

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 1 月 13 日 (13.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/007366 A1

- (51) 国际专利分类号:
B23B 19/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/141604
- (22) 国际申请日: 2020 年 12 月 30 日 (30.12.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202010644467.5 2020 年 7 月 7 日 (07.07.2020) CN
- (71) 申请人: 广州市昊志机电股份有限公司 (GUANGZHOU HAOZHI INDUSTRIAL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省广州市广州经济技术开发区永和经济区江东街 6 号, Guangdong 511356 (CN)。
- (72) 发明人: 赵聪 (ZHAO, Cong); 中国广东省广州市广州经济技术开发区永和经济区江东街 6 号, Guangdong 511356 (CN)。 龚展宏 (GONG, Zhanhong); 中国广东省广州市广州经济技术开发区永和经济区江东街 6 号, Guangdong

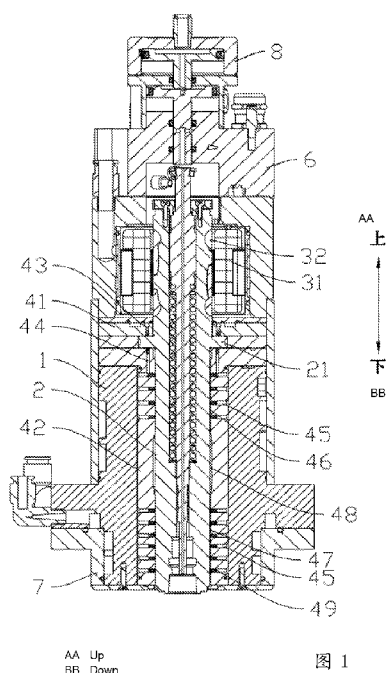
511356 (CN)。 张翰乾 (ZHANG, Hanqian); 中国广东省广州市广州经济技术开发区永和经济区江东街 6 号, Guangdong 511356 (CN)。 黄俊治 (HUANG, Junzhi); 中国广东省广州市广州经济技术开发区永和经济区江东街 6 号, Guangdong 511356 (CN)。 汤秀清 (TANG, Xiuqing); 中国广东省广州市广州经济技术开发区永和经济区江东街 6 号, Guangdong 511356 (CN)。

(74) 代理人: 北京品源专利代理有限公司 (BEYOND ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市海淀区莲花池东路 39 号西金大厦 6 层, Beijing 100036 (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: AIR-BEARING MOTORIZED SPINDLE AND MACHINE TOOL

(54) 发明名称: 气浮电主轴和机床



(57) Abstract: An air-bearing motorized spindle and a machine tool. The air-bearing motorized spindle comprises: a machine body assembly; a spindle core assembly having a flying disc and being supported and suspended on the machine body assembly by means of a thrust bearing assembly and an air bearing assembly, with a first end of the spindle core assembly forming a power output end, and a second end of the spindle core assembly forming a power input end; and an electric motor assembly arranged at the power input end and comprising a stator and a copper squirrel cage, with the stator being connected to the machine body assembly, and the copper squirrel cage being combined with the spindle core assembly and forming a cylindrical surface which is coaxial with the spindle core assembly.

(57) 摘要: 一种气浮电主轴和机床, 包括: 机体组件; 轴芯组件, 具有飞盘, 所述轴芯组件通过推力轴承组件和气浮轴承组件承载悬浮于所述机体组件, 所述轴芯组件的第一端形成动力输出端, 所述轴芯组件的第二端形成动力输入端; 及电机组件, 设在所述动力输入端, 所述电机组件包括定子和铜鼠笼, 所述定子与所述机体组件连接, 所述铜鼠笼与所述轴芯组件结合, 并形成与所述轴芯组件同轴的圆柱面。

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))。

气浮电主轴和机床

本申请要求申请日为2020年7月7日、申请号为202010644467.5的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及机械加工领域，例如涉及一种气浮电主轴和机床。

背景技术

20世纪50年代，精密加工水平可达到 $3-5\mu\text{m}$ ，超精密加工能达到的加工精度可达到 $1\mu\text{m}$ 。20世纪70后期，精密加工精度水平可达到 $1\mu\text{m}$ ，超精密加工水平可达 $0.1\mu\text{m}$ ，相关技术中，精密与超精密机械加工加工精度已提升至纳米级。

因为气浮电主轴的误差均化现象，以及低摩擦、低损耗，使得气浮电主轴成为实现超精密加工最好的载体之一。气浮电主轴的振动对加工精度影响十分巨大，过大振动可能导致加工出现振刀纹，无法保证超精密加工加工质量。

发明内容

本申请提供了一种气浮电主轴和机床，能够使得主轴在高转速下仍能保证极低的振动，保证纳米级别加工的同时，也确保了主轴在长时间、高转速下运转的稳定性。

一实施例提供了一种气浮电主轴，包括：机体组件；轴芯组件，具有飞盘，所述轴芯组件通过推力轴承组件和气浮轴承组件承载悬浮于所述机体组件，所述轴芯组件的第一端形成动力输出端，所述轴芯组件的第二端形成动力输入端；及电机组件，设在所述动力输入端，所述电机组件包括定子和铜鼠笼，所述定子与所述机体组件连接，所述铜鼠笼与所述轴芯组件结合，并形成与所述轴芯组件同轴的圆柱面。

在一实施例中，所述飞盘位于所述轴芯组件靠近所述电机组件的位置，所述推力轴承组件位于所述飞盘和所述电机组件之间，所述气浮轴承组件位于所述飞盘远离所述电机组件的一侧，所述推力轴承组件具有与所述飞盘配合的第一止推面，所述第一止推面上设有第一轴向出气孔，所述气浮轴承组件具有与所述飞盘配合的第二止推面，所述第二止推面上设有第二轴向出气孔，所述气

浮轴承组件具有与所述轴芯组件的外周面配合的支承面，所述支承面上设有径向出气孔，所述机体组件上设有与所述第一轴向出气孔、第二轴向出气孔和径向出气孔接通的气路通道。

在一实施例中，所述气浮轴承组件具有与所述轴芯组件的外周面配合的第一支承面和第二支承面，所述第一支承面和第二支承面沿动力输入端到动力输出端的方向分布，所述第一支承面和第二支承面均设有径向出气孔，所述径向出气孔在第二支承面产生的气浮压力大于所述径向出气孔在第一支承面产生的气浮压力。

在一实施例中，所述第二支承面的径向出气孔的数量大于所述第一支承面的径向出气孔的数量。

在一实施例中，所述第二支承面的径向出气孔的密度大于所述第一支承面的径向出气孔的密度。

在一实施例中，所述第一支承面和第二支承面沿轴向分隔一定距离，所述气浮轴承组件的内壁面于所述第一支承面和第二支承面之间的部分与所述轴芯组件留有非配合间隙。

在一实施例中，所述气浮电主轴还包括：振动传感器，设置为监测轴芯组件的振动；及处理器，根据所述振动传感器的信号，控制所述电机组件停止所述轴芯组件。

在一实施例中，所述振动传感器集成于所述定子内。

在一实施例中，所述气浮电主轴还包括：气缸组件，设置为驱动轴芯组件以使动力输出端进行换刀。

在一实施例还提供了一种机床，包括上述的气浮电主轴。

电机组件采用铜鼠笼作为转子，电机组件位于轴芯组件末端通过驱动铜鼠笼以驱动轴芯组件高速转动，推力轴承组件与气浮轴承组件承载轴芯组件悬浮。

振动对加工精度影响十分巨大，过大振动可能导致加工出现振刀纹，无法保证超精密加工的加工质量，对于电主轴而言，振动最大位置位于驱动处即电机位，首先使用与轴芯贴合更紧密、更能保证形位公差的铜鼠笼作为轴芯转子保证整支轴芯的稳定性，其次电机组件位置后置使振源远离刀具端，保证刀具受最小程度的振动影响，上述两种设置结合可最大程度避免振动引起的加工不良，亦可避免单独铜鼠笼电机中置导致的加工端振动大或者使用铸铝形式转子自身加工不良导致的电机激振，保证加工质量。后置式铜鼠笼使得超精密加工

表面精度达到10nm以下成为可能。

附图说明

图1是本申请一实施例提供的气浮电主轴的结构示意图；

图2是本申请一实施例提供的图1所示的电机组件结构示意图；

图3是本申请一实施例提供的图1所示的气浮轴承组件结构示意图；

图4是本申请一实施例提供的图1所示的振动传感器与定子结合状态示意图。

具体实施方式

本申请中，如果有描述到方向(上、下、左、右、前及后)时，仅是为了便于描述本申请的技术方案，而不是指示或暗示所指的技术特征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申请的限制。

本申请中，“若干”的含义是一个或者多个，“多个”的含义是两个以上，“大于”“小于”“超过”等理解为不包括本数；“以上”“以下”“以内”等理解为包括本数。在本申请的描述中，如果有描述到“第一”“第二”仅用于区分技术特征为目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量或者隐含指明所指示的技术特征的先后关系。

本申请中，除非另有明确的限定，“设置”“安装”“连接”等词语应做广义理解，例如，可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连；可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，还可以是一体成型；可以是机械连接，也可以是电连接或能够互相通讯；可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。所属技术领域技术人员可以结合技术方案的具体内容合理确定上述词语在本申请中的具体含义。

其中，图1给出了本申请实施例的参考方向坐标系，以下结合图1所示的方向，对本申请的实施例进行说明。

参见图1，本申请的实施例提供了一种气浮电主轴，该气浮电主轴包括机体组件1、轴芯组件2和电机组件。轴芯组件2具有飞盘21，轴芯组件2通过推力轴承组件41和气浮轴承组件42承载悬浮于机体组件1，轴芯组件2的第一端形成动力输出端，轴芯组件2的第二端形成动力输入端。动力输入端位于轴芯组件2的上端，电机组件设在动力输入端，动力输出端位于轴芯组件2的下端，动力输出端连接刀具，实现动力输入端的动力向加工刀具的传递。

通过外部供气，气体通过机体组件1依次进入气浮轴承组件42与推力轴承组件41，在轴芯组件2分别与气浮轴承组件42、推力轴承组件41之间形成压力气膜，支撑轴芯组件2处于悬浮状态，并由电机组件驱动轴芯组件2高速旋转。

其中，参见图2，电机组件包括定子31和铜鼠笼32，定子31与机体组件1连接，铜鼠笼32与轴芯组件2结合，并形成与轴芯组件2同轴的圆柱面。换言之，铜鼠笼32集成于轴芯组件2中，并与轴芯组件2一起形成完美的外圆面。电机组件采用铜鼠笼32作为转子，电机组件位于轴芯组件2末端通过驱动铜鼠笼32以驱动轴芯组件2高速转动。

振动对加工精度影响十分巨大，过大振动可能导致加工出现振刀纹，无法保证超精密加工加工质量，对于电主轴而言，振动最大位置位于驱动处即电机位，首先使用与轴芯贴合更紧密、更能保证形位公差的铜鼠笼32作为轴芯转子，保证整支轴芯的稳定性。其次电机组件位置后置使振源远离刀具端，保证刀具受最小程度的振动影响，两两结合可最大程度避免振动引起的加工不良，亦可避免单独铜鼠笼电机中置导致的加工端振动大或者使用铸铝形式转子自身加工不良导致的电机激振，保证加工质量。后置式铜鼠笼32使得超精密加工表面精度达到10nm以下成为可能。

本申请的实施例使用了铜鼠笼32后置式结构转子，结合铜鼠笼32的高形位公差与转子后置的小振动特点，使得主轴在高转速下仍能保证极低的振动，保证纳米级别表面铣削的同时，也确保了主轴在长时间、高转速下运转的稳定性。

飞盘21可以位于轴芯组件2的一端或中部，飞盘21设置为承载轴芯组件2在刀具加工过程中产生的轴向作用力。参见图1，在一些实施例中，飞盘21位于轴芯组件2靠近电机组件的位置，推力轴承组件41位于飞盘21和电机组件之间。电机和飞盘21后置消除温度干扰。在一实施例中，电机组件位于轴芯组件2末端驱动轴芯组件2高速转动，推力轴承组件41与轴芯组件2飞盘21位于主轴远离刀具端，由于推力轴承组件41高精度主轴转动过程当中，发热量大小对加工精度影响十分巨大，使电主轴主要发热部位远离轴芯刀具，可最大程度避免因内部结构发热所引起的轴芯热伸长，保证了加工质量。后置式飞盘21及后置式电机结构使得纳米级别加工精度成为可能。

参见图1，气浮轴承组件42位于飞盘21远离电机组件的一侧，推力轴承组件41具有与飞盘21配合的第一止推面，第一止推面上设有第一轴向出气孔43，气浮轴承组件42具有与飞盘21配合的第二止推面，第二止推面上设有第二轴向出

气孔44，气浮轴承组件42具有与轴芯组件的外周面配合的支承面，支承面上设有径向出气孔45，机体组件1上设有与第一轴向出气孔43、第二轴向出气孔44和径向出气孔45接通的气路通道。通过外部供气，气体通过机体组件1的气路通道依次进入气浮轴承组件42与推力轴承组件41，在轴芯组件2与气浮轴承组件42之间及轴芯组件2与推力轴承组件41之间形成压力气膜，支撑轴芯组件2处于悬浮状态，并由电机组件驱动轴芯组件2高速旋转。

在一些实施例中，参见图1和图3，气浮轴承组件42具有与轴芯组件2的外周面配合的第一支承面46和第二支承面47，第一支承面46和第二支承面47沿动力输入端到动力输出端的方向分布，即第一支承面46位于第二支承面47的上方，第二支承面47比第一支承面46更靠近动力输出端。第一支承面46和第二支承面47设有径向出气孔45，径向出气孔45在第二支承面47产生的气浮压力大于径向出气孔45在第一支承面46产生的气浮压力。换言之，气浮轴承组件42内部形成非均压式的气浮轴承，高压气体由机体组件1进入，通过气路通道进入气浮轴承组件42与机体组件1间隙，通过径向出气孔45的径向阻尼塞49使轴芯组件2悬浮。超精密主轴在高转速状态下，很容易发生激振、柱涡、锥涡等现象，最终导致主轴回转振动或轴芯摆动极大甚至抱死。为避免此类现象出现，本申请特使用内部非均压式气浮轴承，即通过径向出气孔45在第二支承面47产生的气浮压力大于径向出气孔45在第一支承面46产生的气浮压力，使主轴内部不同位置气膜刚度产生差异。上述设置使得整支轴芯达到力的平衡，使整个轴系的综合刚度达到最大，保证了本申请整体径向刚度最优，确保了在高转速下的极高回转精度要求与转动的稳定性。

本申请的实施例使用全新的内部非均压式气浮轴承，通过严谨的计算，保证了主轴的整个轴系刚度，确保在超高转速的状态下，仍能满足极高的回转精度要求，使高转速小直径刀具超精密加工成为了可能。

其中，为了使径向出气孔45在第二支承面47产生的气浮压力大于径向出气孔45在第一支承面46产生的气浮压力，可以采用多种技术手段，例如，向第二支承面47的径向出气孔45通入更大压力的高压气体。或者，例如在图3所示的实施例中，第二支承面47的径向出气孔45的数量大于第一支承面46的径向出气孔45的数量。又或者，第二支承面47的径向出气孔45的密度大于第一支承面46的径向出气孔45的密度。即通过调节气浮轴承中径向阻尼塞49的距离与数量，使主轴内部不同位置气膜刚度产生差异。

在一实施例中，气浮轴承组件42具有与轴芯组件2的外周面配合的两个或更多进气孔区，以此来为轴芯组件2提供多点支撑。

第一支承面46和第二支承面47可以连续分布，也可以间隔分布。例如在图1和图3所示的实施例中，第一支承面46和第二支承面47沿轴向分隔一定距离，第一支承面46和第二支承面47与轴芯组件2相配合，为轴芯组件2在径向上提供两点支撑，对于轴芯组件2的定位更加稳定。同时，位于第一支承面46和第二支承面47之间的气浮轴承组件42的部分内壁面与轴芯组件2留有非配合间隙48，换言之，第一支承面46和第二支承面47之间的部分并不为轴芯组件2提供径向支撑，如此一来，可以不必对第一支承面46和第二支承面47之间的部分进行高精度加工，仅对第一支承面46和第二支承面47高精度加工即可，从而可以大大降低气浮轴承组件42的加工成本。

在一些实施例中，参见图1和图4，气浮电主轴还包括振动传感器5和处理器（图中未示出），振动传感器5设置为监测轴芯组件2的振动，处理器根据振动传感器5的信号，控制电机组件停止轴芯组件2。通过设置主轴振动监测装置确保超精密主轴的稳定性与安全性。当主轴内部，轴芯组件2的振动超过允许值，振动传感器5即会强行终止主轴运行防止主轴损坏或造成严重事故。超精密主轴在运转过程当中对环境要求极高，小温度变化或者气源气压的变化都有可能导致主轴运转失稳进而抱死，而气浮主轴因为动压效应并不会瞬间抱死，这个抱死的过程往往能从振动的变化体现出来，对温度与气压的检测无法全面反映主轴是否有抱死风险，故使用振动传感器5检测主轴电机位置振动，可节约加工成本，降低主轴抱死风险，主轴电机内集成的振动传感器5确保了主轴不会因为运转失稳而抱死，在运转失稳的一瞬间会强行停止主轴，保证了主轴的寿命与操作人员的安全。

其中，处理器根据振动传感器5的信号控制电机组件停机或者提供反向驱动力的方式停止轴芯组件2。

对于电主轴而言，振动最大位置位于驱动处即电机位，故在一些实施例中，参见图4，振动传感器5集成于定子31内。振动传感器5通过监测定子31的振动状态，确定轴芯组件2的振动状态，结构更加简洁，而且，集成于定子31内的振动传感器5不仅可以监测振动幅度，还能监测振动的加速度等诸多振动参数，以进一步保证主轴的寿命与操作人员的安全。

本申请的实施例首次使用集成于电机内部的振动监测装置，保证主轴在出

现外界异常而即将抱死时可及时“刹车”，保证了主轴的寿命与加工操作人员的安全。

在一些实施例中，参见图1，机体组件1顶部连接顶盖组件6，冷却液由机体组件1、顶盖组件6进入推力轴承组件41对气浮轴承组件42上半段、推力轴承组件41、法兰组件7与电机进行冷却。顶盖组件6上连接气缸组件8，气缸组件8用于驱动轴芯组件2以使动力输出端进行换刀。

本申请实施例的气浮电主轴能够应用于灯模加工、航空航天等领域，具有高精度，高转速，自动换刀等特点，铣削表面粗糙度可达到20nm，转速可达到9W，自动换刀时，采用的是HSK刀柄。与相关技术中的加工相比可替代磨削加工或缩短磨削加工时间，与其他超精密主轴相比具有更高转速，且具有HSK自动换刀机构，可大幅提高工作效率。

本申请的实施例提供了一种机床，包括以上任一实施例的气浮电主轴。机床具有以下特点：采用铜鼠笼32作为转子且将该铜鼠笼32后置以保证主轴振动稳定性与加工可靠性，专为超高转速超精密主轴设计的内部非均压气浮轴承，使主轴高转速下仍保持50nm以下回转精度，独有的主轴振动检测报警装置保证主轴转动期间时刻监控主轴异常，随时停机，保证主轴不会因为外界因素导致抱死，自动换刀功能极大提升主轴加工工作效率，该主轴铣削表面精度可达20nm以下。

权利要求书

1. 一种气浮电主轴，包括：

机体组件；

轴芯组件，具有飞盘，所述轴芯组件通过推力轴承组件和气浮轴承组件承载悬浮于所述机体组件，所述轴芯组件的第一端形成动力输出端，所述轴芯组件的第二端形成动力输入端；及

电机组件，设在所述动力输入端，所述电机组件包括定子和铜鼠笼，所述定子与所述机体组件连接，所述铜鼠笼与所述轴芯组件结合，并形成与所述轴芯组件同轴的圆柱面。

2. 根据权利要求1所述的气浮电主轴，其中，所述飞盘位于所述轴芯组件靠近所述电机组件的位置，所述推力轴承组件位于所述飞盘和所述电机组件之间，所述气浮轴承组件位于所述飞盘远离所述电机组件的一侧，所述推力轴承组件具有与所述飞盘配合的第一止推面，所述第一止推面上设有第一轴向出气孔，所述气浮轴承组件具有与所述飞盘配合的第二止推面，所述第二止推面上设有第二轴向出气孔，所述气浮轴承组件具有与所述轴芯组件的外周面配合的支承面，所述支承面上设有径向出气孔，所述机体组件上设有与所述第一轴向出气孔、第二轴向出气孔和径向出气孔接通的气路通道。

3. 根据权利要求2所述的气浮电主轴，其中，所述气浮轴承组件具有与所述轴芯组件的外周面配合的第一支承面和第二支承面，所述第一支承面和第二支承面沿动力输入端到动力输出端的方向分布，所述第一支承面和第二支承面均设有径向出气孔，所述径向出气孔在第二支承面产生的气浮压力大于所述径向出气孔在第一支承面产生的气浮压力。

4. 根据权利要求3所述的气浮电主轴，其中，所述第二支承面的径向出气孔的数量大于所述第一支承面的径向出气孔的数量。

5. 根据权利要求3或4所述的气浮电主轴，其中，所述第二支承面的径向出气孔的密度大于所述第一支承面的径向出气孔的密度。

6. 根据权利要求3所述的气浮电主轴，其中，所述第一支承面和第二支承面沿轴向分隔一定距离，所述气浮轴承组件的内壁面于所述第一支承面和第二支承面之间的部分与所述轴芯组件留有非配合间隙。

7. 根据权利要求1所述的气浮电主轴，还包括：

振动传感器，用于监测轴芯组件的振动；及

处理器，根据所述振动传感器的信号，控制所述电机组件停止所述轴芯组

件。

8. 根据权利要求7所述的气浮电主轴，其中，所述振动传感器集成于所述定子内。

9. 根据权利要求1所述的气浮电主轴，还包括：气缸组件，设置为驱动轴芯组件以使动力输出端进行换刀。

10. 一种机床，包括权利要求1~9中任一项所述的气浮电主轴。

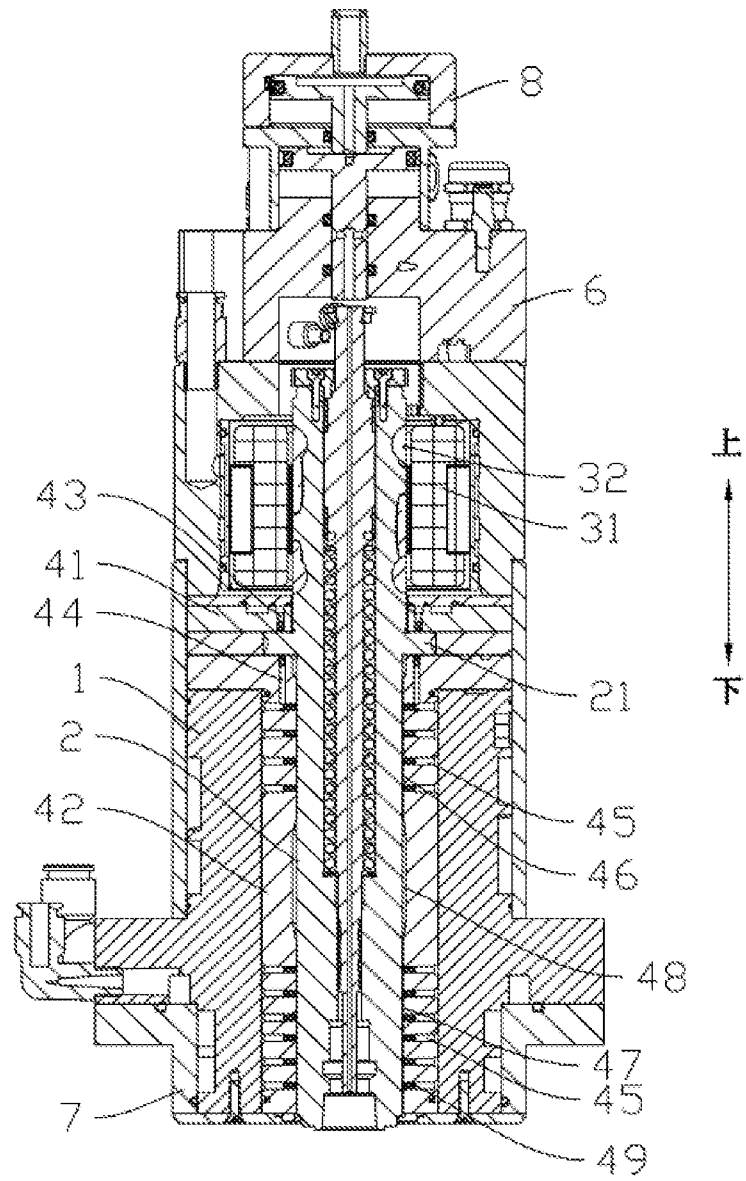


图 1

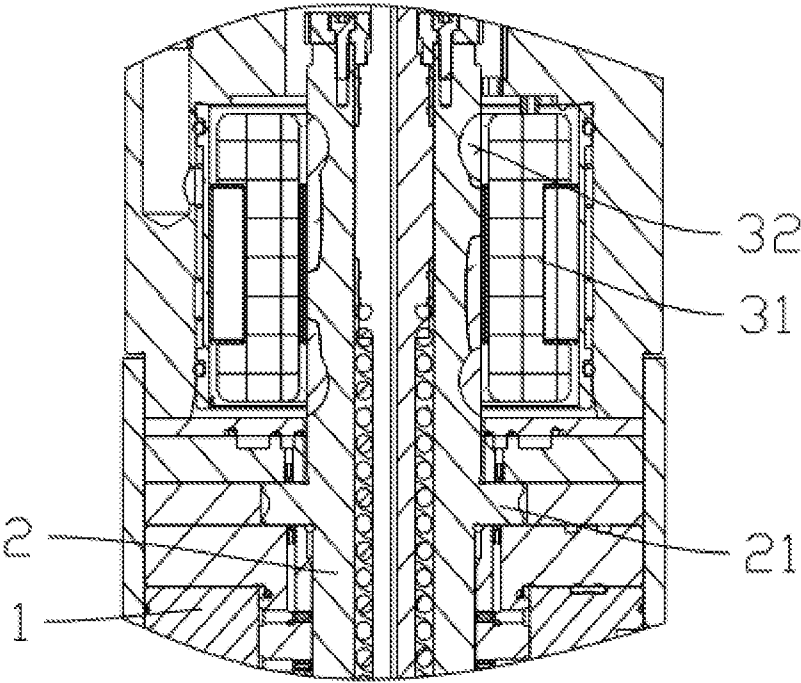


图 2

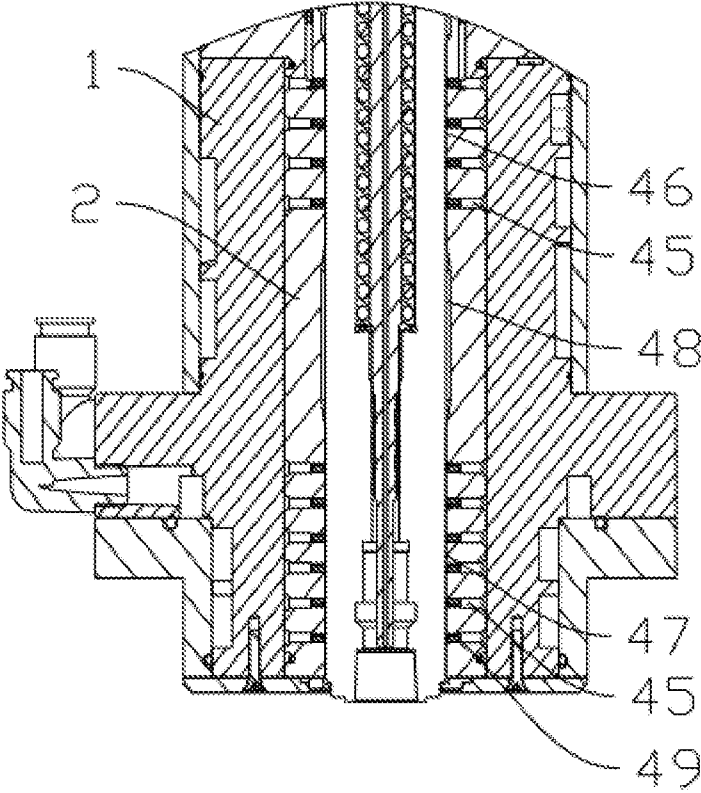


图 3

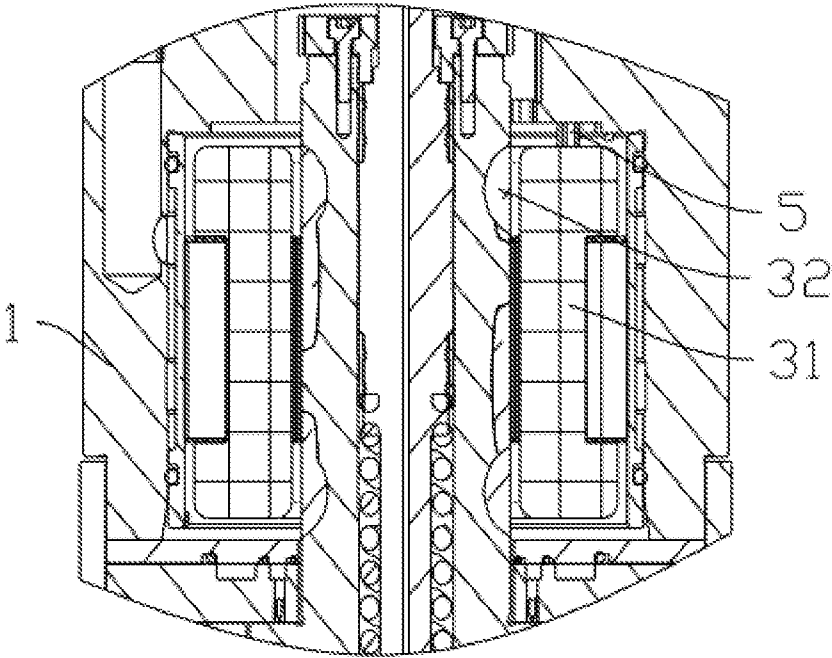


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/141604

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23B 19/02(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)

B23B

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, CNTXT, CNKI: 气浮, 气动, 止推, 推力, 轴承, 孔, 法兰, 飞盘, 气缸, 液压缸; VEN, WOTXT, USTXT, EPTXT: air-float+, air-bearing, air float+, air bearing, spindle, axle, hole, flange, cylinder.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111940766 A (GUANGZHOU HAOZHI INDUSTRIAL CO., LTD.) 17 November 2020 (2020-11-17) claims 1-10	1-10
X	CN 110340383 A (GUANGZHOU HAOZHI INDUSTRIAL CO., LTD.) 18 October 2019 (2019-10-18) description, paragraphs 25-40, figures 1-6	1-10
X	CN 206882798 U (GUANGZHOU HAOZHI INDUSTRIAL CO., LTD.) 16 January 2018 (2018-01-16) description, paragraphs 30-41, figures 1-7	1, 7-10
X	CN 109571062 A (GUANGZHOU HAOZHI INDUSTRIAL CO., LTD.) 05 April 2019 (2019-04-05) description, paragraphs 25-65, figures 1-7	1, 7-10
A	TW 201321618 A1 (DAR HARNQ INDUSTRY CO., LTD.) 01 June 2013 (2013-06-01) 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

01 March 2021

Date of mailing of the international search report

19 March 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
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/141604

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111940766	A	17 November 2020	None			
CN	110340383	A	18 October 2019	CN	110340383	B	02 February 2021
CN	206882798	U	16 January 2018	None			
CN	109571062	A	05 April 2019	CN	109571062	B	06 November 2020
TW	201321618	A1	01 June 2013	TW	I447314	B	01 August 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/141604

A. 主题的分类 B23B 19/02 (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) B23B 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, CNTXT, CNKI: 气浮, 气动, 止推, 推力, 轴承, 孔, 法兰, 飞盘, 气缸, 液压缸; VEN, WOTXT, USTXT, EPTXT: air-float+, air-bearing, air float+, air bearing, spindle, axle, hole, flange, cylinder.																				
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 111940766 A (广州市昊志机电股份有限公司) 2020年 11月 17日 (2020 - 11 - 17) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 110340383 A (广州市昊志机电股份有限公司) 2019年 10月 18日 (2019 - 10 - 18) 说明书第25-40段、附图1-6</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 206882798 U (广州市昊志机电股份有限公司) 2018年 1月 16日 (2018 - 01 - 16) 说明书第30-41段、附图1-7</td> <td>1, 7-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 109571062 A (广州市昊志机电股份有限公司) 2019年 4月 5日 (2019 - 04 - 05) 说明书第25-65段、附图1-7</td> <td>1, 7-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>TW 201321618 A1 (達航工業股份有限公司) 2013年 6月 1日 (2013 - 06 - 01) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 111940766 A (广州市昊志机电股份有限公司) 2020年 11月 17日 (2020 - 11 - 17) 权利要求1-10	1-10	X	CN 110340383 A (广州市昊志机电股份有限公司) 2019年 10月 18日 (2019 - 10 - 18) 说明书第25-40段、附图1-6	1-10	X	CN 206882798 U (广州市昊志机电股份有限公司) 2018年 1月 16日 (2018 - 01 - 16) 说明书第30-41段、附图1-7	1, 7-10	X	CN 109571062 A (广州市昊志机电股份有限公司) 2019年 4月 5日 (2019 - 04 - 05) 说明书第25-65段、附图1-7	1, 7-10	A	TW 201321618 A1 (達航工業股份有限公司) 2013年 6月 1日 (2013 - 06 - 01) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 111940766 A (广州市昊志机电股份有限公司) 2020年 11月 17日 (2020 - 11 - 17) 权利要求1-10	1-10																		
X	CN 110340383 A (广州市昊志机电股份有限公司) 2019年 10月 18日 (2019 - 10 - 18) 说明书第25-40段、附图1-6	1-10																		
X	CN 206882798 U (广州市昊志机电股份有限公司) 2018年 1月 16日 (2018 - 01 - 16) 说明书第30-41段、附图1-7	1, 7-10																		
X	CN 109571062 A (广州市昊志机电股份有限公司) 2019年 4月 5日 (2019 - 04 - 05) 说明书第25-65段、附图1-7	1, 7-10																		
A	TW 201321618 A1 (達航工業股份有限公司) 2013年 6月 1日 (2013 - 06 - 01) 全文	1-10																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																
* 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 3月 1日		国际检索报告邮寄日期 2021年 3月 19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		授权官员 张恩君 电话号码 86-(20)-28950688																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/141604

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	111940766	A	2020年 11月 17日	无	
CN	110340383	A	2019年 10月 18日	CN 110340383	B 2021年 2月 2日
CN	206882798	U	2018年 1月 16日	无	
CN	109571062	A	2019年 4月 5日	CN 109571062	B 2020年 11月 6日
TW	201321618	A1	2013年 6月 1日	TW 1447314	B 2014年 8月 1日