



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106926743 A

(43)申请公布日 2017.07.07

(21)申请号 201710219546.X

(22)申请日 2017.04.06

(71)申请人 西南交通大学

地址 610031 四川省成都市二环路北一段  
111号

(72)发明人 邓自刚 张江华 郑珺

(74)专利代理机构 北京集智东方知识产权代理  
有限公司 11578

代理人 关兆辉 程立民

(51) Int. Cl.

B60L 13/10(2006.01)

F16F 6/00(2006.01)

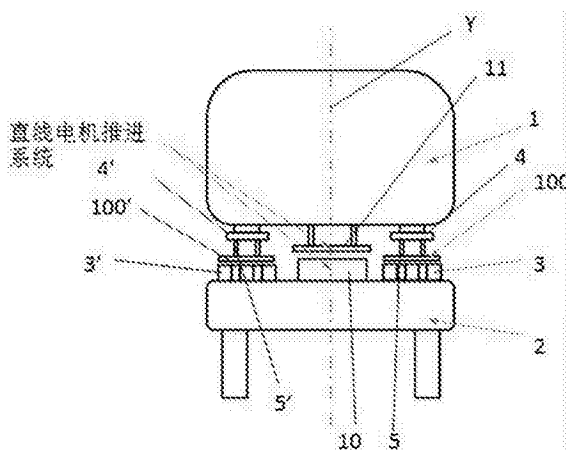
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54)发明名称

涡流阻尼器及磁悬浮车

## (57)摘要

本发明涉及一种磁悬浮车用涡流阻尼器,其包括涡流阻尼器主体,涡流阻尼器主体位于磁悬浮车车体下方,且悬置在永磁轨道上方。本发明的永磁感应型涡流阻尼器通过车载涡流阻尼板和永磁轨道磁场间的相对运动及电磁相互作用在导电板中产生感应涡流,进而产生欧姆损耗而发热,最终把磁悬浮车的振动能量转化为热量而被耗散,从而保证磁悬浮车的系统运行稳定性。



1. 一种磁悬浮车用涡流阻尼器,其特征在於,包括涡流阻尼器主体,所述涡流阻尼器主体位于所述磁悬浮车车体下方,且悬置在为所述车体提供悬浮力的永磁轨道上方。

2. 如权利要求1所述的涡流阻尼器,其特征在於,所述涡流阻尼器主体为板状,采用导电材料制成,且厚度 $\geq 1\text{mm}$ 。

3. 一种包括权利要求1所述的涡流阻尼器的磁悬浮车,其包括车体;使所述车体悬浮和对所述车体进行导向的高温超导悬浮系统;以及与供所述车体行驶的轨道梁连接,用于驱动所述车体沿所述轨道梁进行运动的直线电机推进系统;其特征在於,所述涡流阻尼器主体位于所述磁悬浮车车体下方。

4. 如权利要求3所述的磁悬浮车,其特征在於,所述高温超导悬浮系统包括对称设置在所述轨道梁上方两侧的、沿所述轨道梁连续铺设的永磁轨道;以及与所述永磁轨道相对的、对称设置在所述车体下方的高温超导块材。

5. 如权利要求4所述的高温超导磁悬浮车,其特征在於,所述高温超导块材容纳在车载杜瓦瓶中。

6. 如权利要求5所述的磁悬浮车,其特征在於,所述涡流阻尼器主体通过连接部连接在所述车载杜瓦瓶的下方,且悬置在为所述车体提供悬浮力的永磁轨道上方。

7. 如权利要求6所述的磁悬浮车,其特征在於,所述永磁轨道包括第一铁轭、第二铁轭、若干水平磁化的第一永磁体以及若干竖直磁化的第二磁体;且所述第一永磁体以及第二磁体间隔设置在所述第一铁轭、第二铁轭之间。

8. 如权利要求3所述的磁悬浮车,其特征在於,所述直线电机推进系统包括:设置在所述轨道梁中部、且沿所述轨道梁连续铺设的电机绕组;以及连接在所述车体下方中部的、与所述电机绕组相对的车载永磁体。

## 涡流阻尼器及磁悬浮车

### 技术领域

[0001] 本发明涉及交通工具领域,具体涉及一种涡流阻尼器及包括该涡流阻尼器的高温超导磁悬浮车。

### 背景技术

[0002] 磁悬浮列车是一种无接触的地面交通系统,由牵引供电、线路、车辆与运行控制系统组成,利用直线电机驱动列车运行,具有速度快、爬坡能力强、能耗低、运行噪音小、安全舒适、污染少等优点。

[0003] 按照悬浮方式的不同,磁悬浮列车可分为电磁悬浮型(EMS)、电动悬浮型(EDS)及高温超导磁悬浮。高温超导磁悬浮车是利用高温超导块材在永磁轨道上方场冷后因为磁通钉扎作用而稳定悬浮在永磁轨道上方,其悬浮系统具有自稳定特性,其与电磁悬浮最大的区别是不需要悬浮控制系统且能实现自稳定。

[0004] 然而受多种因素限制,永磁轨道不可能做到沿轨道前进方向的磁场分布是完全均匀的,当超导块材运行到磁场不均匀的地方时,悬浮力会发生变化,且出现运行阻力,因此会导致悬浮系统的振动。另外,直线电机推进系统中电机定子与次级间还存在法向力,并且该法向力存在一定的波动,会导致悬浮系统产生受迫振动。同时,由于负载变化、驱动加速度、空气阻力、轨道弯度、坡度、不平整等原因产生的外部扰动,都会引起高温超导磁悬浮系统的振动。目前,该振动主要通过悬浮系统的自身阻尼使其损耗,从而保证悬浮系统的稳定性。但由于高温超导磁悬浮系统的自身阻尼比较小,因此无法有效的对上述振动能量进行耗散。

[0005] 因此,有必要提供一种能有效抑制磁悬浮车垂向振动和横向振动的阻尼系统,使其能把磁悬浮车的振动能量进行耗散,从而保证磁悬浮车的系统运行稳定性。

### 发明内容

[0006] 本发明针对上述现有技术中存在的缺陷,提供了一种涡流阻尼器及包括该涡流阻尼器的高温超导磁悬浮车,其通过车载涡流阻尼器和永磁轨道磁场间的相对运动及电磁相互作用在导电板中产生感应涡流,进而产生欧姆损耗而发热,最终把磁悬浮车的振动能量转化为热量而被耗散,从而保证磁悬浮车的系统运行稳定性。

[0007] 本发明提供的技术方案如下:

[0008] 一方面,提供了一种磁悬浮车用涡流阻尼器,其包括涡流阻尼器主体,所述涡流阻尼器主体位于所述磁悬浮车车体下方,且悬置在为所述车体提供悬浮力的永磁轨道上方。

[0009] 优选的,所述涡流阻尼器主体为板状,采用导电材料制成,且厚度 $\geq 1\text{mm}$ 。

[0010] 另一方面,还提供了一种包括上述涡流阻尼器的磁悬浮车,其包括车体;使所述车体悬浮和对所述车体进行导向的高温超导悬浮系统;以及与供所述车体行驶的轨道梁连接,用于驱动所述车体沿所述轨道梁进行运动的直线电机推进系统;所述涡流阻尼器主体位于所述磁悬浮车车体下方。

[0011] 优选的,所述高温超导悬浮系统包括对称设置在所述轨道梁上方两侧的、沿所述轨道梁连续铺设的永磁轨道;以及与所述永磁轨道相对的、对称设置在所述车体下方的高温超导块材。

[0012] 优选的,所述高温超导块材容纳在车载杜瓦瓶中。

[0013] 优选的,所述涡流阻尼器主体通过连接部连接在所述车载杜瓦瓶的下方,且悬置在为所述车体提供悬浮力的永磁轨道上方。

[0014] 优选的,所述永磁轨道包括第一铁轭、第二铁轭、若干水平磁化的第一永磁体以及若干竖直磁化的第二磁体;且所述第一永磁体以及第二磁体间隔设置在所述第一铁轭、第二铁轭之间。

[0015] 优选的,所述直线电机推进系统包括:设置在所述轨道梁中部、且沿所述轨道梁连续铺设的电机绕组;以及连接在所述车体下方中部的、与所述电机绕组相对的车载永磁体。

[0016] 本发明的技术方案具有如下技术效果:

[0017] 本发明的永磁感应型涡流阻尼器通过车载涡流阻尼板和永磁轨道磁场间的相对运动及电磁相互作用在导电板中产生感应涡流,进而产生欧姆损耗而发热,最终把磁悬浮车的振动能量转化为热量而被耗散,从而保证磁悬浮车的系统运行稳定性;永磁感应型涡流阻尼器与高温超导磁悬浮系统共用沿轨道连续铺设的永磁轨道,沿轨道方向无需再额外铺设其他装置;磁悬浮车用永磁感应型涡流阻尼器与磁悬浮车悬浮系统相互独立,不会对其悬浮性能造成影响;该涡流阻尼器中车载涡流阻尼板与永磁轨道间无机械接触,能够实现列车与轨道间的无机械接触;相比电磁悬浮系统中所采用的气隙主动控制方式,永磁感应型涡流阻尼器具有重量轻、结构简单、成本低、无需车载供电、无需主动控制等优点。

## 附图说明

[0018] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,以下将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图进行论述,显然,在结合附图进行描述的技术方案仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员而言,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图所示实施例得到其它的实施例及其附图。

[0019] 图1是本发明实施例一中涡流阻尼器以及磁悬浮车的结构示意图;

[0020] 图2是本发明实施例一中永磁轨道的结构示意图。

## 具体实施方式

[0021] 以下将结合附图对本发明各实施例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发明的一部分实施例,而不是全部实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在不需要创造性劳动的前提下所得到的所有其它实施例,都在本发明所保护的范围内。

[0022] 针对现有技术中存在的,通过磁悬浮车悬浮系统的自身阻尼无法有效的对振动能量进行损耗,从而无法保证悬浮系统稳定性的缺陷。提供了一种涡流阻尼器及包括该涡流阻尼器的高温超导磁悬浮车,其通过车载涡流阻尼器和永磁轨道磁场间的相对运动及电磁相互作用在导电板中产生感应涡流,进而产生欧姆损耗而发热,最终把磁悬浮车的振动能量转化为热量而被耗散,从而抑制磁悬浮车的垂向振动和横向振动,保证磁悬浮车的系统

运行稳定性。

[0023] 实施例一：

[0024] 如图1所示,本发明中的磁悬浮车用涡流阻尼器包括涡流阻尼器主体100和100',所述涡流阻尼器主体100和100'位于所述磁悬浮车车体1下方,且悬置在为所述车体1提供悬浮力的永磁轨道3和3'上方。

[0025] 优选的,所述涡流阻尼器主体100和100'为板状,采用铝或铜等导电材料制成,且厚度 $\geq 1\text{mm}$ 。

[0026] 如图1所示,本实施例还提供了一种包括上述涡流阻尼器的磁悬浮车,其包括车体1;使所述车体1悬浮和对所述车体1进行导向的高温超导悬浮系统;以及与供所述车体1行驶的轨道梁2连接,用于驱动所述车体1沿所述轨道梁2进行运动的直线电机推进系统;所述涡流阻尼器主体100和100'位于所述磁悬浮车车体1下方。

[0027] 具体的,所述高温超导悬浮系统包括对称设置(具体的,沿所述车体1以及轨道梁2的竖直中心轴线Y对称设置)在所述轨道梁2上方两侧的、沿所述轨道梁连续铺设的永磁轨道3和3';以及与所述永磁轨道3和3'相对的、对称设置(具体的,沿所述车体1以及轨道梁2的竖直中心轴线Y对称设置)在所述车体1下方的高温超导块材;优选的,所述高温超导块材可容纳在车载杜瓦瓶4和4'中。

[0028] 优选的,所述涡流阻尼器主体100和100'通过连接部(如连接杆等)5和5'连接在所述车载杜瓦瓶4和4'的下方,且悬置在为所述车体1提供悬浮力的永磁轨道3和3'上方,因此使得所述涡流阻尼器主体100和100'与永磁轨道3和3'间无机械接触,进而能够实现列车与轨道间的无机械接触。

[0029] 所述涡流阻尼器主体100和100'与高温超导磁悬浮系统共用沿轨道连续铺设的永磁轨道3和3',因此沿轨道方向无需再额外铺设其他装置。

[0030] 本实施例中,可根据高温超导磁悬浮车的悬浮能力要求和系统阻尼要求来确定所述涡流阻尼器主体100和100'以及高温超导块材的安装数量,且所述涡流阻尼器主体100和100'以及高温超导块材的安装数量相互对应,即每一所述涡流阻尼器主体100或100'上方均对应设有一所述高温超导块材。

[0031] 进一步的,所述永磁轨道3和3'可为Halbach永磁轨道,包括若干永磁体,具体的,如图2所示,其包括第一铁轭6、第二铁轭7、若干水平磁化的第一永磁体8以及若干竖直磁化的第二磁体9;且所述第一永磁体8以及第二磁体9间隔设置在所述第一铁轭6、第二铁轭7之间。

[0032] 涡流阻尼器的基本原理是导体在不均匀磁场内运动时,穿过导体的磁通量发生变化,进而在导体内生成感应电势及涡流,该感应涡流通过导体电阻时产生热量,动能转化为热能,振动得到衰减,因此该方式可以用于抑制磁悬浮车的垂向振动和横向振动,从而保证磁悬浮车的运行稳定性。

[0033] 具体的,如图2所示,当磁悬浮车垂向(即图2中的Y'方向)振动时,阻尼器主体100和100'与永磁轨道3和3'间的间隙发生周期性变化,永磁轨道3和3'上方的阻尼器主体100和100'中的磁场随着间隙的增大而减小,使得穿过阻尼器主体100和100'的磁通随着阻尼器主体100和100'的垂向周期性振动而发生周期性变化。根据电磁感应定理: $e = -\frac{d\phi}{dt}$ ,穿过

阻尼器主体100和100'的磁通变化将感应出电压及涡流,该涡流由于欧姆损耗而发热,最终将垂向振动能量转化为热量而被耗散。

[0034] 同理,永磁轨道3和3'上方的磁场沿水平方向近似呈现为正弦分布,当磁悬浮车横向(即图2中的X方向)振动时,阻尼器主体100和100'与永磁轨道3和3'间沿水平方向的相对位置发生周期性变化,穿过阻尼器主体100和100'的磁通变化将在其内部感应出电压及涡流,该涡流由于欧姆损耗而发热,最终将横向振动能量转化为热量而被耗散。

[0035] 进一步的,所述直线电机推进系统包括:设置在所述轨道梁2中部、且沿所述轨道梁2连续铺设的电机绕组10;以及连接在所述车体1下方中部的、与所述电机绕组10相对的车载永磁体11。

[0036] 综上所述,本发明的永磁感应型涡流阻尼器通过车载涡流阻尼板和永磁轨道磁场间的相对运动及电磁相互作用在导电板中产生感应涡流,进而产生欧姆损耗而发热,最终把磁悬浮车的振动能量转化为热量而被耗散,从而保证磁悬浮车的系统运行稳定性;永磁感应型涡流阻尼器与高温超导磁悬浮系统共用沿轨道连续铺设的永磁轨道,沿轨道方向无需再额外铺设其他装置;磁悬浮车用永磁感应型涡流阻尼器与磁悬浮车悬浮系统相互独立,不会对其悬浮性能造成影响;该涡流阻尼器中车载涡流阻尼板与永磁轨道间无机械接触,能够实现列车与轨道间的无机械接触;相比电磁悬浮系统中所采用的气隙主动控制方式,永磁感应型涡流阻尼器具有重量轻、结构简单、成本低、无需车载供电、无需主动控制等优点。

[0037] 本发明提供的各种实施例可根据需要以任意方式相互组合,通过这种组合得到的技术方案,也在本发明的范围内。

[0038] 显然,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,本领域技术人员可以对本发明进行各种改动和变型。如果对本发明的这些改动和变型是在本发明的权利要求及其等同方案的范围之内,则本发明也将包含这些改动和变型。

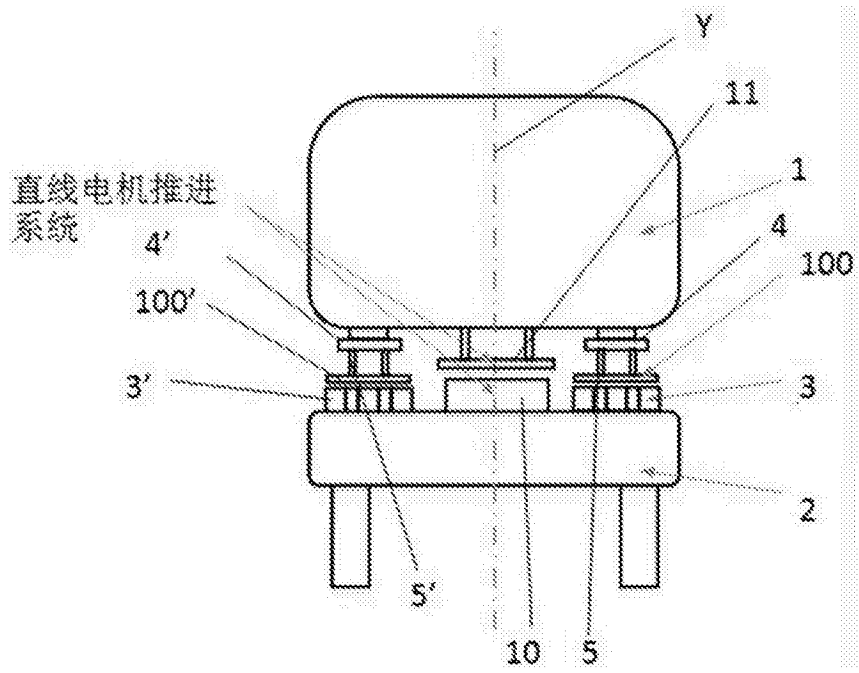


图1

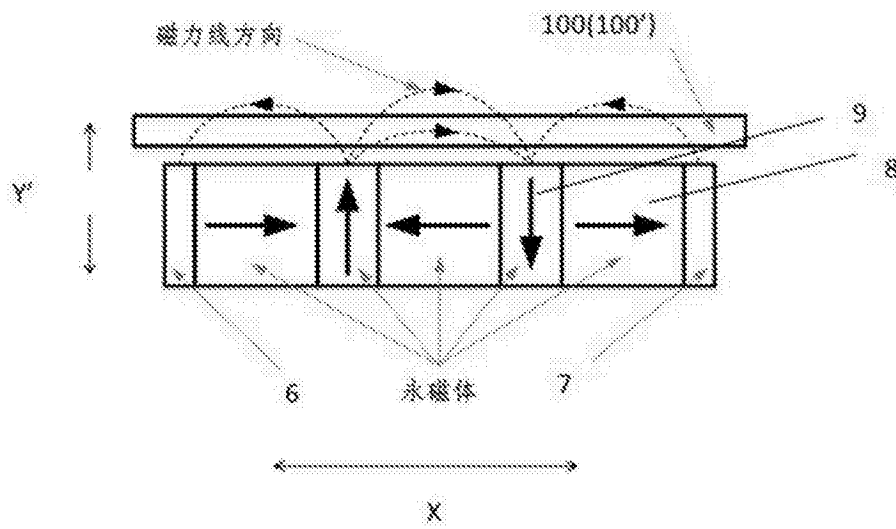


图2