

煤基化学品产业链的高值化延伸路径研究

赵明 (内蒙古卓正煤化工有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000)

摘要: 在全球能源结构转型与“双碳”战略深入实施背景下,传统煤化工产业因产品附加值低、碳排放高而面临严峻挑战。推动煤基化学品产业链向高值化方向延伸,已成为实现煤炭资源清洁高效利用和产业转型升级的核心课题。本文立足于我国煤化工产业发展现实,旨在系统探索其价值链提升的关键路径。研究认为,高值化延伸的本质在于通过技术创新与产业融合,驱动产品从大宗通用化学品向高端专用化学品与新材料跨越。实现这一目标,需依托分子结构精控与催化技术突破,构建以平台化合物为核心的精细化产品网络,并深度融合新材料、新能源等战略性新兴产业,最终在绿色低碳与循环经济框架下完成产业生态的根本性重塑。

关键词: 煤基化学品; 高值化; 产业链延伸; 技术创新; 产业耦合; 绿色转型

中图分类号: TQ536 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 010-0001-03

Research on the High-Value Extension Pathways of the Coal-Based Chemical Industry Chain

Zhao Ming (Inner Mongolia Zhuozheng Coal Chemical Co., Ltd., Ordos Inner Mongolia 017000, China)

Abstract: Against the backdrop of global energy structure transformation and the deep implementation of the “dual carbon” strategy, the traditional coal chemical industry faces severe challenges due to low product value-added and high carbon emissions. Driving the extension of the coal-based chemical industry chain toward high value-added has become a core task for achieving clean and efficient utilization of coal resources and industrial transformation and upgrading. Based on the reality of China’s coal chemical industry development, this paper aims to systematically explore key pathways for enhancing its value chain. The study posits that the essence of high-value extension lies in driving products from bulk general-purpose chemicals to high-end specialized chemicals and new materials through technological innovation and industrial integration. To achieve this goal, it is necessary to rely on breakthroughs in molecular structure precision control and catalytic technology, build a refined product network centered on platform compounds, and deeply integrate strategic emerging industries such as new materials and new energy, ultimately achieving a fundamental reshaping of the industrial ecosystem under the framework of green low-carbon and circular economy.

Keywords: coal-based chemicals; high-value utilization; industrial chain extension; technological innovation Industrial coupling; green transition

煤炭是我国能源体系的重要基石,其转化利用方式直接关系到能源安全与经济社会的可持续发展。传统煤化工以生产甲醇、烯烃、合成氨等大宗产品为主,虽保障了基础原料供给,却也深陷产品同质化、盈利波动大、环境负荷重的困境。随着“双碳”目标的提出与生态文明建设的推进,依赖资源与规模扩张的旧有模式已难以维系。产业突破的关键,在于从根本上改变价值创造逻辑,即从提供基础“原料”转向供给高性能“材料”,从满足普通需求转向服务高端制造。这种以提升技术含量与市场价值为导向的“高值化”转型,不仅是应对约束的被动调整,更是主动引领未来、培育新质生产力的战略抉择。国家政策已明确指引煤化工向精细化、高端化、绿色化发展,产业实践亟需清晰的路径导航。本文试图超越简单的技术或产品罗列,从系统视角剖析煤基化学品产业链价值跃迁的内在机理与可行道路。

1 高值化延伸的核心意涵与多维驱动逻辑

煤基化学品产业链的高值化延伸,是一场涉及技

术、产品与模式的多维深度变革。其核心在于通过持续创新,将产业链锚定于技术壁垒更高、市场需求更专、附加值更大的产品领域,实现价值创造能力的根本性提升。这具体表现为产品形态从通用走向专用,技术路径从跟随走向原创,资源利用从粗放走向精益,产业组织从离散走向生态。

驱动这场变革的力量主要来自四个方面。首先是政策与市场的双重塑造。“双碳”目标构成了刚性约束,倒逼产业寻求低碳甚至零碳解决方案;与此同时,新能源汽车、电子信息、高端装备等新兴产业的蓬勃兴起,催生了对于特种聚合物、高性能纤维、电子化学品等材料的巨大需求,为煤化工打开了全新的价值空间。其次是技术创新的内在突破。新型催化材料、过程模拟与强化、生物合成等技术的进步,使得精准合成复杂高价值分子成为可能,为产业链向上攀登提供了技术阶梯。再者是保障供应链安全的现实考量。将丰富的煤炭资源转化为国家急需的关键化工原料和战略材料,有助于缓解部分领域对外依存度高的压力,

提升产业链的自主可控水平。最后是竞争格局演变的客观压力。国际化工巨头长期垄断高端市场，国内产业若要避免在低端领域内卷，就必须向价值链上游突破，争夺未来发展的话语权。

2 产业链价值跃迁的系统性实现路径

基于以上驱动逻辑，煤基化学品产业链的价值跃迁，需要沿着技术创新、产品树构建、产业生态融合与绿色转型四条相互交织、相互促进的主航道系统推进。

2.1 以分子结构精准设计与定向转化为核心的技术突破路径

技术是价值创造的源头。高值化的首要任务是通过催化科学与反应工程的革命性进步，实现对碳、氢、氧等原子在分子层面的精准“编辑”与“组装”，从通用分子“制造”出具有特定功能的结构分子。

在烯烃化学领域，目标不应再局限于普通级别的聚乙烯（PE）和聚丙烯（PP）。例如，利用新型催化剂体系，可以将煤制烯烃中的 α -烯烃（如1-丁烯、1-己烯、1-辛烯）含量大幅提高，这些高碳 α -烯烃是生产高密度聚乙烯（HDPE）、线性低密度聚乙烯（LLDPE）的高性能共聚单体，能显著改善塑料的韧性、拉伸强度和抗穿刺性。更进一步，发展烯烃聚合新技术，如制备超高分子量聚乙烯（UHMWPE），其纤维强度是钢丝的15倍，广泛应用于防弹衣、高性能绳索等特种领域。另一个前沿方向是合成环烯烃共聚物，这种材料具有极高的透明度、低双折射率和优异的尺寸稳定性，是制造高端光学镜头、医疗器械、芯片承载托盘的首选材料。

在芳烃化学领域，煤制芳烃技术（如MTA）的成功产业化，为摆脱芳烃对石油的依赖提供了可能。其高值化延伸极具想象空间：对二甲苯（PX）向下游可延伸至精对苯二甲酸（PTA）和聚酯（PET），但更高价值的方向是用于生产聚对苯二甲酸乙二醇酯（PETG）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）等特种聚酯，以及至关重要的聚碳酸酯（PC）。目前，非光气法熔融酯交换工艺生产PC已成为主流，其核心原料之一正是煤基路线可以提供的碳酸二苯酯（DPC）。另一芳烃产品苯，则可作为原料合成己内酰胺，进而制造尼龙6，或与煤基路线可能提供的己二胺结合生产尼龙66，这两种工程塑料在汽车、电子电器领域应用广泛。特种芳烃如均四甲苯，是生产聚酰亚胺（PI）单体——均苯四甲酸二酐（PMDA）的关键原料，PI被誉为“黄金薄膜”，是柔性电路板、耐高温薄膜的必备材料。

在一碳化学（C1化学）领域，合成气（ $\text{CO}+\text{H}_2$ ）和甲醇的高值化转化是国际竞相角逐的科技前沿。除

了成熟的甲醇制烯烃（MTO），将合成气高选择性转化为高碳醇（如C6-C12混合醇，是优良的环保增塑剂原料）、乙醇（非粮食路线）、或者将甲醇与CO羰基化合成醋酸，进而生产醋酸乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）等高分子材料，都是提升价值的关键路径。其中，EVA是光伏电池封装胶膜的核心材料，需求随着光伏产业高速增长。

典型案例：国家能源集团宁夏煤业公司煤制油分公司，在成功运营世界级煤制油项目的基础上，并未止步于油品生产，而是利用丰富的中间化学品进行高值化探索。他们利用费托合成产物中的 α -烯烃，研发并生产高品质润滑油基础油，产品性能达到API III类标准，打破了国外垄断，实现了从“煤制油”到“煤制高端化学品”的局部跨越。

2.2 构建以平台化合物为枢纽的多元化、网络化产品路径

为增强产业柔性与抗风险能力，避免“将鸡蛋放在一个篮子里”，必须围绕关键平台化合物，构建“枢纽-辐射”状的产品网络，实现横向多元化发展。

合成气平台是最基础的枢纽。其下游不仅通向甲醇、天然气（SNG）、液体燃料（费托合成），更应分支至多元化化学品。例如，通过草酸酯法工艺生产乙二醇是成熟路线，但可继续向下延伸至可生物降解塑料聚乙醇酸（PGA）。合成气与煤焦油中提取的苯酚耦合，可生产苯甲酸、水杨酸等精细化学品。合成气制乙醇技术的突破，则为燃料乙醇和化工乙醇提供了新来源。

甲醇平台被誉为“化工母机”。其高值化方向除了MTO，重点在于开发高活性的催化剂体系，实现甲醇制碳酸二甲酯（DMC）、甲酸甲酯、甲基叔丁基醚（MTBE，但面临燃料政策挑战）等。特别是DMC，作为一种环境友好的绿色化学品，既是优良的锂离子电池电解液溶剂（随着新能源汽车产业爆发式增长），也是生产非光气法聚碳酸酯的关键中间体，还可作为环保型涂料溶剂和医药中间体，市场潜力巨大。

构建这种产品网络，要求企业在项目规划和研发投入上具有前瞻性和系统性思维。例如，一个大型煤化工园区，可以设计成同时输出聚合物单体、特种溶剂、电子化学品、新能源材料等多种产品的“综合性化工厂”，根据市场行情灵活调整产品结构，最大化整体收益。

2.3 推进与战略性新兴产业的深度耦合与集群化共生路径

单打独斗难以成就高值化，煤化工必须“敞开怀抱”，主动与下游应用端深度融合，嵌入新兴产业的

供应链和价值链。

与新材料产业耦合：这是最直接的价值提升通道。为碳纤维产业提供高品质的沥青或聚丙烯腈（PAN）原丝前驱体；为特种工程塑料（如PEEK、PEKK）提供专属单体；为高性能膜材料（如气体分离膜、水处理膜）提供关键聚合物原料。例如，利用煤焦油沥青生产的中间相沥青基碳纤维，其模量和导热性能极佳，是航天器热防护、高端电子设备散热的首选材料。

与新能源产业耦合：这是实现绿色转型与价值创造双赢的领域。利用煤化工副产的氢气，经过纯化后可用于氢燃料电池汽车、氢冶金等，变“废”为宝。利用煤基路线生产的特种碳材料（如硬碳、石墨烯前驱体）可作为锂离子电池或钠离子电池的负极材料。探索“绿电-电解水制氢-与煤化工捕集的CO₂合成甲醇”（“液态阳光”）技术，是未来实现碳中和的颠覆性方向之一。

园区化与循环经济模式是承载产业耦合的最佳载体。在陕西榆林、宁夏宁东、内蒙古鄂尔多斯等国家级现代煤化工产业示范区，已初步形成了企业间物料互供、能源梯级利用、基础设施共享、废弃物集中资源化的循环经济雏形。例如，上游企业的合成气、蒸汽可供下游企业使用；生产过程中产生的二氧化碳可集中捕集，一部分用于驱油（EOR），一部分尝试制化学品；污水经过分级处理实现近零排放与回用。这种集群化发展模式，通过系统优化，大幅降低了单个企业的物耗、能耗和环保成本，形成了强大的集体竞争力。

2.4 贯穿全链条的绿色低碳化转型路径

绿色低碳是贯穿所有路径的底色与前提。高值化必须建立在可持续的基础之上。这要求在生产环节，采用大型化、高效化的煤气化技术与低碳催化工艺，从源头提高能效。同时，必须积极部署碳捕集、利用与封存技术，将生产过程中产生的二氧化碳转化为化工产品或进行安全封存，这是实现碳中和的托底技术。此外，发展水资源循环利用和废水近零排放技术，探索与生物质资源的耦合转化，都是降低环境足迹、提升产业社会认可度的必要举措。

3 面临的主要挑战与综合性对策建议

迈向高值化的道路并非坦途，一系列挑战亟待克服。在技术层面，许多高端产品的核心催化剂和工艺包仍依赖进口，从实验室到工业化的市场应用依然宽阔。在经济层面，高端市场容量相对有限，项目投资强度大，技术与市场风险并存，企业决策往往慎之又慎。在政策环境层面，尽管方向明确，但具体的碳排放核算标准、碳交易市场机制、绿色金融产品等配套

措施尚需完善，以稳定企业长期投资预期。在人才支撑层面，精通化学、材料、工程与市场的复合型创新人才严重短缺。

为应对这些挑战，需要多方协同，形成合力。首要任务是集中资源进行核心技术攻关。应围绕高性能催化剂、高端材料合成工艺、低成本CCUS等关键环节，组建国家级创新联合体，打通基础研究到产业应用的全链条。其次，需完善精准的产业政策体系。制定差别化的能耗、排放标准，对前沿性、示范性高附加值项目给予适当的财税激励和绿色信贷支持，并加快建立成熟透明的碳定价机制。再次，鼓励商业与组织模式创新。支持龙头企业构建从研发到市场的完整生态，在条件成熟的区域建设以高端化为特色的专业化园区，促进知识外溢与设施共享。最后，应坚持在开放中创新，积极融入全球创新网络，在引进消化国际先进经验的同时，推动我国优势技术和标准“走出去”。

4 结语

推动煤基化学品产业链向高值化延伸，是我国煤炭与化工产业实现高质量发展的战略抉择。这本质上是一条从资源依赖走向创新驱动、从价值链低端锁定走向高端攀升的升级之路。尽管面临技术、经济与政策的多重考验，但只要坚定方向，通过持续的技术创新颠覆价值基础，通过灵活的产业融合拓展价值空间，并通过彻底的绿色转型重塑价值伦理，煤化工完全能够突破传统发展天花板。未来，一个与新材料、新能源等战略性新兴产业深度交融，以技术先进、产品高端、环境友好为特征的新型煤化工产业图景，必将为现代工业体系注入强劲动力，在国家能源与原料安全保障中扮演不可替代的角色。

参考文献：

- [1] 谢克昌, 凌文, 李全生. “双碳”目标下我国能源煤炭清洁高效转化利用战略研究 [J]. 中国工程科学, 2022, 24(03): 1-10.
- [2] 刘中民, 蔡睿, 朱文良. 现代煤化工技术进展与产业展望 [J]. 化工进展, 2021, 40(08): 3997-4018.
- [3] 张锁江, 何宏艳, 邢华斌. 碳中和目标下的碳捕集、利用与封存技术发展路径 [J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(09): 1010-1018.
- [4] 魏飞, 骞伟中, 张强. 煤炭清洁高效转化制备高端化学品与材料 [J]. 化工学报, 2020, 71(01): 1-10.
- [5] 王公应, 王庆印, 王越. 煤基合成气制高碳醇催化剂研究进展 [J]. 燃料化学学报, 2023, 51(02): 129-142.
- [6] 林氏, 史春风, 朱斌. 煤基芳烃技术发展现状与展望 [J]. 石油炼制与化工, 2022, 53(05): 1-8.