

# 我国碳四产业链发展现状、挑战 及“十五五”发展趋势研究

王艳琪（临淄区应急救援指挥保障服务中心，山东 淄博 255400）

**摘要：**碳四产业链是支撑我国石化与高端制造业的关键环节，其产业规模“十四五”期间已达全球首位，但面临低端产能过剩、高端产品短缺、绿色转型紧迫等结构性挑战。“十五五”时期，产业链须转向高质量发展，核心是推动产业结构高端化、发展方式绿色化、产业体系现代化。本文系统梳理了我国碳四产业链的发展现状与核心特征，提出三大战略工程，以破解技术瓶颈、构建低碳循环体系、提升安全韧性，以推动我国碳四产业链实现由全球最大向综合竞争力最强的跨越。

**关键词：**碳四产业链；产业结构优化；“十五五”规划；高端化；绿色低碳；高质量发展；战略工程

**中图分类号：**TQ221.21+3；F426.7 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167（2026）005-0001-03

## Research on the Current Development Status, Challenges and Development Trends of China's C4 Industrial Chain During the 15th Five-Year Plan Period

Wang Yanqi (Linzi District Emergency Rescue Command Service Center, Zibo Shandong 255400, China)

**Abstract:** The C4 industrial chain is a key link supporting China's petrochemical and high-end manufacturing industries. Its industrial scale reached the world's first during the 14th Five-Year Plan Period, but it faces structural challenges such as overcapacity in low-end products, shortage of high-end products, and urgent green transformation. During the 15th Five-Year Plan Period, the industrial chain must shift towards high-quality development, with the core being promoting the high-endization of industrial structure, the greenization of development mode, and the modernization of industrial system. This paper systematically sorts out the current development status and core characteristics of China's C4 industrial chain, and proposes three major strategic projects to break through technical bottlenecks, establish a low-carbon circular system, and enhance safety and resilience, so as to promote the transformation of China's C4 industrial chain from the world's largest to the one with the strongest comprehensive competitiveness.

**Keywords:** C4 industrial chain; industrial structure optimization; the 15th Five-Year Plan; high-endization; green and low-carbon; high-quality development; strategic projects

碳四产业链，是以石化过程中产生的混合碳四烃类（主要成分为正丁烷、异丁烷、正丁烯、异丁烯、丁二烯等）为关键原料，通过一系列分离与化学转化工艺，生产合成橡胶、精细化学品、清洁汽油添加剂、高性能聚合物单体等高价值产品的复杂产业网络。这一产业链不仅是消化炼化副产资源、提升整体经济效益的“增值器”，更是向下游橡胶加工、汽车制造、航空航天、电子信息等战略产业输送关键基础材料的“输血线”，其技术高度及供应链稳定性对国家经济安全与产业竞争力具有至关重要的战略意义。

经过“十四五”期间的快速发展，我国碳四产业链在规模体量上已稳居全球首位，并形成了若干具有区域特色的产业集群。然而，产业长期积累的“大而不强、全而不精”等深层次结构性矛盾，以及绿色低碳转型压力日益凸显，传统发展模式面临前所未有的挑战。

当前，绿色化、信息化已成为产业演进的主流方向，我国即将迈入“十五五”发展新阶段，石化行业“高

端化、绿色化、安全化”需求更加迫切。在此形势下，碳四产业链必须从根本上改变以往依赖规模扩张的路径，转向以技术创新为核心、以价值链提升为导向的内涵式发展模式。

为此，本文将在“十四五”的产业基础上，系统梳理碳四产业链发展现状，深入剖析面临的结构性问题和现实挑战，对其未来转型升级的方向及可行路径作出研判，以期为推动“十五五”期间碳四产业链实现由“全球最大”到“全球最强”的飞跃提供有益参考。

### 1 我国碳四产业链发展现状与主要特征分析

#### 1.1 产业规模优势显著，但结构性失衡的矛盾突出

我国已无可争议地成为全球碳四产业的中心。据石油和化学工业规划院等权威机构数据，2022年，我国碳四下游主要产品总产能超过7100万t，占全球的53%以上；表观消费量约3930万t，占全球的近一半。这种规模优势在部分细分产品领域尤其突出，如作为清洁汽油关键组分的MTBE和异辛烷，我国产能的全球占比分别高达61.1%和71.9%，形成了绝对主导权。

然而, 庞大规模背后是深刻的结构性失衡, 即基础大宗产品产能富余, 高端专用产品供给短缺的“倒金字塔”结构。在中低端, 以 MTBE、普通溶剂油、通用牌号合成橡胶为代表的大宗产品市场已趋于饱和, 同质化竞争激烈。反观产业链高端, 用于高性能轮胎的钕系稀土顺丁橡胶、溶聚丁苯橡胶 (SSBR), 用于高端润滑剂的聚异丁烯, 用于顶级光学材料的高纯度 MMA 单体, 以及用于提升塑料性能的高碳  $\alpha$ -烯烃等, 这些高技术壁垒、高附加值的产品国内有效供给严重不足, 长期依赖从陶氏、埃克森美孚、朗盛等国际巨头进口。这种结构性矛盾不仅造成当前产业利润率偏低现状, 更制约着我国制造业整体迈向中高端。

### 1.2 纵向一体化模式深化, 集群优势与同质化风险并存

为提升资源利用效率, 增强市场竞争力, 国内碳四行业企业普遍采取了纵向一体化发展模式。以齐翔腾达为例, 该企业以裂解碳四为起点, 向下游延伸提取丁二烯、异丁烯、正丁烯等关键组分, 进一步用以生产甲乙酮 (MEK)、MTBE、叔丁醇、甲基丙烯酸甲酯 (MMA)、顺丁橡胶、顺酐等深加工产品。近年来, 企业还通过丙烷脱氢等项目向碳三产业链延伸, 逐步构建起跨链协同的产品体系。这种“吃干榨净”式的沿链延伸模式, 提升了原料附加值, 增强了企业抵御市场波动的能力, 也促进了产业链内的技术联动与物料优化。

从空间布局来看, 我国碳四产业主要分布在山东、江苏、浙江、广东、辽宁等沿海石化产业集中区, 已形成明显的区域集聚效应。比如山东省, 依托其丰富的地方炼化产能与下游市场, 逐步构建起贯穿东营、滨州、淄博、菏泽等地的碳四加工产业带, 区域内企业在原料互供、设施共享等方面形成了一定优势。产业集群在降低物流成本、促进技术交流等方面发挥了积极作用。然而, 部分地区由于规划协同不足、项目布局重复, 导致 MTBE、普通合成橡胶等中低端产品产能过剩, 同质化竞争加剧, 不仅削弱了行业整体盈利能力, 也给安全生产与环境保护带来了持续压力。

### 1.3 技术创新以改进优化为主, 前沿突破能力尚显不足

“十四五”期间, 我国碳四产业的技术进展主要体现在对原有工艺的优化与提升上。例如在正丁烷氧化制顺酐领域, 催化剂性能和反应器效率得到持续改善; 在碳四烷基化生产异辛烷过程中, 环境友好的固体酸工艺逐步替代传统的硫酸法和氢氟酸法; 丁二烯抽提技术也在节能降耗方面取得一定进展。这些成果对于降本增效、提升产业运行效率起到了积极作用。然而, 不可否认的是, 当前大部分创新仍属于渐进式改良, 而非颠覆式创造。面向“十五五”乃至更远的未来, 产业缺乏足够

的战略性技术储备。例如, 在新型高效催化材料、革命性分离技术、以及从本质上降低能耗与碳排放的新型反应路径 (如电催化转化、光催化转化、生物催化转化) 等方面, 国内的研发和产业化成果少之又少, 基础研究、应用研究和工程化放大之间的衔接不够紧密。这种前沿布局的不足, 可能导致我国在未来绿色化工与技术竞争中处于被动地位。

## 2 “十五五”时期碳四产业链面临的多维挑战与战略压力

### 2.1 原料供应体系的结构性风险

首先, 碳四资源总量增长受限。国内炼油产能逼近天花板, 且“降油增化”趋势下, 催化裂化 (FCC) 装置负荷受限。新建的大型乙烯装置原料轻质化成为主流, 这带来高价值烯烃收率提升, 同时联产碳四的收率却显著下降。如乙烷裂解的碳四收率不足 1%, 远低于石脑油的 10-15%。其次, 来源单一也是一个风险。现有资源过度依赖传统炼化副产, 一旦上游装置波动, 将迅速冲击下游行业。因此, 加快发展轻烃直接脱氢、生物质路线等方式, 构建多元、灵活的原料供应体系, 成为保障供应链安全的紧迫课题。

### 2.2 高端化转型的迫切需求与核心技术瓶颈的深层矛盾

推动产业高端化, 满足战略性新兴产业对关键材料的进口替代需求, 是“十五五”的一项核心任务。汽车产业对高性能轮胎 (依赖溶聚丁苯橡胶 SSBR、稀土顺丁橡胶)、高端制造对特种工程塑料共聚单体 (如 1-辛烯) 的需求爆发式增长, 但国内供给严重不足, 不仅制约下游产业发展, 也导致潜在的供应链“断链”风险。

然而, 产业链高端化面临的根本障碍在于核心技术体系的落后, 需要从催化剂开发、聚合工艺调控到工程化放大全链条的系统性升级绝非依靠单一产品的攻关就能解决。以溶液聚合技术为例, 不仅依赖于高活性、高选择性的催化体系, 更需要精准的反应工程控制能力和对产品微观结构的精细调控。国内企业在这些方面的长期积累较为薄弱, 工程实践经验尤其缺乏, 导致产品在性能稳定性等方面落后于国际先进水平。要真正打破这类“卡脖子”技术, 必须构建起可持续的高强度研发投入机制, 并推动产学研各方各环节深度协同。

### 2.3 绿色低碳成为产业链发展的根本性约束

在“双碳”战略深入推进的背景下, 绿色低碳已不再仅是环保合规的选项, 而成为影响碳四产业生存与发展的根本性约束。压力具体体现在: 关键工艺过程能耗突出, 如顺酐氧化、丁二烯精馏等环节; 挥发性有机物 (VOCs) 无组织排放问题尚未根本解决; 此

外,国际上日益强化的产品全生命周期碳足迹要求,正逐步形成新的绿色贸易壁垒。这些压力共同倒逼产业进行系统性、源头性的绿色改造。

## 2.4 产业分散制约着行业可持续发展

当前碳四产业组织结构仍较为分散,大量中小企业并存,技术装备、安全生产与环保治理方面的水平参差不齐。这与“十五五”期间推动产业体系现代化的导向不尽相符,并衍生出一系列问题:一是创新资源分散,难以凝聚合力攻克共性技术难题;二是安全环保监管对象多、范围广,区域性风险累积;三是产品结构趋同,低水平重复竞争普遍,可持续发展潜力不足。因此,推动产能向管理规范、基础设施完善的现代化园区集聚,通过市场与政策手段引导企业兼并重组,淘汰落后产能,不仅是提升产业整体竞争力的现实需要,更是实现行业安全发展、绿色转型的内在要求。

## 3 “十五五”时期碳四产业链的转型方向与系统路径

“十五五”将是我国碳四产业链进行系统性重构的关键阶段,发展重心将从产能扩张全面转向价值提升,高端化、绿色化、集约化三大趋势将相互交织,共同推进。

### 3.1 发展趋势:迈向以价值创造为核心的新阶段

产业链结构将加速迈向高端化。资源将更密集地投向供给短缺的高性能合成橡胶(如SSBR)、高端聚烯烃共聚单体、特种弹性体等领域。发展目标不仅是提高自给率,更在于培育一批在细分领域具备全球引领力和话语权的“单项冠军”企业。

绿色发展将从被动合规转变构建核心竞争力的主动行为。产业升级将紧密围绕工艺源头减碳(例如绿电替代、生物基原料应用)、生产过程智能降耗、资源循环利用体系构建和碳足迹精准管理等方面展开。尽管这意味着庞大的投入,但也为提升产业竞争力创造了历史性机遇。能率先实现低碳工艺突破、提供低碳足迹的差异化产品的企业,将在全球绿色供应链中占据主动,并可能主导新的行业标准,形成可持续的市场优势。

产业组织形态将向集约化、现代化演进。具备技术、市场和资本优势的龙头企业,将通过知识输出、标准共建和供应链协同,引领众多“专精特新”中小企业形成高效分工、紧密配套的产业生态圈。

### 3.2 战略对策建议:聚焦三大关键工程

一是着力突破高端材料,夯实产业基础。建议围绕国家战略需求,制定清晰的碳四产业链高端化技术路线图。通过设立国家专项,采用“揭榜挂帅”等机制,

整合企业、高校及科研机构力量,力争在3-5种关键高端材料的产业化技术上取得突破。同时,应支持建设国家级共性技术研发平台,重点攻克核心催化剂、先进工艺包、关键反应器等制约行业升级的基础瓶颈。二是全面推进绿色制造,打造循环经济模式。加快修订并严格执行领先的能耗、碳排放和清洁生产标准。编制绿色技术推广目录,强制推广应用过程强化、余热深度利用、智慧能源管理、VOCs高效治理等技术。鼓励有条件的园区开展“近零排放示范区”建设,系统探索企业间物料互供、能源互联以及废弃物资源化协同处理的新模式。三是优化产业空间布局,提升系统韧性。强化规划约束,确保新增产能全部入园,有序推动存量高风险企业“搬迁入园”。发挥市场机制作用,支持龙头企业开展兼并重组,优化资源配置,同时坚决依法淘汰落后产能。

## 4 结论

“十五五”时期将是我国碳四产业链破解深层次矛盾、重塑国际竞争力的关键阶段,产业发展逻辑将从追求规模转向追求价值与供应链韧性。未来必须以科技创新为核心驱动,以绿色安全为底线约束,通过实施“高端攻关、绿色再造、布局优化”等关键工程,推动产业链实现深刻转型。这要求摒弃零敲碎打的改良,转向系统性的产业基础再造与生态构建。唯有如此,才能建立起技术自主、产品高端、生产绿色、布局集约的现代化碳四产业体系,在全球绿色化工新格局中确立中国产业的领先地位。

## 参考文献:

- [1] 国家发展和改革委员会.“十四五”原材料工业发展规划[Z].2021.
- [2] 工业和信息化部,国家发展和改革委员会,科学技术部,等.关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见[Z].2022.
- [3] 中国石油和化学工业联合会.《石化化工行业“十五五”高质量发展初步思路研究》报告[R].2024.
- [4] 石油和化学工业规划院.《我国碳四资源综合利用与产业链竞争力评估》研究报告[R].2023.
- [5] 齐翔腾达化工股份有限公司.2022年年度报告及2023年半年度报告[R].2022-2023.
- [6] 刘昌毅,张曼,李振宇.碳四烃资源的高值化利用技术路径与产业展望[J].化工进展,2023,42(5):2265-2275.
- [7] 中国工业环保促进会化工专业委员会.2023年度中国石化行业绿色发展水平评估报告[R].2023.
- [8] 孙伟振,王基铭.中国炼化一体化背景下碳四资源利用策略研究[J].当代石油石化,2022,30(4):1-7.