

防静电织物静电性能的测试研究

郝新敏 吴志孝

(总后勤部军需装备研究所)

【摘要】 本文通过对防静电织物及其服装耐水洗性的研究, 确定了含导电纤维织物的静电测试方法, 证明了它们在低湿度下具有耐久防静电性。实验中发现, 随着洗涤次数增加, 防静电织物的防静电性能下降; 织物的组织、表面状态、导电纤维的间隔等都影响其静电性能。实验也证实了低湿度下不能用纯棉作为防静电织物。

由于导电纤维在低湿度下仍具有良好的耐久防静电性, 因此广泛用于易燃易爆等场合作为防护服来防止事故发生。目前已开发成功的导电纤维主要有金属纤维、碳素复合纤维和腈纶铜络合纤维等, 国内使用的防静电织物大多是用金属纤维或腈纶铜络合纤维和其他纤维混纺、交织而制成的。针对普通织物人们已提出了不同的静电性能测试标准^[1,2], 而有关防静电织物的静电性能测试研究尚不多见。本文从防静电织物的耐水洗性与不同静电性能测试结果之间的关系着手, 探讨防静电织物的测试方法及这些织物与其服装的静电性能之间的关系。

一、实验材料和测试

1. 实验材料(见表1)

表1 选择的织物及服装

代号	名称	导电纤维及间隔	备注
C1	导电纤维嵌经涤纶粘中长华达呢	腈纶铜络合纤维间隔 13mm	织物
C2	导电纤维嵌经涤纶长丝线绢	腈纶铜络合纤维间隔 7mm	织物和服装
C3	导电纤维毛涤马裤呢	腈纶铜络合纤维间隔 18mm	织物和服装
C4	导电纤维嵌经涤纶线呢	腈纶铜络合纤维间隔 11mm	织物和服装
C5	导电纤维嵌纬涤纶卡其	不锈钢纤维混纺入纬纱中	织物和服装(两者不同)
NC1	涤纶丝绸	不含导电纤维经抗静电后整理	织物
NC2	纯棉卡其	不含导电纤维	织物和服装

2. 织物和服装静电性能的耐水洗性

将各种织物和服装分别连续洗涤5次、50次、100次, 参见GB12014-89。然后在20℃、40%RH进行

静电性能测试(见表2)。

表2 静电性能测试

测试项目	使用仪器	标准方法
织物摩擦带电压	LFY-4D	ZBW04009-89
织物感应带电压	LFY-4B	FJ549-85
织物摩擦带电压电荷密度	摩擦板、法拉第电筒、8840A多用数字表	ZBW04008-89
服装摩擦带电压	转鼓摩擦机、法拉第电筒、8840A多用数字表	GB12014-89

二、实验结果与分析

1. 防静电织物的摩擦带电压与耐洗性的关系

实验结果见表3。从表3看出, 经抗静电后整理的涤丝绸NC1, 经5次洗涤后其摩擦带电压由未洗涤时的293V增大到6963V。而含导电纤维的防静电织物除C3外, 即使洗涤100次后摩擦带电压均低于3000V。

表3 织物的摩擦带电压与耐洗性的关系

洗涤次	试样摩擦带电压(V)						
	C1	C2	C3	C4	C5	NC1	NC2
0	—	193	—	—	—	293	—
5	1557	970	4357	1833	450	6963	573
50	2070	1467	6203	3000	800	7293	2633
100	1580	653	6623	1517	1933	1953	2143

从表3还可看出, 测试织物的摩擦带电压与洗涤次数之间的关系比较复杂, 除C3、C5外洗涤50次

后织物摩擦带电压要比洗5次和100次的高,其原因可能是:一方面此方法是针对非导电纤维织物提出的,对于导电纤维织物利用此仪器测定时,织物紧贴金属盘上,测试中有静电泄漏也有电晕放电,而且静电泄漏要比电晕放电快得多,造成测试结果出现误差,另一方面,织物表面状态对摩擦带电也有较大影响,织物表面光滑,摩擦系数减小,摩擦带电压下降;表面导电纤维裸露多时,电荷泄漏和电晕放电较快,摩擦带电压也低。对于C3而言,由于采用织物为毛涤马裤呢,随洗涤次数增加,表面更加粗糙,织物中导电纤维被覆盖,使其表面电阻变大,从而摩擦带电压增加。C5由于导电纤维为不锈钢丝,在洗涤过程中易被折断,造成泄漏通道破坏,泄漏减少,从而摩擦带电压随洗涤次数增加而增大。此外,由于摩擦带电压测试中受到的影响因素较多,例如试样设计尺寸过小,摩擦状态不稳定等也造成测试误差较大^[2]。

实验中发现,含不锈钢导电纤维织物C5、棉织物NC2和涤丝绸NC1摩擦带电压在摩擦过程中有先升后降的现象,其原因可能与带电压高时沿接地金属盘泄漏或电晕放电快有关,也可能与摩擦状态不稳定有关。利用摩擦带电压方法看不出在20℃、40%RH时纯棉织物与大多防静电织物的差别。不能定量反映防静电织物的耐洗性及其防静电性。为此,日本钟纺公司对其提出了新的改进测试系统,以适应导电纤维混入织物的测试^[2]。

2. 防静电织物的半衰期与耐洗性的关系

根据FJ549-85规定,织物半衰期可以通过电晕放电来测试。各种织物的测试结果见表4。从表4看出,经抗静电后整理的涤丝绸NC1洗5次后半衰期大于600秒,说明已不具有抗静电性。防静电织物除毛涤马裤呢C3外,半衰期在洗涤前后均小于10秒。从表4还可见,多数织物洗涤50次的半衰期比5次,100次的要高,如C1、C2、C3、C5、NC2;有的织物洗100次后半衰期反而比洗5次小,如C1、C2、C4、C5、NC2;也有防静电织物随洗涤次数增加半衰期反而下降,如C4。其原因可能是①导电纤维与测试仪的接地金属盘的接触状态的影响。②织物中含有的导电纤维随着洗涤次数增加导电性也发生变化。③与防静电织物中导电纤维带电后电晕放电有关。通常织物带电压越高,电晕放电越容易,而半衰期的测定正是利用外加电场电晕放电来使织物带电的,为此有人提出不宜用此法来测定防静电织物的半衰期^[1,2]。

表4 织物的半衰期与耐洗性的关系

洗涤次	试样感应带电放电半衰期(s)						
	C1	C2	C3	C4	C5	NC1	NC2
0	—	0.6	—	1.0	—	2.2	—
5	2.2	1.5	55.5	3.5	2.4	>600	1.7
50	3.5	1.6	213.6	3.0	7.9	>600	3.4
100	1.0	0.9	142.9	1.0	0.9	>600	1.2

注:测试时电晕放电电压为5kV,时间为30S。

此外,表4中棉织物与其他防静电织物(除C3外)的半衰期相差也不大。

总之,织物感应带电放电半衰期法不能很好地应用于防静电织物,也不能反映织物防静电性与耐洗性的关系。

3. 防静电织物的摩擦带电荷密度与耐洗性的关系

织物的摩擦带电荷密度与耐洗性的关系见表5,从中可以看出经抗静电后整理的涤丝绸未洗涤时电荷密度为4.8μc/m²,洗涤5次后达到10.7μc/m²,这已远超过日本劳动省工业安全研究所规定的静电安全指标7.0μc/m²,说明通过后整理法获得的防静电性是不耐久的。棉织物无论洗涤次数如何,其摩擦带电荷密度总大于7.0μc/m²,证明在低湿度下不能用纯棉织物在易燃易爆场合作为防静电织物。含导电纤维的防静电织物在经100次洗涤后,其带电荷密度均小于7.0μc/m²,说明此类织物具有耐久防静电性能。

表5 织物摩擦带电荷密度与耐洗性的关系

洗涤次	试样的摩擦带电荷密度(μc/m ²)						
	C1	C2	C3	C4	C5	NC1	NC2
0	—	2.6	—	—	—	4.8	—
5	4.4	3.0	4.3	3.3	1.9	10.7	7.2
50	5.0	3.5	6.3	3.6	2.1	10.7	7.6
100	5.2	4.3	6.2	4.3	3.3	11.1	7.8

从表5还可以看出,无论防静电织物还是其他织物随洗涤次数增加,摩擦带电荷密度都有不同程度增大,这与摩擦带电压、半衰期的测定结果有较大不同。造成这种不同的原因在于从原理到实际测试中织物摩擦带电荷密度法更适用于含导电纤维织物的测试^[2]。此法不但能反映织物实际穿着中摩擦过程,而

且也有效地防止了测试中与接地金属的接触,从而避免了一些静电泄漏,能更好地反映出电晕放电的作用。另外,织物的厚薄、表面状态、导电纤维的导电性等因素影响摩擦和静电的产生,也能在测试结果中有效地反映出来。即使含有同样的导电纤维,随着导电纤维的间隔不同,织入方式不同或织物组织、组成不同,其摩擦带电量电荷密度有较大差别。织物越厚重,导电纤维间隔越大,其摩擦带电量电荷密度就越大,防静电性能越差。从表5中C1、C3两织物的电荷密度比C2、C4的大即可说明。C3织物由于厚重且导电纤维间隔大,洗50次后摩擦带电量电荷密度几乎达到 $7.0\mu\text{C}/\text{m}^2$ 。

总之,织物摩擦带电量电荷密度能很好地反映出防静电织物的性能,并能反映其静电性能与耐洗性的关系,即随着洗涤次数增加电荷密度增大;同时,在较低湿度(20℃、40%RH)时此法能较好地地区分防静电织物和非防静电织物。

4. 防静电服装的摩擦带电量与耐洗性的关系

GB12014—89“防静电工作服”标准是目前国内唯一有定量指标的静电测试标准,而且已被广泛用于含导电纤维服装的静电测试。为了验证以上确定的防静电织物的测试方法的结果是否与其服装测试结果一致,我们进行了对比实验。

表6是防静电上衣和纯棉上衣经不同洗涤次数后的摩擦带电量。从中可以看出,纯棉服装的摩擦带电量经三种洗涤状况后测试结果都大于国家标准规定的 $0.6\mu\text{C}/\text{件}$;含导电纤维的防静电服装经100次洗涤后摩擦带电量均小于 $0.6\mu\text{C}/\text{件}$,达到国家标准规定的A级水平。由此可见,利用服装摩擦带电量也能区分防静电服装和非防静电服装。

表6 服装摩擦带电量与耐洗性的关系

洗涤次	试样的摩擦带电量 ($\mu\text{C}/\text{件}$)				
	C2	C3	C4	C5	NC2
5	0.14	0.24	0.10	0.24	0.62
50	0.18	0.43	0.20	0.33	0.67
100	0.26	0.53	0.33	0.37	0.68

从表6中还可以发现,随着洗涤次数增加,各种服装的摩擦带电量都不同程度增大,这与织物摩擦带电量电荷密度测试结果相近似。比较表5和表6可知,一般来说织物的摩擦带电量电荷密度越大,相应服装的摩擦带电量就越大。但是,服装带电量的测试是在转

鼓式摩擦机中进行摩擦的,织物的厚薄、轻重将更直接影响到摩擦力的大小,从而对服装摩擦带电量有更大的影响。

总之,利用防静电工作服的服装摩擦带电量测试可以评价防静电服装的静电性能和耐洗性。测试结果与防静电织物的摩擦带电量电荷密度的测试结果有一定对应性,进一步说明可以用摩擦带电量电荷密度反映防静电织物的静电性能。

5. 织物摩擦带电量电荷密度与其服装摩擦带电量的相关分析

从织物摩擦带电压、半衰期、摩擦带电量电荷密度与其服装带电量的比较分析中可以发现,织物摩擦带电量电荷密度与其服装带电量之间有较好对应性。

在20℃、40%RH下,以服装带电量为函数值,以与服装相应织物的摩擦带电量电荷密度为自变量,按直线相关得到方程:

$$y = -0.239 + 0.118x \quad (1)$$

相关系数 $r = 0.985$ 。实验次数为12,自由度为10,信度为0.01的临界相关系数 $r_{10}(0.01) = 0.708$,相关系数 r 大于临界相关系数,故相关特别显著。说明此条件下,织物摩擦带电量电荷密度与其服装带电量之间有一定线性相关性。

对于防静电织物而言,日本劳动省规定其摩擦带电量电荷密度应小于 $7.0\mu\text{C}/\text{m}^2$,将此值代入(1)式得到服装带电量的相应值约为 $0.6\mu\text{C}/\text{件}$,说明日本防静电织物安全指标与国家标准规定服装安全指标之间有一定对应性。因此,在设计研制防静电织物时应控制摩擦带电量电荷密度小于 $7.0\mu\text{C}/\text{m}^2$,其服装才能满足防静电要求。

三、结论

1. 利用织物摩擦带电量电荷密度法可以反映含导电纤维防静电织物的静电性能及其耐洗性,其他方法如织物摩擦带电压法、感应带电量半衰期法则不能反映此类织物的静电性能和耐洗性。

2. 含导电纤维的防静电织物具有低湿度下的耐久防静电性能;纯棉织物在低湿度下不能作为防静电织物。

3. 防静电织物的组织、厚薄、表面状态、导电纤维种类及其织入方式和间隔等都将影响其静电性能。织物越厚重、导电纤维间隔越大,防静电性能越差。

4. 同一防静电织物,随洗涤次数增加,摩擦带

(上接第 43 页)

电电荷密度增大, 服装的带电量也增大, 说明防静电性能有所下降。

5. 在 20℃、40%RH 条件下, 防静电织物的摩擦带电电荷密度与其服装摩擦带电量之间有一定线性相关性。织物带电密度小于 $7.0\mu\text{c}/\text{m}^2$, 服装带电量才能符合国标防静电要求。

本文得到了钱润琴副教授的审阅, 特此致谢。

参考资料

- [1] 高绪珊等:《导电纤维与抗静电纤维》, 纺织工业出版社, 1991年。
- [2] 松井雅男等:《纤维机械学会志》, 40(4), (1987), 23~30; 40(10), (1987), 5~15; 42(4), (1989), 41~47; 43(9), (1989), 533~543。