

双碳目标下煤化工低碳化关键技术突破与产业化前景分析

张小玲 郝文浩（陕西未来能源化工有限公司，陕西 榆林 719000）

摘要：文章系统分析了煤化工行业在实现“双碳”目标过程中面临的主要问题，从能效提升、资源综合利用、产业结构优化、前沿技术研发等方面提出了一系列低碳化发展策略，希望能够加快构建清洁低碳、安全高效的现代煤化工产业体系，为实现碳达峰、碳中和目标贡献力量。

关键词：煤化工；低碳化；双碳目标；技术策略

中图分类号：TQ53

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)028-0016-03

Breakthroughs in key low-carbon technologies for coal chemical industry under the dual carbon target and analysis of industrialization prospects

Zhang Xiaoling, Hao Wenhao(Shaanxi Future Energy Chemical Co., Ltd., Yulin Shaanxi 719000, China)

Abstract: This article systematically analyzes the main problems faced by the coal chemical industry in achieving the “dual carbon” goal. A series of low-carbon development strategies are proposed from the aspects of energy efficiency improvement, comprehensive resource utilization, industrial structure optimization, and cutting-edge technology research and development, hoping to accelerate the construction of a clean, low-carbon, safe and efficient modern coal chemical industry system, and contribute to the achievement of carbon peak and carbon neutrality goals.

Keywords: coal chemical industry; Low carbonization; Dual carbon targets; technology strategy

我国明确提出力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和的“双碳”目标，对传统高耗能、高排放产业提出了更高要求。煤化工行业在促进煤炭清洁高效利用、保障化工原料供给安全等方面具有重要战略意义，但同时也面临能耗高、排放大等突出问题，加快推动煤化工行业低碳转型发展，实现减污降碳和绿色增效协同共进对于助力“双碳”目标如期实现具有重要意义，文章拟对煤化工行业实现低碳化发展的主要问题、关键举措等进行深入剖析，希望为行业低碳转型提供参考。

1 煤化工行业当前存在的主要问题

1.1 高碳排放，低能源利用效率

煤化工行业是我国工业部门碳排放的重要来源之一，目前煤化工企业普遍存在能源利用效率低，工艺流程能耗高的问题，拿煤制油来说，由于工艺技术落后，加之能源管理水平有限，煤炭利用效率普遍在40%左右，远低于炼油行业60%以上的水平。煤化工过程中产生的大量低品位余热未得到有效梯级利用，既浪费了能源，也增加了碳排放，此外园区规划不合理导致企业分散布局、热电冷联产不协调，进一步加剧了能源损耗。

1.2 过程控制水平低，资源利用不充分

当前很多煤化工企业自动化程度不高，关键生产环节如气化、变换等缺乏精准控制手段，导致物料转化不完全、三废排放量大，如煤制甲醇由于合成塔温度场分布不均、催化剂性能下降等因素影响，CO转

化率普遍偏低，原料利用率不理想。工艺装置运行稳定性差、开停工频繁，不仅降低了产品收率，也浪费了大量资源，加上环保治理水平参差不齐，部分项目“三废”排放总量控制不严，污染物跑冒滴漏现象时有发生。资源能源约束日益趋紧的大背景下，煤化工行业必须补齐过程控制和资源综合利用短板，在源头治理污染、节约资源能源。

1.3 产品结构不合理，高碳产品比重大

受技术路线、装置工艺、市场需求等因素影响，我国煤化工产业目前仍以基础化学品和燃料油品为主。合成氨、甲醇、烯烃等大宗产品产能集中度高，而这些产品在下游应用中往往作为原料进行燃烧，不可避免地造成大量的碳排放，与此同时航空煤油、柴油等燃料油品需求旺盛，企业受利益驱动纷纷上马煤制油项目，进一步加剧了煤化工的高碳属性，所以调整优化现有产品结构、延伸产业链条、提高高附加值产品比重，是煤化工行业低碳转型的重要课题。

1.4 园区建设水平参差不齐，循环经济不完善

在产业政策引导下各地积极打造煤化工产业集群，但受制于资金实力、区位条件、发展基础等因素，园区基础设施建设水平差异较大，部分园区循环化水平低，企业间物质流、能量流交换不充分，资源循环利用不畅，如有的园区煤气化装置规模小、工艺落后，煤气发生量不足，无法实现统一变换。园区要素资源共享不足，关联企业协同发展缺乏统筹，工业共生、废物利用等典型循环经济模式难以有效推进，鉴于此，

系统构建园区“五横五纵一平台”对推动产业链纵向延伸、横向耦合，实现碳减排具有重要意义。

2 推进煤化工低碳化的必要性

2.1 实现双碳目标的行业责任

作为能源和原材料的重要供应者，煤化工行业在我国经济社会发展中举足轻重，然而不容忽视的是煤化工生产过程以煤为主要原料，在开采、运输、转化利用等环节不可避免地产生大量温室气体排放^[1]。在“碳达峰、碳中和”目标的时间表和路线图已明确的背景下，身处产业链高碳排放环节的煤化工行业理应担负起低碳转型发展的重任。

作为高耗能高排放产业代表，煤化工行业率先实现减污降碳对于带动上下游产业链绿色升级、引领工业领域整体低碳发展具有关键作用，一个行业的转型升级离不开内生动力的积极作用，煤化工企业要以对国家、对社会高度负责的态度，将“双碳”目标内化为自身发展的硬约束和动力源，加快绿色低碳技术突破和推广应用，以实际行动为践行“双碳”战略、实现可持续发展贡献应有之力。

2.2 提升行业竞争力和可持续发展能力

在“双碳”目标引领下，能耗“双控”、碳排放总量和强度“双控”等约束性指标将持续趋严。各行各业减污降碳、提质增效的要求不断提高对企业核心竞争力形成新的考验，煤化工产业作为资源加工转化型产业受资源环境容量约束较为突出，部分企业受限于资源禀赋、工艺技术水平，能效指标与产品附加值难以匹配，产业竞争力不强，且近年来国际市场环保标准日益严苛，低碳产品的贸易壁垒不断增多，对我国煤化工产品的出口形成制约。综合以上可以看出，在“双碳”目标倒逼下能效先进、碳排放少的煤化工企业将在未来竞争中占得先机。

2.3 抢占未来低碳技术和市场制高点

当前我国煤化工行业整体上低碳基础薄弱，部分关键核心技术有待进一步攻关，加快推进行业低碳化进程既是顺应国际绿色发展大势的需要，也是抢占未来技术制高点、掌握竞争主动权的现实需要。科研人员要通过持续加大研发投入，着力突破能效提升、资源综合利用等方面的瓶颈技术，加快成果转化工程化、产业化进程。

同时要密切关注国内外前沿技术发展动向，通过自主创新、联合攻关等多种形式，加大低碳颠覆性技术的培育力度，切实掌握更多“从0到1”的原创性成果，在关键领域抢占先机、弯道超车。煤炭清洁高效利用是关系国家能源安全的重大战略问题，作为煤化工行业转型发展的主攻方向，只有加快实现关键技

术突破，切实把握住低碳化这一新的历史机遇，方能实现弯道超车、跨越式发展。

2.4 引领行业绿色转型，实现高质量发展

推动煤化工行业低碳转型发展不仅事关“双碳”战略目标如期实现，对于引领行业绿色升级、实现高质量发展也具有重要意义。一直以来煤化工行业发展普遍存在着资源消耗大、污染物排放多、产品附加值低等突出问题，传统粗放型发展方式面临较大挑战，在经济社会发展全面绿色转型的大背景下，推进行业低碳化进程既是顺应绿色发展潮流的必然选择，也是行业自身实现转型升级的迫切需要，通过实施节能降碳增效行动，优化产业布局，可大幅提高能源资源利用效率^[2]。

3 煤化工低碳化的主要技术策略

3.1 能效提升与过程优化

据统计能源支出占煤化工企业总成本的比重普遍高达60%，因此千方百计提高能源利用效率已然成为行业降本增效、推进低碳发展的重中之重。设备运行管理水平的高低很大程度上决定了企业的能源利用效率，工作人员需要对标行业标杆找准薄弱环节，系统开展能效诊断与优化，与此同时加大节能技术改造力度，加快高效电机、变频调速等先进适用技术的推广应用。

能源管理的精细化、动态化水平与能源计量统计密不可分，完善能源计量体系，强化能耗统计，才能及时发现并堵塞能耗漏洞。过程控制的自动化、智能化水平的提高也是实现能源管理精细化、流程优化动态化的重要保障，以精细管理推动能效提升，以持续优化驱动流程再造，将是煤化工行业低碳转型的重要路径之一^[3]。

3.2 资源循环利用与减污降碳

煤化工产业链条长、工艺流程复杂，大宗物料的消耗和固废排放问题突出。在“双碳”目标的倒逼下，产业发展理念亟须从“线性经济”向“循环经济”加速转变。事实上煤化工领域资源综合利用的潜力巨大，工艺过程中产生的焦炉煤气、合成尾气，往往富含氢气、一氧化碳等清洁燃料，经提纯利用可替代部分化石能源，在降碳的同时提高了碳资源利用效率。粉煤灰、煤渣、脱硫石膏等工业固废其资源化利用前景也不容小觑，这些看似无用的“废物”经过创新加工和循环利用完全可以变废为宝、化腐朽为神奇，成为优质的建材原料。

化肥生产过程中产生的合成氨排放气，若以常规方式直接排放，无疑将造成资源的巨大浪费，经提纯处理后回用于生产既可减少碳排放，又能提升资源利

用效率，一举多得。结合以上可以看出，资源能源的集约利用终将成为行业的发展主流和减污降碳的重要路径。

3.3 产业结构优化与升级

对于煤化工行业来说，产业结构的优化与升级是实现高质量发展的关键路径。企业要着力优化产品结构，向精细化、高端化方向延伸，当前煤化工下游产品存在同质化严重、高端产品供给不足等问题，针对这一现状企业应立足自身禀赋和技术优势，围绕电子化学品、医药中间体、新型功能材料等高附加值领域，加大研发投入和技术攻关力度，加快突破一批关键核心技术，推动高端产品的工程化、产业化进程^[4]。

政府应加大产业政策引导和体制机制创新，优化资源配置，构建现代煤化工产业体系，煤化工产业高质量发展既需要企业的积极作为，也离不开良好的产业生态，对此政府部门要结合国家战略性新兴产业发展规划，研究制定煤化工领域专项规划，明确重点发展方向和目标任务，并在此基础上综合运用规划引导、标准规范、财税金融等多种政策工具，引导和支持煤制特种材料、可降解材料等战略性新兴产业加快发展。

3.4 前沿低碳技术的研发与产业化

煤化工企业要积极布局前沿低碳技术研发，加快推动技术成果的产业化应用。在氢能领域，企业要立足当前煤制氢技术基础，加大可再生能源制氢技术的研发力度，重点攻关电解水制氢、光催化制氢等关键技术，提升氢能规模化制取和利用能力。对于煤氢联产等要积极探索风能、光伏等可再生能源与煤化工的融合发展路径，构建多能互补的能源利用模式，而在生物质利用方面则要以农林废弃物等为原料，加强生物质气化制氢、热解制油等技术攻关，推动生物质能与煤化工的协同发展^[5]。

此外政府要完善低碳技术创新政策体系，加大对前沿低碳技术研发的支持力度，加强低碳技术创新顶层设计，将氢能、CCUS 等纳入国家重大科技专项，聚焦一批关键核心技术持续攻关。

4 煤化工低碳化的发展前景展望

4.1 政策与市场环境分析

在“双碳”目标指引下，以及在中央和地方政策的有力引导和约束下，煤化工行业向清洁化、低碳化、循环化方向发展的大势已经确立，且势不可挡。站在新时代的赛道上，煤化工企业唯有紧跟时代步伐，以时不我待的精神加快推进低碳转型，才能在未来的市场竞争中抢得先机、赢得发展主动权，否则就可能面临落后于人、错失良机的风险，而对于煤化工行业来说，低碳发展既是外部环境变化带来的挑战，更是实

现可持续发展的重要机遇，企业要以开放包容的心态拥抱变革，以昂扬奋进的姿态勇毅前行，在加快低碳转型中实现凤凰涅槃、焕发新的生机与活力。

4.2 低碳技术的经济性与竞争力分析

当前煤化工领域低碳技术取得长足进步，但成本高、经济性差等问题仍较为突出，如碳捕集利用与封存与传统工艺路线相比其成本较高，难以在煤化工领域实现大规模推广应用，而可再生能源制氢虽然在减碳方面优势明显，但电解水制氢成本是传统煤制氢的3~5倍，经济竞争力不强，因此加大低碳技术研发投入，着力攻克制约产业化的瓶颈技术，是提升低碳技术经济性的关键所在。

从发展前景看，煤化工低碳技术有望在未来赢得更强的市场竞争力，一方面随着技术进步和规模化应用煤化工低碳技术的成本有望持续下降，经济性将显著提升。以光伏、风电为例，受技术进步等因素影响，其发电成本已逐步具备与煤电竞争的实力，另一方面随着碳交易等市场机制的逐步建立健全，低碳技术的环境效益将得到更充分的体现，在市场竞争中的优势将更加凸显，此外绿色金融等政策工具的加持也将为低碳技术的推广应用创造更为有利的条件。

5 结语

实现煤化工行业的低碳化发展是一项复杂的系统工程，需要产业政策、技术创新、结构优化、市场机制等多方面协同发力。在“双碳”目标的时间表已经明确的背景下，煤化工产业低碳转型刻不容缓，唯有以时不我待的紧迫感，以舍我其谁的责任感，积极践行绿色低碳理念，才能在危机中育新机、于变局中开新局，为建设清洁低碳、安全高效的能源体系，实现经济社会发展全面绿色转型贡献智慧和力量。

参考文献：

- [1] 闫国春,温亮,薛飞.现代煤化工产业发展现状、问题与建议[J].中国煤炭,2022,48(08):1-6.
- [2] 宋磊刚.煤化工企业储运系统低碳化改造与管理探索[J].中国煤炭,2022,48(08):54-58.
- [3] 裴必高.煤化工低碳化发展技术研究进展[J].化工设计通讯,2018,44(03):9.
- [4] 姚琦敏,江华东.煤化工低碳化发展技术进展[J].化工设计通讯,2017,43(11):16-18.
- [5] 熊志建,蒋云峰,邓蜀平,等.我国煤化工“十二五”低碳化发展战略研究[J].河南化工,2010,27(17):5-9.

作者简介：

张小玲(1988-)，性别：女，籍贯：陕西延安，学历：硕士研究生，职称：中级工程师，研究方向：化学工艺。