

# 市燃气管线工程施工风险管理模式优化研究

周玮

重庆中梁山渝能燃气有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i11.5001

**[摘要]** 城市燃气管线是城市基础设施核心组成,施工过程受地质、技术、人员等多重因素影响,风险隐患突出。传统风险管理模式存在评估粗放、管控滞后、协同不足等问题,难以适配复杂施工场景需求。本文结合现有研究成果与工程实践,识别施工核心风险,剖析传统模式短板,从风险识别、评估、管控、协同四个维度,提出针对性优化策略,搭配实操方法与案例支撑,为提升城市燃气管线施工风险管理水平提供落地参考,助力工程安全、高效推进。

**[关键词]** 城市燃气管线; 施工风险管理; 模式优化; 风险管控; 协同机制

中图分类号: TU996.6+2 文献标识码: A

## Research on optimizing the construction risk management model for municipal gas pipeline projects

Wei Zhou

Chongqing Zhongliangshan Yueneng Gas Co., Ltd

**[Abstract]** Urban gas pipelines constitute the core of urban infrastructure. The construction process is influenced by multiple factors such as geology, technology, and personnel, posing prominent risks and hidden dangers. Traditional risk management models suffer from issues such as extensive assessment, lagging control, and insufficient collaboration, making them difficult to adapt to the needs of complex construction scenarios. This paper combines existing research findings and engineering practices to identify core construction risks, analyze the shortcomings of traditional models, and proposes targeted optimization strategies from four dimensions: risk identification, assessment, control, and collaboration. Accompanied by practical methods and case studies, this paper provides a practical reference for enhancing the level of risk management in urban gas pipeline construction, thereby facilitating the safe and efficient advancement of the project.

**[Key words]** urban gas pipeline; construction risk management; mode optimization; risk control; collaboration mechanism

### 引言

随着城市化进程加快,城市燃气管线覆盖范围持续扩大,截至2022年,我国长输天然气管道总里程已达11.8万km。燃气管线施工环境复杂、技术要求高,且燃气易燃易爆特性,使得施工过程中各类风险极易引发安全事故,威胁公共安全与工程效益。当前传统风险管理多依赖经验,缺乏系统科学的管控体系,优化现有风险管理模式,破解施工风险管控痛点,成为推动城市燃气事业高质量发展的关键。

### 1 城市燃气管线工程施工核心风险识别

#### 1.1 环境维度风险

多数施工区域地处城市核心地段,地面车流人流密集、周边楼宇鳞次栉比,地下更是管线密布,不少老旧管线连完整竣工资料都缺失,给前期勘察工作带来极大阻碍<sup>[1]</sup>。地质条件本身就难

以预判,软土地层容易让沟槽边坡出现失稳问题,地下水位的波动不仅会干扰焊接质量,严重时还会让已铺设的管道发生上浮。施工产生的噪音和扬尘,还常常引发周边居民不满投诉,间接拖慢施工进度。

#### 1.2 技术与设备风险

施工技术选用如果和现场地质条件不匹配,很容易引发连锁风险,卵石层中使用非开挖技术,其导向精度会大幅下滑,进而导致管线铺设轨迹偏离预设路线。特种设备操作有着严格标准,焊接设备参数设置不合理、吊装设备日常维护不到位,都会造成焊缝存在缺陷、管道发生变形等问题,新型管材投入使用时,施工工艺与材料本身特性适配不好,同样会留下安全隐患。

#### 1.3 人员与管理风险

现场作业人员的技术水平差距很大，部分焊工没有取得相应特种作业资质就上岗操作，不规范的操作很容易造成焊接缺陷；监理人员要是不严格执行验收标准，整个质量控制流程就会形同虚设。管理上的漏洞更突出，分包商管理松散、安全责任划分不清晰、应急响应不及时，再加上跨部门配合不畅，都会让施工风险进一步放大，甚至引发安全事故。

## 2 城市燃气管线工程传统风险管理模式的短板

### 2.1 风险识别不全面，缺乏动态更新机制

传统的风险识别，大多依靠工作人员现场巡查和过往积累的经验，没有形成系统的识别思路，像地下管线冲突、燃气泄漏累积这类隐蔽性较强的风险，往往很难被及时发现。而且风险识别大多只在施工前进行，没有建立动态更新的机制，施工过程中地质条件改变、工艺调整等带来的新风险，无法及时纳入管控范围，形成风险管控盲区。有些项目虽然引入了地质雷达探测技术，但受历史资料缺失、探测存在盲区等影响，误挖既有管线的情况仍有发生。

### 2.2 风险评估粗放，定量分析不足

传统风险评估多以定性描述为主，缺乏精准的定量分析模型，风险等级划分全靠经验判断，根本无法量化风险发生的概率以及可能造成的影响程度。就拿化学品泄漏风险来说，没有结合理想气体状态方程等相关理论进行精准演算，仅靠经验判断爆炸风险，预判的精准度自然大幅下降。除此之外，评估方法也比较单一，没有结合多种评估工具，导致评估结果缺乏科学性，无法为风险管控提供精准支撑。

### 2.3 管控措施针对性差，协同管控不足

传统的风险管控措施，大多是通用性的要求，没有结合不同风险类型、不同施工场景，制定针对性的管控方案。比如选择防腐材料时，没有充分考虑施工区域的化学腐蚀介质，导致管道长期运行后容易出现腐蚀失效的问题。同时，建设、施工、监理、设计等多方主体之间，缺乏有效的协同配合，安全责任划分模糊，出现问题就相互推诿，设计与施工脱节、施工与运维脱节的现象十分普遍，难以形成风险管控的合力。

## 3 城市燃气管线工程施工风险管理模式优化策略

### 3.1 优化风险识别体系，建立动态更新机制

工作-风险分解结构(WBS-RBS)是风险识别中较为成熟的一种识别方法，应用范围较为广泛。其优点在于可针对城市燃气管线工程施工特点，逐级分解工作模块及风险单元。WBS指从项目实际情况出发，根据工程流程情况，从整体视角将工作逐步分解为彼此独立执行的作业单元。RBS指将工程施工过程中可能涉及的风险逐层依次分解，从而得到不同风险类型的子风险。WBS与RBS耦合，将WBS中的子模块作为矩阵行向量，将RBS中的子风险作为矩阵列向量，构建WBS-RBS风险识别矩阵。

结合WBS-RBS方法，将施工工作逐级分解为作业单元，同时将风险分解为环境、技术、人员、管理等子风险，构建WBS-RBS风险识别矩阵，实现风险的全面覆盖。施工前，综合运用三维地质雷达、高密度电阻率法及钻孔取样等技术，对管线路径进行米

级精度的地层解析，重点排查地下管线冲突、地质隐患等问题。

风险动态更新机制的建立至关重要，施工全过程都要布设光纤传感器、燃气浓度检测仪等设备，实时监测管道应变、气体浓度等相关数据，及时捕捉施工中出现的各类新风险<sup>[2]</sup>。结合过往事故案例和当前施工进度，定期更新风险清单，明确风险等级和管控优先级，确保风险识别没有任何盲区。穿越生态敏感区时，就需布设水质传感器、土壤湿度监测仪等设备，实时跟踪施工对周边生态的影响，及时识别各类环境风险。

### 3.2 完善风险评估模型，实现定性与定量结合

将多种评估方法整合起来，搭建“定性+定量”的综合评估体系，定性评估采用专家经验法与安全检查表法，组建涵盖地质勘察、管道工程、安全管理等领域的专家团队，通过头脑风暴梳理典型风险场景，按施工阶段设计模块化检查表，逐一对风险进行核验排查。定量评估引入FMEA方法，结合风险严重程度(SEV)、潜在失效影响发生频率(OCC)和探测能力(DET)，计算风险优先数(RPN=SEV×OCC×DET)，以此量化风险等级。

把BIM技术与CFD软件结合起来，构建三维风险评估模型，模拟天然气泄漏后的扩散过程、管道应力变化等各类场景，精准预判风险的影响范围和严重程度。同时引入动态评估机制，一旦监测数据超出预设阈值，就自动触发风险重评估，结合当前施工工序更新风险等级，为管控措施的调整提供科学可靠的依据。表1为某城市城市燃气管线工程施工风险评估情况。

表1 城市燃气管线工程施工风险评估示例表

风险类型	风险描述	SEV(1-10分)	OCC(1-10分)	DET(1-10分)	RPN值	风险等级
技术风险	焊接质量不达标	8	7	3	168	高风险
环境风险	地下管线冲突	9	6	2	108	中高风险
人员风险	无证人员操作特种设备	7	5	4	140	高风险
管理风险	分包商管理缺失	8	6	3	144	高风险
环境风险	地下水水位上升	6	4	5	120	中风险

注：表格数据基于FMEA评估方法，结合专家评分标准及工程实践数据整理得出，RPN值≥150为极高风险，120-149为高风险，80-119为中风险，<80为低风险。

### 3.3 强化针对性管控措施，提升风险处置能力

结合不同风险类型、不同风险等级，制定差异化的管控措施，确保每一项管控工作都能精准落地<sup>[3]</sup>。技术层面要优化施工工艺选择，针对不同地质条件明确工艺边界，流沙地层采用冻结法施工时，要细化制冷管间距等核心参数；引入焊接机器人、CCTV检测等设备提升施工质量和检测精度，焊接完成后立即开展超声波探伤，及时发现各类焊缝缺陷。

设备与材料管控上，建立设备全生命周期管理体系，对焊接设备、吊装设备等实行“一机一档”管理，定期开展维护保养和精度校准工作；材料采购、存储、施工的全过程都要严格把关，监理单位、施工单位及供货方共同核对材料规格和质量，杜绝不合格材料投入使用，存储过程中做好防腐、防晒措施，防止材料老化变质。

人员管控实行分级分类培训模式,公司层面重点开展法律法规与安全管理知识培训,项目部结合施工实际特点开展专项技术培训,班组则以班前讲话的形式,讲解当日作业的安全要点;严格执行特种作业人员资质审核制度,建立特种作业人员专属档案,定期开展资质复审,作业前进行理论与实操双重考核,考核合格后方可上岗作业<sup>[4]</sup>。

应急管控方面,编制情景导向的应急预案库,针对燃气泄漏、基坑坍塌等典型事故,制定差异化的处置流程,明确应急组织机构和各岗位职责;建立应急资源动态调度模型,将移动式气体检测仪、防爆通风设备等关键应急资源,预置于高风险作业区500m范围内;定期组织应急演练,提升全员应急处置能力,确保事故发生后能够快速响应、有效处置,降低事故损失。

### 3.4 构建多方协同机制,形成管控合力

搭建涵盖建设、施工、监理、设计、运维等多方主体的协同管控平台,整合各方数据流,实现施工全流程的无缝衔接。设计阶段主动邀请施工、运维单位参与方案讨论,结合施工实际需求和后期运维便利,优化设计方案,预留专门的运维通道和检修空间;施工阶段设计单位安排专人驻场,及时解决施工中出现的 design 问题,避免因设计偏差导致工期延误。

明确各方主体的安全责任,在施工合同中明确分包商的安全管理要求,建立安全生产信用体系和惩戒制度,对违规施工、安全管理不到位的分包商,采取停工整顿、经济处罚乃至清退等措施。加强与城市规划部门、材料供应商的沟通协调,管道走向、场站布局等关键内容,经规划部门审批同意后再启动施工,详细了解新型管材、设备的性能和价格,合理选择适配工程需求的材料和设备。

借助BIM技术构建可视化协同管理模型,实现地下管线碰撞检测、施工进度模拟和资源调配优化,减少界面管理中的各类漏洞;每周定期召开安全协调会,汇总各方风险控制情况,形成会议纪要并跟踪落实,确保各方信息畅通、协同发力<sup>[5]</sup>。整合WBS-RBS风险识别、FMEA评估、多方协同的核心思路,优化风险

管理模式,实现风险识别、评估、管控、优化的持续迭代升级。

## 4 结束语

城市燃气管线工程施工风险管理,直接关系到工程安全、造价控制和效益提升,是工程管理的核心环节,传统风险管理模式早已无法适配复杂施工场景的实际需求。本文先识别施工核心风险,再深入剖析传统模式的各类短板,从风险识别、评估、管控、协同四个维度提出优化策略,构建起全流程、多维度的风险管理优化模式,保障策略能够落地执行。这套优化模式结合现有工程实践和先进技术方法,有效解决了传统模式中风险识别不全面、评估不精准、管控不到位、协同不足等突出问题,可为城市燃气管线施工风险管理提供实用参考。未来要紧跟行业技术发展步伐,持续优化风险管理模式,推动BIM、大数据等技术深度应用,实现风险的主动防控和精准管控,助力城市燃气事业安全、可持续发展。

## [参考文献]

- [1]谢缤华.城市燃气管线工程施工风险管理方法探究[J].建材发展导向,2025,23(21):82-84.
- [2]郭海桥.燃气管网改造施工中的安全风险控制分析[C]//中国土木工程学会燃气与供热分会,《煤气与热力》杂志社有限公司.2025燃气运营与安全研讨会(第十四届)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(下).修武中裕燃气发展有限公司,2025:499-506.
- [3]高勇.城市燃气管线工程施工风险管理模式优化[J].化工管理,2025,(22):117-120.
- [4]郑颖莉,苗蕴慧.基于WBS-RBS的城市燃气管线工程施工风险管理研究[J].项目管理技术,2024,22(06):107-112.
- [5]王士铭.基于BIM技术的燃气管线工程项目安全风险研究[D].天津大学,2022.

## 作者简介:

周玮(1983-),男,汉族,四川省岳池县人,本科,工程师,研究方向:管网管理。