

黄原胶在低引燃倾向卷烟纸中的应用研究



作者简介：杨 扬女士，高级工程师；主要从事特种纸及纸基功能材料方面的研究。

杨 扬^{1,2} 王 浩^{3,*} 朝鲁门^{1,2,*} 郑 晗³ 白媛媛^{1,2}
谢 姣³ 王 萌^{1,2} 刘 文^{1,2}

(1. 中国制浆造纸研究院有限公司, 北京, 100102; 2. 制浆造纸国家工程实验室, 北京, 100102; 3. 云南中烟工业有限责任公司技术中心, 云南昆明, 650231)

摘 要：将黄原胶以及黄原胶与无机、有机阻燃剂复配用作阻燃涂料制备低引燃倾向（LIP）卷烟纸，分析了不同涂料对卷烟纸阻燃性能及透气度、抽吸品质、光学特性的影响。结果表明，单独用黄原胶做阻燃涂料，涂布量 $\geq 6.4 \text{ g/m}^2$ 时，涂布后卷烟纸的自动熄灭率 $> 75\%$ ，能够满足LIP卷烟的要求，但对卷烟的外观有一定负面影响；使用黄原胶-无机阻燃剂复合涂料时，涂布后卷烟纸的阻燃效果较差，即使涂布量达到 10.0 g/m^2 也难以达到LIP要求；使用黄原胶-有机阻燃剂复合涂料，在涂布量低于 4.0 g/m^2 时，卷烟纸也可达到LIP要求，比单独的黄原胶涂料具有更高效的阻燃效果，且对卷烟外观、吸味无明显影响。利用黄原胶-有机阻燃剂复合涂料进行阻燃卷烟纸的中试试验，当黄原胶-有机阻燃剂比例为1：8，涂布量 4.5 g/m^2 时，所制卷烟纸卷烟符合LIP要求。

关键词：黄原胶；低引燃倾向卷烟纸；阻燃性能

中图分类号：TS761.2 文献标识码：A DOI: 10.11980/j.issn.0254-508X.2021.05.008

Application of Xanthan Gum in Low Ignition Propensity Cigarette Paper

YANG Yang^{1,2} WANG Hao^{3,*} CHAO Lumen^{1,2,*} ZHENG Han³ BAI Yuanyuan^{1,2}
XIE Jiao³ WANG Meng^{1,2} LIU Wen^{1,2}

(1. China National Pulp and Paper Research Institute Co., Ltd., Beijing, 100102; 2. National Engineering Lab for Pulp and Paper, Beijing, 100102; 3. R&D Centre, China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming, Yunnan Province, 650231)

(*E-mail: wanghao9999@126.com; cholmon@126.com)

Abstract: In this study, xanthan gum and xanthan gum combined with inorganic or organic flame retardant were used as flame retardant coatings to prepare low ignition propensity (LIP) cigarette paper. The effects of different coatings on the flame retardancy, air permeability, smoking quality and optical properties of cigarette paper were analyzed. The results showed that when xanthan gum was used alone as flame-retardant coating with amount more than 6.4 g/m^2 , the automatic extinction rate of flame-retardant cigarette paper was higher than 75%, which could meet the requirements of LIP cigarette, but it had some negative influence on the appearance of cigarette. When xanthan gum-inorganic flame reactant composite coatings was used, the flame retardant effect of cigarette paper was not well, it was still difficult to meet the LIP requirements even the coating amount reached 10.0 g/m^2 . When xanthan gum-organic flame reactant composite coating was used, the LIP requirement could be met with the coating amount less than 4.0 g/m^2 , and it had no obvious influence on the appearance and smell of cigarette. The LIP cigarette paper was successfully produced in the pilot test when xanthan gum-organic flame reactant composite ratio was 1:8 and the coating amount reached 4.5 g/m^2 .

Key words: xanthan gum; low ignition propensity cigarette paper; flame retardancy

吸烟不仅危害人体健康，而且是引起火灾事故的主要原因之一。近年来，为了降低卷烟引起火灾的风险，世界上部分国家和地区（如美国、欧盟、加拿大、澳大利亚）相继颁布低引燃倾向卷烟相关法律，要求在本地区生产和销售的卷烟必须使用低引燃倾向卷烟纸。低引燃倾向（Lower Ignition Propensity, LIP

收稿日期：2020-12-28（修改稿）

基金项目：云南中烟工业有限责任公司科技项目（项目编号：2017CP01 & 2019CL01）。

*通信作者：王 浩，博士；主要从事卷烟材料研究及产品开发应用工作。朝鲁门，博士，高级工程师；主要从事无机及纸基功能新材料方面的研究。

或者 Reduced Ignition Propensity, RIP) 卷烟作为一种安全型卷烟,在非抽吸状态下能够自动熄灭,避免引燃其他物品,可以有效降低卷烟引起的火灾风险。因此,低引燃倾向卷烟纸成为烟草行业重点关注和研究的方向之一。LIP 卷烟纸可以通过表面涂布阻燃带、双层卷烟纸及浆内加填等技术得以实现,目前主要是采用操作简单、设置阻燃高效的阻燃带方式实现 LIP 卷烟纸的生产^[1-3]。含有阻燃带的卷烟纸是在卷烟纸的部分区域表面涂布或印刷成膜性涂层,降低卷烟纸透气性,有效阻隔氧气透过,阻止卷烟纸继续燃烧,从而降低卷烟引燃性。当卷烟燃烧至阻燃带位置,吸烟者继续抽吸卷烟能保持正常燃烧,不抽吸时卷烟则自动熄灭,从而降低引起火灾的概率。理想的 LIP 卷烟除满足上述要求外,还需要尽量不影响烟支的外观、抽吸品质及烟灰特性。目前,海藻酸钠、阿拉伯胶等具有增稠、成膜特性的多糖类物质常用作 LIP 卷烟的阻燃带涂料,多糖类物质来源广泛,既可以从动物、植物中获取,也可以利用微生物发酵技术获得,近年来,性能稳定、优质高效的微生物多糖受到人们的广泛关注。黄原胶是目前生产规模最大、用途最广的微生物多糖之一,黄原胶是以淀粉、蔗糖等碳水化合物为主要原料,利用野油菜黄单胞杆菌经好氧深层发酵制备的一种胞外微生物多糖。黄原胶在低浓度下具有较高的黏度,且具有良好的成膜性、稳定性及与其他多种物质的相容性,目前广泛应用于食品、医药、化妆品、石油工业等多个领域^[4-5]。本研究以微生物多糖黄原胶为增稠成膜助剂,分别与 2 种无机阻燃剂及 1 种有机阻燃剂复配制备阻燃涂料,涂覆在卷烟纸表面制得具有阻燃带的卷烟纸,研究了涂布量、复配助剂等因素对卷烟纸阻燃性能的影响。同时,对该方法制备的阻燃卷烟的外观和吸味进行评价,优选出易于实现生产、阻燃高效、能够满足低引燃倾向卷烟要求的 LIP 卷烟纸。

1 实验

1.1 实验原料

卷烟纸原纸,定量 28.2 g/m²;黄原胶,河南豫兴生物科技有限公司;无机阻燃剂 1,阿拉丁试剂(上海)有限公司;无机阻燃剂 2,取自中轻特种纤维材料有限公司,平均粒径 1.8 μm;有机阻燃剂,取自中轻特种纤维材料有限公司。

1.2 实验仪器及设备

电动搅拌器,上海一恒科技有限公司;高速分散机,上海涂料工业机械厂;透气度测量仪,中国科学

院安徽光学精密机械研究所;转鼓式干燥器,中国制浆造纸研究院有限公司;手动卷烟器;自制阻燃测试装置;扫描电子显微镜,日本日立公司;白度测定仪,美国 Technidyne 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 阻燃涂料的制备

称取一定量的水置于容器中,开启电动搅拌,缓慢加入黄原胶使其溶解待用;将无机阻燃剂 1 配制成质量分数 15% 的溶液,取一定量配制好的无机阻燃剂 1 与黄原胶溶液混合均匀,制备黄原胶-无机阻燃剂 1 涂料;用高速分散机制备固含量 50% 的无机阻燃剂 2 悬浮液,取一定量黄原胶溶液加入到无机阻燃剂 2 悬浮液中高速搅拌混合均匀,制备黄原胶-无机阻燃剂 2 涂料;有机阻燃剂材料用水溶解后,取一定量的黄原胶溶液与其混合,配制黄原胶-有机阻燃剂复合涂料。

1.3.2 涂布阻燃带

每支卷烟设有 2 个阻燃带,2 个阻燃带宽度均为 5 mm,2 个阻燃带之间的距离为 20 mm,第 1 个阻燃带距离卷烟燃烧端 15 mm。在阻燃带以外的其他部位贴好阻隔膜,用实验室涂布棒将涂料涂覆在阻燃带位置处,涂布后的卷烟纸用鼓风干燥箱干燥。

除涂布阻燃带外,用刮棒涂布满幅卷烟纸样,以用于测定涂布卷烟纸的透气度及光学性能。

1.3.3 卷烟

称取相同质量的烟丝,利用手动卷烟器将烟丝填充在涂布阻燃带后的卷烟纸中并卷制成烟支。

1.4 性能检测

1.4.1 阻燃性能测试

参照 ASTM E2187—09 的标准方法,自制阻燃性能测试装置,每次测试放置 10 层滤纸,每组测试 20 支卷烟。将点燃的卷烟放置在滤纸上,观察卷烟的燃烧特性,若卷烟燃烧至接装纸处熄灭,记为卷烟全长燃烧;若卷烟在任一阻燃带处熄灭或在阻燃带之后熄灭,记为自动熄灭。自动熄灭的卷烟数量占总点燃卷烟数量的百分比记为自动熄灭率,当自动熄灭率 ≥ 75% 时,则该卷烟为低引燃倾向(LIP)卷烟。

1.4.2 感官质量评价

对含有阻燃带的卷烟样品内在质量进行打分并统计,主要是对卷烟的刺激性、谐调、香气、杂气、余味 5 项指标进行综合评价,设置分值范围为 0~10 分,分值越高表明抽吸品质越好,阻燃带对卷烟的影响越小。

1.4.3 涂层形貌观察

选取涂布阻燃涂料后的卷烟纸粘贴在含有导电胶

的测试台上,进行喷金处理,利用扫描电子显微镜观察其形貌。

1.4.4 透气度测定

用透气度仪测定涂布阻燃涂料后卷烟纸的透气度。

1.4.5 光学性能测定

将阻燃涂料满幅涂布在卷烟纸上,干燥后测定涂布前后卷烟纸的白度、色度和不透明度,分析阻燃涂料对卷烟整体外观的影响。

2 结果与讨论

2.1 黄原胶单独用作阻燃涂料对卷烟纸阻燃性能的影响

用黄原胶涂布卷烟纸原纸,获得不同涂布量的卷烟纸,测定涂布前后卷烟纸的透气度、白度、 L 值、 a 值、 b 值及不透明度,测定含阻燃带的卷烟纸的阻燃性能,涂布面在卷烟内侧,结果如表1所示。

表1 单独使用黄原胶涂布后卷烟纸的性能
Table 1 Properties of cigarette paper coated with xanthan gum

涂布量 / $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	白度 /%	L 值	a 值	b 值	不透明 度/%	透气 度 /CU	自动 熄灭 率/%	感官质 量评价 分数
0	92.3	97.8	-0.13	1.58	75.4	59.4	0	8.6
1.3	91.7	97.5	-0.13	1.72	74.6	48.6	0	8.5
2.3	91.5	97.5	-0.13	1.73	74.3	31.2	0	8.2
3.6	91.1	97.4	-0.11	1.84	73.1	19.9	0	7.8
5.2	90.9	97.2	-0.15	1.86	72.6	8.6	15	7.5
6.4	90.5	97.1	-0.17	1.90	72.2	6.0	80	7.5
8.0	89.4	96.9	-0.22	2.28	71.8	1.8	100	7.0
9.8	88.3	96.7	-0.22	2.58	71.1	—	100	6.8
12.1	87.9	96.6	-0.25	2.86	70.5	—	100	6.5

从表1可以看出,单独使用黄原胶为涂料涂布卷烟纸,当涂布量 $\geq 6.4 \text{ g/m}^2$ 时涂布阻燃带的卷烟自动熄灭率 $>75\%$,满足LIP卷烟的要求。涂布黄原胶阻燃涂料的卷烟全长燃烧和自动熄灭卷烟的状态如图1所示,从图1可以看出黄原胶涂料对卷烟燃烧后烟灰外观及包灰性能无明显影响。涂布前后卷烟纸的SEM图如图2所示,从图2可以看出,卷烟纸原纸表面能清晰地看到纤维交织及填料分布状态,经涂布后黄原胶形成膜状物质覆盖在纸张表面,随着涂布量的增加,黄原胶成膜的连续性越好,卷烟纸透气度下降(如表1所示),当涂布量达到 6.4 g/m^2 时,卷烟纸表面大部分被膜状物覆盖,透气度由卷烟纸原纸的59.4 CU降至6.0 CU,卷烟纸表面的膜状物能够阻隔氧气而使卷烟中断燃烧、自动熄灭。

从表1还可以看出,随着黄原胶涂布量的增加,卷烟纸的白度降低, b 值增加,这表明涂布黄原胶后卷烟纸变黄;涂布后卷烟纸的不透明度也有所降低。当涂布量达到能够满足LIP卷烟要求时,涂布后卷烟纸的白度值和不透明度均分别降低了约3个百分点。对涂布黄原胶的卷烟样品进行感官质量评吸,发现随着涂布量增加,对卷烟抽吸品质的影响增大。

综上所述,单独使用黄原胶用于LIP卷烟的阻燃涂料,涂布量需达到 6.4 g/m^2 以上才能满足LIP卷烟的要求,但是较高的涂布量会导致卷烟纸阻燃带部位比其他部位颜色偏黄且透明,影响卷烟纸外观。此外,黄原胶具有较高的黏度,即使在较低质量分数下其黏度也较大,因此黄原胶难以配制成高浓度的溶液,实际生产中利用较低浓度的黄原胶难以一次实现较高的涂布量,采用多次涂布的方式操作复杂。因此,考虑将黄原胶与其他阻燃剂复配,通过协同增效作用,制备适用于实际生产的LIP卷烟纸。

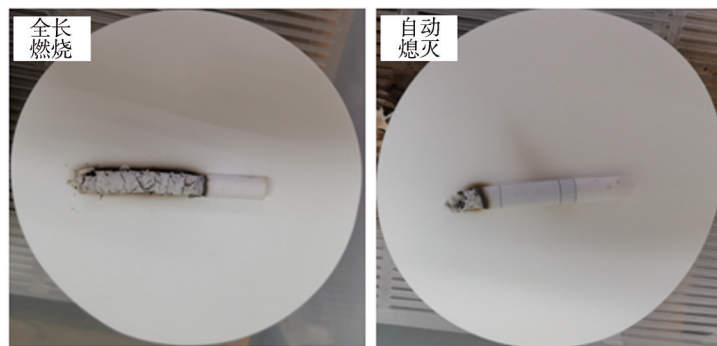


图1 全长燃烧和自动熄灭卷烟照片

Fig. 1 Photos of full length burning and self extinguishing cigarettes

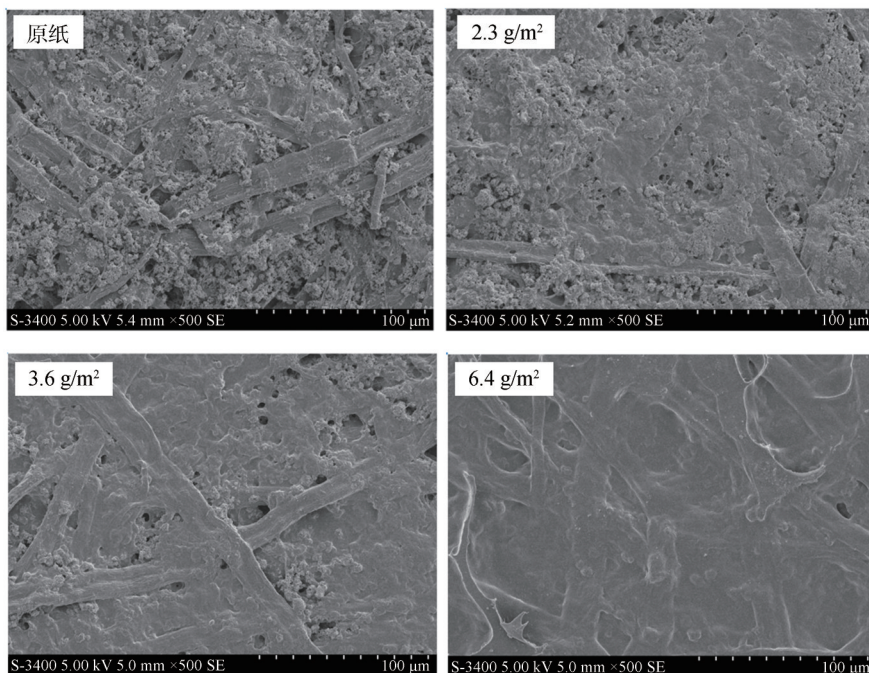


图2 卷烟纸原纸及涂布黄原胶后部分卷烟纸的SEM图

Fig. 2 SEM images of cigarette paper and xanthan gum coating

2.2 黄原胶-无机阻燃剂1复合涂料对卷烟纸阻燃性能的影响

无机阻燃剂1为不可燃物质，加热后会熔融成透明液体，形成玻璃或液态保护层，降低氧气扩散和热量传递，本实验将无机阻燃剂1与黄原胶混合复配，以期通过二者的协同作用提高阻燃效率。改变混合涂料中黄原胶与无机阻燃剂1的比例，测定不同涂布量时涂布卷烟纸的透气度、白度、 L 值、 a 值、 b 值及不透明度，测定含阻燃带卷烟纸的阻燃性能，涂布面在卷烟内侧，结果如表2所示。

从表2可以看出，当涂料中黄原胶-无机阻燃剂1的比例为2:1时，涂布量达到 10.5 g/m^2 才能满足LIP卷烟的阻燃要求，仅使用黄原胶时涂布量 6.4 g/m^2 即能达到LIP卷烟要求；混合涂料中无机阻燃剂1占比的增加不利于阻燃效果，混合涂料中无机阻燃剂1占比50%以上，涂布量达到 10.0 g/m^2 以上仍不能满足LIP卷烟的要求。这可能是因为混合涂料中黄原胶占比的下降，导致涂料在卷烟纸表面的成膜性变差，图3为黄原胶-无机阻燃剂1涂布后卷烟纸的SEM图。图3结合表2可以看出，在相同涂布量（ $6.0 \sim 7.0 \text{ g/m}^2$ ）时，混合涂料比单独黄原胶涂布后卷烟纸的透气度高且成膜性差。尽管无机阻燃剂1能够降低卷烟纸的燃烧速率，但成膜性变差对阻燃的负面影响作用更大，导致黄原胶-无机阻燃剂1复合涂料的阻燃效果

较差。

黄原胶-无机阻燃剂1复合涂料对卷烟纸光学性能的影响与单独黄原胶涂布的卷烟纸类似，随着涂布量的增加，卷烟纸白度和不透明度降低；黄原胶-无机阻燃剂1比例为2:1，涂布量为 10.5 g/m^2 时，白度和不透明度分别比卷烟纸原纸降低了2.5和3.4个百分点。涂布量和无机阻燃剂1占比增加均不利于卷烟的抽吸品质。此外，当涂料中无机阻燃剂1占比较高且涂布量较高时，卷烟阻燃带部位燃烧后的烟灰呈黑色，影响烟灰的美观，图4为涂布黄原胶-无机阻燃剂1复合涂料卷烟全长燃烧图，由图4可以看出，卷烟阻燃带部位的烟灰较为挺硬，这是因为无机阻燃剂1加热熔融，经冷却后会固化为不透明的玻璃状物质。

2.3 黄原胶-无机阻燃剂2复合涂料对卷烟纸阻燃性能的影响

无机阻燃剂2是一种环保填充型阻燃剂，主要依靠受热时发生化学分解吸热和释放出热容较大的水而起到阻燃的作用。实验采用黄原胶与无机阻燃剂2复配，改变混合涂料中二者的比例及涂布量，测定涂布后卷烟纸的透气度、白度、 L 值、 a 值、 b 值及不透明度，测定含阻燃带卷烟纸的阻燃性能，涂布面在卷烟内侧，结果如表3所示。

从表3可以看出，黄原胶-无机阻燃剂2复合涂料

表2 黄原胶-无机阻燃剂1复合涂料涂布后卷烟纸的性能

Table 2 Properties of cigarette papers coated with xanthan gum/inorganic flame retardant 1 composite coating

黄原胶:无机阻燃剂1	涂布量/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	白度/%	L值	a值	b值	不透明度/%	透气度/CU	自动熄灭率/%	感官质量评价分数
原纸	0	92.3	97.8	-0.13	1.58	75.4	59.4	0	8.6
2:1	3.9	91.7	97.5	-0.14	1.78	74.0	35.2	0	8.2
	6.5	91.6	97.4	-0.14	1.84	73.1	16.8	0	8.0
	8.3	90.7	97.3	-0.16	1.90	72.5	8.7	50	8.0
	10.5	89.8	97.0	-0.18	2.26	72.0	3.9	80	7.6
1:1	4.8	91.6	97.5	-0.13	1.73	73.8	30.2	0	—
	6.2	91.5	97.4	-0.14	1.80	73.0	18.7	0	—
	8.5	91.4	97.3	-0.16	1.82	72.9	10.2	0	—
	10.3	90.8	97.2	-0.16	2.18	71.9	3.7	40	—
1:2.5	5.8	91.7	97.5	-0.13	1.54	73.2	33.6	0	—
	7.7	91.6	97.6	-0.16	1.69	72.6	12.4	0	—
	10.9	91.5	97.5	-0.16	1.94	71.6	5.3	0	—
1:4.5	7.0	91.6	97.6	-0.15	1.58	73.0	26.8	0	—
	10.0	91.3	97.4	-0.15	1.78	72.0	15.9	0	—
	12.2	91.12	97.48	-0.17	1.95	70.9	7.6	0	—

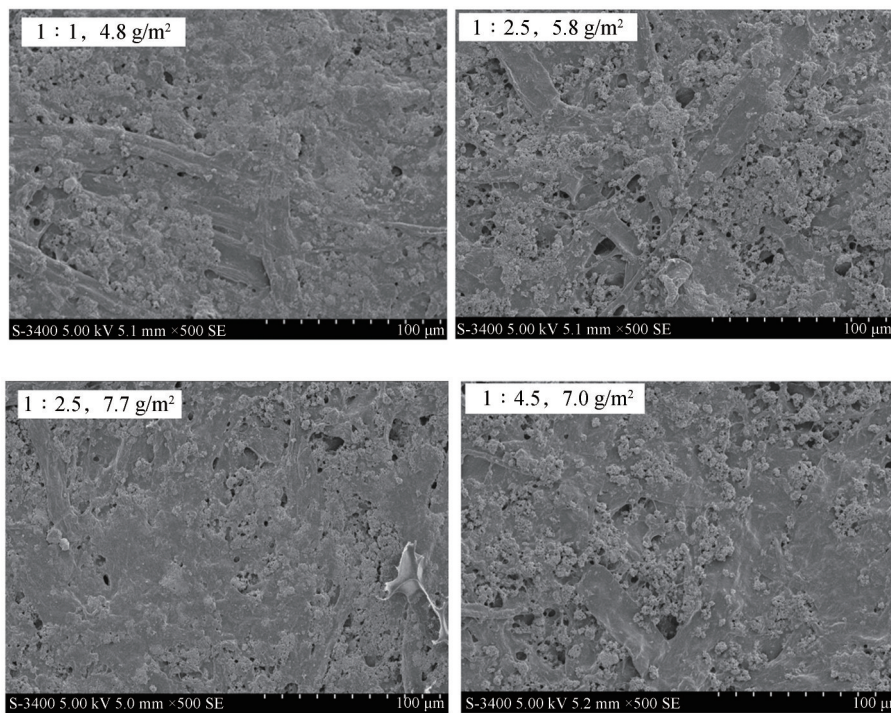


图3 涂布黄原胶-无机阻燃剂1复合涂料后部分卷烟纸的SEM图

Fig. 3 SEM images of cigarette papers coated with xanthan gum/ inorganic flame retardant 1 composite coating

在不同比例、不同涂布量时阻燃效果均较差，即使在较高的涂布量下阻燃效果也不佳，如黄原胶：无机阻燃剂2=1：10、涂布量为 22.4 g/m^2 时，卷烟燃烧至阻

燃带处燃烧速率降低，但未能充分阻燃，仍不满足LIP的卷烟要求，这表明阻燃涂料中无机阻燃剂2的加入不及单独使用具有成膜性的黄原胶阻燃更加有

表3 黄原胶-无机阻燃剂2复合涂料涂布卷烟纸的性能

Table 3 Properties of cigarette papers coated with xanthan gum/inorganic flame retardant 2 composite coating

黄原胶-无机阻燃剂2比例	涂布量/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	白度/%	L值	a值	b值	不透明度/%	透气度/CU	自动熄灭率/%
原纸	0	92.3	97.8	-0.13	1.58	75.4	59.4	0
1:1	2.8	92.5	97.9	-0.13	1.74	76.9	15.5	0
	6.0	92.4	97.9	-0.14	1.74	78.5	4.20	0
	9.6	92.5	98.0	-0.13	1.74	80.1	—	15
1:3	3.3	92.6	97.9	-0.11	1.62	79.2	11.2	0
	8.6	92.8	98.0	-0.11	1.57	81.4	2.3	0
	12.2	93.2	98.1	-0.11	1.51	83.6	—	10
1:5	8.5	93.1	98.0	-0.10	1.50	84.7	—	0
	12.0	—	—	—	—	—	—	0
1:10	22.4	—	—	—	—	—	—	35



图4 涂布黄原胶-无机阻燃剂1复合涂料卷烟燃烧后的状态图

Fig. 4 Photo of cigarette after burning with xanthan gum/inorganic flame retardant 1 composite coating

效。值得注意的是,当复合涂料的涂布量 $\geq 8.0 \text{ g/m}^2$ 时,卷烟纸的透气度降低至3 CU以下,透气度很低,结合图5也可以看出,较高涂布量时,无机阻燃剂2颗粒完全覆盖卷烟纸表面,但其阻燃效果仍较差,原因可能为无机阻燃剂2涂层燃烧形成的炭层出现细小裂纹,导致无法有效阻隔氧气,从而使卷烟纸继续燃烧不能达到阻燃的目的^[6]。

此外,由于所用无机阻燃剂2的白度较高,当涂布量较高时卷烟阻燃带部位白度和不透明度较高,从表3的光学性能指标也可以看出,随着涂布量的增加,卷烟纸的白度、不透明度均增加,肉眼观察也较为明显,影响卷烟的外观状态。

2.4 黄原胶-有机阻燃剂复合涂料对卷烟纸阻燃性能的影响

实验所用有机阻燃剂材料无毒无味,具有良好的

延展性、稳定性和成膜性。改变混合涂料中二者的比例及涂布量,测定涂布后卷烟纸的透气度、白度、L值、a值、b值及不透明度,测定含阻燃带卷烟纸的阻燃性能,涂布面在卷烟内侧,结果如表4所示。

从表4可以看出,当复合涂料中黄原胶与有机阻燃剂的比例为1:1,涂布量达到 5.5 g/m^2 时,涂有阻燃带的卷烟自动熄灭率为85%,满足LIP卷烟要求。当复合涂料中有机阻燃剂占比 $> 50\%$ 时,涂布量降低至 4.0 g/m^2 以下也能满足LIP卷烟要求,这表明有机阻燃剂对含有黄原胶涂料的阻燃卷烟纸具有增效作用,这是因为有机阻燃剂的成膜性优于黄原胶,与黄原胶混合使用能够进一步提升涂料在卷烟纸表面的覆盖,图6为黄原胶-有机阻燃剂复合涂料涂布后卷烟纸的SEM图,结合图2及表1、表4中的透气度数值可知,与单独使用黄原胶涂料相比,在相同涂布量($3.0 \sim 4.0 \text{ g/m}^2$)时,涂布复合涂料卷烟纸的透气度较低,黄原胶-有机阻燃剂复合涂料在纸张表面的成膜性更好,所以复合涂料能够在涂布量低于 4.0 g/m^2 时有效阻隔氧气,达到阻燃的目的。

从表4的光学性能数据可以看出,黄原胶-有机阻燃剂复合涂料阻燃带对卷烟纸白度、色度和不透明度的影响较小,由表1和表4可知,仅使用黄原胶涂布,涂布量 5.0 g/m^2 左右时,卷烟纸不透明度为72.6%,而黄原胶-有机阻燃剂混合涂料在相同涂布量下,卷烟纸不透明度均 $> 74.0\%$,且复合涂料涂布的卷烟纸未呈现单独黄原胶涂料阻燃带部位偏黄的现象,复合涂料对卷烟外观影响较小。对黄原胶-有机阻燃剂复合涂料卷烟进行感官质量评价,在达到LIP要求的涂布量($< 4.0 \text{ g/m}^2$)时,抽吸品质与卷烟纸原纸相当,

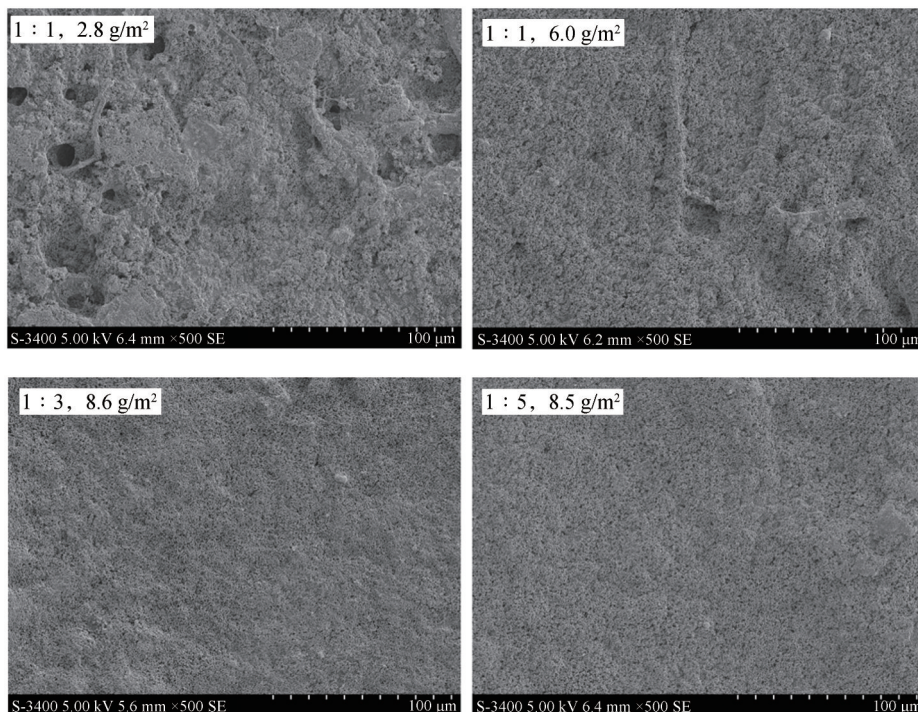


图5 涂布黄原胶-无机阻燃剂2复合涂料后部分卷烟纸的SEM图

Fig. 5 SEM images of cigarette papers coated with xanthan gum/ inorganic flame retardant 2 composite coating

表4 黄原胶-有机阻燃剂复合涂料涂布后卷烟纸的性能

Table 4 Properties of cigarette papers coated with xanthan gum/ organic flame retardant composite coating

黄原胶:有机阻燃剂	涂布量/ $g \cdot m^{-2}$	白度/%	L值	a值	b值	不透明度/%	透气度/CU	自动熄灭率/%	感官质量评价分数
原纸	0	92.3	97.8	-0.13	1.58	75.4	59.4	0	8.6
1:1	2.2	91.6	97.5	-0.14	1.64	74.9	14.6	0	8.5
	3.7	91.5	97.5	-0.15	1.71	74.3	9.7	40	8.0
	5.5	91.2	97.5	-0.15	1.76	74.4	5.0	85	7.5
	6.7	91.1	97.4	-0.16	1.84	73.4	—	100	7.3
	2.6	91.5	97.5	-0.14	1.62	74.9	7.6	0	8.3
1:2	3.9	91.4	97.5	-0.14	1.72	74.4	6.3	75	8.0
	5.0	91.2	97.4	-0.16	1.78	74.0	3.9	100	7.8
	2.4	91.5	97.5	-0.15	1.64	74.7	7.1	0	8.5
1:4	3.6	91.4	97.5	-0.15	1.64	74.5	6.0	80	8.1
	5.2	90.9	97.3	-0.17	1.75	74.3	2.5	100	7.6
	2.7	91.5	97.6	-0.15	1.60	74.6	6.4	30	9.1
1:5	3.6	91.5	97.5	-0.14	1.64	74.5	5.7	85	8.5
	5.5	91.0	97.4	-0.17	1.74	74.3	1.3	100	8.0

复合阻燃涂料不会增加卷烟的杂气和刺激性气味，且对卷烟的香气风格无明显影响。

2.5 阻燃带涂布在卷烟纸的正反面或反面对阻燃效果的影响

以黄原胶-有机阻燃剂复合涂料按阻燃带规格涂

布卷烟纸原纸，固定黄原胶和有机阻燃剂比例为1:2，涂布量2.0~5.0 g/m^2 ，分别将阻燃涂料涂覆在卷烟纸原纸的正反面（卷成烟支后阻燃带位于卷烟外侧）、反面（卷成烟支后阻燃带位于卷烟内侧）以及正反两面（正面和反面涂布量相同，涂布位置一致，卷成烟支

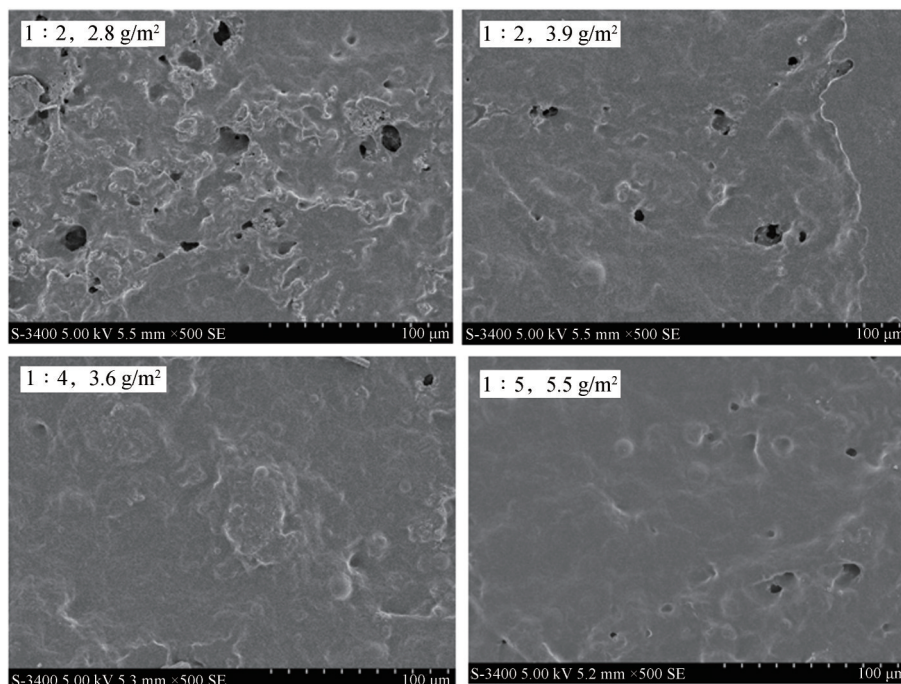


图6 涂布黄原胶-有机阻燃剂复合涂料后部分卷烟纸的SEM图

Fig. 6 SEM images of cigarette papers coated with xanthan gum/ organic flame retardant composite coating

后卷烟内外两侧均有阻燃带), 测定阻燃带分别位于卷烟外侧、内侧及两侧时卷烟纸的阻燃性能, 并观察涂布后卷烟的外观形态及燃烧后的烟灰状态, 结果如表5所示。

从表5可以看出, 当涂布量为 3.3 g/m^2 时, 阻燃带涂料涂布在外侧和两侧均能满足LIP要求, 阻燃效果优于内侧。通过观察阻燃带涂料在不同位置时卷烟

表5 涂布位置对黄原胶-有机阻燃剂复合涂料涂布后卷烟纸阻燃性能的影响

Table 5 Effect of coating position on flame retardancy of cigarette paper coated with xanthan gum/organic flame retardant composite coating

涂布量 $/\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	阻燃带 位置	自动熄 灭率/%	燃烧前后卷烟及烟灰外观状态
2.3	外侧	0	全长燃烧, 对卷烟及烟灰无影响
	内侧	0	全长燃烧, 对卷烟及烟灰无影响
	两侧	0	全长燃烧, 对卷烟及烟灰无影响
3.3	外侧	85	自动熄灭后, 阻燃带部位大面积变黑
	内侧	40	全长燃烧, 对卷烟及烟灰无明显影响
	两侧	90	自动熄灭后, 阻燃带部位变黑
4.8	外侧	95	自动熄灭后, 阻燃带部位大面积变黑
	内侧	85	自动熄灭, 对卷烟及烟灰
	两侧	95	自动熄灭后, 阻燃带部位变黑

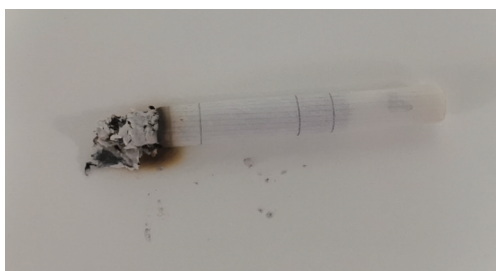
的燃烧状态, 发现复合涂料在卷烟外侧会影响燃烧熄灭后卷烟的表面状态, 与涂料在内侧相比, 阻燃带部位会出现较大面积发黑的现象, 如图7所示, 影响卷烟的外观。

2.6 黄原胶-有机阻燃剂复合阻燃涂料中试试验

在备料罐中配制黄原胶-有机阻燃剂复合涂料, 利用凹版印刷机对卷烟纸原纸进行印刷, 共开展2次中试试验, 黄原胶和有机阻燃剂的比例分别为1:4、1:8, 其他试验条件一致。凹版印刷机运行车速60~70 m/min, 幅宽1000 mm; 阻燃带宽度6 mm, 间距20 mm, 阻燃涂料印刷在卷烟原纸的反面(最终卷在卷烟内侧靠近烟丝端)。阻燃涂料印刷完成后, 对带有阻燃带的卷烟纸进行分切、卷烟, 测定阻燃效果, 结果如表6所示。复合阻燃涂料中黄原胶与有机阻燃剂比例为1:4时, 利用凹版印刷机印刷卷烟纸上料, 涂布量较低, 卷制成卷烟后不能满足LIP卷烟要求, 当黄原胶与有机阻燃剂比例为1:8, 涂布量为 4.5 g/m^2 时, 卷制成卷烟的自动熄灭率 $>75\%$, 可以满足LIP要求, 且对卷烟的吸味无明显影响, 这与实验室结果相符。制备的LIP卷烟在第1个阻燃带位置自动熄灭后, 继续抽吸仍能持续燃烧, 燃烧至第2个阻燃带位置时再次自动熄灭, 如图8所示, 且燃烧后的烟灰与卷烟纸原纸无差别, 无变黑现象。



(a) 阻燃带涂布外侧



(b) 阻燃带涂布内侧

图7 涂布量4.8 g/m²阻燃涂料涂在不同位置时卷烟燃烧后的状态图

Fig. 7 Photos of cigarette after burning with flame retardant coating applied at different positions when coating weight was 4.8 g/m²

表6 黄原胶-有机阻燃剂复合阻燃涂料涂布后卷烟纸的中试试验

Table 6 Pilot test of cigarette paper with xanthan gum/organic flame retardant composite coating

黄原胶:有机阻燃剂	涂布量/g·m ⁻²	自动熄灭率/%	透气度/CU	感官质量评价得分
1:4	3.2	10	10.9	8.4
1:8	4.5	85	3.7	8.0



图8 中试试验制备的LIP卷烟燃烧状态图

Fig. 8 Combustion photo of LIP cigarette prepared in pilot test

3 结论

3.1 黄原胶单独用作阻燃涂料,当涂布量 ≥ 6.4 g/m²时涂布阻燃带的卷烟纸卷烟后自动熄灭率 $> 75\%$,满足低引燃倾向卷烟纸的阻燃要求,但涂布量较高时卷烟纸阻燃带处偏黄且不透明度降低,影响外观。

3.2 黄原胶-无机阻燃剂1复合涂料、黄原胶-无机阻燃剂2复合涂料涂布后卷烟纸的阻燃效果较差,尤其当复合涂料中黄原胶占比较低时,涂有阻燃带的卷烟难以达到低引燃倾向卷烟纸的要求。

3.3 黄原胶-有机阻燃剂复合涂料涂布后卷烟纸的阻燃效果较好,当黄原胶与有机阻燃剂的比例为1:2,涂布量 ≥ 3.9 g/m²即能够达到低引燃倾向卷烟纸的要求;复合涂料中有机阻燃剂比例越大,阻燃效率越高;当涂布量较低时,阻燃涂料涂布在卷烟外侧阻燃效果优于涂布在卷烟内侧,但涂料在外侧会使卷烟熄灭部位大面积变黑,一定程度上影响外观状态。

3.4 利用黄原胶-有机阻燃剂复合阻燃涂料进行中试试验,采用凹版印刷机将阻燃涂料印刷在卷烟纸原纸上形成阻燃带,当黄原胶与有机阻燃剂比例为1:8,涂布量4.5 g/m²时,中试阻燃卷烟纸卷烟测试能够达到低引燃倾向卷烟纸的要求。

参 考 文 献

- [1] 郑 晗,张 莹,王 浩,等.低引燃倾向卷烟纸的研究与应用[J].中国造纸,2017,36(9):78-81.
ZHENG H, ZHANG Y, WANG H, et al. Research Progress and Application of Low Ignition Propensity Cigarette Paper[J]. China Pulp & Paper, 2017, 36(9): 78-81.
- [2] 周明珠,邢 军,张文灿,等.新型阻燃剂在低引燃倾向卷烟纸生产中的应用[J].中国造纸,2019,38(4):73-76.
ZHOU M Z, XING J, ZHANG W C, et al. Application of New Flame Retardant in the Production of Cigarette Paper with Low Ignition Tendency[J]. China Pulp & Paper, 2019, 38(4): 73-76.
- [3] 许日鹏.低引燃倾向卷烟纸的制备技术研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2009.
XU R P. Preparation Technology of Low Ignite Propensity Cigarette Paper[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2009.
- [4] 邱嘉辉,何亚文.微生物胞外多糖黄原胶的应用与研究进展[J].激光生物学报,2019,28(5):385-393.
QIU J H, HE Y W. Advances in Applications and Research of Xanthan Gum[J]. Acta Laser Biology Sinica, 2019, 28(5): 385-393.
- [5] 郭 瑞,丁恩勇.黄原胶的结构、性能与应用[J].日用化学工业,2006,36(1):42-45.
GUO R, DING E Y. Structure Performance and Applications of Xanthan Gum[J]. China Surfactant Detergent & Cosmetics, 2006, 36(1): 42-45.
- [6] 曹微虹.铝-镁系防火涂层阻燃木塑复合材料的研究[D].南京:南京林业大学,2011.
CAO W H. Study on Aluminum-magnesium Series Firerroof Coating Flame Retardant Wood-plastic Composite [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2011. [CPP]

(责任编辑:董凤霞)