



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109826764 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201910188273.6

F03D 80/70(2016.01)

(22)申请日 2019.03.13

F03D 9/25(2016.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 杜美璐

申请公布号 CN 109826764 A

(43)申请公布日 2019.05.31

(73)专利权人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

专利权人 上海电气风电集团股份有限公司

(72)发明人 吴立建 闻汇 杨飞 施杨 许爽

方攸同

(74)专利代理机构 上海弼兴律师事务所 31283

代理人 薛琦 杨东明

(51)Int.Cl.

F03D 80/60(2016.01)

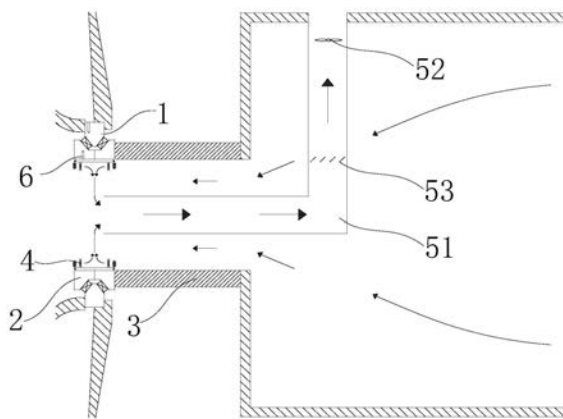
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

轴承冷却装置及包括其的风力发电机

(57)摘要

本发明提供一种轴承冷却装置及包括其的风力发电机,其应用于轴承系统,所述轴承系统包括轴承外圈,轴承内圈和固定轴,所述轴承外圈位于所述轴承内圈的径向外侧,所述固定轴连接于所述轴承内圈的轴向侧面,所述轴承冷却装置包括主动冷却系统,所述主动冷却系统包括风冷装置和热管模组,所述风冷装置用于冷却所述轴承内圈的内侧表面或所述固定轴的内侧表面,所述热管模组用于增大所述轴承内圈或所述固定轴的有效散热面积。该轴承冷却装置及包括其的风力发电机通过风冷装置和热管模组共同作用,加强了轴承系统的冷却效率,克服传统空冷方式冷却效率较低的缺陷,且均匀分布的热管模组可降低轴承周向温度梯度,进一步提升轴承性能,增加轴承寿命。



1. 一种轴承冷却装置,其应用于轴承系统,所述轴承系统包括轴承外圈,轴承内圈和固定轴,所述轴承外圈位于所述轴承内圈的径向外侧,所述固定轴连接于所述轴承内圈的轴向侧面,其特征在于,所述轴承冷却装置包括主动冷却系统,所述主动冷却系统包括:

风冷装置,所述风冷装置设置有至少一个开口,所述开口位于所述轴承内圈的内侧空间或所述固定轴的内侧空间,用于冷却所述轴承内圈的内侧表面或所述固定轴的内侧表面;

热管模组,所述热管模组位于所述轴承内圈的内侧表面和/或所述固定轴的内侧表面,用于增大所述轴承内圈或所述固定轴的有效散热面积;

每个所述热管模组包括基板、热管和翅片,所述基板的底面与所述轴承内圈的内侧表面或所述固定轴的内侧表面连接,所述热管的一端接合于所述基板的表面,所述热管的另一端设置有所述翅片;

所述热管模组还包括第一风扇装置,所述第一风扇装置位于所述基板的内表面,所述第一风扇装置包括固定盖板和风扇主体,所述风扇主体位于所述固定盖板上,所述固定盖板用于与所述基板配合固定所述热管,所述风扇主体用于增强所述翅片的对流换热。

2. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述基板的底面为弧面,所述弧面与所述轴承内圈的内侧表面弧度或与所述固定轴的内侧表面弧度相匹配。

3. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述基板上设置有若干开孔,所述开孔用于连接所述基板与所述轴承内圈或所述固定轴。

4. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述基板的一侧表面上设置有至少一个凹槽,所述凹槽用于放置所述热管的一端,或所述基板的端部设置有至少一个开孔,所述开孔用于放置所述热管的一端。

5. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述热管包括蒸发段、冷凝段和绝热段,所述蒸发段和所述冷凝段分别位于所述热管的两端,所述绝热段位于所述热管的中部。

6. 如权利要求5所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述蒸发段设置于所述基板的凹槽或开孔内,所述冷凝段上设置有若干所述翅片。

7. 如权利要求5所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述蒸发段至少有一部分沿所述轴承内圈的轴向方向延伸,所述冷凝段至少有一部分沿与所述轴向方向垂直的方向延伸。

8. 如权利要求5所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述热管具有弯折部分,所述弯折部分位于所述绝热段上。

9. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述基板与所述翅片的材质均为金属。

10. 如权利要求5所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述固定盖板的相对于所述基板的底面上设置有至少一个凹槽,所述凹槽用于与所述热管的蒸发段贴合,所述固定盖板上设置有若干开孔,所述开孔用于连接所述固定盖板与所述基板。

11. 如权利要求5所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述风扇主体设置于所述翅片的附近,用于加快空气经过若干所述翅片之间的空隙的流速。

12. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述热管模组包括至少一个所述基板和至少一个所述热管。

13. 如权利要求12所述的轴承冷却装置,其特征在于,若干所述热管模组沿周向排布在所述轴承内圈的内侧表面上;

和/或,若干所述热管模组沿周向排布在所述固定轴的内侧表面上。

14. 如权利要求5所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述基板与所述轴承内圈或所述固定轴的内侧表面之间填充有热界面材料,所述蒸发段与所述基板的凹槽之间填充有热界面材料。

15. 如权利要求5所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述蒸发段与所述固定盖板的凹槽之间填充有热界面材料,所述基板与所述固定盖板之间填充有热界面材料。

16. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述风冷装置为开式空冷系统,所述开式空冷系统包括吸风管路、第二风扇装置和风量调节装置,所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间的空气与机舱内的空气连通,所述吸风管路的一端与外界空气连通,另一端与所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间连通;

所述第二风扇装置设置于所述吸风管路上,用于将所述轴承内圈和所述固定轴的内侧表面附近的空气通过所述吸风管路抽送至外界;

所述风量调节装置设置于所述吸风管路上,所述风量调节装置用于调节通过所述吸风管路的空气流量。

17. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述风冷装置为开式空冷系统,所述开式空冷系统包括吸风管路、进风管路、第二风扇装置、第三风扇装置、风量调节装置和隔离装置,所述吸风管路的一端与外界空气连通,另一端与所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间连通;

所述进风管路的一端与外界空气连通,另一端与所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间连通;

所述第二风扇装置设置于所述吸风管路上,用于将所述轴承内圈和所述固定轴的内侧表面附近的空气通过所述吸风管路抽送至外界;

所述风量调节装置设置于所述吸风管路上,所述风量调节装置用于调节通过所述吸风管路的空气流量;

所述第三风扇装置设置于所述进风管路上,用于将外界空气引入至所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间;

所述隔离装置设置于所述固定轴的内侧,用于阻隔机舱的内部空间与所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间之间的空气流动,所述吸风管路和所述进风管路穿过所述隔离装置,所述吸风管路和所述进风管路与所述隔离装置之间为密封状态。

18. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述风冷装置为循环空冷系统,所述循环空冷系统包括循环空气管路、第二风扇装置、隔离装置和内部热交换器,所述循环空气管路的两端均连通于所述轴承内圈的内侧空间和所述固定轴的内侧空间,所述循环空气管路的两端位于不同的轴向位置,所述循环空气管路与所述轴承内圈的内侧空间和所述固定轴的内侧空间形成一个空气循环空间;

所述第二风扇装置设置于所述循环空气管路上,用于驱动空气在所述循环空气管路内、所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间之间的循环流动;

所述隔离装置设置于所述固定轴的内侧,用于隔离机舱的内部空间与所述轴承内圈和

所述固定轴的内侧空间之间的空气流动,所述循环空气管路穿过所述隔离装置,所述循环空气管路与所述隔离装置之间为密封状态;

所述内部热交换器设置于所述循环空气管路上,所述内部热交换器位于机舱内部,用于耗散所述循环空气管路内空气的热量。

19. 如权利要求18所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述内部热交换器为空水热交换器,所述空水热交换器的气侧与所述循环空气管路连通。

20. 如权利要求18所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述风冷装置还包括液冷循环系统,所述液冷循环系统包括冷却液管路、冷却泵、旁通阀、内部热交换器和外部热交换器,所述冷却泵、旁通阀、内部热交换器和外部热交换器均设置于所述冷却液管路上,所述冷却液管路内设置有循环流动的冷却液,所述冷却泵用于驱动冷却液循环流动,所述旁通阀设置于所述冷却液管路上,用于调节通过所述外部热交换器的冷却液流量,所述内部热交换器的液侧与所述冷却液管路连通,用于吸收所述循环空气管路内空气的热量,所述外部热交换器位于机舱外部,用于耗散所述冷却液管路内冷却液的热量。

21. 如权利要求20所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述外部热交换器为空水热交换器,所述空水热交换器的液侧与所述冷却液管路连通,所述空水热交换器的气侧与外界连通。

22. 如权利要求1所述的轴承冷却装置,其特征在于,所述轴承外圈和所述轴承内圈上均安装有至少一个温度传感器,所述温度传感器用于测量所述轴承外圈和所述轴承内圈的温度。

23. 一种风力发电机,其特征在于,所述风力发电机上装设有如权利要求1-22中任意一项所述的轴承冷却装置。

## 轴承冷却装置及包括其的风力发电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电领域,特别涉及一种轴承冷却装置及包括其的风力发电机。

### 背景技术

[0002] 随着风电产业的发展,由于永磁直驱风力发电机具有转矩密度高、可靠性强、传动简单、维护成本低等优点,其应用市场也越来越大,同时,对于发电机的要求也越来越高。而就目前的技术而言,永磁风力发电机的一个主要故障点在于轴承,而造成轴承寿命减少或损坏的主要原因之一是恶劣环境工况下轴承部件温度过高或者温度梯度过大,因此合理可靠的轴承冷却系统对于进一步提升永磁直驱风力发电机可靠性具有重要意义。

[0003] 目前在风力发电领域的永磁直驱风力发电机中,针对轴承的冷却方式一般有空冷和水冷两种。空冷易于实现,维护成本低,可靠性高,目前通常采用由风扇驱动的强制对流方式来提升空冷效率,但是即使在这种情况下,空冷的冷却功率往往也已接近其上限,在外界高温的情况下甚至可能出现冷却功率不足的情况,造成轴承部件温度或温差超过限值。水冷冷却效率高,但是存在泄漏、堵塞的风险。泄漏一旦发生会造成发电机部件腐蚀甚至绕组绝缘失效,堵塞则会造成轴承冷却系统的冷却功率显著下降或者完全失效。为了应对这些问题,通常需要采取一系列措施,例如使用绝缘冷却液、使用高可靠性管路连接方式、设置泄漏检测装置、定期维护等,这些应对措施将造成轴承水冷系统的成本远高于轴承空冷系统。另外,即使采取了上述措施也只能在一定程度上降低风险而无法完全规避。所以,轴承空冷仍然是目前较为成熟的技术,更适用于目前大多数永磁直驱风力发电机。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是为了克服现有技术中针对永磁直驱风力发电机轴承的空冷方式冷却效率低,从而导致难以将轴承各部件的温度控制在限值以内的缺陷,提供一种轴承冷却装置及包括其的风力发电机。

[0005] 本发明是通过下述技术方案来解决上述技术问题:

[0006] 一种轴承冷却装置,其应用于轴承系统,所述轴承系统包括轴承外圈,轴承内圈和固定轴,所述轴承外圈位于所述轴承内圈的径向外侧,所述固定轴连接于所述轴承内圈的轴向侧面,其特点在于,所述轴承冷却装置包括主动冷却系统,所述主动冷却系统包括:

[0007] 风冷装置,所述风冷装置设置有至少一个开口,所述开口位于所述轴承内圈的内侧空间或所述固定轴的内侧空间,用于冷却所述轴承内圈的内侧表面或所述固定轴的内侧表面;

[0008] 热管模组,所述热管模组位于所述轴承内圈的内侧表面和/或所述固定轴的内侧表面,用于增大所述轴承内圈或所述固定轴的有效散热面积。

[0009] 较佳地,每个所述热管模组包括基板、热管和翅片,所述基板的底面与所述轴承内圈的内侧表面或所述固定轴的内侧表面连接,所述热管的一端接合于所述基板的表面,所述热管的另一端设置有所述翅片。

[0010] 较佳地,所述基板的底面为弧面,所述弧面与所述轴承内圈的内侧表面弧度或与所述固定轴的内侧表面弧度相匹配。所述热管模组通过与轴承接触间接增大了轴承散热的有效面积,进而加速轴承散热,所述翅片可以增大所述热管的散热面积,加速散热。

[0011] 较佳地,所述基板上设置有若干开孔,所述开孔用于连接所述基板与所述轴承内圈或所述固定轴。

[0012] 较佳地,所述基板的一侧表面上设置有至少一个凹槽,所述凹槽用于放置所述热管的一端,或所述基板的端部设置有至少一个开孔,所述开孔用于放置所述热管的一端。

[0013] 较佳地,所述热管包括蒸发段、冷凝段和绝热段,所述蒸发段和所述冷凝段分别位于所述热管的两端,所述绝热段位于所述热管的中部。

[0014] 较佳地,所述蒸发段设置于所述基板的凹槽或开孔内,所述冷凝段上设置有若干所述翅片。

[0015] 较佳地,所述蒸发段至少有一部分沿所述轴承内圈的轴向方向延伸,所述冷凝段至少有一部分沿与所述轴向方向垂直的方向延伸。

[0016] 较佳地,所述热管具有弯折部分,所述弯折部分位于所述绝热段上。

[0017] 较佳地,所述基板与所述翅片的材质均为金属。

[0018] 较佳地,所述热管模组还包括第一风扇装置,所述第一风扇装置位于所述基板的内表面,所述第一风扇装置包括固定盖板和风扇主体,所述风扇主体位于所述固定盖板上,所述固定盖板用于与所述基板配合固定所述热管,所述风扇主体用于增强所述翅片的对流换热。所述第二风扇装置通过增大翅片表面空气的对流,来加快翅片表面的散热速率,进而加快整体所述热管模组的散热速率。

[0019] 较佳地,所述固定盖板的相对于所述基板的底面上设置有至少一个凹槽,所述凹槽用于与所述热管的蒸发段贴合,所述固定盖板上设置有若干开孔,所述开孔用于连接所述固定盖板与所述基板。

[0020] 较佳地,所述风扇主体设置于所述翅片的附近,用于加快空气经过若干所述翅片之间的空隙的流速。

[0021] 较佳地,所述热管模组包括至少一个所述基板和至少一个所述热管。所述基板的大小和数量可根据所述轴承内圈或固定轴的安装位置和安装需求来决定。

[0022] 较佳地,若干所述热管模组沿周向排布在所述轴承内圈的内侧表面上;

[0023] 和/或,若干所述热管模组沿周向排布在所述固定轴的内侧表面上。所述基板在所述轴承内圈或所述固定轴的内侧表面周向排布是为了对所述轴承内圈或所述固定轴进行均匀散热,尽量避免由于热管模组安装的位置不同而引起所述轴承内圈或所述固定轴表面温度的不同。

[0024] 较佳地,所述基板与所述轴承内圈或所述固定轴的内侧表面之间填充有热界面材料,所述蒸发段与所述基板的凹槽之间填充有热界面材料。所述热界面材料可以加快所述接触面之间的热传导。

[0025] 较佳地,所述蒸发段与所述固定盖板的凹槽之间填充有热界面材料,所述基板与所述固定盖板之间填充有热界面材料。

[0026] 较佳地,所述风冷装置为开式空冷系统,所述开式空冷系统包括吸风管路、第二风扇装置和风量调节装置,所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间的空气与机舱内的空气连

通,所述吸风管路的一端与外界空气连通,另一端与所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间连通;

[0027] 所述第二风扇装置设置于所述吸风管路上,用于将所述轴承内圈和所述固定轴的内侧表面附近的空气通过所述吸风管路抽送至外界;

[0028] 所述风量调节装置设置于所述吸风管路上,所述风量调节装置用于调节通过所述吸风管路的空气流量。所述吸风管路起到流通所述轴承内圈的空间的空气的作用,使得冷却空气可以充分地流过所述轴承内圈内侧面或轴承连接部件内侧面。

[0029] 较佳地,所述风冷装置为开式空冷系统,所述开式空冷系统包括吸风管路、进风管路、第二风扇装置、第三风扇装置、风量调节装置和隔离装置,所述吸风管路的一端与外界空气连通,另一端与所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间连通;

[0030] 所述进风管路的一端与外界空气连通,另一端与所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间连通;

[0031] 所述第二风扇装置设置于所述吸风管路上,用于将所述轴承内圈和所述固定轴的内侧表面附近的空气通过所述吸风管路抽送至外界;

[0032] 所述风量调节装置设置于所述吸风管路上,所述风量调节装置用于调节通过所述吸风管路的空气流量;

[0033] 所述第三风扇装置设置于所述进风管路上,用于将外界空气引入至所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间;

[0034] 所述隔离装置设置于所述固定轴的内侧,用于阻隔机舱的内部空间与所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间之间的空气流动,所述吸风管路和所述进风管路穿过所述隔离装置,所述吸风管路和所述进风管路与所述隔离装置之间为密封状态。

[0035] 较佳地,所述风冷装置为循环空冷系统,所述循环空冷系统包括循环空气管路、第二风扇装置、隔离装置和内部热交换器,所述循环空气管路的两端均连通于所述轴承内圈的内侧空间和所述固定轴的内侧空间,所述循环空气管路的两端位于不同的轴向位置,所述循环空气管路与所述轴承内圈的内侧空间和所述固定轴的内侧空间形成一个空气循环空间;

[0036] 所述第二风扇装置设置于所述循环空气管路上,用于驱动空气在所述循环空气管路内、所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间之间的循环流动;

[0037] 所述隔离装置设置于所述固定轴的内侧,用于隔离机舱的内部空间与所述轴承内圈和所述固定轴的内侧空间之间的空气流动,所述循环空气管路穿过所述隔离装置,所述循环空气管路与所述隔离装置之间为密封状态;

[0038] 所述内部热交换器设置于所述循环空气管路上,所述内部热交换器位于机舱内部,用于耗散所述循环空气管路内空气的热量。

[0039] 较佳地,所述内部热交换器为空水热交换器,所述空水热交换器的气侧与所述循环空气管路连通。

[0040] 较佳地,所述风冷装置还包括液冷循环系统,所述液冷循环系统包括冷却液管路、冷却泵、旁通阀、内部热交换器和外部热交换器,所述冷却泵、旁通阀、内部热交换器和外部热交换器均设置于所述冷却液管路上,所述冷却液管路内设置有循环流动的冷却液,所述冷却泵用于驱动冷却液循环流动,所述旁通阀设置于所述冷却液管路上,用于调节通过所

述外部热交换器的冷却液流量,所述内部热交换器的液侧与所述冷却液管路连通,用于吸收循环空气管路内空气的热量,所述外部热交换器位于机舱外部,用于耗散所述冷却液管路内冷却液的热量。

[0041] 较佳地,所述外部热交换器为空水热交换器,所述空水热交换器的液侧与所述冷却液管路连通,所述空水热交换器的气侧与外界连通。

[0042] 较佳地,所述轴承外圈和所述轴承内圈上均安装有至少一个温度传感器,所述温度传感器用于测量所述轴承外圈和所述轴承内圈的温度。所述温度传感器可实现所述轴承冷却装置的可控性,即通过所述温度传感器传递所述轴承系统的实时温度,然后进一步控制风量调节装置,然后降低所述轴承冷却装置整体的冷却效率。

[0043] 本发明还提供了一种风力发电机,其特点在于,所述风力发电机上装设有如上所述的轴承冷却装置。

[0044] 本发明的积极进步效果在于:

[0045] 本发明提供的轴承冷却装置及包括其的风力发电机通过风冷装置和热管模组共同配合作用,大大加强了轴承系统的冷却效率,克服了传统的空冷冷却方式冷却效率较低的缺陷,并且均匀分布的热管模组可以降低轴承的周向温度梯度,进一步提升轴承的性能,增加轴承的寿命。

## 附图说明

[0046] 图1为本发明实施例1的轴承冷却装置及包括其的风力发电机的结构示意图。

[0047] 图2为本发明实施例1的热管模组安装在轴承系统的结构示意图。

[0048] 图3为本发明实施例1的热管模组的结构示意图。

[0049] 图4为本发明实施例2的轴承冷却装置及包括其的风力发电机的结构示意图。

[0050] 图5为本发明实施例3的轴承冷却装置及包括其的风力发电机的结构示意图。

[0051] 附图标记说明:

[0052] 轴承外圈 1

[0053] 轴承内圈 2

[0054] 固定轴 3

[0055] 热管模组 4

[0056] 基板 41

[0057] 热管 42

[0058] 蒸发段 421

[0059] 冷凝段 422

[0060] 绝热段 423

[0061] 翅片 43

[0062] 第一风扇装置 44

[0063] 固定盖板 441

[0064] 风扇主体 442

[0065] 吸风管路 51

[0066] 第二风扇装置 52

- [0067] 风量调节装置 53
- [0068] 进风管路 54
- [0069] 第三风扇装置 55
- [0070] 隔离装置 56
- [0071] 循环空气管路 57
- [0072] 内部热交换器 58
- [0073] 液冷循环系统 59
- [0074] 冷却液管路 591
- [0075] 冷却泵 592
- [0076] 旁通阀 593
- [0077] 外部热交换器 594
- [0078] 温度传感器 6

### 具体实施方式

[0079] 下面举三个较佳实施例,并结合附图来更清楚完整地说明本发明。

#### [0080] 实施例1

[0081] 如图1至图3所示,本发明提供一种轴承冷却装置,其应用于轴承系统,轴承系统包括轴承外圈1,轴承内圈2和固定轴3,轴承外圈1与轴承内圈2同轴,固定轴3固定于轴承内圈2的轴向侧面,轴承外圈1可绕中心轴转动,轴承内圈2静止。固定轴3为环形结构,其内侧面包围形成不完全封闭的固定轴3内侧空腔,固定轴3的内侧空腔分别与机舱和轴承内圈2的内侧空间连通。轴承冷却装置包括主动冷却系统,该主动冷却系统包括风冷装置和热管模组4,风冷装置的一部分位于轴承内圈2和固定轴3的内侧空间处,热管模组4位于轴承内圈2的内侧表面。

[0082] 一个热管模组4包括基板41,热管42和翅片43。基板41的材质为金属,其底面为弧面,且该弧面与轴承内圈2的内侧表面弧度相匹配,基板41与轴承内圈2的内侧表面弧面相贴合,若干热管42均匀地排布在基板41的一侧表面。热管42包括蒸发段421、冷凝段422和绝热段423,蒸发段421和冷凝段422分别位于热管42的两端,绝热段423位于热管42的中部。热管42为弯折状态,其弯折处位于绝热段423上。蒸发段421沿轴承内圈2的轴向方向延伸设置,冷凝段422沿与该轴向方向垂直的方向延伸设置。基板41的一侧表面上设置有与热管42的数量相同的凹槽,热管42的蒸发段421放置在凹槽中。在其他实施例中,也可使用在基板41的一端设置开孔来放置热管42的蒸发端421。翅片43为铝制金属片,厚度大约为1毫米,其均匀固定于冷凝段422上,并且相互之间留有空隙。本实施例中设置为每个翅片43之间的距离为2倍翅片43的厚度。优选地,翅片43的方向与来流冷却气流平行。为了达到更好的散热效果,也可使用其他厚度或其他高导热金属材质的翅片43。

[0083] 热管模组4上还设置有第一风扇装置44,其包括固定盖板441和风扇主体442,风扇主体442分别连接于固定盖板441的两端,固定盖板441固定于基板41的表面,用于与基板41配合固定热管42。固定盖板441的相对于基板41的底面上设置有相同数量的凹槽,所用于与热管42的蒸发段421贴合。风扇主体442设置于安装在冷凝422段的翅片43附近,并通过在对翅片43表面吹风来加快翅片43表面的散热速率,进而加快整体所述热管模组4的散热速率。

[0084] 本实施例中,多个热管模组4沿轴承内圈2均匀排布安装在其内侧面上,基板41的底面与所述轴承内圈2的内侧表面贴合。为了减小轴承内圈2整体各部分的温度梯度,多个热管模组4尽可能多的均匀的沿轴承内圈2的内侧表面周向分布,并且相邻热管模组4的间隔距离尽可能小。为了达到更好的散热效果,该热管模组4也可安装在固定轴3的内侧表面,其安装方式与在轴承内圈2上的安装方式相同。

[0085] 基板41的底面与轴承内圈2的内侧表面之间填充有导热硅脂,该导热硅脂可以加快基板41的底面与轴承内圈2的内侧表面的热传导。作为一种替代的方案,也可选用其他材质的导热性能好的热界面材料。为了保持各个零部件之间的良好导热,蒸发段421与基板41的凹槽之间、蒸发段421与固定盖板441的凹槽之间、基板41与固定盖板441之间均填充有热界面材料。

[0086] 基板41上设置有4个开孔,开孔用于连接基板41与轴承内圈2或固定轴3。为了达到更好的固定效果和贴合效果,也可使用更多的开孔来进行安装固定。固定盖板441上设置有与基板41上的开孔相对应的相同开孔,用于连接固定盖板441与基板41。

[0087] 本实施例中的热管模组4的基板41为矩形,数量为一个。作为一种替代的方案,基板41的大小、形状和数量也可根据所述轴承内圈2或固定轴3的安装位置和安装需求来决定,以确保热管模组4的可维护性,如形状选择工字型或凹字形,或应用上下两个基板41分别与热管组合的方式来使用。

[0088] 该轴承冷却装置的风冷装置为一开式空冷系统,其包括吸风管路51、第二风扇装置52和风量调节装置53,吸风管路51有一上端开口和一下端开口,上端开口与外界空间连通,下端开口与所述轴承内圈2和固定轴3的内侧空间联通。作为一种替代的方案,也可使用一个以上的上端开口和下端开口。吸风管路51连通轴承内圈2、固定轴3的内侧空间和外界,形成了一条冷却通道,并且机舱和轴承内圈2、固定轴3的内侧空间形成了一个进风通道,起到流通所述轴承内圈2的空间的空气的作用。

[0089] 吸风管路51的上端开口处安装有第二风扇装置52,用于将轴承内圈2及附近的空气抽送至外界。吸风管路51的内部安装有一风量调节装置53,距离第二风扇装置52的间距大约为1米,其用于调节所述吸风管路51的内侧空气流量。轴承外圈1上及轴承内圈2上均安装有一个温度传感器6,可用于测量轴承外圈1和所述轴承内圈2的温度。为了达到更好的冷却效率,可以通过温度传感器6将实时温度梯度传递到风量调节装置53,然后降低所述轴承冷却装置整体的冷却效率。为了达到更好的观测轴承实时温度的效果,也可使用一个以上的温度传感器6。具体如何通过温度传感器6控制风量调节装置53为现有技术,因此在此不再赘述。

[0090] 根据本实施例,第二风扇装置52工作时,轴承内圈2内侧空间中加热后的空气通过吸风管路51被引导至外界,然后机舱内的空气通过进风通道被引导至轴承内圈2内侧空间,起到冷却了轴承内圈2附近空气的效果。

[0091] 实施例2

[0092] 如图4所示,本实施例的结构与实施例1基本相同,其不同之处在于:该风冷装置还包括进风管路54和第三风扇装置55,进风管路54的一端与外界连通,另一端连通轴承内圈2和固定轴3的内侧空间。作为一种替代的方案,该风冷装置也可使用一条或两条以上的进风管路54。

[0093] 该轴承冷却装置还包括一隔离装置56,安装于固定轴3的内侧,用于封闭轴承内圈2内侧的空间,避免轴承内圈2内侧的空气与外部或机舱内的空气发生交换。隔离装置56的表面有开孔,吸风管路51与进风管路54穿过这些开孔,并且与开孔处紧密连接。

[0094] 进风管路54的靠近外界的开口处安装有一第三风扇装置55,其连接在进风管路54的内侧管壁上,用于将外界空气抽取至所述进风管路54内。

[0095] 实施例3

[0096] 如图5所示,本实施例的结构与实施例1基本相同,其不同之处在于:该风冷装置为循环空冷系统,其包括循环空气管路57、第一风扇装置52、隔离装置56和内部热交换器58。循环空气管路57的一端连通于轴承内圈2的内侧空间,另一端从其中部绕回,仍然连通于轴承内圈2的内侧空间,优选地,设置为分成两条绕回的分支管路。两条分支管路的端部同样连通于轴承内圈2的内侧空间,故循环空气管路57与轴承内圈2的内侧空间和固定轴3的内侧空间形成一空气循环空间。作为一种替代的方案,也可使用一条或两条以上的分支管路。循环空气管路57内的气体可使用无菌或热容较低的气体,这样可以避免由于直接使用外界空气而造成空气中的部分物质如水蒸气或其他稀有气体对轴承空间内的零部件造成一定程度的损害。第二风扇装置52设置于循环空气管路57的内部,用于驱动循环空气管路57内的气体在循环空气管路57内、轴承内圈2和固定轴3的内侧空间之间循环流动。隔离装置56安装于固定轴3的内侧,用于封闭轴承内圈2内侧的空间,避免轴承内圈2内侧的空气与外部或机舱内的空气发生交换。其表面有开孔,循环空气管路57穿过开孔,并且与开孔处紧密连接。

[0097] 内部热交换器58设置于循环空气管路57上,并且位于机舱的内部,用于耗散所述循环空气管路57内空气的热量。该内部热交换器58为空水热交换器,空水热交换器的气侧与所述循环空气管路57连通。内部热交换器58具体如何耗散所述循环空气管路57内空气的热量属于现有技术,因此在此不再赘述。

[0098] 优选地,该风冷装置还包括液冷循环系统59,其包括冷却液管路591、冷却泵592、旁通阀593、内部热交换器58和外部热交换器594,冷却泵592、旁通阀593、内部热交换器58和外部热交换器594均设置于冷却液管路591上。冷却液管路591内设置有循环流动的冷却液,用于降低循环空气管路57内的气体。冷却泵592用于驱动冷却液循环流动,旁通阀593用于调节通过所述外部热交换器594的冷却液流量,内部热交换器58的液侧与所述冷却液管路591连通。外部热交换器594为空水热交换器,其液侧与冷却液管路591连通,气侧与外界连通,用以通过外界空气降低冷却液的温度。

[0099] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或组件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发明的限制。

[0100] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域的技术人员应当理解,这仅是举例说明,本发明的保护范围是由所附权利要求书限定的。本领域的技术人员在不背离本发明的原理和实质的前提下,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,但这些变更和修改均落入本发明的保护范围。

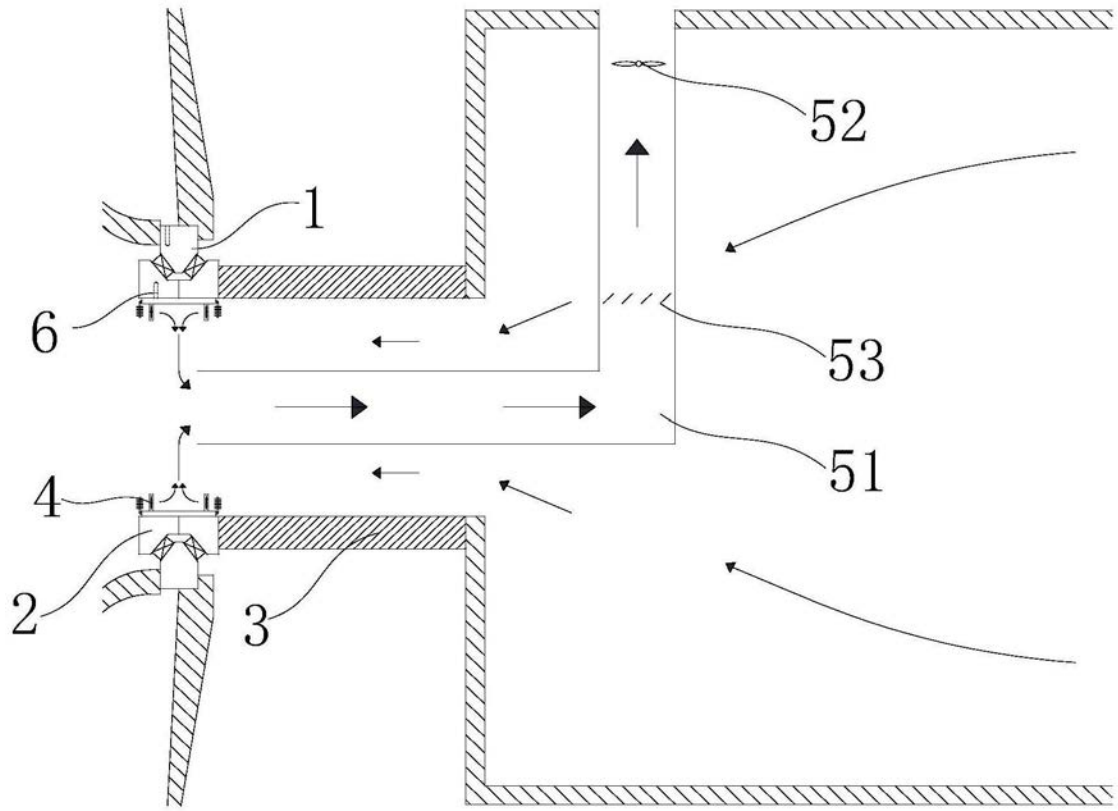


图1

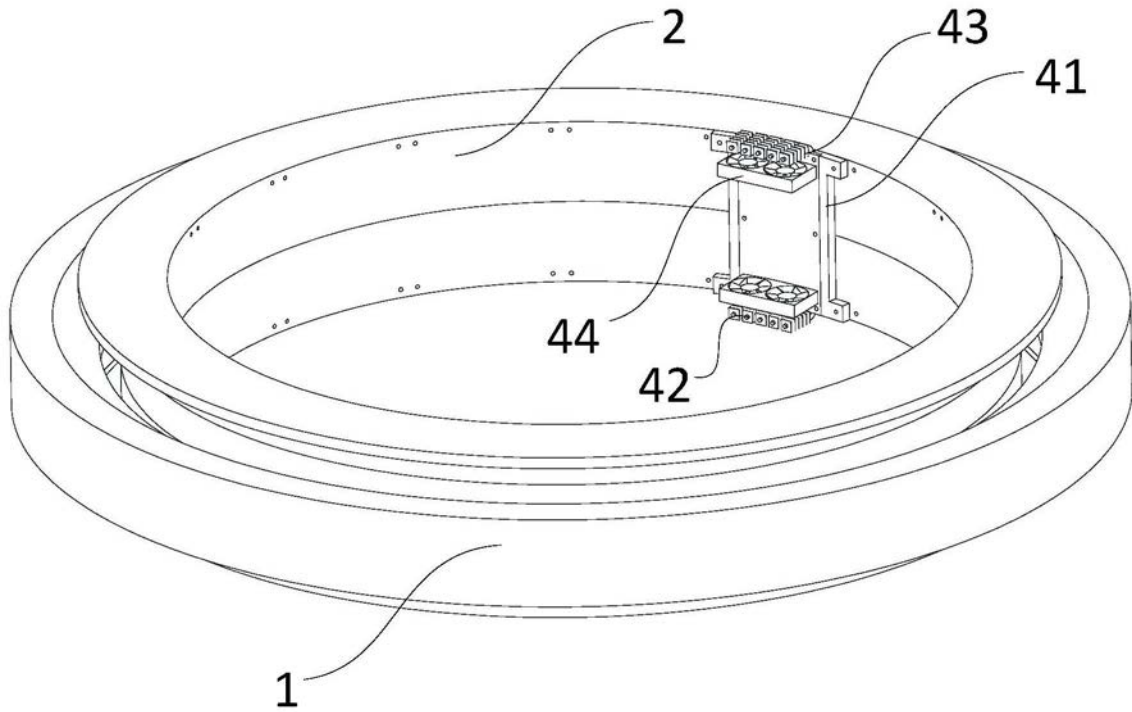


图2

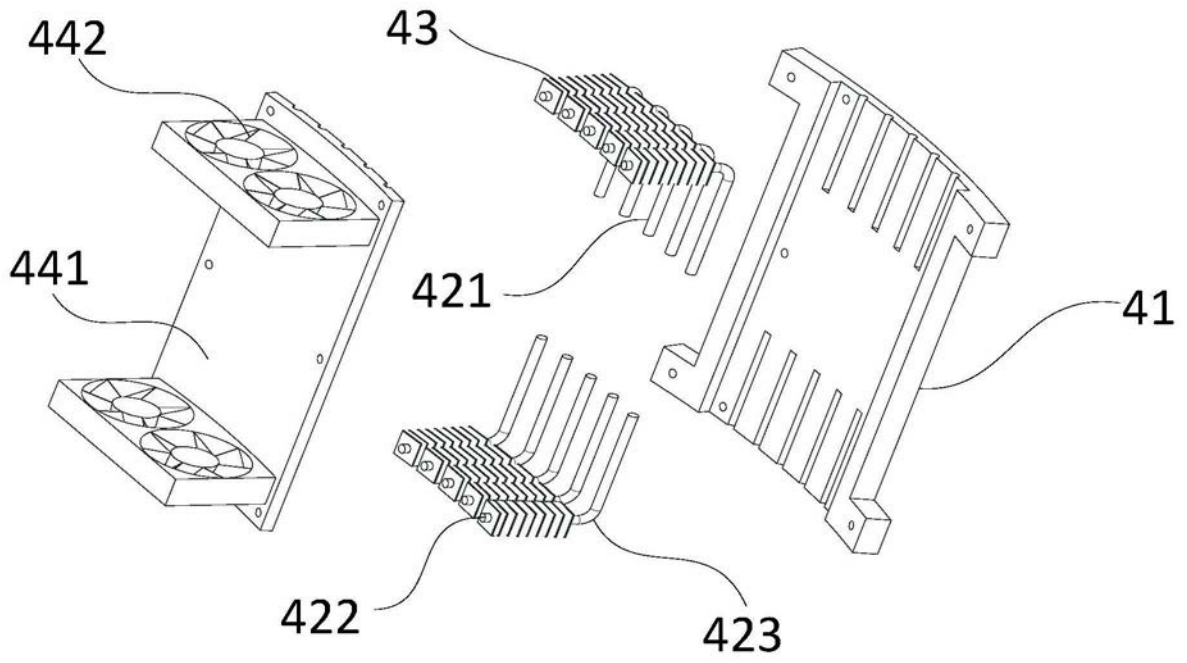


图3

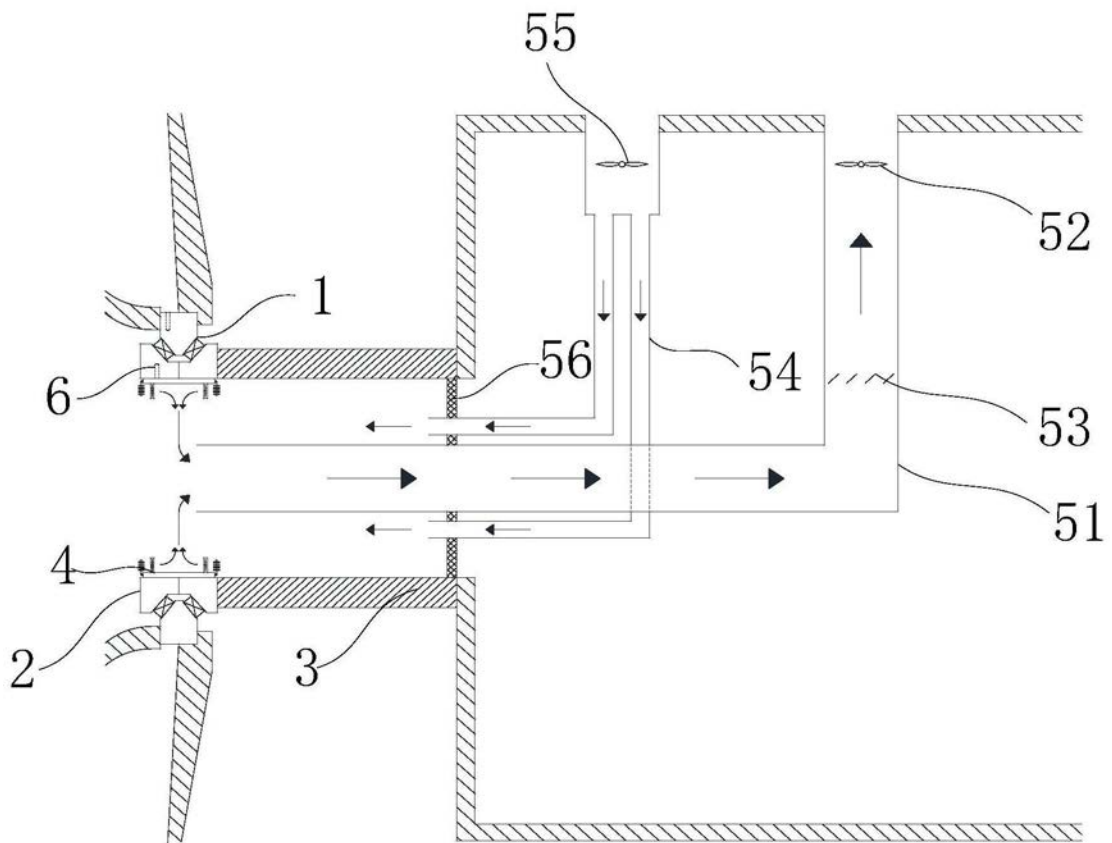


图4

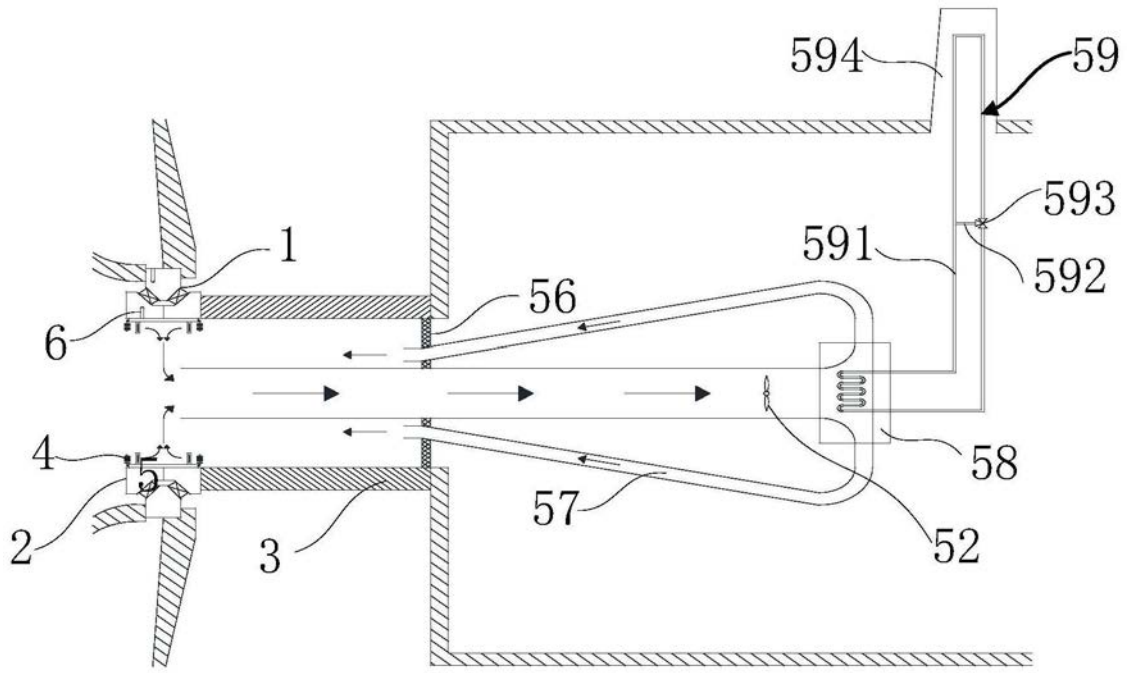


图5