

8 种中心电加热卷烟烟气释放特性分析

Analysis for smoke release characteristics of several central electrical heated cigarettes

何红梅¹ 尤晓娟¹ 刘献军¹ 朱鲜艳²

HE Hong-mei¹ YOU Xiao-juan¹ LIU Xian-jun¹ ZHU Xian-yan²

王明辉² 石怀彬¹ 徐如彦¹

WANG Ming-hui² SHI Huai-bin¹ XU Ru-yan¹

(1. 江苏中烟工业有限责任公司, 江苏 南京 210019; 2. 南通烟滤嘴有限责任公司, 江苏 南通 226014)

(1. China Tobacco Jiangsu Industrial Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210019, China;

2. Nantong Cigarette Filter Co., Ltd., Nantong, Jiangsu 226014, China)

摘要:目的:探寻中心电加热卷烟烟气释放特性的共同点及差异性。方法:采用气相色谱分析了 7 款国产境外上市电加热卷烟(卷烟 A-G)和 1 款市售国外电加热卷烟(卷烟 H)主流烟气总释放量、逐口释放量及其释放稳定性,并对可能影响其稳定性的退丝率因素进行了探讨。结果:① 卷烟 H 主流烟气中烟碱、甘油转移率均最低;② 卷烟 H 烟气释放稳定性最高;③ 中心电加热卷烟烟气逐口释放量均随抽吸口序的增加整体呈先上升后逐渐下降趋势,中间略有波动,与传统卷烟在 ISO 模式下逐口释放规律有所区别;④ 烟支在插入中心加热烟具时产生的退丝现象对卷烟烟气释放稳定性有不利影响。结论:减少中心电加热卷烟的退丝现象可以提高烟气释放稳定性。

关键词:中心电加热卷烟;烟气;释放特性;释放稳定性;逐口;退丝率

Abstract: **Objective:** Studied the smoke emission characteristics of central electric heating cigarette. **Methods:** The release amount and stability of total and puff-by-puff mainstream smoke were investigated by taking seven domestic cigarettes (Cigarettes A-G) and one foreign cigarette (Cigarette H) as the samples. The factors that may influence smoke release stability were discussed. **Results:** ① The transfer ratios of nicotine and glycerol in Cigarettes H were the lowest; ② The smoke release stability of Cigarettes H was the highest; ③ The release behavior of TPM, nicotine and glycerol on a puff-by-puff basis all showed increase-de-

crease trend with the increase of puff sequence, which was different from the traditional cigarettes under ISO regime; ④ The tobacco retreated phenomenon when cigarette was inserted into its heating device had negative effect on the smoke release stability.

Conclusion: The smoke release stability could be improved by reducing the tobacco retreated phenomenon of central electric heating cigarette.

Keywords: central electrical heated cigarettes; smoke; release characteristics; release stability; puff-by-puff; tobacco retreated ratio

近年来,新型烟草制品吸引了广大研究者关注,尤其是加热卷烟因大幅降低有害成分且能获得与传统卷烟相近的抽吸满足感而异军突起,国际市场发展迅猛。目前国内烟草科技工作者对电加热卷烟开展了一些基础研究,但主要集中在烟芯材料的物理化学分析^[1-2]、卷烟烟气有害成分及香味成分释放^[3-4]、卷烟气溶胶毒理学评价^[5-6]、模拟加热不燃烧状态下烟草气溶胶释放^[7-8],尚未见针对中心电加热卷烟主流烟气释放特性的系统分析报道。

研究拟采用 CORESTA 推荐的电子烟抽吸模式对 8 款中心电加热卷烟烟气总释放量和逐口释放量进行考察,旨在发现中心电加热卷烟烟气释放特性的共同点及差异性,以为电加热卷烟产品研发和产品质量的提升提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

1.1.1 材料

8 款市售中心电加热卷烟产品,其中卷烟 A~G 为国

基金项目:江苏中烟工业有限责任公司科技项目(编号:2020-29)
作者简介:何红梅,女,江苏中烟工业有限责任公司工程师,硕士。
通信作者:徐如彦(1974—),男,江苏中烟工业有限责任公司高级工程师,硕士。E-mail: xy_xury@jszygs.com
收稿日期:2021-06-21

产7款境外上市中心电加热卷烟产品,卷烟H为市售国外电加热卷烟产品,8款产品烟芯材料在烟支中均有序排列。试验所用烟具均为中心加热型iQOS烟具(Tobacco Heating Device 2.4 PLUS)。

1.1.2 试剂

甲醇:色谱纯,美国TEDIA公司;

正十七烷:色谱纯,梯希爱(上海)化成工业发展有限公司。

1.1.3 仪器

模块化吸烟机:LM4E型,德国Borgwaldt公司;

20孔道吸烟机:RM20H型,配置逐口抽吸模块,德国Borgwaldt公司;

气相色谱仪:Agilent 7890A型,配置检测器FID,美国Agilent公司;

电子天平:AL204型,感率0.0001g,瑞士Mettler Toledo公司;

回旋振荡器:HY-5A型,江苏省金坛市讯生仪器厂。

1.2 方法

1.2.1 中心电加热卷烟退丝率计算方法

(1) 中心电加热卷烟烟支中烟芯材料质量的测定:取20支卷烟样品在温度 $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $(50\pm 5)\%$ 的条件下平衡48h,用镊子将每支卷烟中烟芯材料全部分离出来,并用电子天平称取质量,测定结果精确至0.0001g。以20支卷烟烟芯材料质量的平均值为该卷烟样品的烟芯材料质量。

(2) 中心电加热卷烟退丝量的测定:使用中心加热式烟具时,将卷烟烟支插入烟具过程中,由于烟具加热片(针)与烟支中烟芯材料之间存在摩擦力,加热片(针)可能会将部分烟芯材料朝滤嘴方向推出,导致烟芯材料后退进入降温段,后退的这部分烟芯材料质量定义为退丝量,如图1圈内所示。退丝量测定方法为:抽吸结束后,从烟支烟芯材料段和降温段之间将烟支掰断,用刀片切割被推出的这部分烟芯材料,并用电子天平称取质量。

(3) 中心电加热卷烟退丝率的计算:将测定的电加热卷烟退丝量,除以该支电加热卷烟烟芯材料的质量,即为电加热卷烟的退丝率。

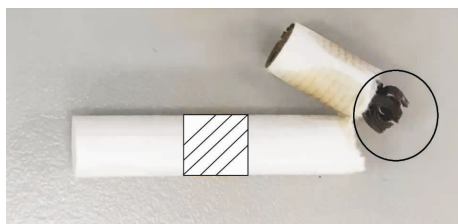


图1 退丝现象示意图

Figure 1 Diagram of tobacco retreated phenomenon

1.2.2 烟芯材料中烟碱、甘油含量分析 将样品在温度 $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $(50\pm 5)\%$ 的条件下平衡48h。将平衡好的加热卷烟烟芯材料用剪刀剪碎,准确称取0.25g烟芯材料,置于100mL锥形瓶中,加2mL水将烟芯材料浸润,超声10min;加入含内标萃取液,超声10min,室温下机械振荡2h。取萃取液过0.22μm滤膜后上配置有氢火焰离子化检测器的气相色谱仪检测。

GC条件:DB-ALC 1色谱柱 $(30\text{ m}\times 0.32\text{ mm}\times 1.8\text{ }\mu\text{m})$;程序升温:初始温度 100°C ,保持1min,以 $15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 220°C ,保持1min;总运行时间10min;进样口温度 250°C ;检测器温度 275°C ;载气:氮气;恒流流速 $1.8\text{ mL}/\text{min}$;进样体积 $1.0\text{ }\mu\text{L}$;分流比 $50:1$ 。

1.2.3 中心电加热卷烟主流烟气中总烟碱、甘油含量分析 在温度 $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $(50\pm 5)\%$ 的条件下平衡电加热卷烟样品48h,按CORESTA推荐的电子烟抽吸模式,即抽吸容量55.0mL、抽吸时间3s、抽吸频率30s,抽吸曲线为矩形。

随机选取平衡后的卷烟样品,在LM4E模块化吸烟机上使用iQOS烟具进行抽吸,抽吸13口(抽吸12口后,烟具电源灯熄灭,抽吸最后一口时,烟具处于无电状态)。每支卷烟捕集在一张44mm剑桥滤片上。抽吸结束后,加入含内标萃取液振荡萃取30min,取萃取液过0.22μm滤膜后上配置有氢火焰离子化检测器的气相色谱仪检测。GC条件同1.2.2。

1.2.4 中心电加热卷烟主流烟气中逐口烟碱、甘油含量分析 中心电加热卷烟主流烟气中逐口烟碱、甘油含量分析需在RM20H转盘吸烟机上进行逐口抽吸,每口烟气捕集在一张44mm剑桥滤片上,样品前处理和分析条件同1.2.3。

1.2.5 烟碱、甘油转移率计算 按式(1)计算加热卷烟主流烟气中烟碱、甘油转移率。

$$T = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

T ——烟碱或甘油转移率,%;

m_1 ——加热卷烟主流烟气中烟碱或甘油释放量,mg/支;

m_2 ——加热卷烟烟芯材料中烟碱或甘油含量,mg/支。

2 结果与讨论

2.1 烟气总颗粒物、烟碱和甘油释放特性分析

电加热卷烟烟气释放特性是重要的产品质量特性,试验重点考察了烟气中总颗粒物(TPM)、烟芯材料和烟气中烟碱和甘油释放量,并对烟碱和甘油转移率进行了分析,其结果如表1所示。结果表明,不同品牌卷烟烟气

表 1 8 款中心电加热卷烟烟碱、甘油转移率分析

Table 1 Transfer ratios analysis of nicotine and glycerol in eight central electrical heated cigarettes ($n=20$)

牌号	烟芯材料/(mg·支 ⁻¹)		主流烟气/(mg·支 ⁻¹)			转移率/%	
	烟碱	甘油	总粒相物	烟碱	甘油	烟碱	甘油
卷烟 A	4.15	54.56	42.70	1.60	7.64	38.55	14.00
卷烟 B	3.98	51.74	37.73	1.36	7.09	34.17	13.70
卷烟 C	3.13	48.40	33.40	1.14	6.29	36.42	13.00
卷烟 D	3.42	44.46	36.40	1.24	6.78	36.26	15.25
卷烟 E	3.76	50.06	42.30	1.51	7.97	40.16	15.92
卷烟 F	3.69	53.43	41.90	1.44	7.71	39.02	14.43
卷烟 G	3.75	50.25	40.50	1.52	7.42	40.53	14.77
卷烟 H	4.93	39.71	36.45	1.47	4.94	29.82	12.44

总粒相物释放量差异较明显,8 款电加热卷烟主流烟气中总粒相物释放量为 33.40~42.70 mg/支,卷烟 A 最高,卷烟 C 最低。

8 款卷烟样品烟芯材料中烟碱释放量为 3.13~4.93 mg/支,卷烟 H 最高,卷烟 C 最低;8 款卷烟样品烟气中烟碱释放量为 1.14~1.60 mg/支,卷烟 A 最高,卷烟 C 最低;8 款卷烟样品烟碱转移率为 29.82%~40.53%,其中,卷烟 H 最低,卷烟 G 最高。

8 款卷烟样品烟芯材料中甘油含量为 39.71~54.56 mg/支,烟气中甘油含量为 4.94~7.97 mg/支。卷烟 A~G 烟芯材料和烟气甘油释放量均高于卷烟 H;8 款卷烟样品甘油转移率为 12.44%~15.92%,其中,卷烟 H 最低,卷烟 E 最高。

2.2 烟气释放稳定性分析

表 2 反映了 8 款中心电加热卷烟烟气释放物中总粒相物、烟碱、甘油释放量的相对标准偏差。所选卷烟 A~G 总粒相物、烟碱、甘油的相对标准偏差均较卷烟 H 高,即相比较卷烟 H,卷烟 A~G 的整体烟气释放稳定性较低。对于同一品牌规格卷烟样品,总粒相物、烟碱、甘油

表 2 8 款中心电加热卷烟烟气释放物相对标准偏差

Table 2 RSD of smoke release in eight central electrical heated cigarettes ($n=20$)

牌号	总粒相物	烟碱	甘油
卷烟 A	8.53	10.28	13.05
卷烟 B	7.28	8.69	15.01
卷烟 C	9.29	7.99	16.51
卷烟 D	12.46	14.64	19.87
卷烟 E	7.64	8.07	14.99
卷烟 F	8.12	10.94	13.78
卷烟 G	12.22	13.72	20.90
卷烟 H	5.07	6.17	9.67

3 个指标中均是甘油的 RSD 最高,表明烟气中甘油的稳定性最难控制。

2.3 烟气逐口释放量及其稳定性分析

为研究中心电加热卷烟逐口烟气释放特性,分别以 20 支卷烟为样本,对比分析了卷烟 A 和卷烟 H 两款产品的总粒相物、烟碱、甘油逐口释放量,结果如表 3 和图 2 所示。卷烟 A 逐口总粒相物及逐口烟碱释放量总体上与卷烟 H 相差不大,而卷烟 A 逐口甘油释放量比卷烟 H 高。两款产品的总粒相物、烟碱、甘油释放量均随抽吸口序增加整体呈先上升后逐渐下降的趋势,中间略有波动,最高点多出现在第 4~7 口。这与传统卷烟有所区别,传统卷烟在 ISO 抽吸模式下主流烟气中常规成分释放量在完整抽吸口序下呈逐口上升趋势^[9]。

虽然两款产品逐口释放量趋势相同,但从表 3 可以看出:① 从第 1~12 口(第 13 口烟具已处无电状态),卷烟 A 总粒相物、烟碱、甘油逐口释放量 RSD 值远大于卷烟 H。卷烟 A 总粒相物 RSD 值平均为 16.74%,卷烟 H 平均为 11.47%;卷烟 A 烟碱 RSD 值平均为 20.49%,卷烟 H 平均为 9.22%;卷烟 A 甘油 RSD 值平均为 26.04%,卷烟 H 平均为 12.54%。卷烟 A 主流烟气中烟碱和甘油逐口释放量 RSD 都在卷烟 H 的 2 倍以上。② 第 13 口,卷烟 H 不再释放烟碱和甘油,而卷烟 A 第 13 口均存在烟碱和甘油释放。由于使用的是同种加热烟具,说明卷烟 H 烟支散热比较快,烟具无电后能快速散热,而卷烟 A 烟支在烟具无电后烟芯材料部位尚有余热,导致烟气释放物仍在产生。

2.4 烟支退丝率与烟气释放稳定性的关系

表 4 反映了 8 款中心电加热卷烟产品烟芯材料质量均值、退丝量均值和退丝率均值。由表 4 可知,卷烟 H 烟芯材料质量为 0.284 4 g/支,仅次于卷烟 A 的 0.290 7 g/支,但卷烟 H 的退丝量最小,即卷烟 A~G 所有烟支在插入加热烟具时产生的退丝现象较卷烟 H 明显,因此卷烟

表 3 卷烟 A 和卷烟 H 逐口烟气释放量均值及相对标准偏差

Table 3 Mean value and RSD of smoke release on a puff-by-puff basis in cigarettes A and H ($n=20$)

抽吸 口序	卷烟 A						卷烟 H					
	总粒相物		烟碱		甘油		总粒相物		烟碱		甘油	
	均值/ mg	RSD/ %	均值/ mg	RSD/ %	均值/ mg	RSD/ %	均值/ mg	RSD/ %	均值/ mg	RSD/ %	均值/ mg	RSD/ %
1	1.87	29.73	0.062 4	16.25	0.290 3	39.30	1.86	17.78	0.066 8	17.62	0.223 8	39.21
2	2.20	31.13	0.077 3	26.83	0.339 2	35.17	2.39	10.14	0.085 7	8.47	0.283 0	15.95
3	2.88	16.68	0.106 3	23.12	0.452 3	34.82	2.94	8.05	0.109 1	10.26	0.333 2	12.91
4	3.04	16.06	0.133 2	19.02	0.527 5	31.50	3.25	23.93	0.129 3	9.60	0.377 3	12.03
5	3.01	15.54	0.153 7	15.94	0.569 4	27.59	2.95	9.88	0.147 0	11.56	0.400 5	12.33
6	2.90	11.38	0.142 1	35.93	0.569 0	26.79	2.66	17.38	0.142 9	10.14	0.384 4	11.75
7	3.00	9.43	0.156 2	14.00	0.601 4	22.15	2.52	11.50	0.144 6	11.43	0.375 0	11.36
8	2.61	15.90	0.151 0	20.09	0.593 3	18.55	2.50	6.80	0.133 6	8.13	0.357 5	9.43
9	2.63	8.22	0.136 5	18.63	0.570 4	17.26	2.44	6.17	0.126 7	7.23	0.332 3	7.40
10	2.35	12.57	0.125 8	19.31	0.550 1	19.59	2.15	6.67	0.116 9	6.63	0.315 9	6.58
11	2.19	18.70	0.115 9	16.65	0.502 3	20.54	1.85	7.32	0.108 2	4.23	0.295 5	5.76
12	2.09	15.54	0.104 6	20.16	0.472 8	19.19	1.81	12.06	0.104 9	5.33	0.282 8	5.72
13	1.62	163.00	0.048 6	16.92	0.107 2	86.15	0.46	23.37	0.000 0	0.00	0.000 0	0.00
1~12 口平均	2.56	16.74	0.122 1	20.49	0.503 2	26.04	2.44	11.47	0.118 0	9.22	0.301 1	12.54

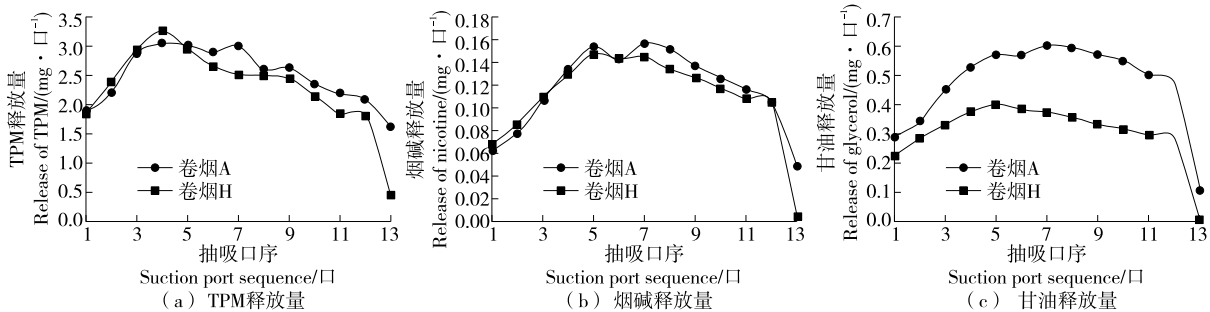


图 2 卷烟 A 和卷烟 H 逐口 TPM、烟碱、甘油释放量

Figure 2 The puff-by-puff release of TPM, nicotine and glycerol in cigarettes A and H

A~G 的退丝率均明显高于卷烟 H。

为了进一步分析烟气不稳定性的原因,将 8 款产品的每支卷烟退丝率分别与其对应的烟气总粒相物、烟碱、甘油释放量以及烟碱、甘油转移率进行线性拟合,拟合方程见表 5 和表 6。对于相同品牌规格卷烟,退丝率与其对应烟气总粒相物、烟碱、甘油释放量以及烟碱、甘油转移率均呈负相关,这可能存在两方面原因:① 退丝率越大,参与受热的烟丝量越少,烟气释放物自然减少;② 退丝现象会使烟芯材料段芯材之间产生较大空隙,减少受热腔体内芯材的有效接触,降低热量传导效率。另一方面,卷

烟 H 退丝率与烟气总粒相物、烟碱、甘油释放量以及烟碱、甘油转移率之间相关性最弱,是因为这款产品并不是每支卷烟均产生退丝现象,试验的 20 支卷烟中有 9 支退丝率为 0,其他 11 支卷烟即便有退丝现象其退丝率也相对较小。

表 5 和表 6 中线性方程不同,相关系数 R^2 一致,这是由于检测烟芯材料烟碱、甘油含量是一个破坏性试验,无法在抽吸前检测每支卷烟对应烟芯材料烟碱、甘油含量,故表 6 中卷烟烟碱、甘油转移率为表 5 中对应卷烟主流烟气烟碱、甘油释放量除以该卷烟烟芯材料烟碱、甘油平

均含量所得,即对于同一品牌规格卷烟,计算转移率的分子(每支卷烟主流烟气烟碱、甘油释放量)不同,而分母(烟芯材料中烟碱、甘油平均含量)相同,因此退丝率与释放量、转移率两者虽线性方程不同,但相关系数 R^2 相同。

为了进一步验证退丝率对电加热卷烟烟气释放稳定性的影响,将卷烟 A~G 7 款产品中退丝率 $<4.22\%$ (以卷烟 H 为标准,卷烟 H 最大退丝率为 4.22%)的烟支挑选出来,对其 TPM、烟碱、甘油释放量作相对标准偏差分析(表 7)。结果表明,当退丝率 $<4.22\%$ 时,卷烟 A~G 烟气释放物中 TPM、烟碱、甘油相对标准偏差均有明显的下降,其中卷烟 C、G 烟气释放物中 TPM、烟碱、甘油有两项指标相对标准偏差低于卷烟 H。由此,退丝率较大对中心电加热卷烟烟气释放物稳定性有不利影响,解决烟支退丝问题对提高中心电加热卷烟烟气释放稳定性会产生积极作用。

表 4 8 款中心电加热卷烟烟芯材料质量、退丝量和退丝率均值
Table 4 Tobacco core material mass, tobacco retreated mass and tobacco retreated ratio in central eight electrical central heated cigarettes ($n=20$)

牌号	烟芯材料质量/ ($\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$)	退丝量/ ($\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$)	退丝率/%
卷烟 A	0.290 7	0.015 8	5.43
卷烟 B	0.275 1	0.017 3	6.29
卷烟 C	0.249 4	0.019 6	7.86
卷烟 D	0.258 1	0.017 4	6.74
卷烟 E	0.275 1	0.013 5	4.90
卷烟 F	0.279 1	0.015 7	5.62
卷烟 G	0.276 7	0.019 9	7.19
卷烟 H	0.284 4	0.003 3	1.16

表 5 8 款中心电加热卷烟退丝率与总粒相物、烟碱、甘油释放量线性拟合方程
Table 5 The linear fitting equation between tobacco retreated ratio and the release of TPM, nicotine and glycerol in eight central electrical heated cigarettes ($n=20$)

牌号	释放物	线性方程	R^2
卷烟 A	总粒相物	$y = -0.670\ 5x + 34.05$	0.573 6
	烟碱	$y = -9.623\ 5x + 20.84$	0.241 4
	甘油	$y = -2.077\ 3x + 21.287$	0.412 0
卷烟 B	总粒相物	$y = -0.723\ 3x + 33.582$	0.411 7
	烟碱	$y = -12.961x + 23.913$	0.244 9
	甘油	$y = -2.339\ 6x + 22.879$	0.644 5
卷烟 C	总粒相物	$y = -0.949\ 8x + 39.581$	0.686 1
	烟碱	$y = -25.648x + 37.204$	0.434 2
	甘油	$y = -2.419\ 3x + 23.073$	0.498 6
卷烟 D	总粒相物	$y = -0.560\ 3x + 27.148$	0.645 5
	烟碱	$y = -11.999x + 21.629$	0.474 4
	甘油	$y = -1.436\ 3x + 16.495$	0.374 7
卷烟 E	总粒相物	$y = -0.763\ 4x + 37.191$	0.508 6
	烟碱	$y = -12.486x + 23.733$	0.193 2
	甘油	$y = -2.089\ 1x + 21.548$	0.520 9
卷烟 F	总粒相物	$y = -0.644\ 4x + 32.65$	0.577 1
	烟碱	$y = -10.624x + 20.902$	0.334 5
	甘油	$y = -2.023\ 1x + 21.247$	0.554 8
卷烟 G	总粒相物	$y = -0.428\ 4x + 24.535$	0.361 1
	烟碱	$y = -11.8x + 25.158$	0.488 6
	甘油	$y = -1.899\ 7x + 21.285$	0.698 6
卷烟 H	总粒相物	$y = -0.152\ 9x + 6.717\ 3$	0.041 8
	烟碱	$y = -1.446\ 8x + 3.263\ 4$	0.008 9
	甘油	$y = -1.081\ 7x + 6.484$	0.139 6

表 6 8 款中心电加热卷烟退丝率与烟碱、甘油转移率线性拟合方程
Table 6 The linear fitting equation between tobacco retreated ratio and the transfer rate of nicotine and glycerol in eight central electrical heated cigarettes ($n=20$)

牌号	烟碱转移率		甘油转移率	
	线性方程	R^2	线性方程	R^2
卷烟 A	$y = -0.604\ 5x + 41.887$	0.241 4	$y = -0.363\ 5x + 15.97$	0.412 0
卷烟 B	$y = -0.474\ 7x + 37.142$	0.244 9	$y = -0.534\ 1x + 17.062$	0.644 5
卷烟 C	$y = -0.540\ 9x + 40.806$	0.434 2	$y = -0.425\ 8x + 16.339$	0.498 6
卷烟 D	$y = -1.155\ 9x + 44.056$	0.474 4	$y = -0.586\ 7x + 19.217$	0.374 7
卷烟 E	$y = -0.411\ 5x + 42.133$	0.193 2	$y = -0.498\ 1x + 18.361$	0.520 9
卷烟 F	$y = -0.638\ 6x + 32.728$	0.334 5	$y = -0.690\ 6x + 23.316$	0.554 8
卷烟 G	$y = -1.104\ 2x + 48.55$	0.488 6	$y = -0.731\ 8x + 20.029$	0.698 6
卷烟 H	$y = -0.125\ 5x + 29.871$	0.008 9	$y = -0.325x + 12.806$	0.139 6

表 7 退丝率 $\leq 4.22\%$ 中心电加热卷烟烟气释放物
相对标准偏差

Table 7 RSD of smoke release when tobacco retreated
ratio were less than 4.22% in eight central elec-
trical heated cigarettes %

牌号	总粒相物	烟碱	甘油
卷烟 A($n=7$)	6.59	5.63	8.11
卷烟 B($n=6$)	8.66	5.05	12.90
卷烟 C($n=6$)	4.47	7.23	7.75
卷烟 D($n=6$)	6.64	5.55	16.56
卷烟 E($n=9$)	5.41	9.88	15.19
卷烟 F($n=6$)	5.16	10.94	8.13
卷烟 G($n=7$)	4.62	8.72	7.34
卷烟 H($n=20$)	5.07	6.17	9.67

3 结论

不同品牌中心电加热卷烟产品总粒相物、烟碱、甘油总释放量有明显差异,其中,总粒相物释放量为 $33.40\sim 42.70$ mg/支,甘油释放量为 $4.94\sim 7.97$ mg/支,烟碱释放量为 $1.14\sim 1.60$ mg/支;烟碱转移率为 $29.82\%\sim 40.53\%$,甘油转移率为 $12.44\%\sim 15.92\%$,卷烟 H 的烟碱和甘油转移率均最低。电加热卷烟产品总粒相物、烟碱、甘油逐口释放量均随抽吸口序的增加整体呈先上升后逐渐下降的趋势,中间略有波动,最高点多出现在第 $4\sim 7$ 口。8 款电加热卷烟中,卷烟 H 的总粒相物、烟碱、甘油总释放量 RSD 及其逐口释放量 RSD 值均最小,即卷烟 H 烟气释放稳定性最高。

不同品牌电加热卷烟烟支之间、相同品牌不同烟支之间,在插入烟具时产生的退丝量均有所不同。退丝现象的出现对烟气释放稳定性有不利影响,减少中心电加热卷烟的退丝现象可以提高烟气释放稳定性。后续有必要进一步对如何减少中心电加热卷烟的退丝现象进行深入研究。

参考文献

[1] 戴路, 史春云, 卢昕博, 等. 加热不燃烧制品与传统卷烟再造烟叶物理特性及化学成分差异分析[J]. 中烟烟草学报, 2017, 23(1): 20-26.

DAI Lu, SHI Chun-yun, LU Xin-bo, et al. Difference analysis on physical characteristics and chemical components of reconstituted tobacco used in traditional cigarettes and heat not burn tobacco products[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2017, 23(1): 20-26.

[2] 杨雪燕, 温光和, 李峰, 等. 加热不燃烧卷烟烟草材料的特性分析[J]. 食品与机械, 2020, 36(5): 205-210.

YANG Xue-yan, WEN Guang-he, LI Feng, et al. Characteristic analysis of heat-not-burn cigarette tobacco materials[J]. Food & Ma-

chinery, 2020, 36(5): 205-210.

[3] 姜兴益, 李翔宇, 朱风鹏, 等. 抽吸参数对电加热卷烟主流烟气释放物的影响[J]. 烟草科技, 2020, 53(9): 54-61.

JIANG Xing-yi, LI Xiang-yu, ZHU Feng-peng, et al. Effects of puffing parameters on mainstream aerosol emissions from electrically heated tobacco products[J]. Tobacco Science & Technology, 2020, 53(9): 54-61.

[4] 李朝建, 金勇, 周成喜, 等. 水分含量对不同类型加热不燃烧卷烟化学成分的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(10): 35-39, 149.

LI Chao-jian, JIN Yong, ZHOU Cheng-xi, et al. The effect of moisture content on chemical components of different types of heat-not-burn tobacco products[J]. Food & Machinery, 2019, 35(10): 35-39, 149.

[5] ROEMER E, STABBERT R, VELTEL D, et al. Reduced toxicological activity of cigarette smoke by the addition of ammonium magnesium phosphate to the paper of an electrically heated cigarette: Smoke chemistry and in vitro cytotoxicity and genotoxicity[J]. Toxicol In Vitro, 2008, 22(3): 671-681.

[6] WERLEY M S, FREELIN S A, WRENN S E, et al. Smoke chemistry, in vitro and in vivo toxicology evaluations of the electrically heated cigarette smoking system series K[J]. Regul Toxicol Pharmacol, 2008, 52(2): 122-139.

[7] 王孝峰, 周顺, 何庆, 等. 加热状态下烟草气溶胶释放特性的影响因素: 温度、甘油和气氛[J]. 烟草科技, 2017, 50(10): 48-54.

WANG Xiao-feng, ZHOU Shun, HE Qing, et al. Factors influencing aerosol release characteristics of tobacco heated at low temperature: Temperature, glycerol and atmosphere[J]. Tobacco Science & Technology, 2017, 50(10): 48-54.

[8] 潘曦, 宋旭艳, 魏敏, 等. 加热非燃烧烟草薄片理化特性及热裂解性能研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(11): 39-45.

PAN Xi, SONG Xu-yan, WEI Min, et al. Study on physicochemical properties and pyrolysis properties of heated non combustion tobacco sheet[J]. Food & Machinery, 2020, 36(11): 39-45.

[9] 朱怀远, 张媛, 庄亚东, 等. 卷烟抽吸期间区带压降与温度的关系及对烟气常规成分的影响[J]. 烟草科技, 2016, 49(2): 47-54, 86.

ZHU Huai-yuan, ZHANG Yuan, ZHUANG Ya-dong, et al. Zone pressure drop and zone temperature relationship and its influence on yields of selected smoke analytes in mainstream cigarette smoke[J]. Tobacco Science & Technology, 2016, 49(2): 47-54, 86.