城市燃气管网安全运行问题及其对策探究

柯　敏

武汉能源规划设计有限公司　湖北　武汉　430000

摘　要：城市燃气管网安全运行直接关乎城市公共安全与居民日常生活保障，管网设备老化、运维管理粗放及外部环境干扰等多重因素叠加，使运行风险持续攀升。本文围绕管网本体隐患、日常运维短板与外部干扰因素展开系统分析，梳理设备老化腐蚀、附属设施功能退化、巡检排查疏漏及第三方施工破坏等问题的内在关联，在此基础上提出管网设备升级、精细化运维管理、专业队伍建设及外部风险防控等优化路径，为提升城市燃气管网安全运行水平提供理论参照。

关键词：城市燃气管网；安全运行；隐患排查；运维管理；风险防控

引言：城市燃气管网作为燃气输配的核心基础设施，运行安全状况与城市公共安全紧密关联。伴随管网服役年限持续增长与城市建设节奏加快，设备老化、运维管理滞后及外部环境干扰等问题交织叠加，管网安全运行承受多重压力。现有运维体系在隐患排查、人员素养及台账管理等环节存在明显短板，管网本体风险与外部干扰之间的传导机制尚未得到充分梳理。从设备本体、运维管理及外部防控等维度探寻系统化安全运行策略，成为当前管网运行保障工作的重要议题。

1 城市燃气管网运行设备本体存在的安全隐患

1.1 管网老旧老化引发的运行隐患

城市燃气管网长期埋设于地下复杂环境中，持续受到土壤介质、地下水以及温湿度波动的持续作用，管道本体材质会出现持续性自然劣化。金属管道外壁会产生大面积锈蚀磨损，管壁有效厚度逐步缩减，整体结构承压性能持续衰减。管道内壁长期接触燃气介质，会在气流冲刷与化学腐蚀的共同作用下出现结垢、剥落现象，管道内部流通结构发生改变，输配稳定性大幅下降。长期服役的管线会逐步积累金属疲劳特性，管材韧性与抗形变能力持续弱化，面对土层轻微沉降、地面荷载变动等外力作用时，极易产生细微裂纹与局部变形[1]。老化管线整体运行稳定性大幅下降，各类隐性损伤持续累积，大幅提升燃气泄漏及管网破损的发生概率。

1.2 管材选型与施工遗留的设备缺陷

早期城市燃气管网建设依据过往行业标准开展选材作业，部分管材综合性能无法适配现阶段城市复杂地下工况与长期输配运行需求。部分管材原生材质密度均匀度不足，内部存在细微孔隙与材质瑕疵，天然抗腐蚀与抗形变能力存在短板，长期运行过程中瑕疵问题会逐步放大为结构性隐患。施工建设阶段的工艺管控偏差会留存永久性设备缺陷，管道焊接、对口拼接等关键工序作业精度不足，会造成接口密实度不足、贴合度不达标的问题。管道敷设作业未做好垫层找平、应力缓冲等基础防护工序，管线长期处于受力不均的运行状态，结构损耗速度加快，各类原生缺陷会随运行时长不断叠加累积。

1.3 管网附属设施功能性失效问题

燃气管网附属设施承担调压、密封、截流、检测等核心功能，运行状态直接决定管网整体安全运行品质。各类阀门、调压构件、密封垫片、检测端口等设施长期处于封闭潮湿的地下环境，活动构件容易出现锈蚀卡顿、机械磨损等问题，基础操作性能逐步退化。密封类构件会随使用时长出现材质硬化、弹性衰减等问题，密封贴合紧密性持续降低，无法实现燃气的有效阻隔。调压稳压类精密构件会出现内部部件磨损损耗，压力调控精度逐步偏移，难以适配管网动态输配压力的运行需求。附属设施功能持续衰减后，管网运行调控与安全防护能力持续下降，直接诱发各类设备本体运行隐患。

2 城市燃气管网日常运维管理存在的突出问题

2.1 日常巡检养护工作存在疏漏

城市燃气管网覆盖范围广泛且敷设环境复杂，常规巡检养护工作多固定标准化作业流程，难以适配不同路段、不同敷设年限管网的差异化运维需求。巡检作业多侧重路面可视区域与重点路段的表层检查，对隐蔽管段、穿越特殊地貌的管网部位排查力度不足[2]。养护作业多采取固定周期作业模式，未结合管网运行负荷、环境变化以及设备损耗状态灵活调整作业频次与作业内

容。部分巡检作业存在流程落实不到位的情况，作业记录内容流于表面，无法精准反映管网实时运行状态，细微的设备损耗与运行隐患会在长期积累中逐步加重。

2.2 管网隐患排查整治不够系统全面

燃气管网隐患整治工作多聚焦已经显现的故障问题，对潜在的结构性、损耗性隐患缺少前瞻性研判与处置机制。隐患排查工作呈现碎片化特征，排查范围未能覆盖管网全线及全部附属配套设施，部分偏远管段、老旧支线容易出现排查空白区域。隐患整治环节缺少闭环管控机制，部分轻微隐患仅做简单处理，未开展持续性跟踪核验，隐患复发概率大幅提升。现有排查体系缺少整体性分析思维，无法梳理不同隐患之间的内在关联，单一隐患处置后难以规避衍生性管网运行风险。

2.3 运维人员专业能力与实操素养不足

管网运维工作对专业技术储备与现场实操能力具备较高标准，现有运维队伍人员技术水平存在明显分层。部分运维人员对新型管网设备、智能化运维技术掌握程度不足，传统作业思维与操作模式难以适配现代化管网运维工作要求。现场实操过程中，部分人员对复杂工况的风险辨识能力较弱，应急处置与隐患预处理操作不够规范标准。常态化专业培训内容偏向理论知识输出，贴合现场实操场景的技能训练占比不足，人员实操素养与问题处置能力难以实现持续性提升。

2.4 管网台账与动态管理不够规范

燃气管网台账资料整理更新存在滞后性，管网改造修缮、设备更换、隐患处置等新增运行数据，无法及时录入对应档案体系。台账记录内容标准化程度不足，部分数据信息记录模糊、内容残缺，难以完整还原管网建设改造与运行损耗的全过程状态。管网动态管理模式较为滞后，线下运维作业与线上数据更新衔接不够紧密，管网实时运行状态、设备损耗变化情况无法通过台账精准体现。数据化管理体系应用不够深入，台账数据无法有效支撑管网运维方案优化、隐患预判等核心工作开展。

3 外部环境对城市燃气管网安全运行的干扰因素

3.1 城市工程施工对管网的外力破坏

城市各类基建施工活动覆盖城区大部分区域，施工机械开挖、碾压、撞击等作业行为会对地下燃气管网产生直接外力作用。土建施工前期的管线探测工作容易出现作业偏差，地下管线位置信息掌握不够精准，施工工序推进过程中极易触碰地下管网结构[3]。大型工程机械作业产生的震动会向地下土层持续传导，造成管网管壁松动、接口错位等隐性损伤。各类施工活动改变管网周边原有土层结构，土层密实度出现不均匀变化，管网整体受力状态发生改变，长期处于不稳定受力状态会逐步引发管网结构损伤，大幅提升燃气泄漏事故发生概率。

3.2 复杂地质与气候环境带来的运行影响

城市不同区域地质条件存在明显差异，松软土质、回填土层与不均匀沉降土层会持续影响地下管网敷设稳定性。地质结构的缓慢形变会带动管网整体位移，破坏管线原有敷设平衡状态，引发管线扭曲、拉伸等结构性损伤。极端气候天气会对管网运行产生持续性干扰，强降雨天气会提升地下土层含水率，加剧土壤对管网材质的腐蚀作用。持续高温或低温天气会让管网管材出现热胀冷缩的物理形变，管材结构稳定性下降，管网抗损性能与承压能力出现不同程度的下降，增加管网运行故障的发生概率。

3.3 城市建设扩张对管网布局的挤压影响

城市城镇化建设持续推进，城区建筑、道路及公共设施的扩建改造，持续压缩地下燃气管网的敷设空间。原有管网布局多适配早期城市建设规划，城市空间扩容后，部分管线被新增建筑物、构筑物近距离覆盖，管网预留安全间距持续缩小。地下综合管线密度持续提升，各类管线交叉并行的布局模式，大幅缩减燃气管网运维作业空间，常规巡检与养护作业难以全面开展。城市建设格局的更新打乱原有管网运行防护体系，管网长期处于受限运行状态，安全运行冗余量持续缩减。

3.4 人为无意识违规操作造成的安全威胁

城区居民及基层作业人员对燃气管网安全防护认知存在不足，日常生产生活中的各类不规范行为会形成隐性安全隐患。部分地面施工、庭院改造及住户自主装修作业中，人员未提前核查地下管线分布情况便开展破土作业，无意识的违规施工会损伤浅层燃气管线。日常公共区域整改与场地修整作业中，违规堆放重物、随意改动地面结构等行为，会改变管网外部受力环境，对地下管线形成持续性压迫。各类非专业作业行为缺乏规范管控，作业人员风险辨识能力不足，细微违规操作逐步累积，持续威胁燃气管网整体运行安全。

4 提升城市燃气管网安全运行水平的优化对策

4.1 推进管网设备升级与常态化更新改造

针对城市燃气管网设备老化、管材适配性不足等核心问题，建立长效设备升级与管道改造机制。结合管网敷设年限、损耗程度与输配负荷标准，梳理老旧及缺陷管线分布，制定分阶段改造计划。更换综合性能更优的新型管材，提升管网承压能力与环境适应性能。同步更

新老旧密封构件、卡顿阀门与调压设备，保障管网附属设备运行精度[4]。依托城区建设进度与设备运行数据动态调整改造清单，持续清理存量设备隐患，彻底杜绝老旧设备带故障运行的情况。

4.2 完善精细化运维管理工作体系

优化现有运维管理模式，搭建标准化精细化运维管理体系。依据不同管段敷设环境、使用年限与运行负荷，制定差异化巡检养护标准，消除统一作业模式产生的运维盲区。落实全域化隐患排查模式，覆盖主干管线、支线管网与各类附属设施，重点排查隐蔽管段及高危敷设区域潜在风险。实行隐患分级处置与闭环管理制度，完成隐患整改后复核运行状态，遏制隐患持续演化。规范管网运维台账管理，实时更新管网改造、设备更换及隐患治理相关数据，保证数据信息完整准确，为运维工作提供数据支撑。

4.3 强化运维人员专业队伍建设

匹配现代化管网运维工作标准，完善运维人员培养体系，全面提升队伍专业水平与实操能力。围绕智能设备操作、新型运维技术、隐患辨识与故障处置等核心内容，搭建常态化专业培训体系。增加现场实训比重，依托复杂运维工况开展实操训练，强化人员现场问题处置能力。建立规范化考核机制，将运维作业质量、隐患治理成效纳入考核维度，推动工作人员持续提升专业技能。吸纳高素质专业技术人才，优化运维队伍人员结构，适配精细化、智能化的管网运维发展需求。

4.4 构建外部环境风险常态化防控机制

针对各类外部干扰风险，建立常态化外部环境防控机制，降低外部因素对管网运行的干扰。规范城区地下施工管控流程，施工前完成全域管线探测与位置核验，规范施工操作流程，规避外力对管网的机械损伤。结合区域地质条件与气候特点，对地质薄弱管段增设防护结构，在极端天气来临前完成专项排查与防护，降低自然环境造成的设备损耗。结合城市建设规划提前优化管线防护布局，缓解城市扩建带来的管网空间挤压问题。开展常态化管网安全宣传，规范公众日常作业行为，减少人为操作引发的安全隐患。

4.5 健全管网安全应急处置保障体系

细化不同管网故障场景的标准化处置流程，明确各类泄漏、破损故障的现场作业规范与处置重点，让应急作业全程有据可依。足额配备管网封堵、故障抢修、风险管控的专业设备与物资，定期开展物资清点与设备维保校验，确保应急资源时刻保持可用状态[5]。结合管网运行高频风险场景组织常态化应急演练，积累现场处置经验，提升运维人员应急响应速度与实操熟练度。搭建政企联动、部门协同的应急联动机制，打通信息互通与作业配合渠道，缩短突发事故处置时长，控制安全风险扩散范围，稳固管网安全运行底线。

结束语

城市燃气管网安全运行水平的提升依赖设备本体、运维管理与外部防控等多维度的协同推进。管网设备升级改造能够消除存量安全隐患，精细化运维管理体系可弥补日常巡检与隐患处置的薄弱环节，专业队伍建设为运维工作提供持续人力支撑，外部环境风险防控机制则从源头降低管网运行干扰。各环节相互衔接、缺一不可，唯有构建全链条安全运行保障体系，方能稳固管网安全运行底线，为城市燃气供应的持续稳定提供坚实支撑。

参考文献

[1] 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.

[2] 汪志祥. 探究城镇燃气管网安全运行问题及其对策 [J]. 电脑爱好者（普及版）（电子刊）,2022(10):2547-2548.

[3] 高升. 燃气管道工程施工中存在问题及其对策 [J]. 上海煤气,2024(5):13-15.

[4] 王菲菲. 城市燃气管道泄漏问题及其采取措施 [J]. 中国化工贸易,2025(18):91-93.

[5] 聂万斗. 城市燃气管网安全运行存在的问题与对策 [J]. 工程技术研究,2022,7(12):155-157.