



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114320786 B

(45) 授权公告日 2024.08.16

(21) 申请号 202111669327.4

F03D 9/25 (2016.01)

(22) 申请日 2021.12.30

F03D 80/00 (2016.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114320786 A

(56) 对比文件

CN 109539388 A, 2019.03.29

CN 202215442 U, 2012.05.09

(43) 申请公布日 2022.04.12

审查员 王静

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西  
大直街92号

专利权人 北京中科创值科技有限公司

(72) 发明人 张振寰 章林琪 袁远 钟向勋

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江联合专利商  
标代理有限公司 23213

专利代理师 孟宪会

(51) Int. Cl.

F03D 80/60 (2016.01)

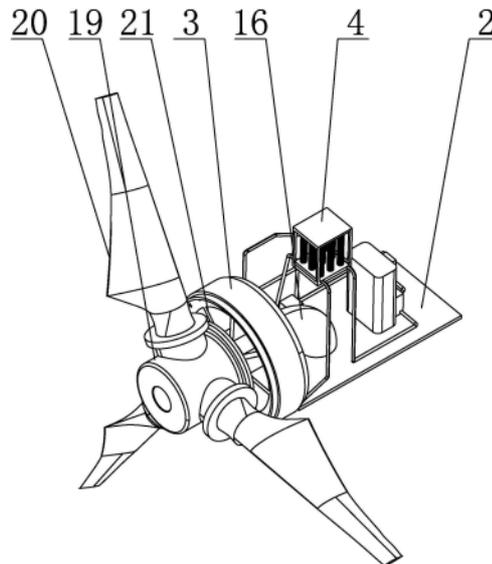
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

## (54) 发明名称

一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统

## (57) 摘要

一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,它涉及海上风力发电机技术领域。本发明解决了现有的高功率风力发电机存在易引起机舱温度升高,导致风机永磁体退磁以及发电机使用寿命和发电时间减少的问题。本发明将筒体机舱的冷却系统进行集成设计,针对10MW以上的大功率风力发电机组,提出采用热管式散热器进行冷却。通过直驱式永磁发电机定子、发电机冷却液泵、冷却液储藏罐、热管式散热器和连接管形成一条独立的第一冷却回路;控制柜冷却液泵、控制柜换热器、控制柜、冷却液储藏罐、热管式散热器和连接管形成另一条独立的第二冷却回路,最后热量由热管式散热器集中冷却。本发明用于对海上风力发电机组的直驱式永磁发电机以及控制柜进行集中冷却。



1. 一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,所述海上风力发电机组冷却系统包括发电机组本体,所述发电机组本体包括筒体机舱(1)、台架(2)和直驱式永磁发电机,直驱式永磁发电机包括直驱式永磁发电机定子(3),筒体机舱(1)水平设置,台架(2)水平设置在筒体机舱(1)内部,且台架(2)与筒体机舱(1)内壁固定连接,直驱式永磁发电机定子(3)同轴固定安装在筒体机舱(1)前端,直驱式永磁发电机定子(3)内部加工有定子冷却回路;

其特征在于:所述海上风力发电机组冷却系统还包括集成式水冷系统,集成式水冷系统包括热管式散热器(4)、第一回路冷却组件和第二回路冷却组件,热管式散热器(4)位于筒体机舱(1)外部,且热管式散热器(4)底端与筒体机舱(1)顶端固定连接;

第一回路冷却组件包括发电机冷却液泵(5)、冷却液储藏罐(6)和隔板(7),发电机冷却液泵(5)和冷却液储藏罐(6)均安装在台架(2)上端面,冷却液储藏罐(6)中部设置隔板(7),所述隔板(7)将冷却液储藏罐(6)分隔成独立的第一储液腔体和第二储液腔体,第一储液腔体通过连接管与发电机冷却液泵(5)连通,发电机冷却液泵(5)通过连接管与热管式散热器(4)底端过渡总管的第一冷却液进口连接,热管式散热器(4)底端过渡总管的第一冷却液出口通过连接管与定子冷却回路的冷却液进口连接,定子冷却回路的冷却液出口通过连接管与第一储液腔体连通;

第二回路冷却组件包括控制柜冷却液泵(8)、控制柜换热器(9)和控制柜(10),控制柜冷却液泵(8)、控制柜换热器(9)和控制柜(10)均安装在台架(2)上端面,第二储液腔体通过连接管与控制柜冷却液泵(8)连通,控制柜冷却液泵(8)通过连接管与控制柜换热器(9)进口连接,控制柜(10)内部加工有控制柜冷却回路,控制柜换热器(9)出口通过连接管与控制柜冷却回路的冷却液进口连接,控制柜冷却回路的冷却液出口通过连接管与热管式散热器(4)底端过渡总管的第二冷却液进口连接,热管式散热器(4)底端过渡总管的第二冷却液出口通过连接管与第二储液腔体连通。

2. 根据权利要求1所述的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,其特征在于:筒体机舱(1)顶端沿长度方向设有机舱凸台,所述热管式散热器(4)固定安装在机舱凸台上端面。

3. 根据权利要求1或2所述的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,其特征在于:热管式散热器(4)包括散热器本体和多个重力热管(11),散热器本体底端设有过渡总管,过渡总管上端面加工有多个与过渡总管连通的热管装配孔,多个重力热管(11)竖直设置在散热器本体上方,重力热管(11)由上至下依次为冷凝段、绝热段和蒸发段,重力热管(11)的蒸发段通过热管装配孔插装在过渡总管内部,重力热管(11)与过渡总管密封连接。

4. 根据权利要求3所述的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,其特征在于:重力热管(11)的冷凝段和绝热段外侧壁由上至下均匀设置有多个翅片(12)。

5. 根据权利要求4所述的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,其特征在于:散热器本体包括底座(13)、顶板(14)和四个支撑杆(15),底座(13)水平设置,顶板(14)水平设置在底座(13)正上方,顶板(14)与底座(13)之间通过四个竖直设置的支撑杆(15)固定连接,底座(13)内部加工有过渡总管,重力热管(11)顶端与顶板(14)固定连接,重力热管(11)底端与底座(13)固定连接。

6. 根据权利要求1或5所述的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,其特征在于:发电机组本体还包括机舱基座(16)和传动轴(17),直驱式永磁发电机还包括直驱式

永磁发电机转子(21),传动轴(17)同轴设置在圆管状的筒体机舱(1)前端,传动轴(17)后端与机舱基座(16)首端固定连接,机舱基座(16)末端固定安装在台架(2)上,直驱式永磁发电机转子(21)同轴固定套装在传动轴(17)上,直驱式永磁发电机定子(3)同轴套设在直驱式永磁发电机转子(21)外部。

7.根据权利要求6所述的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,其特征在于:机舱基座(16)为四分之一圆环形管状结构,机舱基座(16)首端与水平设置的传动轴(17)固定连接,机舱基座(16)末端与水平设置的台架(2)的上端面固定连接。

8.根据权利要求1或7所述的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,其特征在于:发电机组本体还包括机舱盖(18)、轮毂(19)和多个风机桨叶(20),轮毂(19)同轴固定套装在传动轴(17)上,轮毂(19)位于直驱式永磁发电机转子(21)前侧,机舱盖(18)为空心回转体结构,机舱盖(18)扣设在轮毂(19)上,机舱盖(18)上沿圆周方向均匀开设有多个桨叶安装孔,多个风机桨叶(20)沿圆周方向均匀设置在机舱盖(18)上,且多个风机桨叶(20)根部分别穿过机舱盖(18)的多个桨叶安装孔并与轮毂(19)固定连接。

9.根据权利要求8所述的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,其特征在于:直驱式永磁发电机转子(21)与直驱式永磁发电机定子(3)之间存在间隙。

10.根据权利要求9所述的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,其特征在于:直驱式永磁发电机转子(21)上带有成对设置的永磁体。

## 一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及海上风力发电机技术领域,具体涉及一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统。

### 背景技术

[0002] 随着化石能源的日益减少,风能作为太阳能的一种转换形式也越来越受到人们的重视。但是在中国的一些地区由于地理位置以及风力发电的电气限制,加上风力发电场附近的电力系统太弱,无法维持风力发电引起的动力波动,引入大量的陆地风电无法实现。为解决困难地区的电力需求,海上风电场开始被研究和开发。由于我国一年四季季风活跃,海上风能资源十分丰富,近海海域的年平均风速基本保持在7.0~8.5m/s之间,十分适合大规模海上风电开发。

[0003] 由于海上风力发电机在后期维护等方面较为困难,传统的双馈式风力发电机由于齿轮箱等结构的设计,不适合应用于海上风力发电机机组。直驱永磁式风力发电机与传统的双馈式风力发电机相比,改变了沉重的增速齿轮箱模式,永磁式风力发电机与叶轮轴直接相连,通过增加磁极对数从而使得电机的额定转速下降,无需增速齿轮箱,因此永磁式风力发电机可靠性远远高于双馈式风力发电机。在经过置于地面的大功率电力电子变换器后,将频率不定的交流电整流成直流电,再逆变成与电网同频率的交流电输出。

[0004] 对于风能的需求不断增大,导致风力发电机的单机容量逐步增大,未来将出现10MW以上的风力发电机组,机舱内永磁式风力发电机和控制柜等主要部件产生的热量也会大大增加。永磁式风力发电机永磁体材料一般采用稀土材料钕铁硼。当转子温度达到140°C时,永磁体会发生退磁现象;当转子温度超过100°C,永磁体磁力会慢慢降低。然而目前的海上风力发电机冷却方式仅能满足8MW以下的风力发电机冷却,不能满足未来新型大功率风力发电机的散热要求。

[0005] 热管式散热器是一种高效散热器。最常用的热管由密封管、吸液芯和蒸汽通道组成,吸液芯环绕在密封管的管壁上,吸液芯浸有能挥发的饱和液体。热管工作时由热管蒸发段吸收热源产生的热量,使其吸液芯中的液体汽化为蒸汽产生压差,受热蒸汽在压差作用下从蒸发段移动至冷凝段,当蒸汽把热量传给冷凝段后,蒸汽冷凝成液体,冷凝的液体在吸液芯的毛细管作用下回流至蒸发段,如此重复上述循环过程进行散热。

[0006] 带有吸液芯的无重力辅助低温热管利用液体低温工质对毛细芯浸润产生的毛细力作为热管的驱动力,使液态低温工质从热管的冷凝段回到蒸发段。但是当整个气体液体循环压力降与最大毛细压头达到平衡,只要稍许加大蒸发量或减少冷凝量,蒸发段即发生干涸和过热,我们把这种现象称为毛细力传热极限。毛细力传热极限往往在工作温度区域出现,因此需要避免热管的毛细力传热极限现象出现。

[0007] 热管式散热器具有很小的热阻。散热器的热阻是由材料的导热性和体积内的有效面积决定的,风冷的全铜或全铝散热器的热阻只能达到0.04°C/W。而热管式散热器可达到0.01°C/W。在相同的冷却条件下,热管式散热器比实体散热器的性能可提高十倍以上。但是

由于目前舱内发电机和控制变频器及周围部件结构复杂,两套独立的冷却系统也使得机舱内部空间狭小,而且由于风力发电机机组单机发电量普遍较小,热管式散热器一直并未作为风力发电机冷却系统的选择。目前仅在机舱盖外设置板翅式空气换热器,使热量排放至大气。

[0008] 综上所述,现有的高功率风力发电机存在易引起机舱温度升高,导致风机永磁体退磁以及发电机使用寿命和发电时间减少的问题。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的是为了解决现有的高功率风力发电机存在易引起机舱温度升高,导致风机永磁体退磁以及发电机使用寿命和发电时间减少的问题,进而提供一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统。

[0010] 本发明的技术方案是:

[0011] 一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,所述海上风力发电机组冷却系统包括发电机组本体,所述发电机组本体包括筒体机舱1、台架2和直驱式永磁发电机,直驱式永磁发电机包括直驱式永磁发电机定子3,筒体机舱1水平设置,台架2水平设置在筒体机舱1内部,且台架2与筒体机舱1内壁固定连接,直驱式永磁发电机定子3同轴固定安装在筒体机舱1前端,直驱式永磁发电机定子3内部加工有定子冷却回路;

[0012] 所述海上风力发电机组冷却系统还包括集成式水冷系统,集成式水冷系统包括热管式散热器4、第一回路冷却组件和第二回路冷却组件,热管式散热器4位于筒体机舱1外部,且热管式散热器4底端与筒体机舱1顶端固定连接;

[0013] 第一回路冷却组件包括发电机冷却液泵5、冷却液储藏罐6和隔板7,发电机冷却液泵5和冷却液储藏罐6均安装在台架2上端面,冷却液储藏罐6中部设置隔板7,所述隔板7将冷却液储藏罐6分隔成独立的第一储液腔体和第二储液腔体,第一储液腔体通过连接管与发电机冷却液泵5连通,发电机冷却液泵5通过连接管与热管式散热器4底端过渡总管的第一冷却液进口连接,热管式散热器4底端过渡总管的第一冷却液出口通过连接管与定子冷却回路的冷却液进口连接,定子冷却回路的冷却液出口通过连接管与第一储液腔体连通;

[0014] 第二回路冷却组件包括控制柜冷却液泵8、控制柜换热器9和控制柜10,控制柜冷却液泵8、控制柜换热器9和控制柜10均安装在台架2上端面,第二储液腔体通过连接管与控制柜冷却液泵8连通,控制柜冷却液泵8通过连接管与控制柜换热器9进口连接,控制柜10内部加工有控制柜冷却回路,控制柜换热器9出口通过连接管与控制柜冷却回路的冷却液进口连接,控制柜冷却回路的冷却液出口通过连接管与热管式散热器4底端过渡总管的第二冷却液进口连接,热管式散热器4底端过渡总管的第二冷却液出口通过连接管与第二储液腔体连通。

[0015] 进一步地,筒体机舱1顶端沿长度方向设有机舱凸台,所述热管式散热器4固定在机舱凸台上端面。

[0016] 进一步地,热管式散热器4包括散热器本体和多个重力热管11,散热器本体底端设有过渡总管,过渡总管上端面加工有多个与过渡总管连通的热管装配孔,多个重力热管11竖直设置在散热器本体上方,重力热管11由上至下依次为冷凝段、绝热段和蒸发段,重力热管11的蒸发段通过热管装配孔插装在过渡总管内部,重力热管11与过渡总管密封连接。

[0017] 进一步地,重力热管11的冷凝段和绝热段外侧壁由上至下均匀设置有多个翅片12。

[0018] 进一步地,散热器本体包括底座13、顶板14和四个支撑杆15,底座13水平设置,顶板14水平设置在底座13正上方,顶板14与底座13之间通过四个竖直设置的支撑杆15固定连接,底座13内部加工有过渡总管,重力热管11顶端与顶板14固定连接,重力热管11底端与底座13固定连接。

[0019] 进一步地,发电机组本体还包括机舱基座16和传动轴17,直驱式永磁发电机还包括直驱式永磁发电机转子21,传动轴17同轴设置在圆管状的筒体机舱1前端,传动轴17后端与机舱基座16首端固定连接,机舱基座16末端固定安装在台架2上,直驱式永磁发电机转子21同轴固定套装在传动轴17上,直驱式永磁发电机定子3同轴套设在直驱式永磁发电机转子21外部。

[0020] 进一步地,机舱基座16为四分之一圆环形管状结构,机舱基座16首端与水平设置的传动轴17固定连接,机舱基座16末端与水平设置的台架2的上端面固定连接。

[0021] 进一步地,发电机组本体还包括机舱盖18、轮毂19和多个风机桨叶20,轮毂19同轴固定套装在传动轴17上,轮毂19位于直驱式永磁发电机转子21前侧,机舱盖18为空心回转体结构,机舱盖18扣设在轮毂19上,机舱盖18上沿圆周方向均匀开设有多个桨叶安装孔,多个风机桨叶20沿圆周方向均匀设置在机舱盖18上,且多个风机桨叶20根部分别穿过机舱盖18的多个桨叶安装孔并与轮毂19固定连接。

[0022] 进一步地,直驱式永磁发电机转子21与直驱式永磁发电机定子3之间存在间隙。

[0023] 进一步地,直驱式永磁发电机转子21上带有成对设置的永磁体。

[0024] 本发明与现有技术相比具有以下效果:

[0025] 1、本发明的海上风力发电机外部设有冷却液进口和冷却液出口,通过直驱式永磁发电机定子3、发电机冷却液泵5、冷却液储藏罐6、热管式散热器4和连接管形成一条独立的第一冷却回路;控制柜冷却液泵8、控制柜换热器9、控制柜10、冷却液储藏罐6、热管式散热器4和连接管形成另一条独立的第二冷却回路,最后热量由热管式散热器4集中冷却。

[0026] 2、本发明采用两条冷却回路进行热管式散热器4集中冷却,取代了传统的两套冷却系统独立冷却,集成式水冷系统使得海上风力发电机组冷却系统不仅实现了舱内结构简单紧凑,便于舱内设备的安装和维护,同时还降低了冷却系统的热阻,提升了系统散热效率。

[0027] 3、本发明选择热管式散热器4取代传统板式空气换热器,提高了冷却系统散热效率,解决了大功率风力发电机组机舱内温度过高而引起的使用寿命短的问题。

[0028] 4、本发明的重力热管11内部采用空腔结构,在重力热管11的蒸发段填充氨作为制冷工质,当工质在蒸发段吸收热量后,液态工质汽化为蒸汽,蒸汽工质在压差的作用下向重力热管11的冷凝段传热,在重力热管11的冷凝段放热冷凝为液态工质,液态工质依靠自身重力回流到蒸发段,不存在毛细力传热极限,如此进行热量循环。热管式散热器4的引入使得风机发电散热部分不再需要外加电源,重力热管11受热自发进行散热循环,随着风力发电机目前逐渐量化生产,热管式散热器4的引入可以解决很大一部分能源;热管式散热器4体积小,重量轻可以节省空间;由于工质散热循环过程均在封闭的重力热管11内进行,不污染环境且运行安全可靠,工作时不需要专门维护;由于重力热管11自身热阻较小,使得风机

散热模块热响应速度快,具有很高的散热效率。

[0029] 5、外部热管式散热器4对两条冷却管路进行集中冷却,无需其他散热设备,集成设计使冷却系统结构简单紧凑,便于风机机组的安装和维护,同时冷却系统热阻减小,增加了系统散热效率。

[0030] 6、本发明将筒体机舱1的冷却系统进行集成设计,针对10MW以上的大功率风力发电机组,提出采用热管式散热器4进行冷却。热管式散热器4安装重力热管11,采用重力热管11使热管式散热器4的散热效率不受天气季节等因素的影响。

[0031] 7、本发明的采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统具有体积小,成本低,重量轻,结构紧凑,无污染,可靠性好,散热效率高,便于安装和维护等优点,还可以避免高功率风力发电机永磁体退磁等问题,延长了风机使用寿命和发电时间。

[0032] 8、本发明的筒体机舱1、机舱盖18、重力热管11以及翅片12的外表面均设有防腐涂层,所述防腐涂层的材料为高固体分环氧涂料,高固体分环氧涂料具有较好的防腐蚀性,通过在翅片和塔筒外部均匀设置防腐涂层,能够有效地解决海上风力发电机生锈的问题。

## 附图说明

[0033] 图1是本发明的采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统的轴测图;

[0034] 图2是本发明的采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统的结构示意图;

[0035] 图3是图2在A处的局部放大图;

[0036] 图4是本发明去掉筒体机舱1和机舱盖后的轴测图;

[0037] 图5是本发明去掉筒体机舱1和机舱盖后的结构示意图;

[0038] 图6是本发明的采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统的内部结构图;

[0039] 图7是本发明的热管式散热器的轴测图;

[0040] 图8是本发明的热管式散热器的工作示意图。

[0041] 图中:1-筒体机舱;2-台架;3-直驱式永磁发电机定子;4-热管式散热器;5-发电机冷却液泵;6-冷却液储藏罐;7-隔板;8-控制柜冷却液泵;9-控制柜换热器;10-控制柜;11-重力热管;12-翅片;13-底座;14-顶板;15-支撑杆;16-机舱基座;17-传动轴;18-机舱盖;19-轮毂;20-风机桨叶;21-直驱式永磁发电机转子。

## 具体实施方式

[0042] 具体实施方式一:结合图1至图8说明本实施方式,本实施方式的一种采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统,所述海上风力发电机组冷却系统包括发电机组本体,所述发电机组本体包括筒体机舱1、台架2和直驱式永磁发电机,直驱式永磁发电机包括直驱式永磁发电机定子3,筒体机舱1水平设置,台架2水平设置在筒体机舱1内部,且台架2与筒体机舱1内壁固定连接,直驱式永磁发电机定子3同轴固定安装在筒体机舱1前端,直驱式永磁发电机定子3内部加工有定子冷却回路;

[0043] 所述海上风力发电机组冷却系统还包括集成式水冷系统,集成式水冷系统包括热管式散热器4、第一回路冷却组件和第二回路冷却组件,热管式散热器4位于筒体机舱1外部,且热管式散热器4底端与筒体机舱1顶端固定连接;

[0044] 第一回路冷却组件包括发电机冷却液泵5、冷却液储藏罐6和隔板7,发电机冷却液

泵5和冷却液储藏罐6均安装在台架2上端面,冷却液储藏罐6中部设置隔板7,所述隔板7将冷却液储藏罐6分隔成独立的第一储液腔体和第二储液腔体,第一储液腔体通过连接管与发电机冷却液泵5连通,发电机冷却液泵5通过连接管与热管式散热器4底端过渡总管的第一冷却液进口连接,热管式散热器4底端过渡总管的第一冷却液出口通过连接管与定子冷却回路的冷却液进口连接,定子冷却回路的冷却液出口通过连接管与第一储液腔体连通;

[0045] 第二回路冷却组件包括控制柜冷却液泵8、控制柜换热器9和控制柜10,控制柜冷却液泵8、控制柜换热器9和控制柜10均安装在台架2上端面,第二储液腔体通过连接管与控制柜冷却液泵8连通,控制柜冷却液泵8通过连接管与控制柜换热器9进口连接,控制柜10内部加工有控制柜冷却回路,控制柜换热器9出口通过连接管与控制柜冷却回路的冷却液进口连接,控制柜冷却回路的冷却液出口通过连接管与热管式散热器4底端过渡总管的第二冷却液进口连接,热管式散热器4底端过渡总管的第二冷却液出口通过连接管与第二储液腔体连通。

[0046] 具体实施方式二:结合图1和图2说明本实施方式,本实施方式的筒体机舱1顶端沿长度方向设有机舱凸台,所述热管式散热器4固定安装在机舱凸台上端面。如此设置,为了增大筒体机舱1内部空间,热管式散热器4被安装在筒体机舱1上方。其它组成和连接关系与具体实施方式一相同。

[0047] 具体实施方式三:结合图2和图3说明本实施方式,本实施方式的热管式散热器4包括散热器本体和多个重力热管11,散热器本体底端设有过渡总管,过渡总管上端面加工有多个与过渡总管连通的热管装配孔,多个重力热管11竖直设置在散热器本体上方,重力热管11由上至下依次为冷凝段、绝热段和蒸发段,重力热管11的蒸发段通过热管装配孔插装在过渡总管内部,重力热管11与过渡总管密封连接。如此设置,为使得外部热管式散热器4散热效率不受季节和天气的影响,选择安装重力热管11,重力热管11的蒸发段与冷却液直接接触。一般的热管式散热器由于热管管内放置吸液芯,容易出现毛细力传热极限的现象。为使热管式散热器的散热效率不受季节天气等外在因素影响,一直保持很高的散热效率,本发明在热管式散热器4上安装重力热管11。其它组成和连接关系与具体实施方式一或二相同。

[0048] 本实施方式的重力热管11内部采用空腔结构,在重力热管11的蒸发段填充氨作为制冷工质,当工质在蒸发段吸收热量后,液态工质汽化为蒸汽,蒸汽工质在压差的作用下向重力热管11的冷凝段传热,在重力热管11的冷凝段放热冷凝为液态工质,液态工质依靠自身重力回流到蒸发段,不存在毛细力传热极限,如此进行热量循环。

[0049] 具体实施方式四:结合图2和图3说明本实施方式,本实施方式的重力热管11的冷凝段和绝热段外侧壁由上至下均匀设置多个翅片12。其它组成和连接关系与具体实施方式一、二或三相同。

[0050] 本实施方式的外部热管式散热器4将重力热管11蒸发段与热流工质接触,重力热管11工质选择氨。冷却液选择50%乙二醇水溶液,与水相比乙二醇水溶液具有更好的防冻特性,且通过添加稳定剂、防腐剂等方式,可使其换热性能与水相当。根据技术要求,冬季环境的最低温度为-35℃,50%的乙二醇水溶液能够满足使用要求。50%乙二醇水溶液换热系数较大,可以高效地进行热量交换,重力热管11绝热段的长度根据实际需求而定,冷凝段处于外界环境中,与空气进行对流换热,由于空气换热系数较小,因此在重力热管11冷凝段外

侧加装翅片12以便于强化换热。在使用过程中热管式散热器4的重力热管11排布和数量根据舱内实际传热量布置。

[0051] 具体实施方式五:结合图2和图3说明本实施方式,本实施方式的散热器本体包括底座13、顶板14和四个支撑杆15,底座13水平设置,顶板14水平设置在底座13正上方,顶板14与底座13之间通过四个竖直设置的支撑杆15固定连接,底座13内部加工有过渡总管,重力热管11顶端与顶板14固定连接,重力热管11底端与底座13固定连接。其它组成和连接关系与具体实施方式一、二、三或四相同。

[0052] 具体实施方式六:结合图4至图6说明本实施方式,本实施方式的发电机组本体还包括机舱基座16和传动轴17,直驱式永磁发电机还包括直驱式永磁发电机转子21,传动轴17同轴设置在圆管状的筒体机舱1前端,传动轴17后端与机舱基座16首端固定连接,机舱基座16末端固定安装在台架2上,直驱式永磁发电机转子21同轴固定套装在传动轴17上,直驱式永磁发电机定子3同轴套设在直驱式永磁发电机转子21外部。其它组成和连接关系与具体实施方式一、二、三、四或五相同。

[0053] 具体实施方式七:结合图4至图6说明本实施方式,本实施方式的机舱基座16为四分之一圆环形管状结构,机舱基座16首端与水平设置的传动轴17固定连接,机舱基座16末端与水平设置的台架2的上端面固定连接。其它组成和连接关系与具体实施方式一、二、三、四、五或六相同。

[0054] 具体实施方式八:结合图1、图2、图4、图5和图6说明本实施方式,本实施方式的发电机组本体还包括机舱盖18、轮毂19和多个风机桨叶20,轮毂19同轴固定套装在传动轴17上,轮毂19位于直驱式永磁发电机转子21前侧,机舱盖18为空心回转体结构,机舱盖18扣设在轮毂19上,机舱盖18上沿圆周方向均匀开设有多个桨叶安装孔,多个风机桨叶20沿圆周方向均匀设置在机舱盖18上,且多个风机桨叶20根部分别穿过机舱盖18的多个桨叶安装孔并与轮毂19固定连接。如此设置,直驱式永磁发电机利用多极发电机与风机桨叶20进行驱动的方式,风力带动风机桨叶20旋转,拖动直驱式永磁发电机转子21旋转。其它组成和连接关系与具体实施方式一、二、三、四、五、六或七相同。

[0055] 具体实施方式九:结合图4至图6说明本实施方式,本实施方式的直驱式永磁发电机转子21与直驱式永磁发电机定子3之间存在间隙。其它组成和连接关系与具体实施方式一、二、三、四、五、六、七或八相同。

[0056] 具体实施方式十:结合图4至图6说明本实施方式,本实施方式的直驱式永磁发电机转子21上带有成对设置的永磁体。如此设置,直驱式永磁发电机转子21上带有成对设置的永磁体,闭合回路中的直驱式永磁发电机定子3在变化的磁场中,闭合电路的磁通量发生变化,产生感应电流,实现发电。其它组成和连接关系与具体实施方式的一、二、三、四、五、六、七、八或九相同。

[0057] 工作原理

[0058] 结合图1至图8说明本发明的采用热管冷却的海上风力发电机组冷却系统的工作原理:

[0059] 直驱式永磁发电机利用多极发电机与风机桨叶20进行驱动的方式,风力带动风机桨叶20旋转,拖动直驱式永磁发电机转子21旋转,直驱式永磁发电机转子21上带有成对设置的永磁体,闭合回路中的直驱式永磁发电机定子3在变化的磁场中,闭合电路的磁通量发

生变化,产生感应电流,实现发电。

[0060] 直驱式永磁发电机定子3在工作过程中会产生大量热量,通过直驱式永磁发电机定子3、发电机冷却液泵5、冷却液储藏罐6、热管式散热器4和连接管形成一条独立的第一冷却回路,冷却液吸收热量后在发电机冷却液泵5的驱动下,被加热的冷却液进入热管式散热器4的过渡总管,重力热管11的蒸发段与被加热的冷却液直接接触,重力热管11蒸发段内液态工质受热气化为液态蒸汽流行冷凝段,后由翅片12将热量散发到大气中,重力热管11内蒸汽在冷凝段预冷冷凝,在重力作用下回流到蒸发段,完成一次散热循环,如此往复。控制柜冷却液泵8、控制柜换热器9、控制柜10、冷却液储藏罐6、热管式散热器4和连接管形成另一条独立的第二冷却回路,最后热量由热管式散热器4冷却。

[0061] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

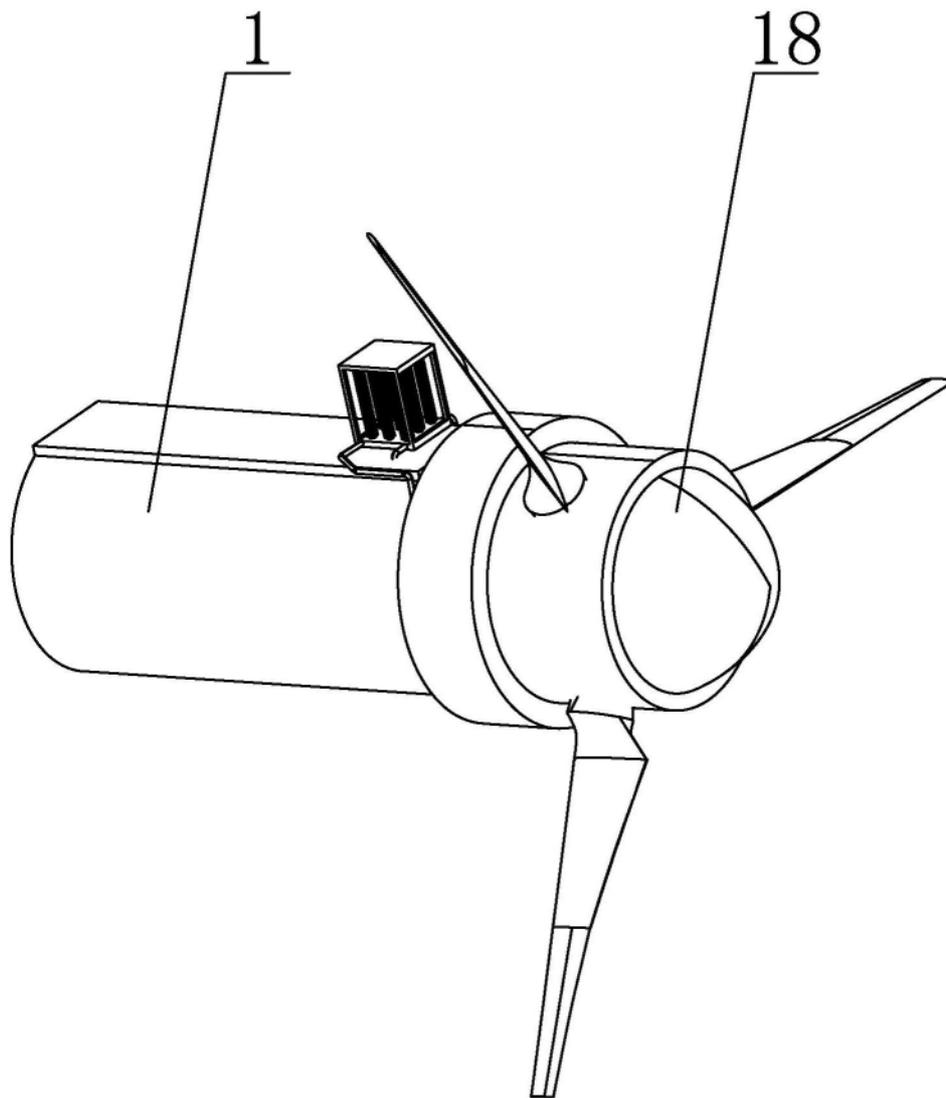


图1

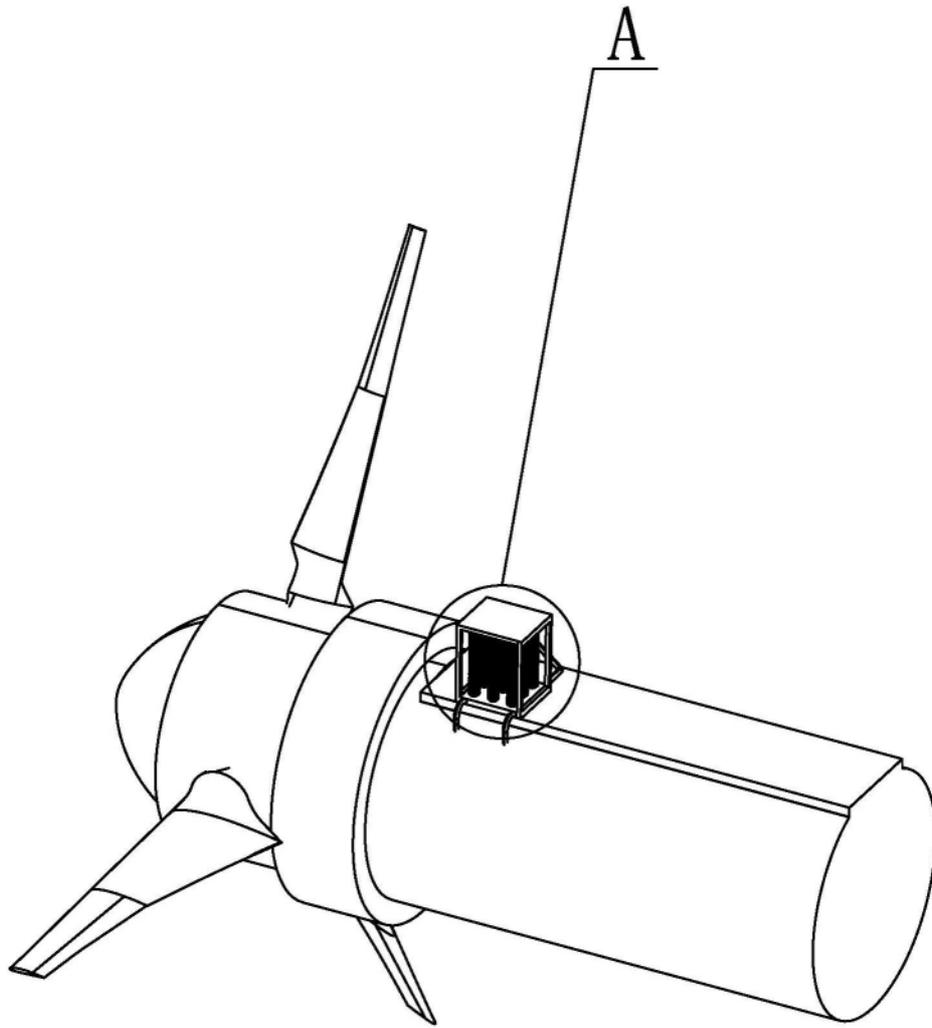


图2

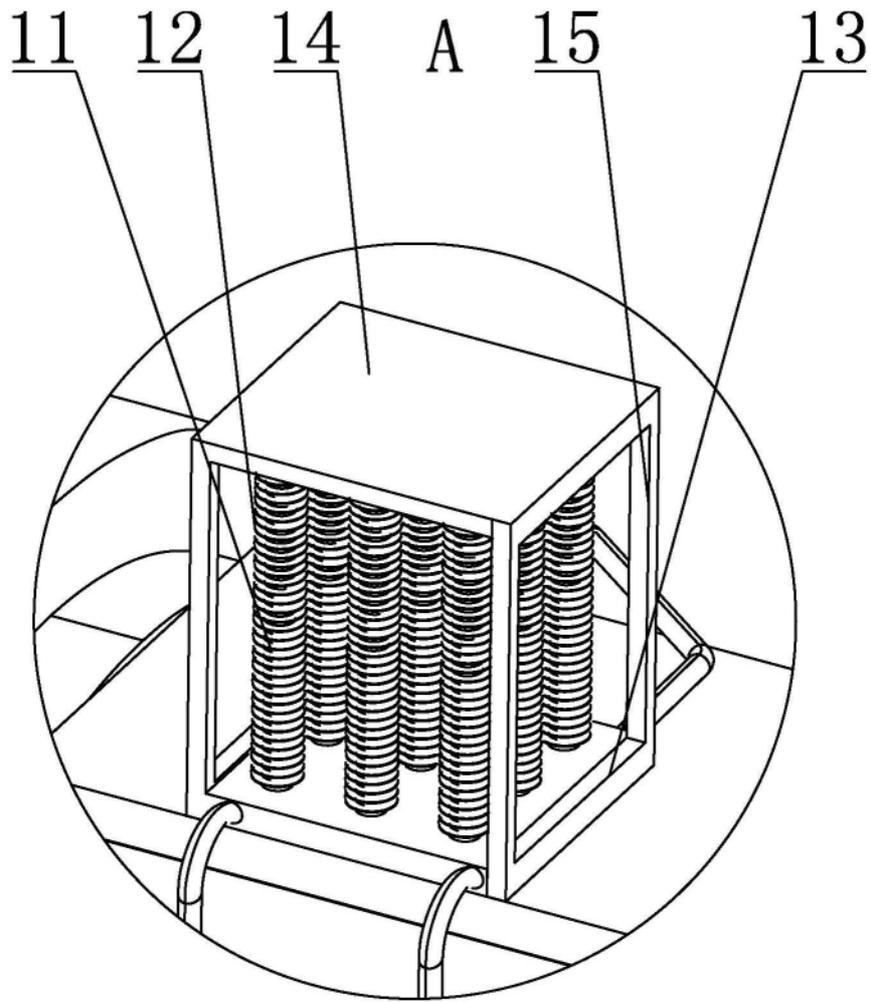


图3

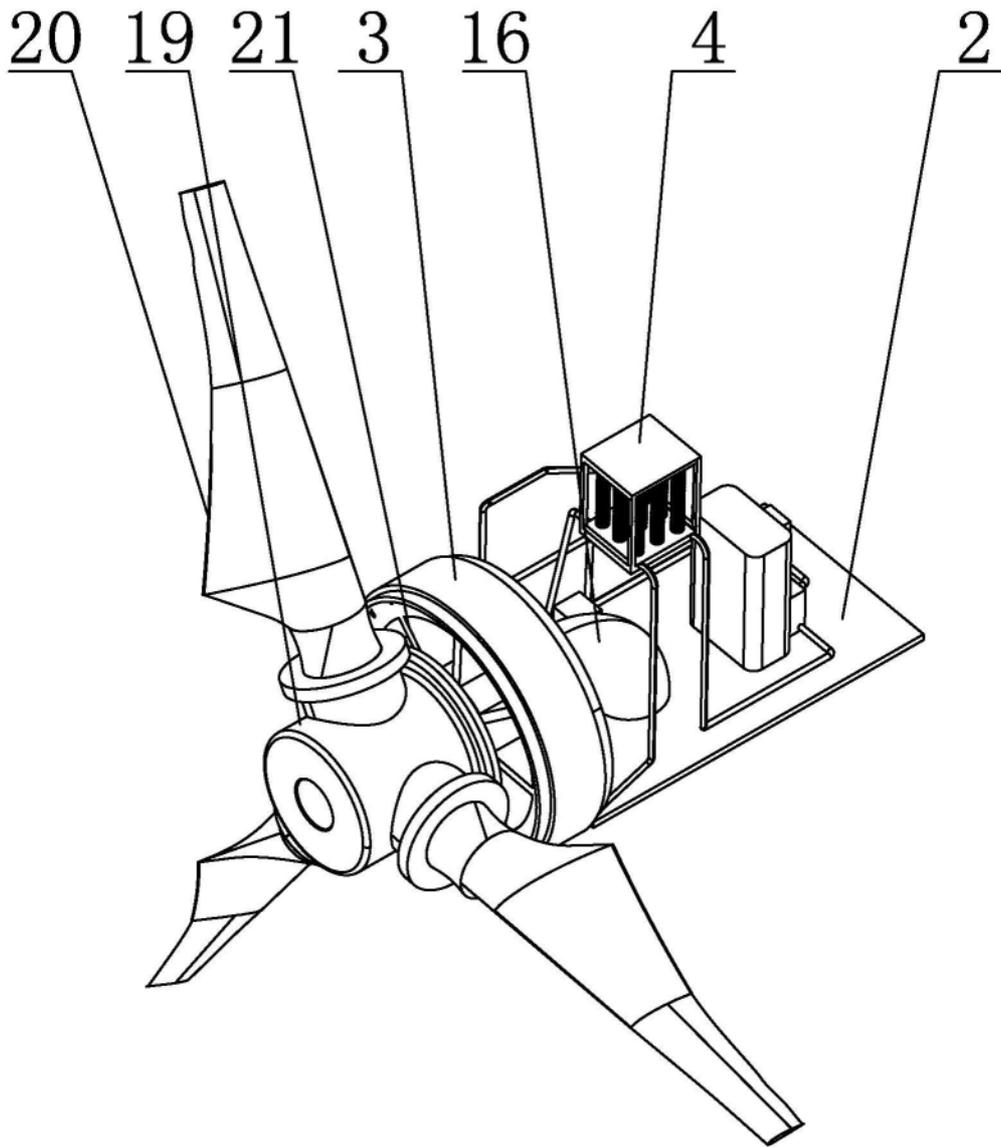


图4

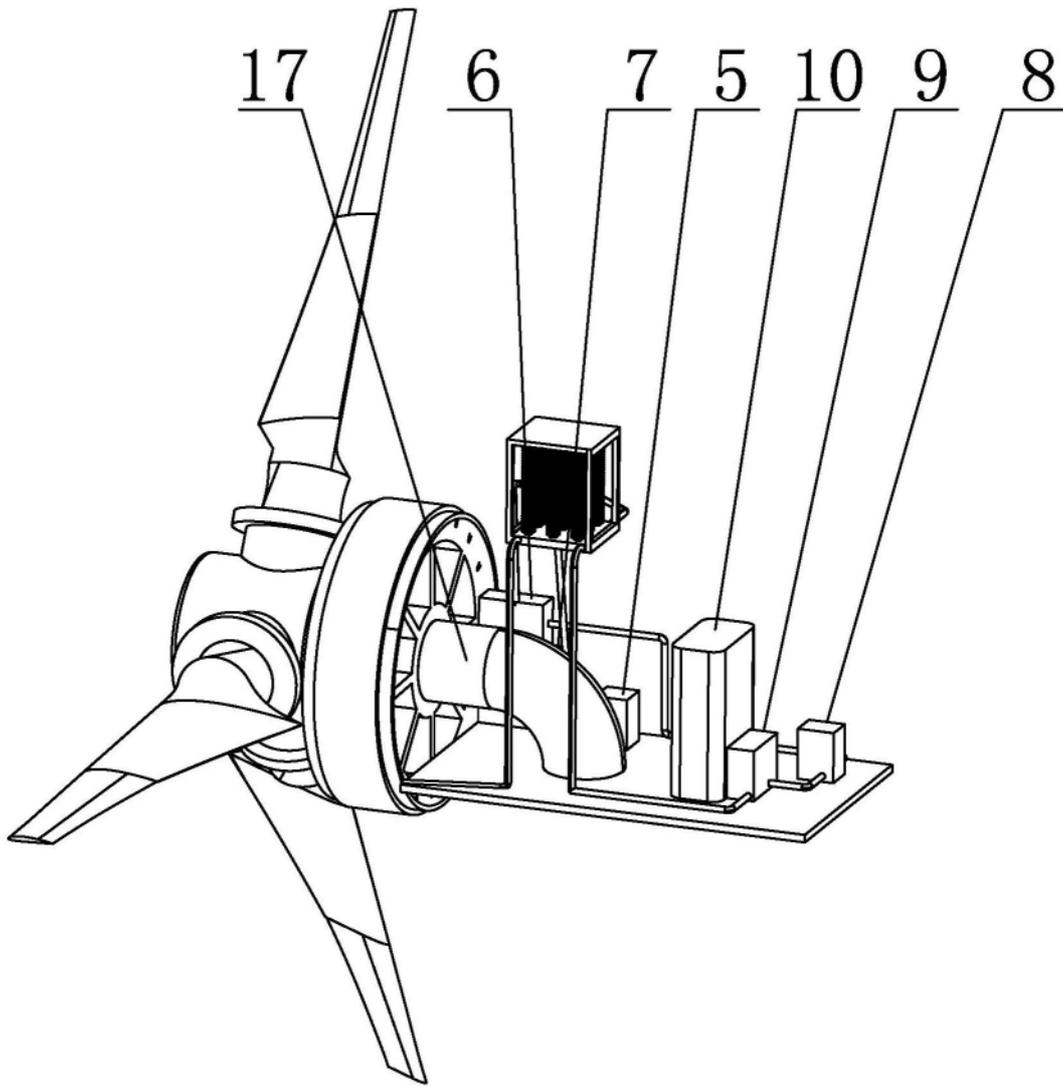


图5

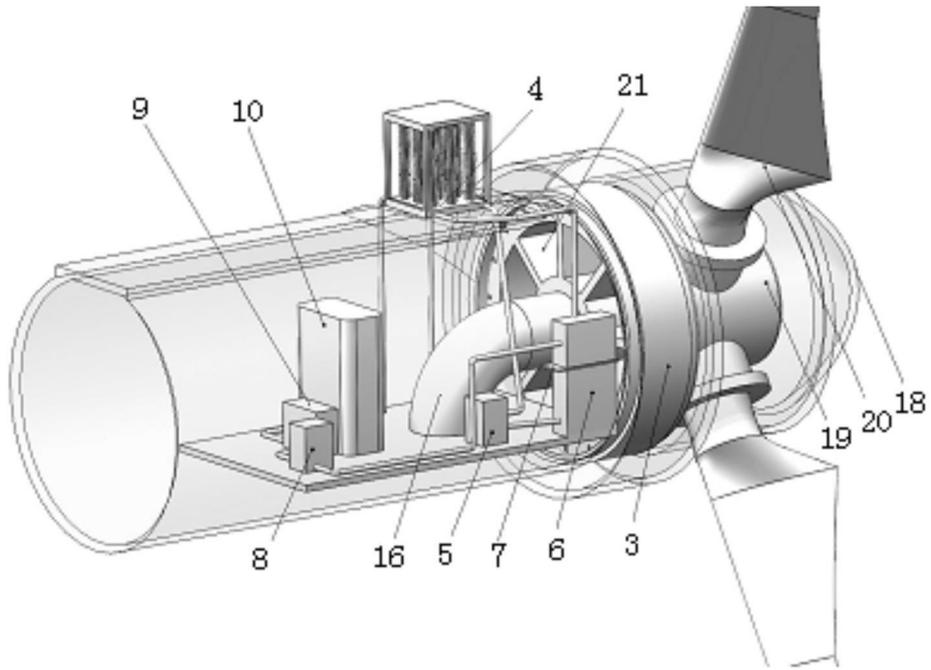


图6

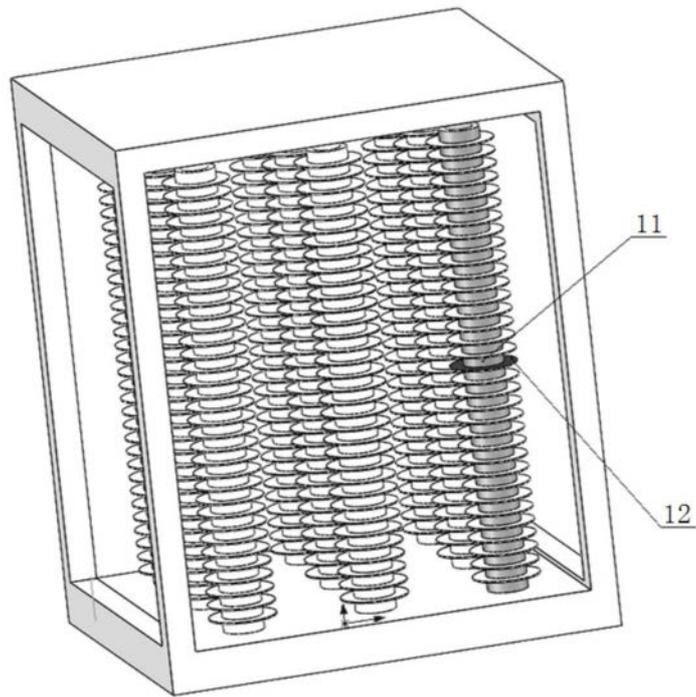


图7

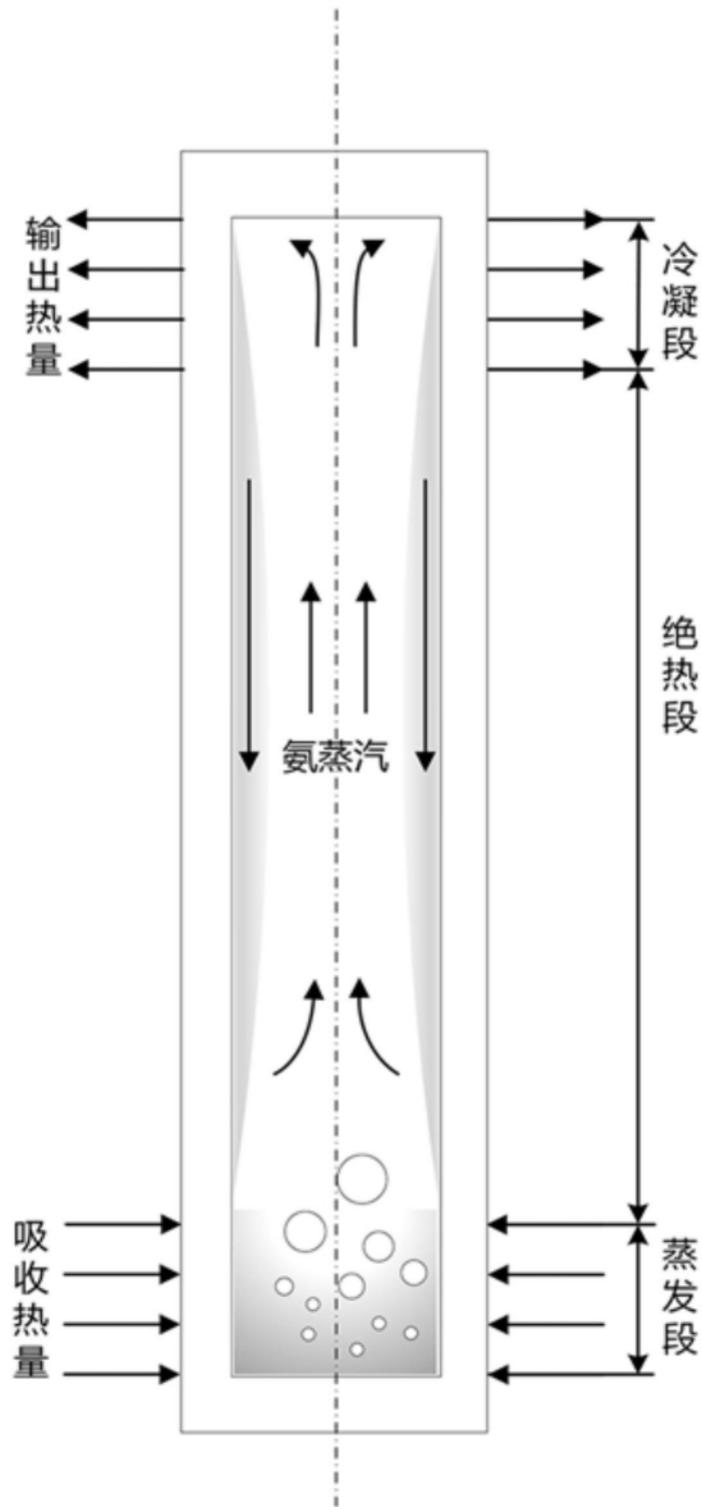


图8