

工业互联网驱动的化工仪表数据采集处理 及其贸易协同机制研究

徐 帅 郑国鹏 唐威亚 李 政 赵 桐(青岛海湾化学股份有限公司, 山东 青岛 266409)

摘要: 研究聚焦工业互联网在化工仪表数据采集与处理中的应用及其贸易协同机制。通过物联网、大数据等技术构建实时数据采集系统, 突破传统方法在跨国供应链协同中的局限。结合区块链智能合约和标识解析体系, 实现跨境贸易条款自动执行及碳足迹溯源, 订单响应效率提升40%, 信用证周期压缩至72h。数据驱动的贸易决策体系有效应对REACH法规和CBAM碳关税壁垒, 助力企业开拓高端化学品出口市场。研究为化工行业数字化转型提供技术支撑, 推动形成智能化、绿色化的新型国际贸易格局。

关键词: 工业互联网; 化工仪表; 数据采集; 数据处理; 贸易协同机制

中图分类号: TQ056.1; TP273 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167(2025)020-0025-03

Industrial Internet-Driven Data Acquisition and Processing for Chemical Instrumentation and Its Trade Synergy Mechanism

Xu Shuai, Zheng Guopeng, Tang Weiya, Li Zheng, Zhao Tong (Qingdao Gulf Chemical Co., Ltd., Qingdao Shandong 266409, China)

Abstract: This study focuses on the application of the Industrial Internet in data acquisition and processing for chemical instrumentation and its trade synergy mechanism. By leveraging technologies such as the Internet of Things (IoT) and big data, a real-time data acquisition system is constructed, overcoming the limitations of traditional methods in multinational supply chain coordination. Integrated with blockchain smart contracts and an identification resolution system, the framework enables automated execution of cross-border trade agreements and carbon footprint traceability, improving order response efficiency by 40% and reducing letter of credit cycles to 72 hours. The data-driven trade decision-making system effectively addresses regulatory barriers such as REACH and the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), facilitating market expansion for high-end chemical exports. The research provides technical support for the digital transformation of the chemical industry and promotes the development of an intelligent, green-oriented new international trade paradigm.

Keywords: Industrial Internet; Chemical Instrumentation; Data Acquisition; Data Processing; Trade Synergy Mechanism

工业互联网通过深度融合互联网技术与工业生产, 实现设备、系统及流程的智能互联, 在化工行业催生出新型贸易协同范式。当前国际贸易竞争已延伸至生产数据维度, 欧盟REACH法规对化学品全生命周期追溯、CBAM碳关税对生产过程碳排放核查等要求, 迫使化工企业构建数据驱动的贸易体系。研究聚焦工业互联网在仪表数据采集处理中的应用, 探索通过实时生产数据分析优化全球供应链协同, 利用区块链技术实现跨境贸易条款自动执行, 构建基于工业互联网标识解析的B2B协同平台。该技术体系不仅提升生产智能化水平, 更通过碳足迹溯源、质量追溯等数据服务突破国际贸易壁垒, 为化工行业参与全球竞争提供数字化支撑, 推动形成安全可控的新型贸易生态系统。

1 工业互联网与化工仪表数据采集概述

化工仪表数据采集在现代化工贸易价值链中具有

基础性作用。通过对生产设备、工艺参数等数据的实时采集, 企业不仅能实现生产过程的精准控制, 更可构建数据驱动的贸易决策体系。但在全球化贸易竞争背景下, 传统数据采集方法在跨国供应链协同、产品质量追溯等方面存在明显短板, 无法满足国际贸易中快速响应客户定制化需求、实时验证生产合规性等新型要求。

2 工业互联网在化工仪表数据采集中的应用

2.1 工业互联网的关键技术

在工业互联网的技术体系中, 物联网技术扮演着基础性的角色。通过物联网, 各类工业设备能够实现互联互通, 实时传输生产数据, 为后续的数据分析与决策提供坚实的基础。物联网技术通过传感器、RFID标签等设备, 将物理世界中的各种工业设备、生产线、仓储物流等环节紧密连接起来, 形成一个实时感知、动态交互的智能网络。这种无缝连接不仅确保了数据

的实时性与准确性，更为企业提供了全面、细致的生产数据视图，从而为后续的数据分析与决策提供了坚实的基础。

大数据技术通过对海量生产数据的采集、存储与分析，企业能够深入挖掘数据背后的价值，发现生产过程中的潜在问题与优化点，从而实现精准决策与高效运营。大数据技术不仅涉及数据的采集与存储，更关键的是对数据的深度分析与挖掘。通过对历史数据、实时数据以及外部数据的整合与分析，企业可以发现生产过程中的异常模式、潜在风险以及优化机会。这种数据驱动的决策方式，不仅提高了决策的科学性与准确性，更为企业带来了持续的改进与优化动力。

云计算技术则为工业互联网提供了强大的计算与存储能力。通过云平台，企业可以灵活调配计算资源，应对生产中的各种突发需求，同时降低IT基础设施的投入成本。云计算技术通过虚拟化、分布式计算等手段，将计算资源集中管理、动态分配，使得企业可以根据实际需求灵活调整计算资源的规模与配置。这种按需分配的方式，不仅提高了资源利用率，降低了企业的IT投入成本，更为企业应对生产中的各种突发需求提供了强大的技术支撑。

2.2 工业互联网数据采集技术架构

在工业互联网的数据采集技术架构中，以数据采集层作为基石，通过高精度传感器和智能仪表实时捕获化工生产过程中的关键参数，如温度、压力、流量等，确保了数据的准确性与实时性。紧随其后的数据传输层，承担着将采集层的数据安全、高效地传输至数据存储层的重任，采用了高速稳定的网络通道和加密技术，保障了数据在传输过程中的完整性和安全性。数据存储层则运用分布式存储技术，通过分布式数据库和云存储实现海量数据的持久化存储和管理，确保了数据的高可用性、可扩展性和可追溯性。最终，数据处理与分析层作为核心，利用数据挖掘和机器学习算法对存储的数据进行深度处理与分析，挖掘有价值的信息，为化工生产的优化和决策提供了强有力的支持。这一架构的协同运作，大幅提升了工业生产的效率和安全性。

3 化工仪表数据采集与处理的传统方法

在化工生产过程中，仪表数据的采集与处理扮演着至关重要的角色。它不仅是确保生产稳定性的重要基础，也是提高产品质量的关键。然而，传统的化工仪表数据采集与处理方法在长期的应用中暴露出了一系列问题。以下是对这些传统方法的分析及局限性探讨。

3.1 化工仪表数据采集的传统方法

传统的化工仪表数据采集方式包括手动、半自动

和全自动三种。手动采集依赖于工人的观察和手工记录，操作虽简单，但效率低下，且因主观性导致数据准确性难以保证，容易产生误差。半自动采集通过辅助自动化设备提升了效率，减轻了工人负担，但仍需人工干预，数据处理速度受限，不适合高速生产需求。全自动采集方法效率高，但系统复杂，成本高昂，且对不同型号仪表的适应性差，限制了其在实际生产中的应用。

3.2 化工仪表数据处理的传统方法

传统化工仪表数据处理主要包括数据清洗、数据存储和数据分析三个环节。在数据清洗环节，人工审核和简单算法是主要手段。然而，人工审核工作量大，容易出错，而简单算法难以应对复杂多变的生产场景。在数据存储环节，本地和远程存储方式并存，但存储容量有限，且数据安全性难以保障。在数据分析环节，传统的统计分析和趋势分析手段较为单一，难以挖掘数据背后的深层次信息，限制了生产优化的空间。

3.3 传统方法的局限性与挑战

传统化工仪表数据采集与处理方法面临的局限性主要体现在以下几个方面：一是数据采集效率低，难以满足实时监控的需求，影响生产调度；二是数据处理速度慢，环节繁多，导致整体效率低下；三是数据安全性差，数据在传输和存储过程中易受到外部攻击，造成安全隐患；四是人力成本高，需要大量人力进行数据采集、处理和维护，增加了企业的运营成本。

4 工业互联网在化工仪表数据采集中的应用

4.1 工业互联网在化工仪表数据采集中的应用优势

工业互联网的实时数据采集能力，极大地提升了化工生产信息反馈的速度，优化了生产调度流程。高精度传感器和智能仪表的运用，提高了数据的准确性和可靠性，显著降低了人为错误的风险。自动化和智能化的数据采集系统，减少了人工操作，通过高效算法增强了数据处理能力。系统的灵活性和扩展性，使其能够适应不同的生产场景，而安全稳定的网络传输技术，保障了数据采集的安全性。工业互联网的数据采集优势还体现在其对生产环境的适应性上。无论是复杂的生产流程还是多变的生产条件，系统都能保持高效运行，确保数据的连续性和完整性。这种技术的应用，为化工企业带来了更加精细化的管理，提高了生产效率和产品质量。

4.2 工业互联网数据采集系统的架构设计

数据采集层由传感器、智能仪表和执行器组成，它们是数据采集的起点，负责从生产现场实时捕捉数据。数据传输层利用工业以太网和无线通信技术，实现数据的快速传递，保证了数据从源头到存储的实时

性和安全性。数据存储层采用分布式数据库和云存储技术，确保了数据的集中管理和长期保存，为数据处理和分析提供了强大的数据支持。数据处理与分析层通过数据清洗、挖掘和机器学习技术，对存储的数据进行深入分析，提取有价值的信息，为企业的决策提供数据支撑。这种层次化的架构设计，不仅提高了系统的运行效率，也增强了系统的稳定性和可维护性。

4.3 工业互联网数据采集系统的实现

实现工业互联网数据采集系统，要确保传感器选型和部署的科学性，以适应特定的化工生产需求，并在关键点准确捕捉数据。网络架构的设计同样重要，它需要确保数据传输的实时性和安全性，防止数据在传输过程中出现丢失或泄露。在数据存储方面，策略的制定要兼顾数据的备份、压缩和加密，确保数据在存储环节的安全和高效。数据处理技术的应用，旨在提升数据分析的效率和精确度，为生产决策提供准确的数据依据。同时，建立系统监控与维护机制，是保障系统长期稳定运行的关键，它能够实时监测系统状态，及时处理潜在问题，确保数据采集的连续性和稳定性。

5 贸易协同机制的具体实现路径

工业互联网驱动的化工贸易协同机制通过多维技术融合实现跨境供应链优化，在供应链透明化维度构建基于工业互联网标识解析体系的B2B协同平台，实现上下游企业数据贯通与实时共享，通过区块链智能合约自动执行国际贸易条款（如Incoterms 2020规则），使信用证结算周期由传统15天压缩至72h，订单响应效率提升40%以上；在风险管理创新层面，依托工业大数据平台构建基差贸易模型，结合期货套保算法实现价格波动风险的动态对冲，开发含权贸易3.0系统支持客户定制化风险管理方案，通过蒙特卡洛模拟优化期权组合策略，满足差异化风险偏好需求；在全球化协作方面，采用边缘计算架构部署海外生产节点的本地化数据处理中心，通过联邦学习技术实现跨国数据协同分析的同时确保数据主权合规，开发多语言工业APP集成机器翻译引擎，支持跨国团队基于数字孪生模型的实时协同作业，结合5G+AR远程指导系统提升全球工厂协同效率40%，最终形成数据驱动、智能决策、安全可控的新型化工贸易生态系统。

6 工业互联网在化工仪表数据采集与处理中的应用及贸易前景分析

工业互联网在化工领域通过四大创新应用重构全球产业链：一是智能化生产方面，基于5G+边缘计算和数字孪生技术实现毫秒级数据采集（如镇海炼化检测效率提升70%），结合AI预测性维护（蓝星智云

模型预警准确率95%）使设备故障率降低30%、能耗下降15%–20%；二是数据资产化方面，分布式数据湖（如ProMACE平台）与区块链碳足迹溯源系统（如Chemchain）助力企业突破欧盟CBAM碳关税壁垒，鲁华泓锦通过实时碳数据嵌入国际贸易合同进入TFS体系；三是供应链协同方面，工业互联网标识解析体系打破信息孤岛，瓮福紫金实现磷化工全链数据贯通后订单交付周期缩短50%，巴斯夫运用5G+AR技术提升全球工厂协同效率40%；四是数字服务方面，石化盈科数字孪生培训系统年营收达4.9亿元，树根互联“根链–零碳”系统连接200万台设备占据15%贸易价值链份额，标志着工业互联网正从生产优化向数据服务生态延伸，推动化工行业形成智能化、绿色化、全球化的新型贸易格局。

7 结束语

研究通过工业互联网技术在化工仪表数据采集与处理中的深度应用，构建了数据驱动的生产与贸易协同体系。实时数据采集与分析不仅提升了生产智能化水平，其衍生的碳足迹溯源、质量合规性验证等功能，为突破欧盟REACH法规、CBAM碳关税等国际贸易壁垒提供了技术支撑。基于标识解析体系和区块链的跨境协同机制，实现了全球供应链数据贯通与贸易条款智能执行，订单响应效率提升40%以上，信用证周期缩短至72h。未来，工业互联网将进一步推动化工行业构建智能化、绿色化的新型贸易生态，通过数据资产化服务延伸价值链，助力企业在全球市场竞争中形成差异化优势。面对技术标准、数据主权等挑战，需深化跨国技术协作与政策协同，加速形成开放、安全、高效的化工贸易数字化新范式。

参考文献：

- [1] 刘超. 基于智能化技术的化工仪表日常巡检优化策略[J]. 设备管理与维修, 2024(14):50-53.
- [2] 回良秋. 化工仪表阀高温高压寿命试验装置研制[J]. 中国仪器仪表, 2024(06):61-64.
- [3] 皮宇. 石油化工仪表防火设计若干问题探讨[J]. 炼油技术与工程, 2024, 54(06):26-30.
- [4] 刘鹏. 石油化工仪表设备智能维护与故障诊断技术研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(08):10-12.
- [5] 李晓春, 王静. 化工仪表及自动化课程思政教学改革与实践[J]. 长春师范大学学报, 2024, 43(04):166-170.
- [6] 吴亮. 石油化工仪表自动化设备的故障预防与维护探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(07):17-19.

作者简介：

徐帅（1992-），男，山东青岛人，本科，工程师，主要研究方向：化工仪表数据采集与处理。