

## 烟草与烟气化学

GC-MS 法测定卷烟侧流烟气中半挥发性化合物  
吡啶、喹啉、苯乙烯曲亚玲<sup>1,3</sup>, 白若石<sup>2</sup>, 周 骏<sup>2</sup>, 苏庆德<sup>1</sup>

1 中国科学技术大学, 合肥 230026;

2 上海烟草集团有限责任公司北京卷烟厂, 北京 100024;

3 北京市烟草质量监督检测站, 北京 100029

**摘 要:** 建立了气相色谱-质谱(GC-MS)测定卷烟侧流烟气中半挥发性化合物吡啶、喹啉、苯乙烯的方法。采用鱼尾罩、剑桥滤片和装有甲醇溶液的捕集阱捕集侧流烟气中的半挥发性化合物,采用四极杆 GC-MS 结合质谱选择性离子扫描模式(SIM)定量检测其含量,测定 3 种侧流烟气中半挥发性化合物释放量。结果证明:此方法有较好的重复性,对 3 种半挥发性化合物释放量组内测定的 RSD $\leq$ 3.42%,组间测定的 RSD $\leq$ 6.33%;具有较高的灵敏度,3 种半挥发性化合物的检测限均低于 0.15  $\mu\text{g}/\text{支}$ ;较高的准确性,3 种半挥发性化合物的回收率在 92.87%~98.00%之间。该方法适用于定量检测卷烟侧流烟气中半挥发性化合物。

**关键词:** 气质联用;卷烟侧流烟气;半挥发性化合物;测定

doi:10.3969/j.issn.1004-5708.2011.01.001

中图分类号:TS411.2

文献标识码:A

文章编号:1004-5708(2011)01-0001-07

Determination of semivolatiles pyridine, styrene and quinoline in side-stream  
cigarette smoke by GC/MSQU Ya-ling<sup>1,3</sup>, BAI Ruo-shi<sup>2</sup>, ZHOU Jun<sup>2</sup>, SU Qing-de<sup>1</sup>

1 University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;

2 Beijing Cigarette Factory of Shanghai Tobacco Group Ltd. Co., Beijing 100024, China;

3 Beijing Tobacco Quality Control &amp; Detection Station, Beijing 100029, China

**Abstract:** Method of determining semi-volatile compounds, i. e. pyridine, styrene, and quinoline in side-stream smoke was developed. Side-stream smoke was collected with a fishtail chimney, a Cambridge filter pad, and two impingers containing methanol. Collected semi-volatile compounds were analyzed by GC/MS with selected ion scan (SIM) mode. The method had achieved excellent reproducibility. The RSDs for inner-assay were below 3.42%, and the RSDs for inter-assay were 6.33%. Limit of detection for every semi-volatile compound was less than 0.15  $\mu\text{g}/\text{cig}$ . The recoveries were in the range of 92.87% to 98.0%. This method was applicable for routine analysis of semi-volatiles in side-stream cigarette smoke.

**Key words:** GC/MS; side-stream cigarette smoke; semi-volatiles; determination

半挥发性化合物(吡啶、苯乙烯、喹啉)是卷烟烟气中的一类有害成分,虽是低毒物质,但具有很强的刺激性,列入了烟气有害化学成分的“霍夫曼名单”。关于这 3 种半挥发性化合物在卷烟烟气中检测方法的报道,对主流烟气的研究较多<sup>[1,2-5]</sup>,侧流烟气的报道很

少<sup>[3,6-7]</sup>。加拿大健康署在 1999 年发布了名为“Determination of Pyridine and Quinoline in Sidestream Tobacco Smoke”<sup>[8]</sup>的官方标准,该方法采用离子阱 GC-MS 定量检测侧流卷烟烟气半挥发性化合物释放量。本方法以此文献为基础进行了进一步的探讨。首先在测定方法上采用“四极杆”GC-MS 定量检测卷烟侧流烟气中半挥发性化合物释放量,丰富了检测方式;其次对文献中所采用的捕集方式和前处理方法进行了改进,以避免卷烟侧流烟气中半挥发性化合物释放量被低估;第三降低了检测成本。

**作者简介:** 曲亚玲,女,本科,工程师,主要从事烟草化学研究, E-mail: quyaling@sina.com.cn

周骏(通讯作者),男,博士,研究员,主要从事烟草化学研究, E-mail: zhoujun100@sohu.com

收稿日期: 2010-02-25

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与试剂

#### 1.1.1 仪器

Claurus 500 型气相色谱质谱联用仪(美国, PE 公司), SM -5 五孔道侧流吸烟机(美国, KC 公司), 1M1000RHD 恒温恒湿箱(澳大利亚, CLayson 公司), T700 型超声波发生器(德国, Elma 公司), AP 250 型电子分析天平(美国, OHAUS 公司, 感量 0.01 mg), 剑桥滤片(英国, Whatman 公司)。

#### 1.1.2 试剂和样品

吡啶(德国, Ehrenstorfer 公司, 纯度 99.5%), 苯乙烯(德国, Ehrenstorfer 公司, 纯度 99.8%), 喹啉(德国, Ehrenstorfer 公司, 纯度 99.5%), D5-吡啶(德国, Ehrenstorfer 公司, 纯度 99.8%), D8-苯乙烯(德国, Ehrenstorfer 公司, 纯度 99.8%), D7-喹啉(德国, Ehrenstorfer 公司, 纯度 99.8%), 甲醇(美国 Dikma 公司, 色谱纯), 异丙醇(美国 Dikma 公司, 色谱纯), 干冰(北京双桥气体供应站), 参比卷烟 1R5F 和 3R4F(美国, 肯塔基大学)。

### 1.2 色谱条件

色谱柱: Supelco-wax (30 m × 0.25 mm, 0.25 μm) (美国 Supelco 公司); 载气: 氦气; 恒流条件: 1.0 mL/min; 进样口温度: 250 °C; 进样量: 1 μL; 进样方式: 不分流进样; 程序升温: 初始温度 50 °C, 以 3 °C/min 的速度升温到 150 °C, 以 20 °C/min 的速度升温到 250 °C, 保持 10 min。

### 1.3 质谱条件

采用电子轰击离子源(EI), 电子能量 70 eV; 离子源温度: 220 °C; 传输线温度 240 °C; 采用选择离子监测(SIM)方式, 对吡啶、苯乙烯、喹啉、D5-吡啶、D8-苯乙烯、D7-喹啉(见表 1)进行精确选择检测。

表 1 分析物质谱测定参数

分析物	质荷比 (m/z)	扫描时间 /s	离子化方式	扫描间隔时间/s
吡啶	79	0.2	EI+	0.015
苯乙烯	104	0.2	EI+	0.015
喹啉	129	0.2	EI+	0.015
D5-吡啶	84	0.2	EI+	0.015
D8-苯乙烯	112	0.2	EI+	0.015
D7-喹啉	136	0.2	EI+	0.015

### 1.4 侧流卷烟烟气中半挥发性化合物的捕集及处理

#### 1.4.1 侧流卷烟烟气中半挥发性化合物的捕集

参照 GB/T16447-2004<sup>[9]</sup>, 将烟支置于 22 °C ± 1 °C, 相对湿度 60% ± 3% 的恒温恒湿箱中平衡 48 h 后, 在 22 °C ± 2 °C, 相对湿度 60% ± 5% 的环境下进行实验。

参照 GB/T19609-2004<sup>[10]</sup>, 吸烟机调整抽吸参数为: 主流抽吸容量为 35.0 mL ± 0.3 mL, 参照 YC/T185-2004<sup>[2]</sup>, 侧流抽吸泵抽吸速率为 3.0 L/min ± 0.1 L/min, 实验前对所使用实验装置进行密闭性检测。

将两个捕集阱进行串联, 每个捕集阱中加入 20 mL 甲醇, 参照 YC/T185-2004<sup>[11]</sup> 对卷烟侧流烟气进行捕集, 每次抽吸捕集 1 支卷烟的侧流烟气, 见图 1。

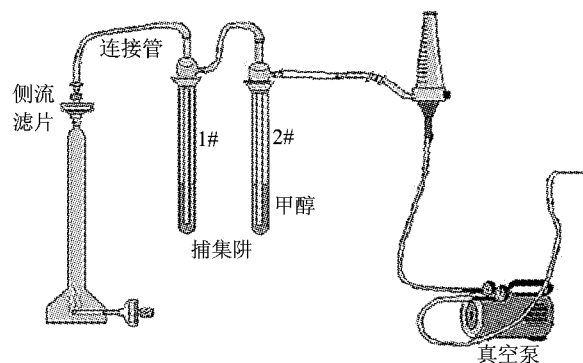


图 1 卷烟侧流烟气捕集方式<sup>[5]</sup>

#### 1.4.2 样品处理

抽吸完毕后, 将两个捕集阱中的捕集液倒入 100 mL 容量瓶, 分别用 10 mL 甲醇溶液清洗 1#、2# 捕集阱, 30 mL 甲醇溶液淋洗鱼尾罩, 淋洗液合并入容量瓶, 定容至 100 mL。将捕集了侧流烟气的剑桥滤片和剪成 1 cm 长的连接管碎片放入定容后的容量瓶中超声萃取 20 min。从 100 mL 容量瓶中准确取出 1 mL 捕集液, 加入 10 μL 内标溶液(D5-吡啶: 200 μg/mL, D8-苯乙烯: 200 μg/mL, D7-喹啉: 20 μg/mL, 溶剂为甲醇), 充分混合后进样。

### 1.5 标准回归曲线制作及样品的定量方法

配制卷烟侧流烟气中半挥发性化合物标准溶液, 共 7 个点, 浓度为 0.00575 ~ 9.80 μg/mL。准确取出 1 mL 标准溶液, 加入 10 μL 内标溶液(D5-吡啶: 200 μg/mL, D8-苯乙烯: 200 μg/mL, D7-喹啉: 20 μg/mL, 溶剂为甲醇), 充分混合后进样。以标样与内标峰面积比为纵轴, 其浓度为横轴, 求出标准曲线方程(见表 2), 以此计算被测样品中半挥发性化合物含量。

卷烟侧流烟气中半挥发性化合物释放量(μg/支) = C × V/N, 其中, C: 样品捕集液浓度(μg/mL); V: 萃取液体积(mL); N: 抽吸烟支的数目(支)。

表 2 3 种半挥发性化合物的标准曲线有关数据

化合物	浓度范围( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	线性方程	相关系数( $R^2$ )
吡啶	0.0980 ~ 9.8000	$y = 1.06893x - 0.000724299$	0.99993
苯乙烯	0.0905 ~ 9.0500	$y = 1.26902x - 0.01728$	0.99985
喹啉	0.00575 ~ 0.57500	$y = 25.66887x + 0.01038$	0.99957

## 2 结果与讨论

### 2.1 3 种半挥发性化合物的定性

本方法采用①保留时间对照法:比较标准样品和卷烟样品色谱图中的相对保留时间;②单标加入法:将标准样品加入到卷烟样品中,观察色谱峰是否增高;③质谱法:为排除有杂质峰干扰的可能性,质谱选择 SIM

扫描方式,将标准品和测定样品中各目标化合物的分子离子峰与其特征子离子峰同时对应比较进行定性;④比较标准品和卷烟样品中各目标化合物的分子离子峰与其特征子离子峰的丰度比是否一致来定性。图 2 是标准样品、卷烟样品和卷烟样品中加入标准样品后获得的 3 种半挥发性化合物总离子流图。

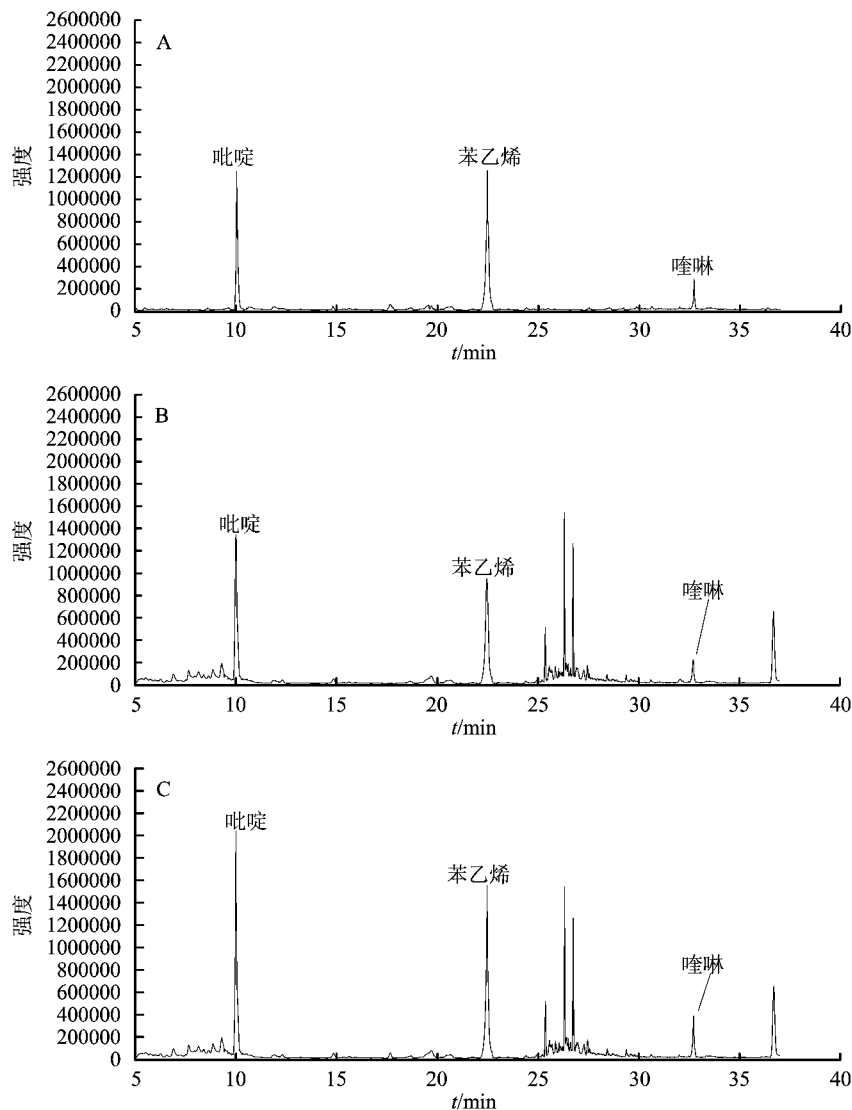


图 2 标准样品(A)、卷烟样品(B)和卷烟样品中加入标准样品(C)后获得的 3 种半挥发性物质总离子流图

表3 2#阱中3种半挥发性化合物含量占总量的比例(n=5)

分析物	1#阱中加入 20 mL 甲醇	1#阱中加入 30 mL 甲醇	1#阱中加入 40 mL 甲醇	1#阱中加入 50 mL 甲醇	1#阱中加入 60 mL 甲醇	1#阱中加入 70 mL 甲醇
吡啶	10.23%	6.51%	4.05%	3.07%	2.11%	1.01%
苯乙烯	13.21%	8.14%	4.66%	3.24%	1.82%	0.98%
喹啉	7.15%	5.25%	2.75%	1.71%	未检出	未检出

## 2.2 捕集阱个数及捕集溶液体积的确定

为验证1个捕集阱是否能完全捕集目标化合物,串联2个捕集阱,1#阱中加入不同体积甲醇溶液,2#阱中加入20 mL甲醇溶液,对2#阱进行检测,结果见表3。由表3可知,如果只采用1个捕集阱进行捕集,就算捕集阱中的捕集液加到70 mL也不能完全捕集,所以必须采用2个捕集阱进行捕集。

表4 3#阱中3种半挥发性化合物含量占总量的比例(n=5)

分析物	1#阱中加入 10 mL 甲醇	1#阱中加入 20 mL 甲醇
吡啶	2.23%	未检出
苯乙烯	1.21%	未检出
喹啉	未检出	未检出

为了验证文献[8]中采用了2个捕集阱的捕集效果,进行了串联3个捕集阱的实验,1#阱中分别加入

10 mL和20 mL的甲醇,2#阱中加入20 mL甲醇溶液,3#阱中加入20 mL甲醇溶液,对3#阱进行检测,结果见表4。由表4可知,如果1#阱中只加入10 mL甲醇溶液,3#阱中的吡啶和苯乙烯均有检出,这说明文献[8]中采用的捕集方式不能完全捕集到目标化合物。而将1#阱中的甲醇溶液增加到20 mL后,3#阱中的目标化合物均未检出。所以本方法采用串联2个捕集阱,每个捕集阱中加入20 mL甲醇溶液。

## 2.3 捕集温度的确定

分别采用1R5F及3R4F标准卷烟对是否有必要在低温(干冰)状态下捕集侧流烟气中3种半挥发性化合物进行了对比,结果见表5。由表5可知,两种捕集方式的测定结果无显著差异,所以本方法采用常温状态下进行捕集。

## 2.4 鱼尾罩、侧流滤片及连接管定量检测结果

分别对鱼尾罩、侧流滤片及连接管上吸附的1R5F和3R4F卷烟侧流烟气中的3种半挥发性化合物进行定量检测,其所占总量的比例,见表6。

表5 常温状态及低温(干冰)状态下3种半挥发性化合物含量(n=5)

(μg/支)

化合物	常温状态		干冰状态		F-检验		t-检验	
	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F	1R5F F计算值	3R4F F计算值	1R5F t计算值	3R4F t计算值
吡啶	346.48	367.51	345.89	363.71	1.64	1.69	0.12	0.14
苯乙烯	116.73	118.22	117.24	120.46	1.77	1.82	0.17	0.21
喹啉	13.76	15.57	13.54	15.35	1.91	1.93	0.22	0.25

注:  $F_{0.05} = 5.32$ ,  $t_{0.05} = 2.31$ 。

表6 鱼尾罩、侧流滤片、连接管中的3种半挥发性化合物含量占总量的比例(n=5)

化合物	鱼尾罩		侧流滤片		连接管	
	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F
吡啶	0.56%	0.62%	0.57%	0.74%	0.91%	1.02%
苯乙烯	0.51%	0.58%	0.55%	0.71%	1.59%	2.18%
喹啉	未检出	未检出	18.27%	19.15%	19.38%	20.35%

由表6可以看出侧流烟气中的吡啶、苯乙烯在鱼尾罩、侧流滤片及连接管中均有检出,特别是连接管中喹啉的含量高达总量的20%以上,而文献[8]的方法中,仅对鱼尾罩进行淋洗,并没有对连接管进行清洗,

这就会造成侧流卷烟烟气中吡啶、苯乙烯、喹啉释放量被低估,所以本方法将鱼尾罩的淋洗液、侧流滤片及剪成1cm长的连接管碎片共同进行超声萃取以避免这种情况的发生。

## 2.5 震荡萃取时间的确定

本方法分别采用 1R5F 及 3R4F 标准卷烟样品对不同超声萃取时间后 3 种半挥发性化合物含量进行了对比,见表 7。

由表 7 可以看出,超声萃取 10 min 后 3 种半挥发性化合物含量偏低,说明萃取不完全,超声萃取 20 min

和超声萃取 30 min 后 3 种半挥发性化合物含量基本一致,所以本方法超声萃取时间采用 20 min。

## 2.6 前处理后样品的稳定性

本方法分别采用 1R5F 及 3R4F 标准卷烟样品对分别放置不同时间后 3 种半挥发性化合物含量进行了对比,见表 8。

表 7 不同超声萃取时间后 3 种半挥发性化合物含量(n=5)

( $\mu\text{g}/\text{支}$ )

化合物	超声萃取 10 min		超声萃取 20 min		超声萃取 30 min	
	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F
吡啶	330.48	348.98	346.48	367.51	345.56	368.95
苯乙烯	109.45	115.75	116.73	118.22	116.42	118.02
喹啉	9.47	10.96	13.76	15.57	13.59	15.98

表 8 分别放置不同时间后 3 种半挥发性化合物含量(n=5)

( $\mu\text{g}/\text{支}$ )

化合物	F 检验		即时进样		放置 2 h 进样		放置 4 h 进样		放置 8 h 进样		放置 24 h 进样	
	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F	1R5F	3R4F
	F 计算值	F 计算值										
吡啶	2.03	2.14	346.48	367.51	344.56	365.78	349.72	370.14	344.13	370.46	343.98	365.79
苯乙烯	2.21	2.45	116.73	118.22	117.42	118.79	118.45	119.56	115.25	117.95	114.96	119.26
喹啉	2.18	2.29	13.76	15.57	13.59	15.25	14.02	15.74	13.09	15.89	14.01	14.98

注:  $F_{0.05} = 2.87$ 。

由表 8 可以看出,放置 2 h、4 h、8 h、24 h 后测得的数据与即时进样所测得的数据没有显著差异,所以在 24 h 内,样品的放置时间对检测结果没有影响。

## 2.7 空白试验

按 1.4 的方法对未燃吸的卷烟进行抽吸,对甲醇捕集液、滤片、抽吸后的鱼尾罩及连接鱼尾罩与捕集阱的管路进行检测,结果均为未检出。

## 2.8 测定方法的灵敏度

将最低浓度的标准溶液连续 5 次进样,测定结果中 3 种半挥发性化合物标准偏差的 3 倍即为测定方法的检出限。结果表明,3 种半挥发性化合物的检出限分别为:吡啶:0.15  $\mu\text{g}/\text{支}$ ;苯乙烯:0.12  $\mu\text{g}/\text{支}$ ;喹啉:0.05  $\mu\text{g}/\text{支}$ ,远低于卷烟侧流烟气中这些成分的实际含量,说明本方法能够较好地满足日常定量检测侧流烟气中 3 种半挥发性化合物的工作需要。

## 2.9 测定方法的重复性

以 1R5F 标准卷烟样品组内测定结果和组间测定结果的 RSD(表 9)来评价重复性。组内试验:同一样品每天重复进样 5 次,连续测定 3 d;组间试验:连续 3

d,每天测定 5 组样品。

3 种半挥发性化合物组内测定的 RSD 范围为 2.89% ~ 3.42%,组间测定的 RSD 范围为 5.86% ~ 6.33%,说明此方法有很好的重复性。

表 9 测定方法的重复性

化合物	组间重复性(n=15)		组内重复性(n=15)	
	平均值 / $(\mu\text{g}/\text{支})$	RSD /%	平均值 / $(\mu\text{g}/\text{支})$	RSD /%
吡啶	343.25	6.14	346.48	3.21
苯乙烯	114.89	6.33	116.73	2.89
喹啉	13.21	5.86	13.76	3.42

## 2.10 测定方法回收率

采用标样加入法测定方法的回收率。对未燃吸的卷烟进行抽吸,抽吸完毕后,按 1.4.2 的方法处理后,加入基本覆盖了标准曲线浓度范围的低、中、高三个不同浓度的半挥发性化合物混合标样后进样。每个浓度做 5 组平行,计算平均值。将测定量与加入量的比值



作为回收率,结果见表10。回收率在92.87%~98.00%,说明方法的回收率较高。

### 2.11 测定方法准确性

在捕集完1R5F卷烟侧流烟气的捕集液中加入对应1R5F卷烟侧流烟气中3种目标化合物含量的0.5倍、1倍、2倍的单一标准品,进行定量分析。测定方法的准确度用根据实际测定量与计算量的比值表示。每个浓度做5组平行,计算平均值,结果见表11,3种半挥发性化合物的测定准确度范围为90.48%~95.52%,说明此方法有较好的准确性。

表10 测定方法的回收率

化合物	加入量/( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	回收量/( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	回收率/%
吡啶	0.098	0.094	95.92
	0.980	0.960	97.96
	9.800	9.212	94.00
苯乙烯	0.0905	0.0869	96.02
	0.9050	0.8869	98.00
	9.0500	8.5090	94.02
喹啉	0.00575	0.00534	92.87
	0.05750	0.05463	95.01
	0.57500	0.55200	96.00

### 2.12 实际样品分析

应用本方法分别测定了市售的国内外17种卷烟(编号1#-17#)侧流烟气中的3种半挥发性化合物含量。结果见表12。

由表12可知:(1)卷烟侧流烟气中吡啶的含量在187.41~410.61  $\mu\text{g}/\text{支}$ 之间,苯乙烯的含量在70.14~124.98  $\mu\text{g}/\text{支}$ 之间,喹啉的含量在6.32~13.39  $\mu\text{g}/\text{支}$ 之间;(2)其含量不完全受总粒相物的影响,总粒相物含量低,但稀释度高的卷烟样品,侧流烟气中半挥发性化合物的含量相应较高。

表11 测定方法的准确性

化合物	加入量/( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	回收量/( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	准确度/%
吡啶	4.96	4.63	93.35
	6.46	6.04	93.50
	9.46	8.71	92.07
苯乙烯	1.77	1.68	94.92
	2.37	2.23	94.09
	3.57	3.41	95.52
喹啉	0.21	0.20	95.24
	0.28	0.26	92.86
	0.42	0.38	90.48

表12 卷烟样品侧流烟气中3种半挥发性化合物含量的测定结果(n=5)

编号	总粒相物/( $\text{mg}/\text{支}$ )	稀释度/%	吡啶/( $\mu\text{g}/\text{支}$ )	苯乙烯/( $\mu\text{g}/\text{支}$ )	喹啉/( $\mu\text{g}/\text{支}$ )
1	4.87	53.98	353.21	115.08	13.39
2	6.92	39.75	280.92	95.08	9.79
3	9.02	20.21	322.62	110.06	12.65
4	11.45	20.02	303.24	98.71	10.88
5	20.32	14.45	243.57	85.14	9.03
6	3.31	55.69	306.86	120.47	13.01
7	6.08	42.18	301.25	117.01	12.69
8	8.97	22.86	272.51	109.38	11.57
9	11.92	25.09	252.52	102.98	10.38
10	17.76	0.00	299.27	93.54	10.44
11	9.36	0.00	410.61	124.98	12.95
12	11.80	0.00	237.02	96.53	9.04
13	12.82	0.00	259.67	86.47	9.81
14	14.28	0.00	257.86	96.82	9.43
15	15.52	0.00	279.08	101.66	10.48
16	16.28	0.00	187.41	70.14	6.32
17	20.08	0.00	287.94	94.18	10.09

注:编号1-5为国外混合型,6-10为国内混合型,11-17为国内烤烟型。

### 3 结论

以上研究证实,采用鱼尾罩和装有剑桥滤片的捕集装置将侧流烟气中的半挥发性化合物用甲醇溶液捕集,采用四级杆 GC-MS 结合质谱选择性离子扫描模式 (SIM) 定量检测其含量,测定 3 种侧流烟气中半挥发性化合物释放量的方法有较好的重复性,对 3 种半挥发性化合物释放量组内测定的 RSD  $\leq$  3.42%,组间测定的 RSD  $\leq$  6.33%;具有较高的灵敏度,3 种半挥发性化合物的检测限均低于 0.15  $\mu\text{g}/\text{支}$ ;较高的准确性,3 种半挥发性化合物的回收率在 92.87% ~ 98.0% 之间。适用于日常定量检测卷烟侧流烟气中 3 种半挥发性化合物的释放量。本方法采用“四极杆”GC-MS 定量检测卷烟侧流烟气中半挥发性化合物释放量,丰富了检测方式;其次对文献中所采用的捕集方式和前处理方法进行了改进,以避免卷烟侧流烟气中半挥发性化合物释放量被低估。

### 参考文献

- [1] Health Canada. T-112 Determination of Pyridine, Quinoline and Styrene in Mainstream Tobacco Smoke[S]. 1999:1-11.
- [2] 李荣,陈静,唐纲岭,等.固相微萃取气质联用技术对卷烟
- [3] 蔡君兰,赵明月,陈勇,等.卷烟主流烟气和侧流烟气中半挥发性成分的分析研究[J].中国烟草学报,2003,9(4):1-11.
- [4] 唐纲岭,刘惠民.卷烟烟丝和卷烟烟气总粒相物中挥发性和半挥发性成分的分析研究[C]//中国有机质谱学第十一届全国学术大会,2001.
- [5] 庞永强,王菲,陈再根,等.不同捕集方式下卷烟主流烟气成分的 GC/MS 分析[J].质谱学报,2009,30(3):124-128.
- [6] 蔡君兰,赵明月,杨军.卷烟侧流烟气研究进展[J].烟草科技,2002(7):22-25.
- [7] 常翔,白若石,周骏.采用 GC-MS 测定侧流卷烟烟气中芳香胺[J].中国烟草学报,2008,14(6):6-12.
- [8] Health Canada. T-210 Determination of Pyridine and Quinoline in Sidestream Tobacco Smoke[S]. 1999:1-9.
- [9] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 16447-2004/ISO 3402: 1999 调节和测试的大气环境[S].中华人民共和国国家标准.北京:中国标准出版社,2005.
- [10] 中国国家标准化管理委员会. GB/T19609-2004 卷烟-用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油[S].中华人民共和国烟草行业标准.北京:中国标准出版社,2005.
- [11] 国家烟草专卖局. YC/T 185-2004 侧流烟气中焦油和烟碱的测定[S].中华人民共和国烟草行业标准.北京:中国标准出版社,2005.

### 《烟草科技》2011 年第 1 期目次

#### ·烟草工艺

- 2004 和 2007 年国产不同价类卷烟配方烟丝结构的比较  
..... 张玉海,邓国栋,刘晓萍,等
- 四川烤烟烟叶细胞壁物质含量与外观质量、感官质量的关系  
..... 陈红丽,任晓红,杨永锋,等
- 湖北建始白肋烟在制丝主要工序中的感官特性分析  
..... 姚光明,邓国栋,丁乃红,等

#### ·设备与仪器

- 基于网络图法的卷烟分拣排程的算法与应用 ...方 泳,袁召云  
YB43 型硬盒包装机与 ZB45 辅机连接系统的改造 ..... 杨本才
- 单支剔除技术在包装机下烟库中的应用  
..... 张乐年,申卫中,朱仕文,等

#### ·信息技术

- 基于 SOA 架构运用 SAP XI 实现卷烟工业企业一体化信息  
集成平台的应用研究 ..... 陆海良,章志华,汪欢文
- 烟草商业系统电子政务服务体系的设计与实现  
..... 蔡 喆,颜 玫

#### ·烟草化学

- 巴豆醛诱导人支气管上皮细胞凋亡研究  
..... 刘兴余,杨陟华,潘秀颖,等

#### β-紫罗兰酮-β-环糊精包合物的结构确证及热分解动力学

- ..... 姬小明,刘 云,苏长涛,等
- 再造烟叶主要化学组分的 AOTF-NIR 在线监测

#### 纺锤形 β-FeOOH 降低卷烟烟气中烟草特有亚硝胺

- ..... 王保兴,邹振民,刘维涓,等
- 人工神经网络动力学光度法同时测定烟草中的 Cr<sup>3+</sup>,

#### Al<sup>3+</sup> 和 Fe<sup>3+</sup> ..... 傅应强,姚 岚,方瑞萍,等

#### ·烟草农学

- 不同气候条件下烟叶腺毛分泌物主要成分差异分析  
..... 朱显灵,潘文杰,陈 懿,等
- 灌溉方式与灌水量对白肋烟生长发育和水分利用率的影响  
..... 沈广材,史宏志,杨 程,等

#### ·病虫害防治

- 利用 Real-time RT-PCR 法检测抗病毒活性物质对 CMV  
复制的影响 ..... 王 芳,高正良,周本国,等
- 烟草抗青枯病的药剂诱导效应与抑菌增效作用  
..... 陈泽鹏,王 涛,陈伟明,等