

石油工业用抗静电过滤布的开发

宋路明, 李淳, 牟效泉

(大连轻工业学院 纺织工程系, 辽宁 大连 116034)

摘要 在对比其它抗静电方法的基础上,从石油工业应用方面入手,采用涤纶和锦纶交织交并工艺,利用两者摩擦带电性能不同,可以实现静电中和的特点,设计开发了一种新型的抗静电过滤布。依照标准 GB/T 12703—91 测定电荷密度,对所开发的 21 个样品进行了实践检验,并通过回归分析的方法,采用 2 个方程模型对散点分布进行趋势优化,得出最优方案。

关键词 电荷中和; 抗静电; 过滤材料

中图分类号: TS 176.5 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)02-0130-03

Exploiture of anti-static filter fabric used for the petroleum industry

SONG Lu-ming, LI Chun, MU Xiao-quan

(Textile Department, Dalian Institute of Light Industry, Dalian, Liaoning 116034, China)

Abstract Rubbing the polyester fiber and the polyamide fiber, there are two different static charges producing which are able to counteract with each other. Based on this knowledge and the contrast with other methods of anti-static electricity, a new type anti-static electricity filter fabric which is used in the petroleum industry is designed by the interweave process of these fibers. According to the standard of GB/T 12703—91, all of the twenty-one specimens were tested by the measure in density of electric charge. And the superior project was obtained by the recursive-analytic method of two equation matrixes.

Key words charge-neutralization; anti-static; filter fabric

过滤材料是产业用纺织品中应用较多的一大类产品,其抗静电性能的改善一直是人们致力研究的方向,但传统的抗静电方法都存在着一定的缺陷。本文从石油工业应用方面入手,设计开发了一种新型的抗静电过滤布,效果优良且成本低廉,具有相对明朗的应用前景。

1 设计思路

1.1 机理简析和对比

通常在织物生产中的抗静电方法有 2 种。

1.1.1 利用静电泄露作用消除静电 合成纤维及其织物固有的比电阻一般为 $10^{11} \sim 10^{18} \Omega \cdot m$,如将其降低到 $10^8 \sim 10^9 \Omega \cdot m$ 以下,带电就大大降低。降低比电阻的方法主要是使用高分子有机抗静电剂对纤维或织物进行后整理,或在聚合物中将有机抗静电剂通过共聚或共混的方法掺到纤维内部。但这种方法有一定的局限性,低温条件下抗静电效果很差。而且前者不耐洗涤,耐久性很难达到使用要求;后者虽然耐久性有很大改善,但是纺丝困难,成本也很高。

1.1.2 利用电晕放电作用消除静电 即在织物的纺纱或织造过程中混入适量导电纤维,织物中的导电纤维接近导体时在导电纤维周围产生强电场,使局部产生离子活化域,与带电体极性相反的离子吸附带电体,中和带电体的电荷,而与带电体极性相同的离子则排斥带电体,在空气中散发并中和电荷,或通过接地移去。这种方法生产的织物,其抗静电性和耐久性都十分优良,且基本不受环境温湿度条件影响。但这种方法也存在着许多缺点,如导电纤维加工复杂、成本昂贵、纤维力学性能和外观常常不理想^[1]。

本文开发的新型抗静电过滤布所采用的抗静电方法不同于以上两者,是利用 2 种摩擦带电性能不同的纤维交织交并,在过滤过程中摩擦产生极性相异的静电荷,相互中和来消除静电的。

1.2 原料的选择

按照抗静电性能及滤布使用方面的要求^[2],根据一些材料摩擦起电序列^[3](见表 1)和常用化学纤维的特性进行原料选择,最终确定使用涤纶和锦纶。原因有:1) 锦纶和涤纶在静电序列列表上相距较远,

这样电荷产生的极性容易相反,中和作用比较明显。
2) 锦纶和涤纶都具备耐热性和热稳定性较好、力学性能优良、机械强度较高、耐磨和耐酸性好的特性,而且各指数接近一致^[4],容易满足使用环境的要求,适用性能相对广泛^[5]。3) 锦纶和涤纶的耐化学性能较好、使用寿命较长,且织物滤渣容易剥离,符合一般过滤布的使用原则。

表 1 一些材料的摩擦起电序列

序列	发表人	
	巴卢 (Ballou)	赫什—蒙哥马利 (Hersh—Montgomery)
(+)	羊毛 锦纶 蚕丝 粘胶纤维 皮肤 棉纤维 玻璃纤维 苈麻 醋酸纤维 涤纶	羊毛 锦纶 粘胶纤维 棉 蚕丝 醋酯纤维 聚乙烯醇(PVA) 涤纶 腈纶 聚氯乙烯(PVC) 氯乙烯/丙烯腈共聚纤维 偏氯乙烯/氯乙烯共聚纤维
(-)	PE 腈纶 聚偏氯乙烯纤维	PE 聚四氟乙烯纤维

2 原料配比和实验方案的设计

在确定了 2 种主要的纤维原料后,采用什么样的配比才能使滤布产生的极性相异的电荷有效地中和,这是研究的重点。为此,设计了 12 种不同质量比的织物作实验比较,见表 2。

表 2 样布中涤纶与锦纶的质量比

序号	经纱根数排列 涤/锦	纬纱根数排列 涤/锦	涤纶占总体质量比 /%
A1	4/2	1/4	49.7
A2	4/4	1/4	39
A3	4/1	1/4	80
B1	4/2	全为涤纶	78
B2	4/2	全为涤纶	68
B3	4/1	全为涤纶	87
C1	4/2	全为锦纶	42
C2	4/4	全为锦纶	32
C3	4/1	全为锦纶	51
D1	4/2	6/3	54
D2	4/4	6/3	43
D3	4/1	6/3	54

织物经密 276 根/10 cm、纬密 118 根/10 cm,采用 2/2 斜纹,涤纶、锦纶均采用 166 dtex/7f 复丝,经纱用 194 捻/m,紧度 92.5%,纬纱不加捻,紧度 50%。

另外,为了兼顾考虑电荷中和的效率与织物密

度、织物组织及结构相之间的关系,又按正交方法设计了 9 种不同规格的样布,如表 3 所示。

表 3 因素兼顾正交设计表

序号	织物组织	密度/(根·(10 cm) ⁻¹)		涤纶质量比/%
		经密	纬密	
1	1/1 平纹	298	72	77.5
2	1/1 平纹	210	84	71.4
3	1/1 平纹	228	94	70.8
4	2/2 斜纹	296	118	71.8
5	2/2 方平	296	118	71.8
6	2/2 斜纹	276	118	70.4
7	2/2 方平	276	118	70.4
8	2/2 斜纹	288	118	71.2
9	2/2 方平	288	118	71.2

3 实验结果分析

依照 GB/T 12703—91 标准对实验结果进行测试。该标准列出了半衰期法(A法)、摩擦带电压法(B法)、电荷密度法(C法)和极间等效电阻法(F法)4种检测方法供实验者根据实际工作中的静电泄漏和消除机理进行不同的选择。在石油工业的应用中,过滤材料的电荷面密度是一个相对重要的指标,因此选择电荷密度法进行实验。

用规定的摩擦材料摩擦试样,使试样带电后,测定投入法拉第筒后的试样的带电量,再根据试样的面积换算成单位面积上的带电量。如表 4 所示。

表 4 各试样电荷密度表

序号	带电量 /μC	电荷密度/ (μC·m ⁻²)	序号	带电量 /μC	电荷密度/ (μC·m ⁻²)
A1	0.0428	0.6615	1	0.0490	0.7538
A2	0.0764	1.1692	2	0.0530	0.8154
A3	0.0530	0.8154	3	0.0610	0.9384
B1	0.0550	0.8416	4	0.0320	0.4923
B2	0.0588	0.9077	5	0.0590	0.9077
B3	0.0630	0.9692	6	0.0490	0.7538
C1	0.0690	1.0615	7	0.0380	0.5846
C2	0.0784	1.2000	8	0.0530	0.8154
C3	0.0390	0.6000	9	0.0590	0.9077
D1	0.0472	0.7231			
D2	0.0676	1.0462			
D3	0.0520	0.8000			

注:实验所用大气条件为相对湿度(45±2)%,温度(20±2)℃。

根据英国统计学家 K. Pearson 的直线积差相关系数法进行数据分析,可以明确只有“涤纶质量分数”与“静电电荷密度”密切相关。因此,本文使用统计专用软件 SAS,借助回归分析的方法,分别采用一元二次方程和一元三次方程 2 个数学模型来对散点分布进行趋势优化。

1) 一元二次数学模型的回归方程为:

$$Y = 0.3592 X^2 - 0.4875 X + 0.1926$$

带有回归线的散点图如图 1 所示。

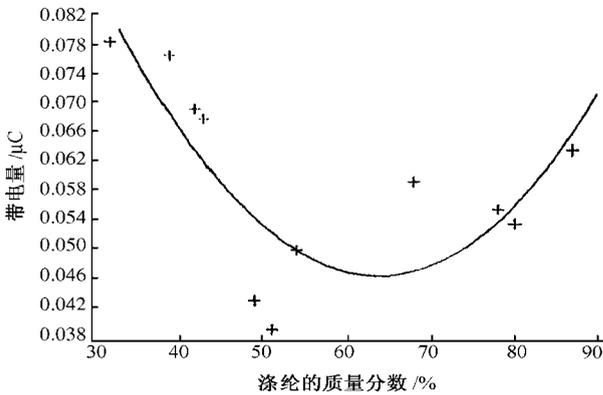


图 1 一元二次模型回归曲线

2) 一元三次数学模型的回归方程为：

$$Y = -0.4161 X^3 + 1.0889 X^2 - 0.8635 X + 0.2636$$

带有回归线的散点图如图 2 所示。

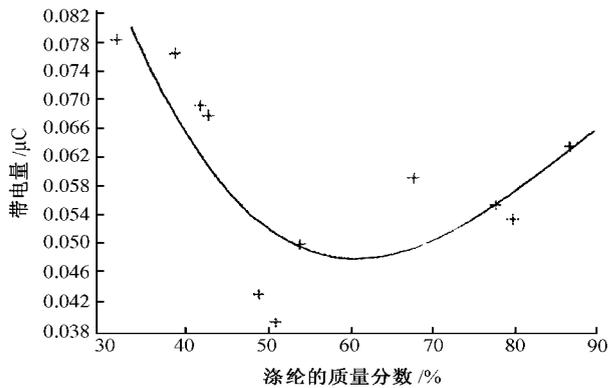


图 2 一元三次模型回归曲线

通过对 2 个模型的 Adj R-sq 值(校正 R 平方, 可以表述 2 个变量在相互说明对方中能够达到的相对程度)进行分析,可以知道一元二次方程比一元三次方程更能反映“涤纶质量分数”与“静电电荷密度”之间回归相关的特性。但由于值相差并不大,同时考虑到实验误差等方面的原因,可以在讨论时同时兼顾两者,以便互相比较、修正。

由图 1、2 看出,在涤纶质量分数在 60%~70% 之间取值时,电荷电量的密度可以有接近最小值的取值。在电荷中和法抗静电过滤布设计过程中,应用这 2 个方程式可以确定单位滤布总质量中涤纶与锦纶质量之间的比例关系,从而控制纱线、经纬密度等影响到质量比例的因素以满足滤布要求。

在实际操作的过程中,由于剥离时间较短,试样

又不直接静电接地,对电阻率处于静电压导体上端的织物,测试时未能提供足够的静电泄漏时间,使其电荷面密度值偏高;另外此方法的摩擦压力、摩擦速度等因素完全决定于操作者,在试样摩擦剥离后迅速投入法拉第筒的过程中,对带电较高的试样难免有放电现象发生,使测试结果受人为影响较大。同时考虑到应用于石油工业领域的特殊性,所以在最终考虑质量比时,并不一定完全按照回归方程进行,只是大致遵循其规律即可,故而基本可确定涤纶质量分数在 70% 左右。再加上织物组织对过滤阻力的影响时平纹 > 方平 > 斜纹^[6],综合各方面,最终选择 6 号样布为最优设计,即 2/2 斜纹组织、经密 276 根/10 cm、纬密 118 根/10 cm、涤纶质量分数 70.4%。

此外,还可以注意到,全部 21 个样品中,摩擦电荷密度的最大量亦不过是 1.2 000 μC/m²,其值远远小于“日本静电安全指南”的标准值 7 μC/m²,所以均可满足过滤布抗静电的要求。对于滤布其它性能的检测,诸如透气性能、机械性能等,均可达到过滤布的使用要求。

4 结 论

1) 在对比其它抗静电方法的基础上,利用涤纶和锦纶摩擦产生相异电荷的特点,采用 2 种纤维交织交并的手段,设计了一种石油用的抗静电过滤布。

2) 开发了 21 个样品进行实践检验,并利用回归分析等数学手段,得出了优化设计。

3) 本文讨论的方法是在石油过滤的专用环境下获得成功,抗静电效果突出,而且原料简单、充足,成本低廉,经济效益非常可观。这也是电荷中和法抗静电的应用性的一个体现,其更大范围的适应性还有待于进一步发掘。

参考文献：

[1] 马新安,杨新莉. 新型耐久性防静电织物的研制[J]. 陕西纺织,1997,(4):27-29.
 [2] 李淳. 涤纶长丝加厚过滤布的织造[J]. 产业用纺织品,1987,5(5):28-30.
 [3] 赵择卿. 高分子材料抗静电技术[M]. 北京:纺织工业出版社,1991.18-19.
 [4] 牟效泉,李淳. 用电荷中和法织造防静电过滤布[J]. 大连轻工业学院学报,2001,20(4):303-305.
 [5] 黄齐模,李熙,顾宝棣,等. 纺织品过滤材料[M]. 北京:纺织工业出版社,1992.38-39.
 [6] 李淳,吴坚,汪德潢,等. 滤布的结构参数对过滤阻力特性的影响[J]. 大连轻工业学院学报,1997,16(2):45-49.