

(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 7 月 30 日 (30.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/150967 A1

(51) 国际专利分类号:

F16J 15/43 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2019/072999

(22) 国际申请日:

2019 年 1 月 24 日 (24.01.2019)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园,
Beijing 100084 (CN)。

(72) 发明人: 李德才 (LI, Decai); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 刘霄 (LIU, Xiao); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 陈思宇 (CHEN, Siyu); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 李倩 (LI, Qian); 中国

北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。

孙睿 (SUN, Rui); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 杨纪显 (YANG, Jixian); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 李钲皓 (LI, Zhenghao); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区清华园清华大学照澜院商业楼301室, Beijing 100084 (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,

(54) Title: MAGNETIC LIQUID SEALING DEVICE HAVING FUNCTION OF PREVENTING NON-MAGNETIC SUBSTANCE POLLUTION

(54) 发明名称: 具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置

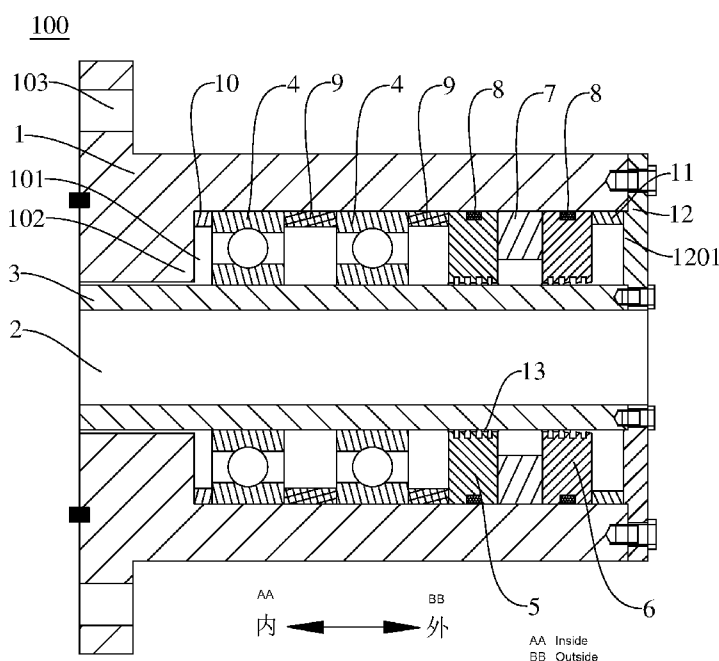


图 1

(57) Abstract: A magnetic liquid sealing device (100) having a function of preventing non-magnetic substance pollution. The magnetic liquid sealing device comprises a shaft housing (1), a rotating shaft (2), a shaft sleeve (3), two bearings (4), a first pole shoe (5), a second pole shoe (6), and a permanent magnet (7). A magnetic liquid (13) for sealing is adsorbed between the top surfaces of first pole teeth (501) of the first pole shoe and the outer circumferential surface of the shaft sleeve. Second pole teeth (601) of the second pole shoe comprise a plurality of flat teeth (6011) and at least one oblique tooth (6012). The top surface of the oblique tooth is formed, in a

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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))。

direction toward the outer end, into an oblique surface extending in a direction away from the rotating shaft. The permanent magnet is sleeved on the shaft sleeve. The magnetic liquid sealing device has a better function of preventing non-magnetic substance pollution.

(57) 摘要: 一种具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置(100), 所述磁性液体密封装置包括轴壳(1)、转轴(2)、轴套(3)、两个轴承(4)、第一极靴(5)、第二极靴(6)和永磁体(7), 第一极靴的第一极齿(501)的齿顶面与轴套的外周面之间吸附有用于密封的磁性液体(13)。第二极靴的第二极齿(601)包括多个平齿(6011)和至少一个斜齿(6012), 斜齿的齿顶面在朝向外端的方向上形成为朝向远离转轴的方向延伸的斜面, 永磁体套设在轴套上; 上述磁性液体密封装置具有较好的防止非磁性物质污染的功能。

具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置

技术领域

5 本发明属于机械工程密封技术，特别适用于粉尘等非磁性物质较多环境下的磁性液体密封。

背景技术

磁性液体密封技术由于具有零泄漏、无机械磨损，寿命长，结构简单等优点逐渐被越来越多的行业所使用。但是在使用过程中，难免有粉尘等非磁性物质进入到磁性液体密封装置中，影响磁性液体密封效果和使用寿命。现有技术中公开了一种具有自清洁功能的磁性液体密封装置，该装置将右极靴放在右轴承的左侧，在右侧进入的杂质会先进入右轴承，右轴承被污染，而且改变极靴的形状不能防止杂质进入磁性液体，没有起到防止磁性液体密封装置污染的目的。

15 本发明所要解决的技术问题是，现有的磁性液体密封装置中，尤其是粉尘等非磁性物质较多环境下使用的密封装置，难免有非磁性物质进入到磁性液体密封装置中对密封装置造成污染，导致密封效果和使用寿命下降。

发明内容

20 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此，本发明提出一种具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，所述磁性液体密封装置具有较好的防止非磁性物质污染的功能。

根据本发明实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，包括：轴壳，所述轴壳内设有轴室，所述轴室两端分别为内端和外端；转轴，转轴可转动地设在所述轴室内，并且所述转轴由所述轴室的外端伸入到所述轴室的内端；轴套，所述轴套套设在所述转轴上；两个轴承，所述两个轴承分别套设在所述轴套上且邻近所述轴室的内端设置；第一极靴，所述第一极靴外套在所述轴套上，所述第一极靴位于所述两个轴承的朝向外端的一侧，所述第一极靴的内周壁上设有多个第一极齿，每个所述第一极齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间吸附有用于密封的磁性液体；第二极靴，所述第二极靴外套在所述轴套上，所述第二极靴位于所述第一极靴的朝向外端的一侧，所述第二极靴的内周壁上设有多个第二极齿，至少部分所述第二极齿的齿顶面与所述轴套的外周面

之间吸附有用于密封的磁性液体，多个所述第二极齿包括多个平齿和至少一个斜齿，所述斜齿位于所述平齿的朝向外端的一侧，所述斜齿的齿顶面在朝向外端的方向上形成为朝向远离所述轴套的方向延伸的斜面；永磁体，所述永磁体套设在所述轴套上，且位于所述第一极靴和所述第二极靴之间。

5 根据本发明实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，由于第一极靴和第二极靴均位于两个轴承的外端，从而较好地避免了非磁性物质进入到两个轴承中出现污染轴承的现象发生。与此同时，第二极靴的位于外端的第二极齿形成为斜齿，斜齿的齿顶面在朝向外端的方向上形成为朝向远离轴套的方向延伸的斜面，增加了永磁体在磁性液体中产生的磁场强度梯度，增强了磁性密封装置的防止非磁性物质污染的功能。

10 在一些实施例中，所述斜齿的齿顶面与所述轴套的轴线之间的夹角为 a ， a 满足关系式： $5^{\circ} \leq a \leq 9^{\circ}$ 。

15 在一些实施例中，每个所述平齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间均吸附有磁性液体，所述斜齿为多个，位于所述第二极靴最内端的所述斜齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间吸附磁性液体，其余位于所述第二极靴的斜齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间不吸附磁性液体。

20 在一些实施例中，所述的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，还包括：两个密封圈，其中一个所述密封圈位于所述第一极靴和所述轴壳之间，另一个所述密封圈位于所述第二极靴与所述轴壳之间。

25 在一些实施例中，所述的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，还包括两个第一调整垫圈，其中一个所述第一调整垫圈位于所述两个轴承之间，另一个所述第一调整垫圈位于所述第一极靴和与其临近设置的所述轴承之间。

30 在一些实施例中，所述轴壳的内端形成有第一凸起，其中一个所述轴承与所述第一凸起之间设有第二调整垫圈，所述轴壳的外端连接有法兰，所述法兰具有伸入到所述轴室的第二凸起。

在一些具体的实施例中，所述的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，还包括第三调整垫圈，所述第三调整垫圈位于所述第二凸起与所述第二极靴之间。

在一些实施例中，所述永磁体采用钕铁硼、钕钴、铁钴镍中的一种材料制成。

35 在一些实施例中，所述第一极齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间的间隙为 $b1$ ， $b1$ 的取值范围为 $0.1\text{mm}-0.2\text{mm}$ ，所述第二极齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间的间隙为 $b2$ ， $b2$ 的取值范围为 $0.1\text{mm}-0.2\text{mm}$ 。

在一些具体的实施例中，所述第一极齿的宽度范围为 b_1 的 3 到 5 倍，所述第一极齿的高度范围为 b_1 的 20 到 30 倍；所述第二极齿的宽度范围为 b_2 的 3 到 5 倍，所述第二极齿的高度范围为 b_2 的 20 到 30 倍。

本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

本发明的上述和/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：

- 10 图 1 是本发明实施例的磁性液体密封装置的整体结构示意图。
图 2 是本发明实施例的第一极靴与转轴的配合处的结构示意图。
图 3 是本发明实施例的第二极靴与转轴的配合处的结构示意图。
图 4 是本发明另一实施例的第二极靴与转轴的配合处的结构示意图。

15 附图标记：

磁性液体密封装置 100、

轴壳 1、轴室 101、第一凸起 102、螺栓孔 103、

转轴 2、

轴套 3、

20 轴承 4、

第一极靴 5、第一极齿 501、

第二极靴 6、第二极齿 601、平齿 6011、斜齿 6012、

永磁体 7、

密封圈 8、

25 第一调整垫圈 9、

第二调整垫圈 10、

第三调整垫圈 11、

法兰 12、第二凸起 1201、

磁性液体 13。

30

具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，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，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

在本发明的描述中，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发明和简化描述，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发明的限制。此外，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

在本发明的描述中，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发明中的具体含义。

下面参考图 1-图 4 描述根据本发明实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100 的具体结构。

如图 1 所示，根据实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100 包括：轴壳 1、转轴 2、轴套 3、两个轴承 4、第一极靴 5、第二极靴 6 和永磁体 7。

具体而言，轴壳 1 内设有轴室 101，轴室 101 两端分别为内端和外端。转轴 2 可转动地设在轴室 101 内，并且转轴 2 由轴室 101 的外端伸入到轴室 101 的内端。两个轴承 4 分别套设在轴套 3 上且邻近轴室 101 的内端设置。第一极靴 5 外套在轴套 3 上，第一极靴 5 位于两个轴承 4 的朝向外端的一侧，第一极靴 5 的内周壁上设有多个第一极齿 501，每个第一极齿 501 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间吸附有用于密封的磁性液体 13（如图 2 所示，图 2 中的 f 即代表轴套 3 的外周面）。第二极靴 6 外套在轴套 3 上，第二极靴 6 位于第一极靴 5 的朝向外端的一侧，第二极靴 6 的内周壁上设有多个第二极齿 601，至少部分第二极齿 601 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间吸附有用于密封的磁性液体 13（如图 3-图 4 所示，图 3 及图 4 中的 f 即代表轴套 3 的外周面），多个第二极齿 601 包括多个平齿 6011 和至少一个斜齿 6012，斜齿 6012 位于平齿 6011 的朝向外端的一侧，斜齿 6012 的齿顶面在朝向外端的方向上形成为朝向远离轴套 3 的方向延伸的斜

面，永磁体 7 套设在轴套 3 上，且位于第一极靴 5 和第二极靴 6 之间。

可以理解的是，由于第一极靴 5 和第二极靴 6 均位于两个轴承 4 的朝向外端的一侧，第一极齿 501 与轴套 3 之间的磁性液体 13 及第二极齿 601 与轴套 3 之间的磁性液体 13 较好的密封作用，从而较好地避免了非磁性物质进入到两个轴承 4 中出现污染轴承 4 的现象发生。

需要说明的是，由于第二极齿 601 中包括至少一个位于外端的斜齿 6012，且斜齿 6012 的齿顶面在朝向外端的方向上形成为朝向远离轴套 3 的方向延伸的斜面，第二极齿 601 的形状发生变化，使得永磁体 7 在磁性液体 13 中产生磁场强度梯度，磁性液体 13 对非磁性物质有向外端的磁浮力的作用。这样整个密封装置对于外界进入的非磁性物质会产生向外端的力，达到防止非磁性物质污染目的，改善了密封效果，增加了轴承 4 的使用寿命，同时更适用于恶劣化境下的磁性液体 13 密封。

根据本发明实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100，由于第一极靴 5 和第二极靴 6 均位于两个轴承 4 的外端，从而较好地避免了非磁性物质进入到两个轴承 4 中出现污染轴承 4 的现象发生。与此同时，第二极靴 6 的位于外端的第二极齿 601 形成为斜齿 6012，斜齿 6012 的齿顶面在朝向外端的方向上形成为朝向远离轴套 3 的方向延伸的斜面，增加了永磁体 7 在磁性液体 13 中产生的磁场强度梯度，增强了磁性密封装置的防止非磁性物质污染的功能。

需要额外说明的是，本发明实施例的中磁性液体 13 的种类可以根据密封气体和温度环境的不同，选择不同基液的磁性液体 13，在装配时一次注入到第一极靴 5、第二极靴 6 与轴套 3 之间的间隙中。在真空密封环境时选用煤油或碳氢化合物或二脂类基载液，在耐酸耐碱密封环境下选用氟碳基载液。在低温密封环境下选用优质煤油或硅酸盐脂类或二脂类基载液。由此，本发明实施例的磁性液体密封装置 100 可根据实际情况选择磁性液体的种类，从而扩大了磁性液体密封装置 100 的实用范围。

此外，本发明的实施例中的第一极靴 5 和第二极靴 6 的材料可以选用电工纯铁，当然在本发明的其他实施例中，第一极靴 5 和第二极靴 6 的材料可以根据实际情况做出选择，并不限于电工纯铁。与此同时，第一极齿 501 和第二极齿 601 的极数级数根据密封的压差条件确定，每级的密封能力为 0.5 大气压。

在一些实施例中，斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的轴线之间的夹角为 a ， a 满足关系式： $5^{\circ} \leq a \leq 9^{\circ}$ 。可以理解的是，根据实验结果表明，当斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的轴线之间的夹角范围在 $5^{\circ} - 9^{\circ}$ 之间，更有利于增加永磁体 7 在磁性液体 13 中产生的磁场强度梯度，从而更好地增强磁性液体密封装置 100 的密封效果。当然，在本发明

的其他实施例中，斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的轴线之间的夹角还可以根据实际需要做出选择并不限于上述范围。

在一些实施例中，如图 4 所示，每个平齿 6011 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间均吸附有磁性液体 13，斜齿 6012 为多个，位于第二极靴 6 最内端的斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间吸附磁性液体 13，其余位于第二极靴 6 的斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间不吸附磁性液体。这里需要说明的是，第二极靴 6 的其余斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间不吸附磁性液体 13 是指，其余斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间的间隙中填充的是空气。也就是说在磁性液体密封装置 100 使用过程中，其余斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 之间具有空气间隙。

在一些实施例中，如图 1 所示，具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100 还包括两个密封圈 8，其中一个密封圈 8 位于第一极靴 5 和轴壳 1 之间，另一个密封圈 8 位于第二极靴 6 与轴壳 1 之间。可以理解的是，第一极靴 5 和轴壳 1 及第二极靴 6 和轴壳 1 之间具有密封圈 8，保证了第一极靴 5、第二极靴 6 与轴壳 1 之间的密封，避免了非磁性物质从第一极靴 5 与轴壳 1 之间的缝隙或者第二极靴 6 与轴壳 1 之间的缝隙进入轴室 101 内端的现象发生。也就是说，在第一极靴 5 与轴壳 1 及第二极靴 6 与轴壳 1 之间设置密封圈 8 能够更好地保证磁性密封装置的密封效果。

需要补充说明的是，密封圈 8 可以形成为 O 型圈，当然由于上述密封圈 8 的作用是保证第一极靴 5 与轴壳 1 及第二极靴 6 与轴壳 1 之间的密封，密封圈 8 的材质、形状和密封等级可以根据实际需要做出选择并不限于 O 型圈。

有利地，第一极靴 5 和第二极靴 6 的外周面上分别设有用于配合密封圈 8 的密封槽。由此，避免了密封圈 8 发生轴向窜动，进一步保证了第一极靴 5 与轴壳 1 及第二极靴 6 与轴壳 1 之间的密封效果。

在一些实施例中，如图 1 所示，具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100 还包括两个第一调整垫圈 9，其中一个第一调整垫圈 9 位于两个轴承 4 之间，另一个第一调整垫圈 9 位于第一极靴 5 和与其临近设置的轴承 4 之间。

可以理解的是，位于两个轴承 4 之间的第一调整垫圈 9 主要用于调整两个轴承 4 之间的位置，确保轴套 3 在两个轴承 4 的支撑下能够稳定的转动。而位于轴承 4 与第一极靴 5 之间的第一调整垫圈 9 的主要作用是防止磁性液体 13 吸附到轴承 4 与轴套 3 之间。具体而言，第一极靴 5 与永磁体 7 接触，而轴承 4 一般都是导磁的金属材料，为了避免轴承 4 被第一极靴 5 磁化而使得本该吸附在第一极靴 5 与轴套 3 之间的磁性液体 13 吸附轴承 4 与轴套 3 之间的现象发生，就需要在轴承 4 与第一极靴 5 之间设置第一调整垫

圈 9。由此，在轴承 4 与第一极靴 5 之间的第一调整垫圈 9 更好地保证了磁性液体密封装置 100 的密封效果。需要补充说明的是，第一调整垫圈 9 可以为橡胶密封垫圈。当然，第一调整垫圈 9 的形状、材质和大小可以根据实际需要做出选择并不限于橡胶密封圈 8。

5 在一些实施例中，如图 1 所示，轴壳 1 的内端形成有第一凸起 102，其中一个轴承 4 与第一凸起 102 之间设有第二调整垫圈 10，轴壳 1 的外端连接有法兰 12，法兰 12 具有伸入到轴室 101 的第二凸起 1201。由此，两个轴承 4、第一极靴 5、第二极靴 6 及永磁体 7 可以较好地被限制的第一凸起 102 与第二凸起 1201 之间，避免了两个轴承 4、第一极靴 5、第二极靴 6 及永磁体 7 发生轴向窜动从而影响磁体液体密封装置的密封效果现象发生。第二调整垫圈 10 可选用橡胶密封圈，当然，第二调整垫圈 10 的主要作用
10 一方面是避免两个轴承 4、第一极靴 5、第二极靴 6 及永磁体 7 发生轴向窜动，另一方面是避免轴承 4 与第一凸起 1201 之间过度摩擦。因此第三调整垫圈 11 可以根据实际需要做出选择，并不限于橡胶密封圈。

15 在一些具体的实施例中，如图 1 所示，具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100 还包括第三调整垫圈 11，第三调整垫圈 11 位于第二凸起 1201 与第二极靴 6 之间。由此，可以进一步避免两个轴承 4、第一极靴 5、第二极靴 6 及永磁体 7 发生轴向窜动。第三调整垫圈 11 可选用橡胶密封圈，当然，第三调整垫圈 11 的主要作用是避免两个轴承 4、第一极靴 5、第二极靴 6 及永磁体 7 发生轴向窜动，因此第三调整垫圈 11 可以根据实际需要做出选择，并不限于橡胶密封圈。

20 在一些实施例中，永磁体 7 采用钕铁硼、钕钴、铁钴镍中的一种材料制成。可以理解的是，在常温密封条件下永磁体 7 选用钕铁硼材料，温度在 300℃ 以下时永磁体 7 选用钕钴，温度在 400℃ 时永磁体 7 选用铁钴镍。由此，不同的密封温度条件下选用不同的永磁体 7，提高了本发明实施例的磁性液体密封装置 100 的实用范围。此外，需要额外说明的是，更换不同磁场强度的永磁体 7 可以改变磁性液体 13 对非磁性物质的磁浮力的大小。因此，即使永磁体 7 采用相同的材料也可以通过选用具有不同磁场强度的永
25 磁体 7 来更好地实现防止非磁性物质污染的功能。

30 在一些实施例中，第一极齿 501 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间的间隙为 b_1 ， b_1 的取值范围为 0.1mm-0.2mm，第二极齿 601 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间的间隙为 b_2 ， b_2 的取值范围为 0.1mm-0.2mm。经过实验验证，当 b_1 和 b_2 控制在 0.1mm-0.2mm 的范围内时，磁性液体密封装置 100 能够具有较好的密封效果。当然，在本发明的其他实施例中， b_1 和 b_2 的具体取值范围可以根据实际需要做出限定。

在一些具体的实施例中，第一极齿 501 的宽度范围为 b_1 的 3 到 5 倍，第一极齿 501

的高度范围为 b_1 的 20 到 30 倍。第二极齿 601 的宽度范围为 b_2 的 3 到 5 倍，第二极齿 601 的高度范围为 b_2 的 20 到 30 倍。需要说明的是，第一极齿 501 的宽度和高度以及第二极齿 601 的高度和宽度在一定程度上影响着第一极齿 501 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间的磁性液体 13 的厚度以及第二极齿 601 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间的磁性液体 13 的厚度。也就是说第一极齿 501 的宽度和高度以及第二极齿 601 的高度和宽度会影响整个磁性密封装置的密封效果，经实验验证，当第一极齿 501 的高度和宽度以及第二极齿 601 的高度和宽度满足上述取值范围时，磁性液体密封装置 100 具有较好的密封效果。当然，这里补充需要说明的是，在本发明的具体实施例中，第一极齿 501 的宽度和高度以及第二极齿 601 的高度和宽度可以根据实际需要做出调整并不限于上述取值范围。此外，这里需要说明的是，虽然上述第一极齿 501 和第二极齿 601 的高度及宽度的取值范围相同，但是在实际实用过程中，第一极齿 501 和第二极齿 601 的高度和宽度可以相同也可以不同。第二极齿 601 的平齿 6011 和斜齿 6012 的高度可以相同也可以不相同。

实施例：

下面参考图 1 描述本发明一个具体实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100。

本实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100 可用于径向跳动不大的正压密封环境下。

本实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100 包括轴壳 1、转轴 2、轴套 3、两个轴承 4、第一极靴 5、第二极靴 6、永磁体 7、两个密封圈 8、两个第一调整垫圈 9 和一个第三调整垫圈 11。轴壳 1 内设有轴室 101，轴室 101 两端分别为内端和外端。轴壳 1 的内端形成有第一凸起 102，其中一个轴承 4 与第一凸起 102 之间设有第二调整垫圈 10，法兰 12 通过螺钉连接在轴壳 1 及轴套 3 的外端，法兰 12 具有伸入到轴室 101 的第二凸起 1201。轴壳 1 的内端面上设有环绕其轴线分布的多个螺栓孔 103。转轴 2 可转动地设在轴室 101 内，并且转轴 2 由轴室 101 的外端伸入到轴室 101 的内端。两个轴承 4 分别套设在轴套 3 上且邻近轴室 101 的内端设置。第一极靴 5 外套在轴套 3 上，第一极靴 5 位于两个轴承 4 的朝向外端的一侧。如图 2 所示，第一极靴 5 的内周壁上设有五个第一极齿 501，每个第一极齿 501 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间吸附有用于密封的磁性液体 13。第二极靴 6 外套在轴套 3 上，第二极靴 6 位于第一极靴 5 的朝向外端的一侧。如图 4 所示，第二极靴 6 的内周壁上设有五个第二极齿 601，

第二极齿 601 包括两个平齿 6011 和三个斜齿 6012，斜齿 6012 位于平齿 6011 的朝向外端的一侧，斜齿 6012 的齿顶面在朝向外端的方向上形成为朝向远离轴套 3 的方向延伸的斜面，斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的轴线之间的夹角为 a ， a 满足关系式： $5^{\circ} \leq a \leq 9^{\circ}$ 。两个平齿 6011 及与平齿 6011 相邻的斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间均吸附有磁性液体 13，位于第二极靴 6 的外端的两个斜齿 6012 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间不吸附磁性液体 13。永磁体 7 套设在轴套 3 上，且位于第一极靴 5 和第二极靴 6 之间。第一极靴 5 和轴壳 1 之间设有密封圈 8，第二极靴 6 与轴壳 1 之间设有另一个密封圈 8。两个轴承 4 之间设有第一调整垫圈 9，第一极靴 5 与轴承 4 之间设有另一个第一调整垫圈 9。第二凸起 1201 与第二极靴 6 之间设有第三调整垫圈 11。

在本实施例中，第一极齿 501 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间的间隙为 b_1 ， b_1 的取值范围为 0.1mm-0.2mm，第二极齿 601 的齿顶面与轴套 3 的外周面之间的间隙为 b_2 ， b_2 的取值范围为 0.1mm-0.2mm。第一极齿 501 的宽度范围为 b_1 的 3 到 5 倍，第一极齿 501 的高度范围为 b_1 的 20 到 30 倍。第二极齿 601 的宽度范围为 b_2 的 3 到 5 倍，第二极齿 601 的高度范围为 b_2 的 20 到 30 倍。本实施例的永磁体 7 在常温密封条件下永磁体 7 选用钕铁硼材料，温度在 300°C 以下时永磁体 7 选用钕钴，温度在 400°C 时永磁体 7 选用铁钴镍。第一极靴 5 和第二极靴 6 选用电工纯铁。本实施例的磁性液体 13 在真空密封环境时选用煤油或碳氢化合物或二脂类基载液，在耐酸耐碱密封环境下选用氟碳基载液。在低温密封环境下选用优质煤油或硅酸盐脂类或二脂类基载液。

本实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100 安装步骤为：依次将第二调整垫圈 10、轴承 4、第一调整垫圈 9、轴承 4、第一调整垫圈 9、第一极靴 5、永磁体 7、第二极靴 6 安装在一起形成密封组件，向第一极靴 5、第二极靴 6 的内环面注入磁性液体 13 后，将此密封组件放置在轴室 101 内端的第一凸起 102 上，第三调整垫圈 11 和法兰 12，最后按照从内到外的方向装上套设有轴套 3 的转轴 2，已完成整个磁性液体密封装置 100 的安装。

本实施例的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置 100 的主要有益效果为：由于第二极齿 601 的齿顶面与轴套 3 的轴线的角度范围在 5° - 9° 之间，第二极齿 601 的形状发生变化，外磁场在磁性液体 13 中产生磁场强度梯度，磁性液体 13 对非磁性物质有向外端的磁浮力的作用。这样整个磁性密封装置对于外界进入的非磁性物质会产生向外端的力，达到防止非磁性物质污染目的，改善了密封效果，增加了轴承 4 的使用寿命，同时更适用于恶劣化境下的磁性液体 13 密封。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示意性实施

例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”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发明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的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结

5 合。

尽管已经示出和描述了本发明的实施例，本领域的普通技术人员可以理解：在不脱离本发明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，本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

权利要求书

1. 一种具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特征在于，包括：
轴壳，所述轴壳内设有轴室，所述轴室两端分别为内端和外端；

5 转轴，转轴可转动地设在所述轴室内，并且所述转轴由所述轴室的外端伸入到所述轴室的内端；

轴套，所述轴套套设在所述转轴上；

两个轴承，所述两个轴承分别套设在所述轴套上且邻近所述轴室的内端设置；

10 第一极靴，所述第一极靴外套在所述轴套上，所述第一极靴位于所述两个轴承的朝向
向外端的一侧，所述第一极靴的内周壁上设有多个第一极齿，每个所述第一极齿的齿顶
面与所述轴套的外周面之间吸附有用于密封的磁性液体；

第二极靴，所述第二极靴外套在所述转轴上，所述第二极靴位于所述第一极靴的朝
向外端的一侧，所述第二极靴的内周壁上设有多个第二极齿，至少部分所述第二极齿的
齿顶面与所述轴套的外周面之间吸附有用于密封的磁性液体，多个所述第二极齿包括多
15 个平齿和至少一个斜齿，所述斜齿位于所述平齿的朝向向外端的一侧，所述斜齿的齿顶面
在朝向向外端的方向上形成朝向远离所述轴套的方向延伸的斜面；

永磁体，所述永磁体套设在所述转轴上，且位于所述第一极靴和所述第二极靴之间。

2. 根据权利要求 1 所述的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特
征在于，所述斜齿的齿顶面与所述轴套的轴线之间的夹角为 a ， a 满足关系式： $5^\circ \leq a$
20 $\leq 9^\circ$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特
征在于，每个所述平齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间均吸附有磁性液体，所述斜齿
为多个，位于所述第二极靴最内端的所述斜齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间吸附磁
性液体，其余位于所述第二极靴的所述斜齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间不吸附磁
25 性液体。

4. 根据权利要求 1 所述的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特
征在于，还包括：两个密封圈，其中一个所述密封圈位于所述第一极靴和所述轴壳之间，
另一个所述密封圈位于所述第二极靴与所述轴壳之间。

5. 根据权利要求 1 所述的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特
30 征在于，还包括两个第一调整垫圈，其中一个所述第一调整垫圈位于所述两个轴承之间，
另一个所述第一调整垫圈位于所述第一极靴和与其临近设置的所述轴承之间。

6. 根据权利要求 1 所述的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特征在于，所述轴壳的内端形成有第一凸起，其中一个所述轴承与所述第一凸起之间设有第二调整垫圈，所述轴壳的外端连接有法兰，所述法兰具有伸入到所述轴室的第二凸起。

5 7. 根据权利要求 6 所述的具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特征在于，还包括第三调整垫圈，所述第三调整垫圈位于所述第二凸起与所述第二极靴之间。

8. 根据权利要求 1-7 中任一项所述具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特征在于，所述永磁体采用钕铁硼、钕钴、铁钴镍中的一种材料制成。

10 9. 根据权利要求 1-7 中任一项所述具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特征在于，所述第一极齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间的间隙为 b_1 ， b_1 的取值范围为 0.1mm-0.2mm，所述第二极齿的齿顶面与所述轴套的外周面之间的间隙为 b_2 ， b_2 的取值范围为 0.1mm-0.2mm。

15 10. 根据权利要求 9 所述具有防止非磁性物质污染功能的磁性液体密封装置，其特征在于，所述第一极齿的宽度范围为 b_1 的 3 到 5 倍，所述第一极齿的高度范围为 b_1 的 20 到 30 倍；所述第二极齿的宽度范围为 b_2 的 3 到 5 倍，所述第二极齿的高度范围为 b_2 的 20 到 30 倍。

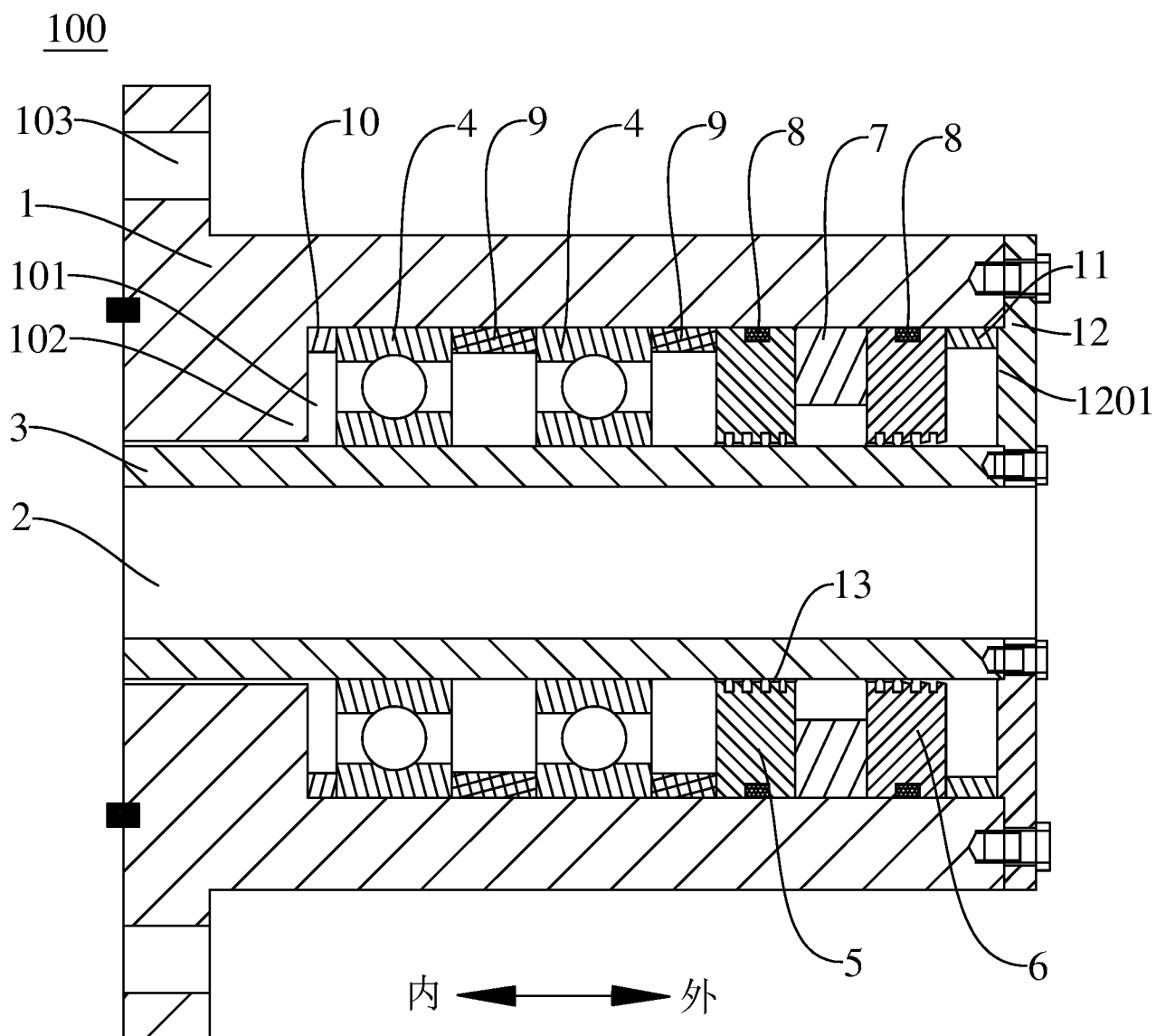


图 1

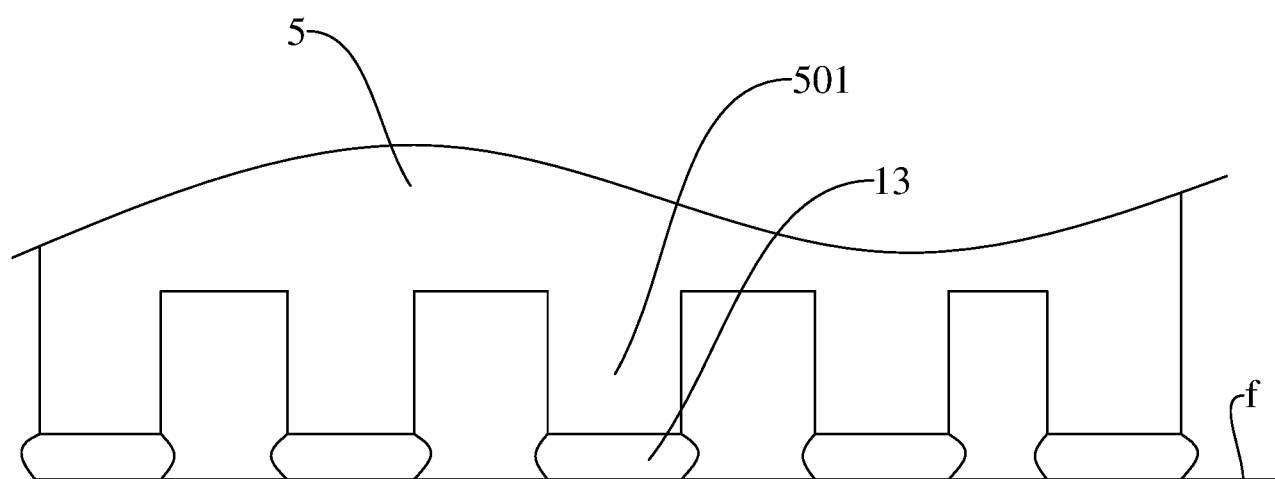


图 2

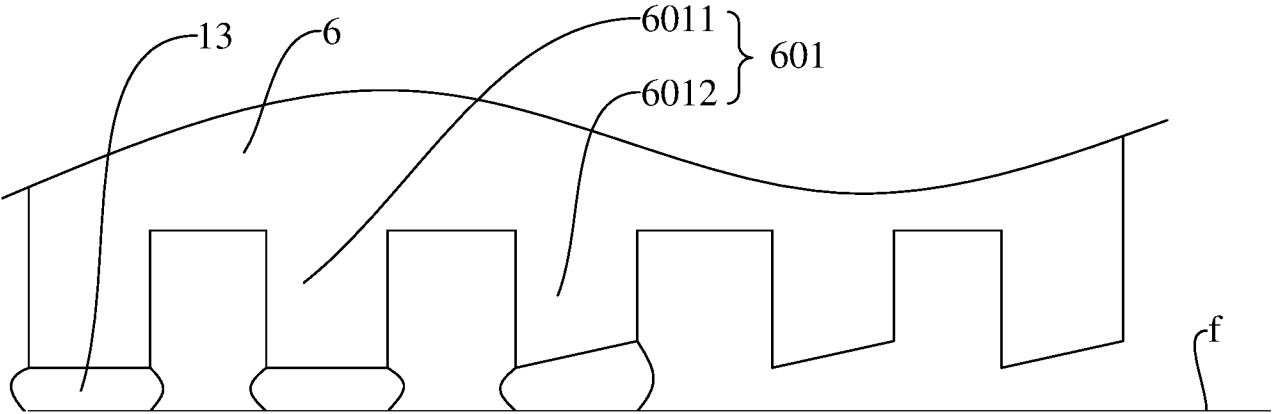


图 3

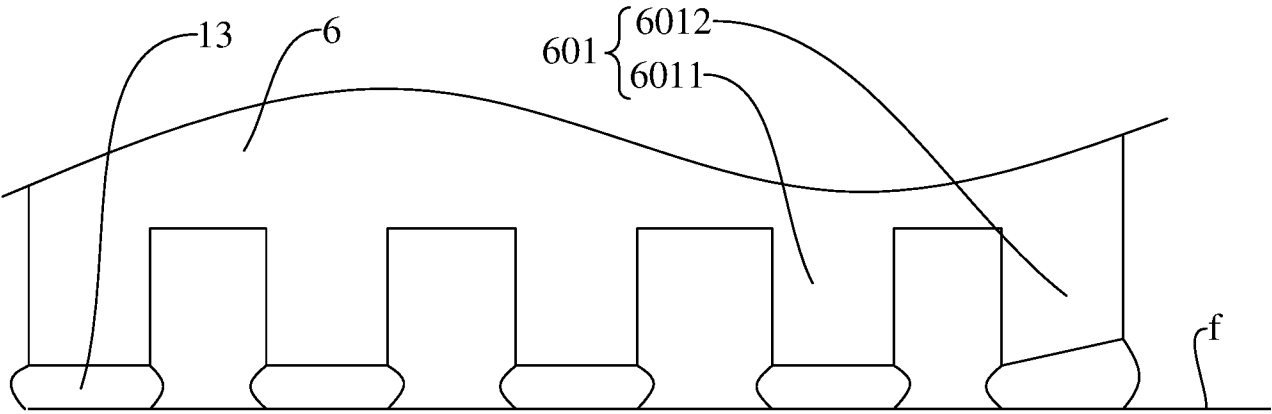


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/072999

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16J 15/43(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)

F16J

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, SIPOABS, DWPI: 磁性, 粉末, 液体, 密封, 极靴, 极齿, 形状, 截面; magnetic, force, power, liquid, sealing, pole, shoe, tooth, teeth, shape, form, cross, section

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 202091519 U (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY) 28 December 2011 (2011-12-28) claim 1, and description, page 3	1-10
Y	CN 2447582 Y (LUO, Ximei) 12 September 2001 (2001-09-12) description, page 3	1-10
A	CN 108612850 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 02 October 2018 (2018-10-02) entire document	1-10
A	CN 108953614 A (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY) 07 December 2018 (2018-12-07) entire document	1-10
A	CN 204852354 U (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY) 09 December 2015 (2015-12-09) entire document	1-10
A	JP 0488269 A (TOSHIBA CORPORATION) 23 March 1992 (1992-03-23) entire document	1-10
A	JP 0320177 A (FERROFLUIDICS CORP.) 29 January 1991 (1991-01-29) entire document	1-10



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

09 October 2019

Date of mailing of the international search report

28 October 2019

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/072999

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	202091519	U	28 December 2011	None			
CN	2447582	Y	12 September 2001	None			
CN	108612850	A	02 October 2018	None			
CN	108953614	A	07 December 2018	None			
CN	204852354	U	09 December 2015	None			
JP	0488269	A	23 March 1992	None			
JP	0320177	A	29 January 1991	JP	2725852	B2	11 March 1998
				US	4865334	A	12 September 1989
				EP	0367375	A1	09 May 1990

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/072999

A. 主题的分类

F16J 15/43 (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)

F16J

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))

CNKI, CNABS, SIPOABS, DWPI:磁性, 粉末, 液体, 密封, 极靴, 极齿, 形状, 截面; magnetic, force, power, liquid, sealing, pole, shoe, tooth, teeth, shape, form, cross, section

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
Y	CN 202091519 U (北京交通大学) 2011年 12月 28日 (2011 - 12 - 28) 权利要求1以及说明书第3页	1-10
Y	CN 2447582 Y (罗喜梅) 2001年 9月 12日 (2001 - 09 - 12) 说明书第3页	1-10
A	CN 108612850 A (清华大学) 2018年 10月 2日 (2018 - 10 - 02) 全文	1-10
A	CN 108953614 A (北京交通大学) 2018年 12月 7日 (2018 - 12 - 07) 全文	1-10
A	CN 204852354 U (北京交通大学) 2015年 12月 9日 (2015 - 12 - 09) 全文	1-10
A	JP 0488269 A (TOSHIBA CORP) 1992年 3月 23日 (1992 - 03 - 23) 全文	1-10
A	JP 0320177 A (FERROFLUIDICS CORP) 1991年 1月 29日 (1991 - 01 - 29) 全文	1-10

☐ 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

2019年 10月 9日

国际检索报告邮寄日期

2019年 10月 28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

李莎莎

电话号码 62085375

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/072999

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	202091519	U	2011年 12月 28日	无	
CN	2447582	Y	2001年 9月 12日	无	
CN	108612850	A	2018年 10月 2日	无	
CN	108953614	A	2018年 12月 7日	无	
CN	204852354	U	2015年 12月 9日	无	
JP	0488269	A	1992年 3月 23日	无	
JP	0320177	A	1991年 1月 29日	JP 2725852 B2	1998年 3月 11日
				US 4865334 A	1989年 9月 12日
				EP 0367375 A1	1990年 5月 9日