

城镇燃气管道应急管理的智能化策略探讨

周自军¹, 刘先发², 岳晟²

1. 湖南九申燃气集团股份有限公司, 湖南 常德 415000

2. 湖南安广检验检测有限公司, 湖南 常德 415137

DOI: 10.61369/ERA.12284

摘要： 本研究基于城镇燃气管道安全事故频发，传统应急管理模式难以满足需求的背景，致力于探索智能化应急管理策略。通过构建全方位监测体系，运用传感器采集管道本体及周边环境数据，借助机器学习、大数据分析等技术，对数据进行深度挖掘。分析风险评估智能分析模型构建要点，以及预案生成优化的智能路径。总结出从智能监测、智慧调度到应急决策的一系列智能化策略，为实现风险的精准评估与预警、资源的高效调配以及应急方案的科学制定提供积极帮助，从而进一步提升城镇燃气管道应急管理的整体效能。

关键词： 城镇；燃气管道；应急管理；智能化

Exploring Intelligent Strategies for Emergency Management of Town Gas Pipelines

Zhou Zijun¹, Liu Xianfa², Yue Sheng²

1. Hunan Jiushen Gas Group Co., Ltd. Changde, Hunan 415000

2. Hunan Anguang Inspection and Testing Co., Ltd. Changde, Hunan 415137

Abstract: Based on the frequent occurrence of safety accidents in urban gas pipelines and the difficulty of traditional emergency management models to meet demand, this study aims to explore intelligent emergency management strategies. By constructing a comprehensive monitoring system, using sensors to collect data on the pipeline itself and the surrounding environment, and utilizing technologies such as machine learning and big data analysis to deeply mine the data. This paper analyzes the key points of constructing an intelligent risk assessment analysis model and the intelligent path for plan generation and optimization. It summarizes a series of intelligent strategies from intelligent monitoring, smart scheduling to emergency decision-making, providing positive assistance for achieving accurate risk assessment and early warning, efficient allocation of resources, and scientific formulation of emergency plans, thereby further improving the overall effectiveness of emergency management for urban gas pipelines.

Keywords: town; gas pipeline; emergency management; intelligence

城镇燃气作为重要能源，广泛应用于居民生活与工业生产。然而，燃气管道因老化、外力破坏、腐蚀等因素，安全事故时有发生，给社会带来巨大损失。传统应急管理在监测、响应及决策等环节存在滞后性与局限性。随着信息技术发展，智能化手段为提升城镇燃气管道应急管理水平带来契机。本文深入探讨如何将智能技术融入应急管理各流程，增强应对燃气管道突发事件的能力，保障城市燃气供应安全与社会稳定。

一、城镇燃气管道智能化应急管理原则

（一）实时监测预警保安全原则

在城镇燃气管道系统中，管道老化、外力破坏、腐蚀泄漏等各类风险因素随时可能引发事故，实时监测预警原则的核心，便是通过构建全方位、多层次的监测体系，对燃气管道的运行状态进行不间断的跟踪与分析。利用分布在管道沿线的压力传感器、流量传感器、气体浓度传感器等各类传感器，实时采集管道内燃气的压力、流量、成分以及管道周边环境的相关数据。这些传感器如同管道的“神经末梢”，能够敏锐感知任何细微变化，并将

数据实时传输至监控中心。监控中心运用大数据分析技术和智能算法，对海量的监测数据进行深度挖掘与处理。一旦发现数据异常，系统会迅速依据预设的风险模型和阈值，判断潜在风险的类型与严重程度，并及时发出精准预警^[1]。当压力传感器检测到管道内压力出现异常波动，且波动幅度超过正常范围时，系统会立即分析是局部堵塞、设备故障还是可能存在泄漏导致的压力变化。通过这种实时、精准的监测预警机制，能够在燃气管道安全隐患刚刚萌芽时就被察觉，为及时采取有效的防控措施争取宝贵时间，将事故风险扼杀在摇篮之中，切实保障城镇燃气管道的安全稳定运行，守护居民生命财产安全与城市公共安全。

（二）智能联动高效处置原则

在传统的燃气管道应急管理模式中，各部门、各环节之间往往存在信息沟通不畅、协同配合不足的问题，导致应急处置效率低下，难以在第一时间有效控制事故发展。在智能化应急管理体系下，智能联动得以实现。建立统一的应急指挥平台，该平台整合了燃气公司内部的运行调度、维修抢险、安全管理等多个部门，以及外部的消防、医疗、环保等相关应急救援力量的信息资源^[2]。当监测系统发出预警或事故发生时，应急指挥平台能够迅速将信息精准推送至各相关部门和人员，实现信息的实时共享与快速传递。各部门和人员依据既定的应急预案和职责分工，迅速响应并协同开展工作。维修抢险队伍在接到事故信息后，可通过平台获取事故现场的详细位置、周边环境以及管道设施的相关参数等信息，提前制定抢险方案，并借助智能导航系统快速抵达事故现场^[3]。消防部门可根据平台提供的燃气泄漏浓度、扩散范围等信息，合理调配消防力量，采取针对性的灭火、稀释等措施。医疗部门依据事故可能造成的人员伤亡情况，提前做好救援准备。各部门之间通过智能联动，打破信息壁垒，实现高效协同，缩短应急响应时间，提高事故处置效率，在最短时间内控制事故态势，减少事故损失，保障城镇燃气供应的尽快恢复。

（三）数据驱动精准决策原则

随着信息技术的飞速发展，城镇燃气管道系统在运行过程中产生了海量的数据，这些数据涵盖了管道的设计参数、运行状态、维护记录、周边环境以及以往事故案例等多方面信息。数据驱动精准决策原则就是要充分挖掘和利用这些数据的价值。通过对历史数据的深度分析，建立科学的风险评估模型和事故预测模型^[4]。利用机器学习、深度学习等技术，对大量历史事故数据进行学习和训练，找出事故发生的规律与影响因素之间的关联，实现对未来可能发生的事故类型、发生概率以及影响范围进行精准预测。在应急处置过程中，实时采集的各类监测数据能够为决策提供准确依据，应急指挥人员借助数据分析工具，对事故现场的燃气浓度、压力变化、抢险进度等实时数据进行分析，全面了解事故态势的发展演变。基于这些精准的数据信息，能够迅速制定出最优的应急处置方案，包括抢险人员和物资的调配、救援行动的先后顺序以及采取何种技术手段进行抢修等^[5]。通过分析管道周边的地理信息数据和实时交通数据，合理规划抢险队伍的行进路线，确保其能够以最快速度到达事故现场。这种数据驱动的精准决策方式，告别了以往依靠经验和主观判断的决策模式，使应急管理决策更加科学、合理、精准，提高了城镇燃气管道应急管理的效能与水平。

二、城镇燃气管道应急管理智能化策略

（一）智能监测

1. 管道本体智能检测要点

鉴于燃气管道长期处于复杂环境，内受燃气化学腐蚀，外遭土壤电化学腐蚀，腐蚀情况的精准掌握刻不容缓。借助智能腐蚀监测传感器，可实时采集管道壁的腐蚀电位、电流等参数，通过

构建腐蚀预测模型，依据这些数据预测腐蚀速率与发展趋势，提前察觉潜在腐蚀风险点。管道的泄漏检测采用分布式光纤传感技术，将光纤沿管道铺设，当管道发生泄漏，燃气泄漏引发周边环境温度、压力变化，会使光纤中传输的光信号产生相应改变^[6]。检测系统捕捉并分析这些信号变化，精准定位泄漏位置，根据信号波动幅度估算泄漏量，为后续抢修提供关键依据，提升泄漏检测的及时性与准确性。对管道的结构完整性检测，利用智能机器人巡检技术，确保搭载多种检测设备的机器人在管道内自主行进，其携带的高清摄像头与各类无损检测仪器，可对管道内部进行全方位扫描，检测管道是否存在变形、裂缝等结构损伤，实现对管道本体状态的全面、精细检测。

2. 周边环境实时监测方法

地质环境监测方面，运用卫星遥感与地面监测相结合的方式。卫星遥感可大范围监测地面沉降、山体滑坡等地质灾害迹象，获取宏观地质变化信息；地面则通过布设微震监测传感器，捕捉地下微小震动信号，分析周边地质活动情况。一旦发现异常，迅速向监控中心报警，为管道防护争取时间。对于周边建筑物及施工活动监测，除视频监控外，还可利用物联网技术。在临近管道的建筑物与施工设备上安装传感器，实时感知建筑物的位移、倾斜以及施工设备的作业位置与运行状态。通过数据传输网络，将这些信息汇聚到监测平台，运用数据分析算法判断施工活动是否对燃气管道安全构成威胁。若存在隐患，及时发出预警，通知相关方调整施工方案^[7]。气象环境监测时，应在管道沿线建立密集的小型气象监测站网络，这些监测站不仅能实时采集常规气象数据，还可利用激光雷达等先进设备监测大气污染物浓度、风向切变等特殊气象参数。将气象数据与燃气管道监测系统深度融合，预测不同气象条件下燃气泄漏的扩散路径与危害范围，为应急处置决策提供科学依据，确保周边环境安全。

（二）智慧调度

1. 抢险队伍智能调配策略

智能调配依赖于构建完善的抢险队伍信息数据库，数据库详细记录每支抢险队伍的人员构成、专业技能分布、设备配备情况以及所在位置等信息。当应急事件发生时，通过对事件类型、严重程度以及事发地点的分析，利用智能算法快速筛选出最合适的抢险队伍。对于复杂的管道泄漏事故，优先调配具备丰富焊接经验和专业堵漏设备的队伍；若事故发生交通繁忙区域，则选取距离较近且熟悉当地路况的队伍，减少路途时间损耗。借助实时定位技术，对抢险队伍的行进路线进行动态优化，可以结合交通大数据，避开拥堵路段，规划出最快抵达事故现场的路径，并将实时路况信息持续推送给抢险队伍，确保其能够高效奔赴现场^[8]。利用远程通信技术，在抢险队伍行进过程中，让后方专家团队与一线人员保持实时沟通，依据现场反馈信息，提前制定抢险方案，为现场处置提供技术支持，使抢险队伍在到达现场后能迅速且有序地开展工作，提高抢险效率，减少事故损失。

2. 物资储备精准调度手段

建立智能化的物资储备管理系统，运用物联网技术为每一件应急物资贴上电子标签，实现对物资的实时定位与库存监控。通

通过对历史应急事件数据的分析,结合不同区域燃气管道的分布情况、事故发生概率以及物资消耗规律,运用大数据预测模型,精准预测各区域在不同时期所需的应急物资种类与数量,据此制定科学合理的物资储备计划,避免物资积压或缺货情况^[9]。当应急事件发生时,根据事件的具体需求和物资储备系统反馈的库存信息,利用智能算法快速规划出物资的最佳调配方案。考虑物资存储仓库与事故现场的距离、交通状况以及物资运输方式等因素,优先调配距离近且运输便捷的仓库物资。通过与物流运输企业合作,运用智能物流调度平台,实时跟踪物资运输状态,确保物资能够安全、快速送达事故现场。在物资调度过程中,实时更新物资库存数据,以便及时补充消耗的物资,维持物资储备的动态平衡,为后续可能发生的应急事件做好充分准备,保障城镇燃气管道应急管理工作的持续性与稳定性。

(三) 智能应急

1. 风险评估智能分析模型

构建风险评估智能分析模型,广泛收集多源数据,涵盖管径、材质、使用年限等燃气管道的基础信息;压力、流量、温度等实时及历史运行数据;地质条件、建筑物分布、人口密度等周边环境数据。将这些海量数据整合后,运用神经网络算法,对数据进行深度挖掘与分析。通过不断学习大量历史数据中各因素与事故发生之间的关联,模型能够精准识别出影响燃气管道安全的关键风险因素,并依据这些因素构建风险评估指标体系^[10]。当模型检测到管道某区域压力波动频繁且超出正常范围,结合该区域土壤腐蚀性强、周边施工活动频繁等因素,运用已建立的风险评估算法,量化计算出该区域发生燃气泄漏等事故的风险概率。模型还具备动态更新能力,纳入实时气象变化、新增施工项目信息等新产生的数据,及时调整风险评估结果,为应急决策提供最新、最精准的风险态势分析,助力决策者提前制定针对性防控措施,降低事故发生可能性。

2. 预案生成优化智能路径

预案生成优化的智能路径旨在为城镇燃气管道应急事件提供

高效、科学的应对方案。基于丰富的历史应急事件案例库与风险评估结果,利用自然语言处理技术和知识图谱构建智能预案生成系统。当应急事件发生时,系统迅速抓取事故类型(泄漏、爆炸等)、发生地点、影响范围等事件关键信息,在案例库中进行智能匹配,找出相似案例及其应对方案作为参考。结合实时监测数据与风险评估结论,运用智能算法对参考方案进行调整与优化。若事故发生在人员密集的商业区,预案生成系统会重点考虑人员疏散路径规划、交通管制措施以及如何在有限空间内安全开展抢险作业等因素,通过模拟不同方案的实施效果,筛选出最优预案。在预案执行过程中,借助物联网、大数据技术对现场情况进行实时跟踪,收集抢险进度、环境变化等反馈信息^[11]。一旦发现实际情况与预案预期有偏差,系统自动触发优化机制,重新评估风险,再次运用智能算法调整预案,确保预案始终贴合实际应急需求,实现预案生成与执行的动态优化,提升城镇燃气管道应急管理的整体效能。

三、结束语

通过以上对城镇燃气管道应急管理智能化策略展开的探讨可知:智能监测实现对管道本体及周边环境的实时、精准感知,及时发现安全隐患。智慧调度使抢险队伍与物资得以快速、合理调配,提高应急响应效率。风险评估智能分析模型和预案生成优化智能路径,助力科学决策与高效应急处置。通过整合这些智能化策略,构建起全面、高效的城镇燃气管道应急管理体系,提升事故防控与应对能力。未来,城镇燃气管道应急管理智能化应朝着更深入、全面的方向发展,监测技术将更精细化,利用新兴传感技术实现对管道微观结构变化的监测;人工智能将在应急决策中发挥更大作用,通过深度学习不断优化风险评估与预案生成;加强与城市智慧管理系统融合,实现多部门协同应急的无缝对接,强化燃气供应的稳定性与安全性。

参考文献

- [1] 贺韬,潘大伟.燃气管道工程施工及运营安全管理要点分析[J].中国化工贸易,2023,15(33):94-96.
- [2] 陈海涛.城镇燃气管道更新施工中的应急安全管理策略[J].上海煤气,2025(1):35-37.
- [3] 靳志军,任立英,马晓峰,等.城镇燃气管道应急管理的智能化措施研究[J].中国化工贸易,2023,15(30):94-96.
- [4] 王冠群.燃气管网智能应急预案智能化管理策略[J].石油化工建设,2023,45(6):137-139.
- [5] 张炜,戴志向,夏太武,等.燃气管道埋地阀井智能监控技术研究[J].石油与天然气化工,2022,51(6):132-138,146.
- [6] 胥永红.燃气管道工程质量管理中关键环节的控制[J].装饰装修天地,2023(19):109-111.
- [7] 祁丽荣,张诚,付凯,等.国内城市燃气钢质管道应急抢修封堵技术进展[J].节能,2023,42(5):93-96.
- [8] 杜昕,张建珍.燃气管道运输泄漏事故的应急处理措施[J].中国化工贸易,2025(1):49-51.
- [9] 曾富强,李宁,石庆烛,等.基于STM32的燃气智能应急处理装置设计[J].机电工程技术,2023,52(10):155-157,195.
- [10] 宋国治,田恒春,刘鸣镝,等.北京市户内燃气泄漏事故应急管理及预防措施[J].价值工程,2024,43(32):139-142.
- [11] 黄翩.燃气管道输配调度中的风险预测与应对策略[J].中国化工贸易,2025(11):96-98.