



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111220489 A

(43)申请公布日 2020.06.02

(21)申请号 201911031972.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2019.10.28

G01N 3/38(2006.01)

(71)申请人 国网浙江省电力有限公司电力科学  
研究院

G01N 3/02(2006.01)

G01N 3/04(2006.01)

地址 310014 浙江省杭州市下城区朝晖八  
区华电弄1号

(72)发明人 张杰 丁辉 罗宏建 李正刚  
王麒瑜 赵洲峰 孙庆峰 周阳洋  
朱月峰 鲁旷达 周进 梅简  
裘吕超 陈胤桢 邹君文 印卫佳  
吴一峰 沈荃 周桢 徐胜 徐强  
徐冬梅

(74)专利代理机构 浙江翔隆专利事务所(普通  
合伙) 33206

代理人 张建青

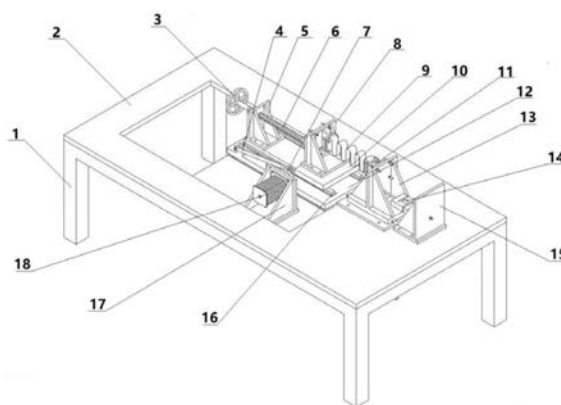
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

### (54)发明名称

一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置

### (57)摘要

本发明公开了一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置。GIS设备上的波纹管在运行过程中,随着一年四季温差变化其应力应变会随之变化,在一天之内,白天和晚上应力应变情况也会截然不同。本发明由二个伺服电机提供驱动力,通过转盘、连杆、拖板等部件构成二套曲柄滑块机构,实现拖板的周期往复运动,二套曲柄滑块机构可分别或同时模拟GIS设备因一天内和一年四季温度变化引起的波纹管变形,同时可通过传感器测量波纹管受力,研究波纹管疲劳损伤机理并预测疲劳寿命。本发明结构简单,操作安全,可实现波纹管、弹簧等多种试样试验,成本较低,易于推广。



1. 一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,包括移动平台、固定工作台、机架(1)和位于机架顶部的平台(2);

所述移动平台包括大拖板(21)和小拖板(12),所述大拖板(21)与平台(2)活动连接,大拖板(21)相对于平台(2)可自由滑动;所述大拖板(21)活动连接小拖板(12),小拖板(12)相对于大拖板(21)可自由滑动;

所述大拖板(21)的上表面固定连接日伺服电机(18),所述日伺服电机(18)连接日转盘(7),所述日转盘(7)与小拖板连杆(4)的一端连接,所述小拖板连杆(4)的另一端与小拖板(12)轴接,所述日转盘(7)、小拖板连杆(4)和小拖板(12)构成曲柄滑块机构;所述小拖板(12)上固定丝杠支撑板(5)并活动连接试样调整台(10),所述的试样调整台(10)固定夹具支撑板(8),所述丝杠支撑板(5)开孔并与丝杠(6)配合,所述丝杠(6)的一端连接夹具支撑板(8),另一端固定手轮(3),通过调节手轮(3)手动控制试样调整台(10)的位置;所述夹具支撑板(8)通过螺栓固定第一夹具(11);

所述固定工作台包括传感器滑动支撑板(13)、传感器固定支撑板(15)和测力传感器(14),所述传感器滑动支撑板(13)通过燕尾槽与平台(2)连接,相对于平台(2)可自由滑动,且传感器滑动支撑板(13)的一侧通过螺栓连接第二夹具(24),第一夹具(11)和第二夹具(24)分别用于夹试样(9)的两端;所述传感器固定支撑板(15)的底部固定在平台(2)上;所述测力传感器(14)通过螺栓杆与传感器滑动支撑板(13)和传感器固定支撑板(15)连接;

所述平台(2)的下表面固定年伺服电机支撑板(26),该年伺服电机支撑板(26)上固定年伺服电机(22),所述年伺服电机(22)连接年转盘(19),所述年转盘(19)连接大拖板连杆(23),所述大拖板连杆(23)的另一端与大拖板(21)的下表面轴接,所述年转盘(19)、大拖板连杆(23)和大拖板(21)也构成曲柄滑块机构。

2. 根据权利要求1所述的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,所述的日转盘(7)采用第一连杆转轴(20)与小拖板连杆(4)连接,日转盘(7)的盘面上开有2-10组对称通孔,第一连杆转轴(20)包括转体、开在转体两侧的两个对称通孔和连接在转体中部的转轴,日转盘(7)盘面上的其中一组对称通孔与第一连杆转轴(20)上的两个对称通孔通过螺栓连接。

3. 根据权利要求1所述的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,所述的年转盘(19)采用第二连杆转轴(25)与大拖板连杆(23)连接,年转盘(19)的盘面上开有2-10组对称通孔,第二连杆转轴(25)包括转体、开在转体两侧的两个对称通孔和连接在转体中部的转轴,年转盘(19)盘面上的其中一组对称通孔与第二连杆转轴上的两个对称通孔通过螺栓连接。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,所述的日伺服电机(18)由螺栓固定在日伺服电机支撑板(17)上,该日伺服电机支撑板(17)固定在大拖板(21)的上表面上,日伺服电机(18)轴通过键连接日转盘(7)。

5. 根据权利要求1-3任一项所述的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,所述的年伺服电机(22)由螺栓固定在年伺服电机支撑板(26)上,该年伺服电机支撑板(26)固定在平台(2)的底面上,年伺服电机(22)轴通过键连接年转盘(19)。

6. 根据权利要求1-3任一项所述的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,所述小拖板(12)的上表面设有二根第一导轨(16),所述试样调整台(10)的底部设有二

组第一滑块(27),每组第一滑块(27)至少有二个,第一滑块(27)套在第一导轨(16)上,沿第一导轨(16)可相对于小拖板作轴向运动。

7.根据权利要求1-3任一项所述的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,所述大拖板(21)的上表面设有二根第二导轨(28),所述小拖板(12)的下表面设有二组第二滑块(29),每组第二滑块(29)至少有二个,第二滑块(29)套在第二导轨(28)上,沿第二导轨(28)可相对于大拖板作轴向运动。

8.根据权利要求1-3任一项所述的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,所述平台(2)的下表面设有二根第三导轨(30),大拖板(21)的上表面设有二组第三滑块(31),每组第三滑块(31)至少有二个,第三滑块(31)套在第三导轨(30)上,沿第三导轨(30)可相对于平台作轴向运动。

9.根据权利要求1-3任一项所述的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,所述试样(9)为3-5个波的波纹管局部试样,长度为100-200mm。

10.根据权利要求1-3任一项所述的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其特征在于,所述的第一夹具(11)包括前后均有螺栓孔的工字型结构件和盖板,面积较大一端由螺栓紧固在夹具支撑板(8)上,面积较小一端由螺栓与盖板连接,中间用于夹持试样;所述的第二夹具(24)包括前后均有螺栓孔的工字型结构件和盖板,面积较大一端由螺栓紧固在传感器滑动支撑板(13)上,面积较小一端由螺栓与盖板连接,中间用于夹持试样。

## 一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力设备疲劳测试技术领域,尤其是一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置。

### 背景技术

[0002] 气体绝缘金属封闭开关GIS设备中,金属波纹管膨胀节是用于连接两个管道母线的一个重要组成部分,主要用于补偿热胀冷缩引起的管道母线尺寸变化、吸收运行时发生轴向震动引起的能量和调节管道母线的空间尺寸等,其作用效果类似于弹簧。因此金属波纹管膨胀节是GIS电气设备应用中保证设备安全和健康状态的一个关键部件。

[0003] GIS设备金属波纹管膨胀节的一般构成如下:波纹管、接管、垫环、法兰、螺柱、螺母等部件,其中波纹管是核心部件,也是变形部件。大部分厂家在制作金属波纹管时多采用奥氏体不锈钢,金属波纹管在实际工况中会受到循环载荷作用,但其各个部位的受力并不均匀,有些局部区域的应力会比较集中,经常会处于塑性应力区,这样就很可能在较低的循环次数下发生疲劳损伤,属于典型的低周疲劳部件。因此,对波纹管的受力状态、材料损伤机理和疲劳损伤测试方法进行研究具有重要的现实意义和实际指导作用。

[0004] GIS设备上的波纹管在运行过程中,随着一年四季温差变化其应力应变会随之变化,在一天之内,白天和晚上应力应变也会截然不同,因此设计一种能够真实模拟一年四季和白天晚上温度变化而引起的波纹管疲劳损伤的测试的试验装置,对研究波纹管受力状态、疲劳损伤机理和疲劳寿命预测有重要的现实意义。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是克服上述现有技术存在的缺陷,提供一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,用于真实模拟GIS设备波纹管因一年四季及每日温度波动引起的疲劳损伤。

[0006] 为达上述目的,本发明采用如下的技术方案:一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其包括移动平台、固定工作台、机架和位于机架顶部的平台;

[0007] 所述移动平台包括大拖板和小拖板,所述大拖板与平台活动连接,大拖板相对于平台可自由滑动;所述大拖板活动连接小拖板,小拖板相对于大拖板可自由滑动;

[0008] 所述大拖板的上表面固定连接日伺服电机,所述日伺服电机连接日转盘,所述日转盘与小拖板连杆的一端连接,所述小拖板连杆的另一端与小拖板轴接,所述日转盘、小拖板连杆和小拖板构成曲柄滑块机构;所述小拖板上固定丝杠支撑板并活动连接试样调整台,所述的试样调整台固定夹具支撑板,所述丝杠支撑板开孔并与丝杠配合,所述丝杠的一端连接夹具支撑板,另一端固定手轮,通过调节手轮手动控制试样调整台的位置;所述夹具支撑板通过螺栓固定第一夹具;

[0009] 所述固定工作台包括传感器滑动支撑板、传感器固定支撑板和测力传感器,所述传感器滑动支撑板通过燕尾槽与平台连接,相对于平台可自由滑动,且传感器滑动支撑板

的一侧通过螺栓连接第二夹具,第一夹具和第二夹具分别用于夹试样的两端;所述传感器固定支撑板的底部固定在平台上;所述测力传感器通过螺栓杆与传感器滑动支撑板和传感器固定支撑板连接;

[0010] 所述平台的下表面固定年伺服电机支撑板,该年伺服电机支撑板上固定年伺服电机,所述年伺服电机连接年转盘,所述年转盘连接大拖板连杆,所述大拖板连杆的另一端与大拖板的下表面轴接,所述年转盘、大拖杆连杆和大拖板也构成曲柄滑块机构。

[0011] 进一步地,所述的日转盘采用第一连杆转轴与小拖板连杆连接,日转盘的盘面上开有2-10组对称通孔,第一连杆转轴包括转体、开在转体两侧的两个对称通孔和连接在转体中部的第一转轴,日转盘盘面上的其中一组对称通孔与第一连杆转轴上的两个对称通孔通过螺栓连接。

[0012] 进一步地,所述的年转盘采用第二连杆转轴与大拖板连杆连接,年转盘的盘面上开有2-10组对称通孔,第二连杆转轴包括转体、开在转体两侧的两个对称通孔和连接在转体中部的转轴,年转盘盘面上的其中一组对称通孔与第二连杆转轴上的两个对称通孔通过螺栓连接。

[0013] 进一步地,所述的日伺服电机由螺栓固定在日伺服电机支撑板上,该日伺服电机支撑板固定在大拖板的上表面上,日伺服电机轴通过键连接日转盘。

[0014] 进一步地,所述的年伺服电机由螺栓固定在年伺服电机支撑板上,该年伺服电机支撑板固定在平台的底面上,年伺服电机轴通过键连接年转盘。

[0015] 进一步地,所述小拖板的上表面设有二根第一导轨,所述试样调整台的底部设有二组第一滑块,每组第一滑块至少有二个,第一滑块套在第一导轨上,沿第一导轨可相对于小拖板作轴向运动。

[0016] 进一步地,所述大拖板的上表面设有二根第二导轨,所述小拖板的下表面设有二组第二滑块,每组第二滑块至少有二个,第二滑块套在第二导轨上,沿第二导轨可相对于大拖板作轴向运动。

[0017] 进一步地,所述平台的下表面设有二根第三导轨,大拖板的上表面设有二组第三滑块,每组第三滑块至少有二个,第三滑块套在第三导轨上,沿第三导轨可相对于平台作轴向运动。

[0018] 进一步地,所述的测力传感器为S型。

[0019] 进一步地,所述试样为3-5个波的波纹管局部试样,长度为100-200mm。本发明同样可适用于弹簧。

[0020] 进一步地,所述的第一夹具包括前后均有螺栓孔的工字型结构件和盖板,面积较大一端由螺栓紧固在夹具支撑板上,面积较小一端由螺栓与盖板连接,中间用于夹持试样;所述的第二夹具包括前后均有螺栓孔的工字型结构件和盖板,面积较大一端由螺栓紧固在传感器滑动支撑板上,面积较小一端由螺栓与盖板连接,中间用于夹持试样。

[0021] 本发明由二个伺服电机提供驱动力,通过转盘、连杆、拖板等部件构成二套曲柄滑块机构,实现拖板的周期往复运动,二套曲柄滑块机构可分别或同时模拟波纹管因一天内和一年四季温度变化引起的尺寸变化,同时可通过传感器测量波纹管受力状态,研究波纹管疲劳损伤机理并预测疲劳寿命。

[0022] 本发明结构简单,操作安全,可实现波纹管、弹簧等多种试样试验,成本较低,易于

推广。

## 附图说明

[0023] 图1为本发明的结构示意图；

[0024] 图2为本发明的正视图；

[0025] 图3为本发明的仰视图；

[0026] 图4为本发明的机架结构示意图；

[0027] 图5为本发明模拟年往复运动部分的结构示意图；

[0028] 图6为本发明模拟日往复运动部分的结构示意图；

[0029] 图7为本发明的夹具及试样示意图；

[0030] 图8为本发明的夹具结构示意图；

[0031] 图9为本发明的转盘示意图；

[0032] 图10为本发明连杆转轴结构示意图。

[0033] 其中1、机架,2、平台,3、手轮,4、小拖板连杆,5、丝杠支撑板,6、丝杠,7、日转盘,8、夹具支撑板,9、试样,10、试样调整台,11、第一夹具,12、小拖板,13、传感器滑动支撑板,14、测力传感器,15、传感器固定支撑板,16、第一导轨,17、日伺服电机支撑板,18、日伺服电机,19、年转盘,20、第一连杆转轴,21、大拖板,22、年伺服电机,23、大拖板连杆,24、第二夹具,25、第二连杆转轴,26、年伺服电机支撑板,27-第一滑块,28、第二导轨,29、第二滑块,30、第三导轨,31、第三滑块。

## 具体实施方式

[0034] 为加深对本发明的理解,下面将结合附图和实施例对本发明作进一步说明,该实施例仅用于解释本发明,并不构成对本发明保护范围的限定。

[0035] 如图1-10所示的一种GIS设备波纹管疲劳损伤试验装置,其包括移动平台、固定工作台、机架1和位于机架顶部的平台2。

[0036] 所述移动平台包括大拖板21和小拖板12,所述大拖板21与平台2活动连接,大拖板21相对于平台2可自由滑动;所述大拖板21活动连接小拖板12,小拖板12相对于大拖板21可自由滑动。

[0037] 所述大拖板21的上表面固定连接日伺服电机18,所述日伺服电机18连接日转盘7,所述日转盘7与小拖板连杆4的一端连接,所述小拖板连杆4的另一端与小拖板12轴接,所述日转盘7、小拖板连杆4和小拖板12构成曲柄滑块机构。所述小拖板12上固定丝杠支撑板5并活动连接试样调整台10,所述的试样调整台10固定夹具支撑板8,所述丝杠支撑板5开孔装有螺母与丝杠6配合,所述丝杠6的一端连接夹具支撑板8,另一端固定手轮3,通过调节手轮3手动控制试样调整台10的位置;所述夹具支撑板8通过螺栓固定第一夹具11。

[0038] 所述固定工作台包括传感器滑动支撑板13、传感器固定支撑板15和S型测力传感器14,所述传感器滑动支撑板13通过燕尾槽与平台2连接,相对于平台2可自由滑动,且传感器滑动支撑板13的一侧通过螺栓连接第二夹具24,第一夹具11和第二夹具24分别用于夹试样9的两端;所述试样9为3-5个波的波纹管剪切局部试样,长度为100-200mm。所述传感器固定支撑板15的底部固定在平台2上;所述测力传感器14通过螺栓杆与传感器滑动支撑板13

和传感器固定支撑板15连接。

[0039] 所述平台2的下表面固定年伺服电机支撑板26,该年伺服电机支撑板26上固定年伺服电机22,所述年伺服电机22连接年转盘19,所述年转盘19连接大拖板连杆23,所述大拖板连杆23的另一端与大拖板21的下表面轴接,所述年转盘19、大拖杆连杆23和大拖板21也构成曲柄滑块机构。

[0040] 所述的日转盘7采用第一连杆转轴20与小拖板连杆4连接,日转盘7的盘面上开有8组对称通孔,第一连杆转轴20包括转体、开在转体两侧的两个对称通孔和连接在转体中部的转轴,日转盘7盘面上的其中一组对称通孔与第一连杆转轴20上的两个对称通孔通过螺栓连接。

[0041] 所述的年转盘19采用第二连杆转轴25与大拖板连杆23连接,年转盘19的盘面上开有8组对称通孔,第二连杆转轴25包括转体、开在转体两侧的两个对称通孔和连接在转体中部的转轴,年转盘盘面上的其中一组对称通孔与第二连杆转轴上的两个对称通孔通过螺栓连接。

[0042] 所述的日伺服电机18由螺栓固定在日伺服电机支撑板17上,该日伺服电机支撑板17固定在大拖板21的上表面上,日伺服电机18轴通过键连接日转盘7。

[0043] 所述的年伺服电机22由螺栓固定在年伺服电机支撑板26上,该年伺服电机支撑板26固定在平台2的底面上,年伺服电机22轴通过键连接年转盘19。

[0044] 所述小拖板12的上表面设有二根第一导轨16,所述试样调整台10的底部设有二组第一滑块27,每组第一滑块27至少有二个,第一滑块27套在第一导轨16上,沿第一导轨16可作轴向运动。

[0045] 所述大拖板21的上表面设有二根第二导轨28,所述小拖板12的下表面设有二组第二滑块29,每组第二滑块29至少有二个,第二滑块29套在第二导轨28上,沿第二导轨28可作轴向运动。

[0046] 所述的第一夹具11包括前后均有螺栓孔的工字型结构件和盖板,面积较大一端由螺栓紧固在夹具支撑板8上,面积较小一端由螺栓与盖板连接,中间用于夹持试样。所述的第二夹具24包括前后均有螺栓孔的工字型结构件和盖板,面积较大一端由螺栓紧固在传感器滑动支撑板13上,面积较小一端由螺栓与盖板连接,中间用于夹持试样。

[0047] 使用本发明进行GIS设备波纹管疲劳损伤试验时,对需要试验的波纹管进行制样处理,截取5个波的波纹管,长度为200mm,宽度50mm。旋转手轮3带动丝杠6,使试样调整台10及固定在其上面的夹具支撑板8沿第一导轨16移动至距传感器滑动支撑板13距离200mm处。将波纹管两端分别夹入第一夹具11和第二夹具24面积较小一端,并用4组螺栓螺帽将其锁紧。将两个夹具使用螺栓螺帽分别固定在夹具支撑板8和传感器滑动支撑板13上。使用螺栓将S型测力传感器14固定在传感器固定支撑板15和传感器滑动支撑板13之间。将第一连杆转轴20通过螺栓连接固定在日转盘7最外缘位置,将小拖板连杆4连接日转盘7和小拖板12。采用同样方式连接年转盘19和大拖板21。开启日伺服电机18和年伺服电机22,并输入信号。日伺服电机18带动日转盘7转动,并通过小拖板连杆4带动小拖板12在大拖板21上沿第一导轨16前后往复运动,此时波纹管试样9被前后拉动,实现了对因日温度变化引起的试样9长度变化的模拟。

[0048] 年伺服电机22带动年转盘19转动,通过大拖板连杆23带动大拖板21相对平台2前

后往复运动,实现了对因年温度变化引起的试样9长度变化的模拟。实验过程中,试样9带动传感器滑动支撑板13在燕尾槽上可轻微滑动,牵引S型测力传感器14产生试样9受力数据。完整实验周期结束,关闭年伺服电机22和日伺服电机18,放松第一夹具11和第二夹具24,取下试样9,拆除第一夹具11和第二夹具24,检查设备。

[0049] 根据GIS设备所在地区的一年四季温度波动曲线,取全年日最高气温和日最低气温平均值;日气温从最低值至最高值及从最高值至最低值在时段内按正弦规律变化。日气温拟合公式为:

$$[0050] \quad y = A \sin \left( \frac{\pi}{12} x + \phi \right) + b,$$

[0051] 其中: $x$ 为小时, $0 \leq x < 24$ , $y$ 为气温,初相 $|\phi| < \pi$ ,振幅 $A > 0$ ;

[0052] 日气温变化周期:24小时;

$$[0053] \quad \text{日气温变化振幅: } A = \frac{\text{日最高气温均值} - \text{日最低气温均值}}{2};$$

$$[0054] \quad \text{日气温变化偏距: } b = \frac{\text{日最高气温均值} + \text{日最低气温均值}}{2};$$

$$[0055] \quad \text{日气温变化初相: } \phi = -\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{12} X_i, X_i \text{ 为日平均值最低气温对应的时间。}$$

[0056] 根据GIS设备所在地区的一年四季温度波动曲线,取年最高气温和年最低气温;年最低值至最高值在时间轴按正弦规律变化。日气温波动拟合与年气温波动拟合相似。

[0057] 气温的真实波动可以用两个正弦波叠加拟合模拟,日周期24h,年周期12个月,疲劳模拟试验时通过设定年伺服电机和日伺服电机的转速,使得日伺服电机的转速为年伺服电机转速的365倍即可。

[0058] 对本领域的技术人员来说,可根据以上描述的技术方案及构思,做出其他各种相应的改变以及形变,而所有的这些改变以及形变都应该属于本发明权利要求的保护范围之内。



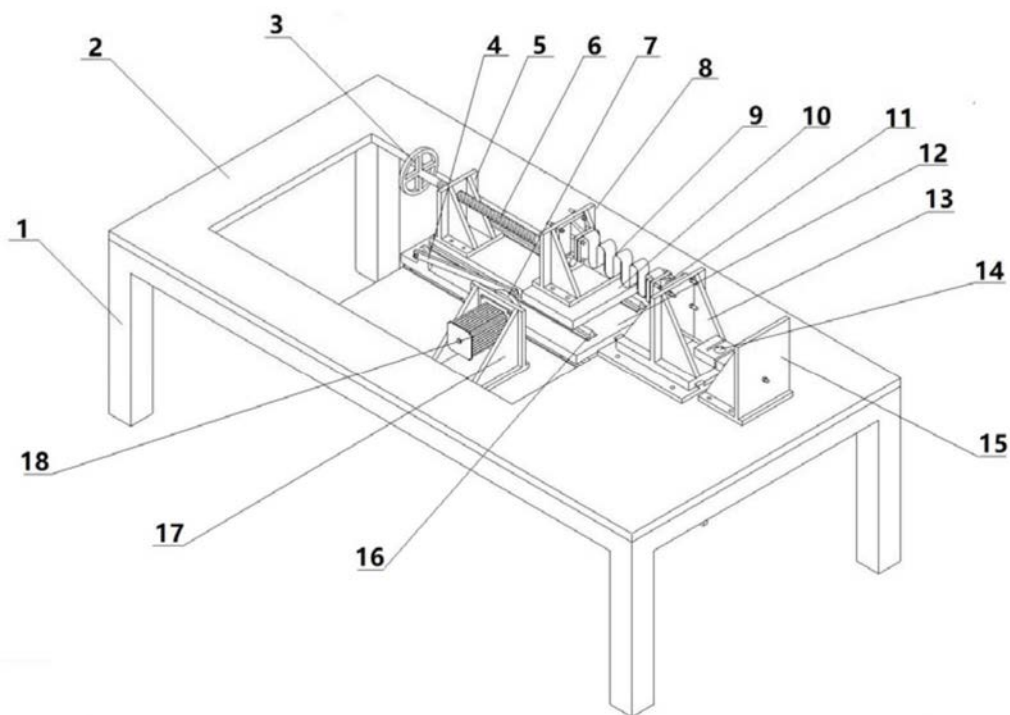


图1

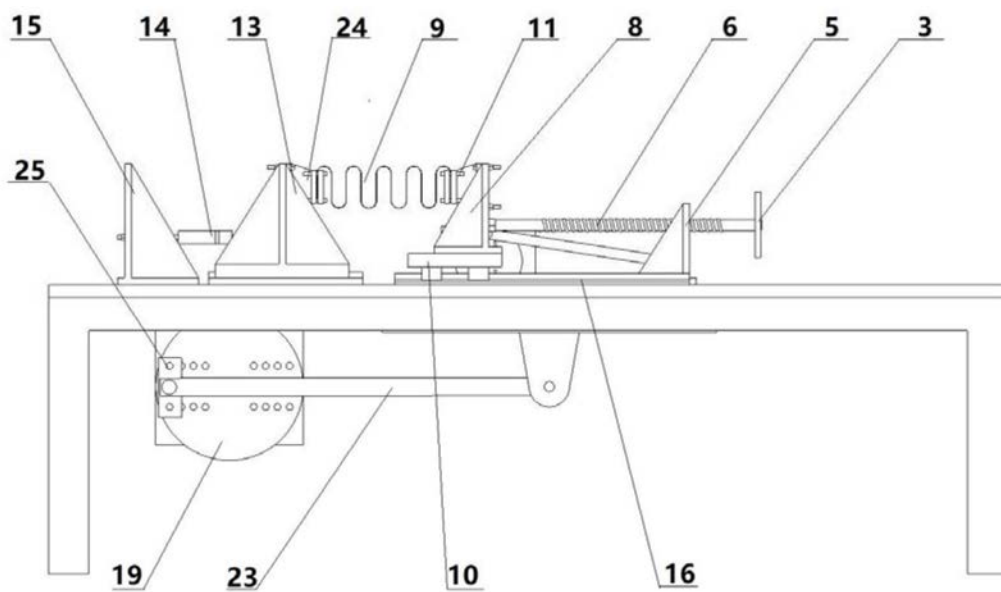


图2

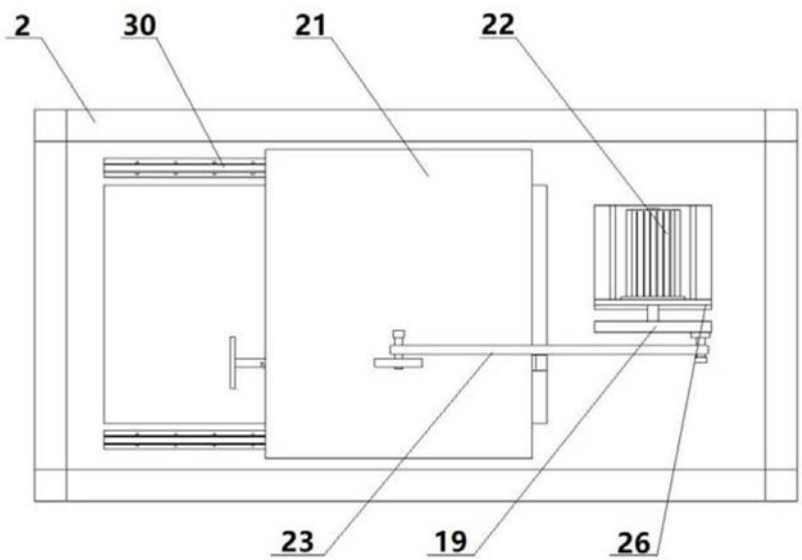


图3

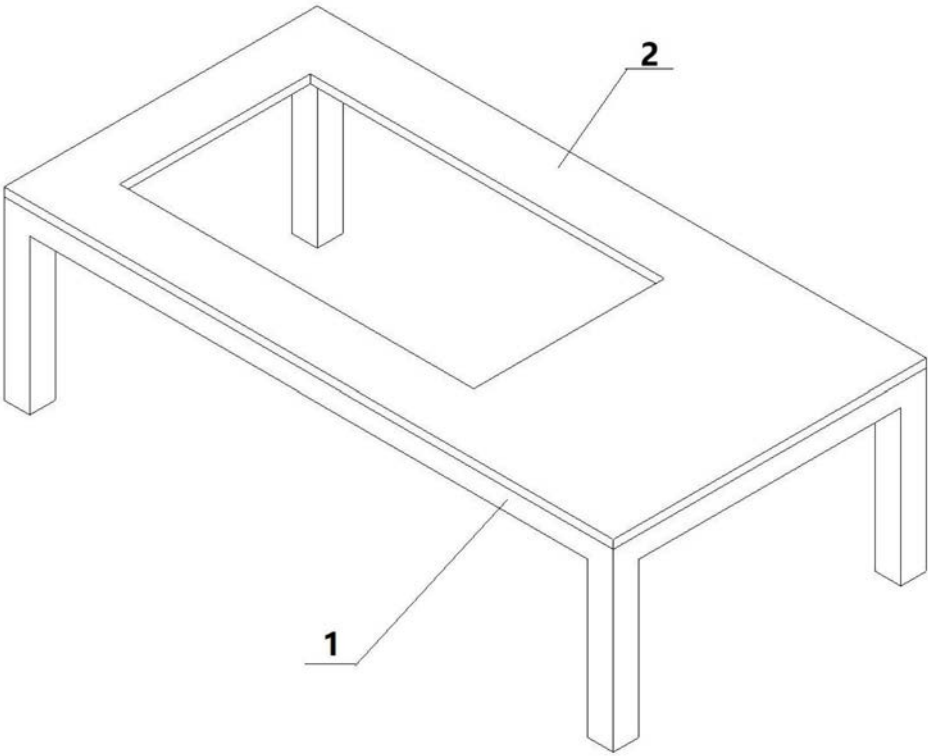


图4

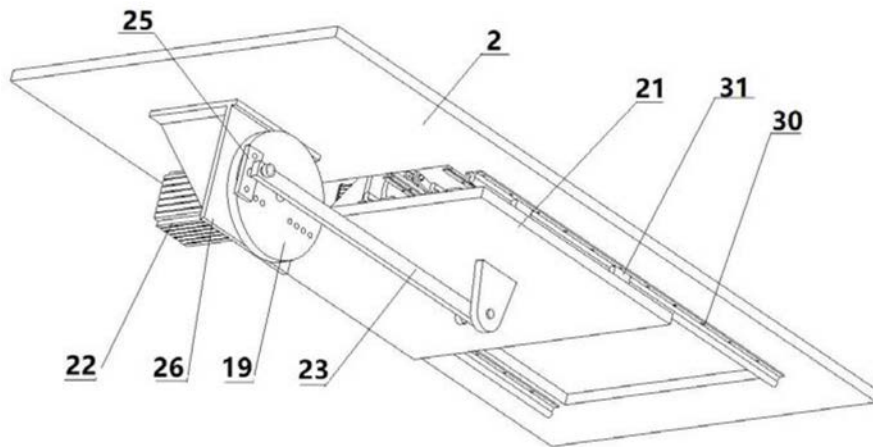


图5

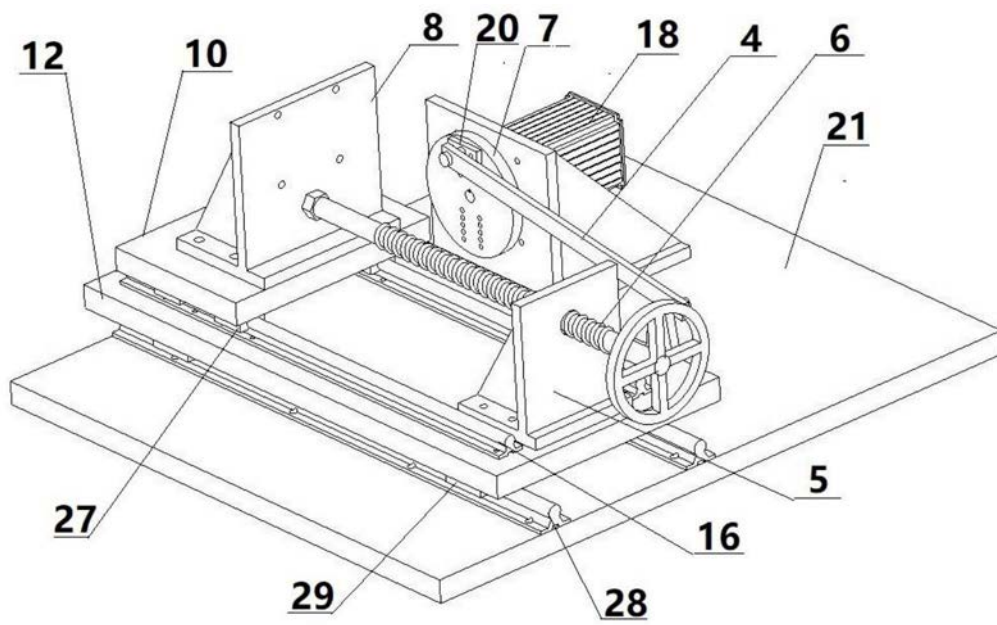


图6

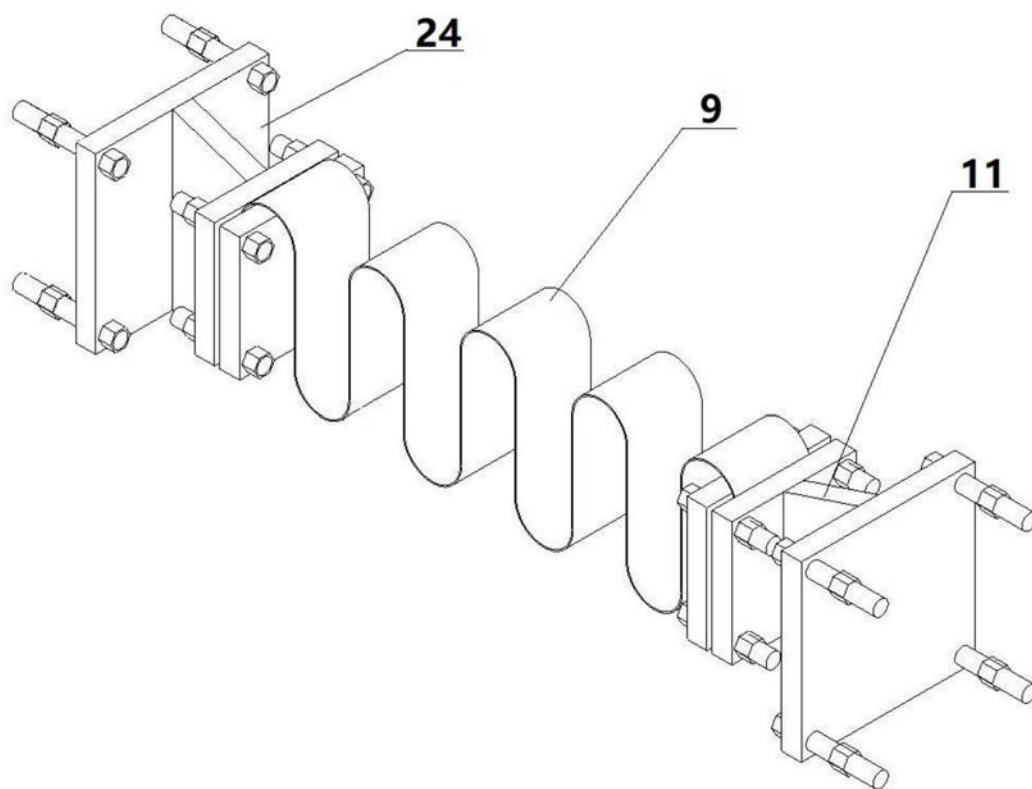


图7

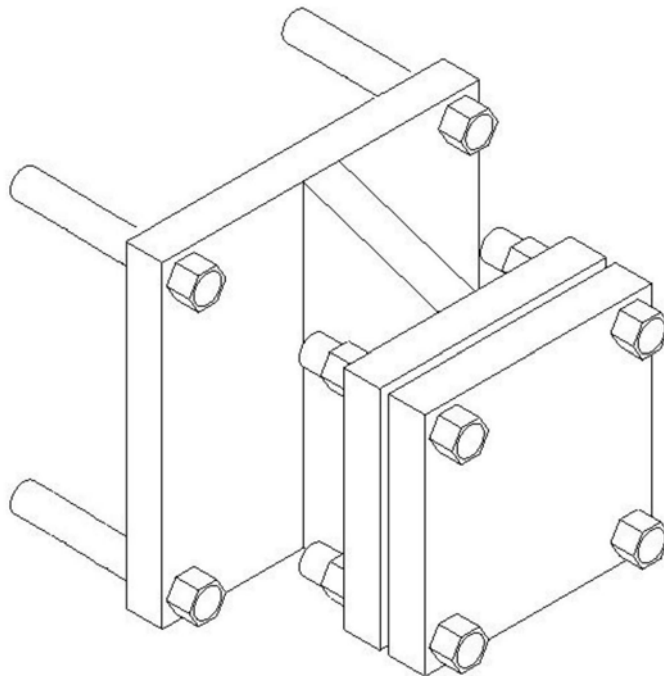


图8

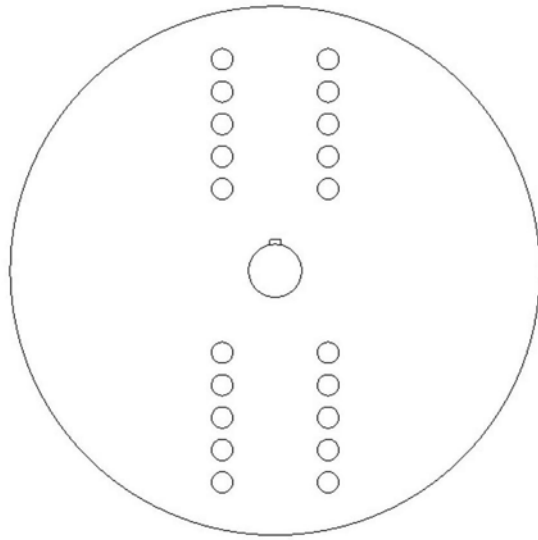


图9

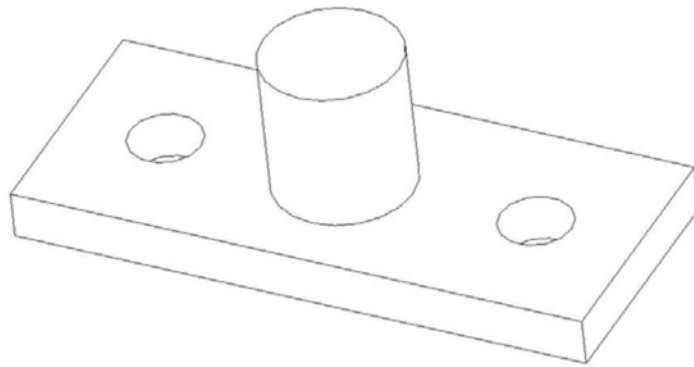


图10