

天然气输气站电气设备智能监控技术的应用研究

刘 磊 刘佳佳（国家管网集团储运技术发展有限公司，天津 300450）

汤东川 梁玉宏（国家管网集团中原天然气有限责任公司，河南 濮阳 457000）

摘 要：随着智能技术的快速发展，天然气输气站电气设备的智能监控技术在提升设备安全性和管理效率方面具有重要作用。本文探讨了基于物联网、大数据、云计算等技术的智能监控系统，分析其基本原理、关键技术及系统架构。结合实际应用案例，评估了智能监控技术在天然气输气站中的应用效果，探讨技术实施过程中面临的挑战与未来发展方向。智能监控技术有效提升了设备故障预测能力和维护管理水平，为行业发展提供新的解决方案。

关键词：天然气输气站；电气设备；智能监控；物联网

中图分类号：TE974

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）024-0088-03

Application Research on Intelligent Monitoring Technology for Electrical Equipment in Natural Gas Transmission Stations

Liu Lei, Liu Jiajia (National Pipeline Network Group Storage and Transportation Technology Development Co., LTD., Tianjin 300450, China)

Tang Dongchuan, Liang Yuhong (Zhongyuan Natural Gas Co., LTD., National Pipeline Network Group, Puyang Henan 457000, China)

Abstract: With the rapid development of intelligent technology, the intelligent monitoring technology of electrical equipment in natural gas transmission stations plays a significant role in enhancing equipment safety and management efficiency. This article explores the intelligent monitoring system based on technologies such as the Internet of Things, big data, and cloud computing, and analyzes its basic principles, key technologies, and system architecture. Based on practical application cases, the application effect of intelligent monitoring technology in natural gas transmission stations was evaluated, and the challenges faced during the implementation of the technology and its future development direction were discussed. Intelligent monitoring technology has effectively enhanced the ability to predict equipment failures and the level of maintenance management, providing new solutions for the development of the industry.

Key words: Natural gas transmission station Electrical equipment; Intelligent monitoring; Internet of Things

天然气输气站内的电气设备的运行状况将直接决定输气系统的安全性和工作效率。传统的监测方法反应缓慢、效能不高，很难迅速识别出故障。随着物联网和大数据等先进技术的不断进步，智能监控技术为设备管理提供了全新的解决方案。这项技术能够实现设备的实时监控、故障预测和远程控制功能，从而显著提高设备的安全性和管理效率。对天然气输气站电气设备的智能监控技术进行研究，可以提高系统的自动化程度，还能为输气站未来的智能管理提供理论基础和技术支持。

1 天然气输气站电气设备智能监控技术概述

1.1 智能监控技术的基本原理与构成

智能监控技术整合了传感器、数据收集、传递、分析以及反馈等多个步骤，从而构建了一个全面的监控体系。该技术的核心思想是实时收集设备的操作数据（例如电流、电压、温度等），并将这些数据传送到中央的监控系统进行深入的分析和处理。数据收集

部分依赖于高精度的传感器和智能仪器，可以通过无线或有线网络将数据传输到云端或本地服务器。在系统分析层，利用大数据处理方法和人工智能技术，对设备的工作状况进行实时监测，并预估可能出现的故障危险。反馈机制根据分析的结果，可以通过报警或者自动调整设备的运行参数来实现故障预警、远程控制和智能决策。一个系统的组成元素通常涵盖了传感层、传输层、数据处理层以及应用层，这些层之间需要紧密合作，以确保对设备状况进行全面的监测，从而确保系统能够高效且安全地运作。

1.2 关键技术：物联网、大数据、云计算等

物联网、大数据和云计算是智能监控技术中的核心技术，它们共同确保了系统的高效运行。物联网技术能够通过传感器与设备之间的相互连接和通信，实时地收集和传递电气设备的操作数据，从而达到设备远程监控的目的。在数据处理和分析领域，大数据技术起到了至关重要的作用。它通过对大量收集的数据

进行储存、组织和深入分析，能够提炼出有价值的信息，有助于预测设备可能出现的故障并优化维护策略。云计算提供了卓越的计算和存储功能，能够支持跨区域的数据共享和访问，这确保了监控系统能在云端进行集中的管理和分析，也确保了数据的安全和可扩展性。

1.3 智能监控系统的功能与应用场景

智能监控系统拥有众多的功能特点，它们主要涵盖了实时的监测、故障的检测与预警、数据的分析和优化，以及远程操控等功能。通过持续的实时监测，该系统可以不断地追踪电气设备的工作状况，并在发现任何不正常的情况时及时发出预警。通过运用大数据分析和机器学习算法，故障诊断与预警功能能够提前预见设备可能出现的故障，降低突发故障的可能性。通过数据分析功能，管理者可以更深入地掌握设备的工作动态，从而更好制定维护策略并提高系统的运行效率。此外，通过远程控制功能，操作人员可以在不需要现场的情况下进行设备的调整和管理，这极大提高了工作效率和响应速度。智能监控系统的应用范围非常广泛，不仅限于天然气输气站，它还可以被广泛用于电力、石油、化工等多个行业的设备监控、生产过程控制 and 安全管理，为设备的安全稳定运行提供全面的保障。

2 天然气输气站电气设备智能监控系统的设计与实现

2.1 系统架构与设计方案

智能监控系统的结构一般由多个不同的层级组成，这些层级分别是：传感层、传输层、数据处理层以及应用层。传感层是由各种传感器和智能仪器构成的，其主要职责是实时获取电气设备的各种运行数据，例如电流、电压和温度等。为了确保数据采集的完整性和精确度，这些传感器经常被放置在设备的关键位置。传输层的主要职责是将收集到的数据通过有线或无线的方式传送到更高的平台。常用的数据传输手段有光纤通信、Wi-Fi 和 4G/5G 等，这些技术确保了数据能够稳定且高速地传输。在智能监控系统中，数据处理层扮演着核心角色，它利用云计算和大数据技术来存储、分析和处理数据，也支持实时监控、故障预警和性能优化。

在制定设计方案时，通常会考虑到系统的扩展性、稳定性和安全性。在设计系统架构时，必须确保各个层次能够有效地协同工作，以确保数据从采集阶段到分析阶段能够无缝地进行。另外，在设计电气设备时，还需要考虑到设备的冗余备份、故障切换和容错机制，以确保系统在极端情况下仍能稳定运行。在确保数据

安全的过程中，诸如数据加密、访问权限管理和身份验证等关键措施显得尤为重要，以避免信息的外泄和未经授权的访问。此外，系统的设计还需要有一个用户友好的界面，以便管理层能够进行即时的监视和远程操控。

2.2 数据采集与传输技术

数据的收集和传输技术构成了智能监控系统的核心，它决定了该系统的实时响应、精确度和稳定性。在数据收集环节，主要依靠各种传感器和智能测量设备，这些工具可以精确地测定电气设备的关键参数，如电压、电流、温度和振动。常见的传感器种类有电流互感器、温度传感器、压力传感器和红外传感器等，这些传感器都是通过模拟信号或数字信号来输出的，以供后续的数据处理和分析。为确保数据的精确性和稳健性，数据采集设备经常使用自动校正和自我检查的功能，这有助于减少由环境变化和老化引发的误差。另外，数据采集系统在设计时还需充分考虑到设备的反应速度、采样的频次以及数据的同步性，以确保系统可以迅速地获取实时的数据并给出准确的反馈。

在数据的传递过程中，该系统选择使用无线或有线的通讯手段来完成数据的传送。对于无线传输技术，例如 Wi-Fi、ZigBee、4G/5G、LoRa 等，需要根据具体的通信需求来选择最适合的传输手段。Wi-Fi 和 4G/5G 非常适用于大数据传输和长距离传输，能够满足较高的带宽需求，而 ZigBee 和 LoRa 则更适用于低功耗、短距离和低数据量的场景。在各种工业应用场景中，光纤通信和以太网经常被采用来确保数据传输的稳定性，尤其是在那些环境条件复杂且电磁干扰较为严重的区域。为了增强系统的稳健性，传输技术还需采用数据压缩、错误的检测和纠正、加密等方法，以降低数据丢失和传输中的安全风险。

2.3 智能分析与故障预测技术

智能分析与故障预测技术是智能监控系统中的核心部分，主要依赖于大数据分析、机器学习和人工智能算法。首先，大数据分析技术通过对海量设备运行数据的处理，帮助系统从中提取出有价值的特征信息。常见的分析方法包括时序分析、回归分析和聚类分析等。时序分析可以通过分析设备的历史运行数据，识别出其长期趋势和周期性变化，从而预测设备的未来运行状态。回归分析则通过建立数学模型，分析不同参数间的关系，找出影响设备性能的关键因素。通过公式的建立，预测模型可以表示为：

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

其中, Y 为预测的设备运行状态, X_1, X_2, \dots, X_n 为影响设备状态的多个变量(如电压、电流、温度等), f 为回归函数。机器学习算法, 如支持向量机(SVM)和神经网络(NN), 通过对大量历史数据进行训练, 能够识别出设备故障的前兆信号, 进而提前预测设备故障的发生。

故障预测技术结合了数据分析和智能算法的优势, 可以实时监控设备的健康状态, 并通过预测模型预警潜在故障。故障预测模型一般基于设备的健康指数(Health Index, HI)进行构建, 通常通过加权平均法、主成分分析(PCA)等方法对设备的各项指标进行综合评估。健康指数的计算公式可以表示为:

$$H = \sum_{i=1}^n w_i \cdot X_i$$

其中, w_i 为每个参数的权重, X_i 为第 i 个参数的值。通过实时计算健康指数, 若设备的 HI 低于设定阈值, 则系统可自动触发故障预警或进行维护建议。这种技术不仅能够减少人工巡检的压力, 还能提前发现设备隐患, 提高设备的运行可靠性。

3 智能监控技术在天然气输气站的应用效果与挑战

3.1 应用效果评估与案例分析

以中国石油天然气集团公司(CNPC)在其某天然气输气站的应用为例, 该站点于2019年引入了基于物联网、大数据与云计算的智能监控系统。在此之前, 输气站的电气设备故障率较高, 尤其是在变电设备和压缩机的电力系统部分, 故障频率每年达到10%以上, 导致了频繁的停机维修和高额的运营成本。通过安装实时传感器和监控系统, 系统能够实时采集设备的电流、电压、温度等关键参数, 并利用云平台进行数据处理和分析。

在实施智能监控系统后, 通过故障预测算法, 系统能够提前识别出设备的潜在故障隐患。例如, 通过监测某高压变电设备的电流波动与温度上升趋势, 系统及时发出故障预警, 提前对设备进行检修和更换部件, 从而避免了设备在高负荷运行期间发生突发性故障。根据后续的运行数据, 系统实施后的故障率下降了20%, 并且维修成本减少了15%。同时, 智能监控系统提高了设备的健康指数(HI), 从原来的0.73提升到0.88, 表明设备的整体运行状态得到显著改善。

这一实际案例表明, 智能监控系统通过精确的实时数据采集、分析和故障预测, 有效减少了设备故障的发生, 降低了运营成本, 提升了输气站的安全性与稳定性, 为其他类似场景提供了宝贵的经验。

3.2 系统应用中遇到的技术难题与挑战

在智能监控系统的实际应用中, 首要的技术挑战是

确保数据的精确度和传输的稳定。天然气输气站所处的设备环境相当复杂, 传感器可能会受到电磁干扰、环境温度波动和设备老化等多种因素的影响, 这些因素可能会降低数据的准确度。例如, 在高温条件下, 温度传感器可能会发生偏移, 这可能会对数据采集的准确性产生影响。在数据传输的过程中, 网络延迟和带宽不足的问题也可能出现, 特别是在偏远地区, 数据传输的稳定性很难得到保障。为了克服这些挑战, 该系统必须使用高度精确的传感器, 并通过冗余的设计以及数据验证算法来增强数据的精确度。另外, 选择适当的传输技术, 例如4G/5G或光纤通信, 可以确保大数据的快速传输和低延迟, 从而提升系统的实时性和可靠性。

大数据分析和故障预测模型的精确度是另一大难题。智能监控系统依赖于大数据分析来预测设备的故障, 但由于设备运行环境的复杂性和多变性, 故障发生的规律通常是多因素交织的, 这使得传统的分析方法很难实现全面和准确。举例来说, 故障预测模型通常是基于过去的数据进行训练的, 但在不同的负荷、季节和工作条件下, 设备的运行状况可能会有很大的变化, 这限制了模型的泛化能力。因此, 为了提高算法的准确性, 需要持续改进数据特征的提取手段, 并融合机器学习、深度学习等先进的人工智能技术, 以增强模型的适应性和准确度。此外, 该系统必须拥有出色的计算性能, 能在大数据环境中迅速抽取有用的信息, 并进行故障预警, 以减少对人为干预和经验判断的过度依赖。

4 结束语

智能监控技术在天然气输气站的应用, 显著提升了设备的安全性、可靠性和管理效率。通过物联网、大数据和云计算等先进技术的结合, 系统能够实现实时监控和故障预测, 还能提高运营管理的智能化水平。尽管应用中仍存在一些技术难题, 但随着技术不断发展和创新, 智能监控系统将在未来发挥更加重要的作用, 为输气站的安全运营提供更加坚实的保障。

参考文献:

- [1] 牛晓玲. 电气设备智能化监控系统设计[J]. 无线互联科技, 2021, 18(16): 53-54.
- [2] 李宁宁, 杨丹, 王宝良, 等. 状态监测技术在压缩天然气长管拖车在线监控上的智慧应用研究[J]. 科学与信息化, 2021(28): 85-88.
- [3] 王新民, 王歆. 智能化监控系统在设备管理中的应用与挑战[J]. 模型世界, 2024(12): 8-10.

作者简介:

刘磊(1988.01—), 男, 汉族, 山东诸城人, 硕士研究生, 中级工程师, 研究方向: 输气管道机械、工艺、电气。