



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110247509 A

(43)申请公布日 2019.09.17

(21)申请号 201910519110.1

H02K 11/25(2016.01)

(22)申请日 2019.06.14

(71)申请人 燕山大学

地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段438号

(72)发明人 张立国 颜廷鑫 金梅 蒋轶轩 徐代军 王玮 张甫 程瑶

(74)专利代理机构 北京孚睿湾知识产权代理事务所(普通合伙) 11474

代理人 韩燕

(51)Int.Cl.

H02K 7/102(2006.01)

H02K 7/02(2006.01)

H02K 5/173(2006.01)

H02K 9/19(2006.01)

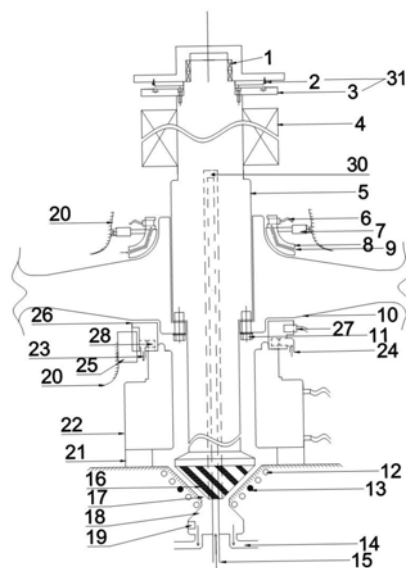
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

飞轮储能系统的安全减速装置以及控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种飞轮储能系统的安全减速装置以及控制方法,其包括:芯轴、配对圆锥滚子轴承、永磁轴承、电机转子、飞轮、锥轴承、储液箱、刹车系统和壳体;刹车系统包括制动装置、冷却/加热装置和控制器,制动装置包括圆弧刹车块、油压缸、中空刹车圆盘、中空柱塞式液压油缸和油压泵;冷却/加热装置至少包括第一电磁涡流距离传感器与温度传感器、第二电磁涡流距离传感器与温度传感器、温度传感器、储油箱冷却/加热管、轴承冷却管、圆弧刹车块冷却管、中空刹车圆盘冷却管、循环加热泵和循环降温泵。根据不同的状态,对飞轮储能系统的安全减速装置采用不同的控制方法,可以安全的对飞轮降速、提速,从而达到安全、稳定、高效的效果。



1. 一种飞轮储能系统的安全减速装置,其特征在于:其至少包括以下部件:

芯轴5、配对圆锥滚子轴承1、永磁轴承31、电机转子4、飞轮10、锥轴承17、储液箱18、刹车系统和外壳20;刹车系统包括制动装置、冷却/加热装置和控制器,制动装置包括圆弧刹车块8、油压缸7、中空刹车圆盘26、中空柱塞式液压油缸22和油压泵;冷却/加热装置至少包括第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6、第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27、温度传感器13、储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9、中空刹车圆盘冷却管28、循环加热泵和循环降温泵;

芯轴5、配对圆锥滚子轴承1、永磁轴承31、电机转子4、飞轮10、锥轴承17、储液箱18和刹车系统都位于外壳20内;

在芯轴5上,以芯轴5为中轴线从上到下依次安装有配对圆锥滚子轴承1、永磁轴承31、电机转子4和飞轮10,芯轴5的底部安装有锥轴承17,锥轴承17位于储液箱18的锥形口内;

从锥轴承17到芯轴5开有盲孔,盲孔位于锥轴承17和芯轴5的轴心位置,盲孔深度到芯轴5安装飞轮位置或电机转子位置,盲孔内安装有轴承冷却管30;

储液箱18的锥形口外部安装有储油箱冷却/加热管12和温度传感器13;

多个圆弧刹车块8成环状排列在飞轮10的内环周围,圆弧刹车块8中含有圆弧刹车块冷却管9,每个圆弧刹车块8都与刹车系统中的一个油压缸7推杆端连接,每个油压缸7底座端与飞轮储能系统外壳20销连接;每个圆弧刹车块8上安装有第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6;

中空刹车圆盘26为同心圆环状形状,中空刹车圆盘26底部有卡槽,内部包括有管状回路的中空刹车圆盘冷却管28,中空刹车圆盘26上安装有第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27;

中空柱塞式液压油缸22与油压泵相连接,中空柱塞式液压油缸22推杆端与中空刹车圆盘26过盈配合并销连接;中空柱塞式液压油缸22底座端经垫块21与外壳固定连接。

2. 如权利要求1所述的一种飞轮储能系统的安全减速装置,其特征在于:

飞轮10是钢制材料组成或者是由钢制轮毂与高强度纤维材料组合而成,飞轮内径与芯轴外径过盈配合,通过圆柱销定位锁紧并传递扭矩。

3. 如权利要求1所述的一种飞轮储能系统的安全减速装置,其特征在于:

还包括压力传感器19,所述压力传感器19安装在所述储液箱18内,用于检测所述储液箱18内的液体压力值。

4. 如权利要求1所述的一种飞轮储能系统的安全减速装置,其特征在于:

还包括径向扰动板25,所述径向扰动板25安装在中空刹车圆盘26的下部并与外壳固定,径向扰动板25与芯轴5轴向平行并与中空刹车圆盘26底部卡槽配合,在刹车过程中,径向扰动板25只允许中空刹车圆盘轴向移动,防止中空刹车圆盘转动。

5. 如权利要求1所述的一种飞轮储能系统的安全减速装置,其特征在于:

所述轴承冷却管30为双层管状结构,循环液体从轴承冷却管30的中心管的下部流入后,从轴承冷却管30的中心管的顶部喷出流入夹层后流入储液箱18。

6. 一种使用权利要求1所述的飞轮储能系统的安全减速装置的控制方法,其特征在于:包括以下五种状态的控制方法:

第一种,当开启飞轮储能系统,飞轮开始充电提速时,控制器控制循环加热泵与储油箱

冷却/加热管12的回路连通,循环加热泵加热循环液体并使循环液体在储油箱冷却/加热管12中循环,目的在于提高锥轴承17附近温度,降低储液箱18内的润滑液体粘稠度,缩短飞轮提速时间;当温度传感器13检测到锥轴承17温度达到设定温度时,控制器控制循环加热泵保持当前循环液体的温度,当检测到飞轮转子速度达到设定速度时,控制器停止循环加热泵工作;圆弧刹车块8和中空刹车圆盘26不进行任何操作,油压缸7和中空柱塞式液压油缸22的推杆都处于收回状态;

第二种,当控制器接收到放电减速指令时,控制器控制循环降温泵以最大流量传送低温循环液体到轴承冷却管30,降低电机转子4在放电过程中因铜耗、磁滞损耗、涡流损耗以及摩擦损耗产生的热能保证飞轮10放电过程安全稳定;圆弧刹车块8和中空刹车圆盘26不进行任何操作,油压缸7和中空柱塞式液压油缸22的推杆都处于收回状态;

第三种,当在飞轮储能系统紧急减速、急停时,控制器开启循环降温泵,使储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9和中空刹车圆盘冷却管28中的循环液体进行循环降温;同时控制器控制油压泵输送正向高压液压油到油压缸7和中空柱塞式液压油缸22,油压缸7推动圆弧刹车块8接触飞轮10进行摩擦制动、中空柱塞式液压油缸22推动中空刹车圆盘26接触飞轮10进行摩擦制动;同时,第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6和第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27分别将圆弧刹车块8与飞轮10之间的距离、圆弧刹车块8的温度、中空刹车圆盘26与飞轮10之间的距离和中空刹车圆盘26的温度反馈到控制器,控制器根据反馈量与液压油油压输出量对比进而控制油压泵的压力大小,储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9和中空刹车圆盘冷却管28中的循环液体的流速大小、以及循环降温泵的温度和流速;

第四种,当速度传感器检测到飞轮10转子的速度为零时,控制器控制油压泵输送反向高压液压油到油压缸7和中空柱塞式液压油缸22,油压缸7收回与推杆相连接的圆弧刹车块7,中空柱塞式液压油缸22收回与推杆相连接的中空刹车圆盘26;同时根据第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6、第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27和温度传感器13检测到的温度,使用控制器判断检测到的温度是否达到设定温度值,当达到设定温度值就切断相应储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9或中空刹车圆盘冷却管28中循环液体与循环降温泵的循环;

第五种,当控制器在刹车减速过程中接到取消指令时,控制器立即控制油压泵输送反向高压液压油到油压缸7和中空柱塞式液压油缸22,油压缸7收回与推杆相连接的圆弧刹车块8、中空柱塞式液压油缸22收回与推杆相连接的中空刹车圆盘26;同时控制器判断第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6和第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27检测到的温度是否达到设定温度值,当达到设定温度值时,就切断相应圆弧刹车块冷却管9或中空刹车圆盘冷却管28中循环液体与循环降温泵的循环;保持轴承冷却管30和储油箱冷却/加热管12中循环液体与循环降温泵的循环,以继续降低飞轮芯轴5和锥轴承17的温度。

飞轮储能系统的安全减速装置以及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机械领域,具体涉及一种飞轮储能系统的安全减速装置以及控制方法。

背景技术

[0002] 目前,现有的飞轮储能系统因储能系数与速度的平方成正比而不断提速,根据已有的资料显示,清华大学2001年实现的飞轮转速已经超过8000r/min,随着材料学的工艺发展,径向、环向应力超强的复合材料类型的转子逐渐代替全钢制飞轮,而飞轮在遇到故障诊断分析后,因飞轮材料限制、质量过大不能立刻做出限速、急停、减速等要求,飞轮极易发生解体甚至爆炸等严重后果。同时,飞轮储能系统趋向于真空环境,永磁电机在温度过高时容易发生失磁现象,因此刹车系统的减速、散热问题成为飞轮储能技术发展和推广应用的瓶颈。

[0003] 专利申请号为201310086078.5,名为“磁悬浮飞轮储能装置及其故障诊断方法”的发明专利,提供了一种故障诊断的测试方法,该方法可以判断飞轮系统故障原因,具有较高的容错的能力,但该方法只在故障发生时断电却未涉及在急停、减速情况下,未解决如何安全减速的问题;

[0004] 专利申请号为201621369864.1,名为“一种飞轮储能器的散热系统”的实用新型专利,提供了散热方法,将中空芯轴作为冷却管,降低电机转子充放电过程中的生热现象;但该创新点显然未考虑到加工特长冷却管的难度以及上下轴承的摩擦损耗;也未解决在上下轴承中漏油所产生的安全隐患;

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种飞轮储能系统的安全减速装置以及控制方法,以解决飞轮急停刹车时间过长的的问题,飞轮储能系统的安全减速装置具体包括:

[0006] 芯轴5、配对圆锥滚子轴承1、永磁轴承31、电机转子4、飞轮10、锥轴承17、储液箱18、刹车系统和外壳20;刹车系统包括制动装置、冷却/加热装置和控制器,制动装置包括圆弧刹车块8、油压缸7、中空刹车圆盘26、中空柱塞式液压油缸22和油压泵;冷却/加热装置至少包括第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6、第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27、温度传感器13、储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9、中空刹车圆盘冷却管28、循环加热泵和循环降温泵;

[0007] 芯轴5、配对圆锥滚子轴承1、永磁轴承31、电机转子4、飞轮10、锥轴承17、储液箱18和刹车系统都位于外壳20内;

[0008] 在芯轴5上,以芯轴5为中轴线,从上到下依次安装有配对圆锥滚子轴承1、永磁轴承31、电机转子4和飞轮10,芯轴的底部安装有锥轴承17,锥轴承17位于储液箱18的锥形口内;

[0009] 从锥轴承17到芯轴5开有盲孔,盲孔位于锥轴承17和芯轴5的轴心位置,盲孔深度

到芯轴5安装飞轮位置或电机转子位置,盲孔内安装有轴承冷却管30;

[0010] 储液箱18的锥形口外部安装有储油箱冷却/加热管12和温度传感器13;

[0011] 多个圆弧刹车块8成环状排列在飞轮10的内环周围,圆弧刹车块8中含有圆弧刹车块冷却管9,每个圆弧刹车块8都与刹车系统中的一个油压缸7推杆端连接,每个油压缸7底座端与飞轮储能系统外壳20销连接;每个圆弧刹车块8上安装有第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6;

[0012] 中空刹车圆盘26为同心圆环状形状,中空刹车圆盘26底部有卡槽,内部包括有管状回路的中空刹车圆盘冷却管28,中空刹车圆盘26上安装有第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27;

[0013] 中空柱塞式液压油缸22与油泵连接,中空柱塞式液压油缸22推杆端与中空刹车圆盘26过盈配合并销连接;中空柱塞式液压油缸22底座端经垫块21与外壳固定连接。

[0014] 优选的,飞轮10是钢制材料组成或者是由钢制轮毂与高强度纤维材料组合而成,飞轮内径与芯轴外径过盈配合,通过圆柱销定位锁紧并传递扭矩。

[0015] 优选的,还包括压力传感器19,所述压力传感器19安装在所述储液箱18内,用于检测所述储液箱18内的液体压力值。

[0016] 优选的,还包括径向扰动板25,所述径向扰动板25安装在中空刹车圆盘26的下部并与外壳固定,径向扰动板25与芯轴5轴向平行并与中空刹车圆盘26底部卡槽配合,在刹车过程中,径向扰动板25只允许中空刹车圆盘轴向移动,防止中空刹车圆盘转动。

[0017] 优选的,所述轴承冷却管30为双层管状结构,循环液体从轴承冷却管30的中心管的下部流入后,从轴承冷却管30的中心管的顶部喷出流入夹层后流入储液箱18。

[0018] 以及一种飞轮储能系统的安全减速装置的控制方法,包括在以下五种状态的控制方法:

[0019] 第一种,当开启飞轮储能系统,飞轮开始充电提速时,控制器控制循环加热泵与储油箱冷却/加热管12的回路连通,循环加热泵加热循环液体并使循环液体在储油箱冷却/加热管12中循环,目的在于提高锥轴承17附近温度,降低储液箱18内的润滑液体粘稠度,缩短飞轮提速时间;当温度传感器13检测到锥轴承17温度达到设定温度时,控制器控制循环加热泵保持当前循环液体的温度,当检测到飞轮转子速度达到设定速度时,控制器停止循环加热泵工作;在此状态下,圆弧刹车块8和中空刹车圆盘26不进行任何操作,油压缸7和中空柱塞式液压油缸22的推杆都处于收回状态;

[0020] 第二种,当控制器接收到放电减速指令时,控制器控制循环降温泵以最大流量传送低温循环液体到轴承冷却管30,降低电机转子4在放电过程中因铜耗、磁滞损耗、涡流损耗以及摩擦损耗产生的热能保证飞轮10放电过程安全稳定;在此状态下,圆弧刹车块8和中空刹车圆盘26不进行任何操作,油压缸7和中空柱塞式液压油缸22的推杆都处于收回状态;

[0021] 第三种,当在飞轮储能系统紧急减速、急停时,控制器开启循环降温泵,使储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9和中空刹车圆盘冷却管28中的循环液体进行循环降温;同时控制器控制油泵输送正向高压液压油到油压缸7和中空柱塞式液压油缸22,油压缸7推动圆弧刹车块8接触飞轮10进行摩擦制动、中空柱塞式液压油缸22推动中空刹车圆盘26接触飞轮10进行摩擦制动;同时,第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6和第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27分别将圆弧刹车块8与飞轮10之间的距离、

圆弧刹车块8的温度、中空刹车圆盘26与飞轮10之间的距离和中空刹车圆盘26的温度反馈到控制器,控制器根据反馈量与液压油输出量对比进而控制油压泵的压力大小,储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9和中空刹车圆盘冷却管28中的循环液体的流速大小、以及循环降温泵的温度和流速;

[0022] 第四种,当速度传感器检测到飞轮10转子的速度为零时,控制器控制油压泵输送反向高压液压油到油压缸7和中空柱塞式液压油缸22,油压缸7收回与推杆相连接的圆弧刹车块7,中空柱塞式液压油缸22收回与推杆相连接的中空刹车圆盘26;同时根据第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6、第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27和温度传感器13检测到的温度,使用控制器判断检测到的温度是否达到设定温度值,当达到设定温度值就切断相应储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9或中空刹车圆盘冷却管28中循环液体与循环降温泵的循环;

[0023] 第五种,当控制器在刹车减速过程中接到取消指令时,控制器立即控制油压泵输送反向高压液压油到油压缸7和中空柱塞式液压油缸22,油压缸7收回与推杆相连接的圆弧刹车块7、中空柱塞式液压油缸22收回与推杆相连接的中空刹车圆盘26;同时控制器判断第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6和第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27检测到的温度是否达到设定温度值,当达到设定温度值时,就切断相应圆弧刹车块冷却管9或中空刹车圆盘冷却管28中循环液体与循环降温泵的循环;保持轴承冷却管30和储油箱冷却/加热管12中循环液体与循环降温泵的循环,以继续降低飞轮芯轴5和锥轴承17的温度。

[0024] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0025] 飞轮储能系统的安全减速装置可以在真空环境中最大限度的降低飞轮转速,进而达到安全高效的效果,从而节省人力,提高工作效率。

附图说明

[0026] 图1为一种飞轮储能系统的安全减速装置的剖面图;

[0027] 图2为一种飞轮储能系统的安全减速装置的上斜视图(外壳为剖面);

[0028] 图3为一种飞轮储能系统的安全减速装置的下斜视图(外壳为剖面);

[0029] 图4为一种飞轮储能系统的安全减速装置的圆弧刹车块三维立体结构示意图;

[0030] 图5为一种飞轮储能系统的安全减速装置的中空刹车圆盘俯视图;

[0031] 图6为一种飞轮储能系统的安全减速装置的中空刹车圆盘三维结构图;以及

[0032] 图7为一种飞轮储能系统的安全减速装置的刹车系统。

[0033] 附图标记:1-配对圆锥滚子轴承、2-永磁轴承静环、3-导磁动环、4-电机转子、5-芯轴、6-第一电磁涡流距离传感器与温度传感器、7-油压缸、8-圆弧刹车块、9-圆弧刹车块冷却管、10-飞轮、11-圆柱销、12-储油箱冷却/加热管、13-温度传感器、14-轴承冷却管出口、15-轴承冷却管入口、16-螺旋槽、17-锥轴承、18-储液箱、19-压力传感器、20-外壳、21-垫块、22-中空柱塞式液压油缸、23-中空刹车圆盘冷却管出口、24-中空刹车圆盘冷却管入口、25-径向扰动板、26-中空刹车圆盘、27-第二电磁涡流距离传感器与温度传感器、28-中空刹车圆盘冷却管、30-轴承冷却管、31-永磁轴承;

具体实施方式

[0034] 下面结合具体实施方式对本专利的技术方案作进一步详细地说明。

[0035] 请参阅图1、2,一种飞轮储能系统的安全减速装置以及控制方法,其至少包括芯轴5、配对圆锥滚子轴承1、永磁轴承31、电机转子4、飞轮10、锥轴承17、储液箱18、刹车系统和外壳20;刹车系统包括制动装置、冷却/加热装置和控制器,制动装置包括圆弧刹车块8、油压缸7、中空刹车圆盘26、中空柱塞式液压油缸22和油压泵;冷却/加热装置至少包括第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6、第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27、温度传感器13、储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9、中空刹车圆盘冷却管28、循环加热泵和循环降温泵。飞轮储能系统的安全减速装置以芯轴5为中轴线,从上到下依次安装有配对圆锥滚子轴承1、永磁轴承31、电机转子4、飞轮10、锥轴承17和储液箱18,刹车系统分布安装在芯轴5、飞轮10、锥轴承17和储液箱18附近,芯轴5、配对圆锥滚子轴承1、永磁轴承31、电机转子4、飞轮10、锥轴承17、储液箱18和刹车系统都位于外壳20内,飞轮储能系统的安全减速装置的具体结构将在下面进行详细说明。

[0036] 芯轴5的上部安装有配对圆锥滚子轴承1,配对圆锥滚子轴承1使飞轮10径向位移始终保持在电机转子4与外壳20之间的间隙范围内,避免飞轮10高速旋转时因受力不平衡或者减速机构作用而导致飞轮不平衡,进而导致电机转子与外壳摩擦生热。同时,圆锥滚子轴承1具有较强的轴向承载力,当芯轴5上端的永磁轴承31提供90%~95%的卸载力时圆锥滚子轴承1也能限制飞轮转子轴向位移,避免因永磁轴承31卸载力过大而出现飞轮芯轴下端的锥轴承出现脱落事故。

[0037] 圆锥滚子轴承1下安装有永磁轴承31,永磁轴承31由永磁轴承静环2和导磁动环3(俗称“小飞轮”)组成。永磁轴承静环2固定在外壳上,导磁动环3通过圆柱销连接在芯轴5上,该导磁动环3可以在飞轮出厂前的动平衡试验中通过加重测试保证飞轮的动平衡,并以此推动飞轮越过临界速度,降低振动幅度。

[0038] 永磁轴承31下方是安装在芯轴上的电机转子4。本实施例中的电机采用永磁同步电机;电机定子为永磁材料,并与外壳嵌为一体;电机转子4由电枢绕组组成,采用过盈配合并结合键连接方式定位传递扭矩。

[0039] 飞轮10安装在芯轴中下部,电机转子4的下方。飞轮10可以全部为钢制材料,也可以为由钢制轮毂与高强度纤维材料组合而成。飞轮内径与芯轴外径过盈配合,通过圆柱销定位锁紧并传递扭矩。

[0040] 芯轴5下端为带有螺旋槽16的锥轴承17,锥轴承17和芯轴5为一体成型或固定连接,锥轴承17位于储液箱18的锥形口内;储液箱18内装有循环液体,循环液体是润滑油或者水,使得锥轴承17的螺旋槽16内含有少量的润滑油或者水,在转子高速旋转时可以提供薄油膜或者薄水膜,通过该膜可以减小摩擦力,降低摩擦损耗。从锥轴承17到芯轴5开有盲孔,盲孔位于锥轴承17和芯轴5的轴心位置,盲孔深度到芯轴5安装飞轮位置或电机转子位置,盲孔内安装有轴承冷却管30,轴承冷却管30为双层管状结构,并与储液箱18固定。循环液体从循环降温泵流入轴承冷却管下部的轴承冷却管入口15,循环液体经过轴承冷却管30的中心管后从顶部喷出流入夹层后返回储液箱18,储液箱18再经过轴承冷却管出口14返回到循环降温泵,使得轴承冷却管30内能够循环流动有循环液体用于给锥轴承17和芯轴5降温。

[0041] 储液箱18内安装有压力传感器19,可以检测储液箱18内的液体压力值,飞轮系统

充放电过程中,为避免锥轴承17油量或水量少导致油膜或水膜破损,必须设置储油箱18内的压力值为正值,以此保证锥轴承17不会因油量或水量少,缺少润滑所必需的薄膜从而增大摩擦力造成发热。储液箱18的锥形口外部安装有储油箱冷却/加热管12,储油箱冷却/加热管12通过三通流体阀分别与循环加热泵和循环降温泵相连接组成加热回路和降温回路。当需要加热时,关闭储油箱冷却/加热管12与循环降温泵的连接,使得循环加热泵在加热循环液体时,循环液体可以在储油箱冷却/加热管12和循环加热泵中周而复始的循环流动。储油箱冷却/加热管12可以在转子低速时提供热源、提高温度,高温可以提高润滑液体活性,降低粘稠度,减小锥轴承的摩擦力,降低摩擦损耗,缩短提速时间,缩短充放电周期。当需要冷却时,关闭储油箱冷却/加热管12与循环加热泵的连接,使得循环降温泵在冷却循环液体时,循环液体可以在冷却/加热管12和循环降温泵中周而复始的循环流动。储液箱18的锥形口外部还安装有温度传感器13用来监测锥轴承17的温度。

[0042] 刹车系统中的制动装置至少包括圆弧刹车块8、油压缸7、中空刹车圆盘26、中空柱塞式液压油缸22和油泵。

[0043] 图4为圆弧刹车块8的三维立体结构图,多个圆弧刹车块8呈环状排列在飞轮10的内环周围,其具体尺寸由飞轮转子质量和圆弧刹车块8数量决定,若飞轮转子质量大,则圆弧刹车块8体积较大,与飞轮的接触面积也较大,若圆弧刹车块8数量较多,则圆弧刹车块8体积可以较小;本领域技术人员可以根据需要进行选择。每个圆弧刹车块8都与刹车系统中的一个油压缸7推杆端连接,每个油压缸7底座端与飞轮储能系统外壳20销连接。油压缸7数量与圆弧刹车块8数量相同,每个油压缸7都与油泵相连接。根据已有的实验分析,100%整圈碰摩时,转子轴心作50Hz的大幅度同频正进动,激阵力幅度最大,所以为了避免出现上述现象,圆弧刹车块8不能布满一周,不能全部抱死;在飞轮10与圆弧刹车块8连续摩擦后,轴心轨迹先发散后收敛到一个极限圆轨道上,振幅超出规定的限制圆很多,所以需要配对圆锥滚子轴承1机械间隙小于限制圆。圆弧刹车块8安装在飞轮10的内环周围,可以防止永磁轴承承载力过小时导致飞轮10倾斜,从而避免电机转子4与定子摩擦;圆弧刹车块8的圆弧状也可以避免永磁轴承承载力过大导致锥轴承17脱落,起到限位器的功能。圆弧刹车块8摩擦制动位置为飞轮芯轴轮毂,避免摩擦复合材料飞轮外径所带来的粉尘,同时芯轴轮毂摩擦刹车后圆弧磨损带来的动平衡量影响较小,可以继续使用飞轮;圆弧刹车块8相比碟式刹车系统、鼓式刹车系统在真空环境中散热效果更好。

[0044] 圆弧刹车块8上部还安装有第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6,在需要降温时第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6检测圆弧刹车块8与飞轮10之间的距离。以此判断圆弧刹车块8是否与飞轮10摩擦制动;在不需要降温时,第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6可以检测轴心轨迹,进而检测转子进动等陀螺特性;第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6中的温度传感器分为两种,一种为接触式传感器可以检测圆弧刹车块8的温度,一种为红外式非接触传感器可以检测飞轮10的温度,在温度超临界时,减小圆弧刹车块8的进动摩擦制动,进入防抱死状态,可以有效的安全减速运行。

[0045] 圆弧刹车块8中含有圆弧刹车块冷却管9,该圆弧刹车块冷却管9可以采用钻床钻孔取得,也可以铸成,圆弧刹车块冷却管9的下端进入循环冷却液,上端输出循环冷却液。圆弧刹车块冷却管9与循环降温泵相连接。

[0046] 图5、6为中空刹车圆盘26的俯视图和三维结构图,可以看出中空刹车圆盘26为同

心圆环状形状,中空刹车圆盘26底部有卡槽,内部包括有管状回路的中空刹车圆盘冷却管28,中空刹车圆盘冷却管28的循环管入口和出口分别位于中空刹车圆盘26的两侧。中空刹车圆盘冷却管26与循环降温泵相连接组成降温回路,循环液体由循环降温泵流出由循环管入口24进入循环管槽,经过循环管槽后从循环管出口返回循环降温泵,用来冷却中空刹车圆盘26。

[0047] 中空刹车圆盘26上还安装有第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27,用来检测中空刹车圆盘26与飞轮10之间的距离。以此判断中空刹车圆盘26是否与飞轮10摩擦制动;第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27中的温度传感器既可以检测中空刹车圆盘26的温度又可以检测飞轮10的温度。

[0048] 为防止刹车过程中,中空刹车圆盘26与飞轮10一起同轴转动,特安装径向扰动板25,径向扰动板25安装在中空刹车圆盘26的下部并与外壳固定,径向扰动板25与芯轴5轴向平行并与中空刹车圆盘26底部卡槽配合,使得在刹车过程中,径向扰动板25只允许中空刹车圆盘轴向移动,而防止其转动。

[0049] 中空柱塞式液压油缸22与油泵相连接,中空柱塞式液压油缸22推杆端与中空刹车圆盘26过盈配合并销连接;中空柱塞式液压油缸22底座端经垫块21与外壳固定连接。

[0050] 控制器与第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6、第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27、温度传感器13、油泵、循环加热泵和循环降温泵相连接,并对它们进行控制。

[0051] 下面对于本实施例中的飞轮储能系统的安全减速装置,在不同状态下不同的控制方法进行详细的说明,具体包括以下五种状态的控制方法:

[0052] 第一种,当开启飞轮储能系统,飞轮开始充电提速时,控制器控制循环加热泵与储油箱冷却/加热管12的回路连通,循环加热泵加热循环液体并使循环液体在储油箱冷却/加热管12中循环,目的在于提高锥轴承17附近温度,降低储液箱18内的润滑液体粘稠度,缩短飞轮提速时间;当温度传感器13检测到锥轴承17温度达到设定温度时,控制器控制循环加热泵保持当前循环液体的温度,当检测到飞轮转子速度达到设定速度时,控制器停止循环加热泵工作;此时,圆弧刹车块8和中空刹车圆盘26不需要进行任何操作,油压缸7和中空柱塞式液压油缸22的推杆都处于收回状态。

[0053] 第二种,当控制器接收到放电减速指令时,控制器控制循环降温泵以最大流量传送低温循环液体到轴承冷却管30,降低电机转子4在放电过程中因铜耗、磁滞损耗、涡流损耗以及摩擦损耗产生的热能保证飞轮10放电过程安全稳定;此时,圆弧刹车块8和中空刹车圆盘26不需要进行任何操作,油压缸7和中空柱塞式液压油缸22的推杆都处于收回状态。

[0054] 第三种,当在飞轮储能系统的充电提速、耗电怠速、放电减速等环节中因个别因素(包括但不限于真空度降低、机械摩擦、飞轮失稳等因素)导致系统必须紧急减速、急停时,控制器开启循环降温泵,使储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9和中空刹车圆盘冷却管28中的循环液体进行循环降温;同时控制器控制油泵输送正向高压液压油到油压缸7和中空柱塞式液压油缸22,油压缸7推动圆弧刹车块8接触飞轮10进行摩擦制动、中空柱塞式液压油缸22推动中空刹车圆盘26接触飞轮10进行摩擦制动;同时,第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6和第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27分别将圆弧刹车块8与飞轮10之间的距离、圆弧刹车块8的温度、中空刹车圆盘26与飞轮10之间的距离

和中空刹车圆盘26的温度反馈到控制器,控制器根据反馈量与液压油油压输出量对比进而控制油压泵的压力大小,储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9和中空刹车圆盘冷却管28中的循环液体的流速大小、以及循环降温泵的温度和流速。

[0055] 第四种,当速度传感器检测到飞轮转子10的速度为零时,控制器控制油压泵输送反向高压液压油到油压缸7和中空柱塞式液压油缸22,油压缸7收回与推杆相连接的圆弧刹车块8,中空柱塞式液压油缸22收回与推杆相连接的中空刹车圆盘26;同时根据第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6、第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27和温度传感器13检测到的温度,使用控制器判断检测到的温度是否达到设定温度值,当达到设定温度值就切断相应储油箱冷却/加热管12、轴承冷却管30、圆弧刹车块冷却管9或中空刹车圆盘冷却管28中循环液体与循环降温泵的循环。

[0056] 第五种,当控制器在刹车减速过程中接到取消指令时,控制器立即控制油压泵输送反向高压液压油到油压缸7和中空柱塞式液压油缸22,油压缸7收回与推杆相连接的圆弧刹车块7、中空柱塞式液压油缸22收回与推杆相连接的中空刹车圆盘26。同时控制器判断第一电磁涡流距离传感器与温度传感器6和第二电磁涡流距离传感器与温度传感器27检测到的温度是否达到设定温度值,当达到设定温度值时,就切断相应圆弧刹车块冷却管9或中空刹车圆盘冷却管28中循环液体与循环降温泵的循环。但此时需要保持轴承冷却管30和储油箱冷却/加热管12中循环液体的流动以继续降低飞轮芯轴5和锥轴承17的温度。

[0057] 本实施例中控制器可以采用单片机、PLC、DSP等具有计算、储存、判断而不限于此类的智能芯片;控制器内电路包括芯片、解码芯片、编码芯片、音乐芯片、语音芯片、语言芯片、或声音存储器芯片、或其它功能芯片中的一个或一个以上的芯片;

[0058] 综上所述对本专利的较佳实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域的普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本专利宗旨的前提下做出各种变化。

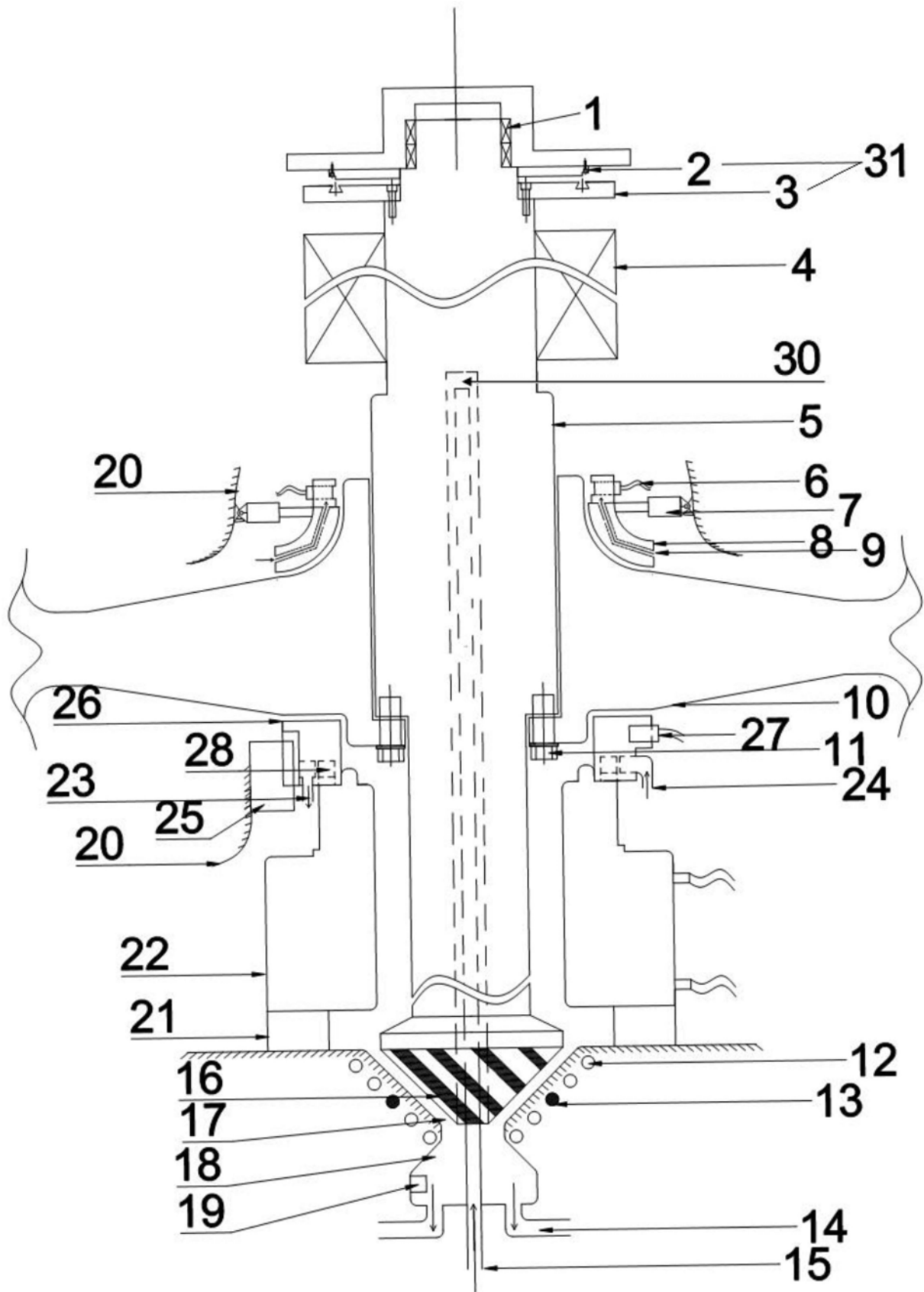


图1

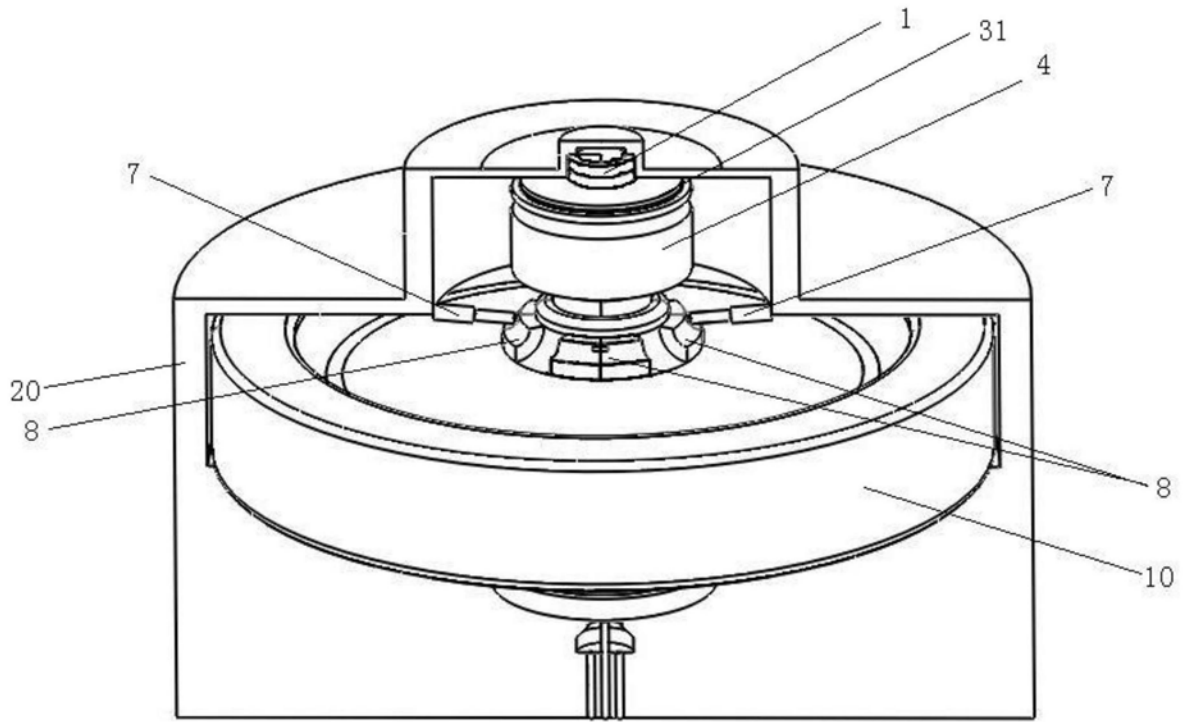


图2

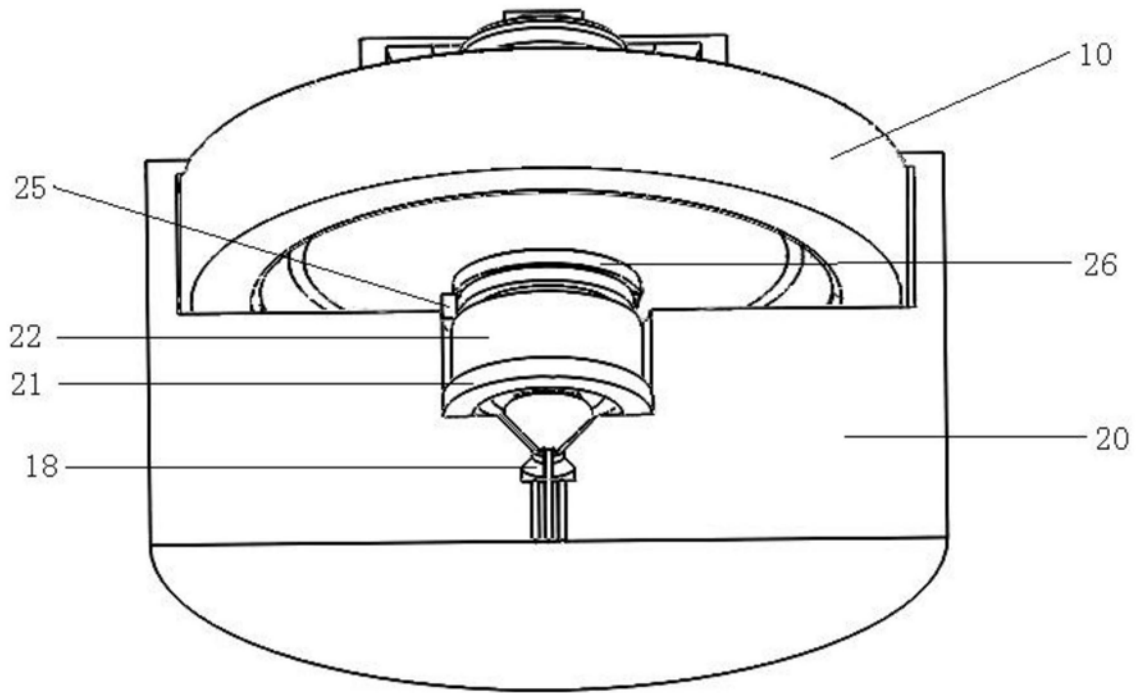


图3

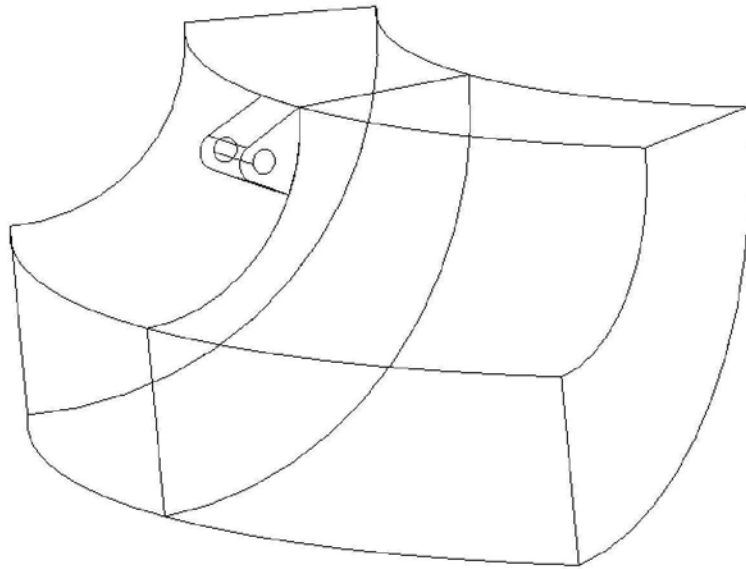


图4

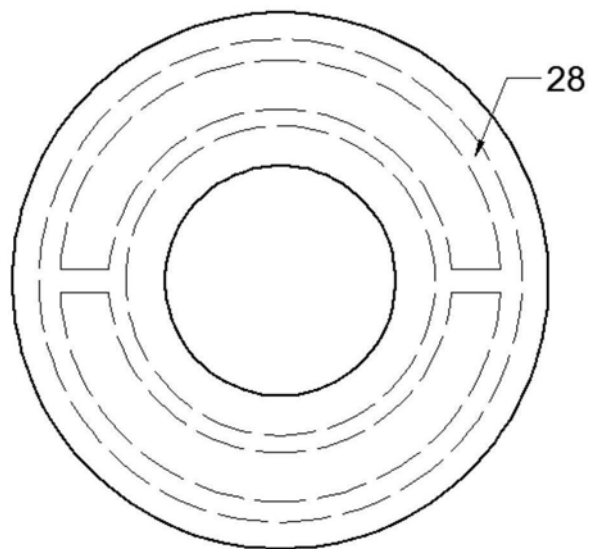


图5

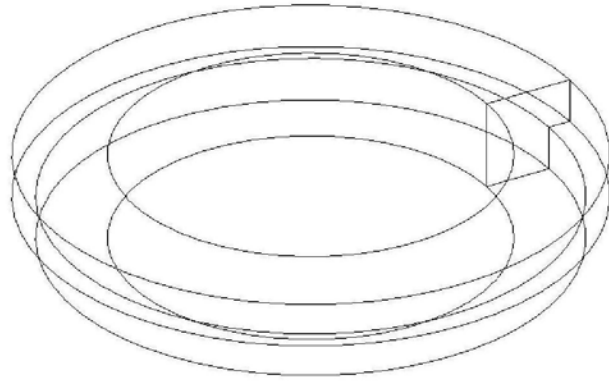


图6

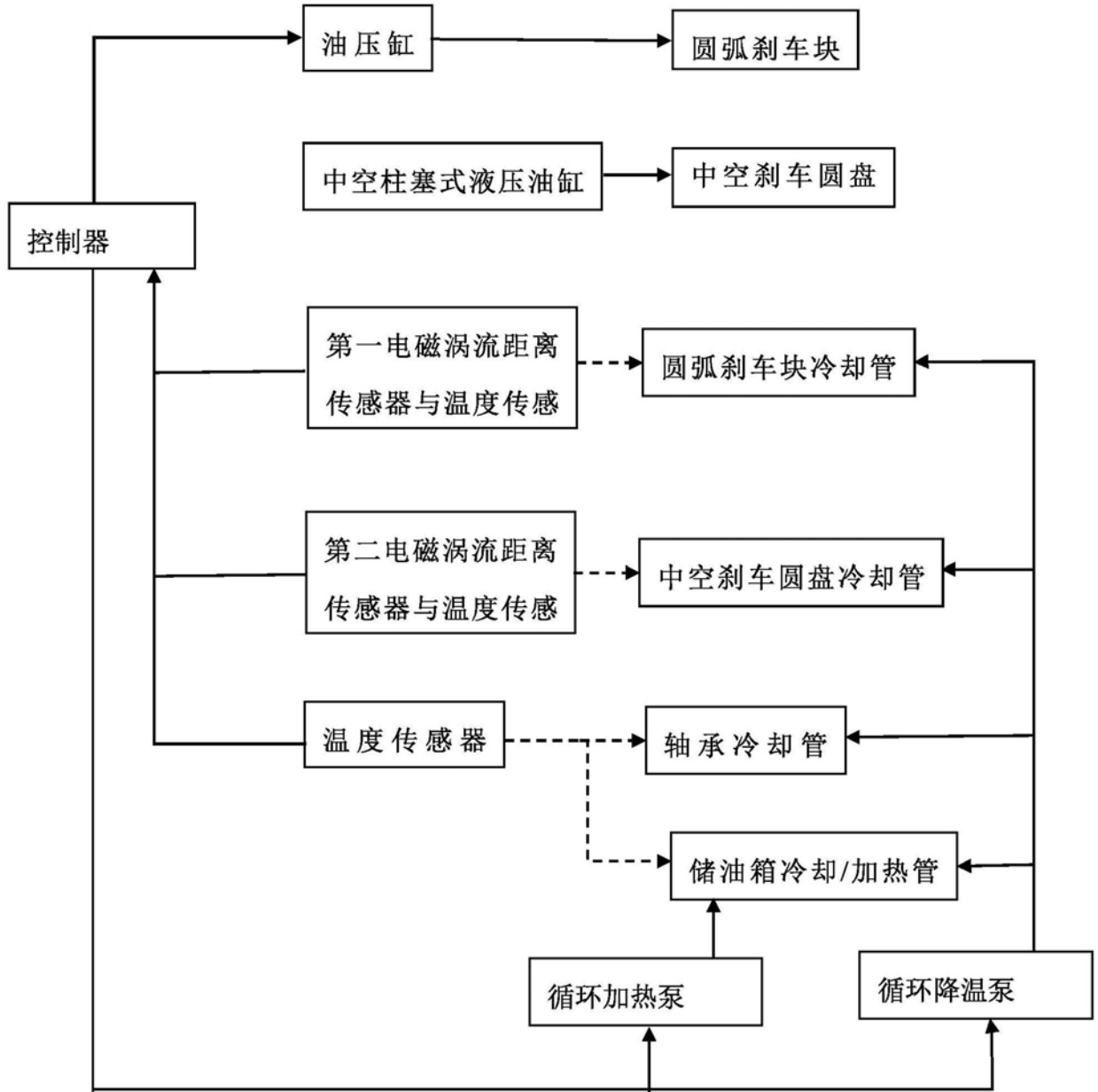


图7