

高后果区油气长输管道应急响应能力评估方法研究

邢玉晋 王云超 王国峰

(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 南阳 474500)

摘要: 油气长输管道是储存、运输油气产品的重要基础设施, 高后果区的应急管理更是整个管道系统管理的重中之重。基于此, 文章围绕高后果区油气长输管道应急响应能力的评估方法展开一系列分析和研究。结果表明, 具体采取构建统一标准体系、升级智能技术支撑、健全联动响应机制等评估方法, 既能拥有完善的应急预案, 又可以增强政企之间协同联动的效能, 从而真正实现高效响应高后果区油气长输管道的应急事件。

关键词: 高后果区; 油气长输; 长输管道; 应急响应; 能力评估; 评估方法

中图分类号: TE973 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2026) 012-0163-03

Research on emergency response capability assessment methods for oil and gas long-distance pipelines in high-consequence areas

Xing Yujin, Wang Yunchao, Wang Guofeng(National Pipeline Group Northern Pipeline Co., Ltd. Zhengzhou Oil and Gas Transmission Branch, Nanyang Henan 474500, China)

Abstract: Long-distance oil and gas pipelines are important infrastructure for storing and transporting oil and gas products. Emergency response management in high-consequence areas is the top priority of the entire pipeline system management. Based on this, the article conducts a series of analyzes and research on the evaluation methods of emergency response capabilities of oil and gas long-distance pipelines in high-consequence areas. The results show that by specifically adopting evaluation methods such as building a unified standard system, upgrading intelligent technology support, and improving the linkage response mechanism, we can not only have a complete emergency plan, but also enhance the effectiveness of collaborative linkage between government and enterprises, so as to truly achieve efficient response to emergencies in long-distance oil and gas pipelines in high-consequence areas.

Keywords: high-consequence area; long-distance oil and gas transportation; long-distance pipeline; emergency response; capability assessment; assessment method

在油气长输管网规模化和网格化建设的过程中, 由于管道内部运行环境尤为复杂化, 只有制定高效应急能力评估体系, 才能精准识别出应急响应的不足之处。因此, 如何科学合理的评估高后果区油气长输管道应急响应能力, 则是当下有关人员值得思考的一个问题, 以期大幅提高应急处置管道的能力。

1 高后果区油气长输管道应急响应能力评估的重要意义

1.1 筑牢管网安全屏障, 守护民生运行底线

为能全方位守护能源管网运行的安全性, 确保民生发展的稳定性, 就应持续推进高后果区油气长输管道应急响应能力的评估工作。一方面, 为加强管理和控制整个管道的安全性, 就应该对预案适用性、物资储备水平、队伍实战能力、技术支持效能进行严格校验, 便于能在第一时间发现和控制在管网运行期间安全防护措施不足之处。另一方面, 整个油气输送过程的连续性和稳定性, 离不开强大应急响应能力的支持, 只有对其全面评估, 才能缩短响应事故处置的时间, 避免事故发生扩散和进一步破坏的风险。

1.2 规范风险管控流程, 提升行业运维质效

为了能大幅度提高油气输送行业在运维层面的质量和效果, 就需要确保整个风险管控流程的标准化, 这时就凸现出了评估高后果区油气长输管道应急响应能力的重要性。具体而言, 为帮助企业创建出相适配的风险管控体系, 保证整个运维和管理流程的规范化水平, 就应该在评估应急响应能力期间, 着重对管道运维流程的有效性进行验证。此外, 为促进不同类型的运营主体, 能对先进化的运维技术和应急装备进行规模化应用, 就应该统一评估应急响应能力的具体标准, 真正实现全面升级行业运维模式和水平的目标^[1]。

1.3 完善应急治理体系, 助力能源保供大局

在国家能源安全保障体系领域中, 评估高后果区油气长输管道应急响应能力非常重要。具体需要将国家应急管理规范和行业技术标准作为唯一的参考依据, 精准量化和诊断区域内部应急治理不足之处的同时, 对整个应急资源的布局情况进行全面优化。特别是为了持续化推动智能化升级应急装备的进程, 应打造出专业化水平极高的应急队伍。同时, 在一些尤其

复杂的环境下，为保障能源供应的充足性和抵抗风险的专业化能力，应制定出符合评估体系的能源供应应急调度的机制，全面增强各个部门和区域在应急协同、整合资源层面的能力，助力国民经济真正实现高质量发展目标。

2 高后果区油气长输管道应急响应能力评估的现实困境

2.1 评估标准体系零散，指标量化精度不足

高后果区油气长输管道应急响应能力评估过程中，存在着十分明确、不容忽视的标准体系分散化及指标量化精度不足两大问题，直接弱化了评估工作的科学性及其可操作性。其一，目前各评估依据分散于不同领域，又缺乏将行业规范、地方标准有效衔接的制度框架，故极易出现界定模糊、交叉冲突的问题。其二，现有体系以定性描述为主，缺少响应时效、处置精度、资源覆盖率、事故空置率诸种定量指标，因而不能自然、合理地支持分级判定应急能力的目标^[2]。

2.2 技术支撑手段滞后，数据融合应用薄弱

目前评价高后果区油气长输管道应急响应能力时，所走的精准化、智能化升级道路必然要面对两大明显障碍，即技术支持手段落后，数据融合应用能力薄弱。具体而言，目前不少评估工作仍然沿用传统模式，没有动态监测管道场景，也没有实时评估技术装备，因此难以做到动态化、全域化监测高后果区应急响应能力。更根本的问题是，现有评估数据分散于多方主体领域，而各有关部门数据标准不统一，又缺乏可靠的数据共享机制，故不能自然、充分地融合关联多源数据。与此形成直接矛盾的是，当下对数据的挖掘及智能分析能力尚不成熟，故在数据融合之后难以准确识别应急能力的薄弱环节，也就无法顺利推进评估结果的智能化推演进程，最终既影响评估结果的科学性、可靠性，也根本上违背高后果区油气管道安全管控中面向现代化技术的明确要求。

2.3 联动响应机制不畅，协同处置效能偏低

目前高后果区油气长输管道应急响应能力评估及实战环节中，存在着明显的联动响应机制不畅通、协同处置效能低的问题，直接弱化了整个应急体系的效能，具体可从三个方面予以系统分析。第一，现有联动体系以管道运营企业为枢纽，但各方主体缺乏常态化协同的价值纽带，各主体权责边界不清，极易出现指令冲突、响应脱节诸种问题。第二，各方主体的数据平台彼此独立，不能为联合评估、协同处置提供有效数据支撑，故而评估结果与实战需求长期脱节。第三，现有联动考核及责任溯源机制尚不健全，没有将应急协同成果融入标准化评估体系之中，无法真正提

高多方主体协同效能，也无法保证油气管道应急管理体系运行的一体化、高效化目标^[3]。

3 高后果区油气长输管道应急响应能力评估的具体策略

3.1 构建统一标准体系，细化量化评估指标

高后果区域油气长输管道应急响应能力评估中碎片化和主观化的问题，之所以能有效化解和应对，离不开长期坚守顶层统一、分层落实、定量为主、定性补充设计原则的支持，并且还制定了相匹配的评估标准体系。一方面，面对具体的评估指标，需要对其深入解读，才可以将抽象化的应急处置能力，转化成为可以量化的独立单元，并对其中所包含的基础指标、核心指标、否决指标进行清晰划分。尤其是在一些人口密集、生态敏感、重要设施的高后果区域，需要落实差异化的指标系数，显著增强了评估指标和风险等级之间的适配性。另一方面，由于技术会不断更新且政策会持续性变化，这就需要对指标体系进行全方位的修订，这样就可以始终维系标准体系的适配性^[4]。

在评估天然气长输管道高后果区应急响应能力的过程中，多不同结合国家有关规范和标准，携手制定了区域统一的评估标准体系。在量化指标核算的过程中，为了能对对指标权重进行清晰划定，选择利用了相匹配的层次分析方法和判断架构，将处置救援和监测预警作为其中非常重要的权重指标。在相关指标细化的过程中，为了保障应急响应时间的快速性，设定达标值、警戒值、不合格等阈值。此外，在物资供给层面，落实了堵漏器材储备覆盖率、应急消防水源供给时间、应急通信设备续航时间等指标，这样在现场就能对指标落实情况进行实时评估。在具体评估的过程中，团队利用了现场核查、仪器检测、模拟推演、台账核验等形式，参照人口密集型后果区域的评估指标，生成了相匹配的评估报告和整改方案，其中详细阐述了管道应急事件的整改周期和验收标准。实践证明，评估标准体系在全面统一以后，成功争取到监管部门在技术层面的大力支持，显著增强了管道运营企业整改工程的真实效能。

3.2 升级智能技术支撑，深化数据融合应用

为了能对评估高后果区油气长输管道应急响应能力的架构全面优化，不单纯要利用数字化技术，还应该始终都秉承着感知全域化、数据标准化、融合一体化、应用智能化的原则，这样就可以改善以往评估手段落后和数据局限的问题。具体来说，围绕油气长输管道应急评估，所搭建的数字孪生平台，可以在数据中展现出物理管道、高后果区环境、应急资源、救援队伍的实时情况，这不仅可视化呈现评估高后过去

油气长输管道应急响应能力的评估情况,还能实现定量评估应急能力的目标。此外,为了全方位保障评估应急响应能力的精准性和效率,应该灵活应用大数据分析 and 人工智能算法,系统化梳理过往的事故数据和评估数据,这样就能第一时间发现应急能力不足的一些环节,进而自动生成完整的评估报告和整改建议。

在智能化评估长输管道高后果区应急能力期间,为了能对相关数据进行实时采集,工作人员积极引进物联网、数字孪生、大数据平台等先进化的技术,创建了拥有全域智能感知和数据融合功能的评估体系。尤其是选择在整个管道周围的位置,部署大量分布式光纤声波传感系统、管道压力流量在线监测装置、可燃气体激光检测传感器、水质自动监测站、气象监测站等设备,成功拥有了一体化感知数据的网络架构。在融合数据层面,将数据资源目录和油气管道交换规范体系作为参考依据,在统一数据标准的大力支持下,全面互通了管道运营企业系统、政府应急指挥平台、生态环境监测系统、自然资源地理信息平台、气象预警平台的数据接口。为保障跨部门和跨领域数据的一体化,规避数据重复和冗余的风险,将历史事故案例、应急物资台账、救援队伍信息、数字高程模型、卫星遥感影像等数据进行深度融合。而面对搭建的高后果区应急响应能力评估孪生平台,主要目的是为了可视化呈现应急能力的指标,但这都离不开数字孪生技术的支持,其中可以将感知数据和融合数据精准对接,在数字化空间下,全方位呈现物理管道、高后果区边界、应急物资仓库、救援路线、水源保护区等要素。在具体落实到评估的环节中,为了能对监测预警精度、应急响应实效、物资调配效率、协同处置能力等指标进行定量计算,应借助平台中的大数据分析和神经网络算法,切实保障评估饮用水源地高后果区域工作的智能化水平。基于此,平台参照融合数据的结构,可以推送出全面优化物资调配的途径,还能面向不同类型的管道泄露场景,提出相适配的应急处置方案,为将来对评估形式优化提供数据层面的大力支持。

3.3 健全联动响应机制,提升协同处置效能

为能高效应对响应脱节、协同抵消、评估失真的问题,需要一直秉承协同治理、应急管理、跨主体组织协同的原则,制定出权责清晰、流程统一、信息互通、资源统筹的政企协同体系。一方面,创建统一的信息共享平台和联合指挥体系,并制定相匹配的跨区域应急资源统筹调度机制,将队伍、物资、装备的协同配置模式全面优化。另一方面,紧密关联协同处置成果和评估评级、监管考核,充分释放多元主体在协同联动层面的动能,切实保障联动机制的成效,最大程度

上保障应急响应和评估工作的效能。

在天然气长输管道高后果区联动机制建设和协同评估的过程中,联手当地相关方部门组织成立了油气管道应急联动指挥部门,并制定了非常完整的高后果区管道应急联动工作细则,其中明确要求了政府、企业、部门的联动职责,还制定了相匹配的常态化联动机制。在协同信息的过程中,为能缩短传递信息的时间,在互通管道企业内监测系统、应急指挥平台、监控系统、气象预警系统、交通管控系统中的数据接口后,第一时间搭建通用化的应急联动信息平台,在其中可以将有关管道泄露事故的监测数据、现场视频、气象条件、救援力量、物资库存等多维度的数据进行实时共享。在协同资源的过程中,在合适的位置中,建设了应急物资储备库、专业抢险队伍、消防救援站、医疗救护机构等,为保障能在各个区域实时共享应急资源,制定了相匹配的台账。此外,针对现有的应急能力量化评估体系,为能真实模拟出天然气泄露以后,所产生的水体污染真实情况,在其中增设了相匹配的协同响应时间、信息共享准确率、资源到位效率、联合处置效果等多项指标,便于将来能有序开展实战演练和评估核验的活动。

4 结语

综上所述,面对高后果区油气长输管道应急响应能力的评估,具有非常重要的意义和价值,不仅能全面规范行业的运维过程,还能充足供应所需要的能源。展望未来,管理和控制高后果区油气管道安全的工作是一项持久战,应对评估模式进行动态优化,持续拓展跨区域协同评估工作的应用场景,最大程度上评估结果的精准性。

参考文献:

- [1] 中国安科院牵头制定的国家标准《陆上油气长输管道人员密集型高后果区辨识与管理》发布 [J]. 中国安全生产科学技术, 2025, 21(11): 140.
- [2] 付志明. 长输天然气管道高后果区识别及管控措施 [J]. 化工设计通讯, 2021, 47(12): 9-10.
- [3] 孙伟. 油气长输管道安全监控预警系统设计与实现 [J]. 安全、健康和环境, 2021, 21(03): 32-34+61.
- [4] 郭依宝. 长输天然气管道高后果区识别与风险评价问题探究 [J]. 能源与环境, 2023(03): 116-118.
- [5] 李国兴, 柳岩. 长输天然气管道的安全问题及其对策 [J]. 油气储运, 2006, 25(7): 5-5.

作者简介:

邢玉晋(1982-),男,汉族,山西省运城市人,本科,高级工程师。研究方向:长输油气管道的日常管理、运行维护和计量对接等工作。