

# 燃气管道改造异径穿管技术应用

文 / 刘圆圆 济南华润燃气有限公司

**摘要:** 燃气管道运营一段周期后, 由于材质、设计或施工等影响, 很多老旧燃气管道出现漏气影响燃气系统安全。基于此, 本文提出翻转内衬修复、PE管异径穿插等多项异径穿管技术。同时依据燃气管道工程项目实例, 在旧管道内穿插DN400的PE管, 达到去旧换新的目的。该技术不需要大面积开挖, 减少了施工对城市交通影响。同时该技术周期短、费用低, 具有较高的经济效益。

**关键词:** 燃气管道; 管道改造; 异径穿管技术

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2025. 04. 121

## 引言

燃气管道作为城市内部重要基础设施, 关系到人民群众日常生活以及现代城市的建设和发展, 其运行的安全性、可靠性对城市和谐建设有重要意义。但在现代社会不断发展的背景下随着城市的建设力度不断增强, 尤其是城镇化发展中很多早期建设的燃气管道已经无法满足现代社会发展需求, 需进行改造处理才能提高燃气供应效果。根据燃气管道改造施工要求, 选择异径穿管技术采取非开挖施工方式在燃气改造过程中有巨大的应用价值。该技术施工过程中先在原有管道中穿插一根直径较小的PE管, 实现老旧管道的更新修复, 防止大规模开挖对城市交通以及人们日常生活产生不利影响, 也能够提高施工的效率、延长管道使用寿命<sup>[1]</sup>。

### 一、燃气管道改造的背景

在城市化发展进程中燃气管道改造是满足城市发展以及燃气供应量增大的需求, 从而提高人们生活质量, 防止造成严重安全事故。由于早期建设的燃气管道材料老化、设计标准低、运行环境恶劣等方面影响, 导致其安全事故发生概率较高。为能保证城镇燃气供应充足且防止发生安全事故, 我国很多城市都在加强燃气管道改造工作, 并制定一系列的策略和措施。第一, 发布相关法律法规, 如《城镇燃气管理条例》等确定燃气管道改造责任主体、资金来源、技术标准等相关因素, 为燃气管道改造工作开展提供法律支持。第二, 主管部门加强燃气管道改造方面的资金投入, 设置专项资金、提供财政补贴等方式, 鼓励社会各界共同参与到燃气管道改造中。第三, 主管部门加强新技术的创新和产业升级, 将新技术、新材料、新工艺等不断应用到燃气管道改造中切实提高改造的效率和质量。第四, 燃气管道改造中实施“城市燃气管道等老化更新改造”行动计划, 使得燃

气管道改造作为城市基础设施项目建设开展, 重点检查和改造老旧燃气管道确保燃气供应充足且运行符合安全性。主管部门还要积极和燃气企业、社区居民等各方保持沟通, 形成共同协作的局面, 确保燃气管道改造和运行效果达到要求<sup>[2]</sup>。

### 二、异径穿管技术类型

城市燃气管网更新改造中以前主要是通过管道开挖重新铺设的方式, 这种方式施工量大、周期长、成本高且对城市的道路交通、建筑物运行安全性方面产生较大影响。随着近年来工程技术发展速度加快, 特别是非开挖施工技术的应用在城镇燃气管道改造中使用效果明显。燃气管道改造中使用异径穿管技术应用价值较高, 具体主要包含如下几种类型:

#### (一) 翻转内衬修复技术

翻转内衬修复技术属于异径穿管技术中比较常见的方法, 主要是在老旧或损坏管道修复中能够达到效果, 应用在高压、高风险的管道网络体系中价值较高。该技术施工的过程中选择使用表面涂抹热固性树脂的纤维增强软管翻转并紧密贴合在待修复的管道内壁上, 从而能够达到无开挖或减小开挖量的作用以提高管道修复效果。翻转内衬修复技术应用到燃气管道修复过程中, 其主要优势是降低对周边环境产生的干扰影响, 且不需要进行大规模的地面开挖作业, 施工时也能够降低噪音、粉尘等污染, 避免给城市交通、建筑物运行产生不利影响。该技术结合管道实际情况制定可行性的方案, 满足不同口径、材质、弯曲度的管道修复要求。内衬层结构固化完成后具备较强的防腐蚀、抗渗性能, 确保管道的流量、传输效率不受影响。由此可见, 翻转内衬修复技术在城市燃气管道、给排水管道、工业管道等修复中有明显的优势, 已经成为主流的修复技术, 其原理可见图1。

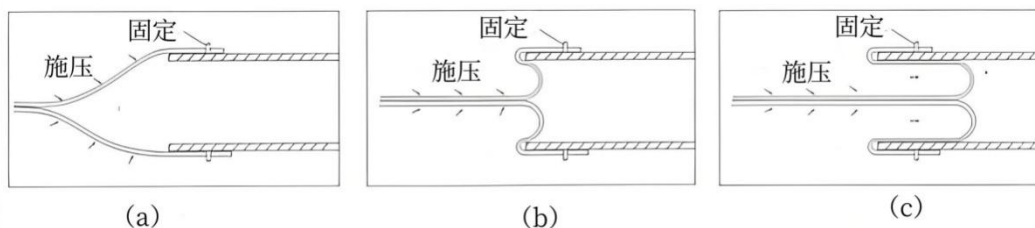


图1 翻转内衬修复技术

**(二) PE 管异径穿插技术**

PE管异径穿插技术是燃气管道改造中重要的技术类型，其具备高效、环保的特点。该技术应用的过程中选用外径小于原管道内径的高强度PE（聚乙烯）管，经过牵引、顶进等方式穿入到需要修复或更新的管道中。该技术应用阶段落实如下几个环节的工作：第一，先将原管道进行全面的清洗、除锈处理，确保PE管能够顺利穿入到管道内部，并且紧密贴合原管道内壁。第二，根据旧管道的实际尺寸确定修复长度，再选择合适直径和长度的PE管，并且在地面完成组装、焊接等作业。第三，采用专业的牵引设备或顶进设备将PE管顺利插入到原有管道内，达到修复的效果。第四，穿插完成的PE管进行检查和测试确保其功能达到要求，满足运行的要求。如果经过检查发现性能不合格，或者管道运行的功能性比较差，需督促施工单位及时调整以确保施工后管道运行状态达到要求。

**(三) PE 管挤压穿插技术**

PE管挤压穿插技术应用的过程中选择外径等同或稍大于旧管道内径的高强度PE管，通过专业的设备进行焊接、挤压处理使PE管紧密贴合在原管道上，达到管道的修复和更新的效果。PE管穿入到原有的燃气管道中利用PE管的恢复记忆功能，经过几小时的静置后能够恢复到原有的状态，和原管道贴合度达到紧密性的标准满足管道的修复要求。该技术应用时比异径穿插技术复杂性较高，待修复后管道的传输性能、耐久性方面提升明显。

**(四) 裂管法技术**

裂管法技术应用的过程中主要选择使用液压裂管机作为施工设备，在原燃气管线处直接开展施工作业，减少管道开挖作业量。裂管法应用的过程中使用设备提供强大的作用力，将旧管道挤碎处理，再使用专用扩孔器把原管道的碎片直接压入到管道周围的土壤内，并且在扩孔器后部牵引等口径或更大口径的PE管，进而将原管道替代以达到更新或扩容的效果。

**三、燃气管道改造异径穿管技术实例分析**

某大型燃气管网改造项目中原管道为DN700铸铁管，长度7400m。针对该燃气管道改造过程中，经过多方面的论证分析确定选择使用异径穿插技术改造处理，原管道内穿插DN400的PE管，从而达到去旧换新的效果<sup>[3]</sup>。

**(一) 水力工况的分析**

根据本项目燃气管道改造要求选择DN400PE管取代原有DN700铸铁管。在假设条件相同（流量Q为100m<sup>3</sup>/h，燃气密度ρ为0.7kg/m<sup>3</sup>，设计温度T为300K）的情况下，DN700铸铁管（内径约为698mm，摩擦阻力系数λ<sub>1</sub>假设为0.03）与DN400PE管（内径约为352.6mm，摩擦阻力系数λ<sub>2</sub>约为铸铁管的1/30，即0.001）的摩擦阻力损失之比可以通过公式计算得出。为了对比DN700铸铁管和DN400PE管在相同条件下的摩擦阻力损失，采用沿程阻力损失的计算公式计算：

$$hf = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

其中：hf为沿程阻力损失（单位：m）；λ为摩擦阻力系数；L为管道长度（单位：m）；d为管道内径（单位：m）；v为流速（单位：m/s）；g为重力加速度（约等于9.81m/s<sup>2</sup>）。

同时，需要将给定的流量Q转换为流速v。流量和流速之间的关系为：

$$Q = A \cdot u = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot u$$

通过解这个方程得到流速v：

$$u = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

将流速v代入沿程阻力损失的公式中，并分别计算DN700铸铁管和DN400PE管的摩擦阻力损失，求出两者的比值。

即按照摩擦阻力损失的比值公式计算：

$$\frac{hf_1}{hf_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 \cdot \left(\frac{u_1}{u_2}\right)^2$$

得出：0.393（倍）

因此，在相同条件下，DN700铸铁管的摩擦阻力损失大约是DN400PE管的0.393倍，这就说明在更换DN400的PE管后传输能力不会存在较大影响，反而因为该管道材质的性能较为优越适当的提升传输性能。

**(二) 拖入 PE 管的外壁保护**

由于铸铁管内壁粗糙度比较高，通常管壁绝对粗糙度达到1mm左右，并且存在比较多的毛刺，所以在拖管过程中极易造成PE管的损伤。为能保证PE管在拖入时不会造成结构损伤问题，需在DN400PE管周边绑扎5根DN63的PE管作为牺牲管，并间隔2.5m设置一个定位环固定牺牲管，以保证5根牺牲管均匀分布在管道的四周。该方法虽然施工过程中每米管材成本增加150余元且施工难度升高，但能够保证DN400PE管的完整性，具备较高的安全性，延长使用寿命，所以付出的成本具备较高价值。与此同时，现场施工环节在DN63PE管中预留两根尼龙绳，为后续穿插工作顺利开展提供支持。

**(三) 拖管拉力**

根据本项目改造要求，在拖管过程中由于单次施工长度比较长，施工阶段需综合分析管线上的弯头、三通阀门等分布状态，同时也要考虑到PE管拖管时受到的拉力作用。经过计算分析，DN400PE管能够承受的拉力为28.6t，为使安全性达到标准，在PE管拖管过程中确保其拉力不超过屈服强度的50%，也就是拖管时将拉力设定在14.3t以内。根据以往工程施工经验，每100mPE管拖拉力为4~5t，所以方案制定环节保证每一施工段长度不超过300m，拖托拉力在合理范围内。经过上述参数展开分析，结合本项目施工要求选择使用ZT-15型水平定向钻机满足标准。本项目管道改造阶段实际管道改造长度最大为258m，拖管拉力为12t，并未超出PE管的承受能力，所以不会造成结构损坏<sup>[4]</sup>。

#### (四) 燃气管网异径穿插技术改管的实施

##### 1. 材料设备

①内穿插管材料选择时经过综合性计算分析,使用DN400高强度PE管。为避免拖管过程中造成管道划伤损坏,需在管道周边绑扎5根DN63PE管作为保护措施,并间隔2.5m设置一个定位环确保位置精度合格。

②根据本项目施工要求选择ZT-15水平定向钻机作为拖管设备,先将钻杆插入到原有管道内,使用喷头进行内部清洗处理且管道内壁裸露出金属光泽为清洗结束的标准。检测合格后将DN400PE管拖入到旧管内,并且利用设备的摄像头随时监测内部情况,及时掌握管道穿入状况以便及时采取应对措施。

##### 2. 施工前准备

为保证燃气管道改造过程中不会影响燃气的正常供应,施工前需在现场铺设临时供气管道,即使施工也不会给周边居民的生活造成影响。

##### 3. 停气置换

停止供气时采用氮气置换管道内部残余煤气并进行取样检测,符合要求后再进行工作坑的开挖作业。该环节需及时进行管道两侧封堵处理,和气源保持隔离,以免出现燃气泄漏引发安全事故。在旧管道检查时选择使用钻孔电视ZCD-90,及时掌握管道内部状况并明确具体的清洗方案。一旦检查阶段存在弯头等管件需及时进行拆除,并将其作为异径穿管施工点。

##### 4. 钻杆引入

第一,钻机开启运行前施工人员落实现场的勘察以及测量工作,确保钻机安装位置精度合格,钻杆引入路径达到施工要求。该环节影响施工作业顺利开展,并关系到整个项目运行的安全性,所以需要从实际情况出发开展检测。

第二,施工人员布置钻井场地,比如场地平整、安装钻机支架、稳定钻机等。安装钻机完成后对钻机性能展开检测,确保其各项技术参数符合要求,扭矩、转速、钻进压力等符合现场施工作业标准。选用DH-450/900-L非开挖型辅助钻机,其泥浆循环系统容量一般为5~10m<sup>3</sup>,这也是保证现场施工顺利开展的关键<sup>[5]</sup>。

第三,明确水平定向钻机施工程序并且将钻机通入到内部。该环节随时关注钻杆运行状态并加强钻进速度、钻进压力的控制,防止造成管道损伤或者钻进阻力过大而影响施工效果。

第四,持续给钻杆内部供给泥浆。钻进作业阶段为保证穿越管道顺利进行,需及时向内部供应泥浆降低摩擦阻力,确保钻进作业效果达到要求。泥浆配置过程中严格按照要求进行配合比控制,确保各项施工作业顺利开展提高钻进作业水平。

##### 5. 管道清洗

根据工艺方案要求进行钻头拆除,并在钻杆上安装特制的洗管头,通过钻机中泥浆系统供给清洗液,实现内壁管道的全面清洗。清洗完成后将内部残留的清洗液

以及残渣全部清理干净,直到裸露出金属光泽为止。

##### 6. 拖管

第一,使用钻孔电视ZCD-90检测内部情况,达到完整、无破损要求后再开展拖管作业。现场施工阶段工作人员使用特殊的拖管接头焊接预先准备好的PE管道中,该PE管道规格要求较高,比如直径DN300壁厚10mm,长度则根据现场实际情况确定。

第二,拖管头和钻杆紧密连接组合成为整体结构。该环节开启水平定向钻机,使用设备提供的牵引力将PE管道直接拖入到旧管道内部。该环节严格控制拖管速度,一般为1~2m/min,使得PE管能够稳定、安全地穿越到旧管道内。与此同时,施工人员随时关注管道运行状态和牵引情况,确保托管作业有序完成。

第三,拖管作业过程中检测钻机牵引力,并且与设计方案参数进行对比。通常来说,拖管牵引力设定时考虑到PE管规格、管道长度、地质条件等,保证牵引力在合理范围,避免造成结构损坏。而在PE管拖出到管道内部后,牵引力保持在恒定范围内。

第四,现场施工作业过程中进行精准监控,PE管道顺利拖入到旧管道内部说明拖管作业已经顺利完成,施工效果达到要求。

##### 7. 收尾工作

将分批次的PE管拖入到铸铁管后进行各管道的连接,特别是管道端口位置使用O型橡胶密封圈密封。具体施工过程中做好内部清扫工作,将杂质、积水等清理干净并且进行强压试验、气密性试验。上述试验结束后需对整个管道结构进行严密性检测,达到要求后再恢复供气。

#### 结语

燃气管道改造作为城市提升燃气供应水平的重要举措,也是满足人们日常生活以及城市建设发展的核心措施。根据燃气管道改造要求选用异径穿管技术优化改进施工技术措施,保证现场施工作业顺利开展,确保燃气管道改造效果合格,对提高燃气供应水平有重要意义。与此同时,结合燃气管道改造异径穿管技术的标准优化改进各项施工技术措施,每个环节处于监控范围内,切实提高施工效率,为现代燃气工程的建设和发展提供支持,也能带动我国现代社会高水平发展。

#### 参考文献

[1]林世野.城市燃气管道安装技术研究[J].黑龙江科学,2020,11(14):78-79.  
 [2]安喆.城镇燃气管道施工技术重点与注意事项[J].山西化工,2021,41(06):86-88.  
 [3]熊玮俊.城市燃气管道安装技术和施工管理剖析[J].大众标准化,2021,(05):220-222.  
 [4]史记.高压燃气管道带压不停输封堵改管技术研究[J].大众标准化,2022,(05):70-72.  
 [5]李宜阳.城市燃气管道安装关键技术及施工管理要点[J].化学工程与装备,2021,(12):145-146.