

微波烟支密度分布检测仪测量特性分析
Measurement characteristics analysis of microwave
cigarette density distribution detector

刘民昌 刘 洋 温若愚 曾 建 赵维一

LIU Min-chang LIU Yang WEN Ruo-yu ZENG Jian ZHAO Wei-yi

(四川中烟工业有限责任公司技术研发中心, 四川 成都 610066)

(China Tobacco Sichuan Industrial Corporation Technical Research Center, Chengdu, Sichuan 610066, China)

摘要:为了分析微波烟支密度分布检测仪的测量特性,研究接装纸类型、宽度、位置以及滤棒填充长度对检测结果的影响,提出一种能够有效降低测量误差的样品制作方法,建立密度测量值与填充长度关系模型,并指出减小微波谐振腔的厚度理论上能够提高检测精度,为烟支密度分布检测设备的进一步优化提供了参考依据。

关键词:微波谐振腔;密度分布;金属环;部分填充

Abstract: In order to analyze the measurement characteristics of microwave cigarette density distribution detector, the effects of types, width and position of tipping paper, and filling length of filter rod were studied. In this paper, the sample making method that can effectively reduce the measurement error is proposed, and the relationship model between measurement value and filling length of filter rod is also established. Our results showed that the detection accuracy can be theoretically improved by reducing the thickness of the microwave cavity, and this provides a new clue for further optimizing the detector of microwave cigarette density distribution.

Keywords: microwave cavity; density distribution; metal ring; partially filled

烟支密度是衡量烟支卷制质量的一项重要指标^[1],其分布状况对紧头位置、端部落丝量、掉火头等有影响^[2-4]。早期人们通过称量烟支中烟丝的质量计算得到烟支密度,该方法效率低且不能反映烟支内密度分布情况。目前检测烟支密度分布的主流方法是利用微波技术^[5-8],其原理是不同密度烟支段的介电常数存在一定差异,从而引起微波谐振腔的谐振频率和幅度发生变化,利用这种变化和烟支密度存在对应关系,实现烟支密度分布的测量,检测速度快且不损害烟支。

但在实际工作中发现,烟支密度的测量结果在点燃端存在异常偏低的情况,而在滤嘴端尤其当接装纸有金属环时,存在异常偏高的情况。目前相关的研究主要集中在烟支密度分布的测量方法^[9-10],以及烟支密度对卷烟质量的影响上^[11-12],未见对微波法烟支密度分布测量特性的相关报道,本研究拟通过对三种类型的烟支样品进行检测,分析微波法烟支密度检测技术的测量特性,以期对烟支密度分布测量设备或检测方法的优化提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及设备

1.1.1 材料及样品

娇子(精品)烫金接装纸,空白接装纸,娇子(蓝)烟丝、卷烟纸及滤棒;成都卷烟厂;

样品 A:在相同卷烟机参数下卷制 A1、A2 两种规格卷烟,A1 使用空白接装纸,A2 使用烫金接装纸,其他辅材相同;

样品 B:将 A2 卷烟利用压缩空气吹出烟丝,在空筒中植入不同长度、数量的滤棒,制作成 B1、B2、B3、B4 四种样品,见图 1;

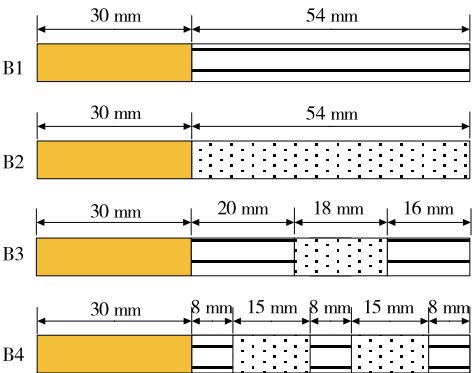


图 1 卷烟空筒植入滤棒示意图

Figure 1 Schematic diagram of filter rods implanted in empty cigarette tube

作者简介:刘民昌(1985—),男,四川中烟工业有限责任公司工程师,硕士。E-mail:lmc129@126.com

收稿日期:2016-04-16

样品 C:在长度为 84 mm 的滤棒上以距点燃端 40 mm 为中心粘贴一圈接装纸制作成 C1 和 C2 两种样品,样品 C1 用烫金接装纸,样品 C2 用空白接装纸,长度均为 26.5 mm,宽度分别为 0.5,1.0,1.5,2.0,3.5,5.0 mm。

1.1.2 主要仪器设备

烟支水分与密度分布测量仪(简称密度测量仪):MW4420 型,德国 TEWS Elektronik 公司;

分析天平:MS204S 型,瑞士 Mettler Toledo 公司;

数显鼓风干燥箱:GZX-9240 MBE 型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂。

1.2 方法

1.2.1 样品检测 对三种样品在温度(22±1)℃、相对湿度(60±2)%环境下平衡 48 h 以上^[13]。样品 A 需对 A1、A2 两种规格卷烟分别校准,样品 B 利用样品 B2 进行校准,样品 C 利用纯滤棒进行校准,以样品 A1 为例,在密度测量仪中按卷烟规格进行参数设定,校准时选取 20 支无空头卷烟进行密度检测,测试完成后剥开支,称量烟丝质量,计算并重新设定密度系数。对样品进行密度分布检测。

1.2.2 分段误差 取 A1、A2 两种规格卷烟各 100 支并编号。方法 1:利用密度测量仪进行检测,并计算各段烟支的平均密度;方法 2:将利用方法 1 测量过后的卷烟按照编号顺序依次分切为四段,以点燃端为起始点,A 段 0~15 mm,B 段 15~35 mm,C 段 35~50 mm,D 段 50~54 mm,切剥并称量烟丝质量,计算各段的平均密度^[14]:

$$\rho = \frac{M}{\pi r^2 l},$$

(1)

式中:
 ρ ——烟支密度,mg/cm³;
 M ——各段烟丝质量,mg;
 r ——烟支圆周,cm;
 l ——各段烟支长度,cm。

2 结果与分析

2.1 烟支分段密度误差

对 A1、A2 两种规格卷烟分别利用两种方法进行检测,密度检测结果见表 1。由表 1 可知,两种检测方法整段烟支的检测结果较为接近,说明密度测量仪能够反映烟支整体平均密度大小;A 段烟支利用方法 1 检测得到的密度值偏小,说明密度测量仪在卷烟起始位置检测误差较大;D 段有金属环烟支利用方法 1 检测得到的密度偏大,D 段无金属环烟支两种方法检测结果较为接近,说明接装纸有金属环时,密度测量仪在卷烟金属环位置检测误差较大。

2.2 含滤棒空筒的密度分布

为了利于对测量结果进行分析,排除烟丝密度变化造成的干扰,制作了如图 1 所示的四种含滤棒空筒样品 B,对样品 B 进行密度分布检测,结果见图 2。由图 1 可知:① 烟支内部密度突然变化时测量值以密度突变位置为中心缓慢连续变化;② 金属环位置密度测量值明显高出其他位置。验证了卷烟密度突变位置及金属环位置测量误差较大的现象。

表 1 样品 A1、A2 密度检测结果

Table 1 Density detection results of sample A1 and A2					
样品	分段	方法 1/ (mg·cm ⁻³)	方法 2/ (mg·cm ⁻³)	平均误差/ (mg·cm ⁻³)	平均相对 误差/%
A1	A 段	244.20	256.15	-11.95	-4.67
	B 段	233.18	228.64	4.55	1.99
	C 段	265.57	267.44	-1.86	-0.70
	D 段	273.33	270.91	2.42	0.89
	整段烟支	248.67	250.19	-1.52	-0.61
A2	A 段	242.22	259.01	-16.80	-6.48
	B 段	232.35	232.96	-0.61	-0.26
	C 段	255.43	254.98	0.45	0.18
	D 段	299.92	264.71	35.21	13.30
整段烟支		247.48	248.66	-1.19	-0.48

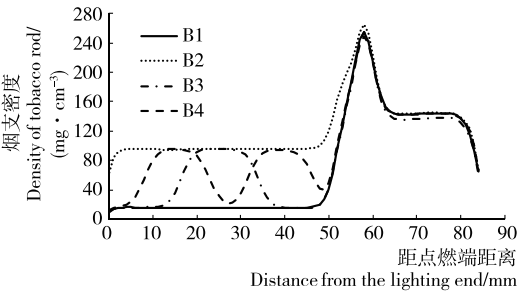


图 2 样品 B 密度分布曲线

Figure 2 Density distribution curve of sample B

2.3 介质部分填充对测量结果的影响

为了进一步分析密度突然变化对测量结果的影响,以滤棒植入方式 B3 为例,分析 5~25 mm 段滤棒部分填充时的密度测量值变化情况,滤棒部分填充示意图见图 3,样品 B3 密度分布曲线见图 2。由图 2、3 可知,随着滤棒段逐渐进入微波谐振腔,测量值起初缓慢增加,中期增加变快,最后平缓并保持恒定,其过程类似于生长曲线的发生、发展、成熟三个阶段。空筒密度为样品 B1 在 10~40 mm 段的平均值 16.00 mg/cm³,滤棒密度为样品 B2 在 10~40 mm 段的平均值 95.00 mg/cm³,微波谐振腔厚度实测为 11 mm,对生长曲线基本模型 Sigmoid 函数 $y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ 变形,得到滤棒部分填充时的密度测量值与填充长度关系模型:

$$y = A_1 + \frac{A_2 - A_1}{1 + e^{-a(x-x_0)}},$$

(2)

式中:
 y ——密度测量值 mg/cm³;
 A_1 ——空筒密度,mg/cm³;
 A_2 ——滤棒密度,mg/cm³;
 x ——滤棒进入谐振腔的长度,mm;
 x_0 ——谐振腔厚度的一半,mm;
 a —— x_0 处斜率参数,值越大,曲线越陡。

由于样品 B3 在距点燃端 16 mm 处的密度测量值是由 5.5 mm 的空筒和 5.5 mm 的滤棒共同作用的结果,此时 x 的

值应为 5.5 mm,将横坐标进行变换,对距点燃端 16 mm 位置为中心得前后各 10 mm 的测量值进行拟合,结果见图 4。由图 4 可知,参数 A_1 、 A_2 、 x_0 的拟合值与实际情况较为接近,模型的可决系数 R^2 接近 1,平均相对误差 δ 小于 1%,说明该模型适用于预测介质未完全填充时密度测量值的变化情况。单独改变 x_0 的值,利用该模型预测微波谐振腔不同厚度时的测量值,结果见图 5。由图 5 可知,在其他参数不变的情况下,微波谐振腔的厚度越小,测量值对密度变化越敏感,说明减小微波谐振腔厚度在理论上能够提高密度测量仪的检测精度。

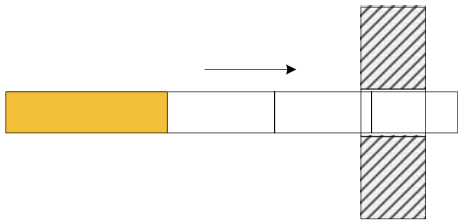
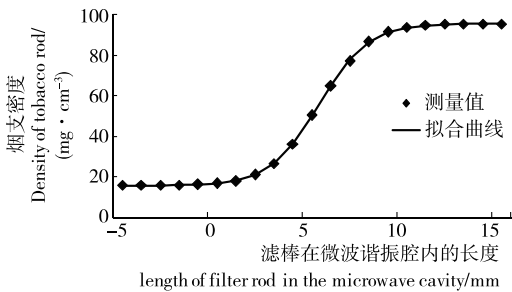


图 3 微波谐振腔与烟支相对位置示意图
Figure 3 Schematic diagram of relative position of microwave cavity and cigarette



$A_1=15.7\text{ mg/cm}^3$, $A_2=95.85\text{ mg/cm}^3$, $x_0=5.89\text{ mm}$, $a=0.77$, $R^2=0.999\ 9$, $\delta=0.72\%$

图 4 滤棒部分填充时测量值与拟合曲线
Figure 4 Measurement value and fitting curve as the filter rod partially filled

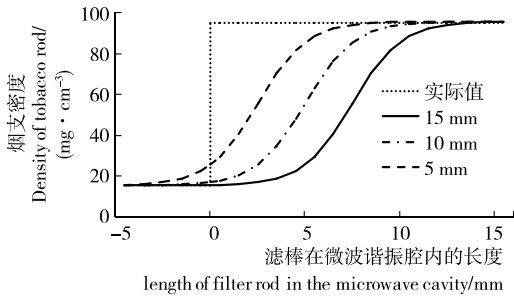


图 5 不同微波谐振腔厚度的理论测量值曲线
Figure 5 Theoretical measurement curve of microwave cavity with different Thickness

2.4 接装纸对测量结果的影响

为了进一步分析接装纸对密度检测的影响,分别对黏贴有烫金接装纸的样品 C1 和空白接装纸的样品 C2 进行密度分布检测,结果见图 6、7。由图 6、7 可知,① 接装纸会导致密度检测结果偏高;② 烫金接装纸比空白接装纸对密度检测结果影响大;③ 接装纸宽度越大,对密度检测结果影响越大。

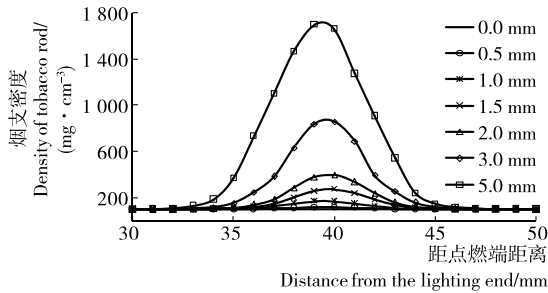


图 6 样品 C1 密度分布曲线
Figure 6 Density distribution curve of sample C1

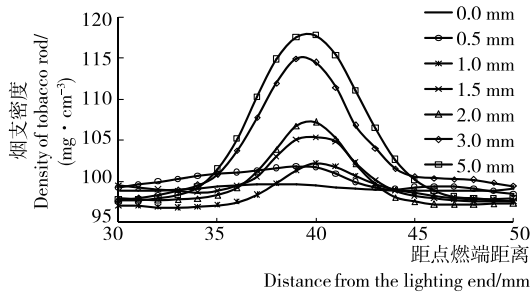
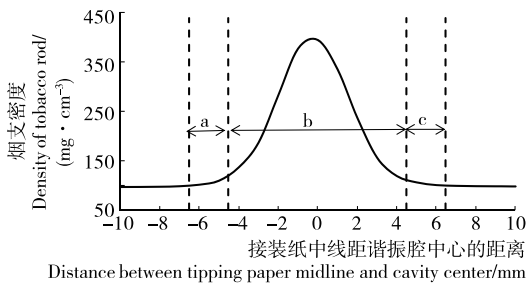


图 7 样品 C2 密度分布曲线
Figure 7 Density distribution curve of sample C2

2.5 介质位置对测量结果的影响

为了直观分析介质在微波谐振腔内部不同位置时对密度检测的影响,以黏贴有 2 mm 烫金接装纸的滤棒为例,接装纸中线在滤棒距点燃端 40 mm 处,微波谐振腔厚度为 11 mm,由此可将横坐标转化为接装纸中线到谐振腔中心的距离,见图 8。由图 8 可知,当介质处于微波谐振腔中心时比在两侧时检测结果大,也可以理解为虽然 x 处的密度测量值由 $x\pm 5.5\text{ mm}$ 段烟支共同作用得到,但 x 处介质比两侧介质对检测结果的贡献大。



a 区间是接装纸还未完全进入谐振腔时的密度变化情况,b 区间是接装纸完全进入谐振腔后到达不同位置的密度变化情况,c 区间是接装纸还未完全退出谐振腔时的密度变化情况

图 8 接装纸处于不同位置时的密度分布曲线
Figure 8 Density distribution curve of tipping paper at different position

3 结论

通过对接装纸类型、宽度、位置以及滤棒填充长度对检测结果的影响的研究,提出了一种能够有效降低测量误差的样品制作方法,建立了密度测量值与填充长度关系模型,并

(下转第 62 页)

[13] LUO Xiao-hu, WANG Ren, WANG Li, et al. Effect of ozone treatment on aflatoxin B₁ and safety evaluation of ozonized corn [J]. Food Control, 2014, 37(3): 171-176.

[14] DIAO En-jie, HOU Han-xue, CHEN Bin, et al. Ozonolysis efficiency and safety evaluation of aflatoxin B₁ in peanuts [J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 55: 519-525.

[15] SKALICKA M, MAKOOVA Z, KORENEKOVA B. The influence of aflatoxin B₁ on activity of alkaline phosphatase and body weight of broiler chicks [J]. Trace Elements and Electrolytes, 2000, 17(3): 142-146.

[16] NAGUIB K M, HASSAN N S, EL-NEKEETY A A, et al. Safety use of ozone gas in the degradation of aflatoxin in tobacco and prevention its toxicity in rats [J]. Toxicology Letters, 2011, 205S: S144.

[17] OZER J, RATNER M, SHAW M, et al. The current state of serum biomarkers of hepatotoxicity [J]. Toxicology, 2008, 245(3): 194-205.

[18] ADEDARA I A, OWUMI S E, UWAIFO A O, et al. Aflatoxin B₁ and ethanol co-exposure induces hepatic oxidative damage in mice [J]. Toxicology and Industrial Health, 2010, 26(10): 717-724.

[19] DEVENDRAN G, BALASUBRAMANIAN U. Biochemical

and histopathological analysis of aflatoxin induced toxicity in liver and kidney of rat [J]. Asian Journal of Plant Science and Research, 2011, 1(4): 61-69.

[20] HARVEY R, KUBENA L, HUFF W, et al. Effects of treatment of growing swine with aflatoxin and T-2 toxin [J]. American Journal of Veterinary Research, 1990, 51(10): 1 688-1 693.

[21] NETKE S P, ROOMI M W, TSAO C, et al. Ascorbic acid protects guinea pigs from acute aflatoxin toxicity [J]. Toxicology and Applied Pharmacology, 1997, 143(2): 429-435.

[22] OBUSEH FA, JOLLY PE, YI Jiang, et al. Aflatoxin B₁ albumin adducts in plasma and aflatoxin M₁ in urine are associated with plasma concentrations of vitamins A and E [J]. International Journal for Vitamin and Nutrition Research, 2010, 80(6): 355-368.

[23] TURNER P C, LOFFREDO C, KAFRAWY S E, et al. Pilot survey of aflatoxin-albumin adducts in sera from Egypt [J]. Food Additives and Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment, 2008, 25(5): 583-587.

[24] SAAD MMM, ABDEL-FATTAH SM. A food additive formula to minimize the negative effects due to ingesting aflatoxins(s) contaminated food [J]. Saudi Society for Food & Nutrition, 2008, 3(1): 31-40.

(上接第 37 页)

为微波烟支密度分布检测仪的进一步优化提供了一定的理论参考, 相关结论如下: ① 微波烟支密度分布检测仪能够很好地反映烟支整体平均密度情况, 但对于烟支内部密度分布尤其是起始位置和接装纸位置检测结果误差较大; ② 建立了密度测量值与填充长度关系模型, 该模型适用于预测介质未完全填充时密度测量值的变化情况, 减小微波腔厚度在理论上能够提高设备的检测精度; ③ 接装纸尤其是含金属接装纸会造成检测结果偏大, 金属环越宽影响越大, 使用空白接装纸能够有效降低测量误差。

参考文献

[1] 赵同林, 李兵役, 田兴友, 等. 烟支密度与烟支重量、吸阻、硬度及标准偏差的关系 [J]. 烟草科技, 2005(4): 13-15.

[2] 李金学, 高尊华, 杨帆, 等. 烟支内烟丝分布对卷烟质量的影响 [J]. 烟草科技, 2004(8): 11-12, 15.

[3] 容秀英. 影响烟支端部落丝量的因素研究 [J]. 机电工程技术, 2014, 43(6): 260-263.

[4] 王耀. 卷烟燃吸中掉火头现象原因分析及解决方案 [J]. 金田, 2013(10): 438-439.

[5] 卢智远, 孙文权, 吴志刚, 等. 烟支湿度与密度检测的微波谐振腔传感器研究 [J]. 传感技术学报, 2007, 20(5): 1 030-1 033.

[6] 邱晖, 彭金辉, 黄铭, 等. 微波谐振腔微扰技术快速检测烟丝含水率 [J]. 烟草科技, 2008(6): 38-40.

[7] 高洁, 田军民, 王杨, 等. 基于 DSP 的微波烟支密度在线检测系统 [J]. 烟草科技, 2010(11): 22-24, 35.

[8] 汪功明. 基于微波检测技术的卷烟机烟支重量控制系统设计 [J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 113-116.

[9] 唐军, 周冰, 唐丽, 等. 一种定量评价烟支密度分布均匀性的方法: 中国, CN104165822A [P]. 2014-11-26.

[10] 邓来红, 廖旭东, 卢彦华, 等. 微波水分仪在烟支密度测量中的应用 [J]. 中国新技术新产品, 2010(1): 16-17.

[11] 申晓锋, 李华杰, 王锐亮, 等. 烟丝结构与卷烟单支重量和烟支密度及其稳定性的灰色关联分析 [J]. 中国烟草学报, 2009, 15(6): 23-26.

[12] 周博, 王欣林, 朱龙, 等. 烟支重量和密度对加香加料表达效果的影响研究 [J]. 西南农业学报, 2016, 29(4): 970-975.

[13] 国家烟草专卖局. GB/T 16447—2004 烟草及烟草制品 调节和测试的大气环境 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[14] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺规范 [M]. 北京: 中央文献出版社, 2003: 69-78.

(上接第 48 页)

[8] 刘红河, 陈卫, 康莉, 等. 气相色谱法同时测定食品中 3 种抗氧化剂 [J]. 现代预防医学, 2006, 33(12): 2 307

[9] 陈志涛, 张睿, 郑香平, 等. 离子色谱法测定葡萄酒中的山梨酸和苯甲酸的含量 [J]. 理化检验: 化学分册, 2015, 51(12): 1 658-1 660.

[10] 向俊, 徐建双, 毛丽秋. 液相微萃取/气相色谱—质谱法分析食品中的防腐剂和抗氧化剂 [J]. 分析科学学报, 2010, 26(2): 187-190.

[11] 宋瑞霞, 谢翔燕. 毛细管气相色谱法测定食品中的甜蜜素 [J]. 食品研究与开发, 2008, 29(1): 128-130.

[12] 杨柳桦, 王林, 孙成均. 高效液相色谱法测定保健食品和饮料中的阿斯巴甜 [J]. 分析试验室, 2007, 26(7): 79-80.

[13] 嵇超, 冯峰, 陈正行, 等. 高效液相色谱—串联质谱法测定葡萄酒中的 5 种人工合成甜味剂 [J]. 色谱, 2010, 28(8): 749-753.

[14] 王美玲, 戴洁芸, 成婧, 等. 分散固相萃取/高效液相色谱—离子阱飞行时间高分辨质谱法对纺织品中全氟化合物的快速筛查和确证 [J]. 分析测试学报, 2016, 35(3): 257-263.