



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114148364 A

(43) 申请公布日 2022.03.08

(21) 申请号 202111533102.6

(22) 申请日 2021.12.15

(71) 申请人 中国科学技术大学

地址 230026 安徽省合肥市包河区金寨路
96号

(72) 发明人 孙帅帅 巩宁 龚兴龙 张世武

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责
任公司 11251

代理人 李晓莉

(51) Int. Cl.

B61F 5/38 (2006.01)

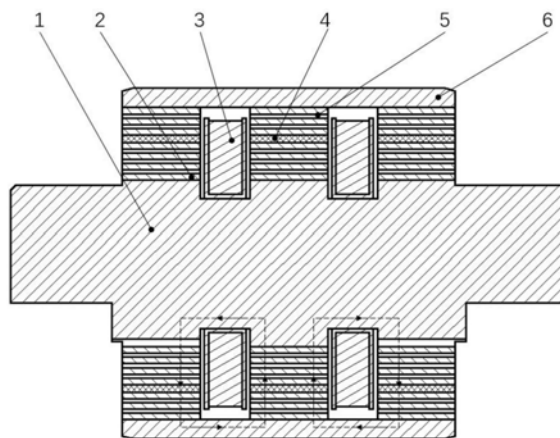
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点

(57) 摘要

本发明公开一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,可以通过施加电流改变磁流变弹性体的弹性模量,从而改变节点的径向刚度。具体来讲,本发明提出的刚度可控磁流变橡胶节点,主要包括磁流变弹性体(MRE)、励磁线圈、节点外套、节点芯轴、磁瓦、钢环等部件。磁瓦用来提供初始磁场,使得橡胶节点在无控制状态下即表现出大刚度,首先满足列车高速稳定性要求从而具有故障安全特性;当励磁线圈通电时,产生与磁瓦相反的电磁场,减小穿过磁流变弹性体的磁场强度,从而实现节点径向刚度的减小,以满足列车弯道通过性需求。此橡胶节点属半主动控制,具有能耗低,结构紧凑简单,安全性高,可与现有被动式火车橡胶节点通用替换等特点。



1. 一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,包括节点芯轴(1)、钢环(2)、励磁线圈(3)、磁瓦(4)、磁流变弹性体(5)和节点外套(6),其特征在于:节点芯轴(1)位于橡胶节点最中心位置,钢环(2)与节点芯轴(1)的三段圆柱面过盈配合,励磁线圈(3)绕在节点芯轴(1)的线圈槽之间,磁流变弹性体(5)浇注在钢环(2)的间隙之间,可产生径向变形,磁瓦(4)过盈装配到钢环(2)中,与钢环(2)、磁流变弹性体(5)形成一个整体,节点外套(6)位于橡胶节点最外层,其内壁与钢环(2)过盈安装;优选地刚度可控磁流变橡胶节点整体左右对称布置。

2. 根据权利要求1所述的具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,其特征在于:所述的磁流变弹性体(5)为多层结构。

3. 根据权利要求1所述的具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,其特征在于:磁瓦的充磁方向为径向,磁流变弹性体(5)受到磁瓦(4)和励磁线圈(3)的复合励磁,磁场大小通过励磁线圈(3)的电流大小和方向进行控制,从而改变节点刚度的大小。

4. 根据权利要求1所述的具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,其特征在于:在励磁线圈(3)不通电时由磁瓦(4)提供初始磁场,剖平面内形成一个经过磁瓦(4)、钢环(2)、磁流变弹性体(5)、节点芯轴(1)和节点外套(6)组件的闭合磁路。

5. 根据权利要求4所述的具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,其特征在于:给励磁线圈(3)施加电流,使之产生与磁瓦(4)相反方向的电磁场。

6. 根据权利要求1所述的具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,其特征在于:所述的节点芯轴(1)预留的线圈槽为两段相同宽度和深度的圆槽,在节点芯轴(1)的中间位置,左右对称布置,用于励磁线圈(3)的缠绕和定位。

7. 根据权利要求1所述的具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,其特征在于:所述的钢环(2)包含三组圆环,每组圆环又包含七个宽度相同、直径逐渐增大的圆环,分别过盈安装在节点芯轴(1)轴向上的三段圆柱表面,与磁流变弹性体(5)交错排列。

8. 根据权利要求1所述的具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,其特征在于:所述的励磁线圈(3)为圆环形,绕制在节点芯轴(1)的线圈槽内,用来产生可控的轴向磁场。

9. 根据权利要求1所述的具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,其特征在于:所述的磁瓦(4)包含三组磁瓦,其中位于节点芯轴(1)中间位置的一组磁瓦与两端的两组磁瓦具有相反的磁极方向,三组磁瓦均安装在钢环(2)的第4圈钢环与第5圈钢环的间隙处,沿圆周均匀排布,产生一个初始径向磁场。

10. 根据权利要求1所述的具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,其特征在于:所述的磁流变弹性体(5)为圆环状,采用在钢环(2)间隙浇注成型的方式制成,固化后与钢环(2)形成一个整体;优选地,所述节点外套(6)为筒状结构,位于节点的最外圈,其内壁与钢环(2)过盈装配。

一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点

技术领域

[0001] 本发明涉及火车用橡胶节点技术领域,具体涉及一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点。

背景技术

[0002] 随着高速铁路的飞速发展,高铁的稳定性,舒适性和安全性等问题的研究愈发关键。火车直线行驶和曲线通过时对于转向架刚度大小的要求是矛盾的。直线高速行驶时主要要求转向架具有较大刚度来保证列车的稳定性和安全性;而当列车通过弯道时,要求转向架系统纵向刚度较小以便转向,从而提高铁路机车的弯道通过性能。为此本发明提出了一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点。橡胶节点是机车上连接转向架构架和轮对转臂的装置。这一橡胶节点的使用能够实现弹性定位限制轮对的纵向和横向移动。而这一刚度数值对火车弯道通过性和高速稳定性有着至关重要的影响。

[0003] 磁流变技术是一种典型的半主动控制技术,这一技术的基础是磁流变智能材料,主要包括磁流变弹性体和磁流变液。磁流变弹性体具有刚度可调,性能稳定、响应迅速、可逆性好、无沉降且无需考虑密封等优点。磁流变弹性体一般有两种工作状态,在外界无控制磁场时其表现出小刚度,当外界施加磁场时其表现出大刚度。经过设计与优化,磁流变弹性体器件的阻尼特性或刚度特性可以通过施加外加电流的变化而可调。因此磁流变弹性体技术将被本发明用来开发刚度可变火车轮对定位节点技术。

[0004] 在实际应用中,列车在直道高速行驶和曲线弯道行驶时对于弹性定位节点的刚度要求是相反的,因此在同一机构的设计中是难以兼得的。一方面,轮对系统的小纵向刚度有利于轮对的径向调整,利用自导向提高曲线通过能力,并且可以有效减少列车的轮轨磨损和轮轨噪声。另一方面,高速动车组列车通常以200km/h及以上的速度运行,此时列车产生剧烈的蛇形运动,需要尽可能大的轮对的纵向定位刚度来抑制蛇形运动保证列车高速稳定性。综上所述,刚度不可变的被动橡胶节点很难同时满足弯道行驶和直线行驶性能俱佳的要求。因此开发一种刚度可调的弹性橡胶节点来满足列车在不同运行路段需要不同刚度的需求十分关键。为解决这一问题,本发明提出了一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点。这一新型橡胶节点能够为直线和曲线行驶时的不同刚度需求提供解决方案。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题为:列车行驶在直线轨道与曲线路段上时对于转向架的刚度要求不同,具体表现在,列车需要实现提高纵向定位刚度来保持直道高速行驶时的稳定性,同时列车又需要降低轮对纵向定位刚度以适应弯道通过。目前的被动式橡胶节点不能兼具这两种刚度需求,为解决当前橡胶节点存在的不足,本发明提出了一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点。这一节点能够在列车正常运行在直线轨道时保持大刚度保证列车高速稳定性,当列车需要转弯时降低刚度从而改善轮对和铁轨的磨损减少运维成本。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案为：

[0007] 一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点，包括磁流变弹性体、钢环、磁瓦、节点外套、励磁线圈和节点芯轴。节点芯轴位于橡胶节点最中心位置，钢环与节点芯轴的三段圆柱面过盈配合，励磁线圈绕在节点芯轴的线圈槽之间，磁流变弹性体浇注在钢环的间隙之间，可产生径向变形，磁瓦过盈装配到钢环中，与钢环、磁流变弹性体形成一个整体，节点外套位于橡胶节点最外层，其内壁与钢环过盈安装；优选地刚度可控磁流变橡胶节点整体左右对称布置。

[0008] 进一步地，节点芯轴是具有不同直径圆周段的轴体。励磁线圈安装绕在节点芯轴预留线圈槽之间。磁流变弹性体浇注在多层钢环形成的间隙之间，固化后其内外表面与钢环固联在一起。

[0009] 进一步地，磁流变弹性体浇注在钢环结构中，同时固化后的磁流变弹性体钢环结构与磁瓦过盈装配形成一个整体。

[0010] 优选地具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点整体左右对称布置。

[0011] 进一步地，所述的磁流变弹性体为多层结构。在钢环结构之间安装有磁瓦，充磁方向为径向，磁流变弹性体受到磁瓦和线圈的复合励磁，磁场大小通过励磁线圈的电流大小和方向进行控制，从而改变节点刚度的大小。

[0012] 进一步地，在励磁线圈不通电时由磁瓦提供初始磁场。经过节点芯轴、钢环、磁瓦、磁流变弹性体、节点外套再回到芯轴形成闭合磁路，使得磁流变弹性体保持大刚度，整个橡胶节点表现为径向大刚度，满足列车高速稳定性要求以及故障安全特性。

[0013] 进一步地，给励磁线圈施加电流，使之产生与磁瓦相反方向的电磁场。磁流变弹性体的刚度减小，从而整体橡胶节点的径向刚度实现通电变小，满足列车弯道通过性要求。

[0014] 其中，磁瓦安装在钢环结构中间，提供沿径向方向的初始磁场，经过芯轴、磁流变弹性体、磁瓦、节点外套回到芯轴形成闭合内部磁路，使磁流变弹性体内铁磁颗粒形成相互作用力，表现出大刚度。

[0015] 其中，励磁线圈安装在节点芯轴的线圈槽之间，励磁线圈不通电情况下，由磁瓦提供磁场，磁流变弹性体在强磁场作用下表现出大刚度，橡胶节点整体表现为径向大刚度，当给励磁线圈通电后，线圈产生一个与磁瓦方向相反的径向磁场，通过磁流变弹性体的磁场强度减弱，使得磁流变弹性体的弹性模量减小，节点整体径向刚度降低，表现为小刚度。

[0016] 本发明的有益效果是：

[0017] 本发明针对现有普通橡胶节点不能同时满足火车在直道与弯道路段对轮对弹性定位节点矛盾性刚度需求，提出了一种具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点。该设计能够实现火车在直线高速行驶时提供大刚度保证列车的高速稳定性，同时在通过弯道时转为小刚度满足曲线通过性的要求。与此同时，本发明提出的新型变刚度橡胶节点，外形尺寸和安装尺寸依据现有火车定位节点设计，与火车原有橡胶节点可实现互换，实用性强。此外，本发明所提出的橡胶节点在无控制初始状态下表现出大刚度，能够实现节点控制失效的情况下依然保证列车的高速稳定性，从而具备失效安全特性。

附图说明

[0018] 图1为本发明实施例结构主视图剖面图；

[0019] 图2为本发明实施例结构左视图。

[0020] 其中,1-节点芯轴、2-钢环、3-励磁线圈、4-磁瓦、5-磁流变弹性体、6-节点外套,橡胶节点左右对称安装布置,虚线及箭头表示剖面内磁路方向。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图及具体实施例详细介绍本发明。但以下的实施例仅限于解释本发明,本发明的保护范围应包括权利要求的全部内容,而且通过以下实施例的叙述,本领域的技术人员是可以完全实现本发明权利要求的全部内容。

[0022] 如图1所示,本发明所述具有故障安全特性的刚度可控磁流变橡胶节点,包括节点芯轴1、钢环2、励磁线圈3、磁瓦4、磁流变弹性体5和节点外套6等。节点芯轴1位于橡胶节点最中心位置,钢环2与节点芯轴1的三段圆柱面过盈配合,励磁线圈3绕在节点芯轴1的线圈槽之间,磁流变弹性体5浇注在钢环2的间隙之间,可产生径向变形,磁瓦4过盈装配到钢环2中,与钢环2、磁流变弹性体5形成一个整体,节点外套6位于橡胶节点最外层,其内壁与钢环2过盈安装。

[0023] 如图2所示的是本发明实施例结构的左视图,从中可以更加清楚地看出各部件的径向位置和磁瓦的排布方式。径向上从外到内,依次是外壳6、钢环2、磁流变弹性体5、磁瓦4、节点芯轴1,其中钢环2与磁流变弹性体5间隔排列。

[0024] 刚度可控的原理在于所述的磁瓦4用来提供初始磁场,使得橡胶节点在无控制状态下即表现出大刚度,首先满足列车高速稳定性要求从而实现故障安全特性;当励磁线圈通电时产生与初始磁铁磁场相反的磁场方向,减小穿过磁流变弹性体的磁场强度,从而实现通电减小橡胶节点的径向刚度,实现节点刚度通电负向变化的特点,以满足列车弯道通过性需求。具体实现如下:当励磁线圈3不通电时,磁瓦4本身提供初始径向磁场,剖平面内磁场回路如图1中下方箭头方向所示,剖平面内形成一个经过磁瓦4、钢环2、磁流变弹性体5、节点芯轴1、节点外套6等组件的闭合磁路。磁流变弹性体5在初始强磁场下弹性模量变大,整体橡胶节点表现为径向大刚度;当励磁线圈3通电时,产生与磁瓦初始磁场相反方向的电磁场,经过磁流变弹性体5的磁场强度减弱,弹性模量降低产生小刚度,整体橡胶节点表现为径向小刚度,满足列车弯道通过性要求。节点安装在列车转向架和轴箱定为转臂之间提供一系纵向定位刚度。

[0025] 所述的节点芯轴1为一左右对称的回转体结构,为保证良好导磁,采用10号钢制作,通过叉形结构和转向架构架连接,主要用于传递火车轮对的纵向力和横向力。节点芯轴1所述预留的线圈槽为两段相同宽度和深度的圆槽,在节点芯轴1的中间位置,左右对称布置,用于励磁线圈3的缠绕和定位。

[0026] 所述的钢环2包含三组圆环,材质为10号钢,每组圆环又包含七个宽度相同、直径逐渐增大的薄壁圆环,钢环的壁厚都是2.5mm,七个钢环内壁直径依次为64mm、72mm、80mm、88mm、99mm、107mm和115mm,分别过盈安装在节点芯轴1轴向上的三段圆柱表面,与磁流变弹性体5交错排列可以增加橡胶节点的刚度以及提升导磁效果。

[0027] 所述的励磁线圈3为圆环形,通过将直径0.51mm的铜漆包线绕制在节点芯轴1的线圈槽内制成,用来产生可控的轴向磁场,通电可以减小磁瓦4产生的初始磁场,从而实现橡胶节点刚度的减小来保证列车良好的曲线通过性能。

[0028] 所述的磁瓦4包含三组磁瓦,均为钕铁硼材质,牌号N38H,其中每组磁瓦又由24块磁瓦组成,其安装位置和排布方式如图2所示,磁瓦4安装在钢环2的第四圈钢环与第五圈钢环的间隙处,沿圆周均匀排布,产生一个径向磁场。其中两端的磁瓦磁极方向为外表面N极、内表面S极,中间一组的磁瓦与之相反为外表面S极、内表面N极。三组磁瓦可以提供一个初始磁场,使得橡胶节点无电时依然具有较大刚度,具有故障安全特性。

[0029] 所述的磁流变弹性体5为多层结构。多层磁流变弹性体5通过浇注与钢环2形成一个整体。具体而言磁流变弹性体5为圆环状,由5层厚度为1.5mm的磁流变弹性体组成,采用PDMS(聚二甲基硅氧烷)与羰基铁粉混合,在钢环2间隙浇注一体成型的方式制成。具有磁场下刚度可控的特点,从而实现不同电流下橡胶节点径向刚度的可控变化。

[0030] 所述节点外套6筒状结构,采用10号钢制成,位于节点的最外圈,节点外套6的内壁与钢环2过盈装配,外壁通过固定孔和轴箱定位转臂连接,主要用于实现轮对的弹性定位。

[0031] 本发明未详细阐述部分属于本领域技术人员的公知技术。以上所述的实施例仅是对本发明的优选实施方式进行了描述,优选实施例并没有详尽叙述所有的细节,也不限制该发明仅为所述的具体实施方式。在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

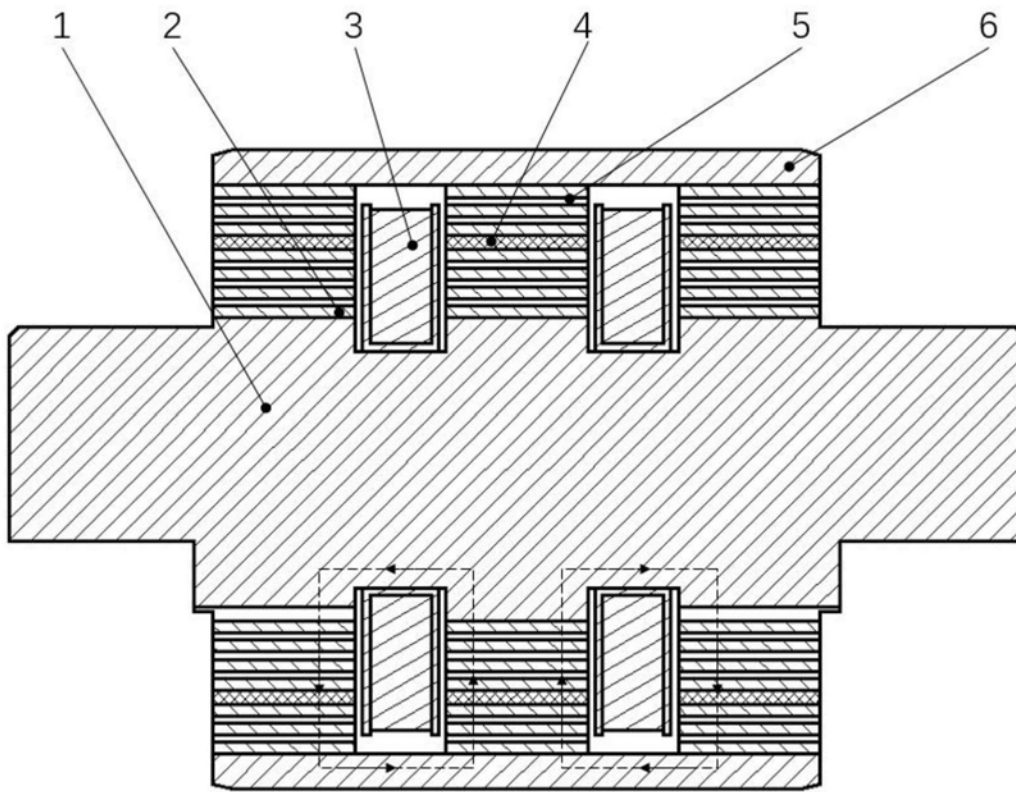


图1

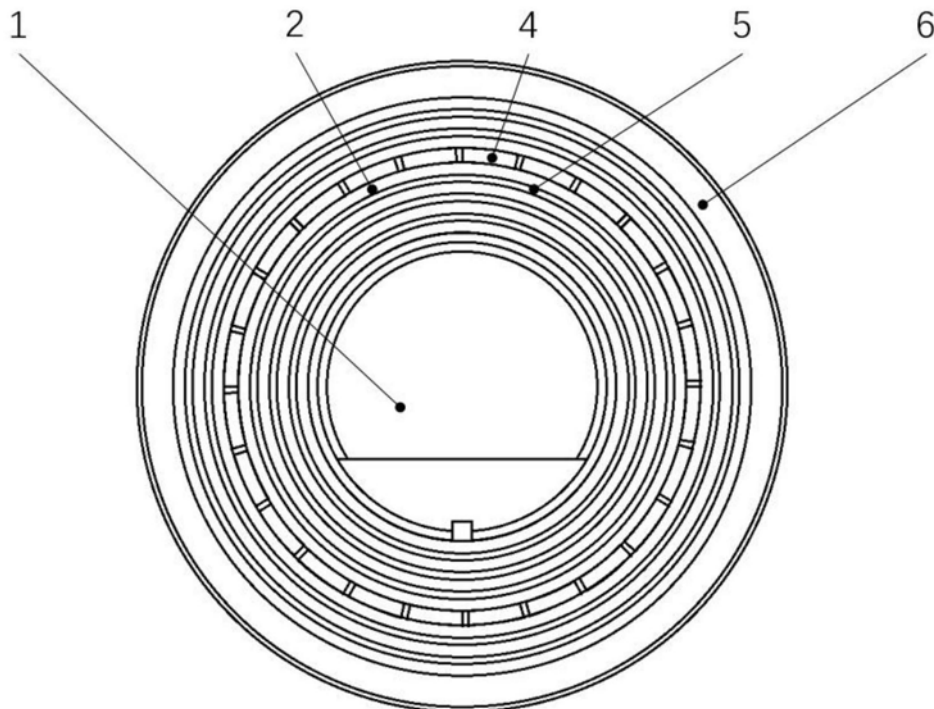


图2