



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105758733 B

(45)授权公告日 2018.08.10

(21)申请号 201610208879.8

G01L 3/00(2006.01)

(22)申请日 2016.04.06

G01B 11/16(2006.01)

G01B 11/26(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105758733 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(73)专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街2699号

(72)发明人 赵宏伟 霍占伟 代晓航 刘先华

李柠 张世忠 王顺博 苗淼

(74)专利代理机构 吉林长春新纪元专利代理有

限责任公司 22100

代理人 王怡敏

(56)对比文件

CN 205538496 U,2016.08.31,

CN 104359773 A,2015.02.18,

CN 201555713 U,2010.08.18,

CN 201583401 U,2010.09.15,

CN 102269659 A,2011.12.07,

CN 203405385 U,2014.01.22,

CN 104833603 A,2015.08.12,

审查员 陈优

(51)Int.Cl.

G01N 3/20(2006.01)

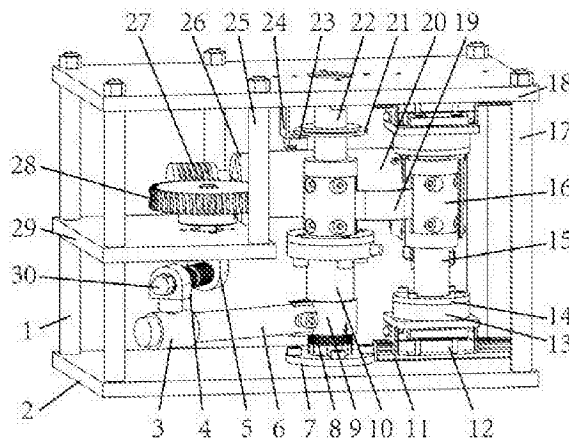
权利要求书3页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪与测试方法

(57)摘要

本发明涉及一种可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪与测试方法,属于精密仪器领域。包括弯曲疲劳加载单元、试件夹持单元、伴随运动单元及精密检测单元,弯曲疲劳加载单元由直流伺服电机提供动力,经由一级蜗轮蜗杆减速带动曲柄摇杆机构实现摇杆的往复摆动,摇杆带动夹持单元实现往复旋转,弯曲试样随着夹持单元的往复旋转而被反复弯曲,而伴随运动单元在弯曲试样的拖动下,做出伴随的旋转以及平移。优点在于:避免了三点弯曲加载时换算弯矩的误差,同时避免了支棍摩擦力对于试验结果的影响;能对弯矩以及弯曲的角度进行精确的测量;能实现不同的疲劳模式,能实现不同应力幅的疲劳试验,能实现不同平均应力的疲劳试验。



1. 一种可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,其特征在于:包括弯曲疲劳加载单元、夹持单元、伴随运动单元及精密检测单元,在传动链上采用曲柄摇杆传动机构来实现悬臂弯曲疲劳加载;曲柄(30)的长度可调,实现不同应力幅的疲劳试验;摇杆(6)相对于夹持单元实现 $-45^{\circ}\sim+45^{\circ}$ 角度调节,即实现不同平均应力的疲劳试验;所述弯曲疲劳加载单元通过精密检测单元的扭矩传感器(10)与夹持单元连接,夹持单元通过右侧夹具转轴(15)与伴随运动单元连接,精密检测单元与左侧夹具转轴(22)过盈连接;弯曲疲劳加载单元通过蜗轮蜗杆传动副以及曲柄摇杆传动机构将直流电机的单方向转动,变换为夹持单元的往复回转运动,弯曲试样(19)随着夹持单元的往复回转而被反复弯曲,而伴随运动单元在弯曲试样(19)的拖动下,做出伴随的旋转以及平移。

2. 根据权利要求1所述的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,其特征在于:所述的弯曲疲劳加载单元是:直流电机(20)作为动力源,直流电机(20)通过电机法兰(26)固定在中板(29)上,所述中板(29)的上面通过立柱Ⅲ(25)与上板(18)固定连接,下面通过立柱Ⅰ(1)与下板(2)固定连接;电机轴与蜗杆(27)通过紧固螺钉固连,蜗轮(28)与蜗杆(27)构成蜗轮蜗杆传动副;蜗轮(28)通过平键与曲柄销轴(5)连接,并通过紧固螺钉锁紧。

3. 根据权利要求1所述的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,其特征在于:所述的曲柄摇杆传动机构是:曲柄销轴(5)的中间部分装有深沟球轴承,轴承内圈的轴向定位一边与曲柄销轴(5)的轴肩相接触,另一边与轴用弹性挡圈相接触;轴承的外圈装在中板(29)的轴承座孔里,轴承外圈的轴向一边与轴承座孔的台肩相接触,另一边与轴承端盖接触,通过螺钉压紧;曲柄销轴(5)的另一端设有垂直于曲柄销轴(5)轴线的螺纹孔,曲柄销轴(5)与曲柄(30)通过螺纹连接;曲柄(30)与曲柄销套(4)通过螺纹连接,曲柄销套(4)另一端的盲孔与摇杆滑套(3)的销间隙配合,在盲孔内装有铜套;摇杆滑套(3)的另一端套在摇杆(6)上,摇杆滑套(3)相对于摇杆(6)轴向自由滑动。

4. 根据权利要求3所述的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,其特征在于:所述的曲柄(30)外圆柱面加工有不同旋向的螺纹,分别与曲柄销套(4)和曲柄销轴(5)螺纹连接,当旋动曲柄(30)时,曲柄销套(4)与曲柄销轴(5)的距离将增加或减少,从而实现了曲柄(30)长度的调节,最终实现不同应力幅的疲劳试验;为便于旋动曲柄(30),将曲柄(30)的两端设为外六角形状。

5. 根据权利要求1所述的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,其特征在于:所述的夹持单元是:摇杆(6)与夹紧套(9)通过螺栓紧固连接,同时夹紧套(9)自身会发生形变夹紧传感器连接轴(8),实现夹紧套(9)与传感器连接轴(8)的连接;传感器连接轴(8)的末端装有深沟球轴承,以支撑传感器连接轴(8)自由转动,传感器连接轴(8)的另一端面沿轴向方向开有方孔,该方孔与扭矩传感器(10)的方轴配合,以传递扭矩;扭矩传感器(10)的一端通过方轴与传感器连接轴(8)相连,另一端通过自身的法兰与左侧夹具转轴(22)的法兰相连,左侧夹具转轴(22)的上端与传感器连接轴(8)均装有轴承以保证自由转动;左侧夹具转轴(22)上设有平面用于弯曲试样(19)的夹持,压盖(16)通过螺钉将弯曲试样(19)压紧在左侧夹具转轴(22)上。

6. 根据权利要求5所述的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,其特征在于:所述的夹紧套(9)起连接作用,将摇杆(6)与传感器连接轴(8)连在一起,另一方面它相对于传感器连接轴(8)有不同的相对角度位置,这样就能实现不同平均应力的疲劳试验;所述传感

器连接轴(8)上面分布有均匀的刻度线,夹紧套(9)上面有指示箭头,能够对两者之间的角度做出定量调节。

7. 根据权利要求1所述的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,其特征在于:所述的伴随运动单元既能实现绕自身轴线的旋转,又能实现平移,具体结构是:右侧夹具转轴(15)中间的平面用来夹紧弯曲试样(19),右侧夹具转轴(15)的下端装有深沟球轴承,轴承内圈的轴向定位一边与右侧夹具转轴(15)的轴肩接触,另一边与轴用弹性挡圈接触,轴承外圈的轴向定位一边与右轴承座(13)孔的台肩接触,另一边通过螺钉压紧右轴承端盖(14),右轴承座(13)的底板通过螺钉与滑块(12)相连,滑块(12)安装在导轨(11)上,导轨(11)通过螺钉与下板(2)紧固连接,右侧夹具转轴(15)的上端结构与下端相同。

8. 根据权利要求1所述的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,其特征在于:所述的精密检测单元包括扭矩传感器(10)与圆光栅尺(21),所述扭矩传感器(10)安装在摇杆(6)与左侧夹具转轴(22)之间,实时测量弯曲试样(19)所承受的弯矩;所述圆光栅尺(21)安装在左侧夹具转轴(22)上随左侧夹具转轴(22)旋转,光栅尺读数头(23)通过读数头支架(24)安装在上板(18)固定不动,圆光栅尺(21)相对于光栅尺读数头(23)旋转就可以测量出左侧夹具转轴(22)的转角;上板(18)通过立柱II(17)与下板(2)固定连接。

9. 根据权利要求1所述的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪的测试方法,其特征在于:弯曲载荷的施加,由相应控制器产生驱动信号,再经由驱动器驱动电机旋转;弯矩及转角分别由扭转传感器及圆光栅尺(21)测量并输出,再经A/D数据采集卡采集,最后进行数据运算;通过调节曲柄(30)长度以及摇杆(6)相对于夹持单元的角度,实现对称循环疲劳模式以及脉冲循环疲劳模式;在对称循环疲劳模式中,每个循环周期的初始位置为平衡位置0,然后试件被弯曲到极限位置1,再被反方向弯曲到极限位置2,位置1与位置2所对应的弯曲应力大小相等方向相反,最后回到初始位置0,完成一个周期循环;在脉冲循环疲劳模式中,每个循环周期的初始位置为平衡位置0,然后试件被弯曲到极限位置1,再被反向弯曲到初始位置0,完成一个周期循环;具体步骤如下:

调节曲柄(30)的长度,使弯曲的角度范围,即应力幅达到要求;

调节摇杆(6)相对于夹持单元的相对角度,使平均应力达到要求;

通过计算机设置拟定试验加载条件,包括试样的尺寸、曲柄(30)的长度、摇杆(6)相对于左侧的夹持单元的角度、弯曲的频率;

安装弯曲试样(19),准备试验;

计算机向运动控制卡发送运动指令,运动控制卡控制电机运转;编码器采集电机转动的转数,经由控制卡返回给计算机;

电机的转动经蜗轮(28)、蜗杆(27)的减速后,驱动曲柄(30)旋转,曲柄(30)的转动带动与摇杆(6)固连的夹持单元往复摆动,弯曲试样(19)随着夹持单元的摆动而被反复弯曲,而伴随运动单元在弯曲试样(19)的拖动下,做出伴随的旋转以及平移;

扭矩传感器(10)实时测量弯矩,并将信号输出到A/D数据采集卡,最后返回给计算机;

圆光栅尺(21)实时测量弯曲的角度,并将信号输出到A/D数据采集卡,最后返回给计算机;

弯曲试样(19)断裂后,计算机判断弯矩趋于零,电机停止运转;

计算机得出断裂前反复弯折的次数,做出弯矩随时间变化的曲线,转角随时间变化的

曲线,以及弯矩与转角的关系曲线。

可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪与测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及精密仪器领域,特别涉及一种可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪与测试方法。区别于常见的三点弯加载模式,可以对试样施加近似的悬臂弯载荷。能实现不同应力幅以及不同平均应力的疲劳试验。该疲劳测试平台为弯曲的疲劳测试检测提供了一种崭新的手段。

背景技术

[0002] 统计分析表明,断裂、磨损和腐蚀是机械零件的主要失效形式,全世界每年因磨损和腐蚀造成的经济损失十分巨大。但由于机械零件的磨损和腐蚀是在机器工作过程中缓慢进行的,可以通过检修和更换零件的方法来保证机器的正常工作,避免突发事件的发生。而断裂具有突发性,常常会造成严重的事故。因此,机械零件的断裂就成为工业界最关心的问题。机械零件在承受交变载荷时,虽然载荷幅值远小于其抗拉强度或屈服强度,甚至小于弹性载荷,但材料内部的变型损伤逐渐积累,积累达到一定程度时零件将发生断裂破坏。造成机械零件发生断裂的众多因素中,由金属疲劳引起的机械零件的断裂失效占80%以上。

[0003] 生活中常见的吊车悬臂、桥梁、桁架、汽车底盘及前后桥,在工作时承受单向弯曲负荷,而且弯曲的载荷往往是不断变化的,因此有必要对这类零件开展单向弯曲的疲劳试验;工程中常见的中间惰轮、行星轮,或者齿轮在工作时有正反转向交替的情况下,它的齿根承受的是双向弯曲应力,因此有必要对这类零件开展双向弯曲的疲劳试验。市场上比较成熟的弯曲疲劳试验设备往往无法实现单向弯曲负荷以及双向弯曲负荷两种载荷模式,而且也无法对弯矩以及弯曲的角度进行精确的测量,而弯矩及弯曲角度对于疲劳试验结果来说至关重要;常见的反复弯曲试验是将矩形截面试样的一端固定,绕规定半径的圆柱支座弯曲90°,再沿相反方向弯曲,针对不同截面尺寸的试样需要更换不同尺寸的圆柱支座,这样使试验过程更加繁琐。

[0004] 因此设计开发一种可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,具有单向弯曲负荷以及双向弯曲负荷两种载荷模式,能对弯矩以及弯曲的角度进行精确的测量,对于研究弯曲疲劳断裂具有十分重要的意义,对于丰富材料力学性能测试装备具有重要的理论意义和良好的应用开发前景。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪与测试方法,解决了目前疲劳载荷模式单一以及无法对弯矩以及弯曲的角度进行精确测量等问题。本发明采用曲柄摇杆机构,将电机的单向旋转运动转变为夹持单元的往复摆动,曲柄的长度可调,能实现不同应力幅的疲劳试验,摇杆相对于左侧的夹持单元有不同的相对角度,能实现不同平均应力的疲劳试验;本发明将扭矩传感器安装在摇杆与左侧夹具转轴之间,能实时测量弯曲试样所承受的弯矩,同时圆光栅尺能实时精确测量出弯曲的角度。区别于常见的三点弯加载模式,本发明可以对试样施加近似的悬臂弯载荷,这种加载模式避免了

三点弯曲加载时换算弯矩的误差,同样避免了支棍摩擦力对于试验结果的影响。

[0006] 本发明的上述目的通过以下技术方案实现:

[0007] 可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪,包括弯曲疲劳加载单元、夹持单元、伴随运动单元及精密检测单元,在传动链上采用曲柄摇杆传动机构来实现悬臂弯曲疲劳加载;曲柄30的长度可调,实现不同应力幅的疲劳试验;摇杆6相对于夹持单元能实现 $-45^{\circ}\sim+45^{\circ}$ 角度调节,即可实现不同平均应力的疲劳试验;所述弯曲疲劳加载单元通过扭矩传感器10与夹持单元连接,夹持单元通过右侧夹具转轴15与伴随运动单元连接,精密检测单元与左侧夹具转轴22过盈连接。

[0008] 弯曲疲劳加载单元通过蜗轮蜗杆传动副以及曲柄摇杆传动机构将电机的单方向转动,变换为夹持单元的往复回转运动,弯曲试样19随着夹持单元的往复回转而被反复弯曲,而伴随运动单元在弯曲试样19的拖动下,做出伴随的旋转以及平移。

[0009] 所述的弯曲疲劳加载单元是:直流电机20作为动力源,直流电机20通过电机法兰26固定在中板29上,所述中板29的上面通过立柱III 25与上板18固定连接,下面通过立柱I1与下板2固定连接;电机轴与蜗杆27通过紧固螺钉固连,蜗轮28与蜗杆27构成蜗轮蜗杆传动副;蜗轮28通过平键与曲柄销轴5连接,并通过紧固螺钉锁紧。

[0010] 所述的曲柄摇杆传动机构是:曲柄销轴5的中间部分装有深沟球轴承,轴承内圈的轴向定位一边与曲柄销轴5的轴肩接触,另一边与轴用弹性挡圈接触;轴承的外圈装在中板29的轴承座孔里,轴承外圈的轴向定位一边与轴承座孔的台肩接触,另一边与轴承端盖通过螺钉压紧;曲柄销轴5的另一端设有垂直于曲柄销轴5轴线的螺纹孔,曲柄销轴5与曲柄30通过螺纹连接;曲柄30与曲柄销套4通过螺纹连接,曲柄销套4另一端的盲孔与摇杆滑套3的销间隙配合,在盲孔内装有铜套;摇杆滑套3的另一端套在摇杆6上,摇杆滑套3相对于摇杆6轴向自由滑动。

[0011] 所述的曲柄30外圆柱面加工有不同旋向的螺纹,分别与曲柄销套4和曲柄销轴5螺纹连接,当旋动曲柄30时,曲柄销套4与曲柄销轴5的距离将增加或减少,从而实现了曲柄30长度的调节,最终实现不同应力幅的疲劳试验;为便于旋动曲柄30,将曲柄30的两端铣成外六角形状。

[0012] 所述的夹持单元是:摇杆6与夹紧套9通过螺栓紧固连接,同时夹紧套9自身会发生形变夹紧传感器连接轴8,实现夹紧套9与传感器连接轴8的连接;传感器连接轴8的末端装有深沟球轴承,以支撑传感器连接轴8自由转动,传感器连接轴8的另一端面沿轴向方向开有方孔,该方孔与扭矩传感器10的方轴配合,以传递扭矩;扭矩传感器10的一端通过方轴与传感器连接轴8相连,另一端通过自身的法兰与左侧夹具转轴22的法兰相连,左侧夹具转轴22的上端与传感器连接轴8均装有轴承以保证自由转动;左侧夹具转轴22上设有平面用于弯曲试样19的夹持,压盖16通过螺钉将弯曲试样19压紧在左侧夹具转轴22上。

[0013] 所述的夹紧套9起连接作用,将摇杆6与传感器连接轴8连在一起,另一方面它相对于传感器连接轴8有不同的相对角度位置,这样就能实现不同平均应力的疲劳试验;所述传感器连接轴8上面分布有均匀的刻度线,夹紧套9上面有指示箭头,能够对两者之间的角度做出定量调节。

[0014] 所述的伴随运动单元既能实现绕自身轴线的旋转,又能实现平移,具体结构是:右侧夹具转轴15中间的平面用来夹紧弯曲试样19,右侧夹具转轴15的下端装有深沟球轴承,

轴承内圈的轴向定位一边与右侧夹具转轴15的轴肩相接触,另一边与轴用弹性挡圈接触,轴承外圈的轴向定位一边与右轴承座13孔的台肩接触,另一边通过螺钉压紧右轴承端盖14,右轴承座13的底板通过螺钉与滑块12相连,滑块12安装在导轨11上,导轨11通过螺钉与下板2紧固连接,右侧夹具转轴15的上端结构与下端相同。

[0015] 所述的精密检测单元包括扭矩传感器10与圆光栅尺21,所述扭矩传感器10安装在摇杆6与左侧夹具转轴22之间,实时测量弯曲试样19所承受的弯矩;所述圆光栅尺21安装在左侧夹具转轴22上随左侧夹具转轴22旋转,光栅尺读数头23通过读数头支架24安装在上板18固定不动,圆光栅尺21相对于光栅尺读数头23旋转就可以测量出左侧夹具转轴22的转角;上板18通过立柱II 17与下板2固定连接。

[0016] 本发明的另一目的在于提供一种可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试方法,弯曲载荷的施加,由相应控制器产生驱动信号,再经由驱动器驱动电机旋转;弯矩及转角分别由扭转传感器及圆光栅尺21测量并输出,再经A/D数据采集卡采集,最后进行数据运算;通过调节曲柄30长度以及摇杆6相对于夹持单元的角度,实现对称循环疲劳模式以及脉冲循环疲劳模式;在对称循环疲劳模式中,每个循环周期的初始位置为平衡位置0,然后试件被弯曲到极限位置1,再被反方向弯曲到极限位置2,位置1与位置2所对应的弯曲应力大小相等方向相反,最后回到初始位置0,完成一个周期循环;在脉冲循环疲劳模式中,每个循环周期的初始位置为平衡位置0,然后试件被弯曲到极限位置1,再被反向弯曲到初始位置0,完成一个周期循环。具体步骤如下:

[0017] a) 调节曲柄30的长度,使弯曲的角度范围(应力幅)达到要求;

[0018] b) 调节摇杆6相对于左侧的夹持单元的相对角度,使平均应力达到要求;

[0019] c) 通过计算机设置拟定试验加载条件,包括试样的尺寸、曲柄30的长度、摇杆6相对于左侧的夹持单元的角度、弯曲的频率等;

[0020] d) 安装弯曲试样19,准备试验;

[0021] e) 计算机向运动控制卡发送运动指令,运动控制卡控制电机运转;编码器采集电机转动的转数等,经由控制卡返回给计算机;

[0022] f) 电机的转动经蜗轮28蜗杆27的减速后,驱动曲柄30旋转,曲柄30的转动带动与摇杆6固连的左侧夹持单元往复摆动,弯曲试样19随着左侧夹持单元的摆动而被反复弯曲,而右侧夹持单元在弯曲试样19的拖动下,做出伴随的旋转以及平移;

[0023] g) 扭矩传感器10实时测量弯矩,并将信号输出到A/D数据采集卡,最后返回给计算机;

[0024] h) 圆光栅尺21实时测量弯曲的角度,并将信号输出到A/D数据采集卡,最后返回给计算机;

[0025] i) 弯曲试样19断裂后,计算机判断弯矩趋于零,电机停止运转;

[0026] j) 计算机处理相关数据,得出断裂前反复弯折的次数,做出弯矩随时间变化的曲线,转角随时间变化的曲线,以及弯矩与转角的关系曲线。

[0027] 本发明的有益效果在于:相比较于传统的弯曲疲劳试验机,本发明的载荷模式更加丰富多样。在传动链上采用曲柄摇杆机构来实现近似的悬臂弯曲疲劳加载,这种加载模式避免了三点击弯加载时换算弯矩的误差,同样避免了支棍摩擦力对于试验结果的影响;能对弯矩以及弯曲的角度进行精确的测量;能实现不同的疲劳模式,通过调节曲柄的长度,

能实现不同应力幅的疲劳试验,通过调节摇杆相对于左侧的夹持单元的相对角度,能实现不同平均应力的疲劳试验。通过调节曲柄的长度,调节摇杆相对于左侧的夹持单元的角度能实现不同应力幅以及不同平均应力的疲劳试验。相比于传统的弯曲疲劳试验机,本发明配备高精度的扭矩传感器以及高精度的圆光栅尺,能实时测量弯曲的角度以及弯矩,这对于研究弯曲角度以及弯矩对疲劳破坏的影响具有重要意义。区别于常见的三点弯加载模式,本发明可以对试样施加近似的悬臂弯载荷,这种加载模式避免了三点弯曲加载时换算弯矩的误差,同样避免了支棍摩擦力对于试验结果的影响。本发明将在材料科学、工程机械等领域具有广阔的发展前景和应用价值。

附图说明

[0028] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0029] 图1为本发明的整机轴侧图;

[0030] 图2为本发明的整机主视图;

[0031] 图3为本发明的整机左视图;

[0032] 图4为本发明的整机后视图;

[0033] 图5为本发明的结构原理图;

[0034] 图6为本发明的速度分析图;

[0035] 图7为本发明的工作流程图;

[0036] 图8为本发明的对称循环疲劳试验原理;

[0037] 图9为本发明的脉冲循环疲劳试验原理。

[0038] 图中:1.立柱I;2.下板;3.摇杆滑套;4.曲柄销套;5.曲柄销轴;6.摇杆;7.左轴承端盖;8.传感器连接轴;9.夹紧套;10.扭矩传感器;11.导轨;12.滑块;13.右轴承座;14.右轴承端盖;15.右侧夹具转轴;16.压盖;17.立柱II;18.上板;19.弯曲试样;20.直流电机;21.圆光栅尺;22.左侧夹具转轴;23.光栅尺读数头;24.读数头支架;25.立柱III;26.电机法兰;27.蜗杆;28.蜗轮;29.中板;30.曲柄。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图进一步说明本发明的详细内容及其具体实施方式。

[0040] 参见图1至图9所示,本发明的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试仪包括弯曲疲劳加载单元、夹持单元、伴随运动单元及精密检测单元,在传动链上采用曲柄摇杆传动机构来实现近似的悬臂弯曲疲劳加载;曲柄30的长度可调,能实现不同应力幅的疲劳试验;摇杆6相对于夹持单元能实现 $-45^{\circ}\sim+45^{\circ}$ 角度调节,即可实现不同平均应力的疲劳试验;所述弯曲疲劳加载单元通过扭矩传感器10与夹持单元连接,夹持单元通过右侧夹具转轴15与伴随运动单元连接,精密检测单元与左侧夹具转轴22过盈连接。

[0041] 弯曲疲劳加载单元通过蜗轮蜗杆传动副以及曲柄摇杆传动机构将电机的单方向转动,变换为夹持单元的往复回转运动,弯曲试样19随着夹持单元的往复回转而反复弯曲,而伴随运动单元在弯曲试样19的拖动下,做出伴随的旋转以及平移。

[0042] 所述的弯曲疲劳加载单元是:直流电机20作为动力源,直流电机20通过电机法兰

26固定在中板29上,所述中板29的上面通过立柱Ⅲ25与上板18固定连接,下面通过立柱Ⅰ1与下板2固定连接;电机轴与蜗杆27通过紧固螺钉固连,蜗轮28与蜗杆27构成蜗轮蜗杆传动副;蜗轮28通过平键与曲柄销轴5连接,并通过紧固螺钉锁紧。

[0043] 所述的曲柄摇杆传动机构是:为保证曲柄销轴5的自由旋转,曲柄销轴5的中间部分装有深沟球轴承,轴承内圈的轴向定位一边与曲柄销轴5的轴肩接触,另一边与轴用弹性挡圈接触;轴承的外圈装在中板29的轴承座孔里,轴承外圈的轴向定位一边与轴承座孔的台肩接触,另一边通过轴承端盖通过螺钉压紧;曲柄销轴5的另一端设有垂直于曲柄销轴5轴线的螺纹孔,曲柄销轴5与曲柄30通过螺纹连接;曲柄30与曲柄销套4通过螺纹连接,曲柄销套4另一端的盲孔与摇杆滑套3的销间隙配合,为保证摇杆滑套3的销能在盲孔里自由旋转,在盲孔内装有铜套以减少摩擦阻力;摇杆滑套3的另一端套在摇杆6上,摇杆滑套3相对于摇杆6轴向自由滑动。

[0044] 所述的曲柄30外圆柱面加工有不同旋向的螺纹,分别与曲柄销套4和曲柄销轴5螺纹连接,当旋动曲柄30时,曲柄销套4与曲柄销轴5的距离将增加或减少,从而实现了曲柄30长度的调节,最终实现不同应力幅的疲劳试验;为便于旋动曲柄30,将曲柄30的两端铣成外六角形状。

[0045] 所述的夹持单元是:摇杆6与夹紧套9通过螺栓紧固连接,同时夹紧套9自身会发生形变夹紧传感器连接轴8,实现夹紧套9与传感器连接轴8的连接;传感器连接轴8的末端装有深沟球轴承,以支撑传感器连接轴8自由转动,传感器连接轴8的另一端面沿轴向方向开有方孔,该方孔与扭矩传感器10的方轴配合,以传递扭矩;扭矩传感器10的一端通过方轴与传感器连接轴8相连,另一端通过自身的法兰与左侧夹具转轴22的法兰相连,左侧夹具转轴22的上端与传感器连接轴8均装有轴承以保证自由转动;左侧夹具转轴22上设有平面用于弯曲试样19的夹持,压盖16通过螺钉将弯曲试样19压紧在左侧夹具转轴22上。

[0046] 所述的夹紧套9起连接作用,将摇杆6与传感器连接轴8连在一起,另一方面它相对于传感器连接轴8可以有不同的相对角度位置,这样就能实现不同平均应力的疲劳试验;所述传感器连接轴8上面分布有均匀的刻度线,夹紧套9上面有指示箭头,能够对两者之间的角度做出定量调节。

[0047] 所述的伴随运动单元既能实现绕自身轴线的旋转,又能实现平移,具体结构是:右侧夹具转轴15中间的平面用来夹紧弯曲试样19,右侧夹具转轴15的下端装有深沟球轴承,轴承内圈的轴向定位一边与右侧夹具转轴15的轴肩相接触,另一边与轴用弹性挡圈接触,轴承外圈的轴向定位一边与右轴承座13孔的台肩接触,另一边通过螺钉压紧右轴承端盖14,右轴承座13的底板通过螺钉与滑块12相连,滑块12安装在导轨11上,导轨11通过螺钉与下板2固定连接,右侧夹具转轴15的上端结构与下端相同。

[0048] 所述的精密检测单元包括扭矩传感器10与圆光栅尺21,所述扭矩传感器10安装在摇杆6与左侧夹具转轴22之间,实时测量弯曲试样19所承受的弯矩;所述圆光栅尺21安装在左侧夹具转轴22上随左侧夹具转轴22旋转,光栅尺读数头23通过读数头支架24安装在上板18固定不动,圆光栅尺21相对于光栅尺读数头23旋转就可以测量出左侧夹具转轴22的转角;上板18通过立柱Ⅱ17与下板2固定连接。

[0049] 本发明的可调节弯曲疲劳模式的材料力学性能测试方法,弯曲载荷的施加,是由相应控制器产生驱动信号,再经由驱动器驱动电机旋转;弯矩及转角分别由扭转传感器及

圆光栅尺21测量并输出,再经A/D数据采集卡采集,最后进行数据运算。具体工作流程如图7所示。能实现近似的悬臂弯曲疲劳,通过调节曲柄30长度以及摇杆6相对于夹持单元的角度,能实现对称循环疲劳模式以及脉冲循环疲劳模式。如图8所示,在对称循环疲劳模式中,每个循环周期的初始位置为平衡位置0,然后试件被弯曲到极限位置1,再被反方向弯曲到极限位置2,位置1与位置2所对应的弯曲应力大小相等方向相反,最后回到初始位置0,完成一个周期循环。如图9所示,在脉冲循环疲劳模式中,每个循环周期的初始位置为平衡位置0,然后试件被弯曲到极限位置1,再被反向弯曲到初始位置0,完成一个周期循环。具体步骤如下:

- [0050] k) 调节曲柄30的长度,使弯曲的角度范围(应力幅)达到要求;
- [0051] l) 调节摇杆6相对于左侧的夹持单元的相对角度,使平均应力达到要求;
- [0052] m) 通过计算机设置拟定试验加载条件,包括试样的尺寸、曲柄30的长度、摇杆6相对于左侧的夹持单元的角度、弯曲的频率等;
- [0053] n) 安装弯曲试样19,准备试验;
- [0054] o) 计算机向运动控制卡发送运动指令,运动控制卡控制电机运转;编码器采集电机转动的转数等,经由控制卡返回给计算机;
- [0055] p) 电机的转动经蜗轮28蜗杆27的减速后,驱动曲柄30旋转,曲柄30的转动带动与摇杆6固连的左侧夹持单元往复摆动,弯曲试样19随着左侧夹持单元的摆动而被反复弯曲,而右侧夹持单元在弯曲试样19的拖动下,做出伴随的旋转以及平移;
- [0056] q) 扭矩传感器10实时测量弯矩,并将信号输出到A/D数据采集卡,最后返回给计算机;
- [0057] r) 圆光栅尺21实时测量弯曲的角度,并将信号输出到A/D数据采集卡,最后返回给计算机;
- [0058] s) 弯曲试样19断裂后,计算机判断弯矩趋于零,电机停止运转;
- [0059] 计算机处理相关数据,得出断裂前反复弯折的次数,做出弯矩随时间变化的曲线,转角随时间变化的曲线,以及弯矩与转角的关系曲线。

[0060] 如图6所示,采用速度瞬心法对曲柄(30)摇杆(6)机构的速度分析如下:

[0061] 曲柄(30)为构件1,机架为构件2,摇杆(6)为构件3,摇杆滑套(3)为构件4,构件1的角速度 ω_1 可以由电机的转速以及蜗轮(28)蜗杆(27)的减速比计算得出,故 ω_1 为已知, β 角可以通过圆光栅测量为已知, $\overline{P_{12}P_{23}}$ 为机架的长度已知, $\overline{P_{13}P_{34}}$ 为曲柄(30)的长度已知;

[0062] 因为构件1与构件2直接构成转动副,所以构件1与构件2的转动中心 P_{12} 即为1与2的瞬心,同样的道理我们可以得出构件2与构件3的瞬心为 P_{23} ,构件1与构件4的瞬心为 P_{14} ;因为构件3与构件4构成移动副,构件4相对于构件3的速度均平行于移动副导路,故构件4与构件3的瞬心 P_{34} 必在垂直于导路方向上的无穷远处。

[0063] 由三心定理可至,三个做平面运动的构件的三个瞬心必在一条直线上。对构件1、2、3应用三心定理可知,构件1与3的瞬心一定在 P_{12} 与 P_{23} 的连线上;同理对构件1、3、4应用三心定理可知,构件1与3的瞬心一定在 P_{14} 与 P_{34} 的连线上。两线的交点即为构件1与3的瞬心 P_{13} 。因此有:

$$[0064] \quad \omega_1 \overline{P_{12}P_{13}} = \omega_3 \overline{P_{23}P_{13}}$$

$$[0065] \quad \omega_3 = \frac{\omega_1 \overline{P_{12}P_{13}}}{\overline{P_{23}P_{13}}} = \frac{\omega_1 \overline{P_{13}P_{13}}}{\overline{P_{12}P_{13}} + \overline{P_{12}P_{23}}}$$

[0066] 根据三角形的正弦定理有

$$[0067] \quad \frac{\overline{P_{12}P_{14}}}{\sin\beta} = \frac{\overline{P_{12}P_{23}}}{\sin\alpha}$$

$$[0068] \quad \alpha = \arcsin \left(\frac{\overline{P_{12}P_{23}}}{\overline{P_{12}P_{14}}} \sin\beta \right)$$

[0069] 因为直角三角形,所以

$$[0070] \quad \gamma = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - \arcsin \left(\frac{\overline{P_{12}P_{23}}}{\overline{P_{12}P_{14}}} \sin\beta \right)$$

$$[0071] \quad \varepsilon = 90^\circ - \beta$$

[0072] 根据三角形的正弦定理有

$$[0073] \quad \frac{\overline{P_{12}P_{13}}}{\sin\gamma} = \frac{\overline{P_{12}P_{14}}}{\sin\varepsilon}$$

$$[0074] \quad \frac{\overline{P_{12}P_{13}}}{\overline{P_{12}P_{13}}} = \frac{\overline{P_{12}P_{14}}}{\overline{P_{12}P_{13}}} \sin\gamma = \frac{\overline{P_{12}P_{14}}}{\sin(90^\circ - \beta)} \sin(90^\circ - \arcsin(\frac{\overline{P_{12}P_{23}}}{\overline{P_{12}P_{14}}} \sin\beta))$$

$$[0075] \quad \omega_3 = \frac{\omega_1 \frac{\overline{P_{12}P_{14}}}{\sin(90^\circ - \beta)} \sin(90^\circ - \arcsin(\frac{\overline{P_{12}P_{23}}}{\overline{P_{12}P_{14}}} \sin\beta))}{\frac{\overline{P_{12}P_{14}}}{\sin(90^\circ - \beta)} \sin(90^\circ - \arcsin(\frac{\overline{P_{12}P_{23}}}{\overline{P_{12}P_{14}}} \sin\beta)) + \overline{P_{12}P_{23}}}$$

[0076] 以上所述仅为本发明的优选实例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡对本发明所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

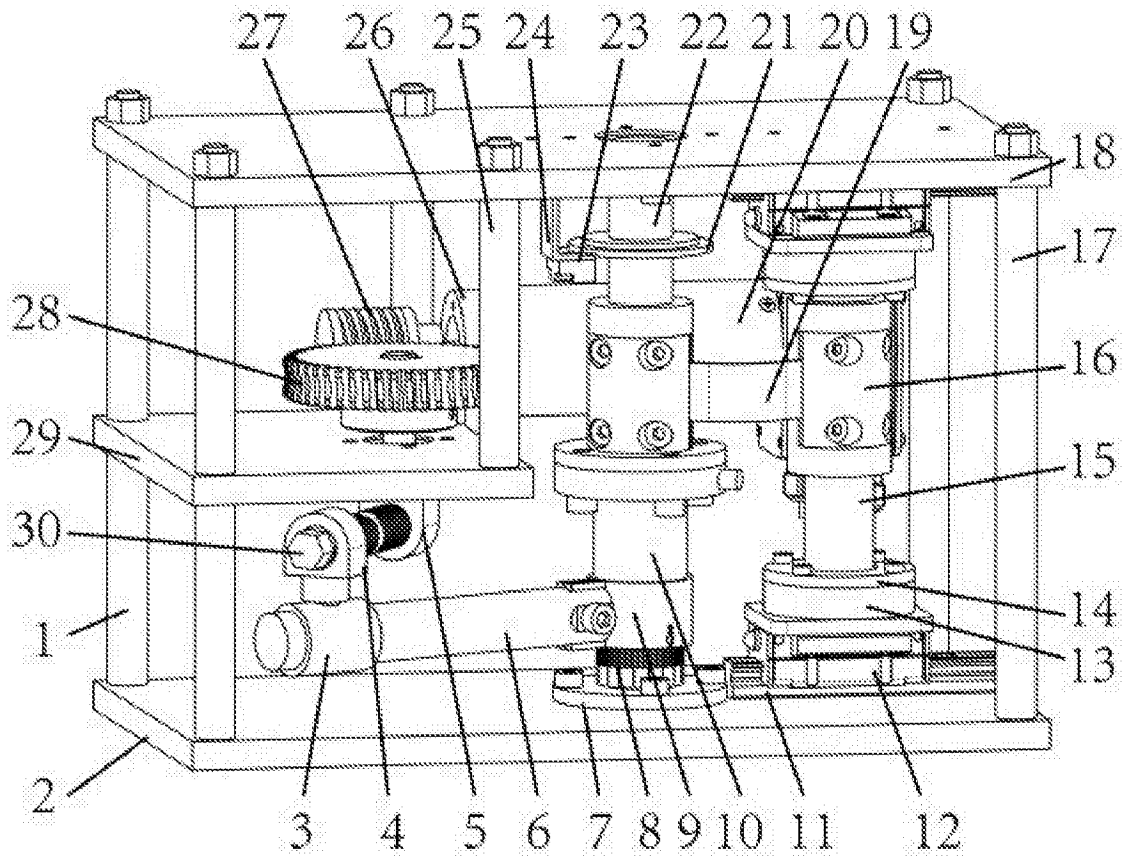


图1

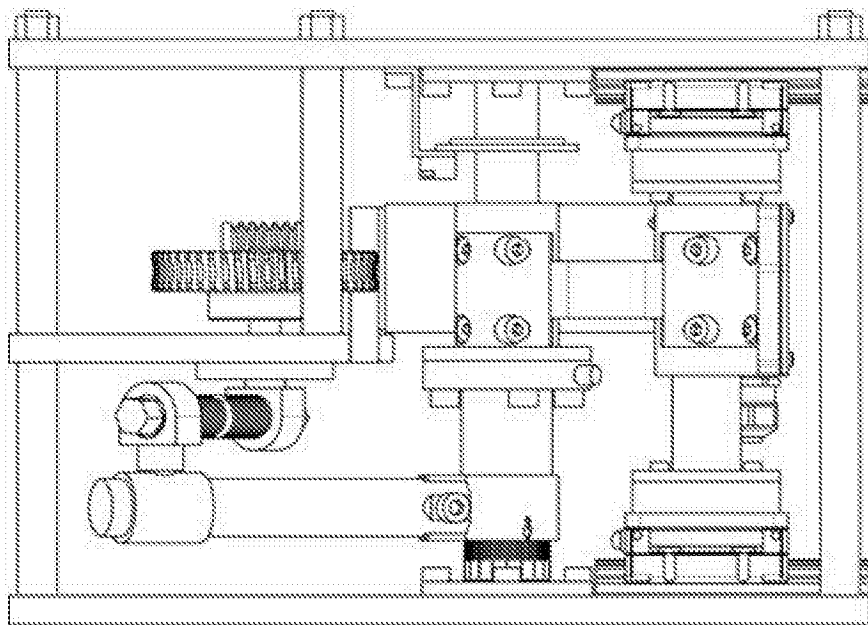


图2

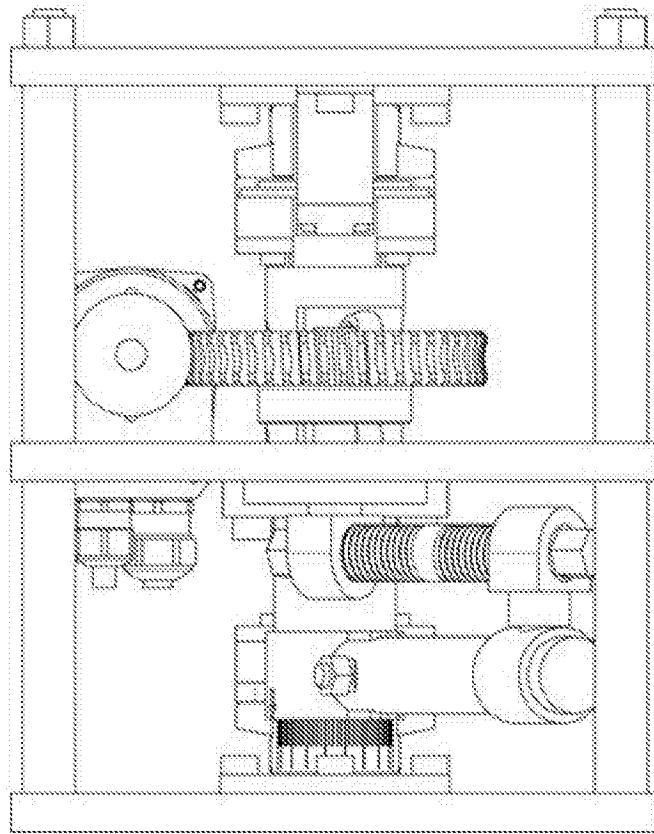


图3

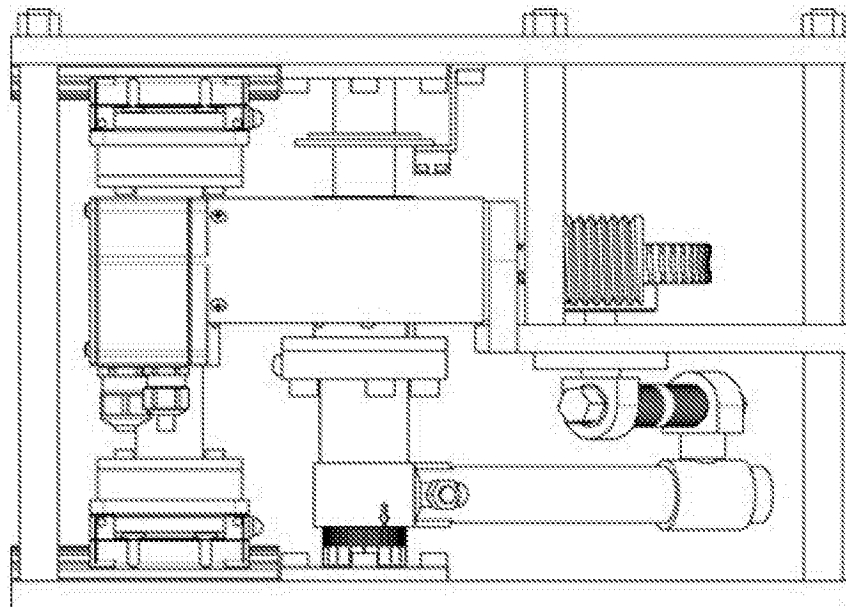


图4

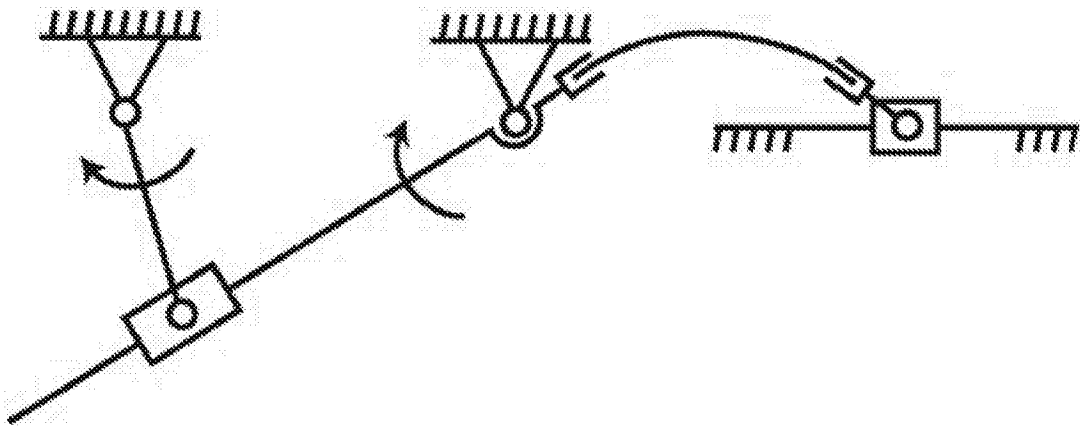


图5

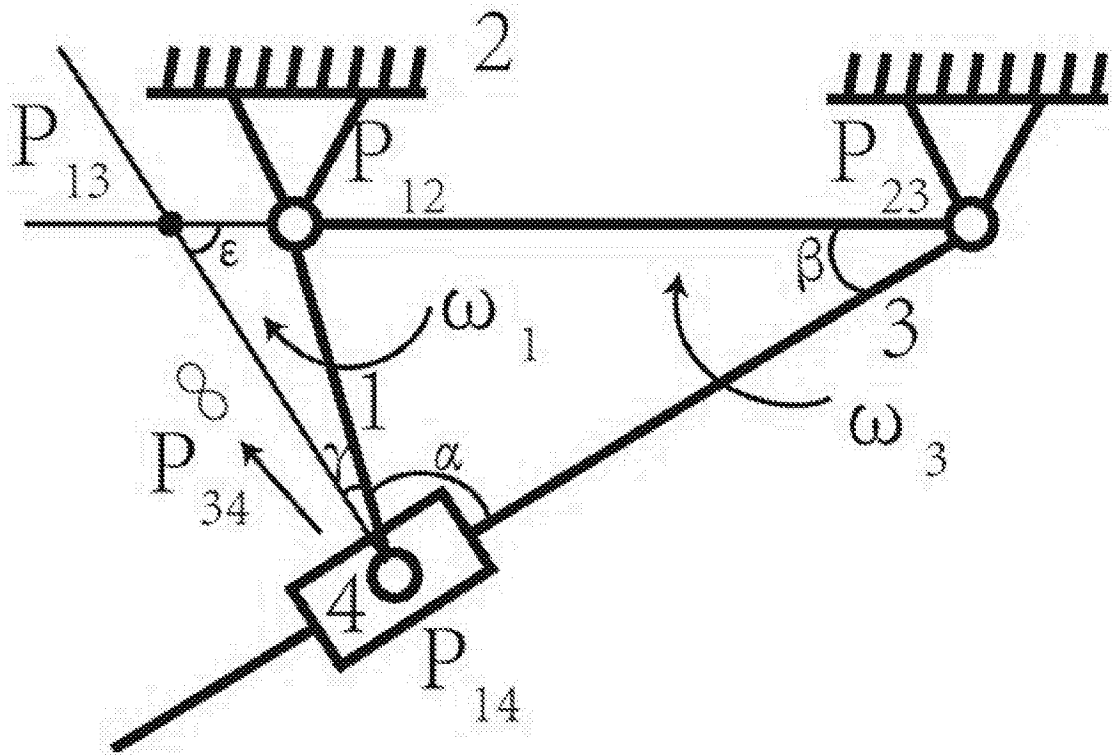


图6

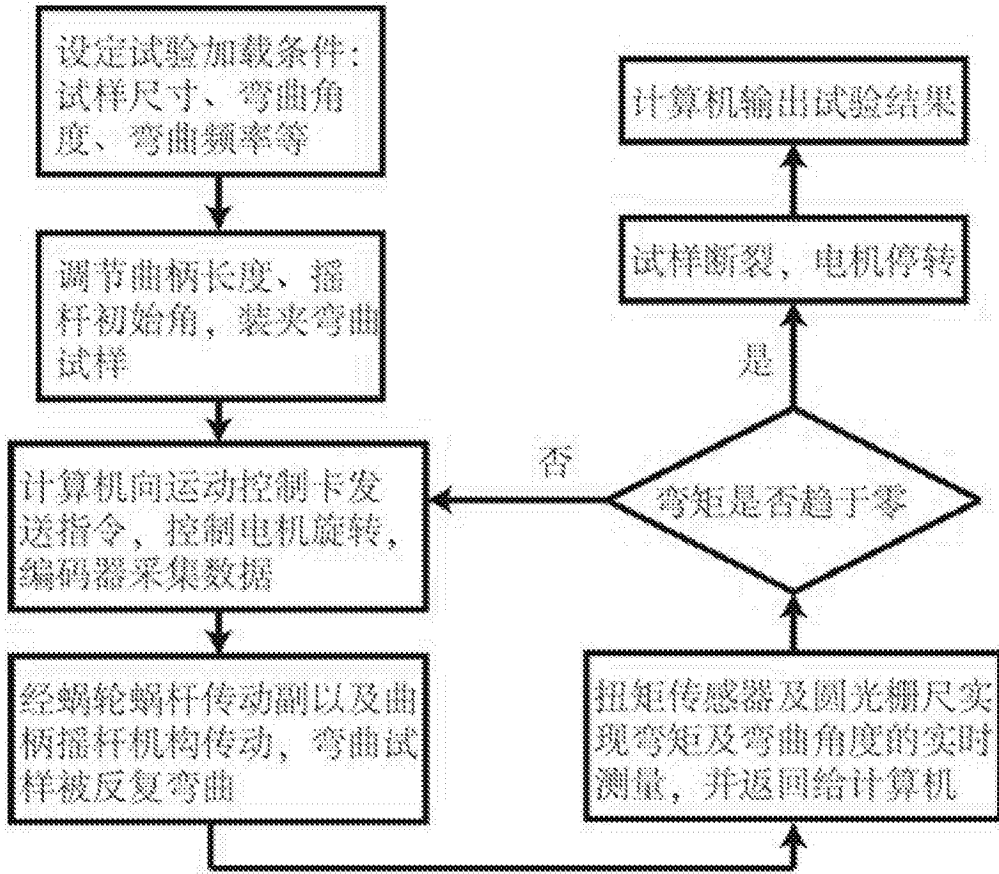


图7

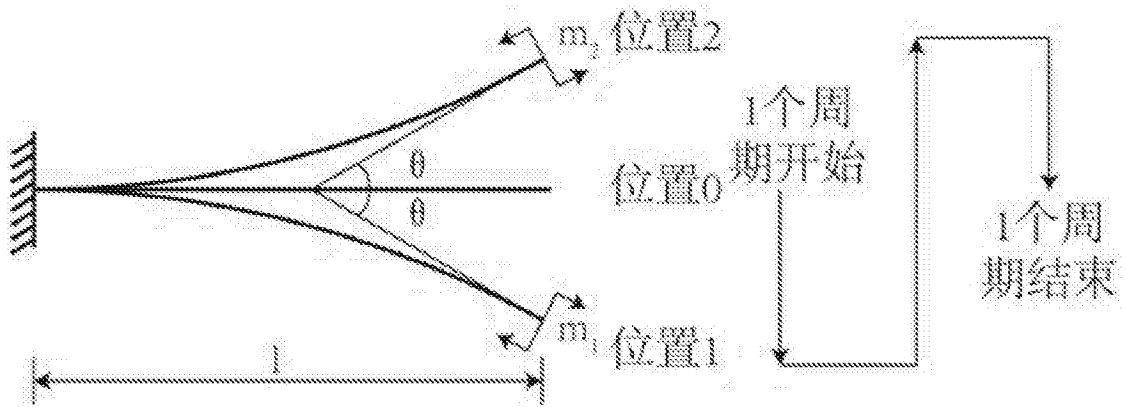


图8

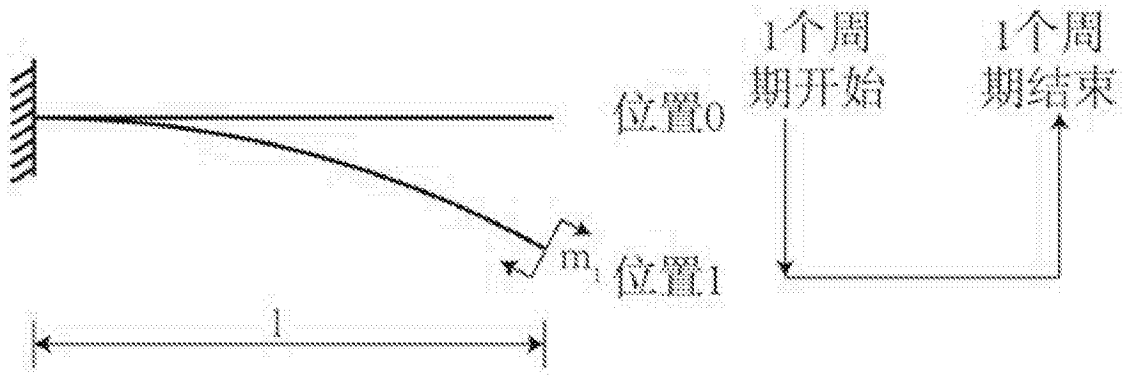


图9