

# 防护口罩佩戴时间对过滤性能的影响

钱 么<sup>1</sup>, 梁世华<sup>1</sup>, 杨先鹏<sup>1</sup>, 张珍竹<sup>2</sup>, 王 静<sup>2</sup>

(1. 五邑大学 纺织材料与工程学院, 广东 江门 529020;

2. 佛山中纺联检验技术服务有限公司, 广东 佛山 528211)

**摘 要:**防护口罩在佩戴一段时间后防护效果的下降程度决定着口罩的使用寿命。测试分析了在添加舒适层后,防护口罩佩戴时间对颗粒物过滤性能的影响,研究表明:佩戴过程中口罩过滤效率刚开始会出现一定下降,但随着时间的推移,过滤效率几乎不变;佩戴4 h后的口罩仍能对0.3 μm颗粒物有99.0%以上的较高过滤效率。防护口罩中增加一层水刺非织造布后,能在一定程度上提高过滤性能,减缓过滤效率的降低速度;加黏胶水刺非织造布后口罩的吸湿率较高,加纯棉水刺非织造布后透湿量提升更明显。

**关键词:**口罩;佩戴时间;过滤效率;活动状态;水蒸气;透湿

**中图分类号:**TS177

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2021)11-0038-03

随着新冠病毒疫情在全球的不断扩散,口罩迅速成为人们日常必备的防疫物资,其需求量相比以往有爆发式的增长。在日常出行中,佩戴口罩已经成为一种生活习惯和应当遵守的规范,但长期佩戴口罩所带来的闷热、不透气、眼镜镜片雾化等困扰一直存在,特别是在炎热的季节,大多数人只能通过间歇性摘下口罩来缓解不适,这样势必会降低防护效果。因此,关于口罩综合性能的改良、口罩的防护效果以及佩戴舒适性的相关研究也变得尤为重要。通常,防护口罩都有一定的使用寿命(即可连续佩戴的时间),理论上超过一定的使用时间,口罩的防护效果将会下降甚至失效。可能三个方面原因:一是过滤效率下降,主要是由于口罩的过滤核心层在于中间的驻极熔喷层,使用过程中的呼吸、空气环境湿度会影响纤维的电荷量,电荷衰减会降低过滤效率和抗菌效果<sup>[1]</sup>;二是呼吸阻力增加,由于长时间佩戴口罩,唾液和呼出气体的水分残留在口罩内层,造成透气性下降,让人产生闷气的感觉<sup>[2-3]</sup>;另一方面是口罩受颗粒物、细菌甚至病毒的污染,但除了在特殊的高浓度粉尘环境中使用之外,颗粒在口罩中的负载量通常很小,基本不会因为颗粒物的负载而导致口罩失效,反而主要是空气中的细菌、病毒等沉降在口罩外层,导致口罩污染,因而无法继续使用。围绕人体佩戴口罩的不同情况,设置相关应用场

景进行试验,通过测试分析口罩过滤效率的变化,找到口罩佩戴时间对过滤性能的影响规律,为口罩防护性能评估研究提供参考。

## 1 试验部分

### 1.1 材料

一次性医用防护口罩(细菌过滤效率 $\geq 95\%$ ,广东金优贝健康用品有限公司);纯棉、黏胶水刺非织造布(浙江金三发集团有限公司)。

### 1.2 仪器

CP224C 数字式电子天平(上海奥豪斯仪器有限公司);TSI8130 滤料测试台(美国 TSI 公司);YG(B)216-II 型织物透湿量仪(温州市大荣纺织仪器有限公司)。

### 1.3 测试方法

试验选取相同年龄段(20~25岁)的男性、女性分别进行试验,佩戴口罩人群的活动状态分为“静坐”和“走动”两种状态;口罩佩戴时间分别为0(初始)、2、3、4 h。对不同活动状态、不同佩戴时间下的口罩试样进行过滤性能测试,采用 TSI8130 滤料测试台进行测试,过滤用气溶胶为盐性颗粒物,测试气体流量为 32 L/min,测试面积为 100 cm<sup>2</sup>。在防护口罩内侧添加不同种类的水刺非织造布作为舒适层,测试口罩佩戴 2 h 后的过滤性能变化以及吸湿率和透湿量变化,其中,吸湿率通过称量口罩佩戴前后的重量变化计算得到;透湿量通过采用蒸发法经过透湿杯(温度 38 ℃,湿度 50%)测试得到<sup>[4]</sup>。

收稿日期:2021-05-14

基金项目:广东省企业科技特派员派驻资助项目(GDKTP20200030900);

五邑大学大学生创新创业训练计划项目(202011349167)

作者简介:钱 么(1990-),男,讲师,博士,主要研究方向为空气过滤材料及环保型非织造材料,E-mail:hbqy0905@163.com。

## 2 结果和分析

### 2.1 佩戴时间对防护口罩过滤性能的影响

图1为相同活动状态下平面口罩佩戴不同时间后的过滤性能变化情况,对比初始状态(0 h)时的过滤阻力和过滤效率可以看出,随着时间的变化,口罩的过滤阻力发生很小的波动变化,可认为未发生变化;但对微细颗粒物的过滤效率的测试可看到,佩戴1 h后口罩的过滤效率会有明显下降,2 h之后继续延长佩戴时间,过滤效率缓慢降低,从测量误差上看并不明显,近似为不变,原因可能是刚开始口罩材料由于干态接触到呼吸过程中的水蒸气,静电吸附作用受到影响,到一定时间后,口罩材料的吸湿达到饱和,水分对过滤效率的影响逐渐减小;佩戴4 h后的过滤效率仍然在99.0%以上,表明过滤效率虽然有所降低,但仍能对颗粒物有较高的过滤效果。

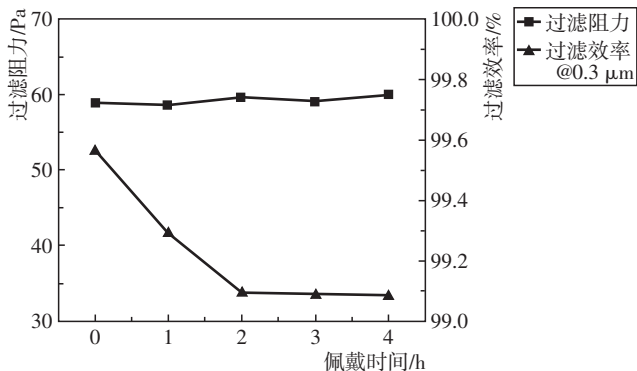


图1 防护口罩佩戴时间对过滤性能的影响

### 2.2 活动状态对过滤性能的影响

图2为不同活动状态下防护口罩佩戴2 h后的过滤性能变化情况,对比初始状态下的过滤阻力和过滤效率可以看出,无论是静坐2 h还是走动2 h后,口罩的过滤阻力几乎不会发生变化;但是,通过对微细颗粒物的过滤效率精密测试可看到,佩戴2 h后口罩的过滤效率会有小幅下降,且走动状态的下降略微多一点,尽管从数值上来看有一点下降,但不是十分明显,过滤效率仍然在99.4%以上,并不影响过滤效果。

### 2.3 舒适层添加对防护口罩过滤性能的影响

图3为相同活动状态下添加不同舒适层的防护口罩在佩戴2 h后的过滤性能变化情况,对比不添加舒适层(未添加)的口罩2 h后的过滤阻力和过滤效率可以看出,添加不同舒适层的防护口罩在佩戴2 h后的过滤效率明显高于未添加的口罩,原因可能是舒适层

也有一定的过滤效果,增加了过滤效率;而佩戴2 h后,舒适层由于吸收不同程度的水分,加上自身对空气的阻隔,导致过滤阻力有略微上升,其中添加60 g/m<sup>2</sup>黏胶水刺布的过滤阻力增加较为明显,添加40 g/m<sup>2</sup>纯棉水刺布的过滤阻力较未添加的几乎不变。

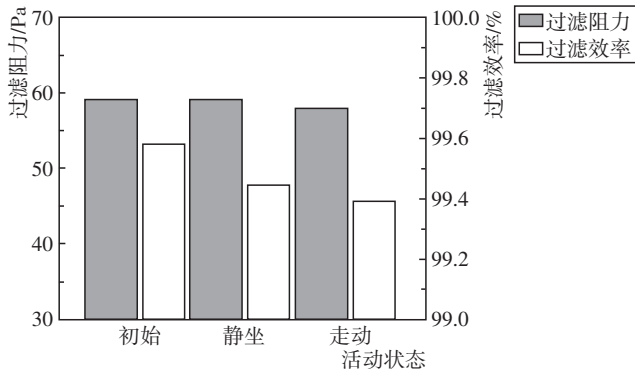


图2 不同活动状态下佩戴2 h后防护口罩的过滤性能

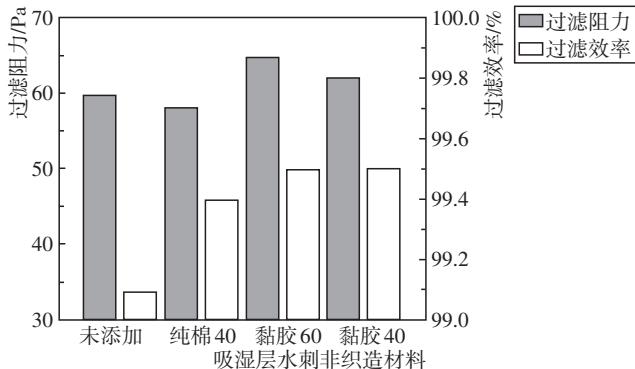


图3 添加不同舒适层佩戴2 h后防护口罩的过滤性能

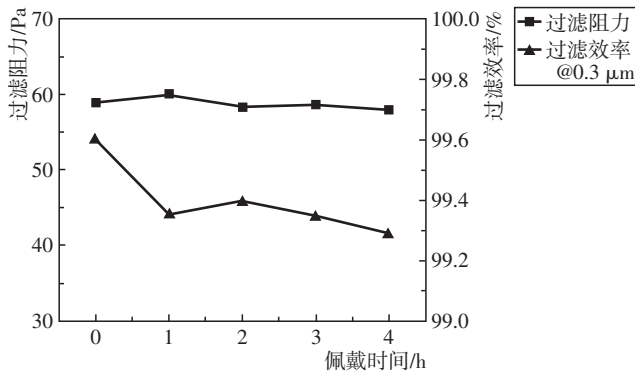


图4 添加纯棉40舒适层后防护口罩佩戴时间对过滤性能的影响

图4反映了添加40 g/m<sup>2</sup>纯棉水刺布舒适层后防护口罩佩戴时间对过滤性能的影响。由图4可以明显看出,随着时间的变化,口罩的过滤阻力有很小波动变化,可近似为未发生变化。但通过过滤效率的数据可看到与图2有类似的规律,佩戴1 h后口罩的过滤效率明显下降,继续延长佩戴时间,过滤效率发生波动性缓

慢降低,从测量误差上看并不明显,佩戴4 h后的过滤效率仍然在99.2%以上。与图2中的过滤效率相比,添加舒适层能够在一定程度上缓解过滤效率的下降速度。

#### 2.4 舒适层添加对防护口罩吸湿、透湿性能的影响

表1为添加不同舒适层的防护口罩在佩戴2 h后的吸湿重量变化以及1 h透湿量,对比可以看出,不添加舒适层(无处理)的口罩2 h的吸湿率仅为4.60%,而添加纯棉或黏胶水刺非织造布舒适层的口罩,吸湿率明显提高,并且加黏胶水刺非织造布后口罩的吸湿率高于加纯棉水刺非织造布的口罩,这是由于黏胶的回潮率高于棉纤维,黏胶吸湿性更好;此外,所加黏胶水刺非织造布的克重也对吸湿率有明显影响,克重为60 g/m<sup>2</sup>水刺布的吸湿率要高于40 g/m<sup>2</sup>水刺布。通过对比透湿量变化,可以看出,添加不同舒适层后对透湿量也有一定提升作用,其中加纯棉水刺非织造布的透湿量提升更明显,表明纯棉水刺非织造布能够加快水蒸气的传导。

表1 添加不同舒适层的防护口罩的吸湿与透湿性能

试样	无处理	加纯棉 40	加黏胶 40	加黏胶 60
初始重量/g	0.348	0.512	0.628	0.919
吸湿量/g	0.016	0.043	0.060	0.126
吸湿率/%	4.600	8.400	9.550	13.710
透湿重量/g	0.430	0.781	0.475	0.501
透湿量/g·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup>	151.943	275.971	167.844	177.032

## Effect of Wearing Time of Protective Mask on Filtration Performance

QIAN Yao<sup>1</sup>, LIANG Shi-hua<sup>1</sup>, YANG Xian-peng<sup>1</sup>, ZHANG Zhen-zhu<sup>2</sup>, WANG Jing<sup>2</sup>

(1. School of Textile Materials and Engineering, Wuyi University, Jiangmen 529020, China;

2. CNTAC Testing Service Co., Ltd. (Foshan), Foshan 528211, China)

**Abstract:** The protective effect of a mask after wearing for a period of time determined the service life of the mask. The effect of the wearing time of a protective mask on the particulate filter performance after adding a comfort layer were tested and analyzed. The research results showed that the filtration efficiency of the mask initially decreased during the wearing process, but the filtration efficiency was almost unchanged with the passage of time. A higher filtration efficiency of the mask was still more than 99.0% for 0.3 μm particles after being worn for 4 h. After adding a layer of spunlace nonwoven to the protective mask, it could improve the filtration performance to a certain extent and slow down the decreasing rate of filtration efficiency. The moisture absorption rate of the mask after adding the viscose spunlace nonwoven was higher, and the moisture permeability increased significantly when the pure cotton spunlace nonwoven was added.

**Key words:** mask; wearing time; filtration efficiency; activity state; water vapor; moisture permeability

## 3 结论

(1)受呼吸过程中水蒸气的影响,佩戴过程中口罩过滤效率刚开始会出现一定下降,但随着时间的推移,过滤效率几乎不变;佩戴4 h后的口罩仍能对0.3 μm颗粒物有99.0%以上的较高过滤效率。

(2)防护口罩中增加一层水刺非织造布作为舒适层,在一定程度上还能提高过滤性能,减缓过滤效率的降低速度。

(3)防护口罩中添加不同舒适层后对吸湿率和透湿率也有不同程度的提升作用,加黏胶水刺非织造布后口罩的吸湿率较高,加纯棉水刺非织造布的透湿量提升更明显。

### 参考文献:

- [1] 刘飞,柳静献,陈思思,等.空气湿度对自吸过滤式口罩过滤性能的影响研究[J].中国安全生产科学技术,2017,13(8):18-23.
- [2] 罗伶.防尘口罩阻尘效率和呼吸阻力影响因素的探讨[J].中国个体防护装备,2004,(5):14-17.
- [3] 王倩.日常防护型口罩过滤效率两种介质相关性分析[J].天津纺织科技,2021,(1):1-5.
- [4] 纺织品织物透湿性试验方法第2部分:蒸发法:GB/T12704.2-2009[S].