

燃气工程建设中的管道安装施工分析

晁 雪 (山东港华燃气集团有限公司, 山东 济南 250000)

摘要: 市政燃气工程属于城市现代化基础设施里的核心构成部分, 它的建设质量直接和城市能源安全以及社会公共利益相关联, 管道安装施工是市政燃气工程建设里技术密集程度高、安全风险集中的关键环节。本文以市政燃气工程建设的实际背景为依据, 全面剖析管道安装施工面临的系统性与复杂性。文章详细探讨了从施工准备、管沟开挖、管道连接直至防腐处理等核心工序的关键技术要点, 还对传统开挖敷设和非开挖定向穿越等不同施工方法的适用性与技术特征做了比较分析。基于此, 论文建立了一套覆盖原材料检验、关键工序控制、系统试验以及竣工验收的全过程质量控制体系, 并且指出了以信息化、智能化为代表的技术创新在提高工程质量与管理效能方面的应用前景。

关键词: 市政燃气; 管道安装; 施工技术; 质量控制; 非开挖技术

中图分类号: TU996 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 001-0100-03

Analysis of Pipeline Installation and Construction in Gas Engineering Construction

Chao Xue (Shandong Ganghua Gas Group Co., Ltd., Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: Municipal gas engineering is a core component of modern urban infrastructure, and its construction quality is directly related to urban energy security and social public interests. Pipeline installation and construction are key links in the construction of municipal gas engineering with high technology intensity and safety risks. Based on the actual background of municipal gas engineering construction, this article comprehensively analyzes the systematicity and complexity faced by pipeline installation and construction. The article discusses in detail the key technical points of core processes such as construction preparation, trench excavation, pipeline connection, and anti-corrosion treatment. It also compares and analyzes the applicability and technical characteristics of different construction methods such as traditional excavation laying and non excavation directional crossing. Based on this, the paper establishes a full process quality control system covering raw material inspection, key process control, system testing, and completion acceptance, and points out the application prospects of technological innovation represented by informatization and intelligence in improving engineering quality and management efficiency.

Keywords: municipal gas; Pipeline installation; Construction technology; Quality Control; trenchless technology

城市燃气管网属于维系现代城市正常运转的“生命线工程”, 其安全、稳定且高效地运行是保障居民生活、推动经济社会发展的基础条件, 在整个市政燃气工程体系里, 管道安装施工环节是投资占比最大、技术要求最高的部分, 是决定工程最终质量以及未来运营安全的关键之处, 随着我国城市化进程持续深入, 城市地下空间变得日益复杂, 有建筑物、构筑物和各种地下管线相互交错, 给燃气管道的安装施工给予了前所未有的挑战。

1 市政燃气管道安装施工的系统性与复杂性

市政燃气管道安装可不是简单地把土建施工和设备安装加在一起, 它是一项复杂的系统工程, 涉及好多学科、专业和工序, 它的复杂性首先体现在对外部环境特别依赖而且很敏感, 施工区域的地质水文状况、周边建筑物的分布情况、现有地下管线的准确位置以及地面交通的状况。这些共同构成了施工决策和技术选择的基础约束。要是前期勘察工作有一点疏忽或者误判, 就可能让施工方案发生颠覆性调整, 甚至引发严重的安全事故。

这个工程的系统性表现为内部工序紧密衔接还相互制约, 从最开始的测量放线、材料进场, 到管沟的开挖和支护、管道的预制与连接, 再到防腐处理、管道敷设、系统试验以及最后的沟槽回填, 每个环节的施工质量都直接影响着下一个环节的实施条件和最终效果。比如说, 管道连接环节的焊接质量是管网严密性的根本保障, 防腐层的完整性直接决定了管道的服役寿命, 这种一环扣一环的逻辑关系, 要求施工管理得有全局视野, 要进行全过程、全方位的精细化管控。

2 燃气管道安装关键施工技术剖析

2.1 施工准备与测量放线

施工准备乃是保障工程可顺利开展的关键前提条件, 在这个阶段, 其核心工作在于针对设计图纸展开全面且细致的会审工作, 同时结合现场实地踏勘所获取的结果, 对工程施工过程中有可能遭遇的技术难题以及风险点进行预先判断, 制定出详细且有实际可操作性的施工组织设计方案, 测量放线工作犹如施工过程中的“眼睛”, 它所有的精度会直接对管道的最终走向以及埋深情况产生决定性的作用。

在现代燃气工程当中，普遍会选用 GPS 全站仪等高精度设备，沿着管线的走向来布置控制点，并且与城市坐标系以及高程基准点进行联合测量实现闭合，以此保证管道平面位置以及高程的定位误差可被控制在规范所允许的毫米级范围之内，精确的测量数据可对现场施工起到指导作用，还可为后续竣工资料的整理工作以及管网数字化管理平台的构建工作提供基础的数据源。

2.2 管沟开挖与敷设技术

管沟的形成是管道敷设的先决条件，根据工程现场环境的差异，主要包含传统开挖与非开挖两大技术路径。

传统开挖敷设技术在诸多工程领域有着广泛的应用，此项技术的施工关键之处在于对沟槽断面的精准控制、边坡稳定性的保障以及基底的妥善处理，施工过程中一般会使用挖掘机来开展作业，不过当施工接近设计标高的时候，需要预留大约 20cm 的土层由人工来进行精细修整，以此防止出现超挖的情况。开挖出来的土方应当堆放在距离沟槽边缘至少 1m 以外的地方，并且堆土的高度不适合超过 1.5m，来避免对沟槽边坡产生过大的压力致使边坡失稳，沟槽底部一定要铺设一层厚度均匀的砂垫层，为管道提供稳定且连续的支撑，切实避免因不均匀沉降给管身造成附加应力。

然而在交通主干道、建筑物密集区域，或者需要穿越河流、铁路等特殊地段时，传统开挖方式的局限性变得日益明显地表现出来，非开挖定向穿越技术针对这种情况给出了理想的解决办法，它的施工主要有三个阶段，首先是导向孔施工阶段，利用钻机头部的信号发射器以及地面接收仪器，实时对钻头进行监控，引导钻头沿着预先设定的轨迹精准钻进，形成导向孔。其次是扩孔与清孔阶段，导向孔完成之后，把钻头卸下来，安装直径逐渐增大的扩孔器，分多次进行反向扩孔，一直到孔径符合管道敷设的要求，在这个过程中，要向孔内泵注配制好的泥浆，泥浆可冷却钻具、稳定孔壁，更关键的是能携带钻屑流出孔外，让孔道保持畅通，最后是管道回拖阶段，把已经在地面完成预制和防腐补口的管段与扩孔器连接起来，依靠钻机回拉，平稳地将管道拖入成型的孔道内，以此完成敷设。该技术很大程度上减少了对城市环境的干扰，有十分突出的社会效益。

2.3 管道连接技术

管道连接属于构建连续且密闭管网的关键作业环节，其质量状况直接对管网能否安全输送天然气产生决定性作用。

针对钢质管道而言，焊接是主要的连接手段，手工电弧焊以及氩弧焊是两种常用的工艺方法，在整个作业流程中都需要对质量进行把控，焊接操作开始之前，要严格检查焊材质量，加工出 V 型坡口，并且要保证管道对口间隙处于 2-3mm 的范围，错边量不超过管壁厚度的 10%。焊接过程中，要精确控制焊接电流、电压等参数，要是进行多层焊接，还应当把层间温度控制在 100℃ 至 150℃ 之间，避免产生焊接裂纹，焊接完成之后，要对焊缝开展外观检查以及内部质量的无损检测工作。

对于越来越广泛应用的聚乙烯管道，主要采用热熔连接和电熔连接方式。进行热熔连接时，要把管材与管件的待连接端面在专用设备上加热到 $220^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 的熔融状态，紧接着快速撤离加热板并施加压力使其贴合，在规定的压力以及时间内自然冷却，最终形成一个均质的整体，为了保证连接质量，连接之前要使用专用铣刀对端面进行铣削处理，保证其平整、清洁并且与轴线垂直。电熔连接是借助预埋在管件内部的电阻丝通电发热，将管件内壁与插入的管材外壁同时熔融并连接在一起，施工之前，要用刮刀把管材插入端的氧化层彻底刮除，并用清洁剂擦拭干净，连接过程中，需要使用专用夹具把管材与管件固定好，防止在加热和冷却过程中出现位移，并且凭借观察管件上的观察孔确认熔料是否溢出，依据此来判断焊接是否成功。

2.4 管道防腐施工技术

腐蚀是影响埋地金属管道长期安全运行的“天敌”。因此，高质量的防腐层是保障钢质燃气管道使用寿命的根本措施。目前，三层结构聚乙烯（3LPE）防腐层因其优异的机械性能和防腐性能而被广泛应用。其施工流程极为严谨，首先需对钢管外表面进行喷砂或抛丸处理，去除氧化皮和污染物，使其达到 Sa2.5 的清洁度等级和适宜的表面粗糙度，以增强涂层附着力。

随后，通过中频加热使管体升温，依次静电喷涂环氧粉末底层、挤出包覆胶黏剂中间层和聚乙烯外层。整个过程中，对预热温度、涂层厚度、固化时间等参数的精确控制是保证防腐质量的核心。对于焊口等连接部位，则采用热收缩套（带）进行补口防腐，确保整个管线的防腐系统完整、连续。

3 全过程质量控制体系构建与实施

3.1 原材料与设备质量控制

“工欲善其事，必先利其器”。质量控制从源头开始抓起，每一批进入场地的管材、管件、阀门以及防腐材料等，都要提供产品合格证与质量证明书，并

且依照规范要求开展抽样复检工作，复检项目涉及材料的化学成分、力学性能以及几何尺寸等方面。

针对供应商的挑选，要构建严格的评审以及动态管理机制，以此保证材料来源有可靠性。投入使用的焊接设备、无损检测仪器、压力测试仪表等，都要经过校验合格并且处于有效期内，保证施工与检测数据的准确性。

3.2 关键工序质量控制

过程控制是质量管理的核心。针对施工中的关键工序，必须设立质量控制点，实施重点监控。

在焊接工序中，除了对焊接工艺参数的严格把控，更重要的是对焊缝质量的检测。外观检查是基础，要求焊缝成型良好，无裂纹、气孔、未焊透等表面缺陷。内部质量则依赖于无损探伤（NDT）技术。超声波探伤与射线探伤是两种互补的检测手段，能够有效发现焊缝内部的微小缺陷。根据管道的重要等级，对一、二级焊缝通常要求 100% 的无损检测，确保焊缝质量万无一失。

在防腐工序中，质量控制的重点在于防腐层的完整性与附着力。使用高压电火花检测仪对防腐层进行 100% 的针孔（漏点）检查，确保涂层绝缘性。同时，通过测厚仪随机抽检涂层厚度，并进行附着力拉拔试验，验证其与基体钢管的结合强度是否达到设计要求。

在沟槽回填工序中，质量控制直接关系到管道的长期受力状态。必须严格按照设计要求，在管道两侧及顶部一定范围内回填无硬块的细砂或筛选土，并采用轻型夯实设备分层对称夯实。严禁使用大型机械直接在管道顶部作业。每层回填后均需检测其压实度，确保达到 90% 以上的规范标准，为管道提供稳定而均匀的保护。

3.3 系统试验与竣工验收

系统试验在管道安装完成后展开，是对整个管段施工质量的最终全面综合检验，属于投产运行前的最后一道关键安全屏障，此过程主要覆盖管道吹扫、强度试验以及严密性试验这几个部分，管道吹扫的目的在于清除管内残留的各类杂物，强度试验是使用水或者空气作为介质，以设计压力的 1.5 倍对管道进行加压操作并使其保持稳定压力，检验管道系统在超压情况下的机械强度以及连接可靠性。严密性试验是在接近工作压力状况下，开展长达 24 小时的保压观测工作，借助精密的压力和温度记录，计算压力降，以此检验整个系统的密封性能，该试验要求相当严格，压力降要被控制在极小的范围之内，所有试验过程都要有详尽的记录，并且要经过监理和建设单位共同给予确认。

4 市政燃气管道安装施工的创新发展方向

4.1 智慧化与信息化管理融合

建筑信息模型（BIM）技术的应用，使得在施工前即可对管线走向、与其他管线的空间关系进行三维可视化模拟，有效预见并解决碰撞问题，优化施工方案。地理信息系统（GIS）与管道探测技术的结合，能够建立精确的地下管网数字档案，实现管线资产的全生命周期信息化管理。在施工过程中，通过引入物联网（IoT）技术，可以对关键工序的参数进行实时采集与监控，实现远程质量监督与数据追溯，极大地提升了管理的精细化水平。

4.2 新材料与新工艺的应用

研发出更高强度且更具韧性的新一代管材如 PE1200 等，同时对非金属复合材料管道的应用展开探索，这为燃气管网建设给予了更多选择。在施工工艺领域，非开挖修复技术例如 CIPP 翻转内衬、碎管法等，在老旧管网改造中的应用变得日益成熟，可在不中断交通的情形下完成管道更新。并且自动化焊接设备、智能化检测机器人的应用，正逐渐取代传统人工作业，使得施工效率与质量稳定性得以提升。

5 结语

综上所述，市政燃气管道安装施工属于系统工程，有综合性强、技术要求高以及安全风险大等特点，其质量保障取决于对施工全过程进行系统性认知以及精细化管理，工程成功实施，施工单位要掌握并善用各类先进施工工艺，比如非开挖技术，又要在实践里构建并严格执行一套囊括源头材料直至最终验收的全过程质量控制体系。未来发展趋势必定是传统施工经验同现代信息技术、智能装备深度融合，推动管理智慧化、技术创新化以及施工绿色化，才可以持续提升市政燃气工程建设水平，为构建安全、可靠且高效的现代化城市能源供应体系给予坚实保障。

参考文献：

- [1] 吕锋. 市政燃气管道非开挖定向穿越施工技术探析 [J]. 河南建材, 2025(5):74-76.
- [2] 张婷婷. 市政燃气管道安装中的施工工艺与质量控制 [J]. 中国建筑金属结构, 2025,24(12):184-186.
- [3] 周振峰, 斯泽辉, 林松道, 王儒霖, 毛银杰. 自动水封燃气切断阀的研制与应用 [J]. 阀门, 2024(4):438-440.
- [4] 张雄. PE 燃气管道在市政燃气工程中的应用 [J]. 四川建材, 2023,49(6):251-253.
- [5] 贺绍林. 加强市政燃气管道施工过程质量控制与管理的路径探索 [J]. 中国厨卫, 2023,22(11):159-161.