

(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 4 月 28 日 (28.04.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/083033 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02K 49/10 (2006.01) *H02K 55/02* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/075235
- (22) 国际申请日: 2021 年 2 月 4 日 (04.02.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202011124664.0 2020 年 10 月 20 日 (20.10.2020) CN
- (71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (72) 发明人: 杨超君 (YANG, Chaojun); 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

肯尼·特勒英鲍里斯·乔尔 (KENNE TELEZING, Boris Joel); 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。彭志卓 (PENG, Zhizhuo); 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。迪吉姆·欧姆博罗派崔克 (DJOMO OMOLO, Patrick); 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。朱莉 (ZHU, Li); 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。张磊 (ZHANG, Lei); 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。杨凡 (YANG, Fan); 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。蒋毅一 (JIANG, Yiyi); 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(54) Title: NEW TYPE OF MONOPOLE-MAGNET ROTATING SUPERCONDUCTIVE COUPLER

(54) 发明名称: 一种新型单极磁体旋转超导耦合器

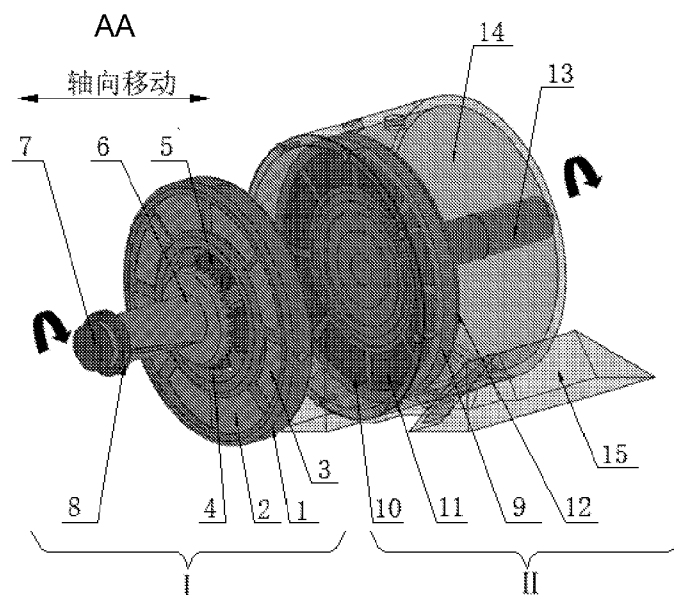


图 1

AA Axial motion

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of transmission in mechanical engineering, and specifically relates to a new type of monopole-magnet rotating superconductive coupler. The invention consists of a driving permanent-magnet disk assembly, a driven conductor disk assembly, and a cryostat apparatus; a speed control apparatus is mounted on the driving permanent-magnet disk assembly, the driven conductor disk assembly is placed in the cryostat apparatus, and a superconductive coil is mounted in the driven frame. The driven conductor disk assembly is placed in a cryostat filled with liquid nitrogen. The permanent-magnet disk can be used as a driving disk to drive the conductor disk to rotate, and the opposite is also possible. The speed control apparatus uses a

(74) 代理人: 南京智造力知识产权代理有限公司(NANJING DOYES INTELLECTUAL PROPERTY CO., LTD.); 中国江苏省南京市江宁区芝兰路18号4幢1202室, Jiangsu 211100 (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, 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))。

bevel-gear speed control mechanism, and by means of changing the thickness of the air gap between the driving disk and the driven disk, the opposite area, and the permanent-magnet arrangement, the air-gap magnetic density is changed to achieve speed control. In addition, by means of changing the superconductive state of the coil, it is possible to change the direction of the magnetic lines of force and the degree of magnetic concentration, and thus change the air-gap magnetic density to achieve speed control.

(57) 摘要: 本发明涉及机械工程中的传动技术领域, 具体是一种新型单极磁体旋转超导耦合器。其由驱动永磁盘总成、从动导体盘总成和低温恒温装置组成, 调速装置安装在驱动永磁盘总成上, 从动导体盘总成置于低温恒温装置中, 从动框架中安装有超导线圈。从动导体盘总成置于充满液氮的低温恒温器中。永磁盘可作为驱动盘带动导体盘转动, 反之亦可。调速装置采用锥齿轮调速机构, 通过改变驱动盘与从动盘之间的气隙厚度、正对面积以及永磁体排布方式, 气隙磁密随之改变从而实现调速。此外, 通过改变线圈的超导状态, 可以改变磁力线的走向和聚磁程度, 进而改变气隙磁密实现调速。

一种新型单极磁体旋转超导耦合器

技术领域

本发明涉及机械工程中的传动技术领域，是一种非接触式传递转矩的磁力耦合器，具体是一种新型单极磁体旋转超导耦合器。它能够实现动力源与负载端之间的动力传递而无需机械接触，适用于需要在两个不同环境之间传递动力的场合。

背景技术

机械联轴器是机械传动系统的重要组成部分，广泛用于采矿，冶金，航空和化工等多个领域，但是由于安装过程中的轴向偏差造成的弹性力和力矩问题，以及径向和角向偏差往往会引起振动和噪声。而磁力耦合器具有非接触式连接的特性，可以有效解决这一问题，因此，在一些高转矩振动的场合，机械联轴器已逐渐被磁力耦合器取代。然而，传统的磁力耦合器并不能解决电机发热的问题，严重时甚至会在负载启动时失效。

在专利 201710461913.7 中，公开了一种基于锥齿轮传动的盘式调速磁力耦合器。该发明由主动盘总成和从动盘总成组成，并且调节机构安装在主动盘总成的上。主动盘总成中若干同一充磁方向的永磁体粘贴在轭铁而固定不动，而若干另一充磁方向的永磁体粘贴在轭铁而可以发生旋转；从动盘总成的导体盘则采用环形导体与轭铁组成；通过调节轴向气隙厚度及单体磁体旋转，不仅改变永磁体与导体环之间的平均正对面积和气隙间距，而且同时逐渐改变永磁体 N、S 极交替排列，从而改变气隙磁密来实现调速过程。然而，该发明其导体盘为常见的由环形导体与轭铁组成的实心导体结构，而且对主、从动盘没有提出的材料性能要求，因而没有考虑主、从动盘的材料受高温影响而造成的性能下降，所以该耦合器在重载启动场合特别是在船舶推进和风力发电等重负载领域，容易产生高温发热问题，从而导致耦合器带负载能力不足的状况。

发明内容

本发明提出一种单极磁体旋转超导耦合器，它由单极磁体可以旋转的驱动永磁盘总成、具有超导隔磁特性的从动导体盘总成和低温恒温装置组成，其中驱动永磁盘总成上安装有调节机构，从动导体盘总成置于低温恒温装置中，它可以通过改变驱、从动盘的轴向距离、永磁体旋转角度、线圈超导状态以及复合调速等

多种方式改变气隙磁密实现调速功能。

一种新型单极磁体旋转超导耦合器，由驱动永磁盘总成、从动导体盘总成和低温恒温装置组成，其中调节机构安装在驱动永磁盘总成上，从动导体盘总成置于低温恒温装置中。驱动永磁盘总成包括驱动框架、固定永磁体轭铁、固定永磁体、旋转永磁体、旋转永磁体轭铁、小齿轮轴、小锥齿轮、大锥齿轮套筒、驱动轴、键、拨块和拨块销，驱动框架采用轮辐式结构，材料采用铜导体，其左端面焊接有固定永磁体轭铁，固定永磁体粘结在固定永磁体轭铁表面且相邻两极之间留有轴向通孔用来安装可旋转的旋转永磁体和旋转永磁体轭铁，其中固定永磁体和旋转永磁体分别与固定永磁体轭铁和旋转永磁体轭铁的面积相同，驱动框架中的固定永磁体和旋转永磁体材料采用高性能永磁材料钕铁硼（NdFeB），轴向均匀磁化，二者的充磁方向相反且在圆周方向呈 N、S 极交替排列，其中旋转永磁体可为 N 极或 S 极，旋转永磁体和旋转永磁体轭铁被铝制的钣金包裹，小齿轮轴通过旋转永磁体轭铁及驱动框架径向上开有的圆形通孔安装在驱动框架上，小齿轮轴上端与旋转永磁体轭铁固定且旋转永磁体和旋转永磁体轭铁可绕小齿轮轴在驱动框架的轴向通孔中旋转，小齿轮轴下端与小锥齿轮固定连接，小锥齿轮左侧与大锥齿轮套筒啮合，同时驱动框架左侧通过键与驱动轴连接，驱动轴外侧套有大锥齿轮套筒，其中，与拨块固定连接的拨块销插入大锥齿轮套筒两侧的斜槽中及驱动轴的凹槽中。

从动导体盘总成包括从动框架、超导线圈、铜芯、导体盘轭铁、键和从动轴，从动框架采用轮辐式结构，材料采用铜导体，其中开有若干扇形通槽用于安装超导线圈及其缠绕的铜芯，超导线圈及其缠绕的铜芯紧密压入槽中，槽的深度与铜芯轴向长度相同，超导线圈为 Hi 型且缠绕在铜芯表面，超导线圈材料采用汞钙铊氧化铜（HgTlCaCuO），具有最高的临界超导温度 139 K。在绕线过程中，铜芯安装在绕线台上作旋转运动，每匝线圈用两组 Araldite 型树脂浸泡从而可以承受低温环境。从动框架与导体盘轭铁通过螺钉固定连接，并通过键与从动轴连接。根据电磁感应原理，驱动永磁盘总成可作为驱动盘带动从动导体盘总成转动，反之亦可。低温恒温装置包括低温恒温器、恒温器盖和恒温器底座，从动导体盘总成置于低温恒温器中，低温恒温器左端通过螺钉与恒温器盖固定连接，下端安装在恒温器底座上，顶部开有低温和高温通道分别与低温液氮箱和液氮制冷器连接。

它有四种调速方式，第一种是轴向移动驱动永磁盘总成或从动导体盘总成，改变二者之间的气隙厚度，从而改变磁场密度实现调速；第二种是通过将旋转永磁体（N 极或者 S 极）旋转一定角度，进而改变了永磁体盘与超导体盘之间的有效气隙厚度和正对面积以及永磁体排布方式，气隙磁密随之改变从而实现调速，旋转永磁体和旋转永磁体轭铁可在 0° 到 90° 的范围内旋转，耦合器处于初始位置即旋转角度为 0° 时，永磁体盘和超导体盘完全正对，气隙厚度最小，输出速度和转矩最大；旋转角度为 90° 时，永磁体盘和超导体盘正对面积最小且气隙厚度最大，磁场密度最低，输出速度和转矩最小；第三种是同时改变驱动永磁盘总成和从动导体盘总成的轴向距离以及驱动永磁体盘总成中旋转永磁体旋转角度的复合调速；第四种是通过改变超导线圈的超导状态，可以改变磁力线的走向和聚磁程度，进而改变气隙磁密实现调速。通过单极永磁体旋转调速，可以避免传统调速方式移动永磁体盘或超导体盘所需的巨大拉力，从而节省能量并延长了耦合器的使用寿命。

聚磁原理：从动导体盘总成中安装有超导线圈，从动导体盘总成置于充满低温液氮的低温恒温器中，当超导线圈冷却到绝对零度时进入超导状态时，在工作中会在表面产生感应电流形成一个电磁铁排斥永磁磁场，由于超导材料的隔磁特性会对磁力线产生排斥作用，磁场会集中通过超导线圈缠绕的铜芯和铜制的从动框架，通过部分隔磁产生聚磁效果，从而提高气隙中的磁场强度。同时利用超导材料的零电阻效应，大幅度提高了感应电流密度，从而提高了输出转矩，同时也减小了焦耳效应产生的热损耗，避免线圈过热熔化。

驱动框架和从动框架均采用轮辐式结构，材料均采用铜，膨胀系数低，能够承受高温和 -60°C 的低温；固定永磁体轭铁、旋转永磁体轭铁和导体盘轭铁材料均采用锰锌铁氧体，具有较高的磁导率，可有效提高气隙磁密和输出转矩；恒温器盖和低温恒温器材料均采用环氧树脂 G11；恒温器底座、驱动轴、从动轴、大锥齿轮套筒、小锥齿轮、小齿轮轴、拨块、拨块销和键的材料均采用镀锌钢。

需要说明的是，低温恒温器顶部开有低温和高温通道，当低温恒温器中的液氮温度达到临界温度时，通过泵将液氮从高温通道抽出送至制冷器中进行冷却，同时通过低温通道输入低温液氮直至温度降低到绝对零度，从而保证线圈在工作中一直处于超导状态。

本发明的优点

(1) 本发明中，从动导体盘总成置于充满低温液氮的低温恒温器中，当超导线圈冷却到绝对零度时进入超导状态时，在工作中会在表面产生感应电流形成一个电磁铁排斥永磁磁场，由于超导材料的隔磁特性会对磁力线产生排斥作用，磁场会集中通过超导线圈缠绕的铜芯和铜制的从动框架，通过部分隔磁产生聚磁效果，从而提高气隙中的磁场强度。同时利用超导材料的零电阻效应，大幅度提高了感应电流密度，从而提高了输出转矩，同时也减小了焦耳效应产生的热损耗，避免线圈过热熔化。

(2) 本发明中，低温恒温器顶部开有低温和高温通道，当低温恒温器中的液氮温度达到临界温度时，通过泵将液氮从高温通道抽出送至制冷器中进行冷却，同时通过低温通道输入低温液氮直至温度降低到绝对零度，有效降低了从动导体盘总成的温度，从而可以超导线圈在工作中一直处于超导状态。

(3) 本发明具有四种调速方式，可以通过改变驱、从动盘的轴向距离、永磁体旋转角度、线圈超导状态以及复合调速等多种方式改变气隙磁密，实现对输出转速的灵活调节。通过单极永磁体旋转调速，可以避免传统调速方式移动驱动盘或从动盘所需的巨大拉力，从而节省能量并延长了耦合器的使用寿命。

附图说明

以下结合附图及实施例对发明作进一步说明。

图 1 为实施例的新型单极磁体旋转超导耦合器的三维结构示意图。

图 2 为实施例的驱动盘总成的三维爆炸图。

图 3 (a) 为实施例的永磁体旋转角度为 0° 时的示意图。

图 3 (b) 为实施例的永磁体旋转角度为 90° 时的示意图。

图 4 为实施例的锥齿轮调节机构示意图。

图 5 (a) 为实施例的驱动框架与永磁体的装配示意图。

图 5 (b) 为实施例的驱动框架的截面图。

图 6 为实施例的从动盘总成的三维爆炸图。

图 7 (a) 为实施例的从动框架与超导线圈及铜芯的装配示意图。

图 7 (b) 为实施例的从动框架的截面图。

图 8 为实施例的超导线圈聚磁原理示意图。

图 9 为实施例的低温恒温器的三维爆炸图。

图 10 为实施例的低温恒温器的制冷原理示意图。

图 11 (a) 为实施例的大锥齿轮套筒和驱动轴的爆炸图。

图 11 (b) 为实施例的大锥齿轮套筒和驱动轴的装配示意图。

图 12 为实施例的新型单极磁体旋转超导耦合器的总体结构分析示意图。

1-驱动框架 2-固定永磁体轭铁 3-旋转永磁体轭铁 4-小齿轮轴 5-小锥齿轮 6-大锥齿轮套筒 7-驱动轴 8-拨块 9-从动框架 10-超导线圈 11-铜芯 12-导体盘轭铁 13-从动轴 14-低温恒温器 15-恒温器底座 16-固定永磁体 17-旋转永磁体 18-键 19-拨块销 20-键 21-恒温器盖

具体实施方式

如图 1 所示, 一种新型单极磁体旋转超导耦合器, 由驱动永磁盘总成 I、从动导体盘总成 II 和低温恒温装置组成, 其中调节机构安装在驱动永磁盘总成 I 上, 从动导体盘总成 II 置于低温恒温装置中。如图 1 和图 2 所示, 驱动永磁盘总成 I 包括驱动框架 1、固定永磁体轭铁 2、固定永磁体 16、旋转永磁体 17、旋转永磁体轭铁 3、小齿轮轴 4、小锥齿轮 5、大锥齿轮套筒 6、驱动轴 7、键 18、拨块 8 和拨块销 19, 驱动框架 1 左端面焊接有固定永磁体轭铁 2, 固定永磁体 16 粘结在固定永磁体轭铁 2 表面且相邻两极之间留有轴向通孔用来安装可旋转的旋转永磁体 17 和旋转永磁体轭铁 3, 其中固定永磁体 16 和旋转永磁体 17 分别与固定永磁体轭铁 2 和旋转永磁体轭铁 3 的面积相同, 驱动框架 1 中的固定永磁体 16 和旋转永磁体 17 材料采用高性能永磁材料钕铁硼 (NdFeB), 轴向均匀磁化, 二者的充磁方向相反且在圆周方向呈 N、S 极交替排列, 其中旋转永磁体可为 N 极或 S 极, 旋转永磁体 17 和旋转永磁体轭铁 3 被铝制的钣金包裹。调节机构如图 4 所示, 小齿轮轴 4 通过旋转永磁体轭铁 3 及驱动框架 1 径向上开有的圆形通孔安装在驱动框架 1 上, 小齿轮轴 4 上端与旋转永磁体轭铁 3 固定且旋转永磁体 17 和旋转永磁体轭铁 3 可绕小齿轮轴 4 在驱动框架 1 的轴向通孔中旋转, 小齿轮轴 4 下端与小锥齿轮 5 固定连接, 小锥齿轮 5 左侧与大锥齿轮套筒 6 啮合, 同时驱动框架 1 左侧通过键 18 与驱动轴 7 连接, 驱动轴 7 外侧套有大锥齿轮套筒 6, 其中, 与拨块 8 固定连接的拨块销 19 插入大锥齿轮套筒 6 两侧的斜槽中及驱动轴 7 的凹槽中, 如图 11 (a)、(b) 所示。

如图 1 和图 6 所示,从动导体盘总成 II 包括从动框架 9、超导线圈 10、铜芯 11、导体盘轭铁 12、键 20 和从动轴 13,从动框架 9 开有若干扇形通槽用于安装超导线圈 10 及其缠绕的铜芯 11,从动框架 9 与导体盘轭铁 12 通过螺钉固定连接,并通过键 20 与从动轴 13 连接。根据电磁感应原理,驱动永磁盘总成可作为驱动盘带动从动导体盘总成转动,反之亦可。

它有四种调速方式,第一种是轴向移动驱动永磁盘总成 I 或从动导体盘总成 II,如图 1 所示,通过改变二者之间的气隙厚度,从而改变磁场密度实现调速;第二种是通过将旋转永磁体(N 极或者 S 极)旋转一定角度,进而改变了永磁体与盘超导体盘之间的有效气隙厚度和正对面积以及永磁体排布方式,气隙磁密随之改变从而实现调速,旋转永磁体 17 和旋转永磁体轭铁 3 可在 0° 到 90° 的范围内旋转,如图 3 (a)、(b) 所示,耦合器处于初始位置即旋转角度为 0° 时,永磁体盘和超导体盘完全正对,气隙厚度最小,输出速度和转矩最大;旋转角度为 90° 时,永磁体盘和超导体盘正对面积最小且气隙厚度最大,磁场密度最低,输出速度和转矩最小;第三种是同时改变驱动永磁盘总成 I 和从动导体盘总成 II 的轴向距离以及驱动永磁盘总成 I 中旋转永磁体旋转角度的复合调速;第四种是通过改变超导线圈 10 的超导状态,可以改变磁力线的走向和聚磁程度,进而改变气隙磁密实现调速。通过单极永磁体旋转调速,可以避免传统调速方式移动永磁体盘或超导体盘所需的巨大拉力,从而节省能量并延长了耦合器的使用寿命。

如图 5 (a)、(b) 所示,驱动框架 1 采用轮辐式结构,驱动框架 1 左端面焊接有固定永磁体轭铁 2,固定永磁体 16 粘结在固定永磁体轭铁 2 表面且每两极之间留有轴向通孔用来安装可旋转的旋转永磁体 17 和旋转永磁体轭铁 3。如图 7 (a)、(b) 所示,从动框架 9 采用轮辐式结构,左侧开有若干扇形槽用于安装超导线圈 10 及其缠绕的铜芯 11,超导线圈 10 及其缠绕的铜芯 11 紧密压入槽中,槽的深度与铜芯 11 轴向长度相同,超导线圈 10 为 Hi 型且缠绕在铜芯 11 表面,超导线圈 10 材料采用汞钙铊氧化铜 (HgTlCaCuO),具有最高的临界超导温度 139 K。在绕线过程中,铜芯 11 安装在绕线台上作旋转运动,每匝线圈用两组 Araldite 型树脂浸泡从而可以承受低温环境。

本实施例中,驱动框架 1 和从动框架 9 材料均采用铜导体,膨胀系数低,能够承受高温和 -60°C 的低温;固定永磁体轭铁 2、旋转永磁体轭铁 3 和导体盘轭

铁 12 材料均采用锰锌铁氧体，具有较高的磁导率，可有效提高气隙磁密和输出转矩；恒温器盖 21 和低温恒温器 14 材料均采用环氧树脂 G11；恒温器底座 15、驱动轴 7、从动轴 13、大锥齿轮套筒 6、小锥齿轮 5、小齿轮轴 4、拨块 8、拨块销 19 和键 18、键 20 的材料均采用镀锌钢。

聚磁原理：从动导体盘总成 II 中安装有超导线圈 10，从动导体盘总成 II 置于充满低温液氮的低温恒温器 14 中，当超导线圈 10 冷却到绝对零度时进入超导状态时，在工作中会在表面产生感应电流形成一个电磁铁排斥永磁磁场，如图 8 所示，由于超导材料的隔磁特性会对磁力线产生排斥作用，磁场会集中通过线圈 10 缠绕的铜芯 11 和铜制的从动框架 9，通过部分隔磁产生聚磁效果，从而提高气隙中的磁场强度。同时利用超导材料的零电阻效应，大幅度提高了感应电流密度，从而提高了输出转矩，同时也减小了焦耳效应产生的热损耗，避免线圈过热熔化。

如图 9 所示，低温恒温装置包括低温恒温器 14、恒温器盖 21 和恒温器底座 15，从动导体盘总成 II 置于低温恒温器 14 中，低温恒温器 14 左端通过螺钉与恒温器盖 21 固定连接，低温恒温器 14 下端安装在恒温器底座 15 上，顶部开有低温和高温通道分别与低温液氮箱和液氮制冷器连接。

需要说明的是，如图 10 所示，低温恒温器 14 顶部开有低温和高温通道，当低温恒温器 14 中的液氮温度达到临界温度时，通过泵将液氮从高温通道抽出送至制冷器中进行冷却，同时通过低温通道输入低温液氮直至温度降低到绝对零度，从而保证超导线圈 10 在工作中一直处于超导状态。

本实施例的新型单极磁体旋转超导耦合器的总体结构分析如图 12 所示。

权利要求书

1.一种新型单极磁体旋转超导耦合器，其特征在于：所述耦合器由驱动永磁盘总成、从动导体盘总成和低温恒温装置组成，其中调节机构安装在驱动永磁盘总成上，从动导体盘置于低温恒温装置中；驱动永磁盘总成包括驱动框架、固定永磁体轭铁、固定永磁体、旋转永磁体、旋转永磁体轭铁、小齿轮轴、小锥齿轮、大锥齿轮套筒、驱动轴、键、拨块和拨块销；驱动框架左端面焊接有固定永磁体轭铁，固定永磁体粘结在固定永磁体轭铁表面且相邻两极之间留有轴向通孔用来安装可旋转的旋转永磁体及旋转永磁体轭铁，旋转永磁体和旋转永磁体轭铁被铝制的钣金包裹，小齿轮轴通过旋转永磁体轭铁及驱动框架径向上开有的圆形通孔安装在驱动框架上，小齿轮轴上端与旋转永磁体轭铁固定且旋转永磁体和旋转永磁体轭铁可绕小齿轮轴在驱动框架的轴向通孔中旋转，小齿轮轴下端与小锥齿轮固定连接，小锥齿轮左侧与大锥齿轮套筒啮合，同时驱动框架左侧通过键与驱动轴连接，驱动轴外侧套有大锥齿轮套筒，其中，与拨块固定连接的拨块销插入大锥齿轮套筒两侧的斜槽中及驱动轴的凹槽中；从动导体盘总成包括从动框架、超导线圈、铜芯、导体盘轭铁、键和从动轴，从动框架开有若干扇形通槽用于安装超导线圈及其缠绕的铜芯，超导线圈及其缠绕的铜芯紧密压入槽中，从动框架与导体盘轭铁通过螺钉固定连接，并通过键与从动轴连接；低温恒温装置包括低温恒温器、恒温器盖和恒温器底座，从动导体盘总成置于低温恒温器中，低温恒温器左端通过螺钉与恒温器盖固定连接，下端安装在恒温器底座上，顶部开有低温和高温通道分别与低温液氢箱和液氢制冷器连接；驱动永磁盘总成可作为驱动盘带动从动导体盘总成转动，反之亦可。

2.如权利要求1所述的一种新型单极磁体旋转超导耦合器，其特征在于：固定永磁体和旋转永磁体分别与固定永磁体轭铁和旋转永磁体轭铁的面积相同，驱动框架中的固定永磁体和旋转永磁体材料采用高性能永磁材料钕铁硼（NdFeB），轴向均匀磁化，二者的充磁方向相反且在圆周方向呈N、S极交替排列，其中旋转永磁体可为N极或S极；通槽的深度与铜芯轴向长度相同，超导线圈及其缠绕的铜芯紧密压入槽中，槽的深度与铜芯轴向长度相同，超导线圈为Hi型且缠绕在铜芯表面，超导线圈材料采用汞钙铊氧化铜（HgTlCaCuO），具有最高的临界超导温度139 K；在绕线过程中，铜芯安装在绕线台上作旋转运动，每匝线圈用两组Araldite型树脂浸泡从而可以承受低温环境。

3.如权利要求1所述的一种新型单极磁体旋转超导耦合器，其特征在于：耦合器有四种调速方式，第一种是轴向移动驱动永磁盘总成或从动导体盘总成，改变二者之间的气隙厚度，从而改变磁场密度实现调速；第二种是通过将旋转永磁体（N极或者S极）旋转一定角度，进而改变了永磁体盘与超导体盘之间的有效气隙厚度和正对面积以及永磁体排布方式，气隙磁密随之改变从而实现调速；第三种是同时改变驱动永磁盘总成和从动导体盘总成的轴向距离以及驱动永磁体盘总成中旋转永磁体旋转角度的复合调速；第四种是通过改变超导线圈的超导状态，可以改变磁力线的走向和聚磁程度，进而改变气隙磁密实现调速；通过单极永磁体旋转调速，可以避免传统调速方式移动永磁体盘或超导体盘所需的巨大拉力，从而节省能量并延长了耦合器的使用寿命。

4.如权利要求3所述的一种新型单极磁体旋转超导耦合器，其特征在于：旋转永磁体和旋转永磁体轭铁可在 0° 到 90° 的范围内旋转，耦合器处于初始位置即旋转角度为 0° 时，永磁体盘和超导体盘完全正对，气隙厚度最小，输出速度和转矩最大；旋转角度为 90° 时，永磁体盘和超导体盘正对面积最小且气隙厚度最大，磁场密度最低，输出速度和转矩最小。

5.如权利要求1所述的一种新型单极磁体旋转超导耦合器，其特征在于：从动导体盘总成中安装有超导线圈，从动导体盘总成置于充满低温液氮的低温恒温器中，当超导线圈冷却到绝对零度时进入超导状态时，在工作中会在表面产生感应电流形成一个电磁铁排斥永磁磁场，由于超导材料的隔磁特性会对磁力线产生排斥作用，磁场会集中通过超导线圈缠绕的铜芯和铜制的从动框架，通过部分隔磁产生聚磁效果，从而提高气隙中的磁场强度；同时利用超导材料的零电阻效应，大幅度提高了感应电流密度，从而提高了输出转矩，同时也减小了焦耳效应产生的热损耗，避免线圈过热熔化。

6.如权利要求1所述的一种新型单极磁体旋转超导耦合器，其特征在于：驱动框架和从动框架均采用轮辐式结构，材料均采用铜，膨胀系数低，能够承受高温和 -60°C 的低温；固定永磁体轭铁、旋转永磁体轭铁和导体盘轭铁材料均采用锰锌铁氧体，具有较高的磁导率，可有效提高气隙磁密和输出转矩；恒温器盖和低温恒温器材料均采用环氧树脂G11；恒温器底座、驱动轴、从动轴、大锥齿轮套筒、小锥齿轮、小齿轮轴、拨块、拨块销和键的材料均采用镀锌钢。

7.如权利要求 1 所述的一种新型单极磁体旋转超导耦合器，其特征在于：低温恒温器顶部开有低温和高温通道，当低温恒温器中的液氮温度达到临界温度时，通过泵将液氮从高温通道抽出送至制冷器中进行冷却，同时通过低温通道输入低温液氮直至温度降低到绝对零度，从而保证线圈在工作中一直处于超导状态。

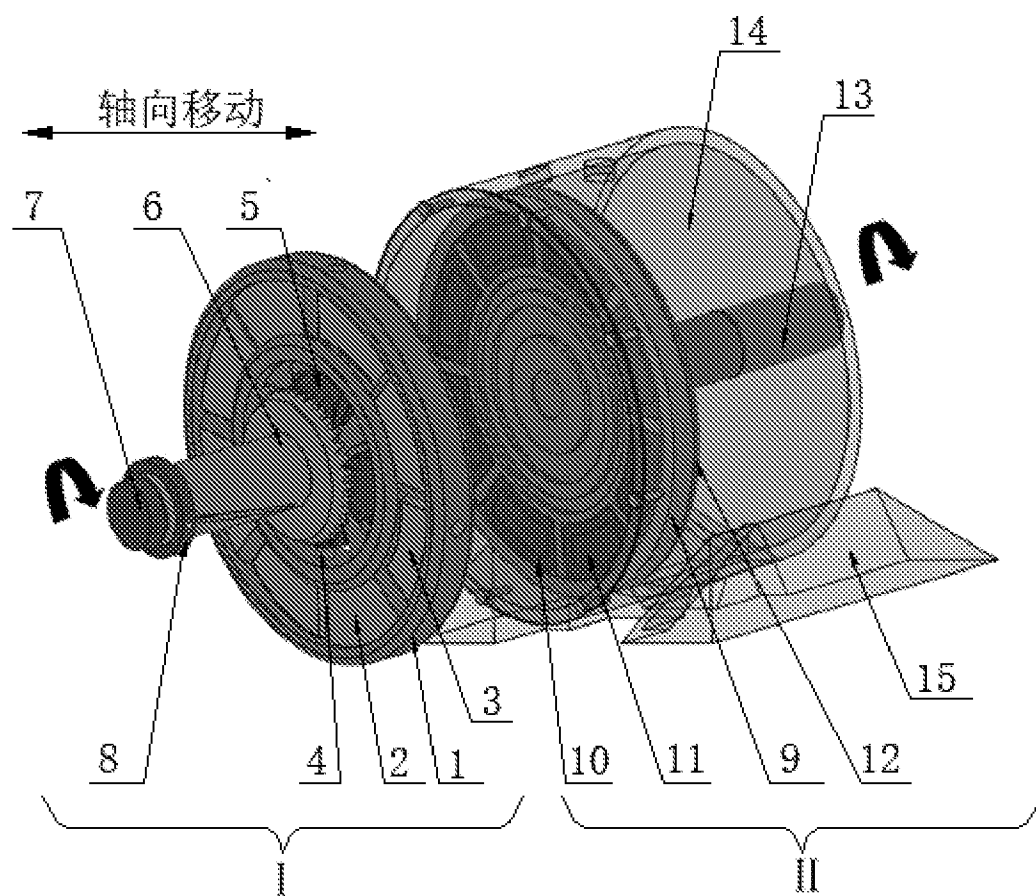


图 1

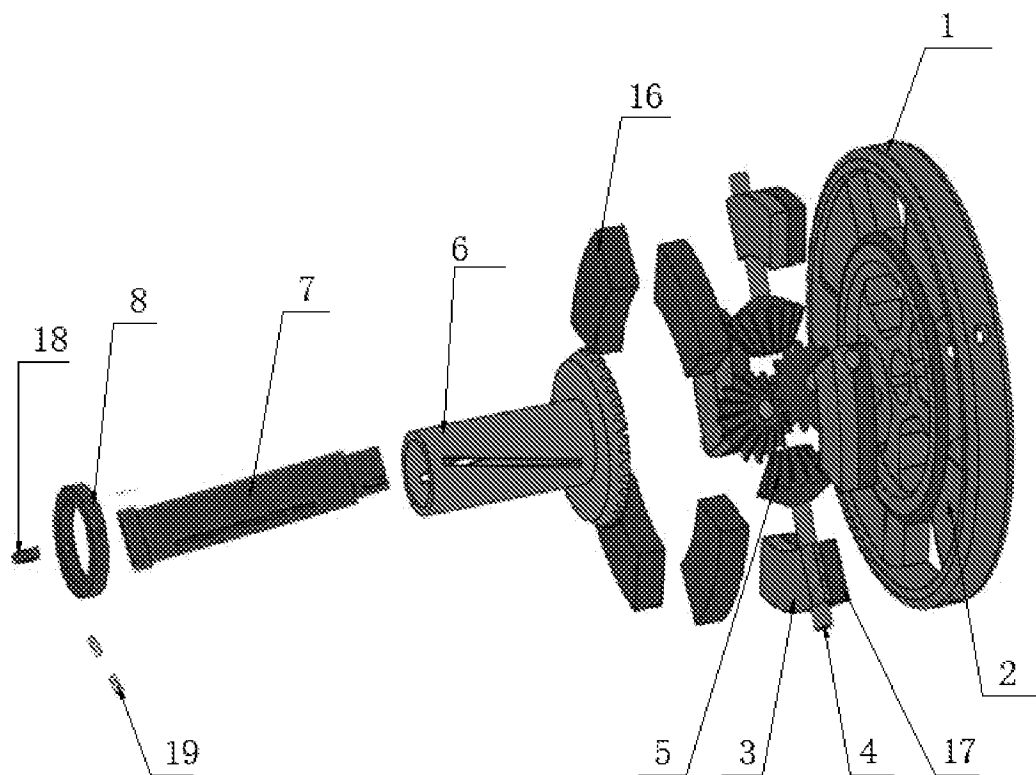


图 2

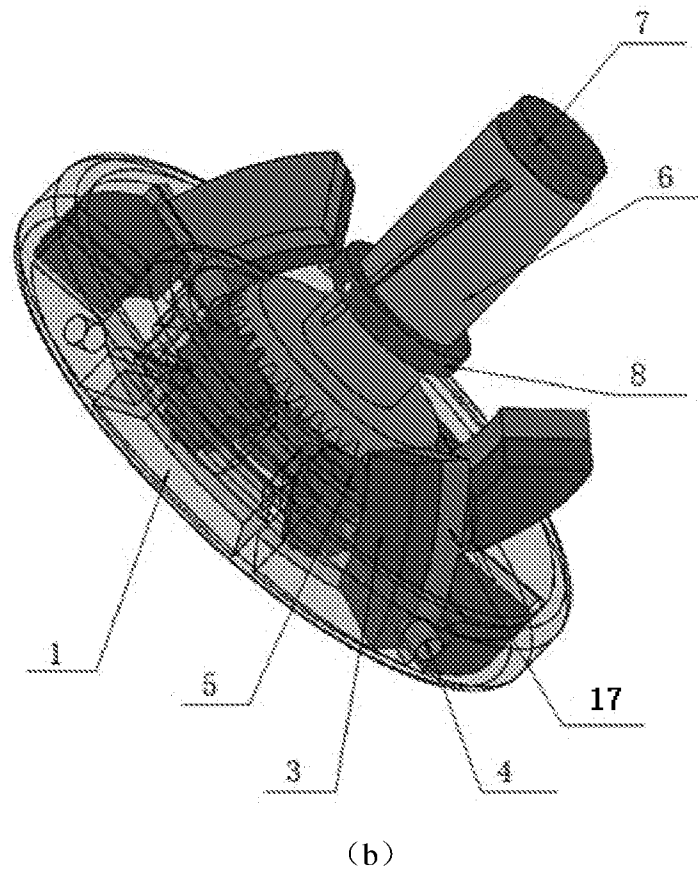
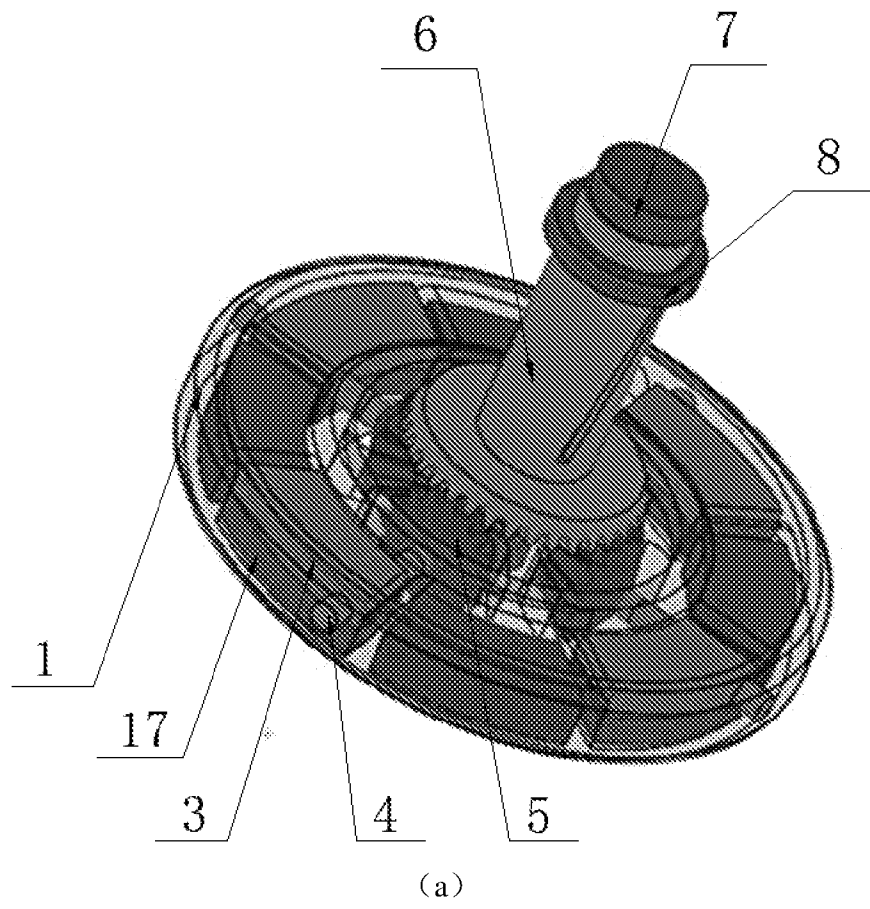


图 3

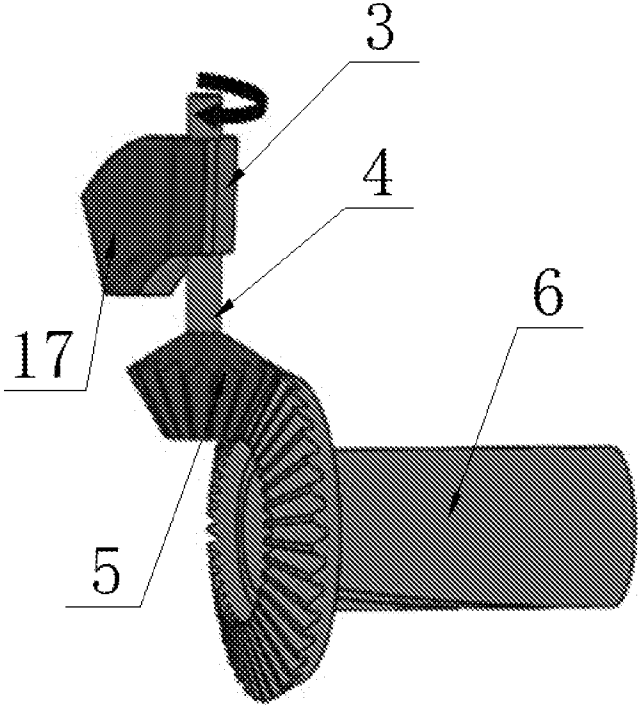
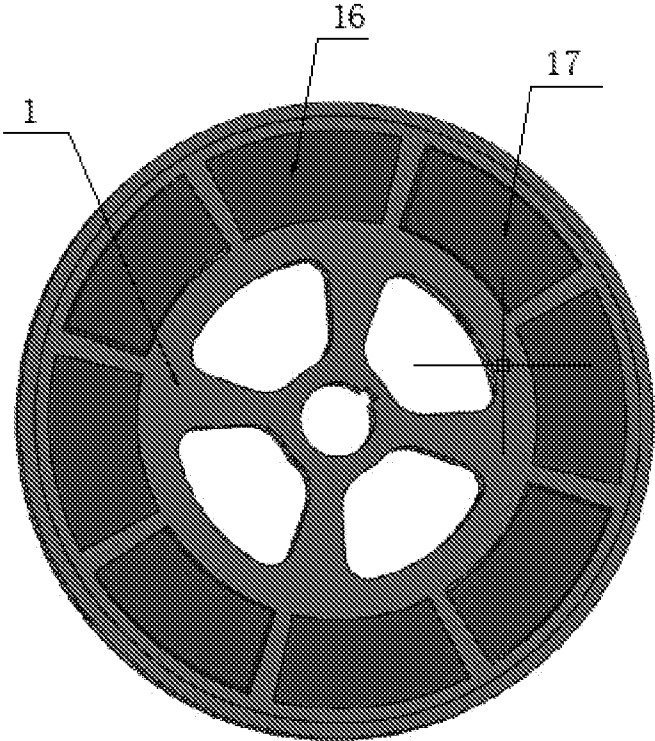
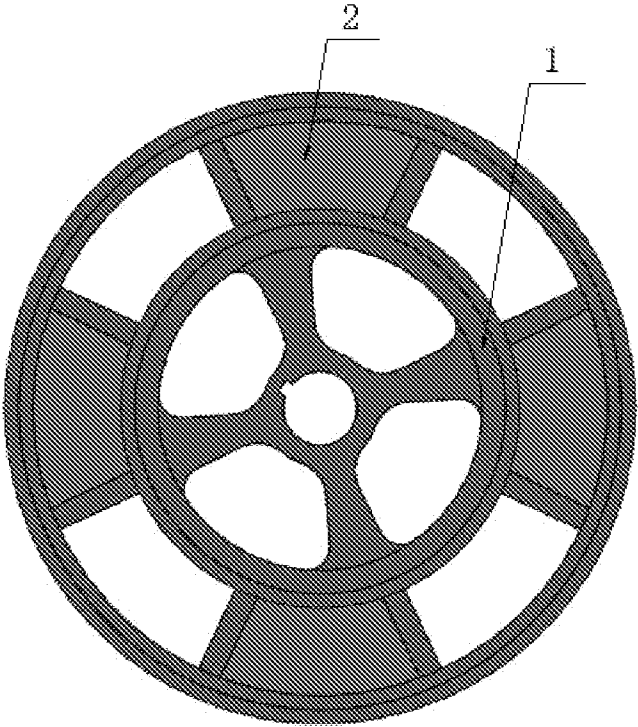


图 4



(a)



(b)

图 5

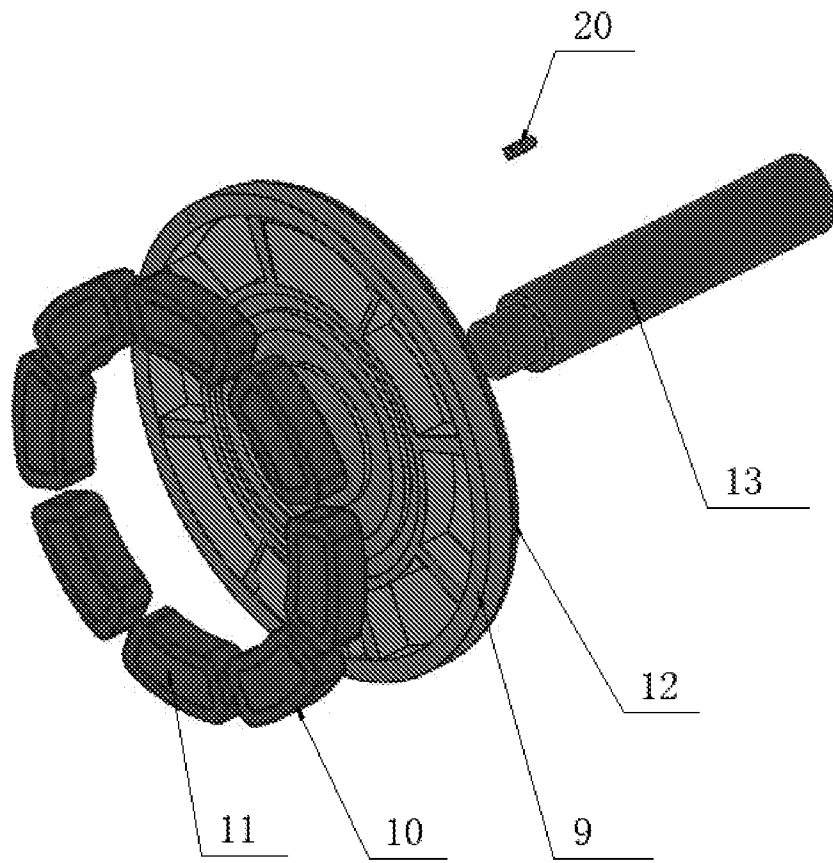
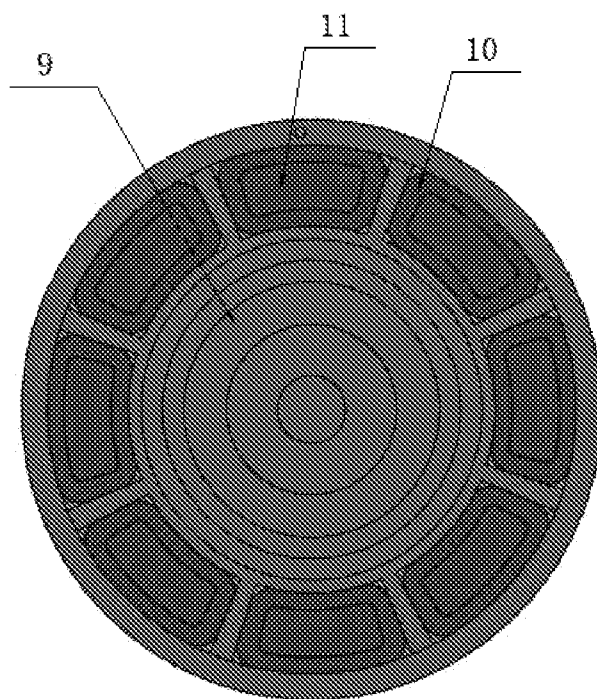
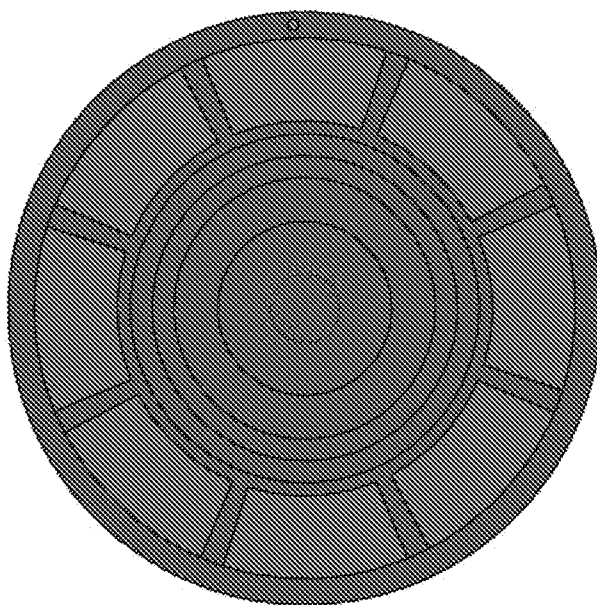


图 6



(a)



(b)

图 7

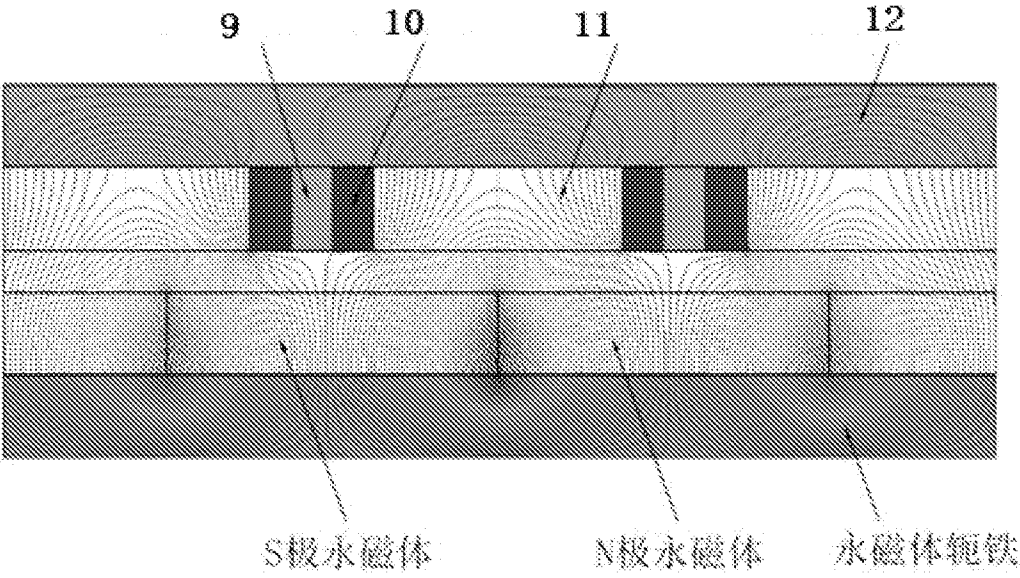


图 8

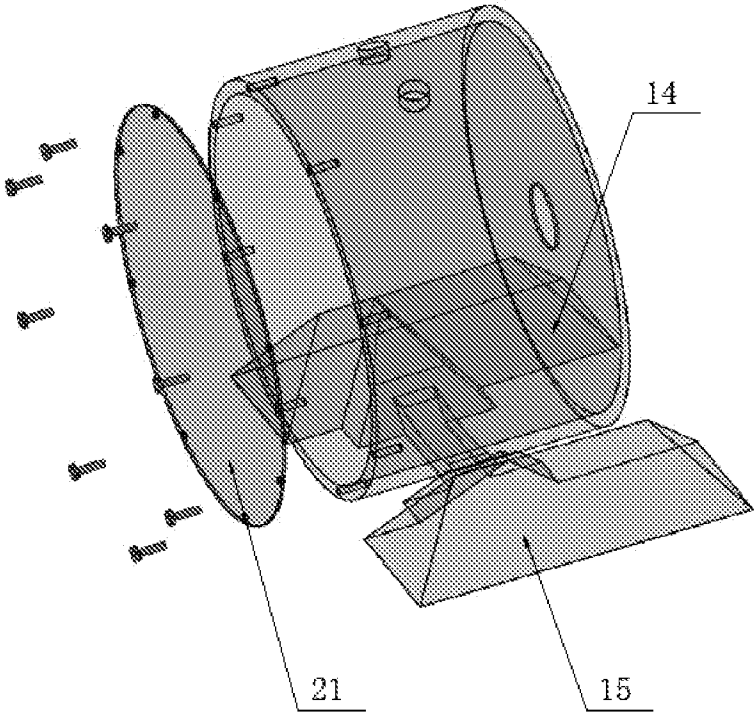


图 9

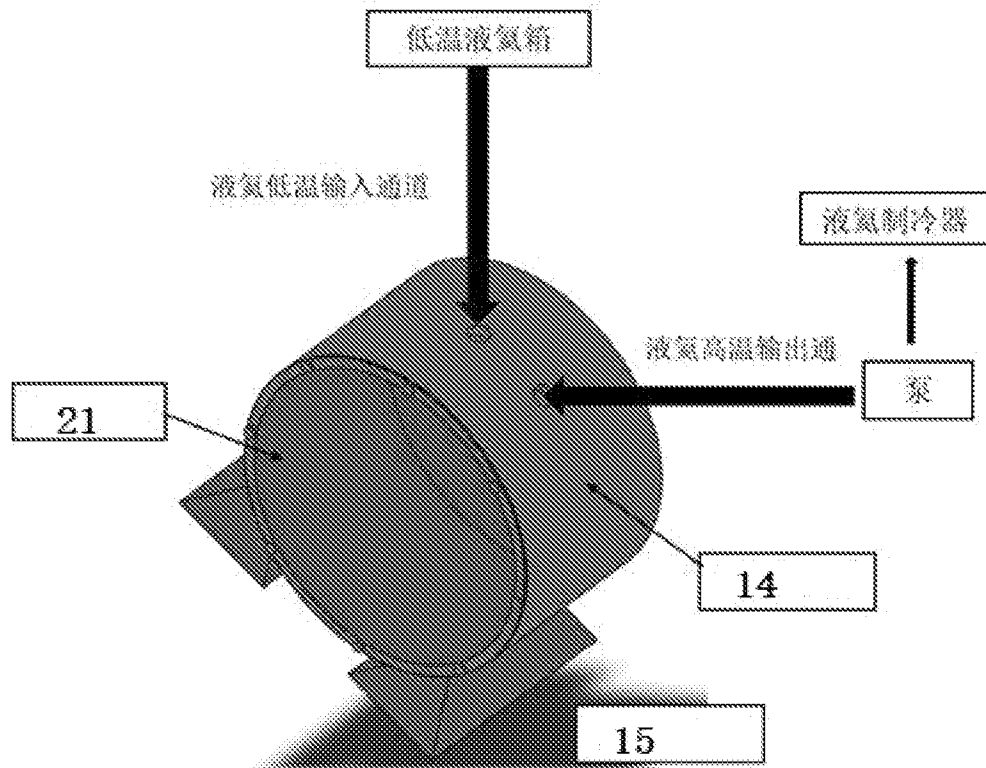
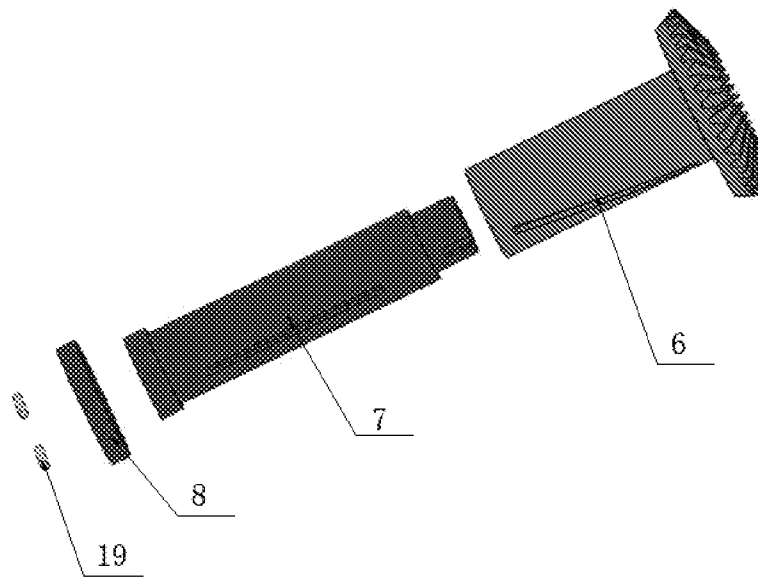
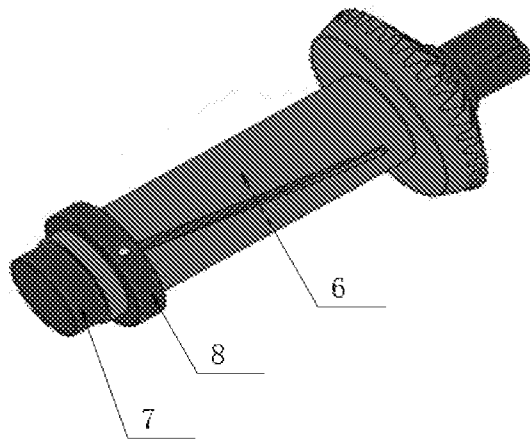


图 10



(a)



(b)

图 11

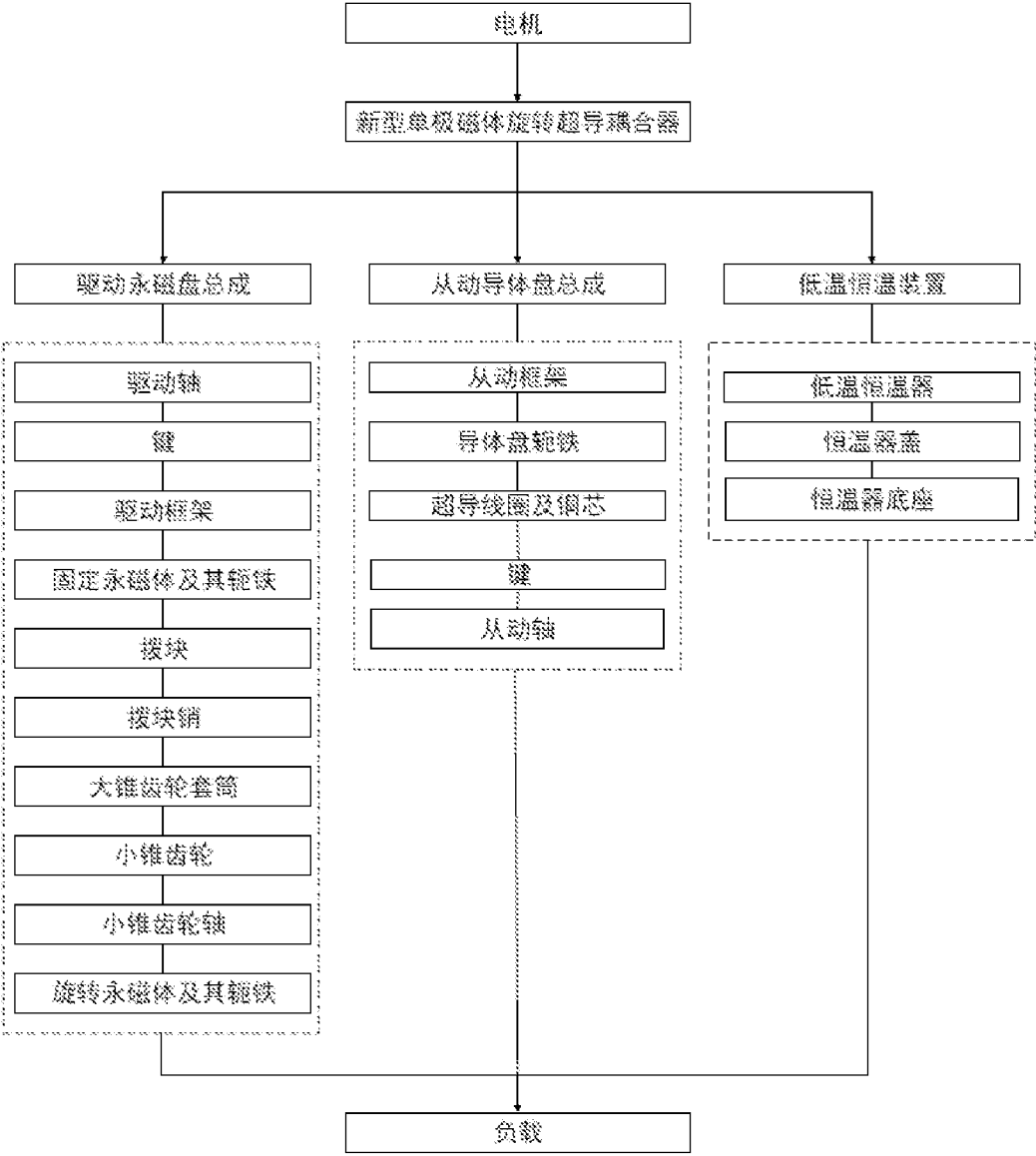


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/075235

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 49/10(2006.01)i; H02K 55/02(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)

H02K

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, DWPI, SIPOABS, CNKI: 耦合, 磁体, 旋转, 超导, 盘, coupler, magnetic, rotation, superconducting, disc

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 107370336 A (JIANGSU UNIVERSITY) 21 November 2017 (2017-11-21) description, paragraphs 4-23, figures 1-8	1-7
Y	CN 107077944 A (VICTORIA LINK LTD. et al.) 18 August 2017 (2017-08-18) description, paragraphs 2-117, figures 1-8	1-7
Y	CN 104753396 A (WANG, Zhongyong) 01 July 2015 (2015-07-01) description, paragraphs 5-52, figures 1-19	1-7
Y	CN 110504816 A (JIANGSU UNIVERSITY) 26 November 2019 (2019-11-26) description, paragraphs 4-32, figures 1-12	1-7
A	US 6129477 A (RELIANCE ELECTRIC TECHNOLOGIES LLC) 10 October 2000 (2000-10-10) entire document	1-7



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

28 June 2021

Date of mailing of the international search report

14 July 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/CN2021/075235

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107370336	A	21 November 2017	WO	2018233173	A1	27 December 2018
				US	2020153326	A1	14 May 2020
				US	10903733	B2	26 January 2021
				CN	107370336	B	02 August 2019
CN	107077944	A	18 August 2017	US	2017236627	A1	17 August 2017
				CN	111599570	A	28 August 2020
				US	9972429	B2	15 May 2018
				KR	20170070003	A	21 June 2017
				JP	2017532932	A	02 November 2017
				CN	107077944	B	19 May 2020
				EP	3167462	A1	17 May 2017
				WO	2016024214	A1	18 February 2016
				JP	6718437	B2	08 July 2020
				EP	3167462	A4	18 April 2018
CN	104753396	A	01 July 2015	None			
CN	110504816	A	26 November 2019	GB	202100108	D0	17 February 2021
				WO	2021008193	A1	21 January 2021
				CN	110504816	B	23 March 2021
US	6129477	A	10 October 2000	US	2004151537	A1	05 August 2004
				US	6796739	B1	28 September 2004

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/075235

A. 主题的分类

H02K 49/10(2006.01)i; H02K 55/02(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)

H02K

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, DWPI, SIPOABS, CNKI: 耦合, 磁体, 旋转, 超导, 盘, coupler, magnetic, rotation, superconducting, disc

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 107370336 A (江苏大学) 2017年 11月 21日 (2017 - 11 - 21) 说明书第4-23段, 附图1-8	1-7
Y	CN 107077944 A (维多利亚联结有限公司等) 2017年 8月 18日 (2017 - 08 - 18) 说明书第2-117段, 附图1-8	1-7
Y	CN 104753396 A (王忠勇) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01) 说明书第5-52段, 附图1-19	1-7
Y	CN 110504816 A (江苏大学) 2019年 11月 26日 (2019 - 11 - 26) 说明书第4-32段, 附图1-12	1-7
A	US 6129477 A (RELIANCE ELECTRIC TECHNOLOGIES LLC) 2000年 10月 10日 (2000 - 10 - 10) 全文	1-7

☐ 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 6月 28日

国际检索报告邮寄日期

2021年 7月 14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

李路

电话号码 (86-10) 62411656

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/075235

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	107370336	A	2017年 11月 21日	WO	2018233173	A1	2018年 12月 27日
				US	2020153326	A1	2020年 5月 14日
				US	10903733	B2	2021年 1月 26日
				CN	107370336	B	2019年 8月 2日
CN	107077944	A	2017年 8月 18日	US	2017236627	A1	2017年 8月 17日
				CN	111599570	A	2020年 8月 28日
				US	9972429	B2	2018年 5月 15日
				KR	20170070003	A	2017年 6月 21日
				JP	2017532932	A	2017年 11月 2日
				CN	107077944	B	2020年 5月 19日
				EP	3167462	A1	2017年 5月 17日
				WO	2016024214	A1	2016年 2月 18日
				JP	6718437	B2	2020年 7月 8日
				EP	3167462	A4	2018年 4月 18日
CN	104753396	A	2015年 7月 1日	无			
CN	110504816	A	2019年 11月 26日	GB	202100108	D0	2021年 2月 17日
				WO	2021008193	A1	2021年 1月 21日
				CN	110504816	B	2021年 3月 23日
US	6129477	A	2000年 10月 10日	US	2004151537	A1	2004年 8月 5日
				US	6796739	B1	2004年 9月 28日