



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109078489 B

(45) 授权公告日 2021.06.18

(21) 申请号 201810997293.3

(22) 申请日 2018.08.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109078489 A

(43) 申请公布日 2018.12.25

(73) 专利权人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72) 发明人 汪辉 昌敏 白俊强 张扬

(74) 专利代理机构 西北工业大学专利中心

61204

代理人 顾潮琪

(51) Int. Cl.

B01D 53/86 (2006.01)

B01D 53/72 (2006.01)

B01D 53/44 (2006.01)

B01D 53/04 (2006.01)

B01D 53/26 (2006.01)

B01D 46/10 (2006.01)

A61L 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件

KR 101522890 B1, 2015.05.26

US 2017173529 A1, 2017.06.22

US 5221520 A, 1993.06.22

CN 207694550 U, 2018.08.07

CN 101991992 A, 2011.03.30

CN 107744714 A, 2018.03.02

CN 103742988 A, 2014.04.23

CN 104136855 A, 2014.11.05

CN 108273360 A, 2018.07.13

CN 108176153 A, 2018.06.19

CN 202844780 U, 2013.04.03

CN 201351971 Y, 2009.11.25

CN 203737058 U, 2014.07.30

CN 205323539 U, 2016.06.22

审查员 宋佳丽

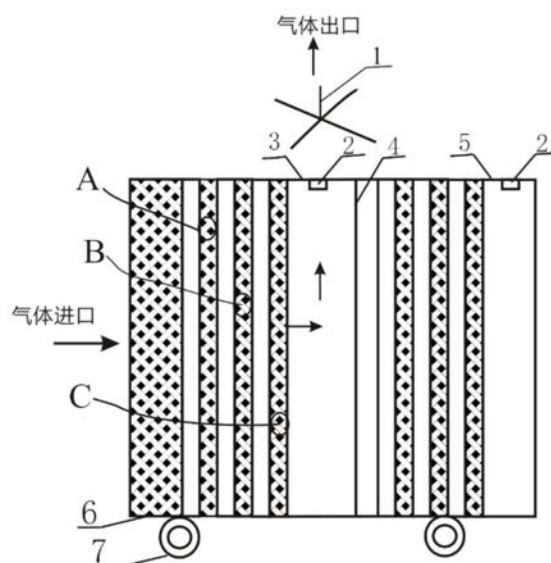
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置

(57) 摘要

本发明提供了一种可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,包括多级吸附系统和脱附系统,多级吸附系统在空气入口和出口之间依次安装有高通过滤网、除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层;除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层安装在不同的可旋转底盘上;气体检测模块安装在空气出口,抽取空气由空气入口向空气出口流动,并由气体检测模块检测空气出口的甲醛浓度;当除甲醛层达到设定吸附饱和浓度时进入脱附系统,由紫外灯管进行降解,除水蒸气层和除二氧化碳层在达到设定时间后进入脱附系统,由加热器加热脱附。本发明能够高效去除甲醛、VOC等有害气体,实现材质的循环再利用。



1. 一种可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,包括多级吸附系统、脱附系统、吸风单元、气体检测模块和可旋转底盘,其特征在于:所述的多级吸附系统在空气入口和出口之间依次安装有高通过滤网、除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层;所述的高通过滤网用于过滤粉尘颗粒物;所述的除水蒸气层采用硅胶或者分子筛材质,硅胶或者分子筛生长在活性炭棉或高通纤维上,且硅胶或者分子筛中掺杂有纳米银离子;所述的除二氧化碳层采用生长在活性炭棉或高通纤维上的金属有机骨架材料;所述的除甲醛层采用生长在活性炭棉或高通纤维上的金属有机骨架材料,金属有机骨架材料中掺杂光触媒;所述的除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层安装在不同的可旋转底盘上;所述的气体检测模块和吸风单元安装在空气出口,抽取空气由空气入口向空气出口流动,并由气体检测模块检测空气出口的甲醛浓度;所述的脱附系统包括紫外灯管和加热器;所述的气体检测模块检测到甲醛浓度,进而判定除甲醛层达到设定吸附饱和浓度时,可旋转底盘带动除甲醛层进入脱附系统,由紫外灯管对除甲醛层的甲醛进行降解;所述的除水蒸气层和除二氧化碳层在达到设定时间后由可旋转底盘带动进入脱附系统,由加热器加热脱附。

2. 根据权利要求1所述的可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,其特征在于:所述的多级吸附系统和脱附系统之间通过可以由开启和闭合的挡板进行分隔。

3. 根据权利要求1所述的可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,其特征在于:所述高通过滤网的孔径为 $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$,厚度为 $30\sim 50\text{mm}$,采用纳米纤维、高孔隙纤维陶瓷过滤器或电子微纤维空气过滤器;高通过滤网的孔径在厚度方向上沿风向逐渐变小,从 $0.3\mu\text{m}$ 均匀变化到 $0.1\mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求1所述的可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,其特征在于:所述的硅胶、分子筛或金属有机骨架材料通过浸渍涂抹或嫁接的方式生长在活性炭棉或高通纤维上。

5. 根据权利要求1所述的可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,其特征在于:所述的除水蒸气层中,活性炭棉或高通纤维的厚度为 $60\sim 120\text{mm}$,孔径为 $0.8\sim 3\text{mm}$,孔隙率在 0.90 以上,孔密度为 $50\sim 80\text{PPI}$;所述的纳米银离子与硅胶或者分子筛通过物理掺杂的方式混合均匀,纳米银离子与硅胶或者分子筛的质量比为 $0.5:99.9\sim 2:98$ 。

6. 根据权利要求1所述的可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,其特征在于:所述的除二氧化碳层中,金属有机骨架材料采用 Mg/DOBDC 或 $\text{Cu}-\text{BTC}$, Mg/DOBDC 或 $\text{Cu}-\text{BTC}$ 在活性炭棉或高通纤维内孔生长的厚度为 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ 。

7. 根据权利要求1所述的可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,其特征在于:所述的除甲醛层中,金属有机骨架材料采用 $\text{MIL}-101$ 或者 $\text{Cu}-\text{BTC}$,活性炭棉或高通纤维的厚度为 $80\sim 300\text{mm}$,孔径为 $0.6\sim 0.8\text{mm}$,孔密度为 $40\sim 80\text{PPI}$,活性炭棉或高通纤维的孔隙率在厚度方向上沿风向逐渐变小,从 0.95 均匀变化到 0.70 ;所述的光触媒与金属有机骨架材料按照 $0.5:99.9\sim 2:98$ 的质量比通过物理掺杂的方式均匀混合;所述的光触媒采用二氧化钛。

8. 根据权利要求1所述的可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,其特征在于:所述脱附系统的外壳与高通过滤网、底座、多孔板一起构成一个封闭腔体,所述的高通过滤网作为空气入口,所述的多孔板作为空气出口,所述的底座由若干个可旋转底盘构成,所述的除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层安装在可旋转底盘上。

9. 根据权利要求1所述的可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,其特征在于:所述的除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层均为相同的两份,一份旋入脱附系统中时,另一份旋入多级吸附系统,当可旋转底盘旋转时,多级吸附系统和脱附系统之间的挡板开启;当除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层处于吸附或脱附状态时,多级吸附系统和脱附系统之间的挡板闭合。

一种可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种室内空气净化装置,适用于对粉尘、PM2.5颗粒、CO₂、甲醛、有机挥发物(VOC)等有害气体浓度有一定量要求的室内空间等需要高效净化的场所。

背景技术

[0002] 随着人民生产水平的提高,房屋装饰装修当中出现的甲醛等主要污染气体造成的疾病事件的报道也逐渐增多,室内环境污染问题已经越来越受到人们的重视。尤其是甲醛、有机挥发物(VOC)等有害气体浓度超过一定浓度时会引起更为严重的恶心呕吐、咳嗽胸闷等症状,长期接触甲醛、有机挥发物(VOC)等有害气体后可能导致胎儿畸形、白血病等非常可怕的疾病。此外,存在于室内装修材质中的甲醛、有机挥发物(VOC)等有害气体具有挥发时间长,可以达到十几年之久,因此需要采用新型室内净化装置。

[0003] 目前,常见的室内空气污染控制方法主要有通风稀释、吸附、氧化、催化降解等几种。尤其是以吸附为主的去除装置广泛存在于市场上,主要材质是活性炭吸附剂、甲醛专用吸附剂、空调甲醛消除模块等。专利CN 104056661A介绍了一种制备纳米TiO₂的方法和基于TiO₂的系列光催化粉体,但该催化粉体利用效率有限,室内紫外线含量不足,难以充分发挥TiO₂的光催化降解能力;而且室内自然状态下一般甲醛浓度相对较低,要实现光催化还存在一个气体分子捕集的问题。专利CN203990242U提出了一种采用活性炭和紫外线灯管相结合方式的甲醛吸附装置,在其内部设有紫外线灯管,当吸附使用一段时间后,可以将之放置在室外,通电后紫外线灯工作,对活性炭进行照射和加热,使得活性炭释放部分空间,经过紫外线的照射后,使得活性炭回复部分活性,可以实现重复利用一段时间,但是这会导致二次污染。专利CN206492391U则提供了一种含有多级过滤系统的除甲醛装置:第一级除甲醛容器内盛装有除甲醛溶液,第二级除甲醛容器的内壁上设置有若干能喷洒除甲醛溶液的喷头,第三级除甲醛容器的内部中部设置有网状结构的固体除甲醛试剂。虽然上述专利在一定程度上改善了室内的空气质量,但具体去除效果仍然需要有待进一步考证。

[0004] 事实上,空气中的CO₂、甲醛、有机挥发物(VOC)等有害气体浓度较低而且种类较多,会导致多种气体之间会发生竞争吸附,从而使得目前的装置难以完全去除空气中的CO₂、甲醛、有机挥发物(VOC)等有害气体,并且会导致二次污染。

发明内容

[0005] 为了克服现有技术的不足,本发明提供一种室内空气净化装置,采用多级吸附系统和脱附系统,在吸附系统内,逐级去除PM2.5、粉尘、水蒸气和CO₂气体,从而高效去除甲醛、VOC等有害气体;在脱附系统中可以完全降解甲醛、有机挥发物(VOC),同时将吸附的水蒸气排出装置外,实现材质的循环再利用。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种可旋转无间断吸附-降解为一体的室内空气净化装置,包括多级吸附系统、脱附系统、吸风单元、气体检测模块和可旋转底盘。所述的多级吸附系统在空气入口和出口之间依次安装有高通过滤网、除水蒸气层、除

二氧化碳层和除甲醛层；所述的高通过滤网用于过滤粉尘颗粒物；所述的除水蒸气层采用硅胶或者分子筛材质，硅胶或者分子筛生长在活性炭棉或高通纤维上，且硅胶或者分子筛中掺杂有纳米银离子；所述的除二氧化碳层采用生长在活性炭棉或高通纤维上的金属有机骨架材料；所述的除甲醛层采用生长在活性炭棉或高通纤维上的金属有机骨架材料，金属有机骨架材料中掺杂光触媒；所述的除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层安装在不同的可旋转底盘上；所述的气体检测模块和吸风单元安装在空气出口，抽取空气由空气入口向空气出口流动，并由气体检测模块检测空气出口的甲醛浓度；所述的脱附系统包括紫外灯管和加热器；所述的气体检测模块检测到甲醛浓度，进而判定除甲醛层达到设定吸附饱和浓度时，可旋转底盘带动除甲醛层进入脱附系统，由紫外灯管对除甲醛层的甲醛进行降解；所述的除水蒸气层和除二氧化碳层在达到设定时间后由可旋转底盘带动进入脱附系统，由加热器加热脱附。

[0007] 所述的多级吸附系统和脱附系统之间通过可以由开启和闭合的挡板进行分隔。

[0008] 所述高通过滤网的孔径为 $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$ ，厚度为 $30\sim 50\text{mm}$ ，采用纳米纤维、高孔隙纤维陶瓷过滤器或电子微纤维空气过滤器；高通过滤网的孔径在厚度方向上沿风向逐渐变小，从 $0.3\mu\text{m}$ 均匀变化到 $0.1\mu\text{m}$ 。

[0009] 所述的硅胶、分子筛或金属有机骨架材料通过浸渍涂抹或嫁接的方式生长在活性炭棉或高通纤维上。

[0010] 所述的除水蒸气层中，活性炭棉或高通纤维的厚度为 $60\sim 120\text{mm}$ ，孔径为 $0.8\sim 3\text{mm}$ ，孔隙率在 0.90 以上，孔密度为 $50\sim 80\text{PPI}$ ；所述的纳米银离子与硅胶或者分子筛通过物理掺杂的方式混合均匀，纳米银离子与硅胶或者分子筛的质量比为 $0.5:99.9\sim 2:98$ 。

[0011] 所述的除二氧化碳层中，金属有机骨架材料采用 Mg/DOBDC 或 $\text{Cu}-\text{BTC}$ ， Mg/DOBDC 或 $\text{Cu}-\text{BTC}$ 在活性炭棉或高通纤维内孔生长的厚度为 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ 。

[0012] 所述的除甲醛层中，金属有机骨架材料采用 $\text{MIL}-101$ 或者 $\text{Cu}-\text{BTC}$ ，活性炭棉或高通纤维的厚度为 $80\sim 300\text{mm}$ ，孔径为 $0.6\sim 0.8\text{mm}$ ，孔密度为 $40\sim 80\text{PPI}$ ，活性炭棉或高通纤维的孔隙率在厚度方向上沿风向逐渐变小，从 0.95 均匀变化到 0.70 ；所述的光触媒与金属有机骨架材料按照 $0.5:99.9\sim 2:98$ 的质量比通过物理掺杂的方式均匀混合；所述的光触媒采用二氧化钛。

[0013] 所述脱附系统的外壳与高通过滤网、底座、多孔板一起构成一个封闭腔体，所述的高通过滤网作为空气入口，所述的多孔板作为空气出口，所述的底座由若干个可旋转底盘构成，所述的除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层安装在可旋转底盘上。

[0014] 所述的除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层均为相同的两份，一份旋入脱附系统中时，另一份旋入多级吸附系统，当可旋转底盘旋转时，多级吸附系统和脱附系统之间的挡板开启；当除水蒸气层、除二氧化碳层和除甲醛层处于吸附或脱附状态时，多级吸附系统和脱附系统之间的挡板闭合。

[0015] 本发明的有益效果是：提出了一种可旋转无间断吸附-降解为一体自带净化功能的室内空气净化装置，是利用金属有机骨架材料其具有大比表面积、金属位键和微观结构可调控的优势，对低浓度有害气体具有很强的专一吸附能力特性，从而逐层地吸附空气中的有害气体。通过有规律地将各个单元组装后，利用硅胶或者分子筛吸附水蒸气释放的热量可以为纳米银离子杀菌提供能量，同时可以逐层去除室内的 $\text{PM}_{2.5}$ 、水蒸气和 CO_2 、杀菌和

吸附甲醛。其中高通过滤网采用渐变式孔径可以很好地去除尘和PM2.5颗粒；针对吸附甲醛则可以采用渐变孔隙率方式，一方面可以增强气体在空隙内的扰动性能及内部的接触面积从而使得更低浓度的甲醛气体与MOFs材料相接触的时间增加，增强吸附效果，另外一方面，可以克服完全采用小孔隙率带来的大压降导致的能耗增加的问题，因此可以克服均匀孔隙率带来吸附甲醛效果不好的缺陷，此外采用旋转吸脱附装置可以使得硅胶或者分子筛膜、MOFs和掺杂光触媒的MOFs材料重复再利用。

[0016] 总之本发明能够高效去除室内低浓度甲醛和室内其他有害物质，可以广泛适用于新装修的房子等有限空间内低浓度甲醛和室内其他有害物质的去除，同时具有成本低、可重复再利用的优势。

附图说明

[0017] 图1是多级去除甲醛装置剖视图；

[0018] 图2是多级去除甲醛装置俯视图；

[0019] 图3是分布紫外灯管的钢丝网示意图；

[0020] 图4是活性炭棉或高通纤维生长硅胶或者分子筛示意图；

[0021] 图5是活性炭棉或高通纤维生长MOF示意图(除水蒸气)；

[0022] 图6是活性炭棉或高通纤维生长MOF示意图(除甲醛)。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明，本发明包括但不限于下述实施例。

[0024] 传统的活性炭吸附剂、甲醛专用吸附剂、空调甲醛消除模块等将空气中的水蒸气和CO₂同时吸附，因此会和甲醛产生竞争吸附，从而导致去除甲醛效果不好。并且无法彻底降解去除吸附的甲醛气体，造成脱附过程二次污染。针对上述问题，本发明提出了一种可旋转无间断吸附-降解为一体自带净化功能的室内空气净化装置，逐层吸附空气中的水蒸气和CO₂，从而避免杂质气体降低材料对甲醛吸附性能，并且结合对甲醛吸附性能最优的金属有机骨架材料，从而达到高效吸附甲醛的目的。

[0025] 本发明提供一种可旋转无间断吸附-降解为一体自带净化功能的室内空气净化装置，包括多级吸附系统和脱附系统。所述的吸附系统包括空气进口处有一道能够去除大部分粉尘颗粒物的高通过滤网，能吸附进口气体中水蒸气并生长在活性炭棉或高通纤维的掺杂有纳米银离子硅胶或者分子筛，以及能够去除低浓度CO₂的生长在活性炭棉或高通纤维上的金属有机骨架材料(MOFs)及进一步吸附低浓度甲醛的生长在活性炭棉或高通纤维上掺杂光触媒的MOFs材料。在脱附系统中，挡板右侧上分布紫外灯管，其中空隙分别与硅胶或者分子筛膜、金属有机骨架材料膜(MOFs)和掺杂着光触媒粉末的MOFs膜厚度相匹配，加热器分布在外壳内壁上。本发明还包括多孔盖顶、顶盖表面安装的气体检测模块、吸风单元和带有滑轮的底盘。

[0026] 所述的高通过滤网孔径分布在0.1~0.3μm，厚度为30~50mm，其成分可以是纳米纤维、高孔隙纤维陶瓷过滤器或电子微纤维空气过滤器，且高通过滤网的孔径在厚度方向上沿风向逐渐变小，从0.3μm均匀地变化到0.1μm。掺杂银离子的硅胶或者分子筛、MOFs和掺

杂光触媒的MOFs材料通过浸渍涂抹的方法或嫁接的方式生长在活性炭棉或高通纤维上,即与活性炭棉或高通纤维的表面紧密结合,其中活性炭棉或高通纤维的厚度在60~120mm,孔径在0.8~3mm,孔隙率在0.90以上,孔密度在50-80PPI,银离子与硅胶或者分子筛通过物理掺杂的方式混合均匀,其组份的质量比为0.5:99.9~2:98。除低浓度CO₂的生长在活性炭棉或高通纤维的MOFs为Mg/DOBDC或Cu-BTC,其均匀分布在活性炭棉或高通纤维内孔中。Mg/DOBDC或Cu-BTC在活性炭棉或高通纤维内孔生长的厚度为0.3~0.5mm。能够去除低浓度甲醛的生长在活性炭棉或高通纤维的MOFs为MIL-101或者Cu-BTC,其中活性炭棉或高通纤维的厚度在80~300mm,孔径在0.6~0.8mm,孔密度在40~80PPI,活性炭棉或高通纤维的孔隙率在厚度方向上沿进风方向逐渐变小,从0.95均匀地变化到0.70。光触媒与MOFs材料按照0.5:99.9~2:98的组份质量比通过物理掺杂的方式均匀混合,其中光触媒的成分为二氧化钛。

[0027] 净化后的气体可以通过监测模块,监测净化后气体的成分,然后再通过多孔的顶盖,利用顶盖上面的吸风单元使得净化后的气体流出装置。其中整个装置采用圆形或方形结构,中心宽度为80~120mm。

[0028] 脱附系统中,挡板右侧上分布紫外灯管,可以通过移动底盘进行移动,加热器分布在外壳内壁上。吸附系统和脱附系统之间可以根据净化气体出风口处的一套气体监测装置判断吸附饱和程度(公知),当达到饱和程度的50%以上,去除甲醛膜会通过底盘旋转到脱附区,然后在挡板上分布的紫外线灯管会自动开启,对吸附饱和甲醛的膜进行降解。吸附水蒸气的膜和低浓度CO₂的膜每隔24小时进入脱附系统中,进行吸附和脱附循环使用。其中对H₂O和CO₂脱附采用高温加热进行脱附。挡板上分布的紫外线二极管采用均匀点阵形式排布,与MOFs膜的掺杂光触媒相结合进行对吸附饱和的膜进行降解脱附处理。当吸附系统和脱附系统之间发生装置旋转是,通自动开启和闭合的挡板则进入自动开启状态;当处于吸附和脱附状态时,则挡板自动进入关闭状态。

[0029] 如图1和图2所示,本发明提供的高效无间断地去除甲醛的装置,由多级吸附系统和脱附系统构成。在吸附系统内,通过吸风系统1对装置内的气体进行抽吸,使得气体首先通过由可以去除PM2.5颗粒高通过滤网8,利用高通过滤网8的孔径在厚度方向上沿风向逐渐变小可以逐层过滤粉尘和PM2.5颗粒;然后通过能吸附水蒸气并生长在活性炭棉或高通纤维10的掺杂银离子的硅胶或者分子筛膜20,除低浓度CO₂的生长在活性炭棉或高通纤维12的金属有机骨架材料膜(MOFs) 21,最后通过进一步吸附低浓度甲醛、挥发性有机化合物等室内有害气体的生长在活性炭棉或高通纤维14的MOFs膜22,其中MOFs膜22掺杂着TiO₂粉末,当多孔板3上的气体监测模块监测出甲醛等有害气体的浓度到达进口的50%时,通过底盘6的旋转装置,同时吸附系统和脱附系统之间的挡板23会由原来的闭合状态变为打开,即可将吸附态生长在活性炭棉或高通纤维14的MOFs膜22旋转到脱附系统内,然后在挡板4上分布的紫外灯管19会自动开启,启动紫外光催化降解系统,掺杂的光触媒和紫外线光催化降解,在一体机内部构建紫外光催化环境,高效分解甲醛等污染气体,直至内部污染气体浓度降低到阈值以下。CO₂和水脱附采用间隔为24小时的吸脱附过程,当吸附时间达到24小时后进入脱附系统,由分布在外壳18内壁上的加热器进行脱附处理,同时当带有自动开孔的多孔板5上的气体监测装置2监测到脱附系统中有害气体的浓度较低时,打开孔道排出脱附出来的气体,否则关闭孔道,继续进行脱附降解处理。在脱附吸附系统中,挡板4右侧上分布

紫外灯管19,其中空隙9、11、13和15、16、17分别与硅胶或者分子筛膜10、金属有机骨架材料膜(MOFs)12和掺杂着光触媒粉末的MOFs膜14厚度相匹配。底盘处有滑轮7,可以方便整套装置移动。此套装置除了吸附PM2.5颗粒的膜需要定期更换,其他组件无需更换及可循环使用,从而达到节约成本的目的。

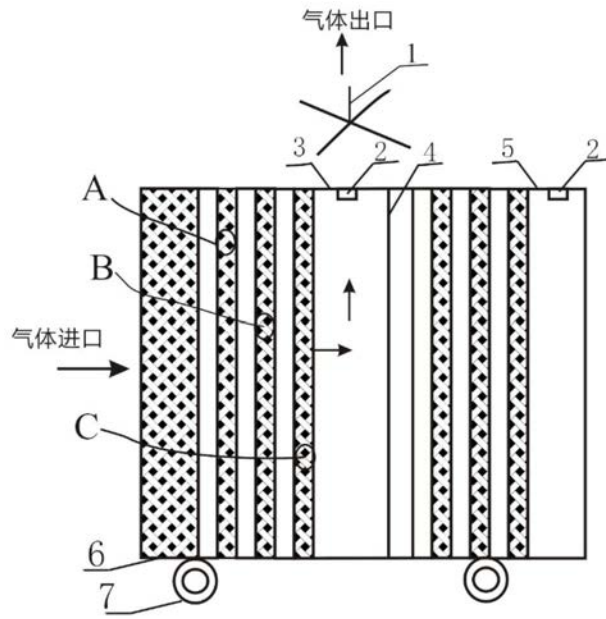


图1

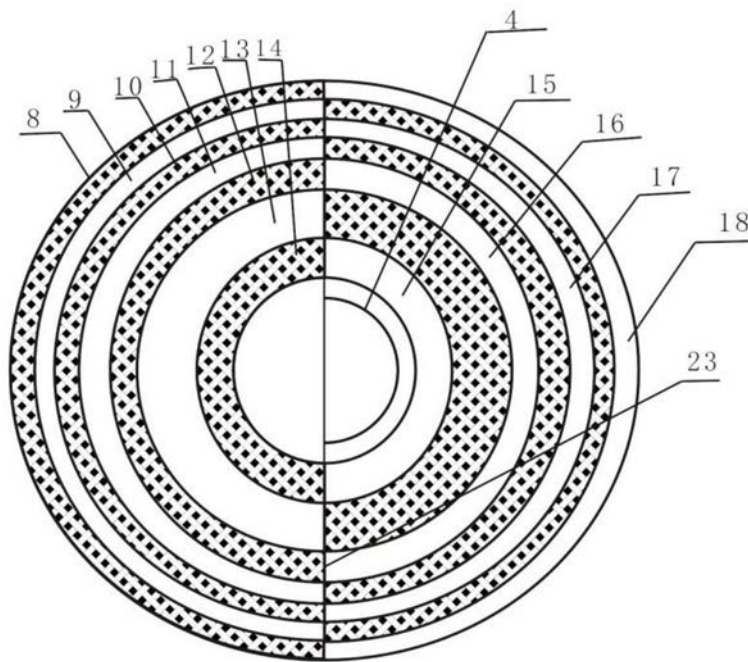


图2

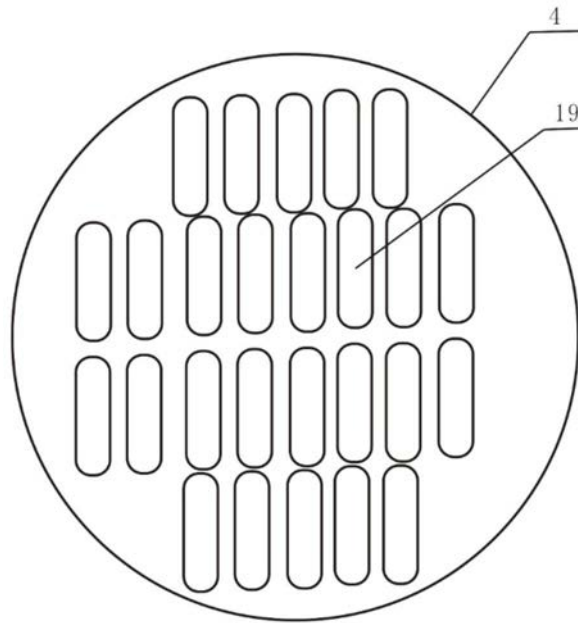


图3

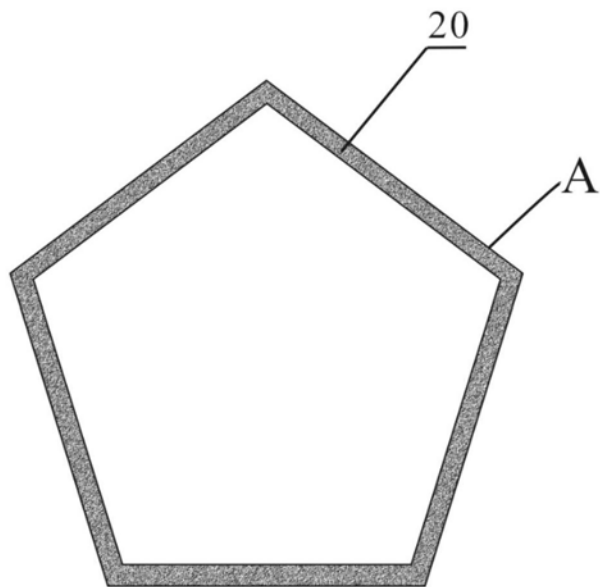


图4

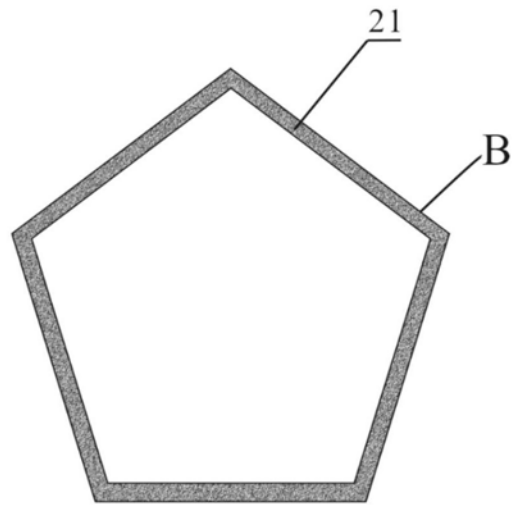


图5

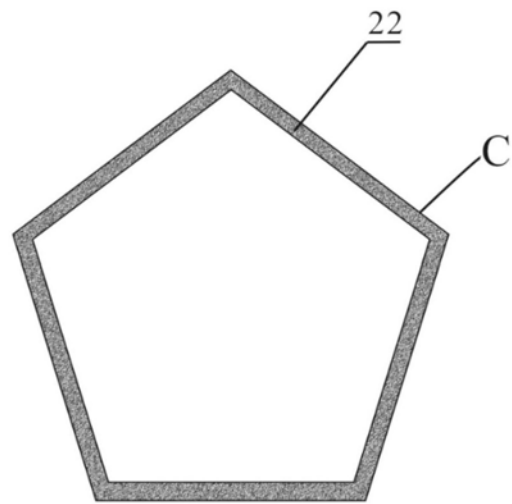


图6