

# 炼油厂仪表设备智能化改造及其效益分析

欧阳龙（玉门油田炼油化工总厂炼化生产保障部，甘肃 酒泉 735200）

**摘要：**随着我国社会经济的快速发展，炼油厂的发展也在不断提高，仪表设备智能化改造的需求正在不断增长，成为企业提升竞争力、实现可持续发展的关键举措。炼油厂仪表设备作为生产过程中的重要组成部分，其智能化改造对于提高生产效率、降低能耗、保障生产安全等方面具有重要意义。基于此，本文就炼油厂仪表设备的智能化改造现状及其效益展开分析研究。

**关键词：**仪表设备；数字孪生技术；智能化改造；效益分析

中图分类号：TE96 文献标识码：A 文章编号：1674-5167（2025）025-0057-03

## Intelligent Transformation of Instrumentation Equipment in Oil Refineries and Its Benefit Analysis

Ouyang Long (Yumen Oilfield Refining and Chemical General Plant, Refining and Chemical Production Support Department, Jiuquan Gansu 735200, China)

**Abstract:** With the rapid development of China's social economy, the advancement of oil refineries has also been accelerating. The demand for intelligent transformation of instrumentation equipment continues to grow, becoming a key initiative for enterprises to enhance competitiveness and achieve sustainable development. As a crucial component of the production process, the intelligent transformation of instrumentation equipment in oil refineries holds significant importance for improving production efficiency, reducing energy consumption, and ensuring production safety. Based on this, this paper analyzes and studies the current status of intelligent transformation of instrumentation equipment in oil refineries and its associated benefits.

**Keywords:** instrumentation equipment; digital twin technology; intelligent transformation; benefit analysis

随着信息技术的飞速发展和工业自动化水平的不断提升，企业加速推进设备智能化改造的步伐，以便优化生产流程，提高生产效率，降低能源消耗和运维成本。在此背景下，以炼油厂仪表设备为研究对象，探讨无线信号传输、自动化系统升级、设备预警和诊断等智能化改造的途径和方法是否能够有效提升设备的运行稳定性，降低故障率，以及提高设备的有效利用率和生产效率，进而实现显著的经济效益，具有重要的理论和实践意义。

### 1 炼油厂仪表设备的现状和智能化改造需求

炼油厂作为能源转换的关键环节，其核心设备——仪表系统的运行状态直接关联着生产线的效率、安全性及最终产品的品质。当前，我国炼油行业正处于转型升级的关键时期，尤其在一些历史悠久的炼油厂中，仪表设备的智能化改造已成为推动产业升级、提升竞争力的关键一步。

部分先进炼油厂已经率先迈入了智能化、自动化的新纪元。这些企业不仅引进了先进的自动化控制系统和高精度传感器，还通过集成信息化管理系统，实现了生产数据的实时采集、分析与优化。这种高度集成化的管理模式，不仅显著提高了生产效率，降低了人为操作失误的风险，还通过精准控制确保了产品质量的稳定与提升。同时，智能监控系统能够实时监测

仪表设备的运行状态，及时发现并预警潜在故障，有效避免了因设备故障导致的生产中断和安全隐患。众多老旧炼油厂仍面临着仪表设备智能化改造的紧迫挑战。这些传统设备往往存在故障频发、维护成本高昂、数据精度不足等问题，严重制约了生产效率和产品质量的提升。

在智能化改造的过程中，信息技术发挥着至关重要的作用。大数据分析技术能够深入挖掘生产数据中的隐藏价值，为炼油厂提供科学的生产决策支持；物联网技术则通过实现设备间的互联互通，构建起高效协同的生产网络；而人工智能技术的应用，更是赋予了设备自我学习和决策的能力，使得生产流程更加灵活、智能。这些技术的融合应用，不仅能够显著提升炼油厂的生产效率和产品质量，还能够有效降低能耗、减少排放，推动绿色生产。

炼油厂仪表设备的智能化改造是当前行业的迫切需求，也是推动炼油行业高质量发展的关键所在。随着信息技术的不断进步和广泛应用，我们有理由相信，在未来的日子里，将有越来越多的炼油厂加入到智能化改造的行列中来，共同迎接更加高效、安全、绿色的生产新时代。

### 2 智能化改造的途径与方法

仪表设备的智能化改造是一项系统工程，如何从

无数的途径和方法中选择出最符合已有设施和企业发展规划，是广大炼油工业界必须拥有的技能。在当今工业自动化领域，智能化仪表作为关键的感知与控制终端，其单元模块升级是提升生产效率与质量的关键力量，不仅涉及传感器、处理器等核心部件的更新换代，还涵盖通信模块、电源管理等多方面的优化，全方位提升仪表设备的性能与功能。

传感器是智能化仪表的“感官”，其性能直接影响数据采集的准确性与可靠性。随着微机电系统（MEMS）技术的不断发展，传感器在尺寸、精度、响应速度等方面实现了质的飞跃。新型MEMS传感器采用纳米级制造工艺，能够在极小的体积内集成多个感知单元，实现多参数的同时测量，如温度、压力、湿度、流量等。这使得智能化仪表能够更全面地感知工业现场的各种物理量，为精确控制提供更丰富的数据支持。同时，传感器的精度也大幅提高，从传统的百分之一级别提升至千分之一甚至更高，能够更精准地捕捉微小变化，满足高精度工业生产的需要。而且，其响应速度更快，能够在毫秒级甚至微秒级时间内完成数据采集与传输，及时反映生产过程中的动态变化，确保控制系统的快速响应。

处理器是智能化仪表的核心“大脑”，负责对采集到的大量数据进行处理、分析与决策。随着半导体技术的持续进步，处理器的性能不断提升。新一代的处理器采用了先进的多核架构，具备更高的运算速度和更强的多任务处理能力。这使得智能化仪表能够实时处理复杂的算法，如数据融合、故障诊断、预测性维护等。例如，在数据融合方面，处理器可以对来自不同传感器的多维度数据进行综合分析，剔除噪声干扰，提取更有价值的信息，为生产过程的优化提供更准确的依据。在故障诊断方面，强大的处理器能够快速分析仪表自身的运行状态数据，及时发现潜在故障隐患，并进行预警，减少停机时间，提高设备的可靠性和可用性。同时，处理器的低功耗设计也成为硬件升级的重要方向。通过采用先进的节能技术和优化的电路设计，处理器在保持高性能的同时，大幅降低了功耗，延长了仪表的使用寿命，尤其适用于一些电池供电或能源受限的工业应用场景。

稳定的电源供应是智能化仪表可靠运行的基础。硬件升级中的电源管理优化，包括采用高效的电源转换芯片、智能的电源管理系统等。高效的电源转换芯片能够在保证输出稳定电压和电流的同时，提高电源转换效率，减少能量损耗，降低仪表的发热量。智能的电源管理系统则可以根据仪表的工作状态和负载需求，自动调整电源的输出功率，实现节能运行。例如，

在仪表处于待机状态时，电源管理系统可以自动降低功耗，进入低功耗模式；当仪表开始工作时，又能迅速恢复到正常供电状态。此外，电源管理系统还具备过压、过流、短路等保护功能，有效防止电源故障对仪表造成损坏，延长仪表的使用寿命，确保在各种复杂的工业环境下稳定运行。

通过传感器技术、处理器、通信模块以及电源管理等多方面的优化升级，智能化仪表将具备更强的感知能力、数据处理能力、通信能力和稳定性，能够更好地适应工业生产中的各种复杂需求。这不仅有助于提高生产效率、降低成本、提升产品质量，还将推动工业自动化向更智能化、高效化的方向发展，为工业企业的数字化转型和智能制造提供坚实的技术支撑。

在硬件模块升级的同时，通过建设炼油厂生产过程的网络化平台，实现生产数据的实时传输和共享，同时引入先进的控制系统，实现生产数据的实时采集、分析和处理，为生产决策提供有力支持。其中，数字孪生三维可视化管理系统的出现为炼油厂提供了新的解决方案。该技术是指将真实系统建模为数字模型，通过数字模型对真实系统进行监管、管理、预测等操作，以提高系统的运行效率和安全性。通过数字孪生技术搭建炼油厂三维可视化管理系统是必然的选择。在石油炼制行业中，使用数字孪生技术可以极大地提高炼油厂的生产效率、炼油质量和安全性。数字孪生技术可以将现实中的物理系统与数字模型进行连接，实现对其管理的数字化监管，从而提高炼油的质量、效率和安全性。数字孪生技术的基本原理就是将真实的物理系统进行数字化建模以及仿真。数字化建模是将真实的物理系统（如炼油厂）通过传感器采集的数据进行数字化建模，建立数字孪生模型。数学模型可以采用三维激光扫描技术、人工智能、传感器等技术手段验证模型，通过数字模型进行仿真压力测试，并进行优化炼油厂设备和流程，减少安全风险，提高运行效率。数字孪生系统还可以将仪表、开关、阀门等不同的物联网设备和监控系统集成在一起，帮助管理者实时监测炼油厂的状态。通过数字孪生技术的实时数据采集和分析，操作人员可以迅速调整流程和设备运行，提高炼油厂的生产效率和安全性。该系统的优点在于它可以为炼油厂管理提供更为精准的决策支持，提升炼油厂的生产效率，降低运营成本，提高安全性和环保水平，推动炼油工业向信息化、智能化转型。

另外，设备预警与诊断技术，可以为炼油厂设备的智能化管理提供有力支持。预警系统通过实时监测设备的关键参数，如温度、压力、振动等，能够及时发现并预测潜在的故障风险，为设备的预防性维护提

供科学依据。一旦预警系统发出警报，维修人员即可迅速响应，对设备进行停机保养或维修，从而有效避免设备意外故障对生产造成的影响。而设备诊断技术则能够精准定位故障部位，为维修工作提供明确指导，进一步缩短维修时间，降低维修成本。这些技术的综合引入不仅提升了炼油厂的生产效率与产品质量，还降低了运营成本与风险，为企业的可持续发展注入了强劲动力。随着技术的不断进步与应用的深入拓展，炼油厂智能化改造的未来将更加光明可期。

### 3 智能化改造的效益分析

首先，生产效率的飞跃是智能化改造最为直观的成果。借助无线信号传输技术的高速与稳定性，仪表设备的数据采集、处理与反馈实现了即时化、精准化，极大缩短了信息流转周期，减少了人为干预导致的错误与延误。自动化系统的全面升级，则进一步增强了设备间的协同作业能力，使得生产流程更加流畅，减少了设备闲置与等待时间，提高了整体生产线的连续作业效率。此外，智能化设备能够灵活调整生产参数，快速响应市场变化，满足多元化产品需求，进一步提升了生产灵活性与适应性。

安全状况的显著改善是智能化改造的另一大亮点。设备预警与诊断技术的深度应用，如同为炼厂安装了一套全天候、全方位的“安全卫士”。通过对设备运行状态的实时监测与精准分析，系统能够提前发现并预警潜在的安全隐患，有效预防了因设备故障引发的安全事故。同时，对于已发生的故障，智能化诊断技术能够迅速定位问题根源，提供科学的维修方案，缩短了故障处理时间，降低了事故对生产的影响。这种“防患于未然”的安全管理模式，为炼厂营造了一个更加安全、稳定的生产环境。

运营成本的大幅降低则是智能化改造带给炼油厂的又一重大实惠。自动化系统的广泛应用，替代了大量繁重、重复的人工操作，显著降低了人力资源成本。同时，智能化改造还通过提升设备性能、延长使用寿命、减少故障率等方式，直接降低了设备维护与更换成本。利用智能化仪表的精准调控，可以优化炼油厂生产过程中的能源利用，减少能耗和原料浪费，降低环境压力，实现绿色低碳发展。此外，智能化的生产管理决策支持系统，能够基于大数据分析为管理者提供科学的决策依据，进一步优化资源配置，降低运营成本，提升企业的盈利能力。

### 4 炼油厂仪表设备智能化改造的案例研究

以齐鲁石化胜利炼油厂为例，该炼厂第三常减压装置拥有年加工 400 万吨原油的能力，占公司原油加工能力的三分之一。齐鲁石化从源头抓降本增效，在

第三常减压装置创新应用工艺数字孪生技术，通过人工智能算法建模与大数据训练，精准反映装置生产原料的实时波动情况，还原现场运行工况。该技术存储了 8.26 亿个数据点，可 24h 不停地对数据进行处理和分析，每 5min 计算一次最优生产计划，并将生产指令及时下达给执行系统。有了智慧的“大脑”，还需配合灵活的“四肢”才能精准执行指令。该项目配套增加质量流量计 6 台、孔板流量计 6 台、热电偶 12 台、控制阀 6 台，保障了生产指令的精准执行，通过一体化操控，减少了过程波动，实现产品质量控制稳定。

该装置加工的原油来源广泛，智能化改造之前，生产操作一直依赖人工经验，各班组有不同的调节思路和操作水平，影响产品收率和装置平稳运行。智能化改造后，操作人员可通过与现场装置实时同步的工艺数字孪生模型，进行决策方案测算、计划排产、生产管理等多场景应用，实现能源利用更合理，装置运行平稳率和产品质量指标进一步提升。应用该技术后，两个月累计优化创效 300 余万元，航煤收率得到提升，相比投用前，平均每小时多增产 2t 航煤，为炼油厂带来了显著的经济效益。

### 5 结束语

炼油厂仪表设备的智能化改造不仅能够显著提升生产效率、降低生产成本、提高产品质量，还能有效保障生产安全，实现绿色低碳发展。基于某真实炼油厂的智能化改造，运用前沿科技显著提升设备智能化水平，实现实时状态监测与高效运维。改造后，生产效率与稳定性大幅提升，生产成本有效降低，验证了智能化改造的经济性与可行性。随着技术的不断进步和应用的深入，智能化改造将在炼油行业发挥越来越重要的作用，为企业的可持续发展提供有力支撑。

#### 参考文献：

- [1] 杨祖英, 陈逸群. 石油化工企业设备智能化改造方案研究 [J]. 化工自动化及仪表, 2019, 46(04):424-429.
- [2] 田亦然, 阳亮. 工业装备智能化改造路径探讨 [J]. 中国新技术新产品, 2022, 23(03):56-59.
- [3] 刘毅, 杨建国, 丁乐耕. 石化装置自动化系统现状及改造策略分析 [J]. 石油化工设备, 2021, 40(01):1-5.
- [4] 朱旭, 何信宇. 工业设备智能化改造中的无线信号传输技术研究 [J]. 现代制造工程, 2020, 48(02):123-130.
- [5] 陈星洲, 马广亮. 科技型企业设备预警及诊断技术发展趋势与应用 [J]. 中国工程科学, 2019, 21(02):65-70.

#### 作者简介：

欧阳龙 (1984-)，男，汉族，广东河源人，大专，助理工程师，研究方向：仪表自动化。