

新形势下长输油气管道应急管理探究

李锋华

国家石油天然气管网集团有限公司华南分公司 广东 广州 510000

摘要:长输油气管道是国家能源战略关键基础设施,具备管线长、跨区域、高压力的显著特征,新形势下其安全风险呈现复合型、突发性与传导性,传统应急管理模式已无法适配现代化治理需求。本文采用文献研究与系统分析方法,界定该背景下管道应急管理核心内涵,梳理国内应急管理体系建设现状,从风险预警、应急预案、数字化应用、跨区域协同、物资保障、社会共治六大维度剖析核心问题,并提出针对性优化路径。研究表明,构建空地一体化智能预警体系、完善实战化应急预案、推进数字孪生应急平台建设等举措,能有效提升管道应急处置能力,为保障国家能源安全、防范重特大事故提供理论支撑与实践参考。

关键词:长输油气管道;应急管理;能源安全;智慧应急;跨区域协同

1 引言

长输油气管道是油气跨区域调配的核心载体,作为国民经济的能源“生命线工程”,其安全运行直接关乎全国能源保供与社会经济稳定。当前管道运行面临第三方施工破坏、地质灾害、极端天气等多重风险,泄漏、火灾等事故易引发人员伤亡、生态破坏与区域能源供应中断,应急管理压力突出。随着时代发展,我国能源行业转型提速,能源安全新战略深入推进,数智化技术在油气领域应用深化,管道安全监管法治化程度提升^[1],跨区域协同治理需求迫切。传统应急管理模式在风险预判、响应速度、协同处置等方面的短板凸显,亟需向“事前精准预警、事中快速处置、事后复盘优化”的全周期模式转型。本文就此探究管道应急管理核心内涵与现存问题,提出优化路径,为完善应急管理体系、提升应急能力提供参考。

2 新形势下长输油气管道应急管理核心内涵

2.1 能源安全战略的刚性约束

能源安全是国家安全的核心组成部分,长输油气管道作为能源保供关键设施,其应急管理直接影响全国能源供应与社会经济安全^[2]。新形势下,管道应急管理需坚守“保供、保安全、保稳定”底线,以零事故、停输时长短、影响范围低为核心目标,防范重特大事故发生。在事故应急处置中统筹能源保供,筑牢国家能源安全堤坝。

2.2 数智化技术的全面赋能

大数据、人工智能、物联网等新一代信息技术的深度融合,推动管道应急管理从“人工经验驱动”向“数据智能驱动”转型^[3]。天地空一体化监测、智能风险预警等技术,突破传统人工巡检的时空局限,实现风险识别、事故处置与决策制定的精准化、高效化,是突破传统管

理瓶颈的核心技术手段。

2.3 风险复合型叠加的现实挑战

全球气候变暖导致极端天气频发,还有第三方施工破坏、违规占压等传统风险仍较突出,管道安全风险形成复合型叠加,且突发事件发生影响范围广。这一态势对管道应急响应速度、处置精度与多主体协同能力提出更高要求,倒逼应急管理体系向精细化、协同化升级。

2.4 监管标准的法治化与精细化

国家持续完善管道保护法律法规与标准体系,修订《石油天然气管道保护法》,出台GB46799-2025相关标准^[4],明确企业、地方部门的监管责任。因此,长输管道企业推出高后果区“一区一案”、隐患清单化管理、应急演练实战化等安全管理要求,推动管道应急管理向规范化、标准化、闭环化发展,依法依规,法治化与精细化成为管道企业管理的准则。

2.5 跨域协同治理的迫切需求

长输油气管道多跨省份、市县,途经城镇、水源区等敏感区域,事故处置涉及应急、消防、生态环境等部门及管道企业、社会救援力量等多主体^[5]。从而当前跨区域、跨部门、跨主体的高效协同正是所需,协同对管道保护及提升事故处置效率,同时降低损失是关键,政企、群众等是多方联动的治理需求以及对复杂地域的管理应急需求。

3 我国长输油气管道应急管理现状与存在问题

3.1 建设现状

我国已初步构建“国、省、市、县、企业”五级管道应急管理体系,形成“政府统一指挥、企业主体责任、部门协同配合”的工作格局^[6]。企业层面,国家管网集团等龙头企业搭建三级应急指挥架构,组建专业维抢

修队伍并配备专用装备；预案体系形成“综合-专项-现场处置”三级架构，覆盖典型事故场景；技术上，利用SCADA系统、光纤传感、无人机巡检等技术手段实现风险数据实时采集与初步预警；物资保障方面，全国布局应急储备库，配备堵漏、灭火等专用设备，为应急处置提供基础支撑。

3.2 存在的主要问题

3.2.1 风险预警精准度不足，事前防控薄弱

现有管道监测系统存在数据孤岛、感知盲区，多源监测数据未深度融合，对小流量慢泄漏、隐蔽腐蚀等风险识别能力不足，漏报、迟报现象突出。风险评估以定性分析为主，缺乏量化动态评估模型，无法精准划分风险等级与提前预警，事前防控成为明显短板。

3.2.2 应急预案实操性不强，实战化水平不高

部分应急预案存在模板化、同质化问题，未结合管道实际与高后果区分布制定针对性流程，关键环节缺少量化标准与时限要求。预案更新机制不健全，未随管道改造、技术升级及时修订；应急演练多为脚本化开展，缺乏复杂场景模拟，演练与实战脱节，难以检验预案与队伍实战能力。

3.2.3 数字化智慧应用深度不够

数字孪生、AI智能决策等前沿技术在管道应急管理中应用初期阶段，现场监测与后台指挥的数据链路未完全打通，信息传输与分析效率低。应急指挥平台可视化、一体化能力不足，无法实现事故态势“一图统览”、资源“一键调度”；智能装备普及率低，事故处置仍以人工操作为主，处置效率低且存在作业安全风险。

3.2.4 跨区域、跨部门协同机制不畅

不同地区应急响应标准不统一，部门间存在权责交叉、沟通壁垒，应急资源统筹调配效率低；政企权责边界模糊，主体责任与监管责任衔接不畅，易出现推诿扯皮。社会救援力量参与渠道有限，激励与保障体系缺失，未能形成政府、企业、社会协同作战的格局。

3.2.5 应急物资与队伍保障不均衡

应急物资储备布局与管道实际分布不匹配，偏远山区、复杂地形等关键区段储备不足，部分物资更新不及时、管理混乱。缺乏全国统一的智慧物资管理平台，物资信息不可视，跨区域调拨流程繁琐；专业维抢修队伍数量不足、结构老化，新型装备操作能力欠缺，培训与实战结合不紧密，难以适应复杂事故处置需求。

3.2.6 社会共治体系不健全

管道沿线群众的安全与应急避险知识匮乏，对第三方施工破坏的危害认识不足，风险防范意识薄弱。第三

方施工报备、管控机制执行不到位，违规施工成为事故重要诱因；社会监督与公众参与渠道不畅，激励机制缺失，群防群控格局尚未形成，应急管理的社会基础薄弱。

4 新形势下长输油气管道应急管理优化

4.1 构建空地天一体化风险预警体系

以提升风险预判精准度为核心，整合卫星遥感、无人机巡检、分布式光纤传感、SCADA系统实时数据，构建全域覆盖、全时感知的监测预警网络，打破数据孤岛实现多源数据融合。在高后果区部署高精度检测设备，实现泄漏定位与72小时地质灾害预警^[7]；引入AI大模型智能研判监测数据，提升隐蔽性风险识别精度；建立高后果区“一区一案”动态台账，推行隐患排查、整改、销号闭环管理，从源头降低事故概率。

4.2 完善实战化、动态化应急预案体系

以现场实操为导向修订应急预案，结合管道实际明确关阀、封堵、疏散等关键环节的量化指标、责任主体与时限要求，提升针对性与可操作性。建立预案动态更新机制，结合事故案例、技术升级、管道改造及时修订内容；常态化开展无脚本、跨域实战化演练，模拟极端天气、多点泄漏等复杂场景，检验预案与队伍协同能力，推动演练与实战深度融合。

4.3 推进数字孪生智慧应急指挥平台建设

依托数字孪生、5G、大数据技术，搭建管道数字孪生应急指挥平台，构建全生命周期三维实景模型与电子沙盘，实现事故态势一图统览、资源一键调度、指令一键下达。打通现场监测与指挥中心的数据链路，实现事故信息实时回传、智能分析与辅助决策；加快智能封堵、远程操控等新型装备推广应用，提升事故处置自动化、智能化水平，减少人工操作，提高处置效率与安全性。

4.4 健全跨区域、跨主体协同机制

建立跨区域管道应急联动联席会议制度，统一应急响应标准、信息共享流程、资源调度规则，实现应急管理标准化。明确政府、企业、相关部门的权责边界，构建“统一指挥、分工负责、快速响应”的协同体系；搭建跨域信息共享平台，实现风险、预案、资源、处置信息实时互通；完善社会救援力量参与机制，建立激励与保障制度，引导社会力量规范参与处置，形成多方协同共治格局。

4.5 强化应急物资与专业队伍保障

构建“全国统筹、区域布局、场站前置”的应急物资储备体系，结合管道分布与事故风险优化储备布局，在关键区段增加储备，统一储备标准与更新机制。建设全国统一的智慧物资管理云平台，实现物资库存、位置、调

拨全程可视与智能调度,开辟运输绿色通道;打造专业化维抢修队伍,加强新型装备操作与复杂场景处置培训,建立企业与消防、地质等机构的联训机制,提升队伍专业处置与协同作战能力。

4.6 构建社会共治与公众参与格局

常态化开展管道安全与应急知识宣传,通过线下宣讲、线上科普、现场演练等形式,提升沿线群众的风险识别与避险逃生能力。严格落实第三方施工报备、巡查、管控机制,强化现场监管,加大违规施工查处力度;畅通公众举报、监督渠道,建立举报奖励机制,鼓励群众参与管道安全监督;推动管道安全治理融入基层治理体系,构建“企业负责、政府监管、社会参与、公众监督”的社会共治格局。

5 结论

新形势下,长输油气管道应急管理面临风险复杂化、技术迭代快、协同要求高、监管标准严的多重挑战,我国现有应急管理体系虽已形成基本框架,但在风险预警精度、应急预案实操性、数字化应用深度、跨域协同效能、物资队伍保障、社会共治格局等方面仍存明显短板,无法完全适配现代化治理要求。提升管道应急管理效能,需坚持“预防为主、智慧赋能、协同高效、保障有力”原则,以技术创新为支撑、机制完善为保障、社会共治为基础;构建天地空一体化智能预警体系,筑牢事前防控防线;完善实战化动态预案体系,提升处置实操性;建设数字孪生智慧应急指挥平台,实现数智化赋能;健全跨域协同机制,打破联动壁垒;强化物资队伍智慧化保障,夯实处置基础;构建全民参与的社会共治

格局,凝聚治理合力。通过全方位优化,推动应急管理从“被动处置”向“主动预防”转型,提升规范化、精细化、智能化水平。未来,随着5G、人工智能等新技术的深度应用,长输油气管道应急管理将向更智能、更精细的方向发展。后续可聚焦典型场景应急处置模型、跨域协同标准化体系、智慧应急平台落地实施等方向研究,持续完善应急管理理论与实践体系,提升实战处置能力,为保障国家能源安全、守护能源大动脉稳定运行提供坚实支撑。

参考文献

- [1]全国人民代表大会常务委员会.中华人民共和国石油天然气管道保护法[S].北京:中国法制出版社,2010(2024修订版).
- [2]孙青峰,常维纯,刘亮,等."全国一张网"油气储运设施应急预案体系建设[J].油气储运,2024,43(02):134-140.
- [3]谢文,王健,李阳.无人机空地协同的管道应急管理新模式应用研究[J].管道保护,2025(06):45-50.
- [4]国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.GB46799-2025陆上油气长输管道人员密集型高后果区辨识与管理[S].北京:中国标准出版社,2025.
- [5]国家石油天然气管网集团有限公司.油气管道数智化应急管理实践与展望[R].北京:国家石油天然气管网集团有限公司,2025.
- [6]黄强,李刚,王建华.数字孪生技术在能源管网应急管理中的应用[J].中国工程科学,2024,26(04):112-120.
- [7]张来斌,段礼祥,樊建春.油气管道完整性管理技术与应用[M].2版.北京:石油工业出版社,2023:89-96.