

季铵化聚醚氨基硅柔软剂的合成及应用

张强, 安秋凤, 王笑鸽, 祁刚

(陕西科技大学 教育部轻化工助剂化学与技术重点实验室, 陕西 西安 710021)

摘要:以端含氢硅油(PHMS)、烯丙基环氧基聚氧乙烯聚氧丙烯醚(APE-550)和三乙醇胺(TEOA)为原料,合成了季铵化聚醚氨基硅(QPEAS)。利用红外光谱、核磁共振氢谱、纳米粒度仪、Zeta电位分析仪和扫描电镜对QPEAS及其乳液进行了表征和纤维表面成膜形貌分析,并探讨了氨基数量、QPEAS乳液用量以及焙烘温度对棉织物应用性能的影响。结果表明:当 $n(\text{环氧}):n(\text{氨基})=1.0:1.0$,乳液用量为5 g/L,焙烘温度为165 ℃时,经QPEAS整理后织物的柔软性和亲水性提高,白度基本不变。

关键词:季铵化;聚醚氨基硅;柔软剂;合成;整理;应用性能

中图分类号:TS 195.2

文献标志码:A

文章编号:1000-4033(2017)11-0043-06

Synthesis and Application of Quaternary Ammonium Modified Polyether-amino Silicone Softener

Zhang Qiang, An Qiufeng, Wang Xiaoge, Qi Gang

(Key Laboratory of Auxiliary Chemistry and Technology for Light Chemical Industry, Ministry of Education, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710021, China)

Abstract: A kind of quaternary ammonium modified polyether amino silicone was synthesized by using the hydrogen silicone oil, polyalkylene glycol allyl glycidyl ether (APE-550) and triethanolamine. The chemical structure of QPEAS, its emulsion, and its membrane configuration on the fiber surface were characterized by means of IR, ¹H-NMR, nano-particle size analyzer, Zeta potential analyzer and scanning electron microscopy (SEM). The effects of amino number, QPEAS emulsion dosage and the curing temperature on the application performance for the cotton fabric were discussed. The results show that when the molar ratio of epoxy group to amino group is 1.0:1.0, the dosage of QPEAS emulsion is 5 g/L and the curing temperature is 165 ℃, the softness and hydrophilicity of fabric is improved and the whiteness is basically unchanged.

Key words: Quaternary Ammonium; Polyether Amino Silicone; Softener; Synthesis; Finishing; Application Performance

氨基改性硅油具有一般硅油表面张力小、无毒、无害等特性,易在纤维表面铺展成膜^[1],又由于其分子链上的氨基极性、反应活性高,易与纤维表面的羟基、羧基等基团发生分子间氢键作用,能使硅

氧烷主链定向吸附在纤维表面上,使纤维之间的摩擦系数下降,故经其整理的织物具有优异且持久的柔软、丰满、滑爽等手感特性^[2],氨基改性硅油柔软剂因其优良的柔软性、滑爽性和成膜性等优点,已

被广泛应用于织物的后整理中^[3-4]。氨基改性有机硅柔软剂所整理的织物具有优异的柔软性、弹性、耐洗性,但其亲水性差,容易泛黄^[5-6],聚醚改性有机硅柔软剂整理的织物具有优异的亲水性、抗静电性和

基金项目:陕西省科技厅科技统筹项目(2015KTCL01-14)。

作者简介:张强(1992—),男,硕士研究生。主要从事改性聚硅氧烷的合成及应用性能研究。

通讯作者:安秋凤(1965—),女,教授,博士生导师,博士。E-mail:anqf@sust.edu.cn。

防污性等特性,虽然有效地改善了织物穿着时透气性差、易带静电等不足,但由于其耐洗性较差,限制了其广泛应用^[7-9]。为了赋予织物更多服用功能,常采取的方法是对单官能团改性有机硅柔软剂进行再次改性,以及两种或两种以上官能团对有机硅柔软剂进行共改性^[10-11]。其中,季铵化改性可在一定程度上解决上述问题^[12-15]。

季铵化聚醚氨基硅,即以硅氧硅链为主链,在侧链或端基中引入氨基基团及亲水性聚醚基团,之后在质子酸作用下环氧基和叔胺基活性基团发生亲核取代反应,利用环氧基上活泼的亚甲基对叔胺上的氮原子进行季铵化。季铵化聚醚氨基硅可以有效提高体系的阳离子性,可显著地提升有机硅柔软剂耐高温稳定性及与织物纤维结合的牢固性,并且能改善织物抗黄变性能。此外,季铵化聚醚氨基聚硅氧烷用于织物的后整理,既能赋予织物柔软滑爽手感,又能赋予其优异的亲水性、抗静电性等。因此,具有良好的应用前景和实用价值^[7,16]。

基于此,本文以端含氢硅油(PHMS)和烯丙基环氧基聚氧乙烯聚氧丙烯醚(APE-550)为原料,在Pt催化作用下经氢硅化加成反应

先制得端环氧聚醚硅油(PESO),再将 PESO 与三乙醇胺(TEOA)进行开环反应,合成了一种季铵化改性聚醚氨基硅柔软剂(QPEAS),并对其结构、成膜形貌及其在棉织物整理中的应用性能进行了研究。

1 试验

1.1 材料和仪器

织物:100%纯白棉织物(陕西华润印染有限公司)。

试剂:PHMS(活泼氢质量分数为0.015%,工业级,浙江传化化工有限公司),APE-550 $[n(\text{Si}-\text{H}):n(\text{C}=\text{C})=1:1]$,工业级,常州纤染助剂有限公司],TEOA(化学纯,天津市河东区红岩试剂厂),异丙醇(分析纯,天津市河东区红岩试剂厂),异构醇聚氧乙烯醚(XP-30、XP-90,工业级,浙江传化能源有限公司),冰乙酸(分析纯,天津市天力化学试剂有限公司)。

仪器:VECTOR-22 型傅里叶红外光谱仪(德国 Bruker 公司),I-NOVA-400 型核磁共振波谱仪(美国 Varian 公司),Zetasizer NANO-ZS90 型纳米粒度表面电位分析仪(英国 Malvern 公司),S-4800 型扫描电子显微镜(日本日立公司),800 型离心沉淀器(上海手术器械厂),织物烘干定形机(厦门瑞比精

密仪器有限公司),DC-RRY1000 型纸张柔软度仪(四川省长江造纸仪器厂),YQ-Z-48B 型荧光白度仪(温州仪器仪表有限公司),YG(B)541E 型智能式织物折皱回弹仪(温州市大荣纺织仪器有限公司)。

1.2 季铵化聚醚氨基硅 QPEAS 的制备

在装有温度计、搅拌器和回流冷凝管的三口烧瓶中,依次加入 PHMS、APE-550 和适量的 IPA,搅拌混匀,加热回流,待温度升至 80~85 ℃,加入计量的催化剂恒温反应 2~3 h,得无色透明油状液体,即中间产物 PESO。待体系冷却至 70~75 ℃,加入 TEOA 与冰乙酸的混合液 $[n(\text{PESO 中环氧基}):n(\text{TEOA 中氨基})=1.0:0.8\sim 1.0:1.2]$,连续反应数小时,减压蒸馏脱除低沸物和 IPA,得黄色透明油状液体,即目标产物 QPEAS。其反应方程式见图 1。

1.3 QPEAS 乳液的制备

取 20 g QPEAS,3 g XP-30 和 XP-90 的复配物 $[m(\text{XP-30}):m(\text{XP-90})=1:3]$ 置于装有搅拌器和滴液漏斗的三口瓶中,机械搅拌使其混合均匀,用冰乙酸调节体系 pH 值至 6,在机械搅拌的同时滴加适量去离子水至固体质量分数为 30%,得乳白色硅乳,即 QPEAS 乳液。

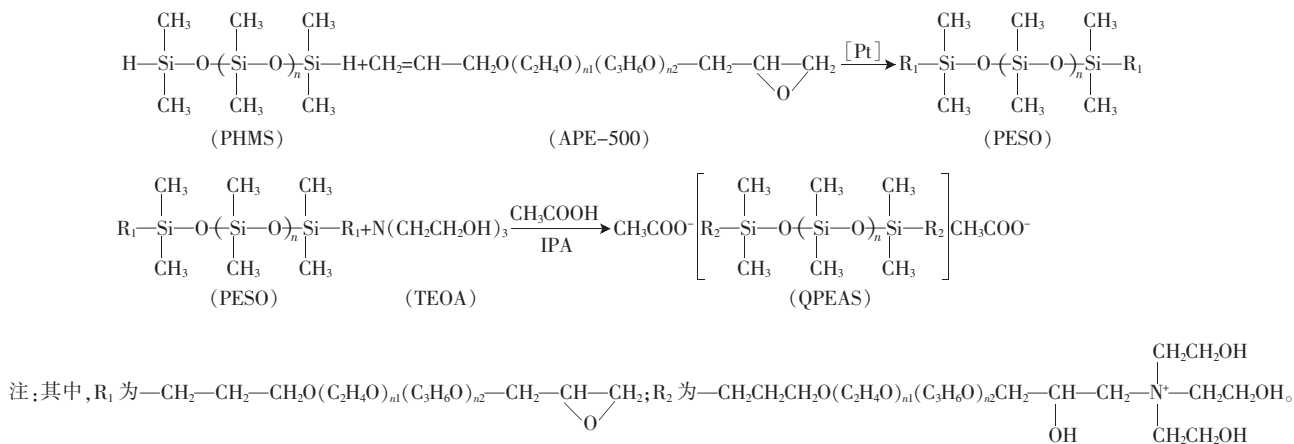


图 1 QPEAS 的制备反应方程式

1.4 整理工艺

取固体质量分数为30%的QPEAS乳液,按 $m(\text{QPEAS}):m(\text{H}_2\text{O})=1:100$ 的比例用水稀释即配料稀释比,配成工作溶液,将待处理的布样放置于该工作溶液中,在试验室小型压轧机上采用一浸一轧工艺进行整理,轧余率约80%,100℃烘5 min,再于165℃定形90 s。

1.5 测试

1.5.1 QPEAS 的结构表征

a. 红外光谱

采用KBr涂膜法制样,用傅里叶红外光谱仪测定。

b. 核磁共振氢谱(¹H-NMR)

用核磁共振波谱仪测定,溶剂为氘代氯仿(CDCl₃),内标为四甲基硅烷(TMS)。

1.5.2 QPEAS 乳液的性能测试

a. 乳液粒径分布

将QPEAS乳液用去离子水稀释至固体质量分数为0.5%,采用纳米粒度仪测定。

b. Zeta 电位

将QPEAS乳液用去离子水稀释至固体质量分数为0.5%,用Zeta电位分析仪测定。

c. 乳液 pH 值

用精密酸度仪测定QPEAS乳液pH值。

d. 离心稳定性

在20 mL离心试管中加入10 mL待测乳液,放入离心沉淀器内,调整转速为3 000 r/min,15 min后取出,若没有分层和漂油现象产生,则乳液稳定性良好。

e. 耐高低温稳定性

将QPEAS乳液密封分别放置于80℃的烘箱和0℃以下的冰箱中,静置24 h,于室温下自然冷却和解冻,观察其乳液状态变化。

f. 耐弱酸碱稳定性

分别配制质量分数为5%的

HAc、Na₂CO₃,测试QPEAS乳液的耐弱酸碱稳定性^[17]。

g. 含固量

用分析天平准确称取约1 g 1.3中制备的乳液,置于100℃恒温鼓风干燥箱中静置约1 h,取出放入干燥器中冷却至室温,称量,反复烘至质量恒定。其固含量按式(1)计算。

$$C = \frac{m_1}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: C 为乳液固含量,%; m_1 为乳液烘干后的质量,g; m_0 为乳液烘干前的质量,g。

1.5.3 应用性能测试

a. 柔软性

以弯曲刚度表示,用柔软度仪测定,测试5次后取其平均值,弯曲刚度数值越小,则织物柔软性能越好。

b. 白度

用荧光白度仪测定,测试5次后取其平均值。

c. 折皱回复角

用智能式织物折皱回弹仪,按照GB/T 3819—1997《纺织品 织物折痕回复性的测定》测定。

d. 吸水性

距织物3~4 cm高度处垂直滴下一滴水,静态下记录织物完全吸收所用的时间,测试5次取平均值。

e. 成膜性

将QPEAS乳液对棉进行整理,用扫描电子显微镜(SEM)测试QPEAS整理前后棉纤维的表面形态。

2 结果与讨论

2.1 QPEAS 的结构表征

2.1.1 红外光谱

原料PHMS、中间体PESO和产物QPEAS的红外光谱见图2。

由图2可知,PHMS、PESO和QPEAS在波数1 408 cm⁻¹、1 445

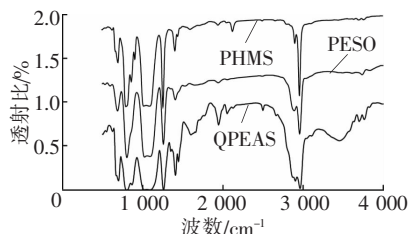


图2 PHMS、PESO及QPEAS的红外光谱图

cm⁻¹、2 898 cm⁻¹、2 962 cm⁻¹分别为—CH₃和—CH₂—上C—H键伸缩振动峰和弯曲振动峰,波数1 261 cm⁻¹为Si—CH₃和Si—CH₂中C—H键的弯曲振动峰,波数802 cm⁻¹为Si—CH₃中Si—C键的弯曲振动吸收峰,波数1 020~1 103 cm⁻¹处的双肩峰为Si—O键的伸缩振动引起的,这些均为聚二甲基硅氧烷链段的特征吸收峰,说明分子中有—[Si(CH₃)₂O]_n—链段存在。对比PHMS与PESO的IR谱图可知,在波数2 123 cm⁻¹处归属于Si—H键的特征峰消失,说明氢硅化加成基本反应完全。另外,由于聚醚基团中的C—O键吸收峰与Si—O键吸收部分重叠,导致波数1 023~1 100 cm⁻¹处的双肩峰不对称变化,吸收峰强度增强。PEAS与QPEAS的IR谱图对比可知,3 449 cm⁻¹出现了由TEOA与PESO氨解开环后所产生的羟基的O—H键的伸缩振动峰,1 605 cm⁻¹出现了季铵基的吸收峰,说明PEAS与TEOA发生了氨解开环反应,合成了目标产物QPEAS。

2.1.2 核磁共振氢谱

QPEAS的分子结构见图3, QPEAS的¹H-NMR谱及其归属见图4。

由图4可知,QPEAS分子中氢质子化学位移主要在 $\delta=0\sim 4.2$ 处。其中, $\delta 0.03$ (aH)、 $\delta 0.2$ (cH)这两组峰分别归属于QPEAS分子中的Si—CH₃、Si—CH₂—, $\delta 1.15$ (bH)归

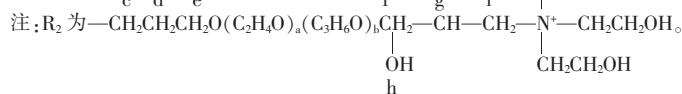
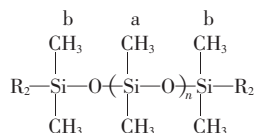


图 3 QPEAS 的分子结构

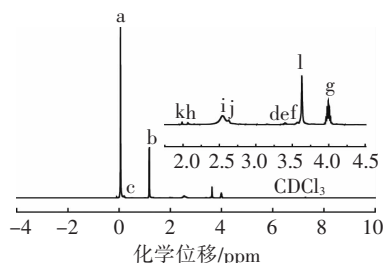


图 4 QPEAS 核磁共振氢谱

属于与 R_2 相连的 $\text{Si}-\text{CH}_3$; 与仲胺基 $\text{N}-\text{CH}_2$ —相关的 (iH) 和 (jH) 的化学位移为 $\delta 2.65$ (iH)、 $\delta 2.75$ (jH), 而季铵化以后, 其相应的 δ 会向低场发生位移。依图 4 放大谱图可以看出, $\delta 3.4$ (dH)、 $\delta 3.42$ (eH)、 $\delta 3.56$ (fH) 三组峰说明 QPEAS 分子中有来自于聚醚基团 $\text{O}-\text{CH}_2$ —、 $-\text{CH}_2$ 的存在; $\delta 2.07$ (hH) 则归属于环氧基开环后产生仲醇的 $-\text{OH}$; $\delta 2.0$ (kH)、 $\delta 3.62$ (lH) 则分别归属于季铵盐基团上的 $\text{N}^+-\text{CH}_2\text{CH}_2$ —和 $-\text{CH}_2\text{OH}$; $\delta 4.0$ (gH) 归属于季甲基; $\delta 7.3$ 是指 CDCl_3 溶剂峰。

综合图 2、图 4 分析可判断, 产物 QPEAS 含季铵基、羟基和聚醚基团, 具有试验预期结构。

2.2 QPEAS 乳液性能

2.2.1 QPEAS 乳液的粒径分布

粒径是衡量乳胶粒大小的重要指标^[15], 乳液粒径大小及分布对乳液的稳定性以及其在织物表面的吸附和渗透性都有较大的影响。粒径越小的乳液, 渗透力越强, 越容易扩散到纤维束内部, 增加与织物的接触频率, 从而增加织物单位面积的乳胶量, 乳液的稳定性越

好^[18]。QPEAS 乳液的粒径分布见图

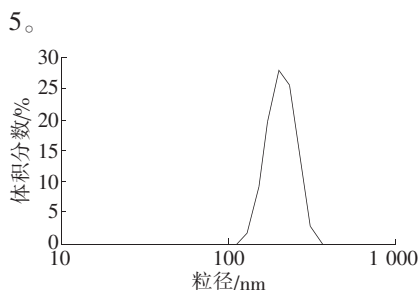


图 5 QPEAS 乳液的粒径分布

由图 5 可知, QPEAS 乳液的粒径分布均匀集中, 平均粒径为 213.6 nm。

2.2.2 QPEAS 乳液的 Zeta 电位

Zeta 电位是对乳液中乳胶粒之间相互排斥或吸引力强度的度量, 它的数值与乳液分散的稳定性相关, 是表征乳液稳定性的重要指标。QPEAS 乳液的 Zeta 电位值高低影响着乳液的稳定性, 其电位值越高, 乳胶粒间排斥力越大, 则乳液体系的稳定性越好。QPEAS 乳液的 Zeta 电位图见图 6。

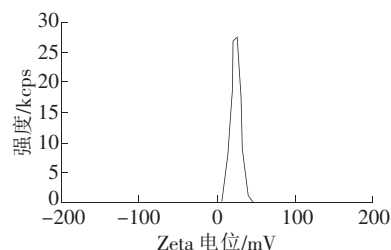


图 6 QPEAS 乳液的 Zeta 电位分布

由图 6 可知, QPEAS 乳液的 Zeta 电位为 +27.3 mV, 从其电位的分布情况来看, 其乳液分布较窄, QPEAS 乳胶粒带正电, 并且它们间存在一定的排斥力, 可防止乳胶粒间由于引力或碰撞而发生团聚沉

降, 有助于增强乳液稳定性^[16]。此外, 织物表面由于羟基及羧基基团的存在呈负电性, 其乳液呈阳离子性, 从而能够有效提高与织物纤维结合的牢固性。

2.2.3 QPEAS 乳液的物化性能

QPEAS 乳液的物化性能测试见表 1。

由表 1 可知, QPEAS 乳液离心稳定性、耐高低温稳定性、耐弱酸碱稳定性均较好, QPEAS 乳液性能较稳定。

2.3 QPEAS 的应用性能

2.3.1 氨基数量对 QPEAS 应用性能的影响

参照 1.2—1.4 工艺, 保持反应温度、反应时间、乳化工艺和整理工艺等条件不变, 探讨环氧基与氨基摩尔比对 QPEAS 应用性能的影响, 见表 2。

由表 2 可知, 当 n (环氧基): n (氨基) 从 1.0:0.8 变化至 1.0:1.0 时, 折皱回复角增大说明 QPEAS 具有良好的弹性; 织物的弯曲刚度减小, 即柔软度提高; 而静态吸水时间减小则说明亲水性能增加, 白度基本不变。这可能是因为 APE-550 中的环氧基与 TEOA 在质子酸作用下开环反应生成了亲水性基团羟基和三羟乙基季铵盐阳离子, 在聚醚链段、羟基和三羟乙基季铵盐阳离子的作用下, 经 QPEAS 整理的棉织物的亲水性提高。当 n (环氧基): n (氨基) 从 1.0:1.0 变化至 1.0:1.2 时, 织物的弯曲刚度增加、静态吸水时间减小, 说明织物的柔软性能下降而亲水性能增加, 可能原因是在织物一浸一轧时, 部分过量的三羟乙基季铵盐阳离子优先与织物表面的羟基结合, 减少了与织物表面结合的季铵化聚醚氨基聚硅氧烷数量, 从而使织物的亲水性能增加, 柔软性能下降。综合考虑, 与

空白布样相比,经 QPEAS 处理后棉织物的综合应用性能得到相应改善, $n(\text{环氧基}):n(\text{氨基})=1.0:1.0$ 时,织物的柔软性、白度及亲水性等综合应用性能较佳。

2.3.2 QPEAS 乳液用量对织物性能的影响

乳液用量会对其在纤维表面的吸附量产生影响,进而影响纤维表面的成膜厚度,最终影响整理后织物的应用性能。参照 1.2—1.4 工艺,探讨 QPEAS 乳液用量对应用性能的影响,结果见表 3。

由表 3 可看出,随着乳液用量的增加,经 QPEAS 乳液整理的棉织物弯曲刚度先减小再增大,折皱回复角增大,说明整理后的织物柔软性及弹性增加,白度基本不变,这可能是因为 QPEAS 能够在织物纤维表面附着成膜,降低了纤维之间的摩擦力,使得纤维束间更容易滑动,从而增加了织物的回弹性和柔软性能。但当 QPEAS 乳液用量大于 5 g/L 时,继续增加乳液用量,织物的弯曲刚度和静态吸水时间反而增加,原因可能是继续增加乳液用量,使得织物纤维表面形成多层堆积,表面吸附量达到饱和,成膜密度较厚,致使织物的柔软性和亲水性下降。因此,确定乳液用量为 5 g/L 时,整理棉织物的效果最佳。

2.3.3 焙烘温度对织物性能的影响

参照 1.2—1.4 工艺,确定 $n(\text{环氧基}):n(\text{氨基})=1.0:1.0$,QPEAS 乳液最佳用量为 5 g/L,在其他条件一定的情况下,探讨焙烘温度对 QPEAS 的应用性能的影响,结果见表 4。

由表 4 可看出,在确定其他工艺条件不变的情况下,随着焙烘温度的升高,经 QPEAS 整理后织物

表 1 QPEAS 乳液的物化性能

外观	含固量/%	pH 值	离心稳定性	耐高低温稳定性	耐弱酸碱稳定性
白色微乳液	30	6	良好	良好	良好

表 2 氨基数量对 QPEAS 应用性能的影响

$n(\text{环氧基}):n(\text{氨基})$	$(w+f)$ 折皱回复角/(°)	白度/%	静态吸水时间/s	弯曲刚度/mN		
				w	f	$w+f$
空白布样	184.1	81.45	5.68	417	832	1 249
1.0:0.8	209.6	81.38	17.84	386	737	1 123
1.0:1.0	219.3	81.40	11.35	365	712	1 077
1.0:1.2	229.5	80.42	9.75	372	741	1 113

注: w 为横向, f 为纵向。

表 3 乳液用量对 QPEAS 应用性能的影响

乳液用量/(g·L ⁻¹)	$(w+f)$ 折皱回复角/(°)	白度/%	静态吸水时间/s	弯曲刚度/(mN)		
				w	f	$w+f$
空白布样	184.1	81.45	5.68	417	832	1 249
2	214.5	81.40	16.57	401	713	1 124
5	225.3	81.43	10.74	375	701	1 076
8	238.2	81.41	12.43	386	708	1 094
10	245.6	81.42	13.69	397	711	1 108

注: w 为横向, f 为纵向。

表 4 焙烘温度对 QPEAS 应用性能的影响

焙烘温度/℃	$(w+f)$ 折皱回复角/(°)	白度/%	静态吸水时间/s	弯曲刚度/(mN)		
				w	f	$w+f$
空白布样	184.1	81.45	5.68	417	832	1 249
135	218.6	81.42	16.78	392	725	1 127
150	229.3	81.41	13.24	378	707	1 085
165	238.7	81.41	10.96	359	684	1 043
180	221.4	81.39	12.35	367	716	1 083

注: w 为横向, f 为纵向。

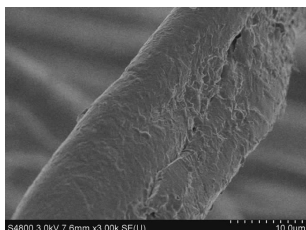
的弯曲刚度减小,折皱回复角变大,静态吸水时间变短,这表明织物的柔软性、弹性、亲水性有所提高。这主要是因为随着焙烘温度的升高,由于分子的热运动,QPEAS 与织物纤维的接触机率增加,QPEAS 可以在纤维表面分散均匀,也有利于 QPEAS 柔软剂向纤维内部扩散,达到柔软整理的作用。但是当焙烘温度高于 165 ℃时,织物的弯曲刚度略有增大,折皱回复角下降,白度略有降低,静态吸水时间增加。当温度过高时,QPEAS 柔软剂自身的稳定性会受到影响,进

而影响其整理效果。考虑整理后织物的综合性能,选择焙烘温度为 165 ℃。

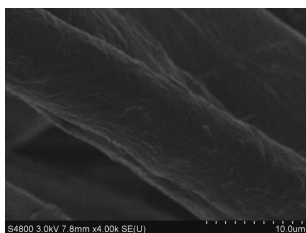
2.3.4 QPEAS 在纤维表面的成膜形貌

由于改性聚硅氧烷^[15]具有低表面活化能,良好的相容性和成膜性等优良特性,从而易在织物纤维表面快速铺展成膜,对织物纤维具有良好的润滑柔软作用。未整理棉纤维和 QPEAS 整理棉纤维的 SEM 照片见图 7。

在 SEM 放大 3 000 倍的条件 下,图 7a 是未处理的棉纤维,其表



(a)未处理的棉纤维(放大3 000倍)



(b)QPEAS处理的棉纤维(放大3 000倍)

图7 QPEAS整理棉纤维的SEM照片面非常粗糙,凹凸不平且存在较多沟壑;而图7b则是经过QPEAS乳液整理的棉纤维,可以看出其沟壑基本消失,织物纤维表面比较光滑平整。

3 结论

3.1 以PHMS和APE-550为原料合成反应中间体PESO,再与TEOA进行开环反应,制备了季铵化聚醚氨基硅QPEAS,通过IR和¹H-NMR对其结构进行了表征,结果符合预期设计。

3.2 QPEAS易乳化得到平均粒径为213.6 nm,Zeta电位为+27.3 mV的乳白色QPEAS硅乳,SEM显示QPEAS在织物纤维表面具有良好的成膜性,整理后织物纤维表面平滑光整。

3.3 分别考察了氨基数量、QPEAS乳液用量和焙烘温度对棉织物应用性能的影响,得出了最佳整理工艺:当 $n(\text{环氧基}):n(\text{氨基})=1.0:1.0$,乳液用量为5 g/L,焙烘温度为165℃时,经QPEAS整理后织物的柔软性和亲水性增强,白度基本不变。

参考文献

[1]幸松民,王一璐.有机硅合成工艺及产品应用[M].北京:化学工业出版社,

2000:428-449.

[2]蔡继权,陈八斤,王胜鹏,等.氨基硅油及嵌段聚醚改性技术新进展[J].纺织导报,2013(4):36-40.

[3]狄超.季铵化改性氨基硅油柔软剂的合成与应用[D].上海:东华大学,2010.

[4]狄超,赵涛,夏军.新型季铵化改性氨基硅油柔软剂的应用性能研究[J].印染助剂,2011,28(8):39-42.

[5]AN Q F, YANG G, WAGN Q J, et al. Synthesis and Morphology of Carboxylated Polyether-block-polydimethylsiloxane and the Supramolecule Self-Assembled from It[J].Journal of Applied Polymer Science,2008,110(5):2582-2600.

[6]张晓红,黄小军.新型低黄变改性氨基硅油柔软剂的合成及应用[J].印染助剂,2005,22(2):7-10.

[7]魏元博.纤维基多功能有机硅柔软剂的合成、表征及应用研究[D].西安:陕西科技大学,2015.

[8]黄良仙,雷宁,崔荣,等.端氨基聚醚改性硅油的合成及性能[J].印染助剂,2013,30(5):23-27.

[9]夏建明,章凌沸.聚醚改性氨基硅油织物整理剂的制备及应用[C]//“浙江宏达”杯第三届全国印染技术暨助剂新产品新成果学术交流会论文集.浙江:“浙江宏达”杯第三届全国印染技术暨助剂新产品新成果学术交流会,2009:16-22.

[10]安秋凤,黄良仙.氨基改性聚醚硅油的合成、结构表征及应用[J].化学研究与应用,2005,17(5):626-630.

[11]安秋凤,李歌,杨刚.聚醚型聚硅氧烷的研究进展及应用[J].化工进展,2008,27(9):1384-1389.

[12]彭忠利,吴小娟.甲基二乙氧基硅烷季铵盐的合成[J].精细化工,2006,23(9):873-877.

[13]齐海霞,罗光明,吴芳,等.低交联季铵化改性氨基硅油的合成[J].化工新型材料,2012,40(7):25-27.

[14]习娟,安秋凤,郝丽芬,等.季铵化嵌段聚醚氨基聚硅氧烷的合成与表征[J].有机硅材料,2012,26(3):143-147.

[15]肖波,安秋凤,郝丽芳,等.季铵化聚醚嵌段聚硅氧烷的合成与表征[J].印染助剂,2013,30(2):13-14.

[16]魏元博,安秋凤,赵洁.季铵化改性氨基聚硅氧烷的合成与应用性能[J].精细化工,2014,31(5):627-632.

[17]李成文,周国良.新型不黄变有机硅柔软剂的合成及应用性能[J].染整技术,2009,31(7):35-37.

[18]安秋凤,杨刚,李明涛,等.羧基化聚醚有机硅表面活性剂CPES的合成、表征及性能[J].精细化工,2007,24(7):640-643.

收稿日期 2017年6月19日

公益广告

整合资源,创造机会;

开拓市场,实现共赢;

立足当下,展望未来。