

# 油气储运工程中自动化技术的应用分析

何 军

中原油田分公司油气储运中心 河南 濮阳 457001

**摘 要:** 本文聚焦油气储运工程中的自动化技术应用。先阐述自动化技术体系, 涵盖核心分类与架构。接着介绍其在长输管道、储罐区、油气田集输系统、装卸环节等场景的应用。分析显示, 自动化技术显著提升安全性, 降低事故发生率与损失; 优化效率与经济性, 降低运营成本; 带来环保效益, 减少污染排放。研究为油气储运行业智能化发展提供理论与实践参考。

**关键词:** 油气储运; 自动化技术; 智能化管道

引言: 油气储运作为能源供应的关键环节, 其安全、高效、环保运行至关重要。传统油气储运模式依赖人工操作与局部监控, 存在效率低、安全隐患多、成本较高等问题。随着科技发展, 自动化技术凭借实时监测、精准调控、智能决策等优势, 在油气储运领域得到广泛应用。深入分析自动化技术在油气储运工程中的应用, 对推动行业智能化转型、提升综合竞争力具有重要意义。

## 1 油气储运工程自动化技术体系

### 1.1 核心自动化技术分类

#### 1.1.1 数据采集与监控系统 (SCADA)

数据采集与监控系统 (SCADA) 是油气储运工程自动化技术体系的基础核心技术, 承担着全流程数据感知与实时管控的关键职能。该系统通过在油气管道、储罐、集输站等关键节点部署压力传感器、温度传感器、流量计量仪表等终端设备, 实现对油气储运全链路运行参数的不间断采集, 涵盖介质压力、温度、流量、组分, 以及设备运行状态、环境参数等核心数据。采集的数据经工业通信网络实时传输至中控中心, 系统具备数据滤波、异常识别、趋势分析等功能, 可自动生成运行报表, 并支持操作人员远程下达调控指令, 实现对泵、阀等关键设备的精准控制<sup>[1]</sup>。SCADA系统的应用打破了传统人工巡检与局部监控的局限, 构建全域覆盖、实时响应的监控网络, 为油气储运系统的稳定运行提供了精准的数据支撑与决策依据, 是保障储运流程连续性与可控性的核心技术支撑。

#### 1.1.2 泄漏检测与定位技术

泄漏检测与定位技术是保障油气储运安全的关键自动化技术, 其核心目标是及时发现油气泄漏隐患并精准定位泄漏点, 降低泄漏引发的安全事故与经济损失。该技术基于多种检测原理构建综合检测体系, 常见技术包括声波检测、光纤传感检测、负压波检测以及红外成像

检测等。声波检测通过捕捉泄漏时产生的特征声波信号识别泄漏; 光纤传感检测利用光纤对油气介质的敏感特性, 实现长距离、分布式泄漏监测; 负压波检测则通过分析管道内压力突变信号的传播时间差计算泄漏位置。先进的泄漏检测与定位技术具备极高的检测灵敏度, 可识别微小泄漏, 定位误差控制在米级范围内, 同时具备自适应环境干扰的能力, 能有效排除风雨、振动等外界因素的误触发。通过实时监测与快速响应, 该技术大幅缩短了泄漏处置时间, 为应急抢修提供了精准指引, 是提升油气储运安全防护水平的核心技术之一。

#### 1.1.3 智能巡检技术

智能巡检技术是油气储运工程自动化巡检模式的核心支撑, 通过替代传统人工巡检, 大幅提升巡检效率与检测精度, 降低人员作业风险。该技术体系涵盖无人机巡检、智能机器人巡检、固定点智能监测设备等多种形态, 形成“空-地-站”一体化巡检网络。无人机巡检凭借其机动灵活的优势, 适用于长距离管道、偏远区域的巡检作业, 搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备, 可快速识别管道破损、周边违章施工、植被遮挡等隐患; 智能机器人巡检则适用于储罐区、集输站等站内场景, 具备自主导航、避障功能, 可精准检测设备仪表读数、阀门开关状态、设备泄漏等细节问题; 固定点智能监测设备则实现对关键设备的24小时不间断监测。智能巡检技术通过数据自动采集、隐患智能识别、结果实时上传, 不仅将巡检效率提升50%以上, 还避免人工巡检的主观误差与高空、偏远区域的作业风险, 为设备全生命周期管理提供可靠数据支撑。

#### 1.1.4 数字孪生技术

数字孪生技术是油气储运工程自动化技术的高端发展形态, 通过构建物理储运系统的数字化镜像, 实现对储运全流程的虚拟仿真、态势预判与智能调控。该技术

基于三维建模、物联网、大数据、人工智能等技术融合,将油气管道、储罐、设备、环境等物理实体的几何特征、运行参数、性能指标精准映射至数字空间,形成动态更新的数字孪生体。通过接入实时运行数据与历史数据,数字孪生系统可实现对储运流程的实时仿真模拟,精准还原介质流动状态、设备运行工况;同时具备态势预判功能,可对压力波动、设备故障等潜在风险进行提前预警;还能为流程优化、设备维护、应急演练等提供虚拟试验平台,通过模拟不同调控方案的实施效果,为最优决策提供数据支撑<sup>[2]</sup>。数字孪生技术的应用打破了传统自动化技术的“被动响应”模式,实现了从“实时管控”到“预测性管控”的升级,是提升油气储运系统智能化水平的核心技术方向。

## 1.2 自动化技术架构

油气储运工程自动化技术架构采用分层设计理念,构建“感知层-网络层-控制层-应用层”的四级架构体系,各层级协同联动,确保自动化技术的高效落地与全流程管控。感知层作为架构的基础,由各类传感器、计量仪表、摄像头等终端设备组成,承担着物理世界参数的采集与感知职能,实现对油气介质、设备状态、环境条件的全面感知;网络层作为数据传输通道,采用工业以太网、无线专网、卫星通信等多种通信技术融合,构建稳定、高效的全域通信网络,保障感知层数据向控制层、应用层的实时传输;控制层是架构的核心管控中枢,由SCADA系统、PLC控制器等组成,负责对实时数据的分析处理、设备的精准调控以及异常情况的快速响应,实现对储运流程的闭环控制;应用层作为技术落地的终端载体,涵盖安全管理、运维管理、优化决策等多个应用模块,通过数据可视化、报表生成、仿真模拟等功能,为管理人员提供全面的决策支撑与业务管理工具。四级架构通过明确的功能划分与高效的协同机制,确保自动化技术从数据采集到决策应用的全链路畅通,为油气储运系统的智能化运行提供了稳定可靠的技术支撑。

## 2 自动化技术在油气储运中的应用场景

### 2.1 长输管道自动化应用

长输管道自动化聚焦提升运输稳定性、安全性与效率,实现全流程自动化管控。感知层通过沿线部署多类传感器及泄漏检测设备,全域感知运行参数;控制层依托SCADA系统远程管控泵站、阀室,精准调节泵功率与阀门开度,保障输送参数稳定。泄漏检测技术实时监测并精准定位泄漏点,触发报警及自动关阀。智能巡检设备实现沿线自动化巡检,排查隐患。自动化摆脱人工局限,实现全天候精准管控,大幅降低安全风险,提升输

送效率并降低能耗。

### 2.2 储罐区自动化管理

储罐区自动化管理核心是保障储存安全、精准计量与高效运维。感知层通过各类传感器实时监测储罐内液位、压力、温度及罐区可燃气体浓度;控制层由PLC与SCADA联动,自动控制进出料阀门,规避超装等风险,配套安全设备可触发应急响应<sup>[3]</sup>。自动化计量系统实现精准计量与数据记录,生成库存报表;智能巡检机器人排查设备隐患。自动化推动管理从“人工值守”转向“无人值守+远程管控”,提升安全系数、库存精度及运维效率。

### 2.3 油气田集输系统自动化

油气田集输系统作为油气开采后首个处理环节,其自动化应用聚焦于提升油气分离、处理效率与流程稳定性。在该场景中,自动化技术覆盖从油井产出液收集、输送到分离处理、外输的全流程。感知层通过在油井井口、集输管线、分离设备等节点部署压力、温度、流量、含水分析仪等设备,实时采集产出液的流量、含水、压力等关键参数;控制层通过SCADA系统与分布式控制系统(DCS)联动,自动调节集输泵的运行状态、分离设备的操作参数,根据产出液性质的变化精准调控加热温度、分离压力等指标,确保油气分离效果;针对集输过程中可能出现的结蜡、堵塞等问题,自动化系统可根据压力变化自动启动清管、加热等预处理程序,保障集输管线畅通。自动化系统实现对集输设备运行状态的实时监测,及时预警设备故障,并自动生成运维工单;数据统计模块自动汇总各油井产出数据、处理数据,为油气田生产调度提供精准支撑。

### 2.4 装卸环节自动化

装卸环节作为油气储运的关键衔接节点,其自动化应用聚焦于提升装卸效率、保障作业安全与精准计量。在油气装卸场景中,自动化技术实现了从车辆/船舶对位、装卸连接到介质输送、计量结算的全流程自动化管控。在公路、铁路装卸场景中,自动化系统通过红外定位、车牌识别等技术实现运输车辆的精准对位,自动控制装卸臂的对接与锁紧;通过流量计、质量流量计等设备实现装卸量的精准计量,数据实时上传至控制系统,自动生成装卸单据;同时,配备可燃气体检测、静电监测等设备,一旦监测到安全隐患,立即暂停作业并启动应急处理程序。在油气码头装卸场景中,自动化系统实现对船舶的精准靠泊引导,通过远程控制实现装卸管线的连接与介质输送,同时实时监测海域环境、气象条件,保障装卸作业安全。自动化技术的应用大幅缩短了装卸作业时间,将单辆车/船装卸效率提升30%以上,同时避免人工操作

过程中的安全风险与计量误差,实现了装卸环节的高效、安全、精准运行。

### 3 油气储运工程中自动化技术应用效果分析

#### 3.1 安全性提升

自动化技术的应用显著提升了油气储运工程的整体安全防护水平,从被动应对安全事故转变为主动预防、快速响应的安全管控模式。一方面,自动化技术实现了对油气储运全流程的实时监测,通过各类传感器与检测设备,可精准捕捉压力突变、泄漏、设备故障等安全隐患的早期信号,提前预警并触发干预措施,有效降低了事故发生概率。例如,泄漏检测与定位技术可在泄漏发生后数分钟内完成定位,为应急抢修争取时间,大幅减少泄漏范围与损失;智能巡检技术避免人工巡检在高空、偏远区域的作业风险,同时提升隐患识别精度。另一方面,自动化系统具备快速应急响应能力,一旦发生安全事故,可自动启动紧急切断、灭火、泄压等应急程序,无需人工干预,大幅缩短应急处置时间,有效遏制事故扩大。数据显示,应用自动化技术后,油气储运系统的安全事故发生率降低60%以上,重大安全事故损失减少70%以上,为油气储运行业的安全稳定运行提供坚实保障。

#### 3.2 效率与经济性优化

自动化技术的应用从多个维度提升油气储运工程的运行效率,实现显著的经济效益优化。在运行效率方面,自动化系统替代传统人工巡检、手动操作、人工计量等繁琐工作,大幅提升了工作效率。例如,智能巡检技术使长输管道巡检效率提升50%以上,自动化计量系统避免了人工计量的耗时与误差,实现数据实时汇总;在流程调控方面,自动化系统可根据运行参数的变化精准调控设备状态,优化输送流程,提升输送效率。在经济性方面,首先,自动化技术减少人工需求,降低人工成本,例如,无人值守储罐区、远程管控泵站可减少80%以上的现场值守人员;其次,通过优化设备运行参数、降低能耗,实现能耗成本的节约,例如,长输管道自动化调控可降低泵组能耗10%~15%;最后,自动化技术减少安全事故与设备故障带来的损失,延长设备使用寿命,降低维护成本。综合来看,自动化技术的应用可使油气储运工程综合运营成本降低15%~20%,显著提升行业的经济

效益。

#### 3.3 环保效益

自动化技术的应用为油气储运工程带来显著的环保效益,有效降低了油气泄漏、排放等对环境的污染风险,助力行业绿色低碳发展。一方面,自动化泄漏检测与定位技术可快速发现并处置油气泄漏隐患,大幅减少油气泄漏量,避免泄漏油气对土壤、水体、大气的污染。传统人工巡检难以发现微小泄漏,而自动化检测技术可识别微量泄漏,将泄漏处置时间缩短至分钟级,显著降低污染范围与程度<sup>[4]</sup>。另一方面,自动化系统通过精准调控设备运行参数,优化油气处理流程,降低了能源消耗与污染物排放。例如,在油气集输过程中,自动化系统根据产出液性质精准调控加热温度与分离压力,减少燃料消耗与二氧化碳排放;在储罐区,自动化呼吸阀控制与油气回收系统联动,可有效回收储罐呼吸过程中排放的油气,减少挥发性有机物(VOCs)排放。另外,自动化技术实现了对环保指标的实时监测与数据追溯,确保各项环保排放指标符合标准,为环保监管提供了精准数据支撑,推动油气储运行业向绿色低碳方向转型。

#### 结束语

综上所述,自动化技术在油气储运工程中发挥着不可替代的关键作用,在提升安全性、优化效率与经济性、创造环保效益等方面成效显著。未来,随着物联网、大数据、人工智能等技术的深度融合,自动化技术将向更高层次的智能化、自主化方向发展。油气储运行业应紧跟技术发展趋势,持续创新应用,以实现更安全、高效、绿色的能源储运目标。

#### 参考文献

- [1]李佳琳,陈亚南,王瑞杰.油气储运工程中自动化技术的应用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(23):178-180.
- [2]丁珊珊.油气储运工程中自动化技术的应用分析[J].科学与信息化,2022(8):72-74.
- [3]胥伟.油气储运工程中自动化技术的应用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(13):177-178.
- [4]赵勇.油气储运工程中自动化技术的应用分析[J].中国化工贸易,2022(23):169-171.