

基于天然气管道工程建设和生产运行数字化转型实践分析

杨 康（江西省天然气投资有限公司，江西 南昌 330096）

摘要：本文以天然气管道工程建设和生产运行数字化转型实践为研究对象，运用现状分析与实践梳理方法，分析其在管道工程建设现状与挑战、数字化转型行业影响、建设环节数字化实践及生产运行数字化实践（SCADA系统、智能运维等）过程中的表现。旨在提出数字化转型优化建议，提升天然气管道工程建设效率与生产运行安全性、智能化水平，为行业数字化发展提供实践参考。

关键词：天然气管道；工程建设；生产运行；数字化转型

中图分类号：TE832 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)031-0096-03

Analysis of Digital Transformation Practice Based on Natural Gas Pipeline Engineering Construction and Production Operation

Yang Kang(Jiangxi Natural Gas Investment Co., Ltd., Nanchang Jiangxi 330096, China)

Abstract: This article takes the digital transformation practice of natural gas pipeline engineering construction and production operation as the research object, and uses the methods of current situation analysis and practical sorting to analyze its performance in the current situation and challenges of pipeline engineering construction, the impact of digital transformation industry, digital practice in the construction process, and digital practice in production operation (SCADA system, intelligent operation and maintenance, etc.). Aiming to propose suggestions for digital transformation optimization, improve the efficiency of natural gas pipeline construction, production and operation safety, and intelligence level, and provide practical reference for the digital development of the industry.

Keywords: natural gas pipeline; Engineering construction; Production operation; digital transformation

天然气管道工程的生产运行与建设在推动经济发展，满足能源供应需求的也面临着技术环境管理等多方面的挑战。本研究探讨天然气管道工程建设及生产运行里的数字化转型实践，先剖析面临的主要挑战与现状，随后着重阐明实施路径与数字化转型的必要性。通过深入钻研监测控制施工管理，以及数字化设计等环节探索能够提高工程安全性与效率的有效途径。

1 天然气管道工程建设的现状与挑战

1.1 管道工程建设现状

近年来国家对天然气基础设施的投资逐年加大，推动了管道网络不断完善，天然气管道工程建设呈现出快速发展的趋势。目前超过一万公里总长度的天然气管道在中国建成并投入运营，构建起覆盖全国主要地区的管道运输网络，然而在快速发展的进程中，管道工程建设也遭遇了诸多挑战。工程建设所具有的规模化以及复杂性要求，让传统施工管理模式很难适应，这进而引发了诸如资源配置不合理工期出现延误等问题。

在管道建设过程里因环境保护以及安全生产的要求愈发严格，得有效防范安全隐患保证施工现场的安全，工程建设的效率和质量受到了技术人员短缺，以及技能水平参差不齐的影响。推动数字化转型提升管道工程建设的技术能力与管理水平，已然成为行业发展的迫切需求因此。

1.2 面临的主要挑战

在天然气管道工程的生产运行以及建设过程中，行业遭遇多维度挑战主要能够归结为下面这三个方面：①技术挑战：随着技术要求的提升以及工程规模不断扩大，现代化的需求已难以靠传统的管道建设技术来满足。为确保管道的安全性与耐久性，在焊接技术检测方法，以及管道材料的选择等方面都迫切需要创新，现有技术人员因数字化技术的引入对其技能有了更高要求，需开展相应培训与教育。②管理挑战：不同专业与多个部门的协作在天然气管道工程中有所涉及，管理复杂性持续攀升，严重的信息孤岛现象致使项目在进度把控、成本控制以及质量管理等多个方面出现协调难题。在项目管理进程里有效的数据共享以及实时监控机制处在缺失状态，这对决策的及时性与准确性造成了影响。③环境与安全挑战：在生态脆弱区域天然气管道的建设与运营给环境带来的影响不容小觑，必须采取行之有效的措施来开展环境保护工作。行业的重中之重始终是安全问题，管道泄漏爆炸等事故或许会给人员与环境带来严重后果，急需借助数字化手段，提高安全预警以及应急响应能力。

2 数字化转型对行业的影响

数字化转型对天然气管道工程行业影响深远，借助BIM技术和数字化建模，工程师在设计阶段可提前识别潜在问题减少施工返工与资源浪费它能提升工程

建设的精准度与效率。施工管理借助实时数据监控分析变得更高效，助力项目进度与质量实现提升，数字化转型在环境保护与增强安全性方面有所成效。借助数字化监测系统能够实时追踪管道运行状态，及时察觉泄漏或故障并加以处理从而降低安全风险，推动行业绿色可持续发展，还能减少环境影响优化资源使用。企业借助大数据分析从海量数据里提取有价值信息，做出更为科学的运营决策，这一过程促进了数据驱动决策的实现，做出科学运营决策，既能够提高管理效率又能为战略规划提供支撑进而增强企业的市场竞争力。

3 天然气管道工程建设的数字化转型实践

3.1 数字化设计与建模

3.1.1 BIM 技术在管道工程中的应用

在天然气管道工程里，BIM（建筑信息模型）技术的应用在设计施工以及运营管理等多个阶段均有显著体现。在设计阶段初始借助 BIM 技术开展三维建模工作，能够把管道结构信息设计信息以及施工信息系统汇聚在一个平台之上，助力工程师以更直观的方式去深入把握项目的整体布局情况以及各个组件彼此之间的关联。这种可视化的设计方式不仅提高了设计的效率，还减少了设计阶段的错误。在施工阶段 BIM 技术借助提供详细的进度管理和施工模拟，能够有效降低施工风险。施工团队能够借助 BIM 模型开展施工过程的预演工作，将潜在的冲突以及问题识别出来进而对施工方案予以优化，还可以把 BIM 和施工现场实时监控系统相结合，达成施工进度与质量的动态管理提升施工安全性与效率。在运营管理阶段的 BIM 技术可为管道的维护及管理给予重要支持，实时监测数据与 BIM 模型相结合，运营团队借此对管道状态予以实时监控，及时找出并处理潜在问题让管道的使用寿命得以延长。

3.1.2 数字化规划与优化

工程项目引入先进的数字化技术，能够在规划阶段开展全面的模拟与优化工作以此提高施工精度并减少资源浪费。数字化规划利用计算机辅助设计（CAD）和地理信息系统（GIS）技术，能够给出精准的地理数据支撑，这有助在工程师在选址期间将环境地形等因素纳入考量，进而制定出科学合理的管道走向。通过三维建模技术能够直观展示管道设计方案，让各方参与者对项目需求和施工方案有更好的理解。遗传算法、粒子群优化算法等优化算法的运用，能够在设计阶段针对管道布局、材料选择以及施工工艺等展开多维度优化，降低成本并缩短工期。数字化工具还可以实现施工进度的动态调整，对现场变化及时予以响应保障项目依照计划向前推进，为实现智能化自动化的

施工过程奠定基础，最终经数字化规划与优化，不仅给后续的施工管理打下坚实基础，也提升了天然气管道工程的整体效率。

3.2 施工过程的数字化管理

3.2.1 施工现场的实时监控

施工现场的实时监控是天然气管道工程数字化转型的重要组成部分，旨在通过先进的监测技术和数据分析手段，提高施工过程的安全性、效率和管理水平。实时监控系统通常包括视频监控、传感器数据采集和现场设备状态监测等多个模块。首先，视频监控系统能够提供施工现场的全方位视角，实时传输现场的图像和视频。这不仅有助于项目管理人员对施工进展进行实时跟踪，还能有效预防和识别潜在的安全隐患。其次，传感器技术的应用使得施工现场的各种环境参数（如温度、湿度、压力等）能够实时监测。这些数据通过无线网络传输到中央控制平台，帮助管理人员及时了解施工环境的变化，做出相应的调整。最后，现场设备的状态监测系统能够实时获取设备的运行状态和故障信息，确保设备的正常运转，减少停工时间。这些实时监控手段的结合，不仅提升了施工过程的透明度，还为决策提供了科学依据，最终推动了天然气管道工程的高效、安全建设。

3.2.2 数据采集与分析

通过先进的传感器和监测设备，实时采集管道运行中的各类数据，包括压力、温度、流量、泄漏检测等。这些数据的精准采集为后续的分析和决策提供了可靠的基础。数据采集的方式多样化，既可以通过现场的物理传感器进行数据收集，也可以利用无人机、机器人等智能设备进行远程监控，确保覆盖到每一个角落。同时，数据传输技术的发展，如 5G 和物联网（IoT），使得数据能够快速、实时地传输到云端或数据中心，便于集中管理与分析。在数据分析方面，采用大数据分析技术和机器学习算法，可以从庞大的数据集中提取有价值的信息，识别出潜在的风险和故障隐患。这一过程不仅提高了运营的安全性和可靠性，也为管理层提供了数据驱动的决策支持，帮助他们在复杂多变的市场环境中做出更加科学的决策。因此，数据采集与分析在天然气管道工程的数字化转型中起着至关重要的作用。

4 天然气管道生产运行的数字化转型实践

4.1 数字化监测与控制系统

4.1.1 SCADA 系统的应用

在天然气管道的生产运行里，SCADA 系统发挥着极为关键的作用。通过集成数据采集技术，通信技术以及先进的计算机技术，该系统达成对管道的实时

控制与监控。具体而言 SCADA 系统能够实时获取管道内压力流量温度等关键参数，保障管道在安全且稳定的状态中运行。自动采集数据这项工作 SCADA 系统可借助传感器与测量设备来完成，之后把数据传输到中央控制室，操作人员能够在界面之上实时查看管道状态，及时察觉异常状况并采取对应措施借此提升应对突发事件的能力。数据分析和处理的功能也是 SCADA 系统所具备的，运营方通过分析历史数据能够识别潜在故障模式，进而制定预防性维护策略以此降低设备故障率并延长设备的使用寿命。天然气管道的运行效率与安全性因 SCADA 系统的应用而得到大幅提升，为行业的数字化转型给予了有力支持，推动整个行业朝着智慧能源方向发展，可借助对 SCADA 系统开展持续的优化与升级工作达成更高水准的自动化以及智能化管理。

4.1.2 物联网技术的应用

通过把传感器设备以及系统连接至互联网，物联网技术达成了数据的实时采集跟传输，极大程度提高了管道的管理与监测能力。确保管道的安全与稳定运行，物联网技术在管道运行过程中可实时对压力、流量、温度等关键参数展开监测，传感器采集的数据借助网络上传到中央控制系统，运营人员能够实时知晓管道运行状态，及时察觉并处置潜在安全隐患。设备的远程控制以及自动化管理能够通过物联网技术来达成，当传感器把异常情况检测到时，能自动将警报触发并且采取相应的控制措施，以此来降低人为因素所带来的风险。通过对设备运行数据展开分析，能够达成智能运维优化维护策略以此降低运营成本，数据共享与协同工作因物联网技术的应用而得到了促进。相关数据能够被不同环节的参与者借助云平台实时获取，以此提高沟通效率对决策过程加以优化，天然气管道的安全性与效率因这些应用得到提升，后续数字化转型的基础也由此奠定。

4.2 数据驱动的决策支持

4.2.1 大数据分析在运营中的应用

在天然气管道生产运行里，大数据分析技术应用极大提升运营效率与安全性。运营管理者通过收集和处理大量实时数据，得以对管道状态展开全面的监控与分析，进而能够及时察觉潜在问题。大数据分析可以用在设备健康监测，管理者借助传感器收集设备运行数据，凭借机器学习算法对历史数据展开分析如此便能预测设备故障，提前实施维护举措进而减少停机时间与维护成本。流量分析是另一个重要应用，运营团队可通过剖析管道内压力温度气体流量等数据，对气体输送效率予以优化保障供气的稳定性，防止因流

量出现异常而造成经济损失。环境数据的整合分析也日渐重要，在不同环境条件下把气候地质等环境因素的数据和管道运行数据予以结合，可更有效地评估管道的运行安全性进而及时实施预防措施。在复杂挑战面前，天然气管道运营借助大数据分析获得有力决策支持，从而实现更高的效率与安全性。

4.2.2 智能运维的实践

天然气管道生产运行数字化转型里智能运维占据重要位置，其目的是凭借先进技术手段让运维效率与安全性得到提升。智能运维凭借物联网（IoT）技术达成对管道运行状况的实时监测，以及数据采集工作。如此一来便可实施预防性维护，进而降低意外停机的风险，压力流量温度等重要参数，以此确保管道安全稳定运行。智能运维通过结合大数据分析技术，可针对采集到的数据展开深度分析进而识别潜在的故障与隐患。系统能够借助数据挖掘以及机器学习算法，预测设备故障的发生时间。还可以通过构建数字孪生模型建立物理资产的虚拟映像，智能运维实时模拟管道运营情况，以此优化运维策略，天然气管道的运维借助这些技术手段的运用，不但安全性和可靠性得以提高而且变得更为高效，有力地为行业的可持续发展给予了支持。

5 结语

在天然气管道工程的生产运行以及建设的数字化转型进程里，数字技术的运用给行业带来了极大的变革，在施工过程的数字化管理，数字化监测与控制系统以及数字化设计与建模的助力下，行业不但为生产运营的智能化筑牢了根基，还提升了工程建设的效率与安全性。企业在竞争中更具优势，尽管数字化转型遭遇技术、管理环境以及安全等多方面挑战，可它所带来的优势不容小觑，随着大数据物联网人工智能等技术在未来持续发展，数字化转型会更为深入促使天然气行业朝着智能化可持续化方向不断迈进。

参考文献：

- [1] 吴凯，王康，陈黎，等. 天然气管道工程建设和生产运行数字化转型实践 [J]. 石化技术 ,2024,31(10):142-144.
- [2] 孙旭. 天然气管道 SCADA 系统运行维护措施 [J]. 化工管理 ,2025,(03):88-91.
- [3] 王兴见. 天然气管道工程建设和生产运行数字化转型实践 [J]. 中国化工贸易 ,2025(17):10-12.
- [4] 胡永宏，胡永群，刘宁，等. 数字化转型背景下炼化企业生产运行优化 [J]. 中外能源 ,2025,30(7):68-73.
- [5] 郭凯. 数字化与智能化的天然气站场设备管理与安全管理研究 [J]. 化工管理 ,2025(3):124-126.