

(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
2017 年 7 月 27 日 (27.07.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/124573 A1

- (51) 国际专利分类号:
F16C 11/06 (2006.01) *F16C 32/04* (2006.01)
G01B 7/30 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/072099
- (22) 国际申请日: 2016 年 1 月 26 日 (26.01.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610037796.7 2016 年 1 月 20 日 (20.01.2016) CN
- (71) 申请人: 东莞思谷数字技术有限公司 (DG-SY-GOLE DIGITAL TECHNOLOGY CO., LTD) [CN/CN]; 中国广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区工业南路 6 号松湖华科 1 栋二层宋娟, Guangdong 523808 (CN)。 华中科技大学 (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞瑜路 1037 号宋娟, Hubei 430074 (CN)。

- (72) 发明人: 白坤 (BAI, Kun); 中国广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区工业南路 6 号松湖华科 1 栋二层宋娟, Guangdong 523808 (CN)。 李国民 (LEE, Kok Meng); 中国广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区工业南路 6 号松湖华科 1 栋二层宋娟, Guangdong 523808 (CN)。 赵杰 (ZHAO, Jie); 中国广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区工业南路 6 号松湖华科 1 栋二层宋娟, Guangdong 523808 (CN)。 王瑜辉 (WANG, Yuhui); 中国广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区工业南路 6 号松湖华科 1 栋二层宋娟, Guangdong 523808 (CN)。 张超 (ZHANG, Chao); 中国广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区工业南路 6 号松湖华科 1 栋二层宋娟, Guangdong 523808 (CN)。
- (74) 代理人: 广州粤高专利商标代理有限公司 (YOGO PATENT & TRADEMARK AGENCY LIMITED COMPANY); 中国广东省广州市天河区体育西路 191 号中石化大厦 B 塔 3912 室, Guangdong 510620 (CN)。

[见续页]

(54) Title: PERMANENT MAGNET BALL JOINT WITH POSTURE SENSING FUNCTION AND MEASURING METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 一种自带姿态传感的永磁球关节及其测量方法

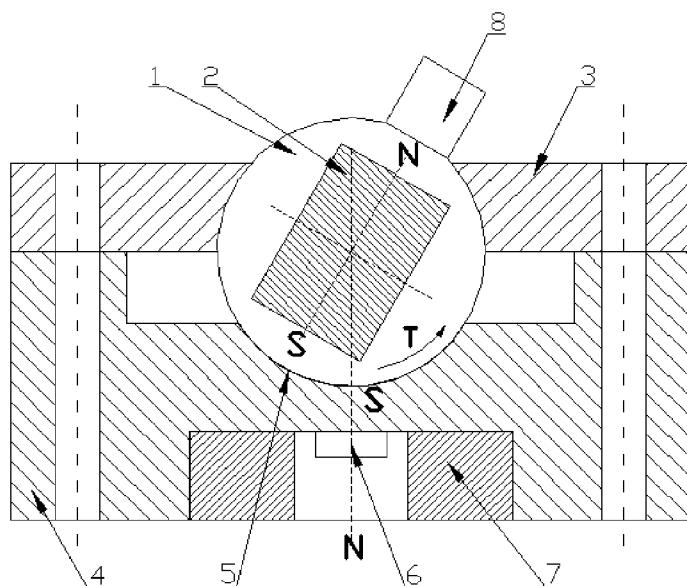


图 1

(57) Abstract: A permanent magnet ball joint with a posture sensing function and a measuring method thereof. The permanent magnet ball joint comprises a first permanent magnet (2), a second permanent magnet (7), a rotary shaft (8), a spherical shell (1), an upper base (3), a lower base (4), and a Hall sensor (6). The first permanent magnet (2) is sealed in the spherical shell (1). The second permanent magnet (7) is fixedly provided on the lower base (4). The Hall sensor (6) is provided on the second permanent magnet (7). A groove with an opening facing upwards is formed in the lower base (4). One end of the spherical shell (1) is embedded in the groove of the lower base (4), and the other end of the spherical shell (1) stretches out of the upper base (3) to be fixedly connected to the rotary shaft (8). The rotary shaft (8) drives the spherical shell (1) to rotate relative to the upper base (3), the second permanent magnet (7), and the lower base (4). Multi-degree-of-freedom rotation of the rotary shaft (8) of the ball joint is achieved; the upper permanent magnet and the lower permanent magnet have opposite directions of polarization, and part of gravity

of the rotary shaft (8) is counteracted by repulsive force, so that the positive pressure on a contact portion between the rotary shaft (8) and a bearing is reduced, the friction is reduced, the abrasion is reduced, the service life of the bearing is prolonged, and vibration and noise are reduced; the position of the rotary shaft (8) can be obtained by means of detection of the Hall sensor (6) and the mapping relationship.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2017/124573 A1



(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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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)。

根据细则 4.17 的声明:

— 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种自带姿态传感的永磁球关节及其测量方法, 所述永磁球关节包括永磁体一(2)、永磁体二(7)、转轴(8)、球壳(1)、上底座(3)、下底座(4)及霍尔传感器(6); 永磁体一(2)封装于球壳(1)内, 永磁体二(7)固设于下底座(4)上, 霍尔传感器(6)设置于永磁体二(7)上; 下底座(4)上设置开口朝上的凹槽, 球壳(1)一端嵌装于下底座(4)的凹槽内, 球壳(1)的另一端伸出上底座(3)与一转轴(8)固定连接, 转轴(8)带动球壳(1)相对上底座(3)、永磁体二(7)及下底座(4)转动。该球关节能够实现转轴(8)的多自由度转动, 上下永磁体的极化方向相反, 排斥力抵消掉转轴(8)的一部分重力, 减小转轴(8)对轴承接触部位的正压力进而减小摩擦, 降低磨损、延长轴承寿命、减小振动和噪声; 通过霍尔传感器(6)检测及映射关系, 获得转轴(8)位置。

一种自带姿态传感的永磁球关节及其测量方法

技术领域

本发明涉及磁场传感领域，特别是涉及一种自带姿态传感的永磁球关节及其测量方法。

背景技术

传统的机械轴承一般由内圈、外圈、滚动体和保持架等部分组成，轴承与转轴之间存在摩擦，产生无用功耗，这样不仅降低了传动效率而且还会产生噪声。此外，传统轴承中的滚动轴承由于其内部存在很大的相对运动空间，导致轴承承受冲击载荷的能力较差，高速重载工况下寿命较低，存在较大的机械振动和噪声。

在有些需要实现多个自由度的转动的场合，设计者往往采用多自由度轴承。传统的多自由度轴承包括球面滚动轴承、万向节、虎克铰等，这些多自由度轴承虽然都能实现多自由度转动，但是却有一些不足：球面滚动轴承制造要求精度高，长时间运动磨损后无法保证运动的精度；万向节、虎克铰等结构复杂，运动不够灵活。

由于传统机械轴承存在摩擦、磨损、振动和噪声等问题，因此国内外的学者一直在致力于新型轴承的研究以解决传统轴承的这些问题。磁悬浮轴承就是其中被研究得比较多的一种新型轴承。磁悬浮轴承通过控制感应磁场，使轴保持悬浮状态，这样轴能在不接触的情况下转动。磁性轴承的控制系统能够感应轴的位置，并且实时调整使轴保持在目标位置。与传统轴承相比，磁悬浮轴承没有机械接触，转子转速高，具有机械磨损小、寿命长、清洁无油污等优点。

磁悬浮轴承根据磁轴承产生磁场的性质通常可以分为三类：第一、主动磁轴承：控制系统对磁场进行主动控制，使转子的运动达到预期的要求；第二、被动磁轴承：用永磁力或电磁力或超导体实现转子的悬浮；第三、混合磁轴承：用永磁体和电磁铁共同作用，实现转子悬浮。

发明内容

本发明的目的在于克服现有技术的不足，提供一种自带姿态传感的永磁球关节及其测量方法，摩擦力小，测量方便快捷。

为了达到上述目的，本发明采用的技术方案是：

一种自带姿态传感的永磁球关节，包括永磁体一、永磁体二、转轴、球壳、上底座、下底座及霍尔传感器；所述永磁体一封装于球壳内，永磁体二固设于下底座上，霍尔传感器设置于永磁体二上；所述下底座上设置开口朝上的凹槽，球壳一端嵌装于下底座的凹槽内，球壳的另一端伸出上底座与一转轴固定连接，转轴带动球壳相对上底座、永磁体二及下底座转动。

作为本发明的较佳实施例，本发明所述永磁体一与永磁体二相邻两个极端的极性设置为同极，构成同极相斥结构。

作为本发明的较佳实施例，本发明所述永磁体一为圆柱型永磁体。

作为本发明的较佳实施例，本发明所述永磁体二为圆柱型永磁体，且圆柱型永磁体的中部设置通孔，霍尔传感器置于通孔内。

作为本发明的较佳实施例，本发明所述永磁体二通过过盈配合与下底座固定连接。

作为本发明的较佳实施例，本发明所述霍尔传感器为三轴霍尔传感器。

作为本发明的较佳实施例，本发明所述下底座上设置与球壳等半径的凹槽，且下底座与球壳接触面设置磁流变液。

一种应用所述的自带姿态传感的永磁球关节的测量方法，包括如下步骤：

步骤 1. 设置转轴的姿态用欧拉角 (α, β) 表示，转轴带动球壳转动的运动范围是 $-\alpha_0 \leq \alpha \leq \alpha_0$ 、 $-\beta_0 \leq \beta \leq \beta_0$ ；

步骤 2. 设置永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p1}$ 体二在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p2}$ ，霍尔传感器测量到的磁感应强度位 $\mathbf{B}$ ；

步骤 3. 霍尔传感器测量获得当前磁感应强度 $\mathbf{B}$;

步骤 4. 根据磁感应强度矢量叠加定律, 磁感应强度 $\mathbf{B}$ 的计算公式为 $\mathbf{B} = \mathbf{B}_{p1} + \mathbf{B}_{p2}$, 因永磁体二的位置保持不变, 磁感应强度 $\mathbf{B}_{p2}$ 为固定值;

步骤 5, 计算获得永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度为 $\mathbf{B}_{p1}$, 根据 $\mathbf{B}_{p1}$ 获得永磁体一当前的姿态 (α, β) 及转轴位置。

作为本发明的较佳实施例, 本发明步骤 3 所述的霍尔传感器当前磁感应强度 $\mathbf{B}$ 的计算公式为:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{-(\nabla \cdot \mathbf{M})(\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dV + \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \frac{(\mathbf{M} \cdot \mathbf{n})(\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dS$$

其中, $\mathbf{M}$ 为永磁体一的极化强度矢量, 所述 $\mathbf{R}$ 为霍尔传感器的坐标点, $\mathbf{R}'$ 为永磁体一上的点的坐标, $\mathbf{n}$ 为永磁体一表面的法向矢量, μ_0 为真空磁导率。

作为本发明的较佳实施例, 本发明步骤 5 具体步骤如下:

步骤 501. 根据 $\mathbf{B} = \mathbf{B}_{p1} + \mathbf{B}_{p2}$ 获得 $\mathbf{B}_{p1}$ 的值;

步骤 502. 永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p1}$ 的计算公式为:

$$\mathbf{B}_{p1} = f(\alpha, \beta) = \text{Rot}(\alpha, \beta) \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{-(\nabla \cdot \mathbf{M})(\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dV + \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \frac{(\mathbf{M} \cdot \mathbf{n})(\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dS \right)$$

其中, $\mathbf{M}$ 为永磁体一的极化强度矢量, 所述 $\mathbf{R}$ 为霍尔传感器的坐标点, $\mathbf{R}'$ 为永磁体一上的点的坐标, $\mathbf{n}$ 为永磁体一表面的法向矢量, μ_0 为真空磁导率, $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 是与欧拉角 (α, β) 对应的旋转矩阵, $\text{Rot}'(\alpha, \beta)$ 是 $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 的逆矩阵;

步骤 503. $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 具体表达形式如下:

$$\text{Rot}(\alpha, \beta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

步骤 504. 根据步骤 502 及 503 获得永磁体一当前的姿态(α, β)及转轴位置。

与现有技术相比, 本发明的有益效果是: 转轴带动球壳相对上底座、永磁体二及下底座转动, 实现转轴的多自由度转动; 上下永磁体的极化方向相反, 排斥力可以抵消掉转轴的一部分重力, 减小转轴对轴承接触部位的正压力进而减小摩擦, 降低磨损、延长轴承寿命、减小振动和噪声; 在下底座与球壳接触面设置磁流变液, 磁流变液可以充满机械部件间的间隙, 起到良好的润滑作用, 减小摩擦, 降低机械部件的磨损, 同时降低系统密封性能的要求; 通过霍尔传感器检测及映射关系, 方便快捷地获得转轴位置。

附图说明

图 1 为本发明的结构示意图;

图 2 为本发明的转轴姿态欧拉角定义结构示意图;

图 3 为本发明的磁场和姿态映射关系结构示意图。

具体实施方式

本发明的主旨在于克服现有技术的不足, 提供一种自带姿态传感的永磁球关节及其测量方法, 属于上述磁悬浮轴承中的被动磁轴承, 利用永磁体产生的磁力来实现转子的悬浮, 霍尔传感器可以实时测量该点的磁感应强度。下面结合实施例参照附图进行详细说明, 以便对本发明的技术特征及优点进行更深入的诠释。

本发明的结构示意图如图 1 所示, 一种自带姿态传感的永磁球关节, 包括永磁体一 2、永磁体二 7、转轴 8、球壳 1、上底座 3、下底座 4 及霍尔传感器 6; 所述永磁体一 2 封装于球壳 1 内, 永磁体二 7 固设于下底座 4 上, 霍尔传感器 6 设置于永磁体二 7 上; 所述下底座 4 上设置开口朝上的凹槽, 球壳 1 一端嵌装于下底座 4 的凹槽内, 球壳 1 的另一端伸出上底座 3 与一转轴 8 固定连接, 转轴 8 带动球壳 1 相对上底座 3、永磁体二 7 及下底座 4 转动。如图 1 所示, 永磁球轴承属于上述磁悬浮轴承中的被动磁轴承, 利用永磁体一、二产生的磁力来实现转子的悬浮。图 1 所涉及

的两个永磁体都是圆柱形的，其中上面的永磁体一与转轴固连，其姿态会随着转轴姿态的改变而改变；下面的永磁体二与下底座固连，姿态保持不变，永磁体二中间有一个内孔，用来安装霍尔传感器，霍尔传感器可以实时测量该点的磁感应强度。

如图 1 所示，本发明所述永磁体一 2 与永磁体二 7 相邻两个极端的极性设置为同极，构成同极相斥结构。通过设置上下永磁体的极化方向相反，由于同极相斥，上下永磁体之间会产生相互排斥的力，永磁体一会受到向上的力 F ，这种排斥力可以抵消掉转轴的一部分重力，减小转轴对轴承接触部位的正压力进而减小摩擦，降低磨损、延长轴承寿命、减小振动和噪声。当永磁体一发生倾斜时，永磁体二还会对上永磁体产生力矩 T ，力矩总是使永磁体一恢复到平衡位置。

本发明中，本发明所述永磁体一 2 为圆柱型永磁体。本发明所述永磁体二 7 为圆柱型永磁体，且圆柱型永磁体的中部设置通孔，霍尔传感器 6 置于通孔内，所述永磁体二 7 通过过盈配合与下底座 4 固定连接。永磁体二是一个圆柱形的带孔永磁体，通过过盈配合与下底座固连；永磁体一是一个圆柱形永磁体，它被封装在一个球壳中，球壳置于下底座的等半径的凹槽处，球壳的另一端通过螺纹与转轴连接，这样可以实现转轴的多自由度转动，转轴的运动范围为 $-\alpha_0 \leq \alpha \leq \alpha_0$ 、 $-\beta_0 \leq \beta \leq \beta_0$ 。底座通过螺纹与其他固定的部件连接。

本发明所述霍尔传感器 6 为三轴霍尔传感器。在带孔的圆柱形永磁体的孔中布置有三轴霍尔传感器，该霍尔传感器能够测量该点的磁感应强度 $\mathbf{B}=[B_x \ B_y \ B_z]$ 。根据图 3 中利用神经网络工具建立的这两者之间的映射关系，控制系统就能够根据霍尔传感器的测量值 $\mathbf{B}$ 求解出永磁体当前的姿态 (α, β) 。

为了减少摩擦力、振动和噪音，本发明所述下底座 4 上设置与球壳 1 等半径的凹槽，且下底座 4 与球壳 1 接触面设置磁流变液 5。磁流变液是一种由高磁导率、低磁滞性的微小软磁性颗粒和非导磁性液体混合而成的悬浮体。在机械部件相互接触的部位添加磁流变液 5，磁流变液可以充满

机械部件间的间隙，起到良好的润滑作用，减小摩擦，降低机械部件的磨损；当磁流变液遇到永磁体时，磁流变液会吸附在永磁体周围，而不会向四周散开，这可以降低对系统密封性能的要求。本发明与现有技术相比，在球壳和底座接触的地方充满了磁流变液，磁流变液能够起到润滑的作用，而永磁体之间的斥力能够减小球壳所承受的正压力，这两者的综合作用可以降低零件磨损、减小振动和噪声，延长轴承的使用寿命；利用霍尔传感器测量得到的磁感应强度值可以求解出永磁体一的当前位置，实现对转轴位置的测量。

本发明还公开了一种应用所述的自带姿态传感的永磁球关节的测量方法，转轴的姿态用欧拉角 (α, β) 表示，如图 2 所示。图中坐标系 XYZ 是固定坐标系，坐标系 xyz 是与转轴固连的运动坐标系，坐标系 XYZ 与 xyz 初始位置重合，两坐标原点 o 与球壳球心重合。转轴先绕着 x 轴旋转 α 角，然后绕着 y 轴旋转 β 角。转轴姿态改变后，与之固连的永磁体一的姿态也会发生改变，永磁体一姿态的改变会引起空间中磁感应强度的分布的改变；永磁体二中间布置的霍尔传感器可以测量空间中某点的磁感应强度，当上面的永磁体的姿态改变后，霍尔传感器的测量值也会发生变化，因此，永磁体一的姿态和固定的霍尔传感器的测量值存在一定的映射关系。建立永磁体姿态和传感器测量值的映射关系，永磁体的姿态就可以通过传感器的测量值计算出来。

本发明中，永磁体在空间中的点 $\mathbf{R}$ 产生的磁感应强度 $\mathbf{B}=[B_x \ B_y \ B_z]^T$ 可以用如下公式计算：

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{-(\nabla \cdot \mathbf{M})(\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dV + \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \frac{(\mathbf{M} \cdot \mathbf{n})(\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dS$$

这里， $\mathbf{M}$ 是永磁体的极化强度矢量， $\mathbf{R}'$ 是永磁体上的点， $\mathbf{n}$ 永磁体表面的法向矢量， μ_0 是真空磁导率。

由于在该球关节轴承中存在两个永磁体，因此霍尔传感器测量到的磁感应强度是永磁体一和永磁体二的共同作用。由于磁感应强度是矢量，满足叠加定律，将永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p1}$ ，永

磁体二在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p2}$ ，因此霍尔传感器的测量值 $\mathbf{B}=\mathbf{B}_{p1}+\mathbf{B}_{p2}$ ，如图 3 所示。由于永磁体一的姿态 (α,β) 一直在变化，因此 $\mathbf{B}_{p1}$ 是一个与 (α,β) 有如下关系的量，

$$\mathbf{B}_{p1} = f(\alpha, \beta) = \text{Rot}(\alpha, \beta) \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{-(\nabla \cdot \mathbf{M})(\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dV + \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \frac{(\mathbf{M} \cdot \mathbf{n})(\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dS \right)$$

这里 $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 是与欧拉角 (α, β) 对应的旋转矩阵， $\text{Rot}'(\alpha, \beta)$ 是 $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 的逆矩阵， $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 具体表达形式如下：

$$\text{Rot}(\alpha, \beta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

而永磁体二的位置保持不变，因此 $\mathbf{B}_{p2}$ 保持不变。

由于转轴的运动范围是 $-\alpha_0 \leq \alpha \leq \alpha_0$ 、 $-\beta_0 \leq \beta \leq \beta_0$ ，结合上述的空间中磁感应强度的计算方法，因此，转轴运动范围内的任意姿态下的磁感应强度 $\mathbf{B}$ 可以用数值计算的方式计算出来。接着神经网络工具被用来拟合磁感应强度和转轴姿态的映射关系，磁感应强度数据作为神经网络的输入层而转轴姿态作为神经网络的输出层，然后训练神经网络即可得到磁感应强度和转轴姿态的映射关系；建立磁感应强度和转轴姿态的映射关系后，将磁感应强度数据输入神经网络即可输出当前转轴的姿态。

在带孔的圆柱形永磁体的孔中布置有三轴霍尔传感器，该霍尔传感器能够测量该点的磁感应强度 $\mathbf{B}=\mathbf{B}_{p1}+\mathbf{B}_{p2}$ 。根据图 3 中利用神经网络工具建立的这两者之间的映射关系，控制系统就能够根据霍尔传感器的测量值 $\mathbf{B}$ 求解出永磁体当前的姿态 (α, β) 。

综合以上，本发明记载的一种应用所述的自带姿态传感的永磁球关节的测量方法，包括如下步骤：

步骤 1. 设置转轴的姿态用欧拉角 (α, β) 表示，转轴带动球壳转动的运动范围是 $-\alpha_0 \leq \alpha \leq \alpha_0$ 、 $-\beta_0 \leq \beta \leq \beta_0$ ；

步骤 2. 设置永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p1}$ ，永磁体二在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p2}$ ，霍尔传感器测量到的

磁感应强度位 **B**;

步骤 3. 霍尔传感器测量获得当前磁感应强度 **B**;

步骤 4. 根据磁感应强度矢量叠加定律, 磁感应强度 **B** 的计算公式为 $\mathbf{B}=\mathbf{B}_{p1}+\mathbf{B}_{p2}$, 因永磁体二的位置保持不变, 磁感应强度 $\mathbf{B}_{p2}$ 为固定值;

步骤 5, 计算获得永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度为 $\mathbf{B}_{p1}$, 根据 $\mathbf{B}_{p1}$ 获得永磁体一当前的姿态(α, β)及转轴位置。

作为本发明的较佳实施例, 本发明步骤 3 所述的霍尔传感器当前磁感应强度 **B** 的计算公式为:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{-(\nabla \cdot \mathbf{M})(\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dV + \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \frac{(\mathbf{M} \cdot \mathbf{n})(\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dS$$

其中, $\mathbf{M}$ 为永磁体一的极化强度矢量, 所述 $\mathbf{R}$ 为霍尔传感器的坐标点, $\mathbf{R}'$ 为永磁体一上的点的坐标, 在整个关节中建立了一个坐标系 xyz , 坐标系的原点与球壳的球心重合, 由于整个装置的尺寸是已知的, 那么根据霍尔传感器的位置就可以得到霍尔传感器在坐标系 xyz 中的坐标; 此外, 在坐标系 xyz 中永磁体一上的任意一点用 $\mathbf{R}'$ 表示, 由于 $\mathbf{R}'$ 出现在积分项里面即永磁体一上所有的点都要用到, 不是特指某一点, 因此 $\mathbf{R}'$ 仅仅与永磁体一的尺寸和形状有关, $\mathbf{R}'$ 跟实际旋转角度有关系。 $\mathbf{n}$ 为永磁体一表面的法向矢量, μ_0 为真空磁导率。

作为本发明的较佳实施例, 本发明步骤 5 具体步骤如下:

步骤 501. 根据 $\mathbf{B}=\mathbf{B}_{p1}+\mathbf{B}_{p2}$ 获得 $\mathbf{B}_{p1}$ 的值;

步骤 502. 永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p1}$ 的计算公式为:

$$\mathbf{B}_{p1} = f(\alpha, \beta) = \text{Rot}(\alpha, \beta) \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{-(\nabla \cdot \mathbf{M})(\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dV + \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \frac{(\mathbf{M} \cdot \mathbf{n})(\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dS \right)$$

其中, $\mathbf{M}$ 为永磁体一的极化强度矢量, 所述 $\mathbf{R}$ 为霍尔传感器的坐标点, $\mathbf{R}'$ 为永磁体一上的点的坐标, $\mathbf{n}$ 为永磁体一表面的法向矢量, μ_0 为真空磁导

率， $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 是与欧拉角 (α, β) 对应的旋转矩阵， $\text{Rot}'(\alpha, \beta)$ 是 $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 的逆矩阵；

步骤 503. $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 具体表达形式如下：

$$\text{Rot}(\alpha, \beta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

步骤 504. 根据步骤 502 及 503 获得永磁体一当前的姿态 (α, β) 及转轴位置。

通过以上实施例中的技术方案对本发明进行清楚、完整的描述，显然所描述的实施例为本发明一部分的实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

权 利 要 求 书

1. 一种自带姿态传感的永磁球关节，其特征在于：包括永磁体一（2）、永磁体二（7）、转轴（8）、球壳（1）、上底座（3）、下底座（4）及霍尔传感器（6）；所述永磁体一（2）封装于球壳（1）内，永磁体二（7）固定于下底座（4）上，霍尔传感器（6）设置于永磁体二（7）上；所述下底座（4）上设置开口朝上的凹槽，球壳（1）一端嵌装于下底座（4）的凹槽内，球壳（1）的另一端伸出上底座（3）与一转轴（8）固定连接，转轴（8）带动球壳（1）相对上底座（3）、永磁体二（7）及下底座（4）转动。

2. 根据权利要求1所述的自带姿态传感的永磁球关节，其特征在于：所述永磁体一（2）与永磁体二（7）相邻两个极端的极性设置为同极，构成同极相斥结构。

3. 根据权利要求2所述的自带姿态传感的永磁球关节，其特征在于：所述永磁体一（2）为圆柱型永磁体。

4. 根据权利要求2所述的自带姿态传感的永磁球关节，其特征在于：所述永磁体二（7）为圆柱型永磁体，且圆柱型永磁体的中部设置通孔，霍尔传感器（6）置于通孔内。

5. 根据权利要求4所述的自带姿态传感的永磁球关节，其特征在于：所述永磁体二（7）通过过盈配合与下底座（4）固定连接。

6. 根据权利要求4所述的自带姿态传感的永磁球关节，其特征在于：所述霍尔传感器（6）为三轴霍尔传感器。

7. 根据权利要求1所述的自带姿态传感的永磁球关节，其特征在于：所述下底座（4）上设置与球壳（1）等半径的凹槽，且下底座（4）与球壳（1）接触面设置磁流变液（5）。

8. 一种应用权利要求1-7中任一项所述的自带姿态传感的永磁球关节的测量方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤1. 设置转轴的姿态用欧拉角 (α, β) 表示，转轴带动球壳转动的运动

范围是 $-\alpha_0 \leq \alpha \leq \alpha_0$ 、 $-\beta_0 \leq \beta \leq \beta_0$ 。

步骤 2. 设置永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p1}$ ，永磁体二在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p2}$ ，霍尔传感器测量到的磁感应强度位 $\mathbf{B}$ ；

步骤 3. 霍尔传感器测量获得当前磁感应强度 $\mathbf{B}$ ；

步骤 4. 根据磁感应强度矢量叠加定律，磁感应强度 $\mathbf{B}$ 的计算公式为 $\mathbf{B} = \mathbf{B}_{p1} + \mathbf{B}_{p2}$ ，因永磁体二的位置保持不变，磁感应强度 $\mathbf{B}_{p2}$ 为固定值；

步骤 5，计算获得永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度为 $\mathbf{B}_{p1}$ ，根据 $\mathbf{B}_{p1}$ 获得永磁体一当前的姿态 (α, β) 及转轴位置。

9. 根据权利要求 8 所述的自带姿态传感的永磁球关节的测量方法，其特征在于，步骤 3 所述的霍尔传感器当前磁感应强度 $\mathbf{B}$ 的计算公式为：

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{-(\nabla \cdot \mathbf{M})(\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dV + \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \frac{(\mathbf{M} \cdot \mathbf{n})(\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dS$$

其中， $\mathbf{M}$ 为永磁体一的极化强度矢量，所述 $\mathbf{R}$ 为霍尔传感器的坐标点， $\mathbf{R}'$ 为永磁体一上的点的坐标， $\mathbf{n}$ 为永磁体一表面的法向矢量， μ_0 为真空磁导率。

10. 根据权利要求 9 所述的自带姿态传感的永磁球关节的测量方法，其特征在于，步骤 5 具体步骤如下：

步骤 501. 根据 $\mathbf{B} = \mathbf{B}_{p1} + \mathbf{B}_{p2}$ 获得 $\mathbf{B}_{p1}$ 的值；

步骤 502. 永磁体一在霍尔传感器处产生的磁感应强度记为 $\mathbf{B}_{p1}$ 的计算公式为：

$$\mathbf{B}_{p1} = f(\alpha, \beta) = \text{Rot}(\alpha, \beta) \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{-(\nabla \cdot \mathbf{M})(\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dV + \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \frac{(\mathbf{M} \cdot \mathbf{n})(\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}')}{|\text{Rot}'(\alpha, \beta)\mathbf{R} - \mathbf{R}'|^3} dS \right)$$

其中， $\mathbf{M}$ 为永磁体一的极化强度矢量，所述 $\mathbf{R}$ 为霍尔传感器的坐标点， $\mathbf{R}'$ 为永磁体一上的点的坐标， $\mathbf{n}$ 为永磁体一表面的法向矢量， μ_0 为真空磁导率， $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 是与欧拉角 (α, β) 对应的旋转矩阵， $\text{Rot}'(\alpha, \beta)$ 是 $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 的

逆矩阵；

步骤 503. $\text{Rot}(\alpha, \beta)$ 具体表达形式如下：

$$\text{Rot}(\alpha, \beta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

步骤 504. 根据步骤 502 及 503 获得永磁体一当前的姿态 (α, β) 及转轴位置。

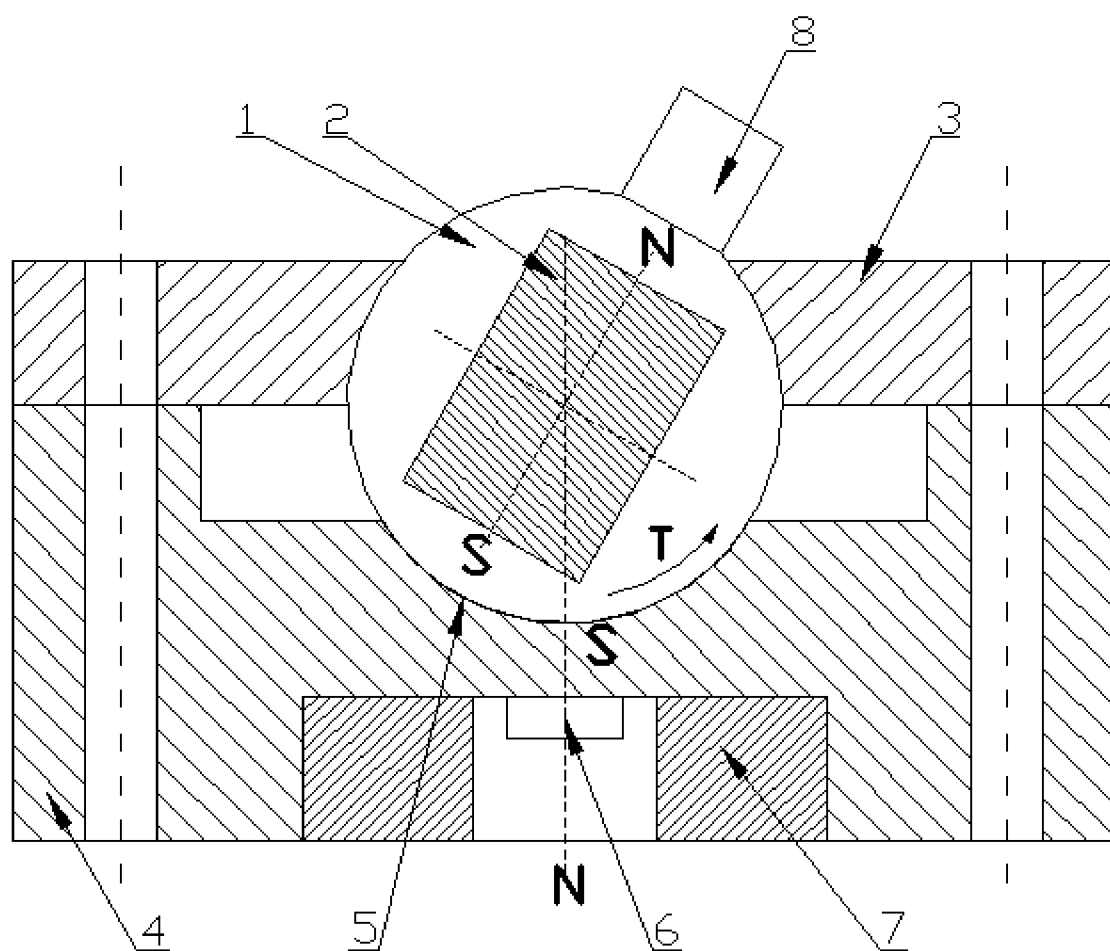


图 1

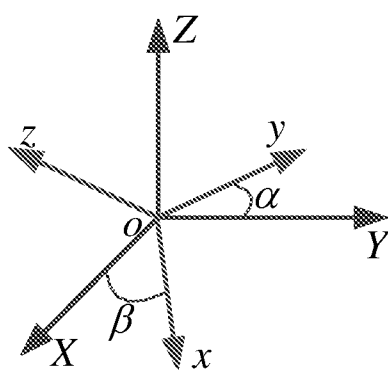


图 2

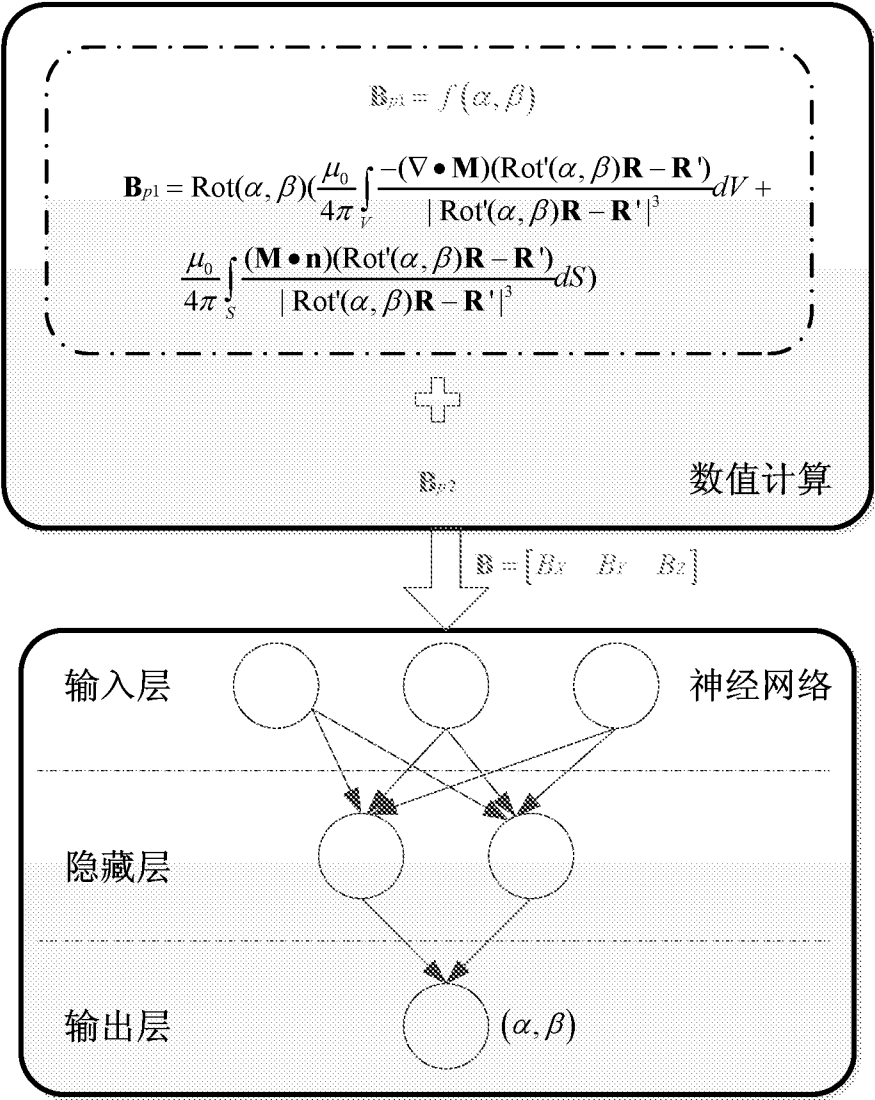


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/072099

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C 11/06 (2006.01) i; G01B 7/30 (2006.01) i; F16C 32/04 (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)

F16C; G01B

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; CNTXT; DWPI; SIPOABS: hinge, permanent magnet, magnetic suspension, detect, sense, attitude, position, orientation, bearing, magnet, permanent, magnetic, suspension, levitation, float, suspend, ball, globe, joint, HALL, sensor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 103527620 A (HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 22 January 2014 (22.01.2014), description, paragraphs 0029-0035 and 0044, and figure 1	1-7
Y	CN 202946528 U (BEIJING INSTITUTE OF STRUCTURE & ENVIRONMENT ENGINEERING et al.), 22 May 2013 (22.05.2013), description, paragraphs 0021-0025, and figure 1	1-7
A	CN 103527620 A (HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 22 January 2014 (22.01.2014), description, paragraphs 0029-0035 and 0044, and figure 1	8-10
A	CN 101198800 A (ZF FRIEDRICHSHAFEN AG), 11 June 2008 (11.06.2008), the whole document	1-10
A	CN 1875197 A (ZF FRIEDRICHSHAFEN AG), 06 December 2006 (06.12.2006), the whole document	1-10
A	CN 101537625 A (YANGZHOU UNIVERSITY), 23 September 2009 (23.09.2009), the whole document	1-10
A	CN 101005967 A (ZF FRIEDRICHSHAFEN AG), 25 July 2007 (25.07.2007), the whole document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 13 September 2016 (13.09.2016)	Date of mailing of the international search report 28 September 2016 (28.09.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer MIAO, Wen Telephone No.: (86-10) 62085340

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/072099

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010270828 A (MECHA CELL CO., LTD.), 02 December 2010 (02.12.2010), the whole document	1-10
A	EP 2813716 A1 (PENTA ROBOTICS PATENTS B.V.), 17 December 2014 (17.12.2014), the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/072099

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103527620 A	22 January 2014	CN 103527620 B	16 September 2015
CN 202946528 U	22 May 2013	None	
CN 101198800 A	11 June 2008	WO 2006133682 A2	21 December 2006
		US 7762736 B2	27 July 2010
		US 2009136288 A1	28 May 2009
		CN 101198800 B	19 May 2010
		KR 20080022077 A	10 March 2008
		JP 2008546955 A	25 December 2008
		EP 1891344 A2	27 February 2008
		WO 2006133682 A3	01 March 2007
		DE 102005027826 B3	18 January 2007
CN 1875197 A	06 December 2006	DE 10350640 A1	09 June 2005
		PT 1680608 E	03 October 2007
		JP 2007510102 A	19 April 2007
		ES 2286686 T3	01 December 2007
		DE 10350640 B4	17 November 2005
		EP 1680608 A1	19 July 2006
		WO 2005045265 A1	19 May 2005
		AT 365874 T	15 July 2007
		EP 1680608 B1	27 June 2007
		US 7305864 B2	11 December 2007
		MX PA06004293 A	27 June 2006
		KR 20060086986 A	01 August 2006
		US 2007051171 A1	08 March 2007
		CN 100422579 C	01 October 2008
		DE 502004004211 D1	09 August 2007
CN 101537625 A	23 September 2009	None	
CN 101005967 A	25 July 2007	US 2007253763 A1	01 November 2007
		EP 1778507 A1	02 May 2007
		JP 2008510110 A	03 April 2008
		CN 100465006 C	04 March 2009
		EP 1778507 B1	16 January 2008
		DE 102004039781 A1	09 March 2006
		KR 20070038151 A	09 April 2007
		AT 383961 T	15 February 2008
		WO 2006018001 A1	23 February 2006
		DE 502005002587 D1	06 March 2008
		US 7695212 B2	13 April 2010
		DE 102004039781 B4	29 March 2007
JP 2010270828 A	02 December 2010	None	
EP 2813716 A1	17 December 2014	NL 2010970 C	17 December 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/072099

A. 主题的分类

F16C 11/06(2006.01)i; G01B 7/30(2006.01)i; F16C 32/04(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)

F16C; G01B

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))

CNABS; CNKI; CNTXT; DWPI; SIPOABS:球, 关节, 铰链, 永磁, 磁悬浮, 霍尔, 检测, 传感, 姿态, 位置, 方位, 轴承, 磁铁, 磁体, permanent, magnetic, suspension, levitation, float, suspend, ball, globe, joint, Hall, sensor

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 103527620 A (合肥工业大学) 2014年 1月 22日 (2014 - 01 - 22) 说明书第0029-0035, 0044段, 附图1	1-7
Y	CN 202946528 U (北京强度环境研究所 等) 2013年 5月 22日 (2013 - 05 - 22) 说明书第0021-0025段, 附图1	1-7
A	CN 103527620 A (合肥工业大学) 2014年 1月 22日 (2014 - 01 - 22) 说明书第0029-0035, 0044段, 附图1	8-10
A	CN 101198800 A (ZF腓特烈港股份公司) 2008年 6月 11日 (2008 - 06 - 11) 全文	1-10
A	CN 1875197 A (ZF 腓特烈港股份公司) 2006年 12月 6日 (2006 - 12 - 06) 全文	1-10
A	CN 101537625 A (扬州大学) 2009年 9月 23日 (2009 - 09 - 23) 全文	1-10
A	CN 101005967 A (ZF腓特烈港股份公司) 2007年 7月 25日 (2007 - 07 - 25) 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

2016年 9月 13日

国际检索报告邮寄日期

2016年 9月 28日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(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

苗文

电话号码 (86-10)62085340

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 2010270828 A (MECHA CELL CO., LTD.) 2010年 12月 2日 (2010 - 12 - 02) 全文	1-10
A	EP 2813716 A1 (PENTA ROBOTICS PATENTS B. V.) 2014年 12月 17日 (2014 - 12 - 17) 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/CN2016/072099

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	103527620	A	2014年 1月 22日	CN	103527620	B	2015年 9月 16日
CN	202946528	U	2013年 5月 22日	无			
CN	101198800	A	2008年 6月 11日	WO	2006133682	A2	2006年 12月 21日
				US	7762736	B2	2010年 7月 27日
				US	2009136288	A1	2009年 5月 28日
				CN	101198800	B	2010年 5月 19日
				KR	20080022077	A	2008年 3月 10日
				JP	2008546955	A	2008年 12月 25日
				EP	1891344	A2	2008年 2月 27日
				WO	2006133682	A3	2007年 3月 1日
				DE	102005027826	B3	2007年 1月 18日
CN	1875197	A	2006年 12月 6日	DE	10350640	A1	2005年 6月 9日
				PT	1680608	E	2007年 10月 3日
				JP	2007510102	A	2007年 4月 19日
				ES	2286686	T3	2007年 12月 1日
				DE	10350640	B4	2005年 11月 17日
				EP	1680608	A1	2006年 7月 19日
				WO	2005045265	A1	2005年 5月 19日
				AT	365874	T	2007年 7月 15日
				EP	1680608	B1	2007年 6月 27日
				US	7305864	B2	2007年 12月 11日
				MX	PA06004293	A	2006年 6月 27日
				KR	20060086986	A	2006年 8月 1日
				US	2007051171	A1	2007年 3月 8日
				CN	100422579	C	2008年 10月 1日
				DE	502004004211	D1	2007年 8月 9日
CN	101537625	A	2009年 9月 23日	无			
CN	101005967	A	2007年 7月 25日	US	2007253763	A1	2007年 11月 1日
				EP	1778507	A1	2007年 5月 2日
				JP	2008510110	A	2008年 4月 3日
				CN	100465006	C	2009年 3月 4日
				EP	1778507	B1	2008年 1月 16日
				DE	102004039781	A1	2006年 3月 9日
				KR	20070038151	A	2007年 4月 9日
				AT	383961	T	2008年 2月 15日
				WO	2006018001	A1	2006年 2月 23日
				DE	502005002587	D1	2008年 3月 6日
				US	7695212	B2	2010年 4月 13日
				DE	102004039781	B4	2007年 3月 29日
JP	2010270828	A	2010年 12月 2日	无			
EP	2813716	A1	2014年 12月 17日	NL	2010970	C	2014年 12月 17日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)