

天然气场站自动化与智能化建设研究

邓九栋（哈密新捷燃气有限责任公司，新疆 哈密 839000）

摘要：随着国家对环境保护和能源结构调整的重视，天然气供应量和消费量持续增长，而天然气场站作为天然气输配系统的关键环节，其安全性和运行效率直接关系到整个能源链的稳定性和可靠性。为此，本文立足于天然气场站自动化与智能化建设现状，分析其基本构成与功能，并探讨包括自动控制系统、数据采集与监控、现场总线技术等在内的自动化与智能化建设的关键技术。最后，结合相关实践经验，简要探讨了天然气场站自动化与智能化建设面临的挑战与对策。

关键词：天然气场站；自动化；智能化；建设路径

作为天然气企业和用户之间的防护门，天然气场站运行的自动化与智能化需求变得越来越迫切。传统天然气场站运营模式存在人力成本高、系统功能单一、系统操作繁琐且不联动等问题，难以满足现代能源管理的高要求。因此，天然气场站的自动化与智能化建设显得尤为重要。

1 天然气场站工程管理中自动化与智能化的应用现状

天然气场站是城市燃气企业和用户之间的关键连接点，在天然气输配系统中起着至关重要的作用。天然气场站工程施工中自动化与智能化的应用现状正在快速演进，借助物联网（IoT）、人工智能（AI）、大数据、云计算、5G 通信等先进技术，施工效率、安全性和管理水平得到了显著提升。在施工前期，无人机和激光扫描技术被广泛应用于地形勘测和场地建模，通过高精度数据采集和三维建模，优化施工设计和路径规划，减少环境干扰和施工风险。施工过程中，自动化设备（如智能焊接机器人、自动化管道铺设设备）的使用显著提高了施工精度和效率，同时降低了人工操作的错误率和安全风险。物联网技术的应用使得施工设备能够实时监控运行状态，通过传感器采集设备的工作数据（如温度、压力、能耗等），并结合大数据分析优化设备调度和维护策略，减少设备闲置和故障停工时间。人工智能技术在施工管理中也发挥了重要作用，例如通过机器学习算法分析历史施工数据，预测潜在风险并优化施工进度，同时利用计算机视觉技术对施工质量进行实时监测和评估，确保施工符合设计标准。

2 天然气场站的基本构成与功能

2.1 场站的分类与布局

天然气场站主要由储气设施、过滤系统、调压系统、计量系统、加臭系统以及其他辅助设施构成。上

述不同的构成部分在构造方式、技术运用与功能价值等方面存在明显差异，共同协调承担场站各项功能。根据场站在天然气输配系统中所处位置和功能的不同，可分为首站、分输站、末站、压气站、清管站和储气库等多种不同类型。而在天然气场站布局方面，则应综合考虑其功能、工艺流程、安全要求以及环境因素等多方面因素。

2.2 场站的主要设备与设施

天然气场站的主要设备与设施是确保天然气安全、高效输配的关键所在，更是自动化与智能化技术应用的重点面向对象。从实践来看，场站的主要设施与设备包括分离器、过滤器、调压器、计量器、阀门、紧急截断系统、压缩机及配套设备等，同时配有电气系统、通讯及自控系统、放空、排污、安全泄放系统和可燃气体监测火灾报警及消防系统等辅助设施。随着自动化与智能化技术的深度融合，上述设备与设施的先进性与可靠性得以保障。

2.3 场站的功能与作用

一方面，场站作为天然气输配系统的集散点，负责接收来自不同气源的天然气，并通过复杂的管网系统将其输送到各个用户端。另一方面，场站内的储气设施可在用气高峰时段保证供气的稳定性，满足社会和经济发展需求，并通过调节系统，实现对天然气压力的精确控制，确保天然气安全、稳定地输送到用户。此外，场站还在过滤与净化天然气、计量与贸易结算、加臭与安全防护等方面扮演着不可替代的现实角色，这同时也决定了场站在天然气输配系统中的核心地位。

3 天然气场站自动化与智能化建设的关键技术

3.1 自动控制系统设计

3.1.1 控制系统的架构与功能

自动控制系统设计旨在实现天然气场站的自动化

操作、智能控制和高效能源利用。在硬件配置方面，可强化操作员站的核心控制作用，强化接收和处理来自各个传感器的数据，并发出控制指令。发挥可编程逻辑控制器逻辑控制和数据处理能力，保证通讯卡、控制器、电源等按1:1冗余配置。在软件设计方面，可利用智能传感器系统采集供应参数、燃烧参数和环境参数，并进行实时处理和分析。根据传感器数据和设定参数，通过人工智能算法和模型预测，智能调节天然气的供应和燃烧状态，实现自动化控制和智能优化。构建由视频监控、红外报警和预防报警等在内的安防系统，并与其他系统进行数据交换和集成。

3.1.2 控制策略的制定与优化

在制定自动控制系统控制策略时，需首先明确天然气场站的功能需求和运行特点。对此，在场站的多个位置部署不同价值功能的传感器，保持对流量、压力、温度等场站运行数据的全过程采集，并进行相应数据清洗、格式转换和异常检测等。选择PID控制、模糊控制、神经网络控制等最为适宜的控制算法，对场站设备进行远程监控、自动调节和故障报警，使算法与硬件设备集成。建立场站数学模型，通过仿真测试控制策略的性能，并根据仿真结果调整控制参数，优化控制策略。利用大数据技术实时分析场站的运行数据，挖掘数据中的内在规律和趋势，并引入智能算法，对控制策略进行智能优化。

3.2 数据采集与监控系统（SCADA）

数据采集与监视控制系统是一种专门用于远程监控和控制天然气管道、压缩站、储气库等基础设施的自动化系统，其集成传感器、RTU远程终端单元、PLC可编程逻辑控制器等各种现场设备，收集关键运行数据，并传输到中央控制室，以便操作人员实时了解整个系统状态，并作出相应决策。在构造过程中，可将该系统划分为场站端和管理端等两大部分。其中，场站端包含下位机、通信网络、上位机等要素，而管理端则包括前置采集和系统应用等。采用模块化设计，注重系统可扩展性，利用系统的数据记录与分析、报警管理和报表生成等功能，为天然气场站的安全运行和高效管理提供有力保障。

3.3 现场总线技术与智能仪表

现场总线技术作为工业自动化领域的一次革命性进步，其核心在于实现现场设备与控制中心之间的全数字化、双向、多变量通信。在天然气场站中，现场总线技术可应用于压力、温度、流量等参数的实时

监测与控制，具有显著的高度集成与互操作性、实时性与确定性等技术优势。对此，可采用PROFIBUS、Modbus等主流现场总线协议，将流量计、压力表、阀门控制器等设备连接成网，实现数据的集中采集、分散控制和远程管理。依托于该技术方法，不仅可提高场站运行的自动化水平，而且可增强系统安全性和可靠性，满足工业控制对时间敏感性的要求，为后续智能化升级奠定坚实基础。

3.3.2 智能仪表

智能仪表集成了传感器、微处理器、通信模块等先进技术，能够自动完成数据采集、处理、存储和传输等功能。根据测量对象的不同，智能仪表可分为智能流量计、智能压力表、智能温度计等，通过内置算法对数据进行预处理。在仪表选择与配置中，应充分考虑天然气场站的基本功能属性，采用先进传感技术和信号处理算法，以实现与上位系统的无缝连接，便于远程监控和管理。集成人工智能算法，利用智能仪表进行预测性维护，提前识别设备故障趋势，减少非计划停机。随着物联网、大数据、云计算等技术的快速发展，现场总线技术与智能仪表正逐步融合，形成更加智能、高效的工业自动化体系。

3.4 智能识别与诊断技术

智能识别技术在天然气场站中的应用通常体现在对设备状态、环境变化和安全隐患的实时监测与识别等方面，利用压力传感器、流量传感器、可燃气体浓度传感器等，实时采集设备运行数据，并利用深度学习算法对采集到的数据进行分析和处理，实现对设备故障、泄漏等安全隐患的智能识别。而智能诊断技术则侧重于对天然气场站设备故障的精确定位和原因分析，通过对设备历史数据和实时数据的持续学习，建立精确的故障诊断模型，准确判断设备故障原因和位置。随着技术的不断发展和应用的深入，智能识别与诊断技术将不断优化算法和模型，并拓展至燃气轮机、压缩机等关键设备故障诊断等应用范围。

3.5 大数据与云平台技术

现代大数据与云平台技术的创新发展与运用，为新时期天然气场站自动化建设提供了多元化技术工具，使传统技术条件下难以达成的智能化运行效果更具实现可能。对此，技术人员可根据场站运行需求，利用大数据技术收集天然气场站运行过程中的设备状态、工艺流程、环境监测等方面的海量数据，构造形成一个全面的数据视图。在该基础上，利用大数据算法对收集到的数据进行分析和挖掘，揭示数据之间的

关联性和潜在规律，以辅助发现设备故障的早期迹象、优化工艺流程、预测能源需求。云平台技术则提供了高效、可扩展的数据存储解决方案，可在不同设备和地点之间实现共享和访问，便于实时查看场站运行状态和数据。

3.6 物联网与 5G 通信技术

物联网技术通过各种信息传感器、射频识别技术、全球定位系统、红外感应器、激光扫描器等各种装置与技术，实时采集物体或过程的声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等信息。在天然气场站领域，该技术可在天然气管道、阀门、调压站等关键位置安装高精度的传感器，并进行设备互联互通与远程监控，形成整体智能系统。基于数据分析的结果，可构建智能决策支持系统，为场站运营和管理提供科学依据。作为数字经济时代的关键使能技术，5G 通信技术为天然气场站提供了超高宽带、超低时延和海量连接的能力，具有高速数据传输与低时延等特点，使场站各种数据实时、准确地传输到远程监控平台，满足远程控制与自动化操作等要求。

4 天然气场站自动化与智能化建设面临的挑战与对策

4.1 挑战

首先，技术标准的不统一构成了技术层面的主要障碍，这导致不同厂商设备间的兼容性问题，还增加了系统集成的复杂性和维护难度。其次，包括设备购置、系统集成、软件开发等前期投入在内的高昂投资成本，以及后期持续的维护升级费用，成为经济层面的制约因素，对资金有限的场站构成了较大压力。此外，安全层面的挑战同样不容忽视，智能化系统的引入虽然提升了效率，但也带来了网络安全风险和物理安全风险，黑客攻击、病毒入侵可能导致系统瘫痪或数据泄露，以及设备故障或误操作可能引发的安全事故。

4.2 对策

4.2.1 推动技术标准的统一与规范化

行业组织应从数据采集、通信协议、系统集成等多个维度推动技术标准的制定与统一，确保不同厂商设备间的兼容性和互操作性。鼓励技术创新，推动物联网、大数据、人工智能等前沿技术的迭代升级，以实现更高效的数据采集、处理和决策支持。采用模块化设计理念，将复杂系统分解为若干独立但可互操作的模块，并通过技术整合，将传感器、控制器、执行器等硬件设备与软件平台深度融合，便于系统的灵活

配置和快速部署，提升整体运行效率和可靠性。

4.2.2 合理控制投资成本

在自动化和智能化项目建设初期，进行详细的成本效益分析，明确投资重点领域和优先级，考虑长期运营效益，选择具有高性价比的技术方案和设备，避免不必要的资源浪费。探索政府补贴、银行贷款、社会资本合作（PPP）等多元化的融资渠道，通过合理的财务规划，缓解初期投资压力。建立设备全生命周期管理机制，采用远程监控、预测性维护等智能化手段，合理规划设备更新周期和维护计划，降低运维成本，延长设备使用寿命。基于历史数据和市场需求预测，对项目长期效益进行合理预测，为投资决策提供科学依据。

4.2.3 建立健全的安全管理体系

严格遵守国家法律法规和行业标准，构建涵盖物理安全、网络安全、数据安全的多层次安全防护体，加强物理层面的设备巡检和故障预警，以及在网络层面部署防火墙、入侵检测系统，实施数据加密、访问控制等措施，定期进行安全审计，确保数据的安全性和隐私性。建立健全涵盖自然灾害、设备故障、人为破坏等多种场景的应急响应机制和预案，通过定期演练和培训，提升应急响应速度和处置能力、定期组织开展全面的风险评估，识别潜在的安全隐患和合规风险，制定针对性的风险缓解措施。

5 结语

由于受到技术、场地、管理与数据等方面影响，天然气场站自动化与智能化建设实践中依然存在不足，限制了其整体效能的优化提升。因此，应创新完善自动化和智能化建设模式，将精细化管控和智能化生产融入技术流程体系，提高系统的可靠性和稳定性，推动技术的创新和应用，为全面彰显自动化与智能化技术核心价值奠定基础，为促进天然气场站质效协同提升贡献力量。

参考文献：

- [1] 马啸. 天然气调压装置的自动化控制系统优化设计与安全性评估 [J]. 石化技术, 2024, 31(05):347-348.
- [2] 滕玉龙. 浅谈天然气场站电气自动化设备安全运行的对策分析 [J]. 中国设备工程, 2021(08):65-66.
- [3] 张永华. 天然气集输常见自动化仪表的安全可靠性分析 [J]. 当代化工研究, 2024(16):122-124.

作者简介：

邓九栋 (1988-), 男, 汉族, 甘肃民乐人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 天然气工程建设高质量发展等。