(19)国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 220286302 U
(45)授权公告日 2024.01.02

(21)申请号 202321857486.1

(22)申请日 2023.07.14

(73)专利权人 株洲时代新材料科技股份有限公司

地址 412007 湖南省株洲市天元区海天路18号

(72)发明人 李金卫 夏俊勇 管峰 丘商 白建军 宁响亮

(74)专利代理机构 株洲湘知知识产权代理事务所(普通合伙) 43232

专利代理师 王宏

(51)Int.Cl.

F16F 15/073(2006.01)
F16F 15/08(2006.01)
F16F 1/26(2006.01)

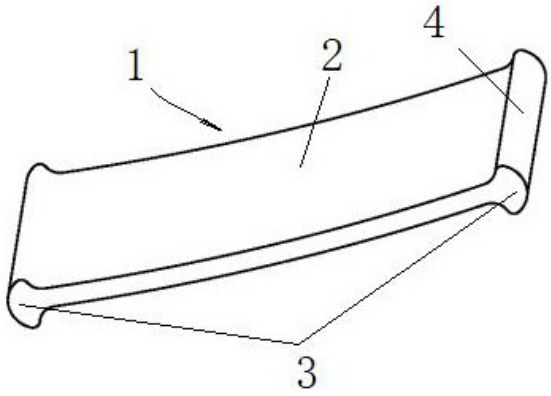
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)实用新型名称

一种用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧

(57)摘要

一种用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,负刚度可转动片弹簧为矩形的弹簧片,负刚度可转动片弹簧包括片弹簧本体和片弹簧转动节点;片弹簧转动节点设置在片弹簧本体的两端,片弹簧转动节点与片弹簧本体平滑过渡连接在一起,形成一体结构;负刚度可转动片弹簧安装在负刚度单元中,负刚度可转动片弹簧两端的片弹簧转动节点卡在负刚度单元的内外支撑块的转动节点内。本实用新型采用矩形的弹簧片制作负刚度可转动片弹簧,通过负刚度可转动片弹簧在准零刚度隔振装置隔振过程中的转动或移动形成相配负刚度,从而获得了很好的准零刚度低频隔振性能,提高了浮置道床系统隔振效率;具有结构简单,可靠性高,使用寿命长特点。



CN 220286302 U

1.一种用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,负刚度可转动片弹簧为矩形的弹簧片,其特征在于:负刚度可转动片弹簧包括片弹簧本体和片弹簧转动节点;片弹簧转动节点设置在片弹簧本体的两端,片弹簧转动节点与片弹簧本体平滑过渡连接在一起,形成一体结构;负刚度可转动片弹簧安装在负刚度单元中,负刚度可转动片弹簧两端的片弹簧转动节点卡在负刚度单元的内外支撑块的转动节点内。

2.如权利要求1所述的用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,其特征在于:所述负刚度可转动片弹簧的宽度为长度的1/2-1/3。

3.如权利要求2所述的用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,其特征在于:所述负刚度可转动片弹簧的片弹簧本体沿长度方向中部向下弯曲成弧形,两端通过曲面与片弹簧转动节点平滑过渡连接。

4.如权利要求3所述的用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,其特征在于:所述片弹簧本体为屈曲式弹簧片,在片弹簧本体两端受力时,会通过屈曲形变产生负刚度。

5.如权利要求1所述的用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,其特征在于:所述片弹簧转动节点为片弹簧本体长度方向的两端设置以宽度方向为轴线的圆柱面,圆柱面的半径约为弹簧片厚度的1.5倍,端部圆柱面与弹簧片厚度方向的上、下表面实行圆弧过渡,使得负刚度可转动片弹簧整体在长度方向的截面形状为两头大中间薄的哑铃状截面形状。

6.如权利要求1所述的用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,其特征在于:所述负刚度可转动片弹簧在负刚度单元中是长度方向与水平面之间设置一个倾斜的角度,其两端的圆柱面所构成的片弹簧转动节点分别构成上、下关节性支承面。

7.如权利要求5或6所述的用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,其特征在于:所述负刚度可转动片弹簧为屈曲式片弹簧,负刚度可转动片弹簧的长度(L)为14-25mm;厚度为0.6-1mm;倾斜的初始角度(A)为15-25度之间。

8.如权利要求6所述的用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,其特征在于:所述负刚度可转动片弹簧是两端卡在上支承弹簧片和下支承弹簧片之间;所述上支承弹簧片为一个宽度与屈曲式片弹簧宽度一致,而长度方向弯曲成一个类似弓形的弹簧片;所述下支承弹簧片为一个宽度与屈曲式片弹簧宽度一致,而长度方向弯曲成一个类似弓形的弹簧片。

9.如权利要求7所述的用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,其特征在于:所述负刚度可转动片弹簧两端的圆柱面上分别包裹铜瓦;即负刚度可转动片弹簧两端分别包裹有上支承铜瓦和下支承铜瓦;其中,上支承弹簧片的圆柱形凹面与屈曲式片弹簧的端部圆柱面和上支承铜瓦形成一对摩擦副式的连接,下支承弹簧片的圆柱形凹面与屈曲式片弹簧另一头的端部圆柱面和下支承铜瓦形成一对摩擦副式的连接。

10.如权利要求7所述的用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,其特征在于:所述负刚度可转动片弹簧为一个矩形的弹簧片,其宽度约为长度的一半,且沿长度方向中部向下微微弯曲,弯曲的弧度为负刚度可转动片弹簧中部比两端低0.5-1.5mm形成一种弓形的负刚度可转动片弹簧。

一种用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种准零刚度隔振装置的部件结构,尤其是指一种用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧;该用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧可以真实实现负刚度的可控和可调,实现准零刚度隔振效果,并制作方便,可靠性高;属于城市轨道交通减振隔振技术领域。

背景技术

[0002] 近年来,我国城市轨道交通发展迅速,由此带来的环境振动噪声问题越来越突出。随着人们环保意识的提高以及国家对环境保护的加强,特别是近来出台环境噪声污染防治的一些规定,使得城市轨道交通建设对环境振动噪声控制成为十分重要课题。

[0003] 根据隔振理论:隔振系统的参振质量越大、支承刚度越小,其系统的固有频率就越小,隔振效果就越好。就目前城市轨道交通减振措施应用中隔振效果最好的钢弹簧浮置板减振轨道而言,由于采用了大质量和低刚度的“质量-弹簧加阻尼”隔振系统,具有较好的隔振效果。但在实际工程设计中由于受到隧道空间、建设成本以及列车运行安全等多方面的限制,使得采用加大质量和降低刚度来提高隔振系统的隔振效果具有相当大的局限性。而准零刚度隔振技术通过获取较高的静态刚度和较低的动态刚度,从而在保证其承载能力的基础上具有很好的低频隔振性能。近年来准零刚度隔振技术已成为国内外学者的研究热点。由此,准零刚度隔振器的设计与应用成为减/隔振技术领域所追求的目标。

[0004] 为了解决现有钢弹簧或橡胶弹簧隔振器的浮置道床所存在的难以隔离低频或超低频振动时的问题,减小道床板起始隔振频率,增大隔振频率范围,提升隔振效率,有必要研制一种动态刚度低的准零刚度浮置板道床隔振装置。

[0005] 就目前的准零刚度的具体应用来说,主要是希望用于城市轨道交通减振措施中;目前城市轨道交通减振措施隔振效果最好的是钢弹簧浮置板减振轨道,由于钢弹簧浮置板减振轨道采用了大质量和低刚度的“质量-弹簧加阻尼”隔振系统,具有较好的隔振效果。但在实际工程应用中,由于受到隧道空间、建设成本以及列车运行安全等多方面的限制,使得采用加大质量和降低刚度来提高隔振系统的隔振效果具有相当大的局限性,因此需要一种新的具有工程化应用价值的隔振系统装置来进行减振,通过分析采用准零刚度的隔振方式是最好的解决方案,但是现在所提出准零刚度隔振装置都难以满足需要,尤其是准零刚度中的负刚度产生装置难以满足工程化应用的要求,所以提出具有工程化应用价值的准零刚度隔振装置具有很重要的意义。

[0006] 但目前真正进入工程化应用的主要仍以将负刚度机构并联到正刚度系统中实现准零刚度为主;且已经有不少关于所谓“准零刚度隔振”的文献报道,但是目前所推出的所谓“准零刚度”隔振装置,大多只是一些学校所进行科研的研究,缺乏真实可实际工程化应用的“准零刚度”隔振装置;其中最为与本申请相关的有如下几个:

[0007] 1、专利名称为“准零刚度隔振器浮置板道床及其设计方法”(CN201810244688.6)的发明专利,该发明专利公开了一种准零刚度隔振器浮置板道床及其设计方法,包括浮置

板、设置在浮置板内的隔振组件,隔振组件沿浮置板长度方向间隔分布,其特征在于所述的隔振组件包括浇筑在浮置板内的外套筒和装在外套筒内的准零刚度隔振器,所述的准零刚度隔振器与外套筒之间垫有用于调节浮置板高度的调高垫片,外套筒的顶部盖有绝缘盖板。

[0008] 2、专利名称为“一种铁路减振轨道用准零刚度隔振器及道床板”(CN202120434799.0)的实用新型专利,该实用新型隔振器包括筒形支撑底座和蝶形弹簧,所述筒形支撑底座内设有橡胶支座,所述橡胶支座顶部设有下翼缘承载板,所述下翼缘承载板上设有竖向设置的连接杆,所述连接杆上螺纹连接有上翼缘承载板,所述连接杆穿过所述蝶形弹簧,所述蝶形弹簧的底端抵接于所述筒形支撑底座的筒顶端,所述蝶形弹簧的顶端抵接于所述上翼缘承载板底面。

[0009] 3、专利名称为“一种可灵活调节的准零刚度减振平台”(CN201510438515.4)的发明专利,该发明包括定平台、动平台、减振组件和推力组件;减振组件与定平台和动平台连接,推力组件是设置于定平台上,且用于对动平台施加推力,推力组件在动平台周围设有多个。该减振平台可实现在其静平衡位置的准零刚度和静平衡位置附近的非线性刚度,能解决传统线性隔振系统隔离低频或超低频振动时的难题。但该发明只是提供了一种可灵活调节的准零刚度减振平台,因结构尺寸较大、零部件多、集成度不高,不适用于轨道道床板。

[0010] 现有技术存在的问题或缺点:

[0011] 上述这些专利虽都涉及到了负刚度单元,也提出了一些改进的技术方案,但是仔细分析可以发现,这些专利都是不能真正用在实际的工程中去的;其中,

[0012] 专利1只是提供了一种可灵活调节的准零刚度减振平台,因结构尺寸较大、零部件多、集成度不高,不适用于轨道道床板。

[0013] 专利2提出了一种利用大中小多种碟簧的方式来实现负刚度,这种方法在理论上,虽可行,但实际应用中,很难控制碟簧的形变;尤其是采用碟簧来实现负刚度,当碟簧接近水平时很容易出现翻转,而产生失效,因此采用碟簧来实现负刚度得做法是不可取的。

[0014] 专利3提出了一种理论化的准零刚度隔振器浮置板道床,但实际上的结构是无法实施的,因此不具备实际应用价值。

[0015] 通过上述分析,可以发现现有准零刚度隔振装置中的负刚度形成中,采用片弹簧的没有,只有采用叠簧的,而叠簧虽也属于片簧类,但实际上的碟簧是不可能应用于负刚度形成的,不具备工程化应用的价值,因此仍有必要对此加以改进。

实用新型内容

[0016] 本实用新型所要解决的技术问题是,针对现有准零刚度隔振装置中的负刚度形成执行部件所存在过于复杂,或无法具备实用的问题,提供一种具有实际应用价值,且能够批量生产销售的准零刚度装置的负刚度形成执行部件;该种负刚度形成执行部件可以解决了现有准零刚度隔振装置中负刚度形成装置安装复杂,难以维护,缺乏实用价值的技术不足。

[0017] 本实用新型主要通过以下技术方案实现的:一种用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,负刚度可转动片弹簧为矩形的弹簧片;负刚度可转动片弹簧包括片弹簧本体和片弹簧转动节点;片弹簧转动节点设置在片弹簧本体的两端,片弹簧转动节点与片弹簧本体平滑过渡连接在一起,形成一体结构;负刚度可转动片弹簧安装在负刚度单元中,负

刚度可转动片弹簧两端的片弹簧转动节点卡在负刚度单元的内外支撑块的转动节点内。

[0018] 进一步地,所述负刚度可转动片弹簧的宽度为长度的1/2-1/3。

[0019] 进一步地,所述负刚度可转动片弹簧的片弹簧本体沿长度方向中部向下弯曲成弧形,两端通过曲面与片弹簧转动节点平滑过渡连接。

[0020] 进一步地,所述片弹簧本体为屈曲式弹簧片,在片弹簧本体两端受力时,会通过屈曲形变产生负刚度。

[0021] 进一步地,所述片弹簧转动节点为片弹簧本体长度方向的两端设置以宽度方向为轴线的圆柱面,圆柱面的半径约为弹簧片厚度的1.5倍,端部圆柱面与弹簧片厚度方向的上、下表面实行圆弧过渡,使得负刚度可转动片弹簧整体在长度方向的截面形状为两头大中间薄的哑铃状截面形状。

[0022] 进一步地,所述负刚度可转动片弹簧在负刚度单元中是长度方向与水平面之间设置一个倾斜的角度,其两端的圆柱面所构成的片弹簧转动节点分别构成上、下关节性支承面。

[0023] 进一步地,所述负刚度可转动片弹簧为屈曲式片弹簧,负刚度可转动片弹簧的长度(L)为14-25mm;厚度为0.6-1mm;倾斜的初始角度(A)为15-25度之间。

[0024] 进一步地,所述负刚度可转动片弹簧是两端卡在上支承弹簧片和下支承弹簧片之间;所述上支承弹簧片为一个宽度与屈曲式片弹簧宽度一致,而长度方向弯曲成一个类似弓形的弹簧片;所述下支承弹簧片为一个宽度与屈曲式片弹簧宽度一致,而长度方向弯曲成一个类似弓形的弹簧片。

[0025] 进一步地,所述负刚度可转动片弹簧两端的圆柱面上分别包裹铜瓦;即负刚度可转动片弹簧两端分别包裹有上支承铜瓦和下支承铜瓦;其中,上支承弹簧片的圆柱形凹面与屈曲式片弹簧的端部圆柱面和上支承铜瓦形成一对摩擦副式的连接,下支承弹簧片的圆柱形凹面与屈曲式片弹簧另一头的端部圆柱面和下支承铜瓦形成一对摩擦副式的连接。

[0026] 进一步地,所述负刚度可转动片弹簧为一个矩形的弹簧片,其宽度约为长度的一半,且沿长度方向中部向下微微弯曲,弯曲的弧度为负刚度可转动片弹簧中部比两端低0.5-1.5mm形成一种弓形的负刚度可转动片弹簧。

[0027] 本实用新型的有益效果为:

[0028] 本实用新型提出了采用片弹簧的方式,作为准零刚度隔振装置中的负刚度形成部件,既结构简单,容易制作加工,而且实际应用中,安装方便,负刚度形成和调整可控,尤其是在采用多个负刚度单元组合,每一个单元受力减小,对部件的损害更小,部件使用寿命长;同时在采取环状布置后,整体受力更加均匀,不会出现局部应力集中的现象。

附图说明

[0029] 图1本实用新型负刚度可转动片弹簧立体结构示意图;

[0030] 图2本实用新型负刚度可转动片弹簧组成负刚度单元示意图;

[0031] 图3本实用新型负刚度可转动片弹簧沿长度方向剖视示意图;

[0032] 图4本实用新型负刚度可转动片弹簧组成负刚度单元组合结构示意图;

[0033] 图5本实用新型负刚度可转动片弹簧组成负刚度机构示意图;

[0034] 图6本实用新型组装形成准零刚度隔振装置结构示意图;

[0035] 图7本实用新型组装形成准零刚度隔振装置的负刚度单元结构示意图。

具体实施方式

[0036] 下面通过具体的实施例并结合附图对本实用新型做进一步的描述。

实施例一

[0037] 本实施例为一种用于准零刚度隔振装置的负刚度可转动片弹簧,负刚度可转动片弹簧为矩形的弹簧片;负刚度可转动片弹簧(1)包括片弹簧本体(2)和片弹簧转动节点(3),如附图1所示;片弹簧转动节点(3)设置在片弹簧本体(1)的两端,端头为以负刚度可转动片弹簧(1)宽度方向为轴线的圆柱面(4);片弹簧转动节点(3)与片弹簧本体(2)平滑过渡连接在一起,形成一体结构;负刚度可转动片弹簧1安装在负刚度单元中,负刚度可转动片弹簧(1)两端的片弹簧转动节点(3)卡在负刚度单元的外支撑块转动节点(5)和内支撑块转动节点(6)内,如附图2所示。

[0038] 所述负刚度可转动片弹簧(1)的宽度为长度L的1/2-1/3;优选地,负刚度可转动片弹簧(1)的宽度为长度L的1/2。

[0039] 如附图3所示,所述负刚度可转动片弹簧(1)的片弹簧本体(2)沿长度L方向中部向下弯曲成弧形,弧形下的距离是,中间顶点(7)位置相对两端端点(8)下沉0.5-1.5mm,这样既能保证负刚度可转动片弹簧(1)在工作过程中,所有的负刚度可转动片弹簧(1)都能按照所希望的方向弯曲变形,形成负刚度;负刚度可转动片弹簧(1)两端通过曲面与片弹簧转动节点(3)平滑过渡连接。

[0040] 所述片弹簧本体(2)为屈曲式弹簧片,在片弹簧本体(2)两端受力时,会通过屈曲形变产生负刚度。

[0041] 所述片弹簧转动节点(3)为片弹簧本体(2)长度方向的两端设置以宽度方向为轴线的端部圆柱面(4),端部圆柱面(4)的半径约为弹簧片厚度的1.5倍,端部圆柱面(4)与片弹簧本体(2)的弹簧片厚度方向的上、下表面实行圆弧过渡,使得负刚度可转动片弹簧(1)整体在长度方向的截面形状为两头大中间薄的哑铃状截面形状。

[0042] 如附图4所示,所述负刚度可转动片弹簧(1)在负刚度单元中是长度方向与水平面之间设置一个倾斜的角度,其两端的圆柱面(4)所构成的片弹簧转动节点(23)分别构成上关节性支承面22、下关节性支承面21。多个负刚度单元在同一平面环形均匀布置,形成负刚度单元组合;再由多个负刚度单元组合垂直叠加组合形成负刚度机构。这样可以有效分散整个负刚度机构的受力,使得每一个负刚度单元的受力大大减小,有利于负刚度机构的长期运行,延长负刚度机构的使用寿命。

[0043] 所述负刚度可转动片弹簧(1)为可以是普通片弹簧,也可以是屈曲式片弹簧,负刚度可转动片弹簧(1)的长度(L)为14-25mm;厚度为0.6-1mm;倾斜的初始角度(A)为15-25度之间。

[0044] 如附图5所示,采用本实施例所述的负刚度可转动片弹簧(1)所形成的负刚度机构(10)是由多个负刚度单元组合(18)在垂直方向上叠加组合形成;多个负刚度单元组合(18)垂直叠加在一起,再分别安装到负刚度内支撑圈(17)和外支撑圈(16)中,在外支撑圈(16)上端口螺旋盖有盖板(19),使得整个负刚度单元组合(18)封闭安装在外支撑圈(16)的内腔

内。

[0045] 采用本实施例所述的负刚度可转动片弹簧(1)所形成的准零刚度隔振装置如附图6所示;准零刚度隔振装置包括正刚度组件(8)、调高垫板(9)和负刚度机构(10);所述正刚度组件(8)、调高垫板(9)和负刚度机构(10)全部安装在外套筒(12)内,且正刚度组件底座(11)的底面从外套筒(12)底部伸出,超出外套筒(12)底面,形成水平上的高度差;

[0046] 所述正刚度组件(8)包括底座(11)、圆柱螺旋弹簧(20)、上盖承载筒(13)。所述正刚度组件底座(11)在桶中心底板上设置有中心轴销(14),所述中心轴销(14)的下端与底板为牢固连接、顶端设置为阶梯轴。正刚度组件上盖承载筒(13)安装在圆柱螺旋弹簧(20)顶端,并作为隔振器上端承载平台。所述正刚度组件上盖承载筒(13)的轴向中心设有阶梯式通孔,通孔的上端部设有内螺纹,通孔的下端部为管状结构,管状结构的下端面设有阻尼盘。所述上盖承载筒(13)的中心阶梯式通孔与所述底座(11)桶中心轴销(14)为间隙式同轴装配关系。

[0047] 所述负刚度机构(10)安装在外套筒(12)内,且位于正刚度组件(8)上方;负刚度机构(10)的上端面伸出外套筒(12)的上端面,且负刚度机构(10)在外套筒(12)随浮置道床上下移动时一同随动,并在随动中产生负刚度,与所述正刚度组件(8)所产生的向上的弹力所组成的合力基本保持恒定,从而构成所述的准零刚度隔振;所述的负刚度机构(10)为复合片弹簧负刚度机构,通过复合片弹簧负刚度机构产生负刚度。

[0048] 如附图7所示,所述负刚度单元包括上支承块(24)、上支承橡胶件(25)、上支承铜瓦(26)、上支承弹簧片(27)、屈曲式片弹簧(28)、下支承弹簧片(29)、下支承铜瓦(30)、下支承橡胶件(31)、下支承块(32)。其中所述上支承块(24)、上支承橡胶件(25)和上支承弹簧片(27)为粘接硫化为一个整体;所述下支承弹簧片(29)、下支承橡胶件(31)和下支承块(32)为粘接硫化为一个整体。所述屈曲式片弹簧(28)为一个矩形的弹簧片,其宽度约为长度(L)的一半,且沿长度方向中部向下微微弯曲,长度方向的两端设置以宽度方向为轴线的圆柱面,圆柱面的半径约为弹簧片厚度的1.5倍,端部圆柱面与弹簧片厚度方向的上、下表面实行圆弧过渡。所述屈曲式片弹簧(28)的长度方向与水平面之间设置一个倾斜的角度(A),其两端的圆柱面分别构成上、下关节性支承面,并在其两端的圆柱面上分别包裹铜瓦即上支承铜瓦(26)和下支承铜瓦(30)。所述上支承弹簧片(27)为一个宽度与屈曲式片弹簧(28)宽度一致,而长度方向弯曲成一个类似弓形的弹簧片,其中间部位的圆柱形凹面与屈曲式片弹簧(28)的上支承铜瓦(26)形成一对摩擦副式的连接。所述下支承弹簧片(29)为一个宽度与屈曲式片弹簧(28)宽度一致,而长度方向弯曲成一个类似弓形的弹簧片,其中间部位的圆柱形凹面与屈曲式片弹簧(28)的下支承铜瓦(30)形成一对摩擦副式的连接。所述上支承块(24)是一个只允许上下运动的承载部件,其左下方向设计成一个弓形的凹面,与上支承弹簧片(27)弓形的凸面形成对应的配合关系,在上支承块(24)弓形的凹面与上支承弹簧片(27)弓形的凸面之间保留的空隙用上支承橡胶件(25)进行填充并整体粘接硫化在一起。所述下支承块(32)是一个限制了水平方向运动的放置在基础平台上的承载部件,其右上方向设计成一个弓形的凹面,与下支承弹簧片(29)弓形的凸面形成对应的配合关系,在下支承块(32)弓形的凹面与下支承弹簧片(29)弓形的凸面之间保留的空隙用下支承橡胶件(31)进行填充并整体粘接硫化在一起。

[0049] 所述负刚度单元的下支承块(32)设计成一个圆环即构成负刚度装置(20)的内圈

(21);负刚度单元的上支承块(24)设计成一个圆环即构成负刚度装置(20)的外圈(22);所述负刚度单元中的屈曲式片弹簧(28)沿圆周方向均匀排列成一个类似的开槽碟形弹簧并与上、下支承铜瓦(26、30)和上、下支承弹簧片(27、29)组合通过上、下橡胶件(25、31)形成的橡胶圈分别与内圈(21)和外圈(22)一起粘接硫化成一个整体即构成负刚度装置(20)。

[0050] 所述负刚度单元其工作原理为:所述上支承块(24)和下支承块(32)均被限制了在水平方向的运动并与其余弹性组件通过橡胶粘接硫化及装配组合成为一个整体。下支承块(24)放置在基础平台上,当上支承块(32)受到垂向加载时即产生垂向位移。在加载力的作用下其受力传递路径是:上支承块(24)→上支承橡胶件(25)→上支承弹簧片(27)→上支承铜瓦(26)→屈曲式片弹簧(28)→下支承铜瓦(30)→下支承弹簧片(29)→下支承橡胶件(31)→下支承块(32),其中,橡胶件产生弹性压缩变形、金属弹簧片产生弹性屈曲变形,同时屈曲式片弹簧(28)长度方向与水平面的夹角(A)发生变化即由大变小。在连续加载的情况下,当屈曲式片弹簧(28)长度方向与水平面的夹角为零时,负刚度单元在垂直方向的分力即支承反力也为零,由此作用在上支承块(24)上的垂向力和位移所形成的刚度曲线为一条类似抛物线的刚度曲线。

[0051] 综上所述,本实用新型的有益效果为:由于采用准零刚度隔振装置替换现有道床板中的钢弹簧或橡胶弹簧隔振器,可实现在静平衡状态下,动态刚度低或趋近于零,解决了传统线性隔振系统隔离低频或超低频振动时的难题,减小了起始隔振频率,增大了隔振频率范围,提高了系统隔振效率。同时完整的保留了现有浮置板减振轨道的承载能力和可靠性。

[0052] 需要说明的是,上述所列实施例,只是结合附图对本实用新型的技术方案进行清楚、完整的描述;显然,所描述的实施例仅仅是本实用新型的一部分实施例,而不是全部的实施例,而且本说明书中所引用的如“上”、“下”、“前”、“后”、“中间”等用语,亦仅为便于叙述的明了,而非用以限定本实用新型可实施的范围,其相对关系的改变或调整,在无实质变更技术内容下,当亦视为本实用新型可实施的范畴。同时,说明书附图所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本实用新型可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本实用新型所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本实用新型所揭示的技术内容所能涵盖的范围内。基于本实用新型中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本实用新型保护的范围。

[0053] 本实用新型的有益效果:

[0054] 本实用新型提出了采用片弹簧的方式,作为准零刚度隔振装置中的负刚度形成部件,既结构简单,容易制作加工,而且实际应用中,安装方便,负刚度形成和调整可控,尤其是在采用多个负刚度单元组合,每一个单元受力减小,对部件的损害更小,部件使用寿命长;同时在采取环状布置后,整体受力更加均匀,不会出现局部应力集中的现象。主要有以下优点:

[0055] 1、采用可转动片弹簧代替常规的活塞杆或碟簧或直线弹簧,既消除了活塞杆式负刚度形成时,容易受垂直力的作用导致受力不稳,不均匀的现象;还可以解决碟簧负刚度形成时的扭曲变形的问题,防止各个方向的受力不均,且产生扭曲形变。

[0056] 2、采用可转动片弹簧可以有效提高片弹簧的屈曲变形可控性，避免出现不规则的形变出现，从而提高片弹簧的负刚度均匀性效果。

[0057] 3、通过可转动片弹簧与片弹簧转动节点连接，使得可转动片弹簧两端可转动，这样可转动片弹簧在工作过程中可以通过转动来调整可转动片弹簧的空中姿态，有效解决了以往靠活塞式杆件伸缩，容易在垂向作用力的作用下出现卡死的问题；通过片弹簧转动节点的转动调整可转动片弹簧的空中姿态改变形成负刚度，不存在过程中的卡死问题，所以能够真实实现负刚度介入实现准零刚度隔振的工程化应用转动节点采用弹性可压缩结构，在可转动片弹簧由斜面向水平转动中，可以通过压缩转动节点的弹性层，弥补可转动片弹簧在水平方向的尺寸变化，防止水平力过大使得可转动片弹簧失稳。

[0058] 4、通过可转动片弹簧压缩弹性转动节点，可以精确调整负刚度的大小，真正做到与准零刚度隔振系统的正刚度完美匹配，真正实现准零刚度隔振。

[0059] 5、可转动片弹簧采用屈曲式片弹簧结构，在作业过程中也可以通过屈曲式片弹簧的定向变形形成负刚度，这样可以通过屈曲式可转动片弹簧的自身变化，或与弹性转动节点的组合形成所需要的负刚度。

[0060] 6、本负刚度装置具有结构简单，实施过程中稳定可靠，能精确确定负刚度的变化规律，从而找到与系统准零刚度隔振需要的准确负刚度及其变化规律，真正实现系统准零刚度隔振。

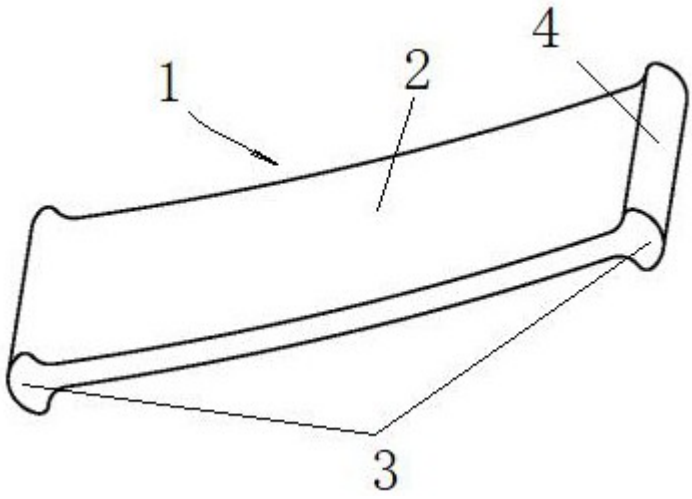


图 1

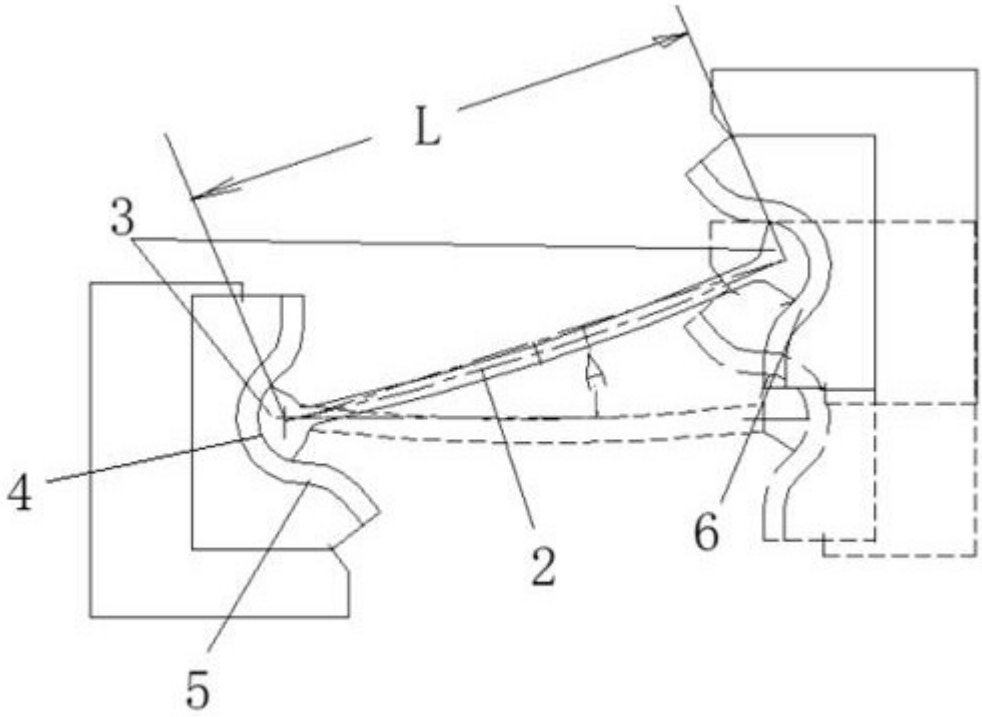


图 2

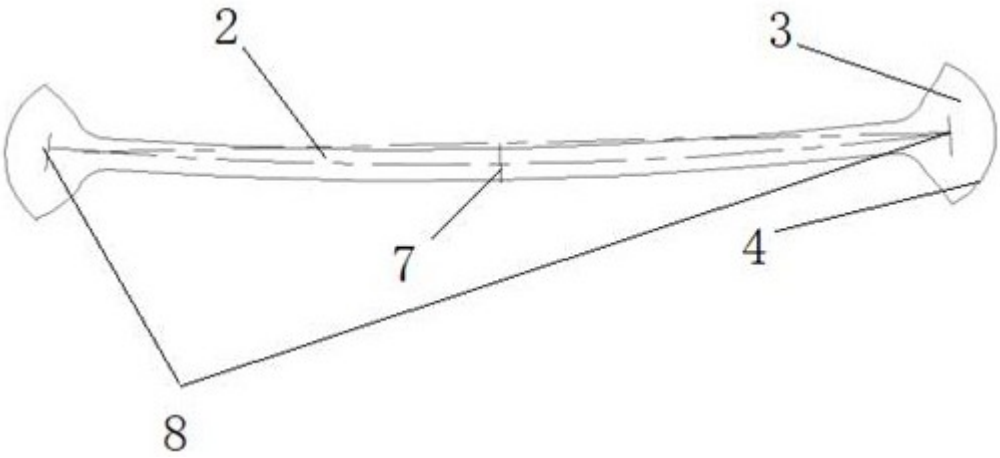


图 3

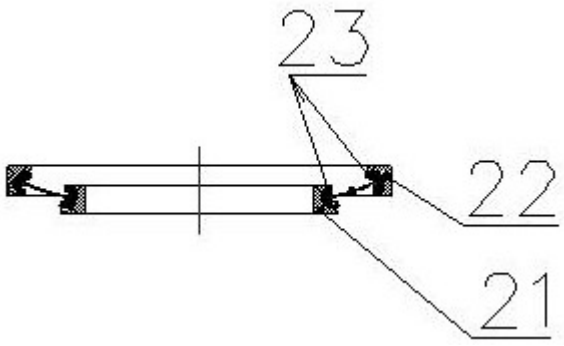


图 4

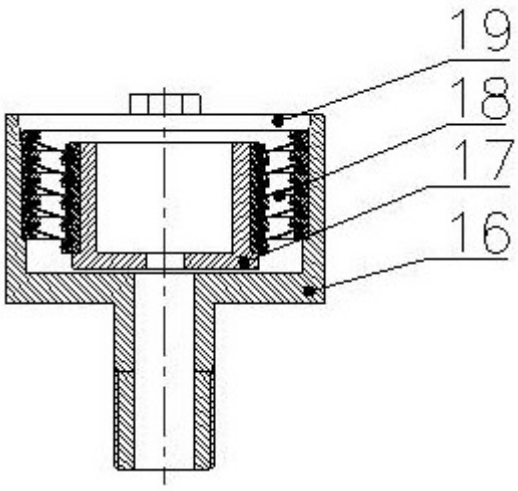


图 5

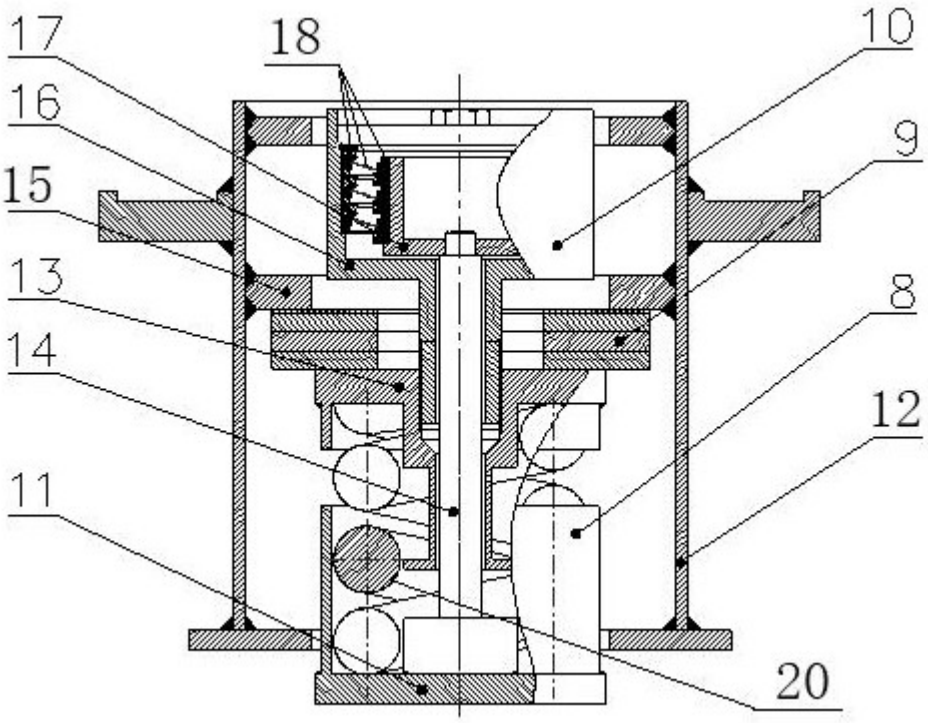


图 6

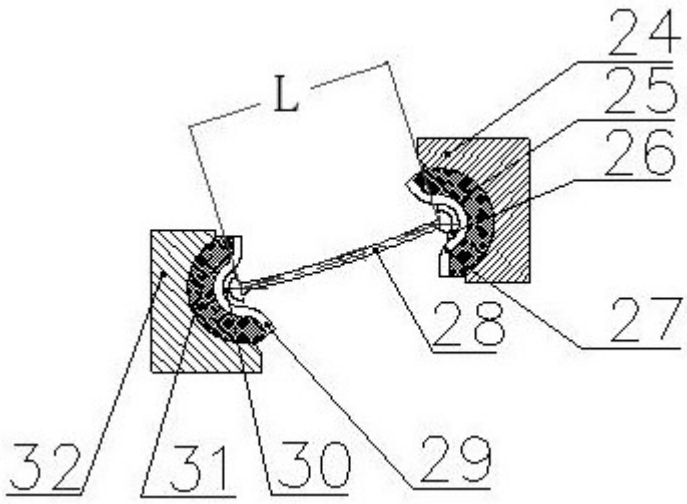


图 7