



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102748243 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 24

(21) 申请号 201210244203. 6

(22) 申请日 2012. 07. 13

(71) 申请人 国电联合动力技术有限公司

地址 100000 北京市海淀区中关村南大街乙
56 号方圆大厦 16 层

(72) 发明人 白宏伟 叶凡 代海涛 秦明

(74) 专利代理机构 北京方韬法业专利代理事务
所 11303

代理人 逯俊臣

(51) Int. Cl.

F03D 11/00 (2006. 01)

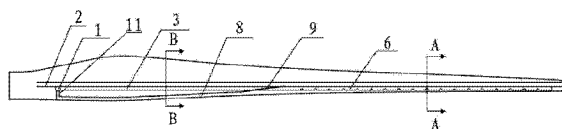
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片

(57) 摘要

本发明是有关于一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片, 包括壳体以及将壳体内部划分为前、后缘腔体的抗剪腹板, 所述的前缘腔体内设置有加热装置, 该加热装置包括安装在靠近叶片根部处的加热式鼓风机, 以及与加热式鼓风机的出气口连接的绝热管道; 所述的绝热管道在与叶片中部至叶尖对应区段为开设有喷气孔的笛形管, 喷气孔的开设方向朝向叶片前缘; 所述的喷气孔排出的气流循环至加热式鼓风机的进气口。本发明管路结构形式和排布方式合理, 热气流重点加热叶片前缘特别是叶片中部到叶尖区域的叶片壳体, 并可实现热气流的循环利用, 提高热能利用率。



1. 一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,包括壳体以及将壳体内部划分为前、后缘腔体的抗剪腹板,其特征在于:

所述的前缘腔体内设置有加热装置,该加热装置包括安装在靠近叶片根部处的加热式鼓风机,以及与加热式鼓风机的出气口连接的绝热管道;

所述的绝热管道在与叶片中部至叶尖对应区段为开设有喷气孔的笛形管,喷气孔的开设方向朝向叶片前缘;

所述的喷气孔排出的气流循环至加热式鼓风机的进气口。

2. 根据权利要求1所述的一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,其特征在于所述的加热装置还包括沿叶片前缘壳体内壁铺设的、自叶片中部延伸至加热式鼓风机进气口的循环管道,所述的喷气孔排出的气流经该循环管道循环至加热式鼓风机的进气口。

3. 根据权利要求2所述的一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,其特征在于所述的加热装置还包括安装在前缘腔体中部、将叶片中部至叶尖的前缘腔体内气体导入循环管道的隔热不透气布。

4. 根据权利要求2所述的一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,其特征在于所述的循环管道包括与加热式鼓风机进气口连接的圆形绝热管路,以及固定在壳体内壁的弧形绝热管路。

5. 根据权利要求1所述的一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,其特征在于所述的加热装置还包括安装在前缘腔体内,位于加热式鼓风机进气口与叶片根部之间的隔热挡板,并在抗剪腹板上铺设绝热层或隔热毡。

6. 根据权利要求1所述的一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,其特征在于所述的加热式鼓风机固定安装在抗剪腹板上,所述的绝热管道通过抱箍固定在抗剪腹板上。

7. 根据权利要求1所述的一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,其特征在于所述的绝热管道采用聚氨酯泡沫塑料管、聚苯乙烯泡沫塑料管、聚乙烯泡沫塑料管、酚醛泡沫塑料管、橡胶保温管或者铺设有绝热层或隔热毡的玻璃钢管一体成型,或由多根绝热管经柔性接头连接而成。

8. 根据权利要求1-7中任一项所述的一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,其特征在于所述的叶片后缘壳体外表面涂覆有防结冰涂层。

9. 根据权利要求1-7中任一项所述的一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,其特征在于所述的后缘腔体内也安装有加热装置。

一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力发电机组的风轮叶片,特别是涉及一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片。

背景技术

[0002] 风力发电机组在运行过程中,风轮叶片会遭受各种恶劣环境的考验,其中叶片表面在寒冷环境中结冰是困扰风电机组冬季运转的主要因素。风轮叶片结冰后会造成风电机组发电量降低甚至停机,结冰后叶片的质量不平衡会造成塔筒底部的疲劳损伤增强,旋转叶片上冰块从高空甩落会产生危害隐患,因此防止叶片结冰或者叶片结冰后迅速除冰是风电技术研究的一个热点。

[0003] 根据 GL 规范的相关规定,运转中的风轮叶片发生结冰现象的区域主要为叶片壳体前缘表面。从叶根到 $R/2$ (R 为叶片长度) 处,前缘上冰的质量分布(质量/单位长度)由 0 线性增加到 μ_E ;从 $R/2$ 处到叶尖处,前缘上冰的质量分布保持 μ_E 不变。因此,当叶片前缘特别是 $R/2$ 处到叶尖区域的表面温度超过结冰温度时,可有效抑制风轮叶片的结冰现象。

[0004] 根据德国 Enercon 公司的实际运行经验,通过热气流加热叶片表面是实现风轮叶片防/除冰的有效方法。目前国内外已有一些专利对该技术进行保护。美国专利 US2006/0018752 A1 介绍了一种“C”型循环通路,热气流沿着叶根-叶尖-叶根的循环回路加热叶片前缘区域,但该方法对靠近叶根的区域加热作用更为明显。中国专利公开号 CN201367977 Y 通过管路引导热气流加热叶片,热气流通过叶尖处的通孔排出,但这种方法并未循环使用热空气,热利用率不高。美国专利 US6676122B1 和中国专利公开号 CN102322405A 将发电机中的热气通过管路引导到风轮叶片中加热叶片,同时实现发电机的制冷,但并未具体介绍叶片内的热气流管路排布。

[0005] 从叶片的结构形式考虑,靠近叶尖的叶片前缘腔体空间狭小,不能安装排布复杂的气流管路;而靠近叶根的叶片前缘腔体空间过大,会出现加热效果不明显或者管路排布和固定方法复杂的问题。因此,如何设计出合理的管路结构形式和排布方式,使热气流重点加热叶片前缘特别是叶片中部到叶尖区域的叶片壳体,并实现热气流的循环利用,提高热能利用率,是当前本领域的重要研究课题之一。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是提供一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,使其管路结构形式和排布方式合理,热气流重点加热叶片前缘特别是叶片中部到叶尖区域的叶片壳体,并可实现热气流的循环利用,提高热能利用率。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片,包括壳体以及将壳体内部划分为前、后缘腔体的抗剪腹板,所述的前缘腔体内设置有加热装置,该加热装置包括安装在靠近叶片根部处的加热式鼓风机,以及与加热式鼓风机的出气口连接的绝

热管道；所述的绝热管道在与叶片中部至叶尖对应区段为开设有喷气孔的笛形管，喷气孔的开设方向朝向叶片前缘；所述的喷气孔排出的气流循环至加热式鼓风机的进气口。

[0008] 作为本发明的一种改进，所述的加热装置还包括沿叶片前缘壳体内壁铺设的、自叶片中部延伸至加热式鼓风机进气口的循环管道，所述的喷气孔排出的气流经该循环管道循环至加热式鼓风机的进气口。

[0009] 所述的加热装置还包括安装在前缘腔体中部、将叶片中部至叶尖的前缘腔体内气体导入循环管道的隔热不透气布。

[0010] 所述的循环管道包括与加热式鼓风机进气口连接的圆形绝热管路，以及固定在前缘壳体内壁的弧形绝热管路。

[0011] 所述的加热装置还包括安装在前缘腔体内，位于加热式鼓风机进气口与叶片根部之间的隔热挡板，并在抗剪腹板上铺设绝热层或隔热毡。

[0012] 所述的加热式鼓风机固定安装在抗剪腹板上，所述的绝热、循环管道通过抱箍固定在抗剪腹板和前缘壳体内壁上。

[0013] 所述的绝热管道采用聚氨酯泡沫塑料管、聚苯乙烯泡沫塑料管、聚乙烯泡沫塑料管、酚醛泡沫塑料管、橡胶保温管或者铺设有绝热层或隔热毡的玻璃钢管一体成型，或由多根绝热管经柔性接头连接而成。

[0014] 所述的叶片后缘壳体外表面涂覆有防结冰涂层。

[0015] 所述的后缘腔体内也安装有加热装置。

[0016] 采用这样的设计后，本发明为实现对叶片前缘壳体的有效加热，在风轮叶片中布置了简易、优化的热气流循环流动管路，管路排布方式所达到的加热效果与叶片的冰层分布相对应，实现了对叶片前缘大约叶片中部到叶尖区域的叶片壳体的集中加热，并可对叶片中部到叶根区域进行梯度加热，进而保证热气流的热利用率最高，且该叶片加热系统具有结构简单、加热区域集中、加热效率高的特点，可以有效抑制风轮叶片发生结冰的问题，具有防止叶片结冰和除掉叶片上冰层的能力，保证风轮叶片在结冰环境中的正常运行。

附图说明

[0017] 上述仅是本发明技术方案的概述，为了能够更清楚了解本发明的技术手段，以下结合附图与具体实施方式对本发明作进一步的详细说明。

[0018] 图 1 是本发明具有防冰及除冰能力的风轮叶片的第一实施例结构示意图。

[0019] 图 2 是图 1 中的 A-A 剖面结构示意图。

[0020] 图 3 是图 1 中的 B-B 剖面结构示意图。

[0021] 图 4 是本发明具有防冰及除冰能力的风轮叶片第二实施例的结构示意图。

[0022] 图 5 是本发明具有防冰及除冰能力的风轮叶片第三实施例的结构示意图。

具体实施方式

[0023] 请参阅图 1-5 所示，风轮叶片通常包括壳体以及将壳体内部划分为前、后缘腔体的抗剪腹板 2，而本发明一种具有防冰及除冰能力的风轮叶片在叶片的前缘腔体内增设了加热装置。

[0024] 具体来说，该加热装置包括安装在靠近叶片根部处的加热式鼓风机 1，以及与加热

式鼓风机 1 的出气口连接的绝热管道 3。绝热管道 3 在叶片中部（大约 $R/2$ 处， R 为叶片长度）至叶尖对应区域段为开设有喷气孔 5 的笛形管 6，喷气孔 5 的开设方向朝向叶片前缘，由喷气孔 5 排出的热气流循环至加热式鼓风机 1 的进气口。

[0025] 笛形管的管径、喷口孔径、孔数、孔间距、展向间距、孔布井方式等参数经 CFD 模拟软件进行优化设计，总的设计原则为保证热气流均匀的从笛型孔中喷出并加热叶片前缘壳体的内表面。

[0026] 由于叶片中部到叶尖的区域段的叶片前缘空间狭小，喷气孔 5 距离叶片前缘壳体 7 的距离不大，喷出的热气流可以有效加热叶片的前缘壳体 7。

[0027] 较佳的，加热式鼓风机 1 固定安装在抗剪腹板 2 上，绝热管道 3 通过材质为金属或者手糊玻璃钢的抱箍 4 以粘接或螺栓固定在抗剪腹板 2 上。

[0028] 绝热管道 3 采用密闭且绝热保温性能良好的材质。由于目前绝大多数风轮叶片都存在预弯，且绝热管道 3 应可以随着叶片变形而不发生破坏，因此绝热管道可以是整体的，但必须具有良好的变形性能。具体来说，可采用圆形泡沫塑料管或保温管等，例如聚氨酯泡沫塑料管、聚苯乙烯泡沫塑料管、聚乙烯泡沫塑料管、酚醛泡沫塑料管、橡胶保温管等，或者采用铺设有绝热层或隔热毡的玻璃钢管一体成型，也可由多根绝热管经柔性接头连接而成。

[0029] 此外，还可在叶片后缘壳体外表面涂覆防结冰涂层，保证前缘区域加热融化的水珠在后缘区域不会凝结成冰。在无加热装置而仅使用防结冰涂层的情况下，整个叶片都需要涂覆防结冰涂层。叶片前缘迎风面的涂层容易失效或发生破损，导致叶片前缘易发生结冰现象。而本发明这种结合加热装置和防结冰涂层的叶片，可充分发挥加热和防结冰涂层两种防冰方法的长处，有效抑制运行中的叶片结冰。

[0030] 至于气体冷却后至加热式鼓风机 1 的进气口的回流结构，可采用图 1-3 所示循环管道结构，或图 4 所示的挡板密闭结构。

[0031] 请参阅图 1-3 所示，循环管道沿叶片前缘壳体内壁铺设，自叶片中部延伸至加热式鼓风机 1 的进气口，热气流从笛形管 6 中喷出加热叶片前缘壳体 7 后，通过安装在叶片中部到叶根这一区域的叶片前缘壳体上的循环管道返回叶根。

[0032] 较佳的，循环管道包括与加热式鼓风机 1 的进气口连接的圆形绝热管路 11，以及通过胶黏剂粘接并通过材质为金属或者手糊玻璃钢的抱箍 4 固定在前缘壳体内壁的弧形绝热管路 8，并在前缘腔体中部安装具有隔热作用的不透气布 9，不透氣布 9 将叶片中部至叶尖的前缘腔体内气体导入循环管道中。

[0033] 隔热不透氣布 9 将笛形管 6、绝热管道 3 以及叶片前缘腔体空间分隔为两个区域，保证从笛形管 6 中喷出的热气流完全经由固定在叶片前缘壳体上的弧形绝热管路 8 返回叶根。该情况下，返回的热气流可以加热叶片中部到叶根区域的叶片前缘壳体 10，而且热气流对壳体的加热作用从叶片中部到叶根处线性降低，这种温度梯度的变化趋势与叶片前缘的结冰质量分布趋势一致。

[0034] 从弧形绝热管路 8 中返回的热气流通过圆形绝热管路 11 引导到加热式鼓风机 1 的进气口，通过如上所述的管路排布方式可以实现热气流沿着鼓风机 - 绝热管道 - 笛形管 - 弧形绝热管路 - 鼓风机这一循环回路流动。由于鼓风机出气口的正压和进气口的负压，可以保证热气流在管路中流通顺畅。

[0035] 上述风轮叶片的内腔中排布了合理的加热管路,带有温度控制系统的加热式鼓风机 1 产生温度约为 70℃的热气流,经由绝热管道 3 到达笛形管 6,热气流在这段绝热管道中基本不发生热量损失。热气流从笛形管 6 的喷气孔 5 均匀喷出,首先加热叶片中部到叶尖这一区域的叶片前缘壳体,然后热气流经由安装在叶片中部到叶根这一区域的叶片前缘腔体上的弧形绝热管路 8 返回加热式鼓风机 1,并加热叶片中部到叶根这一区域的叶片前缘壳体。上述管道结构形式和排布方式可以实现热气流加热叶片前缘的重点结冰区域,保证热能利用率达到最高。

[0036] 请参阅图 4 所示,具有隔热性能的挡板 12 安装在前缘腔体内,位于加热式鼓风机 1 的进气口与叶片根部之间,使前缘腔体封闭,并在抗剪腹板 2 上铺设绝热层或隔热毡,使抗剪腹板 2 具有一定的隔热作用。此时,无需在叶片中部到叶根这一区域的叶片前缘壳体上安装循环管道,也不使用隔热不透气的布将笛形管和绝热管道以及叶片前缘腔体空间分隔为两个区域。热气流从笛形管 6 中喷出后,在气压的作用下向叶根部位流动,同时由于鼓风机进气口的负压作用,可以促进热气流的对流循环,这种方式可以保证热气流集中加热叶片的整个前缘壳体。

[0037] 此外,请配合参阅图 5 所示,本发明除在叶片前缘腔体中安装如上所述的加热装置外,还可在叶片的后缘腔体内也安装加热装置,这种管路排布方式可以防止叶片后缘在恶劣的结冰环境下结冰。

[0038] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,本领域技术人员利用上述揭示的技术内容做出些许简单修改、等同变化或修饰,均落在本发明的保护范围内。

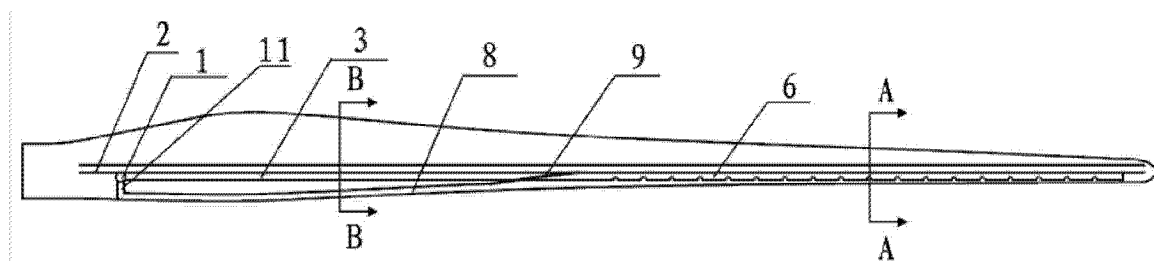


图 1

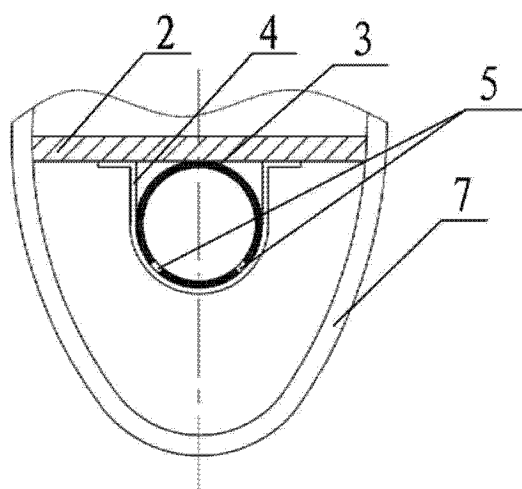


图 2

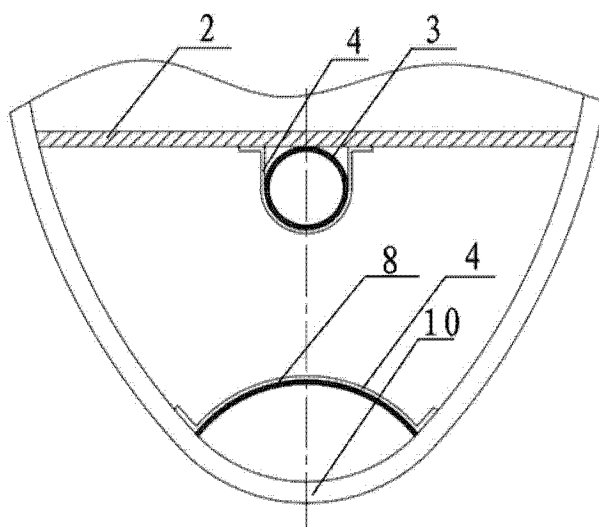


图 3

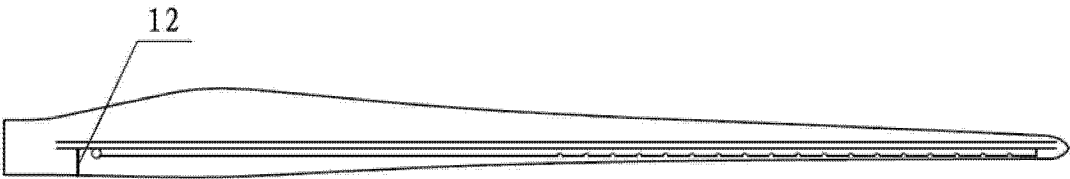


图 4

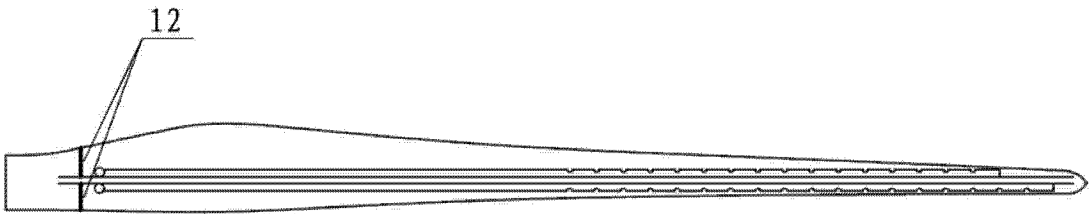


图 5