

# 用非金属导电纤维开发纯涤纶抗静电织物

南 燕

张 燕 施楣梧

(西北纺织工学院,西安,710048)

(总后军需装备研究所)

**摘 要:**在剖析不同类型导电复合的非金属导电纤维结构和性能的基础上,设计和开发了纯涤纶抗静电织物。其初始电荷面密度和洗涤 50 次的电荷面密度均小于  $4.5\mu\text{C}/\text{m}^2$ 。

**关键词:**导电织物 聚酯织物 导电纤维 抗静电性能 制造

**中图分类号:**TS 102.527.5

回潮率普遍较低的合成纤维织物因摩擦和感应产生静电,引起灰尘附着和纠缠肢体,并可引起血液 pH 值上升,血球中钙含量降低以及尿中钙含量增加。在发生静电效应时可对人体产生电击,并引起电子元件损坏,甚至导致起火和爆炸。纺织面料传统的防静电加工方法有防静电整理与高吸湿纤维或金属纤维混纺等方法,但前者不耐久,后者不适应于长丝织物。采用碳黑填充或金属氧化物填充的高聚物纤维来实现抗静电目的,对地毯等特殊纺织品已有实际应用,但对于服装面料尚未见诸报道,本文探讨非金属导电丝交织于涤纶长丝织物,实现其抗静电效果的加工方法。

## 1 实 验

### 1.1 非金属导电纤维

表 1 导电纤维基本规格

编号	类别	颜色	纤度 Denier	F 数
1	锦纶	深灰	18	2
2	锦纶	深灰	24	4
3	锦纶	深灰	20	3
4	涤纶	黑	19.5	6
5	涤纶	白	20	3
6	锦纶	白	20	3
7	锦纶	浅灰	25	3
8	锦纶	黑	22	1

### 1.2 织物设计

基础织物规格为  $300\text{ dtex} \times 300\text{ dtex} \times 230\text{ 根}/10\text{ cm} \times 220\text{ 根}/10\text{ cm} \times 147\text{ cm}$ ,平纹织物。非金属导电丝与涤纶丝复合后以定间距嵌织于基础织物经向。

### 1.3 测试与表征

#### 1.3.1 纤维结构分析

仪器:Gallen<sup>TM</sup> III 型光学显微镜,放大倍数  $6.3 \times 10X$ ;海鸥半自动照相机;哈氏切片器;日立 S-530 扫描电子显微镜,电压 25 kV,倍数 1000X、2000X、5000X。

方法:制作导电丝哈氏切片,用光学显微镜在低倍数下观察 8 种导电丝横截面及表面形态,拍照记录结果;利用电子显微镜观察个别导电丝截面及表面形态。

#### 1.3.2 纤维处理

试剂:10% NaOH 溶液。

方法:NaOH 溶液浸泡导电纤维,时间 30 min,烘干。

#### 1.3.3 织物抗静电性能

仪器:ZPD-1 静电电位动态测试仪,法拉第筒。

测试条件:温度  $21^\circ\text{C}$ ,相对湿度 47%。

方法:根据国标 GB/T 12703-91 纺织品静电测试方法。

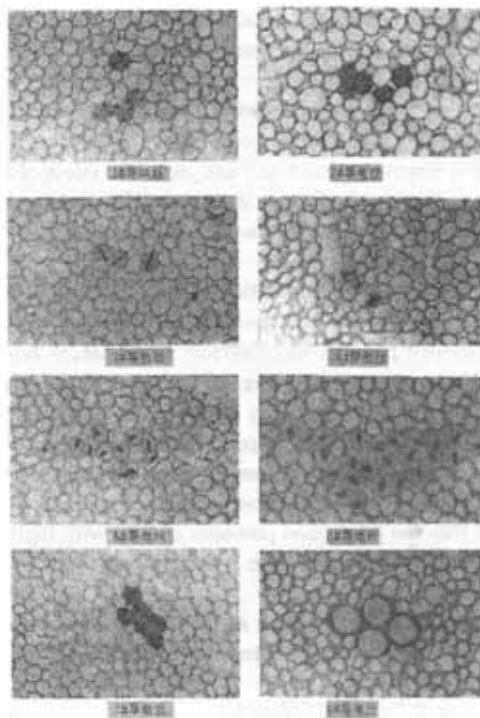


图 1 1#-8# 导电丝断面结构显微镜照片

## 2 试验结果及分析

### 2.1 导电丝的截面形态分析

通过光学显微镜观察导电纤维横断面(见图1),可明显看到纤维的复合形式,其中黑色部分为纤维导电有效成分。复合形式可分为三种类型:(1)含多个导电芯的海岛型(1#);(2)导电成分分布在纤维表面的皮芯型(8#);(3)含1个导电芯的复合型;其中3#、4#结构相同,导电芯沿直径将纤维对称分开。2#、5#、6#和7#结构相同,导电芯均偏离截面中心并靠近纤维表面。

### 2.2 对应织物抗静电性能分析

表2 纯涤纶抗静电织物坯布电荷面密度测试结果

纤维编号	织物编号	电荷面密度 ( $\mu\text{C}/\text{m}^2$ )	
		初始	平均/最大
1	KJD01	2.4/3.2	2.1/2.2
2	KJD02	1.3/1.9	2.6/3.4
3	KJD03	1.9/2.0	2.9/3.7
4	KJD04	1.8/2.0	3.4/4.5
5	KJD05	1.6/2.0	3.0/3.5
6	KJD06	1.8/2.2	3.3/4.3
7	KJD07	1.4/1.5	2.8/3.3
8	KJD08	1.0/1.5	2.7/3.4
	基础织物	10.4/10.7	8.5/9.6

表3 纯涤纶抗静电织物成品电荷面密度测试结果

纤维编号	织物编号	电荷面密度 ( $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ) 平均/最大			
		初始	洗10次	洗30次	洗50次
1#	KJD01c	2.0/2.6	2.7/3.1	2.7/3.6	3.4/3.9
2#	KJD02c	2.5/3.1	2.6/3.1	2.9/3.6	3.3/4.2
3#	KJD03c	3.0/3.8	2.9/3.4	3.3/3.9	3.6/4.6
4#	KJD04c	8.9/9.7	9.4/9.9	9.8/10.3	9.9/10.7
5#	KJD05c	2.5/2.9	2.7/3.2	3.1/3.6	4.4/5.0
6#	KJD06c	3.3/3.8	4.4/5.2	4.0/4.7	5.0/5.8
7#	KJD07c	2.8/3.5	2.6/3.1	3.2/4.0	3.9/5.1
8#	KJD08c	1.0/1.3	2.3/2.7	3.3/4.1	3.3/4.2
	基础织物	>20	14.0/16.8	9.2/11.4	15.3/15.9

从图2知,加入导电丝后八种抗静电织物的电荷面密度值明显低于基础纯涤纶织物电荷面密度,可见应用非金属导电纤维可得到很好的抗静电效果。同时,表1、2所示对应织物坯布及成品电荷面密度测试结果显示,坯布和成品织物经洗涤后电荷面密度值均有所上升,但普遍只上升1~2  $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ,即使洗涤50次后仍远小于基础织物的电荷面密度值。这说明非金属导电纤维的导电耐久性能良好。

对比表2、3可知,成品织物初始面密度同坯布初始面密度值有较大差异,这说明后整理工艺对导电丝的抗静电效果有较大影响。在后整理工艺中,织物要进行碱减量处理,并经过轧焙烘等工艺,织物

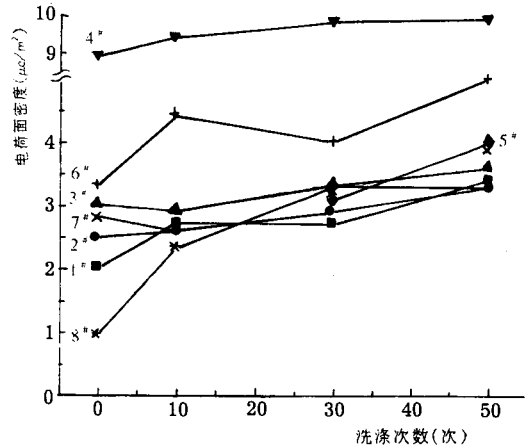


图2 织物电荷面密度随洗涤次数变化曲线

产生染整收缩,使织物密度增大,厚度增加,嵌织的导电丝间距缩小。导电纤维若与基础织物纤维热收缩率不同则会凸出或缩进纱线及织物内部,导电纤维还会受到碱液腐蚀、磨擦弯折等损伤。各种变化对织物抗静电性能的影响不同,导电丝间距缩小或导电丝凸出织物表面有利于提高抗静电性能,而纤维缩进织物内部或导电丝发生断裂等损伤,则会降低抗静电效果。不同的导电丝及不同的织物参数,在后处理工艺的变化也不同。因此,主要根据成品织物的测试结果来判断导电纤维的性能。

图2可见,KJD80c织物的效果最好,KJD01c次之,KJD05c第三,KJD04c最差。其中KJD04c织物的初始平均值为8.9  $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ,而对应KJD04织物初始平均值仅为1.8  $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ,织物整理工艺后抗静电效果大大降低。结合4#导电丝的结构图(图1)可分析出其导电性能降低的原因。4#丝细度19.5D/6F,单丝细度小,断面结构可见导电部分将丝从中间对称分开,这种结构易使纤维劈裂,另外从纤维的表面结构可见该导电丝碳成分分布不均匀,沿长度方向导电芯时粗时细,这必然造成强力不均,当织物受到拉伸时,导电丝就会断裂,使成品织物的抗静电性能远低于坯布。

KJD08c织物的初始电荷面密度值虽然小于KJD01c和KJD05c织物,但是,洗涤之后电荷面密度值增大幅度最大,可见,机械力的作用对8#导电丝的性能影响较大。光学纤维镜下观察可见8#丝表面有一个导电壳,纤维表面呈黑色。用碱液处理8#导电丝后,扫描电子显微镜拍照(图3)可见,8#导电丝属皮芯型复合结构,导电镀层厚度约3  $\mu\text{m}$ ,处理前纤维表面光滑,将导电层将纤维主体完全覆盖。处理后纤维表面出现凹凸不平,局部碳层出现

脱落。因此,虽然8#丝的初始抗静电性能最好,但多次洗涤后表面碳层脱落,抗静电性能降低。

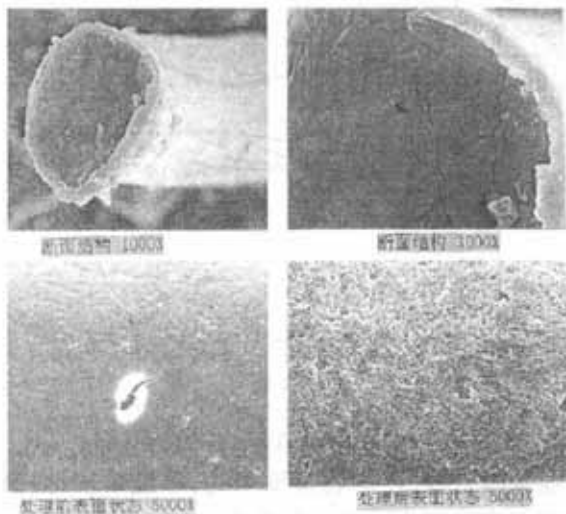


图3 8#导电丝断面及表面结构状态扫描电子显微镜拍照

KJD01c 织物的初始面密度值小于其对应坯布的初始面密度值,且洗涤50次后抗静电性能降低不大,说明1#导电丝导电的耐久性好。同样用碱液处理1#导电丝,图4为扫描电子显微镜拍摄1#导电丝整理前后表面结构状态,可见后整理对纤维的损伤不大。同时,由于1#导电丝为未牵伸丝,纤维热收缩率为-1.5%,而涤纶丝热收缩率为6%,这样成品织物中的导电丝会因收缩小而突出于织物表面,有利于纤维导电,因而提高了织物的抗静电效果。

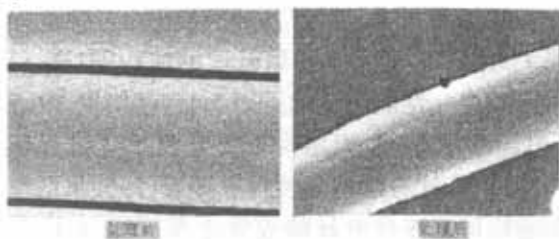


图4 1#导电丝染液处理前后表面结构状态(1000X)

KJD05c 织物的静电效果较好,说明5#导电丝的抗静电性能及其耐久性较好。同时,5#导电丝有一个显著的优点是纤维颜色为白色;品种适应性比1#和8#丝好,可用于浅色品种。

综上所述,可初步确定1#、5#和8#导电丝用于纯涤纶抗静电织物,下面的实验将确定导电丝的用量,并进一步研究它们的抗静电性能。

### 2.3 导电丝变间距时的抗静电性能

分别用1#、5#和8#导电丝试织三组织物,每组织物按照不同间距(1、1.5、2.5、4、6、9、15cm)试

织七段,并测试磨擦电荷面密度,测试结果见图4、5、6。图中所示三组曲线分别为1#、5#和8#导电丝对应织物电荷面密度与导电丝间距的变化曲线,三组曲线均表明导电丝间距增大时,织物的电荷面密度增大,抗静电性能降低。而且,间距和电荷面密度非一元线性关系,当间距小于2.5cm时,电荷面密度没有明显的降低趋势。可见,不能绝对以减小间距来提高织物抗静电性能,特别是当间距已经很小时,否则,不但对性能提高不大,反而会提高产品成本,增加生产难度。所以,可确定以2.5cm为间距的最小参考值。

依据国家石油天然气行业标准——石油企业职工劳动防护服装第3部分(防静电服)的规定,抗静电服织物的防静电性能为经100次洗涤后摩擦电荷面密度不大于 $7 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 。参考这一标准,1#丝间距在小于约9cm,5#丝间距小于6cm,8#小于6cm

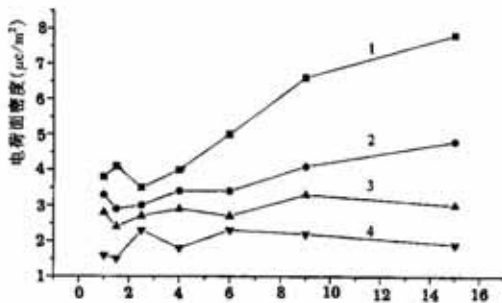


图5 KJD09 织物电荷面密度变化曲线

1-初始;2-洗10次;3-洗30次;4-洗50次(下同)。

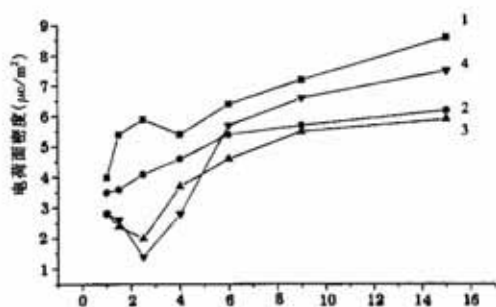


图6 KJD10 织物电荷面密度变化曲线

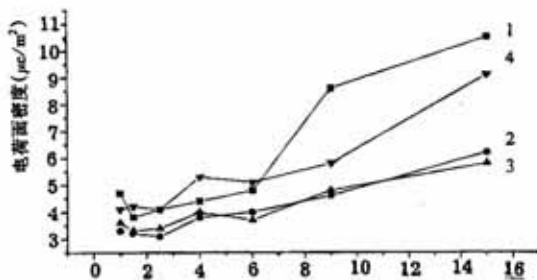


图7 KJD11 织物电荷面密度变化曲线

(下转第9页)

(上接第6页)

时,电荷面密度值小于  $7 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ,可见,在仅满足性能达到要求的情况下,使用1#导电丝成本最低,因而最终选用1#导电丝用于产品开发,仅从织物考虑导电丝间距最大不得超过9 cm。

考虑到本次实验仅测试到洗涤50次电荷面密度,同时还要考虑织物的外观以及织物对服装的影响。如当织物中导电丝的间距为9 cm时,在一件服装上由于裁剪,两根导电丝的间距就有可能为16 cm,这样会降低服装的抗静电效果,所以导电丝的间距不应超过4.5 cm。

综上所述,选用1#导电丝,间距在2.5~4.5 cm之间时,均可得到很好的抗静电效果。而在本次涤纶抗静电织物的设计中,确定导电丝的间距为

3.5 cm。

### 3 结 论

1. 非金属导电纤维抗静电性能良好,纺织性能好,非常适用于服用织物。
2. 导电丝间距越小,织物抗静电性能越好。
3. 本次设计涤纶抗静电织物选用1#导电丝,间距3.5 cm,织物抗静电性能及抗静电耐久性优良。

### 参 考 文 献

- [1] 赵择卿编译:《高分子材料抗静电技术》,北京:纺织工业出版社,1991
- [2] GB/T 12703—91 纺织品静电测试方法
- [3] 国家石油天然气行业标准——石油企业职工劳动防护服第3部分(防静电服)