

油气储运系统应急响应机制与预案制定研究

姚 滨¹ 吕君栋²

1. 国家管网集团北方管道有限责任公司郑州输油气分公司 河南 郑州 450000

2. 国家管网集团储运技术发展有限公司沈阳分公司 辽宁 沈阳 110179

摘 要：本文围绕油气储运系统应急响应机制与预案制定展开研究。分析了系统风险特征，包括系统构成、潜在风险类型及传递扩散机制。阐述了应急响应机制设计原则，涵盖基础原则、机制设计要素与动态优化策略。构建了应急预案制定框架，包括预案体系结构、核心内容模块与技术支持要素，为油气储运系统应急管理提供理论参考。

关键词：油气储运系统；应急响应机制；预案制定

引言：油气储运系统在能源供应中占据关键地位，其运行环境复杂，面临诸多风险。一旦发生事故，不仅会造成巨大经济损失，还会对周边环境与人员安全构成严重威胁。建立科学有效的应急响应机制与完善的应急预案至关重要。本文深入研究油气储运系统应急响应机制与预案制定，以提升应对突发事件的能力。

1 油气储运系统风险特征分析

1.1 系统构成与运行特点

油气储运设施是一个由多种关键组件协同运作的复杂体系。管道作为油气输送的主干脉络，或深埋于地下，或架设于地面，以其绵延之姿，承担起长距离、大规模输送油气的重任，是连接油气资源与消费市场的生命线。储罐则是油气储备的核心，它们以庞大的容积静静伫立，调节着油气的供需平衡，确保在任何时候都能稳定供应。泵站，则是这一流动链条中的动力源泉，通过精密的加压装置，推动油气在管道中持续、顺畅地前行。这一系统的运行环境极为严苛，工艺流程中不乏高压操作，油气在高压下的输送，既考验着设备的耐压性能，也增加了安全风险^[1]。加之油气本身的易燃易爆特性，使得整个系统时刻处于高度警戒状态。而长距离输送的复杂性，更让系统面临着地理环境多变、气候条件复杂的挑战，无论是穿越崇山峻岭，还是跨越江河湖海，都需确保系统稳定运行，这对油气储运技术与管理提出了极高要求。

1.2 潜在风险类型

在设备方面，存在多种故障风险。泄漏是较为常见的问题，管道、储罐等设施由于长期使用或受到外界因素影响，可能出现破损，导致油气泄漏。爆炸风险也不容忽视，一旦油气泄漏后遇到火源，极易引发剧烈爆炸。腐蚀也是设备面临的一大威胁，尤其是在一些潮湿、具有腐蚀性介质的环境中，设备的金属材质容易被

腐蚀，降低设备的强度与使用寿命。自然灾害同样给油气储运系统带来巨大潜在风险。地震可能导致管道断裂、储罐倾斜甚至倒塌，使油气大量泄漏。洪水来袭时，会淹没管道、泵站等设施，造成设备损坏，影响正常运行。极端天气如强风、暴雪等，也可能对露天的油气储运设施造成物理性破坏。人为因素引发的风险同样不可小觑。操作失误在日常运行中时有发生，例如工作人员在操作设备时未严格按照规范流程，可能导致设备异常运行，进而引发泄漏等事故。恐怖袭击则是一种恶意的人为破坏行为，其对油气储运系统的攻击，会造成严重的泄漏、爆炸等后果，不仅威胁到设施安全，还会对周边环境与人员安全构成极大危害。

1.3 风险传递与扩散机制

当油气发生泄漏时，其扩散机制与介质状态相关。气态介质泄漏后，会迅速在空气中扩散，其扩散路径受风向、风速以及周边地形等因素影响。在开阔地带，气态油气可能会随风向快速扩散至较大范围；而在建筑物密集区域，扩散路径可能会受到阻挡而发生改变。液态介质泄漏后，则会在地面流淌，向地势较低的地方汇聚，其扩散速度相对较慢，但同样会污染周边土壤与水体。一旦油气泄漏引发火灾，便会形成次生灾害链。火灾不仅会对油气储运设施造成毁灭性破坏，还可能引发周边其他易燃易爆物品的燃烧，进一步扩大火势。火灾产生的大量有害气体排放到空气中，会造成严重的环境污染。油气储运事故引发的泄漏、火灾等，还会对社会产生重大影响，如导致周边居民恐慌、交通管制、生产生活秩序被打乱等，其负面影响会在社会层面不断扩散。

2 应急响应机制设计原则

2.1 基础原则

应急响应机制构建需坚守预防为主、防治结合原则。预防为主，即在油气储运系统日常运营时，把工作

重心前置。对管道、储罐等设施定期巡检,及时发现潜在安全隐患并修复,以此防范事故。制定严格安全管理制度,规范工作人员操作流程,降低人为失误致事故的概率。防治结合强调在预防基础上,一旦事故发生,能迅速采取有效治理措施以减少损失^[2]。这就需要提前制定详尽应急预案,明确不同事故场景应对方法,确保可及时组织有效救援。快速响应、分级管控同样关键。快速响应要求事故发生瞬间,应急响应机制迅速启动。借助高效监测系统,运用先进传感器技术实时监测油气储运设施运行状态,异常情况一出现便即刻报警。分级管控依据事故严重程度划分响应级别,实施对应管控措施。小型事故可由基层单位按既定流程处理;大型、复杂事故则需更高层级部门介入,统一指挥协调,保障救援工作有序推进。协同联动、资源整合原则旨在打破部门与区域间的阻碍。油气储运事故应急处理涉及消防、环保、医疗等多部门领域。协同联动促使各部门紧密配合形成合力,如消防部门灭火救援,环保部门监测治理环境污染,医疗部门救治受伤人员,各部门在统一指挥下协同作战。资源整合注重对人力、物资、技术等资源合理调配。通过建立资源储备库,详实记录资源数量、位置等信息,事故发生时能快速将所需资源调配至现场,提升救援效率。

2.2 机制设计要素

响应层级划分是应急响应机制的关键要素之一。企业级响应作为应急处理首道防线,企业需构建完备应急体系,组建专业应急救援队伍,储备必要应急物资。一旦企业内发生事故,可迅速启动企业级应急预案展开自救。当企业级响应难以应对,区域级响应便会介入。区域内多家企业与相关政府部门携手,整合区域资源,联合处置事故。针对重大、特别重大的油气储运事故,由最高层面统一协调全国范围资源,实施全方位救援处置,保障事故妥善解决,降低对经济、社会稳定的影响。指挥体系架构的合理搭建意义重大。总指挥全面统筹应急救援,作出重大决策,协调各方资源与行动。技术组由专业技术人员构成,凭借专业知识与经验,为事故处置提供技术支撑,比如拟定科学抢险救援方案,评估事故现场风险等。后勤组承担物资保障、设备维护、人员生活保障等重任,确保救援工作顺利推进,为前线救援人员提供坚实后勤后盾。资源调配策略涵盖人力、物资、技术层面。在人力资源调配时,依据事故性质与规模,合理安排具备不同专业背景的人员参与救援。以油气泄漏事故为例,调配拥有化工专业知识与应急救援经验的人员前往现场处置。物资调配需构建高效物资供

应网络,保证救援所需设备、器材、防护用品等及时送达事故现场。技术调配则要充分运用先进技术手段,像利用无人机监测技术,对事故现场进行全方位监测,为救援决策提供精准数据依据。

2.3 动态优化策略

在油气储运事故的应急管理中,风险评估与响应级别的动态调整是保障应急响应机制高效运行的核心环节。随着事故进程的推进,其风险程度并非固定不变,而是处于持续演变状态。必须对事故风险展开实时评估,并依据评估结果迅速且灵活地调整响应级别。在事故刚刚发生的初期阶段,若风险评估显示为较低水平,启动企业层面的应急响应便足以应对。一旦事故出现扩大趋势,例如泄漏范围不断蔓延,极有可能引发大规模爆炸或造成严重的环境污染,此时就需果断将响应级别提升至区域层面,甚至更高层级,以便调配更为充足的资源来处置事故。应急演练与反馈机制也是动态优化策略不可或缺的重要组成部分^[3]。通过定期组织应急演练,模拟各类油气储运事故场景,能够全面检验应急响应机制的可行性与有效性。在演练过程中,往往会暴露出诸多问题,如救援流程不够流畅、资源调配不够及时等。演练结束后,广泛收集参与人员的反馈意见,对演练情况进行全面总结分析,针对发现的问题对应急响应机制进行针对性的优化改进,以此不断完善应急响应机制,切实提升应对实际事故的能力。

3 应急预案制定框架

3.1 预案体系结构

应急预案的体系结构呈层级分明且相互关联的状态。综合预案处于顶层位置,承载着总体指导原则。它对油气储运系统可能面临的各类紧急情况进行宏观规划,涵盖了应急工作的基本方针、目标以及组织架构的总体设置。综合预案如同灯塔,为整个应急预案体系指引方向,确保在面对复杂多变的突发状况时,所有应急行动都能遵循统一的理念和策略,避免行动的盲目性与无序性。专项预案则是针对特定风险类型展开的详细规划。鉴于油气储运系统潜在风险的多样性,如设备故障引发的泄漏、爆炸风险,自然灾害造成的设施损毁风险,以及人为因素导致的破坏风险等,每种风险都需要有针对性的应对方案。例如,针对管道泄漏风险制定的专项预案,会详细阐述在不同泄漏规模、不同介质泄漏情况下的应急处置流程,包括应采取的堵漏技术、所需的设备器材以及人员调配方案等,使应急响应能够精准对应特定风险,提高处置效率。现场处置方案聚焦于具体设施或场景。油气储运系统包含众多不同类型的设

施,如管道、储罐、泵站等,每个设施都有其独特的运行环境和风险特点。现场处置方案针对这些具体设施,制定详细到每一个操作步骤的应急处理措施。以储罐区发生火灾场景为例,现场处置方案会明确规定现场指挥人员的职责、灭火人员的行动路线、所使用灭火器材的种类和操作方法,以及周边人员疏散的具体路径和集合地点等,确保在紧急情况发生时,现场人员能够迅速、准确地采取行动。

3.2 核心内容模块

应急组织与职责分工是应急预案关键。清晰的组织架构和职责界定,是应急响应高效开展的保障。应急组织一般涵盖指挥中心、抢险救援组、医疗救护组、后勤保障组等。指挥中心把控全局,制定应急决策,协调各小组行动;抢险救援组负责现场紧急救援,如控制泄漏、扑灭火灾;医疗救护组对受伤人员紧急救治与转运;后勤保障组为应急行动提供物资供应、设备维护及生活保障。各小组职责务必明确,防止职责不清引发工作推诿。预警与信息报告流程极为重要。预警机制实时分析监测数据,提前洞察潜在风险隐患。一旦出现异常,迅速按既定流程发出预警信号。信息报告流程明确从发现事故到向上级及相关单位报告的具体步骤与要求,保证信息及时、精准传递。报告内容应包含事故发生时间、地点、类型、影响范围及初步应对措施,为上级决策与后续救援提供依据^[4]。应急处置措施是应对事故的核心指引。针对泄漏控制,依据泄漏介质性质与规模,采用不同堵漏技术,如封堵器、注胶堵漏等。人员疏散要规划合理路线与组织方式,最短时间内将现场及周边人员安全转移至指定地点。灭火救援根据油气火灾特性,选用适配灭火设备与战术,如泡沫、干粉灭火器,同时考量火灾引发爆炸风险,实施科学灭火策略。恢复与重建计划着眼事故后期工作。事故有效控制后,评估受损设施,制定详尽修复与重建方案。治理事故造成的环境污染,恢复周边生态环境。全面总结反思应急响应全过程,汲取经验教训,助力今后应急预案的完善。

3.3 技术支撑要素

监测预警技术为应急预案的实施提供了有力的前期

保障。SCADA系统能够实时监控油气储运设施的运行参数,如压力、流量、温度等,一旦参数出现异常波动,系统立即发出预警。泄漏检测技术则通过多种手段,如声波检测、光纤传感检测等,及时发现管道或储罐的泄漏情况,为早期处置争取时间。应急决策支持系统借助先进技术提升决策的科学性。GIS(地理信息系统)能够直观地展示事故现场的地理位置、周边环境以及设施分布等信息,为救援人员制定行动路线和资源调配方案提供可视化支持。风险模拟技术通过对事故场景进行模拟分析,预测事故可能的发展趋势和影响范围,帮助指挥人员做出更合理的应急决策。通信与信息共享平台确保应急过程中的信息流畅传递。在应急响应期间,各参与单位和人员需要及时沟通协调。通信平台应具备多种通信手段,如卫星通信、无线通信等,确保在各种复杂环境下都能保持通信畅通。信息共享平台则整合各类应急相关信息,包括事故现场情况、资源储备信息、救援队伍动态等,使各参与方能够实时获取所需信息,协同开展救援工作。

结束语

油气储运系统应急响应机制与预案制定是一项复杂且重要的工作。通过对其风险特征、设计原则及预案框架的深入研究,为实际应急管理提供了理论指导。未来,应持续关注新技术应用,不断完善应急响应机制与预案,提高应对突发事件的能力,保障油气储运系统的安全稳定运行,为能源供应与社会发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]崔赓翔.油气储运系统中的风险评估与安全管理策略[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(06):66-68.
- [2]李莹玉,孙健刚.油气储运工程中的泄漏事故预防与应急响应机制[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(10):1-3.
- [3]袁同明.油气储运工程安全管理及事故预防措施分析[J].云南化工,2022,49(11):134-136.
- [4]邓超.油气储运系统中油气回收技术的应用[J].山东化工,2022,51(22):160-161+164.