



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104689674 B

(45)授权公告日 2017.09.05

(21)申请号 201410216588.4

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.05.21

B01D 51/08(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 张倍铭

申请公布号 CN 104689674 A

(43)申请公布日 2015.06.10

(66)本国优先权数据

201310655833.7 2013.12.05 CN

(73)专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市浙大路38号

(72)发明人 孟濬 陈啸 刘琼 傅幼萍

(74)专利代理机构 浙江杭州金通专利事务所有

限公司 33100

代理人 刘晓春

权利要求书2页 说明书15页 附图10页

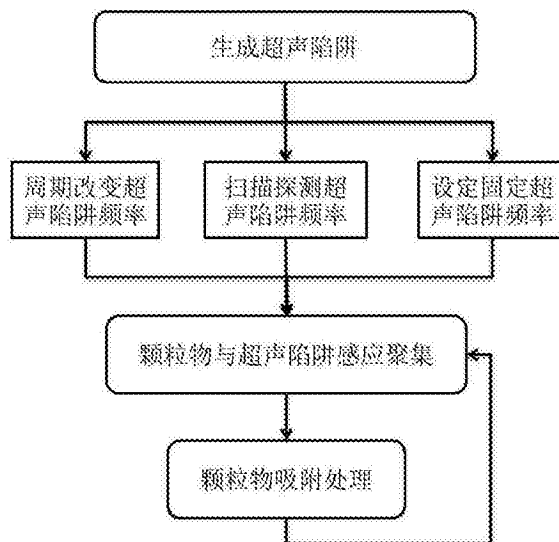
(54)发明名称

基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集方法、聚集处理方法和聚集处理系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集方法、聚集处理方法和聚集处理系统。本发明颗粒物聚集方法首先通过向空间中发射超声波生成超声陷阱；然后，超声陷阱使和超声陷阱感应的颗粒物，向超声陷阱的中心聚集，在超声陷阱中心形成高浓度颗粒物聚集处，即超声陷阱中心。本发明所述的颗粒物聚集处理方法在经过前面所述的步骤形成高浓度颗粒物聚集处后，对高浓度颗粒物聚集处的颗粒物进行吸附处理，从而实现对环境中颗粒物的收集。进一步地，本发明还提出了一套基于上述方法的系统，来配合本发明所述方法的特定需求。本发明所述的方法和系统可应用于对各类与超声陷阱感应的颗粒物的收集处理，比如对环境空气中PM2.5、PM10等颗粒物的聚集、吸附和处理。

CN 104689674 B



1. 一种基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 生成超声陷阱;

2) 颗粒物感应聚集:颗粒物与超声陷阱感应,颗粒物按照超声陷阱分布自组织聚集;

所述的超声陷阱是指超声波形成的一种与颗粒物感应的超声陷阱,场中的超声波强度分布不均匀,每个位置包含一个或多个不相关的梯度,并具有相应势能;

所述的颗粒物感应聚集是指颗粒物与超声陷阱的超声波发生耦合同步,颗粒物按照超声陷阱分布进行自组织聚集,形成颗粒物密度分布,颗粒物密度分布与超声陷阱分布趋于平衡状态,颗粒物向超声陷阱聚集。

2. 一种基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集处理方法,其特征在于:所述的方法包括以下步骤:

1) 生成超声陷阱;

2) 颗粒物感应聚集:颗粒物与超声陷阱感应,颗粒物按照超声陷阱分布自组织聚集;

3) 吸附处理超声陷阱中的颗粒物:用吸附处理的方法消除已聚集的颗粒物,颗粒物密度分布消失,空间中其他颗粒物与超声陷阱感应;

4) 重复步骤2)~3);

所述的超声陷阱是指超声波形成的一种与颗粒物感应的超声陷阱,场中的超声波强度分布不均匀,每个位置包含一个或多个不相关的梯度,并具有相应势能;

所述的颗粒物感应聚集是指颗粒物与超声陷阱的超声波发生耦合同步,颗粒物按照超声陷阱分布进行自组织聚集,形成颗粒物密度分布,颗粒物密度分布与超声陷阱分布趋于平衡状态,颗粒物向超声陷阱聚集。

3. 根据权利要求2所述的颗粒物聚集处理方法,其特征在于,所述步骤3)中吸附处理的方法选自过滤法、水吸附法、植物吸收法、负离子沉降法、电吸尘法中的任意一种或任意多种。

4. 根据权利要求2或3所述方法的基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集处理系统,其特征在于:

所述的系统具有聚集、吸收和处理颗粒物的功能,

所述的系统包括超声陷阱生成模块、颗粒物吸附模块和供能模块;

所述的超声陷阱生成模块用于生成与颗粒物感应的超声陷阱;

所述的颗粒物吸附模块用于吸附和收集处理自组织聚集在超声陷阱中的颗粒物;所述的供能模块用于为超声陷阱生成模块、颗粒物吸附模块提供能量。

5. 根据权利要求4所述的颗粒物聚集处理系统,其特征在于:所述的系统进一步还包括运动模块,所述的运动模块用于使颗粒物聚集处理系统在空间中移动,使所述的颗粒物聚集处理系统能够收集处理空间中任意位置的颗粒物。

6. 根据权利要求5所述的颗粒物聚集处理系统,其特征在于:所述的运动模块包括运动控制装置和运动执行装置;

所述运动控制装置用于发送运动控制信号,控制所述的颗粒物聚集处理系统的运动方向和运动速度;

所述运动执行装置用于接收运动控制信号,使所述的颗粒物聚集处理系统按照指定的方向和速度运动。

7. 根据权利要求4-6任一项所述的颗粒物聚集处理系统,其特征在于:所述的超声陷阱生成模块包括超声波控制装置和超声波发生器;

所述的超声波控制装置用于发出控制信号,控制超声波发生器发出超声波的相位和强度;

所述超声波发生器用于接收超声波控制装置的控制信号,并产生相应的超声波场。

8. 根据权利要求4-6任一项所述的颗粒物聚集处理系统,其特征在于:所述的颗粒物吸附模块包括颗粒物吸附沉降装置和颗粒物收集处理装置;

所述的颗粒物吸附沉降装置用于吸附沉降颗粒物,将颗粒物吸附,使其凝集并沉降;

所述的颗粒物收集处理装置用于收集处理颗粒物,将凝集沉降下来的颗粒物进行收集,并进行清除处理。

9. 根据权利要求4-6任一项所述的颗粒物聚集处理系统,其特征在于:所述的供能模块、超声陷阱生成模块和颗粒物吸附模块被集成在一个一体化子系统中,实现小型一体化,所述的颗粒物聚集处理系统能够移动。

10. 根据权利要求4-6任一项所述的颗粒物聚集处理系统,其特征在于:所述的超声陷阱生成模块和颗粒物吸附模块被安装于楼宇的通风系统中,所述的颗粒物聚集处理系统能够与楼宇的通风系统结合为一体。

11. 根据权利要求1-3任一项所述的方法,其特征在于:所述的颗粒物为PM10或PM2.5。

12. 根据权利要求4-6任一项所述的系统,其特征在于:所述的颗粒物为PM10或PM2.5。

基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集方法、聚集处理方法和聚集处理系统

技术领域

[0001] 本发明涉及量子力学的应用领域,具体涉及一种基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集方法、聚集处理方法和聚集处理系统。

背景技术

[0002] 空气中的颗粒物危害巨大。颗粒物(particulate matter)中1微米以下的微粒沉降速度慢,在大气中存留时间久,在大气动力作用下能够吹送到很远的地方。所以颗粒物的污染往往波及很大区域,甚至成为全球性的问题。粒径在0.1~1微米的颗粒物,与可见光的波长相近,对可见光有很强的散射作用。这是造成大气能见度降低的主要原因。由二氧化硫和氮氧化物化学转化生成的硫酸和硝酸微粒是造成酸雨的主要原因。大量的颗粒物落在植物叶子上影响植物生长,落在建筑物和衣服上能起沾污和腐蚀作用。粒径在3.5微米以下的颗粒物,能被吸入人的支气管和肺泡中并沉积下来,引起或加重呼吸系统的疾病。大气中大量的颗粒物,干扰太阳和地面的辐射,从而对地区性甚至全球性的气候发生影响。来自欧洲的一项研究称,长期接触空气中的污染颗粒会增加患肺癌的风险,即使颗粒浓度低于法律上限也是如此。另一项报告称,这些颗粒或其他空气污染物短期内还会浓度上升,还会增加患心脏病的风险。欧洲流行病学发现,肺癌与局部地区的空气污染颗粒有明显的关联。研究人员还发现,即使污染水平短暂升高——类似城市发出雾霾警告的同时,也会使心力衰竭住院或死亡的风险上升2%—3%。

[0003] 环境中存在各种颗粒,现有技术对这些颗粒的收集和吸附采用的技术和方法大都只能被动地吸附,即用风机将空气抽入机器,通过内置的滤网过滤空气。这种方法无法针对性地将特定尺寸的颗粒有效聚集,提高单位空间中的颗粒物密度,因此颗粒物的吸附和处理效率都不高。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明提供了一种基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集方法、聚集处理方法和聚集处理系统。本发明所述的方法基于广义量子理论,利用颗粒物与对应频率超声波之间的感应关系,首先生成超声陷阱,使颗粒物聚集,然后在颗粒物高浓度处进行吸附和处理,本发明所述的方法和系统能够高效地对空间中的颗粒物进行聚集处理,解决了现有技术对颗粒物吸附和处理效率不高的问题。

[0005] 本发明采用如下的技术方案:

[0006] 一种基于广义量子感应原理的颗粒物聚集方法,本发明所述方法包括以下步骤(如图8所示):

[0007] 1) 生成超声陷阱:超声波发生源发出超声波,形成超声波强度不均匀分布的超声陷阱;

[0008] 2) 颗粒物感应聚集:颗粒物与超声陷阱感应,颗粒物按照超声陷阱的分布自组织

聚集。

[0009] 本发明所述的颗粒物 (particulate matter), 即尘, 是指大气中的固体或液体颗粒状物质, 它包括一次颗粒物和二次颗粒物。一次颗粒物是由天然污染源和人为污染源释放到大气中直接造成污染的颗粒物, 例如土壤粒子、海盐粒子、燃烧烟尘等等。二次颗粒物是由大气中某些污染气体组分 (如二氧化硫、氮氧化物、碳氢化合物等) 之间, 或这些组分与大气中的正常组分 (如氧气) 之间通过光化学氧化反应、催化氧化反应或其他化学反应转化生成的颗粒物, 例如二氧化硫转化生成硫酸盐。特别地, 本发明所述的是的颗粒物是指悬浮在空气中的固体颗粒或液滴, 是空气污染的主要来源之一, 可以是空气动力学直径 (以下简称直径) 小于或等于 10 微米的颗粒物 (可吸入颗粒物, 也称 PM10); 也可以是直径小于或等于 2.5 微米的颗粒物 (细颗粒物, 也称 PM2.5)。

[0010] 本发明采用的技术方案基于广义量子理论, 首次将微观量子理论推广到宏观物质, 提出了宏观物质之间的广义量子效应。因此, 为了便于对本方法所述原理进行相应的阐述, 本发明提出感应、感应粒子、感应环境场的全新概念, 将微观与宏观物质实现了统一, 提出了广义量子理论, 利用适用于微观粒子的公式和原理对宏观物质运动进行全新的阐释和表达, 并基于广义量子理论提出了一种颗粒物聚集及聚集处理方法 (其中广义量子概念逻辑如图 1 所示, 广义量子概念关系如图 2 所示)。

[0011] 具体定义和定理如下所述:

[0012] 本发明所述的感应的物理定义如下: 如果物质 a 与物质 b 之间存在对偶属性, 并在一定屏蔽条件下, 对偶属性只存在于物质 a 与物质 b 之间, 那么我们称物质 a 与物质 b 感应。物质 a 与物质 b 之间的对偶属性越多, 物质 a 与物质 b 之间的感应越强。所述的对偶属性是因物质 a 与物质 b 遵循同一物理规律而相互敏感的属性。所述的同一物理规律可以是频率共振、电磁耦合、磁耦合、结构互补、结构匹配。所述的屏蔽条件是指物质 a 与物质 b 遵循同一物理规律所需的物理条件, 所述的屏蔽条件包括但不限于感应范围、温度、电磁强度、能量等条件。所述的对偶属性可以是分别带正电荷与带负电荷的电偶极子, 磁体中的 N 极磁性和 S 极磁性, 生物中抗体与抗原的互补结构, DNA 中互补配对的碱基等。

[0013] 本发明所述的感应的数学定义如下: 设全集 C 有 n 个对偶属性子集, 其中第 i 个对偶属性子集为 $D_i = \{x_i, y_i\}$, 其中 x_i 和 y_i 是第 i 个对偶属性子集中的两个具有对偶关系的元素值, 存在 $C = \bigcup_{i=1}^n D_i$ 。已知物质 a 的属性集合为 A, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, 且满足 $a_i \in D_i$, 物质 b 的属性集合为 B, $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$, 且满足 $b_i \in D_i$, 集合 A 与集合 B 都具有 n 个元素值, 当且仅当 $A \cup B = C$, $A \cap B = \emptyset$ 时, 即有 $B = A^C$, 那么物质 a 与物质 b 感应。

[0014] 如果物质 a 与物质 b 感应, 并且物质 a 形成的场作用于物质 b, 使物质 b 的分布与物质 a 形成的场一致, 那么物质 a 为感应物质, 物质 a 形成的场为感应环境场, 物质 b 为感应粒子。其中感应粒子受到感应环境场的作用力, 进行自组织运动, 感应环境场受到感应粒子浓度分布的影响。所述的分布包括感应粒子的空间位置和姿态, 如颗粒物与超声陷阱感应, 颗粒物按照超声陷阱在空间中聚集 (该感应为宏观量子下的新定义, 详见后续公式与推导); 磁针与磁场感应, 磁针的姿态按磁场形成。

[0015] 感应范围是指感应环境场中对感应粒子有作用的 ϵ_i 范围, 所述的 ϵ_i 可以是以感应粒子位置 r_i 为中心的任意形状的区域, 平面包括但不限于圆形、三角形、矩形、多边形、不规

则曲线形。

[0016] 所述的感应粒子与感应物质感应可以是感应粒子与感应环境场发生耦合同步;所述的耦合同步是指感应粒子与感应环境场满足感应粒子共振频率 ω_c 与感应环境场的频率 ω_e 相等,并且感应粒子对感应环境场敏感,受到感应环境场作用力;所述感应环境场作用力包括感应粒子所在位置受到的一个或多个不相关梯度矢量方向上的作用力,感应粒子分布实时动态反映感应范围内的感应环境场。

[0017] 所述的超声陷阱是指超声波形成的一种与颗粒物感应的超声陷阱,场中的超声波强度分布不均匀,每个位置包含一个或多个不相关的梯度,并具有相应势能;所述超声陷阱的势能是指颗粒物对超声陷阱敏感,受到沿超声陷阱中的梯度方向上的力能够做功而具有的势能;如图3中(a)所示,以匀强电场为例,由于正负电荷的分布变化,电场中形成了电势梯度;如图3中(b)所示,以多个电荷形成的电场为例,电荷分布的变化在产生了电势梯度,电势梯度方向与电场中分布的等势线垂直,电场中同一等势线上的位置电势能相等。

[0018] 所述的颗粒物感应聚集是指颗粒物与超声陷阱的超声波发生耦合同步,颗粒物按照超声陷阱分布进行自组织聚集,形成颗粒物密度分布,颗粒物密度分布与超声陷阱分布趋于平衡状态,颗粒物向超声陷阱聚集。

[0019] 作为优选,所述超声陷阱分布可以为任意分布,一般采用中心式分布;所述的中心式分布为陷阱中心的势能最高,距离陷阱中心越远的位置势能越低;

[0020] 超声陷阱在不同位置上的势能通过超声波发生器的超声波强度和相位进行调节,超声陷阱的势能计算过程如下:

$$[0021] \quad V_e(r_i) = \mu \cdot \sum_{e_i} E_e(r_i) = \mu \cdot \sum_{k=1}^N Kq_k \sin(\omega_e(t - l_k/c) + \varphi_k) = \mu \cdot \sum_{k=1}^N Kq_k e^{i(\omega_e(t - l_k/c) + \varphi_k)}$$

[0022] 其中, ω_e 为超声波频率,K为声场的比例常数(可取 $K=0.0825$), q_k 为第k个超声波的强度, $V_e(r_i)$ 表示空间中 r_i 坐标位置在超声陷阱的势能, l_k 为第k个超声波发生器距离, φ_k 为第k个超声波发生器的相位, μ 为超声波发生器引起感应的超声陷阱势能转换系数(可取 $\mu=1$), $E_e(r_i)$ 为超声波发生器发出的能量。其中, $E_e(r_i) = E \cdot e^{-r_i}$,E为超声陷阱中心的能量强度, r_i 表示三维球坐标系中空间点到超声陷阱中心距离的物理量,所述的三维球坐标系是以超声陷阱中心为坐标原点的球坐标系。

[0023] 作为优选,可以利用共振频率匹配的方法来筛选颗粒物对应的超声陷阱频率,所述的共振频率匹配方法可以是频率直接测算法或者频率扫描测定法;

[0024] 所述的频率直接测算法是指根据颗粒物的质量m和弹性系数k来计算得到,其中颗粒物的弹性系数k与颗粒物的外形尺寸和硬度有关,颗粒物的质量和弹性系数都可通过查找相应的材料参数获得,于是颗粒物的共振频率 ω_c 的计算公式如下所示:

$$[0025] \quad \omega_c = 2\pi f_c = 2\pi \cdot \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

[0026] 所述的频率扫描测定法是指不断扫描改变感应物质发生源的频率,通过观测颗粒物在相同强度不同频率超声陷阱中感应物质的作用表现来确定颗粒物的共振频率 ω_c ,或直接通过频率计进行相应的测量。

[0027] 本发明所述的超声陷阱中,由于颗粒物与超声陷阱的作用力要远远大于颗粒物之

间的作用力,因此颗粒物间相互作用可以忽略不计,颗粒物感应自组织聚集的具体过程如图4所示:

[0028] 为了使颗粒物在超声陷阱的作用下的运动过程更加便于理解,以下引入感应合成表达场来进行描述。所述的感应合成表达场是基于重力场的物理规律来解释颗粒物自组织运动而引入的场,感应合成表达场表示在颗粒物密度分布的影响下,超声陷阱中能够被颗粒物感应到的超声波分布。在重力场中,水从地势高的地方流向地势低的地方,同时水会填充原来地势较低的地方,使场中任意位置的势能一致;水的深度与重力场的地势对应,地势有多低,水就有多深。与重力场类似,颗粒物也会从感应合成表达场中势能相对较高的位置向势能较低的位置运动。同时,运动到势能较低位置的颗粒物也会影响超声陷阱势能,产生颗粒物密度分布的伪势能,最终使得感应合成表达场的任意位置处的势能一致;并且,颗粒物的当量与超声陷阱的势能对应,超声陷阱的势能有多高,能够吸引颗粒物的当量就有多少。

[0029] 所述的颗粒物密度分布的伪势能是指颗粒物与超声波感应的过程中,颗粒物运动到超声陷阱中某个位置,对该位置的超声陷阱势能产生相应的影响,导致其他颗粒物在超声陷阱中该位置的势能减少,其中减少的势能大小即为所述的颗粒物密度分布的伪势能大小。

[0030] 所述相应的影响是颗粒物与超声陷阱感应,使得该位置处超声陷阱能吸引颗粒物的当量减少,该位置超声陷阱的势能降低。

[0031] 根据本发明对颗粒物密度分布的伪势能定义可知,颗粒物密度越高的区域对应的颗粒物伪势能越高,空间中任意位置的颗粒物密度分布的伪势能与该位置颗粒物的浓度成正比,t时刻空间中 r_i 位置处的 ε_i 范围内的颗粒物密度分布的伪势能计算公式如下:

[0032] $V_c(r_i, t) = \sigma \cdot C(r_i, t)$

[0033] $V_c(r_i, t)$ 为颗粒物密度分布的伪势能, $C(r_i, t)$ 为t时刻 r_i 位置处的颗粒物密度, σ 为 ε_i 范围内的浓度—伪势能转换系数, σ 可以通过测量在平衡状态下,伪势能为 V_0 的超声陷阱处的颗粒物密度 C_0 计算得到,计算公式如下:

$\sigma = \frac{V_0}{C_0}$

[0034] 由以上可知,t时刻空间中r位置处所述的感应合成表达场的势能与颗粒物密度分布的伪势能,超声陷阱的势能存在如下关系:

[0035] $V(r, t) = V_c(r, t) - V_e(r, t)$

[0036] V 为感应合成表达场的势能, V_c 为颗粒物密度分布的伪势能, V_e 为超声陷阱的势能。

[0037] 以下通过感应合成表达场来对颗粒物的自组织运动进行详细的阐述:

[0038] 如图4的①所示,在初始状态下,颗粒物受到超声陷阱作用形成颗粒物密度分布,此时的颗粒物密度分布均匀,超声陷阱任意位置处的颗粒物密度分布伪势能设为零,于是,感应合成表达场的势能与超声陷阱的势能大小相等符号相反。在颗粒物自组织运动的过渡过程中,颗粒物会不断被感应合成表达场中的平衡位置所吸引,占据平衡位置,使该位置的颗粒物的浓度逐渐升高。所述的平衡位置是指某一有限范围内势能最小的位置,即势阱。达到平衡状态时,感应合成表达场的势能呈均匀分布,颗粒物密度分布与超声陷阱相同,颗粒物聚集在超声陷阱中心。

[0039] 达到如图4的①所示的平衡状态后,当超声陷阱发生变化时,感应合成表达场的势

能分布也会发生相应的变化。如图4的②所示,当超声陷阱部分位置的势能升高时,感应合成表达场相应位置的势能降低,超声陷阱该位置处的超声波能够与更多的颗粒物感应,其他新的颗粒物不断向该位置附近的平衡位置自组织运动,最终达到平衡状态,感应合成表达场的势能呈均匀分布,成像平面的颗粒物密度分布与超声陷阱相同,颗粒物聚集在超声陷阱中心。如图4的③所示,超声陷阱部分位置的势能降低,感应合成表达场相应位置的势能升高,超声波不足以吸引颗粒物处于该平衡位置,颗粒物在该平衡位置密度过高,颗粒物不断向新的平衡位置自组织运动,最终达到平衡状态,感应合成表达场的势能呈均匀分布,成像平面的颗粒物密度分布会与超声陷阱相同,颗粒物聚集在超声陷阱中心。

[0040] 具体地,颗粒物的自组织运动过程通过如下计算推导可得:

[0041] 颗粒物与超声陷阱感应,形成颗粒物密度分布。 t 时刻在空间位置 r_i 上,颗粒物密度分布的伪势能由此位置的颗粒物密度决定。因此,颗粒物密度分布的伪势能为:

$$[0042] \quad V_c(r_i, t) = \sigma \cdot C(r_i, t)$$

[0043] $C(r_i, t)$ 为 r_i 位置处的颗粒物密度, σ 为 ϵ_i 范围内的颗粒物密度—势能转换系数, σ 可以通过测量在平衡状态下,势能为 V_0 的超声陷阱 r_i 处的颗粒物密度 C_0 计算得到,计算公式

$$\text{如下: } \sigma = \frac{V_0}{C_0}。$$

[0044] t 时刻在空间位置 r 上,感应合成表达场的势能为:

$$[0045] \quad V(r, t) = V_c(r, t) - V_e(r, t)$$

[0046] V 为感应合成表达场的势能, V_c 为颗粒物密度分布的伪势能, V_e 为超声陷阱的势能;

[0047] 已知 t 时刻在空间位置 r 上,颗粒物的量子叠加态平面波函数可表示为:

$$[0048] \quad \psi(r, t) = A(r)e^{-i\omega t}$$

[0049] $A(r)$ 为波函数的幅值, ω_c 为波函数的频率,且满足 $\omega_c = \omega_e$, ω_e 为超声陷阱频率;

[0050] 又因为颗粒物与超声陷阱耦合同步,于是考虑单位时间内 r_i 位置颗粒物受到超声陷阱梯度力作用运动而变化的能量 $E(r_i)$ 与感应合成表达场势能差 $\Delta V(r_i)$ 有如下关系:

$$[0051] \quad E(r_i) \psi(r_i) = \Delta V(r_i)$$

[0052] 感应合成表达场势能差 $\Delta V(r_i)$ 随时间 t 变化情况由以下方程计算可得:

$$[0053] \quad \Delta V(r_i, t) = \Delta V_c(r_i, t) - \Delta V_e(r_i, t)$$

$$[0054] \quad \Delta V_c(r_i, t) = \frac{\sum_{r_j \in \epsilon_i} (V_c(r_i, t) - V_c(r_j, t))}{N}$$

$$[0055] \quad \Delta V_e(r_i, t) = \frac{\sum_{r_j \in \epsilon_i} (V_e(r_i, t) - V_e(r_j, t))}{N}$$

[0056] 其中, $\Delta V_c(r_i, t)$ 为颗粒物密度分布的伪势能差, $\Delta V_e(r_i, t)$ 为超声陷阱的势能差, N 为 ϵ_i 范围内的与 r_i 相关位置数量。

[0057] 在无外加势能的情况下,位置 r_i 与 r_j 处的感应合成表达场的势能达到平衡状态,需满足以下关系:

$$[0058] \quad \frac{V(r_i, t)}{N} - U_{ij}(r_i, t) = \frac{V(r_j, t)}{N} + U_{ij}(r_i, t)$$

[0059] 由上式可得,位置 r_i 与 r_j 处的感应合成表达场的势能达到平衡状态的势能变化量为:

$$[0060] \quad U_{ij}(r_i, t) = \frac{V(r_i, t) - V(r_j, t)}{2N}$$

[0061] 在 t 时刻在空间位置 r_i 上的颗粒物在感应合成表达场梯度下所受的合力为 $\vec{F}(r_i, t)$, 计算公式如下所示:

$$[0062] \quad \vec{F}_i(t) = \sum_{r_j \in \mathcal{E}_i} \vec{F}_{ij}(t) = \sum_{r_j \in \mathcal{E}_i} \frac{\delta V_{ij}}{\delta e_{ij}} = \sum_{r_j \in \mathcal{E}_i} \frac{U_{ij}(r_i, t)}{e_{ij}}$$

$$[0063] \quad |c_{ij}|^2 = \frac{|\vec{F}_{ij}(t)|^2}{|\vec{F}_i(t)|^2}$$

[0064] 其中, $|c_{ij}|^2$ 为颗粒物在 \vec{e}_{ij} 矢量梯度方向上颗粒物被驱动的数量占被驱动数量比例。

[0065] 因此, r_i 位置上的颗粒物所处的量子叠加态可表示为

$$[0066] \quad |\psi\rangle = \sum_{r_j \in \mathcal{E}_i} c_{ij} |e_{ij}\rangle$$

[0067] 因此, 使用不含时的薛定谔方程描述 t 时刻下颗粒物的运动状态如下:

$$[0068] \quad -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi(r_i) + V(r_i) \psi(r_i) = E \psi(r_i)$$

[0069] $\psi(r_i)$ 为位置 r_i 处颗粒物的波函数, m 为颗粒物质量, \hbar 为约化普朗克常数。

[0070] 当在 r_i 处的颗粒物动能满足近似相等时, 以上方程变为:

$$[0071] \quad T(r_i) + U(r_i) \psi(r_i) = E \psi(r_i)$$

[0072] $T(r_i)$ 为位置 r_i 处颗粒物动能, $U(r_i)$ 为位置 r_i 处颗粒物势能。

[0073] 已知 $U_{ij} = \int_{\mathcal{E}} |\vec{F}_{ij}| dr_{ij}$, $\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(r_i, t)|^2 dr = \int_{\mathcal{E}} |c_{ij}|^2 dr = 1$, $E(r_i) \psi(r_i) = \Delta V(r_i)$, 于是有:

$$[0074] \quad \begin{aligned} U(r_i) \psi(r) &= \int_{\mathcal{E}_i} \vec{F}_i dr_i \sum_{r_j \in \mathcal{E}_i} c_{ij} \cdot \vec{e}_{ij} = \int_{\mathcal{E}_i} \sum_{r_j \in \mathcal{E}_i} c_{ij} |\vec{F}_i| \vec{e}_{ij} dr_i \sum_{r_j \in \mathcal{E}_i} c_{ij} \cdot \vec{e}_{ij} = \sum_{r_j \in \mathcal{E}_i} |\vec{F}_i| \int_{\mathcal{E}_i} |c_{ij}|^2 dr_i \\ &= \sum_{r_j \in \mathcal{E}_i} U_{ij}(r_i) = \frac{\Delta V_c(r_i) - \Delta V_e(r_i)}{2} = \frac{\Delta V(r_i)}{2} = \frac{E(r_i) \psi(r)}{2} \end{aligned}$$

[0075] 而由哈密顿-雅克比方程来计算颗粒物沿等值曲面的法线速度分量 u 和速度 v 分别为:

$$[0076] \quad u = \frac{E}{\sqrt{2m(E-U)}}$$

$$[0077] \quad v = \sqrt{\frac{2(E-U)}{m}}$$

[0078] 当 $u = v$ 时, 颗粒物沿等势曲面的切线速度分量为0, 颗粒物运动过程中不发生碰

撞,颗粒物运动的效率最高,由此易得颗粒物变化能量与变化势能的关系为 $E=2U$ 。

[0079] 由以上推导可知,t时刻在空间位置 r_i 上所有颗粒物按照对应感应合成表达场的梯度方向运动,此时颗粒物之间不产生碰撞,能够保证最高效的自组织运动。

[0080] 于是, r_i 位置的颗粒物向 r_j 位置自组织运动时的速度计算如下:

$$[0081] \begin{cases} v_{ij} = \sqrt{\frac{2(V(r_i,t)-V(r_j,t))}{m}}, V(r_i,t) > V(r_j,t) \\ v_{ij} = 0, V(r_i,t) = V(r_j,t) \\ v_{ij} = -\sqrt{\frac{2(V(r_j,t)-V(r_i,t))}{m}}, V(r_i,t) < V(r_j,t) \end{cases}$$

[0082] 当 $V(r_i,t)-V(r_j,t) > 0$ 时, $v_{ij} > 0$,此时, r_i 位置上的颗粒物向 r_j 位置运动,当 $V(r_i,t)-V(r_j,t) < 0$ 时, $v_{ij} < 0$,此时, r_j 位置外的颗粒物向 r_i 位置运动,当 $V(r_i,t)-V(r_j,t) = 0$ 时, $v_{ij} = 0$,此时, r_i 位置的颗粒物相对于 r_j 位置达到平衡状态。

[0083] 颗粒物按照超声陷阱的势能分布进行自组织运动,形成颗粒物密度分布,颗粒物密度分布与超声陷阱趋于平衡状态,颗粒物向超声陷阱中心处聚集。最终 $V_c-V_e=0$ 时,颗粒物密度分布与超声陷阱达到平衡状态,颗粒物聚集在超声陷阱中心。

[0084] 所述的颗粒物密度分布与超声陷阱达到平衡状态是指颗粒物密度分布中颗粒物密度高的区域对应超声陷阱中颗粒物分布多的区域,密度低的区域对应超声陷阱中颗粒物分布少的区域。

[0085] 基于本发明的颗粒物聚集方法,本发明进一步还提供一种基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集处理方法,所述的颗粒物聚集处理方法包括以下步骤:

[0086] 1) 生成超声陷阱:所述的超声陷阱是指超声波形成的一种超声波场,场中每个位置具有相应的势能,所述的势能包含一个或多个不相关超声波在该位置产生的势能,每个超声波在该位置有独立的势能梯度方向,所述超声陷阱的势能分布不均匀;

[0087] 所述超声陷阱分布可以为任意分布,一般采用中心式分布;所述的中心式分布为陷阱中心的势能最高,距离陷阱中心越远的位置势能越低;

[0088] 2) 颗粒物感应聚集:颗粒物与超声陷阱感应,颗粒物按照超声陷阱分布自组织聚集;所述颗粒物感应聚集是指颗粒物与超声陷阱的超声波发生耦合同步,颗粒物按照超声陷阱分布进行自组织聚集,形成颗粒物密度分布,颗粒物密度分布与超声陷阱分布趋于平衡状态;

[0089] 3) 吸附处理超声陷阱中的颗粒物:消除已聚集的颗粒物,颗粒物密度分布消失,空间中其他颗粒物与超声陷阱感应;

[0090] 4) 重复步骤2)~3)。

[0091] 其中,

[0092] 所述吸附处理超声陷阱中的颗粒物的方法选自过滤法,水吸附法、植物吸收法、负离子沉降法、电吸尘法中的任意一种或任意多种;

[0093] 所述的过滤法是指利用具有较强吸附能力的物质在颗粒物聚集处吸附过滤颗粒物,从而消除已聚集的颗粒物;

[0094] 所述的水吸附法是指利用水来溶解颗粒物聚集处的颗粒物,从而消除已聚集的颗

颗粒物；

[0095] 所述的植物吸收法是指利用植物来吸收颗粒物聚集处的颗粒物，从而消除已聚集的颗粒物；

[0096] 所述的负离子沉降法是指利用负离子捕捉颗粒物聚集处的颗粒物，使颗粒物凝聚并沉淀，从而消除已聚集的颗粒物；

[0097] 所述的电吸尘法是指利用高压电场使颗粒物聚集处的颗粒物带电荷，使颗粒物被带电的吸尘板吸附，从而消除已聚集的颗粒物。

[0098] 根据本发明的颗粒物聚集处理方法，本发明进一步还提供一种基于广义量子超声陷阱的颗粒物聚集处理系统，所述的系统具有聚集、吸收和处理颗粒物的功能；

[0099] 所述的系统包括超声陷阱生成模块、颗粒物吸附模块和供能模块；

[0100] 所述的超声陷阱生成模块用于生成与颗粒物感应的超声陷阱；

[0101] 作为优选，所述的超声陷阱生成模块包括超声波控制装置和超声波发生器，超声波发生器数量为至少一个；

[0102] 所述的超声波控制装置用于发出控制信号，控制超声波发生器发出超声波的相位和强度，所述超声波发生器用于接收超声波控制装置的控制信号，并产生相应的超声波场；

[0103] 所述的颗粒物吸附模块用于吸附和处理聚集在超声陷阱中的颗粒物；

[0104] 作为优选，颗粒物吸附模块包括颗粒物吸附沉降装置和颗粒物收集处理装置。

[0105] 所述的颗粒物吸附沉降装置用于吸附沉降颗粒物，将颗粒物吸附，使其凝集并沉降；

[0106] 所述的颗粒物收集处理装置用于收集处理颗粒物，将凝集沉降下来的颗粒物进行收集，并进行相应的处理；

[0107] 所述的供能模块用于为超声陷阱生成模块、颗粒物吸附模块提供能量。

[0108] 进一步地，本系统还包括运动模块；所述的运动模块用于系统在空间中移动，使系统能够收集处理空间中任意位置的颗粒物。

[0109] 所述的运动模块包括一个运动控制装置和运动执行装置；

[0110] 所述运动控制装置用于发送运动控制信号，控制整个系统的运动方向和运动速度；

[0111] 所述运动执行装置用于接收运动控制信号，按照相应的方向和速度运动。

[0112] 其中，所述的超声陷阱生成模块和颗粒物吸附模块能够被集成在一个一体化子系统中，实现小型一体化，所述的一体化子系统可以是一个装置或设备，所述的系统能够被随意移动，特别适合于在有限空间内的颗粒物聚集处理；所述的有限空间包括但不限于办公室、厨房、客厅、居室等有限封闭环境。

[0113] 其中，所述的超声陷阱生成模块和颗粒物吸附模块能够被分布式地安装于楼宇的通风系统中，可以安装于楼宇的集中通风管道中，所述的系统能够与楼宇的通风系统结合为一体，特别适合于大型空间内部的颗粒物聚集处理；所述的大型空间包括但不限于写字楼、大型超市、仓库、厂房、图书馆、体育馆等。

[0114] 其中，所述的超声陷阱生成模块和颗粒物吸附模块能够被安装搭载于运动模块上，在不同的空间自主地移动，收集处理空间中任意位置的颗粒物，特别适合于非有限空间中的颗粒物聚集处理；所述的非有限空间包括但不限于大型体育场、公共道路、公园等非封

闭环境。

[0115] 本发明有益效果：

[0116] 本发明所述的方法革命性地将经典量子原理推广到广义,并创造性地首次应用广义量子原理实现颗粒物的感应聚集,然后进行集中吸收。正是由于本发明采用广义量子感应原理,所以不仅大大提高了颗粒物的吸引处理效率,还能够使颗粒物有效聚集,本发明尤其解决了对特定尺寸的颗粒物进行主动式地收集的问题,实现了对颗粒物的先聚集再吸附处理。

[0117] 而且基于本发明所述的颗粒物聚集处理方法的系统,根据应用场景的不同,还分别具有结构简单、安装方便、处理灵活的优势。

[0118] 其中,基于本发明所述的颗粒物聚集处理方法的系统中,当本发明所述的超声陷阱生成模块和颗粒物吸附模块被集成在一个一体化子系统中实现小型一体化时,本发明所述的系统具有小型轻便的特点,特别适合于在办公室、厨房、客厅、居室等有限封闭环境中对颗粒物进行聚集处理;当本发明所述的超声陷阱生成模块和颗粒物吸附模块能够被分布式地安装于楼宇的集中通风管道中时,本发明所述的系统具有分布式结构优点,能均匀高效的收集大型空间中的颗粒物,特别适合于在写字楼、大型超市、仓库、厂房、图书馆、体育馆等大型空间对颗粒物进行聚集;当所述的超声陷阱生成模块和颗粒物吸附模块被安装搭载于运动模块上时,本发明所述的系统就能够在不同的空间自主地移动,具有灵活的特点,能够收集处理空间中任意位置的颗粒物,特别适合于在大型体育场、公共道路、公园等非有限空间中对颗粒物进行聚集处理。

附图说明

[0119] 图1是广义量子概念逻辑图;

[0120] 图2是广义量子概念关系图;

[0121] 图3是感应环境场梯度和势能说明图;

[0122] 图4是颗粒物耦合同步自组织聚集过程示意图;

[0123] 图5是超声陷阱示意图;

[0124] 图6是颗粒物聚集吸附系统平面示意图;

[0125] 图7是颗粒物聚集吸附系统立体示意图;

[0126] 图8是颗粒物聚集吸附系统工作流程图;

[0127] 图9是PM2.5聚集处理系统平面示意图;

[0128] 图10是PM2.5聚集处理系统立体示意图

[0129] 图11是PM2.5聚集处理系统工作流程图;

[0130] 图12是可移动PM2.5聚集处理系统平面示意图;

[0131] 图13是可移动PM2.5聚集处理系统立体示意图;

[0132] 图14是可移动PM2.5聚集处理系统工作流程图;

[0133] 图中,1——超声陷阱生成模块,2——颗粒物,3——感应合成表达场,4——颗粒物吸附沉降装置,5——超声陷阱,6——颗粒物收集处理装置,7——一体化子系统,8——运动模块。

具体实施方式

[0134] 以下,参照附图详细描述示例性实施例。然而,这里公开的特定结构和功能性细节仅代表描述示例性实施例的目的。示例性实施例可按许多备选形式来实现,不应理解为仅受限于这里阐述的示例性实施例。

[0135] 可理解,尽管这里可使用术语“第一”、“第二”等来描述各个元素,但是这些元素不应该受到这些术语限制。这些术语仅用于将一个元素与另一个区分。例如,第一元素可称为第二元素,类似地,第二元素可称为第一元素,而不脱离示例性实施例的范围。这里,术语“和/或”包括相关列出项目的一个或多个的任一个和全部组合。

[0136] 可理解,当元素称为“连接”、“耦合”、“配对”、“附连”或“固定”至另一元素,其可直接连接或耦合至其他元素,或可存在中间元素。相反,当元素称为“直接连接”或“直接耦合”至另一元素,不存在中间元素。用于描述元素间关系的其他词语可按相同方式来解释

[0137] (例如“之间”与“直接之间”,“相邻”与“直接相邻”等)。

[0138] 这里,单数形式“一”、“一个”和“所述”旨在也包含复数形式,除非语言明确表示。

[0139] 还可理解,术语“包括”、“包括有”、“包含”和/或“包含有”在使用时指示所指特征、整数、步骤、操作、元素、和/或组件的存在,但是不排除一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元素、和/或组件和/或其组的存在或增加。

[0140] 还应注意,一些备选方案中,示例性方法中指出的功能/动作可不按照附图中所示或说明书中所述的顺序发生。例如,按序所示的两个附图或步骤可实际上串行和同时执行,或有时候可按相反顺序或重复执行,取决于所涉及的功能/动作。类似地,在任意所示或所述的步骤之间、之前、或之后可执行额外中间步骤。实施例1聚集处理PM2.5

[0141] 本发明提供的系统和方法聚集处理PM2.5的步骤如下(如图11所示):

[0142] 1)生成超声陷阱:位于颗粒物吸附模块上方的超声陷阱生成模块采用具有1M~5M扫描频率范围,生成超声陷阱,超声陷阱的超声波频率可随时间变化;

[0143] 超声陷阱生成模块位于颗粒物吸附模块上方,超声陷阱生成模块超声发生装置分布于长生成超声陷阱生成模块与颗粒物吸附模块连接位置关系如图9、图10所示;

[0144] 超声陷阱具体产生方式有如下:

[0145] 超声陷阱生成模块具有N(N≥1)个超声波频率可变的发生源阵列式排列的超声波发生器,通过超声波控制装置控制超声波发生器控制超声波发生器,生成如图5所示的超声陷阱,此超声陷阱分布为陷阱中心的势能最高,距离陷阱中心越远的位置势能越低;

[0146] 超声陷阱在不同位置上的势能通过超声陷阱生成模块发出的超声波强度和相位进行调节,超声陷阱的势能计算过程如下:

$$[0147] \quad V_e(r_i) = \mu \cdot \sum_{s_i} E_e(r_i) = \mu \cdot \sum_{k=1}^N Kq_k \sin(\omega_e(t - l_k/c) + \varphi_k) = \mu \cdot \sum_{k=1}^N Kq_k e^{i(\omega_e(t - l_k/c) + \varphi_k)}$$

[0148] 其中, ω_e 为超声波频率,K为声场的比例常数(可取K=0.0825), q_k 为第k个超声波的强度, $V_e(r_i)$ 表示空间中 r_i 坐标位置在感应环境超声波场的势能, l_k 为第k个超声波发生器距离, φ_k 为第k个超声波发生器的相位, μ 为超声波发生器引起感应的感应环境超声波场势能转换系数(可取 $\mu=1$), $E_e(r_i) = E \cdot e^{-\alpha r_i}$,E为超

声陷阱中心的能量强度, r_i 在以超声陷阱中心为坐标原点的极坐标轴中表示空间点到超声陷阱中心的距离。

[0149] 同时, 超声陷阱的频率设定有三种方式可选: (1) 固定频率模式; (2) 周期扫描频率模式; (3) 检测频率模式。其中, 固定频率模式为直接设定超声陷阱的频率; 周期扫描频率模式为通过超声陷阱的频率扫描速度可调, 作为优选, 一般采用从 1M 开始每分钟频率变换一次, 变换频率为 0.1M, 使超声陷阱能与不同的 PM2.5 进行感应; 检测频率模式为先快速进行频率扫描, 生成不同频率的超声陷阱, 同时检测 PM2.5 的浓度变化, 当超声陷阱内的 PM2.5 浓度升高时, 确定超声频率。

[0150] 2) PM2.5 感应聚集: PM2.5 与超声陷阱感应, PM2.5 按照超声陷阱的分布自组织聚集。所述的 PM2.5 的自组织聚集过程及感应合成表达场的势能计算如下计算推导所示:

[0151] 由于 PM2.5 与超声陷阱的作用要远远大于 PM2.5 颗粒间的作用力, 因此在不考虑 PM2.5 颗粒间相互作用的情况下, PM2.5 感应自组织聚集的具体过程如图 4 所示 (图中所示的颗粒物即为 PM2.5):

[0152] 其中, 图 4 的①部分描述的是在颗粒物聚集平面上, 驱动 PM2.5 自组织聚集的感应合成表达场势能分布, 感应合成表达场每个位置的势能分布是由 PM2.5 密度分布的伪势能减去超声陷阱的势能得到的, 即满足如下关系:

$$[0153] \quad V(r, t) = V_c'(r, t) - V_e(r, t)$$

[0154] V 为感应合成表达场的势能, V_c' 为 PM2.5 密度分布的伪势能, V_e 为超声陷阱的势能;

[0155] 所述的 PM2.5 密度分布的伪势能是指 PM2.5 与超声波感应的过程中, PM2.5 运动到超声陷阱中某个位置, 对该位置的超声陷阱势能产生的相应影响, 导致其他 PM2.5 在超声陷阱中该位置的势能减少, 其中减少的势能大小即为所述的 PM2.5 密度分布的伪势能大小。

[0156] 根据本发明对 PM2.5 密度分布的伪势能定义可知, PM2.5 浓度越高的区域对应的 PM2.5 伪势能越高, PM2.5 分布空间中任意位置的 PM2.5 密度分布的伪势能与 PM2.5 的浓度成正比, 空间中 r_i 位置处 ϵ 范围内 PM2.5 密度分布的伪势能计算公式如下:

$$[0157] \quad V_c'(r_i, t) = \sigma' \cdot C'(r_i, t)$$

[0158] $C'(r_i, t)$ 为 r_i 位置处的颗粒物密度, σ' 为 ϵ 范围内的颗粒物密度分布的浓度—势能转换系数, σ' 可以通过测量在平衡状态下, 势能为 V_0' 的超声陷阱处的颗粒物密度 C_0' 计算得到, 计算公式如下: $\sigma' = \frac{V_0'}{C_0'}$ 。

到, 计算公式如下: $\sigma' = \frac{V_0'}{C_0'}$ 。

[0159] 在吸收来自超声陷阱的能量后, PM2.5 的振动加强, 其惯性增大, 受到外界干扰变小, 趋于稳定。因此, 一方面, 当 PM2.5 浓度均匀, 即 PM2.5 密度分布的伪势能分布均匀时, 超声陷阱势能越高的位置, 可提供 PM2.5 吸收的能量越多, PM2.5 趋向于超声陷阱中势能高的位置; 而另一方面, 当超声陷阱分布均匀时, PM2.5 在占据了超声陷阱势能较高的位置后, 可供其他 PM2.5 吸收的能量减少, PM2.5 趋向于 PM2.5 密度较低的位置, 即 PM2.5 密度分布的伪势能较低的位置。因此, 感应合成表达场表征了超声陷阱已经提供给 PM2.5 的势能分布, 感应合成表达场势能越高的地方, 超声陷阱可以继续提供给其它 PM2.5 的能量越少, PM2.5 趋向于从合成表达场势能高的位置向势能低的位置运动。

[0160] 因此, PM2.5 按照超声陷阱分布自组织聚集的详细过程如图 4 所示:

[0161] 如图 4 的①所示, 在初始状态下, PM2.5 受到超声陷阱作用形成势能均匀分布的

PM2.5密度分布,此时的PM2.5密度分布中任意位置处的势能设为零,于是,感应合成表达场的势能分布与超声陷阱分布相反。在PM2.5自组织聚集的过渡过程中,PM2.5会不断被感应合成表达场势能平衡位置所吸引,占据平衡位置,使该位置的PM2.5的浓度逐渐升高。所述的平衡位置是指某一有限范围内势能最小的位置,即势阱。达到平衡状态时,感应合成表达场的势能呈均匀分布,颗粒物聚集平面的PM2.5密度分布会与超声陷阱分布相同,PM2.5聚集于超声陷阱中。所述的颗粒物聚集平面是指PM2.5按照超声陷阱分布自组织聚集的平面。

[0162] 达到如图4的①所示的平衡状态后,当超声陷阱分布发生变化时,感应合成表达场的势能分布也会发生相应的变化。如图4的②所示,当超声陷阱部分区域的势能升高时,感应合成表达场相应区域的势能降低,超声陷阱的能量能够给更多的PM2.5提供能量,PM2.5不断向平衡位置自组织聚集,最终达到平衡状态,合成表达场的势能呈均匀分布,颗粒物聚集平面的PM2.5密度分布与超声陷阱分布相同,颗粒物聚集于超声陷阱中。如图4的③所示,超声陷阱部分区域的势能降低,感应合成表达场相应区域的势能升高,超声陷阱的能量不足以吸引PM2.5处于该平衡位置,PM2.5在该平衡位置浓度过高,PM2.5不断向新的平衡位置自组织聚集,最终达到平衡状态,感应合成表达场的势能呈均匀分布,颗粒物聚集平面的PM2.5密度分布会与超声陷阱分布相同,PM2.5聚集于超声陷阱中。

[0163] 于是, r_i 位置的PM2.5向 r_j 位置自组织聚集时的速度计算如下:

$$[0164] \quad \begin{cases} v_{ij} = \sqrt{\frac{2(V(r_i, t) - V(r_j, t))}{m}}, V(r_i, t) > V(r_j, t) \\ v_{ij} = 0, V(r_i, t) = V(r_j, t) \\ v_{ij} = -\sqrt{\frac{2(V(r_j, t) - V(r_i, t))}{m}}, V(r_i, t) < V(r_j, t) \end{cases}$$

[0165] 当 $V(r_i, t) - V(r_j, t) > 0$ 时, $v_{ij} > 0$,此时, r_i 位置上的PM2.5向 r_j 位置运动,当 $V(r_i, t) - V(r_j, t) < 0$ 时, $v_{ij} < 0$,此时, r_j 位置外的PM2.5向 r_i 位置运动,当 $V(r_i, t) - V(r_j, t) = 0$ 时, $v_{ij} = 0$,此时, r_i 位置的PM2.5相对于 r_j 位置达到平衡状态。

[0166] PM2.5按照超声陷阱分布进行自组织聚集,形成PM2.5密度分布,PM2.5密度分布与超声陷阱趋于平衡状态,PM2.5向超声陷阱中心聚集。最终 $V_c - V_e = 0$ 时,PM2.5密度分布与超声陷阱达到平衡状态,PM2.5聚集在超声陷阱中心。

[0167] 3) 吸附处理超声陷阱中心的PM2.5:消除已聚集的PM2.5,PM2.5密度分布消失,空间中其他PM2.5与超声陷阱感应;

[0168] 如图9、图10所示,位于超声陷阱下方的颗粒物吸附模块采用负离子吸附法吸附超声陷阱PM2.5聚集处的PM2.5,利用负离子中的小粒径负离子捕捉PM2.5聚集处的PM2.5,使PM2.5凝聚并沉淀,从而消除已聚集的PM2.5,使其他的PM2.5继续聚集。颗粒物收集处理装置利用水使PM2.5保持聚集,并将聚集成块的PM2.5塑封,可制成PM2.5肥料供植物吸收处理。所述PM2.5的塑封是指颗粒物收集处理装置口上的塑封器对装满PM2.5的收集袋进行塑封。

[0169] 4) 重复步骤2)~3)。

[0170] 实施例2采用可移动的方式聚集处理PM2.5

[0171] 为了吸收公共开放环境中的PM2.5,考虑到公共开放环境的空间较大,超声陷阱分

布于整个空间有所困难,于是为超声陷阱颗粒吸引处理系统搭载运动模块,使原系统具有移动吸引和收集PM2.5的能力,具体步骤如下(如图14所示):

[0172] 1) 超声陷阱生成模块生成超声陷阱;位于颗粒物吸附模块上方的超声陷阱生成模块采用具有1M~5M扫描频率范围,生成超声陷阱,超声陷阱的超声波频率可随时间变化;

[0173] 超声陷阱生成模块位于颗粒物吸附模块上方,超声陷阱生成模块超声发生装置分布于长生成超声陷阱生成模块与颗粒物吸附模块连接位置关系如图12、图13所示;

[0174] 超声陷阱具体产生方式有如下:

[0175] 超声陷阱生成模块具有N(N≥1)个超声波频率可变的发生源阵列式排列的超声波发生器,通过超声波控制装置控制超声波发生器,生成如图5所示的超声陷阱,此超声陷阱分布为陷阱中心的势能最高,距离陷阱中心越远的位置势能越低;

[0176] 超声陷阱在不同位置上的势能通过超声陷阱生成模块发出的超声波能量强度和相位进行调节,超声陷阱的势能计算过程如下:

$$[0177] \quad V_e(r_i) = \mu \cdot \sum_{e_i} E_e(r_i) = \mu \cdot \sum_{k=1}^N Kq_k \sin(\omega_e(t - l_k/c) + \varphi_k) = \mu \cdot \sum_{k=1}^N Kq_k e^{i(\omega_e(t - l_k/c) + \varphi_k)}$$

[0178] 其中, ω_e 为超声波频率, K 为声场的比例常数(可取 $K=0.0825$), q_k 为第 k 个超声波的强度, $V_e(r_i)$ 表示空间中 r_i 坐标位置在感应环境超声波场的势能, l_k 为第 k 个超声波发生器距离, φ_k 为第 k 个超声波发生器的相位, μ 为超声波发生器引起感应的感应环境超声波场势能转换系数(可取 $\mu=1$), $E_e(r_i)$ 为超声波发生器发出的能量。其中, $E_e(r_i) = E \cdot e^{-r_i}$, E 为超声陷阱中心的能量强度, r_i 在以超声陷阱中心为坐标原点的极坐标轴中表示空间点到超声陷阱中心的距离。

[0179] 同时,超声陷阱的频率设定有三种方式可选:(1)固定频率模式;(2)扫描频率模式;(3)检测频率模式。其中,固定频率模式为直接设定超声陷阱的频率;扫描频率模式为通过超声陷阱的频率扫描速度可调,一般采用从1M开始每分钟频率变换一次,变换频率为0.1M,使超声陷阱能与不同的PM2.5进行感应;检测频率模式为先快速进行频率扫描,生产不同频率的超声陷阱,同时检测PM2.5的浓度变化,当超声陷阱内的PM2.5浓度升高时,确定超声频率。

[0180] 2) PM2.5感应聚集:PM2.5与超声陷阱感应,PM2.5按照超声陷阱的分布自组织聚集。所述的PM2.5的自组织聚集过程及感应合成表达场的势能计算如下计算推导所示:

[0181] 由于PM2.5与超声陷阱的作用要远远大于PM2.5颗粒间的作用力,因此在不考虑PM2.5颗粒间相互作用的情况下,PM2.5感应自组织聚集的具体过程如图4所示(图中的颗粒物即为PM2.5):

[0182] 其中,图4的①部分描述的是在颗粒物聚集平面上,驱动PM2.5自组织聚集的感应合成表达场势能分布,感应合成表达场每个位置的势能分布是由PM2.5密度分布的伪势能减去超声陷阱的势能得到的,即满足如下关系:

$$[0183] \quad V(r, t) = V_c'(r, t) - V_e(r, t)$$

[0184] V为感应合成表达场的势能, V_c' 为PM2.5密度分布的伪势能, V_e 为超声陷阱的势能;

[0185] 所述的PM2.5密度分布的伪势能是指PM2.5与超声波感应的过程中,PM2.5运动到超声陷阱中某个位置,对该位置的超声陷阱势能产生的相应影响,导致其他PM2.5在超声陷阱

阱中该位置的势能减少,其中减少的势能大小即为所述的PM2.5密度分布的伪势能大小。

[0186] 根据本发明对PM2.5密度分布的伪势能定义可知,PM2.5密度越高的区域对应的PM2.5伪势能越高,PM2.5密度分布的伪势能与空间中PM2.5在相应位置的密度成正比,空间中 r_i 位置处 ε 范围内PM2.5密度分布的伪势能计算公式如下:

$$[0187] \quad V_c'(r_i, t) = \sigma' \cdot C'(r_i, t)$$

[0188] $C'(r_i, t)$ 为 r_i 位置处的颗粒物密度, σ' 为 ε 范围内的颗粒物密度分布的浓度—势能转换系数, σ' 可以通过测量在平衡状态下,势能为 V_0' 的超声陷阱处的颗粒物密度 C_0' 计算得到,计算公式如下:

$$\sigma' = \frac{V_0'}{C_0'}$$

[0189] 在吸收来自超声陷阱的能量后,PM2.5的振动加强,其惯性增大,受到外界干扰变小,趋于稳定。因此,一方面,当PM2.5浓度均匀,即PM2.5密度分布的伪势能分布均匀时,超声陷阱势能越高的位置,可提供PM2.5吸收的能量越多,PM2.5趋向于超声陷阱中势能高的位置;而另一方面,当超声陷阱分布均匀时,PM2.5在占据了超声陷阱势能较高的位置后,可供其他PM2.5吸收的能量减少,PM2.5趋向于PM2.5密度较低的位置,即PM2.5密度分布的伪势能较低的位置。因此,感应合成表达场表征了超声陷阱已经提供给PM2.5的能量分布,感应合成表达场势能越高的地方,超声陷阱可以继续提供给其它PM2.5的能量越少,PM2.5趋向于从合成表达场势能高的位置向势能低的位置运动。

[0190] 因此,PM2.5按照超声陷阱分布自组织聚集的详细过程如图4所示:

[0191] 如图4的①所示,在初始状态下,PM2.5受到超声陷阱作用形成势能均匀分布的PM2.5密度分布,此时的PM2.5密度分布中任意位置处的势能设为零,于是,感应合成表达场的势能分布与超声陷阱分布相反。在PM2.5自组织聚集的过渡过程中,PM2.5会不断被感应合成表达场势能平衡位置所吸引,占据平衡位置,使该位置的PM2.5的浓度逐渐升高。所述的平衡位置是指某一有限范围内势能最小的位置,即势阱。达到平衡状态时,感应合成表达场的势能呈均匀分布,颗粒物聚集平面的PM2.5密度分布会与超声陷阱分布相同,PM2.5聚集于超声陷阱中。所述的颗粒物聚集平面是指PM2.5按照超声陷阱分布自组织聚集的平面。

[0192] 达到如图4的①所示的平衡状态后,当超声陷阱分布发生变化时,感应合成表达场的势能分布也会发生相应的变化。如图4的②所示,当超声陷阱部分区域的势能升高时,感应合成表达场相应区域的势能降低,超声陷阱的能量能够给更多的PM2.5提供能量,PM2.5不断向平衡位置自组织聚集,最终达到平衡状态,合成表达场的势能呈均匀分布,颗粒物聚集平面的PM2.5密度分布与超声陷阱分布相同,PM2.5聚集于超声陷阱中。如图4的③所示,超声陷阱部分区域的势能降低,感应合成表达场相应区域的势能升高,超声陷阱的能量不足以吸引PM2.5处于该平衡位置,PM2.5在该平衡位置浓度过高,PM2.5不断向新的平衡位置自组织聚集,最终达到平衡状态,感应合成表达场的势能呈均匀分布,颗粒物聚集平面的PM2.5密度分布会与超声陷阱分布相同,PM2.5聚集于超声陷阱中。

[0193] 于是, r_i 位置的PM2.5向 r_j 位置自组织聚集时的速度计算如下:

$$[0194] \quad \begin{cases} v_{ij} = \sqrt{\frac{2(V(r_i, t) - V(r_j, t))}{m}}, V(r_i, t) > V(r_j, t) \\ v_{ij} = 0, V(r_i, t) = V(r_j, t) \\ v_{ij} = -\sqrt{\frac{2(V(r_j, t) - V(r_i, t))}{m}}, V(r_i, t) < V(r_j, t) \end{cases}$$

[0195] 当 $V(r_i, t) - V(r_j, t) > 0$ 时, $v_{ij} > 0$, 此时, r_i 位置上的PM2.5向 r_j 位置运动, 当 $V(r_i, t) - V(r_j, t) < 0$ 时, $v_{ij} < 0$, 此时, r_j 位置外的PM2.5向 r_i 位置运动, 当 $V(r_i, t) - V(r_j, t) = 0$ 时, $v_{ij} = 0$, 此时, r_i 位置的PM2.5相对于 r_j 位置达到平衡状态。

[0196] PM2.5按照超声陷阱分布进行自组织聚集, 形成PM2.5密度分布, PM2.5密度分布与超声陷阱趋于平衡状态, PM2.5向超声陷阱中心聚集。最终 $V_c - V_e = 0$ 时, PM2.5密度分布与超声陷阱达到平衡状态, PM2.5聚集在超声陷阱中心。

[0197] 3) 颗粒物吸附模块吸附处理超声陷阱中的PM2.5: 消除已聚集的PM2.5, PM2.5密度分布消失;

[0198] 如图12、图13所示, 位于超声陷阱下方的颗粒物吸附模块采用负离子吸附法吸附超声陷阱PM2.5聚集处的PM2.5, 颗粒物吸附沉降装置利用负离子中的小粒径负离子捕捉PM2.5聚集处的PM2.5, 使PM2.5凝聚并沉淀, 从而消除已聚集的PM2.5, 使其他的PM2.5继续聚集; 颗粒物收集处理装置利用水使PM2.5保持聚集, 并将聚集成块的PM2.5塑封, 可制成PM2.5肥料供植物吸收处理。所述PM2.5的塑封是指颗粒物收集处理装置口上的塑封器对装满PM2.5的收集袋进行塑封。

[0199] 4) 运动模块搭载超声陷阱颗粒物吸收处理系统移动: 超声陷阱移动, 空间中其他PM2.5与超声陷阱感应;

[0200] 运动模块中的运动控制装置接收使用者的指令或者预先设定的指令, 对运动执行装置发送控制信号; 运动执行装置接收运动控制装置的控制信号, 进行相应运动。所述指令包括运动的起始位置、速度、终止位置三个变量。

[0201] 5) 重复步骤2)~4)。

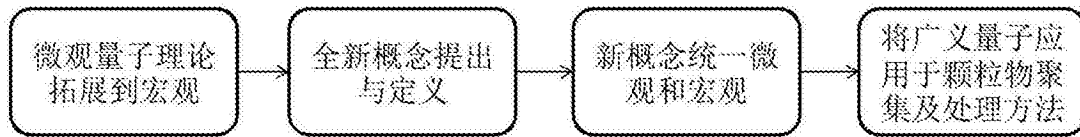


图1

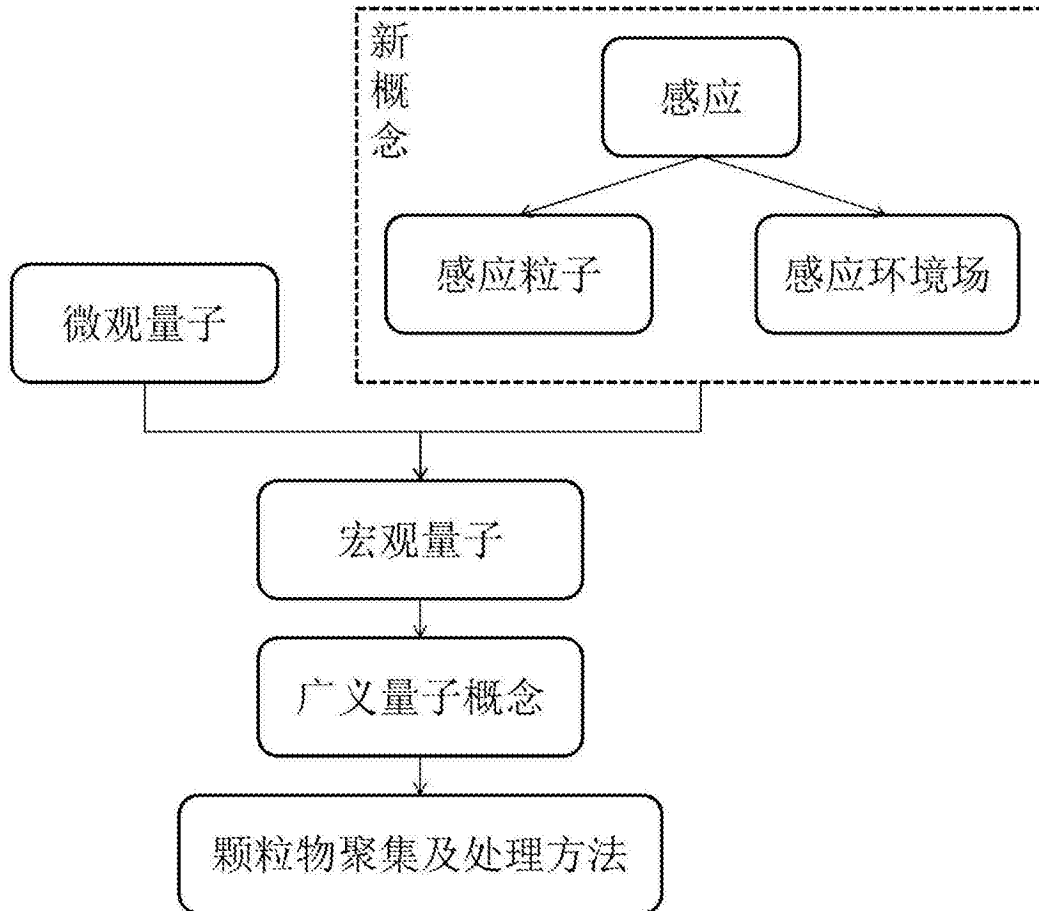


图2

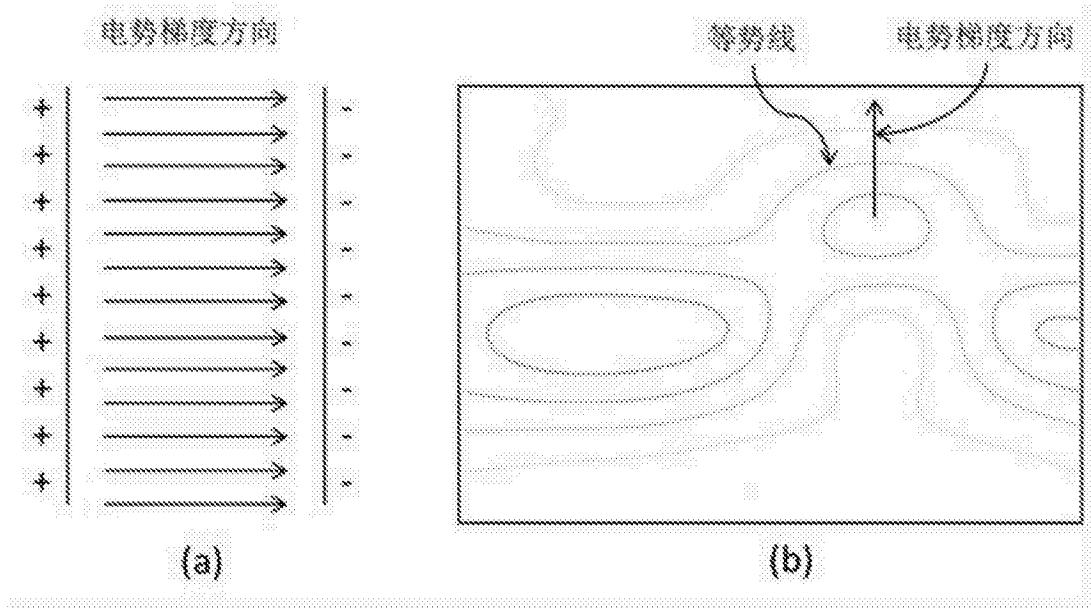


图3

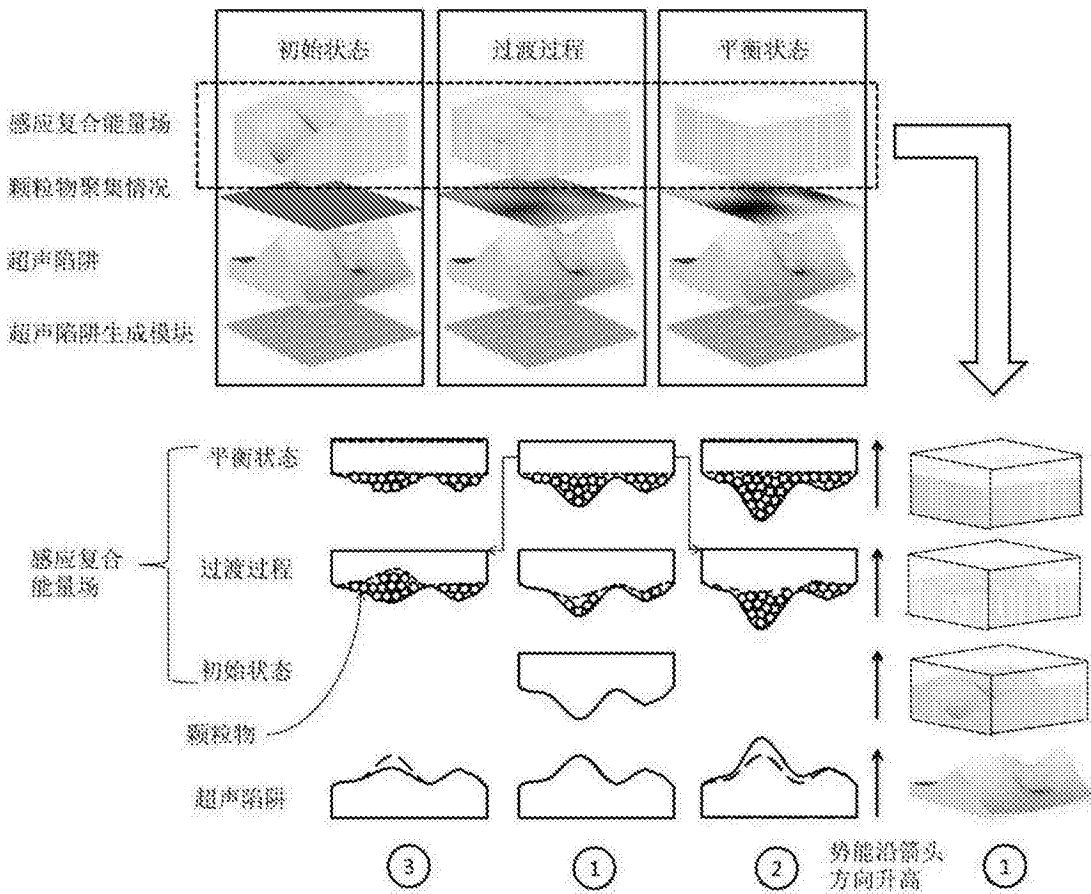


图4

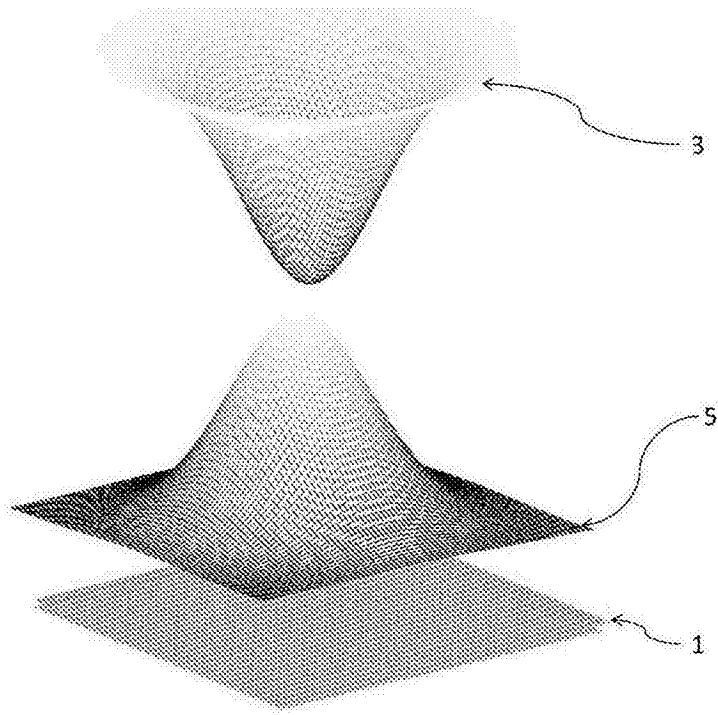


图5

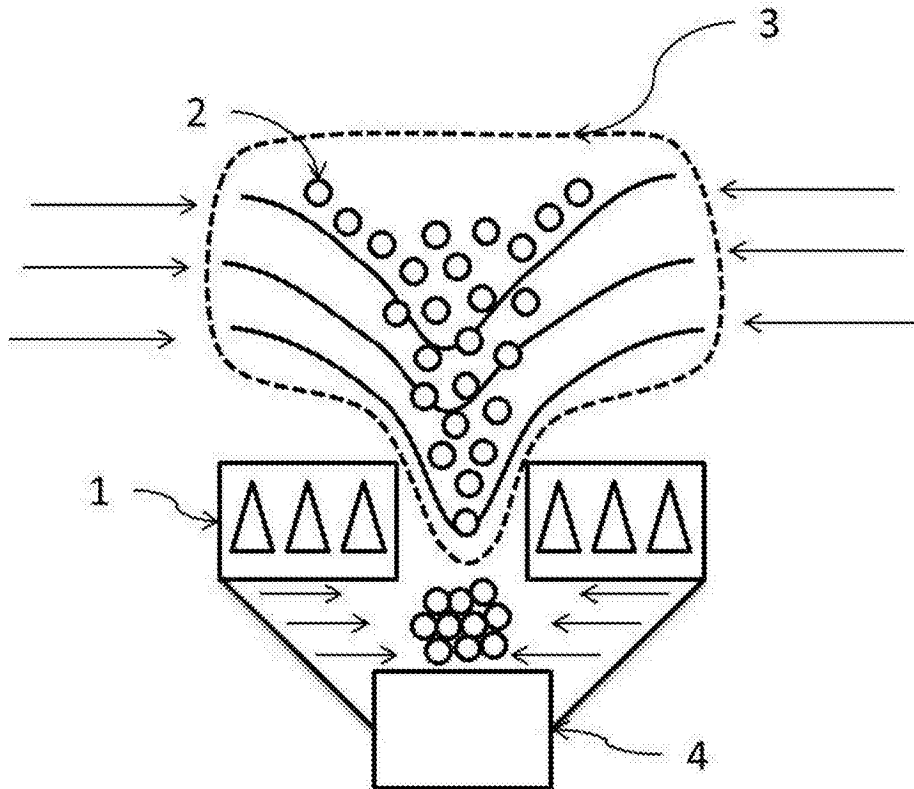


图6

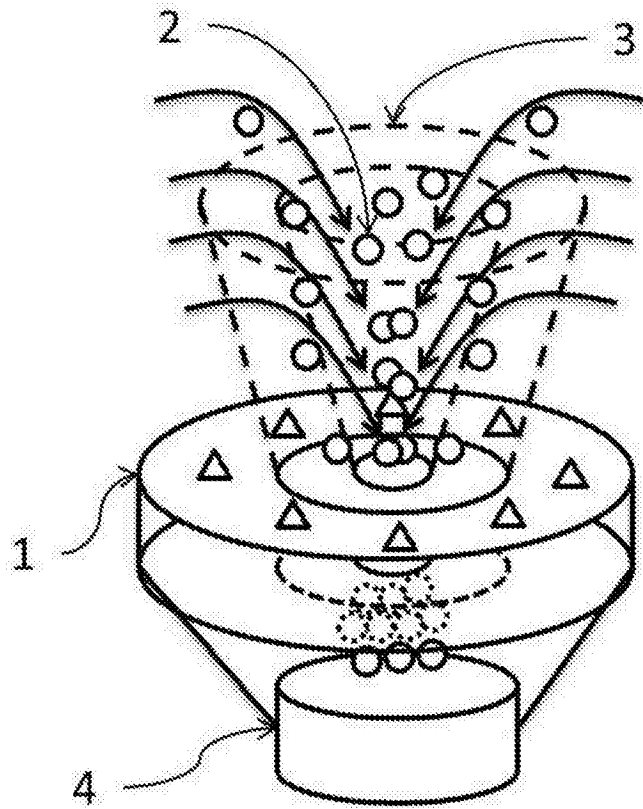


图7

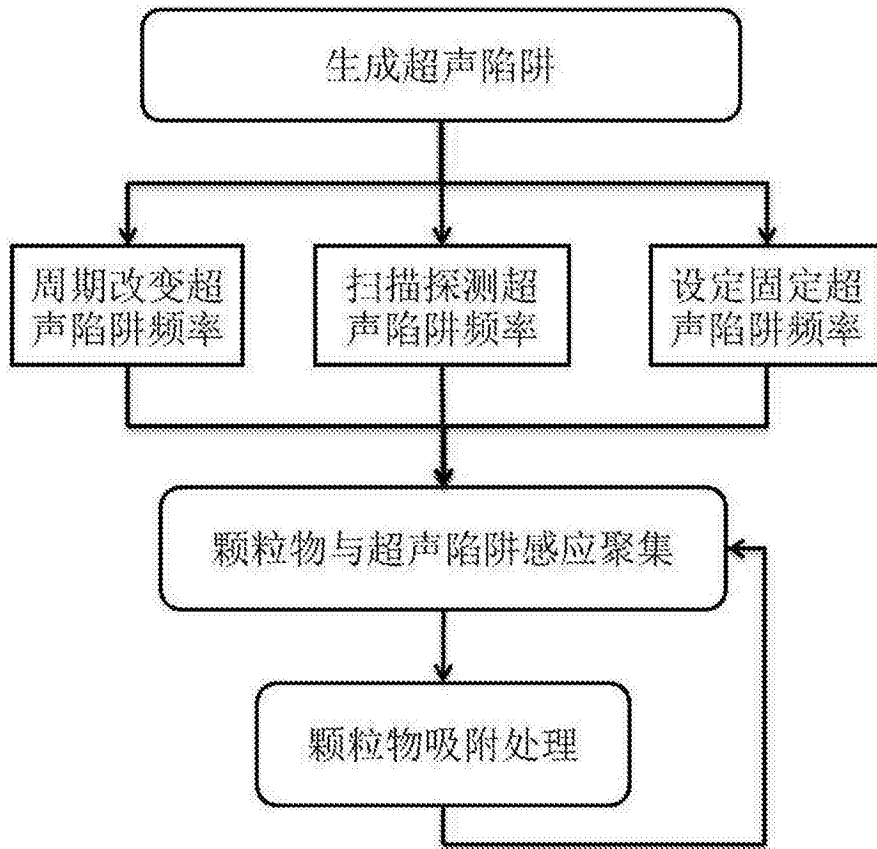


图8

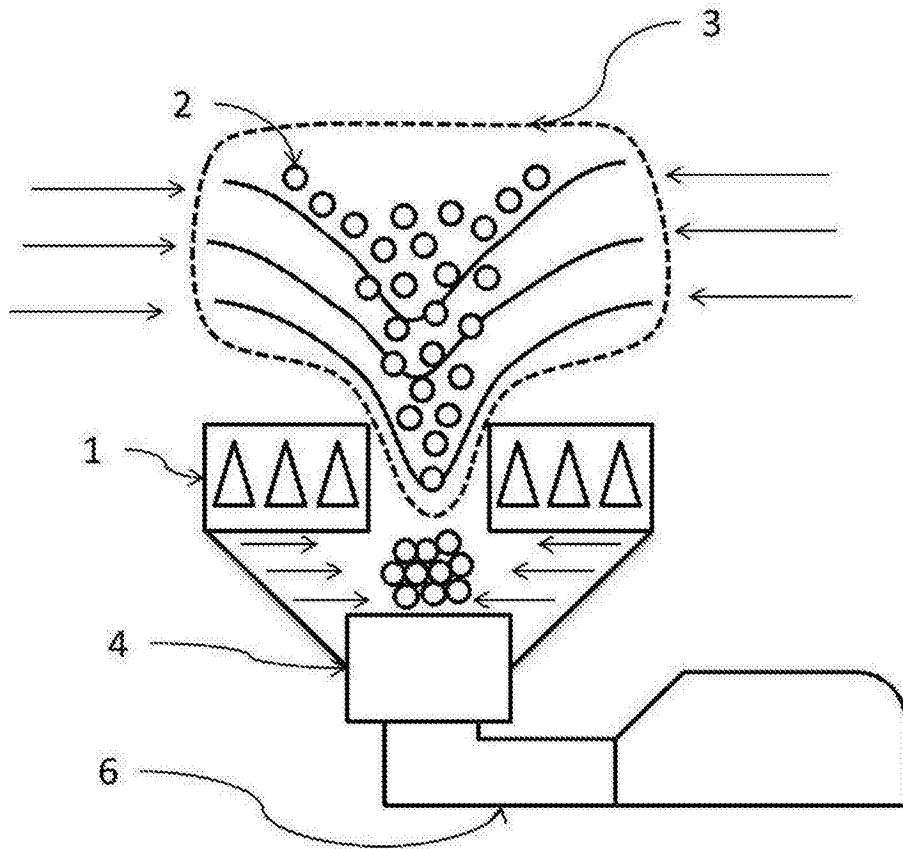


图9

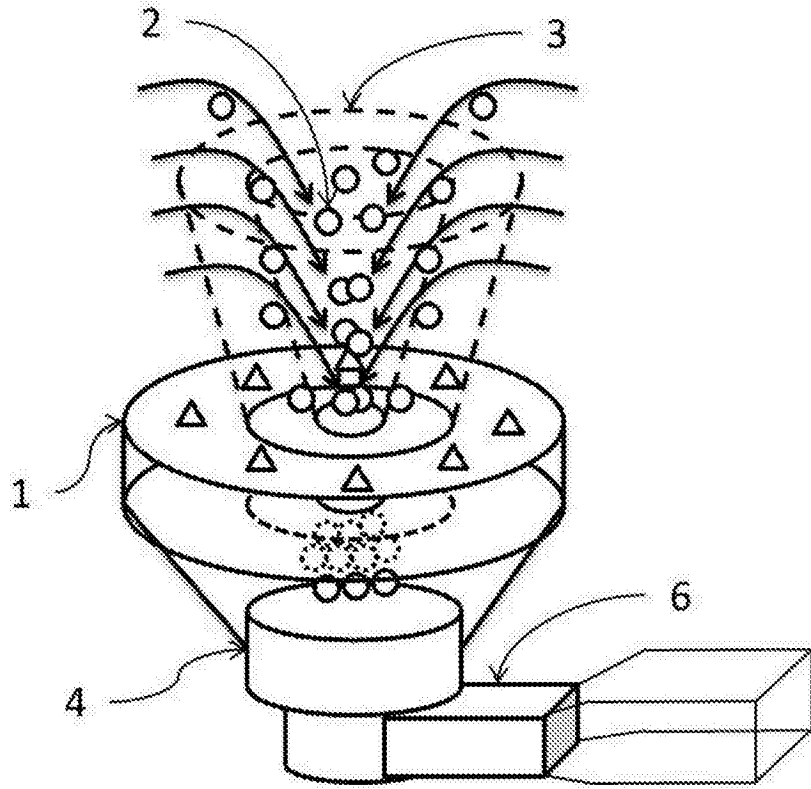


图10

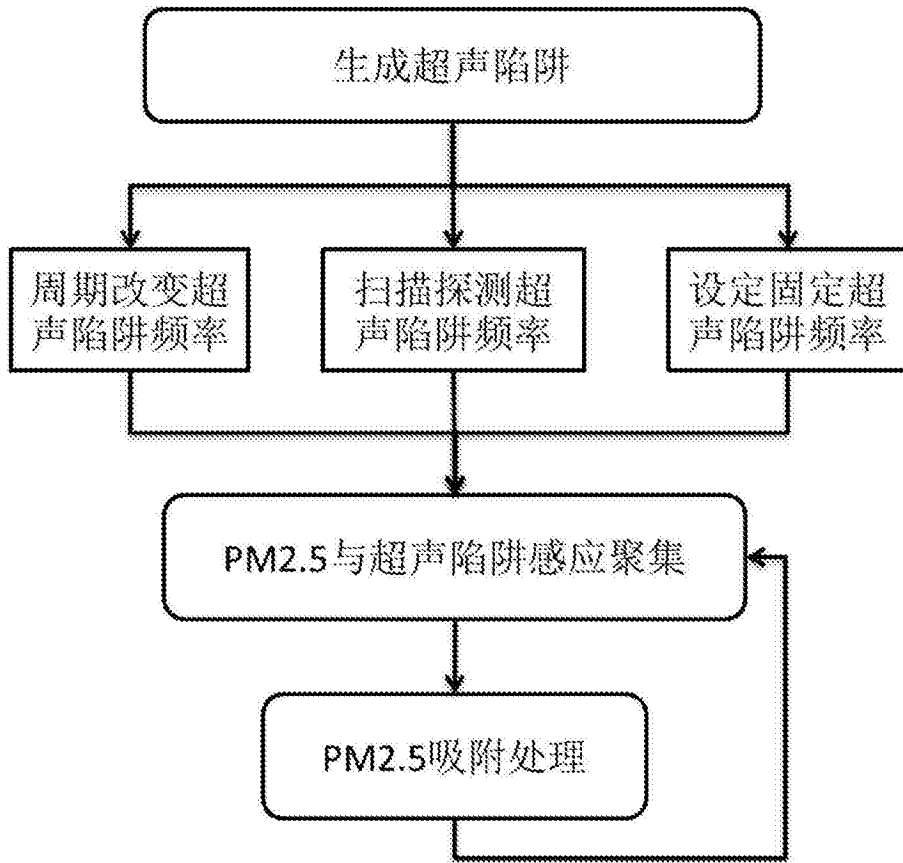


图11

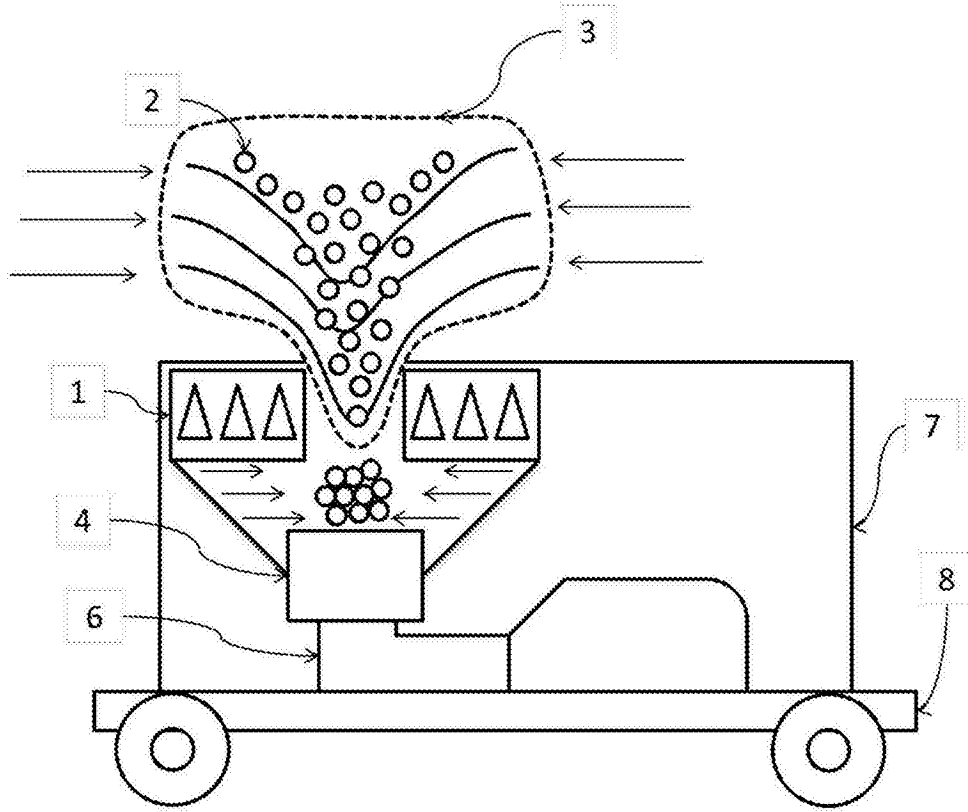


图12

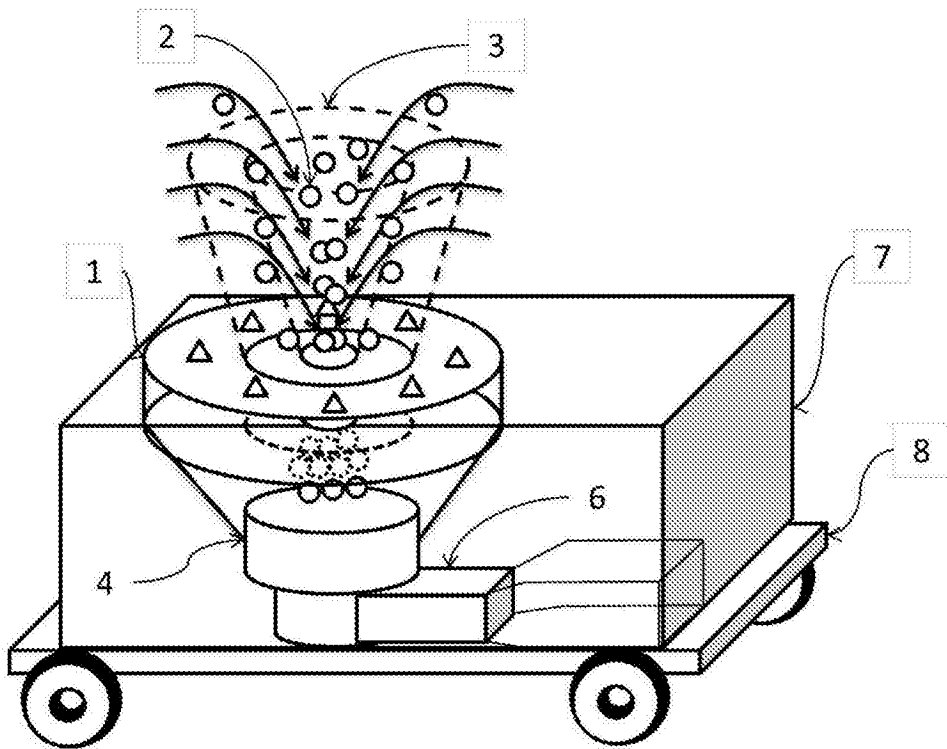


图13

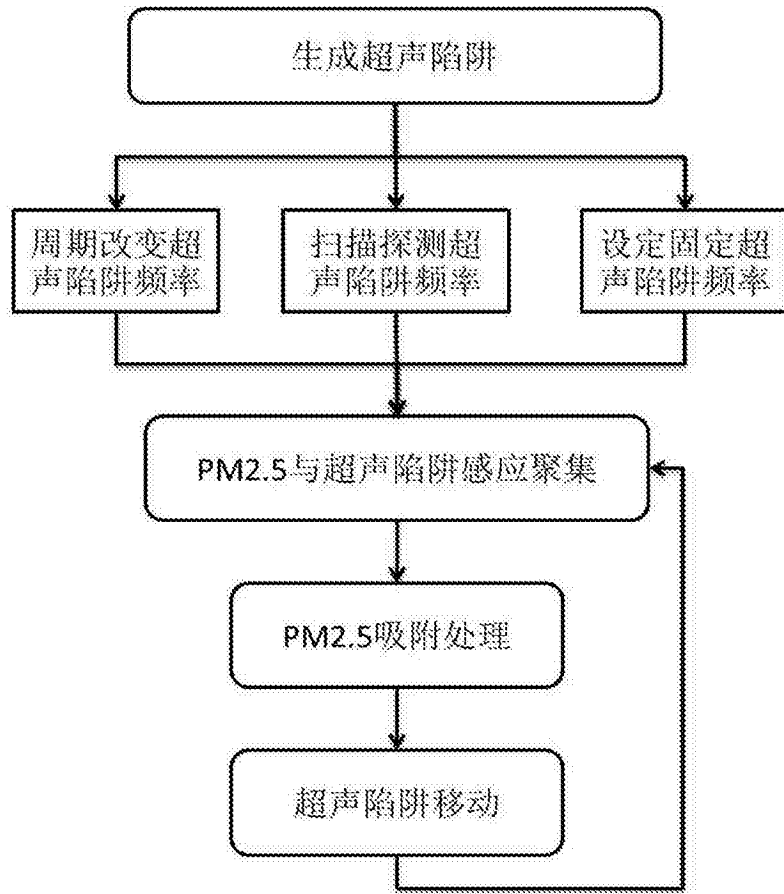


图14