

智慧化天然气管道自动控制技术应用研究

宋建超 杨 槐 沈 蓉

四川岚强石油天然气工程勘察设计有限责任公司 四川 成都 610000

摘要：随着科技的不断进步与智能化浪潮的推进，智慧化天然气管道自动控制技术已成为行业发展的重要方向。该技术不仅提升了天然气管道输送的安全性和稳定性，也大幅提高了输送效率。本研究深入探讨了自动化控制、智能软件及硬件管理架构在智慧化天然气管道中的应用，揭示了其对管道输送效率的显著改善效果。此外，本文还针对硬件设备的维护与更新提出了有效的策略，为智慧化天然气管道的可持续发展提供了理论支持与实践指导。

关键词：智慧化天然气管道；自动控制技术；应用

引言：随着能源行业的不断发展与科技进步的加速推进，智慧化天然气管道自动控制技术的应用显得尤为重要。该技术不仅能够有效提升天然气管道输送的效率和安全性，更能为能源行业的可持续发展提供有力支撑。本文旨在深入研究智慧化天然气管道自动控制技术的理论基础与关键技术，分析其在管道输送中的实际应用效果，并探讨硬件管理架构的优化与维护策略。通过本研究，我们期望为天然气管道的智能化升级提供有益的探索和参考。

1 智慧化天然气管道自动控制技术的关键应用

1.1 SCADA系统在天然气管道中的应用

(1) SCADA系统的原理与功能。SCADA系统是一种集成了计算机技术、通信技术和控制技术的自动化监控系统，在天然气管道的管理和监控中扮演着核心角色。它利用先进的传感器和执行器，实时采集并监测天然气管道中的关键参数，如流量、压力、温度等。通过高速通信网络，这些数据被迅速传输至调控中心，经过处理、分析和存储后，用于评估管道的运行状态和安全性能。除了数据采集和监控功能，SCADA系统还具备强大的远程控制能力。它可以根据预设的控制策略或实时数据反馈，自动调整管道的运行参数，如泵站功率、阀门开度等，以实现管道输送过程的高效管理和优化。这种自动化控制不仅提高了输送效率，还降低了人工干预的需求，从而减少了人为错误和事故发生的可能性^[1]。此外，SCADA系统还具备数据分析和报表生成功能。它可以对历史数据进行深度挖掘和分析，帮助管道管理部门发现潜在的风险和安全隐患，制定相应的预防措施。同时，系统还可以生成各种报表和图表，直观地展示管道的运行状态、性能参数以及异常事件等，为决策提供有力的数据支持。(2) SCADA系统在天然气管道中的实际应用案例。以某大型天然气管道项目为例，SCADA系统

的应用极大地提升了管道输送的安全性和效率。在该项目中，SCADA系统被全面应用于管道的监控和管理。通过在管道关键部位安装传感器和执行器，系统能够实时采集输送数据，并根据预设的控制策略进行自动调节。在实际运行中，SCADA系统成功实现了对管道输送状态的实时监测和远程控制^[2]。它可以根据管道的运行状态自动调整泵站功率和阀门开度，确保天然气输送的平稳进行。同时，系统还提供了丰富的数据分析和报表生成功能，帮助管理人员及时了解管道的运行情况，发现潜在的问题并采取相应的措施。(3) SCADA系统的自动分输功能，站控系统根据调度中心下发日指定设定值、站场流量/压力测量值和分输控制逻辑进行PID调节。在站控制系统内集成如下四种分输控制逻辑，由用户根据实际用气情况在站控系统中选择对应控制方式，实现自动启停输、自动调节稳定输气的要求。在自动分输状态下，系统执行日指定量法、不均匀流量法、剩余平均法及恒压法中的某一个运行，每个控制法都是可以任意切换，用户可以跟据采暖期与非采暖期供气工艺差别选择其中一种合适的控制方式进行供气。在实现自动分输控制的过程中同时还必须具备保护功能，即：1) 压力保护：在自动分输执行不均匀流量法或剩余平均法的流量控制模式时，情况一，下游用户实际用气量小于流量给定值会出现分输出站压力超高的情况，超过高压保护设定值后程序自动切到压力控制（调节阀SP值为高压设定值），情况二，为保证下游用户最低供气压力，分输用户用气量大于流量设定值，可能会出现分输出站压力超低的情况，超过低压保护设定值后程序自动切到压力控制（调节阀SP值为低压设定值），以保证当前输气压力在设定值以内安全运行。当前压力回到设定值范围内后，系统自动切换回流量控制。2) 高流量保护：只有在恒压控制模式下，可能会出现分输出站流量超高的情况，超过

流量高保护设定值后程序自动切到流量控制（调节阀SP值为高流量设定值），以保证压力及流量运行在安全范围。该模块需具备两种功能：a) 计量工况保护功能：针对流量计工况流速进行监控。b) 安全流速保护功能：针对管道节流点工况流速进行计算并监控。当前流量回到设定值范围内后，系统自动切换回恒压控制^[3]。3) 低温保护：只有在流量控制法模式下且低温保护投用系统才起作用。由于调节阀限流的原因可能会出现分输出站温度过低情况，当出站温度临近工艺管线管材设计温度时（操作界面可以设定），直接将当前压力作为压力设定值进行压力控制，流量设定值仍为回路给定值。当出站温度恢复至高于温度保护限值+ ΔT 并且出站实际流量小于流量给定值持续x秒，恢复流量控制。

1.2 智能软件在天然气管道输送中的应用

(1) 管道模拟仿真软件的应用。管道模拟仿真软件是智慧化天然气管道输送中的重要工具之一。这类软件能够利用数学模型和算法，模拟天然气在管道中的流动过程，预测管道系统的运行状态和性能表现。通过模拟仿真，工程师可以更加准确地了解管道的输送能力和安全性能，从而优化管道设计、提高输送效率。在实际应用中，管道模拟仿真软件通常与SCADA系统相结合，共同构成智慧化天然气管道的核心控制平台。仿真软件可以根据SCADA系统采集的实时数据，对管道的运行状态进行动态模拟和分析，为控制策略的制定提供科学依据。同时，仿真软件还可以通过模拟不同场景下的管道运行情况，为应急预案的制定提供有力支持。(2) 地理信息系统与全球定位系统的融合应用。地理信息系统（GIS）和全球定位系统（GPS）的融合应用，为智慧化天然气管道的运营和管理提供了强大的空间信息支持。GIS系统可以整合管道的地理空间数据，包括管道的走向、长度、埋深等，形成直观的图形化界面，方便管理人员进行空间分析和决策^[4]。而GPS系统则可以实时获取管道关键部位的位置信息，为管道的巡检、维护和应急响应提供精确的定位服务。通过GIS和GPS的融合应用，智慧化天然气管道可以实现更加精细化的管理和控制。管理人员可以利用GIS系统对管道进行空间分析和可视化展示，快速定位潜在的风险点和安全隐患。同时，通过GPS系统的定位功能，可以实时监测管道的运行状态，及时发现并处理异常情况。

1.3 自动化控制技术对天然气管道输送效率的影响

(1) 提高输送效率的途径与方法。自动化控制技术在天然气管道输送效率的提升中发挥着至关重要的作用。它通过多种途径和方法，优化管道的输送过程，降

低能耗，提高整体效率。首先，自动化控制技术可以通过精确控制管道内的压力、温度等参数，确保天然气在输送过程中的稳定性和连续性。这不仅能够减少能源损失，还能够防止因参数波动而导致的输送中断，从而提高输送效率。其次，自动化控制技术还可以实现对输送设备的智能化管理。通过对输送设备的运行数据进行实时监测和分析，可以及时发现设备的故障隐患并进行预防性维护，避免因设备故障而导致的输送效率下降。此外，自动化控制技术还可以结合先进的优化算法和预测模型，对管道输送过程进行优化调控。通过对输送过程中的各个环节进行精细化控制，可以进一步降低能耗、提高输送效率。(2) 自动化控制技术对输送效率的改善效果分析。自动化控制技术在天然气管道输送中的应用已经取得了显著的成效。通过实际案例的对比分析和数据统计，可以看出自动化控制技术对输送效率的改善效果主要体现在以下几个方面：首先，自动化控制技术显著提高了管道输送的稳定性和连续性。通过实时监测和调控管道参数，自动化控制系统能够有效应对各种突发情况，确保天然气输送的平稳进行。这不仅减少了因输送中断而造成的能源损失，还提高了用户的满意度和信赖度。其次，自动化控制技术降低了管道的能耗。通过对输送设备的智能化管理和优化调控，自动化控制系统能够实现更加高效的能源利用，减少不必要的能源浪费。这不仅有助于降低运营成本，还有利于推动行业的可持续发展^[5]。此外，自动化控制技术还提高了管道输送的智能化水平。通过应用先进的智能软件和算法模型，自动化控制系统能够对管道输送过程进行更加精确的分析和预测，为决策提供更加科学的数据支持。这有助于提高管道管理部门的决策效率和准确性，推动整个天然气行业的智能化升级。

2 智慧化天然气管道自动控制技术的硬件管理架构

2.1 硬件管理架构的设计原则与优化方法

(1) 硬件管理架构的设计要素。在设计智慧化天然气管道自动控制技术的硬件管理架构时，需考虑以下关键要素：首先，确保系统的稳定性和可靠性，这是整个硬件架构设计的首要目标；其次，架构应具有高扩展性和灵活性，以应对未来可能的系统升级和功能扩展；此外，安全性也是不容忽视的要素，必须采取必要的安全措施防止潜在的网络攻击和数据泄露；最后，还需要考虑成本效益，确保硬件架构在满足性能需求的同时，也符合经济性要求。(2) 优化硬件管理架构的途径。优化硬件管理架构的途径主要包括以下几点：一是采用先进的硬件技术和设备，提升整个系统的性能；二是通过

合理的网络布局和通信协议,实现信息的快速传输和处理;三是运用虚拟化和云计算等技术,提高资源利用效率,降低运营成本;四是建立智能化的故障检测与诊断系统,实现硬件故障的及时发现和处理。

2.2 计算机硬件与网络硬件在自动控制技术中的应用

(1) 计算机硬件的功能与选择。在计算机硬件的选择和应用中,主要关注其功能性和可靠性。服务器作为整个系统的核心,需要具备高性能、高稳定性的特点,以支持大量数据的处理和存储;同时,还需考虑服务器的扩展性,以便未来进行功能升级或扩容。存储设备方面,应选择具有大容量、高读写速度以及良好可靠性的存储设备,确保数据的安全存储和快速访问。此外,输入/输出设备、电源设备等其他辅助硬件也需根据实际需求进行选择,以满足系统运行的各项要求。(2) 网络硬件的配置与优化。网络硬件的配置与优化对于确保智慧化天然气管道自动控制技术的稳定运行至关重要。首先,需要根据实际需求选择合适的网络设备和通信协议,以确保数据传输的准确性和实时性。其次,通过优化网络拓扑结构、合理布置网络节点和采用负载均衡等技术手段,提高网络的整体性能和稳定性。此外,还需加强网络安全防护,采取防火墙、入侵检测等安全措施,防止网络攻击和数据泄露。

2.3 硬件设备的维护与更新

(1) 硬件设备的维护策略。硬件设备的维护是保障智慧化天然气管道自动控制技术稳定运行的重要措施。首先,应制定详细的维护计划,定期对硬件设备进行巡检和保养,确保设备处于良好状态。其次,建立故障诊断和预警机制,通过监测设备运行状态和性能数据,及时发现并处理潜在故障。此外,还需对维护人员进行专业培训,提高他们的技能水平和维护意识。(2) 硬件设

备的更新与升级。随着科技的不断进步和天然气管道输送需求的不断变化,硬件设备的更新与升级也是必不可少的。在更新升级过程中,应根据实际需要选择合适的新技术和设备,以提升整个系统的性能和效率。同时,还需制定详细的升级计划,确保升级过程的顺利进行,并尽可能减少对新系统运行的影响。此外,对于替换下来的旧设备,应采取合理的处理方式,以实现资源的循环利用和减少环境污染。

结束语

综上所述,本研究深入剖析了智慧化天然气管道自动控制技术的应用及其优势。通过引入先进的自动化控制系统和智能管理策略,天然气管道的输送效率和安全性得到了显著提升。然而,面对行业发展的新形势与新挑战,我们仍需不断拓宽技术应用领域,加大技术研发投入,推动天然气管道智慧化水平再上新台阶。未来,智慧化天然气管道自动控制技术将助力天然气产业实现更加高效、安全、绿色的可持续发展,为建设美丽中国贡献力量。

参考文献

- [1]陈林,张新平.智慧化天然气管道自动控制系统设计与应用[J].自动化与仪器仪表,2022,33(1):143-146.
- [2]王刚,李晓明.天然气管道智能监控与自动控制技术研究进展[J].石油科学通报,2021,6(4):472-474.
- [3]吴强,陈宇.智慧化天然气管道安全监测与预警系统构建[J].天然气工业,2022,42(5):155-162.
- [4]路晓.关于天然气输送自动化管理的研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,39(3):67-68.
- [5]吴晶,王路,张玉.关于天然气管道自动化控制技术探讨[J].化工管理,2020(32):191-192.