

# 基于数字化技术的油气管道供应链协同优化策略

车轶铭 刘湛（国家石油天然气管网集团有限公司山东分公司，山东 济南 250000）

**摘要：**随着全球能源格局的变化，油气管道行业面临着提升效率、降低成本和增强安全性的挑战。数字化技术的兴起为油气管道供应链的协同优化提供了新的路径。本文探讨了数字化技术在油气管道供应链中的应用，分析了当前供应链管理的现状与挑战，并提出了基于数字化技术的协同优化策略，旨在提升油气管道供应链的整体效能与竞争力。

**关键词：**油气管道；供应链；数字化技术；协同优化

中图分类号：TE832

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)026-0007-03

## Collaborative Optimization Strategies for Oil and Gas Pipeline Supply Chain Based on Digital Technologies

Che Yiming, Liu Zhan (Shandong Branch of PipeChina Group Co., Ltd., Jinan Shandong 250000, China)

**Abstract:** With the changes in the global energy landscape, the oil and gas pipeline industry faces challenges in improving efficiency, reducing costs, and enhancing safety. The rise of digital technologies has provided a new path for the collaborative optimization of oil and gas pipeline supply chains. This paper explores the application of digital technologies in oil and gas pipeline supply chains, analyzes the current status and challenges of supply chain management, and proposes collaborative optimization strategies based on digital technologies, aiming to enhance the overall effectiveness and competitiveness of oil and gas pipeline supply chains.

**Keywords:** Oil and gas pipelines; Supply chain; Digital technologies; Collaborative optimization

油气管道作为能源输送的重要基础设施，在全球能源供应中扮演着关键角色。高效的油气管道供应链对于保障能源安全、降低运营成本、提高企业竞争力至关重要。随着信息技术的飞速发展，数字化技术已逐渐渗透到各个行业，为油气管道供应链的管理带来了新的机遇与变革。

通过数字化技术，能够实现供应链各环节的信息实时共享、流程优化以及智能决策，从而提升整个供应链的协同效率与效益。研究基于数字化技术的油气管道供应链协同优化策略，对于推动油气管道行业的可持续发展具有重要的现实意义。

### 1 油气管道供应链概述

#### 1.1 油气管道供应链的构成

油气管道供应链涵盖了从油气资源勘探、开采、集输、储存、运输到销售的全过程，涉及众多参与主体和复杂的业务流程。其上游包括油气田的勘探与开发企业，负责获取油气资源；中游主要是油气管道运输企业，承担着将油气从产地输送到消费地的重任，包括管道的建设、运营与维护；下游则涉及油气的储存、分销以及终端销售，如加油站、燃气公司等向最终用户提供能源产品。在这个过程中，还包括设备供应商、工程建设企业、物流服务商等众多供应链节点企业，它们相互协作，共同构成了庞大而复杂的油气管道供应链体系。

#### 1.2 传统油气管道供应链管理的现状与挑战

在传统的油气管道供应链管理中，各环节之间信息流通不畅，存在“信息孤岛”现象。例如，上游勘探企业获取的资源信息不能及时准确地传递给中游运输企业和下游销售企业，导致运输计划与销售安排缺乏精准依据。

同时，由于缺乏有效的协同机制，供应链各节点企业往往从自身利益出发进行决策，难以实现整体效益的最大化。如管道运输企业为保障运输安全，可能会维持较高的库存水平，而下游销售企业由于市场需求波动，对库存的需求并不稳定，这就容易造成资源的浪费或供应的不及时。此外，传统供应链管理手段相对落后，对于市场变化的响应速度较慢，难以适应日益复杂多变的能源市场环境<sup>[1]</sup>。

### 2 数字化技术对油气管道供应链的影响

#### 2.1 数字化技术在油气管道供应链中的应用现状

目前，多种数字化技术已在油气管道供应链中得到不同程度的应用。物联网技术通过在管道沿线部署大量传感器，实现了对管道运行状态的实时监测，如压力、温度、流量等参数的采集，能够及时发现管道泄漏、堵塞等故障隐患。

大数据技术则用于对海量的供应链数据进行分析，包括油气生产数据、运输数据、销售数据等，挖掘其中的潜在规律和趋势，为企业决策提供支持。例

如，通过对历史销售数据的分析，预测市场需求，优化运输计划。

人工智能技术在设备故障诊断、智能调度等方面发挥了重要作用，能够提高决策的准确性和效率。一些油气管道企业还开始探索区块链技术的应用，利用其去中心化、不可篡改的特性，保障供应链信息的真实性和可追溯性，增强各节点企业之间的信任。

## 2.2 数字化技术对供应链协同的推动作用

数字化技术打破了供应链各环节之间的信息壁垒，实现了信息的实时共享与交互。各节点企业能够及时获取上下游企业的业务信息，从而更好地协调生产、运输和销售计划。例如，下游销售企业可以将市场需求变化实时反馈给中游运输企业和上游生产企业，使生产企业能够及时调整产量，运输企业合理安排运输资源。

同时，数字化技术支持下的智能决策系统，能够根据供应链的实时数据，快速生成最优的协同方案，提高决策的科学性和时效性。通过数字化平台，各节点企业可以实现业务流程的协同操作，如电子订单的实时处理、联合库存管理等，大大提高了供应链的协同效率，降低了运营成本<sup>[2]</sup>。

## 3 基于数字化技术的油气管道供应链协同优化策略

### 3.1 建立数字化供应链平台

#### 3.1.1 平台架构设计

构建一个集成化的油气管道数字化供应链平台，其架构应包括数据层、应用层和用户层。数据层负责收集、存储和管理来自供应链各环节的各类数据，包括设备运行数据、生产数据、物流数据、销售数据等，通过数据仓库和数据库技术，实现数据的高效组织与管理。应用层集成了各种业务应用模块，如供应链计划管理、采购管理、运输管理、库存管理、销售管理等，以及数据分析、智能决策等功能模块。用户层则面向供应链各节点企业的不同用户，提供个性化的操作界面和权限管理，确保用户能够安全、便捷地访问和使用平台功能<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.2 平台功能实现

该平台应具备信息共享功能，使各节点企业能够实时获取所需的供应链信息，如上游企业的生产进度、中游管道的运输状况、下游市场的销售动态等。通过供应链计划管理模块，实现对整个供应链的生产、运输、销售计划的协同制定与优化，根据市场需求和资源状况，合理安排各环节的工作任务。采购管理模块实现对设备、原材料等采购流程的数字化管理，包括供应商选择、采购订单生成与跟踪、合同管理等。运

输管理模块借助物联网和定位技术，实时监控油气运输过程，优化运输路线，提高运输效率和安全性。库存管理模块通过实时数据共享，实现联合库存管理，降低库存成本，避免库存积压或缺货现象。销售管理模块则支持销售订单处理、客户关系管理等功能，提升客户满意度。

## 3.2 应用大数据与人工智能技术

### 3.2.1 大数据驱动的需求预测与决策支持

利用大数据技术对海量的历史销售数据、市场趋势数据、客户需求数据等进行深度分析，建立精准的需求预测模型。通过对不同地区、不同季节、不同客户群体的需求特征分析，预测未来的油气市场需求，为供应链各环节的生产、运输和库存决策提供依据。例如，根据需求预测结果，上游生产企业可以合理安排开采计划，中游运输企业提前规划运输资源，下游销售企业优化库存配置。同时，大数据分析还可以挖掘供应链中的潜在问题和风险，如设备故障隐患、运输延误风险等，提前采取应对措施，保障供应链的稳定运行<sup>[4]</sup>。

### 3.2.2 人工智能在供应链优化中的应用

人工智能技术在油气管道供应链优化中具有广泛的应用前景。在智能调度方面，利用人工智能算法对运输任务、设备资源、人员安排等进行优化组合，制定最优的调度方案，提高运输效率和设备利用率。例如，通过机器学习算法对管道运输历史数据进行学习，自动生成在不同工况下的最优机组运行方案，降低能耗。在设备故障诊断方面，基于人工智能的故障诊断模型可以实时分析设备的运行数据，快速准确地判断设备是否存在故障以及故障类型，及时进行维修，减少设备停机时间。此外，人工智能还可以应用于供应链风险评估与预警，通过对各类风险因素的分析，提前发出风险预警信号，帮助企业采取相应的风险应对措施。

## 3.3 加强物联网监控

### 3.3.1 物联网设备部署与数据采集

在油气管道供应链的各个环节广泛部署物联网设备，包括传感器、射频识别(RFID)标签、智能仪表等。在管道沿线，安装压力传感器、温度传感器、泄漏检测传感器等，实时采集管道的运行参数，监测管道的健康状况。在运输车辆和储存设施上，安装GPS定位设备、RFID标签和环境监测传感器，实现对运输过程和储存环境的实时监控，如车辆位置、行驶速度、货物状态、储存温度、湿度等。在设备管理方面，为关键设备配备智能传感器，采集设备的运行数据，如振动、转速、油温等，用于设备的状态监测和故障诊断。

通过这些物联网设备，实现对供应链各环节的全面感知和数据采集，为数字化管理提供丰富的数据来源。

### 3.3.2 基于物联网数据的实时监控与预警

将物联网采集到的数据实时传输到数字化供应链平台，通过数据分析和处理，实现对供应链的实时监控。利用可视化技术，将管道运行状态、运输车辆位置、库存水平等信息以直观的图表形式展示出来，使管理人员能够实时掌握供应链的动态。同时，建立预警机制，设定关键指标的阈值，当数据超出阈值范围时，系统自动发出预警信号，如管道压力异常、运输车辆偏离预定路线、库存水平过低等。通过及时的预警，企业能够迅速采取措施，应对潜在的问题和风险，保障供应链的安全稳定运行。

### 3.4 推动区块链技术的应用

#### 3.4.1 区块链在供应链信息安全与可追溯性方面的优势

区块链技术具有去中心化、不可篡改、可追溯等特性，在油气管道供应链中应用区块链技术，能够有效保障信息的安全与可追溯性。在信息安全方面，区块链采用加密算法对数据进行加密存储，各节点企业的数据相互独立又相互验证，任何一方都难以篡改数据，从而提高了供应链信息的安全性和可信度。在可追溯性方面，通过区块链的分布式账本，记录了供应链中每一笔交易和业务流程的详细信息，从油气的开采源头到最终销售给用户的全过程都可追溯。例如，在油品质量追溯方面，消费者可以通过区块链查询到所购买油品的产地、开采时间、运输路径、质量检测报告等信息，确保产品质量安全<sup>[5]</sup>。

#### 3.4.2 基于区块链的供应链协同机制创新

利用区块链技术构建新型的供应链协同机制。通过智能合约，实现供应链各节点企业之间的自动协作。智能合约是一种基于区块链技术的自动执行的合约，当满足预设的条件时，合约自动执行相应的操作。例如，在采购环节，当供应商发货并上传货物的物流信息到区块链上，且运输信息与采购合同中的约定相符时，智能合约自动触发付款流程，实现采购交易的自动化和高效化<sup>[6]</sup>。

在供应链金融领域，区块链技术可以实现应收账款的快速融资，核心企业确认应付账款后，供应商可以将应收账款在区块链平台上进行转让融资，金融机构可以通过区块链查看供应链的真实交易信息，降低融资风险，提高供应链资金的周转效率。

## 4 结论与展望

### 4.1 研究结论

数字化技术为油气管道供应链的协同优化提供了

强大的技术支持，通过建立数字化供应链平台、应用大数据与人工智能技术、加强物联网监控以及推动区块链技术的应用等策略，能够有效解决传统油气管道供应链管理中存在的信息不畅、协同效率低、响应速度慢等问题，提升供应链的整体效能与竞争力。案例分析表明，实施数字化转型的油气管道企业在运营效率、成本控制、安全管理和供应链协同等方面取得了显著的成效。因此，油气管道企业应积极拥抱数字化技术，加快供应链数字化转型步伐，以适应日益激烈的市场竞争和复杂多变的能源市场环境。

### 4.2 未来展望

随着数字化技术的不断发展和创新，未来油气管道供应链的数字化协同优化将面临更多的机遇和挑战。在技术发展趋势方面，人工智能、物联网、区块链等技术将不断升级和融合，为供应链管理带来更高效、更智能的解决方案。例如，人工智能的深度学习算法将更加精准地预测市场需求和设备故障，物联网的低功耗、高可靠性传感器将实现更广泛的应用，区块链的性能和可扩展性将进一步提升。在行业应用前景方面，数字化技术将推动油气管道供应链向绿色、低碳、智能的方向发展。通过数字化手段优化能源输送路径，降低能耗和碳排放；利用智能技术实现设备的远程运维和智能化管理，提高生产效率和安全性。然而，在推进数字化转型过程中，油气管道企业也需要关注数据安全、隐私保护、技术人才培养等问题，以保障数字化战略的顺利实施。总之，数字化技术将持续赋能油气管道供应链，为行业的可持续发展注入新的动力。

### 参考文献：

- [1] 赵伟,徐宁,陆凯凯,等.运销分离下的天然气管网运输能力分配优化研究[J].中国石油大学学报,2024,48(4):181-189.
- [2] 刘刚,王峰,孙晓琳,等.数字化转型驱动的油气供应链创新发展路径研究[J].天然气工业,2023,43(10):137-144.
- [3] 张博,梁永图,李伟,等.基于用户多维价值的天然气资源配置优化[J].油气储运,2023,42(1):96-104.
- [4] 王强,李华,陈宇,等.基于物联网的油气管道智能运维系统构建与应用[J].石油机械,2022,50(8):102-108.
- [5] 罗志伟,左刚,李博.输销分离下的天然气托运商调度运行模式[J].天然气工业,2022,43(3):120-128.
- [6] 范霖,苏怀,彭世亮,等.基于供气可靠性的天然气管道系统预防性维护方案智能优化方法[J].中国石油大学学报,2023,47(1):134-140.