[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01N 1/20 (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710084315.9

[43] 公开日 2008 年 9 月 3 日

[11] 公开号 CN 101256122A

[22] 申请日 2007.2.27
[21] 申请号 200710084315.9
[71] 申请人 香港理工大学
地址 中国香港九龙红磡
[72] 发明人 陈维田 洪 杰 黄振声

[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司
代理人 王玉双

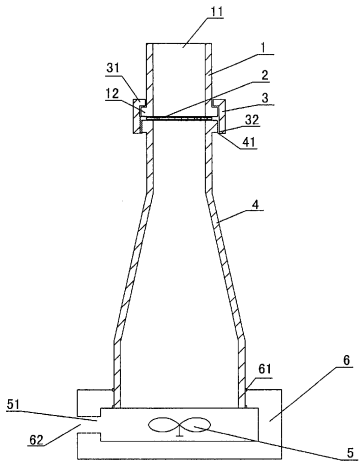
权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 4 页

[54] 发明名称

用于测量空气中颗粒物的集尘装置

[57] 摘要

本发明涉及一种用于测量空气中悬浮颗粒物的集尘装置，其包括：进气管、空气过滤网、连接件、空气导管和抽气装置；所述的连接件将轴向顺次排列的进气管、空气过滤网和空气导管紧密连接；空气导管的另一端与抽气装置紧密连接。 本发明的集尘装置结构简单、体积小巧、重量轻、携带方便，适合在各种环境下使用。



1、一种用于测量空气中悬浮颗粒物的集尘装置，其特征在于，包括：进气管、空气过滤网、连接件、空气导管和抽气装置；所述的连接件将轴向顺次排列的进气管、空气过滤网和空气导管紧密连接；空气导管的另一端与抽气装置紧密连接。

2、根据权利要求 1 的集尘装置，其特征在于，所述进气管的与空气过滤网接触的一端形成第一凸起部；所述空气导管的与空气过滤网接触的一端形成第二凸起部；所述第一凸起部和第二凸起部通过连接件紧密连接。

3、根据权利要求 2 的集尘装置，其特征在于，所述连接件为一柱状圆环，其一端向内收缩，形成收缩部，该收缩部的内径小于第一凸起部的外径，大于进气管的外径，该连接件另一端的内壁设有内螺纹；所述第二凸起部设有外螺纹，该外螺纹与连接件的内螺纹紧密地螺合。

4、根据权利要求 2 的集尘装置，其特征在于，所述连接件为一卡箍，所述第一凸起部和第二凸起部通过该卡箍紧密连接。

5、根据权利要求 1 的集尘装置，其特征在于，所述空气过滤网是玻璃纤维、垂熔型、砂芯型或金属丝型的过滤网，其过滤孔径为 10μm、8μm、6μm、4μm、2μm、1μm、0.8μm、0.5μm 或 0.2μm。

6、根据权利要求 1 的集尘装置，其特征在于，所述进气管、空气过滤网、连接件、空气导管和抽气装置为同轴设置。

7、根据权利要求 1~6 任意一项的集尘装置，其特征在于，所述抽气装置固定在一箱状的底座内，底座的上壁有一通孔，其直径与空气导管的外径相同；空气导管紧密地插入底座的通孔中；底座的侧面任意位置有一个排气口。

8、一种用于测量空气中悬浮颗粒物的集尘装置，其特征在于，包括：

进气管、空气过滤网、空气导管和抽气装置；所述进气管置于空气导管的一端，并将空气过滤网压抵在空气导管上；空气导管的另一端与抽气装置紧密连接。

9、根据权利要求 8 的集尘装置，其特征在于，所述空气导管的与空气过滤网接触的一端的呈阶梯状，形成阶梯状的支撑部和套合部；进气管的外径与套合部的内径相同，空气过滤网由空气导管的支撑部支撑，进气管插入空气导管的套合部，使进气管、空气过滤网和空气导管紧密连接；空气导管的另一端直径扩大形成为喇叭状，并与抽气装置的进气侧紧密连接。

10、根据权利要求 8 或 9 的集尘装置，其特征在于，所述抽气装置固定在一箱状的底座内，底座的上壁有一通孔，其直径与空气导管的外径相同；空气导管紧密地插入底座的通孔中；底座的侧面任意位置有一个排气口；所述进气管、空气过滤网、连接件、空气导管和抽气装置为同轴设置。

用于测量空气中颗粒物的集尘装置

发明领域

本发明涉及一种集尘装置，特别涉及一种用于测量空气中悬浮颗粒物的集尘装置。

背景技术

空气中的悬浮颗粒物是评价空气质量的一项重要指标，目前常用的用于检测可吸入悬浮颗粒物的室内颗粒物重量分析仪都需要装有颗粒物分离泵，因此使仪器成本提高。而且目前的仪器体积大，携带不便。

中国专利(专利号 92226454.6，公布号 CN2128383)公开了一种便携式测尘仪的集尘装置。该集尘装置是一种手动转盘式滤纸集尘器，其由手轮、韶轮、大齿环、上夹纸环、下夹纸环、集尘滤纸、制动导向轮、导向器、支撑导向轮、压片组成。当手轮转动一次，夹纸环转动一个角度，按顺序号进行测量一次，每张滤纸可测量 6~20 个样品，上夹纸环的上表面刻有测量序号，可在仪器面板的视窗上观察到。该装置省去了电传动部分，使体积、重量和耗电均满足便携式仪器的要求。

中国专利(专利号 200420080441.9，公布号 CN2733349)公开了一种电站锅炉取样式飞灰含碳量在线测量装置，其在烟道 A、B 二侧上各设置一个飞灰取样器，该飞灰取样器内设取样管、集灰器、喷射管、旋流集尘器、防护罩，每一个飞灰取样器的输出端接一个微波测试单元的输入端，二个微波测试单元的输入/出端各接电控单元的输出/入端，电控单元的第三组输入/出端接工业计算机 IPC 的输出/入端。该装置对于空气质量的日常监测使用并不方便。

中国专利(专利号 200520034383.0，公布号 CN2790383)公开了一种采用红外检测灰尘浓度方法的吸尘装置，其包括电动机、吸嘴、集尘箱、吸管和过滤网，吸管的一端连接吸嘴，另一端连接集尘箱，过滤网设置在吸管与集尘箱之间，设有包括安装在吸管内的由红外发射管和红外接收管配

对组成的灰尘浓度红外探测头、灰尘浓度计算电路的灰尘浓度检测电路，由吸嘴吸进的灰尘从安装在吸管内的红外发射管和红外接收管中间通过，使吸尘装置具备实时检测灰尘浓度的功能；还设有由灰尘浓度检测电路控制的电动机电子开关。具有智能化、人性化的优点，具备实时检测灰尘浓度的功能，能按照吸尘区域的灰尘浓度智能地改变电动机的运转，还可以将灰尘浓度检测电路的检测结果向用户显示，有效避免造成能源和人力浪费。该装置结构复杂，体积较大，携带不便，不便于在各种环境中使用。

因此提供一种结构简单、体积小巧、重量轻、携带方便，适合各种环境下使用的用于测量空气中颗粒物的集尘装置，是一个急待解决的问题。

发明内容

鉴于目前颗粒物重量分析仪及其集尘装置存在的问题，本发明提供了一种集尘装置，其构造简单，无需颗粒物分离泵，成本低，且体积小，携带方便。

本发明提供的一种用于测量空气中悬浮颗粒物的集尘装置，其包括进气管、空气过滤网、连接件、空气导管和抽气装置；所述的连接件将轴向顺次排列的进气管、空气过滤网和空气导管紧密连接；空气导管的另一端与抽气装置紧密连接。

所述进气管的与空气过滤网接触的一端形成第一凸起部，所述空气导管的与空气过滤网接触的一端形成第二凸起部，所述第一凸起部和第二凸起部通过连接件紧密连接。

优选的，所述连接件为一柱状圆环，其一端向内收缩，形成收缩部，该收缩部的内径小于第一凸起部的外径，大于进气管的外径，该连接件另一端的内壁设有内螺纹；所述第二凸起部设有外螺纹，该外螺纹与连接件的内螺纹紧密地螺合，从而将进气管、空气过滤网和空气导管紧密连接。

或者优选的，所述连接件为一卡箍，所述第一凸起部和第二凸起部通过该卡箍紧密连接。所述的卡箍可以是任意形式的，其只要能使进气管与空气导管紧密配合而不致泄气，同时又便于安装或拆卸即可，例如环式卡箍或钢丝卡箍。

所述的连接件用于将轴向顺次排列的进气管、空气过滤网和空气导管

紧密连接。其基本要求是将三者紧密连接不至于空气从连接部位泄漏，同时应具有易于拆卸和安装，以便可以方便地更换空气过滤网。因此，该连接件的材质不受特别限制，优选的是与进气管和/或空气导管相同的材质。优选的材质是金属。

所述进气管、空气过滤网、连接件、空气导管和抽气装置优选为同轴设置，从而可以提高集尘装置的工作效率和工作状态下的稳定性。

所述空气过滤网可以是任意的材质，优选为玻璃纤维、垂熔型、砂芯型、金属丝型的材质，更优选的是玻璃纤维过滤网。本发明所述的空气过滤网对空气是通透的，而对具有一定粒径的颗粒是不可通透的，即可以将空气中的具有一定粒径的悬浮颗粒物截留在所述空气过滤网上。

本发明所述空气过滤网的孔径是可根据需要而任意改变的，即通过选择预先制作的具有不同孔径的空气过滤网，可以将本发明的集尘装置用于不同要求的测定场合。所述的空气过滤网的孔径优选为 10μm，即在空气通过该空气过滤网的过程中，粒径大于 10μm 的颗粒被截留在网上，而粒径小于 10μm 的颗粒穿过该空气过滤网而被排出。或者所述的空气过滤网的孔径优选为 8μm，或者优选为 6μm，或者优选为 4μm，或者优选为 2μm，或者优选为 1μm，或者优选为 0.8μm，或者优选为 0.5μm，或者优选为 0.2μm。

所述的空气过滤网的直径是可以根据与其接触一端的进气管和空气导管的内径和外径尺寸而进行任意设计的，只要保证空气过滤网与进气管和空气导管能紧密接触而不致在该连接部位泄漏空气。优选的，所述空气过滤网的直径大于与其接触一端的进气管和空气导管的内径，并且小于与其接触一端的进气管和空气导管的外径。由此设计空气过滤网的目的主要是使进气管、空气过滤网和空气导管紧密连接，使空气全部通过空气过滤网，提高测量的准确性。

所述空气导管可以是上、下均为开口的任意形状的管状器件。空气导管的长度不受特别限制，只要有足够的尺寸以便于安装、拆卸或其它操作即可。空气导管的材质不受特别限制，优选的是金属材质。所述空气导管的一端与抽气装置呈紧密的连接。该连接可以是固定的，也可以是可拆卸的。该连接首先保证空气完全通过抽气装置而被抽走，同时还应使集尘装

置整体在工作时能够维持稳定而不致因抽气装置的震动影响集尘装置工作的稳定性。另外，所述的空气导管，其靠近抽气装置的一端的管径可以增大，形成喇叭形状，从而有利于提高抽气效率，或者与抽气装置配合。

所述的抽气装置可以根据需要抽取空气，即通过其运转，进入进气管的空气穿过空气过滤网，进入空气导管，进而通过抽气装置被排出本发明的集尘装置。所述的抽气装置不受特别限制，优选是电扇，更优选是离心电扇，更优选是直流电扇。本发明集尘装置工作时的空气过滤速度可以通过抽气装置进行控制，例如调节抽气速度而产生不同的空气流速，例如可控制空气的流速为 0.1~5L/min，优选的流速为 0.8L/min。空气的流速还可通过调节进气管的管径、空气过滤网的直径等来调节，为了取得更好的测量效果，即尽可能地减小测量误差，还可以控制抽气时间以获得符合测定误差的集尘量。

另外，本发明的集尘装置还可以包括固定抽气装置和/或空气导管的底座。例如该底座为箱状，抽气装置固定在底座内，底座的上壁有一通孔，其直径与空气导管的喇叭口一端的直径相同；底座的侧面任意位置有一个排气口。空气导管紧密地插入底座的通孔中，不但可稳定空气导管和抽气装置，还有助于空气完全从出气口排出，使测试过程更稳定，测试结果更准确。

本发明提供的另一种用于测量空气中悬浮颗粒物的集尘装置，其包括进气管、空气过滤网、空气导管和抽气装置。所述进气管置于空气导管的一端，并将空气过滤网压抵在空气导管上；空气导管的另一端与抽气装置紧密连接。所述轴向顺次排列的进气管、空气过滤网、空气导管和抽气装置为同轴设置。所述进气管为一圆柱形的管状物。所述空气导管与空气过滤网接触的一端呈开口方向放大的阶梯状，形成支撑部和套合部。空气过滤网置于支撑部，空气导管套合部的内径与进气管的外径相同，使进气管插入空气导管后，二者紧密配合，同时空气过滤网在二者之间将进入进气管的空气完全过滤。其它部件可与前述的设有连接件的集尘装置一致。

通过开启抽气装置，待监测的环境中的空气进入进气管，由于进气管、空气过滤网和空气导管的紧密连接，所吸入的空气全部通过空气过滤网，进入空气导管，然后空气在抽气装置的作用下被排出集尘装置。如此操作

一定时间后，根据空气过滤速度(例如，升/分，L/min)，可以计算出试验时间内的空气过滤量(例如，m^3)；试验前和试验后的空气过滤网分别精确称重，计算出所过滤的空气中的悬浮颗粒物的重量(例如，μg)，进而计算出空气中悬浮颗粒物的浓度(例如，$\mu g/m^3$)。通过本集尘装置将待监测环境中空气的悬浮颗粒物收集，大大方便了空气中颗粒物浓度的测定。

通过更换不同孔径的空气过滤网，还可以使本品方便地适用于不同的领域和环境，例如在普通的私人生活住宅室内和公共场所室内的空气监测，空气洁净度要求不一的环境(例如 100 级和 10000 级洁净生产车间)中，可以使用不同孔径的空气过滤网以达到更佳、更准确的测量效果。

本发明用于测量空气中悬浮颗粒物的集尘装置，体积小巧、携带方便、工作效率高，该集尘装置可用于检测空气中的全部悬浮颗粒物浓度，科学、准确地评价环境空气中的颗粒物污染程度。

下面结合附图和具体实施方式进一步说明本发明，但很明显，附图和实施例只是为了便于更清楚地说明本发明，而不是限制本发明。

附图说明

图 1 为本发明实施例 1 集尘装置的剖视图。

图 2 为本发明实施例 2 集尘装置的局部剖视图。

图 3 为本发明实施例 3 集尘装置的局部剖视图。

图 4 为 TSP 和 PM_{10} 之间的关系曲线图。

主要附图标记如下：

1	进气管	2	空气过滤网
11	进气口	4	空气导管
12	第一凸起部	41	外螺纹
3	连接件	42	第二凸起部
31	收缩部	43	支撑部
32	内螺纹	44	套合部
5	抽气装置	6	底座
51	排气口	61	通孔
		62	排气口

具体实施方式

实施例 1

如图 1 所示，是本发明第一种集尘装置的剖视图。该集尘装置的基本组件包括进气管 1、空气过滤网 2、连接件 3、空气导管 4 和抽气装置 5，上述五组件为同轴设置。进气口 11 的一端向上，另一端向外凸起形成第一凸起部 12，该第一凸起部 12 将空气过滤网 2 紧密地压抵在空气导管 4 的端面上。空气导管 4 与空气过滤网 2 接触的一端外壁设有外螺纹 41。连接件 3 为一柱状圆环，其一端向内收缩形成收缩部 31，收缩部 31 的内径小于上述进气管 1 的第一凸起部 12 的外径，但大于进气管 1 的外径，连接件 3 另一端内壁设有内螺纹 32。该连接件 3 可以方便地从进气管进气口 11 的一端向另一端套合而与空气导管的外螺纹 41 紧密连接，以便连接件 3 可以方便地与空气导管 4 连接或拆卸，便于空气过滤网 2 的安装。空气导管 4 在另一端可以根据抽气装置 5 的进气侧的直径而调节，本实施例中，该侧空气导管 4 的直径扩大形成为喇叭状，并与抽气装置 5 的进气侧紧密连接。从进气管进气口 11 进入的空气穿过空气过滤网 2，经过空气导管 4 而进入抽气装置 5，从抽气装置 5 的排气口 51 排出。上述抽气装置 5 是离心扇，还可以包括电动机开关和其它必要的控制器件。

实施例 2

如图 2 所示，除了连接件和与空气过滤网接触一端的空气导管的形状不同外，其它部位与实施例 1 相同。如图 2，与空气过滤网 2 接触一端的空气导管 4 向外凸起形成第二凸起部 42，该第二凸起部 42 的一端与第一凸起部 12 的一端配合，将空气过滤网 2 紧密地夹于其中。连接件 3 为卡箍，其通过第一凸起部 12 与第二凸起部 42 而将顺次轴向排列的进气管 1、空气过滤网 2 和空气导管 4 紧密连接。本领域技术人员容易理解，只要能保证紧密连接，市售的各种卡箍都是可选的方案。本例使用长沙愚人净化设备厂的 YR 不锈钢精铸环式卡箍。

另外，第二凸起部 42 一端与实施例 1 相同，即设有外螺纹，此时，不但可以用本实施例的卡箍连接，还可以用实施例 1 的设有内螺纹的套环形的连接件 3 连接。

实施例 3

如图 3 所示，本例不包括连接件。进气管 1 为一圆柱形的管状物。空气导管 4 的一端呈阶梯状，包括阶梯状的支撑部 43 和套合部 44。进气管 1 的外径与套合部 44 的内径相同，空气过滤网 2 由空气导管 4 的支撑部 43 支撑，进气管 1 插入空气导管的 4 的套合部 44，使进气管 1、空气过滤网 2 和空气导管 4 紧密连接。空气导管 4 的其它部位和本发明集尘装置的其它部件与实施例 1 相同。

实施例 4

如实施例 1 及图 1 所示。该集尘装置的基本组件进气管 1、空气过滤网 2、连接件 3、空气导管 4 和抽气装置 5 与实施例 1 相同。

其中，抽气装置 5 固定在一个箱状的底座 6 内，底座 6 的上壁有一通孔 61，其直径与空气导管 4 的喇叭口一端的直径相同；底座 6 的侧面任意位置有一排气口 62。空气导管 4 紧密地插入底座 6 的通孔 61 中，不但可稳定空气导管，还有助于空气完全从出气口 62 排出。抽气装置 5 是直流电扇，其包括电动机开关和其它必要的控制器件。

实施例 5

各部件的结构与材质均与实施例 4 相同，各部件的尺寸如下：

进气管 1 高 69mm，内径 35mm，外径 40mm，第一凸起部 12 的外径 52mm；

空气过滤网 2 的直径 46.9mm，厚 0.5mm;

连接件 3 的外径 66.4mm，径向长 26.8mm，内螺纹 32 的内径为 55.6mm，收缩部 31 的内径为 45.6mm；

空气导管 4 径向总长度为 180mm，外螺纹部分的外径和内径分别为 55.5mm 和 24mm，喇叭口一端的外径和内径分别为 69.7mm 和 63.7mm；

本领域技术人员清楚，只要能保证通过空气过滤网 2 的空气全部从空气导管 4 的与抽气装置 5 连接的一端排出，抽气装置 5 和底座 6 等部件的尺寸不必作严格的要求，因此在此不再敷述。

实验例——测定空气中颗粒物污染程度

(1)试验原理：

采用重量分析法，对样品的重量进行测定。将预先称重的空气过滤网安装在集尘装置中，该集尘装置以一定流速将环境中的空气抽入其中。空气中的颗粒将被空气过滤网捕捉而截留其上。然后再次对空气过滤网称重，计算所捕捉颗粒物的重量。

(2)试验设备：

试验设备为本发明实施例 5 的集尘装置，由香港理工大学屋宇设备工程系生产。10 台试验用集尘装置的空气流速见表 1。

表 1、通过集尘装置的空气流速

集尘装置号	空气流速(L/min)	集尘装置号	空气流速(L/min)
1	0.8	6	0.755
2	0.8	7	0.542
3	0.8	8	0.710
4	0.755	9	0.710
5	0.710	10	0.8

本发明的集尘装置与另一种气体取样仪 MiniVOL 共同进行测量，由 MiniVOL 来测量前期可吸入性灰尘(PM_{10})的量。本实验所用的 MiniVOL 携带式采样器由 AIRMETRICS 生产，其编号为 SN1569 和 SN1701。空气流速分别为 5.0 和 5.2 升/分钟。该仪器能够过滤空气动力学直径大于 10μm 的颗粒物，即其能用于测量 PM_{10} 重量浓度。

(3)方法学考察：

用精密电子天平称重试验前和试验后空气过滤网的重量，并以下式计算空气中颗粒物浓度：

$$\text{颗粒物浓度}(\mu g/m^3)=\frac{\text{空气过滤网上颗粒物的重量}}{\text{通过空气过滤网的空气体积}}=\frac{\text{试验后过滤网重量-试验前过滤网重量}}{\text{抽气时间}\times\text{空气通过速率}}$$

测量场所为香港理工大学校园内的FJ009车间和实验室内的实验台。

基于上式，数据精确度的决定因素为：(1)天平的容许误差，(2)空气流速率和(3)测量时间。由于无法对空气流速和天平的容许误差进行控制，因此测量时间是改善数据精确度的决定因素。总而言之，测量时间越长，精确度越高。测试最佳测量时间的工作是在车间内收集户外灰尘而进行的。选择了三个样品。采用预先称重的过滤膜，试验开始的时间是 2002 年 9 月 20 日， 3 天后的 9 月 23 日开始测量，其后每天称重滤纸，直到开始后的第 7 天。用 MiniVOL 作为参照一同使用。平均重量浓度见表 2。

表 2、测试最佳测量时间时的颗粒物浓度

集尘装置	TSP 质量浓度($\mu g/m^3$)				
时间(min)	4070	5360	6860	8540	9590
天数	2.8 天	3.7 天	4.8 天	6 天	6.8 天
集尘装置 1	62.5	65.8	69.3	90.2	97.3
集尘装置 2	60.2	56.9	65.2	80.2	81.9
集尘装置 3	70.7	73.7	71.3	80.0	82.9
RSP 质量浓度($\mu g/m^3$)					
MiniVOL	34	32.1	28.5	34.7	32.0

表中，TSP 为总悬浮颗粒物，RSP 是可吸入悬浮颗粒物。

测量时间 4-5 天是最适宜的时间，因为最大值和最小值之差最小，如 4.8 天时，其差值为 6.1$\mu g/m^3$。测量时间为 6 天或更长，集尘装置的 TSP 值格外的高，而 MiniVOL 的 RSP 值没有增加到这种程度。因此，5 天为最适宜的测量时间。如前所述，灰尘重量的最大误差为±68μg。5 天测量的 TSP 值的最大误差为±11.8$\mu g/m^3$。如果采用最初估计的 PM_{10}/TSP 比值 0.4，则估计的测量误差约为±4.7$\mu g/m^3$，这个数值还是令人满意的。

(4)实验的一致性

将 10 台本发明的集尘装置置于 FJ009 中的相同实验台上，同时还有 2 台 MiniVOL。测试 4 天或 5800 分钟。将编号 SN1569 标注为“A”，将 SN1701 标注为“B”。数据列于表 3 中。

表 3、一致性实验中所测定的颗粒物浓度

集尘装置号	TSP 重量浓度(μg/m^3)	集尘装置号	TSP 重量浓度(μg/m^3)
1	37.7	6	38.1
2	36.5	7	56.3
3	38.7	8	52.8
4	64.6	9	68.2
5	57.8	10	38.2
MiniVOL	RSP 重量浓度(μg/m^3)	MiniVOL	RSP 重量浓度(μg/m^3)
A	19.9	B	25.2

样本中的 5 个显示出 TSP 浓度的一致性，其数值在 36.5-38.7μg/m^3 之间，其差值仅为 2.2μg/m^3。因此认为样本 1、2、3、6 和 10 具有一致性，将这些数据选择用于后期测量中。

所选择的 5 个样本的平均重量浓度为 37.8μg/m^3。所有样本的平均值为 48.9μg/m^3。二平均值的差值为 11.1μg/m^3。所有样本的标准偏差为 12.4μg/m^3，所选择的 5 个样本的标准偏差为 0.8μg/m^3。

(5)香港理工大学的 R 座测试结果

在理工大学的 R 座用 10 台集尘装置样品测量颗粒物浓度。测量分两个阶段完成。前一阶段（前期）是对 12 楼的室内会议区与会议区相邻的室外公园的颗粒物污染进行比较。测试进行了 5 天。表 4 描述了所测数据。

集尘装置号 1、2、3、6、10 的数据显示了室内/室外的总悬浮颗粒比值为 0.6，而对所有数据，其比值为 0.57。PM_{10} 的室内/室外比值为 0.58。会议室的 PM_{10}/TSP 比值为 0.52，室外公园的比值为 0.54。

第二阶段（后期）是研究高度对颗粒物浓度的影响。将含有 4 个集尘装置和一个 MiniVOL 的一套仪器置于 R 座露天阳台。另一套置于 QR 座裙楼。测试 5 天，结果见表 5。

表 4、R 座 12 楼的室内室外环境的颗粒物浓度的比较

会议区		公园	
集尘装置	TSP 重量浓度(μg/m^3)	集尘装置	TSP 重量浓度(μg/m^3)
1	81.8	2	121.3
3	72.7	5	171.3
4	103.3	7	158.4
6	71.4	9	166.5
8	98.7	10	128.8
MiniVOL	PM_{10} 重量浓度(μg/m^3)	MiniVOL	PM_{10} 重量浓度(μg/m^3)
A	39.2	B	67.9
DustTrak	未更正过：95	DustTrak	未更正过：129
数据分析：所有数据			
平均值	85.6	平均值	149.2
标准偏差	14.7	标准偏差	22.8
数据分析：集尘装置编号 1、2、3、6、10 的数据			
平均值	75.3	平均值	125.0
标准偏差	5.7	标准偏差	5.4

表 5、QR 座裙楼和 R 座/12 层露天阳台的颗粒物重量浓度比较

QR 座裙楼		R 座/12 层露天阳台	
集尘装置	TSP 重量浓度(μg/m^3)	集尘装置	TSP 重量浓度(μg/m^3)
3	278.5	2	211.7
4	274.8	5	216.7
6	274.3	7	221.1
8	374.8	9	224.5
MiniVOL	RSP 重量浓度(μg/m^3)	MiniVOL	RSP 重量浓度(μg/m^3)
A	117.3	B	89.9
数据分析：除样本 8 以外的所有数据			
平均值	275.9	平均值	218.5
标准偏差	2.2	标准偏差	5.6

与先前数据相比，载有较大量灰尘的集尘装置的结果一致性程度更大，除样本 8 以外。TSP 的室内/室外比值为 0.79，PM_{10} 的室内/室外比值为 0.77。该结果能够反映出高度对颗粒物浓度的影响。平台浓度比屋顶浓度高 57.4μg/m^3。裙楼为二楼，裙楼与 12 楼的高度分别为离地 8 m 及 40m，二者相差 32m。

总结：从上述数据可以看出，对于在 HVAC 实验室的测试实验，集尘装置 4、5、7、8 和 9 的结果超出估计的颗粒浓度。集尘装置 1、2、3、6 和 10 的结果比较易于接受。

(6)PM_{10}/TSP 相关性

(a)将 TSP 转换为 PM10 的方程式

从集尘装置的实验数据中选择集尘装置样本 1、2、3、6 和 10 的测量值作曲线，以得到使方程式估算值和测量值的差值最小的方程式。绘出了两条曲线(见图 4)，其图示了 TSP 和 PM_{10} 之间的关系。关于将集尘装置测量结果转换为相应的 PM_{10} 值的两个方程式，见表 6。

表 6、将 TSP 值转换为 PM_{10} 的方程式

TSP 值	方程式
TSP<86.3μg/m^3	PM_{10}=67×Ln(TSP 值)-258
TSP>86.3μg/m^3	PM_{10}=19×Ln(TSP 值)-46

当 TSP=86.3μg/m^3 时，二方程式得出的 PM_{10} 值都为 39.590μg/m^3，准确到小数点后 3 位。

(b)方程式估算值与实测的 PM_{10} 值之间的比较

比较 MiniVOL 的估算值与实测数据。对于在 28.9-38.7μg/m^3 之间的 TSP 值，PM_{10} 值的估算值和实测值之间的差别为±2μg/m^3。对于在 38.7-102.1μg/m^3 之间的 TSP 值，PM_{10} 值的估算值和实测值之间的差别为±5μg/m^3，除一个过渡估算数据 7μg/m^3 以外。对于大于 102.1μg/m^3 的 TSP 值，PM_{10} 值的估算值和实测值之间的差别为±7μg/m^3。

表 7、实测 PM_{10} 与方程式估算值之间的比较

集尘装置的 TSP 值($\mu g/m^3$)	MiniVOL 的 PM_{10} 值($\mu g/m^3$)	PM_{10} 估算值($\mu g/m^3$)	差值($\mu g/m^3$)
28.9	20.4	18.6	1.8
33	20.4	21.1	0.7
33.9	20.4	21.6	1.2
34.7	20.4	22.1	1.7
36.5	22.6	23.1	0.5
37.7	22.6	23.7	1.1
38.1	22.6	23.9	1.3
38.2	22.6	23.9	1.3
38.7	22.6	24.2	1.6
66.8	39.2	34.7	-4.5
67.2	27.6	34.8	7.2
69.9	39.2	35.5	3.7
90.7	39.2	44.0	4.8
102.1	47.0	51.9	4.9
121.1	70.4	63.4	-7.0
128.8	70.4	67.5	2.9
211.7	93.5	100.8	7.3
274.4	117.3	118.2	0.9
414.5	146.5	145.8	-0.7

(c)室内/室外比值的测定

(i) 在实验室测量的室内/室外比值的比较

将集尘装置 10 置于车间内，将集尘装置 1 置于装有空调的区域（即在实验室工作台上）。将一台 MiniVOL 置于各场所中。测试 5 天半。结果见表 8。

PM_{10} 的室内/室外比值比 TSP 的室内/室外比值高。在装有空调的区域，

PM_{10}/TSP 比值较高。由于颗粒物浓度在装有空调的区域降低，它意味着空气中的大颗粒进入实验室的数量降低。可能的原因是，第一，较低高度处的大颗粒浓度较高；第二，空气过滤器更利于减少大颗粒；第三，大颗粒沉积在管道表面上。

表 8、装空调区域和装天窗车间的颗粒物污染比较

装有空调的实验室区域	
TSP	33.9μg/m^3
PM_{10}	19.6μg/m^3
PM_{10}/TSP 比值	0.58
装有通向室外的天窗的实验车间	
TSP	102.1μg/m^3
PM_{10}	47.0μg/m^3
PM_{10}/TSP 比值	0.46
室内/室外比值	
TSP	0.332
PM_{10}	0.417

(ii)在 FJ404 和 M114 测量的室内/室外比值

所测场所 FJ404 是计算机中心，M114 是授课大教室。FJ404 采纳了风机盘管单元(Fan coil unit)系统，M114 采纳了恒定风量(Constant Air Volume)系统，两个房间的新鲜空气系统见表 9-10。测量结果见表 11。

表 9、FJ404 房间的空气分配系统

测试场所	FJ404（集尘装置 1）
新鲜空气进入的位置	F 区域中心屋顶（集尘装置 2）
新鲜空气处理机组(PAU)场所	FF81/FF83。安装有 MERV 14 过滤器的 PAU
空气终端设备	风机盘管机组系统，过滤效率为 30%
返回空气的排列方式	返回到风机盘管机组
排放空气的排列方式	将排放空气排到走廊用以作为二级冷却，再返回到 F 区域中心的 4/F 的天窗，再排到屋顶的排气扇。

表 10、M114 房间的空气分配系统

测试场所	M114（集尘装置 3）
新鲜空气进入的位置	主楼的上落货区（集尘装置 6）
新鲜空气的分配	立即与返回空气混合并分配到装有 MERV14 过滤器的 AHU。
组合式空气处理机组 (AHU)位置	M114M
空气终端设备	恒定风量
返回空气的排列方式	返回到主组合式空气处理机组
排放空气的排列方式	排放到上落货区

表 11、FJ404 和 M114 内的颗粒污染

场所	FJ404	M114
室内 TSP	113.0μg/m^3	92.8μg/m^3
室内 PM_{10}（方程式估算）	59.9μg/m^3	46.5μg/m^3
进入的新鲜空气的 TSP	207.8μg/m^3	414.5μg/m^3
进入的新鲜空气的 PM_{10}（测量）	-	146.5μg/m^3
进入的新鲜空气的 PM_{10}(方程式估算)	μg/m^3	-
室内/室外 TSP 比值	0.54	0.22
估算的室内/室外 PM_{10} 的比值	0.59	0.31

我们可以看出空气分配系统排列的差异。新鲜空气处理机组和组合式空气处理机组都使用 MERV14 过滤器，其过滤效率为 85-90%。但对于 FJ404，室内空气将不再分配到主过滤器，而只是再循环到风机盘管机组，其过滤效率约为 30%。测量的室内/室外比值为 0.54。

另一方面，对房间 M114 返回的空气再循环到主过滤器进行测量，其测量的室内/室外比值为 0.22。事实上，对于 M114，进入其中的环境中的新鲜空气质量比进入 FJ404 的质量差。即便如此，返回空气再循环到主过滤器中的 CAV 过滤器能获得比 FJ404 更好的室内空气质量。返回空气排列及其过滤器效率能使室内 PM_{10} 浓度减少一半或更多。测量时，在 FJ 附楼第 4 层走廊进行更换工作，这将使 FJ404 的室内灰尘增多。然而，由于

FJ404 的室内空气仅再循环到低效率的风机盘管机组的过滤器，如果是因为在走廊附近进行了更换工作而导致更高的室内颗粒物浓度，那么风机盘管机组的过滤器清除室内灰尘的能力可以说是很低了。

(d)用 DustTrak 测量的室内/室外比值的比较

根据重量分析法测量的室内/室外比值数据见表 12。将用 DustTrak 测量的室内/室外比值作为标准。

表 12、重量分析法测量结果的总结

场所	TSP 室内/室外比值	PM_{10} 室内/室外比值	PM_{10}/TSP	DustTrak 室内/室外比值
FJ009 HVAC 实验室	0.33	0.42	室内：0.58 室外：0.46	
R 座 12/F 会议区	0.60	0.58	室内：0.52 室外：0.54	0.73
FJ404 计算机中心	0.54	0.59*		0.94
M114 教室	0.22	0.31*		0.31

*从 PM_{10}/TSP 相关关系中所估算的。

上表中的 DustTrak 室内/室外比值是在相同期间测量的。采用每个场所的 PM_{10} 平均浓度计算室内/室外比值。

M114 的集尘装置的 PM_{10} 比值与纵向 DustTrak 测量的结果相同。但是横向室内/室外比值为 0.22，灰尘浓度通常约为 20μg/m^3，其比重量分析法的结果要低得多。

从每天的颗粒物浓度概图可以看出，导致高平均值的一个可能的原因是渗透作用。无论是室内还是室外午夜时分 PM_{10} 浓度达到最大值。空调的工作时间，PM_{10} 浓度非常低。但，当关闭空调后，PM_{10} 浓度达到 60μg/m^3。一个可能的原因是，当空气控制系统关闭后，室外空气从顶棚进入然后穿过空气返回格窗进入房间。这就是非典型设计的弊端。但，当空气控制系统开始工作后，PM_{10} 浓度在几分钟内就降回到很低值。由于在纵向分析中考虑了午夜室外空气的渗透作用，室内/室外比值的平均值比只考虑空

调作用的横向分析的平均值高。

总结：重量分析法能被用于测定并比较室外新鲜空气的相对空气质量。该方法还能用于比较室内/室外的比值从而确定过滤系统的性能。然而，为了获得可信结果，该方法需要长时间的测量，如果夜间的渗透作用显著则平均 PM_{10} 值的室内/室外比值将超过估算值。 从室内/室外比值分析看出，重量分析法还能够比较风机盘管机组的排列方式和空气控制系统排列方式的过滤性能。

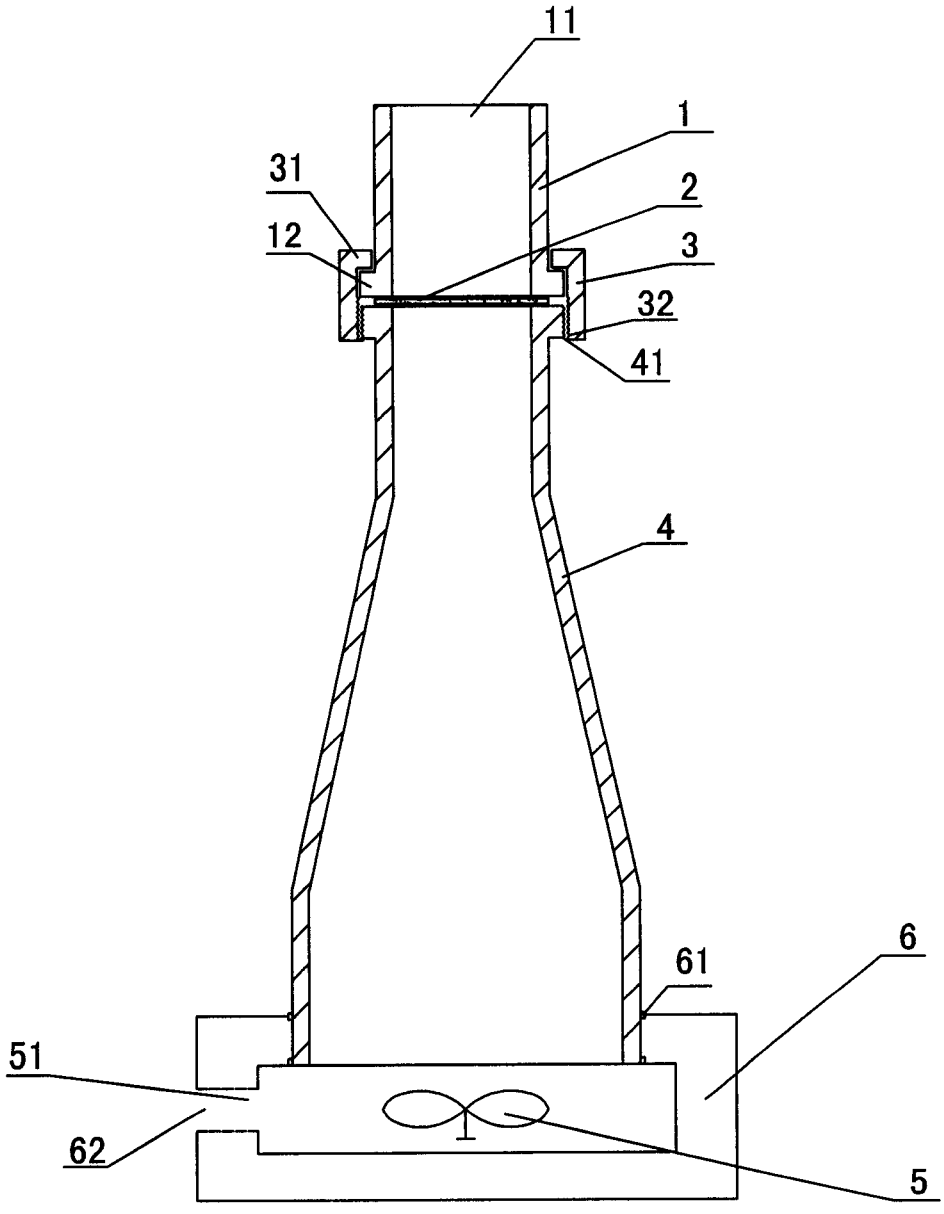


图1

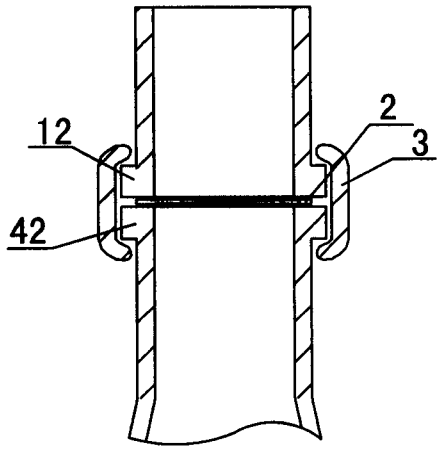


图2

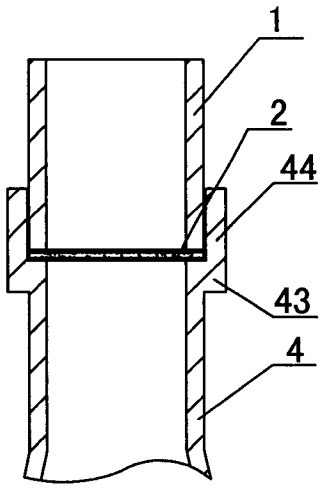


图3

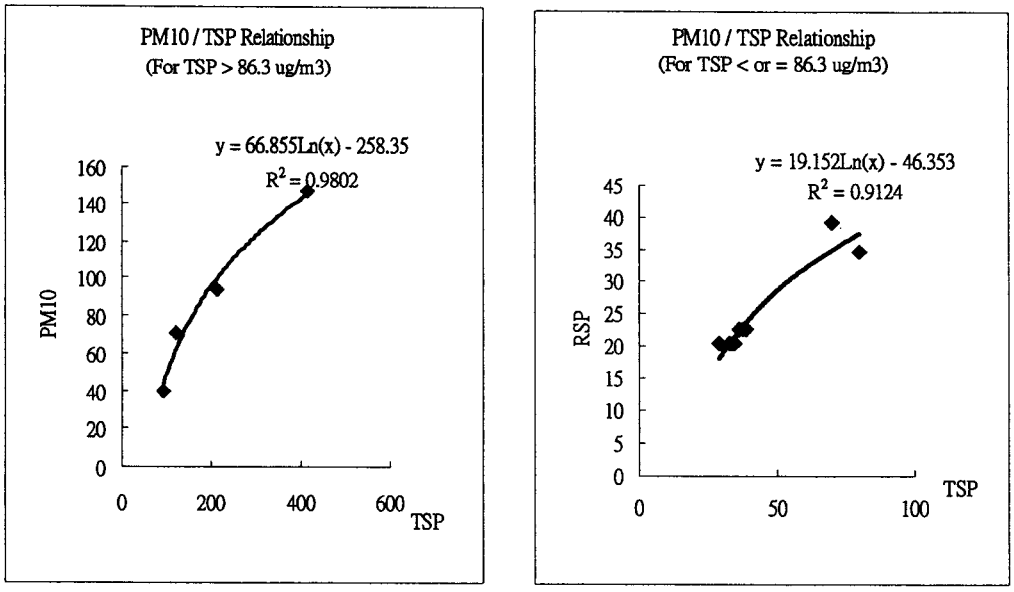

PM10 / TSP Relationship
(For TSP > 86.3 ug/m3)
y = 66.855Ln(x) - 258.35
R2 = 0.9802
PM10
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
TSP
PM10 / TSP Relationship
(For TSP < or = 86.3 ug/m3)
y = 19.152Ln(x) - 46.353
R2 = 0.9124
RSP
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
50
100
TSP

图 4