

涤纶织物的耐久阻燃整理应用研究

曹潇琳¹, 钱志华², 周 岚^{1,3}

(1. 浙江理工大学 生态染整技术教育部工程研究中心, 杭州 310018; 2. 绍兴出入境检验检疫局, 浙江 绍兴 312000; 3. 浙江理工大学 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018)

摘要: 优选阻燃剂DP-150和CF-190对涤纶织物进行后整理, 研究阻燃剂质量浓度、焙烘温度、焙烘时间和轧液率对阻燃效果的影响。

结果表明, 阻燃剂DP-150和CF-190在涤纶上具有优良的阻燃效果和耐水洗性, 经过100次洗涤后, 阻燃效果仍可达到国家标准 B1级。

关键词: 涤纶织物; 耐久阻燃整理; 损毁长度; 白度; 断裂强力

中图分类号: TS195.2 文献标志码: A 文章编号: 1001-7003(2012)03-0009-04

Study on durable flame retardant finishing of polyester fabrics

CAO Xiao-lin¹, QIAN Zhi-hua², ZHOU Lan^{1,3}

(1. Engineering Research Center for Eco-Dyeing & Finishing of Textiles, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Shaoxing entry-exit inspection and quarantine bureau, Shaoxing 312000, China; 3. Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Flame retardant agents DP-150 and CF-190 were applied on polyester fabrics, and the effects of flame retardant agent concentration, curing temperature, curing time and liquor retention on flame retardant property of polyester fabrics were investigated. The results indicated that flame retardant agents DP-150 and CF-190 had good durable flame retardant properties and the finished polyester fabrics could meet the grade B1 of National Standard after 100 times washing.

Key Words: Polyester fabrics; Durable flame retardant finish; Damaged length; Whiteness; Breaking strength

织物的阻燃性是指纺织品遭遇火源时能自动阻止燃烧的继续, 离火后自动熄灭不再续燃或阴燃的能力^[1]。随着合纤工业的不断发展, 纯涤纶织物在各个领域的应用越来越广泛。但是, 涤纶属于易燃性纤维, 其极限氧指数只有22%左右^[2-5], 不能满足许多领域对其阻燃性能的要求, 因而开发耐久的涤纶阻燃纺织品种刻不容缓。本研究选取了市场上7种常用涤纶用阻燃剂, 通过比较阻燃整理后涤纶织物的燃烧损毁长度、续燃时间和阴燃时间等, 优选出具有良好耐久阻燃效果的阻燃剂。通过研究阻燃剂质量浓度、焙烘温度、焙烘时间及轧液率等因素对涤纶织物耐久阻燃效果的影响, 优化了涤纶织物的耐久阻燃整理工艺。

1 试 验

1.1 材料、药品和仪器

试验材料: 白色纯涤纶针织布, 140 g/m²。

试验药品: 阻燃剂DP-150(杭州多恩纺织品有限公司), 阻燃剂JH-A12、FranMU-4和CADAN-88(杭州洁华实业有限公司), 阻燃剂TF-614(传化集团有限公司), 阻燃剂FRN(上海雅运纺织助剂有限公司), 阻燃剂CF-190(上海成大化工有限公司), 均为工业级; 标准皂片(工业级), 渗透剂JFC(工业级), 氢氧化钠(分析纯), 精练剂(浙江传化股份有限公司, 工业级)。

仪器和设备: DSHZ-300A旋转式恒温振荡器(太仓市实验设备厂), YG065H250/PC电子织物强力机(山东莱州市电子仪器有限公司), WSD-3C全自动白度仪(北京康光光学仪器有限公司), P-A0/A1轧车(杭州三锦科技有限公司), DHG-9070A电热恒温鼓风干燥箱(上海一恒科技有限公司), 电子分析天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司)。

1.2 涤纶织物的精练

按1:10的浴比配制4 g/L精练剂, 2 g/L渗透剂和

收稿日期: 2011-11-06; 修回日期: 2012-01-12

基金项目: 浙江理工大学纺织工程省级实验教学示范中心资助项目(浙理工教[2011]56号)

作者简介: 曹潇琳(1989—), 女, 2007级轻化工程专业本科生。通讯作者: 周岚, 副教授, lan_zhou330@163.com。

2 g/L NaOH的混合液,将涤纶织物放入其中,在沸水中处理1 h后,用60 ℃温水清洗,再在室温下用清水洗净,晾干,除去涤纶织物上的污垢和油脂等杂质。

1.3 不同阻燃剂的整理工艺

根据生产厂商推荐的各阻燃剂整理工艺,评价7种阻燃剂对涤纶织物的阻燃效果,各阻燃剂在涤纶织物上的整理工艺如下:

1) DP-150质量浓度150 g/L, pH5~6, 二浸二轧, 轧液率80%, 预烘130 ℃、3 min, 焙烘190 ℃、50 s。

2) JH-A12质量浓度150 g/L, JFC 2 g/L, 二浸二轧, 轧液率80%, 预烘80 ℃、5 min, 焙烘205 ℃、90 s。

3) CADAN-88质量分数15%~30%, 二浸二轧, 轧液率80%, 预烘105 ℃、3 min, 焙烘180 ℃、60 s。

4) FranMU-4质量分数12%, 二浸二轧, 轧液率80%, 105 ℃充分干燥。

5) TF-614质量浓度150 g/L, pH6~6.5, 二浸二轧, 轧液率80%, 预烘120 ℃、3 min, 焙烘200 ℃、60 s。

6) FRN质量浓度150 g/L, JFC 2 g/L, 二浸二轧, 轧液率80%, 预烘120 ℃、3 min, 焙烘190 ℃、60 s。

7) CF-190质量浓度为200 g/L, 二浸二轧, 轧液率80%, 预烘100 ℃、5 min, 焙烘170 ℃、60 s。

1.4 阻燃剂DP-150整理工艺优化方法

1) 阻燃剂DP-150质量浓度优选: 设定阻燃剂DP-150质量浓度分别为50、100、150、200、250、130、140、150、160、170 g/L, 其他条件同1.3-1)。

2) 焙烘温度优选: 设定焙烘温度分别100、130、160、190、210 ℃, 其他条件同1.3-1)。

3) 焙烘时间优选: 设定焙烘时间分别为24、30、50、70、90 s, 其他条件同1.3-1)。

4) 轧液率优选: 设定轧液率分别为60、70、80、100、120%, 其他条件同1.3-1)。

1.5 阻燃剂CF-190整理工艺优化方法

1) 阻燃剂CF-190质量浓度优选: 设定阻燃剂CF-190质量浓度分别为50、100、150、200、250 g/L, 其他条件同1.3-7)。

2) 焙烘温度优选: 设定焙烘温度分别为100、130、160、190、210 ℃, 其他条件同1.3-7)。

3) 焙烘时间优选: 设定焙烘时间分别为40、60、80、90、100 s, 其他条件同1.3-7)。

4) 轧液率优选: 设定轧液率分别为60、70、80、

100、120%, 其他条件同1.3-7)。

1.6 测试方法

1.6.1 燃烧性能测试

按GB/T 5455—1997《纺织品 燃烧性能试验 垂直法》测试。将一定尺寸的试样置于燃烧器下点燃,测定规定点燃时间后试样的续燃、阴燃时间及损毁长度。B1级: 损毁炭长≤15 cm, 续燃时间≤5 s, 阴燃时间≤5 s; B2级: 损毁炭长≤20 cm, 续燃时间≤10 s, 阴燃时间≤10 s。

1.6.2 白度测试

应用WSD-3C全自动白度仪,按照GB 8425—87《纺织品白度的仪器评定方法》对涤纶织物的白度进行测试。

1.6.3 强力测试

应用YG065H250/PC电子织物强力机,按照GB/T 3923.1—1997《纺织品 织物拉伸性能 第1部分: 断裂强力和断裂伸长率的测定 条样法》进行测试。

1.6.4 耐洗性测试

按AATCC 124—2001《多次家庭洗烫后织物的外观》测试。洗衣粉2 g/L、浴比1:30、温度45 ℃、时间3 min、60 ℃烘干为1次水洗,重复水洗50次和100次。

2 结果与讨论

2.1 阻燃剂优选

按照1.3所示的方法,将7种阻燃剂对涤纶织物进行阻燃整理,整理后的涤纶织物经0~100次洗涤后的阻燃效果见表1。

由表1可知,未经水洗时,7种阻燃剂整理后的涤纶织物的燃烧损毁长度均小于5 cm,续燃时间和阴燃时间均小于5 s,阻燃效果均可达到国家标准 B1级;经过100次水洗后,阻燃剂DP-150、FRN、CF-190、JH-A12和FranMU-4整理的涤纶织物的燃烧损毁长度均在5 cm以下,其中阻燃剂DP-150、FRN、CF-190和JH-A12整理的涤纶织物的燃烧损毁长度更在3 cm以下,续燃时间和阴燃时间也均小于5 s。因此,经阻燃剂DP-150、FRN、CF-190和JH-A12整理后,涤纶织物具有良好的耐久阻燃性。

此外,经7种阻燃剂整理后,涤纶织物的断裂强力均未下降,其中,阻燃剂DP-150和CF-190整理后的涤纶织物强力增加20%以上。这是因为进入涤纶织物无定形区的阻燃剂分子较少,没有引起涤纶分子晶格的变化,且阻燃整理的焙烘温度高于涤纶织物的玻璃化温度,使得涤纶纤维处于高弹态,其大分子链段

表1 各类阻燃剂对涤纶织物阻燃性能和强力的影响

Tab.1 Effects of different flame retardant agents on flame retardant performance and breaking strength of polyester fabrics

阻燃剂	续燃时间/s			阴燃时间/s			损毁长度/cm			断裂强力/N
	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	
不加阻燃剂	>10	>10	>10	>5	>5	>5	>20	>20	>20	800.4
DP-150	2.8	3.5	4.5	0	0	0	1.4	1.8	2.3	1 033.9
JH-A12	2.9	3.6	4.8	0	0	0	1.7	2.2	2.7	838.6
CADAN-88	4.5	7.8	9.1	2.2	>5	>5	3.3	5.6	7.1	801.5
FranMU-4	3.0	3.8	4.7	0	0	0	2.8	3.5	4.7	812.6
TF-614	3.5	7.2	8.1	2.1	>5	>5	1.8	4.5	5.3	803.4
FRN	2.9	3.8	4.6	0	0	0	1.5	1.9	2.5	860.4
CF-190	2.8	3.4	4.2	0	0	0	1.4	1.9	2.5	972.6

的运动性很强,空穴的体积和位置可以发生很大的变化,分子链节的热运动能高于分子间部分基团的结合能,导致断裂强力显著增加。

综合考虑涤纶织物的耐久阻燃性和强力变化,在上述7种市售阻燃剂中优选阻燃剂DP-150和CF-190研究涤纶织物的耐久阻燃整理。

2.2 阻燃剂质量浓度优选

采用不同质量浓度的DP-150和CF-190阻燃剂对涤纶织物进行阻燃整理,整理后涤纶织物经0~100次洗涤后的阻燃效果见表2。

由表2可知,随着阻燃剂DP-150和CF-190质量浓度增加,涤纶织物上的阻燃剂含量增加,整理后涤纶

表2 阻燃剂质量浓度对涤纶织物阻燃性能的影响

Tab.2 Effects of flame retardant agent concentration on flame retardant performance of polyester fabrics

阻燃剂	阻燃剂质量浓度/(g·L ⁻¹)	续燃时间/s			阴燃时间/s			损毁长度/cm		
		未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤
DP-150	50	8.1	>10	>10	1.3	2.2	3.2	2.8	4.0	6.0
	100	5.8	6.7	7.6	0	0	0	2.0	3.1	4.3
	150	2.8	3.5	4.5	0	0	0	1.5	2.6	3.1
	200	2.6	3.4	4.4	0	0	0	1.3	2.8	3.0
	250	2.6	3.4	4.2	0	0	0	1.3	2.7	2.9
CF-190	50	9.3	>0	>10	1.5	2.3	3.4	2.8	5.0	8.3
	100	6.2	7.1	8.2	0	0	0	2.3	3.0	3.6
	150	3.2	4.2	4.8	0	0	0	1.9	2.5	3.4
	200	2.8	3.4	4.2	0	0	0	1.9	2.1	2.7
	250	2.7	3.4	4.0	0	0	0	1.8	2.1	2.4

织物的燃烧损毁长度、续燃时间及阴燃时间变小,即织物的阻燃性增强。一般认为涤纶燃烧是氧化反应,即纤维聚合物受热,水分蒸发后,氧化生成过氧化物,然后离解成游离基团。游离基团的连锁反应使碳键断裂生成可燃气体,与空气混合,当温度到达着火点以上并另有火源时,即引起燃烧。由于燃烧产生的热、光、烟又使未燃部分获得热量而继续燃烧。阻燃剂DP-150和CF-190均为环状磷酸酯型阻燃剂,通过浸轧、热定形作用渗入到涤纶织物内部并固着,形成不溶的分解物。在燃烧过程中,阻燃剂与涤纶织物燃烧过程中产生的游离基进行反应,减少了活性基团的产生,有效抑制了涤纶织物在空气中的继续燃烧直至游离连锁反应中断。此外,燃烧过程中阻燃剂的分解物覆盖在涤纶织物表面,降低涤纶纤维熔点,使纤维受热时收缩、熔融、滴落带走热量,阻止了涤纶织物进一步燃烧^[6-9]。但是,当阻燃剂DP-150质量浓度大于150 g/L,CF-190质量浓度大于200 g/L后,整理后的

涤纶织物手感变差,且阻燃效果增加不明显。因此,阻燃剂DP-150和CF-190的质量浓度分别控制在150 g/L和200 g/L左右即可。

2.3 焙烘温度优选

表3为焙烘温度对阻燃剂DP-150和CF-190整理的涤纶织物阻燃性能的影响。当阻燃剂DP-150质量浓度为150 g/L时,涤纶织物的燃烧损毁长度随着焙烘温度增加而减小,当焙烘温度达到190℃左右,涤纶织物经100次洗涤后,燃烧损毁长度小于4 cm,续燃时间和阴燃时间均小于5 s;当阻燃剂CF-190质量浓度为200 g/L时,与阻燃剂DP-150相似,涤纶织物的燃烧损毁长度随着焙烘温度的增加而变小,当焙烘温度为160℃左右,涤纶织物经100次洗涤后,燃烧损毁长度小于3 cm,续燃时间和阴燃时间均小于5 s。焙烘温度的提高,固然有助于阻燃剂更好地渗入到涤纶纤维内部并且固着下来,但是焙烘温度过高,有可能会增加涤纶织物的结晶度,减少了进入无定形区的阻燃

表3 焙烘温度对涤纶织物阻燃性能的影响

Tab.3 Effects of curing temperature on flame retardant performance of polyester fabrics

阻燃剂	焙烘温度/℃	续燃时间/s			阴燃时间/s			损毁长度/cm		
		未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤
DP-150	100	7.9	>10	>10	0.2	2.1	2.8	2.9	4.3	5.4
	130	6.8	7.5	8.2	0	0	0	2.5	3.5	4.3
	160	2.8	3.8	4.5	0	0	0	2.2	3.1	3.7
	190	2.6	3.5	4.4	0	0	0	1.5	2.7	3.2
	210	2.6	3.5	4.2	0	0	0	1.6	3.0	3.4
CF-190	100	8.2	>10	>10	0.5	2.4	3.1	2.1	3.4	4.6
	130	7.2	8.1	9.2	0	0	0	1.9	2.8	3.7
	160	2.8	3.4	4.2	0	0	0	1.5	1.9	2.5
	190	2.8	3.4	4.2	0	0	0	1.6	2.0	2.7
	210	2.7	3.3	4.0	0	0	0	1.6	1.9	2.8

剂含量，且过高的焙烘温度也会降低织物手感和白度。因此，综合考虑涤纶织物的阻燃性、手感和白度，阻燃剂DP-150和CF-190的适宜焙烘温度分别为190℃和160℃。

2.4 焙烘时间优选

随着焙烘时间延长，阻燃剂与涤纶织物的反应程度提高。由表4可知，对于阻燃剂DP-150而言，当焙烘时间大于50 s时，涤纶织物的燃烧损毁长度、续燃时

表4 焙烘时间对涤纶织物阻燃性能的影响

Tab.4 Effects of curing time on flame retardant performance of polyester fabrics

阻燃剂	焙烘时间/s	续燃时间/s			阴燃时间/s			损毁长度/cm		
		未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤
DP-150	24	6.3	>10	>10	0.2	1.2	1.8	1.8	2.6	3.0
	30	5.2	6.7	7.8	0	0	0	1.7	2.3	2.7
	50	2.8	3.5	4.3	0	0	0	1.5	2.0	2.5
	70	2.6	3.5	4.3	0	0	0	1.5	2.2	2.6
	90	2.6	3.4	4.2	0	0	0	1.6	2.1	2.7
CF-190	40	>10	>10	>10	0.5	1.9	2.4	1.9	2.5	2.9
	60	6.2	7.0	8.2	0	0	0	1.5	2.3	2.7
	80	3.2	4.0	4.8	0	0	0	1.5	2.3	2.8
	90	2.8	3.4	4.2	0	0	0	1.4	2.4	2.7
	100	2.7	3.4	4.0	0	0	0	1.4	2.4	2.7

间和阴燃时间均保持稳定；进一步增加焙烘时间，涤纶织物的白度和手感变差。与阻燃剂DP-150相似，随着焙烘时间的增加，经阻燃剂CF-190处理的涤纶织物的阻燃效果增强，当焙烘时间高于90 s，阻燃性能没有显著提高，但白度、手感略微下降。因此，阻燃剂DP-150和CF-190的适宜焙烘时间分别为50 s和90 s。

2.5 轧液率优选

由表5可得，轧液率对涤纶织物的阴燃时间、续燃时间和燃烧损毁长度的影响较小，可能是由于涤纶纤维除了大分子两端的羟基外，分子中不含其他亲水性基团，且其结晶度高，分子链排列很紧密，吸水性较差，因此，轧液率对整理后的涤纶织物的阻燃性能影响小。

表5 轧液率对涤纶织物阻燃性能的影响

Tab.5 Effects of pick-up on flame retardant performance of polyester fabrics

阻燃剂	轧液率/%	续燃时间/s			阴燃时间/s			损毁长度/cm		
		未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤	未洗涤	50次洗涤	100次洗涤
DP-150	60	3.0	3.8	4.8	0	0	0	1.4	2.4	3.0
	70	2.8	3.7	4.7	0	0	0	1.4	2.4	3.0
	80	2.8	3.6	4.5	0	0	0	1.4	2.5	3.1
	100	2.6	3.5	4.4	0	0	0	1.4	2.4	3.0
	120	2.6	3.5	4.4	0	0	0	1.4	2.4	3.0
CF-190	60	3.0	3.6	4.7	0	0	0	1.5	2.3	2.8
	70	3.0	3.5	4.5	0	0	0	1.5	2.3	2.8
	80	2.9	3.4	4.5	0	0	0	1.4	2.3	2.8
	100	2.8	3.4	4.2	0	0	0	1.4	2.3	2.8
	120	2.7	3.4	4.0	0	0	0	1.5	2.3	2.8

下转第16页

由图4可知,丝胶蛋白的乳化活性和乳化稳定性在离子浓度从0增大到0.6 mol/L时,随离子浓度增加而增加,在0.6 mol/L时达到最大,即乳化性能最好;然后以0.6 mol/L为转折点,随离子浓度增加而逐步减小。这是由于较低质量分数的NaCl有助于蛋白的溶解,从而更充分地发挥其表面活性作用,NaCl浓度过高则起到了相反的作用^[10]。

3 结 语

缫丝、丝织、绢纺或丝绵等丝绸工业生产中产生大量的丝胶蛋白,具有多种药理作用或生物活性功能,在药物与生物材料方面有重要应用价值^[11-12]。本研究在前人基础上,依据丝胶蛋白的理化特征结合实际需要,对丝胶蛋白的乳化功能特性及其影响因素进行了初步研究。研究表明丝胶蛋白的二级结构及表面疏水性随溶液的pH值及离子强度的变化而变化,在丝胶蛋白的等电点或离子强度较低时,丝胶蛋白的二级结构主要以 α -螺旋形式存在^[10, 13-15],因此,蛋白质浓度、pH值、温度及离子强度可以影响其空间结构,从而会影响其乳化性能^[11-12]。故可以通过化学改性、DNA重组等技术提高丝胶蛋白乳化活性和乳化稳定性。

参考文献:

- [1]陈华,朱良均,闵思佳,等.蚕丝丝胶蛋白的结构、性能及利用[J].功能高分子学报,2000(9):344-348.
- [2]陈华,朱良均,闵思佳.蚕丝丝胶蛋白的利用研究[J].

东华大学学报,2002,28(3):133-135.

- [3]管军军,周瑞宝.大豆蛋白功能性研究.粮食与油脂[J].2001(9):29-31.
- [4]郭兴凤,阮诗丰.影响大豆分离蛋白乳化稳定性测定的几种因素研究[J].食品研究与开发,2006(6):59-61.
- [5]朱正华,陆旋,朱良均.丝素蛋白溶液乳化性质的研究[J].蚕业科学,2007,33(2):250-254.
- [6]王章存,姚惠源.大米蛋白乳化性质研究[J].食品科学,2005,26(2):43-46.
- [7]PEARCE K N, KINSELLA J E. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique[J]. J Agric Food Chem, 1978, 26 (3) : 716-723.
- [8]张雨青.丝胶蛋白的药理及其在医用材料上的应用[J].纺织学报,2003,24(3):98-100.
- [9]张涛,江波,王璋.鹰嘴豆分离蛋白的乳化性及结构关系[J].食品与发酵工业,2004,30(12):10-14.
- [10]陈爱梅,江连洲,欧阳占亮.大豆乳清蛋白功能特性的研究[J].中国油脂,2006,31(2):28-30.
- [11]张根生,岳晓霞,李继光,等.大豆分离蛋白乳化性影响因素的研究[J].食品科学,2006,27(7):48-51.
- [12]黄友如,华欲飞,裘爱泳.大豆分离蛋白功能性质及其影响因素[J].粮食与油脂,2003(5):12-15.
- [13]代君君,范涛,吴传华,等.丝胶蛋白粉的制备及其物理性质初探[J].中国农学通报,2008,24(4):16-18.
- [14]张慧媛,崔建云,胡长利,等.蚕丝的理化性质及其在食品中的应用[J].食品工业科技,2008(7):309-312.
- [15]齐军茹,彭志英.蛋白乳化活性与分子结构的关系[J].中国食品添加剂,2004(2):53-55.

上接第12页

3 结 论

通过比较7种阻燃剂对涤纶织物的阻燃效果,优选出阻燃剂DP-150和CF-190具有良好的耐久阻燃性能。通过研究阻燃剂质量浓度、焙烘温度、焙烘时间和轧液率,得到阻燃剂DP-150和CF-190对涤纶织物的优化阻燃工艺。阻燃剂DP-150质量浓度为150 g/L左右,轧液率为60%~120%,焙烘温度190℃,焙烘时间50 s;阻燃剂CF-190质量浓度为200 g/L左右,轧液率为60%~120%,焙烘温度160℃,焙烘时间90 s。经过50次和100次洗涤后,阻燃剂DP-150和CF-190整理的涤纶织物阻燃效果均可达到国家标准 B1级。

参考文献:

- [1]宗小燕,贺江平.纺织品的阻燃综述[J].染整技术,2006,28(10):15-17.
- [2]程莉萍.纯涤纶织物阻燃整理探讨:热溶法[J].四川联合

大学学报,1998,2(1):55-58.

- [3]张榕,朱新生,周舜华.涤纶阻燃技术研究进展[J].合成纤维,2006,35(8):9-12.
- [4]蒋春兰,余杨.耐久阻燃剂FRC21在纯涤纶织物上的应用[J].印染,2002(2):32-34.
- [5]佚名.用于涤纶织物的耐久阻燃剂[J].李芮,译,谢峥,校.印染,2006,32(4):54-55.
- [6]杨锦飞,丁海嵘.磷系阻燃剂的现状与展望[J].江苏化工,1999,27(6):1-6.
- [7]鹿海军,马晓燕,颜红侠.磷系阻燃剂研究新进展[J].化工新型材料,2001,29(12):7-10.
- [8]WANG L S, KANG H B, WANG S B. Solubilities, thermostabilities and flame retardance behaviour of phosphorus-containing flame retardants and copolymers[J]. Fluid Phase Equilibria, 2007, 258 (2): 99-107.
- [9]CHEN D Q, WANG Y Z, HU X P, et al. Flame-retardant and anti-dripping effects of a novel char-forming flame retardant for the treatment of poly(ethylene terephthalate) fabrics[J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 88(1): 349-356.