



2026 **5** 总第87期

2011年10月1日创办

城镇燃气管道完整性管理专辑

■ 卷首语：让城市生命线更加安全畅通

■ 李颜强：为城镇燃气管道构建一套科学的健康管理系统

■ 王俊强等：解读《城镇燃气输配管道完整性管理规范》

■ 吉建立：一起地铁施工损坏燃气管道泄漏爆燃事故

■ 对话：关于《城镇燃气输配管道完整性管理规范》的讨论

研究探索的平台 政企合作的纽带
管道文化的载体 发展进步的桥梁

PIPELINE SAFETY PROTECTION

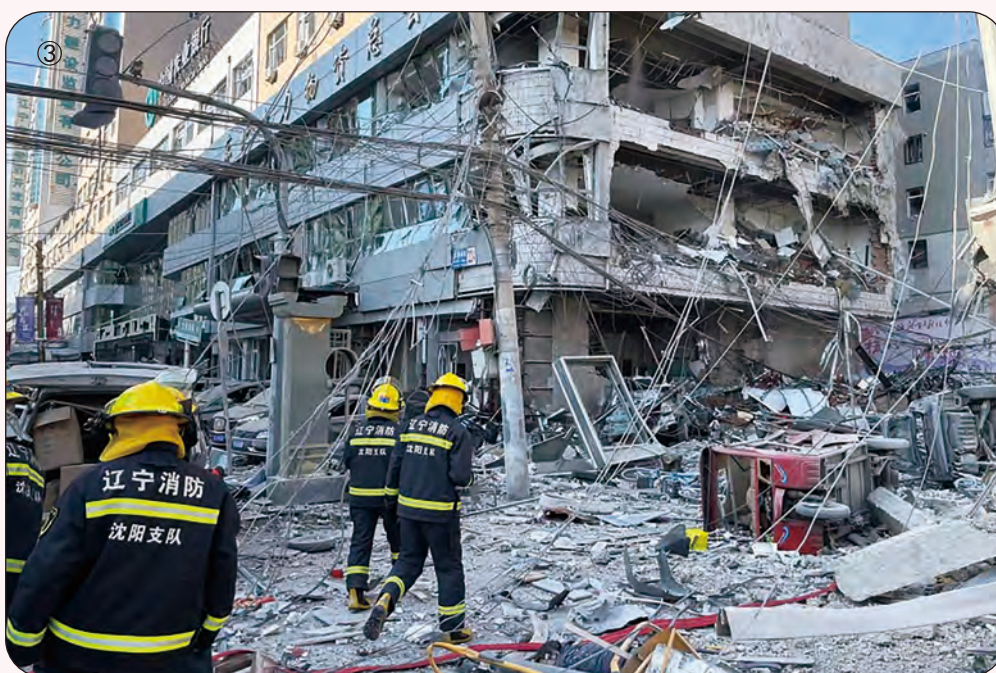
2024年3月13日河北燕郊燃气泄漏爆燃事故救援现场 新华社记者 张骁 摄





- ① 湖北十堰“6·13”事故现场
- ② 宁夏银川“6·21”事故现场
- ③ 辽宁沈阳“10·21”事故现场

图片来源网络



让城市生命线更加安全畅通

《管道安全保护》编辑部

燃气管道是城市的生命线，直接关系亿万群众的日常生活和公共安全。然而，近年来，管道“带病运行”及外部环境扰动引发的安全风险日益凸显。例如，2024年河北燕郊“3·13”事故，因地铁盾构施工致燃气管道破裂泄漏引发爆燃，造成30余人伤亡、五层建筑损毁；2021年湖北十堰“6·13”事故，因燃气管道在密闭空间泄漏导致重大爆炸，造成164人伤亡。这些触目惊心的案例，充分暴露出当前城镇燃气管道管理水平与经济社会发展需要、人民群众安全期待之间仍存在较大差距，亟需我们正视问题、下定决心、迎头赶上。

为系统提升城镇燃气管道管理水平，近期，我国城镇燃气输配管道领域首部完整性管理的国家标准（GB/T 47764—2026）正式发布。专家指出，该标准标志着我国城镇燃气管道安全管理正由“经验驱动”转向“标准驱动”、由“被动应对”转向“主动防控”。其核心在于将完整性管理理念贯穿燃气管道设计、制造、施工、投产、运行、改造和废弃等全生命周期各环节，建立系统化的管理框架，从根本上扭转过去“重建设、轻管理”的碎片化局面。标准通过六步工作流程，对学校、医院、商场等人员密集重点区域实施基于风险的分类分级管理，推动安全管理从“事后补救”前移至“事前预防”；同时，借助数字化转型，加强管道及附属设施的信息化和智能化建设，利用地理信息系统（GIS）、物联网感知、光纤传感等技术，实现数据动态管理和风险实时监控。

新国标的落地实施是一项复杂的系统工

程，需要各方协同推进。

对于燃气企业，应尽快开展老旧管道专项探测，补齐中心线坐标数据；结合企业数字化转型，建设以GIS为基础的管道完整性管理信息系统；编制配套体系文件，并融入现有QHSE管理体系；组织管理层和技术骨干开展专项培训，关键岗位人员须持证上岗。行业协会或主管部门宜对中小型燃气企业开展集中培训和技术帮扶。

对于检验检测机构，需加大燃气专用检测装备研发投入，重点补齐小口径管道内探测器、PE管无损检测设备、示踪线定位设备等短板；建立燃气管道检测专项能力，开发基于风险的检验（RBI）技术，协助企业科学优化检验周期与范围；检验报告应增设适用性评价章节，涵盖缺陷类型分析、剩余强度评价、剩余寿命预测等内容，明确维修维护建议的优先级，并提供检验数据对齐整合服务。

对于行业监管部门，建议发布标准实施指南，细化各阶段任务和时间节点，设置合理的过渡期；将重点区域识别、定期检验、失效管理等核心要求纳入特种设备安全监督检查重点内容；在燃气经营许可、特许经营协议等行政监管文件中引用本标准；推动建立城市地下管线综合管理信息平台，实现燃气管道与市政管线、轨道交通等数据互通共享，并健全第三方施工信息联动机制。

蓝图已经绘就，任务已经明确。让我们齐心协力，攻坚克难，确保城市生命线更加安全、畅通。

主管单位 甘肃省管道保护协会
主办单位 甘肃管道保护出版有限责任公司

主 编 朱行之 13609380359 gszxz9@163.com
副 主 编 张华兵 0312-5079616 modify78@163.com

责任编辑 邓治超 18189571005
编 辑 徐晓梅 13679498333 刘 哲 18522952700

法律顾问 李 勇

地 址 兰州市城关区广场南路77号325室（730030）
投稿邮箱 guandaobaohu@163.com
印 刷 甘肃兴业印务有限公司
印 数 1000册
发送对象 协会会员 管道企业 政府主管管道保护工作的部门



卷首语	01 让城市生命线更加安全畅通 / 《管道安全保护》编辑部
访谈	04 为城镇燃气管道构建一套科学的健康管理系统 / 李颜强
管道天下	10 石油天然气发展“十五五”规划发布 等8则
对话	11 关于《城镇燃气输配管道完整性管理规范》的讨论 / 韩非 燕冰川 李崇超 冯世忠 王维斌 陈江 高健
管理探讨	19 城镇燃气管道安全管理根本转型的新路径——解读《城镇燃气输配管道完整性管理规范》 / 王俊强 何仁洋 23 GB/T 47764与GB 32167两项完整性管理国家标准对比分析 / 张华兵 付玉杰 26 GB/T 47764背景下我国城镇燃气管道安全风险研判及管控对策 / 郑贤斌 侯君龙 31 燃气管道泄漏巡检与防控技术 / 项亚琴 潘语行 席丹 34 城镇燃气管道安全监管中外比较和改进建议 / 李仕力 吉建立 37 燃气管道及附属设施安全风险与防控对策 / 左延田 40 城镇燃气管道完整性管理体系评审与效能评价解析 / 刘哲 王涛 梁妍 余夏英 44 城镇燃气管道风险识别与管理探析 / 薛庆

管道安全保护与你约定

这里能听到你的声音

反映你的观点

汲取进步的力量



<http://guandaobaohuchina.com/>



管道保护微信公众号



内部资料性出版物准印证号
(甘) LK6200066

2026年9月15日 (单月编印)

(内部资料 免费交流)

读者信箱

- 47 城市燃气管道老化评估工作实施细则解读 / 车立新
- 50 国内燃气行业面临的挑战及重点发展方向 / 李澜 左川 叶忠伟 张增斌 杜建梅
- 53 城镇燃气管道安全风险分析与改进建议 / 李亮亮 聂世军 许新 高贤文 刘莹璞
- 56 油气管道智能化管理平台提升路径 / 郭艳
- 59 从燕郊“3·13”燃气管道爆燃事故看监理单位应承担的法律责任 / 彭知军

技术应用

- 60 基于源头治理的地铁杂散电流干扰治理实践与效果评价 / 蒋卡克
- 64 基于多声源耦合声场的油气管道智能监测预警技术研究 / 倪浩华 石慧强
- 68 一种在役燃气管道分布式光纤传感器不开挖内置入技术 / 缪宏 缪文韬 章陈燕

案例

- 70 一起地铁施工损坏燃气管道泄漏爆燃事故 / 吉建立
- 73 西宁支线改线消减高后果区风险案例 / 杨发鑫
- 74 秦岭山区河沟谷地段管道水毁整治案例 / 惠亚妮 罗志鹏 冯延魁
- 76 输气管道人员密集型高后果区定量风险评价案例 / 陈帝文
- 78 萧山区管网协会第三方施工协调服务案例 / 王慧

管道百科

- 80 什么是城镇燃气管道重点区域 / 刘哲

为城镇燃气管道构建 一套科学的健康管理系统

《管道安全保护》编辑部：城镇燃气管道是城市的“生命线”，其安全运行对保障人民群众正常生产生活秩序和生命财产安全具有重要意义。GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》的发布，标志着我国城镇燃气管道安全管理从“经验驱动”迈向“标准驱动”，从“被动应对”转向“主动防控”的全新阶段。为帮助广大读者了解标准精神，我们特别邀请了标准起草人之一、中国市政工程华北设计研究总院有限公司总工程师李颜强，围绕标准出台的现实紧迫性与核心创新点、适用范围、未来应用前景等与大家分享认识和体会。

编辑部邮箱：guandaobaohu@163.com

访

谈

编辑部：城镇燃气管道作为城市的“生命线”，其安全运行直接关系经济社会发展和广大人民群众的正常生产生活秩序。请您谈一谈，为什么要出台GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》，它的意义是什么？

李颜强：新标准于2026年7月2日发布，将于2027年2月1日正式实施。出台这部标准的核心原因，我们可以从以下层面来理解。

一是城镇燃气管道安全形势的现实需要。城镇燃气管道被称为城市的“生命线”，随着城镇化进程加快，全国数亿城市居民依赖燃气管道供气，燃气管网规模持续扩大，数量突破百万公里，遍布城镇地下空间，运行环境复杂。老旧管道逐年增多，安全风险日益累积，一旦隐患排查治理不到位，风险失控，发生泄漏、爆炸等事故，极易造成重大人员伤亡和财产损失。管道失效将导致大面积停气，严重影响人民群众的正常生产生活秩序。所以保证安全稳定供气是非常重要的。近年来受腐蚀、第三方施工损坏等因素影响，燃气管道事故时有发生，暴露出安全管理上的短板。

二是填补系统性安全管理标准的空白。我国在燃气管道安全方面已发布一些标准，如GB 55009—2021《燃气工程项目规范》、GB 50028—2006《城

镇燃气设计规范》（2020年局部修订）、GB/T 51474—2025《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准》、TSG D 7004—2010《压力管道定期检验规则——公用管道》等，但缺乏一套覆盖燃气管道全生命周期的系统性安全管理标准。新标准按照管道完整性管理的先进理念，专门针对城镇燃气输配管道的特点量身定制，是对国家“十五五”规划关于城市地下管网老化更新改造“应改尽改”政策和“六张网”基础设施建设战略部署的响应，是落实国务院安委会《全国城镇燃气安全排查整治工作方案》（2021版）、《全国城镇燃气安全专项整治工作方案》（2023版）精神的实际举措，将为推动国家市场监管总局承压类特种设备完整性管理试点工作，全面排查摸清燃气管道底数，加强法定检验，提供强有力的技术支撑。

新标准的发布实施，其核心意义我认为有以下五点。

一是建立全生命周期管理体系。标准要求完整性管理贯穿于燃气管道设计、制造、施工、投产、运行、改造和废弃等全生命周期的各阶段，形成“计划—执行—检查—改进”（PDCA）的闭环管理机制，从根本上改变了过去“重建设、轻管理”

李颜强简介：正高级工程师，中国市政工程华北设计研究总院有限公司总工程师，全国工程勘察设计大师，国务院特殊津贴专家。长期从事燃气等市政工程规划设计、工程咨询、科研及技术管理工作，主持的工程项目多次获国家及省部级优秀设计奖励，四次荣获中国土木工程詹天佑奖，主持多项国家科技研发项目，主编GB 55009—2021《燃气工程项目规范》、GB 50028—2006《城镇燃气设计规范》、GB/T 38942—2020《压力管道规范 公用管道》等重要国家标准。



的碎片化局面。

二是建立科学的风险管理流程。标准规定了完整的六步工作流程。这一流程将风险管理的理念系统性引入到城镇燃气管道管理中，使安全管理从“事后补救”转向“事前预防”。

三是建立分类分级精细化管理。标准要求燃气企业根据管道材质、压力等级、使用年限、沿线环境等，对管道实施基于风险的分类分级管理，并对重点区域（如学校、医院、商场等人员密集场所）进行分级识别和差异化管理，使有限的管理资源优先投入到风险最高的区域。

四是推动数字化智能化转型。标准明确要求燃气企业建立管道完整性管理信息系统，推进管道及附属设施的信息化和智能化建设，利用地理信息系统（GIS）、物联网感知、光纤传感等技术手段，实现数据的动态管理和风险实时监控。

五是推动企业落实主体责任。标准对燃气企业提出了明确的组织架构、人员培训、体系文件、审核改进等要求，将完整性管理从“可选项”变为“必选项”，从制度上压实了企业的安全生产主体责任。

总之，新标准的发布，标志着我国城镇燃气管道安全管理将从“经验驱动”向“标准驱动”、从“被动应对”向“主动防控”的重大转变，迈入“事前主动防控、全链条闭环管控”的新阶段，对于提升城镇燃气管道的安全水平，保障人民群众正

常生产生活秩序和生命财产安全具有里程碑意义。

编辑部：新标准借鉴了GB 32167—2015《油气输送管道完整性管理规范》的成功经验，同时紧密结合城镇燃气输配管道的实际，以问题为导向，针对薄弱环节作出了一系列具体的规定。请您分析一下，新标准的创新点有哪些？

李颜强：您说得非常准确。新标准在借鉴油气长输管道成熟经验的基础上，针对城镇燃气输配管道的独特性做了大量创新。通过对标准全文的梳理和分析，我认为其核心创新点主要体现在以下六个方面。

一是针对城镇燃气管道“点多面广、环境复杂”的特点，首创分类分级重点区域识别体系。油气管道一般敷设在野外，沿线人口密度相对较低，而城镇燃气管道深入城市核心区，周边环境极其复杂。标准建立了针对城镇燃气管道特点的差异化重点区域识别准则，按照压力等级（超高压、高压、次高压/中压、低压）划分不同的控制范围，并按照严重程度划分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级。首次将“公众聚集场所、易燃易爆场所、燃气容易聚集的密闭空间”等城市特有场景纳入重点区域管理，并要求Ⅲ级重点区域制定专项应急预案。

二是针对“城市地下空间密集”的特点，强化了第三方施工损坏风险控制。城镇燃气管道与地下轨道交通、市政管线、电力通信管沟等密集交错，第三方施工损坏是城镇燃气管道的首要风险因素。

十堰“6·13”事故现场/来源网络



标准专门设立了第三方施工损坏风险控制程序，将管道最小保护和控制范围内的施工纳入管理范围，与第三方施工单位签署管道保护协议、履行告知义务，施工过程中进行现场全过程监护，开展管道沿线安全宣传活动纳入标准要求。标准还特别要求排查与市政管网交叉或邻近管段，重点排查燃气泄漏后容易进入密闭空间（如雨污水管沟、热力管沟等）的管段。

三是针对“管道类型多样、材质复杂”的特点，分类制定了检测监测要求。城镇燃气管道涵盖钢质管、铸铁管、聚乙烯管（PE管）等多种材质，检测难度远大于单一材质的油气管道。标准对不同材质管道分别制定了差异化的检测方法，钢质管道以内检测为主、外检测为辅，聚乙烯管道重点检测泄漏、沉降、钢塑转换接头位置，并特别关注示踪线损坏后的定位检测。标准还专门针对PE管提出了生物损坏防护（白蚁、老鼠啃咬，深根植物损坏等）的要求，这也是其他标准几乎没有涉及的内容。

四是针对“燃气泄漏后果严重”的特点，建立了精细化的泄漏点分级与处置体系。城镇燃气管道一旦泄漏，极易在密闭空间积聚形成爆炸性混合物，危及居民安全。标准建立了三级泄漏点分级体系，根据泄漏浓度、周边环境、压力等级等要素综合判定危险程度，并对应不同的处置措施。标准特别设定了“泄漏浓度达400 ppm及以上即为Ⅲ级”“建筑物内或建筑物下有燃气积存”等量化且可操作的判定条件，使一线人员能快速决策、立即响应。

五是针对“燃气企业规模差异大”的特点，提供了灵活务实的技术路线。城镇燃气企业既有大型集团，也有大量小型燃气企业，技术能力和资源禀赋差异悬殊，标准多处体现了“弹性”设计。如风险评估方法明确小型燃气企业可采用检查表、指标

评估法等定性和半定量方法，不必一味追求复杂的定量评估；检测监测方面允许不具备内检测条件的管道采用外检测或基于风险的检验替代；效能评价可选用管理审核、指标评价、对标等多种方法，企业可根据自身情况选择等。标准提供了完整的效能评价指标体系（含评分细则），既有过程评价也有效果评价，使企业能够对号入座、持续改进。

六是针对“数据基础薄弱”的痛点，构建了系统性数据采集与整合规范。城镇燃气管网历史数据往往缺失严重、格式不统一、精度参差不齐，“数据不清”是长期困扰行业的问题。标准建立了覆盖95类以上属性字段的数据采集清单，从基本属性、工程属性、材质属性、位置属性、长度属性、压力属性到专项属性、状态属性、管理属性，形成了完整的“数据字典”。标准要求以中心线测量数据或内检测数据为基准进行数据对齐，并明确采用CGCS 2000国家大地坐标系和1985国家高程基准，从根本上解决多源数据存在的顽疾。

编辑部：城镇燃气输配管道的压力等级多样、管理边界相对复杂。请问，如何基于完整性管理要求科学确定燃气管网或区域的管理重点？本标准的适用与不适用范围是如何确定的？

李颜强：这两个问题其实触及了标准落地的关键，如何将“全生命周期完整性管理”这一理念，转化为在城镇燃气复杂管网中可操作、可执行的管理策略。具体分析如下。

关于如何基于管道完整性管理要求科学合理确定管理重点，标准给出了一个“六步闭环”的框架，而确定管理重点的核心逻辑可概括为“数据驱动→风险导向→分级管控”。具体通过以下四个关键环节来锁定管理重点。

以数据采集与整合为基础。管理重点的确定始于“摸清家底”。标准要求从设计阶段开始，覆盖全生命周期持续采集数据，建设期数据包括管道材质、壁厚、防腐层类型、焊接工艺、中心线坐标等；运行维护数据包括运行压力、历史泄漏记录、周边环境变化等；检测监测数据包括定期检验报告、泄漏检测记录等；失效数据包括腐蚀、第三方施工损坏、地质灾害等失效事件等。经过数据对齐，将多源数据统一到同一线性参考系上，可以准确识别出哪些管段风险最高、哪些区域最需要优先关注。

以重点区域识别为“过滤器”。这是标准为城镇燃气管道量身定制的重要创新，直接回答了管哪里的问题。如中压管道控制范围为中心线两侧各15 m，聚焦公众聚集场所、易燃易爆场所等，低压管道控制范围为中心线两侧各5 m，聚焦住宅区、商业区、医院、学校等，识别出的重点区域按照Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级进行分级管理。标准强调燃气企业应至少每12个月开展一次重点区域识别，当周边环境发生变化时应及时重新识别。

以风险评估为“优先级排序器”。风险评估在重点区域识别的基础上，明确了哪里最危险、最紧迫的问题。如规定了高压以上（压力 >0.1 MPa）管道投产后首次风险评估不宜超过3年，当管道达到设计工作年限、发生较大事故或存在重大隐患时应及时开展风险评估。

以检测监测与评价为“精准施策”依据。确定了重点区域和高风险管段后，标准要求“对症下药”。泄漏检测周期为重点区域管道最大间隔不超过6个月，其他管道不超过1年，高风险管段若1年内多次泄漏、发现严重腐蚀、承受交变载荷等则缩短检测周期，低风险管段满足特定条件则适当延长。

关于标准的适用与不适用范围是如何确定的，标准第1章对此有清晰界定，其原则基于管理边界、风险特征、现有法规体系和实际操作的可行性。适用范围为“燃气厂站至用户引入管阀门之间或厂站之间公用性质的燃气管道及其附属设施”。不适用范围为城镇燃气管道门站之前的长输燃气管道、除调压站之外的燃气厂站内工艺管道及其附属设施、用户引入管阀门之后的内部管道。

编辑部：为了保证标准贯彻落实，您认为燃气企业、检验检测机构、监管部门等还存在哪些短板需要尽快补上，应该采取哪些措施？

李颜强：标准将于2027年2月实施，还有半年时间，但标准的落地不是一蹴而就的，标准本身也明确了“持续改进”的PDCA理念。对照标准要求，我认为燃气企业、检验检测机构、监管部门三个层面都需要各尽其责、协同发力。

对于燃气企业，其一，建设期竣工资料缺失、管道中心线坐标未实测、多源数据格式不统一、部分老旧管线甚至位置不明，需要对位置不明的老旧管道开展专项探测，补齐中心线坐标数据。建立数

据采集与整合程序，明确数据来源、格式、精度要求，对建设期数据缺失的管段，通过开挖确认、资料分析等方式补全，结合企业数字化转型，建立管道完整性管理信息系统（GIS为基础），实现数据动态更新。其二，虽有安全生产管理制度，但不成体系，或将其等同于“定期检验”，缺乏覆盖全生命周期的系统化闭环管理体系。建议尽快开展现状差距评估，对照体系要素逐项自查，设置专职完整性管理岗位或部门，明确职责和权限；开始编制体系文件，并融入现有QHSE管理体系，制定完整性管理计划，明确目标、任务和资源保障。其三，缺乏具备相应能力的技术人员，无法深入完整性管理涉及风险评估、检测监测、适用性评价、效能评价等多个专业领域。建议尽快组织标准宣贯培训，确保管理层和技术骨干理解标准要求；针对风险评估、检测方案制定、数据管理等关键环节开展专项培训；建立人员资质台账，对从事检验检测、风险评估等关键岗位人员实施持证上岗；对小型燃气企业，建议行业协会或主管部门组织集中培训和技术帮扶。总之，企业要先动起来，数据不全的尽快补齐数据，制度不健全的赶紧建制度，人员不足的抓紧培训队伍，完成“从0到1”的起步，后续通过管理循环不断迭代完善，逐步达到标准要求。

对于检验检测机构，其一，现有检验检测资源多集中在长输油气管道领域，针对城镇燃气管道尤其是PE管、小口径管道的检测技术和装备储备不足，建议加大城镇燃气专用检测装备的研发投入，如适用于小口径管道的内检测器、PE管无损检测设备、示踪线定位设备等，构建城镇燃气管道检测专项能力，培养熟悉城市管网特点的检验人员，开发基于风险的检验（RBI）方案，帮助企业优化检测周期和检测范围。其二，针对检测报告与完整性



管理的衔接不够，部分检测机构仅出具检测数据，缺乏后续的适用性评价和维修维护建议，企业拿到报告后不知如何转化为管理行动，建议检测报告应增加适用性评价章节，包括缺陷类型分析、剩余强度评价、剩余寿命预测等，明确维修维护建议的优先级（立即维修、限期维修、监控使用），提供检测数据的对齐整合服务，帮助企业将检测结果纳入完整性管理信息系统。

对于行业监管部门建议采取的措施是，其一，各地监管部门对如何督促企业落实、如何开展监督检查、是否有过渡期安排等需要有统一部署，标准落地的配套政策与过渡期安排需要明确。建议由国家市场监管总局或行业主管部门发布标准实施指南，明确各阶段任务和时间节点，制定过渡期安排，对数据补齐、体系建立等耗时较长的工作，可设置合理过渡期（6~12个月），管理程序、重点区域识别、风险评估等应先行实施，建立分级推进机制，大型燃气企业先行先试，中小型企业给予一定政策和技术支持，不搞“齐步走”。其二，标准为推荐性国家标准，如何确保企业真正执行到位，需要配套的监管手段，监督检查与执法依据需要细化。建议将标准的核心要求（如重点区域识别、定期检验、失效管理等）纳入特种设备安全监督检查的重点内容。推动在燃气经营许可、特许经营协议等行政监管文件中引用本标准，建立燃气管道完整性管理标杆企业评选机制，发挥示范引领作用。其三，城镇燃气管道管理涉及住建、市场监管、应急管理、自然资源等多个部门，管线信息分散，需要建立数据共享与跨部门协同机制，解决数据孤岛问题。建议结合城市运管服平台的建设，推动建立城市地下管线综合管理信息平台，实现燃气管道与市政管线、轨道交通等数据的互通共享，建立第三方施工信息联动机制，施工前强制查询燃气管道位置信息，推动燃气管道数字化交付，新建管道的数据同步纳入城市数字孪生系统。

编辑部：您作为国内知名的勘探设计专家以及《燃气工程项目规范》和《城镇燃气设计规范》等国家标准的主编，也是这次新标准的主要起草人之一，您对燃气管道行业的未来及本标准的应用前景有何展望？

李颜强：GB/T 47764—2026的出台并非孤立的“一纸新规”，而是与GB 55009—2021、

GB 50028—2006（2020年局部修订）、GB/T 51474—2025等共同构成了我国城镇燃气安全管理的标准体系框架。GB 55009规定燃气工程设计、施工、运维必须达到的安全底线，GB 50028规范燃气工程设计技术参数、计算方法、设备选型，GB/T 51474提出燃气系统运维标准要求，几者的关系可以形象地概括为：GB 55009定底线、GB 50028 绘蓝图、GB/T 51474保运行、GB/T 47764 管全周期。如果说前三者解决了如何建好用好的问题，那么GB/T 47764解决的正是如何管好的问题，它弥补了从“工程验收交付”到“日常运维管理”之间的管理不足，是覆盖全生命周期的系统化管理方法论。

从安全管理上看，燃气管道行业未来发展趋势有以下几个方面。

一是从“被动抢险”到“主动预防”。长期以来，城镇燃气行业的安全管理呈现“重末端处置、轻前端预防”的特征。许多企业平时投入不足，直到发生事故才“亡羊补牢”。标准所推行的完整性管理，以风险管理为核心，以数据驱动为决策，以PDCA闭环持续改进，将推动行业实现根本性转变，即资源配置从“等出了问题再花钱抢修”转变为“提前投入检测与维护防范风险”，决策依据从“凭经验、拍脑袋”转变为“靠数据、靠模型、靠风险评估”，绩效评价从“看事故率高低”转变为“看管理体系运行的有效性”。

二是从“人工巡检”到“数字孪生”。标准多处强调信息化、智能化建设，可以预见，“十五五”期间城镇燃气管道行业将迎来一轮数字化升级浪潮，逐步实现GIS数据补齐，实现“一张图”管理；泄漏在线监测、阴极保护远程监控、第三方施工智能预警逐步普及；管道数字孪生系统构建，实现“可感、可测、可控、可预测”的全生命周期智能管理。

三是从“粗放管理”到“精准分级”。标准提出的分类分级管理理念将深刻改变行业的管理模式。这种“精准分级”的理念一旦在全行业推广，将显著提升安全管理效率。如一个城市可能只有10%的管段属于高风险区域，但这10%消耗了企业80%的管理精力，这恰恰是合理的资源分配。

四是从“信息孤岛”到“数据融合”。标准提出了数据交换与共享机制的要求。结合GB 55009

中对地下管线综合管理的规定，可以预见到以下变化：企业层面GIS系统、SCADA系统、巡检系统、客服系统将逐步打通，形成统一的数据底座；城市层面燃气管道数据将与城市地下管线综合管理信息平台对接，实现与供水、排水、电力、通信、轨道交通等设施的协同管理；政府层面市场监管、住建、应急管理等部门将基于统一的数据平台开展综合监管。

五是从“推荐标准”到“事实准入”。虽然GB/T 47764是推荐性标准，但其应用前景可能远超“推荐”二字。地方政府在燃气特许经营招标和经营许可延续审核中，很可能将企业是否建立完整性管理体系作为准入门槛；燃气管道的保险费率可能与企业完整性管理效能挂钩，管理好的企业将享受更低费率。行业主管部门的安全考核将逐步纳入完整性管理效能评价指标。燃气企业的ESG（环境、社会与治理）评级中，管道完整性管理将成为安全维度的重要评价项。

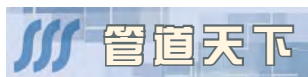
从近期看，大型燃气集团（如深圳燃气、港华、新奥等）将率先建立完整性管理体系，行业主管部门将出台实施指南和配套政策，重点城市开展完整性管理试点示范。从中期看，中小型燃气企业

将跟进建立完整性管理体系，城镇燃气管道检测技术装备快速发展，检测成本逐步下降，管道完整性管理信息系统成为行业标配，行业人才队伍初步形成，完整性管理师等新职业可能应运而生。从长期看，完整性管理与城市生命线安全工程深度融合，成为智慧城市的重要组成部分，基于数字孪生和人工智能的预测性维护逐步成熟，城镇燃气管道事故率将显著下降，行业安全水平迈入国际先进行列。

最后，我想说，这部标准的实施，对于行业从业者而言，是挑战也是机遇，企业短期内要补数据、建体系、抓培训、换思路，率先建立和完善完整性管理体系的企业将在安全绩效、运营效率、社会信誉、政策支持等方面获得显著竞争优势。对于城市管理者而言，推动标准的贯彻落实，本质是为城市的“生命线”构建一套科学的“健康管理系统”。如果将来某一天，城市燃气管道能够像人的健康管理一样——定期体检、及早发现、精准治疗、动态追踪，那么这部标准就是让这一切成为可能的方法论基石。

编辑部：感谢您接受采访。





石油天然气发展“十五五”

规划发布 8月17日，国家发展改革委、国家能源局印发了《石油天然气发展“十五五”规划》，《规划》提出2030年国内油气供应量4.4亿吨油当量，新增油气长输管道2万公里，全国油气长输管网规模达22万公里。要求健全法律法规，强化政府监督管理，聚焦规划衔接、占压清理、相遇相交关系处理、第三方施工管控，持续强化管道保护工作。

（国家发展和改革委员会网站）

“西伯利亚力量2号”更名为“贝加尔湖力量”天然气管道 此前规划年输气能力达500亿立方米的“西伯利亚力量2号”跨境天然气管道，已由普京总统赋予新名称“贝加尔湖力量”。该项目的核心机制仍然是建设第二条从俄罗斯向中国出口天然气的管道，以补充已投入运营的东部管道。管道将途经蒙古，最终抵达中国境内。

（国际能源网）

西共体签署大西洋天然气管道政府间协议 尼日利亚—摩洛哥大西洋天然气管道全长约6900公里，将穿越13个西非国家，线路包括海上和陆上两部分，设计年输气能力达300亿立方米，总投资约250亿美元，计划2031年实现首批天

然气输送。

（中国化工报）

川气东送二线铜锣峡储气库支干线工程打火开焊 全长33.6公里，管径711毫米，设计压力10兆帕，日设计输气量可达730万立方米，管线一头连通铜锣峡储气库，一头衔接川气东送二线干线13号阀室，是国家天然气管网“全国一张网”西南片区核心联络管线。

（国家管网建设项目管理公司微信公众号）

舟山—宁波“海底大动脉”正式开工建设 项目总投资38.9亿元，建设6条海底管道，系国内首个化工产品长距离跨海管道项目，管道总长48.3公里，其中45.3公里位于海底，主要用于液态烃、石脑油、燃料油等基础化工原料的运输。预计2027年年底完工。

（岱山新闻网）

连云港至仪征原油管道工程连云港至淮安段投产成功 管道全长143.8公里，管径813

毫米，设计压力8.5兆帕，设计年输油量1850万吨，全线设工艺站场2座、线路截断阀室6座。

（国家管网微信公众号）

黑河—大庆天然气管道正式开工 全长578.3公里，设计压力12兆帕，项目与规划建设的大庆—长岭天然气管道联通，形成“北气南下”双通道格局，年输气能力由380亿立方米提升至480亿立方米。工程推广应用18米加长管，减少环焊缝数量约30%；全线大口径管道自动焊比例超96%。

（国家管网微信公众号）

沙特东西输油管道遇袭 沙特阿拉伯外交部9月11日发表声明称，该国东西输油管道遭到来自伊拉克境内的多架无人机袭击，造成人员受伤和部分设施受损。东西输油管道又称Petroline，全长约1200公里，将沙特东部阿布盖格地区的原油输送至红海沿岸延布港，是沙特绕开霍尔木兹海峡的主要陆上出口通道。

（中国新闻网）



黑河—大庆天然气管道建设现场/来源网络



关于《城镇燃气输配管道完整性管理规范》的讨论

《管道安全保护》编辑部：GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》将于2027年2月1日正式实施。作为国内首部专门针对城镇燃气输配管道完整性管理的推荐性标准，对提升燃气管网安全管理、筑牢城市“生命线”根基具有重要意义。为推动新国标的贯彻实施，本期对话栏目特别邀请了燃气企业管理者、标准主要起草专家等，结合燃气管道管理实践，畅谈学习新国标心得体会。欢迎广大读者参与讨论。

编辑部邮箱：guandaobaohu@163.com



韩非：

（深圳市燃气集团股份有限公司
输配分公司）

长期以来，城镇燃气输配管道没有形成统一的完整性管理标准体系，各地燃气企业管理思路不一、执行标准各异、管控流程杂乱，普遍存在管理碎片化、落地不规范、考核无依据、追溯无闭环等问题，大幅削弱了管道管理的实际成效。GB/T 47764—2026兼容钢质、PE、铸铁等各类管材，覆盖超高压、高压、次高压、中压、低压全压力等级的燃气管道，全面囊括管道设计、施工、运行、改造、废弃全生命周期各环节，构建起全链条、闭环式的完整性管理体系。打破了以往行业管理分散、标准不一、落地无序的痛点，为全国燃气行业提供了一套可落地、可考核、可追溯的标准化方案，标志着我国城镇燃气管道安全管理正式迈入新阶段。

学习贯彻新国标，要紧密切合深圳燃气实际重点抓好以下几项工作。

一是推动燃气企业管理从“事后被动处置”向

“事前主动防险”转变。严格按照标准规定，将管道完整性管理工作提前布局于设计、材料采购、施工建设等前期环节。新建管道同步开展全维度数据采集，完整留存管材参数、敷设埋深、防腐工艺、焊缝检测、地质环境等核心信息，同步搭建数字化完整性管理信息系统。从工程建设源头实现管道数据全留存、管理全溯源，彻底解决管网底数不清的历史遗留问题，让管道建设施工全过程有章可循、有据可依，从源头遏制各类运行隐患，筑牢燃气管网本质安全根基。

二是实现燃气管道运维风险管控的精细化、智能化。针对传统运维模式存在巡查频次不足、检测精度有限、隐蔽性微小泄漏难以及时发现等短板。积极构建“日常巡检+定期检测+在线监测”三位一体的常态化风险管控机制，结合区域风险辨识、专项风险评估结果，常态化开展管道检验、监测与效能评价工作。同时规范差异化管控标准，根据管段泄漏风险、地质条件、自然灾害影响等实际情况，动态调整专项检测、监测周期；对于具备内检测条件的新建压力管道，在投产前完成首次基线内检测，并将检测结果作为工程验收核心依据。在日常运维中，依据管道风险等级划分结果，差异



化设定巡线频次，配齐智能巡检设备、车载检漏仪器，对施工扰动等高风险区域实行专人监护值守。同时鼓励企业依托物联网、大数据、在线传感等智能化技术，在密闭空间、老旧管网等重点区域布设实时预警装置，通过信息化系统整合汇总运行数据、动态更新风险评估结果，形成“实时监测、智能预警、精准研判、闭环处置”的全流程管控模式，全面提升燃气管网运维精细化、智能化水平，实现管道运行状态全天候可控、安全风险可预判、可处置。

三是构建燃气管道全生命周期全流程、无死角的安全保障体系。按照标准要求加强老旧管网改造、管线迁改、管道停用废弃等环节的管理，堵塞安全管理盲区和隐患漏洞。针对存量老旧管网，要依托专业风险评价结果，科学制定常态化管网改造更新计划，坚决杜绝老旧管道“带病运行、带险服役”，从源头降低存量管网安全风险。针对管线改造、迁改等工程，严格规范全过程变更管理流程，

要求同步更新管道数字化档案信息，确保改造施工全程合规、资料同步更新，不新增遗留隐患。针对停用、废弃管道，细化明确处置流程、作业标准和安全要求，彻底填补末端管理空白，杜绝无人管、管不到的安全盲区。同时建立事故失效复盘长效机制，要求企业针对管道故障、泄漏事故、隐患问题全面复盘溯源，梳理管理漏洞和管控短板，持续优化巡检方案、检测标准和防控体系，健全风险分级管控、隐患排查治理双重预防机制，推动燃气管道安全管理体系持续迭代完善。

标准的实施，将会给企业现行管理理念、管理体系、管理方法带来一系列变革和挑战。我们要紧紧抓住这次机遇，做好各项准备工作，为新国标的顺利实施创造有利条件。一是高度重视，燃气企业管理者要自觉把标准要求落实到日常安全运行管理工作，推动标准落地见效；二是强化培训，燃气企业工程技术人员要精准掌握标准条款和提升专业能力，将专业知识与业务场景深度融合，切实解决工程实际问题。三是加强交流，燃气行业要相互学习借鉴，取长补短，吸取先进经验，制定符合企业实际的完整性管理规划和实施方案。

作者简介：韩非，硕士研究生，高级工程师，注册安全工程师，深圳市燃气集团股份有限公司输配分公司副总经理，主要负责地下燃气管道、燃气场站的安全、运营管理、应急抢险等工作。曾在相关核心期刊发表论文10余篇，拥有实用新型专利3项、发明专利2项。参编国家标准1项，行业标准2项；获省部级奖励2项。



燕冰川、李崇超：

（国家管网集团储运技术公司完整性技术中心）

GB/T 47764—2026直接响应了“十五五”时期国家关于城市地下管网老化更新改造“应改尽改”的政策部署，对城镇燃气管道安全运营有着重大现实意义。

一是补齐标准短板，统一门站到用户引入阀全段管网及阀井、调压设施等附属设施管理要求，明确了

与长输管道的管理边界；二是首次系统提出了“重点区域”风险辨识、适应多场景的风险评估模型构建、失效事件溯源预防机制等核心方法，将完整性管理贯穿于管道设计、制造、施工、投产、运行、改造和废弃等全生命周期，确立“数据采集—重点区域识别—风险评估—检测监测与评价—风险控制—效能评价”闭环管理逻辑，推动安全管理从事后抢险处置向事前风险预防转型，为老旧管网、第三方施工干扰、密闭空间燃气积聚等城燃突出风险提供标准化管控路径；三是明确失效溯源、改造

停用废弃、效能评价、档案数据管理等要求，为企业落实安全生产主体责任提供可落地的技术依据；四是适配城市地下管网更新改造、数字化转型等行业趋势，引导企业依托 GIS 信息系统开展管网风险分级管控，助力统筹安全保供与老旧管网更新，切实防范城市燃气重大安全事故，履行企业保供护民社会责任。

对照新国标的要求，还存在明显的差距和不足。一是管理体系尚未全面建立。目前城镇燃气管道在法治建设、标准制定、体系建设等方面与长输油气管道相比还有差距，多数燃气企业尚未建立起覆盖全生命周期的完整性管理体系，管理方式仍以传统的事后响应为主。二是数据基础薄弱且共享不畅。大量老旧管道存在设计图纸遗失、施工记录不全、材质不明等历史遗留问题，新建管道的数字化交付标准执行不严，不同业务系统及政企之间的数据标准不统一、接口不开放，数据价值难以被充分挖掘利用。三是风险评估与检测监测能力不足。适用于城镇复杂工况的高精度、低成本检测技术装备仍需突破，城市燃气管道面临“本体检测缺、风险评判浅、运维时效差、防控修复难”等突出问题；重点区域识别不够精准，泄漏监测体系尚不完善。四是企业间管理水平悬殊。大型企业具备一定优势，而众多中小型燃气企业受限于资金、技术和人才，面临“不想做、不会做、做不起”的现实困境，成为行业整体安全水平的突出短板。

针对上述差距，建议从管理体系、人才培养、技术体系和全生命周期等方面系统推进新国标落地实施。管理体系方面，以新国标为纲领，将完整性管理体系与企业现有安全生产标准化、QHSE 管理体系深度融合，搭建总部至基层统一制度框架与分级管控机制，明晰各级职责及考核标准，健全政企协同、信息共享的监管联动机制，破解管理碎片化、各自为政、标准不统一的问题。人才培养方面，强化人才队伍培养，搭建完整性管理人才培养通道，分层开展管理人员、技术人



员、一线作业人员标准宣贯与专业能力培训，培育风险评估、检测评价复合型骨干力量。技术体系方面，加快管道基础数据标准化采集与数字化整合，依托地理信息系统搭建统一的管道完整性管理信息平台，加大城镇复杂工况适配检测监测装备的研发推广，运用物联网感知、大数据、人工智能等技术，打造“实时监测-智能预警-高效处置”全链条技术防控体系。全生命周期方面，将完整性管理要求前置至设计、制造、施工等环节，强化建设期数据采集与质量管控；运行期严格执行定期检验、风险评价、缺陷修复闭环管理；改造、停用及废弃阶段做好资产更新与数据接续，实现从规划建设到退役处置全过程可追溯的完整性管理，切实提升城镇燃气管网本质安全与智能化管控水平。

作者简介：燕冰川，博士研究生，正高级工程师，享受国务院政府特殊津贴。现任国家管网集团储运技术公司完整性技术中心经理，长期从事管道完整性管理技术研究工作。作为负责人或技术骨干，多次参与国家和集团公司级科技重大专项。主编 GB/T 42033《油气管道完整性评价技术规范》、ISO 22974《管道完整性评价技术规范》等国家、国际和行业标准15项。获省部级及以上科技奖励10项，其中一等奖5项，发表高水平论文50余篇，获国家授权专利30余件。GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一。



冯世忠：
(甘肃中石油昆仑燃气有限公司)

当前城镇燃气管道运行风险隐患呈现多元化、隐蔽化特征，传统碎片化、经验化的管道管理模式已无法适配现代城镇燃气安全管理需求。

GB/T 47764—2026为此构建了一套系统化、全链条的管道完整性管理体系，明确各环节的管理标准、技术要求与实施规范。有利于提升规划、设计、建设、运行、维修、改造、报废全生命周期闭环管理水平，改变以往管道重建设、轻运维，重事后处置、轻事前防控的弊端。

标准也为行业监管部门开展安全管理工作提供了统一、权威的技术遵循，将有效规范行业管理行为，统一风险管控标准，对加强政企合作防范化解燃气管道安全风险、筑牢城市公共安全防线具有重要的现实意义。

当前行业整体管理水平与新国标要求仍存在一定差距。主要表现为管道建设期数据采集不完善，老旧管网数据存在缺失。早期燃气管道建设缺乏统一的数据管理规范，多数老旧管网存在建设资料留存不完整、施工数据记录不规范、运维数据更新不及时等问题。同时，部分新建管道在建设期数据采集工作中，存在采集范围不全、数据精度不足、信息录入疏漏等情况，导致管网基础数据台账完整性、精准度无法满足新国标管理要求，直接制约了管道完整性管理体系的落地实施。精细化风险管控体系尚未完全落地。传统管理模式未建立分级管控、分类施策的精细化管理体系。重点区

域识别不够精准、风险分级管控落实不到位，对各类管道风险的预判、防控能力不足，日常运维、故障处置、老旧管网改造等工作的标准化、规范化程度不足，难以充分发挥新国标对管道安全管理的指导作用。

为了保证新国标全面落地实施，需要尽快开展以下工作。

一是强化标准体系衔接，构建协同化管理机制。城镇燃气管道完整性管理并非单一标准的独立应用，需依托完整的行业规范体系落地实施。未来在新国标推行过程中，需强化国标与特种设备安全管理、城镇燃气项目建设规范、管道阴极保护技术规范、城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准等相关法律法规、国家标准规范有效衔接与深度融合。梳理各标准之间的关联要求、互补内容，消除标准落地的衔接盲区，形成“统一规范、协同落地、全程覆盖”的标准化管理体系，确保管道全生命周期管理工作合法合规、标准统一、高效落地。

二是转变传统管理理念，推行动态化全过程管理。打破传统被动式、经验式、碎片化的管道管理思维，全面对标新国标要求，树立全生命周期、动态化、预防性的完整性管理理念。改变以往重事故处置、轻风险防控，重静态台账、轻动态更新的管理弊端，建立常态风险排查、动态数据更新、实时风险评估、精准隐患整改的闭环管理模式。围绕管道运行全过程，持续优化日常巡查、运维抢修、风险监测、失效处置、管网改造等工作流程，实现管道风险从“事后处置”向“事前预防、事中管控”转变，全面提升管道安全动态管控能力。

三是加强专业队伍建设，夯实国标落地人才支撑。专业人才是新国标落地实施的核心保障。新国标涵盖的数据采集、风险评估、隐患管控、效能评价等工作专业性、技术性极强，对从业人员的专业能力提出了更高要求。针对当前行业专业技术人才储备不足、实操能力欠缺等问题，需常态化开展新国标专项培训，围绕标准条款、技术规范、实操流程、风险研判等核心内容开展系统化教学。同时，建立人才考核与培养机制，打造



应急演练

一批懂标准、懂技术、懂管理的复合型专业人才队伍，保障管道数据采集精准化、风险评估规范化、风险管控精细化，为新国标全面落地筑牢人才根基。

四是搭建数智化平台，升级管网智慧化管理水平。依托现有管道管理系统、GIS管网地理信息系统等基础平台，加快推进燃气管网数智化管理平台迭代升级。补齐老旧管网数据短板，完善全管网、全要素数据台账，实现管道数据实时采集、动态更新、智能整合。依托大数据、物联网、可视化技术，搭建智能可视化管网管理体系，精准呈现管网运行状态、风险点位、隐患分布。同时，逐步搭建智能辅助决策系统，通过数据建模、风险研判、智能分析，为管道风险管控、管网改造、



王维斌：
(国家管网集团科学技术研究总院)

GB/T 47764—2026的发布，是我国城镇燃气行业管道安全治理的重要里程碑，推动了完整性管理理念和方法由长输管道向城镇燃气的发展，对于提升我国燃气行业安全水平具有重要意义。一是搭建覆盖管道全生命周期的完整性管理体系框架，将数据采集与整合、重点区域识别、风险评估、检测监测与评价、风险控制、效能评价六大核心环节串联成闭环管理链条。二是确立以风险为核心的分级管控机制，首次在城镇燃气领域系统规范了重点区域识别与分级方法，按管道压力等级划分识别单元，配套差异化管控要求，同时明确风险评估的实施流程、方法选择与分级标准，让有限的运维资源向高风险管段、高后果区域倾斜，大幅提升安全投入的效能。三是明确检测监测与适用性评价的要求，系统梳理了内检测、外检测、泄漏检测、在线监测等各类技术的适用场景与实施要求，为精准开展缺陷治理提供了技术标尺。四是建立可量化的效能评价与持续改进机制，让完整性管理的成效可衡量、可对比、可考核，形成良性循环的安全管理闭环。

运维调度提供智能化决策支撑，推动城镇燃气管道完整性管理从标准化向数字化、智能化、智慧化全面升级。

作者简介：冯世忠，现任甘肃中石油昆仑燃气有限公司副总经理，高级工程师，住建部市政基础设施领域应急专家、中国城市燃气协会安全专家。深耕城市燃气运营、安全管控、应急抢修全链条管理工作三十载，长期从事燃气管网运行管控、全域安全治理、燃气突发事件应急抢修体系建设工作，参与多起燃气安全事故复盘调查、燃气安全专项方案评审、行业安全规范研讨工作。多次主持燃气泄漏等重大险情现场抢险指挥工作，圆满完成多起跨区域燃气应急驰援任务。

对照标准要求，当前我国城镇燃气行业在完整性管理落地层面仍存在多方面差距与不足。一是完整性管理体系建设不均衡、覆盖度低，头部燃气集团已逐步搭建完整性管理框架，但绝大多数中小燃气企业仍停留在传统的运维模式，完整性管理理念未融入日常生产运营全流程。二是管道基础数据底数不清、质量堪忧，数据分散在工程、运维、安全等不同部门，数据标准不统一，未按要求开展多源数据对齐整合，数据孤岛问题突出；多数企业的GIS系统仅具备基础路由展示功能，未与检测数据、运行数据、失效数据联动。三是风险评估与重点区域管控流于形式，多数企业的风险评估仍停留在安全检查表式的定性判断，评估结果准确性不足。四是检测监测能力与标准要求差距显著，具备内检测条件的次高压及以上钢质管道，实际开展内检测的比例偏低；外检测工作不规范，检测数据未有效应用于腐蚀风险评估；地质灾害、管道应力等专项监测缺乏，难以实现风险早期预警。五是专业人才与技术支撑能力薄弱，基层运维人员对完整性管理认知不足，缺乏系统的标准培训与技能训练，专业的风险评估、检测评价人才缺口较大，中小企业普遍难以配备专职完整性管理队伍；第三方技术服务市场发展不成熟，服务质量参差不齐，难以支撑管理决策。

推动新国标全面落地实施，需要政府、企业、行业协同发力，从基础能力、机制建设、政策保障等多维度系统推进。一是分层分类推进标准落地，针对高压、次高压主干管网率先全面推行完整性管理，打造标杆，形成可复制、可推广的实施路径；针对中低压、庭院管网制定简化版实施指南，逐步完善管理体系。二是全面夯实数据与信息化基础，以城镇燃气管道老化更新改造工作为契机，同步开展管网普查与中心线测量，补齐管道坐标、材质、防腐、附属设施等基础数据短板。三是深化风险分级管控与隐患闭环治理，严格落实重点区域识别要求，强化日常巡护、检测频次与应急物资配置；推广科学的风险评估方法，建立风险分级管控清单，实现风险识别、评估、管控、销号的闭环管理。四是提升检测监测与适用性评价能力，严格执行管道定期检验与专项检测制度，按风险等级差异化设定检测周期，推广车载检漏、激光遥测等高效技术，提升泄漏发现效率；建设风险监测预警平台，实现

风险动态感知与早期预警。五是健全失效管理与持续改进机制，建立规范的失效事件统计分析制度，搭建企业级乃至行业级失效数据库；建立常态化效能评价机制，对照指标体系查找管理短板，持续优化管理体系。六是强化人才培养与政策保障支撑，多层次开展标准宣贯与专业技能培训，建立从业人员能力评价体系，提升全行业专业素养；培育规范的第三方技术服务市场，出台服务质量规范与监管办法，引导服务机构提升专业能力；加大政策引导与监管力度，推动标准要求真正转化为企业的日常管理动作，全面提升城镇燃气管网本质安全水平。

作者简介：王维斌，中国石油大学（北京）博士生导师。2004年博士毕业于北京工业大学材料加工工程（焊接）专业，北京工业大学机械工程专业博士后，清华大学仪器科学与技术博士后。GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一。



陈江：
（上海松江燃气有限公司）

作为GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》编制的参与者，结合上海超大城市燃气管网管理的实际经验，谈几点认识和体会。

我认为，这项标准最大的价值在于为城镇燃气行业提供了一套系统化、标准化的风险管理框架。城镇燃气管道管网密集、分支繁杂、压力层级跨度大，大量管线穿越居民区、学校、商超等人员密集区域，传统管理模式以事后抢修、被动处置为主。新国标首次构建了适配城镇燃气管网的“六步闭环”完整性管理流程，从数据采集与整合、重点区域识别、风险评估，到检测监测与评价、风险控制、效能评价，形成了完整的PDCA闭环。首创的“重点区域”三级辨识管控体系针对城镇燃气管道街巷密布、周边环境复杂的特点，将高风险区域划分为I、II、III三个等级，实现了精准化、差异化

的风险管控。对于上海这样管网规模巨大、风险场景复杂的超大城市而言，这套体系为运行单位安全管理提供了统一的操作指南。

坦率地讲，虽然松江燃气在安全管理方面一直在努力探索，但对照新国标的系统化要求，我们在多个维度上仍有差距。一是数据底座不够扎实。新国标要求从建设期开始就规范数据采集，以管道中心线为基准完成多源异构数据对齐融合。但上海大量老旧管网建设年代久远，竣工资料缺失、坐标数据不精确的问题比较突出。目前全市仍有大量服役接近30年的灰口铸铁管亟待更新，这些管段的基础数据完整性远远达不到新国标的要求。二是重点区域识别和分级管控尚未系统化。新国标要求每年至少开展一次全域管网重点区域识别。我们虽然对人员密集区域有所侧重，但尚未建立标准化的分级识别流程和动态更新机制，III级重点区域的专项应急预案也还在逐步完善中。三是全生命周期闭环管理机制尚不健全。新国标要求覆盖管道设计、制造、施工、投产、运行、改造和废弃等全生命周期。目前我们在老旧管道停用、废弃处置等环节的标准化

程度还不够，失效事件的统计、溯源、分析机制也需要进一步完善。四是效能评价体系还是空白。新国标要求定期开展完整性管理效能评价，用KPI指标量化衡量管理效果。这方面的评价体系我们尚未建立，还停留在“干了多少活”而非“管出了什么效果”的阶段。

结合上海市燃气管网和松江燃气的实际情况，我认为推进标准落地需要重点抓好几件事。一是加快数据补盲和信息化建设。借助当前上海大规模推进老化管道更新改造的契机，2025年已完成1032.7公里，2026年仍将超过1000公里，同步完成新建和改造管道的数字化数据采集和入库。同时依托我们已建立的数字孪生管网仿真系统和主干管网仿真系统，加快搭建符合新国标要求的完整性管理信息平台。二是建立重点区域常态化识别和动态更新机制。依托上海已开展的燃气管道风险排查及安全专项整治行动，将重点区域识别纳入年度常态化工作，建立“一区一档”管控台账。对Ⅲ级重点区域，尽快完成专项应急预案编制并定期演练。三是将新国标要求嵌入日常工作流程。新国标不是另起炉灶，而是对现有工作的系统化提升。我们将把六步闭环流程融入日常巡查、泄漏检测、第三方施工监护等已有工作环节中。目前我们已常态化利用PPB级高精度智能燃气泄漏检测车开展道路巡检，下一步要按照新国标要求，根据风险等级差异化确定检测频次，实现从“粗放式巡检”向“精准化分级管控”的转变。四是提前开展人员培训和体系对接。标准将于2027年2月正式实



施，过渡期只有半年多时间。我们将尽快组织全员标准宣贯培训，对照标准条款逐条梳理现有管理制度的差距，制定整改时间表，确保标准实施时能够顺利衔接。

GB/T 47764—2026标志着我国城镇燃气管道安全管理迈入事前主动防控、全链闭环管控的新阶段。燃气企业既是标准制定者，更是践行者。愿各方凝心聚力抓好本标准贯彻执行，及时梳理总结经验，进一步健全标准体系。我们将以标准实施为契机，推动上海燃气安全管理转型，为超大城市燃气安全运行筑牢防线。

作者简介：陈江，上海松江燃气有限公司董事长。曾任上海燃气有限公司输配中心主任，长年深耕燃气输配管道管理，承担多项科研课题及国家标准、行业标准制修订工作。GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一。



高健：

（中国石油西南油气田分公司安全环保与技术监督研究院）

长输管道从2015年起就有了强制性国标 GB 32167—2015《油气输送管道完整性管理规范》。GB/T 47764—2026的出台，恰好填补了城镇燃气管道完整性管理领域的空白。结合西南油气田燃气管道完整性管理现状，谈几点认识。

作为我国首部专门针对城镇燃气输配管道的完整性管理国家标准，覆盖门站至用户引入管阀门之间的燃气管道，推动管理模式从“重抢修、轻预防”向全生命周期、主动式、闭环化的风险防控转变，确立了城镇燃气完整性管理的技术框架。标准以PDCA循环为内核，把完整性管理这一国际通行方法论系统移植到城镇燃气领域，构建了数据采集与整合、重点区域识别、风险评估、检测监测与评价、风险控制、效能评价六大环节，并单设失效管理、改造停用与废弃章节，补齐了全生命周期



城区燃气管道新型道路穿越警示牌

末端管理。贴合城镇燃气实际，覆盖钢质、聚乙烯（PE）、铸铁等多材质和全压力等级，增设PE管老化评价、电熔接头检测、泄漏点分级等内容，并强调以GIS为基础的信息化建设。

西南油气田公司管理燃气管道6万余千米，点多线长面广、环境人口稠密、泄漏隐蔽性强。标准的发布为公司多年探索开展的完整性管理工作提供了国家层面的权威技术标尺，有利于把公司自2010年起步、2021年发布的中石油首个燃气管道和站场完整性管理手册积累的经验规范化体系化，推动管理从“企业自觉”向“行业规范”跃升，也为公司数十家终端燃气公司系统性提升燃气安全提供了权威依据。对照标准要求，公司燃气管道完整性管理工作还存在一些不足和差距。

一是数据底座不牢。公司燃气管网建设跨度大、材质种类多，历史上快建快投、收购管道与更新改造频繁，导致部分管道走向、属性信息及拓扑关系不清，基础数据缺失、质量不高，与标准要求的数据采集及动态更新存在差距。

二是重点区域识别与风险评估精度不足。重点区域识别仍以人工为主，效率低成本高；半定量风险评价和智能风险分析技术虽已形成，但面向不同压力、管材、敷设环境的自适应场景风险评估模型构建及针对性尚有欠缺，部分企业风险管控仍较粗放。

三是检测监测技术能力存在短板。城镇燃气管道压力低、管径小、分支多、弯头三通密集，常规内检测装备适用性受限，监测技术的实时准确响应精度不高，新技术多处于研发试点阶段，尚未形成规模化工程应用，与标准提出的基线检测、内外检测、PE管检测和高风险区针对性监测仍有距离。

四是运维仍偏事后抢修。标准强调风险控制前

置和预防性维护，而部分泄漏隐蔽性强难以及时发现，失效台账、溯源分析与反哺风险评估的闭环尚未真正贯通。此外，数智赋能体系尚未建成，多源数据融合、AI预警等应用仍处探索阶段，效能评价的过程与效果双重闭环、失效数据库建设等离标准要求也还有提升空间。

为了推动下一步标准实施，重点应抓好以下几方面工作。

一是以标准为蓝本完善体系，将组织机构、三级体系文件与公司既有《燃气管道和站场完整性管理手册》进行诊断对标，逐条评估公司及各终端燃气公司现状，并以此修订完善现行完整性管理手册，实现无缝衔接。

二是集中力量夯实数据底座，结合已开展的管网测绘自动成图，推进历史管网数据普查、补采与数字化，建立统一数据标准与动态更新机制，为地下管网“一张图”和智慧燃气奠定数据底座。

三是补强检测监测短板，加快常规内检测、自爬行内检测、PE管道探测与检测、阴极保护智能监控等技术的推广应用，探索基于风险的差异化检测周期，提升高风险区监测预警能力。

四是加快数智赋能，升级完善燃气管道完整性管理信息系统，深化风险智能评价、AI视频监控、关键节点智能判定和智能应急决策等应用，推动管理智能化转型。

五是发挥示范引领与监管协同作用，推广公司燃气无泄漏示范区经验，并与TSG D7004—2010《压力管道定期检验规则——公用管道》、GB/T 51474—2025《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准》等衔接，确保标准落地见效，形成持续改进的长效机制。

作者简介：高健，高级工程师，压力管道检验师、压力容器检验师，现工作于中国石油西南油气田分公司安全环保与技术监督研究院，四川省特种设备安全生产专家委员会委员，四川省特种设备标准化技术委员会委员。从事管道及站场检测评价、完整性管理工作23年，获得完整性管理领域省部级科技进步奖3项、专利与软件著作权30余项，负责或参与国家标准、行业标准、企业标准编制20余项。作为主要参与者在中国石油推广实施油气田完整性管理，有效提升了地面系统本质安全。GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一。

城镇燃气管道安全管理根本转型的新路径

——解读《城镇燃气输配管道完整性管理规范》

王俊强 何仁洋

中国特种设备检测研究院

摘要：GB/T 47764—2026是我国首部聚焦城镇燃气管网全生命周期完整性管理的推荐性国家标准，构建了六步循环完整性管理流程，首创城镇燃气“重点区域”分级管控体系，填补城镇燃气管网系统化、标准化风险管控领域的行业空白，将推动城镇燃气安全管理实现三大根本性转型，为我国百万公里城镇燃气管网长效安全治理提供统一、规范的技术准则与实操依据。本文全面梳理标准的出台背景、编制原则与整体架构，深度剖析标准核心思路与关键条款，针对性提出标准落地实施路径。

关键词：城镇燃气；输配管道；完整性管理；重点区域；全生命周期；风险分级管控

1 标准性质与出台背景

7月2日，国家市场监督管理总局（国家标准化管理委员会）正式批准发布推荐性国家标准GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》，将于2027年2月1日正式实施。标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口管理，中国特种设备检测研究院牵头，联合国内30余家燃气运营、检验检测、工程设计、科研院所等单位编制完成。作为国内首部专门针对城镇燃气输配管道完整性管理的专项国标，补齐了城镇燃气管网系统性管理标准短板，标志着我国城镇燃气管道安全管理正式迈入“事前主动防控、全链闭环管控”的新阶段，对提升管网安全管理效率、筑牢城市生命线安全防线具有重要意义。

当前，我国城镇燃气管道总里程已突破百万公里，广泛密布于城市街巷，呈现分支繁杂、敷设范围广、密集重叠、压力层级跨度大（低压至超高压全覆盖）的特点，大量管线穿越居民区、学校、商超、地下管廊等人员密集和风险敏感区域。长期

以来，管道腐蚀、第三方施工损坏、地质灾害侵袭、老旧管材失效等风险持续凸显，2021年十堰市“6·13”等重大燃气爆炸事故，充分暴露了传统管理模式的诸多短板，具体体现在以下四个方面。

一是长输管道标准适配性不足。长输管道完整性管理体系无法直接套用，城镇燃气管网管径偏小、分支繁多，大部分管段不具备内检测条件，传统运维模式以事后抢修、被动处置为主，缺乏适配城燃场景的专用技术规范和管理体系。

二是风险分级管控缺乏统一标准。对于人员聚集区、密闭管沟、易燃易爆场所等高风险管段，各地的界定划分、风险评级、管控强度标准不一、尺度混乱，行业管控水平参差不齐，存在明显安全管控漏洞。

三是全生命周期闭环机制缺失。管网运维数据零散割裂，风险识别、安全评估、检测监测、隐患整改、成效复盘等环节相互脱节，无标准化、规范化的闭环管理流程，管控碎片化问题突出。

四是老旧管网处置无规范依据。针对老旧管网更新、停用、废弃处置等关键环节，缺乏统一的标

准化技术要求，失效事件的统计、溯源、分析机制不完善，无法为隐患根治和风险预判提供数据支撑。

近年来，国家持续加码城镇燃气安全专项治理，《全国城镇燃气安全排查整治工作方案》《城市燃气管道等老化更新改造实施方案（2022—2025年）》等多项政策文件，均明确要求建立燃气管道完整性长效管理机制，但行业长期缺乏专项国家标准支撑落地。在此政策与行业背景下，标准于2021年正式立项，历时5年完成行业调研、条文编制、多轮征求意见与专家审查，精准贴合城镇燃气管网独有运行特征，构建了专属化、系统化的完整性管理体系，从制度层面补齐城镇燃气管道安全管理标准化短板。

2 编制原则与标准框架

（1）编制原则。

标准立足城镇燃气行业实际、聚焦安全管控核心、兼顾运维经济性，确立四大核心编制原则，保障标准科学适用、落地可行。

一是安全为本，聚焦民生防护。始终以人员密集场所、密闭燃气积聚空间、易燃易爆高危点位为核心管控场景，创新建立三级重点区域分级管控制度，通过差异化配置巡检力量、监测设备、应急资源，最大限度降低管网失效引发的人员伤亡与财产损失风险，坚守城市燃气安全底线。

二是贴合实际，突出自身特点。充分考量城镇燃气管网枝状布局、PE管材占比高、全线内检测难度大、周边环境动态变化快等差异化特征，针对性新增外检测技术、常态化泄漏巡查、第三方施工全过程监护等适配性要求，精准匹配运维场景。

三是风险导向，分级精准管控。以管道运行压力、敷设环境、周边保护目标为核心依据，科学划分风险管控单元，对高风险区域加密检测频次、强化智能监测赋能，对低风险区域合理优化管控流程、精简运维成本，实现安全管控与运营效益的动态平衡。

四是全链闭环，持续迭代优化。覆盖燃气管道设计、制造、施工、投产、运行、改造和废弃等全生命周期，融入PDCA循环管理理念，构建“六步循环工作法”，实现隐患从风险识别、评估、管控到优化升级的全流程闭环，推动安全管理持续提质增效。

（2）标准整体章节架构。

标准正文共15个章节，配套11个专项附录，其中附录A、E为规范性附录，其他附录为资料性工具模板，整体章节逻辑严格契合六步闭环完整性管理流程，体系完整、层级清晰、重点突出。

第1~3章为基础规范层，明确标准适用范围、规范性引用文件、核心术语定义，为全文落地奠定基础；第4~5章为体系顶层设计层，规定完整性管理总体要求、体系建设规范与审核标准，搭建整体管理框架；第6~11章为核心执行层，系统规范数据采集整合、重点区域识别、风险评估、检测监测与评价、风险控制、效能评价六大核心流程，构成标准六步闭环核心体系；第12~14章为专项管控层，细化日常运维管理、失效事件管理、管道改造及停用废弃处置的专项要求；第15章为数据支撑层，明确管道全生命周期数据管理规范。配套附录涵盖完整性管理所需的标准化表单、评估方法、检测技术规范、体系建设指南等实操工具，全面保障标准落地实施有据可依。

3 标准重点关注的内容

（1）构建六步闭环完整性管理流程。

标准适配城镇燃气管网特点，构建“数据采集与整合→重点区域识别→风险评估→检测监测与评价→风险控制→效能评价”六步循环管理流程，贯穿管网全生命周期运营全过程，实现风险动态管控、闭环迭代、持续优化，彻底解决传统管理碎片化、整改无复盘、管控无提升的行业痛点。

数据采集与整合。统一规范管道建设期和运维期核心数据采集清单，明确以管道中心线为基准，完成多源异构数据对齐融合，搭建标准化GIS数字化运维底座，破解数据零散、标准不一、无法复用的难题。

重点区域识别。要求每年至少开展1次全域管网风险隐患排查，精准划分Ⅰ/Ⅱ/Ⅲ级重点区域，制定相应的管理措施，Ⅲ级重点区域应制定专项应急预案。

风险评估。明确压力 >0.1 MPa管道需在投产3年内完成首次风险评估，精准划分风险等级，明确差异化管控优先级。

检测监测与评价。采取管道内检测、通用外检测、常态化泄漏巡检、专项智能监测等多种方式，

依据管网风险等级动态调整检测频次，兼顾安全性与经济性。

风险控制。针对腐蚀、第三方施工损坏、地质灾害、管道本体缺陷四大核心风险，制定针对性、差异化的隐患治理与风险防控措施。

效能评价。定期开展完整性管理成效审核复盘，总结管控短板与不足，优化次年完整性管理工作计划与管控方案，形成PDCA持续改进闭环。

（2）首创“重点区域”三级辨识管控体系。

结合城镇管网街巷密布、周边环境复杂、风险场景多元的核心特征，标准首次提出城镇燃气“重点区域”专属概念，依据管道失效后果严重程度大小划分为Ⅲ级、Ⅱ级、Ⅰ级三个层级，明确不同压力等级管道的风险管控范围、判定标准与管控要求，构建标准化分级管控体系。

管控边界划分上，明确超高压管道（ $>4.0\text{ MPa}$ ）参照长输管道高后果区标准，管控范围为管道中心线两侧各200 m；高压管道（ $1.6\sim 4.0\text{ MPa}$ ）管控范围为管道中心线两侧各50 m，边界界定清晰、尺度统一。

在分级管控要求上，Ⅲ级重点区域为高风险场景，涵盖管道敷设于四级地区、下穿大型公共建筑、途经密闭易积聚地下空间，管控范围内存在爆破取土、危化品堆放等高危作业场景，要求企业编制专项应急预案，加装视频监控、泄漏在线监测设备，实行24小时加密值守管控。Ⅱ级重点区域为较高风险场景，管控范围内包含三级地区、易燃易爆场所等，需常态化提升人工巡检频次，规范设置地面警示标识，强化现场风险防控。Ⅰ级重点区域为一般风险场景，涵盖管线途经居民区、轨道交通沿线、地质灾害易发段等区域，需落实常态化日常监护，做好风险动态巡查。

同时建立动态更新机制，针对城市新建片区、道路改造、工程开发等导致的管网周边风险升级场景，要求及时完成重点区域重新辨识、管控等级升级，建立动态台账、闭环销项，实现城市建设与管网风险管控同步迭代。

（3）建立差异化风险评估与周期性检测监测制度。

标准结合管道压力等级、运行工况、风险等级，建立差异化、精准化的风险评估与检测监测体系，大幅提升管控科学性与实效性。

风险评估方面，明确分级评估规则。最高工作压力 $>0.1\text{ MPa}$ 的管道投产3年内必须完成首次风险评估，出现重大隐患、发生安全事故、超期服役管道需立即开展专项复评；低压非压力管道可由企业结合实际运行工况自主确定评估周期。同时确立法规标准、行业惯例、企业事故台账、治理成本四维风险可接受判定准则，对超阈值风险强制要求落实消减措施，杜绝风险失控。

检测监测周期方面，实行分级分档管控检测频次。Ⅲ/Ⅱ级重点区域管道泄漏检测周期不超过6个月，一般管道检测周期最长不超过1年。检测方式差异化适配，具备内检测条件的钢质管道优先采用内检测技术，PE管道、复杂支线管道以专业外检测、定点开挖抽查为主。检测周期动态调整，对频繁泄漏、防腐层失效、地质灾害高发管段强制缩短检测周期，对管道应力低于屈服强度30%、采用基于风险检验模式的管段，可合理延长检测周期。强制要求高风险区域配套建设在线监测系统，实现管道腐蚀、杂散电流、第三方施工、燃气泄漏等风险实时预警，构建“人工巡护+智能监测”立体化防控体系。

（4）规范全生命周期分阶段风险管控。

标准覆盖燃气管道从建设到报废的全生命周期，分阶段明确标准化管控要求，实现源头防控、过程管控、末端根治。

新建管道，在可研阶段提前开展重点区域预判，优先规避Ⅲ级重点区域，从源头降低安全隐患；施工阶段落实第三方施工全过程监护，严控施工破损、违规作业风险；投运前完成基线检测，同步移交全套数字化竣工数据，为后续运维奠定基础。

在役管道，制定标准化日常巡查清单，规范第三方施工安全管理，严格落实施工前风险告知、安全协议签订、现场旁站监护制度；常态化开展管道腐蚀、杂散电流、凝水缸积水等隐患治理，对管道缺陷实行分级处置，紧急隐患立即抢修、一般隐患限期整改，实现隐患动态清零。

老旧、停用、废弃管道，建立标准化处置流程，超年限服役管道必须开展适用性安全评价，评价不合格的纳入年度改造清单，限期更新；停用超6个月的管道需完成物理隔断、介质置换，并持续开展常态化巡检；废弃管道优先实施拆除处置，确需就地弃置的，必须完成惰性气体置换、永久封

堵，全域设置警示标识，尽可能消除安全隐患。

（5）构建失效事件溯源预防全链条机制。

标准专门设立“失效管理”章节，填补了城燃管道失效事件规范化管理空白。统一泄漏、第三方损坏、地质灾害、管材失效等各类事故事件的统计标准与填报模板，要求企业搭建管网失效专属数据库，分类统计失效位置、失效类型、诱发原因、处置结果等核心信息。

同时建立失效数据分析与反向优化机制，要求企业每年开展失效大数据专项分析，形成年度分析报告，精准梳理高频风险点位、突出隐患类型，针对性优化风险评估模型与巡检方案；发生燃气泄漏、爆炸等失效事件后，严格落实全流程溯源复盘，及时更新管控措施，同步排查治理同类工况、同类管段风险，从制度上杜绝同类事故重复发生。

（6）明确数字化信息化智慧管理要求。

标准专门设立“数据管理”专项要求，全面推动城镇燃气管网安全管理数字化、智能化转型。要求燃气企业搭建标准化GIS完整性信息管理平台，统一管道编码规则、三维建模标准与数据加密存储规范，实现管网数据标准化归集。

企业需同步完成建设期竣工测绘坐标入库，每年动态更新管网周边环境、风险等级、检测记录、隐患整改等全量数据，保障数据实时精准。同时支持跨部门数据共享互通，对接城市安全风险监测公共平台，形成管网风险“一张图”管理模式，为城市规划、住建管理、应急处置等工作提供精准的数据支撑，助力城市生命线智慧化治理。

4 标准实施建议与展望

为推动标准高效落地实施，建议如下。

一是压实企业主体责任，分步推进合规落地。燃气企业需在标准正式实施前，完成全域管网全面摸排，精准识别重点区域，建立标准化管控台账；补齐管道坐标、竣工资料、检测记录等缺失数据，搭建完善的完整性管理信息系统；依据标准及配套规范性附录，完善内部管理制度与程序文件，配备专业技术人员，开展全员标准专项培训。同时实行分级隐患整改，优先为Ⅲ级高风险区域加装在线监测设备、加密巡护频次，针对老旧管网、失效频发管段制定年度更新改造计划，标准化规范管道停用、废弃置换封堵全流程作业。

二是强化多部门协同联动，实现源头风险管控。燃气企业主动对接相关主管部门，建立城市建设项目事前风险告知、联合评估机制。在新建小区、道路改造、市政工程施工前，同步开展管网风险评估，提前规避、化解新增风险，实现城市规划建设与燃气管道风险管控同步谋划、同步推进，从源头遏制高风险管段增量。

三是依托技术赋能，构建智慧防控体系。积极推广AI第三方施工识别、燃气泄漏远传监测、数字孪生管网、地下管线雷达探测等新型智能化技术，降低人工运维压力，提升风险预警精准度。聚焦PE管道、老旧铸铁管道等检测难点，研发适配性专用外检测技术，补齐非钢质管道检测短板，构建“技防为主、人防兜底”的现代化管网安全防控体系。

未来，标准的有效落地实施，将统一全国城镇燃气管网风险管控尺度，提升城市生命线基础设施本质安全水平，推动行业实现三大根本性转型。即：管理模式从被动应急向主动预控转型，通过重点区域分级管控、常态化风险评估、全流程闭环管理，实现风险隐患早识别、早预警、早治理，彻底扭转事后抢修、被动处置的落后局面。管控手段从粗放人工向精准智能转型，依托数字化平台、智能监测设备、差异化检测监测制度，替代传统无差别人工巡检，实现管网风险精准定位、隐患精准治理、运维精准施策。治理体系从分段运维向全链闭环转型，构建覆盖管道设计、建设、运行、改造、停用、废弃的全生命周期管理体系，打通各环节管理壁垒，形成系统化、规范化、长效化的安全治理机制。



作者简介：王俊强，博士，正高级工程师，住建部燃气标准化技术委员会、全国锅炉压力容器标准化技术委员会压力管道分技术委员会委员，系GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一。长期从事压力管道等特种设备质量检测评价与完整性管理技术研究与应用工作，多次参与国家压力管道及厂站设备设施事故调查、隐患排查工作，主持参与国家/省部级项目10余项，行业科技项目30多项，先后获得省部级/行业科技进步奖5项，主编国家/行业标准6项，授权专利20余项，发表学术论文60余篇。

GB/T 47764与GB 32167两项完整性管理国家标准对比分析

张华兵 付玉杰

河北大学智慧管道研究所

摘要：GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》的出台，填补了该专业领域的空白。本文分析该标准的核心内容，并将其与GB 32167—2015《油气输送管道完整性管理规范》进行对比分析，梳理两项标准在适用范围、管理流程等方面的异同点和传承关系。

关键词：燃气管网；完整性管理；国家标准；对比分析

历史总是惊人的相似。2013年11月22日，山东青岛东黄输油管道泄漏爆炸特别重大事故发生后不久，GB 32167—2015《油气输送管道完整性管理规范》出台。2021年6月13日，湖北十堰重大燃气爆炸事故发生后，酝酿许久的GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》出台。不过该标准性质为推荐性国家标准，于2027年2月1日起施行，该标准适用于城镇燃气输配系统中门站、储配站等燃气厂站至用户引入管阀门之间或厂站之间公用性质的燃气管道及其附属设施的完整性管理，不适用于城镇燃气门站之前的长输燃气管道，以及除调压站之外的城镇燃气其他气源厂站内工艺管道及其附属设施。所以该标准主要针对的是燃气管网系统中的市政管网部分，也包含了产权问题引起较多管理责任模糊的庭院管网。

1 标准核心内容

标准构建了以PDCA循环为基础的六大管理环节，形成持续改进的闭环管理体系（图1），内容共设置了15个章节，配套11个专项附录，涵盖了燃气管网的全生命周期（表1）。

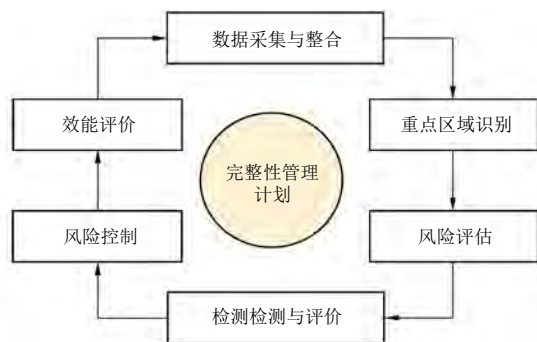


图1 完整性管理流程

2 两项标准对比分析

GB 32167已于2016年3月1日实施，是我国首部管道完整性管理强制性国家标准，适用于陆上钢质油气长输管道。GB/T 47764与之形成互补关系，一个管长输管道（门站之前），一个管城镇燃气输配管道（门站之后）。

- （1）适用范围对比（表2）。
- （2）完整性管理流程对比（表3）。
- （3）关键差异深度分析。

标准强制力不同。GB 32167为强制性国家标准（含4.4/4.5/4.6/8.1.1/8.1.2/8.1.5六条强制条款），具有法律约束力；GB/T 47764为推荐性国家标准，企业可自愿采用。城镇燃气企业实际执行

表 1 GB/T 47764—2026核心内容

章节	标题	核心内容
第4章	基本要求	完整性管理贯穿管道全生命周期；建立管理体系；基于风险的分类分级管理；专项失效管理；建立管理信息系统
第5章	完整性管理体系	从管理、技术、信息平台三方面建设体系；遵循PDCA循环；体系文件分管理手册/程序文件/作业文件三级；定期审核
第6章	数据采集与整合	覆盖建设期/运行维护/检测监测/失效/停用废弃数据；统一数据格式和线性参考体系；CGCS2000坐标系
第7章	重点区域识别	识别公众聚集场所、易燃易爆场所、密闭空间等；三级分级（Ⅰ/Ⅱ/Ⅲ级）；识别周期不超过12个月
第8章	风险评估	定性/半定量/定量三种方法；八大类危害因素；管道单元划分；模型验证与数据质量
第9章	检测监测与评价	基线检测/内外检测/泄漏检测/监测/适用性评价；含PE管检测方法；泄漏点三级分级
第10章	风险控制	腐蚀/第三方损坏/地质灾害/缺陷修复/泄漏处置/其他控制措施；含PE管特殊风险
第11章	效能评价	过程评价+效果评价；指标体系涵盖基础管理/专项管理/事件事故管理/管理效果
第12章	日常管理	日常巡查、维护抢修；管道附属设施定期检查；公众宣传教育
第13章	失效管理	失效事件信息收集标准；建立失效数据库；年度统计分析报告；闭环改进
第14章	改造、停用与废弃	改造范围与计划；停用保压管理；废弃管道拆除/就地弃置处置方式
第15章	数据管理	数据录入/存储/维护/更新/共享；GIS信息系统建设；数据安全与备份

表 2 两项标准适用范围对比

对比维度	GB/T 47764—2026	GB 32167—2015
范围	管道线路、站（范围包含，但内容较少）	管道线路
管道类型	城镇燃气输配管道（门站至用户引入管阀门）	陆上油气长输管道（跨省市输送）
管材	钢质、聚乙烯（PE）、铸铁等多材质	仅钢质管道
压力等级	超高压、高压、次高压、中压、低压（全覆盖）	以长输高压管道为主
输送介质	天然气、人工煤气、液化石油气等城镇燃气	原油、成品油、天然气等油气介质
附属设施	阀室（井）、调压站（箱）、凝水缸、阴极保护装置	站场、阀室等（站内工艺管道不适用）
设计依据	GB 50028、GB 55009	GB 50251、GB 50253
不适用范围	门站前的长输管道；除调压站外的厂站内工艺管道	站内工艺管道、海上管道、非钢制管道、城镇燃气管道

中，可能通过国家、地方条例或行政通知将其转化为事实性强制要求。

管材覆盖范围显著扩大。GB 32167仅适用于钢质管道，不涉及PE/PVC等非钢制管道。GB/T 47764覆盖钢质、PE、铸铁等多种管材，特别增设了PE管电熔接头超声检测（GB/T 29461）、PE管老化评价、PE管生物损坏（白蚁、鼠咬、深根植物）等内容，更贴合城镇燃气管网实际。

管理体系建设要求更系统化。GB/T 47764以附录A（规范性）规定了完整性管理体系建设要求，涵盖组织机构、体系文件（三级文件体系）、技术方法、信息管理系统、检查审核与持续改进等，构建了完整的资产管理体系架构。GB 32167侧重管

理流程与技术要求，体系化建设指导相对简洁。

新增检测监测要求。GB/T 47764中9.1.9条款要求具备内检测条件的新建燃气压力管道，应在投产前完成首次内检测工作。9.4条款“监测实施”要求对高风险区域管道的腐蚀、变形、杂散电流干扰、振动、泄漏、第三方损坏等情况进行针对性监测。及时处理监测报警信息，定期对监测数据进行分析。

泄漏管理更加精细化。GB/T 47764将泄漏检测与泄漏点分级作为独立重点内容，建立Ⅰ/Ⅱ/Ⅲ三级泄漏点分级体系（按浓度量化分级），并设有泄漏区域危险性评估方法（附录F）。GB 32167无相关内容。

表3 两项标准的完整性管理流程对比

管理环节	GB/T 47764—2026	GB 32167—2015
数据采集与整合	覆盖建设期、运行维护、检测监测、失效、停用废弃等全类型数据；统一数据格式与线性参考体系，采用CGCS 2000坐标系；专设第15章“数据管理”，要求建设基于GIS的完整性管理信息系统并保障数据安全与备份	采集整合管道全生命周期数据（设计、施工、投产、运行、检测、维修等）；要求数据准确、完整、可用，为风险评价与完整性评价提供输入；对数据采集职责与更新频次作出规定
重点区域识别/高后果区识别	采用“重点区域”概念，涵盖公众聚集场所、易燃易爆场所、密闭空间等；按 I / II / III 三级分级管理；识别间隔周期不超过12个月	采用“高后果区”概念，指管道泄漏后可能造成严重人身伤亡与环境破坏的区域；输气管道按地区等级、输油管道按影响范围识别分级；识别周期不超过18个月（强制条款 4.5）
风险评估/风险评价	定性、半定量、定量三种方法；辨识八大类危害因素（含PE管特有风险）；按管道单元划开展评价；强调模型验证与数据质量	定性、半定量、定量三种方法；强调风险可接受标准的确定；评价结果用于确定完整性评价方法与维修优先级
检测监测与评价/完整性评价	基线检测+内/外检测+泄漏检测+监测+适用性评价；含PE管电熔接头超声检测等专用方法；泄漏点按 I / II / III 三级分级（附录F提供泄漏区域危险性评估方法）；评价周期根据风险和上次评价结果确定，未设固定上限	完整性评价以内检测、压力试验、直接评价（ECDA/ICDA 等）为主要手段；新建管道投用后3年内完成首次完整性评价（强制条款 8.1.1）；输油管道高后果区评价最大间隔不超过8年（强制条款 8.1.2）
风险控制/风险消减与维修维护	腐蚀控制、第三方损坏防治、地质灾害防治、缺陷修复、泄漏处置及其他控制措施；含PE管特殊风险控制（老化评价、生物损坏防治等）	按风险等级确定维修顺序与响应时限；涵盖缺陷修复、第三方损坏防治、地质灾害防控、腐蚀控制等措施
效能评价	过程评价+效果评价双重维度；指标体系涵盖基础管理、专项管理、事件事故管理、管理效果四类（附录H）	要求定期开展完整性管理效能评价，建立评价指标体系，评估各环节有效性并持续改进

日常管理与巡查具有良好操作性。GB/T 47764以附录I提供了11类日常巡查记录表格（巡查记录、开挖点检查、泄漏维修、附属设施故障等），操作性极强，同时单独设立“改造、停用与废弃”章节，对管道全生命周期末端管理作出详细规定，这些是GB 32167未涉及的领域。

信息化要求更加具体。GB/T 47764要求建立以GIS为基础的完整性管理信息系统，明确系统功能模块（数据管理、设备管理、安全管理、质量管理、完整性管理、运行维护管理、人员与客服管理），并要求推进管道智能化建设。GB 32167对信息化的要求相对概括。

（4）共同点与传承关系。

两项标准的管理理念均以“风险识别→评价→控制→持续改进”为核心，强调全生命周期管理和PDCA循环，且六环节框架高度一致。GB/T 47764将GB 32167列为规范性引用文件，多处直接引用GB 32167相关内容，表明两项标准存在直接技术关联。均要求开展高后果区/重点区域识别，最长时间间隔稍有差异，相差6个月，风险评价考虑的危害因素相近。均要求定期开展效能评价，通过指标体系评估管理效果。

3 结语

GB/T 47764是城镇燃气输配管道完整性管理领域的首部国家标准，继承了GB 32167的核心理念和优秀做法，并针对燃气管道的特点进行了创新和细化。

GB 32167实施10年来取得了显著的成效，其实施经验可供GB/T 47764借鉴。一是强化全生命周期管理，从源头把控风险；二是关键在于识别与管控风险，并从“粗放”到“精准”；三是注重技术创新，技术应用过程中不断升级迭代；四是夯实完整性管理实施基础，配套人才建设、资金投入；五是加强多方协作与政府监管。



作者简介：张华兵，现任河北大学智慧油气管道研究所所长，油气管道完整性管理技术委员会秘书长，甘肃省管道保护协会特约研究员，《管道安全保护》副主编，长期从事油气管道完整性管理技术研究与应用工

作。联系方式：modify78@163.com。

GB/T 47764背景下我国城镇燃气管道安全风险研判及管控对策

郑贤斌¹ 侯君龙²

1.中国石油天然气股份有限公司天然气销售分公司；2.山东中油天然气有限公司

摘要：GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》出台，为推动基础设施系统性升级、构建韧性城市提供了关键技术保障。基于新国标系统梳理城镇燃气管道系统安全风险，全面窥视现有安全治理模式的短板不足，从体系构建、数智治理、分级管控、闭环管理、老旧设施改造、政企协同等方面，有针对性提出风险管控的系统化闭环路径，为当前及未来一段时间我国城镇燃气管道安全治理体系和治理能力现代化、智能化建设提供决策参考。

关键词：GB/T 47764；城镇燃气管道；完整性管理；安全风险；城市生命线

《城市更新“十五五”规划》明确：全国地下管网改造总量77万公里，其中城镇燃气管网改造任务20万公里，地下基础设施发展重心由“新建增量”转向“存量提质、系统除险”双主线并行阶段。截至2025年底，全国城镇燃气管网总长超100万公里，服役20年以上老旧管线占比超16%，第三方开挖泄漏占全部泄漏事故比例超85%^[1-3]，存量隐患历史欠账多；传统隐患治理以事故抢修、单点整改为主，缺少前置风险分级管控，难以根除系统性风险；多数城燃企业管网竣工资料缺失、坐标基准不统一，国家大地坐标系（CGCS2000）下的地理信息系统（GIS）数字化建设滞后，多源数据相互割裂，阻碍管网精准风险管控；大量中小燃气企业未搭建包括管理手册、程序文件、作业规程在内的三级完整性管理体系，检测流程、隐患销号、失效溯源尚无统一规范，与国家相关标准要求存在较大的偏差。本文聚焦GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》（简称新国标），结合燃气行业安全事故统计分析、燃气管道现场检测发现问题归集、“十五五”城市更新政策导向及新国标要求，系统梳理和研判我国城镇燃气管道面临的

安全风险，提出有针对性的措施和建议。

1 城镇燃气管道面临的多维度安全风险

依据新国标第7章关于重点区域分级规则、附录D关于八大类潜在危害因素，结合近年来全国燃气事故统计情况，本文将城镇燃气管道安全风险划分为管材本体老化风险、第三方外力损坏风险、环境腐蚀干扰风险、附属设施失效风险、管理体系缺失风险、数据与数字化短板风险、密闭空间衍生次生风险七大类，逐层剖析风险形成机理与现实危害。

1.1 管材本体全生命周期劣化风险

新国标首次将聚乙烯、铸铁管道纳入完整性管理核心对象，明确不同管材差异化检测、评价要求，也是当前存量管网最核心内生风险源。

灰口铸铁管道。集中于20世纪90年代前大量敷设，材质脆性强、无有效防腐，土壤电化学腐蚀后管壁持续减薄，承插口密封失效，无预警突发性断裂泄漏，多发生在老旧城区与老旧小区，属于“十五五”改造优先淘汰品类^[4]。

老旧钢质管道。无3PE外防腐、阴极保护缺失

或失效，土壤腐蚀、杂散电流侵蚀造成局部点蚀穿孔，超期服役管段壁厚损耗超标，经地质沉降、车辆荷载扰动极易开裂。大量老旧中低压钢管长期未开展专项检测。

PE管道典型劣化风险。受长期土壤、紫外线等影响，材料韧性下降^[5]；易受白蚁、植物根系等生物损坏；电熔、热熔接头施工缺陷，长期压力循环产生微裂纹。大量小区庭院低压PE管道尚未定期开挖检测，泄漏隐蔽性极强，常规步行检漏难以发现。

管材适配性缺陷。早期建设的燃气管道存在管材选型与土壤腐蚀性、道路荷载不匹配等问题，未开展基线检测，投运即产生先天材质缺陷。

1.2 第三方外力损坏（首要事故诱因）

据2023~2025年全国城镇燃气泄漏爆炸事故不完全统计，第三方施工开挖、机械碾压、违章占压引发的事故占燃气事故总数的85.2%，已成为第一大安全风险^[6]。对照新国标第10章中关于第三方损坏风险控制的条款，可将风险根源分为以下三方面。

外部施工管控缺位。城市更新、市政改造、房建基坑开挖前管线交底缺失，施工单位盲目机械开挖；管道警示标识缺损、模糊，现场监护机制未落实。

地面违章扰动。车辆重载碾压、深根植被、私搭乱建占压管道，持续施加交变载荷，加速管体变形、接头开裂。

人为蓄意损坏、偷盗等偶发风险。密闭管沟开挖后燃气积聚，极易形成爆炸环境。

1.3 环境腐蚀与地质灾害耦合风险

新国标将腐蚀、地质灾害列为核心危害因素，分土壤腐蚀、杂散电流腐蚀、土体移动等三方面进行有效管控。

土壤电化学腐蚀。盐碱、酸性土壤区域钢质管道防腐层破损后快速点蚀，阴极保护系统运维缺失，牺牲阳极失效未及时更换；多数燃气企业也未按周期进行巡检。

杂散电流干扰。轨道交通、直流输电线、大型设备杂散电流造成管体局部电解腐蚀，目前城镇区域内燃气管网全域排查覆盖率不足30%^[7]。

地质灾害风险。滑坡、沉降、洪水冲刷造成管道悬空、拉伸断裂，雨季洪涝后管网泄漏事故明显



增多，目前城燃企业进行地质灾害的监测覆盖率相对较低。

1.4 阀井、调压箱等附属设施失效风险

城镇燃气管道的附属设施是燃气泄漏的高发点位，新国标明确将阀室、调压箱、凝水缸、阴极保护装置纳入完整性进行统一管理。

阀井积水、密闭空间积聚燃气。阀门密封件老化、凝水缸排水不及时，井内甲烷持续富集，遇电火花极易爆炸；据现场实测发现，约16.95%的PE阀门井存在持续性微量逸散泄漏^[8]。

调压设备故障。调压器膜片老化、切断阀失效，出现超压、低压供气波动，引发管道过载或回火风险。

阴极保护测试桩故障。燃气管道阴极保护测试桩主要存在接线锈蚀接触不良、参比电极失效、数据异常跳变、通信供电故障及物理损坏等问题，导致监测失真或系统瘫痪。阴极保护测试桩缺失、失效，无法实时监测管道电位，腐蚀风险长期处于不可控状态。

1.5 管理体系系统性缺失风险

对照新国标第5章，目前中小型燃气企业完整性管理体系普遍存在短板。

无标准化三级体系文件（管理手册、程序文件、作业规程）。巡检、检测、隐患整改无统一流程。

组织机构不健全。未设立专职完整性管理岗位，人员无专项资质培训。

PDCA循环未落地。缺少年度完整性管理计划、体系内审、效能评价机制。

隐患整改无闭环流程。发现泄漏、腐蚀隐患后仅临时处置，未开展风险再评估，同类隐患重复发生。

1.6 管网数据缺失与数字化滞后风险

根据新国标第6章、第15章关于“全生命周期数据采集、CGCS2000坐标系与GIS一体化平台建设”的要求，存在以下问题和差距。

基础数据底数不清。老旧管网竣工资料遗失、坐标错乱，无统一线性参考基准，数据未对齐，形成“地下盲管”，开挖事故高发。

未建立统一数据库。静态属性（材质、压力、投运年限）、动态运行（泄漏、维修、腐蚀）数据割裂，未建立统一数据库。

物联网监测覆盖率低。高风险重点区域缺少泄漏、振动、位移在线感知设备，依赖人工季度巡检，预警严重滞后。

1.7 重点区域分级管控缺失次生风险

新国标设立重点区域分级制度，替代长输管道“单一高后果区”概念，明确了城镇密集人居环境的适用范围。III级区域包含大型商超、学校、医院等公众聚集场所及地下密闭管沟、易燃易爆场所等，要求制定专项预案、加密巡检（泄漏检测每半年1次）。据调研，众多城燃企业未完成全域重点区域识别分级，人员密集商业区、老旧小区管网仍执行常规的管道管理制度，造成巡检频次不足、风险管控降级、事故伤亡放大效应显著。

2 构建系统性风险防范与隐患治理路径

以新国标六大PDCA管理环节为核心框架，结合“十五五”城市更新、老旧管网改造政策要求，构建“体系筑基—数据底座—风险分级管控—分类隐患精准整治—数字化赋能—长效效能闭环”六位一体综合治理体系，实现标本兼治。

2.1 健全标准化完整性管理体系

根据新国标第5章的要求，将体系建设作为制度根基，按附录A搭建三层文件架构，落实PDCA持续改进机制。

完善三级体系文件。顶层完整性管理手册明确组织机构、总体方针；中层程序文件规范六大管理环节流程；底层作业文件配套附录I巡查记录表、附录J失效统计表全套标准化表单，消除作业随意性。

设立专职完整性管理部门。配齐风险评估、检测、数字化专业人员，建立年度专项培训考核制度，落实人员资质管理。

编制年度完整性管理计划。结合管网材质、服役年限、风险等级确定当年检测、改造、监测任务；每年开展内部体系审核，发生较大泄漏事故立即启动专项审核，识别管理漏洞并整改。

建立承包商全流程管控机制。第三方检测、施工、改造单位准入、过程监督、竣工复核全链条管理，杜绝施工引入新的风险和隐患。

2.2 全域管网数据标准化采集

新国标第6章、第15章将数据作为风险识别、隐患精准定位的基础，严格执行附录B数据采集清单要求，统一CGCS2000国家大地坐标系。

全周期数据补录整合。新建管道同步采集设计、焊接、防腐、坐标基线检测数据；老旧管网开展全域地下管线普查，补测管段坐标、材质、投运年限、腐蚀、泄漏历史数据；区分静态属性、动态运维、失效事故、改造废弃四大类数据，按管件、阀井、调压设施分类建档。

统一数据对齐规则。以内检测环焊缝或测绘中心线为基准，多源数据线性对齐，消除坐标偏差；建立统一的管道唯一编码规则，实现“一管一码、一设备一码”。

搭建GIS完整性信息平台。集成数据管理、风险评估、检测计划、隐患台账、在线监测、失效分析六大模块，支持隐患点位上图、风险分级可视化，自动生成年度检测、改造任务清单，打通巡检、抢修、改造业务数据。

2.3 分级开展重点区域识别与评估

根据新国标第7章、第8章要求，落实风险前置治理，区分三级重点区域、四级风险矩阵，精准划分隐患治理优先级。

动态识别全域重点区域。识别周期不超过12个月（严于GB 32167规定的18个月要求），按管道压力划定管控范围，分I级~III级区域；III级（学校、商超、密闭管沟）建立“一区一策”专项管控方案，加密泄漏检测至半年1次，增设在线监测、应急切断装置。区域周边土地开发、城市更新后立即复评、动态升级管控等级。

开展标准化风险评估。采用定性、半定量、定量三类评估方法，识别腐蚀、第三方损坏、管材缺陷、地质灾害等八大危害；按S（失效可能性）×C（失效后果）计算风险值，并按照严重性从高到低分为四级。

建立风险动态更新机制。管网改造、周边环境变化、发生泄漏事故后，同步复评风险等级，调整隐患治理时序。

2.4 差异化检测监测与隐患消除

依据新国标第9章、第10章和附录E规定，针对钢、PE、铸铁管道制定差异化检测方案，分级处置泄漏、腐蚀、变形隐患。

开展钢质管道检测。次高压、高压新建管道投产前完成基线内检测；在役管道按周期开展内检测、外腐蚀、杂散电流专项检测；防腐层破损、阴极保护失效管段立即修复，腐蚀减薄超标管段纳入改造清单；穿河道、滑坡地质高风险管段增设位移、应力在线监测设备。

开展PE管道专项检测。开挖抽查比例不低于0.3处/公里，重点排查钢塑转换、电熔接头、老化管段；采用超声检测接头内部裂纹；制定白蚁、根系生物侵蚀管段更换防护方案，超设计年限老化PE管优先列入“十五五”期间20万公里改造清单；示踪线缺失管线同步补设，保障开挖定位精度。

改造铸铁管道。灰口铸铁管全部纳入更新改造计划，采用非开挖置换技术同步更换PE新管；未改造管段加密季度泄漏检测，加大地面巡检频次。

泄漏分级闭环处置。Ⅰ级（低浓度）建立季度复查台账；Ⅱ级（中度泄漏）限期1个月修复；Ⅲ级（高危险泄漏）立即现场隔离、停气抢修，修复后扩大周边区域全域检测，同步优化周边巡检频次。

治理附属设施隐患。阀井定期排水，加装浓度监测探头；老化调压箱、失效切断阀分批更换；阴极保护系统按周期检测，牺牲阳极、排流装置及时维护，消除杂散电流腐蚀隐患。

防控第三方损坏、地质灾害。第三方损坏全流程管控方面，管道保护范围设立清晰警示标识；施工开挖前强制管线交底、全程现场监护；与住建、城管建立施工信息共享机制，城市更新项目提前推送管线风险；利用AI视频、振动传感监测施工扰动风险。治理地质灾害管段方面，滑坡、洪水冲刷管段实施水工保护工程，布设位移在线监测；汛期加密徒步巡检，雨后全域泄漏复测。

2.5 完善失效、改造、废弃管理

根据新国标第13章、第14章填补传统治理欠缺

部分，实现存量管网有序更新。

失效管网标准化管理。所有泄漏、破损事件按附录J统计表完整建档，分类统计腐蚀、第三方、材质失效诱因，每年编制失效分析报告，反向优化风险评估与检测周期，同类高频失效管段优先改造。

更新改造老旧管网。聚焦“十五五”期间20万公里燃气改造任务，重点淘汰灰口铸铁、超20年无防腐钢管、老化PE管线；改造前开展风险评估，优先治理Ⅳ、Ⅲ级高风险单元；推广非开挖修复技术降低施工次生风险。

规范处置停用与废弃管道。停用超6个月管道彻底置换燃气并物理隔断；废弃管线优先拆除，无法拆除时用惰性气体置换、永久封堵并设立长期警示标识，录入GIS废弃图层，杜绝遗留地下隐性隐患。

2.6 效能评价持续优化治理体系

根据新国标第11章和附录H等建立年度效能评价机制，实行PDCA持续改进闭环，杜绝隐患治理“一阵风”。

评价维度。分为过程评价（组织机构、数据、风险、检测、应急管理）与效果评价（泄漏频率、事故数量、风险降级比例）两大板块，采用标准配套量化打分表逐项考核。

评价应用。效能评价报告作为下一年度完整性管理计划编制核心依据，针对低分薄弱环节（如数据缺失、检测滞后、隐患整改逾期）制定专项提升方案，逐年降低管网整体风险水平。

3 数字化与智能化赋能风险管控

新国标第9章、第15章将数字化、智能化作为核心硬性要求，破解传统人工治理效率低、预警滞后等难题，分三层建设智能管控体系^[9]。



燃气管道巡检/郑贤斌 供

前端全域感知布设。针对Ⅲ级重点区域、河道穿越、第三方施工高发路段，有序部署激光甲烷遥测、阀井浓度传感器、振动预警、光纤应力监测终端；调压站加装远程压力切断装置，实现泄漏、扰动实时报警，预警信息同步推送巡检抢修终端。

中端GIS一体化平台。统一CGCS2000坐标系，整合管线基础、风险等级、检测记录、隐患台账、监测报警、失效案例全量数据，实现风险图层可视化、隐患自动派单、整改进度线上跟踪。

后端智能分析应用。基于历史失效数据，构建机器学习风险预测模型，自动预判高风险管段；利用大数据、人工智能等新兴技术，分析泄漏高发区域、高频诱因，优化年度检测与改造规划；结合城市更新规划，提前预判新增施工风险，前置防控对策措施。

4 结语

新国标施行应从制度体系、数据底座、分级风险管控、差异化检测整治、数字化智能预警、全生命周期失效与废弃管理等多维度统筹施策，建立风险前置、动态监测、隐患闭环、年度效能复盘的长效治理机制，分级、分步推进城镇燃气老旧管网更新改造，持续增强城镇燃气管网的韧性和安全。同时，需同步压实属地监管、企业主体、行业自律“三方责任”，构建全链条闭环共治格局。

监管层面：完善标准配套监管机制。建议市场监管、住建部门联合推动新国标落地，将完整性管理体系建设、GIS平台、年度风险评估纳入燃气企业安全检查硬性指标，对未达标企业限期整改；结合特种设备监察要求，将重点区域分级、泄漏分级管控、老旧管网改造纳入城市安全考核体系；搭建政企管线信息共享平台，城市更新、房建施工项目同步推送燃气管网风险数据，从源头减少第三方损坏。

企业层面：压实主体责任，统筹资源投入。建议设立完整性专项预算，保障检测、数字化平台、老旧管网改造资金，匹配“十五五”管网更新政策支持；分层开展新国标全员培训，管理层掌握体系框架，一线巡检、检测人员熟练使用标准配套记录表单；建立隐患销号刚性制度，重大风险隐患

挂牌督办，逾期未完成改造追责问责。

行业层面：完善技术支撑体系。建议行业协会、特检机构牵头开展标准宣贯、现场示范。针对PE管检测、风险评估、GIS平台搭建等方面，提供成套技术服务；建立失效案例共享数据库，推广完整性管理标杆企业的最佳实践典型经验和有效做法，提升全行业隐患治理规范化、科学化、系统化和标准化水平。

参考文献：

- [1] 中国城市燃气协会. 2025 年全国城镇燃气行业发展年度报告[R]. 北京：中国城市燃气协会，2026.
- [2] 李心萍. “十五五”时期将建设改造约七十七万公里 城市地下管网如何“强筋健骨”[N]. 人民日报，2026-06-15(02).
- [3] 郑贤斌. 新形势下天然气产供储销体系建设与运行探析[J]. 油气储运，2025，44(8)：841-849.
- [4] 程国梁. 城镇燃气安全管理的问题现状与解决措施[J]. 中国石油和化工标准与质量，2025 (13)：88-90.
- [5] 荆炆，张国强，敬睿，等. 光氧化对聚乙烯燃气管材性能的影响研究 [J]. 粘接，2025 (11)：51-54.
- [6] 孙丹阳. 燃气管道第三方破坏原因分析及防控对策[J]. 煤气与热力，2025，45 (10)：69-72.
- [7] 尹志彪，曹育军，邹健，等. 城镇燃气埋地钢质管道防腐蚀现状 [J]. 腐蚀与防护，2024，45 (10)：97-103+121.
- [8] 李天昊，雷宏亮，王昊，等. 城镇燃气管道阀门井甲烷逸散排放强度分析[J]. 煤气与热力，2026，46 (04)：85-88.
- [9] 郑贤斌，刘恩斌，袁江如，等. 新形势下“人工智能+”赋能油气管道的路径探索[J]. 中国石油企业，2026(04)：68-73.



作者简介：郑贤斌，1978年生，博士，正高级工程师；主要从事油气管道安全保障技术、石油装备安全可靠工程、天然气销售改革与企业管理方面的工作。联系方式：13261908488，xianbinzheng@petrochina.com.cn。

燃气管道泄漏巡检与防控技术

项亚琴 潘语行 席丹

港华投资有限公司

摘要：随着城镇燃气管道服役年限的增长，以及外部环境和人为活动等多方面综合影响，燃气泄漏问题日益凸显。本文结合港华泄漏巡检防控经验，从数据采集与治理、高效泄漏检测及数智化技术赋能等角度提出泄漏巡检与防控策略，以期为精细化防控燃气泄漏、保障城镇燃气安全平稳运行提供技术参考。

关键词：燃气管道；数据治理；标准体系；车犬联动；无损检测；腐蚀防控；科技赋能

燃气管道受服役年限、外部环境和人为活动等因素影响，泄漏问题日益凸显，成因包括土壤环境复杂、施工缺陷、管道腐蚀、第三方施工损坏和运行维护不到位等，且呈现出隐蔽性强、突发性高等特点，加之燃气企业泄漏检测分析深浅不一，未及时实施有效的闭环管理，给燃气泄漏检测和防控等工作增加了难度。

针对上述难点问题，港华投资有限公司坚持推行“零事故”安全文化理念，从数据采集与治理、高效检测及数智化技术赋能等多角度探索燃气泄漏巡检与防控技术，筑牢安全防线。本文围绕港华泄漏巡检与防控技术策略展开论述和经验分享，以期为保障城镇燃气安全平稳运行提供技术参考。

1 数据采集与治理

为对齐泄漏检测数据维度，港华从建设标准体系出发，以燃气运维与本质安全标准为基石，基于风险评估制定泄漏检测周期及计划，通过细化作业指引统一数据结构，夯实泄漏检测与防控的数据基础。

在评估方面，根据影响燃气管道的各类因素，使用直观分类法或因素评分法对管道进行风险评估，分成A（红色）、B（橙色）、C（黄色）、D（蓝色）四个风险等级。将管网按照设计压力、材

质、管径、竣工及投入运行时间等进行分段，评估每个管段的管材、管道压占、运行年限、保护管道措施、与建筑物间距、地下土质因素、深度、过往泄漏种类和频率等因素，结合权重制定风险等级并分级管控。目前，港华已完成管段划分并录入港华智慧运行（TOP）系统管理，每3~5年动态评估风险等级，A类为重大风险，每周1次泄漏检测；B类为较大风险，每月1次检测；C类为一般风险，每季度1次检测；D类为低风险，每年1次检测。

在作业方面，规范泄漏检测方法、程序及分级标准。根据燃气泄漏浓度区分泄漏等级，大于20% LEL为一级泄漏，20% LEL~20% LEL为二级泄漏，0 ppm~200 ppm为三级泄漏，同时制定对应的处置措施。定期分析泄漏数据，每季度至少进行1次，包括基本信息（时间、地点、管网类型、



泄漏检测/项亚琴 供

材质/管径、运行压力等）、泄漏情况（泄漏部位、泄漏类型、泄漏定位方式、泄漏级别、造成的影响、现场处理措施等）、泄漏原因分析、防范和管控措施等。相关泄漏检测计划、标准、记录及泄漏分析均已在TOP系统中配置，规范化的数据结构便于溯源及统计分析，提高泄漏防控措施的针对性。

2 高效泄漏检测

为高效开展泄漏检测工作，2018年起，港华深入研究燃气嗅探犬技术，通过嗅探犬极其灵敏的嗅觉和超高的气味分辨力，训练捕捉四氢噻吩气味，精准查找燃气泄漏逸散点。2019年底，形成体系化、专利化的燃气嗅探犬训导方法。2020年结合高精度激光泄漏检测车，推行“车犬联动”的快速泄漏检测方案，高精度激光泄漏检测车对目标检测区域进行快速初检，燃气嗅探犬对初检发现的疑似泄漏区域进行泄漏判断和泄漏点定位，效率是传统人工检测的10倍以上，同时，车与犬的双重检测原理有效排除沼气，极大程度减少误报的发生。自投入应用以来，已在港华内、外130余家公司累计35000余公里的重点管网排查隐患漏点5000余处，同步建设了西南、吴江两处燃气嗅探犬训练及服务基地。通过实践证明，车犬联动还适用于恶劣天气及灾后快速巡查、管线隐患、应急抢修和恢复供气前排查、天然气置换、管网升压、大型活动和重要会议保障等场景。

除“车犬联动”外，为契合行业内便携式检漏设备发展趋势，更好地评价各类便携式检漏设备的检测能力，2026年，港华开展了实验室测试与实际工况测试相结合的便携式检漏仪应用测试评价，其中，实验室测试由港华下属检定机构按相应的检定规程实施，测试示值误差、重复性和响应时间等

项目；实际工况测试则在企业实际管网（过桥管、调压柜、出地管、阀门井、立管）及户内等场景开展。根据测试方案设置泄漏检测路线并预设泄漏点，验证其检出率、准确性、操作性及场景适用性等现场性能表现，并对其数据上传、维护便捷性、电池续航和附件拓展等功能进行分析，为采购、配置和维护提供数据支持。进而统一评价标准，建立泄漏检测设备准入与应用评价机制，常态化开展设备动态评价，以加强设备维护保养、促进设备使用、沉淀检测技术、丰富检测知识库和人才库。

针对管道焊口等易发生泄漏的部位，实施重点管控，持续开展检查并逐步提高检查标准。管控体系从PE管施工质量评估（PEQA）发展至工程建设管理评核，依托港华工程管理系统TMS-工程移动模块，对建设、施工、监理三方进行施工全过程管理，要求上传100%PE管焊口拍照及焊接数据，自动校核焊接结果，并辅助AI智能图像识别，保障焊接质量。目前工程移动模块已有超300万个PE管焊口数字化记录。研究和推进焊口无损检测新技术，包括PE管焊口相控阵检测和钢管焊缝AI评片等，目前正在开展PE管焊接质量缺陷图谱与识别技术的课题研究，针对不同品牌、种类、管径的管件进行相控阵超声检测，采集缺陷特征图谱，记录缺陷位置、大小、形状、反射波幅值等信息，并进行破坏性试验对比，以此明确质量接受度，建立企业应用标准。钢管焊缝AI评片在射线底片数字化的基础上，通过AI焊缝底片缺陷识别模型，实现了对气孔、夹渣、裂纹、未熔合、未焊透等缺陷的智能识别和自动评级，以用于复核人工评片结果，进一步提升焊缝质量管控。

为持续完善管道腐蚀防控工作，港华全面推行钢管防腐层检测及阴极保护，计划在“十五五”期间实现阴极保护率100%的目标。积极推动在役管网的阴极保护有效性检测，综合评估阴极保护数据、杂散电流、土壤腐蚀性等检测结果，制定针对性的整改措施，保障阴极保护系统的有效运行。自主研究搭载“港华芯”的智能阴极保护监测产品，远程监控阴保运维性能，并集成智能阴极保护自诊断故障分析技术，实现管道阴极保护状态的可视化、智能化管理。此外，针对市政、庭院老旧管网阴极保护改造的痛点，探索和试点微控恒电位仪的



应用和局部性改造，构建埋地钢管“绝缘改造—防腐检测—泄漏检测—阴极保护”四维一体追加阴极保护的防护方案。

在人才队伍建设方面，2024年成立了专业的检测公司，组建队伍并培训取证，开展压力管道容器定检、风险评估、完整性管理、腐蚀防控、风险预警等业务，规范实施标准，提高检测质量。

3 数智化技术赋能

港华TOP平台作为港华数智化厂网运营系统，仅2025年巡检里程累计超1200万公里、专项泄漏检测里程40万公里，实现了管网泄漏巡检与防控作业的全流程线上派单、轨迹留痕和业务闭环。电脑端建立线上泄漏检测计划，生成目标管线；手机端接收工单，根据GIS开展泄漏检测，记录检查结果并拍照，发现异常即推送迹象管理单据进行闭环处理，并实时分析上述数据，计算检测轨迹覆盖率，总结泄漏检测效能，判断其执行情况。通过TOP平台全面规范数据采集及业务流程、建立运行管理指标评价体系、标准化的数据沉淀，形成了管网健康数字资产库，为管网安全运行和风险预判提供坚实的数据支撑。

此外，TOP平台实现了物联监测设备的全流程管理，动态感知智能阴极保护桩、泄漏监测设备等管网设施工况并智能分析，完成监测预警与闭环整改追溯。

在新兴数智化技术应用方面，依托TOP大小模型协同识别体系，搭配无人机飞控系统，建成全自动无人机巡检平台，实现设备自主起降、航线巡航、实景拍摄。经过大、小模型联合解析，自动识别管道占压、第三方施工损坏、管道破损等隐患，信息自动生成工单推送至属地进行处置，以提升偏远管网的巡检效能。在此基础上，TOP平台的算法架构具备通用性，可向部署巡检无人车、管道检测机器人、巡检机器狗等多形态具身智能设备，逐步落地厂站、管网全场景的自动化巡检，为未来的少人化、无人化燃气运营奠定技术基础。



应急演练/项亚琴 供

4 结语

综上所述，港华践行完整性管理理念，对燃气管道实施“设计—物料—施工—运维—检验—评估”的全生命周期管理，将AI、物联网、大数据等技术深度融入日常安全管理与泄漏防控，“技防”升级，倡导科技与人力协同共建的安全管理模式，保障管网本质安全，精细化防控燃气泄漏。同时，结合最新发布的GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》，将初步建立管网运行完整性管理效能评价方案，包括数据完整度、重点区域管理、管道评估、检验检测、运行作业执行率、维护保养完成度、韧性提升和系统平台应用率等八个维度、80余项细项指标，目前约40%的评价可通过TOP平台线上自动生成评价结果。未来五年，以港华《燃气板块“十五五”技术发展规划》为蓝图，全面推动管网完整性管理，实现100%线上自动效能评价，构建覆盖“建、管、运、维”全生命周期的韧性体系，全面提升管网本质安全水平与运行可靠性。



作者简介：项亚琴，工程师，硕士，主要从事燃气技术标准与策略工作。

城镇燃气管道安全监管 中外比较和改进建议

李仕力¹ 吉建立²

1.中国特种设备检测研究院; 2.中国特种设备检验协会

摘要:当前我国燃气压力管道约70万公里,安全监管面临监管部门职责交叉、检验规范滞后、检验技术受限、第三方施工损坏高发、企业主体责任落实不到位等突出堵点。在梳理现状与风险基础上,立足市场监管职能,提出创新对策:即厘清部门职责边界,建立协同监管机制;加强老旧管道更新改造过程质量和安全管控;加快修订安全技术规范,推行完整性管理;强化科技研发,填补检测盲区;提高违法成本,压实企业主体责任。以期着力构建权责清晰、法规完善、技术先进、多方共治的燃气管道安全监管新格局,切实提升城市生命线本质安全水平。

关键词:城镇燃气;压力管道;完整性管理;智慧监管

2024年,中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发的《关于推进新型城市基础设施建设打造韧性城市的意见》指出,城镇燃气管网是城市安全韧性提升的重要组成部分,是保障城市正常运转的关键基础设施,具有分布密集、埋地敷设、靠近人口密集区等特点,其安全运行直接关系到社会公共安全和人民群众生命财产安全。“十五五”期间,国家首次将城市地下管网等“六张网”列为国家基础设施建设的核心任务,将投资5万亿元,改造地下管网77万公里,使其更智能、更安全、更具韧性,与智慧城市深度融合。2026年,国务院印发《城市更新“十五五”规划》,将地下管网改造同步纳入城市更新范畴,凸显城镇燃气管道作为城市生命线的重要性。探讨在新形势下如何完善燃气管道安全监管机制、提升管网本质安全具有现实意义。

1 燃气管道安全现状

根据市场监管总局《2025年全国特种设备安全状况的通告》,截至2025年底,我国压力管道

里程为129.46万公里(在册),其中燃气压力管道约70万公里,运行20年以上的燃气压力管道约5.42万公里。早期燃气管道未纳入监管,管道设计、安装单位资质能力水平不足,安装监督检查缺失,带来先天安全隐患。同时,大量管道位于市政道路下,给定期检验和巡检维护带来较大困难。

钢质燃气管道,早期采用环氧煤沥青防腐层,防腐效果不好;地下管线缺乏统筹,安全间距不足;与热力管道间距不足,高温导致防腐层软化剥离;靠近电气化铁路等区域未充分考虑杂散电流干扰及排流防护;埋深不足加剧第三方损坏风险,降低了抵抗地面载荷能力;密闭空间识别不彻底;深根植物挤压导致管道位移或接头泄漏等。

非金属燃气管道,埋深探测缺乏可靠手段;焊缝检测技术不成熟,电熔、热熔焊缝缺陷难以全面识别;钢塑转换段、穿越段、带套管等探测技术受限;定位检测铺砌路面信号不稳定;电熔、热熔施工数据远传有效性和施工质量缺乏认可标准。

当前燃气管道检验主要依据为TSG D7004—2010《压力管道定期检验规则——公用管道》，该规则已滞后于行业发展和材质结构变化，未能覆盖PE管道的检验要求，目前正在修订中。湖北十堰“6·13”事故后，全国开展了多轮燃气安全排查整治。依据中国城市燃气协会发布的《全国燃气事故分析报告》，2021年至2024年，全国共发生燃气管网事故930起，其中第三方施工损坏导致的事故占比为82.3%，是最主要的风险来源，少部分为腐蚀或安装质量问题等。

2 燃气管道管理存在的问题

政府监管职责存在重叠。燃气管道安全监管涉及住房和城乡建设部、国家发展改革委、公安部、自然资源部、生态环境部、商务部、应急管理部、国务院国资委、市场监管总局等部门，但各部门关于燃气管道安全监管职责的分工存在交叉和重叠。2010年发布、2016年修订的《城镇燃气管理条例》明确国务院建设主管部门负责全国的燃气管理工作。市场监管部门和住建部门对燃气管道安全都负有安全监管职责，部分职责有交叉，侧重点不同。交叉部分集中在建设安装过程的质量监管、运行安全管理。不同点在于市场监管部门监管范围为符合压力管道范围的管道，住建部门监管所有管径、压力的管道；市场监管部门对压力管道的生产、使用、检验检测履行安全监管职责，住建部门主要对燃气管道施工图、建设质量、档案存档、使用管理等环节进行监管，范围更广，包括燃气管道与外部环境关系。部门监管职责交叉，导致部分环节监管缺失、重复监管且监管方式与要求存在差异，以及各部门监管信息共享不畅等问题。

企业安全主体责任落实不足。部分企业法治与安全意识不足，安全投入相对薄弱。安全管理人员配备人数未达标，巡检维护不到位，第三方损坏风险管控不到位。年度检查流于形式，定期检验不及时，导致设备超期未检。受效益和成本因素影响，部分企业严控人工成本，员工换岗频繁，管理人员流动较多，专业安全管理人员能力不够，安全意识淡薄。“日管控、周排查、月调度”机制落实不到位。此外，《特种设备安全法》规定的针对燃气企业的违法行为罚款上限为50万元，违法成本相对较



低，对违法行为的威慑力不足。

3 国外相关监管措施

美国以管道与危险材料安全管理局（PHMSA）为核心，州政府协同、行业协会深度参与形成的监管体系，核心机制包括：推行“合规性审查+市场激励”，如审核企业完整性管理计划，要求燃气运营商取得注册号（OPID），提交年度报告和事故报告，否则对违规企业予以重罚；强制实施“811”开挖呼叫中心制度，从源头预防第三方损坏；开发简单的、便利的、基于风险的完整性管理计划（Simple Handy Risk-Based Management Plan, SHRIMP）等软件以支撑完整性管理。同时，通过天然气管道咨询委员会等机构以确保监管措施的技术可行性和成本效益。

2018年9月13日，美国哥伦比亚天然气公司位于梅里马克谷的天然气管道发生爆炸事故，造成1人死亡、25人受伤。事后该公司被处以5600万美元高额罚款，并向受害者支付共计1.43亿美元赔偿金。最近，美国还发布了《2025年管道安全改进法案》，聚焦管道安全监管效能与完整性管理水平提升，核心思想在于通过强化监管框架、提升技术标准及推广新兴技术，系统性降低管道事故风险。主要措施包括：提高安全标准与评估频次；鼓励部署先进监测技术（智能传感器、无人机巡检）；完善应急响应预案体系；加强从业人员能力建设；提升运营数据透明度。

2026年，基于2023年宾夕法尼亚州西雷丁一家巧克力制造工厂天然气泄漏爆炸造成7死10伤、经济损失4200万美元的事故，PHMSA发布安全咨询公告《塑料管道及部件在配气完整性管理中的考量》，明确燃气输配管道完整性管理（DIMP）法规对特定材质塑料管道及组件的热安全要求。该公

告强调对邻近热源的塑料管道进行识别与风险评估，新建或改造工程中确保管道与热源保持安全间距或采取隔热措施。此外，列出易受温度影响的高风险塑料管材类型，建议运营商开展专项排查，纳入风险评估与缓解措施体系，提升燃气输配系统安全水平。

这些做法表明，美国管道安全管理正从被动响应转向主动风险防控，以立法强制推行完整性管理，并通过巨额罚款和市场手段倒逼企业履责，同时注重技术工具的标准化和预防性制度的建立。

4 改进建议

厘清监管职责边界，构建协同高效机制。在市场监管总局特种设备监管体制基础上，细化与住建部门等的职责边界，加强协同监管。市场监管部门聚焦压力管道专业监管，统一检验标准，严格监督检验和定期检验管理；住建部门负责行业管理与运行维护。探索建立城镇燃气企业管道注册登记模式。建立燃气管道安全联席会议制度，实行跨部门联合执法和信息共享制度。借鉴美国“811”模式，推动地方政府建立统一市政开挖告知平台，强制第三方施工前查询管线位置，由管道企业限时现场交底监护，从源头降低第三方损坏风险。

强化老旧管道更新改造过程质量和安全管控。在推进大规模管道更新改造过程中，加强施工阶段的安全管理与工程质量控制。推广数字化建设交付与在线监测等智慧手段，降低地下管位互相干扰风险；严格规范作业流程，防范因操作失误或变更管理缺失引发次生事故；强化材料验收、焊接质量检验、压力试验及竣工资料归档等关键环节的智能化质量保障，确保改造后管道具备长期安全运行能力。

贯彻落实新国标，加快推行完整性管理。完善

非金属燃气管道检验检测标准体系，统一技术口径。借鉴美国DIMP法规，明确将完整性管理上升为运营企业法定安全义务，要求企业持续开展风险识别、评价和消减。制定完整性管理审核指南，对企业完整性管理方案的有效性进行合规审查。鼓励高风险区域加装智能传感器，制定数据接口标准，推动监测数据接入监管平台，提升监测预警能力。

强化科技支撑，突破检测监测技术瓶颈。针对PE管检验盲区，支持声波、电磁、温度等原位无损检测装备研发应用；研发城镇燃气管道ppb级泄漏监测技术和装备、燃气PE管道老化机理及原位性能微损无损评价方法、重大风险在线智能感知与精准防控技术装备、热力管道保温层下腐蚀非开挖检测技术等。通过技术突破，填补检验盲区，为完善法规标准体系、提升动态监管能力提供根本支撑。

提高违法成本，压紧压实企业主体责任。研究《特种设备安全法》相关违法条款规定，探索提高针对违法行为的罚款上限，增设按日计罚和惩罚性赔偿条款。加大力度推行“日管控、周排查、月调度”机制。开发移动端自查模块，实现隐患闭环管理。将管道安全状况、检验情况、事故记录纳入企业信用信息公示系统，与信贷、招投标等挂钩，对信用良好的企业给予检验周期、保费费率等激励，形成正向引导。



作者简介：李仕力，1986年生，高级工程师。主要从事压力管道安全监管政策研究与适用性评价工作。联系方式：18602621710，59311286@163.com。

燃气管道及附属设施安全风险与防控对策

左延田

上海市特种设备监督检验技术研究院有限公司

摘要：针对近年来城镇燃气管网发生泄漏、爆燃等事故中暴露出的安全管理松散、管控体系缺失、风险预判不足等问题，结合GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》，梳理燃气管道主要安全风险，汇总行业现存问题，提出系统性解决对策，为燃气企业构建全生命周期、闭环式安全管理体系提供实践参考。

关键词：燃气管道；附属设施；安全管理；完整性管理；体系建设；事故案例

城镇燃气管道长期埋地敷设，随着运行年限增长，叠加城市建设施工、地质变化、人为活动等外界因素，安全风险持续累积。传统“重抢修、轻预防”的被动管理模式已无法适配当下安全监管要求。据近年来全国燃气事故统计分析，事故占比居高不下，第三方施工损坏、管道腐蚀、运维疏漏、应急处置不当是四大核心致灾因素。多起惨痛事故警示我们：唯有建立标准化、系统化的完整性管理体系，落实全生命周期风险管控，才能从源头遏制事故发生。

本文结合相关事故案例与现场运维实例，依据GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》，解析燃气管道安全管理要点与实施路径。

1 燃气管道主要安全风险

城镇燃气输配系统具备分布广、隐蔽性强、压力等级多、材质复杂、介质高危五大特点，结合近年公开报道的燃气爆燃、泄漏事故，主要风险类型如下。

第三方施工损坏风险。第三方开挖、非开挖野蛮施工，是引发突发性管道破损、大规模泄漏的最

高发诱因，事故发生快、后果严重。如河北燕郊“3·13”地铁盾构切削燃气管道爆燃事故、福建泉州南安“6·9”定向钻拉裂管道爆炸事故等，事故成因集中于管线探测不到位、施工单位违规作业、燃气企业施工交底、现场监护制度不落实等方面。

管道腐蚀与老化风险。属于渐进式隐性风险，钢质管道锈蚀、老旧管材劣化，初期微量泄漏不易被察觉，持续累积后极易酿成爆炸事故。湖北十堰“6·13”重大燃气爆炸事故就是管道长期锈蚀、巡检排查缺位导致的，其主要诱因是老旧管网服役年限长，周期性检测巡检流于形式，隐蔽点位隐患未及时发现。

设备与安装施工缺陷风险。多发生于庭院管网、楼栋引入管，由施工安装、设备本身缺陷引发泄漏、压力异常。如沈阳“10·21”燃气爆炸事故因并网施工法兰密封不到位、严密性试验缺失导致。因此，施工作业不规范、验收管控缺失、外包队伍管理失控等是该类风险的致因。

地质与环境因素风险。地面沉降、洪水冲刷、树根挤压、管线间距不足、杂散电流干扰等，造成管道变形、接口开裂、电化学腐蚀。山东高密

爆炸事故就是PE套筒受污水管、树根挤压后破裂造成的。

密闭空间燃气聚集风险。阀井、管沟、地下管廊等密闭空间通风条件差，管道微量泄漏燃气易积聚，遇火源即可爆炸。老旧小区阀井爆炸事故，由阀井积水、巡检频次不足造成。

2 管理存在问题

综合事故调查报告以及行业运行现状，对照GB/T 47764—2026相关要求，分析燃气企业在完整性管理方面存在以下问题。

管理体系虚化，闭环机制失效。部分企业仅完成制度文件编制，但未真正落地PDCA循环管理。组织机构职责不清，审核、效能评价流于形式，风险多层防线失守。

管网数据基础薄弱。老旧管网图纸与现场不符，管线坐标、材质、敷设历史等资料缺失，数据未完成对齐整合，给风险评估、施工监护、检测工作带来严重障碍。

风险管控工作形式化。高风险区域识别、风险评估、定期检测未按照规定的周期开展；隐患排查之后整改、复查、销号闭环不到位，存在“查而不改”现象。

人员与外包队伍管理短板突出。管理人员、一线巡检抢修人员专业能力不足；外包施工单位准入、培训、现场监管不到位，违规作业风险高。

硬件改造与应急、智能化管理存在短板。大量超服役老旧管网尚未完成改造，应急预案演练实战性不足，智能化监测覆盖率低，过度依赖人工巡检，高风险区域缺少24小时动态预警手段，第三方施工缺少政企协同管控机制。



3 建议及对策

围绕GB/T 47764—2026“数据采集整合→重点区域识别→风险评估→检测监测评价→风险控制→效能评价”完整性管理闭环工作流程，从完整性体系建设、基础管理、风险管控、现场管控、失效应急处置、全生命周期设施管理、政企协同与智能化保障方面提出以下对策。

搭建PDCA完整性管理体系，强化审核改进。建立适配企业规模的组织架构，大型企业设置完整性专职部门，中小企业设置专职岗位，落实企业高层、管理部门、班组三级责任。编制管理手册、程序文件、作业文件三级体系文件，与QHSE、安全生产标准化融合。每年编制完整性管理年度计划，明确数据、检测、培训、演练任务，跟踪执行情况。落实体系审核和效能评价，执行年度审核，若发生事故、机构和体系重大变更等应立即开展专项审核。通过效能评价发现管理缺陷，实现PDCA持续改进。

夯实基础管理，补齐档案与人员短板。对标完善管理制度，落实安全生产责任制，完善第三方施工、密闭空间作业、隐患治理等专项规程。落实数据管理，依托GIS系统开展数据采集与对齐，补全老旧管网坐标、材质、竣工资料，实现图纸、现场、台账数据三统一。落实人员资质管理，巡检、抢修、特种作业人员持证上岗，强化外包单位准入、培训、全过程监管。

开展风险前置管控，规范检测监测评价工作。按规范周期开展重点区域识别，对Ⅲ级重点区域编制专项应急预案，实施动态管理，环境发生变化及时重新识别。落实风险评估要求，压力大于0.1 MPa的管道投产后3年内完成首次风险评估，对达到设计年限、发生事故、工艺重大变更管段及时复评，根据风险等级差异化管控。分类开展管道检测监测，优先开展钢质管道内检测，铸铁、PE管道开挖抽查，不具备条件的开展外检测。严格执行防腐层、阴极保护、泄漏检测周期，重点区域每半年不少于1次，高风险管段部署泄漏、位移等在线监测。检测完成后开展适用性评价，依据评价结果确定维修、降压或者改造报废处置方案。

强化现场常态化管控，落实隐患闭环治理。实

施分级分区巡检，依据重点区域分级结果加大Ⅲ级重点区域巡检频次，覆盖阀井、河道穿越等隐蔽点位，杜绝巡检造假。做好阀室、调压装置、阴极保护、凝水缸等附属设施周期性维护，严格落实第三方施工管控要求，夯实施工报备、管线交底、标识警戒、全过程监护、完工验收全流程管理。建立隐患台账，严格执行“发现登记整改复查销号”闭环管理，重大隐患要实行挂牌督办。

完善失效管理与应急处置。建立失效事件数据库，对泄漏、破损事故开展根因分析，形成统计分析报告，预防同类事故重复发生，严格落实失效管理要求。编制综合预案、专项预案和现场处置卡，配齐抢险物资，定期开展实战化应急演练。加强全员应急安全教育，杜绝泄漏现场违规使用通讯设备等危险行为。

落实改造、停用、废弃全生命周期管理。对经适用性评价不满足运行条件、超设计年限、隐患严重管道，纳入年度改造计划；停用管道执行隔断、气体置换；废弃管道做好拆除或者就地封堵，设置永久警示标识。

推进政企协同与智能化建设。联合住建、应急管理部门建立地下施工协同管控机制，对野蛮施工实施联合惩戒，强化第三方施工损坏风险源头治理。分步推进智能化建设，优先在人员密集区、穿越段、高危老旧管段部署感知监测设备，依托GIS搭建完整性管理信息平台，实现数据动态管理与风险预警。

4 结语

城镇燃气管道事故多属于系统性管理失效，仅依靠事后抢修无法抵御各类风险，必须摒弃“重抢



修、轻预防”传统模式。GB/T 47764—2026的发布，为城镇燃气管网安全管理提供了完整的标准化路径。推进新国标落地，不能简单停留在文件照搬，企业要结合自身实际，如大型企业应全面对标建设完整性管理体系，中小型企业应抓住核心业务，优先落实数据、巡检、风险评估、隐患治理等关键合规项；杜绝体系纸面化，把国标条款转化为现场可执行的作业流程、表单记录；监管层面应将完整性管理落实情况纳入燃气企业监督检查重点，推动标准从“纸上”落到管网运维实处，真正实现城镇燃气管道全生命周期闭环安全管控。



作者简介：左延田，1980年生，研究生，正高级工程师，容器管道事业部副总经理，主要从事特种设备检验检测安全评估及完整性管理工作，系GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一。

联系方式：15902135793，zuoyantian@126.com。

城镇燃气管道完整性管理体系评审与效能评价解析

刘哲 王涛 梁妍 余夏英

中国特种设备检测研究院

摘要：随着我国城镇燃气管道里程突破百万公里，其安全运行面临日益严峻的挑战。本文以GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》为研究基础，聚焦于完整性管理体系评审与效能评价两大核心议题，系统分析管理体系评审的机制设计与运行要点，深入探讨效能评价的指标体系构建与应用路径，以期为燃气企业完整性管理的有效落地提供理论参考与实践指导。

关键词：城镇燃气管道；完整性管理；管理评审；效能评价

完整性管理是降低管道安全风险最有效、最先进的管理模式，在国内外长输油气管道领域已得到广泛应用。然而，城镇燃气管道与长输油气管道存在显著差异，其多为网状、枝状结构，阀门、三通等管件密布，变径普遍，压力等级差异较大，且多位于人口密集区。长期以来，燃气管道管理相对被动，往往是接到泄漏报警后才进行抢修，属于典型的“事后维护”模式。这种管理方式已无法适应当前严峻的燃气安全形势，近年来十堰“6·13”等燃气爆燃事故，暴露出城镇燃气管道在安全管理方面仍存在系统性短板。

GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》的发布，为城镇燃气管道从“被动事后维护”向“主动事前防控”转变提供了系统的技术标准支撑。该标准采用“计划—执行—检查—改进”（PDCA）循环管理模式，规定了城镇燃气管道完整性管理的体系建设与审核、数据采集与整合、重点区域识别、风险评估、检测监测与评价、风险控制、效能评价、日常管理、失效管理、改造停用与废弃、数据管理等技术内容。

在完整性管理的完整闭环中，管理体系评审与效能评价是检验体系运行质量、驱动持续改进的关

键环节。二者各有侧重又相辅相成，前者判断管理体系本身“好不好”，后者则衡量管理效果“优不优”。准确把握两者的内涵、机制与关系，对于推动标准落地实施具有重要意义。

1 管理体系评审：从体系建立到持续改进

1.1 评审的定位

体系评审作为体系运行过程中的重要管理活动，用于了解管道完整性管理体系的运行情况与不足，从而做出改进决策，促进体系完善。GB/T 47764—2026对管理体系评审作出了系统规定。其中，年度审核应由燃气企业内经过专业培训合格的人员执行，也可委托具有体系审核能力的机构或外部人员执行。当燃气企业发生安全生产事故时，应根据事故原因对相应要素开展专项审核。此外，当组织机构和职能重大调整，或管理体系文件发生变更时，也应立即开展体系审核。

1.2 评审的维度

适宜性：评审燃气企业建立的完整性管理体系是否与其自身特点、管理需求和发展规模相适应。

充分性：评审体系要素是否完整覆盖了完整性管理的全过程。

体系的有效性。评审体系运行是否达到了预期的管理目标。GB/T 47764—2026明确要求，体系审核应重点审核体系有效性、与政策法规的符合性、改进措施及实施效果。

1.3 PDCA闭环与持续改进

完整性管理体系运行要求燃气企业应根据周期性开展完整性管理体系审核工作并持续改进，这体现了PDCA循环的管理思想。根据效能评价结果完善完整性管理体系运行机制、管理程序及控制措施，对发现的问题和不合格项查找形成原因，确定纠正和预防措施。

2 效能评价：从定性判断到定量衡量

2.1 效能评价的定位

燃气企业通过定期开展效能评价，确定完整性管理的效果，包括有效性、效益、执行效率、风险受控程度等，发现完整性管理执行过程存在的不足，并持续改进。评价过程应建立在真实、有效的数据基础之上，贯穿整个完整性管理过程，并侧重核心业务环节，将结果作为下次完整性管理计划编制依据。

新建燃气管道首次整体效能评价应在首次全面检验后一年内完成，在役燃气管道可根据定期检验发现的问题开展针对性的专项效能评价。整体效能评价周期宜与全面检验周期保持一致。

2.2 效能评价指标体系构建

效能评价的关键在于建立科学合理的评价指标体系。根据GB/T 47764—2026要求，燃气企业应根据自身完整性管理的推进和实际需求，围绕完整性管理过程和效果两方面建立燃气管道完整性管理效能评价指标体系。

（1）过程评价指标。

基础管理（100分）：包括组织机构、记录及文件、能力与培训、安全宣传与教育、资源保障、变更管理等6个二级指标。例如，组织机构方面评价是否建立专门的完整性管理职能部门、是否设立对应岗位并配备人员；能力与培训方面评价是否对相关工作人员的能力定期进行评价、培训计划是否有效实施等。

专项管理（600分）：包括完整性管理计划、数据采集与整合、重点区域识别、风险评估、检测监测与评价、风险控制等6个二级指标。这是过程



评价中分值最高的部分，反映了完整性管理核心业务环节的重要性。每个二级指标均为100分。

事件事故管理（100分）：包括应急体系建设、应急响应能力、事件事故报告及处理、事件事故跟踪与培训等4个二级指标。重点关注企业应对突发事件的能力和事后分析的深度。

（2）效果评价指标。

效果评价主要衡量完整性管理取得的实际成效，包括管道完整性状况和风险控制情况两个维度，各占50分。

管道完整性状况：包括泄漏频率、泄漏后果、计划外停输、设施损坏频率、对比往年改善情况等指标。例如，管道计划外停输次数、管道泄漏频率、管道及附属设施损坏频率等都是可量化的KPI。

风险控制情况：包括风险因素变化、监控泄漏漏发现率、法律纠纷、发现且控制前兆事件等指标。重点考察各类风险因素（腐蚀、第三方损坏、地质与自然灾害、操作不当等）是否得到有效管控。

（3）KPI关键绩效指标的设定。

效能评价方法可采用管理审核、指标评价和对标等一种或多种方法。效能评价结果分析应确定衡量准则，如燃气企业制定的统一KPI考核指标、行业最佳实践、上一周期考核结果等。KPI指标设定可参考以下原则：可量化性指标应可测量、可比较；针对性指标应覆盖完整性管理的关键环节和核心风险；动态性指标应随管理水平的提升而调整优化。综合效能评价结果可通过分级、排序等形式展示，便于企业直观了解自身管理水平及改进方向。

2.3 效能评价与风险管控、成本管控的关系

效能评价的核心价值在于回答风险是否得到有效管控，及成本是否得到合理控制。避免“只问效果不问成本”或“只问成本不问效果”的片面性。

从风险管控效果看，效能评价通过衡量风险因素变化、泄漏频率、计划外停输等指标，直接反映完整性管理对管道安全的实际贡献。泄漏频率的下降直接说明风险控制措施的有效性；重点区域识别率、风险评估完成率等指标则反映风险辨识的全面性。通过效能评价，燃气企业可以识别有效的风险控制措施，从而优化资源配置。

从管理成本管控效果看，效能评价通过衡量缺陷修复率、计划外停输次数、设施损坏频率等指标，间接反映管理效率和经济性。效能评价正是验证完整性管理核心逻辑是否成立的工具：如果效能评价结果显示管道完整性状况持续改善而管理成本合理可控，则说明完整性管理实现了安全与经济的平衡。

3 管理评审与效能评价的关系

管理评审与效能评价是完整性管理闭环中两个相互关联但又各有侧重的环节，两者共同构成完整性管理持续改进的双轮驱动。

从功能定位看，管理评审侧重于对管理体系本身的适宜性、充分性和有效性进行系统性评估，回答“体系建得对不对、运行得好不好”的问题；效能评价侧重于对管理活动的执行结果和进程质量进行量化评价，回答“效果优不优、效益高不高”的问题。

从实施主体看，管理评审通常由燃气企业的最高管理者组织，体现自上而下的管理视角；效能评

价可由燃气企业自行组织，也可委托第三方专业机构实施，体现自内而外或由外而内的评估视角。

从输出成果看，管理评审的输出是体系改进的决策依据，包括是否调整管理方针、是否优化组织机构、是否修订体系文件等；效能评价的输出是量化的评价结果，包括各维度得分、KPI完成情况、与行业水平的差距等，直接作为下一年度完整性管理计划编制的依据。

4 评审与评价重点

与长输油气管道相比，城镇燃气管道管理面临着截然不同的挑战（表1），影响了管理评审与效能评价的重点。

4.1 管理评审重点

管理评审重点审视燃气企业的管理体系是否有效应对了前述挑战。

评审体系对复杂管网的“适配性”：重点检查企业是否建立了能应对复杂管网的数据采集与整合体系。关键考核指标可包括GIS系统的完整性与准确性、数据能否与具体管段精确对齐、以及数据更新的及时性。

评审“重点区域”与“密闭空间”的风险管控：GB/T 47764—2026的创新点之一是提出了“重点区域”风险辨识。必须检查企业是否有效识别并管理了这些区域。包括识别与分级，是否对学校、医院等人员密集型高后果区及燃气易聚集的密闭空间（如雨污水管沟）进行了系统识别与分级；“一点一策”管理，是否对Ⅲ级重点区域制定了专项应急预案。

评审“被动管理”向“主动防控”的转变：验证企业是否已建立起主动的风险预控机制。重点检查风险预控，风险评估是否定期开展并有效指导

表 1 城镇燃气管道与长输油气管道的主要差异

对比维度	长输油气管道	城镇燃气管道
管网结构	相对线性的长距离输送	网状、枝状，布局复杂，阀门、三通密布
数据管理	以中心线为基准，数据单一	数据海量且多元，需与每段管道精确对应
压力等级	相对统一、较高	压力等级跨度大，管理要求差异显著
主要风险	腐蚀、第三方损坏、较大泄漏	第三方损坏、微泄漏/渗漏，难以监控
后果影响	影响范围大但区域相对可控	沿线人口密集，泄漏易在密闭空间聚集
管理方式	较成熟的完整性管理体系	相对被动，多为“事后维护”
技术应用	内检测等技术应用普遍	难以开展内检测，依赖外检测与泄漏检测

了检测与维护计划；失效管理，是否建立了失效事故事件溯源预防机制，能从事故中学习并改进安全管理体系。

4.2 效能评价重点

效能评价需通过科学的KPI，精准衡量管理在复杂环境下的真实效果。可分为以下方面：

风险管控效果的KPI：评价指标需针对燃气管道的核心风险。

“重点区域”与“密闭空间”管理指标：重点区域识别率与动态更新率、密闭空间排查与风险管控率。

泄漏管理指标：鉴于微泄漏是主要风险，应设定泄漏点发现率与及时修复率、泄漏检测计划完成率及III级泄漏点应急处置及时率。

第三方损坏防控指标：针对城市中高发的第三方损坏，可设第三方施工监护率、管道警示标识完好率。

管理成本管控的KPI（追求效率与效益）：效能评价需衡量管理的“性价比”。

预防性维护效益：通过对比预防性维护投入与事后抢修成本，验证“预防优于修复”的经济性。

巡检与检测效率：考核巡检计划完成率与问题发现率，确保资源用在风险最高的地方。

5 结语

建立科学的管理评审制度和完善的效能评价体系，不仅是满足标准合规要求的必要之举，更是提升自身安全管理水平的战略选择。通过管理评审确保体系“建得对、运行好”，通过效能评价确保管理“效果好、成本优”，两者相辅相成，共同推动燃气管道完整性管理从“有”到“优”、从“被动”到“主动”的质的飞跃。



管理评审与效能评价必须超越通用框架，紧密围绕其管网复杂、风险隐蔽、后果严重的特点展开。管理评审重点审视体系对复杂环境的适应性，特别是对“重点区域”和“密闭空间”等特有风险的管理是否到位。效能评价则需设计能精准反映这些风险受控程度的KPI，并衡量管理的成本效益，确保资源高效利用。

展望前景，随着标准的全面实施和效能评价技术的不断发展（如超效率SBM-Malmquist模型动态评价方法应用），城镇燃气管道完整性管理的评价将更加科学、精准、高效。这将为筑牢城市生命线安全防线、保障民生安全提供更加坚实的技术支撑和管理保障。



作者简介：刘哲，1981年生，研究生，高级工程师，系GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一。主要从事承压设备检验、风险评估及完整性管理工作。联系方式：18522952700，liuzhe1981@foxmail.com。

城镇燃气管道风险识别与管理探析

薛庆

中国石油天然气销售公司（昆仑能源有限公司）

摘要：城镇燃气管道作为城市“生命线”，其安全运行攸关公共安全。随着管网老化、城市开发等风险叠加，传统被动管理模式难以为继。本文基于新发布的GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》，结合中石油天然气销售公司（昆仑能源有限公司）历年实践经验，从现存问题、识别方法及措施建议等方面展开探讨，并从标准落地、数据治理、技术应用、协同机制等方面提出优化对策，为构建主动、韧性、长效的城镇燃气管道安全管理体系提供参考。

关键词：城镇燃气管道；风险识别；完整性管理；风险管控；全生命周期

城镇燃气管道覆盖范围广、敷设环境复杂、服役周期长，其安全稳定运行直接关系公共安全和群众生命财产安全。近年来，老旧管道腐蚀穿孔、第三方施工损坏、密闭空间燃气积聚等引发的安全事故时有发生，燃气管网安全防控压力居高不下。管道安全风险呈现“内外风险叠加、新旧隐患交织、单点失效易演变为区域性风险”的新特征，同时面临数据基础薄弱、风险识别深度不足，密闭空间综合管控、改造治理与协同机制、智能化应用程度不均衡等新老问题。

推行管道完整性管理已成为破解这一困局、实现主动安全防控的核心手段。GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》（简称新国标）为行业提供了统一的技术准则与管理框架，明确要求将完整性管理贯穿管道设计、制造、施工、投产、运行、改造和废弃等全生命周期。本文结合昆仑能源有限公司现行做法和历年实践经验，立足新国标确立的“数据采集、重点区域识别、风险评估”三大核心环节，从风险评价、风险管控等方面展开系统探讨，并从标准落地、数据平台、技术应用、协同保障等方面提出优化对策，为构建主动、韧性、长效的城镇燃气管道安全管理体系提供参考。

1 现行做法

新国标将“数据采集、重点区域识别、风险评估”列为风险识别三大核心环节，结合现场检测、日常巡查、失效分析等手段，构建“静态数据+动态排查”相结合的全维度风险识别体系，并明确定性、半定量和定量3种评估方法，提供了燃气管道主要风险评价方式。

建立半定量风险评价体系。自2010年起，中国石油集团公司在输气管道完整性管理体系基础上，开展城燃管道完整性研究和建设应用，总结梳理城燃管道完整性管理体系与系列技术标准，目前以半定量风险评价作为主要工具在集团范围内推广。该方法主要采用相对风险值法和风险矩阵法来实施风险评价，在失效可能性指标体系中主要围绕第三方施工损坏、腐蚀、地质灾害与埋地管道敷设环境、设备/设施、人员操作、管道设计以及管道施工7个场景实施评定。

建立失效可能性与后果评估模型。昆仑能源公司建立了适用公司现状的城燃管道完整性体系，制定系列管控措施和文件，通过现场实践与研究，分别建立城燃金属管道、PE管道失效模式，构建管理不到位、与时间有关危害、管道本体固有危害、

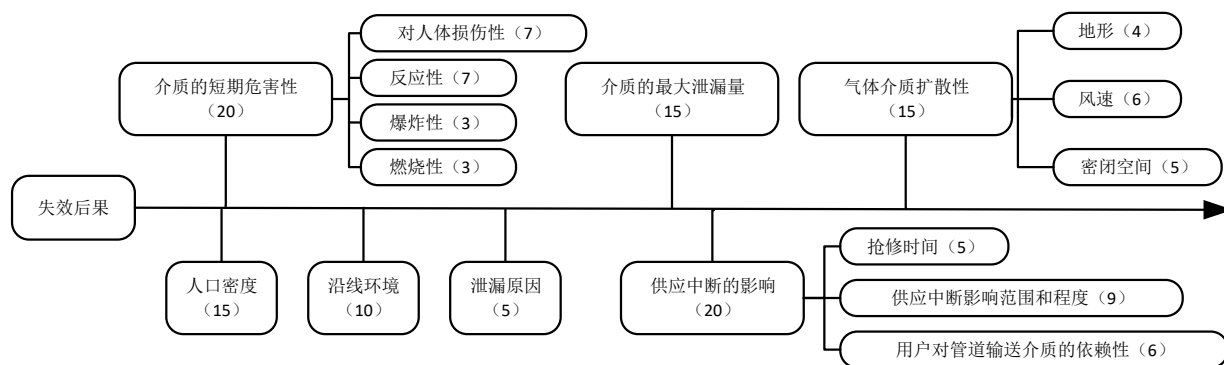


图 1 城燃管道失效后果模型示意图

服役环境以及第三方危害5种失效模式，建立管道失效后果评价模型，由介质的短期危害性、介质的最大泄漏量、气体介质扩散性、人口密度、沿线环境、泄漏原因、供应中断对下游用户影响等7个方面构成（图 1），最终根据失效模式（可能性）和失效后果形成风险矩阵图，分为低风险、中等风险、较高风险、高风险4个风险评价等级。

推广应用线上识别评价工具。在昆仑能源公司管道完整性系统内植入现行风险评价、重点区域相关标准和模型，实现在线逐条精准评价。通过线上风险评价和重点区域识别工具（图 2），使城镇燃气管网风险评价实现了快捷、便利的自动测评结果展示，评价完成后GIS地图直观生成全公司风险展示画面。自2022年开始，针对重点区域中可能串气的密闭空间，对管道（自有）阀井、周边第三方密闭空间开展数字化采集，目前已采集管道周边密闭空间数据100余万条，并按照管网压力、人员密集与泄漏串气风险制定了识别分级标准，构建“管道+周边空间”综合地图，以便开展日常检测与应急处置。

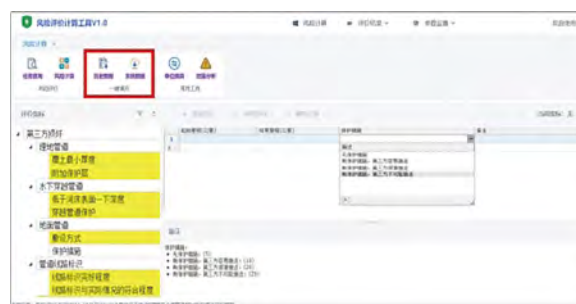


图 2 线上风险评价工具

采取针对性管控措施。针对排查出的管道风险，从设计制造、施工试运到运营阶段，对管道本体、周边环境、地质灾害、第三方施工损坏等各个环节制定管控措施（表 1），以管理系统、“六级”检查作为督导手段，逐级核查风险措施落实情况，确保风险受控。

2 优化建议

结合新国标实施要求与行业痛点，从标准落地、数据平台、技术应用、协同保障四个方面提出优化对策。

严格落实新国标，规范全流程管理。补齐完整

表 1 常规风险管控措施（部分列举）

风险因素	管控措施
腐蚀	更换或修复管道；增加泄漏检测频率；修复防腐层；增加或修复阴极保护设施；对干扰严重段采取排流措施；改进加臭
第三方施工损坏	提升管道定位精准度；定期开展管道巡护与管道保护宣传；严格执行安全告知、施工交底、签署施工协议；特殊敏感地区适当增加标志桩牌；加密关注城市更新改造或阶段性施工集中区域
自然外力	改线或换管；应用地质灾害相关评估技术，定期开展地灾影响评价；安装滑动或延展连接设施；安装土壤位移、应力应变监测、遥感监测、光纤预警等
材料、焊接缺陷	泄漏检测；更换或修复；修订施工程序；完善材料标准
管道穿越或接近密闭空间	对直接穿越密闭空间的（特别是电缆和可能淹没造成腐蚀的水井）管道采取封堵、套管等措施；对重点区域周边所属燃气阀井加装可燃气体监测；设置远程关断

性管理体系文件，细化重点区域识别、风险评估、检测周期等作业细则，确保各项工作合规；按照新国标第8章“风险评估”定期开展风险因素辨识、分析可能性与后果，并结合企业实际选取适用的风险评估方法；严格执行督导审核制度，针对高风险、重点区域及失效案例开展专项攻关，及时填补管理漏洞。

补齐数据短板，夯实风险识别基础。按照新国标第6章“数据采集与整合”要求，全域开展数据摸排和数据对齐，建立统一的数据标准，集中开展老旧管道、“黑管道”专项排查，采用管线探测、开挖验证等方式补全基础数据；依托城市“生命线”工程，搭建统一的燃气管道信息平台，规范数据标准，重点关注平台建设主体、数据标准和数据安全等问题，同时建议在平台建立后在政府统筹下打通各方数据接口，实现数据共享；建立动态数据更新机制，特别是管道改造、维修、环境变化后的数据更新，保证数据时效性。

加大技术攻关，提升风险识别精准度。推广先进检测技术，如高精度泄漏检测、声波、光纤等技术应用，具备条件的高压、次高压管道积极应用内检测技术，提升对杂散电流、隐蔽缺陷等风险的识别能力；在密闭空间、重点区域加装远程监测基础上，应统筹解决多系统集成、报警阈值、数据链路稳定性等问题，构建“感知—预警—处置”全过程链条，探索转型传统的管理模式，实现管理资源优化与效能提升；持续研究攻关PE管道定位、非开挖修复等难点技术，探索“燃气管道+AI”高价值场景应用，通过大数据实现管网运行预测与预防性维修。

健全协同机制，破解改造与管控难题。建议将老旧管网改造纳入城市整体规划，优化审批流程，

建立第三方施工联合监管机制，加大违规施工处罚力度；联合社区、物业、周边单位开展燃气安全宣传，建立隐患举报奖励机制，引导公众参与风险防控；结合重点区域、重大风险编制专项应急预案，定期开展联合演练；配齐抢修装备与物资，建专业化应急队伍，提升事故处置能力。

3 结语

城镇燃气管道风险识别与管理是一项贯穿全生命周期的系统性工程。GB/T 47764—2026的发布，为行业提供了统一的技术准则与管理框架，标志着城镇燃气管道管理迈入高质量发展新征程。

落实新国标要求，构建“数据支撑—精准识别—分级管控—效能提升”的闭环管理体系，是防范燃气管道安全事故的核心路径。企业层面，应主动完善管理体系，推行检测与智能化技术，夯实数据基础；政府层面，需强化统筹协调、政策扶持与日常监管；社会层面，需提升公众安全意识，形成政企联动、全员参与的防控格局。唯有坚持主动防控、持续技术创新、深化多方协同，才能全面提升城镇燃气管道风险识别与管理水平，构建具有“韧性”的城燃管道系统。



作者简介：薛庆，1984年生，工程硕士，高级工程师，现任中国石油天然气销售公司（昆仑能源有限公司）管道管理部副总经理，系GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一。主要从事燃气管道完整性管理工作，近年来推动建立公司燃气管道完整性管理体系、数字地图建设、双重预防与治理提升等，并参与多项燃气管道标准与出版物编制工作。

城市燃气管道老化评估工作 实施细则解读

车立新

中国城市燃气协会

摘要：《城市燃气管道老化评估工作实施细则》为城镇燃气管道常态化动态治理提供了统一规范。《细则》涵盖9章39条，对象覆盖燃气市政管道、庭院管道、立管及管道上的设备设施（不含厂站设备设施），主要内容与燃气管道风险评估、法定检验协同闭环，用于支撑燃气管道的老化程度研判，确认更新改造的必要性和紧迫性结论，并匹配治理措施；明确了燃气管道评估的范围与边界，遵循目标导向、权责清晰、分步分级等原则，经初步评估、地面检测、开挖验证递进实施，设五级处置要求；评估结果注重实效性和可行性，为改造计划与运维管控提供条件。

关键词：燃气管道；老化评估；更新改造；分级施策

城镇燃气管道是城市基础设施的重要组成部分，其安全运行直接关系公共安全保障与民生服务质量。自2022年国务院办公厅《城市燃气管道等老化更新改造实施方案》实施以来，全国统筹推进燃气管道、厂站设施及户内安全装置全方位升级，累计改造燃气管道超10万公里，历史存量隐患得到基本清零，城镇燃气安全韧性显著提升。

今年5月，国务院印发的《城市更新“十五五”规划》，部署全国城镇燃气管网专项改造20万公里，开展“管网体检、连片改造、智能监测、全生命周期运维”闭环治理，从“阶段性集中消除存量隐患”正式转向“常态化动态治理增量风险”。为了实现该目标，燃气管道更新改造工作应建立“精准评估—分级施策—动态运维—循环提升”的长效机制，能够精准识别管道老化程度、科学排序改造优先级、合理分配改造资源，让每一分投入都用在刀刃上。为此，住房和城乡建设部委托中国城市燃气协会牵头编制《城市燃气管道老化评估工作实施细则》（简称《细则》），为行业老化评估工作提

供统一的操作规范。

1 城镇燃气管道评估方法

科学评估是精准治理的前提。当前行业内常用的管道状态评估主要有风险评估、法定检验、老化评估三类，其定位不同、各有侧重。

（1）三类评估方法。

第一类是风险评估，可类比为“全域健康体检”。它基于概率风险评价逻辑，综合管道本体工况、周边环境、运维记录、历史隐患等全维度数据，量化分析管道失效的概率和后果严重程度，



入户检查/郑贤斌 供

最终划分风险等级。风险评估核心特征是覆盖范围广，不仅关注管道本体缺陷，还涵盖第三方外部风险分析，可系统排查管道占压、周边施工扰动、道路重载碾压等外部隐患。回答“哪里有风险、风险有多大”的问题，帮助企业从全域管网中锁定重点关注的高风险区域，为后续专项检测与治理划定范围。

第二类是法定检验，可类比为“专科专项检查”。依据TSG D7004—2010《压力管道定期检验规则——公用管道》等特种设备安全技术规范开展合规性检测，由具备法定资质的特种设备检验机构实施。这类检验聚焦管道本体状态及其敷设环境，开展防腐层检测、泄漏检测、阴极保护系统检测、杂散电流监测等专业检测工作，并开挖探坑开展超声波测厚、防腐层破损、焊缝无损检测、力学性能测试等直接检测，精准测量管道的腐蚀、损伤、缺陷情况，验证管道运行是否符合安全技术规范要求。其核心目标是守住压力管道合规底线，出具具有法定效力的检验结论，明确管道能否继续运行、哪些缺陷需要整改。

第三类是老化评估，可类比为“综合诊断与治疗方案制定”。它尽量不重复开展现场检测，而是整合风险评估、法定检验与管道本体状态相关的数据，结合管道材质、运行年限、腐蚀速率、剩余强度等参数，综合研判管道的老化程度、剩余使用寿命，最终匹配差异化的治理措施。老化评估仅聚焦管道本体的老化劣化规律，不涉及外部风险研判，但它是唯一能直接输出“改不改、什么时候改、怎么改最经济”结论的评估方式，核心目标是把检测数据转化为可执行的运维改造方案，打通从“发现问题”到“解决问题”的落地链路。

（2）三类方法的协同逻辑。

三类评估方法并非相互替代，而是形成多维互

馈、持续优化的技术闭环。通过风险评估可以完成全域风险的初步分级，锁定高风险管段；法定定期检验针对重点管段开展合规性检测，获取本体缺陷的精准量化数据；最后通过老化评估整合两类数据开展系统分析，输出分级分类的治理方案。这套组合模式既保证了全域风险的覆盖性，又控制了检测投入成本，还能产出可落地的实操成果，完全适配“十五五”常态化治理的工作需求。

2 《细则》核心设计逻辑

《细则》共9章39条，覆盖燃气市政管道、庭院管道、立管及管道上的设备设施（不包含厂站设备设施）四类不同对象的分级标准，由头部燃气企业、科研院所、检验检测机构共同编制，总结吸纳了多地实践经验，统筹兼顾安全性、经济性与可操作性。其核心设计遵循六大原则，适配常态化治理的工作需求。

（1）目标导向：划定评估范围，避免全域无效投入。

《细则》规定，仅对运行满20年的钢质管道、满50年的PE管道、存在腐蚀泄漏隐患的管道、达到使用年限的立管和厂站设备开展评估，状态良好、年限较短的管道无需纳入评估范畴。其核心逻辑是，“筛选需改造的管道”，而非“为评估而评估”。若不分轻重缓急开展全域普查，会大量消耗企业人力物力，挤占隐患治理的核心资源。引导企业将资源聚焦于真正存在老化风险的管段，大幅提升评估工作的投入产出比，契合“精准、高效、可持续”的核心要求。

（2）权责清晰：聚焦管道本体评估，明确工作边界。

《细则》聚焦燃气企业产权范围内管道自身的老化劣化问题，包括腐蚀、材质老化、密封失效、设备性能下降等本体缺陷，不包括第三方占压、外力施工损坏、违规搭建等外部风险。主要基于两方面考量：一是产权与决策权相匹配。管道本体属于燃气企业产权，评估、改造方案均由企业自主决策执行，无需协调第三方。二是避免职责混淆。第三方外部风险多涉及燃气企业之外的其他单位和个人，政府有专门的监管要求与处置流程。清晰划定边界能够避免评估内容泛化，让企业开展工作时职责清晰、流程明确，提升整体工作效率。



泄漏检测/郑贤斌 供

(3) 管理优先：以运维便利划分单元，保障成果落地。

《细则》明确提出，评估单元可结合燃气企业管理区域划分，即“适配企业运维班组的辖区管理模式”。按照运维班组的负责片区划分评估单元，评估完成后，直接由对应班组负责后续的日常巡检、隐患管控、改造跟进，无需跨班组、跨区域协调。这一设计充分贴合燃气企业的基层运维实际，将技术评估与日常管理深度绑定，从根源上避免“评估归评估、运维归运维”的两张皮问题，大幅降低管理成本，保证评估成果和一线运维工作紧密结合。

(4) 分步深入：复用历史数据资源，降低评估成本。

体现了《细则》实操性和降本增效的理念，即遵循“从简到繁、从易到难”的原则，优先复用现有资源，逐步深化工作力度。一是初步评估。优先梳理企业已有的运行记录、历次检验报告、抢修开挖记录等历史资料，结合现场简单勘查，直接判定老化等级。能够通过现有资料得出明确结论的，不再额外开展现场检测。二是地面检测。若资料不全、初步评估无法下定论，则需要开展地面检测，无需开挖路面。三是开挖验证。当地面检测仍无法确认本体损伤程度时，可选择典型点位开展开挖检测。有利于充分复用燃气企业常年积累的运营与检测数据，避免大量重复检测与无效投入，大幅压缩时间与资金成本，适配常态化、周期性开展评估的工作模式。

(5) 务实分级：匹配现场施工条件，规定差异化处置要求。

《细则》从实际出发，设置了“立即改造、限期改造、计划改造、管控运行、正常运行”五级管理要求，而非笼统“发现隐患立即整改”。考虑到城镇燃气管道与市政道路、绿化、小区物业区域深度交织，改造施工需办理占道、破路、交通导行、第三方物业产权方协调等一系列手续，除正在发生泄漏、必须即刻抢险抢修的情形可定义为“立即改

造”外，其余隐患均不具备“立即改造”的现实条件。通过提出差异化的分级管理要求，守住了安全底线，确保每一条处置措施都具备可执行性，能够真正落地。

(6) 成果导向：横向对比排序优先级，直接对接改造计划。

评估的最终价值不在于输出技术报告，而在于形成可执行的更新改造方案。《细则》坚持结果导向，明确要求同一批次、同一区域的评估单元，按照老化程度、风险高低开展横向对比排序，最终直接输出“优先改造、中期改造、暂缓改造、加强监控”的清晰清单。燃气企业用这份清单可直接对接年度改造资金申请、施工计划安排、运维班组管控，实现“评估即决策、成果即计划”，无需对评估结果进行二次转化即可落地应用。

3 结语

城镇燃气安全是城市安全运行的重要底线，也是保障民生福祉的核心内容。“十五五”燃气行业将步入安全提质、治理升级的关键发展阶段。

《细则》的出台，为燃气企业常态化开展管道评估工作提供了标准化工具书，也为行业构建长效治理机制提供了重要支撑。相信依托“十四五”集中攻坚奠定的硬件基础与管理经验，管道老化评估技术方法持续迭代优化，长效治理机制逐步成熟，精细化治理能力不断提升，城镇燃气管道本质安全水平将实现系统性跃升，城镇燃气的安全韧性将全面增强。



作者简介：车立新，现任中国城市燃气协会副秘书长，中国土木工程施工学会燃气与供热分会副理事长，住建部科学技术委员会委员，正高级工程师，博士研究生学历。从事燃气专业领域研究工作三十余年，涉及战略规划与投资合作、科研及标准编制、信息化建设、安全管理等多个领域。联系方式：13901183848, chelixin_2024@qq.com。

国内燃气行业面临的挑战及重点发展方向

李澜¹ 左川¹ 叶忠伟² 张增斌³ 杜建梅¹

1.中国市政工程华北设计研究总院有限公司第十设计研究院；2.湖南能源集团天然气投资有限公司；

3.唐山市燃气集团有限公司

摘要：伴随天然气消费持续攀升和城镇化发展不断深入，我国城镇燃气企业进入规模扩张与提质并行的阶段。但在需求增长和监管趋严的双重背景下，企业普遍面临市场竞争加剧、利润空间被挤压、内部结构性短板、创新动力与能力不足等问题。本文结合企业发展现状，深入剖析其困境成因并提出管理提升的重点方向，以期为行业高质量发展提供参考。

关键词：燃气企业；行业现状；提升方向；科技创新；智慧燃气

“十四五”以来，我国天然气消费总量稳步增长，城市燃气消费增速居前，城镇燃气企业迎来重要发展窗口。然而，市场规模扩大的同时，上游气源成本上升与终端价格管控之间的矛盾日益突出，部分区域中小型燃气企业亏损面扩大；安全监管力度不断加大，管网老化改造等刚性支出持续增加；专业技术人才断层和原创技术供给不足，成为制约行业升级的瓶颈。本文旨在系统呈现国内城镇燃气企业的发展态势和深层困境，并基于政策导向和技术演进，提出覆盖安全运营、服务模式、技术装备、绿色转型和人才建设等维度的管理提升路径，力求为管理者和从业者提供兼顾战略前瞻与实操性的参考。

1 行业现状

市场规模与消费结构。《中国天然气发展报告（2025）》显示，2024年全国天然气消费量达4244亿立方米，同比增长7.3%，其中城市燃气消费增速达11.1%，增量贡献占全国天然气增量的34%。另据相关报道，截至2025年5月，全国“燃气”相关存续企业逾57万家，2025年1~5月新增2.2万余家；规模以上电力、热力、燃气及水生产和供应业企业亏损面约22.39%，行业规模扩张与经营压力

并存的特征明显。

政策与监管趋严。近年来燃气行业管理法规和技术标准密集出台，如《城市燃气管道等老化更新改造实施方案（2022—2025年）》《全国城镇燃气安全专项整治工作方案》等确立了“严进、严管、重罚”的长效机制；GB 55009—2021《燃气工程项目规范》等技术标准相继实施；部分地区还推行“一城一企”整合，特许经营权管理趋紧，配气价格准许收益率走低，工程安装费利润空间被压缩，重塑着企业传统的盈利基础。

科技创新政策支撑。科技创新“三步走”战略和“十五五”规划纲要明确将企业作为科技创新主体，强调以数智化、绿色化转型培育新质生产力，同时构建了激励燃气企业技术投入的政策体系。行业内部则聚焦老化管道更新、隐患排查管控、高效利用和甲烷排放监测等方向，涵盖隐患致灾机理、老化诊断、监测管控等，推动了产学研协同。

2 主要困境

外部环境压力。目前国内上游气价部分市场化，下游销售价格受管制，价格传导机制不畅，导致天然气上下游价格疏导难度大，部分地区销售气价呈现倒挂现象；工程安装利润又因城市建设放缓

大幅收窄，居民气价未能及时顺价，导致成本未能及时疏导；受房地产下行影响，新增居民接驳户数大幅下降，致使过去稳定的利润来源正在萎缩，其收入和利润占比出现断崖式下降。

内部结构性短板。多数企业盈利模式仍高度依赖燃气销售价差和工程安装费，增值服务收入占比普遍不高，抗风险能力偏弱。随着居民用气市场趋于饱和，工商业用气受经济周期和能源替代双重影响，传统业务增长动力衰减。运维成本因管网老化更新和智能表具、物联感知设备部署而显著抬升，但成本疏导机制依然不畅。

创新动力与能力不足。地下管线泄漏监测、预防第三方损坏等关键技术尚未取得普适性突破，普遍存在物联网监控覆盖不全、数据采集碎片化、智慧系统应用水平偏低等问题。在前沿领域，氢能、碳捕集等绿色低碳技术储备薄弱，难以支撑长期转型需求。更为严峻的是，燃气及相关专业人才长期流失，哈尔滨工业大学、同济大学等传统培养院校的燃气专业生源持续萎缩，企业专业人才存量远低于实际需求，直接制约技术创新与精细化管理。

3 提升方向

强化现役设施合规性与安全诊断。通过第三方专业机构对现有系统设施进行全面诊断、把脉，列出问题清单（包括在役系统设施违反规范强条、输配系统搭建不合理、消防和控制系统不符合要求、运维和应急管理机制有缺陷、调峰成本过高等等）和整改方案，主动消除潜在安全隐患，保证合规、安全、健康运行。

提升用户专属化增值服务。从单一燃气销售商向能源管理服务商转型，整合用户用气数据、设备状态和能源消费特征，提供定制化用能优化方案，如合同气价与增量气价联动、气电热多能互补、合同能源管理及设备租赁金融服务等，以期降低客户用能总成本、增强黏性，开辟稳定的服务性收入来源。

应用新材料与新设备。应用聚乙烯（PE）管材、耐腐蚀合金钢管、玻璃钢夹砂管等高性能管材，有助于延长管网寿命与提升安全性；高精度智能调压器、多功能组合式调压装置、超压切断调压装置等先进调压设施，能较好保证系统的稳定性、可靠性和安全性，提高整体性能；便携式气体检测

仪、管道内窥检测设备等新型检测设备，更适用于老旧管道的检测和维护^[1]。在此基础上，推动远程控制阀门、高效燃气热泵等设备应用，支撑系统向高效化、智能化和差异化方向演进；加快研发实用型的燃气管网泄漏物联感知设备、智能巡检工具和第三方损坏预警系统；在阀门井、老旧管道等关键部位部署智能传感器，实现高频次数据回传；集成应用巡检机器人、无人机、ppb级泄漏检测仪及施工现场AI视频监控等装备，推动安全管理从被动抢险转向主动防控。

拓展综合能源供应服务。依托现有管网和客户资源，向多能协同的综合能源供应延伸。在电-气耦合系统中，电转气将多余电力转化为天然气，天然气发电补电，天然气管道存储在恢复阶段可作为“隐形储能”，支撑电力系统恢复，提升恢复效率与安全性^[2]；在热电联产系统中，天然气驱动燃气轮机发电，余热用于供热或制冷，显著提升系统经济性与能效^[3]。在工业园区等多能互补系统中，天然气作为热负荷、气负荷的主要来源，与电、热、冷、氢等协同，通过需求响应和博弈机制可实现与电力的高效协同^[4]。

制取与利用生物天然气。以秸秆、畜禽粪污、餐厨垃圾等有机废弃物为原料，通过厌氧发酵提纯制取生物天然气，兼具减碳与资源循环效益，但需要从产业政策扶持、技术创新、基础设施建设、产业标准和认证体系建设等4个维度，构建全方位的配套政策与措施体系^[5]。国家发展改革委、国家能源局等提出到2030年生物天然气年产量超200亿立方米的目标，为生物天然气的制取与利用提供了政策支持。

布局氢能供应业务。氢能有望为中国“双碳”战略目标的实现提供强有力的支撑^[6]。作为城镇燃气企业，应积极利用自身优势，布局掺氢燃烧技术



研究、掺氢燃烧技术市场应用验证、掺氢安全风险系统性风险评估与全流程管控，在技术创新的同时占领市场先机。

实施压差发电。压差发电是天然气行业实现节能降耗、绿色发展、提质增效的重要技术手段，近年来压差发电替代了燃煤发电，间接减少了二氧化碳排放，符合国家“双碳”战略^[7]。因此燃气公司应在具备条件的门站和调压站实施压差发电项目，助力国家“双碳”战略的实施。

深化智慧燃气与AI融合。建设燃气管网GIS、SCADA、巡线和设备维修等专业系统，通过物联网感知终端搭建智慧燃气平台，实现全流程精细化管理。将AI智能体与SCADA系统、GIS系统和客户服务平台的数据融合，实现智能调压、泄漏检测、供气预测、精准故障定位和设备健康诊断。

建立碳资产管理平台。在碳市场与绿证机制不断完善的环境下，企业可通过在放散管、燃气锅炉等设施加装碳捕集装置，开发国家核证自愿减排量（CCER）项目；向出口导向型制造企业打包供应“燃气+绿电+绿证”综合能源，获取电价差与碳收益。动态优化碳配额与自愿减排量配置，有助于将碳约束转化为新的利润来源。

革新人才梯队建设与组织管理。与高校、科研院所共建联合培养基地，恢复并强化燃气工程、智慧管网等专业方向招生吸引力；建立管理培训生制度，系统培养复合型场站负责人和技术骨干。同步推进以创新绩效为导向的考核激励机制，探索技术型人才“双通道”晋升。设立专门的科技创新与数字化转型部门，打破传统科层壁垒，形成项目制攻关团队，加快新技术应用落地与管理模式的迭代升级。

4 结语

当前，国内城镇燃气企业正处于传统模式难以为继、新技术新业态加速渗透的转折期，只有将科技创新、服务延伸、绿色转型与人才组织变革系统整合为管理提升的有机整体，才能在市场竞争加

剧、安全要求提升和盈利空间收窄的多重压力下实现可持续发展。

面向“十五五”，燃气企业应夯实设施合规安全根基、打造综合能源服务能力、加快智能感知与智慧决策系统落地、前瞻布局碳资产与氢能业务、重塑人才与组织体系，才能突破瓶颈，实现从“被动保供”向“主动智治”、从“单一燃气商”向“综合能源服务商”的跨越，在保障能源安全和促进“双碳”目标实现中发挥积极作用。

参考文献：

- [1] 常峰, 刘凯, 何文涛. 浅谈城市燃气输送中的新技术与装备[C]//中国土木工程学会燃气与供热分会2025年学术年会会议论文集(上). 天津: 煤气与热力杂志社, 2025: 648-653.
- [2] 梁坤杰. 大规模电-气综合能源系统分布式协同恢复决策方法研究[D]. 山东: 山东大学, 2025.
- [3] 高明非. 综合能源系统多元储能优化配置及协同运行研究[D]. 河北: 华北电力大学, 2024.
- [4] 杨猛. 工业园区能源需求与综合能源系统供给的动态协同研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2025.
- [5] 王富平, 伍琳, 张建平, 等. “双碳”背景下中国生物天然气产业现状与发展对策[J]. 石油科技论坛, 2026, 45(2): 16-23.
- [6] 张智, 许宝进, 梁斌, 等. “双碳”背景下中国氢能发展回顾、面临挑战及建议[J]. 天然气工业, 2025, 45(4): 179-192.
- [7] 陈安亮, 李美婵. 天然气压差发电耦合制冰系统的分析[J]. 煤气与热力, 2025, 45(7): 49-52+66.



作者简介: 李澜, 高级工程师, 硕士, 主要从事油气储运及城镇燃气输配工程的设计和研究工作。联系方式: lilan_hit@126.com。

城镇燃气管道安全风险分析与改进建议

李亮亮¹ 聂世军² 许新³ 高贤文² 刘莹璞²

1.河北众源达新能源有限公司；2.大港油田原油运销公司；3.中国石油管道局第二工程有限公司

摘要：近年来我国城镇燃气事业快速发展，但在设计、施工、运行、管理等环节积累的安全隐患逐步显现，燃气事故时有发生。本文结合中央安全生产考核巡查发现的典型问题以及地方专项整治实践，系统梳理城镇燃气管道在设备设施合规性、工艺系统核心功能、现场标准化管理、安全管理体系、用户端管控以及第三方施工防范等方面存在的普遍问题，从完善法规标准、加快老旧管网更新改造、强化监管、压实企业主体责任、加强用户端整治、建立跨部门协同机制、健全长效治理机制等方面提出改进建议，为提升城镇燃气管道本质安全水平提供参考。

关键词：燃气管道；安全考核巡查；老旧管网改造；智慧监管；第三方施工损坏；长效治理机制

2024年中央安全生产考核巡查组在某省燃气企业检查时发现，场站爆炸危险区域内违规使用普通非防爆电器，可燃气体探测器超期未校验，动火作业记录显示连续多日高频动火却未见气体检测数据；某地老旧小区地下燃气钢管因防腐层失效大面积腐蚀，运行已超二十年仍在“带病运行”；某餐饮聚集区多家商户私接“三通”、使用无熄火保护装置淘汰灶具，且未安装可燃气体报警器和紧急切断阀。由此可见，城镇燃气管道在设备设施、工艺系统、现场管理、安全体系、用户端管控等方面仍普遍存在隐患。

解决上述问题，不能只依靠阶段性整治，而应通过法规标准的不断完善、责任落实、老旧管网改造、监管不断改进升级和加强公众安全教育，从而推动城镇燃气管道安全治理从“事后处置”向“事前预防”转型。

1 问题及原因分析

设备设施合规性和建设质量不高。各地城镇燃气企业对项目建设运行合规性手续的重视程度不够，建设质量把关不严，致使城镇燃气管道设施老化腐蚀、安全间距不足等问题^[1]。如早期建设的埋

地钢管多在施工现场进行防腐层作业，防腐质量和阴极保护措施有效性难以保证。随着运行年限增加，管道腐蚀、接口渗漏、阀门失效等问题逐渐暴露。常见隐患还包括爆炸危险区域违规使用非防爆器具，压力表、可燃气体探测器未按期校验，静电跨接和防雷接地缺失等。老旧管网改造还面临建设标准偏低、地下空间管网密布、基础资料缺失、多部门审批协调周期长等现实困难。

风险防控意识和能力不足。城镇燃气管道包括调压、加臭、放散、集液、灭火、监测报警、紧急切断等多个工艺环节，部分场站和管网存在加臭系统缺失或运行不正常、放散系统混接窜压、应急工艺设施失效等问题，如调压设备还需定期更换易损



件，若企业过度考虑运营成本而“不坏不修”，可能导致下游超压或燃气泄漏^[2]。部分老旧场站还存在标准更新后的“合规时差”，原有设施已不适应现行规范要求，若不及时评估改造，就可能形成长期风险。

现场标准化管理不规范。一些场站和施工现场存在安全四色图、危险源告知牌错误，设备标识和警示标牌缺失，停用设备未落实盲板物理隔离，高风险作业管理不严等问题。中央安全生产考核巡查中曾发现草帽顶替安全帽、高频动火作业未开展气体检测、消防维保资料造假等典型问题，说明现场安全常识执行不到位。此外，一些单位“重留痕、轻实效”，把台账记录作为安全管理的主要内容，却忽视现场真实风险。

安全管理体系虚化。城镇燃气管道安全涉及政府监管、企业经营、用户用气和第三方施工等多方责任，但实践中责任链条容易出现“上热、中温、下冷”的层层衰减现象。部分企业全员安全生产责任制未落实，风险辨识和隐患排查流于形式，应急预案模板化、实操性不强。在监管层面，一些地方存在执法“宽松虚软”问题，督查时临时突击整改，结束后又出现反弹，形成“整治—反弹—再整治”的循环。少数地方甚至曲解优化营商环境政策，导致安全底线被弱化。

末端管控闭环尚未形成。城镇燃气管道安全不仅存在于场站和管网，也延伸到千家万户和餐饮商户。部分餐饮商户仍在使用淘汰灶具、私接“三通”、在地下或半地下空间违规使用瓶装液化石油气，未安装可燃气体探测器和紧急切断阀。居民用户方面也存在软管老化、灶具不合格、私自改动管道等问题。由于燃气企业通常不具备强制执法权，面对用户拒不整改等情况往往只能劝导、记录、上报，难以形成有效闭环。用户安全意识参差不齐，

存在“一直这样用也没出事”的侥幸心理，对燃气泄漏风险缺乏足够认识。

地下管网信息底数不清。第三方施工损坏是城镇燃气管道事故的重要原因之一，缘于地下管线分属不同运营主体，规划、建设、维护信息不对称，道路反复开挖、管线资料缺失等问题^[3]。一些施工项目在城镇燃气管道安全保护范围内作业前，未通知燃气经营企业也未采取保护措施，盲目开挖造成管道破损、泄漏甚至爆燃。部分隐蔽位置的城镇燃气管道，如随桥梁、河道敷设的临近管道，因缺少检修通道，日常巡检容易被忽视。

2 改进建议

完善法规标准，明确各方责任边界。高度重视合规手续办理，避免造成后补手续的巨大困难。进一步修订完善城镇燃气管理相关法规标准，细化监管规定，明确政府监管部门、燃气经营企业、用户、第三方施工单位、物业服务单位等各方责任。对城镇燃气管道保护范围、入户安检频次、隐患整改期限、第三方施工告知义务、违法违规处罚标准等作出更加明确的规定。对不符合安全标准的气瓶、阀门、软管、灶具等产品，加强生产、销售、使用环节监管。对燃气经营企业，结合经营许可管理，动态评估其安全管理和应急处置能力。

加快老旧管网更新改造，消除存量风险。对运行年限较长、腐蚀严重、材质落后、资料缺失、存在占压的城镇燃气管道，坚持“先体检后更新、无体检不更新”，分级分类推进改造，高风险管段和老旧小区优先纳入。改造中同步完善竣工资料、管道标识、埋深信息和风险档案。对调压设施、阀门井、计量设备、加臭装置等配套设施，也应同步检查更新。

强化智慧监管，提升异常监测预警能力。推动物联网、大数据、人工智能、北斗定位等技术应用于城镇燃气管道管理，建立统一、动态、可视化的地下管网信息体系。对人员密集场所、老旧管网、重要阀井、场站等关键节点加装物联感知设备，实现异常情况自动报警、远程切断和快速处置。有条件的地区可建设城镇燃气管道数字地图和风险监测预警平台，把深埋地下的管线转化为可视、可查、可控的数字资产。智慧监管不是简单增加设备，而是要把监测数据、巡检记录、隐患整改、应急处置



连接起来,形成闭环管理。

压实企业主体责任,提升现场管理水平。燃气经营企业承担城镇燃气管道运维、隐患排查、设备维护、用户安检、应急处置等主体责任,应建立岗位责任清单,把安全责任落实到场站、班组和一线人员。对动火作业、有限空间作业等高风险作业,严格执行审批、检测、监护和复核制度。现场管理坚持“问题在现场、原因在管理、根子在责任”,对低级隐患实行零容忍管理。日常检查突出真实风险,重点查看设备运行状态、作业行为规范和隐患整改闭环情况。

加强用户端整治,提升公众安全用气能力。坚持“检查、整改、宣传、复查”相结合的用户端隐患治理方式,对餐饮商户重点检查灶具、报警器、切断阀、连接软管等,不符合安全条件的责令限期整改,拒不整改的依法采取停用、处罚、联合惩戒等措施。对居民用户结合入户安检重点排查软管老化、灶具不合格、私自改动管道等问题。同时加强公众安全教育,结合典型事故案例提高警示效果,提高用户识别燃气泄漏、正确处置险情的能力。

建立跨部门协同机制,防范第三方施工损坏^[3]。建立住建、城管、交通、公安、应急、市场监管、燃气企业等多方协同机制,在城镇燃气管道安全保护范围内作业,需提前查询地下管线信息,通知燃气经营企业,制定保护方案。推动地下管网信息共享,减少“马路拉链”式反复开挖。对施工损坏城镇燃气管道的行为依法追责,形成震慑。对隐蔽、跨河等特殊管道,建立专项台账和巡检制度。

健全长效治理机制,防止隐患反弹^[4]。完善风险分级管控和隐患排查治理机制,对重大隐患实行挂牌督办、限期整改、复查销号。推动治理模式向事前预防转型,把更多资源投入到日常巡检、设备维护、人员培训和应急演练中。充分发挥考核巡查的“体检”作用,真正发现问题、找出隐患,巩固阶段性专项整治成果的同时,进一步夯实长效治理

机制,把安全责任落实到每一天、每一个岗位、每一段管道,真正降低燃气事故风险。

3 结语

保障城镇燃气管道安全是一项系统性、复杂性、永久性的工程,既有设备老化、工艺缺陷、现场管理不规范等硬件问题,也有责任悬空、监管乏力、用户意识不足、第三方施工风险高等管理和制度问题。解决这些问题,需要坚持源头治理、系统治理和长效治理,把老旧管网改造、智慧监管升级、企业责任压实、用户端整治、跨部门协同和法规标准完善结合起来。只有让安全管理从“迎检式整改”转向“常态化坚守”,从“事后处置”转向“事前预防”,才能不断提升城镇燃气管道本质安全水平,让城市燃气系统更安全、更可靠、更可持续。

参考文献:

- [1] 李为尧.城市燃气管网安全运行影响因素分析及对策[J].化工设计通讯,2020,46(08):165-166.
- [2] 沈杰.城市燃气管网安全运行的影响因素与对策[J].煤气与热力,2016,36(10):113-114.
- [3] 赵啸.城市燃气管网安全运行问题及其对策探究[J].中国集体经济,2019(17):11-12.
- [4] 王立辉.城市燃气管网安全运行的影响因素及应对策略[J].化工设计通讯,2019,45(05):220.



作者简介:李亮亮,1984年生,安全工程师,本科,先后在大港油田和河北众源达新能源有限公司工作,长期从事天然气运行技术管理和城市燃气运营等工作,熟悉油田井口气回收、油田开发、长输天然气管道技术

管理。联系方式:15369679696。

油气管道智能化管理平台提升路径

郭艳

东营市东营区油地校融合发展办公室

摘要：东营区作为胜利油田核心生产区域，境内油气管道里程长、分布广，外部环境复杂，政府部门传统管理模式已难以适应新形势下管道安全保护需求。运用智能化监管手段，是深化油地校融合、协同防范第三方施工损坏、打击涉油违法犯罪、治理老旧管道隐患的现实需要。通过分析当前智能化监管存在的短板，从智能感知建设、油地数据一体化、智慧监管平台搭建、空天地一体化巡检、智能风险预警、协同应急处置六个方面提出系统化提升方案，旨在构建“事前预警、事中管控、事后复盘”的全链条智能监管体系，为保障区域能源安全、公共安全与生态环境安全提供实践参考。

关键词：东营区；油气管道；智能化监管；智慧监管平台；油地融合；风险防控

山东省东营市东营区地处黄河三角洲腹地，是胜利油田的核心产区。原油、天然气、成品油输送管道纵横交错，贯穿城镇社区、工业园区、农田林地、交通干线，形成“城中有厂、厂中有城、管网穿城”的特殊空间格局。近年来，随着城市更新、园区建设、道路拓宽等工程不断增多，第三方施工损坏、打孔盗油、管道占压等安全隐患频发，给管道安全运行带来严峻挑战。

传统管道保护以人工巡线、现场检查、被动处置为主，存在巡查效率低、盲区多、预警滞后、数据不通、协同不畅等问题，最突出的治理短板是政企权责边界不清，未严格落实《石油天然气管道保护法》法定分工。本文结合东营区油地校融合办工作实践，针对当地油气管道智能化监管现存问题，以统筹整合政府监管职能与企业主体责任为出发点，依托数字化、智能化、网络化技术，构建科学完善的油气管道智能化监管体系，并提出贴合区域实际、可落地推广的监管提升路径。

1 开展工作

近年来，东营区油地校融合办严格落地执行

《石油天然气管道保护法》《山东省石油天然气管道保护条例》及《东营市石油天然气管道保护办法》，以法治制度规范辖区油气管道建设、运维、施工、隐患整改全流程管理，有效整治管道占压、违规施工、擅自挖掘等突出问题，从法治层面压实政府监管职责与企业安全主体责任。

在机制建设方面，持续完善油地常态化协同治理体系。构建“企业自查自纠、专家现场诊断、政府挂牌督办、执法督促整改”的闭环工作机制，落实隐患周报、台账动态管理、销号验收制度，常态化召开管道保护专项会议，统筹协调属地部门、油田单位、科研机构协同联动，彻底打通油地监管壁垒，形成权责清晰、运转高效的管道保护工作格局。

在智能化信息化建设与设施应用方面，牵头建成并迭代升级油气管道保护综合管理平台。搭建“管网一张图”数字化管控体系，整合管道地理信息、风险分级管控、隐患排查、在线监测、应急调度等核心功能，配套布设管道泄漏在线监测设备、高后果区高清视频监控、无人机空中巡护等智能设施，实现辖区油气管道由传统人工巡护向数字化、

可视化、智能化精准监管转型，大幅提升风险预判与隐患处置效率。

在监管履职与政企合作方面，常态化开展油气管道安全治本攻坚、专项整治等行动，实现辖区管道运营企业全覆盖监管。近年累计完成重点油气管段巡查1698公里，检查管道企业30余家次，排查整治各类安全隐患300余项；同时搭建常态化政企对接、联合督导、政策宣讲平台，精准对接企业需求，统筹解决管道运维、施工审批、跨区域监管等实际难题。辖区各油气企业积极落实管道保护法律法规与安全生产要求，主动配合属地监管工作，不断提升管道本质安全水平，共同构建起法治护航、科技赋能、油地联动、政企共治的现代化管道安全治理。

当前，东营区油气管道智能化监管建设已初见成效，但实际运行中还存在区域智能感知网络布局不均、偏远区域存在监测盲区、政企及各部门数据无法有效支撑平台智能分析与精准预警、现有智慧监管平台功能偏基础、政企数字化应急联动与协同处置水平有待提升等诸多短板，制约整体治理效能。

2 提升路径

紧扣管道保护法权责要求，以保障管道安全、防范重特重大事故为核心目标，坚持油地校融合、科技赋能、数据贯通、闭环管理原则，构建“空天地一体化+大数据中心+智慧监管平台+智能预警研判+协同应急处置”五位一体智能化监管体系。推动监管模式从“人工巡检、被动处置”向“智能感知、主动预警、精准治理”转变，实现风险可监测、可预警、可研判、可处置、可追溯，全面提升东营区油气管道安全治理现代化水平。

构建空天地一体化管理模式。针对辖区管道智能监测覆盖不均、设备单一、存在感知盲区等问题，以智慧监管平台为核心，压实企业安全生产主体责任，由企业负责补齐偏远区域监测点位，配齐泄漏、振动、地质沉降等专项监测设备，推行“无人机+机器人+移动端”全域智能巡检模式，实时上传设备运行与巡检数据。政府主管部门依托平台开展线上履职核查、隐患督办，不重复建设设备、不开展冗余巡检，有效杜绝资源浪费，全面消除监测盲区，提升管道风险监测精准度。



建设管道大数据中心。针对政企数据不通、标准不一、数据质量参差不齐等数据孤岛问题，由油地校融合办公室统一辖区管道数据采集、录入、更新标准，规范管道基础信息、隐患台账、施工报备等核心数据格式。明确企业为源头数据录入、更新、纠错的唯一主体，政府主管部门负责数据复核校验与统筹管理，搭建分级共享的管道大数据中心，精简重复填报台账，实现数据同源同步、互联互通，为平台智能研判、精准预警提供可靠的数据支撑。

升级智慧监管平台功能。依托数字孪生、AI智能算法技术升级智慧监管平台，设置企业运维、政府监管专属端口，通过技术手段实现政企权责隔离。建立风险预警机制，实现常规风险自动派单、企业自主处置，重大风险同步预警、政府挂牌督办；完善施工全流程监管、隐患闭环处置、非现场执法取证功能，新增企业主体责任数字化考核模块，以平台数据量化履职成效，形成“智能研判、分级处置、全程溯源、刚性问责”的数字化闭环监管体系。

提升智能预警及油地校协同应急能力。整合管道运维、气象、地质、城市建设等多源数据，搭建AI风险预测模型，推动管道腐蚀、施工扰动、地质灾害等隐性风险超前预警，实现监管从“事后处置”向“事前预防”转型。搭建数字化场景应急预案与应急资源一张图调度系统，明确企业先期抢修处置、政府全域统筹救援的权责分工，依托数字孪生平台开展沉浸式油地联合演练，规范应急联动流程，破解政企响应脱节、处置推诿问题，全面提升重特重大事故协同防控与应急处置能力。

完善标准制度与长效保障体系。针对智能化建设标准不统一、重建设轻运维、复合型人才短缺等问题，由政府主管部门牵头制定管道智能化建设、

设备接入、数据传输、平台运维统一地方标准，保障系统兼容迭代。健全油地月度会商、季度核查、年度考核协同机制，落实“企业为主、政府引导”运维机制，由企业承担前端感知设备投入与运维工作，政府主管部门负责平台统筹建设、制度管控与业务培训，常态化培育管道安全与信息化复合型人才，保障智能化监管体系长期规范、高效稳定运行。

3 结语

油气管道智能化监管是保障能源安全、公共安全、生态安全的战略性工程，也是东营区落实管道保护法、规范政企权责、深化油地校合作的核心数字化载体。面对新形势下的风险挑战，通过平台技术赋能、制度约束、流程规范，能够全面压实管道

企业运维管理、隐患治理、日常巡检的主体责任，推动政府监管从人工现场督查转向数字化、精准化非现场监管，有效防范第三方施工损坏、管道泄漏、涉油违法等安全风险。下一步将持续迭代升级智慧监管平台，深化5G、人工智能、数字孪生等新技术应用，持续优化油地校协同治理模式，打造全省油气管道智慧监管示范样板，全力守护区域能源安全、公共安全与黄河三角洲生态安全。



作者简介：郭艳，1982年生，本科，中级工程师、经济师，现主要从事管道保护管理工作。联系方式：15698080858，37452596@qq.com。



东营区政企联合举行原油管道泄漏应急演练



从燕郊“3·13”燃气管道爆燃事故看监理单位应承担的法律责任

有读者来信咨询，建设施工中，监理单位和监理人员对燃气设施保护工作承担哪些安全责任，履职尽责不到位有哪些后果？

主持人回答：

燃气设施第三方损坏事故主要来自各类建设工程的施工活动。建设工程涉及单位众多，其中监理单位代表建设单位对建设工程实施监督，是重要的一方。依据《建筑法》《建设工程安全生产管理条例》等法规，监理单位应审查施工组织设计中的安全技术措施或者专项施工方案是否符合工程建设强制性标准。监理过程中发现存在安全事故隐患的，应要求施工单位整改；情况严重的，应要求施工单位暂时停止施工，并及时报告建设单位。施工单位拒不整改或者不停止施工的，监理单位应及时向有关主管部门报告。

结合近年来多起燃气设施第三方损坏事故分析，监理失职集中于管道风险识别不足、专项方案审查不严、分包和人员资格管控失控、关键工序旁站缺失、隐患处置不闭环以及监理记录失真等方面。

例如，2024年3月13日，北京轨道交通平谷线（河北段）燕郊站至神威大街站区间盾构施工造成地埋天然气管道破损泄漏，天然气扩散至周边小张各庄综合服务楼C栋内并发生爆燃，造成7人死亡、27人受伤。经调查，监理单位某国际工程咨询有限公司全过程施工监理职责落实不力。一是未按燃气管道交底会要求，现场确认施工单位核查发现的涉事燃气管道。未认真研究施工设计图，未发现图中新增燃气管道，总监理工程师未按规定对图纸会审和设计交底记录进行签

认。二是对施工单位发现涉事燃气管道地面标识、未探明燃气管道埋深且未采取安全保护措施等情况下，即在燃气管道附近实施盾构作业的行为失察。三是事故发生时监理人员脱岗，未能对盾构掘进、同步注浆施工进行旁站监理。事故发生后，监理工程师曹某某被司法机关采取强制措施，项目总监理工程师李某、项目一工区驻地监理负责人祁某某、公司副总经理翟某某、总经理曹某某4人分别受到党纪、行政处分。

这起事故警示我们，预防燃气设施第三方损坏事故，监理单位要做到责任前置，协调建设单位和施工单位实地探查燃气设施，明确位置、走向、埋深等关键信息，信息不明的不允许施工；涉及燃气设施的作业，必须对燃气设施保护方案进行实质审查，保护措施不落实的不允许施工；对影响燃气设施安全的关键工序作业，指定合格监理人员旁站；发现危及燃气设施安全的重大事故隐患，要立即制止施工作业，落实管控措施，做到整改闭环。监理人员应按照法规标准及监理规划、监理实施细则等文件落实监理责任。



本期栏目主持人：彭知军，1981年生，高级工程师，主要从事燃气运行和安全相关工作。联系方式：13590246579，pengmick@126.com。

基于源头治理的地铁杂散电流干扰治理实践与效果评价

蒋卡克

上海天然气管网有限公司

摘要：针对城市地铁杂散电流引发埋地钢质天然气管道电化学腐蚀的突出问题，本文以上海高压天然气管网为例，分析管道侧与地铁侧同步监测数据，识别出地铁检修基地回流设计缺陷、地铁站OVPD动作及正线钢轨对地绝缘性能下降三大主控因素，选取典型检修基地开展基地—正线单向导通与完全绝缘运行工况下的对比试验。研究表明，智能导通技术是降低邻近管道杂散电流干扰的关键技术路径，政企协同是跨行业干扰治理的重要保障，该模式可为全国同类问题的解决提供实践参考。

关键词：地铁杂散电流；天然气管道；电化学腐蚀；智能导通装置；政企协同

地铁直流牵引供电系统在运行中不可避免地产生杂散电流，当电流流入或流出邻近埋地钢质天然气管道时，会在管地界面引发电化学反应，造成管壁金属持续流失，严重威胁城市燃气管道输配安全。随着各大城市地铁网络高速扩张，杂散电流干扰已成为城燃管道完整性管理领域的共性难题。

上海地铁线网密集，与高压天然气管网存在大量邻近、交叉敷设区段。2011年，上海天然气管网公司首次发现次高压管道出现腐蚀深度达53.7%的电化学腐蚀，且电位波动与地铁运行高度相关，由此开启了长达10余年的专项治理。治理思路从管道侧局部防护演进至政企协同源头根治，积累了丰富的一手数据与工程经验。本文系统梳理治理历程，重点阐述三大主控因素识别与整改验证结果，为同类问题提供实践参考。

1 干扰治理历程

第一阶段（2011～2013年），管道企业单方应对。公司通过检测确认管道电参数与地铁运行强相

关，但因地铁方认知不足，未能建立技术对接。措施局限于增设排流地床、调整恒电位仪参数等，无法获取源头信息，治理效果有限。

第二阶段（2013～2014年），政企协调机制建立。政府职能部门介入协调，双方建立正式联络机制，通过联合检测定性确认地铁运行为主因，达成归因共识。

第三阶段（2015～2020年），联合课题系统研究。双方组建专项课题组，在检修基地、地铁站及管道交叉平行段开展多工况同步监测，进一步明确干扰主要来源。

第四阶段（2022～2025年），专班主导源头治理。上海市交通委牵头成立防治专班，聚焦检修基地回流设计缺陷，经多轮试验确定单向导通装置升级为智能导通装置的技术路线。

第五阶段（2026年至今），上海全面推广。地铁对在役检修基地启动智能导通改造，新建线路及基地设计标准同步纳入该要求，管道侧持续开展整改前后效果评估。

2 主要干扰因素

通过在地铁检修基地、地铁站以及管道与地铁线路交叉点、平行段等多工况下布设同步监测装置，对管道管地电位、地铁轨地电位及杂散电流等参数进行关联分析，逐步厘清了地铁杂散电流对邻近天然气管道干扰的三个主要因素。

2.1 地铁检修基地回流系统设计缺陷引起持续干扰

地铁检修基地按功能分为正线区、咽喉区和检修区，各区段由绝缘垫片隔离，两侧通过单向导通装置连接，确保基地内侧电流可单向导通装置流向正线，而正线电流无法直接经钢轨流入基地。正线轨地电位的正向和负向波动，对杂散电流干扰路径产生不同影响。

正线轨地电位负向波动时基地吸收杂散电流。当正线轨地电位变负时，正线区与咽喉区之间的单向导通装置因压差达到阈值而触发，大量电流从咽喉区轨道经装置流向正线区轨道，致使咽喉区乃至检修区轨地电位负向偏移。此时检修基地附近管道成为杂散电流流出点，管地电位正向偏移，且正线轨地电位越负，基地吸收电流越大，正向偏移越显著。同步监测表明，该条件下邻近管道通电电位正向偏移可达数百毫伏，管道面临较高直流腐蚀风险。此类干扰在日间运行期间稳定存在，具有明显的周期复现特征。

正线轨地电位正向波动时干扰与机车进出相关。当正线轨地电位正向波动且机车进出基地时，机车轮对跨接在正线区与咽喉区绝缘两侧，使正线与基地经机车电气导通。因正线电位高于基地，大量电流从正线经机车流入基地，通过咽喉区轨道泄漏至大地，造成管道管地电位负向偏移。该现象频发于早晨列车驶出和夜晚驶回基地时段，与机车出入库时刻表高度吻合。当无机车进出时，无导通路径，管道干扰较小。该特征为智能导通装置的红外触发控制提供了物理依据。

基地变电站供电电流对管道影响较小。检测表明，当正线轨地电位无大幅波动且无列车进出时，基地内接地极电流主要为变电站供电所致，附近管道电位波动幅度较小，变电站工作电流并非主要干扰源。

综上，检修基地单向导通装置设计是造成管道持续性正向干扰的主要因素。将其升级为智能导

通装置，仅在列车进出时短时导通，其余时段保持绝缘，可大幅削减杂散电流泄漏时长，降低腐蚀风险。

2.2 地铁站钢轨电位限制装置动作引起瞬时冲击干扰

钢轨电位限制装置（OVPD）是地铁直流牵引供电系统中保障人员安全的重要设备。当钢轨与大地接触电压超安全阈值时，OVPD自动将钢轨与接地系统临时短接以降低轨地电位，此时大量杂散电流经接地系统出入大地，对邻近埋地管道产生强烈的瞬时冲击干扰。

对上海某地铁站邻近管道的同步监测显示，OVPD断开时，管道通电电位正向偏移约0.773 V，试片极化电位正向偏移约0.196 V；OVPD永久闭锁时，通电电位正向偏移增至1.669 V，极化电位正向偏移增至0.295 V，干扰强度增大一倍以上。极化电位正于 - 850 mV的时段占比，闭锁后为断开前的6.3倍。影响范围主要集中在站台周边约650 m，1.5 km以外影响较小。

OVPD干扰特征包括：冲击电流幅值大（实测峰值可达400 A），造成尖锐脉冲式波动；动作频率高且存在连锁效应，单台动作可能引发相邻站点相继导通；部分OVPD因老化或控制逻辑异常长期闭锁，使瞬时冲击演变为准持续干扰，幅值往往超过阴极保护准则，对管道腐蚀与阴极保护运行构成风险。站点OVPD导通造成的干扰可从技术与管理两层面实施管控。技术层面增设在线监测装置，实时掌握导通状态与频次，建立自动记录、预警及远程复位功能；管理层面加强巡检频次、优化故障响应流程，对暂无法远程复位的异常导通及时手动处理，缩短干扰时长。

2.3 正线钢轨对地绝缘性能下降引起动态干扰

钢轨对地过渡电阻是决定牵引回流泄漏程度的关键参数。随着线路运行年限增长，绝缘扣件长期承受列车动载、环境温湿度变化及杂散电流电化学作用，绝缘性能逐年退化，过渡电阻下降，泄漏电流增加。干扰幅值还与列车密度及牵引负荷正相关，早晚高峰时段列车密度最大、牵引电流最高，钢轨回流负担加重，经绝缘薄弱点泄漏的杂散电流增多，管道干扰呈“高峰强、平峰弱、夜间停运基本消失”的典型规律，与地铁时刻表高度吻合。

该因素影响持续时间长、范围广，几乎覆盖正线沿线所有邻近管段，整体贡献不容忽视。但与检

修基地及OVPD对临近管道的干扰相比，其幅值相对较小。治理优先级上，通常在解决前两类集中干扰源后，通过轨道扣件更新、绝缘性能提升等长期措施逐步改善。

2.4 交互作用

以上三个主要干扰因素在实际运行中相互叠加，检修基地回流缺陷构成持续性主源，使邻近管道长期处于电位正向偏移状态；钢轨绝缘下降形成与行车同步的动态波动，叠加于持续性干扰之上；OVPD动作在特定时段注入瞬时高幅值冲击干扰，三者叠加共同决定管道电位的复杂波动特征。

3 整改效果测试和分析

基于主控因素分析，检修基地回流设计缺陷被确定为首要治理对象。专班组织双方联合开展基地-正线完全绝缘试验，验证智能导通装置的防治效果，为全面升级改造提供数据支撑。

3.1 智能导通装置工作原理及杂散电流削减机制

智能导通装置设于检修基地咽喉区与正线间的钢轨绝缘节两侧，内部集成消弧装置、接触器、电动隔离开关等核心部件。消弧装置在绝缘节两端钢轨电位差过大时，于100 ms内将两端短接以消除电弧；接触器用于机车通过绝缘节时的快速短接及超限压差保护；电动隔离开关用于主回路故障或特殊方式下将绝缘节两端回流轨直接电气连接。

装置与红外位置传感器配套，具备列车位置判断功能。当列车靠近绝缘节时，红外传感器捕获位置信号，装置主动导通绝缘节两侧轨道，保证列车经过时回流正常；列车通过后及时恢复截止状态。装置可就地或远程对接触器和隔离开关进行分合闸操作，并实时监控熔断器、接触器、隔离开关、消弧等状态及动作计次，红外设备具备状态上传与故障报警功能。

相较单向导通装置仅能单向导通、被动放电的简单逻辑，智能导通装置的核心改进在于引入列车位置主动判断与智能导通控制，将导通时长严格限

制于列车通过的瞬时窗口。由于列车出入基地集中在早晨出库与夜间回库时段，该机制大幅缩短非必要导通时间，在保障列车正常回流的同时，最大限度减少杂散电流经检修基地向正线泄漏的时长，从源头降低对邻近管道的干扰。

3.2 基地—正线绝缘试验效果验证

改造实施前，为确保技术方案可靠性，双方联合选取邻近管道的1号线和9号线检修基地，开展基地与正线完全绝缘试验。通过在干扰管道区段同步监测通电电位及试片极化电位，对比单向导通与完全绝缘两种工况下的管道电位响应，分别依据DG/TJ 08—2302—2019《埋地钢质燃气管道杂散电流干扰评定与防护标准》进行极化电位评价、依据ISO 21857—2021《Prevention of corrosion on pipeline systems influenced by stray currents》进行通电电位评价，验证绝缘的干扰削减效果。

1号线基地完全绝缘后（图1、表1），管道通电电位最大值由单向导通工况的5.003 V降至0.716 V，降幅达4.287 V；通电电位平均值由-1.176 V负向偏

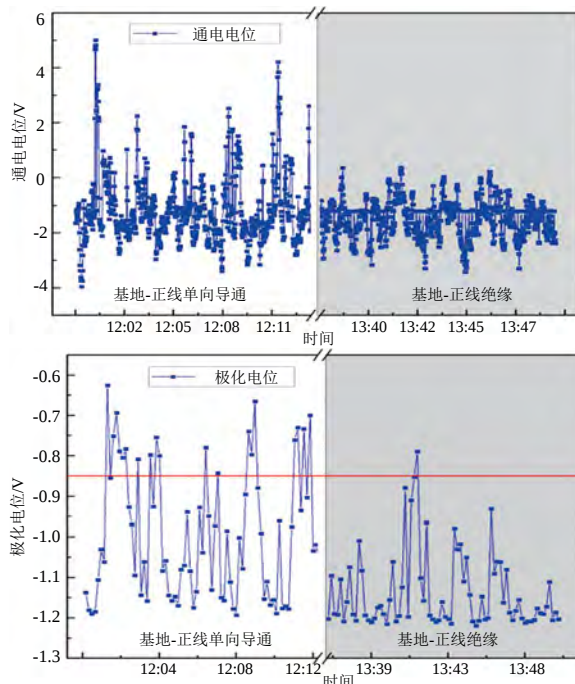


图1 1号线基地—正线绝缘前后管道通电电位和极化电位变化图

表1 1号线基地绝缘前后管道电参数及评价

状态	极化电位百分比			E_{on_max}/V	E_{on_min}/V	E_{on_avg}/V	正向偏移 $\Delta E_{a,avg}/V$	通电电位 评价	极化电位 评价
	>0.85 V	>0.80 V	>0.75 V						
单向导通	22.2%	17.8%	7.2%	5.003	-3.950	-1.176	0.364	不合格	高风险
完全绝缘	1.67%	1.11%	0	0.716	-3.516	-1.556	0.097	合格	低风险

表 2 9号线基地绝缘前后管道电参数及评价

状态	极化电位百分比			E_{on_max}/V	E_{on_min}/V	E_{on_avg}/V	正向偏移 $\Delta E_{a,avg}/V$	通电电位 评价	极化电位 评价
	>0.85 V	>0.80 V	>0.75 V						
单向导通	0	0	0	0.002	-2.461	-1.406	0.032	合格	低风险
完全绝缘	0	0	0	-0.683	-4.906	-1.767	0.001	合格	低风险

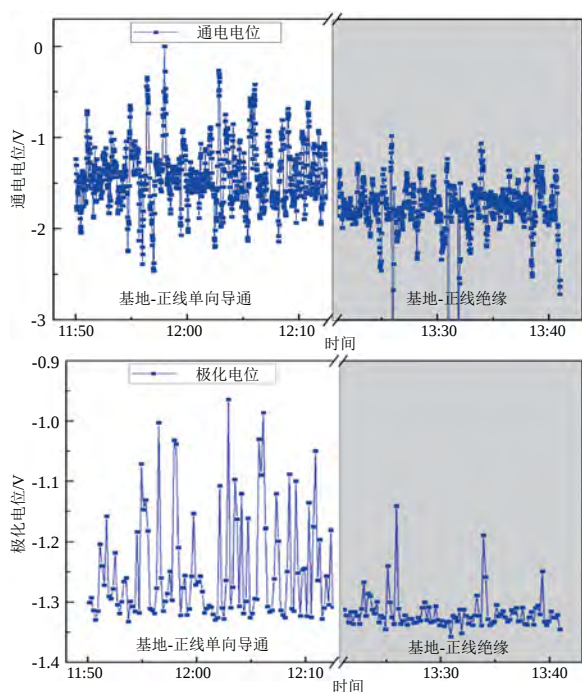


图 2 9号线基地—正线绝缘前后管道通电电位和极化电位变化图

移至 -1.556 V ；正于 -0.85 V 的极化电位时间占比由 22.2% 降至 1.67%，极化电位评价等级由高风险降至低风险，管道处于腐蚀风险状态的时间比例大幅缩减；通电电位正向偏移平均值由 0.364 V 降至 0.097 V ，评价结果由不合格转为合格。上述指标的系统性改善表明，检修基地与正线绝缘后，杂散电流泄漏路径被有效阻断，干扰削减效果明显，管道安全状态得到实质性提升。

9号线基地完全绝缘后同样呈现最大值下降、平均电位负向偏移趋势（图 2、表 2）。该区段管道此前已实施有效的杂散电流强制排流措施，单向导通工况下各项指标已满足标准要求。完全绝缘后各项指标进一步优化，通电电位正向偏移平均值由 0.032 V 降至 0.001 V ，验证了基地绝缘对杂散电流干扰的抑制具有普适性效果。

两个试点基地在不同线路、不同防护基础上均

得到一致验证，证明该技术方案具有普适性与可靠性。完全绝缘状态下管道电位特征均较单向导通状态显著改善，表明检修基地与正线有效绝缘是降低杂散电流干扰的可行技术路径，为全面推广单向导通升级为智能导通装置提供了充分工程依据。

4 结论

地铁杂散电流对邻近天然气管道的干扰主要是检修基地单向导通装置设计缺陷形成持续性正向干扰、OVPD动作产生瞬时高幅值冲击、钢轨对地绝缘性能下降造成与行车密度同步的动态波动，三者共同决定管道电位的复杂波动特征。治理实践表明，单纯的管道侧被动防护无法根除干扰，只有通过落实各方责任，开展密切合作，才能实现有效治理。

管道运营方面，建议优化现行评价标准，系统研究阴极保护水平对杂散电流腐蚀干扰的影响规律，建立差异化判定准则；同时探索基于通电电位（ISO 21857）的快速评价方法，通过对比研究明确其适用条件，提升检测效率与可靠性。地铁运营方面，建议建立 OVPD 在线监测与远程复位体系，并将智能导通装置纳入新建线路设计标准。政企协同方面，建议行业主管部门总结上海模式向全国推广，推动跨行业干扰治理的制度化与常态化。



作者简介：蒋卡克，1986年生，硕士研究生，高级工程师，系 GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一，主要从事高压天然气管网腐蚀控制，完整性管理，数字化转型及智能运维等

工作。联系方式：encore_jkk@163.com。

基于多声源耦合声场的油气管道智能监测预警技术研究

倪浩华 石慧强

内蒙古西部天然气管道运行有限责任公司

摘要：针对油气管道现有监测手段单一传感误报突出、多源噪声难以解耦、复杂工况识别精度低等问题。本文构建振动—次声波—超声波多模态传感阵列，融合边缘计算、多声源耦合声场传播模型与CNN-LSTM深度时序网络，自主研发一体化硬件采集终端与GIS云边协同预警平台。现场激振试验表明：管道导波效应可降低振动衰减系数20%；系统传感器信噪比 ≥ 70 dB，采集频率1000 Hz；相较于传统阈值算法在施工密集区误报率和漏报率较高的问题，多模态融合模型识别准确率达96.1%、误报率为4.2%、漏报率为2.8%，可精准区分施工冲击与环境耦合噪声，大幅提升预警可靠性。

关键词：油气长输管道；多声源耦合声场；CNN-LSTM；多传感器融合；边缘计算

油气长输管道是国家能源调配核心基础设施，第三方机械开挖、钻孔作业是管道安全最大外部威胁。当前用于现场监测的单一振动传感器在复杂环境下误报率较高、识别精度低，多源数据融合技术普及率不足，协同分析准确率也有限；传统阈值预警算法在施工密集区误报、漏报严重，难以区分施工振动、车流、地质微动等干扰信号^[1]。

美国、德国等发达国家已采用分布式光纤多传感监测，但存在海量数据集中处理延迟严重、衰减模型未考虑管土耦合效应、算法适配国内复杂地形能力差等短板。综上，管道智能监测面临的核心问题是：多类施工机械声源与车辆、风噪、地质微动等干扰在管土介质中相互耦合，单一传感器频段覆盖有限、固定阈值算法难以解耦识别，导致误报漏报率高、预警实时性差。为攻克上述难题、填补国内管道多声源耦合智能监测技术空白，本文按照“多模态感知—声场建模—深度识别—协同预警”全链条技术路线开展研发，形成

软硬件一体化监测系统。

1 系统总体设计

系统整体分为边缘采集硬件、多模态传感器网络、多声源耦合深度学习算法、云边协同预警软件四大模块，实现信号采集、边缘预处理、智能识别、实时预警闭环管控。

1.1 边缘计算采集硬件模块

以低功耗ARM芯片为核心，集成4G通信、北斗授时定位、太阳能锂电双供电、32GB本地存储、多通道振动采集单元，设备埋深适用0~3 m，适配管道野外长期无人值守场景。硬件核心参数如表1所示。

边缘节点完成本地信号预处理，降低云端传输压力：采用基线校正消除温漂直流分量，小波变换分离瞬态施工冲击与平稳环境噪声，提取RMS、峰峰值、峭度等时域特征与FFT频域特征并压缩；配置本地数据冗余缓存，网络中断时自动存储，通信恢复后断点续传。

表 1 边缘采集硬件核心参数

指标	技术参数
防护等级	IP67
工作温度 /℃	- 20~60
存储容量 /GB	32
采集频率 /Hz	1000
实时上发频率 /Hz	200
传感器信噪比 /dB	≥70
时钟精度 /s·d ⁻¹	≤0.5
供电续航	锂电池≥72 h, 太阳能辅助供电

1.2 多模态传感器阵列布设方案

选用三类传感器构建全频段感知阵列：振动传感器捕捉中远距离机械振动；次声波传感器识别大型设备低频远距离噪声；超声波传感器覆盖管道近距离高频扰动，消除单一传感监测盲区^[2]。

结合管道地形、风险等级设计三类布设方案：平原直管段采用线性等距布设；居民区、水源等高后果核心区采用环形包围布设；山地、管网交错区域采用蜂窝分布式布设，全域覆盖无监测死角。传感器三角形定位试验布置见图 1。

1.3 多声源耦合声场与CNN-LSTM信号处理算法

施工扰动激发的声波在管土介质中以弹性波形式传播：振动传感器感知的中频弹性波、次声波传感器捕捉的低频声波与超声波传感器检测的高频声波，同源于同一多声源耦合声场的不同频段分量，三类信号时域同步耦合、频域互补。为此，首先建立管土耦合声场衰减模型，刻画多声源耦合声场沿管道的传播衰减规律；继而利用多传感器TDOA时差实现声源定位；最终通过CNN-LSTM网络融合三类频段信号，实现多噪声干扰下施工扰动的精准识别。

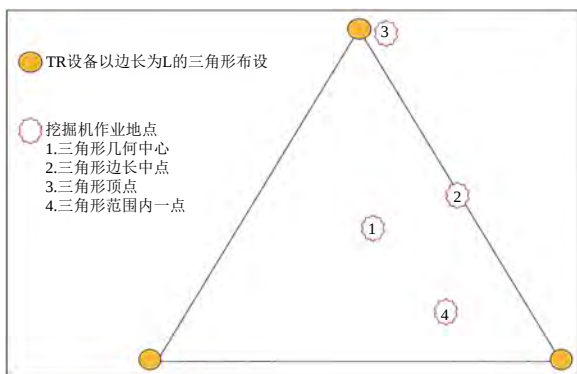


图 1 传感器定位试验布置示意图

(1) 管土耦合振动衰减模型。

振动信号在土壤中满足指数衰减规律：

$$y = E_0 e^{-\alpha d} \quad (1)$$

式中： y 为信号RMS能量； E_0 为振源初始幅值； α 为衰减系数； d 为振源与传感器距离。

实测结果显示：纯土壤传播衰减系数约为0.0170；管道上方受钢管壁导波作用，衰减系数降至约0.0136，衰减速率降低约20%，远距离信号能量留存显著提升，为传感器布设间距、有效监测半径计算提供理论依据。振动信号指数衰减拟合曲线见图 2。

(2) TDOA时差定位算法。

多传感器同步采集三轴振动波形，通过互相关算法提取P纵波、S横波到达时差（TDOA），结合双曲线最小二乘法求解扰动坐标。测试发现介质非均质导致波速随距离递增，测试数据如表 2所示。

引入实测波速梯度修正模型后，时钟同步误差稳定控制在5 ms以内，定位精度满足工程需求。不

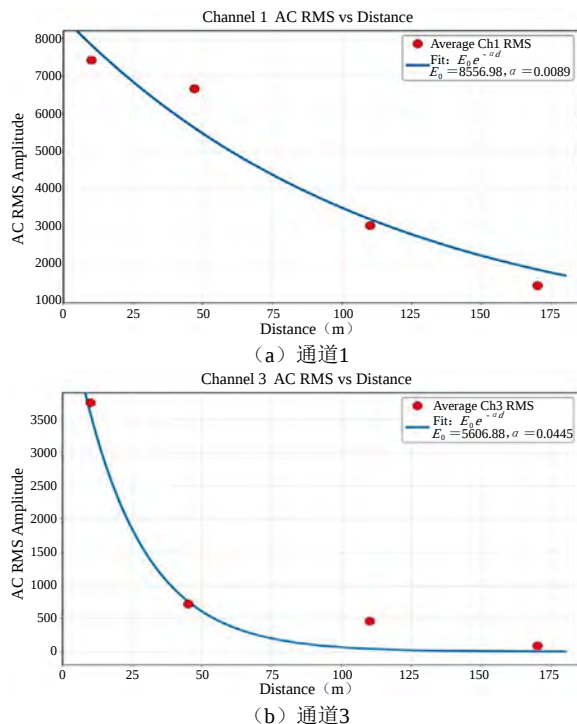


图 2 通道振动信号指数衰减曲线

表 2 不同距离S波传播速度测试结果

编号	振源距离/m	S波到达时差/s	平均波速 /m·s
083	9.07	0.028	323.93
098	44.17	0.104	424.71
162	109.32	0.234	467.18

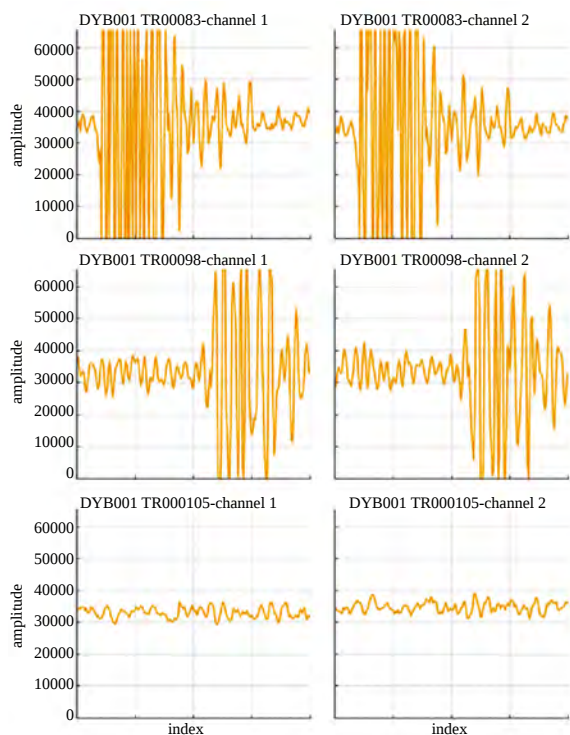


图3 3个不同测点P/S波波形对比图

同距离测点P/S波波形对比见图3。

(3) CNN-LSTM混合识别网络。

信号经去噪、归一化后构建时频联合特征向量输入网络：CNN卷积层提取挖掘、钻孔等冲击信号局部时频特征；LSTM层捕捉机械作业连续时序变化规律；输出层区分挖掘、钻孔、压路、环境噪声四类信号，触发分级预警。融合低频次声、中频振动、高频超声多频段数据，配套环境自适应校正算法，动态修正不同土壤、埋深下模型参数，解决传统固定阈值适应性差的缺陷。

1.4 云边协同预警软件平台

软件包含Web预警管理平台与本地TRinsightPro信号分析上位机，采用微服务B/S五层架构（物联网接入层、网关层、展示层、业务层、数据持久层），兼容多终端浏览器访问。

Web平台集成46项标准化功能：GIS可视化展示管道、传感器、预警点位；远程管控设备在线状态、电量、采集增益；实时波形查看、历史信号回溯、分级告警推送、自动生成监测报表；多角色分级权限管理，全操作日志留存。

本地专用软件设置管线地图、监听设备、操作日志、实时信号四大模块，支持自定义时窗、批量设备调控、波形转音频导出，用于现场调试与样本采集。

2 现场试验与结果分析

2.1 试验方案

选取典型埋地管道试验段，以挖掘机为标准振源，开展现场激振试验。采用三角形阵列布设传感器，埋深1 m，测点间距9 m~172 m，分“振源远离管道纯土壤”“振源管道上方管土耦合”两组对比测试，同步采集X/Y/Z三轴振动、次声波、超声波三类传感器数据，开展衰减规律、波速、定位、多模态信号识别四类试验，试验流程参照油气管道现场检测相关规范执行。

2.2 试验结果分析

信号衰减特性。管道上方衰减系数更低，远距测点（109 m、172 m）信号能量始终高于纯土壤工况，验证管道导波长效保能作用；振源初始幅值 E_0 在无管道工况更高，但衰减速度快，超过100 m后有效信号大幅衰减。

波形与波速特征。实测波形可清晰分离P/S波初值，波速随传播距离增大呈梯度上升，反映土壤介质非均质性；基于实测波速修正TDOA算法后，定位误差满足高后果区监测管控要求^[3]。

信号识别性能。传统固定阈值算法施工密集区误报率、漏报率较高。CNN-LSTM多模态融合模型依托实测声场样本训练，同步融合中频振动、低频次声、高频超声三通道特征：仅采用振动单通道时识别准确率91.3%、误报率8.6%；融合三类声场信号后，识别准确率提升至96.1%，误报率为4.2%、漏报率为2.8%，平均单次识别耗时约120 ms，可精准区分机械施工与风噪、车流、地质微动等干扰，充分体现多声源耦合声场多模态融合识别优势。

硬件稳定性。设备720 h连续无人值守运行，-10℃~55℃温变下采集精度无漂移；IP67防护可抵御淋雨扬尘；连续阴雨7天太阳能锂电稳定供电，32 GB存储可缓存15天原始数据，网络波动无数据丢失。

3 应用效果与改进方向

一体化监测系统经工程应用，表明硬件模块化、标准化程度高，适配平原、山地、城市管网各类高后果区，具备规模化推广价值，符合管道完整性管理规范相关要求；预警系统实现24 h全自动监

测，预警响应时延达秒级，GIS地图实时标注扰动位置与机械类型，运维人员可快速处置违规施工，显著降低第三方损坏事故风险。目前，形成了以下四项核心成果。

硬件：高可靠边缘采集硬件系统、设备下位机嵌入式软件，已完成多段高后果区现场部署。

软件：《油气管道高后果区智能振动监测预警系统》取得软件著作权，配套本地信号分析上位机。

知识产权：发明专利《一种基于多声源耦合声场的管道振动监测方法》已受理。

数据集：构建万级多模态振动信号样本库，覆盖挖掘、钻孔、压路、各类环境噪声。

通过实践发现，还存在极端暴雨、霜冻改变土壤介质特性，短时降低信号信噪比；超远距离山地管道分布式节点同步精度有待提升；现有样本地域单一，模型跨场景泛化能力不足；硬件未规模化量产，单台设备成本偏高等短板。建议融合温湿度、土壤含水率参数优化声场自适应抗干扰算法；完善长距离北斗同步组网方案；全国多区域扩充实测样本，迭代CNN-LSTM网络；推进硬件集成化量产降低部署成本；梳理成套技术经验，推动相关监测规范纳入行业标准。

4 结论

针对油气管道高后果区第三方施工监测技术瓶颈，提出“多模态传感+边缘计算+多声源耦合声场+CNN-LSTM时序深度学习”的一体化监测预警系统，完成硬件、算法、软件全链条研发与现场试验验证。建立管土耦合指数衰减模型，量化管道导波降低振动衰减20%的物理规律，为传感器布设提供理论支撑；研发北斗同步低功耗边缘采集终端，各项硬件指标满足野外恶劣环境长期监测需求；融

合TDOA时差定位与CNN-LSTM网络，解决传统阈值算法高误报、漏报痛点，实现多噪声耦合下施工行为精准识别；搭建云边协同GIS可视化预警平台，形成“感知—计算—研判—预警—处置”完整安全管控闭环。

整套软硬件一体化监测系统已落地工程应用，拥有自主知识产权，可全面提升油气管道尤其是高后果区的智能化防控水平，为国内智慧管网建设提供可落地成套技术方案。后续通过算法迭代、硬件标准化、行业标准共建，可进一步拓宽应用场景，助力油气管道安全高质量发展。

参考文献：

- [1] 邱秀分, 张峰, 孙志伟. 分布式光纤传感管道破坏联合检测方法[J]. 油气储运, 2021, 40(08): 888-894.
- [2] 程青青. 多源数据融合管道智能监测预警技术及应用[J]. 管道保护, 2026(03): 56-62.
- [3] 韩永焱, 张莹. 分布式光纤振动传感监测系统在油气管道应用[J]. 石油天然气学报, 2025, 47(02): 253-261.

基金项目：内蒙古自治区科技厅2025年重点研发和成果转化计划项目“基于深度时序网络与多声源耦合声场油气管道监测预警技术研究”（项目编号：2025YFHH0093）



作者简介：倪浩华，1989年生，本科，高级工程师，主要从事管道保护工作。联系方式：18848118802，873599807@qq.com。

一种在役燃气管道分布式光纤传感器不开挖内置入技术

缪宏 缪文韬 章陈燕

百世通（浙江）安全科技有限公司

摘要：针对城镇燃气在役管道难以通过开挖方式敷设分布式光纤传感器的痛点问题，研发并验证一种基于非开挖、不打孔、不停输施工的分布式光纤传感器内置入技术。实践表明，该方法技术可行、性能可靠、经济合理，有助于城镇燃气输配管道完整性管理落地实施、提升城市“生命线”本质安全水平。

关键词：燃气管网；风险监测预警；分布式光纤传感；第三方施工损坏；泄漏监测

自2018年住建部推动城市“生命线”管理以来，燃气管网安全受到前所未有的重视，但近年来重特重大事故仍有发生。如湖北十堰重大燃气爆炸事故、河北燕郊地铁盾构施工损坏埋地燃气管道发生泄漏并爆燃事故，暴露了传统安全管理手段的严重不足，亟需研究推广真正能够满足城镇燃气管网风险监测预警的技术产品。

GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》第9.4.1条规定，燃气企业应根据管道的损伤类型和敷设环境，采用适宜的方法对其高风险区域管道的腐蚀、变形、杂散电流干扰、振动、泄漏、第三方损坏等情况进行针对性监测。目前常用的监测技术是基于分布式光纤传感技术的风险监测预警系统，本文针对城镇燃气在役管道难以通过开挖方式敷设分布式光纤传感器的痛点问题，介绍并验证一种基于非开挖、不打孔、不停输施工的分布式光纤传感器内置入技术，为城市“生命线”安全管理提供切实可行的技术路径。

1 现有技术的不足

城市“生命线”工程启动以来，我国部分城市安装了点式甲烷浓度传感器，因甲烷浓度传感器

不能预警第三方施工损坏，有些燃气管网又在阀井等位置安装了点式振动/加速度传感器，但空间上不能全线覆盖线性、网状的管网，时间上非实时在线采集数据，也存在盲区，效果有限。点式传感器依赖蓄电池、太阳能供电，通过无线通信传输数据，管道阀井内信号相对较弱，铸铁井盖让无线信号更弱，加上电磁、雷电等干扰导致无线信号不稳定；无线通信模块不停地搜索信号，会快速降低蓄电池的续航时间。此外，该技术虽简单方便，但实际应用效果并不理想，长期运维下来，巨量传感器无线通信费用较高，工作量和成本也比较大。

分布式光纤传感技术的迭代发展，有效弥补了点式传感器的一些缺陷。通常在新建、改造燃气管道时同沟敷设，覆盖距离长、范围广、性价比高，可以实现第三方施工损坏预警的同时，检测管道泄漏，甚至监测管道井盖的状态。如果对在役燃气管网采取开挖方式安装分布式光纤传感器，受施工审批、施工条件、图纸缺失，路由不清等影响，施工作业恐难以按计划推进，就算可以全线开挖，费用也不可承受。

2 内置入技术

在非开挖、不打孔、不停输施工的情况下，利用空气动力学原理，在燃气管道阀门位置向管内置入分布式光纤声音/振动/应变传感器，连接安装于监控中心机房的分布式光纤声音/振动/应变信号解调主机，组成燃气管网风险监测预警系统。

管材、管径、焊接质量、管道弯头结构和数量等客观条件，决定了单次置入传感器的难易程度和最大置入距离。传感器采用非金属绝缘材料，防止传感器引入雷电、静电、地下杂散电流，施工过程中传感器与管壁摩擦产生的静电须小于15 kV。为了保证一次性敷设足够长的距离，传感器还必须具有很高的拉伸强度和很好的延展性，以克服传感器自重以及传感器和管壁之间的静摩擦力，为不影响小口径管道的设计输送能力，传感器外径要求越小越好。传感器必须具有很高的灵敏度，同时要减小燃气正常流动产生的噪声干扰。置入前还要充分验证密封连接件质量性能、防腐蚀和耐高低温性能、机械强度、使用寿命等。

在燃气管道内非开挖置入光纤传感器，也能实现非开挖更换维修。管道结构还可以起到很好的保护作用，避免传感器被施工损坏、啮齿类动物啃咬，过滤大部分外界干扰和噪声，压力管道的管壁还对异常声音/振动信号具有放大作用。

3 应用实例

（1）邯郸某高压燃气管道应用实例。

2025年12月，该技术应用于河北邯郸某燃气公司37.5 km运行压力6.4 MPa的埋地高压燃气管网风险监测预警及智慧应急管理EPC项目。先后建设了分布式光纤声音/振动传感系统，部署了人工智能模型。广泛采集生产、生活、交通、施工等环境背景噪声数据和第三方人工、大型施工数据，建立了异常事件特征数据库，进行全场景系列测试验证，于2026年5月完成了系统安装调试（图1）。系统日均发出预警信息3.5条、报警信息1条，且成功实



图1 系统安装调试实时界面

现了第三方施工、破坏等不同类型事件的模式识别。系统运行至2026年8月，异常事件报警准确率 $\geq 95\%$ ，误报率 $\leq 4\%$ ，漏报率 $\leq 1\%$ ，各项性能指标均优于设计要求。

（2）十堰某燃气管道应用实例。

2024年10月，该技术应用于长12 km、运行压力0.4 MPa、管径DN 250的中压PE燃气管道，在传感器施工过程中，项目组同步完成了燃气管道的体检工作，出具了管道安全评估报告，为管网安全维护提供了依据。运行6个月共产生有效报警18条，其中涉及井盖异常告警4条、人工开挖8条、大型机械开挖6条，报警类型识别准确率达到100%。系统下发工单16条，工单闭环率达到100%。

4 结语

基于非开挖、不打孔的内置入分布式光纤传感器技术，有效解决了存量燃气管网难以开挖敷设的痛点，实现了老旧管网的全时段、全空间无盲区监测，并精准定位第三方施工、燃气泄漏等风险隐患。经测算，该项技术的安装和运行成本约为点式传感器系统的1/3至1/2。



作者简介：缪宏，1967年生，百世通（浙江）安全科技有限公司总经理，从事光纤光缆行业26年、光纤传感行业11年。联系方式：13311009699，miaohong@bestonetek.com。



《管道安全保护》编辑部：第三方施工损坏一直是管道安全的头号威胁，无论是长输油气管道还是城镇燃气输配管道，皆难幸免，如果施工方式采取盾构机、定向钻等，加上相关方对管道信息一无所知，风险便叠加为灾难。本期专栏分享一起发生在河北三河市燕郊镇的第三方施工损坏燃气管道泄漏爆燃事故，这条未批先建、擅改工法路由、最大埋深11.7 m的聚乙烯中压燃气管道，在基础信息不掌握的情况下，被盾构机切削破损，泄漏天然气潜入楼宇聚集爆燃，造成7人死亡、27人受伤，整栋建筑被毁。这起事故警示我们：管道信息缺失就是“带病运行”，核查流于形式就是“放任风险”，管道企业和相关单位应高度重视并加强管道周边的施工管理，有效防范类似事故的发生。

一起地铁施工损坏燃气管道 泄漏爆燃事故

吉建立

中国特种设备检验协会

1 事故概况

2024年3月13日3时15分许，北京轨道交通平谷线（河北段）燕郊站至神威大街站区间（简称燕神区间）右线盾构施工中，刀盘将一根地埋中压

天然气管道下部切削破坏，天然气泄漏扩散至周边小张各庄村委会综合服务楼C栋内；7时54分02秒，楼内积聚达到爆炸极限的天然气遇点火源发生爆燃，造成7人死亡（建筑内6人、路面车辆内1人）、27人受伤。经河北省政府《燕郊地铁施工项目“3·13”较大燃气爆燃事故调查报告》认定，这是一起生产安全责任事故。

事故管段在燕郊镇学院大街以北呈“U”形走向，最大埋深约11.7 m，距燕郊镇迎宾路与学院大街交汇处东北角的综合服务楼C栋约8.9 m。管道权属单位为三河市百川新能源有限公司（简称百川新能源公司），于2021年6月建设，次年12月投运，全长1932 m，管材为PE 100型号De250聚乙烯管，设计压力0.4 MPa，运行压力不超过0.3 MPa，系气源过路管线，直埋管道上方未连续敷设警示带，设计的8个双放散球阀仅设1个，西侧阀门井采用污水井盖、无燃气标识。

事故发生后，属地党委、政府立即组织救援。



8时许首批消防救援人员到场展开灾情侦察、人员疏散、灭火处置,8时48分明火扑灭,至23时被困人员全部救出。事后开挖验证,事故管道上半部分及示踪线完好,下半部分沿轴向约1/3至1/2被切削,管内充满砂浆固化物,焊口完好,破损呈柱状切削特征,证实系盾构切削破坏。

2 原因分析

(1) 直接原因。

地铁盾构施工作业造成临近天然气管道破损,大量天然气泄漏扩散至涉事故建筑封闭空间内聚集,遇点火源发生爆燃。经检验鉴定,建筑周边土样、排水管及污水池气体中检出甲烷、乙烷、丙烷成分,与天然气成分相符,引爆点位于C栋一楼北侧楼梯间。调查排除了人为破坏、炸药、雷击、液化石油气及其他单位燃气管道泄漏等因素。

(2) 间接原因。

管道调查核查工作流于形式。轨道交通建设单位委托勘察后未督促把关,勘察单位违规分包,未探明涉事管道,过程成果图未按程序报送,正式详查报告始终未更新。施工单位多次对接但未紧盯不放,关键岗位频繁更换、交接断档;燃气企业掌握详细资料却拒不提供图纸,始终未说清最大埋深;各方对燃气企业明确的“燕神区间管线部分位置埋深超过10 m”的信息均未落实核查。

涉燃气施工安全管理不力。参建各方和燃气企业明知燃气管道下方有盾构施工,均未重视管道保护,未依法共同制定燃气设施保护方案,设计图缺失涉事管道。施工单位未将盾构进度告知燃气企业、未制定专项防护方案,监理单位失察且事发时监理人员脱岗。在管道未查清、风险未消除的情况下,两次盾构始发条件核查均予通过。

企业违规建设、部门管理缺失。百川新能源公司在未办理规划、施工许可的情况下开工建设,仅补办路由许可证,未按路由许可的顶管法施工,采用定向钻拉管,并擅自将跨迎宾路位置由学院大街以南改至以北,建成后未进行竣工测量、验收备案和档案移交,政府地下管网信息系统和企业GIS、SCADA系统中均无该管道信息。据调查,该公司2015年以后建设的燃气管道均未办理规划、施工许可手续,属地相关部门长期未查处。

属地安全监管落实不到位。三河市、燕郊高新

区部门职责边界不清、权责不明,监管既有交叉又有盲区;燃气安全专项整治、防范第三方施工损坏等部署未落实;没有及时发现燃气企业和施工方未签订保护协议和制定专项防护方案等问题。

地下燃气管道普查不力。燕郊高新区未按国家部署开展普查,地下管网信息系统未更新2020年底以后的数据;燃气企业GIS、SCADA系统亦无管道埋深等关键数据。

泄漏监测预警能力不足。燃气企业仅在门站设压力、流量测量装置,管道泄漏无法从门站数据体现,致泄漏后约4.5 h内未能预警和处置。

3 责任追究

司法机关对施工单位中交隧道工程局有限公司涉事地铁项目一工区副总工程师、原总工程师、项目经理,燃气企业运行组组长,建设管理单位业主代表,勘察单位管线详查项目负责人,监理工程师等7人采取刑事强制措施;百川新能源公司等6家企业被行政处罚,分包管线调查项目的公司因违规承揽被处罚;46名企业责任人员被依规依纪依法处理,23名公职人员受到党纪政务处分;涉事燃气管道建设的设计、施工、监理单位被另案处理。

4 启示

这是一起典型的第三方施工损坏燃气管道的责任事故。从管道违规建设“隐身”地下,到调查核查层层落空,再到风险未消除即盾构掘进,链条上多个环节都可阻断事故的发生。当前城市轨道交通与燃气管网交叉日益频繁、深埋管道不断增多,本案例教训值得全行业警醒。建议严格落实GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》,重点抓好以下工作。

摸清管道底数,实现地下管网“一张图”管理。管道信息缺失是本案的根源性隐患,燃气企业应全面排查建档,非开挖拉管管段埋深沿程变化大(如事故管道埋深在0.9 m~11.7 m),必须将坐标、埋深、管材、工法等关键信息完整纳入企业GIS和政府地下管网信息系统;新建管道必须落实覆土前竣工测量和档案移交;存量信息不全的管道限期补测补录,消灭“盲区管线”。

严格执行基本建设程序,堵住违规建设源头。燃气管道建设必须依法办理规划、施工许可,工

法和路由变更必须重新审批，未经验收合格不得投运；主管部门和属地政府应实施全过程监管，坚决查处未批先建、擅改方案行为。

健全第三方施工保护机制，把“查清、交底、防护”做实。建设单位应在施工前组织各方与燃气企业联合踏勘，现场指认、书面交底并签字存档；不能确认管道准确位置的，必须人工开挖核实、划定防护范围；依法共同制定燃气设施保护方案，燃气企业专业人员到场前严禁作业。将管线核查列为关键节点专项核查内容，管道未查清、风险未消除的一律不得施工。

重视非金属管道探测技术的短板。聚乙烯管道无电磁信号，常规探测手段无效。燃气企业敷设PE管道时应同步敷设示踪线（带）并保证长期可探；探测单位应综合示踪线电磁感应、探地雷达和人工开挖验证多手段印证；对“埋深和管径不详”的存疑管道必须查清，严禁带“问号”施工。

强化深埋管道与地下工程交叉的专项风险管控。非开挖燃气管道埋深可超10 m，与盾构埋深重叠，以往“燃气管道浅、盾构深、不会相交”等经验判断已不可靠。地铁选线设计应将深埋管道纳入风险源清单专项评估，对交叉管段提前迁改、隔离

或加固；对“埋深异常”信息必须一查到底。

提升泄漏监测预警和应急处置能力。燃气企业应改变仅依靠门站监测的状况，推进分区计量和重点管段压力在线监测；对施工影响范围内建筑物，要及时排查密闭空间和污水池、排水管、电缆沟等气体侵入通道，必要时布设可燃气体报警装置；确立“闻到燃气异味立即撤离、及时报警”的刚性原则。

压实责任链条，保持安全管理连续性。案例中关键岗位9个月三易其人、交接断档直接导致核查信息中断。企业应健全关键岗位交接和资料归档制度，确保风险信息随档移交、闭环管理；属地政府应厘清监管职责边界，配强专业力量，落实涉气第三方施工全覆盖检查。



作者简介：吉建立，1984年生，硕士研究生，高级工程师，中国特种设备检验协会副秘书长，主要从事管道完整性管理相关技术与法规标准研究。联系方式：18618129602，ji516@126.com。

燕郊“3·13”事故救援现场/来源网络





《管道安全保护》编辑部：为了总结油气管道规划、建设、运行、应急等阶段开展管道保护工作的成功经验和问题教训，加强源头管理，预防和减少事故发生，保障管道安全运行，我们陆续推出一批典型案例，供广大读者学习参考。欢迎读者结合工作中发生的重要事件，截取有借鉴意义的片段整理成案例，在《管道安全保护》和管道保护微信公众号上发表。来稿请注明：管道保护案例，邮箱：guandaobaohu@163.com。

西宁支线改线消减高后果区风险案例

杨发鑫

国家管网集团甘肃公司青海输气分公司

背景

涩宁兰管道西宁支线位于青海省西宁市南川工业园及城中区，于2002年建成投产，管道总长19.35 km，管径355.6 mm，壁厚6.4 mm，管材为L415（X60）钢，设计压力6.3 MPa，年输气量 $3.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，承担着为西宁市约200万居民的供气保障任务，对全市经济发展起到举足轻重的作用。但该管道沿线人员密集型高后果区总长度约15 km，占支线里程约77%，且管道周边施工频繁、第三方损坏风险高，成为制约城市发展和公共安全的突出问题。

随着南川工业园区规划落地及省级重点项目实施，青海输气分公司依据国家管网集团天然气管道相关管理要求，启动《西宁南川工业园区规划区涩宁兰天然气管道改线项目》，同步组织实施西宁支线未迁改段路由调整，将管道从城区迁至外围山梁，新建管道沿山梁呈东西走向，尽量避开人员密集区域（图1）。同时夯实“管好存量、控制增量”等多项措施，有效保障管道输送安全和公共安全。

做法

管道风险评价。经评估，管道经过西宁市城中区敷设于人行道下方，两侧均为四层及以上建筑，管道与建筑物最小距离约20 m，沿线200 m范围内含居民小区14个、住户8117户、暴露人口约32468

人。共识别出6处人员密集型高后果区，包括2个Ⅲ级高后果区、4个Ⅱ级高后果区，Ⅲ级高后果区风险不可接受。同时受管道变径制约，管段未设置收发球装置，不具备内检测实施条件，无法掌握管道内腐蚀等本体状态，也不能完成环焊缝与里程桩信息比对排查，存在较大安全隐患，应尽快实施改线。

改线方案确定。经反复论证，决定分两期实施改线。项目整体筹备及建设历时两年。第一期管道改线项目，2022年8月开工建设，2023年4月完

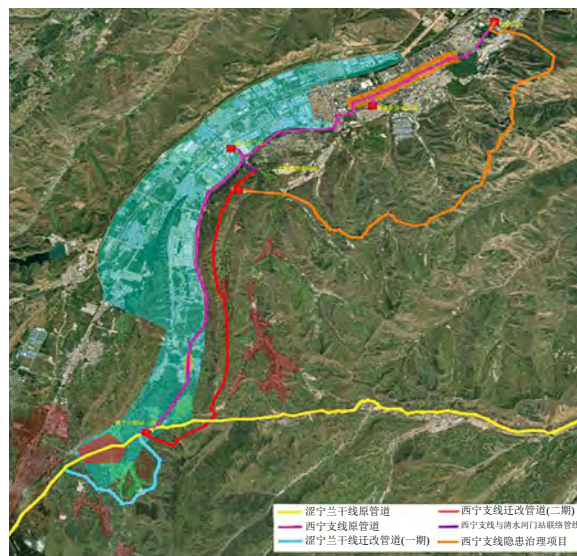


图1 西宁支线迁改项目路由示意图

工，改迁起点为西宁支线原起点涩宁兰天然气管道西宁分输站，终点至清水河门站；新建管道总长13.42 km，其中西宁支线主干新建12.5 km，清水河联络线新建0.92 km。二期为西宁支线隐患治理项目，2023年8月开工建设，2024年4月完工，迁改起点选取第一期工程距离清水河门站1.6 km处新建1#阀室，终点至城南门站，新建管道总长15.7 km。

设计与管材质量管控。管道设计系数取0.4，管材选用直缝埋弧焊钢管；环焊缝执行“100%射线+100%超声”检测；外防腐采用加强级3LPE防腐层；埋深统一加深至2 m，降低第三方开挖损坏风险；全过程由监理单位现场旁站监督。动火施工前逐项落实阀门上锁挂牌隔离、氮气置换、全过程可燃气体监测等关键工序；设置现场总指挥，提前开展全流程风险研判，严格执行标准化作业流程。作业期间，作业人员对检测仪器有效性、作业坑边坡支护、动火作业许可票、现场焊接工艺及焊缝质量开展核查（图2）。针对山区地形复杂、生态环境敏感的难题，提前优化敷设路由；施工结束后同步开展边坡复绿、水土保持治理。

加强高后果区管理。管道迁改完成后，由原来的6处高后果区总里程15 km，缩减为1处Ⅲ级人员密集高后果区，长度1.45 km，里程降幅达90%；该管道距建筑物最小距离增大至48 m，但人员集中暴露风险仍需持续管控。

启示

一是从源头上管控新增高后果区。做好与自然



图2 动火作业现场

资源、住建等部门的衔接，严格管道周边新建项目审批，落实安全距离，从源头防范新增高后果区形成，确保管道安全运行与城市发展协调统一。

二是从严控制存量高后果区风险。定期对高后果区进行辨识和管理，夯实“四防”措施，重点加密人防巡护，增设物防警示桩与隔离网，配套技防视频监控与光纤预警，完善信息防实现政企共享。

三是落实政企联防长效机制。依托“一区一案”和政企联防机制，构建从规划到运行的安全风险闭环管理模式，联合应急、发改部门定期应急演练，建立企地共管台账，落实分级管控的岗位责任。



作者简介：杨发鑫，1998年生，工程师，2020年本科毕业于哈尔滨工程大学，现主要从事管道专业管理工作。

秦岭山区河沟谷地段管道水毁整治案例

惠亚妮 罗志鹏 冯延魁

陕西省天然气股份有限公司

背景

西安至商州输气管道（西商线）于2011年投产运行，全线长约132.7 km，设计压力4 MPa，设计输量为 $1.7 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，管道起于陕西省西安市区，途经秦岭北麓的蓝田县到达商洛市，是唯一向商洛

地区供气的天然气长输管道。

2021年8月，蓝田县九间房镇流峪沟出现强降雨，造成境内国道G312、省道S101部分塌方、冲毁，部分交通、电力、通信中断。管道在途经的流峪沟蓝桥河河道及河滩段出现露管、悬空、变



图 1 水毁现场



图 2 治理现场

形（图 1）。面对险情，公司随即启动应急预案，开展管道抢修。

做法

现场勘察及分析。蓝田段管道主要在蓝桥河河道及河滩地敷设，部分管段在凹岸滩地敷设，河床地层以砂砾石层和岩石层为主，且河床较浅，受地层影响，水流下切程度小，加剧了洪水对滩地、岸坡的横向冲刷，导致管道覆土厚度变浅，造成管道埋深不足。据测量，本次最大日降水量达 203.8 mm，灞河支流蓝桥河悟真寺洪峰流量 677 m³/s，为超百年一遇洪水。水量激增引发了多处泥石流，进一步加剧了灾情。

分类修复受损管道。结合管道敷设地段、遭受的水毁损伤情况和本次洪水向凹岸冲刷严重但下切不明显的水力特征，对水毁管道分类进行修复。对敷设于河道、河滩地，管道无移位、变形、露管长度短且防腐层完好的管段，仅采取压覆袋装砂土增

加管顶埋深。对存在移位、露管、管道变形、防腐层破损较严重管段进行换管。

细化换管技术方案。针对河道内敷设、河滩地敷设以及河床地层分布情况提出不同换管方案（表 1），换管方案以岩层段开岩槽混凝土满浇埋管、砂土层地段深埋换管为主，并辅以水工设施进行加固修复（图 2）。

换管段增加壁厚。原管道壁厚 5.6 mm，考虑该段管道近河敷设距离较长，长期处于潮湿、水浸泡及土壤腐蚀的复杂环境中，会加剧防腐层的破损，加快腐蚀速率。因此，新换管道的直管、冷弯管壁厚选用 6.3 mm，热煨弯管壁厚采用 7.1 mm。

管道整治效果显著。本次水毁整治工程严格按照分类修复原则及精细化换管技术方案实施，经竣工验收及近年来的运行监测，整治后的管段未发生覆土流失、管道位移等异常情况，管道安全稳定性大幅提升，达成安全防护目标。

表 1 换管技术方案

位置	地层条件	换管原则
河道	以河床面低点作为下挖基准面，下挖 3 m 见岩层	岩槽满浇混凝土埋管（开岩槽，混凝土连续浇筑埋管，岩槽深度 ≥ 1 m，顶管埋深 ≥ 0.5 m）
	以河床面低点作为下挖基准面，下挖 3 m 未见岩层	管道包裹橡胶板深埋（深挖沟槽，管道先包橡胶板后裹袋装砂土，然后用由小到大的卵砾石逐层压覆回填。对于河道地下水位较高地段，管道上方还应放置平衡压袋，管顶埋深 ≥ 2.5 m）
河滩	开挖土层至同一横断面现状河床，以河床面为下挖基准面，下挖 3 m 见岩层	岩槽满浇混凝土埋管（开岩槽，混凝土连续浇筑埋管，岩槽深度 ≥ 1 m，顶管埋深 ≥ 0.5 m）
	开挖土层至同一横断面现状河床，以河床面为下挖基准面，下挖 3 m 未见岩层	管道包裹橡胶板深埋（深挖 3 m 的沟槽，敷设袋装砂土垫层 0.2 m 厚。管道先包橡胶板后下沟，裹袋装砂土回填至管顶 ≥ 0.3 m，然后用由小到大的卵砾石逐层压覆回填，管顶埋深 ≥ 2.5 m）

启示

科学、合理选择管道路由，是防止和降低自然灾害对管道影响的基础和前提。实践经验证明，要严格落实管道保护法第十三条规定，从设计源头避开地震活动断层和容易发生洪灾、地质灾害的区域，从强度设计系数确定、管材选型、水文地质勘察、管道敷设方式等方面优化方案，提升管道本质安全，增强抗风险能力。科学论证水毁整治方案，对不同水毁情况，针对性地提出合理、科学、可行的措施，充分验证水毁治理开挖基准，以下挖既定

深度内是否见岩层来确定不同管道敷设方式，以确保管道埋深符合规范要求。



作者简介：惠亚妮，1987年生，硕士研究生，高级工程师，就职于陕西省天然气股份有限公司，长期从事天然气长输管道项目前期管理工作。
联系方式：510608137@qq.com。

输气管道人员密集型高后果区定量风险评价案例

陈帝文

国家管网集团华南公司

背景

某天然气长输管道于2014年5月投产，途经一处人员密集型高后果区，长4395 m，管径914 mm，设计压力9.2 MPa，运行压力5~7 MPa，3PE防腐层。管道两侧200 m范围内的山田村、山角村共有居民约600户，4层以上楼房普遍集中，有荔富湖畔小区约6600人，万科春风十里小区约3920人，还有易燃易爆场所中石化加油站约5人，高后果区总人口约11 125人，管道周围年平均风速约2.16 m/s（图1）。



图1 高后果区影像图（红色为管线、蓝色为缓冲区边界、紫色为潜在影响半径）

通过准确计算该人员密集型高后果区管段发生管道泄漏事故后的影响范围，评价管道周边人员的个人风险及社会风险，分析风险可接受性，有针对性的提出安全管控措施。

做法

根据SY/T 6891.2—2020《输气管道风险评价方法 第2部分：定量评价法》，结合管道周边人口分布情况、气象数据，应用软件分别计算上述人员密集型高后果区管道失效频率和事故后果，并进行定量风险计算，得出其个人风险和社会风险可接受性。

管道失效频率计算。基于GB/T 34346—2017《基于风险的输气管道安全隐患分级导则》中的推荐值（表1），其中待评价管道管径为914 mm，公称壁厚为17.5 mm，采用管道公称壁厚>15 mm管道的失效频率，失效频率基础推荐值为 4.1×10^{-5} 次/km·a，经综合评定后，实际失效频率为 2×10^{-6} 次/km·a。

管道事故后果计算。输气管道泄漏扩散后可能引发火灾、爆炸等次生灾害，待评价管道失效后果计算主要包括管道发生泄漏后的泄漏速率、泄漏量，喷射火/池火火焰尺寸及热辐射危害范围，蒸气云爆炸危害范围等以及管道发生火灾、爆炸后不同距离处热辐射及超压，采用专业评价软件模拟

表 1 油气管道同类设备平均失效频率

管道类别	管道特征	平均失效频率 (次/km·a)
输油管道	管道公称直径≤200	1.0×10^{-5}
	200<管道公称直径≤350	8.0×10^{-5}
	350<管道公称直径≤550	1.2×10^{-4}
	550<管道公称直径≤700	2.5×10^{-4}
	管道公称直径>700	2.5×10^{-4}
输气管道	管道公称直径≤5	4.0×10^{-4}
	5<管道公称直径≤10	1.7×10^{-4}
	10<管道公称直径≤15	8.1×10^{-5}
	管道公称直径>15	4.1×10^{-5}

注：以上数据来源于国际油气生产企业联合会（OGP）

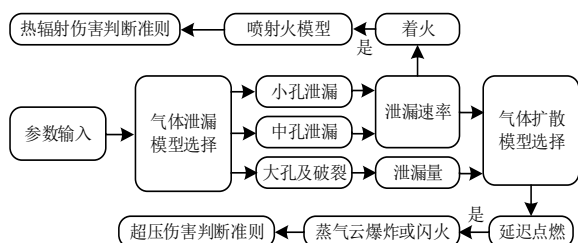


图 2 管道失效影响范围计算流程图

管道发生泄漏、火灾、爆炸事故的后果影响范围（图 2）。

据经验判断，从发现管道压力异常到排查出泄漏点的时间为3600 s。而输气管道发生大孔泄漏及破裂时，因泄漏量较大，压力变化明显，管道两端截断阀就会关闭，阀门动作延迟时间为180 s。同时两端截断阀室开始放空，以减小事故损失。本案例模拟关阀前泄漏时间取180 s，关阀后泄漏时间假定为600 s，管道在破裂时压力不断降低，天然气的泄漏速率随时间不断减小，管道断裂为两截，断裂口两端同时泄漏。如果泄漏口处被点燃则形成喷射火，主要通过热辐射的方式影响周围环境（表 2），喷射火焰热辐射强度随下风向距离的增加而变化。

根据现场调研结果，根据SY/T 6891.2—2020

表 3 冲击波影响范围

泄漏场景	中孔25 mm	大孔100 mm	破裂
死亡半径/m	39	75	75
重伤半径/m	68	134	134
轻伤半径/m	114	222	222

附录G“热辐射及超压伤害准则”，选取玻璃破碎、房屋墙或屋顶局部坍塌、重型机械损坏（钢结构变形离开基础）三个值来表征管道破裂后冲击波严重程度，计算得出该人员密集型高后果区管段天然气气云爆炸冲击波影响半径（表 3）。

风险计算结果。根据前述气象数据、泄漏频率和失效后果，结合管道周边人口分布情况，进行定量风险计算，得出了该人员密集型高后果区的个人风险和社会风险。依据SY/T 6859—2020《油气输送管道风险评价导则》风险可接受标准，该管段未出现 1×10^{-4} 个人风险等值线， 1×10^{-6} 个人风险等值线距管道约66.18 m，个人风险在可接受范围内（图 3）；社会风险 $F-N$ 曲线位于可接受区（图 4）。当管道运行压力、输送介质或周边人口分布发生重大变化时，应重新进行风险评价。

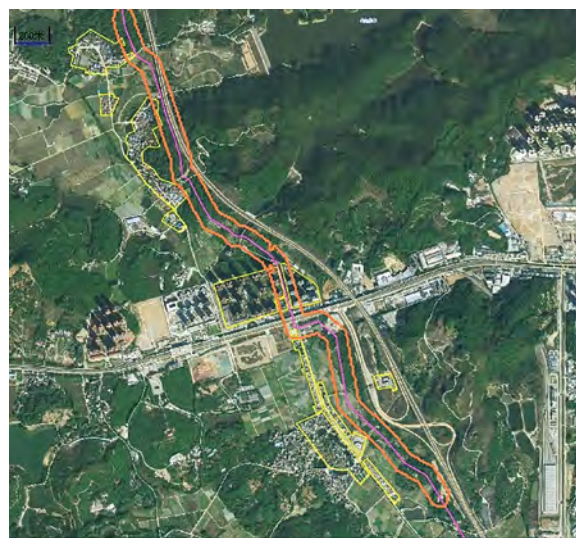


图 3 评价管段个人风险等值线分布图（紫色为管道、黄色为人口分布区、橙色为 1×10^{-6} 个人风险等值线）

表 2 热辐射影响范围（风速2.16 m/s）

泄漏场景		中孔25 mm	大孔100 mm	破裂
代表性泄漏速率kg/s		5.036	80.462	1987.866
热辐射为4.0 kW/m ² 影响距离/m	10 s内未受保护的皮肤出现疼痛	21.726	84.187	284.391
热辐射为12.5 kW/m ² 影响距离/m	10 s 1度烧伤，1 min 1%烧伤	7.077	32.411	177.690
热辐射为37.5 kW/m ² 影响距离/m	10 s 1%死亡，1 min 100%死亡	5.794	18.710	72.311

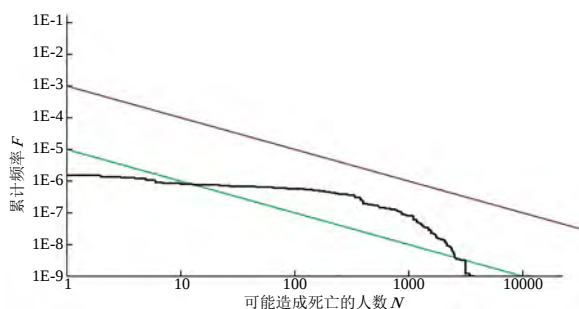


图4 评价管段社会风险 $F-N$ 曲线图（红线以上为不可接受区、绿线以下为可接受区）

启示

基于评价结果，虽然个人风险与社会风险整体处于可接受范围，但鉴于周边人口密集、敏感场所集中，仍需从泄漏监测、重点防护、风险复核等方面系统强化管控措施，以实现风险“可防可控”目标。一是强化泄漏监测与快速截断，将截断阀关闭

响应时间控制在180 s内并定期测试，确保大孔泄漏时迅速隔离管段，降低泄漏总量。二是重点防护近管廊高风险区域，针对 1×10^{-6} 个人风险等值线内（距管道约66 m）的居民及加油站，增设紧急疏散广播和避灾路线标识。三是实施动态风险复核，当管道压力、介质或周边人口密度显著变化时，立即重启定量风险评价，更新风险等值线图并调整防控预案。



作者简介：陈帝文，1991年生，2019年毕业于西南石油大学油气储运工程专业，硕士学位，工程师，从事管道完整性管理、风险评价、检验检测等工作。联系方式：18320726009，594455369@qq.com。

萧山区管网协会第三方施工协调服务案例

王慧

杭州市萧山区管网协会

背景

杭州市萧山区城市供水、供电、燃气、通讯、污水及天然气长输管道等地下管线敷设密集，相交相遇频繁，任何一家进行建设和维修活动往往会影响到周边相邻管线的安全，曾经多次因为事先不通气，不熟悉对方管线位置，施工作业方案未经充分论证，造成对方管线破损、泄漏、停产等事故，影响到城市正常运转和人民群众生命财产安全。由于地下管线涉及不同行业 and 不同权属单位，给沟通协调带来一定难度，亟需建立有效的合作机制。

2016年，在地方政府的指导和支持下，由供水、供电、燃气、通讯、污水及天然气长输管道等10余家产权单位共同发起成立了杭州市萧山区管网协会。协会充分发挥桥梁纽带作用，积极协助政府部门、管线权属单位和第三方施工单位，做好施工活动的管理和服务工作，确保了与地下管网相关的施工活动快速安全通过，实现了管线“零

损伤”。

做法

管网协会以“构建平台、加强沟通；提升服务、确保安全”为宗旨，为各管线单位处理好工程相交相遇问题提供协调服务。

一是及时受理施工申请并备案。对施工单位提交的施工作业方案、管线保护方案、勘探成果报告等资料进行审查和备案。将施工信息及时通告相关单位，组织各方做好施工现场交底工作，探明管线具体位置。如杭州萧山国际机场输油管道改线，有8.8 km管道要穿越数条河流和城市道路，并与其他管线交叉并行。协会收到中国航空油料有限公司（非协会成员单位）施工方案后，立刻通知各管线单位会商，并向施工方实地交底（图1）。

二是组织安全评审并签订安全承诺书。管线单位和施工单位协商确定施工作业方案，双方协商一致的，协会组织双方签订管道及设施安全保护承



图1 协会组织管线单位向施工方实地交底现场

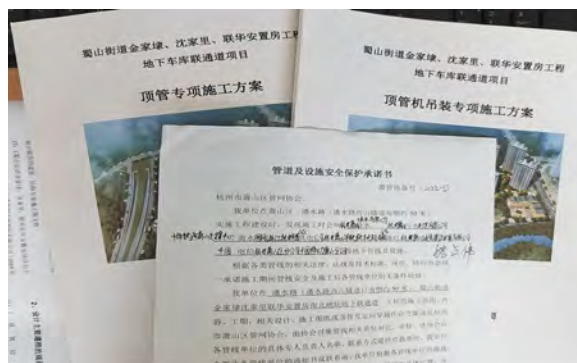


图2 第三方施工方案和管道及设施安全保护承诺书

诺书（图2）；协商不成需要项目专家评审或安全评审的，由协会负责遴选相关专家参与评审，并主持召开管线产权单位、施工单位、专家或者设计监理单位等参加的安全评审会议。如新奥燃气管道改造项目多处与供水、污水、供电、通信、电缆、铁路、地铁交叉并行。协会组织各管线单位对施工作业方案、保护方案进行审查，提出合理化建议供新奥燃气参考，减少了施工期间相交相遇风险和隐患，保证了各方安全运行。

三是严格审查并提交主管部门报备。管网协会组织相关专家对施工单位提供的各类图纸资料、技术标准规范等进行审查并签字。对不符合要求的设计图纸、施工图纸及规范，写明修改要求和细则并进行二次审查。审查合格后，施工涉及的各管线单位在施工图纸、规范等资料上盖章，送城管部门审核、报备。

四是组织施工作业并会同监护。根据城管部门审批意见，由管网协会通知各管线单位派专业人员到现场，会同监理人员共同监督工程的实施，要求施工单位与各管线单位在工程相交相遇的地方竖立明显的管位标志桩。

启示

管网协会成立十年来，先后对500余项涉及管线的施工活动开展认真细致的协调服务，有效防止了对管线的损伤，保证了管线安全运行，是社会组织参与社会治理的有益探索。带给我们的启示是：城市地下管网涉及不同行业，各类管线权属关系复杂，面对纷繁复杂的外部环境，需要统一认识、协调行动，才能更好地应对各种挑战。萧山区政府相关部门通过搭建协会平台，发动大家围绕共同目标，制定工程相遇关系的处理准则，严格遵守、协作配合、互相监督，有效降低了协调成本，提升了工作效率，保障了地下管网的安全运行，同时也维护了城市的安全发展，做法值得其他城市管理者借鉴。



作者简介：王慧，西南科技大学专科毕业，萧山区管网协会副秘书长，主要从事城市地下管线管理。联系方式：0571-22859299，43675985@qq.com。

什么是城镇燃气管道重点区域

重点区域（key areas）是GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》首次提出的一个专属概念，并将其定义为燃气管道失效可能导致严重人员伤亡或环境破坏，需要重点巡查和风险控制的区域。重点区域包括燃气管道途经的公众聚集场所、易燃易爆场所、燃气容易聚集的密闭空间，以及最小保护或最小控制范围内从事危及管道安全活动的区域。其中，“公众聚集场所”是指学校、幼儿园以及医院、车站、客运码头、商场、体育场馆、展览馆、公园等场所；“途经”是指燃气管道直接穿越重点区域，或GB 55009—2021《燃气工程项目规范》规定的燃气管道中心线两侧最小保护和最小控制范围内存在的重点区域。

最小保护范围是禁止特定活动的“红线区”，即在该范围内禁止任何可能危害燃气设施安全的建设活动；最小控制范围则是需特别许可的“黄线区”，即在该范围内从事相关活动时需采取保护措施并征得燃气企业同意。

GB/T 47764—2026要求，燃气企业应根据管辖区域行政划分和压力等级，将燃气管道划分为若干个区块，分别进行重点区域识别。超高压燃气管道（最高工作压力 >4.0 MPa）中心线两侧各200 m控

制区范围内，高压燃气管道（ 1.6 MPa $<$ 最高工作压力 ≤ 4.0 MPa）中心线两侧各50 m控制区范围内，次高压和部分中压燃气管道（ 0.1 MPa $<$ 最高工作压力 ≤ 1.6 MPa）中心线两侧各15 m控制范围内，任意划分为1.6 km长并能包括最多供人居住的独立建筑物数量的地段；经调压箱进入庭院的部分中压和低压燃气管道（最高工作压力 ≤ 0.1 MPa）中心线两侧各5 m控制范围内，任意住宅区、道路、商业区、市场、医院、学校等独立地段。

重点区域的识别由燃气企业自行开展，人员应熟悉管道沿线情况，并接受相关培训，识别间隔周期不应超过12个月，可采用地理信息系统识别和现场调查相结合的方式，并按照后果严重程度划分Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级，其中Ⅲ级代表最大的严重程度。

重点区域是风险后果导向的区域划分，重在对管道失效后果的风险评估与差异化管控，本质上是“重点管什么”的管控策略。这个概念的提出，为城镇燃气管道风险辨识与分级管理统一了标准，有利于燃气企业实现“粗放巡检”转向“精准管控”，将有限的人力、物力集中投入到高风险区域（加密监测、智能设备、专项预案），对低风险区域合理优化管控流程，实现安全与效益的动态平衡。



燃气管道安全宣传/马雄涛 供



作者简介：刘哲，1981年生，研究生，高级工程师，系GB/T 47764—2026《城镇燃气输配管道完整性管理规范》主要起草人之一，主要从事承压设备检验、风险评估及完整性管理工作。联系方式：18522952700，liuzhe1981@foxmail.com。



①

① 集中宣传 中石油昆仑燃气河北分公司 供稿

② 入户安检 中石油陕西三原昆仑公司 供稿

③ 嗅探犬巡检 港华投资有限公司 供稿

④ 应急演练 甘肃中石油昆仑燃气有限公司 供稿



②



③



④



“管道安全保护杯”有奖征文评选活动

为进一步促进《安全生产法》《石油天然气管道保护法》等法律法规的实施，保障石油天然气输送安全，维护国家能源安全和公共安全，在管道保护法颁布实施16周年和《管道安全保护》（原《管道保护》）刊物创办15周年之际，甘肃省管道保护协会和国家管网甘肃公司研究决定，共同举办“管道安全保护杯”有奖征文评选活动。

本次征文活动主要面向各级政府相关部门，油田管道、长输管道、城镇燃气管道建设运营和技术服务单位，高校研究机构等从事管道安全保护工作的人员。设一等奖5名（每件获奖作品奖励2000元）；二等奖10名（每件获奖作品奖励1000元）；三等奖15名（每件获奖作品奖励500元）；优秀奖若干名（每件获奖作品奖励纪念品一份）。我们欢迎专家学者的倾力之作，也愿为基层作者提供练笔成长的平台，架起政府与企业、作者与读者互联互通、携手共进的桥梁纽带。征文内容如下：

（1）我与《管道安全保护》。讲述您与刊物结缘相伴的点滴故事、撰稿写作心得、品读感悟收获，分享刊物陪伴职业生涯成长的难忘历程。

（2）法律法规标准实施体会。包括政企协同管护机制、管道规划建设、管道运行保护、管道工程与其他工程相遇、应急响应、法律责任追究以及配套法规规章标准体系建设等方面。总结成熟经验做法，剖析现存短板问题，提出务实改进思路与对策建议。

（3）管道保护管理和技术类研究文章。如管

道完整性管理，人员密集型高后果区辨识与管理，第三方施工、违法占压、打孔盗油、地质灾害、杂散电流干扰等外部风险防范和隐患治理，管道腐蚀防护与智能监测检测技术，应急维抢修技术等。

征文作品不拘一格，形式多样，要求以问题为导向，紧密结合生产和管理实际，观点明确，主题突出，逻辑清晰，言简意赅，杜绝抄袭。管理和技术类稿件篇幅在3000~4000字左右；心得体会类稿件篇幅在1500~2000字左右；图片类稿件反映管道建设、运行保护、政企合作、应急演练、普法宣传等场景，要求真实不摆拍、JPG/PNG格式、原图清晰，附简要文字说明。来稿请注明作者姓名、单位、简介、联系方式、通信地址及邮政编码。

获奖作品将从本次征文活动和《管道安全保护》2025年至今已发表的部分文章中选出。截稿日期为2026年11月1日，评选结果将于2027年1月公布。

为了保证这次活动公平性和合规性，将邀请有关专家依法依规、公正独立地开展评选工作。

投稿邮箱：guandaobaohu@163.com。

联系人：邓治超 18189571005（同微信）

衷心期待您的大作！

“管道安全保护杯”有奖征文评选活动办公室

2026年9月10日



管道安全保护
微信公众号