

基于 ImageJ 的卷烟包灰值定量测定方法优化

Optimization of the quantitative determination method of the burning cigarette ash integration based on ImageJ

冯亚婕¹ 王建民¹ 梁森¹ 穆林²

FENG Ya-jie¹ WANG Jian-min¹ LIANG Miao¹ MU Lin²

马胜楠¹ 王怀煦¹ 徐凌鹤¹

MA Sheng-nan¹ WANG Huai-xu¹ XU Ling-he¹

(1. 郑州轻工业学院, 河南 郑州 450000; 2. 贵州中烟工业有限责任公司技术中心, 贵州 贵阳 550009)

(1. Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450000, China;

2. Technology Center, China Tobacco Guizhou Industrial Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550009, China)

摘要:为提高基于 ImageJ 的卷烟包灰值测定方法的准确度和重复性,分别从卷烟燃烧面选择、燃烧灰柱高度及图像选择区域宽度三方面对该方法进行优化研究,形成了如下方案:①当烟支燃烧至距离接装纸 1 cm 处时进行拍照;②采用高度 25 mm、宽度 6.46 mm 的矩形选择框以灰柱底部为起点选择图片区域进行分析;③取 3 支卷烟、3 个燃烧面(正对、背对、侧对搭口面)的平均值为一次测量结果。该方案较好地控制了卷烟纸搭口、灰柱弯曲、外翻灰片等对测量结果的影响,因而测量结果可以更全面地反映卷烟的裂纹情况,重复性也得到了改善。与改进前相比,4 个参试样品重复测量结果的 RSD 由 26.18%~34.52% 下降到了 15.3%~20.6%。
关键词:卷烟;包灰值;ImageJ;燃烧面;燃烧高度;图片区域宽度

Abstract: In order to improve the accuracy and repeatability of the integration quantitative determination method based on ImageJ for the ash from the burning cigarette, an optimized scheme was conducted in this study. The scheme was optimized from three aspects, including the selection of cigarette combustion surface, the selected height as well as the width of the burning cigarette columnar ash. The established optimal scheme was as follows: ① Taking pictures of the burning cigarette when it was burned to 1 cm away from the tipping paper. ② Using a height of 25 mm, 6.46 mm width rectangular box to select the bottom of the gray column as a starting point for analysis of the picture area. ③ The final result of the ash integration was taken from the average of three cigarettes and three burning sur-

faces (the surface, opposite face and the side face of lapped cigarette paper). This program could weaken the influence of the lapped cigarette paper, the curvature of the ash as well as the outer ash on the repeatability of measurement results. In addition, this optimized method could reflect the true ash integration character more comprehensively. The application of this method indicated that the RSD of the four samples reduced from 26.18% ~ 34.52% to 15.3% ~ 20.6%, suggesting a significant improvement in accuracy and repeatability.

Keywords: cigarette; ash integration value; ImageJ; combustion surface; combustion height; picture area width

包灰性能是衡量卷烟品质、体现卷烟档次的重要指标。卷烟的包灰性能好,烟支燃烧后烟灰柱紧致美观,包灰性能差,则烟支在抽吸过程中掉灰严重,不仅污染环境还影响消费者的体验^[1-3]。引起卷烟包灰性能差的因素有多种,其中最主要的是卷烟纸和烟丝燃烧速度的匹配性,如卷烟纸的燃烧速度大于烟丝的燃烧速度,导致烟丝来不及变成烟灰,包裹在烟丝外围的卷烟纸就无法向内凝结而散落^[4-5]。

随着卷烟技术的不断发展以及消费者对高品质卷烟的追求,探索影响包灰性能因素和改善卷烟包灰性能受到研究者的广泛关注。例如,邹中亮等^[6]考察了卷烟纸定量、透气度对包灰效果的影响,表明卷烟纸定量达到一定值后出现卷烟纸与烟丝燃烧不匹配现象,卷烟纸定量不宜超过 40 g/m²,此外,在卷烟纸透气度 < 90 CU 时,提高透气度有利于包灰性能和燃烧速度的提高。

建立卷烟包灰性能的评价方法^[7-8]是指导提升卷烟品质、改善包灰性能的基础。程占刚等^[9]建立了从包灰松紧度、裂纹、灰分颜色多方面对卷烟包灰进行肉眼观察和语言

作者简介:冯亚婕,女,郑州轻工业学院在读硕士研究生。
通信作者:王建民(1963—),男,郑州轻工业学院教授,本科。
E-mail: wjm63@163.com
收稿日期:2017-12-06

描述评价的方法,该方法涵盖指标全面,但存在主观描述不准确的问题;建立定量评价卷烟包灰性能的方法可减少人为影响因素,王道宽等^[10]采用数码相机拍照,利用 ImageJ 图像处理软件分析包灰灰柱裂纹比例,建立了基于包灰值的卷烟包灰性能定量分析方法,但方法中仅对卷烟灰柱搭口背面进行裂纹分析,不能全面反映整个灰柱的包灰状况,且相对标准偏差较大,方法稳健性有待提高。

本研究拟从卷烟燃烧面选择、燃烧灰柱高度确定及图像分析时适宜的灰柱宽度选取三方面对基于 ImageJ 软件^[11]的卷烟包灰值测定方法进行优化,以建立全面准确地定量评价卷烟包灰性能的方法,并提高其重复性和可靠性。

1 材料与方法

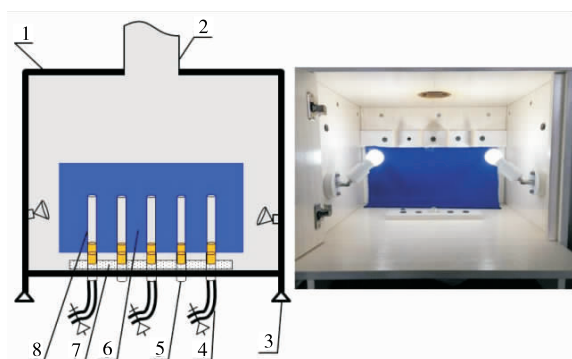
1.1 材料、仪器及设备

试验样品:市售的 4 种不同档次的卷烟,以下称为 1#、2#、3#、4#;

卷烟包灰性能测试箱:自行设计并搭建的,结构示意图及实物图见图 1;

恒温恒湿箱:KBF240 型,德国 Binder 公司;

数码相机:佳能 EOS70D 型,佳能(中国)有限公司。



1. 箱体 2. 排烟装置 3. 箱体支座 4. 柔性导管 5. 烟支固定玻璃导管(长) 6. 拍照背景布 7. 包灰测试架 8. 卷烟

图 1 卷烟包灰性能测试箱结构示意图及实物图

Figure 1 Structural diagram and physical map of burning cigarette ash integration test box

1.2 试验方法

1.2.1 试验方案设计

(1) 单支卷烟单个燃烧面试验方案:参照文献^[10]中测定卷烟包灰值的方法,选取 15 支进行包灰值测定,取其平均值作为测定结果。制作卷烟灰柱时,将烟支燃烧长度设定为距离接装纸 1 cm 处,并选取卷烟纸搭口背对相机的方向进行拍照;进行图片处理时,使用 25 mm×15 mm 的矩形框从距离烟支燃烧端 5 mm 处由上而下截取图片区域。

(2) 3 支卷烟 3 个燃烧面试验方案:为考察不同燃烧面对测量结果的影响,取 45 支卷烟随机分成 15 组、每组 3 支;同组内的 3 支卷烟分别测定不同燃烧面(卷烟纸搭口面、卷烟纸搭口背面、卷烟纸搭口侧面,以下分别称为 A、B、C 面)的包灰值,取 3 个燃烧面的平均值为该组的测定结果,取 15 组的平均值作为最终测定结果。其他条件不变,卷烟 3 个不

同燃烧面示意图见图 2。

(3) 不同灰柱高度及图像选取区域宽度试验方案:为考察灰柱高度及图像选区区域宽度对测量结果的影响,在 3 支卷烟 3 个燃烧面试验方案基础上,制作灰柱时将卷烟燃烧高度分别设定为距离接装纸 1.0、1.5、2.0 cm 处;进行图像处理时,矩形选取框高度不变、宽度由 15.00 mm 缩小至 6.46 mm (图 3),且从灰柱底部标记线处由下而上选取图片区域。

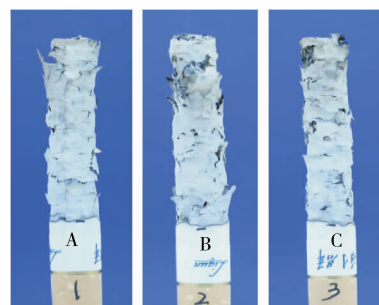


图 2 燃烧面选择

Figure 2 The selection of combustion surface

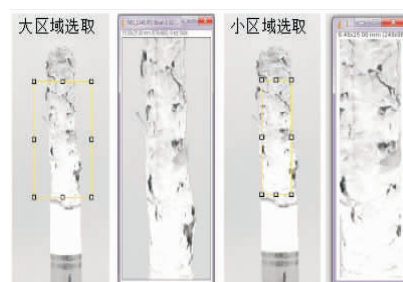


图 3 不同区域选择

Figure 3 Different area selection

1.2.2 测定步骤及方法

(1) 样品准备:试验开始前,试验样品在温度为 $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度 $(60 \pm 2)\%$ 的恒温恒湿箱中平衡 48 h^[12];按照试验方案要求的灰柱高度在距离接装纸 1.0、1.5、2.0 cm 处划线作标记。

(2) 灰柱图片采集:点燃烟支并垂直放置于测试箱内的烟支架上,依照试验方案要求使相应燃烧面正对相机,待到烟支燃烧至标记线处时立即用数码相机拍照。试验过程中相机位置始终保持不变,相机参数设定为:感光度 400,对焦 500,光圈 5.6,照明条件为白炽灯,曝光模式选择 AV(光圈优先自动曝光),单点伺服对焦。

(3) 图片处理:将采集的灰柱图片导入电脑,启动 ImageJ 软件。使用 Open(打开)功能打开需处理的图片,使用 Split Channels(分开色频)功能对灰柱图片分离三原色,并选择分离之后的 Blue(蓝色)基色。使用 Straight Line(直线选取)工具设置比例,根据试验方案要求截取灰柱图片并复制。使用 Adjust Threshold(调节阈值)功能使区域内灰柱中的裂纹尽可能显色并应用,见图 4(a)。运行 Plugins(插件)功能打开已安装的 Macros(宏),并计算灰柱的黑白比例,其中 Percent White(白色所占比例)即为包灰值^[13],见图 4(b)。

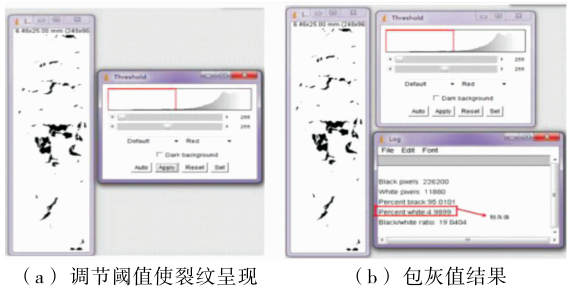


图 4 包灰值计算结果图

Figure 4 Calculation of ash integration value

1.3 数据分析

采用 Excel 对所测数据进行平均值计算,并通过计算相对标准偏差说明试验重复性,进而采用 Spss 数据分析软件进行试验结果比对。

2 结果与分析

2.1 单支卷烟单个燃烧面试验

按照单支卷烟单个燃烧面试验方案测量 4 种不同卷烟的包灰值,结果见表 1。1#~4# 卷烟的包灰值分别为 2.086,1.924,2.607,1.760;方差分析结果为极显著($P=0.004$),表明采用单支卷烟单个燃烧面的包灰值能够区分不同卷烟的包灰性能。各牌号卷烟包灰值测量结果的 RSD 为 26.18%~34.52%,说明测量结果的重复性较差。

2.2 3 支卷烟 3 个燃烧面试验

针对单支卷烟单个燃烧面的包灰值测定结果重复性差

表 1 各牌号卷烟包灰值测定结果

Table 1 The results of different brand cigarette ash integration value

牌号	均值	RSD/%
1#	2.086	27.79
2#	1.924	34.52
3#	2.607	30.84
4#	1.760	26.18

的问题,文献[10]提出了首先将 5 支卷烟的测量结果取平均值、然后利用 10 组的平均值计算 RSD 的解决方案。然而这种数据处理方法缺乏依据,烟支分组方式不同结果也会出现较大的出入,并且燃烧面均为搭口背面,不能从不同角度全面地反映卷烟整体包灰状况。为此,本研究提出了 3 支卷烟 3 个燃烧面为一组的优化方案。

4 种牌号卷烟的 3 支卷烟 3 个燃烧面试验结果见表 2。由表 2 可知,对同一牌号、不同燃烧面的包灰值测量结果进行对比发现,A 面的包灰值普遍低于 B、C 面,表明不同卷烟燃烧面包灰状况不一,尤其是搭口面朝向会影响包灰值测量结果,因此,综合 3 个燃烧面的测量结果可以更全面地反映卷烟的包灰性能;1#~4# 卷烟的包灰值分别为 2.783,1.694,2.931,3.036,方差分析结果为极显著($P=0.000$),表明采用 3 支卷烟 3 个燃烧面测量结果的均值能够有效区分不同卷烟的包灰性能;测量结果的 RSD 为 17.09%~23.70%,与单支卷烟单个燃烧面相比重复性明显改善。

表 2 各品牌不同燃烧面包灰值测定结果

Table 2 The results of cigarette ash integration value of each combustion surface

品牌	A 面		B 面		C 面		3 支 3 面	
	均值	RSD/%	均值	RSD/%	均值	RSD/%	均值	RSD/%
1#	2.266	38.20	3.031	26.35	3.053	33.52	2.783	17.09
2#	1.538	33.07	1.826	40.47	1.717	30.24	1.694	23.70
3#	2.528	40.88	3.459	25.97	2.805	34.98	2.931	21.05
4#	2.667	28.28	2.594	18.05	3.847	43.06	3.036	18.99

2.3 不同灰柱高度及图片选择区域宽度试验

实际测量过程中发现,由于存在不同程度的外翻灰片和灰柱弯曲现象,图像区域选择的位置和宽度对包灰值测量结果及其重复性有较大影响。

2.3.1 外翻灰片对测量结果的影响 不同卷烟产生外翻灰片的数量和程度不同,选择图像区域时如果将外翻灰片也包含进去,会导致以下不利影响:① 所选区域中包含外翻灰片之外的空白(无效)区域,且空白区域面积的大小与外翻灰片的数量和程度有关;② 外翻灰片与灰柱间的阴影会影响裂纹的识别。为此,将图像选取区域宽度由之前的 15.00 mm 缩小至 6.46 mm(略小于灰柱主体直径),以消除外翻灰片的影响。

2.3.2 灰柱弯曲对测量结果的影响 当灰柱达到一定高度时会发生不同程度的弯曲、且顶端弯曲更明显,使用缩小宽度后的矩形框选择图片区域时容易导致弯曲部分出框,并在

选择区域内形成空白区域。另外,由于烟支“紧头”、初始燃烧状态不同等可能导致顶端包灰性能与其他部位存在差异。基于上述原因,将选择图片区域的方式改为从灰柱底部标记线处由下而上选取,同时选取不同的燃烧高度,以考察灰柱弯曲对灰柱高度的影响,结果见表 3。

灰柱高度对同牌号卷烟平均包灰值的影响不大,但对 RSD 的影响较大,表现为随灰柱高度的增大,RSD 呈降低的趋势。考虑到进一步增加灰柱高度时不仅会延长测量时间,灰柱出现断裂的频率也升高,因此,将拍照时机定在烟支燃烧至距离接装纸 1.0 cm 处;与表 2 所示测量结果相比,缩小图片选择区域宽度后包灰值测量结果明显升高,以标记线 1 cm 时的测量结果为例,1#~4# 样品的升幅分别为 22.6%,128.6%,32.0%,82.5%;4 个样品包灰值排列顺序也由原来的 4#>3#>1#>2# 变成了 4#>2#>3#>1#。可见,缩小图片选择区域宽度、排除外翻灰片后包灰值

表3 不同灰柱高度小区域选取时包灰值测定结果

Table 3 Determination of ash value with different height of ash column and selection of small area

灰柱高度/ cm	1#		2#		3#		4#	
	均值	RSD/%	均值	RSD/%	均值	RSD/%	均值	RSD/%
1.0	3.413	15.3	3.872	17.7	3.869	20.6	5.542	16.7
1.5	3.624	18.4	3.653	19.1	4.520	22.4	4.733	24.4
2.0	3.152	20.9	3.939	28.4	3.995	20.7	5.032	23.2

测量结果发生了明显变化,这应当是与减少了图片选择区域内的空白区域的面积有关。

3 结论

(1) 采用灰柱拍照、ImageJ 图片分析技术定量测量卷烟包灰值时,由于卷烟纸搭口的原因,拍照方向对测量结果的影响较大;且以单支卷烟、单个燃烧面为单位测量结果的重复性也较差。为此,提出了3支卷烟、3个燃烧面为一组的改进方案,即以3支卷烟为1组,分别从正对搭口、背对搭口、侧对搭口3个方向对燃烧后的灰柱进行拍照、分析,并取3支卷烟测量结果的平均值作为一次测量结果。“3支3面”测量方案能够更全面地反映卷烟的整体包灰性能,并能明显改善测量结果的重复性。

(2) 拍照时的灰柱高度和分析时的图片选择区域宽度对包灰值测量结果及其重复性也有较大影响。在图片选择区域高度一定时,适当增加灰柱高度并以灰柱底部为起点选择图片区域,有利于避开顶部弯曲现象对测量结果的影响,提高重复性;将图片选择区域宽度限定在灰柱直径范围以内,则可以避免外翻灰片对测量结果的影响,进一步提高精准度。

(3) 与改进前相比,4个参试样品重复测量结果的RSD由26.18%~34.52%下降到15.3%~20.6%,改进效果较明显。

参考文献

[1] 李桂珍,王平军. 卷烟纸添加剂对卷烟包灰性能影响的研究[J].

造纸化学品, 2011, 23(4): 18-21.
[2] 孙川, 桂永发, 许永, 等. 卷烟纸燃烧调节剂对卷烟燃烧性能的影响[J]. 广东化工, 2008(3): 71-74.
[3] 于龙国. 卷烟纸相关因素对卷烟包灰性能影响分析[J]. 中华纸业, 2015, 36(6): 37-40.
[4] 宋微, 李磊. 卷烟纸主要性能的影响因素和控制方法[J]. 造纸化学品, 2011, 23(4): 25-26.
[5] 李庚, 丁海燕, 孙军, 等. 改善卷烟纸包灰效果的研究[J]. 中国造纸, 2012, 31(8): 32-34.
[6] 邹中亮, 侯鑫. 卷烟纸定量、透气度对卷烟包灰及燃烧速度的影响[J]. 黑龙江造纸, 2013, 41(2): 35-37.
[7] 熊安言, 李善莲, 丁美宙, 等. 卷烟生产过程质量稳定性评价方法的设计及应用[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 183-188.
[8] 丁美宙, 刘欢, 刘强, 等. 梗丝形态对细支卷烟加工及综合质量的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(9): 197-202.
[9] 程占刚, 叶明樵, 胡素霞, 等. 影响卷烟包灰能力的因素研究[J]. 烟草科技, 2011(2): 10-12.
[10] 王道宽, 连芬燕, 刘雯, 等. 卷烟包灰性能的影响因素[J]. 烟草科技, 2013(4): 12-15.
[11] 孙水发, 董方敏. ImageJ 图像处理与实践[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013: 124-203.
[12] 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: 中国国家标准化管理委员会, 2004: 1-2.
[13] 李桂珍, 骆永昌, 连芬燕, 等. 卷烟包灰性能的测定方法: 中国, 201010119032.5[P]. 2011-09-21.

(上接第215页)

[4] 唐鑫, 夏延斌, 吴灿. 植物乳杆菌发酵盐渍辣椒汁培养基及其条件的优化[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 66-71.
[5] 刘伦伦, 刘焱, 瞿朝霞, 等. 植物乳杆菌发酵盐渍辣椒汁培养基的优化[J]. 中国酿造, 2014, 33(2): 32-36.
[6] 赵玲艳, 邓放明, 杨抚林. 乳酸菌的生理功能及其在发酵果蔬中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2004(5): 77-80.
[7] 沈国华, 卢英, 何丁喜, 等. 纯菌接种发酵技术在腌渍蔬菜加工上的应用研究(一): 优良乳酸发酵菌种特性的研究及菌种筛选[J]. 中国调味品, 2002, 22(3): 22-25.
[8] 邵伟, 张亚雄, 熊泽, 等. 多菌种混合发酵生产酢辣椒工艺初探[J]. 中国酿造, 2000, 19(1): 18-20.
[9] 谢丽源. 多菌种固态低盐发酵生产豆瓣辣酱[J]. 食品工业, 2002(5): 24-25.

[10] 沈畅莹, 王修俊, 朱隆绘, 等. 直投式发酵辣椒复合菌剂的制备[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 201-206.
[11] 徐浩. 发酵脆鲜风味剁辣椒发酵剂的制备及应用[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013: 11-33.
[12] 张菊华, 单扬. 多菌种乳酸菌泡辣椒的工艺研究[J]. 辣椒杂志, 2004(4): 44-46.
[13] 沙漠, 逢焕明, 古丽娜孜, 等. 自然发酵辣椒酱中乳酸菌的分离与鉴定[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 35-37.
[14] 罗凤莲, 夏延斌, 欧阳建勋, 等. 剁辣椒发酵过程中滋味物质的变化[J]. 食品科学, 2013, 34(3): 21-24.
[15] 胡博涵, 吴晖, 赖富饶, 等. 农家风味剁辣椒发酵工艺的优化[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2014, 40(1): 108-112.
[16] 钟敏, 宁正祥. 辣椒自然乳酸发酵中的变化及影响发酵质量的几个因素[J]. 食品与机械, 2001(6): 13-14.