

城燃地面建设施工安全保障策略研究

许兴文

莱芜中石油昆仑燃气有限公司 山东省济南市 271104

DOI: 10.32629/ems.v8i9.22120

[摘 要] 城镇燃气地面建设作为城市生命线基础设施，施工过程涵盖管线敷设、场站设备安装、非开挖穿越、动火等多类高风险作业，受城市建成区复杂地下环境、气候条件、多专业交叉作业影响，各类安全隐患较为突出。本文梳理城燃地面建设施工主要风险类型，分析风险产生的内在诱因，提出适配城燃地面建设的安全保障实施策略，助力降低施工阶段事故发生率，提升城镇燃气工程建设整体安全水平。

[关键词] 城镇燃气；地面建设；施工安全；风险辨识；安全保障

引言

城镇化持续推进背景下，国内城镇燃气管网规模不断扩张，老旧管网更新改造、新建场站、道路管线迁改等地面建设项目数量持续增长。据行业统计数据，国内近五年城镇燃气施工事故当中，沟槽坍塌、动火爆炸、第三方管线破坏三类事故占施工总事故的 72.6%。城燃地面建设大多处于人口密集城区，施工点位分散，地下管线交织，作业过程涉及土方开挖、管道焊接、动火作业、顶管定向钻非开挖施工、设备吊装调试等工序，介质具备易燃易爆属性，一旦管控不到位，极易出现燃气泄漏、火灾爆炸、沟槽坍塌、机械伤害等事故，对周边群众生命财产安全和城市正常运行造成冲击。为有效化解城燃地面建设施工各类安全隐患，落实从前期准备到竣工验收各环节安全管控要求，实现风险早识别、早处置，从源头降低安全事故发生概率。

1. 城燃地面建设施工主要风险及成因分析

1.1 物质与设备风险

管材、阀门、调压器等进场物资质量不达标是重要风险源。部分进场材料缺少完整合格证、型式试验报告，关键安全部件未核验特种设备相关证书，未按规范开展抽样复检，存在管材壁厚不足、密封件老化缺陷，投入施工后容易留下泄漏隐患。

施工机具设备方面，焊机、起重机、探测仪器等设备未定期校验维护，起重设备力矩限位失效，焊接设备接地电阻超标，气体检测仪器未提前校准，会造成检测数据失真，直接放大现场作业风险。

1.2 作业工艺风险

焊接作业风险：焊工资质与施焊材质不匹配，焊接工艺评定缺失，焊接热输入控制不当，焊缝产生裂纹、夹渣、未熔合缺陷，后期发生介质泄漏。PE 管道热熔、电熔连接时加

热温度、冷却时间控制偏差，接口熔合质量不达标。

沟槽开挖作业风险：地质勘察深度不足，边坡支护方案不符合土质条件，沟槽放坡不足，基坑积水未及时排除，诱发沟槽坍塌，威胁作业人员人身安全。

非开挖穿越作业风险：顶管、水平定向钻施工，轨迹控制偏差，泥浆配比不合理，出现地面沉降，同时存在钻破既有在役管线的风险。

动火、受限空间作业风险：作业前气体检测不充分，未做好有效隔离，周边易燃易爆介质没有彻底清理，监护人员履职缺位，容易触发火灾爆炸事故。隐蔽工程如焊口、防腐层，覆土覆盖之前未完成检查检测，缺陷被掩埋，投运之后排查整改难度极大。

1.3 外部环境条件风险

城区地下空间复杂，供水、电力、通信管线交错，原有档案资料缺失，勘察探测不彻底，开挖施工极易损伤既有管线设施。自然环境层面，低温雨雪大风天气，会降低焊接质量，设备启动困难，人员容易发生冻伤滑倒；雨季土体含水率上升，基坑边坡稳定性下降，增大坍塌风险。在老旧小区、道路主干道开展施工，周边人员车辆流动量大，外来无关人员闯入作业区域，也会带来不可控的外部风险。

1.4 组织管理风险

管理层面问题是诸多安全事故的深层次诱因。部分项目安全技术交底流于纸面，交底内容笼统，没有结合本项目地质、管线实际情况，一线作业人员对岗位风险认知不足；分包单位管理薄弱，总包单位对分包队伍安全监督力度不足；高危作业许可制度执行不严，审批流程简化，作业过程管控缺位；安全检查停留在表面，隐患发现之后整改跟踪不到位；应急预案照搬通用模板，没有结合本项目工况，物资储备不足，演练流于形式，事故发生后处置能力不足。

表 1 城燃地面建设施工风险统计分析表

风险大类	典型风险事件	主要诱发原因	潜在危害后果	风险等级
物资设备风险	管材阀门质量缺陷，检测仪器失效	进场验收不严，设备未校验	后期燃气介质泄漏	中等
作业工艺风险	焊接缺陷、沟槽坍塌、动火爆炸	工艺管控不严，专项方案落实差	人员伤亡、管线破坏	高
作业工艺风险	顶管定向钻破坏既有管线	前期探测不足，轨迹管控偏差	第三方管线泄漏、大面积停供	高
环境条件风险	地下管线交叉冲突，恶劣天气影响施工	勘察资料不全，未结合气象调整施工计划	管线破损、基坑失稳	中等
组织管理风险	交底不到位，高危作业监护缺失	管理制度执行弱化，人员培训不足	各类事故连锁发生	高

2. 城燃地面建设施工全流程安全保障策略

2.1 勘察设计阶段安全源头管控

勘察设计是安全管控的第一道关口，很多后期施工现场的隐患根源来自勘察设计阶段的疏漏。

首先强化现场勘察工作。综合使用探地雷达、管线探测仪完成施工区域地下管线摸排，对复杂地段采用探地雷达结合静力触探开展加密勘察，查清地质条件、地下既有管线的位置和埋深，建立地下管网三维模型，开展碰撞校验，识别新建管线和既有管线空间冲突，在设计阶段完成管线避让调

整，不能把冲突遗留到施工现场处理。地质条件较差的软土、暗塘区域，设计文件中应明确地基处理方案，给出沟槽开挖边坡、支护结构的技术参数。

其次严格开展设计图纸审查。审查重点包含管线埋深、与建构筑物安全间距、穿跨越方案、场站防火间距、非开挖施工技术参数。对于穿越铁路、高速公路、河道等重要地段，必须编制专项设计，必要时组织外部专家开展方案论证。设计文件中完整标注防腐、阴极保护、警示带设置、套管保护等安全技术要求，给后续施工提供明确技术依据。

表 2 勘察设计阶段重点核查项目表

核查类别	核查项目	核查要求
地质勘察	土层分布、地下水位、不良地质体	软土、暗塘、液化土层必须标注位置范围，给出处理建议
地下管线探测	既有管线埋深、材质、坐标	新旧管线垂直净距满足规范，冲突点提前避让
管线设计参数	埋深、安全间距、套管设置	车行道埋深≥0.9m，人行道≥0.6m，穿越道路增设套管
专项工程	顶管、定向钻、场站工艺	穿跨越工程编制专项设计，高风险工程组织专家论证

2.2 物资设备进场安全质量管控

严格落实材料设备进场验收流程，管材、管件、阀门、调压设备进场，核查产品合格证、检验报告，特种设备部件核对制造许可、监督检验证书，建立物资可追溯台账，记录批次、进场时间、使用位置。按照规范要求开展现场抽样复检，PE 管材检测熔体流动速率、密度；钢管核查力学性能与防腐层指标；阀门开展压力与密封性能试验，装配式预制燃气管道连接件按照 GB/T 45344- 2025 标准开展气密性、强度专项测试。

做好材料分类存放，PE 管材避免阳光暴晒高温环境，橡胶密封件阴凉干燥存放，落实先进先出，防止长期存放材料性能劣化。施工机具执行进场校验制度，起重机、焊机、气体检测仪等设备进场时检查校验记录，安全保护装置失效设备禁止投入使用。

2.3 施工现场作业安全过程管控

2.3.1 普通管线施工作业管控

沟槽开挖前再次复核地下管线位置，必要时采取人工开挖确认。根据土质、开挖深度确定放坡与支护形式，基坑设置排水措施，实时观察边坡位移，出现裂缝、滑移征兆立即停止作业撤离人员。管道焊接作业，焊工持证上岗，焊工资

质匹配施焊材质，落实焊接工艺评定，焊口设置唯一标识，按规范比例开展 RT/UT 无损检测。PE 管热熔电熔连接严格控制温度、时间、压力参数，禁止雨天露天开展 PE 热熔作业。管道敷设埋深满足规范，车行道埋深不小于 0.9m，人行道不小于 0.6m，管顶上方敷设警示带。钢质管道防腐施工控制环境温湿度，防腐补口做好表面处理，完工后开展电火花检漏检查防腐层完整性。

隐蔽工程严格执行检查确认制度，沟槽回填覆土之前，由监理、建设单位现场检查，留存影像记录，未验收合格不得开展下道工序施工。

2.3.2 非开挖穿跨越施工管控

顶管、水平定向钻施工，编制专项施工方案，高风险地段组织专家论证。施工前期完成地质复核和地下管线精细探测。施工过程实时监测管道姿态、顶进力、泥浆参数，控制泥浆比重、黏度，维持开挖面土体稳定，做好地面沉降监测。完成穿越作业之后，对管道焊缝、防腐层开展全面检测，完成压力试验合格方可结束该段施工。

2.3.3 高危特殊作业管控

动火、受限空间属于城燃地面建设最高风险作业，严格执行作业许可审批制度，作业许可没有审批完成不得开工。

动火作业，清理作业半径内易燃易爆物品，作业前后持续开展可燃气体检测，配备灭火器材，安排专职看火监护人。受限空间作业，落实通风置换，持续检测氧含量、有毒有害、可燃气体浓度，配备外部监护人员，明确应急撤离通道。作业过程一旦检测指标异常，立即停止作业，人员撤出危险区域，排查隐患之后方可重新作业。

场站工艺安装，设备基础满足强度精度要求，设备吊装验算吊具载荷，法兰连接控制螺栓拧紧力矩，仪表接线规范，预留检修操作空间。

2.4 检测验收阶段安全把关

压力试验是验证管道系统整体强度与严密性的关键环节，严格执行先强度试验、后严密性试验流程，优先选用水压试验，气压试验必须编制专项安全方案。升压分段进行，设置高点排气，选用校验合格压力表，完整记录稳压过程压力变化，降压指标满足规范才算合格。试验完成后做好管道干燥、介质置换工作，避免积水、空气残留，为后期投运消除隐患。

竣工验收阶段，除实体质量检查之外，同步核查全部施工档案，包括材料复检报告、焊接检测报告、防腐检测记录、隐蔽工程影像资料、压力试验记录。资料不全或者实体检测存在缺陷，必须完成整改复验，不允许带隐患移交。

2.5 应急管理保障措施

结合本项目施工内容编制针对性应急预案，涵盖沟槽坍塌、燃气泄漏、火灾爆炸、人员伤亡等场景，明确报警流程、警戒范围、人员疏散、抢险处置、物资调用流程，杜绝直接照搬通用模板。

施工现场按需配齐应急物资，干粉灭火器、灭火毯、可燃气体检测仪、正压式空气呼吸器、堵漏工具、急救物资、警戒带等，建立台账定期检查维护，确保物资完好可用。

定期组织实战化应急演练，不局限于桌面推演，开展无脚本实战演练，演练结束后开展复盘，找出预案、物资、人员处置存在的短板，对应急预案持续优化完善。同时和属地消防、应急管理部门建立沟通联动渠道，发生重大险情可以快速获取外部救援力量支持。

3. 当前安全保障实施存在的共性问题与优化建议

分包队伍安全管理薄弱，总包单位把施工任务分包之后，对分包人员、现场作业监督力度不足，安全责任传导出现衰减。

标准规范之间存在差异，不同规范部分技术指标不一致，现场执行容易出现尺度把握不准的情况。

在新技术如装配式预制燃气管道推广过程中，配套现场安全管控细则有待完善。

针对上述问题提出优化建议：

1) 强化总包对分包单位的管理，落实总包统一安全管理责任，分包队伍进场人员全部纳入项目统一培训、交底、检查体系，不能以包代管，把安全绩效纳入分包单位考核评价。

2) 项目开工前组织技术人员梳理本项目适用全部规范标准，明确各个工序执行指标，消除不同规范条文差异带来执行混乱，遇到标准不明确的新技术，参考最新发布国家标准 GB/T 45344-2025，结合专家论证确定现场管控要求。

3) 推进数字化工具深度落地，不局限于资料存档，把传感器监测、移动巡检数据用于风险预警，将 BIM 模型和现场施工进度结合，实现风险动态识别。

4) 建立项目安全复盘机制，每个项目完工后梳理本项目出现过的隐患，总结经验教训，形成案例库，用于后续项目培训交底，实现管理经验持续沉淀。

结语

城镇燃气地面建设施工安全保障是贯穿勘察设计、物资进场、现场作业、检测验收全流程的系统工作，风险来源涵盖物质设备、工艺作业、外部环境、组织管理等多个方面。泄漏事故还会形成风险链，局部隐患可以逐级放大成为重大公共安全事件。想要做好城镇燃地面建设施工安全保障，需要坚持源头预防优先，落实勘察设计源头风险消减，严格把控物资设备质量。在工程实践中，要避免安全管理流于纸面制度，把各项保障措施落实到每一道工序、每一次作业当中，还需要持续完善适配新技术的安全管控细则，不断提升城镇燃地面建设安全管理水平，守护城市燃气基础设施建设阶段公共安全。

[参考文献]

- [1] 郝兆龙. 燃气工程施工质量控制要点及常见问题解决方案[J]. 石油石化物资采购, 2026, (5): 163-165.
- [2] 徐婷婷, 王晨颖. 燃气管道第三方破坏防控技术及管理体系构建[J]. 石油石化物资采购, 2026, (4): 97-99.
- [3] 孙智伟, 田振兴. 建设管理视角下城镇燃气管道施工质量控制研究[J]. 奥秘, 2026, (14): 184-186.
- [4] 张文强. 加强城镇燃气工程施工现场安全管理的对策探究[J]. 工程建设与设计, 2022, (9): 243-245.
- [5] 吴得江. 城镇燃气工程施工现场安全管理的对策探究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(13): 56-58.