

# 不同运输方式对天然气供应链效率的影响分析

高 玮 (山西华新燃气销售有限公司, 山西 太原 030001)

**摘要:** 全球能源需求不断增长使得天然气在供应体系里作为清洁能源的地位愈发重要, 天然气供应链包含勘探、开采、储存、运输和消费等环节且运输环节对供应链效率有着极为关键的作用, 本文分析了管道运输、液化天然气运输、压缩天然气运输等不同运输方式对供应链效率的影响以探讨依据地理、市场需求和环境因素挑选最适宜运输方式的方法, 研究显示供应链的成本、时间、可靠性和环境效益直接受运输方式选择的影响且在技术进步和政策完善的情况下运输方式得到优化会提升供应链效率。

**关键词:** 天然气供应链; 运输方式; 管道运输; 液化天然气; 压缩天然气

**中图分类号:** TE82      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2025) 031-0108-03

## Analysis of the influence of different transportation modes on the efficiency of natural gas supply chain

Gao Wei (Shanxi Huaxin Gas Sales Co., LTD., Taiyuan Shanxi 030001, China)

**Abstract:** The continuous growth in global energy demand has increasingly emphasized the importance of natural gas as a clean energy source within the supply system. The natural gas supply chain encompasses various stages, including exploration, extraction, storage, transportation, and consumption, with the transportation stage playing a crucial role in the efficiency of the supply chain. This paper analyzes the impact of different transportation methods—such as pipeline transportation, liquefied natural gas (LNG) transportation, and compressed natural gas (CNG) transportation—on the supply chain efficiency. It explores methods for selecting the most suitable transportation mode based on geographical, market demand, and environmental factors. The study indicates that the costs, time, reliability, and environmental benefits of the supply chain are directly influenced by the choice of transportation method. Moreover, under the circumstances of technological advancements and policy improvements, optimizing the transportation methods can enhance the overall efficiency of the supply chain.

**Keywords:** natural gas supply chain; transportation methods; pipeline transportation; liquefied natural gas; compressed natural gas

天然气是一种重要能源资源, 在全球能源结构里日益发挥重要作用, 随着环保意识提升能源结构转型, 天然气慢慢变成可替代传统煤炭和石油的清洁能源。天然气供应链包含原料勘探、开采、储存、运输到消费多个环节, 其中运输环节直接影响供应效率和成本, 其运输方式有管道运输、液化天然气 (LNG) 运输、压缩天然气 (CNG) 运输等多种, 在不同地理环境、市场需求和政策背景下, 每种运输方式优势和局限不同, 合理选择运输方式优化运输环节是提升天然气供应链效率的关键。

### 1 天然气供应链的组成与运输方式分析

#### 1.1 天然气供应链的结构与流程

从资源开采到终端消费的全过程即天然气供应链, 它包含多个环节。天然气供应链起点为勘探与开采, 这涉及地质勘探、储量评估和钻探等工作以确保天然气资源可开发, 开采时天然气从地下被提取出来且要初步净化以去除杂质和不必要成分。不同运输方式将天然气送往地下储气库或者液化天然气 (LNG) 储存设施等储存设施, 运输环节在天然气供应链里非

常关键, 涵盖管道运输、液化天然气 (LNG) 运输和压缩天然气 (CNG) 运输等方式, 能把天然气从产区送到消费市场。天然气到达工业用户、发电厂和居民用户等终端消费者处, 这些消费者按不同需求和使用方式消耗天然气, 天然气供应链要高效则每个环节的衔接就得顺畅, 且运输环节效率尤其直接影响成本和供给稳定性。

#### 1.2 天然气运输方式的种类及特点

天然气主要有管道运输、液化天然气 (LNG) 运输和压缩天然气 (CNG) 运输这三种运输方式, 在不同应用场景下各有优势与局限, 管道运输最常见, 适用于长距离、大规模连续供应, 管道网建成后运输高效又稳定, 但建设成本高、周期长, 受地理、环境等因素制约; 液化天然气 (LNG) 运输适合跨海与远距离运输, 通过把天然气液化到极低温度以减小体积, 便于储存和运输, 不过其需特殊低温运输船和液化设施, 虽能突破管道运输的地域限制, 但液化再气化成本高、技术要求高, 相对昂贵; 压缩天然气 (CNG) 运输适用于小规模运输, 如天然气需求小或距离近的

场景，它运输灵活且成本低，然而运输距离和规模有限，满足不了大规模供应需求，具体选择哪种运输方式，要综合需求、地理条件和经济因素考虑才能实现运输效率和成本效益最优<sup>[1]</sup>。

### 1.3 天然气运输的效率评估指标

多个关键指标涉及天然气运输效率评估，主要有运输成本（基础设施建设、运营维护、燃料消耗和人力成本等因素涵盖其中，不同运输方式如管道、LNG和CNG成本结构各有特性）、运输时间（影响供应链响应速度，紧急情况下尤其重要）、可靠性（决定供应的稳定性和持续性）和环境影响（包括碳排放、能源消耗和噪声污染等方面），综合分析这些指标能科学评估不同运输方式的效率和优劣，从而有助于决策者选择最适宜的运输方式。

## 2 不同运输方式对天然气供应链的影响

### 2.1 管道运输的效率与影响

天然气供应链里管道运输最为常见且应用极为广泛，特别适用于大规模长距离运输天然气，其主要优势是高效又稳定，建成启用后能持续稳定供应天然气且运输成本较低，天气、海洋等因素不影响其运输，天然气能高效流通且运输时能量损失小、效率高，安全性也比较高，天然气在管道里流动暴露风险小，不过管道建设初期投资很大，跨国或者跨海运输时管道铺设会面临复杂的地理、政治和环境问题，建设周期长且维护困难，一旦故障或者损坏修复要花很长时间，管道运输的可靠性很大程度上取决于管道的设计和维修，并且灵活性差，建成之后路径和容量都不好调整，因此在合适的地理环境下管道运输是最具成本效益的方案，其他情况可能就不适用了<sup>[2]</sup>。

### 2.2 液化天然气（LNG）运输的影响

另一种重要的天然气运输方式是液化天然气（LNG）运输，它特别适合跨海及长距离运输能有效突破地理限制把世界各地的能源市场连接起来，运输时天然气被冷却成液化状态体积大概缩减600倍从而方便大规模储存和运输，LNG运输灵活性强是其优势在没有管道网络之处能远距离运输适应不同地区能源需求且可依据市场需求迅速调整供应路径与数量，不过液化天然气运输成本比较高液化和再气化过程得消耗许多能源和技术设施且LNG运输船舶建设和运营成本也贵，再者LNG运输涉及液化厂、接收站等复杂设施的建设和运营对技术和资本要求高并非所有地区天然气运输需求都适合，LNG运输的安全性也得关注液化天然气低温且易燃需要严格安全措施，全球化和国际贸易背景下LNG运输虽能突破地理限制满足不同市场需求但高成本和高技术要求也使得运输路线

选择和市场需求得精心规划<sup>[3]</sup>。

### 2.3 压缩天然气（CNG）运输的影响

小规模和短距离的天然气运输主要靠压缩天然气（CNG），尤其适用于天然气需求量少或者距离近的市场，把天然气压缩到高压状态体积就会减少从而能用专门的高压运输车运输，其主要优势为运输成本低且灵活性高，在没有管道覆盖的地方供应天然气挺便捷的，而且CNG设施投资比较低，能在需求分散地区灵活调度且运输中能量损耗也减少了，安全性高天然气高压下不易泄漏，不过其运输距离和规模有限，比不上管道运输、LNG运输，常用于小区域市场，并且运输车运输量有限，满足不了大规模能源需求，但在小范围里适用性还是挺高的，能满足一些地区特殊需求，尤其适用于偏远交通不便地区。

### 2.4 运输方式的整合与协同效应

为最大化供应链效率，不同天然气运输方式可整合运用，像在区域市场，管道运输与压缩天然气（CNG）运输能结合起来，大规模供应靠管道，未覆盖地区需求则由CNG补充，跨国或跨海运输时，液化天然气（LNG）与管道运输相结合，能达成短距离供应和长距离运输的最优组合，LNG用于跨海或长距离运输，管道用于接收LNG后的短距离分配，这种整合显著提高了供应链效率，应对不同市场需求和地理环境挑战时尤能实现资源利用的最大化，并且运输技术进步的话，未来或许会有更多创新解决方案，像集成化运输模式、智能化管理平台之类的，天然气供应链效率和灵活性将进一步提升，物联网和大数据技术可用来实时监控和优化运输路径，减少能量损耗和运营成本，智能化管理平台能让不同运输方式无缝衔接，提高运输可靠性和响应速度，有这些整合和协同效应，天然气供应链会更高效灵活，更能应对未来市场需求和挑战。

## 3 运输方式选择对天然气供应链效率的优化

### 3.1 成本优化分析

不同天然气运输方式的选择能使供应链的整体成本大幅降低，管道运输可大规模、持续输送，虽然初期建设成本高，但长期运营经济效益明显，在需求量大且稳定的市场特别适用，液化天然气（LNG）运输的设施建设和运营成本高，如液化设备、低温储存罐、专用运输船舶等都需花费，不过其灵活性和跨海运输能力使其在特定情形下有优势，适合无管道覆盖或者需求量波动大的市场，压缩天然气（CNG）运输初期投资低一些，靠高压压缩设备和运输车辆进行小规模、短距离运输较为合适，能灵活应对分散的市场需求，有实际例子表明一些地区综合运用管道运输和LNG

运输可显著优化成本，如中国西气东输工程将管道和 LNG 运输相结合，既满足了大规模、长距离输送的需求，又靠 LNG 解决了偏远地区供应问题，从而优化了整体供应链成本<sup>[4]</sup>。

### 3.2 时间优化分析

天然气的运输方式不同运输时间就有很大差异，这对供应链的响应速度和效率有着直接的影响，管道运输输送最为稳定、持续，适合长期大量供应，但是可建设周期长，难以满足短期快速响应的市场需求，LNG 运输灵活性强，能快速响应市场变化，经过液化、运输、再气化，供应链响应时间缩短，应对季节性需求波动和紧急供应需求很合适，CNG 运输在短距离、小规模市场响应快速，借助高压压缩设备和专用运输车辆，短时间就能完成储存和运输，进而供应链整体响应速度得以提高，从实际案例来看，有些国家灵活运用 LNG 和 CNG 运输，有效应对市场需求波动，从而天然气供应链的时间效率提高了，就像日本，地震等自然灾害引发紧急能源需求时，LNG 运输快速补充供应，时间优化优势就体现出来。

### 3.3 环境影响与可持续发展

天然气运输方式的选择在环境影响和可持续发展方面意义重大，管道运输能耗和碳排放较低，长距离、大规模输送时环境优势更显著，被视作比较环保的选择，但管道建设可能会给生态环境带来一定破坏，需要详细的环境评估和保护措施，LNG 运输的液化、再气化过程耗能多，运输时要维持超低温，对环境影响大，不过它的跨海运输能力让它在特定情形下仍有优势，CNG 运输高压储存和运输的特点，在安全和环保方面得严格管理与控制。

因此各国选择天然气运输方式时要综合考量环境影响和经济效益以实现可持续发展，还得采取措施降低碳排放、提能效，有些国家引入智能监控技术和绿色能源替代优化了天然气运输的环境表现，实现了经济效益和环保要求的平衡<sup>[5]</sup>。

### 3.4 政策与市场因素的影响

天然气运输方式的选择与供应链效率受政府政策、市场需求等外部因素的重要影响，能源政策、环保法规和补贴措施由政府出台，直接影响不同运输方式的经济性和可行性，有些国家对管道运输有税收优惠和建设补贴以鼓励大规模基础设施投资，而靠技术标准和安全监管来引导规范 LNG 和 CNG 运输，并且运输方式的选择与供应链的优化也被市场需求的变化直接影响，当市场需求量大且稳定时管道运输是首选，市场需求波动较大时 LNG 和 CNG 的灵活性就非常重要，某些国家通过灵活调整运输方式有效应对市场需

求的变化从而提高了供应链的整体效率，像欧洲国家在冬季天然气需求高峰时增加 LNG 进口并利用储气设施保障市场稳定供应，这充分体现政策因素在天然气运输方式选择中的重要意义<sup>[6-7]</sup>。

## 4 结论

综合分析不同天然气运输方式的成本、时间、环境影响和政策因素能得出结论，即天然气运输方式的合理选择与组合是优化供应链效率的关键，大规模、长距离输送时管道运输经济和环境优势显著且适用于需求大且稳定的市场，液化天然气（LNG）运输灵活且有跨海运输能力可应对需求波动和跨区域供应挑战，压缩天然气（CNG）运输在短距离、小规模市场响应快速，案例分析显示不同国家和地区灵活综合运用这些运输方式有效提升了天然气供应链效率和稳定性，技术创新和智能化管理应用下天然气运输方式未来将更高效环保进一步满足低碳能源的市场需求，天然气供应链优化得在经济效益、环境保护和技术发展间找到最佳平衡点以实现可持续发展目标<sup>[8-9]</sup>。

### 参考文献：

- [1] 黄靖玉. 新型储运设备对石油天然气运输成本的影响与效益分析 [J]. 中国化工贸易, 2024, 16(9): 81-83.
- [2] 张阳阳. 天然气的运输方式及其特点 [J]. 石化技术, 2021, 028(003): 189-190.
- [3] 单保华, 唐丽敏, 朱明明. 应对内陆城市天然气调峰的 LNG 罐箱运输路径优化 [J]. 中国水运 (下半月), 2020(011): 020.
- [4] 单彤文, 高振, 刘淼儿, 等. 液化天然气罐箱铁路运输经济性分析 [J]. 国际石油经济, 2020, 28(8): 6.
- [5] 徐宁, 张雪琴, 张浩然, 等. 天然气供应链整体优化 [J]. 油气储运, 2020(011): 039.
- [6] 吴严鹏. 港口物流效率对煤炭运输港口竞争力的影响 [J]. 珠江水运, 2025(2): 96-98.
- [7] 钱存华, 陈海滨, 周骏贵. 灾害背景下提升应急供应链韧性影响因素研究 [J]. 安全与环境学报, 2023, 23(5): 1474-1481.
- [8] 马煜. 天然气储存与运输中的安全问题及对策分析 [J]. 现代工程项目管理, 2024, 3(22): 214-216.
- [9] 杨子刚, 郭庆海. 粮食物流企业供应链效率及其影响因素分析——基于吉林省 38 家粮食物流企业的调查 [J]. 中国流通经济编辑部, 2021(2011-6): 44-48.

### 作者简介：

高玮, 男 (1988.10-) 汉, 籍贯: 山西榆次, 学历: 硕士研究生, 职称: 中级经济师, 从事战略规划、企业制度制定、资源采购等工作。