

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101392221 B

(45) 授权公告日 2012. 03. 28

(21) 申请号 200810225506. 7

(56) 对比文件

(22) 申请日 2008. 11. 03

JP 2009011265 A, 2009. 01. 22,

CN 201016880 Y, 2008. 02. 06,

(73) 专利权人 中国人民解放军军事医学科学院  
微生物流行病学研究所

CN 201309938 Y, 2009. 09. 16,

地址 100071 北京市丰台区东大街 20 号五  
所九室

审查员 唐宁

专利权人 青岛众瑞智能仪器有限公司

(72) 发明人 李劲松 李娜 何春雷 孙振海  
鹿建春 赵建军

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限  
公司 11245

代理人 徐宁 关畅

(51) Int. Cl.

G12M 1/26 (2006. 01)

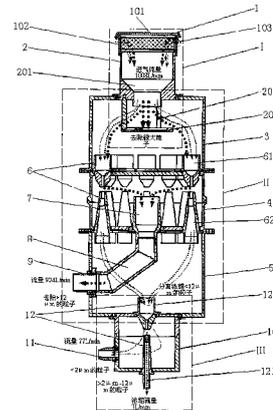
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种大流量空气微生物采样器

(57) 摘要

本发明涉及一种大流量空气微生物采样器，其特征在于：它包括上、中、下三级，上级为单孔常规冲击采样级，中级为多孔虚冲击采样级，下级为单孔虚冲击采样级；单孔常规冲击采样级包括一防雨阻虫纱网罩和一外筒；多孔虚冲击采样级包括三级箱体，并在第二级箱体内设置有二级喷管—采集管组和大粒子收集管；第三级箱体的侧壁上设置有三级箱排气口，三级箱排气口通过一排气连接管连接大粒子收集管；单孔虚冲击采样级的侧壁上设置有四级箱排气口，其内设置有三级喷管—采集管组。本发明可以大量采集气溶胶，去除尘埃、花粉等大于 12 μm 的粒子和小于 2 μm 的粒子，分离出 2 ~ 12 μm 可能含有微生物的可吸入粒子，浓缩至较小的体积气流中，达到可吸入粒子浓缩分离的目的。



CN 101392221 B

1. 一种大流量空气微生物采样器,其特征在于:它包括上、中、下三级,上级为单孔常规冲击采样级,中级为多孔虚冲击采样级,下级为单孔虚冲击采样级;

所述单孔常规冲击采样级包括一防雨阻虫纱网罩和一外筒,所述防雨阻虫纱网罩包括一防雨鼓形的圆盘盖,所述圆盘盖的底部设置有一段直筒,所述直筒的周向开有多个通气窗,所述直筒内设有一阻虫纱网,所述防雨阻虫纱网罩插设在所述外筒的顶部;所述外筒的上部为竖直段,下部具有漏斗形的气溶胶进气口,所述气溶胶进气口的下方水平设置有一撞击板,所述撞击板通过连接柱与所述外筒连接;

所述多孔虚冲击采样级包括一级箱、二级箱和三级箱,所述一级箱为一底部开口的筒形箱体;所述二级箱为一筒形封闭箱体,所述二级箱上设置有二级喷管-采集管组,所述二级喷管-采集管组包括若干个二级喷管和二级采集管,所述二级喷管贯通设置在所述二级箱的顶部,所述二级采集管位于所述二级喷管下方并与其位置对应,所述二级采集管贯通设置在所述二级箱的底部;所述二级箱的底部中央还贯通设置有一大粒子收集管;所述三级箱为一顶部开口的筒形箱体,其侧壁上设置有三级箱排气口,所述三级箱排气口通过一排气连接管连接所述大粒子收集管;

所述单孔虚冲击采样级包括四级箱,所述四级箱为一筒形封闭箱体,所述四级箱的侧壁上设置有四级箱排气口;所述四级箱上设置有三级喷管-采集管组,所述三级喷管-采集管组包括一个三级喷管和一个三级采集管,所述三级喷管贯通设置在所述四级箱的顶部,所述三级喷管与所述二级喷管结构和喷口直径相同,所述三级采集管位于所述三级喷管下方并与其位置对应,所述三级采集管贯通设置在所述四级箱的底部;

所述一级箱、二级箱和三级箱的外径相同,通过螺钉由上至下依次固定连接;所述外筒底部贯通设置在所述一级箱的顶部中央,所述四级箱顶部贯通设置在所述三级箱的底部中央。

## 一种大流量空气微生物采样器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种采样器,特别是关于一种虚拟撞击式的大流量空气微生物采样器。

### 背景技术

[0002] 在进行微生物气溶胶研究中,根据不同的研究目的,往往需要将某一粒径范围内的微生物气溶胶粒子分离并收集到特定液体中,用以实时在线分析和离线分析。为了提高目标微生物气溶胶粒子的检测灵敏度以及实验室分离目标微生物的可靠性,需要大量采集空气样本,收集一定量的微生物气溶胶粒子,来避免因样本浓度不足可能造成的漏检。目前,传统采样器主要有撞击式、冲击式、离心式、静电吸附式和过滤式等五种,在实际应用较多的是撞击式采样器和冲击式采样器,都属于惯性冲击器。这两种采样器在气溶胶粒子捕捉、粒子分离和浓缩方面存在着粒子与冲击(收集)平板表面之间的相互作用的四个问题:1、固体粒子从平板表面反弹起来;2、粒子冲击在平板表面后破碎;3、平板表面的负载;4、由于气流带来的外力造成平板表面上的粒子再分散,进入气流中。

[0003] 大流量空气微生物采样器的采样流量一般为大于 200 升/分左右。在大流量空气微生物采样器技术方面,设计的原理是多种多样的,比较常见的如 H. M. Decker 报告的静电式大流量采样器,实际上也是多种原理的组合,包括了静电沉降、惯性撞击和液体冲洗等多种原理。尽管这种采样器采用多种技术,但同样是将全部采集气流都冲击在采样面上。另一种比较常见的旋风式采样器则是通过离心力的作用将粒子与气流分开,这个离心力仍属于惯性力,只不过其方向为气流的切线方向。典型的旋风式采样器是采用一个锥形的旋风室,气流由进风口呈切线形进入,在旋风室内产生双涡旋气流,含有气溶胶粒子的气流在外圈旋转向下,清洁的气流在内圈由下向上涡旋流出,惯性大的粒子不能随气流流出,撞击在室壁上,从而达到分离大粒子的目的。但旋风式采样器对大粒子的分离能力比较强,采集较小粒子的能力比较弱,通常与其他采样仪器组合,作为大粒子切割器使用。另外,采集下来的粒子先撞击在涡壳的内表面上,再下落到圆锥管的底部,这种方式对于收集粒子是可行的,但不太利于对单个粒子进行实时检测,因为撞击在内壁的粒子在振动或气流的作用下,有时会成砣地脱落,造成瞬间浓度过高,甚至堵塞下游检测仪器。

### 发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种虚拟撞击式的大流量空气微生物采样器。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种大流量空气微生物采样器,其特征在于:它包括上、中、下三级,上级为单孔常规冲击采样级,中级为多孔虚冲击采样级,下级为单孔虚冲击采样级;所述单孔常规冲击采样级包括一防雨阻虫纱网罩和一外筒,所述防雨阻虫纱网罩包括一防雨鼓形的圆盘盖,所述圆盘盖的底部设置有一段直筒,所述直筒的周向开有多个通气窗,所述直筒内设有一阻虫纱网,所述防雨阻虫纱网罩插设在所述外

筒的顶部；所述外筒的上部为竖直段，下部具有漏斗形的气溶胶进气口，所述气溶胶进气口的下方水平设置有一撞击板，所述撞击板通过连接柱与所述外筒连接；所述多孔虚冲击采样级包括一级箱、二级箱和三级箱，所述一级箱为一底部开口的筒形箱体；所述二级箱为一筒形封闭箱体，所述二级箱上设置有二级喷管—采集管组，所述二级喷管—采集管组包括若干个二级喷管和二级采集管，所述二级喷管贯通设置在所述二级箱的顶部，所述二级采集管位于所述二级喷管下方并与其位置对应，所述二级采集管贯通设置在所述二级箱的底部；所述二级箱的底部中央还贯通设置有一大粒子收集管；所述三级箱为一顶部开口的筒形箱体，其侧壁上设置有三级箱排气口，所述三级箱排气口通过一排气连接管连接所述大粒子收集管；所述单孔虚冲击采样级包括四级箱，所述四级箱为一筒形封闭箱体，所述四级箱的侧壁上设置有四级箱排气口；所述四级箱上设置有三级喷管—采集管组，所述三级喷管—采集管组包括一个三级喷管和一个三级采集管，所述三级喷管贯通设置在所述四级箱的顶部，所述三级喷管与所述二级喷管结构和喷口直径相同，所述三级采集管位于所述三级喷管下方并与其位置对应，所述三级采集管贯通设置在所述四级箱的底部；所述一级箱、二级箱和三级箱的外径相同，通过螺钉由上至下依次固定连接；所述外筒底部贯通设置在所述一级箱的顶部中央，所述四级箱顶部贯通设置在所述三级箱的底部中央。

[0006] 各级喷管的喷口直径计算公式如下：

$$[0007] \quad \sqrt{St_{50}} = \rho_p d_{p50}^2 CV / 9 \mu D$$

[0008] 其中， $\rho_p$  为粒子密度， $d_{p50}$  为切割粒径， $C$  为滑动修正系数， $V$  为喷孔内气流的平均速度， $\mu$  为空气粘滞系数， $D$  为喷口直径。

[0009] 它的主要技术参数设置为采样气流 1008L/min，弱气流 7L/min，拟采样粒径  $2 \mu m \sim 12 \mu m$ ；基于该技术参数设计所述单孔常规冲击采样级：根据 Marple 理论，在雷诺数  $Re$  为 30000 时， $\sqrt{St_{50}} = 0.44$ ，根据所述各级喷管的喷口直径计算公式可求得：所述气溶胶进气口的喷口直径  $D = 46mm$ ，所述气溶胶进气口与一级撞击板的距离  $S$  取  $1.5D$ ， $S = 69mm \approx 70mm$ ；设计所述多孔虚冲击采样级和单孔虚冲击采样级：弱流比为  $7/84 = 8.4\%$ ，根据文献实验数据，弱流比为 8.4% 时，取  $\sqrt{St_{50}} = 0.80$ ，根据所述各级喷管的喷口直径计算公式可求得：所述二级喷管和三级喷管的喷口直径  $D = 4mm$ ，所述二级喷管与二级采集管以及所述三级喷管与三级采集管的距离  $S$  取  $1.5D$ ， $S = 6mm$ 。

[0010] 本发明由于采取以上技术方案，其具有以下优点：1、本发明采用虚拟撞击的原理，在粒子的飞行路径上没有任何撞击挡板，所有去除的粒子全部被排出气流排走，无粒子滞留，无粒子反弹，无再悬浮随气流流失现象，不会进入后级气流，分离彻底。2、本发明采用三级分离浓缩的虚冲击采样技术，可将拟收集的粒子浓缩至较小的气流中，既可以适用于常规的小流量采样器采集，也避免了气流太大所造成的将黏附采样介质的水分吹干，导致已采集的粒子再悬浮随气流流失，或者因水分散失导致微生物干燥死亡的问题。3、本发明的采样流量大，克服了小流量采样器样本采集量小可能造成的漏检问题，提高了仪器采样的效率。4、本发明可根据需要设计不同的分离粒径。

## 附图说明

[0011] 图 1 是本发明的整体结构示意图

## 具体实施方式

[0012] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0013] 如图 1 所示,本发明包括上、中、下三级,上级为单孔常规冲击采样级 I,中级为多孔虚冲击采样级 II,下级为单孔虚冲击采样级 III。

[0014] 单孔常规冲击采样级 I 包括一防雨阻虫纱网罩 1 和一外筒 2。防雨阻虫纱网罩 1 包括一防雨鼓形的圆盘盖 101,在圆盘盖 101 底部设置有一段直筒 102,直筒 102 的周向开有多个通气窗,在直筒 102 内设有一阻虫纱网 103。防雨阻虫纱网罩 1 插设在外筒 2 顶部,采样气流可以通过直筒 12 内的阻虫纱网 13 从各通气窗中,被抽气风机(图中未示出)吸入,阻虫纱网 13 可以防止昆虫以及草叶、飞絮等物质被吸入到采样器而堵塞气路。外筒 2 的上部为竖直段,下部具有漏斗形的气溶胶进气口 201,气溶胶进气口 201 的下方水平设置有一级撞击板 202,并通过三根连接柱 203 与外筒 2 连接。

[0015] 多孔虚冲击采样级 II 包括一级箱 3、二级箱 4 和三级箱 5。一级箱 3 为一底部开口的筒形箱体。二级箱 4 为一筒形封闭箱体,其上设置有二级喷管—采集管组 6。二级喷管—采集管组 6 包括 12 个(仅依次为例,并不限于此)二级喷管 61 和二级采集管 62,二级喷管 61 贯通设置在二级箱 4 的顶部,二级采集管 62 位于二级喷管 61 的下方并与其位置对应,二级采集管 62 贯通设置在二级箱 4 的底部。二级箱 4 的底部中央还贯通设置有一大粒子收集管 7。三级箱 5 为一顶部开口的筒形箱体,其侧壁上设置有三级箱排气口 8,三级箱排气口 8 通过一排气连接管 9 连接大粒子收集管 7。

[0016] 单孔虚冲击采样级 III 包括四级箱 10,四级箱 10 为一筒形封闭箱体,四级箱 10 的侧壁上设置有四级箱排气口 11,四级箱 10 上设置有三级喷管—采集管组 12。三级喷管—采集管组 12 包括一个三级喷管 120 和三级采集管 121,三级喷管 120 贯通设置在四级箱 10 的顶部且与二级喷管 61 结构相同,三级采集管 121 位于三级喷管 120 的下方并与其位置对应,三级采集管 121 贯通设置在四级箱 10 的底部。

[0017] 一级箱 3、二级箱 4 和三级箱 5 的外径相同,并通过螺钉自上而下依次固定连接。外筒 2 底部贯通设置在一级箱 3 的顶部中央,四级箱 10 顶部贯通设置在三级箱 5 的底部中央。

[0018] 上述实施例中,抽气风机的抽气管分别与三级箱排气口 8、四级箱排气口 11 和三级采集管 121 相连接,但抽气风机不在本发明所保护的范围内。

[0019] 上述实施例中,一些相对设置的部件,特别是各级气流喷管和采集管等的参数设计对采集效率有较大的影响,因此需要根据一些相应技术的已知计算方法对本发明中各个部件的参数进行选择设计:

[0020] 设计本发明时首先要计算粒子在流场中的运动轨迹,气流中粒子是否被采集由斯托克斯数(St)决定,即:

$$[0021] \quad St = \rho_p d_{p50}^2 CV / 18 \mu D \quad (1)$$

[0022] 其中,  $\rho_p$  为粒子密度,  $d_{p50}$  为中值切割粒径,  $C$  为滑动修正系数,  $V$  为喷管内气流的平均速度,  $\mu$  为空气粘滞系数,  $D$  为喷口直径。通过喷口的采样气流  $Q$  与喷口气流的平均流速  $V$  满足如下关系:

$$[0023] \quad Q = V \pi D^2 / 4 \quad (2)$$

[0024] 采样器的采样气流  $Q$  经气溶胶进气口 201 喷出分为两部分气流:一部分为强气流

$Q_1$  载着小于切割点粒径的小粒子转向进入大粒子收集管 7, 另一部分为弱气流  $Q_2$  进入采集腔 (二级箱 4 的内腔), 同时大于切割点粒径的大粒子由于惯性作用也进入采集腔。

[0025] 结合上面的两表达式, 由采集效率 50% 处的斯托克斯数  $St_{50}$  可得到粒子切割粒径  $d_{p50}$ , 即

$$[0026] \quad d_{p50}^2 C = 18 \pi D^3 St_{50} / 4 \rho_p Q \quad (3)$$

[0027] 采样器的采集特性由采集效率与粒径或  $St_{50}$  的关系曲线确定, 理论特性曲线是一条在切割点处的竖直线, 说明大于切割粒径的粒子均能穿过采集腔被采集, 但实际特性曲线是 S 形曲线。影响这条曲线的主要因素是:

[0028] ①  $L/D$  的比值,  $L$  为大粒子收集管 41 的内径,  $D$  是直筒 12 的内径;

[0029] ② 雷诺数  $Re = \rho gVD / \mu = 4 \rho gQ / \pi \mu D$ ,  $\rho g$  为空气密度;

[0030] ③ 弱流比  $Q_2/Q$ 。

[0031] 国外相关实验表明, 一般单级采样器的  $L/D$  在 1.0 ~ 1.5 之间、雷诺数  $Re$  在 500 ~ 3000 以内、弱流比  $Q_2/Q$  在 10% 以上。特殊设计的单级采样器, 对雷诺数  $Re$  达近 30000 时的弱流比  $Q_2/Q$  可达到 1% 左右。衡量采样器的性能指标是采集效率、采样流量、切割粒径。

[0032] 鉴于上述要求, 本发明的主要技术参数设置为: ① 采样气流  $Q$ : 1008L/min; ② 弱气流  $Q_2$ : 7L/min; ③ 拟采样粒径  $d_{p50}$ :  $2 \mu m \sim 12 \mu m$ 。基于上述拟采样粒径  $d_{p50}$ , 必须将采样气流  $Q$  中的大于  $12 \mu m$  的粒子分离出去, 也要将小于  $2 \mu m$  的粒子分离出去, 仅保留粒径在  $2 \mu m \sim 12 \mu m$  之间的粒子。因此, 大的粒子中值切割径 ( $d_p$  大 50) 就是  $12 \mu m$ , 小的粒子中值切割径 ( $d_p$  小 50) 就是  $2 \mu m$ 。

[0033] 要实现上述粒子的分离和浓缩的要求, 本发明采用三级分离、浓缩的虚冲击采样技术, 将大于  $12 \mu m$  的粒子和小于  $2 \mu m$  的粒子地分离除去, 把粒径在  $2 \mu m \sim 12 \mu m$  之间的粒子浓缩到弱气流  $Q_2$  中, 再收集到液体介质中。

[0034] 上述实施例中, 单孔常规冲击采样级 I 的中值切割粒径 ( $d_p$  大 50) 为  $12 \mu m$ , 将大于  $12 \mu m$  的颗粒物除去。多孔虚冲击采样级 II 和单孔虚冲击采样级 III 的中值切割粒径 ( $d_p$  小 50) 为  $2 \mu m$ , 将采样气流  $Q$  (1008L/min) 中  $d_{p50}$  为  $>2 \mu m \sim 12 \mu m$  之间的粒子分两次浓缩在弱气流  $Q_2$  (7L/min) 中, 以使用液体介质采集。

[0035] 根据设定的参数和公式 (3), 计算出各级喷管的喷口直径和距离。

[0036] 首先确定需要捕获的粒子粒径  $d_{p50}$ , 然后根据雷诺数  $Re$  确定  $St_{50}$ , 最后根据上述公式计算喷口直径, 计算基于如下公式:

$$[0037] \quad \sqrt{St_{50}} = \rho_p d_{p50}^2 CV / 9 \mu D \quad (4)$$

[0038] 其中,  $\rho_p$  为粒子密度, 取 1;  $d_{p50}$  为切割粒径;  $C$  为滑动修正系数, 对  $12 \mu m$  的粒子, 可取 1;  $V$  为喷管内气流的平均速度;  $\mu$  为空气粘滞系数;  $D$  为喷管的喷口直径。

[0039] 单孔常规冲击采样级 I

[0040] 根据 Marple 理论, 在雷诺数  $Re$  为 30000 时,  $\sqrt{St50} = 0.44$ 。按公式 (4) 可求得: 气溶胶进气口 201 的喷口直径  $D = 46mm$ 。气溶胶进气口 201 与一级撞击板 202 的距离  $S$  取  $1.5D$ ,  $S = 69mm \approx 70mm$ 。

[0041] 多孔虚冲击采样级 II

[0042] 每一个二级喷管 61 的进口流量为 84L/min, 每一个二级采集管 62 的出口流量 (弱气流) 为 7L/min, 强流流量 77L/min。多孔虚冲击采样级共 12 个二级喷管 61, 总采样气流

为 1008L/min, 12 个二级采集管 62 的总弱气流为 84L/min。每一个二级喷管 61 和二级采集管 62 的结构以及喷口直径, 与三级喷管 120 和三级采集管 121 相同。

[0043] 单孔虚冲击采样级 III

[0044] 三级喷管 120 的进口流量为 84L/min, 三级采集管 121 的出口流量 (弱气流) 7L/min, 强流流量 77L/min, 其设计计算如下:

[0045] 此时弱流比为  $7/84 = 8.4\%$ 。根据文献实验数据, 弱流比为 8.4% 时, 取  $\sqrt{St_{50}} = 0.80$ , 设中值切割粒径为  $2\mu\text{m}$ , 按公式 (4) 可求得二级喷管 61 和三级喷管 120 的喷口直径  $D = 4\text{mm}$ , 二级喷管 61 与二级采集管 62 以及三级喷管 120 与三级采集管 121 的距离  $S$  取  $1.5D$ ,  $S = 6\text{mm}$ 。

[0046] 本发明的原理是: 采样气流从气溶胶进气口 201 处经阻虫纱网 103 被抽气风机吸入, 气溶胶粒子经过气溶胶进气口 201 的内圆上端和一级撞击板 202 (一级撞击板 202 可以降低顶端平面上很大粒子的沉积), 除去很大的粒子, 小的粒子由于惯性较小随着主气流改变方向流向 12 个二级喷管 61。在二级喷管 61 和二级采集管 62 中, 小于  $12\mu\text{m}$  的粒子由于惯性较小随着弱气流不改变方向, 流向下一级; 大于  $12\mu\text{m}$  的粒子惯性较大随着强流改变方向, 进入大粒子收集管 7, 通过排气连接管 9 被抽气风机排出。除去大于  $12\mu\text{m}$  粒子的气流在抽气风机的作用下向下流动进入三级喷管 120 和三级采集管 121,  $<2\mu\text{m}$  的粒子被分离出来并被抽气风机排出, 同时, 将  $>2\mu\text{m} \sim 12\mu\text{m}$  之间的粒子分离浓缩到 7L/min 的气流中。为了减少粒子的损失和对气流进行整形, 二级喷管 61 和三级喷管 120 处全部设计为漏斗形, 下面的竖直段为加速段。需要说明的是, 由于三级箱 5 中的气流较小, 三级喷管 120 设计为一单级圆锥喷管。同时, 也为了使最终分离出来的粒子便于后面仪器的在线检测或用小流量采样器收集。

[0047] 本发明仅以上述实施例进行说明, 各部件的结构、设置位置、及其连接都是可以有所变化的, 在本发明技术方案的基础上, 凡根据本发明原理对个别部件进行的改进和等同变换, 均不应排除在本发明的保护范围之外。

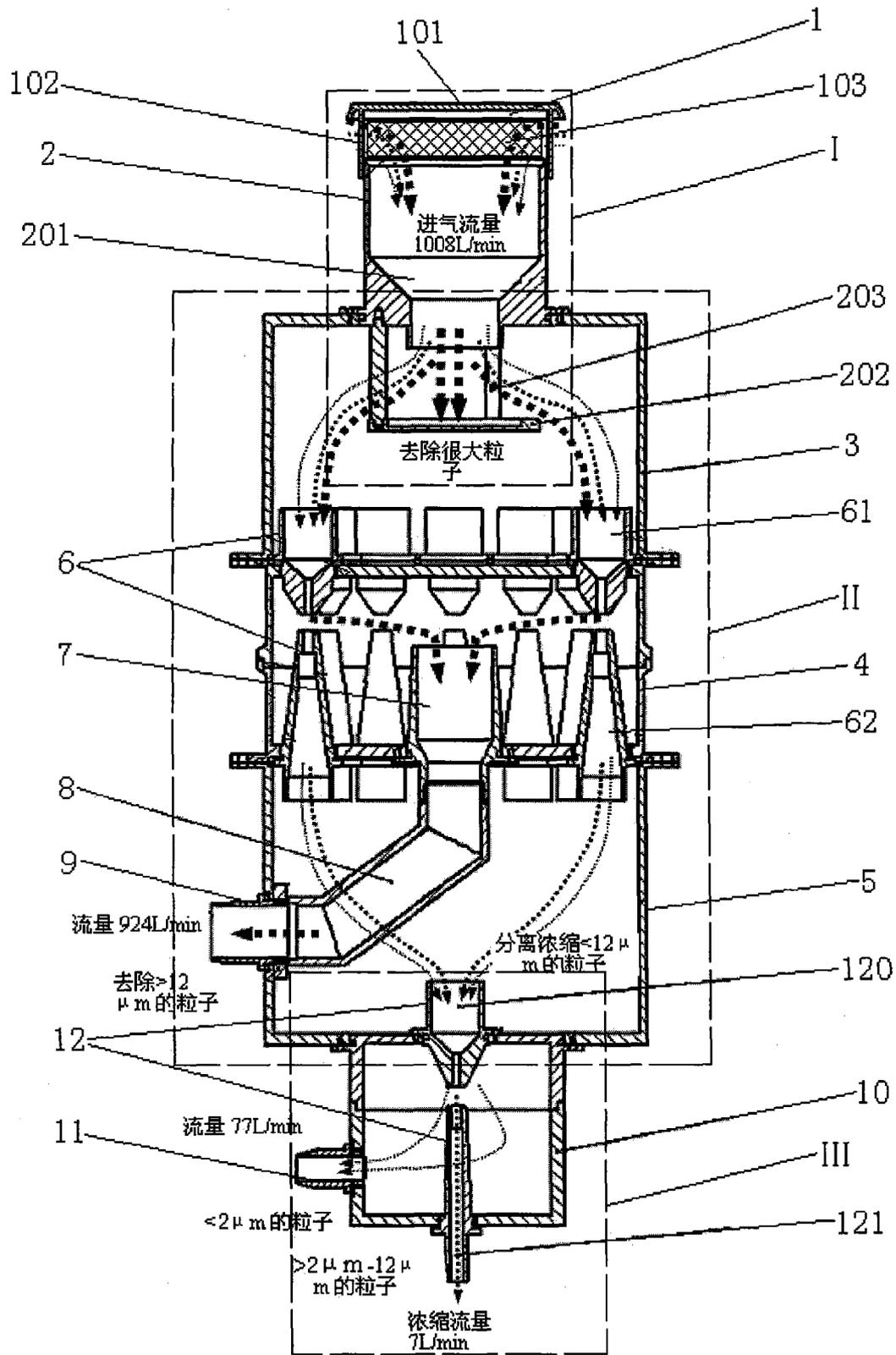


图 1