

工 业

HXD 工艺条件对烟草香味物质影响的应用研究

廖惠云¹, 郝喜良¹, 甘学文¹, 陈晶波¹, 张 映²¹ 江苏中烟南京卷烟厂技术中心, 南京市梦都路 30 号 210019;² 江苏中烟工业公司技术中心, 南京 210003

摘 要:应用同时蒸馏萃取、气相色谱仪和气相色谱/质谱联用仪,对卷烟制丝烘丝工序中挥发性、半挥发性香味物质的变化进行研究,结合烟丝的感官质量评吸结果,优化了烘丝工序中 4 个参数,得出较佳的参数水平为:注入蒸汽量为 1600 kg/h、物料流量为 4100 kg/h、工艺气为 13500 kg/h 和负压水平为 800 Pa。

关键词:同时蒸馏萃取;气相色谱;气相色谱/质谱联用;烘丝工序;香味物质;感官质量

中图分类号:TS432 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5708(2007)04-0001-05

Applied research on tobacco flavor constituents influenced by HXD conditions in cigarette manufacturing procedure

LIAO Hui-yun¹, HAO Xi-liang¹, GAN Xue-wen¹, CHEN Jing-bo¹, ZHANG Ying²¹ Technology and Science Center of Nanjing Cigarette Factory, Nanjing 210019, China;² Technology Development Department of China Tobacco Jiangsu Industrial Corporation, Nanjing 210003, China

Abstract: Qualitative and quantitative analysis of volatile and semi-volatile flavor constituents in HXD of cigarette manufacturing procedure were performed by simultaneous distillation equipment (SDE), GC, and GC/MS. Considering smoking qualities of tobacco, preferred processing parameters of HXD including infused steam, steam amount, craftwork gas, and negative pressure were obtained, which were 1600 kg/h, 4100 kg/h, 13500 kg/h, and 800Pa coresponsively.

Key words: simultaneous distillation and extraction (SDE); GC; GC/MS; HXD; flavor components; smoking quality

目前,国内外许多烟草研究机构和卷烟企业的研究人员都致力于应用现代分析技术揭示卷烟制丝过程中烟草化学成分的变化规律,确定烟草制品的主要化学成分同工艺参数之间的相关关系,逐步实现工序质量评价由感官评吸为主向感官评吸和化学分析相结合的转变,为卷烟配方和加工工艺参数的优化提供理论依据^[1-3]。

卷烟在制丝过程中,尤其是卷烟的烘丝工序(HXD),烟丝要经过如加温、加湿和干燥等处理,温度、湿度等外界条件在不断地发生变化,必然会引起烟草内部的化学成分(特别是容易被氧化或容易挥发的有机成分)的一系列变化^[4-8]。本次研究采用同时蒸馏萃

取、气相色谱和气质谱联用等分离分析技术,对某牌号卷烟烟丝的挥发性、半挥发性致香成分在烘丝工序的变化进行了定性定量的分析,结合其感官质量的变化,对制丝过程中工艺参数进行优化。

1 材料与方法

1.1 试验材料、试剂与仪器

1.1.1 供试材料

样品取自于南京卷烟厂制丝车间,经不同工艺条件处理后 HXD 出口处的某牌号卷烟烟丝。

在保持 HXD 出口叶丝含水率和温度基本恒定的情况下,改变注入蒸汽量、烟丝流量、工艺汽量和负压 4 个工艺参数,研究其对烟丝香味成分的影响,工艺参数见表 1。每次参数调整设备稳定后,每隔 3 min 取样一次,共取样 8 次,手动混合均匀,作为香味成分分析的试验样品。

作者简介:廖惠云(1979-),男,硕士,江苏中烟南京卷烟厂技术中心工程师,主要从事烟草化学及烟用香精香料分析研究。

Tel: 025-86479666-6711, E-mail: liaohuiyun@sohu.com

收稿日期:2006-07-02

表1 HXD 烘丝过程中不同工艺参数的取样情况

处理		DCC 出口水分 (%)	DCC 出口温度 (°C)	注入 蒸汽量 (kg/h)	烟丝 流量 (kg/h)	工艺 汽量 (kg/h)	负压 (Pa)	控制 喷水 (L/h)	工作 风温 (°C)	出口 水分 (%)	出口 温度 (°C)
注入 蒸汽量 (kg/h)	A1	24.51	60	<u>0</u>	4600	15000	800	250.4	223.6	13.37	68
	A2	24.57	59	<u>500</u>	4600	15000	800	283.2	229.6	13.64	67
	A3	24.22	60	<u>1000</u>	4600	15000	800	332.7	221.8	13.66	67
	A4	24.60	61	<u>1600</u>	4600	15000	800	343.8	235.3	13.83	70
烟丝流量 (kg/h)	B1	24.02	60	1000	<u>4100</u>	15000	800	324.6	237.8	13.75	70
	B2	24.50	61	1000	<u>4600</u>	15000	800	253.5	215.6	13.87	69
	B3	23.34	61	1000	<u>5100</u>	15000	800	311.6	235.6	13.19	68
工艺汽量 (kg/h)	C1	24.11	59	1000	4600	<u>13500</u>	800	325.5	235.7	13.54	69
	C2	24.50	58	1000	4600	<u>15000</u>	800	253.5	222.5	13.87	70
	C3	24.55	61	1000	4600	<u>16500</u>	800	158.6	212.5	13.34	66
负压 (Pa)	D1	24.51	60	1000	4600	15000	<u>800</u>	251.2	215.2	13.87	68
	D2	24.15	61	1000	4600	15000	<u>1200</u>	289.5	225.2	13.73	69
	D3	24.68	62	1000	4600	15000	<u>1600</u>	272.5	222.3	13.44	66
	D4	24.02	58	1000	4600	15000	<u>2000</u>	315.8	239.5	13.69	70

注:倾斜数字为设定工艺参数,倾斜有下划线数字为改变的工艺参数,其它为实测值。

1.1.2 试剂

二氯甲烷、氯化钠、无水硫酸钠、无水乙醇、试剂均为分析纯。

标样与内标:面包酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、糠醛、2-呋喃基甲基酮、芳樟醇、5-甲基糠醛、苯乙醛、糠醇、茄酮、 β -大马酮、香叶基丙酮、苯甲醇、苯乙醇、金合欢基丙酮、十六酸甲酯、二氢猕猴桃内酯及内标乙酸苯甲酯(均为进口美国百灵威公司色谱纯试剂)。

1.1.3 设备和仪器

HXD(英国 DICKINSON LEGG 公司);同时蒸馏萃取仪(郑州烟草研究院);ZFQ-85A 旋转蒸发器(上海医械专机厂);HP6890 气相色谱仪和 HP6890 气相色谱/HP5975 质谱联用仪(Agilent 公司);AEG-220 型分析天平(感量:0.1 mg, Shimadzu 公司)。

1.2 香味成分的测试

把烟叶样品于 40 °C 左右的温度下烘干,磨碎后过 40 目筛。准确称取 25 g 烟末,进行同时蒸馏萃取^[6],得到的二氯甲烷萃取物中加入适量无水硫酸钠,静置过夜,于旋转蒸发器中浓缩至 1 mL,加入 50 μ L 浓度为 0.1 mol/L 乙酸苯甲酯的乙醇溶液,摇匀,即取样进行气相色谱分析和气相色谱/质谱鉴定。采用的分析条件如下:

GC 条件:毛细管柱:HP-FFAP 毛细管色谱柱(50 m \times 0.2 mm i. d. \times 0.3 μ m d. f.);进样口温度:260 °C;检测器:FID,检测器温度:280 °C;载气:N₂,

1.0 mL/min;程序升温:60 °C(1 min) $\xrightarrow{2\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}}$ 220 °C(50 min);进样量:2 μ L,分流比 10:1。

GC/MS 条件:除载气为 He 外,其他 GC 条件同上;传输线温度:280 °C;离子化能量:70 eV;EI 离子源温度:230 °C;四极杆温度:150 °C;质量扫描范围:30 amu ~ 500 amu;溶剂延迟:3.5 min。

用 WILEY、NBS 和结构谱图库检索,并结合标样物质保留时间进行烟草香味成分的定性。在香味成分的定量分析中,有标样的采用内标法定量,无标样的以相对内标校正因子为 1 计算,假定香味成分的回收率为 100%。

2 结果与讨论

依据以上烟草香味成分的分析方法,对 HXD 工序中 4 个不同参数下烟草香味成分的变化进行了分析研究,具体分析结果依次如下:

2.1 HXD 工序中注入蒸汽量对致香物质的影响

从表 2 可以看出,当注入蒸汽量从 0 增加到 1600 kg/h 时,烟丝中酸性致香组分含量刚开始大幅增加,然后增加趋势变缓;中性致香组分含量呈现倒“V”形,刚开始大幅增加,然后稍微减少,幅度不大;碱性致香组分含量也呈现倒“V”形,刚开始逐步增加,然后稍微下降。

从香味物质来考虑,HXD 注入蒸汽显然比没有注

入蒸汽要好。结合下表 3 烟丝感官质量的分析结果,我们可以发现:注入蒸汽量为 1600 kg/h 的情况下,烟丝的感官质量得分比其它情况要好,尤其是烟气、口感特征更佳,这与其酸性致香组分含量较多是分不开的。

表 2 HXD 工序中注入蒸汽量对致香物质的影响
($\mu\text{g/g}$ 烟丝)

致香物质成分	蒸汽量(kg/h)			
	0	500	1000	1600
面包酮	2.53	2.45	2.73	2.51
1-羟基-2-丙酮	2.04	1.60	2.35	1.84
2-糠醛	24.42	23.01	25.11	23.49
2-呋喃基甲基酮	1.38	1.16	1.36	1.21
芳樟醇	1.08	1.09	0.99	1.00
5-甲基糠醛	2.09	3.66	2.23	2.01
4-环戊烯-1,3-二酮	7.71	7.29	8.89	7.90
薄荷醇	35.80	31.87	30.77	29.83
苯乙醛	5.97	5.48	5.57	5.78
糠醇	15.61	11.28	16.01	14.60
茄酮	25.45	26.22	26.37	24.47
β -二氢大马酮	0.97	0.95		0.87
β -大马酮	7.78	15.12	15.40	13.98
2-甲基巴豆酸	0.76	1.38	1.36	1.35
香叶基丙酮	1.70	2.62	3.34	2.66
苯甲醇	2.99	4.62	5.99	5.52
新植二烯	260.83	611.07	536.39	516.33
2-乙酰基吡咯	3.10	4.41	5.38	5.74
2-甲酰基吡咯	0.83	1.69	1.98	1.42
三乙酸丙三酯	3.81	11.93	7.31	17.87
降茄二酮	4.58	9.55	9.55	8.88
4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	17.81	11.85	16.90	16.77
十六酸甲酯	6.59	17.75	12.72	12.97
亚油酸		7.20	8.93	9.74
巨豆三烯酮	4.76	5.68	8.81	8.58
二氢猕猴桃内酯	2.37	4.69	4.51	4.57
金合欢基丙酮	1.58	4.79	3.31	2.97
2,3-二氢苯并呋喃	0.55	1.54	1.49	1.33
硬脂酸甲酯	1.87	2.20	3.35	2.41
油酸甲酯		2.89	2.22	2.20
亚油酸甲酯	4.72	10.81	8.36	9.31
3-羟基- β -二氢大马酮	3.46	6.00		8.69
亚麻酸甲酯	5.63	12.85	9.47	10.10
十四酸	5.40	12.64	10.17	10.61
十八酸	5.47	5.97	7.32	8.64
酸性组分含量*	29.43	39.04	44.67	47.12
中性组分含量*	173.61	217.17	210.91	209.70
碱性组分含量*	3.93	6.10	7.36	7.16

注: * 分别对致香物质的种类进行分类,以下相同。

2.2 HXD 工序中烟丝流量对致香物质的影响

从表 4 可以看出,物料流量为 4100 kg/h 时,烟丝中的酸性致香成分、中性致香组分和碱性致香组分含量都比其它 2 种水平情况要好。结合下表 5 中的烟丝感官质量的分析结果,不难发现:物料流量为 4100 kg/h 时,烟丝的整体感官质量得分都比其它 2 种水平要好,因此,可以建议物料流量在原有的 4600 kg/h 基础上适当减少,此种情况下的工序条件更佳。

表 4 HXD 工序中烟丝流量对致香物质的影响
($\mu\text{g/g}$ 烟丝)

致香物质成分	流量(kg/h)		
	4100	4600	5100
面包酮	3.16	2.84	2.37
1-羟基-2-丙酮	2.38	1.44	1.97
2-糠醛	24.31	23.68	17.18
2-呋喃基甲基酮	1.31	1.35	1.05
5-甲基糠醛	2.31	2.17	1.46
4-环戊烯-1,3-二酮	9.45	7.98	7.49
薄荷醇	37.60	37.63	24.01
苯乙醛	8.32	7.97	6.21
糠醇	22.05	16.02	18.45
茄酮	26.90	26.91	19.24
β -大马酮	14.60	14.75	10.02
2-甲基巴豆酸	1.29	1.16	
香叶基丙酮	3.27	3.47	2.62
苯甲醇	6.12	6.65	4.27
新植二烯	504.77	490.19	346.93
2-乙酰基吡咯	7.36	7.01	5.13
乙基麦芽酚	26.64	20.73	18.10
2-甲酰基吡咯	1.86	0.82	
降茄二酮	11.06	10.09	7.89
4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	16.29	9.90	12.90
十六酸甲酯	22.80	23.94	18.30
巨豆三烯酮	11.69	10.80	7.08
二氢猕猴桃内酯	5.29	4.84	3.39
金合欢基丙酮	3.63	2.96	2.17
2,3-二氢苯并呋喃	2.15	1.76	1.70
硬脂酸甲酯	3.21	3.79	2.87
油酸甲酯	2.50	2.44	1.96
亚油酸甲酯	12.30	10.63	9.25
3-羟基- β -二氢大马酮	10.36	9.80	9.49
亚麻酸甲酯	10.56	11.01	10.37
十四酸	7.91	8.90	7.15
十五酸	4.23	4.55	6.45
酸性组分含量	29.72	24.51	26.51
中性组分含量	257.32	244.92	190.80
碱性组分含量	9.22	7.82	5.13

表3 HXD工序中注入蒸汽量对烟丝感官质量评价的影响

参数水平	香气特征			烟气特征				口感特征				变化方向 处理强度		
	香气 质	香气 量	丰满 程度	浓度	劲头	成团 性	细腻 程度	杂气	刺激 程度	干燥 感	干净 程度		甜度	回味
0 (kg/h)	较好	中 ⁺	中 ⁺	较浓 ⁻¹	中	中 ⁺	中	有	有 ⁻	中	较干净	中 ⁺	中 ⁺	
500 (kg/h)	较好	中 ⁺	中 ⁺	较浓 ⁻¹	中	中 ⁺	中 ⁺	有	有 ⁻	中	较干净	中 ⁺	中 ⁺	透发 性变
1000 (kg/h)	较好	中 ⁺	中 ⁺	较浓	中	中 ⁺	中 ⁺	有	有	中 ⁺	较干净	中 ⁺	中 ⁺	
1600 (kg/h)	较好	中 ⁺	中 ⁺	较浓	中	中 ⁺	中 ⁺⁺	有	有 ⁻	中 ⁺⁺	较干净	中 ⁺	中 ⁺	好

表5 HXD工序中物料流量对烟丝感官质量评价的影响

参数水平	香气特征			烟气特征				口感特征				变化方向 处理强度		
	香气 质	香气 量	丰满 程度	浓度	劲头	成团 性	细腻 程度	杂气	刺激 程度	干燥 感	干净 程度		甜度	回味
4100 (kg/h)	较好	较足	较好	中 ⁺	中	中 ⁺	较细	有	有	较弱	较干净	中 ⁺	中 ⁺	透发性 ⁺
4600 (kg/h)	较好	较足	较好	中 ⁺	中	中 ⁺	较细	有	有	较弱	较干净	中 ⁺	中 ⁺	
5100 (kg/h)	较好	较足	较好	中 ⁺	中	中 ⁺	较细	有	有 ⁻	较弱 ⁻	较干净	中 ⁺	中 ⁺	透发性 ⁻

2.3 HXD工序中工艺气量对致香物质的影响

表6 HXD工序中注入工艺气量对致香物质的影响

($\mu\text{g/g}$ 烟丝)

致香物质成分	工艺气量(kg/h)		
	13500	15000	16500
面包酮	3.15	2.83	2.73
1-羟基-2-丙酮	1.61	1.80	1.98
2-糠醛	25.89	21.46	21.25
2-呋喃基甲基酮	1.53	1.22	0.99
5-甲基糠醛	2.24	1.98	1.81
4-环戊烯-1,3-二酮	9.50	8.38	9.08
薄荷醇	20.95	22.28	27.64
苯乙醛	8.31	7.32	6.50
糠醇	18.27	21.33	29.20
茄酮	26.06	23.92	12.35
β -大马酮	15.15	13.03	6.83
香叶基丙酮	2.59	2.02	1.07
苯甲醇	5.58	4.66	2.37
新植二烯	519.49	509.93	273.10
2-乙酰基吡咯	5.99	6.01	3.06
乙基麦芽酚	14.40	20.70	10.67
降茄二酮	10.45	10.09	5.23
4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	20.05	18.87	9.78
十六酸甲酯	13.30	13.79	7.27
巨豆三烯酮	10.95	10.43	5.44
二氢猕猴桃内酯	4.92	4.89	2.42
金合欢基丙酮	3.17	3.25	1.53
2,3-二氢苯并呋喃	2.09	2.09	
油酸甲酯	2.69	2.71	
亚油酸甲酯	10.88	11.89	6.45
3-羟基- β -二氢大马酮	7.11	9.15	3.68
亚麻酸甲酯	12.07	12.00	7.15
十四酸	7.69	8.94	5.30
十五酸	5.68	5.98	3.24
酸性组分含量	33.42	33.79	18.32
中性组分含量	218.46	212.54	162.97
碱性组分含量	5.99	6.01	3.06

从表6可以发现,当工艺气分别为13500 kg/h、15000 kg/h和16500 kg/h时,烟丝的酸性致香组分含量呈现倒“V”形,前2种水平情况下的含量相差不大;中性致香组分含量呈现逐渐递减的趋势,前2种水平情况下的含量相差不大;碱性致香组分的含量呈现倒“V”形,工艺气为16500 kg/h时的含量稍低。

从香味物质来考虑,工艺气在13500 kg/h时的条件更为优越;结合下表7烟丝感官质量的分析结果,不难发现:工艺气在13500 kg/h时,烟丝的香气质、香气量以及整个感官质量的得分情况都比其它2种水平要好,因此,建议把现有的工艺气水平15000 kg/h适当降低。

2.4 HXD工序中负压对致香物质的影响

从表8中可知,当负压分别为800 Pa、1200 Pa、1600 Pa和2000 Pa时,烟丝中的酸性致香组分含量呈现先减少,后增加,再减少的趋势;中性致香组分、碱性致香组分含量的变化趋势与酸性组分含量的变化趋势基本相同;从香味物质来考虑,负压水平为800 Pa的条件比较好,结合下表9烟丝感官质量分析结果,不难发现:当负压水平为800 Pa时,烟丝的香气质、香气量以及整个感官质量的得分情况都比其它3种水平要好,因此,建议保持原有的负压水平为800 Pa水平条件。

2.5 本实验中存在问题的说明

(1)本次实验定量方法采用内标法。由于条件所限仅买到部分相关标准样品,所以采用乙酸苯甲酯做内标,无标准样品的烟草香味组分的响应因子均假设为1,这势必会影响到定量的精确性。要提高分析的准确和精确性,还需做进一步的定量分析。

表 7 HXD 工序中注入工艺气量对烟丝感官质量评价的影响

参数水平	香气特征			烟气特征				口感特征				变化方向 处理强度	
	香气 质	香气 量	丰满 程度	浓度	劲头	成团 性	细腻 程度	杂气	刺激 程度	干燥 感	干净 程度		甜度
13500 (kg/h)	较好	中 ⁺	中 ⁺	较浓	中	中	较细	有	有	中 ⁺	较干净	中 ⁺	中
15000 (kg/h)	较好	中 ⁺	中 ⁺	较浓	中	中	较细	有	有	中	较干净	中	中
16500 (kg/h)	较好	中 ⁺	中 ⁺	较浓	中	中	较细	有	有 ⁻	中 ⁻	较干净	中	中

表 8 HXD 工序中负压变化对致香物质的影响

致香物质成分	(μg/g 烟丝)			
	负压(Pa)			
	800	1200	1600	2000
面包酮	3.02	2.84	3.10	3.02
1-羟基-2-丙酮	2.11	1.44	3.14	1.49
2-糠醛	24.61	23.68	24.77	26.58
2-呋喃基甲基酮	1.19	1.35	1.38	1.44
芳樟醇	0.89	0.87		0.76
5-甲基糠醛	2.11	2.17	2.33	2.37
4-环戊烯-1,3-二酮	9.32	7.98	8.86	8.81
薄荷醇	40.01	37.63	35.58	38.46
苯乙醛	8.30	7.97	8.05	7.15
糠醇	21.96	16.02	22.38	17.48
茄酮	28.18	26.91	25.46	26.16
β-大马酮	15.24	14.75	15.02	14.61
己酸	1.39	1.22		
2-甲基巴豆酸	1.44	1.16	1.34	1.13
香叶基丙酮	3.90	3.47	2.94	3.48
苯甲醇	7.10	6.65	6.65	6.73
新植二烯	522.89	490.19	510.47	445.28
2-乙酰基吡咯	7.59	7.01	7.19	5.89
乙基麦芽酚	25.66	20.73	26.95	13.47
2-甲酰基吡咯	1.49		1.93	0.47
降茄二酮	11.08	10.09	10.50	9.29
巨豆三烯酮	5.02	7.05		19.93
4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	13.89	9.90	14.89	
十六酸甲酯	24.61	23.94	24.01	19.26
巨豆三烯酮	10.48	10.80	10.36	11.21
二氢猕猴桃内酯	5.00	4.84	5.67	4.41
金合欢基丙酮	3.08	2.96	3.99	2.75
2,3-二氢苯并呋喃	2.05	1.76	1.99	1.39
硬脂酸甲酯	3.93	3.79	4.04	2.64
油酸甲酯	4.25	2.44	2.68	2.10
亚油酸甲酯	12.35	10.63	12.84	8.65
3-羟基-β-二氢大马酮	11.68	9.80	11.50	6.23
亚麻酸甲酯	13.81	11.01	12.63	8.84
十四酸	10.11	8.90	9.12	6.61
十五酸	6.24	4.55	7.69	2.83
酸性组分含量	31.63	24.57	31.70	9.44
中性组分含量	300.91	273.57	286.83	268.71
碱性组分含量	9.09	7.01	9.12	6.36

表 9 HXD 工序中负压变化对烟丝感官质量评价的影响

参数水平	800 Pa	1200 Pa	1600 Pa	2000 Pa	
香气 特征	香气质	较好	较好 ⁻	较好 ⁻	较好 ⁻
	香气量	较足	较足 ⁻	较足 ⁻	较足 ⁻
	丰满程度	较好	较好 ⁻	较好	较好 ⁻
烟气 特征	浓度	中 ⁺	中	中 ⁺	中
	劲头	中	中	中	中
	成团性	中 ⁺	中	中 ⁺⁺	中
	细腻程度	较细	较细	较细 ⁻	较细
口感 特征	杂气	有	有	有	有 ⁻
	刺激程度	有	有	有 ⁻	有 ⁻
	干燥感	较弱	较弱 ⁻	较弱 ⁻	较弱 ⁻⁻
	干净程度	较干净	较干净	较干净 ⁻	较干净 ⁻
	甜度	中 ⁺	中 ⁻	中	中
	回味	中 ⁺	中 ⁺	中 ⁺	中
变化方向					
处理强度					

(2) 本次试验所考虑的全为独立因素,没有考虑到各个因素之间的相关性,以后的工作中有必要再进行正交实验,以期探索最佳的制丝工艺条件。

3 结论

卷烟制丝烘丝前后,烟丝中挥发性、半挥发性香味成分发生了较为明显变化,结合烟丝的感官质量分析结果,得出烘丝工序中较佳的参数水平为:注入蒸汽量为 1600 kg/h、物料流量为 4100 kg/h、工艺气为 13500 kg/h 和负压水平为 800 Pa。

参考文献

- [1] 钟洪祥, 谢卫, 刘江生. 卷烟制丝松片回潮前后挥发性香味成分变化研究[C]//中国烟草学会工业专业委员会, 2004年中烟烟草化学学组年会暨学术研讨会论文集, 2004.
- [2] 蔡继宝, 杨达辉, 范坚强, 等. 松片回潮前后化学成分变化研究[C]//中国烟草学会工业专业委员会, 2004年中烟烟草化学学组年会暨学术研讨会论文集, 2004.
- [3] 冼可发, 沈朝智, 戚万敏. 云南烤烟中中性香味成分的分析研究[J]. 中国烟草学报, 1992, 1(2): 1-9.
- [4] 刘百战, 冼可发. 不同部位、不同成熟度及颜色的云南烤烟中某些中性香味成分的分析研究[J]. 中国烟草学报, 1999, 5(1): 8-11.
- [5] 张燕, 李天飞, 宗会, 等. 不同产地香料烟内在化学成分及致香物质分析[J]. 中国烟草科学, 2003, 24(4): 12-16.
- [6] 胡有持, 牟定荣, 李炎强, 等. 云南烤烟复烤片烟自然陈化时间与质量关系的研究[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(4): 1-7.
- [7] Prabhu S R. Development of aroma-bearing compounds and their precursors in flue-cured tobacco during curing and post-curing operation[J]. Tob Res, 1986, 12(2): 175-185.
- [8] Davis D L. Waxes and lipids in leaf and their relation to smoking quality and aroma[J]. Rec adv Tob Sci, 1976, 80-109.