基于白光干涉仪对卷烟包装材料外观质量的评价

刘文婷[1]，褚玮[1]，贾伟萍[1]，孙鹏[2]，王波[1]，黄珂[1]，张一帆[3]
（1.湖北中烟工业有限责任公司，武汉 430040；2.武汉虹之彩包装印刷有限公司，武汉 430040；
3.湖北工业大学 绿色轻工材料湖北省重点实验室，武汉 430068）

摘要：目的 建立评价卷烟包装材料外观质量的检测方法，用于对卷烟包装材料的表面印刷适用性进行预判，以提高印刷效率。**方法** 以水雾面积作为对卷烟包装材料外观质量的主要评价对象，筛选卷烟包装材料印刷面的表观特性。对烟标表面粗糙度、平滑度、亮度、摩擦因数、粗糙度、表面形貌与水雾面积的相关性进行分析。**结果** 卷烟包装材料外观质量（水雾面积）与粗糙度、亮度等参数相关，与平滑度、摩擦因数等参数不直接相关。在 433～818 nm 的微观粗糙度内，水雾面积随着粗糙度的增加逐渐减小，当微观粗糙度大于 818 nm 时，水雾现象不存在。**结论** 基于白光干涉仪的微观粗糙度可作为卷烟包装材料外观质量（水雾现象）的定量和定性评价指标，该方法为解决烟包印刷行业的水雾问题提供了有益的理论支持。

关键词：卷烟；包装材料；外观质量；水雾现象；白光干涉仪；微观粗糙度
中图分类号：TB484 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2022)07-0275-07
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.07.036

Surface Quality Evaluation of Cigarette Packaging Materials Based on White Light Interferometer

LIU Wen-ting[1], *CHU Wei*[1], *JIA Wei-ping*[1], *SUN Peng*[2], *WANG Bo*[1], *HUANG Ke*[1], *ZHANG Yi-fan*[3]
(1.China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Wuhan 430040, China; 2.Wuhan Hongzhicai Packaging and Printing Co., Ltd., Wuhan 430040, China; 3.Hubei Key Laboratory of Green Light Industrial Materials, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

ABSTRACT: A testing method for evaluating the appearance quality of cigarette packaging materials is established to predict the surface printing suitability of cigarette packaging materials to improve printing efficiency. Taking the area of water mist as the main evaluation object for the appearance quality of cigarette packaging materials, the appearance characteristics of the printing surface of cigarette packaging materials were screened. The correlation between the surface roughness, smoothness, brightness, friction coefficient, roughness, surface topography of cigarette labels and water mist area is analyzed in this work. The results show that the appearance quality of cigarette packaging materials (water mist area) is related to parameters such as roughness and brightness, but not directly related to parameters such as smoothness and friction coefficient. Within the micro-roughness of 433-818 nm, the water mist area gradually decreases with the increase of the roughness. When the micro-roughness is greater than 818 nm, water mist does not exist. The micro-roughness based on white light interferometer can be used as a quantitative and qualitative evaluation index for the appearance quality (water mist phenomenon) of cigarette packaging materials. This method provides a useful theoretical

收稿日期：2021-08-15
基金项目：湖北中烟工业有限责任公司科技项目（2020JSJC3JS2B025）
作者简介：刘文婷（1987—），女，博士，工程师，主要研究方向为卷烟包装材料。
通信作者：张一帆（1993—），女，博士，湖北工业大学讲师，主要研究方向为生物质材料。

support for solving the water mist problem in the cigarette packet printing industry.

KEY WORDS: cigarette; packaging materials; surface quality; water mist phenomenon; white light interferometer; micro-roughness

烟草包装行业既有等同于食品包装的安全卫生要求，又有高档包装品的艺术观赏需求[1-3]。烟盒的外观质量一直以来都是直接影响消费者的购买心理的重要因素之一[4]。在卷烟包装过程中使用热收缩膜（以下称烟膜）对烟盒进行密封包装时，在烟膜和烟盒之间会出现面积不等的水雾斑或镜面斑[5-6]，导致烟盒表面失去光洁清晰的外观，称之为“水雾”现象。烟盒的“水雾”[7]是一个严重影响烟包外观质量的问题。当包装材料的表面温度小于周围水蒸气的露点时[8]，饱和水蒸气会骤冷并在材料表面凝结成水珠，导致透明包装材料的透光率降低[9]。透明包装材料表面水雾的形成主要有 2 个影响因素[10]，一是材料表面与外部环境的温差[11]；二是材料表面的润湿性[12-13]。

卷烟包装材料与薄膜之间有类似“水雾”的现象存在，从而使卷烟包装盒失去平整、清晰和清洁的外观，影响卷烟包装盒的外观质量，解决水雾问题的途径有控制卷烟包装材料表面与透明膜之间的空隙和调整包装材料的粗糙度等方法[14-16]，但是对卷烟包装材料外观质量的评价标准和检测仍未完善和清晰的界定[17]。白光干涉仪是一种可对微观粗糙度进行评价的精密仪器，其对粗糙度的测量精度可从纳米级跨越到微米级。研究以水雾面积作为对卷烟包装材料外观质量的主要评价对象，利用白光干涉仪、平滑度仪、摩擦因数测试仪等仪器对卷烟包装材料印刷面的表观特性进行筛选，建立影响卷烟包装材料外观质量，即卷烟包装材料与薄膜间接触界面形成的水雾面积及现象的检测方法，用于对卷烟包装材料的表面印刷适用性，尤其是外观质量进行预判，以提高印刷效率。

1 实验

1.1 材料

主要材料：卷烟包装材料（81197 条盒和 81299 条盒），1#、2#防雾浆，防水雾 UV 光油（湖北中烟工业有限责任公司提供）。

1.2 仪器设备

主要仪器设备：TMI 58-06 印刷表面粗糙度仪，广州尚准仪器设备股份有限公司；Messmer Buchel 58-05 BEKK 别克平滑度仪，广州尚准仪器设备股份有限公司；OHSP350Z 光强测试仪/光谱亮度计/光通量测试仪，杭州虹谱光色科技有限公司；GB/T 10006 摩擦因数测试仪，济南思克测试技术有限公司；Zygo NewView 8300 白光干涉仪，美国 Zygo 公司。

1.3 方法

1.3.1 防水雾产品的制备与水雾面积的计算

称取一定量的普通油墨，在低速（500 r/min）搅拌条件下，缓慢依次加入 1#或 2#防雾浆，搅拌 10 min；再缓慢加入防水雾 UV 光油后高速（10 000 r/min）分散 20 min 即可，防水雾油墨的具体配方见表 1。将制备好的油墨通过印刷机均匀涂布至卷烟包装材料（81197 条盒和 81299 条盒），并进行卷烟包装测试（测试机台为 111R，设备运行参数：车速为 384 m/min、侧面烙铁温度为 125 ℃、条包上整型温度为 96 ℃、条包下整型温度为 114 ℃），获得的样品置于恒温恒湿箱中处理（温度为 65 ℃，相对湿度为 65%，时间为 30 min），随后观察表面形成水雾情况，见图 1。

a 有水雾 b 无水雾

图 1 卷烟包装材料外观质量（水雾现象）实物
Fig.1 Physical image of surface quality (water mist phenomenon) in cigarette packaging materials

水雾现象见图 1，参考 GB/T 1541—2013《纸和纸板尘埃度的测定》的方法，结合卷烟包装材料的定量一致性的特点，依据有利于水雾计算方便的原则，采取在单位面积卷烟包装材料上画圆后剪切的方法评价水雾面积。称取剪切下的含水雾面积的材料质量（g），与总质量比较，计算其比值的百分比（%），即为形成水雾的面积百分比（%）。

1.3.2 卷烟包装材料表面平滑度的测试

采用平滑度仪进行测试，将卷烟包装材料正面（印刷面）样品在标准恒温恒湿（温度为 65 ℃、相对湿度为 65%）的大气压条件下进行处理，并取宽 50 mm×50 mm 的试样正反面各 10 张。调节加压装置，给试样施加(100±2)kPa 压力，使真空容器产生 50.66 kPa 的真空。测量并记录真空度由 50.66 kPa 降到 48.00 kPa 时所需的时间，测试结果以秒表示。

表 1　卷烟包装材料（81197 和 81299 样品）的处理方法
Tab.1 Processing method of cigarette packaging materials (samples 81197 and 81299)

编号	方案
1	油墨（75 g）
2	油墨（2.0 kg）+1#防雾浆（15 g）
3	油墨（2.0 kg）+1#防雾浆（30 g）
4	油墨（2.0 kg）+1#防雾浆（45 g）
5	油墨（2.0 kg）+1#防雾浆（60 g）
6	油墨（2.0 kg）+1#防雾浆（60 g）+2#防雾浆（15 g）
7	油墨（2.0 kg）+防水雾 UV 光油（60 g）

1.3.3　卷烟包装材料表面亮度的测试

取卷烟包装材料样品 10 张，采用亮度测试仪在 350~950 nm 波长内测试纸张样品的亮度值，然后取其平均值，单位为%。

1.3.4　卷烟包装材料表面摩擦力的测试

卷烟包装材料样品采用摩擦因数测试仪分别测试静摩擦力和动摩擦力，将样品剪裁成 5 cm × 10 cm 的条状，在一定的接触压力下，通过电机带动齿条使两试样表面相对移动，分别记录动摩擦因数和静摩擦因数。测试条件：采用 200 g 的砝码，速度为 100 mm/min，行进长度为 150 mm。

1.3.5　卷烟包装材料表面宏观粗糙度的测试

采用粗糙度仪测量卷烟包装材料样品表面粗糙度。其标准测量范围为 0.6 ~ 6 μm。 将纸张裁成 10 cm×10 cm 的纸片，置于圆形金属环和弹性垫之间。在一定压力条件下，气流从测量环和试样之间通过，测量气流通过速率，并转换为透气缝隙的大小，测试结果以 μm 表示。

1.3.6　卷烟包装材料白光干涉仪对粗糙度的测定

采用白光干涉仪分析卷烟包装材料样品的表面粗糙度，建立量化指标。使用 Michelson 干涉仪，白光光源为超连续光纤激光器（fianium 公司），波长范围为 390~2 600 nm，最高脉冲能量为 250 nJ，高速相机型号为 MIRO R310，存在反馈的压电驱动器是 Thorlabs 公司 PAZ015，行程为 100 μm。仪器的测量范围为 0.08 nm ~ 150 μm，测量精度为 0.15 nm。实验系统的测量区域为 1.13 mm×0.71 mm×100 μm；横向分辨率为 1.697 μm；z 向分辨率为 0.497 nm，测试结果以 nm 表示。

2　结果与分析

卷烟包装材料“水雾”现象的定量化表征，一直是烟包印刷行业亟待解决的难题，严重影响卷烟产品的外观质量，因此，研究根据卷烟包装材料形成水雾的因素，对涉及卷烟包装材料表面的平滑度、亮度、摩擦因数、粗糙度、表面形貌等参数与水雾面积形成的相关性进行了系统分析，建立了水雾面积/现象表征的定量和定性方法。根据不同样品的水雾面积情况，对水雾面积评价的参考标准见表 2。该方法将水雾面积为 0 的现象界定为不存在水雾，即无水雾，水雾面积为 0 ~ 5%、5% ~ 7%和 7% ~ 10%分别定义为轻微水雾、中度水雾和重度水雾现象。

表 2　外观质量（水雾现象）评价标准
Tab.2 Evaluation standard for surface quality (water mist phenomenon)

水雾面积/%	水雾情况
10.0	高水雾
7.0	中水雾
5.0	轻微水雾
4.0	轻微水雾
3.0	轻微水雾
0.0	无水雾
0.0	无水雾

2.1　卷烟包装材料平滑度与水雾面积相关性分析

对 81197 条盒进行不同防雾处理后（表 1）进行平滑度测试，样品表面平滑度与水雾相关性结果见表 3。依据 1.3.1 节水雾现象的评价标准，计算出 7 种不同样品的水雾面积，其情况具有很大差别。可以看出，所有样品的平滑度值均大于 20 000 s，且超过平滑度仪的检测极限，因此，无法利用该平滑度仪对样品水雾情况进行评估和明确的分级。

表 3　卷烟包装材料表面平滑度与水雾面积的关系（81197 样品）
Tab.3 Relationship between surface smoothness of cigarette packing material and water mist area (samples 81197)

编号	平滑度/s	水雾面积/%
1	>20 000	10.0
2	>20 000	7.0
3	>20 000	5.0
4	>20 000	4.0
5	>20 000	3.0
6	>20 000	0.0
7	>20 000	0.0

2.2 卷烟包装材料亮度与水雾面积相关性分析

纳米防雾助剂有助于提高卷烟包装材料表面的粗糙度，同时降低亮度。对样品进行防雾处理后（表1）检测材料表面的亮度，不同样品表面亮度见表 4。从表 4 的结果可以看出，在 81197 条盒的样品中，亮度值较高的 1、2 号样品，水雾面积均大于 5%，而亮度值最低的 7 号样品，水雾面积为 0；81299 条盒的样品也具有相同的趋势，亮度值较高的 1、2、3 号样品均出现大于 5%的水雾面积。这说明出现水雾的样品具有较高的亮度值，而无水雾现象的样品亮度较低。

对比 81197 的 1 号样品与 81299 的 1 号样品可得，二者的水雾面积相同，亮度值却不相同，这说明亮度值在不同样品之间无法作为评价水雾的指标，因此，由于不同产品亮度值不同，针对不同的产品需要筛选各自的亮度临界值作为自身的水雾量化指标。综上所述，烟标表面亮度可作为一个定性化的指标来评判水雾，但是评判的标准还存在问题，无法构建一个普遍适用性的统一水雾评价方法。

表 4 卷烟包装材料表面亮度与水雾面积的关系
Tab.4 Relationship between surface brightness of the cigarette packing material and water mist area

样品	编号	亮度值/%	水雾面积/%
81197 条盒	1	37.69	10.0
	2	36.92	7.0
	3	36.55	5.0
	4	36.13	4.0
	5	35.79	3.0
	6	35.52	0.0
	7	34.31	0.0
81299 条盒	1	48.29	10.0
	2	48.33	7.0
	3	47.38	5.0
	4	47.35	4.0
	5	46.89	4.0
	6	46.69	3.0
	7	46.52	0.0

2.3 卷烟包装材料摩擦因数与水雾面积相关性分析

材料表面的动、静摩擦因数与表面的粗糙度有关，而与接触面积的大小无关。81197 条盒样品的摩擦因数结果见表 5。从表 5 中可以看出，随着纳米防雾浆剂的比例逐渐提高，样品表面粗糙度逐渐表变大。7 号样品为传统防雾剂超量添加的样品，表面光泽最低，最粗糙，随着水雾面积的降低，样品摩擦因数值没有明显规律，因此，摩擦因数无法作为评判水雾的量化指标。

表 5 卷烟包装材料表面摩擦因数与水雾面积的关系（81197 样品）
Tab.5 Relationship between surface friction coefficient of the cigarette packing material and water mist area (samples 81197)

编号	静摩擦因数	动摩擦因数	水雾面积/%
1	0.424	0.237	10.0
2	0.512	0.141	7.0
3	0.399	0.136	5.0
4	0.309	0.184	4.0
5	0.572	0.143	3.0
6	0.267	0.182	0.0
7	0.298	0.154	0.0

2.4 卷烟包装材料宏观粗糙度与水雾面积相关性分析

采用粗糙度仪对样品表面粗糙度进行测试，粗糙度与水雾相关性结果见表 6。81197 条盒样品的粗糙度为 0.096～0.119 μm，但样品表面的宏观粗糙度与水雾面积之间的关系并不明晰。从 1.3.5 节可以看出，粗糙度仪的测量范围为 0.6 μm 以上，而所测样品表面普遍平滑，已超出粗糙度仪的最低检测极限，因此所得数据不准确，难以划分出具体的指标，若要利用粗糙度作为水雾评价指标，还需进一步的精细化数据。

表 6 卷烟包装材料宏观粗糙度与水雾面积的关系（81197 样品）
Tab.6 Relationship between macroscopical roughness of the cigarette packing material and water mist area (81197 samples)

编号	粗糙度	水雾面积/%
1	0.098	10.0
2	0.119	7.0
3	0.101	5.0
4	0.096	4.0
5	0.151	3.0
6	0.105	0.0
7	0.104	0.0

2.5　卷烟包装材料微观粗糙度与水雾面积相关性分析

采用白光干涉仪（高精度几何及表面形貌检测设备）对样品的粗糙度及表面形貌进行分析。白光干涉仪所测得的 81197 样品中，卷烟包装材料微观粗糙度与水雾面积的关系见表 7。表 6 中 7 个样品的表面形貌着色高度图见图 2，图 2a—g 为二维表面形貌图，图 3h—n 为三维表面形貌图。

从表 7 的数据可以看出，1—7 号样品的粗糙度区分度明确，样品粗糙度依次增加，其相应的水雾面积也逐渐减小。基于已有的烟包表面粗糙度测试结果显示，随着烟盒样（油墨印刷面）粗糙度的增加（从 433 nm 增加至 818 nm），其相应的水雾面积也逐渐减小甚至消失，因此采用白光干涉仪对烟盒样品表面的粗糙度进行准确测试。当粗糙度 $S_a < 433$ nm 时，水雾存在；当 433 nm $< S_a <$ 818 nm 时，部分水雾存在；当 $S_a > 818$ nm 时，水雾不存在。图 3 的样品表面形貌直观的反映了样品粗糙度的变化，与表 6 的数据符合。

实验结果表明，采用白光干涉仪能够很好地建立粗糙度和水雾面积之间的关系，从而起到相应的水雾预警作用。

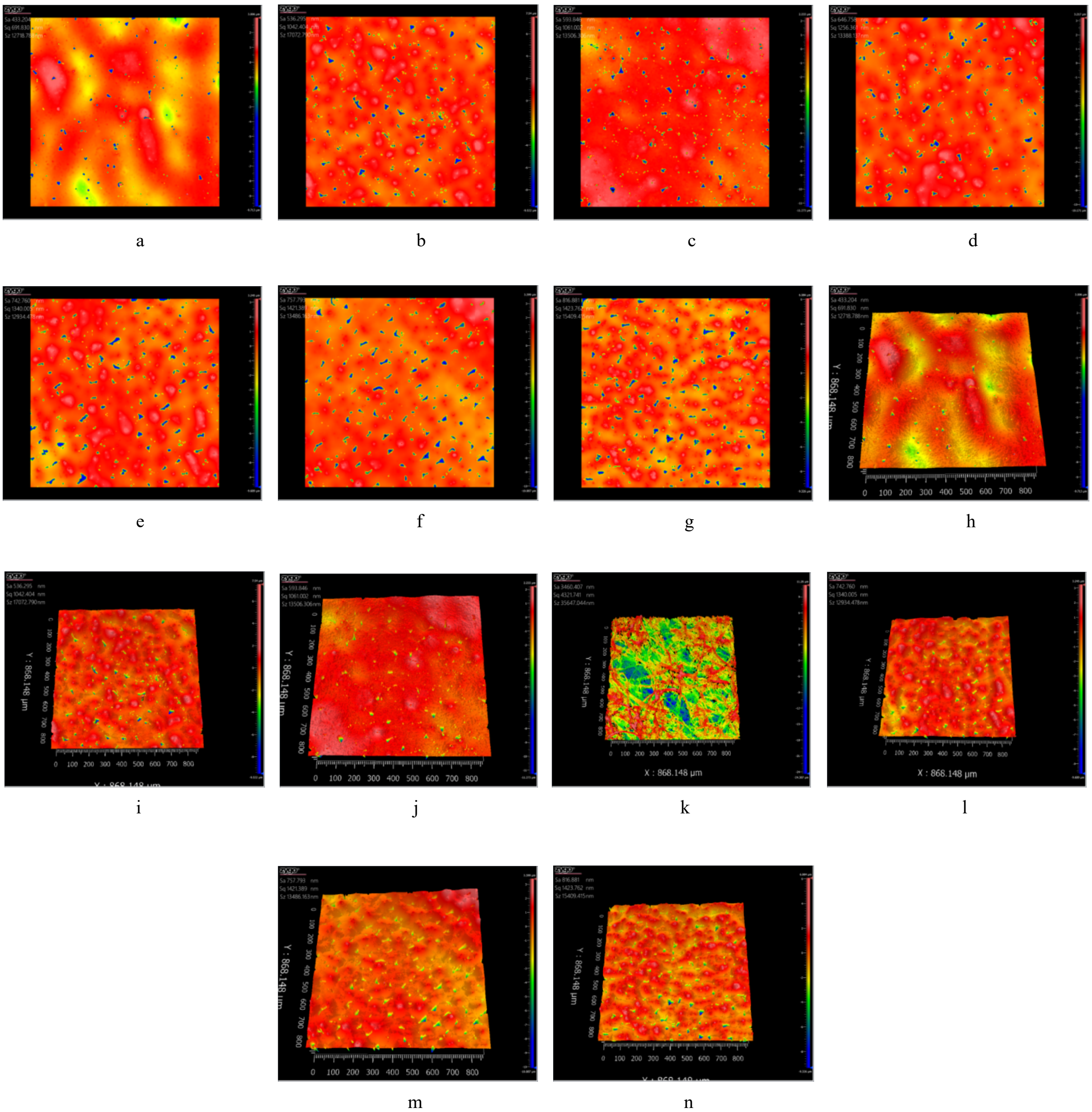

图 2　卷烟包装材料表面的二维、三维表面形貌图
Fig.2 2D and 3D surface topography of cigarette packing material surface

表 7 卷烟包装材料微观粗糙度与水雾面积的关系（81197 样品）

Tab.7 Relationship between microcosmic roughness of the cigarette packing material and water mist area (81197 samples)

编号	粗糙度/nm	水雾面积/%
1	433.204	10.0
2	536.295	7.0
3	593.846	5.0
4	646.758	4.0
5	742.760	3.0
6	757.793	0.0
7	818.881	0.0

3 结语

研究以水雾面积作为卷烟包装外观质量的评价对象，通过对卷烟包装表面各项参数与水雾面积相关性进行了深度分析，包括卷烟包装材料的平滑度、亮度、摩擦因数、表面形貌，以及宏观和微观粗糙度等。结果表明，样品表面平滑度、亮度和摩擦因数均无法定量表达水雾现象的程度。其中，亮度数值的变化会随着防雾助剂用量的增加而减小，可以作为一个定性指标来评判同种样品中的水雾情况。微观粗糙度是较为合理的水雾面积表征指标，采用白光分析仪能够较好地建立卷烟包装材料表面粗糙度与其表面水雾面积之间的关系。在 433 ~ 818 nm 的表面微观粗糙度范围内，水雾面积随着粗糙度的增加逐渐减小，当微观粗糙度大于 818 nm 时，水雾不存在。这种定量表达方法较传统测试水雾的方法（模拟卷包包膜接触法）准确度更高。

研究建立了利用白光干涉仪对卷烟包装材料水雾检测的新型方法和指标，并制定了外观质量的评价标准，该标准适用于测量卷烟包装材料表面经过油墨印刷并采用热收缩膜进行密封包装后，粗糙度在白光干涉仪精度范围内（0.08 nm ~ 150 μm）的表面，以及其他非油墨印刷或未经过热收缩膜进行密封包装的材料。

参考文献：

[1] 孙宏杰，乔建军. 用于卷烟透明包装材料的一体化视觉拉线检测系统[J]. 工业技术创新, 2021, 8(1): 79-83.
SUN Hong-jie, QIAO Jian-jun. Integrated Visual Tear-Tape Detection System of Transparent Packaging Materials for Cigarettes[J]. Industrial Technology Innovation, 2021, 8(1): 79-83.

[2] 柳长红，刘冬，陈静，等. 卷烟包装摩擦因数对卷包上机适应性的影响[J]. 中国包装，2020，40(9): 13-17.
LIU Chang-hong, LIU Dong, CHEN Jing, et al. The Influence of Friction Coefficient of Cigarette Packaging on the Adaptability of Rolling Package[J]. China Packaging, 2020, 40(9): 13-17.

[3] SUN A. Design Process and Printability of Cigarette Packaging Materials[J]. Advanced Materials Research, 2013, 2300(655-657): 2048-2051.

[4] 王理珉，魏杰，胡君，等. 卷烟包材的创新与应用[N]. 中国包装报,2005-10-10(003): 1-3.
WANG Li-min, WEI Jie, HU Jun, et al. Innovation and Application of Cigarette Packaging Material[N]. China Packaging News,2005-10-10(003): 1-3.

[5] MAYNARD O M, LEONARDS U, ATTWOOD A S, et al. Effects of First Exposure to Plain Cigarette Packaging on Smoking Behaviour and Attitudes: A Randomised Controlled Study[J]. BMC Public Health, 2015, 15: 240.

[6] EPPERSON A E, LAMBIN E F, HENRIKSEN L, et al. Natural American Spirit's Pro-Environment Packaging and Perceptions of Reduced-Harm Cigarettes[J]. Preventive Medicine, 2019, 126: 1-6.

[7] 王理珉，魏杰，胡群，等. 卷烟包装材料的应用及发展趋势[J]. 中国包装工业, 2004(9): 34-39.
WANG Li-min, WEI Jie, HU Qun, et al. The Application and Developing Trend of the Packaging Materials of the Cigarette[J]. China Packaging Industry, 2004(9): 34-39.

[8] 谢焰，陆怡峰，孙文梁，等. 卷烟包装纸中挥发性有机化合物(VOCs)的顶空-气相色谱分析[J]. 中国烟草学报, 2007, 13(6): 13-19.
XIE Yan, LU Yi-feng, SUN Wen-liang, et al. Determination of Volatile Organic Compounds in Printed Cigarette Packaging by Headspace Gas Chromatography[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2007, 13(6): 13-19.

[9] 林文锐. 卷烟包装机商标条与盒包装纸质量问题分析与控制[J]. 轻工科技, 2017, 33(7): 120-121.
LIN Wen-rui. Analysis and Control of the Quality Problem of the Brand Bar and Box of Cigarette Packaging Machine[J]. Light Industry Science and Technology, 2017, 33(7): 120-121.

[10] DAVID H, JULIANA D, SAMANTHA D, et al. Impact of Female-Oriented Cigarette Packaging in the United States[J]. Nicotine & Tobacco Research: Official Journal of the Society for Research on Nicotine and Tobacco, 2011, 13(7): 579-88.

[11] WHITE C M, DAVID H, THRASHER J F, et al. The Potential Impact of Plain Packaging of Cigarette Products among Brazilian Young Women: An Experimental

Study[J]. BMC Public Health, 2012, 12(1): 737.

[12] 马静，胡群，王理珉，等. 国内外卷烟包装材料的使用状况与发展趋势[C]// 2003 年烟草生产与人体健康和环境保护协调发展研讨会，北京, 2003: 123-127.
MA Jing, HU Qun, WANG Li-min, et al. The Use Status and Development Trend of Cigarette Packaging Materials at Home and Abroad[C]// Symposium on Coordinated Development of Tobacco Production, Human Health and Environmental Protection in 2003, Beijing, 2003: 123-127.

[13] 季万凤，范成林. 开发供卷烟包装用的防水包装纸[J]. 纸和造纸, 1995, 14(4): 11-13.
JI Wan-feng, FAN Cheng-lin. To Develop Waterproof Wrapping Paper for Cigarette Packaging[J]. Paper and Paper Making, 1995, 14(4): 11-13.

[14] O'CONNOR R J, DAVID H. Cigarette Package Colour is Associated with Level of Filter Ventilation[J]. Tobacco Control, 2018, 27(3): 337-338.

[15] BROSE L S, CHONG C B, ASPINALL E, et al. Effects of Standardised Cigarette Packaging on Craving, Motivation to Stop and Perceptions of Cigarettes and Packs[J]. Psychology & Health, 2014, 29(7): 849-860.

[16] 汤德芳，李海锋，杜芳琪，等. 包装盒“水雾”研究与改进控制[J]. 包装工程, 2014, 35(13): 76-80.
TANG De-fang, LI Hai-feng, DU Fang-qi, et al. Study and Control Improvement on the “Mist” of Packaging Box[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(13): 76-80.

[17] 李婷，杨烁冰，刘晓锦，等. 食品防雾包装材料研究进展[J]. 塑料包装, 2019, 29(5): 8-12.
LI Ting, YANG Shuo-bing, LIU Xiao-jin, et al. Research Progress of Anti-Fog Packaging for Food[J]. Plastics Packaging, 2019, 29(5): 8-12.

责任编辑：曾钰婵