

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810143253.9

[51] Int. Cl.

H02K 55/00 (2006.01)

H02K 15/00 (2006.01)

H02K 15/02 (2006.01)

H02K 15/16 (2006.01)

[43] 公开日 2009年1月28日

[11] 公开号 CN 101355291A

[22] 申请日 2008.9.19

[21] 申请号 200810143253.9

[71] 申请人 湘潭电机股份有限公司

地址 411101 湖南省湘潭市下摄司街302号

[72] 发明人 王菁 雷雄 曾文鄂 王志宏

[74] 专利代理机构 长沙星耀专利事务所

代理人 宁星耀

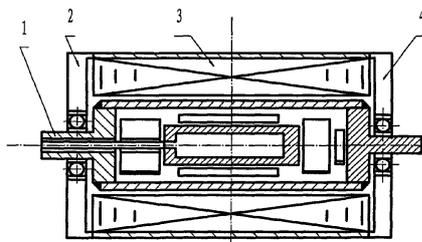
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

[54] 发明名称

一种超导电机及其制造方法

[57] 摘要

一种超导电机及其制造方法，该超导电机包括超导转子、定子、驱动端端盖、非驱动端端盖、液氮容器，超导转子由内转子和外转子叠套密闭焊接而成，内转子和外转子构成两个叠套的密闭容器；内转子由薄壁细长管、非驱动端端轴、非驱动端力矩管、连接管、超导磁极、装有液氮的液氮容器、驱动端力矩管、轴向冷缩补偿装置、驱动端端轴构成；薄壁细长管置于非驱动端端轴中心孔和非驱动端力矩管内，并通过连接管与液氮容器连通；超导磁极置于液氮容器外周；液氮容器底端通过驱动端力矩管和轴向冷缩补偿装置与驱动端端轴相接。本发明还包括该超导电机制造方法。本发明之超导电机功率因数可达1，体积小。



1. 一种超导电机，包括超导转子、定子、驱动端端盖、非驱动端端盖、液氮容器，其特征在于，所述超导转子由内转子和外转子叠套密闭焊接而成，内转子和外转子构成两个叠套的密闭容器；所述内转子由薄壁细长管、非驱动端端轴、非驱动端力矩管、连接管、超导磁极、装有液氮的液氮容器、驱动端力矩管、轴向冷缩补偿装置、驱动端端轴构成；薄壁细长管置于非驱动端端轴中心孔和非驱动端力矩管内，并通过连接管与液氮容器连通；超导磁极置于液氮容器外周；液氮容器底端通过驱动端力矩管和轴向冷缩补偿装置与驱动端端轴相接。

2. 如权利要求 1 所述的超导电机，其特征在于，所述薄壁细长管长径比 ≥ 6 ，厚度 $\leq 1\text{mm}$ 。

3. 如权利要求 1 所述的超导电机，其特征在于，所述连接管由不锈钢管与铝管锥形对接构成，连接管的不锈钢管接口为凹锥型，铝管接口为凸锥型；连接管的不锈钢管端与薄壁细长管连接，连接管的铝管端装入液氮容器的配合孔中。

4. 如权利要求 1 所述的超导电机，其特征在于，所述轴向冷缩补偿装置为碟型弹片。

5. 一种如权利要求 1-4 之一所述超导电机的的制造方法，其特征在于，内、外转子采用立式焊接；薄壁细长管内圆的加工，采用立铣方式；薄壁细长管外圆的加工，用内圆定位，用涨胎式心轴作涨胎进行外圆加工；液氮容器的密闭及连接管与液氮容器配合孔焊接前，采用同种材料的过盈配合冷冻套装；连接管中不锈钢管与铝管接口采用摩擦焊焊接；内转子装配选用卧式装配方式，各

段之间的联接从中间向两端扩展；内转子校动平衡采用在内转子上的非驱动端端轴上增开一组均布通孔，并增加一组相应的锁紧螺栓，使非刚性联接的内转子联接成一个刚性整体，再进行校动平衡；待内转子校动平衡后，再拆去锁紧螺栓，并封焊非驱动端端轴上的均布通孔，以保证内、外转子之间形成的空间密闭轴向串动式；采用超声去应力法，消除超导转子密闭焊后产生的应力。

6. 如权利要求5所述超导电机的制造方法，其特征在于，所述同种材料的过盈配合冷冻套装，是将连接管的铝管端置于液氮中，冷冻收缩后快速装入铝质液氮容器的配合孔中，再对液氮容器与连接管的铝管端进行焊接。

7. 如权利要求5所述超导电机的制造方法，其特征在于，所述内转子卧式装配方式，采用先中间后两端扩展的方式进行装配，即先从中间段的液氮容器开始，逐段向其两端加装各段零部件；内转子各段装配完后，再将其两端放置于两个滚轮支架上滚动装配，以卷包内转子上的超导磁极外表的双层薄膜。

8. 如权利要求5-7之一所述超导电机的制造方法，其特征在于，所述超声去应力法，是用20千赫兹以上的高频能量直接冲击焊件焊缝的表面。

一种超导电机及其制造方法

技术领域

本发明涉及一种电机及其制造方法，尤其是涉及一种超导电机及其制造方法。

背景技术

现有公知普通电机，其定子、转子均在常温下运行，电机的功率因数均小于1。公知超导电机的一般结构为：定子为超导定子，转子为常规三相异步电机转子。这种超导电机，体积较大，所需制冷效率高，功率因数仍小于1。

发明内容

本发明的目的在于提供一种体积小，功率因数可达1，损耗为零的超导电机及其制造方法。

本发明的技术方案是：

本发明之超导电机包括超导转子、定子、驱动端端盖、非驱动端端盖、液氮容器，所述定子的结构与现有公知的三相异步电机定子的结构相同，所述超导转子由内转子和外转子叠套密闭焊接而成，内转子和外转子构成两个叠套的密闭容器；所述内转子由薄壁细长管、非驱动端端轴、非驱动端力矩管、连接管、超导磁极、装有液氮的液氮容器、驱动端力矩管、轴向冷缩补偿装置、驱动端端轴构成；薄壁细长管置于非驱动端端轴中心孔和非驱动端力矩管内，并通过连接管与液氮容器连通；超导磁极置于液氮容器外周；液氮容器底端通过驱动端力矩管和轴向冷缩补偿装置与驱动端端轴相接。

所述薄壁细长管长径比宜 ≥ 6 ，厚度宜 $\leq 1\text{mm}$ 。

所述连接管宜由不锈钢管与铝管锥形对接构成，连接管的不锈钢管接口为

凹锥型，铝管接口为凸锥型，这样的对接方式加上摩擦焊焊接，可以有效提高不锈钢管与铝管对接的牢固度及工作的可靠性；连接管的不锈钢管端与薄壁细长管连接，连接管的铝管端装入液氦容器的配合孔中。

所述轴向冷缩补偿装置可选用碟型弹片。

本发明之超导电机制造需要解决的关键技术问题包括：内外转子焊接密闭方法，电机的薄壁细长管加工方法，连接管的“不锈钢+铝”异种材料焊接方法，液氦容器组件各部件的过盈配合冷冻套装方法，由多段部件构成的内转子装配方法及校动平衡方法，内外转子焊接后去应力方法。

本发明者经长期多次试验研究，所述关键技术问题终于采用下述方法一一获得解决：

内、外转子采用立式焊接；薄壁细长管内圆的加工，采用立铣方式；薄壁细长管外圆的加工，用内圆定位，用涨胎式心轴作涨胎进行外圆加工；液氦容器的密闭及连接管与液氦容器配合孔焊接前，采用同种材料的过盈配合冷冻套装；连接管中不锈钢管与铝管接口采用摩擦焊焊接；内转子装配选用卧式装配方式，各段之间的联接从中间向两端扩展；内转子校动平衡采用在内转子上的非驱动端端轴上增开一组均布通孔，并增加一组相应的锁紧螺栓，使非刚性联接的内转子联接成一个刚性整体，再进行校动平衡；待内转子校动平衡后，再拆去锁紧螺栓，并封焊非驱动端端轴上的均布通孔，以保证内、外转子之间形成的空间密闭轴向串动式；采用超声去应力法，消除超导转子密闭焊后产生的应力。

所述同种材料的过盈配合冷冻套装是将连接管的铝管端置于液氮中，冷冻收缩后快速装入铝质液氦容器的配合孔中，再对液氦容器与连接管的铝管端进行焊接。

所述内转子卧式装配方式，采用先中间后两端扩展的方式进行装配，即先从中间段的液氦容器开始，逐段向其两端加装各段零部件；内转子各段装配完后，再将其两端放置于两个滚轮支架上滚动装配，以卷包内转子上的超导磁极外表的双层薄膜。

所述超声去应力法，可用频率 20 千赫兹以上的超声高频能量直接冲击焊件焊缝的表面。

本发明之超导电机的超导转子可在循环低温冷介质液氦产生的 -243°C 的低温环境下运行，功率因数可以达到 1，损耗为零，大幅度提高了单位质量的功率比，电机体积小，是大功率电机小型化的一项重大突破，所需制冷效率低；用本发明制造方法制造的本发明之超导电机，运行可靠，可长时间无故障运行。

附图说明

图 1 为本发明超导电机一实施例的结构示意图。

图 2 为图 1 中的超导转子结构示意图。

图 3 为图 2 中的内转子结构放大示意图。

图 4 为图 3 中的薄壁细长管的内圆铣加工装夹方式示意图。

图 5 为图 3 中的薄壁细长管的外圆加工涨胎心轴结构示意图。

图 6 为图 3 中的连接管异种材料焊接结构放大图。

图中：1、超导转子，2、驱动端端盖，3、定子，4、非驱动端端盖，5、内转子，6、外转子，7、内、外转子焊缝，8、薄壁细长管，9、非驱动端端轴，10、非驱动端力矩管，11、连接管，12、超导磁极，13、液氦容器，14、液氦，15、驱动端力矩管，16、碟型弹片，17、驱动端端轴，18、上压环，19、防转平行夹，20、下压环，21、下压板，22、涨胎式心轴，23、介质，24、上压板，25、拧紧螺母，26、长不锈钢管，27、不锈钢管，28、铝管，29、长铝管。

具体实施方式

以下结合附图对本发明作进一步说明。

参照图 1、2、3，本发明超导电机实施例包括超导转子 1、定子 3、驱动端端盖 2、非驱动端端盖 4、液氮容器组件 13，定子 3 的结构与现有公知的三相异步电机定子的结构相同，所述超导转子 1 由内转子 5、外转子 6 叠套并通过焊缝 7 进行密闭焊接而成，内转子 5、外转子 6 构成两个叠套的密闭容器；

参照图 3，内转子 5 由薄壁细长管 8、非驱动端端轴 9、非驱动端力矩管 10、连接管 11、超导磁极 12、装有液氮 14 的液氮容器 13、驱动端力矩管 15、碟型弹片（也即轴向冷缩补偿装置）16、驱动端端轴 17 构成；薄壁细长管 8 置于非驱动端端轴 9 中心孔和非驱动端力矩管 10 内，并通过连接管 11 与液氮容器 13 连通；超导磁极 12 置于液氮容器 13 外周；液氮容器 13 底端通过驱动端力矩管 15 和碟型弹片 16 与驱动端端轴 17 相接。

薄壁细长管 8 长径比=6，厚度=1mm；连接管 11 由不锈钢管与铝管锥形对接组成，连接管的不锈钢管接口为凹锥型，铝管接口为凸锥型；连接管的铝管端装入铝质液氮容器 13 的配合孔中。

连接管 11 由不锈钢管 27 与铝管 28 锥形对接构成，其中不锈钢管 27 接口为凹锥型，铝管 28 接口为凸锥型，两者对接吻合（参照图 6）。

以下将关键制造方法加以介绍：

内转子 5 与外转子 6 焊接前，先将外转子 6 垂直竖立，再将内转子 5 吊起垂直套入外转子 6 内，然后在两者均处于竖立情况下，对内、外转子焊缝 7 进行立式焊接；先立焊超导转子 1 朝上的驱动端内、外转子焊缝 7，再翻转超导转子 1，并采用支撑筒支撑翻转后的超导转子 1，使之仍呈竖立状态，然后立焊朝上的非驱动端内、外转子焊缝；最后，采用放倒装置将超导转子 1 放置水平，再

将超导转子 1 两端的内、外转子焊缝 7 焊满。

在内转子 5 与外转子 6 焊接后，构成两个叠套的密闭容器，对超导转子 1 真空夹层抽真空，并采用氦气对转子进行检漏试验，超导转子 1 的内、外转子焊缝 7，焊缝漏率均小于 $5 \times 10^{-9} \text{Pa.L/s}$ ，检漏合格。

内转子 6 各部件的过盈配合冷冻套装：是将连接管 11 的铝管端置于液氮中，冷冻收缩后快速装入铝质液氮容器 13 的配合孔中，以实现两者的过盈配合；在过盈配合的基础上，再对液氮容器 13 与连接管 11 的铝管端进行焊接。

多段式内转子 6 装配：因该内转子 5 轴向由多段零部件装配而成，故选用卧式装配方式，同时采用先中间后两端扩展的方式进行装配，即先从中间段的液氮容器 13 开始，逐段向其两端加装各段零部件；内转子 5 各段装配完毕后，再将其两端放置于两个滚轮支架上滚动装配，以卷包内转子 5 上的超导磁极 12 外表的双层薄膜。

内转子 5 校动平衡：因内转子 5 轴向由多段零部件装配而成，其中有一段为碟型弹片 16，通过碟型弹片 16 可以实现内转子 5 在电机低温运行时的轴向自由串动。但由此，这种轴向串动式内转子 5，属非刚性联接，因而无法校动平衡。故在内转子 5 上的非驱动端端轴 9 上增开一组均布通孔，并增加一组相应的锁紧螺栓，使非刚性联接的内转子联接成一个刚性整体，进行校动平衡。待内转子 5 校动平衡后，再拆去锁紧螺栓，并封焊非驱动端端轴 9 上的均布通孔，以保证内、外转子 5、6 之间形成的空间密闭。

薄壁细长管 8 的内圆加工：参照图 4，将薄壁细长管 8 置于上压环 18 和下压环 20 之间，下压环 20 上装一防转平行夹 19，即可对薄壁细长管 8 内圆进行立铣加工。

薄壁细长管 8 的外圆加工：参照图 5，将薄壁细长管 8 置于下压板 21 和上

压板 24 之间，下压板 21 和上压板 24 中心装有穿过薄壁细长管 8 管心的涨胎式心轴 22，涨胎式心轴 22 外壁和薄壁细长管 8 内壁之间充填有介质 23，涨胎式心轴 22 一端设有螺母 25，拧紧螺母 25，薄壁细长管 8 即可定位。然后，便可对薄壁细长管 8 进行外圆加工。

连接管 11 的加工：参照图 6，连接管 11 由不锈钢管 27 与铝管 28 锥形对接构成，将不锈钢管 27 端口插入长不锈钢管 26 的端口中，将铝管 28 的端口插入长长铝管 29 的端口中，然后采用摩擦焊将不锈钢管 27 与铝管 28 的锥形对接口焊接牢固。

超导转子 1 密闭焊后采用超声去应力法：用 20 千赫兹的高频能量直接冲击在焊件焊缝的表面。

超声去应力法去应力的检测依据：ASTM 标准 E837-92。主要测量仪器为：静态电阻应变仪。测点布置为：超导转子 1 两端端部的环形角焊缝熔合线附近。经超声去应力法处理后各点的残余应力均有明显下降。采用超声去应力法对超导转子 1 焊接后去应力，能完全满足该超导电机电气、机械性能的要求。

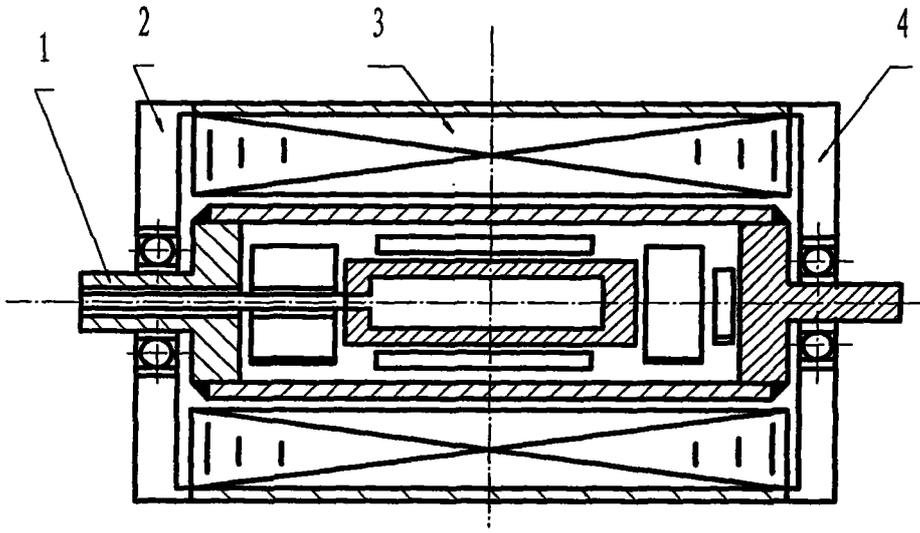


图 1

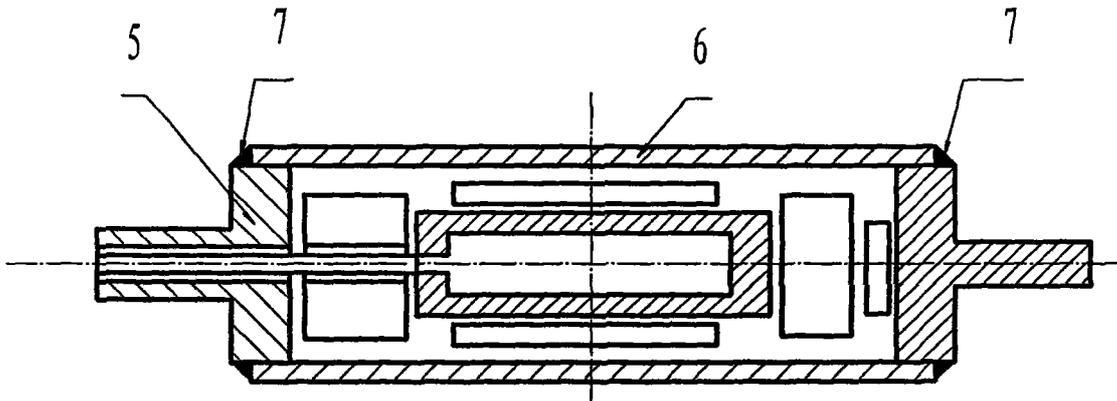


图 2

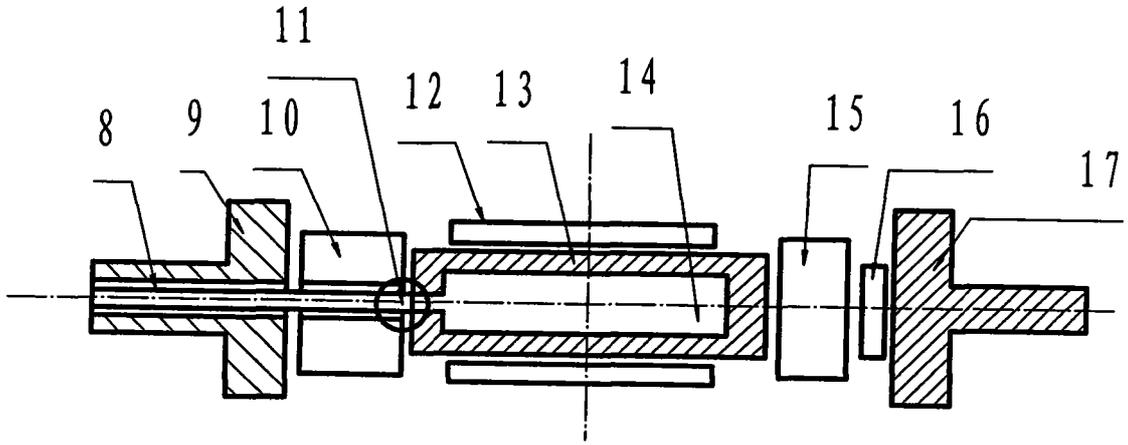


图 3

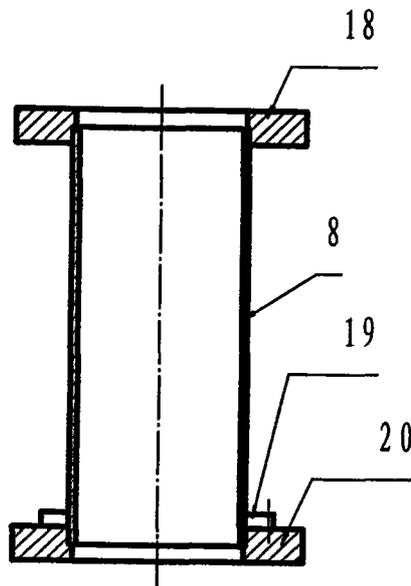


图 4

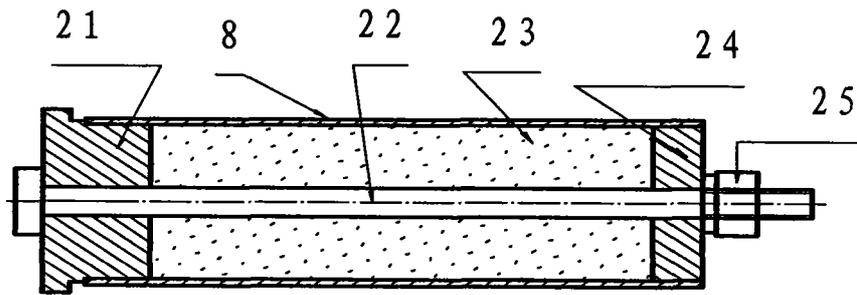


图 5

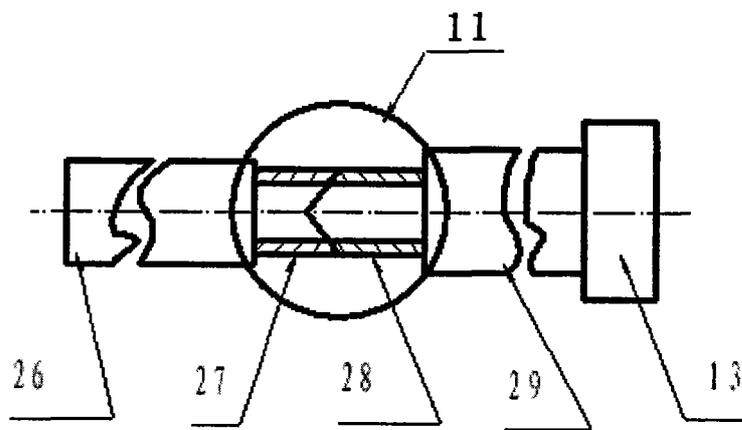


图 6