



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 221487543 U

(45) 授权公告日 2024. 08. 06

(21) 申请号 202420956338.3

H02K 11/21 (2016.01)

(22) 申请日 2024.05.06

B60G 13/00 (2006.01)

(73) 专利权人 比亚迪股份有限公司

地址 518118 广东省深圳市坪山区比亚迪  
路3009号

(72) 发明人 柯沛和 马冰青 谭国栋

(74) 专利代理机构 北京知帆远景知识产权代理  
有限公司 11890

专利代理师 吴文婧

(51) Int. Cl.

H02K 41/02 (2006.01)

H02K 1/20 (2006.01)

H02K 1/32 (2006.01)

H02K 5/20 (2006.01)

H02K 9/19 (2006.01)

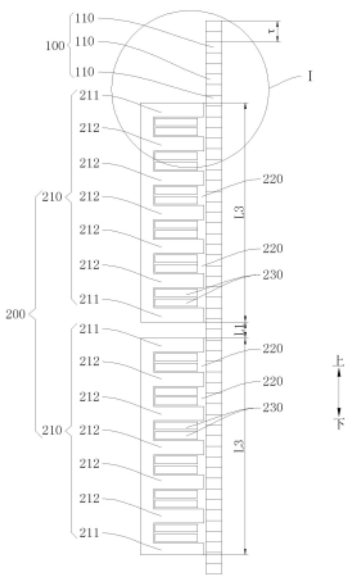
权利要求书1页 说明书11页 附图5页

(54) 实用新型名称

直线电机、悬架系统及车辆

(57) 摘要

本实用新型涉及电机技术领域,尤其是涉及一种直线电机、悬架系统及车辆,其中,直线电机包括动子组件和定子组件,定子组件和动子组件相互耦合以使动子组件相对定子组件往复移动,在动子组件的移动方向上,定子组件包括多个间隔设置的定子铁芯,相邻两个定子铁芯之间的最小距离为 $L1$ ,直线电机的极距为 $\tau$ ,直线电机满足如下关系式: $L1=0.1\tau\sim0.3\tau$ 。本实用新型实施例的直线电机,可实现改善直线电机的电磁推力波动,解决了现有技术中的直线电机电磁推力波动大的技术问题,从而优化直线电机的工作性能。



1. 一种直线电机,其特征在于,包括:

动子组件和定子组件,所述定子组件和所述动子组件相互耦合以使所述动子组件相对所述定子组件往复移动;

在所述动子组件的移动方向上,所述定子组件包括多个间隔设置的定子铁芯,相邻两个所述定子铁芯之间的最小距离为 $L1$ ,所述直线电机的极距为 $\tau$ ,所述直线电机满足如下关系式: $L1=0.1\tau\sim 0.3\tau$ 。

2. 根据权利要求1所述的直线电机,其特征在于, $L1=0.2\tau$ 。

3. 根据权利要求1所述的直线电机,其特征在于,在所述动子组件的移动方向上,多个所述定子铁芯的长度之和为 $L2$ ,其中, $L2=(K+0.5)\tau$ , $K$ 为非零整数。

4. 根据权利要求1所述的直线电机,其特征在于,每个所述定子铁芯的齿部均包括两个第一齿部和至少一个第二齿部,在所述动子组件的移动方向上,所述第二齿部位于两个所述第一齿部之间,所述第一齿部和所述第二齿部之间间隔设置,相邻两个第二齿部之间间隔设置;

在所述动子组件的移动方向上,同一个所述定子铁芯的所述第一齿部的齿宽与所述第二齿部的齿宽相同;

和/或,多个所述定子铁芯的所述第一齿部的齿宽相同;

和/或,多个所述定子铁芯的所述第二齿部的齿宽相同。

5. 根据权利要求1所述的直线电机,其特征在于,相邻两个所述定子铁芯之间设有非导磁件。

6. 根据权利要求1所述的直线电机,其特征在于,所述动子组件包括多个沿所述动子组件的移动方向顺序排布的永磁体,所述定子组件包括定子绕组,所述永磁体与所述定子绕组耦合配合。

7. 根据权利要求6所述的直线电机,其特征在于,多个永磁体沿动子组件的移动方向呈海尔贝克阵列排布。

8. 根据权利要求6所述的直线电机,其特征在于,在所述动子组件的移动方向上,多个所述永磁体的轴向尺寸之和大于位于轴向最外侧的两个所述定子铁芯的背离彼此的轴向端面之间的最大距离。

9. 一种悬架系统,其特征在于,包括根据权利要求1-8中任一项所述的直线电机,所述动子组件和所述定子组件的其中一个与车轮端连接,另一个与车身端连接。

10. 一种车辆,其特征在于,包括根据权利要求9所述的悬架系统。

## 直线电机、悬架系统及车辆

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及电机技术领域,尤其是涉及一种直线电机、悬架系统及车辆。

### 背景技术

[0002] 直线电机,尤其是圆筒型直线电机,因绕组利用率高、推力密度高等优势被广泛应用至车辆的悬架系统中。

[0003] 但是,现有直线电机的电磁推力波动大,影响直线电机的工作性能。

### 实用新型内容

[0004] 本实用新型旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此,本实用新型的第一目的在于提出一种直线电机,所述直线电机的电磁推力波动可达到改善,解决了现有技术中的直线电机的电磁推力波动大的技术问题。

[0005] 本实用新型的第二目的在于提出一种具有上述直线电机的悬架系统。

[0006] 本实用新型的第三目的在于提出一种具有上述悬架系统的车辆。

[0007] 根据本实用新型实施例的直线电机,包括:动子组件和定子组件,所述定子组件和所述动子组件相互耦合以使所述动子组件相对所述定子组件往复移动;在所述动子组件的移动方向上,所述定子组件包括多个间隔设置的定子铁芯,相邻两个所述定子铁芯之间的最小距离为 $L1$ ,所述直线电机的极距为 $\tau$ ,所述直线电机满足如下关系式: $L1=0.1\tau\sim0.3\tau$ 。

[0008] 根据本实用新型实施例的直线电机,通过在动子组件的移动方向上,将定子组件设置成包括多个间隔设置的定子铁芯,并将相邻两个定子铁芯之间的最小距离 $L1$ 设置成为直线电机的极距 $\tau$ 的 $0.1\sim0.3$ 倍,可实现改善直线电机的电磁推力波动,保证直线电机的工作性能。

[0009] 在一些实施例中, $L1=0.2\tau$ 。

[0010] 在一些实施例中,在所述动子组件的移动方向上,多个所述定子铁芯的长度之和为 $L2$ ,其中, $L2=(K+0.5)\tau$ , $K$ 为非零整数。

[0011] 在一些实施例中,每个所述定子铁芯的齿部均包括两个第一齿部和至少一个第二齿部,在所述动子组件的移动方向上,所述第二齿部位于两个所述第一齿部之间,所述第一齿部和所述第二齿部之间间隔设置,相邻两个第二齿部之间间隔设置;在所述动子组件的移动方向上,同一个所述定子铁芯的所述第一齿部的齿宽与所述第二齿部的齿宽相同;和/或,多个所述定子铁芯的所述第一齿部的齿宽相同;和/或,多个所述定子铁芯的所述第二齿部的齿宽相同。

[0012] 在一些实施例中,相邻两个所述定子铁芯之间设有非导磁件。

[0013] 在一些实施例中,所述动子组件包括多个沿所述动子组件的移动方向顺序排布的永磁体,所述定子组件包括定子绕组,所述永磁体与所述定子绕组耦合配合。

[0014] 在一些实施例中,多个永磁体沿动子组件的移动方向呈海尔贝克阵列排布。

[0015] 在一些实施例中,在所述动子组件的移动方向上,多个所述永磁体的轴向尺寸之

和大于位于轴向最外侧的两个所述定子铁芯的背离彼此的轴向端面之间的最大距离。

[0016] 根据本实用新型实施例的悬架系统,包括前述的直线电机,所述动子组件和所述定子组件的其中一个与车轮端连接,另一个与车身端连接。

[0017] 根据本实用新型实施例的悬架系统,通过采用前述的直线电机,以提升悬架系统的工作性能。

[0018] 根据本实用新型实施例的车辆,包括前述的悬架系统。

[0019] 根据本实用新型实施例的车辆,通过采用前述的悬架系统,以保证车辆的舒适性,从而提升驾乘体验。

[0020] 本实用新型的附加方面和优点将在下面的描述中变得明显,或通过本实用新型的实践了解到。

## 附图说明

[0021] 本实用新型的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0022] 图1为本实用新型一些实施例的悬架系统的部分结构的示意图。

[0023] 图2为本实用新型一些实施例的动子组件与定子组件配合的部分结构的示意简图。

[0024] 图3为图2中区域I的局部放大图。

[0025] 图4为本实用新型一些实施例的直线电机的不同尺寸的定子间隙所对应的推力波动的折线图。

[0026] 图5为本实用新型一些实施例的多个定子铁芯的长度之和与极距未满足一定条件时,相邻两个定子铁芯的相位图。

[0027] 图6为本实用新型一些实施例的多个定子铁芯的长度之和与极距满足一定条件时,相邻两个定子铁芯的相位图。

[0028] 图7为本实用新型一些实施例的直线电机设置一个定子铁芯和设置多个定子铁芯所对应的推力的折线图。

[0029] 附图标记:

[0030] 1000、直线电机;

[0031] 100、动子组件;

[0032] 110、永磁体;

[0033] 111、永磁体组;

[0034] 1111、第一永磁体;1112、第二永磁体;

[0035] 1113、第三永磁体;1114、第四永磁体;

[0036] 120、外壳;

[0037] 200、定子组件;

[0038] 210、定子铁芯;211、第一齿部;212、第二齿部;

[0039] 220、容纳槽;

[0040] 230、定子绕组;

[0041] 2000、悬架系统;

[0042] 300、支撑座;400、保护套;500、下托盘;600、减振弹簧;700、连接臂。

## 具体实施方式

[0043] 下面详细描述本实用新型的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本实用新型,而不能理解为对本实用新型的限制。

[0044] 在本实用新型的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本实用新型和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本实用新型的限制。

[0045] 需要说明的是,因直线电机1000的定子绕组230形成为三相绕组,将三相绕组设在定子铁芯210上,定子铁芯210装配完成后,定子铁芯210的定子齿的齿数会形成为单数,导致定子铁芯210的多个定子齿无法一一对应实现齿部力的相互抵消,进而导致直线电机1000的推力波动增加,影响直线电机1000的工作性能。

[0046] 为解决上述问题,本实用新型提出一种直线电机1000。

[0047] 下面参考说明书附图描述本实用新型实施例的直线电机1000。

[0048] 结合图1和图2所示,根据本实用新型实施例的直线电机1000包括:动子组件100和定子组件200。

[0049] 其中,定子组件200和动子组件100相互耦合以使动子组件100相对定子组件200往复移动。

[0050] 需要说明的是,动子组件100相对定子组件200往复移动是指,在直线电机1000工作的过程中,可以是动子组件100移动,定子组件200固定不动,也可以是动子组件100固定不动,定子组件200移动,以使得定子组件200和动子组件100形成相对移动。

[0051] 需要说明的是,动子组件100和定子组件200相互耦合是指,动子组件100和定子组件200之间能够通过相互作用而彼此影响,从而便于控制动子组件100往复移动,降低动子组件100的往复移动难度,保证直线电机1000的工作性能。

[0052] 在一些实施例中,如图2所示,定子组件200上设有定子绕组230,动子组件100包括多个永磁体110,定子绕组230和永磁体110配合使得动子组件100和定子组件200之间形成磁耦合,这样动子组件100和定子组件200之间即可通过磁场联系起来,以便于控制动子组件100往复移动,降低动子组件100的移动难度,有利于保证直线电机1000的工作性能。

[0053] 在本实用新型的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0054] 在具体的示例中,当直线电机1000应用至车辆时,动子组件100往复移动,这样可利用直线电机1000缓冲路面传递的冲击,同时可隔离路面、轮胎输入的噪音,以保证车辆的舒适性。

[0055] 结合图1和图2所示,在动子组件100的移动方向上,定子组件200包括多个定子铁芯210,多个定子铁芯210间隔设置,相邻两个定子铁芯210之间的最小距离为L1,直线电机

1000的极距为 $\tau$ ,直线电机1000满足如下关系式: $L1=0.1\tau\sim0.3\tau$ 。其中,这里所说的动子组件100的移动方向可以理解为是图1和图2中所示出的上下方向,这里是指,定子组件200的多个定子铁芯210在动子组件100的移动方向上间隔设置,且相邻两个定子铁芯210的间距 $L1$ 与直线电机1000的极距 $\tau$ 满足: $L1=0.1\tau\sim0.3\tau$ 。

[0056] 为了便于描述,下文将相邻两个定子铁芯210之间的最小距离 $L1$ 简称为定子间隙 $L1$ ,直线电机1000的极距 $\tau$ 简称为极距 $\tau$ 。

[0057] 其中,通过将定子组件200设置成包括多个定子铁芯210,并将多个定子铁芯210设置成在动子组件100的移动方向上间隔设置,可确保定子组件200的多个定子齿的齿数能够形成为双数,从而使得定子组件200的多个定子齿能够一一对应,有利于齿部力的相互抵消,便于减小直线电机1000的电磁推力波动。

[0058] 此外,当定子间隙 $L1$ 小于极距 $\tau$ 的0.1倍时,会导致定子间隙 $L1$ 的尺寸较小,如图4所示,当定子间隙 $L1$ 的尺寸较小(如:定子间隙 $L1$ 小于1.7mm时),直线电机1000的推力波动逐渐增大,也就是说,当定子间隙 $L1$ 小于极距 $\tau$ 的0.1倍时,会导致直线电机1000的推力波动增大,影响直线电机1000的推力性能;当定子间隙 $L1$ 大于极距 $\tau$ 的0.3倍时,会导致定子间隙 $L1$ 的尺寸较大,如图4所示,当定子间隙 $L1$ 的尺寸较大(如:定子间隙 $L1$ 大于2.5mm时),存在直线电机1000推力波动增大的问题,且还会增加直线电机1000的轴向尺寸,不利于直线电机1000的安装,也就是说,当定子间隙 $L1$ 大于极距 $\tau$ 的0.3倍时,在导致直线电机1000的轴向尺寸较大的同时,还会存在直线电机1000的推力波动增大的技术问题。

[0059] 因此,本实用新型将相邻两个定子铁芯210的间距 $L1$ 与直线电机1000的极距 $\tau$ 设置成满足: $L1=0.1\tau\sim0.3\tau$ ,在减小直线电机1000电磁推力波动的同时,还可保证直线电机1000的轴向尺寸,降低直线电机1000的安装难度,并保证直线电机1000的工作性能。

[0060] 其中,上述所说的轴向可以理解为是图1和图2中所示出的上下方向。

[0061] 需要说明的是,通过将定子组件200设置成包括多个在动子组件100的移动方向上间隔设置定子铁芯210,并将相邻两个定子铁芯210的间距 $L1$ 设置与直线电机1000的极距 $\tau$ 设置成满足: $L1=0.1\tau\sim0.3\tau$ ,主要是使得相邻两个定子铁芯210的端部力以及齿槽力能够相互抵消,从而达到削弱直线电机1000推力波动的目的。

[0062] 由上述结构可知,本实用新型实施例的直线电机1000,将定子组件200设置成包括多个定子铁芯210,并将相邻两个定子铁芯210的间距 $L1$ 设置与直线电机1000的极距 $\tau$ 设置成满足: $L1=0.1\tau\sim0.3\tau$ ,在使得相邻两个定子铁芯210的端部力以及齿槽力能够相互抵消的同时,还可减小定子组件200在轴向上的尺寸,从而减小直线电机1000的轴向尺寸,降低直线电机1000的安装难度,并减小直线电机1000的推力波动,保证直线电机1000的工作性能。

[0063] 也就是说,本实用新型的直线电机1000,将极距 $\tau$ 与定子间隙 $L1$ 进行匹配,在实现减小推力波动的同时,还可使得直线电机1000的轴向尺寸小。

[0064] 可以理解的是,相比于现有技术,本实用新型不仅将定子组件200设置成包括多个定子铁芯210,并将相邻两个定子铁芯210的间距 $L1$ 设置与直线电机1000的极距 $\tau$ 设置成满足: $L1=0.1\tau\sim0.3\tau$ ,在避免直线电机1000的轴向尺寸较大的同时,还可减小直线电机1000的推力波动,保证直线电机1000的工作性能。

[0065] 需要说明的是,图2中示出了在动子组件100的移动方向上,定子组件200包括两个定子铁芯210,当然,在其他的一些实施例中,定子组件200也可包括四个定子铁芯210、六个

定子铁芯210或更多个定子铁芯210,但定子铁芯210的数量为双数,以使得多个定子铁芯210能够两两对应将端部力以及齿槽力进行相互抵消,从而实现减小直线电机1000的电磁推力波动,保证直线电机1000的工作性能。

[0066] 在具体的示例中,如图2所示,定子组件200包括两个定子铁芯210,两个定子铁芯210实现减小直线电机1000的电磁推力波动的同时,还可降低定子组件200的成型难度,从而降低直线电机1000的成型难度。

[0067] 在一些实施例中, $L1=0.2\tau$ 。以实现进一步优化相邻两个定子铁芯210的间距 $L1$ ,使得相邻两个定子铁芯210的端部力以及齿槽力能够相互抵消的同时,在实现减小直线电机1000的轴向尺寸的同时,还可减小直线电机1000的推力波动,保证直线电机1000的工作性能。

[0068] 需要说明的是,不同类型、不同尺寸的直线电机1000, $\tau$ 的取值可不同,也就是说, $\tau$ 并非为定值。

[0069] 在本实用新型中,当 $L1=0.2\tau$ ,可使得相邻两个定子铁芯210的间距 $L1=1.9\text{mm}$ ,如图4所示,当相邻两个定子铁芯210的间距 $L1=1.9\text{mm}$ 时,直线电机1000的推力波动较小。

[0070] 在具体的示例中, $L1=0.1\tau$ 、 $0.15\tau$ 、 $0.2\tau$ 、 $0.25\tau$ 或 $0.3\tau$ 等。

[0071] 在一些实施例中,结合图1和图2所示,动子组件100套设在定子组件200的外周,动子组件100的朝向定子组件200的内周壁设有多个沿动子组件100的移动方向上顺序排布的永磁体110。这样可确保多个永磁体110能够朝向定子组件200设置,也就是使得多个永磁体110能够靠近定子绕组230设置,从而使得永磁体110和定子绕组230能够相互配合,以实现定子组件200与动子组件100的相互耦合,保证直线电机1000的工作性能。

[0072] 同时,通过将多个永磁体110设置成沿动子组件100的移动方向排列,还可保证动子组件100在移动过程中,永磁体110能够始终与定子绕组230配合,以保证直线电机1000的工作性能。

[0073] 还需要说明的是,通过将动子组件100套设在定子组件200的外周,在确保动子组件100能够相对于定子组件200移动以保证动子组件100工作性能的同时,还可确保在相同尺寸边界或者相同体积下,直线电机1000的气隙直径较大,以增大直线电机1000的推力,从而保证直线电机1000的工作性能。

[0074] 在一些实施例中,结合图1和图2所示,动子组件100包括外壳120,外壳120套设在定子组件200的外周,多个永磁体110设在外壳120的内壁面上,在实现利用外壳120支撑多个永磁体110的同时,还可确保多个永磁体110能够朝向定子组件200设置,从而便于实现定子组件200与动子组件100的相互耦合,保证直线电机1000的工作性能。

[0075] 当然,在其他的一些实施例中,也可将定子组件200套设在动子组件100的外周,该示例图中未示出。

[0076] 在一些实施例中,定子组件200与动子组件100之间设有导向杆(图中未示出),以便于利用导向杆引导动子组件100的移动方向,避免动子组件100在移动过程中发生偏移,从而确保动子组件100能够沿既定方向进行移动,保证动子组件100移动的准确性,这样在一定程度上可保证定子组件200与动子组件100在相互运动过程中两者的相对轴向距离保持不变,以此使得车轮能够沿既定方向进行移动,保证车辆行驶时的平稳性,也可以理解为是保证直线电机1000的工作性能。

[0077] 需要说明的是,当动子组件100套设在定子组件200的外周时,导向杆的一端伸入动子组件100并连接定子组件200,导向杆的另一端通过动子组件100伸出并连接支撑座300(支撑座300的具体结构可参见图1),支撑座300适于安装至车辆。以实现将定子组件200安装至车辆,从而实现直线电机1000与车辆的配合连接,便于利用直线电机1000缓冲车辆在行驶过程中来自路面的冲击,提升车辆的平顺性,从而保证车辆的舒适性,提升用户使用体验。

[0078] 在一些实施例中,结合图2和图3所示,多个永磁体110沿动子组件100的移动方向呈海尔贝克阵列排布。这样可确保动子组件100能够用最少量的永磁体110产生最强的磁场,以保证直线电机1000的推力,从而保证直线电机1000的工作性能。

[0079] 也就是说,本实用新型的直线电机1000推力波动小且推力大。

[0080] 可选地,结合图2和图3所示,多个永磁体110包括多组永磁体组111,多组永磁体组111沿动子组件100的移动方向排布,每组永磁体组111均包括第一永磁体1111、第二永磁体1112、第三永磁体1113和第四永磁体1114,第一永磁体1111、第二永磁体1112、第三永磁体1113和第四永磁体1114沿动子组件100的移动方向依次排布,其中,第一永磁体1111和第三永磁体1113为径向充磁且充磁方向相反,第二永磁体1112和第四永磁体1114为轴向充磁且充磁方向相反,从而使得多个永磁体110能够沿动子组件100的移动方向呈海尔贝克阵列排布,以保证直线电机1000的工作性能。

[0081] 在本实用新型的描述中,限定有“第一”、“第二”、“第三”、“第四”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征,用于区别描述特征,无顺序之分,无轻重之分。

[0082] 也就是说,当多个永磁体110沿动子组件100的移动方向呈海尔贝克阵列排布时,轴向充磁永磁体110和径向充磁永磁体110交替排布,且相邻两个轴向充磁永磁体110的充磁方向相反,相邻两个径向充磁永磁体110的充磁方向相反,相邻四个第一永磁体1111、第二永磁体1112、第三永磁体1113和第四永磁体1114形成一组永磁体组111,一组永磁体组111中的第一永磁体1111和第二永磁体1112形成一个磁极,第三永磁体1113和第四永磁体1114形成另一个磁极,两个磁极的轴向尺寸相同,其中,第一永磁体1111和第二永磁体1112的轴向尺寸之和为直线电机1000的极距 $\tau$ (如图2和图3所示),第三永磁体1113和第四永磁体1114的轴向尺寸之和也为直线电机1000的极距 $\tau$ 。

[0083] 当然,因两个磁极的轴向尺寸相同,也可将两个磁极的轴向中心在直线电机1000的轴向上的间距定义为直线电机1000的极距 $\tau$ 。

[0084] 在其他的一些实施例中,在动子组件100的移动方向上,多个永磁体110也可均形成为径向充磁永磁体110或轴向充磁永磁体110,也就是说,多个永磁体110不限于沿动子组件100的移动方向设置成呈海尔贝克阵列排布,以降低动子组件100的成型难度。

[0085] 其中,当多个永磁体110均形成为径向充磁永磁体110或轴向充磁永磁体110时,直线电机1000的极距 $\tau$ 是单个径向充磁永磁体110的轴向厚度或单个轴向充磁永磁体110的轴向厚度。

[0086] 也就是说, $\tau$ 的取值与永磁体110的排布方式以及永磁体110的轴向尺寸有关,不同类型、不同尺寸的直线电机1000, $\tau$ 的取值可不同, $\tau$ 并非为定值。

[0087] 在一些实施例中,在动子组件100的移动方向上,多个定子铁芯210的长度之和为 $L_2$ ,其中, $L_2 = (K + 0.5) \tau$ , $K$ 为非零整数。通过该结构设计,可使多个定子铁芯210的推力波形

在相位上相差180度电角度(结合图5和图6所示),从而使得多个定子铁芯210的端部力以及齿槽力能够相互抵消,达到削弱直线电机1000推力波动的目的。

[0088] 其中,图5示出了多个定子铁芯210的推力波形的相位差未相差180度电角度的相位图,图6示出了多个定子铁芯210的推力波形的相位差相差180度电角度的相位图。

[0089] 此外,这里所说的L2可以理解为是图2中多个L3之和,L3为每个定子铁芯210在动子组件100的移动方向上的延伸长度,多个L3的尺寸可相等也可以不相等。

[0090] 也就是说,本实用新型的直线电机1000设计极距 $\tau$ 与定子组件200的尺寸关系也可使得多个定子铁芯210相对应的定子齿的相位差保持为180度,达到削弱直线电机1000推力波动的目的。

[0091] 需要说明的是,若只限定定子铁芯210的长度之和L2与极距 $\tau$ 的关系,但定子组件200只包括一个定子铁芯210,因一个定子铁芯210的定子齿的齿数为单数,导致其中一个定子齿的齿部力无法与额外的齿部力进行抵消,进而导致直线电机1000的推力波动较大,具体可参见图7中所示出的改善前的推力波动;当限定定子铁芯210的长度之和L2与极距 $\tau$ 的关系,且将定子组件200设置成包括多个定子铁芯210,并将相邻两个定子铁芯210之间的最小距离L1与直线电机1000的极距 $\tau$ 设置成满足: $L1=0.1\tau\sim0.3\tau$ ,可减小直线电机1000的推力波动,保证直线电机1000的工作性能,具体可参见图7中所示出的改善后的推力波动。

[0092] 基于此,本实用新型限定定子铁芯210的长度之和L2与极距 $\tau$ 的关系,并将定子组件200的定子铁芯210分段,以实现在动子组件100的移动方向上设置多个定子铁芯210,且选择合适定子间隙L1,使多个定子铁芯210相对应的定子齿的相位差保持为180度,并使得每个定子齿的齿部力均可进行抵消,达到削弱直线电机1000推力波动的目的。

[0093] 其中,图7示出了本实用新型改善前后的推力波动对比图,由图7可知,改善后的直线电机1000的推力波动小于改善前的直线电机1000的推力波动。

[0094] 在具体的示例中,本实用新型可将推力波动由改善前的475.36下降至改善后的113.64。

[0095] 需要说明的是,这里所说的改善前是指直线电机的定子组件包括一个定子铁芯,改善后是指直线电机的定子组件包括多个定子铁芯。

[0096] 在一些实施例中,结合图2和图3所示,每个定子铁芯210的齿部包括两个第一齿部211和至少一个第二齿部212,在动子组件100的移动方向上,第二齿部212位于两个第一齿部211之间,第一齿部211和第二齿部212之间间隔设置,相邻两个第二齿部212之间间隔设置,这样有利于在第一齿部211与第二齿部212之间以及在相邻两个第二齿部212之间均形成容纳定子绕组230的容纳槽220,在实现形成定子铁芯210的同时,还可降低每个定子铁芯210的成型难度,进而降低直线电机1000的成型难度,提高直线电机1000的成型效率。

[0097] 同时,通过设置容纳定子绕组230的容纳槽220,将定子绕组230直接设在容纳槽220内,可降低定子绕组230的安装难度,并便于利用容纳槽220支撑定子绕组230,从而提高定子绕组230的位置稳定性,保证定子绕组230的工作性能。

[0098] 可选地,容纳槽220的槽壁设有绝缘骨架(图中未示出),绝缘骨架位于定子铁芯210与定子绕组230之间,绝缘骨架用于实现定子铁芯210与定子绕组230的绝缘配合,从而避免定子铁芯210与定子绕组230接触,以保证定子绕组230的工作性能。

[0099] 在一些实施例中,结合图1、图2和图3所示,动子组件100包括多个沿动子组件100

的移动方向顺序排布的永磁体110,定子组件200包括定子绕组230,永磁体110与定子绕组230耦合配合,从而使得动子组件100和定子组件200能够相互耦合,降低动子组件100和定子组件200的耦合难度,这样即可使得动子组件100和定子组件200之间能够通过相互作用而彼此影响,从而便于控制动子组件100往复移动,降低动子组件100的往复移动难度,保证直线电机1000的工作性能。

[0100] 在一些实施例中,第一齿部211和第二齿部212相互独立,以使得定子铁芯210整体可拼装而成,降低绕组的安装难度。

[0101] 在一些实施例中,第一齿部211与第二齿部212之间以及相邻两个第二齿部212之间固定连接,以使得定子铁芯210整体可拼装而成。

[0102] 需要说明的是,这里所说的固定连接可以是焊接、粘接等不可拆卸连接,也可以是螺栓连接、卡接等可拆卸连接,本实用新型不做具体限制。

[0103] 在一些实施例中,如图2所示,在动子组件100的移动方向上,同一个定子铁芯210的多个第二齿部212的齿宽相同。这里是指,同一个定子铁芯210的多个第二齿部212在动子组件100的移动方向上的齿宽相同,这样一方面可使得多个第二齿部212的结构尺寸一致,便于采用同一模具加工出多个第二齿部212,降低第二齿部212的成型难度,另一方面还可在一定程度上避免直线电机1000的齿槽力不平衡导致推力波动上升,从而实现减小直线电机1000的推力波动,保证直线电机1000的工作性能。

[0104] 在一些实施例中,如图2所示,在动子组件100的移动方向上,同一个定子铁芯210的第一齿部211的齿宽与第二齿部212的齿宽相同。也就是说,同一个定子铁芯210的第一齿部211在动子组件100的移动方向上的齿宽与第二齿部212在动子组件100的移动方向上的齿宽相同,可在一定程度上避免直线电机1000的齿槽力和端部力不平衡而导致直线电机1000的推力波动上升,从而实现减小直线电机1000的推力波动,保证直线电机1000的工作性能。

[0105] 同时,通过将同一个定子铁芯210的第一齿部211的齿宽设置成与第二齿部212的齿宽相同,因同一个定子铁芯210的多个第二齿部212的齿宽相同,因此可使得同一个定子铁芯210的两个第一齿部211和多个第二齿部212的齿宽均相同,以使得同一个定子铁芯210的齿槽力和端部力平衡,从而实现减小直线电机1000的推力波动,保证直线电机1000的工作性能。

[0106] 在一些实施例中,如图2所示,在动子组件100的移动方向上,多个定子铁芯210的第一齿部211的齿宽相同。也就是说,多个定子铁芯210的第一齿部211在动子组件100的移动方向上的齿宽相同。这样可使得多个定子铁芯210的第一齿部211的形状大小基本一致,防止多个定子铁芯210的端部力大小相差过大而导致相位差无法达到目标效果,从而使得多个定子铁芯210的端部力能够相互抵消,达到削弱直线电机1000推力波动的目的。

[0107] 可选地,如图2所示,在动子组件100的移动方向上,多个定子铁芯210的第二齿部212的齿宽相同。这样可使得多个定子铁芯210的第二齿部212的形状大小基本一致,防止多个定子铁芯210的齿槽力大小相差过大而导致相位差无法达到目标效果,从而使得多个定子铁芯210的齿槽力能够相互抵消,达到削弱直线电机1000推力波动的目的。

[0108] 在具体的示例中,如图2所示,在动子组件100的移动方向上,多个定子铁芯210的第一齿部211的齿宽和多个定子铁芯210的第二齿部212的齿宽均相同,以使得多个定子铁

芯210的端部力和齿槽力均能够相互抵消,达到削弱直线电机1000推力波动的目的,保证直线电机1000的工作性能。

[0109] 在一些实施例中,相邻两个定子铁芯210之间设有非导磁件(图中未示出)。这样在实现将相邻两个定子铁芯210设置成在动子组件100的移动方向上间隔设置的同时,还可起到隔断定子磁路的作用,以保证直线电机1000的工作性能。

[0110] 同时,还可利用非导磁件固定相邻两个定子铁芯210,使得相邻两个定子铁芯210位置稳定,以保证定子组件200的工作性能。

[0111] 其中,这里所说的非导磁件可以是铝、非导磁不锈钢、陶瓷或碳纤维等。

[0112] 当然,在其他的一些实施例中,相邻两个定子铁芯210之间也可直接填充空气,这样在使得相邻两个定子铁芯210间隔设置的同时,还可简化直线电机1000的结构,降低直线电机1000的制造成本以及装配难度。

[0113] 在一些实施例中,定子绕组230为盘式绕组。也就是说,定子绕组230形成为盘式结构,这样没有端部绕组,使得绕组的利用率高。

[0114] 在具体的示例中,盘式绕组先行绕制成型,然后再嵌套在定子铁芯210的容纳槽220内,以实现在定子组件200上设置定子绕组230,从而便于实现定子组件200和动子组件100的相互耦合。

[0115] 在一些实施例中,结合图2和图3所示,容纳槽220内设置有双层盘式绕组,双层盘式绕组之间通过绝缘件绝缘配合(绝缘件图中未示出),以保证定子绕组230的工作性能。

[0116] 在一些实施例中,如图2所示,在动子组件100的移动方向上,多个永磁体110的轴向尺寸之和大于位于轴向最外侧的两个定子铁芯210的背离彼此的轴向端面之间的最大距离。这里是指,当定子组件200包括多个间隔设置的定子铁芯210时,多个间隔设置的定子铁芯210具有位于定子组件200轴向最外侧的两个定子铁芯210,该两个定子铁芯210具有背离彼此的轴向端面,在动子组件100的移动方向上,多个永磁体110的轴向尺寸之和大于上述两个轴向端面的最大距离,其中,这里所说的两个轴向端面的最大距离也可以理解为图2中的 $L3+L1+L3$ ,以使得直线电机1000形成为短定子/长动子的结构形式,这样有利于减少用铜量,提高绕组的利用率,并降低铜损,从而保证直线电机1000的工作效率。

[0117] 当然,在其他的一些实施例中,也可在动子组件100的移动方向上,将位于轴向最外侧的两个定子铁芯210的背离彼此的轴向端面之间的最大距离设置成大于多个永磁体110的轴向尺寸之和(该示例图中未示出),这样也可确保动子组件100和定子组件200的耦合长度始终保持不变,以保证直线电机1000的工作性能。

[0118] 在一些实施例中,直线电机1000形成为圆筒型直线电机1000,圆筒型直线电机1000的结构相对闭合,密封性好且不存在单边磁拉力,以保证直线电机1000的工作性能。

[0119] 下面参考说明书附图描述本实用新型实施例的悬架系统2000。

[0120] 如图1所示,根据本实用新型实施例的一种悬架系统2000包括:直线电机1000。

[0121] 其中,直线电机1000为前述的直线电机1000,直线电机1000的具体结构在此不做赘述,直线电机1000的动子组件100和定子组件200的其中一个与车轮端连接,另一个与车身端连接。

[0122] 由上述结构可知,本实用新型实施例的悬架系统2000,通过采用前述的直线电机1000,以保证悬架系统2000的工作性能。

[0123] 在一些实施例中,定子组件200适于与车辆的车身端相连,动子组件100适于与车辆的车轮端相连,车轮在相对于车身上下移动的过程中,动子组件100相对于定子组件200移动,以缓冲路面传递的冲击,同时可隔离路面、轮胎输入的噪音,以保证车辆的舒适性。

[0124] 可选地,结合图1和图2所示,悬架系统2000包括支撑座300和连接臂700,直线电机1000的动子组件100的外壳120通过连接臂700与车辆的车轮端相连,直线电机1000的定子组件200通过支撑座300与车辆的车身端相连,从而实现将直线电机1000设于车辆,以便于利用直线电机1000提升车辆的舒适性。

[0125] 当然,在其他的一些实施例中,还可以是定子组件200通过连接臂700与车辆的车轮端相连,动子组件100通过支撑座300与车辆的车身端相连,本实用新型不做具体限制。

[0126] 在一些实施例中,如图1所示,悬架系统2000还包括保护套400,保护套400设在动子组件100的外壳120的外周并位于动子组件100和支撑座300之间。以便于利用保护套400保护动子组件100和定子组件200,延长直线电机1000的使用寿命,并保证直线电机1000的工作性能。

[0127] 可选地,保护套400采用防水和/或防尘材质制成,以使得保护套400形成为防尘罩和/或防水罩,从而避免灰尘、水渍等对直线电机1000造成干扰,保证直线电机1000的可靠性。

[0128] 在一些实施例中,保护套400的两端分别与动子组件100的外壳120和支撑座300固定连接。以实现保护套400与动子组件100、定子组件200的固定连接,便于利用动子组件100和定子组件200支撑保护套400,提高保护套400的位置稳定性,避免保护套400相对于动子组件100和定子组件200发生位置偏移,从而确保保护套400能够稳定设在动子组件100和支撑座300之间,使得利用保护套400能够有效保护动子组件100和定子组件200。

[0129] 在一些实施例中,如图1所示,悬架系统2000包括减振弹簧600和下托盘500,下托盘500设于动子组件100的外壳120的外周壁,支撑座300和下托盘500之间限定出用于放置减振弹簧600的放置空间。将减振弹簧600放置在放置空间内,以实现利用支撑座300和下托盘500配合固定减振弹簧600,这样当车辆受到路面激励且动子组件100进行上下伸缩运动时,以便于利用减振弹簧600实现缓冲吸振,同时减振弹簧600还可起到一定的阻尼作用,提升悬架系统2000的减振效果,从而提升车辆的舒适性。

[0130] 也就是说,本实用新型在动子组件100的外周壁上设置下托盘500主要用于形成放置减振弹簧600的放置空间,以确保减振弹簧600能够形成悬架系统2000的一部分,从而提升悬架系统2000的工作性能。

[0131] 在一些实施例中,如图1所示,减振弹簧600布置在支撑座300和下托盘500之间且减振弹簧600的上端与支撑座300止抵,减振弹簧600的下端与下托盘500止抵,这样在动子组件100移动的过程中,可压缩或拉伸减振弹簧600,以利用减振弹簧600提供部分阻尼力且承受部分振动冲击,提高车辆的舒适性。

[0132] 可选地,如图1所示,减振弹簧600套设在保护套400的外周,这样可使得本实用新型的动子组件100和支撑座300之间不仅配合有保护套400还配合有减振弹簧600,以使直线电机1000的空间利用率明显提高,增强直线电机1000的紧密性。

[0133] 下面描述本实用新型实施例的车辆。

[0134] 根据本实用新型实施例的一种车辆包括:悬架系统2000。

[0135] 其中,悬架系统2000为前述的悬架系统2000,悬架系统2000的具体结构在此不做赘述。

[0136] 由上述结构可知,本实用新型实施例的车辆,通过采用前述的悬架系统2000,可有效提升车辆行驶的平顺性,保证驾乘体验。

[0137] 在本实用新型的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本实用新型中的具体含义。

[0138] 图2中显示了两个定子铁芯210用于示例说明的目的,但是普通技术人员在阅读了上面的技术方案之后、显然可以理解将该方案应用到四个、六个或者更多个定子铁芯210的技术方案中,这也落入本实用新型的保护范围之内。

[0139] 根据本实用新型实施例的直线电机1000、悬架系统2000及车辆的其他构成例如直线电机1000的其他结构以及工作原理等对于本领域普通技术人员而言都是已知的,这里不再详细描述。

[0140] 在本说明书的描述中,参考术语“实施例”、“示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本实用新型的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0141] 尽管已经示出和描述了本实用新型的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本实用新型的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本实用新型的范围由权利要求及其等同物限定。

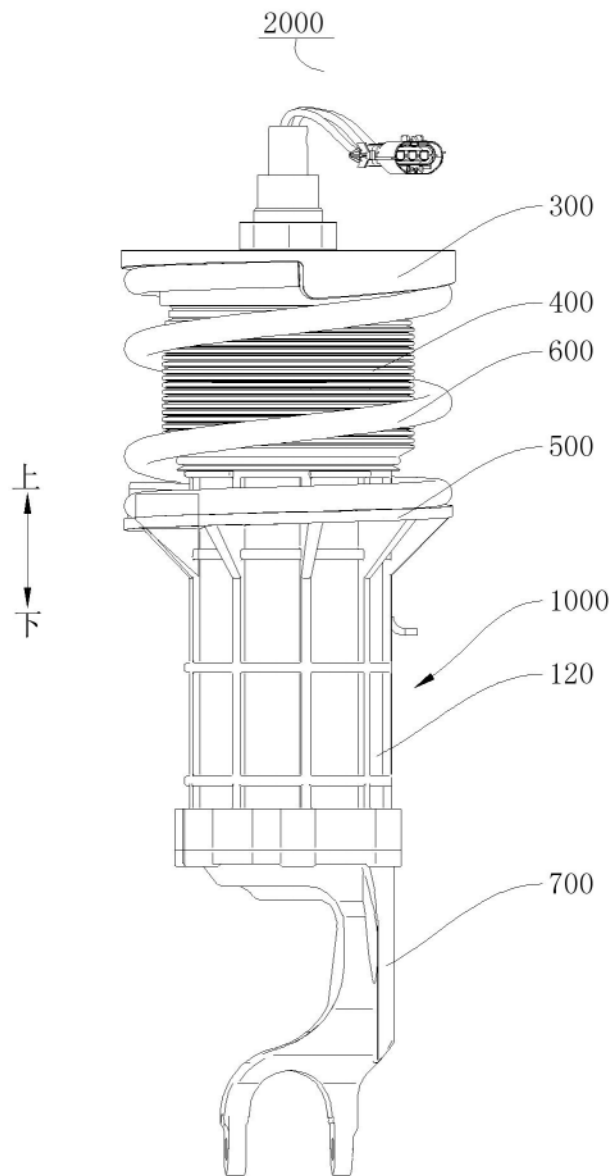


图1

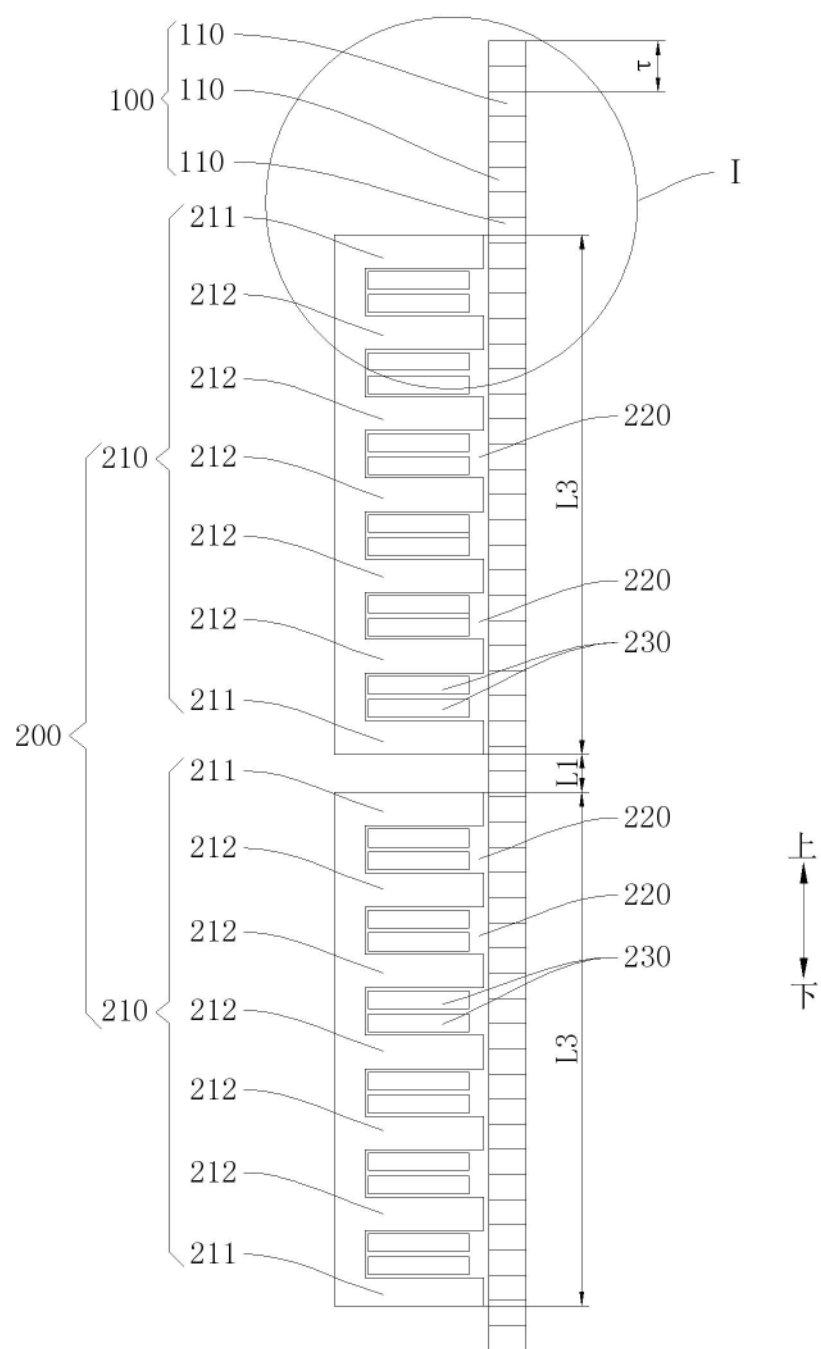


图2

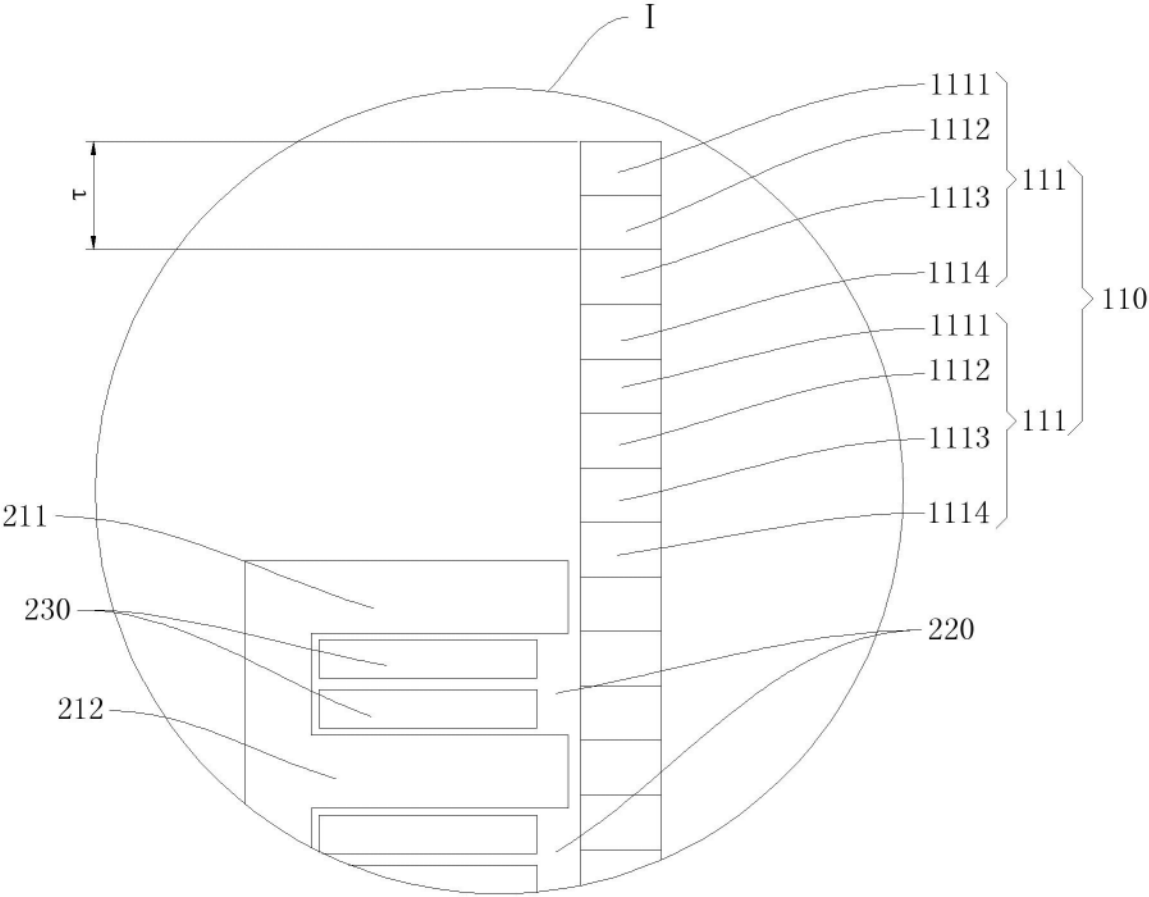


图3

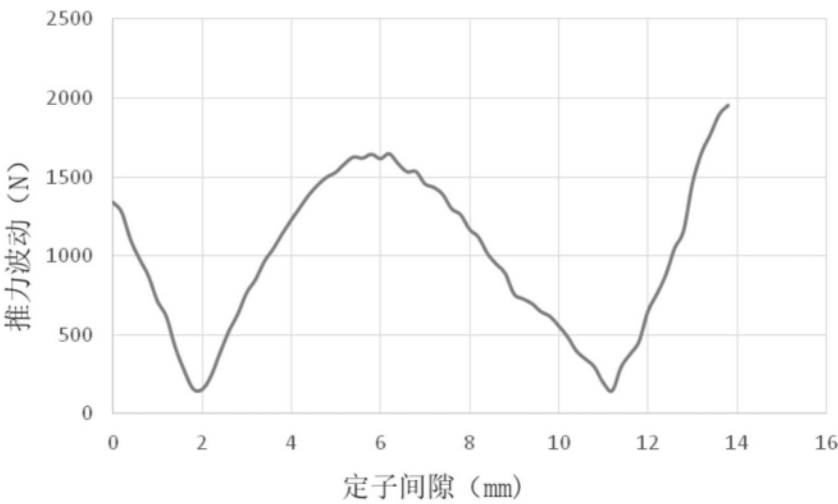


图4

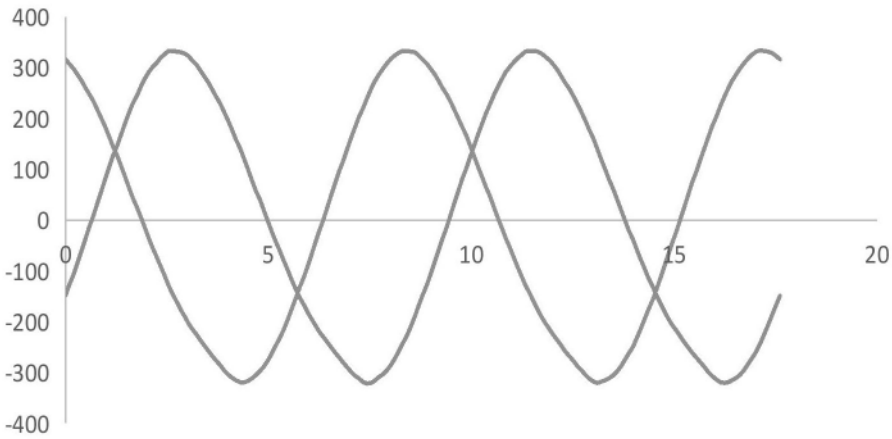


图5

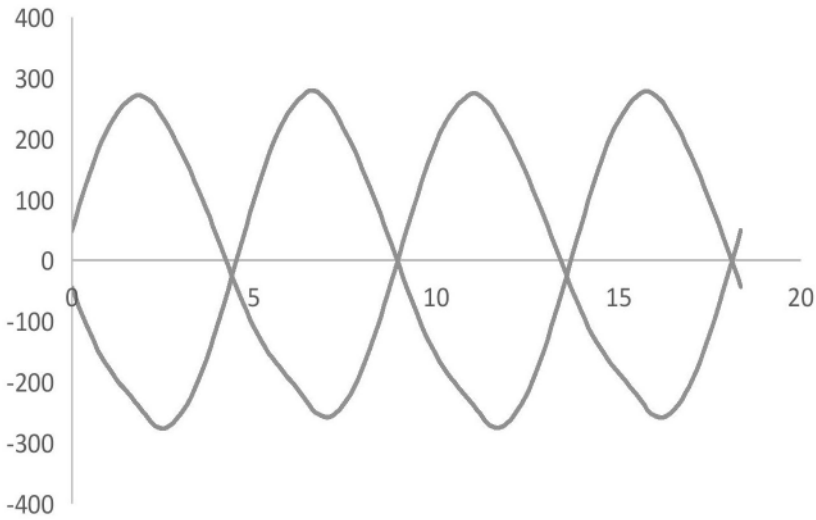


图6

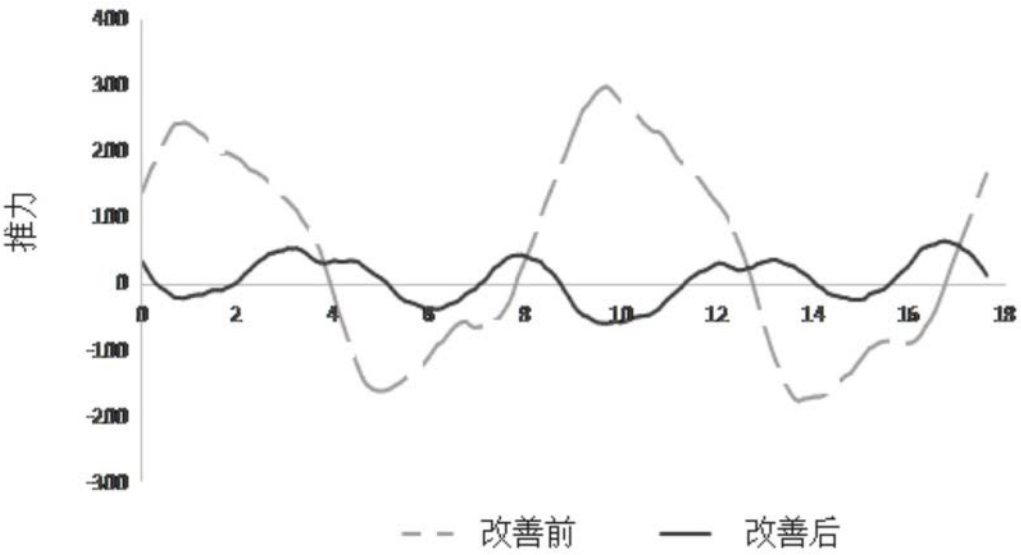


图7