

ES 纺粘无纺布表面活性剂亲水整理

彭 丽,蔡凌云,郑旭明

(浙江理工大学化学系,杭州 310018)

摘 要: ES 纺粘无纺布具有蓬松、柔软、强度好等特点,经亲水改性后是高档卫生用品理想的覆面层材料。为赋予 ES 无纺布良好的多次亲水性能,研究表面活性剂的结构与其在溶液中的表面张力和在 PE 薄膜上的动态铺展性能间关系,考察了表面张力、动态接触角、表面活性剂亲水基和疏水基结构等对整理剂性能指标的影响,并优化表面活性剂亲水整理剂配方。结果表明:表面张力值的大小与表面活性剂在 PE 界面成膜的快慢存在负相关关系,表面张力值越小,成膜速度越快。当整理剂浓度 8 g/L、烘干温度 80 ℃、烘干时间 10 min 和上油量 0.36%~0.42% 时,含三硅氧烷聚氧乙烯醚表面活性剂整理剂亲水改性后的 ES 无纺布具有最佳的多次亲水性能。优化后的亲水整理剂的综合指标(反湿量小于 0.11 g,第五次穿透时间小于 5 s,表面比电阻小于 $2.91 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$)已基本达到卫生用品覆面材料对穿透时间(3~5 s)、反湿量(小于等于 0.13 g)和表面比电阻(小于等于 $7 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$)等指标的要求。

关键词: ES 无纺布;亲水整理;表面张力;铺展;动态接触角;表面活性剂

中图分类号: TS195.67

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2018) 07-0508-07

0 前 言

ES(Ethylene-propylene side by side)纤维是 1974 年日本 Chisso 公司开发的聚丙烯 PP/聚乙烯 PE 热粘合型复合纤维^[1],其截面是“皮芯型”的,皮层是 PE、芯层是 PP。由其制成的无纺布具有蓬松、柔软、强度好等特点,是制造高档妇女卫生巾、婴幼儿纸尿裤和成人失禁用品等系列卫生用品覆面层的理想材料^[2]。然而,PE 和 PP 高分子材料的非极性、分子量大、支链少、结晶度高和高密度等特征,致使 ES 纺粘无纺布存在疏水性或吸湿性差等局限,进而使尿、血等体液难以透过。因此,必须对 ES 纺粘无纺布进行有效的亲水整理,才能满足卫生用品对覆面材料多次透水时间为 3~5 s 和返湿量小于等于 0.13 g 的要求。

聚烯烃纤维无纺布的亲水改性方法分为化学方法和物理方法两大类^[3]。化学方法包括原丝亲水改性^[4]、纤维表面接枝改性^[5]、纤维表面表面活性剂亲水改性^[6];物理方法主要有纤维多孔化、表面粗糙

化、横截面异形化^[7]和等离子体处理等^[8-9]。上述多种改性方法中,纤维或其无纺布的表面活性剂亲水整理具有方法简单、成本低、效果好和应用广等优点,在不改变纤维原有特性的前提下能大幅提高纤维的亲水性,是目前卫生用品行业广泛采用的改性手段^[10]。

至今,国内外采用表面活性剂对疏水材料进行亲水改性整理已有研究报道。国内方面,聂凤明等^[11]采用阴离子表面活性剂 JHP 渗透油为主要成分,甜菜碱和改性硅油的复配体系对丙纶无纺布进行亲水改性,改性后的非织造布亲水性、透气性、抗静电性和柔软性等明显改善。张彤彤等^[12]采用非离子表面活性剂 NUWET-550 对 ES 无纺布的亲水整理工艺进行了探索。刘娟等^[13]研究聚丙烯无纺布的表面活性剂亲水改性整理,提出阴-非离子表面活性剂的配方策略,整理后无纺布的静态水接触角几乎为零,单次亲水性能优良。江移等^[14]用 TF-629 非离子型亲水整理剂对丙纶无纺布进行整理,整理后丙纶非织造布前 5 次穿透时间小于 5 s。国

外在该领域的研究处于领先地位,相关专利产品的5次透水时间均小于3 s,并已占据全球高端卫生用品市场^[15]。本文从动态接触角、表面张力等视角,探讨表面张力、动态接触角、表面活性剂亲水-疏水基团结构等对整理剂性能指标的影响,为开发性能更优的ES无纺布亲水整理剂奠定基础。

1 实 验

1.1 实验材料

十二烷基磺酸钠、十二烷基硫酸钠、月桂醇醚硫酸钠、脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠、异构醇聚氧乙烯醚硫酸钠、磺化琥珀酸二辛酯钠(快T)、月桂醇醚磺基琥珀酸单酯二钠、异构十二醇聚氧乙烯醚(EO=9)磷酸酯钾盐、异构十三醇聚氧乙烯醚(EO=5)磷酸酯钾盐、4-甲基-十三烷醇聚氧乙烯醚(EO=5)、4-甲基-十烷醇聚氧乙烯醚(EO=5)、脂肪醇聚氧乙烯醚(EO=9)、Tween-60,以上13种表面活性剂均是工业品,购置于江苏海安石油化工厂;羟基三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7)、甲氧基三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7)、乙酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7)、丙烯酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7),以上4种聚醚硅油均来自Fluorochem Ltd, UK;去离子水、人工尿液(在1 L蒸馏水中加入9.0 g氯化钠,配成0.9%氯化钠溶液,在温度为20~25℃时,其表面张力应达到70±2 mN/m),ES无纺布(面密度20 g/m²,恒安集团),聚乙烯薄膜(PE,盛达宝包装材料有限公司)。

1.2 实验仪器

PB-O型电动轧车(XIAMEN RAPID CO. LTD)、电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司)、Lister AC穿透仪(奥地利兰精检测电子水分渗透仪)、QBZY型表面张力仪(上海方瑞仪器有限公司)、视频接触角测定仪(KRUSS GMBH Germany)、OHAUS型电子天平(奥豪斯仪器(上海)有限公司)、LFY-406型织物表面比电阻测试仪(山东省纺织科学研究院)、标准吸收滤纸(尺寸100 mm×100 mm、125 mm×125 mm)和5 mL移液管。

1.3 亲水整理剂配制

在85~90℃下,加入16%~20%抗静电剂、6%~8%乳化剂及12%~16%亲水性表面活性剂,并加入50%~60%的水和10%的KOH调节pH值至中性,并在85~90℃下持续加热约3~4 h,得到固含量40%的亲水整理剂。

1.4 亲水整理工艺

亲水整理溶液配制→ES无纺布浸渍于整理溶液1 min→轧液(压力0.18~0.20 MPa)→烘干10 min→计算上油率→亲水性能测试。

1.5 测试方法

1.5.1 表面张力测定

配制浓度1.5 g/L和8 g/L的表面活性剂,在25℃下用QBZY型铂金板表面张力仪测定溶液的表面张力,求出平衡表面张力。

1.5.2 动态接触角测试

配制浓度5 g/L的表面活性剂,在25℃下用KRUSS视频接触角测定仪测定溶液在PE膜上动态接触角。

1.5.3 无纺布上油率(OPU)的测定

参照《GB/T 6504—2008 化学纤维含有率测试方法》标准测定,由式(1)计算获得:

$$OPU/\% = \frac{m_1 - m}{m} \times 100 \quad (1)$$

其中: m 和 m_1 表示亲水整理前无纺布重量、亲水整理后烘干的无纺布重量,g;

1.5.4 无纺布液体多次透水时间的测定

选取面密度20 g/m²热风ES双组分无纺布试样,采用浓度为4 g/L的单组分表面活性剂和8 g/L整理剂,在浸轧仪上对试样进行浸轧,然后在80℃温度下烘干10 min。采用LISTER AC穿透仪参照《GB/T 24218.13—2010 纺织品 非织造布试验方法 第13部分:液体多次穿透时间的测定》标准测试无纺布液体多次透水时间。

1.5.5 无纺布反湿量的测定

按照《GB/T 24218.14—2010 纺织品 非织造布试验方法 第14部分:包覆材料反湿量的测定》标准测定无纺布反湿量,反湿量是指滤纸从饱和和吸附人工尿液的ES无纺布上夺取的尿液量,它体现了亲水整理后无纺布抵抗尿液重新回渗到皮肤上的能力。通常,反湿量越小,表示整理后ES抵抗尿液重新回渗到皮肤上的性能好。

1.5.6 无纺布表面电阻的测定

将无纺布剪成125 cm×125 cm大小左右,用LFY-40型织物表面比电阻测试仪对其表面比电阻测试表面比电阻公式如下:

$$\rho = \frac{\pi(D+d)}{D-d} R \quad (2)$$

其中: D 和 d 分别代表大、小电板的直径,cm; R 为测得的电阻,Ω。

2 结果与讨论

2.1 表面活性剂平衡表面张力分析

表面活性剂的表面活性可用表面张力(γ_{cmc})和临界胶束浓度(Critical micelle concentration, CMC)来评价, γ_{cmc} 值对判断表面活性剂能否在界面张力为29~31 mN/m的PE界面成膜具有指导意义。表1列出7种阴离子型和4种三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7)及脂肪醇聚氧乙烯醚(EO=9)、Tween-60的临界表面张力和临界胶束浓度。由表1可见,7种阴离子表面活性剂的临界胶束浓度在数量级上近乎相同,但其临界表面张力值有差别,其中,磺化琥珀酸二辛酯钠(快T)的 γ_{cmc} 值最小(26.8 mN/m^[16]),降低表面张力的能力最强,并显著低于PE的界面张力29~31 mN/m,而其余的6种阴离子表面活性剂表面张力略高于PE的界面张力值。因此,预期快T可在PE表面上快速铺展成膜。

脂肪醇聚氧乙烯醚(EO=9)和Tween-60两种非离子表面活性剂最大特点是CMC很小,其形成胶束的能力在13种表面活性剂中最为显著。脂肪醇聚氧乙烯醚(EO=9)的 γ_{cmc} 值与表1中6种单酯型阴离子表面活性剂类似,而Tween-60则稍差。相比于阴离子表面活性剂,4种三硅氧烷聚氧乙烯醚非离子表面活性剂的 γ_{cmc} 值更小,都小于等于20.1 mN/m,CMC更低,表明4种三硅氧烷聚氧乙烯醚非离子表面活性剂的表面活性均显著优于上述7种阴离子表面活性剂。三硅氧烷聚氧乙烯醚非离子表面活性剂系列的高表面活性起源于其分子结构中多个甲基的低表面能和硅氧烷主链的柔性,其显示的高表面活性非常有利于在气液表面上甲基的密集排列和在超疏水的PE表面铺展成膜^[17]。

表1 表面活性剂的临界胶束浓度 CMC 和表面张力

表面活性剂	CMC /(mmol · L ⁻¹)	γ_{cmc} /(mN · m ⁻¹)
磺化琥珀酸二辛酯钠(快T)	11.50	26.8
脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠	13.00	35.7
异构醇聚氧乙烯醚硫酸钠	12.50	33.7
月桂醇醚硫酸钠	13.30	32.8
月桂醇醚磺基琥珀酸单酯二钠	8.50	32.1
十二烷基磺酸钠	19.70	34.7
十二烷基硫酸钠	18.90	31.2

表1 续

表面活性剂	CMC /(mmol · L ⁻¹)	γ_{cmc} /(mN · m ⁻¹)
脂肪醇聚氧乙烯醚(EO=9)	0.05	31.3
Tween-60	0.03	42.5
羟基三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7)	0.20	19.6
甲氧基三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7)	0.21	20.1
乙酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7)	0.22	22.5
丙烯酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7)	0.19	23.3

2.2 表面活性剂在PE薄膜上的动态接触角分析

工业上ES纤维的亲水整理上液是一个快速过程,即ES纤维数秒内快速经过亲水剂浴槽,要求亲水整理剂在PE上的润湿铺展要足够快。为此,选择表面活性剂溶液在PE薄膜上的润湿铺展来模拟ES纤维上的实际过程。图1为不同表面活性剂在PE膜上接触角随时间的变化曲线。图1表明:当浓度为5 g/L时,三硅氧烷聚氧乙烯醚在PE膜上的接触角大小及其下降速度从大到小依次为:羟基三硅氧烷聚氧乙烯醚、甲氧基三硅氧烷聚氧乙烯醚、乙酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚、丙烯酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚,并明显优于其它表面活性剂。这与表1中三硅氧烷聚氧乙烯醚系列具有最佳的降低溶液表面张力的能力相一致。

磺化琥珀酸二辛酯钠(快T)具有较好的降低溶液表面张力的能力,但低于三硅氧烷聚氧乙烯醚系列,即接触角(25°)高于三硅氧烷聚氧乙烯醚系列(小于10°)^[18-19]。脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠、异构醇聚氧乙烯醚硫酸钠、月桂醇醚琥珀酸单酯二钠3种表面活性剂表面张力值依次降低,其铺展的动态性能相应依次减弱。异构醇聚氧乙烯醚硫酸钠在PE上的铺展性能稍好于直链脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠,原因可能与异构醇表面活性剂疏水基的支链结构具有更强的聚集性能有关^[20]。与之类似,十二烷基硫酸钠、月桂醇醚硫酸钠、十二烷基磺酸钠3种表面活性剂降低溶液表面张力能力由强变弱,与在PE膜上铺展速度或降低接触角的能力强弱性一致。

综上所述,当表面活性剂具有低表面张力值,有利于其在PE膜上铺展。可见,某一时间下的接触角越小,或者达到相同接触角的时间越短,铺展的动态性能越好。因此,三硅氧烷聚氧乙烯醚或快T表面活性剂是亲水整理剂的必要成分。

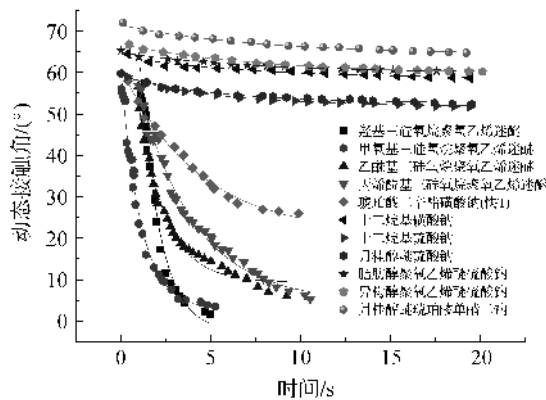


图 1 浓度为 5 g/L 不同表面活性剂在 PE 膜上的铺展行为

2.3 表面活性剂结构对多次透水时间的影响

认识单一表面活性剂结构与 ES 无纺布亲水效果间的关系是研制亲水整理剂的基础^[21]。表 2 示出单一表面活性剂整理后 ES 无纺布的多次透水时间。由表 2 可见,在单组分表面活性剂的浓度 4 g/L、烘干温度 80 ℃和烘干时间 10 min 时,快 T 五次穿透时间都是最小,多次亲水性最佳。其主要原因可能是因为快 T 分子结构中的双头疏水端与 ES 纤维之间有较强范德华力(色散力)所致,不易被水洗脱^[22]。脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠和异构醇聚氧乙烯醚硫酸钠的多次亲水性次之,其中后者稍好于前者,暗示含支链的异构醇聚氧乙烯醚硫酸钠的疏水端与 ES 纤维结合力更强,能赋予 ES 无纺布更好的亲水效果。但两者的第 3~5 次亲水性明显变差,说明它们的耐洗性较快 T 差。十二烷基硫酸钠的多次

亲水效果优于十二烷基磺酸钠。这可能既与其较好的动态铺展速度有关,也与硫酸基的亲水性低于磺酸基有关,因为,亲水基的亲水性越差,在 ES 纤维上吸附力越强,耐洗性越好。与月桂醇醚硫酸钠相比,月桂醇醚琥珀酸单酯二钠盐同时含有聚氧乙烯醚亲水基、羧酸基和磺酸基亲水基,故更易溶于水,更易被水冲洗掉,第 2~5 次亲水效果更差。

平均 EO 数为 7 左右的三硅氧烷聚氧乙烯醚常作为扩散剂,用于超疏水固体界面的润湿铺展^[23]。表 2 可见,4 种平均 EO 数为 7 的三硅氧烷聚氧乙烯醚的第一次亲水性较好,但第 2~5 次穿透时间都不够好。这主要是因为 EO 数等于 7 时,其水溶性较好,导致耐洗性较差。随 EO 数减小,三硅氧烷聚氧乙烯醚与 PE 界面的作用力增强,动态铺展速度加快,耐洗性增强,但三硅氧烷聚氧乙烯醚的水溶性、润湿性和亲水性变差;相反,随 EO 数进一步增大,水溶性增强,耐洗性弱化,动态铺展速度变慢。因此,综合考虑,选择 EO 数为 7 的三硅氧烷聚氧乙烯醚作为亲水整理剂的扩散成分是恰当的。不同的三硅氧烷聚氧乙烯醚展示出稍为不同的多次亲水性,其中丙烯酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚因亲水端引入了疏水基团,亲水-亲油平衡值减小,多次亲水效果增加。

总之,ES 无纺布上表面活性剂的多次亲水性从强到弱依次为:快 T、异构醇聚氧乙烯醚硫酸钠,脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠、三硅氧烷聚氧乙烯醚(EO=7)/月桂醇醚硫酸钠、十二烷基磺酸钠、月桂醇醚琥珀酸单酯二钠/十二烷基磺酸钠。

表 2 单一表面活性剂整理后 ES 无纺布的多次透水时间

物质名称	OPU/%	透水时间/s				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
十二烷基磺酸钠	0.37	7.70	4.76	7.99	10.35	10.45
十二烷基硫酸钠	0.38	2.77	2.02	7.72	6.68	7.13
脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠	0.39	0.96	1.91	6.42	6.93	6.47
异构醇聚氧乙烯醚硫酸钠	0.40	0.77	1.63	6.99	6.95	5.46
月桂醇醚琥珀酸单酯二钠	0.38	1.00	6.97	6.61	7.02	7.40
磺化琥珀酸二辛酯钠(快 T)	0.40	0.79	1.46	4.72	4.66	5.71
月桂醇醚硫酸钠	0.38	1.81	3.85	6.74	6.35	6.87
羟基三硅氧烷聚氧乙烯醚	0.39	0.96	2.91	5.42	5.93	6.47
甲氧基三硅氧烷聚氧乙烯醚	0.40	1.77	3.63	6.99	6.95	5.46
乙酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚	0.38	1.98	3.85	6.74	6.35	6.87
丙烯酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚	0.38	0.81	2.85	4.74	5.35	6.87

2.4 亲水整理剂的应用性能分析

基于上述单一表面活性剂的综合性能,配制 11 个整理剂配方,各个配方成分见表 3。本文 11 个整理剂配方中,异构十二醇聚氧乙烯醚(EO=9)磷酸

酯钾盐和异构十三醇聚氧乙烯醚(EO=5)磷酸酯钾盐等主要作为抗静电性能组分^[24-25],以兼顾拉伸梳理等后道工序的要求;Tween-60 疏水链较长,且分子中含有 20 个 EO 亲水基团,具有比较好的亲水效

果,同时又是比较好的乳化剂,有利于亲水整理剂的制备和稳定,防止整理剂放置过长时间产生分层现象。设置变量组分的主要目的是考察表面活性、界面铺展和吸附性能等对整理剂应用性能的影响。

表 3 整理剂中表面活性剂成分

整理剂号	整理剂中相同组分	整理剂中不同组分
1	Tween-60 脂肪醇聚氧乙烯醚(EO=9) 4-甲基-十三烷醇聚氧乙烯醚(EO=5) 4-甲基-十烷醇聚氧乙烯醚(EO=5) 异构十二醇聚氧乙烯醚(EO=9)磷酸酯钾盐 异构十三醇聚氧乙烯醚(EO=5)磷酸酯钾盐	十二烷基硫酸钠
2		快 T
3		十二烷基磺酸钠
4		月桂醇醚硫酸钠
5		月桂醇醚磺基琥珀酸单酯二钠
6		脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠
7		异构醇聚氧乙烯醚硫酸钠
A		羟基三硅氧烷聚氧乙烯醚+快 T
B		甲氧基三硅氧烷聚氧乙烯醚+快 T
C		乙酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚+快 T
D		丙烯酰基三硅氧烷聚氧乙烯醚+快 T

表 4 示出各整理剂整理后 ES 无纺布的多次透水时间和反湿量。由表 4 可见,在浓度 8 g/L、烘干温度 80 ℃和烘干时间 10 min 时,和上油量控制在 0.36%~0.42%时,1—7 号整理剂的反湿量都小于等于 0.12 g,已能满足尿布包覆材料反湿量小于 0.13 g 的要求。2 号整理剂的五次穿透时间在 1—7 号整理剂中为最小,即模拟尿液能快速穿过 ES 无纺布覆面层而进入吸收层,但第 3~5 次的穿透时间均超过 5 s。整理剂 A、B、C 和 D 是在整理剂 2 的基础上,通过分别加入 4 种不同三硅氧烷聚氧乙烯醚复配而成。表 4 可见,引入三硅氧烷聚氧乙烯醚可使整理剂的亲水性能进一步提升,同时保持反湿量稳定不变(小于等于 0.11 g)。其中,整理剂 D 和 A 表现出良好的多次亲水性能,第 5 次的穿透时间小于 5 s,满足一般卫生用品覆面材料 3~5 s 穿透时间的要求。

表 4 多组分表面活性剂整理剂改性后 ES 无纺布的多次透水时间和反湿量

整理剂号	OPU /%	透水时间/s					反湿量 /g
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	
1	0.39	1.59	6.56	7.25	7.95	8.34	0.11
2	0.38	1.59	3.20	5.62	5.59	5.89	0.10
3	0.38	1.77	7.24	8.57	9.93	8.73	0.11
4	0.40	0.99	3.32	6.62	7.01	8.01	0.11
5	0.36	1.10	3.35	7.80	6.17	8.33	0.10
6	0.37	0.96	3.82	6.31	6.46	6.87	0.11
7	0.39	0.96	3.55	7.35	5.76	6.11	0.11
A	0.41	0.79	3.68	4.84	4.60	4.70	0.11
B	0.42	1.41	3.80	5.14	5.25	5.01	0.10
C	0.42	0.89	3.56	5.12	5.31	5.78	0.11
D	0.41	0.90	3.02	3.27	4.44	4.98	0.11

整理剂 D 和 A 表现出良好的多次亲水性能。这可能与整理剂中的阴-非离子表面活性剂协同作用有关。例如,整理剂 D 的第 3 至第 5 次透水时间(表 4)明显好于单一的三硅氧烷聚氧乙烯醚、单一的快 T(表 2)和整理剂 2(表 4),说明快 T 和三硅氧烷聚氧乙烯醚存在协同作用。从微观过程的定性分析推测,笔者认为,最主要的协同作用可能是三硅氧烷聚氧乙烯醚和快 T 在 ES 无纺布界面上的协同吸附。理由是,三硅氧烷聚氧乙烯醚(非离子)和快 T(阴离子)的疏水端体积大,溶液的表面张力明显低于 ES 无纺布界面张力,两者(优先于其它表面活性剂)与 ES 纤维发生色散作用,在 ES 纤维表面形成吸附层^[26]。由于亲水基(SO₃⁻ 磺酸基)间的排斥作用,单一快 T 在 ES 界面铺展成膜时,相对于快 T 和三硅氧烷聚氧乙烯醚表面活性剂两组分协同体系而言,疏水端的间距要稍大些。或者说,阴-非离子两组分表面活性剂的协同作用使疏水基-疏水基色散作用增强,其与 ES 界面的色散作用也增强^[13]。另一方面,快 T 中阴离子(亲水)基的尺寸较短,容易被尺寸较长的聚氧乙烯醚所掩盖,表观上降低了快 T 或三硅氧烷聚氧乙烯醚的反向解吸附过程,有利于吸附层表面活性剂的耐水洗性^[18]。其次,阴-非离子表面活性剂间疏水端的协同作用也会增进胶束稳定性,有利于尺寸的增大。不仅增加了胶束与 ES 界面吸附层亲水基的范德华作用力,也增加了 ES 界面(吸附层+胶束)的亲水性。因此,协同作用的总结果是表面活性剂胶团不易离开 ES 界面,耐洗次数增加,亲水性保持能力增强^[27]。

表 5 列出经整理剂 A、B、C 和 D 整理后 ES 无纺布的表面比电阻。结果表明,当整理剂浓度 8 g/L、上

油率在 0.41% 左右时,四种整理剂整理后 ES 无纺布的比电阻值都在 $2.91 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下,大大低于工业生产要求的 $7 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 比电阻值,抗静电性能已能满足工业生产要求。

表 5 整理后 ES 无纺布的比电阻

整理剂	上油率/%	R/ Ω		R 的平均值/ Ω	$\rho/(\Omega \cdot \text{cm})$
		1	2		
A	0.41	2.34×10^6	4.80×10^6	3.57×10^6	2.91×10^8
B	0.42	0.97×10^6	1.79×10^6	1.38×10^6	1.13×10^8
C	0.42	1.04×10^6	2.34×10^6	1.69×10^6	1.40×10^8
D	0.41	1.29×10^6	3.45×10^6	2.37×10^6	1.93×10^8

3 结 论

本文从动态接触角、表面张力等视角,探讨多种阴离子表面活性剂和非离子表面活性剂的协调作用及其对 ES 纺粘无纺布的亲水整理效果(液体穿透时间、反湿量、表面比电阻等)的影响,获得性能较好的含三硅氧烷聚氧乙烯醚表面活性剂的亲水整理剂,得出以下主要结论:

a) 表面活性剂水溶液表面张力和其在 PE 膜上快速铺展是实现亲水整理剂在 ES 无纺布上快速润湿和多次亲水性的前提。表面活性剂水溶液的平衡表面张力越低,PE 薄膜的界面张力(小于等于 30 mN/m),越有利于其在 PE 膜上铺展。三硅氧烷聚氧乙烯醚系列和快 T 表面活性剂具有高表面活性,其在 PE 薄膜上的铺展性能远优于其它的表面活性剂。

b) 阴-非离子表面活性剂互配是提高 ES 无纺布亲水整理剂多次透水时间的有效途径。疏水端体积大、亲水端 EO 数在 6~7 的非离子表面活性剂(如三硅氧烷聚氧乙烯醚)与疏水端体积大阴离子表面活性剂(如磺化琥珀酸二辛酯二钠)的互配能赋予 ES 无纺布更好的多次亲水性能。

c) 含三硅氧烷聚氧乙烯醚亲水整理剂 D 和 A 具有良好的综合性能,其整理后的 ES 无纺布第五次穿透时间小于 5 s,反湿量小于等于 0.11 g,表面比电阻小于 $2.91 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$,已达到卫生用品覆盖材料的亲水性、反湿量和抗静电性等要求。

参考文献:

- [1] 王红,斯坚. ES 纤维的发展及在非织造布领域的应用[J]. 非织造布,2008,16(2):37-38.
- [2] 李绪明. 无纺布用 ES 纤维的生产工艺探讨[J]. 合成纤维工业,2003,26(3):50-51.
- [3] Knittel D, Schollmeyer E. Technologies for a new century. surface modification of fibres[J]. Journal of

the Textile Institute Proceedings & Abstracts,2000,91(3):151-165.

- [4] Fan L, Cheng D, Jin X. Hydrophilic properties of PP/CHA nonwoven fabrics[J]. Journal of Fiber Bioengineering & Informatics,2011,4(4):403-411.
- [5] Kodama Y, Barsbay M, Güven O. Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) (PHEMA) grafted polyethylene/polypropylene (PE/PP) nonwoven fabric by γ -initiation: synthesis, characterization and benefits of RAFT mediation[J]. Radiation Physics & Chemistry, 2014, 105:31-38.
- [6] Jin Y, Pu Q, Fan H. Synthesis of linear piperazine/polyether functional polysiloxane and its modification of surface properties on cotton fabrics. [J]. Acs Applied Materials & Interfaces,2015,7(14):7552-7559.
- [7] 秦志忠,席文杰,杨小芹. 高吸湿微孔纤维的吸湿性研究[J]. 合成纤维,2005,34(9):16-19.
- [8] Xin Z, Yan S, Ding J, et al. Surface modification of polypropylene nonwoven fabrics via covalent immobilization of nonionic sugar-based surfactants[J]. Applied Surface Science,2014,300(3):8-15.
- [9] Gupta B, Hilborn J, Hollenstein C, et al. Surface modification of polyester films by RF plasma[J]. Journal of Applied Polymer Science,2015,78(5):1083-1091.
- [10] 盛杰侦,王艳,宋慧君. 医疗卫生用非织造布的亲水整理[J]. 产业用纺织品,2006,24(11):38-40.
- [11] 聂凤明,赵耀明,麦杭珍. 纺粘法丙纶非织造布的亲水化处理研究[J]. 纺织学报,2000,21(2):37-39.
- [12] 张彤彤,吴海波. PE/PP 双组分纺粘法无纺布亲水性后整理研究[J]. 产业用纺织品,2007,25(1):27-30.
- [13] 刘娟,吴明华. 聚丙烯无纺布亲水整理工艺研究[J]. 浙江理工大学学报,2009,26(2):160-164.
- [14] 江移. 婴儿纸尿裤用丙纶纺粘法无纺布亲水整理探讨[J]. 无纺布,2011,19(4):9-13.
- [15] Husmann S, Munzar M, Warncke W. Use of a surfactant composition for the hydrophilic finishing of textile fibers and textile products manufactured therefrom: US, 20160281293 A1[P]. 2016-09-26.
- [16] Luan Y, Xu G, Yuan S, et al. Comparative studies of structurally similar surfactants: sodium bis (2-ethylhexyl) phosphate and sodium bis (2-ethylhexyl) sulfosuccinate[J]. Langmuir,2002,18(22):8700-8705.
- [17] 梁秦秦. 有机硅的结构与表面吸附性能的研究[D]. 杭州:浙江理工大学,2010:2-3.
- [18] Li Y, Bao M, Wang Z, et al. Aggregation behavior and complex structure between triblock copolymer and anionic surfactants[J]. Journal of Molecular Structure,

- 2011,985(3):391-396.
- [19] Liu X, Song J, Wu D, et al. Surface and friction behavior of a silicone surfactant adsorbed on model textiles substrates[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research,2010,49(18):8550-8557.
- [20] 张殿龙. 不同非离子表面活性剂的动态吸附铺展及对煤尘润湿机制的研究[D]. 太原:太原理工大学,2016:69-72.
- [21] 陈秋圆,刘开强,唐人成. 涤纶织物聚酯聚醚共聚物浸渍法亲水整理[J]. 印染,2013,39(1):1-4.
- [22] 杨安明,刘娜. 有机硅改性亲水聚酯整理剂在涤纶织物上的应用研究[J]. 染整技术,2011,33(12):40-43.
- [23] 刘燕军,葛启,王永刚,等. 聚醚硅油磷酸盐中聚醚链段结构对其应用性能的影响[J]. 有机硅氟资讯,2005,18(7):48-51.
- [24] 蔡继权. 世界化纤油剂换代进展与国内生产及应用[J]. 化学工业,2012,36(5):19-25.
- [25] 蔡继权. 我国化纤油剂的生产现状与发展趋势:上[J]. 纺织导报,2012,2(6):116-118.
- [26] Jin Y, Pu Q, Fan H. Synthesis of linear piperazine/polyether functional polysiloxane and its modification of surface properties on cotton fabrics[J]. Acs Applied Materials & Interfaces,2015,7(14):7552.
- [27] Jiang Y, Chen H, Mao S, et al. Dynamics of mixed surfactants in aqueous solutions[J]. Journal of Physical Chemistry B,2011,115(9):1986-90.

Hydrophilic finishing of surfactant of ES spun-bonded non-woven fabric

PENG Li, CAI Lingyun, ZHENG Xuming

(Department of Chemistry, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: ES spun-bonded nonwoven fabric has the characteristics of fluffiness, softness and good strength, and it is an ideal material for making high-grade sanitary product coverings after hydrophilic modification. In this paper, in order to give ES nonwoven fabrics good multi-times hydrophilicity, the relationship among the structure of the surfactant, the surface tension in the solution and the dynamic spreading performance on the PE film were studied. And, the effects of surface tension, dynamic contact angle, and the hydrophobic and hydrophilic group structure of the surfactants on the performance of the finishing agents were investigated. The formula of hydrophilic finishing agents of surfactants was optimized. The results indicate that there is a positive correlation between the value of surface tension and the spreading speed of the surfactants on the PE interface. The smaller the value of surface tension, the faster the film forming. ES non-woven fabric finished by the surfactant containing trisiloxanes polyoxyethylene ether owned the optimal multi-times hydrophilic performance under the following conditions: the concentration of finishing agent 8 g/L, the drying temperature 80 °C, the drying time 10 min and the oiling amount of ES non-woven fabric 0.36% ~ 0.42%. The comprehensive index of hydrophilic finishing agents after optimization (the amount of back infiltration was less than 0.11 g, the fifth penetration time of ES non-woven fabric was less than 5 s, the surface specific resistance was less than $2.91 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$) basically met the requirements of the covering material of hygienic products such as the penetration time (3~5 s), the amount of back infiltration (less than or equal to 0.13 g) and surface specific resistance (less than or equal to $7 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$) etc.

Key words: ES non-woven fabric; hydrophilic finishing; surface tension; spreading performance; dynamic contact angle; surfactant

(责任编辑: 刘国金)