

# 油气分输站场动火作业安全管控关键技术研究

郭子博 冯雄辉

国家管网集团北京管道有限公司河北输油气分公司 河北 石家庄 050000

**摘要:** 油气分输站场动火作业是保障站场设备检修、改造及应急处置的必要环节,但作业过程中面临介质易燃易爆、有毒有害的高危特性,易引发火灾、爆炸、中毒等安全事故,严重威胁站场人员生命、设备安全及正常运行。本文聚焦油气分输站场动火作业安全管控痛点,重点研究动火前风险辨识与预处理、动火过程安全管控、动火作业应急处置、动火作业收尾验收与隐患闭环四大核心关键技术,为油气分输站场动火作业安全管控提供技术支撑,有效降低作业安全风险,保障站场平稳高效运行,对推动油气储运行业安全高质量发展具有重要意义。

**关键词:** 油气分输站场; 动火作业; 安全管控; 关键技术

## 引言

近年来,随着油气分输站场规模不断扩大、运行年限逐步延长,设备老化、管道腐蚀等问题日益突出,各类动火作业安全事故时有发生,不仅造成了严重的人员伤亡和财产损失,还影响了油气正常输送,给行业安全发展带来了严峻挑战。同时,随着智能化、数字化技术在油气行业的广泛应用,传统动火作业安全管控技术已难以满足现代化站场的管控要求,亟需研发适配油气分输站场个性化场景的关键管控技术,构建科学、高效、智能的安全管控体系。

## 1 油气分输站场动火作业安全管控现状及存在的问题

### 1.1 动火作业安全管理现状

(1) 在现有管理制度、作业流程及责任体系建设方面,多数站场已依据行业规范,制定了动火作业相关的管理制度,明确了动火作业的基本要求、分级标准和操作规范,为动火作业安全管控提供了基础依据。作业流程上,初步形成了“作业申请、风险辨识、审批、现场准备、动火实施、收尾验收”的全流程框架,试图实现对动火作业的全过程管控。(2) 责任体系建设方面,明确了管理部门、作业单位、现场监护人员等不同主体的基本职责,搭建了分级负责、层层落实的责任框架。但实际运行中,管理制度存在针对性不足的问题,多以行业通用规范为基础,未充分结合本站场管道布局、介质特性、作业环境等个性化特点,部分条款过于笼统,缺乏可操作性<sup>[1]</sup>。作业流程执行存在松散现象,部分环节存在简化、省略的情况,审批环节的严谨性不足,对风险辨识的深度和全面性把控不够。责任体系虽已建立,但仍存在责任划分不够细致、责任落实不到位的问题,部分岗位人员职责模糊,出现问题时易出现推诿扯皮,难以实现责任闭环。(3) 在人员配置、培训考核及安全意

识方面,多数站场已配备了相应的动火作业人员、监护人员和管理人员,基本满足日常动火作业需求。但人员配置存在不均衡现象,部分站场动火作业人员老龄化严重,缺乏对新型管控技术、应急处置方法的掌握,而年轻人员经验不足,面对复杂工况时应对能力不足。(4) 培训考核工作多以常规理论培训为主,缺乏针对性和实践性,培训内容多聚焦于基础安全规范,对站场个性化动火场景、新型检测设备操作、应急处置技能等内容涉及较少。考核方式较为单一,多以书面考试为主,难以全面检验人员的实际操作能力和应急处置水平,导致培训效果大打折扣。

### 1.2 动火作业现场管控现状

动火作业现场管控是防范安全事故的关键环节,直接决定动火作业的安全成败。当前油气分输站场动火作业现场管控,围绕动火前准备、动火过程监护、动火后收尾验收三个核心阶段展开。(1) 动火前准备工作是动火作业安全的前提,核心涵盖隔离、置换、检测三个关键环节,目前多数站场虽能按要求开展相关工作,但落实质量参差不齐,存在诸多隐蔽隐患。隔离工作多采用盲板封堵、阀门关闭等方式,试图切断动火区域与其他介质管道的连通,但部分站场存在隔离不彻底的问题,未结合站场管道走向、介质残留特性优化隔离方案,部分隐蔽管道、分支管道未纳入隔离范围,留下介质泄漏隐患。(2) 置换与吹扫工作主要针对动火区域内的可燃、有毒有害介质,多数站场采用惰性气体置换方式,但置换流程缺乏针对性,没有根据介质类型、管道容积精准控制置换时间和惰性气体用量,部分区域置换不彻底,残留介质未达到安全动火标准。而在气体检测环节,多采用便携式检测设备,检测点位布置不够科学,未充分考虑介质密度、作业环境通风情况,存在检测盲区,且部

分检测人员操作不规范,检测结果准确性难以保障,给后续动火作业埋下安全隐患。(3)动火过程中的安全监护和应急处置准备,是实时防范突发风险的核心,但实际落实中存在流于形式的问题。安全监护人员虽已配备,但部分监护人员缺乏责任心,未全程坚守监护岗位,对动火作业现场的温度、火焰状态、气体浓度等关键参数监测不及时,对作业人员的不规范操作未及时制止<sup>[2]</sup>。(4)应急处置准备工作不够充分,现场应急器材虽已配备,但未根据动火作业等级、现场工况优化器材配置,部分应急器材摆放位置不合理、未定期检查维护,存在失效隐患。并且,现场人员应急处置意识薄弱,未提前熟悉应急处置流程,面对介质泄漏、初期火灾等突发情况,难以快速响应、科学处置,易导致风险扩大。

## 2 油气分输站场动火作业安全管控关键技术分析

### 2.1 国家管网动火管理要求

国家管网对动火作业的规范性、安全性提出了明确且严格的要求,核心围绕作业许可、风险管控、现场监管、应急处置等关键环节,为油气分输站场动火作业安全管控提供了根本遵循,也对动火作业安全管控关键技术的应用提出了更高标准。(1)动火作业安全管控的首要环节是严格落实国家管网动火作业许可管理要求,做好作业前的准备工作。作业前需完成全面的风险辨识与评估,结合国家管网相关规范,对动火区域的油气浓度、作业环境、设备状态等进行全面排查,明确动火作业的风险等级,制定针对性的风险防控措施。(2)动火作业过程中的现场管控技术是保障作业安全的核心,需严格契合国家管网动火管理的现场监管要求。作业现场需配备专业的安全监管人员,全程监督动火作业流程,确保作业人员严格按照作业方案操作<sup>[3]</sup>。并且,运用先进的气体检测技术,实时监测动火区域的可燃气体浓度,一旦浓度超标,立即停止作业并采取应急处置措施,防范火灾、爆炸等安全事故发生。此外,需规范动火作业现场的安全防护配置,落实防火、防爆、防静电等防护措施,确保作业现场环境符合国家管网动火作业的安全标准。(3)动火作业后的收尾管控同样不可或缺,需严格遵循国家管网动火作业收尾管理要求,做好作业后的隐患排查与整改。作业结束后,需对动火区域进行全面检查,确认无残留火种、无安全隐患后,方可撤离作业人员、拆除安全防护设施,并做好作业记录存档工作,实现动火作业全流程可追溯。

### 2.2 动火前风险辨识与预处理关键技术

(1)可燃气体、有毒有害气体精准检测技术是动火前风险辨识的核心支撑,直接决定动火作业的安全边界。

检测方法需结合站场介质类型、作业环境特点优化选择,放弃单一检测模式,采用固定检测与便携式检测相结合的方式,兼顾检测精准度与灵活性。而设备选型需适配站场复杂工况,优先选用抗干扰能力强、响应速度快、检测量程贴合站场介质浓度的设备,并考虑设备的防爆、防尘、耐腐蚀性能,避免因环境因素影响检测效果。(2)检测点位布置需进行科学优化,结合介质密度、管道走向、作业区域通风条件等个性化因素,注重覆盖动火点周边、管道接口、阀门、隐蔽死角等易出现介质泄漏的区域,合理增加检测点位密度,消除检测盲区。此外,规范检测操作流程,确定检测时间、检测频次及数据判定标准,确保检测数据真实可靠,为动火作业决策提供科学依据。(3)管道、设备隔离、置换与吹扫技术是消除介质残留风险的关键,其核心是实现动火区域与其他运行系统的彻底隔离,确保介质残留量达到安全动火标准。隔离技术以盲板封堵为核心,注重盲板选型与安装流程,依据管道压力、介质特性选择适配的盲板类型,明确盲板安装位置、数量及验收标准,杜绝阀门关闭不严、隐蔽管道未隔离等问题,实现全流程隔离闭环。(4)置换与吹扫技术优先采用惰性气体置换方式,结合管道容积、介质类型精准计算惰性气体用量、置换时间及流速,优化置换流程,采用“多次置换、多次检测”的模式,确保置换彻底。吹扫环节针对管道内残留的介质、杂质,采用惰性气体吹扫与人工清理相结合的方式,重点清理管道内壁、阀门接口等部位的残留介质,避免动火过程中残留介质遇明火引发安全事故。

### 2.3 动火作业过程安全管控关键技术

(1)动火现场实时监控技术是过程管控的基础,主要是实现对动火作业现场多参数、全范围的实时监测,打破人工监控的局限性。视频监控技术需适配站场露天、高空、狭小空间等个性化作业场景,优化摄像头布置,实现动火点、作业区域、周边设备的无死角覆盖,同时具备高清成像、夜间红外监测功能,确保在光线不足、恶劣天气下仍能清晰捕捉作业动态,实时掌握作业人员操作规范度和现场环境变化。(2)气体在线监测技术需与动火前检测形成衔接,在动火点周边、管道接口等关键区域布置固定监测设备,同步搭配便携式监测设备动态补测,实时监测可燃气体、有毒有害气体浓度变化,数据实时传输至管控终端,确保浓度超标时能第一时间被发现<sup>[4]</sup>。温度监测技术重点针对动火点及周边设备、管道,实时捕捉温度异常升高情况,防范因局部过热引发介质泄漏、火灾等隐患,实现对作业现场关键参数的全方位、无间断监测。(3)智能化预警技术是防范突发风险的核心支撑,

是实现异常工况的精准识别、快速预警和高效响应。借助大数据、物联网技术,整合现场监控数据,构建异常工况识别模型,能够精准识别气体浓度超标、温度异常、作业人员不规范操作、设备异常运行等各类风险隐患,摆脱传统人工识别的滞后性和主观性。(4) 预警信号传输采用多渠道联动模式,结合站场管控需求,及时向现场监护人员、中控室管理人员发送声光预警、短信预警,明确预警类型、风险等级和处置提示,保证相关人员第一时间接收预警信息。预警响应机制需明确响应流程和责任分工,针对不同类型的预警信号,制定差异化的应急处置流程,实现预警、响应、处置的无缝衔接,最大限度缩短响应时间,遏制风险扩大。

#### 2.4 动火作业应急处置关键技术

(1) 初期火灾扑救技术的核心是适配油气场景的特殊性,实现火灾的快速控制和扑灭,防范火势蔓延扩大。灭火器材的选型需贴合油气火灾特点,摒弃通用型灭火器材,优先选用抗溶性泡沫灭火器、干粉灭火器、二氧化碳灭火器等适配易燃易爆介质的专用器材,同时根据动火作业等级、现场介质类型,合理布置灭火器材的位置和数量,确保器材能够快速取用,覆盖整个动火作业区域及周边关键部位。(2) 灭火工艺要结合火灾类型优化制定,针对不同介质引发的火灾,采用差异化的扑救方式,避免盲目灭火导致风险加剧<sup>[5]</sup>。扑救过程中,需注重火势控制的先后顺序,优先切断火灾区域与其他介质管道的连通,隔离火源,再采用针对性的灭火工艺逐步扑灭火灾,并且做好灭火人员的安全防护,避免因高温、有毒烟气造成人员伤害,确保灭火过程安全、高效。(3) 泄漏应急处置技术,重点是快速控制介质泄漏,防范泄漏介质扩散引发爆炸、中毒等二次事故,核心涵盖堵漏、收容、稀释扩散控制三个关键环节。堵漏技术需根据泄漏部位、泄漏量、管道压力等个性化因素,选用适配的堵

漏器材和方法,针对微小泄漏采用密封胶、堵漏夹具等快速堵漏,针对较大泄漏采用盲板封堵、临时封堵等方式,快速遏制介质泄漏,减少泄漏量。(4) 收容技术主要针对泄漏的液态介质,通过设置围堰、收容槽等设施,收集泄漏介质,避免介质流入周边土壤、水体,造成环境污染和二次风险。稀释扩散控制技术针对气态泄漏介质,结合现场风向、通风条件,采用喷雾稀释、强制通风等方式,降低泄漏区域介质浓度,遏制介质扩散,同时划定警戒区域,严禁火源进入,防范引发爆炸事故。

#### 结语

综上所述,动火作业安全管控的关键在于实现前置防控、过程可控、应急可处、闭环管理,通过精准的风险辨识与预处理技术,可有效消除动火前潜在隐患。未来,研究可结合不同规模、不同介质类型的油气分输站场实际工况,进一步优化管控技术参数,推动AI、物联网等智能化技术的深度应用,完善管控体系,提升技术的针对性和可操作性。

#### 参考文献:

- [1]姚军.输油气管道动火施工的安全管理对策研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025,(2):019-022.
- [2]崔京辉,董国宇,张增强,等.油气管道承包商行为安全风险分析与评估模型构建[J].中国安全科学学报,2025,35(6):19-26.
- [3]赵挥军,张啸枫,赵瑞东,等.基于BP神经网络的油气田站场管道安全预警方法[J].油气田地面工程,2024,43(4):33-40.
- [4]王璐林,陈启明,睦鑫.成品油站场特级动火安全模糊综合评价研究[J].石油工业技术监督,2023,39(1):60-64.
- [5]刘云光.输油气管道动火作业安全管理要点分析[J].中国科技期刊数据库 工业A,2023,(3):173-176.