

# 环保型汽车空调过滤器设计及关键过滤材料工艺制备

## 设计说明书

### 作品内容简介

针对汽车空调过滤器除尘、除异味、除有害气体的效率不高；面对病毒的无形之手，防御措施薄弱。因此为了避免病毒、有害气体、灰尘等传播，伤害到车内人员的健康，必须提高车内空气的质量。又由于长时间使用会产生异味，导致车内异味颇重，拆卸更换很不方便；而且空气通过滤芯时会产生噪音。因此设计了一种环保型果花香车载空调过滤器，拟将汽车空调过滤器的结构分为滤芯和外壳两大部分，滤芯有吸附过滤、散香消音作用，外壳采取抽屉可拆卸分层式结构，与滤芯结合，同时在外壳两侧加装检测仪，使得更好地了解车内空气质量情况，及时更换滤芯，营造舒适的车内环境。该装置的利用途径有五个方面：第一、提高除尘、除异味及有害气体的效率，抵御病毒传播；第二、解决汽车空调过滤网上灰尘堆积所产生的异味；第三、解决空气通过滤芯时产生的噪音；第四，滤芯的分层放置，只需更换所需更换的滤芯，达到节能环保的效果；第五、检测仪检测车内环境，及时反馈给车主。为此设计了由静电棉过滤层、HEPA 过滤层、吸附散香过滤层、熔喷非纺织布、消音装置以及抽屉式外壳和空气检测仪组成的汽车空调过滤器来实现上述功能。

同时摸索了其工艺性，通过对吸附材料的对比研究，发现纳净石、纳米矿晶的吸附效果最佳，增大容尘量，提高除尘、除异味、除有害气体的效率。对滤芯的包裹材料，将采取制作防病毒口罩 N95 的核心滤芯——熔喷非纺织布，既可以合理防御车内病毒，又可以防止滤芯核心材料外漏。

**关键词：**过滤吸附；消音散香；车载可拆卸；节能环保；空调过滤器

## 1 研制背景及意义

### 1.1 研发背景

由于人类对于自然的大肆利用和随意排放，现如今的空气质量越来越差，空气质量的好坏与人类的健康息息相关。而随着人类知识水平的提高，在健康方面则更加重视。不论是居家外出还是工作生活各方面的生活质量都有在提高，包括出行。为了保护驾驶员免受可吸入颗粒物污染，越来越多的车型在汽车空调系统上安装了空气过滤器，有效阻挡了灰尘、花粉和尾气颗粒污染物进入车厢，使驾乘人员感觉更舒服、更安全。例如当下新型冠状病毒的肆虐发展，传染性极强，出门佩戴口罩是前提。那么人出门需要佩戴口罩，汽车出门也同样需要佩戴“口罩”，（如图 1 所示）阻隔空气中的病菌，灰尘，以此来确保车内的空气质量达到合格，汽车的“口罩”无疑是汽车空调过滤器。市面上已经存在各类的空调过滤器，但是今时不同往日，过往存在的汽车空调过滤器是否能适用于疫情横流的当下，又能否保证车内的空气质量达到标准？为了解决这一问题，现如今我们将汽车空调过滤器与科技产品相结合，使汽车空调过滤器更先进，更人性化。让车主使用起来更加方便、环保。



图 1. 汽车空调过滤器-“汽车口罩”

## 1.2 社会现状

根据调查，市面上现有的汽车空调过滤器种类繁多，性能各样。（如图 2 所示）但是很明显很多车主对于更换汽车空调过滤器并不注重，认为沾满灰尘的过滤器只要用强水，强风冲洗干净便可以继续使用。其实经过强烈冲击的滤芯内部的纤维已经被损坏，继续使用效果不大。还有的车主不知道什么时候需要更换空调过滤器，个人使用情况不同，过滤器的损耗也不同，更换意识也就薄弱。且市面现有的汽车空调过滤器过滤能力不同，质量良莠不齐车主更是无法对是否需要更换过滤器做出直观的推断。



图 2. 传统滤芯种类

## 1.3 研发意义

在科技文明和物质文明高度发展的当今社会，随着人们对环境空气质量要求高，空气过滤技术也迅速地发展起来，普通家庭一般使用的是空调过滤器以及空气净化器，针对我们所研究的空调过滤器市面上能做到的包括过滤空气中的花粉、尘埃、水雾、碳氧化物、硫化物等，确保汽车的空调系统的洁净，以免影响正常运转，另外一个作用是为车内人员提供新鲜空气。要知道人类对于空气中此类的小颗粒物敏感度颇低，一旦加入了技术手段的判断，车主更换滤芯的意识会更加强烈，保证周围生活环境的质量是人类共同努力的目标。在原有过滤技术的前提下加入花果清香，增强了车内人员的舒适度，消除行车途中的疲劳。在一定程度上做到了过滤，检测，散香三合一。

## 2 设计方案

### 2.1 设计理念

对于市面上各种过滤器的性能结合，增强了过滤病毒的能力，增加了诸多吸附过滤材料、静音材料，香型材料和实时检测过滤器内部空气质量的检测仪。针对滤芯的安置，设计了抽屉可拆卸分层式结构的外壳，做到了只需要更换滤芯，外部壳体反复利用，顺应了节能环保的社会提倡。更换方式简单，便捷为车主提供人性化服务的设计理念。

## 2.2 滤芯设计

### 2.2.1 滤芯安装设计

该装置主要有静电棉过滤层、HEPA 过滤层、熔喷布过滤层、吸附散香过滤层、消音装置以及汽车空调过滤器其他附件部分组成。（如图 3 所示）

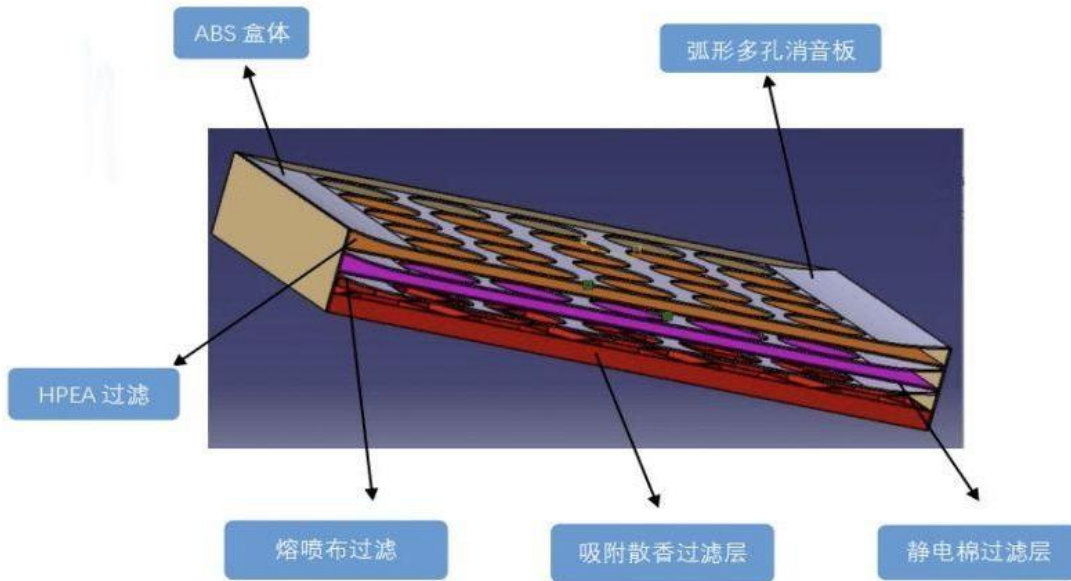


图 3. 滤芯总结构图

我们将汽车空调过滤器功能分为吸附散香、消音、空气质量检测三个部分，汽车空调运行时空气加速流动。首先经过第一层静电棉过滤层，去除部分灰尘、颗粒物，优于一般针刺棉的过滤效率，相较其他过滤材料具有良好的阻力和容尘效果。然后伴随透过消音装置，进行消音减噪。通过第二层 HEPA 过滤层，不仅去除有害颗粒物，而且还可以有效地捕捉霉菌、细菌、病菌等有害物质。最后再经过消音装置。随后通过第三层熔喷布过滤层，捕捉飞沫和粉尘，阻隔花粉，PM2.5，以及大部分细菌在内的颗粒物的过滤。让车内的人员在即使户外有病毒的情况下，也可以放心安全出行。最后再通过最后一层吸附散香过滤层。采用菱形和六角形构成的槽结构形式，将吸附材料和散香材料分开放置。该层采取绿色环保方式使得装置达到散香效果。因果皮和花无论晒干还是湿润都可以散发香味，所以将水果皮、花制成小颗粒形状放置在 ABS 塑料制成的蜂窝煤状的槽里，利用空调风吹动烘干，促使滤芯散发水果香、花香。每两层吸附过滤层直接安置消音减震板，以起到降噪作用。

### 2.2.2 滤芯结构的设计

为了充分吸附有害物质，滤芯结构设计（如图 4 所示）包括四部分：静电棉过滤层、HEPA 过滤层、熔喷布过滤层、吸附散香过滤层。

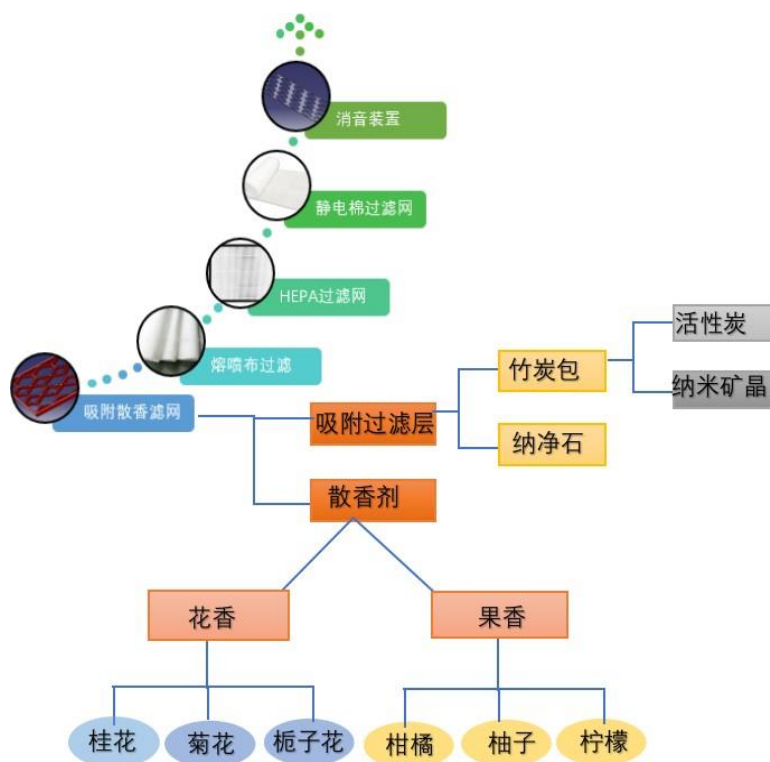


图 4. 滤芯结构设计流程图

静电棉是将 PP 短纤维经过梳理，针刺成网后通过静电驻极处理得到的非织造材料，具有优于一般针刺棉的过滤效率，和相对其他过滤材料良好的阻力和容尘。

HEPA 标准的过滤网，对于  $0.1\mu\text{m}$  和  $0.3\mu\text{m}$  的颗粒，净化率高 99.7%，空气可以通过 HEPA 滤网，但细小的微粒却无法通过。所以对过滤 PM2.5 等颗粒效果最佳，同时还能捕捉霉菌、细菌、病菌等。在车内空调滤芯处使用，可去除有害颗粒物，有效地保护呼吸健康。

吸附散香滤网分为吸附过滤部分和散香部分（如图 5 所示），活性炭、纳米矿晶、纳净石地结合能耗低，可在一定风量下除臭、除异味，净化环境，具有很好的净化效果。因人们的不同喜好，设计两套方案。方案一为散发花香。例如：桂花香、栀子花香、菊花香等。方案二为散发果香。例如：柑橘、柚子、柠檬等。所散发的香味，可起到清除异味、清新净化空气的效果。不仅协调情绪、增强自信、抑制异味造成的恶心、反胃等不适感。

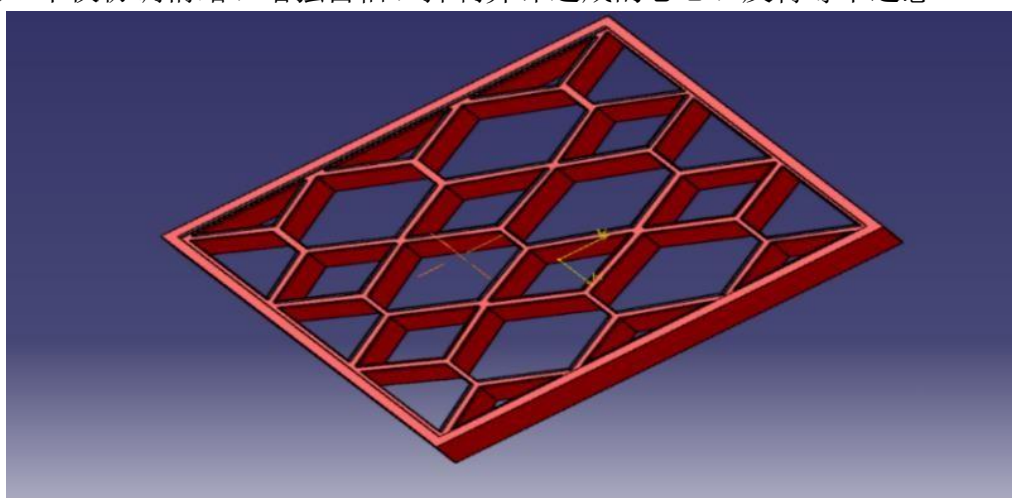


图 5. 吸附散香滤网



## 2.3 消音减震结构的设计

### 2.3.1 消音结构

该消音结构的设计并不是独立存在的，而是要与过滤部分相结合，所以我们对设计的空调滤芯的结构上进行改进。通过多次比较，我们采用阻抗复合式消声器的设计原理，因为其综合了阻性消声器和抗性消声器的优点，既可以有效的降低中低频噪声也可以有效的对中高频范围内的噪声起到很好的效果。在过滤芯装置的内外夹层中添加吸音材料，吸音材料有多孔纤维、聚酯纤维、吸音板、吸音棉等等，再考虑到方便填充和便于购买等问题，我们选用吸音棉，可以率先吸收部分噪音。**HEPA 过滤网**（如图 6 所示）、**弧形多孔板**（如图 7 所示）和**吸附散香滤网**的安装结构示意图，在过滤芯的每两层中添加一层边缘为弧形多孔板，可以使声波在经过每层弧形多孔板时，气流在里面扩散、碰壁反射，相互干涉，降低了噪声的强度。

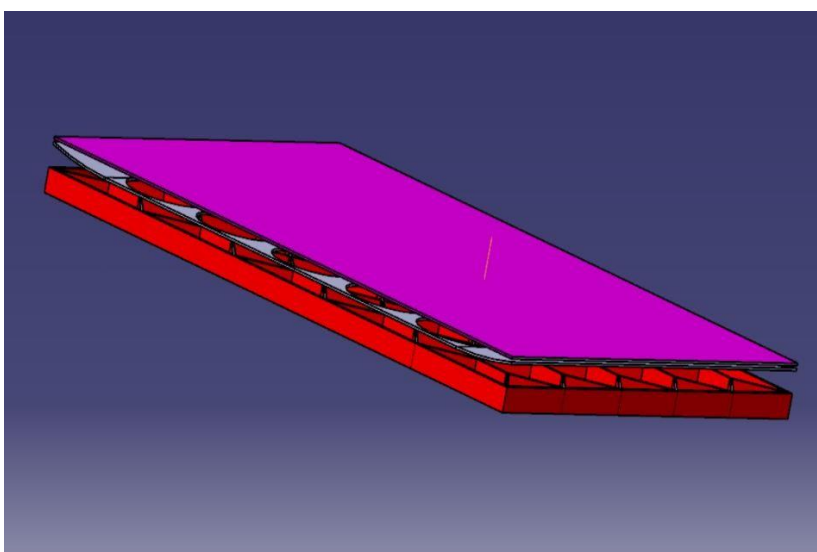


图 6. HEPA 过滤网、弧形多孔板和吸附散香滤网的安装结构示意图

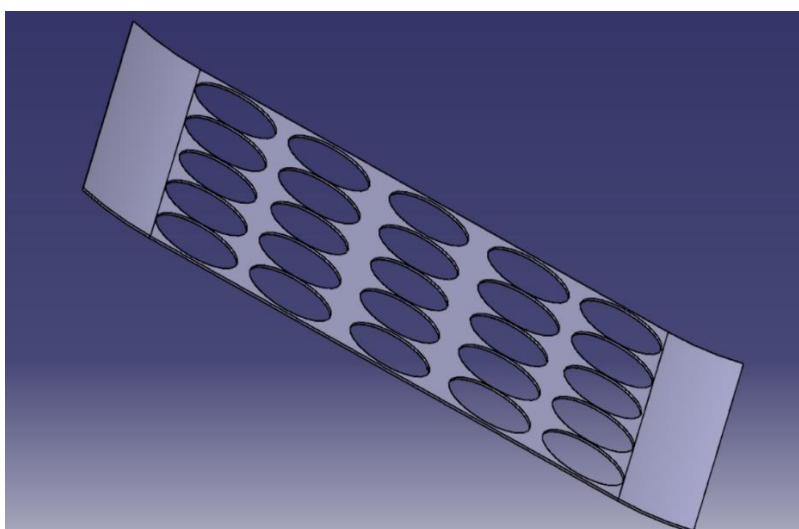


图 7. 弧形多孔板示意图

2.3.2 减震结构

安置该汽车过滤器时，不确定该过滤器整体宽度对所放置空间的适宜度。因此，在两侧面增设减震缓冲装置。由氯丁橡胶（全称：聚氯丁二烯橡胶）制作贴合侧面形状的长方体或者弧形状。该氯丁橡胶粘接性好，有良好的物理机械性能，耐油、耐热。在车辆行驶中，挤压、颠簸时橡胶具有很好的柔韧性，一定厚度可以缓冲，起到减震效果。



(1) 如图一些材料的泊松比：

材料名称	泊松比 $\nu$	材料名称	泊松比 $\nu$
锌	0.21	玻璃	0.25
钢	0.25~0.33	石料	0.16~0.34
铜	0.31~0.34	聚苯乙烯	0.33
铝	0.32~0.36	低密度聚乙烯	0.38
铅	0.45	赛璐珞	0.39
汞	0.5	橡胶类	0.49~0.5

\*泊松比：拉伸试验中材料横向收缩应变与纵向伸长应变的比。  
(泊松比=0.5 时形变时体积不变)

(2) 合成橡胶的比较：

橡胶名称	氯丁橡胶	丁苯橡胶	顺丁橡胶
优点	具有优良的抗氧、抗臭氧性，不易燃，着火后能自燃，耐油、耐溶剂、耐酸碱以及耐老化、气密性好。	目前产量最大的通用橡胶。耐磨性、耐老化和耐热性超过天然橡胶，质地也较天然橡胶均匀。	弹性与耐磨性优良，耐老化性好，易于金属粘合。
缺点	耐寒性较差，加工时易粘滚。	弹性较低，抗撕裂性能较差；加工性能差。	强度较低，抗撕裂性差，加工性能与自粘性差。

2.4 外壳设计

2.4.1 外壳内部结构

我们在内外壳部结构的设计上主要采取的抽屉可拆卸分层式来放置滤芯，每一个抽屉层放置一层滤芯，当某一部分的滤芯效果不好或者失效的时候可以只针对于该层抽出更换，这样既方便更换又不会弄脏其他过滤层。抽屉层的进出是以按压即出的方式进行的（如图 8 所示），在每一层下面都设有凹槽，在里面安装小滑轮（如图 9 所示），让抽屉的进出更加平稳、润滑，并且以滚动摩擦代替滑动摩擦增加了抽屉层的使用寿命，使得过滤器外壳更加耐用。

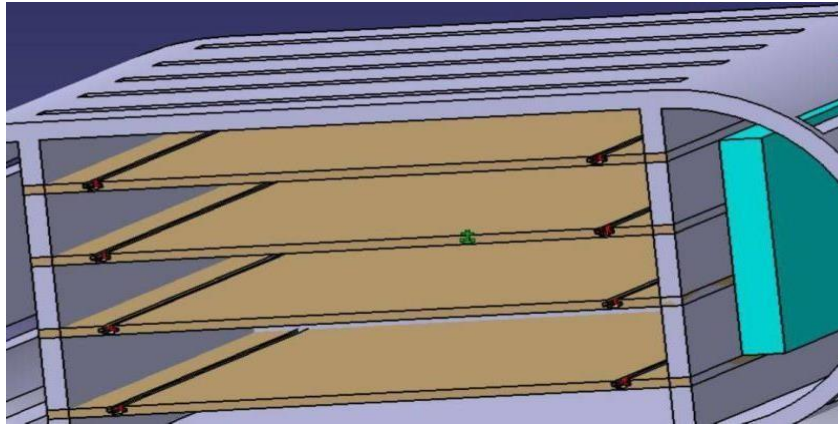


图 8. 外壳结构图

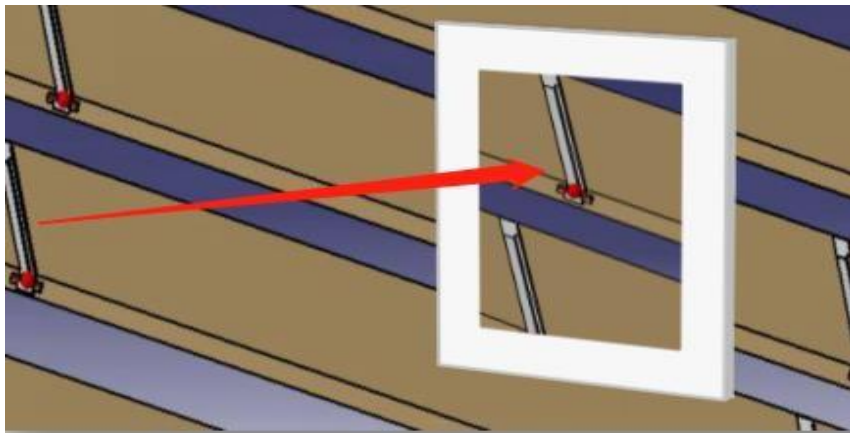


图 9. 滑槽

#### 2.4.2 检测仪的安置

本产品新颖的设计是将过滤器与检测仪相结合，检测仪时刻检测过滤器壳体中的空气质量，以此查看是否需要更换滤芯，更换何种滤芯，让使用者可以及时更换滤芯，以确保车内空气的质量，检测仪核心电路板部分安装与过滤器壳体的半圆弧空间内，电路板与空间内壁固定（如图 10 所示），检测仪显示屏固定在壳体外部，空气质量的实时情况可以让使用者一目了然。检测仪（如图 11 所示）主要用来检测过滤器中的甲醛以及  $\text{pm}_{2.5}$  的均值和车内空气综合质量，每层过滤芯达到上限，右侧便会亮红灯，以此来判断是否需要更换过滤器滤芯。

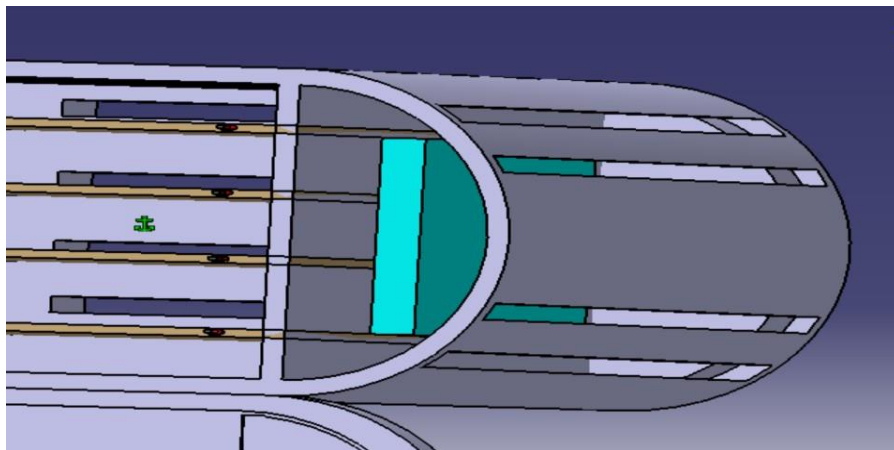


图 10 检测仪安装位置



图 11 显示屏

### 2.4.3 外壳外部结构

在滤芯优于其他过滤器的基础上，同时在外壳上进行了一定的创新。外壳由内部整体和两侧半圆弧组成，内部整体与滤芯形状类似，更好的与滤芯进行贴合；两侧半圆弧内放置空气质量检测仪和显示屏（如图 12 所示），便于用户可以实时了解车内空气质量。我们将外壳的各个面都设置了一定量的进风口，即侧边弧形部分加上下前后共六个面，增加进风量，加快净化速度，使汽车空调过滤器过滤效率得到近一步的提高，使用户获得更优质的体验。同时，外壳部分出风口的凹槽设计，可以使汽车空调过滤器放置在车内任意位置。

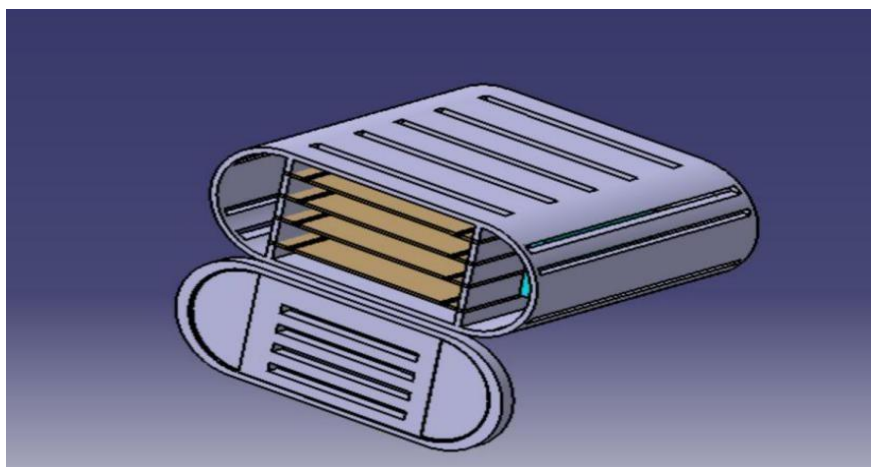


图 12. 外壳整体结构图

### 2.4.4 外壳的放置

我们提供两端带有的绑带，用户直接将卡槽卡入出风口中，达到任意位置固定汽车空调过滤器，用户可根据实际需要和方便的空间，自行固定使用。

## 2.5 模型设计

将设计好的结构利用 Catia 三维建模，其效果（如图 13 所示）：



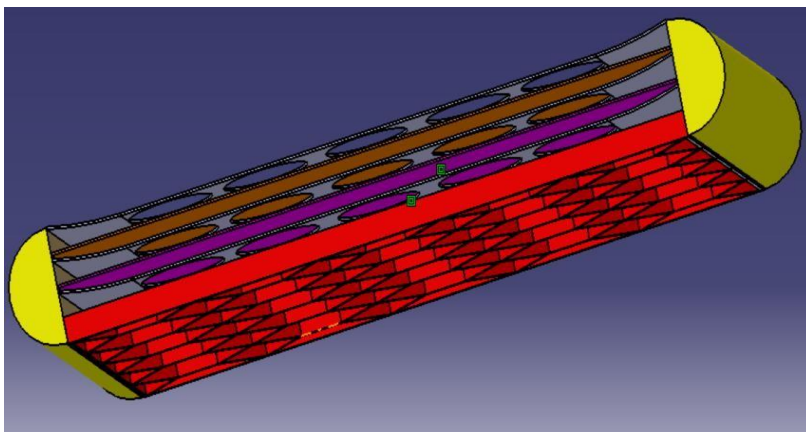


图 13. 滤芯三维结构图

## 2.6 实物的制作

为了验证第三层吸附散香滤芯的可行性，利用 3D 打印技术制作出吸附散香过滤层装置初期“效果验证装置”（如图 14 所示）：

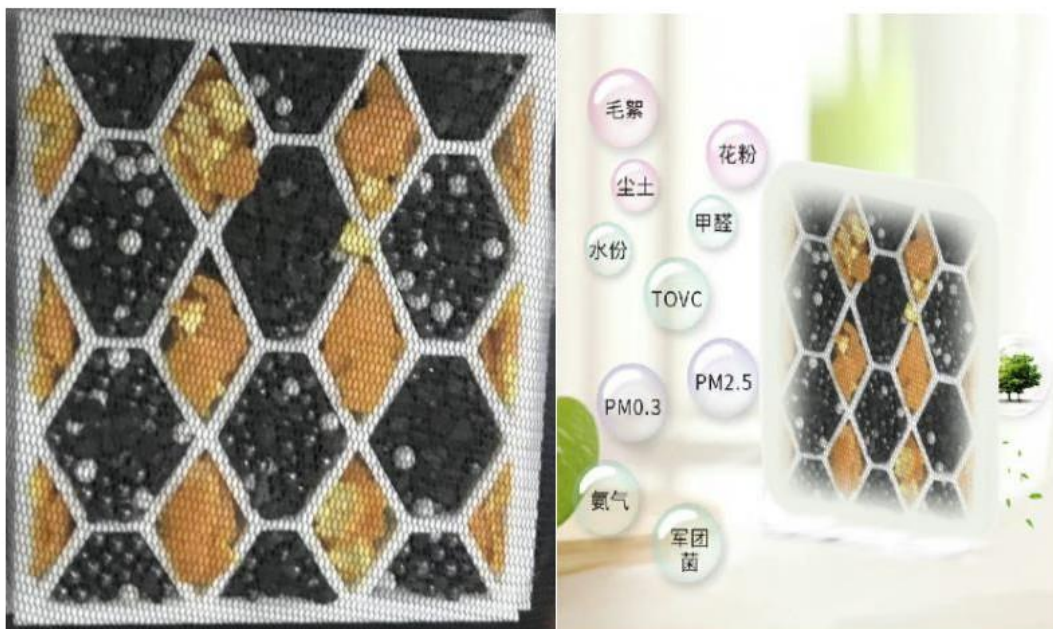


图 14. 实物模型和效果展示图

## 3 理论设计计算

### 3.1 不同材料的滤芯对空气过滤的影响

本实验对多种吸附材料进行了多次吸附性能方面的对比研究（如图 15 所示），在相同环境下，纳米矿晶、活性炭、纳净石在同类吸附材料中所达到的效果最佳，吸附效率最高。

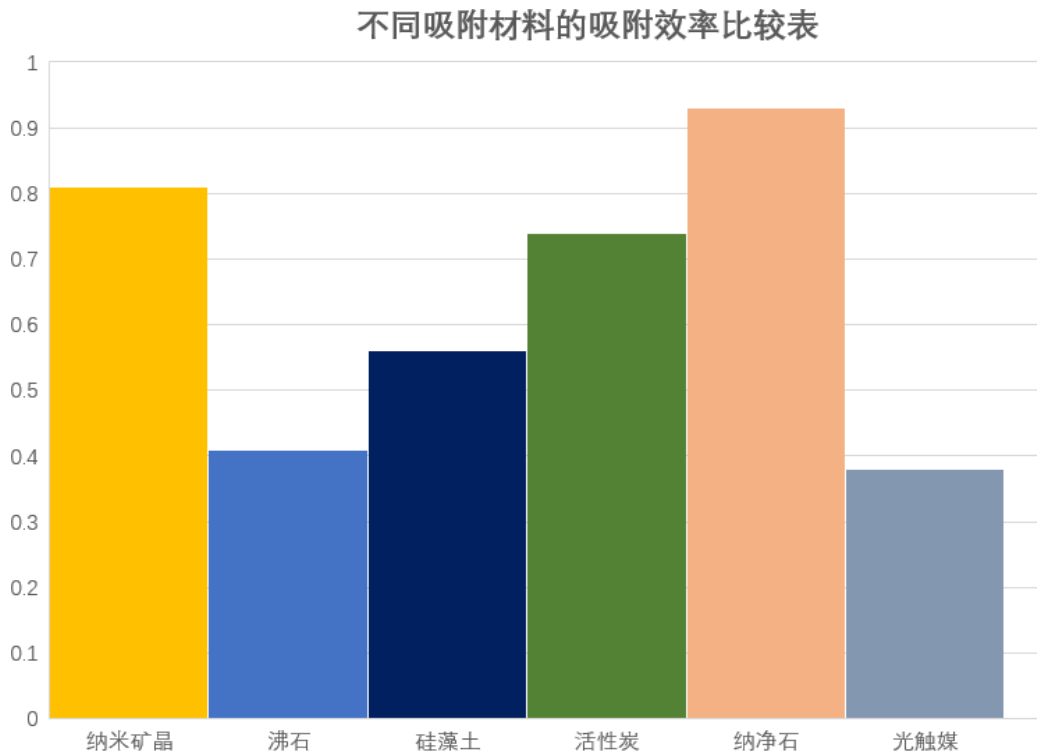


图 15. 不同吸附材料的吸附效率比较表

### 3.2 消音结构对消音效果影响的实验

可消音的结构有多种，经过对比实验我们选择出更适合本装置的消音结构，消声部分原理主要分为两部分：

1) 多孔吸声材料来降低噪声的。把吸声材料固定在气流通道的内壁上或按照一定方式在管道中排列，就构成了阻性消声器。当声波进入阻性消声器时，一部分声能在多孔材料的孔隙中摩擦而转化成热能耗散掉，使通过消声器的声波减弱，对中高频消声效果好、对低频消声效果较差。

2) 由突变界面的管和室组合而成的，好像是一个声学滤波，声波只能在小室中来回反射，因此，我们称这种对声波有滤波功能的结构为声学滤波器。选取适当的管和室结构进行组合，就可以滤掉某些频率成分的噪声，从而达到消声的目的，可以消除中、低频噪声。

两部分相结合可以有效地实现对空调产生噪音的消除。

### 3.3 整体材料的选择

#### 3.3.1 盒体的选择

外壳材料需要具有很强的抗冲击性、耐磨性、防潮、耐腐蚀、易加工、环保、耐高温等性能，根据上述对外壳材料的要求，我们经过反复比较最终确定选用 ABS 塑料这一材质。它是一种聚合物人造板，集结了 PS 板、SAN 板、BS 板的耐磨性、耐油性、抗冲击性等优良性能，ABS 的电绝缘性较好，并且几乎不受温度、湿度和频率的影响。ABS 材料十分环保，它采用的是环保的化学物质组成，没有毒性也没有气味，还能够和电气绝缘，是一种安全的材料。并且不易燃烧，温度过高的环境下容易发生变形，其变形温度为 93-118℃。同时材质表面也充满光泽，在安全环保的前提下，也具有一定的美观性。根据我们的需求，盒体的作用主要是对空调的三层滤芯进行固定作用，另一方面上方便安装和拆洗，难点是每辆汽车安装空调滤芯的位置和尺寸大小固定，所以除了外形结构满足外，还需要拥有合适的尺寸。

最终确定外壳盒体的参数为（如表 1 所示）：

外壳箱体材料： ABS 塑料

表 1. 外壳箱体尺寸参数的确定

外壳箱体	尺寸参数/mm
箱体宽度	204 mm
箱体长度	300 mm
箱体高度	30 mm
第一层与第二层间距	2 mm
第二层与第三层间距	2 mm

根据我们的设计要求，然后依据箱体对吸附层尺寸进行校核。

### 3.3.2 材料的确定

#### 1. 材料的选择：

ABS 塑料、纳净石、纳米矿晶、活性炭、果皮、花包、检测仪

表 2. 材料的选用及功能

材料名称	功能
ABS 塑料	将 ABS 塑料作为材料制成菱形和三角形状槽，目的是为了安放材料
纳净石	分解净化甲醛、苯等有害气体纳米矿晶
活性炭	吸附灰尘
果皮	散发扑鼻的果香
花包	散发淡淡的花香
检测仪	实时检测车内空气质量

#### 2. 确定尺寸：

通过对传统汽车空调过滤器的研究，对新型过滤器的初步试验。通过初步试验可得出以下的材料尺寸选取（如表 3 所示）：

表 3. 外置材料的选取规格

ABS 塑料的宽	204 mm
ABS 塑料的长	280mm
ABS 塑料的高	30 mm
槽深	15 mm
纳米矿晶和纳净石、活性炭混合比例	2： 1
果皮与吸附材料的数量	1:1
检测仪外形尺寸	119*49*22mm
检测仪工作电压	2.4~3.0V(干电池保护，使用寿命长)

空滤器进气量的理论计算与工况下的实际使用存在一定的差异，计算时引用几个比较常见的经验公式并选择其中数值较大的数据作为设计参考。

#### 3. 计算公式：

按 空 滤 器 额 定 空 气 体 积 流 量 计 算 公 式：

$$Q=P \times g \times a \times A / (1000 \times \gamma) \dots\dots\dots ①$$

式中：Q ----- 额定空气体积流量 (m<sup>3</sup> /h)；

P ----- 发动机额定功率 (kW)；

g ----- 发动机额定功率时的燃油消耗率 (g/kW. h)；

- a ----- 额定功率时过量空气系数(增压发动机取 2.0，增压中冷发动机 2.1)；  
A ----- 燃烧 1kg 燃油所需的理论空气量(燃油为 14.3m<sup>3</sup>/kg)；  
γ ----- 空气密度(kg/m<sup>3</sup>)；

代入计算公式：

$$Q=P \cdot g \cdot a \cdot A / (1000 \cdot \gamma)$$

$$Q=395 \times 215 \times 2.1 \times 14.3 / (1000 \times 1.293)=1972.388^3 / \text{h} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

通过设置实验数据计算，理论上能得到较理想的空气过滤效果，起到高效地除尘效果。在过滤芯中放置的果皮或花香将散发出绿色的香味，给用户带来全新的体验。

## 4 装置的成本预算及社会效益

### 4.1 装置的成本预算

对该装置的各部件制作样本，按照市场零售价格对其成本进行了预算，预算结果如下表 4 所示：

表 4. 制作成本预算表

原件	参数	数量	单价（元）
竹炭包	1000g	1 箱	29.9
纳净石	500g	5 包	24.5
硬网纱	2×3m	1 张	11.0
果皮、花	颗粒状	若干	0
检测仪	长方形	1 份	180.0

### 4.2 装置的社会效益

根据多次实验研究与验证可以看出该装置能使顾客可以享受新型空调过滤器带来的清香，可以有效地提高除灰尘、除异味、除有害气体的效率，实现消音降噪的效果。

## 5 创新点和市场应用

### 5.1 创新点

- 1) 提出了提高目前传统汽车空调过滤器吸附效率的方法，提高除尘、除异味、除有害气体的效率。
- 2) 对空气通过汽车空调过滤芯时产生的声音进行消音降噪，提升乘客的舒适度。
- 3) 滤芯中融合了果皮或者花，通过空调风吹动烘干，促使滤芯散发水果香、花香，达到安静舒适和香味扑鼻的效果。
- 4) 整体采用外壳与滤芯分离，既方便拆卸和清理，同时在外壳的保护下滤芯的有效使用寿命得到提高。
- 5) 具有空气检测仪，可以及时将车内的空气质量反馈给车主。

### 5.2 市场定位

随着科技的发展，拥有汽车的家庭也越来越多，汽车的销量也在逐年增长，因此带动了汽车空调过滤器的销量。由于当下人们越来越关注健康环保，传统汽车过滤器存在除异味除尘除有害气体效率低，且有会产生噪音，本装置恰好弥补了这些缺点，适应了市场的需求，所以会有较好的前景



### 参考文献

- [1] 赵雪松,任小中,赵晓芬.机械制造技术基础[M].武汉:华中科技大学.2010.9
- [2] 李成栋编.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社.2002.
- [3] 上海纺织工学院编.机床设计图册[M].上海:上海科技出版社,1980年8月.
- [4] 黄翔,殷清海,狄育慧等.纳米光催化材料在功能性空气过滤材料中的应用研究洁净与空调技术.2001;(3):9—12.
- [5] 姜坪,刘梅红.空气过滤材料的发展与应用.现代纺织技术.2002.