



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104631322 B

(45)授权公告日 2016.08.31

(21)申请号 201510059994.9

(22)申请日 2015.01.29

(73)专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150090 黑龙江省哈尔滨市黄河路73
号哈尔滨工业大学第二校区土木工程
学院

(72)发明人 李惠 周鹏 刘敏

(51)Int.Cl.

E01D 19/16(2006.01)

审查员 张涛

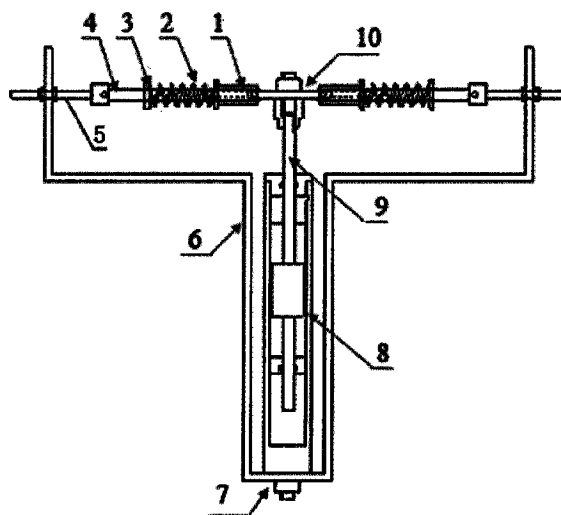
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器

(57)摘要

本发明提供了一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器。包括两套基于预压缩弹簧的负刚度部分、连接臂、油阻尼器部分和外框架，两套基于预压缩弹簧的负刚度部分对称位于连接臂的两侧，并与连接臂的两端铰接，连接臂与油阻尼器部分的活塞杆上端固定连接，油阻尼器的底端与外框架底端固定连接。本发明可以实现被动控制下的负刚度，从而显著增加原油阻尼器对拉索振动的控制效果；通过调节预压缩弹簧的刚度系数、原始长度和压缩量，可以实现不同的负刚度及控制效果。



1. 一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器,包括两套基于预压缩弹簧的负刚度部分、连接臂、油阻尼器部分和外框架,其特征在于:两套基于预压缩弹簧的负刚度部分对称位于连接臂的两侧,并与连接臂的两端铰接,每套基于预压缩弹簧的负刚度部分包括滑动轴承、预压缩弹簧、挡板、直线轴承杆和支臂,直线轴承杆上依次安装挡板、预压缩弹簧和滑动轴承,滑动轴承能够沿直线轴承杆上的开槽自由运动,预压缩弹簧位于滑动轴承和挡板之间,支臂的一端与外框架固定连接,支臂的另外一端与直线轴承杆的任意一端铰接,滑动轴承的一端与连接臂的一端铰接;连接臂与油阻尼器部分的活塞杆上端固定连接,油阻尼器的底端与外框架底端固定连接。

2. 根据权利要求1所述的一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器,其特征在于:使用时,斜拉桥拉索与油阻尼器部分的活塞杆上端固定连接,外框架的底端与斜拉桥主梁固定连接,活塞杆运动离开平衡位置时,预压缩弹簧在垂直与活塞杆方向上合力为零,沿活塞杆方向形成背离平衡点即负刚度的出力。

一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器

技术领域

[0001] 本发明涉及拉索减振控制领域,具体涉及一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器。

背景技术

[0002] 随着斜拉桥跨度的增加,作为主要受力构件的斜拉索长度也在不断增加。长度的增加使得拉索柔性增加,阻尼减小,在风、风-雨等外部荷载作用下,拉索大幅振动时有发生。而这种振动会造成拉索的疲劳破坏和加速腐蚀,因此抑制拉索大幅振动成为了桥梁工程中的挑战。

[0003] 目前,基于控制机理,拉索的减振控制方法主要分为三类:一是气动措施,主要是改变拉索表面形状或缠绕螺旋线,但此种方法需通过风动试验确定,一旦实施,无法更改,且只对特定机理的风致振动有效;二是辅助索方法,即通过辅助索把拉索连为整体,增加面内刚度,减少拉索的有效长度,但辅助索的存在显著影响斜拉桥的景观,且只增加索网面内刚度,并不耗散振动能量;三是安装机械阻尼器方法,即在拉索靠近主梁一端安装阻尼器。对于线性粘滞阻尼器,其能给拉索附加阻尼比与安装位置和拉索振动模态有关,且最优只能达到安装位置与拉索全长比值的一半。为克服这种限制,Li和Johnson等人提出利用磁流变阻尼器进行拉索的半主动控制,可显著提高控制效果。Li等人的进一步研究表明,磁流变阻尼器半主动控制中力-位移的滞回曲线有明显的负刚度趋势,而负刚度可以使阻尼器与拉索连接处位移增大,耗能增加,阻尼器能提供更大的阻尼比,具有更好的减振效果。

[0004] 但基于磁流变阻尼器的半主动控制需要传感器实时的采集拉索的振动信息,并通过控制器计算控制命令,使得基于磁流变阻尼器的半主动控制系统的运营复杂且需要实时的维护,使其实际应用受到限制。

发明内容

[0005] 基于以上不足之处,本发明的目的在于提供一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器,用于实现对拉索尤其是超长拉索附加更大模态阻尼比和更好的振动控制效果。

[0006] 本发明目的是这样实现的:一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器,包括两套基于预压缩弹簧的负刚度部分、连接臂、油阻尼器部分和外框架,两套基于预压缩弹簧的负刚度部分对称位于连接臂的两侧,并与连接臂的两端铰接,每套基于预压缩弹簧的负刚度部分包括滑动轴承、预压缩弹簧、挡板、直线轴承杆和支臂,直线轴承杆上依次安装挡板、预压缩弹簧和滑动轴承,滑动轴承能够沿直线轴承杆上的开槽自由运动,预压缩弹簧位于滑动轴承和挡板之间,支臂的一端与外框架固定连接,支臂的另外一端与直线轴承杆的一端铰接,滑动轴承的一端与连接臂的一端铰接;连接臂与油阻尼器部分的活塞杆上端固定连接,油阻尼器的底端与外框架的底端固定连接。

[0007] 本发明还具有如下技术特征:本阻尼器在使用时,斜拉桥拉索与油阻尼器部分的活塞杆上端固定连接,外框架底端与斜拉桥主梁固定连接,活塞杆运动离开平衡位置时,预

压缩弹簧在垂直与活塞杆方向上合力为零,沿活塞杆方向形成背离平衡点即负刚度的出力。

[0008] 本发明具有负刚度趋势的出力可以使阻尼器与拉索连接处位移增大,耗能增加,阻尼器能提供更大的阻尼比,具有更好的减振效果;本发明可以在不利用半主动控制的磁流变阻尼器,即不需要实时反馈和控制器等复杂系统的被动控制中,实现具有负刚度趋势的阻尼器出力,进而附加给拉索较大的模态阻尼比、取得较好的控制效果。

附图说明

[0009] 图1为一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器示意图;

[0010] 图2为一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器在斜拉桥上安装示意图;

[0011] 图3为本发明阻尼器与油阻尼器力-位移滞回曲线对比示意图(8mm,1Hz力-位移滞回曲线对比图);

[0012] 图4为本发明阻尼器与油阻尼器控制效果对比图;(a)拉索一阶;

[0013] (b)拉索二阶(横轴坐标 x_d/L 中 x_d 为阻尼器安装位置, L 为拉索长度)。

具体实施方式

[0014] 下面结合附图举例对本发明作进一步说明。

[0015] 实施例1,

[0016] 结合图1,一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器,包括两套基于预压缩弹簧的负刚度部分、连接臂、油阻尼器部分和外框架,两套基于预压缩弹簧的负刚度部分对称位于连接臂10的两侧,并与连接臂10的两端铰接,每套基于预压缩弹簧的负刚度部分包括滑动轴承1、预压缩弹簧2、挡板3、直线轴承杆4、支臂5,直线轴承杆4上依次安装挡板3、预压缩弹簧2和滑动轴承1,滑动轴承1能够沿直线轴承杆4上的开槽自由运动,预压缩弹簧3位于滑动轴承1和挡板3之间,支臂5的一端与外框架6固定连接,支臂5的另外一端与直线轴承杆4的一端铰接,滑动轴承1的一端与连接臂10的一端铰接;连接臂10与油阻尼器部分的活塞杆9上端固定连接,油阻尼器8的底端与外框架底端7固定连接。本阻尼器在使用时,斜拉桥拉索11与油阻尼器部分的活塞杆9上端固定连接,外框架底端7与斜拉桥主梁12固定连接,活塞杆9运动离开平衡位置时,预压缩弹簧在垂直与活塞杆方向上合力为零,沿活塞杆9方向形成背离平衡点即负刚度的出力。

[0017] 实施例2,

[0018] 结合图2,本发明提供一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器,被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器底部固定安装到斜拉桥主梁上,而被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器的活塞杆上端安装到斜拉索上,当拉索在风、风-雨等激励下发生大幅振动时,被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器产生负刚度出力,增大连接处的位移响应,增加耗能,给拉索提供更大的阻尼比,取得更好的控制效果。

[0019] 实施例3,

[0020] 结合图3-4,本发明一种拉索减振的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器的有效性在模型试验中得到很好的验证,图3为本发明阻尼器与油阻尼器力-位移滞回曲线对比图(实线为油阻尼器,虚线为本发明阻尼器),可见本发明阻尼器的出力具有明显的负刚度特征;图4为

本发明阻尼器与油阻尼器控制效果对比图,即拉索的一、二阶附加模态阻尼比与安装位置的关系(点划线为无控结果,三角标线为油阻尼器的结果,正方形标线为本发明阻尼器的结果)。从图中可知,无控状态下,拉索的一、二阶模态阻尼比很小,拉索易发生大幅振动;安装阻尼器后,本发明阻尼器相比于油阻尼器,给拉索提供的一、二阶附加模态阻尼比显著增大,控制效果显著提高。

[0021] 本发明针对基于磁流变阻尼器半主动控制的缺点,是一种不依赖实时反馈、控制器和出力可控的磁流变阻尼器,能实现被动控制下阻尼器即具有负刚度特性的出力,即本发明提出的被动弹簧-阻尼负刚度阻尼器:一方面可以简化控制系统,便于实际应用;另一方面,显著增大阻尼器与拉索连接处的位移,增加耗能,给拉索尤其是超长拉索提供更大的阻尼比和更好的减振效果。

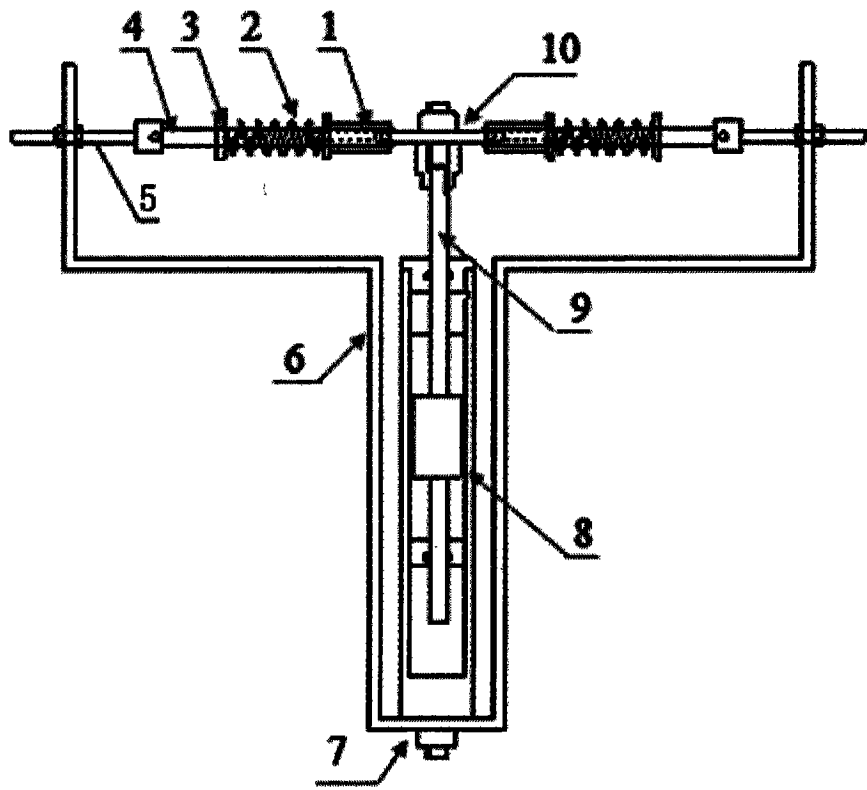


图1

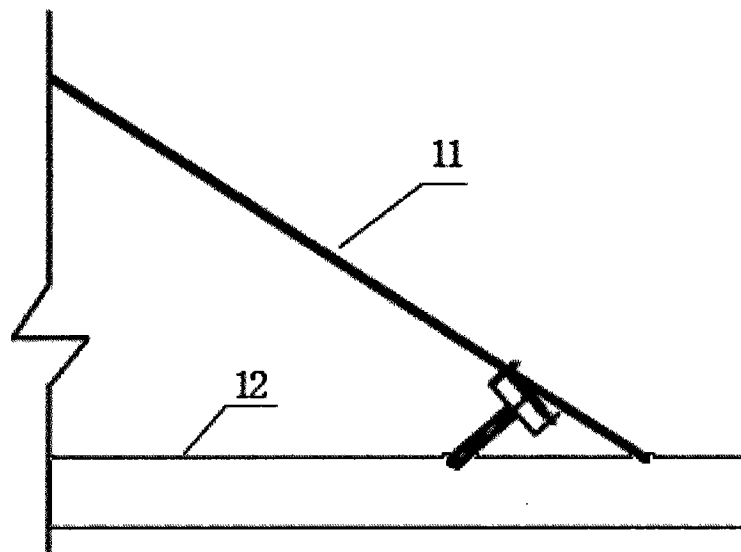


图2

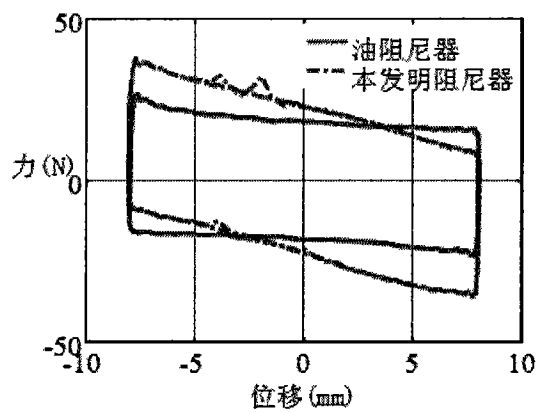


图3

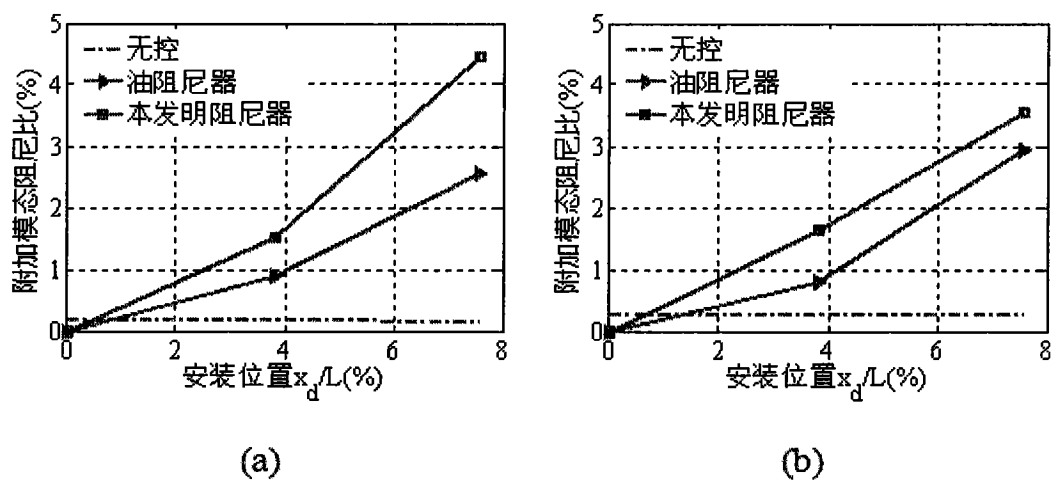


图4