

基于 MQTT 智能仪表诊断系统在油气领域的应用探索

李军荣¹ 陈仕文² 屈军锁¹

1. 西安邮电大学人工智能学院; 2. 陕西诺盈自动化仪表有限公司

摘要: 基于当前工业自动化和 AI 技术快速发展的背景, 对油气领域的仪表诊断系统技术进行分析和应用探索。本文以基于 MQTT 协议的智能仪器诊断系统为研究对象, 包括智能仪器诊断系统的基本概念、MQTT 协议的原理与特点, 然后整体地介绍了智能仪表诊断系统的层次架构, 对智能仪表诊断系统进行了详细组成分析, 对系统的应用优势和应用领域前景做了详细阐述。希望通过此次分析为智能仪表诊断系统的应用提供指导, 推动油气控制领域的发展。

关键词: MQTT; 智能仪表诊断系统; 油气领域; 应用

随着工业 4.0 时代的到来, 智能化、网络化、信息化已成为现代工业发展的必然趋势。在油气领域, 智能仪表诊断系统的应用正逐渐成为提升生产效率、保障设备安全、降低运维成本的关键技术手段。本文旨在探讨基于 MQTT 协议的智能仪表诊断系统在油气领域的应用探索, 分析其技术架构、应用场景及未来发展趋势。

本文主要对一种基于 MQTT 协议的智能仪表诊断系统的应用进行讨论。仪表诊断系统通过对油田设备仪表监测, 及时分析有关数据并发出故障报警; MQTT 消息传输协议是一个非常适合物联网应用上面的通信层, 其占用带宽小、时效性高且可扩展性强等特点, 在仪器仪表诊断中使用该种协议能更利于工作的便利, 有利于更好地推动油气行业发展。

1 MQTT 协议智能仪表系统的架构

1.1 智能仪表诊断系统的基本概念

智能仪表诊断系统是指伴随着工

作自动化而出现的一种智能化系统, 主要由采集层、通信层、处理层、诊断层及用户显示层构成, 对工业仪表的故障诊断及性能评估是智能系统的最大特点, 系统通过实时监测、数据处理和智能算法 3 个部分实现。传感器数据采集, 包括压力、温度等仪表数据采集, 通过通讯发送到中央服务器, 中央服务器通过智能仪表诊断系统对数据清洗、整理、分析, 通过训练专业的算法, 判断仪器是否为故障状态或正常状态, 然后做出维护建议^[1]。智能仪器诊断系统提高了仪器管理的效率和准确性, 保障工业生产稳定运行和检修。

1.2 MQTT 协议的原理与特点

MQTT(Message Queuing Telemetry Transport) 是一种基于发布/订阅(publish/subscribe)模式的“轻量级”通信协议, 该协议构建于 TCP/IP 协议上, 在物联网、小型设备、移动应用等方面有较广泛的应用。

实现 MQTT 协议需要客户端和服务端通信完成, 在通信过程中, MQTT 协议中有 3 种身份: 发布者

(Publish)、代理 (Broker) (服务器)、订阅者 (Subscribe)。其中, 消息的发布者和订阅者都是客户端, 消息代理是服务器, 消息发布者可以同时是订阅者。

MQTT 会构建底层网络传输, 它将建立客户端到服务器的连接, 提供两者之间的一个有序的、无损的、基于字节流的双向传输。当应用数据通过 MQTT 网络发送时, MQTT 会把与之相关的服务质量 (QoS) 和主题名 (Topic) 相关联。

MQTT 会根据不同的应用场景, 为用户提供了 3 种服务质量 (QoS), 通过不同的服务质量为用户在不同网络环境下保证消息的可靠性。其中最多一次 (QoS 0) 的优点是确保消息快速地传输, 如果当前客户端不可用, 极有可能发生消息丢失或重复。至少一次 (QoS 1) 的优点是确保消息至少被传递一次, 它能够确保消息的可靠性。仅一次 (QoS 2) 的优点是确保消息仅传输一次且不会重复, 它适用于对消息传输准确性有极高要求的场景。

相较于其他的传输协议, 在工业

自动化领域方面应用, MQTT 协议具有不少的优势。其一, 它的协议开销非常小, 每条消息的头部设计紧凑, 最短只需要 2 个字节。消息主体设计十分灵活, 能够适用于各种情况灵活制定。其二, 它在实时性方面, MQTT 同样有着出色的表现, MQTT 的消息可以几乎实时地从发布者传递到订阅者。其三, 它支持消息持久化和会话管理, 能够为用户提供消息送达的可靠性。MQTT 协议本身也支持一定的可扩展性能力, 依赖于水平扩展能力可以适应业务的快速增长。能够支持大量的客户端、主题和代理。MQTT 协议高度集成。市面上提供了许多客户端和工具,

降低门槛, 能够给开发人员进行快速地开发。它在安全方面, 也有着自己的优势, 它采用了 TLS/SSL 加密、用户名密码认证、访问控制列表等机制, 从而能有效为用户保障消息的安全性和稳定性。

综上所述, MQTT 协议它非常适合用在智能仪表诊断系统中, 对信息传输有着独特优势。同时, 物联网领域广泛采用 MQTT 协议, 它已经成为工业自动化、智能家居等多个行业的主流消息协议。

1.3 总体系统架构

1.3.1 数据采集层

其中数据采集层是主要负责数据的采集, 大多数是以传感器构成, 传感器采集生产现场的各类数据, 压力数据、流量数据、温度数据等, 这些数据通过 RS485、以太网和 ZigBee 等通信方式, 将数据传输至数据采集模块^[1]。数据采集模块对数据进行一定的滤波操作等, 数据采集层为服务器提供了准确的数据^[2]。

1.3.2 通信层

在通信层是使用了 MQTT 协议进行传输, 数据采集模块将数据转化成典型的 MQTT 消息, 然后通过局域网或广域网传输至 MQTT 的服务器上。此

时在通信层的范围内, 对用户数据在传输过程中的安全问题做了进一步的加密安全验证, 载送数据的安全性与信赖性。

1.3.3 数据处理层

服务端在接收到通信层传输的数据后, 数据处理层一般主要负责的是对数据进行处理与分析。数据处理层首先会对数据进行清洗和预处理, 来去除传输过来数据的噪声和异常值。同时利用了数据挖掘和机器学习算法对数据进行分析, 提取出有用的特征信息。这些特征信息用来分析流量计的历史数据来建立流量预测模型, 建立的流量模型预测未来流量变化的趋势^[3]。

同时数据处理层还可以分析出不同仪表的数据的相关性, 通过分析出不同参数的内在关系, 使得模型的诊断能力和性能得到极大地增强。

1.3.4 诊断层

诊断层是智能仪表诊断系统的主要组成部分。诊断层根据数据处理层的分析结果, 完成仪器的故障诊断和性能评估。在故障诊断领域, 诊断层主要采用基于规则的诊断方法和基于模型的诊断方法。基于规则的诊断方法根据设计的故障规则对仪表参数进行分析和判断。例如, 当压力表的值小于故障规则的下限值, 且时间长于该限值时, 则判断压力表故障。基于模型的诊断方法是利用仪器的数学模型对仪器的工作状态进行仿真分析^[4]。例如, 建立流量计的动态模型, 模拟不同工况下的流量变化, 并与实际测量值进行比较, 就可以判断仪表是否存在故障。在性能评价领域, 诊断层根据设计的性能指标对仪器的准确性、稳定性等性能进行评价, 并输出评价报告。

1.3.5 用户界面层

用户界面层是为用户提供控制智能仪表诊断系统的界面。用户可以通过界面读取仪器对应的运行状态、故障诊断结果、评估值等信息。用户还可以进一步地通过该接口执行一些操作。例如,

用户可以查询过去的信息、设置告警阈值、生成报表等。用户界面层是以用户体验为中心, 采用直观易用的图形界面, 使用户能够快速理解和操作系统。

2 基于 MQTT 的智能仪表诊断系统在油气领域的应用

2.1 系统应用优势

2.1.1 提高生产效率 (预测性维护)

仪器的实时监控和故障诊断功能, 使系统能够在线检测仪器故障, 及时报警维护人员进行维护, 减少仪器故障造成的停机时间。预测性维护功能可以提前安排维护人员对仪器进行维护计划, 避免仪器的随机故障影响生产, 从而提高油气生产的整体效率。

2.1.2 保障生产安全

在油气生产中, 仪表的可靠性将直接影响到生产的安全^[5]。基于 MQTT 的智能仪表诊断系统可以实时监控仪器的运行状态, 及时发现安全隐患 (过电压、漏电等), 并及时采取预防措施对这些隐患进行处理, 避免事故的发生和由此带来的一切损失。

2.1.3 降低运维成本

仪器被定期检查与维护是传统的维护仪器的方法。这样的做法会产生很高的时间与人力成本, 更会出现一些不及时维修或者维修过度的问题。基于 MQTT 的仪器智能诊断系统能够高效地检查仪器维护, 对于毫无必要的维护工作节省必要的精力与维护成本^[6]。

2.1.4 实现远程监控和管理

智能仪表诊断系统允许使用 MQTT 协议进行远程监控和管理。首先通过互联网, 运营和维护人员可以监控部署在油气生产现场的仪器并检查可能的故障。同时, 运营和维护人员不需要亲自访问现场进行维护。这不仅增强了维护的便利性, 还减少了维护人员的时间消耗。

2.2 应用领域

基于 MQTT 的智能仪表诊断系统

可用于各种用途。首先,在油田生产过程中,通过采集传感器的压力、温度、流量等参数,可以对油井进行在线监测。然后通过 MQTT 协议将这些值传输到服务器,每个服务器上的模型可以在当前时间分析这些数据并检查仪器是否处于损坏的状态。

其次,在油气的运输和存储中,智能仪表诊断系统是通过监控管道安全和储罐状态,然后将数据实时上传和远程管理,远程管理能够及时发现故障,所以能够有效地预防安全事故的发生,从而保证油气运输的稳定。最后,在炼化与加工领域中,通过实时监控反应釜温度、压力仪表的变化,然后将数据上传至诊断系统平台,诊断系统可以分析当前趋势,能够有效地检查反映设备健康,从而提前安排检修,避免了意外发生的可能。

所以,基于 MQTT 的智能仪器诊断系统在油气领域方面有着巨大的前景,无论是在勘探、开采、运输、加工和储存等各个方面都有着巨大的优势。

3 结论

该系统进行实时监控、故障诊断、预测性维护、虚拟评估和性能评估,以提高运营效率、确保安全、降低成本,并实现油气作业的远程监控和管理,提出了一套完整的油气领域工业自动化的方案^[7]。但它同时也面临网络通信可靠性、数据安全与隐私问题、系统集成和兼容性问题以及技术工人短缺等潜在挑战。在油气行业中,基于 MQTT 协议的智能计量和诊断系统的应用潜力是巨大的。需要进一步对智能诊断系统的研究确保可靠性和安全性。加强数据传输的加密,并保护企业服务器的核心运营数据。对系统集成和兼容性问题进行深入研究。实现与现有系统设备的无缝集成。同时加强人才培养,为智能仪表的应用提供坚实的人才保障基础。

参考文献:

[1] 赵旭阳.物联网技术在油气田仪表自控系统设计中的应用探讨[J].全面腐蚀控制,2025,39(04):109-111.

- [2] 刘兴伟,陈婷婷,法曙光.城镇燃气计量仪表智能化标准发展探讨[J].煤气与热力,2022,42(05):44-46.
- [3] 刘明夏.自动化仪表中的计量检测技术分析[J].流体测量与控制,2025,6(01):32-34+38.
- [4] 郭一威.基于人工智能的变电试验仪器仪表故障诊断技术研究[J].仪器仪表用户,2025,32(03):19-21.
- [5] 李鸿鹏,张龙洲,黄墨轩,等.智能仪表诊断系统在油气领域的应用与探索[J].石化技术,2025,32(04):89-91.
- [6] 李强.基于自动化技术的机电工程电气仪表调试研究[J].电气技术与经济,2025,(04):88-90.
- [7] 叶金挺.智能仪表管理模式创新与实践[A]:2025年第三届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会议论文集[C].北京:广西网络安全和信息化联合会,广西信息化发展组织联合会,2025:2.

“**走进**
标杆”



机械工业信息研究院

流程工业

PharmaTEC
制药业

工业纪实类视频节目《走进标杆》

深入解读制造业领域的技术和管理创新

我们将走进:

- 科技创新型企业
- 数字化和智能化企业
- 传统能源企业转型
- 新能源和可再生能源企业
- 技术装备制造企业
- 绿色化工和材料企业

广告