

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021 年 5 月 6 日 (06.05.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/082455 A1

(51) 国际专利分类号:
F03D 80/60 (2016.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/095063

(22) 国际申请日: 2020 年 6 月 9 日 (09.06.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201911060126.7 2019 年 11 月 1 日 (01.11.2019) CN

(71) 申请人: 新疆金风科技股份有限公司 (XINJIANG GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国新疆维吾尔自治区乌鲁木齐经济技术开发区上海路 107 号, Xinjiang 830026 (CN)。

(72) 发明人: 白洛林(BAI, Luolin); 中国北京市大兴区北京经济技术开发区博兴一路 8 号, Beijing 100176 (CN)。 方涛(FANG, Tao); 中国北京市大兴区北京经济技术开发区博兴一路 8 号, Beijing 100176 (CN)。 瑟琳森彼得·海赛尔伦德(SØRENSEN,

Peter Hessellund); 中国北京市大兴区北京经济技术开发区博兴一路 8 号, Beijing 100176 (CN)。

(74) 代理人: 北京东方亿思知识产权代理有限公司(BEIJING EAST IP LTD.); 中国北京市东城区东长安街 1 号东方广场东方经贸城东 2 座 1601 室, Beijing 100738 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,

(54) Title: AIR COOLING SYSYTEM, WIND TURBINE GENERATOR UNIT AND COOLING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 空气冷却系统、风力发电机组及其冷却方法

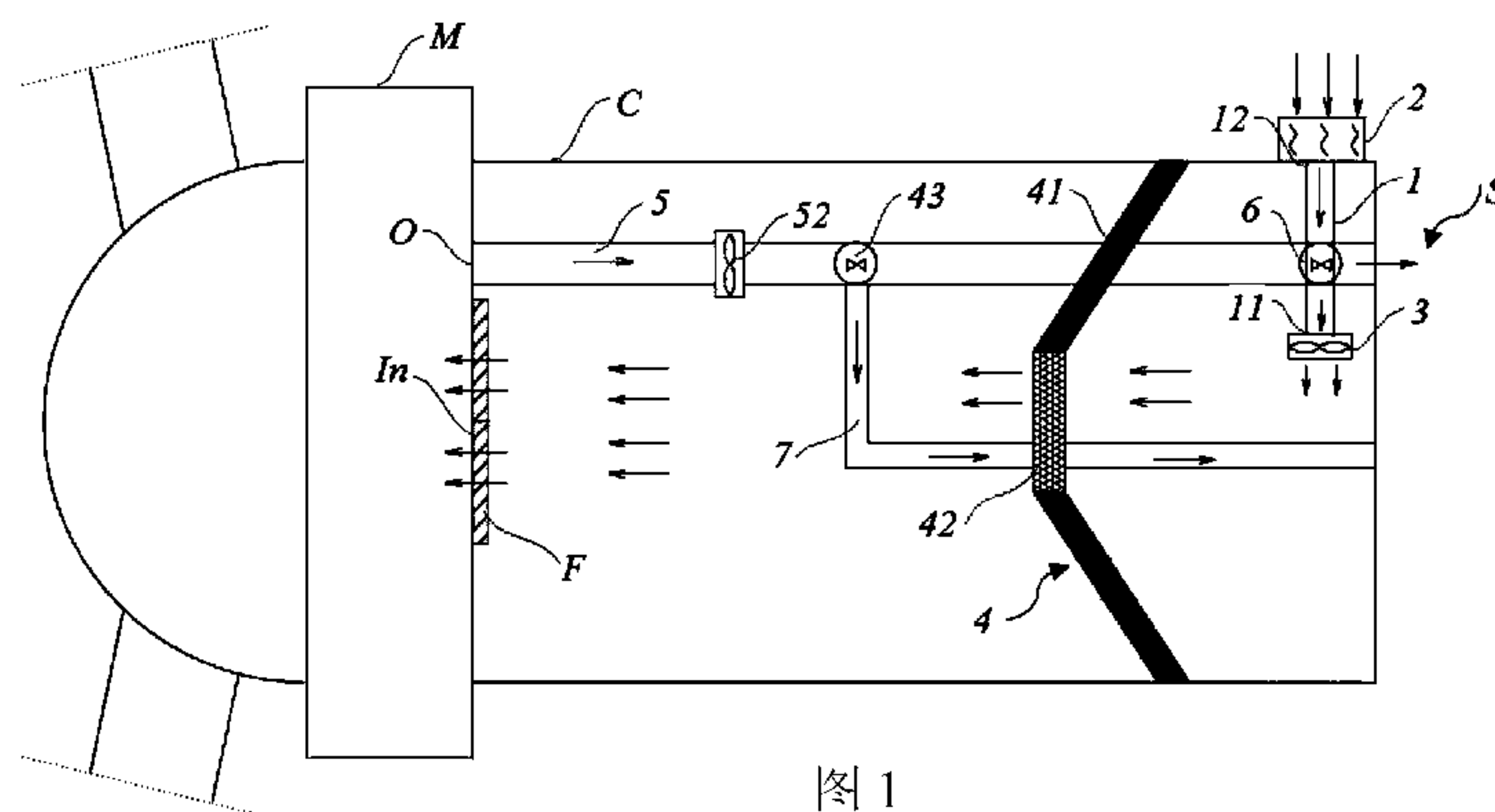


图 1

(57) Abstract: An air cooling system, and a wind turbine generator unit and a cooling method therefor. The air cooling system is applied to the wind turbine generator unit, and comprises: a first dehumidification system (2) mounted on a wall section of a nacelle (C) of the wind turbine generator unit and communicated with the nacelle (C); a second dehumidification system (4) mounted inside of the nacelle (C) and dividing the inner space of the nacelle (C) into a first cavity (C1) and a second cavity (C2), the second cavity (C2) being in communication with an air outlet (O) of an electric generator (M) of the wind turbine generator unit; and a driving device (3) disposed inside of the first cavity (C1); wherein external cooling air under the action of the driving device (3) passes through the first dehumidification system (2) and is then mixed with high-temperature air discharged from the air outlet (O) of the electric generator (M), the mixed air enters the first cavity (C1), passes through the second dehumidification system (4), then enters the second cavity (C2), and carries out heat exchange with heat-emitting components inside of the second cavity (C2) and/or the electric generator (M).



AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种空气冷却系统、风力发电机组及其冷却方法。空气冷却系统应用于风力发电机组，包括：第一除湿系统（2），设置于风力发电机组的机舱（C）的壁部，且与机舱（C）连通；第二除湿系统（4），设置于机舱（C）内，并将机舱（C）的内部空间分隔为第一空腔（C1）和第二空腔（C2），第二空腔（C2）与风力发电机组的发电机（M）的出气口（O）连通设置；驱动设备（3），位于第一空腔（C1）内；其中，外界冷却空气在驱动设备（3）的作用下，经第一除湿系统（2）后，与由发电机（M）的出气口（O）排放的高温空气混合，混合空气进入第一空腔（C1），经第二除湿系统（4）后进入第二空腔（C2），并与第二空腔（C2）内的发热部件和/或发电机（M）进行热交换。

空气冷却系统、风力发电机组及其冷却方法

相关申请的交叉引用

本申请要求享有于 2019 年 11 月 01 日提交的名称为“空气冷却系统、风力发电机组及其冷却方法”的中国专利申请 201911060126.7 的优先权，该申请的全部内容通过引用并入本文中。

技术领域

本申请涉及冷却技术领域，特别是涉及一种空气冷却系统、风力发电机组及其冷却方法。

背景技术

风力发电是最接近商业化的可再生能源技术之一，是可再生能源发展的重点。风力发电机组中的电机在运行过程中存在热损耗，其主要包括：电磁损耗，即绕组中由于欧姆阻抗产生的焦耳热，即铜损；铁芯中的磁滞损耗和涡流损耗等，即铁耗；以及不可避免的杂散损耗；若为永磁电机，则还包括磁钢损耗。这些损耗使电机运行时释放出大量的热量，而这些热量不仅会对电机本身及其绝缘结构造成一定的冲击，导致缩短绝缘寿命甚至绝缘失效，还会导致电机的输出功率不断下降。

随着海上风力发电机组的快速发展，机组的单机容量不断增加，进而直接带来风力发电机机组损耗的不断提高，电机的冷却系统将占据更大的机舱空间。对于风沙较大或工作环境恶劣的工况，尤其对于海上盐雾环境，对冷却系统的设计要求也更严苛。

发明内容

本申请的目的是提供一种空气冷却系统、风力发电机组及其冷却方法，该空气冷却系统可以同时解决风力发电机组的除湿与冷却的问题。

一方面，本申请提出了一种空气冷却系统，应用于风力发电机组，该空气冷却系统包括：第一除湿系统，设置于风力发电机组的机舱的壁部且与机舱连通；第二除湿系统，设置于机舱内，并将机舱的内部空间分隔为第一空腔和第二空腔，第二空腔与风力发电机组的发电机的出气口连通设置；驱动设备，设置于机舱内；其中，外界空气在驱动设备的作用下，经第一除湿系统后，与由发电机的出气口排放的高温空气混合，混合空气进入第一空腔，经第二除湿系统后进入第二空腔，并与第二空腔内的发热部件和/或发电机进行热交换。

另一方面，本申请还提供了一种风力发电机组，该风力发电机组包括发电机；机舱，与发电机连接；以及如前所述的任一种空气冷却系统，空气冷却系统设置于机舱与发电机的进气口之间。

另一方面，本申请还提供了一种如前所述的风力发电机组的冷却方法，其包括：外界冷却空气在驱动设备的作用下经第一除湿系统后，与由发电机的出气口排放的高温空气混合；混合空气进入机舱的第一空腔后经第二除湿系统进入机舱的第二空腔，并与第二空腔内的发热部件和/或发电机进行热交换。

本申请提供的一种空气冷却系统及风力发电机组，通过在风力发电机组的机舱与发电机的进气口之间设置空气冷却系统，其包括设置于机舱的壁部且与机舱连通的第一除湿系统和设置于机舱内的第二除湿系统，可以同时解决风力发电机组的除湿及冷却问题，且整体结构简单紧凑、占用空间小，便于维护。另外，本申请提供的一种风力发电机组的冷却方法，通过对外界冷却空气进行两级除湿后再与机舱内的发热部件和/或发电机进行热交换，同时解决了风力发电机组的除湿及冷却问题。

附图说明

从下面结合附图对本申请的具体实施方式的描述中可以更好地理解本申请，其中，通过阅读以下参照附图对非限制性实施例所作的详细描述，本申请的其它特征、目的和优点将会变得更明显，相同或相似的附图标记表示相同或相似的特征。

图 1 是本申请实施例提供的一种空气冷却系统的结构示意图；
图 2 是图 1 所示的空气冷却系统中的除湿装置的结构示意图；
图 3 是图 1 所示的空气冷却系统的机舱内的管路布局结构示意图；
图 4 是本申请实施例提供的另一种空气冷却系统的结构示意图；
图 5 是图 4 所示的空气冷却系统的机舱内的管路布局结构示意图；
图 6 本申请实施例提供的另一种空气冷却系统的结构示意图；
图 7 是本申请实施例提供的另一种空气冷却系统的结构示意图；
图 8 是本申请实施例提供的一种风力发电机组的冷却方法的流程框图。
附图标记说明：

M-发电机；S-子系统；C-机舱；In-进气口；O-出气口；A-辅助出气口；
F-过滤件；A1-除湿区域；A2-吸湿区域；C1-第一空腔；C2-第二空腔；
1-第一管道；11-第一端；12-第二端；
2-第一除湿系统；
3-驱动设备；
4-第二除湿系统；41-隔离支架；42-除湿装置；421-转轮；422-吸湿颗粒；423-驱动电机；424-传动带；43-第二调节阀；
5-第二管道；51-子管道；52-第一循环风扇；
6-第一调节阀；
7-第三管道；
8-第四管道；81-第二循环风扇。

具体实施方式

下面将详细描述本申请的各个方面的特征和示例性实施例。下面的详细描述中公开了许多具体细节，以便全面理解本申请。但是，对于本领域技术人员来说，很明显的是，本申请可以在不需要这些具体细节中的一些细节的情况下实施。下面对实施例的描述仅仅是为了通过示出本申请的示例来提供对本申请的更好的理解。本申请决不限于下面所提出的任何具体配置，而是在不脱离本申请的精神的前提下覆盖了元素和部件的任何修改、替换和改进。在附图和下面的描述中，没有示出公知的结构和技术，以便

避免对本申请造成不必要的模糊。

为了更好地理解本申请，下面结合图 1 至图 8 对本申请实施例的空气冷却系统、风力发电机组及发电机的冷却方法进行详细描述。

由于风力发电机组的机舱 C 外的环境空气一般具有一定的相对湿度，尤其对于海上风力发电机组，海上环境为高盐高湿的空气，且大部分以液滴颗粒的形式存在，因此外界冷却空气在进入机舱 C 之前，至少还需要对外界冷却空气进行除湿，必要的情况下还需要进行除盐。

参阅图 1，本申请实施例提供了一种空气冷却系统，应用于风力发电机组，该空气冷却系统包括：第一除湿系统 2、第二除湿系统 4 和驱动设备 3。

第一除湿系统 2 设置于风力发电机组的机舱 C 的壁部，且与机舱 C 连通。可选地，第一除湿系统 2 为气液分离装置，用于分离出外界冷却空气中的液滴。第一除湿系统 2 可以设置于机舱 C 的内壁，也可以设置于机舱 C 的外壁，优选设置于机舱 C 的外壁，使得进入机舱 C 的冷却空气全部经过第一除湿系统 2，不占用机舱 C 的内部空间

第二除湿系统 4 设置于机舱 C 内，并将机舱 C 的内部空间分隔为第一空腔 C1 和第二空腔 C2，第二空腔 C2 与风力发电机组的发电机 M 的出气口 O 连通设置。

驱动设备 3 设置于机舱 C 内，以将外界冷却空气经第一除湿系统 2 引入机舱 C 内。由于惯性的作用，大部分直径为例如 $12\ \mu\text{m}$ 以上的液滴颗粒将会撞击在风力发电机组的叶片上，然后流出机舱 C 外，除去大直径的液滴颗粒后，剩余含有少量水分和少量盐分的潮湿空气经由第一除湿系统 2 被驱动设备 3 引入机舱内，与由发电机 M 的出气口 O 排放的部分高温空气混合，经第二除湿系统 4 后，并与机舱 C 的发热部件和/或发电机 M 进行热交换。

可选地，驱动设备 3 为离心式风机，其包括驱动电机和风机叶片，风机叶片在驱动电机的驱动下转动。机舱 C 内的发热部件例如包括但不限于各种电气设备、变速箱等，根据风力发电机组的具体布局结构而定。

其中，外界冷却空气在驱动设备 3 的作用下，经第一除湿系统 2 后，

与由发电机 M 的出气口 O 排放的高温空气混合，混合空气进入第一空腔 C1，经第二除湿系统 4 后进入第二空腔 C2，并与第二空腔 C2 内的发热部件和/或发电机 M 进行热交换。可选地，调节由发电机 M 的出气口 O 排放的高温空气的流量，以使第一空腔 C1 内的混合空气具有预定的相对湿度。

该空气冷却系统采用外界空气直接冷却的方式，冷却温度低，提高了风力发电机组的冷却效果。由于不存在腐蚀泄漏的风险，可靠性也比液冷或者空液一体的冷却方式要高，同时节省了液冷管道、泵站、热交换器、稳压系统等复杂部件，结构紧凑、占用空间小，便于维护，制造成本较低。

本申请实施例提供的空气冷却系统，通过在风力发电机组的机舱 C 与发电机 M 的进气口 In 之间设置空气冷却系统，其包括设置于机舱 C 的壁部且与机舱 C 连通的第一除湿系统 2 和设置于机舱 C 内的第二除湿系统 4，可以同时解决风力发电机组的除湿及冷却问题，且整体结构简单紧凑、占用空间小，便于维护

下面结合附图进一步详细描述本申请实施例提供的空气冷却系统的具体结构。

再次参阅图 1，本申请实施例提供的空气冷却系统还包括：第一管道 1 和第二管道 5。

第一管道 1 具有位于机舱 C 内的第一端 11 和位于机舱 C 外的第二端 12，驱动设备 3 对应于第一管道 1 的第一端 11 设置，第一除湿系统 2 对应于第一管道 1 的第二端 12 设置于机舱 C 的壁部。

第二管道 5 的一端连接发电机 M 的出气口 O，另一端经与第一管道 1 交汇后延伸至机舱 C 外与外界冷却空气连通，以将发电机 M 的出气口 O 排放的部分高温空气与进入第一管道 1 的冷却空气进行混合。

优选地，驱动设备 3 设置在第一管道 1 与第二管道 5 交汇处的下游区域，外界冷却空气与发电机 M 的高温排气（温度可达 90 摄氏度以上）混合，提高了外界冷空气的温度而降低了外界冷却空气的湿度。研究证明，在一定相对湿度条件下，例如 74% 的相对湿度的条件下，盐可以以液体盐的形式存在于空气内，因此，控制混合气体的相对湿度低于 74%，优选低于 60%，混合空气内含有的液体盐就能够被干燥固化并自动析出。

将驱动设备 3 设置于第一管道 1 与第二管道 5 交汇处的下游区域，可以更好地驱动第一管道 1 和第二管道 5 内的气体充分混合，并实现控制混合空气的相对湿度，固化除盐；也可避免外界空气中的盐侵蚀驱动设备 3，从而进入机舱 C 和发电机 M。因此，将混合后的空气与机舱 C 的发热部件和/或发电机 M 进行热交换。既可以充分利用发电机 M 排出的高温废热气，降低能耗，又能对外界冷却空气进行除湿除盐，还可以直接对风力发电机组的机舱 C 内的发热部件和/或发电机 M 进行冷却。

进一步地，为了充分利用发电机 M 排出的高温废热气、降低能耗，空气冷却系统还包括第一调节阀 6，第一调节阀 6 设置于第一管道 1 与第二管道 5 的交汇处，以调节由第二管道 5 进入第一管道 1 的高温空气的流量。

该第一调节阀 6 优选为三通阀，分别与第一管道 1、第二管道 5 和外界空气连通。发电机 M 的出气口 O 排放至第二管道 5 的一部分高温空气经第一调节阀 6 进入第一管道 1，剩余的大部分高温空气经过第二管道 5 排出机舱 C 外。进入第一管道 1 的高温空气与含有高盐高湿的空气混合后，温度升高，成为不稳定的饱和盐溶液颗粒与空气的混合物，通过第一调节阀 6 控制混合气体的相对湿度低于 74%，优选地，低于 60%，该混合物在驱动设备 3 的转动作用下以结晶形式析出盐晶体，盐晶体落入机舱 C 的储存盒（图中未示出）内，这样提高了对外界冷却空气的除盐和除湿效果。

可选地，第二管道 5 上设置有第一循环风扇 52，以提高第二管道 5 内的高温空气与第一管道 1 内的潮湿空气的混合效率，进一步提高外界空气的除湿效果。

通过第一除湿系统 2 进行初步除湿和除盐后的混合气体在驱动设备 3 的作用下经第一管道 1 进入机舱 C 内，再通过第二除湿系统 4 继续进行除湿，可以提高外界空气的总体除湿效果，降低第二除湿系统 4 的结构复杂性，减小机舱 C 的占用空间。

具体来说，第二除湿系统 4 包括隔离支架 41、除湿装置 42 和第三管道 7。隔离支架 41 与机舱 C 的壁部连接，且沿第一空腔 C1 内的空气流动方向渐缩设置。除湿装置 42 设置于隔离支架 41 上且位于空气流动的下游端。第三管道 7 的一端与第二管道 5 连通，另一端与除湿装置 42 连接，以将高

温空气引流至除湿装置 42。

外界空气被驱动设备 3 引流至机舱 C 的过程中，经第一除湿系统 2 初级除湿且与第二管道 5 内的高温空气混合后的冷却空气与隔离支架 41 的内壁不断发生碰撞产生阻力，压力逐渐降低，流速逐渐升高，从而以高速被推入至除湿装置 42。隔离支架 41 可以呈抛物面或锥形面结构，为制造方便，一般选用锥形面结构。

参阅图 2，除湿装置 42 包括具有容纳腔的转轮 421 和设置于容纳腔内的吸湿颗粒 422，第三管道 7 穿过转轮 421，以将容纳腔分为除湿区域 A1 和吸湿区域 A2，第三管道 7 的高温空气加热除湿区域 A1 的吸湿颗粒 422，以将除湿区域 A1 的潮湿空气处理为干燥空气。

另外，除湿装置 42 还包括驱动电机 423 和传动带 424，驱动电机 423 设置于机舱 C 内，传动带 424 设置于驱动电机 423 的输出轴与转轮 421 之间，以带动转轮 421 相对于隔离支架 41 可转动。

如图 2 所示，转轮 421 的容纳腔分为除湿区域 A1 和吸湿区域 A2，其中，除湿区域 A1 约占 1/4，吸湿区域 A2 约占 3/4，机舱 C 内的湿空气经过吸湿区域 A2，空气中的湿气被吸湿颗粒 422 吸收变成干燥空气。转轮 421 通过驱动电机 423 带动传动带 424 转动，第三管道 7 的高温空气加热除湿区域 A1 内的吸湿颗粒 422，带走吸湿颗粒 422 上附着的湿气。此时除湿区域 A1 内的吸湿颗粒 422 变成干燥的有吸附能力的颗粒，转轮 421 在驱动电机 423 和传动带 424 的带动下一直保持转动，从而一直对吸湿颗粒 422 上附着的湿气进行除湿。将除湿区域 A1 的潮湿空气处理为干燥空气的过程中，潮湿空气的少量盐分以结晶形式析出盐晶体，经由发电机 M 的进气口 In 处的过滤件 F 过滤除去，进一步提高了对外界冷却空气的除盐和除湿效果。

经第二除湿系统 4 除湿后的冷却空气可以直接冷却机舱 C 内的发热部件，经过发电机 M 的进气口 In 处的过滤件 F 进入发电机 M 内部，过滤件 F 用于除掉混合空气中残留的灰尘、盐等杂质，然后吸收定子绕组、定子铁芯、磁钢等发热部件的热量后，再经出气口 O 进入第二管道 5，其中一部分高温空气进入第一管道 1 继续下一次的空气冷却循环，另一部分高温

空气排出至机舱 C 外。

可选地，第二除湿系统 4 还包括第二调节阀 43，第二调节阀 43 设置于第三管道 7 与第二管道 5 的交汇处，以调节由第二管道 5 进入第三管道 7 的高温空气的流量，进而使经过第二除湿系统 4 进行第二级除湿后的空气具有预定温度和预定相对湿度。

参阅图 3，为了提高对发电机 M 的冷却效果，空气冷却系统的子系统 S 还包括设置于机舱 C 内且与外界连通的多个子管道 51，多个子管道 51 布置于位于第二除湿系统 4 下游的部分，并与第二管道 5 连通，以将发电机 M 产生的高温空气通过多个子管道 51 排放至机舱 C 外。

由于发电机 M 在生产制造工艺上可能存在偏差，影响空气冷却系统上的冷却空气在发电机 M 内的分配，为了保持发电机 M 的温度在周向上的均匀性，多个子管道 51 在机舱 C 内沿周向均匀分布。

请一并参阅图 4 和图 5，本申请实施例还提供了一种空气冷却系统，其与图 1 所示的空气冷却系统结构类似，不同之处在于，发电机 M 还设置有辅助出气口 A，空气冷却系统还包括第四管道 8，第四管道 8 的一端连接辅助出气口 A，另一端与外界连通。

进一步地，第四管道 8 上设置有第二循环风扇 81，以提高第四管道 8 的排气效率。

该辅助出气口 A 的作用是将发电机 M 的出气口排出的高温空气分为两条支路，一个支路的一部分高温空气通过第二管道 5 与第一管道 1 内的湿冷空气混合，另一部分排出机舱 C 外，另外一个支路通过第四管道 8 排出机舱 C 外。相对于图 1 所示的空气冷却系统来说，可以减小第二管道 5 的排气阻力，降低第二驱动设备 52 的功率，同时降低空气冷却系统的复杂性。

可选地，如图 5 所示，发电机 M 的辅助出气口 A 对应于机舱 C 内设置；子系统 S 还包括设置于机舱 C 内且与外界连通的多个子管道 51，多个子管道 51 与第四管道 8 连通，以将发电机 M 产生的高温空气通过多个子管道 51 排放至机舱 C 外。

由于发电机 M 在生产制造工艺上可能存在偏差，影响空气冷却系统上的冷却空气在发电机 M 内的分配，为了保持发电机 M 的温度在周向上的

均匀性，多个子管道 51 在机舱 C 内沿周向均匀分布。

参阅图 6，本申请实施例还提供了一种空气冷却系统，其与图 4 所示的空气冷却系统结构类似，不同之处在于，发电机 M 的辅助出气口 A 设置于机舱 C 外，并且省去了多个子管道 51，以减小机舱 C 的占用空间，布局更加紧凑、简单，同时降低了制造成本。

参阅图 7，本申请实施例还提供了一种空气冷却系统，其与图 1、图 4、图 6 所示的空气冷却系统结构类似，不同之处在于，该空气冷却系统包括：相互独立运行的两个以上子系统 S，每个子系统 S 的结构可以相同，这样省却了复杂的设置，简化了整个空气冷却系统。

具体地，单个子系统 S 至少包括：第一管道 1、第一除湿系统 2、驱动设备 3 和第二管道 5，两个以上子系统 S 的第一管道 1 和驱动设备 3 位于第一空腔 C1 内。

可选地，两个以上子系统 S 同时启动，外界冷却空气通过两个以上子系统 S 的第一除湿系统 2 初级除湿后与发电机 M 排出的部分高温空气混合，混合后的空气一并汇合至机舱 C 的第一空腔 C1 内，经第二除湿系统 4 二级除湿后，流经第二空腔 C2 内的发热设备和/或发电机 M 后排出，以实现风力发电机组进行冷却、除湿和除盐中的至少一者。当其中一个子系统 S 发生故障后，不会影响另一个子系统 S 的运行，提高了空气冷却系统的容错性。

另外，当机舱 C 外的环境温度低于预定温度时，例如在冬季的寒冷地区运行时，由于外界冷却空气处于潮湿、低温环境中，机舱 C 的第一除湿系统 2 通常会结冰，堵塞进入机舱 C 的通道，还需要进行除冰工作。

可选地，两个以上子系统 S 的驱动设备 3 分别交替运行预定时间，以实现第一除湿系统 2 进行除冰。

除冰的工作原理如下所述：当第一个子系统 S 的驱动设备 3 运行时，机舱 C 内的压力增大，由于没有开启其余子系统 S 的驱动设备 3，压力大的空气会通过其余子系统 S 的未启动的驱动设备 3 和第一管道 1 向外扩散，由于机舱 C 内的空气温度高于外界环境温度，故可以对其余子系统 S 的第一管道 1 和第一除湿系统 2 进行除冰。

然后关闭第一个子系统 S 的驱动设备 3，并启动第二个子系统 S 的驱动设备 3。同样地，当第二个子系统 S 的驱动设备 3 运行时，机舱 C 内的压力增大，压力大的空气会通过其余子系统 S 的未启动的驱动设备 3 和第一管道 1 向外扩散，由于机舱 C 内的空气温度高于外界环境温度，故运行预定时间后，可以对其余子系统 S 的第一管道 1 和第一除湿系统 2 进行除冰。

以此类推，将两个以上子系统 S 的每个子系统的第二管道 1 和第一除湿系统 2 进行除冰。当除冰工作完成后，两个以上子系统 S 的第一管道 1 与外界空气均可连通。

由此，本申请实施例提供的空气冷却系统还包括温度传感器和与温度传感器电连接的控制器（图中未示出）。

可选地，温度传感器设置于机舱 C 的壁部，用于监测机舱 C 外的环境温度。当温度传感器监测的外界环境温度低于预定温度时，控制器控制两个以上子系统 S 的驱动设备 3 分别交替运行预定时间，以对每个子系统 S 的第一除湿系统 2 进行除冰。该预定温度例如为 0°C ，预定时间例如为 10 分钟~30 分钟。

可选地，两个以上子系统 S 的第二管道 5 一体设置，从而可以减少第二管道 5 和第一循环风扇 52 的数量，降低制造成本，减少机舱的占用空间，布局紧凑。此时，单个第二管道 5 内的发电机 M 的高温气体分别与两个以上子系统 S 的第一管道 1 交汇混合，对两个以上子系统 S 由第一管道 1 进入机舱 C 的外界冷空气除湿除盐后，再次混合，二次除湿后进入机舱 C 和发电机 M，对机舱 C 的发热部件和/或发电机 M 进行冷却。

由于发电机 M 在生产制造工艺上可能存在偏差，影响空气冷却系统上的冷却空气在发电机 M 内的分配，为了保持发电机 M 的温度在周向上的均匀性，以空气冷却系统包括各自独立运行的两个子系统 S 为例，两个子系统 S 的多个子管道 51 在机舱 C 内沿周向交替分布。例如，第一个子系统 S 包括设置于机舱 C 内且与外界连通的 3 个子管道 51，第二个子系统 S 包括设置于机舱 C 内且与外界连通的 3 个子管道 51，两个子系统 S 的 6 个子管道 51 在机舱 C 内沿周向交替分布，保持了发电机 M 散热的均匀稳定性，

提高了发电机 M 的运行可靠性。

可选地，本申请实施例提供的发电机 M 还设置有辅助出气口 A，发电机 M 的辅助出气口 A 设置于机舱 C 内，每个子系统 S 的多个子管道 51 与第四管道 8 连通，以将发电机 M 产生的高温空气通过多个子管道 51 排放至机舱 C 外。

可选地，本申请实施例提供的发电机 M 还设置有辅助出气口 A，辅助出气口 A 设置于机舱 C 外，此时的第二循环风机 81 也处于机舱 C 外，省去了多个子管道 51，减小了机舱 C 的占用空间，布局更加紧凑、简单，同时降低了制造成本。

可以理解的是，本申请实施例提供的空气冷却系统的每个子系统 S 的结构也可以不同，例如，其中一个子系统 S 包括第一管道 1、第一除湿系统 2、驱动设备 3、第二除湿系统 4 和第二管道 5，另一个子系统 S 包括第一管道 1、第一除湿系统 2、驱动设备 3、第二管道 5 和过滤装置或者其它装置，以实现不同的功能。

另外，本申请实施例还提供了一种风力发电机组，其包括：发电机 M、与发电机 M 连接的机舱 C，以及如前所述的任一种空气冷却系统，该空气冷却系统设置于机舱 C 与发电机 M 的进气口 In 之间。

如前所述，该风力发电机组在机舱 C 与发电机 M 的进气口 In 之间设置如前所述的任一种空气冷却系统，其包括设置于机舱 C 的壁部且与机舱 C 连通的第一除湿系统 2 和设置于机舱 C 内的第二除湿系统 4，可以同时解决风力发电机组的除湿及冷却问题，且整体结构简单紧凑、占用空间小，便于维护

参阅图 8，本申请实施例还提供了一种如前所述的风力发电机组的冷却方法，该冷却方法包括：

步骤 S1：外界冷却空气在驱动设备 3 的作用下经第一除湿系统 2 后，与由发电机 M 的出气口 O 排放的高温空气混合。

步骤 S2：混合空气进入机舱 C 的第一空腔 C1 后经第二除湿系统 4 进

入机舱 C 的第二空腔 C2，并与第二空腔 C2 内的发热部件和/或发电机 M 进行热交换。

本申请实施例提供的风力发电机组的冷却方法，通过对外界冷却空气进行两级除湿后再与机舱 C 内的发热部件和/或发电机 M 进行热交换，同时解决了风力发电机组的除湿及冷却问题。

进一步地，该冷却方法还包括：

步骤 S3：监测机舱 C 外的环境温度是否低于预定温度，该预定温度例如为 0°C 。空气冷却系统包括各自独立运行的 N 个子系统 S， $N \geq 2$ ，每个子系统 S 至少包括：第一除湿系统 2 和驱动设备 3。

步骤 S4：如果是，则启动 N 个子系统 S 中第 i 个子系统 S 的驱动设备 3，运行预定时间，实现对 N 个子系统 S 中其余子系统 S 的第一除湿系统 2 进行除冰，其中， $1 \leq i < N$ ；

步骤 S5：关闭第 i 个子系统 S 的驱动设备 3，启动第 i+1 个子系统 S 的驱动设备 3，运行预定时间，实现对 N 个子系统 S 中其余子系统 S 的第一除湿系统 2 进行除冰。

步骤 S6：如果否，则启动 N 个子系统 S 中的至少一个子系统 S 的驱动设备 3 并运行。

可选地，两个以上子系统 S 同时启动，外界冷却空气通过两个以上子系统 S 的第一除湿系统 2 初级除湿后与发电机 M 排出的部分高温空气混合，混合后的空气一并汇合至机舱 C 的第一空腔 C1 内，经第二除湿系统 4 二级除湿后，流经第二空腔 C2 内的发热设备和/或发电机 M 后排出，极大地提高了风力发电机组的冷却效果。当其中一个子系统 S 发生故障后，不会影响另一个子系统 S 的运行，提高了空气冷却系统的容错性。

可以理解的是，如果机舱 C 外的环境温度高于预定温度，则不需要对第一除湿系统 2 进行除冰，直接对风力发电机组进行除湿及冷却即可。

本领域技术人员应能理解，上述实施例均是示例性而非限制性的。在不同实施例中出现的不同技术特征可以进行组合，以取得有益效果。本领域技术人员在研究附图、说明书及权利要求书的基础上，应能理解并实现

所揭示的实施例的其他变化的实施例。在权利要求书中，术语“包括”并不排除其他装置或步骤；物品没有使用数量词修饰时旨在包括一个/种或多个/种物品，并可以与“一个/种或多个/种物品”互换使用”；术语“第一”、“第二”用于标示名称而非用于表示任何特定的顺序。权利要求中的任何附图标记均不应被理解为对保护范围的限制。权利要求中出现的多个部分的功能可以由一个单独的硬件或软件模块来实现。某些技术特征出现在不同的从属权利要求中并不意味着不能将这些技术特征进行组合以取得有益效果。

权 利 要 求 书

1. 一种空气冷却系统，应用于风力发电机组，其中，所述空气冷却系统包括：

第一除湿系统，设置于所述风力发电机组的机舱的壁部，且与所述机舱连通；

第二除湿系统，设置于所述机舱内，并将所述机舱的内部空间分隔为第一空腔和第二空腔，所述第二空腔与所述风力发电机组的发电机的出气口连通设置；

驱动设备，位于所述第一空腔内；

其中，外界冷却空气在所述驱动设备的作用下，经所述第一除湿系统后与由所述发电机的出气口排放的高温空气混合，混合空气进入所述第一空腔，经所述第二除湿系统后进入所述第二空腔，并与所述第二空腔内的发热部件和/或所述发电机进行热交换。

2. 根据权利要求 1 所述的空气冷却系统，其中，调节由所述发电机的出气口排放的高温空气的流量，以使所述第一空腔内的混合空气具有预定的相对湿度。

3. 根据权利要求 1 所述的空气冷却系统，其中，所述空气冷却系统包括各自独立运行的两个以上子系统，每个所述子系统的结构相同。

4. 根据权利要求 1 所述的空气冷却系统，其中，所述空气冷却系统还包括：

第一管道，具有位于所述机舱内的第一端和位于所述机舱外的第二端，所述驱动设备对应于所述第一管道的所述第一端设置，所述第一除湿系统对应于所述第一管道的所述第二端设置于所述机舱的壁部；

第二管道，其一端连接所述发电机的所述出气口，另一端经与所述第一管道交汇后延伸至所述机舱外与外界冷却空气连通，以将所述发电机的所述出气口排放的部分高温空气与进入所述第一管道的冷却空气进行混合。

5. 根据权利要求 4 所述的空气冷却系统，其中，所述空气冷却系统包括各自独立运行的两个以上子系统，每个所述子系统至少包括：所述第一管道、所述第一除湿系统、所述驱动设备和所述第二管道，两个以上所述子系统的所述第一管道和所述驱动设备位于所述第一空腔内。

6. 根据权利要求 4 或 5 所述的空气冷却系统，其中，所述空气冷却系统还包括第一调节阀，所述第一调节阀设置于所述第一管道与所述第二管道的交汇处，以调节由所述第二管道进入所述第一管道的高温空气的流量。

7. 根据权利要求 4 或 5 所述的空气冷却系统，其中，所述第二除湿系统包括：

隔离支架，与所述机舱的壁部连接，且沿所述第一空腔内的空气流动方向渐缩设置；

除湿装置，设置于所述隔离支架上且位于空气流动的下游端；

第三管道，其一端与所述第二管道连通，另一端与所述除湿装置连接，以将高温空气引流至所述除湿装置。

8. 根据权利要求 7 所述的空气冷却系统，其中，所述除湿装置包括具有容纳腔的转轮和设置于所述容纳腔内的吸湿颗粒，所述第三管道穿过所述转轮，以将所述容纳腔分为除湿区域和吸湿区域，所述第三管道的高温空气加热所述除湿区域的所述吸湿颗粒，以将所述除湿区域的潮湿空气处理为干燥空气。

9. 根据权利要求 7 所述的空气冷却系统，其中，所述除湿装置还包括驱动电机和传动带，所述驱动电机设置于所述机舱内，所述传动带设置于所述驱动电机的输出轴与所述转轮之间，以带动所述转轮相对于所述隔离支架可转动。

10. 根据权利要求 7 所述的空气冷却系统，其中，所述第二除湿系统还包括第二调节阀，所述第二调节阀设置于所述第三管道与所述第二管道的连接处，以调节由所述第二管道进入所述第三管道的高温空气的流量。

11. 根据权利要求 1 所述的空气冷却系统，其中，所述空气冷却系统还包括设置于所述机舱内且与外界连通的多个子管道，多个所述子管道与所述第二管道连通，以将所述发电机产生的高温空气通过多个所述子管道排放至所述机舱外。

12. 根据权利要求 1 所述的空气冷却系统，其中，所述空气冷却系统还包括第四管道，所述发电机还设置有辅助出气口，所述辅助出气口设置于所述机舱内或者所述机舱外，所述第四管道的一端连接所述辅助出气口，另一端与外界连通。

13. 根据权利要求 12 所述的空气冷却系统，其中，所述发电机的所述辅助出气口对应于所述机舱内设置；

所述空气冷却系统还包括设置于所述机舱内且与外界连通的多个子管道，多个所述子管道与所述第四管道连通，以将所述发电机产生的高温空气通过多个所述子管道排放至所述机舱外。

14. 根据权利要求 4 所述的空气冷却系统，其中，两个以上所述子系统的所述第二管道分体设置或者一体设置。

15. 根据权利要求 4 或 5 所述的空气冷却系统，其中，所述空气冷却系统还包括温度传感器和与所述温度传感器电连接的控制器，当所述温度传感器监测的外界环境温度低于预定温度时，所述控制器控制两个以上所述子系统的所述驱动设备分别运行预定时间，以对每个所述子系统的所述第一除湿系统进行除冰。

16. 一种风力发电机组，包括：

发电机；

机舱，与所述发电机连接；以及

如权利要求 1 至 15 任一项所述的空气冷却系统，所述空气冷却系统设置于所述机舱与发电机的进气口之间。

17. 一种如权利要求 16 所述的风力发电机组的冷却方法，其中，所述

冷却方法包括：

外界冷却空气在驱动设备的作用下经第一除湿系统后，与由发电机的出气口排放的高温空气混合；

混合空气进入机舱的第一空腔后经第二除湿系统进入所述机舱的第二空腔，并与所述第二空腔内的发热部件和/或所述发电机进行热交换。

18. 根据权利要求 16 所述的冷却方法，其中，所述冷却方法还包括：

监测机舱外的环境温度是否低于预定温度，所述风力发电机组的空气冷却系统包括各自独立运行的 N 个子系统， $N \geq 2$ ，每个所述子系统至少包括所述第一除湿系统和所述驱动设备；

如果是，则启动 N 个子系统中第 i 个子系统的所述驱动设备，运行预定时间，实现对 N 个子系统中其余子系统的所述第一除湿系统进行除冰，其中， $1 \leq i < N$ ；

关闭第 i 个子系统的驱动设备，启动第 $i+1$ 个子系统的驱动设备，运行预定时间，实现对 N 个子系统中其余子系统的所述第一除湿系统进行除冰；

如果否，则启动 N 个子系统中的至少一个子系统的所述驱动设备并运行。

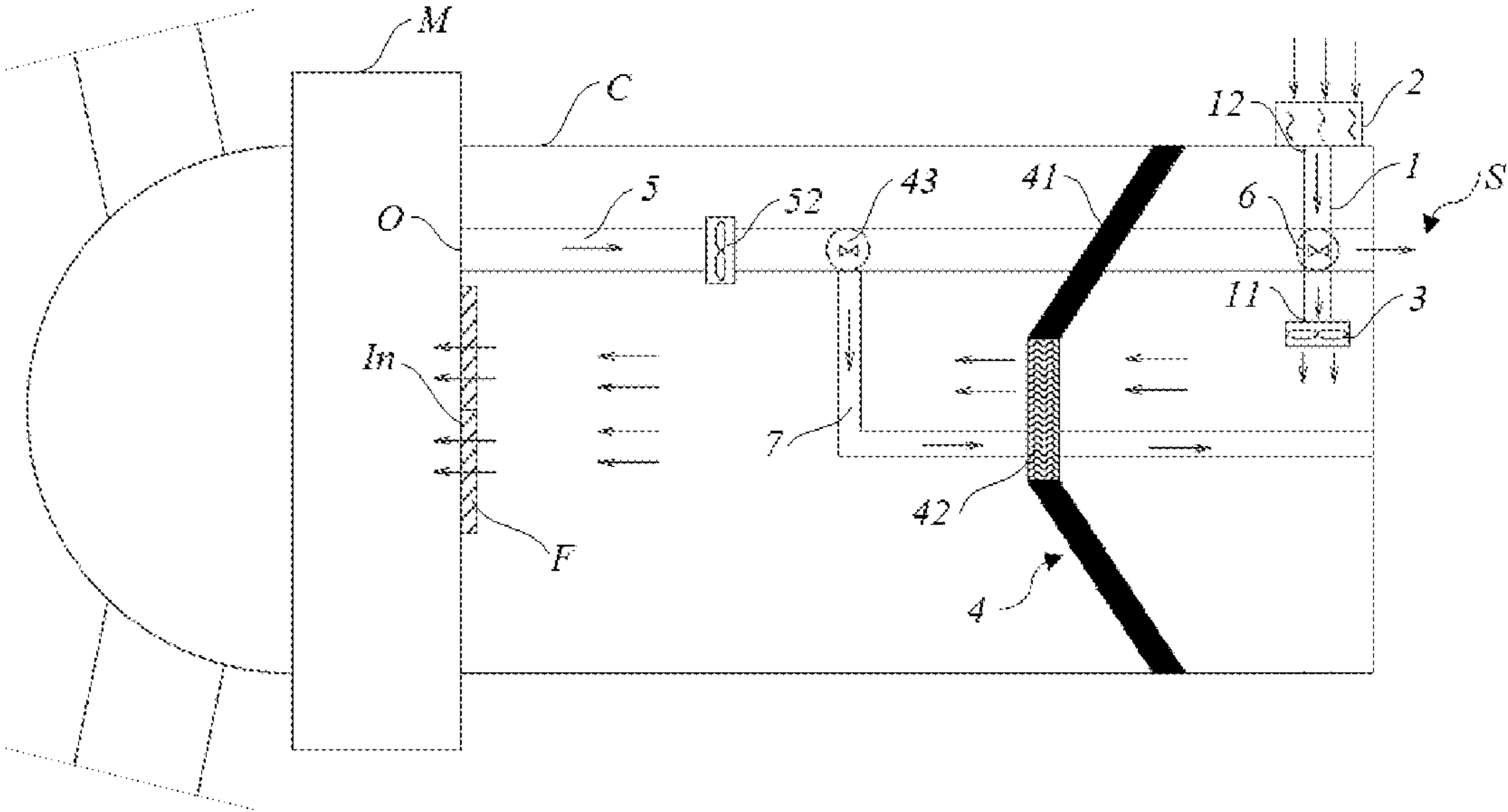


图 1

2/6

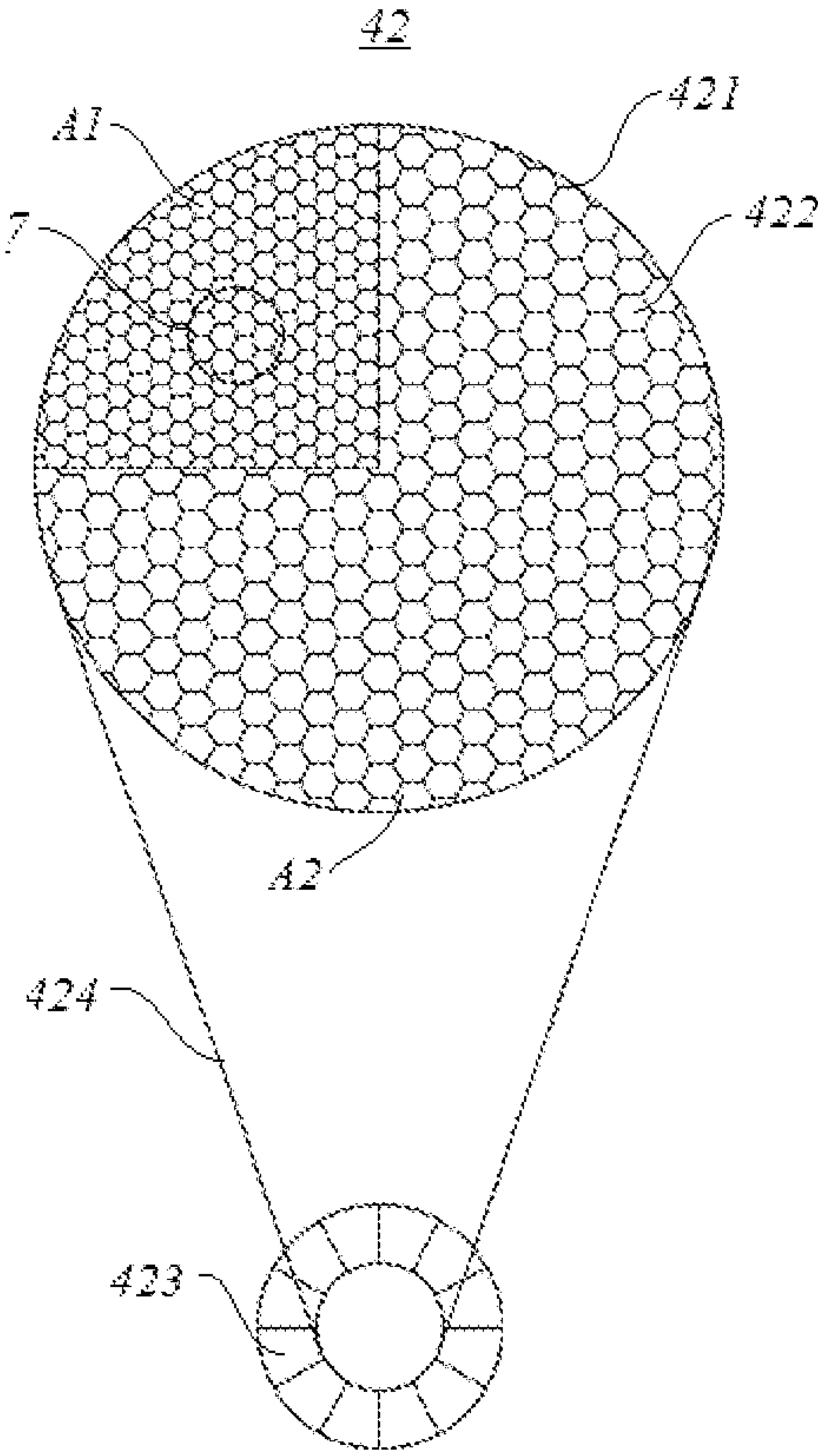


图 2

4/6

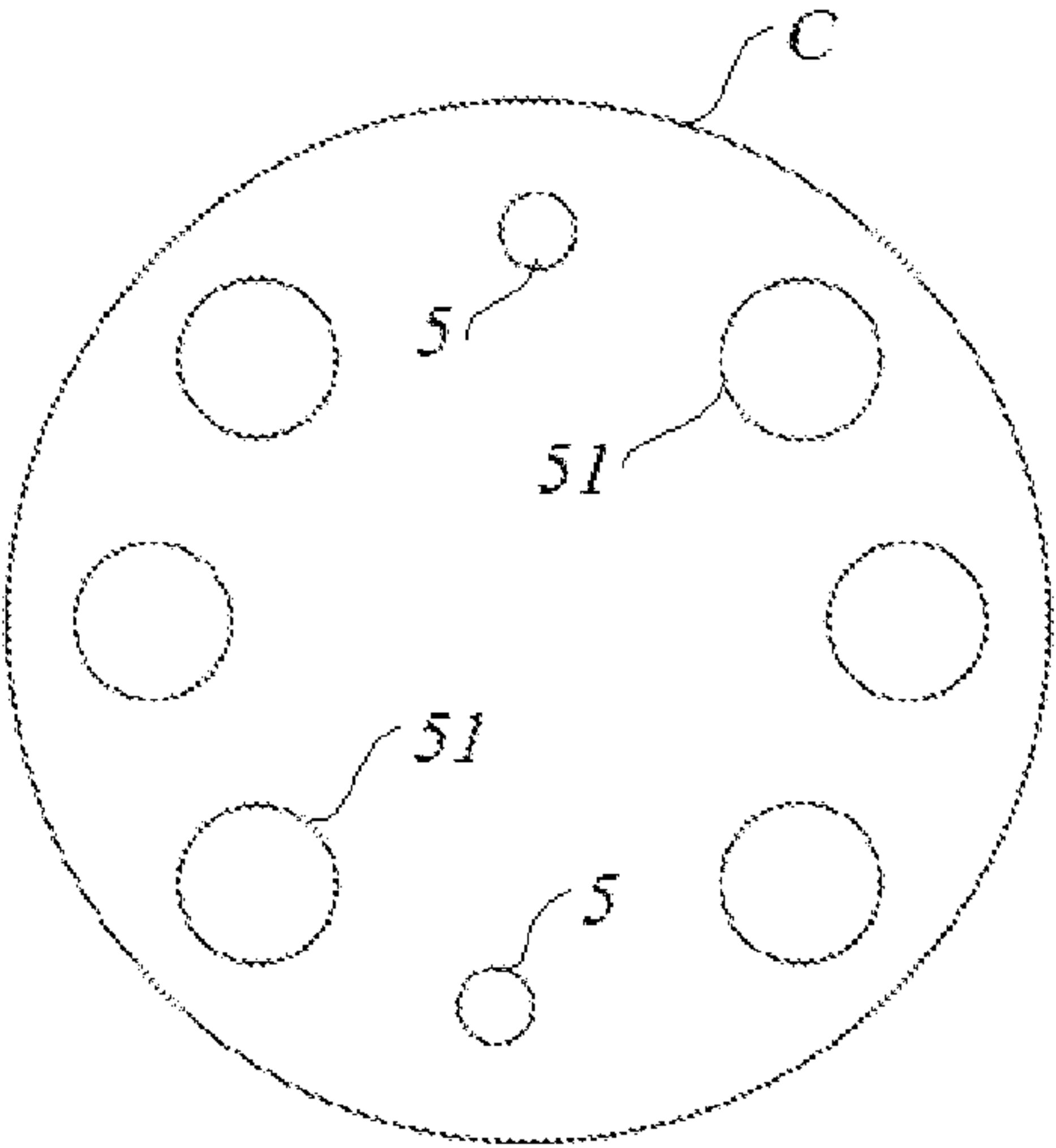


图 5

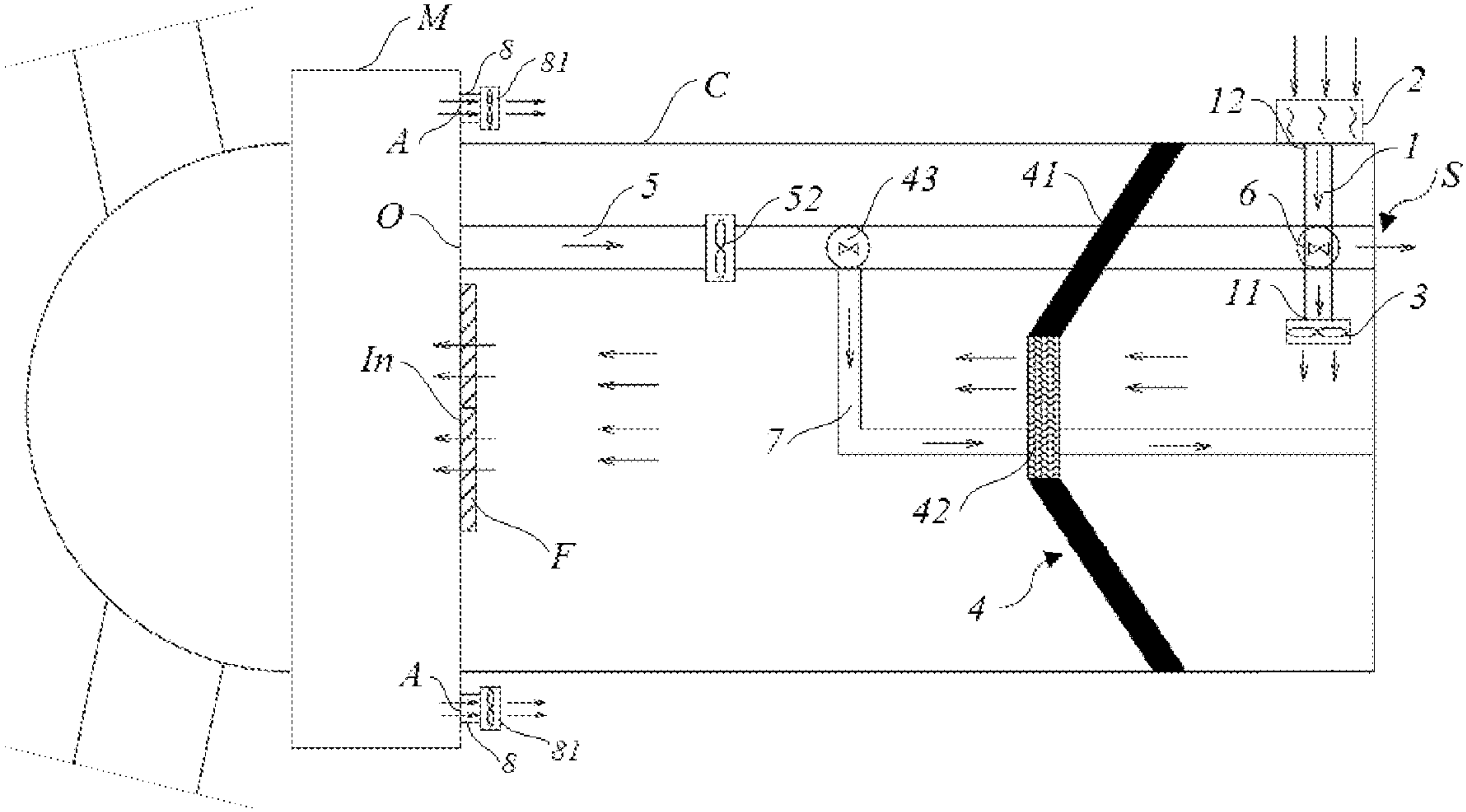


图 6

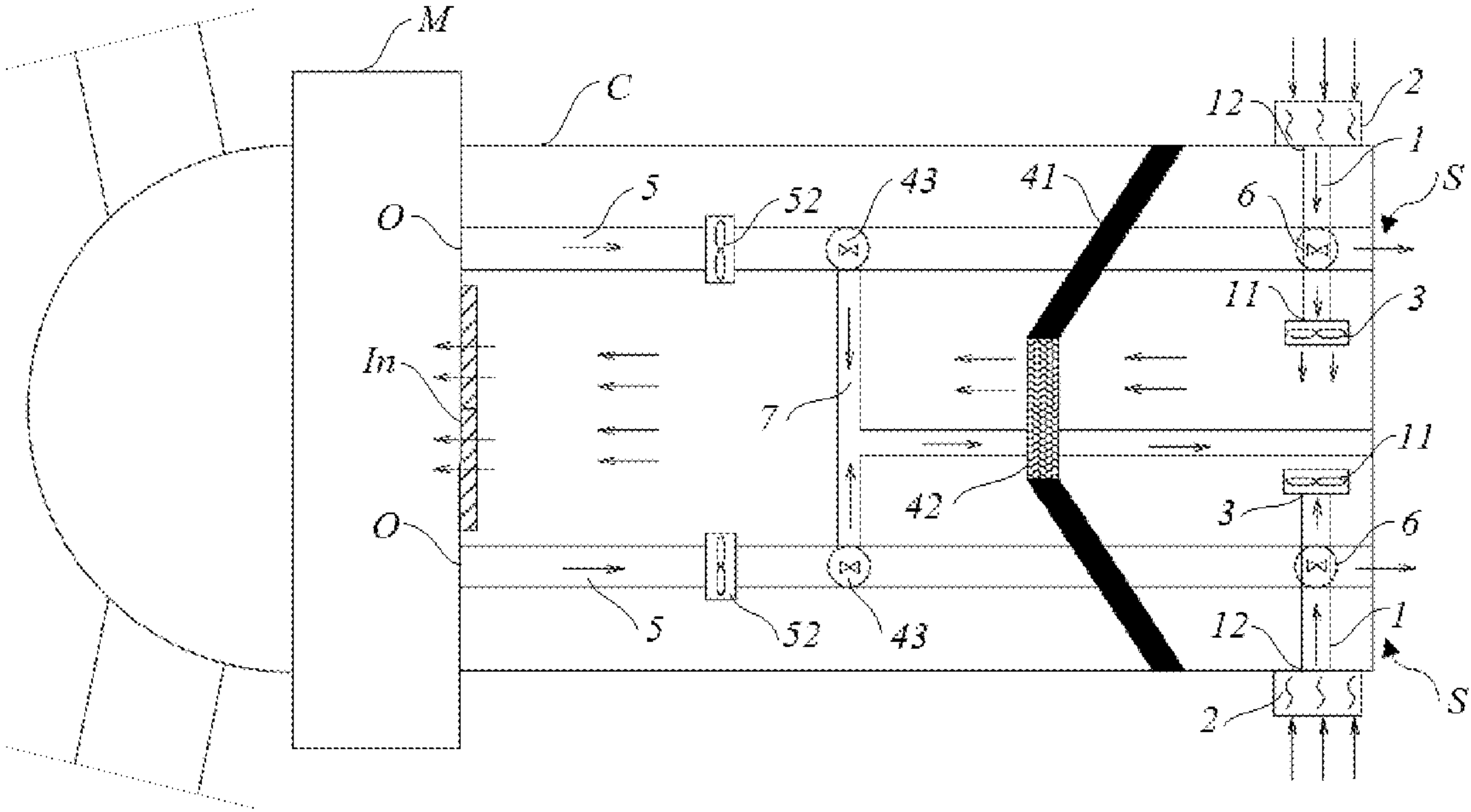


图 7

6/6

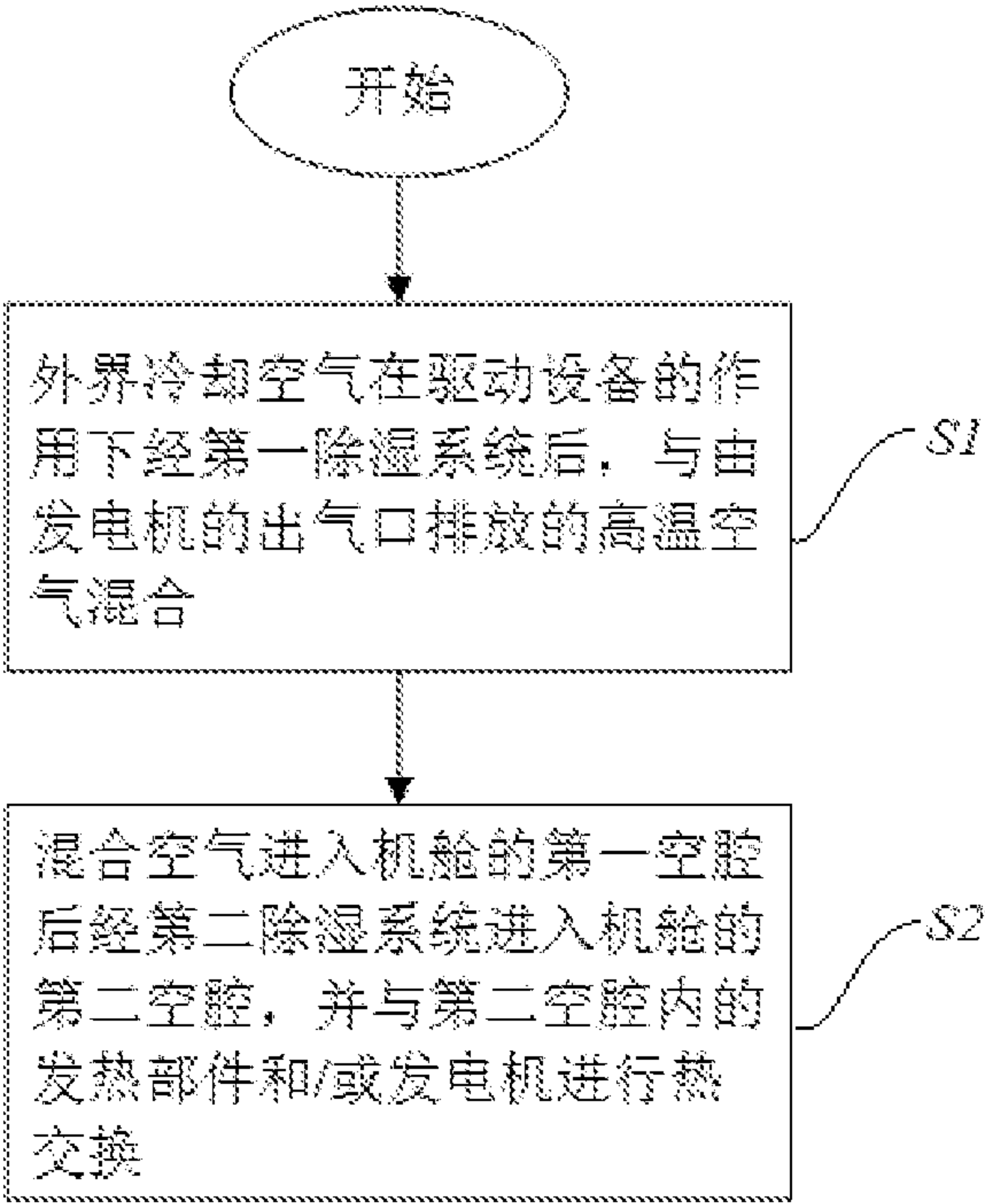


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/095063

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03D 80/60(2016.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03D

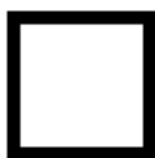
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 空气, 冷却, 除湿, 风力, 发电, 混合, 再生, 除冰, 阀, air, cooling, wind, generator, exchange, mix, ice, valve

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110725779 A (XINJIANG GOLDWIND SCIENCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 January 2020 (2020-01-24) description paragraphs 44-95, figures 1-7	1-18,
X	CN 109642553 A (SIMENS AG) 16 April 2019 (2019-04-16) description paragraphs 46-61, figure 1	1-6, 11-14, 16, 17
Y	CN 109642553 A (SIMENS AG) 16 April 2019 (2019-04-16) description paragraphs 46-61, figure 1	7-10, 15, 18
Y	CN 108894934 A (JIANGSU GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) 27 November 2018 (2018-11-27) description paragraphs 46-52, figures 1-5	7-10
Y	CN 105736258 A (XINJIANG GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) 06 July 2016 (2016-07-06) description paragraphs 72-80, figure 1	15, 18
Y	CN 2865833 Y (CHONGQING UNIVERSITY) 07 February 2007 (2007-02-07) description, pages 3 and 4, and figures 1-5	7-10
A	EP 3279469 A1 (SIEMENS AG.) 07 February 2018 (2018-02-07) entire document	1-18,



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

07 August 2020

Date of mailing of the international search report

27 August 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/095063

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110725779	A	24 January 2020	None			
CN	109642553	A	16 April 2019	CA	3038686	A1	05 April 2018
				EP	3485163	B1	04 March 2020
				US	10677226	B2	09 June 2020
				EP	3485163	A1	22 May 2019
				WO	2018059974	A1	05 April 2018
				US	2020003187	A1	02 January 2020
CN	108894934	A	27 November 2018	None			
CN	105736258	A	06 July 2016	CN	105736258	B	03 May 2019
				CN	109681396	A	26 April 2019
CN	2865833	Y	07 February 2007	None			
EP	3279469	A1	07 February 2018	EP	3279469	B1	11 March 2020

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2020/095063
A. 主题的分类 F03D 80/60(2016.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) F03D 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC:空气, 冷却, 除湿, 风力, 发电, 混合, 再生, 除冰, 阀, air, cooling, wind, generator, exchange, mix, ice, valve		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 110725779 A (新疆金风科技股份有限公司) 2020年 1月 24日 (2020 - 01 - 24) 说明书第44-95段, 附图1-7	1-18
X	CN 109642553 A (西门子股份公司) 2019年 4月 16日 (2019 - 04 - 16) 说明书第46-61段、附图1	1-6, 11-14, 16, 17
Y	CN 109642553 A (西门子股份公司) 2019年 4月 16日 (2019 - 04 - 16) 说明书第46-61段、附图1	7-10, 15, 18
Y	CN 108894934 A (江苏金风科技有限公司) 2018年 11月 27日 (2018 - 11 - 27) 说明书第46-52段、附图1-5	7-10
Y	CN 105736258 A (新疆金风科技股份有限公司) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 说明书第72-80段、附图1	15, 18
Y	CN 2865833 Y (重庆大学) 2007年 2月 7日 (2007 - 02 - 07) 说明书第3-4页, 附图1-5	7-10
A	EP 3279469 A1 (SIEMENS AG.) 2018年 2月 7日 (2018 - 02 - 07) 全文	1-18
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2020年 8月 7日		国际检索报告邮寄日期 2020年 8月 27日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 陈翔 电话号码 86-10-53961041

国际检索报告 关于同族专利的信息				国际申请号 PCT/CN2020/095063			
检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110725779	A	2020年 1月 24日	无			
CN	109642553	A	2019年 4月 16日	CA	3038686	A1	2018年 4月 5日
				EP	3485163	B1	2020年 3月 4日
				US	10677226	B2	2020年 6月 9日
				EP	3485163	A1	2019年 5月 22日
				WO	2018059974	A1	2018年 4月 5日
				US	2020003187	A1	2020年 1月 2日
CN	108894934	A	2018年 11月 27日	无			
CN	105736258	A	2016年 7月 6日	CN	105736258	B	2019年 5月 3日
				CN	109681396	A	2019年 4月 26日
CN	2865833	Y	2007年 2月 7日	无			
EP	3279469	A1	2018年 2月 7日	EP	3279469	B1	2020年 3月 11日