

区域油气管网布局优化与经济效益协同发展研究

于振鹏 (中油智阔 (廊坊) 信息技术有限责任公司沈阳分公司, 辽宁 沈阳 110000)

摘要: 本文聚焦区域油气管网布局优化与经济效益协同发展的内在关联, 深入剖析当前实践中的突出矛盾与深层问题, 并针对性提出优化路径。研究发现, 通过科学规划、高效运营及精细化机制构建, 能够实现管网系统安全性、经济性与可持续性的有机融合, 为区域能源安全保障与经济高质量发展夯实支撑基础。

关键词: 区域油气管网; 布局优化; 经济效益; 协同发展

中图分类号: TE832; F426.22 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2026) 009-0044-03

Research on Regional Oil and Gas Pipeline Network Layout Optimization and Economic Synergy Development

Yu Zhenpeng (Shenyang Branch of CNPC Zhikuo (Langfang) Information Technology Co., Ltd., Shenyang Liaoning 110000, China)

Abstract: This paper focuses on the inherent correlation between the layout optimization of regional oil and gas pipeline networks and the coordinated development of economic benefits, conducts an in-depth analysis of the prominent contradictions and underlying problems in current practices, and puts forward targeted optimization paths. The study finds that through scientific planning, efficient operation and refined mechanism construction, it is possible to achieve the organic integration of the safety, economy and sustainability of the pipeline network system, laying a solid foundation for regional energy security and high-quality economic development.

Keywords: regional oil and gas pipeline network; layout optimization; economic benefits; coordinated development

油气管网作为国家能源输送体系的核心骨干, 布局是否科学, 直接关系到能源供应的安全稳定与资源配置效率。我国“川气东送”管道工程凭借精准的跨区域干线布局, 成功串联起四川普光气田与长三角消费市场, 不仅为长三角地区筑牢了清洁能源供应根基, 还大幅降低了长距离输送成本, 为区域经济协同发展注入了动力。反观部分区域, 因缺乏系统性统筹规划, 在主要消费市场周边出现多条干线管道近距离并行铺设的现象, 使得管道输送负荷率长期处于低位, 不仅造成大量资本闲置沉淀, 还浪费了宝贵的土地资源。步入新时代, 传统发展模式愈发面临瓶颈制约, 实现管网布局优化与经济效益提升的深度融合, 已然成为能源领域亟待深耕的重要课题。

1 区域油气管网布局优化与经济效益协同发展的意义

1.1 提升国家能源安全保障能力

油气管网布局优化可构建韧性更强、弹性更足的管网体系, 有效破解对单一输送通道或资源供给地的过度依赖问题, 增强应对极端天气、地缘政治变动等突发风险的缓冲效能。兼顾经济效益规划, 能够避免脱离成本约束的冗余建设, 引导资本精准投向管网互联互通关键节点与应急储备核心设施, 以经济高效的路径强化区域能源供应的稳定性与抗风险能力, 为经济社会平稳运行筑牢能源根基。

1.2 促进区域经济协调与高质量发展

科学的管网布局能够破除区域间能源输送的壁垒制约, 降低能源要素跨区域流转的成本; 既能充分释放资源富集区的能源价值, 也能为能源消费区产业升级筑牢能源支撑。同步衔接经济效益, 可使管网建设与运营形成稳定的投资回报预期, 吸引多元资本参与, 构建建设+收益+迭代提升的良性循环。这一过程不仅能推动区域产业分工优化, 还能带动沿线勘察设计、施工运维等关联产业协同发展, 为区域经济协调共进注入持久动力。

1.3 助力能源企业降本增效与竞争力提升

对于管网运营企业而言, 布局优化的核心是实现输送路径的精准匹配与运行模式的集约化、高效化。与经济效益协同规划, 可减少管线迂回铺设与低效站场布局, 大幅降低初始投资规模及后期运维成本。优化后的管网能够有效提升管输负荷率与周转效率, 直接提升企业经营效益。在市场化改革持续深化的背景下, 这种协同效应可帮助企业严控运营成本, 强化管输业务核心竞争力, 为向综合能源服务商转型奠定坚实基础。

2 区域油气管网布局与经济效益协同发展中存在的问题

2.1 顶层规划协同不足, 引发重复建设与资源错配

受行政区划、企业主体利益导向差异影响, 各地、

各企业多基于自身需求制定管网规划，缺乏跨区域、跨行业的统一顶层设计与统筹协调机制。这一现象直接导致主要消费市场干线管道重复铺设，而支线管网、末梢管网及跨省跨市联络线建设存在明显短板。广东省是中国经济总量第一大省，能源需求极其旺盛，且属于典型的沿海发达地区。因省级规划壁垒突出，央企与地方企业缺乏协同、各自布局，曾出现三条功能趋同的天然气管道在狭窄通道内并行铺设的情况；而该省内部分潜力市场所需的支线管网，却始终滞后建设。这种“干线过度扎堆竞争、支线供给严重不足”的格局，从全生命周期视角考量，大幅削弱了管网整体经济效益。

2.2 存量设施整合受阻，新旧系统兼容性薄弱

多数区域已形成多企业分头建设、独立运营的管网络格局，这些存量设施在技术标准、压力等级、控制系统等方面差异显著，物理连接与调度协同存在较高壁垒。存量资产整合涉及产权划分、价格协商、运营权分配等复杂问题，协调成本高昂。多数区域已形成多企业分头建设的管网络格局，存量资产整合牵涉多重复杂议题。

典型矛盾集中于：某区域为提升供气可靠性，计划搭建新的智能化环网，却需与多家企业运营的旧管网并网运行。由于旧管网压力等级各异、数据接口互不兼容，调度指令无法同步传导，新建环网的调峰保供能力难以充分释放，规模化效能受到制约。而系统更新优化，还需背负高昂的协调与改造成本。

2.3 运行调度精细化不足，管网经济效能未充分释放

部分管网受布局失衡、供需适配度不足影响，普遍存在管输负荷率偏低、输送路径迂回冗余等问题。运行调度环节，市场化交易机制的滞后性尤为明显，长期合同与现货交易未能形成灵活衔接的闭环，导致管网富余输送能力难以有效盘活。这一矛盾在天然气与原油、成品油等气液两类介质输送中均较为突出：天然气管网在压力调控、压缩机站运维等方面精细化管理缺位，能耗与输送损耗的优化空间尚未充分挖掘；原油及成品油管道则因批次输送计划不合理、不同油品顺序输送界面控制精度不足，推动混油损失与能耗同步攀升。

2.4 市场与价格机制不健全，协同发展缺乏制度支撑

当前管网公平开放仍存梗阻。部分第三方城燃企业坦言，申请使用主干管网输送进口 LNG 时，虽理论上具备准入资格，但实际操作中，常因管容分配、调度优先级等技术或程序问题遭遇“玻璃门”，难以公平获取稳定管输容量。

管输价格机制灵活性欠缺，现行一部制价格难以

有效引导用户削峰填谷行为，导致管网峰谷差显著，设备利用率偏低。这一现状，进而抑制了社会资本参与管网建设的积极性。

2.5 多目标平衡难度大，长期适应性面临挑战

管网布局需统筹兼顾短期经济回报、长期能源安全、生态环境保护、国土空间管控等多重目标，实践中难以对各目标进行精准量化与平衡。为规避生态敏感区延长输送路径、增加建设成本，而追求路径最短又引发社会矛盾与环境风险。未来能源需求总量、结构变化及氢能等新业态发展趋势存在不确定性，使得当前布局决策需兼顾即时经济性与未来改造弹性，显著增加了规划设计的复杂性。

3 区域油气管网布局优化与经济效益协同发展的优化路径

3.1 筑牢多规融合根基，健全跨域协同规划机制

以省级能源主管部门为核心，整合自然资源、生态环境、应急管理及沿线地方政府力量，搭建常态化规划协同平台，牵头编制具有刚性约束力的区域管网发展专项规划。该规划需与国土空间规划、生态保护红线、综合交通规划实现强制性衔接并实现图斑精准落地，清晰划定禁止建设区、优化建设区及核心输送廊道。

重点审核敲定主干管网走向与关键互联互通节点，坚决杜绝同一走廊内功能重叠的重复建设，从源头遏制投资浪费与资源错配问题。可参考电力系统“统一规划、分级管理”的成熟经验，由国家能源主管部门牵头搭建全国主干管网规划框架，省级层面负责细化落地，同步建立规划冲突的仲裁与协调机制。在此基础上，健全规划实施的动态监测、评估与纠偏机制，确保规划适配实际需求。

3.2 推进存量资源整合与智慧化升级，提升全网运营效能

存量管网资产的整合，是挖掘协同效益的核心路径。国内行业实践已充分印证，组建区域性统一管网平台成效显著。

例如，为破解多主体运营、管网割裂不互通的困境，某省级管网公司依托政府统筹协调与市场化运作模式，逐步整合省内多家城燃企业的支线管网，构建起“全省一张网”的运营格局。这一举措打破了局部垄断，实现气源统一调度与互济互保，应急保障能力和管输负荷率均获明显提升。

智慧升级层面，可借鉴国家管网集团打造的“智慧管网”示范模式，在关键管线部署光纤传感、智能内检测机器人等设备，实现对管线应力、腐蚀及第三方施工破坏的 24h 实时预警，并借助仿真软件优化运

行压力,有效降低压缩机能耗。

存量整合为智慧化改造筑牢物理基础,智慧化则反哺存量资产高效运转,二者协同发力,大幅提升了全网运营效能与安全水平。

3.3 深化市场机制改革,完善管输定价体系

健全的市场机制,是引导管网优化布局、提升运营效能的核心调控抓手,关键在于构建能真实反映供求关系与成本构成的价格信号。目前,我国天然气管网已推行“准许成本加合理收益”的管输定价方法,正朝着更精细化的方向探索。

以冬季用气峰谷差难题为例,可借鉴电力现货市场的成熟运作逻辑,在特定区域试点峰谷管输价或可中断服务机制:高峰时段适度提高管输费用,引导下游用户错峰用气;为非保障性用户提供低价可中断管输产品,激活富余管输能力。而管网公平开放,正是市场化推进的核心基石。监管机构需强化管容分配、剩余能力公示等环节的全流程监管,杜绝各类歧视性准入行为,保障第三方企业公平接入,通过充分竞争驱动全产业链效率提升。

3.4 构建全生命周期评估,强化动态适配能力

管网作为重大基础设施,投资规模大、服役周期长达数十年,需以全生命周期视角,统筹考量其经济性与长期适应性。这要求从规划初期就开展多情景、长周期综合评估,例如规划跨区域长输管道时,不仅要核算当前市场需求与建设成本,还需借助模型模拟未来30年,在氢能混输、碳税约束、需求波动等多情景叠加下的成本收益与韧性水平。

建设阶段应主动预留弹性空间,参考北欧部分海底管道项目经验,在关键站场预留土地与技术接口,虽小幅提升初期投资,却为后续接入氢能、开展碳输送业务规避了巨额改造代价。运营阶段需建立定期审计与适应性管理机制,针对能效低下、安全隐患突出的老旧管段,结合全生命周期成本测算,科学决策升级改造或降压运行,确保管网系统灵活应对未来各类不确定性。

4 未来研究展望

4.1 管网规划与综合评估方法的深化创新

后续需聚焦适配能源转型不确定性的规划理论与方法展开深度探索。重点攻关基于多情景模拟与实时数据支撑的自适应规划技术,构建可灵活适配能源结构迭代、需求波动及政策调整的弹性管网规划模型。要完善更为精细化的全生命周期综合效益量化评估体系,将网络安全韧性、生态环境影响、社会综合成本等外部性因素,通过货币化或指数化方式量化,并有机嵌入项目决策模型之中。跨基础设施(如电网、交

通网)的协同规划与效益评估方法,也将成为核心研究方向,旨在达成整体基础设施体系的最优配置目标。

4.2 多能协同与新兴输送技术融合的运行机制

伴随氢能、碳捕集利用与封存等新业态加速演进,探究传统油气管道与氢气、二氧化碳等介质混合输送及改造利用的技术经济边界,已成为亟待突破的关键课题。

未来应重点围绕多介质共输、管网适应性改造的技术标准、安全规范及成本效益开展系统性研究。需挖掘油气管网与电力系统、储能设施在能源时空转移、互补利用中的协同运行机制与商业模式,探索形成多能流耦合系统中的联合优化调度策略与市场交易模式。这一过程需依托跨学科协作,搭建物理设施与市场机制深度融合的一体化分析框架。

5 结语

综上所述,区域油气管网布局优化与经济效益协同发展,是一项涉及规划、建设、运营、市场、监管多维度的系统工程,核心在于打破分割思维,以系统化、市场化、智能化理念推动管网从孤立发展向协同组网转型,从规模扩张向效能提升转变。本文探讨的协同意义、现实问题与优化路径,揭示了二者良性互动的内在逻辑与核心抓手。未来需在实践中持续探索创新,强化政策配套与机制保障,推动我国区域油气管网高质量发展,为现代能源体系构建与经济社会可持续发展提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 安金钰,张祖敬.天然气管道失效风险超前预测及布局优化[M].北京:化学工业出版社,2023.
- [2] 万蕾.油气集输管网布局优化的发展措施[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(13):126-128.
- [3] 崔翔宇.基于改进多目标粒子群算法的油气管网布局优化研究[D].杭州:杭州电子科技大学,2023.
- [4] 张志国.油气集输管网布局优化的发展探讨[J].全面腐蚀控制,2021,35(04):53-54+100.
- [5] 李俐莹.关于油气集输工程管网布局设计研究[J].石油石化节能,2021,11(04):13-15+7-8.
- [6] 周军,周柳玲,梁光川,等.通用性星树状油气管网布局优化模型研究[J].西南石油大学学报(自然科学版),2021,43(02):149-157.
- [7] 陈晓华,李强,赵磊.油气管网智慧化运营与经济效益提升路径探析[J].油气储运,2021,40(7):721-728.

作者简介:

于振鹏(1990-),男,汉族,辽宁沈阳人,本科,工程师,研究方向:油气储运。