



王宜鹏,韩龙洋,孙学辉,等. 改性 GPA 降低纸-醋二元复合滤棒卷烟主流烟气中苯酚释放量的研究[J]. 轻工学报,2022,37(4):66-72.

WANG Y P, HAN L Y, SUN X H, et al. Study on the reduction of phenol release in mainstream cigarette smoke containing paper-cellulose acetate binary filter by the modification of GPA[J]. Journal of Light Industry, 2022, 37(4):66-72. DOI:10.12187/2022.04.009

# 改性 GPA 降低纸-醋二元复合滤棒卷烟主流烟气中苯酚释放量的研究

王宜鹏<sup>1</sup>, 韩龙洋<sup>2</sup>, 孙学辉<sup>1</sup>, 孙培健<sup>1</sup>, 杨松<sup>1</sup>, 贾云祯<sup>1</sup>, 张晓兵<sup>1</sup>, 聂聪<sup>1</sup>

1. 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 河南 郑州 450001;
2. 吉林烟草工业有限责任公司 技术中心, 吉林 长春 130033

**摘要:** 将  $\beta$ -D-葡萄糖五乙酸酯(GPA)分别与5种黏性材料共混制备水性涂布材料,根据黏度、固含量和实验室评价结果筛选出最佳黏性材料并对共混质量比进行优化,对最优改性 GPA 水性涂布材料进行卷烟应用评价。结果表明:最优黏性材料为 PEG600,且当 GPA 与 PEG600 的质量比为 1:1 时,实验室综合评价效果最佳;使用涂布材料后的涂布纸定量、滤棒质量和压降均有所增加,但卷烟烟支质量和吸阻仅略微增加,其他参数则变化较小;涂布卷烟主流烟气中总粒相物和焦油均释放量均略低于未涂布样品,其烟碱释放量、水分、抽吸口数均与未涂布卷烟相同;相比于未涂布卷烟,涂布卷烟主流烟气中苯酚释放量降低率为 47.1%,其他 6 种有害成分均有一定程度的降低,但降低幅度不大;此外,涂布卷烟感官品质与未涂布卷烟也无明显差异。

**关键词:**  $\beta$ -D 葡萄糖五乙酸酯(GPA);纸-醋二元复合滤棒;卷烟主流烟气;苯酚释放量

**中图分类号:** TS411.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2022)04-0066-07

## 0 引言

纸滤棒诞生于 20 世纪 20 年代,相比于醋纤滤棒,纸滤棒具有价格较低、焦油和烟碱截留效率较高、可生物降解等诸多优点,但纸滤棒也存在着易热塌陷、酚类物质截留效率较低、影响卷烟感官品质等缺点,通过纸醋滤棒复合虽然能够改善纸滤棒的部分缺陷,但其仍旧未能在现代卷烟生产中得到广泛应用<sup>[1-5]</sup>。随着社会对吸烟与健康问题日益关注和降低焦减害要求的不断提高,具有较大潜在应用价值的纸-醋二元复合滤棒重新引起了人们的关注。

苯酚是卷烟主流烟气中 7 种代表性有害成分之一<sup>[6]</sup>,是卷烟抽吸过程中由烟草燃烧、裂解和蒸馏而产生的<sup>[7]</sup>,对吸烟者健康存在一定的危害<sup>[8-9]</sup>。为解决纸-醋二元复合滤棒对卷烟主流烟气中苯酚截留效率较低的问题,国内外学术界、产业界进行了较多研究。姚二民等<sup>[10]</sup>制备了一种在纸棒部分添加茶叶粉末的纸-醋二元复合滤棒,对焦油、烟碱、苯酚等都有一定的截留效果。湖北中烟工业有限责任公司<sup>[11]</sup>发明的一种由改性二醋酸纤维配合木浆纤维、麻浆纤维制成的纸-醋二元复合滤棒,对卷烟烟气中的焦油、酚类物质等有较好的过滤作用。盛

收稿日期:2021-08-13;修回日期:2022-01-18

基金项目:中国烟草总公司重点研发项目(110202002002);中国烟草总公司郑州烟草研究院院长科技发展基金项目(332014CA0340)

作者简介:王宜鹏(1983—),男,河南省新乡市人,中国烟草总公司郑州烟草研究院高级工程师,主要研究方向为卷烟降焦减害。E-mail:187362759@qq.com

通信作者:聂聪(1972—),男,河南省郑州市人,中国烟草总公司郑州烟草研究院研究员,主要研究方向为烟用材料和卷烟降焦减害技术。E-mail:niec@ztri.com.cn

培秀等<sup>[12]</sup>研究开发了一种在原纸中添加醋酸纤维素的纸滤棒,通过复合后制备的纸-醋二元复合滤棒对烟气中苯酚有一定的截留作用且对卷烟感官品质无明显影响。高明奇等<sup>[13]</sup>制备了一种在纸段涂布氧化石墨烯-壳聚糖复合物的纸-醋二元复合滤棒,可有效降低卷烟主流烟气中苯酚和巴豆醛释放量。可见,目前关于降低纸-醋二元复合滤棒型卷烟主流烟气中苯酚释放量的研究主要集中在原纸改性上,由于改性剂用量较大,成本相对较高,易对原纸生产控制、纸张品质及滤棒结构性能等产生一定影响,故不利于该滤棒的推广使用。

与原纸改性方式相比,将液体材料通过涂布的方式应用于纸-醋二元复合滤棒具有诸多优势,如对滤棒结构性能影响较小、适用性较强、应用成本相对较低等。基于此,本研究拟利用苯酚中羟基易与酯基形成氢键的特性<sup>[14-16]</sup>,将含有较多酯基基团的 $\beta$ -D-葡萄糖五乙酸酯( $\beta$ -D-Glucose Pentaacetate, GPA)与不同黏性材料分别进行共混制备不同配方的改性 GPA 水性涂布材料,筛选出效果最佳黏性材料,在此基础上进行质量比的优化,并对其进行卷烟应用评价,以期能为纸-醋二元复合滤棒型卷烟的推广使用提供一些技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料和仪器

主要材料:GPA,分析纯,购自浙江迪耳化工有限公司;麦芽糊精(MD),食品级,购自孟州金玉米有限责任公司;黄糊精(YD),食品级,购自郑州隆鑫生物科技有限公司;聚乙二醇 600(PEG600),分析纯,购自上海阿拉丁生化科技股份有限公司;聚醋酸乙烯酯乳液(PVAc),食品级,购自安徽芜湖星光合成材料有限公司;阿拉伯胶(AS),食品级,购自河南蓝鼎生物科技有限公司;去离子水,自制;纤维素纸(定量 3.6 mg/cm<sup>2</sup>, 210 mm 宽),购自浙江嘉兴长禾纸业公司;黄金叶某规格卷烟,河南中烟工业有限责任公司提供。

主要仪器:Brookfield(DV-II+Pro)型旋转黏度仪,美国博勒飞公司产;HX 204 型快速水分测试仪,瑞士梅特勒-托利多公司产;NEXUS-470 型傅里叶

变换红外光谱仪,美国尼高力公司产;SM450 型直线型吸烟机,英国斯茹林公司产;6890-5973 N 型气相色谱-质谱联用仪、1200 型高效液相色谱仪(配备二极管阵列检测器 DAD-荧光检测器),美国安捷伦公司产;AA3 型连续流动仪,德国布朗卢比公司产;ICS-2500 型离子色谱仪,美国戴安公司产。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 改性 GPA 水性涂布材料的制备

##### 1) GPA 预处理

将 GPA 进行粉碎处理后过筛,并选取大于 200 目的粉末,放入 60 °C 烘箱中干燥 24 h,备用。

##### 2) 材料制备

在去离子水中分别加入黏性材料 MD、YD、PEG600、PVAc 和 AS,搅拌 20 min 后,将预处理过的 GPA(GPA 与黏性材料的质量比均为 1:2)边搅拌边缓慢加入溶液,溶液中的理论固含量设置为 40%,在室温条件下继续搅拌 2 h,然后使用 200 目滤布过滤,去除滤渣后即得 GPA/MD、GPA/YD、GPA/PEG600、GPA/PVAc 和 GPA/AS 型水性涂布材料。

##### 3) 技术指标测试

黏度测试:将待测材料于 25 °C 条件下平衡 24 h,然后采用旋转黏度仪测试其黏度,所用转子为 S34,转速为 30 r/min,测试温度为 25 °C。

固含量测试:采用快速水分测试仪对水性涂布材料的固含量进行测试。

##### 4) 红外表征

将水性涂布材料烘干,采用溴化钾压片法制备样品,然后采用傅里叶变换红外光谱仪对所制备的样品进行红外表征。

#### 1.2.2 改性 GPA 水性涂布材料实验室评价

参照文献<sup>[17-18]</sup>,将改性 GPA 水性涂布材料涂在纤维素纸上(材料涂布量均为 20 mg/支),经处理后制得涂布纸。利用涂布纸制备纸滤棒,并与醋纤滤棒复合制得纸-醋二元复合滤棒,接装在黄金叶某牌号卷烟上卷制卷烟样品。分别对水性涂布材料进行实验室评价,以苯酚释放量降低性能和附着力为指标,筛选出最优黏性材料,再进行 GPA 和黏性材料的共混质量比优化。

### 1) 苯酚释放量降低性能检测

采用卷烟滤嘴添加剂减害性能模拟评价装置<sup>[18]</sup>评价涂布材料降低卷烟主流烟气中苯酚释放量的性能。

### 2) 附着力评价

涂布材料附着力程度的评价以实验时涂布纸是否掉粉来表征,评价时先将涂布纸铺于一光滑水平台上,使用黑色海绵刷从涂布纸的一边刷向另一边,观察海绵刷上面是否吸附有白色粉末,如有,说明涂布纸有掉粉现象,涂布材料附着力弱,反之则说明涂布材料附着力强。

**1.2.3 改性 GPA 水性涂布材料卷烟应用评价** 参照文献<sup>[17]</sup>,将最优改性 GPA 水性涂布材料涂布至纤维素纸上(涂布量为 18.9 mg/支),卷制卷烟样品,对涂布纸样品、纸-醋二元复合滤棒样品、卷烟样品的物理参数进行测定<sup>[19]</sup>,以不进行涂布的空白样品作为对照,对卷烟样品进行烟气分析<sup>[20-28]</sup>和感官评吸<sup>[29]</sup>。其中,纸-醋二元复合滤棒规格为 100 mm,每支滤棒平均分切成 4 支(15 mm 醋酸纤维段+10 mm 纸段)并分别与卷烟接装,圆周长为 24.1 mm;卷烟样品圆周长为 24.2 mm,烟支长度为 84 mm,滤嘴长度为 25 mm,接装纸长度为 32 mm。

## 2 结果与讨论

### 2.1 黏性材料筛选结果

改性 GPA 水性涂布材料技术指标和实验室评价结果如表 1 所示。由表 1 可知,5 种改性 GPA 水性涂布材料的黏度均较低,实测固含量基本一致,可满足企业对涂布材料低黏度( $<1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ )和高固含量(35%~60%)的生产要求。制备的 5 种卷烟样品主流烟气苯酚释放量均低于未涂布卷烟,其中 GPA/PEG600 对苯酚的去除效果最好,苯酚释放量降低率达 25.4%;5 种涂布纸均未出现掉粉现象,说明这 5 种涂布材料均黏附力较好且能满足实际生产加工要求。综合上述评价结果,选择 GPA/PEG600 水性涂布材料作进一步研究。

以 GPA、PEG600 作为参照,对 GPA/PEG600 水性涂布材料进行红外表征,结果如图 1 所示。由图 1 可知,GPA 红外谱图上  $1750 \text{ cm}^{-1}$  左右吸收峰和

表 1 改性 GPA 水性涂布材料技术指标和实验室评价结果

Table 1 The technical indicators and laboratory evaluation results of waterborne coating materials of the blending modification of GPA

材料	技术指标		实验室评价结果		
	黏度/ ( $10^{-3}$ $\text{Pa} \cdot \text{s}$ )	实测固 含量/%	苯酚释放量/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$ )	苯酚释放量 降低率/%	涂布材料 附着力
空白	—	—	14.2	—	—
GPA/MD	300	39.9	11.4	19.7	不掉粉
GPA/YD	480	40.2	11.9	16.2	不掉粉
GPA/ PEG600	150	40.1	10.6	25.4	不掉粉
GPA/ PVAc	120	40.0	11.7	17.6	不掉粉
GPA/AS	620	39.8	12.0	15.5	不掉粉

注:—表示不适用。下同。

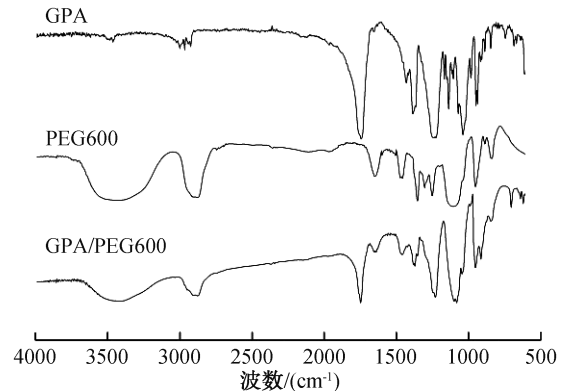


图 1 GPA、PEG600 和 GPA/PEG600 涂布材料的红外谱图

Fig. 1 FTIR of GPA, PEG600 and GPA/PEG600 coating materials

$1250 \text{ cm}^{-1}$  左右吸收峰分别为酯基的  $\text{C}=\text{O}$  伸缩振动峰和  $\text{C}-\text{O}$  伸缩振动峰; PEG600 红外谱图上  $3400 \text{ cm}^{-1}$  左右吸收峰为  $-\text{OH}$  伸缩振动峰,  $1170 \text{ cm}^{-1}$  左右吸收峰为  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  伸缩振动峰; GPA/PEG600 红外谱图上  $3400 \text{ cm}^{-1}$  左右吸收峰为 PEG600 中  $-\text{OH}$  伸缩振动峰,  $1750 \text{ cm}^{-1}$  和  $1250 \text{ cm}^{-1}$  左右吸收峰分别为 GPA 中酯基的  $\text{C}=\text{O}$  伸缩振动峰和  $\text{C}-\text{O}$  伸缩振动峰,  $1170 \text{ cm}^{-1}$  左右吸收峰为 PEG600 中  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  伸缩振动峰,这意味着 PEG600 和 GPA 的主要特征吸收峰在 GPA/PEG600 涂布材料中都有显现,这也说明 GPA 是以物理形式分散在 PEG600 中的,两者之间没有发生化学反应。

### 2.2 GPA/PEG600 质量比的优化结果

根据前述结果,制备 GPA 与 PEG600 质量比

别为 3 : 1、2 : 1、1 : 1、1 : 2、1 : 3、0 : 1 (作为对照组) 的 GPA/PEG600 水性涂布材料。不同质量比 GPA/PEG600 水性涂布材料技术指标和实验室评价结果如表 2 所示。由表 2 可以看出,不同质量比的水性涂布材料黏度均较低,且随着 PEG600 用量增加,黏度逐渐减小。此外,所有样品的实测固含量均在 40% 左右。因此,上述涂布材料技术指标均符合现有产品技术要求。此外,所有实验组卷烟主流烟气苯酚释放量均低于对照组,且随着涂布材料中 GPA 用量的减少,卷烟主流烟气中苯酚释放量逐渐增加、苯酚释放量降低率逐渐降低,这说明水性涂布材料中 GPA 占比越高,苯酚释放量降低效果越好。这可能是由于 GPA 中的酯基和 PEG600 中的醚键均能与苯酚形成氢键,且 GPA 中的酯基可能更容易与苯酚形成氢键<sup>[14-16]</sup>。此外,涂布材料附着力实验结果显示,质量比为 3 : 1 和 2 : 1 的水性涂布材料出现了轻微掉粉现象,说明这 2 种材料附着力较弱,而其他比例制备的水性涂布材料则均无掉粉现象出现,其附着力较强。上述现象主要与 GPA/PEG600 水性涂布材料中 PEG600 的含量有关,因为 GPA 对纤维素纸无黏附性,而 PEG600 则有一定的黏附性,

表 2 不同质量比 GPA/PEG600 水性涂布材料技术指标和实验室评价结果

Table 2 The technical indicators and laboratory evaluation results of waterborne coating materials of GPA/PEG600 with different formula proportions

质量比	技术指标		实验室评价结果		
	黏度/ ( $10^{-3}$ Pa·s)	实测固 含量/%	苯酚释放量/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$ )	苯酚释放量 降低率/%	涂布材料 附着力
3 : 1	810	39.9	8.6	39.4	轻微掉粉
2 : 1	490	39.9	9.3	34.5	轻微掉粉
1 : 1	220	40.0	10.2	28.2	不掉粉
1 : 2	150	40.1	10.6	25.4	不掉粉
1 : 3	140	40.0	10.8	23.9	不掉粉
0 : 1	35	40.1	11.7	17.6	不掉粉

表 3 涂布纸样品和纸-醋二元复合滤棒样品物理参数

Table 3 Physical parameters of coated paper samples and paper-cellulose acetate binary filter samples

组别	涂布纸样品					纸-醋二元复合滤棒样品				
	涂布纸定量/ ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )	涂布量/ ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )	纸张 厚度/ $\mu\text{m}$	纵向 抗张力/N	横向 抗张力/N	白度/%	质量/mg	压降/Pa	硬度 (纸段)/%	
空白组	36.0	—	106.2	9.5	3.3	86.9	747	2981	79.3	
实验组	45.0	9.0	108.6	9.1	3.0	85.1	830	3161	79.8	

若 PEG600 用量较小则共混材料附着力弱,反之则附着力增强。在实际生产中,不允许涂布纸出现掉粉现象,因为掉粉不仅会造成材料涂布量的降低,影响其性能,还会产生较多生产垃圾。当原料中  $m(\text{GPA}) : m(\text{PEG600}) = 1 : 1$  时,涂布材料能够较大程度降低卷烟主流烟气中苯酚释放量,且无掉粉现象,因此选择该质量比的材料进行卷烟应用评价实验。

### 2.3 GPA/PEG600 水性涂布材料卷烟应用评价结果

**2.3.1 样品物理参数** 涂布纸样品和纸-醋二元复合滤棒样品物理参数如表 3 所示。由表 3 可知,与空白组涂布纸样品相比,实验组样品涂布纸定量有所增加,其纸张厚度也略有增加,而其横向抗张力、纵向抗张力和白度均稍有降低但幅度较小,总体来说,除了涂布纸定量,两组样品差异不大。与空白组滤棒相比,实验组滤棒的质量、压降均有所增加,这是由涂布材料引起的,两种滤棒的纸段硬度无明显差异。卷烟样品物理参数如表 4 所示。由表 4 可知,与空白组卷烟相比,实验组卷烟的质量、吸阻均略微增加,这是由涂布材料引起的,两种卷烟的硬度和滤嘴通风率则均无明显差异。

**2.3.2 卷烟样品主流烟气化学成分分析** 卷烟样品主流烟气中常规化学成分和有害成分释放量如表 5—6 所示。由表 5—6 可知,与空白组卷烟样品相比,实验组卷烟样品的总粒相物和焦油释放量略有降低,这主要与涂布材料有关,烟碱释放量、水分和抽吸口数则均无变化,苯酚释放量降低率达到了 47.1%,其他 6 种有害成分也均有一定程度的降低,但幅度不大。GPA/PEG600 共混材料能够有效降低卷烟样品烟气中苯酚释放量,这可能是 GPA、PEG600 分子结构中分别含有较多的酯基和醚键,易与苯酚形成氢键所致。为进一步理解材料结构与

表4 卷烟样品物理参数

Table 4 Physical parameters of cigarette samples

卷烟样品	质量/mg	吸阻/Pa	硬度/%	滤嘴通风率/%
空白组	895	1057	71.5	10.4
实验组	916	1106	72.2	10.2

表5 卷烟样品主流烟气中常规化学成分释放量

Table 5 The routine chemical components release in mainstream cigarette smoke

卷烟样品	总粒相物/ (mg·支 <sup>-1</sup> )	焦油/ (mg·支 <sup>-1</sup> )	烟碱/ (mg·支 <sup>-1</sup> )	水分/ (mg·支 <sup>-1</sup> )	抽吸口 数/口
空白组	10.5	9.0	0.7	0.8	6.4
实验组	9.9	8.4	0.7	0.8	6.4

表6 卷烟样品主流烟气中7种有害成分释放量

Table 6 The release and reduction rate of 7 harmful components in mainstream cigarette smoke

卷烟样品	苯酚/ (μg·支 <sup>-1</sup> )	一氧化碳/ (mg·支 <sup>-1</sup> )	苯并[a]芘/ (ng·支 <sup>-1</sup> )	氰化氢/ (μg·支 <sup>-1</sup> )
空白组	15.5	8.8	8.5	122.3
实验组	8.2	8.6	7.7	110.9

卷烟样品	NNK/ (ng·支 <sup>-1</sup> )	氨/ (μg·支 <sup>-1</sup> )	巴豆醛/ (μg·支 <sup>-1</sup> )
空白组	5.2	7.9	14.3
实验组	5.1	7.5	12.9

吸附苯酚性能的关系,将GPA/PEG600与笔者前期制备的也含有酯基的TCA/PEG600涂布材料进行了对比分析。与TCA/PEG600涂布材料( $m(\text{TCA}) : m(\text{PEG600}) = 1 : 1$ ,涂布量为18.5 mg/支,苯酚释放量降低率为44.5%,单位涂布量苯酚释放量降低率为2.40%)相比<sup>[17]</sup>,本文GPA/PEG600的单位涂布量苯酚释放量降低率为2.49%,对苯酚的截留效果有一定提升,这可能与单位质量GPA的酯基含量高于TCA有关,也揭示了材料中酯基含量与其去除苯酚的效果之间可能存在着正相关关系。

**2.3.3 卷烟样品感官评吸结果** 卷烟样品感官评吸结果如表7所示。由表7可知,与对照组卷烟样品相比,实验组卷烟样品感官品质没有明显变化,这说明GPA/PEG600共混材料的使用对卷烟感官品

表7 卷烟样品感官评吸结果

Table 7 Sensory quality evaluation results of cigarette samples

卷烟样品	光泽	香气	谐调	杂气	刺激性	余味	合计
空白组	4.5	28.4	5	11.1	17.6	22	88.6
实验组	4.5	28.3	5	11.1	17.6	22	88.5

质没有明显影响。

### 3 结论

将GPA与黏性材料MD、YD、PEG600、PVAc和AS分别进行共混制备了5种水性涂布材料,经黏度、固含量和实验室评价筛选出效果最好的黏性材料为PEG600,且当 $m(\text{GPA}) : m(\text{PEG600}) = 1 : 1$ 时涂布材料的综合性能最优。卷烟应用研究结果表明,GPA/PEG600水性涂布材料对纸-醋二元复合滤棒卷烟主流烟气中苯酚具有良好的吸附性能,且对卷烟物理参数影响不大,仅烟支质量和吸阻略微增加;相比于空白组卷烟样品,实验组卷烟样品主流烟气中苯酚释放量降低率为47.1%,其他6种有害成分及烟气常规化学成分释放量变化相对较小,且感官品质与空白卷烟无明显差异。该研究结果表明GPA/PEG600水性涂布材料制备过程简单,应用成本相对较低,在纸-醋复合滤棒型卷烟领域具有一定的应用前景。

### 参考文献:

- [1] CLARKE P F, MCCORMICK A D, CRAVOTTA T, et al. Tobacco smoke filter: US20120067359A1 [P]. 2012-03-22.
- [2] 曾万怡, 向能军, 龚为民, 等. 纸质滤嘴棒对卷烟主流烟气中有害物质的影响[J]. 中国造纸, 2014, 33(6): 35-39.
- [3] 陈雪峰, 陈哲庆, 赵涛, 等. 卷烟滤嘴棒填充纸及嘴棒性能的研究[J]. 中国造纸, 2011, 30(8): 13-17.
- [4] 黄小雷, 刘文, 陈雪峰, 等. 纸质滤嘴棒的研究进展[J]. 中国造纸, 2013(11): 58-61.
- [5] 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 河南中烟工业有限责任公司. 一种用于降低纸滤棒型卷烟主流烟气中苯酚释放量的涂布液: 201711390284. X [P]. 2018-05-29.
- [6] 谢剑平, 刘惠民, 朱茂祥, 等. 卷烟烟气危害性指数研究[J]. 烟草科技, 2009(2): 5-15.
- [7] DYAKONOV A J, WALKER R T, BROWN C

- A. Studies of the formation of smoke phenols [J]. Nephron Clinical Practice, 2008, 23 (2): 68-84.
- [8] RODGMAN A, GREEN C R. Toxic chemicals in cigarette mainstream smoke-Hazard and hoopla [J]. Beiträge zur Tabakforschung International, 2014, 20(8): 481-545.
- [9] 王大伟, 王燃, 夏玉珍, 等. 卷烟烟气苯酚释放影响因素及其调控技术研究进展[J]. 烟草科技, 2021, 54(3): 12.
- [10] 姚二民, 张峻松, 毛多斌, 等. 茶质纸-醋纤二复合滤嘴在卷烟中的应用[J]. 烟草科技, 2008(8): 49-52.
- [11] 湖北中烟工业有限责任公司. 一种降低卷烟烟气中酚类物质的纸质滤棒用纸、滤棒及制备方法: 200810143462. 3[P]. 2009-04-15.
- [12] 盛培秀, 王月江, 黄小雷, 等. 含有醋酸纤维素的纤维纸及滤棒的开发与性能研究[J]. 烟草科技, 2014(1): 5-11.
- [13] 高明奇, 杨帆, 顾亮, 等. 氧化石墨烯-壳聚糖复合物涂布纸降低卷烟烟气中苯酚和巴豆醛[J]. 烟草科技, 2016, 46(11): 66-73.
- [14] 王希文, 卢小泉, 耿再新. 苯酚与三醋酸纤维素的超分子作用及结构研究[J]. 分析化学, 2000, 28(7): 916.
- [15] 费婷, 陈敏, 郑赛晶, 等. 醋纤滤嘴对卷烟主流烟气重要酚类的分段截留效应[J]. 烟草科技, 2014(1): 56-60.
- [16] 文建辉, 秦亮生, 丁多, 等. 酚类化合物在滤嘴中的过滤效率和截留分布模式[J]. 烟草科技, 2014(5): 42-48.
- [17] 王宜鹏, 贾云祯, 杨松, 等. 应用醋酸纤维素类涂布液降低卷烟烟气中苯酚释放量研究[J]. 轻工科技, 2018, 34(10): 18-20.
- [18] 中国烟草总公司郑州烟草研究院. 卷烟滤嘴添加剂减害性能模拟评价装置: 200620134965. 0 [P]. 2007-11-28.
- [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 卷烟和滤棒物理性能的测定: GB/T 22838—2009 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 卷烟用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油: GB/T 19609—2004 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [21] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 卷烟总粒相物中烟碱的测定气相色谱法: GB/T 23355—2009 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [22] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 卷烟烟气气相中一氧化碳的测定非散射红外法: GB/T 23356—2009 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [23] 国家烟草专卖局. 卷烟主流烟气中氰化氢的测定连续流动法: YC/T 253—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [24] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 卷烟主流烟气总粒相物中烟草特有 N-亚硝胺的测定气相色谱-热能分析联用法: GB/T 23228—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [25] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 卷烟烟气总粒相物中苯并[a]芘的测定: GB/T 21130—2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [26] 国家烟草专卖局. 卷烟主流烟气中主要酚类化合物的测定高效液相色谱法: YC/T 255—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [27] 国家烟草专卖局. 卷烟主流烟气中主要羰基化合物的测定高效液相色谱法: YC/T 254—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [28] 国家烟草专卖局. 卷烟主流烟气中氨的测定离子色谱法: YC/T 377—2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

[29] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 卷烟 第4

部分:感官技术要求:GB 5606.4—2005[S]. 北京:中国标准出版社,2005.

## Study on the reduction of phenol release in mainstream cigarette smoke containing paper-cellulose acetate binary filter by the modification of GPA

WANG Yipeng<sup>1</sup>, HAN Longyang<sup>2</sup>, SUN Xuehui<sup>1</sup>, SUN Peijian<sup>1</sup>, YANG Song<sup>1</sup>,  
JIA Yunzhen<sup>1</sup>, ZHANG Xiaobing<sup>1</sup>, NIE Cong<sup>1</sup>

1. Zhengzhou Tobacco Research of CNTC, Zhengzhou 450001, China;

2. Technology Center, Jilin Tobacco Industry Co., Ltd., Changchun 130033, China

**Abstract:** Waterborne coating materials were prepared by blending  $\beta$ -D-Glucose pentaacetate (GPA) and 5 kinds of viscous materials. The viscous material with the best effect was selected according to the viscosity, solid content and laboratory evaluation results, and the blending mass ratio was optimized. After that, the application evaluation of the best modified GPA waterborne coating material for cigarette was carried out. The results showed that PEG600 was the best viscous material and the material with  $m(\text{GPA}) : m(\text{PEG600}) = 1 : 1$  had the best laboratory comprehensive evaluation effect. And the use of coating material resulted in the increase of coating paper weight, filter weight and pressure drop, but the cigarette weight and draw resistance increased only a slight, while the changes of other parameters were very little. Besides, the total particulate matters and tar in the mainstream smoke of the coated cigarette were slightly lower than those of the uncoated cigarette, meanwhile, the nicotine release, moisture and puff number in the mainstream smoke of the coated cigarette were the same as those of the uncoated cigarette. Comparing with the uncoated cigarette, the phenol in the mainstream cigarette smoke of the coated cigarette reduced by 47.1%, and the other six harmful components all have a certain degree of reduction which was not large. Moreover, the sensory quality of the coated cigarette and the uncoated cigarette had no significant difference too.

**Key words:**  $\beta$ -D-Glucose pentaacetate (GPA); paper-cellulose acetate binary filter; mainstream cigarette smoke; phenol release

(责任编辑:吴晓亭)