

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810116918.7

[51] Int. Cl.

B01D 53/04 (2006.01)

B01D 53/86 (2006.01)

B01D 46/10 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 12 月 3 日

[11] 公开号 CN 101314101A

[22] 申请日 2008.7.21

[21] 申请号 200810116918.7

[71] 申请人 北京航空航天大学

地址 100083 北京市海淀区学院路 37 号

[72] 发明人 朱天乐 樊 星 王美艳 陈运法

[74] 专利代理机构 北京永创新实专利事务所

代理人 周长琪

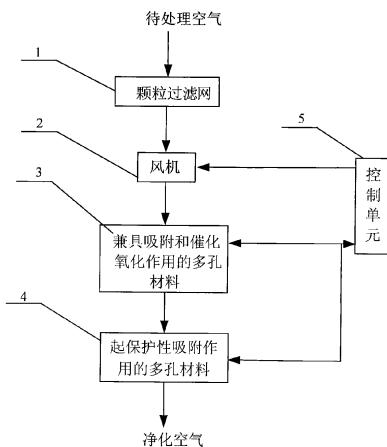
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称

吸附与原位热催化氧化再生相结合的净化空气方法

[57] 摘要

本发明公开了吸附与原位热催化氧化再生相结合的空气净化方法。本发明是利用兼具吸附和催化作用的多孔材料，以及起保护性吸附作用的多孔材料吸附空气中的低浓度甲醛和苯系物；在多孔材料吸附接近饱和的时候，启动电加热，激活兼具吸附和催化作用多孔材料的催化活性，催化氧化吸附在多孔材料表面的甲醛和苯系物为二氧化碳和水；与此同时，多孔材料的吸附能力得以再生；再生后的多孔材料重新用于吸附，如此循环实现空气的净化。本发明具有高效、节能、低成本、无二次污染等优点。适用于净化建筑物内部和车船舱室等有限空间含有低浓度甲醛和苯系物的空气。



1、吸附与原位热催化氧化再生相结合的空气净化方法，其特征在于包括如下步骤：

步骤一、待处理的空气在风机的抽力作用下先通过颗粒过滤网，去除空气中夹杂的颗粒物；

步骤二、利用兼具吸附和催化作用的多孔材料和起保护性吸附作用的多孔材料吸附空气中的低浓度甲醛和苯系物；

步骤三、借助仪器或人的嗅觉，检测从起保护性吸附作用的多孔材料排出的气体中甲醛或苯系物浓度；所述浓度超过 GB/T18883-2002《室内空气净化标准》规定的限值时，认为兼具吸附和催化作用的多孔材料和起保护性吸附作用的多孔材料吸附接近饱和，此时，控制单元发出指令关闭风机；

步骤四、调整净化器放置方式，使兼具吸附和催化氧化作用的多孔材料位于起保护性吸附作用的多孔材料之上方；

步骤五、控制单元发出开启电加热指令，加热激活兼具吸附和催化作用多孔材料的催化活性，使其在 170℃～210℃状态下工作 4～6 分钟，催化氧化吸附在表面的甲醛和苯系物为二氧化碳和水。在此过程中，起保护性吸附作用的多孔材料也被加热，从而使吸附在其表面的甲醛和苯系物脱附出来，并在热力作用下向上流入兼具吸附和催化作用的多孔材料，最终被氧化为二氧化碳和水；

步骤六、恢复至正常吸附状态，开启风机，进入吸附阶段；

上述步骤循环进行，实现净化空气的目的。

2、根据权利要求 1 所述的吸附与原位热催化氧化再生相结合的空气净化方法，其特征在于：所述的兼具吸附和催化作用的多孔材料为表面浸渍了 Pt 或 Au 中任意一种的二氧化钛或氧化铝或分子筛；Pt 或 Au 中任意一种与二氧化钛或氧化铝或分子筛的重量比为 0.5～2%；这种多孔材料常温下能吸附甲醛和苯系物；在 170℃～210℃温度下能催化氧化甲醛和苯系物为二氧化碳和水。

3、根据权利要求 1 所述的吸附与原位热催化氧化再生相结合的空气净化方法，其特征在于：起保护性吸附作用的多孔材料为活性炭颗粒或活性炭纤维；或表面浸渍氧化锰的活性炭颗粒或活性炭纤维，而且氧化锰与活性炭的重量比为 1～6%；这种多孔材料常温下吸附甲醛和苯系物，这些吸附的甲醛和苯系物在 100℃～140℃温度下从这种多孔材料上脱附下来。

4、根据权利要求 1 所述的吸附与原位热催化氧化再生相结合的空气净化方法，其特征在于：所述的兼具吸附和催化作用的多孔材料和起保护性吸附作用的多孔材料分别装载在多孔电热板和实心隔热板构成的两个空腔内；其中，多孔电热板与气流方向垂直，实心隔热板与气流方向平行且紧贴净化器壳体。

5、根据权利要求 1 所述的吸附与原位热催化氧化再生相结合的空气净化方法，其特征在于：  
控制单元控制加热时，起保护性吸附作用多孔材料的温度升高滞后兼具吸附和催化氧化作用多孔材料的温度升高 1~3 分钟。

## 吸附与原位热催化氧化再生相结合的净化空气方法

### 技术领域

本发明属于公共卫生和环境保护领域，涉及一种利用吸附与原位热催化氧化再生相结合对通风不畅的有限空间，包括地上、半地下或地下建筑物内部，以及密闭或半密闭舱室空气中的低浓度甲醛和苯系物（苯、甲苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯和异丙苯）进行净化处理，从而获得洁净空气的方法。

### 背景技术

住宅、地下停车场、人防工程、地下通道、人群密集的公共场所和建筑物内部，以及各类交通、运输工具的舱室环境空气质量与人体健康、生命安全、体能发挥，以及室内用品、武器装备、仪器仪表性能息息相关。然而，由于建筑材料或其它构筑材料的围隔作用，使得室内或舱室的空气有别于室外或舱外。美国环境保护署最近的一项研究显示，人们在室内接受某些污染物的程度超过室外 100 倍。香港环保部门的一项研究指出，约有 1/3 的办公楼室内空气质量不符合世界卫生组织及其它相关组织的标准。澳大利亚的研究者认为，室内空气的污染程度超过室外 5 到 20 倍。类似地，一些密闭或半密闭舱室的空气污染物也是多种多样，而且浓度远远超过安全范围。如在潜艇舱室检测出的有害气体多达 400 余种，这些有害气体分别有毒性、刺激性和腐蚀性等危害，特别是其累积协同作用会对艇员、武器装备甚至潜艇本身构成严重的危害。通过检测，确定了在俄罗斯“和平”号空间站舱室的微量污染物有 28 类基本化学物质，主要为有机污染物。

总的来说，建筑物内部或舱室空气中污染物多种多样，但以甲醛和苯系物为主。围绕室内或舱室空气环境中甲醛和苯系物的净化处理，目前研究较多的方法是吸附、光催化、等离子体氧化和臭氧氧化等，这些方法都能在一定程度上具备净化甲醛和苯系物的作用，但都存在局限。比如，单纯采用吸附处理，吸附剂饱和后的更换或拆卸再生会带来操作不便，处理费用高等问题。光催化、等离子体或臭氧氧化处理存在净化效率有限，氧化不完全，会产生有害中间产物或逸出较高浓度臭氧等问题。

组合多种技术净化室内空气最近受到关注，如申请号为 200610104652.5，专利名称为“一种吸附法与低温等离子体相结合的室内空气净化方法”的发明提出吸附剂床层处于低温等离子区域或者紧贴这一区域，使低温等离子体能有效作用于吸附剂。净化空气时，先通过吸附剂富集污染气体和悬浮颗粒，在吸附达到饱和时，启动低温等离子体一段时间，依靠等离子体的电磁场作用、电子碰撞作用解吸和再生吸附剂，并分解释放出氮氧化物、硫氧化物、有机污染物等，如此循环以实现空气净化。该方法结合了吸附和等离子体氧化的作用，

但是该方法存在污染物净化不彻底，会产生高浓度臭氧和其它有害中间产物，从而造成二次污染等问题。再如申请号为 200610047122.1，专利名称为“介质阻挡放电等离子体活性炭原位再生方法及装置”的发明提出利用大气压下介质阻挡放电产生的低温非平衡等离子体，使填充在放电电极间吸附有机吸附质的活性炭在高活性物种、紫外线照射以及高能电子的轰击下进行原位再生。该方法也是结合了吸附和等离子体氧化的作用，存在与前述专利相同的不足。

## 发明内容

针对已有空气净化方法存在的不足，本发明提供一种吸附与原位热催化氧化再生相结合的净化空气方法，该方法通过吸附与原位热催化氧化再生相结合对有限空间空气中低浓度甲醛和苯系物进行净化处理。

本发明的基本思路是利用兼具吸附和催化氧化作用、和起保护性吸附作用的多孔材料在室温下长时间吸附分离空气中的低浓度甲醛和苯系物；当多孔材料吸附接近饱和时，转为短时间加热催化氧化这些有机物，使之变为二氧化碳和水，如此循环，实现净化空气的目的。

本发明采取的技术解决方案如下：

借助风机使待处理空气依次通过颗粒过滤网、兼具吸附和催化作用的多孔材料、起保护性吸附作用的多孔材料，然后，输出洁净空气。当借助仪器或人的嗅觉检测到净化器出口排出的气体甲醛或苯系物浓度超过 GB/T18883-2002《室内空气净化标准》规定的限值时，可认为多孔材料吸附接近饱和。此时，关闭风机，调整净化器放置方式，使兼具吸附和催化氧化作用的多孔材料位于起保护性吸附作用的多孔材料之上方。通电加热多孔材料，激活兼具吸附和催化氧化作用多孔材料的催化活性，催化氧化已经吸附在多孔材料表面的甲醛和苯系物，使之催化氧化为二氧化碳和水，并使多孔材料的吸附能力得到再生。多孔材料再生后，重新进行过滤、吸附，如此循环，实现空气的彻底净化。

本发明涉及的吸附与原位热催化氧化再生相结合的净化空气方法有益效果如下：

(1) 将吸附与原位热催化氧化再生相结合用于低浓度甲醛和苯系物的净化，既解决了单独采用吸附存在的吸附剂寿命有限和更换吸附剂操作不便的问题，又克服了连续热催化氧化能耗高而且空气不能直接回用的障碍。

(2) 热催化氧化再生进行之前，通过调整净化器放置方式，确保从起保护性吸附作用多孔材料表面脱附的甲醛和苯系物借助热力作用，随气流向上进入兼具吸附和催化作用的多孔材料，并被催化氧化为二氧化碳和水。由于不需借助风机组织气流，因而节省了由此带来的投资和运行费用增加。

(3) 热催化氧化的电加热依靠对多孔材料起限位作用的多孔电热板实现。而且借助电加热板与电加热控制回路，可确保加热催化氧化时，兼具吸附和催化作用多孔材料的温度比起

保护性吸附作用多孔材料的温度高 50℃~70℃。

(4) 电加热板既起到加热作用，又起到与实心隔热板形成两个空腔，来装载兼具吸附和催化作用的多孔材料，以及起保护性吸附作用的多孔材料的作用。

(5) 提出了一种全新的空气净化流程，即长时间吸附、短时间原位热催化氧化再生，如此循环，既保证空气中低浓度甲醛和苯系物得到彻底净化，又节省了运行费用，降低了能耗，简化了操作，而且不存在二次污染问题。

#### 附图说明

图 1 是实施本发明所采用的空气净化系统示意图；

图 2 是实施本发明的电加热件和多孔材料装载示意图。

#### 具体实施方式

下面结合附图对本发明的净化空气方法进行详细说明。

参见图 1，实现本发明的空气净化方法是将来自有限空间的待处理空气在风机 2 的作用下，先通过颗粒过滤网 1，去除颗粒物；再依次通过兼具吸附和催化作用的多孔材料 3、起保护性吸附作用的多孔材料 4，去除甲醛和苯系物。借助仪器或人的嗅觉，检测到从净化器出口排出的气体中甲醛或苯系物浓度超过 GB/T18883-2002《室内空气净化标准》规定的限值时，可认为兼具吸附和催化作用的多孔材料 3、起保护性吸附作用的多孔材料 4 吸附接近饱和。此时，控制单元 5 发出指令，关闭风机，调整净化器放置方式，使兼具吸附和催化氧化作用的多孔材料 3 位于起保护性吸附作用的多孔材料 4 之上方。通电加热兼具吸附和催化作用的多孔材料 3、起保护性吸附作用的多孔材料 4，转入热催化氧化再生阶段。起保护性吸附作用的多孔材料 4 在加热后，吸附在其上的甲醛和苯系物挥发上升至兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 床层中，兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 在加热后将甲醛和苯系物氧化为二氧化碳和水，并得到再生。如此循环，实现空气的净化。

参见图 1，本发明实施有限空间空气净化的步骤为：

(1) 待处理的空气在风机 2 的抽力作用下先通过颗粒过滤网 1，去除空气中夹杂的颗粒物。

(2) 利用兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 和起保护性吸附作用的多孔材料 4 吸附空气中的低浓度甲醛和苯系物。

所述兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 为负载了贵金属 Pt 或 Au 的活性氧化铝、分子筛或二氧化钛。Pt 或 Au 与二氧化钛、氧化铝或分子筛的重量比为 0.5~2%。这种多孔材料常温下能吸附甲醛和苯系物；在 170℃~210℃温度下能催化氧化甲醛和苯系物为二氧化碳和水。

所述起保护性吸附作用的多孔材料 4 为活性炭颗粒、活性炭纤维；或表面浸渍氧化锰的

活性炭颗粒、活性炭纤维，而且氧化锰与活性炭颗粒或活性炭纤维的重量比为 1~6%。这种多孔材料常温下吸附甲醛和苯系物；在 100℃~140℃温度下吸附的甲醛和苯系物会从这种多孔材料上脱附下来。

(3) 当借助仪器或人的嗅觉，检测到从起保护性吸附作用的多孔材料 4 排出的气体中甲醛或苯系物浓度超过 GB/T18883-2002《室内空气净化标准》规定的限值时，可认为兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 和起保护性吸附作用的多孔材料 4 吸附接近饱和。此时，控制单元 5 发出指令关闭风机 2。

(4) 调整净化器放置方式，使兼具吸附和催化氧化作用的多孔材料 3 位于起保护性吸附作用的多孔材料 4 之上方进行加热脱附再生。

所述的兼具吸附和催化作用的多孔材料 3，和起保护性吸附作用的多孔材料 4 分别装载在由多孔电热板 6 和实心隔热板 7 构成的空腔 8 和空腔 9 中，具体的放置方式参见图 2。多孔电热板 6 与气流方向垂直，确保气流正常导通；实心隔热板 7 与气流方向平行，且紧贴壳体。

所述兼具吸附和催化氧化作用多孔材料 3 内部设置有由热电偶—控温器构成的耦合回路，耦合回路和多孔电热板控制兼具吸附和催化氧化作用多孔材料 3 内部的最高温度为  $210\pm 1$  ℃，起保护性吸附作用多孔材料 4 的最高温度为  $140\pm 1$  ℃。起保护性吸附作用多孔材料 4 的温度升高滞后兼具吸附和催化氧化作用多孔材料 3 的温度升高 1~3 分钟。

(5) 控制单元 5 发出开启电加热指令，加热激活兼具吸附和催化作用多孔材料 3 的催化活性，使其在 170℃~210℃状态下工作 4~6 分钟，催化氧化吸附在表面的甲醛和苯系物为二氧化碳和水。在此过程中，起保护性吸附作用的多孔材料也被加热，从而使吸附在其表面的甲醛和苯系物脱附出来，并在热力作用下向上流入兼具吸附和催化作用的多孔材料，最终被氧化为二氧化碳和水。

(6) 恢复至正常吸附状态，控制单元 5 发出指令开启风机 2，进入吸附阶段。

上述步骤循环进行，即可实现净化空气的目的。

所述的风机 2 既可像图 1 所示设置在颗粒过滤网 1 与兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 之间，也可设置在起保护性吸附作用的多孔材料 4 之后，起到为待处理空气提供抽吸动力的作用。

总的来说，本发明涉及的室内或舱室甲醛和苯系物净化方法集过滤去除颗粒物，吸附去除甲醛和苯系物，热催化氧化甲醛和苯系物为二氧化碳和水等作用于一体。通过合理地组织流过净化系统的气流，切换风机 2 运行和电加热开关，可实现长时间高效吸附分离待处理空气中的甲醛和苯系物，并实现原位短时间热催化氧化这些污染物为二氧化碳和水的目的。同时，由于热脱附作用使多孔材料的吸附性能得以原位恢复，从而大大减少更换吸附剂所带来的

的运行费用提高和维护难度增大等问题。

按照本发明的净化空气方法，进行了不同类型多孔材料和不同参数设置下的甲醛和苯系物净化实验，举例如下：

#### 实施例 1

(1) 待处理的空气含有  $2.12 \text{ mg/m}^3$  甲醛、 $10.11 \text{ mg/m}^3$  苯系物( $2.21 \text{ mg/m}^3$  苯、 $6.11 \text{ mg/m}^3$  甲苯和  $1.79 \text{ mg/m}^3$  二甲苯)，所述待处理的空气在风机 2 的抽力作用下先通过颗粒过滤网 1，去除空气中夹杂的颗粒物。

(2) 利用兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 和起保护性吸附作用的多孔材料 4 吸附空气中的低浓度甲醛和苯系物。

兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 为负载  $0.5\%$ Pt 的活性氧化铝(Pt/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ )；起保护性吸附作用的多孔材料 4 为浸渍有  $1\%$  氧化锰的活性炭颗粒(Mn/AC)。

经颗粒过滤网 1 过滤后的空气先通过 Pt/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，再通过 Mn/AC，空速为  $3 \times 10^4 \text{ h}^{-1}$ 。

(3) 借助仪器或人的嗅觉，监测从多孔材料 Mn/AC 排出气体中甲醛、苯、甲苯和二甲苯的浓度，结果表明，连续通气 600 小时后，出口甲醛、苯、甲苯和二甲苯的浓度分别为  $0.08 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.09 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.20 \text{ mg/m}^3$  和  $0.07 \text{ mg/m}^3$ ，甲苯浓度刚好达到 GB/T18883 - 2002《室内空气质量标准》规定的限值，其它污染物质的浓度低于限值。此时可认为兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 和起保护性吸附作用的多孔材料 4 吸附饱和，由控制单元 5 发出指令关闭风机 2。

(4) 调整净化器放置方式，使兼具吸附和催化氧化作用的多孔材料 3 位于起保护性吸附作用的多孔材料 4 之上方进行加热脱附再生。

(5) 控制单元 5 发出开启电加热指令，加热激活兼具吸附和催化作用多孔材料 3 的催化活性，维持其床层温度为  $210 \pm 1^\circ\text{C}$ ，使吸附在兼具吸附和催化作用多孔材料 3 表面的甲醛和苯系物氧化为二氧化碳和水。在此过程中，起保护性吸附作用的多孔材料也被加热，且达到最高温度  $140 \pm 1^\circ\text{C}$  的时间比兼具吸附和催化作用多孔材料温度达到  $210 \pm 1^\circ\text{C}$  要晚 1~3 分钟。起保护性作用的多孔材料被加热后，吸附在其表面的甲醛和苯系物被脱附出来，并在热力作用下向上流入兼具吸附和催化作用的多孔材料 3，最终被氧化为二氧化碳和水。连续检测从兼具吸附和催化作用多孔材料 3 表面逸出气体的二氧化碳浓度，4 分钟后，检测到的二氧化碳浓度与空气中二氧化碳的浓度相当，这表明催化氧化过程结束，多孔材料的吸附能力得到再生。

(6) 恢复至正常吸附状态，控制单元 5 发出指令开启风机 2 同时停止加热，进入吸附阶段。

上述步骤循环进行，实现净化空气的目的。

## 实施例 2

(1) 待处理的空气含有  $3.20 \text{ mg/m}^3$  甲醛、 $8.10 \text{ mg/m}^3$  苯系物( $0.96 \text{ mg/m}^3$  苯、 $2.58 \text{ mg/m}^3$  甲苯和  $4.56 \text{ mg/m}^3$  二甲苯)，所述待处理的空气在风机 2 的抽力作用下先通过颗粒过滤网 1，去除空气中夹杂的颗粒物。

(2) 利用兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 和起保护性吸附作用的多孔材料 4 吸附空气中的低浓度甲醛和苯系物。

兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 为负载  $2\%$ Au 的  $13X$  分子筛(Au/ $13XMS$ )；起保护性吸附作用的多孔材料 4 为活性炭颗粒(AC)。

经颗粒过滤网 1 过滤后的空气先通过 Au/ $13XMS$ ，再通过 AC，空速为  $3 \times 10^4 \text{ h}^{-1}$ 。

(3) 借助仪器或人的嗅觉，监测从多孔材料 AC 排出气体中甲醛、苯、甲苯和二甲苯的浓度，结果表明，连续通气 430 小时后，出口甲醛、苯、甲苯和二甲苯的浓度分别为  $0.08 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.08 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.09 \text{ mg/m}^3$  和  $0.20 \text{ mg/m}^3$ ，二甲苯浓度刚好达到 GB/T18883—2002《室内空气质量标准》，其它污染物质的浓度低于限值。此时可认为兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 和起保护性吸附作用的多孔材料 4 吸附饱和，由控制单元 5 发出指令关闭风机 2。

(4) 调整净化器放置方式，使兼具吸附和催化氧化作用的多孔材料 3 位于起保护性吸附作用的多孔材料 4 之上方进行加热脱附再生。

(5) 控制单元 5 发出开启电加热指令，加热激活兼具吸附和催化作用多孔材料 3 的催化活性，维持其床层温度为  $170 \pm 1^\circ\text{C}$ ，使吸附在兼具吸附和催化作用多孔材料 3 表面的甲醛和苯系物氧化为二氧化碳和水。在此过程中，起保护性吸附作用的多孔材料 4 也被加热，且达到最高温度  $140 \pm 1^\circ\text{C}$  的时间比兼具吸附和催化作用多孔材料 3 温度达到  $170 \pm 1^\circ\text{C}$  要晚 1~3 分钟。起保护性作用的多孔材料被加热后，吸附在其表面的甲醛和苯系物被脱附出来，并在热力作用下向上流入兼具吸附和催化作用的多孔材料，最终被氧化为二氧化碳和水。连续检测从兼具吸附和催化作用多孔材料 3 表面逸出气体的二氧化碳浓度，6 分钟后，检测到的二氧化碳浓度与空气中二氧化碳的浓度相当，这表明催化氧化过程结束，多孔材料的吸附能力得到再生。

(6) 控制单元 5 发出指令停止加热，并同时开启风机 2 重新进行吸附。

上述步骤循环进行，实现净化空气的目的。

## 实施例 3

(1) 待处理的空气含有  $4.1 \text{ mg/m}^3$  甲醛、 $8.10 \text{ mg/m}^3$  苯系物( $0.96 \text{ mg/m}^3$  乙苯、 $6.58 \text{ mg/m}^3$  苯乙烯和  $0.56 \text{ mg/m}^3$  异丙苯)，所述待处理的空气在风机 2 的抽力作用下先通过颗粒过滤网 1，去除空气中夹杂的颗粒物。

(2) 利用兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 和起保护性吸附作用的多孔材料 4 吸附空气中的低浓度甲醛和苯系物。

兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 为负载 1%Pt 的二氧化钛(Pt/TiO<sub>2</sub>)；起保护性吸附作用的多孔材料为表面浸渍 6% 氧化锰的活性炭纤维 (Mn/ACF)。

经颗粒过滤网 1 过滤后的空气先通过 Pt/TiO<sub>2</sub>，再通过 Mn/ACF，空速为  $3 \times 10^4 \text{ h}^{-1}$ 。

(3) 借助仪器或人的嗅觉，监测从多孔材料 Mn/ACF 排出气体中甲醛、苯、甲苯和二甲苯的浓度，结果表明，连续通气 512 小时后，出口甲醛、乙苯、苯乙烯和异丙苯的浓度分别为  $0.1 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.07 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.09 \text{ mg/m}^3$  和  $0.10 \text{ mg/m}^3$ ，甲醛浓度刚好达到 GB/T18883—2002《室内空气质量标准》，其它污染物质的浓度低于限值。此时可认为兼具吸附和催化作用的多孔材料 3 和起保护性吸附作用的多孔材料 4 吸附饱和，由控制单元 5 发出指令关闭风机 2。

(4) 调整净化器放置方式，使兼具吸附和催化氧化作用的多孔材料 3 位于起保护性吸附作用的多孔材料 4 之上方进行加热脱附再生。

(5) 控制单元 5 发出开启电加热指令，加热激活兼具吸附和催化作用多孔材料 3 的催化活性，维持其床层温度为  $200 \pm 1^\circ\text{C}$ ，使吸附在兼具吸附和催化作用多孔材料表面的甲醛和苯系物氧化为二氧化碳和水。在此过程中，起保护性吸附作用的多孔材料也被加热，且达到最高温度  $120 \pm 1^\circ\text{C}$  的时间比兼具吸附和催化作用多孔材料温度达到  $200 \pm 1^\circ\text{C}$  要晚 1~3 分钟。起保护性作用的多孔材料被加热后，吸附在其表面的甲醛和苯系物被脱附出来，并在热力作用下向上流入兼具吸附和催化作用的多孔材料，最终被氧化为二氧化碳和水。连续检测从兼具吸附和催化作用多孔材料 3 表面逸出气体的二氧化碳浓度，5 分钟后，检测到的二氧化碳浓度与空气中二氧化碳的浓度相当，这表明催化氧化过程结束，多孔材料的吸附能力得到再生。

(6) 控制单元 5 发出指令停止加热，并同时开启风机 2 重新进行吸附。

上述步骤循环进行，实现净化空气的目的。

本发明方法可广泛用于地上、半地下和地下建筑物，以及车船、航天器、潜艇舱室空气的净化处理。

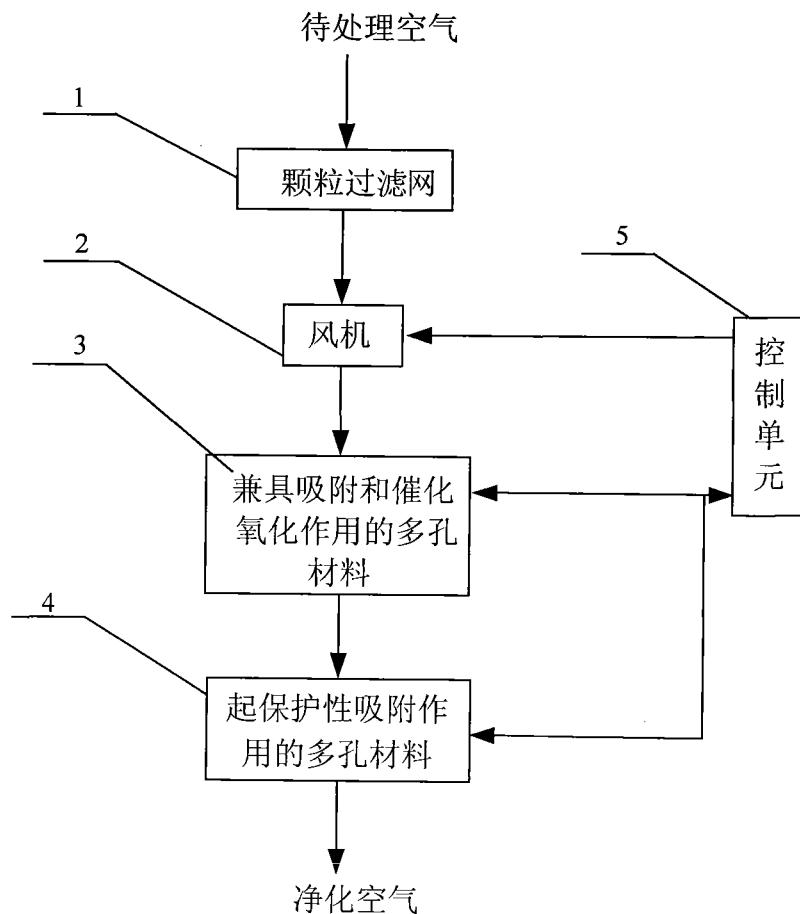


图 1

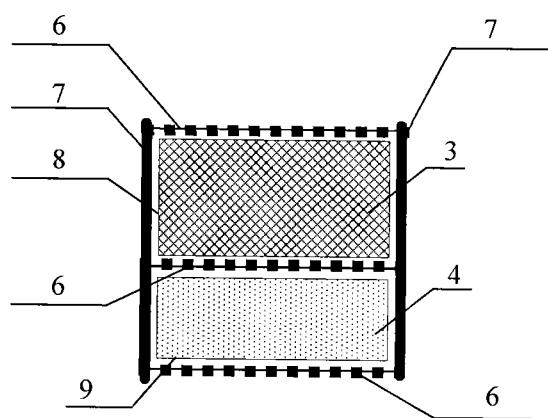


图 2