

# 天然气电气自控系统的自动化控制策略研究

胡锡福 孙超 鲁巨跃

国家管网集团北京管道有限公司 山西 吕梁 033500

**摘要:** 随着天然气工业的发展,电气自控系统在天然气开采、输送、储存和分配等过程中发挥着越来越重要的作用。本文旨在探讨天然气电气自控系统的自动化控制策略,通过分析现有技术和发展趋势,提出有效的控制策略,以提高天然气系统的安全性、稳定性和效率。

**关键词:** 天然气电气自控系统; 自动化控制; SCADA系统; PLC系统; DCS系统

## 引言

天然气作为一种清洁、高效的能源,在现代社会中扮演着重要角色。然而,天然气的开采、输送和分配过程复杂且风险较高,需要高度自动化和智能化的电气自控系统来保障其安全稳定运行。本文将从自动化控制的角度出发,研究天然气电气自控系统的控制策略,以期为天然气工业的发展提供理论支持和技术参考。

## 1 天然气电气自控系统概述

### 1.1 系统组成深度解析

天然气电气自控系统,作为天然气输送领域的智能化核心,其构建基于一系列高度集成的组件,各组件间协同工作,共同支撑起系统的稳定与高效。具体而言,系统由以下几个核心部分构成:

**传感器:** 作为系统的感知器官,广泛分布于天然气输送管线的各个关键节点,精准采集压力、温度、流量、泄漏等关键技术参数,为系统提供实时、准确的数据基础。

**执行机构:** 根据控制器发出的指令,迅速且精确地执行开关阀、调节阀、紧急切断阀等操作,实现对天然气输送过程的直接控制,确保系统按预设要求稳定运行。

**控制器:** 作为系统的智慧大脑,接收并处理来自传感器的数据,通过内置算法进行逻辑判断与计算,生成相应的控制指令,指导执行机构动作,实现系统的自动化控制。

**计算机:** 作为系统的中枢,不仅承担数据采集、处理与存储的重任,还负责运行复杂的控制算法,实现系统的远程监测、控制参数调整及优化管理,提升系统整体效能。

**人机接口:** 为操作员提供直观、易用的交互界面,包括显示屏、操作面板等,使操作员能够实时掌握系统状态,便捷地进行参数设置、指令输入及故障排查,确保系统运行的可靠性与灵活性。

### 1.2 系统功能全面阐述

天然气电气自控系统以其强大的功能体系,为天然气输送的安全、高效与智能化提供了有力保障。具体而言,系统功能主要包括以下几个方面:

**数据采集与监控:** 系统能够实时、连续地采集天然气输送过程中的各项关键参数,并通过计算机平台进行数据处理与可视化展示,使操作员能够全面、直观地掌握系统状态。

**数据处理与分析:** 系统对采集到的数据进行深度挖掘与分析,提取有价值的信息,为系统的优化控制与决策提供支持<sup>[1]</sup>。同时,系统还能够根据历史数据与实时数据,预测系统未来的运行状态,为预防性维护提供依据。

**设备控制与调节:** 系统根据预设的控制策略与实时数据,精确控制天然气输送设备的运行状态,包括阀门的开闭、泵站的输出功率、压缩机的压缩比等。通过精细的调节与控制,系统能够确保天然气输送的稳定性与高效性。

**安全监测与保护:** 系统实时监测天然气输送过程中的安全隐患,包括泄漏、超压、过温等异常情况。一旦发现潜在风险,系统将立即触发报警机制,并通过紧急切断阀等设备迅速切断气源,确保系统的安全性。

**报警与应急响应机制:** 当系统检测到异常情况时,将立即通过声光报警、短信通知等多种方式提醒操作员。同时,系统还能够自动或手动启动应急响应程序,包括紧急停车、疏散人员、启动备用设备等措施,确保系统能够迅速应对突发事件并降低损失。

## 2 天然气电气自控系统中自动化控制策略分析

### 2.1 SCADA系统

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) 系统,作为天然气电气自控系统中的核心控制策略,以其强大的远程监测与控制能力,为天然气系统的安全稳定运行提供了坚实保障。SCADA系统通过构建一个高度

集成的网络架构,实现了对天然气管道各关键节点的全覆盖。系统利用先进的传感器技术,实时监测天然气管道的压力、流量、温度等关键参数,这些数据通过网络传输至中央控制站,为系统提供了全面、准确的信息基础。在数据采集的基础上,SCADA系统通过预设的控制逻辑与算法,对采集到的数据进行深度分析与处理。系统能够根据实时数据与历史数据,预测天然气系统的运行状态,及时发现并处理潜在的异常情况<sup>[2]</sup>。同时,系统还能够根据预设的控制策略,自动调整执行机构的工作状态,如调节阀门的开闭程度、控制泵站的输出功率等,以确保天然气系统始终保持在最佳运行状态。此外,SCADA系统还具备强大的报警与应急响应功能。当系统检测到异常情况时,会立即触发报警机制,通过声光报警、短信通知等方式迅速提醒操作员。同时,系统还能够根据预设的应急预案,自动或手动启动相应的应急响应程序,如紧急切断气源、启动备用设备等,以确保系统的安全性与可靠性。

## 2.2 PLC系统

PLC(Programmable Logic Controller)系统,以其高度的可编程性与灵活性,在天然气电气自控系统中扮演着至关重要的角色。作为现场设备控制的核心,PLC系统通过预设的控制程序和逻辑,实现了对阀门、泵等关键设备的精确控制,显著提升了系统的运行效率与稳定性。PLC系统内部集成了强大的处理器与存储单元,能够执行复杂的控制算法与逻辑判断。在天然气电气自控系统中,PLC系统根据实际需求,被编程以执行特定的控制任务。例如,通过监测管道压力与流量,PLC系统能够自动调整阀门的开闭程度,以确保天然气输送的稳定性与安全性。同时,PLC系统还能够控制泵站的启动与停止,以及调节泵站的输出功率,以满足不同工况下的输送需求。得益于PLC系统的高度可编程性,系统能够轻松适应各种复杂的控制场景。无论是简单的开关控制,还是涉及多个变量的复杂调节,PLC系统都能通过编程实现精准的控制效果。此外,PLC系统还具备强大的故障自诊断与报警功能,一旦检测到异常情况,系统会立即触发报警,并尝试采取相应的应急措施,以确保系统的持续稳定运行。在天然气电气自控系统中,PLC系统不仅提高了现场设备的控制精度与响应速度,还通过优化控制策略与算法,降低了系统的能耗与运行成本。同时,PLC系统的模块化设计与易于扩展的特点,也为系统的后期维护与升级提供了极大的便利。因此,PLC系统已成为天然气电气自控系统中不可或缺的重要组成部分。

## 2.3 DCS系统

DCS(Distributed Control System)系统,作为天然气电气自控领域中的高级控制策略,以其分布式架构与强大的控制能力,实现了对天然气开采、输送、储存及分配等全过程的全面监控与精细调节。DCS系统通过部署在各个环节的控制器,实时采集天然气系统的各项关键参数,包括压力、温度、流量、组分等。这些控制器不仅具备独立的数据处理能力,还能通过高速通信网络实现数据共享与协同控制。在DCS系统的支持下,天然气系统的各个部分被紧密地联系在一起,形成了一个高度集成的整体。系统利用先进的控制算法与模型预测技术,对采集到的数据进行深度分析,实现对天然气系统运行状态的实时监测与预测。根据分析结果,DCS系统能够自动调整各个环节的控制参数,如阀门的开闭程度、压缩机的转速等,以确保天然气系统始终保持在最佳运行状态。此外,DCS系统还具备强大的报警与故障诊断功能<sup>[3]</sup>。一旦系统检测到异常情况,如压力超限、温度异常等,会立即触发报警机制,并通过通信网络将报警信息发送至中央控制室。同时,系统还能够根据预设的故障诊断模型,快速定位故障点并给出相应的处理建议,从而大大缩短了故障处理时间,提高了系统的可靠性。

## 3 天然气电气自控系统中自动化控制策略的优化方向

### 3.1 提高系统可靠性和稳定性

在天然气电气自控系统中,提高系统的可靠性和稳定性是优化策略的首要方向。为实现这一目标,需从系统设计与控制算法两个层面进行深入优化。在系统设计层面,采用冗余设计是提升可靠性的有效手段。关键设备如传感器、控制器和执行机构,均可配置备份,以确保在主设备故障时,备份设备能够迅速接管,维持系统的正常运行。此外,通信网络也可采用双网冗余或环形拓扑结构,以提高数据传输的可靠性,避免因网络故障导致的系统失控。在控制算法层面,容错控制算法的应用对于提高系统稳定性至关重要。这类算法能够识别并处理系统中的异常数据,避免因个别传感器故障导致的误控制。同时,算法还应具备自适应能力,能够根据系统运行状态的变化自动调整控制参数,确保系统始终保持在最佳工作状态。此外,通过引入预测控制算法,系统能够基于历史数据和实时信息预测未来状态,提前进行调控,从而有效避免潜在的风险和故障。除了上述技术手段,定期的系统维护与升级也是提高可靠性和稳定性的重要环节。通过定期检查设备状态、更新控制软件、优化系统配置等措施,可以及时发现并处理潜在问题,确保系统的长期稳定运行。同时,建立完善的故障应急响应机制,能够在系统故障时迅速启动预案,最大

限度地减少故障对系统运行的影响。

### 3.2 加强数据采集和处理能力

在天然气电气自控系统中，加强数据采集和处理能力是提升系统整体性能的关键。为实现这一目标，需引入先进的技术手段与高效的算法。在数据采集方面，高精度传感器的应用是核心。这类传感器能够精确捕捉天然气系统中的各项关键参数，如压力、温度、流量等，且具备高灵敏度、低噪声的特点。通过部署这些传感器于系统的关键节点，可以实现对天然气系统状态的全面、实时监测，为系统的精确控制提供可靠的数据基础。在数据处理方面，实时数据分析算法的运用至关重要。这类算法能够迅速处理采集到的大量数据，提取有价值的信息，并通过对数据的深度挖掘，实现对系统状态的预测与诊断。例如，通过机器学习算法，系统可以根据历史数据建立预测模型，预测未来可能出现的异常情况，从而提前进行调控，避免潜在风险<sup>[4]</sup>。同时，算法还能够对实时数据进行异常检测，一旦发现数据偏离正常范围，立即触发报警机制，确保系统的安全运行。此外，为了进一步提升数据处理效率，可以采用分布式计算架构，将数据处理任务分散到多个计算节点上，实现并行处理。这种架构不仅能够提高数据处理速度，还能够增强系统的可扩展性和灵活性，为系统的未来升级提供便利。

### 3.3 引入智能化控制技术

在天然气电气自控系统中，引入智能化控制是推动系统向更高层次发展的关键。这一趋势主要依托于人工智能、大数据等前沿技术的融合应用，旨在通过智能化手段提升系统的控制精度与运行效率。智能化控制技术的核心在于机器学习算法的应用。通过对系统历史数据的深度挖掘与分析，机器学习算法能够识别出数据中的隐含规律与趋势，进而优化控制策略。例如，算法可以根据历史数据建立预测模型，预测天然气系统的未来运行状态，从而提前调整控制参数，确保系统始终保

持在最佳工作状态。这种基于数据的预测与控制策略，不仅提高了系统的响应速度，还显著增强了系统的稳定性和可靠性。此外，大数据技术在天然气电气自控系统中的应用也尤为重要。通过收集、整合和分析系统运行时产生的大量数据，可以构建全面的数据画像，为系统的精准控制提供有力支持。大数据技术还能够实现数据的实时监测与异常检测，一旦发现数据异常，立即触发预警机制，确保系统的安全运行。智能化控制技术的引入，还使得天然气电气自控系统具备了自我学习与自我优化的能力。随着时间的推移，系统能够不断积累运行经验，通过机器学习算法不断优化控制策略，实现系统的持续改进与升级。这种自我学习与自我优化的特性，为系统的长期稳定运行提供了有力保障，也为天然气行业的智能化发展奠定了坚实基础。

### 结语

天然气电气自控系统的自动化控制策略对于保障天然气系统的安全稳定运行具有重要意义。通过优化SCADA、PLC和DCS等控制系统的设计和应用，提高系统的可靠性和稳定性；加强数据采集和处理能力；引入智能化控制技术，可以进一步提高天然气电气自控系统的自动化水平和运行效率。未来，随着技术的不断发展和创新，天然气电气自控系统的自动化控制策略将不断完善和优化，为天然气工业的发展提供更加强有力的支持。

### 参考文献

- [1]王志军.电气自动化技术在天然气工业中的应用[J].化工设计通讯,2020,46(06):209+211.
- [2]郜聪.浅析电气自动化技术在天然气工业中的应用[J].信息记录材料,2019,20(10):65-67.
- [3]王天宇.天然气管道工程中电气仪表的自动化控制技术[J].造纸装备及材料,2022,51(07):123-125.
- [4]马若飞.电气连接与自动化技术在石油及天然气领域的应用研究[J].中国战略新兴产业,2024,(20):139-141.