

# 烟草生产过程中节能减排技术的优化路径探析

王亮亮 高翔 谢夕阳

安徽中烟工业有限责任公司合肥卷烟厂 安徽 合肥 230000

**摘要:**烟草行业作为我国重要的经济支柱产业之一,其生产过程贯穿农业种植、工业加工等多个环节,能源消耗与污染物排放问题日益凸显。本文旨在系统梳理烟草生产全链条中的能耗与排放特征,深入剖析当前节能减排技术应用中存在的瓶颈,并在此基础上,从技术创新、管理优化、结构升级和政策协同四个维度,构建一套多维度、系统化的节能减排技术优化路径。研究表明,通过推动绿色烘烤、智能工厂、清洁能源替代、余热回收利用等技术的集成创新,并辅以精益管理、循环经济模式和政策激励机制,烟草行业能够有效实现能源效率提升与碳排放强度降低,为行业的绿色、低碳、高质量发展提供理论支撑与实践指引。

**关键词:**烟草生产;节能减排;绿色烘烤;智能工厂;优化路径;双碳目标

## 引言

烟草行业在国民经济中地位特殊,贡献着财政税收,维系着产业链和就业。但其生产过程,如烟叶种植、烘烤及卷烟制造、包装等,能源消耗大,环境足迹显著,尤其在烘烤和生产环节,大量使用能源导致温室气体和污染物集中排放。在全球绿色低碳发展及我国“双碳”目标驱动下,烟草行业需摆脱传统粗放式发展,将节能减排作为可持续发展核心。近年来,国家烟草专卖局及各大中烟工业公司已推动绿色工厂等建设,部分节能减排技术初步应用,但行业整体在节能减排上仍存在技术集成度低、系统性规划欠缺、管理精细化不足等问题。故而,探析烟草生产节能减排技术优化路径,既是响应国家战略必然要求,也是行业高质量发展内在需求。本文将全生命周期审视能耗与排放,剖析挑战,提出优化路径。

## 1 烟草生产全流程能耗与排放特征分析

烟草生产的节能减排工作必须建立在对全流程能耗与排放特征的精准把握之上。整个生产链条可大致划分为农业环节(烟叶种植与烘烤)和工业环节(卷烟制造)。

### 1.1 农业环节:烟叶种植与烘烤

烟叶种植阶段的能耗与排放相对分散,主要来源于化肥、农药的生产和施用过程中的间接能耗,以及农业机械(如拖拉机、灌溉设备)运行的直接能耗。虽然单位面积能耗不高,但因其种植面积广,总量不容忽视。此外,化肥的不合理施用还会导致土壤退化和水体富营养化等环境问题,构成潜在的生态风险。然而,真正成为农业环节乃至整个烟草生产链中能耗最高、排放最集中节点的,是烟叶烘烤过程。传统烘烤主要依赖燃煤或生物质(如木材、秸秆)作为热源,能源利用效率普遍

较低,大量热量通过烟囱和墙体散失。烘烤一炕烟叶通常需要消耗数百公斤的煤炭或等量热值的生物质燃料,其能源消耗强度远高于种植环节。更为严峻的是,燃煤烘烤会产生大量的 $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 和烟尘,是农村地区重要的点源污染;而生物质燃烧虽在理论上被视为“碳中和”,但其不完全燃烧同样会产生大量颗粒物( $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ )和有害气体,对区域空气质量造成严重影响。据统计,烟叶烘烤环节的碳排放量可占整个烟草产业链碳排放总量的40%以上,是名副其实的“碳排放大户”,其绿色转型的紧迫性不言而喻。

### 1.2 工业环节:卷烟制造

卷烟制造是一个高度自动化、连续化的工业过程,主要包括制丝、卷接、包装三大工序,其能耗与排放特征呈现出高度集中的特点。制丝工序是工业环节的能耗核心,烟叶需经过松散回潮、加料、切丝、干燥(烘丝)、冷却等多个步骤,其中烘丝机是最大的能源消耗设备,通常采用高温蒸汽或热风对烟丝进行干燥定型,能耗极高。松散回潮和加料过程中的蒸汽消耗也十分可观。制丝线的能源消耗占卷烟厂总能耗的60%-70%,其中热能(蒸汽)占比最大,其产生的排放主要为生产过程中消耗电力和蒸汽所产生的间接碳排放,以及锅炉燃烧化石燃料产生的直接排放。相比之下,卷接与包装工序以电能消耗为主,用于驱动高速卷接机、包装机等精密设备。虽然单台设备能耗不高,但由于设备数量多、运行时间长,总电耗也相当可观,其排放主要为外购电力产生的间接碳排放<sup>[1]</sup>。此外,空压站、制冷站、锅炉房、污水处理站等辅助系统构成了工厂能耗的另一重要组成部分。空压站为全厂提供动力气源,是电能消耗大户;制冷站用于车间温湿度控制和工艺冷却,能耗也较

高；锅炉房则是全厂蒸汽和部分热水的来源，是直接碳排放的主要源头。综上所述，烟草生产的能耗与排放呈现出“两头高、中间散”的特点：农业环节的烘烤和工业环节的制丝是两大高能耗、高排放的核心节点，而其他环节则相对分散但总量巨大。这为后续的节能减排技术优化指明了主攻方向。

## 2 当前节能减排技术应用现状与瓶颈

尽管烟草行业在节能减排方面已做出诸多努力，但仍面临一系列深层次的瓶颈。

### 2.1 技术应用现状

在农业环节，部分地区已开始推广密集式烤房，相较于传统烤房，其保温性能和热效率有所提升。同时，生物质颗粒燃料烤房、电烤房、空气源热泵烤房等清洁能源烘烤技术也在试点应用，取得了一定成效。在工业环节，部分卷烟厂对烘丝机进行了节能改造，如采用薄板烘丝、气流烘丝等新技术，提高了热效率；在制丝线的烘丝、排潮等环节，尝试安装余热回收装置，将废热用于预热新风或生活热水；一些先进工厂已部署能源管理系统（EMS），对水、电、汽等能源介质进行实时监控和数据分析，为精细化管理提供依据；此外，LED绿色照明与变频技术在风机、水泵等设备上的应用也已较为普遍。

### 2.2 存在的主要瓶颈

然而，当前的节能减排实践仍显零散，缺乏系统性整合。许多措施停留在“点状”或“线状”应用层面，未能形成从能源生产、输配到终端使用的全链条集成优化。例如，余热回收系统往往独立于主工艺系统运行，未能与工厂的整体能源规划深度融合，导致回收效率不高，资源潜力未能充分释放。在核心技术层面，行业在高效烘烤、智能控制、先进热工装备等关键领域的自主创新能力仍有待加强，部分高端技术仍依赖外部引进，这在一定程度上制约了节能减排效果的进一步提升<sup>[2]</sup>。管理层面的问题同样突出，许多工厂的能源管理仍停留在“粗放式”阶段，缺乏基于数据驱动的精益能源管理理念，操作人员的节能意识和技能水平参差不齐，“跑、冒、滴、漏”等能源浪费现象依然存在。更深层次的矛盾在于投资回报周期与短期效益之间的冲突。许多先进的节能减排技术，如大规模光伏电站、深度余热利用系统等，前期投入巨大，投资回报周期较长，这与企业追求短期经济效益的目标存在一定张力，影响了技术推广的积极性。最后，行业内部缺乏统一、科学的碳排放核算标准和绿色工厂评价体系，导致不同企业间的节能减排成效难以横向比较，也不利于政策的有效引导和激

励，使得行业整体的绿色转型步伐受到制约。

## 3 节能减排技术的系统性优化路径

针对上述瓶颈，烟草行业的节能减排工作必须从单一技术应用转向系统性、集成化的路径优化。本文提出以下四个维度的优化路径。

### 3.1 技术创新路径：驱动绿色低碳转型的核心引擎

技术创新是破解节能减排难题的根本动力。在农业环节，应着力构建多元化、智能化的绿色烘烤体系。一方面，要大力推广以电能、太阳能、生物质能（成型燃料）等为热源的烘烤技术，重点发展空气源热泵烤房，其能效比（COP）远高于传统电加热，是极具潜力的节能技术。同时，积极探索“光伏+储能+电烤房”的微电网模式，通过分布式能源系统实现烘烤环节的能源自给与零碳化。另一方面，必须将物联网、大数据和人工智能技术深度融入烘烤过程，通过部署传感器网络实时采集烤房内的温湿度、烟叶状态等数据，并利用AI算法动态优化烘烤工艺曲线，实现按需供热、精准控温，从而最大限度地减少能源浪费，提升烘烤品质与能效的双重目标。

在工业环节，技术创新的核心在于打造高效、智能的绿色制造工厂。应持续深化制丝线的节能技术革新，研发和应用新一代高效节能烘丝技术，如微波-热风联合干燥、真空低温干燥等，大幅降低热能消耗。同时，推广蒸汽梯级利用技术，根据工艺需求精准匹配不同品位的蒸汽，避免高质低用造成的能源浪费。更为关键的是，要打破各用能单元的壁垒，构建集供电、供热、供冷、供气于一体的工厂级综合能源系统（IES）。例如，利用燃气轮机发电产生的余热驱动吸收式制冷机，实现冷热电三联供（CCHP），可将综合能源利用效率提升至80%以上<sup>[1]</sup>。在此基础上，还需对全厂的低品位余热（如冷却水、压缩空气余热）进行系统性梳理和深度回收，通过热泵技术提升其品位，用于工艺预热、采暖或生活热水，真正实现余热资源的“吃干榨净”。此外，推进清洁能源替代势在必行，应在厂房屋顶、停车场等区域大规模建设分布式光伏发电系统，并积极探索与周边风电、水电等绿电资源的合作，系统性提高绿电使用比例。

### 3.2 管理优化路径：释放精益能源管理的潜能

技术是骨架，管理则是血肉。再先进的技术若缺乏高效的管理体系支撑，也难以发挥最大效能。因此，必须深化能源管理体系（EnMS）建设，全面贯彻ISO50001标准，将节能目标层层分解，落实到部门、班组和个人，形成计划-实施-检查-改进（PDCA）的闭环管理机制。在此基础上，应建设智慧能源管控平台，在现有能

源管理系统(EMS)的基础上,融合数字孪生技术,构建覆盖全厂的三维可视化智慧能源管控平台。该平台不仅能实时监控能耗,更能进行能效对标、故障预警、能耗预测和优化调度,为管理者提供强大的数据决策支持,实现从“被动响应”到“主动优化”的管理跃迁。最终,节能减排的成功离不开人的因素。必须推行全员参与的精益文化,通过系统性培训、技能竞赛、绩效激励等多种方式,全面提升全体员工的节能意识和操作技能,鼓励一线员工立足岗位提出节能“金点子”,将节能减排真正融入日常操作的每一个细节,形成“人人讲节能、处处见节能”的良好氛围。

### 3.3 结构升级路径:从源头重塑绿色产业链

节能减排不能仅局限于工厂围墙之内,必须从产业链的源头和末端进行系统性重构。在上游,应着力发展绿色烟叶供应链,引导烟农采用测土配方施肥、病虫害绿色防控等环境友好型种植技术,从源头上减少化肥、农药的使用量及其带来的环境足迹。同时,建立烟叶碳足迹追溯体系,将碳排放数据纳入烟叶采购评价体系,倒逼农业环节的绿色转型。在中游制造环节,应大力推广绿色包装与循环经济理念,通过优化设计减少包装材料的使用,并积极采用可降解、可循环利用的环保材料<sup>[4]</sup>。在工厂内部,应建立完善的废料(如烟梗、烟末、废纸箱)回收再利用体系,通过技术手段将废弃物转化为有价值的资源,变废为宝,发展循环经济。在下游物流与仓储环节,应通过优化物流路线、采用新能源物流车辆、建设绿色智能仓储等方式,系统性降低产品流通环节的能耗与排放,实现全链条的绿色协同。

### 3.4 政策协同路径:营造良好的外部支持环境

行业的系统性转型离不开良好的外部政策环境。国家烟草专卖局应牵头完善行业标准与激励机制,制定统一的烟草行业碳排放核算指南、绿色工厂评价标准和能效标杆,为企业的节能减排工作提供清晰的指引。同时,设立专项资金,对采用先进节能减排技术的企业给

予补贴、税收减免或绿色信贷支持,有效缓解企业因前期投入大、回报周期长而产生的顾虑。加强产学研用协同创新是突破技术瓶颈的关键,应鼓励烟草企业、科研院所和高校建立联合实验室或创新联盟,聚焦行业共性难题,共同攻克节能减排领域的“卡脖子”技术,并加速科技成果的转化与落地。最后,随着全国碳市场的逐步完善,烟草企业应前瞻性地布局碳资产管理,通过内部减排和市场交易相结合的方式,以最低成本实现履约目标,并将碳成本内化为企业经营决策的重要考量因素,从而在未来的低碳竞争中占据主动。

## 4 结语

烟草生产过程中的节能减排是一项复杂的系统工程,绝非单一技术或管理手段所能解决。本文通过分析烟草生产全流程的能耗与排放特征,揭示了当前技术应用中存在的集成度不足、管理粗放等核心瓶颈,并据此提出了涵盖技术创新、管理优化、结构升级和政策协同四个维度的系统性优化路径。未来,烟草行业的绿色低碳转型将呈现三大趋势:一是智能化,以数字技术赋能能源管理,实现从“经验驱动”到“数据驱动”的根本性转变;二是一体化,打破农业与工业、生产与能源的界限,构建覆盖全产业链的绿色生态体系;三是零碳化,通过大规模应用可再生能源和负碳技术,最终迈向“零碳工厂”乃至“零碳烟草”的终极目标。

## 参考文献

- [1]丁鹏,李超玲,林金全,等.烟草可持续发展项目对烟草绿色生产的影响[J].现代农业科技,2024,(20):166-169.
- [2]周易.烟草生产型企业实施精益管理对策研究[J].现代商贸工业,2025,(06):86-88.
- [3]邱彬.烟草生产中的自动化技术与工艺优化[J].中国食品工业,2024,(02):132-134.
- [4]张志平,张仁宽,赵鹏超.种植精益化管理在烟草生产中的应用策略研究[J].现代农业研究,2023,29(12):112-115.