

# 蜂巢形圆孔通道空气净化器在地铁车辆上的应用

任小玲<sup>1</sup> 杜世伦<sup>2</sup> 李海锋<sup>3</sup> 赵 赛<sup>1</sup> 孟繁华<sup>1</sup>

(1. 中车唐山机车车辆有限公司, 063035, 唐山; 2. 西南交通大学茅以升学院, 611756, 成都;

3. 山东朗进科技股份有限公司, 266071, 青岛//第一作者, 高级工程师)

**摘 要** 依据地铁环境中颗粒物、微生物等的调查结果, 认为在地铁车辆空调中安装空气净化器十分必要。根据净化器的性能特性分析, 确定了使用蜂巢形圆孔通道空气净化器。通过实验室实验测试, 验证了该净化器的净化效果、除尘除菌效率能够满足要求。此外, 通过在模型车实验室的测试对比, 该净化器除尘效果比传统滤网(G3 标准)有较大的改善。

**关键词** 地铁车辆; 空气净化器; 蜂巢形圆孔通道

**中图分类号** U270.38\*3

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2019.08.041

## Application of Honeycomb-type Round Hole Channel Air Purifier on Metro Vehicle

REN Xiaoling, DU Shilun, LI Haifeng, ZHAO Sai, MENG Fanhua

**Abstract** Based on the survey results of particulate matter and microorganisms in metro environment, the installation of air purifiers in metro vehicle is considered very necessary. By analyzing the performance of air purifier, the adoption of honeycomb-type round hole air purifier is determined. Laboratory test verifies that the purification, dust removal and bactericidal effects of the purifier could meet all the requirements. In addition, through test in the model car laboratory, the dust removal effect of the honeycomb-type round hole passage purifier proves to be a great improvement compared with the traditional filter screen (G3 standard).

**Key words** metro vehicle; air purifier; honeycomb-type round hole passage

**First-author's address** CRRC Tangshan Locomotive and Rolling Stock Co., Ltd., 063035, Tangshan, China

## 1 地铁环境现状调查

经过相关调查, 地铁环境中站台、车厢内的细菌总数均有不同程度的超标。文献[1]表明, 上海轨道交通1号线的监测结果中, 细菌总数最大值超

标3.36倍。文献[2]对重庆地铁1,3号线车厢进行细菌总数、溶血性链球菌菌落总数、温度和相对湿度等的检测结果表明, 车厢内的细菌总数与车厢内温度、客流量呈正相关。文献[3]对西安地铁2号线的部分站台大气颗粒物浓度的研究数据表明, 个别站点PM<sub>2.5</sub>浓度超标。文献[4]表明, 上海地铁站台颗粒物浓度超标比较严重, 其中PM<sub>2.5</sub>比重较大。

以上研究数据说明净化地铁环境空气质量迫在眉睫。

## 2 蜂巢形圆孔通道空气净化器的选型

目前地铁车辆空调的空气过滤均采用传统的滤网式空气净化器, 通常选择G3等级的无纺布过滤棉配合金属框架安装在回风口附近, 使空气流经滤网, 达到过滤颗粒物的目的。这种方法通常只能过滤较大的颗粒物, 对PM<sub>2.5</sub>等颗粒物基本没有过滤效果, 更没有杀菌效果。

也有一些空调机组在安装G3过滤网的同时安装紫外线净化器, 虽然有杀菌效果, 但由于紫外线净化器灯管的可靠性或更换操作不方便等原因, 难以得到广泛应用。也有安装低温等离子净化器的案例, 但虽有杀菌效果, 除尘功能却不显著。因此, 地铁车辆空调需要既满足杀菌又满足除尘功能的净化器, 以保证乘客拥有更优良的乘车环境。

蜂巢形圆孔通道净化器采用静电式杀菌除尘的原理, 在杀菌、除尘方面均有很好的效果。蜂巢形圆孔通道空气净化器结构如图1所示。

图1中, 金属圆管呈蜂窝状布局, 相互连接到金属板负极; 针状电极位于金属圆管的轴心线上, 在高压电源作用下, 针尖与圆管形成一个稳定的电晕区。当空气中含有细菌、真菌、病毒等微生物或粉尘等经过电晕区时, 微生物被电离炭化, 尘埃粒子带电后被有效吸附, 达到杀菌除尘的目的。

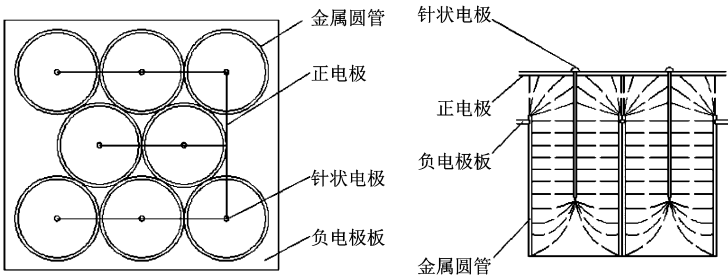


图1 蜂巢形圆孔通道空气净化器

蜂巢形圆孔通道空气净化器的优点：

- 1) 同时具备杀菌、除尘功能；
- 2) 圆管针状结构设计,易于从工艺设计上保证轴心与管壁距离相等；
- 3) 臭氧产生量可控；
- 4) 轴心与管壁等距设计,没有低压区,保证杀菌、除尘效率；
- 5) 外形尺寸易于安装,在地铁车辆空调中替换传统滤网即可；
- 6) 初滤与蜂巢形圆孔通道为分体式安装,便于拆卸清洗。

3 净化效率测试

3.1 杀菌效率计算与测试

根据 GB/T18801—2015<sup>[5]</sup> 以及 GB 21551.3—2010<sup>[5]</sup> 的要求,按如下步骤进行试验：

- 1) 在 30 m<sup>3</sup> 实验舱内的实验台(距地面高 0.8 m)上安装空气净化器。
- 2) 产生规定量的气体污染物(白色葡萄球菌),搅拌均匀。
- 3) 打开净化器电源,试验环境下测试不同时间的污染物浓度。

4) 计算自然消亡率

$$\text{自然消亡率} = \frac{\text{初始菌落数} - \text{结束时菌落数}}{\text{初始菌落数}}$$

5) 计算除菌率

$$\text{除菌率} = \frac{\text{初始菌落数}(1 - \text{自然消亡率}) - \text{结束时菌落数}}{\text{初始菌落数}(1 - \text{自然消亡率})}$$

经过测试,除菌前的初始浓度为 1 × 10<sup>5</sup> cfu/m<sup>3</sup>。

除菌时风速为 3 m/s;运行 30 min。

试验结果显示除菌率 ≥ 99%。

3.2 除尘效率计算与测试

按照空气净化器相关标准 GB/T 18801—2015

附录 B 中的方法进行测试。测试初始浓度后,规定的试验条件下每间隔 10 min 测试一次数据,持续 1 h 结束试验。

净化效率计算：

$$\text{颗粒物净化效率} = \frac{\text{初始浓度} - \text{终止浓度}}{\text{初始浓度}}$$

经过测试,除尘前的初始体积浓度为 5 mg/m<sup>3</sup>。

除尘过程中的数据记录如表 1 所示,净化效率大于 99%。

表1 试验室测试 PM<sub>2.5</sub> 浓度数据

运行时间/min	颗粒物质量浓度/(mg/m <sup>3</sup> )	净化效率/%
0	5.01	
10	1.47	71
20	0.45	91
30	0.17	97
40	0.08	98
50	0.04	>99
60	0.02	>99

4 蜂巢形圆孔通道空气净化器与传统滤网对比试验

为确认蜂巢形圆孔通道空气净化器在车厢内的除尘效果,以及与传统滤网的对比效果,使用模型车实验室对其除尘效率、对比效果进行验证。

车辆空调机组净化器安装在回风口两侧,如图 2 所示。车厢的新风、回风均经过净化器后才能进入车厢,以保证净化效果。

4.1 试验方法

- 1) 参考 GB/T 18801—2015 附录 B 规定的试验方法,将净化器安装在模型车试验车厢上,选取 12 个采样点进行测试。测试过程中,车厢密封,新风口密封。车厢内采样点布置如图 3 所示。
- 2) 测试前,开启净化装置,净化试验车厢内空

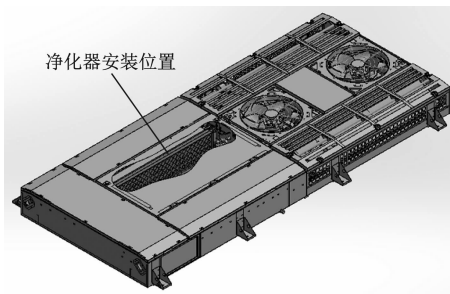


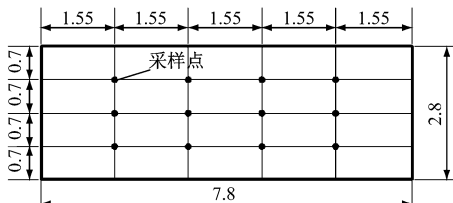
图2 净化器在地铁车辆空调上的安装位置

气,使  $PM_{2.5}$  背景质量浓度小于  $35 \mu g/m^3$ 。

3) 试验开始时,  $PM_{2.5}$  浓度  $\geq 2000 \mu g/m^3$  ( $\pm 200 \mu g/m^3$ ), 计算时对应  $t=0 \text{ min}$ ;

4) 记录初始浓度后,开启净化器,每  $2 \text{ min}$  测定并记录一次颗粒物的浓度,连续测试  $60 \text{ min}$ 。

5) 将净化器更换为传统滤网,重复  $1 \sim 4$  项试验。



注:各采样点距地面  $1.2 \text{ m}$ ; 尺寸单位为  $\text{m}$

图3 车厢内采样点示意图

## 4.2 测试结果

根据测试数据,净化器除尘效果如图4所示,传统滤网除尘效果如图5所示。

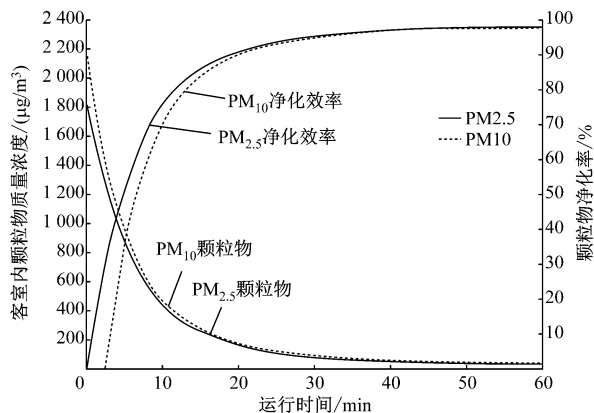


图4 净化器除尘效率

经过测试与对比,静电式净化器针对  $PM_{2.5}$  的除尘效率为  $98.6\%$ ,运行  $1 \text{ h}$  后车厢内  $PM_{2.5}$  的质量浓度为  $33 \mu g/m^3$ ,空气质量达到“优”级别;传统滤网运行  $1 \text{ h}$  后车厢内  $PM_{2.5}$  浓度为  $188 \mu g/m^3$ ,  $PM_{10}$  浓度为  $199 \mu g/m^3$ ,仍为中度污染。因此传统滤网

对  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  颗粒物的过滤不能满足要求。

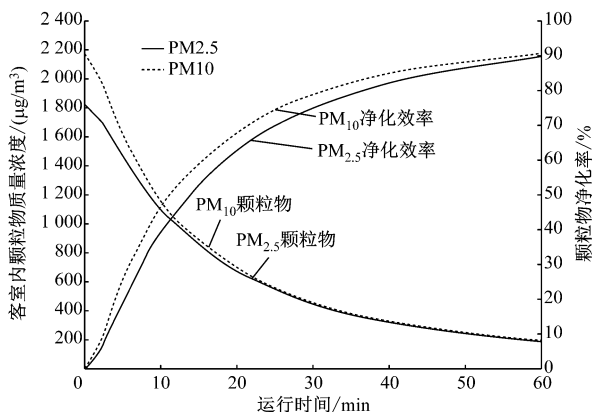


图5 传统滤网除尘效率

## 5 结语

根据对地铁环境调查研究及数据分析,确定了空调机组安装净化器及提高净化效率的必要性。通过净化器原理、性能对比,表明蜂巢形圆孔通道净化器适合于地铁车辆环境,经过实验室试验验证除菌效率、除尘效率均满足要求。在模型车车厢实验室进行的对比试验,进一步证明了净化器具有显著的除尘效率,而传统滤网不能有效过滤  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  颗粒物。

因此,安装使用蜂巢形圆孔通道净化器净化器,可以净化车厢空气,且杀菌除尘效率显著提升,保证乘客身体健康不受细菌、颗粒物的侵害。优化了乘客出行环境。

## 参考文献

- [1] 俞爱青,宋洁,孙中兴,等. 上海地铁1号线车厢内空气质量卫生学调查[J]. 上海预防医学, 2012, 24(7):382.
- [2] 张锐,凌瑜双,陈奕文,等. 重庆市地铁车厢空气微生物污染状况调查[J]. 环境与健康杂志, 2015, 32(11): 1000.
- [3] 李路野,樊越胜,谢伟,等. 西安市地铁环境中大气颗粒物污染现状调查[J]. 环境与健康杂志, 2013, 30(2): 160.
- [4] 叶晓江,连之伟,蒋淳潇,等. 上海地铁站台环境质量分析[J]. 建筑热能通风空调, 2009, 28(5): 61.
- [5] 中华人民共和国国家质量检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 空气净化器:GB/T 18801—2015[S]. 北京:中国标准出版社,2015:17.
- [6] 中华人民共和国国家质量检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 家用和类似用途电器的抗菌、除菌净化功能 空气净化器的特殊要求:GB/T 21551.3—2010[S]. 北京:中国标准出版社,2011:6.

(收稿日期:2018-11-22)