

文章编号: 1671-6612 (2019) 02-123-05

五类家用空调过滤网性能比较

李玉涵 况欣 王勇

(重庆大学城市建设与环境工程学院 重庆 400045)

【摘要】 家用空调过滤网是空调的重要组件, 通过研究五类过滤网(尼龙初效过滤网; 厚款为3mm薄款为1mm的静电滤棉HEPA初效滤网; 折高为12mm的HEPA过滤纸; 尼龙初效过滤网与薄款静电滤棉的叠加网)在不同风速(2.4m/s、2.7m/s和3.3m/s)、不同粉尘条件下(不加模拟粉尘和加1g粒径为16.9 μm 的粉尘)网的前后压差, 并测定尼龙初效过滤网、薄款静电滤棉和叠加网对2g模拟粉尘的过滤效率, 分析五类过滤网的差异, 确定风阻较小且除尘率较高的过滤网。实验结果表明叠加网综合性能最好, 过滤效率为69.23%, 可为家用空调器过滤网的优化提供参考。

【关键词】 空调过滤网; 风速; 压差; 过滤效率

中图分类号 TP65+2.1 文献标识码 A

Comparison of Filtering Effects of Five Kinds of Household Air Conditioning Filter Networks

Li Yuhan Kuang Xin Wang Yong

(Chongqing University, Urban construction and environmental engineering, Chongqing, 400045)

【Abstract】 Household air conditioning filter network is an important component of air conditioning, through the study of five kinds of filter net (nylon initial filter net; 3mm and 1mm HEPA electrostatic initial filter net; HEPA filter paper with 12mm high; nylon initial filter net with thin HEPA electrostatic initial filter net) at different wind speeds (2.4m/s, 2.7m/s and 3.3m/s), different dust conditions (without simulated dust and 1g particle size of 16.9 microns), the pressure difference of the net, and the filtration efficiency of the nylon filter net, the thin electrostatic filter and the superposition net to the 2g simulated dust are measured, and the difference of the five kinds of filter nets is analyzed. The best filter with small wind resistance and high dust removal rate is determined. The results show that the Superimposed network has the highest cost performance and the filtering efficiency is 69.23%, it can provide reference for the optimization of household air conditioner filter screen.

【Keywords】 air conditioning filter net; wind speed; differential pressure; filtration efficiency

0 引言

家用空调内部过滤网十分容易积灰, 一般2至3个月就需要拆下清洗, 否则过滤网上的积灰会影响空调的出风状况、降低制冷效率, 污染空调内部环境, 降低空调使用寿命。然而根据课题组前期调查表调研的数据得知, 目前大多数家庭对空调过滤器的清洗频率过低, 甚至有将近十分之三的用户从

未清洗过, 可见对空气过滤网的重视程度较低, 而且在日常维护中, 我们经常会遇到风阻大小不当^[1]的问题, 如风阻太小会使透过空调过滤网的尘埃被加湿了的空气附着在蒸发器的表面上, 久之形成污垢影响蒸发器的蒸发效果; 风阻太大使空气不易透过, 大部分回流的冷热量将不能有效通过空调过滤网, 因此选择风阻大小合适的过滤网至关重要^[2]。

基金来源: 国家级大学生创新训练项目(项目编号: 201710611087)

作者简介: 李玉涵(1997-), 女, 在读本科生, E-mail: 1300704103@qq.com

通讯作者: 王勇(1971-), 男, 博士, 教授, E-mail: cqwangyong@cqu.edu.cn

收稿日期: 2018-07-13

我国空气净化行业起步较晚，相关标准还未健全，市场上基于不同过滤单元的净化器品质良莠不齐，产品说明中存在夸大宣传等问题，检测结果不能客观反映净化器的性能^[3]。国内介绍家用空调过滤网过滤效果的相关文章较少^[4,5]，更没有系统的对不同家用空调过滤网种类的研究，因此针对这个问题进行了五类家用空调过滤网的风阻和过滤效果试验测试，以期为研制生产更换周期长的过滤网提供实验方法和实验数据，为选择和正确使用空调过滤网产品提供参考。

1 实验系统介绍

本测试于重庆大学城市建设与环境工程学院暖通空调实验室进行，该实验室位于五楼，相对密闭，干扰因素较少，环境风速 1.6m/s，环境温度 26.0℃，大气压：9723hPa。

测试仪器为具有测风速能力的毕托管（见图 4）、电子秤（精确度 0.01g）、小风机（功率 3W），模拟粉尘（粒径 16.9μm 的彩跑粉），图 1 为实验台流程图，图 2 为实验台实际图，通过控制 d 的大小实现不同风速的送风。

实验材料使用市面上常见的四种空调过滤网，分别为：尼龙初效过滤网；静电滤棉、HEPA 初效滤网（厚款 3mm，薄款 1mm）；折高为 12mm 的 HEPA 过滤纸。利用这四种实验材料组成五个实验组，分别为：一组尼龙初效过滤网；二组折高为 12mm 的 HEPA 过滤纸；三组薄款静电滤棉、HEPA 初效滤网；四组厚款静电滤棉、HEPA 初效滤网；五组尼龙初效过滤网与静电滤棉、HEPA 初效滤网（薄款）的叠加，其中静电滤棉更靠近风口，如图 3 所示。测试目的为找出风阻较小且除尘率较高的性价比最高的过滤网或过滤网组。

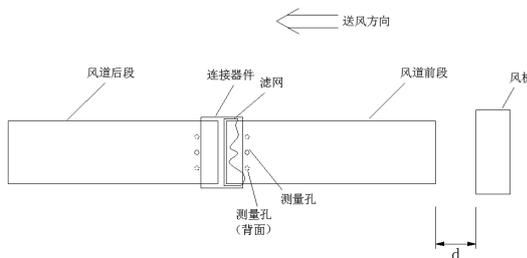


图 1 实验台流程图

Fig.1 Flow chart for experiment platform



图 2 实验台实际图

Fig.2 Actual chart for experiment platform



图 3 五类过滤网

Fig.3 Five classification of filter



图 4 毕托管

Fig.4 Pitot tube

2 测试方法

2.1 总体测定方法

(1) 由实际空调参数得送风风速在三个档位下分别为 2.37m/s、2.7m/s 和 3.3m/s，在不加任何过滤网前提下，在过滤网安装位置处测风速（具体方法见 2.3），通过调节风机与进风口的距离改变风速，直至风速的算术平均值分别为 2.4m/s、2.7m/s 和 3.3m/s，记录此时的风机与进风口距离分别为 7.5cm、6cm 和 4cm。

(2) 五类过滤网分为两种状态，分别为不加粉尘时和加入 1g 粉尘后，分别对这十种不同过滤

网在 (1) 的三种不同风速下测量过滤网前后动压, 计算压差 (具体方法见 2.2)。

(3) 在风机距进风口距离为 0cm 的条件下在进风口用彩跑粉专用喷射瓶将 2g 粒径为 16.9 μm 的模拟粉尘挤压入通风管道, 测定每组滤网的过滤效率 (具体方法见 2.4), 需注意在 (2) 实验过程中发现折高为 12mm 的 HEPA 过滤纸和厚款静电滤棉、HEPA 初效滤网前后压差过大, 明显不适用, 因此不再进行本步骤操作。在此步骤中为便于观察粉尘运动情况, 将白色塑料 PVC 管更换为 PVC 透明胶管, 如图 5 所示。

(4) 统计并绘制表格, 分析各类过滤网的优缺点。



图 5 透明实验台

Fig.5 Transparent experiment table

2.2 压差测定方法

对圆形风管应将测定断面划分为若干个面积相等的同心圆环, 测点布置在各圆环面积等分圆环线上, 而且应在相互垂直的直径上布置四个测孔, 如图 6、图 7 所示。按风管直径确定的圆环数 m 。

(1) 同心环上各测点到风管中心的距离可按下式^[3]计算:

$$R_n = R \sqrt{\frac{2n-1}{2m}}$$

式中, R 为风管半径, mm; R_n 为风管中心到 n 环测点的距离, mm; n 为从风管中心算起圆环的序号; m 为风管断面所划分的圆环数。

(2) 测定断面上的平均动压, 一般采用均方根值^[3]即:

$$P_{dp} = \left(\frac{\sqrt{P_{d1}} + \sqrt{P_{d2}} + \dots + \sqrt{P_{dn}}}{n} \right)^2$$

式中, P_{d1} 、 P_{d2} 、 P_{dn} 为各测点的动压值, Pa; P_{dp} 为平均动压值, Pa; n 为测点数目。

(3) 求出过滤网前后的平均动压后, 网前值减去网后值即为所求压差 ΔP 。

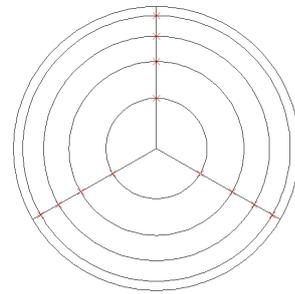


图 6 动压测点示意图

Fig.6 Dynamic pressure measurement points

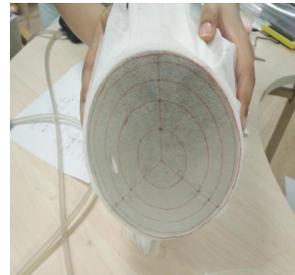


图 7 动压测点实际图

Fig.7 Actual chart for dynamic pressure measurement points

2.3 风速测试方法

在不加任何过滤网条件下, 分别在风机离过滤网不同距离情况下, 在进风口布置过滤网处垂直于实验台的直径上每隔 1cm 选取 1 个试点 (共 15 个测点) 测量进风侧风速取算数平均值^[3], 如图 8 所示。

$$\bar{V} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_{15}}{15}$$

式中, \bar{V} 为该距离下的平均风速; v_1, v_2, \dots, v_{15} 为各测点的风速。

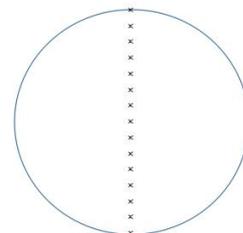


图 8 风速测点示意图

Fig.8 Velocity measurement points

2.4 过滤效率测试方法

先测量每组原滤网质量, 后在每组过滤网和风口之间加入 2g 模拟粉尘 (用粒径 16.9 μm 的彩跑粉代替

实际空气中的粉尘), 运行五分钟后分别测量加粉尘后每组滤网的质量、滤网上吸附粉尘质量和透过滤网的粉尘质量 (需要注意后两者之和并不等于 2g, 因为还有一部分没有透过滤网, 沉积在进风口和过滤网之间), 计算除尘率^[7], 图 9 为部分实验结果。



图 9 过滤效率实验后的过滤网

Fig.9 Filter after experiment for filtering efficiency

$$\text{除尘率: } \eta = \frac{m_0 - m_1}{m_1}$$

式中, m_0 为加入系统的粉尘总质量, 本实验中为 2g; m_1 为经过过滤后收集到的粉尘质量, g。

3 测试结果及分析

3.1 压差情况

表 1 三种风速下加粉末前压差表

Table 1 Wind pressure difference under three kinds of wind velocity before adding powder

	2.4m/s 的压差/Pa	2.7m/s 的压差/Pa	3.3m/s 的压差/Pa
尼龙初效过滤网	0.18	0.37	0.42
HEPA 过滤纸	4.67	6.40	8.75
静电滤棉(薄款)	1.15	1.40	1.76
静电滤棉(厚款)	3.20	3.12	4.25
叠加网	2.03	2.23	2.93

表 2 三种风速下加粉末后压差表

Table 2 Wind pressure difference under three kinds of wind velocity after adding powder

	2.4m/s 的压差/Pa	2.7m/s 的压差/Pa	3.3m/s 的压差/Pa
尼龙初效过滤网	0.23	0.44	0.50
HEPA 过滤纸	4.83	6.67	9.00
静电滤棉(薄款)	1.27	1.70	2.10
静电滤棉(厚款)	4.17	5.20	7.33
叠加网	2.13	2.37	3.03

3.2 除尘效率情况

表 3 除尘效率表

Table 3 Dust elimination efficiency based on different filters

	m_1/g	m_2/g	$\Delta m_1/g$	$\Delta m_2/g$	η
尼龙初效过滤网	12.43	12.64	0.21	0.23	47.73%
静电滤棉(薄款)	1.65	1.78	0.13	0.11	54.17%
叠加网	14.08	14.44	0.36	0.16	69.23%

3.3 曲线图

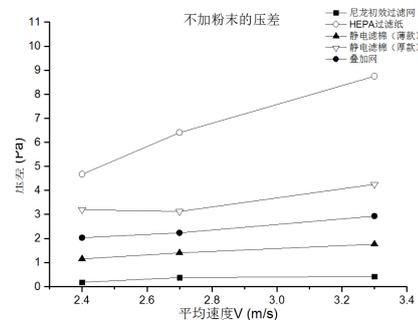


图 10 不加粉尘压差图

Fig.10 Pressure difference before adding powder

结果图分析: 从图 10 可以看出, 在不同的风速影响情况下, 不同的滤网材料呈现类似的变化趋势, 这和风速增大, 导致局部阻力增加的基本流体力学现象一致。但是, 在相同的风速情况下, 由于材料的不同, 大致过滤网前后的压差值不同。在相同的风速下, HEPA 过滤纸产生的风阻比其他四组大得多, 其他四组按尼龙初效过滤网、薄款静电滤棉、叠加网和厚款静电滤棉的顺序均匀增大。由于尼龙初效过滤网本身的网格数最稀疏, 本身的阻力较小, 因此在空调风速变化区间的阻力影响变化最不明显。而对于 HEPA 过滤纸, 它是采用微细玻璃纤维作为过滤材料的高效空气过滤器, 阻力高, 导致处理风量低^[8], 因此, 网前后压降最大, 其他三种介于两者之间, 压降基本与过滤网的网格密度和厚度成正相关。

从图 11 可以看出, 加粉末后压差 ΔP 随平均速度 \bar{V} 的变化趋势不变, 数值比未加粉末时略有增大, HEPA 过滤纸仍比其他四组风阻大, 而厚款静电滤棉产生的风阻与不加粉末时相比变化较大, 且比其他三组大得多, 原因是网格密度较大, 过滤效果较好但粉

未堵塞网孔, 导致通风不畅。薄款静电滤棉和叠加网的差距略有减小, 尼龙初效过滤网受影响最小, 原因是网格数稀疏, 过滤效果较差, 粉末穿透网孔, 未形成明显堵塞现象。

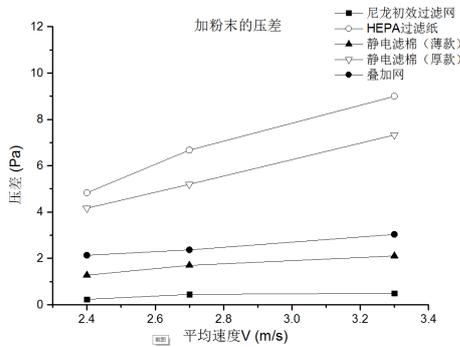


图 11 加粉尘后压差图

Fig.11 Pressure difference after adding powder

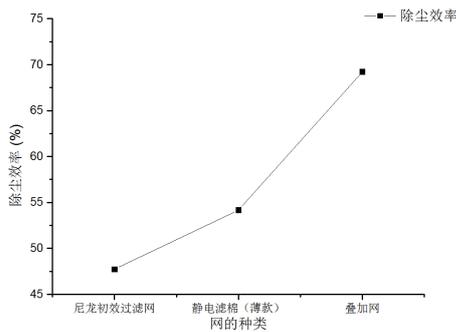


图 12 除尘效率图

Fig.12 Dust elimination efficiency under different conditions

从图 12 可以看出, 在相同风速下, 薄款静电滤棉效率略高于尼龙初效过滤网, 叠加网效率明显高于前两组, 除尘效率将近 70%, 原因是尼龙初效滤网网格最为稀疏, 静电滤棉密度稍高, 叠加网是二者的组合, 其过滤效率基本符合 $\eta_3 = \eta_2 \cdot (\eta_1 + 1)$ 计算公式, 公式中 η_3 指叠加网过滤效率, η_2 , η_1 分别指尼

龙初效过滤网和薄款静电滤棉除尘效率。

4 结论

综上所述, 在五类家用空调过滤网中, 从风阻和除尘效率角度分析有以下结论:

- (1) 尼龙初效滤网和静电滤棉 (薄款) 除尘效率过低, 对空气的除尘效果较差, 但风阻较小;
- (2) HEPA 过滤纸无论加粉尘或不加粉尘风阻都过大, 不仅会降低送风距离, 同时会增加耗电量;
- (3) 静电滤棉 (厚款) 加粉尘后风阻过大, 不适宜在家用空调中长期使用;
- (4) 薄款静电滤棉与尼龙初效过滤网的叠加款所产生的风阻相比其他过滤材质适当, 且除尘效率很高, 具有最优综合性能, 可推荐使用。

参考文献:

- [1] 重视空调过滤网的作用[J].电信技术,1995(11):10.
- [2] 金波娜,冯乐玲,李宇宁,等.不同方法对空调通风系统清洗消毒效果观察[J].中国消毒学杂志, 2014,31(5):461-463.
- [3] 崔晶晶.基于不同类别过滤单元的空气净化器净化特性试验研究[D].上海:东华大学,2016.
- [4] 柴士君.空调与非空调房间内颗粒物浓度变化规律的研究[D].上海:东华大学,2006.
- [5] 曲洁琼.家用空调过滤网过滤效果分析[J].发电与空调, 2016,171(5):91-94.
- [6] 赵亚君.空调风系统风压与风速测试方法[J].大学时代·论坛,2006,(3):91-92.
- [7] 王晓娟.袋式除尘器除尘特性的实验与数值研究[D].济南:山东大学,2017:1-91.
- [8] 邱耀雄.3类空调过滤网净化室内空气效果的比较[J].城市环境与城市生态,2013,26(1):1-4.