

绿色、安全、智能化卷烟包装的研究进展

张明月¹, 赵铭钦¹, 祝超智¹, 余小领¹, 武云杰¹, 秦艳青², 马晓华³, 原晓喻¹

(1.河南农业大学, 郑州 450002; 2.四川省烟草总公司, 成都 610000;

3.河南中烟工业有限责任公司, 郑州 450016)

摘要: **目的** 在数字化发展的大背景下, 为全面推进绿色包装、安全包装、智能包装一体化发展, 对我国卷烟包装的发展现状进行了深入探究。**方法** 一方面, 总结分析卷烟包装材料 and 卷烟纸技术, 以及色谱、光谱等检测手段在评估包装材料的环保性能和安全性能上的应用, 提供绿色、安全化的策略研究。另一方面, 探究数字化技术在自动化生产、真伪卷烟包装鉴别、产地溯源、质量综合评价等方面的应用。**结论** 数字化技术的应用是三位一体的卷烟包装, 尤其是“智能包装”发展的必然趋势, 将推动烟草包装行业向更深、更广的维度发展。

关键词: 卷烟包装; 卷烟纸技术; 绿色包装; 智能包装; 数字化技术

中图分类号: TS206.4; TS47; TS452^{+.7} **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)17-0308-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.17.040

Research Progress on Green, Safe and Intelligent Cigarette Packaging

ZHANG Ming-yue¹, ZHAO Ming-qin¹, ZHU Chao-zhi¹, Yu Xiao-ling¹, WU Yun-jie¹, QIN Yan-qing²,
MA Xiao-hua³, YUAN Xiao-yu

(1. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Sichuan Provincial Tobacco Corporation, Chengdu 610000, China; 3. China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450016, China)

ABSTRACT: The work aims to research the development status of Chinese cigarette packaging to comprehensively promote the development of green, safe, intelligent packaging under the background of digital development. On the one hand, the development of cigarette packaging materials and cigarette paper technology, the application of chromatography, spectrum and other detection methods in evaluating the environmental performance and safety performance of packaging materials were summarized and analyzed to provide a green and safety strategy research. On the other hand, the application of digital technology in automatic production, authenticity identification of cigarette packaging, origin traceability, comprehensive quality evaluation, etc. were explored. The application of digital technology is an inevitable trend in development of three-in-one cigarette packaging, especially intelligent packaging. It will promote the cigarette packaging industry to a deeper and wider dimension.

KEY WORDS: cigarette packaging; cigarette paper technology; green packaging; intelligent packaging; digital technology

烟草是全世界范围内的普遍性消费品,而卷烟是当前最常见的烟草制品,占全球烟草制品总量的百分之八

十,文中主要讨论卷烟包装。目前世界经济发展缓慢,控烟政策日益严格,2021年世界烟草发展报告显示全

收稿日期: 2022-05-05

基金项目: 河南中烟工业有限责任公司科技项目(AW202148); 中国烟草总公司四川省公司重点科技项目(SCYC201913); 河南省重大科技专项项目(221100110500)

作者简介: 张明月(1988—),女,博士,讲师,主要研究方向为高分子材料制备及应用。

通信作者: 原晓喻(1987—),女,博士,讲师,主要研究方向为食品接触材料安全评估研究。

球卷烟总销量发生下降。加之入世后发达国家实行的绿色贸易壁垒和国外低焦油、高环保卷烟标准对国内市场的冲击,我国烟草企业若要在严峻的竞争中占有一席之地,除了关注卷烟品牌与吸味,还需对卷烟包装提出更严格的要求。

《关于加快我国包装产业转型发展的指导意见》中指出,包装工业的发展重点之一是“全面推进绿色包装、安全包装、智能包装一体化发展,有效提升包装制品、包装印刷、包装装备等关键领域的综合竞争力”,这也是卷烟产品走向世界市场的基本保障。从业人员紧随时代要求,分别从卷烟纸技术研发、包装材料安全评估、危害物控制和数字化技术应用等方面进行了深入的探究,有效推动了卷烟包装行业的发展。

1 卷烟包装材料

1.1 卷烟透明包装材料

透明包装材料是在卷烟烟盒及条盒外包裹的一层薄膜,具有防潮、阻止香气散失和防伪的作用,它主要有玻璃纸和热封型双轴拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜2种^[1]。BOPP薄膜强度高、稳定性强、透湿透氧率低,印刷效果好,是目前主要使用的透明包装材料。此外,随着技术的不断发展,还出现了隔离阻断薄膜、收缩紧绷薄膜、防伪薄膜以及印刷薄膜等透明包装材料。

1.2 卷烟商标纸

商标是制造商加在卷烟产品上的标志,卷烟商标用纸主要有胶版纸、铸涂纸和白卡纸。防伪和环保是卷烟包装印刷的重点,目前主要卷烟商标材料有防伪激光铝卡纸、激光全息转移纸、BOPP及PET激光彩虹卡纸、铝箔复合卡纸等。其中防伪激光铝卡纸和激光全息转移纸,可降解,绿色环保,符合发展要求。此外,在商标纸中引入功能性材料在满足一般要求的同时可以赋予其他作用,如通过在商标纸上涂抹焦甜香香精胶囊溶液可以使卷烟烟盒纸达到较好的缓控释香精效果^[2]。

1.3 卡纸和卷烟内衬纸

卡纸位于卷烟包装盒内,主要起支撑作用,又叫烟舌。材料主要是白卡纸,常见的是在其表面涂布一层金色或者银色颜料。无异味、更薄、更稳定、更环保是此类材料的发展趋势。卷烟内衬纸用于卷烟小盒包装内,有防潮、防霉和保香的作用。压延铝箔纸对光、气和水有很好的阻隔性,是目前应用最广的内衬纸。此外,真空镀铝纸、直接镀铝纸以及复合镀铝纸也有越来越多的应用。

随着时代进步和发展需求,更多类型的卷烟包

装材料还需被研发。在环保方面,无毒、无害、易降解、可回收将是卷烟包装材料关注的重点;此外,卷烟包装材料还将在防伪、口感、广告等功能性方面还有待提高,如卷烟商标纸的缓控释香料性、铝覆膜使产品更加保润、二维码的使用、精美的印刷和外包装设计等。

2 卷烟纸技术

目前卷烟纸技术主要针对降焦减害和加香保润2个方面,在降焦减害方面应用较多的是加助燃剂和功能材料(图1)。在加香保润方面应用较多的是微胶囊和提取物涂布技术(图1)。

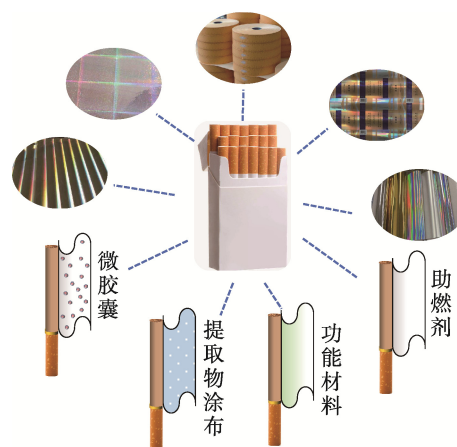


图1 卷烟包装材料及卷烟纸技术
Fig.1 Cigarette packaging materials and cigarette paper technology

2.1 助燃剂

助燃剂作为卷烟纸的主要添加成分,可以调节烟支的燃烧温度和燃烧状态,改变烟气有害成分的释放。具体表现为:提高燃烧速率,降低抽吸过程的燃烧温度,减少抽吸口数,控制烟气中CO和焦油含量等有害成分的释放^[3-4]。

助燃剂用量和类型能影响卷烟纸的孔隙率^[5-7],改变燃烧速率,其中助燃剂的用量起主要作用。当不改变助燃剂类型,只增加助燃剂用量,可增加卷烟燃烧时的阴燃温度、加快烟支燃烧速度,有效降低烟气中有害化学成分的释放,如烟碱、焦油量、总冷凝物、尼古丁等。此外,助燃剂类型也会对卷烟余味、杂气和香气产生影响。杨韧强等^[7]将添加了柠檬酸钾和乳酸钾助燃剂的卷烟分别进行感官评价,结果表明以柠檬酸钾为助燃剂的卷烟总体感官品质优于以乳酸钾为助燃剂的卷烟。

2.2 功能材料

功能材料是指能吸附烟气中有害成分或能与有害成分发生化学反应的材料。将其应用到卷烟纸上,

可以达到选择性减害的目的。比如 MgO 或 MgOH 填料可降低卷烟纸热解温度,显著减少主流烟气和测流烟气中的总颗粒物含量,进而有效控制卷烟燃烧过程中产生的有害物质。常见的有将部分 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 代替 CaCO_3 用作卷烟纸填料^[8],或加入碳酸钙填料制备卷烟纸^[9]。

此外,把香料和经干燥处理的羟基磷酸钙加入到乙醇中,打浆后涂布于卷烟纸上,制得的卷烟纸具有良好的保润特性和独特的奶香味,对 NH_3 和 CO 等有害成分具有一定的吸附作用,而且,燃烧过程中产生的磷酸酐或磷酸,还具有很好的包灰效果^[10]。通过丁烷四羧酸和碱反应制备碱金属盐,将其应用到卷烟纸上,可以有效降低主流烟气中 CO 和焦油的释放量,具有较好的减害降焦效果^[11]。

2.3 微胶囊

微胶囊技术利用成膜材料将固体或液体包覆,制备成微小粒子^[12]。微胶囊包覆高挥发性的香料,使香料成分更加稳定。将微胶囊加入到卷烟纸制备成香烟,香气成分只在燃吸时释放出来,具有改善烟气香味与抽吸品质的作用。微胶囊技术克服了特征性香料难以在卷烟纸上使用的难题。

有研究表明微胶囊通过浆内加填或浸涂的方式与卷烟纸结合,不仅可以提高香料的热稳定性,还能使烟气柔和细腻,口感甜润。微胶囊的粒径和品类分别对卷烟的透气度和阴燃速率产生影响^[13]。目前卷烟纸中的微胶囊种类已有很多,比如以明胶和阿拉伯胶为原材料制备的沉香精油微胶囊^[14]、通过喷雾干燥技术制备的红枣精油微胶囊^[15],以及茉莉微胶囊^[16],它们都具有很好的缓释性能和长效作用,明显的提升了卷烟的理化品质以及感官评价。

2.4 提取物涂布

2.4.1 卷烟增香

将提取物涂布在卷烟纸上,在烟支燃烧过程中提取物通过挥发、以裂解的形式释放香味成分,起到增香和保润的作用。胡少东等^[17]通过涂布制得雪茄风味卷烟纸,其嗅香和感官评价都优于空白卷烟。

2.4.2 制备彩色卷烟纸

白色卷烟纸容易给烟草消费者带来视觉疲劳。随着卷烟纸的升级和包装行业的发展,彩色卷烟纸顺势而生。大多采用提取物涂布法制备彩色卷烟纸。杨绍文等^[18]采用烟草提取物和天然提取物原料制备涂布液,成功开发出适应市场需求的棕色卷烟纸,可有效降低卷烟纸杂气、增加卷烟香味。张克灿等^[19]利用碎烟叶和大麻杆通过清洁的氧碱法技术提取大麻杆芯纤维原料,制得彩色卷烟纸,也具有类似的效果。刘亚等^[20]开发了一种具有特殊香气的彩色卷烟纸涂布液,可以有效代替传统合成色素,

不仅能提高安全性,还能使卷烟产品同时具有视觉和嗅觉的双重感官感受,并产生了良好的社会效益和经济效益。

2.4.3 制备低引燃倾向卷烟纸

低引燃倾向(Low Ignition Propensity, LIP)卷烟纸制备的卷烟具有自动熄灭的功能,可有效降低火灾发生率,提高安全性。许多国家和地区的法规已明确要求生产和销售的卷烟必须为 LIP 卷烟。常见的多为复配阻燃剂或涂层组合物,如 LD/APP^[21]、黄原胶/有机物^[22],将其涂布在卷烟纸上形成阻燃带,具有高效阻燃效果,显著降低着火倾向^[23],且不影响卷烟外观和吸味,可达到 LIP 要求。此外,在卷烟纸上涂布甲氧基果胶,使卷烟纸表面形成燃烧抑制区域,也制备低火焰蔓延性能的 LIP 卷烟纸^[24]。

3 烟草包装材料中的潜在危害物检测方法与控制措施

随着卷烟包装材料种类越来越多,包装材料的安全性也引发了行业内的广泛关注。卷烟条与盒包装纸中的残留挥发性有机物 VOCs、滤嘴接装纸和成型纸中的荧光增白剂,都会对消费者健康和卷烟品质产生影响。但是关于卷烟包装中危害物的检测技术、法规标准、管控手段,目前都还处于起步阶段。随着“低碳经济”的到来,我国必须抓紧迈入“绿色包装”“安全包装”时代。建立高效、灵敏的危害物检测方法,并提出切实可行的管控措施(图 2),为我国烟草行业卷烟包装材料的质量控制提供理论依据和技术参考。

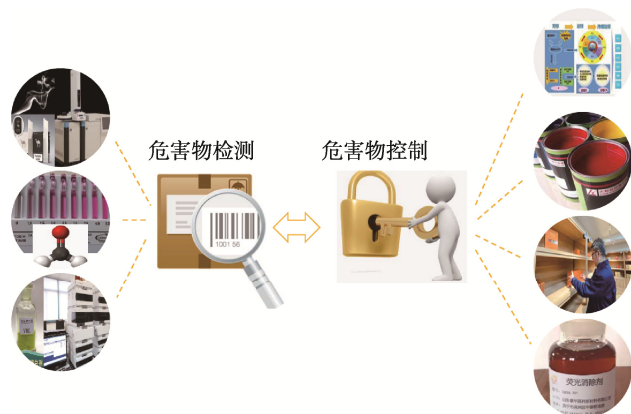


图2 卷烟包装材料中潜在危害物检测及控制
Fig.2 Detection and control of potential hazards in cigarette packaging materials

3.1 烟草包装材料中的潜在危害物检测方法

近年来,各种新型包装材料、印刷材料和胶黏剂被广泛应用于烟草行业。烟草包装材料中常见的 VOCs 有乙酸乙酯、乙酸丙酯、乙酸丁酯、丙二醇甲

醚、苯、甲苯、乙苯、二甲苯(邻、间、对)、异丙苯、苯乙烯和苯甲醛等^[25]。当其迁移至卷烟或空气中,将会影响烟味品质和危害人体健康。烟草行业颁布的YC 263—2008《卷烟条与盒包装纸中挥发性有机化合物的限量》和YC/T 207—2014《烟用纸张中溶剂残留的测定顶空-气相色谱-质谱联用法》这2项标准对烟草包装中VOCs的检测方法和限定含量做出了规定。

3.1.1 气相色谱法测定卷烟包装材料中的挥发性物质 VOCs

烟草包装中VOCs检测方法常用的有气相色谱法^[26-27]和气相色谱-质谱联用法^[28]。包装材料中溶剂残留分析的难点在于低浓度目标分析物的捕集,基于烟草包装材料中挥发性物质的特点,目前常采用的富集、浓缩预处理技术有:静态顶空技术(Headspace, HS)^[29]、吹扫捕集动态顶空技术(Purge and Trap, P&T)^[30-31]、固相微萃取技术(Solid-Phase Microextraction, SPME)^[32]、顶空-固相微萃取技术(HS-SPME)、热脱附技术(Thermal Desorption, TD)^[33]等。结合预处理技术和检测方法,对卷烟包装材料中的危害物进行高效、高灵敏测定。

3.1.2 快速比色法检测纸质包装材料中的甲醛

和气相色谱法相比较,比色法具有快速、简便、易操作的特点。上海烟草集团和上海烟草包装印刷公司发明了一种基于膜富集比色快速检测纸质包装材料中甲醛含量的方法,首次将膜富集与比色法进行结合用于甲醛的检测中,能够快速测定纸质包装材料及其油墨中甲醛含量,提高测定准确性和灵敏度^[34]。展望未来,还将会有更多的关于烟草包装材料中VOCs的快速检测方法,来满足生产过程的实际需求。

3.1.3 超高效液相色谱-荧光检测器法检测卷烟包装材料中荧光增白剂

卷烟工业中,荧光增白剂ABP、VBL主要用于滤嘴接装纸和成型纸的增白,人体过量蓄积将会对健康造成危害,应严格控制其用量。超高效液相色谱-荧光检测器法(UPLC-FLD)前处理操作简便,分离速度快,重复性好,回收率高,可应用于卷烟包装材料中的荧光增白剂ABP和VBL进行定性和定量研究^[35],为建立卷烟滤嘴接装纸和成型纸中荧光增白剂的分析方法以及相关企业和监管部门提供技术参考。

3.2 烟草包装中危害物的控制措施

卷烟制品中的异常气味和不安全因子,多与包装材料中的挥发的有机化合物VOCs和荧光增白剂有关。条、盒包装中的VOCs和滤嘴接装纸、成型纸中的荧光剂可通过改进纸质原材料、印刷基料以及油墨组成、储存条件、添加荧光减除剂等方法进行控制。

3.2.1 建立烟草包装原材料的危害物检验标准

基于烟草包装原材料的大量检测数据,建立适合烟包体系的危害物检验标准。与原材料供应商签订危害物控制协议。对每批次到货的原材料进行检测,结果合格后方可入库。对原材料进行全链条监控。

3.2.2 改进油墨成分、优化印刷工艺

烟草包装在印刷过程中使用的油墨成分含有大量的有机溶剂,这是烟草包装中VOCs的主要来源,也是全链条检测的重点抽样环节。烟丝和卷烟滤嘴对VOCs有较强的吸附能力,卷烟条与盒包装纸中的部分VOCs可转移到烟支中,从而造成卷烟异味,影响卷烟自身风味。为了控制VOCs含量,将传统有机型油墨改为对人体危害更低的有机型油墨,或者环保型的水性油墨^[36],在印刷过程中将几乎不会出现VOCs。此外,也可通过优化烟用商标纸上加液方式^[37],如采用淋加方式,严格控制VOCs的残留量,提高卷烟吸食安全性和确保卷烟制品的质量。

3.2.3 改善烟草包装的存储条件

烟草包装产品的全链条检测点除了生产环节和印刷环节,还应该包括散味和储存环节。基于VOCs易挥发的特点,采用物理方式降低烟草包装材料中VOCs的含量,比如:提高烘干温度、增加空气流通、调节生产车间的湿度、延长包装材料的存放时间等。湿度应控制在45%~65%,过高或过低都会影响烟草包装的平整度,且过高还会限制多种VOCs的挥发。此外还有研究表明,将卷烟商标成品最好放在仓库通风处7d以上再使用,可使VOCs的含量明显降低。

3.2.4 添加荧光减除剂

国家对烟卡及卷烟纸的荧光含量的要求越来越严,为了减少纸张中的荧光含量,在生产时需要长时间停机及多次清洗,转换时间长,耗费了大量的水资源,造成环境的污染。可使用荧光减除剂——阳离子水溶性聚合物PAS,中和系统中的阴离子发光基团,快速消除循环系统和浆料中的残余荧光增白剂,大大缩短转换过渡时间。

4 数字化技术在烟草包装中的应用

数字化技术在发达国家烟草行业的应用较早。在我国尚处于起步阶段。随着国内烟草行业卷烟品种的不断增多和卷烟档次的不断提高,对烟草包装行业的数字化技术应用提出了更高的要求。卷烟“智能包装”正日益成为商品功能延伸和提升包装商品附加值的最佳方案。数字化技术的高速发展,成为促进智能包装产生和发展的关键因素和主要推动力。目前数字化技术在我国烟草包装材料生产、品牌溯源、卷烟真伪鉴别、卷烟品质评定方面已有初步应用(图3)。

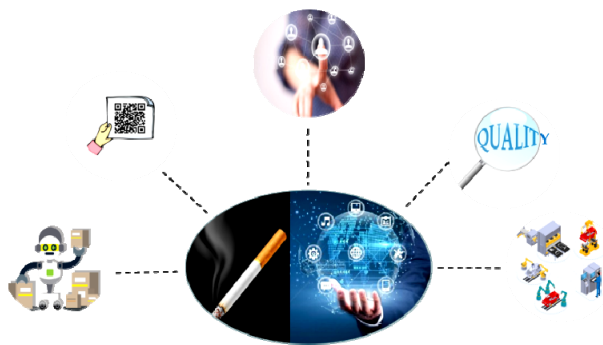


图3 数字化技术在卷烟包装中的应用
Fig.3 Application of digital technology in cigarette packaging

4.1 烟草包装材料的自动化生产设备

可编程控制器 PLC 技术通过应用高灵敏探测器和传感器实时检测烟草包装材料质量,提高生产设备的自动化性能^[38-39]。自动化控制技术还能够实现对内衬纸、接装纸及条小盒印刷的在线监测。比如,基于机器视觉系统的快速外观检测设备,可替代人的眼睛对产品进行测量和判断^[40]。在高速运转的包装生产设备上,外观检测设备可有效保障烟草包装质量。摄像装置捕捉目标图像,将其转换成数字信号,进一步传输给专用图像处理系统,并做出相应的判断,输出结果,调整设备。但是,物料运输、涂胶、包边、面纸成型、水平烘炉、烟盒切边等工序的生产效率依然很低,生产自动化依然有待提高^[41]。

4.2 真伪卷烟包装鉴别

卷烟真伪鉴别方法主要有基于卷烟烟丝的鉴别法和基于卷烟包装的鉴别方法。一般常用的有感官鉴别法,对技术人员要求高,主观性和经验依赖性强。随着技术水平的提高,基于卷烟包装鉴别出现一些新方法。基于 TRIZ 理论的便携式卷烟真伪鉴别辅助工具剪,配套制定“一摸三看”可便捷地实现对卷烟真伪外观鉴定^[42]。利用计算机视觉对卷烟包装进行图像处理和特征向量提取,再以相似性度量模型、机器学习模型对特征向量进行分类并判定卷烟真伪^[43]。基于高分辨率网络和注意力机制的卷烟包装真伪鉴别,准确率可达到 97.21%,可有效提高鉴别准确度^[44]。采用衰减全反射红外光谱法可实现无损鉴别真假卷烟,且准确率可达 100%^[45]。

4.3 卷烟品牌和产地溯源

刑事案件现场中分析香烟物证的品牌和来源,对锁定侦查范围、有效打击犯罪十分重要,但是烟盒外包装薄膜常常被油脂浸染、灰尘覆盖或摩擦破损。因此对污染的香烟盒外包装薄膜进行品牌和产地溯源意义重大。

傅里叶变换红外光谱法、小角激光散射法、差示扫描量热法、X 射线荧光光谱法、拉曼光谱法^[46]等光谱技术可对香烟盒外包装薄膜进行检测,通过降维相关性分析方法处理光谱数据(峰形、峰位、峰高比),形成烟草包装溯源数据库,实现对全部样品的分类,为公安机关实际办案中缩小锁定侦查范围提供帮助。

4.4 卷烟质量综合评价

卷烟质量是卷烟企业的核心竞争力。根据 GB/T 5606.6—2005,卷烟质量评价的 6 个指标中 2 个指标与烟草包装紧密相关。因此,提高烟包质量,对综合评价卷烟质量十分重要。

可通过灰色局势决策方法和 DTOPSIS 法,将综合性状转化为可以量化的值,全面、客观地评价烟草品种的优劣^[47]。DTOPSIS 法建立了参试品种的“正理想解”和“负理想解”,并将各指标与理想解的差距累加起来。根据得到的 C_i 值对卷烟质量进行排序(C_i 值的计算相对复杂)。灰色局势决策方法只需要依据上限效果测度或下限效果测度计算效果测度值,得出综合效果测度值,从而进行排序,此方法原理简单、计算便捷。根据实际工作确定指标权重,使所得结果更接近实际,客观地、科学合理地评价卷烟综合质量的优劣,为卷烟品牌的发展提供可靠依据。

5 烟草包装数字化和智能化发展趋势

近年来,我国材料科学、现代安全检测和控制技术、计算机技术和人工智能等技术的协同进步,加快了卷烟包装及卷烟产品的世界化进程。面对“绿色包装”“安全包装”“智能包装”的时代要求,从业人员针对降焦减害和加香保润 2 个方面优化卷烟纸技术,采用多种检测手段评估烟草包装材料的安全性,并实行科学合理的管控措施。在数字化技术高速发展的时代大背景下,智能化卷烟包装也在不断地试水,包括卷烟包装的自动化生产、真伪鉴别、产地溯源、包装信息整合等,日益成为产品功能的延伸,推动烟草包装行业向更深、更广维度发展。

6 结语

数字化技术将继续应用于卷烟包装的研发过程,其发展趋势主要有如下几方面。

1) 研发智能化烟草装备。比如开发烟草包装材料自主选择系统,建立烟草包装材料匹配数据库,根据烟草等级和产地特征等信息,选择最适合的包装材料与包装形式。研发全自动的烟草包装机器人,提高成型、水平烘炉、烟盒切边等工序的生产效率,这将是卷烟包装的发展趋势之一。

2) 提升数字化防伪卷烟包装。随着计算机技术、网络技术和可变数据印刷等技术的发展,卷烟包装防

伪也将是未来的发展趋势。不断将新工艺、新技术应用在卷烟包装上,主要包括材料防伪、工艺防伪和数字防伪等。通过提高技术壁垒,达到保护品牌的目的。

3) 发展互动式卷烟包装。将卷烟包装与 AR、VR、MR 技术相结合,实现数字技术与印刷技术的完美融合。对卷烟产品进行充分的诠释和演绎,增强包装的灵动感。卷烟包装未来的发展趋势必将集成各种创新技术手段,通过与智能技术相结合,为行业发展赋能。

参考文献:

- [1] 郁骋丹, 方俊俊, 白睿, 等. 卷烟辅料 BOPP 膜对包装密封度影响研究[J]. 新型工业化, 2020, 10(8): 144-146.
YU Cheng-dan, FANG Jun-jun, BAI Rui, et al. Study on the Influence of Cigarette BOPP Film on Packaging Tightness[J]. The Journal of New Industrialization, 2020, 10(8): 144-146.
- [2] 田振峰, 徐迎波, 徐志强, 等. 加香烟盒纸的缓释性能研究[J]. 香料香精化妆品, 2017(6): 5-7.
TIAN Zhen-feng, XU Ying-bo, XU Zhi-qiang, et al. Study on Slow Release Property of Encapsulated Flavor on Cigarette Box[J]. Flavour Fragrance Cosmetics, 2017(6): 5-7.
- [3] 李旭华. 草酸钾添加量对卷烟纸热解性能及主流烟气的影响[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2012, 27(1): 29-32.
LI Xu-hua. Effect of Different Concentration Potassium Oxalate on Pyrolysis Characteristics of Cigarette Paper and Mainstream Smoke[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry (Natural Science), 2012, 27(1): 29-32.
- [4] 郭吉兆, 郑赛晶, 颜权平, 等. 卷烟纸助燃剂对主流烟气 7 种有害成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2012(7): 43-45.
GUO Ji-zhao, ZHENG Sai-jing, YAN Quan-ping, et al. Effects of Combustion Improver in Cigarette Paper on Deliveries of Seven Harmful Components in Mainstream Cigarette Smoke[J]. Tobacco Science & Technology, 2012(7): 43-45.
- [5] 邱建华, 周浩, 李国政, 等. 卷烟纸助燃剂对卷烟燃烧特性及主流烟气中 CO 释放量的影响[J]. 中国造纸, 2019, 38(5): 32-37.
QIU Jian-hua, ZHOU Hao, LI Guo-zheng, et al. The Influence of Cigarette Paper Combustion Improver on Cigarette Combustion and CO Release in Mainstream of Cigarette Smoke[J]. China Pulp & Paper, 2019, 38(5): 32-37.
- [6] JODL R. The Influence of Burning Additives of the Cigarette Paper on the Smoke Yields of Cigarettes/Über Den Einfluss Der Glimmsalze Des Cigarettenpapiers Auf Die Abrauchergebnisse Von Cigaretten[J]. Contributions to Tobacco Research, 2014, 5(1): 22-24.
- [7] 杨韧强, 毛多斌, 黄朝章, 等. 卷烟纸中不同助燃剂类型对卷烟感官品质的影响[J]. 轻工学报, 2018, 33(2): 50-54.
YANG Ren-qiang, MAO Duo-bin, HUANG Chao-zhang, et al. Effects of Different Types of Combustion Supporting Agent in Cigarette Paper on Cigarette Sensory Quality[J]. Journal of Light Industry, 2018, 33(2): 50-54.
- [8] 侯轶, 刘明友, 徐程程. 卷烟纸中 $Mg(OH)_2-CaCO_3$ 加填及其对卷烟烟气的影响[J]. 中国造纸, 2007(7): 8-12.
HOU Yi, LIU Ming-you, XU Cheng-cheng. The Influence of Flame Retardant -Magnesium Hydroxide in the Cigarette Paper on the Harmful Smoke[J]. China Pulp & Paper, 2007(7): 8-12.
- [9] SHEN J, LI J, QIAN X, et al. A Review on Engineering of Cellulosic Cigarette Paper to Reduce Carbon Monoxide Delivery of Cigarettes[J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 101: 769-775.
- [10] 付瑜锋, 田海英, 董艳娟, 等. 一种兼具保润和减害功能的奶香味卷烟纸及其制备工艺: 中国, 107476136A[P]. 2017-12-15.
FU Yu-feng, TIAN Hai-ying, DONG Yan-juan, et al. Milk-Flavored Cigarette Paper with Moistening and Harm Reducing Functions and Preparation Technology of Milk-Flavored Cigarette Paper: China, 107476136A[P]. 2017-12-15.
- [11] 戴亚, 赵德清, 陈克复, 等. 一种具有减害功能的卷烟纸添加剂及其应用: 中国, 102733254A[P]. 2012-10-17.
DAI Ya, ZHAO De-qing, CHEN Ke-fu, et al. Cigarette Paper Additive with Harm-Reduction Function, and Application Thereof: China, 102733254A[P]. 2012-10-17.
- [12] 黄晓丹. 烟用香料微胶囊化研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 12-14.
HUANG Xiao-dan. Study on Microencapsulation of Tobacco Flavor[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008: 12-14.
- [13] 徐兰兰, 王建民, 刘朝富, 等. 微胶囊对卷烟纸阴燃速率和阴燃温度的影响[J]. 中国造纸, 2020, 39(5): 12-14.

- 87-90.
- XU Lan-lan, WANG Jian-min, LIU Chao-fu, et al. Effects of Microcapsules on Smoldering Rate and Burning Temperature of Cigarette Paper[J]. China Pulp & Paper, 2020, 39(5): 87-90.
- [14] 秦艳, 康林芝, 云帆, 等. 沉香精油微胶囊的制备及其在卷烟纸中的应用研究[J]. 农产品加工(下), 2016(7): 9-13.
- QIN Yan, KANG Lin-zhi, YUN Fan, et al. Manufacturing Microcapsules of Eaglewood Oil and Application in Cigarette Paper[J]. Farm Products Processing, 2016(7): 9-13.
- [15] 卓浩廉, 罗福明, 伍锦鸣, 等. 红枣香精微胶囊的制备及其在卷烟纸中的应用研究[J]. 农产品加工, 2015(7): 17-18.
- ZHUO Hao-lian, LUO Fu-ming, WU Jin-ming, et al. Manufacturing Microcapsules of Zizyphus Jujuba Oil and Application in Cigarette Paper[J]. Farm Products Processing, 2015(7): 17-18.
- [16] 任周营, 何力, 邹恩凯, 等. 茉莉微胶囊的热失重及其对卷烟纸热裂解产物的影响[J]. 中国造纸, 2020, 39(8): 80-84.
- REN Zhou-ying, HE Li, ZOU En-kai, et al. Thermogravimetry of Jasmine Microcapsule and Its Effect on Pyrolysis Products of Cigarette Paper[J]. China Pulp & Paper, 2020, 39(8): 80-84.
- [17] 胡少东, 鲁平, 陈孟起, 等. 涂布型雪茄风味卷烟纸的应用效果研究[J]. 中国造纸, 2021, 40(10): 30-36.
- HU Shao-dong, LU Ping, CHEN Meng-qi, et al. Study on Application of Coated Cigar Flavor Cigarette Paper[J]. China Pulp & Paper, 2021, 40(10): 30-36.
- [18] 杨绍文, 黄海群, 罗丽莉, 等. 棕色卷烟纸的研发及应用[J]. 烟草科技, 2009(5): 5-9.
- YANG Shao-wen, HUANG Hai-qun, LUO Li-li, et al. Development and Application of Brown Cigarette Paper[J]. Tobacco Science & Technology, 2009(5): 5-9.
- [19] 张克灿, 朱正良, 郭红波, 等. 烟草本色卷烟纸的制备与性能研究[J]. 纸和造纸, 2021, 40(5): 17-23.
- ZHANG Ke-can, ZHU Zheng-liang, GUO Hong-bo, et al. Study on the Preparation and Performance of Tobacco Natural Color Cigarette Paper[J]. Paper and Paper Making, 2021, 40(5): 17-23.
- [20] 刘亚, 张健, 高莉, 等. 一种具有特殊香气的彩色卷烟纸涂布液及其应用: 中国, 108797214A[P]. 2018-11-13.
- LIU Ya, ZHANG Jian, GAO Li, et al. Colored Cigarette Paper Coating Solution with Specific Fragrance and Application Thereof: China, 108797214A[P]. 2018-11-13.
- [21] 周明珠, 邢军, 张文灿, 等. 新型阻燃剂在低引燃倾向卷烟纸生产中的应用[J]. 中国造纸, 2019, 38(4): 73-76.
- ZHOU Ming-zhu, XING Jun, ZHANG Wen-can, et al. Application of New Flame Retardant in the Production of Cigarette Paper with Low Ignition Tendency[J]. China Pulp & Paper, 2019, 38(4): 73-76.
- [22] 杨扬, 王浩, 朝鲁门, 等. 黄原胶在低引燃倾向卷烟纸中的应用研究[J]. 中国造纸, 2021, 40(5): 54-62.
- YANG Yang, WANG Hao, CHAO Lu-men, et al. Application of Xanthan Gum in Low Ignition Propensity Cigarette Paper[J]. China Pulp & Paper, 2021, 40(5): 54-62.
- [23] KIDA S, IZUMIYA T, TOWATARI K. Low Flame-Spreading Wrapping Paper, Method for Producing Same and Machine for Producing Same: Japan, EP09851641.2[P]. 2017-08-02.
- [24] KOMINAMI T. Low Flame-Spreading Cigarette Paper: USA, 9903071[P]. 2018-02-27.
- [25] 蒋次清, 段晓洁, 王岚, 等. 卷烟与食品包装材料中挥发性有机化合物的比较分析及其安全性探讨[J]. 包装工程, 2010, 31(15): 10-14.
- JIANG Ci-qing, DUAN Xiao-jie, WANG Lan, et al. Comparison Analysis and Safety Probe to Volatile Organic Compounds in Packaging Material of Cigarette and Food[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(15): 10-14.
- [26] 张丹青, 郑建明, 肖时俊. 顶空气相色谱法测定卷烟条和盒包装纸的苯系物[J]. 广州化工, 2011, 39(3): 126-127.
- ZHANG Dan-qing, ZHENG Jian-ming, XIAO Shi-jun. Determination of Benzene Homologues in Cigarette Carton and Packet Packing Papers by Headspace Gas Chromatography[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2011, 39(3): 126-127.
- [27] 朱斌, 徐昕荣, 向弘, 等. 顶空气相色谱-质谱联用法测定卷烟材料中的溶剂残留[J]. 质谱学报, 2010, 31(2): 116-119.
- ZHU Bin, XU Xin-rong, XIANG Hong, et al. Determination of Residual Solvents in Cigarette Materials by Headspace Gas Chromatography-Mass Spectrometry[J]. Journal of Chinese Mass Spectrometry Society, 2010, 31(2): 116-119.
- [28] 朱洁, 吴柏仪, 谢慧坚. 利用顶空气相色谱-质谱联用法测定卷烟材料中的溶剂残留[J]. 当代化工研究, 2018(5): 171-172.

- ZHU Jie, WU Bo-yi, XIE Hui-jian. Determination of Solvent Residues in Cigarette Materials by Headspace Gas Chromatography-Mass Spectrometry[J]. Modern Chemical Research, 2018(5): 171-172.
- [29] 应洪波, 郑建明, 袁青, 等. 静态顶空—气相色谱质谱联用法测定烟草包装材料中挥发性有机物[J]. 分析仪器, 2014(2): 23-27.
- YING Hong-bo, ZHENG Jian-ming, YUAN Qing, et al. Determination of Volatile Organic Compounds in Cigarette Packaging Materials Using Static HS/GC-MS[J]. Analytical Instrumentation, 2014(2): 23-27.
- [30] 刘春波, 陆舍铭, 刘正聪, 等. 采用 P&T-GC 和 HS-GC 检测卷烟包装材料中的挥发性有机物[J]. 中国造纸, 2009, 28(8): 16-20.
- LIU Chun-bo, LU She-ming, LIU Zheng-cong, et al. Determination of Volatile Organic Compounds in Cigarette Packaging Material by P & T-GC and HS-GC[J]. China Pulp & Paper, 2009, 28(8): 16-20.
- [31] 孙林, 杨柳, 缪明明, 等. 吹扫捕集—串联双检测器气相色谱法同时测定卷烟包装材料中的 6 种溶剂残留[J]. 中国烟草学报, 2008(3): 8-12.
- SUN Lin, YANG Liu, MIAO Ming-ming, et al. Simultaneous Determination of Six Solvent Residues in Cigarette Packaging Materials by Purge-and-Trap Coupled to Gas Chromatography with Series Connected Dual Detectors[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2008(3): 8-12.
- [32] 金永灿, 崔柱文, 孔维松, 等. 顶空固相微萃取—气相色谱法测定卷烟包装材料中残留溶剂[J]. 理化检验—化学分册, 2011, 47(12): 1424-1426.
- JIN Yong-can, CUI Zhu-wen, KONG Wei-song, et al. GC Determination of Residual Solvents in Cigarette Packaging Materials with HS-SPME[J]. Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analysis), 2011, 47(12): 1424-1426.
- [33] 杨勇, 侯英, 杨蕾, 等. 热脱附—气/质联用法快速测定烟用印刷油墨中的挥发性成分[J]. 云南化工, 2007(6): 28-31.
- YANG Yong, HOU Ying, YANG Lei, et al. TDS-GC/MS Determination of Volatiles from Printing Ink of Cigarette Packing Material[J]. Yunnan Chemical Technology, 2007(6): 28-31.
- [34] 汪宣. 一种基于膜富集比色快速检测纸质包装材料中甲醛含量的方法: 中国, 106525839A[P]. 2017-03-22.
- WANG Xuan. Method for Rapidly Detecting Content of Formaldehyde in Paper Packaging Material on Basis of Membrane Enrichment and Colorimetric Method: China, 106525839A[P]. 2017-03-22.
- [35] 叶仲力, 张建平, 蔡国华, 等. 卷烟包装材料中荧光增白剂的 UPLC 测定[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(2): 437-439.
- YE Zhong-li, ZHANG Jian-ping, CAI Guo-hua, et al. Determination of Fluorescent Whitening Agents in Cigarette Packing Materials with UPLC[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2015, 54 (2): 437-439.
- [36] 丁多. 烟草包装材料中的挥发性有机化合物及控制[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 255-257.
- DING Duo. Introduction to the Tobacco Packaging Materials of VOCs Control[J]. Food & Machinery, 2014, 30(2): 255-257.
- [37] 王军, 杜启云, 苗宇萌, 等. 加液方式对卷烟商标纸 VOC 检测的影响[J]. 科技创新导报, 2011(34): 2-3.
- WANG Jun, DU Qi-yun, MIAO Yu-meng, et al. Effect of Liquid Adding Method on VOC Detection of Cigarette Trademark Paper[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2011(34): 2-3.
- [38] 唐国方. 浅析自动化技术在烟草包装材料生产中的应用[J]. 装备制造技术, 2016(12): 181-182.
- TANG Guo-fang. Analysis on the Application of Automation Technology in Tobacco Packaging[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2016(12): 181-182.
- [39] 王梦琦, 王远. 单张输送技术与 PLC 技术结合在烟盒包装中的运用分析[J]. 南方农机, 2020, 51(8): 193.
- WANG Meng-qi, WANG Yuan. Application Analysis of Single-Sheet Conveying Technology Combined with PLC Technology in Cigarette Case Packaging[J]. China Southern Agricultural Machinery, 2020, 51(8): 193.
- [40] 冯所凤. 烟草包装设备上普遍使用的视觉系统[J]. 商业文化(学术版), 2008(5): 48-49.
- FENG Suofeng. Vision systems commonly used on tobacco packaging equipment[J]. Business Culture (Academic Edition), 2008(5): 48-49.
- [41] 王梦琦, 王远. 浅谈烟盒包装机械技术发展[J]. 时代农机, 2019, 46(10): 79-81.
- WANG Meng-qi, WANG Yuan. Discussion on the Development of Cigarette Packaging Machinery Technology[J]. Times Agricultural Machinery, 2019, 46(10): 79-81.
- [42] 程国亚, 汪成, 吴建平, 等. 基于 TRIZ 理论的便携式卷烟真伪鉴别辅助工具的研发与应用[J]. 中国科技信息, 2021(20): 103-106.
- CHENG Guo-ya, WANG Cheng, WU Jian-ping, et al. Development and Application of Portable Cigarette Authenticity Identification Auxiliary Tool Based on TRIZ Theory[J]. China Science and Technology Information,

- 2021(20): 103-106.
- [43] 钟宇, 徐燕, 刘德祥, 等. 基于计算机视觉和机器学习的真伪卷烟包装鉴别[J]. 烟草科技, 2020, 53(5): 83-92.
- ZHONG Yu, XU Yan, LIU De-xiang, et al. Authentication of Packeted Cigarettes Based on Computer Vision and Machine Learning[J]. Tobacco Science & Technology, 2020, 53(5): 83-92.
- [44] 肖楠, 周明珠, 邢军, 等. 基于高分辨率网络和注意力机制的真伪卷烟包装鉴别[J]. 数据与计算发展前沿, 2021, 3(5): 118-129.
- XIAO Nan, ZHOU Ming-zhu, XING Jun, et al. Authenticity Identification of Cigarettes Based on Attention Mechanism and High-Resolution Network[J]. Frontiers of Data & Computing, 2021, 3(5): 118-129.
- [45] 聂磊, 别振英, 朱友, 等. 基于烟用材料的衰减全反射红外光谱无损鉴别真假卷烟[J]. 烟草科技, 2019, 52(5): 31-39.
- NIE Lei, BIE Zhen-ying, ZHU You, et al. Non-Destructive Discrimination of Genuine and Fake Cigarettes by Attenuated Total Reflection Infrared Spectroscopy Based on Cigarette Packaging Materials[J]. Tobacco Science & Technology, 2019, 52(5): 31-39.
- [46] 陆一帆, 姜红, 马腾, 等. 拉曼光谱法检验香烟盒外包装薄膜的研究[J]. 上海塑料, 2017(4): 42-48.
- LU Yi-fan, JIANG Hong, MA Teng, et al. Research on Inspecting the Outer Packaging Film of Cigarette Box by Raman Spectroscopy[J]. Shanghai Plastics, 2017(4): 42-48.
- [47] 左安建, 王玉胜, 李旭华, 等. DTOPSIS 法和灰色局势决策在卷烟质量综合评价中的应用[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(19): 6385-6386.
- ZUO An-jian, WANG Yu-sheng, LI Xu-hua, et al. Application of the DTOPSIS and Grey Situation Decision in Comprehensive Evaluation of Cigarette Quality[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(19): 6385-6386.
- [48] ZUO An-jian, WANG Yu-sheng, LI Xu-hua, et al. Application of the DTOPSIS and Grey Situation Decision in Comprehensive Evaluation of Cigarette Quality[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(19): 6385-6386.

责任编辑: 曾钰婵