



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110678698 B

(45) 授权公告日 2022. 02. 25

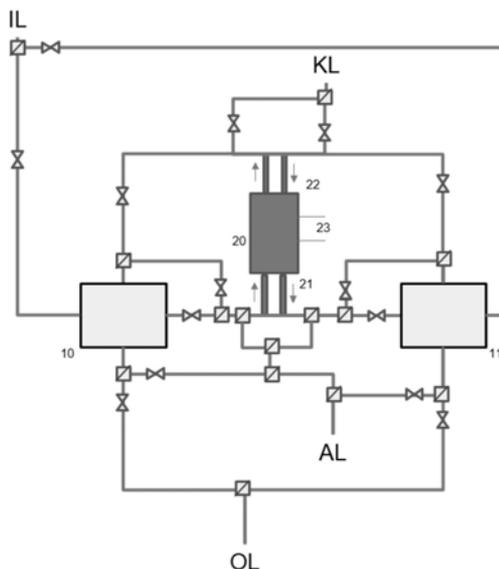
(21) 申请号 201880034957.4  
 (22) 申请日 2018.05.30  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 110678698 A  
 (43) 申请公布日 2020.01.10  
 (30) 优先权数据  
 17174210.9 2017.06.02 EP  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2019.11.26  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/EP2018/064209 2018.05.30  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02018/220027 DE 2018.12.06  
 (73) 专利权人 巴斯夫欧洲公司  
 地址 德国莱茵河畔路德维希港  
 (72) 发明人 R·内伦贝格 W·奥珀  
 L·卡尔瓦茨基 M·维克特  
 U·米勒  
 (74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
 11247  
 代理人 肖威 刘金辉

(51) Int.Cl.  
 F24F 3/14 (2006.01)  
 F24F 5/00 (2006.01)  
 B01D 53/02 (2006.01)  
 C09K 5/04 (2006.01)  
 F28F 7/02 (2006.01)  
 F24F 12/00 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 US 2013192281 A1, 2013.08.01  
 EP 2345853 A2, 2011.07.20  
 KR 101441486 B1, 2014.09.17  
 UA 69450 U, 2012.04.25  
 CN 102032706 A, 2011.04.27  
 CN 102032706 A, 2011.04.27  
 CN 102032706 A, 2011.04.27  
 CN 102032706 A, 2011.04.27  
 CN 106610064 A, 2017.05.03  
 CN 103574790 A, 2014.02.12  
 CN 206037293 U, 2017.03.22  
 审查员 王一茹

权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称  
 空调方法和装置

(57) 摘要  
 本发明涉及一种空调装置、一种空气调节(特别是冷却和/或干燥空气流)的方法、一种吸附式空气-空气错流换热器,以及一种包括集成空调装置的外壁元件。



1. 一种调节流体的方法,其包括以下步骤:

- (a) 使工艺流体流动通过第一吸收式换热器的吸收通道,
- (b) 在第一吸收式换热器中,干燥工艺流体,
- (c) 使干燥的工艺流体流动至冷源的冷侧,
- (d) 在冷源中,冷却干燥的工艺流体,
- (e) 使干燥且冷却的工艺流体流动至待调节区域中,
- (f) 使再生流体平行地流动通过第一吸收式换热器的换热器通道,
- (g) 通过再生流体来吸收吸附热,
- (h) 使加热的再生流体流动至热源的热侧,
- (i) 在热源中,进一步加热再生流体,
- (j) 使加热的再生流体流动通过第二吸收式换热器的吸收通道,
- (k) 汽化位于第二吸收式换热器中的吸附物,且通过再生流体来吸收这些吸附物,
- (l) 使湿润的再生流体流动至外部区域中,

其中第一和第二吸收式换热器具有沿至少一个流动方向的吸收通道和沿至少一个其他流动方向的换热器通道,其中吸收通道具有0.5-2mm的通道宽度并且包含吸水性金属-有机框架作为吸收材料,其中吸附材料的涂层厚度为10-200 $\mu\text{m}$ ,其中基于具有吸附材料的吸收通道的负载量,换热器通道包含少于5%的吸附材料。

2. 根据权利要求1的方法,其中将来自待调节区域的排气用作再生流体。

3. 根据权利要求1的方法,随后包括另一步骤:

-冷却第二吸收式换热器。

4. 根据权利要求2的方法,随后包括另一步骤:

-冷却第二吸收式换热器。

5. 根据权利要求3的方法,其中借助用于第二换热器的再生流体、经调节的工艺流体和/或流动通过该换热器的外部空气来实现第二吸收式换热器的冷却。

6. 根据权利要求4的方法,其中借助用于第二换热器的再生流体、经调节的工艺流体和/或流动通过该换热器的外部空气来实现第二吸收式换热器的冷却。

7. 根据权利要求1-6中任一项的方法,其中周期性地实施所述方法。

8. 根据权利要求1-6中任一项的方法,其中作为热源或冷源,使用基于压缩机设备的热泵。

9. 根据权利要求1-6中任一项的方法,其中步骤(a)至(l)和第二吸收式换热器的冷却之后为以下步骤:

(m) 任选地,中断工艺流体和再生流体在第一吸收式换热器中的流动,如果这尚未发生的话,

- (n) 使工艺流体流动通过第二吸收式换热器的吸收通道,
- (o) 在第二吸收式换热器中,干燥工艺流体,
- (p) 使干燥的工艺流体流动至冷源的冷侧,
- (q) 在冷源中,冷却干燥的工艺流体,
- (r) 使干燥且冷却的工艺流体流动至待调节区域中,
- (s) 使再生流体平行地流动通过第二吸收式换热器的换热器通道,

- (t) 通过再生流体来吸收吸附热,
- (u) 使加热的再生流体流动至热源的热侧,
- (v) 在热源中,进一步加热再生流体,
- (w) 使加热的再生流体流动通过第一吸收式换热器的吸收通道,
- (x) 汽化位于第一吸收式换热器中的吸附物,且通过再生流体来吸收这些吸附物,
- (y) 使湿润的再生流体流动至外部区域中。

10. 一种用于调节流体的空调装置,其包括:

- 第一吸收式换热器,其具有沿至少一个流动方向的吸收通道,且具有沿至少一个流动方向的换热器通道,

- 用于移除热的热-冷源,其沿吸收通道的流动方向设置在第一吸收式换热器的下游,

- 用于吸收热的热-冷源,其沿换热器通道的流动方向设置在第一吸收式换热器的下游,和

- 第二吸收式换热器,其设置在用于吸收热的热-冷源的下游,且具有沿至少一个流动方向的吸收通道,且具有沿至少一个流动方向的换热器通道,其中第二换热器上的吸收通道沿第一换热器的换热器通道的流动方向设置且设置在下游,

其中第一和第二吸收式换热器具有沿至少一个流动方向的吸收通道和沿至少一个其他流动方向的换热器通道,其中吸收通道具有0.5-2mm的通道宽度并且包含吸水性金属-有机框架作为吸收材料,其中吸附材料的涂层厚度为10-200 $\mu\text{m}$ ,其中基于具有吸附材料的吸收通道的负载量,换热器通道包含少于5%的吸附材料。

11. 根据权利要求10的空调装置,其中换热器与热-冷源经由刚性管和/或可移动软管连接。

12. 根据权利要求10的空调装置,其中所述装置不包括任何旋转元件。

13. 根据权利要求11的空调装置,其中所述装置不包括任何旋转元件。

14. 根据权利要求10的空调装置,其中在换热器的上游插入扇出气流和/或使气流层流化的元件。

15. 根据权利要求11的空调装置,其中在换热器的上游插入扇出气流和/或使气流层流化的元件。

16. 根据权利要求12的空调装置,其中在换热器的上游插入扇出气流和/或使气流层流化的元件。

17. 根据权利要求13的空调装置,其中在换热器的上游插入扇出气流和/或使气流层流化的元件。

18. 根据权利要求10-17中任一项的空调装置,其中吸附材料具有0.2-2g/cm<sup>3</sup>的密度,且使用金属-有机框架和/或改性碳作为吸收通道中的吸附材料。

19. 根据权利要求10的空调装置,其中使用**BASOLITE®** A520、MIL-160、MOF-841、UIO-66、DUT-67和/或MOF-801作为吸收通道中的吸附材料。

20. 根据权利要求10-17中任一项的空调装置,其中使用错流换热器。

21. 根据权利要求18的空调装置,其中使用错流换热器。

22. 根据权利要求19的空调装置,其中使用错流换热器。

23. 根据权利要求10-22中任一项的空调装置用于在建筑物和交通工具以及医院和/或

实验室中调节流体的用途。

24. 一种吸收式空气-空气错流换热器,其中所述换热器具有沿至少一个流动方向的吸收通道和沿至少一个其他流动方向的换热器通道,其中吸收通道具有0.5-2mm的通道宽度并且包含吸水性金属-有机框架作为吸收材料,其中吸附材料的涂层厚度为10-200 $\mu\text{m}$ ,其中基于具有吸附材料的吸收通道的负载量,换热器通道包含少于5%的吸附材料。

25. 一种外壁元件,其包括根据权利要求10-22中任一项的空调装置。

## 空调方法和装置

[0001] 说明书

[0002] 本发明涉及一种用于调节流体,特别是用于冷却和/或干燥空气流的方法、一种空调装置、一种吸附式空气-空气错流换热器以及一种包括集成空调装置的外壁元件。

[0003] 空调设备是当今建筑技术的必要组成部分。它们独立于外部条件与遮蔽及玻璃技术一起在内部创造一个健康工作环境,所述健康工作环境具有平均相对大气湿度及20-26℃的中等温度。用于运行现有建筑物的能量消耗现已上升至人类总能量消耗的约40%,除其他原因如建筑物的不良热绝缘之外,这主要是由于空调设备所导致的。由于潮湿和热带气候区域中日益增加的城市化以及需要空调设备以供运作的高层建筑物的相关建造,开发节能空调设备的必要性日益增加。特别地,在这些气候区域中干燥空气具有最大的能量消耗,这是因为空气由于当前占主导地位的压缩机技术而过度冷却直至达到所需绝对大气湿度。该压缩机技术通常使用卤代的(优选部分氟化的)烃作为制冷剂,这些因其气候破坏可能性而面临着压力。在这方面,替代制冷剂如二氧化碳也没有更好。维护压缩机的必要性(例如以确保可移动零件的自由运转或使失去平衡的零件重新平衡、引入其他运行介质及消耗品)已导致对中央绝热的偏爱,且迄今为止,阻碍了分布式空调设备的开发,所述分布式空调设备集成至建筑物中且允许有效地对环境进行个性化设置。另一方面,市场上已广泛出现了用于改装的独立装置,特别是在私人独户住宅中。

[0004] 在其中空调设备用于冷却和除湿的移动应用(例如火车或汽车)中,来自线上网络的电能的使用也起着越来越重要的作用;在电动汽车的情况下,空调设备的运行与交通工具的里程形成直接竞争。

[0005] 更高效的方法是复合式空调,其中单独地执行干燥步骤和冷却步骤。对于空气的干燥,存在吸收性过程,其中利用例如溴化锂溶液的吸湿特性来约束大气湿度;经由蒸发步骤进行再循环。由于最佳溶液(即溴化锂和氯化锂)的侵蚀特性,因此对于工业实施方案有必要使用特殊抗蚀材料,但这些使得系统昂贵且维修复杂。作为替代方案,可使用其中将大气湿度约束在通常为固体的材料(例如沸石或硅胶)中的吸附系统;在研究领域中(例如Y.D.Tu等,Nature 7,40437;DOI 10.1038/Srep40437)也阐述了由纳米多孔硅石中的锂盐构成的配制剂;再循环通过加热吸附剂而进行。水在干燥剂上的反应释放出大量能量,该能量加热空气及材料且导致额外的冷却负荷。同时,吸附剂的再生也需要能量,从而使得该空调设备的能量消耗进一步增加。使用干燥轮的智能处理程序(在这种情况下吸附剂作为薄层位于空气流动通过的旋转轮上,且吸附剂在运行的部分期间借助热空气而再生)允许加热且减少再生所需的额外能量,例如在Munters的**DesiCool®**设备中。然而,空气的过度干燥需要再次加湿空气,这是因为蒸发冷却减少冷却流,但是由于液体水的使用,可带来关于卫生方面的担忧(因为有可能植入且增殖损害健康的细菌)。就具有许多旋转零件的这些空调设备的装置而言的支出导致了大量维护支出的风险。

[0006] EP 1408286描述了由两个吸附式空气-空气换热器或旋转吸附式热轮及压缩单元组成的空调设备。据陈述,在吸附模式中,将外部空气在吸附式换热器中除湿,随后在压缩单元中冷却。还据陈述,在吸附模式期间,进一步的外部空气流动通过吸附式换热器且带走

潜热,因此限制了换热器及待调节的内部空气的加热。将该加热的外部空气在压缩单元中在再生模式中进一步加热,通过负载的吸附式换热器并将蒸发的水蒸汽携带至室外。当将吸附式换热器设计为热轮时,吸附模式和再生模式可设计为逆流过程。作为吸附剂材料,公开了沸石、硅胶及阴离子交换树脂。

[0007] EP 2385318描述了由吸附式空气-水换热器及在无压缩机单元的情况下运行的空气换热器组成的空调设备。通过将大气湿度作为吸附物储存在吸附式换热器中且在随后干燥步骤中作为大气湿度再次释放的来解决冷凝水形成的问题。通过在借助冷水导管来冷却总量的空气之前将相对潮湿、温暖内部空气混入干燥的空气中来减少干燥器容量、归因于吸附焓的热演化及空气的过度干燥的问题。使用15℃的水来实施空气换热器中的冷却。为了排出吸附物,内部空气借助加热元件在再生模式中加热并且通过干燥轮的再生部分。作为吸附剂材料,公开了沸石、硅胶、活性炭或具有亲水官能团的有机聚合物。EP 2385318中公开的方法的缺点是在调节期间外部空气必须与一部分的现有内部空气混合,因此可累积气味的物质和病原体。

[0008] US 6,199,392描述了由具有两个流动通道的旋转吸附式热轮、多个换热器及压缩机单元组成的空调设备。据陈述,沿调节方向,外部空气在吸附式热轮中除湿,随后在压缩单元中冷却;沿再生方向,外部空气或所用内部室内空气在压缩单元中加热,然后部分地通过热轮的负载段的一半,部分地重新热并通过热轮的负载段的另一半。可通过该逐步再生以减少的能量消耗来实现高程度的再生,从而使得可增加干燥轮的容量。未提及吸附剂材料。缺点是在吸附式热轮中未利用吸附热。此外,干燥空气过于干燥且必须加湿以供在室内使用。

[0009] 为了使吸附式换热器在吸附期间不变热,DE 102009050050提议使用具有吸收侧和冷却侧的吸收式换热器,从而使得在吸附期间将产生的吸附热传递至冷却流体,例如呈气溶胶形式的传热介质。缺点是未利用吸附热。

[0010] 在类似意义上,Kubota等(Appl. Thermal Eng. 122 (2017) 618-625)描述了一种实验设置,其中可借助吸附物涂覆的空气-空气换热器来干燥潮湿外部空气。该文件中所公布的实例表明,可借助涂覆有吸附剂的换热器来干燥空气。然而,该公开文献没有描述完整的设置,借助该完整设置可实施连续方法以干燥和冷却外部空气(包括吸附剂的再生)。此外,未提及可能将吸附热集成至装置的热回路中。该公开文献中所描述的那样,供料设施中用于将外部空气导入涂覆换热器中的长导管也阻碍了需要紧凑构造的商业用途。

[0011] 与基于吸附剂的空调设备有关的另一挑战是吸附剂的高效再生所需的高温。在通常所用的沸石的情况下,这为140-200℃。某些公开文献描述了可在较低温度下再生吸附剂,但在这种情况下必须使用大量空气和/或事先预干燥的空气(Kubota等,Appl. Thermal Eng. 122 (2017) 618-625,和Wang,Intern. Journal of Thermal Science 126 (2018) 13-22)。

[0012] Portia Murray等在Energy Procedia 78 (2015) 3471-3476中描述了一种使用旋转干燥轮及旋转传热轮的分布式空调通风设施。然而,空气的干燥(潜在冷却)仅仅借助该设置中的冷却水导管进行。

[0013] 在现有技术中所提及的吸附剂的情况下,另一问题是“水(气态)至约束于吸附剂中的水”的热动力学干燥平衡的吸附剂性质强烈依赖于约束水的一侧,从而使得发生过度

干燥,然后必须在另一步骤中通过添加水来补偿该过度干燥。该第二步骤不仅就装置及能量密集而言较复杂,且该步骤也引发可能植入且增殖对健康有害的细菌的风险。此外,在基于吸附剂的空调设备中,释放出大量的吸附热,迄今为止该吸附热仅无效地集成至热回路中。

[0014] WO 99/36733公开了具有化学通式 $Al_2O_{3k}(P_2O_5)$  (其中 $k=1.0\pm 0.2$ )的多孔铝磷酸盐,称为Sapo沸石,其可在120-140°C下再生,因此作为干燥剂提供了节能空调设备的可能性。

[0015] EP 2230288描述了使用多孔金属-有机框架(称为MOF)作为冷/热机器的吸附材料。与通常所用的沸石相比,这些MOF具有较高的容量和较低的再生温度。

[0016] 此外,欧洲专利申请15195166.2公开了使用多孔金属-有机框架作为通风系统中的吸附材料。

[0017] 由于对空调设备的普遍需求以及用于运行这些设备的日益增加的能量需求,人们对更节能的空调设备非常感兴趣,所述空调设备就装置而言有利地简单且也可有利地紧凑构造。

[0018] 因此,本发明的目的是由于(在可能的情况下)既不过度干燥也不过度冷却而消耗不必要能量来实现空调装置的热动力学有利的运行。优选应等温地实现干燥,从而使得减少随后的冷却需求。此外,吸附热应集成至所述装置的热回路中。此外,应尽可能有效地实现能量密集的再生。此外,应提供兼具吸附式干燥、节能再生以及低维护支出且避免液体水的完整系统。

[0019] 本发明的另一目的是提供一种空调装置,其允许就装置和数个机械元件而言具有减少支出的有效运行模式。此外,应能够实现简化控制。

[0020] 本发明的又一目的是提供一种空调装置,其中空气流(即工艺空气和内部废气)可保持彼此分离,从而使得可确保100%地引入新鲜空气。

[0021] 本发明的另一目的是提供一种紧凑且低维护的空调装置。

[0022] 本发明的另一目的是提供一种可在不具有压缩机的情况下运行的空调装置。

[0023] 所述目的可通过如下调节流体(特别是用于干燥和/或冷却外部空气)的方法实现,其包括以下步骤:

[0024] (a) 使工艺流体(有利地为外部空气)流动通过第一吸附式换热器(优选为错流换热器的吸收通道,

[0025] (b) 在第一吸附式换热器中,干燥工艺流体,

[0026] (c) 使干燥的工艺流体流动至冷源的冷侧,

[0027] (d) 在冷源中,冷却干燥的工艺流体,

[0028] (e) 使干燥且冷却的工艺流体流动至待调节区域中,

[0029] (f) 使再生流体(有利地为来自待调节区域的排气)平行地流动通过第一吸附式换热器的换热器通道,

[0030] (g) 通过再生流体来吸收吸附热,

[0031] (h) 使加热的再生流体流动至热源的热侧,

[0032] (i) 在热源中,进一步加热再生流体,

[0033] (j) 使加热的再生流体流动通过第二吸收式换热器(有利地为错流换热器)的吸收

通道，

[0034] (k) 汽化位于第二吸收式换热器中的吸附物，且通过再生流体来吸收这些吸附物，

[0035] (l) 使湿润的再生流体流动至外部区域中。

[0036] 吸收通道包含吸附材料。基于具有吸附材料的吸收通道的负载量，换热器通道有利地包含少于5%的吸附材料。换热器通道有利地不具有吸附材料。

[0037] 吸附材料有利地具有 $0.2-2\text{g}/\text{cm}^3$ 、优选为 $0.3-1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、特别为 $0.3-1\text{g}/\text{cm}^3$ 的厚度。

[0038] 流动速度有利地作为穿越换热器段的总流量的函数确定。对于分布式小型空调设备，典型流动速度为 $30-150\text{m}^3/\text{h}$ ，有利地为 $50-100\text{m}^3/\text{h}$ 。对于中央大型空调设备，典型流动速度为 $1000-30\ 000\text{m}^3/\text{h}$ ，有利地为 $1500-20000\text{m}^3/\text{h}$ 。

[0039] 在流动通过换热器之前，有利地将工艺流体过滤，且脱除颗粒和/或液滴。

[0040] 有利地经由用于声波阻尼的装置来输送工艺流体，以便在流动通过换热器之前最小化外部噪音。

[0041] 作为热源或冷源，可使用基于压缩机设备的热泵、任选具有加热器件的热驱动或电驱动（优选太阳能热驱动）来吸收或吸附式设备或者水导管、有利地是水导管及吸附式热泵或其组合。加热器件可有利地是电运行或太阳能热运行的。合适的加热和冷却器件还包括纯电运行的组件，例如Peltier元件、磁热元件、电线和区域加热。就本发明而言，在汽化器侧的压缩机设备的情况下，“热-冷源的冷侧”为冷极。在冷凝器侧的压缩机设备的情况下，“热-冷源的热侧”为热极。

[0042] 流体（优选为外部空气）的调节需要至少两个吸收式换热器以便实现有效连续运行。吸附（即除湿）发生在两个吸收式换热器的一个中，而另一个吸收式换热器平行地再生。在每种情况下，至少一个吸收式换热器相应地处于吸附阶段中且至少一个吸收式换热器处于再生阶段中。

[0043] 由于吸收式换热器可仅吸收特定量的湿气且吸附速度随着负载量的增加而减小，因此有利地周期性改变吸附阶段和再生阶段。以此方式可确保有效连续运行。

[0044] 考虑到所选吸收材料和吸附式换热器面积的大小，可通过调整循环时间来设定所需的调节且因此适应盛行气候。不同气候区域中所需的调节是不同的，即在接近海岸的区域中除湿占主导，而在内陆区域中冷却占主导。循环时间通常为5分钟至1小时。有利地使用可测量温度和/或大气湿度的传感器，以便优化达到盛行天气的切换时间。有利地将这些传感器安装在导管中。

[0045] 在吸附阶段之前，可任选冷却再生的吸收式换热器。这可通过使再生流体（有利地来自待调节区域的排气）流动通过换热器或通过使干燥且冷却的工艺流体（即调节的空气）流动通过换热器来实现。此外，这也可通过使外部空气流动通过换热器来实施。有利地，流动仅在通过待冷却的换热器的换热器通道时发生。该冷却阶段有利地耗费1分钟至5分钟。该冷却阶段有利地占据循环的约1-20%。在冷却阶段中，有利地将再生的吸收式换热器从 $80-100^\circ\text{C}$ 的温度冷却至 $25-35^\circ\text{C}$ 的温度。

[0046] 有利地，在第二换热器的冷却阶段之前，中断工艺流体通过第一吸收式换热器的吸收通道的流动和再生流体通过第一吸收式换热器的换热器通道的流动。

[0047] 在任选的冷却阶段之后，发生以下步骤：

[0048] (m) 任选地,中断工艺流体和再生流体在第一吸收式换热器中的流动,如果这尚未发生的话,

[0049] (n) 使工艺流体流动通过第二吸收式换热器的吸收通道,

[0050] (o) 在第二吸收式换热器中干燥工艺流体,

[0051] (p) 使干燥的工艺流体流动至冷源的冷侧,

[0052] (q) 在冷源中冷却干燥的工艺流体,

[0053] (r) 使干燥且冷却的工艺流体流动至待调节区域中,

[0054] (s) 使再生流体平行地流动通过第二吸收式换热器的换热器通道,

[0055] (t) 通过再生流体来吸收吸附热,

[0056] (u) 使加热的再生流体流动至热源的热侧,

[0057] (v) 在热源中进一步加热再生流体,

[0058] (w) 使加热的再生流体流动通过第一吸收式换热器的吸收通道,

[0059] (x) 汽化位于第一吸收式换热器中的吸附物且通过再生流体来吸收这些吸附物,

[0060] (y) 使湿润的再生流体流动至外部区域中。

[0061] 在这些步骤(m)至(y)之后,优选再次中断工艺流体和再生流体的流动。此外,在再次经历步骤(a)至(l)之前,任选地冷却第一吸收式换热器。

[0062] 工艺流体(特别是外部空气)有利地具有10-50℃,优选为25-35℃的温度和40-100%的相对大气湿度。在吸收式换热器中吸附之后,工艺流体有利地具有20-45℃,优选为25-40℃的温度和25-35%,优选为28-33%的相对大气湿度。在借助热-冷源的冷侧调节之后,工艺流体有利地具有18-25℃,优选为22-24℃的温度和40-55%,优选为45-55%的相对大气湿度。

[0063] 再生流体(有利地来自待调节区域的排气)有利地具有25-30℃的温度和50-80%,优选为60-75%的相对大气湿度。在吸收式换热器中传热之后,再生流体有利地具有25-45℃,优选为25-40℃的温度和30-70%,优选为35-60%的相对大气湿度。在借助热-冷源的热侧的调节之后,再生流体有利地具有60-100℃,优选为70-95℃的温度和1-10%,优选为3-7%的相对大气湿度。在第二吸收式换热器的再生之后,再生流体有利地具有30-50℃,优选为33-45℃的温度和70-95%,优选为80-95%的相对大气湿度。

[0064] 在干燥且冷却的工艺流体(即经调节的工艺流体)流动至待调节区域中之前,可任选将内部空气混入干燥且冷却的工艺流体中。在该混入的情况下,干燥且冷却的工艺流体与内部空气之比有利地为1-60,优选为10-40。

[0065] 然而,有利地将100%的干燥且冷却的工艺流体引入待调节区域中。

[0066] 在将干燥且冷却的工艺流体引入待调节区域中之前,任选使其通过吸附装置。可借助该吸附装置来平衡相对大气湿度的波动。

[0067] 图1中示出了各种流体流的可能路线。

[0068] 除电致动阀或空气挡板之外,本发明的装置不包括可移动(特别是旋转)零件。其中发生空气的干燥的吸收式换热器(优选为错流换热器)及其中发生进料空气和再生空气的加热/冷却的热-冷源仅经由连接件(例如刚性管或可移动软管)彼此连接。

[0069] 本发明的装置有利地为特别紧凑件的装备。就本发明而言,“紧凑”是指特别小的构造,其具有300-60cm,优选为200-80cm,优选为120-100cm的长度尺寸,200-50cm,优选为

120-60cm, 优选为100-70cm的第二长度尺寸, 以及100-25cm, 优选为50-25cm, 优选为35-25cm的第三尺寸。

[0070] 当使用窄管(即发生流动的横截面比换热器的流动横截面小至少30%)时, 有利地优化空气通过换热器的流动行为, 从而使得流动在类似压力下通过所有通道。就此而言, 有利地直接插入扇出气流和/或使气流层流化的元件(即有利地在换热器前1-10cm距离处)。可提及的实例为可任选与锥形连接件结合使用的过滤器、网状物和/或网格, 或配备有阀和/或空气挡板且可在循环期间系统地致动换热器的不同通道系统的多路系统。以此方式可省略文献中所述的长供料导管(该长供料导管使气流层流化且为通过换热器做好准备)。

[0071] 本发明也适用于除水以外的其他吸收物。

[0072] 优选的吸附剂对来自气体的吸附性极性汽化分子显示出高选择性。以下材料具有从潮湿空气中吸附水汽的能力: 改性碳(活性碳)、硅胶、活性氧化铝、活性铝矾土、分子筛及金属-有机框架(MOF)、固定在氧化物(例如二氧化硅)中的锂盐。

[0073] 有利地使用具有吸水性质的金属-有机框架和/或改性碳(活性碳)。

[0074] 就以下多种性质而言, MOF优于传统吸附剂材料(例如硅胶或沸石): (i) 饱和容量: 沸石每升水需要10kg吸附材料, 而MOF每公升水需要1-2kg吸附材料, (ii) 再生温度: 沸石需要140-170°C, 而MOF需要70-80°C, (iii) 吸附焓: MOF平均少释放20-30%的吸附热。

[0075] 本发明的重要优点是“水(气态)至约束于吸附介质中的水”的热动力学干燥平衡: 在MOF的情况下, 与沸石相比, 该平衡与约束水侧的相差远远更小。因此, 当使用MOF时, 可避免过度干燥。此外, 可由此完全避免具有上述问题的再加湿。此外, 在使用改性碳(活性碳)的情况下, 同样可避免过度加热。

[0076] 可有利地单独或作为混合物来使用选自如下组的MOF作为吸水MOF: HKUST-1、MOF-804、Basolite A120、**BASOLITE®** A520、MIL-160、MOF-841、UIO-66、DUT-67和/或MOF-801。

[0077] 吸水性MOF也有利地具有大于100000的循环稳定性, 其中循环由吸附模式和再生模式组成。

[0078] 可有利地单独或作为混合物来使用选自如下组的MOF作为吸水性和循环稳定MOF: **BASOLITE®** A520、MIL-160、MOF-841、UIO-66、DUT-67和/或MOF-801。

[0079] 富马酸铝MOF(其作为**BASOLITE®** A520商购获得)和MIL160特别适合作为吸附材料。

[0080] MOF可由廉价试剂容易地制备且对水具有令人满意的稳定性。MOF是现有技术所已知的且例如描述于US 5,648,508, EP-A-0790253, M.O'Keefe等, J.Sol.State Chem., 152(2000), 第3-20页, H.Li等, Nature 402, (1999), 第276页, M.Eddaoudi等, Topics in Catalysis 9, (1999), 第105-111页, B.Chen等, Science 291, (2001), 第1021-1023页, DE-A-10111230, DE-A 102005053430, WO-A 2007/054581, WO-A 2005/049892和WO-A 2007/023134中。

[0081] 吸附材料(特别是MOF)可作为粉状材料、粒状材料、成型体或整料提供, 且可例如在壳体中设置为矩阵、涂层或填料(例如填充床或移动床)。

[0082] 在本发明的优选实施方案中, 将吸收材料作为涂层沉积在基材, 有利地为吸附式

换热器的吸收通道的壁和/或内件上。吸收材料可涂覆有或未涂覆有粘合剂。基材有利地由金属组成。

[0083] 本发明进一步提供了一种用于调节流体(宇轩用于冷却和/或干燥空气)的空调装置,其包括:

[0084] -第一吸收式换热器(优选为错流换热器),其具有沿至少一个流动方向的吸收通道,且具有沿至少一个流动方向的换热器通道,

[0085] -用于移除热的热-冷源,其沿吸收通道的流动方向设置在第一吸收式换热器的下游,

[0086] -用于吸收热的热-冷源,其沿换热器通道的流动方向设置在第一吸收式换热器的下游,和

[0087] -第二吸收式换热器(优选为错流换热器),其设置在用于吸收热的热/冷源的下游,且具有沿至少一个流动方向的吸收通道,并且具有沿至少一个流动方向的换热器通道,其中第二换热器上的吸收通道沿第一换热器的换热器通道的流动方向设置。

[0088] 有利地使用MOF作为吸附材料,参见上文的描述及优选方案。

[0089] 过滤器和净化器件有利地安装在吸收式换热器的上游。用于工艺流体的声波阻尼的器件有利地安装在吸收式换热器的上游。

[0090] 本发明进一步提供了一种具有吸收通道和换热器通道的吸收式空气-空气错流换热器,其中吸收通道包含沿至少一个流动方向的吸水性金属-有机框架,且换热器通道沿至少一个其他流动方向设置,其中基于具有吸附材料的吸收通道的负载量,换热器通道包含少于5%的吸附材料。

[0091] 换热器通道有利地不具有吸附材料。

[0092] 空气-空气错流换热器有利地构造成具有多个平行吸收通道和多个平行换热器通道。此处,平行设置意指这些流动通道各自具有接头入口和接头出口。吸收式换热器的吸收通道和换热器通道有利地交替设置。该交替设置使得可优化换热器内的传热。同时,避免了流体流的混合。

[0093] 通道宽度有利地为0.5-2mm,特别为0.7-1.5mm。吸收通道的通道宽度可不同于换热器通道的通道宽度。吸收通道的流动阻力与换热器通道的流动阻力有利地是相同的。因此,由于两倍的吸附材料涂层厚度,吸收通道有利地比换热器通道宽。

[0094] 吸附材料的涂层厚度有利地为10-200 $\mu\text{m}$ ,优选为20-150 $\mu\text{m}$ ,特别为25-100 $\mu\text{m}$ 。

[0095] 本发明的空气-空气错流换热器有利地用于调节新鲜空气(有利地在建筑物或交通工具中)。

[0096] 所述流体调节方法以及相应的空调装置有利地用于调节建筑物或交通工具(特别是火车和电动汽车)用空调的空气。该方法和该装置特别有利地用于调节其中规定100%引入新鲜空气的医院、实验室及其他设施的空气。

[0097] 此外,本发明提供了一种外壁元件,其包括内建的本发明空调装置。本发明的空调装置的紧凑性允许安装在外壁元件中,因此使得分布式灵活空调成为可能。此外,该分布式设置允许单独、有效个性化地控制空调,例如每个外壁元件的温度选择。该单独控制可例如通过使用应用程序来执行。

[0098] 本发明的优点在于以下特征之间的协同效应:(i)使用有效的吸附材料,特别是具

有高负载容量和低再循环温度的吸附材料, (ii) 使用再生流体, 所述再生流体与所选的(再生的) 吸附材料具有极大温差及湿气含量差, 和 (iii) 利用吸附热来再生。

[0099] 借助本发明, 能够避免过度干燥及相关的再加湿问题。在任何点处都不会形成冷凝水。此外, 两股流体流(即外部空气和内部排气) 可通过整个空调装置壳保持分离。由于避免了压缩机单元, 因此本发明的空调装置是低维护的。由于使用具有高容量的吸附材料, 因此可构建有利地紧凑空调装置, 其以分布式形式集成至建筑物中。紧凑空调装置使得可将该单元集成至外壁元件中且以分布式方式控制该单元。此外, 能够通过使用具有高容量及低再生温度的吸附材料来简化再生。由于减少的再生需求, 因此本发明的再生可从外部空气对换为内部排气。将内部排气作为再生流体的该用途提供了简化控制的机会, 因为不同于外部排气的情形, 内部排气的温度和湿度的波动保持在窄范围内。

[0100] 图1: 空调装置的抽象结构

[0101] 图1中使用以下缩写:

[0102] OL 外部空气

[0103] KL 调节的空气

[0104] IL 内部空气

[0105] AL 排气

[0106] 10 吸收器换热器1

[0107] 11 吸收器换热器2

[0108] 20 热泵

[0109] 21 热泵的热极

[0110] 22 热泵的冷极

[0111] 23 用于热泵的驱动能量

[0112] 图2: 空气-空气错流换热器的结构

[0113] 图2中使用以下缩写:

[0114] 50 涂覆有吸收剂的换热器区

[0115] 51 未涂覆的换热器区

[0116] 60 待干燥或再生的流体(有利地为空气) 的流

[0117] 61 待冷却的再生流体(有利地为排气) 流

[0118] 图3: 本发明空调装置的第一路线状态

[0119] 在图3的下部中, 任选过滤的外部空气流入装置中且经由左手侧的支路输送至本发明的经涂覆的第一换热器的吸收通道中。干燥的空气沿冷却元件(此处以例示的方式由Peltier冷却表示) 的方向向上离开换热器。在图中的左上方处, 空气从内部空间流入第一主动换热器的换热器通道中, 由吸附热加热, 在右边沿补充加热器件(此处以例示的方式构造为电管加热) 的方向离开换热器通道。加热的空气从上方流入待再生的第二换热器的吸收通道中, 且与来自再生工艺的水汽一起离开该装置。

[0120] 图4: 本发明空调装置的第二路线状态

[0121] 在图4的下部中, 任选过滤的外部空气流入装置中且经由右手侧的支路输送至本发明的经涂覆的事先再生的换热器的吸收通道中。干燥的空气沿冷却元件(此处以例示的方式由Peltier冷却表示) 的方向向上离开换热器。在图中的左上方处, 空气从内部空间流

入主动换热器的换热器通道中,由吸附热加热,在左边沿补充加热器件(此处以历史的方式构造为电管加热)的方向离开换热器通道。加热的空气从上方流入待再生的第二换热器的吸收通道中,且与来自再生工艺的水汽一起离开该装置。

[0122] 实施例1:

[0123] 如EP2 230288所述制备富马酸铝。

[0124] 通过用带齿盘状搅拌器(7cm的盘直径;Heidolph RZR2010control)以570rpm搅拌15分钟而制备由1300g富马酸铝和3300g蒸馏水组成的分散体。在添加810g聚丙烯酸酯分散体(**Acronal®**Edge,40%固含量)之后,将搅拌器速度提高至740rpm,持续15分钟。使用螺旋桨搅拌器(直径10cm,IKA EURO ST 40DS0000)将以此方式制备的5个批料混合且均化12小时。随后移除泡沫并通过低速搅拌使分散体脱气。分散体在10Hz下具有4Pa的粘度(使用Anton Paar的MCR102,PP50,400 $\mu$ m间隙,25 $^{\circ}$ C进行测量)。

[0125] 将分散体两次引入通过由铝制成的逆流换热器的两个通道系统中的一个(长度397mm;高度172mm;宽度200mm;未涂覆的通道宽度约1mm;Klingenburg GS18-200)且借助空气自由吹扫通道。在干燥换热器后,获得346g的总重量增加,这对应于96 $\mu$ m的平均层厚度。

[0126] 实施例2:

[0127] 连接如在实施例1中涂覆的换热器,以使得处于27 $^{\circ}$ C下的具有90%相对大气湿度(OL)的空气通过涂覆的通道束(1),且处于20 $^{\circ}$ C下的具有80%相对大气湿度(IL)的空气通过其他通道束。流速为50m<sup>3</sup>/h。在吸附器运行的第一个5分钟内,在涂覆通道束(KL)的流出端处建立28-32 $^{\circ}$ C的温度和35-50%的相对大气湿度。就此而言,将空气的焓等温地由80kJ/kg减少至63kJ/kg。

[0128] 来自未涂覆通道束(AL)的流出物显示出30 $^{\circ}$ C的温度升高。该空气流的焓从约51kJ/m<sup>3</sup>上升至约63kJ/m<sup>3</sup>。

[0129] 换热器被加热10 $^{\circ}$ C。在第一个5分钟内,60kJ/m<sup>3</sup>从外部空气流(OL $\rightarrow$ kL)转移至内部空气流(IL $\rightarrow$ AL),这对应于水在富马酸铝上的吸附焓的约50%。

[0130] 实施例3:

[0131] 用热干空气(90 $^{\circ}$ C、3%相对大气湿度)冲洗实施例2的换热器达5分钟。然后重复实施例2的实验。在第一个5分钟内,在涂覆通道束的流出端处测量到27-33 $^{\circ}$ C的温度和40-50%的相对大气湿度。

[0132] 实施例4:

[0133] 与Kubota等的比较。

	根据本发明	Kubota等
[0134] 换热器	空气-空气板式换热器, 约20cm×20cm×40cm, 不具有内部散热片, 内表面积约1m <sup>2</sup>	空气-空气板式换热器, 约20cm×20cm×20cm, 具有内部散热片; 内表面积约12m <sup>2</sup>
涂层	富马酸铝, 约150g/m <sup>2</sup>	磷酸铝, 约30g/m <sup>2</sup>
吸收剂总量	150g	360g
流动速率	60m <sup>3</sup> /h	1m/s, 72m <sup>3</sup> /h
至半最大值的吸附时间, 循环时间的量度	300秒	300秒

[0135] 达到半最大值的吸附时间:

[0136] 当外部空气 (ODA) 在流动通过新再生的换热器时, 其干燥地极快。此处所涉及的吸附焓导致温度升高。吸收剂中水负载量的增加导致湿气吸收和吸附焓减少。因此, 随着时间的增加, 排出空气 (SUP) 在大气湿度和温度方面接近外部空气。然后操作必须切换至其他循环。选择从吸附开始至温度或大气湿度等于外部空气条件的最大值一半的时间点的时间作为具有两个交替运行的涂覆换热器的装置的循环时间的特征量度。在这些条件下, 可设想负载了快速可用量的吸附剂且基本上推断出吸附焓的分布。

[0137] 对测量曲线的评估 (图5) 的解释:

[0138] 针对60m<sup>3</sup>/h评估所测量的曲线。外部空气 (ODA) 的大气湿度为20g/kg, 且供入空气 (SUP) 的大气湿度随着吸附剂的饱和度而变化。在再生吸附剂的情况下, 大气湿度为5g/kg, 且在长时间之后大气湿度接近外部空气。所述曲线可由达到半最大值的时间表征, 此处由13g/kg和约350秒处的线指示。

[0139] 图6: 富马酸铝MOF的吸附和解吸曲线。该图表明, MOF的水负载量随着相对大气湿度而变的平衡状态。与沸石的典型类似测量值形成对比, MOF显示出具有两部分的曲线: 低于20%的相对大气湿度, MOF并不吸收任何水汽, 即其并不会过度干燥空气。在20-40%的相对大气湿度下, MOF从空气中吸收高达其自身重量的30%的湿气。在甚至更高相对大气湿度下, 进一步发生水的连续吸收。

[0140] 对Mollier图 (图7) 的解释:

[0141] 该图显示了绝对大气湿度与温度的可能组合。在该图中, 忽略了大气湿度对空气的密度的影响 (该效应会使得等温线 (具有相同温度的状态) 从左至右地稍微增加)。

[0142] 空气对水汽的吸收容量随温度增加而增加。饱和曲线指示为100%的相对大气湿度。低于该温度, 大气湿气冷凝为雾。出于该原因, 其也称为“雾曲线”。

[0143] 办公室的舒适范围为40%的相对大气湿度/20-60%的相对大气湿度/26℃。

[0144] 湿热气候的外部条件的典型实施例为具有30℃和80%相对大气湿度 (约23g/kg的水汽) 的点。为了进入舒适的室内范围, (特别是) 必须将空气干燥。在已确立的空调技术中, 这通过冷却至约10℃实现, 从而使得空气中的湿气冷凝出来, 直至绝对大气湿度为约10-12g/kg (雾曲线) 为止。

[0145] 空气可基本上等温地借助本发明的涂覆换热器进行, 而不进行冷却。

[0146] 由于释放出水的冷凝和吸附焓, 不利用换热器的干燥将导致空气的温度增加。

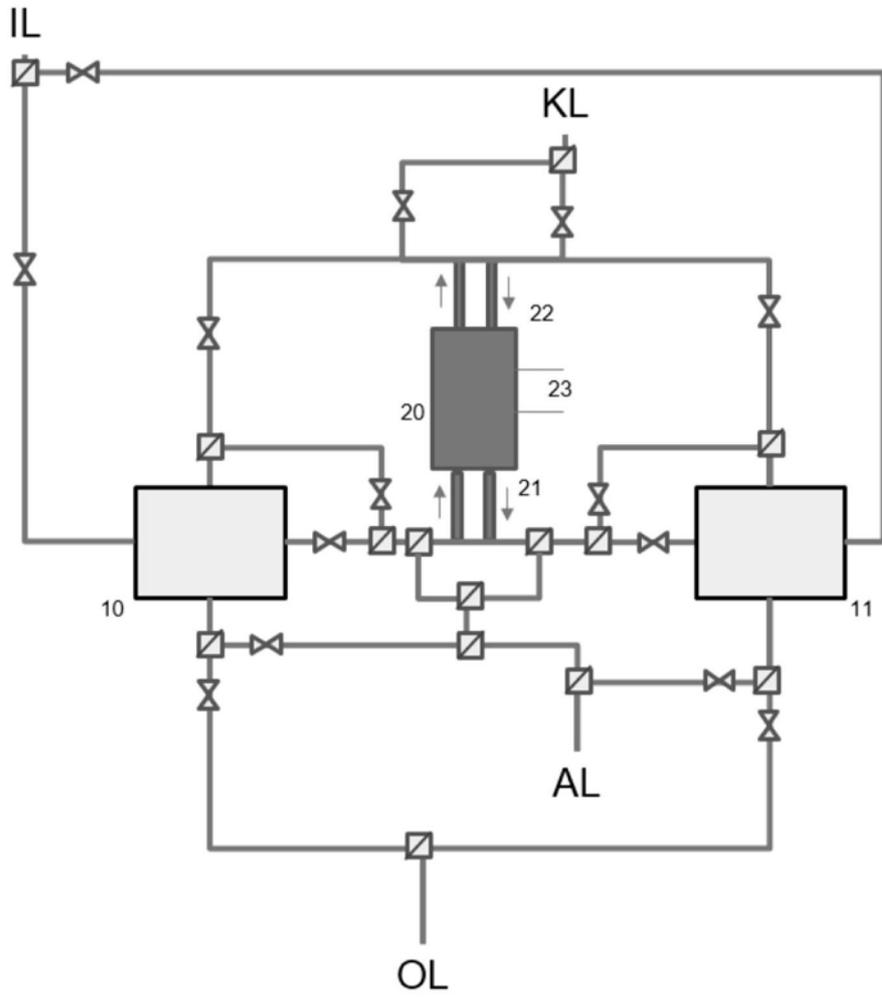


图1

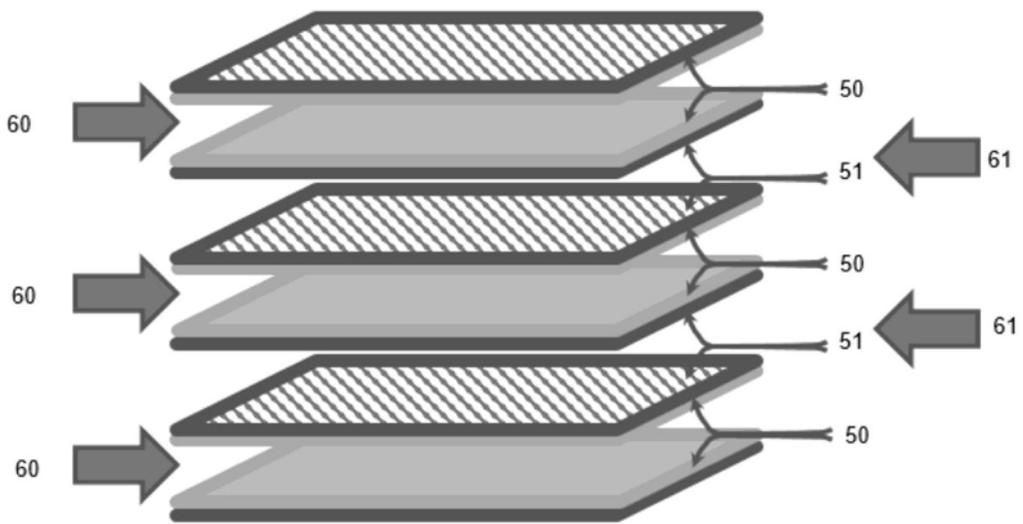


图2

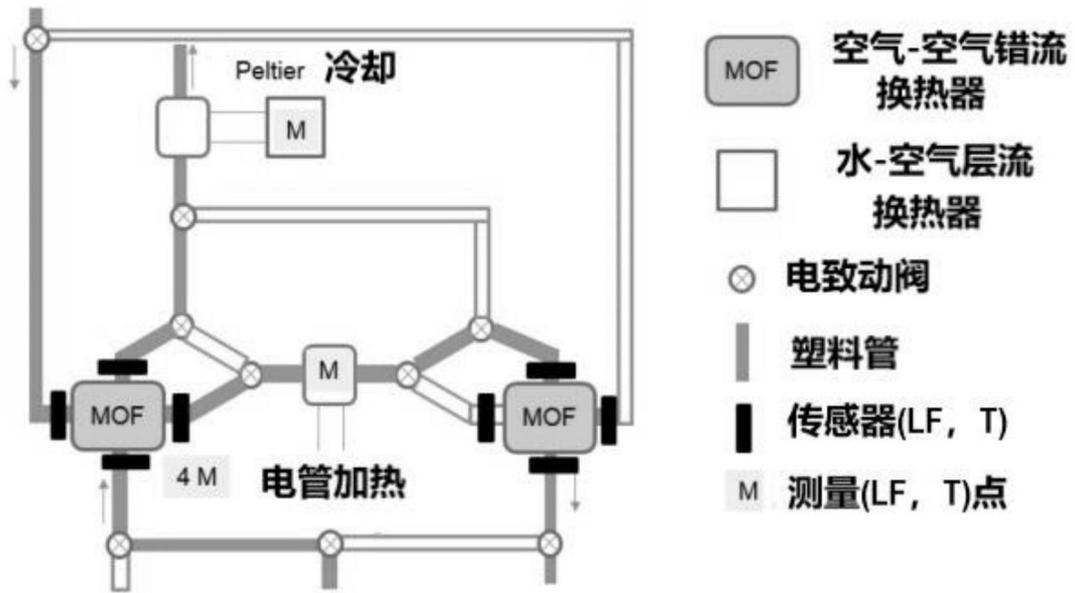


图3

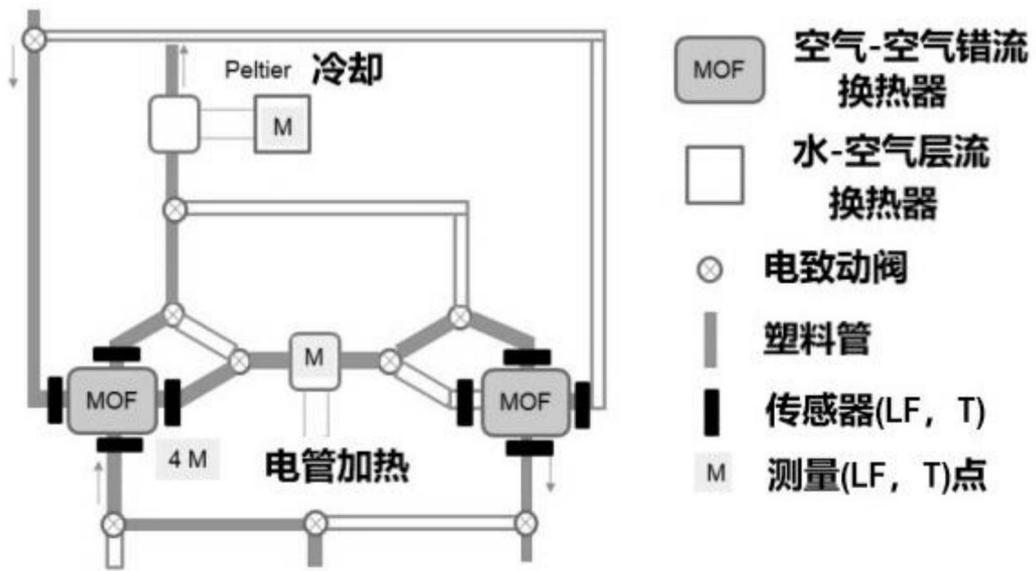


图4

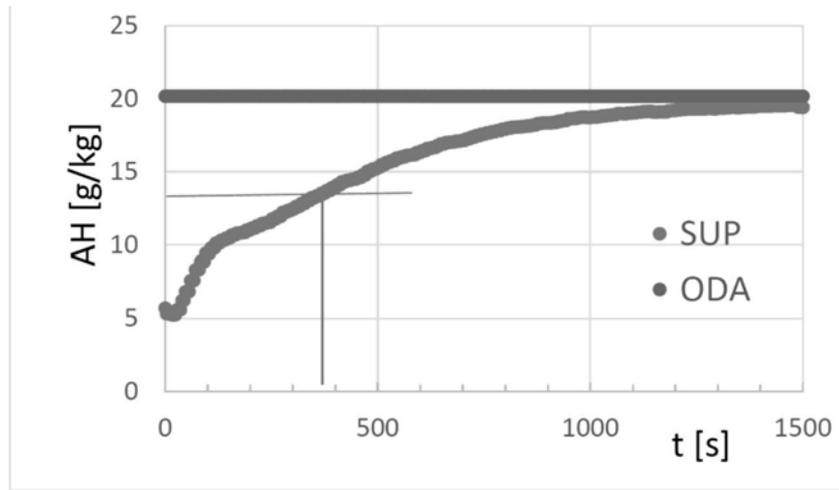


图5

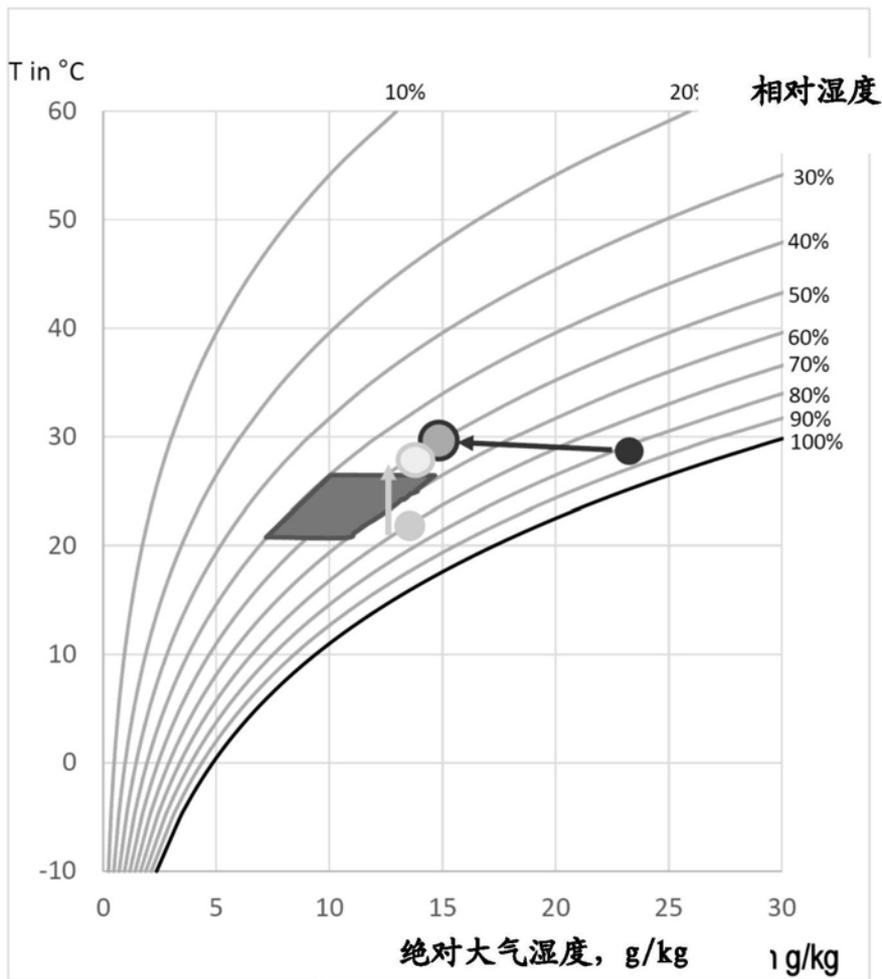


图6

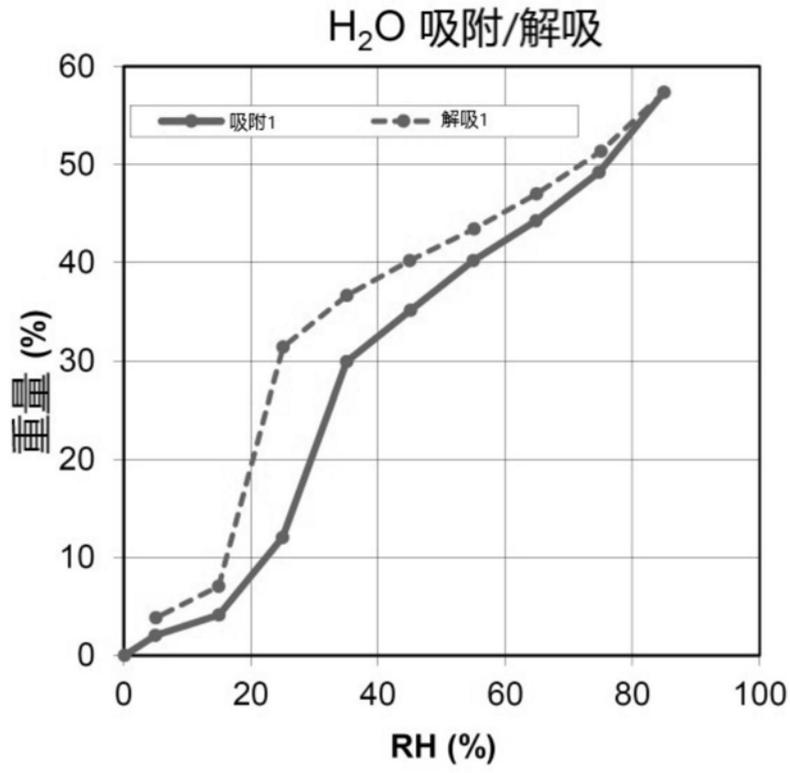


图7