

# 热塑成型法在排水管道非开挖修复中的拓展应用

顾鸿文 李文春

北京北排建设有限公司

**摘要：**根据调查数据显示，目前排水管网的泄露率达到39%，按照该比例计算，需要进行修复的管网总长度近30万公里。因此，对旧管道的修复更新工作在国内有着巨大的市场需求。当前，热塑成型修复技术是一种成熟的非开挖修复技术，本项目针对管材特性，根据北京市地下使用工况及热塑成型法工艺的特点，详细阐述了在有限的时间内，热塑成型法在多个井段同时施工，在能够保障安全的情况下，满足相关规范要求，分析了影响一次作业长度的因素，使热塑成型工艺是在非开挖修复工艺中拓展使用，有着重要的意义。

**关键词：**热塑成型法；多井段连续施工；预加热；内衬管拖入；紧密贴合

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.065

## 一、项目的研究背景

在城市排水铺设的74.4万公里的管道中，70年代以前的管道为2.2万公里，占比3%；80年代铺设的管道为3.6万公里，占比5%；90年代铺设的管道为8.4万公里占比11%；2001-2010年铺设的管道长度为22.8万公里，占比31%；2011-2019年铺设的管道长度为37.4万公里，占比50%。2000年前铺设的城市排水管网14.2万公里，2000年以后铺设的60.2万公里。2000年以前铺设的管道，很多已经达到了使用年限，因年久失修造成的管道开裂，拥堵，腐蚀等病害问题，为城市安全埋下了隐患，导致城市内涝、路面坍塌等事件频发，严重影响人民群众的生命财产安全和城市运行秩序。

当前，我国针对给排水管路问题的解决方案和世界上大多数国家一样，采用非开挖修复的技术，主要有原位固化内衬法，机械制螺旋缠绕修复技术，热塑成型修复技术，旋转喷涂修复技术，穿插法及其改进方法，管片与短管内衬修复技术，局部修复技术等。

当前非开发修复技术中热塑成型法的主要材料，在非开挖用的PVC原材料中加入了易于变形及恢复的软化点较低的聚烯烃类材料，使得这类新型PVC管道在非开挖修复中能够修复变径、弯折等病害的排水管道，且成整体性修复。根据热塑成型法工艺的特点，在管径300mm-500mm的热塑成型修复过程中，选取多个井段，2-3个井段呈直线相连拟同时施工，在能够保障安全、质量的情况下，完成热塑成型作业，形成相关技术参数，拓展热塑成型法在排水管线施工过程中的应用。

## 二、热塑成型法工艺原理

热塑成型法是将工厂压制成的“C”型、“H”型，或其它形状的内衬管利用专用设备进行加热软化，采用牵拉方式置入原有管道内，然后通过加热、加压等方法将其横截面积复原，形成与原有管道紧密贴合的内衬管，采用保压降温设备，使内衬管迅速固化成型，最后形成内衬管道的非开挖管道修复方法。



热塑成型法管道修复原理图

1-FIPP作业车；2-牵引车；3-中通气囊；4-上游检查井；5-内衬管；6-下游检查井；7-充气管；8-气堵专用管

关键工序主要有管道预加热、内衬管拖入、热塑成型、端头处理，具体如下图：



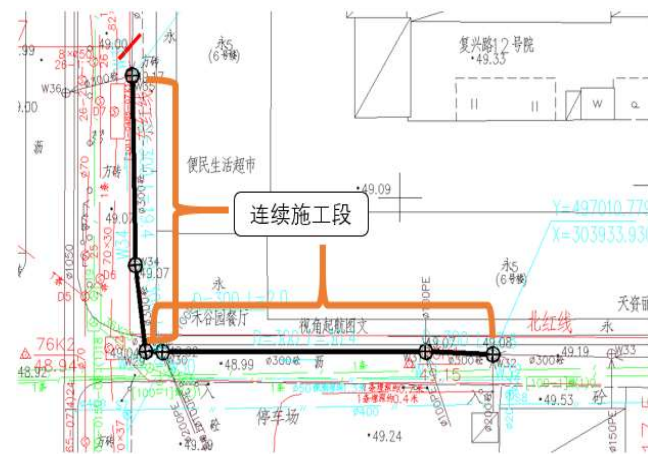
(热塑成型修复法工艺流程图)

## 三、多个井段连续施工过程

### (一) 试验段选取

选取以下项目作为多井段连续作业施工段：

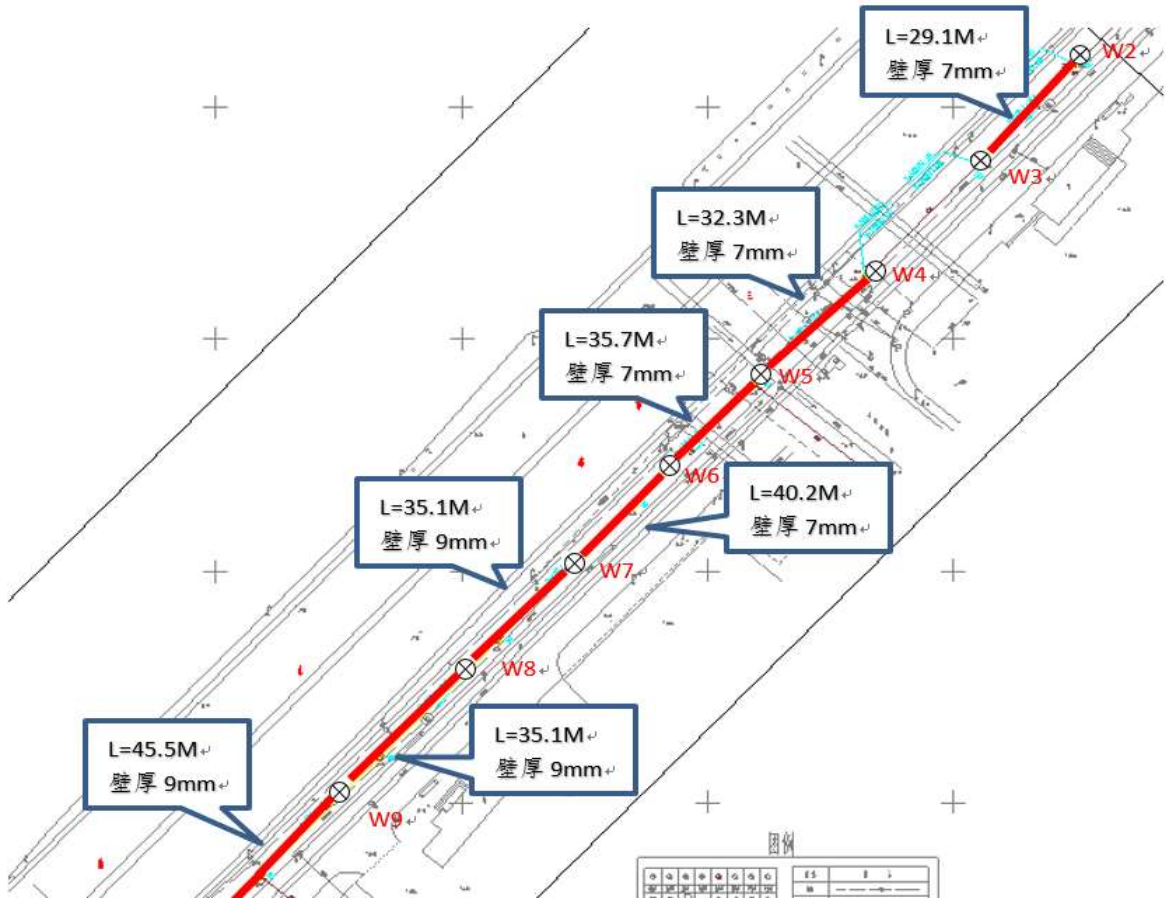
黄亭子菜市场污水更新改造工程：W34—W35两个井段管径300mm长度28.3m夜间连续施作；W29—W31三个井段管径300mm长度40.2m夜间连续施作；



(黄亭子菜市场污水更新改造工程连续施工段平面示意图)

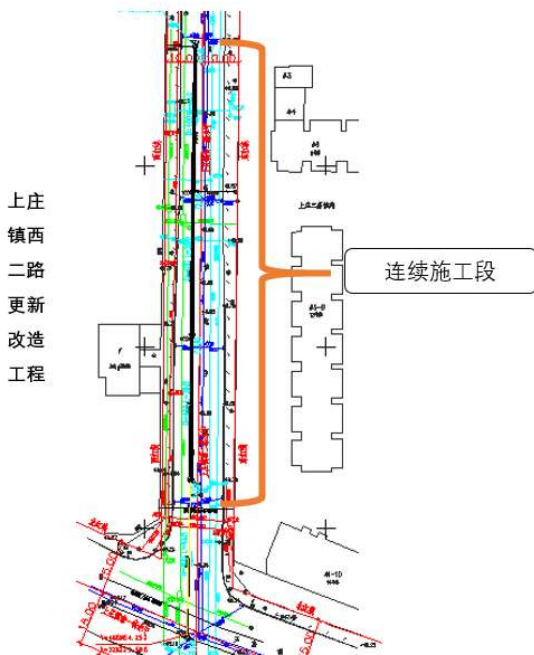
健安东路污水更新改造工程：W12-W14两个井段管径400mm长度60.4m夜间连续施作；

十里河桥内环污水更新改造工程：W7-W11三个井段管径400mm长度115.7m夜间连续施作；



(十里河连续施工段平面示意图)

上庄西二路更新改造工程：W(1)1-W(1)4三个井段管径400mm长度119.6m夜间连续施作；



(上庄西二路更新改造工程连续施工段平面示意图)

建东苑路污水更新改造工程：W2—W5三个井段管径400mm长度87.3m连续施作，W8—W12二个井段管径500mm长度75.5m连续施作。

上述项目井段在2-3个井段在直线上，且远离路口，管径及壁厚一致，适宜连续井段作业。详见下表：

(可连续多井段作业项目表)

序号	项目名称	管径	每段长度	井深	厚度	井段	一次热塑成型长度
1	建东苑路污水更新改造工程	400	27.3	4.2	10	W2-W3A	87.3
		400	24.9	4.3	10	W3A-W4	
		400	35.1	4.35	10	W4-W5	
		500	41.2	4.8	12	W8-W11	75.5
		500	34.3	4.65	12	W11-W12	
2	十里河桥内环污水更新改造工程	400	35.1	2.9	9	W7-W8	115.7
		400	35.1	3.4	9	W8-W9	
		400	45.5	4.25	9	W9-W11	

3	健安东路污水更新改造工程	400	31.3	4.1	9	W12-W14	60.4
		400	29.1	3.6	9		
4	黄亭子菜市场污水更新改造工程	300	7.8	1.4	5	W31-W32	40.2
		300	30.4	1.4	5	W30-W31	
		300	2	1.5	5	W29-W30	28.3
		300	8.9	1.6	5	W34-W29	
		300	19.4	1.9	5	W34-W35	
5	上庄西二路更新改造工程	400	40	3.3	9	W(1)1-W(1)2	119.6
		400	39.8	3.7	9	W(1)2-W(1)3	
		400	39.8	4	9	W(1)3-W(1)4	

**(二) 多个井段连续施工过程**

**1. 管道预加热**

管道预加热系预加热整个衬管管盘，加热温度主要根据材料的厚度确定，所以预期温度（85℃-90℃）维持不变，为保障施工质量，适当增加预加热时间。

**2. 内衬管拖入**

将内衬管匀速（开始每分钟5米，随后逐步增加至每分钟10-15米）牵引至待修复管道内，实际施工时考虑部分管道连续井段过长，摩擦力相对增大，为保证内衬管在拖入的过程中不受到划伤，适当减少拖入速度，同时在拖入过程中注意观察，不得有卡顿，受力突然增大现象。

十里河桥内环污水更新改造工程及上庄西二路更新改造工程因为一次性拖入管道长度较大，所以在拖入过程中增加施工时间9分钟。

**3. 热塑成型**

热塑成型主要分为加热、吹胀、换气冷却的三个过程，影响最终的时间是温度和换气（热气和冷空气）的速度，因为管线长的原因，为保障施工质量，实际实施过程中将温度增加2-5度，最终热塑温度为92-97度之间，而换气的速度主要取决于空压机功率和管道内体积，最终加热、吹胀、冷却时间分别增加0-4分钟，最长增加时间3\*4=12分钟。

吹胀过程中每3分钟升0.01Mpa不变，最终吹胀压力0.045Mpa，观察两个端口的热塑喇叭口的同时，同时通过中间井的内衬管与管口的贴合情况，判定吹胀效果。

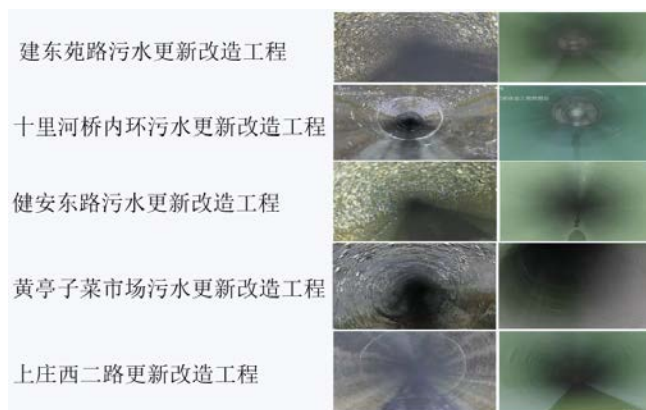
**4. 端头处理**

拆除专用气堵后，在下游检查井、上游检查井及中间检查井端口处同时进行端头处理作业，切除检查井内剩余内衬管，在人员不增加的情况下，此工序增加1个或者2个切除的工序时间，计时9分钟。

**5. 检测验收**

施工完成后对施工管道进行CCTV检测，管道热塑成型效果良好，与原管道紧密贴合，外观直顺，质量检测满足相关规范要求。

详见下图：



(施工前后对比照片示意图)

**四、项目成果**

**(一) 满足相关规范要求**

现况管道内腐蚀严重，管内钢筋保护层已经脱落，管内同时存在大量淤泥等障碍物，严重影响管道使用功能。

管线修复完成后，紧贴原有管道、内壁顺滑、无明显环形褶皱。质量满足《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统 第3部分：紧密贴合内衬法》（GB/T 41666.3）、《排水管道热塑成型法（FIPP）修复工程技术规程》（Q/BDC 2019-001）、《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收》（T/CECS 717-2020）规范要求。

**(二) 总结及分析**

热塑成型工艺是在非开挖修复工艺中的一项重要技术，有着不可替代的作用。

设计管线在直线段且壁厚一致的情况下，可以进行热塑成型法多井段施工，本项目夜间施工作业时间为0:00-5:00，最长连续作业119.6米；影响热塑成型的主要因素为预加热时间、拖入速度、热塑温度、成型压力；影响热塑成型法一次热塑成型长度的主要因素为容许作业时间、拖入速度、管盘能够缠绕内衬管的最大长度。

与单井段施工相比连续多井段施工人工和机械设备成本降低50%-67%，材料成本降低7%-11%，可以大大提高生产效率。

**参考文献**

[1]国家市场监督管理总局. 地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统 第3部分：紧密贴合内衬法: GB/T 41666.3-2022[S]. 2022.  
 [2]城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程（附条文说明）: T/CECS 717-2020[S]. 2020.  
 [3]《排水管道热塑成型法（FIPP）修复工程技术规程》（Q/BDC 2019-001）

作者简介：顾鸿文（1978.04.14-），男，黑龙江省鸡西市鸡东县，大学本科，汉族，初级工程师、中级经济师，工程项目管理，研究方向给排水管道工艺研究。

李文春（1997-），男，吉林省辉南县人、本科、汉、工程师、现在主要从事市政排水管线非开挖技术工作，主要研究方向为给排水管线非开挖创新及应用。