

# 数字化转型下的天然气供应物流管理体系构建

王皓然（国家管网集团北京管道有限公司，黑龙江 大庆 100101）

**摘要：**随着全球能源结构的转型和数字化技术的迅猛发展，天然气作为一种清洁、高效的能源，其供应链的优化升级显得尤为迫切。传统的天然气供应物流管理体系面临的诸多挑战，严重制约了行业的可持续发展。在此背景下，数字化转型被视为推动天然气供应链现代化、提升整体效能的有力抓手。本文旨在探讨在数字化时代背景下，如何构建天然气供应物流管理体系，以期为天然气行业数字化转型提供有益的思路和借鉴。

**关键词：**数字化转型；天然气；供应物流管理

数字化不仅是技术的革新，更是管理思维的升级，它将重塑天然气供应链的每一个环节。在当今数字经济时代，通过运用大数据、物联网、人工智能等技术，能够实现对天然气供应链的实时监控与优化，提升物流效率，降低运营成本，同时增强供应链的透明度和响应速度，为市场提供更稳定、更高质量的天然气供应服务。这不仅是企业自身竞争力的提升，更是对国家能源安全和绿色低碳发展的重要贡献。因此，构建基于数字化转型的天然气供应物流管理体系，对于推动天然气行业的高质量发展具有重要意义。

## 1 天然气行业数字化转型实践

在数字化转型的大潮下，中国石油西南油气田天然气净化总厂大竹智能净化厂作为集团数字化转型的首批试点单位，成功构建了一个高效、智能的天然气净化管理体系，为整个天然气供应链的数字化管理树立了典范。大竹智能净化厂以“安全环保受控、生产运行受控、管理协同高效”为建设需求，以“产品气实时合格外输、‘三废’实时达标排放、装置安全高效运行”为建设目标，通过一系列智能化技术的引入和应用，解决了生产现场感知能力弱、工艺操作智能化水平低、数据开发应用程度差、多专业协同效率低等核心问题。在智能化建设中，大竹净化厂建成了工业 5G 专网、天然气净化厂电站巡检机器人系统、物联网系统、先进控制系统和实时优化系统，并构建了具有“全面感知、智动操控、协同管理、辅助决策”特征的功能模块。智能管控平台集成了装置全量三维模型数据和物联网系统多维动态实时数据，开发了工艺、机械、自控、电气等多专业应用，并通过嵌入轻量化引擎、智能问答等工具，实现了集中监控、设备管理、标准作业、操作优化、辅助支持等五大类一级应用模块的集成。这些技术的应用不仅提升了工厂的生产效率和安全性，还大幅降低了能耗和运营成本，

实现了资源的高效利用。通过数字化和智能化手段，大竹净化厂在生产运营、设备管理、应急响应等方面均取得了显著成效，为天然气供应链的数字化管理提供了宝贵经验。

从大竹智能净化厂的案例中可以看到数字化转型对于天然气供应物流管理具有重要作用，具体来说，数字化转型的必要性体现在以下方面：第一，数字化转型是提升传统行业生产效率和安全性的关键途径，通过智能化手段实现生产过程的精细化管理，有助于企业实现高效、安全的生产目标。大竹智能净化厂通过引入工业 5G 专网、物联网系统、巡检机器人等智能化技术，显著增强了生产现场的感知能力和远程监控能力，实现了对生产过程的实时监控和精准控制。这不仅大幅提升了生产效率，还通过减少人为操作失误和及时发现潜在安全隐患，显著提高了生产作业的安全性。

第二，数字化转型有助于企业实现资源的优化配置和成本的有效控制，通过数据分析和智能决策支持，企业能够更加精准地把握市场动态和内部运营状况，从而制定出更加科学合理的经营策略。大竹净化厂通过构建实时优化系统和先进控制系统，实现了对生产数据的深度挖掘和分析，从而能够更加精准地控制生产过程中的各项参数，优化资源配置，并且智能化技术的应用还降低了能耗和减少了不必要的维护成本，显著降低了整体运营成本。

第三，数字化转型能够打破传统行业内部的信息孤岛和部门壁垒，促进多专业之间的协同合作和资源共享，同时，通过智能化手段提升应急响应速度，有助于企业更好地应对突发事件和市场变化，保障生产运营的稳定性和可持续性<sup>[1]</sup>。大竹智能净化厂在数字化转型过程中，构建了具有“全面感知、智动操控、协同管理、辅助决策”特征的功能模块，实现了多专

业应用的集成和协同，这不仅增强了各专业团队之间的信息共享和协作能力，还通过智能问答等工具提升了应急响应速度，确保了生产运营的平稳进行。

## 2 天然气供应物流管理体系分析

### 2.1 开采

天然气供应的起点，通常在油气田进行，采用先进的技术如水平井钻探、地下煤层气采收技术等，将地下储层中的天然气提取出来，该环节不仅需要先进的钻井设备，还需要地质勘探、环境评估等前期工作，以确保开采的可行性和安全性，其效率和稳定性直接影响到后续环节。

### 2.2 加工

开采出的天然气往往含有非烃类杂质，如水分、硫化氢、二氧化碳等，这些杂质需要通过加工环节进行净化处理，加工过程（包括脱硫、脱水、压缩等步骤）旨在提高天然气的纯度和质量，以满足不同用户的需求。

### 2.3 运输

天然气运输是供应链中的关键环节，主要包括管道运输和液化天然气（LNG）运输两种方式。管道运输具有成本低、效率高的优点，是长距离运输的首选，而 LNG 运输则适用于跨国或跨海运输，通过液化技术将天然气体积缩小，便于储存和运输，运输过程需要严格的的安全管理和监控，以防止泄漏和事故。

### 2.4 储存

为了应对季节性需求波动和市场变化，天然气需要在特定的储存设施中进行储存，储存方式包括地下储气库、柱状储气罐和 LNG 储罐等，合理的储存布局 and 调度策略对于保障天然气供应的稳定性至关重要。

### 2.5 销售

销售环节是天然气供应链的终端，涉及天然气分销站、城市燃气公司等多个主体，这些主体将天然气输送至最终用户，包括居民、工业和商业用户等。为确保用户能享受到稳定且可靠的天然气供应，这些主体与终端用户建立了有效的销售渠道，包括签订供应合同、建立计量和计费系统等。

## 3 数字化转型下的天然气供应物流管理体系构建

### 3.1 供应链各环节深度数字化，提升运营效率

#### 3.1.1 开采与加工环节的数字化管理

首先，利用物联网（IoT）技术，在油气田部署大量传感器，实时监测地质条件、钻井状态、油气流量等关键参数，确保开采过程的安全与高效。同时，结

合大数据分析技术，对采集到的海量数据进行深度挖掘，预测油气藏分布、优化开采策略，提高资源采收率。在加工环节，引入自动化控制系统，实现原料气净化、压缩、液化等工艺流程的精准控制，减少能耗和排放，提升产品质量。

#### 3.1.2 运输环节的智能化调度与监控

一是利用 GPS、北斗等卫星定位技术，对运输车辆和管道进行实时定位与追踪，确保运输路径的准确性和安全性。二是通过智能调度系统，根据天气、路况、需求预测等因素，自动优化运输路线和发车时间，减少空驶率和等待时间，提高运输效率。同时，在运输过程中，利用物联网技术实时监测运输状态，包括温度、压力、流量等关键参数，一旦发现异常情况立即报警并启动应急预案<sup>[2]</sup>。

#### 3.1.3 储存环节的自动化与信息化

在储存环节，自动化和信息化是提升效率的两大利器，通过引入自动化仓储系统，可以实现储罐的自动充装、计量、排空等操作，减少人工干预，提高作业效率和准确性。这一过程中，可以利用物联网技术，在储罐内安装传感器，实时监测温度、压力、液位等关键参数，确保储存环境的安全稳定。此外，构建信息化管理系统，将储存数据、库存信息、设备状态等实时上传至云端，实现远程监控和集中管理。通过数据分析，可以预测储存需求、优化库存结构、降低储存成本<sup>[3]</sup>。同时，还可以利用人工智能技术进行故障预测和预防性维护，提高设备可靠性和使用寿命。

#### 3.1.4 销售环节的数字化服务与营销

销售环节的数字化转型旨在提升客户体验和响应速度。通过建立客户关系管理系统（CRM），企业能够收集和分析客户数据，提供个性化服务<sup>[4]</sup>。数字化营销则利用大数据分析预测市场趋势，优化定价策略，精准投放广告。在线销售平台和移动应用提供了便捷的购买渠道，客户可以实时查询库存、价格和配送信息，实现一键下单。此外，还可以通过区块链技术建立信任机制，增强交易透明度，提升客户信任度。

### 3.2 构建协同机制与信息共享平台，强化供应链韧性

#### 3.2.1 建立统一的协调机制，实现各环节紧密配合

在数字化转型的背景下，构建天然气供应物流管理体系的首要任务是建立一个统一的协调机制，以确保供应链各环节的紧密配合与高效运作，这要求从以下几个方面进行实施：第一，明确供应链各环节的角色与职责。通过梳理天然气从开采、加工、储存、运



输到终端用户的全过程,明确各个环节的责任主体及其具体职责,为协同机制的确立奠定基础,在此基础上,制定详细的操作流程和协同规范,确保各环节之间能够按照统一的标准进行无缝衔接。第二,建立跨部门的协调小组或委员会,该小组应包含供应链各环节的关键人员,负责定期召开协调会议,讨论并解决供应链运作中遇到的问题和瓶颈,通过面对面的沟通和协商,促进信息的及时传递和问题的有效解决,增强供应链的整体协同能力。第三,建立科学合理的绩效评估体系,对供应链各环节的工作成果进行量化评价,并根据评价结果给予相应的奖励或惩罚,通过激励机制的引入,可以激发各环节的工作积极性和创造力,推动供应链整体效能的提升。

### 3.2.2 构建信息共享平台,提高信息透明度与流通效率

首先,选择合适的技术平台。基于云计算、大数据、物联网等先进技术,构建一个高效、安全、可扩展的信息共享平台,该平台应具备数据采集、处理、存储、分析和可视化等多种功能,以满足供应链各环节的信息需求<sup>[5]</sup>。

其次,制定统一的数据标准与接口规范。为了确保不同系统、不同格式的数据能够在平台上实现无缝集成和共享,需要制定统一的数据标准和接口规范,这包括数据格式、传输协议、访问权限等方面的规定,以确保数据的准确性和一致性。

再次,实现供应链各环节的数据接入与集成。通过安装传感器、数据采集器等设备,实时采集供应链各环节的运行数据,并通过网络传输到信息共享平台。同时,利用数据接口技术,将不同系统的数据集成到平台上,实现数据的集中存储和统一管理。

最后,提供多样化的信息服务与决策支持。基于信息共享平台的数据资源,开发各种应用服务模块,如报表统计、预警分析、智能调度等,为供应链各环节提供及时、准确的信息支持。同时,利用大数据分析技术,对供应链运行数据进行深入挖掘和分析,为管理决策提供科学依据和参考。

### 3.2.3 全面风险管理与高效应急响应,保障供应链安全

在数字化转型的浪潮中,构建天然气供应物流管理体系,尤其是强化全面风险管理与高效应急响应机制,是保障供应链安全、提升运营效率的关键举措。实施这一战略,需深度融合数字化技术,通过精准识别风险、构建预警系统、以及优化应急响应流程,来确保天然气供应链的稳健运行。

实现供应链风险的全面识别与评估,要求企业利用大数据和人工智能技术对供应链各环节的数据进行深度挖掘与分析,包括但不限于生产、运输、储存、销售等关键节点。通过构建风险识别模型,系统能够自动识别供应链中的潜在风险点,如供应中断、需求波动、价格波动等,并对风险等级进行量化评估。同时,结合历史数据和行业趋势,对风险进行前瞻性预测,为制定风险应对策略提供科学依据。

建立风险预警与应急响应机制是保障供应链安全的重要一环。基于风险识别与评估的结果,企业需构建一套完善的预警系统,该系统能够实时监测供应链的运行状态,一旦发现异常立即触发预警信号。预警信息将迅速传递给相关部门和人员,启动应急响应流程。在应急响应过程中,数字化手段发挥着至关重要的作用。通过集成物联网、云计算等技术,企业可以实现对供应链的远程监控和实时调度,快速调配资源,优化应急处理方案。此外,利用虚拟现实和增强现实技术,还可以进行应急演练和培训,提高员工应对突发事件的能力。

## 4 结语

通过供应链各环节的深度数字化改造,不仅显著提升了运营效率,还构建了协同机制与信息共享平台,增强了供应链的韧性和灵活性。全面的风险管理和高效应急响应机制,更是为供应链的安全稳定提供了坚实保障。未来,随着技术的不断进步,数字化转型将持续深化,天然气行业将更加智能、高效、安全,为国家能源安全和经济社会发展作出更大贡献。

### 参考文献:

- [1] 石泽林. 供应链系统视角下企业物流管理研究 [J]. 中国物流与采购, 2024, (13): 57-58.
- [2] 文欢, 陈丽芳. 基于物联网的智能物流供应链管理应用研究 [J]. 商业经济研究, 2023, (22): 105-108.
- [3] 王凤红. 数字化时代的智慧物流与供应链管理变革 [J]. 物流科技, 2024, 47(12): 140-142+146.
- [4] 吕景加. 传统物流管理向现代供应链管理模式的转变分析 [J]. 中国物流与采购, 2023, (12): 67-68.
- [5] 赵雨涵. 供应链系统下的茶叶企业物流管理研究 [J]. 福建茶叶, 2023, 45(06): 60-62.

### 作者简介:

王皓然 (1983-) 女, 汉族, 大学本科, 就职于国家管网集团北京管道有限公司, 黑龙江大庆人, 经济师, 从事天然气管网物资供应链工作。