

新质生产力的油气开发工程内涵及驱动低碳开发的重点方向

王毅 肖梅 王文丽 薛蓉 陈磊

克拉玛依市富城能源集团有限公司, 中国·新疆 克拉玛依 834000

摘要: 新质生产力作为新时代推动高质量发展的核心动力, 在油气开发工程领域呈现出独特的内涵与特征。本文基于新质生产力理论, 结合油气开发工程的行业特性, 界定了油气开发工程中新质生产力的科学内涵, 分析了其基本特征, 并提出了驱动油气低碳开发的重点方向。研究表明, 油气开发工程新质生产力是以科技创新为主导, 以数智化技术为支撑, 实现资源高效开发与生态环境保护协同发展的先进生产力形态, 具有高度耦合性、深度融合性、超级关联性、快速迭代性等特征。推动油气低碳开发需要从要素配置、技术体系、开发关系和学科体系四个方面进行重构与创新。

关键词: 新质生产力; 油气开发工程; 低碳开发; 内涵; 重点方向

Connotation of oil and gas development engineering with new quality productivity and key directions for driving low carbon development

Wang Yi, Xiao Mei, Wang Wenli, Xue Rong, Chen Lei

Karamay Fucheng Oil Sand Mine Resources Development Co., Ltd., China Xinjiang Karamay 834000

Abstract: New quality productivity, as the core driving force for promoting high-quality development in the new era, presents unique connotations and characteristics in the field of oil and gas development engineering. Based on the theory of new quality productivity and the industry characteristics of oil and gas development engineering, this article defines the scientific connotation of new quality productivity in oil and gas development engineering, analyzes its basic characteristics, and proposes key directions for driving low-carbon development of oil and gas. Research has shown that the new quality productivity of oil and gas development engineering is an advanced form of productivity that is led by technological innovation and supported by digital technology, achieving efficient resource development and coordinated development of ecological environment protection. It has characteristics such as high coupling, deep integration, super correlation, fast iteration, and spatial differentiation. Promoting low-carbon development of oil and gas requires reconstruction and innovation from six aspects: factor allocation, technological system, spatial layout, ecological environment, development relationships, and disciplinary system.

Keywords: New quality productivity; Oil and gas development engineering; Low-carbon development; Connotation; Key directions

0 引言

人类能源发展史本质体现为生产力的持续演进史, 该进程自薪柴主导期逐步过渡至煤炭主导期, 进而迈入油气主导期; 在主导能源的开发与利用进程中, 生产力形态先后历经人力驱动型生产力、机械驱动型生产力与能源驱动型生产力三个核心阶段^[1]。当前, 全球气候问题日益严峻, “双碳”目标成为世界各国能源转型发展的焦点, 而低碳技术创新成为能源行业高质量、可持续发展的突破方向^[2]。

在这一时代背景下, “新质生产力”概念为我国能源行业转型升级指明了方向。

1 新质生产力的油气开发工程内涵

从油气开发工程视角理解的新质生产力, 是在能源转型背景下协调新型开发模式与生态关系、促进资源开发与环境保护和谐共生的能力, 是将传统高碳油气开发模式转化为低碳绿色开发模式的转型生产力, 也是驱动油气行业高质量发展与优化布局的先进生产力。

1.1 核心能力构成

油气开发工程新质生产力的核心内涵体现为“三个能力”的有机统一：

(1) 智能高效开发能力。依托大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，实现油气藏描述、钻井完井、采油采气、集输处理等全流程的智能化决策与精准化操作，大幅提升开发效率与资源采收率。如通过智能油田系统的构建，实现生产参数的实时监测与动态优化，大幅提高单井产量，降低开发成本。

(2) 低碳清洁生产能力。以碳捕集利用与封存(CCUS)、节能降耗、油气新能源融合等技术为核心，构建油气开发全生命周期的碳排放管控体系，实现开发过程的低碳化与清洁化。如在页岩气开发中采用水平井分段压裂技术结合绿色压裂液体系，大幅减少水资源消耗和降低温室气体排放^[3]。在新能源与油气开发融合过程中，通过电气化生产系统再造，开展传统化石能源为基础的热电供给清洁替代，实现大幅节能减排和低碳零碳开采。

1.2 核心要素解析

基于新质生产力理论，结合油气开发技术的基本特征，油气开发工程新质生产力由三大核心要素构成：

(1) 拥有跨学科知识架构、掌握智能开发技术的高素质专业人才，可称为油气开发工程领域的新型劳动者。此类人才不仅需熟练掌握油气开发专业技能，还应具备数据分析、智能决策、多领域耦合发展战略制定等能力，能够契合数智化开发环境下的新型生产力需求。

(2) 新型劳动资料。体现为智能化、低碳化、绿色化的开发装备与系统，包括智能钻机、自动化采油设备、数字孪生平台、CCUS 装备、智能开发决策支持系统等，这些装备与系统通过数智技术赋能，实现了开发过程的精准化、高效化与低碳化^[4-6]。

2 新质生产力的油气开发工程特征

与传统油气开发生产力相比，新质生产力呈现出系统耦合性、技术融合性、要素关联性、技术迭代性等基本特征。

2.1 系统耦合性：油气田工程多环节协同的整合机制

油气田开发工程新质生产力的系统耦合性，核心体现为油气田传统工程技术与数智化技术在井场作业、油藏管理等场景中的深度空间耦合——以钻井工程技术、油藏改造技术等工程专属技术为基础，融合随钻测井(LWD)数据平台、数字孪生油藏系统等数智工具，将油气田开发全

流程的地质勘探(储层精细描述)、钻井作业(智能井身结构设计)、油藏管理(动态开发方案优化)、地面集输(管网智能调度)、安全环保(井场泄漏实时监测)等工程环节有机串联，构建起“要素-环节-目标”深度绑定的油气田专属耦合系统。

该耦合系统推动油气田开发逻辑从传统线性模式(“勘探→钻井→采油”依次推进，环节间数据滞后传递)转向非线性协同模式：地质储层数据(如孔隙度、渗透率)与钻井工程数据(如钻压、转速、井眼轨迹)通过数据中台实时融合，反馈油藏模型迭代；实体作业(如压裂施工、井口采油)与虚拟仿真(压裂效果数值模拟、井场运维数字孪生)同步联动，提前预判工程风险；借助数字孪生井场系统、油藏智能决策支持平台等技术手段，实时联动钻井设备、采油树、集输泵站的运行数据，推动油气田开发系统向“勘探-开发-运维-环保”全环节高度耦合演进^[7-9]。

从效益维度看，这种系统耦合最终实现油气田工程三大核心效益的精准协调：经济效益上，通过环节协同降低单井开发成本、提升资源采收率；社会效益上，依托安全环保环节与生产环节的耦合，减少井场安全事故率、降低区域生态扰动；资源效益上，通过集输环节与伴生气回收环节的耦合，提高伴生气利用率、降低吨油能耗，形成适配油气田工程场景的“技术-环节-效益”耦合闭环。

2.2 技术融合性：油气田工程跨领域创新的集成化呈现

油气田工程新质生产力的技术融合性，以油气田专属工业互联网平台(如井场设备互联系统)、油藏大数据分析系统、钻井智能决策算法等技术为核心支撑，一方面推动数字技术与油气田实体工程深度耦合——将数字孪生井场、智能随钻测井(LWD)系统融入钻井作业、油藏改造、地面集输全流程，实现“数字仿真-实体施工-数据反馈”的闭环联动；另一方面促进油气田开发工程与新能源技术场景化协同，例如在陆上油田井场配套光伏供电系统、海上平台依托风电实现钻井设备供电，或通过伴生气提纯制氢技术联动氢能储运工程，以及利用油田余热资源配套低温发电装置，形成“油气开发+新能源利用”的工程融合模式，最终达成油气田工程技术(如丛式井钻井、压裂增产)与数智技术、新能源技术的跨界集成^[10]。

2.3 要素关联性：多元资源的网络式联结特征

基于系统论视角解析，油气田开发工程新质生产力的演进是贯穿井场作业、油藏管理、地面集输等全链条环节

的高度复杂巨系统, 影响其发展的要素体系深度绑定油气田工程场景, 呈现资源与生产要素在时空维度上的超级关联性特征。该新质生产力既涵盖整装油气藏、页岩油气等实体资源, 以及压裂增产、丛式井钻井等工程技术资源这类传统油气田开发资源; 也囊括井口实时监测数据、油藏数值模拟数据等工程数据资源, 以及开发环节伴生气碳捕集量、碳封存容量等新型碳资源。从生产要素维度看, 其既涉及井场用地、集输管网占地等工程专属土地要素, 钻井装备、采油树、集输泵站设备等核心装备要素, 以及油气田开发专项资本、工程建设资金等资本要素; 也包含油藏动态监测信息、作业现场安全预警信息等工程信息要素, 智能钻井算法、数字孪生油藏技术等技术要素, 以及油气藏地质认知、工程灾害防控经验等知识要素, 最终构建起覆盖油气田从勘探开发到生产运维全生命周期、具备超级关联性的工程要素综合体。

2.4 技术迭代性: 油气田低碳工程模式的动态演进路径

油气田开发工程新质生产力的技术迭代性, 核心体现为油气田专属技术的持续革新与工程工艺的动态优化, 贯穿井场作业、油藏改造、地面集输、低碳处理全流程, 通过“单环节技术优化→跨环节工艺整合→全流程模式升级”的循环迭代, 逐步构建更高效、更低碳的油气田开发工程模式。

从迭代逻辑看, 每一轮技术迭代均以油气田工程实际需求为起点: 首轮迭代聚焦单一工程环节痛点, 如针对钻井能耗高问题改进智能钻井算法, 或针对压裂污染问题优化绿色压裂液配方; 次轮迭代将单环节优化成果与关联工艺整合, 例如将钻井环节的实时数据监测技术与油藏改造环节的压裂参数调控技术联动, 再融入 CCUS (碳捕集利用与封存) 技术形成“钻井-压裂-碳处理”协同流程; 后续迭代则依托数字孪生油藏、工业互联网等技术, 实现勘探开发、生产运维、低碳处理的全流程数据贯通, 将前一轮迭代的工程成果 (如优化后的压裂参数、碳捕集效率) 作为下一轮模式升级的基础。

3 新质生产力驱动油气低碳开发的重点方向

以新质生产力为驱动力, 油气开发工程低碳发展可将重配开发要素、重组技术体系、重调开发关系、重振学科体系作为未来研究的重要方向。

3.1 要素配置重构: 资源-技术-数据的联动机制创新

传统油气开发要素配置主要围绕资源、资本、劳动力

等实体要素展开, 而新质生产力驱动下的要素配置需要在兼顾传统要素的基础上, 引导数据、技术、知识等新型生产要素进行优化配置, 建立资源-技术-数据联动配置的新机制。

以数据要素配置为例, 随着智能油田建设的推进, 海量开发数据成为重要的战略资源。需要建立多层级的数据采集中心、处理中心和应用中心, 明确数据产权界定、流通交易和收益分配机制, 促进数据要素与资源要素、技术要素的深度融合。通过数据驱动的开发决策优化, 实现油气开发全流程的精准调控, 提高资源利用效率, 降低单位产量的能耗与碳排放。

3.2 技术体系转型: 全链条低碳技术的集成应用

新质生产力的发展加速了油气开发技术体系的重组与深度转型步伐, 推动传统开发技术的低碳化升级, 促进数智技术与开发技术的深度融合, 不断催生战略性新兴技术。需要处理好技术体系中“淘汰落后”和“培育新兴”的关系, 一方面逐步淘汰高能耗、高污染的落后技术, 另一方面借助先进技术手段改造传统技术, 更主要的是依托人工智能、大数据等手段, 研发新一代低碳开发技术。

重点发展智能勘探开发技术、高效 CCUS 技术、新能源融合技术等, 形成“勘探-开发-集输-利用-碳管控”全链条的低碳技术体系。通过技术创新降低单位产量的能耗和碳排放, 例如采用智能优化钻井技术减少钻井过程的能耗, 应用 CCUS 技术实现开发过程碳排放的近零排放, 推动油气开发与太阳能、风能等新能源的协同开发, 构建多能互补的能源开发模式。

4 结语

(1) 从油气开发工程视角理解的新质生产力就是在能源转型时代协调新型开发与生态关系、促进资源开发与生态保护和谐共生的能力, 是将高碳开发模式转为低碳开发模式的转型生产力, 是驱动油气行业高质量发展与优化布局的先进性生产力。

(2) 油气开发工程重点从开发系统耦合和生产力布局视角研究新质生产力。应重点研究在创新驱动主导下新质生产力的发生发展过程、形成演化特征、技术体系构成, 促进油气开发系统进入高度耦合、资源开发与安全环保和谐共生的绿色发展阶段。油气开发工程视角下的新质生产力呈现系统耦合性、技术融合性、要素关联性、技术迭代性等基本特征。

参考文献:

[1] 邹才能, 马锋, 潘松圻等. 论地球能源演化与人

类发展及碳中和战略[J]. 石油勘探与开发, 2022,49(2):411-428. DOI:10.11698/PED.2022.02.20.

[2] 马光波, 田立钢. “双碳”目标下推进能源绿色低碳转型路径探究[J]. 知识经济, 2025,710(10):167-169.

[3] 邹才能, 李士祥, 熊波等. 新质生产力下“能源绿色转型”革命及意义[J]. 石油勘探与开发, 2024,51(6):1395-1408. DOI:10.11698/PED.20240598.

[4] 李新坡, 郑秀娟, 鲍志东. 古地理学与新质生产力关系探析[J]. 古地理学报, 2025,27(3):797-801. DOI:10.7605/gdlxb.2025.072.

[5] 方创琳, 孙彪. 新质生产力的地理学内涵及驱动城乡融合发展的重点方向[J]. 地理学报, 2024,79(6):1357-1370. DOI:10.11821/dlxb202406001.

[6] 周瑞, 陈旭东. 新质生产力概念与中国经济学知识体系建构[J]. 财经研究, 2024,50(10):4-18. DOI:10.16538/j.cnki.jfe.20240801.201.

[7] 吴怀春. “新质生产力”背景下地壳波动学术思想

的传承与创新——评金之钧等的论文《沉积盆地波动过程分析：研究现状与展望》[J]. 地学前缘, 2024,31(1):550-551. DOI:10.13745/j.esf.sf.2024.1.68.

[8] 袁向兵, 董琰, 李守钦. 胜利海上油田开发智能化转型探索与实践[J]. 石油科技论坛, 2024,43(6):81-87. DOI:10.3969/j.issn.1002-302X.2024.06.010.

[9] 王强, 朱冬昌, 夏国勇等. 实现页岩气“绿色”开发的配套工艺技术体系[J]. 天然气工业, 2018,38(2):125-130. DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2018.02.017.

[10] 尚永强. 丛式平台钻井技术在鄂尔多斯盆地油气开发中的应用分析[J]. 中国化工贸易, 2015(10):160-160. DOI:10.3969/j.issn.1674-5167.2015.10.151.

作者简介: 王毅(1988.10-), 男, 汉族, 河南商水, 本科, 工程师, 研究方向: 主要从事油砂油开采及销售方面的工作, 2017年毕业于吉林大学石油工程专业; 挂名单位: 克拉玛依市富城油砂矿资源开发有限责任公司。