



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102944438 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 27

(21) 申请号 201210447935. 5

(22) 申请日 2012. 11. 09

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 曾晓辉 余杨 张良 申仲翰

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所 (普通合伙) 11390

代理人 王艺

(51) Int. Cl.

G01M 99/00 (2011. 01)

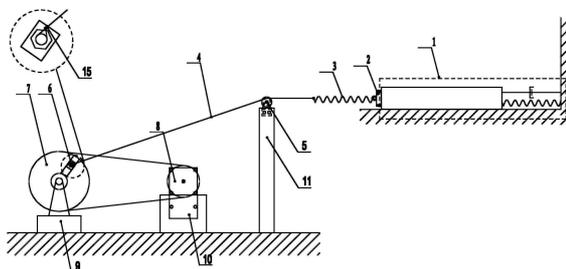
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 4 页

## (54) 发明名称

一种双参数控制的机械式实验加载装置

## (57) 摘要

本发明公开一种双参数控制的机械式实验加载装置,包括钢丝绳、定滑轮、定滑轮承力固定支架、电机、载荷控制加载部件、位移控制加载部件和皮带轮组,载荷控制加载部件包括调节拉伸弹簧和力传感器,位移控制加载部件包括位移传感器和位移传感器支架;钢丝绳穿过定滑轮与皮带轮组相连,定滑轮固定在定滑轮承力固定支架上,皮带轮组与电机相连;可采用载荷控制加载方式和位移控制加载方式。本实验加载装置满足行程大、适用频率范围广、可以自由切换载荷控制和位移控制、精度高等要求,使用方便,费用低廉,易于拆装和移动,便于根据不同研究需要灵活调节。可适用于航空航天、土木建筑、海洋与船舶、机械等诸多工程领域中的相关静、动力或疲劳实验。



1. 一种双参数控制的机械式实验加载装置,其特征在于,包括钢丝绳、定滑轮、定滑轮承力固定支架、电机、载荷控制加载部件、位移控制加载部件和皮带轮组,其中,所述载荷控制加载部件包括调节拉伸弹簧和力传感器,所述位移控制加载部件包括位移传感器和位移传感器支架;所述钢丝绳穿过定滑轮与所述皮带轮组相连,所述定滑轮固定在定滑轮承力固定支架上,所述皮带轮组与电机相连;

当采用载荷控制加载方式时,力传感器固定在被加载物体上,调节拉伸弹簧一端与所述力传感器相连,另一端与钢丝绳一端相连;

当采用位移控制加载方式时,钢丝绳直接与被加载物体相连,位移传感器一端与被加载物体相连,另一端固定在位移传感器支架上,所述位移传感器支架固定在定滑轮承力固定支架上。

2. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,

所述皮带轮组包括第一皮带轮、第二皮带轮和皮带轮支架,所述第一皮带轮的直径大于第二皮带轮的直径。

3. 如权利要求 2 所述的装置,其特征在于,

所述钢丝绳的一端与第一皮带轮连接,所述第一皮带轮固定在皮带轮支架上,所述第二皮带轮与电机的转轴相连,所述第一皮带轮与第二皮带轮通过三角带相连;或者,

所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接,所述第二皮带轮固定在皮带轮支架上,所述第一皮带轮与电机的转轴相连,所述第一皮带轮与第二皮带轮通过三角带相连;或者,

所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接,所述第二皮带轮与电机的转轴相连。

4. 如权利要求 3 所述的装置,其特征在于,

当使用电机工作频率大于需要外载荷频率时,所述钢丝绳的一端与第一皮带轮连接,所述第一皮带轮固定在皮带轮支架上,所述第二皮带轮与电机的转轴相连,所述第一皮带轮与第二皮带轮通过三角带相连;

当使用电机工作频率小于需要外载荷频率时,所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接,所述第二皮带轮固定在皮带轮支架上,所述第一皮带轮与电机的转轴相连,所述第一皮带轮与第二皮带轮通过三角带相连;

当电机工作频率满足外载荷频率需要时,所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接,所述第二皮带轮与电机的转轴相连。

5. 如权利要求 3 或 4 所述的装置,其特征在于,

所述第一皮带轮沿径向开有一个长滑槽,长滑槽中设置有滑块;

当所述钢丝绳的一端与第一皮带轮连接时,所述钢丝绳一端上的连接卡头固定在所述长滑槽中的滑块上。

6. 如权利要求 3 或 4 所述的装置,其特征在于,

所述第二皮带轮沿着径向焊有两根长度超过其半径的转动臂,转动臂上沿着长边开有一个长滑槽,长滑槽中设置有滑块;

当所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接时,所述钢丝绳一端上的连接卡头固定在所述长滑槽中的滑块上。

7. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,

所述定滑轮通过所述定滑轮承力固定支架上所开的竖直长孔进行高度调节。

## 一种双参数控制的机械式实验加载装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及实验加载装置,尤其涉及一种双参数控制的机械式实验加载装置。

### 背景技术

[0002] 在航空航天、土木建筑、海洋与船舶、机械等诸多工程领域中,广泛存在着各种动力系统。在进行工业设计和科学研究时常需要对这些系统开展实验研究。加载装置提供外界激励源,是确保动力系统能够按照不同要求“动”起来的关键和基础。随着工业技术进步和科学研究的持续深入,动力系统实验研究的难度越来越大、参数范围要求越来越宽。这就对加载装置提出了愈发严格的要求。

[0003] 对于加载装置主要有下列几方面要求:

[0004] 1) 可用行程范围大;

[0005] 2) 可用频率范围宽;

[0006] 3) 能够进行载荷或位移双参量控制;

[0007] 4) 满足足够的精度要求;

[0008] 5) 简便易用、造价和运行费用低廉。

[0009] 目前比较常用的实验加载装置包括电磁脉冲加载装置、电液伺服加载系统等。电磁脉冲加载装置行程较小,适用频率段仅限于中高频;而电液伺服加载系统需要配备液压油源,不仅对油缸、作动器、控制器均有较高要求,而且体积大、造价高昂。同时无论是电磁脉冲系统还是电液伺服加载系统其实验运行费用都较为昂贵。在实验中有时对前述几方面(可用行程、可用频率、载荷或位移控制、简便易用、费用低廉)同时都有较高要求,而现有的加载装置通常难以同时在上述几个方面均满足需要。

[0010] 由此可见,目前还缺乏同时满足参数适用范围宽、使用简便、成本低廉等要求的实验加载装置,这就迫切需要发明一种新的加载装置来解决这一问题。

### 发明内容

[0011] 本发明针对目前缺少能同时满足参数适用范围宽、使用方便、成本低廉等要求实验加载装置的问题,提出一种行程大、适用频率范围广、可以自由切换载荷控制和位移控制、使用简便、造价和运行费用低廉的加载装置,使其能够为航空航天、土木建筑、海洋与船舶、机械等诸多工程领域相关实验提供稳定的外载荷。

[0012] 为了解决上述问题,本发明提供一种双参数控制的机械式实验加载装置,包括钢丝绳、定滑轮、定滑轮承力固定支架、电机、载荷控制加载部件、位移控制加载部件和皮带轮组,其中,所述载荷控制加载部件包括调节拉伸弹簧和力传感器,所述位移控制加载部件包括位移传感器和位移传感器支架;所述钢丝绳穿过定滑轮与所述皮带轮组相连,所述定滑轮固定在定滑轮承力固定支架上,所述皮带轮组与电机相连;

[0013] 当采用载荷控制加载方式时,力传感器固定在被加载物体上,调节拉伸弹簧一端与所述力传感器相连,另一端与钢丝绳一端相连;

[0014] 当采用位移控制加载方式时,钢丝绳直接与被加载物体相连,位移传感器一端与被加载物体相连,另一端固定在位移传感器支架上,所述位移传感器支架固定在定滑轮承力固定支架上。

[0015] 优选地,上述装置还具有以下特点:

[0016] 所述皮带轮组包括第一皮带轮、第二皮带轮和皮带轮支架,所述第一皮带轮的直径大于第二皮带轮的直径。

[0017] 优选地,上述装置还具有以下特点:

[0018] 所述钢丝绳的一端与第一皮带轮连接,所述第一皮带轮固定在皮带轮支架上,所述第二皮带轮与电机的转轴相连,所述第一皮带轮与第二皮带轮通过三角带相连;或者,

[0019] 所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接,所述第二皮带轮固定在皮带轮支架上,所述第一皮带轮与电机的转轴相连,所述第一皮带轮与第二皮带轮通过三角带相连;或者,

[0020] 所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接,所述第二皮带轮与电机的转轴相连。

[0021] 优选地,上述装置还具有以下特点:

[0022] 当使用电机工作频率大于需要外载荷频率时,所述钢丝绳的一端与第一皮带轮连接,所述第一皮带轮固定在皮带轮支架上,所述第二皮带轮与电机的转轴相连,所述第一皮带轮与第二皮带轮通过三角带相连;

[0023] 当使用电机工作频率小于需要外载荷频率时,所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接,所述第二皮带轮固定在皮带轮支架上,所述第一皮带轮与电机的转轴相连,所述第一皮带轮与第二皮带轮通过三角带相连;

[0024] 当电机工作频率满足外载荷频率需要时,所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接,所述第二皮带轮与电机的转轴相连。

[0025] 优选地,上述装置还具有以下特点:

[0026] 所述第一皮带轮沿径向开有一个长滑槽,长滑槽中设置有滑块;

[0027] 当所述钢丝绳的一端与第一皮带轮连接时,所述钢丝绳一端上的连接卡头固定在所述长滑槽中的滑块上。

[0028] 优选地,上述装置还具有以下特点:

[0029] 所述第二皮带轮沿着径向焊有两根长度超过其半径的转动臂,转动臂上沿着长边开有一个长滑槽,长滑槽中设置有滑块;

[0030] 当所述钢丝绳的一端与第二皮带轮连接时,所述钢丝绳一端上的连接卡头固定在所述长滑槽中的滑块上。

[0031] 优选地,上述装置还具有以下特点:

[0032] 所述定滑轮通过所述定滑轮承力固定支架上所开的竖直长孔进行高度调节。

[0033] 本发明由于采取以上技术方案,具有以下优点:

[0034] (1) 该实验装置通过对连接在钢丝绳和被加载物体中间的调节拉伸弹簧的不同处理,实现了载荷加载和位移加载到载荷加载这两种加载方式的自由切换。

[0035] (2) 在进行载荷加载时,所提供外载荷幅值大小的改变可以通过更换不同刚度的调节拉伸弹簧,改变钢丝绳绳长以及调节皮带轮或转动臂滑槽中滑块的位置来实现;也可以通过改变皮带轮支架与定滑轮支架之间的水平间距或垂向高度差进而改变钢丝绳长度而达到调整载荷大小的目的。

[0036] (3) 该实验装置还可以实现大小可调的位移加载。当钢丝绳与被加载测物体二者之间直接相连时(不安装调节拉伸弹簧),通过皮带轮的转动即可完成简谐信号的位移加载,通过调节第一皮带轮上长滑槽中滑块(或第二皮带上沿径向所焊转动臂上长滑槽中滑块)与轴心的距离、或改变钢丝绳的绳长,即可改变位移加载的幅值大小。

[0037] (4) 该实验装置可以提供从低频到高频的简谐外载荷。通过电机直接调节转速,或改变第一皮带轮和第二皮带轮的传动比来进行频率调节;利用频率调节进而可以产生满足各种实验频率需要的简谐外载荷信号。如果电机本身转速就可满足频率要求,则不需采用皮带轮组调速的方案,可采用仅使用第二皮带轮的方案。实验所需电机并无特殊要求,只要转速调节范围较大,转速稳定,精度较高即可。

[0038] (5) 该实验装置体型小、易于拆装、便于根据不同研究需要灵活改装。整个实验装置由钢丝绳、弹簧、滑轮、电机、皮带轮、支撑支架、夹具和底座、连接卡头、力传感器和位移传感器等部件组成,造价便宜、维护和运行费用低廉。同时配有位移传感器以及力传感器,可以同步测出加载装置所提供的位移或力的大小,便于实验数据的提取。

[0039] (6) 对运行环境和辅助条件要求低,不需要其他控制器和大型辅助装置,使用方便,可以根据需要随意移动、变换工作场地。

#### 附图说明

[0040] 图 1 是本发明实施例的采用载荷控制加载方式时,加载装置侧视图(使用皮带轮传送);

[0041] 图 2 是本发明实施例的采用载荷控制加载方式时,加载装置侧视图(不使用皮带轮传送,直接连接);

[0042] 图 3 是本发明实施例的采用位移控制加载方式时,加载装置侧视图(使用皮带轮传送);

[0043] 图 4 是本发明实施例的实验加载装置原理图;

[0044] 其中,1—被加载物体;2—力传感器;3—调节拉伸弹簧;4—钢丝绳;5—定滑轮;6—滑块;7—第一皮带轮;8—第二皮带轮;9—皮带轮支架;10—电机(含底座);11—定滑轮承力固定支架;12—转动臂;13—位移传感器,14—位移传感器支架;15—连接卡头。

#### 具体实施方式

[0045] 下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0046] 本发明提出一种同时满足行程大、适用频率范围广、可以自由切换载荷控制和位移控制模式、精度高的加载装置。而且该装置使用方便、造价和运行成本低廉。

[0047] 如图 1~图 3 所示,该实验加载装置包括钢丝绳 4、定滑轮 5、定滑轮承力固定支架 11、电机 10、载荷控制加载部件、位移控制加载部件和皮带轮组。将上述组件进行灵活组合,就形成一种可进行多功能载荷加载的实验加载装置。

[0048] 其中,所述载荷控制加载部件包括调节拉伸弹簧 3 和力传感器 2,所述位移控制加载部件包括位移传感器 13 和位移传感器支架 14;所述钢丝绳 4 穿过定滑轮 5 与所述皮带轮组相连,所述定滑轮 5 固定在定滑轮承力固定支架 11 上,所述皮带轮组与电机 10 相连;

[0049] 当采用载荷控制加载方式时(图 1、图 2),力传感器 2 固定在被加载物体 1 上,调节拉伸弹簧 3 一端与所述力传感器 2 相连,另一端与钢丝绳 4 一端相连;

[0050] 当采用位移控制加载方式时(图 3),钢丝绳 4 直接与被加载物体 1 相连,位移传感器 13 一端与被加载物体 1 相连,另一端固定在位移传感器支架 14 上,所述位移传感器支架 14 固定在定滑轮承力固定支架 11 上。

[0051] 皮带轮组包括第一皮带轮 7、第二皮带轮 8 和皮带轮支架 9,所述第一皮带轮 7 的直径大于第二皮带轮 8 的直径。

[0052] 如图 1 所示,第一皮带轮 7 沿径向开有一个长滑槽,长滑槽中设置有滑块 6。

[0053] 如图 2 所示,第二皮带轮沿着径向焊有两根长度超过其半径的转动臂 12,转动臂 12 上沿着长边开有一个长滑槽,长滑槽中设置有滑块。

[0054] 可以采用如下组合方式:

[0055] 方式一,使用电机工作频率大于需要外载荷频率时:钢丝绳 4 的一端与第一皮带轮 7 连接,所述第一皮带轮 7 固定在皮带轮支架 9 上,所述第二皮带轮 8 与电机 10 的转轴相连,所述第一皮带轮 7 与第二皮带轮 8 通过三角带相连,如图 1 所示。

[0056] 方式二,使用电机工作频率小于需要外载荷频率时:钢丝绳 4 的一端与第二皮带轮 8 连接,所述第二皮带轮 8 固定在皮带轮支架 9 上,所述第一皮带轮 7 与电机 10 的转轴相连,所述第一皮带轮 7 与第二皮带轮 8 通过三角带相连。

[0057] 方式三,电机工作频率满足外载荷频率需要时:钢丝绳 4 的一端与第二皮带轮 8 连接,所述第二皮带轮 8 与电机 10 的转轴直接相连,如图 2 所示。

[0058] 调节拉伸弹簧 3 可以根据实验需要进行更换;定滑轮 5 可以通过定滑轮承力固定支架 11 上所开的竖直长孔进行高度调节;第一皮带轮 7 和第二皮带轮 8 上固定钢丝绳连接卡头 15 的滑块 6 都可以根据需要加载的外载幅值大小移动到指定位置。

[0059] 实验所用电机 10 只要满足转速稳定、精度较高即可,并无其他特定要求。

[0060] 如图 1 所示的载荷控制加载方式,整个装置的连接方式如下:调节拉伸弹簧 3 一端与固定在被加载物体 1 上的力传感器 2 相连(力传感器 2 固定在被加载物体 1 上),另一端与钢丝绳 4 一端相连,钢丝绳 4 的另一端穿过定滑轮 5 固定于第一皮带轮 7 上可调滑块 6 的中心,可调滑块 6 初始时可以在第一皮带轮 7 上沿径向所开的滑槽上自由滑动,当到达需要的位置后将滑块 6 固定在滑槽上;第一皮带轮 7 固定于皮带轮支架 9 之上,通过三角带与第二皮带轮 8 相连;第二皮带轮直接安装在电机 10 的转轴上。

[0061] 当电机转速可以满足实验需要的频率要求而不需要通过皮带轮组变速时,按图 2 连接整个装置以完成载荷控制加载。调节拉伸弹簧 3 一端与固定在被加载物体 1 上的力传感器 2 相连(力传感器 2 固定在被加载物体 1 上),另一端与钢丝绳 4 一端相连,钢丝绳 4 的另一端穿过定滑轮 5 固定于第二皮带轮 8 的转动臂 12 上且固定位置可调节,第二皮带轮 8 直接安装在电机 10 的转轴上。

[0062] 对于位移控制方式,如图 3 所示,实验装置不使用调节拉伸弹簧 3,钢丝绳 4 直接与被加载物体 1 相连,其他连接方式与载荷加载相同。

[0063] 下面结合图 4 来说明该实验加载装置的运行原理:

[0064] 实验装置的原理图如图 4 所示,其中:

[0065] 所需加载物体的刚度为  $K_1$

- [0066] 调节拉伸弹簧的刚度为  $K_2$
- [0067] 所需加载物体的质量为  $M$
- [0068] 装置启动前钢丝绳从定滑轮到滑块的距离为  $a_0$
- [0069] 装置启动后某一瞬时从定滑轮到滑块的距离为  $a$
- [0070] 装置启动前从定滑轮到拉伸弹簧一端的钢丝绳长度为  $b_0$
- [0071] 绷紧时拉伸弹簧的变化量为  $d_0$
- [0072] 绷紧时物体刚度弹簧的变化量为  $e_0$
- [0073] 装置启动前钢丝绳与水平面夹角为  $\varphi_0$
- [0074] 皮带轮的半径为  $r$
- [0075] 皮带轮瞬时转动角度为  $\theta$
- [0076] 在  $a$ 、 $a_0$  及二者端点连接线所构成三角形中  $a$  所对应的内角为  $\alpha$
- [0077] 电机瞬时转动时物体的水平位移为  $x$
- [0078] 瞬时转动时拉伸弹簧靠近定滑轮端产生的位移为  $y$
- [0079] 电机转动后物体位移的交变量为  $z$
- [0080] 皮带轮的转动频率为  $\omega$
- [0081] 各位置长度变化如下表 1 所示：
- [0082] 表 1
- [0083]

	初始位置	平衡位置	转动瞬时
物体刚度弹簧长度	$l_{K_1}$	$l_{K_1} + d_0$	$l_{K_1} + d_0 + x$
拉伸弹簧长度	$l_{K_2}$	$l_{K_2} + e_0$	$l_{K_2} + e_0 + y - x$
定滑轮到皮带轮间钢丝绳绳长	$a_0$	$a_0$	$a$
拉伸弹簧刀定滑轮之间钢丝绳绳长	$b_0$	$b_0 - d_0 - e_0$	$b_0 - d_0 - e_0 - y$

- [0084] 对图 4 进行分析,可以得到当  $a_0 \gg r$  时(通常取  $a > 10r$ )  $a$  的表达式如下：

[0085] 
$$a = a_0 + A + \sqrt{A^2 + B^2} \cos\left(\omega t - \arctan \frac{B}{A}\right) \quad (1)$$

- [0086]

$$A = \frac{r^2 + ra_0 \sin \varphi_0}{a_0}$$

- [0087]

$$B = \frac{ra_0 \cos \varphi_0}{a_0}$$

- [0088] 皮带轮转动瞬时,物体所受外力为拉伸弹簧的变形量,则对  $M$  所列运动方程为

$$[0089] \quad M\ddot{x} + K_1x = K_2(y - x) \quad (2)$$

[0090] 皮带轮转动的某个时刻,由  $K_2$  与钢丝绳绳的力平衡得

$$[0091] \quad \frac{ES\Delta l}{l_0} = K_2(y - x) \quad (3)$$

[0092] 其中,  $l_0 = a_0 + b_0 - e_0 - d_0$ , 为电机启动前皮带轮静止时,钢丝绳绷紧静平衡时的绳长;  $\Delta l = a - a_0 - y$ , 为电机开动后某一瞬时钢丝绳相对于静平衡时的伸长量。E 为钢丝绳弹性模量, S 为钢丝绳截面积。由式(1) - (3) 可得到皮带轮转动瞬时,被加载物体的动力方程为

$$[0093] \quad M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = F_0 + F_t \cos(\omega t - \chi)$$

[0094] 上式中:

$$[0095] \quad K = K_1 + K_2 \frac{ES}{ES + K_2 l_0}$$

$$[0096] \quad F_0 = \frac{K_2 ES}{ES + K_2 l_0} A$$

$$[0097] \quad F_t = \frac{K_2 ES}{ES + K_2 l_0} \sqrt{A^2 + B^2}$$

[0098]

$$A = \frac{r^2 + r a_0 \sin \varphi_0}{a_0}$$

[0099]

$$B = \frac{r a_0 \cos \varphi_0}{a_0}$$

$$[0100] \quad \chi = \arctan \frac{B}{A}$$

[0101] C 为被加载系统的阻尼系数。

[0102] 引入如下的变量  $z$  表示交变位移

[0103]

$$z = x - \frac{K_2 ES}{K_1 ES + K_1 K_2 l_0 + K_2 ES} \frac{r^2 + r a_0 \sin \varphi_0}{a_0} \quad (4)$$

[0104] 则动力方程为

$$[0105] \quad M\ddot{z} + C\dot{z} + Kz = F_t \cos(\omega t - \gamma) \quad (5)$$

[0106] 由上式可知,被加载系统受到幅值  $F_t$ 、频率  $\omega$  的交变载荷作用,从而实现了载荷控制加载。载荷的幅值和频率均可以调节(如前所述,可以通过更换不同刚度的调节拉伸弹簧、改变钢丝绳绳长以及调节皮带轮或转动臂滑槽中滑块的位置、或通过改变皮带轮支架与定滑轮支架之间的水平间距或垂向高度差进而改变钢丝绳长度来调节幅值大小;另一方面,可通过电机直接调节转速,或改变第一皮带轮和第二皮带轮的传动比来进行频率调节)。为保证精度,系统中各部件尺寸保证弹簧在整个运动过程中均处于拉伸状态。

[0107] 当电机不发生旋转时,皮带轮固定到某一角度即可产生定常加载力。例如,当皮带

轮转角 $\theta = \frac{\pi}{2}$ ,则物体所受的外力为定常力

[0108]

$$F_{\text{定常}} = \frac{K_2 ES}{ES + K_2 l_0} \left( \frac{r^2 + r a_0 \sin \varphi_0}{a_0} + \frac{r a_0 \cos \varphi_0}{a_0} \right) \quad (6)$$

[0109] 由此可见,作用在被加载物体上的力由皮带轮半径、装置启动前钢丝绳到滑块的距离、装置启动前钢丝绳与水平面夹角、皮带轮的转动频率确定,不受物体质量、阻尼和刚度的影响,因而实现了载荷控制加载。载荷控制加载中的载荷幅值可以通过调节皮带轮半径、装置启动后某一瞬时钢丝绳到滑块的距离、装置启动前钢丝绳与水平面夹角来改变,频率由电机频率确定(图 2 的方案)、或由电机频率和皮带轮传动比共同确定(图 1 的方案),可以按需要改变。

[0110] 针对位移加载方式,去掉拉伸调节弹簧,将钢丝绳直接连接到被加载物体上。经过力学推导,此时被加载物体运动产生的位移变化量  $x$  为

$$[0111] \quad x = A + \sqrt{A^2 + B^2} \cos \left( \omega t - \arctan \frac{B}{A} \right) \quad (7)$$

[0112] 由此可见,被加载物体的位移完全由皮带轮半径、装置启动前钢丝绳到滑块的距离、装置启动前钢丝绳与水平面夹角、载荷频率确定,不受物体质量、阻尼和刚度的影响,因而实现了位移控制加载。位移控制加载中的位移幅值可以通过调节皮带轮半径、装置启动后某一瞬时钢丝绳到滑块的距离、装置启动前钢丝绳与水平面夹角来改变,频率由电机频率确定(图 2 的方案)、或由电机频率和皮带轮传动比共同确定(图 1 的方案),可以按需要改变。

[0113] 通常情况下,对于图 1,图 2 来说,更换调节拉伸弹簧可以明显改变简谐力的大小。对于图 1 来说,更换不同尺寸的皮带轮也能达到大幅度改变简谐力的效果;对于图 2 来说,可以通过改变滑块在转动臂上的固定位置即改变滑块的转动半径来大幅度改变简谐力的效果。而调节第一皮带轮和第二皮带轮上固定钢丝绳卡头的滑块位置,改变其旋转半径,是对简谐力大小的适中调节。

[0114] 根据实验的需要确定相应的传动比,选择第一皮带轮,第二皮带轮各自的半径。当使用电机工作频率大于需要外载荷频率时,将第二皮带轮与电机转轴相连,第一皮带轮固定于承力支架上,二者使用三角带相连,钢丝绳接于第一皮带轮上长滑槽中的滑块上(如图 1 所示)。当使用电机工作频率小于需要外载荷频率时,将第一皮带轮与电机转轴相连,将第二皮带轮固定于承力支架上,二者使用三角带相连,钢丝绳接于第二皮带轮转动臂上长滑槽中的滑块上。当电机工作频率满足外载荷频率需要时,将第二皮带轮与电机转轴相连,钢丝绳接于第一皮带轮上长滑槽中的滑块上。(如图 2 所示)这三种连接方式适用于所需的各种大小载荷频率并可根据目前已有电机的频率范围来选择某一连接方式使用。

[0115] 对该实验装置进行生产时,首选强度较高的钢板并保证焊接后各面平整度较高,整套实验装置所有配件的加工精度都要达到 0.5mm 以上,装置上所打螺孔位置要保证 0.1mm 的高精度。

[0116] 下面结合附图说明加载装置的组装和使用过程:

[0117] 图 1 实验装置的安装:

[0118] 经过预先计算(采用公式(1)–(7)),选择好所需要调节拉伸弹簧和皮带轮组的搭配方式,且使  $a_0 > 10r$ 。首先将皮带轮装配到皮带轮支架上,并将需要直接固定在电机上的皮带轮装配到电机转轴上,然后钢丝绳以及调节拉伸弹簧按图 1 所示位置安装好,调整定滑轮的垂向高度以使得钢丝绳、调节拉伸弹簧两者保持水平。拉紧钢丝绳以保证拉伸弹簧达到一定的预伸长量。最后开启电机进行实验。

[0119] 图 2 实验装置的安装:

[0120] 经过预先计算(采用公式(1)–(7)),选择好所需要调节拉伸弹簧和皮带轮组的搭配方式,且使  $a_0 > 10r$ 。首先将直接固定在电机上的皮带轮装配到电机转轴上,然后钢丝绳以及调节拉伸弹簧按图 2 所示位置安装好,钢丝绳一端接于被加载物体之上,调整定滑轮的垂向高度以使得钢丝绳、调节拉伸弹簧两者保持水平。拉紧钢丝绳以保证拉伸弹簧达到一定的预伸长量。最后开启电机进行实验。

[0121] 综上所述,本实验加载装置的特点主要包括以下几个方面:

[0122] 一、可以进行交变及定常载荷的加载,且外载荷幅值和频率大小可以进行较大范围调节;

[0123] 二、可以进行载荷或位移双模式加载,且加载行程的可变范围较大;

[0124] 三、可通过皮带轮组传动比变化将电机频率转换为所需要的外载荷频率;

[0125] 四、整个实验装置造价便宜、维护和运行费用低廉;

[0126] 五、利用常规电机即可为该实验加载装置提供动力,对所需电机并无特殊要求,只要转速调节范围较大、转速稳定即可,只需电力即可运行;

[0127] 六、对运行环境和辅助条件要求低,不需要其他控制器和大型辅助装置,使用方便,可以根据需要随意移动、变换工作场地。

[0128] 这套实验装置体型小、操作简单;使用、安装、拆卸和移动都非常方便,而且造价和使用费用也很低廉。适用于航空、航天、海洋、机械等诸多工程领域中的相关静、动力或疲劳实验。

[0129] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,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。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,比如,对实例中的工艺参数进行了简单的改变,均应包含在本发明的保护范围之内。

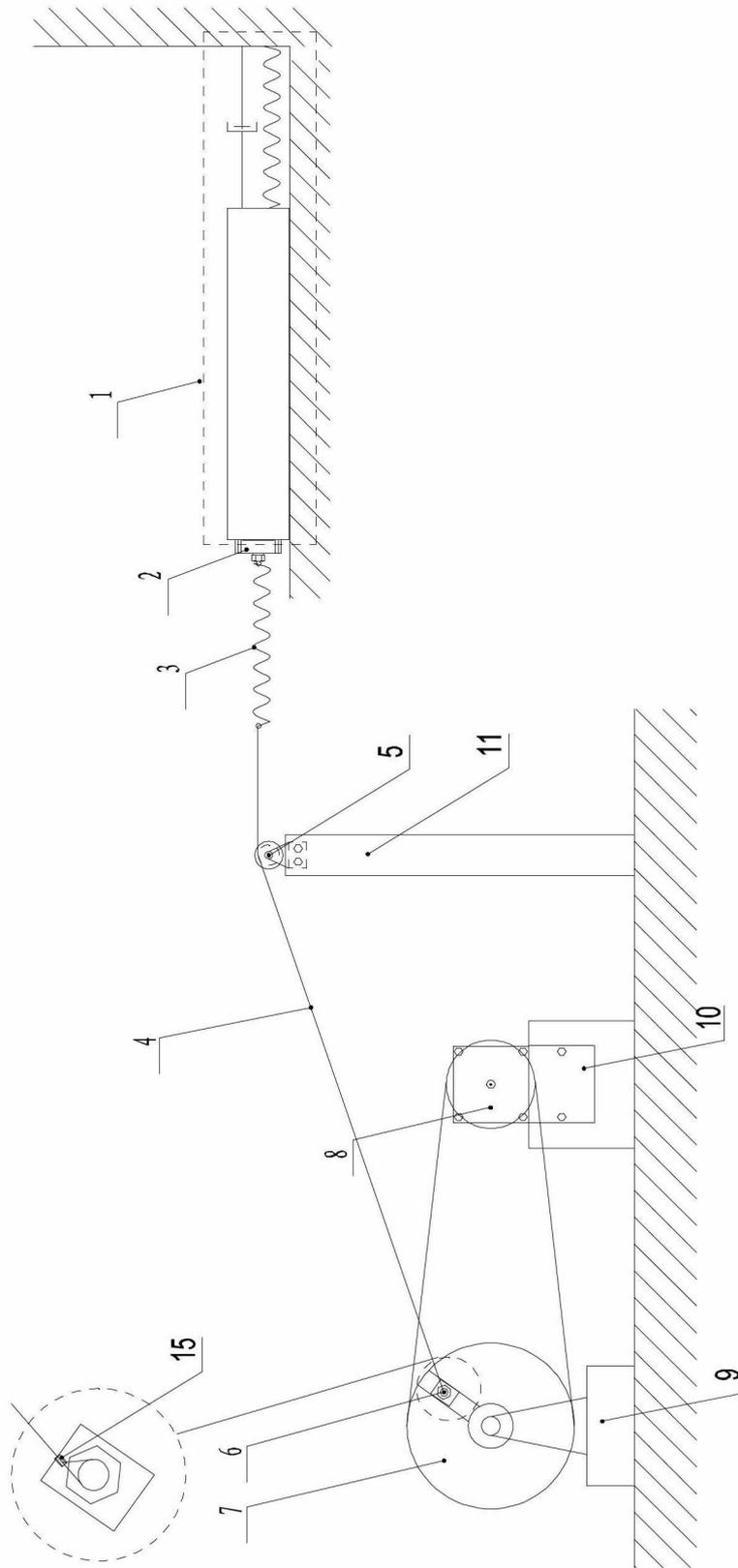


图 1

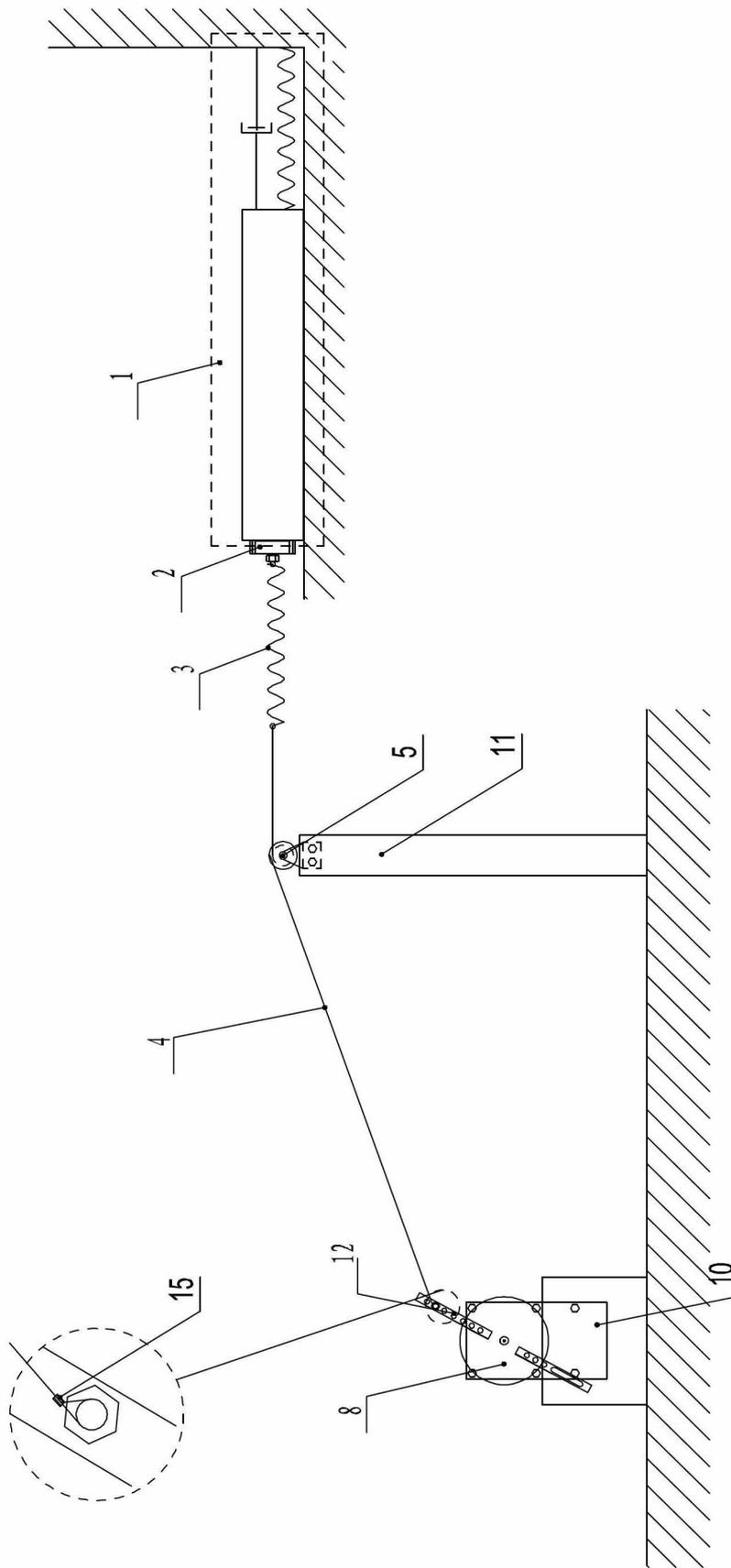


图 2

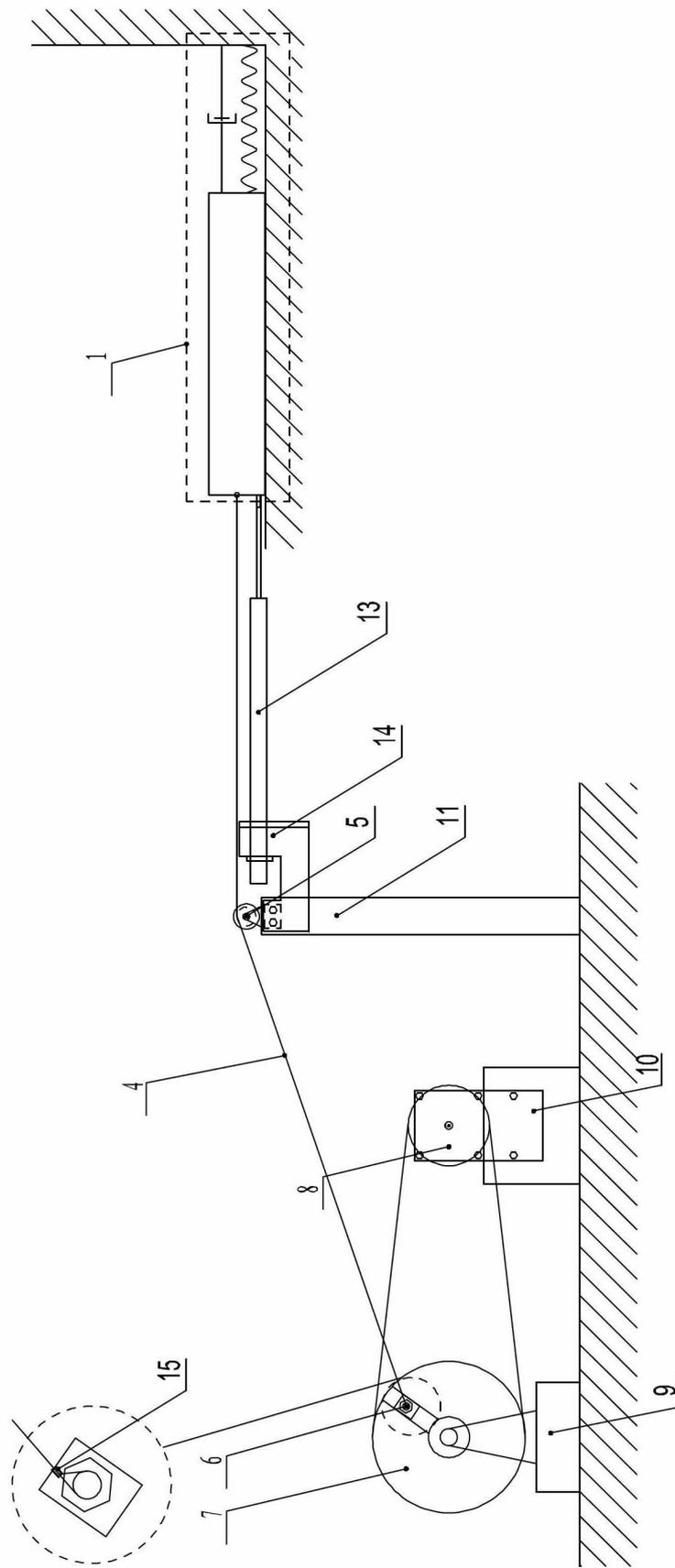


图 3

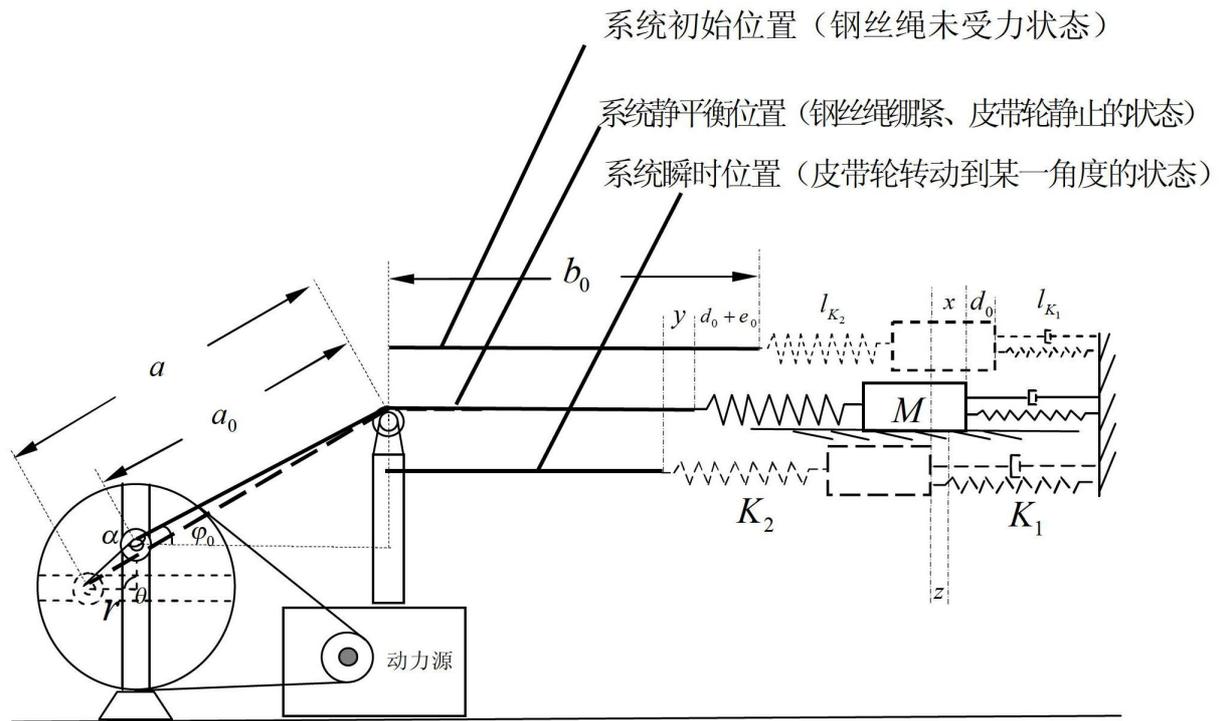


图 4