

输油场站消防一键启动改造研究

路强强 孙 尧 (陕西延长石油(集团)管道运输第四分公司, 陕西 延安 716000)

摘要: 针对输油场站消防系统响应滞后、联动不畅等突出问题, 以陕西延长石油某输油站为研究载体, 结合消防、仪表、电气多专业技术规范与建设资料, 开展消防一键启动改造技术研究。通过诊断消防阀门操作、火灾探测、供配电等核心环节现存问题, 制定阀门电动化改造、PLC 联动控制系统搭建、探测系统优化、供配电保障的综合技术方案。研究成果可为同类油气站场的消防系统升级改造提供技术参考与实践范例。

关键词: 输油场站; 消防一键启动; PLC 联动控制; 电动阀门改造

中图分类号: TE88 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 003-0142-03

Research on One-Click Start Reform of Oil Field Station Fire Protection

Lu Qiangqiang, Sun Yao (SHAANXI YANCHANG PETROLEUM (GROUP) CO., LTD., Yan'an, Shaanxi 716000, China)

Abstract: To address critical issues including delayed response and coordination failures in fire protection systems at oil transportation facilities, this study conducts a one-key fire activation system retrofitting research at a Yanchang Petroleum Station in Shaanxi Province. By synthesizing technical standards and construction documentation from fire protection, instrumentation, and electrical engineering, the project diagnoses operational bottlenecks in core components such as fire valve control, fire detection, and power distribution. A comprehensive technical solution is developed, encompassing valve electrification upgrades, PLC-based integrated control system implementation, detection system optimization, and power supply reliability enhancement. The findings provide actionable technical references and practical benchmarks for fire protection system modernization in similar oil and gas facilities.

Keywords: oil transfer station; one-key fire alarm activation; PLC interlock control; electric valve retrofitting

输油场站作为油气储存与运输的核心枢纽, 储罐容量大、介质易燃易爆, 火灾风险极高, 消防系统的快速响应与可靠联动直接关系到人员安全与财产损失控制。该输油站于2009年建站投运, 2016年完成扩容, 总库容达 $18 \times 10^4 \text{m}^3$, 属于一级油气站场。随着场站设施分批次建设, 原有消防系统逐渐暴露出手动操作滞后、探测覆盖不全、系统兼容性不足等问题, 泡沫灭火系统与冷却水系统控制方式不匹配, 消防水罐无法自动补水, 已建联动系统难以实现全站一键启动功能, 严重影响火灾应急处置效率。基于此, 本研究围绕消防一键启动核心目标, 整合多专业技术方案, 通过设备升级、系统重构、工艺优化, 实现消防系统的自动化、联动化改造, 为场站安全生产筑牢防线。

1 输油场站消防系统现状与问题分析

1.1 场站概况

该输油站建有6具 30000m^3 钢制外浮顶储油罐及1具 1000m^3 钢制拱顶泄放油罐, 配套固定式消防冷却水系统、固定泡沫灭火系统、稳压装置, 已建站控系统(SCS)及消防联动控制系统(FAS)。其中, 站控系统包含过程控制系统(PCS)与火灾联动系统(FAS), PCS系统负责工艺过程远程监控与可燃气体泄漏报警, FAS系统承担火灾检测及消防联动功能, 但受建设时序影响, 新旧系统兼容性不足, 整体响应

效率难以满足一级油气站场的安全运行要求。

1.2 核心问题诊断

现有消防系统问题涉及消防、仪表自控、电气供配电多专业, 影响应急处置效率与合规性。消防专业上, 泡沫系统手动阀门与冷却水系统电动控制不匹配, 阀门开启耗时久, 消防水罐无自动补水功能, 部分泵阀信号未接入联动系统, 主备泵切换需人工干预。仪表自控方面, 1-4# 储罐罐顶及罐底阀组区域存在探测盲区, 原有联动系统无扩容空间, 无法实现全站一键启动, 且缺少专用监控操作站与硬手操盘, 可燃气体探测器信号接入PCS系统不符合独立设置要求。电气供配电上, 原有EPS负荷不足, 新增消防负荷后无法满足一级负荷供电需求。

2 消防一键启动改造技术方案

2.1 总体设计原则

改造遵循兼容性原则, 充分利用现有消防设施与控制系统, 通过设备升级、信号整合实现新旧系统无缝对接, 降低改造成本。坚持可靠性原则, 选用防爆、防护等级达标的成熟设备, 仪表防爆等级不低于ExdIIBT4, 防护等级不低于IP65, 保障极端工况下稳定运行。秉持快速响应原则, 优化联动控制逻辑, 确保火灾报警后响应时间控制在300s内, 最大限度缩短应急处置时间。严守合规性原则, 严格遵循消防、电气、

表 1 关键阀门选型及应用参数表

阀门类型	规格型号	应用场景	核心优势	数量
电动蝶阀	D943X-16QDN100	消防水罐进水管	适配自动补水联锁，响应速度快	3 台
电动蝶阀	D943X-16QDN200	消防冷却水泵出口及泡沫管网	启闭速度快适配大流量管网	8 台
电动蝶阀	D943X-16QDN80	1000m ³ 拱顶泄放油罐泡沫管道	体积小，启闭速度快	2 台
背压型多功能水泵控制阀	BFDS301DN250	消防冷却水泵出水管	防止水锤冲击，保障管网稳定	2 台
背压型多功能水泵控制阀	BFDS301DN200	泡沫泵出水管	防止水锤冲击，保障管网稳定	2 台

仪表相关国家与行业标准，确保改造工程全程合规。

2.2 消防专业改造方案

2.2.1 阀门电动化改造

为解决手动操作滞后问题，将关键部位手动阀门更换为电动蝶阀，结合应用场景选型，兼顾启闭速度、密封性能与系统适配性，具体选型如表 1 所示：

2.2.2 管网改造与工艺优化

罐区内明装消防管线采用内外镀锌钢管，通过卡箍或法兰连接，其余消防管线采用无缝钢管，采用焊接连接方式保障密封可靠性。30000m³ 外浮顶储油罐消防泡沫上水管增设上水汇管，配置电动蝶阀实现分区独立控制，确保单罐火灾时精准供水。消防管网安装完毕后，按规范进行强度试验与严密性试验，试验压力为设计压力的 1.5 倍，冷却水系统与泡沫系统试验压力均为 1.8MPa，试验时升压至试验压力后稳压 10min，再降至设计压力停压 30min，以不渗不漏、压力不降为合格标准。

2.2.3 消防联锁控制逻辑设计

自动联动控制模式下，火灾探测器触发报警后，系统延迟 30s 自动启动对应消防泵、电动阀门，实现消防冷却与泡沫灭火协同作业。若主泵在 30s 内未启动，中控室即时显示故障信息，同时自动切换至备用泵，确保灭火作业不中断。远程电气控制模式中，人工确认火灾后，通过操作站一键启动目标储罐消防系统，支持单罐独立控制与多罐联动控制，满足不同火灾场景需求。消防稳压系统平时自动维持冷却水管网压力在 0.58–0.65MPa，当管网压力低于 0.58MPa 时自动启动稳压装置，高于 0.65MPa 时停止运行；若压力降至 0.52MPa，系统即时报警并启动消防泵进行补压。

2.3 仪表自控系统改造方案

①核心控制系统搭建。新建 1 套消防 PLC 系统，采用热备冗余结构并具备 SIL2 认证，部署于 5#6# 罐新建控制间原消防联动系统机柜位置，接入全站火灾

探测设备与远传仪表信号。系统具备消防数据采集处理、流程动态显示、设备状态监控、报警管理、历史数据归档等功能，支持报表打印与趋势图展示，为操作人员提供全面的监控与操作界面。

②探测系统优化。1–4# 储罐罐顶增设光纤光栅测温系统，配套 4 套光纤光栅温度传感器与 1 台光纤光栅解调仪，实时监测浮顶盘密封处温度变化，实现超温预警。1–4# 储罐及泄放油罐罐区新增 9 个红外 / 紫外复合火焰探测器、7 个防爆声光报警器，火焰探测器采用三线制模拟信号输出，防爆等级为 ExdIIBT4，防护等级为 IP65，与 FAS 系统采用点对点连接方式，提升火灾探测的灵敏度与可靠性。更换消防稳压装置出水汇管电接点压力表为压力变送器，新建泡沫泵出口压力变送器，实现压力信号实时采集与远传，为联锁控制提供精准数据支撑。

③操作与监控终端配置。消防值班室与综合楼控制室各新增 1 台消防操作站，配套 1 套辅助操盘，实现消防设备状态实时监控、远程操作与报警处理。辅助操盘设置独立的启停按钮、状态指示灯与报警复位键，指示灯采用黄、红、绿三色区分不同状态，为应急操作提供直观指引。新增 1 套 72 路可燃气体报警控制器，部署于综合楼机柜间，接入全站可燃气体探测器信号，同时将二级报警信号接入新建消防 PLC 系统。

2.4 电气供配电改造方案

①供电系统升级。新建 30kWEPS1 套（380VAC），为 12 台消防电动阀提供备用电源，后备时间 30min；消防电动阀采用双电源供电，一路引自低压配电间备用回路，另一路引自 EPS，配电箱配置双电源切换开关，确保供电连续性。

②电缆敷设与防护。电缆采用直埋敷设方式，埋深 1.0m，动力电缆选用 NH-YJV22-0.6/1kV 系列，控制电缆选用 NH-KVVP22 系列，所有电缆无中间接头，

敷设后排列整齐, 终端设置电缆标志。爆炸危险区域采用防爆挠性连接管 (IP65), 电缆穿镀锌钢管保护, 管口用密封胶泥封堵, 多根电缆保护管并排时排列整齐, 管口高度一致。电缆保护管弯制采用冷弯工艺, 最小弯曲半径不小于电缆外径的 10 倍, 管口光滑无毛刺, 避免划伤电缆。

③防雷与接地设计。自控系统所有 I/O 点、数据通信接口、供电接口均安装防浪涌保护器, 避免雷电感应产生的过电流与过电压窜入系统造成设备损坏。采用 TN-S 接地系统, 电气设备正常不带电金属外壳可靠接地, 场区工艺设备、管线、管架等均与接地网可靠连接, 相邻金属设备进行等电位连接。爆炸危险区域内工艺管道的法兰、胶管两端等连接处用 BVR-16 软铜线跨接, 管网法兰连接处、平行或交叉敷设的管线相互间净距小于 100mm 时, 每隔 25m 进行跨接。仪表接地电阻不大于 1 欧姆, 铠装电缆铠装层通过接地线接至镀锌扁钢, 再接入全厂接地网, 电缆屏蔽层在控制室内单端接地。

3 改造工程实施与验证

3.1 逻辑设计

该项目主要为设备购置及安装, 重点在逻辑设计, 其逻辑设计作为关键技术要求直接关乎整个项目实施。具体逻辑如下: ①手动一键启动: 当手报、火焰或光纤光栅触发报警, 经人工确认, 点击“一键启动”按钮, 则启动三台主泵及打开该罐对应消防、泡沫阀门, 若主泵故障, 30s 后启泵。②自动一键启动: 在消防逻辑在自动模式下, 当某具储罐对应手动报警按钮、火焰探测器、光纤光栅中的两个或两个以上同时报警, 无人干预, 则延时 30s 自动确认, 启动三台主泵及对应阀门, 若主泵故障, 30s 后启泵。③消防稳压装置连锁: 消防稳压装置出口干管压力小于 0.58MPa 时自动启动稳压泵, 高于 0.65MPa 时自动停止稳压泵。压力小于 0.52MPa 时, 触发压力低报警, 无人工确认延迟 30s 自动确认压力过低, 自动启动两台主消防泵及对应泵出口阀门, 若主泵故障, 30s 后启泵。

3.2 调试与验收流程

分系统调试阶段, 依次完成消防泵启停、电动阀门操作、探测器报警、PLC 联动等单项调试, 记录设备响应时间、阀门启闭速度、压力监测数据等关键参数。消防泵启停调试重点验证主备泵切换逻辑与响应时间, 电动阀门调试测试启闭灵活性与到位精度, 探测器报警调试模拟不同位置火情与泄漏场景, 验证报警准确性与响应速度。联合调试阶段, 模拟不同储罐火灾场景, 验证一键启动功能、主备泵切换可靠

性、管网压力稳定性及多系统协同联动效果。验收标准严格遵循相关规范, 消防系统联动响应时间不超过 300s, 管网强度试验与严密性试验合格。

3.3 改造效果验证

改造后, 火灾报警触发后自动联动系统根据设计逻辑自动触发, 有效缩短了应急处置时间。通过光纤光栅测温系统、火焰探测器与可燃气体探测器的全面覆盖, 实现了储罐温度、管网压力、设备运行状态的实时监测, 报警信息准确率达 100%, 能够及时捕捉安全隐患。EPS 与 UPS 系统保障了极端断电情况下关键设备的正常运行, 接地系统测试电阻不大于 1Ω, 满足防雷防静电要求, 系统运行稳定性显著提升。消防值班室与综合楼控制室的操作终端实现了消防流程的集中监控与远程操作, 辅助操盘为应急处置提供了可靠备用操作方式, 有效降低了误操作风险。

4 结束语

本研究通过多专业协同优化, 构建了覆盖消防、仪表、电气的综合改造方案, 成功解决了该输油站消防系统操作滞后、探测盲区、供电不稳等突出问题, 实现了火灾报警后 40s 内 (实测) 的快速响应与协同处置。改造方案兼顾兼容性、可靠性与合规性, 既充分利用现有设施降低改造成本, 又通过成熟技术保障极端工况下的稳定运行, 经实践验证具备显著的实用性与有效性。该成果不仅为甘泉输油站安全生产筑牢了防线, 也为同类一级油气站场的消防系统升级提供了可复制的技术路径与实践经验。未来可进一步引入智能监测与云端远程运维技术, 推动输油场站消防系统向更高效、精准、智能的方向持续发展。

参考文献:

- [1] 汪琰. 数字孪生驱动的油库码头输油调度技术研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2022.
- [2] 任永琴. 港口油品装卸作业溢油风险识别与安全预警模型研究 [D]. 天津: 天津理工大学, 2022.
- [3] 王文明. 某新建油库工艺管道安装质量缺陷的分析与处理 [J]. 石油库与加油站, 2021, 30(06): 1-7+52.
- [4] 曾俊逸. 输油站混油处理装置生产安全事故情景筛选与开发方法研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2021.
- [5] 顾晨晨. 某长输管道输油站场安全风险管控研究 [D]. 北京: 中国矿业大学, 2021.

作者简介:

路强强 (1987-), 男, 汉族, 陕西延安人, 大学本科, 主要研究方向: 仪表、自控及通讯。

孙尧 (1985-), 男, 汉族, 陕西延安人, 大学本科, 主要研究方向: 电气工程及其自动化。