

(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
2021 年 9 月 30 日 (30.09.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/189834 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01M 13/04 (2019.01) **G01R 19/00** (2006.01)
G01R 31/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/123143
- (22) 国际申请日: 2020 年 10 月 23 日 (23.10.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202010215308.3 2020年3月24日 (24.03.2020) CN
- (71) 申请人: 珠海格力电器股份有限公司 (**GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI**) [CN/CN]; 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。
- (72) 发明人: 贺永玲 (**HE, Yongling**); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。赵聪 (**ZHAO, Cong**); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。严安顺 (**YAN, Anshun**); 中国广东省珠海市前山金鸡西路,

Guangdong 519070 (CN)。王凡 (**WANG, Fan**); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。李旭明 (**LI, Xuming**); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。朱振宇 (**ZHU, Zhenyu**); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。

(74) 代理人: 中国贸促会专利商标事务所有限公司 (**CCPIT PATENT AND TRADEMARK LAW OFFICE**); 中国北京市复兴门内大街 158 号远洋大厦 F10 层, Beijing 100031 (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, 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,

(54) **Title:** DETECTION METHOD AND APPARATUS FOR MAGNETIC LEVITATION SYSTEM, STORAGE MEDIUM, AND PROCESSOR

(54) 发明名称: 磁悬浮系统的检测方法、装置、存储介质和处理器

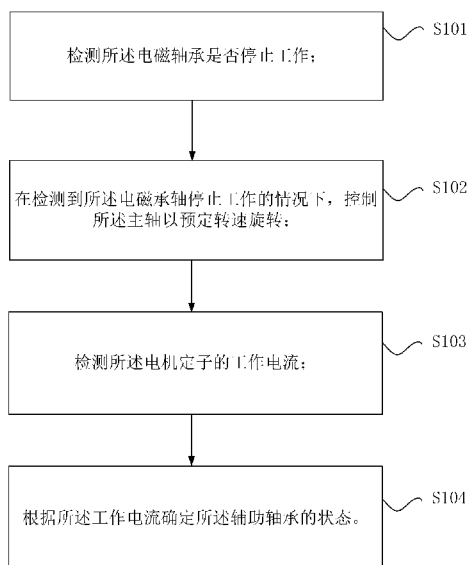


图 2

- S101 Detect whether the electromagnetic bearing stops working
S102 If it is detected that the electromagnetic bearing stops working, control the spindle to rotate at a predetermined rotational speed
S103 Detect working current of the motor
S104 Determine the state of the auxiliary bearing according to the working current

(57) **Abstract:** A detection method and apparatus for a magnetic levitation system, a storage medium, processor, and a magnetic levitation compressor. The magnetic levitation system comprises a spindle (10), a motor (20), an electromagnetic bearing (30), and an auxiliary bearing (40). The motor (20) works to drive the spindle (10) to rotate. The electromagnetic bearing (30) and the auxiliary bearing (40) are separately disposed on the spindle (10), and the radius of the electromagnetic bearing (30) is greater than that of the auxiliary bearing (40). The detection method comprises: detecting whether the electromagnetic bearing stops working (S101); if it is detected that the electromagnetic bearing stops working, controlling the spindle to rotate at a predetermined rotational speed (S102); detecting working current of the motor (S103); and determining the state of the auxiliary bearing according to the working current (S104). Because the blocking or jamming of the auxiliary bearing (40) results in the increase of the working current of the motor (20), the state of the auxiliary bearing (40) can be determined according to the magnitude of the working current of the motor (20), and therefore, the state detection efficiency of the auxiliary bearing (40) is improved, real-time state detection of the auxiliary bearing (40) is realized, and accurate maintenance is achieved.

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))。

(57) 摘要: 一种磁悬浮系统的检测方法、装置、存储介质、处理器和磁悬浮压缩机。磁悬浮系统包括主轴(10)、电机(20)、电磁轴承(30)和辅助轴承(40), 电机(20)工作驱动主轴(10)旋转, 电磁轴承(30)和辅助轴承(40)分别设置在主轴(10)上, 电磁轴承(30)的半径大于辅助轴承(40)的半径。检测方法包括: 检测电磁轴承是否停止工作(S101); 在检测到电磁轴承停止工作的情况下, 控制主轴以预定转速旋转(S102); 检测电机的工作电流(S103); 和根据工作电流确定辅助轴承的状态(S104)。由于辅助轴承(40)卡顿或者卡死会导致电机(20)的工作电流增大, 从而可根据电机(20)的工作电流的大小确定辅助轴承(40)的状态, 进而提高了辅助轴承(40)的状态检测的效率, 实现实时检测辅助轴承(40)的状态, 进行精确维护。

磁悬浮系统的检测方法、装置、存储介质和处理器

相关申请的交叉引用

本申请是以 CN 申请号为 202010215308.3, 申请日为 2020 年 3 月 24 日的申请为基础,
5 并主张其优先权, 该 CN 申请的公开内容在此作为整体引入本申请中。

技术领域

本公开涉及磁悬浮技术领域, 具体而言, 涉及一种磁悬浮系统的检测方法、装置、
存储介质、处理器和磁悬浮压缩机。

10

背景技术

在磁悬浮系统中, 主轴依靠电磁轴承实现悬浮运行。当悬浮失效时主轴撞击电磁
轴承造成整个磁悬浮系统损坏, 为了实现对电磁轴承的保护, 通常磁悬浮系统均会设
计辅助轴承对其进行保护。

15 辅助轴承的形式有很多种, 例如滚珠轴承、滑动轴承等可以自由平滑转动的轴承。
当高速运行的主轴因为某种原因悬浮失效时, 主轴会自由下落撞击到辅助轴承上, 辅
助轴承随主轴高速旋转, 缓冲减小主轴撞击力, 避免磁悬浮系统损坏。然而辅助轴承
也可能因为一些原因导致失效, 无法自由平滑转动, 出现辅助轴承卡顿, 甚至卡死,
使辅助轴承的作用降低或彻底失去作用。这将大大降低磁悬浮系统可靠性, 降低使用
20 寿命, 甚至导致系统损坏。

目前辅助轴承装配到复杂密封的磁悬浮系统后, 无法观察、检测辅助轴承状态。
本公开的发明人已知的做法是定期进行辅助轴承拆检、更换, 而辅助轴承的拆检工程
量大, 费用高, 影响用户设备正常使用, 效率低下。

在背景技术部分中公开的以上信息只是用来加强对本文所描述技术的背景技术
25 的理解, 因此, 背景技术中可能包含某些信息, 这些信息对于本领域技术人员来说并
未形成现有技术。

发明内容

根据本公开的一个方面, 提供了一种磁悬浮系统的检测方法, 所述磁悬浮系统包
30 括主轴、电机、电磁轴承和辅助轴承, 所述电机工作驱动所述主轴旋转, 所述电磁轴

承和所述辅助轴承分别设置在所述主轴上，所述电磁轴承的半径大于所述辅助轴承的半径，所述检测方法包括：检测所述电磁轴承是否停止工作；在检测到所述电磁轴承停止工作的情况下，控制所述主轴以预定转速旋转；检测所述电机的工作电流；以及根据所述工作电流确定所述辅助轴承的状态。

5 在一些实施例中，所述磁悬浮系统还包括轴承控制器和电机控制器；所述控制所述主轴以预定转速旋转的步骤包括：在检测到所述电磁轴承停止工作的情况下，所述轴承控制器向所述电机控制器发送检测指令；以及所述电机控制器根据所述检测指令控制所述电机的工作电流，以使得所述主轴以所述预定转速旋转。

10 在一些实施例中，所述根据所述工作电流确定所述辅助轴承的状态的步骤包括：比较所述工作电流和电机的电流阈值以得到比较结果；以及根据所述比较结果确定所述辅助轴承的状态。

15 在一些实施例中，所述电流阈值包括第一电流阈值和第二电流阈值；所述比较所述工作电流和电流阈值以得到比较结果的步骤包括：比较所述工作电流和所述第一电流阈值以得到第一比较结果；以及比较所述工作电流和所述第二电流阈值以得到第二比较结果。

20 在一些实施例中，所述根据所述比较结果确定所述辅助轴承的状态，的步骤包括：在所述第一比较结果为所述工作电流小于等于所述第一电流阈值且所述第二比较结果为所述工作电流小于所述第二电流阈值的情况下，确定所述辅助轴承的状态为良好；在所述第一比较结果为所述工作电流大于所述第一电流阈值且所述第二比较结果为所述工作电流小于等于所述第二电流阈值的情况下，确定所述辅助轴承的状态为卡顿；以及在所述第一比较结果为所述工作电流大于所述第一电流阈值且所述第二比较结果为所述工作电流大于所述第二电流阈值的情况下，确定所述辅助轴承的状态为卡死。

25 在一些实施例中，所述检测方法还包括：在所述辅助轴承的状态为卡顿的情况下，发出预警信号；以及在所述辅助轴承的状态为卡死的情况下，发出报警信号。

30 在一些实施例中，所述磁悬浮系统还包括比较电路；所述比较所述工作电流和电机的电流阈值以得到比较结果的步骤包括：采用所述比较电路比较所述工作电流和所述电流阈值以得到所述比较结果。

30 在一些实施例中，所述比较电路包括第一比较器和第二比较器，所述电流阈值包括第一电流阈值和第二电流阈值；所述采用比较电路比较所述工作电流和所述电流阈值以得到所述比较结果的步骤包括：所述第一比较器将所述工作电流与所述第一电流

阈值进行比较以输出第一比较结果；以及所述第二比较器将所述工作电流与所述第二电流阈值进行比较以输出第二比较结果。

根据本公开的另一方面，提供了一种磁悬浮系统的检测装置，所述磁悬浮系统包括主轴、电机、电磁轴承和辅助轴承，所述电机工作驱动所述主轴旋转，所述电磁轴承和所述辅助轴承分别设置在所述主轴上，所述电磁轴承的半径大于所述辅助轴承的半径，所述检测装置包括：第一控制单元，用于控制所述电磁轴承停止工作，以使得所述主轴落在所述辅助轴承上；第二控制单元，用于控制所述主轴以预定转速旋转；检测单元，用于检测所述电机的工作电流；以及确定单元，用于根据所述工作电流确定所述辅助轴承的状态。

在一些实施例中，所述第二控制单元包括：轴承控制器，用于在检测到所述电磁轴承停止工作的情况下，向电机控制器发送检测指令；以及电机控制器，用于根据所述检测指令控制所述电机的工作电流，以使得所述主轴以所述预定转速旋转。

在一些实施例中，所述确定单元包括：比较子单元，用于将所述工作电流与电机的电流阈值进行比较以得到比较结果；以及确定子单元，用于根据所述比较结果确定所述辅助轴承的状态。

在一些实施例中，所述比较子单元包括比较电路，所述比较电路用于比较所述工作电流和所述电流阈值以得到所述比较结果。

在一些实施例中，所述电流阈值包括第一电流阈值和第二电流阈值，所述比较子单元包括：第一比较器，用于将所述工作电流与所述第一电流阈值进行比较以输出第一比较电信号；以及第二比较器，用于将所述工作电流与所述第二电流阈值进行比较以输出第二比较电信号。

根据本公开的再一方面，提供了一种非瞬时性存储介质，所述存储介质包括存储的程序，其中，所述程序执行任意一种所述的检测方法。

根据本公开的另一方面，提供了一种处理器，所述处理器用于运行程序，其中，所述程序运行时执行任意一种所述的检测方法。

根据本公开的又一方面，提供了一种磁悬浮压缩机，包括：一个或多个处理器、存储器以及一个或多个程序，其中，一个或多个所述程序被存储在所述存储器中，并且被配置为由一个或多个所述处理器执行，一个或多个所述程序包括用于执行任意一种所述的检测方法。

根据本公开的再一方面，提供了一种磁悬浮压缩机，包括磁悬浮系统的检测装置，

所述检测装置为任意一种所述检测装置。

附图说明

构成本公开的一部分的说明书附图用来提供对本公开的进一步理解，本公开的示
5 意性实施例及其说明用于解释本公开，并不构成对本公开的不当限定。在附图中：

图 1 示出了根据本公开一些实施例的磁悬浮系统的结构示意图；

图 2 示出了根据本公开一些实施例的磁悬浮系统的检测方法的流程图；

图 3 示出了图 1 中的主轴和辅助轴承的侧剖图；

图 4 示出了根据本公开一些实施例的磁悬浮系统的结构图；以及

10 图 5 示出了根据本公开一些实施例的磁悬浮系统的检测装置的示意图。

其中，上述附图包括以下附图标记：

10、主轴；20、电机；21、电机转子；22、电机定子；30、电磁轴承；40、辅助
轴承；50、轴承控制器；60、电机控制器；70、比较电路；71、第一比较器；72、第
二比较器；80、电流检测装置；90、状态监测装置。

具体实施方式

应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本公开提供进一步的说明。除非另有
指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理
解的相同含义。

20 需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本
公开的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也
意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”
时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

应该理解的是，当元件（诸如层、膜、区域、或衬底）描述为在另一元件“上”时，该
25 元件可直接在该另一元件上，或者也可存在中间元件。而且，在说明书以及权利要求书中，
当描述有元件“连接”至另一元件时，该元件可“直接连接”至该另一元件，或者通过第三元
件“连接”至该另一元件。

本公开解决的一个技术问题是：本公开的发明人已知的技术中辅助轴承状态的检测效
率比较低。

30 本公开的一种典型的实施方式中，提供了一种磁悬浮系统的检测方法。如图 1 所示，

上述磁悬浮系统包括主轴 10、电机 20、电磁轴承 30 和辅助轴承 40。上述电机 20 工作驱动上述主轴 10 旋转。上述电磁轴承 30 和上述辅助轴承 40 分别设置在上述主轴 10 上。上述电磁轴承 30 的半径大于上述辅助轴承 40 的半径。

图 2 是根据本公开实施例的磁悬浮系统的检测方法的流程图，如图 2 所示，该方法包括步骤 S101 至 S104。

步骤 S101，检测上述电磁轴承 30 是否停止工作。

步骤 S102，在检测到上述电磁轴承 30 停止工作的情况下，控制上述主轴 10 以预定转速旋转。

步骤 S103，检测上述电机 20 的工作电流。

步骤 S104，根据上述工作电流确定上述辅助轴承 40 的状态。

上述检测方法中，首先检测上述电磁轴承是否停止工作，以确定主轴是否落在辅助轴承上；然后在检测到上述电磁轴承停止工作的情况下，控制主轴以预定转速旋转，即控制主轴在辅助轴承上以预定转速旋转；之后检测电机的工作电流；最后根据工作电流确定辅助轴承的状态。由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致电机的工作电流增大，从而根据电机的工作电流的大小确定辅助轴承的状态，进而提高了辅助轴承的状态检测的效率。这样可以实现实时检测辅助轴承状态，进行精确维护，减小了辅助轴承的检修和维护成本。而且，这还可以尽量避免因未及时更换失效的辅助轴承而导致磁悬浮系统寿命降低甚至损坏的问题，从而间接提高了磁悬浮系统寿命及可靠性。

需要说明的是，如图 1 所示，上述电机 20 包括电机转子 21 和电机定子 22。上述电机转子 21 套设在上述主轴 10 上。上述电机转子 21、上述电磁轴承 30 和上述辅助轴承 40 在上述主轴 10 的轴向上间隔设置。上述电机转子 21 穿过上述电机定子 22 的定子膛。上述电机 20 工作驱动上述主轴 10 旋转。具体的工作过程如下，上述电机定子 22 上电工作，驱动上述电机转子 21 转动，上述电机转子 21 转动带动上述主轴 10 旋转。

本公开的一些实施例中，如图 1 所示，上述磁悬浮系统还包括轴承控制器 50 和电机控制器 60。所述控制上述主轴 10 以预定转速旋转的步骤包括：在检测到上述电磁轴承 30 停止工作的情况下，上述轴承控制器 50 向上述电机控制器 60 发送检测指令；以及上述电机控制器 60 根据上述检测指令控制上述电机 20 的工作电流，以使得上述主轴 10 以预定转速旋转。具体地，在检测到电磁轴承停止工作的情况下，确定主轴落在辅助轴承上，然后轴承控制器向电机控制器发送检测指令，电机控制器控制电机的工作电流使得主轴以预定转速旋转，以便于检测电机的工作电流确定辅助轴承的状态。

需要说明的是,如图 3 所示,在检测到电磁轴承停止工作的情况下,即在主轴不起浮,落在辅助轴承上的情况下,才可以进行辅助轴承状态检测例如,在磁悬浮系统停机后,或者在磁悬浮系统启动前。更为具体地,状态检测可以定期检查,例如,半年一次或者一年一次;也可以是在特定情况下进行检测,例如,在磁悬浮系统发生故障后进行检测。

5 本公开的一些实施例中,根据上述工作电流确定上述辅助轴承的状态的步骤包括:比较上述工作电流和电机的电流阈值以得到比较结果;以及根据上述比较结果确定上述辅助轴承的状态。具体地,由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致主轴旋转的摩擦力增大,进而导致电机的工作电流增大,因此,根据工作电流和电机的电流阈值的比较结果,即可确定辅助轴承的状态。另外,本领域技术人员可以根据实际情况选择合适的电机的电流阈值。

10 本公开的一些实施例中,上述电流阈值包括第一电流阈值和第二电流阈值。比较上述工作电流和电机的电流阈值以得到比较结果的步骤包括:比较上述工作电流和上述第一电流阈值以得到第一比较结果;以及比较上述工作电流和上述第二电流阈值以得到第二比较结果。具体地,将工作电流与第一电流阈值以及第二电流阈值进行比较,分别得到第一比较结果和第二比较结果,从而确定工作电流对应的电流范围,进而根据工作电流对应的电
15 流范围确定相应的辅助轴承的状态。上述第一电流阈值与第二电流阈值均为电机的电流阈值。例如,第一电流阈值为 30 安培。例如,第二电流阈值为 100 安培。这两个阈值仅为举例说明,具体阈值可以根据实际压缩机型号确定。

本公开的一些实施例中,根据上述比较结果确定上述辅助轴承的状态的步骤包括:在上述第一比较结果为上述工作电流小于等于上述第一电流阈值且上述第二比较结果为上
20 述工作电流小于上述第二电流阈值的情况下,确定上述辅助轴承的状态为良好;在上述第一比较结果为上述工作电流大于上述第一电流阈值且上述第二比较结果为上述工作电流小于等于上述第二电流阈值的情况下,确定上述辅助轴承的状态为卡顿;以及在上述第一比较结果为上述工作电流大于上述第一电流阈值且上述第二比较结果为上述工作电流大于上述第二电流阈值的情况下,确定上述辅助轴承的状态为卡死。具体地,上述三种电
25 流范围对应三种辅助轴承的状态,确定工作电流对应的电流范围即可确定辅助轴承的状态。本领域技术人员可以根据实际情况选择合适的第一电流阈值和第二电流阈值,以进一步保证检测结果的准确性。

本公开的一些实施例中,上述检测方法还包括:在上述辅助轴承的状态为卡顿的情况下,发出预警信号;以及在上述辅助轴承的状态为卡死的情况下,发出报警信号。在一些
30 实施例中,如图 4 所示,磁悬浮系统还包括状态监测装置 90。状态监测装置 90 可以显示

辅助轴承的状态，并且在辅助轴承 40 的状态为卡顿的情况下，状态监测装置 90 发出预警信号，在辅助轴承 40 的状态为卡死的情况下，状态监测装置 90 发出报警信号。

本公开的一些实施例中，如图 4 所示，上述磁悬浮系统还包括比较电路 70。比较上述工作电流 a_0 和电机的电流阈值以得到比较结果的步骤包括：采用比较电路比较上述工作电
5 流 a_0 和上述电机的电流阈值以得到上述比较结果。在一些实施例中，如图 4 所示，磁悬浮系统还包括电流检测装置 80。电流检测装置 80 检测电机 20 的工作电流 a_0 ，并将检测信号输入比较电路 70。比较电路 70 比较工作电流 a_0 和电机的电流阈值以得到比较结果。

本公开的一些实施例中，如图 4 所示，上述比较电路 70 包括第一比较器 71 和第二比较器 72。上述电流阈值包括第一电流阈值 a_1 和第二电流阈值 a_2 。采用比较电路 70 比较上
10 述工作电流 a_0 和上述电流阈值以得到上述比较结果的步骤包括：上述第一比较器 71 将上述工作电流 a_0 与上述第一电流阈值 a_1 进行比较以输出第一比较结果；以及上述第二比较器 72 将上述工作电流 a_0 与上述第二电流阈值 a_2 进行比较以输出第二比较结果。具体地，将电流检测装置 80 的检测信号输入第一比较器 71 和第二比较器 72，第一比较器 71 输出第一比较结果，第二比较器 72 输出第二比较结果，根据第一比较结果和第二比较结果即
15 可确定工作电流 a_0 对应的电流范围，进而根据工作电流 a_0 对应的电流范围确定相应的辅助轴承的状态。上述第一电流阈值 a_1 与第二电流阈值 a_2 均为电机的电流阈值。

本公开的一些实施例中，上述第一比较器将上述工作电流与上述第一电流阈值进行比较以输出第一比较结果的步骤包括：在上述工作电流小于等于第一电流阈值的情况下，确定上述第一比较结果为低电平；以及在上述工作电流大于上述第一电流阈值的情况下，确定
20 上述第一比较结果为高电平。具体地，在上述工作电流小于等于第一电流阈值的情况下，第一比较器输出低电平，在上述工作电流大于第一电流阈值的情况下，第一比较器输出高电平，从而根据输出的第一比较结果确定工作电流与第一电流阈值的大小关系。

本公开的一些实施例中，上述第二比较器将上述工作电流与上述第二电流阈值进行比较以输出第二比较结果的步骤包括：在上述工作电流小于等于第二电流阈值的情况下，确定
25 上述第二比较结果为低电平；以及在上述工作电流大于上述第二电流阈值的情况下，确定上述第二比较结果为高电平。具体地，在上述工作电流小于等于第二电流阈值的情况下，第二比较器输出低电平，在上述工作电流大于第二电流阈值的情况下，第二比较器输出高电平，从而根据输出的第二比较结果确定工作电流与第二电流阈值的大小关系。

本公开的一些实施例中，根据上述比较结果确定上述辅助轴承的状态的步骤包括：在
30 上述第一比较结果和上述第二比较结果均为低电平的情况下，确定上述辅助轴承的状态为

良好；在上述第一比较结果为高电平且上述第二比较结果为低电平的情况下，确定上述辅助轴承的状态为卡顿；在上述第一比较结果和上述第二比较结果均为高电平的情况下，确定上述辅助轴承的状态为卡死。具体地，在第一比较结果和第二比较结果均为低电平的情况下，即工作电流小于等于第一电流阈值，确定辅助轴承的状态为良好，在第一比较结果
5 为高电平且第二比较结果为低电平的情况下，即工作电流大于第一电流阈值且小于等于第二电流阈值，确定辅助轴承的状态为卡顿，在第一比较结果和第二比较结果均为高电平的情况下，即工作电流大于第二电流阈值，确定辅助轴承的状态为卡死。

需要说明的是，根据磁悬浮系统的设备型号预先测算出第一电流阈值和第二电流阈值，电机功率及轴的重量不同，第一电流阈值和第二电流阈值的范围也不同。本领域技术人员
10 可以根据实际情况确定合适的第一电流阈和第二电流阈值，以进一步保证辅助轴承的状态检测的准确性。

还需要说明的是，根据磁悬浮系统的设备型号不同，上述预定转速取值范围也不同。本领域技术人员可以根据实际情况确定合适的预定转速，例如， $5\text{r/s}\sim 10\text{r/s}$ 。将预定转速设置在上述范围内，既可以避免转速过高导致辅助轴承卡死，造成机械损伤，又进一步可
15 以避免转速过低，导致电流变化不明显使得检测不准确。

本公开实施例还提供了一种磁悬浮系统的检测装置。如图 1 所示，上述磁悬浮系统包括主轴 10、电机 20、电磁轴承 30 和辅助轴承 40。上述电机 20 工作驱动上述主轴 10 旋转。上述电磁轴承 30 和上述辅助轴承 40 分别设置在上述主轴 10 上。上述电磁轴承 30 的半径大于上述辅助轴承 40 的半径。需要说明的是，本公开实施例的磁悬浮系统的检测装置可
20 以用于执行本公开实施例所提供的磁悬浮系统的检测方法。以下对本公开实施例提供的磁悬浮系统的检测装置进行介绍。

图 5 是根据本公开实施例的磁悬浮系统的检测装置的示意图。上述检测装置包括第一控制单元 100、第二控制单元 200、检测单元 300 和确定单元 400。

第一控制单元 100 用于控制上述电磁轴承停止工作，以使得上述主轴落在上述辅助轴
25 承上。

第二控制单元 200 用于控制上述主轴以预定转速旋转。

检测单元 300 用于检测上述电机的工作电流；。

确定单元 400 用于根据上述工作电流确定上述辅助轴承的状态。

上述检测装置中，第一控制单元检测上述电磁轴承是否停止工作，以确定主轴是否落
30 在辅助轴承上，第二控制单元在检测到上述电磁轴承停止工作的情况下，控制主轴以预定

转速旋转，即控制主轴在辅助轴承上以预定转速旋转，检测单元检测电机的工作电流，确定单元根据工作电流确定辅助轴承的状态。由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致电机的工作电流增大，从而根据电机的工作电流的大小确定辅助轴承的状态，进而提高了辅助轴承的状态检测的效率。这可以实现实时检测辅助轴承状态，进行精确维护，减小了辅助轴承的检修和维护成本。而且这还可以尽量避免因未及时更换失效的辅助轴承而导致磁悬浮系统寿命降低甚至损坏的问题，从而间接提高了磁悬浮系统寿命及可靠性。

需要说明的是，如图 1 所示，上述电机 20 包括电机转子 21 和电机定子 22。上述电机转子 21 套设在上述主轴 10 上。上述电机转子 21、上述电磁轴承 30 和上述辅助轴承 40 在上述主轴 10 的轴向上间隔设置。上述电机转子 21 穿过上述电机定子 22 的定子膛。上述电机 20 工作驱动上述主轴 10 旋转。具体的工作过程如下，上述电机定子 22 上电工作，驱动上述电机转子 21 转动，上述电机转子 21 转动带动上述主轴 10 旋转。

本公开的一些实施例中，如图 1 和图 4 所示，上述第二控制单元包括轴承控制器 50 和电机控制器 60。上述轴承控制器 50 用于在检测到上述电磁轴承 30 停止工作的情况下，向上述电机控制器 60 发送检测指令。上述电机控制器 60 用于根据上述检测指令控制上述电机 20 的工作电流 a_0 ，以使得上述主轴 10 以预定转速旋转。具体地，轴承控制器在检测到电磁轴承停止工作的情况下，确定主轴落在辅助轴承上，然后向电机控制器发送检测指令；电机控制器控制电机的工作电流 a_0 使得主轴以预定转速旋转，以便于检测电机的工作电流 a_0 确定辅助轴承的状态。

需要说明的是，在检测到电磁轴承停止工作的情况下，即为主轴不起浮，落在辅助轴承上的情况下，可以进行辅助轴承状态检测，例如，在磁悬浮系统停机后，或者磁悬浮系统启动前。更为具体地，状态检测可以定期检查，例如，半年一次或者一年一次，也可以是在特定情况下进行检测，例如，磁悬浮系统发生故障后进行检测。

本公开的一些实施例中，上述确定单元包括比较子单元和确定子单元。上述比较子单元用于将上述工作电流与电机的电流阈值进行比较以得到比较结果。上述确定子单元用于根据上述比较结果确定上述辅助轴承的状态。具体地，由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致主轴旋转的摩擦力增大，进而导致电机的工作电流增大，根据电机的工作电流和电机的电流阈值的比较结果，即可确定辅助轴承的状态。另外，本领域技术人员可以根据实际情况选择合适的电机的电流阈值。

需要说明的是，在实际的应用过程中，在一些实施例中，该确定子单元也可以没有，技术人员可以根据比较子单元的比较结果来确定对应的辅助轴承的状态。在另外一些实施

例中，上述确定子单元还可以为一些间接的确定设备。例如，该确定子单元由硬件电路来实现。例如，该确定子单元可以包括几个不同颜色的指示灯。不同的比较结果会触发不同的指示灯亮。这样工作人员可以通过不同指示灯的亮暗来确定辅助轴承的状态。以下的确定模块也是同样的道理，可有可无，并且可以通过硬件电路来实现。

5 本公开的一些实施例中，上述电流阈值包括第一电流阈值和第二电流阈值。上述比较子单元包括第一比较模块和第二比较模块。上述第一比较模块用于比较上述工作电流和上述第一电流阈值以得到第一比较结果。上述第二比较模块用于比较上述工作电流和上述第二电流阈值以得到第二比较结果。具体地，将工作电流与第一电流阈值以及第二电流阈值进行比较，分别得到第一比较结果和第二比较结果，从而确定工作电流对应的电流范围，
10 进而根据工作电流对应的电流范围确定相应的辅助轴承的状态。上述第一电流阈值与第二电流阈值均为电机的电流阈值。

 本公开的一些实施例中，上述确定子单元包括第一确定模块、第二确定模块和第三确定模块。上述第一确定模块用于在上述第一比较结果为上述工作电流小于等于上述第一电流阈值且上述第二比较结果为上述工作电流小于上述第二电流阈值的情况下，确定上述辅助轴承的状态为良好。上述第二确定模块用于在上述第一比较结果为上述工作电流大于上述第一电流阈值且上述第二比较结果为上述工作电流小于等于上述第二电流阈值的情况下，确定上述辅助轴承的状态为卡顿。上述第三确定模块用于在上述第一比较结果为上述工作电流大于上述第一电流阈值且上述第二比较结果为上述工作电流大于上述第二电流阈值的情况下，确定上述辅助轴承的状态为卡死。具体地，上述三种电流范围对应三种辅助轴承的状态，确定工作电流对应的电流范围即可确定辅助轴承的状态。本领域技术人员可以根据实际情况选择合适的第一电流阈值和第二电流阈值，以进一步保证检测结果的准确性。
15

 本公开的一些实施例中，上述检测装置还包括提示单元。上述提示单元包括第一提示子单元和第二提示子单元。上述第一提示子单元用于在上述辅助轴承的状态为卡顿的情况下，发出预警信号。上述第二提示子单元用于在上述辅助轴承的状态为卡死的情况下，发出报警信号。具体地，如图 4 所示，磁悬浮系统还包括状态监测装置 90。状态监测装置 90 可以显示辅助轴承的状态，并且在辅助轴承 40 的状态为卡顿的情况下，状态监测装置 90 发出预警信号，在辅助轴承 40 的状态为卡死的情况下，状态监测装置 90 发出报警信号。
25

 本公开的一些实施例中，如图 4 所示，上述比较子单元包括比较电路 70。上述比较电路 70 用于比较上述工作电流 a_0 和上述电机的电流阈值以得到上述比较结果。具体地，磁
30

悬浮系统还包括电流检测装置 80。电流检测装置 80 检测电机 20 的工作电流 a_0 ，并将检测信号输入比较电路 70，比较电路 70 比较工作电流 a_0 和电机的电流阈值以得到比较结果。

本公开的一些实施例中，如图 4 所示，上述比较电路 70 包括第一比较器 71 和第二比较器 72。上述电流阈值包括第一电流阈值 a_1 和第二电流阈值 a_2 。上述第一比较器 71 用于将上述工作电流与上述第一电流阈值 a_1 进行比较以输出第一比较电信号。上述第二比较器 72 用于将上述工作电流 a_0 与上述第二电流阈值 a_2 进行比较以输出第二比较电信号。具体地，将电流检测装置 80 的检测信号输入第一比较器 71 和第二比较器 72，第一比较器 71 输出第一比较电信号，第二比较器 72 输出第二比较电信号，根据第一比较电信号和第二比较电信号即可确定工作电流 a_0 对应的电流范围，进而根据工作电流 a_0 对应的电流范围确定相应的辅助轴承的状态。上述第一电流阈值 a_1 与第二电流阈值 a_2 均为电机的电流阈值。

需要说明的是，在上述工作电流小于等于第一电流阈值的情况下，确定上述第一比较电信号为低电平；在上述工作电流大于上述第一电流阈值的情况下，确定上述第二比较电信号为高电平。也就是说，在上述工作电流小于等于第一电流阈值的情况下，第一比较器输出低电平，在上述工作电流大于第一电流阈值的情况下，第一比较器输出高电平，从而根据输出的第一比较结果确定工作电流与第一电流阈值的大小关系。

还需要说明的是，在上述工作电流小于等于第二电流阈值的情况下，确定上述第二比较电信号为低电平；在上述工作电流大于上述第二电流阈值的情况下，确定上述第二比较电信号为高电平。也就是说，在上述工作电流小于等于第二电流阈值的情况下，第二比较器输出低电平，在上述工作电流大于第二电流阈值的情况下，第二比较器输出高电平，从而根据输出的第二比较结果确定工作电流与第二电流阈值的大小关系。

本公开的一些实施例中，上述确定子单元包括第四确定模块、第五确定模块和第六确定模块。上述第四确定模块用于在上述第一比较结果和上述第二比较电信号均为低电平的情况下，确定上述辅助轴承的状态为良好。上述第五确定模块用于在上述第一比较电信号为高电平且上述第二比较电信号为低电平的情况下，确定上述辅助轴承的状态为卡顿。上述第六确定模块用于在上述第一比较电信号和上述第二比较电信号均为高电平的情况下，确定上述辅助轴承的状态为卡死。具体地，在第一比较结果和第二比较电信号均为低电平的情况下，即工作电流小于等于第一电流阈值，确定辅助轴承的状态为良好，在第一比较电信号为高电平且第二比较电信号为低电平的情况下，即工作电流大于第一电流阈值且小于等于第二电流阈值，确定辅助轴承的状态为卡顿，在第一比较电信号和第二比较电信号

均为高电平的情况下，即工作电流大于第二电流阈值，确定辅助轴承的状态为卡死。

需要说明的是，根据磁悬浮系统的设备型号预先测算出第一电流阈值和第二电流阈值，电机功率及轴的重量不同，第一电流阈值和第二电流阈值的范围也不同。本领域技术人员可以根据实际情况确定合适的第一电流阈值和第二电流阈值，以进一步保证辅助轴承的状态检测的准确性。

还需要说明的是，根据磁悬浮系统的设备型号不同，上述预定转速取值范围也不同。本领域技术人员可以根据实际情况确定合适的预定转速，例如， $5\text{r/s}\sim 10\text{ r/s}$ 。将预定转速设置在上述范围内，既可以避免转速过高导致辅助轴承卡死，造成机械损伤，又进一步可以避免转速过低，导致电流变化不明显使得检测不准确。

本公开实施例还提供了一种磁悬浮压缩机，包括：一个或多个处理器、存储器以及一个或多个程序，其中，一个或多个上述程序被存储在上述存储器中，并且被配置为由一个或多个上述处理器执行，一个或多个上述程序包括用于执行任意一种上述的检测方法。

上述磁悬浮压缩机中，程序执行过程中，首先检测上述电磁轴承是否停止工作，以确定主轴是否落在辅助轴承上，然后在检测到上述电磁轴承停止工作的情况下，控制主轴以预定转速旋转，即控制主轴在辅助轴承上以预定转速旋转，之后检测电机的工作电流，最后根据工作电流确定辅助轴承的状态。由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致电机的工作电流增大，从而根据电机的工作电流的大小确定辅助轴承的状态，进而提高了辅助轴承的状态检测的效率。这样可以实现实时检测辅助轴承状态，进行精确维护，减小了辅助轴承的检修和维护成本。而且这还可以尽量避免因未及时更换失效的辅助轴承而导致磁悬浮系统寿命降低甚至损坏的问题，从而间接提高了磁悬浮系统寿命及可靠性。

本公开实施例还提供了一种磁悬浮压缩机，包括磁悬浮系统的检测装置。上述检测装置为任意一种上述检测装置。

上述磁悬浮压缩机中，包括磁悬浮系统的检测装置，检测装置的第一控制单元检测上述电磁轴承是否停止工作，以确定主轴是否落在辅助轴承上，检测装置的第二控制单元在检测到上述电磁轴承停止工作的情况下，控制主轴以预定转速旋转，即控制主轴在辅助轴承上以预定转速旋转，检测单元检测电机的工作电流，检测装置的确定单元根据工作电流确定辅助轴承的状态。由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致电机的工作电流增大，从而根据电机的工作电流的大小确定辅助轴承的状态，进而提高了辅助轴承的状态检测的效率。这样可以实现实时检测辅助轴承状态，进行精确维护，减小了辅助轴承的检修和维护成本。而且这还可以尽量避免因未及时更换失效的辅助轴承而导致磁悬浮系统寿命降低甚至损

坏的问题，从而间接提高了磁悬浮系统寿命及可靠性。

上述检测装置包括处理器和存储器。上述第一控制单元、第二控制单元、检测单元和确定单元等均作为程序单元存储在存储器中。由处理器执行存储在存储器中的上述程序单元来实现相应的功能。

5 处理器中包含内核，由内核去存储器中调取相应的程序单元。例如可以在处理器中设置一个或多个内核。

存储器可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器，随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式，如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。存储器包括至少一个存储芯片。

10 本公开实施例提供了一种非瞬时性存储介质，其上存储有程序，该程序被处理器执行时实现上述检测装置。

本公开实施例提供了一种处理器，上述处理器用于运行程序，其中，上述程序运行时执行上述检测装置。

15 本公开实施例提供了一种设备，设备包括处理器、存储器及存储在存储器上并可在处理器上运行的程序，处理器执行程序时实现至少以下步骤 S101 至 S104。

步骤 S101，检测上述电磁轴承 30 是否停止工作。

步骤 S102，在检测到上述电磁轴承 30 停止工作的情况下，控制上述主轴 10 以预定转速旋转。

步骤 S103，检测上述电机 20 的工作电流。

20 步骤 S104，根据上述工作电流确定上述辅助轴承 40 的状态。

本文中的设备可以是服务器、PC (Personal Computer, 个人计算机)、PAD (即平板电脑 (tablet computer))、手机等。

本公开还提供了一种计算机程序产品，当在数据处理设备上执行时，适于执行初始化有至少如下方法步骤 S101 至 S104 的程序。

25 步骤 S101，检测上述电磁轴承 30 是否停止工作。

步骤 S102，在检测到上述电磁轴承 30 停止工作的情况下，控制上述主轴 10 以预定转速旋转。

步骤 S103，检测上述电机 20 的工作电流。

步骤 S104，根据上述工作电流确定上述辅助轴承 40 的状态。

30 本领域内的技术人员应明白，本公开的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产

品。因此，本公开可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本公开可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、**CD-ROM**、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

5 本公开是参照根据本公开实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和 / 或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和 / 或方框图中的每一流程和 / 或方框、以及流程图和 / 或方框图中的流程和 / 或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

10 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

15 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

20 在一个典型的配置中，计算设备包括一个或多个处理器（**CPU**）、输入/输出接口、网络接口和内存。

存储器可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器，随机存取存储器（**RAM**）和/或非易失性内存等形式，如只读存储器（**ROM**）或闪存（**flash RAM**）。存储器是计算机可读介质的示例。

25 计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括，但不限于相变内存（**PRAM**）、静态随机存取存储器（**SRAM**）、动态随机存取存储器（**DRAM**）、其他类型的随机存取存储器（**RAM**）、只读存储器（**ROM**）、电可擦除可编程只读存储器（**EEPROM**）、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器（**CD-ROM**）、数字多功能光盘（**DVD**）或其他光学存储、磁盒式磁带，磁带磁磁盘存

储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质，可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定，计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体 (transitory media)，如调制的数据信号和载波。

还需要说明的是，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

从以上的描述中，可以看出，本公开上述的实施例实现了如下技术效果。

1)、本公开的检测方法中，首先检测上述电磁轴承是否停止工作，以确定主轴是否落在辅助轴承上，然后在检测到上述电磁轴承停止工作的情况下，控制主轴以预定转速旋转，即控制主轴在辅助轴承上以预定转速旋转，之后检测电机的工作电流，最后根据工作电流确定辅助轴承的状态。由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致电机的工作电流增大，从而根据电机的工作电流的大小确定辅助轴承的状态，进而提高了辅助轴承的状态检测的效率。这样可以实现实时检测辅助轴承状态，进行精确维护，减小了辅助轴承的检修和维护成本。而且这样还可以尽量避免因未及时更换失效的辅助轴承而导致磁悬浮系统寿命降低甚至损坏的问题，从而间接提高了磁悬浮系统寿命及可靠性。

2)、本公开的检测装置中，第一控制单元检测上述电磁轴承是否停止工作，以确定主轴是否落在辅助轴承上，第二控制单元在检测到上述电磁轴承停止工作的情况下，控制主轴以预定转速旋转，即控制主轴在辅助轴承上以预定转速旋转，检测单元检测电机的工作电流，确定单元根据工作电流确定辅助轴承的状态，。由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致电机的工作电流增大，从而根据电机的工作电流的大小确定辅助轴承的状态，进而提高了辅助轴承的状态检测的效率。这样可以实现实时检测辅助轴承状态，进行精确维护，减小了辅助轴承的检修和维护成本。而且这样还可以尽量避免因未及时更换失效的辅助轴承而导致磁悬浮系统寿命降低甚至损坏的问题，从而间接提高了磁悬浮系统寿命及可靠性。

3)、本公开的磁悬浮压缩机中，程序执行过程中，首先检测上述电磁轴承是否停止工作，以确定主轴是否落在辅助轴承上，然后在检测到上述电磁轴承停止工作的情况下，控制主轴以预定转速旋转，即控制主轴在辅助轴承上以预定转速旋转，之后检测电机的工作电流，最后根据工作电流确定辅助轴承的状态。由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致电机的工作电流增大，从而根据电机的工作电流的大小确定辅助轴承的状态，进而提高了辅助轴

承的状态检测的效率。这样可以实现实时检测辅助轴承状态，进行精确维护，减小了辅助轴承的检修和维护成本。而且这样还可以尽量避免因未及时更换失效的辅助轴承而导致磁悬浮系统寿命降低甚至损坏的问题，从而间接提高了磁悬浮系统寿命及可靠性。

4)、本公开的磁悬浮压缩机中，包括磁悬浮系统的检测装置，检测装置的第一控制单元检测上述电磁轴承是否停止工作，以确定主轴是否落在辅助轴承上，检测装置的第二控制单元在检测到上述电磁轴承停止工作的情况下，控制主轴以预定转速旋转，即控制主轴在辅助轴承上以预定转速旋转，检测单元检测电机的工作电流，检测装置的确定单元根据工作电流确定辅助轴承的状态。由于辅助轴承卡顿或者卡死会导致电机的工作电流增大，从而根据电机的工作电流的大小确定辅助轴承的状态，进而提高了辅助轴承的状态检测的效率。这样可以实现实时检测辅助轴承状态，进行精确维护，减小了辅助轴承的检修和维护成本。而且这样还可以尽量避免因未及时更换失效的辅助轴承而导致磁悬浮系统寿命降低甚至损坏的问题，从而间接提高了磁悬浮系统寿命及可靠性。

以上描述了本公开的一些实施例，这些实施例并不用于限制本公开。对于本领域的技术人员来说，本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本公开的保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种磁悬浮系统的检测方法，其中，所述磁悬浮系统包括主轴、电机、电磁轴承和辅助轴承，所述电机工作驱动所述主轴旋转，所述电磁轴承和所述辅助轴承分别设置在所述主轴上，所述电磁轴承的半径大于所述辅助轴承的半径，所述检测方法包括：

检测所述电磁轴承是否停止工作；

在检测到所述电磁轴承停止工作的情况下，控制所述主轴以预定转速旋转；

检测所述电机的工作电流；以及

根据所述工作电流确定所述辅助轴承的状态。

2、根据权利要求 1 所述的检测方法，其中，所述磁悬浮系统还包括轴承控制器和电机控制器；所述控制所述主轴以预定转速旋转的步骤包括：

在检测到所述电磁轴承停止工作的情况下，所述轴承控制器向所述电机控制器发送检测指令；以及

所述电机控制器根据所述检测指令控制所述电机的工作电流，以使得所述主轴以所述预定转速旋转。

3、根据权利要求 1 所述的检测方法，其中，所述根据所述工作电流确定所述辅助轴承的状态的步骤包括：

比较所述工作电流和电机的电流阈值以得到比较结果；以及

根据所述比较结果确定所述辅助轴承的状态。

4、根据权利要求 3 所述的检测方法，其中，所述电流阈值包括第一电流阈值和第二电流阈值；所述比较所述工作电流和电流阈值以得到比较结果的步骤包括：

比较所述工作电流和所述第一电流阈值以得到第一比较结果；以及

比较所述工作电流和所述第二电流阈值以得到第二比较结果。

5、根据权利要求 4 所述的检测方法，其中，所述根据所述比较结果确定所述辅助轴承的状态的步骤包括：

在所述第一比较结果为所述工作电流小于等于所述第一电流阈值且所述第二比较结果为所述工作电流小于所述第二电流阈值的情况下，确定所述辅助轴承的状态为良好；

在所述第一比较结果为所述工作电流大于所述第一电流阈值且所述第二比较结果为所述工作电流小于等于所述第二电流阈值的情况下，确定所述辅助轴承的状态为卡顿；以及

在所述第一比较结果为所述工作电流大于所述第一电流阈值且所述第二比较结果为所述工作电流大于所述第二电流阈值的情况下，确定所述辅助轴承的状态为卡死。

6、根据权利要求 5 所述的检测方法，还包括：

在所述辅助轴承的状态为卡顿的情况下，发出预警信号；以及

在所述辅助轴承的状态为卡死的情况下，发出报警信号。

7、根据权利要求 4 所述的检测方法，其中，所述磁悬浮系统还包括比较电路；所述比较所述工作电流和电机的电流阈值以得到比较结果的步骤包括：

采用所述比较电路比较所述工作电流和所述电流阈值以得到所述比较结果。

8、根据权利要求 7 所述的检测方法，其中，所述比较电路包括第一比较器和第二比较器，所述电流阈值包括第一电流阈值和第二电流阈值；所述采用比较电路比较所述工作电流和所述电流阈值以得到所述比较结果的步骤包括：

所述第一比较器将所述工作电流与所述第一电流阈值进行比较以输出第一比较结果；以及

所述第二比较器将所述工作电流与所述第二电流阈值进行比较以输出第二比较结果。

9、一种磁悬浮系统的检测装置，其中，所述磁悬浮系统包括主轴、电机、电磁轴承和辅助轴承，所述电机工作驱动所述主轴旋转，所述电磁轴承和所述辅助轴承分别设置在所述主轴上，所述电磁轴承的半径大于所述辅助轴承的半径，所述检测装置包括：

第一控制单元，用于控制所述电磁轴承停止工作，以使得所述主轴落在所述辅助

轴承上；

第二控制单元，用于控制所述主轴以预定转速旋转；

检测单元，用于检测所述电机的工作电流；以及

确定单元，用于根据所述工作电流确定所述辅助轴承的状态。

10、根据权利要求 9 所述的检测装置，其中，所述第二控制单元包括：

轴承控制器，用于在检测到所述电磁轴承停止工作的情况下，向电机控制器发送检测指令；以及

电机控制器，用于根据所述检测指令控制所述电机的工作电流，以使得所述主轴以所述预定转速旋转。

11、根据权利要求 9 所述的检测装置，其中，所述确定单元包括：

比较子单元，用于将所述工作电流与电机的电流阈值进行比较以得到比较结果；以及

确定子单元，用于根据所述比较结果确定所述辅助轴承的状态。

12、根据权利要求 11 所述的检测装置，其中，所述比较子单元包括比较电路，所述比较电路用于比较所述工作电流和所述电流阈值以得到所述比较结果。

13、根据权利要求 12 所述的检测装置，其中，所述电流阈值包括第一电流阈值和第二电流阈值，所述比较电路包括：

第一比较器，用于将所述工作电流与所述第一电流阈值进行比较以输出第一比较电信号；以及

第二比较器，用于将所述工作电流与所述第二电流阈值进行比较以输出第二比较电信号。

14、一种非瞬时性存储介质，其中，所述存储介质包括存储的程序，其中，所述程序执行权利要求 1 至 8 中任一项所述的检测方法。

15、一种处理器，其中，所述处理器用于运行程序，其中，所述程序运行时执行

权利要求 1 至 8 中任一项所述的检测方法。

16、一种磁悬浮压缩机，包括：一个或多个处理器、存储器以及一个或多个程序，其中，一个或多个所述程序被存储在所述存储器中，并且被配置为由一个或多个所述处理器执行，一个或多个所述程序包括用于执行权利要求 1 至 8 中任意一项所述的检测方法。

17、一种磁悬浮压缩机，包括磁悬浮系统的检测装置，所述检测装置为权利要求 9 至 13 中任一项所述检测装置。

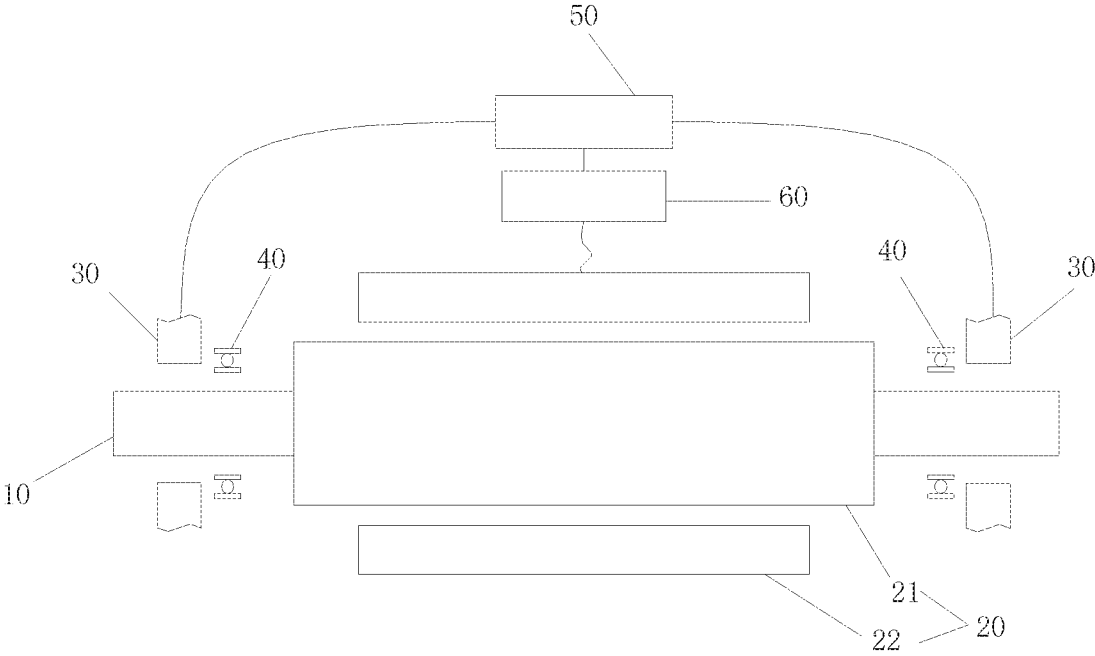


图 1

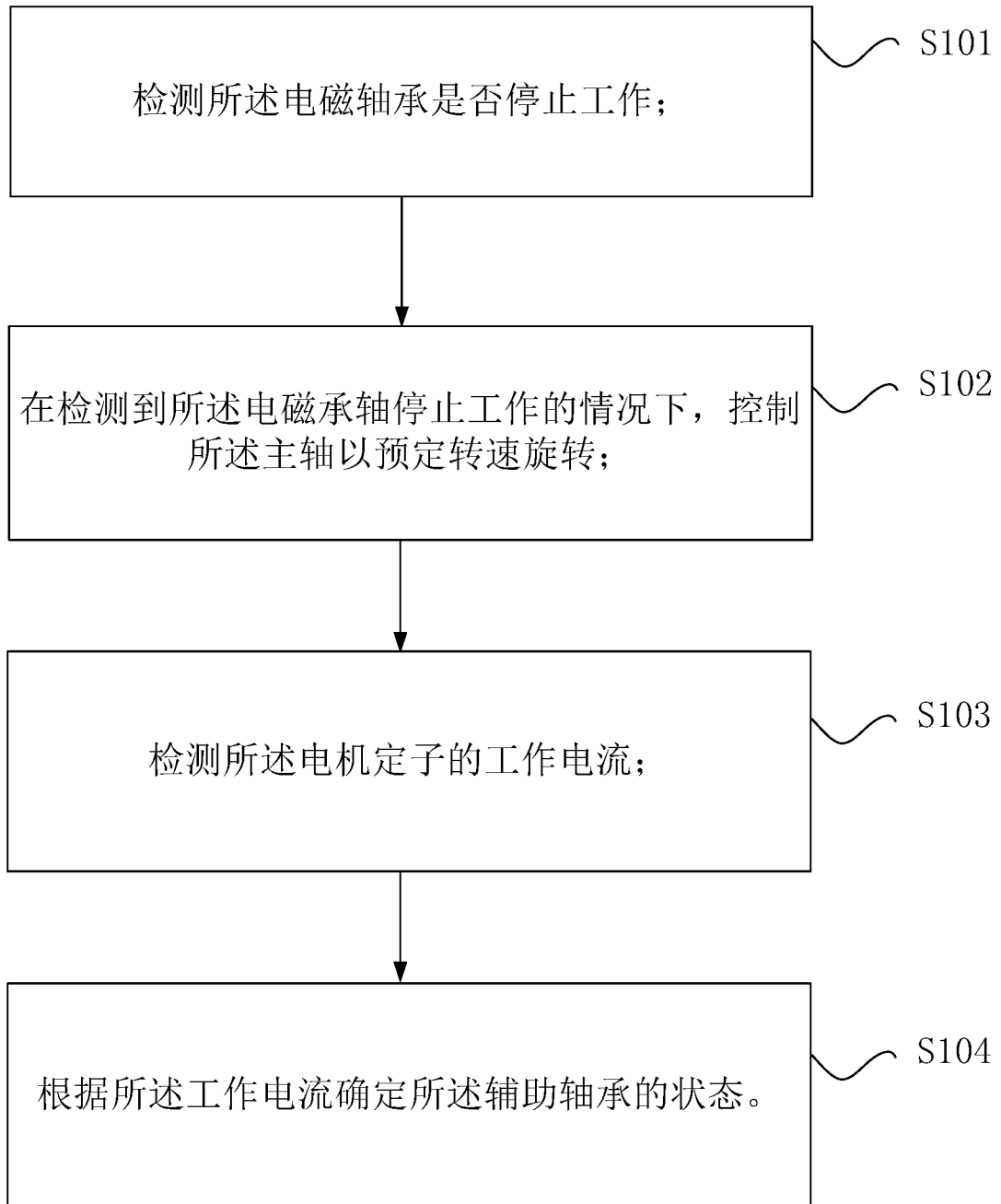


图 2

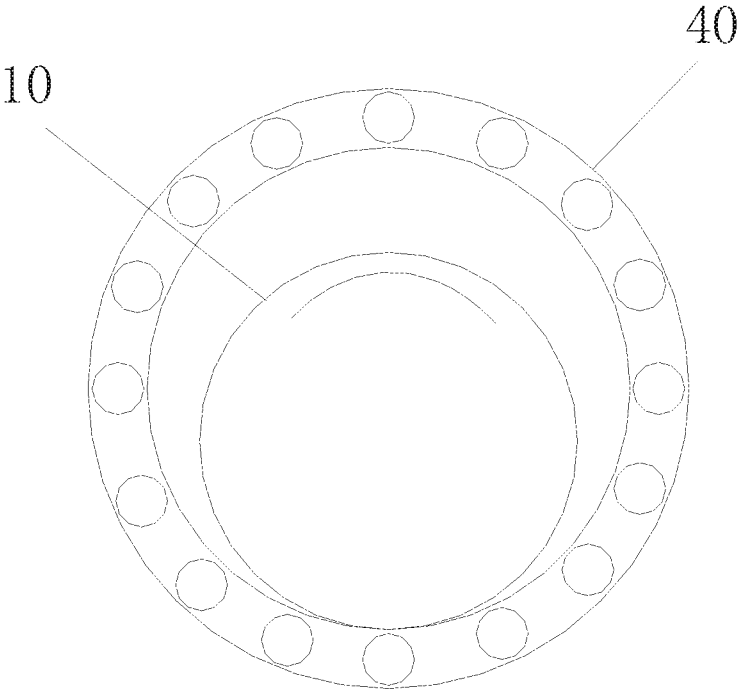


图 3

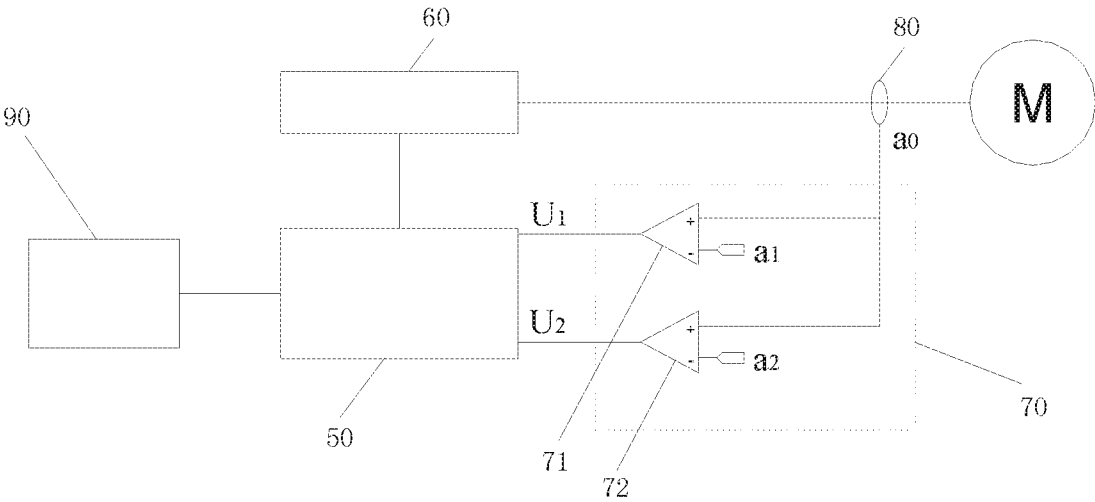


图 4



图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/123143

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M 13/04(2019.01)i; G01R 31/00(2006.01)i; G01R 19/00(2006.01)i

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)

G01M,G01R

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 磁悬浮, 轴承, 辅助, 保护, 测, 性能, 卡死, 损坏, 损伤, 卡顿, 停止, 关闭, 下落, 坠落, 下坠, 掉落, 下降, 电流, magnetic+, auxiliary, protect+, bearing, monitor+, measur+, detect+, test+, current

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111308252 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) 19 June 2020 (2020-06-19) claims 1-17, figures 1-5	1-17
E	CN 211979080 U (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) 20 November 2020 (2020-11-20) description, paragraphs [0024]-[0041], and figures 1-4	1-17
Y	JP 2006022914 A (KOYO SEIKO CO.) 26 January 2006 (2006-01-26) description, paragraphs [0015]-[0042], and figures 1-5	1-17
Y	杨江天 等 (YANG, Jiangtian et al.). "基于定子电流小波包分析的牵引电机轴承故障诊断 (Traction Motor Bearing Fault Detection Via Wavelet Packet Analysis of Stator Currents)" 铁道学报 (Journal of the China Railway Society), Vol. 35, No. 2, 28 February 2013 (2013-02-28), ISSN: 1001-836, pp. 33-36	1-17
A	CN 110185705 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) 30 August 2019 (2019-08-30) entire document	1-17



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

12 January 2021

Date of mailing of the international search report

26 January 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/123143**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106787538 A (YANGZHOU UNIVERSITY) 31 May 2017 (2017-05-31) entire document	1-17
A	CN 1776550 A (SHANDONG UNIVERSITY) 24 May 2006 (2006-05-24) entire document	1-17
A	CN 202789593 U (HUNAN UNIVERSITY) 13 March 2013 (2013-03-13) entire document	1-17
A	US 2002186039 A1 (DEVANEY, Michael J. et al.) 12 December 2002 (2002-12-12) entire document	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/123143

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111308252	A	19 June 2020	None			
CN	211979080	U	20 November 2020	None			
JP	2006022914	A	26 January 2006	None			
CN	110185705	A	30 August 2019	None			
CN	106787538	A	31 May 2017	CN	106787538	B	03 May 2019
CN	1776550	A	24 May 2006	CN	100444060	C	17 December 2008
CN	202789593	U	13 March 2013	None			
US	2002186039	A1	12 December 2002	EP	1421670	A1	26 May 2004
				DE	60236668	D1	22 July 2010
				EP	1421670	B1	09 June 2010
				US	6727725	B2	27 April 2004
				WO	02089305	A1	07 November 2002

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/123143

A. 主题的分类 G01M 13/04(2019.01)i; G01R 31/00(2006.01)i; G01R 19/00(2006.01)i 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																										
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01M, G01R 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 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)) CNPAT, CNKI, WPI, EP0D0C: 磁悬浮, 轴承, 辅助, 保护, 测, 性能, 卡死, 损坏, 损伤, 卡顿, 停止, 关闭, 下落, 坠落, 下坠, 掉落, 下降, 电流, magnetic+, auxiliary, protect+, bearing, monitor+, measur+, detect+, test+, current																										
C. 相关文件 <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 111308252 A (珠海格力电器股份有限公司) 2020年 6月 19日 (2020 - 06 - 19) 权利要求1-17, 附图1-5</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>CN 211979080 U (珠海格力电器股份有限公司) 2020年 11月 20日 (2020 - 11 - 20) 说明书第[0024]-[0041]段, 附图1-4</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2006022914 A (KOYO SEIKO CO.) 2006年 1月 26日 (2006 - 01 - 26) 说明书第[0015]-[0042]段, 附图1-5</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>杨江天 等. “基于定子电流小波包分析的牵引电机轴承故障诊断” 铁道学报, 第35卷, 第2期, 2013年 2月 28日 (2013 - 02 - 28), ISSN: 1001-836, 第33-36页</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110185705 A (珠海格力电器股份有限公司) 2019年 8月 30日 (2019 - 08 - 30) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106787538 A (扬州大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1776550 A (山东大学) 2006年 5月 24日 (2006 - 05 - 24) 全文</td> <td>1-17</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 111308252 A (珠海格力电器股份有限公司) 2020年 6月 19日 (2020 - 06 - 19) 权利要求1-17, 附图1-5	1-17	E	CN 211979080 U (珠海格力电器股份有限公司) 2020年 11月 20日 (2020 - 11 - 20) 说明书第[0024]-[0041]段, 附图1-4	1-17	Y	JP 2006022914 A (KOYO SEIKO CO.) 2006年 1月 26日 (2006 - 01 - 26) 说明书第[0015]-[0042]段, 附图1-5	1-17	Y	杨江天 等. “基于定子电流小波包分析的牵引电机轴承故障诊断” 铁道学报, 第35卷, 第2期, 2013年 2月 28日 (2013 - 02 - 28), ISSN: 1001-836, 第33-36页	1-17	A	CN 110185705 A (珠海格力电器股份有限公司) 2019年 8月 30日 (2019 - 08 - 30) 全文	1-17	A	CN 106787538 A (扬州大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文	1-17	A	CN 1776550 A (山东大学) 2006年 5月 24日 (2006 - 05 - 24) 全文	1-17
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 111308252 A (珠海格力电器股份有限公司) 2020年 6月 19日 (2020 - 06 - 19) 权利要求1-17, 附图1-5	1-17																								
E	CN 211979080 U (珠海格力电器股份有限公司) 2020年 11月 20日 (2020 - 11 - 20) 说明书第[0024]-[0041]段, 附图1-4	1-17																								
Y	JP 2006022914 A (KOYO SEIKO CO.) 2006年 1月 26日 (2006 - 01 - 26) 说明书第[0015]-[0042]段, 附图1-5	1-17																								
Y	杨江天 等. “基于定子电流小波包分析的牵引电机轴承故障诊断” 铁道学报, 第35卷, 第2期, 2013年 2月 28日 (2013 - 02 - 28), ISSN: 1001-836, 第33-36页	1-17																								
A	CN 110185705 A (珠海格力电器股份有限公司) 2019年 8月 30日 (2019 - 08 - 30) 全文	1-17																								
A	CN 106787538 A (扬州大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文	1-17																								
A	CN 1776550 A (山东大学) 2006年 5月 24日 (2006 - 05 - 24) 全文	1-17																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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 “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 “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 “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 “&” 同族专利的文件																										
国际检索实际完成的日期 2021年 1月 12日		国际检索报告邮寄日期 2021年 1月 26日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 杨晓林 电话号码 86-(10)-53962460																								

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	CN 202789593 U (湖南大学) 2013年 3月 13日 (2013 - 03 - 13) 全文	1-17
A	US 2002186039 A1 (DEVANEY, Michael J. 等) 2002年 12月 12日 (2002 - 12 - 12) 全文	1-17

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/123143

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	111308252	A	2020年 6月 19日	无	
CN	211979080	U	2020年 11月 20日	无	
JP	2006022914	A	2006年 1月 26日	无	
CN	110185705	A	2019年 8月 30日	无	
CN	106787538	A	2017年 5月 31日	CN	106787538 B 2019年 5月 3日
CN	1776550	A	2006年 5月 24日	CN	100444060 C 2008年 12月 17日
CN	202789593	U	2013年 3月 13日	无	
US	2002186039	A1	2002年 12月 12日	EP	1421670 A1 2004年 5月 26日
				DE	60236668 D1 2010年 7月 22日
				EP	1421670 B1 2010年 6月 9日
				US	6727725 B2 2004年 4月 27日
				WO	02089305 A1 2002年 11月 7日