

细支卷烟主流烟气有害成分释放量的分析

边照阳, 王颖, 李中皓, 唐纲岭, 杨飞, 刘珊珊, 姜兴益, 庞永强, 张洪非,
范子彦, 朱风鹏

国家烟草质量监督检验中心, 郑州高新技术产业开发区枫杨街2号 450001

摘要: 为研究细支卷烟主流烟气中有害成分的释放量, 应对烟草和烟草制品管制新要求, 以不同盒标焦油量 (1~7 mg/cig) 的细支卷烟为对象, 研究了在国际标准化组织 (ISO) 抽吸模式下和深度抽吸 (HCI) 模式下主流烟中 15 种有害成分 (焦油、烟碱、CO、HCN、NNK、NH₃、B[a]P、苯酚、巴豆醛、NNN、甲醛、乙醛、丙烯醛、1,3-丁二烯和苯) 的释放量规律。结果显示: ①对于单支卷烟, HCI 抽吸模式下有害成分的释放量均不同程度地高于 ISO 抽吸模式下的释放量, 且盒标焦油量越低, 两种抽吸模式下检测结果的比值 (HCI/ISO) 越大; 另外, ISO 抽吸模式下, 除 NNN、NNK、1,3-丁二烯、苯外, 其他各成分与焦油相关性较强, 而 HCI 抽吸模式下, 仅烟碱、CO、乙醛、丙烯醛、NNN 5 种成分与焦油显著相关; ②对于单位毫克烟碱释放量, 在 HCI 抽吸模式下, CO、HCN、巴豆醛、氨、甲醛、乙醛、丙烯醛 7 种成分高于 ISO 抽吸模式, NNN、NNK、B[a]P、苯酚、1,3-丁二烯、苯 6 种成分低于 ISO 抽吸模式; 在 ISO 抽吸模式下, CO、氨、巴豆醛、HCN、苯酚 5 种成分与焦油显著相关, 而在 HCI 抽吸模式下, 仅 CO 与焦油显著相关; ③对于单位毫克焦油释放量, 在 HCI 抽吸模式下, CO、HCN、甲醛、巴豆醛 4 种成分高于 ISO 抽吸模式, 而其余 9 种成分均不同程度地低于 ISO 抽吸模式, 且单位毫克焦油释放量比值 (HCI/ISO) 与单位毫克烟碱释放量比值 (HCI/ISO) 相比, 整体上更低一些。

关键词: 细支卷烟; 主流烟气; 有害成分; 单位毫克烟碱; 单位毫克焦油

引用本文: 边照阳, 王颖, 李中皓, 等. 细支卷烟主流烟气有害成分释放量的分析 [J]. 中国烟草学报, 2016, 22 (5)

卷烟主流烟气中的有害成分释放量分析一直是烟气化学研究的重点, 我国一般将卷烟焦油、烟碱和 7 种化学成分一氧化碳 (CO)、氢氰酸 (HCN)、4-(N-甲基-N-亚硝氨基)-1-(3-吡啶基)-1-丁酮 (NNK)、氨 (NH₃)、苯并[a]芘 (B[a]P)、苯酚和巴豆醛等作为表征卷烟危害性的代表性有害成分^[1-3]。对于卷烟主流烟气中相关化学成分的检测, 世界各国政府以及烟草公司普遍认可并采纳的是由国际标准化组织 (ISO) 提出的吸烟机测试方法 (以下简称 ISO 抽吸模式, 即抽吸容量为 35 mL, 抽吸持续时间为 2 s, 抽吸频率为 60 s)^[4]。

2004 年 10 月, 世界卫生组织 (WHO) 烟草制品管制研究组 (TobReg) 提出了设定单位焦油 (每毫克) 或单位烟碱 (每毫克) 烟草制品烟气优先级有害成分释放量最高限量的推荐建议^[5]; 2008 年, WHO 首次公布了深度抽吸 (HCI) 模式下卷烟烟气 CO、

NNN、NNK、B[a]P、甲醛、乙醛、丙烯醛、1,3-丁二烯和苯 9 种优先级成分释放量最高限量^[6], 其中 HCI 抽吸模式条件是抽吸容量为 55 mL, 抽吸持续时间为 2 s, 抽吸频率为 30 s, 通风孔全封闭; 并明确指出优先级成分管控方式不仅仅适用于常规卷烟, 同样也适用于细支卷烟、雪茄烟等。

细支卷烟与常规卷烟相比, 烟支直径小, 焦油、烟碱量较低, 烟气有害成分释放量也较低^[7], 近年来, 国内细支卷烟发展迅速, 但关于细支卷烟主流烟气中有害成分释放量的研究较少^[7-8]。因此, 以典型的盒标焦油量 (1~7 mg/cig) 的细支卷烟为研究对象, 初步研究了 ISO 和 HCI 抽吸模式下焦油、烟碱及其它 13 种有害成分 (CO、HCN、NNK、NH₃、B[a]P、苯酚、巴豆醛、NNN、甲醛、乙醛、丙烯醛、1,3-丁二烯和苯), 共 15 种有害成分释放量的规律。

基金项目: 中国烟草总公司科技重点项目“国内外卷烟主要有害成分释放量中位值及其影响因素研究” (110201302008)

作者简介: 边照阳 (1976—), 硕士, 副研究员, 主要从事烟草化学检验研究, Tel: 0371-67672728, Email: zybian@126.com

通讯作者: 唐纲岭 (1972—), Tel: 0371-67672613, Email: tglcttc@163.com

收稿日期: 2015-12-03

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

13 个实验用细支卷烟样品均为市售卷烟，由国家烟草质量监督检验中心提供，盒标焦油量在 1~7 mg/cig 之间，样品的盒标焦油和滤嘴通风率见表 1。

表 1 样品的盒标焦油和滤嘴通风率

Tab.1 Tar content labeled on the pack and filter ventilation

样品编号	盒标焦油 /(mg/cig)	滤嘴通风率实测值 /%
1	1	88.58
2	1	87.48
3	3	79.97
4	3	77.51
5	4	66.55
6	4	51.88
7	4	63.55
8	5	68.81
9	5	66.06
10	6	56.07
11	6	58.10
12	6	54.72
13	7	53.78

主要仪器有：RM-200A、RM20H 转盘式吸烟机（德国 Borgwaldt 公司）；SM450 直线型吸烟机（英国 Cerulean 公司）；Agilent 7890A 气相色谱仪（美国 Agilent 公司）；Agilent 7890A/5975C 气相色谱质谱联用仪（美国 Agilent 公司）；Agilent 1200 高效液相色谱仪（美国 Agilent 公司）；API 4000 液相色谱三重四极杆质谱联用仪（美国 AB SCIEX 公司）；AA3 型连续流动分析仪（德国 Bran + Luebbe 公司）；ICS 3000 离子色谱仪（美国戴安公司）。

1.2 卷烟主流烟气成分检测

按照 GB/T 5606.1—2004^[9] 和 GB/T 16447—2004^[10] 的方法抽样并调节卷烟样品。分别在 ISO 和 HCI 抽吸模式下，对卷烟样品进行抽吸测试。测试项目及检测方法见表 2，其中常规指标（焦油、烟碱、CO）和 B[a]P 采用转盘型吸烟机抽吸，其余指标采用直线型吸烟机抽吸。数据采用 PASW Statistics 18

软件统计分析。

表 2 各指标的测试条件

Tab.2 Analysis conditions of the 15 smoke toxicant emissions

测试项目	参考方法
常规指标（焦油、烟碱、CO）	GB/T 19609—2004 ^[11] 、GB/T 23356—2009 ^[12]
TSNAs（NNN、NNK）	LC-MS/MS 法 ^[13]
B[a]P	GB/T 21130—2007 ^[14]
羰基化合物（甲醛、乙醛、丙烯醛、巴豆醛）	YC/T 254—2008 ^[15]
苯酚	YC/T 255—2008 ^[16]
HCN	YC/T 253—2008 ^[17]
NH ₃	YC/T 377—2010 ^[18]
VOCs（1,3- 丁二烯，苯）	GB/T 27523—2011 ^[19]

2 结果与讨论

2.1 单支卷烟检测指标释放量的比较

实验首先考察了不同抽吸模式下细支卷烟主流烟气有害成分释放量的情况，实验结果见表 3 和表 4。从图 1 可以看出，在 HCI 抽吸模式下，各有害成分的单支卷烟释放量均有不同程度的增加，对于焦油量大于等于 5 mg 的细支卷烟样品，各指标在 HCI 抽吸模式下的检测值是 ISO 抽吸模式测试结果的（2~4）倍，而焦油量为 1 mg 的细支卷烟，各指标在 HCI 抽吸模式下的检测值是 ISO 抽吸模式测试结果的（3~26）倍，即焦油量越低，单支卷烟两种抽吸模式下检测值的比值（HCI/ISO）越大。这主要是由于 HCI 抽吸模式下将通风孔全封闭的原因，滤嘴通风技术能显著降低焦油和其它有害成分在 ISO 抽吸模式下的测定值^[20-21]，细支卷烟多为低焦油卷烟^[7-8]，与其较高的滤嘴通风率有很大关系，表 1 的数据显示细支卷烟的盒标焦油越低，其滤嘴通风率越高，采用 SPSS 软件分析发现，细支卷烟的 ISO 实测焦油与滤嘴通风率的相关性为 -0.886**，达到 1% 的极显著负相关水平，而在 HCI 抽吸模式下，将通风孔全封闭，其滤嘴通风降低有害成分释放量的作用就不复存在。另外，实验发现，盒标焦油与 ISO 实测焦油排序一致，HCI 实测焦油排序却出现了两头低、中间高的现象，而 HCI 实测焦油与滤嘴通风率的相关性为 -0.313，没有明显关系，可能与市售卷烟的卷烟配方和卷烟设计参数有关。

表 3 ISO 抽取模式下细支卷烟主流烟气有害成分释放量
Tab.3 Toxicant emissions in mainstream cigarette smoke of slim cigarettes determined under ISO regime

样品 编号	焦油 / (mg/cig)	烟碱 / (mg/cig)	CO/ (mg/cig)	NNN/ (ng/cig)	NNK/ (ng/cig)	B[a]P/ (ng/cig)	氨 / (μg/cig)	苯酚 / (μg/cig)	巴豆醛 / (μg/cig)	HCN/ (μg/cig)	甲醛 / (μg/cig)	乙醛 / (μg/cig)	丙烯醛 / (μg/cig)	1,3- 丁二烯 / (μg/cig)	苯 / (μg/cig)
1	1.07	0.11	0.56	5.96	3.81	1.59	0.50	0.87	0.48	3.14	11.17	77.35	8.27	10.54	18.92
2	1.09	0.11	0.79	10.02	5.50	1.31	0.58	1.03	0.48	2.90	11.47	100.65	9.91	12.22	4.24
3	2.63	0.28	1.64	17.82	12.23	2.30	1.11	3.91	1.49	8.02	17.36	113.81	13.43	7.50	15.01
4	2.84	0.30	2.31	20.27	13.01	5.46	1.70	3.94	2.22	12.74	21.01	145.32	15.83	21.84	44.41
5	3.88	0.45	3.97	72.45	24.76	4.43	2.36	6.89	2.58	33.44	18.47	169.19	38.16	41.72	21.46
6	3.94	0.44	4.73	37.76	22.89	6.28	3.42	5.80	5.71	46.88	24.04	199.17	26.64	14.06	15.52
7	3.96	0.42	4.22	86.32	30.34	5.05	4.27	10.54	3.20	29.06	23.92	231.45	34.72	45.92	13.49
8	4.74	0.43	3.37	29.14	15.10	5.02	3.77	8.03	3.42	36.70	30.67	245.07	37.76	23.63	31.84
9	5.23	0.47	4.01	42.24	16.70	5.85	3.96	8.85	4.33	48.28	29.20	273.46	27.96	24.23	44.23
10	5.44	0.39	4.24	39.44	23.60	4.83	4.76	8.75	5.79	46.66	43.50	282.46	34.24	44.95	48.96
11	5.71	0.53	4.92	33.16	10.68	6.13	3.51	10.31	5.65	44.41	37.24	407.81	54.79	16.42	28.90
12	5.75	0.58	5.30	39.23	14.83	7.00	4.46	7.43	5.67	57.80	37.99	359.51	48.42	31.45	27.79
13	6.94	0.55	6.07	41.47	19.37	6.64	5.98	10.34	8.36	73.08	33.19	291.20	30.97	28.40	45.90

表 4 HCl 抽取模式下细支卷烟主流烟气有害成分释放量
Tab.4 Toxicant emissions in mainstream cigarette smoke of slim cigarettes determined under HCl regime

样品编号	焦油 / (mg/cig)	烟碱 / (mg/cig)	CO/ (mg/cig)	NNN/ (ng/cig)	NNK/ (ng/cig)	B[a]P/ (ng/cig)	氨 / (μg/cig)	苯酚 / (μg/cig)	巴豆醛 / (μg/cig)	HCN/ (μg/cig)	甲醛 / (μg/cig)	乙醛 / (μg/cig)	丙烯醛 / (μg/cig)	1,3- 丁二烯 / (μg/cig)	苯 / (μg/cig)
1	15.62	1.28	13.79	63.17	36.23	10.07	7.15	5.66	8.54	82.58	150.78	758.02	104.23	65.36	71.91
2	17.52	1.28	16.44	98.22	61.78	10.40	7.25	5.97	9.07	74.82	167.40	956.14	104.10	74.54	14.40
3	20.02	1.68	19.17	103.33	56.50	9.19	10.66	13.69	21.90	170.83	149.33	887.70	104.79	43.52	54.02
4	20.31	1.67	20.49	113.50	57.83	9.48	15.13	14.18	34.63	261.17	142.90	930.07	120.29	107.00	128.78
5	24.84	1.65	27.14	369.50	110.83	12.74	13.22	19.29	34.06	528.35	145.95	1336.57	133.57	158.53	57.95
6	16.41	1.35	18.70	98.17	57.00	14.18	15.39	15.66	65.67	736.02	139.43	1075.53	127.85	54.83	43.45
7	21.96	1.51	26.53	293.50	96.50	12.75	20.92	29.51	35.20	348.72	141.13	1180.42	124.99	128.58	47.23
8	19.34	1.41	17.10	102.00	45.27	12.89	13.20	23.29	29.41	238.55	113.47	882.26	109.49	49.62	108.27
9	19.52	1.45	18.19	109.83	47.45	14.18	12.67	15.93	36.37	294.51	119.70	957.12	103.45	65.41	114.99
10	17.57	1.30	14.70	106.50	57.67	10.15	13.33	12.25	50.37	223.97	113.11	762.65	95.86	98.88	102.82
11	23.10	1.59	21.32	96.17	36.50	15.82	10.18	17.53	25.43	208.73	182.48	1182.64	131.49	57.46	80.92
12	23.91	1.88	24.69	109.83	44.00	16.60	16.06	11.89	24.38	202.30	132.95	1258.30	140.42	81.76	80.58
13	19.22	1.57	18.28	103.67	43.60	14.20	22.72	15.51	30.93	277.70	122.79	873.60	108.39	79.52	123.94

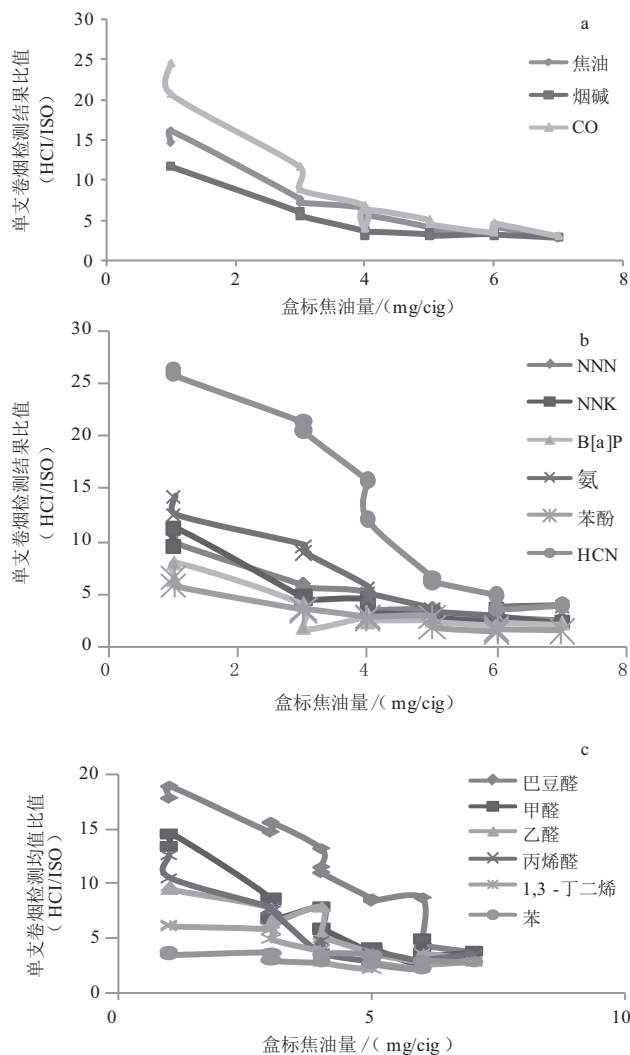


图 1 HCl 抽吸模式与 ISO 抽吸模式单支卷烟检测结果比值
Fig.1 HCl/ISO ratios of toxicant emissions of single cigarette

对 ISO 抽吸模式和 HCl 抽吸模式下的焦油与各有害成分的释放量进行了显著性检测。结果（表 5）表明，在 ISO 抽吸模式下，焦油与烟碱、CO、B[a]P、氨、

苯酚、巴豆醛、HCN、甲醛、乙醛、丙烯醛 10 种成分的相关性达到 1% 的极显著水平，与苯达到 5% 的显著水平，与 NNN、NNK、1,3- 丁二烯没有明显关系，由于盒标焦油量是在 ISO 抽吸模式下的数据，这也为细支卷烟通过降低焦油量来减少其他有害成分的释放量提供了理论支持；在 HCl 抽吸模式下，焦油与烟碱、CO、乙醛、丙烯醛的相关性达到 1% 的极显著水平，与 NNN 达到 5% 的显著水平，与 NNK、B[a]P、氨、苯酚、巴豆醛、HCN、甲醛、1,3- 丁二烯、苯 9 种成分没有明显关系。

2.2 单位毫克烟碱检测指标的比较

细支卷烟的烟碱释放量一般较低，可能会出现消费者为了获得感官满足而加大抽烟量的情况，且当吸烟者采用深度抽吸行为时，ISO 抽吸模式无法衡量单位烟碱有害成分的实际增加水平，为此，WHO 推荐以单位毫克烟碱有害成分的释放量（ $\mu\text{g}/\text{mg}$ Nicotine 或 ng/mg Nicotine）作为卷烟烟气有害成分限量的表达方式^[5]，这是不同于目前全球普遍以每支卷烟在 ISO 抽吸模式下有害成分释放量作为限量的控制方式。将表 3 和表 4 中的数据分别除以烟碱释放量，得到各卷烟烟气有害成分释放量的单位烟碱释放量。

对 ISO 抽吸模式和 HCl 抽吸模式下的焦油与各有害成分的单位烟碱释放量进行显著性检测。结果（表 6）表明，在 ISO 抽吸模式下，焦油与 CO、氨、巴豆醛、HCN 4 种成分的相关性达到 1% 的极显著水平，与苯酚达到 5% 的显著水平，与 NNN、NNK、B[a]P、甲醛、乙醛、丙烯醛、1,3- 丁二烯、苯 8 种成分没有明显关系，这与单支卷烟各有害成分释放量几乎都是随着焦油释放量增加而增加的规律截然不同；在 HCl 抽吸模式下，焦油与 CO 的相关性达到 5% 的显著水平，与 NNN、NNK、B[a]P、氨、苯酚、巴豆醛、HCN、甲醛、乙醛、丙烯醛、1,3- 丁二烯、苯 12 种成分均没有显著关系。

表 5 不同抽吸模式下焦油与各有害成分释放量的显著性检测
Tab.5 Correlations of toxicant emissions to tar under ISO and HCl regime

抽吸模式	烟碱	CO	NNN	NNK	B[a]P	氨	苯酚	巴豆醛	HCN	甲醛	乙醛	丙烯醛	1,3- 丁二烯	苯
ISO 抽吸模式	0.935**	0.936**	0.457	0.495	0.864**	0.939**	0.902**	0.927**	0.952**	0.897**	0.896**	0.797**	0.490	0.649*
HCl 抽吸模式	0.812**	0.884**	0.619*	0.428	0.477	0.280	0.485	-0.075	0.114	0.185	0.816**	0.717**	0.499	0.044

注：**. 在 0.01 水平（双侧）上显著相关，*. 在 0.05 水平（双侧）上显著相关。

表 6 不同抽吸模式下焦油与各有害成分单位烟碱释放量的显著性检测

Tab.6 Correlations of toxicant emissions of nicotine per milligram to tar under ISO and HCI regime

抽吸模式	CO	NNN	NNK	B[a]P	氨	苯酚	巴豆醛	HCN	甲醛	乙醛	丙烯醛	1,3- 丁二烯	苯
ISO 抽吸模式	0.765**	0.020	-0.266	-0.172	0.720**	0.669*	0.910**	0.808**	-0.357	-0.156	0.093	-0.370	-0.195
HCI 抽吸模式	0.592*	0.517	0.182	-0.047	0.021	0.300	-0.033	-0.225	-0.402	0.322	-0.144	0.263	-0.144

注： **. 在 0.01 水平（双侧）上显著相关， *. 在 0.05 水平（双侧）上显著相关。

以 HCI 抽吸模式与 ISO 抽吸模式下各有害成分的单位毫克烟碱测试结果比值为评价指标，13 个细支卷烟样品评价结果见表 7，结果显示：对于卷烟烟气中的 CO、HCN、巴豆醛，在 HCI 抽吸模式下单位毫克烟碱释放量明显高于 ISO 抽吸模式，比值均大于 1.50；氨、甲醛、乙醛、丙烯醛在 HCI 抽吸模式下单位毫克烟碱释放量略高于 ISO 抽吸模式，比值在

1.08~1.25 之间；而 NNN、NNK、B[a]P、苯酚、1,3-丁二烯、苯，在 HCI 抽吸模式下单位毫克烟碱释放量略低于 ISO 抽吸模式，比值在 0.63~0.95 之间。即经卷烟主流烟气烟碱释放量的校正后，在 HCI 抽吸模式下，有些成分明显增高，有些成分变化不大，而有些成分还有所降低。

表 7 HCI 抽吸模式与 ISO 抽吸模式单位毫克烟碱检测结果比值的平均值

Tab.7 HCI/ISO average ratios of toxicant emissions of nicotine per milligram

项目	CO	NNN	NNK	B[a]P	氨	苯酚	HCN	巴豆醛	甲醛	乙醛	丙烯醛	1,3- 丁二烯	苯
单位毫克烟碱比值 (HCI/ISO)	1.56	0.95	0.90	0.69	1.25	0.63	2.60	2.38	1.38	1.20	1.08	0.86	0.74

2.3 单位毫克焦油释放量的比较

考虑到当前国际市场上存在部分的极低烟碱含量的烟草制品，这会直接导致卷烟烟气中单位烟碱有害成分释放量急剧增加，为此 WHO 建议，当监管者核实出某种卷烟采用超低烟碱含量的烟草时，最高限量应采用单位毫克焦油有害成分释放量的限值方式^[5]。

以 HCI 抽吸模式与 ISO 抽吸模式下的各有害成分单位毫克焦油测试结果比值为评价指标，13 个细支卷烟样品各指标的平均值见表 8。可以看出：

CO、HCN、甲醛、巴豆醛 4 种成分在 HCI 抽吸模式下单位毫克焦油释放量高于 ISO 抽吸模式，比值在 1.06~1.97 之间，而其余 9 种成分在 HCI 抽吸模式下单位毫克焦油释放量低于 ISO 抽吸模式，比值在 0.54~0.97 之间。即经卷烟主流烟气焦油量的校正后，在 HCI 抽吸模式下，有些成分增高，有些成分变化不大，而有些成分还有所降低，且单位毫克焦油释放量比值（HCI/ISO）与单位毫克烟碱释放量比值（HCI/ISO）相比，整体上更低一些。

表 8 HCI 抽吸模式与 ISO 抽吸模式单位毫克焦油检测结果比值的平均值

Tab.8 Average HCI/ISO ratios of toxicant emissions of tar per milligram

项目	CO	NNN	NNK	B[a]P	氨	苯酚	HCN	巴豆醛	甲醛	乙醛	丙烯醛	1,3- 丁二烯	苯
单位毫克焦油比值 (HCI/ISO)	1.21	0.74	0.70	0.54	0.97	0.49	1.97	1.83	1.06	0.92	0.85	0.67	0.59

3 结论

以细支卷烟为研究对象,检测分析了ISO和HCl抽吸模式下焦油、烟碱及其它13种有害成分(CO、HCN、NNK、NH₃、B[a]P、苯酚、巴豆醛、NNN、甲醛、乙醛、丙烯醛、1,3-丁二烯和苯),共15种化学成分的释放量,并从单支卷烟检测指标释放量、单位毫克烟碱释放量和单位毫克焦油释放量的角度初步考察了细支卷烟主流烟气成分检测结果的规律。

对于单支卷烟,ISO抽吸模式下,除NNN、NNK、1,3-丁二烯、苯外,各成分与焦油均显著相关,而HCl抽吸模式下,各有害成分的释放量均有不同程度的增加,且盒标焦油量越低,两种抽吸模式下检测值的比值(HCl/ISO)越大,且焦油与烟碱、CO、乙醛、丙烯醛、NNN 5种成分显著相关。

对于单位毫克烟碱释放量,在ISO抽吸模式下,焦油与CO、氨、巴豆醛、HCN、苯酚等5种成分显著相关,在HCl抽吸模式下,焦油与CO显著相关;且经卷烟主流烟气烟碱释放量的校正后,在HCl抽吸模式下,CO、HCN、巴豆醛、氨、甲醛、乙醛、丙烯醛7种成分高于ISO抽吸模式,而NNN、NNK、B[a]P、苯酚、1,3-丁二烯、苯6种成分低于ISO抽吸模式。

对于单位毫克焦油释放量,CO、HCN、甲醛、巴豆醛4种成分在HCl抽吸模式下高于ISO抽吸模式,而其余9种成分在HCl抽吸模式下低于ISO抽吸模式;且单位毫克焦油释放量比值(HCl/ISO)与单位毫克烟碱释放量比值(HCl/ISO)相比,整体上更低一些。

参考文献

- [1] 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.
XIE Jianping, LIU Huimin, ZHU Maoxiang, et al. Development of a novel hazard index of mainstream cigarette smoke and its application on risk evaluation of cigarette products[J]. Tobacco Science & Technology, 2009(2): 5-15.
- [2] 张霞,刘巍,张涛,等.烟叶原料对卷烟主流烟气7项有害成分释放量的影响研究[J].中国烟草学报,2013,19(6):1-8.
ZHANG Xia, LIU Wei, ZHANG Tao, et al. Effects of raw tobacco on delivery of seven harmful components in mainstream cigarette smoke[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2013, 19(6): 1-8.
- [3] 陈敏,郭吉兆,郑赛晶,等.烟叶部位、产地与卷烟主流烟气七种有害成分释放量关系研究[J].中国烟草学报,2012,18(5):16-22.
CHEN Min, GUO Jizhao, ZHENG Saijing, et al. Investigation of seven harmful components in mainstream smoke in cigarettes from different stalk positions and growing areas[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2012, 18(5):16-22.
- [4] ISO 4387: 2000 Cigarettes-Determination of total and nicotine-free dry particulate matter using a routine analytical smoking machine[S].
- [5] TobReg. Recommendation: guiding principles for the development of tobacco product research and testing capacity and proposed protocols for the initiation of tobacco product testing[R]. Geneva: WHO, 2004.
- [6] World Health Organization. WHO technical report series; No. 951: The Scientific basis of tobacco product regulation[R]. Geneva: WHO, 2008.
- [7] Siu M, Mladjenovic N, Soo E. The analysis of mainstream smoke emissions of Canadian 'super slim' cigarettes[J]. Tobacco Control, 2013; 22: e10. doi:10.1136/tobaccocontrol-2012-050450.
- [8] 甘学文,胡启秀,蒋锦锋,等. HCl模式对超细卷烟常规烟气成分测试结果的影响[J].烟草科技,2014(7):40-44.
GAN Xuewen, HU Qixiu, JIANG Jinfeng, et al. Influences of HCl regime on determination results of routine smoke components of super slim cigarettes[J]. Tobacco Science & Technology, 2014(7): 40-44.
- [9] GB/T 5606.1—2004 卷烟 第1部分:抽样[S].
GB/T 5606.1—2004 Cigarettes—Part 1: Sampling[S].
- [10] GB/T 16447—2004 烟草及烟草制品 调节和测试的大气环境[S].
GB/T 16447—2004 Tobacco and tobacco products—Atmosphere for conditioning and testing[S].
- [11] 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].
GB/T 19609—2004 Cigarette—Determination of total and nicotine-free dry particulate matter using a routine analytical smoking machine[S].
- [12] 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].
GB/T 23356—2009 Cigarettes—Determination of carbon monoxide in the vapour phase of cigarette smoke—NDIR method[S].
- [13] Xiong Wei, Hou Hongwei, Jiang Xingyi, et al. Simultaneous determination of four tobacco-specific N-nitrosamines in mainstream smoke for Chinese Virginia cigarettes by liquid chromatography-tandem mass spectrometry and validation under ISO and "Canadian intense" machine smoking regimes[J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 674(1): 71-78.
- [14] GB/T 21130—2007 卷烟 烟气总粒相物中苯并[a]芘的测定[S].
GB/T 21130—2007 Cigarettes—Determination of benzo[a]pyrene in total particulate matter[S].
- [15] 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].

- YC/T 254—2008 Cigarettes—Determination of major carbonyls in mainstream cigarette smoke—High performance liquid chromatographic method[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].
YC/T 255—2008 Cigarettes—Determination of major phenolic compounds in mainstream cigarette smoke—High performance liquid chromatographic method[S].
- [17] YC/T 253—2008 卷烟 主流烟气中氰化氢的测定 连续流动法 [S].
YC/T 253—2008 Cigarettes—Determination of hydrogen cyanide in cigarette mainstream smoke—Continuous flow method[S].
- [18] YC/T 377—2010 卷烟 主流烟气中氨的测定 离子色谱法 [S].
YC/T 377—2010 Cigarettes—Determination of ammonia in mainstream cigarette smoke—Ion chromatography[S].
- [19] GB/T 27523—2011 卷烟 主流烟气中挥发性有机化合物 (1,3-丁二烯、异戊二烯、丙烯腈、苯、甲苯) 的测定 气相色谱 - 质谱联用法 [S].
GB/T 27523—2011 Cigarettes—Determination of volatile organic compounds (1,3-butadiene, isoprene, acrylonitrile, benzene, toluene) in mainstream smoke—GC-MS[S].
- [20] 王建, 王理珉, 魏玉玲, 等. 纸通风率对卷烟理化特性的影响研究 [J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2010, 32(S1):110-114.
WANG Jian, WANG Limin, WEI Yuling, et al. Effects of the degree of paper ventilation on cigarette physical and chemical properties[J]. Journal of Yunnan University (Natural sciences), 2010, 32(S1):110-114.
- [21] 陈欢, 姜兴益, 王颖, 等. 两种抽吸模式下卷烟烟气有害成分释放量与滤嘴通风率的关系 [J]. 烟草科技, 2015, 48(9):45-49.
CHEN Huan, JIANG Xingyi, WANG Ying, et al. Relationships between filter ventilation rate and deliveries of harmful components in mainstream cigarette smoke under ISO and HCI smoking regimes[J]. Tobacco Science & Technology, 2015, 48(9):45-49.

Analysis of harmful constituents in mainstream smoke of slim cigarettes

BIAN Zhaoyang, WANG Ying, LI Zhonghao, TANG Gangling, YANG Fei, LIU Shanshan, JIANG Xingyi, PANG Yongqiang,
ZHANG Hongfei, FAN Ziyang, ZHU Fengpeng

China National Tobacco Quality Supervision & Test Center, Zhengzhou, 450001, China

Abstract: In order to study the deliveries of toxicant components (tar, nicotine, CO, HCN, NNK, NH₃, B[a]P, phenol, crotonaldehyde, NNN, formaldehyde, acetaldehyde, acrolein, 1,3-butadiene, and benzene) in mainstream cigarette smoke of slim cigarettes, samples of 13 slim cigarettes of different tar yields (1 - 7 mg) were smoked by smoking machine under ISO and Health Canada Intense (HCI) smoking regimes. Results showed that: ① Deliveries of components per cigarette determined under HCI regime were higher than those under ISO regime, and the HCI/ISO ratios were higher as content of tar delivery labeled on the pack was lower, and under ISO regime, components excluding NNN, NNK, 1,3-butadiene, and benzene showed higher correlations with tar delivery in mainstream cigarette smoke, while under HCI regime, there were no clear correlations between deliveries of components except nicotine, CO, NNN, acetaldehyde, and acrolein and tar delivery; ② From the perspective of nicotine delivery per milligram, contents of the seven components, namely CO, HCN, crotonaldehyde, NH₃, formaldehyde, acetaldehyde, and acrolein were higher under HCI regime than under ISO regime, while contents of six components, namely NNN, NNK, B[a]P, phenol, 1,3-butadiene, and benzene were lower under HCI regime than under ISO regime, and only CO, NH₃, crotonaldehyde, HCN, phenol were significantly correlated with tar delivery under ISO regime, only CO was significantly correlated with tar delivery under HCI regime; ③ From the perspective of tar delivery per milligram, CO, HCN, formaldehyde, crotonaldehyde were higher and the HCI/ISO ratios were slightly lower under HCI regime than under ISO regime.

Keywords: slim cigarette; mainstream smoke; harmful constituents, nicotine per milligram; tar delivery per milligram

Citation: BIAN Zhaoyang, WANG Ying, LI Zhonghao, et al. Analysis of harmful constituents in mainstream smoke of slim cigarettes [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2016, 22(5)