

城市燃气管网安全运行管理策略研究

陈桂海（深圳市燃气集团股份有限公司，广东 深圳 518049）

摘要：城市燃气管网作为现代城镇能源供给体系的关键组成部分，其稳定运行密切影响着社会公共安全与城市功能正常发挥。当前阶段，部分区域燃气管网面临着管线腐蚀、连接部位泄漏、实时监控缺失以及应急维修效率低下等突出矛盾，反映出在管理机制联动、技术应用水平和终端用户监管等环节存在不足。本研究立足现实运行情况，从设备升级改造、智能监测手段引入、突发事件响应机制优化及终端用户用气规范四个维度提出针对性方案，致力于构建适应现代城市空间布局与用气特征的多层次安全管理框架，为增强城市燃气系统基础安全保障能力提供方法论指导与实施路径。

关键词：城市燃气管网；安全运行；设施更新改造；智能监测系统

中图分类号：TE832 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167（2025）034-0136-03

Research on Safe Operation and Management Strategies for Urban Gas Pipeline Network

Chen Guihai (Shenzhen Gas Group Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518049, China)

Abstract: As a key component of the modern urban energy supply system, the stable operation of urban gas pipelines closely affects social public safety and the normal functioning of cities. At present, some regional gas pipeline networks are facing prominent contradictions such as pipeline corrosion, leakage at connection points, lack of real-time monitoring, and low efficiency of emergency maintenance, reflecting deficiencies in management mechanism linkage, technical application level, and end-user supervision. This study is based on the actual operational situation and proposes targeted solutions from four dimensions: equipment upgrading and transformation, introduction of intelligent monitoring methods, optimization of emergency response mechanisms, and end-user gas usage standards. It is committed to building a multi-level safety management framework that adapts to modern urban spatial layout and gas usage characteristics, providing methodological guidance and implementation paths for enhancing the basic safety guarantee capabilities of urban gas systems.

Keywords: urban gas pipeline network; Safe operation; Facility renovation and renovation; Intelligent monitoring system

城市燃气管网的安全运行事关民生、事关保障。随着城市更新、运行，地下管网管线逐年陈旧，环境复杂，周边建设施工活动日益增多，埋地管线隐患日益增多，如管线跑漏频繁、缺乏检测手段、应急反应滞后等，特别是在有悠久历史的老城区或人口密集的商业区和住宅区内，状况尤为严峻；人工巡逻、后期处理的传统方法已经不适合高强度运转的城市工作要求。有必要建立一种新的管理思路——结合风险评估分级、智能警报预测及多元联合的路径来解决该问题，以求从课题中寻到有效的解决途径以提升城市的天然气基础安全性。

1 城市燃气管网安全运行管理的基本理论与系统构成基础

1.1 城市燃气管网的功能定位与结构分布演化特征

城市燃气管网作为连接上游供气站与终端用户的核心输配系统，承担燃气接收、分级配送与末端供应等关键功能，其正常运行直接关系到居民生活和工商业用气，构成城市能源保障体系的重要环节。随着城市扩张与用气强度提升，管网架构由早期主干管道为主的放射状布局，逐步演变为具备“分区调控、环

状备份”特征的复杂网络，显著提升了供气稳定性与应急恢复能力。现阶段城镇燃气输配网络普遍采用高压—中压—低压三级压力配置，通过分散设立的调压设施实现压力调节与分区平衡。在具体运行中，旧城区常见管网部件老化等隐患，而新开发区域则需统筹系统规划，呈现传统与新型系统并存、运维复杂度上升的特点。

1.2 城市燃气安全管理的概念界定与核心运行逻辑

城市燃气安全管控体系聚焦于燃气接收、调压、输送及终端使用的全流程管理，建立覆盖设备运维、人员作业、环境因素等多维要素的综合风险防控框架，致力于防范燃气泄漏、爆燃等常见事故，保障燃气输配网络稳定可靠运行。实施过程中，以“风险预警、实时监控、协同处置”为基本原则，采用分级风险评估方法，对管网核心部位开展精准监控与动态分析。目前业内正由人工巡查向智能化监管转型，依托SCADA系统、压力传感器与GIS平台构建数字化管理体系，实现燃气管网运行状态的全天候监测与调控。在应急响应方面，标准化流程不断完善，强化数据互通、指令协同与资源整合，推动安全管理从被动处置

向主动防御转变,显著提升燃气基础设施的安全水平与事故应对能力。

1.3 城市燃气运行管理的政策法规框架与技术规范体系

城镇燃气系统的安全运营依托健全的法律框架与技术标准。我国已构建以《城镇燃气管理条例》和《安全生产法》为核心,配套《燃气工程项目规范》《燃气输配工程设计规范》等技术规范的立体化监管体系,对设施建设、日常运维、应急处置等环节提出明确要求。各地按实际情况都采取了不同的安全管理措施,如深圳市建立一个跨部门的应急联动合作机制。从技术规范上来讲,依靠的是 GB 50494、GB 50156 等一系列国家级硬性规范,包含了管道承压能力设计、接头形式、泄漏检测手段、调节阀选型等多个方面。目前,一些大城市正在推行 BIM 及 GIS 综合平台、信息采集监控平台的应用及无人值守系统,使用智能化巡检终端,以数字化的形式把这些标准固化成可量化、追踪的行为形式,提升安全监管效能。

1.4 城市燃气系统风险分级与评估方法体系

针对城市燃气管线因运维环境多样性和危险性预测性差的特点,亟需建立一套基于系统化、数量化的风险分类和评价体系来进行有益补充,即风险辨识、风险评价以及风险级别划分。通过管道材料、工作压力、腐蚀状况、外部干扰状况以及历史事故统计数据等参数的量化分析,形成一套科学而完整的指标体系。在风险评价中,将“概率—后果”模型运用到评价中,将泄漏概率、爆炸影响范围、人口密度和人居环境敏感度等关键数据纳入评价体系中,以使评估结果更加科学和便于比较。在分级管理方面,多数地区采用三级或四级分级模式,对危险性较大的区段实行重点监控、优先维修和及时处理;中风险区域实行常规检查,定期维修;危险性较低的区域实行周期性巡查。在数字化系统不断提高的背景下,部分城市已经可以实现实时追踪压力情况、流速变动情况、地下震动等运行信息的变化,根据运行情况对危险等级予以不断更新,逐渐建立动态评档制度。

2 当前城市燃气管网安全运行管理中存在的突出问题表现

2.1 管网设施老化升级滞后导致泄漏风险持续存在

国内多个城市的地下燃气管道自 1990 年代初建成投用以来,目前已有大量管线服役超 25 年,普遍存在锈蚀、焊接退化、密封失效及阴极保护功能丧失等问题,构成重大安全隐患。尤其在老旧小区和交通繁忙区域,受地面沉降、车辆碾压与地下施工叠加影响,局部应力易集中,引发泄漏与结构损伤。早期工

程普遍缺乏系统档案与标识体系,导致管网数据残缺,精准定位与状态诊断难度大。改造推进缓慢,主要受限于资金紧张、扰民风险及道路协调困难。应急层面,部分区域隔离阀设置不足、分区模糊,抢修中难以迅速断气与隔离,放大事故后果。目前,设备老化已成为燃气系统安全运行的核心瓶颈之一。

2.2 多方责任边界模糊制约统筹管理与应急联动效能

城市燃气管网的全生命周期运营管理需燃气公司、市政执法、建设审批、应急指挥、交通管理及社区街道等多个职能机构协同参与。然而,管理体系层级复杂、业务接口交错,权责划分不清已成为制约高效协作的关键因素。以地下燃气管道第三方破坏为例,部分地区的项目审批、实地勘察与风险预警等环节脱节,易形成监管盲区并诱发事故。多数地区仍缺乏标准化的协同处置框架,缺失信息交互平台及常态化联合训练机制,突发事件中常出现指令阻滞、职责模糊等问题。在人口稠密的都市区域尤为突出,如燃气中断、人员疏散、交通管制等应急任务,因流程滞后频影响执行效果。构建权责清晰、响应高效的联动机制与责任链条,已成为提升城市燃气事故处置能力的当务之急。

2.3 安全监测手段技术落后导致隐患识别能力薄弱

当前城市燃气管网监控体系多仍停留在以周期性巡检和报警触发机制为核心的传统模式,缺乏对管网运行状态的连续感知与动态诊断能力。部分区域的管网,压力、流量、可燃气体浓度等运行参数监控采集点分布稀疏,数据覆盖率低,导致关键工况不可视、隐患演化不可控。此外,部分城市部署的传感器存在类型单一、点位优化不足的问题,难以实现对调压箱、调压柜、阀门井等高风险节点的有效监测。一些城市虽建设了 SCADA 系统与 GIS 平台,但系统间数据接口不统一,难以支撑事故预测、区域隔离与应急调度等多场景协同应用。技术支撑体系的滞后性直接限制了风险识别的主动性与响应的精准性,已成为制约燃气系统智能化升级与本质安全提升的重要瓶颈之一。

2.4 用户终端管理薄弱引发使用环节次生安全风险

在城市供气网络运行中,用户作为终端环节,往往成为安全隐患最易聚集且管控难度最大的区域。住户擅自改动燃气管线、在密闭空间安装热水器、私自更换燃气具等现象普遍存在,易引发报警器失灵、燃烧效率低、气体积聚等问题。终端用户引发的事故在燃气行业中的占比不断上升,尤以老旧小区、合租房和流动人口密集区为重灾区。供气企业在安检过程中,常遭遇用户配合度低、资料不全、权限模糊等障碍,影响常态化安检工作推进。一旦发生泄漏,发生火灾、

爆炸可能引发系统性风险。因此,强化终端用气监管与用户引导,是提升城市燃气系统韧性的关键。

3 推进城市燃气管网安全运行管理体系优化的系统路径研究

3.1 分层分级推进燃气管网更新改造与系统健康评估机制建设

针对城市燃气管道老化的现状,要建立一套结合管段风险程度及运行状态的风险程度双重改造评价模型。收集基本信息时需考虑管道的服役年限、材质、埋深、工作压力、腐蚀程度与以往事故情况,构建动态的健壮检测系统,确定关键性的改造位置及优先处理目标。对于腐蚀严重的结构型中高压钢管与铸铁管地段的管段应采取整体置换,但是地基状况良好但局部出现故障的中危险区域管道,可进行管道内修复或局部置换来延长管段寿命。实践时需合理安排夜间作业、交通行驶及临时的供气调配,尽量减少对公众产生的影响。建议借助地理信息(GIS)平台,利用可视化手段跟踪关键管段的运行状态,预测潜在风险,推动燃气设备改造由“传统手工模式”向“数据驱动模式”转型。

3.2 完善多主体协同机制构建全链条责任闭环管理结构

城市燃气管网系统的管理涵盖从前期规划审批到后期应急响应的全周期流程,需产权方、施工单位、供气企业、社区网格员、城市管理部门、建设审批机构与应急指挥中心等多方共同参与。目前普遍存在职能交叉、响应迟缓、数据壁垒等现象,制约了日常协作与突发事件处置效能。亟需构建“集中指挥+联动管理”的权责衔接体系。建议制定职责分配模型与协作规范,明晰各单位主体责任、配合单位及关键响应环节,提升应急处置能力。整合区域网格化管理平台,贯通风险预警、协同指挥与事件处理全过程。通过流程重塑,推动“条块分割”向“端到端协同治理”转型,增强城市供气系统的韧性,提升运行效率。

3.3 构建智能监控系统提升燃气管网运行状态感知与主动预警能力

随着城市燃气管网系统日益向高负荷、高密度方向演进,传统依赖人工巡查和分散监控的方式,已难以满足对运行状态的实时掌控与故障预警需求。为系统提升安全保障能力,亟需建立贯穿“监测—研判—处置”全过程的智能化监管体系。在实施层面,可依托SCADA平台集成压力、流量、泄漏等多维传感数据,结合低功耗广域通信技术(如NB-IoT),构建分布式感知网络。系统应部署趋势分析模块与分级预警机制,使异常处理模式从被动报警迈向主动预测。在运

维方面,需优化监测点位布局,完善断电条件下的备用供电方案,提升边缘计算节点的自主应急响应能力,推动安全管理从事后响应转向事前预警,显著增强燃气管网的早期风险识别与干预效率。

3.4 加强终端用户管理优化安全教育与社会公众参与机制

燃气系统的终端环节往往是安全隐患最为集中、管理难度最大的区域。数据显示,超过六成的泄漏事故源于用户擅自改装设备、违规安装热水器和忽视阀门检修等行为。尤其在房龄超20年的住宅区和人员密集的公租房中,常见安检受阻、信息缺失、隐患整改滞后等问题。建议推行用户分类管控模式,结合燃气用途、设备状况和违规记录建立动态数据库,设定差异化检查频率与上门指导机制。重点用户应纳入网格化管理范围,实施集中监管。安全宣传可整合物业巡查、社区讲座、应急演练等资源,增强居民防范意识。以街道为单元,联合物业、社区与燃气企业,构建“终端联防联控单元”,实现隐患识别、信息反馈与协同处置的闭环治理。

4 结语

城市燃气管网在运行过程中一旦出现异常,极易引发区域性供气中断、局部爆炸及交通系统紊乱等连锁公共安全事件,因而亟需构建全流程、多维度的系统性安全保障体系。本文在分析当前运行管理现状的基础上,聚焦设备老化风险积聚、多部门协作效能不足、动态监控技术短板及终端用户安全隐患等问题,提出分级改造路径、协同响应机制与用户端管理举措,探索具有实践指导意义的管理优化体系。建议重点提升运行数据的场景适应性,精细化构建管网智能管控模型,健全终端协同治理体系,推动城市燃气安全监管由被动应对向风险预控、由分散管理向系统治理转型,促进运行稳定性与风险抵御能力的同步提升。

参考文献:

- [1] 刘娟,赵松,马腾腾.城市燃气管网运行安全隐患分析与防范对策研究[J].2024(4):355-357.
- [2] 黄邛皓.城市燃气管网运行安全隐患分析与防范对策研究[J].石油石化物资采购,2024(3):115-117.
- [3] 王大庆,邱旭,梁平,等.城市燃气管网完整性管理智能化建设展望[J].石油工程建设,2023,49(2):59-63.
- [4] 冯荣.城市燃气管网安全运行问题及对策建议[J].石油石化物资采购,2024(20):160-162.
- [5] 许钊,李晖,崔世界,等.城市燃气管网监控与管理系统的优化研究[J].石油石化物资采购,2024(21):163-165.