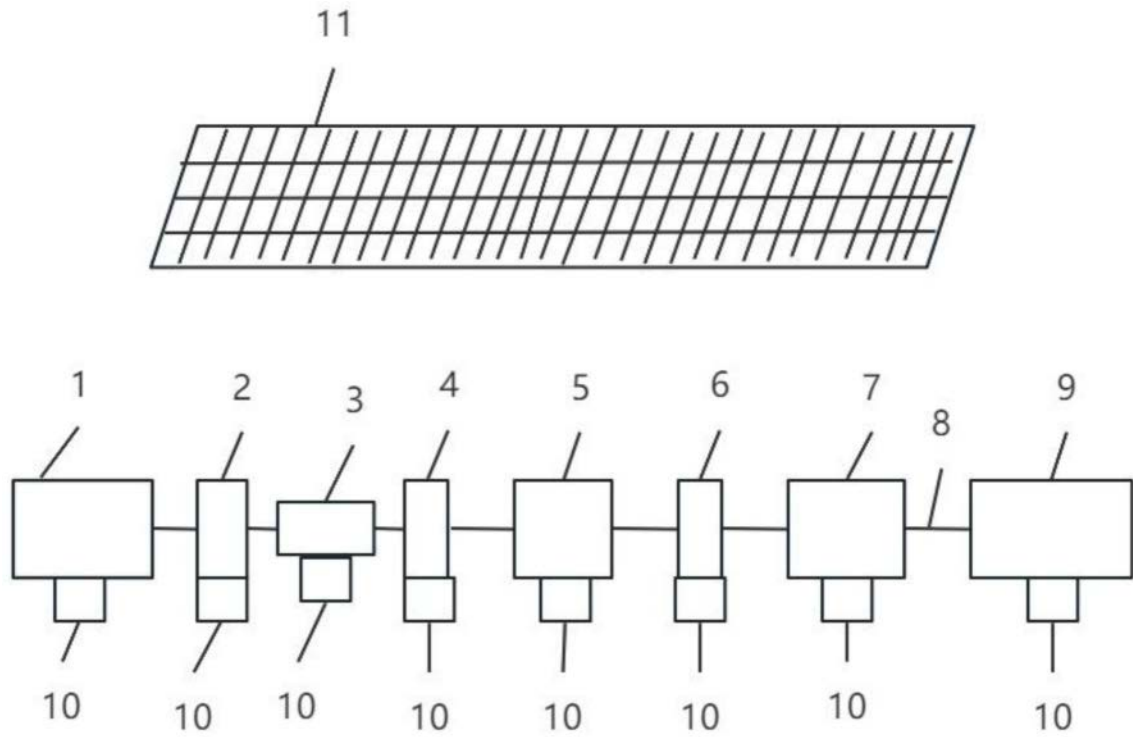


图1

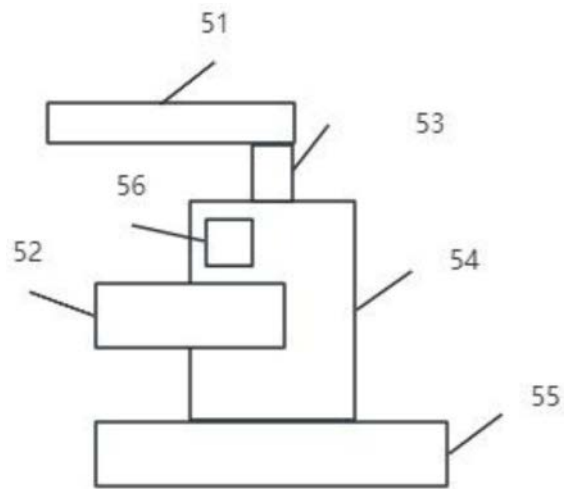


图2

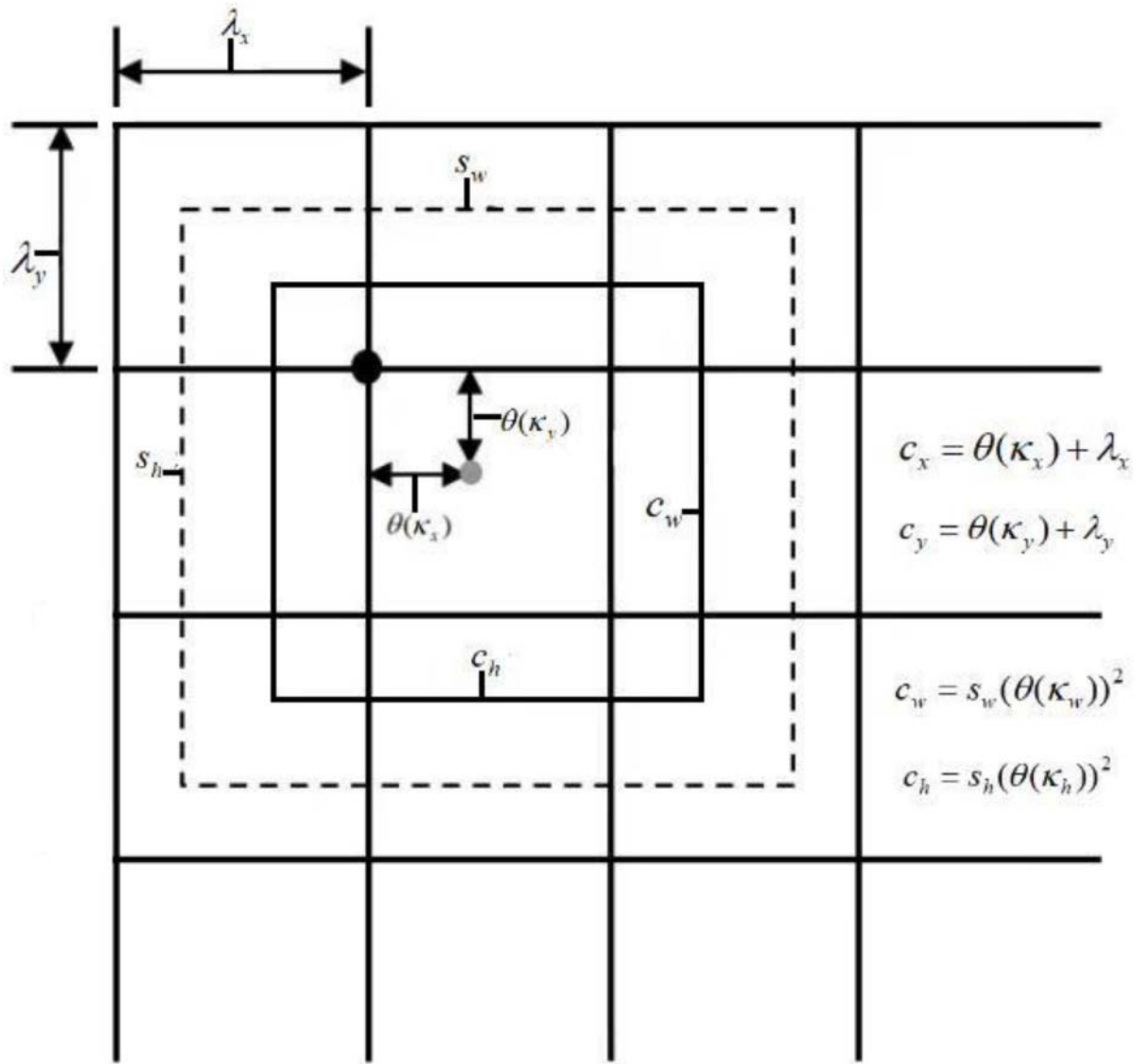


图3



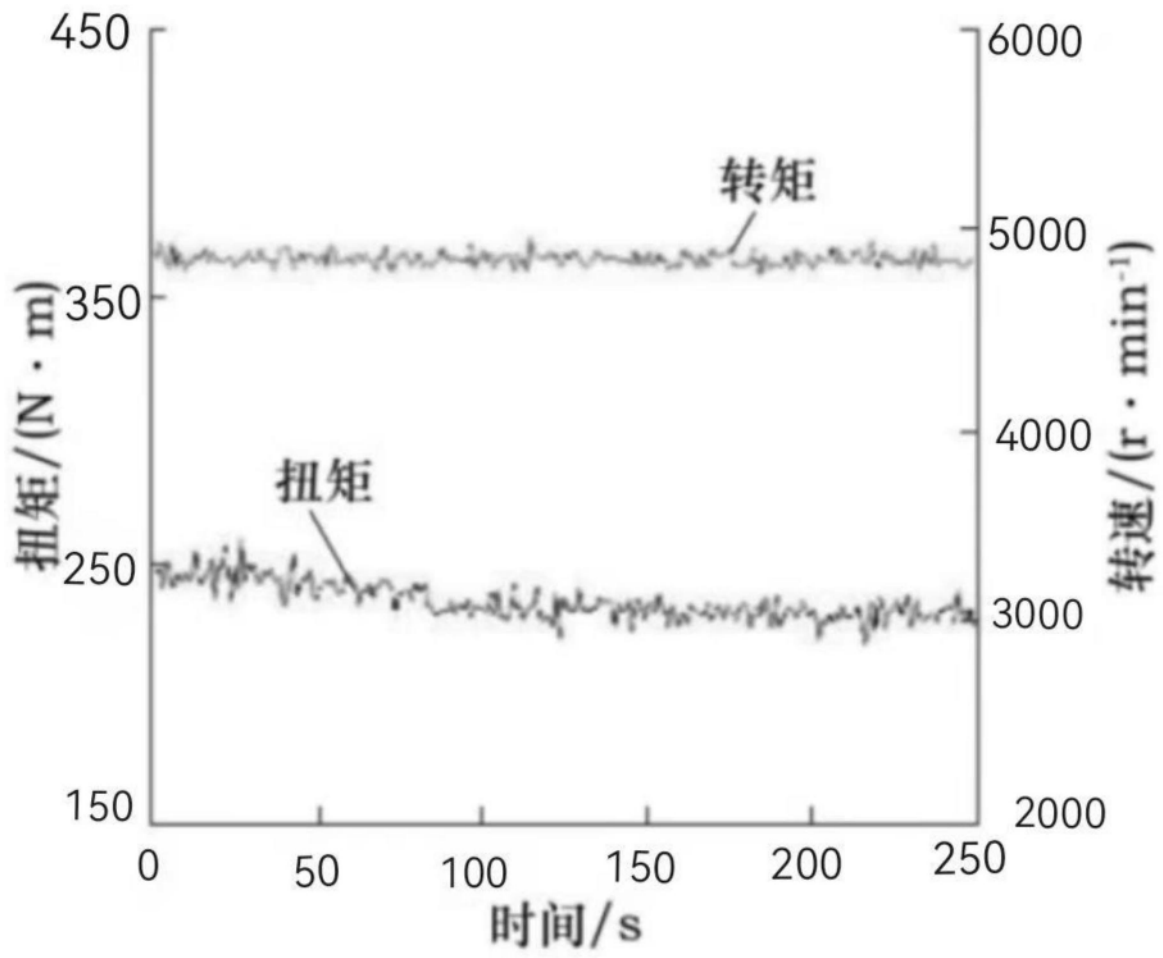


图4

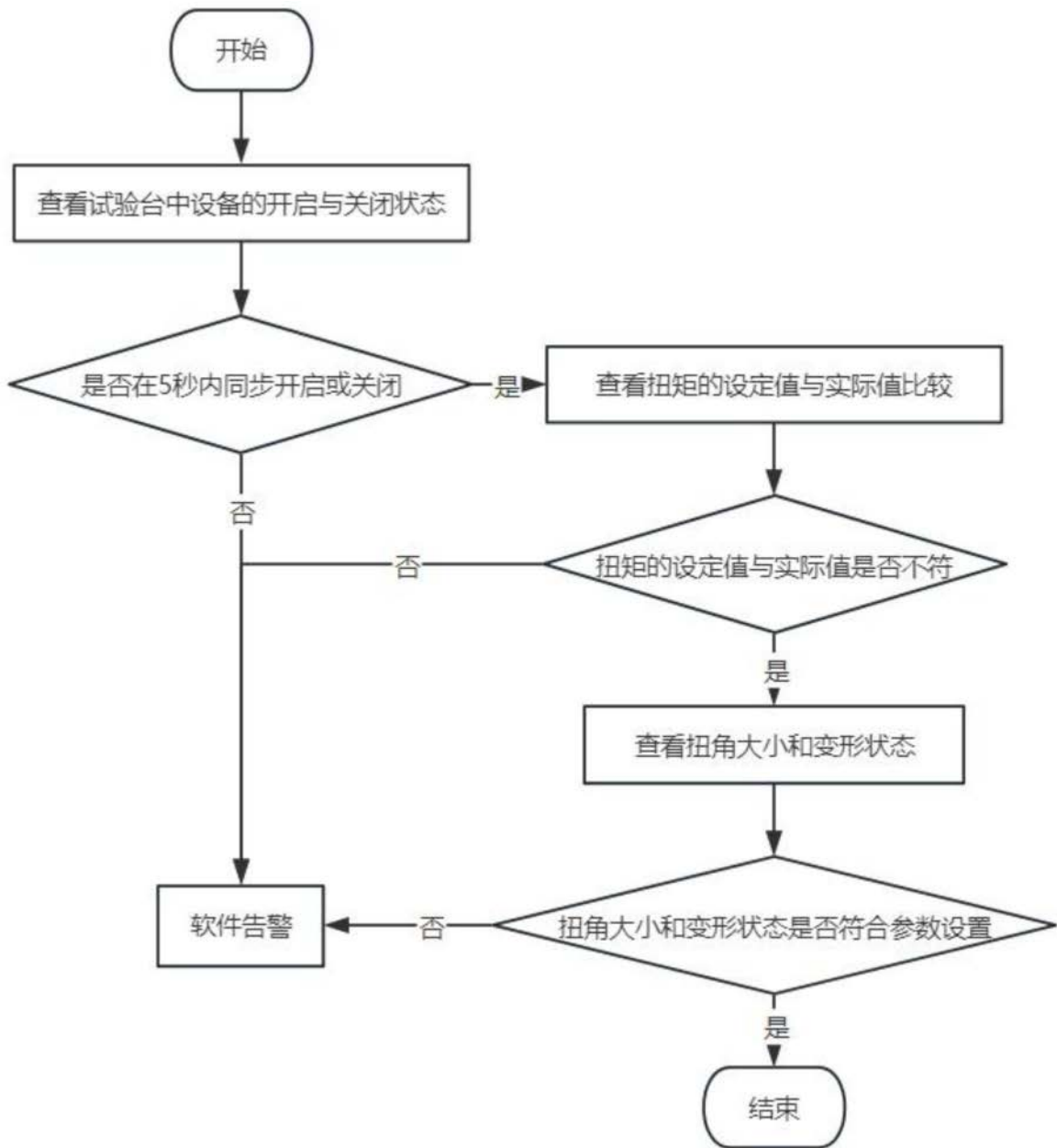


图5