



引用格式: 李晓, 陈瑞倩, 何超, 等. 不同方法测定膨胀烟梗回潮前后体积的对比分析[J]. 轻工学报, 2019, 34(2): 10 - 15.

中图分类号: TS452 文献标识码: A

DOI: 10. 3969/j. issn. 2096 - 1553. 2019. 02. 002

文章编号: 2096 - 1553(2019)02 - 0010 - 06

# 不同方法测定膨胀烟梗回潮前后体积的对比分析

## Comparative analysis of different methods for measuring the volume of expanded tobacco stem before and after rejuvenation

李晓<sup>1</sup>, 陈瑞倩<sup>1</sup>, 何超<sup>1</sup>, 王宇<sup>1</sup>, 赵子龙<sup>1</sup>, 赵凯歌<sup>1</sup>, 晋照普<sup>2</sup>

LI Xiao<sup>1</sup>, CHEN Ruiqian<sup>1</sup>, HE Chao<sup>1</sup>, WANG Yu<sup>1</sup>, ZHAO Zilong<sup>1</sup>, ZHAO Kaige<sup>1</sup>, JIN Zhaopu<sup>2</sup>

1. 郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 上海烟草集团有限责任公司北京卷烟厂, 北京 121121

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

2. Shanghai Tobacco Group Co., Ltd. Beijing Cigarette Factory, Beijing 121121, China

**摘要:**为定量分析膨胀烟梗回潮前后体积的变化, 利用自然堆积法、填充法、液体浸渍法 3 种常用方法, 分别对膨胀烟梗回潮前后体积进行测定、比较和修正, 同时将体积修正结果应用于膨胀烟梗回潮后体积的计算并进行验证分析. 结果表明: 相对于自然堆积法和填充法, 液体浸渍法测定膨胀烟梗回潮前后体积的结果更为真实可靠, 数据波动小, 稳定性好. 以液体浸渍法测定结果为标准, 建立液体浸渍法( $y$ )与自然堆积法( $x_1$ )、填充法( $x_2$ )之间的线性关系, 修正结果表达式为  $y = 0.352x_1 - 41.744$ ,  $y = 0.772x_2 - 19.874$ , 相关系数  $R^2$  分别为 0.922 和 0.959. 修正后的自然堆积法和填充法测得膨胀烟梗回潮后体积结果接近于液体浸渍法, 较修正前的结果更准确. 这表明 3 种方法均可用于测定膨胀烟梗体积, 但自然堆积法和填充法的测量结果需通过液体浸渍法进行修正后方能获得较为准确的结果.

### 关键词:

膨胀烟梗; 自然堆积法; 填充法; 液体浸渍法

### Key words:

expanded tobacco stems; natural stacking method; filling method; liquid immersion method

收稿日期: 2018 - 06 - 20

基金项目: 烟草行业烟草加工形态研究重点实验室资助项目(ZW2014034)

作者简介: 李晓(1967—), 女, 河南省南阳市人, 郑州轻工业大学教授, 硕士, 主要研究方向为烟草科学教学与研究.

通信作者: 晋照普(1986—), 男, 河南省南阳市人, 上海烟草集团有限责任公司北京卷烟厂工程师, 主要研究方向为卷烟加工.

**Abstract:** In order to quantitatively analyze the volume change of expanded tobacco stem after rejuvenation, the natural accumulation method, filling method and liquid impregnation method were used to measure, analyze and modify the volume of expanded tobacco stem after rejuvenation. At the same time, the correction results of volume were applied to calculate the shrinkage rate of expanded tobacco stem after rejuvenation. The results showed that the liquid impregnation method was more reliable in measuring the volume of expanded tobacco stem after rejuvenation with less fluctuation of data and good stability when compared with natural accumulation and filling method. Based on the results of liquid impregnation method, the linear relationship between liquid impregnation method ( $y$ ) and natural accumulation method ( $x_1$ ) and filling method ( $x_2$ ) was established. The modified expressions were that:  $y = 0.352x_1 - 41.744$ ,  $y = 0.772x_2 - 19.874$ , and the correlation coefficients  $R^2$  were 0.922 and 0.959, respectively. The volume of expanded tobacco stem after rejuvenation by modified natural accumulation method and filling method was close to that by liquid impregnation method, which is more accurate than that before amendment. The results showed that all three methods could be used to measure the volume of expanded tobacco stem, which need to be modified by liquid impregnation method to obtain more accurate results.

## 0 引言

烟梗作为卷烟材料之一,具有改善烟支结构、降低成本和降焦等作用<sup>[1-5]</sup>,但也影响卷烟的感官品质,如杂气重、刺激性强等<sup>[6-7]</sup>。近年来,微波膨胀烟梗技术的兴起和发展,为充分开发和利用烟梗资源开辟了新的研究领域和应用方向<sup>[8]</sup>。杨伟祖等<sup>[9]</sup>发现,微波烘烤对梗丝的内在主要致香物质有一定影响,在一定程度上能够提高梗丝的抽吸质量。于建军等<sup>[10]</sup>发现,微波烘烤处理烟梗能降低焦油及 CO 释放,提高卷烟的安全性。何炬等<sup>[11]</sup>研究发现,采用微波膨胀烟梗方法制成的梗丝对改善卷烟吸味品质、增加烟香、提高填充能力和成丝率,以及协调叶组配方等有明显效果。但是,李军等<sup>[12]</sup>指出,经微波技术处理后,烟梗在回潮过程中容易发生体积变化,在某种程度上会对膨胀烟梗在线加工过程中关键物理特性产生不利影响。因此,研究采用不同方法测定膨胀烟梗体积的可行性与准确性,对衡量膨胀烟梗回潮前后体积的变化具有重要意义。

目前,衡量膨胀烟梗体积变化的表征方法较多,有自然堆积法、填充法、液体浸渍法、直径测量法和表观密度法等。其中,自然堆积法<sup>[13]</sup>

即随机取一定重量的烟梗置于一定容量的量筒中,反复摇动直至体积不再变化,测定其自然堆积体积,该方法对设备要求低,操作简单易行,数据处理快捷,但误差相对较大;填充法<sup>[14]</sup>采用将细石英砂在量筒中浸没的方法测定不规则固体烟梗的体积,填补了烟梗之间的间隙,误差相对较小;液体浸渍法<sup>[12]</sup>可利用在较短时间内浸入三乙酸甘油酯中的烟梗材料对其的吸附量可以忽略不计这一方便特性,采用三乙酸甘油酯测量烟梗体积。针对膨胀烟梗体积的测定方法,烟草行业仍没有统一的标准,对不同测量方法的准确性也缺乏可靠的实验验证。鉴于此,本研究拟同步采用自然堆积法、填充法和液体浸渍法 3 种常用方法对膨胀烟梗回潮前后的体积进行测量,通过比较测量结果,分析上述 3 种常用方法测定膨胀烟梗体积的准确性与可行性,以为膨胀烟梗回潮后的收缩率分析研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

2016 年河南膨胀烟梗,由河南中烟公司某卷烟厂提供。

HH-4 数显恒温水浴锅,金坛市科析仪器

有限公司产;KBF型恒温恒湿箱,德国Binder公司产;DHG-9145A型电热鼓风干燥箱,上海一恒科技有限公司产;PL203型电子天平,Mettler Toledo仪器(上海)有限公司产。

## 1.2 方法

**1.2.1 样品制备** 模拟生产线上膨胀烟梗回潮处理过程(洗梗水温 $(70 \pm 1)^\circ\text{C}$ ,洗梗时间90 s)对同一批次的膨胀烟梗进行洗梗处理,将洗梗后的样品置于恒温恒湿箱(温度 $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$ ,相对湿度 $(60 \pm 2)\%$ 自然冷却4 h制得回潮烟梗。用四分法随机称取膨胀烟梗和回潮烟梗各10份,每份约50 g,分别采用自然堆积法、填充法和液体浸渍法测定其体积,每份样品重复测量3次,取平均值。

**1.2.2 测定方法** 含水率测定:采用《烟草及烟草制品 试样的制备和水分测定 烘箱法》(YC/T 31—1996)<sup>[15]</sup>测定样品含水率。

膨胀烟梗回潮前后体积测定:自然堆积法<sup>[16]</sup>将膨胀烟梗置于1000 mL量筒中反复摇动至其在量筒中刻度不再变化时记录体积;填充法<sup>[17]</sup>采用细石英砂将膨胀烟梗堆积时形成的空隙体积填满,测量此时混合体积,再将烟梗滤除,测量固体小颗粒体积,两者体积之差即为所测膨胀烟梗体积;液体浸渍法<sup>[18]</sup>采用三乙酸甘油酯测量膨胀烟梗体积,三乙酸甘油酯密度已知,由质量折算体积,同时对浸入规定液面下的一定质量烟梗进行体积测量。

膨胀烟梗收缩率测定:分别采用自然堆积法、填充法和液体浸渍法测定膨胀烟梗回潮前后的体积,根据公式计算收缩率。

自然堆积法、填充法收缩率计算公式:

$$S = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100\%$$

其中, $S$ 为膨胀烟梗收缩率/ $\%$ , $V_1$ 为膨胀烟梗体积/ $\text{cm}^3$ , $V_2$ 为回潮烟梗体积/ $\text{cm}^3$ 。

液体浸渍法收缩率计算公式:

$$S = \frac{\frac{V_1}{M_a(100 - W_1)/100} - \frac{V_2}{M_b(100 - W_2)/100}}{\frac{V_1}{M_a(100 - W_1)/100}} \times 100\%$$

其中, $\frac{V_1}{M_a(100 - W_1)/100}$ 为回潮前膨胀烟梗单位重量干物质所占体积/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ , $M_a$ 为回潮前膨胀烟梗质量/g, $W_1$ 为其含水率/ $\%$ ;  
 $\frac{V_2}{M_b(100 - W_2)/100}$ 为回潮后膨胀烟梗单位重量干物质所占体积/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ , $M_b$ 为回潮后膨胀烟梗质量/g, $W_2$ 为其含水率/ $\%$ 。

**1.2.3 数据处理** 用Excel 2010对原始数据进行整理,用SPSS 21.0进行方差分析及多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同方法测定膨胀烟梗回潮前后体积的结果分析

自然堆积法、填充法和液体浸渍法测得的膨胀烟梗回潮前后的体积结果如图1所示。从图1可以看出,填充法与液体浸渍法的测量结果比较接近,填充法的测量结果偏高,自然堆积法的测量结果则远大于其他两种方法,说明用自然堆积法测量膨胀烟梗体积,存在普遍偏高的现象。导致3种方法测定结果不一致的原因可能是:用自然堆积法测量体积时,膨胀烟梗之间存在较大间隙,造成测量结果普遍偏高,人为测量误差相对较大;填充法采用沙子填补膨胀烟梗之间的空隙,由于沙子颗粒之间存在间隙,当摇晃力度不同时仍旧存在测量误差;液体浸渍法利用排液法的原理测定膨胀烟梗体积,其结果最为真实可靠。

进一步对用不同方法测得的膨胀烟梗回潮前后体积进行对比,结果如表1所示。由表1可知,液体浸渍法标准偏差最小,填充法次之,自然堆积法最大,表明液体浸渍法测定的膨胀烟

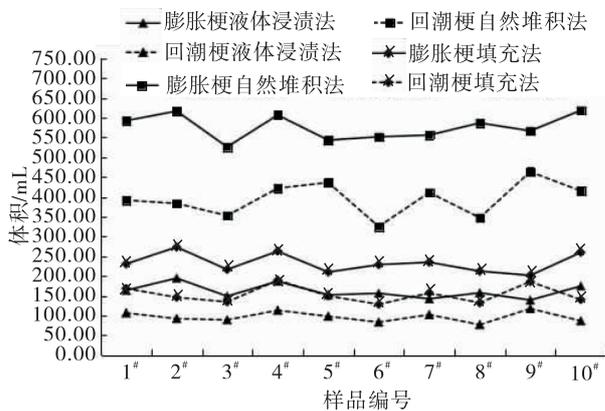


图1 不同方法测定膨胀烟梗和回潮烟梗的体积  
Fig. 1 The volumes of expanded and re-stemmed tobacco stems determined by different methods

表1 不同方法测定膨胀和回潮烟梗体积的结果对比

Table 1 Comparison of the volumes of expanded and re-stemmed tobacco stems determined by different methods mL

测定方法	膨胀烟梗体积		回潮烟梗体积	
	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差
自然堆积法	576.43	32.34	394.73	43.28
填充法	232.99	24.59	153.30	21.69
液体浸渍法	161.72	18.36	96.74	13.31

梗体积数据波动小,稳定性好,因此本研究以液体浸渍法的测量结果作为标准. 相对于液体浸渍法,用自然堆积法和填充法求得的体积平均值均偏高,其中自然堆积法偏高 282.24%,填充法偏高 51.27%.

## 2.2 不同方法测定膨胀烟梗回潮前后体积的修正结果

鉴于液体浸渍法的测量结果比较稳定、可靠,因此以液体浸渍法为标准对自然堆积法和填充法的测量结果进行修正. 首先,分别以液体浸渍法测量结果为纵坐标,自然堆积法和填充法的测量结果为横坐标作图,结果如图 2 和图 3 所示. 由图 2 可以看出,液体浸渍法与自然堆积法测量结果存在很好的相关关系,其数学表达式为

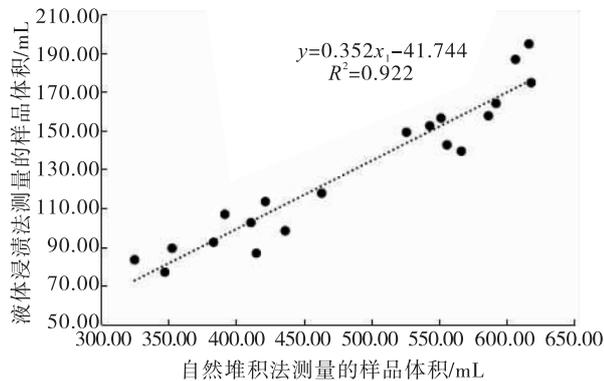


图2 液体浸渍法与自然堆积法测定结果的相关关系

Fig. 2 The relationship between the results of liquid immersion method and the natural stacking method

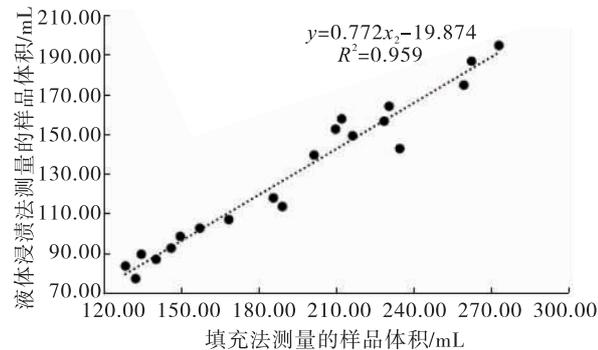


图3 液体浸渍法与填充法测定结果的相关关系  
Fig. 3 The relationship between the results of liquid immersion method and the filling method

$$y = 0.352x_1 - 41.744 \quad (1)$$

式中,  $x_1$  为自然堆积法测得的膨胀烟梗体积/mL,  $y$  为液体浸渍法测得的膨胀烟梗体积/mL, 二者的相关系数  $R^2$  达到 0.922. 因此,在膨胀烟梗的体积研究中,可以利用式①对用自然堆积法测得的膨胀烟梗体积进行修正.

由图 3 可以看出,分别用液体浸渍法和填充法测量,其结果也存在很好的相关关系,其数学表达式为

$$y = 0.772x_2 - 19.874 \quad (2)$$

式中,  $x_2$  为填充法测得的膨胀烟梗体积/mL,  $y$  为液体浸渍法测得的膨胀烟梗体积/mL, 二者的相关系数  $R^2$  达到 0.959. 因此,在膨胀烟梗

的体积研究中,可以利用式②对填充法测得的膨胀烟梗体积进行修正.

### 2.3 不同方法测定膨胀烟梗回潮后收缩率的验证分析

为了对上述膨胀烟梗体积修正公式进行验证,分别采用3种方法测定10组膨胀烟梗回潮前后的体积,并根据公式计算收缩率.将不同方法修正前与修正后求得的收缩率进行初步数据整理,结果见表2.由表2可知,修正前,3种方法求得的收缩率平均值大小顺序为:自然堆积法 < 填充法 < 液体浸渍法,标准偏差和变异系数均为:液体浸渍法 < 填充法 < 自然堆积法.这表明:液体浸渍法测得的膨胀烟梗收缩率数据波动小,测定结果稳定性好;填充法次之;自然堆积法数据波动大,测定结果稳定性差.修正后,自然堆积法和填充法求得的收缩率平均值均有所增加,接近液体浸渍法的测定结果.

进一步利用SPSS 21.0统计软件对3种方法修正前后求得的膨胀烟梗收缩率进行单因素方差分析及多重比较,结果见表3和表4.由表

表2 不同方法修正前后测得膨胀烟梗收缩率的结果对比

Table 2 Comparison of the results for the shrinkage of expanded tobacco stem by different methods before and after the amendment %

测定方法	收缩率平均值		标准偏差		变异系数	
	修正前	修正后	修正前	修正后	修正前	修正后
自然堆积法	14.36	18.46	2.50	3.20	17.40	17.32
填充法	16.78	18.29	2.78	2.93	16.57	16.04
液体浸渍法	19.21	—	1.84	—	9.59	—

表3 不同方法修正前后膨胀烟梗收缩率的方差分析对比

Table 3 Variance analysis comparison of the results for the shrinkage of expanded tobacco stem by different methods before and after the amendment

变异来源	平方和		自由度		均方		F值		P值	
	修正前	修正后	修正前	修正后	修正前	修正后	修正前	修正后	修正前	修正后
组间	117.549	4.825	2	2	58.775	2.413	9.138	0.293	0.001	0.748
组内	173.662	222.275	27	27	6.432	8.232	—	—	—	—
总数	291.212	227.101	29	29	—	—	—	—	—	—

3可知,修正前不同方法求得的收缩率之间存在极显著差异( $P = 0.001 < 0.05$ ),修正后不同方法求得的收缩率之间不存在差异( $P = 0.748 > 0.05$ ).由表4可知,修正前自然堆积法、填充法和液体浸渍法两两之间均存在极显著差异( $P$ 值均小于0.05),而修正后3种方法两两之间均不存在差异( $P$ 值均大于0.05).说明修正后不同方法求得的膨胀烟梗收缩率结果无差异,即3种方法均可用于测定膨胀烟梗收缩率,并通过体积修正公式获得较为准确的收缩率结果.

### 3 结论

本研究同步采用自然堆积法、填充法和液体浸渍法3种常用方法对膨胀烟梗回潮前后体积进行了测定,通过建立3种常用方法之间的相关关系,对自然堆积法和填充法的体积测量结果进行修正,将体积修正结果应用于膨胀烟梗回潮后收缩率的计算并进行验证分析,得出如下结论.

1)采用液体浸渍法测定膨胀烟梗体积,结果真实可靠,数据波动小,稳定性好;填充法次之;自然堆积法相对较差,因此可将液体浸渍法的测量结果作为标准对其他方法进行修正.

2)以液体浸渍法为标准,分别对自然堆积法和填充法的测定结果进行修正,建立液体浸渍法( $y$ )与自然堆积法( $x_1$ )、填充法( $x_2$ )之间的线性关系,修正结果表达式为  $y = 0.352x_1 - 41.744$ ,  $y = 0.772x_2 - 19.874$ ,相关系数  $R^2$  分别为0.922和0.959.

表4 不同方法修正前后膨胀烟梗收缩率的多重对比分析

Table 4 Multiple comparative analysis of the results for the shrinkage of expanded tobacco stem by different methods before and after the amendment

方法		P 值	
		修正前	修正后
自然堆积法	填充法	0.042	0.897
	液体浸渍法	0.000	0.562
填充法	自然堆积法	0.042	0.897
	液体浸渍法	0.041	0.479
液体浸渍法	自然堆积法	0.000	0.562
	填充法	0.041	0.479

3)修正后,分别用自然堆积法和填充法求得的膨胀烟梗收缩率结果接近于用液体浸渍法求得的结果,较修正前的结果更准确;修正后3种方法求得的膨胀烟梗收缩率之间无明显差异,即3种方法均可用于测定膨胀烟梗体积,并通过修正公式获得较为准确的收缩率结果。

综上,在实际应用中,自然堆积法、填充法和液体浸渍法均可用来定量分析膨胀烟梗回潮前后体积的变化,但自然堆积法和填充法的测量结果须通过液体浸渍法进行修正后方能获得较为准确的结果。

参考文献:

[1] 杨威,张强,董高峰,等.微波膨胀对烟梗品质及显微结构的影响[J].江西农业学报,2014(3):69.

[2] 刘华,谭奇忠,何蓉,等.梗预处理工艺的优化[C]//2010年中国烟草学会工业专业委员会工艺学组学术研讨会论文集.青岛:中国烟草学会,2010:152-155.

[3] 熊安言,孙觅,王镇增,等.浸梗工艺探讨[J].烟草科技,2006(3):9.

[4] 朱俊召,张楚安,陈慧斌,等.浸梗和微波润梗技术在制丝工艺中的研究应用[J].烟草科技,2010(5):5.

[5] 张军,赵汉文.切梗厚度对STS模式膨胀梗丝

整丝转化率和使用效果的影响[J].科技创新导报,2011(3):39.

[6] 王慧,曾晓鹰,杨涛,等.微波膨胀烟梗制备颗粒应用于卷烟的效果评价[J].烟草科技,2008(10):5.

[7] 李晓,周利军,李全胜,等.烟梗形变工艺对微波膨胀梗制得梗丝综合质量的影响[J].南方农业学报,2016,47(5):715.

[8] 赵云川,邹泉,廖晓祥,等.微波膨胀梗丝加工工艺的选择及优化[J].烟草科技,2016(12):60.

[9] 杨传祖,李雪梅,邱晔,等.微波烘烤对烤烟梗丝填充力及内在化学成分的影响[J].中国烟草学报,1997,3(2):1.

[10] 于建军,李世勇,李国栋,等.微波烘烤对烟丝填充力及吸食品质的影响[J].河南农业大学学报,2001,35(1):50.

[11] 何炬,刘维涓,师建全,等.微波膨胀烟梗质量研究[J].烟草科技,2006(2):9.

[12] 李军,资文华,宋莲英,等.陈化时间对微波膨胀烟梗加工过程物理特性的影响[J].烟草科技,2010(11):15.

[13] 席年生,申玉军,储国海,等.不同施压条件下梗丝填充值与其膨胀效果的相关性[J].烟草科技,2003(9):3.

[14] 陈晶铃,陈明功,汪晓艳,等.烟梗微波膨化基本规律的研究[J].安徽理工大学学报(自然科学版),2008,28(3):61.

[15] 国家烟草专卖局.烟草及烟草制品 试样的制备和水分测定 烘箱法:YC/T31—1996[S].北京:中国标准出版社,1996-10-07.

[16] 杨涛,李敏,李姗姗,等.微波膨胀过程中烟梗及其制备的颗粒的物理化学变化[J].烟草科技,2008(2):33.

[17] 路兰卿,程潮,任宏杰,等.膨后烟梗的膨胀率测定方法研究[J].机电产品开发与创新,2017,30(4):34.

[18] 李军,陈婉,资文华,等.高压脉冲电场处理对微波膨胀烟梗萎缩的影响[J].中国烟草学报,2011,17(1):45.