

烟包新材料与数字化

绿色低碳概念在卷烟包装材料中的应用

李雪¹, 张建栋¹, 廖宇², 张恒伟¹, 窦海成¹, 马永峰¹

(1. 甘肃烟草工业有限责任公司, 技术研发中心, 兰州 730050;

2. 湖北中烟工业有限责任公司, 技术中心, 武汉 430030)

摘要: **目的** 绿色低碳卷烟材料的应用是助力烟草工业企业向节能减碳型企业转型的重要途径, 也是向消费者传达绿色低碳概念的“纽带”。**方法** 介绍烟草工业企业在降重减碳、降解材料减排、循环减排、印刷工艺减排以及智能化绿色设计减排 5 个方面的应用。**结果** 用减重、材料替换和 V 槽工艺减少生物基碳使用, 利用丰富的可降解资源减少木材使用, 用环保材料替代不可降解材料, 让烟箱和香烟废弃物循环再利用, 优化纸张效果替代印刷工序和油墨, 通过数字化平台打造让设计高效、碳足迹可视、绿色低碳概念, 从设计源头到产品输出渗透到卷烟包装材料中的各个环节。**结论** 未来, 还需聚焦于纸基功能材料和其他行业在“双碳”目标中的新举措, 纳米纤维素、木质纤维素、非木材纤维和可食性材料的开发与应用, 碳交易、碳信用、碳捕捉材料等应用, 以及不断在科技创新和基础研究中融入 AI 概念, 不断解放科研人员去做创意性工作, 提升创新效率。

关键词: 绿色; 低碳; 卷烟; 包装材料

中图分类号: TS851.6 文献标志码: A 文章编号: 1001-3563(2024)05-0109-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.05.013

Application of Green and Low Carbon Concept in Cigarette Packaging Materials

LI Xue¹, ZHANG Jiandong¹, LIAO Yu², ZHANG Hengwei¹, DOU Haicheng¹, MA Yongfeng¹

(1. Technology R&D Center, Gansu Tobacco Industrial Co., Ltd., Lanzhou 730050, China;

2. Technology Center, China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Wuhan 430030, China)

ABSTRACT: The application of green and low carbon cigarette materials is an important way to help tobacco industry enterprises transform into energy-saving and carbon-reducing, and also a "link" to convey the concept of green and low carbon to consumers. The application of tobacco industry enterprises in five aspects was introduced: weight reduction and carbon reduction, degradation material reduction, recycling reduction, printing process reduction, and intelligent green design reduction. Weight reduction, material replacement, and V-groove technology were used to reduce the use of bio-based carbon, abundant degradable resources were utilized to reduce wood use, non degradable materials were replaced with friendly materials, cigarette boxes and cigarette waste were recycled, paper effects were optimized to replace printing processes and ink, and a digital platform was created to make designs efficient and carbon footprint visible and permeate the concept of green and low carbon to every aspect of cigarette packaging materials from the design source to product output. In the future, it is necessary to focus on new initiatives of paper-based functional materials and

收稿日期: 2023-06-20

基金项目: 中国烟草总公司重点研发项目工业绿色低碳技术(110202202031); 中国烟草实业发展中心科技项目(ZYSY-2021-12); 甘肃烟草工业有限责任公司科技项目(KJXM-2021-19)

other industries in the "reduce carbon" strategy, the development and application of nano cellulose, lignocellulose, non-wood fiber and edible materials, the application of carbon emission trading, carbon credit, carbon capture materials, and the integration of AI concept into innovation and basic research, so that researchers have time to engage in creative work and improve innovation efficiency.

KEY WORDS: green; low carbon; cigarette; packaging materials

碳达峰、碳中和作为国家发展战略中的重要目标,实现碳达峰、碳中和,是贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的内在要求,具有重大的现实意义和深远的历史意义^[1]。在绿色、环保、低碳的生活方式倡导下,对低碳环保材料的重视程度也越来越高^[2]。轻量化包装、无墨印刷、碳中和产品、碳足迹追踪等新词汇开始在包装中出现,消费者的关注目光也逐渐转向低碳、环保、可持续产品。

烟草工业企业是烟草行业实现“双碳”目标的践行者,致力于卷烟低碳绿色材料的研究,通过降重减碳、降解材料减排、循环减排、印刷工艺减排以及智能化绿色设计减排的应用,助力工业企业向节能减碳型企业转型^[3]。

1 降重减碳技术应用

1.1 商标纸减重

经统计,标准支和细支商标纸白卡纸定量^[4]集中在 225 g/m²,中支白卡纸定量集中在 225、230、240、250 g/m²。由于中支较标准支和细支版式宽,选用 225 g/m²的白卡纸作为底纸的商标纸,在包装成型后会出现“凹陷”问题,所以,大部分企业在使用该定量纸张时,选用双框架结构来提升烟包外观。兰州品牌针对产销量大的标准支产品,在确保外观及上机适应性的基础上,对以转移纸为基材的白卡纸定量进行微降。如表 1 所示,215、220 g/m²纸张通过了测试,最终,实现纸张定量降低了 10 g/m²。依据印刷厂拼版情况,纸幅为 740 mm×600 mm,可拼版 18 个小盒或 4 个条盒。降重前,1 t 纸可生产兰州标准支商标纸 48 箱,原纸每降低 10 g/m²,可多生产 2 箱产品。按照此规模,43 万箱左右产量的产品可节约纸张 380 t。

1.2 烟箱减重

烟箱减重主要采用瓦楞纸原纸配置低定量,双瓦楞向单瓦楞转变的 2 种方式^[5]。一般地,单瓦楞纸箱采用 180 g/m²原纸,双瓦楞纸采用 150 g/m²原纸,夹层为 130 g/m²的中夹纸。在玖龙和理文纸业开始相继推出 120、90 g/m²超低定量原纸后,工业企业开始使用超低定量单瓦楞烟箱。同时,兰州产品将原有一类烟使用双瓦楞烟箱的标准,改为手工盒采用双瓦楞(2 款),其余都采用单瓦楞的标准。双瓦楞烟箱使用量减少了 90%。

表 1 不同白卡纸定量对应的卷烟包装性能结果
Tab.1 Results of cigarette package corresponding to the weight of paper

定量/ (g·m ⁻²)	厚度/μm	印刷 适性	物理 检测	上机 适应性	成品 检测
170	205	合格	合格	不合格	不合格
200	270	合格	合格	合格	不合格
215	280	合格	合格	合格	合格
220	285	合格	合格	合格	合格
225	290	合格	合格	合格	合格

表 2 降低定量前后 1 t 纸可做商标纸数量对比
Tab.2 Comparison of the weight of paper that can be made from 1 t of paper before and after reduction of weight

白卡纸定量	1 t 纸可做商标纸数量(预估)
降重前(225 g/m ²)	12 051 套(48 箱)
降重后(215 g/m ²)	12 594 套(50 箱)
前后对比值	多做 543 套(多做 2 箱)

注:1 套商标纸为 10 个小盒和 1 个条盒,1 箱为 250 套。

1.3 类硬质化包装

类硬质化包装是从纸张原料和 V 槽工艺 2 种途径实现。1) 利用高定量白卡纸替代手工盒双层灰板,实现直角折叠,从而达到手工盒的方正度和类硬质感。2) 借鉴苹果手机包装盒“6 秒滑落”工艺^[6]中独创的低定量纸的 V 槽工艺,对兰州产品盒型进行了 90°开槽,替代传统耗能高的激光 V 槽工艺。同时,将原有 300 g/m²黑卡纸降为 230 g/m²,实现包装轻量化,产品外观棱角分明,档次感明显提升(图 1)。

2 降解材料减排技术应用

2.1 可降解高阻隔保润材料的应用

1) 无机矿物质高阻隔材料的应用。利用我国资源丰富、润胀性好的高岭土、陶土、膨润土等天然基碳无机矿物质作为阻隔涂料替代化学碳涂料。张恒伟等^[7]、杨继等^[8]研究了陶土、陶瓷涂覆包装材料对烟支的防潮保润效果,发现涂陶材料具有双向调节的保润性能,涂陶介质纸中的金属铝层与涂陶材料的结合能有效阻隔空气中水分子。

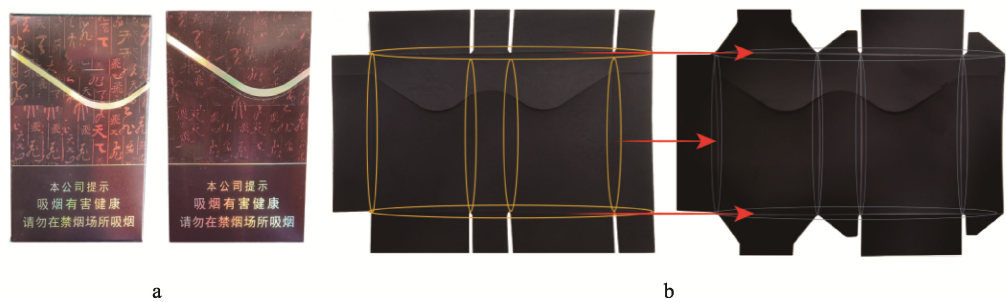


图 1 低定量纸张 V 槽技术
Fig.1 V-groove technology for low weight paper

2) 可降解高阻隔聚合物材料的开发与应用。通过对高分子材料进行改性共聚制备复合材料涂布于包装材料。吉笑盈等^[9]采用聚乙烯醇为机体, 利用天然油脂进行改性, 开发了高阻隔可降解商标纸涂料, 较普通卷烟产品的总失水量降低了 16.81%。李雪^[10]以钠基膨润土进行有机改性作为原料, 以丙烯酸为单体, 通过水溶液聚合法, 制备出纳米矿物保润涂料(图 2), 在西北干燥地区, 烟支水分在 10 d 内可保持在 12%左右。



图 2 纳米矿物保润涂料
Fig.2 Nano-mineral moistening packaging coating

2.2 可降解环保材料的应用

环保效果主要通过使用可降解材料或减少不易降解材料的使用这 2 种方式实现。基材方面, 利用玉米淀粉的来源广泛、绿色环保、可塑性好、强度大等特点^[11], 替代纸基材料中木材纤维。采用玉米淀粉、聚乙烯醇共混^[12]制备绿色可降解手工盒胚, 替代原有双层灰板对裱结构。玉米淀粉盒胚(图 3)具有可降解、保湿、保润性能, 采用玉米胚糊盒的产品外观, 外形方正, 棱角分明, 各边及面无拱起。对比纸胚材料贴成的成品, 玉米淀粉胚提升了产品的外观质量, 在翻折 20 次测试中未产生外观质量问题。生产方面, 从传统人工糊盒改为机器糊盒, 从原有的 7 道生产工序减少为 3 道, 损耗从 5%降为 1.5%, 提升了生产效能。在质量上, 每条增加 105.5 g, 每箱将增加 2.64 kg。由于玉米胚的质地坚硬, 放进去

的烟支在运输过程中的摇晃与碰撞, 造成端部落丝现象较多。另外, 在不同温湿度条件下, 玉米淀粉盒胚未发生变形。在太阳下暴晒一个月, 未发现变形, 如表 3 所示, 玉米胚受温湿度影响较小, 只有在极限温度以及 60、100 ℃时会出现开胶, 在正常自然温度下不会。因此, 玉米淀粉胚是一种替代纸胚来提升产品外观质量和生产效能的可降解材料。如表 3 所示, 硬质玉米胚的使用提高了烟包外观质量。油墨方面, 油墨分为酯溶性和醇溶性油墨, 酯溶性为传统包装油墨, 主要成分为硝化棉体系加以含醇、酯、醚类溶剂和柠檬酸类助剂调配而成, 干燥快、成本低^[13]。醇溶性又叫水性油墨, 主要成分为水性聚丙烯酸树脂和有机胺、无机胺类助剂调配而成, 环保、安全卫生、无污染、零排放, 其流平性差、饱和度不够、上机适应性不好的问题现已基本上解决, 成为现在烟草包装印刷油墨的趋势, 代替酯溶性油墨^[14]。内衬纸方面, 从复合铝箔到转移到真空镀铝内衬纸, 都是在不断降低铝的用量来达到环保效果, 铝层的存在虽然对烟包的保湿、保润、遮光起到了重要的作用^[15], 但始终是不可降解和分离的部分, 可降解阻隔涂层的应用推动了无铝内衬纸的应用。张莹等^[16]综述了无铝内衬纸的涂层构成, 软水中加入聚乙烯醇, 再加入纳米纤维制备 PVOH 涂料、食品级微晶蜡、聚偏二氯乙烯等。向乾等^[17]以水性双组分聚氨酯树脂溶液作为涂布液, 将涂布液分 2 次涂布于内衬纸表层, 达到保润保湿效果。四川中烟已对 10 元以下产品进行了应用, 上机适应性良好。



图 3 玉米淀粉内胚材料
Fig.3 Corn starch material

表 3 玉米淀粉内胚在温湿度变化时成品外观质量影响
Tab.3 Impact of temperature and humidity changes on corn starch appearance quality

测试项目	温度变化（相对湿度为 40%）				相对湿度变化（温度为 25℃）			
	-20℃	25℃	60℃	极限温度交替测试	0%	40%	100%	极限湿度交替测试
起泡/开胶	×	×	√	√	×	×	×	×
鼓包/凹陷	×	×	×	×	×	×	×	×
错位/缝隙	×	×	×	×	×	×	×	×
麻花边	×	×	×	×	×	×	×	×
尺寸变化	×	×	×	×	×	×	×	×

注：未出现测试项目中的问题，打“×”，出现了测试项目中的问题，打“√”；极限温度交替测试为将玉米淀粉胚成品在-20℃环境下放 1 d,立刻转入 60℃环境下放 1 d;极限湿度交替测试为将玉米淀粉胚成品在相对湿度 0%的环境下放 1 d,立刻转入相对湿度 100%的环境下放 1 d。

2.3 低碳新概念技术的应用

“碳交易”和“智慧碳”将低碳新理念融入包装材料中，在消费环保新理念上更加吸引消费者。例如，造纸企业在“双碳”赛道上，不断优化纸张生产工艺，降低废弃废水排放的同时，对不能通过碳减排项目减少的碳排放量，以碳交易的形式^[18]，自愿购买国家核准的减排量，来抵消产品碳排放，实现“碳中和”和“零碳”产品。“碳中和白卡”是亚太森博 2023 年新推出的一种零碳白卡品种。另外，达能中国出了一款名为“智慧碳”的饮料瓶，源于一种“碳捕捉”包装材料生产技术，将富碳起源中的一氧化碳和二氧化碳通过微生物直接转化为生产 PET 瓶身所需的关键原料，来减少石油的使用和碳排放对环境的影响。如图 4 所示，瓶身“made from CO₂”表达了低碳理念。卷烟材料中 BOPP 降解的难题可以借鉴“智慧碳”瓶的概念。



图 4 “智慧碳”瓶设计
Fig.4 "Smart Carbon" bottle design

3 循环减排技术应用

3.1 可循环烟箱的应用

可循环烟箱主要分为塑料烟箱的循环和纸箱的循环应用。

1) 塑料可循环烟箱的推广。自 2013 年以来，烟草行业在物流领域有序推进卷烟包装箱循环利用、卷烟托盘联运、新能源汽车推广应用等重点工作，以实际行动践行了绿色发展、循环发展和低碳发展理念。2018 年起，各烟草工业企业开始通过对材料不断优化增加可循环次数、对标识简化实现共享共用、扩大适用范围实现全规格全流程包装箱可循环机制来推动塑料循环烟箱的应用。与传统纸箱相比，塑料烟箱以食品级共聚性聚丙烯为原料，由 PP 塑料中空板连接成箱，在运输、入库、仓储及分拣过程中不易变形、质量稳定，可循环利用次数大大增加，便于工商间的循环使用。少生产一只纸质烟箱意味着可节约 1.2 kg 纸、0.024 m³ 水，减少废气排放 4.2 kg。2022 年，1~8 月份，行业商业企业累计向同省（区、市）工业企业返还卷烟包装箱 5 127.76 万只，返还比例为 63.33%。

2) 传统纸箱可循环创新。传统烟箱印刷阶段需要印刷、开槽、压线、钉箱或糊箱工艺，运输至烟厂，实现烟箱的利用。借鉴榫卯的稳定结构（图 5），将传统烟箱改造成榫卯组装烟箱，正背面实现统一品规的双面印刷。其优势在于：节能降耗，省去了钉箱或糊箱的工序；节约糊箱材料和封箱胶带使用；减少原材料使用，增加可循环次数，其中一片破损，不用报废整个烟箱，只需对破损的部分进行替换，烟箱还能

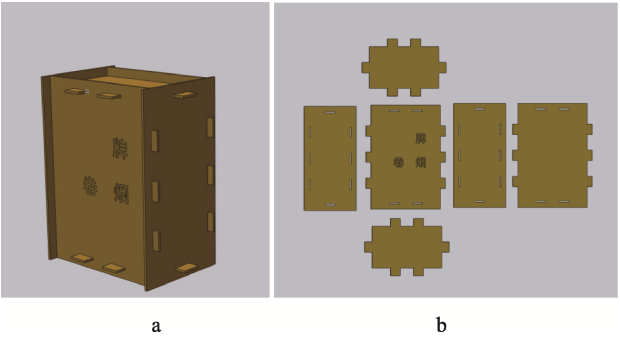


图 5 基于榫卯结构的双面可循环利用烟箱
Fig.5 Double sided recyclable cigarette box based on mortise and tenon structure

够正常使用; 榫卯结构无尖锐部分, 运用突出部分咬合, 增大摩擦力, 受力均匀, 不会在运输过程中因尖角碰撞而导致产品或烟箱破损; 打包运输方便, 同样大小的烟箱组件进行封装, 比传统烟箱堆叠更平整, 最大化利用运输空间。

3.2 高附加值固废弃物循环应用

废烟头固废弃物循环利用。烟头主要成分是醋酸纤维, 可被织成酷似真丝面料, 也可被织成医用无纺布, 属于高级医用材料^[19]。有日本公司以每公斤十几块到上百块不等的价格收购废烟头, 印度公司以每公斤 250 美元高价回收烟头, 将醋酸纤维蓬松处理后, 填充高档毛绒玩具。另外, 烟头还被用来制备黏土砖^[20]、沥青混凝土^[21]、纤维素纸浆^[22]、腐蚀抑制剂^[23]、吸音材料^[24]、超疏水吸附剂^[25]、生物膜载体^[26]、纤维素纳米晶体^[27]和碳材料^[28]等。除了醋酸纤维, 烟头还残留了尼古丁、茄尼醇等化学物质, 尼古丁可以入药, 可以做杀虫剂。在国际市场上, 高纯度的尼古丁售价达到 10 万美元/t。茄尼醇可以用来合成辅酶 Q10 和维生素 K2, 是治疗心脏病的关键药物成分。

4 印刷工艺减排技术应用

4.1 油墨减排技术应用

油墨减排技术是通过减少大量印刷油墨使用或不用油墨印刷来实现降低能耗(烘干油墨需要高温)的效果^[28]。一种是依靠纸张纹理效果采用压纹或凹凸工艺来减少油墨的印刷。如图 6a 所示, 采用凹凸工艺, 实现象棋棋盘效果, 包装减少 80% 的油墨印刷; 如图 6b 所示, 采用压纹起凸工艺, 用钢印版辊直接压印出文字和图案。另一种是新兴的无墨印刷技术, 利用激光、全息、电子束、电化学等技术, 在转移纸表面形成微纳米结构, 通过光的折射、衍射、反射、散射等表现包装颜色^[29], 实现一种科技、时尚、自然的风格(图 6c)。

4.2 工艺减排技术应用

工艺减排技术的主要思路是规整印刷工艺, 减少印刷工序和材料使用。如图 7a 所示, 利用专版工艺替代全息和丝印、凹凸效果, 省去 3 道印刷工序(凹凸、丝印、烫金)和减少了全息材料、丝印油墨的

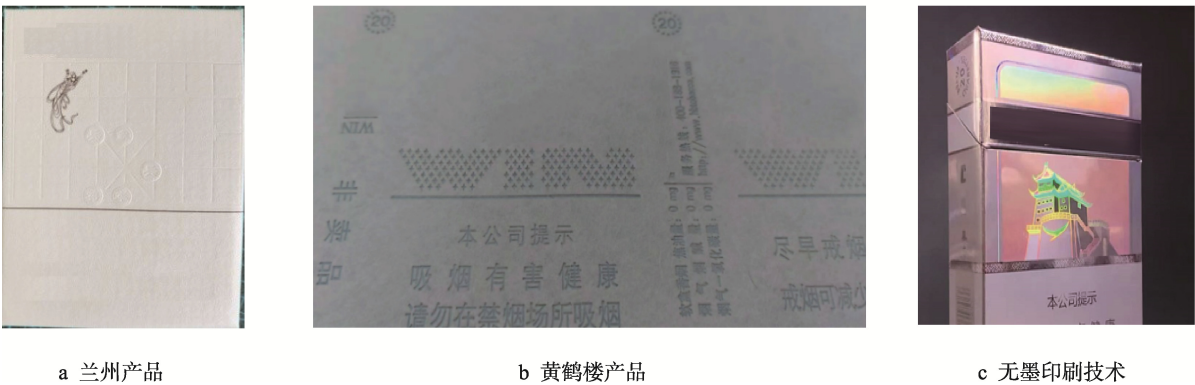


图 6 油墨减排技术应用
Fig.6 Application of ink emission reduction



图 7 工艺减排技术应用
Fig.7 Application of printing process emission reduction

使用。如图 7b 所示,利用胶印逆向光油替代传统的丝印,减少了丝印工序,油墨用量小,油墨厚度薄。如图 7c 所示,利用纸张仿烫金效果,高亮银底纸的金属质感,替代了烫金工序。该技术目标就是在不改变设计和包装效果的基础上,对印刷工艺进行精简,利用纸张、专版、设计代替印刷材料的使用,达到减碳效果。

5 智能化绿色设计减排技术应用

5.1 智能化绿色包装设计平台应用

让绿色“更有温度”,利用现代技术打造烟草行业以品牌设计、展示、对标、元素库等功能为一体的数字化包装设计平台。以兰州和黄鹤楼品牌为例(图 8),采用 PC 端和 PAD 端双线运行模式,重点聚焦于核心技术和产品研发,助力卷烟包装绿色设计智能化。内容包括:行业内包装设计展示平台,避免重复设计,提升效率;构建基于品牌云设计功能,可编辑的盒型结构、设计元素的 2D 平面设计与 3D 效果预览,实时同步分享与协作的功能,一键生成渲染效果图,输出保存刀模图和效果图,实现“所见即所得”的包装新

交付模式;以兰州品牌元素基因、色彩基因、纹样基因的采集、分类、组合及再创为特色,对基因的重组与编辑打造烟用材料全方位设计平台;最终,实现减少人员和时间成本。时间成本可降低 60%,从设计源头选择绿色低碳烟用材料,并进行仿真效果呈现,减少了制样、试机消耗。

5.2 智能化碳足迹可视化平台应用

2018 年,伦敦帝国学院环境政策中心对全球烟草在整个供应链中的碳足迹进行了评估^[30]。据计算(图 9),在全球 500 家工厂中,共有 530 万 hm^2 的土地上种植了 3 240 万 t 绿烟叶,生产了 648 万 t 干烟叶,用于制造 6 万亿支香烟;材料投入总量达到 2 720 万 t,能源投入超过 6 200 万 J,水资源投入超过 2.2 亿 t,烟草制品运输量达到 245 亿 t;除 6 万亿支香烟外,总产量还包括 2 500 万 t 固体废物、近 2.2 亿 t 水(其中 5 500 万 t 是加工和制造阶段的废水)、近 8 400 万 t 二氧化碳当量。如表 4 所示,广东中烟^[31]和湖北中烟(图 10)参考国际通用的相关 LCA 生命周期评价、碳足迹标准与规范指南,对卷烟产品的碳足迹进行研究,打造烟草行业的智能化

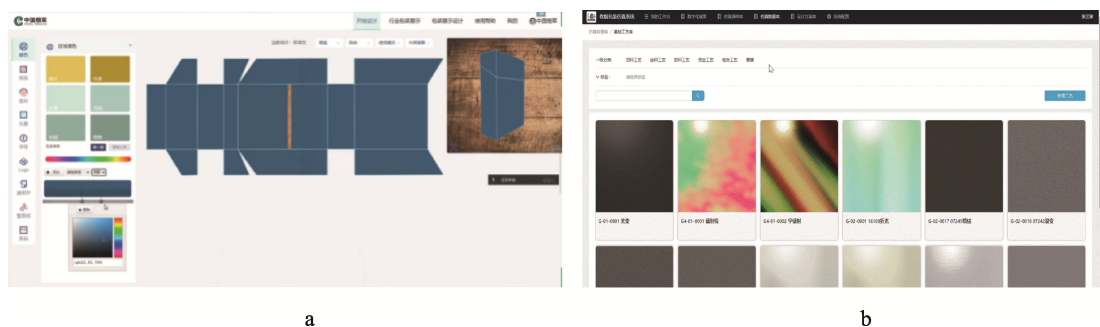


图 8 智能化绿色包装设计平台应用

Fig.8 Application of intelligent green packaging design platform

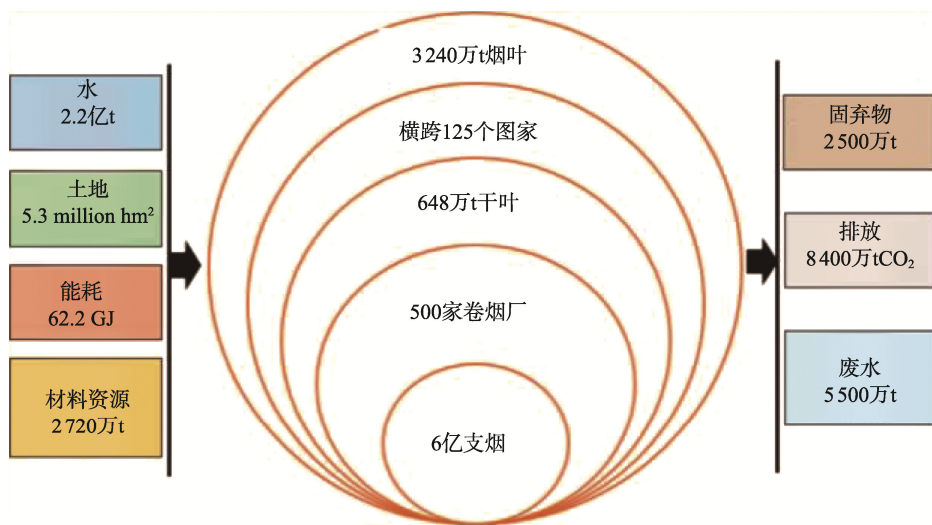


图 9 全球烟草整个供应链的碳足迹

Fig.9 Carbon footprint of global tobacco supply chain



图 10 智能化碳足迹可视化平台应用
Fig.10 Application of intelligent carbon footprint visualization platform

表 4 某国产卷烟产品生命周期碳排放清单^[31]
Tab.4 Carbon emission list of cigarette of Brand S in a life cycle^[31]

卷烟生命 周期过程	卷烟原料	碳排放量/ (kg CO ₂ ·万支 ⁻¹)	占比/%
加工过程	烟叶	44.405 2	55.71
	醋酸纤维丝束	14.426 1	18.10
	卷烟纸	0.970 6	1.22
	内衬纸	0.956 5	1.20
	接装纸	0.561 3	0.70
	滤棒耗用成形纸	1.323 7	1.66
	小盒商标纸	5.613 7	7.04
	条盒商标纸	0.241 2	0.30
	框架纸	0.929 2	1.17
	小盒透明膜	1.298 7	1.63
	条盒透明膜	0.686 1	0.86
	烟用纸箱	0.523 6	0.66
	合计	71.935 8	90.25
卷烟制造 过程	固定燃烧	1.715 5	2.15
	移动燃烧	0.016 1	0.02
	制程排放	0.421 7	0.53
	逸散排放	0.228 9	0.29
	外购电力	4.965 5	6.23
	合计	7.347 7	9.22
运输过程	卷烟原料和 卷烟材料	0.232 3	0.29
	卷烟产品	0.193 6	0.24
	合计	0.425 9	0.53
总计		79.709 4	100.00

碳足迹可视化平台,包括评价范围、数据搜集、分配、取舍规则、结果计算、指标评价、报告等方面内容;确定卷烟产品碳排放的核算边界,形成卷烟产品碳排放数据链,通过产品碳排放数据量化分析,为产品绿色低碳生产转型提供数据支撑,实现碳排放数据动态可视化。

6 结语

当下,烟草工业企业正在通过不同的方式来践行“绿色、低碳、环保”理念,通过降重减排技术、降解减排技术、循环减排技术、工艺减排技术等大量应用技术进行研究。通过数字化构建了卷烟产品碳足迹评价模型,建立了绿色低碳评价指数,构建了可视化碳足迹平台。针对低碳绿色材料的应用,从原纸的“碳中和”“碳交易”概念到数字化的“碳足迹”平台,再到材料的“无墨印刷”“无铝内衬”“碳捕集材料”的开发,一步步开展了绿色基础研究和实现材料应用的成果转化。

参考文献:

[1] 杨博文. 习近平新发展理念下碳达峰、碳中和目标战略实现的系统思维、经济理路与科学路径[J]. 经济学家, 2021(9): 5-12.
YANG B W. The Systematic Thinking, Economic Logic and Scientific Path for the Realization of Carbon Summit and Carbon Neutral Target Strategy under Xi Jinping's New Development Concept[J]. Economist, 2021(9): 5-12.
[2] 张姣玉, 龙凤, 葛察忠, 等. 循环经济实践进展及推进建议[J]. 环境保护, 2021, 49(5): 29-33.
ZHANG J Y, LONG F, GE C Z, et al. Progress of Circular Economy Practice and Suggestions for Promotion[J]. Environmental Protection, 2021, 49(5): 29-33.

- [3] 周志方, 聂磊, 沈宜蓉, 等. 企业低碳意识对低碳行为的影响机制研究——基于“意识—情境—行为”视角[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2019, 21(5): 30-43.
- ZHOU Z F, NIE L, SHEN Y R, et al. A Study on the Influence Mechanism of Low-Carbon Awareness on Low-Carbon Behavior—Based on the Consciousness-Context-Behavior System Model[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2019, 21(5): 30-43.
- [4] 韩璐, 王炳峰. 烟卡的技术指标及其对烟包质量的影响[J]. 印刷技术, 2010(6): 34-36.
- HAN L, WANG B F. Technical Index of Cigarette Card and Its Influence on the Quality of Cigarette Packets[J]. Printing Technology, 2010(6): 34-36.
- [5] 姜梦雪. 生态文明视域下的绿色包装设计发展探析[J]. 绿色包装, 2023(6): 73-75.
- JIANG M X. Development of Green Packaging Design under Ecological Civilization Vision[J]. Green Packaging, 2023(6): 73-75.
- [6] 刘清. 基于全球价值链的全球化城市网络研究——以苹果手机供应商为例[D]. 兰州: 兰州大学, 2021.
- LIU Q. Research on Global City Network Based on Global Value Chain—Taking Apple Mobile Phone Suppliers as an Example[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2021.
- [7] 张恒伟, 李雪, 张瑞婷. 陶土内衬纸保润性能的研究[J]. 中华纸业, 2022, 43(2): 20-23.
- ZHANG H W, LI X, ZHANG R T. Study on the Moisture Retention of Clay Lining Base Paper[J]. China Pulp & Paper Industry, 2022, 43(2): 20-23.
- [8] 杨继, 田然, 李辉, 等. 陶瓷涂覆包装材料对烟支防潮保润的影响研究[J]. 包装工程, 2023, 44(3): 210-216.
- YANG J, TIAN R, LI H, et al. Effect of Ceramic-Coated Packaging Materials on Moisture-Proofing and Moisture-Preserving of Cigarette[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(3): 210-216.
- [9] 吉笑盈, 黄馨, 李晓鹏, 等. 高阻隔性卷烟盒包装纸的制备及其保润防潮保香性能研究[J]. 轻工学报, 2021, 36(6): 65-76.
- JI X Y, HUANG X, LI X P, et al. Preparation of Cigarette Packet Blank with High Barrier and Its Moisture Retentivity, Moisture Resistance and Flavor Keeping Performance[J]. Journal of Light Industry, 2021, 36(6): 65-76.
- [10] 李雪. 新型纳米矿物保润包装纸的制备[J]. 中华纸业, 2020, 41(18): 32-38.
- LI X. Preparation on the Novel Nano-Mineral Moistening Packaging Paper[J]. China Pulp & Paper Industry, 2020, 41(18): 32-38.
- [11] SURIYAMONGKOL P, WESELAKE R, NARINE S, et al. Biotechnological Approaches for the Production of Polyhydroxyalkanoates in Microorganisms and Plants—a Review[J]. Biotechnology Advances, 2007, 25(2): 148-175.
- [12] 卢淦, 宋佳奇, 聂羽慧, 等. PBAT/玉米淀粉增塑改性及可降解性能研究[J]. 合成材料老化与应用, 2022, 51(2): 36-38.
- LU G, SONG J Q, NIE Y H, et al. Study on Plasticization Modification and Degradability of PBAT/Corn Starch[J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2022, 51(2): 36-38.
- [13] 孙慧. 环保油墨在绿色烟包中的应用研究分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2021(2): 118-120.
- SUN H. Research and Analysis on the Application of Environmental Protection Ink in Green Cigarette Pack[J]. Leather Manufacture and Environmental Technology, 2021(2): 118-120.
- [14] 刘志成, 郭婷. 水性油墨印刷质量影响因素分析[J]. 云南化工, 2020, 47(5): 156-157.
- LIU Z C, GUO T. Analysis of Factors Influencing the Printing Quality of Water-Based Ink[J]. Yunnan Chemical Technology, 2020, 47(5): 156-157.
- [15] 楼佳颖, 张乾, 张玮, 等. 烟盒多层包装对水分阻隔影响研究[J]. 包装工程, 2023, 44(3): 217-223.
- LOU J Y, ZHANG Q, ZHANG W, et al. Effect of Multi-Layer Packaging of Cigarette Packet on Moisture Barrier[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(3): 217-223.
- [16] 张莹, 詹建波, 余振华, 等. 烟用无铝内衬纸的制备技术与研究进展[J]. 中国造纸, 2016, 35(11): 58-62.
- ZHANG Y, ZHAN J B, YU Z H, et al. Manufacturing Technology and Development Prospects of Aluminum Free Inner Lining Paper for Cigarette Packaging[J]. China Pulp & Paper, 2016, 35(11): 58-62.
- [17] 向乾, 杨成诚, 贺玲玲, 等. 烟用无铝内衬纸的制备和上机性研究[J]. 今日制造与升级, 2022(11): 156-159.
- XIANG Q, YANG C C, HE L L, et al. Preparation and Organic Study of Aluminum-free Lining Paper for Cigarettes[J]. Manufacture & Upgrading Today, 2022(11): 156-159.
- [18] 卢茗轩, 谢如鹤, 陈培荣. 碳交易试点政策对交通运输碳排放强度的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2020,

- 34(9): 25-30.
- LU M X, XIE R H, CHEN P R. Impact of ETS Pilot Policy on Transport Carbon Emission Intensity[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2020, 34(9): 25-30.
- [19] 杨颖. 多孔废弃烟头衍生碳材料的制备和应用[D]. 上海: 华东师范大学, 2022.
- YANG Y. Preparation and Application of Porous Carbon Materials Derived from Waste Cigarette Butts[D]. Shanghai: East China Normal University, 2022.
- [20] MOHAJERANI A, TANRIVERDI Y, DISSANAYAKE H N, et al. Physico-Mechanical Properties of Asphalt Concrete Incorporated with Encapsulated Cigarette Butts[J]. *Construction and Building Materials*, 2017, 153: 69-80.
- [21] D'HENI TEIXEIRA M B, DUARTE M A B, RAPOSO GARCEZ L, et al. Process Development for Cigarette Butts Recycling into Cellulose Pulp[J]. *Waste Management*, 2017, 60: 140-150.
- [22] ZHANG J T, ZHAO J, ZHANG N S, et al. Synergized Action of CuCl on Recycled Cigarette Butts as Corrosion Inhibitor for N80 Steel at 90 °C in 15% HCl[J]. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2011, 50(12): 7264-7272.
- [23] MADERUELO-SANZ R, ESCOBAR V, MENESES-RODRÍGUEZ J. Potential Use of Cigarette Filters as Sound Porous Absorber[J]. *Applied Acoustics*, 2018, 129: 86-91.
- [24] XIONG Q C, BAI Q H, LI C, et al. Cost-Effective, Highly Selective and Environmentally Friendly Superhydrophobic Absorbent from Cigarette Filters for Oil Spillage Clean up[J]. *Polymers*, 2018, 10(10): 1101.
- [25] SABZALI A, NIKAEEN M, BINA B. Performance Evaluation of Cigarette Filter Rods as a Biofilm Carrier in an Anaerobic Moving Bed Biofilm Reactor[J]. *Environmental Technology*, 2012, 33(13/14/15): 1803-1810.
- [26] ABU-DANSO E, BAGHERI A, BHATNAGAR A. Facile Functionalization of Cellulose from Discarded Cigarette Butts for the Removal of Diclofenac from Water[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2019, 219: 46-55.
- [27] DIENG H, RAJASAYGAR S, AHMAD A H, et al. Indirect Effects of Cigarette Butt Waste on the Dengue Vector *Aedes Aegypti* (Diptera: Culicidae)[J]. *Acta Tropica*, 2014, 130: 123-130.
- [28] 张玲. 感官设计理念在文创产品包装设计中的应用[J]. *湖南包装*, 2018, 33(6): 84-86.
- ZHANG L. The Application of Sensory Design Concept in the Packaging Design of Cultural and Creative Products[J]. *Hunan Packaging*, 2018, 33(6): 84-86.
- [29] GENG J, XU L Y, YAN W, et al. High-Speed Laser Writing of Structural Colors for Full-Color Inkless Printing[J]. *Nature Communications*, 2023, 14(1): 565.
- [30] ZAFEIRIDOU M, HOPKINSON N S, VOULVOULIS N. Cigarette Smoking: An Assessment of Tobacco's Global Environmental Footprint across Its Entire Supply Chain[J]. *Environmental Science & Technology*, 2018, 52(15): 8087-8094.
- [31] 李斌, 魏可承, 易锦满, 等. 基于生命周期评价的卷烟碳足迹分析[J]. *烟草科技*, 2017, 50(6): 68-72.
- LI B, WEI K C, YI J M, et al. Analysis of Carbon Footprint of Cigarette Based on Life Cycle Assessment[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2017, 50(6): 68-72.