

## (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  
2020年11月5日 (05.11.2020)



(10) 国际公布号  
**WO 2020/220857 A1**

(51) 国际专利分类号:  
*A61M 1/10* (2006.01) *H02N 15/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/080097

(22) 国际申请日: 2020年3月19日 (19.03.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:  
201910352084.8 2019年4月29日 (29.04.2019) CN

(71) 申请人: 苏州苏磁智能科技有限公司 (SUZHOU SUPERMAG INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市相城经济技术开发区澄阳路116号阳澄湖国际科技创业园2号楼311室, Jiangsu 215131 (CN)。

(72) 发明人: 尹成科 (YIN, Chengke); 中国江苏省苏州市相城经济技术开发区澄阳路116号阳澄湖国际科技创业园2号楼311室, Jiangsu 215131 (CN)。

(74) 代理人: 苏州国诚专利代理有限公司 (SUZHOU GUOCHENG PATENT AGENCY CO., LTD); 中国

江苏省苏州市吴中区木渎镇珠江南路211号1幢1228室, Jiangsu 215000 (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, 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))。

(54) **Title:** HIGH-EFFICIENCY MAGNETIC COUPLING AND LEVITATION PUMP

(54) 发明名称: 一种高效率磁力耦合悬浮泵

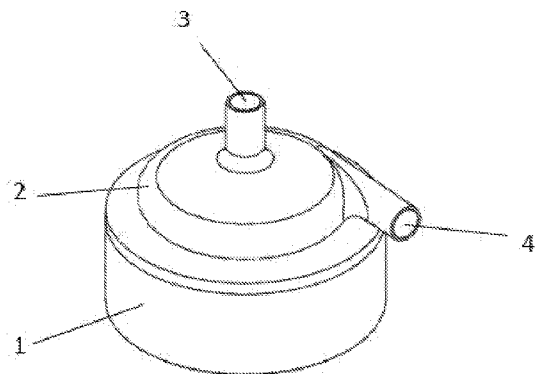


图1

(57) **Abstract:** A high-efficiency magnetic coupling and levitation pump, comprising a stator body (1) and a volute (2) containing a rotor (5). The stator body (1) contains a magnetic levitation stator assembly (19) and a magnetic coupler stator assembly (20) therein. The rotor (5) contains a magnetic levitation rotor assembly (10) and a magnetic coupler rotor assembly (11) therein. The magnetic levitation stator assembly (19) and the magnetic levitation rotor assembly (10) constitute a magnetic levitation assembly, which generates a radial unipolar magnetic pole and magnetic field along the circumferential direction to levitate the rotor. The magnetic coupler stator assembly (20) and the magnetic coupler rotor assembly (11) constitute a magnetic coupler assembly, which generates a non-zero even number of radial periodic magnetic poles and magnetic fields along the circumferential direction to drive the rotor to rotate. When the magnetic levitation pump operates, the rotor is completely levitated under the action of magnetic field force, and has no any mechanical friction or shear with the stator during rotation; therefore, no dynamic seal is needed, and the reliability is high.

WO 2020/220857 A1

**(57) 摘要：**一种高效率磁力耦合磁悬浮泵，包含定子本体（1）和含有转子（5）的蜗壳（2），定子本体（1）内含有磁悬浮定子组件（19）和磁力耦合器定子组件（20），转子（5）内含有磁悬浮转子组件（10）和磁力耦合器转子组件（11）；磁悬浮定子组件（19）和磁悬浮转子组件（10）组成磁悬浮组件，沿周向产生径向单极磁极和磁场，使得转子悬浮；磁力耦合器定子组件（20）和磁力耦合器转子组件（11）组成磁力耦合器组件，沿周向产生径向非零偶数个周期磁极和磁场，驱动转子旋转。该磁悬浮泵工作时，转子在磁场力的作用下完全悬浮，转动时与定子无任何机械摩擦或剪切，无需任何动密封，可靠性高。

# 一种高效率磁力耦合悬浮泵

## 技术领域

**[0001]** 本申请涉及磁悬浮和泵领域，尤其涉及一种用于流体输送的高效率磁力耦合悬浮泵。

## 背景技术

**[0002]** 泵是流体输送的基础装置。传统泵一般由电机、转轴、轴的动密封装置和固定于转轴端部的叶轮、蜗壳等部件构成。在使用过程中动密封装置存在对流体的摩擦剪切、泄漏、污染、失效等难题。在输送血液、蛋白质大分子药物、超净原料、燃料等敏感流体时，轴承摩擦剪切会损伤流体有效成分。在人工心脏、核能、太空领域，密封失效导致的泄露和污染更是不可接受的。

**[0003]** 有鉴于现有技术的不足，本发明公开了一种磁力耦合悬浮泵，具有很高的驱动效率，运转时转子与定子没有任何机械接触，完全避免了轴承的摩擦剪切，不需要任何动密封，有效的避免了泄露和污染，可靠性高。

## 发明内容

**[0004]** 本发明公开的磁力耦合悬浮泵由定子本体和含有转子的蜗壳组成。定子本体内含有磁悬浮定子组件和磁力耦合器定子组件，转子内含有磁悬浮转子组件和磁力耦合器转子组件，磁悬浮定子组件和磁悬浮转子组件构成磁悬浮组件，磁力耦合器定子组件和磁力耦合器转子组件构成磁力耦合器组件。磁悬浮组件沿周向产生径向单一磁极和磁场，磁力耦合器组件沿周向产生径向周期磁极和磁场。磁悬浮组件和磁力耦合器组件使得转子在定子本体的蜗壳内完全悬浮和旋转，转子上设置有随转子一起转动的叶轮，蜗壳上设置有流体入口和流体出口，流体在蜗壳内流动时，充斥在蜗壳内壁和转子之间的空间，被旋转的转子上的叶轮推动。

**[0005]** 本发明公开的磁力耦合悬浮泵在工作时，磁悬浮组件通过磁场的相互作用力，为转子提供 5 个自由的稳定控制。这 5 个自由度中，转子的 2 个倾斜自由度、1 个轴向位移自由度是被动稳定的，而径向的 2 个自由度是主动控制稳定的。为了实现径向 2 个自由度的转子位置的主动控制，磁悬浮定子组件中含有转子位置传感器，实时监测转子的位移，控制电路根据转子位移在磁悬浮定子组件的线圈中产生电流，实现稳定可控的转子磁悬浮。控制电路有零功耗控制和周期零功耗控制算法，降低了磁悬浮的功耗。磁力耦合器组件通过磁场的相互作用力矩，为转子提供旋转所需的转矩。

**[0006]** 在转子旋转时，转子所有的 6 个自由度都在磁悬浮和电机的控制下，在定子本体及蜗壳中设定位置范围内转动，带动叶轮一起转动，推动蜗壳中的流体运动。转子和叶轮完全

且仅仅浸入在蜗壳内的流体中，转动时转子及叶轮等部件和定子本体各部件之间没有任何摩擦，完全避免了任何动密封结构。

**[0007]** 蜗壳与定子本体可设计为可分离的，在需要时可以方便的更换蜗壳，方便使用，节省成本。

**[0008]** 转子在稳定旋转时，磁悬浮的功耗非常低。磁力耦合器在传递转矩的过程中，没有能量损失。因此，电机输出功几乎全部用于驱动流体，整机效率非常高。

**[0009]** 可选地，磁力耦合器定子组件也可以用绕有多相线圈的电机定子绕组代替，以满足特殊情况的需求。

### 附图说明

**[0010]** 图 1 整体结构

图 2 部件

图 3 整体剖面

图 4 转子

图 5 定子

图 6 转子和定子

图 7 磁悬浮组件

图 8 磁悬浮组件的多种实施方案

图 9 磁力耦合器组件

### 具体实施方式

**[0011]** 下面结合附图和实施例，对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明，但不用来限制本发明的范围。

**[0012]** 本发明所公开的磁力耦合悬浮泵，如图 1 所示，包含定子本体 1，蜗壳 2。蜗壳 2 上有流体入口 3 和流体出口 4。蜗壳 2 和定子本体 1 可以设计为一体，也可设计为可分离的。图 2 (a) 展示了蜗壳 2 中的转子 5，图 2 (b) 进一步分别展示了蜗壳 2 中转子 5，以及固定于转子 5 上的叶轮 6。蜗壳 2 上设置有流体入口 3 和流体出口 4。流体在蜗壳 2 内流动时，充斥在蜗壳 2 内壁和转子 5 之间的空间，被旋转的转子 5 上的叶轮 6 推动。

**[0013]** 磁力耦合悬浮泵在工作时，蜗壳 2 置于定子本体 1 中，蜗壳 2 中的转子 5 及叶轮 6 在定子本体 1 产生的磁场的作用下稳定的悬浮、旋转，推动蜗壳 2 中的流体运动。转子 5 和叶轮 6 在旋转时，完全悬浮浸没在蜗壳 2 内流体内部，与蜗壳 2 没有任何机械接触和摩擦，

完全避免了机械轴承，不需要任何动密封。

**[0014]** 本发明的关键在于，如何能使得转子 5 在定子本体 1 中的蜗壳 2 内稳定的悬浮和旋转。图 3 是磁力耦合悬浮泵整体结构的剖面图。下面将对该结构的工作原理进行逐步阐释。

**[0015]** 图 4 (a) (b) 给出了转子 5 去掉叶轮 6 等无关部件后，与磁悬浮和电机相关的核心结构，包含由磁环 7、辅助磁环 8 和辅助磁环 7 组成的磁悬浮转子组件 10、由多片周向扇形磁铁组成的磁力耦合器转子组件 11、导磁环 12。

**[0016]** 磁悬浮转子组件 10 的各磁环由永磁材料构成。磁环 7 的充磁方向为径向向外，辅助磁环 8 的充磁方向轴向向上，辅助磁环 8 的充磁方向轴向向下。此处的轴向，即转子 5 的唯一的对称轴即旋转轴，而径向是指与转子 5 的旋转轴所垂直的平面内的转子 5 半径方向。磁悬浮转子组件 10 的特征在于，其磁极排布为径向单极磁极，所产生的磁场为径向单极磁场，即径向外侧为 N 极、内侧为 S 极，或者相反，径向外侧为 S 极、内侧为 N 极。基于这一径向单极磁场原则，磁悬浮转子组件 10 有许多种实施方案，本专利将在后面对典型的几种实施方案加以说明。

**[0017]** 磁力耦合器转子组件 11 由多片扇形永磁体阵列构成，其充磁与排列方式的特征在于，其磁极排布为径向多极磁极，形成周向多极周期磁场。为了产生周向多极周期磁场，所述各扇形永磁体的典型充磁方向为径向充磁，且从径向外侧看去，呈 NSNS...周期性排布，每个磁铁充磁方向依次旋转 180 度。图 4 中给出了用 4 块扇形磁铁沿周向产生 2 对径向排布磁极和周期磁场的示例。显然，设置为其它任意非零偶数个磁极的周期磁场都是可以的。

**[0018]** 可选地，磁力耦合器转子组件 11 的磁铁还可采用一种称为 Halbach 阵列的排布方式，充磁方向每个磁铁依次旋转 90 度，按  $\uparrow \rightarrow \downarrow \leftarrow \uparrow \rightarrow \downarrow \leftarrow \dots$  的充磁方式周期依次排布，这种排布方式可在一侧产生强度叠加增强的周期多极磁场，而另一侧的磁场叠加相消，提高磁铁的利用率。

**[0019]** 导磁环 12 的是磁悬浮转子组件 10 和磁力耦合器转子组件 11 的背铁，为磁悬浮转子组件 10 和磁力耦合器转子组件 11 的磁通量提供闭合回路，同时隔离磁悬浮转子组件 10 和磁力耦合器转子组件 11 的磁场，使两者不相互干扰。

**[0020]** 图 5 (a) (b) 给出了定子本体 1 去除无关部件后，与磁悬浮功能和电机功能相关的核心部件，包含由定子铁芯 13，辅助磁环 14，辅助磁环 15，线圈 16，转子位置传感器 17，控制电路 18 组成的磁悬浮定子组件 19，由扇形磁铁阵列构成的磁力耦合器定子组件 20，和电机 21。控制电路 18 的位置在图 3 中标出。

**[0021]** 磁悬浮定子组件 19 的作用是使得转子 5 稳定悬浮，其中，转子位置传感器 17 检测

转子 5 与定子本体 1 之间的相对位移，控制电路 18 根据该位移，计算并控制线圈 16 中电流的大小和方向，在定子铁芯 13 中产生磁场，对磁悬浮转子组件 10 产生相互作用力，最终使得转子 5 与定子本体 1 的相对位置在设定的范围内。

**[0022]** 磁力耦合器定子组件 20 由数片扇形磁铁构成，其形成的磁场排布刚好与磁力耦合器转子组件 11 的排布相反，这意味着其磁铁阵列的充磁方向和排列也是相反的。磁力耦合器定子组件 20 固定在电机 21 的转轴上，在电机 21 的驱动下旋转。磁力耦合器定子组件 20 与磁力耦合器转子组件 11 通过磁场产生相互作用转矩，驱动转子 5 旋转。

**[0023]** 图 6 将图 4 所示的转子核心部件和图 5 所示的定子核心部件放到了一起，可以与图 3 整体剖面图一一对应。至此，已经清楚的揭示了本发明的结构。

**[0024]** 图 7 进一步揭示了本发明的磁悬浮原理。图 7 (a) (b) (c) (d) 展示的是磁悬浮定子组件 19 中的定子铁芯 13、线圈 16 和磁悬浮转子组件 10 中的磁环 7 的相同结构的 4 个不同状态剖面图，因此只在图 7 (a) 中对各部件进行了标号，其余子图可以一一对应。该剖面图同时画出了旋转轴的两侧结构。暂时不考虑辅助磁环 8、9、14、15，由于磁环 7 产生的磁场是径向单极磁场，在定子铁芯 13 和磁环 7 之间的气隙内产生的磁场的强度沿周向是均匀分布的，在定子铁芯 13 和磁环 7 之间的产生的磁悬浮合力为零。又从后文会得知磁力耦合器组件的合力总为零。最终，磁环 7，以及磁悬浮转子组件 10 和转子 5 所受的合力为零。

**[0025]** 图 7 (c) 展示了线圈 16 中通入电流后的情况。此时，线圈 16 在定子铁芯 13 中产生并扩散到气隙中的磁场，在一侧与磁环 7 产生的磁场相加，而在另一侧与磁环 7 产生的磁场相减，磁场不再对称，径向合力不再为零，产生了与线圈电流大小和方向相关的控制力。图 7 (c) 中用符号  $F$  指明了在图中所述磁场情况下产生的控制的方向。控制电路 18 通过转子位置传感器 17 检测转子的位置，调整控制力的大小，就可以实现转子 5 的径向 2 个方向始终处于定子本体 1 中设定的位置范围内，实现悬浮。

**[0026]** 当转子 5 稳定的悬浮在定子本体 1 的中心位置附近时，由于周向气隙内的磁场周向对称，各永久磁铁产生的磁场力合力为零，因此线圈 16 中的控制电流也接近零，磁悬浮功耗可以极低，接近于零。

**[0027]** 当因为整个泵体倾斜或加速，重力（加速度力）在径向产生分量时，控制电路 18 使得转子 5 稍微的偏离定子本体 1 的中心点，使得各永久磁铁产生的磁场力刚好抵消掉重力的径向分量，此时线圈 16 中的控制电流也接近零，磁悬浮功耗也可以极低，接近于零。这一控制算法称为零功耗控制。

**[0028]** 当由于周期性的振动，或者转子 5 旋转引起的附加周期性力在径向产生分量时，控制电路 18 可以使得转子 5 在定子本体 1 的中心点附近周期性地运动，使得各永久磁铁产生的周期性的磁场力刚好可以抵消附加周期性力在径向产生的分量。此时，此时线圈 16 中的控制电流可以最小化，磁悬浮功耗也得以最小化，通常远小于单纯用线圈 16 中的电流产生的电磁力来抵抗附加周期性力在径向产生的分量所需要的功耗。这一控制算法称为周期零功耗控制。

**[0029]** 图 7 (b) 展示了转子 5 发生相对于定子本体 1 的轴向位移时，转子 5 中的磁环 7 与磁悬浮定子组件 19 中的定子铁芯 13 发生同样的位移。此时，定子铁芯 13 与磁环 7 之间的气隙中将产生图 7 (b) 虚线所示的磁场。这一磁场在轴向上是不对称的，将产生轴向力，所产生的轴向力在图 7 (c) 中用符号  $F$  表示。这一力总是使得转子 5 回到定子本体 1 所设定的初始位置，是一种被动恢复力，因此转子 5 在这一被动恢复力的作用下，在轴向这 1 个自由度上是被动稳定悬浮的。

**[0030]** 图 7 (d) 展示了转子 5 发生相对于定子本体 1 发生倾斜的情况时，转子 5 中的磁环 7 与磁悬浮定子组件 19 中的定子铁芯 13 发生同样的倾斜。此时，定子铁芯 13 与磁环 7 之间气隙内产生图 7 (d) 虚线所示的磁场。这一磁场是在两侧轴向上是对称的，因此轴向力为零，但在对于倾斜来说是不对称的，最终产生令转子 5 回到初始设定姿态的力矩，所产生的回复力矩在图 7 (d) 中用符号  $T$  表示。也就是说，转子 5 在这一被动回复力矩的作用下，在倾斜的 2 个自由度上是被动稳定悬浮的。

**[0031]** 至此，已经利用一个简化的结构完全阐明了本发明的磁悬浮原理，得知转子 5 在 2 个径向自由度上是主动控制稳定悬浮的，在 1 个轴向自由度和 2 个倾斜自由度上是被动稳定悬浮的。转子 5 作为一个刚体，一共有 6 个自由度，至此已经有 5 个自由度是稳定悬浮的。

**[0032]** 在主动控制悬浮自由度中，使用零功耗控制和周期零功耗控制，使得磁悬浮的功耗显著降低，接近于零。被动悬浮稳定的自由度不消耗功率。

**[0033]** 图 8 (a) 给出了包含辅助磁环 8、9、14、15 的改进方案，进一步增强了气隙磁场，提高了效率。图 8 (a) (b) (c) (d) 展示的都是磁悬浮定子组件 19 中的定子铁芯 13、线圈 16 和磁悬浮转子组件 10 中的磁环 7 和辅助磁环 8、9、14、15 相同结构的剖面图，因此只在图 8 (a) 中对各部件进行了标号，其余子图可以一一对应。该剖面图仅画出了旋转轴一侧的结构。在磁悬浮定子组件 19 的定子铁芯 13 上另外设置 2 个辅助磁环 14 和 15，在磁悬浮转子组件 10 的磁环 7 上另外设置辅助磁环 8、9。这些辅助磁环都可以独立设置或不设置，但其设置的基本原则是，其在定子铁芯 13 和磁环 7 之间的气隙中产生的磁场，与磁环 7 单

独在该气隙中产生的磁场是相加的。此处所说的相加，特征是各磁环在所述气隙中产生的磁场方向相同，磁场叠加后幅值增加。

**[0034]** 基于上述辅助磁环产生的磁场在气隙中产生的磁场与磁环 7 所单独产生的磁场是相加的这一基本原则，又有图 8 (b) (c) (d) 的数种磁环充磁方向和排布方案。图 8 中展示了多种排布方案，说明了在不同的辅助磁环充磁配置下，辅助磁环所产生磁场与磁环 7 所单独产生的磁场在气隙内相加的基本原理。图 8 (a) (b) 所展示的配置方案中同时画出了磁环 7 所产生的磁力线和其余辅助磁环所产生的磁力线。图 8 (c) (d) 仅画出了辅助磁环产生的磁力线。可见，在这些配置方案中，在气隙中每个辅助磁环所产生的磁力线与磁环 7 所产生的磁力线都是相加的。容易想到，对图 8 所示的磁环 7 和各辅助磁环的充磁方向进行反向、旋转，或者对图 8 中所展示的结构进行任何拆分和组合，将会许有多种满足在气隙中磁场相加的配置方案。至此，已经完全揭示了辅助磁环设置的基本原理，鉴于篇幅原因，此处不再将所有的配置方案一一列出，对于本技术领域的普通技术人员来说完全可以自行列出其它各种组合。

**[0035]** 转子 5 最后一个需要控制的自由度是转动自由度，通过磁力耦合器来实现。

**[0036]** 图 9 给出了包含磁力耦合器定子组件 20 和磁力耦合器转子组件 11 的磁力耦合器组件。磁力耦合器定子组件 20 产生的是周向分布的周期多极磁场，磁力耦合器转子组件 11 与磁力耦合器定子组件 20 产生的磁场分布刚好相反。当磁力耦合器定子组件 20 和磁力耦合器转子组件 11 的相对角位移为图 9 (a) 所示为零时，两者之间的磁力线在周向是如虚线所示周期交替的，但对周向的每个磁极而言都是两侧对称分布的，因此产生的合力和合力矩都为零。而当磁力耦合器定子组件 20 和磁力耦合器转子组件 11 的相对角位移为图 9 (b) 所示不为零时，两者之间的磁力线在周向如虚线所示除了是周期交替的，还对周向的每个磁极而言总是转向同一侧，在此种情况下所产生的合力为零，但合力矩不为零。因此，磁力耦合器可以在定子和转之间传递力矩，所传递的力矩大小与磁力耦合器定子组件 20 与磁力耦合器转子组件 11 的相对角度相关。磁力耦合器定子组件 20 固定在电机 21 的轴上，因此电机 21 旋转时就会带动转子 5 和叶轮 6 旋转，进而驱动蜗壳 2 中的流体运动。至此，转子 5 的所有 6 个自由度都实现了完全可控的悬浮和旋转。

**[0037]** 磁力耦合器完全通过永久磁铁完成力矩的传递，在流体泵这种运行速度远低于介质中光速的情况下，相对于泵工作所需的能量来说，传递力矩过程中的能量损失极低，可以认为是零。

**[0038]** 最后，磁悬浮定子组件 19 和磁悬浮转子组件 10 组成了磁悬浮组件，其特征是在于



沿周向产生径向单极磁极和磁场，其功能是实现转子 5 磁悬浮。磁力耦合器定子组件 20 和磁力耦合器转子组件 11 组成了磁力耦合器组件，其特征是沿周向产生径向非零偶数个周期磁极和磁场，其功能是驱动转子旋转。

**[0039]** 上述实施方案完全揭示了本发明的磁悬浮和旋转驱动原理。本发明所揭示的磁力耦合悬浮泵，其转子 5 与蜗壳 2 无任何机械摩擦剪切、无需任何机械轴承和动密封，有效的避免了泄露和污染的发生，可靠性高。转子 5 稳定旋转时，磁悬浮的功耗极低，接近于零。磁力耦合器在传递力矩的过程中，没有能量损失。因此，电机 21 的输出功几乎全部用于驱动流体，整机的效率非常高。

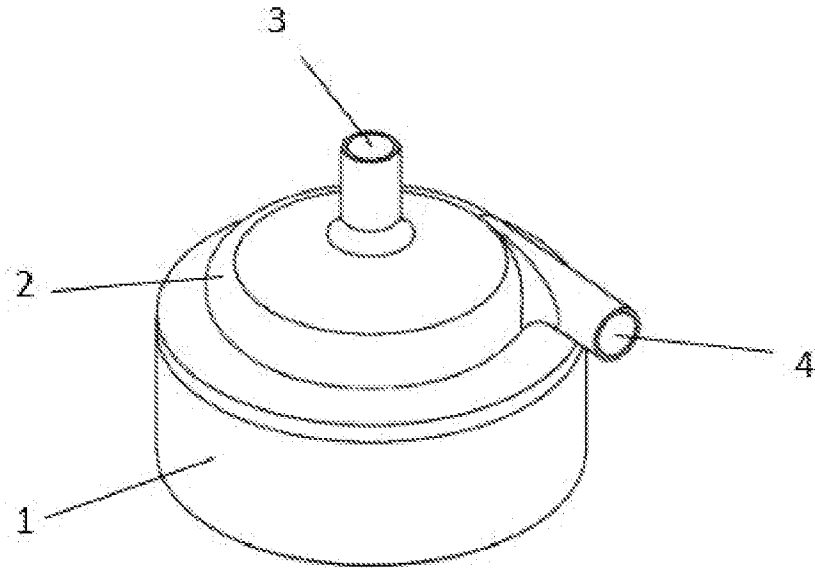
**[0040]** 作为一种可选的方案，也可以用绕有多相线圈的电机定子绕组代替磁力耦合器定子组件 20，并设置在同样的位置。所述绕电机定子绕组，当各相线圈通入有相位差的电流时，将在空间中产生旋转磁场，与机械旋转的磁力耦合器定子组件 20 产生的旋转磁场相比，对磁力耦合器转子组件 11 产生的转矩，在效果上是相同的。所述电机定子绕组实际上与磁力耦合器转子组件 11 构成了常规的永磁电机。相比用磁力耦合器定子组件 11 驱动转子 5 旋转，所述永磁电机的效率会比电机 21 低，这是因为在这种泵的应用中，所述永磁电机的定子转子间气隙一般都很大。但在一些特殊场合下，例如人工心脏等植入式医疗器械、核能或者航天领域，希望完全避免轴承等机械部件，则可以采用这一可选方案。

**[0041]** 以上仅是本发明的优选实施方式，并不用于限制本发明，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明技术原理的前提下，还可以做出若干改进和变型，这些改进和变型也应视为本发明的保护范围。

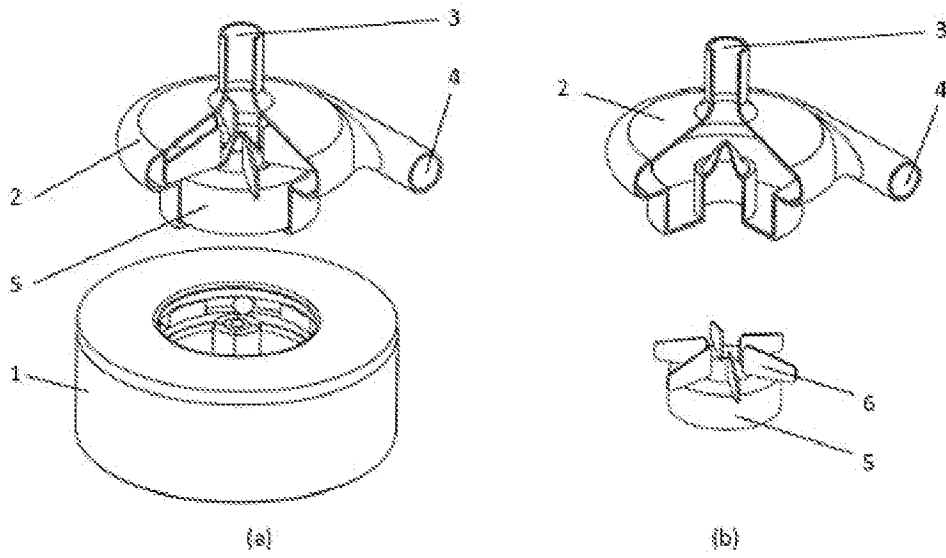
## 权 利 要 求 书

1. 一种磁力耦合悬浮泵，包括定子本体，和含有转子的蜗壳，所述定子本体内含有磁悬浮定子组件和磁力耦合器定子组件，所述转子内含有磁悬浮转子组件和磁力耦合器转子组件；所述磁悬浮定子组件和磁悬浮转子组件组成磁悬浮组件，其特征在于，沿周向产生径向单极磁极和磁场，使得转子悬浮；所述磁力耦合器定子组件和磁力耦合器转子组件组成磁力耦合器组件，其特征在于，沿周向产生径向非零偶数个周期磁极和磁场，驱动转子旋转。
2. 如权利要求 1 所述磁悬浮组件使得转子径向 2 个自由度主动控制悬浮，轴向自由度被动悬浮，2 个倾斜自由度被动悬浮；所述磁力耦合器组件驱动转子旋转；所述转子在旋转时与所述蜗壳无任何机械接触；所述磁力耦合悬浮泵无任何机械轴承，无任何动密封。
3. 如权利要求 1 所述磁悬浮转子组件，含有磁环 7 和可选的辅助磁环；所述磁悬浮定子组件，含有定子铁芯 13 和可选的辅助磁环；所述的各个辅助磁环的特征在于，辅助磁环在铁芯 13 和磁环 7 之间的气隙中产生的磁场与在磁环 7 在所述气隙中产生的磁场相加，所述相加，特征是各磁环在气隙中产生的磁场方向相同，磁场叠加后幅值增加。
4. 如权利要求 1 所述磁悬浮定子组件，还包含控制电路、转子位置传感器、线圈，所述控制电路的特征在于，通过转子位置传感器检测转子在定子本体中的相对位置，调整线圈中的电流，产生可控的磁悬浮力；进一步地，调整转子在定子本体中的相对位置，使得磁环 7 和各辅助磁环对转子产生径向恒定力，抵抗外部的径向力，实现零功耗控制；进一步地，所述控制电路通过周期性的调整转子在定子本体中的位置，使得磁环 7 和各辅助磁环对转子产生径向周期性的力，抵抗外部的周期性的径向力，实现周期零功耗控制，降低磁悬浮功耗。
5. 如权利要求 1 所述的磁力耦合器包含的磁力耦合器定子组件和磁力耦合器转子组件，其特征在于，包含沿周向排列的磁铁，所述磁铁的充磁排布方式为依次旋转 180 度或者 90 度，产生任意非零偶数个磁极的周期性磁极和磁场。
6. 如权利要求 1 所述的转子内含有背铁，为所述磁悬浮转子组件和所述磁力耦合器转子组件提供磁通量闭合回路，同时隔离所述磁悬浮转子组件和所述磁力耦合器转子组件的磁场，使两者不相互干扰。
7. 如权利要求 1 所述磁力耦合悬浮泵中还包含电机，所述转子上还含有叶轮，其特征在于，所述磁力耦合器定子组件固定在所述电机的转轴上，在电机驱动下与转轴一起旋转，并传递转矩至所述磁力耦合器转子组件，带动转子和转子上的叶轮旋转，推动流体。
8. 如权利要求 1 所述磁力耦合器转子组件，可选地，可以替换为绕有多相线圈的电机定子绕组，其特征在于，所述电机定子绕组中各相中通入有相位差的电流，产生空间旋转磁场，驱动磁力耦合器转子组件旋转。

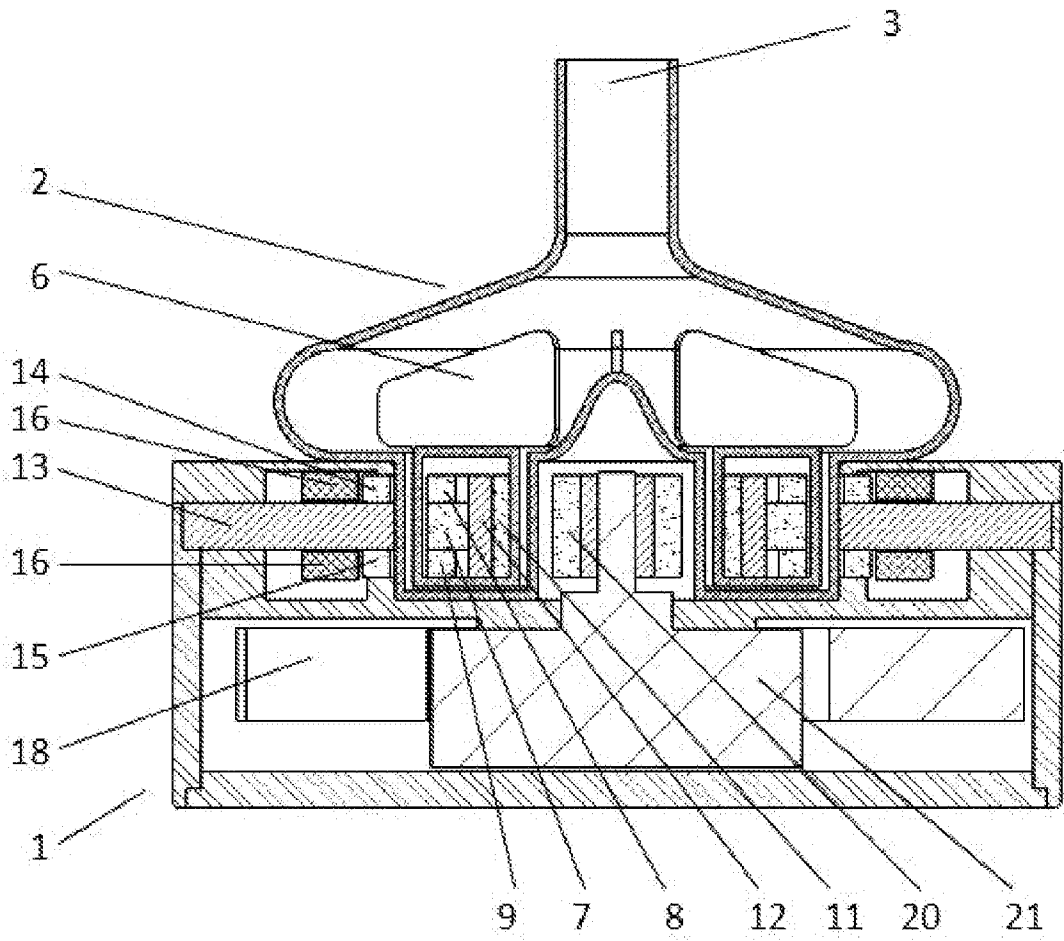
9. 如权利要求 1 所述的定子本体和蜗壳，其特征在于，可以设置为一体的，也可以设置为可分离的。
10. 如权利要求 1 所述的蜗壳，包含流体入口和流体出口。



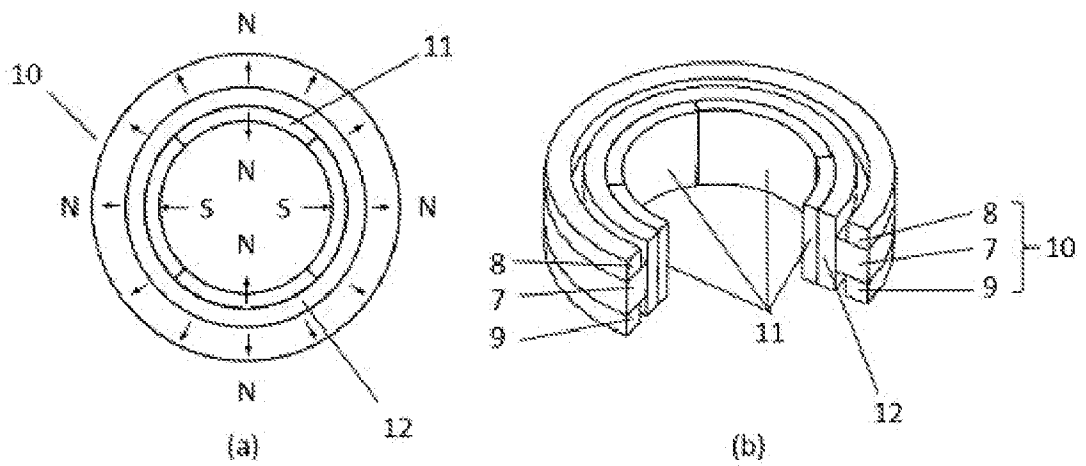
【图号】 图 1



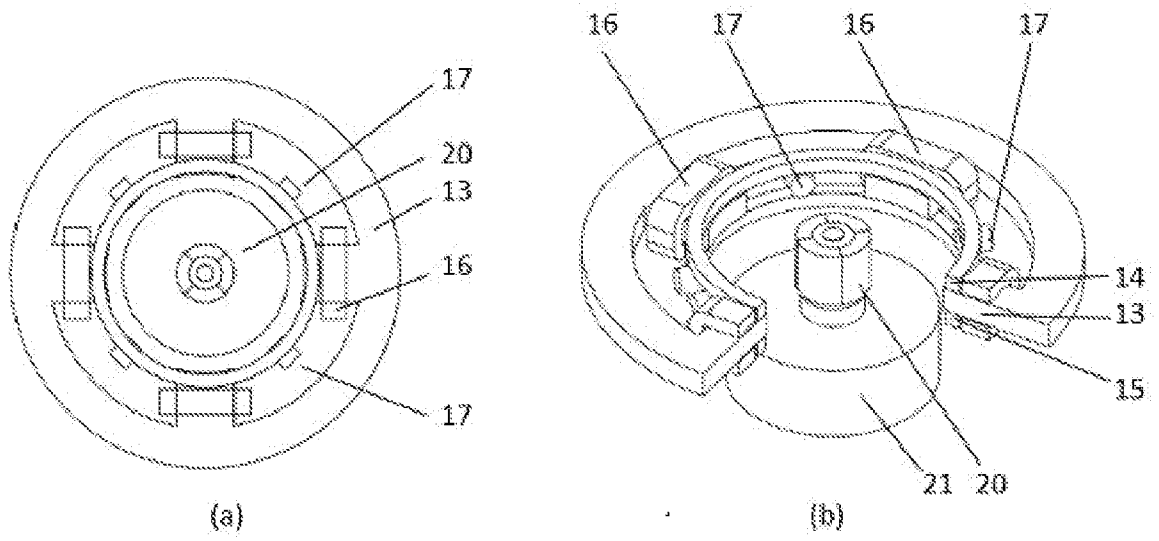
【图号】 图 2



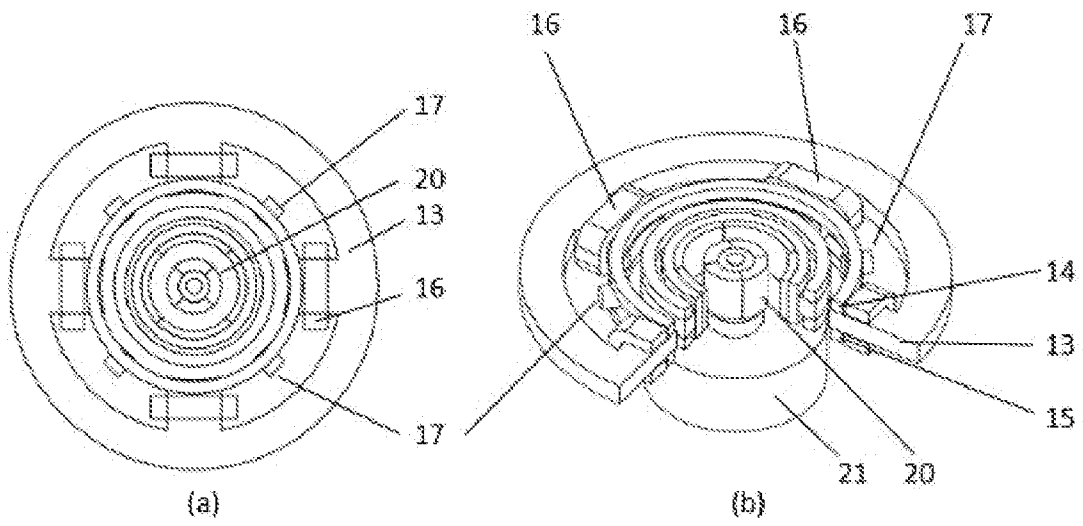
【图号】 图3



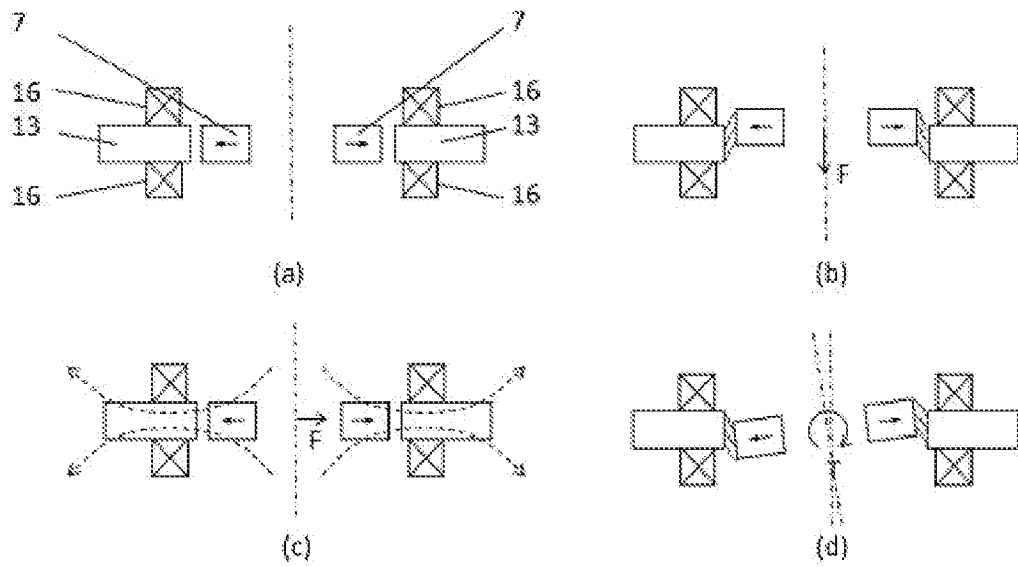
【图号】 图4



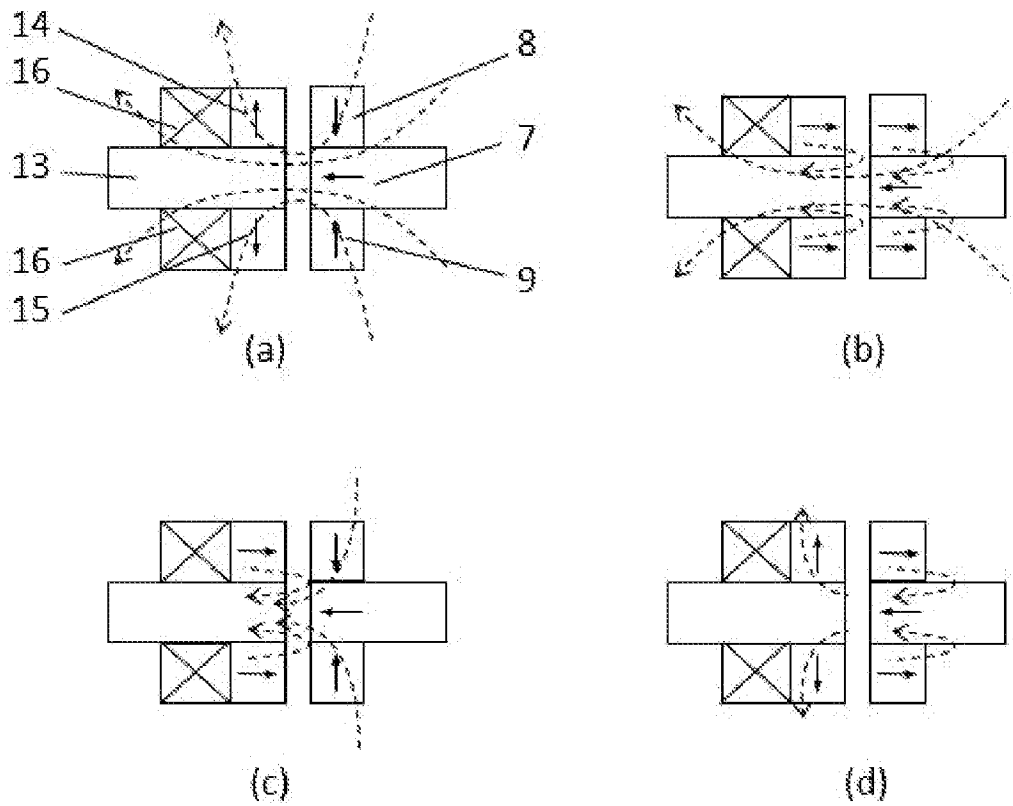
【图号】 图 5



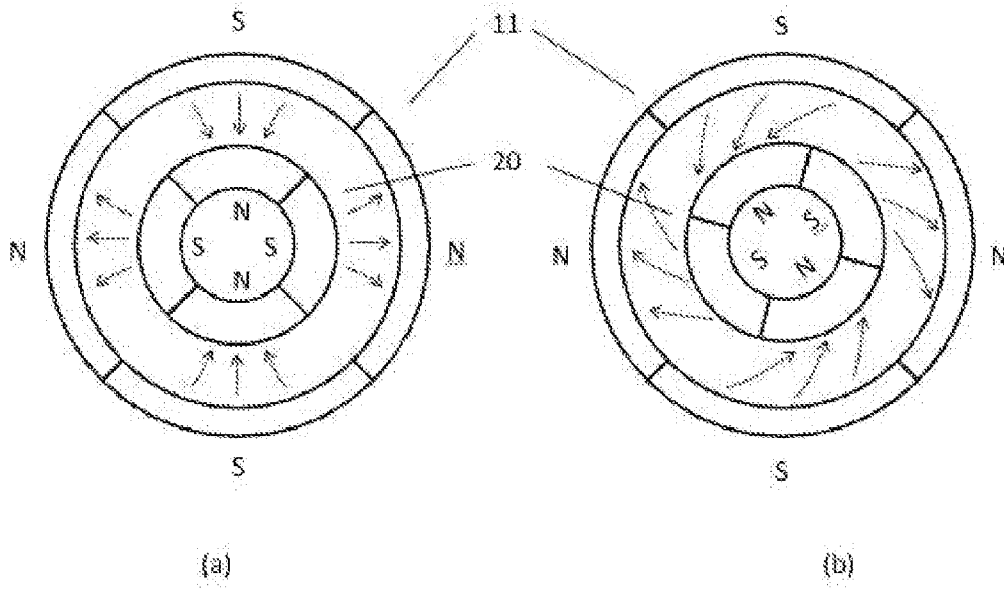
【图号】 图 6



【图号】 图 7



【图号】 图 8



【图号】 图9



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/080097

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
A61M 1/10(2006.01)i; H02N 15/00(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61M, H02N		
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) CNABS、CNKI、VEN: 磁轴承, 定子, 磁悬浮, 泵, 转子, 磁力耦合器, 磁悬浮轴承, 叶轮, pump, stator, rotor, magnetic, suspend		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 208259961 U (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 21 December 2018 (2018-12-21) description, specific embodiments, and figures 1-4	1-10
X	CN 207612184 U (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 13 July 2018 (2018-07-13) description, specific embodiments, and figure 1	1-10
A	CN 109067024 A (JIANGSU UNIVERSITY) 21 December 2018 (2018-12-21) entire document	1-10
A	JP 0783188 A (CIT ALCATEL) 28 March 1995 (1995-03-28) entire document	1-10
A	WO 2019033012 A1 (ANTAKI, J. F.) 14 February 2019 (2019-02-14) entire document	1-10
<input 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 <b>08 May 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>29 May 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/CN <b>China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China</b>		Authorized officer
Facsimile No. <b>(86-10)62019451</b>		Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2020/080097**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	208259961	U	21 December 2018	None			
CN	207612184	U	13 July 2018	None			
CN	109067024	A	21 December 2018	None			
JP	0783188	A	28 March 1995	FR	2659395	B1	15 May 1992
				FR	2659395	A1	13 September 1991
				EP	0445691	A1	11 September 1991
WO	2019033012	A1	14 February 2019	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/080097

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>A61M 1/10(2006.01)i; H02N 15/00(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>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>A61M, H02N</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>CNABS、CNKI、VEN: 磁轴承, 定子, 磁悬浮, 泵, 转子, 磁力耦合器, 磁悬浮轴承, 叶轮, pump, stator, rotor, magnetic, suspend</p>																				
<p><b>C. 相关文件</b></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>X</td> <td>CN 208259961 U (山东科技大学) 2018年 12月 21日 (2018 - 12 - 21) 说明书具体实施方式, 附图1-4</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 207612184 U (山东科技大学) 2018年 7月 13日 (2018 - 07 - 13) 说明书具体实施方式, 附图1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109067024 A (江苏大学) 2018年 12月 21日 (2018 - 12 - 21) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 0783188 A (CIT ALCATEL) 1995年 3月 28日 (1995 - 03 - 28) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2019033012 A1 (ANTAKI JAMES F) 2019年 2月 14日 (2019 - 02 - 14) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 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          “&amp;” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 208259961 U (山东科技大学) 2018年 12月 21日 (2018 - 12 - 21) 说明书具体实施方式, 附图1-4	1-10	X	CN 207612184 U (山东科技大学) 2018年 7月 13日 (2018 - 07 - 13) 说明书具体实施方式, 附图1	1-10	A	CN 109067024 A (江苏大学) 2018年 12月 21日 (2018 - 12 - 21) 全文	1-10	A	JP 0783188 A (CIT ALCATEL) 1995年 3月 28日 (1995 - 03 - 28) 全文	1-10	A	WO 2019033012 A1 (ANTAKI JAMES F) 2019年 2月 14日 (2019 - 02 - 14) 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																		
X	CN 208259961 U (山东科技大学) 2018年 12月 21日 (2018 - 12 - 21) 说明书具体实施方式, 附图1-4	1-10																		
X	CN 207612184 U (山东科技大学) 2018年 7月 13日 (2018 - 07 - 13) 说明书具体实施方式, 附图1	1-10																		
A	CN 109067024 A (江苏大学) 2018年 12月 21日 (2018 - 12 - 21) 全文	1-10																		
A	JP 0783188 A (CIT ALCATEL) 1995年 3月 28日 (1995 - 03 - 28) 全文	1-10																		
A	WO 2019033012 A1 (ANTAKI JAMES F) 2019年 2月 14日 (2019 - 02 - 14) 全文	1-10																		
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 5月 8日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 5月 29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) 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>舒红宁</p> <p>电话号码 62085247</p>																			

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2020/080097

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	208259961	U	2018年 12月 21日	无			
CN	207612184	U	2018年 7月 13日	无			
CN	109067024	A	2018年 12月 21日	无			
JP	0783188	A	1995年 3月 28日	FR	2659395	B1	1992年 5月 15日
				FR	2659395	A1	1991年 9月 13日
				EP	0445691	A1	1991年 9月 11日
WO	2019033012	A1	2019年 2月 14日	无			