



杜赫,杨洪峰,吴爽爽,等. 卷烟降焦减害滤棒构件的制备及应用[J]. 轻工学报,2024,39(2):94-99,121.
DU H, YANG H F, WU S S, et al. Preparation and application of filter rod components for reducing tar and harm
in cigarette[J]. Journal of Light Industry, 2024, 39(2): 94-99, 121.
DOI: 10. 12187/2024. 02. 012

卷烟降焦减害滤棒构件的制备及应用

杜赫, 杨洪峰, 吴爽爽, 赵怡凡, 董露, 田野, 王志刚, 陈晨

内蒙古昆明卷烟有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010020

摘要: 以添加石墨烯纳米分子的热可塑性弹性体材料为基材, 利用注塑成型机制备卷烟新型滤棒构件, 将滤棒构件与醋纤滤棒进行三元复合后卷制复合滤棒卷烟样品, 研究新型滤棒构件对卷烟主要物理指标、主流烟气中常规成分及7种有害成分的影响。结果表明: 石墨烯对苯酚和苯并[a]芘具有明显的吸附性作用, 对其他成分影响较小; 与同规格醋纤滤棒卷烟相比, 复合滤棒卷烟样品吸阻升高幅度为12.33%, 滤嘴通风率和总通风率升高幅度分别为10.17%和10.22%; 复合滤棒卷烟样品主流烟气中常规成分和7种有害成分释放量均有所降低, 其中烟碱降低约36%, 焦油降低约34%, 有害成分一氧化碳、氰化氢、巴豆醛、亚硝胺的降低效果较为明显, 分别降低约53%、50%、62%和78%, 且复合滤棒卷烟样品危害性指数由10.28降低至平均4.95, 说明该石墨烯异型滤棒构件具有明显的降焦减害作用。

关键词: 卷烟; 异型滤棒构件; 石墨烯; 降焦减害

中图分类号: TS41 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2024)02-0094-06

0 引言

随着社会对吸烟与健康问题的日益关注, 烟草行业着力开发“低焦油、低危害”的卷烟产品, 而降焦减害一般从烟叶原料、加工工艺、产品配方、三纸一棒等方面入手, 其中卷烟滤棒在卷烟降焦减害中发挥着重要作用^[1-3]。近年来, 烟草行业科研人员在滤棒添加剂种类方面开展了大量研究工作, 如通过向滤棒中添加高分子纳米材料^[4-7]、碳材料^[8-12]、天然植物提取材料^[13-16]、矿物质材料^[17-18]、金属氧化物材料^[19-21]等吸附烟气中的有害成分, 达到降焦减害的目的。其中, 石墨烯具有比表面积大、反应活

性强、催化效率高等特性, 其独特的 π 键共轭吸附特性对烟气中芳香族化合物有较强的吸附能力, 受到研究者的广泛关注。此外, 滤棒结构设计方面也有许多研究成果。滤棒的结构主要分为异型结构和复合结构^[22]。其中, 异型结构滤棒主要有沟槽滤棒、同轴芯滤棒、空腔滤棒等^[23-25]; 复合结构滤棒主要有异型结构复合滤棒、醋纤滤棒与异型结构或其他滤材复合滤棒、不同滤材复合的二元或多元复合滤棒等^[26-28]。这些研究都是利用滤棒自身独特的结构设计, 通过改变烟气路径和气流速度, 增加有害成分的截留效率, 达到降焦减害的效果。

目前, 科研人员对减害滤棒的研究主要集中在

收稿日期: 2023-04-28; 修回日期: 2023-08-06; 出版日期: 2024-04-15

基金项目: 内蒙古昆明卷烟有限责任公司科技项目(MK/KJ74-2022); 中国烟草实业发展中心科技项目(ZYSYQ-2022-10)

作者简介: 杜赫(1994—), 女, 河南省永城市人, 内蒙古昆明卷烟有限责任公司工程师, 主要研究方向烟草化学。E-mail: d15672883703@163.com

通信作者: 陈晨(1990—), 男, 辽宁省朝阳市人, 内蒙古昆明卷烟有限责任公司工程师, 主要研究方向卷烟工艺。E-mail: 530669432@qq.com

滤棒中添加吸附材料或改变滤棒结构等方面,而有关滤棒与特殊结构的减害材料直接复合成多元滤棒的研究较少。鉴于此,本文拟以添加石墨烯的热可塑性弹性体材料为基材,利用注塑成型机,设计并制备一种具有特殊结构的石墨烯滤棒构件,研究其对卷烟主要物理指标、主流烟气中常规成分及7种有害成分释放量的影响,以期对烟草行业降焦减害技术的研究与完善提供参考。

1 材料与方 法

1.1 主要材料、试剂和仪器

主要材料:冬虫夏草品牌常规卷烟烟丝,内蒙古昆明卷烟有限责任公司;石墨烯纳米分子吸附材料,中国科学院大学温州研究院;醋纤滤棒(规格5.1Y/22000D),牡丹江卷烟材料厂有限责任公司。

主要试剂:氢化苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物(SEBS)、加工油、聚丙烯、抗氧化剂,均为食品级,苏州洪硕科技有限公司。

主要仪器:S-PACK 300型高速注塑成型机,宜兴拓帆机械设备有限公司;KDF5-MF型三元滤棒复合机组,由沈阳飞机制造公司生产的设备改造;ZJ17型卷接机组,常德烟草机械有限责任公司;PL203型电子天平,梅特勒-托利多仪器有限公司;DT-5型综合测试台,RM200A型转盘式吸烟机,德国Borgwaldt公司;7890B-5977A型气相色谱-质谱联用仪,美国Agilent公司。

1.2 实验方法

1.2.1 滤棒构件的制备 将热可塑性弹性体材料(SEBS、加工油、聚丙烯、抗氧化剂)以40:30:25:5的质量比依次加入高速注塑成型机中混匀,通过注塑、定形、脱模等程序加工成滤棒构件,加工参数:喂料温度170℃,喷嘴温度210℃,模温30℃,注塑压力3100 kPa,注塑转速70 r/min,模具冷却时间2 s。添加石墨烯的滤棒构件的制备是在前文热可塑性弹性体材料中再加入质量分数为3%的石墨烯纳米分子材料,其他条件不变。

滤棒构件结构见图1,其具体结构包括:两个圆柱体(外圆柱体和内圆柱体),其中内圆柱体套设在外圆柱体内部,外圆柱体的两端分别开设第一开口

和第二开口,内圆柱体包括两个通孔。设计依据是在外圆柱体内壳部位形成沉积腔,在内圆柱体内部形成缓冲腔,烟气经第一开口进入滤棒构件时,气流在缓冲腔中两个通孔处被分配,一部分烟气在缓冲腔内被截面和腔体内壁阻挡而产生碰撞,改变烟气流路径,延缓气流在缓冲腔内的滞留时间,使烟气中有害物质进行部分沉积;另一部分气流经通孔流入沉积腔。自缓冲腔碰撞流出的烟气和直接进入沉积腔的烟气在沉积腔内壁再次发生碰撞,再经第二开口流出,烟气中有害物质被有效截留在沉积腔底部。

滤棒构件加工尺寸:外圆柱体圆周23.2 mm,壁厚0.5 mm,第一开口直径为2.0 mm,高度分别设置为12 mm、13 mm、14 mm、15 mm共4种规格;内圆柱体圆周9.4 mm,高度6 mm,壁厚0.5 mm,第二开口直径为6.3 mm,两个通孔圆周1.6 mm,高度3 mm。

1.2.2 复合滤棒和卷烟的制备 复合滤棒制备:将不同长度的滤棒构件(添加石墨烯前后)分别与醋酸纤维料棒在三元滤棒复合机组上卷制成三元复合滤棒,滤棒规格圆周23.7 mm、长100 mm。复合滤棒设计参数见表1,结构见图2,物理指标控制要求见表2。

卷烟制备方法:将常规卷烟烟丝接装于表1中5个复合滤棒,卷制成对应的复合滤棒卷烟样品,命名为未添加石墨烯的复合滤棒卷烟及复合滤棒卷烟1—4,以接装普通醋纤滤棒卷制的卷烟样品为对照。卷烟样品的物理指标控制要求见表3。

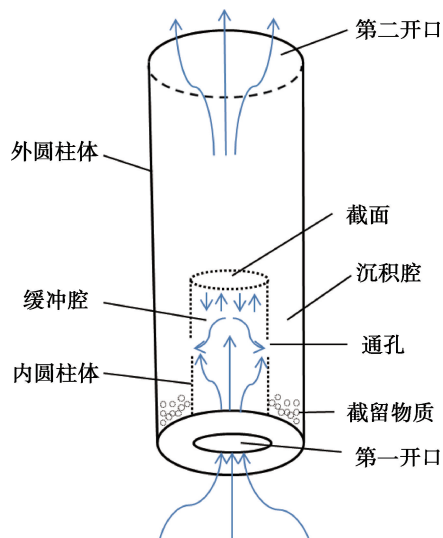


图1 滤棒构件结构

Fig. 1 Structure of the filter rod components

1.2.3 卷烟样品平衡 按照文献[29]将卷烟样品置于温度(22±1)℃,相对湿度(60±2)%的环境中平衡48 h,备用。

1.2.4 卷烟样品主流烟气常规成分及有害成分测定 按照文献[30]测定卷烟样品的焦油释放量;按照文献[31]测定卷烟样品总粒相物中烟碱释放量;分别按照文献[32-38]测定主流烟气中一氧化碳、氰化氢、氨、巴豆醛、苯酚、亚硝酸胺、苯并[a]芘7种有害成分的释放量。

1.2.5 卷烟烟气危害性指数测定 将1.2.4测定的卷烟样品主流烟气中7种代表性有害成分的释放量 X 带入下式中,计算卷烟样品的危害性指数 H 。

$$H = \left(\frac{X_{\text{一氧化碳}}}{14.2} + \frac{X_{\text{氰化氢}}}{146.3} + \frac{X_{\text{氨}}}{8.1} + \frac{X_{\text{巴豆醛}}}{18.6} + \frac{X_{\text{苯酚}}}{17.4} + \frac{X_{\text{亚硝酸胺}}}{5.5} + \frac{X_{\text{苯并[a]芘}}}{10.9} \right) \times \frac{10}{7}$$

表1 不同长度构件复合滤棒的设计参数

Table 1 Design parameters of composite filter rods with different lengths mm

名称	唇端醋纤长度	构件长度	尾端醋纤长度
未添加石墨烯的复合滤棒	6.5	12	6.5
复合滤棒1	6.5	12	6.5
复合滤棒2	6.0	13	6.0
复合滤棒3	5.5	14	5.5
复合滤棒4	5.0	15	5.0

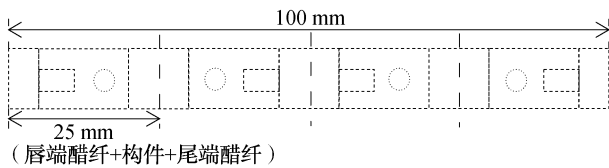


图2 复合滤棒结构

Fig. 2 Composite filter rod structure

表2 复合滤棒的物理指标控制要求

Table 2 Physical index of composite filter rod

指标	圆周/mm	长度/mm	压降/Pa	圆度/mm	硬度/%
中心值	23.7	100	4000	≤0.35	≥82
允差	±0.2	±0.5	±200		

表3 卷烟样品的物理指标控制要求

Table 3 Physical parameters of cigarette samples

指标	圆周/mm	长度/mm	单支烟丝量/mg
中心值	23.9	84.0	650
允差	±0.2	±0.5	±20

1.2.6 卷烟样品物理指标测定 按照文献[39]测定卷烟样品的吸阻、通风率等物理指标,每组测定60支卷烟样品,结果取平均值。

2 结果与讨论

2.1 石墨烯对卷烟样品主流烟气成分的影响

为验证石墨烯在滤棒构件中的吸附效果,分别对添加石墨烯前后制得构件卷制的卷烟样品进行烟气成分分析,结果见表4和表5。由表4和表5可知,构件中石墨烯的添加,对卷烟样品主流烟气中苯酚和苯并[a]芘的释放量具有明显的吸附作用,对其他成分影响较小。其中,苯并[a]芘的降低率可达29%,苯酚的降低率可达28%,分析原因可能是因为石墨烯的平面共轭结构可将具有相同结构的单环或多环芳香烃大分子通过大 π 间的 π - π 电子相互作用吸附于片层结构上^[40]。

2.2 不同复合滤棒对卷烟样品物理指标的影响

不同复合滤棒对卷烟样品物理指标的影响见表6。由表6可知,复合滤棒卷烟与对照卷烟相比,吸阻有所上升,平均升高幅度可达12.33%,滤嘴通风率和总通风率均有所上升,平均升高幅度分别为10.17%和10.22%,分析原因可能是复合滤棒中构件内圆柱体上的两个通孔导致卷烟纵向气流减少,滤嘴通风率增加,进一步使总通风率增加。此外,随着构件长度的增加,吸阻变化趋势不明显,滤嘴通风率和总通风率均呈现下降趋势,这可能是由于不同长度构件的开孔大小和位置均保持一致,故对卷烟吸阻无明显影响;但随着构件长度的增加,纵向气流变大,从而导致卷烟滤嘴和总通风率逐渐降低。

表4 构件中添加石墨烯前后对卷烟样品主流烟气常规成分的影响

Table 4 Influence of adding graphene nanomaterials to components on conventional composition of flue gas

样品	烟碱		焦油	
	含量/(mg·支 ⁻¹)	降低率/%	含量/(mg·支 ⁻¹)	降低率/%
未添加石墨烯的复合滤棒卷烟	0.69	/	6.6	/
复合滤棒卷烟1	0.65	6	6.4	3

注:/表示无实际值,下同。

表5 构件中添加石墨烯前后对卷烟样品主流烟气有害成分的影响

Table 5 Influence of adding Graphene nanomaterials to components on harmful components of flue gas

样品	一氧化碳		氰化氢		氨		巴豆醛	
	释放量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	释放量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	释放量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	释放量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%
未添加石墨烯的复合滤棒卷烟	5.2	/	65	/	7.63	/	11.75	/
复合滤棒卷烟1	4.9	6	60	8	6.62	13	10.40	11

样品	苯酚		亚硝酸胺		苯并[a]芘		<i>H</i>
	释放量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	释放量/ ($\text{ng}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	释放量/ ($\text{ng}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	
未添加石墨烯的复合滤棒卷烟	14.2	/	2.11	/	6.10	/	6.03
复合滤棒卷烟1	10.3	28	1.94	8	4.36	29	4.97

2.3 不同复合滤棒对卷烟样品主流烟气成分的影响

2.3.1 对主流烟气常规成分的影响 不同复合滤棒对卷烟样品主流烟气常规成分的影响见表7。由表7可知,与对照卷烟相比,复合滤棒卷烟主流烟气中烟碱释放量和焦油释放量均有所降低,平均降低率分别约为36%和34%,这可能是由于相较于普通醋酸滤棒,复合滤棒对烟气成分的过滤效率随烟气阻力增加而有所提高。同时,构件长度的增加对烟碱和焦油释放量的降低效果不明显,这可能是构件长度对卷烟样品吸阻无明显影响所致。

表6 不同复合滤棒对卷烟样品物理指标的影响

Table 6 Influence of composite filter rods on physical indexes of cigarettes

样品	吸阻/ ($\text{Pa}\cdot\text{支}^{-1}$)	滤嘴通风率/ ($\%\cdot\text{支}^{-1}$)	总通风率/ ($\%\cdot\text{支}^{-1}$)
对照卷烟	1020	20.9	22.5
复合滤棒卷烟1	1153	24.4	26.3
复合滤棒卷烟2	1144	23.7	25.2
复合滤棒卷烟3	1148	22.2	24.4
复合滤棒卷烟4	1138	21.8	23.3

表7 不同复合滤棒对卷烟样品主流烟气常规成分的影响

Table 7 Influence of composite filter rods on conventional composition of flue gas

样品	烟碱		焦油	
	释放量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	释放量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%
对照卷烟	1.01	/	9.9	/
复合滤棒卷烟1	0.65	36	6.4	35
复合滤棒卷烟2	0.63	38	6.4	35
复合滤棒卷烟3	0.66	35	6.7	32
复合滤棒卷烟4	0.65	36	6.6	33

2.3.2 对主流烟气有害成分的影响 不同复合滤棒对卷烟样品主流烟气有害成分的影响见表8。由表8可知,与对照卷烟相比,复合滤棒卷烟样品主流烟气中7种有害成分释放量均有所降低,其*H*平均降低至4.95,且构件长度对有害成分影响不明显。其中一氧化碳释放量平均降低了5.45 mg/支,平均降低率达53%;氰化氢释放量平均降低了58.25 μg /支,平均降低率达50%;氨释放量平均降低了1.83 μg /支,平均降低率达22%;巴豆醛释放量平均降低了17.68 μg /支,平均降低率达62%;苯酚释放量平均降低了6.53 μg /支,平均降低率达38%;亚硝酸胺释放量平均降低了6.64 ng/支,平均降低率达78%;苯并[a]芘释放量平均降低了2.12 ng/支,平均降低率达33%。分析复合滤棒能够降焦减害的原因主要有以下两方面:1)结构因素影响。构件不同于普通醋酸纤维,不具有通透性,烟气流经构件小孔时,受到的阻力增加,使得构件对烟气的过滤作用增强,即复合滤棒对烟气有害成分的截留量和过滤效率更强。2)材料因素影响。一是构件基材中添加了具有可吸附作用的石墨烯,二是构件表面呈多孔疏松结构,烟气在流经构件时碰撞次数增加,使更多有害成分截留在构件内壁两侧。因此,与对照卷烟相比,复合滤棒的降焦减害作用主要归因于构件的异型结构设计和所添加石墨烯对苯酚和苯并[a]芘有明显的选择性吸附作用。

3 结论

本文以添加石墨烯纳米分子的热可塑性弹性体材料为基材,设计并制备了一种用于常规卷烟降焦减

表8 不同复合滤棒对卷烟样品主流烟气有害成分的影响

Table 8 Effects of composite filter rods on other harmful components of flue gas

样品	一氧化碳		氰化氢		氨		巴豆醛	
	释放量/ ($\text{mg}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	释放量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	释放量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%	释放量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/%
对照卷烟	10.2	/	116	/	8.40	/	28.4	/
复合滤棒卷烟1	4.9	52	60	48	6.62	21	10.4	63
复合滤棒卷烟2	4.7	54	57	51	6.44	23	11.2	61
复合滤棒卷烟3	4.6	55	55	53	6.51	23	10.6	63
复合滤棒卷烟4	4.8	53	59	49	6.70	20	10.7	62

样品	苯酚		亚硝酸		苯并[a]芘		<i>H</i>
	释放量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/ %	释放量/ ($\text{ng}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/ %	释放量/ ($\text{ng}\cdot\text{支}^{-1}$)	降低率/ %	
对照卷烟	17.2	/	8.52	/	6.37	/	10.28
复合滤棒卷烟1	10.3	40	1.94	77	4.36	32	4.97
复合滤棒卷烟2	11.1	35	1.91	78	4.12	35	4.97
复合滤棒卷烟3	10.9	37	1.87	78	4.44	30	4.92
复合滤棒卷烟4	10.4	40	1.82	79	4.08	36	4.92

害的新型滤棒构件,并研究其对卷烟主要物理指标、主流烟气中常规成分和7种有害成分的影响。结果表明,添加石墨烯材料对苯酚和苯并[a]芘具有明显的吸附作用,二者降低率分别为29%和28%;与普通醋纤滤棒卷烟相比,复合滤棒卷烟样品的吸阻、滤嘴通风率和总通风率均有所上升,平均升高幅度分别为12.33%、10.17%和10.22%;主流烟气中烟碱、焦油及7种有害成分(CO、HCN、氨、巴豆醛、苯酚、NNK和苯并[a]芘)的释放量均有所降低,分别降低约36%、34%、53%、50%、22%、62%、38%、78%和33%,且*H*由10.28降低至平均4.95,降焦减害效果明显。本实验自主设计的石墨烯异型结构滤棒构件具有良好的降焦减害效果,为低焦油低危害卷烟的开发提供了一种新思路。

参考文献:

[1] 李思哲,谢国勇,银董红,等. 卷烟滤嘴在降焦减害中的应用[J]. 现代盐化工,2021,48(2):62-63.

[2] 王嘉绍,董露,赵怡凡,等. 新型功能滤棒在卷烟降焦减害中的应用研究[J]. 云南化工,2022,49(10):87-91.

[3] 关斌,李强,李勤书,等. 浅谈卷烟减害降焦技术研究[J]. 农产品加工,2021(10):78-81,87.

[4] 刘璐. 纳米纤维素气凝胶的制备及其在卷烟滤嘴中的应用研究[D]. 广州:华南理工大学,2020.

[5] 吴君章,刘璐,唐大荣,等. 纳米材料吸附和催化卷烟

烟气有害成分的研究进展[J]. 大连工业大学学报,2018,37(6):464-469.

[6] 冯守爱,陈先杰,黄江锋,等. 琼脂-纳米SiO₂气凝胶的制备及在卷烟滤嘴中的应用[J]. 烟草科技,2019,52(1):45-52.

[7] LIU Z H, YANG C, ZHENG Q Y, et al. Adsorption of phenol from cigarette smoke using CoAPO-11 [J]. Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis, 2019, 127(2): 1005-1023.

[8] 匡映,郑厚清,宋旭艳,等. 生物多胺改性石墨烯选择性吸附主流烟气中苯酚的研究[J]. 湖北农业科学,2018,57(9):25-29.

[9] 王金棒,池哲翔,邹珺,等. 多孔炭材料在卷烟领域的研究现状与展望[J]. 中国烟草学报,2023,29(3):104-114.

[10] 于森. 改性碳基材料对卷烟主流烟气中VOCs的选择性吸附性能研究[D]. 天津:河北工业大学,2021.

[11] 杨文娟. 石墨烯基材料的制备及吸附性能研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2021.

[12] 柴颖,费玥,郝捷,等. 石墨烯纳米材料对卷烟主流烟气苯并[a]芘和苯酚的降低作用研究[J]. 中国烟草学报,2016,22(5):19-25.

[13] 蔡波,李勇,杨蕾,等. 天然材料滤嘴添加剂在卷烟中增香降害的应用研究[J]. 食品与生物技术学报,2015,34(7):772-778.

[14] 张艺. 壳聚糖基材料的制备及其对卷烟主流烟气吸附性能的研究[D]. 泉州:华侨大学,2019.

[15] 朱保昆,王猛,陶鹰,等. 植物模板法多孔材料的制备及在卷烟中的应用[J]. 食品工业,2018,39(1):55-59.

[16] 姜瑞. 天然植物材料在卷烟中的应用研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2017.

- [17] 孙学辉,杨松,孙培健,等.基于卷烟降焦减害的滤嘴添加剂研究与应用进展[J].烟草科技,2017,50(2):86-96.
- [18] 杨文娟,黄金艳,黄鹏鹏,等.卷烟烟气吸附材料的研究进展[J].化工新型材料,2021,49(11):233-237.
- [19] 常翔,郑晓曼,王巍巍,等.不同晶相羟基氧化铁的合成及选择性降低卷烟烟气中TSNAs的应用[J].现代化工,2021,41(1):169-173.
- [20] 温青青.MeAPO-5的制备及对卷烟烟气中的有害成分吸附性能研究[D].昆明:昆明理工大学,2018.
- [21] FU Z, ZHOU S J, XIA L J, et al. *Juncus effusus* fiber-based cellulose cigarette filter with 3D hierarchically porous structure for removal of PAHs from mainstream smoke [J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 241: 116308.
- [22] 金勇,王诗太,李克,等.卷烟滤嘴在降焦减害中的研究进展[J].烟草科技,2016,49(11):98-106.
- [23] 深圳烟草工业有限责任公司.一种异形滤嘴:201920656934.9[P].2020-03-20.
- [24] 湖北中烟工业有限责任公司,湖北中烟卷烟材料厂.一种卷烟异型滤棒及卷烟制品:202210191413.7[P].2022-05-06.
- [25] 牡丹江卷烟材料厂有限责任公司.一种错位沟槽滤棒:202221057419.7[P].2022-10-21.
- [26] 上海烟草集团有限责任公司,上海白玉兰烟草材料有限公司.一种多功能三元复合滤棒:201920348072.3[P].2020-03-24.
- [27] 河南中烟工业有限责任公司,中国烟草总公司郑州烟草研究院.一种具有减害功能的沟槽滤嘴的制备方法:202110286646.0[P].2021-06-04.
- [28] 吴钊,张源,傅靖刚,等.异形空芯结构对多元复合滤棒降压影响[J].烟草科技,2018,51(2):62-68.
- [29] 中国国家标准化管理委员会.烟草及烟草制品 调节和测试的大气环境:GB/T 16447—2004[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [30] 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颗粒物相和焦油:GB/T 19609—2004[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [31] 中国国家标准化管理委员会.卷烟总颗粒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.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 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—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [35] 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.
- [36] 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.
- [37] 中国国家标准化管理委员会.卷烟主流烟气总颗粒物中烟草特有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.
- [38] 中国国家标准化管理委员会.卷烟烟气总颗粒物中苯并[a]芘的测定:GB/T 21130—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [39] 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.
- [40] ZHAN L, YANG S B, WANG Y, et al. Fabrication of fully fluorinated graphene nanosheets towards high performance lithium storage[J]. Advanced Materials Interfaces, 2019, 1(4):274-276.

Preparation and application of filter rod components for reducing tar and harm in cigarette

DU He, YANG Hongfeng, WU Shuangshuang, ZHAO Yifan, DONG Lu, TIAN Ye, WANG Zhigang, CHEN Chen
Inner Mongolia Kunming Cigarette Co., Ltd., Huhhot 010020, China

Abstract: A new type of cigarette filter rod component was prepared using injection molding mechanism which used thermoplastic elastomer material with added graphene nanomolecules as the substrate. The filter rod component was ternary composite with vinegar fiber filter rod and rolled into a composite filter rod cigarette sample. The effects of the new filter rod component on the main physical indicators of cigarettes, conventional components in mainstream smoke, and seven harmful components were studied. The results showed that graphene had a significant adsorption effect on phenol and benzo [a] pyrene, with little impact on other components; Compared with the same

(下转第 121 页)

- [17] 宋安然,周德廉,刘艳梨. 基于增量式PID控制的锅炉温控系统设计[J]. 电子测量技术, 2021, 44(6): 11-16.
- [18] 黄绪勇,王欣,唐标,等. 基于增量式PID算法的变电站设备巡检机器人控制系统研究[J]. 机械与电子, 2023, 41(8): 24-28.
- [19] 孙建民,刘祥,赵国浩,等. 模糊反馈增量式比例积分微分油气悬架控制[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(34): 14814-14820.
- [20] 张继成,严士超,纪文义,等. 基于增量式PID算法的多种固体肥精确施控系统研究[J]. 农业机械学报, 2021, 52(3): 99-106.
- [21] 高慧中,路骏,马小录. 基于增量式PID算法的气体流量控制方法[J]. 鱼雷技术, 2016, 24(2): 132-136.
- [22] 卢晓娟,何红梅,刘献军,等. 基于静态顶空-GC/MS的加热卷烟用滤嘴载香颗粒评价研究[J]. 中国烟草学报, 2022, 28(1): 8-16.
- [23] 许蔼飞,章平泉,范忠,等. 用气相色谱法同时测定薄荷型卷烟滤嘴中的薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱含量[J]. 轻工学报, 2018, 33(5): 53-59.

Flavoring system design based on incremental PID algorithm

LUO Liang¹, SHI Dongfang¹, ZHU Xianyan¹, ZONG Dongyue¹, WANG Minghui¹,
WANG Pengfei¹, JIN Qiang¹, LI Chaojian²

1. R&D Center, Nantong Cigarette Filter Co., Ltd., Nantong 226001, China;

2. Technology Center, China Tobacco Jiangsu Industrial Co., Ltd., Nanjing 210019, China

Abstract: In order to solve the problem that the spray weight could not be adjusted and controlled according to the weight change of the tobacco sheet during the manufacturing process of heat-not-burn tobacco product in real time, a flavoring system was designed based on incremental PID algorithm. The flavoring system was composed of weighing unit, screw pumps, nozzles, and flow sensors. The weight of the tobacco sheet roll was obtained through the weighing unit in real time, then the spray weight was calculated according to the theoretical calculation model, and the screw pumps were driven to output target flow to the nozzles based on incremental PID algorithm, the real-time spray weight was got from the flow sensors, and at last tobacco flavor was sprayed on the tobacco sheet. The results showed that the spray weight could be adjusted and controlled according to the weight change of the tobacco sheet in real time, the maximum overshoot of the flavoring system was 1%, and the maximum adjustment time was 1.8 s, the system had good tracking performance. The deviation ratio of the spray weight was 0.23%~0.52% between the detection value and the theoretical value, the variation of the spray weight within samples was 3.11%~4.17%. It showed that the flavoring system could realize accurate, uniform and stable application.

Key words: heat-not-burn tobacco product; incremental PID algorithm; flavoring system; tobacco sheet

[责任编辑:吴晓亭]

(上接第99页)

specifications of vinegar fiber filter rod cigarettes, the increase in suction resistance of the composite filter rod cigarette sample was 12.33%, and the increase in filter nozzle ventilation rate and total ventilation rate were 10.17% and 10.22%, respectively; The release of conventional components and seven harmful components in the mainstream smoke of composite filter rod cigarette samples had been reduced, with nicotine decreased by about 36% and tar decreased by about 34%. The reduction effect of harmful components carbon monoxide, hydrogen cyanide, crotonaldehyde, and nitrosamine was more significant, with reductions of about 53%, 50%, 62%, and 78%, respectively. The hazard index of composite filter rod cigarette samples had decreased on average from 10.28 to 4.95, the designed graphene shaped filter rod component had a significant effect on reducing tar and harm.

Key words: cigarette; irregular filter rod component; graphene; tar and harm reduction

[责任编辑:王晓波]