

烟盒多层包装对水分阻隔影响研究

楼佳颖, 张乾, 张玮, 华青, 吴达, 费婷, 陆捷
(上海烟草集团有限责任公司 技术中心, 上海 201315)

摘要: **目的** 卷烟包装的阻隔性能是卷烟产品品质稳定性的关键影响因素, 研究干燥环境中卷烟多层包装对水分阻隔的作用。**方法** 利用自主研发测试系统——动态水分分析气候箱, 考察不同盒包在特定温湿度条件下水分扩散过程, 计算水分扩散通量, 并对包装阻湿性能进行量化表征。**结果** 建立的烟盒多层包装水分阻隔性能评价方法可准确量化表征包装的阻湿性能。低湿条件下, 水分从烟盒包装各层空隙及材料的透过量各有差异, 对于 Bopp 膜, 60% 以上的水分主要从材料扩散, 对于不同商标纸和内衬纸, 水分从材料及空隙扩散的分配比不同。对于整体包装水分阻隔性能, 三层材料中 Bopp 膜对烟支水分稳定性作用的占比达 90% 以上, 硬包优于软包。准确预测了烟支在不同盒包中水分的散失速率, 低湿条件下, 硬包卷烟的水分散失速率明显低于软盒卷烟的。**结语** 文中建立了多层烟盒包装阻湿性测试及评价方法, 量化表征了卷烟盒包各包装层及不同部位对水分的阻隔作用, 明晰了烟盒包装中影响卷烟水分稳定性的重要因素。

关键词: 卷烟; 多层包装; 空隙; 水分扩散通量; 阻湿性能

中图分类号: TB487 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2023)03-0217-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.03.027

Effect of Multi-layer Packaging of Cigarette Packet on Moisture Barrier

LOU Jia-ying, ZHANG Qian, ZHANG Wei, HUA Qing, WU Da, FEI Ting, LU Jie

(Technical Center, Shanghai Tobacco Group Co., Ltd., Shanghai 201315, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effect of cigarette multi-layer packaging on moisture barrier in a dry environment in view of that the barrier performance of cigarette packaging plays a key role in the quality stability of cigarette products. A self-developed testing system, dynamic moisture analysis climate box, was employed to investigate the moisture diffusion process of different packaging materials under specific temperature and humidity conditions, calculate the moisture transmission rate and quantitatively characterize the moisture barrier performance of packaging materials. The evaluation method of moisture barrier performance of multi-layer packaging of cigarette packet could accurately quantify and characterize the moisture barrier performance of the packaging. Under low humidity conditions, the amounts of moisture permeating through the clearances and materials of each layer of the cigarette packaging were different. For Bopp film, more than 60% of the moisture mainly diffused through the material. For different label paper and lining paper, the distribution ratios of moisture diffusing through the material and the clearances were different. For the moisture barrier performance of the overall packaging, the Bopp film played a decisive role in the moisture stability of cigarette, of which the contribution was above 90%. The moisture barrier performance of hard packaging was better than that of the

收稿日期: 2022-07-14

基金项目: 中国烟草总公司科技重点项目(110201802004); 上海烟草集团有限责任公司 2021 年度科技项目(2021-1-017P)

作者简介: 楼佳颖(1985—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为烟草化学。

通信作者: 陆捷(1971—), 男, 本科, 工程师, 主要研究方向为卷烟产品。

soft packaging. The moisture diffusion rate of cigarette in different packaging was predicted accurately. Under low humidity condition, the moisture diffusion rate of hard-packed cigarette was significantly lower than that of soft-packed cigarette. The moisture barrier test and evaluation method of cigarette multi-layer packaging are established. The moisture barrier performance of each layer and different parts of cigarette packet is quantitatively characterized. Finally, the key factors that affect the moisture stability of cigarette in packet are identified.

KEY WORDS: cigarette; multi-layer packaging; clearance; moisture transmission rate; moisture barrier performance

卷烟水分与卷烟感官品质有密切的关联, 优质的卷烟包装材料和技术可有效阻止烟支与外界空气接触, 使烟支水分保持稳定, 并避免异味侵入, 满足消费者的吸食需求^[1]。卷烟包装作为烟支与外界环境发生水分交换的媒介与屏障, 其透湿性能和包装形式直接决定了烟包内部卷烟水分的稳定性。常见的卷烟烟盒包装是由内衬纸、商标纸和双向拉伸聚丙烯薄膜 (Bopp膜) 3层包装材料组合构成, 是典型的多层串联包装^[2], 在食品行业也较为常见, 如谷物的包装中采用蜡纸盒中再使用一层薄膜的包装, EPS与BC型瓦楞纸板构成的串联缓冲包装结构等。目前, 国内食品行业已开展了大量的研究, 关注包装材料对各类食品(如绿茶、大豆、中药制品等)内在品质的影响^[3-10]。烟草行业对提升卷烟物理保润性能也开展了大量研究, 前期主要关注于烟草保润剂的开发及应用^[11-16], 河南中烟与郑州院^[17]共同研究了软包、软硬包及硬包的盒包材料的等温吸湿特性及开包状态下卷烟在3种盒包中的失水速率差异, 发现不同的包装形式水分阻隔性能差异较大。

目前, 行业在卷烟包装研究领域较多关注于卷烟包装材料自身的透湿性能及卷烟包装整体的阻隔性能^[18-19], 而对包装材料各层及各层不同部位对卷烟水分稳定性影响的相关研究鲜有报道, 此外, 行业在卷烟盒包装对烟支水分稳定性的影响研究方面也一直缺乏量化表征和评价手段。文中利用自主研发的动态水分分析气候箱^[20]考察不同盒包装材料的水分阻隔性能, 并以阻湿指数对其进行量化表征, 研究不同包装形式、包装材料对稳定烟支水分的影响。

1 实验

1.1 材料与样品

主要材料: 4种不同包装小盒卷烟(上海卷烟厂), 2种市售小盒卷烟(上海卷烟厂); 圆形海绵(直径为5 cm)、小铝盘(直径为5 cm)、铝箔胶带、美工刀、蒸馏水、移液枪、热熔胶枪。

主要仪器: 烟草动态水分分析气候箱(上海烟草集团有限责任公司)、NF240恒温恒湿箱(德国BINDER公司)、Aqualab 4TE水活度仪(精度 ± 0.003 , 美国Decagon公司)、XP404S分析天平(感量0.000 1 g, 瑞士Mettler-Toledo公司)。

1.2 方法

1.2.1 不同包装材料盒包样品前处理

小铝盘中放入添加5 mL蒸馏水的海绵做为标准物质。取烟盒样品, 用美工刀将烟盒从中间裁开, 取出所有烟支, 将装有海绵的小铝盘放入已裁开的烟盒中, 并使用铝箔胶带将包装密封复原, 即可得到空隙未密封的待测样品。利用热熔胶枪将包装样品的空隙进行密封处理, 即可得到全密封的包装样品。每个样品制作3个平行样。根据上述方法, 将不同包装的成品卷烟小盒分别制成不同的待测样品。样品包括单层的Bopp膜、商标纸、内衬纸及其空隙被密封的样品以及三层整体包装样品。

4种不同包装小盒卷烟样品信息见表1。

表1 4种不同烟盒包装材料样品
Tab.1 Sample information of 4 different cigarette packets

烟盒	包装形式	内衬纸类型
A	硬盒	转移内衬纸
B	硬盒	复合内衬纸
C	软盒	转移内衬纸
D	软盒	复合内衬纸

1.2.2 特定环境中不同包装材料盒包质量变化测定

设定烟草动态水分分析气候箱的干燥条件: 温度为22℃、相对湿度为40%、时间 t 为192 h, 每个样品称量间隔时间为20 s, 待温湿度稳定后将1.2.1节制得的样品逐一放入样品盘上样, 由仪器自动记录在特定温湿度条件下每个样品质量随时间的变化。

取0~72 h之间样品质量随时间的变化数据, 对其进行线性拟合得到斜率 k , k 表示特定温湿度条件下标准物质透过样品包装的失水速率 k (g/min)。由式(1)计算各包装样品水分扩散通量, 即水蒸气透过率(WVTR), 简称 W , 单位为mg/d。

$$W = k \times 60 \times 24 \times 1\ 000 \quad (1)$$

1.2.3 不同盒型包装内烟支水分变化测试

1.2.3.1 水活度的测定

取(0.5 \pm 0.1) g卷烟烟丝置于样品杯内, 打开水活度仪测试仓, 迅速将样品杯放入测试仓并关闭, 将手柄推到“READ”位置, 待读数稳定后, 记录水活度

的测定结果, 每个样品 3 个平行, 取平均值。

1.2.3.2 特定水活度下含水率的测定

将卷烟烟丝分别置于温度为 22 °C、相对湿度为 60%和温度为 22 °C、相对湿度为 50%这 2 种条件下的恒温恒湿箱中平衡 48 h, 分别得到水活度为 0.60 和 0.50 的烟丝, 按 YC/T 31—1996 的方法^[21]测定其烟丝含水率, 每个样品 3 个平行, 取平均值。

1.2.3.3 卷烟水活度随时间变化测试

取 2 种市售小盒卷烟各 30 包, 首先测试烟丝的初始水活度, 随后将小盒卷烟置于温度为 22 °C、相对湿度为 40%的恒温恒湿箱中, 每隔 14 d 取出小盒卷烟进行烟丝水活度的测定并记录, 每个样品 3 个平行, 取平均值, 测试时间为 98 d。

2 结果与分析

2.1 烟盒包装水分测试系统建立

利用烟草动态水分分析气候箱^[20]构建了烟盒内部与外部水活度差环境系统, 烟盒包装内部为水活度为 1 的湿海绵, 外部由烟草动态水分分析气候箱(图 1)提供稳定的温湿度测试环境。该系统可进行 10 个样品同时在线自动称量, 得到样品在特定温湿度条件下质量随时间的变化数据, 结合 1.3.1 节中样品前处理方法, 实现卷烟烟盒包装空隙、单层包装和整体包装样品的测试。

2.2 烟盒包装阻湿性能评价方法

2.2.1 阻湿性能量化指标——阻湿指数 (MRI)

根据 Fick 定律 $J = -P \frac{dp}{dx}$ 可得式 (2):

$$m = -\frac{P \cdot A(p_{in} - p_{out})}{L} t \quad (2)$$

式中: m 为扩散水的质量; P 为材料透湿度; A 为材料面积; L 为材料厚度; t 为时间; p_{in} 为材料内部水蒸气分压; p_{out} 为环境水蒸气分压。

式 (2) 两边求导数可得:

$$\frac{dm}{dt} = -\frac{P \cdot A(p_{in} - p_{out})}{L} \quad (3)$$

式 (3) 右边分子分母除以此时水的饱和蒸气压 $p_{饱和}$ 后, 可表示为:

$$\frac{dm}{dt} = -\frac{P \cdot A \cdot p_{饱和} \Delta a_w}{L} \quad (4)$$

式中: Δa_w 为材料和环境的水活度差,

$$\Delta a = \frac{p_{in} - p_{out}}{p_{饱和}} = a_{w,in} - a_{w,out} \circ$$

$\frac{dm}{dt}$ 可换算为 WVTR (mg/d), 得到式 (5):

$$W = -\phi \frac{P \cdot A \cdot p_{饱和} \Delta a_w}{L} \quad (5)$$

式中: ϕ 为换算系数。由于 ϕ 、 P 、 A 、 L 均为与材料相关的常数, $p_{饱和}$ 为水的饱和蒸气压, 因此, 设置一个与材料相关的常数 r , 令 $\frac{1}{r} = -\phi \frac{P \cdot A \cdot p_{饱和}}{L}$ 。

最后, WVTR 可表示为:

$$W = \frac{\Delta a_w}{r} \quad (6)$$

此处, r 被定义为阻湿指数 (MRI), 是材料阻隔水分的一个本征量值, 文中利用阻湿指数 r 来评价卷烟包装材料阻湿性能。

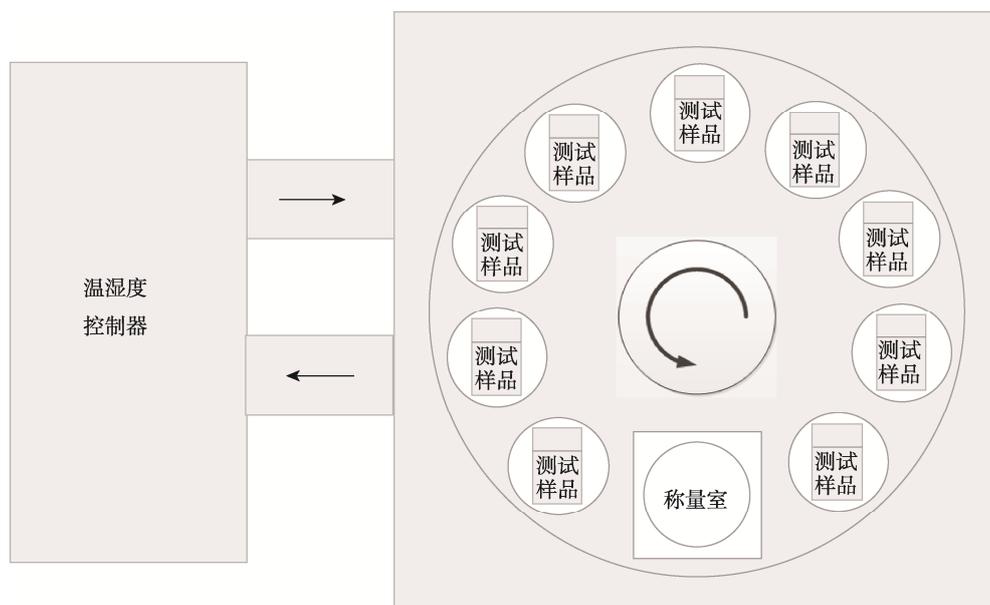


图 1 烟草动态水分分析气候箱示意图

Fig.1 Diagram of tobacco dynamic moisture analysis climate box

2.2.2 烟盒包装单层、整体及空隙阻湿指数计算

低湿环境下,烟盒包装内部烟支水活度高于环境水活度。水分由高水活度向低水活度迁移过程中,依次从内衬纸、商标纸、Bopp膜三层通过。对于每层包装,水分则同时由空隙和材料向外扩散。烟盒包装中三层包装的阻湿性能为串联结构,每层包装的材料和空隙的阻湿性能为并联结构(图2)^[2]。

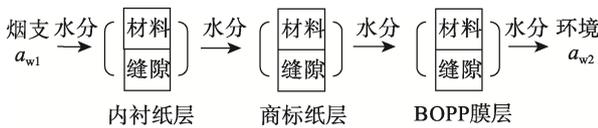


图2 烟支水分透过烟盒多层包装向外部环境迁移示意图(烟支水活度>环境水活度)
Fig.2 Schematic diagram of moisture migration from cigarette packet to the external environment through multi-layer packaging (water activity of cigarette>water activity of packet)

设定内衬纸包装实际阻湿指数为 r_1 , 其材料的阻湿指数为 r'_1 , 空隙的阻湿指数为 r''_1 , 其中, $r_1 = \frac{\Delta a_w}{W_{实际}}$,

$r'_1 = \frac{\Delta a_w}{W_{全密封}}$ (材料水分扩散量即为全密封样品的水分扩散量), 由于透过包装材料与空隙的水分扩散量可视为并联结构, 故 $W_{缝隙} = W_{实际} - W_{全密封}$, 则空隙阻湿指数 $r''_1 = \frac{\Delta a_w}{W_{实际} - W_{全密封}}$ 。以此类推, 可得商标纸包装

的材料阻湿指数 r'_2 、空隙阻湿指数 r''_2 和 Bopp 膜包装的材料阻湿指数 r'_3 、隙阻湿指数 r''_3 。

由烟盒包装的整体阻湿指数是由三层包装串联得到, 见式(7)。

$$r_{整体} = r_1 + r_2 + r_3 \quad (7)$$

2.2.3 烟盒包装串联结构验证

4种不同烟盒包装单层及三层整体的阻湿指数见表2, 根据包装各层的阻湿指数和包装串联结构, 由式(7)计算得到包装整体的阻湿指数理论值。结合实测值可得, 理论值和实测值有较好的符合性, 偏差范围为 2.7%~12.7%, 因此, 烟盒包装中的三层包装材料阻湿性能呈串联结构, 通过串联形式计算得到的烟盒包装整体阻湿指数能较好地反映烟盒包装的阻湿性能。

2.3 烟盒不同包装材料阻湿性能研究

2.3.1 不同单层包装材料阻湿性能

测试了不同单层烟盒包装密封及不密封样品的水透湿性能, 由 2.2.2 节计算得到不同层烟盒包装材料及空隙的水分扩散通量(表3), 并计算烟盒包装空隙与材料水分扩散量的比例(图3)。

表2 4种不同烟盒包装整体阻湿指数
Tab.2 Overall moisture barrier index of 4 different cigarette packets d/mg

烟盒	Bopp膜/ 10^{-2}	商标纸/ 10^{-4}	内衬纸/ 10^{-3}	三层整体		
				实测值/ 10^{-2}	理论值/ 10^{-2}	偏差/%
A	3.62	8.80	77.2	3.31	3.79	12.7
B	3.62	8.80	1.33	3.43	3.84	10.7
C	2.42	4.86	7.72	2.47	2.55	3.1
D	2.42	4.86	13.3	2.53	2.60	2.7

表3 烟盒包装不同层空隙、材料的 WVTR
Tab.3 WVTR of the clearances and materials of various packaging layers in cigarette packet mg/d

样品名称	空隙	材料
Bopp膜(硬盒)	2.06	14.53
Bopp膜(软盒)	8.94	15.84
商标纸(硬盒)	333.33	357.14
商标纸(软盒)	139.53	1 067.62
转移内衬纸(软盒)	87.46	694.44
复合内衬纸(软盒)	185.76	98.36

注: 对于软盒商标纸包装, 水分主要从开放的顶面扩散, 表中来自材料的水分扩散量包含烟盒开放的顶面和包装材料2个部分。

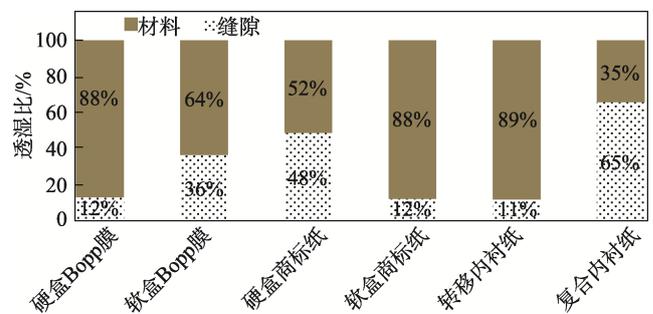


图3 不同烟盒包装空隙与材料透湿比例

Fig.3 Moisture permeability ratio of packaging clearance and material in different cigarette packets

由图3可知, 对于 Bopp 膜层, 软硬盒空隙处的水分通量均小于材料自身; 对于商标纸层, 硬盒材料和空隙的水分通量较一致, 而软盒水分主要经材料扩散; 对于内衬纸层, 复合内衬纸层水分大部分由空隙扩散, 而转移内衬纸层水分绝大部分则是通过材料扩散。复合内衬纸是由铝箔和纸通过黏胶剂复合而成, 表面较致密, 而转移内衬纸是将铝粉分布在薄膜上, 再将其转移至纸基, 前者铝层厚度是后者的近 10 倍, 材料阻隔性较好, 故复合内衬纸水分主要从空隙扩散。

2.3.2 不同烟盒包装组合阻湿性能

烟盒三层包装中的不同层对整体包装的阻湿性能的作用各有差异, 根据表 2 中不同包装材料及整体的阻湿指数, 计算 4 种烟盒组合包装中各层对整体阻湿性能的作用, 结果见图 4。

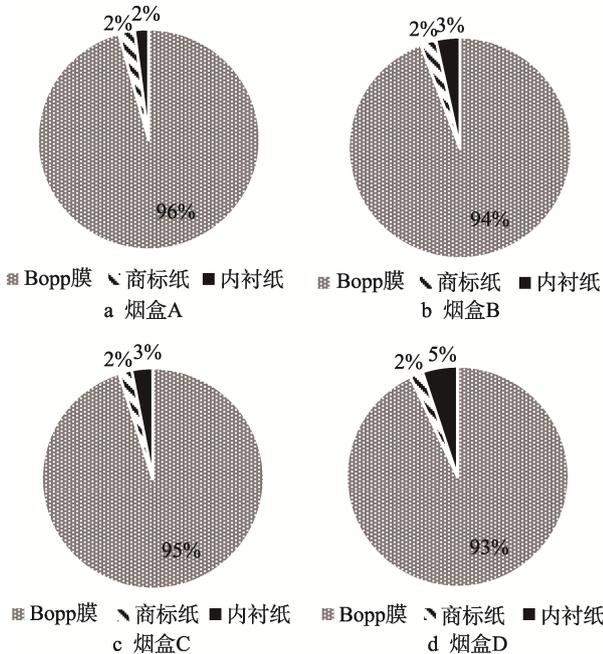


图 4 4 种烟盒组合包装中各层对整体阻湿性能的作用
Fig.4 Effect of each packaging layer of 4 kinds of cigarette packets on the overall moisture barrier performance

对于不同包装层, 各层对整体包装的阻湿性能的作用为 Bopp 膜>>内衬纸>商标纸。其中, Bopp 膜贡献度大于 90%, 商标纸贡献度约 2%, 内衬纸贡献度为 2%~5%, 复合内衬纸优于转移内衬纸, 见图 4。由表 3 可知, 对于不同包装形式, 硬包整体阻湿性能优于软包, 主要由于硬盒包装的 Bopp 膜热封效果好于软盒包装, 空隙较小, Bopp 膜包装的阻湿性能优于软盒包装。

2.4 不同盒型包装内烟支水分变化预测

2.4.1 不同盒型包装内烟支水分变化计算

烟支水分随着时间的变化可以用 Page 方程来拟合:

$$\frac{q_t - q_c}{q_0 - q_c} = \exp(-kt^d) \quad (8)$$

式中: q_t 为瞬时干基含水率; q_c 为平衡干基含水率; q_0 为初始干基含水率; t 为时间; k 和 d 为常数。近似假设: 烟支水分的等温吸附曲线符合一级 Page 方程, $d=1$ 。

Page 方程两边求导得式 (9):

$$\frac{dq_t}{dt} = -k(q_0 - q_c)\exp(-kt) \quad (9)$$

方程两边乘以干基质量, 则可表示为:

$$\frac{dm_t}{dt} = -k(m_0 - m_c)\exp(-kt) \quad (10)$$

式中: m_t 为瞬时干基含水量; m_c 为平衡干基含水量; m_0 为初始干基含水量。

根据烟支水分扩散通量的定义: $W \approx$

$$\frac{dm_t}{dt} = -k(m_0 - m_c)\exp(-kt), \text{ 将 } \exp(-kt) \text{ 由泰勒展开:}$$

$$\exp(-kt) = 1 - kt + \frac{1}{2}(-kt)^2 + \frac{1}{6}(-kt)^3 \quad (11)$$

根据实验发现, 等式中 k 的值为 10^{-8} 数量级, 因此, 在水分扩散前期, 等式右边二次方以上收敛, 因此:

$$W \approx -k(m_0 - m_c)(1 - kt) \quad (12)$$

说明在水分扩散前期, W 和时间 t 可近似为线性关系。

干燥环境中, 已知烟支水活度变化前后 2 个含水率和 WVTR 值, 就可以通过近似计算, 得到不同盒包烟支水分变化所需要的时间 t :

$$t = \frac{m_1 - m_2}{\frac{1}{2}(W_1 + W_2)} \quad (13)$$

式中: m_1 为较高含水率时的烟支含水量, mg; m_2 为较低含水率时的烟支含水量, mg; W_1 为较高含

含水率时的烟支水分扩散通量, $W_1 = \frac{\Delta a_{w1}}{r}$; W_2 为较低

含水率时的烟支水分扩散通量, $W_2 = \frac{\Delta a_{w2}}{r}$ 。

计算 4 种不同烟盒包装中烟支水活度由 0.6 降为 0.5 所需要的时间, 过程如下。

根据 1.2.3 节方法, 测得卷烟水活度 0.6 时的含水率为 12.98%, 水活度 0.5 时的含水率为 10.03%, 故烟盒内烟支水活度由 0.6 降至 0.5 时含水率下降 2.95%。在干燥环境 (温度为 22 °C、相对湿度为 40%) 下, 由表 2 中烟盒整体的阻湿指数理论值, 分别得到 4 种盒型在水活度 0.6 和水活度 0.5 时的 W_1 和 W_2 , 由式 (13) 计算得到 4 种盒型烟盒包装卷烟烟支水分扩散 2.95%, 即水活度由 0.6 下降至 0.5 所需时间 t , 结果见表 4。

表 3 4 种盒型烟盒包装卷烟水活度由 0.6 降为 0.5 所需时间
Tab.3 Time for the cigarette water activity reducing from 0.6 to 0.5 in 4 different cigarette packets

烟盒	包装形式	时间/d
A	硬盒转移内衬纸	114
B	硬盒复合内衬纸	115
C	软盒转移内衬纸	77
D	软盒复合内衬纸	78

2.4.2 预测模型验证

采用 1.2 节的方法测试了 2 种市售卷烟烟盒包装整体的水分阻隔性能, 计算它们的阻湿指数分别为 0.024 7 d/mg (卷烟 1) 和 0.025 3 d/mg (卷烟 2), 由 2.4.1 节计算得到卷烟 1 水活度由 0.6 下降至 0.5 所需时间为 74 d, 卷烟 2 为 76 d。

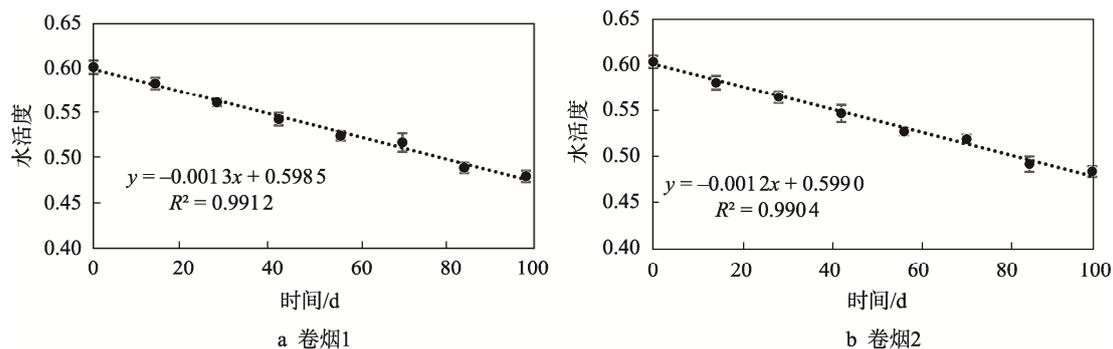


图5 2种市售卷烟内部烟支水分随时间变化

Fig.5 Change of moisture in 2 kinds of cigarettes available in the market with the time

采用 1.2.3 节的实验方法分别考察了 2 种烟盒卷烟在温度为 22 °C、相对湿度为 40% 条件下水活度随时间的实际变化过程 (图 5), 并将水活度与时间的对应关系进行线性拟合。其中, 卷烟 1 水活度随时间的变化方程为 $y = -0.0013x + 0.5985$, 卷烟 2 为 $y = -0.0012x + 0.5990$, 拟合方程的 R^2 均大于 0.99。由方程分别计算 2 种卷烟水活度为 0.5 时对应的时间, 即为 2 种卷烟水活度从 0.6 下降至 0.5 所需时间, 卷烟 1 为 76 d, 卷烟 2 为 82 d。

上述结果与文中利用 2.4.1 节的方法进行的理论计算值 (卷烟 1 为 74 d, 卷烟 2 为 76 d) 的偏差分别为 2.70% 和 7.89%, 说明通过模型计算可较准确地预测烟盒包装内烟支水分变化过程。

3 结语

利用自主研发的动态水分分析气候箱, 建立了简便、高效的多层烟盒包装阻湿性测试方法, 量化表征了卷烟盒包每层及各层不同部位对水分的阻隔作用, 形成了系统的烟盒包装阻湿性能评价方法。研究发现, 低湿条件下, 水分从烟盒包装各层的空隙及材料的透过量各有差异, 对于 Bopp 膜, 水分主要通过材料表面扩散, 而对于不同内衬纸和不同盒型的商标纸, 水分从材料及空隙扩散的分配比有所不同。在卷烟烟盒三层包装中, Bopp 膜的阻湿能力对烟支水分稳定起决定性作用。硬包整体包装的阻隔性能优于软包的。此外, 实现了不同烟盒包装内烟支水分变化过程的准确预测。上述研究进一步明晰了烟盒包装中水分的迁移机理, 为卷烟包装对烟支水分影响研究提供了表征手段, 为卷烟包装物理保润性能提升及卷烟产品包装设计提供了重要借鉴与参考。

参考文献:

[1] 孙雯, 李雪梅, 曾晓鹰, 等. 烟丝含水率对卷烟燃吸品质、烟气水分及粒相物挥发性成分的影响[J]. 烟草

科技, 2009, 42(11): 33-39.

SUN Wen, LI Xue-mei, ZENG Xiao-ying, et al. Influence of Moisture Content in Cut Tobacco on Smoking Quality, Particulate Volatile Components and Moisture Content in Cigarette Smoke[J]. Tobacco Science & Technology, 2009, 42(11): 33-39.

[2] BARBOSA-CÁNOVAS G V, FONTANA A J, SCHMIDT S J, et al. Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications[M]. 2nd edition. Chicago: Wiley-Blackwell, 2020: 227.

[3] 史奥, 钱怡. EPS-BC 瓦楞串联缓冲包装结构试验研究[J]. 包装与食品机械, 2017, 35(3): 21-24.

SHI Ao, QIAN Yi. Experimental Study on EPS and BC-Flute Corrugated Combination[J]. Packaging and Food Machinery, 2017, 35(3): 21-24.

[4] 王海利. 龙井绿茶品质判别与保质期预测模型的建立及应用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2019.

WANG Hai-li. Establishment and Application of Quality Discrimination and Shelf Life Prediction Model for Longjing Green Tea[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2019.

[5] 郝梅梅, 陈兰, 李娟娟, 等. 不同包装材料对大豆储藏品质的影响[J]. 食品科技, 2014, 39(7): 158-160.

Hao Mei-mei, Chen Lan, Li Juan-juan, et al. The Influence of Different Packaging Materials of Soybean Storage Quality[J]. Food Science and Technology, 2014, 39(7): 158-160.

[6] 周建新, 王璐, 张瑞, 等. 不同包装材料对储藏小麦粉微生物和脂肪酸值的影响[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(10): 26-29.

ZHOU Jian-xin, WANG Lu, ZHANG Rui, et al. Effect of Packing Materials on Microorganism Counts and Fatty Acid Values of Stored Wheat Flour[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2011, 26(10): 26-29.

[7] WANG Ying, ZHANG LEI. Effects of Different Barrier

- Packing Materials on Storage Quality of Rice [J]. *China Packaging*, 2006, 26(6): 57-61.
- 王颖, 张蕾. 不同阻隔性包装材料对大米储藏品质的影响[J]. *中国包装*, 2006, 26(6): 57-61.
- [8] 邓哲, 周海燕, 马梦强, 等. 不同包装材料、包装方式和贮藏条件对厚朴饮片质量的影响[J]. *中国现代中药*, 2019, 21(12): 1715-1719.
- DENG Zhe, ZHOU Hai-yan, MA Meng-qiang, et al. Impact of Different Packaging Materials, Methods and Storage Conditions on Magnolia Officinalis Slices[J]. *Modern Chinese Medicine*, 2019, 21(12): 1715-1719.
- [9] 林勇敢, 付晓纪, 周巾英, 等. 包装材料对不同水分含量花生贮藏效果影响[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(19): 331-334.
- LIN Yong-gan, FU Xiao-ji, ZHOU Jin-ying, et al. Effect of Packaging Materials on Storage Property of Different Moisture Content Peanut[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(19): 331-334.
- [10] 李升升, 靳义超, 谢鹏. 包装材料阻隔性对牛肉冷藏保鲜效果的影响[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(15): 256-260.
- LI Sheng-sheng, JIN Yi-chao, XIE Peng. Effect of Barrier Property of Packaging Material on the Quality of Beef during Chilling Storage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(15): 256-260.
- [11] 陈建军, 李奇, 安毅, 等. 双向保润剂的性能及其在卷烟中应用[J]. *中国烟草学报*, 2008, 14(S1): 21-22.
- CHEN Jian-jun, LI Qi, AN Yi, et al. Study on Bilateral Humectant and Its Application in Cigarette Production[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2008, 14(S1): 21-22.
- [12] 阮晓明, 王青海, 徐海涛, 等. 新型天然保润剂 PDS 在卷烟中的应用[J]. *烟草科技*, 2006, 39(9): 8-10.
- RUAN Xiao-ming, WANG Qing-hai, XU Hai-tao, et al. Application of New Natural Humectant PDS in Cigarette[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2006, 39(9): 8-10.
- [13] 程艳, 严恒, 蔡冰, 等. 魔芋葡甘聚糖衍生物在烟草保润中的应用研究[J]. *安徽农业大学学报*, 2011, 38(1): 146-150.
- CHENG Yan, YAN Heng, CAI Bing, et al. Application of KSAP in Moisture Retention of Tobacco[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2011, 38(1): 146-150.
- [14] 戴建国. 新型保润剂 NCS 在卷烟加料中的应用[J]. *烟草科技*, 1996(4): 28-29.
- DAI Jian-guo. Application of New Moisturizer NCS in Cigarette Additives[J]. *Tobacco Science & Technology*, 1996(4): 28-29.
- [15] 崔海滨, 王学娟, 赵世兴, 等. 保润剂 SLT 的开发及其在卷烟中的应用[J]. *中国烟草学报*, 2011, 17(1): 38-41.
- CUI Hai-bin, WANG Xue-juan, ZHAO Shi-xing, et al. Development of Humectant SLT and Its Application in Cigarette Production[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2011, 17(1): 38-41.
- [16] 楼佳颖, 沙云菲, 杨斌, 等. 乳化玉米油的制备及其保润性能[J]. *烟草科技*, 2013, 46(12): 36-40.
- LOU Jia-ying, SHA Yun-fei, YANG Bin, et al. Preparation of Emulsified Maize Oil and Its Moisture Retentivity[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2013, 46(12): 36-40.
- [17] 孙志涛, 崔凯, 霍现宽, 等. 盒包材料对烟支水分散失速率的影响[J]. *烟草科技*, 2017, 50(7): 82-87.
- SUN Zhi-tao, CUI Kai, HUO Xian-kuan, et al. Effects of Cigarette Packet Material on Moisture Loss Rate of Cigarette[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2017, 50(7): 82-87.
- [18] 韩兆让, 林龙杰, 郑国, 等. 包装材料的透湿与计算[J]. *包装工程*, 1993, 14(3): 112-118.
- HAN Zhao-rang, LIN Long-jie, ZHENG Guo, et al. The Water Vapour Transmission of Packaging Material and Its Calculation[J]. *Packaging Engineering*, 1993, 14(3): 112-118.
- [19] 毕研平, 孙东亮. 盒装卷烟贮存期间烟丝含水率变化分析[J]. *中国科技信息*, 2010(5): 132-134.
- Bi Yan-ping, Sun Dong-liang. Analysis of Moisture Content Change of Cut Tobacco during Storage of Boxed Cigarettes[J]. *China Science and Technology Information*, 2010(5): 132-134.
- [20] WU Da, ZONG Guo-qiang, CHEN Chao-ying, et al. Test Method of Moisturizing Properties of Tobacco: US, 8534297B1[P]. 2012-05-24.
- [21] YC/T 31—1996, 烟草及烟草制品 试样的制备和水分测定 烘箱法[S].
- YC/T 31—1996, Tobacco and Tobacco Products — Preparation of Test Sample and Determination of Water Content — Oven Method[S].