

我国地下管道非开挖修复技术现状与展望

马孝春¹, 苏焕忠²

(1. 中国地质大学<北京>, 北京 100083; 2. 内蒙古锡林郭勒盟苏尼特
右旗华油输油管理处, 内蒙古 锡林郭勒 011000)

摘要: 对地下管道的非开挖修复技术进行了阐述, 分析了目前中国主要大城市在用的内衬法、冷轧缩径法、模锻缩径法、折叠法、翻转内衬法、缠绕法的主要特点与适用范围, 并对北京市非开挖法修复技术的需求做了分析与展望。

关键词: 地下管道; 非开挖; 管道修复

中图分类号: P634.5; TU992.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-7428(2009)SI-0342-04

Status and prospects of underground pipeline rehabilitation techniques in China

MA Xiao-Chun¹, SU Huan-Zhong²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083; 2. Hua You Petroleum transportation
administration office of Xilin Gol League of Inner Mongolia sonid Banner, Xilin Gol 011000)

Abstract: Techniques for pipeline rehabilitation by using trenchless methods are introduced. The most common methods are used in current China are sliplining, rolldown and swaged lining, fold and form lining, CIPP, spirally wound lining, and so on. Their principles, characteristics, and application scopes are detail stated. In the end the potential market of pipeline rehabilitation in Beijing is predicted.

Key words: underground pipeline; trenchless technology; pipeline rehabilitation

1 地下管道非开挖修复的意义

城市如同人体一样, 处于不断的新陈代谢之中。城市的生存与发展需要供应水、气、油、电等能源, 排泄污水、废物等垃圾。城市的这种吐故纳新功能主要通过管道来完成。为不干扰人们的生活, 这些管道常铺设于地下, 称为地下管道, 亦称为城市生命线系统。按其功能可分为: 燃气管道、供水管道、排水管道、电力管道、热力管道、及电话、电视、网络电缆或光缆等。

随着城市的发展, 新的小区的兴建, 地下管线系统也在悄悄地延伸。随着生活质量的提高, 人口密度的增加, 对管道的要求也逐渐提高, 管道需要增容。而且, 管道系统在输送各种液体和气体物质时, 由于受振动、热循环、腐蚀、超负荷作用, 加

上管道本身可能隐藏的内在缺陷(如裂纹、砂眼、接头处连接不良等), 管道寿命总是有限的, 故需要不断的更换与修复。

然而由于地面大厦林立、设施众多、交通繁忙, 开挖法进行管道铺设与修复的方法难以施展, 而且随着人们环保意识的增强, 法制观念的提升, 开挖马路已受到严格限制。因此, 时代呼唤对城市无干扰的管道更新技术。

地下管道非开挖修复技术应此而生, 它是解决地下管道损坏难题的微创技术, 可在不开挖或少开挖地表条件下, 跨过河流、湖泊、重要交通干线、重要建筑物, 对地下管道进行修复。非开挖法地下管道修复技术备受欧美发达国家的青睐和联合国环境开发署的重视, 已成为西方现代化城市地下管线施工的必备技术。

收稿日期: 2009-08-30

作者简介: 马孝春(1967-), 男, 中国地质大学(北京)副教授。研究方向为非开挖工程、基础工程, 13366566493, mxcc@cugb.edu.cn。

2 我国当前地下管道非开挖修复技术现状

目前我国引进的与在用的地下管道非开挖修复技术包括：穿插内衬法、缩径法、折叠法、翻转内衬法、喷涂法、注浆法、缠绕法等。下面首先介绍之。

2.1 穿插内衬修复法

穿插内衬法指在旧管道中拖入新管，然后在新旧管中间注浆稳固的方法。这种方法在国内外的使用都较早且是目前仍在应用的一种方便经济的管道修复方法。其工作原理如图 1 所示。

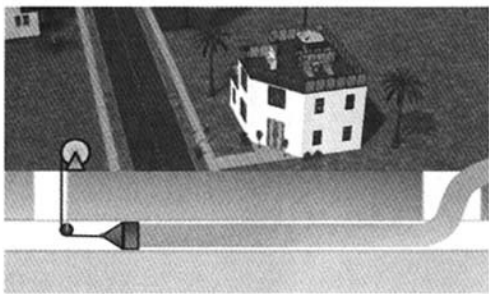


图 1 穿插内衬法

穿插法的优点是：（1）施工工艺简单，易学易做，对工人的技术素质要求低；（2）施工速度快，分段施工时对交通和周边环境的影响轻微；（3）仅使用绞车等一般市政施工设备，不需要专用的设备，投资少、施工成本低。（4）在排水管道中可以实现不停水施工。

穿插法的缺点是：（1）过流断面损失较大，穿插入新管后，流量有明显损失；（2）环形间隙要求注浆。但由于环状间隙较小，注浆较困难。

穿插法适用于燃气管道、供水管道、化学管道及工业管道等，新插管的外径不宜大于旧管内径的 90%，一次性穿插长度受作业段的作业空间、回拖设备的能力、管材强度的限制。据报道单次穿插长度曾达 600m。

2.2 缩径法

缩径法是指通过机械作用使塑料管道的断面产生变形，如缩小直径或改变形状，然后将新管送入旧管内，最后通过加热、加压或靠自然作用使其恢复到原来的形状和尺寸，从而与旧管形成紧密配合的方法。

缩径法利用了中密度或高密度聚乙烯的聚合链结构在没有达到屈服点之前结构的临时性变化并不

影响其性能这一特点，使衬管的直径临时性地缩小，达到在旧管道中形成新的内衬的目的。

缩径法的主要优点是：（1）新旧管之间配合紧密，不需注浆，施工速度快；（2）管道修复后的过流断面的损失很小；（3）可适应大曲率半径的弯管；（4）可长距离修复；（5）可用于旧管道结构性和非结构性损坏的修复。

缺点：（1）主管道与支管间的连接需开挖进行；（2）旧管的结构性破坏会导致施工困难。

这种施工方法的设备昂贵，缩径尺寸有限，施工成本较高，在压力管线修复中有一定优势，对于多处腐蚀破坏的低压管道，可用薄壁式折叠法代替。

据现在的技术水平，缩径法适用的管径范围是 75 ~ 1200mm，单次修复管线长度可达 1000 m。适用修复的管道类型为重力管道和压力管道。适用管材包括 HDPE，MDPE，PE 等。

根据内衬管变形时的能量来源，可将缩径法分为两类：冷轧法和模具拉拔法。工作中两种方法的缩径幅度都控制在 10% ~ 20% 左右。冷轧法使用一组滚轧机靠径向约束挤压变形，如图 2 所示。拉拔法使用一个缩径模具，牵拉新管强行通过，使塑料管的长分子链重新组合，靠轴向拉伸变形使管径减小。小直径的管道可在常温下拉拔，大直径的管道通常在加温的条件下拉拔，如图 3 所示。

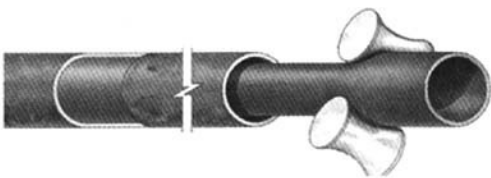


图 2 冷轧缩径法原理

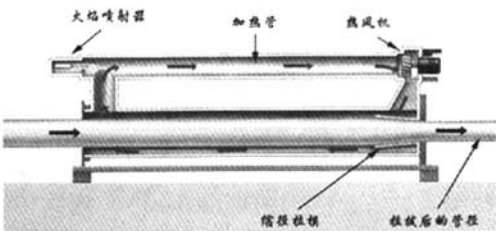


图 3 拉拔法机构原理

模具拉拔法是一个连续的施工过程，一旦开始施工便不能中途停止，因为绞车停止牵拉时变形管

就会开始恢复形状，暂停后难以再置入旧管道内。但该工艺修复的管道的承压性好，寿命长，被英国燃气行业通过严格的试验后认可。

2.3 折叠法

折叠法在施工前将 PE 内衬管加热并折叠成 U 形、C 形甚至工字形，这样就极大地减小了新管的断面面积。插入时从一个检查井下入，从另一个检查井用卷扬机拉出。就位后，在热与压力的作用下，内衬管重新恢复原来的形状，与旧管道形成紧密配合复合管道。如图 4 所示。

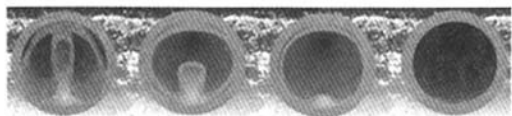


图 4 折叠内衬管修复前后的变化过程

小直径的内衬管可以在工厂折叠好，缠绕到滚筒上运到工地，在现场通过卷扬机穿过旧管道拖出。管径大于 450mm 时，可考虑在工地折叠。据报道，在工地用折叠内衬管法修复的管道口径可达 1600mm。

使用热变形 PVC 内衬管时，通常需要预加热以增加其柔韧性，在拖拉到位后还须通入高压蒸汽并在 120℃ 下维持一段时间，当 U 型管道的记忆状态消失后，停止蒸汽加热。

折叠内衬法的特点是：施工时占用场地小，可利用现有人井施工；新衬管与旧管可形成紧密配合，管道的过流断面损失小，无需对环状空间注浆；管线连续无缝，一次修复作业距离长；对旧管道清洗要求低，只要达到内壁光滑无毛刺即可，施工质量容易得到保证；折叠后断面收缩率高，断面面积可减小 40%，穿插顺畅。

折叠内衬法修复时适用的管道类型为：压力管道，重力管道及石油、天然气、煤气及化工管道等。

折叠管法使用的内衬管管材为：压力管道内衬管常用 PE 管材，重力管道可选用 PVC 内衬折叠管。修复管道直径：100 ~ 1200mm。单次修复长度：修复直径为 400mm 的管道时最大施工长度达 800m，这取决于滚筒容量，回拖机构的回拖力及材料的强度。

2.4 翻转内衬法

翻转内衬法（CIPP）使用有防渗膜的纤维增

强软管、编织软管或无纺毡等作衬里材料，浸透热固性树脂、聚酯或环氧树脂，将浸有树脂的软管一端翻转并用夹具固定在待修复管道的入口处，然后利用水压或气压使软衬管浸有树脂的内层翻转到外面并与旧管的内壁紧贴，继而使用常温水流、热水、蒸汽、紫外线等方式之一使树脂固化，形成一层紧贴旧管内壁的具有防腐防渗功能的坚硬衬里。CIPP 修复后创建了一种紧密贴合的管中管复合结构，新旧管道共同承压。CIPP 工作原理如图 5 所示。

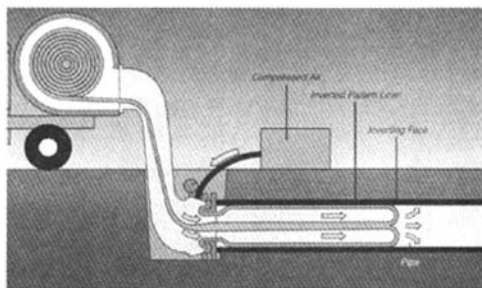


图 5 翻转内衬法工作原理

软管翻转内衬法的特点可概括为：开挖量极小，内衬管和旧管道间形成了紧配合，不需注浆，施工速度快，周期短。几乎适用于任何断面形状的管道，没有接头。新旧管道共同承压，强度高；修复费用低，使用寿命长。

根据国内的使用经验，软衬法的适用范围是：管径：50 ~ 2700 mm；一次施工长度可达 400 ~ 1200m。适用于重力管道和压力管道，且对旧管道的材质无要求。但以下情况不适用使用 CIPP 法：旧管道存在结构性损坏、管道变形严重、地下管道在公路下埋藏较浅、活荷载长期作用场合、位于省级高速路下的管道。

2.5 缠绕法

缠绕法是将带锁扣的 PVC、PE 或 UPVC 条带在旧管道内部或检查井中螺旋地缠绕成管道形状，随后在缠绕管与旧管之间的环形间隙注浆，从而实现旧管道修复目的的方法。为增强条带的刚度，条带上可加有“T”形肋骨突起，缠绕后成为新衬管的外表面。在用缠绕法施工过程中，允许管道中有低速流体通过，而不用泵抽或分流。

缠绕法的优点有：一般情况下无需开挖，只需利用现有人井，对周边环境的影响小；所需设备可固定在卡车上，便于移动，施工速度快；占地面积

少, 适合复杂场地作业; 可长距离施工; 可以带水作业, 也可进行间歇式的施工。

缠绕法适用于压力管道和重力管道的结构性损坏及非结构性损坏的修复。适于修复的管道直径为 150 ~ 3000 mm, 一次修复的管线长度可达 200m。

根据机器放置位置不同, 可分为固定式安装法 (人井内缠绕法) 和移动式缠绕法 (管道内缠绕法)。移动式缠绕法是将缠绕机放在旧管道中, 边缠绕边前进。固定式安装法是将缠绕机下入人井中, 在人井中作业, 缠绕带从地面下入, 缠绕出的新管直接推入旧管道中。如图 6 所示。

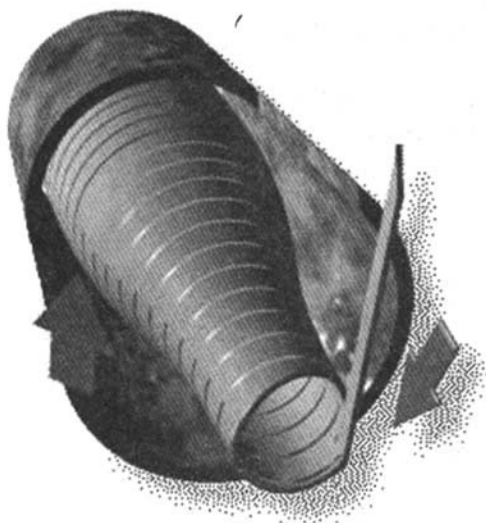


图 6 扩张式缠绕法

3 展望

就目前北京市地下管道的总体而言, 北京市城区范围内各类地下管线长度约 4.3 万公里。其中液化石油气管道 261km, 天然气管道 8630km, 供水管道 7000km, 供热管道 7048km, 排水及其它管道 7523km。不算通讯电缆, 仅就液化石油气管道、天然气管道、供水管道、供热管道、排水管道就超过 30000km。按照管道寿命为 50 年计算, 每年将有 600km 的管道需要修复或更换, 而目前北京市五年内非开挖施工量总和尚不足 200km。即以后逐渐过渡到非开挖修复与更换的工程量相当于现在的 15 倍。

就全国而言, 随着我国城市化进程的推进, 原有管道的老化, 地下管道修复的工程量将逐年加大, 而使用非开挖法进行修复的技术也必将受到重视。但目前的起点还非常低, 有关的技术规范的编写、新材料、新工艺的研究仍是一条漫长的道路, 但同时也蕴藏着巨大的商机, 为管道内部检测、管道内部清洗、管道内修复的设备和材料厂商提供了持续而久远的市场和动力。

注: 本文撰写过程中参考了 2008 年北京市科学技术委员会科研项目《北京市非开挖技术需求分析与技术选择》研究报告 (中国地质大学 (北京), 北京市非开挖技术协会, 2008) 和北京市市政管理委员会科研项目《地下管道非开挖修复方案设计与优选系统研究》 (中国地质大学 (北京), 北京市非开挖技术协会, 2008)