

# 基于接装纸接触角度测量与通风率稳定性关系分析

●张瑞婷, 杨忠泮, 慕红霞

(甘肃烟草工业有限责任公司技术研发中心, 甘肃兰州 730000)

**摘要:**以动态润湿与水分接触角为基础,通过经典的 Cassie-Baxter 润湿模型表征润湿过程和电镜表征接装纸形貌,对不同接触角的接装纸所得数据进行分析,并通过接触角、接装纸有胶区孔数不同与卷烟通风率关系的对比分析,建立接装纸接触角与成品卷烟通风率的关系。结果表明:接装纸接触角越大电镜表征看到涂布液含量越多并且原纸纤维结构观察越不明显,当接装纸角度在  $62.6^\circ$  时,成品卷烟通风率低于设计值;同时有胶区孔数小于符合通风率设计值的孔数。

**关键词:**接装纸;接触角度;通风率

中图分类号: TS761.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-6309(2022)06-0012-04

## 0 前言

烟用接装纸是把过滤嘴香烟中的滤嘴与烟支连接起来,是生产卷烟产品的重要材料之一<sup>[1]</sup>。烟用接装纸依据需求有着不同的装饰性图文,具有设计的功能<sup>[2]</sup>。并且在接装纸上预打孔以及在线打孔制作通风滤嘴卷烟,达到通风降焦的功能<sup>[3,4]</sup>。近几年新型材料或新工艺等的应用使用使得接装纸的美观性有了很大的提高,也伴随着接装纸的物理性能有所区别,会产生烟支漏气、翘边等质量相关的技术问题<sup>[5]</sup>。接装纸定量、透气度、水分以及接装纸渗透性都会影响滤嘴通风率<sup>[6-8]</sup>,文献研究中对前三者研究较多,对接装纸吸水性这方面报道相对较少<sup>[9]</sup>。接装纸吸水性其中一方面体现着接装纸反面接触角不同,角度的区别代表接装纸吸水速率的不同。在卷接过程中,由于接装纸吸水速率快,会使吸胶量增加,引起接装纸膨胀变化,从而影响烟支通风率的稳定性<sup>[10]</sup>。

本文旨在通过研究接装纸接触角与通风率的关系,来探索影响接装纸质量稳定性的关键因素,

最终应用在生产,以期达到减少因接装纸接触角造成的成品卷烟出现的泡皱、通风率低于设计值等的质量缺陷。

## 1 实验

### 1.1 接触角测试原理和方法

接触角测试的原理,将液滴滴于固体样品表面并且采用内置摄像头捕捉液滴图像而确定静态接触角,液滴成形参数如图 1 所示<sup>[11]</sup>。

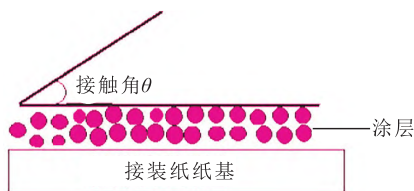


图1 接触角示意图

### 1.2 仪器设备

68-76 PGX<sup>+</sup> 动态润湿与水分接触角测定仪, TPI150-II 型烟草数字投影仪, JEOL 扫描电子显微镜, LP-11 型恒温恒湿箱, SODIM D74 型综合测试台,常德烟机 ZJ118 #72、#73 卷接机组。

**基金项目:**甘肃烟草工业有限责任公司科技项目“兰州”品牌中支卷烟质量稳定性控制技术研究与应用(项目编号: KJXM-2022-07); “兰州”中支卷烟关键工序精准控制技术研究与应用(项目编号: ZYSYM-2022-06)。

**作者简介:**张瑞婷女士, 硕士, 工程师; 主要从事材料研究及开发等方面的研究。

**通讯作者:**马永峰, E-mail: mayongfeng@gslzcf.com。

### 1.3 样品制备

选取无外观纸病的某烟用接装纸产品 30 份,水分分为 4.8%~5.5%、定量为 35.1~35.8 g·m<sup>-2</sup>、透气度为 (400±15) cu,依据 GB/T 2828.1 的抽样方案进行抽样。样品编号及样品正/反面(印刷面为正面,未印刷面为反面),每组样至少 5 条;依据 GB/T 10739-2002《纸、纸板和纸浆试样处理和试验的标准大气条件》处理 4 h。

选用手术刀对烟用接装纸裁选成 2 mm×2 mm 的样品,将样品固定在导电胶台上,进行观察分析。

### 1.4 样品测量

对采用相同接装纸、相同接装纸不同接触角生产的卷烟进行取样,接触角按 YC/T424-2011《烟用纸表面湿润性能的测定接触角法》进行测量,采用去离子水滴加在接装纸反面,角度取 30 个样品平均值;每种搭配下取样数量 100 支,依据 GB/T 22838.15-2009 (ISO 9512:2002, IDT)《卷烟和滤棒物理性能的测定 第 15 部分:卷烟通风的测定定义和测量原理》测定滤嘴通风率。

## 2 结果与分析

### 2.1 接装纸涂层自渗吸性能的理论模型及接触角不同表征润湿行为

接装纸涂层材料是一种含有三维网络的多孔介质,接装纸的油墨等其他流体附着在纸张的网络结构中,接装纸的渗吸性能决定着其卷烟成品质量(泡皱、翘边)。其润湿行为可用 Cassie 方程描述: Cassie 通过对疏水界面的深入研究,提出了全新的 Cassie-Baxter 数学模型来表示符合固体表面的润湿状态,主要把表面粗糙且不均匀的固体的润湿当作复合界面<sup>[12]</sup>。这个模型中构造粗糙结构的尺寸比液滴小许多,当固体的表面疏水性能较强时,由于液滴无法完全进入沟槽的粗糙结构,使得其表面存在空气,所以存在液体与固体表面接触和液体与气体接触,这种论证更符合大量疏水边界的真实情况。假设复合界面仅含两种,那么代表两种均匀介质的本征接触角<sup>[13]</sup>,用  $f_1$  表示液滴下方单位面积内固/液界面的实际接触面积分数,  $f_2$  是气/液界面的实际接触面积分数,两种组分的面积分数的和为 1,即气/液界面的实际接触面积分数  $f_1+f_2=1$ ,此时杨氏方程可

修正为:

$$\cos\theta_c=f_1\cos\theta_1+f_2\cos\theta_2\cdots\cdots(1)$$

式中,  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ——两种均匀介质的本征接触角;

$f_1$ ——液滴下方单位面积内固/液界面的实际接触面积分数;

$f_2$ ——气/液界面的实际接触面积分数。

此方程适用微孔的固体物质与空气接触这样的情况。当空气与固体的接触角  $\theta_2=180^\circ$ ,因此当体系平衡时,接触角适用以下公式:

$$\cos\theta_c=f_1\cos\theta_1-\theta_2\cdots\cdots(2)$$

该方程是液滴稳定时的方程。但在实际情况,  $f_1$  所包含的界面不是光滑的界面,因此引入了代表粗糙程度的参数  $r$ ,所以公式为:

$$\cos\theta_c=r f_1\cos\theta_1+f_2-1\cdots\cdots(3)$$

方程为亚稳态的 Cassie-Baxter 模型。

由于接装纸涂层材料的渗析行为决定了接装纸卷制成品卷烟的质量,通过对相同接装纸不同涂层的对浸润能力用接触角表征,探索接装纸接触角与通风率的关系。图 2 为同公司产品不同涂层产品,接装纸(固)与水(液)的接触角图片。

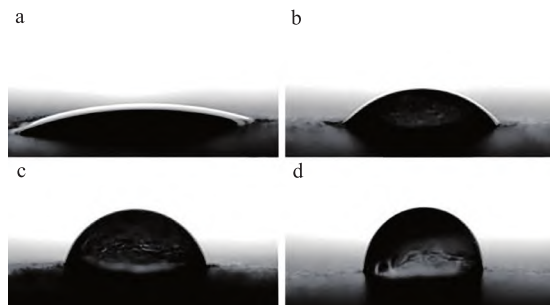


图2 接装纸(固)与超纯水(液)的接触角

图 2 是同规格接装纸的不同接触角,图 2a~图 2d 的接装纸接触角分别为 17.8°、25.3°、43.7° 和 62.6°,接触角的大小表示为接装纸在表面吸渗性能的不同,接触角越大体现为吸渗速率越快。图 3 为接装纸的外貌观察,可能由于接装纸增大了锁住空气的几率,从而减少了与水的接触,最终表征的结果为相对较强的疏水性即较大的接触角。在卷烟质量方面由于疏水性的增加,使得高速卷烟时,接装纸对水基胶的吸收和快干性产生了影响,从而体现在外观质量和通风率这方面有差异。

### 2.2 接触角不同接装纸表面形貌特征

纸张的接触角不同,主要是由于在接装纸的纸

基材料表面涂层厚度不同。材料粗糙程度会影响接装纸的吸渗行为,这种吸渗行为最终体现在纸张材料表面的润湿、铺展,用 SEM 观察不同接触角接装纸的显微微观结构,观察其涂布效果。

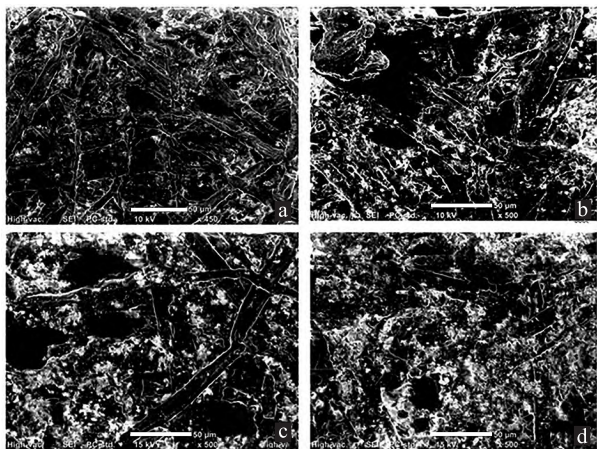


图3 不同接触角接装纸SEM图

图3为接装纸平均接触角分别为17.8°、25.3°、43.7°、62.6°的电镜照片。在接触角为17.8°、25.3°的电镜图上看到纸张中的纤维较多,纤维结构清晰,未被涂布液覆盖且无明显区别;当观察接触角43.7°、62.6°的接装纸发现,纸张中的纤维被覆盖的情况明显增多,图中可视涂布液明显增多,当接触角增大到62.6°的接装纸情况更明显。当涂布液涂布量增多,影响了流体在纸张表面的浸润、铺展,使得接触角增加。通过SEM观察到接装纸均存在空隙,一是由于纸基中纤维分布无规律导致,二是不同涂布量的纸张中可能由于涂布不均匀,使得涂布量较多的纸张中仍可以看到较大的空隙。

### 2.3 接装纸接触角与成品卷烟通风率的关系

接触角体现了接装纸在接触到超纯水时表面浸润、吸收过程的不同,主要原因是接装纸纸基表面涂布的厚度不同。由于纸基表面的涂布量不同,也会在一定范围内影响卷接成品烟的施胶性能,导致成品卷烟的质量产生波动。

表1 接装纸接触角与通风率的关系

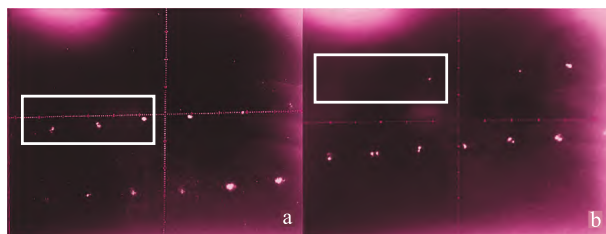
样品编号	接触角/(°)	通风率超标个数	通风率/(32±8)%	泡皱情况
a	17.8	0	28	无
b	25.3	0	31	无
c	43.7	1	32	无
d	62.6	29 (均偏低)	20	有

通过表1看出,在保证生产设备(常德烟机ZJ118 #72、#73卷接机组)及使用物料等条件相同的情况

下(机速8000支·min<sup>-1</sup>、预热板温度65℃、搓板温度160℃),随着接装纸接触角增加,出现了烟支卷接质量的变化。不同批材料中平均接触角在17.8°~43.6°的接装纸无成品卷烟类缺陷,当平均角度62.6°出现明显成品卷烟类缺陷:在接触角增加到62.6°时,出现泡皱质量缺陷,推断由于接装纸吸水性发生变化使得接装胶慢干,并在搓接过程中滤棒与接装纸接触后产生位移,影响了纸与水基粘合剂的粘合;并且通风率均低于设计值下限24%,分析可能由于粘接干燥速度的影响,使得在打胶量一定的情况下,转移胶变多,最后导致通风率降低。

### 2.4 接装纸有胶区孔径数与成品卷烟通风率异常的关系

通过综合测试台检测通风率符合设计值与接装纸接触角60°左右不符合设计值的(偏低)接装纸剥离,选取有胶区的接装纸(1cm×1cm)用TPI150-II型烟草数字投影仪观察孔数。图4为接装纸有胶区孔数的照片,图4a为通风率正常孔数,图4b为通风率低于设计值有胶区孔数,在相同卷接条件下,通风率较低的孔数比符合设计值的孔数少。这是由于接触角偏大的接装纸与水基胶结合程度不高,使得有胶区孔数被水基胶堵塞的较多,在仪器下无法观察到胶区孔数,最终体现出通风率偏低的检测数据。



a 通风率正常有胶区孔数; b 通风率低的有胶区孔数。

图4 有胶区孔数比对

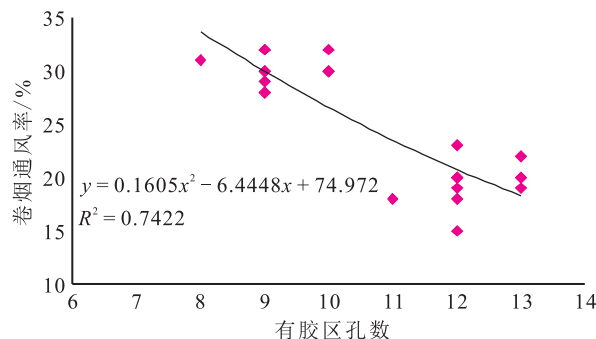


图5 有胶区孔数与卷烟通风率的关系



### 3 结论

研究发现,接装纸接触角与成品卷烟通风率有关,当接触角达到一定时,通风率下降厉害并且超出设计值;通过 TPI150-II 型烟草数字投影仪观察接装纸有胶区孔径数看到,通风率低于正常设计值的接装纸孔数明显少于通风率符合设计值的接装纸,接触角越大电镜表征图中可看到的纸基纤维越少,涂布液覆盖情况越多。因此,成品卷烟的通风率在一定程度上可以通过对接装纸接触角度的控制来加以提高质量稳定性。

#### 参考文献:

- [1] 陈华,陈克复,杨仁党,等. 烟用接装纸的生产及发展趋势 [J]. 纸和造纸, 2011, 30(1): 29-32.
- [2] Oconnor R J, Bansal-travers M, Cummings K M, et al. Filter presence and tipping paper color influence consumer perceptions of cigarettes[J]. BMC Public Health, 2015, 15(1): 1279-1285.
- [3] 魏玉玲,徐金和,廖臻,等. 卷烟材料多因素对卷烟通风率及过滤效率的影响 [J]. 烟草科技 2008(11): 9-13.

- [4] 韩云辉. 烟用材料生产技术与应用 [M]. 北京: 中国质检出版社, 中国标准出版社, 2012: 108-109, 279-280.
- [5] 栗勇伟,乔建军,马少军,等. 卷接机组烟支搓接质量的研究及改进 [J]. 烟草科技, 2012, 45(10): 24-27.
- [6] 陈昆燕,周学政,杨文敏,等. 七种卷烟材料对卷烟通风率的效应分析. 西南师范大学学报 [J]. 2014, 39(12): 130-135.
- [7] 施丰成,罗诚,李东亮,等. 接装纸透气度对不同规格卷烟感官质量和烟气化学成分的影响分析 [J]. 西南大学学报 (自然科学版), 2018, 40(12): 73-80.
- [8] 张晶,马晓伟,冯欣,等. 接装胶及接装纸种类对胶水渗透性的影响 [J]. 食品与机械, 2018, 34(6): 98-101.
- [9] 荔亮. 接装纸吸水性对卷烟卷接质量的影响 [J]. 科技创新与应用, 2014(10): 52.
- [10] 董浩,刘锋,荆熠,等. 不同类型烟用接装纸表面性能及其对卷接效果的影响 [J]. 烟草科技, 2011, 44(4): 10-22.
- [11] 国家烟草专卖局. 烟用滤棒表面润湿性能的测试接触角法透气度的测定: YC/T 424-2011[S]. 2012: 1-3.
- [12] Cassie A B D, Baxter S, Wettability of porous surfaces[J]. Trans. Faraday Soc., 1944, 40: 546-551.
- [13] 郝金明. 超疏水、超双疏材料的制备与研究 [D]. 中国科学院研究生院 (国家纳米科学中心), 1808: 5-7.

## Analysis of Relationship between Tipping Paper Contact Angle Measurement and Ventilation Rate Stability

ZHANG Rui-ting, YANG Zhong-pan, MU Hong-xia

(Technology Center, China Tobacco Gansu Industrial Co., Ltd., Lanzhou, Gansu Province, 730000 China)

**Abstract:** Based on the dynamic wetting and moisture contact angle, the wetting process was characterized by the classical cassie-baxter wetting model and the morphology of the paper was characterized by Scanning Electron Microscope (SEM). The data obtained from the tipping paper with different contact angles were analyzed, and the relationship between the contact angle, the number of holes in the glue zone of the tipping paper and the ventilation rate of cigarettes was compared and analyzed. The relationship between the contact angle of tipping paper and the ventilation rate of finished cigarette was established. the results showed that the larger the contact angle of the tipping paper was, the more coating liquid content and the less obvious fiber structure of the base paper were observed. When the contact angle of the tipping paper was 62.6°, the ventilation rate of the finished cigarette was lower than the design value. At the same time, the number of holes in glue area is less than the number of holes in accordance with the design value of filter ventilation rate.

**Keywords:** tipping paper; contact angle; filter ventilation rate

收稿日期: 2022-08-20

## 山鹰国际入选“2022年国家知识产权示范企业”

日前,国家知识产权局发布了“2022年度国家知识产权优势企业和示范企业”评定结果,经企业测评、推荐上报、省市专家审核确认等严格筛选程序,山鹰国际凭借过硬的自主研发创新精神和知识产权管理实力,入选“2022年度国家知识产权示范

企业”。旗下子公司华南山鹰入选“2022年度国家知识产权优势企业”。

这是山鹰国际继斩获第二十三届中国专利奖优秀奖后又一次获得知识产权领域国家级荣誉。

(山鹰国际)