(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 12 月 30 日 (30.12.2020)

(10) 国际公布号
WO 2020/258924 A1

(51) 国际专利分类号:
B01D 53/84 (2006.01) *B01D 53/72* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/079328

(22) 国际申请日: 2020 年 3 月 13 日 (13.03.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910568415.1 2019年6月27日 (27.06.2019) CN

(71) 申请人: 青岛理工大学(**QINGDAO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。

(72) 发明人: 徐爱玲(**XU, Ailing**); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。 宋志文(**SONG, Zhiwen**); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。 李慧娟(**LI, Huijuan**); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。 乔凤禄(**QIAO, Fenglu**); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。 袁小懿(**YUAN, Xiaoyi**); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。 李英杰(**LI, Yingjie**); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。

(54) **Title:** DEVICE FOR FORMALDEHYDE DEGRADATION AND METHOD FOR FORMALDEHYDE DEGRADATION

(54) **发明名称:** 一种甲醛降解装置及甲醛降解方法

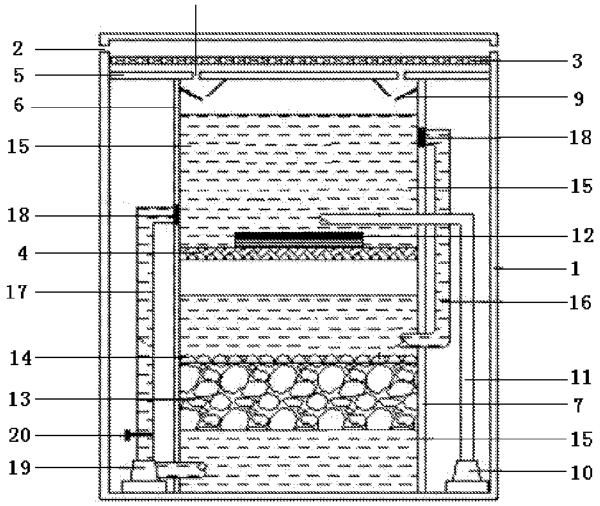

图 1

(57) **Abstract:** Disclosed are a device for indoor formaldehyde degradation and a method for formaldehyde degradation, based on the microbial degradation of the harmful gas formaldehyde in indoor air, comprising setting with an ultrasonic generator (12), using low-intensity ultrasonic waves to smash water molecules, so that formaldehyde is dissolved in the water and is then efficiently degraded by formaldehyde-reducing strains, and allowing the formaldehyde in the air to dissolve in the liquid medium with the maximum efficiency in order to maximize the dissolution of formaldehyde. The formaldehyde-reducing strains that is grown on the biofilm with formaldehyde as the only carbon source and nitrogen source is used to degrade formaldehyde in order to maximize the degradation of formaldehyde.

(57) **摘要:** 一种室内甲醛降解装置及甲醛降解方法，基于微生物降解室内空气中的有害气体甲醛，设有超声波发生器（12），采用低强度超声波震碎水分子，使甲醛溶解于水中，继而被降甲醛菌株高效降解，最大效率让空气中甲醛溶于液体培养基中，实现甲醛溶解的最大化，利用生物膜上面生长的以甲醛为唯一碳源和氮源的降甲醛菌株来降解甲醛，实现甲醛降解的最大化。

WO 2020/258924 A1

[见续页]

(74) 代理人:济南圣达知识产权代理有限公司(**JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.**); 中国山东省济南市经十路17703号华特广场B308室, Shandong 250061 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种甲醛降解装置及甲醛降解方法

技术领域：

本发明属于空气净化设备技术领域，涉及一种甲醛降解装置及甲醛降解方法，尤其涉及一种基于微生物法降解室内空气中的有害气体甲醛的装置及方法。

背景技术：

室内空气污染对人体健康的威胁触目惊心，其中甲醛更成为健康的“隐形杀手”。中国消费者协会公布过一项调查结果：抽样检测新装修的住房中有七成含有有毒气体，新装修房子室内甲醛超标达 75%以上，有些浓度甚至可达到 3.0mg/L。在这样的新居中，人们往往出现头痛、头晕、过敏性疲劳和眼、鼻、喉刺痛等不适感，世界卫生组织(WHO)将此现象称为“病态建筑物综合征”。基于此，对室内空气甲醛的降解净化尤为重要，“健康呼吸”已成为迫切需要。

目前常用的甲醛去除方式主要有物理吸附法，化学法和微生物法：物理吸附法主要为活性炭吸附法，虽然可以吸收甲醛，但是也存在缺陷，活性炭对甲醛的被动吸附作用范围有限，效率低，若重复使用操作麻烦且仅仅是吸收甲醛并不能实现降解甲醛的目的；化学法降解甲醛的作用较快，但是药剂消耗量大，成本高，更换麻烦，存在产生其他更难降解的污染物的可能性；微生物法是新兴的甲醛处理方法，具有运行费用低，无二次污染的优点，但是存在直接曝气甲醛溶解量少，降解效率差，降解时间长等问题；例如：中国专利 201710677599.6 公开的一种家用除甲醛装置，涉及除甲醛技术领域。包括：壳体、进风口、出风口、紫外线灯、甲醛吸附网、活性炭吸附网和微生物净化柱、吸收液槽、固定板以及风机；甲醛吸附网上浸润有二氧化钛溶液；微生物净化柱内设有经过活化的固定化微生物小球；吸收液槽内装有三聚氰胺溶液；可通过紫外线灯照射甲醛吸附网上的二氧化钛溶液使其发生光催化反应，从而氧化分解空气中的甲醛；通过微生物净化柱内的固定化微生物小球降解甲醛；通过活性炭吸附网对室内空气进行净化；最后通过吸收液槽内的三聚氰胺溶液进一步吸收甲醛；中国专利 201410607342.X 公开的一种除甲醛空气净

化器，属于环保技术领域，由甲醛吸收系统、甲醛去除系统和附属结构组成，甲醛吸收系统包括进气口、进气风机、吸收液喷头、喷淋吸收腔、过风口、隔水透气网、排气口、集液斗，甲醛去除系统包括微生物净化柱、吸收液槽、吸收液循环泵、流量计、吸收液排空管，附属结构包括外壳、底座和开关，利用雾化吸收液溶解甲醛、利用固定化微生物降解去除甲醛。因此研发一种基于微生物法的甲醛降解装置，实现高效溶解降解甲醛、对人体不产生任何伤害，具有很高的社会意义及实用价值。

发明内容：

本发明的目的在于克服现有技术存在的缺点，设计一种甲醛降解装置，实现最大化降解和溶解空气中的甲醛。

为了解决目前降解甲醛过程中直接曝气甲醛溶解量少、降解效率差、降解时间长等的问题，本发明公开了一种甲醛降解装置，包括主反应单元、液体循环单元和进气单元，主反应单元包括用于降解甲醛的反应容器，反应容器包括至少两个腔室，至少两个腔室中的第一腔室内设置有超声波发生器，第二腔室内设置有微生物载体及附着于微生物载体上的降甲醛菌生物膜；液体循环单元用于连通反应容器的腔室，使得不同腔室内的液体循环；进气单元将含甲醛气体输送至第一腔室。

此外，为了更好利用甲醛降解装置，提升甲醛降解效率、提高降甲醛菌存活率、降低降甲醛菌损耗，本发明还公开了一种甲醛降解方法，基于上述甲醛降解装置，提供优化的工艺条件。

本发明的技术方案取得了以下有益效果：

本发明甲醛降解装置与现有技术相比，设有超声波发生器，采用低强度超声波震碎水分子，使甲醛溶解于水中，继而被降甲醛菌株高效降解，最大效率让空气中甲醛溶于液体培养基中，实现甲醛溶解的最大化，利用生物膜上面生长的以甲醛为唯一碳源和氮源的降甲醛菌株来降解甲醛，实现甲醛降解的最大化；

本发明甲醛降解装置结构简单、使用方便、成本低，操作性和实用性强，能够高效吸附和降解甲醛，提高甲醛的溶解率和降解率，同

时对空气中其他污染物也有净化作用，最高效率降解室内甲醛，提高室内空气质量，具有非常实用的现实意义和实用价值。

附图说明：

图 1 为本发明的主体结构原理示意图。

图 2 为本发明的主体结构剖视原理示意图。

图 3 为本发明涉及的超声波发生器曝气与直接曝气的甲醛溶解率线性图。

图 4 为本发明涉及的超声波发生器频率与微生物灭活率的线性关系示意图。

具体实施方式：

下面通过实施例并结合附图对本发明作进一步说明。应该指出，以下详细说明都是示例性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本发明使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非本发明另外明确指出，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

为了方便叙述，本发明中如果出现“上”、“下”、“左”“右”字样，仅表示与附图本身的上、下、左、右方向一致，并不对结构起限定作用,仅仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的设备或元件必须具有特定的方位，以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

正如背景技术所介绍的，目前基于微生物法甲醛处理方法，普遍存在直接曝气甲醛溶解量少、降解效率差、降解时间长等问题，本发明有针对性的对于上述问题，设计了一种甲醛降解装置，实现最大化降解和溶解空气中的甲醛。

实施例 1：

如图 1-图 2 所作示例但不限于此，本实施方式中的甲醛降解装

置，包括主反应单元、液体循环单元和进气单元，主反应单元包括用于降解甲醛的反应容器，反应容器包括至少两个腔室，至少两个腔室中的第一腔室内设置有超声波发生器，第二腔室内设置有微生物载体及附着于微生物载体上的降甲醛菌生物膜；液体循环单元用于连通反应容器的腔室，使得不同腔室内的液体循环；进气单元将含甲醛气体输送至第一腔室。

进气单元将含有甲醛气体（如装修后的室内空气等）输送至第一腔室，第一腔室内的超声波发生器工作后可将腔室内的液体中水分子震碎，甲醛与水分子大面积接触融合，增加甲醛的溶解率，从而使得第一腔室的液体中含有足量甲醛，第一腔室中的液体通过液体循环单元流入第二腔室，使甲醛溶解的液体进入第二腔室，甲醛在微生物载体和生物膜上停留并被降解，同时，通过液体循环单元将第二腔室的液体输送到第一腔室，实现液体的循环和重复利用。

生物膜为以甲醛为唯一碳源和氮源的降解甲醛菌株组成；本发明可以采用现有技术中报道的降甲醛解菌，例如甲基营养型细菌，或一些真菌和非甲基营养菌降甲醛菌，目前降甲醛菌降解甲醛的方式主要分为同化作用和异化作用两大类途径，同化作用包括丝氨酸途径和核酮糖单磷酸途径（RuMP），丝氨酸途径是将甲醛的碳分子转移到四氢叶酸上形成亚甲基四氢叶酸，然后与甘氨酸结合形成丝氨酸；同化的另一条途径-RuMP 途径开始于甲醛和 5-磷酸核酮糖（RuMP）的缩合反应，最终生成磷酸二氢丙酮（DHAP)。甲醛的异化作用一般指甲醛的氧化途径，通过甲醛脱氢酶将甲醛转化为甲酸，而后反应生成 CO_2 和 H_2O，另一种甲醛氧化途径为环化氧化途径，甲醛与 C_5 受体分子结合形成 C_6 化合物进入代谢循环。

反应容器中腔室内的液体为用于维持降甲醛菌活性的液体培养基，例如包括维持降甲醛菌活性所必须的氮源、碳源、微量元素等的水溶性液体培养基，能够为降甲醛菌的生长提供最好的营养环境和生长条件。

微生物载体设置于第二腔室内，微生物载体可选的由果壳活性炭、火山石、麦饭石、柱状活性炭、石英球、细菌球、尼特利微生物

纤维环、陶粒滤料、培养生物球和珊瑚骨中的一种或几种组成。微生物载体的添加通常不会提高甲醛降解菌的降解能力，但会加快其在休眠条件下的启动速率和挂膜效率。相较于常见的碳酸钙和钙基膨润土等微生物载体材料，本发明所选的微生物载体效果更优，甲醛菌附着能力强，繁殖快、挂膜效率高，附着于其上甲醛降解菌群的降解能力更优。微生物载体在第二腔室的位置，可选的如图 1 所示，微生物载体 13 设置在第二腔室 7 下端的 2/5 处，该位置设置可以更好的为微生物挂膜提供空间，较快挂膜。

本发明其他实施例中，用于降解甲醛的反应容器，可以包括两个腔室，也可以包括三个或更多个腔室，第三腔室或更多个腔室可以如第一腔室或第二腔室发生作用，例如第三腔室中设置微生物载体和生物膜，并通过液体循环单元与其他腔室连通。

反应容器的腔室可以并排设置也可以上下设置，较佳的实施例子中例如图 1 所示，两个腔室上下设置，通过隔板 4 将反应容器间隔为第一腔室 6 和第二腔室 7，通过上下方式设置，可以使得第一腔室中溶解的甲醛及空气进入第二腔室后，因第二腔室内液体压力更大，甲醛及空气不易从水中溶出，第二腔室的降甲醛菌生物膜降解甲醛后，通过液体循环单元进入第一腔室时液体压强减少，除甲醛后溶解在液体中的气体更容易溶出释放。

本实施例中超声波发生器设置于第一腔室中，其位置可以分布于第一腔室的中部、底部、侧边位置，只要能促进气体溶解发生即可。优选的方式中，如图 1 中，将超声波发生器 12 设置于第一腔室 6 的底部，进气单元输送气体至超声发生器的上部接近的位置，以便于更大效率的促进气体分散溶解。超声波发生器可以选择使用的超声波频率包括 20KHz、25KHz、28KHz、30KHz 、35KHz、40KHz、60KHz、80KHz、100KHz 等，具体使用时，考虑到超声波发生器对于降甲醛微生物灭活率和整个装置甲醛降解率的影响，超声波频率选择在 30KHz-35KHz 范围内低强度超声波，效果更好。此外，超声波发生器工作室采用间歇模式工作，以寻求气体溶解和液体循环输送的平衡，实现甲醛溶解最大化。

甲醛降解装置中的进气单元通常包括输送气体的管道或隔板形成的进气通道等，较优的实施例子中，如图 1 所示，进气单元可以包括气泵 10，气泵 10 与通气管道 11 的一端连接，通气管道 11 的另一端与第一腔室 6 连通，通气管道 11 的另一端设置于超声发生器的上部接近的位置。当然，在通气管道 11 的另一端可以进一步增加多孔的曝气盘或类似结构，以配合超声发生器的作用，从而可以更为快速的曝气、增加含甲醛气体溶解速率。

甲醛降解装置中的液体循环单元用于连通反应容器的腔室，使得不同腔室内的液体循环，液体循环单元可以采用不限于管道方式来连通反应容器的不同腔室，管道可以有 2 个、3 个、4 个或更多个，满足不同腔室液体实现循环即可。较优的实施例如本发明图 1 中，针对容器的至少两个腔室，液体循环单元包括至少两个连通管道，第一腔室 6 的上部与第二腔室 7 的上部之间设置有第一连通管道 16，第一连通管道 16 在第二腔室 7 的入口位于生物膜的上方，第一腔室 6 的下部与第二腔室 7 的下部之间设置有第二连通管道 17，这样设置，可以使得超声后溶解有足量甲醛的第一腔室中的液体，通过第一管道流入第二腔室，甲醛在微生物载体和生物膜上停留并被降解，经过微生物载体和生物膜后的去甲醛液体，通过第二腔室下部经第二联通管道输送到第一腔室下部，释放溶解在液体中的去除甲醛后气体，液体再次被超声发生器作用，用于溶解甲醛，实现液体的循环和重复利用。连通管道布设方式可以选择位于反应容器同侧，或异侧，或以环绕反应容器方式布设等。

进一步的，甲醛降解装置中，为维持装置的长时间运行稳定性，连通管道与反应容器的腔室之间应设置有筛网，用于阻挡空气和液体中的大颗粒污染物进入腔室，筛网的孔径也以阻挡空气和液体中的大颗粒污染物进入腔室为宜。例如，如图 1 所示，第一连通管道 16 与第一腔室 6 之间、第二连通管道 17 与第一腔室 6 之间均设置有筛网 18，此外，第二连通管道 17 靠近第二腔室 7 的一端设置有水泵 19，第二连通管道 17 设置有止回阀 20，止回阀 20 在水泵 19 的上方。水泵 19 为液体培养基 15 的循环提供动力，将第二腔室 7 中流经微生物

载体 13 的液体培养基 15 输送到第一腔室 6，以完成液体培养基 15 的循环；止回阀 20 设置于下连通管道 17 下端的 1/10 处，用于防止第二连通管道 17 中的液体培养基 15 回流。

进一步的，甲醛降解装置的主反应单元还包括活性炭载体，反应容器中的第一腔室顶壁开设有第二通风口，（甲醛降解反应后）反应容器第一腔室中的气体经第二通风口后通过活性炭载体进一步吸附，从而提高甲醛或空气中其他有害气体的去除率。具体的，可以如图 1 所示，反应容器 1 由隔板 4 和盖板 5 分隔成第一腔室 6 和第二腔室 7，盖板 5 与反应容器 1 固定连接（盖板形成第一腔室的顶壁），盖板 5 开设有第二通风口 8，内空式结构的主反应单元的顶端侧壁开设有成对布置的第一通风口 2，第一通风口 2 的下方设置有活性炭载体 3。该方案中，第一通风口 2 和第二通风口 8 为降解净化后的空气提供出口；活性炭载体 3 吸收未降解的甲醛和空气中其他有毒害的气体，能够提高甲醛和空气中其他有毒害气体的降解能力。此外，在第二通风口 8 下方还可以设置挡板 9，用于阻挡被超声波发生器 12 震碎而震荡起来的水波通过第二通风口 8。

优选的方案中，本实施例涉及的反应容器 1 为长方体结构，在侧壁还可以设置有便于进入反应容器 1 内部进行检修和维护的开关门，以增加使用年限和美观程，移动方便，结构简单易操作；在反应容器的第一腔室 6 和第二腔室 7 还可以设置有便于液体培养基 15 灌装、更新和排出的阀门，方便应用。

为了更为快速和充分的去除一定空间内的甲醛，反应容器可以设置多个，抑或是主反应单元设置多组，当然使用多个本发明的甲醛降解装置在允许的条件下也是可行的。

此外，本发明的甲醛降解装置还可以包括温控装置，用于控制液体培养基的温度，促进甲醛降解反应的发生。

本实施例的甲醛降解装置可以应用于多种环境，尤其适用于室内环境去除甲醛。

实施例 2：

如图 1-图 2 所示具体的甲醛降解装置，本实施例涉及的室内甲醛降解装置使用时，气泵 10 通过通气管道 11 将含有甲醛的室内空气抽入第一腔室 6，超声波发生器 12 间歇工作，将第一腔室 6 中的水分子震碎，甲醛与水分子大面积接触融合，使第一腔室 6 中的液体培养基 15 中含有足量甲醛，同时，第一腔室 6 中的液体培养基 15 通过第一连通管道 16 流入第二腔室 7，使甲醛进入第二腔室 7，甲醛在微生物载体 13 和生物膜 14 上停留并被降解，被降解的含溶解气体的液体通过水泵 19 和第二连通管道 17 被输送至第一腔室 6，释放的气体依次经过第二通风口 8、活性炭载体 13 和第一通风口 2 排入室内。其中，未被降解的气体通过由活性炭载体 13 吸附降解后进入室内，提高了甲醛或空气中其他有害气体的降解率，水泵 19 提供的动力通过第二连通管道 17 将第二腔室 7 下端的液体培养基 15 输送到第一腔室 6，实现液体培养基 15 的循环和重复利用。

实施例 3：

本实施例涉及的室内甲醛降解装置采用超声波发生器 12 曝气与现有技术中的甲醛降解装置采用直接曝气分别溶解浓度为 3.0mg/L 的甲醛，利用高效液相色谱法测定的甲醛溶解率如图 3 所示，超声波发生器 12 曝气的甲醛溶解率高于直接曝气的甲醛溶解率；超声波发生器 12 的频率为 40KHz 时，甲醛溶解率最大；超声波发生器 12 对降甲醛菌有灭活作用，不同超声条件下样品微生物灭活率(i)的计算公式为：$i=(1-Nt/N0)\times100\%$，其中，Nt 为超声处理后水样中微生物菌落数，cfu/mL；N0 为超声处理前水样中微生物菌落数，cfu/mL；随着超声时间的增加，微生物灭菌率先呈上升趋势，后呈下降趋势，超声时间在 20min 时，微生物灭菌率达到最大，超声波发生器 12 在间歇工作 20min 后（间歇：工作=8:2），在不同超声波发生器 12 的频率下的微生物灭活率，如图 4 所示，超声波发生器 12 的功率为 38W，频率为 30KHz 时，微生物存活率最高。

实施例 4：

本实施例涉及的室内甲醛降解装置的上腔室 6 的不同回流比对

液体培养基 15 的停留时间、降甲醛菌灭活率和甲醛降解率的影响结果如下表：

回流比（%/h）	回流时间（min）	循环液体内微生物灭活率（%）	载体上微生物灭活率（%）	甲醛最终溶解量（mg/L）	甲醛降解率（%）
20%	108min	35.0%	12.1%	0.64mg/L	58.9%
50%	90min	37.2%	7.2%	0.46mg/L	65.1%
100%	60min	45.9%	25.0%	0.15mg/L	75.3%
150%	45min	50.8%	27.9%	0.70mg/L	57.0%
200%	30min	60.1%	28.0%	0.55mg/L	62.0%

其中：甲醛降解率=甲醛最初溶解率-甲醛最终溶解率，回流比为 100%时，甲醛降解率最高，微生物灭活率最低。

实施例 5：

本实施例涉及的室内甲醛降解装置的超声波发生器 12 的频率和第一腔室 6 的回流比对甲醛溶解率和微生物存活率影响最大。基于实施例 3 中超声波发生器 12 的功率为 38W 时，微生物存活率最高，以及实施例 4 中回流比为 100%时，甲醛降解率最高，微生物灭活率最低的影响。设置最优频率和回流比如下表：

频率（KHz）	30KHz	35KHz	40KHz	45KHz
回流比（%）	95%	100%	105%	110%

通过控制变量法对频率和回流比的优化从而对微生物灭活率和甲醛降解率的影响如下表：

频率（KHz）	回流比（%）	循环液体内微生物灭活率（%）	载体上微生物灭活率（%）	甲醛溶解率（%）	甲醛降解率（%）
30KHz	95%	45.8%	10.5%	74.5%	59.3%
30KHz	100%	42.3%	14.3%	75.3%	63.7%
30KHz	105%	41.5%	12.0%	75.0%	63.0%

30KHz	110%	45.5%	13.6%	73.6%	60.8%
35KHz	95%	45.0%	11.1%	79.3%	73.9%
35KHz	100%	42.6%	9.2%	81.0%	77.5%
35KHz	105%	43.2%	10.6%	77.8%	70.3%
35KHz	110%	45.9%	10.3%	79.9%	72.3%
40KHz	95%	54.3%	22.3%	79.3%	74.9%
40KHz	100%	53.0%	19.2%	81.2%	75.3%
40KHz	105%	48.8%	18.0%	81.2%	72.0%
40KHz	110%	50.0%	18.3%	78.1%	70.5%
45KHz	95%	55.3%	17.6%	73.6%	66.3%
45KHz	100%	53.5%	18.0%	76.2%	72.0%
45KHz	105%	56.0%	18.6%	73.0%	65.2%
45KHz	110%	57.2%	17.1%	74.8%	65.8%

如上表结果所述在超声波发生器 12 的频率为 35KHz，第一腔室 6 的回流比为 100%时，降甲醛菌灭活率最低，存活率最高，循环液体内微生物灭活率为 42.6%，载体上微生物灭活率为 9.2%。且甲醛溶解率和降解率都较高，甲醛溶解率为 81.0%，甲醛降解率为 77.5%。此时本实施例涉及的室内甲醛降解装置完全可以满足降解室内甲醛的需求。

权利要求书

1、一种甲醛降解装置，其特征在于，包括主反应单元、液体循环单元和进气单元，主反应单元包括用于降解甲醛的反应容器，反应容器包括至少两个腔室，至少两个腔室中的第一腔室内设置有超声波发生器，第二腔室内设置有微生物载体及附着于微生物载体上的降甲醛菌生物膜；液体循环单元用于连通反应容器的腔室，使得不同腔室内的液体循环；进气单元将含甲醛气体输送至第一腔室。

2、根据权利要求 1 所述的一种甲醛降解装置，其特征在于，微生物载体设置于第二腔室内，微生物载体可选的由果壳活性炭、火山石、麦饭石、柱状活性炭、石英球、细菌球、尼特利微生物纤维环、陶粒滤料、培养生物球和珊瑚骨中的一种或几种组成。

3、根据权利要求 1 所述的一种甲醛降解装置，其特征在于，超声波发生器设置于第一腔室的底部，进气单元输送气体至超声发生器的上部接近的位置。

4、根据权利要求 1-3 任一项所述的一种甲醛降解装置，其特征在于，进气单元包括气泵和通气管道，气泵与通气管道的一端连接，通气管道的另一端与第一腔室连通，通气管道的另一端设置于超声发生器的上部接近的位置。

5、根据权利要求 1-3 任一项所述的一种甲醛降解装置，其特征在于，液体循环单元包括至少两个连通管道，第一腔室的上部与第二腔室的上部之间设置有第一连通管道，第一连通管道在第二腔室的入口位于生物膜的上方，第一腔室的下部与第二腔室的下部之间设置有第二连通管道。

6、根据权利要求 5 所述的一种甲醛降解装置，其特征在于，第一连通管道与第一腔室之间、第二连通管道与第一腔室之间均设置有筛网，第二连通管道靠近第二腔室的一端设置有水泵，第二连通管道设置有止回阀，止回阀在水泵的上方。

7、根据权利要求 1-3 任一项所述的一种甲醛降解装置，其特征在于，反应容器由隔板和盖板分隔成第一腔室和第二腔室，盖板与反应容器固定连接，盖板开设有第二通风口，内空式结构的主反应单元的顶端侧壁开设有成对布置的第一通风口，第一通风口的下方设置有

活性炭载体，第二通风口下方设置挡板。

8、根据权利要求 1-3 任一项所述的一种甲醛降解装置，其特征在于，反应容器为长方体结构，在侧壁设置有便于进入反应容器内部进行检修和维护的开关门；在反应容器的第一腔室和第二腔室设置有便于液体培养基灌装、更新和排出的阀门。

9、根据权利要求 1-3 任一项所述的一种甲醛降解装置，其特征在于，甲醛降解装置还包括温控装置。

10、一种甲醛降解方法，其特征在于，使用如权利要求 1-9 任一项所述的甲醛降解装置，使用时超声波发生器的超声波频率选择在 30KHz-35KHz 范围内，超声波发生器工作室采用间歇模式，第一腔室的工作回流比为 100%。

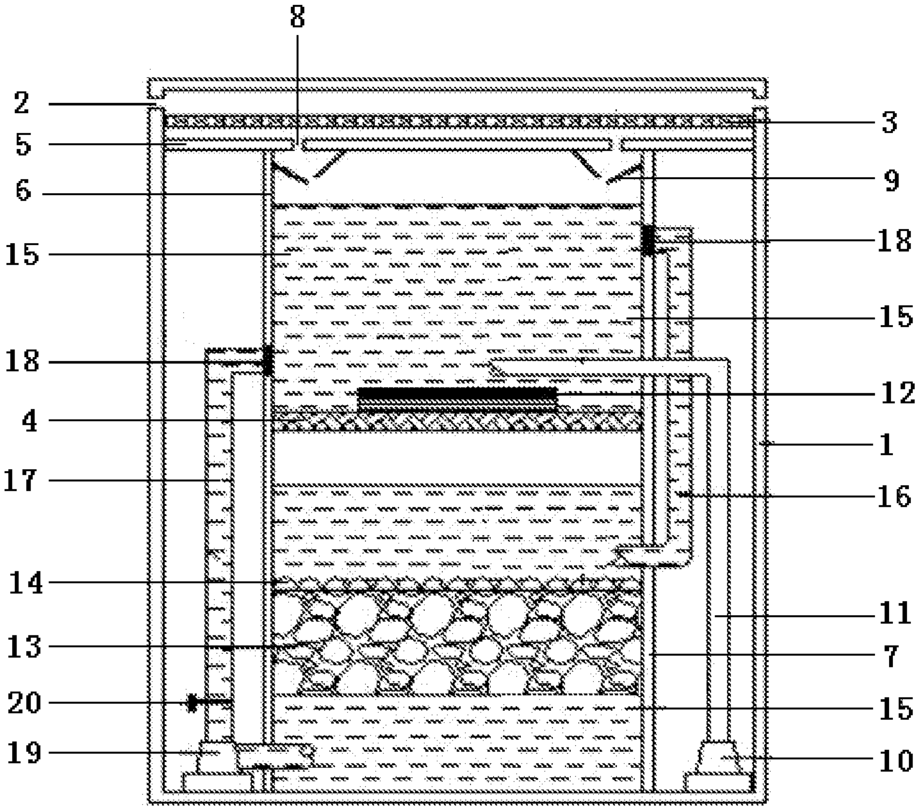

图 1

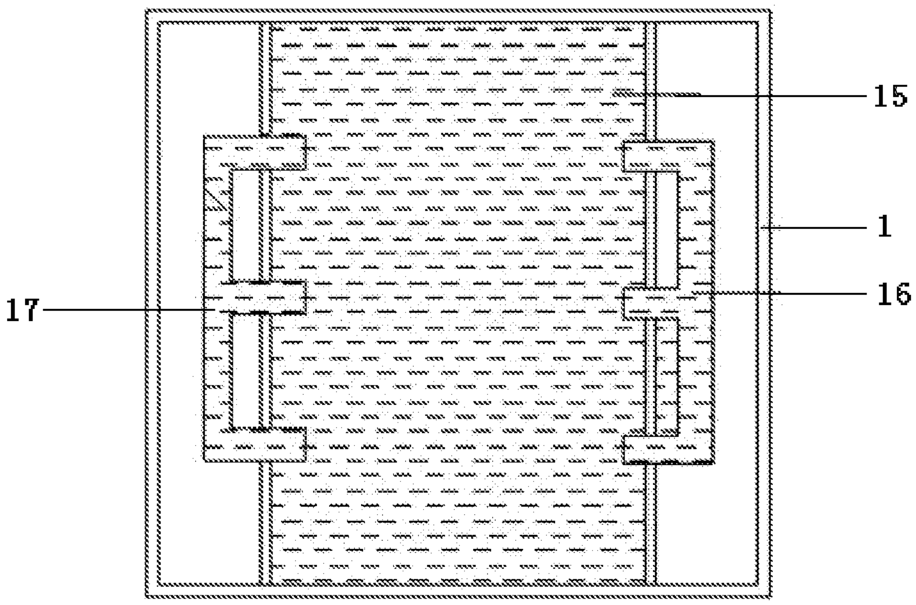

图 2

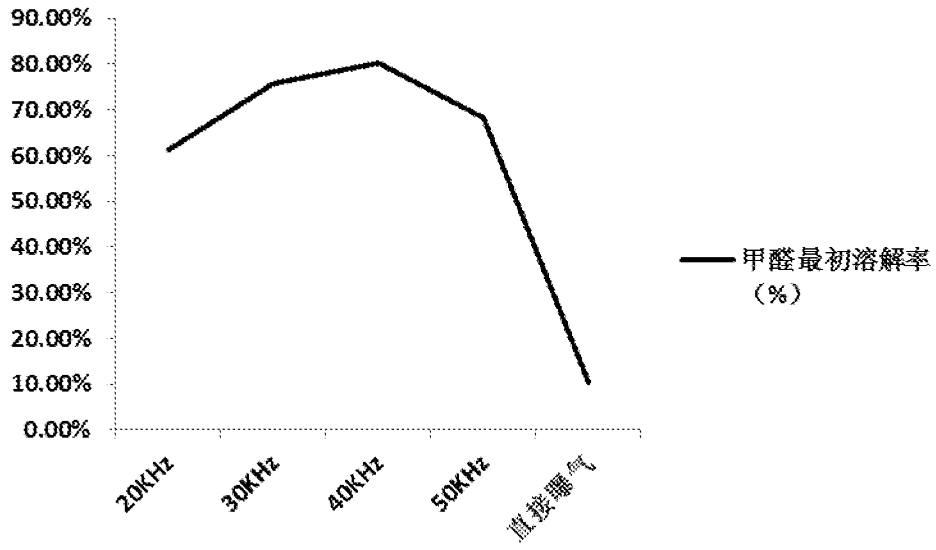
90.00%
80.00%
70.00%
60.00%
50.00%
40.00%
30.00%
20.00%
10.00%
0.00%
20KHz
30KHz
40KHz
50KHz
直接曝气
甲醛最初溶解率（%）

图 3

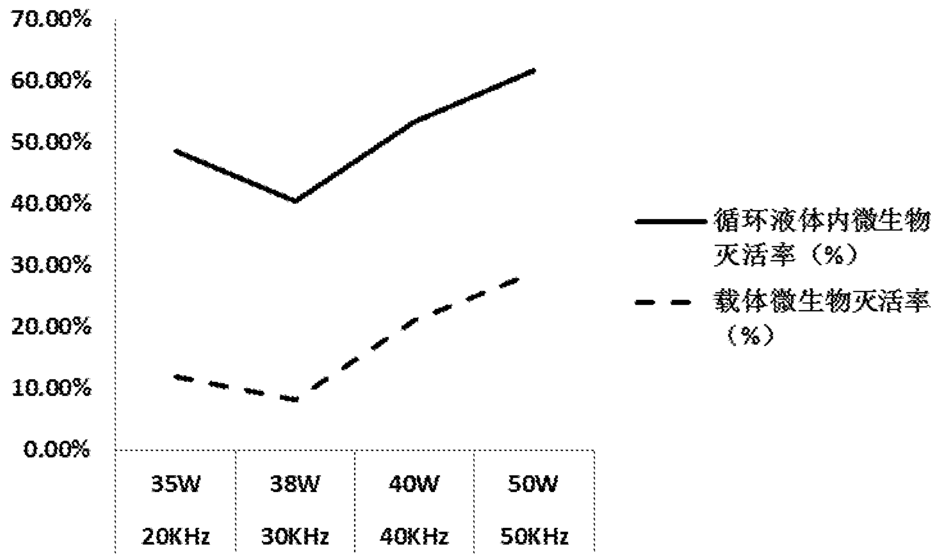
70.00%
60.00%
50.00%
40.00%
30.00%
20.00%
10.00%
0.00%
35W 20KHz
38W 30KHz
40W 40KHz
50W 50KHz
循环液体内微生物灭活率（%）
载体微生物灭活率（%）

图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/079328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D 53/84(2006.01)i； B01D 53/72(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D53

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

VEN; CNABS; CNTXT; CNKI: 生物, 微生物, 菌, 甲醛, 挥发性, 超声, micro?biol+, biological, micro?organ+, bacteria, bio+, formaldehyde, aldehyde, HCHO, volatile, VOC? , ultrasonic

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110180379 A (QINGDAO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 30 August 2019 (2019-08-30) claims 1-6, description, embodiments 1-5, figures 1-4	1-10
Y	CN 109893992 A (INSTITUTE OF BIOLOGY, GANSU ACADEMY OF SCIENCES) 18 June 2019 (2019-06-18) description, embodiment 1, and figure 1	1-10
Y	CN 208906010 U (HENAN GERUISI ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY CO., LTD.) 28 May 2019 (2019-05-28) description, paragraphs [0018]-[0019], and figures 1-3	1-10
A	CN 203750411 U (LIAONING UNIVERSITY) 06 August 2014 (2014-08-06) entire document	1-10
A	CN 201940172 U (ZHAO, Binwei et al.) 24 August 2011 (2011-08-24) entire document	1-10
A	US 2012052480 A1 (KRUGLICK EZEKIEL et al.) 01 March 2012 (2012-03-01) entire document	1-10
A	WO 9943414 A1 (AGRI MICROBE SALES L C) 02 September 1999 (1999-09-02) entire document	1-10

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 May 2020	**04 June 2020**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 9611168 A1 (BOAT CARE HOLLAND BV et al.) 18 April 1996 (1996-04-18) entire document	1-10
A	WO 2018220511 A4 (UNIV DE LOS ANDES) 17 January 2019 (2019-01-17) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/079328

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110180379	A	30 August 2019	None			
CN	109893992	A	18 June 2019	None			
CN	208906010	U	28 May 2019	None			
CN	203750411	U	06 August 2014	None			
CN	201940172	U	24 August 2011	None			
US	2012052480	A1	01 March 2012	EP	2608869	A1	03 July 2013
				WO	2012026947	A1	01 March 2012
				EP	2608869	A4	02 July 2014
				US	9534800	B2	03 January 2017
WO	9943414	A1	02 September 1999	JP	2003532509	A	05 November 2003
				EP	1059996	A4	19 March 2003
				CA	2320211	A1	02 September 1999
				US	6019817	A	01 February 2000
				EP	1059996	A1	20 December 2000
				AU	1926799	A	15 September 1999
WO	9611168	A1	18 April 1996	DE	69512077	T2	30 December 1999
				JP	H10509635	A	22 September 1998
				US	5895567	A	20 April 1999
				DK	0785911	T3	07 February 2000
				DE	69512077	D1	14 October 1999
				EP	0785911	A1	30 July 1997
				JP	3818661	B2	06 September 2006
				NL	9401669	A	01 May 1996
				AU	3755395	A	02 May 1996
				ES	2136311	T3	16 November 1999
				EP	0785911	B1	08 September 1999
WO	2018220511	A4	17 January 2019	WO	2018220511	A1	06 December 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/079328

A. 主题的分类

B01D 53/84(2006.01)i；B01D 53/72(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B01D53

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

VEN;CNABS;CNTXT;CNKI: 生物，微生物，菌，甲醛，挥发性，超声，micro?biol+，biological，micro?organ+，bacteria，bio+，formaldehyde，aldehyde，HCHO，volatile，VOC? ，ultrasonic

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 110180379 A (青岛理工大学) 2019年 8月 30日 (2019 - 08 - 30) 权利要求1-6，说明书实施例1-5，附图1-4	1-10
Y	CN 109893992 A (甘肃省科学院生物研究所) 2019年 6月 18日 (2019 - 06 - 18) 说明书实施例1，附图1	1-10
Y	CN 208906010 U (河南歌瑞斯环保科技有限公司) 2019年 5月 28日 (2019 - 05 - 28) 说明书第[0018]-[0019]段，附图1-3	1-10
A	CN 203750411 U (辽宁大学) 2014年 8月 6日 (2014 - 08 - 06) 全文	1-10
A	CN 201940172 U (赵斌伟 等) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文	1-10
A	US 2012052480 A1 (KRUGLICK EZEKIEL等) 2012年 3月 1日 (2012 - 03 - 01) 全文	1-10
A	WO 9943414 A1 (AGRI MICROBE SALES L C) 1999年 9月 2日 (1999 - 09 - 02) 全文	1-10
A	WO 9611168 A1 (BOAT CARE HOLLAND BV等) 1996年 4月 18日 (1996 - 04 - 18) 全文	1-10

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:
"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件
"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利
"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）
"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件
"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件
"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件
"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性
"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性
"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2020年 5月 15日	2020年 6月 4日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	周春艳
传真号 (86-10)62019451	电话号码 62084838

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	WO 2018220511 A4 (UNIV DE LOS ANDES) 2019年 1月 17日 (2019 - 01 - 17) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/079328

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110180379	A	2019年 8月 30日	无			
CN	109893992	A	2019年 6月 18日	无			
CN	208906010	U	2019年 5月 28日	无			
CN	203750411	U	2014年 8月 6日	无			
CN	201940172	U	2011年 8月 24日	无			
US	2012052480	A1	2012年 3月 1日	EP	2608869	A1	2013年 7月 3日
				WO	2012026947	A1	2012年 3月 1日
				EP	2608869	A4	2014年 7月 2日
				US	9534800	B2	2017年 1月 3日
WO	9943414	A1	1999年 9月 2日	JP	2003532509	A	2003年 11月 5日
				EP	1059996	A4	2003年 3月 19日
				CA	2320211	A1	1999年 9月 2日
				US	6019817	A	2000年 2月 1日
				EP	1059996	A1	2000年 12月 20日
				AU	1926799	A	1999年 9月 15日
WO	9611168	A1	1996年 4月 18日	DE	69512077	T2	1999年 12月 30日
				JP	H10509635	A	1998年 9月 22日
				US	5895567	A	1999年 4月 20日
				DK	0785911	T3	2000年 2月 7日
				DE	69512077	D1	1999年 10月 14日
				EP	0785911	A1	1997年 7月 30日
				JP	3818661	B2	2006年 9月 6日
				NL	9401669	A	1996年 5月 1日
				AU	3755395	A	1996年 5月 2日
				ES	2136311	T3	1999年 11月 16日
				EP	0785911	B1	1999年 9月 8日
WO	2018220511	A4	2019年 1月 17日	WO	2018220511	A1	2018年 12月 6日