

生产装置仪表数据采集系统搭建与智能运维技术研究

董永才^{1*}, 陈飞², 梁留法¹, 王灵飞¹

1. 浙江石油化工有限公司, 浙江 舟山 316100

2. 物产中大(桐乡)水处理有限公司, 浙江 嘉兴 314500

DOI:10.61369/ASDS.2025040016

摘 要 : 随着工业自动化和智能化技术的深入发展, 生产装置仪表数据采集系统和智能运维系统已经成为保障工业安全和提质增效的核心支撑。本研究针对工业生产场景下仪表数据获取系统的体系结构设计和实现方法展开研究。针对智能运维领域, 深入研究基于多源传感的仪表状态监控技术、融合深度学习的故障诊断模型, 以及面向设备维修的最优决策算法。研究内容包括构建面向全生命周期的岗位作业过程模型; 明确系统规划、部署执行和维护管理的协同机理; 提出跨部门协同框架和动态优化策略。本文旨在为工业企业实现设备全链路数字化管控提供理论指导和实践范例, 有效提高设备可靠性评价的准确性和维护响应效率, 促进工业制造向智能化和精密化方向发展。

关 键 词 : 生产装置仪表; 数据采集系统; 智能运维技术; 工作流程

Research on the Construction of Instrument Data Acquisition System for Production Facilities and Intelligent Operation and Maintenance Technology

Dong Yongcai^{1*}, Chen Fei², Liang Liufa¹, Wang Lingfei¹

1. Zhejiang Petrochemical Co., LTD., Zhoushan, Zhejiang 316100

2. Wuzhan Zhongda (Tongxiang) Water Treatment Co., LTD., Jiaxing, Zhejiang 314500

Abstract : With the in-depth development of industrial automation and intelligent technologies, the instrument data acquisition system and intelligent operation and maintenance system of production facilities have become the core support for ensuring industrial safety and improving quality and efficiency. This research focuses on the architecture design and implementation methods of the instrument data acquisition system in industrial production scenarios. For the field of intelligent operation and maintenance, in-depth research is conducted on the instrument status monitoring technology based on multi-source sensing, the fault diagnosis model integrating deep learning, and the optimal decision-making algorithm for equipment maintenance. The research contents include constructing a job operation process model for the entire life cycle; Clarify the collaborative mechanism of system planning, deployment execution and maintenance management; Propose the cross-departmental collaboration framework and dynamic optimization strategies. This article aims to provide theoretical guidance and practical examples for industrial enterprises to achieve full-chain digital control and management of equipment, effectively improve the accuracy of equipment reliability evaluation and the efficiency of maintenance response, and promote the development of industrial manufacturing towards intelligence and precision.

Keywords : instruments of production facilities; data acquisition system; intelligent operation and maintenance technology; work process

引言

在现代工业生产中, 生产装置仪表是获取生产过程关键参数的关键设备, 其工作状态的准确和稳定直接影响生产的安全、效率和产品质量。随着工业自动化和智能化水平的不断提高, 建立高效率、高可靠性的生产设备仪表数据采集系统, 采用先进的智能运行维护技术, 是提高工业生产竞争力的重要措施。生产装置仪器数据采集系统建设和智能运维技术研究岗的主要任务是建立完善的数据采集系统, 研发和应用智能运维技术, 保证生产装置设备的稳定运行。深入研究该系统的建设要点和智能维护技术, 可以有效地提升生产过程的可视化和可控化水平, 及时发现和解决设备运行中的隐患, 减少设备的故障率, 延长设备的使用寿命, 从而促进工业生产向智能化和精细化方向发展。

作者简介:

陈飞, 男, 汉族, 浙江桐乡, 大专, 研究方向: 机械;

梁留法, 浙江石油化工有限公司, 本科, 助理工程师, 电气工程及其自动化专业, 研究方向: 仪表维护;

王灵飞, 浙江石油化工有限公司, 大专, 研究方向: 仪控仪表。

通讯作者: 董永才(1975-), 男, 汉, 河北沧州, 本科, 中级工程师, 研究方向: 化工技术。

一、生产装置仪表数据采集系统搭建工作要点

（一）系统需求分析职责

生产装置仪表数据采集系统的需求分析是整个项目实施的基础，需要从多个方面进行全面和深入地考虑。在生产过程层次上，要准确地掌握各生产过程中仪表数据的种类、精度和采集频率的要求。例如，在化工生产过程中，要求反应器内的温度、压力数据的准确度分别达到 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 和 $\pm 0.01\text{ MPa}$ ，采集频率要根据反应过程实时调节，可能在反应初期为每分钟一次，剧烈反应阶段则提升至每秒一次^[1]。在钢铁冶炼等复杂流程中，需要对多维数据进行分析，如多原料配比、炉内温度控制、产品质量检验等，需要对数据进行整理。同时，要与企业现有的信息化结构相结合，保证新型数据采集系统能够与更高层次的企业资源计划（ERP）和制造执行系统（MES）无缝对接。这就要求对已有的系统进行数据接口规范、数据传输协议和数据存储格式的分析。在安全需求分析方面，采用 SSL/TLS 的加密协议，以防止数据被窃取和篡改。在数据存储方面，应制定备份策略，采取异地备份等措施，以应对可能发生的硬件故障和自然灾害，保证数据的完整性和可用性^[2]。另外，还需要对系统未来可扩充性进行预测，以备将来可能扩大生产规模、引入新的生产流程时，预留数据采集接口和处理能力。

（二）系统架构设计工作

在硬件架构上，根据仪表类型和工作环境，选择前端数据采集装置；对于分布在恶劣环境中的温压计，可以选择工业级的传感器，具有防爆、防尘和防水的功能，并通过 RS485、CAN 等现场总线向数据采集网关传送数据。数据采集网关作为数据汇聚节点，需要有较强的数据处理能力和协议转换能力，可以采用嵌入式 Linux 操作系统，支持多种通信协议之间的转换，如 Modbus 协议到 TCP/IP 协议的转换等^[3]。服务器端体系结构采用分布式体系结构，通过负载均衡技术将数据处理任务分配到多个服务器节点上，以提升并发处理能力。在软件架构方面，采取了一种分层的体系结构。数据采集层主要负责和前端仪器进行通信，对数据进行实时采集和缓存，利用多线程技术提高了采集效率。数据传输层使用 MQTT 等可靠数据传输协议，保证网络不稳定时数据的可靠传输。在数据处理层面，利用 Hadoop、Spark 等大数据处理技术，对收集来的海量数据进行清洗、转化和存储。数据显示层通过网络或者移动应用程序，为用户提供可视化的数据接口。

（三）系统实施与调试工作

在系统的实施阶段，设备的安装和软件的部署都要严格按照设计的要求进行。在安装设备时，要保证传感器的安装位置准确，满足工艺要求。例如，温度传感器要安装在能够准确反映被测介质温度的地方，不能将其安装在死角和干扰区。布线工作要严格按照电气安装规范进行，屏蔽现场总线，以降低电磁干扰，保证数据的准确传输。在软件部署上，首先要建立服务器的运行环境，并安装操作系统，数据库管理系统以及相关的中间件^[4]。将所研制的数据采集软件、数据处理软件和数据展示软件配置到相应的服务器节点上，调整配置参数，保证各个软件模块之间的

通信正常。系统调试也是保证系统正常运行的一个重要环节。首先，对各个传感器、数据采集网关和服务器节点分别进行单独的调试，确保设备的硬件功能正常，软件模块能够对数据进行采集、传输和处理。最后，通过系统的联调，模拟真实的生产场景，检验整个系统的数据采集、传输、处理和显示的完整性和准确性。在调试过程中，可能会出现数据丢包、通信中断等情况，需要使用网络检测工具和日志分析等方法来查找问题的根本原因，比如网络布线问题、软件参数配置不合理或者硬件兼容性有问题等。根据具体的情况，对其作出相应的调整和优化，直到系统能够稳定地运行。

二、生产装置仪表智能运维技术研究工作要点

（一）仪表运行状态监测技术研究

仪表运行状态监测是实现智能化运行的基础，它利用各种技术手段实时获取仪表运行参数，并对其健康状况进行评估^[5]。基于传感技术，在仪表关键部位加装振动、温度和压力传感器，实现了仪表工作状态下各种物性参数的实时采集。在温度监测方面，利用红外测温技术，对仪器壳体和关键零部件进行非接触测量，并与热像技术相结合，实现仪器温度分布的可视化显示，建立温度模型，设置正常温度阈值，当温度超过临界值时发出警报^[6]。另外，利用数据挖掘技术，分析历史数据，建立仪表正常工作模式。通过聚类分析方法，对相似工况数据进行聚类，确定每一类数据的特征参数范围，并将其与正常工况进行比较，若偏差范围内，则提示仪器可能存在工作状态异常，从而为后续故障诊断提供依据。

（二）仪表故障诊断技术研究

仪表故障诊断技术就是为了快速、准确地确定仪表的故障类型和位置。以卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）为代表的深度学习算法近年来得到了广泛的应用。针对智能电表显示屏上出现的缺字、花屏等图像特征的仪表故障，采用卷积神经网络对采集到的仪表显示图像进行特征提取和分类，并利用大量的故障样本对模型进行训练，实现对不同类型图像故障的精确识别^[7]。针对压力仪表的压力波动等具有时序特性的仪表数据，利用循环神经网络的长短期记忆网络对其进行建模。LSTM 可以有效地处理时间序列中的长时相依关系，通过对历史数据变化趋势的学习，预测未来压力值，当实际测量值与预测值之间的偏差超出设定阈值时，判断仪表可能出现故障，并对故障原因进行分析，如压力传感器失效、管路堵塞等。此外，还可结合专家系统进行故障诊断，该方法将领域专家的经验知识以规则的形式存储在知识库中，当仪表发生异常情况时，由推理引擎根据实时监控数据与知识库规则进行匹配，得到诊断结论，为维修人员提供维护建议。

（三）仪表智能运维决策技术研究

基于设备运行状态监测和故障诊断结果，制定合理的维护策略，优化维护资源配置。在运维计划的制定上，应用可靠性中心维修（RCM）理论，依据设备失效模式、故障后果和故障概率，

对设备的重要程度进行分级^[8]。对涉及生产安全的关键设备，如压力连锁仪等，采取预防性维护策略，依据运行状态监控数据，提前安排维护计划，更换易损部件，防止突发故障造成生产中断。对于非关键设备，可以采取事后维护的策略，以减少运行维护费用。在资源调度方面，采用遗传算法、粒子群等运筹学优化算法，综合考虑设备维护人员技术水平、设备配置、维护时间和维护费用等因素，对维护任务进行优化配置。例如，当多台仪器同时发生故障时，根据维护人员的专业技能和当前的工作任务，对维修任务进行合理地分配，以最小的维修时间或最小的维护成本。

三、生产装置仪表数据采集系统搭建与智能运维技术研究岗工作流程

（一）项目启动阶段工作流程

如图1所示，在项目启动阶段，这一岗位人员首先要参加到项目需求调研会议中，与生产、工艺、设备管理等相关人员进行深入交流，充分认识到企业对于生产装置仪表数据采集系统和智能运维技术的期望和要求。收集现有生产装置仪表的详细信息，包括仪表的仪表类型、品牌、型号、安装位置、运行参数范围等，并对企业现有的信息系统结构和数据管理进行调查^[9]。基于这些调研结果，对该项目进行了详细的可行性研究，并从技术上、经济上和時間上的可行性进行了分析和论证。在技术可行性上，对市场上现有的数据采集技术、智能运维技术等进行评估，评估其是否能满足企业的需要，以及企业内部的技术团队有没有能力实现和维护。经济可行性分析包括对建设成本、运维成本和预期效益的测算。时间可行性分析要求编制工程中期计划，确定各个阶段的关键节点。项目可行性报告经企业高层领导审批后，成立项目组，对项目组成员进行职责划分，制定项目章程，明确项目目标、范围、预算和沟通机制等关键因素，为项目顺利实施打下基础。

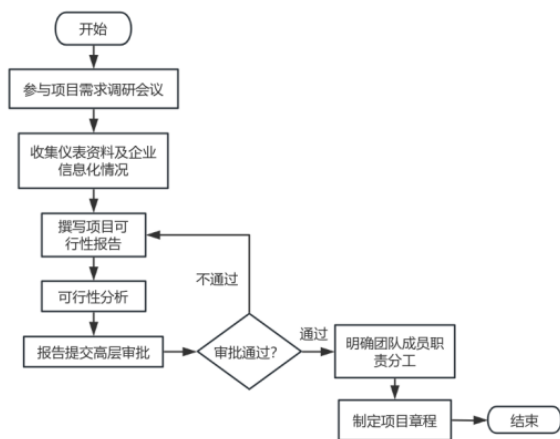


图1 项目启动阶段工作流程图

（二）系统搭建阶段工作流程

如图2所示，在系统搭建阶段，该岗位人员根据需求分析和体系结构设计，负责采购项目所需要的物资，如数据采集设备、

服务器、软件工具等。设备到货后，检查设备规格、型号、数量与采购合同是否相符，检查其外观有无破损，随机附送的技术文件是否完整。配合施工队伍做好设备的安装和布线工作，监督施工进度达到设计要求和相应的规范要求^[10]。软件方面，主要负责数据采集、处理和显示等软件的开发和测试。与软件开发团队紧密合作，根据业务需求，完成软件功能的细化设计，编写软件需求规范。在软件开发过程中，我们要对代码进行周期性地检查，以保证代码的质量达到标准。在软件测试阶段，编制完整的测试计划，包括功能测试，性能测试，兼容性测试，安全测试等。功能测试主要是对所开发的软件进行需求分析，并对其功能进行验证；在高并发性和海量数据环境下，性能测试对软件运行效率进行评价；兼容性测试是为了保证软件能够在不同的操作系统和浏览器中正常工作；安全测试主要是检查软件中是否有数据泄露和非法访问等安全缺陷。在测试过程中发现的问题，及时反馈给开发团队，使其能够顺利完成测试。

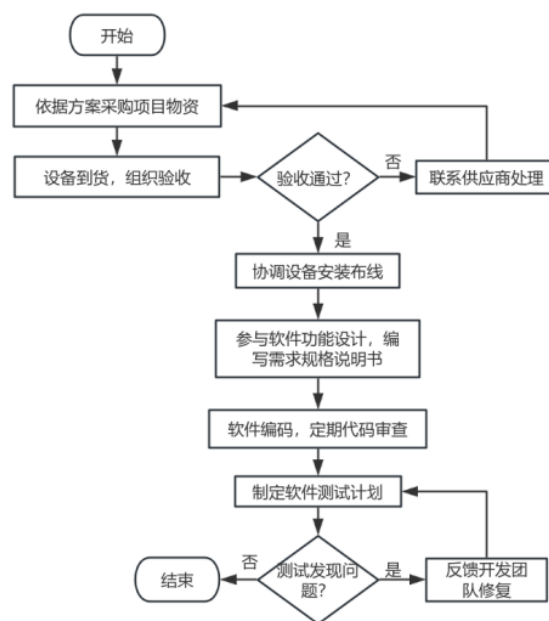


图2 系统搭建阶段工作流程图

（三）系统运行与维护阶段工作流程

如图3所示，在该系统投入运行之后，这个岗位的工作人员负责制定系统的运行监测机制，系统内自带的监测工具和第三方监测软件可以对数据采集系统的运行状况进行实时监控，包括设备的工作状态、数据传输的稳定性、服务器负载等。设置合理的监测门限，当监测指标超过阈值时，及时报警。与此同时，还要定期对系统进行巡视，检查设备的硬件有没有出现问题，如硬件出现故障，及时与设备供应商联系维修或更换；针对软件出现的问题，采用日志分析的方法查找问题的根本原因，并对软件进行更新和修补。在系统维护上，定期备份和恢复数据，以保证数据的安全性。通过提高数据收集频率，优化数据处理算法，更新数据显示界面，提升系统性能和用户体验，保证系统持续稳定运行，为生产装置仪表智能化维护提供可靠数据支撑。

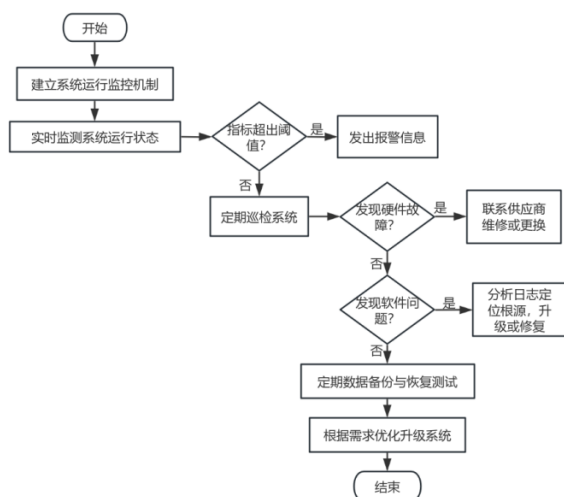


图3 系统运行与维护阶段工作流程图

（四）跨部门协作机制

生产装置仪表数据采集系统的构建和智能维护技术的研究涉及多个部门，如何建立有效的跨部门协同机制是关键。与生产部门保持紧密的联系，根据生产工艺的调整和生产任务的变化，对数据采集系统进行参数设置和智能运维策略的优化。生产部门在生产过程中，如发现仪表数据异常、系统运行出现问题，可以及时向岗位人员提供方便的交流渠道。在设备管理部门的配合下，一起制订仪器设备的维修计划，由设备管理部门进行日常的巡

检、维护等工作。与信息技术部门一起工作，信息技术部门负责维护和管理企业的整体信息化基础设施，为数据采集系统网络部署、服务器维护、信息安全保障等提供技术保障，该岗位人员将重点放在数据采集系统和智能运维技术的专业方面，双方一起保证该系统在企业信息化环境中的稳定运行。定期召开跨部门协调会，及时解决项目中遇到的问题，促进部门之间信息共享和协作，保证项目目标的实现。

四、结论

生产装置仪表数据采集系统建设及智能运维技术研究是现代工业生产中一个非常重要的环节。通过对系统进行深入地建设，从准确的需求分析到合理地架构设计，再到严谨的实现和调试，建立起一套高效、可靠的数据收集系统，为生产过程提供丰富而精确的数据支撑。在智能运维技术方面，利用先进的监测、诊断和决策技术，实时监控生产设备的运行状态，快速诊断故障。同时，通过标准化的工作流程和有效的跨部门协作机制，保证了项目从开工到运行维护各个阶段的顺利进行。但是，随着工业技术的不断发展，这一岗位还面临着新仪表技术的应用、大数据和人工智能的深度融合等诸多挑战。因此，要不断地学习和创新，提高自己的专业能力，将生产装置仪表系统推向一个更高层次的智能化水平。

参考文献

- [1] 黄国星. 大型化工装置仪表自控系统的故障处理方法研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (14): 25-27.
- [2] 杨力. 自控仪表设备的安装与调试 [J]. 化工管理, 2023, (12): 126-129.
- [3] 杨优才. 化工装置设备分级分类管理的探索研究 [J]. 化纤与纺织技术, 2023, 52 (04): 100-102.
- [4] 赵生春. 化工生产装置现场仪表的管理与维护 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42 (18): 79-81.
- [5] 王永江. 提高化工生产装置仪表自控率的措施 [J]. 化学工程与装备, 2022, (08): 178-179+183.
- [6] 王立建. 化工生产装置现场仪表的管理与维护研究 [J]. 中国设备工程, 2022, (14): 64-66.
- [7] 李栋, 马永洁. 化工生产装置现场仪表的管理与维护分析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12 (03): 290-292.
- [8] 张洪涛. 如何加强仪器仪表及自动化装置维护检修 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41 (18): 11-12.
- [9] 张泽. 石油化工生产装置中仪表维护的常见问题及应对措施 [J]. 中国设备工程, 2021, (06): 59-60.
- [10] 张春严, 王冰亚, 张东东. 氯碱生产装置中安全仪表系统的设计 [J]. 氯碱工业, 2020, 56 (09): 35-38.