

中国纺织工程学会
后整理学术讨论会

论文 37号

化纤织物防静电整理与
服用性能要求研讨

单 位

作 者

山东省纺织科研所

陆宗鲁

提 要

本文概述了织物的防静电性能及用途，
以及目前常用的抗静电处理剂国产防静电
剂的效果对比，重点叙述了G树脂在不同
工艺条件下的应用效果。

一九八七年十月 日

化纤织物防静电整理与服用性能要求

研 讨

一、前 言

人们对静电现象的研究，至今不过一百多年。特别是近三十年来，静电利用，静电防止，静电消除的应用研究在纺织行业取得重要进展。静电纺纱、静电植绒，静电防尘是静电利用的成功范例。在棉纺时严格控制相对湿度，在合成纤维纺织过程中使用防静电油剂，在染整加工机台的出布处装置静电消除器。这些方法对治理纺织生产中的静电障碍极为有效。

现代电子、医药、兵器、石油、煤矿、仪表工业原先常用操作人员的人体电位和工作服产生静电障碍，而致仪表误动，集成电路沾污，元件击穿，雷管或可燃性气体引爆起火。防爆防尘工作服不仅要求自身不会积聚过多的电荷，而且对人体电位，内衣摩擦所产生的静电，有屏蔽消散作用。

对于日常衣着用品的静电防止办法，目前在纤维制造，染整加工两个行业，都在进行着有益的探索，旨在解决外衣吸尘，和直接穿着的单衣裙裤在走动时，发生缠身，贴肤，刺痛等静电障碍。如何评价产品是否达到防爆、防尘和防静电要求，它涉及到指标^①和标

准，但目前尚无统一的意见和规定。

有人按纤维的表面比电阻的大小排列了一张用途表⁽¹⁾，（见表一）显然制表人认为，纤维的表面比电阻 $<10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ ，就可符合日常穿着服装的^抗静电要求。

表一、各种纤维的抗静电性能及用途

区 分		导体	半导体	绝缘体		
纤维	比电阻	10^1	10^3	10^6	10^9 10^{15}	用 途
金属纤维	不锈钢	←→				SF 纺爆 FY 无尘无菌
	金属涂层	←→				FY 无尘无菌
碳复丝纤维	SA-7 (东丽)			←→		SF 纺爆 FY 无尘无菌
	安特纶 I (杜邦)			←→		FY 地毯
纤维中混抗静电剂	帕鲁鲁 (东丽)			←→		一般性抗静电服装 (制服、内衣、汗衫)
	拉比阿(市人)			←→		同 上
抗静电剂表面处理	PK-7 (东丽)			←→		一般抗静电性服装 (不太要求有防静电)
普通衣料用纤维	合纤涤纶等				←→	普通衣服
	羊毛				←→	普通衣服

有人主张以织物的带电压来评价产品，并对防静电服装的带电提出了极限要求(2)。(见表二)。

表二、防静电服装用品的静电指标要求

$$\begin{matrix} \times \\ MC/m^2 \end{matrix} \rightarrow 0.28 \mu C/m$$

用途	静电指标	适用范围和特点
防爆服	衣料 $< 7 MC/m^2$ 服装 $< 1 MC/件$	适用于炼油厂、加油站、油轮、涂漆、石油化学、煤炭工业、医院手术衣。
防尘服	衣料 $< 4 MC/m^2$ 半衰期 0.5 秒 50RH 比电阻 $< 1 \times 10^{11} \Omega \cdot cm$	适用于电子工业仪器、计测电子计算机，医药食品
一般服装	衣料 $< 7 MC/m^2$ 带电压 $< 2.5 KV$ 黑色外衣防吸尘 $< 1.5 KV$	性能：不缠身、无静电刺激 呈身外衣不吸尘
防静电地毯	使人体电位 $< 3 KV$ 超级地毯 $< 1.5 KV$	无电击 无静电刺激

表中防尘服的静电指标要求高于防爆服。单位面积上的电荷密度小于 $4 MC/m^2$ 时，方能避免吸尘，相对来讲电荷密度只要在 $7 MC/m^2$ 以下爆炸就不会发生。一般服装的防静电要^本，黑色外衣相当于防尘服，其它颜色的可相当于防爆服。也就是说织物表面积聚

了一定数量的电荷，达到一定的带电压时，就会发生一定行为的静电障碍，或吸尘、或引爆。

第三种观点则认为半衰期可以作为代表性指标(10·16)。织物的表面比电阻大小对电荷的消散速度对织物的最高带电量(或带电压)都有重要影响。可以说表面比电阻对织物的带电压和半衰期是一个重要因素，但不是唯一的决定性因素。

有人采取将处于静电序列正负两端的两种纤维材料混合起来，使摩擦产生不同极性的电荷互相中和，巴劳(Ballou)用耐纶/涤纶以75:25混纺，对棉摩擦可以抵消电荷(3)。这就是例外。

另一些实验资料说明，在一定条件下，大部分纤维的电阻与空气相对湿度成指数关系(4)。空气相对湿度由30%增加到75%能使多数纤维的导电性提高100倍以上。因此纤维的电阻还应把空气相对湿度作为附带条件。

有人提出(5)：大多数纤维温度升高 10°C 电阻降低20%，G. H. 列涅特(Penhet)的资料(6)表明空气中离子密度越大，纤维带电荷量越少。它提示我们环境对测试结果也有重要的影响。

多种因素的影响，使织物静电指标的评价复杂化，然而最有实际意义的是织物的使用性能。在确定温湿度条件下，会不会发

生静电行为。鉴于吸尘与引爆的模拟测试方法不太科学，测试结果难以用数量级表示，因此，评价织物防静电性能的方法，目前以电荷密度，带电压和半衰减期三种最为实用。前两种反映出织物可能产生的静电行为极限，后一种意味着在织物的活动期间常载电荷量。

有趣的是，同一纤维用不同的防静电剂处理以后，半衰期可能都有大幅度降低，但是带电压有的下降不大。同一纤维，用同一种防静电剂处理，由于工艺配方不同，同样也会产生上述结果。这是什么原因？防静电织物的评价到底应该取什么指标，测试时期相对湿度以百分之几为宜，这两个问题对织物防静电研究十分重要。

下面就以上问题，以及同一防静电剂在处理织物时产生的差别作一些分析讨论，谬误之处希大家批评指正。

二、织物防静电要求

(一)、防尘防爆服的防静电要求。

通常我们以为纯棉服装是没有静电障碍的，但是，在相对湿度为 $30\% \pm 2$ 条件下工作的电子、仪表业，用纯棉织物作工作服是不适宜的，从图一中看出织物在经受摩擦时，静电压的大小受摩擦物旋转速度和空气相对湿度的影响而变化。如若引爆的。

图中： $4 \sim 200 \text{ RPM}$

× ~ 400 RPM

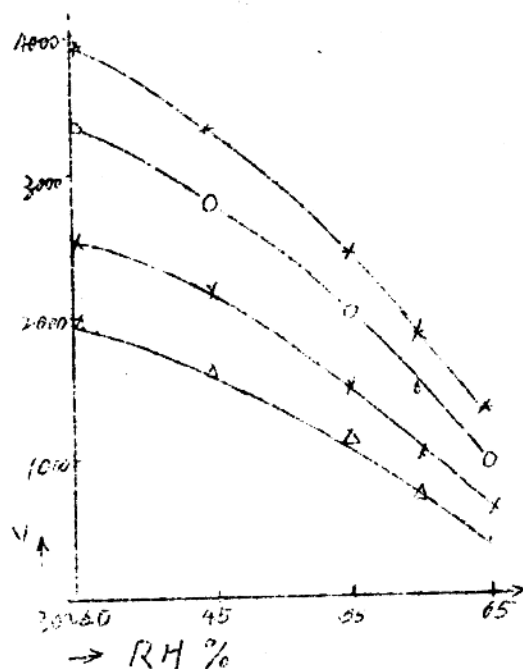
○ ~ 600 RPM

☆ ~ 800 RPM

带电压以 3 K V 为
最低限, 400~600

RPM 的摩擦速度 (中等
活动) 时, 织物的带电
电压就能引爆可燃性气体。

有资料表明, 棉受
摩擦产生的静电阻在
30% 相对湿度条件下
的半衰期约为 7×10^2
秒。



图一. 棉在不同相对湿度条件下
受摩擦产生的静电压

碳纤维与渗碳纤维及其同类产品织入织物的防爆服, 一般
有以下性能。(见表三)

表中数据: 帝人、东丽、江苏三者出于同一测试条件, 数据是
可比的, 但从这里看到的是帝人与东丽在表面比电阻, 半衰期和带
电压三者之间缺乏一定的相关性, 而江苏的指标却是非常合乎情理
的, 并且完全达到防爆防尘要求。

表三、几种防爆织物的静电指标。

(测试条件 30 ^{KV} ~~mm~~)

样品来源		日本帝人*	日本东丽*	法国**	上海**	江苏*
测试项目	数据指标				#2	T8304
表面比	未洗	1.05×10^5	5.20×10^4	5.33×10^6	8.5×10^8	1.58×10^9
电阻	洗20次	—	—	2.5×10^{11}	4.65×10^9	—
$\Omega \cdot \text{cm}$	洗25次	1.44×10^5	1.54×10^{15}	—	—	2.40×10^{11}
半衰期	未洗	4.5	47.5	3	0	0
(秒)	洗20次	—	—	—	8	—
	洗100次	137.3	143.2	—	—	5.1
摩擦	未洗	2790	2690	6.5	18	7.4
带电	洗20次	—	—	360	28	—
(V)	洗50次	2790	2890	—	—	11.3
6000V	未洗	—	11	—	0.5	—
感应带	洗20次	—	20.8	—	3.5	—
带(V)						

注：*摘自资料(7)。

**摘自资料(8)。

(二)、一般织物的防静电要求。

就没有经过防静电整理的一般织物来说，它们的静电性能有各种差异。(见表四)。

表四、织物静电性能

织 物	感应带电压 (V)	半衰期 (秒)	测 试 条 件			数据来源
			°C	RH	充电电压	
棉麻粘胶	105.640 ⁴⁵⁰	<0.5	20	50	5000	山东纺织测量中心
真 丝 绸	840	60	20	50	5000	
羊 毛	2600	4.5	19	38	5000	
纯 涤 纶	1900	一分后 1400v	18.2	45.5	5000	
"	3800	55	19	4.5	"	
锦 纶	4500	7	19	45	"	
涤/棉 65/35	760-860	0.5	18.4	51	"	
涤/粘 65/35	1750	"	19	45	"	
涤/毛 65/35	1200	60	20	50	"	
涤/ 60/50	2300-2450	一分后 1500	"	"	"	

在实际穿着中，棉麻、粘胶、皮有静电障碍。真丝绸在翻动布匹或裁剪时，织物之间有吸着现象。涤/棉混纺织物，只有作为衬

衣，天气干燥季节，从身上脱下时会发生与脱毛衣相同的电击现象。作为外衣，有严重吸尘现象的唯有涤纶和涤晴混纺织物二者。它们还有缠身刺激皮肤，和把穿着在里边的白色棉毛裤管沾上灰尘等毛病。

用季胺盐型防静电剂处理真丝绸和涤纶织物，静电指标可见表五。

表五、抗静电剂 SN 与固色剂 DE 的防静电效果对比 (SORH)

防静电剂	真 丝 绸			纯 涤 纶		
	电压 (V)	半衰期 (日)	表面比电阻	电压 (V)	半衰期 (秒)	表面比电阻
抗静电剂 SN	320	2	2.6×10^8	16	1	5×10^6
固色剂 DE	230	3	2.4×10^7	800	1	7×10^6
未整理	700	54	1.7×10^7	1800	60	2.9×10^{11}

经过整理后的织物，其静电性能与涤/棉混纺织物接近，静电障碍基本消除。可以认为采用化学整理方法，能够解决外衣吸尘，单衣裤缠身等防静电要求。我们还可以从表中数据看出，带电压与半衰期的不一致性，由此我们可以进一步认识，带电压与织物表面比电阻有重要的相关性，而半衰期则更多取决于以表面活性剂媒介电荷向空间逸散的速度。

三、国产防静电剂的类别和整理效果

我们把用于涤纶防静电整理的国产防静电剂分类列表如下：

表六、国产防静电剂的类别及其整理效果

类别	名称	生产厂 或研制 单位	基 本 结 构	整理效果		注	数据 来源
				带电压 (V)	半期 (秒)		
季胺盐 型	防静电剂 ^{SN} SIV	上助	十八烷基二甲基羧 乙基季胺硝酸盐	16	1	不耐洗	(3) p181
	固色交 联剂 DE	上助	22(2·4二次甲基 N、N'化环氧丙基二 甲氨基苯酚)甲烷	200	1	不耐洗	(3) p181
有机硅	NBMSI -1	部研院	有亲水侧链的硅 氧烷	—	1. 10次 7-9	未注明 带电压	(10)
有机硅	CGF	晨光化工院	环氧聚醚改性硅油	—	—		(11)
有机硅	SD-5	山大	有机硅有亲水侧链	10	0.5	耐50 次水洗	(15)
咪唑林	阳离子 抗静电 剂	北化纤	②-十八烷基乙酯羧 缩水甘油醚, 咪唑 林氯化季胺盐	2300	2.2	未注明 耐洗性	(13)

类别	名称	生产厂 研制单位	基本结构	整理效果 带电压半期 V 秒		注	数据来源
聚醚脂	G树脂	山东纺 科所	对苯二甲酸乙 二醇聚乙二醇 链嵌段共聚物	2	<1	水洗20次(3) 后110V 5秒	(3)
	CAS	常州化 研所	"	750	0.6	200V 1.6秒	(9)
	XFZ- 01	无锡	"	65	0.5	洗10次 4600V1.5"	(14)
	331	天助	"	70	0.5	洗10次 5000V2"	(14)
	Per Perma-seal	ICI	"	0	<1	—	(3)
醚脂	TG	"	"	0	<1	洗20次 150V14"	(3)
	TGM TM	"	带有亲水侧基	50	0.5	洗10次 3700V2"	(14)
氟脂	HMM	山东纺 科院	键化氟醚	1200	2	洗20次 1500V2.5"	(3)
	E818	日		1400	1.5	洗10次 5000V2"	

其中数据全而优的防静电剂只有四种：G树脂、CAS、英国ICI的Permalose TG和SD-5前三只同属于聚醚脂结构。另外即使是同一个整理剂如果应用工艺参数不同效果也很不一样。这是大家了解的。

四、G树脂的物化性能与合理使用

继天津331之后，我们于1979年开始生产G树脂，原先只供应对口厂，近期已扩大到省外。近几年已销售G树脂200多吨，无论用于纯涤织物，还是涤/晴混纺织物，防静电效果均可达到服装的防静电要求，耐洗性较好。但是我们在研制、应用和生产过程，曾多次发生过问题，既影响防静电效果，又影响过生产，因此我们认为：了解聚醚脂防静电剂的物化性能，合理工艺，有利于发挥它的整理效果。

(一)、G树脂的合成与物化性能。

G树脂是由对苯二甲酸、乙二醇、聚乙二醇（MW、1000—1500）按克分子比1：1：0.65，最终在230℃，负压0.1—0.4毫米汞柱条件下，缩聚而成。熔点>140℃，粘度>1.8。呈淡黄色弹性体，经粉碎，研磨至1—5 μ m，加抗老剂，制成含固量为12%的稠粘浆液。使用时可以用冷水直接稀释。

G树脂微控^粒对涤纶纤维有直接性，在80℃条件下染20分钟。

G树脂大部被涤纶吸着。无论离心脱水真空吸水，或乳水，均不能使G树脂脱落，再经高温浸煮，或干燥焙烘，树脂向纤维渗透，其聚脂结构链段可以与涤纶纤维的聚脂链，发生共结晶而固着在纤维上。G树脂结构中有^长效长的聚醚链，热稳定性、光老化、氧化稳定性较差，在焙烘固着时伴有热分解反应，重量损失，防静电效果大减，如加有足够的抗氧剂，热稳定剂，干焙烘法加工其防静电效果可以达到浸渍法的同等效果，如果加量不足或焙烘时间过长，效果明显减弱。

G树脂的抗紫外线稳定性也不~~太~~好，不加抗紫外线老化剂时，整理织物不耐日晒。

在焙烘固着时，加有~~强~~酸性盐，能缩短G树脂对纤维的固着时间，但分散染料会大量向纤维表面扩散，降低色~~牢~~度，其中以氯化镁最为明显。三乙醇胺硝酸盐对色~~牢~~度的影响^少，少量⁷氰醛树脂对分散染料，有提高色牢度的作用，少量⁷氰醛树脂，可以弥补G树脂对色^牢度的影响。

G树脂浆液用热水稀释时会引起部分融化而粘结成球，不利于均匀上染，在酸性溶液中即使温度不高，也会发生球结，因此工作液配制切忌用热水，或水中带酸，分散剂、和乳化稳定剂对保持树脂微粒的高度分散有用。

熔点较高 ($> 140^{\circ}\text{C}$) 的G树脂，可以与丙烯酸酯类抗起毛

起球(F4)同时使用,起到二防整理效理。G树脂也可以和氰醛湿法抗融整理同时使用,以助长氰醛整理的防静电效果,由于F4与氰醛整理均属于表面涂着,G树脂则渗入纤维,因此可以做到,效果相加,极少副作用。

(二)、关于G树脂的合理工艺及其效果

1、防静电整理。

(1)、工艺流程:A、浸轧—烘干—热定型(190℃、20秒)

B、浸染(溢流机)80℃、20分钟,然后
加分散染料,按正常方法染色。

(2)、配 方:A、浸轧G树脂(100%)0.5~10

克/升,也可加HMM 20克/升,平平
加1~2。

三乙醇胺硝酸盐5克/升。

B、浸染法,0.3~0.5%对布重,(按树脂
100%计)加1克/升乳化稳定剂或平
平加。

(3)、整理效果:

A、G树脂中未加防老剂和热稳定剂。

		浸 轧 法		浸 染 法	
		(V)	(秒)	(V)	(秒)
整 理 织 物	未 洗	600	<1	130	1
	洗5次	1100	2	—	—
	洗10次	1100	2	410	2.5
	洗15次	1100	2	—	—
	洗20次	1200	2	640	2.5
未整理织物		2500	80	2500	80

B、G树脂加抗老剂和热稳定剂后的整理效果

(浸轧法)

用 料	下 机 测 定		水 洗 20次后		曝 晒 13 日 后
	V	半衰期(秒)	V	半衰期(秒)	(V)
G树脂	2	<1		5	30
T	0	<1	—	—	190
TG	0	<1	150	14	119
未整理	2700	730	2700	730	2700

注：对外出售的G树脂，现在均加防老剂。

2、二防整理、

(1)、工艺流程：A、染G树脂后烘干，套轧F4树脂→烘干→

热定型（185℃20秒）

B、F4与G树脂同始浸轧→烘干→热定型

（185℃20秒）

(2)、工艺配方，A、二防

同浴

- G树脂 5~8克/升
- 平平加 2克/升
- F4树脂 50~100克/升
- HMM 5~10克/升
- 三乙醇胺硝酸盐 5克/升

B、套轧F4

F4树脂 50~100克/升

HMM 5~10克/升

平平加 2克/升

(3)、整理效果：

指标	水洗20次后		起毛起球
用料	静电压V	半衰期秒	
G+F4	125	3"	均可比未整
G+F4	90	2"	理织物提高