

# 聚四氟乙烯微孔膜复合吸附材料防毒性能研究

吴文涛

(沈装防化技术大队技术室 沈阳 110035)

**摘要:** 采用聚四氟乙烯选择性渗透膜与活性炭布复合而成膜复合织物, 试验证明其对芥子气的防护时间, 由于选择性渗透膜的应用而显著增加, 防芥子气时间达到 24 小时以上。

**关键词:** 聚四氟乙烯选择性渗透膜 活性炭布 复合 防毒性能

## 0 前言

聚四氟乙烯选择性渗透膜具有非常优异的防水透气性, 成功地解决了长期存在的防水与透湿两者不可兼得的难题, 其复合织物广泛用于防水服、滑雪衣、帐篷、登山服、睡袋、医用防护服、航天服等, 应用前景十分广阔。根据 PTFE 双向拉伸微孔薄膜的特性, 本研究对 PTFE 双向拉伸微孔薄膜与活性炭布复合织物的防毒性能进行初步探讨。在保持复合膜本身优良的透湿能力的同时, 将防毒、防雨、防风、伪装、阻燃、耐老化, 牢固, 质轻等功能综合于一体, 扩展防毒服面料的综合防护能力。

PTFE 双向拉伸微孔薄膜厚约 20~70  $\mu\text{m}$ , 孔隙率为 25~96%, 平均孔径为 0.18~1.3  $\mu\text{m}$ , 约为水滴的 1/20000, 比水蒸气分子大 700 倍, 其耐静水压 90~170kPa, 透湿量 4000~17000  $\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot 24\text{h}$ , 透气量小于 0.3  $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ , 因而具有良好的防水透湿防风功能; 可在零下 200 $^{\circ}\text{C}$  的低温至零上 260 $^{\circ}\text{C}$  的高温下连续工作, 熔点高达 327 $^{\circ}\text{C}$ , 具有不燃性, 优异的化学稳定性、抗酸、碱性好, 疏水性强。

## 1 实验器材与试验方法

### 1.1 实验器材

聚四氟乙烯选择性渗透膜: 国内厂家 A、国内厂家 B、国内厂家 C、国内厂家 D、美国 GORE 公司

活性炭纤维布: 国内厂家 A、国内厂家 B、国内厂家 C、国内厂家 D。

芥子气 (纯度: 99%)

### 1.2 试验方法

依据 GJB 1750-93《含炭透气防毒服通用规范》进行毒剂防护试验

## 2 复合膜织物吸附层结构

复合膜吸附层由聚四氟乙烯双向拉伸微孔膜和活性炭纤维布组成, 将两者用专门的复合技术粘合而成。结构如下示意图:

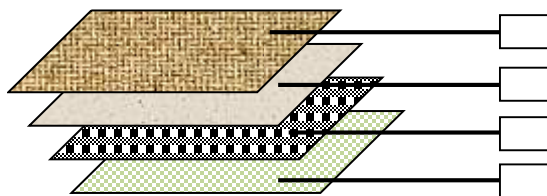


图 1 复合膜织物面料组成示意图

A、表布: 表层棉布为精梳棉 (高配棉)。

B、聚四氟乙烯选择性渗透膜。

C、活性炭纤维布。

D、柔软棉布。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 选择性渗透膜的选择

对化学战剂的皮肤防护材料,可以分为渗透、半渗透及不渗透材料。渗透性材料主要依靠活性炭吸附层阻挡毒剂气体和液滴的渗入;不渗透性材料是隔绝式防毒衣的材料;选择性渗透膜是半渗透性材料中的一种,是采用涂层或覆膜形式的膜技术,设计成具有限定孔径的微孔和超微孔材料,聚四氟乙烯微孔膜是经特殊工艺经双向拉伸制成的,厚约 20~70  $\mu\text{m}$ ,膜表面每平方英寸能达到几十亿个微孔,孔隙率为 25~96%,平均孔径为 0.18~1.3  $\mu\text{m}$ ,约为水滴的 1/20000,而远大于水蒸气分子直径(0.0003 $\mu\text{m}$ -0.0004 $\mu\text{m}$ ),足以阻挡各类毒剂的分子的穿过,其耐静水压 90~170kPa,透湿量 4000~17000  $\text{kg}/\text{cm}^2\cdot 24\text{h}$ ,可以使水蒸气通过而水滴不能通过,利用这种微孔结构可达到优秀的防水透湿功能;却可以让水(汗)蒸气透过。膜的厚度只有 20 微米左右,单位面积的重量约为 20-30 $\text{g}/\text{m}^2$ ;选择性渗透膜具有非渗透型材料和半渗透型材料的复合功能,既能阻止化学毒剂的穿透,又有良好的透湿性能。此外还具有综合防御外界环境影响的功能,如防风、雨雪和其它潮湿气候环境。本课题根据生产厂家产品质量的稳定性、的生产规模、生产工艺以及信誉等综合因素,最后选用 D 厂家生产的 PTFE(聚四氟乙烯)微孔膜作为面料吸附层中所用的选择性渗透膜。国内外 PTFE 膜的主要性能指标见表 1。

表 1 国内外 PTFE 膜的主要性能指标

生产厂家	GORE 公司	国内厂家 A		国内厂家 B	国内厂家 C	国内厂家 D
		NT-2010 型	NT-2020 型			
孔径 ( $\mu\text{m}$ )	0.2-5	0.2-5	0.2-5		0.1-0.5	0.2
膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	25	15~25	25~35		25-40	30-45
克重 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	$\approx 20$	$7 \pm 1.5$	$10.5 \pm 2$			
宽度 (mm)		$1650 \pm 20$	$1650 \pm 20$	1600-1800		
透湿量 ( $\text{g}/\text{m}^2\cdot 24\text{h}$ )	5000	$\geq 8000$	$\geq 6000$	$> 10000$	$> 16000$	8000
防水性 ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )	28000	$\geq 8000$	$\geq 10000$	$> 10000$	$> 6000$	20000
透气性	16,000 $\text{g}/\text{m}^2\cdot 24\text{h}$	透气率 $\geq 6$	透气率 $\geq 4$			
温度范围	-250 $^\circ\text{C}$ ~ +260 $^\circ\text{C}$			-200 $^\circ\text{C}$ - +260 $^\circ\text{C}$	-150 $^\circ\text{C}$ - +300 $^\circ\text{C}$	-150 $^\circ\text{C}$ - +250 $^\circ\text{C}$

#### 3.2 活性炭纤维布的选择

活性炭纤维布(Activated Carbon Fiber ACF)是一种高效吸附材料, ACF 与粒状或粉状活性炭相比,比表面积大,细孔发达,吸附性能高(对有机气体吸附量比粒状或粉状活性炭大几倍至几十倍,对无机气体也有很好的吸附能力。含量丰富的微孔占总体积的 90%左右,孔径分布狭窄且均匀,微孔孔径大多在 1nm 左右,没有大孔和过渡孔,吸附、脱附速度快,对于痕量物质有很好的吸附能力,可塑性和再生性强。ACF 表面有各种官能团,对于金属离子、某些有机物及气体有很好的选择性吸附功能,是一种新型的高效吸附剂。对微生物及细菌吸附能力优良,对大肠杆菌的吸附率可达 94-95%),吸附速度快(对气体的吸附速度非常快,对液体的吸附也很快达到吸附平衡,其吸附速率比活性炭高 2-3 个数量级),脱附速度快(用 120-150 $^\circ\text{C}$ 热空气处理 10-30 分钟即可完全脱附,脱附后吸附性能基本不变)等特点。

我们选择了一些国内生产的较常规的粘胶基活性炭纤维布,依据《防化器材检验技术》对部分国产活性炭纤维布进行苯吸附量测试。国产活性炭纤维布特性和苯吸附试验结果,不同的厂家生产的活性炭纤维布吸附容量差别不大,但是纤维的撕破强度差别很大,强度好的可以达到径向 90N,纬向 35N,强度低的只有径向 10N,纬向 3N。强度不够会给复合过程增加了难度,同时也会影响到复合面料的耐洗涤性能。我

们选用强度和苯吸附性等综合性能较好的厂家 C 的产品作为本课题所需的活性炭纤维。对部分国产活性炭纤维布进行苯吸附量测试，主要结果和特性见表 2

表 2 国产活性炭纤维布的主要特性

国内生产厂家	厂家提供的数据（苯吸附值）	自测（苯吸附值）
厂家 A	25—35%	29.9%
厂家 B	25—35%	22.3%
厂家 C	25—35%	28.6%
厂家 D	25—35%	16.9%

### 3.3 防毒性能测试

经过多次反复试验，比较各种面料组件的性能，我们对所制备防毒服面料样品依据 GJB 1750-93《含炭透气防毒服通用规范》进行毒剂防护试验，结果如表 3：

表 3 芥子气“液-气”防护能力测试结果

样品编号	防护时间(小时)	测试时间
003	>24	2009. 11. 6
004	>24	2009. 11. 6
012	>24	2010. 5. 31
013	>24	2010. 5. 31
015	>24	2010. 5. 31

结果表明，003，004，012，013，015 号样品的结果比较好，对芥子气的防护时间可达到 24 小时以上。下面是这几种防毒性能比较好的样品结构组成。

表 4 几种防毒性能比较好的样品结构组成

样品编号	表布	吸附层	衬里	克重 (g/m <sup>2</sup> )
003	CVC, 75/25, 阻燃	碳纤维布+膜	涤纶	319
004	CVC, 75/25, 阻燃	膜+碳纤维布+膜	涤纶	359
012	CVC (65/35 阻燃+膜	无纺布+碳纤维布	棉布	508
013	CVC (65/35), 阻燃,	膜+碳纤维布	棉布	433
015	CVC (65/35 阻燃)+膜	无纺布+碳纤维布	棉布	418

其它 12 种样品对芥子气“液-气”防护能力较差这里不再累述。

由表 4 的样品对芥子气“液-气”防护能力差异可以看出：选择性渗透膜聚四氟乙烯微孔膜的加入，使被测样品的防毒时间成倍数上升。

## 4 小结

选择性渗透膜的应用是防毒服面料研究的新技术途径，试验证明防毒服面料对军用战剂的防护时间由于选择性渗透膜的应用而显著增加，采用聚四氟乙烯选择性渗透膜与活性炭布复合而成膜复合织物，防芥子气时间达到 24 小时以上。