

天然气管道输送自动化与自动化控制技术研究

李时博 (江西天然气都昌有限公司, 江西 九江 332600)

摘要: 自动化控制技术是提高天然气管道输送安全和输送效率的重要基础, 针对自动化技术的应用问题, 本次研究首先对天然气管道输送自动化的意义进行分析, 在此基础上, 开展天然气管道输送自动化控制技术研究, 为提高天然气管道输送的自动化控制效果奠定基础。研究表明: 天然气管道输送自动化技术的研究和应用在提升管道输送效率、保障管道安全、优化能源利用、促进绿色发展等方面具有重要的意义; 天然气管道输送自动化控制技术是多种技术协同工作的结果, 从 SCADA 系统的全局监控到智能控制的自主优化, 各技术各具特点且相互补充, 未来, 随着人工智能、物联网和 5G 通信的进一步发展, 天然气管道输送自动化控制技术将更智能化和集成化, 为管道安全和高效运行提供坚实保障。

关键词: 天然气管道; 自动化控制; 意义分析; 智能控制; 技术研究

0 前言

随着全球对环境保护和能源效率的日益重视, 天然气在能源结构中的地位逐渐上升, 成为替代传统化石能源的重要选择, 但是天然气的长距离和高压输送主要依赖于庞大的管道网络系统, 这些管道不仅需要保证高效和安全的运行, 还必须应对各种复杂的外部环境和突发事件。随着信息技术、自动化控制技术、物联网以及大数据分析等技术的快速发展, 天然气管道输送的自动化与智能化控制正成为提升管道系统性能的关键途径^[1]。通过引入先进的自动化控制技术, 能够对管道运行状态进行实时监测和数据分析与预测, 为管道系统的调度和维护提供智能决策支持, 这不仅能够提高天然气管道的输送效率, 还能显著提升其安全性, 降低事故发生的概率。本次研究主要是对其自动化控制技术进行总结研究, 为进一步推广和使用自动化控制技术奠定基础。

1 天然气管道输送自动化的意义分析

1.1 提高输送效率与系统优化

天然气管道输送系统的自动化可以大幅提升输送效率, 通过自动化控制系统, 能够实时监测管道内的气体流量和温度等重要参数, 自动调节管道系统的运行状态, 确保系统在最佳工况下运行。自动化控制技术可以实现智能化调度, 针对不同输送需求优化管道流量和压力的分配, 减少能源浪费。通过对管道系统的优化管理, 能够避免人为操作失误, 减少不必要的停机时间和检修成本, 提高天然气输送的持续性和稳定性。管道内的流量调节以及压缩机组的运行状态通过自动化系统实现精确控制, 使得管道输送过程中的能源消耗最小化, 提高能源利用率^[2]。随着管道输送

网络的不断扩展和复杂性增加, 传统的手动操作和人工监测已经无法满足高效运行的需求, 自动化系统的引入, 可以为整个管道系统提供更加精细化的管理, 确保天然气在输送过程中的最大化利用。

1.2 增强管道安全性

天然气管道系统的安全性是能源输送的核心问题, 天然气作为可燃气体, 一旦发生泄漏或破裂, 可能会引发严重的火灾和爆炸等灾难, 造成极大的损失。而传统的人工监测手段在一些特殊条件下, 可能由于反应不及时或判断失误, 导致安全隐患未能及时发现并处理。自动化控制系统通过引入先进的传感器和监测设备, 能够实时监测管道内部的温度和泄漏等参数, 自动检测到异常情况并立即采取应急措施, 大大提高了管道的安全性^[3]。自动化控制系统能够快速检测到管道泄漏的早期迹象, 如压力变化和气体成分异常等, 并通过预设的安全机制自动启动报警系统, 进行紧急关闭阀门和调整输送压力等操作, 避免事故的扩大。通过自动化技术的应用, 管道系统的运行更加安全, 能够有效降低事故的发生概率, 保护人类生命安全和环境资源。

1.3 支持智能化与远程管理

天然气管道的自动化系统不仅提高了本地控制的效率, 还支持智能化和远程管理, 通过基于物联网和人工智能的技术, 自动化控制系统能够实时收集大量的数据, 并对这些数据进行深入分析, 从而预测管道的运行状态和潜在故障^[4]。在远程监控系统的帮助下, 管道管理人员可以在任何地方监控到管道的实时运行情况, 甚至在发生异常时, 可以迅速做出反应并实施远程操作, 避免了现场操作人员的不必要投入, 提高

了管理的效率。智能化管道系统能够根据环境变化和管道状况自动调整策略，不仅提高了响应速度，还优化了管道运行的各个环节。通过机器学习等技术，系统能够对管道的运行进行自我调整和优化，提升整体的运行效率，在管道出现压力波动时，系统可以通过学习历史数据预测异常，并提前采取措施，避免事故的发生。

1.4 节能减排支持绿色发展

天然气管道输送的自动化技术能够显著提升能源的利用效率，减少不必要的能源消耗，通过自动化技术对管道系统的监控与调节，可以有效避免能源浪费，达到节能减排的目标。压缩机组的自动化控制系统能够根据输送量的变化自动调节工作负荷，减少空载运行和能源浪费，在当前全球推崇绿色发展和可持续发展的背景下，天然气作为低碳能源的重要角色，对其输送过程的高效、节能控制至关重要。通过自动化控制系统的优化，天然气的输送过程中排放的温室气体和有害物质将大大减少，有助于实现环保目标，促进能源的可持续利用^[5]。

2 天然气管道输送自动化控制技术研究

2.1 SCADA 系统

SCADA 系统是一种用于工业过程自动化的监控控制系统，其主要功能是实现对分布广泛、地理位置偏远的设备和过程的实时监控、数据采集、分析处理和远程控制。在天然气管道输送自动化控制中，SCADA 系统的核心作用是确保管道的安全和高效运行。SCADA 系统由现场设备、通信网络、监控中心和操作员界面等组成，现场设备包括传感器和执行器等，负责采集管道压力和温度等实时数据，并将数据传输至监控中心。通信网络则用于将现场数据传输至远程监控站，实现数据的集中处理和分析，监控中心是 SCADA 系统的核心，通过计算机和软件平台对管道系统进行监控和报警等管理操作，确保管道的安全与稳定运行。SCADA 系统能够实时监控管道的运行状态，自动采集并存储关键数据。系统还具备报警和自动控制功能，当出现异常情况时，SCADA 系统会立即触发报警，帮助操作人员及时采取措施进行应急处理，同时 SCADA 系统还具备趋势分析、预测性维护等功能，帮助提升管道运行的智能化水平。

2.2 PLC 控制系统

PLC 是一种广泛应用于自动化控制系统中的数字计算机，它用于工业环境中的自动化控制任务，在天

然气管道输送自动化控制技术中，PLC 系统起着至关重要的作用，负责对各种自动化设备进行实时控制和监控，确保管道系统的高效和安全运行。PLC 控制系统由中央处理单元、输入输出模块、编程设备和通讯接口等组成。CPU 是 PLC 的核心，负责数据处理、逻辑运算和程序执行，I/O 模块则通过与现场设备的连接，负责采集外部信号，并将其传送到 PLC 进行处理，同时将 PLC 输出的控制信号传递给执行机构。编程设备用于编写和调试 PLC 的控制程序，通过图形化编程界面，操作人员可以方便地设定 PLC 的控制逻辑和动作流程。在天然气管道输送控制中，PLC 系统可以实现对管道压力和气体成分等重要参数的实时监控，并根据设定的控制程序自动调节各种阀门和压缩机等设备的运行状态。PLC 控制系统的应用能够提高管道系统的自动化水平，减少人为干预，提高运行的安全性和稳定性，在管道出现压力异常时，PLC 系统可以自动启动应急停机程序或调整压力，以避免管道泄漏或爆炸事故的发生。

2.3 DCS 系统

DCS 是一种广泛应用于工业过程控制中的自动化系统，特别是在大规模复杂的生产过程中，与传统的集中式控制系统不同，DCS 采用分布式结构，将控制任务分散到多个控制单元中，以提高系统的可靠性和扩展性。在天然气管道输送自动化控制中，DCS 系统主要负责对管道运行过程中的各种控制环节进行协调和优化，确保管道系统的稳定与安全。DCS 系统由多个控制单元、操作员界面、现场设备以及通信网络组成，每个控制单元负责监测和控制一部分管道设备或工艺流程，所有控制单元通过通信网络连接，协同工作，实现对整个管道系统的分布式控制和实时监控。操作员通过 DCS 系统的用户界面实时查看管道的运行状态和关键参数，并进行相应的调节和操作。在天然气管道输送过程中，DCS 系统能够实现管道内气体流量和温度等多项参数的精准控制，当管道出现异常情况时，DCS 系统会实时报警，并根据预设的控制策略自动执行应急处理措施，避免事故的发生。同时，DCS 系统还支持历史数据存储与分析，能够为设备维护、故障诊断和长期优化提供数据支持。

2.4 泄漏检测及定位技术

在天然气管道输送系统中，泄漏检测及定位技术是确保管道安全运行的关键组成部分，由于天然气泄漏可能导致严重的环境污染、财产损失甚至安全事故，

及时准确地检测和定位泄漏点对于管道的安全管理至关重要。当前，泄漏检测技术主要包括声波检测和压力监测等多种方法，而泄漏定位技术则通过结合传感器网络及算法模型，实现对泄漏发生位置的精确确定。其中，基于声波的泄漏检测技术广泛应用于天然气管道中，利用声波传播的特性，通过在管道沿线布置传感器，实时监测管道是否出现压力变化或异常声波信号。当泄漏发生时，管道内部气体流速和压力变化会引发次声波或超声波信号的传播，传感器通过检测这些信号的变化来判断是否存在泄漏，结合先进的信号处理技术，可以有效识别不同类型的泄漏信号，并通过算法对泄漏的位置进行定位。基于压力监测的泄漏检测技术通过在管道内安装多个压力传感器，实时监测管道内的压力变化。一旦检测到压力骤降，系统会自动识别为潜在泄漏，结合管道运行状况进一步确认泄漏的发生，该方法能够实时反馈管道压力的变化，提供及时报警。

2.5 自动调度与优化技术

自动调度技术的核心功能是基于实时数据对天然气管道系统进行调度与控制，通过集成 SCADA 系统和 DCS 系统等，自动调度系统能够实时收集管道内的气体流量和温度等参数，并根据预设的控制逻辑对各类设备进行协调控制。当某一段管道的压力或流量超过设定阈值时，系统能够自动调整泵站或压缩站的工作状态，确保管道的稳定输送，优化技术则是在调度的基础上，利用数学模型和算法对管道系统进行性能优化，常见的优化算法包括线性规划和粒子群算法等，这些方法通过对管道网络的流量和压力等进行全面分析，优化调度方案，降低整体输送成本，并提高输送效率。通过优化管道的压力分布，可以减少管道损耗，降低能源消耗，同时，合理调度各个压缩站和调压站的负载，确保各区域的供气稳定。

2.6 智能控制技术

智能控制技术的核心在于其自学习和自适应能力，通过利用传感器网络收集的实时数据，智能控制系统能够动态调整管道输送过程中的压力和温度等参数，并根据系统的变化自动优化控制策略。系统可以通过机器学习算法分析历史数据，识别管道系统中不同工作状态下的规律，从而预见并预测可能的系统故障或异常，提前采取应对措施。智能控制技术还能够通过优化算法提升管道的能源利用效率，系统可以智能地调节各个压缩站和调压站的运行状态，确保天然

气输送过程中各项设备的最佳负荷，减少能源消耗，并在出现故障或系统压力异常时，及时做出反应，优化输送路径或调整压力和流量，避免管道泄漏或损坏。智能控制技术的优势在于其高效性和自主决策能力，能够大大提升天然气管道输送系统的安全性和稳定性，减少人为干预，提高管理效率。同时，它能够通过自适应调节和持续优化，降低能源消耗和运营成本。

2.7 远程通信与物联网技术

物联网技术通过在管道系统中的各个关键节点部署传感器和执行器等智能设备，实现对管道内数据的实时监控，这些设备通过无线传输或有线通信网络将数据传输到中央控制系统或云平台，供系统分析与处理。物联网的核心优势在于其设备之间的互联互通，能够实现多设备的协同工作，在管道输送过程中，压力传感器和温度传感器等设备可以实时采集运行数据，通过物联网平台汇聚和分析，确保管道系统在不同区域的运行状态得到统一调度和优化。远程通信技术则是物联网技术在天然气管道输送中的关键支撑，它确保了各个传感器和控制设备能够在长距离范围内稳定传输数据，保证实时性和可靠性。常见的远程通信方式包括无线通信和有线通信，这些通信手段能够确保在各种环境下稳定高效地连接传感器和控制系统。

3 结论

综上所述，通过在天然气管道上使用自动化控制系统，能够及时掌握管道各节点的运行状态，自动调节压力和流量等关键参数，可以对管道泄漏点进行及时的报警以及定位，使天然气管道的输送更加稳定和可靠，同时，还可以减少人为操作误差，提高系统的运行效率和可靠性。

参考文献：

- [1] 李海.天然气管道工程中的仪表自动化控制技术分析[J].集成电路应用,2023,40(11):60-61.
- [2] 武国兵.天然气管道输送自动化与自动化控制技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(08):170-172.
- [3] 王天宇.天然气管道工程中电气仪表的自动化控制技术研究[J].造纸装备及材料,2022,51(07):123-125.
- [4] 翁官锐.天然气管道输送自动化与自动化控制技术[J].生物化工,2021,7(02):127-129.
- [5] 谭洪伟,陈奔泉.天然气管道输送自动化与自动化控制技术研究[J].化工管理,2020,(08):123-124.