

LNG气化站仪表自动化控制系统设计与研究

杨少康

杭州中泰深冷技术股份有限公司 浙江 杭州 311402

摘要: 本文聚焦LNG气化站仪表自动化控制系统设计与研究。阐述LNG气化站基本构成, 涵盖接收储存、气化、控制及安全保护系统。剖析仪表自动化控制系统在气化站的功能与作用, 如实时监测、自动调节等。详细介绍系统设计关键环节, 包括现场仪表选型、控制系统设计及系统集成等。还探讨系统实施与优化步骤, 如提高测量精度、优化架构协议及加强安全防护等, 为气化站高效稳定运行提供理论支持。

关键词: LNG气化站; 仪表自动化; 系统设计

1 LNG 气化站的基本构成

1.1 LNG接收与储存系统

LNG接收与储存系统是气化站的起始环节, 负责接收来自LNG运输船或槽车的低温液态天然气, 并将其安全储存于大型低温储罐中。该系统通常由卸车设施、储罐区、泵撬以及必要的管道和阀门组成。卸车设施需具备高效的卸车能力, 确保在短时间内完成大量LNG的卸载。储罐区则采用高真空多层绝热技术, 以减少热传导, 维持LNG的低温状态。泵撬则负责将LNG从储罐中抽出, 并增压至后续处理所需的压力。该系统还需配备完善的液位、压力、温度监测设备, 以及紧急切断阀等安全装置, 确保储存过程的安全可靠。

1.2 气化系统

气化系统是LNG气化站的核心部分, 负责将液态天然气转化为气态。这一过程主要通过气化器完成, 气化器利用空气、水或加热介质(如蒸汽、热水)作为热源, 将LNG加热至接近环境温度, 使其蒸发为气态天然气^[1]。根据加热方式的不同, 气化器可分为空温式气化器、水浴式气化器和加热式气化器等多种类型。在气化过程中, 还需严格控制气化温度和压力, 避免因温度过低导致管道结冰或温度过高造成安全隐患。气化后的天然气需经过调压、计量、加臭等处理, 以满足用户的使用需求。

1.3 控制系统

控制系统是LNG气化站的大脑, 负责监控和调节整个气化站的运行状态。它采用先进的自动化控制技术, 通过传感器、执行器、PLC(可编程逻辑控制器)和SCADA(数据采集与监视控制系统)等设备, 实现对LNG接收、储存、气化、输送等各个环节的实时监控和自动调节。控制系统能够根据预设的参数和逻辑, 自动调整气化器的运行状态、泵的工作频率、阀门的开度

等, 确保气化站始终处于最优运行状态。控制系统还具备数据记录、报警、报表生成等功能, 为气化站的日常管理和维护提供有力支持。

1.4 安全保护系统

安全保护系统是LNG气化站不可或缺的一部分, 它承担着预防事故、减少损失的重要职责。该系统包括可燃气体泄漏检测与报警装置、消防设施、紧急切断系统、防雷防静电设施以及个人防护装备等。可燃气体泄漏检测与报警装置能够实时监测气化站内的可燃气体浓度, 一旦发现泄漏, 立即发出警报并启动相应的应急措施。消防设施则包括消防水池、消防泵、消防炮、灭火器等, 用于在火灾发生时迅速扑灭火源。紧急切断系统能够在紧急情况下迅速切断LNG的供应, 防止事故扩大。防雷防静电设施则用于保护气化站免受雷电和静电的危害。个人防护装备则为工作人员提供必要的保护, 确保他们在紧急情况下能够安全撤离。

2 仪表自动化控制系统在 LNG 气化站中的功能与作用

仪表自动化控制系统在LNG气化站中发挥着至关重要的作用。具体来说, 仪表自动化控制系统的主要功能与作用包括几个方面: (1) 实时监测与数据采集。通过安装在气化站各关键部位的传感器, 仪表自动化控制系统能够实时采集温度、压力、液位、流量等关键参数, 并将这些数据传输至中央控制室。这些数据为气化站的运行管理提供了重要依据; (2) 自动调节与控制。根据采集到的数据, 仪表自动化控制系统能够自动调节气化器的运行状态、泵的工作频率、阀门的开度等, 确保气化站始终处于最优运行状态; (3) 报警与应急处理。当监测到异常情况(如温度过高、压力过低、泄漏等)时, 仪表自动化控制系统能够立即发出警报, 并启动相应的应急措施; (4) 数据记录与分析。仪表自动化控制系统能够记录气化站的运行数据, 并进行分析处理。这

些数据和分析结果为气化站的日常管理和维护提供了有力支持,有助于发现潜在问题,优化运行策略^[2]; (5) 远程监控与管理。通过SCADA系统,仪表自动化控制系统能够实现远程监控与管理。这使得气化站的管理人员能够随时随地了解气化站的运行状态,及时作出决策和调整。

3 LNG 气化站仪表自动化控制系统设计

3.1 现场仪表选型与设计

现场仪表作为仪表自动化控制系统获取现场数据的关键组件,堪称整个系统的“眼睛”和“耳朵”,其选型与设计的合理性,对系统测量数据的准确性和长期运行的可靠性起着决定性作用。在LNG气化站这一特殊且复杂的运行环境中,现场仪表的选型面临诸多严苛要求。主要涉及的仪表类型有温度传感器、压力传感器、液位传感器、流量传感器等。温度传感器需精准捕捉LNG在不同处理阶段的温度变化,从低温储存环境到气化过程,都要保证高精度测量,误差范围需严格控制在极小值内。压力传感器要能承受LNG在储存和输送过程中可能出现的压力波动,具备高可靠性和稳定性,防止因压力测量不准导致安全隐患。液位传感器对于监测LNG储罐内液位高度至关重要,必须耐低温且抗腐蚀,以应对LNG及其可能产生的低温冷凝物的侵蚀。流量传感器则要精确计量LNG或气化后天然气的流量,确保供气计量准确。除了仪表本身的性能,其安装位置也需精心规划。例如温度传感器应安装在能代表被测介质真实温度的位置,避免因安装不当受外界因素干扰;压力传感器要安装在压力变化敏感且不易受外力冲击的部位;液位传感器要确保在储罐内液位波动时仍能准确测量,且不受储罐内介质流动的影响;流量传感器需安装在管道直管段,保证流体流动状态稳定,从而准确反映流量实际值。

3.2 控制系统设计

控制系统是仪表自动化控制系统的核心所在,犹如整个系统的“大脑”,负责指挥和协调各个部分有序运行。其设计必须遵循模块化、标准化、可扩展性的重要原则。模块化设计使得系统各功能模块相互独立又协同工作,便于维护、升级和故障排查;标准化设计确保不同厂家的设备和组件能够兼容,降低系统集成难度和成本;可扩展性设计则为未来系统升级和功能拓展预留空间,满足LNG气化站不断发展的需求。在LNG气化站中,通常选用PLC(可编程逻辑控制器)作为核心控制器。PLC具有强大的逻辑运算和数据处理能力,通过精心编程能够实现各种复杂的控制逻辑和算法。为实现远

程监控与管理,还需将PLC与SCADA(数据采集与监视控制系统)系统相连,构建一个完整的监控网络。通过SCADA系统,操作人员可以在中央控制室实时查看LNG气化站的运行状态、各项参数以及设备运行情况,并能够远程下达控制指令^[3]。在控制系统设计过程中,充分考虑系统的冗余性和容错性至关重要。采用冗余设计,如双PLC热备、冗余电源等,当部分设备出现故障时,系统能够自动切换到备用设备,确保整个LNG气化站仍能正常运行,最大程度减少因设备故障导致的生产中断和全事故风险。

3.3 系统集成与接口设计

系统集成与接口设计是仪表自动化控制系统设计中的关键环节,它承担着将各个分散的设备和组件整合为一个有机整体的重要任务,直接关系到系统能否高效、稳定地运行。在LNG气化站中,这一环节需要将现场仪表、PLC、SCADA系统以及其他相关设备(如泵撬、气化器等)进行有机整合,构建一个完整且协同工作的控制系统。接口设计是系统集成的核心要素之一,它需要明确各设备之间的通信协议和数据格式。不同的设备可能采用不同的通信协议,如Modbus、Profibus等,在接口设计时,必须确保这些设备之间能够实现无缝通信,使数据能够准确、快速地传输和处理。系统的扩展性和兼容性也是接口设计必须考虑的重要因素。随着LNG气化站业务的发展和技术的进步,未来可能需要添加新的设备或功能。因此,接口设计应具备前瞻性,预留足够的接口和扩展空间,确保新设备能够方便地接入系统,且不影响现有系统的正常运行。另外,接口设计还应遵循行业标准和规范,保证系统与其他相关系统(如上级调度系统、企业资源管理系统等)具有良好的兼容性,实现数据的共享和交互,为LNG气化站的智能化管理和高效运营提供有力支持。

4 LNG 气化站仪表自动化控制系统实施与优化

4.1 系统实施步骤

系统实施是仪表自动化控制系统从理论设计走向实际运行的关键阶段,在设备安装环节,施工人员务必严格遵循设计图纸和安装规范操作。每一个设备都有其特定的安装要求和位置标准,必须确保设备安装牢固,避免因振动、外力等因素导致设备松动或移位,影响其正常运行。电缆敷设时,需综合考虑多方面因素。合理规划电缆走向,避免电缆交叉、缠绕,减少信号干扰。精确计算电缆长度,避免过长造成浪费或过短无法连接。注重电缆屏蔽措施,对于易受干扰的信号电缆,采用屏蔽线缆并做好接地处理,降低电磁干扰和信号衰减,保

障数据传输的稳定性。软件编程要根据预设的控制逻辑和算法精心编写,完成后需进行严格的测试和验证,通过模拟各种工况,确保软件功能符合设计要求。系统调试作为最后且最为关键的一步,要对系统的各项功能进行全面测试,从单个设备的独立运行到整个系统的联动,反复验证,确保系统能够稳定、可靠地运行,满足LNG气化站的实际需求。

4.2 提高测量精度与响应速度

提高测量精度与响应速度是仪表自动化控制系统持续优化追求的重要目标,对LNG气化站的安全高效运行意义重大。首先,选用高精度、高灵敏度的现场仪表是基础。这类仪表能够在复杂环境下更精准地捕捉被测参数的变化,如采用高精度的温度传感器,可精确感知LNG气化过程中细微的温度波动,为后续控制提供准确依据。其次,优化传感器的安装位置和方式至关重要。不同的安装位置和方式会对测量结果产生显著影响。另外,采用先进的信号处理技术和算法,能对采集到的原始数据进行深度处理,去除噪声干扰,提高数据的准确性和可靠性。最后,优化控制系统的响应时间。通过优化控制程序和硬件配置,使系统在异常情况发生时能够迅速作出反应,如快速切断危险源,保障LNG气化站的安全运行。

4.3 优化系统架构与通信协议

在系统架构方面,分布式控制系统或云计算架构是有效的选择。分布式控制系统将数据处理和存储任务分散到多个节点,各节点可并行工作,大大提高了系统的处理能力。同时这种架构具备良好的可扩展性,当LNG气化站规模扩大或业务需求增加时,可方便地添加新的节点,满足系统升级需求。云计算架构则利用云端强大的计算资源,实现数据的集中管理和分析,提高了系统的灵活性和资源利用率。在通信协议方面,选用标准化的通信协议如Modbus、Profibus等,便于不同设备之间的互联互通。在此基础上,进一步优化协议参数和传输机制,如合理设置通信波特率、帧格式等,减少通信延迟和丢包率,确保数据能够准确、及时地传输。

4.4 加强系统安全防护与故障排查能力

加强系统安全防护与故障排查能力是保障仪表自动

化控制系统稳定运行的坚固防线。在安全防护方面,设置防火墙和入侵检测系统是首要措施。防火墙可阻止外部非法网络访问,对进出系统的数据进行严格过滤;入侵检测系统则实时监测网络流量,及时发现并阻止潜在的网络攻击行为。定期更新和升级系统软件和硬件设备,及时修复已知的安全漏洞,防止黑客利用漏洞入侵系统^[4]。建立完善的安全管理制度和应急预案,明确各级人员的安全职责,规范操作流程。定期开展安全培训和应急演练,提高员工的安全意识和应对突发事件的能力,确保在发生安全事故时能够迅速、有效地进行处理。在故障排查方面,采用故障诊断专家系统或智能分析算法,对系统运行数据进行实时监测和分析。这些技术能够自动识别异常数据模式,及时发现并定位故障点,大大缩短故障排查时间。建立完善的故障记录和报告机制,详细记录故障发生的时间、现象、原因及处理过程,为后续的维护和升级提供有力支持,避免类似故障再次发生,保障LNG气化站仪表自动化控制系统的长期稳定运行。

结束语

LNG气化站仪表自动化控制系统的设计与研究,对保障天然气供应安全高效意义重大。通过合理设计各子系统、精准选型现场仪表、优化系统架构与通信协议等,可提升系统性能与可靠性。实施过程中严格把控各环节,并持续优化以提高测量精度与响应速度、加强安全防护与故障排查能力。未来,随着技术发展,该系统将不断完善,为LNG气化站稳定运行提供更坚实保障。

参考文献

- [1]白晓墨.LNG气化站安全仪表的安全评价方法[J].中国化工贸易,2021(29):12-14.
- [2]梁宏儒.工业自动化仪表与自动化控制技术的研究[J].建筑工程技术与设计,2021(35):58-59.DOI:10.12159/j.issn.2095-6630.2021.35.0029.
- [3]李鑫.LNG气化站仪表自动化控制系统的设计方法[J].工程建设与设计,2021(01):53-55.
- [4]郭海新.探析LNG气化站安全生产风险管理措施[J].化工设计通讯,2020,43(10):245+254.