

油气管道区域化改革维抢修应急体系建设的探讨

王韬铭 周云鹏（国家石油天然气管网集团有限公司山东分公司，山东 济南 250000）

摘要：油气管道作为能源运输的核心载体，其安全稳定运行关乎能源供应保障和经济社会发展。然而，管道分布的复杂性和环境因素的动态变化使得传统维抢修模式难以应对现代化需求。区域化改革为维抢修应急体系的优化提供了新思路，通过资源整合、技术创新与协同管理，打造精准高效的应急体系，为管道运行的长期安全提供保障。

关键词：油气管道；区域化改革；维抢修应急；数智化技术

0 引言

近年来，随着我国油气管道铺设里程的增加，油气管道沿线的人为因素和环境因素变化较大，加之旧有的油气管道服役时间较长，对石油天然气管道的安全运行造成一定影响。油气管道作为五大能源运输方式之一，以其安全、经济、高效的特点，承担着能源从产地到消费市场的输送重任。然而，随着油气管道规模的扩张和分布的复杂化，管道维抢修应急体系的建设面临新的挑战。当前，油气管道的需求量不断增加，长输油气管道的安全隐患排查及应急处理的重要性愈发突出。

传统的单一化管理方法已难以满足复杂多变的管道维抢修需求，维抢修工作的区域化改革应运而生。在新的管理模式中，“六化”理念通过资源整合与优化配置，为维抢修应急体系的建设提供了重要思路。该模式从抢修机具、管理流程、技术设备及人员管理等多个方面进行精密布局，不仅合理分配了有限资源，更显著提升了应急响应的效率和质量，逐步实现了现代化、精细化的管理目标。本文将结合区域化改革的实践背景，深入探讨油气管道维抢修应急体系建设的核心问题，重点分析应急资源整合、协同机制构建和技术应用创新等方面的具体策略。

1 区域化维抢修应急体系的构建原则

1.1 区域化维抢修管理的重要方法

在区域化维抢修应急体系的构建过程中，“六化”理念作为一种现代化的工程建设管理方法，提供了系统性和集成化的技术与管理框架，从而成为提升体系效能的重要方法论基础。当前我国石油工程建设公司坚持管理创新和技术创新双轮驱动，以“六化”（标准化设计、工厂化预制、模块化建设、标准化工地、信息化管理、数字化交付）建设为载体，建立“大兵团”作战高效组织模式。

标准化设计通过统一的设计规范和模块化标准，确保了区域内各类设施和设备之间的高度兼容性和互操作性，尤其在跨区域资源调配与协同作业中，可以显著降低因设计不一致带来的技术障碍；工厂化预制通过在集中化场地完成高精度、高效率的部件加工和制造，为区域化维抢修体系提供了快速响应和灵活部署的技术基础，大幅度缩短了现场施工时间并提高了资源利用率。模块化建设理念在应急设施的部署中尤其重要，通过模块化单元的快速拼接与灵活配置，不仅能够适应区域划分后的复杂需求，还能满足突发事件下快速扩展和灵活调整的要求。

与此同时，标准化工地管理通过对施工和维抢修现场的严格规范化控制，降低了因现场管理水平不一导致的作业效率波动和安全风险，为区域内的协同作业奠定了基础性保障。信息化管理则通过集成大数据、物联网和云计算技术，实现了对管道运行、应急资源分布和维抢修状态的实时动态监控与信息共享，使区域内多点协作变得更加高效和精准。最终，数字化交付以全生命周期的数据交付为核心，为维抢修作业提供了详细的工程模型、运维信息和动态监控接口，不仅提升了应急响应的精确性，也为区域化改革提供了技术革新与管理创新的实践范式。

1.2 区域化划分的逻辑依据

区域化维抢修应急体系的划分逻辑需从油气管道运行的资源分布特性、风险等级评估和应急需求差异出发，形成科学合理的区域组织模式。资源分布的非均衡性是划分区域的核心考量因素之一，管道沿线的储气站、原油库、应急物资储备点等资源的空间布局决定了不同区域的资源整合能力和协作水平，通过合理划分区域，可以实现应急资源的最优配置与共享，降低资源冗余带来的管理成本，同时提高资源调度的响应效率。另一方面，风险等级的区域化评估通过对

管道运行环境、地质条件和周边人类活动的综合分析，能够有效识别事故高发区域和潜在风险点，从而为区域划分提供风险导向的科学依据，使得高风险区域得到更多应急资源的优先保障。

2 区域化维抢修应急体系构建的关键要素

2.1 应急资源的整合与优化配置

应急资源的整合与优化配置作为区域化维抢修应急体系的基石，需要在科学布局和动态调度之间实现精确平衡，以保障资源的最大化效能和最小化冗余。在布局设计中，应急资源的空间分布必须严格结合油气管道沿线的风险特征和运行需求，尤其在交通不便或事故高发区域，需要优先布设储备点和专业队伍，从而减少资源运输或人员调配所导致的响应时间延误。例如，在管道沿线关键节点，如阀室、泵站和储油库，必须配置高度集成化的抢修装备和充足的物资储备，确保在突发事故发生后，抢修资源能够迅速到位并高效使用。

此外，区域内维抢修队伍的技术精细化建设也是关键，通过引入多学科交叉背景的专家和技术人员，能够显著提高复杂事故的处置能力，而统一化的技术培训和常态化的实操演练则确保了队伍在不同区域任务中的一致性和高效性。

2.2 区域协同机制的设计与实施

区域协同机制的高效运行是实现区域化维抢修应急体系功能整合的重要保障，其核心在于打破区域边界对资源和信息流通的限制，以最大限度提升应急响应效率和协作效能。统一指挥调度中心的建立是确保多区域协同运转的关键，它不仅需要对不同区域的应急资源和作业计划进行统一协调，还必须具备实时监控、快速指令发布和多方信息共享的能力，从而减少因多头管理或信息不对称所带来的响应延误或决策偏差。同时，区域协同的有效性还高度依赖于跨区域的常态化联合演练，通过模拟复杂事故场景，可以系统性地测试和完善指挥链条、资源共享机制以及任务分配模式，从而提前发现并优化潜在问题。

2.3 灾情风险评估的动态调整能力

灾情风险评估的动态调整能力是确保区域化维抢修应急体系适应性和稳健性的核心能力，它要求体系能够在多变的风险环境中持续优化划分策略和资源配置。通过基于大数据和人工智能技术的多维度动态评估，可以将管道运行状态、外部环境变化以及事故历史数据等关键变量进行实时综合分析，生成高精度

的风险预测模型，从而支持科学决策。例如，在高风险季节或极端天气（如汛期、冻土期）到来之前，通过动态风险分析可以预判事故发生的可能性和区域分布，并提前部署维抢修力量和物资储备，以降低突发事件的危害性。

同时，灾情评估的动态调整还体现在对突发事件全生命周期的响应中，尤其在事故发生后，能够根据实时反馈的灾情变化和资源消耗状态，持续优化抢修方案和资源调配策略，使应急响应从初期的快速部署到后期的资源回收与环境修复，都具有较高的灵活性与科学性。这种动态调整能力是提升体系综合效能的关键驱动力。

2.4 数智化技术在维抢修中的应用

数智化技术作为区域化维抢修应急体系的技术中枢，通过信息化与智能化的深度融合，为体系构建提供了全方位的技术支撑和效能保障。在应急监测中，基于物联网的在线监控系统可以实现对管道运行数据的实时采集与分析，例如通过智能传感器采集管道压力、流量和温度等参数，结合大数据技术进行异常模式识别，从而实现事故隐患的提前预警。在应急响应阶段，地理信息系统（GIS）和数字孪生技术的结合，为事故现场的可视化与响应方案优化提供了强大的技术支持，指挥中心能够通过实时生成的数字化场景，快速制定精准的抢修计划，并对资源调用和人员调度进行高效管理。

3 提升油气管道区域化改革维抢修应急体系建设的具体路径

3.1 构建专业化油气管道维抢修队伍管理体系

构建专业化维抢修队伍管理体系是保障应急体系高效运转的关键环节，通过集装化管理抢修机具、军事化管理抢修队伍以及规范化管理抢修过程，可以从装备、人员和流程等多个维度全面提升抢修能力与效率。

集装化管理抢修机具的措施在于通过标准化和模块化的方式优化装备的运输、储存和使用效率。针对不同区域和事故类型的需求，需优先开展精准的机具需求评估，明确高频使用和专用设备的配置标准，以满足不同作业场景的要求。定制化集装箱内部需包括设备固定装置、减震保护措施和多功能存储空间，以满足抢修机具在复杂运输条件下的保护需求，同时提高抢修现场装备的快速调取能力。此外，通过构建数字化管理平台，可实现对装备位置、状态和调度的实

时监控,从而减少资源分散和冗余配置问题,使抢修作业在时间和成本上都更具竞争力。

军事化管理抢修队伍的实施则侧重于通过严格的组织和训练机制,提升队伍的快速反应能力和协同作业水平。在这一管理体系中,需构建以基础技能训练、专业技术演练和复杂场景应急模拟为核心的训练体系,使抢修队伍在不同事故场景下均具备执行力和适应性。例如,针对大规模泄漏和火灾等高风险事故,抢修队伍不仅需熟练掌握抢修设备的操作,还需在有限时间内完成资源调度、风险评估与决策执行。为实现这些目标,指挥架构和信息共享的高效协同尤为重要,需通过信息化指挥系统建立实时的任务分配和反馈机制,以确保多区域协作任务中各个环节的协调性和流畅性。

在装备和人员体系优化的基础上,规范化管理抢修过程成为提升抢修体系整体质量的必要措施。通过制定统一的工作标准和操作规程,能够有效减少因个体经验差异和环境限制所带来的不确定性。例如,在抢修过程中,应明确操作步骤中的风险管控要求,包括压力管道封堵前的泄压操作、火灾控制中的防护措施以及对周边环境影响的最低化要求。这些规程需在事前进行反复推演和验证,并通过规范化考核机制确保执行的一致性与可控性。

3.2 利用数智化技术赋能灾情风险评估体系建设

在油气管道区域化改革维抢修应急体系的建设过程中,数智化技术的应用为灾情风险评估体系的精准化和动态化发展提供了强有力的技术支撑,通过物联网、大数据分析、人工智能及数字孪生等技术的深度融合,可以显著提升风险预测的准确性与应急响应的科学性。灾情风险评估的核心在于实时数据采集与高效处理,而物联网传感器网络的布设可以实现管道运行状态、环境参数和潜在风险点的全面动态监测。例如,通过沿管道布设高灵敏度传感器,实时采集压力、温度和流量等关键数据,并结合沿线的地质条件和气候变化信息,能够快速识别管道失效的潜在风险点。依托大数据技术,将这些实时采集的数据与历史事故库进行匹配分析,可生成动态风险图谱,为应急决策提供科学依据。人工智能技术进一步提升了风险评估的效率和智能化水平,特别是在复杂事故模式的识别和预警中表现出强大优势。例如,在洪水等极端天气事件中,系统可以基于实时水文和地质数据预测管道冲刷或失稳风险,并自动生成最优的抢修物资与人员

调度方案。

3.3 强化区域协同与全生命周期应急能力建设

油气管道区域化改革背景下,应急管理的复杂性和多样性要求构建以区域协同为核心、全生命周期为框架的综合应急能力体系,通过优化资源调度、提升协作效率和贯穿事故全流程的管理,形成整体应急能力的显著提升。在区域协同机制中,构建覆盖全区域的统一指挥平台是关键步骤,这一平台需整合沿线管道的运行数据、风险信息及应急资源状态,确保信息的实时共享与指令的精准分发。例如,在长距离管道多节点事故场景中,统一指挥平台通过整合阀室、泵站和储气库的状态信息,可以快速生成多区域资源调度方案,从而缩短响应时间并降低事故影响范围。

全生命周期应急能力建设需要贯穿管道规划设计、日常运行、事故响应和灾后恢复的全过程,以形成从风险防控到事故处理的完整闭环。在规划设计阶段,应融入风险导向理念,将高风险区域的管道设计优化为具备冗余性的系统结构,并部署自动化监测设备以增强早期风险识别能力。在运行阶段,通过基于物联网和大数据的监测系统,实现运行状态的实时监控与动态调整;例如,针对管道运行压力异常的实时监测系统,可以在事故前触发预警信号并快速采取应对措施。在事故响应中,动态资源调配与科学决策机制的结合,是提升抢修效率的关键。对于跨区域的复杂事故,例如原油泄漏与火灾复合事故,系统需要协调多个区域的抢修资源,根据事故发展动态优化抢修策略。

4 结语

油气管道区域化改革维抢修应急体系的建设,是提升管道运行安全性与应急响应效率的重要举措。通过“六化”理念指导下的资源整合与动态优化,结合数智化技术赋能的灾情风险评估与全生命周期应急能力建设,可以有效应对管道运行中复杂多变的风险环境。区域协同机制的强化实现了资源和信息的高效共享,全生命周期的管理框架贯穿事故预防、响应与恢复全过程,为体系建设提供了闭环支持。

参考文献:

- [1] 刘鹏.油气管道维抢修队伍应急抢修区域化管理[J].化工管理,2021,(02):189-190.
- [2] 中坤,李猛,梁思荣,等.油气管道区域化改革维抢修应急体系建设的探讨[C]//中国石油学会.中国石油学会,2018.