

关于城镇燃气管道工程建设及其设备安全管理分析

赵子康 (南京溧水中石油昆仑燃气有限公司, 江苏 南京 211224)

摘要: 本文通过某城际铁路配套燃气管道迁改工程实例, 对城镇燃气管道工程建设中的关键技术、设备安全管理工作策略进行研究。主要分析了复杂环境下顶管施工参数设计、竖井构筑、管道安装和防腐等技术环节的操作要点和质量控制。同时对燃气管道系统运行中存在的泄漏风险、维护缺失等主要安全隐患及其产生原因进行分析, 针对性提出全过程泄漏防控、设备全生命周期精细化管理以及信息化智能监控的综合优化措施。工程实践证明, 采取上述集成化管理及技术手段, 可以提高管道施工质量并改善其长期运行的安全可靠, 给类似市政燃气工程的建设与安全管理给予了有益的参照。

关键词: 城镇燃气管道; 燃气管道工程建设; 设备安全管理

中图分类号: TU996 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 002-0148-03

Analysis on the Safety Management of Urban Gas Pipeline Engineering Construction and Its Equipment

Zhao Zikang (Nanjing Lishui Sinopec Kunlun Gas Co., Ltd., Nanjing Jiangsu 211224, China)

Abstract: Based on a case study of a gas pipeline relocation project for an intercity railway, this paper investigates key technologies and equipment safety management strategies in urban gas pipeline construction. It primarily analyzes operational essentials and quality control in technical aspects such as jacking parameter design, shaft construction, pipeline installation, and anti-corrosion measures under complex environmental conditions. Additionally, it examines major safety hazards—such as leakage risks and maintenance deficiencies—in gas pipeline system operations, identifying their root causes. Targeted comprehensive optimization measures are proposed, including full-process leakage prevention, lifecycle-based equipment management, and intelligent monitoring through digitalization. Practical implementation demonstrates that adopting these integrated management and technical approaches enhances pipeline construction quality and long-term operational safety reliability, providing valuable reference for similar municipal gas pipeline construction and safety management projects.

Keywords: urban gas pipelines; gas pipeline engineering construction; equipment safety management

城镇燃气管道是现代城市能源供应安全、稳定的命脉, 城镇燃气管道工程建造质量的好坏、建成投产后设备管理成效如何, 直接关系到人民群众生命财产安全和社会经济活动的有序进行。随着城市地下空间的开发越来越密集、复杂, 燃气管道工程的建设常常会遇到穿越交通干道、避开已有管线、最小化环境影响等多方面的难题, 对施工技术和管提出了更高的要求。

1 工程概况

本文以某重点城际铁路项目的配套燃气管道迁改还建工程为依托。该工程属于铁路标段建设的关键配套工程, 为铁路主线施工腾出空间, 保证区域燃气管网在铁路建成之后能够安全地运行。工程需迁改的燃气管道总长为 200m, 其中施工条件最差、技术要求最高的路段位于城市一条交通流量极大的主干道路段。该路段既是城市交通枢纽, 其下方又分布着给排水、电力、通信等多种市政管线, 地下空间环境十分复杂。本次燃气管道工程要垂直穿过主干道和辅路, 施工过程中尽量减少对地面交通的影响, 严格保护周边已有地下管线的安全。

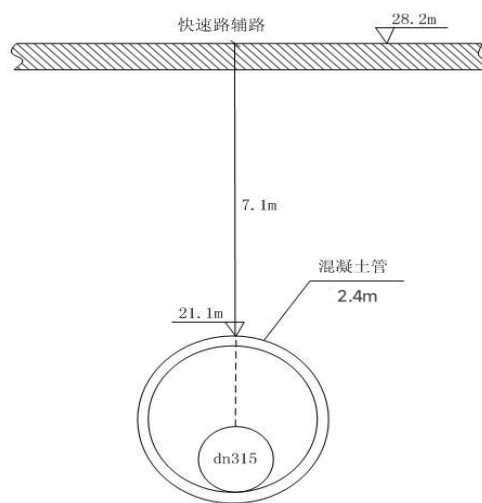


图1 顶管立面示意

工程用顶管法施工, 顶进段总长为 130m, 燃气管线对应桩号范围为 0+6.5 到 0+135.5。设计方案是以先行顶入外径 2.4m 的钢筋混凝土套管作为保护性通道, 在套管内径中穿设 dn315 的聚乙烯 (PE) 燃气管道。根据现场条件, 顶进工作竖井设置在主干道和一条支

路交叉口的一侧，距辅路排水沟约 8m；接收竖井设在主干道的另一侧，距辅路排水沟约 10m；此布局既保证施工操作的便利又兼顾公共安全防护。顶管立面设计图（图 1 所示）表明管道埋深是经过精算后确定下来的，同时考虑到了道路结构荷载、地下水位和其他管线之间的空间关系。快速路辅路下管道覆土深度达 7.1m，更深的主管段埋深 21.1m，形成稳固可靠的立体敷设体系。

施工现场实行标准化封闭管理。在主要出入口内侧设置车辆冲洗槽和三级沉淀池，保证施工车辆出场干净，泥浆水经过处理达到排放标准。场地内部功能分区清晰，设有设备堆放区、管材存放区、泥浆配制区、施工人员生活区等，保证了作业流程的有序、高效。根据工程地质条件（主要为粉质黏土、砂土层）、顶进距离、作业空间等条件，项目采用 TG2400 型顶管机作为主要施工机械。施工中遇到的主要问题有顶进竖井靠近已有排水管，最近处距离只有 8m，必须严格控制施工造成地层的扰动和沉降，保护周围管线；同时作为输送危险介质的压力管道，自身结构的密封性、接口的可靠性、外防腐的质量必须达到最高标准，设计要求管道接口承受 0.6MPa 的强度试验压力，无渗漏，防腐层平均厚度不小于 3mm，杜绝投产后发生燃气泄漏的隐患。

2 城镇燃气管道工程建设关键技术

2.1 顶管施工参数设计

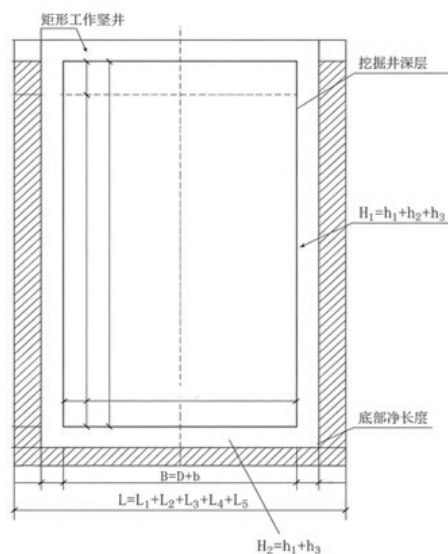


图 2 尺寸示意图

科学合理的设计施工参数是顶管工程成功的关键所在，施工参数的好坏直接影响到施工效率、工程造价、周边环境的安全。核心参数要根据管道结构尺寸、具体的地质勘察报告、所选顶管机的性能特点来综合计算确定。

工作竖井尺寸的设计很重要。矩形工作竖井的底部净宽度 B 按公式 $B=D+b$ 计算， D 为拟顶进的钢筋混凝土管道外直径， b 为供人员操作和安置设备所必需的宽度。竖井底部总长度 L 为各个分段长度之和，即 $L=L_1$ （顶管机安装、导轨铺设长度）+ L_2 （单节预制管节长度）+ L_3 （土方临时堆放、出土作业区长度）+ L_4 （顶进千斤顶组长度）+ L_5 （后座反力墙结构长度）。竖井的挖掘深度 H_1 由 h_1 、 h_2 、 h_3 三部分组成， h_1 是地面到管道底部外缘的设计标高差， h_2 是管道底部到井内导轨顶面的安装调整空间， h_3 是井底混凝土垫层或基础的结构厚度。接收井深度 H_2 的计算比较简单，主要是 h_1 和 h_3 的和。如图 2 所示。

顶进时注浆减阻工艺参数要控制准确。为了减小管节外壁与周围土体之间的摩擦阻力，保护土体结构，在管节外壁与土体之间注入减摩泥浆。单节管道的理论注浆量 Q 可以用公式 $Q=\pi \times (D_g^2 - D^2) \times L/4$ 来估算，式中 D_g 为顶管机外径， D 为混凝土管外径， L 为单节管长。根据地质变化实时调节注浆压力和流量，是保证顶进顺畅、控制地面沉降的关键技术环节。

2.2 顶管竖井施工工艺

竖井是顶管设备的始发和接收空间，也是竖井自身结构稳定的前提。本工程竖井采用逆作法施工，遵循先支撑后开挖的原则，主要工艺流程为：测量放线定位→施工锁口圈梁→分层分段开挖支护。首先进行锁口圈梁施工，圈梁现场浇筑混凝土起定位、稳定井口作用。开挖前用人工探挖的方式准确查明井口周围地下管线的分布，防止机械开挖造成破坏。圈梁钢筋绑扎时应预留出与后续井壁竖向钢筋连接的短筋，保证结构的整体性。待圈梁混凝土强度达到设计值的 75% 以上时，方可进行下部井身的开挖与支护。

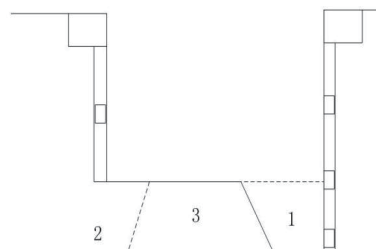


图 3 竖井分部挖土顺序断面示意

井身土方开挖采用分块、对称、跳跃式的方式进行（其顺序示意图见图 3）。如图 3 所示，第一步先开挖对角线上的两个编号为 1 的区域土方，及时架设第一层型钢支撑、焊接连接筋、铺设钢筋网片，然后喷射混凝土形成初始支护。第二步开挖编号为 2 的长边对角区域，立即对该段进行支撑喷锚支护。第三步最后开挖中间编号为 3 的剩余核心土方。分步开挖法可控制井壁土体暴露时间、面积，利用土体自身时空

效应,配合及时的钢支撑、喷射混凝土联合支护体系,保证竖井施工全过程结构稳定、作业安全。

2.3 顶管机头进洞与顶进施工

机头能否安全、准确地进入预留洞口并开始正常顶进,是顶管施工的第一个节点。在完成洞口土体加固(一般采用注浆或者旋喷桩等方法),并达到设计强度后,施工人员使用小型风镐人工破除洞口处的钢筋混凝土封门。破除后,要检查洞口外土体的稳定性和加固效果,确认无误后,再切除洞口处井壁钢筋网,人工向前挖约0.5m,为顶管机刀盘进入土体创造初始导洞。正式顶进使用的是土压平衡式顶管工艺。整个顶进系统包括工作井内导向轨道、大推力主顶油缸组、激光指向仪、后靠背、顶铁、混凝土管节、管节间防水密封装置等。激光指向仪把设计轴线投射到机头内部靶标上,操作员可以实时观测机头的姿态(左右偏差和工程偏差),通过调节各个分区油缸推进速度进行纠偏,保证管道沿着设计轴线精准前行。顶进时需根据激光测量反馈数据及出土情况,实时调节顶进参数。

2.4 管道安装与防腐技术

顶管套管完成后,里面的燃气管道安装是保证介质安全输送的直接环节。安装前需要对所有的PE管材、管件做严格的外观检查及尺寸核对,保证无划伤、凹陷、杂质等缺陷。PE管道采用热熔对接焊机焊接,加热板温度、对接压力、吸热时间、冷却时间均要控制。操作人员必须持证上岗,按设备操作规程、焊接工艺参数进行操作,焊口冷却后进行外观检查(翻边是否均匀对称),做好焊接记录。燃气管道的外防腐属于抵抗土壤腐蚀,延长使用寿命的措施。本工程防腐蚀采用三层PE防腐涂层加牺牲阳极法阴极保护。管道在敷设前已经完成了工厂预制防腐,现场施工的重点就是保护防腐层在运输、吊装、下管的过程中不受到损坏。如有破损,必须按照标准用专用修补材料和工艺进行修补。工程结束后对防腐层做电火花检漏及厚度抽测,平均厚度为3.5mm,最小厚度不小于3mm,符合规范要求。

3 城镇燃气管道设备安全管理优化对策

3.1 强化燃气泄漏防控

防控燃气泄漏是安全管理工作的主要内容。技术上在关键节点加装高性能过滤器,用压差变送器随时跟踪滤芯情况,超限值就清洗或更换,规范管道连接工艺,选用好密封件,留出检修地方。管理上实行严格的巡线制度,对穿跨越段、老旧管网等高风险区域增加巡检频次,采用激光甲烷检测仪提高检测精度。

3.2 优化管道设计与安装

管道安全不能离开科学的设计和规范的安装。设

计阶段就要考虑地质、温度应力等因数,高层建筑立管设置补偿装置来吸收热胀冷缩,支撑体系经过力学计算保证稳固。安装时严格管材入场检验,关键工序持证上岗,接口完成后按规范试压;下沟回填时做好防腐层保护,保证回填土的密实度,防止后期沉降影响。

3.3 加强泄漏检测技术应用

推广现代检测技术对提高安全管理工作水平有着十分重要的意义。除常规的人工巡检外,用便携式可燃气体检测仪定位泄漏,在高风险管段试运行分布式光纤传感系统,异常实时监测,早期预警。对城市主干管网,尝试使用智能内检测技术(PIG),利用管道内检测器来获取壁厚、腐蚀等信息,给风险评估和维修决策提供科学依据。

3.4 健全设备全生命周期管理

建立设备从采购、使用到报废的全过程档案,主要设备及重要管道建立档案,包括型号规格、安装信息、维护记录、检测数据等。按照设备的生命周期理论、制造商的建议以及运行的经验来制订预防性维护计划,确定各类设备的维护项目、周期和标准,定期对阀门、调压器、安全阀等实施保养校验,由原来的被动抢修转变为主动预防,提高设备的运行可靠性。

4 结束语

今后应当持续推动先进工艺与智能化管理技术结合运用,从规划设计到运营维护的全过程加强风险控制,健全技术标准与管理制度,使城镇燃气行业不断向着安全高效智慧化的方向前进,为城市能源动脉的长期稳定运行打下基础。

参考文献:

- [1] 米建. 关于城镇燃气管道工程建设及其设备安全管理分析[C]//中国国土经济学会,河北地质大学,2025中国国土经济学会学术年会暨太行论坛城市规划与工程技术管理分论坛论文集(一),葛洲坝石油天然气工程有限公司,2025:81-84.
- [2] 王健麟. 城镇燃气管道的工程建设及其安全管理对策研究[J]. 中国石油和化工标准与质量,2022,42(09):83-85.
- [3] 孙志莹. 城镇燃气管道工程建设及其安全管理分析[J]. 住宅与房地产,2020,(32):118-119.
- [4] 夏照亮. 城镇燃气管道的工程建设及其安全管理对策研究[J]. 建材与装饰,2020,(17):170+172.
- [5] 邱小林. 城镇燃气管道的工程建设及其安全管理对策研究[J]. 工程建设与设计,2019,(14):197-200.

作者简介:

赵子康(1989-),男,汉族,山东单县人,大学本科,工程师,研究方向:地面建设和油气储运。