



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107076439 B

(45) 授权公告日 2021.05.11

(21) 申请号 201580056217.7

(22) 申请日 2015.09.10

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107076439 A

(43) 申请公布日 2017.08.18

(30) 优先权数据  
62/048,541 2014.09.10 US  
14/641,106 2015.03.06 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.04.17

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2015/049418 2015.09.10

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02016/040625 EN 2016.03.17

(73) 专利权人 蒙特斯公司  
地址 美国得克萨斯

(72) 发明人 P·A·丁纳吉

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

代理人 李东晖

(51) Int.Cl.  
F24F 6/02 (2006.01)  
F28C 3/06 (2006.01)  
F28C 3/08 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 4007241 A, 1977.02.08  
US 4007241 A, 1977.02.08  
US 3865911 A, 1975.02.11  
US 5339854 A, 1994.08.23  
FR 2230950 A1, 1974.12.20  
US 3262682 A, 1966.07.26  
US 2011023506 A1, 2011.02.03  
US 2011192179 A1, 2011.08.11  
CN 203605749 U, 2014.05.21  
CN 101356414 A, 2009.01.28

审查员 陈若男

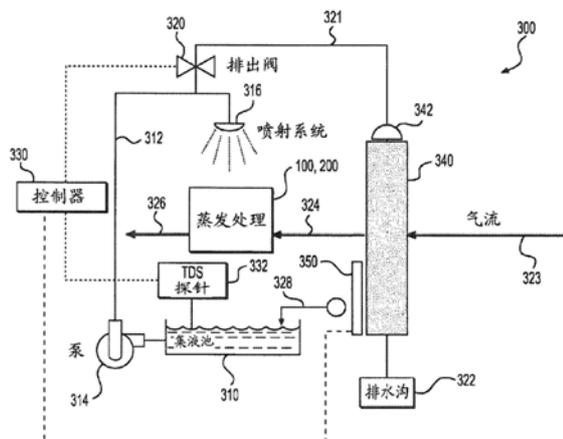
权利要求书2页 说明书13页 附图3页

(54) 发明名称

水量最小化方法以及与蒸发冷却装置一起使用的设备

(57) 摘要

一种蒸发冷却系统,包括:主冷却单元,其利用流动通过主换热介质的冷却流体来冷却流经主换热介质的供气;排出管线以及相对于供气的流动方向布置在主冷却单元上游的辅助冷却单元。主冷却单元包括:供应管线,其用于将冷却流体供应到主换热介质;容器,其用于收集被供应到主换热介质的冷却流体;和泵,其用于使被收集在容器中的冷却流体再循环返回到供应管线。排出管线从主冷却单元排出再循环冷却流体的一部分。辅助冷却单元包括辅助换热介质,所述辅助换热介质接收从主冷却单元通过排出管线排出的冷却流体。



CN 107076439 B

1. 一种蒸发冷却系统,其包括:

主冷却单元,所述主冷却单元利用流动通过主换热介质的冷却流体来冷却流经主换热介质的供气,所述主冷却单元包括:供应管线,所述供应管线用于将冷却流体供应到主换热介质;返回容器,所述返回容器用于收集被供应到主换热介质的冷却流体;和泵,所述泵用于使被收集在所述返回容器中的冷却流体再循环返回到所述供应管线;

排出管线,所述排出管线构造成从所述主冷却单元排出再循环冷却流体的一部分,所述排出管线在所述泵下游的位置处直接连接至所述供应管线;

辅助冷却单元,所述辅助冷却单元相对于供气的流动方向布置在所述主冷却单元的上游,所述辅助冷却单元包括辅助换热介质,所述辅助换热介质构造成接收从所述主冷却单元通过所述排出管线排出的冷却流体;以及

排水沟,所述排水沟构造成接收没有蒸发并且完全通过所述辅助冷却单元的冷却流体。

2. 根据权利要求1所述的蒸发冷却系统,其中,所述主冷却单元包括直接蒸发式冷却器。

3. 根据权利要求1所述的蒸发冷却系统,其中,所述主冷却单元包括间接蒸发式冷却器。

4. 根据权利要求1所述的蒸发冷却系统,其中,所述辅助换热介质包括蒸发冷却介质。

5. 根据权利要求1所述的蒸发冷却系统,其中,所述辅助换热介质为模块形式,并且能够单独地更换辅助换热介质的每一个模块。

6. 根据权利要求1所述的蒸发冷却系统,其还包括控制器,所述控制器用于控制从所述主冷却单元排出的所述再循环冷却流体的一部分的量。

7. 根据权利要求6所述的蒸发冷却系统,其中,所述控制器感测再循环水的状态并且由此控制从所述主冷却单元排出的所述再循环冷却流体的一部分的量。

8. 根据权利要求6所述的蒸发冷却系统,其还包括传感器,所述传感器用于通过感测从所述主冷却单元排出的冷却流体在所述辅助换热介质中达到的下限来控制从所述主冷却单元排出的流体的量,并且所述控制器控制水在辅助换热器上流动的流率,以使所述下限达到预定水平。

9. 根据权利要求1所述的蒸发冷却系统,其中,所述辅助换热介质被选择并且从所述主冷却单元排出的所述再循环冷却流体的一部分被控制成使得所述再循环冷却流体的整个排出部分都在所述辅助冷却单元中蒸发。

10. 一种气体调节系统,其包括:

主调节单元,所述主调节单元构造成调节流动通过其中的气体,所述主调节单元利用调节流体来调节流动的气体,所述主调节单元包括用于将调节流体供应到主调节单元的供应管线;

排出管线,所述排出管线构造成从所述主调节单元排出所述调节流体的一部分,所述排出管线直接连接至所述主调节单元的出口;

辅助调节单元,所述辅助调节单元相对于气体的流动方向布置在所述主调节单元的上游,所述辅助调节单元利用从所述主调节单元通过所述排出管线排出的所述调节流体来预调节流动的气体;以及

排水沟,所述排水沟构造成接收没有蒸发并且完全通过所述辅助调节单元的调节流体。

11. 根据权利要求10所述的气体调节系统,其中,所述主调节单元包括直接蒸发式冷却器。

12. 根据权利要求10所述的气体调节系统,其中,所述主调节单元包括间接蒸发式冷却器。

13. 根据权利要求10所述的气体调节系统,其中,所述辅助调节单元通过经由蒸发冷却介质冷却流动的气体来预调节流动的气体,所述蒸发冷却介质使用通过所述排出管线接收的所述调节流体。

14. 根据权利要求10所述的气体调节系统,其中,所述调节流体再循环通过所述主调节单元,并且所述排出管线从所述主调节单元排出再循环调节流体的一部分。

15. 根据权利要求14所述的气体调节系统,其还包括控制器,所述控制器用于控制从所述主调节单元排出的所述再循环调节流体的一部分的量。

16. 根据权利要求10所述的气体调节系统,其还包括:蒸发冷却介质,所述蒸发冷却介质设置在所述辅助调节单元中;和传感器,所述传感器用于感测从所述主调节单元排出并且由所述蒸发冷却介质接收的所述调节流体达到的下限。

17. 一种冷却蒸发冷却系统中的供气的方法,所述方法包括:

通过供应管线将冷却流体供应到主蒸发换热介质;

将通过所述供应管线供应到主蒸发换热介质的冷却流体的一部分直接排出到排出管线的排出步骤;

将排出的冷却流体供应到辅助蒸发换热介质;

将没有蒸发并且完全通过所述辅助蒸发换热介质的冷却流体排出到排水沟;和

使供气流动通过所述主蒸发换热介质和所述辅助蒸发换热介质。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中,冷却流体被收集并且再循环通过所述主蒸发换热介质,并且所述排出步骤将来自所述主蒸发换热介质的再循环冷却流体的一部分排出。

19. 根据权利要求18所述的方法,其还包括控制从所述主蒸发换热介质排出的所述再循环冷却流体的一部分的量。

20. 根据权利要求17所述的方法,其中,所述辅助蒸发换热介质包括蒸发冷却介质并且供应到所述蒸发冷却介质的冷却流体的蒸发被用于在空气流动通过所述主蒸发换热介质之前预冷却流动通过所述蒸发冷却介质的空气。

21. 根据权利要求17所述的方法,其还包括感测从所述主蒸发换热介质排出且供应到辅助蒸发换热介质的冷却流体所达到的下限。

## 水量最小化方法以及与蒸发冷却装置一起使用的设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求在2014年9月10日提交的申请号为62/048,541的美国临时专利申请的权益。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及利用热力学定律冷却流体的蒸发冷却系统、调节系统的改进。即,流体从液相改变为蒸汽相的变化能够因相位变化所涉及的蒸发热量而导致温度降低。

### 背景技术

[0004] 在典型的蒸发冷却器中,原水(raw water)被供应到换热器或者再循环通过换热器并且通过从流过换热器的供气中提取热量而蒸发。最易获得的原水形式包括各种污染物,最常见的是溶解的盐和矿物质。在再循环蒸发冷却系统中,供应到换热器但是没有蒸发掉的过量水被收集在容器中,并且随后被泵送返回到换热器。随着水通过热交换而蒸发,溶解在原水中的矿物质和盐保留下来,从而随着水量的减少而积累浓度。将补给水供应到系统以补充已蒸发的水,但是盐和矿物质仍然保留,并且如果浓度过高,就有可能沉积在换热器上成为水垢。

[0005] 为了缓解水垢的高浓度,使用水的大部分蒸发冷却装置都装有通向排水沟的排水装置以控制容器中的盐和矿物质的含量。确定有效排出量的技术各种各样并且众所周知。通常,排出量取决于给水中的矿物质污染物水平和水的化学性质,但是这会在从低达约占给水的10%(针对非常干净的水的情况)到高达约占给水的50%以上(在矿物质含量较高的情况下)的范围内有所变化。即使在利用化学处理扩展矿物质的溶解度的情况下,也仍然需要进行排出以用干净的水置换矿物质饱和的水,从而防止在蒸发处理中结垢。

[0006] 图3给出了典型的直接蒸发式冷却器100的示意图。使用泵114使水或者另一种适当的冷却液体从容器110再循环通过供应管线112抵达分配器116。分配器116将供水均匀地分配到换热器例如蒸发垫118上。供气124通过蒸发垫,在此对供气进行冷却和加湿以作为冷却的空气126离开。从分配器116供给的水向下流动并且通过垫并且当其遇到温暖的供气124时蒸发。由阀120控制的排出流例如通过排出管线或者排水管线121从系统移除到排水沟122以控制水中的矿物质积聚。根据需要从水源128添加干净的补给水,以置换已蒸发和排出的水。补给水能够由设置在容器110中的浮阀或者其它的液位感测装置(未示出)进行控制。

[0007] 图4示出了典型的间接蒸发式冷却器,在此情况下为流体冷却器200。流体冷却器200包括壳体202,所述壳体202具有进气口204和出气口206。用作容器的集液池210布置在壳体202的底部。换热器218布置在集液池210上方,所述换热器218具有流体入口218-1和流体出口218-2。使用泵214从集液池210通过供应管线212抽取水或者另一种合适的冷却剂。泵送的水被供应到喷头216,所述喷头216将水喷洒到换热器218上,以便从换热器带走热量。喷洒的水被收集在集液池210中。就像在直接蒸发式冷却器中一样,为了控制冷却水中

的盐和矿物质的浓度,排出阀220设置在供应管线212中,以便通过排出管线221将冷却水排放到排水沟222。使用由马达经由带(belt)驱动的风扇230通过进气口204抽取空气并且通过出气口206送出空气。将待冷却的流体通过入口218-1供应到换热器218并且通过出口218-2排出。

[0008] 在操作中,如图4所示,冷空气226首先经过换热器218的外表面,待冷却的热流体流动通过所述换热器218。待冷却的流体可以是诸如水这样的液体或者诸如空气这样的气体。使用供应管线212、泵214和喷头216而用循环水流喷洒换热器218并且同时生成气流在湿的换热器表面上流动,以便蒸发水并且对换热器内部的主流体进行冷却。就像在直接蒸发式系统中的情况一样,需要从再循环集液池进行排水或者送水以防止矿物质积聚。从水源228添加补给水以补充已蒸发和排出的水。

[0009] 在直接蒸发式和间接蒸发式冷却系统中,排出水都被引导至排水沟并且没有以其他的方式加以利用。这样可能会导致冷却水的大量浪费。这种浪费能够显著增加系统的操作成本,而且这会给供水方面带来显著负担,尤其是在缺乏淡水的地区。

## 发明内容

[0010] 本发明能够通过补充冷却处理中使用排出的冷却水来改进蒸发冷却系统的效率和有效性。

[0011] 本发明能够利用排出水来提供蒸发功的一部分并且减少排出到排水沟的水损失并且由此减少由蒸发冷却系统消耗的总水量。

[0012] 本发明能够提供水的预处理或者化学处理的替代方案以作为减小排出水要求并且由此减少总用水量的手段。本发明可以单独使用或者结合其它技术一起使用。

[0013] 在本发明的一方面,一种蒸发冷却系统,包括:主冷却单元,所述主冷却单元利用流动通过主换热介质的冷却流体来冷却流经主换热介质的供气;排出管线和辅助冷却单元,所述辅助冷却单元相对于供气的流动方向布置在主冷却单元的上游。主冷却单元包括:供应管线,其用于将冷却流体供应到主换热介质;返回容器,其用于收集被供应到主换热介质的冷却流体;和泵,其用于使被收集在容器中的冷却流体再循环返回到供应管线。排出管线构造成从主冷却单元排出再循环冷却流体的一部分。辅助冷却单元包括辅助换热介质,所述辅助换热介质构造成接收从主冷却单元通过排出管线排出的冷却流体。

[0014] 在本发明的另一方面,一种气体调节系统,包括:主调节单元、排出管线和辅助调节单元。主调节单元构造成调节流动通过其中的气体,并且利用调节流体来调节流动的气体。排出管线构造成从主调节单元排出所述调节流体的一部分。辅助调节单元相对于气体的流动方向布置在主调节单元的上游,并且利用从主调节单元通过排出管线排出的调节流体来预调节流动的气体。

[0015] 在本发明的又一方面,一种冷却蒸发冷却系统中的供气的方法,包括:将冷却流体供应到主换热介质;将供应到主换热介质的冷却流体的一部分排出;将排出的冷却流体供应到辅助换热介质;以及使供气流动通过主换热介质和辅助换热介质。

[0016] 当结合附图阅读以下的说明内容时,这些和其它的方面以及优点将变得显而易见。

## 附图说明

- [0017] 图1是本发明的第一实施例的蒸发冷却系统的示意图。
- [0018] 图2是在本发明中使用的经过修改的脱水介质的透视图。
- [0019] 图3是典型的直接蒸发式冷却系统的示意图；
- [0020] 图4是典型的间接蒸发式冷却系统的示意图。

## 具体实施方式

[0021] 在本发明的系统中,从蒸发冷却器排出的水被用于冷却进入典型的蒸发冷却系统(例如参照图3和图4在上文描述的系统)的蒸发段中的空气。这通过使排出的水在脱水介质上经过完成,所述脱水介质自身就是直接蒸发式冷却段。在进入上述的主要蒸发冷却处理之前,脱水介质冷却并且加湿空气。

[0022] 在脱水介质之后的蒸发冷却装置能够是任何类型,包括:如上所述的直接蒸发型,其中将水蒸发为空气以作为冷却空气的手段;以及间接蒸发型,其中将水蒸发为气流以作为冷却包含在换热器中的第三流体(其在蒸发冷却区域中被加湿)的手段;甚至还包括冷却塔,其中将水蒸发为气流以作为冷却供水的手段。

[0023] 图1是本发明的第一实施例的蒸发冷却系统的示意图。蒸发冷却系统300利用参照图2和图3描述的典型的直接蒸发式或者间接蒸发式冷却器中的一种,其被用作主冷却设备。图1中的附图标记100、200示意性地示出了所选择的主冷却设备。就像在典型的蒸发冷却设备中一样,本发明的第一实施例的系统包括集液池或者容器310、供应管线312、泵314以及分配器或喷头316。这些部件用于将水或者另一种适当的冷却流体供应到设备的主蒸发器,即,蒸发垫118或者换热器218。

[0024] 为了降低冷却水中的矿物质和盐的浓度。当前实施例的系统利用排出阀320和排出管线321来排出冷却水的一部分。通过排出冷却水的一部分,能够最小化冷却流体中的矿物质和盐的剩余量,从而防止在主蒸发垫118或者换热器218上形成水垢。

[0025] 就像在典型的蒸发冷却示例中一样,在本实施例中,冷却水沿着主蒸发垫118或者换热器218向下流动并且被收集在集液池310中,以便通过泵314而再循环返回到分配器或者喷头316。随着集液池中的水位因蒸发和排出而下降,可以将补给水从水源328供应到集液池或容器310,这由浮阀(未示出)或者任何其它适当的装置进行控制。

[0026] 如上所述,由排出阀320确定从供应管线312排出的排出量。在本实施例中,排出阀320是可变的并且能够由控制器330控制。控制器330能够是任何适当的系统微型控制器。能够根据系统状态预设和调节排出阀的参数。作为一个示例,能够在再循环冷却水回路中的某个位置(例如在集液池310)处设置总溶解固体(TDS)计量装置或探针332,以确定在冷却液体中溶解的固体的量。能够分析从TDS计量装置332传输到控制器330的信号,以使控制器330将排出阀320控制为随着检测到的固体的量增加而排出更大比例的冷却水。

[0027] 与图3和图4中的典型的蒸发冷却系统不同,从供应管线312排出到排出管线321中的水不是直接流到排水沟322。相反地,排出的水从排出管线321经由分配器316给送到辅助蒸发介质或垫340。辅助蒸发介质340也称作脱水介质或者牺牲介质。辅助蒸发介质340相对于待冷却的air的流动布置在蒸发冷却设备100、200的上游。进入辅助蒸发介质340的气流323被冷却并且加湿为经过主蒸发垫118或者换热器218的气流324。流动通过主蒸发冷却设

备100、200的空气在主蒸发冷却处理中被进一步冷却和加湿并且作为排放气流326排出。通过在空气进入主蒸发冷却处理之前使用辅助蒸发介质340对空气进行预冷却,通常作为废水排到排水沟的排出水被用于预冷却空气并且允许改进蒸发冷却系统的效率和有效性。

[0028] 在脱水介质340上经过的排出水随着其蒸发而减小体积并且矿物质含量增加。随着这种情况的进行,水垢将沉积在脱水介质340上。根据排出阀320的设定,水的体积可以在离开脱水介质340之前通过完成蒸发而减小到零。没有蒸发并且完全通过脱水介质340的任何水都不会返回到集液池,而是被引导到排水沟322。这些剩余的水将具有非常高的矿物质含量,并且会在蒸发介质上留下大量的矿物质和盐。因此,介质最终会因增厚和结垢的壁而变重并且需要进行更换或清洁。

[0029] 就这一点而言,一次性或者可清洁的低效蒸发冷却介质或垫340是优选的,其通过排出的水来预处理(预冷却)进入主蒸发冷却装置的空气并且进行加湿。因为矿物质会随着水的蒸发而沉积在表面上,所以介质设计成一次性或者可清洁的。介质中的开口设计成具有孔,孔的尺寸足够大,以便补偿在水垢积聚过程中发生的收缩。

[0030] 优选地,预处理介质的湿球效率被选择成使得在水能够离开介质之前蒸发掉所有的或者绝大部分的排出水。根据蒸发冷却系统中的排出水与补给水之间的比率,介质湿球效率应当介于约10%到50%之间;排出速率越高,则所需的蒸发效率越高。

[0031] 一直从牺牲介质或者垫蒸发水可能是不现实的。显然地,正如在下文详细描述的那样,这主要不是由于介质的尺寸,而是由于系统的瞬变效果,其中,过量的水被间歇性地施加到牺牲介质并且没有被全部蒸发掉。造成这种情况有多种原因。最显然的原因与控制系统的响应时间有关。通常,控制系统将基于在过去出现的蒸发速率来排出水。例如,如果空气湿度快速增加至饱和,则控制器总是会试图将水排出至牺牲介质,但是空气将不具有用以蒸发水和移除固体的能力。另一个示例是蒸发介质上的水分配可能因维护问题而不够均匀。在这些状态下,水分配流量高于设计水分配流量的区域可能就无法完全蒸发流体流,从而导致在介质的区域中出现突发排出。在这些时间期间,尤其是在系统已经设计成完全蒸发掉排出水的情况下,可能最好的做法是引导过量的高矿物质含量的水返回主集液池。

[0032] 如果这样作,还应当采取另外的预防措施。如果在足够长的时间段内存在上述情况,则排出这种手段将不能从再循环系统移除足够多的固体。牺牲垫也可以开始用于选择性地移除较低溶解度的矿物质盐例如钙基和硅基盐,同时又没有沉淀析出较高溶解度的盐例如钠基盐或氯基盐或者供水中的其它污染物,这方面可以具有关于能够排放到废水流中的最大浓度的相关规定。

[0033] 在这样设计的系统中,为了进行保护以免这些高度可溶的物质积聚,可以装配辅助排出系统以将水直接引导到排水沟。这种排出应当基于与上述主排出有所不同的第二种排出标准。控制方法的示例应当是在TDS大于较高的第二浓度水平时、或者在主排出在指定的时间段内不能响应和校正TDS浓度的情况下、或者通过感测一种高度可溶的矿物质的浓度的存在性并且当其超过预定阈值时排出到排水沟而以常规的方式操作排出。

[0034] 浓缩倍数(CoC)是将再循环水的固体水平与初始的原补给水的固体水平进行比较的量度。例如,如果循环水的固体浓度为补给水的固体浓度的四倍,则浓缩倍数为4。对于指定的浓缩倍数,能够计算优选的预处理蒸发冷却器的效率。为了阐释这一点,假设系统利用额定效率为85%的蒸发介质处理1000标准立方英尺每分钟(scfm)的空气,下面的表格列出

了蒸发速率和排出速率。

[0035] 表1描述了随着空气以95°F干球和75°F湿球的状态首先从入口行进通过效率为85%的蒸发介质而发生变化的空气状态。在该表中没有设置脱水垫,因此该垫的效率被指定为0%。在该表中,气流的单位为标准立方英尺每分钟 (scfm) 和磅每小时 (lbs/hr) 这两种,水流量的单位为lbs/hr,湿度的单位为格令每磅 (gr/lb),并且干球 (db) 和湿球 (wb) 温度的单位为华氏度。

[0036] 表1

<b>示例 1: 脱水蒸发效率=0%</b>					
气流	<b>1000</b>	<b>scfm</b>			
气流	<b>4500</b>	<b>lbs/hr</b>			
浓缩倍数	<b>2.2</b>				
脱水垫效率	<b>0%</b>				
直接蒸发效率	<b>85%</b>				
	<b>进气</b>	<b>脱水之后</b>	<b>直接蒸发式 冷却器</b>	<b>备注</b>	
<b>db</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>78</b>		
<b>wb</b>	<b>75</b>	<b>75.0</b>	<b>75</b>		
<b>gr/lb</b>	<b>99.1</b>	<b>99.1</b>	<b>126.9</b>		
蒸发的水 (lbs/hr)		<b>0.0</b>	<b>17.9</b>		
向脱水垫的排出 (lbs/hr)			<b>14.9</b>	<b>排出=蒸发速率 / (CoC - 1)</b>	
送到排水沟的水 (lbs/hr)		<b>14.9</b>			
最终倍数		<b>2.2</b>		<b>(蒸发速率/排出速率) +1</b>	

[0037]

[0038] 在上表中,蒸发 (Evap) 效率或者湿球效率定义为 (进入空气的温度-离开绝热蒸发换热器的空气温度) - (进入空气的温度-进入空气的湿球温度)。通过常见定义,能够由公式排出=蒸发速率 / (CoC-1) 来计算用于限定的浓缩倍数的排出速率。在上述示例中,空气被冷却并且从95°F db、75°F wb、99gr/lb加湿到78°F db、75°F wb和127gr/lb。蒸发冷却导致每小时蒸发掉17.9lbs。为了将所需的浓缩倍数保持在2.2,需要将14.9lbs/hr的水导向排水沟。

[0039] 在第二示例中,系统装配有脱水垫,所述脱水垫具有25%的额定效率。下表示出了空气行进通过该系统的结果。

[0040] 表2

[0041]

<b>示例 2: 脱水蒸发效率=25%</b>					
<b>气流</b>	<b>1000</b>	<b>scfm</b>			
<b>气流</b>	<b>4500</b>	<b>lbs/hr</b>			
<b>浓缩倍数</b>	<b>2.2</b>				
<b>脱水垫效率</b>	<b>25%</b>				
<b>直接蒸发效率</b>	<b>85%</b>				
	<b>进气</b>	<b>脱水之后</b>	<b>直接蒸发式 冷却器</b>	<b>备注</b>	
<b>蒸发效率</b>					
<b>db</b>	<b>95</b>	<b>90</b>	<b>77.25</b>		
<b>wb</b>	<b>75</b>	<b>75.0</b>	<b>75</b>		
<b>gr/lb</b>	<b>99.1</b>	<b>107.2</b>	<b>128.1</b>		
<b>蒸发的水 (lbs/hr)</b>		<b>5.2</b>	<b>13.5</b>		
<b>向脱水垫的排出 (lbs/hr)</b>			<b>11.2</b>	<b>排出=蒸发速率/(CoC-1)</b>	
<b>送到排水沟的水 (lbs/hr)</b>		<b>6.0</b>			
<b>最终倍数</b>		<b>4.1</b>		<b>(蒸发速率/排出速率)+1</b>	

[0042] 在该示例中,空气首先暴露于脱水垫,在此其温度首先从95°F降至90°F并且在其进入主直接蒸发式冷却换热器之前其湿度从99hr/lb增加至107gr/lb。在换热器中,其温度和湿度进一步降至77°F和128gr/lb。因为脱水垫已经做了一部分的蒸发冷却功,所以在主换热器中蒸发的水量已经从17.9lbs/hr减小至13.5lbs/hr。为了保持主换热器集液池的浓缩倍数为2.2,必须排出11.2lbs/hr。然而,这些水不会抵达排水沟,而是被供给到脱水垫,在此蒸发掉5.2lbs。其余的每小时6.0lbs被送往排水沟并且所得的CoC从2.2增加至4.1。

[0043] 在第三示例中,脱水介质效率进一步增加至35%。

[0044] 表3

[0045]

<b>示例 3: 脱水蒸发效率=35%</b>					
<b>气流</b>	<b>1000</b>	<b>scfm</b>			
<b>气流</b>	<b>4500</b>	<b>lbs/hr</b>			
<b>浓缩倍数</b>	<b>2.2</b>				
<b>脱水垫效率</b>	<b>35%</b>				
<b>直接蒸发效率</b>	<b>85%</b>				
	<b>进气</b>	<b>脱水之后</b>	<b>直接蒸发式 冷却器</b>	<b>备注</b>	
<b>db</b>	<b>95</b>	<b>88</b>	<b>77</b>		
<b>wb</b>	<b>75</b>	<b>75.0</b>	<b>75</b>		
<b>gr/lb</b>	<b>99.1</b>	<b>110.5</b>	<b>128.6</b>		
<b>蒸发的水 (lbs/hr)</b>		<b>7.3</b>	<b>11.7</b>		
<b>向脱水垫的排出 (lbs/hr)</b>			<b>9.7</b>	<b>排出=蒸发速率 / (CoC - 1)</b>	
<b>送到排水沟的水 (lbs/hr)</b>		<b>2.4</b>			
<b>最终倍数</b>		<b>9.0</b>		<b>(蒸发速率/排出速率) +1</b>	

[0046] 在该示例中,通过增加脱水垫的效率,从主换热器的蒸发速率进一步减小至 11.71bs/hr,导致到脱水介质的排出为9.71bs/hr,其中的7.31bs被蒸发掉。离开脱水介质并且送往排水沟的其余2.41bs/hr的水代表针对净蒸发冷却器的CoC为9。

[0047] 经分析得出其结论,将脱水介质蒸发效率增加至42%导致没有剩余的水送往排水沟并且所得到的CoC接近无穷大。

[0048] 表4

[0049]

<b>示例 4: 脱水蒸发效率=42% 排出被蒸发</b>					
气流	<b>1000</b>	<b>scfm</b>			
气流	<b>4500</b>	<b>lbs/hr</b>			
浓缩倍数	<b>2.2</b>				
脱水垫效率	<b>41.65%</b>				
直接蒸发效率	<b>85%</b>				
	进气	脱水之后	直接蒸发式 冷却器	备注	
蒸发效率					
<b>db</b>	<b>95</b>	<b>86.7</b>	<b>76.8</b>		
<b>wb</b>	<b>75</b>	<b>75.0</b>	<b>75.0</b>		
<b>gr/lb</b>	<b>99.1</b>	<b>112.7</b>	<b>129.0</b>		
蒸发的水 (lbs/hr)		<b>8.7</b>	<b>10.5</b>		
向脱水垫的排出 (lbs/hr)			<b>8.7</b>	排出=蒸发速率/(CoC-1)	
送到排水沟的水 (lbs/hr)		<b>0.0</b>			
最终倍数		<b>1343615</b>		(蒸发速率/排出速率)+1	

[0050] 如这些示例所示,通过针对CoC和主蒸发负载来调整脱水效率,能够使预处理蒸发速率匹配主蒸发器排出速率。替代地,甚至能够使用更高效率的介质以确保蒸发更多的或者全部的水,但代价是更高的压降以及更高的投资成本。

[0051] 在上述示例中,通过加入更高效率的脱水垫来增加系统的总蒸发效率。另一种方法是随着脱水垫的效率增加而降低主换热器的效率。在下文的示例中,将39%的脱水垫效率与77%的主换热器效率关联的组合导致像示例1那样将空气调节至78°Fdb,但不会得到排出的水。

[0052] 表5

[0053]

示例 5: 等效于初始设计的净总蒸发效率					
气流	1000	scfm			
气流	4500	lbs/hr			
浓缩倍数	2.2				
脱水垫效率	39%				
直接蒸发效率	77%				
	进气	脱水之后	直接蒸发式 冷却器	备注	
db	95	87	78		
wb	75	75.0	75.0		
gr/lb	99.1	111.9	127.2		
蒸发的水 ( lbs/hr )		8.2	9.9		
向脱水垫的排出 ( lbs/hr )			8.2	排出=蒸发速率 / ( CoC - 1 )	
送到排水沟的水 ( lbs/hr )		0.0			
最终倍数		1908		( 蒸发速率 / 排出速率 ) + 1	

[0054] 建立初始原型以测试所述方法和原型装置。将设计成处理10,000scfm空气的蒸发冷却器模块在夏季安置于德克萨斯州的圣安东尼奥市的室外。冷却器包括:蒸发冷却介质,具体为Munters GLASdek 7060,8"深结构的填充蒸发冷却介质以作为主蒸发冷却垫;集液池,其具有浮动填充阀;再循环泵,其将水连续地供应到GLASdek垫的顶部;和风扇,其抽吸空气掠过冷却器。该系统还装配有传导率控制器和排出阀,以用于控制集液池的总溶解固体(TDS)。

[0055] 针对圣安托尼奥水域(SAWS)的水分析被用于进行Puckorius水垢指数评估,以确定适当的浓缩倍数(CoC)。下面的表6列出了在SAWS水质报告中所包含的数值。

[0056] 表6

补给水分析		
成分	用户输入	单位
Ca (作为 $\text{CaCO}_3$ ) *	67.00	mg/l, ppm
Mg (作为 $\text{CaCO}_3$ )	14.20	mg/l, ppm
总碱度 (T Alkalinity) (作为 $\text{CaCO}_3$ ) *	220.00	mg/l, ppm
传导率	604	$\mu\text{S/cm}$ , $\mu\text{mhos/cm}$
pH**	7.70	单位
水温 ( $^{\circ}\text{F}$ ) * (由管理员设定)	70.00	( $^{\circ}\text{F}$ )
硅化物 (作为 $\text{SiO}_2$ ) =	0.50	mg/l, ppm
氯化物 (作为 $\text{Cl}_2$ ) =	20.00	mg/l, ppm
磷酸盐 (作为 $\text{PO}_4$ ) =	0.5	mg/l, ppm
铁 (作为 Fe) =	0.05	mg/l, ppm
锰 (作为 Mn) =	14.20	mg/l, ppm
钡 (作为 Ba) =	0.00	mg/l, ppm
氟化物 (作为 F1) =	0.10	mg/l, ppm
硫酸盐 (作为 $\text{SO}_4$ ) =	25	mg/l, ppm
钠 (作为 Na) =	10	mg/l, ppm

[0057]

[0058] 给定在下面的表7中的Puckorius结垢指数评估,确定将用于测试的浓缩倍数设定为2.2。选择2.2的取值的原因在于该值虽然略微高于理想值,但是仍然稳定并且能够提供长的无水垢主换热器使用寿命。

[0059]

表 7

	#倍数	钙 (CaCO <sub>3</sub> )	Mg (CaCO <sub>3</sub> )	总碱度 (CaCO <sub>3</sub> )	传导率 (mmho/cm)	pH (估算值)	水温 (F)	SiO <sub>2</sub> (本身)	氯化物 (本身)	磷酸盐 (本身)	氟化物 (本身)	硫酸盐 (本身)	Puckorius 指数	结垢 趋势
用于循环水的推荐最大值		被动 结垢指数	没有限制	被动 结垢指数	被动 结垢指数	6.8-9.5	95	125	400	10	10		6-7	
原水	1.00	67.0	14.20	230.0	604.0	7.7	70.0	0.50	20.00	0.50	0.10	25.00	7.51	少量的水垢溶解
低倍数	1.63	108.9	23.09	250.5	982.0	8.4	70.0	0.81	32.52	0.81	0.16	40.64	7.00	非常少的水垢溶解
理想倍数	2.02	135.5	28.71	311.6	1221.2	8.5	70.0	1.01	40.44	1.01	0.20	50.55	6.50	理想
高倍数	2.51	168.5	35.70	387.4	1518.6	8.6	70.0	1.26	50.29	1.26	0.25	62.86	6.00	稳定水

[0060] 在测试时,测量进水的TDS为250ppm,因此传导率控制器设定为550ppm以实现所需的CoC。该系统与位于填充管线和排出管线这两者上的水表一起运行,以确认排出约为45%

的适当水量,以便将集液池的TDS保持在550ppm。

[0061] 接下来,用进气气流上的2"深的CELdek7060蒸发冷却介质作为辅助蒸发冷却介质来填充该系统。还能够使用其它类型的蒸发介质,例如由自由编织刨削山杨木而制成的Aspen垫;然而,由于低压降和成一致尺寸的空气开口会提供一致并且可重复的水垢积聚,这对空气压降具有负面效果,因此设计考量将倾向于使用结构化的蒸发填料例如CELdek。用于控制主集液池TDS的排出水被引导到该介质的顶部。测量存留在垫的底部中的水并且将其引到排水沟。

[0062] 分析辅助介质(脱水介质)的蒸发性能。在介质的大部分的面上,在水能够离开底部流向排水沟之前从介质的表面上完全蒸发水,而在分配到介质顶部的供水高于平均量的区域中,水的一部分将会到达介质的底部并且流向排水沟。尽管存在该缺陷,但是离开垫流向排水沟的净水量仍从45%(CoC 2.2)减小至约10%(CoC 10)。

[0063] 能够监测介质的重量随时间变化的情况以测量水垢积聚并且确定在需要更换或清洁介质之前该介质还能使用多长时间。在示例中,在运行一周之后,在辅助介质上没有明显的水垢积聚。在一个月之后,能够发现少量水垢,但是还没有堵塞介质的气道。CELdek介质能够保持有效的水垢重量的估算以及排出水的存量表明介质能够提供整个季节的冷却(3-6个月)而不需要更换。也可以使用具有更高水垢保持含量的介质或者由聚合物材料或其它的可清洁材料制造的介质。

[0064] 在示例中,排出水没有均匀分配到辅助(脱水)介质的顶部。然而,优选地,要尽可能均匀地将排出水分配到脱水介质的顶部,以使得在面上的流量均匀并且不会出现沟道效应(channeling)。在系统排水时,水流的沟道效应在高流量区域中允许过多的流量离开,这不利于系统性能。

[0065] 而且,优选地,脱水介质形成为由小模块介质段340-1构成的基体,如图2所示。模块介质段340-1优选地安装有诸如框架341这样的机构,所述机构允许它们轻易地互换。因为介质深度较小,所以抵抗气流作用力的介质强度较低。简单框架中较小的模块化段将允许完整的介质支撑并且提供了容易实现的可互换性。另外,通过介质面的模块化,将只需要更换具有最高水垢含量的那些段,从而降低了运行成本。因为预计上部介质将更易于结垢并且因此需要更加频繁更换,所以这一点是很重要的。

[0066] 应当注意,在改进的应用中,脱水介质能够添加到现有的主蒸发冷却器进入面。当然,这会产生增加的压降并且需要额外的操作成本。对于设计为具有脱水介质以作为初始系统的一部分的系统而言,脱水介质的蒸发性能可以被包括在系统性能内,由此降低对主蒸发表面的性能需求。以这样的方式,系统能够设计成不显著增加压降且同时增大CoC,从而大幅度减少了水的用量。

[0067] 一种控制方法涉及感测脱水介质上的干湿分界线的位置。理想地,介质应当直到其下边缘附近都是湿润的,并且其最下方的部分应当是干燥的。能够通过传感器350最便捷地确定介质的湿度,所述传感器350直接地或光学地测量介质温度或者测量离开介质的空气的温度。

[0068] 另一种控制方法是通过针对给定水量分析适当的CoC而将脱水介质的效率调节为高于所需。然后能够将排出的水以一定的速率供给到脱水介质,所述速率仅允许排出水到达介质的脱离边缘。能够通过上述的温度方法或者通过使用水的存在性检测系统来监测水

的存在性。在脱水介质的效率被超调时,从主集液池获取了高于所需的更多的排出水并且集液池的矿物质水平将低于规定的最大含量。

[0069] 应当注意,一些蒸发冷却系统不包括集液池和再循环泵。替代地,淡水被供应到蒸发段并且在处理中没有被蒸发的任何过多的水被引导到排水沟。这些“一次性通过 (once-through)”的系统会特意地供应过量的水,以使得水中的矿物质不超过随着处理过程中的水的蒸发而允许形成水垢的阈值。因此,理想地,离开系统的水接近饱和的矿物质含量并且体积较小。在这些情况下,能够以与上述示例中的排水相同的方式利用离开系统且具有高矿物质含量的过量的水。其能够用于处理脱水介质,以与在再循环水示例中描述的排出水相同的方式减少或者消除其体积。因此,术语“排出”能够用于表示排出再循环通过主冷却单元的冷却流体的一部分以及用于表示收集剩余的“一次性通过”的冷却流体并将所收集的流体供应到辅助冷却单元。

[0070] 本发明的辅助冷却系统并不专门用于与直接和间接蒸发式冷却器一起使用。产生排出流体或者废流体并且能够得益于在预调节处理中利用该流体的任何系统均可被包括在本发明的范围内。应当注意,在间接蒸发系统中,热负载并且由此主蒸发速率不必取决于水蒸发到其中的空气环境条件。在这些系统中,将热量从换热器内的热负载转移到辅助气流、换气气流。当换气(或者冷却)空气干燥时,其具有在空气送往冷却换热器的途中经过牺牲介质时从牺牲介质蒸发排出水的高能力。当换气空气具有高相对湿度时,能够在牺牲介质中蒸发的排出水的量受限。在此情况下,具有非常高的蒸发效率的牺牲垫可能不足以蒸发所有的排出水。

[0071] 因此,对于被冷却的负载从牺牲空气调节脱离的间接蒸发系统而言,不能计算出最优的牺牲介质有效性。因此,可以有利地将蒸发垫的效率增加至高达95%,原因在于排出水的流率与蒸发负载成比例,所述蒸发负载现在很可能高于冷却空气流的可用的绝热蒸发潜力。

[0072] 由此,已经示出并且描述了创新且有效的蒸发冷却系统。尽管为了阐释和描述而通过参照一些具体的实施例举例说明了本发明,但对于本领域技术人员显而易见的是所述示例存在各种可行的变型方案、替代方案和等同方案。

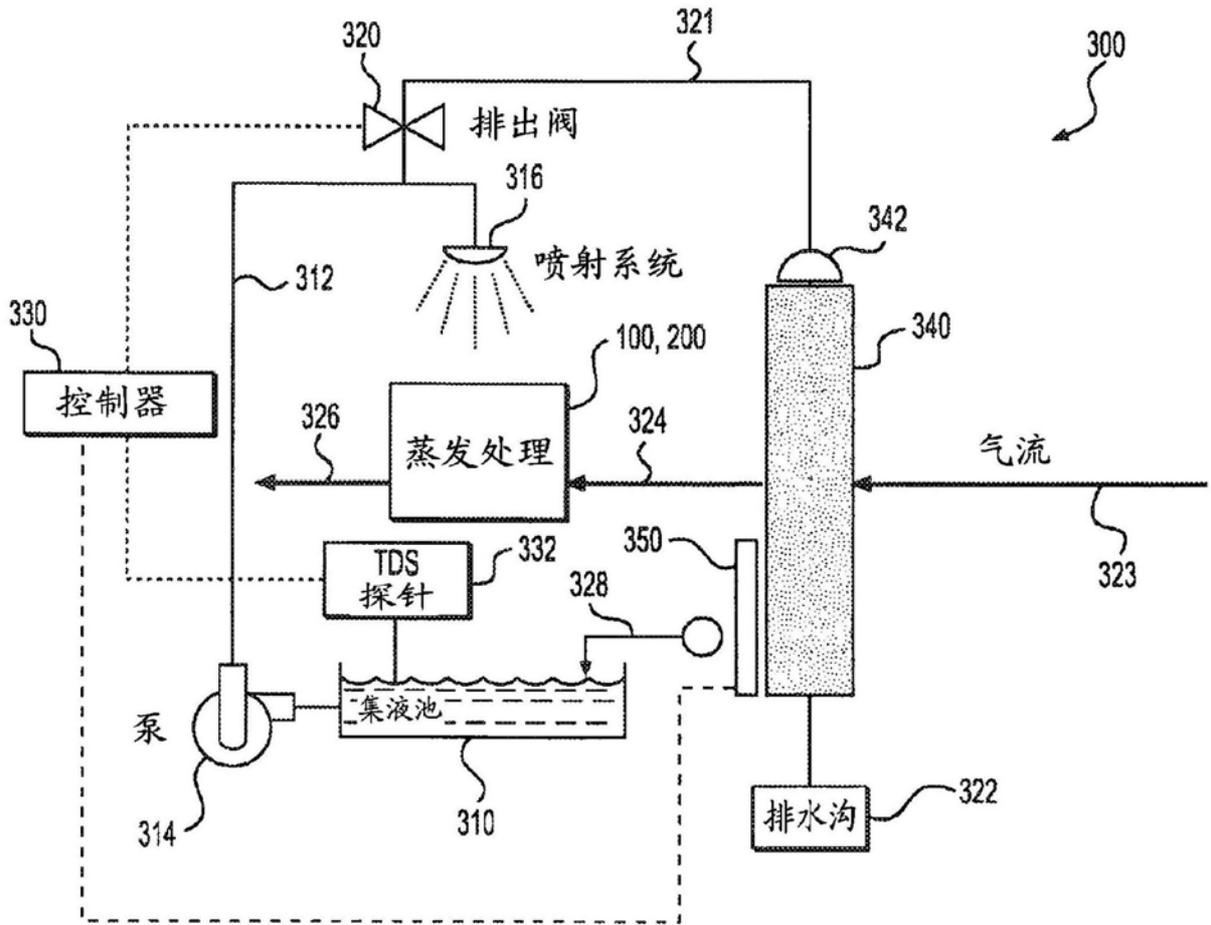


图1

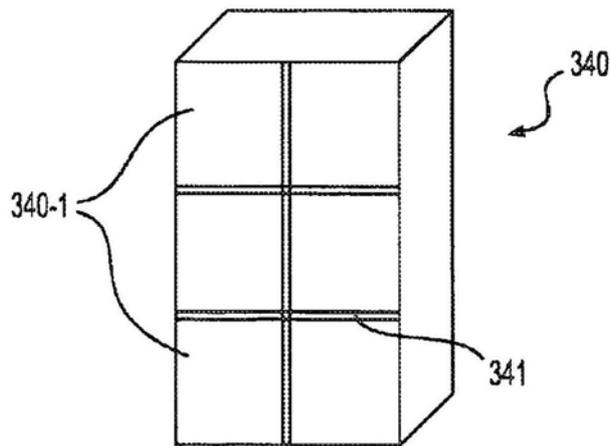


图2

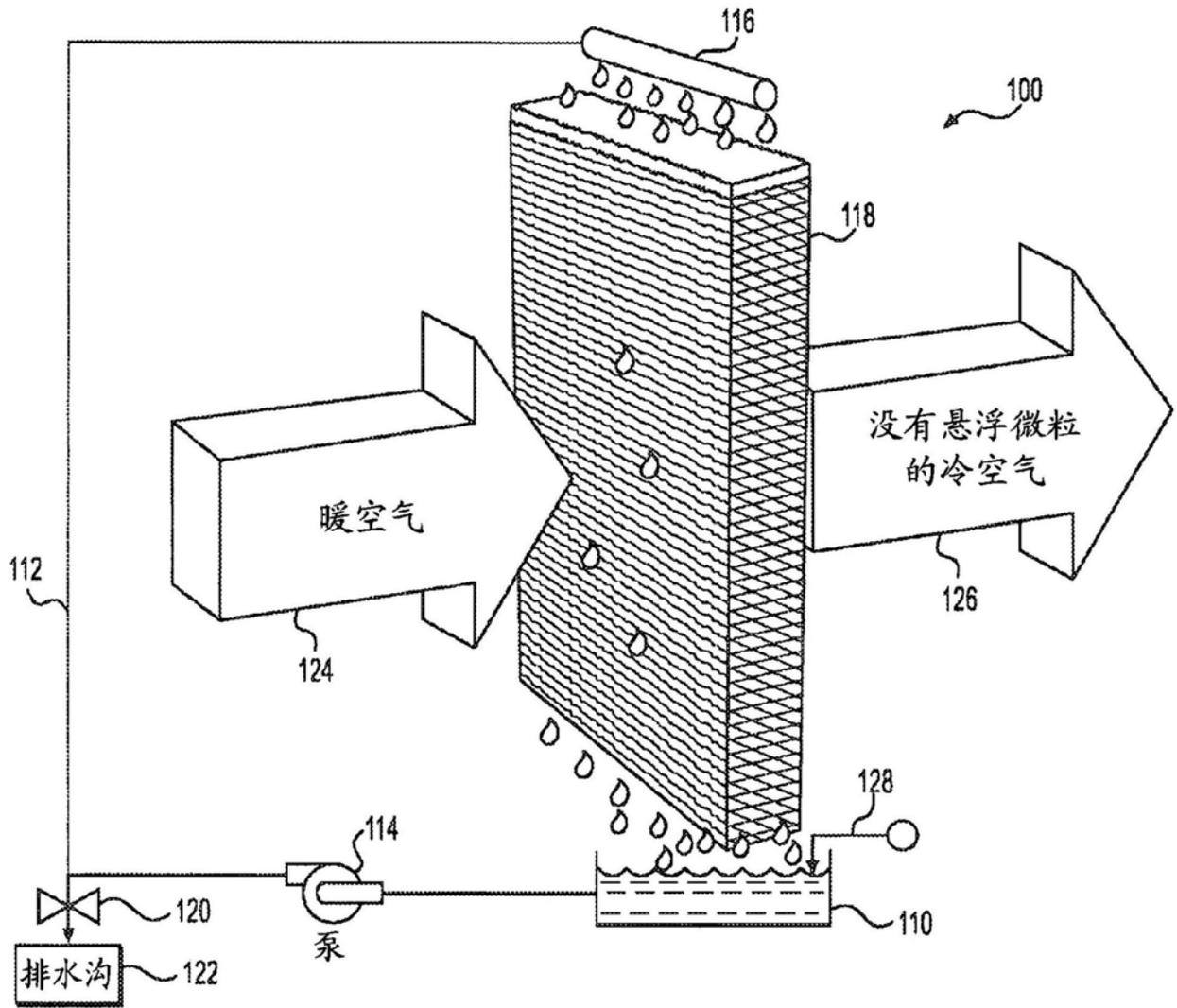


图3  
现有技术

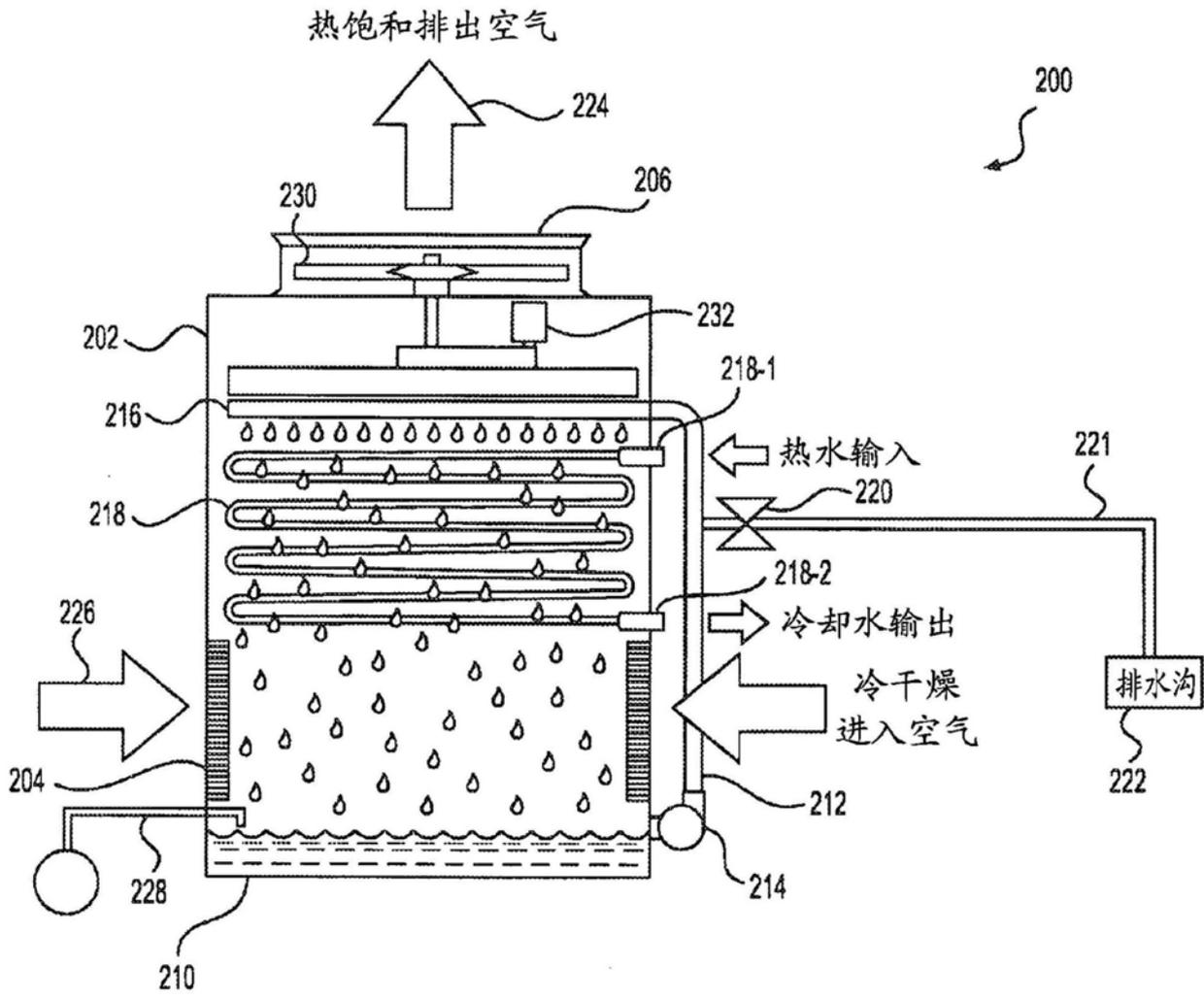


图4  
现有技术