

# 滤嘴稀释度对卷烟主流烟气香味成分 释放量影响研究述评

戴莉<sup>1</sup>, 邱宝平<sup>1,2</sup>, 梁娅<sup>1</sup>, 刘晓旭<sup>2</sup>, 李强<sup>1</sup>, 郭连民<sup>2</sup>, 郭鹏<sup>1</sup>, 张峻松<sup>1</sup>

(1. 郑州轻工业学院 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 红塔辽宁烟草有限责任公司, 辽宁 沈阳 110002)

**摘要:**对不同滤嘴稀释度影响下的卷烟主流烟气颗粒物中烟丝自身挥发性酸性、碱性、中性香味成分和外加香料的转移规律进行了综述,指出通过改变滤嘴稀释度降低卷烟焦油、选择性添加外加香料提升其在烟气中的转移率以提高卷烟品质,是未来的研究方向。

**关键词:**滤嘴稀释度;主流烟气;香味成分;香料

**中图分类号:**TS42;TS41<sup>+1</sup> **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.04.008

## Review of the effects of filter ventilation on delivery of aromatic component in mainstream smoke

DAI Li<sup>1</sup>, QIU Bao-ping<sup>1,2</sup>, LIANG Ya<sup>1</sup>, LIU Xiao-xu<sup>2</sup>,

LI Qiang<sup>1</sup>, GUO Lian-min<sup>2</sup>, GUO Peng<sup>1</sup>, ZHANG Jun-song<sup>1</sup>

(1. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;

2. Hongta Liaoning Tobacco Co., Ltd., Shenyang 110002, China)

**Abstract:** With the effects of different filter ventilation on the total particulate matter in mainstream smoke the transfer law of volatile alkaline, acidic and neutral, ingredients and plused aroma were reviewed. At the same time, it pointed out that the main research direction was to improve the quality of cigarette by changing the filter ventilation, reducing cigarette tar and adding extra aroma.

**Key words:** filter ventilation; mainstream smoke; aromatic component; flavors

## 0 引言

减害降焦近年来已成为烟草行业研究的重要课题,高焦油卷烟将逐渐退出市场,研制和开发低焦油卷烟是烟草行业的重要目标之一.降低焦油势必导致卷烟吸食品质的下降,这对卷烟的加香技术提出了更高的要求.目前国内外采用的降低卷烟焦

油释放量的措施较多,其中通风技术是较有效的方法之一<sup>[1-3]</sup>,因此作为一项重要的物理降焦方式,接装纸打孔通风技术广泛应用于生产低焦油低危害的卷烟产品<sup>[4-5]</sup>.通风稀释率越高,烟支吸阻越低,卷烟焦油量也越低<sup>[6-11]</sup>.然而,滤嘴通风率过大,在一定程度上会影响卷烟的风格,使烟味变得平淡;而透气量小,对卷烟质量负面影响较大.因此如何

收稿日期:2014-06-02

作者简介:戴莉(1990—),女,江苏省姜堰市人,郑州轻工业学院硕士研究生,主要研究方向为烟草化学与香精香料.

通信作者:张峻松(1971—),男,河南省项城市人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为烟草化学.

有选择性地提高某些香味成分在烟气中的释放量,对提高卷烟品质至关重要.为了提高滤嘴通风的作用,以设计出稳定性最佳的滤嘴辅材规格,本文拟对滤嘴稀释度对卷烟主流烟气香味成分释放量影响的研究进行综述.

## 1 卷烟滤嘴通风技术

目前利用卷烟辅材设计改变滤嘴通风的研究已有较多的报道,国内的研究中,赵辉等<sup>[5]</sup>考察了滤嘴通风影响下的卷烟主流烟气释放量,发现随着滤嘴通风度的增加,焦油,烟碱,CO,HCN,氨和苯并[a]芘的释放量都显著降低,对于多数气相成分和部分粒相成分具有较好的控制效果.国外的研究中,R. Dwyer等<sup>[11]</sup>考察了香烟过滤嘴的上段和下段,认为卷烟滤嘴的稀释作用对烟气的过滤效率存在显著影响,其稀释作用越强,对烟气的过滤效率也越高.而滤嘴接装纸和成型纸对滤嘴稀释度影响的研究则相对较少.陈慧斌等<sup>[12]</sup>研究了接装纸打孔对卷烟质量的影响,对接装纸的打孔透气度、排数、个数和距离进行正交试验,并采用SPSS软件对试验数据进行统计分析,对4个因素之间的相互作用以及对烟气指标和感官品质的影响进行了研究,研究表明:为了保证透气度的稳定性,透气度 $< 250$  CU时,适合在接装纸上打1排孔;透气度在 $300 \sim 500$  CU范围内,适合在接装纸上打2排孔;透气度 $> 600$  CU时,适合打3以上排孔.在接装纸和成型纸交互影响的研究中,翟玉俊等<sup>[13]</sup>通过组合接装纸和成型纸透气度,研究了主流烟气中香味成分的转移规律:成型纸透气度对烟气中碱性香味成分影响较小,接装纸透气度对烟气中碱性香味成分影响显著.

以上研究表明,辅材规格对卷烟质量的影响中,接装纸打孔通风稀释对卷烟降焦有显著影响.接装纸的打孔透气度、排数、个数和距离证实对烟气指标的影响不存在交互作用,这4个因素是影响滤嘴通风稀释的主要因素.打孔距离对滤嘴通风率、烟气指标和感官品质影响显著,打孔排数则对其有一定影响.而且在一定的范围内,打孔位置越靠近卷烟吸食的滤嘴端,烟气的稀释率越大.在接装纸和成型纸的组合中,成型纸透气度对烟气中碱性香味成分影响较小,接装纸则影响显著.

## 2 滤嘴稀释度对卷烟烟叶自身香味成分释放量的影响

烟叶自身具有酸性、碱性及中性香味成分,其含量决定着卷烟的品质. T. A. Pedetti等<sup>[14]</sup>研究了烟草中烟碱在卷烟主流烟气中的转移规律,通过烟碱在烟气中的转移率代表并确定其香味的释放量:随着通风度的增加,可以有效控制主流烟气中粒相成分的释放量.李炎强等<sup>[15]</sup>进行了滤嘴辅材设计对香味释放量的影响研究,结果表明:随着滤嘴稀释度的增加,烟支的香气量、浓度都会出现一定的下降趋势;烟气的细腻程度、干燥感差异不大,而杂气、刺激性以及干净程度的得分甚至呈上升趋势;随着滤嘴通风度的增加,卷烟烟气中的空气比例亦明显增加,使刺激性和杂气显得降低,干净程度提升.滤嘴稀释度过高会降低卷烟的吸味品质,其中表现最明显的就是烟气浓度和香气量下降,因此采用滤嘴通风稀释技术后,要确保卷烟较好的吸味,必须相应调整卷烟的叶组配方及加香加料技术<sup>[14-20]</sup>.

### 2.1 滤嘴稀释度对烟叶自身酸性香味成分释放量的影响

羧酸对提升卷烟吸食品质和香气有积极作用,其中以3-甲基戊酸和异戊酸对卷烟品质的提升作用最为重要.李炎强等<sup>[15]</sup>分析了卷烟主流烟气粒相物中的21种酸性香气成分的转移率,结果表明:滤嘴通风后可引起卷烟燃烧条件的改变,酸性成分散失到侧流烟气的量增加,进入主流烟气的量相应减少,导致通风稀释后卷烟主流烟气不同种类酸性成分减少的程度不同.

### 2.2 滤嘴稀释度对烟叶自身碱性香味成分释放量的影响

烟草中的碱性香味成分化合物对烟草的特征香味有重要作用.翟玉俊等<sup>[13]</sup>通过组合不同透气度的接装纸和成型纸来改变滤嘴稀释度:增加接装纸和成型纸的透气度均会降低烟气中碱性香味成分释放量,且在成型纸和接装纸共同作用的情况下对碱性香味成分释放量有显著影响.滤嘴稀释度的改变同时影响卷烟主流烟气粒相物和主流烟气的相物中的碱性香气成分含量.洪华俏等<sup>[18]</sup>使用气相色谱-质谱联用仪鉴定出的23种碱性香气成分,包括生物碱类2种、酮类1种、醇类1种、吡啶类12种、

吡嗪类3种、嘧啶类1种和喹啉类3种.其中在卷烟气粒相中均有分布为小分子量、低沸点的碱性香味成分,且卷烟气相中低沸点化合物吡啶和吡嗪的含量高于粒相,而气相中2-甲基吡嗪、2-乙基吡啶、2-甲基吡啶、3-甲基吡啶、4-甲基吡啶、2,5-二甲基吡啶、2,6-二甲基吡啶、2,4-二甲基吡啶和3-乙基吡啶等成分含量低于粒相;存在于烟气粒相物中的均为沸点高的碱性香味成分.

### 2.3 滤嘴稀释度对烟叶自身中性香味成分释放量的影响

作为烤烟型卷烟中重要的中性香气成分,糠醇、法呢醇、柠檬烯、糠醛、茄酮、巨豆三烯酮等对卷烟感官香味有较大的贡献.但不同滤嘴通风度对卷烟主流烟气中性香味成分释放量能带来不同程度的影响.蔡君兰<sup>[21]</sup>考察了滤嘴通风度为0,10%,25%,40%,54%和64%这6种情况时,卷烟主流烟气常规成分和气粒相中32种香味成分的释放量.对比其在不同滤嘴通风度的影响,其中30种香味成分的总释放量随着滤嘴通风度的增加而降低;同一类化合物、低沸点化合物的总释放量降低率较低,高沸点化合物的总释放量降低率较高;30种香味成分单位焦油释放量与卷烟滤嘴通风度成负相关.说明滤嘴通风对卷烟主流烟气中香味成分中沸点较高的影响比沸点较低的影响显著.景延秋等<sup>[22]</sup>研究发现,随着通风稀释度的增加,其减少的输送量的百分比相对较多.

以上研究表明,由于卷烟纸激光打孔后改变了滤嘴稀释度,各类化学性质香味成分的含量均出现不同程度的降低.分子量较小的香味成分因其沸点较低,容易从卷烟纸散失,导致侧流烟气的量增加,进入主流烟气的量减少;而高沸点的香味物质的转移率明显高于低沸点的香味物质,即分子量越小、沸点越低的香味物质减少越多,而分子量越大、沸点越高的香味物质减少越少;滤嘴稀释的规律还与其香味物质的极性有关.这为通过改变滤嘴通风度而有选择性地提升某些香味成分在卷烟主流烟气的释放量提供了理论基础.

## 3 滤嘴稀释度对卷烟外加香料转移率的影响

外加香料是提升卷烟品质和香韵丰富性的一种重要手段,国外从1960年代开始研究烟草成分以

及烟草添加剂在卷烟燃吸时的转移行为,研究对象为烟碱、薄荷醇、甘草酸和甘草次酸在卷烟主流烟气中的转移规律<sup>[23-28]</sup>.国内在1980年代末开始对外加香料单体在卷烟燃吸时的转移过程进行研究,主要局限于卷烟的主流烟气.国内的卷烟加香主要依据评吸打分的方式,而缺乏对香料单体在卷烟中的转移行为的研究.目前国内一些烟草化学家们也开始关注醛、酮、醇、酯以及脂肪酸类烟用香料在卷烟中的转移行为<sup>[29-35]</sup>.

### 3.1 滤嘴稀释度对酯类外加香料转移率的影响

滤嘴稀释度对外加香料的研究主要是通过分析卷烟中烟丝的持留率、主流烟气的转移率,以找出滤嘴稀释度对外加香料转移率的影响.周会舜等<sup>[36]</sup>研究了滤嘴长度和通风度对一些酯类香料在卷烟中转移行为的影响,明确了滤嘴稀释度对酯类香料的不同作用.总体来说滤嘴稀释度与酯类香料在烟丝中的持留率相关性不显著,与滤嘴迁移率微弱正相关;稀释度与酯类香料主流烟气转移率呈显著负相关.宋瑜冰等<sup>[37-39]</sup>发现香料单体的分子量和沸点对其在烟丝中的持留率、在抽吸后的主流粒相和滤嘴中的转移率存在显著影响.其中乙酸酯、乙醇羧酸酯和异戊酸酯类香料在烟丝中的持留率、在滤嘴中的转移率以及抽吸后的卷烟主流总粒相物大都随着分子量和沸点的增加而增加,在烟蒂中的转移率则普遍较低.

通过改变成型纸、滤嘴棒、接装纸等不同卷烟辅材参数可对卷烟烟气释放量酯类香味成分产生较大影响.李春一等<sup>[40]</sup>在研究卷烟辅料设计参数对卷烟燃吸过程中酯类香料单体迁移率的影响时,将固定成型纸、滤嘴棒、接装纸、接装纸打孔距离作为卷烟辅材的4个影响因素,以卷烟纸参数的关系与香料单体的迁移率作为研究对象,得出结论:卷烟辅助材料接装纸、成型纸的透气度越大,香料的迁移率越小,其中接装纸透气度是影响香料的迁移率的高度显著因素,成型纸次之,因此可通过接装纸和成型纸的规格的设计改变香料在烟气中的迁移率,以提升卷烟品质和香韵的丰富性.

### 3.2 滤嘴稀释度对醇类外加香料转移率的影响

国外研究包括追踪过苯乙醇和薄荷醇香料单体在滤嘴、烟气中的分布规律,以及不同浓度梯度的薄荷醇在卷烟中的转移规律<sup>[41-45]</sup>,结果表明醇类在卷烟中的迁移率均与其分子结构和沸点有关.在

国内对外加香的醇类主要包括:戊醇到癸醇、十五醇、十六醇、苯甲醇、2-甲基苄醇,同分异构体的醇类包括反-2-己烯-1-醇、顺-3-己烯-1-醇、香叶醇、芳樟醇、橙花醇等。蔡君兰等<sup>[46]</sup>研究了醇类香料在卷烟中的转移规律,结果表明:醇类同系物香料单体,分子量小、沸点低的,其烟丝持留率和主流烟气粒相转移率均相对较低,散失率则相对较高;而分子量大、沸点高的单体,其滤嘴迁移率和滤嘴截留率均相对较低;醇类同分异构香料单体的转移行为不完全相似,例:顺-3-己烯-1-醇和反-2-己烯-1-醇的散失率、滤嘴的迁移率、主流烟气粒相中的转移率和滤嘴截留率情况基本一致,而烟丝持留率差异稍大;同分异构体的芳樟醇、橙花醇和香叶醇,三者仅有主流烟气粒相转移率较接近;此外还发现香叶醇和橙花醇的烟丝持留率和散失率相近。这说明,即使均为同分异构体,其转移过程也存在显著差异。添加15种醇类香料单体的加香卷烟抽吸后,主流烟气粒相转移率为0~19.78%,其中戊醇因其较小分子量和较低沸点,在卷烟主流烟气粒相中未检测到,而转移进入主流烟气流相以及侧流烟气流中;醇类香料单体的分子量对滤嘴截留率的影响较大,为1.64%~53.42%。

### 3.3 滤嘴稀释度对醛酮类外加香料转移率的影响

刘强等<sup>[47]</sup>研究发现:具有相同官能团的2-酮类同系物,随着其碳链的增加、分子量的增大和沸点的增高,卷烟的烟丝持留率和主流烟气粒相转移率均增加,散失率均减小;滤嘴截留率和滤嘴迁移率则是出现先增大后减小的趋势。低沸点香料因其具有较强的透发性,导致卷烟的主流烟气转移率显著低于高沸点香料;通风稀释作用下的低焦油卷烟,其外加香料在主流烟气粒相中的转移率显著低于普通卷烟中的转移率;外加香料的转移率降低幅度随香料沸点增大而减小,沸点越低的香料在主流烟气粒相中转移率降低的幅度就越显著,随着香料沸点的提高,其主流烟气粒相中转移率的降低幅度有所缓解。对比研究滤嘴稀释度对卷烟燃吸过程中醛酮类香料单体迁移率的影响,分析醛酮类香味化学成分在卷烟中的转移过程的差异后发现:醛类香料单体在加香卷烟中的主流烟气粒相中的分布与酮类相似;相同官能团的醛类,单体的分子量和沸点越大,香味的散失率越小,烟丝持留率和卷烟主流烟气粒相转移率越高;而滤嘴迁移率和滤嘴截留

率均是先上升后下降。在醛类加香过程中,可以与酮一致,对卷烟品质进行改进。

### 3.4 滤嘴稀释度对脂肪酸外加香料转移率的影响

烟草外加酸性成分不仅可以显著调节卷烟烟气的酸碱度,降低卷烟烟气的刺激性,而且可使卷烟制品吸味醇和。其中一些挥发性、半挥发性的酸性成分与卷烟产品的质量有着更加密切的关联,例:3-甲基戊酸对香料烟独特香味的发挥有着极其重要的作用。因此研究脂肪酸类单体香料在卷烟中的分布情况及其向滤嘴和卷烟主流烟气粒相物中的转移情况,对于维持卷烟品质有重要作用。蔡君兰等<sup>[48]</sup>选取通风滤嘴的卷烟注射了 $C_5-C_{14}$ 的10种脂肪酸类香料单体。在抽吸前,滤嘴迁移率为0.17%~1.50%,其卷烟中的脂肪酸类香料单体很少向滤嘴中迁移;烟丝持留率不高,稳定在30.34%~56.67%。10种脂肪酸向主流烟气粒相物中的转移率很低,因为沸点较低的原因,保持在0~17.26%的范围内,滤嘴截留率相对较低,为2.85%~13.87%。可以发现戊酸至十四酸等脂肪酸的同系物香料单体在主流烟气中的转移率均随着其分子量的增大而增大,但其滤嘴迁移率、散失率、烟丝持留率以及滤嘴截留率的变化表现为较差的规律性;戊酸和异戊酸、3-甲基戊酸和己酸,其烟丝持留率均是2个组中的异构酸比正构的低,而散失率、滤嘴迁移率、主流烟气转移率和滤嘴截留率均为异构酸比正构的高。脂肪酸在烟气中的转移规律与中性香味成分相比,其规律性没有那么明显。

以上研究结果表明,接装纸、成型纸透气度越大,各类香味成分的迁移率越小;接装纸透气度对香料的迁移率的高度显著,而成型纸次之。因此通过不同接装纸和成型纸组合的滤嘴在降焦减害的同时可改善香味成分在卷烟烟气的释放量,进而达到提升卷烟感官品质的目的。

## 4 结语

目前可通过提高滤嘴稀释度降低卷烟焦油量,但很难满足消费者对吸食品质和香韵的要求,因此在降低焦油的同时提升卷烟整体质量是未来卷烟发展的重点,这就对有针对性地提升香料物质在烟气中释放量提出了更高的技术要求。因此,在开发通风滤嘴时,将其各种滤嘴辅材设计与外加香料和卷烟自身香味成分的转移规律结合起来,加强对不

同稀释度影响下卷烟烟气中一些重要香味成分转移规律的研究,获取相关的支撑数据,才能为卷烟叶组配方以及加香加料提供一定的依据.通过对产品香精设计中单体香料的调配应用,使其与感官评吸结果趋势一致,开发出致香成分含量较原配方产品有一定提高的卷烟产品,这对于实现增加产品香气丰富性、改善产品质量特征、突出产品风格特点均具有十分重要的意义.

### 参考文献:

- [1] 于川芳,罗登山,王芳,等.卷烟“三纸一棒”对烟气特征及感官质量的影响(一)[J].中国烟草学报,2000(2):1.
- [2] 胡群.卷烟辅料研究[M].昆明:云南科技出版社,2001:161-172.
- [3] 连芬燕,黄朝章,郑捷琼,等.卷烟纸特性和滤嘴通风对卷烟烟气特征的影响[J].安徽农业科学,2012,40(1):122.
- [4] 王理珉,张强.滤嘴通风对卷烟烟气量的影响研究[J].安徽农业科学,2010,38(10):5108.
- [5] 赵辉,杨柳,张峻松.滤嘴通风对卷烟主流烟气释放量的影响[J].云南化工,2012,39(2):5.
- [6] Dube M F, Green C R. Methods of collection of smoke for analytical purposes[J]. Rec Adv Tob Sci, 1982, 8:422.
- [7] Parrish M E, Harward C N, Vilcins G. Simultaneous monitoring of filter ventilation and a gaseous component in whole cigarette smoke using tunable diode laser infrared spectroscopy[J]. Beitr Tabakforsch Int, 1986(13):1692.
- [8] Dong J Z, Glass J N, Moldoveanu S C. A simple GC 2MS technique for the analysis of vapor phase mainstream cigarette smoke[J]. J Microcolumn Sep, 2000, 12(3):1422.
- [9] Zeldes S G, Horton A D. Trapping and determination of labile compounds in the gas phase of cigarette smoke[J]. Anal Chem, 1978, 50:7792.
- [10] Baker R R. The effect of ventilation on cigarette combustion mechanism[J]. Rec Adv Tob Sci, 1984(10):882.
- [11] Dwyer R, Ihrig A M, Ireland M S, et al. The effect of tip dilution on the filtration efficiency of upstream and downstream segments of cigarette filter[J]. Beitr Tabakforsch Int, 1984(12):1782.
- [12] 陈慧斌,胡素霞,叶明樵,等.接装纸打孔对卷烟质量的影响研究[C]//中国烟草学会工业专业委员会烟草工艺学术研讨会论文集,青岛:[s. n.], 2010:227-233.
- [13] 翟玉俊,田虎,朱先约.接装纸和成型纸透气度对主流烟气中碱性香味成分的影响[J].烟草科技,2012(2):56.
- [14] Pedetti T A, Gordon B M, Coleman W M. Determination of the transfer efficiency of d-nicotine to mainstream smoke[J]. Beitr Tabakforsch Int, 2001(19):237.
- [15] 李炎强,宗永立.通风、加长滤嘴对卷烟主流烟气颗粒物中挥发性、半挥发性酸性成分释放量的影响[J].中国烟草学报,2011(3):7.
- [16] Robert W, Jenkins, Jr Richard, et al. Smoke distribution and mainstream pyrolytic composition of added 14C-Menthol[J]. Beitr Tabakforsch Int, 1970(12):299.
- [17] Houseman T H. Studies of cigarette smoke transfer using radio isotopically labeled tobacco constituents[J]. Beitr Tabakforsch Int, 1973(7):142.
- [18] 洪华俏,郭紫明.卷烟主流烟气的中性和碱性香气成分分析[J].湖南农业科学,2008(3):140.
- [19] 周正红,高孔荣,张水华,等.烟草中化学成分对卷烟色香味品质的影响及其研究进展[J].烟草科技,1997(2):22.
- [20] 刘丽.烤烟常规化学成分与物理特性和中性挥发性香味成分的关系分析[D].郑州:河南农业大学,2008.
- [21] 蔡君兰.滤嘴通风度对卷烟主流烟气中一些香味成分释放量的影响[J].烟草科技,2011(9):55.
- [22] 景延秋,洗可法.不同滤嘴稀释度对卷烟主流烟气中重要香味成分输送量的影响[J].中国烟草学报,1999(2):7.
- [23] Clark T J, Bunch J E. Qualitative and quantitative analysis of flavor additives on tobacco products using SPME-GC-Mass spectroscopy[J]. J Agric Food Chem, 1997, 45(3):844.
- [24] Merckel C, Pragst F, Ratzinger A, et al. Application of headspace solid phase microextraction to qualitative and quantitative analysis of tobacco additives in cigarettes[J]. Journal of Chromatography A, 2006, 1106:10.
- [25] Bass R T, Brown L E, Hassam S B, et al. Cigarette smoke transfer studies: Transfer of added (18. 14C) Octatriacontane[J]. Tob Chem Res Conf, 1987, 41:29.
- [26] Bozinki I M, Dolberg U, Lipp G. Research into the distribution of menthol in the tobacco, filter and smoke of menthol cigarettes[J]. Beitr Tabakforsch Int, 1972(6):124.
- [27] Darrall K G, Figgins J A, Brown R D. Determination of benzene and associated volatile compounds in mainstream cigarette smoke[J]. Analyst, 1998, 123:10952.
- [28] Bytd G D, Fowler K W, Hicks R D, et al. Isotope dilution gas chromatography-mass spectrometry in the determination of benzene, toluene, styrene and acrylonitrile in main-

- stream cigarette smoke[J]. *J Chromatogr A*, 1990, 503: 3592.
- [29] 许宗保. 通风技术对卷烟内在质量的影响[J]. *中国烟草学报*, 2004, 6(2): 90.
- [30] 杨蕾. 红河卷烟产品香精配方设计中单体香料的应用[J]. *中国烟草学报*, 2011(2): 32.
- [31] 许建营. 烟草工艺与调香技术[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2007.
- [32] 黄致喜, 徐晓瑾. 烟用香料研究进展简介[J]. *香料香精化妆品*, 2003(2): 25.
- [33] 文福姬. 植物性天然香料的研究进展[J]. *现代化工*, 2005(4): 25.
- [34] 缪恩铭, 耿永勤, 杨叶昆, 等. 几种烟用香精香料热裂解产物挥发性成分的分析比较[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(14): 8205.
- [35] 魏立新. 酯类与酮类烟用香料的化学合成及加香应用探究[J]. *中国化工贸易*, 2013(1): 104.
- [36] 周会舜, 宗永立, 张杰, 等. 滤嘴长度和通风度对一些酯类香料在卷烟中转移率的影响[J]. *烟草科技*, 2010(8): 41.
- [37] 宋瑜冰, 宗永立, 李炎强, 等. 一些酯类香料在卷烟加香后散失率研究[J]. *中国烟草学报*, 2007(6): 126.
- [38] 宋瑜冰, 宗永立, 谢剑平, 等. 一些酯类香料在卷烟中的转移研究[J]. *烟草科技*, 2005(6): 222.
- [39] 宋瑜冰, 宗永立, 谢剑平, 等. 一些酯类香料单体在卷烟中转移率的测定[J]. *中国烟草学报*, 2005(3): 172.
- [40] 李春一, 向能军, 王涛, 等. 卷烟辅料设计参数对一些醛、酯类香料单体迁移率的影响研究[J]. *化工技术与开发*, 2010, 39(6): 11.
- [41] Lynn D. Radio tracer study of phenyl ethanol behavior in cigarettes[J]. *Tob Chem Res Conf*, 1987, 41: 32.
- [42] Bozinki I M, Dolberg U, Lipp G. Research into the distribution of mentol in the tobacco filter and smoke of menthol cigarettes[J]. *Betr Tabakforsch Int*, 1972(3): 124.
- [43] Hee J, Jang A. Study on menthol migration patterns in different mentholated cigarettes[J]. *Journal of the Korea Society of Tobacco Science*, 2001, 23(1): 77.
- [44] Wilson S. Theoretical aspects of menthol migration and transfer[J]. *Tob Chem Res Conf*, 1993, 51(1): 47.
- [45] Deutsch L J. Menthol behavior in the filter cigarette: The dependence of menthol migration and delivery on the site of application[C]//CORFSTA, 西安: [s. n.], 1990.
- [46] 蔡君兰, 张晓兵, 赵晓东, 等. 一些醇类香料单体在卷烟中的转移研究[J]. *中国烟草学报*, 2009(2): 6.
- [47] 刘强, 候春, 李海涛, 等. 低焦油卷烟加香后一些醛酮类香料转移行为[J]. *烟草科技*, 2008(3): 31.
- [48] 蔡君兰, 张晓兵, 赵晓东, 等. 一些脂肪酸类香料单体在卷烟中的转移[J]. *烟草科技*, 2008(10): 30.