(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102859308 A
(43)申请公布日 2013.01.02

(21)申请号 201080060733.4

(22)申请日 2010.12.03

(30)优先权数据
P0900750 2009.12.03 HU

(85)PCT申请进入国家阶段日
2012.07.05

(86)PCT申请的申请数据
PCT/HU2010/000136 2010.12.03

(87)PCT申请的公布数据
WO2011/067619 EN 2011.06.09

(71)申请人 亿吉埃冷却系统有限公司
地址 匈牙利布达佩斯

(72)发明人 佐尔坦·绍博 拉斯洛·卢德维格 安德拉什·巴洛克

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 顾晋伟 吴鹏章

(51)Int.Cl.
F28B 9/06(2006.01)
F28C 1/14(2006.01)
F01K 9/00(2006.01)
F28B 5/00(2006.01)

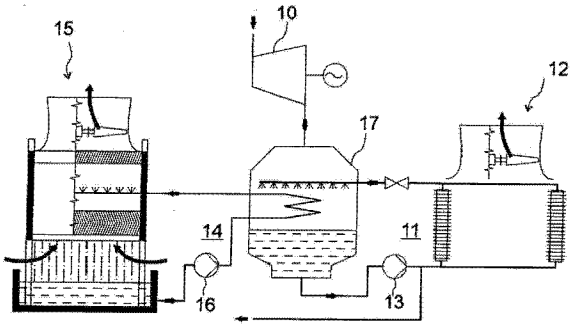
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54)发明名称

复合式冷却系统

(57)摘要

本发明是一种用于冷凝汽轮机(10)的排汽的复合式冷却系统，该冷却系统包括干式冷却回路(11)、进行使其中流动的冷却水散热的干式空气冷却单元(12)、以及湿式冷却回路(14)和进行使其中流动的冷却水散热的湿式冷却单元(15)。根据本发明，所述干式冷却回路(11)中流动的所述冷却水与所述湿式冷却回路(14)中流动的所述冷却水是分离的，并且所述干式冷却回路和所述湿式冷却回路(11,14)被连接至共同的冷凝器。



CN 102859308 A

1. 一种用于冷凝汽轮机 (10) 的排汽的复合式冷却系统，该冷却系统包括

- 干式冷却回路 (11) 和用于使干式冷却回路 (11) 中流动的冷却水散热的干式空气冷却单元 (12)，

- 湿式冷却回路 (14) 和用于使湿式冷却回路 (14) 中流动的冷却水散热的湿式冷却单元 (15)，

其特征在于

所述干式冷却回路 (11) 中流动的冷却水与所述湿式冷却回路 (14) 中流动的冷却水是分离的，并且所述干式冷却回路和所述湿式冷却回路 (11,14) 连接至共同的冷凝器。

2. 根据权利要求 1 所述的冷却系统，其特征在于，所述冷凝器为包括用于两个所述冷却回路 (11,14) 中的每一个的表面冷凝器部件的表面冷凝器。

3. 根据权利要求 2 所述的冷却系统，其特征在于，包括在如果所述湿式冷却回路 (14) 被关闭的情况下适用于将所述湿式冷却回路 (14) 的冷凝器部件切换至干式冷却回路 (11) 的阀。

4. 根据权利要求 1 所述的冷却系统，其特征在于，所述冷凝器为复合式冷凝器 (17)，所述复合式冷凝器 (17) 包括与所述干式冷却回路 (11) 结合的直接接触冷凝器部件和与所述湿式冷却回路 (14) 结合的表面冷凝器部件。

5. 根据权利要求 4 所述的冷却系统，其特征在于，在所述复合式冷凝器 (17) 中，所述直接接触冷凝器部件和所述表面冷凝器部件在蒸汽流动的方向上一个接一个地布置。

6. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的冷却系统，其特征在于，所述干式空气冷却单元 (12) 是自然或风扇通风干式冷却塔，所述湿式冷却单元 (15) 是自然或风扇通风湿式冷却塔。

7. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的冷却系统，其特征在于，所述干式空气冷却单元 (12) 被配置作为复合式冷却塔 (21) 的干式冷却部件，所述湿式冷却单元 (15) 被配置作为复合式冷却塔 (21) 的湿式部件。

8. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的冷却系统，其特征在于，其包括适用于在所述干式冷却回路 (11) 中流动的所述冷却水与所述湿式冷却回路 (14) 中流动的所述冷却水之间传热的水 - 水热交换器 (24,25a,25b)。

9. 根据权利要求 8 所述的冷却系统，其特征在于，通过所述水 - 水热交换器 (24)，两个所述冷却回路 (11,14) 以如下方式逆流串联，使其适用于利用在所述湿式冷却单元 (15) 中冷却的所述冷却水的至少一部分水流进一步冷却在所述干式空气冷却单元 (12) 中冷却的所述冷却水的至少一部分水流。

10. 根据权利要求 8 所述的冷却系统，其特征在于，通过所述水 - 水热交换器 (25a,25b)，两个所述冷却回路 (11,14) 以如下方式逆流并联，使其适用于通过使用所述湿式冷却回路 (14) 中流动的所述冷却水的至少一部分来冷却来自与所述水 - 水热交换器 (25a,25b) 中的所述干式冷却回路 (11) 结合的而不是与所述干式空气冷却单元 (12) 结合的冷凝器部件的已被温热的冷却水的一部分。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的冷却系统，其特征在于，其包括串联并且也并联连接的水 - 水热交换器 (24,25a,25b)。

12. 根据权利要求 11 所述的冷却系统，其特征在于，从所述干式冷却回路 (14) 方面看，

串联连接的所述水 - 水热交换器 (24) 和并联连接的所述水 - 水热交换器 (25a) 的冷却从所述湿式回路 (11) 的冷却水流方面看是串联实现的。

13. 根据权利要求 9 至 12 中任一项所述的冷却系统，其特征在于，其包括适用于选择性地连接和断开所述水 - 水热交换器 (24，25a，25b) 的阀。

14. 根据权利要求 4 所述的冷却系统，其特征在于，对于如果所述冷凝器中收集的凝结水的温度高于预定的极限温度的情况下，其包括凝结水补给线 (19)，所述凝结水补给线 (19) 使得能够至少部分地利用来自所述干式空气冷却单元 (12) 的所述冷却水供给凝结水精处理单元 (18)。

15. 根据权利要求 10 至 13 中任一项所述的冷却系统，其特征在于，所述湿式冷却回路 (11) 通过所述水 - 水热交换器 (24，25a，25b) 热连接至所述干式冷却回路。

复合式冷却系统

技术领域

[0001] 本发明涉及节水型干式 / 湿式冷却系统，即涉及在电厂和其他工业循环方法中使用的复合式冷却系统。

背景技术

[0002] 在现有技术中，最广泛使用的电厂和工业循环冷却系统是所谓的湿式冷却系统，其中冷却水被允许自由蒸发到环境。该系统的应用，除了所需的额外水的额外费用，还带来的环境问题，如，例如排放的大量蒸汽对微气候的负面影响、在冬季使附近的道路结冰、以及必须从冷却水回路排出污染物使水饱和沉积。同时，有已知的干式冷却系统或换言之空气冷却系统，该系统完全排除水的消耗和相关的环境破坏，其中冷却水在封闭的冷却回路循环。这些系统需要高得多的投资成本并且它们的应用受到较低的夏季输出的限制。

[0003] 也有已知的某些湿式 - 干式冷却系统的组合，即复合式冷却系统，其设计为结合湿式和干式冷却系统的有益特征。一种这种经常采用的复合式系统是羽雾减少 (plume abatement) 复合式冷却，其消除了湿式冷却系统关于密集的蒸汽排放的的缺点，尽管它的节水能力低。这是一种单回路的冷却系统，其相关部分是辅以干空气冷却式热交换器的湿式冷却，设置于同一冷却塔（或冷却单元）。进行设置使得在冬季，冷却塔排放的空气由于被混合而至少在塔出口是无羽雾的，这是由于干式冷却部件的加热效果。在水侧的单回路设计意味着被循环并被冷凝器加热的冷却水首先进入空气冷却器部分，然后将其送入湿塔填充物中（即，在水侧干式和湿式冷却部件被串联）。在已知的技术方案中，应用传统的表面冷凝器。这似乎是一个简单而明显的技术方案，它甚至可通过大幅增加干空气冷却的表面的比例而被用作为节水型技术方案。

[0004] 然而，由于单回路的技术方案，在干空气冷却的管中循环的是与湿式冷却器填充物中相同的冷却水，从空气冷却的热交换器方面看来认为所述冷却水是被污染的。这决定了热交换器管材料的选择——在干空气冷却器中，为了防止腐蚀，实际上需要不锈钢或更昂贵的管材料，如钛。进一步不利的是，空气冷却器中管的数量和长度增长使它们难以清理。因此，羽雾减少冷却系统的干空气冷却器部分经常仅在白天使用，以通过减少工作时长来尽量减少在空气冷却器管中的沉积。当使用已知的复合式冷却系统时，所有这些也限制了通过增加空气冷却器的表面来实现大幅节水的能力。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种干式 / 湿式，即复合式冷却系统，该系统没有现有技术方案的缺点。本发明的目的尤其是创建一种复合式冷却系统，该系统结合干式和湿式冷却的优点，而不需要额外的维护要求。另一目的是利用由干式和湿式冷却的组合使用以及复合式冷却系统提供的其他有益效果，在所述复合式冷却系统中，干段和湿段的比例可根据环境参数和实际情况任意改变。

[0006] 因此，本发明是权利要求 1 中限定的一种复合式冷却系统。本发明的优选实施方

案限定在从属权利要求中。

[0007] 根据本发明的技术方案的一个重要构思是：不是应用单一的水回路，而是将单独的水回路分别应用于湿式冷却和干式冷却。作为优选的实施方案，可应用间接空气冷却回路和单独的湿式冷却回路，根据本发明，它们由于具有连接至涡轮的共同的冷凝器而成为干式／湿式冷却系统。这使得能够在干式冷却回路中使用最佳的空气冷却器材料，并由于循环的高纯度水，可完全消除在空气冷却器管中的沉积。

[0008] 在给定的情况下，共同的冷凝器可设计为如下表面冷凝器，其包括用于两个冷却回路中的每一个的表面冷凝器部件。通过适当设置的阀，表面冷凝器部件或段优选设计为，在冬天当不必要采用湿式冷却的时候，与湿式冷却相关的表面冷凝器部件至少可季节性地合并于干式冷却回路中。

[0009] 利用这一事实，即干式冷却系统构成单独的闭合回路因此绝对纯净的冷却水在其中而不是在与干式冷却相关的表面冷凝器部件中流动，优选的是，也可使用混合冷凝器部件（即直接接触冷凝器部件）。在这种情况下，间接空气冷却回路可以经典海勒系统的形式实施。在根据本发明的最有利的实施方案的情况下，应用于湿式冷却回路的表面冷凝器部件和应用于空气冷却回路的直接接触冷凝器部件设置于一体中并构成表面／混合复合式冷凝器。通过在冷却效果方面为并列方案的两个冷却回路实现来自涡轮的蒸汽的冷凝。

[0010] 可在分别设置的湿式和干式冷却塔的情况下，也可在结合两者的复合式塔的情况下，优选应用根据本发明的技术方案。

[0011] 除了常规的冷凝器，也可能通过水－水热交换器的应用将湿式和干式冷却回路集成。通过结合这些方法，可改善复合式冷却系统的操作灵活性。这是因为某些水－水热交换器不仅比表面冷凝器便宜，而且它们还使得能够非常快地提高作为额外的水供应能力的函数的冷却容量，甚至包括在一个小时之内的变化。

附图说明

[0012] 以下将参考附图描述本发明的示例性优选实施方案，其中

[0013] 图 1 是根据本发明的复合式冷却系统示意图，

[0014] 图 2 是图 1 示出的复合式冷却系统的示意图，该冷却系统具有凝结水精处理单元和除气器，

[0015] 图 3 是适用于复合式冷却塔的优选实施方案的示意图，

[0016] 图 4 是优选实施方案的示意图，该实施方案包含串联的水－水热交换器，

[0017] 图 5 是优选实施方案的示意图，该实施方案具有从干式回路方面看为串联和并联而从湿式回路方面看为串联的水－水热交换器，

[0018] 图 6 从水－水热交换器方面看为图 5 的简化修改图，其中两个冷凝器部分均具有表面冷凝器，而不是直接接触冷凝器和表面冷凝器段，以及

[0019] 图 7 和 8 示出湿式－干式集成，其由水－水热交换器提供，并具有与图 5 类似的布局，其中总冷凝器无论是在直接接触冷凝器实施方案中还是在表面冷凝器实施方案中均仅支持干式回路。

具体实施方式

[0020] 根据本发明的技术方案甚至通过两个方法降低成本。湿式－干式冷却系统相对传统的湿式系统的优点之一是，在一年的寒冷期，通过在干式冷却系统中较高的热提取，即通过在湿式冷却系统部件中较低的热提取，减少湿式冷却系统的蒸发和沉积损耗，因此可节约一部分总年用水量。

[0021] 同时，根据本发明在单独的纯水回路应用干式热交换器，使得能够使用较低成本的结构材料，并且除了大幅减少维护费用，也提高了可用性。

[0022] 在图 1 中示出本发明的优选实施方案。这种复合式冷却系统用于冷凝汽轮机 10 的排汽，它包括干式冷却回路 11 和用于使干式冷却回路 11 中流动的冷却水散热的干式空气冷却单元 12、以及湿式冷却回路 14 和用于使湿式冷却回路 14 中循环的冷却水散热的湿式冷却单元 15。干式空气冷却单元 12 优选为图中所示的干式冷却塔，湿式冷却单元 15 优选为湿式冷却塔。在干式冷却回路 11 中，冷却水泵 13 用于循环，在湿式冷却回路 14 中，冷却水泵 16 用于循环。根据本发明，在干式冷却回路 11 中循环的冷却水与在湿式冷却回路 14 中流动的冷却水是分离的，即两个冷却回路 11 和 14 的冷却水不混合，并且干式和湿式冷却回路连接至共同的冷凝器。

[0023] 用于两个冷却回路 11 和 14 的共同的冷凝器可为例如包括用于两个冷却回路 11 和 14 中的每一个的表面冷凝器部件的表面冷凝器。这可主要优选在核电厂的冷却中，其中为安全起见，必须限制涡轮回路的延伸（即涡轮回路不应超出建筑的用于安放传统表面冷凝器的部分）。然而，该图示出优选的实施方案（主要适用于非核电站），其中冷凝器是一种复合式冷凝器 17，包括连接至干式冷却回路 11 的直接接触冷凝器部件和连接至湿式冷却回路 14 的表面冷凝器部件。在复合式冷凝器 17 中，混合冷凝器部件和表面冷凝器部件优选并列式设置或者沿蒸汽流动方向以任意顺序一个接一个地设置。由于在蒸汽冷凝器壳中压力关系的均匀性，按顺序布置比并列式布置更有利。

[0024] 因此，来自汽轮机 10 的排汽通过由表面冷凝器部件和直接接触冷凝器部件构成的复合式冷凝器 17 冷凝。在表面冷凝器部件的冷却水冷却管中，一些排汽被冷凝，凝结水在复合式冷凝器 17 的底部收集。现在将冷却表面冷凝器部件的管的水供入湿式冷却塔，其中它部分通过蒸发冷却，然后通过泵送返回到表面冷凝器部件的管。冷凝于直接接触冷凝器部件中的蒸汽凝结水与产生于湿式部件中的凝结水一起在复合式冷凝器 17 的底部收集。从这里，对应于干式塔的水流量的部分被冷却水泵 13 运送至干式冷却塔，同时一个较小的部分被返回作为用于产生汽轮机 10 的工作蒸汽的锅炉（未显示）给水。

[0025] 在传统表面冷凝器的情况下，在夏季当收集于冷凝器底部的凝结水和冷却水的混合物可在高于 60℃的温度时，由于其中树脂装料的温度耐受极限，必须断开如图 2 所示并通常应用在电厂给水回路的混合床凝结水精处理单元 18。然而，在根据本发明的冷却系统中，冷凝纯度的水在干式冷却回路的直接接触冷凝器中循环，因此，在夏天水甚至可取自干式冷却回路 11 的冷的返回冷却水流，因此可保持凝结水精处理单元 18 的连续运行。

[0026] 因此，在图 2 显示的方法中，本发明优选包括凝结水精处理单元 18、以及凝结水补给线 19，凝结水补给线 19 使得能够在当冷凝器中收集的凝结水的温度高于预定的极限温度的情况下，至少部分地采用从干式空气冷却单元 12 出来的冷却水供给凝结水精处理单元 18。

[0027] 水从凝结水精处理单元 18 离开，流至除气容器 20，并从那里流至锅炉的给水回

路。除气容器 20 具有缓冲能力，因此在自动的（温度控制的）切换时、并在例如低于或高于 60℃的凝结水温度下，在交替的凝结水的除去之间甚至不会有锅炉中没有给水的情况。切换是指逐渐关闭一个除去支流并逐渐打开另一除去支流，当然也可应用任何优选的混合方法。通过图中所示的阀，复合式冷凝器 17 的个别路段可隔离并单独工作。

[0028] 在图 3 中示出优选的实施方案，其中干式冷却回路 11 和湿式冷却回路 14 的热传导由相同的复合式冷却塔 21 实施。因此，在这种情况下，干式空气冷却单元 12 被配置为复合式冷却塔 21 的干式冷却部分，湿式冷却单元 15 被配置为复合式冷却塔 21 的湿式部分。除了上述优点以外，该实施方案还具有减少可见的在背景技术部分提到的羽雾的优点。在实践中，该实施方案的变化可被这一事实限制，即一般仅有有限的空间可用于干式冷却表面的配置，因此只能实现有限的年节水量。因此，空气冷却和湿式冷却的冷却塔或单元可被安装在联合冷却塔体中或者也可分别安装。

[0029] 根据本发明的复合式冷却系统必然伴有进一步的优点。通过适当关闭或打开与共同的冷凝器结合的阀，可对任何冷凝器部件进行维护，而另一部件则保持在操作状态，从而对整个冷却系统的操作进行部分加载。此外，可由现有的表面冷凝器形成复合式冷凝器 17，例如在电厂中，其中旨在切换到节水操作 :通过除去一部分表面冷凝器管记量器 (register)，它们可被内水室和直接接触冷凝器部件的喷嘴替换。

[0030] 根据同样示于图 4 的本发明优选的实施方案，如果除冷凝器外，湿式和干式冷却回路通过合适的水 - 水热交换器 24 热结合，则可进一步改善由共同的冷凝器结合的干式 / 湿式冷却系统的特征、操作灵活性和节水效率。必须指出的是，由冷凝器结合的干式 / 湿式冷却系统的应用代表并联联接。通过水 - 水热交换器的联接使得能够并联和串联联接。因此，本发明的这一优选实施方案包括适用于流动于干式冷却回路 11 中的冷却水和流动于湿式冷却回路 14 中的冷却水之间传热的水 - 水热交换器 24。

[0031] 在图 4 所示的实施方案中，通过水 - 水热交换器 24，两个冷却回路串联优选以如下逆流方式，即它适用于利用在湿式冷却单元中冷却的冷却水的至少一部分进一步冷却在干式空气冷却单元 12 中冷却的冷却水的至少一部分。

[0032] 通过共同的冷凝器连接复合式系统提供了从湿式和干式系统的散热比方面看相对有限的可能性，所述散热比将基于环境温度确定并优化（并至较小的空气湿度程度）。同时，作为热交换器，冷凝器比水 - 水热交换器（如板式热交换器）昂贵得多。如果除了通过冷凝器联接之外还更多地利用水 - 水热交换器 24 部件，则可更灵活地提供在炎热的夏日里成为必需的容量的增加。通过水 - 水热交换器 24 的串联代表更节水的技术方案，虽然冷却系统的辅助功耗在一定程度上由于图 4 所示的事实而提高，已知的回热式水轮机 (recuperative water turbine)23 本身由冷却水流部分地经过。利用在冷却回路 11 的返回支流中不需要的压头，水轮机 23 助于驱动电机 22，电机 22 驱动冷却水泵 13。如果冷却系统不包括水轮机 23，则由于水 - 水热交换器 24 上的压降，必须提供额外的能量以将从热交换器流出的冷却水流再供入干式冷却回路流 11。

[0033] 通过水 - 水热交换器的并联对于相同的散热需要使用在一定程度上更多的水，但同时降低自身消耗。适当选择的水 - 水热交换器（如，板式热交换器）可比表面冷凝器的管组织容易清结得多，这也是相关的。

[0034] 在其中湿式冷却回路和干式冷却回路均包括表面冷凝器部件的冷凝器的情况下、

或在其中湿式冷却回路包括表面冷凝器部件而干式冷却回路包括直接接触冷凝器部件的冷凝器的情况下，均可应用该技术方案。

[0035] 在根据本发明的干式 / 湿式复合式冷却系统的情况下，通过水 - 水热交换器的连接可以串联或并联联接的方式实施，而且这两种技术方案甚至可被同时应用，这提供了最高可能的操作灵活性，以满足季节、每周、每天甚至每小时的冷却功率、以及水需求方面。

[0036] 图 4 描绘了干式 / 湿式冷却系统，其中湿式和干式冷却回路通过联合的直接接触和表面式复合式冷凝器 17 相互并联，并且同时它们通过水 - 水热交换器 24 串联。

[0037] 图 5 显示了一个优选的实施方案，其中通过水 - 水热交换器的联接可以串联或并联联接的方式实施。此外，该图显示了自然通风干式冷却系统和湿式冷却系统通过复合式冷凝器 17 的连接。从散热方面看，从干式回路方面看，水 - 水热交换器 24 在空气冷却和湿式冷却之间建立串联，而水 - 水热交换器 25a 和 25b 则实现并联。通过布置适当的阀，该系统能够具有极大的操作灵活性，其中除改善水消耗和真空外，还可能优化辅助功耗。在该图中描绘的布置中，可将湿式冷却回路 14 中冷却的水流的一部分（其提供对于水 - 水热交换器 24、25a 和 25b 的冷却）进一步分为两个部分流 (part-current)。部分流之一流向串联的水 - 水热交换器 24，并在它进入直接接触冷凝器部件之前在水 - 水热交换器 24 中进一步冷却在干式冷却回路 11 中冷却的水。在水 - 水热交换器 25b（其与干式冷却回路并联）中的另一湿式回路部分流提供对热支流的第二阶段的冷却，水 - 水热交换器 25a（其从干式冷却系统方面看也是并联），连同从水 - 水热交换器 24 流出的湿式回路侧的冷却水，确保干式冷却的热支流的第一阶段的冷却。

[0038] 因此，通过水 - 水热交换器，两个冷却回路优选以逆流方式联接，以如下方式部分串联和部分并联，即它适用于通过使用湿式冷却回路 14 中流动的冷却水的至少一部分来冷却来自与水 - 水热交换器 25a、25b 中的干式冷却回路 11 而不是与干式空气冷却单元 12 结合的冷凝器部件的已被温热的冷却水的一部分。优选的是，水 - 水热交换器 24、25a 和 25b 可被通过阀选择性地连接和断开。

[0039] 图 6 描绘了图 5 所示的技术方案的修改实施方案，其中通过通过阀切断水 - 水热交换器 25b、或通过省略此热交换器，可简化水 - 水热交换器 24 和 25a 的连接，因此可降低其投资成本，并可在湿式回路中实现最高效的水消耗。根据图 6 所示的技术方案，对干式冷却回路的流的一部分的冷却从干式回路方面看是在水 - 水热交换器 24 中串联进行，而在水 - 水热交换器 25a 中并联进行。同时，从湿式冷却回路一侧看，水 - 水热交换器 24 和 25a 是串联的。在所描绘的实施方案中，湿式和干式冷却回路连接至联合表面冷凝器 27，但各自具有其自身单独的冷凝器部件。

[0040] 以上实施方案所示的连接有两个重要的有益效果。一方面，可减少湿式回路中循环的水量，这也必然伴有湿式冷却器尺寸的减小。另一方面，可通过这种方法以最低的水损耗和额外的需水量（即，以最低的蒸发和排出水量）实现最高的冷却效果。

[0041] 可能发生如下情况 :随着在相对短的时期内在高的并且变化不可预知的温度下所必需的有效冷却能力，在年度水平上测量的节水也具有突出的重要性。然后，如图 7 和 8 所示，可省略图 5 中示出的湿式回路的表面冷凝器段，并且干式和湿式冷却回路的集成是通过水 - 水热交换器 24、25a 和 25b 实现的，其用于或通过直接接触冷凝器 28（图 7）或通过表面冷凝器 29（图 8）实现干式冷却回路。因此，在本发明的这些实施方案中，因为干式和

湿式冷却回路的合作是通过水－水热交换器 24、25a 和 25b 实现的，所以湿式冷却回路间接地连接至共同的冷凝器。

[0042] 当然，本发明不仅限于以上详述的优选实施方案，而是进一步的修改、变化和进一步的改进也可能在权利要求限定的范围内。本发明可应用于自然通风或风扇通风空气冷却，它可与串联和并联的水－水热交换器自由实施。

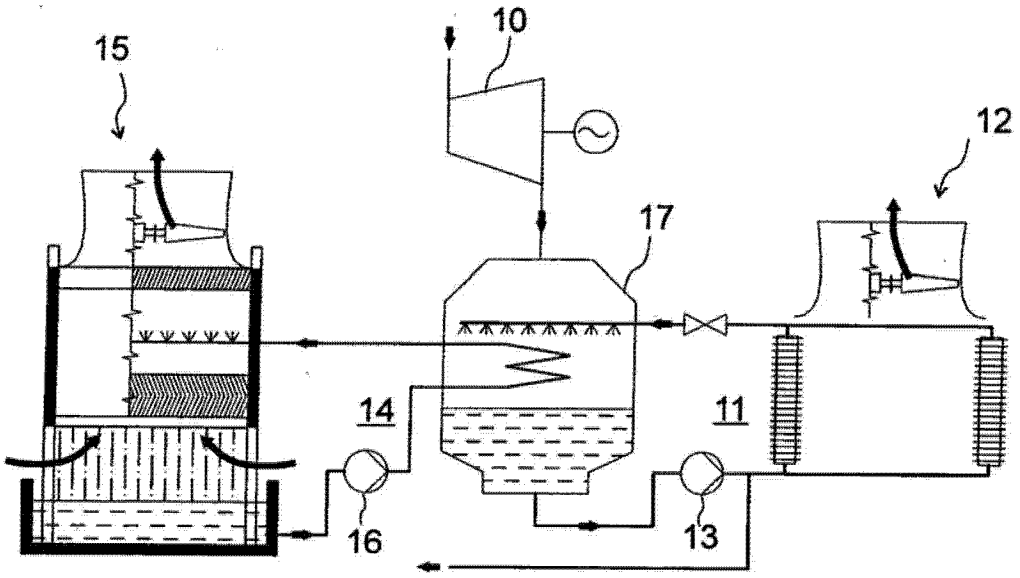


图 1

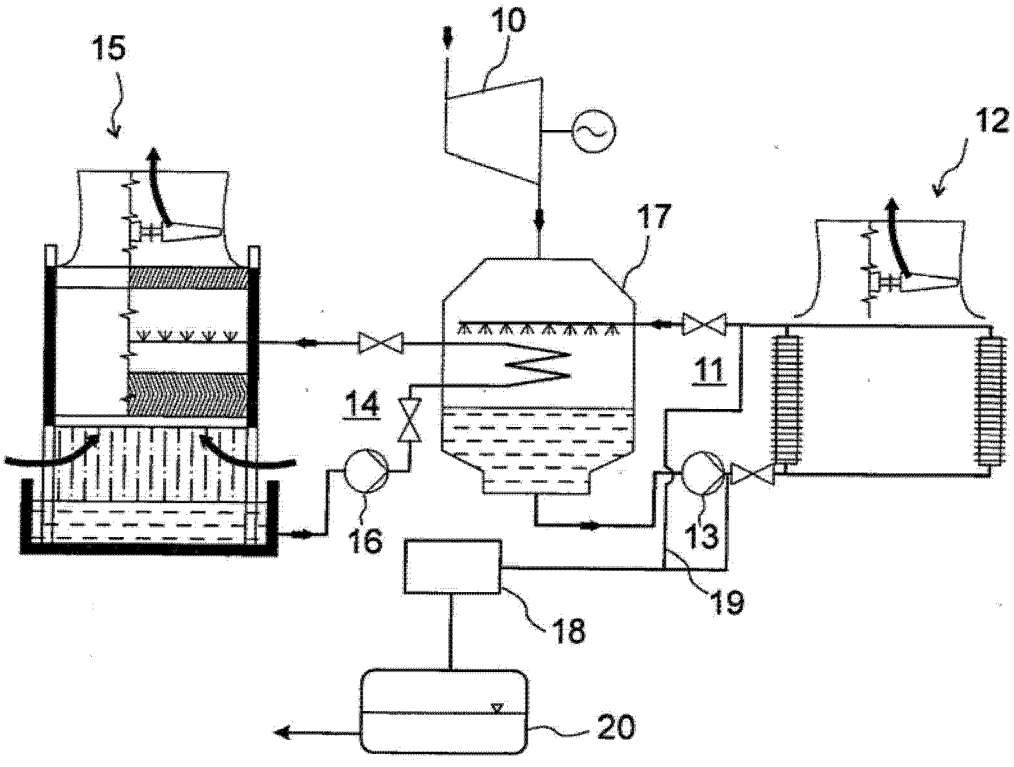


图 2

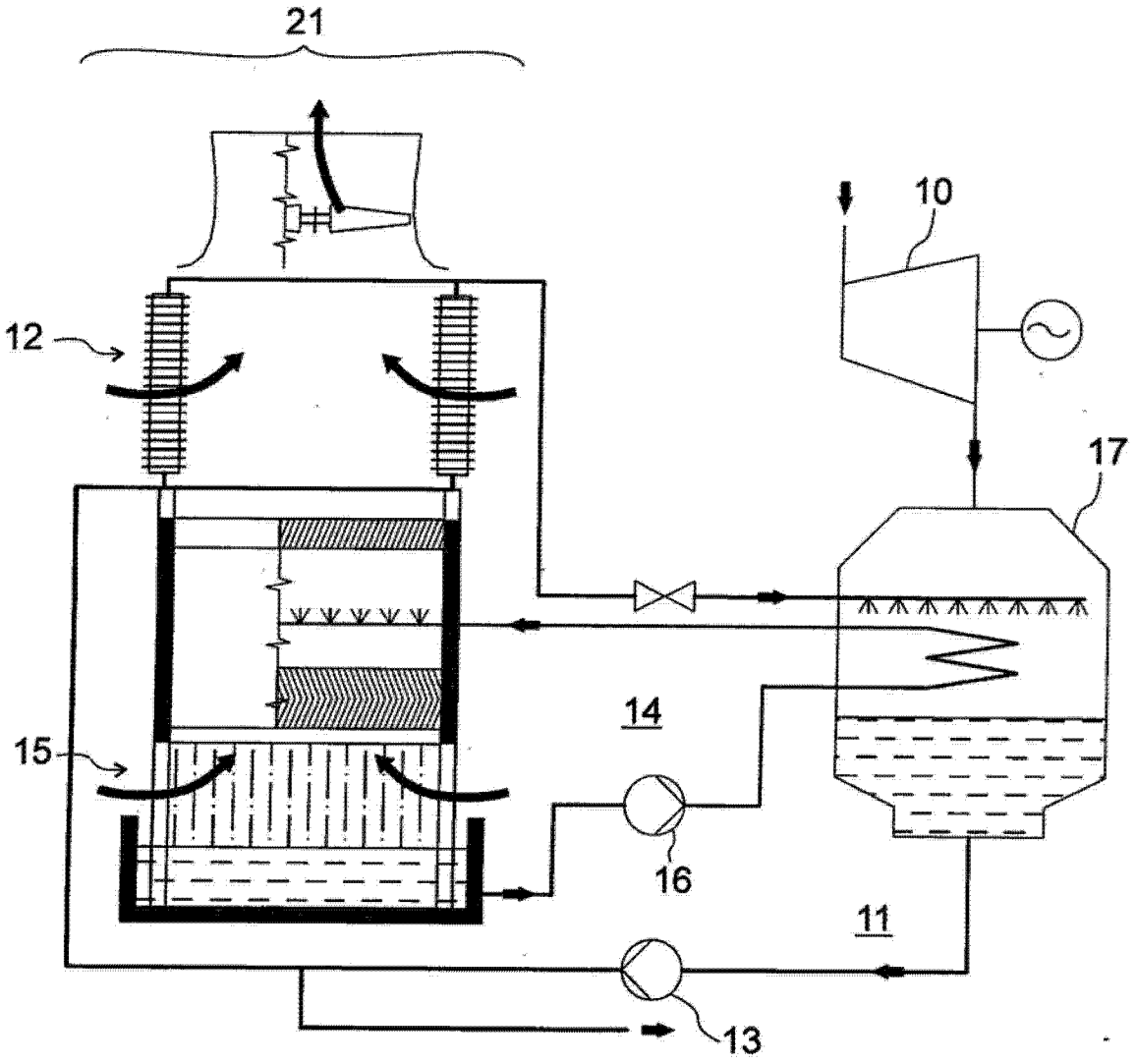


图 3

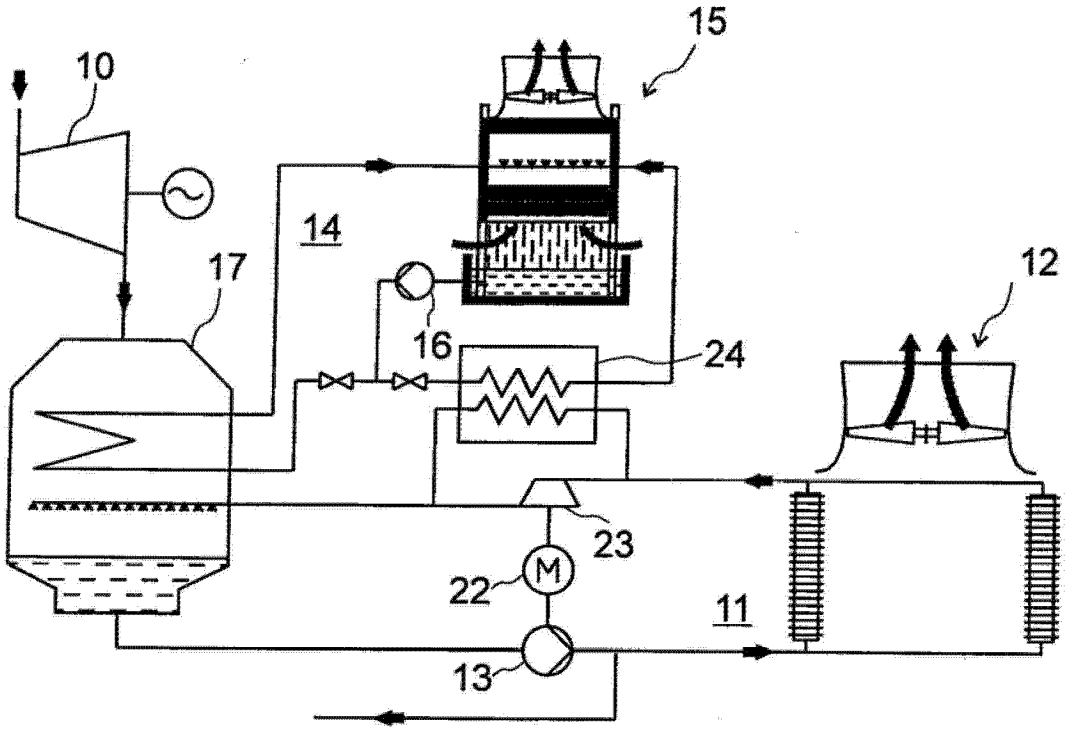


图 4

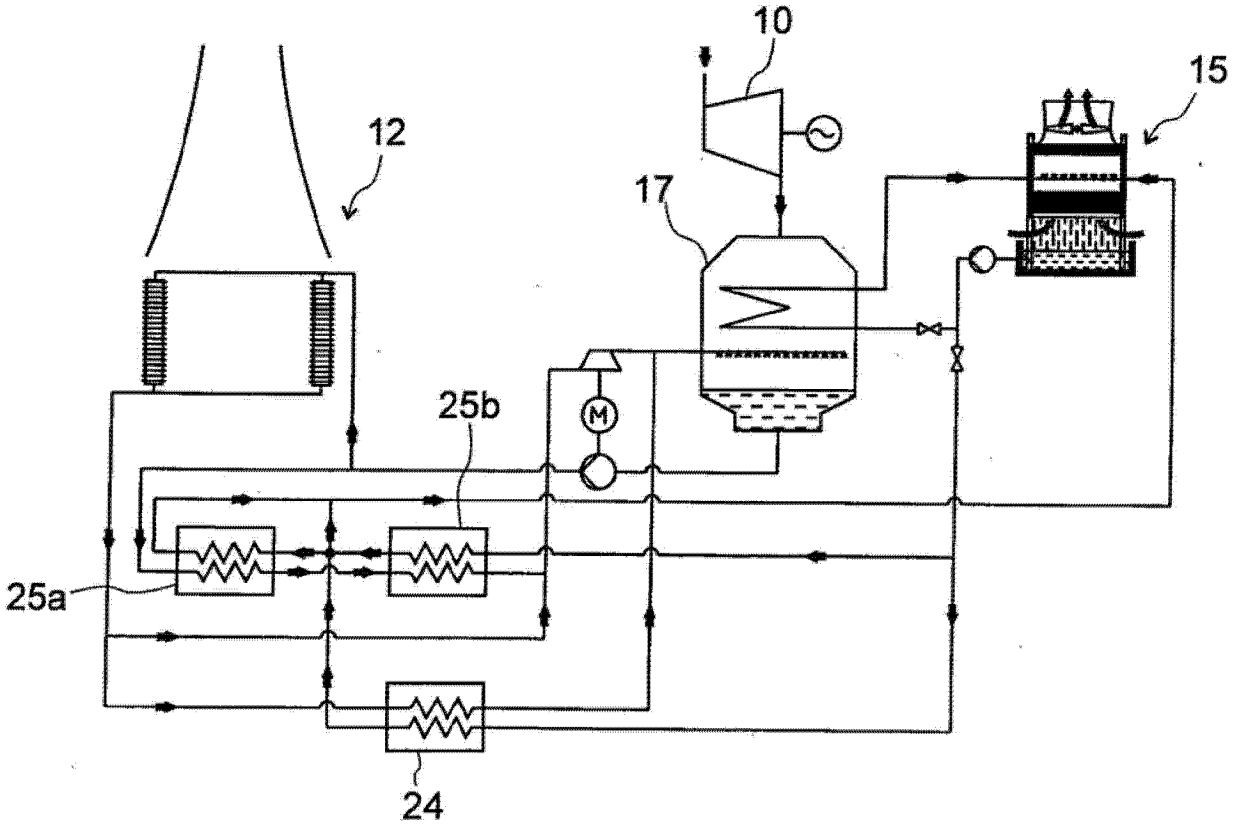


图 5

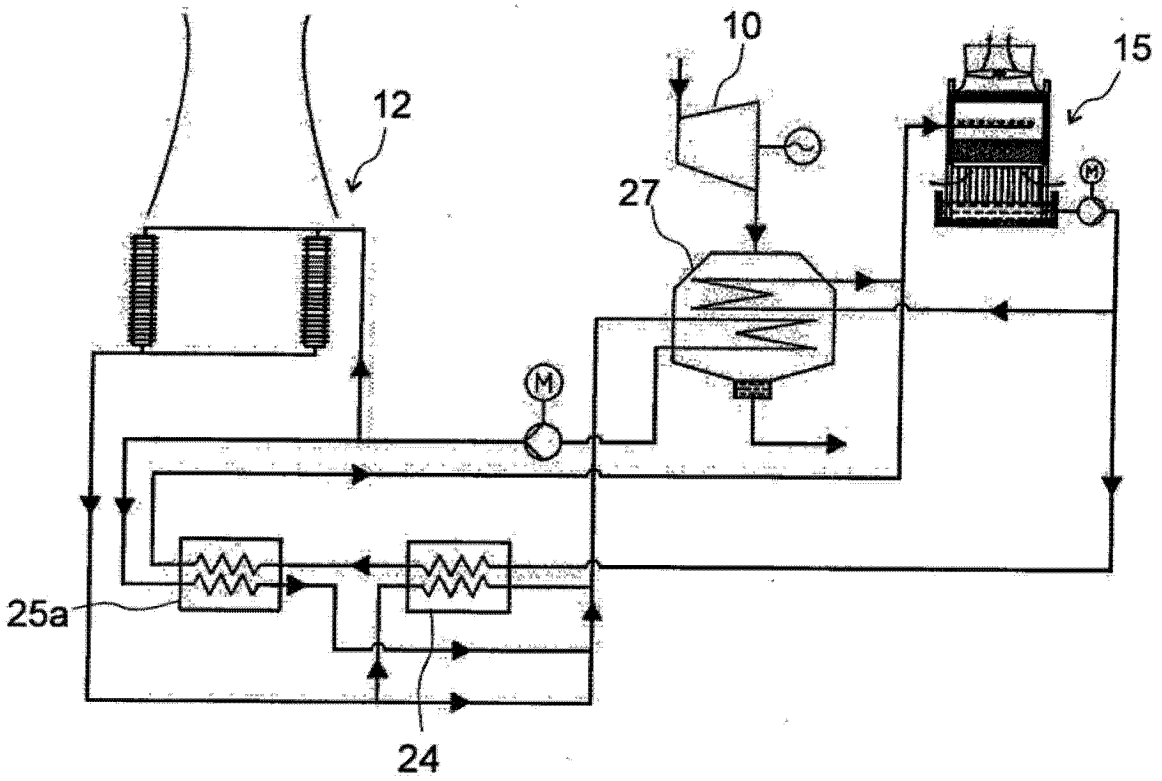


图 6

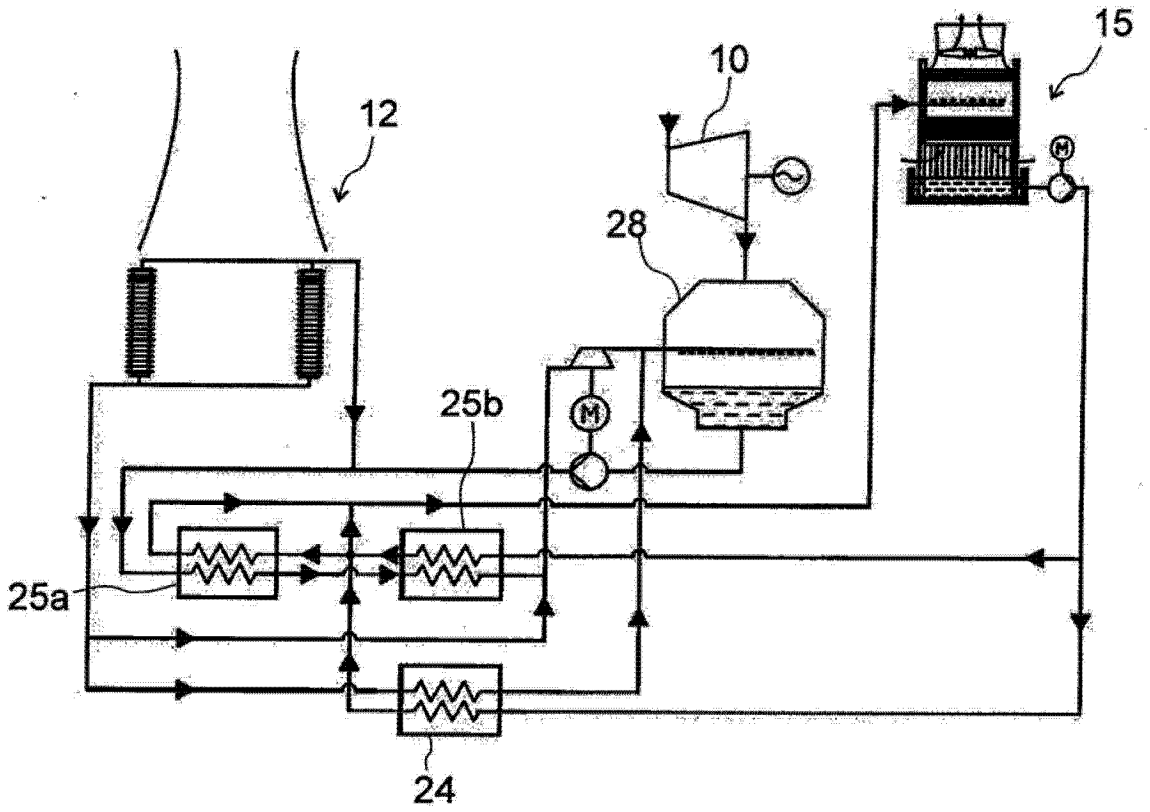


图 7

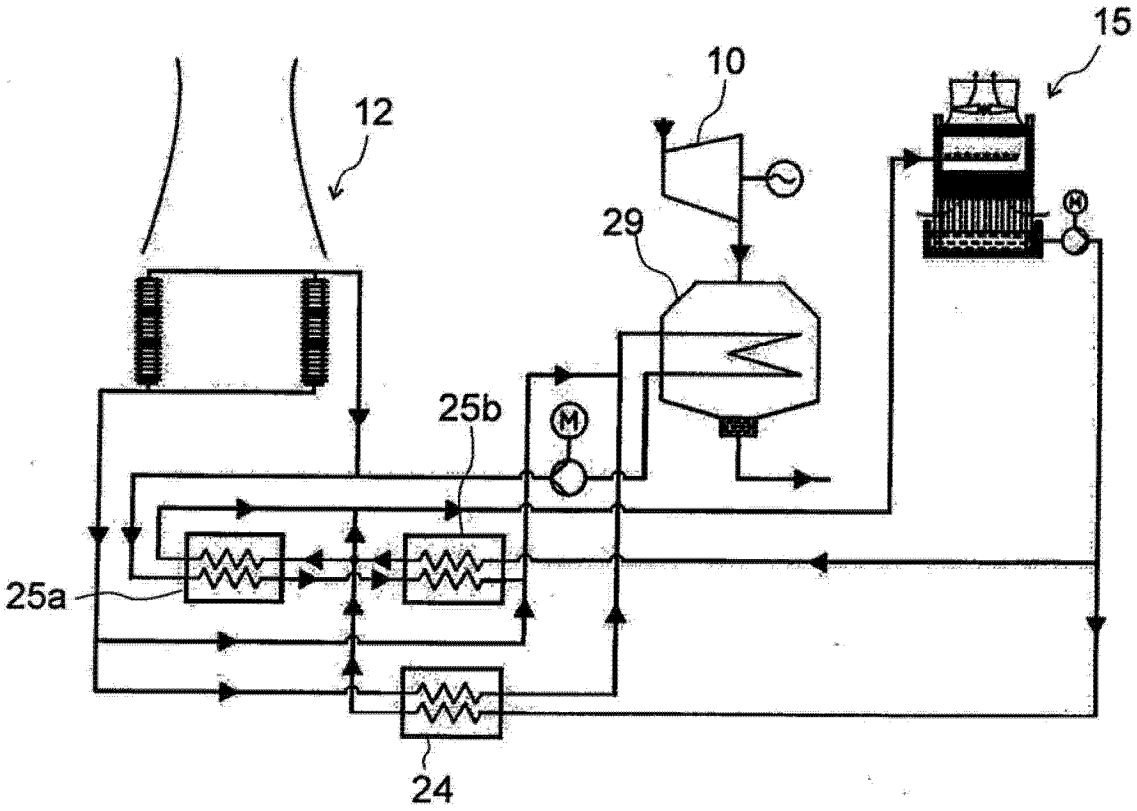


图 8