仪表自动化控制技术在石油化工工程施工中的实践探索

冯 建

（中石化第十建设有限公司，山东 青岛 266500）

摘 要 石油化工工程施工工况复杂、介质危险、工序密集、连续性好，仪表自动化控制是石油化工装置智能化施工、安全运维的关键，贯穿于设备安装、系统调试、工况控制、风险防控的全过程中。为了克服传统人工管控精度低、滞后性强、高危工况监控盲区大的行业弊端，本文以石油化工工程施工现场为依托，分析了仪表自动化控制的施工特点和主要组成要素，并从设备安装、组态配置、系统调试、未来发展趋势四个方面提出实施操作的途径，解决石油化工工程施工过程中仪表适配性不好、数据传输不稳定、调控精度不高、安全管控不足的问题，旨在达到提高石油化工工程施工智能化、精准化、安全化的目的，为石油化工工程自动化施工标准的落实和效率的提高提供实践参考和技术借鉴。

关键词 仪表自动化控制；石油化工；智能传感采集硬件；智能调控；风险管控

中图分类号：TE682；TH86 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.29.011

0 引言

随着石油化工行业向着大型化、集成化、智能化、绿色化方向发展，传统的依靠人工操作、常规仪表检测的施工方式已经不能满足现代化工装置高精度、高安全、连续性的施工和运行要求了。石油化工工程施工包含油气炼化、反应合成、物料输送等许多危险作业，高温高压、易燃易爆、强腐蚀这些特殊施工环境，对仪表监测精确度、数据传输及时性、工况控制迅速程度、安全预警水平提出更高的要求。仪表自动化控制依靠智能传感、网络传输、智能运算、闭环调控的集成技术体系，冲破了传统化工工程施工的技术束缚，可以实现施工全流程工况动态监测、参数精确掌控、危险智能预知。

1 石油化工工程施工中仪表自动化控制技术特征

和普通工业仪表施工相比，石油化工工程的仪表自动化控制施工有高适配性、强耦合性、高容错性和动态智能化的特点，技术难度和工况适配门槛都更高，不属于标准化安装作业。石油化工装置各施工工序联系紧密，设备集群集中，仪表自动化系统不能孤立运行，需要和多类工序融合，对多设备与参数做协同联动控制[1]。另外，在高危特殊的施工现场环境中，自动化仪表需要具备对应硬件特性，施工也要满足多项技术要求。除此之外，施工全过程可实现动态自适应调节，能根据工况变化和设备偏差及时调整修正参数，解决了传统静态仪表的适配问题，让施工具备精细工艺标准、智能化技术逻辑和高危环境安全管控等特征。

2 石油化工工程施工中仪表自动化控制技术要素

2.1 智能传感采集硬件

智能传感采集硬件是仪表自动化控制系统前端的核心感知器件，也是石油化工工程施工采集数据、监控工况的基础硬件，它的施工精度直接影响整个系统的调控精度。石油化工工程所用传感硬件需要适配特殊工况，目前主流应用各类防爆型智能传感器，解决了传统模拟传感器的相关问题。施工时需要根据不同区域的情况选择对应设备，严格把控安装关键细节，避免数据采集偏差，实现石油化工工程施工全过程工艺参数的高精度不间断采集。传统自动化仪表的核心功能仅局限于参数检测与简单的闭环控制，而新一代智能自动化仪表已经具备了完整的边缘计算能力，能够在现场实时分析采集到的海量数据，提前预测设备潜在故障，实现自诊断与自维护。例如：当前主流的智能流量仪表，不仅能够完成高精度的流量测量，还可以自主诊断管道堵塞、传感器异常等故障，主动向运维人员推送预警信息，将仪表的价值从单一的“数据采集”延伸到生产全流程的运维优化。

作者简介：冯建（1982-），男，本科，工程师，研究方向：仪表自动化控制技术。

2.2 数据传输交互网络

数据传输交互网络是前端采集硬件和后端调控系统的连接纽带，负责完成数据和指令的传输交互，传输的稳定及时安全是自动化控制系统正常运行的重要保障。石油化工工程施工现场环境复杂，对传输网络的多项性能都提出了较高要求[2]。目前主流使用三类工业传输网络，这类架构可以实现多设备多点位海量数据并行传输和分区交互。搭建时需要针对性处理多项施工工作，避免数据传输异常，同时支持特殊传输功能，保障数据和指令及时安全准确交互，搭建稳定的系统数据联动通道。

2.3 智能运算调控系统

当前的智能仪表阶段，控制功能重新下沉到现场设备，多个智能仪表之间可以实现分布式协同运算，不需要依赖中央控制室的指令就能自主完成局部的优化控制，系统的响应速度与可靠性大幅提升。智能运算调控系统是仪表自动化控制系统的核心部分，是实现石油化工工程施工工况自主分析、参数准确更正、设备智能控制的关键软件支撑，也是和传统方式的关键区别。该系统依托相关控制器与智能算法模块搭建，可以对前端采集的各类数据做实时处理与偏差判断。系统能够根据预设参数和算法，自动检测异常和偏差，无需人工即可完成各类闭环调控工作，适配炼化施工的特点，实现各设备协同操控与动态平衡。和传统静态调控模式相比，该系统能克服多项问题，有效提升化工施工工艺的准确性与稳定性。

2.4 施工运维保障管理

施工运维保障管理是仪表自动化控制系统落地并持续运行的重要支撑，覆盖设备安装、系统调试、施工维护、后期检修等各环节，是解决自动化施工技术落地难题、防范施工质量隐患的主要支撑。石油化工仪表自动化施工技术门槛高、工序繁杂、高危风险点多，仅靠硬件和系统无法保障施工质量，必须依托专业化、标准化的运维管理体系规范施工过程[3]。该体系包含施工人员技术控制、设备质量检验、施工工艺标准控制、系统故障预测、后期维护维修等内容，实操时需依照化工施工规范制定专属自动化施工方案，严格落实仪表设备入场校验、施工工序全流程质量监管、系统运行实时监测、故障及时处置等制度。

3 石油化工工程施工中仪表自动化控制技术的实践路径

3.1 统筹设备适配安装

石油化工仪表自动化施工要以工况适配为原则，统筹各类设备的适配选型与标准化安装，从源头避免运行故障。施工前，根据施工区域的各类条件差异，区分选择对应设备，避免通用设备混用[4]。施工中，严格遵循相关规范操作，针对不同载体制定安装方案，做好对应防护。同时统筹安排仪表设备与其他设备管线的安装顺序，避免交叉作业引发问题，保障自动化设备适配工况，打好硬件基础。

3.2 强化仪表设备组态配置

仪表设备组态配置是实现自动化精准控制的关键工序，也是石油化工自动化施工的核心技术难题，直接决定系统运行的准确性。完成硬件安装后，要根据石油化工各工序的相关要求，依托现有控制系统开展精细化组态配置，摒弃传统模板化方式。实操中要完成多项基础工作，针对不同场景定制差异化组态程序，优化设备联动逻辑，还要分级校验组态参数，修正各类问题，保障系统精准识别工况变化，实现设备自动调节和异常预警，满足高精度工艺要求。

3.3 优化系统调试校准工艺

系统调试校准是消除运行偏差、保障工艺达标、规避运行隐患的重要步骤，需要摒弃传统粗放调试方式，建立全维度动态分层调试校准体系。由于石油化工工况动态波动大，静态调试无法保障长期精度，因此要分阶段开展单机、分区、整机联动调试，依次校验单设备状态、验证区域联动效果、调试全系统协同运行。还要结合施工现场极端工况开展动态校准试验，实时修正各类问题，同时建立调试台账，逐一整改复核发现的问题，优化系统响应速度和调控精度，保障自动化系统适配动态工况需求。

3.4 落实施工风险智能管控

依托仪表自动化控制系统的监测预警功能，建立石油化工工程施工全流程风险智能管控体系，解决传统施工风险管控的各类问题。施工过程中，要发挥智能设备的技术优势，对施工现场各类高危风险点实行24小时监测，该模式可按照预设标准分级发出告警，重大风险还可联动停产，替代人工巡视的粗放管控；同时可结合动态施工进度调整管控逻辑，针对不同施工情况调整监测相关参数，将安全管控融入施工过程，减少安全事故，保障施工安全可控，提升施工质效[5]。

仪表自动化控制技术在石油化工工程施工中的实践路径如表1所示。

4 自动化仪表的发展趋势

国内自动化仪表行业已经形成了国产与外资两大阵营。重庆川仪、上海自动化仪表、中控科技等国产厂商在中低端市场占据了主导地位，展现出极强的产

表 1 仪表自动化控制技术实践路径汇总表

序号	实践路径模块	核心动作	核心目标
1	统筹设备适配安装	工况适配选型、规范安装防护、统筹安装顺序	适配工况，筑牢硬件基础，规避源头故障
2	强化仪表组态配置	定制差异化组态、优化联动逻辑、分级校验修正参数	实现精准控制，满足高精度工艺要求
3	优化系统调试校准	分层联动调试、极端工况动态校准、闭环整改复核	消除运行偏差，保障系统长期精度，适配动态工况
4	落实施工风险管控	24 小时智能监测、分级告警联动、动态调整管控逻辑	全流程风险管控，降低安全事故，提升施工质效

业活力。但在高端电子测量仪器、高精度分析检测仪表领域，艾默生、西门子、横河电机等国际品牌依然占据主导地位，推进核心高端仪表的国产化，是当前行业发展的核心任务之一。在工业 4.0 与智能制造的大背景下，自动化仪表将进一步与新兴技术深度融合，未来的发展将呈现出五大核心趋势。

4.1 深度智能化与自主化

自动化仪表将集成更先进的边缘人工智能算法，不仅能够根据工况动态调整自身的运行参数，还能够自主学习生产过程的特征规律，自动优化控制策略，实现真正的无人干预自主运行。智能自诊断功能将成为所有仪表的标配，仪表可以实时监测自身的健康状态，提前预判故障发生的时间，自动生成维护方案，大幅降低设备的停机时间与运维成本。

4.2 物联网与多协议互联互通

当前不同厂商的自动化仪表接口与通信协议互不统一，系统互联互通难度大，是制约行业发展的核心痛点。行业将逐步建立统一的通信标准与协议规范，推动跨平台、跨设备的无缝连接，实现仪表与仪表、仪表与云端系统之间的信息共享与协同工作，构建完整的工业互联网底层感知网络。

4.3 低功耗与绿色低碳化

随着大量无线自动化仪表的大规模部署，系统的能源消耗问题将成为行业关注的重点。低功耗芯片与能量采集技术将广泛应用于自动化仪表，大量现场部署的无线仪表可以依靠环境中的光能、振动能实现自供电，大幅降低系统的运行能耗，适配绿色工业的发展需求。

4.4 功能高度集成化与定制化

自动化仪表将打破单一参数测量的功能限制，一台仪表可以同时实现压力、温度、流量等多个参数的同步采集与处理，大幅减少现场设备的部署数量。同时仪表的软硬件将采用模块化设计，用户可以根据自身的特殊应用需求灵活定制仪表的功能，获得更加适配的个性化解决方案。

4.5 核心技术全面国产化

在国家政策的大力支持下，国内自动化仪表厂商将持续加大在高精度传感器、高端芯片等核心领域的研发投入，逐步突破高端仪表的技术壁垒，实现高端自动化仪表的全面国产化，彻底解决关键领域的“卡脖子”问题，支撑我国工业智能化的全面转型。

5 结束语

仪表自动化控制技术凭借自身的优势，适配石油化工施工复杂高危连续的工况，是推动行业施工智能化升级、提高工程质量、筑牢安全防线的核心技术支撑。本文剖析该技术在石油化工工程施工中的核心特点，梳理出智能传感硬件、数据传输网络、智能调控系统、运维管理四大要素，并从设备安装、组态配置、系统调试、风险管控四个方面搭建了可实施、高匹配的施工实践路径。在石油化工行业智能化转型背景下，未来施工需要持续深化自动化技术和化工工况的融合，不断改进施工工艺、完善管控体系、升级智能调控逻辑，充分发挥该技术的价值，推动石油化工工程施工向更精准、智能、安全、高效的高质量方向发展。

参考文献：

[1] 汪俊伟.基于深度学习的指针式仪表自动化识别读数技术研究与应用 [D]. 成都：电子科技大学 ,2025.
[2] 吕政豪.C 自动化仪表仪器公司俄罗斯市场营销策略优化研究 [D]. 重庆：西南大学 ,2025.
[3] 李炆灿.S 工业自动化仪表公司销售人员薪酬体系优化研究 [D]. 桂林：广西师范大学 ,2024.
[4] 舒顺强.油水井自动化仪表故障诊断及适用性评价研究 [D]. 青岛：中国石油大学（华东）,2023.
[5] 黄鼎.汽车座舱仪表视觉自动化测试技术及其应用研究 [D]. 宁波：宁波大学 ,2022.