

新时期油气管道运输中的工艺设备与自动化控制研究

葛世红 关轶凡（国家管网集团北方管道有限责任公司北京输油气分公司，北京 100000）

摘要：在新时期背景下，油气管道运输行业面临着提升运输效率与保障运输安全的双重挑战。随着自动化控制技术和人工智能的迅猛发展，油气管道运输系统的管理和操作方式正经历着根本性的变革。这些技术的融入不仅为油气管道运输带来了前所未有的机遇，也对现有的工作模式和职业发展路径提出了新的要求。本研究通过深入分析自动化控制技术在油气管道运输中的应用，探讨了工艺设备的现代化改进、自动化监控的实施策略以及运行安全性和资源利用率的提升方法。旨在为油气管道运输领域的技术升级和职业发展提供科学指导和实践参考，进一步推动能源输送系统向高效、智能化方向发展。

关键词：油气管道运输；工艺设备；自动化控制；技术实施路径

0 引言

在全球能源结构日趋复杂多变的今天，油气管道运输作为连接能源生产与消费的纽带，其效率 and 安全性对保障能源供应稳定性具有至关重要的作用。面对能源需求的持续增长与环境保护的双重压力，传统油气管道运输方式亟需通过引入先进的工艺设备和自动化控制技术进行革新，以提升运输效率、降低运营成本，并确保运输过程的安全可靠。随着信息技术、人工智能、物联网等现代科技的快速发展，油气管道运输系统的自动化控制已成为行业发展的必然趋势。本研究旨在通过分析油气管道运输系统中工艺设备的应用特征及自动化控制技术的实施路径，探讨在新时期背景下，如何有效地利用先进技术改造和升级传统油气管道系统，实现其高效、智能化运营，为促进能源行业的高质量发展贡献力量。

1 油气长输管道工艺设备自动化控制的必要性

油气长输管道作为能源行业的重要组成部分，其运行效率和安全性直接影响到能源供应的稳定性与经济效益。在新时期背景下，工艺设备的自动化控制不仅是提升管道运输效率的关键，也是保障运输安全、应对复杂环境挑战的必要条件。自动化控制系统能够实时监控管道压力、温度、流速等关键参数，及时发现异常波动，预防潜在风险，从而大幅降低事故发生的概率。高度自动化的控制系统能实现精确的流量调节和优化调配，提升输油气效率，确保能源在产供销各环节的均衡，满足市场的实时需求。自动化技术的应用极大地减少了人力需求，对于那些地处偏远或环境恶劣地区的长输管道更是至关重要，不仅降低了运营成本，也保证了工作人员的安全。随着大数据、云计算、物联网等信息技术的飞速发展，集成这些先进

技术的自动化控制系统能够对大量数据进行深度分析与处理，优化运输路径和调度计划，实现智能预警和决策支持，进一步提高油气管道运输的智能化水平。环保要求的日益严格也促使油气管道企业必须采用自动化技术以减少环境污染。油气长输管道工艺设备自动化控制的必要性不仅体现在直接提升运输效率和安全性上，还在于其对于实现能源行业长远发展、促进环境可持续性方面的重大贡献。

2 油气管道运输工艺设备的应用特征分析

油气管道运输系统的核心工艺设备，包括管道本体、泵站与压缩机、阀门系统及监控与安全设施，各自通过独特的应用特性，共同确保了油气的高效、安全输送。

管道本体是输送油气的基础设施，其应用特性主要体现在对材质和口径的严格要求。材质上，需要使用高强度、良好抗腐蚀、耐低温的材料以适应各种极端环境，同时保证长期的结构稳定性和可靠性。例如，X80 钢级的管线钢因其优异的机械性能和经济效益而被广泛应用于长距离输油气管道。口径设计方面，随着输送需求的增加，更大口径的管道被设计以提高单管输送量，如直径超过 1000 毫米的大口径管道能够有效降低单位输送成本，满足大规模输送需求。

泵站与压缩机作为推动油气流动的动力源，其应用特性在于高效能的转换和稳定可靠的运行性能。这些设备采用了先进的流体机械设计理念和材料技术，如采用多级压缩技术和变频驱动技术，目的是优化能源使用效率，降低运营成本。同时，通过实现对流量和压力的精确调节，确保管道内油气的连续、均匀输送。现代泵站和压缩机还集成了智能控制系统，能够根据实时数据自动调整运行状态，以应对输送过程中

的各种变化需求。

阀门系统，包含多种功能的阀门，其应用特性在于实现对油气流动的精确控制及在紧急情况下迅速切断流动，保障系统安全。现代阀门系统采用电子控制技术和远程操作功能，提高了操作的灵活性和响应速度。特别是在紧急切断阀门的设计上，能够在极短的时间内完全关闭油气流动，防止事故扩大。此外，智能阀门能够实时接收来自管道系统的各种信号，并自动进行调节，以优化输送效率和确保输送安全。

监控与安全设施的应用特征则体现在全方位的实时监测和高度集成的安全响应机制上。通过布置在管道沿线的传感器网络，系统能够实时收集压力、温度、流量等关键数据，及时发现潜在的风险和异常状态。利用先进的数据分析技术，监控系统能够对收集到的数据进行深入分析，实现早期预警和快速定位。在安全控制方面，集成的自动化控制系统能够在检测到异常时立即启动预设的应急响应程序，通过自动操作阀门等设备迅速采取控制措施，极大地提升了系统的安全运行能力。

3 油气管道运输自动化控制技术的实施路径

3.1 管道自动化监控

油气管道运输自动化监控技术的核心在于实现对管道系统全面、实时的监控与管理，以提升系统的运行效率和安全性。利用高精度的传感器网络和物联网技术，构建起对管道各项关键参数（如压力、流量、温度）的连续监测体系。传感器部署覆盖整个管道系统，能够实时收集数据并通过无线网络传输至中央监控中心。这些传感器采用的是先进的微机电系统 (MEMS) 技术，具备高灵敏度和低功耗特点，确保数据的精确性和实时性。中央监控中心装备有高性能的数据处理服务器，能够处理大规模数据流，采用复杂事件处理 (CEP) 技术对收集到的数据进行实时分析，有效识别出异常模式，如突然的压力下降可能致使管道泄漏，异常的温度变化可能暗示设备故障。自动化监控系统还集成了高级的预测维护技术，通过对长期数据进行趋势分析和机器学习，系统能预测设备潜在的故障点和维护时机，从而实现主动的维护策略，避免因设备故障导致的突发停运事件，显著提升了管道运输的可靠性和安全性。

自动化监控系统还包括高度集成的安全预警功能，结合地理信息系统 (GIS) 和实时动态模拟技术，能够在发现异常事件时，迅速准确地定位问题发生地

点，并通过决策支持系统 (DSS) 自动计算出最佳的应急响应方案。该系统利用先进的算法，基于当前管道网络的运行状态和外部环境条件，模拟不同应急措施的效果，以辅助决策者做出科学、合理的决策。同时，系统还能自动发送报警信息至相关人员和设备，如通过短信、电子邮件等方式通知维护团队，同时指令相关阀门自动关闭或调节，迅速采取措施控制事故扩散范围，保障人员和环境安全。通过这样高度自动化和智能化的监控体系，油气管道运输能够实现 24 小时不间断的监控，确保系统的高效运行和事故的快速处理，大幅降低了人为错误和延迟响应对系统安全运行的影响，为油气管道运输的现代化管理提供了有力保障。

3.2 自动化数据分析

在油气管道运输自动化控制技术的实施路径中，自动化数据分析尤为关键，它涵盖了实时数据采集与处理、高级数据分析与模型预测、以及数据可视化与决策支持系统三个主要方面。

3.2.1 实时数据采集与处理

这一阶段的核心在于利用先进的传感技术和物联网 (IoT) 框架，实现对管道系统各关键运行参数的实时监控和数据采集。通过在管道系统的关键节点安装流量、压力、温度等传感器，收集关于油气流动状态、管道压力等信息。这些数据通过物联网技术实时传输到数据处理中心。在数据处理中心，采用数据预处理技术如数据清洗和归一化处理，去除异常值和噪声，保证数据质量。实时数据处理还包括数据聚合和数据压缩等技术，目的是减少数据在传输和存储过程中的开销，提高数据处理效率。这个过程为后续的深度分析提供了高质量、高实时性的数据基础，是实现高效自动化控制不可或缺的一环。

3.2.2 高级数据分析与模型预测

数据处理基础上，采用机器学习、深度学习等高级数据分析技术对采集到的大规模数据进行分析，识别管道运行中的潜在风险和异常状态。通过建立预测模型，如基于时间序列的预测模型，能够预测未来一段时间内管道的流量、压力等参数的变化趋势，及时发现可能的异常情况。异常检测算法如基于聚类的异常检测，能够从正常数据中识别出异常模式，提前预警可能的管道泄漏、设备故障等问题。这些高级分析技术不仅提高了数据分析的深度和广度，还能够实现从反应到预防的转变，极大提高了管道运输系统的安全性和可靠性。

3.2.3 数据可视化与决策支持系统

将复杂的数据分析结果通过数据可视化技术转化为直观的图表和报告,帮助管理人员快速理解管道系统的实时状态和潜在风险。决策支持系统基于数据分析结果,提供操作优化建议、维护计划调整等决策辅助信息,实现资源的合理配置和风险的有效管理。该系统还能够模拟不同决策方案的执行结果,为管理层提供科学依据,确保决策的准确性和有效性。

3.3 提高运行安全性

在新时期油气管道运输的自动化控制技术实施路径中,提高运行安全性占据了核心位置,主要通过实施高级监测技术和建立综合性风险管理体系这两大策略来实现。高级监测技术的应用确保了对管道系统全方位、无死角的实时监控,包括但不限于应用光纤传感技术和声波检测技术。光纤传感器沿管道布设,利用其对温度和压力敏感的特性,可以实时监测管道内外的温度和压力变化,及时捕捉到可能导致泄漏的微小变化。声波检测技术则通过分析管道内传递声波的特性变化,精确识别泄漏或其他异常情况的位置,这些技术的应用大幅提升了早期泄漏检测的准确性和效率。数据显示,采用光纤传感技术的管道系统,在泄漏检测方面的响应时间比传统技术快 50% 以上,泄漏定位的准确率提高了约 30%。

建立综合性风险管理体系,涵盖了风险识别、评估、监控和应对四个环节。在风险识别阶段,通过大数据分析技术综合历史数据和实时监测数据,识别出管道系统运行中的潜在风险点。在风险评估阶段,运用量化模型计算不同风险事件发生的可能性和潜在影响,为风险等级划分提供科学依据。监控环节侧重于对已识别和评估的风险进行持续跟踪,确保所有风险因素处于可控状态。应对环节则依托于自动化控制系统,一旦监测到风险事件发生,系统能够自动启动预设的应急响应程序,比如自动关闭阀门、启动泄漏控制系统等,有效减轻或避免事故损失。通过实施这一体系,不仅可以实现对管道运行风险的动态管理,还能够提升应对突发事件的响应速度和处理效率,显著降低事故发生风险,保障油气管道运输系统的高效和安全运行。

3.4 提高资源利用率

在油气管道运输领域,提高资源利用率是优化运营效率、降低成本并实现可持续发展的关键。实现这一目标,需通过高效能输送系统设计与优化运营策略

两大策略深入实施。高效能输送系统设计首先着眼于管道材料与输送技术的创新。采用高强度、低摩擦系数的新型材料制造管道,降低输送过程中的能耗与摩擦损失,同时通过动态压力管理技术调整输送过程中的压力波动,优化泵站和压缩机的运行模式,实现能源消耗的最小化。例如,通过安装可变频驱动器(VFD)对泵站运行速度进行精细调控,根据实际输送需求动态调整,比传统固定速度泵站节能 20%-30%。采用高级流体动力学模拟软件优化管道设计,通过减少管道中的流动阻力,进一步提升输送效率。

优化运营策略方面,依托于大数据分析和智能算法,实现对管道系统运行状态的深度监测与实时优化。通过收集和分析关键运营数据,如流量、压力、温度等,结合外部环境因素,如天气变化、市场需求波动等,运用预测分析模型预测系统运行趋势,实现对资源分配和输送计划的优化。例如,采用机器学习算法分析历史数据,预测未来需求和潜在瓶颈,提前调整输送策略,避免资源浪费。同时,通过实施维护预测和健康管理,基于设备状态和性能数据,预测维护需求,避免非计划停机,提高设备利用率。

4 结语

油气管道运输作为能源行业的重要组成部分,其运行效率和安全性直接关系到能源供应的稳定性和经济效益。通过深入探讨油气管道运输中工艺设备与自动化控制的应用,本研究展示了通过高级监测技术、自动化数据分析、综合性风险管理以及资源利用率优化等策略,能够显著提升管道系统的运行性能和安全水平。这些策略的实施不仅促进了油气管道运输技术的进步,也为能源行业的可持续发展提供了坚实的技术支撑,展现了新时期下油气管道运输领域面向高效、智能、安全方向的发展趋势。

参考文献:

- [1] 叶海春,朱少鹏,刘艳龙,等.油气长输管道工艺设备的自动化控制研究[J].石化技术,2023,30(4):153-155.
- [2] 王鹏.油气管道运输中的工艺设备与自动化控制应用研究[J].中国化工贸易,2022(13):133-135.
- [3] 袁川晋,赖香霖,张志俞,等.油气管道运输中的工艺设备与自动化控制[J].天然气技术与经济,2023,17(4):30-33.
- [4] 祖明栋,刘野.解析油气管道运输中的自动化控制[J].中国化工贸易,2020,12(8):10-11.
- [5] 严佳伟,牟楠.自动化技术在油气储运过程中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(6):182-184.