

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022年3月24日 (24.03.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/057202 A1

- (51) 国际专利分类号:
B61F 5/24 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/077341
- (22) 国际申请日: 2021年2月23日 (23.02.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202010990343.2 2020年9月18日 (18.09.2020) CN
- (71) 申请人: 中车青岛四方机车车辆股份有限公司(CRRC QINGDAO SIFANG CO., LTD.) [CN/CN]; 中国山东省青岛市城阳区锦宏东路88号, Shandong 266111 (CN)。
- (72) 发明人: 张振先(ZHANG, Zhenxian); 中国山东省青岛市城阳区锦宏东路88号, Shandong 266111 (CN)。
- (74) 代理人: 北京路浩知识产权代理有限公司(CN-KNOWHOW INTELLECTUAL PROPERTY AGENT LIMITED); 中国北京市海淀区苏州街29号维亚大厦12层12130室, Beijing 100080 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: RAIL VEHICLE TILTING SYSTEM, TILTING CONTROL METHOD AND RAIL VEHICLE

(54) 发明名称: 轨道车辆倾摆系统、倾摆控制方法及轨道车辆

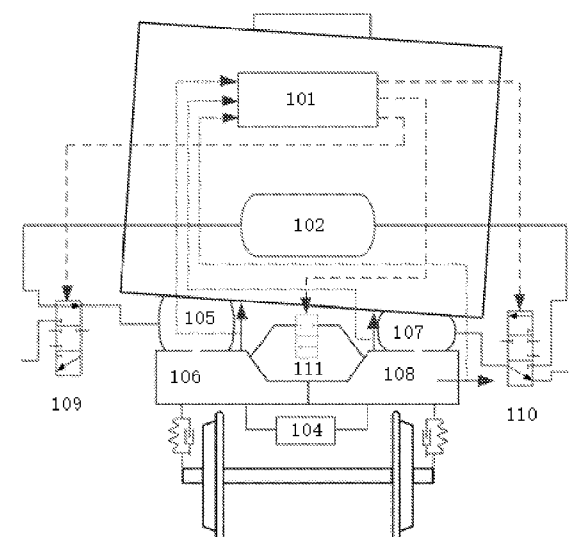


图 1

(57) Abstract: A rail vehicle tilting system, comprising a controller (101), a high-pressure air cylinder (102), a left side air spring (105), a right side air spring (107), a left side additional air chamber (106), a right side additional air chamber (108), a first three-position electromagnetic proportional flow valve (109), a second three-position electromagnetic proportional flow valve (110), a sensor, a differential pressure valve (104) and a two-position switch valve (111). The left side air spring (105) is in communication with the left side additional air chamber (106); the right side air spring (107) is in communication with the right side additional air chamber (108); the sensor is used for collecting data of a rail vehicle during running, and transmitting the collected data to the controller (101); the controller



WO 2022/057202 A1

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(101) controls, according to data collected by the sensor, the first three-position electromagnetic proportional flow valve (109) and the second three-position electromagnetic proportional flow valve (110); the differential pressure valve (104) is used for enabling the left side additional air chamber (106) to be in communication with the right side additional air chamber (108); and the two-position switch valve (111) is respectively in communication with the left side additional air chamber (106) and the right side additional air chamber (108) by means of pipelines. Also disclosed are a rail vehicle tilting control method and a rail vehicle.

(57) 摘要: 一种轨道车辆倾摆系统, 包括控制器(101)、高压风缸(102)、左侧空气弹簧(105)、右侧空气弹簧(107)、左侧附加气室(106)、右侧附加气室(108)、第一三位电磁比例流量阀(109)、第二三位电磁比例流量阀(110)、传感器、差压阀(104)以及二位开关阀(111); 其中, 左侧空气弹簧(105)与左侧附加气室(106)连通, 右侧空气弹簧(107)与右侧附加气室(108)连通; 传感器用于采集轨道车辆在行驶时的数据, 并将所采集的数据传输给控制器(101); 控制器(101)根据传感器()所采集的数据, 对第一三位电磁比例流量阀(109)以及第二三位电磁比例流量阀(110)进行控制; 差压阀(104)用于连通左侧附加气室(106)和右侧附加气室(108); 二位开关阀(111)通过管路分别与左侧附加气室(106)与右侧附加气室(108)连通。及一种轨道车辆倾摆控制方法和一种轨道车辆。

轨道车辆倾摆系统、倾摆控制方法及轨道车辆

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2020 年 09 月 18 日提交的申请号为 2020109903432，发明
5 名称为“轨道车辆倾摆系统、倾摆控制方法及轨道车辆”的中国专利申请的
优先权，其通过引用方式全部并入本公开。

技术领域

本申请涉及铁道交通技术领域，尤其涉及一种轨道车辆倾摆系统、倾
摆控制方法及轨道车辆。

10 背景技术

轨道车辆在曲线路段上行驶时，所产生的离心力会使乘客感觉不适，
严重时甚至会造成倾覆事故。

为此，现有技术中一般会将外轨抬高到一定的程度，利用车体重力产
生的向心分力（向心力）来平衡离心力。这一做法也被称为外轨超高。

15 但铁路在铺设时会受到自然条件的约束，在一些困难路段，外轨超高
往往不足，限制了轨道车辆曲线通过的速度，降低了运输效率。另外，既
有线路提速运行也同样面临着超高不足的问题。这使得曲线通过时产生的
离心力常常无法被完全平衡，未平衡离心力产生的离心加速度会对乘客的
乘坐舒适度带来不利影响。

20 摆式列车可以使得车体相对于轨道平面产生一定角度的摆动，一定程
度上降低未平衡的离心加速度，提高乘坐舒适性。既有的摆式列车一般需
要在二系悬挂设置复杂的倾摆系统，可靠性较低，成本较高。

发明内容

针对现有技术存在的问题，本申请实施例提供一种轨道车辆倾摆系统、
25 倾摆控制方法及轨道车辆。

本申请第一方面实施例提供一种轨道车辆倾摆系统，包括：控制器 101、
高压风缸 102、左侧空气弹簧 105、右侧空气弹簧 107、左侧附加气室 106、
右侧附加气室 108、第一三位电磁比例流量阀 109、第二三位电磁比例流

量阀 110、传感器、差压阀 104 以及二位开关阀 111；其中，

所述左侧空气弹簧 105 与所述左侧附加气室 106 连通，所述右侧空气弹簧 107 与所述右侧附加气室 108 连通；

所述传感器用于采集轨道车辆在行驶时的数据，并将所采集的数据传输给控制器 101；所述控制器 101 根据传感器所采集的数据，对第一三位电磁比例流量阀 109 以及第二三位电磁比例流量阀 110 进行控制，以使得所述高压风缸 102 中的高压气体分别通过所述第一三位电磁比例流量阀 109 以及第二三位电磁比例流量阀 110 充入所述左侧空气弹簧 105 和右侧空气弹簧 107，或使得所述左侧空气弹簧 105 和右侧空气弹簧 107 内部的气体分别通过所述第一三位电磁比例流量阀 109 以及第二三位电磁比例流量阀 110 释放到大气中；

所述差压阀 104 用于连通所述左侧附加气室 106 和右侧附加气室 108；所述二位开关阀 111 通过管路分别与所述左侧附加气室 106 与右侧附加气室 108 连通。

上述技术方案中，所述传感器包括加速度传感器以及空气弹簧高度检测传感器；其中，

所述加速度传感器安装在轨道车辆的构架侧梁上；

所述空气弹簧高度检测传感器安装在所述左侧空气弹簧 105 以及所述右侧空气弹簧 107 的邻近位置。

上述技术方案中，还包括：第三三位电磁阀 112 和第四三位电磁阀 113；其中，

所述第三三位电磁阀 112 分别与所述高压风缸 102、左侧空气弹簧 105 以及大气连通；所述第四三位电磁阀 113 分别与所述高压风缸 102、右侧空气弹簧 107 以及大气连通；所述第三三位电磁阀 112 和第四三位电磁阀 113 的开启与闭合均受到所述控制器 101 的控制。

上述技术方案中，所述第三三位电磁阀 112 为三位电磁开关阀或三位电磁比例流量阀；或

所述第四三位电磁阀 113 为三位电磁开关阀或三位电磁比例流量阀。

本申请第二方面实施例提供基于本申请第一方面实施例所述的轨道车辆倾摆系统所实现的倾摆控制方法，包括：

步骤 S11、所述控制器 101 接收所述加速度传感器采集的构架的实时未平衡离心加速度，将所述构架的实时未平衡离心加速度与预设的未平衡离心加速度阈值进行比较；

5 步骤 S12、当所述构架的实时未平衡离心加速度大于预设的未平衡离心加速度阈值时，根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及右侧空气弹簧 107 的实时高度值，生成第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令，实现对左侧空气弹簧 105 以及右侧空气弹簧 107 的充气或排气操作，以完成倾摆动作。

10 上述技术方案中，所述根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及右侧空气弹簧 107 的实时高度值，生成第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令，具体包括：

15 根据所述构架的实时未平衡离心加速度计算轨道车辆车体的倾摆角度；

根据所述轨道车辆车体的倾摆角度计算左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度差目标值；

20 根据所述左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度差目标值计算左侧空气弹簧的高度变化目标值、右侧空气弹簧的高度变化目标值以及左侧空气弹簧的高度变化速度值、右侧空气弹簧的高度变化速度值；

25 根据所接收到的左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及右侧空气弹簧 107 的实时高度值，结合左侧空气弹簧的高度变化目标值、右侧空气弹簧的高度变化目标值以及左侧空气弹簧的高度变化速度值、右侧空气弹簧的高度变化速度值，生成第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令。

上述技术方案中，所述根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及右侧空气弹簧 107 的实时高度值，生成第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令，具体包括：

30 根据所述构架的实时未平衡离心加速度计算构架的实时未平衡离心

加速度的变化率；根据所述构架的实时未平衡离心加速度的变化率得到左侧空气弹簧 105 的前馈控制量以及右侧空气弹簧 107) 的前馈控制量；

根据所述构架的实时未平衡离心加速度计算左侧空气弹簧 105 的高度目标值以及右侧空气弹簧 107 的高度目标值；

- 5 根据左侧空气弹簧 105 的实时高度值与左侧空气弹簧 105 的高度目标值，确定左侧空气弹簧 105 的反馈控制量；以及根据右侧空气弹簧 107 的实时高度值与右侧空气弹簧 107 的高度目标值，确定右侧空气弹簧 107 的反馈控制量；

- 10 根据所述左侧空气弹簧 105 的反馈控制量与所述左侧空气弹簧 105 的前馈控制量生成第一三位电磁比例流量阀 109 的控制指令；以及根据所述右侧空气弹簧 107 的反馈控制量与所述右侧空气弹簧 107 的前馈控制量生成第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令。

上述技术方案中，还包括：

当轨道车辆驶离曲线路段后，平衡左右两侧空气弹簧；具体包括：

- 15 当轨道车辆出缓和曲线时，构架的实时未平衡离心加速度逐渐减小，外侧空气弹簧开始排气下降；当两侧空气弹簧高度偏差值相等时，打开二位控制开关阀，使得外侧空气弹簧内的空气流入内侧空气弹簧，左右两侧空气弹簧恢复至平衡状态；其中，

- 20 所述外侧空气弹簧为左侧空气弹簧 105 与右侧空气弹簧 107 中高度相对较高的空气弹簧，所述内侧空气弹簧为左侧空气弹簧 105 与右侧空气弹簧 107 中高度相对较低的空气弹簧；所述空气弹簧高度偏差值为空气弹簧实时高度值与空气弹簧高度目标值之间的差值。

上述技术方案中，还包括：

- 25 步骤 S21、当所述构架的实时未平衡离心加速度小于或等于预设的未平衡离心加速度阈值时，所述控制器 101 接收所述左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及所述右侧空气弹簧 107 的实时高度值，根据所述左侧空气弹簧 105 的实时高度值计算第一高度偏差值，根据所述右侧空气弹簧 107 的实时高度值计算第二高度偏差值；

- 30 步骤 S22、将所述第一高度偏差值与预设的第一区间进行比较，当所述第一高度偏差值超出所述第一区间的范围，通过控制所述第一三位电磁

比例流量阀 109 对所述左侧空气弹簧 105 的高度进行调节；以及，对所述第二高度偏差值与预设的第二区间进行比较，当所述第二高度偏差值超出所述第二区间的范围，通过控制所述第二三位电磁比例流量阀 110 对所述右侧空气弹簧 107 的高度进行调节。

5 本申请第三方面实施例提供一种轨道车辆，包括：

本申请第一方面实施例所述的轨道车辆倾摆系统。

本申请实施例提供的轨道车辆倾摆系统、倾摆控制方法及轨道车辆，可根据轨道车辆在运行时的状态，调节左右两侧空气弹簧的高度差，从而调节倾摆角度，有助于平衡轨道车辆在曲线路段运行时所产生的离心力。

10 附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

15 图 1 为本申请实施例提供的轨道车辆倾摆系统的结构示意图；

图 2 为加速度传感器的安装示意图；

图 3 为本申请另一实施例提供的轨道车辆倾摆系统的示意图；

图 4 为本申请实施例提供的倾摆控制方法的流程图；

20 图 5 为本申请实施例提供的轨道车辆倾摆控制方法中的前馈控制与反馈控制相结合的控制方式的示意图。

具体实施方式

为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。

25 基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

图 1 为本申请实施例提供的轨道车辆倾摆系统的结构示意图，如图 1 所示，本申请实施例提供的轨道车辆倾摆系统包括：控制器 101、高压风缸 102、空气压缩机（未在图 1 中示出）、空气弹簧、三位电磁比例流量

阀、传感器、差压阀 104、附加气室以及二位开关阀 111；其中，所述空气弹簧包括左侧空气弹簧 105 和右侧空气弹簧 107，所述附加气室包括左侧附加气室 106 和右侧附加气室 108，所述三位电磁比例流量阀包括第一三位电磁比例流量阀 109 以及第二三位电磁比例流量阀 110；所述空气压缩机向所述高压风缸 102 提供高压气体，所述高压风缸 102 分别通过第一三位电磁比例流量阀 109 以及第二三位电磁比例流量阀 110 将高压气体充入所述左侧空气弹簧 105 和右侧空气弹簧 107；所述左侧空气弹簧 105 和右侧空气弹簧 107 还分别通过第一三位电磁比例流量阀 109 以及第二三位电磁比例流量阀 110 将内部的气体释放到大气中；左侧空气弹簧 105 与左侧附加气室 106 连通，所述右侧空气弹簧 107 与右侧附加气室 108 连通；差压阀 104 用于连通左侧附加气室 106 和右侧附加气室 108，在需要时用于实现左侧附加气室 106 和右侧附加气室 108 内部的气压平衡；二位开关阀 111 通过管路分别与左侧附加气室 106 与右侧附加气室 108 连通；所述传感器用于采集轨道车辆在行驶时的数据，并将所采集的数据传输给控制器 101；所述控制器 101 根据传感器所采集的数据，对第一三位电磁比例流量阀 109 以及第二三位电磁比例流量阀 110 进行控制。

下面对轨道车辆倾摆系统中的各个部件做进一步的说明。

所述左侧空气弹簧 105 安装在轨道车辆车体的左侧下方。左侧空气弹簧 105 和左侧附加气室 106 连通，气体可在左侧附加气室 106 与左侧空气弹簧 105 之间流动。

所述右侧空气弹簧 107 安装在轨道车辆车体的右侧下方。右侧空气弹簧 107 和右侧附加气室 108 连通，气体可在右侧附加气室 108 与右侧空气弹簧 107 之间流动。

所述左侧空气弹簧 105 与所述右侧空气弹簧 107 各自有多个。例如，在一个轨道车辆的车厢中包括有四个空气弹簧，其中，包括两个左侧空气弹簧 105，包括两个右侧空气弹簧 106。

所述第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 分别与控制器 101 电连接，所述第一三位电磁比例流量阀 109 和/或第二三位电磁比例流量阀 110 在控制器 101 的控制下，对气体流向（向空气弹簧充气或放气）以及气体流量进行调节。

具体的说，所述第一三位电磁比例流量阀 109 具有三个气体出入口，其中的第一气体出入口与高压风缸 102 连通，第二气体出入口通过排气管与大气连通，第三气体出入口通过管路与左侧空气弹簧 105 连通。当需要向左侧空气弹簧充气时，在控制器 101 的控制下，第一气体出入口与第三气体出入口连通，由于高压风缸 102 中的气压更大，因此，气体可从高压风缸 102 向左侧空气弹簧 105 流动，实现对左侧空气弹簧 105 充气。当需要封闭左侧空气弹簧时，在控制器 101 的控制下，三个气体出入口均不连通，维持左侧空气弹簧内的气体稳定。当需要为左侧空气弹簧放气时，在控制器 101 的控制下，第二气体出入口与第三气体出入口连通，由于左侧空气弹簧内的气压更大，因此，气体可从左侧空气弹簧 105 向大气流动，实现对左侧空气弹簧 105 的放气。

所述第二三位电磁比例流量阀 110 有三个气体出入口，其中的第一气体出入口与高压风缸 102 连通，第二气体出入口通过排气管与大气连通，第三气体出入口通过管路与右侧空气弹簧 107 连通。利用第二三位电磁比例流量阀 110 可实现对右侧空气弹簧的充气、放气以及封闭。具体实现过程与第一三位电磁比例流量阀 109 对左侧空气弹簧的实现过程类似，不在此处重复。

所述第一三位电磁比例流量阀 109 的数量与所述左侧空气弹簧 105 的数量相对应；所述第二三位电磁比例流量阀 110 的数量与所述右侧空气弹簧 107 的数量相对应。

所述传感器包括有加速度传感器以及空气弹簧高度检测传感器。

图 2 为加速度传感器的安装示意图，如图 2 所示，加速度传感器安装在轨道车辆的构架侧梁上，用于检测构架的未平衡离心加速度。

所述空气弹簧高度检测传感器用于检测空气弹簧高度。由于每个空气弹簧的高度可能会有差异，因此需要为每个空气弹簧设置一个高度检测传感器。作为一种优选实现方式，空气弹簧高度检测传感器采用非接触式角度传感器，以降低磨损，提高可靠性。

差压阀 104 通过管路分别与左侧附加气室 106 与右侧附加气室 108 连通。在本申请实施例中，差压阀 104 作为整个系统的安全部件，其开启压力被设置成一个较高值（如 250 ± 20 kPa），在正常情况下，即使轨道车

辆处于最大倾摆状态时，差压阀 104 仍处于关闭状态；而在故障状态下，如一侧空气弹簧完全失气，则两侧空气弹簧的压差达到差压阀 104 的开启阈值，差压阀 104 自动打开，一定程度地降低两侧空气弹簧高度差，保证列车运行安全。

5 差压阀 104 作为整个系统的安全部件，只有在最不利的故障工况下才会被打开，以紧急平衡左侧附加气室 106 与右侧附加气室 108 之间的气压差。而二位开关阀 111 则是一个常规部件，在轨道车辆进入缓和曲线的路段和圆曲线的路段上时（轨道车辆在曲线路段上行驶时，路段的变化情况为：直线-进缓和曲线-圆曲线-出缓和曲线-直线），二位开关阀 111 关闭，
10 使两侧气囊保持高度差；在轨道车辆出缓和曲线的路段时，二位开关阀 111 打开，使两侧气囊迅速恢复至相同高度。直线运行时，二位开关阀 111 也是关闭的。

本申请实施例提供的轨道车辆倾摆系统可根据轨道车辆在运行时的状态，调节左右两侧空气弹簧的高度差，从而调节倾摆角度，有助于平衡
15 轨道车辆在曲线路段运行时所产生的离心力。

基于上述任一实施例，图 3 为本申请另一实施例提供的轨道车辆倾摆系统的示意图，如图 3 所示，本申请另一实施例提供的轨道车辆倾摆系统还包括：第三三位电磁阀 112 和第四三位电磁阀 113；其中，

第三三位电磁阀 112 分别与高压风缸 102、左侧空气弹簧 105 以及大
20 气连通；所述第四三位电磁阀 113 分别与高压风缸 102、右侧空气弹簧 107 以及大气连通；所述第三三位电磁阀 112 和第四三位电磁阀 113 的开启与闭合均受到所述控制器 101 的控制。

在本申请实施例中，为轨道车辆倾摆系统添加了第三三位电磁阀 112 和第四三位电磁阀 113。第三三位电磁阀 112 与第一三位电磁比例流量阀
25 109 并联，通过与第一三位电磁比例流量阀 109 的协同工作，能够加快左侧空气弹簧 105 的充气或排气速度。第四三位电磁阀 113 与第二三位电磁比例流量阀 110 并联，通过与第二三位电磁比例流量阀 110 的协同工作，能够加快右侧空气弹簧 107 的充气或排气速度。

第三三位电磁阀 112 和第四三位电磁阀 113 可采用三位电磁开关阀，
30 也可以采用三位电磁比例流量阀。具体可根据实际需要进行选择。

本申请实施例提供的轨道车辆倾摆系统通过增加电磁阀，可加快空气弹簧的充气 and 排气速度，有利于迅速调节轨道车辆状态，降低离心力对乘客舒适度的影响。

5 基于上述任一实施例，图 4 为本申请实施例提供的倾摆控制方法的流程图，如图 4 所示，本申请实施例提供的倾摆控制方法，包括：

步骤 401、控制器 101 接收构架的实时未平衡离心加速度，将所述构架的实时未平衡离心加速度与预设的未平衡离心加速度阈值进行比较。

在本步骤中，构架的实时未平衡离心加速度由设置在轨道车辆构架侧梁上的加速度传感器采集并传输给控制器 101。

10 未平衡离心加速度阈值反映了轨道车辆允许的最大未平衡离心加速度。当构架的实时未平衡离心加速度小于这一阈值时，认为轨道车辆运行在直线或具有足够超高的曲线上，系统进入高度调节模式。当构架的实时未平衡离心加速度大于或等于这一阈值时，认为轨道车辆的离心加速度有待平衡，系统进入主动倾摆模式。在本申请实施例中，将对主动倾摆模式的实现过程做进一步的说明。

15 步骤 402、当所述构架的实时未平衡离心加速度大于预设的未平衡离心加速度阈值时，根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及右侧空气弹簧 107 的实时高度值，生成第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令，实现对左侧空气弹簧 105 以及右侧空气弹簧 107 的充气或排气操作，以完成倾摆动

20 作。

当所述构架的实时未平衡离心加速度大于预设的未平衡离心加速度阈值时，轨道车辆进入主动倾摆模式。

25 在主动倾摆模式下，根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及右侧空气弹簧 107 的实时高度值，可生成第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令，实现对左侧空气弹簧 105 以及右侧空气弹簧 107 的充气或排气操作，以完成倾摆动作。在本申请的其他实施例中，将对控制指令的具体生成过程做进一步说明。

30 本申请实施例提供的轨道车辆倾摆控制方法可根据轨道车辆在运行

时的状态，调节左右两侧空气弹簧的高度差，从而调节倾摆角度，有助于平衡轨道车辆在曲线路段运行时所产生的离心力。

基于上述任一实施例，在本申请实施例中，所述根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及右侧空气弹簧 107 的实时高度值，生成第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令，具体包括：

根据所述构架的实时未平衡离心加速度计算轨道车辆车体的倾摆角度；

根据所述轨道车辆车体的倾摆角度计算左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度差目标值；

根据所述左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度差目标值计算左侧空气弹簧的高度变化目标值、右侧空气弹簧的高度变化目标值以及左侧空气弹簧的高度变化速度值、右侧空气弹簧的高度变化速度值；

根据所接收到的左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及右侧空气弹簧 107 的实时高度值，结合左侧空气弹簧 105 的高度变化目标值、右侧空气弹簧 107 的高度变化目标值以及左侧空气弹簧 105 的高度变化速度值、右侧空气弹簧 107 的高度变化速度值，生成第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令。

具体的说，在本申请实施例中，根据构架的实时未平衡离心加速度，可采用如下公式计算轨道车辆车体的倾摆角度：

$$\theta_{ref} = \frac{a_{nc} - a_{nc0}}{g} ;$$

其中， θ_{ref} 为轨道车辆车体的倾摆角度； a_{nc} 为构架的实时未平衡离心加速度； a_{nc0} 为允许最大未平衡离心加速度，其为预设值； g 为重力加速度。

根据轨道车辆车体的倾摆角度，可进一步计算左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度差目标值，相关计算公式如下：

$$\Delta z = 2b \cdot \theta_{ref};$$

其中， Δz 表示左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度差目标值； $2b$ 为左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的横向跨距，该值为实际可测量值。

假设左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的当前高度值都处于同一个基准值。左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度差目标值可进一步分解为左侧空气弹簧的高度变化目标值与右侧空气弹簧的高度变化目标值。

以左侧空气弹簧抬升，右侧空气弹簧降低为例：

$$5 \quad \Delta Z = \Delta Z_L + \Delta Z_R;$$

在该公式中， ΔZ_L 表示左侧空气弹簧的抬升高度目标值， ΔZ_R 表示右侧空气弹簧的降低高度目标值。

ΔZ_R 的具体的计算公式为：

$$\Delta Z_R = \begin{cases} \frac{\Delta Z}{2}, & \Delta Z \leq 2 \times \Delta Z_{R,max} \\ \Delta Z_{R,max}, & \Delta Z > 2 \times \Delta Z_{R,max} \end{cases};$$

10 其中， $\Delta Z_{R,max}$ 表示右侧空气弹簧允许的最大降低高度，该值为预知值。
 ΔZ_L 的具体的计算公式为：

$$\Delta Z_L = \begin{cases} \Delta Z - \Delta Z_R, & \Delta Z \leq \Delta Z_{R,max} + \Delta Z_{L,max} \\ \Delta Z_{L,max}, & \Delta Z > \Delta Z_{R,max} + \Delta Z_{L,max} \end{cases};$$

其中， $\Delta Z_{L,max}$ 表示左侧空气弹簧允许的最大抬升高度，该值为预知值。

15 在得到左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度变化目标值以后，可以对高度变化目标值求微分，得到高度变化速度值。

在得到左侧空气弹簧的高度变化目标值、右侧空气弹簧的高度变化目标值以及左侧空气弹簧的高度变化速度值、右侧空气弹簧的高度变化速度值之后，根据这些值并结合左侧空气弹簧的实时高度值以及右侧空气弹簧的实时高度值，可为第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 分别生成对应的控制指令。

20 本申请实施例提供的轨道车辆倾摆控制方法根据轨道车辆构架的实时未平衡离心加速度计算轨道车辆车体的倾摆角度，进而计算空气弹簧的高度变化目标值、高度变化速度值，最终为三位电磁比例流量阀生成控制指令，这有助于对轨道车辆倾摆的精准控制，有助于平衡轨道车辆在曲线路段运行时所产生的离心力。

基于上述任一实施例，在本申请实施例中，所述根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及右侧空气弹簧 107 的实时高度值，生成第一三位电磁比例流量阀 109 与第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令，具体包括：

5 根据所述构架的实时未平衡离心加速度计算构架的实时未平衡离心加速度的变化率；根据所述构架的实时未平衡离心加速度的变化率得到前馈控制量；

根据所述构架的实时未平衡离心加速度计算左侧空气弹簧 105 的高度目标值以及右侧空气弹簧 107 的高度目标值；

10 根据左侧空气弹簧 105 的实时高度值与左侧空气弹簧 105 的高度目标值，确定左侧空气弹簧 105 的反馈控制量；以及根据右侧空气弹簧 107 的实时高度值与右侧空气弹簧 107 的高度目标值，确定右侧空气弹簧 107 的反馈控制量；

15 根据所述左侧空气弹簧 105 的反馈控制量与所述前馈控制量生成第一三位电磁比例流量阀 109 的控制指令；以及根据所述右侧空气弹簧 107 的反馈控制量与所述前馈控制量生成第二三位电磁比例流量阀 110 的控制指令。

20 在本申请之前的实施例中，从理论上描述了如何根据轨道车辆构架的实时未平衡离心加速度计算轨道车辆车体的倾摆角度，进而计算空气弹簧的高度变化目标值、高度变化速度值，最终为三位电磁比例流量阀生成控制指令。但在实际操作中，由于外界干扰及数据处理过程中时延的原因，使得控制精度和实时性都受到较大影响。因此在本申请实施例中，为电磁比例流量阀生成控制指令的过程可采用前馈控制量与反馈控制量相结合的方式。

25 图 5 为本申请实施例提供的轨道车辆倾摆控制方法中的前馈控制与反馈控制相结合的控制方式的示意图。如图 5 所示，根据构架的实时未平衡离心加速度 a_{nc} ，计算得到构架的实时未平衡离心加速度的变化率 a'_{nc} （即实时未平衡离心加速度的微分值），前馈控制器根据构架的实时未平衡离心加速度的变化率 a'_{nc} 得到左（右）侧空气弹簧的前馈控制量 s_{ff} （如将实时未平衡离心加速度的变化率 a'_{nc} 乘以一个实验测得的比例系数，得到前

30

馈控制量 s_{ff}),与此同时,将左(右)侧空气弹簧的实际高度值 z_f 与左(右)侧空气弹簧的高度目标值 z_{ref} (可由高度变化目标值与空气弹簧的高度基准值得到)进行比较,如果两者之间的差值 e 超出了预设的区间范围(阈值),则反馈控制器根据经过阈值判断后的差值 e_c 生成反馈控制量 s_{fb} (如采用PID算法得到),由所述反馈控制量 s_{fb} 与前馈控制量 s_{ff} 得到最终的控制量 s ($s = s_{fb} + s_{ff}$)。根据所述控制量 s 控制左(右)侧空气弹簧的充气或排气操作,直至左(右)侧空气弹簧的实际高度值与左(右)侧空气弹簧的高度目标值之间的差值在预设的区间范围内,从而实现轨道车辆的倾摆动作。

10 前馈控制是一种预测控制的方法,能够根据观测量的变化趋势,补偿下一时刻的控制信号,使得实际控制信号更接近于理想值。

本申请实施例提供的轨道车辆倾摆控制方法将前馈控制与反馈控制相结合,从而生成电磁比例流量阀的控制指令。这样做有助于提高响应速度。

15 基于上述任一实施例,在本申请实施例中,所述方法还包括:

当轨道车辆驶离曲线路段后,平衡左右两侧空气弹簧。

当轨道车辆出缓和曲线时,构架的实时未平衡离心加速度逐渐减小,外侧空气弹簧开始排气下降。当两侧空气弹簧高度偏差值相等时,打开二位控制开关阀,使得外侧空气弹簧内的空气流入内侧空气弹簧,左右两侧空气弹簧恢复至平衡状态。

20 本领域技术人员很容易理解,本申请实施例所述的外侧空气弹簧为左侧空气弹簧105与右侧空气弹簧107中高度相对较高的空气弹簧,所述内侧空气弹簧为左侧空气弹簧105与右侧空气弹簧107中高度相对较低的空气弹簧。空气弹簧高度偏差值为空气弹簧实时高度值与空气弹簧高度目标值之间的差值。

25 本申请实施例提供的轨道车辆倾摆控制方法可根据轨道车辆在运行时的状态,调节左右两侧空气弹簧的高度差,从而调节倾摆角度,有助于平衡轨道车辆在曲线路段运行时所产生的离心力。

基于上述任一实施例,在本申请实施例中,方法还包括:

30 当所述构架的实时未平衡离心加速度小于或等于预设的未平衡离心

加速度阈值时，所述控制器 101 接收所述左侧空气弹簧 105 的实时高度值以及所述右侧空气弹簧 107 的实时高度值，根据所述左侧空气弹簧 105 的实时高度值计算第一高度偏差值，根据所述右侧空气弹簧 107 的实时高度值计算第二高度偏差值；

5 将所述第一高度偏差值与预设的第一区间进行比较，当所述第一高度偏差值超出所述第一区间的范围，通过控制所述第一三位电磁比例流量阀 109 对所述左侧空气弹簧 105 的高度进行调节；以及，对所述第二高度偏差值与预设的第二区间进行比较，当所述第二高度偏差值超出所述第二区间的范围，通过控制所述第二三位电磁比例流量阀 110 对所述右侧空气弹
10 簧 107 的高度进行调节。

在本申请实施例中，当所述构架的实时未平衡离心加速度小于或等于预设的未平衡离心加速度阈值时，轨道车辆进入高度调节模式。

在具体实现时，可通过为左侧空气弹簧 105 设置的高度检测传感器得到左侧空气弹簧 105 的实时高度值，通过为右侧空气弹簧 107 设置的高度
15 检测传感器得到右侧空气弹簧 107 的实时高度值。

控制器 101 从相应的传感器获得左侧空气弹簧 105 的实时高度值与右侧空气弹簧 107 的实时高度值以后，将左侧空气弹簧 105 的实时高度值与预设的第一高度目标值进行比较，得到左侧空气弹簧 105 的第一高度偏差值；将右侧空气弹簧 107 的实时高度值与预设的第二高度目标值进行比较，
20 得到右侧空气弹簧 107 的第二高度偏差值。其中，第一高度目标值与第二高度目标值根据实际需要设定，两者的大小可以相同，也可以不同。

对左、右两侧空气弹簧的高度是否需要调节以及如何调节分别进行控制。以左侧空气弹簧 105 为例，首先确定第一高度偏差值是否在预设的第一区间范围内，如果在第一区间范围内，则说明左侧空气弹簧 105 的高度
25 偏差值在允许的范围，不需要对左侧空气弹簧 105 的高度进行调节。如果第一高度偏差值超出了第一区间范围，则需要对左侧空气弹簧 105 的高度进行调节。在调节时，根据第一高度偏差值的正负值，确定是要提升左侧空气弹簧 105 的高度，还是要降低左侧空气弹簧 105 的高度。若需要提升左侧空气弹簧 105 的高度，则为第一三位电磁比例流量阀 109 生成控制
30 指令，通过第一三位电磁比例流量阀 109 对左侧空气弹簧 105 进行充气，

若需要降低左侧空气弹簧 105 的高度，则为第一三位电磁比例流量阀 109 生成控制指令，通过第一三位电磁比例流量阀 109 对左侧空气弹簧 105 进行排气。在进行充气或排气的过程中，不断测量左侧空气弹簧 105 的实时高度值，当第一高度偏差值的大小达到预设的第一区间范围内，则停止对左侧空气弹簧 105 的充气或排气操作。

对右侧空气弹簧 107 的操作与上述对左侧空气弹簧 105 的操作相类似。

需要说明的是，所述第一区间范围与所述第二区间范围的大小可以相同，也可以不同，具体根据实际情况确定。

本申请实施例提供的轨道车辆倾摆控制方法在轨道车辆的构架的实时未平衡离心加速度小于或等于预设的未平衡离心加速度阈值时，对空气弹簧进行高度调节，以调节轨道车辆状态，降低离心力对乘客舒适度的影响。

基于上述任一实施例，本申请另一个实施例提供一种轨道车辆，所述轨道车辆包括：

所述的轨道车辆倾摆系统。

本申请实施例提供的轨道车辆可根据运行时的状态，调节左右两侧空气弹簧的高度差，从而调节倾摆角度，有助于平衡轨道车辆在曲线路段运行时所产生的离心力。

以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下，即可以理解并实施。

通过以上的实施方式的描述，本领域的技术人员可以清楚地了解到各实施方式可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现，当然也可以通过硬件来实现。上述技术方案可以以计算机软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中，如 ROM/RAM、磁碟、光盘等，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等等）执行各个实施例或者实施例的某些部分所述的方

法。

最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围。

权利要求书

1、一种轨道车辆倾摆系统，其特征在于，包括：控制器（101）、高压风缸（102）、左侧空气弹簧（105）、右侧空气弹簧（107）、左侧附加气室（106）、右侧附加气室（108）、第一三位电磁比例流量阀（109）、
5 第二三位电磁比例流量阀（110）、传感器、差压阀（104）以及二位开关阀（111）；其中，

所述左侧空气弹簧（105）与所述左侧附加气室（106）连通，所述右侧空气弹簧（107）与所述右侧附加气室（108）连通；

所述传感器用于采集轨道车辆在行驶时的数据，并将所采集的数据传输给控制器（101）；所述控制器（101）根据传感器所采集的数据，对第一三位电磁比例流量阀（109）以及第二三位电磁比例流量阀（110）进行控制，以使得所述高压风缸（102）中的高压气体分别通过所述第一三位电磁比例流量阀（109）以及第二三位电磁比例流量阀（110）充入所述左侧空气弹簧（105）和右侧空气弹簧（107），或使得所述左侧空气弹簧（105）
10 和右侧空气弹簧（107）内部的气体分别通过所述第一三位电磁比例流量阀（109）以及第二三位电磁比例流量阀（110）释放到大气中；

所述差压阀（104）用于连通所述左侧附加气室（106）和右侧附加气室（108）；所述二位开关阀（111）通过管路分别与所述左侧附加气室（106）与
15 所述右侧附加气室（108）连通。

20 2、根据权利要求1所述的轨道车辆倾摆系统，其特征在于，所述传感器包括加速度传感器以及空气弹簧高度检测传感器；其中，

所述加速度传感器安装在轨道车辆的构架侧梁上；

所述空气弹簧高度检测传感器安装在所述左侧空气弹簧（105）以及
25 所述右侧空气弹簧（107）的邻近位置。

3、根据权利要求1或2所述的轨道车辆倾摆系统，其特征在于，还包括：第三三位电磁阀（112）和第四三位电磁阀（113）；其中，

所述第三三位电磁阀（112）分别与所述高压风缸（102）、左侧空气弹簧（105）以及大气连通；所述第四三位电磁阀（113）分别与所述高压风缸（102）、右侧空气弹簧（107）以及大气连通；所述第三三位电磁阀
30 （112）和第四三位电磁阀（113）的开启与闭合均受到所述控制器（101）

的控制。

4、根据权利要求3所述的轨道车辆倾摆系统，其特征在于，所述第三三位电磁阀（112）为三位电磁开关阀或三位电磁比例流量阀；或

5 所述第四三位电磁阀（113）为三位电磁开关阀或三位电磁比例流量阀。

5、基于权利要求1至4之一所述的轨道车辆倾摆系统所实现的倾摆控制方法，其特征在于，包括：

步骤S11、所述控制器（101）接收所述加速度传感器采集的构架的实时未平衡离心加速度，将所述构架的实时未平衡离心加速度与预设的未平衡离心加速度阈值进行比较；

10 步骤S12、当所述构架的实时未平衡离心加速度大于预设的未平衡离心加速度阈值时，根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧（105）的实时高度值以及右侧空气弹簧（107）的实时高度值，生成第一三位电磁比例流量阀（109）与第二三位电磁比例流量阀（110）的控制指令，实现对左侧空气弹簧（105）以及右侧空气弹簧（107）的充气或排气操作，以完成倾摆动作。

6、根据权利要求5所述的倾摆控制方法，其特征在于，所述根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧（105）的实时高度值以及右侧空气弹簧（107）的实时高度值，生成第一三位电磁比例流量阀（109）与第二三位电磁比例流量阀（110）的控制指令，具体包括：

20 根据所述构架的实时未平衡离心加速度计算轨道车辆车体的倾摆角度；

根据所述轨道车辆车体的倾摆角度计算左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度差目标值；

25 根据所述左侧空气弹簧与右侧空气弹簧的高度差目标值计算左侧空气弹簧的高度变化目标值、右侧空气弹簧的高度变化目标值以及左侧空气弹簧的高度变化速度值、右侧空气弹簧的高度变化速度值；

30 根据所接收到的左侧空气弹簧（105）的实时高度值以及右侧空气弹簧（107）的实时高度值，结合左侧空气弹簧的高度变化目标值、右侧空气弹簧的高度变化目标值以及左侧空气弹簧的高度变化速度值、右侧空气

弹簧的高度变化速度值，生成第一三位电磁比例流量阀（109）与第二三位电磁比例流量阀（110）的控制指令。

7、根据权利要求5所述的倾摆控制方法，其特征在于，所述根据所述构架的实时未平衡离心加速度、左侧空气弹簧（105）的实时高度值以及右侧空气弹簧（107）的实时高度值，生成第一三位电磁比例流量阀（109）与第二三位电磁比例流量阀（110）的控制指令，具体包括：

根据所述构架的实时未平衡离心加速度计算构架的实时未平衡离心加速度的变化率；根据所述构架的实时未平衡离心加速度的变化率得到左侧空气弹簧（105）的前馈控制量以及右侧空气弹簧（107）的前馈控制量；

10 根据所述构架的实时未平衡离心加速度计算左侧空气弹簧（105）的高度目标值以及右侧空气弹簧（107）的高度目标值；

根据左侧空气弹簧（105）的实时高度值与左侧空气弹簧（105）的高度目标值，确定左侧空气弹簧（105）的反馈控制量；以及根据右侧空气弹簧（107）的实时高度值与右侧空气弹簧（107）的高度目标值，确定右侧空气弹簧（107）的反馈控制量；

根据所述左侧空气弹簧（105）的反馈控制量与所述左侧空气弹簧（105）的前馈控制量生成第一三位电磁比例流量阀（109）的控制指令；以及根据所述右侧空气弹簧（107）的反馈控制量与所述右侧空气弹簧（107）的前馈控制量生成第二三位电磁比例流量阀（110）的控制指令。

20 8、根据权利要求5所述的倾摆控制方法，其特征在于，还包括：

当轨道车辆驶离曲线路段后，平衡左右两侧空气弹簧；具体包括：

25 当轨道车辆出缓和曲线时，构架的实时未平衡离心加速度逐渐减小，外侧空气弹簧开始排气下降；当两侧空气弹簧高度偏差值相等时，打开二位控制开关阀，使得外侧空气弹簧内的空气流入内侧空气弹簧，左右两侧空气弹簧恢复至平衡状态；其中，

所述外侧空气弹簧为左侧空气弹簧（105）与右侧空气弹簧（107）中高度相对较高的空气弹簧，所述内侧空气弹簧为左侧空气弹簧（105）与右侧空气弹簧（107）中高度相对较低的空气弹簧；所述空气弹簧高度偏差值为空气弹簧实时高度值与空气弹簧高度目标值之间的差值。

30 9、根据权利要求5所述的倾摆控制方法，其特征在于，还包括：

步骤 S21、当所述构架的实时未平衡离心加速度小于或等于预设的未平衡离心加速度阈值时，所述控制器(101)接收所述左侧空气弹簧(105)的实时高度值以及所述右侧空气弹簧(107)的实时高度值，根据所述左侧空气弹簧(105)的实时高度值计算第一高度偏差值，根据所述右侧空气弹簧(107)的实时高度值计算第二高度偏差值；

步骤 S22、将所述第一高度偏差值与预设的第一区间进行比较，当所述第一高度偏差值超出所述第一区间的范围，通过控制所述第一三位电磁比例流量阀(109)对所述左侧空气弹簧(105)的高度进行调节；以及，对所述第二高度偏差值与预设的第二区间进行比较，当所述第二高度偏差值超出所述第二区间的范围，通过控制所述第二三位电磁比例流量阀(110)对所述右侧空气弹簧(107)的高度进行调节。

10、一种轨道车辆，其特征在于，包括：

权利要求 1 至 4 之一所述的轨道车辆倾摆系统。

1/2

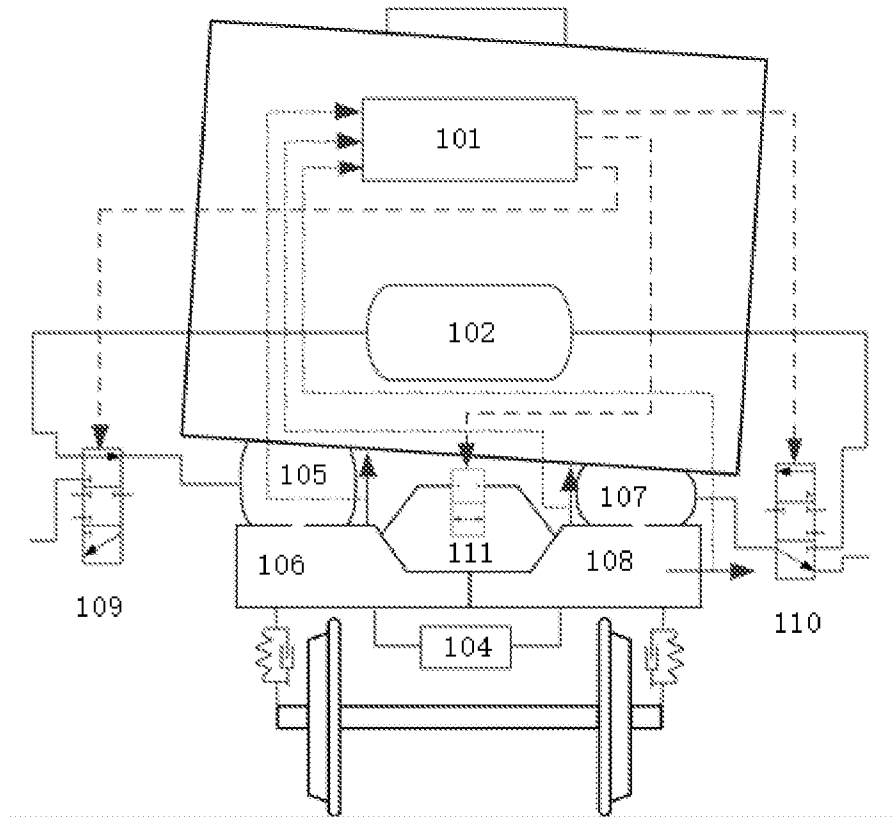


图 1

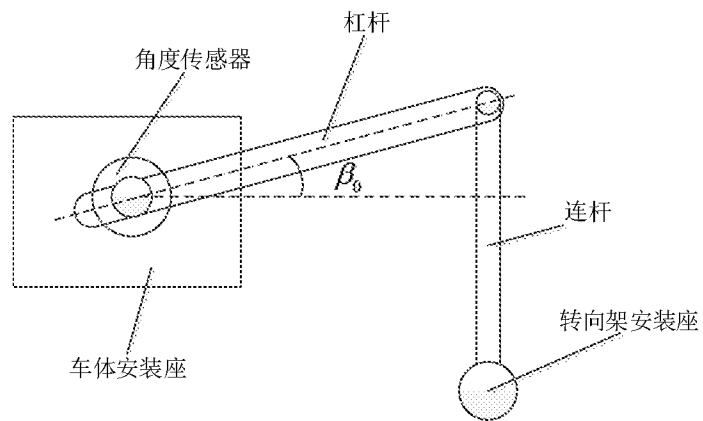


图 2

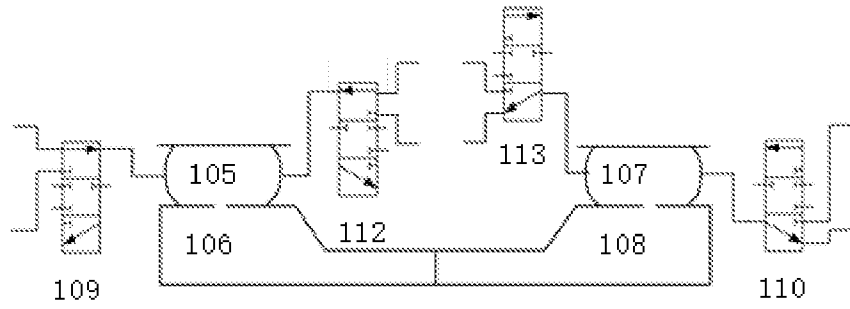


图 3

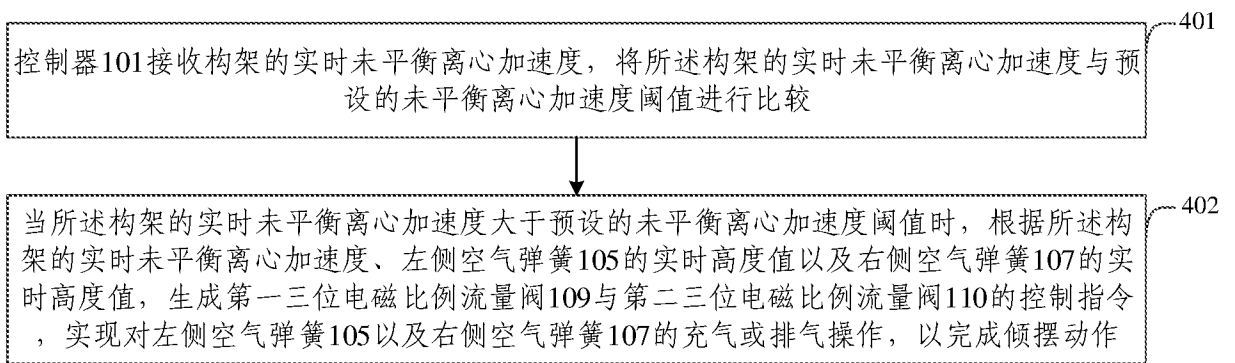


图 4

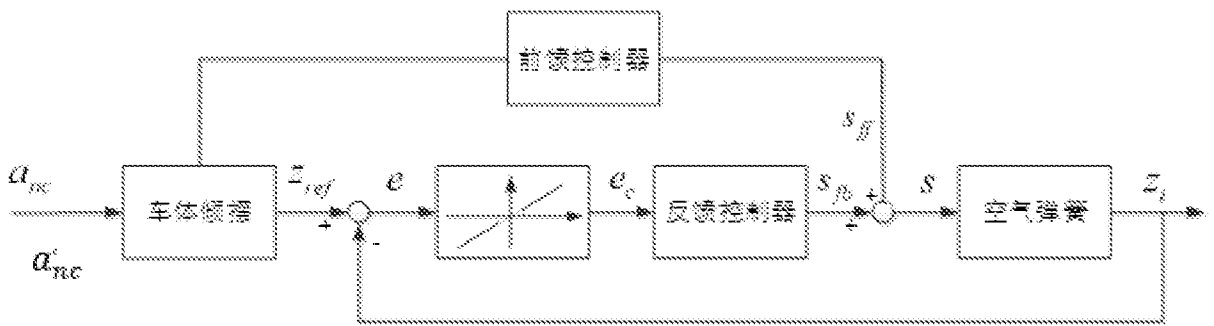


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/077341

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
B61F 5/24(2006.01)j		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
B61F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNKI, CNABS, VEN; 摆式列车, 倾斜, 倾摆, 空气弹簧, 风缸, 阀, 传感器; air, spring, vehicle, tilt+, valv+, sensor+		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 112046533 A (CRRC QINGDAO SIFANG CO., LTD.) 08 December 2020 (2020-12-08) claims 1-10	1-10
A	CN 103153749 A (NIPPON SHARYO LTD.) 12 June 2013 (2013-06-12) description, pages 1-10, figures 1-9	1-10
A	JP 2012232718 A (PSC K. K. et al.) 29 November 2012 (2012-11-29) description, pages 1-19, figures 1-11	1-10
A	CN 210760748 U (HENAN ZHONGPING SHENGJIA TECHNOLOGY CO., LTD.) 16 June 2020 (2020-06-16) entire document	1-10
A	CN 2446002 Y (HU, Qifeng et al.) 05 September 2001 (2001-09-05) entire document	1-10
A	CN 204871044 U (SIEMENS AG OSTERREICH) 16 December 2015 (2015-12-16) entire document	1-10
A	CN 108545093 A (CRRC ZHUZHOU LOCOMOTIVE CO., LTD.) 18 September 2018 (2018-09-18) entire document	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
08 April 2021		10 May 2021
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/077341

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010228694 A (HITACHI LTD.) 14 October 2010 (2010-10-14) entire document	1-10
A	CN 102378711 A (SIEMENS AG OSTERREICH) 14 March 2012 (2012-03-14) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/077341

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112046533	A	08 December 2020	None			
CN	103153749	A	12 June 2013	US	8667900	B2	11 March 2014
				CA	2807223	A1	19 April 2012
				EP	2628651	A4	06 December 2017
				JP	WO2012049769	A1	24 February 2014
				AU	2010362337	A1	21 February 2013
				TW	201223810	A	16 June 2012
				US	2013180427	A1	18 July 2013
				AU	2010362337	B2	27 March 2014
				WO	2012049769	A1	19 April 2012
				TW	I434782	B	21 April 2014
				EP	2628651	A1	21 August 2013
				JP	5591926	B2	17 September 2014
				CA	2807223	C	13 May 2014
JP	2012232718	A	29 November 2012	JP	5813992	B2	17 November 2015
CN	210760748	U	16 June 2020	None			
CN	2446002	Y	05 September 2001	None			
CN	204871044	U	16 December 2015	WO	2015025023	A1	26 February 2015
CN	108545093	A	18 September 2018	None			
JP	2010228694	A	14 October 2010	None			
CN	102378711	A	14 March 2012	ES	2622483	T3	06 July 2017
				US	2012046830	A1	23 February 2012
				US	9399474	B2	26 July 2016
				EP	2416997	B1	18 January 2017
				AT	508044	A1	15 October 2010
				CN	102378711	B	25 November 2015
				RU	2011144578	A	20 May 2013
				EP	2416997	A1	15 February 2012
				RU	2505439	C2	27 January 2014
				WO	2010115739	A1	14 October 2010

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/077341

<p>A. 主题的分类</p> <p>B61F 5/24(2006.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>B61F</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNKI, CNABS, VEN;摆式列车, 倾斜, 倾摆, 空气弹簧, 风缸, 阀, 传感器;air, spring, vehicle, tilt+, valv+, sensor+</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 112046533 A (中车青岛四方机车车辆股份有限公司) 2020年 12月 8日 (2020 - 12 - 08) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103153749 A (日本车辆制造株式会社) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 说明书第1-10页, 附图1-9</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2012232718 A (PSC KK等) 2012年 11月 29日 (2012 - 11 - 29) 说明书第1-19页, 附图1-11</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 210760748 U (河南中平晟佳科技有限公司) 2020年 6月 16日 (2020 - 06 - 16) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 2446002 Y (胡起凤等) 2001年 9月 5日 (2001 - 09 - 05) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 204871044 U (奥地利西门子公司) 2015年 12月 16日 (2015 - 12 - 16) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108545093 A (中车株洲电力机车有限公司) 2018年 9月 18日 (2018 - 09 - 18) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 112046533 A (中车青岛四方机车车辆股份有限公司) 2020年 12月 8日 (2020 - 12 - 08) 权利要求1-10	1-10	A	CN 103153749 A (日本车辆制造株式会社) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 说明书第1-10页, 附图1-9	1-10	A	JP 2012232718 A (PSC KK等) 2012年 11月 29日 (2012 - 11 - 29) 说明书第1-19页, 附图1-11	1-10	A	CN 210760748 U (河南中平晟佳科技有限公司) 2020年 6月 16日 (2020 - 06 - 16) 全文	1-10	A	CN 2446002 Y (胡起凤等) 2001年 9月 5日 (2001 - 09 - 05) 全文	1-10	A	CN 204871044 U (奥地利西门子公司) 2015年 12月 16日 (2015 - 12 - 16) 全文	1-10	A	CN 108545093 A (中车株洲电力机车有限公司) 2018年 9月 18日 (2018 - 09 - 18) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 112046533 A (中车青岛四方机车车辆股份有限公司) 2020年 12月 8日 (2020 - 12 - 08) 权利要求1-10	1-10																								
A	CN 103153749 A (日本车辆制造株式会社) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 说明书第1-10页, 附图1-9	1-10																								
A	JP 2012232718 A (PSC KK等) 2012年 11月 29日 (2012 - 11 - 29) 说明书第1-19页, 附图1-11	1-10																								
A	CN 210760748 U (河南中平晟佳科技有限公司) 2020年 6月 16日 (2020 - 06 - 16) 全文	1-10																								
A	CN 2446002 Y (胡起凤等) 2001年 9月 5日 (2001 - 09 - 05) 全文	1-10																								
A	CN 204871044 U (奥地利西门子公司) 2015年 12月 16日 (2015 - 12 - 16) 全文	1-10																								
A	CN 108545093 A (中车株洲电力机车有限公司) 2018年 9月 18日 (2018 - 09 - 18) 全文	1-10																								
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <table border="0"> <tr> <td> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> </td> <td> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p> </td> </tr> </table>			<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																						
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																									
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2021年 4月 8日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2021年 5月 10日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN)</p> <p>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>张文梅</p> <p>电话号码 86-010-62085523</p>																								

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	JP 2010228694 A (HITACHI LTD) 2010年 10月 14日 (2010 - 10 - 14) 全文	1-10
A	CN 102378711 A (奥地利西门子公司) 2012年 3月 14日 (2012 - 03 - 14) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/077341

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	112046533	A	2020年 12月 8日	无			
CN	103153749	A	2013年 6月 12日	US	8667900	B2	2014年 3月 11日
				CA	2807223	A1	2012年 4月 19日
				EP	2628651	A4	2017年 12月 6日
				JP	W02012049769	A1	2014年 2月 24日
				AU	2010362337	A1	2013年 2月 21日
				TW	201223810	A	2012年 6月 16日
				US	2013180427	A1	2013年 7月 18日
				AU	2010362337	B2	2014年 3月 27日
				WO	2012049769	A1	2012年 4月 19日
				TW	I434782	B	2014年 4月 21日
				EP	2628651	A1	2013年 8月 21日
				JP	5591926	B2	2014年 9月 17日
				CA	2807223	C	2014年 5月 13日
JP	2012232718	A	2012年 11月 29日	JP	5813992	B2	2015年 11月 17日
CN	210760748	U	2020年 6月 16日	无			
CN	2446002	Y	2001年 9月 5日	无			
CN	204871044	U	2015年 12月 16日	WO	2015025023	A1	2015年 2月 26日
CN	108545093	A	2018年 9月 18日	无			
JP	2010228694	A	2010年 10月 14日	无			
CN	102378711	A	2012年 3月 14日	ES	2622483	T3	2017年 7月 6日
				US	2012046830	A1	2012年 2月 23日
				US	9399474	B2	2016年 7月 26日
				EP	2416997	B1	2017年 1月 18日
				AT	508044	A1	2010年 10月 15日
				CN	102378711	B	2015年 11月 25日
				RU	2011144578	A	2013年 5月 20日
				EP	2416997	A1	2012年 2月 15日
				RU	2505439	C2	2014年 1月 27日
				WO	2010115739	A1	2010年 10月 14日