Science Research
2026, Vol. 14, No. 6, pp. 484–488
https://doi.org/10.11648/j.sr.20261406.24

Research Article

Strategic Recommendations for the Sustainable Development of the Heavy Oil Industrial Chain

Shuangying Li*, Fubing Xin, Le Wang, Han Dong, Xiangchun Jin

Economics and Technology Research Institute, PetroChina Liaohe Oilfield Company, PanJin, China

Abstract

Heavy oil is an important petroleum resource in China and a significant support for national energy security. Major heavy oil production areas in China, such as Shengli, Liaohe, and Xinjiang, have established complete industrial chains covering upstream exploration and development, midstream gathering, transportation, and storage, and downstream specialized processing. During the 15th Five-Year Plan period, demand for refined oil products has entered a stage of peaking and decline, new energy substitution continues to accelerate, and the carbon market is gradually expanding to the petrochemical industry. Consequently, the sustainable development of the heavy oil industrial chain faces severe external environmental pressures. Meanwhile, internal shortcomings remain, including insufficient coordination and linkage and inadequate value release. Taking the heavy oil industrial chain as the research object, this paper systematically reviews the current status of industrial development, conducts a bottleneck diagnosis affecting value maximization from three dimensions: quality matching, value transmission, and decision-making coordination, and then proposes three optimization strategies: establishing graded and classified standards for gathering, transportation, and storage; formulating a linkage-based and adjustable transfer pricing mechanism; and building an integrated and coordinated production capacity release mechanism. The study indicates that the competitive advantage of the heavy oil industrial chain depends not only on its resource endowment and technological strength but also on the overall coordination capability of the industrial chain. This paper can provide a practical paradigm for reference for similar industrial chains to maximize value across the entire chain.

Keywords

Heavy Oil, Industrial Chain, Naphthenic Heavy Oil, Sustainable Development, Transfer Pricing

稠油产业链可持续发展策略建议

李双莺*，辛福兵，王乐，董涵，金祥纯

中国石油辽河油田公司经济技术研究院，盘锦，中国

*Correspondence: Shuangying Li (857108492@qq.com)

Received: 8 October 2026; **Accepted:** 19 November 2026; **Published:** 25 November 2026

Copyright: © The Author(s), 2026. Published by Science Publishing Group. This is an **Open Access** article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

摘要

稠油是中国重要的石油资源，是保障国家能源安全的重要支撑。国内胜利、辽河、新疆等主要稠油产区，均已构建起涵盖上游勘探开发、中游集输储运、下游特色加工的完整产业链条。“十五五”期间，成品油需求进入达峰回落阶段，新能源替代持续提速，碳市场逐步扩围至石化行业，稠油产业链可持续发展面临严峻的外部环境压力；与此同时，产业链内部仍存在协同衔接不足、价值释放不充分等问题短板。本文以稠油产业链为研究对象，系统梳理产业发展现状，从品质衔接、价值传导、决策协同三个维度开展影响产业链价值最大化的瓶颈诊断，进而提出建立分级分类集输储运标准、制定联动可调转移定价机制、构建统筹协同产能释放机制三大优化策略。研究表明，稠油产业链的竞争优势不仅取决于其资源禀赋与技术实力，也取决于产业链总体协调能力。本文可为同类型产业链实现全链条价值最大化提供可参考的实践范式。

关键词

稠油，产业链，环烷基稠油，可持续发展，转移定价

1. 引言

“十四五”期间，中国石油对外依存度长期处于高位，2025年原油进口量突破5.7亿吨，对外依存度维持在70%以上[1]，能源供应结构性风险突出。中国稠油资源较为丰富，推动其高效开发与高值利用，对保障国家能源安全具有重要意义[2]。近年来，稠油特色炼化产品市场认可度较高，竞争优势突出。

进入“十五五”，稠油产业链将面临低碳转型与市场变革的双重压力。受碳排放“双控”政策约束，稠油热采高能耗、高碳排放的特点与绿色低碳发展要求的矛盾将更加凸显；随着2027年石化化工行业纳入全国碳市场，以及碳排放配额有偿分配改革，将进一步挤压产业链盈利空间。与此同时，国内新能源汽车渗透率已突破45%，成品油需求呈持续萎缩态势。从产业链内部看，国内稠油主产区产业链尚未实现全链条资源最优配置与价值最大化，各环节发展碎片化问题显著，综合效益释放受限。因此，推动上下游协同优化，实现稠油全产业链价值最大化，是稠油产业链高质量发展亟待破解的关键命题。

围绕稠油全产业链协同发展，国内学者开展了大量研究，在开发方式转型、集输工艺优化、减油增特路径等方面取得阶段性认识[3-13]。孙焕泉等提出稠油热采低碳化方向；郭长会等研究了稠油掺稀比优化与降黏输送机理；李宇慧等提出了环烷基原油高值产品路径；耿军等论证了全产业链协同转型升级路径。总体而言，现有成果多侧重单环节技术、单厂工艺优化，很少从全产业链视角开展系统分析，针对价格传导、品质衔接、协同决策等制度机制研究尤为不足。据此，从“品质衔接-价值传导-决策协同”三个维度识别发展瓶颈，围绕产业链价值最大化制度保障，提出分级分类储运标准、联动转移定价价值、协同产能释放三项创新机制，弥补了现有研究“重技术轻制度、重环节轻链条”的短板，对同类型产业链实现全链条价值最大化具有一定参考价值。

2. 稠油产业链发展现状

2.1. 产业链主要特点

稠油产业链覆盖勘探开发、采油、集输、储运、炼化、销售等环节，属于典型的纵向一体化产业链，核心特征体现在四个方面：

（1）资源禀赋特殊，原料属性突出。稠油具有密度大、黏度高、凝点低，环烷烃与芳烃含量高的特点，其化工原料属性具有不可替代性。

（2）技术、资本密集，成本刚性突出。稠油开发以蒸汽吞吐、蒸汽驱、SAGD、火驱等热采方式为主，技术门槛高、投资规模大、生产能耗高，吨油完全成本长期高于常规原油，上游效益对油价和天然气价格高度敏感。

（3）上下游耦合紧密，一体化属性明显。稠油炼化依赖延迟焦化、加氢裂化等深加工工艺，重质产品占比高。上下游在原料品质、价值实现上相互制约，需要全产业链统筹资源配置，若协同不足将会放大价值损失。

（4）碳排放量大，碳约束趋于刚性。稠油热采与炼化深加工碳排放强度高。根据“两办”印发的《关于推进绿色低碳转型加强全国碳市场建设的意见》，到2027年，全国碳市场基本覆盖工业领域主要排放行业，石化行业是下步碳市场扩围的重点对象；2030年以后，碳配额分配将由免费转为免费和有偿分配相结合。届时，碳配额将由软性约束转变为刚性成本，对产业链各环节成本与运营模式都将带来影响。

2.2. 稠油生产经营现状

自20世纪80年代后期进入规模开发阶段以来，国内稠油开采技术体系持续扩展，先后应用了蒸汽吞吐、蒸汽驱、SAGD、火驱、多介质吞吐和驱泄复合蒸汽驱等方式。目前，全国稠油年产量大致稳定在1500万～1600万吨，在中国石油年产量中的占比约9.4%[14]。三大稠油集中产区为新疆油田、辽河油田和胜利油田，其合计产量超过全国稠油总产量的90%。销售端主要面向中国石油、中国石化系统内炼化企业，渠道集中度较高，市场化交易空间有限[15]。由于稠油热采本身能耗高，成本压降弹性小，相关油田盈利空间较为有限。

2.3. 稠油集输现状

稠油集输方式主要包括管道输送与公路运输两种，管道输送适用于稠油资源集中、规模较大且产量稳定的区块；对于产量规模较小或管网设施不完善的边远区块生产的原油，多通过公路运输。为解决稠油黏度高、流动困难问题，稠油运输储运大多采用掺稀辅助降黏工艺。如某油田某采油厂超稠油和特稠油的掺稀比例接近50%。稠油掺稀虽然解决了稠油生产和集输中的流动问题，但也给企业带来了损失。一是某上游企业每年超百万吨稀油因掺混按更低的稠油价格外销，拉低其整体收益水平；二是受稠油掺稀影响，在集输和储运环节难以实现不同品质原油的分储分销，给下游炼厂分质分炼带来影响，难以充分发挥稠油的原料属性，实现产品价值的最大化。稠油掺稀后的混合油集输量较大，某油田混合油占外销稠油资源量约达60%。

2.4. 稠油加工现状

稠油特色加工或走润滑油-船燃路线，生产特种油原料和船燃调合组分；或走润滑油-沥青路线，生产特种油原料、特色沥青；或走润滑油-沥青-石油焦路线，生产特种油原料、沥青和石油焦等等不一而足。以A公司为例，作为加工稠油、超稠油的特色炼化企业，“十四五”期间，该企业深挖低硫稠油价值，构建环保橡胶油、变压器油、白油、低凝柴油、低硫船燃、水工沥青、环保阻尼沥青等高附加值特色产品矩阵，积极推进沥青基碳纤维、包覆沥青等高端新材料研发与产业化。走出了一条“特色发展”和“改革创新”并驾齐驱的高质量发展之路。2023年，公司超额完成生产经营指标，销售产品479．27万吨，其中特色产品为205万吨，占比达43%，向产业链中高端持续转型。

2.5. 稠油生产经营现状

从市场需求看，下游特色产品“十五五”期间将有较大增长空间。低硫船燃方面，国内保税船燃需求总体持稳，预计保持在2020万吨/年左右。润滑油方面，消费趋势将向高品质、定制化、绿色化方向发展，电力、新能源、新材料等领域将持续拉动环烷基类特种润滑油需求，变压器油预计保持2%的消费增速，环保橡胶油出口市场仍有较大空间。石油焦方面，国内石油焦消费将整体呈震荡上行趋势，预计需求量增长将超500万吨。碳材料方面，随着电动汽车和消费电子产业的快速发展，碳纤维、活性碳、特色沥青呈现出多元化增长趋势。与此同时，“十五五”期间国内成品油消费年均降幅预计在2%-3%。这一“此消彼长”的市场格局，进一步印证了产业链向特色化、高端化转型的紧迫性。

3. 稠油产业链价值最大化瓶颈问题分析

3.1. 上下游稠油品质衔接错配

随着国内稠油油田开发步入中后期，可供开发的稠油资源的密度与黏度不断升高。受区块分布零散、单井产能较低等因素影响，掺稀混输成为当前稠油生产和集输中主要的降粘工艺。稠油掺稀混输模式存在产业链价值损耗问题：一方面，环烷基原油蜡含量低、低温性能优异，是制备特种产品的优质原料，混兑后其定向加工的价值基础被削弱；另一方面，因不同区块、不同物性的稠油掺混后组分无法溯源，不仅无法实现分质分销，下游炼厂也无法根据原料性质优化加工参数，通过分质分炼优化产品种类与产量结构，实现价值最大化。

3.2. 上下游价值传导机制缺失

稠油开采产量递减快，上游企业要想保持规模稳产，一方面依赖高成本的增产措施，另一方面需要注入大量过热蒸汽降低原油黏度，补偿地层能量亏空，致使吨油完全成本居高不下。同期石化企业聚焦稠油加工开展科研攻关，深挖低硫稠油资源价值，构建包括环保橡胶油、变压器油、水工沥青、低硫船燃等在内的高附加值产品矩阵，终端价格和利润空间显著高于普通成品油，实现利润较“十三五”时期大为增长。由此可引发和加剧供需结构性矛盾：下游发展转型越快、高端产品占比越高，对稠油原料需求量越大；而上游稠油产量规模越大，对高成本措施、能耗及注汽量的依赖性越强，成本急剧上升、亏损停产的风险越大，从而影响稠油原料供应的稳定性。这种供需矛盾会直接制约下游特色产品产能释放，最终会损害产业链的整体效益，阻碍规划目标的如期实现。

3.3. 上下游协同决策机制不畅

稠油上游生产、中游储运与下游炼化产业链分工不同，但因缺少统筹决策的顶层设计机制，局部最优难以自动转化为全局最优。首先，上下游信息不通、节奏不匹配。上游不掌握下游对不同类型稠油的需求结构变化，下游不了解上游不同类型稠油的生产动态；上游产能规划通常在年

初确定，下游加工方案则随市场动态调整，决策时序不一致。其次，低碳转型缺乏协同。石化行业将在2026年完成碳市场扩围设计，2027年正式纳入全国碳市场；加工稠油的碳排放高于轻质油品，碳成本可能通过压低原料价格、提高原料标准等方式向上游传导。目前上下游低碳减排工作各自开展，绿电消纳、CCUS等领域协同机制尚未建立，既抬高了产业链整体转型成本，也降低了稠油产业链应对碳约束的整体能力。

4. 稠油产业链可持续发展策略

与常规油气产业链相比，稠油炼化工艺更为复杂、加工流程更长，上下游耦合关系更强，更需要以全产业链价值最大化为目标统筹资源配置。

4.1. 建立分级分类集输储运标准

提高全产业链协同需建立以油品品质分类为核心的集输标准。一是构建稠油品质与掺稀需求联合分级标准。在现有黏度分级基础上，增加环烷烃、沥青质含量及析出倾向等指标，明确不同稠油适配的稀释剂类型与掺稀比例，建立“油品品质—掺稀方案”分级体系。二是依托分级标准推进分类集输管网改造。在油田小范围试点，根据稠油品质配套独立集输通道，在井口匹配对应的稀释剂与掺稀比例后直接实现原油分流；暂不具备条件的区块，可先在联合站实行分储分输。三是配套分类储运设施与油品在线监测能力。在首末站设置分类储罐，搭建油品快速检测系统，实时监测原油品质、自动分仓，在线评价掺稀后原油性质。该机制旨在补齐上下游标准断层，推动集输向按质掺稀转型，系统性减少稠油资源价值损耗。

4.2. 制定联动可调的转移定价机制

稠油价格波动对产业链上下游效益具有双向传导影响：高油价推高原料成本、挤压下游利润；低油价直接降低上游收入，压缩上游利润空间。根据现在稠油油田主要供给集团内部炼厂的情况，可发挥集团内部企业一体化优势，完善转移定价机制，统筹稠油燃料属性与原料属性的价值实现，破解价值传导机制缺失的问题。具体而言，依据不同稠油加工价值实行分质定价，同时将上游稠油价格与下游特色产品市场收益合理挂钩：油价低迷、上游经营困难时，若下游特色产品吨油利润超基准线，适度上调价格，将超额收益回哺上游以保障原料稳定供应；油价高位、上游利润可期时，适度下调价格，缓解下游原料成本压力。其中，收益回哺与成本让渡比例以实现产业链整体协同增效为目标，依据上下游价值贡献度合理确定。在碳市场约束逐步增强的背景下，转移定价还可将碳减排成本分担纳入调节维度，同时上游“电代气”等减排投入也可通过转移定价获得适当经济补偿。综上，可将外部价格波动、碳成本压力转化为内部协同调节手段，推动稠油产业链可持续发展。

4.3. 构建统筹协同的产能释放机制

依托下游分质分炼需求牵引，同步推进上下游协同与下游配产优化，全面提升稠油全产业链生产效率与价值创造能力。在产业链统筹协同层面，强化整体统筹协调能力，针对区块开发调整、炼化装置改造、新产品研发等重大生产变动事项，建立上下游联合论证机制，从全产业链视角评估风险与综合效益，及时解决原料供应、储运调配、原料适配等衔接问题；建立价值共享、风险共担机制，将碳成本传导纳入协同管理体系，统筹上游以电代气、下游绿色转型各项工作，制定一体化实施方案。在下游配产优化和产品升级层面，建立稠油加工路线效益评估与动态优选机制，立足现有工艺和新技术，对比环烷基稠油不同加工方案的增效潜力，优选加工路线；聚焦高端炼化产品研发与产业化推广，推进高端产品进口替代；依托分子炼油理念搭建原料与产品精准匹配体系，结合不同区块稠油组分特征差异化布局加工路径，实现稠油资源精细化、高效化开发利用。通过上述举措打通上下游生产运行堵点，充分释放稠油产业链产能潜力与资源价值。

5. 结论

本文本文围绕稠油全产业链价值最大化目标，诊断制约价值释放的关键瓶颈，提出可持续发展策略建议。

第一，稠油产业链价值漏损的根源在于上下游机制性脱节：集输环节以黏度适配为主导，炼化环节以环烷烃含量和馏分结构判定价值，两套标准缺乏衔接；各环节经营目标与决策时序不一致，局部最优难以转化为全局最优。

第二，实现全产业链价值最大化，需从品质衔接、价值传导、决策协同三个方面进行机制设计。其核心判断是：在存在集团一体化运营的条件下，稠油产业链的竞争优势不在于各环节独立最优，而在于通过机制设计将市场信号与价值分配贯通至全链条。

第三，碳约束正由外部变量转化为产业链内生定价因素。动上下游在绿电消纳、CCUS、碳成本分担等方面的协同，不仅有助于降低碳合规成本，也可避免碳成本单向转嫁，加剧既有价值传导失衡。

本文研究局限在于，转移定价参数、分类集输改造成本和碳成本分担比例尚未开展定量测算。未来可基于实际运行数据构建联动调节因子模型，开展试点区块工程经济评价，并跟踪石化行业碳配额分配政策落地进展，形成上下游碳成本分担的定量分析框架。

参考文献

[1] 国家统计局. 国家数据——年度数据 [EB/OL]. [2026-09-12]. https://data.stats.gov.cn/dg/website/page.html#/pc/national/yearData

[2] 关文龙, 蒋有伟, 郭二鹏, 等. “双碳”目标背景下的稠油开发对策 [J]. 石油学报, 2023, 44(5): 826-840.

[3] 陈星州, 邵建欣, 孙转, 等. 渤海湾盆地辽河坳陷稠油分布特征及主控因素 [J]. 石油实验地质, 2023, 45(2): 317-326.

[4] 孙焕泉, 刘慧卿, 王海涛, 束青林, 吴光焕, 杨元亮. 中国稠油热采开发技术与发展方向 [J]. 石油学报, 2022, 43(11): 1664-1674.

[5] 蒋琪, 游红娟, 潘竟军, 王中元, 盖平原, Ian Gates, 刘佳丽. 稠油开采技术现状与发展方向初步探讨 [J]. 特种油气藏, 2020, 27(6): 30-39.

[6] 任芳祥, 孙洪军, 户昶昊. 辽河油田稠油开发技术与实践 [J]. 特种油气藏, 2012, 19(1): 1-8.

[7] 郭长会, 何利民, 辛迎春. 稠油掺稀输送中掺稀比的优化 [J]. 油气储运, 2015, 34(4): 388-390.

[8] 陈小平, 张健, 许晶禹. 稠油降黏减阻及其流变学性质 [J]. 油气储运, 2015, 34(11): 1171-1176.

[9] 李宇慧, 石孝刚, 关文龙, 等.分子炼油理念下环烷基原油高值产品生产现状分析 [J]. 现代化工, 2024, 44(10): 1-7+14. https://doi.org/10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2024.10.001

[10] 耿军, 于泳浩, 赵丙良, 高新伟. 山东省独立炼厂的困境及全产业链协同转型升级的建议 [J]. 经济研究导刊, 2019(11): 32-38.

[11] 陈志飞. 基于企业定额的内部结算价格体系探析 [J]. 经济研究导刊, 2012, (32): 197-198.

[12] 荆克尧, 孟新. 石油企业内部储量产量一体化收益分配方法初探 [J]. 中国矿业, 2021, 30(4): 19-22+28..

[13] 孙文娟, 张胜军, 孙海萍. 全国碳排放权交易市场首个履约周期运行情况及后市展望 [J]. 国际石油经济, 2022, 30(2): 57-63.

[14] 贾承造. 中国石油工业上游发展面临的挑战与未来科技攻关方向 [J]. 石油学报, 2020, 41(12): 1445-1464.

[15] 田伟星. 炼油特色产品的销售管理措施 [J]. 楚商, 2025, (5): 127-129.