



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106959211 B

(45)授权公告日 2019.06.18

(21)申请号 201710153447.6

G01M 13/027(2019.01)

(22)申请日 2017.03.15

审查员 郭彪

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106959211 A

(43)申请公布日 2017.07.18

(73)专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区100084信箱82

分箱清华大学专利办公室

(72)发明人 王辉 张政 向东 刘天野

田门吉雅

(74)专利代理机构 西安智大知识产权代理事务

所 61215

代理人 段俊涛

(51)Int.Cl.

G01M 13/021(2019.01)

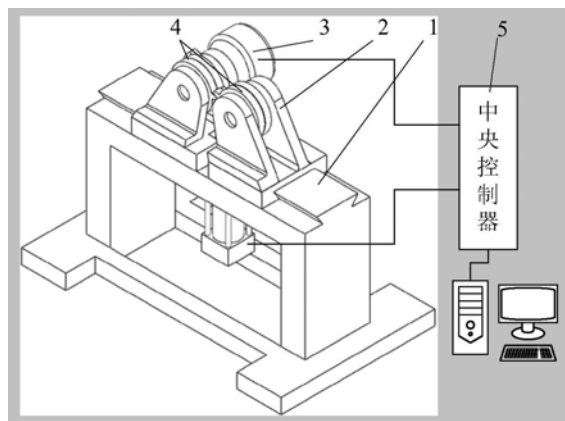
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种齿轮啮合的疲劳测试装置及其测试方法

(57)摘要

一种齿轮啮合的疲劳测试装置,包括固定为基础台面上的驱动装置、模拟负载装置和试验齿轮装置,驱动装置、模拟负载装置分别和试验齿轮装置配合,驱动装置、模拟负载装置分别和中央控制器连接,中央控制器通过输出位移时间曲线信号控制驱动装置,通过输出载荷时间曲线信号控制模拟负载装置,采用了全新的加载过程,将齿轮副回转过程中的相啮合转换成往复摆动过程中的啮合,模拟了齿轮传动的实际过程,可针对单齿进行高频大周期的试验;小幅度的运动便于搭载测试装置,提高了齿轮失效过程应力应变等相关数据采集的实时性和准确性;本发明具有自动化水平高、测试质量好、测试加载方法新颖等特点,适用于齿轮传动过程中相关数据的测量。



1. 一种齿轮啮合的疲劳测试装置,包括固定在基础台面(1)上的驱动装置(2)、模拟负载装置(3)和试验齿轮装置(4),驱动装置(2)、模拟负载装置(3)分别和试验齿轮装置(4)配合,驱动装置(2)、模拟负载装置(3)分别和中央控制器(5)连接,中央控制器(5)通过输出位移时间曲线信号控制驱动装置(2),通过输出载荷时间曲线信号控制模拟负载装置(3),其特征在于:所述试验齿轮装置(4)由4个单齿试验齿轮组成,分别为驱动齿轮(7)、从动齿轮(9)、复位齿轮(6)和被复位齿轮(8),驱动齿轮(7)与从动齿轮(9)轮齿相啮合组成加载试验齿轮副;复位齿轮(6)与被复位齿轮(8)组成复位动作齿轮副;驱动齿轮(7)与复位齿轮(6)同轴安装同步转动,安装时轮齿间距大于标准齿距;从动齿轮(9)与被复位齿轮(8)同轴安装同步转动,安装时两齿轮轮齿重合。

2. 根据权利要求1所述的一种齿轮啮合的疲劳测试装置,其特征在于:所述驱动装置(2)由支撑部件和曲柄滑块机构组成,支撑部件包括第一支座(10)、第一基座(11);曲柄滑块机构包括曲柄轴(12)、连杆(13)、连杆接头(14)、滑块油缸(15);第一基座(11)与基础台面(1)通过燕尾导轨连接并锁定位置;曲柄轴(12)为曲柄滑块机构中曲柄,能够在第一基座(11)上往复回转,用于安装驱动齿轮(7)和复位齿轮(6),并与驱动齿轮(7)和复位齿轮(6)通过键固联;第一支座(10)安装在第一基座(11)上并对曲柄轴(12)一端进行支撑;滑块油缸(15)起曲柄滑块机构中滑块作用,用于加载往复直线运动;连杆(13)起曲柄滑块机构中的连杆作用,一端与曲柄轴(12)通过铰链连接,另一端通过连杆接头(14)通过铰链连接;连杆接头(14)与滑块油缸(15)的活塞固联。

3. 根据权利要求2所述的一种齿轮啮合的疲劳测试装置,其特征在于:所述模拟负载装置(3)包括第二支座(16)、支撑轴(17)、复位挡块(18)、第二基座(19)、负载发生器(20),第二基座(19)与基础台面(1)通过燕尾导轨连接并锁定位置;支撑轴(17)能够在第二基座(19)上往复回转,与从动齿轮(9)、被复位齿轮(8)通过键固联同步转动,支撑轴(17)上设计有限定复位位置的凸缘;第二支座(16)安装在第二基座(19)上并对支撑轴(17)一端进行支撑;负载发生器(20)安装在第二基座(19)上并与支撑轴(17)一端连接提供负载转矩;复位挡块(18)安装在第二基座(19)上,通过阻挡支撑轴(17)上的凸缘以约束支撑轴(17)复位时的位置。

4. 根据权利要求1所述的一种齿轮啮合的疲劳测试装置,其特征在于:所述中央控制器(5)包括安装在计算机内的控制卡和液压控制阀、电流控制器,计算机内控制软件通过控制卡产生相位移时间信号驱动液压控制阀操作滑块油缸(15)的活塞做往复直线运动;产生载荷时间信号驱动负载发生器(20)产生不同大小的负载转矩。

5. 根据权利要求3所述的一种齿轮啮合的疲劳测试装置,其特征在于:基于所述疲劳测试装置的测试方法,包括如下步骤:

步骤1:输入试验齿轮的相应几何参数,试验设定的加载数值,计算得到相应的试验模拟控制参数;

步骤2:根据试验齿轮对应的几何参数选定相应的曲柄轴(12)、连杆(13)、连杆接头(14),并结合第一基座(11)在基础台面(1)滑轨上的位置调节,组装好驱动机构,同时调节第二基座(19)在基础台面(1)滑轨上的位置,保证试验齿轮副的安装中心矩;

步骤3:将根据试验参数定制的单齿驱动齿轮(7)和单齿复位齿轮(6)安装在曲柄轴(12)上,单齿从动齿轮(9)和单齿被复位齿轮(8)安装在支撑轴(17)上,驱动齿轮(7)轮齿与

复位齿轮 (6) 轮齿的安装齿距大于标准齿距, 确保驱动和复位运动切换时有一段空行程, 齿轮啮合状态在齿轮定制加工时确定;

步骤4: 试验机进行高频往复加载试验, 单个试验周期的加载过程为: 从驱动齿轮 (7) 轮齿齿根与从动齿轮 (9) 齿顶开始接触到驱动齿轮 (7) 轮齿齿顶与从动齿轮 (9) 齿根接触, 控制滑块油缸 (15) 的活塞做向下平移运动, 通过连杆 (13) 拉动曲柄轴 (12) 与固联在轴上的驱动齿轮 (7) 和复位齿轮 (6) 绕轴心做小角度的逆时针转动; 驱动齿轮 (7) 轮齿通过轮齿接触的啮合传动碾压从动齿轮 (9) 的轮齿使之随动做小角度的顺时针转动; 从动齿轮 (9) 在随动的同时负载发生器 (20) 开始工作, 产生逆时针方向的阻力转矩, 通过支撑轴 (17) 传递加载到从动齿轮 (9) 上, 确保在加载过程中, 从动齿轮 (9) 的轮齿与驱动齿轮 (7) 的轮齿保持接触, 模拟齿轮实际啮合过程中的运动、动力传递;

单个周期的急回过程如下:

控制滑块油缸 (15) 的活塞做加速向上运动, 通过连杆 (13) 推动曲柄轴 (12) 与固联在轴上的驱动齿轮 (7) 和复位齿轮 (6) 绕轴心迅速做小角度的顺时针转动; 驱动齿轮 (7) 的轮齿立即与从动齿轮 (9) 的轮齿脱离接触; 短暂空行程之后, 复位齿轮 (6) 的齿根接触到被复位齿轮 (8) 的齿顶, 开始复位啮合传动过程; 同时负载发生器 (20) 降低负载, 仅提供保持运动传递稳定的阻尼; 当支撑轴 (17) 回归到零位时凸缘碰到具有阻尼作用的柔性复位挡块 (18) 后停止; 在支撑轴 (17) 的凸缘和复位挡块接触面之间设置传感器, 二者接触后, 接触信号被传回试验软件, 作为下一个周期开始的必要条件之一;

步骤5: 在驱动齿轮 (7) 和从动齿轮 (9) 需监测的位置设置有包括应变片的传感器, 监测实时变化信号。

一种齿轮啮合的疲劳测试装置及其测试方法

技术领域

[0001] 本发明属于齿轮疲劳寿命检测技术领域,特别涉及一种齿轮啮合的疲劳测试装置及其测试方法。

背景技术

[0002] 齿轮箱是风电机组中的关键部件,在风电齿轮传动系统可靠性的研究过程中需要检测齿轮在特定工况下的齿面、齿根的应力状态用以预测可能出现的失效和齿轮的疲劳寿命。当前与齿轮强度相关的测试方法有国标 (GB/T14230-93) 推荐的齿轮弯曲疲劳强度试验方法,分为“台架运转试验”和“齿轮轮齿脉动加载试验”。前者是对齿轮副进行负载运转试验,后者是在脉动疲劳试验机上运用专门的夹具对试验齿轮的轮齿进行脉动加载。前者的缺点在于,齿轮在运行中处于高速回转状态,难以在齿面或齿根部布置传感器对这些关键位置应力状态进行实时监测;实际的试验应力值是通过加载状态换算出来的,实时性及精确性有限。后者的缺点在于,由于脉动加载过程中齿轮是固定不动的,专用夹具对指定轮齿的加载过程与实际轮齿啮合传动运转情况存在差异,检测出的数据与真实工况下的实际应力变化也存在差异。由于风电机组中的齿轮需要承受长期交变载荷而且工作环境恶劣,设计开发一种齿轮啮合疲劳测试装置和方法来模拟真实工况下的载荷状态,对于深入开展风电机组齿轮传动系统的可靠性研究有重要的支撑意义。

发明内容

[0003] 为了克服上述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种齿轮啮合的疲劳测试装置及其测试方法,试验过程模拟齿轮的实际工作状态,可以在齿轮需检测位置布置应变片实时监测应力值,为探索应力状态与失效之间的关联提供实时精确的分析数据,为齿轮疲劳寿命试验研究服务。

[0004] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0005] 一种齿轮啮合的疲劳测试装置,包括固定在基础台面1上的驱动装置2、模拟负载装置3和试验齿轮装置4,驱动装置2、模拟负载装置3分别和试验齿轮装置4配合,驱动装置2、模拟负载装置3分别和中央控制器5连接,中央控制器5通过输出位移时间曲线信号控制驱动装置2,通过输出载荷时间曲线信号控制模拟负载装置3。

[0006] 所述试验齿轮装置4由4个单齿试验齿轮组成,分别为驱动齿轮7、从动齿轮9、复位齿轮6和被复位齿轮8,驱动齿轮7与从动齿轮9轮齿相啮合组成加载试验齿轮副;复位齿轮6与被复位齿轮8组成复位动作齿轮副;驱动齿轮7与复位齿轮6同轴安装同步转动,安装时轮齿间距大于标准齿距;从动齿轮9与被复位齿轮8同轴安装同步转动,安装时两齿轮轮齿重合。

[0007] 所述驱动装置2由支撑部件和曲柄滑块机构组成,支撑部件包括第一支座10、第一基座11;曲柄滑块机构包括曲柄轴12、连杆13、连杆接头14、滑块油缸15;第一基座11与基础台面1通过燕尾导轨连接并锁定位置;曲柄轴12为曲柄滑块机构中曲柄,能够在第一基座11

上往复回转,用于安装驱动齿轮7和复位齿轮6,并与驱动齿轮7和复位齿轮6通过键固联;第一支座10安装在第一基座11上并对曲柄轴12一端进行支撑;滑块油缸15起曲柄滑块机构中滑块作用,用于加载往复直线运动;连杆13起曲柄滑块机构中的连杆作用,一端与曲柄轴12通过铰链连接,另一端通过连杆接头14通过铰链连接;连杆接头14与滑块油缸15的活塞固联。

[0008] 所述模拟负载装置3包括第二支座16、支撑轴17、复位挡块18、第二基座19、负载发生器20,第二基座19与基础台面1通过燕尾导轨连接并锁定位置;支撑轴17能够在第二基座19上往复回转,与从动齿轮9、被复位齿轮8通过键固联同步转动,支撑轴17上设计有限定复位位置的凸缘;第二支座16安装在第二基座19上并对支撑轴17一端进行支撑;负载发生器20安装在第二基座19上并与支撑轴17一端连接提供负载转矩;复位挡块18安装在第二基座19上,通过阻挡支撑轴17上的凸缘以约束支撑轴17复位时的位置。

[0009] 所述中央控制器5包括安装在计算机内的控制卡和液压控制阀、电流控制器,计算机内控制软件通过控制卡产生相位时间信号驱动液压控制阀操作滑块油缸15的活塞做往复直线运动;产生载荷时间信号驱动负载发生器20产生不同大小的负载转矩。

[0010] 基于所述疲劳测试装置的测试方法,包括如下步骤:

[0011] 步骤1:输入试验齿轮的相应几何参数,试验设定的加载数值,计算得到相应的试验模拟控制参数;

[0012] 步骤2:根据试验齿轮对应的几何参数选定相应的曲柄轴12、连杆13、连杆接头14,并结合第一基座11在基础台面1滑轨上的位置调节,组装好驱动机构,同时调节第二基座19在基础台面1滑轨上的位置,保证试验齿轮副的安装中心矩;

[0013] 步骤3:将根据试验参数定制的单齿驱动齿轮7和单齿复位齿轮6安装在曲柄轴12上,单齿从动齿轮9和单齿被复位齿轮8安装在支撑轴17上,驱动齿轮7轮齿与复位齿轮6轮齿的安装齿距大于标准齿距,确保驱动和复位运动切换时有一段空行程,齿轮啮合状态在齿轮定制加工时确定;

[0014] 步骤4:试验机进行高频往复加载试验,单个试验周期的加载过程为:从驱动齿轮7轮齿齿根与从动齿轮9齿顶开始接触到驱动齿轮7轮齿齿顶与从动齿轮9齿根接触,控制滑块油缸15的活塞做向下平移运动,通过连杆13拉动曲柄轴12与固联在轴上的驱动齿轮7和复位齿轮6绕轴心做小角度的逆时针转动;驱动齿轮7轮齿通过轮齿接触的啮合传动碾压从动齿轮9的轮齿使之随动做小角度的顺时针转动;从动齿轮9在随动的同时负载发生器20开始工作,产生逆时针方向的阻力转矩,通过支撑轴17传递加载到从动齿轮9上,确保在加载过程中,从动齿轮9的轮齿与驱动齿轮7的轮齿保持接触,模拟齿轮实际啮合过程中的运动、动力传递;

[0015] 单个周期的急回过程如下:

[0016] 控制滑块油缸15的活塞做加速向上运动,通过连杆13推动曲柄轴12与固联在轴上的驱动齿轮7和复位齿轮6绕轴心迅速做小角度的顺时针转动;驱动齿轮7的轮齿立即与从动齿轮9的轮齿脱离接触;短暂空行程之后,复位齿轮6的齿根接触到被复位齿轮8的齿顶,开始复位啮合传动过程;同时负载发生器20降低负载,仅提供保持运动传递稳定的阻尼;当支撑轴17回归到零位时凸缘碰到具有阻尼作用的柔性复位挡块18后停止;在支撑轴17的凸缘和复位挡块接触面之间设置传感器,二者接触后,接触信号被传回试验软件,作为下一个

周期开始的必要条件之一；

[0017] 步骤5:在驱动齿轮7和从动齿轮9需监测的位置设置有包括应变片的传感器,监测实时变化信号。

[0018] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0019] 本发明采用了全新的加载过程,将齿轮副回转过程中的相啮合转换成往复摆动过程中的啮合,模拟了齿轮传动的实际过程,减小运动幅度,可针对单齿进行高频大周期的试验;小幅度的运动便于搭载测试装置,提高了齿轮失效过程应力应变等相关数据采集的实时性和准确性;本发明具有自动化水平高、测试质量好、测试加载方法新颖等特点,适用于齿轮传动过程中相关数据的测量,能够为齿轮传动设计制造提供关键技术基础。

附图说明

[0020] 图1是本发明试验装置的整体结构示意图。

[0021] 图2是本发明试验装置中试验齿轮装置4的结构示意图。

[0022] 图3是本发明试验装置中驱动装置2的结构示意图,其中(a)为组合图,(b)为分解图。

[0023] 图4是本发明试验装置中模拟负载装置3的结构示意图,其中(a)为一个角度的组合图,(b)为另一个角度的组合图,(c)为分解图。

[0024] 图5是本发明的运动过程机构简图,其中(a)为机构简图,(b)和(c)表示驱动过程,(d)和(e)表示复位过程,图中,细线条箭头表示运动轨迹,短箭头表示油路方向,粗实线箭头表示作用力。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例详细说明本发明的实施方式。

[0026] 如图1所示,一种齿轮啮合的疲劳测试装置,包括固定在基础台面1上的驱动装置2、模拟负载装置3和试验齿轮装置4,驱动装置2、模拟负载装置3分别和试验齿轮装置4配合,驱动装置2、模拟负载装置3分别和中央控制器5连接,中央控制器5通过输出位移时间曲线信号控制驱动装置2,通过输出载荷时间曲线信号控制模拟负载装置3。

[0027] 如图2所示,所述试验齿轮装置4由4个单齿试验齿轮组成,分别为驱动齿轮7、从动齿轮9、复位齿轮6和被复位齿轮8,驱动齿轮7与从动齿轮9轮齿相啮合组成加载试验齿轮副;复位齿轮6与被复位齿轮8组成复位动作齿轮副;驱动齿轮7与复位齿轮6同轴安装同步转动,安装时轮齿间距大于标准齿距;从动齿轮9与被复位齿轮8同轴安装同步转动,安装时两齿轮轮齿重合。

[0028] 如图3(图3(a)的组合图和图3(b)的分解图)所示,所述的驱动装置2由支撑部件和曲柄滑块机构组成,支撑部件包括第一支座10、第一基座11;曲柄滑块机构包括曲柄轴12、连杆13、连杆接头14、滑块油缸15;第一基座11与基础台面1通过燕尾导轨连接并锁定位置;曲柄轴12为曲柄滑块机构中曲柄,能够在第一基座11上往复回转,用于安装驱动齿轮7和复位齿轮6,并与驱动齿轮7和复位齿轮6通过键固联;第一支座10安装在第一基座11上并对曲柄轴12一端进行支撑;滑块油缸15起曲柄滑块机构中滑块作用,用于加载往复直线运动;所述连杆13起曲柄滑块机构中的连杆作用,一端与曲柄轴12通过铰链连接,另一端通过连杆

接头14通过铰链连接;连杆接头14与滑块油缸15的活塞固联。

[0029] 如图4(图4(a)、图4(b)的组合图和图4(c)的分解图)所示,所述模拟负载装置3包括第二支座16、支撑轴17、复位挡块18、第二基座19、负载发生器20,第二基座19与基础台面1通过燕尾导轨连接并锁定位置;支撑轴17能够在基座19上往复回转,与从动齿轮9、被复位齿轮8通过键固联同步转动,支撑轴17上设计有限定复位位置的凸缘;第二支座16安装在第二基座17上并对支撑轴17一端进行支撑;负载发生器20安装在基座18上并与支撑轴17一端连接提供负载转矩;复位挡块18安装在第二基座19上,通过阻挡支撑轴17上的凸缘以约束支撑轴17复位时的位置。

[0030] 所述中央控制器5包括安装在计算机内的控制卡和液压控制阀、电流控制器,计算机内控制软件通过控制卡产生相位时间信号驱动液压控制阀操作滑块油缸15的活塞做往复直线运动;产生载荷时间信号驱动负载发生器20产生不同大小的负载转矩。

[0031] 如图5所示,基于所述疲劳测试装置的测试方法,包括如下步骤:

[0032] 步骤1:输入试验齿轮的相应几何参数,试验设定的加载数值,包括齿轮实际啮合的驱动转矩、转速、负载转矩等,计算得到相应的试验模拟控制参数;

[0033] 步骤2:根据试验齿轮对应的几何参数选定相应的曲柄轴12、连杆13、连杆接头14,并结合第一基座11在基础台面1滑轨上的位置调节,组装好驱动机构,同时调节第二基座19在基础台面1滑轨上的位置,保证试验齿轮副的安装中心矩,本发明机构简图如图5(a)所示;

[0034] 步骤3:将根据试验参数定制的单齿驱动齿轮7和单齿复位齿轮6安装在曲柄轴12上,单齿从动齿轮9和单齿被复位齿轮8安装在支撑轴17上,驱动齿轮7轮齿与复位齿轮6轮齿的安装齿距大于标准齿距,确保驱动和复位运动切换时有一段空行程,齿轮啮合状态在齿轮定制加工时确定;

[0035] 步骤4:试验机进行高频往复加载试验,如图5(b)和图5(c)所示,单个试验周期的加载过程为:从驱动齿轮7轮齿齿根与从动齿轮9齿顶开始接触到驱动齿轮7轮齿齿顶与从动齿轮9齿根接触,控制滑块油缸15的活塞做向下平移运动,通过连杆13拉动曲柄轴12与固联在轴上的驱动齿轮7和复位齿轮6绕轴心做小角度的逆时针转动;驱动齿轮7轮齿通过轮齿接触的啮合传动碾压从动齿轮9的轮齿使之随动做小角度的顺时针转动;从动齿轮9在随动的同时负载发生器20开始工作,产生逆时针方向的阻力转矩,通过支撑轴17传递加载到从动齿轮9上,确保在加载过程中,从动齿轮9的轮齿与驱动齿轮7的轮齿保持接触,模拟齿轮实际啮合过程中的运动、动力传递;

[0036] 如图5(d)和图5(e)所示,单个周期的急回过程如下:

[0037] 控制滑块油缸15的活塞做加速向上运动,通过连杆13推动曲柄轴12与固联在轴上的驱动齿轮7和复位齿轮6绕轴心迅速做小角度的顺时针转动;驱动齿轮7的轮齿立即与从动齿轮9的轮齿脱离接触;短暂空行程之后,复位齿轮6的齿根接触到被复位齿轮8的齿顶,开始复位啮合传动过程;同时负载发生器20降低负载,仅提供保持运动传递稳定的阻尼;当支撑轴17回归到零位时凸缘碰到具有阻尼作用的柔性复位挡块18后停止;在支撑轴17的凸缘和复位挡块接触面之间设置传感器,二者接触后,接触信号被传回试验软件,作为下一个周期开始的必要条件之一;

[0038] 步骤5:在驱动齿轮7和从动齿轮9需监测的位置设置有包括应变片的传感器,监测

实时变化信号。

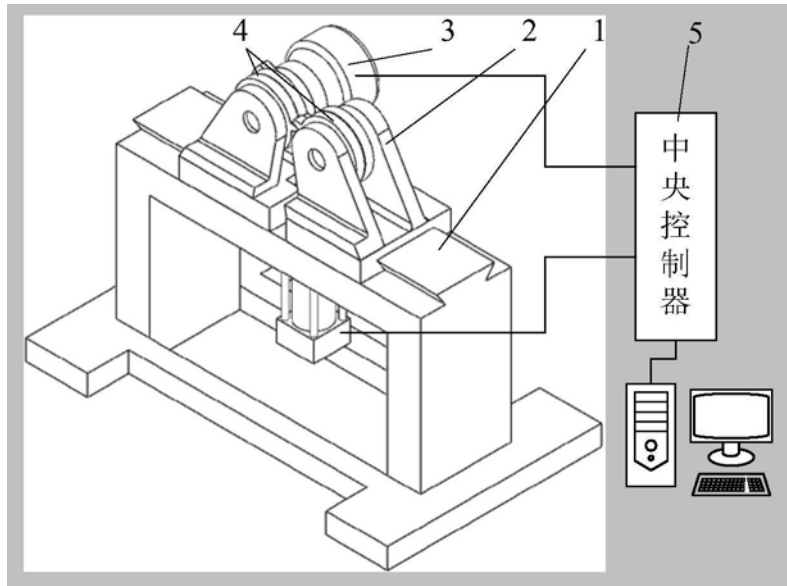


图1

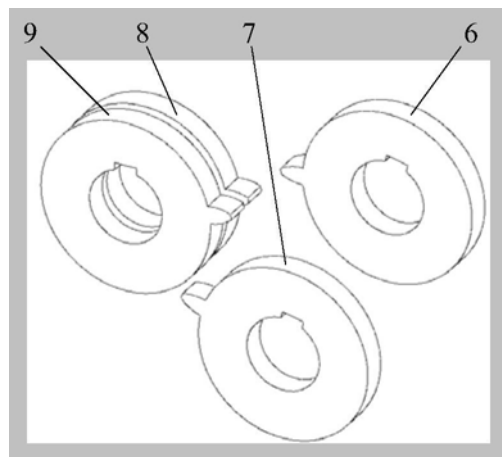


图2

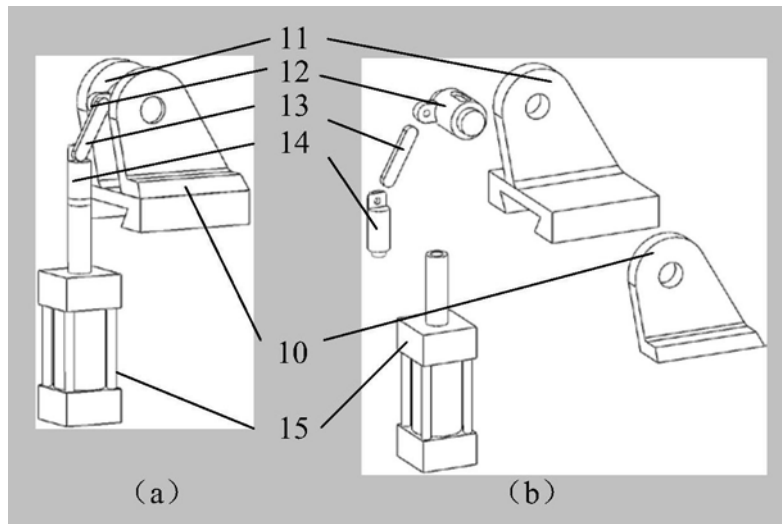


图3

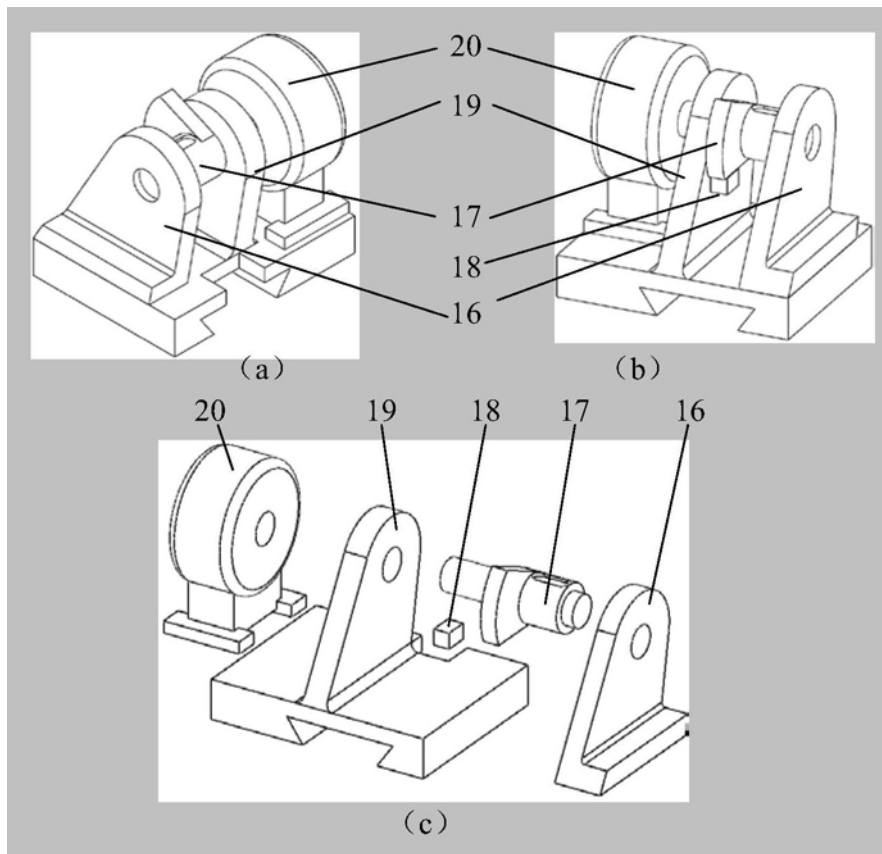


图4

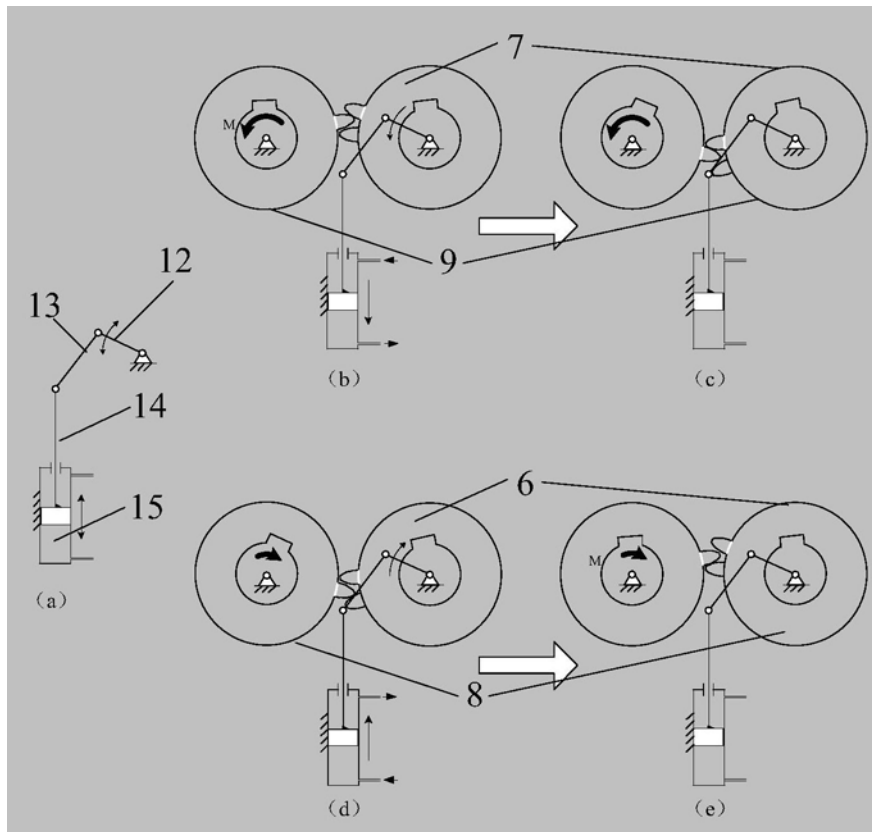


图5