



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107073384 B

(45)授权公告日 2020.07.31

(21)申请号 201580056985.2

(22)申请日 2015.09.03

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107073384 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(30)优先权数据

1416155.8 2014.09.12 GB

1416400.8 2014.09.17 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.04.18

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2015/052541 2015.09.03

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/038340 EN 2016.03.17

(73)专利权人 庄信万丰股份有限公司

地址 英国伦敦

(72)发明人 L·A·路易斯曼

A·艾梅里奥-冯塞卡

Y·梵李斯奥特 G·瑞德

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 王长青

(51)Int.Cl.

B01D 53/04(2006.01)

B01J 20/10(2006.01)

B01J 20/26(2006.01)

B01J 20/28(2006.01)

B01J 20/32(2006.01)

B60H 3/06(2006.01)

审查员 王文娟

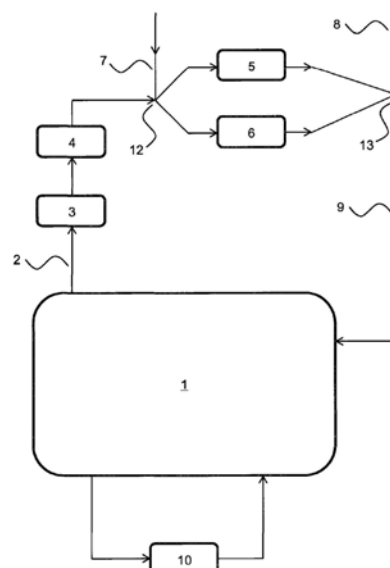
权利要求书2页 说明书15页 附图9页

### (54)发明名称

用于交通工具的乘客舱室中的空气的二氧化碳去除的系统和方法

### (57)摘要

本发明涉及用于控制交通工具的舱室(1)中的大气的系统和方法。所述系统包括二氧化碳去除组件(2),其包括包含二氧化碳吸附剂材料的可再生的二氧化碳去除室(5,6),和再生导管(7),其配置为在舱室(1)的外部(8)的位置处排出解吸的二氧化碳。所述系统是可运行的,以将乘客舱室中的低于1000ppm的二氧化碳水平保持至少5分钟的时间,同时将从交通工具的外面进入乘客舱室的空气流限制在10L/s以下。



1. 用于控制交通工具的乘客舱室中的大气的系统,所述系统包括二氧化碳去除组件,所述二氧化碳去除组件包括可再生的二氧化碳吸附剂材料;  
二氧化碳去除导管,其配置为使来自乘客舱室内部的空气流经可再生的二氧化碳吸附剂材料并将经处理的空气返回至乘客舱室;和  
再生导管,其配置为使解吸气体流经可再生的二氧化碳吸附剂材料,以从所述吸附剂材料解吸二氧化碳并且在舱室外部的的位置处排出解吸的二氧化碳;  
由此所述系统是可运行的,以将乘客舱室中低于1500ppm的二氧化碳水平维持至少5分钟的时间,同时将从交通工具的外面到乘客舱室中的空气流限制至10L/s以下;  
其中所述吸附剂材料包括固定在聚苯乙烯固定载体上的苄胺官能团;  
其中所述系统经构造在-10℃至50℃的温度将二氧化碳吸附在所述吸附剂材料上,和经构造将所述吸附剂材料加热至50℃至80℃的温度以解吸二氧化碳。
2. 根据权利要求1所述的系统,还包括污染物去除组件。
3. 根据权利要求2所述的系统,其中所述污染物去除组件包括一种或多种污染物去除材料并且是可运行的,以使空气流经和/或流过所述污染物去除材料,从而除去污染物并将经处理的空气供应至乘客舱室的内部。
4. 根据权利要求1-3任一项所述的系统,其中所述二氧化碳吸附剂材料具有在1至10重量%范围内的二氧化碳容量。
5. 根据权利要求1-3任一项所述的系统,其包括两个或更多个二氧化碳吸附剂材料的床,和其中构造所述系统,从而以预定的时间间隔在二氧化碳吸附模式和再生模式之间转换所述床。
6. 根据权利要求1-3任一项所述的系统,其中循环时间在5分钟至25分钟范围内,其中将循环时间定义为在再生之前以吸附模式运行吸附剂材料的床的时间长度。
7. 根据权利要求1-3任一项所述的系统,其中每分钟循环时间提供介于5g和30g之间的吸附剂材料。
8. 根据权利要求1-3任一项所述的系统,其中再生吸附剂材料的每个床所需要的能量小于1kW。
9. 根据权利要求1-3任一项所述的系统,其中从乘客舱室经过所述吸附剂材料的空气流在8L/s至20L/s范围内。
10. 根据权利要求1-3任一项所述的系统,其中构造所述系统,以提供每分钟至少1g的二氧化碳去除。
11. 用于控制交通工具的乘客舱室中的大气的方法,所述方法包括:
  - (i) 使来自乘客舱室内的空气的一部分流经可再生的二氧化碳吸附剂材料以除去二氧化碳并使经处理的空气返回乘客舱室;和
  - (ii) 通过使解吸气体流经可再生的二氧化碳吸附剂材料以从所述吸附剂材料解吸二氧化碳来再生可再生的二氧化碳吸附剂材料,并且在乘客舱室外部的的位置处排出解吸的二氧化碳,其中重复步骤(i)和(ii),以将乘客舱室中低于1500ppm的二氧化碳水平维持至少5分钟的时间,同时将从交通工具的外面到乘客舱室中的空气流限制至10L/s以下,和

其中所述吸附剂材料包括固定在聚苯乙烯固定载体上的苄胺官能团；和

其中所述方法包括在-10℃至50℃的温度将二氧化碳吸附在所述吸附剂材料上，和将所述吸附剂材料加热至50℃至80℃的温度以解吸二氧化碳。

12. 交通工具，其包括用于控制其乘客舱室中的大气的系统，其中所述系统为权利要求1至10中任一项中所定义。

## 用于交通工具的乘客舱室中的空气的二氧化碳去除的系统和方法

### 发明领域

[0001] 本发明涉及用于控制交通工具的舱室中的大气的系统和方法。

[0002] 发明背景

[0003] 加热、通风和空气调节 (HVAC) 系统可以是对交通工具的能量需求的重要贡献者。这些系统中的压缩机的高能量需求由于对燃料经济性的影响而可以导致内燃机 (ICE) 交通工具的英里数行程方面减少8%至12%。在电动交通工具 (EV) 中, HVAC系统可以导致英里数行程方面减少40%。因此, 减少HVAC系统的能量负荷相当令人感兴趣, 因为这具有提供与改进的能量效率和燃料经济性有关的有益之处的潜力。增加电动交通工具的行程也是可取的。

[0004] 参考文献1讨论了交通工具空气调节对燃料经济性、废气排放和电动交通工具行程的影响。为了降低空气调节负荷, 该文献提出了许多选项, 包括先进的玻璃以降低太阳能对加热交通工具舱室的影响, 和在 HVAC系统中使用再循环的空气。以再循环模式运行HVAC系统 (其中使来自舱室的空气通过HVAC系统并返回舱室) 可以相当降低HVAC 系统的能量负荷。这降低了为了通风从交通工具的外面引入的空氣的量, 而这降低了HVAC系统上的负荷, 因为再循环的舱室空气典型地比来自舱室的外面的空气更接近期望的温度。参考文献1强调了存在与以再循环模式运行HVAC系统有关的不利之处, 尤其讨论了在 (特别是在新车中) 以再循环模式运行HVAC系统时观察到挥发性有机化合物 (VOC) 的累积。参考文献1提出将70%的再循环空气用于交通工具加热和将80%的再循环空气用于交通工具冷却。

[0005] 以再循环模式运行交通工具的HVAC系统的另一有利之处在于, 这可以降低舱室中的颗粒污染物的浓度, 如参考文献2和3中所讨论。如参考文献2解释, 来自交通工具排放物的气载的纳米颗粒具有健康风险, 特别是当在拥挤的交通中驾驶时。该文献报道了当两辆商业上可得的交通工具的HVAC系统以再循环模式运行同时在拥挤的交通中驾驶时, 所述交通工具中的纳米颗粒的浓度快速地明显减少。也在参考文献3中讨论了该效果。

[0006] 然而, 参考文献3强调与以再循环模式运行HVAC系统有关的明显问题。在再循环模式中, 舱室内的二氧化碳水平非常快地上升, 这主要归因于交通工具占有者呼出二氧化碳。参考文献3涉及对交通工具舱室中的二氧化碳浓度建模。该文献讨论了用于抑制在使用再循环模式时观察到的舱室二氧化碳浓度升高的两种可能途径。第一种是自动空气再循环, 其依赖于快速响应气体传感器以检测道路上的高水平的污染物。在检测到高污染物水平时, 临时关闭空气吸入并且再循环舱室空气。US2005/0217487中描述了类似系统, 其中例如在建筑或农用交通工具中响应于通过传感器检测到的污染物而触发空气再循环和污染物去除。该文献提出在已激活再循环时使用吸附二氧化碳的组件从舱室中除去二氧化碳。

[0007] 参考文献3中提出的第二种途径是部分连续再循环, 其中允许一些外部空气吸入以抑制二氧化碳浓度的升高。参考文献4报道了在部分空气再循环条件下的颗粒物浓度和二氧化碳水平的测量。

[0008] US2006/0144061提出了气候控制系统, 所述系统在其正常运行模式下以再循环模

式运行。在超过机动车辆的乘客室中测量的预定二氧化碳阈值时,所述气候控制系统转换至新鲜空气模式。

[0009] 发明简述

[0010] 仍然存在对交通工具的改进的通风系统的需求。尤其是存在对能够降低与运行 HVAC 系统有关的能量负荷的系统的的需求,因为这可以例如改进燃料经济性和/或增加交通工具行程。还存在对提供舱室内的改进的空气质量的需求,因为这可以增强乘客的舒适性和/或健康。重要的考虑在于在交通工具舱室内维持 1500ppm 以下且更优选 1000ppm 以下的安全的二氧化碳水平。

[0011] 本发明人已发现,可以以全再循环模式运行交通工具的通风系统,而不需要外部通风,同时通过使用二氧化碳吸附剂材料除去过量二氧化碳避免二氧化碳累积。所述二氧化碳吸附剂材料是可再生的,从而为二氧化碳的不间断吸附提供延长使用的所述系统(即多个吸附和解吸循环)。这意味着通风系统的正常运行模式可以为再循环,例如在交通工具的寿命内。

[0012] 本领域技术人员将会理解,再生需要能量输入。然而,如实施例部分所证实,本发明人已发现,在用于控制交通工具的乘客舱室中的大气的系统中包括可再生的二氧化碳吸附组件在许多情况下提供了能量益处。

[0013] 因此,在第一优选方面中,本发明提供了用于控制交通工具的乘客舱室中的大气的系统,所述系统包括:

[0014] 二氧化碳去除组件,所述组件包括

[0015] 可再生的二氧化碳吸附剂材料;

[0016] 二氧化碳去除导管,其配置为使来自乘客舱室内部的空气流经可再生的二氧化碳吸附剂材料并将经处理的空气返回至乘客舱室;和

[0017] 再生导管,其配置为使解吸气体流经可再生的二氧化碳吸附剂材料,以从吸附剂材料解吸二氧化碳并且在舱室外部的的位置处排出解吸的二氧化碳;

[0018] 由此所述系统是可运行的,以将乘客舱室中低于 1500ppm 的二氧化碳水平维持至少 5 分钟的时间,同时将从交通工具的外面到乘客舱室中的空气流限制至 10L/s 以下。

[0019] 在第二优选方面中,本发明提供了用于控制交通工具的乘客舱室中的大气的系统的用途,用于将乘客舱室中低于 1500ppm 的二氧化碳水平维持至少 5 分钟的时间,同时将从交通工具的外面到乘客舱室中的空气流限制至 10L/s 以下,其中所述系统包括:

[0020] 二氧化碳去除组件,所述组件包括

[0021] 可再生的二氧化碳吸附剂材料;

[0022] 二氧化碳去除导管,其配置为使来自乘客舱室内部的空气流经可再生的二氧化碳吸附剂材料并将经处理的空气返回至乘客舱室;和

[0023] 再生导管,其配置为使解吸气体流经可再生的二氧化碳吸附剂材料,以从吸附剂材料解吸二氧化碳并且在舱室外部的的位置处排出解吸的二氧化碳。

[0024] 在第三优选方面中,本发明提供了用于控制交通工具的乘客舱室中的大气的的方法,所述方法包括:

[0025] (i) 使来自乘客舱室内的空气的一部分流经可再生的二氧化碳吸附剂材料以除去二氧化碳并使经处理的空气返回乘客舱室;和

[0026] (ii) 通过使解吸气体流经可再生的二氧化碳吸附剂材料以从吸附剂材料解吸二氧化碳来再生可再生的二氧化碳吸附剂材料,并且在乘客舱室外部的的位置处排出解吸的二氧化碳,

[0027] 其中重复步骤(i)和(ii),以将乘客舱室中低于1500ppm的二氧化碳水平维持至少5分钟的时间,同时将从交通工具的外面到乘客舱室中的空气流限制至10L/s以下。

[0028] 以全再循环模式运行通风系统的能力提供了另外的有利之处,因为极大地增强了用于净化舱室内的空气以除去污染物的前景。不同于当在没有再循环下或甚至以部分再循环模式运行通风系统时处理将会引入舱室的大体积的空气,仅需要处理在舱室内的空气。这导致改进的过滤器寿命并且减少了在吸附剂或催化去除技术的情况下所需要的再生的频率。因此,污染物去除组件的寿命可以增加并且与再生污染物去除组件有关的能量负荷可以降低。

[0029] 因此,所述系统可以进一步包括污染物去除组件,所述污染物去除组件包括一种或多种污染物去除材料,其中所述系统是可运行的,以使空气流经和/或流过一种或多种污染物去除材料,以除去污染物和将经处理的空气供应至乘客舱室内部。所述方法可包括使空气流经和/或流过一种或多种污染物去除材料,以除去污染物并将经处理的空气供应至乘客舱室的内部。

[0030] 在另一优选的方面中,本发明提供了包括用于控制其乘客舱室中的的大气的系统的交通工具,所述系统如本文中所定义。

## 附图说明

[0031] 图1示出了根据本发明的优选实施方案的用于控制交通工具的乘客舱室中的的大气的系统。

[0032] 图2示出了图1中示出的实施方案的变体的用于控制交通工具的乘客舱室中的的大气的系统。

[0033] 图3示出了图1中示出的实施方案的变体的用于控制交通工具的乘客舱室中的的大气的系统。

[0034] 图4示出了图2中示出的实施方案的变体的用于控制交通工具的乘客舱室中的的大气的系统。

[0035] 图5显示了汽车的乘客舱室中的建模的二氧化碳累积。

[0036] 图6和7比较了通过模型预测的二氧化碳水平与现实生活数据。

[0037] 图8显示了在不同条件下和在存在和不存在根据本发明的实施方案的二氧化碳去除组件下的建模的二氧化碳累积。

[0038] 图9示出了涂覆在2升整料上的3-氨基丙基二氧化硅二氧化碳吸附剂材料的典型的建模的加热和冷却曲线。

[0039] 发明详述

[0040] 现将阐述本发明的优选的和/或任选的特征。除非上下文另有要求,可以将本发明的任意方面与本发明的任意其它方面组合。除非上下文另有要求,可以将任意方面的任意优选的和/或任选的特征单独地或组合地与本发明的任意方面组合。

[0041] 二氧化碳去除组件

[0042] 将可再生的二氧化碳吸附剂材料用于本发明的方法。已知许多可再生的二氧化碳吸附剂材料。典型地,通过加热可再生的二氧化碳吸附剂材料以促进吸附的二氧化碳解吸并使解吸气体流经所述材料以带走解吸的二氧化碳来再生它们。此外,可以将吸附剂材料暴露至低于大气压的压力以促进解吸。这可以导致进行解吸所需要的温度的降低。

[0043] 可再生的二氧化碳吸附剂材料通常能够在吸附温度范围内的温度吸附二氧化碳。可用于本发明的可再生的二氧化碳吸附剂材料典型地能够在60℃以下,50℃以下,40℃以下或30℃以下的温度吸附二氧化碳。可用于本发明的可再生的二氧化碳吸附剂材料典型地能够在至少-20℃,至少-10℃,至少0℃,至少5℃或至少10℃的温度吸附二氧化碳。特别合适的范围为-10℃至40℃。也可以在上文指定的范围以外的温度吸附二氧化碳,但可优选的是可再生的二氧化碳吸附材料能够至少在指定的温度范围以内吸附二氧化碳。可再生的二氧化碳吸附材料能够在整个指定的范围中吸附二氧化碳(尽管这可能是期望的)并非必要,而只是能够在所述范围内的至少一个温度吸附二氧化碳。典型地,在大气压测定吸附温度。然而可以在方法或系统的标准运行条件下在吸附期间二氧化碳吸附材料所暴露到的压力测定吸附温度。

[0044] 在本发明的用途和方法中,通过吸附剂材料吸附二氧化碳典型地在上文指定的吸附温度的范围内的温度进行。

[0045] 二氧化碳的解吸(再生)典型地在高于某个温度(再生温度)发生。可用于本发明的可再生的二氧化碳吸附剂材料的再生温度可以例如为至少 50℃或至少60℃。可用于本发明的可再生的二氧化碳吸附剂材料的再生温度可以例如为200℃以下、170℃以下、150℃以下、130℃以下、120℃以下、110℃以下、100℃以下、90℃以下或80℃以下。特别合适的是具有在50℃至120℃范围内的再生温度的可再生的二氧化碳吸附剂材料,因为容易在稍微高于典型地发生吸附的环境温度的温度再生这样的材料,因此使与加热吸附材料以将其再生有关的能量要求最小化。典型地,在环境压力下测定再生温度。然而,可以在方法或系统的标准运行条件下在再生期间二氧化碳吸附材料所暴露到的压力测定再生温度。

[0046] 在本发明的用途和方法中,可再生的二氧化碳吸附剂材料的再生典型地在高于所使用的材料的再生温度的温度进行,其可以为上文指定的再生温度。

[0047] 当本文中指定吸附和再生温度时,它们是指分别在吸附或再生期间,吸附剂材料在其表面处的温度。取决于吸附剂材料的热转移性质,该温度可以不同于吸附材料周围环境的温度。

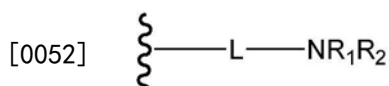
[0048] 可再生的二氧化碳吸附材料典型地具有至少0.5重量%、至少1重量%、至少2重量%、至少2.5重量%、至少3重量%、至少4重量%或至少5重量%的二氧化碳容量。对可再生的二氧化碳吸附材料的容量没有特别的上限,尽管可再生的二氧化碳吸附材料典型地具有25重量%以下、15重量%以下、10重量%以下、8重量%以下或7重量%以下的容量。(x重量%的二氧化碳容量意指每100g的吸附材料吸附最多x g二氧化碳)。

[0049] 技术人员知晓具有合适的吸附和再生温度和合适的二氧化碳容量的可再生的二氧化碳吸附材料。

[0050] 吸附剂材料的特别合适的类型是基于胺的吸附材料。这样的材料包括包含胺官能团的结构部分。所述结构部分典型地(例如共价地)固定在固体载体上。优选地,所述胺为伯胺或仲胺,更优选伯胺。例如,所述吸附剂可以包括苄胺官能团。例如,所述吸附剂可以包括

烷基胺官能团,如3-氨基丙基官能团。

[0051] 合适的基于胺的吸附材料包括根据下式I的结构部分:



[0053] 式I

[0054] 其中,L为连接基和R<sub>1</sub>和R<sub>2</sub>各自独立地为H或任选取代的C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>(例如C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>或C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>)烷基,例如烷基或烯基。优选地,R<sub>1</sub>和R<sub>2</sub>的至少一个为H。更优选地,R<sub>1</sub>和R<sub>2</sub>二者为H。如技术人员将会理解那样,波浪线表示连接基连接至固体载体。连接基的结构在本发明中没有特别限制。连接基可以例如为C<sub>1</sub>至C<sub>15</sub>烃结构部分,任选地包括一个或多个醚或硫醚基团。术语“烃结构部分”意在包括饱和或不饱和的、直链或支链的任选取代的烃链,任选地包括一个或多个任选取代的环状烷基,如亚环烷基、亚环烯基和亚芳基,包括其中一个或多个环碳原子被杂原子(如选自O、N和S的杂原子)替代的基团。如技术人员将容易理解那样,连接基是连接至固体载体和连接至胺官能团二者的二价基团。

[0055] 例如,所述连接基可以选自:

[0056] -R<sub>3</sub>-,其中R<sub>3</sub>为C<sub>1</sub>至C<sub>15</sub>(例如C<sub>1</sub>至C<sub>10</sub>或C<sub>1</sub>至C<sub>5</sub>)直链或支链的,任选取代的亚烷基或亚烯基结构部分;

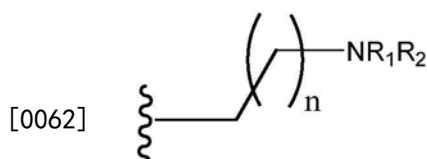
[0057] -R<sub>4</sub>-X-R<sub>4</sub>-,其中每个R<sub>4</sub>独立地为C<sub>1</sub>至C<sub>10</sub>(例如C<sub>1</sub>至C<sub>5</sub>)直链或支链的,任选取代的亚烷基或亚烯基结构部分和其中X选自O和S;和

[0058] -R<sub>5</sub>-Y-R<sub>5</sub>-,其中每个R<sub>5</sub>独立地存在或不存在,并且当存在时独立地选自C<sub>1</sub>至C<sub>10</sub>(例如C<sub>1</sub>至C<sub>5</sub>)直链或支链的,任选取代的亚烷基或亚烯基结构部分,和-R<sub>6</sub>-X-R<sub>6</sub>-,其中每个R<sub>6</sub>独立地为C<sub>1</sub>至C<sub>5</sub>(例如C<sub>1</sub>至C<sub>3</sub>)直链或支链的,任选取代的亚烷基或亚烯基结构部分,其中Y选自亚环烷基、亚环烯基、亚芳基,其中一个或多个环碳原子被选自O、N和S的杂原子替代,和其中X选自O和S。可以优选的是,每个R<sub>5</sub>独立地存在或不存在,并且当存在时独立地选自C<sub>1</sub>至C<sub>10</sub>(例如C<sub>1</sub>至C<sub>5</sub>)直链或支链的,任选取代的亚烷基或亚烯基结构部分。

[0059] 可以优选的是,R<sub>3</sub>为C<sub>1</sub>至C<sub>5</sub>支链或非支链的、任选取代的亚烷基或亚烯基结构部分。可以优选的是,Y选自C<sub>4</sub>至C<sub>6</sub>亚环烷基和C<sub>6</sub>亚芳基。可以优选的是,X为O。可以优选的是,连接基选自-R<sub>3</sub>-和-R<sub>5</sub>-Y-R<sub>5</sub>-。

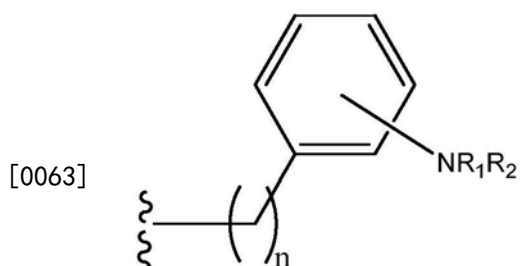
[0060] 如本文中所使用的术语“任选取代的”包括其中一个、两个、三个、四个或更多个氢原子已被其它官能团替代的结构部分。合适的官能团包括-卤素、-OH、-SH、-OR<sub>7</sub>、-SR<sub>7</sub>、-NR<sub>7</sub>R<sub>7</sub>、C(O)COR<sub>7</sub>、-OC(O)R<sub>7</sub>、-NR<sub>7</sub>C(O)R<sub>7</sub>和C(O)NR<sub>7</sub>R<sub>7</sub>,其中每个R<sub>7</sub>独立地为H或C<sub>1</sub>至C<sub>10</sub>(例如C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>或C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>)烷基或烯基,优选烷基。例如合适的取代官能团包括-OH、-OR<sub>7</sub>、-NR<sub>7</sub>R<sub>7</sub>、C(O)COR<sub>7</sub>、-OC(O)R<sub>7</sub>、-NR<sub>7</sub>C(O)R<sub>7</sub>和C(O)NR<sub>7</sub>R<sub>7</sub>,其中每个R<sub>7</sub>独立地为H或C<sub>1</sub>至C<sub>10</sub>(例如C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>或C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>)烷基或烯基,优选烷基。

[0061] 特别合适的基于胺的吸附材料包括根据下式II或式III的结构部分:



式 II





式 III

[0064] 其中 $\text{R}_1$ 和 $\text{R}_2$ 如上文所定义,和 $n$ 为0至10,更优选0至5或0至3,或1至5或1至3。如技术人员会理解那样,波浪线表示到固体载体的连接点。

[0065] 固体载体的特性没有特别限制。固体载体可以为聚合固体载体。含胺官能团的结构部分可以共价地连接至聚合固体载体的聚合物的聚合物骨架。合适的聚合载体包括聚烯烃固体载体、聚乙烯基固体载体和二氧化硅固体载体。可以优选的是,固体载体是多孔的。

[0066] 合适的聚烯烃固体载体包括聚乙烯和聚丙烯。特别合适的聚乙烯基聚合物为聚苯乙烯。聚(乙烯基甲苯)、聚(乙基苯乙烯)、聚( $\alpha$ -甲基苯乙烯)、聚(氯苯乙烯)和聚(氯甲基苯乙烯)也是合适的。可以使聚合固体载体的聚合物交联,例如使用交联剂如二乙烯基脂族或芳族化合物。二氧化硅固体载体,包括多孔二氧化硅固体载体也是合适的。

[0067] 发明人已发现,聚苯乙烯苄胺典型地能够在跨越 $20^\circ\text{C}$ 的温度范围内吸附二氧化碳。在约 $60^\circ\text{C}$ 以上的温度发生解吸。其具有约6重量%的二氧化碳容量。其可以以商标Quadrapure BZA从Alfa Aesar (UK) 获得。

[0068] 3-氨基丙基二氧化硅典型地能够在跨越 $20^\circ\text{C}$ 的温度范围内吸附二氧化碳。在约 $100^\circ\text{C}$ 以上的温度发生解吸。其具有约3重量%的二氧化碳容量。其可以从Alfa Aesar (UK) 获得。

[0069] 其它基于胺的吸附材料具有类似的性质并且适合用于本发明。

[0070] 许多其它吸附剂也适合用作本发明中的可再生的二氧化碳吸附剂。例如,可以使用沸石或MOF(金属-有机骨架)。

[0071] 可再生的二氧化碳材料典型地以吸附剂材料的床的形式提供。所述床的特性在本发明中没有特别限制。例如,其可以为具有涂覆在其上的吸附剂材料的整料。替代性地,可以以粒料或珠的形式提供吸附剂材料。

[0072] 优选地,布置吸附剂材料,以提供150mbar以下,更优选100mbar以下、70mbar以下或50mbar以下的压降。不存在对压降的优选的下限,但其典型地为至少1mbar或至少5mbar。降低压降降低了使空气循环通过二氧化碳去除组件所需要的能量并且因此降低了与运行二氧化碳去除组件有关的能量负荷。如本领域技术人员所理解,压降受床或吸附剂材料的构造,例如受床的尺寸、床的特性(例如其是否为整料或者粒料或珠的床、整料的孔隙率和粒料或珠的粒度)的影响。技术人员熟悉用于调节压力损失的技术。可特别优选的是,以径向流动床的形式提供吸附剂材料的床,因为这可以提供特别低的压降。

[0073] 如下文所证实,对于携带四名乘客(包括驾驶员)的典型的客车,每分钟需要约1g的二氧化碳去除,从而保证二氧化碳水平保持在安全水平(例如低于1000ppm)。因此,优选的是布置二氧化碳去除组件以提供每分钟至少1g的二氧化碳去除。这可以通过将系统构造为提供来自乘客舱室的经过吸附剂材料的空气的合适的流量而实现(同时将吸附剂材料用

于从来自乘客舱室的空气中除去二氧化碳)。合适的流量典型地在10至15L/s 范围内。例如,来自乘客舱室的经过吸附剂的空气的流量可以为至少5 L/s、至少7L/s、至少8L/s、至少9L/s或至少10L/s。在较低的流量下,发现不足的二氧化碳吸附。来自乘客舱室的经过吸附剂的空气流量可以为25L/s以下、22L/s以下、20L/s以下、18L/s以下、17L/s以下或16L/s 以下。在更高的流量下,空气流经吸附剂材料所需要的能量可使与运行系统有关的能量增加至不可接受地水平。

[0074] 如下文参考图1至4所概述,在优选的实施方案中,二氧化碳去除组件可以包括两个或更多个可再生的二氧化碳吸附剂材料的床。典型地,将一个吸附剂材料的床用于二氧化碳吸附(以吸附模式运行),同时再生一个(经受再生)。可以提供一个或多个促动器(例如阀或可移动的活板),从而在当以吸附模式运行所述床时的来自乘客舱室的空气(经由二氧化碳去除导管抵达)和当所述床经受再生时的解吸气体(经由再生导管抵达)之间转换至每个床的流动。类似地,可以提供一个或多个促动器(例如阀或移动的活板),从而在当以吸附模式运行所述床时将经处理的空气(经由二氧化碳去除导管)返回乘客舱室和当所述床经受再生时在乘客舱室外部的的位置(经由再生导管)排出解吸的二氧化碳之间转换来自每个床的流动。

[0075] 当提供两个或更多个可再生的二氧化碳吸附剂材料的床时,典型地将系统构造成在二氧化碳吸附模式和再生之间以预定的时间间隔转换所述床。对于具有典型的二氧化碳容量(例如如上文指定)的吸附剂材料,每分钟循环时间在每个床中典型地需要介于5g和30g之间(例如介于10g 和20g之间)的吸附剂材料(其中将循环时间定义为在再生之前以吸附模式运行吸附剂材料的床的时间长度)。该量的吸附剂材料典型地提供大约 1g的二氧化碳吸附直至其达到其容量,所述容量是为了在具有四名乘客的典型的汽车中将二氧化碳保持在安全水平而每分钟所需的二氧化碳吸附的量。

[0076] 对于典型的汽车而言,发明人已发现特别合适的循环时间为大约10 分钟,意味着将吸附剂床以吸附模式运行大约10分钟,然后经受再生(再一次地大约10分钟)。该循环时间允许常规的床尺寸:每个床需要大约 150-300g以在具有四位乘客的典型的汽车中将二氧化碳保持在安全的水平10分钟。该尺寸的床具有可接受的压降,如下文在实施例部分中所证实。该尺寸的床的再生可在10分钟循环时间内采用可接受的能量需要,再一次如下文在实施例部分中所证实。其它床尺寸和相关的循环时间是可能的。然而,更长的循环时间会导致需要更大的床,其可能由于与增加床尺寸有关的更大的压降而增加能量成本。

[0077] 典型地,循环时间将为至少1分钟、至少2分钟、至少5分钟或至少8分钟。循环时间可以为1小时以下、45分钟以下、30分钟以下、25 分钟以下、20分钟以下或15分钟以下。

[0078] 替代性地,当二氧化碳传感器检测到经处理的空气中或舱室中的二氧化碳水平上升,表明吸附剂床已达到其二氧化碳吸附容量时,可以触发吸附模式与再生之间的转换。这可以是有利的,因为其避免了在床尚未达到其容量时再生的能量耗费。当交通工具具有更少的乘客时,例如可能花费更长的时间使吸附剂床达到容量。作为另一替代,可以以例如根据乘客舱室中的乘客数量选择的多个预定时间间隔构造所述系统。

[0079] 可能没有必要使一个吸附剂床在整个时间内连续经受再生,而其它吸附剂床以吸附模式运行。一旦完成再生就可以将其停止(例如一旦所述床的每个部分已达到超过其再生温度的温度达预定的时间段)。这可以通过避免再生并不需要再生的吸附剂材料而导致

能量节约。

[0080] 当再生可再生的二氧化碳吸附剂材料时,典型地使解吸气体流经所述材料。解吸气体的特性没有特别限制。例如,其可以为从乘客舱室外部取得的外部空气,或其可以为来自交通工具中的其它位置的废空气或其它气体。典型地,加热解吸气体,从而将吸附材料加热至高于其再生温度的温度。使用废气是特别有利的,因为可以允许将来自交通工具中的其它过程的废热用于再生可再生的二氧化碳吸附剂材料,降低能量负荷。

[0081] 发明人已发现,解吸气体的特别合适的流量为介于15和20L/s之间。例如,解吸气体流量可以为至少2L/s、至少5L/s、至少8L/s、至少10L/s 或至少15L/s。解吸气体流量可以为30L/s以下、25L/s以下或20L/s以下。

[0082] 特别合适的二氧化碳去除组件(例如用于汽车)可以根据以下系统参数运行或被构造来运行:

[0083] -提供两个吸附剂材料的床,每个具有介于150g和300g之间的吸附剂材料,所述吸附剂材料具有介于2重量%和8重量%之间的二氧化碳吸附容量。

[0084] -当以吸附模式运行时,使来自乘客舱室的空气以介于10L/s和20 L/s之间的流量流经吸附材料。

[0085] -使第一床经受二氧化碳吸附达介于5和15分钟之间(例如介于8 和12分钟之间)的时间,然后再生达介于5和15分钟之间(更优选介于8 和12分钟之间)的时间。当第一床经受二氧化碳吸附时,使第二床再生,反之亦然。

[0086] -在再生期间,将吸附剂床加热至超过其再生温度的温度(例如超过 120℃、110℃、100℃或80℃)。

[0087] 优选地,再生二氧化碳吸附剂材料所需要的功率小于1kW,更优选小于0.7kW、小于0.6kW、小于0.5kW、小于0.4kW、小于0.3kW。所需要的功率可以为至少0.001kW或至少0.05kW。

[0088] 用于控制乘客舱室中的大气的系统

[0089] 根据本发明的系统、用途和方法是可运行的,以将乘客舱室中的低于1500ppm的二氧化碳水平保持至少5分钟、优选至少10分钟、至少 20分钟、至少30分钟或至少60分钟的时间。可以将二氧化碳水平保持在低于1200ppm、1000ppm、900ppm、800ppm、700ppm、600ppm或500ppm。典型地,乘客舱室中的二氧化碳水平将为至少200ppm、至少 300ppm或至少350ppm。

[0090] 不太可能完全避免空气流入乘客舱室,例如通过穿过有瑕疵的密封的泄漏或泄放或通过一些故意的空气流入。运行或可运行所述系统以将从交通工具的外面到乘客舱室的空气流量限制在10L/s以下、优选8L/s 以下、6L/s以下或5L/s以下。在实践中,发明人已发现,对于速度典型地为30英里/小时以下的本地或城市驾驶而言,大约31/s的泄放速率是典型的。泄放速率随着速度增加,其中在50英里/小时以上的速度,4或 51/s的泄放速率更为典型。

[0091] 用于本发明中的二氧化碳吸附剂材料是可再生的。这意味着可以为二氧化碳的不间断吸附提供延长使用的系统。优选地,吸附剂具有至少 100小时、至少200小时、至少500小时、至少1000小时或至少2000 小时的寿命。吸附剂的寿命可以指的是吸附剂处于使用中(以吸附模式和再生)直至其二氧化碳吸附容量已降低至其起始容量的50%的累积时间。

[0092] 本发明的系统、方法和过程用于控制交通工具的乘客舱室中的大气。交通工具的

特性没有特别限制。例如其可以通过内燃机驱动,和/或其可以通过替代性动力传动系统如基于电池组的系统、基于燃料电池的系统或混合系统驱动。交通工具可以为汽车、厢式货车、卡车等。其可以是火车、大客车或飞机。当交通工具为大体积交通工具,特别是意在携带多于5位或多于8位乘客的交通工具时,需要基于本文中所描述的原理改变系统的构造,以提供足够的二氧化碳吸附。例如,可能需要改变床的尺寸和循环时间。空气泄露速率将很可能比在汽车中更高。替代性地,可以提供多个二氧化碳去除组件以并联运行。例如可以为每 $3\text{m}^3$ 至 $6\text{m}^3$ ,例如每 $4\text{m}^3$ 或 $5\text{m}^3$ 的乘客舱室内部体积提供一个如本文中所描述和/或所定义的二氧化碳去除组件。

[0093] 乘客舱室的内部体积可以为小于 $10\text{m}^3$ 、小于 $8\text{m}^3$ 、小于 $6\text{m}^3$ 、小于 $5\text{m}^3$ 或小于 $4\text{m}^3$ 。其可以为至少 $1\text{m}^3$ 。

[0094] 典型地,交通工具提供有加热和/或冷却组件,用于控制乘客舱室中的温度。这可以为与二氧化碳去除组件分开的加热和/或冷却组件。加热和/或冷却组件应当是可运行的,以从乘客舱室获取空气,调节其温度并将经温度调节的空气返回所述舱室(典型地被称为“再循环模式”)。可以以再循环模式运行的HVAC系统是技术人员已知的。

[0095] 替代性地,二氧化碳去除导管可以使来自舱室的空气穿过加热和/或冷却组件,然后或此前使其流经可再生的二氧化碳吸附剂材料和然后使其返回乘客舱室。

[0096] 加热和/或冷却系统也可以提供湿度控制。提供湿度控制的HVAC系统是技术人员已知的。

[0097] 污染物去除

[0098] 如所讨论那样,可以提供污染物去除组件。污染物去除组件包括一种或多种污染物去除材料。可以提供布置来使空气流经和/或流过污染物去除材料以除去污染物并将经处理的空气供应至乘客舱室的内部的单独的污染物去除导管。优选地,污染物去除导管从乘客舱室中除去空气用于处理并在对其进行处理之后将其返回乘客舱室。

[0099] 替代性地,二氧化碳去除导管可以使来自舱室的空气穿过污染物去除组件,然后或此前使其流经可再生的二氧化碳吸附剂材料和然后使其返回乘客舱室。

[0100] 典型地,污染物去除组件将会除去污染物如选自以下的一种或多种:一氧化碳、颗粒污染物、挥发性有机化合物(VOC)、 $\text{NO}_x$ 和 $\text{SO}_x$ 。VOC可以例如选自氨、苯、乙醛和甲醛。可以为每种污染物提供单独的污染物去除材料,或可以提供单个污染物去除材料以除去一组污染物。

[0101] 每种污染物去除材料可以例如选自用于除去颗粒污染物的过滤器、用于提供污染物的物理吸附的吸附剂(如吸着剂),或能够催化降解污染物的催化材料。污染物去除材料可以为可再生的,例如通过加热。

[0102] 用于除去颗粒物的合适的污染物去除材料是纤维网,如布、纸或聚合物网,其从气流中捕获固体颗粒。技术人员将意识到合适的材料的许多来源,如Camfil Limited ([www.camfil.co.uk](http://www.camfil.co.uk))。

[0103] 用于除去一氧化碳的合适的污染物去除材料包括催化材料如hopcalite(例如可从Carus Corporation([www.caruscorporation.com](http://www.caruscorporation.com))获得)和gol催化剂。

[0104] 用于除去氨的合适的污染物去除材料包括酸材料如经酸处理的活性炭。技术人员将意识到经酸处理的活性炭的许多供应商,如CarboChem Inc, USA。

[0105] 活性炭适合用于除去许多VOC,如苯和乙醛。使用活性炭的污染物去除详细讨论于参考文献5中。可以将高锰酸钾用于除去甲醛,并且合适的材料例如可得自Freudenberg Filter Technologies。

[0106] 也可以将活性炭用于除去NO<sub>x</sub>和/或SO<sub>x</sub>。

[0107] 发明人已发现NO<sub>x</sub>和/或SO<sub>x</sub>可以永久或可逆地毒害可再生的二氧化碳吸附剂材料和/或一种或多种污染物去除材料。可以通过污染物去除组件相对于二氧化碳去除组件和其它污染物去除材料的合适的布置或通过提供单独的NO<sub>x</sub>和/或SO<sub>x</sub>防护而提供NO<sub>x</sub>和/或SO<sub>x</sub>防护。

[0108] 优选实施方案的描述

[0109] 图1提供了根据本发明的优选的实施方案的用于控制交通工具的乘客舱室(1)中的大气的系统的示意图。二氧化碳去除导管(2)提供空气从舱室(1)到防护室(3)的流动路径。防护室(3)包含能够捕获NO<sub>x</sub>和SO<sub>x</sub>的材料。二氧化碳去除导管(2)继续提供将空气传送至污染物去除室(4)的流动路径。污染物去除室(4)包含一种或多种污染物去除材料。然后二氧化碳去除导管分叉,以提供到两个二氧化碳去除室(5、6)的流动路径。每个二氧化碳去除室(5、6)包含可再生的二氧化碳吸附材料。

[0110] 在二氧化碳去除导管分叉以允许空气从舱室(1)流到两个二氧化碳去除室(5、6)的一个的点处提供第一阀(12)。提供再生导管(7)以使解吸气体流到两个二氧化碳去除室(5、6)的另一个。该流动也通过第一阀(12)控制。在穿过二氧化碳去除室(5、6)的一个之后,使来自舱室的经处理以除去二氧化碳的空气经由二氧化碳去除导管(2)返回(9)至舱室(1)。在穿过两个二氧化碳去除室(5、6)的另一个之后,经由再生导管(7)在舱室(1)外部的的位置处排出(8)解吸气体。返回(9)至舱室(1)或排出(8)的气体流通过第二阀(13)控制。典型地,提供加热器(未示出)以将解吸气体加热至适合于从可再生的二氧化碳吸附材料解吸二氧化碳的温度。

[0111] 第一阀(12)和第二阀(13)是可操作的,以转换二氧化碳去除导管(2)和再生导管(7)中的流动,从而改变两个二氧化碳去除室(5、6)的哪一个去除二氧化碳和使哪一个再生。在使用中,周期性(例如每十分钟)发生该转换。

[0112] 还提供了加热和/或冷却组件(10)。将空气从舱室(1)除去并在加热和/或冷却组件(10)中处理,以实现期望的温度,然后将其返回舱室(1)。

[0113] 典型地,提供风扇(未示出)以在系统中驱动空气流。

[0114] 图2说明了图1中所说明的实施方案的变型。在此,布置二氧化碳去除导管(2)以使空气流到加热和/或冷却组件(10),然后将空气返回舱室(1)。

[0115] 图3说明了图1中所说明的实施方案的变型。在此,污染物去除室(4)在由二氧化碳去除导管(2)提供的流动路径中位于二氧化碳去除室(5、6)之后。还可以将该变型应用于图2中所说明的实施方案。在那种情况下污染物去除室(4)可以在由二氧化碳去除导管(2)提供的流动路径中位于加热和/或冷却组件(10)之前或之后。

[0116] 图4说明了图2中所说明的实施方案的另一变型,在此,通过污染物去除导管(11)将污染物去除室(4)连接至舱室(1),布置所述污染物去除导管(11)以使空气从舱室(1)穿过污染物去除室(4)流动并将经处理的空气返回舱室(1)。也可以将该变型应用于图1中所说明的实施方案。

[0117] 实验和建模数据

[0118] 二氧化碳累积

[0119] 为了更好地理解在真实条件下在交通工具的乘客舱室中的二氧化碳累积,收集数据并将其与设计以在一定范围的条件下预测二氧化碳水平的质量平衡模型进行比较。

[0120] 质量平衡模型

[0121] 成人肺容量典型地介于4和7L之间,但成人每次呼吸典型地获取 0.4L空气。在每分钟介于50和70次之间的心跳的心率,成人典型地每分钟进行介于12和15次呼吸。成人呼出的空气典型地包含74.8%N<sub>2</sub>、15.3%O<sub>2</sub>、3.7%CO<sub>2</sub>和6.2%水蒸气。CO<sub>2</sub>的密度为1.98g/L,所以每次呼吸呼出的CO<sub>2</sub>的质量为0.03g,这相当于每个人每分钟约0.4至0.5g。

[0122] 舱室空气的质量平衡需要满足该设想:

[0123] 输入=输出+积聚

[0124] CO<sub>2</sub>累积=流动泄放(空气中的CO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>(t))+产生的CO<sub>2</sub>:

[0125] 该方程为:

[0126]  $V \frac{dC}{dt} = Q(C_o - C(t)) + G$

[0127] 其中:

[0128] Q=空气泄放,C=在任意时间的CO<sub>2</sub>浓度,C<sub>o</sub>=空气CO<sub>2</sub>浓度~400ppm,G=通过呼吸产生的二氧化碳浓度,和V=舱室空气总体积~3m<sup>3</sup>

[0129] 方程的解: $C(t) = C_o + G/Q(1 - e^{-Qt/V})$

[0130] 图5示出了具有大约3m<sup>3</sup>的总体积的汽车的乘客舱室中的建模的二氧化碳累积,其中4个人呼吸以每人每分钟0.5g二氧化碳的速率产生二氧化碳,其中在不同的泄放速率下,空气具有根据上述模型的400ppm的基线二氧化碳浓度。

[0131] 所述模型清楚地显示出,如果没有空气泄露(即完全密封的乘客舱室中),则二氧化碳将会线性增加。然而,这是不切实际的,因为乘客舱室典型地并未完全密封:将会存在一些空气泄露,例如围绕具有有瑕疵的密封的车门或车窗。不同的空气泄放速率的计算显示,如所预期地,外部空气泄放的增加降低了舱室内的二氧化碳水平。然而,即使在101/s的泄放速率下,也预期接近2000ppm的二氧化碳水平(1000ppm的优选安全极限的两倍)。在实践中,发明人已发现,对于速度典型地为30英里/小时以下的本地或城市驾驶而言,大约31/s的泄放速率是典型的。泄放速率随着速度增加,其中在50英里/小时以上的速度,4或51/s的泄放速率更为典型。在这些泄放速率下,当在舱室中完全再循环空气时,快速发生二氧化碳累积至不安全的水平。

[0132] 现实生活数据

[0133] 图6和7比较了通过模型预测的二氧化碳水平与现实生活数据。图6 比较了模型与对4个人在具有3m<sup>3</sup>的舱室体积、21/s的泄放速率的静止汽车中收集的数据,显示实际数据紧密匹配预测值。图7显示了在具有单个乘客的旅程中提取的数据,其中二氧化碳空气基线为390ppm和空气泄放速率为31/s,并且将其与相同条件下的模型进行比较。这些附图显示了模型紧密匹配现实生活数据。

[0134] 二氧化碳去除

[0135] 开发模型以计算在空气再循环期间将二氧化碳水平保持在低于约 1000ppm所需的经过可再生的二氧化碳吸附剂材料的最小流动。模型由以下组成:考虑空气泄漏(泄放)

的质量平衡、穿过二氧化碳去除组件的空气流和通过乘客呼吸累积的CO<sub>2</sub>水平。

[0136] 质量平衡:

[0137] 输入=输出+积聚

[0138] CO<sub>2</sub>累积=流动泄放(CO<sub>2</sub>空气-CO<sub>2</sub>(t))+产生的CO<sub>2</sub>-吸附的 CO<sub>2</sub>:

$$[0139] \quad V \frac{dC}{dt} = Q_1(C_0 - C(t)) + G - Q_2 C(t)$$

[0140] V=舱室空气体积~3m<sup>3</sup>, Q<sub>1</sub>=泄放空气2-6l/s, G~CO<sub>2</sub>产生 0.005l/s/人, Q<sub>2</sub>=进入CO<sub>2</sub>吸附剂材料的吹风机, 假设始终100%转化率, 和C<sub>0</sub>=空气中的350ppm CO<sub>2</sub>。

$$[0141] \quad \text{解: } C(t) = \frac{A}{B} - \left\{ \frac{(A - BC_0)}{B} \right\} (1 - e(-Bt))$$

[0142] 其中

$$[0143] \quad A = \left( Q_1 C_0 + \frac{G}{V} \right) \text{ 和 } B = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{V} \right)$$

[0144] 二氧化碳吸附

[0145] 使用该模型对经过二氧化碳吸附剂材料的不同流量产生的数据呈现于图8中。该图示出了假设4l/s乘客舱室空气泄放, 具有4名乘客, 则需要大约10至15L/s的从乘客舱室经过二氧化碳吸附剂材料的空气流, 从而始终将二氧化碳水平保持在安全水平(低于1000ppm)。

[0146] 将相同的模型用于预测CO<sub>2</sub>质量随时间的依赖性和因此将舱室中低于1000ppm的CO<sub>2</sub>水平保持不同的时间段所需要的材料量(取决于CO<sub>2</sub>清除剂的容量, 以wt%CO<sub>2</sub>计)。

[0147] 典型地, 合适的可再生的二氧化碳吸附剂材料的容量在3至6重量%范围内(即, 对于每100g的吸附剂材料, 在材料变得饱和之前将吸附介于3和6g之间的二氧化碳)。因此, 需要介于150和300g之间的吸附剂材料, 以在10分钟内每分钟提供1g二氧化碳吸附(取决于吸附材料的容量)。

[0148] 已考虑了提供作为粒料和涂覆至整料或挤出物上的可再生的二氧化碳吸附剂材料二者。

[0149] 对于整料涂覆而言, 每立方英寸涂覆大约3g材料, 导致介于约1和2升之间的整料体积(取决于吸附剂材料的容量)。对1升整料和2升整料计算的GHSV(气时空速), 基于上述体积和15L/s的流量计, 分别为30000和60000h<sup>-1</sup>。

[0150] 如果替代使用粒料, 则典型地需要1L的最小体积以保持约50000h<sup>-1</sup>的GHSV值。

[0151] 吸附剂材料的再生

[0152] 计算二氧化碳吸附剂材料一旦饱和时再生所需要的能量。所述计算基于双床系统(例如如上文参考图1所描述), 其中一个可再生的二氧化碳材料的床从舱室空气吸附二氧化碳, 而使另一个再生。

[0153] 所述计算基于10分钟循环, 其中从乘客舱室通过一个吸附材料的床在10分钟时间内除去10g二氧化碳, 然后再生所述床并且将另一个床转换为吸附模式。这意味着需要在10分钟内将所述床加热至其再生温度并返回至其吸附温度。

[0154] 如上文所讨论, 发明人已发现, 固定的胺是用于从交通工具中的乘客舱室空气中除去二氧化碳的特别合适的可再生的吸附材料。例如, 对于固定的胺, 合适的再生温度可以为100℃且合适的吸附温度可以为20℃, 意味着当将系统如上文所述以10分钟循环运行



时,需要在10分钟内将固定的胺吸附材料的这样的床加热至100℃并冷却回到20℃。同样重要的是,吸附剂材料的整个床在10分钟再生循环内达到再生温度并冷却至吸附温度,从而在再生期间完全解吸二氧化碳,并且保证材料在其开始吸附负荷时易于开始吸附。

[0155] 基于材料的传热系数通过基本热量平衡计算来计算所需要的加热器功率。在此,所述计算基于(i) 3-氨基丙基二氧化硅二氧化碳吸附剂材料和(ii) 聚苯乙烯苄胺二氧化碳吸附剂材料。对经涂覆的整料、吸附剂材料的粒料和吸附剂材料的珠进行计算。用于整料计算的整料是堇青石。对床的每个部分建模,以在10或30分钟再生循环内在超过再生温度的温度保持至少3分钟,然后冷却至20℃。由此测定所需的空气流和将空气保持在高于再生温度的温度的时间。图9说明了对于涂覆至2升整料上的3-氨基丙基二氧化硅二氧化碳吸附剂材料的典型的建模的加热和冷却曲线。

[0156] 3-氨基丙基二氧化硅二氧化碳吸附剂材料的再生温度为大约100℃。聚苯乙烯苄胺二氧化碳吸附剂材料的再生温度为大约70℃。

[0157] (这些计算假设加热器为100%有效的并且没有来自吸附剂床的热损失)。

[0158] 使用标准压降关联计算整料或粒料床的压降。假设来自管线、阀和配件的压降相比于与基于40mm管线尺寸的吸附剂床相关的压降相对较低。由总压降和所需要的流动计算所需要的风扇功率,假设风扇效率为 30%。

[0159] 在10或30分钟再生循环内再生系统所需要的平均功率示于下表中。使用3-氨基丙基二氧化硅和聚苯乙烯苄胺作为吸收剂材料进行计算,其中CO<sub>2</sub>容量分别为3重量%和6重量%。在计算中用于材料的解吸温度也是不同的,对于3-氨基丙基二氧化硅为100℃和对于聚苯乙烯苄胺为 70℃。表1显示了加热器所需的平均功率,表2示出了风扇保持所需的流量需要的平均功率和表3示出了系统运转所需的总功率。

[0160] 表1

	3-氨基丙基二氧化硅		聚苯乙烯苄胺	
	整料	粒料 (3x3mm)	树脂珠 (0.5mm 直径)	
再生循环长度/ min	10	10	10	30
在再生温度保持的时间/ min	3	3	3	10
经吸附剂材料的空气流量/ l/s	2.7	2.1	1.4	4.2
空气加热器温度	110	110	80	80
开始冷却的时间 / s	260	300	270	270
加热器负荷/ W	284	220	98	281
平均功率需求/ W	123	110	44	44

[0162] 功率需求基于在总10或30分钟循环内的加热需求的平均。功率需求并非恒定,因为加热器仅对于循环的一部分开启。

[0163] 表2



	3-氨基丙基二氧化硅		聚苯乙烯苄胺	
	整料	粒料 (3x3mm)	树脂珠 (0.5mm 直径)	
[0164] 再生循环长度 / min	10	10	10	30
系统压降 / mbar	22	13	40	133
风扇流量 / l/s	18	17	16	19
风扇效率 / %	30	30	30	30
风扇功率需求 / W	140	80	209	824

[0165] 表3

	3-氨基丙基二氧化硅		聚苯乙烯苄胺	
	整料	粒料 (3x3mm)	树脂珠 (0.5mm 直径)	
[0166] 再生循环长度 / min	10	10	10	30
平均加热器功率需求 / kW	0.12	0.11	0.044	0.044
风扇功率需求 / kW	0.14	0.08	0.21	0.82
总计 / kW	0.26	0.19	0.25	0.86

[0167] 要注意的是,在内燃机的情况下,加热器的功率需求可以通过来自发动机的废热完全或部分得到满足,减少运行可再生的二氧化碳吸附剂组件的能量成本。对于并不具有废热源的交通工具,如电动交通工具,加热器的能量要求将会不得不通过交通工具的动力系统来满足。

[0168] 聚苯乙烯苄胺的加热器的能量消耗由于更低的解吸温度而明显更低。与整料或3x3mm珠相比,聚苯乙烯苄胺的小的珠尺寸(300-650 $\mu$ m)意味着存在克服吸附剂床的背压所需要的能量方面的明显增加。聚苯乙烯苄胺的每个循环的总能量稍低于3-氨基丙基二氧化硅整料。3-氨基丙基二氧化硅粒料具有每个循环的最低能量需求。

[0169] 聚苯乙烯苄胺树脂珠在30分钟再生循环中的功率需求由与需要明显更大的床从而以每分钟1g的速率提供30分钟的二氧化碳吸附有关的大大增加的压降产生。将计算全部假设为典型的圆柱形床。径向流动装置可以显著降低压降并且因此显著降低压降对系统的整体能量要求的贡献。

[0170] 显著地,上述建模的再生循环的能量成本明显低于与以再循环模式运行交通工具有关的能量益处,特别是当外部条件特别热和/或特别湿时。因此,发明人认为本发明提供了明显的能量益处的潜力。

[0171] 参考文献

[0172] 1.Farrington and J.Rugh, "Impact of Vehicle Air-Conditioning on Fuel

Economy,Tailpipe Emissions,and Electric Vehicle Range” Presented at the Earth Technologies Forum Washington,D.C.October 31,2000 <http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/28960.pdf>

[0173] (NREL/CP-540-28960)

[0174] 2.Recirculating Air Filtration Significantly Reduces Exposure to Airborne Nanoparticles David Y.H.Pui,Chaolong Qi,Nick Stanley, Günter **Oberdörster**,and Andrew Maynard,Environmental Health Perspectives,Vol.116,No 7,July 2008,pages 863-866

[0175] 3.Modelling CO<sub>2</sub>Concentrations in Vehicle Cabin,Heejung Jung, Univ.of California Riverside,SAE International,DOI 10.4271/2013-01-1497.

[0176] 4.Vehicle Cabin Air Quality with Fractional Air Recirculation, Heejung Jung,Univ.of California Riverside,SAE International,DOI 10.4271/2013-01-1494.

[0177] 5.Impregnated Activated Carbon for Environmental Protection, K.-D.Henning and S.Schafer,Gas Separation and Purification,1993 Vol 7 No 4 P235.

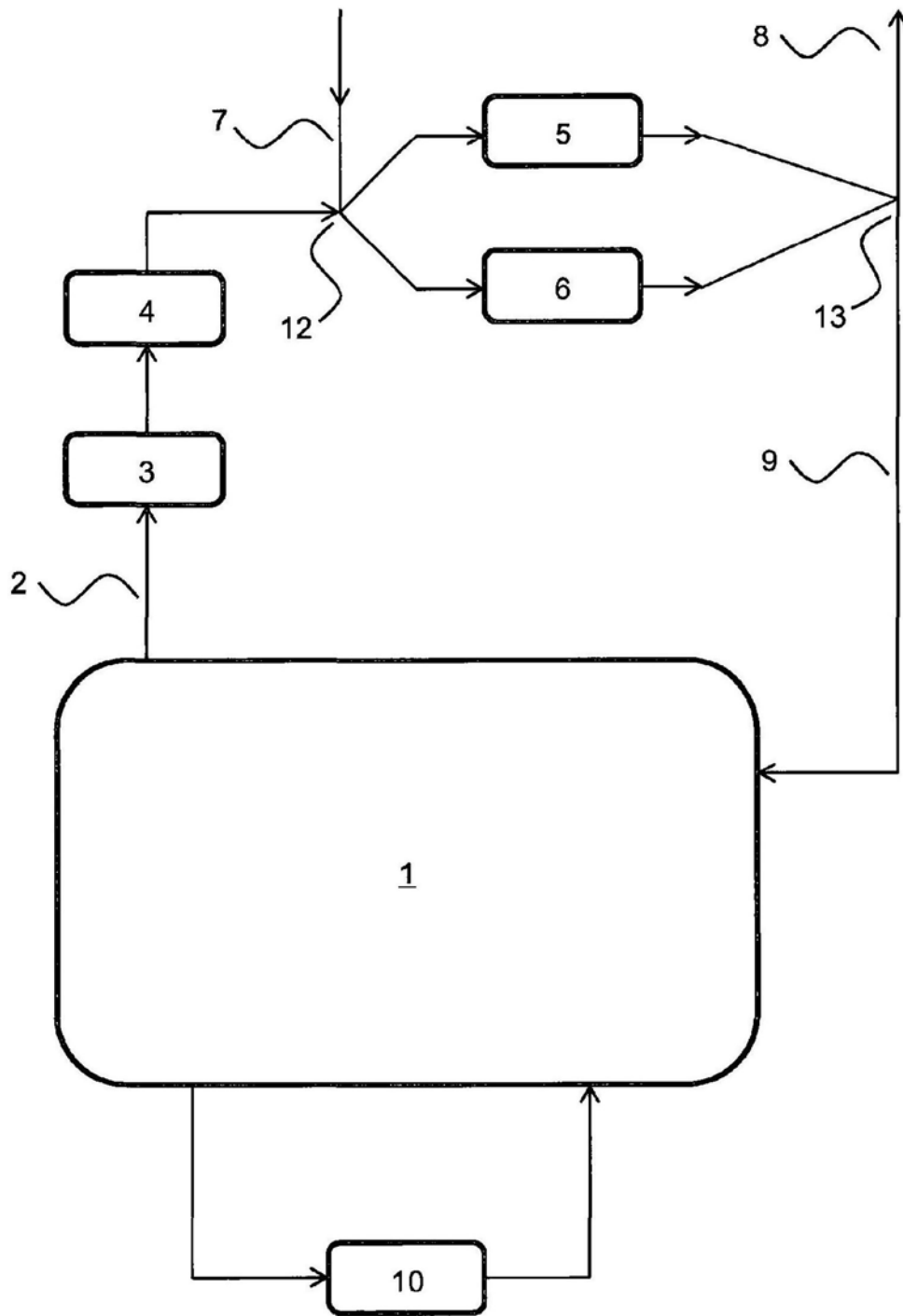


图1

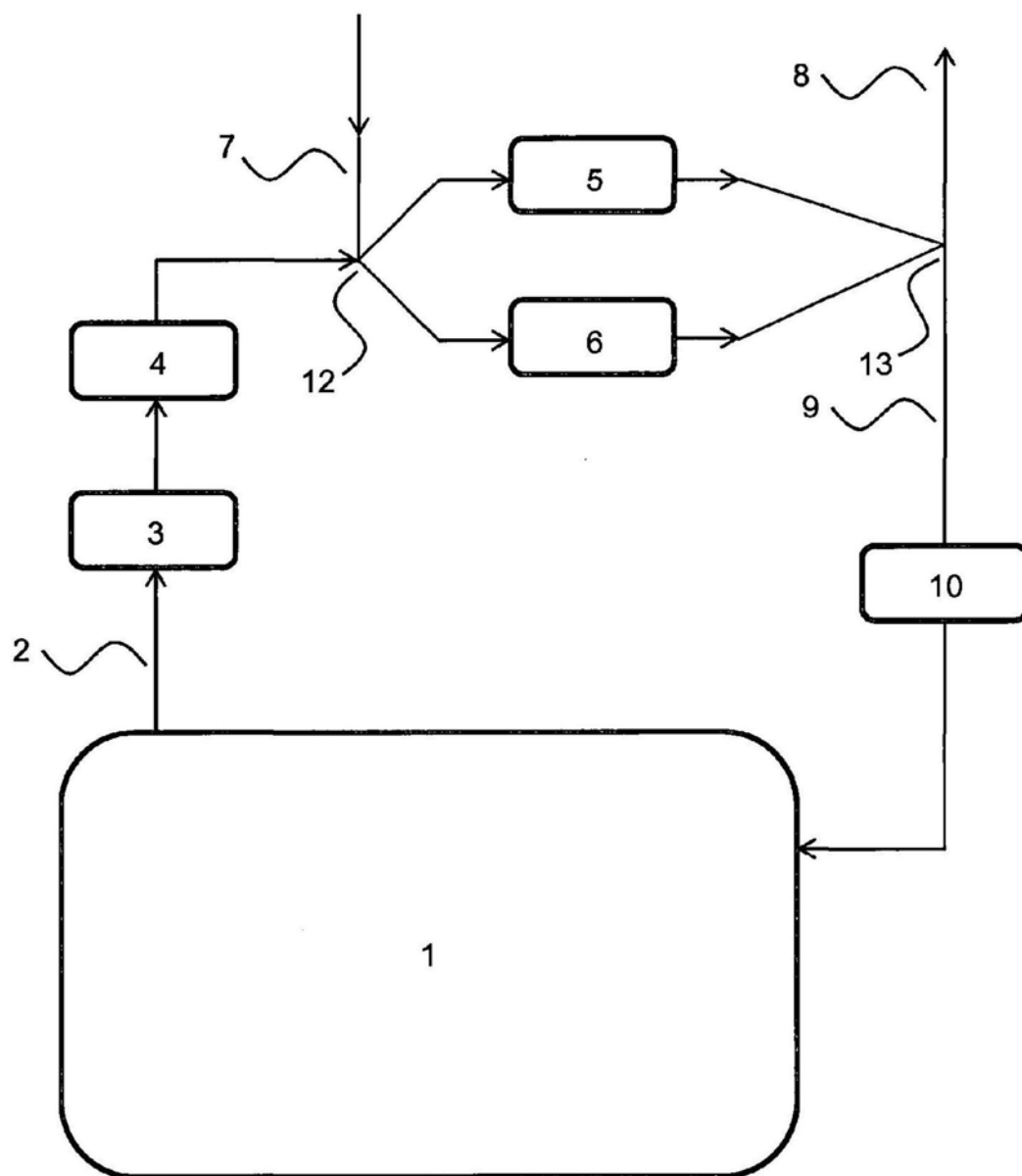


图2

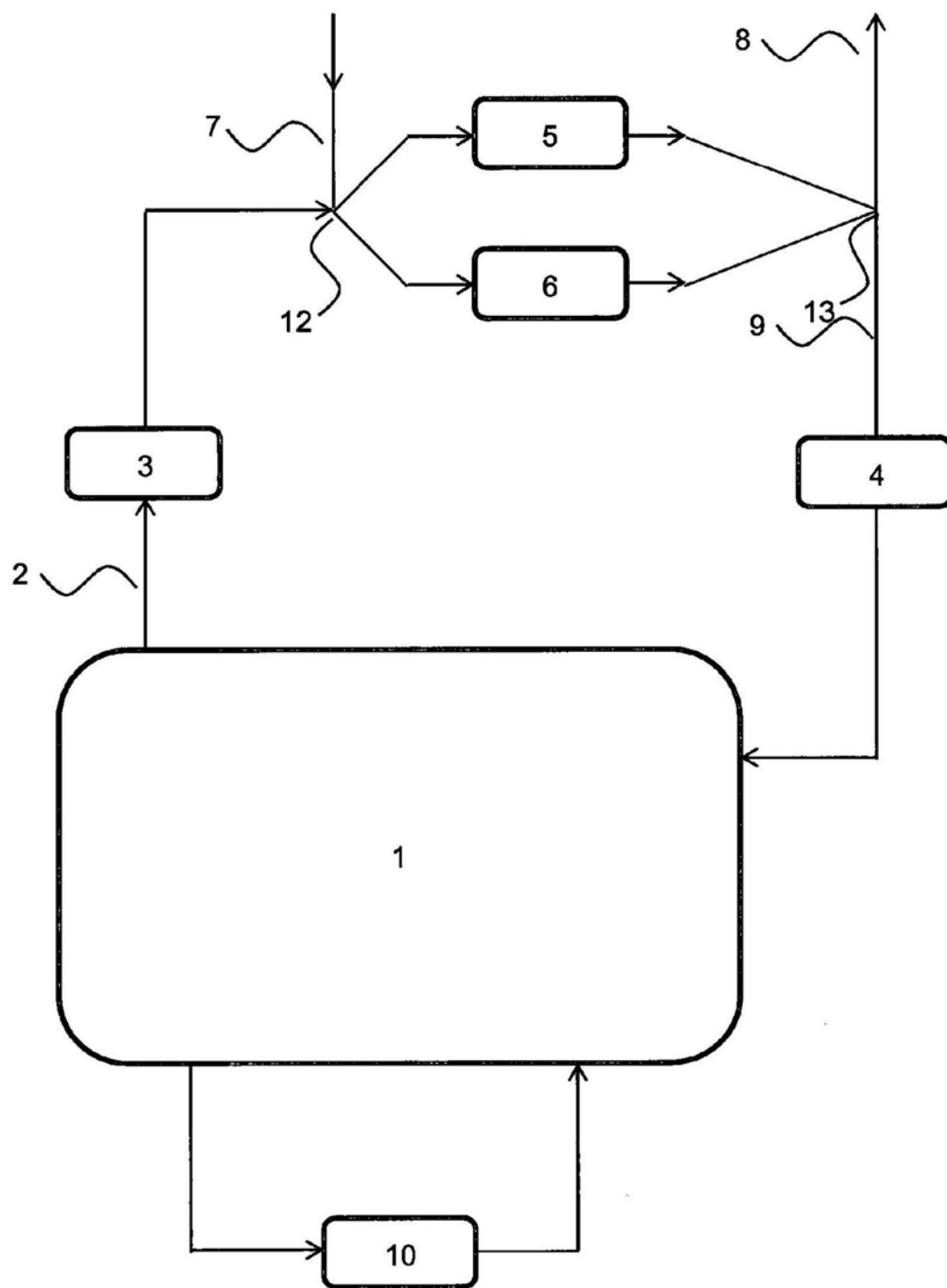


图3

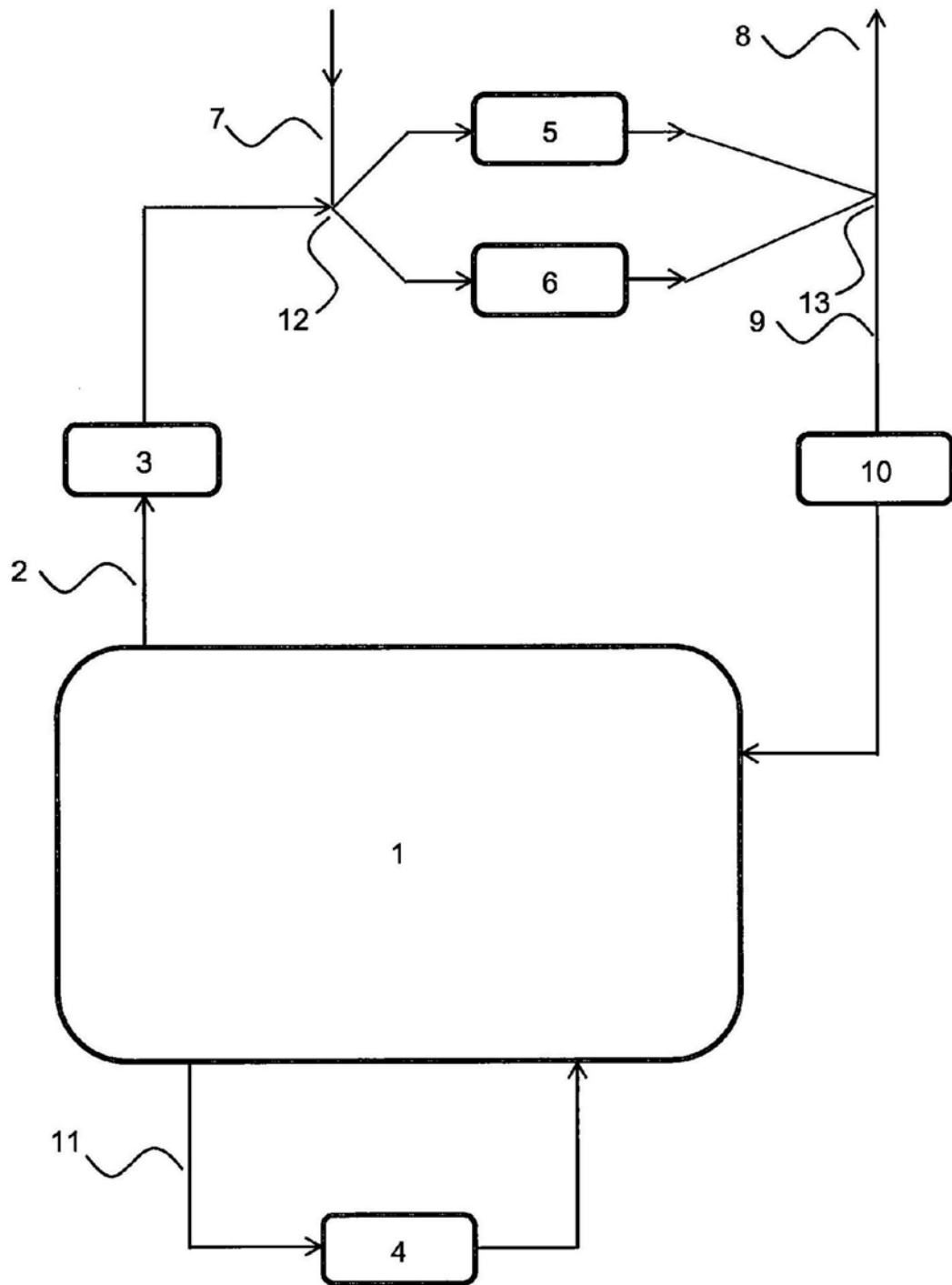


图4

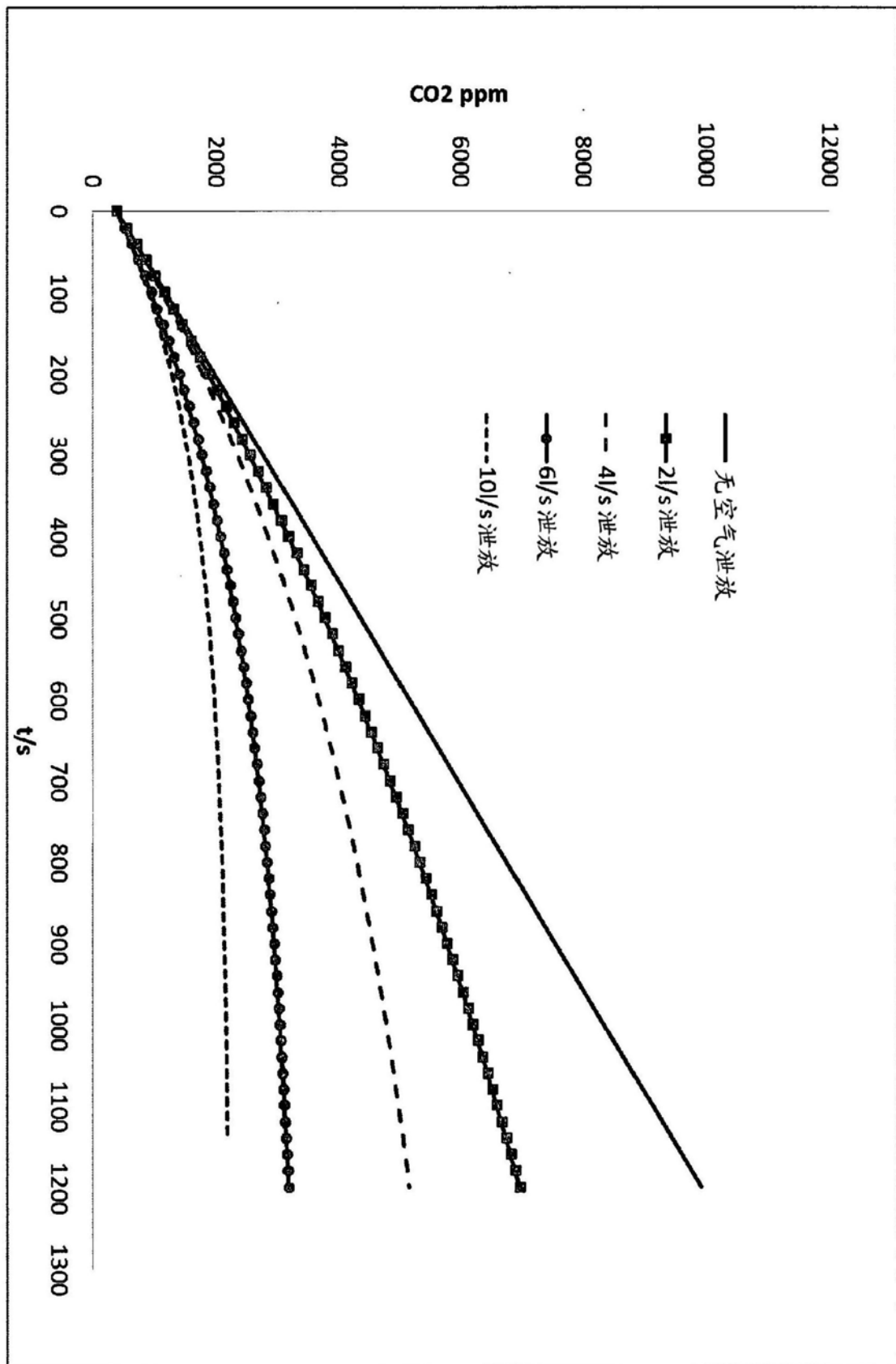


图5

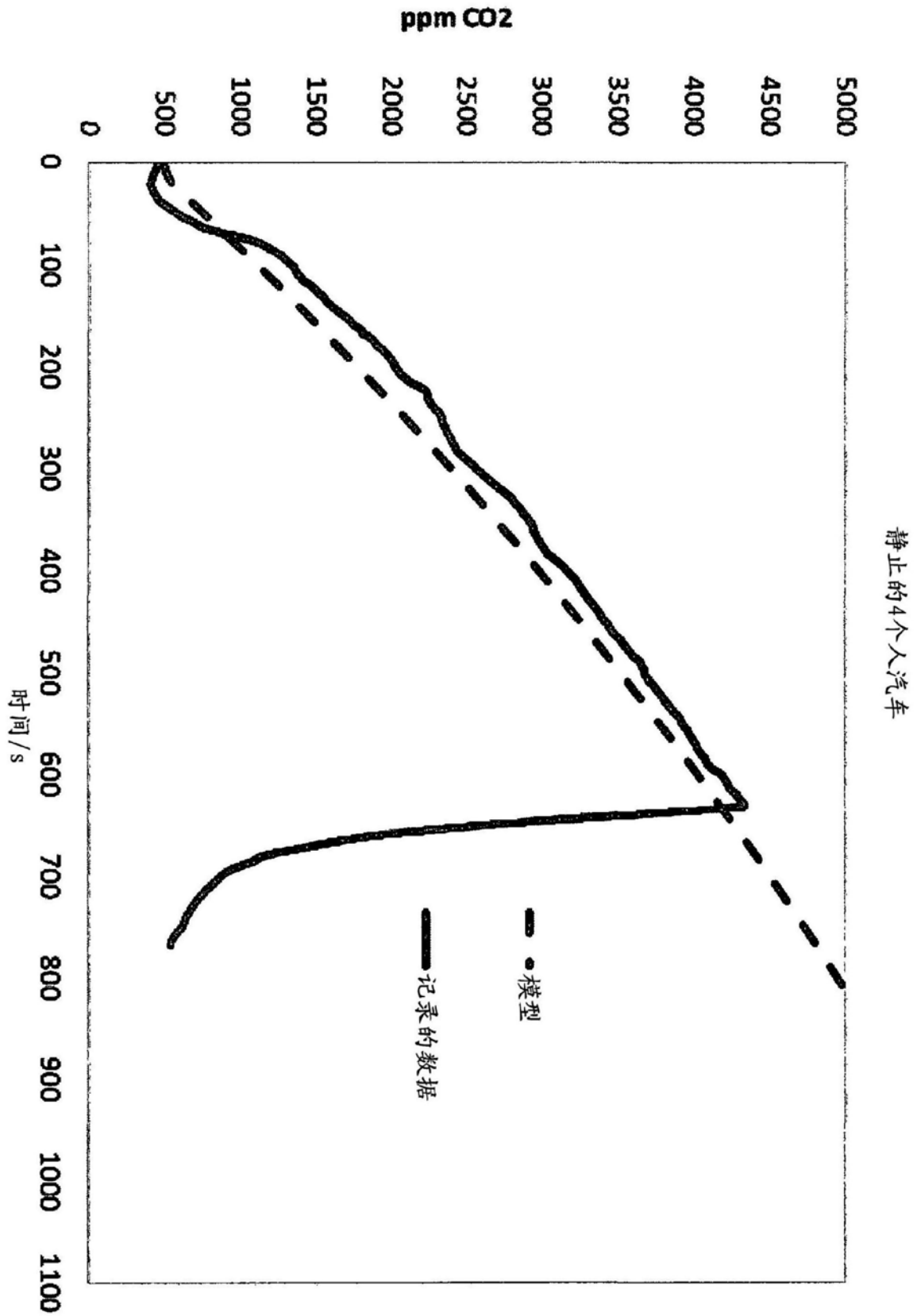


图6



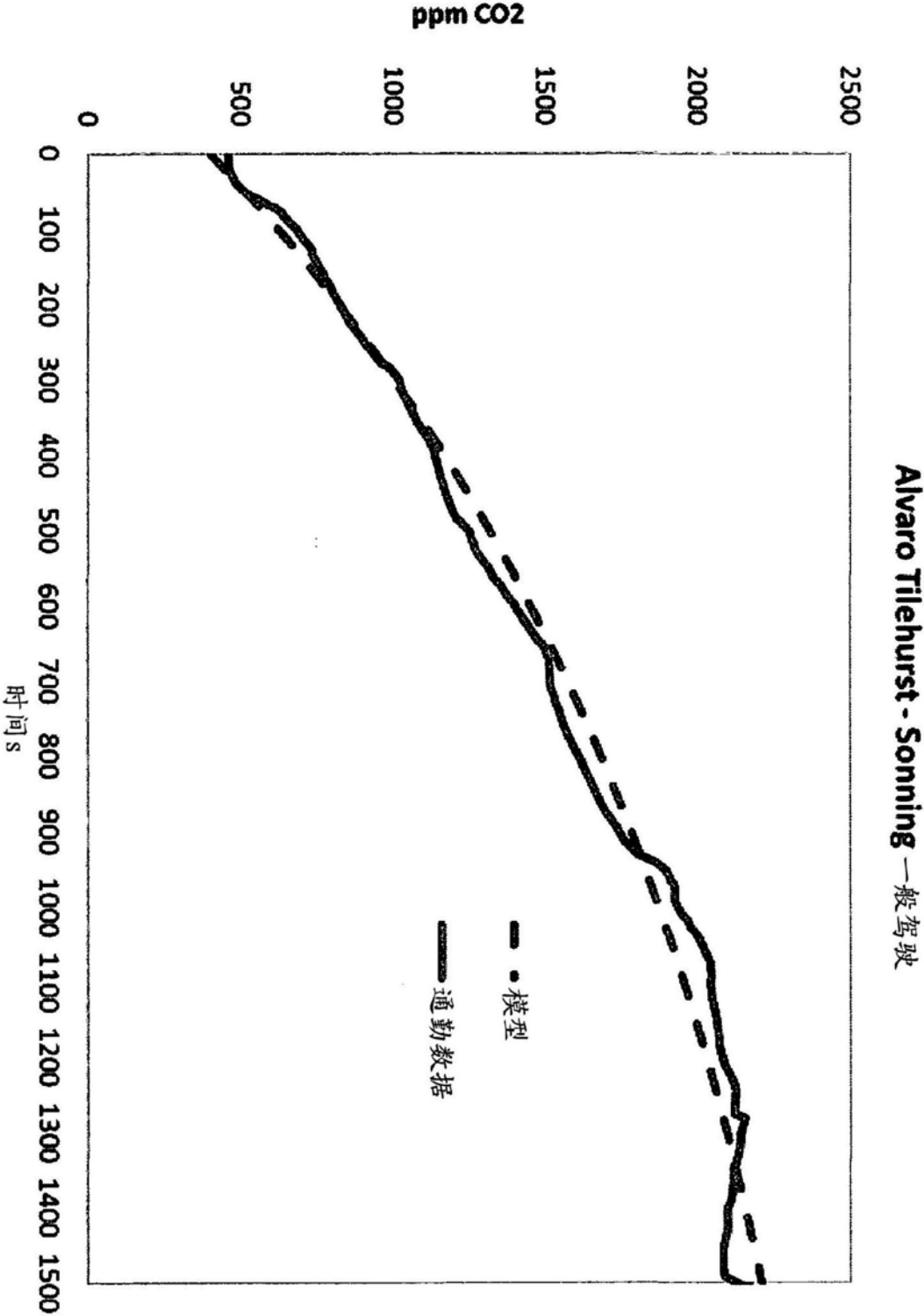


图7

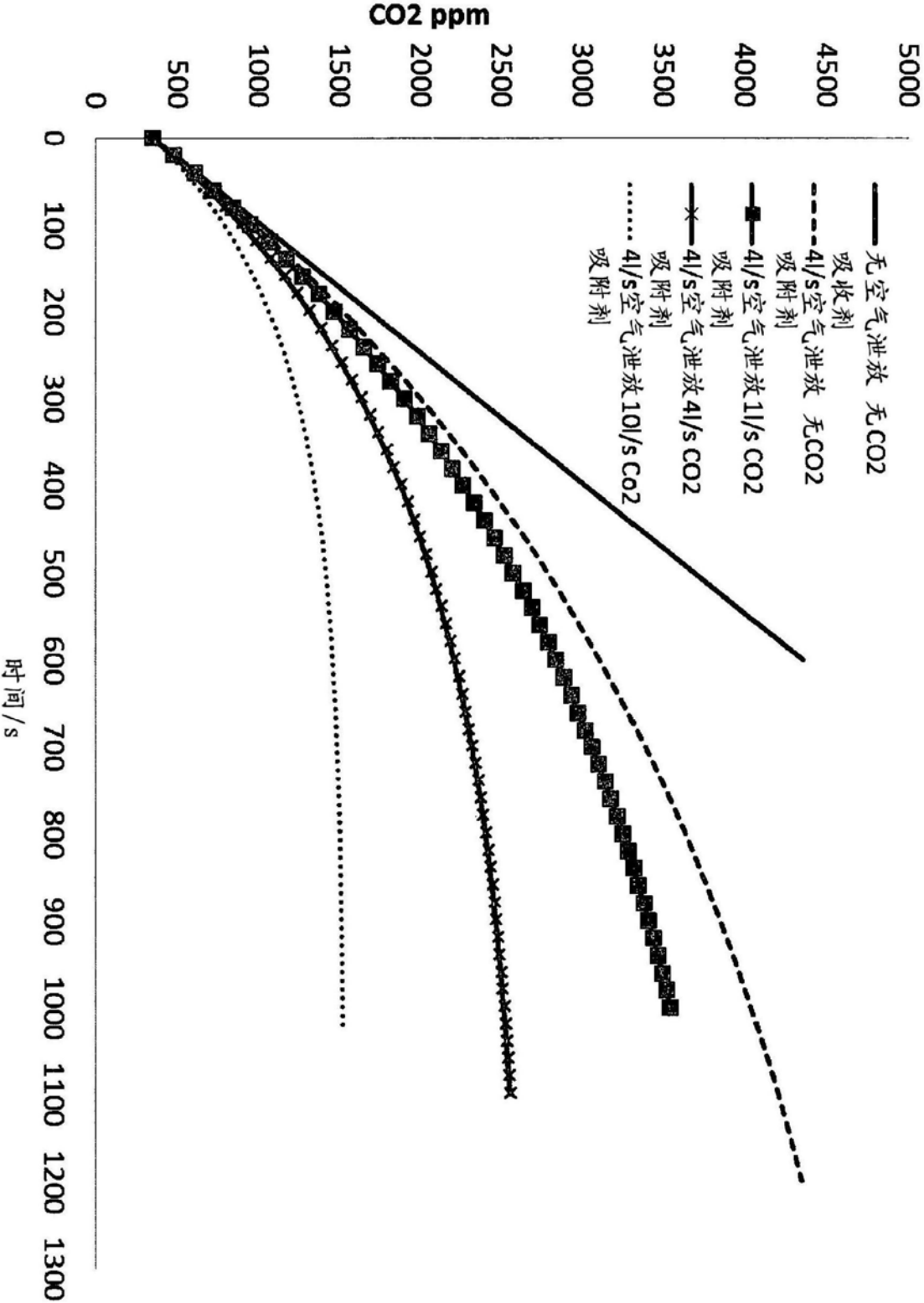


图8

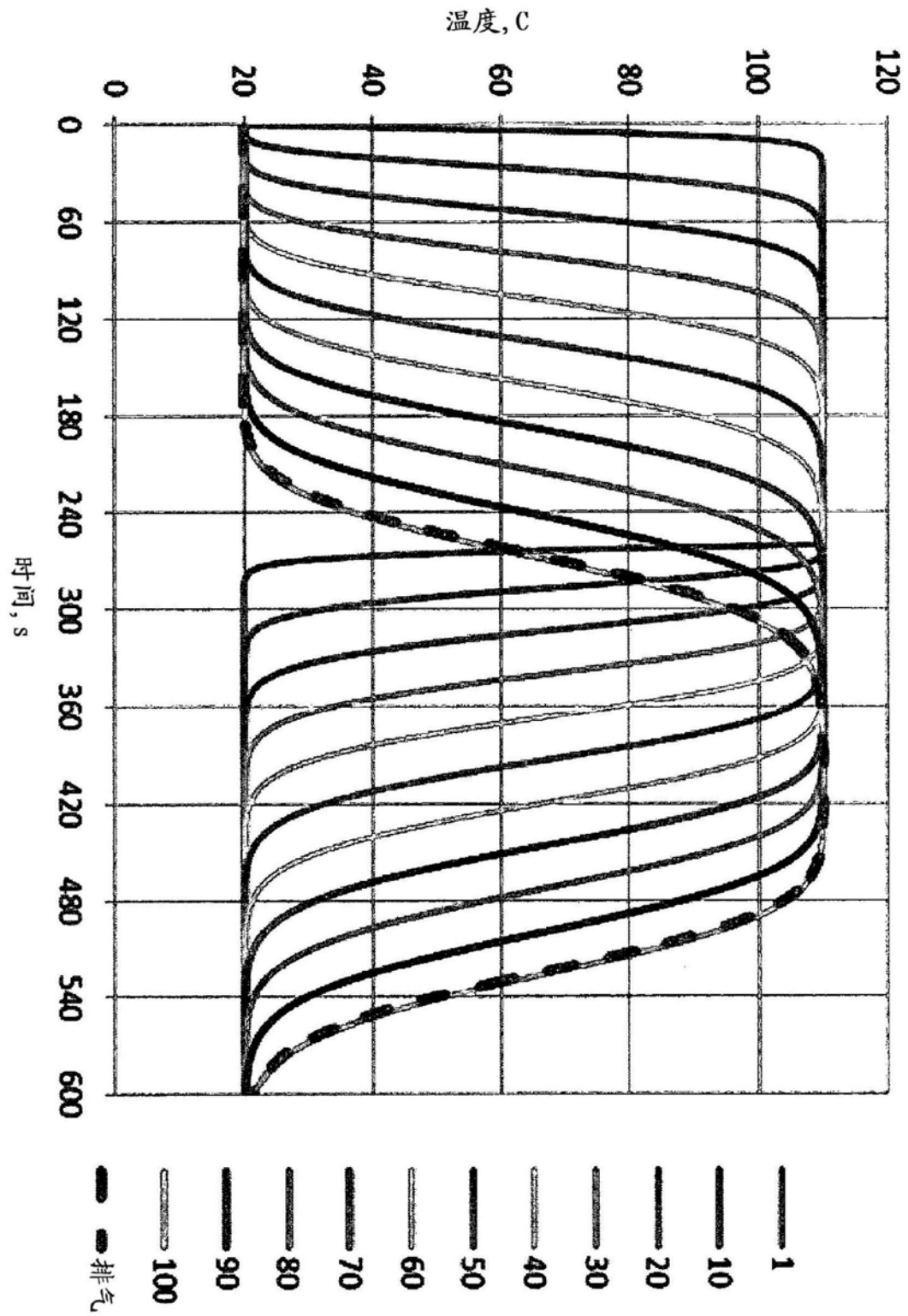


图9