

油气储运管道第三方破坏风险评估及应急防范措施

牛永江 (东明县发展和改革局油田服务中心, 山东 菏泽 274500)

摘要: 近年来, 随着城乡建设的快速推进和土地开发强度的提高, 第三方破坏事件对管道的威胁日益凸显。针对第三方破坏的多变性和复杂性, 亟需构建科学的风险评估体系以精准识别高危环节, 并制定多层次联动的应急防范机制。本文从第三方破坏的类型特征出发, 解析风险评估的核心方法与实施流程, 同时从技术防控、管理优化及应急响应等维度提出一体化解决方案, 以期提升油气管道抗风险能力、保障能源输送安全提供理论支持。

关键词: 油气储运管道; 第三方破坏; 风险评估; 应急防范

中图分类号: TE88 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 020-0157-03

Risk Assessment and Emergency Prevention Measures for Third-party Damage of Oil and Gas Storage and Transportation Pipelines

Niu Yongjiang (Oilfield Service Center, Dongming County Development and Reform Bureau, Heze Shandong 274500, China)

Abstract: In recent years, with the rapid advancement of urban and rural construction and the improvement of land development intensity, the threat of third-party damage incidents to pipelines has become increasingly prominent. In view of the variability and complexity of third-party damage, it is urgent to build a scientific risk assessment system to accurately identify high-risk links, and formulate a multi-level linkage emergency prevention mechanism. Based on the types and characteristics of third-party damage, this paper analyzes the core methods and implementation processes of risk assessment, and proposes integrated solutions from the dimensions of technical prevention and control, management optimization and emergency response, in order to provide theoretical support for improving the anti-risk capability of oil and gas pipelines and ensuring the safety of energy transmission.

Key words: Oil and gas storage and transportation pipeline; Third party damage; Risk assessment; Emergency prevention

油气储运管道作为能源输送的核心基础设施, 其安全运行关乎国家能源安全、环境保护及公共安全。随着城市化进程加快和人类活动范围扩大, 第三方破坏事件频发, 如施工挖掘、机械操作失误、蓄意盗窃等行为, 已成为导致管道泄漏、爆炸等事故的主要诱因。此类破坏行为不仅具有突发性强、地域分布广的特点, 且受人为因素、环境复杂性等多重影响, 风险防控难度显著增加。因此, 有必要探讨风险评估方法, 制定应急防范措施, 为油气管道安全管理提供实践指导。

1 油气储运管道第三方破坏类型

油气储运管道的第三方破坏主要源于人类活动对管道的直接或间接干预, 可分为以下三类: 一是机械施工破坏, 如挖掘机、打桩机等工程机械在管道附近作业时因操作不当或信息缺失导致的管道物理损伤; 二是非法占压破坏, 即在管道安全保护范围内违规建设建筑物、堆载重物或种植深根植物, 长期压迫导致管道变形、腐蚀加剧; 三是盗窃破坏, 涵盖蓄意打孔盗油、盗取管道附属设施等违法行为, 此类破坏常伴

随设施损毁与安全隐患遗留^[1]。

2 油气储运管道第三方破坏风险评估方法与流程

2.1 油气储运管道第三方破坏风险评估方法

2.1.1 区域动态分级评估法

区域动态分级评估法收集管道沿线施工活动记录、历史破坏事件报告及人口分布数据, 结合人工巡查和智能监测, 如摄像头、振动传感器结果, 将管道划分为不同风险等级区域。例如, 施工频繁的城乡结合部、盗窃案件多发路段被标记为“高风险区”, 需每日重点巡查; 居民稀少且无施工计划的郊野段列为“低风险区”, 可适当减少巡检频次。以动态更新数据, 如新增工程申报、群众举报信息, 实时调整风险等级, 确保资源精准投放。

2.1.2 多环节流程化排查法

从“事前预防—事中发现—事后复盘”三阶段开展风险评估。事前实地走访、管线交底会议识别潜在威胁; 事中利用智能报警系统(如管道压力异常监测)结合人工核查快速定位破坏行为; 事后事故原因回溯完善风险数据库^[2]。

2.1.3 简易指标综合评分法

制定涵盖“人为活动强度”“管道防护水平”“应急能力”等核心指标的评分表，以专家讨论与实地调查确定权重。例如，对某段管道评分时，若周边存在密集建筑工地、但防护栏完好且社区宣传到位，则综合判定为“中风险”。该方法以直观的评分结果，指导企业快速分配安防资源，提升评估效率与可操作性。

2.2 油气储运管道第三方破坏风险评估流程

第三方破坏风险评估流程需遵循“数据整合—风险识别—等级划分—措施制定”的逻辑主线，强调实操性与系统性。首先，基于管道基础数据（埋深、材质、防腐层状态）、周边环境信息（施工活动、人口密度、地理条件）及历史事故台账，构建多源数据库，利用GIS系统实现空间化数据管理。例如，叠加管道走向与城市规划图，预判未来可能受施工影响的管段。其次，采用“人工+智能”双轨模式识别风险：人工团队以实地巡查、社区走访排查显性威胁，智能系统则依托光纤振动监测、视频监控等技术捕捉异常信号，并触发实时预警。

在风险分析阶段，结合管道脆弱性与破坏行为潜在后果（泄漏量、环境影响范围），量化风险严重性。例如，对穿越水源地的管段，即使破坏概率较低，也需因其环境敏感性列为高风险。在此基础上，采用“红—橙—黄—蓝”四色分级法划分管段风险等级，明确各等级对应的管控标准（如蓝色管段每月巡检1次，红色管段每日巡检并部署应急设备）。最终，依据评估结果制定“一段一策”防控方案，如在高风险段增设物理围栏、安装智能报警装置，并与地方政府建立施工许可信息共享机制，从源头规避机械误挖风险。评估流程闭环以周期性数据更新实现动态优化，确保风险防控的时效性与精准性。

3 油气储运管道第三方破坏风险的应急防范措施

3.1 智能化实时监测与预警系统建设

智能化实时监测与预警系统是防范第三方破坏的核心技术手段，其设计需融合多源感知、数据融合与智能决策功能，形成覆盖管道全生命周期的主动防御体系。系统架构通常涵盖前端感知层、数据传输层、智能分析层与预警响应层。前端感知层依托分布式光纤振动传感技术，布设于管道同沟的光缆实时捕捉周边土壤振动信号，结合模式识别算法区分机械挖掘、车辆通行等不同振动源特征，精准定位潜在破坏行为发生位置。同步集成高清视频监控设备，利用智能图像识别技术对管道沿线人员活动、机械作业进行动态追踪，并通过物联网（IoT）平台实现监测数据的实时传输与存储^[3]。

在智能分析层，系统以多源异构数据融合技术，将振动、视频、声波等多模态监测信号与管道基础属性、外部环境数据进行关联分析，构建风险动态评估模型。该模型基于机器学习和专家知识库，可自动判别风险等级并生成预警信号。预警响应层则以分级预警机制实现快速处置：低风险事件触发本地声光报警装置，提醒现场人员干预；高风险事件直接推送至企业调度中心与政府监管平台，同步启动应急联动预案。

为提升系统的实用性与可靠性，需重点解决复杂环境下的误报率控制问题。通过引入自适应滤波算法和深度学习模型迭代优化，增强系统对背景噪声的抑制能力。

同时，结合历史破坏事件数据与人工巡检结果，持续修正风险判定阈值，确保预警准确性与时效性。系统部署后，需与现有管道安全管理流程深度耦合，例如将实时监测数据与日常巡查计划动态关联，针对高频预警区域自动调整巡检路线与频次，形成“监测—预警—处置—反馈”的闭环管理。此外，系统须具备开放接口，支持与地方政府施工许可平台、公安天网系统等外部数据源的互联互通，实现第三方破坏风险的跨部门协同防控。

3.2 物理隔离与防护屏障强化

物理隔离与防护屏障强化是降低第三方破坏风险的基础性工程措施，其核心在于通过结构性防护手段阻断或削弱外部破坏力对管道的直接作用。防护体系的设计需综合考虑管道敷设环境、破坏类型及经济性，遵循“分层设防、因地制宜”原则，构建从表层覆盖到深层加固的多级防护网络。在材料选择上，优先采用高抗冲击性、耐腐蚀的复合材料，例如钢筋混凝土覆盖层、高强度聚乙烯防护套管及玻璃钢增强结构，针对不同破坏形式优化防护性能。对于易受机械挖掘破坏的管段，采用全包裹式混凝土连续覆盖层，提升结构刚度和抗穿透能力，有效抵御施工机械的意外撞击；在盗窃高发区域，可嵌入带有电子标签的防盗螺栓与防拆卸装置，结合物联网技术实现关键部件状态远程监控，形成“物理防护+智能感知”的复合屏障。

在城乡交叉区域或施工密集区，采用地下管廊与地上围栏协同防护模式，在管廊内部设置独立检修通道与排水系统，避免因外部施工导致管廊结构变形；地上部分通过镀锌钢制围栏与电子围界划定安全警戒范围，辅以声光警示装置与智能监控探头，形成立体化防护网络。对于穿越农田、河流等特殊地段的管道，重点强化埋深设计与表层标识，采用双层环氧涂层钢管并增设牺牲阳极保护，减少因土壤沉降或腐蚀导致的防护层失效风险。施工过程中需严格遵循管道防护

工程设计规范,例如依据 API 1184 标准进行防护层抗冲击测试,确保防护结构在极端工况下的可靠性。

防护体系的长期有效性依赖于全生命周期的维护与动态升级。定期利用地质雷达扫描、超声波探伤等技术对防护层完整性进行非开挖检测,识别潜在缺陷,并采用注浆修复、局部换管等技术手段及时修复。同时,结合智能化监测数据与第三方破坏趋势分析,动态优化防护方案。例如,针对新型破坏工具的威胁,研发具有自适应能量吸收功能的梯度防护材料,以微观结构设计实现冲击能量的逐级耗散。

3.3 政企协同应急响应机制优化

政企协同应急响应机制的优化需以权责明晰、信息互通、资源整合为核心目标,构建覆盖“事前预防—事中处置—事后恢复”的全流程管理体系。依托区域安全生产委员会或专项工作小组框架,建立跨部门联席会议制度,明确政府监管部门、管道企业、消防救援、医疗急救等主体的职责边界与协作流程。以立法或行政协议形式固化信息共享义务,例如将地方政府规划部门的施工许可数据与企业管道地理信息系统实时对接,实现第三方施工活动的源头管控。同时,推动建立统一的应急指挥平台,集成企业 SCADA 系统、政府天网监控、气象地质灾害预警等数据源,形成多维度风险态势感知能力,为协同决策提供数据支撑^[4]。

在预案编制层面,需基于风险评估结果制定差异化的政企联动预案。针对高后果区、跨行政区域管段等特殊场景,细化事故通报、现场指挥权移交、联合救援等环节的操作标准。例如,明确管道泄漏事故中企业技术团队与政府环保部门的协同分工。企业负责工艺隔离与抢修,政府部门主导人员疏散与环境监测。为提升响应时效性,推行“分级触发”机制,根据事件严重程度启动不同层级的应急响应。重大事故由省级应急管理部门统筹调度,一般事件由市县与企业联合处置,避免资源错配与响应延迟。

3.4 公众风险教育与举报激励制度

公众风险教育与举报激励制度是构建社会共治防线的重要抓手,旨在提升公众风险认知与参与积极性,形成“全民监督、群防群控”的管道保护格局。教育体系的设计需以目标导向为原则,针对不同群体定制差异化宣教内容与传播策略。构建覆盖城乡的多渠道宣传网络,整合传统媒体、新媒体及社区活动资源,系统普及管道保护法规、破坏行为危害及应急处置常识。例如,针对农村地区文化水平差异,采用方言广播、流动宣传车等接地气形式强化信息触达;对施工企业则通过安全生产培训、案例警示片等方式深化责任意识^[5]。

举报激励制度需以便捷性、安全性与公信力为核心,构建“线索受理—核查—反馈—奖励”全流程机制。设立统一的举报平台,支持匿名提交与证据上传功能,确保举报人隐私与信息安全。制定阶梯化奖励标准,根据线索有效性、危害程度划分奖励等级,并通过专项资金保障奖励发放的及时性。例如,对提供重大破坏行为预警线索的举报人给予物质与荣誉双重激励,激发公众参与积极性。为提升制度公信力,需建立第三方监督委员会,由人大代表、法律顾问及社区代表参与举报处置的透明化核查,定期公示典型案例与奖励结果,增强公众信任感。与此同时,联合社区网格员、管道巡线员及志愿者队伍,组建“管道安全信息员”网络,以定期走访、信息采集与舆情监测,延伸风险感知触角。同时,与电商平台、物流企业合作,在快递包裹、外卖订单中嵌入管道保护宣传单,利用高频生活场景强化公众记忆。

制度的持续优化需基于动态评估与反馈,利用大数据分析举报线索的时空分布、人群特征及处置效果,识别宣教盲区与机制短板,针对性调整宣传策略与奖励规则。例如,若某区域举报量长期偏低但破坏事件高发,则需排查举报渠道可达性或公众信任度问题。同时,建立破坏行为“黑名单”数据库,对多次涉案人员或企业实施联合惩戒,并运用媒体曝光形成社会震慑。

4 结语

油气储运管道第三方破坏风险的防控是一项系统性工程,需兼顾技术手段创新与管理机制优化。本文通过构建动态风险评估体系与多维度应急防范措施,为管道安全提供了从风险识别到协同处置的全流程解决方案。未来,随着智能化技术深度应用与社会共治理念的普及,管道安全管理将逐步实现“精准预警—快速响应—长效防控”的闭环升级,为保障国家能源动脉安全畅通、推动行业可持续发展注入新动能。

参考文献:

- [1] 马国栋. 油田油气管道储运的安全防范建议 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(14): 77-79.
- [2] 马健彰. 天然气长输管道不同孔径泄漏定量风险评估研究 [D]. 中国石油大学(北京), 2023.
- [3] 耿志远. 滩海输气管道泄漏风险评估研究 [D]. 中国石油大学(华东), 2021.
- [4] 叶杨. 油气管道第三方破坏风险分析与安全防护研究 [D]. 中国石油大学(华东), 2020.
- [5] 郭晓燕. 油气管道第三方破坏风险定量评估与决策方法研究 [D]. 中国石油大学(北京), 2018.