

降低挥发性羰基化合物材料在卷烟滤嘴中的应用研究

陈森林¹, 何艳明¹, 沈光林¹, 孙学辉², 聂聪², 张晓兵², 赖燕华¹, 李旭华¹, 刘惠民²

¹ 广东中烟工业有限责任公司, 技术中心, 广东广州荔湾区东沙环翠南路 88 号 510385;

² 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 河南郑州高新技术产业开发区枫杨街 2 号 450001

摘要: 为优化降低烟气中挥发性羰基化合物的功能材料(即降羰基物材料)在卷烟复合滤嘴中的应用工艺条件, 从功能材料添加量、滤嘴压降搭配、加料段长度等方面研究不同工艺条件对降羰基物材料的减害性能及其对卷烟感官质量的影响。结果表明, 当降羰基物材料在卷烟中的添加量为 30 mg/支, 同时二元复合滤嘴为 10 mm 加料段+15 mm 白段, 其中加料段压降为 4000 Pa/120 mm, 白段压降为 2800 Pa/120 mm, 复合棒压降为 2740 Pa/100 mm 时, 卷烟主流烟气中挥发性羰基物释放总量的选择性降低率达到 32.3%, 且卷烟感官质量与对照卷烟相比无显著差异。

关键词: 卷烟烟气; 挥发性羰基化合物; 复合滤嘴

引用本文: 陈森林, 何艳明, 沈光林, 等. 降低挥发性羰基化合物材料在卷烟滤嘴中的应用研究 [J]. 中国烟草学报, 2015, 21 (1)

卷烟烟气中含有大量的挥发性羰基化合物, 主要有甲醛、乙醛、丙醛、丁醛、丙烯醛、巴豆醛、丙酮、2-丁酮等^[1-2]。其中低分子量的醛类化合物具有纤毛毒性和强烈的刺激气味, 对人体呼吸系统黏膜有较强的刺激作用, 长期吸入会对人体产生较大危害^[3]。同时, 巴豆醛作为“卷烟危害性指标体系研究”确定的卷烟主流烟气 7 种代表性有害成分之一^[4], 是对烟气毒理学指标影响较大的有害化学成分。近年来, 国内外研究者开发了多种用于降低主流烟气中挥发性羰基化合物释放量的功能材料, 例如改性 Y 型分子筛^[5]、活性炭改性^[6]、改性三氧化二铝^[7]、改性阳离子交换树脂^[8]等。然而, 这些材料的应用, 在降低烟气中挥发性羰基化合物释放量的同时, 也会一定程度上改变烟气中焦油含量, 从而有可能改变卷烟的吸味。因此, 如何使卷烟烟气中的有害成分显著减少, 同时又能保持卷烟的感官质量, 是卷烟设计面临的巨大挑战。目前, 采用添加功能材料的复合滤嘴已发展成为一种重要的卷烟减害技术手段^[9]。但是, 复合滤嘴的工艺参数对功能材料的减害性能通常有较大影响, 因此在实际应用中需要进行优化。为了优化降低挥发性羰基化合物释放量的功能材料(以下简称“降羰基物材料”)

在复合滤嘴中的应用工艺条件, 本文将从材料添加量、滤嘴压降搭配、加料段长度等方面研究不同工艺条件对降羰基物材料的减害性能及其对卷烟感官质量的影响。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

降羰基物材料(郑州烟草研究院); 氯胺 T (AR, 天津光复精细化工研究所); 异烟酸、1, 3-二甲基巴比妥酸(99%, 百灵威科技有限公司); NNN、NAT、NAB、NNK、9-苯基蒽、苯并[a]芘(标准物质, 纯度≥98%, 中国标准物质中心); 对-苯二酚、间-苯二酚、邻-苯二酚、苯酚、对甲酚、间甲酚、邻甲酚(标准物质, 纯度≥99.5%, 美国 Chemservice Standards 公司); 2, 4-二硝基苯肼、甲醛-2, 4-二硝基苯肼、乙醛-2, 4-二硝基苯肼、丙酮-2, 4-二硝基苯肼、丙稀醛-2, 4-二硝基苯肼、丙醛-2, 4-二硝基苯肼、丁醛-2, 4-二硝基苯肼、巴豆醛-2, 4-二硝基苯肼、苯甲醛-2, 4-二硝基苯肼(纯度≥98%, Supelco); 环己烷、二氯甲烷、甲醇、乙腈(色谱纯, J.T.Baker); 其他用到的试剂均为分析纯, 水为蒸馏

基金项目: 中国烟草总公司科技面上项目(中烟办(2011)151号); 广东中烟科技项目(粤烟工[2011]科字第016号)

作者简介: 陈森林(1981—), 博士, 工程师, 主要研究方向主要从事烟用材料的开发应用研究, Tel: 020-81233842,

Email: chenshenlin@gdzygy.com

通讯作者: 李旭华(1962—), 本科, 高级工程师, 主要从事烟用材料、原料配方、香精香料等方面的科研工作, Email: lixh@gdzygy.com

收稿日期: 2014-06-06

水或同等纯度的水。

SM 450 直线型吸烟机 (英国 Cerulean 公司); AA3 连续流动仪 (德国 Bran Luebbe 公司); TurboVap LV 浓缩氮吹仪 (美国 Zymark 公司); ICS-2500 离子色谱仪 (美国 Dionex 公司); Agilent 6890 气相色谱 - 热能分析联用仪 (GC-TEA); Agilent 6890-5973N 气相色谱 - 质谱联用仪; Agilent1200 高效液相色谱仪; Agilent1100 高效液相色谱仪 (配备二极管阵列检测器 DAD, 美国 Agilent 公司)。

KDF-2 滤棒成型机 (德国 Hauni 公司); MERLIN 复合成型机 (德国 Hauni 公司); PROTOS 70 卷烟机 (德国 Hauni 公司)。

1.2 样品制备

1.2.1 滤棒制备

选用 3.0Y/35000 型丝束, 将 20-60 目降羰基物材料在 KDF-2 滤棒成型机上按每 1 mm 料棒长度分别添加 1mg、2mg 和 3 mg 降羰基物材料进行料棒卷制; 选用 3.9Y/31000 型丝束在 KDF-2 滤棒成型机上卷制白棒; 将料棒与白棒在 MERLIN 复合成型机上进行复合成型, 卷制成二元复合滤棒, 复合滤棒中加料段和白段的长度比为 10:15 和 15:10。选用 3.0Y/35000 型丝束和 3.9Y/31000 型丝束在 KDF-2 成型机上按相同参数卷制纯醋纤二元复合滤棒。滤棒设计参数见表 1。

表 1 复合滤棒设计参数

Tab. 1 Design parameters of composite filter rod

| 项目 | 单位 | 参数 |
|-----|----|------------|
| 长度 | mm | 100.0±0.5 |
| 圆周 | mm | 24.25±0.20 |
| 硬度 | % | 91.0±3.0 |
| 含水率 | % | ≤ 8.0 |
| 圆度 | mm | ≤ 0.40 |

1.2.2 卷烟样品制备

在 PROTOS 70 卷烟机组上使用“双喜”烟丝卷制, 并接装降羰基物材料二元复合滤嘴, 以接装相同滤棒

参数的纯醋纤二元复合滤嘴的卷烟作为对照样, 进行对比研究。

1.3 分析方法

将卷接好的卷烟置于温度 (22±1)°C、相对湿度 (60±2)% 条件下平衡 48 h, 经重量 (平均重量 ±0.02 g) 及吸阻 (平均吸阻 ±49 Pa) 分选, 挑出符合标准的试验卷烟。按照相关的标准方法^[10-18]对卷烟主流烟气中常规成分、主要有害成分的释放量进行分析测试, 考察材料在卷烟中的实际减害效果。卷烟感官质量评价由广东中烟感官评吸委员会委员组织, 采用 GB 5606.4-2005^[19]规定的感官技术要求对卷烟感官质量差异进行对比评吸。差异检验采用 t 检验法在 matlab 2009a 完成, 检验结果用 *P* (结果具有总体代表性的犯错概率) 表示, *P* 值小于 0.05, 则认为差异达到显著水平, *P* 越小代表显著水平越高。

2 结果与讨论

2.1 降羰基物材料在二元复合滤嘴中添加量的确定

降羰基物材料作为一种高分子多孔材料, 在降低主流烟气中挥发性羟基化合物释放量的同时, 也有可能对主流烟气常规成分 (如焦油、烟碱等) 进行吸附, 造成主流烟气常规成分发生明显变化, 从而影响卷烟吸味。通过在滤嘴中添加了一定量 (10-30 mg/支) 的降羰基物材料, 采用 t 检验法考察降羰基物材料对主流烟气常规成分和有害成分释放量的影响, 结果如表 2 所示。与对照卷烟相比, 在复合滤嘴中加入 10 mg/支、20 mg/支和 30 mg/支降羰基物材料的卷烟 (样品号分别为 1、2、3), 其主流烟气常规成分的含量均无显著变化。因此可以认为, 在二元复合滤嘴中加入一定量的降羰基物材料 (10-30 mg/支) 不会对烟气常规成分造成显著影响。而有害成分 HCN、NNK、BaP、苯酚和巴豆醛, 添加降羰基物材料的卷烟与对照卷烟相比, 含量存在显著性差异。其中降羰基物材料添加量为 10 mg/支时, HCN、BaP、苯酚和巴豆醛释放量明显降低 ($P < 0.05$); 添加量为 20 mg/支时, BaP、苯酚和巴豆醛释放量明显降低 ($P < 0.05$); 添加量为 30 mg/支时, NNK、BaP、苯酚和巴豆醛释放量明显降低 ($P < 0.05$), 其中巴豆醛的释放量降低程度尤为显著 ($P < 0.001$)。

表 2 不同功能材料添加量的卷烟主流烟气常规成分和 7 种有害成分释放量结果

Tab. 2 Chemical compounds and hazardous compounds in mainstream smoke with different amounts of additive

| 样品名称 | 添加量 / (mg/支) | 焦油 / (mg/支) | 烟碱 / (mg/支) | CO/ (mg/支) | HCN/ (μ g/支) | NNK/ (ng/支) | NH ₃ / (μ g/支) | BaP/ (ng/支) | 苯酚 / (μ g/支) | 巴豆醛 / (μ g/支) |
|------|-----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| 对照 | 0 | 10.5 | 1.0 | 10.6 | 121.2 | 5.7 | 7.6 | 9.3 | 13.4 | 18.4 |
| 1 | 10 | 10.7 | 0.9 | 10.8 | 108.0* | 5.8 | 7.5 | 8.7* | 11.7* | 16.4* |
| 2 | 20 | 10.3 | 0.9 | 10.6 | 121.7 | 5.7 | 7.9 | 8.7* | 11.6* | 13.2* |
| 3 | 30 | 9.9 | 0.9 | 10.3 | 120.6 | 5.6* | 7.9 | 8.7* | 12.5* | 10.6** |

注: * $P < 0.05$; ** $P < 0.001$ 。

由此可见, 减害材料可显著降低主流烟气中有害成分释放量, 且降低效果与减害材料的添加量有关, 为此进一步考察了降羰基物材料的添加量对主流烟气中挥发性羰基化合物释放量降低效果的影响, 从而确定降羰基物材料在二元复合滤嘴中合适的添加比例。在二元复合滤嘴 (10 mm 加料段 + 15 mm 白段) 中分别加入 10 mg、20 mg、30 mg 降羰基物材料, 并与空白对照样品比较。对照样品和添加降羰基物材料的卷烟样品的挥发性羰基化合物释放量结果列于表 3, 并对添加降羰基物材料后卷烟的挥发性羰基化合物释放量选择性降低率 (有害成分选择性降低率 = 有害成分降低率 - 焦油降低率) 进行计算, 结果如图 1 所示。从表 3 和图 1 可以看出: (1) 当降羰基物材料添加量为 10 mg/支时, 仅有甲醛 ($P < 0.001$) 和巴豆醛 ($P < 0.05$) 释放量显著降低, 选择性降低率分别为 46.4%

和 12.8%; (2) 添加量为 20 mg/支时, 甲醛、乙醛、丙醛、巴豆醛和丁醛释放量明显降低 ($P < 0.05$), 选择性降低率分别为 61.2%、23.3%、15.0%、26.4% 和 3.0%; (3) 当添加量增至 30 mg/支时, 甲醛、乙醛、丙酮、丙烯醛、丙醛、巴豆醛和丁醛释放量均明显降低, 且选择性降低率进一步增加, 分别为 65.0%、40.6%、4.6%、25.7%、32.4%、36.7% 和 22.4%, 甲醛、乙醛、丙醛和巴豆醛的释放量降低程度最为显著 ($P < 0.001$); (4) 总挥发性羰基化合物的总释放量在添加量为 20 mg/支时显著降低 ($P < 0.05$), 选择性降低率为 18.4%, 当添加量增至 30 mg/支时总释放量降低程度更加显著 ($P < 0.001$), 降低率增加至 32.3%。可见, 增加降羰基物材料的添加量, 可以有效提高主流烟气中挥发性羰基化合物释放量的选择性降低率。因此, 最终选择添加量为 30 mg/支。

表 3 卷烟主流烟气挥发性羰基化合物释放量分析结果

Tab. 3 Analysis of volatile carbonyl compounds in mainstream smoke

| 样品名称 | 甲醛 | 乙醛 | 丙酮 | 丙烯醛 | 丙醛 | 巴豆醛 | 2-丁酮 | 丁醛 | 总量 |
|------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|---------|
| 对照 | 108.2 | 518.8 | 213.2 | 64.7 | 46.7 | 18.4 | 51.8 | 26.3 | 1048.0 |
| 1 | 60.1** | 492.4 | 239.4 | 56.2 | 46.1 | 16.4* | 60.4 | 28.3 | 999.3 |
| 2 | 39.9** | 388.2* | 224.6 | 51.7 | 38.8* | 13.2* | 54.1* | 25.0* | 835.6* |
| 3 | 31.7** | 278.8** | 191.2* | 44.4* | 28.9** | 10.6** | 45.5* | 18.9* | 650.1** |

注: * $P < 0.05$; ** $P < 0.001$

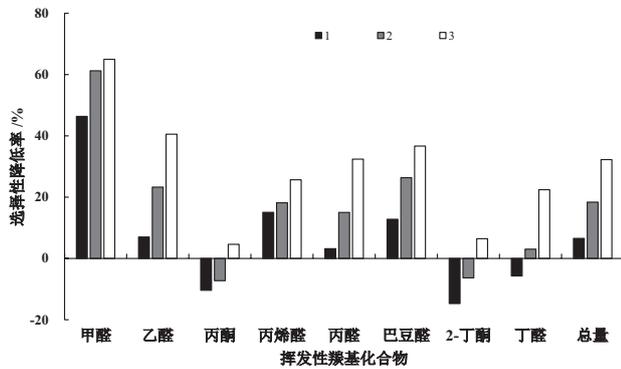


图1 不同添加量的卷烟烟气中挥发性羰基化合物选择性降低率情况

Fig. 1 Selective reduction of volatile carbonyl compounds in mainstream smoke

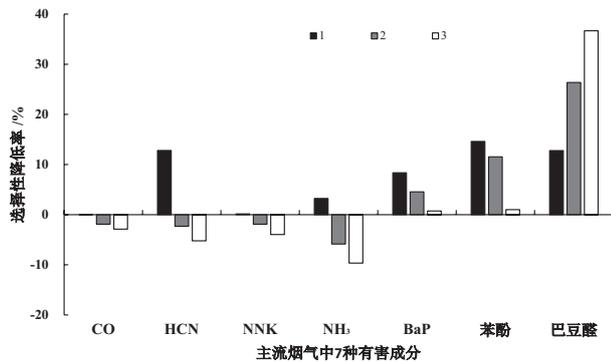


图2 不同添加量的卷烟主流烟气7种有害成分释放量选择性降低率情况

Fig. 2 Selective reduction of 7 hazardous compounds in mainstream smoke with different amounts of additive

卷烟主流烟气中7种有害成分释放量的选择性降低率如图2所示。可见，与对照卷烟相比，随着降羰基材料添加量的增加，卷烟主流烟气中巴豆醛的选择性降低率逐渐升高，而其余6种有害成分释放量无明显差异。当加入30 mg/支降羰基材料时，除NH₃外，其他5种有害成分变化均小于6%。结合烟气常规成分测试结果和7种有害成分测试结果(表2)，

说明了降羰基材料对巴豆醛具有明显的选择性降低性能。基于上述实验结果，降羰基材料在二元复合滤嘴(10 mm 加料段+15 mm 白段)中的最佳添加量为30 mg/支，此时既可以最大限度地降低主流烟气中挥发性羰基化合物的释放量，又不会对主流烟气常规成分造成明显影响。

2.2 二元复合滤嘴压降搭配确定

为确定适宜的压降搭配，对二元复合棒中白棒和加料棒的压降搭配进行考察。滤棒参数见表4，其中样品s1、s2、s3的对照样品分别为二元复合滤棒b1、b2、b3，白棒丝束规格为3.9Y/31000，料棒丝束规格为3.0Y/35000。表5测试结果表明，与各自对照样品相比，烟气常规成分的变化样品s1不超3.0%，样品s2不超6.0%，样品s3不超4.0%，与对照样品的常规成分释放量无显著差别($P>0.05$)，说明在不同滤棒压降搭配上，降羰基材料对主流烟气常规成分无明显影响。在7种有害成分分析中(图3)，巴豆醛降低最为显著($P<0.05$)，但是随着料棒压降的增加，巴豆醛分别降低了7.0 $\mu\text{g}/\text{支}$ 、5.3 $\mu\text{g}/\text{支}$ 、6.1 $\mu\text{g}/\text{支}$ ，降低幅度减小；其他有害成分无显著性变化($P>0.05$)。从巴豆醛选择性降低率数据来看，s1样品可选择性降低巴豆醛释放量34.5%，远高于s2和s3样品。从挥发性羰基化合物的选择性降低率数据看(图4)，不同压降搭配对甲醛、乙醛释放量的降低效果影响不大，而对巴豆醛释放量降低效果的影响则较为明显，随着复合棒压降逐渐升高，巴豆醛释放量的选择性降低率从34.2%逐渐降低为17.3%。因此，选择2800 Pa/120 mm白棒、4000 Pa/120 mm料棒进行复合得到的2740 Pa/100 mm二元复合滤棒对提高降羰基材料的减害性能最为有利。原因可能是由于料棒压降增大，丝束在料棒中的填充量增加，导致降羰基材料堆积较为紧密，一定程度上减少了主流烟气与降羰基材料的接触，从而降低了降羰基物的选择性减害性能。

表4 滤棒参数

Tab. 4 Parameters of composite filter rod

| 样品编号 | 白棒压降 / (Pa/120 mm) | 料棒压降 / (Pa/120 mm) | 复合棒压降 / (Pa/100 mm) | 材料添加量 / (mg/cig) |
|------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| b1 | 2800 | 3850 | 2690 | 0 |
| b2 | 2800 | 4200 | 2800 | 0 |
| b3 | 2800 | 4500 | 2900 | 0 |
| s1 | 2800 | 4000 | 2740 | 30 |
| s2 | 2800 | 4350 | 2850 | 30 |
| s3 | 2800 | 4650 | 2950 | 30 |

表 5 不同压降卷烟主流烟气常规成分和 7 种有害成分释放量

Tab. 5 Chemical compounds and hazardous compounds in mainstream smoke with different pressure drop

| 卷烟编号 | 焦油 / (mg/cig) | 烟碱 / (mg/cig) | CO/ (mg/cig) | HCN/ (μ g/cig) | NNK/ (ng/cig) | NH ₃ / (μ g/cig) | BaP/ (ng/cig) | 苯酚 / (μ g/cig) | 巴豆醛 / (μ g/cig) |
|------|------------------|------------------|-----------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| b1 | 10.0 | 1.0 | 11.5 | 101.7 | 5.4 | 6.1 | 8.4 | 10.4 | 19.2 |
| b2 | 10.2 | 1.0 | 12.2 | 107.7 | 5.1 | 5.9 | 8.9 | 10.6 | 19.5 |
| b3 | 10.3 | 1.0 | 12.4 | 118.3 | 5.4 | 6.0 | 8.8 | 10.7 | 19.4 |
| s1 | 9.8 | 1.0 | 11.2 | 106.9 | 5.2 | 6.4 | 8.4 | 10.0 | 12.2** |
| s2 | 10.1 | 1.0 | 11.5 | 108.9 | 5.2 | 6.3 | 8.5* | 9.8 | 14.2* |
| s3 | 10.1 | 1.0 | 11.9 | 94.9** | 5.1 | 6.4* | 8.2 | 11.0 | 13.3* |

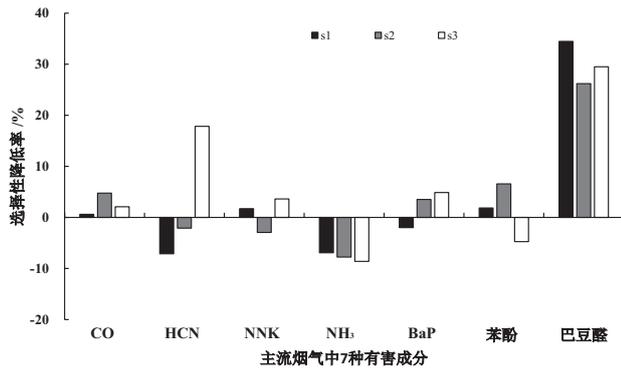
* $P < 0.05$; ** $P < 0.001$ 

图 3 不同压降搭配的卷烟主流烟气 7 种有害成分选择性降低率情况

Fig. 3 Selective reduction of hazardous compounds in mainstream smoke with different pressure drop

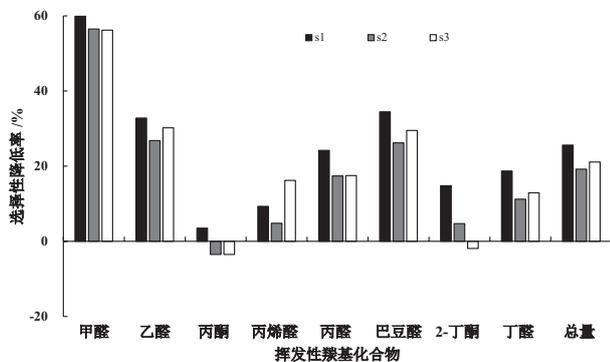


图 4 不同压降搭配的卷烟主流烟气挥发性羰基化合物选择性降低率情况

Fig. 4 Selective reduction of volatile carbonyl compounds in mainstream smoke with different pressure drop

2.3 不同加料段长度对降低挥发性羰基物性能的影响

为确定适宜的加料段长度,对二元复合棒中不同加料段长度进行考察。保持复合滤嘴总长度 25 mm 不变,添加量均为 30 mg/支,分别对两种形式, A (10 mm 加料段+15 mm 白段)和 B (15 mm 加料段+10 mm 白段)进行对比。对照样品和不同加料段长度卷烟的主流烟气常规成分与 7 种有害成分列于表 6。从表中可以看出,当加料段为 10 mm 时,样品 A 的主流烟气中常规成分释放量与对照 A 的烟气常规成分相比没有明显变化 ($P > 0.05$)。当加料段为 15 mm 时,样品 B 的主流烟气中常规成分释放量与对照 B 的烟气常规成分相比,烟碱和 CO 释放量无显著性变化,而焦油释放量发生显著变化 ($P < 0.05$),降低了 10.8%。这说明,采用 10 mm 白段+15 mm 加料段的复合滤嘴对主流烟气中常规成分释放量有一定影响。另外,不同加料段长度对降羰基物材料选择性降低主流烟气中挥发性羰基化合物释放量的结果如图 5 所示。在降羰基物添加量相同的基础上,延长加料段长度,可提高主流烟气中巴豆醛、丙烯醛等挥发性羰基化合物的选择性降低率。原因可能是延长加料段长度,一方面烟气与降羰基物材料的接触时间延长,另一方面降羰基物材料在加料段分布较为疏松,使得烟气与多孔的降羰基物充分接触,从而提高了降羰基物材料的减害性能。

表 6 不同加料段长度卷烟主流烟气常规成分和 7 种有害成分释放量

Tab. 6 Chemical compounds and hazardous compounds in mainstream smoke with different length of feeding section

| 样品名称 | 加料段长度/ (mm/支) | 焦油/ (mg/支) | 烟碱/ (mg/支) | CO/ (mg/支) | HCN/ (μ g/支) | NNK/ (ng/支) | NH ₃ / (μ g/支) | BaP/ (ng/支) | 苯酚/ (μ g/支) | 巴豆醛/ (μ g/支) |
|------|------------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 对照 A | 10 | 11.8 | 1.0 | 12.7 | 104.7 | 6.8 | 9.3 | 9.2 | 11.3 | 20.5 |
| 样品 A | 10 | 11.3 | 1.0 | 12.5 | 107.3 | 6.8 | 9.3 | 8.8* | 10.7 | 13.3** |
| 对照 B | 15 | 11.1 | 1.0 | 12.3 | 107.3 | 6.8 | 8.6 | 8.6 | 11.5 | 20.5 |
| 样品 B | 15 | 9.9* | 0.9 | 11.6 | 113.7* | 6.8 | 9.4* | 8.4* | 10.0* | 11.0** |

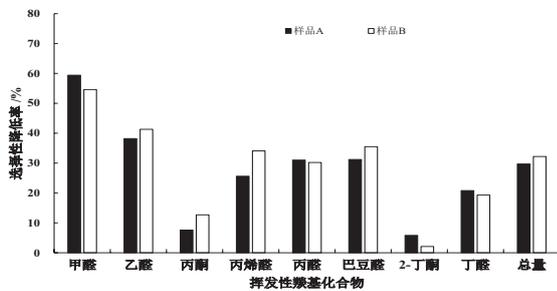
* $P<0.05$; ** $P<0.001$ 

图 5 不同加料段长度的卷烟主流烟气挥发性羰基化合物选择性降低率情况

Fig. 5 Selective reduction of volatile carbonyl compounds in mainstream smoke with different length of feeding section

图 6 为不同加料段长度对主流烟气中 7 种有害成分选择性降低率的影响。由图 6 可知, 延长加料段长度, 巴豆醛选择性降低率从 30.9% 增加至 35.5%, 然而 HCN、NNK、NH₃ 和 BaP 的选择性降低率均较为明显的降低。所以, 延长加料段长度, 可以有效提高主流烟气中巴豆醛的选择性减低率, 而主流烟气中 7 种有害成分大部分成分的释放量, 如 NH₃、HCN 等, 有一定程度的上升, 可能与降羰基物材料中含有氮元素有关; 同时也使得主流烟气常规成分, 如焦油等, 有一定程度的降低。

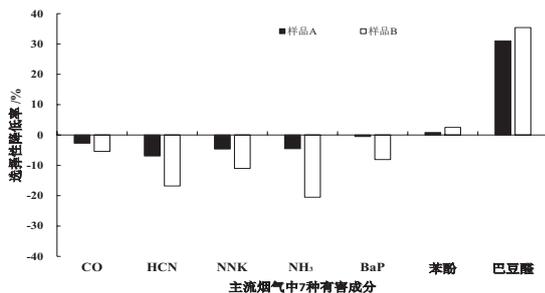


图 6 不同加料段长度卷烟主流烟气 7 种有害成分选择性降低率情况

Fig. 6 Selective reduction of hazardous compounds in mainstream smoke with different length of feeding section

2.4 卷烟感官质量评价

卷烟感官质量对卷烟产品来说至关重要, 表 7 为添加降羰基物材料后卷烟感官质量评价结果。从表中可以看出, 与对照品相比, 当加料段长度为 10 mm 时 (样品 A), 添加降羰基物材料后卷烟香气较足, 刺激性较低, 余味得分略有降低, 但总分比对照样品还高了 0.58 分。当加料段长度为 15 mm 时 (对照 B 和样品 B), 添加降羰基物材料后卷烟香气略有不足, 感官评价总分比对照样品略低, 可能是由于样品 B 的焦油含量有所降低引起的。另外, 由于加料段的压降高于白段压降, 对照 A (10 mm 加料段 +15 mm 白段) 的压降小于对照 B (15 mm 加料段 +10 mm 白段) 的压降, 所以, 对照 B 的二元复合滤嘴对主流烟气的过滤性能高于对照 A 的滤嘴, 从而使得对照 B 的感官质量得分低于对照 A 的感官质量得分。

总体来说, 添加降羰基物材料的卷烟与对照样品之间不存在显著性差异 ($P>0.05$)。因此可以认为在优化后的工艺条件下添加降羰基物材料——25 mm 二元复合滤棒 (10 mm 料棒 +15 mm 白棒), 压降为 2740 Pa/100 mm, 材料添加量为 30 mg/支——卷烟感官质量基本保持稳定。

表 7 卷烟感官质量评价结果

Tab. 7 Sensory quality of trial-produced cigarettes

| 样品编号 | 香气 | 谐调 | 杂气 | 刺激性 | 余味 | 合计 |
|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 对照 A | 28.50 | 5.00 | 10.50 | 17.50 | 22.00 | 88.50 |
| 样品 A | 28.92 | 5.00 | 10.58 | 17.67 | 21.92 | 89.08 |
| 对照 B | 28.00 | 5.00 | 10.00 | 17.50 | 21.50 | 87.00 |
| 样品 B | 27.83 | 5.00 | 10.08 | 17.50 | 21.42 | 86.83 |

* $P<0.05$; ** $P<0.001$

3 结论

优化了降羰基物材料在复合滤嘴中的应用工艺条件。最终确定在 25 mm 二元复合滤棒（10 mm 料棒+15 mm 白棒），压降为 2740 Pa/100 mm 以及材料添加量为 30 mg/支的工艺条件下添加降羰基物功能材料，该条件下不仅能显著选择性降低主流烟气中挥发性羰基化合物释放量，且卷烟感官质量基本保持稳定。

参考文献

- [1] 黄云,王裔耿,缪明明,等.快速分离柱高效液相色谱法测定卷烟主流烟气中的主要羰基化合物[J].色谱,2007,25(2):230-233.
- [2] 李响丽,李国智,范多青,等.卷烟主流烟气中8种羰基化合物的超高效液相色谱测定[J].分析测试学报,2012,31(1):56-61.
- [3] 谢剑平.卷烟危害性评价原理与方法[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [4] 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,2009,259(2):5-15.
- [5] 李绍民,胡有持,赵明月,等.利用改性Y型分子筛降低卷烟烟气中的有害成分[J].中国烟草学报,2003,9(3):28-39.
- [6] Thompson N C, Taylor M J, The influence of precursor materials on the properties of various activated carbons [C], CORESTA, PT04, 2006.
- [7] 聂聪,赵乐,彭斌,等.应用后合成法制备的胺基功能化材料降低卷烟主流烟气中挥发性羰基化合物研究[J].中国烟草学报,2010,16:50-54.
- [8] Branton P J, McAdam K G, Winter D B, et al. Reduction of aldehydes and hydrogen cyanide yields in mainstream cigarette smoke using an amine functionalised ion exchange resin[J]. Chem Cent J, 2011, 5:15.
- [9] 刘立全,李维娜,王月侠,等.特殊滤嘴研究进展[J].烟草科技,2004,200(3):17-24.
- [10] GB/T 19609-2004 卷烟 用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油[S].
- [11] GB/T 23356-2009 卷烟 烟气气相中一氧化碳的测定 非散射红外法[S].
- [12] GB/T 23355-2009 卷烟 总粒相物中烟碱的测定 气相色谱法[S].
- [13] YC/T 253-2008 卷烟 主流烟气中氢氰酸的测定 连续流动法[S].
- [14] GB/T 23228-2008 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[S].
- [15] GB/T 21130-2007 卷烟 烟气总粒相物中苯并[a]芘的测定[S].
- [16] YC/T 255-2008 卷烟 主流烟气中主要酚类化合物的测定 高效液相色谱法[S].
- [17] YC/T 254-2008 卷烟 主流烟气中主要羰基化合物的测定 高效液相色谱法[S].
- [18] YC/T 377-2010 卷烟 主流烟气中氨的测定 离子色谱法[S].
- [19] GB 5606.4-2005 卷烟 第4部分:感官技术要求[S].

Application of materials for reducing volatile carbonyl compounds in cigarette filter

CHEN Senlin¹, HE Yanming¹, SHEN Guanglin¹, SUN Xuehui², NIE Cong², ZHANG XiaoBin², LAI Yanhua¹, LI Xuhua¹,
LIU Huimin²

¹ Technology Centre, China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd, Guangzhou 510385, China;

² Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China

Abstract: In order to optimize application of functional material for reducing volatile carbonyl compounds in multiple filter, effects of different technological parameters on harmful compounds reducing performance and sensory quality of cigarette were investigated, such as additive amount of functional material, pressure drop of multiple filter, and length of feeding section. Results showed that the optimum technological conditions for selectively reducing volatile carbonyl compounds in cigarette smoke were as follows: 1) additive amount of functional material was 30mg/cig; and 2) multiple filter was combined with 10 mm feeding section and 15 mm blank section; and 3) pressure drop of blank section, feeding section and multiple filter were 2800Pa/120mm, 4000Pa/120mm, and 2740Pa/100mm, respectively. In such conditions, total volatile carbonyl compounds in cigarette smoke were reduced up to 32.3% selectively, and there was no significant difference on sensory quality between the optimized cigarette and the blank cigarette.

Keywords: cigarette smoke; volatile carbonyl compounds; multiple filter

Citation: CHEN Senlin, HE Yanming, SHEN Guanglin, et al. Application of materials for reducing volatile carbonyl compounds in cigarette filter [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2015,21(1)