

年

技术案例篇

卷

2020

# 北京市林萃路 D2150 管道修复案例

天津倚通科技发展有限公司

## 一、工程概况

林萃路（五环路～回南北路）道路工程，南起北五环路，北至回南北路，跨越海淀、昌平两个行政区，规划为城市主干路，道路全长 7.6km。该范围内有一处 DN1800 污水管线与新建道路下穿铁路 U 型槽结构冲突，经与有关部门进行沟通，对现况污水管线进行改移。

污水管线 WA4-WB1 段：铁路 D=2150mm 顶管已经施工完毕，施工方需要穿管施工。原设计穿管采用高密度聚乙烯缠绕结构壁管 B 型（HDPE 管，SN8），承插电热熔链接。因原施工工艺不符合现场实际施工要求，现采用螺旋缠绕工艺进行施工。管材使用 PVC-U 带状型材及不锈钢带，施工方法采用螺旋缠绕（钢塑加强型）内衬施工工艺。管线总长度为 L=162m；缠绕管径为 D=1850mm，管线埋深平均约 9m，该工艺施工周期短，防腐效果好，管材强度较高。

## 二、工程重难点

- (1) 需一次性修复 D2150 管道 167m。
- (2) 需要带水修复。
- (3) 作业点位距地面 10m。

## 三、施工概况

螺旋缠绕施工工艺以往多用于老管道修复作业，此次林萃路工程为新建管道内穿越作业，于 2019 年 9 月 5 日完工，历时 7 天，克服工期紧；管径大；缠绕距离长；新建管线内缠绕阻力大；封堵困难等因素。本次螺旋缠绕施工的顺利完成，标志着天津倚通科技发展有限公司在非开挖螺旋缠绕领域上有了新的突破。



带水修复



地下 10 米深基坑



一次性完成 167 米修复



修复后检测



大口径管道修复



# 铁塔公园段跨瓯江电力隧道工程

中亿丰隧道工程股份有限公司

## 圆形顶管项目

温州市七都岛~鹿城区铁塔公园段跨瓯江电力隧道工程及 4 回 220 千伏架空线路上改下工程起于瓯江路，跨越瓯江航道后，止于七都岛樟里中路东侧。拟建工程主要由电力隧道、顶管工作井和接收井组成。本项目创造了温州市三个之最和一个首次，即：管道埋设最深、顶距最长、口径最大和首次过江。

电力隧道采用泥水平衡顶管法施工工艺，长度 1202.4m，隧道设计内径 3.5m，隧道顶部最小覆土约 7m，管底标高  $-25\text{m} \sim -22\text{m}$ ，上坡顶进，坡度 2.5‰。

## 一、大口径超长距离顶管顶力控制技术

顶管随着顶进长度的增加，管外壁摩阻力和顶管顶力也随之增大。顶力过大将增加对周围土体的扰动、对顶管机寿命、管节外壁防腐层造成一定的影响、甚至会造成顶管工作井的变形及管材的损坏。大口径超长距离顶管顶力控制是关键。

针对此项难点，本工程合理布置钢中继间数量，选用优质的注浆材料，顶进过程中做好同步注浆和跟踪注浆，采用液态浆液与固态泥浆相结合的注浆工艺，使摩阻力成倍的下降。并做好工作井井位的监测和顶管顶力的记录。

## 二、大口径超长距离顶管测量技术

随着顶管顶进长度的增加，测量需要的转站次数也不断增加，引起的误差累计也会增加，单个环节出现大的误差或测量失误，将对工程造成难以估计的后果，所以如何保证对顶管设备的测量误差，是本工程的重点。

针对此项难点，本工程采用全自动测量系统与人工复测相结合的措施保证测量施工精度，确保顶管机精确接收。始发后采用全自动测量系统实时测量，每天至少进行人工复测一次，试顶进情况进行加密测量。

## 三、大口径深基坑超长距离越江顶管进洞技术

本工程顶管井深度超过 30m，管道大部分位于瓯江下方，且位于承压水层中顶进，地下水压力大，流速快，洞门封堵难度高，容易造成洞口渗漏甚至周边土体沉降。

针对此项难点,出洞前在接收井洞口打设探孔,观测到地下水呈喷射状态,水流压力较大且含有泥沙,直接封堵风险较高。为保证本工程进洞万无一失,及时启动风险应急预案,采用水下接收方案,提前对接收井回灌水,在机头进洞后采用潜水员水下焊接的方法对洞口进行封堵,最后抽水吊离设备完成所有顶管施工。

## 四、大口径长距离过江顶管施工控制技术

### (1) 过江段土压力控制

该段顶程随着顶进距离的增加,在瓯江底的覆土深度随之减小,容易出现欠挖现象,由于在江底顶进不同与在陆域上顶进施工,可根据地面沉降监测数据控制土压力的设定,因此在进入瓯江前需根据现有的江底覆土深度的资料,预先计算好土压力设定的范围,施工中严格按照设定土压力顶进施工,根据顶进距离与覆土层之间的变化,及时调整设定土压力。

### (2) 穿越江底防止管道上浮

本段顶管平均埋深 14m,穿越瓯江江底处的覆土最浅为 6m,顶管机穿越江底后,在顶进过程中对土体的扰动,使土体和顶管机的周边握裹力减弱,在后续管道通过江底时,由于覆土较浅存在管道上浮可能。防止管道上浮措施:

- a. 当顶管机穿越覆土最浅处后,后方管道增加可移动式配重,随着管道向前推进,配重向后移动,使配重设备始终处于覆土最浅处。
- b. 加强润滑泥浆压注的科学管理,确保注浆和顶进的同步性,使浆液能及时填充到顶进出现的空隙。
- c. 补压浆要遵守“全线、平均、及时”的原则,使管节周围能均匀形成泥浆套,尽量避免局部超量超压。
- d. 在特别严重区域,采用上注下放的补救措施,减少出现曲线驼峰。

## 五、长距离顶管施工供电、通讯、通风技术

(1) 长距离供电为了解决电压降问题,一般采用高压输电,在盾构施工中,都是采用高压输电解决降压问题的。但是顶管施工有其特殊性,其管径小,若采用高压供电安全缺乏保障,因此必须采用 380V 低压输电。采用低压供电,就必须加大电缆容量,并且设置增压设备,以便在压降过大时起稳压作用。为了防止不可预见情况的发生,还安装了一套自动增压装置,当线路压降过大时,增压装置开启,稳定施工用电电压,保证顶进设备的正常运作。

(2) 长距离顶进必须保证信息交换渠道的畅通,同时对施工操作人员要进行监护,防止发生安全事故,因此需要设置通讯、监控系统。

通讯采用一台程控交换机,在掘进机处,各中继环、基坑内,地面控制室和项目经理室等各主要部门和岗位上设置一门电话,以便信息及时传递。在掘进机和基坑各设 2 台摄像机,以使顶管的施工情况能在主控制室里反映出来。由于管道内空气潮湿,应使用防潮、防爆的矿用电话机,以保证通话质量。

监控采用了两台监视器,分别对工具管操作面和主顶操纵台进行监控。为了解决传输信号长距离输送衰减的问题,将信号通过放大器放大后再送上地面,保证图像的清晰。

(3) 由于顶进深度较深,地层中可能存在腐烂物质形成的沼气等可燃性气体,在施工中,这些气体可能会从机头出土处及中继间等管节的缝隙处渗入管道内,危及施工人员的安全。为此,施工时对管道进行强

制通风，采用轴流风机进行通风，管道内采用4寸钢管通风管，由于管道较长，还需在管道内增加接力风机；且每次下井时，都由施工人员携带便携式可燃性气体监测仪器进行测试，确保管道内气体浓度正常方可下井施工。

## 六、长距离顶管中继间技术要求及闭合措施

本段顶管长距离在淤泥土层中顶进，穿越地层含水量大，透水性强。中继间密封圈磨损情况严重，必须加强对中继间等薄弱环节的密封处理，以便解决好管节的密封防水问题，以确保钢管内的施工作业安全。

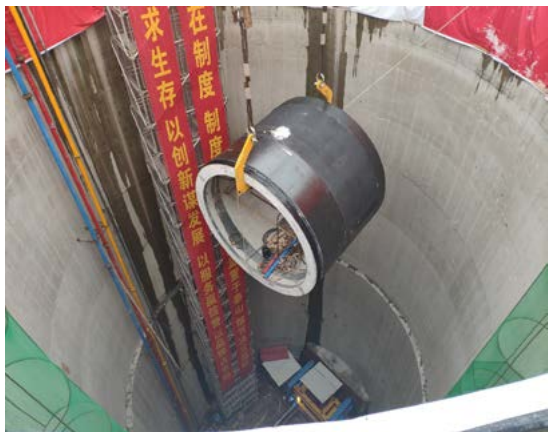
针对性措施：本工程采用“组合密封中继间”技术，中继间采用二段一铰可伸缩的套筒承插式结构，在铰接处设置二道可径向调节密封间隙的密封装置。其中第一道密封装置设计成可拆卸形式。

中继环的结构形式是采用特殊管的形式，其主要优点是：

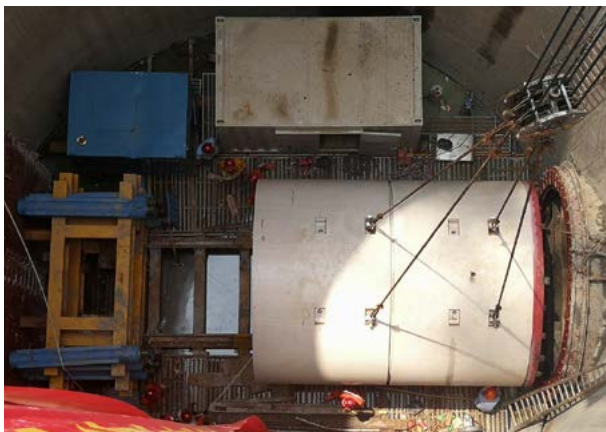
(1) 采用径向可调节水装置，如果橡胶止水圈磨损，仍可以通过调节径内向六角螺栓，重新满足密封性能。即使橡胶止水圈被严重磨损，无法继续使用，也能够先对应急止水圈充气，再更换被磨损的橡胶止水圈，恢复良好的密封性能。

(2) 由于密封装置的钢法兰是经大型车床加工而成，尺寸精度高，刚性好，密封性能容易保证。

(3) 顶管施工后，拆除中继间油缸，割除抱箍并磨平后，中继环可以合拢，无需在此空档内浇筑混凝土，质量可靠，操作简便。



管节吊装



顶管机吊放安装



管内补浆

# 新建上海裕民南路下穿 G1501 地道工程

中亿丰隧道工程股份有限公司

## 矩形顶管项目

新建裕民南路下穿 G1501 地道工程，北起招贤东路南至洪德路，近南北走向，全长约 760m，本工程顶管施工的隧道共三条，单条长度 60m。均下穿正常通行的 G1501 高速公路段。三条隧道采用了一大两小并行的设计形式，其中大的机动车通道断面尺寸为 10.4m\*7.5m，截面达到了 72 m<sup>2</sup>，大通道左右两侧各有一条人行通道，断面尺寸 6.9m\*4.2m，工程属于三排近间距超大截面矩形顶管施工工程，这也是国内矩形顶管穿越高速公路工况下一次施工通道多、截面积大的矩形顶管工程，施工难度非常大。

## 一、顶管施工断面大，顶管操控风险高

本段穿越 G1501 顶管管节高度达到 4.2m 和 7.50m，因此刀盘上下面的高差较大，且由于开挖面穿过多种土层，因为不同的土质层具有不同的密实度、强度等参数，切削土层的软硬程度也不一致，因此增大了施工中顶管的操控风险。主要采取以下针对性措施：

### （1）顶速、土压力控制

调低顶进速度，并保持连续顶进，严格控制机头前迎面土压力，过程中将根据实际正面土压、机头姿态调整顶进速度、纠偏角度及出土量。

### （2）测量控制

增加测量频率，并在机头内增加倾斜仪器，随时观察机头姿态情况，顶进时根据机头姿态采取纠偏顶进方式。

### （3）机头稳定性控制

将机头与前 6 节管道间设置纵向拉结措施，提高前 10m 左右范围内管道的整体性。

### （4）应急措施

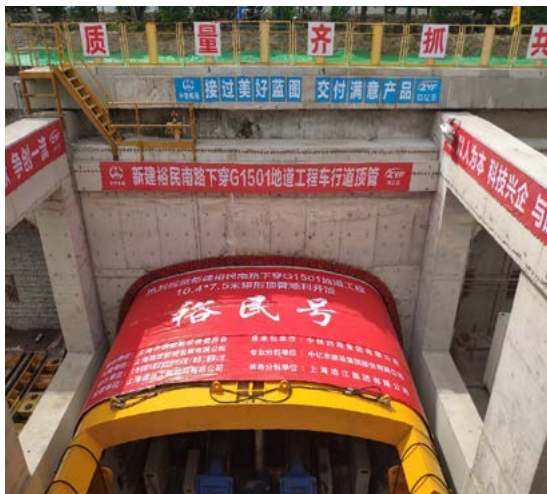
顶进时若机头姿态发生突变，立即停止顶进施工，根据机头偏差方向进行打土纠偏，提高偏斜方向土体压力，控制机头姿态。

## 二、超大断面过路顶管进出洞难度大

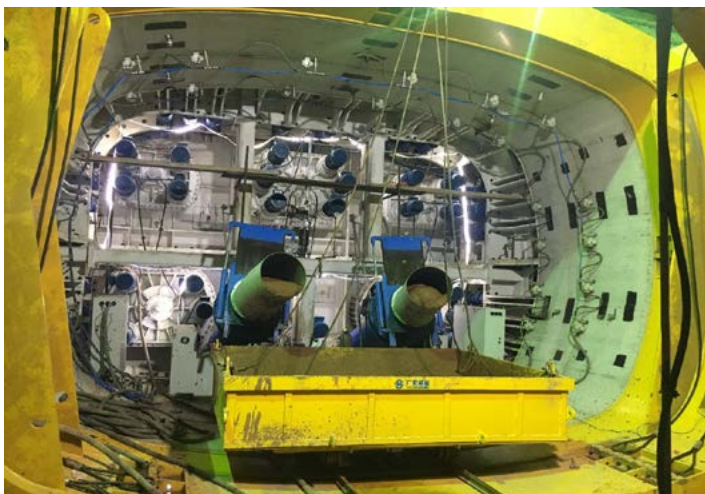
进出洞是顶管施工的关键工序，本段顶管进出洞口位于多种土层中，针对本段顶管进出洞必须充分认识到施工风险，在顶管施工中，随着管道的不段向前延伸，顶管出洞口土体会不断的沉降。需严防洞口喷水、

涌砂，导致地面沉降。主要采取以下针对性措施：

- (1) 按要求做好洞口加固等措施。
- (2) 安装洞口止水装置，洞口采用密封压板及橡胶板止水。洞门预埋注浆孔便于机头出洞瞬间注入膨润土浆液，确保机头出洞的安全。
- (3) 顶管机进出洞前应检查洞口土体加固情况是否达到要求。
- (4) 加强对地表沉降、地下水位观测。
- (5) 现场配置聚氨酯等应急堵漏材料。



10.4m\*7.5m 矩形顶管机始发出洞



10.4m\*7.5m 超大断面顶管正常顶进出土



10.4m\*7.5m 管节吊装

### 三、超大断面三排浅覆土过路顶管沉降控制技术

本工程顶管断面大，对周围土体扰动大；浅覆土下穿高速公路路面沉降控制要求高；三排近间距顶管分次顶进过程中会对周围土体造成多次扰动且 G1501 高速公路不断流 24min 正常运营均给本工程地面沉降控制造成极大的压力。

针对此项难点，经过多次方案讨论及优化，对 G1501 高速采用了远距离自动化监测系统，配备计算机

及监测软件及时处理测量数据，加载了数据异常自动报警系统，确保监测路面沉降的同时不影响高速正常通车，且通过沉降数据及时调整施工顶进参数。顶进过程中采用了专利级“两段两姿态、五位一体”的全自动测量方法，对顶管机姿态进行三维实时监测。在做好测量与监测的同时，顶进过程中采用新型材料顶管平衡泥注入技术，对顶进过程中排渣或扰动造成的土体损失进行补偿；当完成管道顶进施工作业以后，利用压注触变泥浆系统及管路同时采用惰性浆液置换顶进过程中的触变泥浆，顶进过程中的泥浆注入减少土体扰动和穿越后的泥浆置换双重技术保障确保高速公路零风险运营。

#### 四、超大断面三排近间距顶管避免顶进相互影响控制技术

本工程超大断面三排近间距顶管先后顶进，先顶进完成顶管段会对周围土体造成扰动，后续顶管段顶进时，两段顶管之间土体被进一步挤密，后续顶管段两侧土体密实度不一致，造成顶管顶进侧向压力不平衡，顶进控制难度高，容易造成顶进过程中轴线偏差，甚至对已完成顶管段造成影响。

针对此项难点，经过多次方案讨论及优化，首先对顶管机五个迎土面安装了全方位水土压力传感器，保证了施工参数的全方位的收集与处理。

其次对前方刀盘刀具、搅拌叶进行了更加合理的布局，提高了刀盘的切削率和搅拌率，减少对周围土体的扰动；并行近距顶管，土体受到先行通道的影响，通道间土体受挤压，后顶通道顶进时两侧土体性质发生较大改变，本工程采用机头在中间土体被二次挤压的那一侧加装了改进后的铲齿切土装置的方式成功释放了中间土体二次挤密压力；为了控制后续顶段顶进时对已顶进完成段的影响，对已顶进完成段顶管管节安装钢弦式土压力盒，对已顶进完成管节顶部的水土压力进行监测对比分析，及时调整施工参数；

最后，做好施工过程中的参数控制及技术措施，通过全自动测量三维实时监测及组合式纠偏保证顶管顶进姿态，在先行通道施工完成后，对先行通道设置了管节间纵向拉结构造，增强通道的整体刚度，避免后行通道顶进过程中影响先行通道，造成通道不均匀位移，确保通道线性准确。



# 上海保华国际广场项目装配式构件安装

中煤建工集团有限公司

## 一、案例简介

### 1.1 项目背景

**项目名称：**上海保华国际广场。

**项目地址：**上海保华国际广场项目位于上海市莘庄商务中心；本工程位于上海市闵行区秀文路，东至园文路，西至用地红线，南至用地红线，北至用地红线。项目占地面积约 30000 m<sup>2</sup>，东西长约为 191m，南北向长为 212m，场地较为平整，场地标高为 -0.7m。项目工程 2#、3#、6#、7# 单体（建筑高度最高为 25.8m）为装配式建筑。

**PC 工程概况：**本工程预制率统计如下表：

| 预制混凝土体积 (m <sup>3</sup> ) |        |        |        |         | 预制混凝土 + 现浇混凝土总体积 (m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------|------------------------------------|
|                           | 柱      | 梁      | 板      | 汇总      |                                    |
| 2#                        | 110.77 | 468.45 | 249.99 | 829.21  | 2045.04                            |
| 3#                        | 108.35 | 484.44 | 304.56 | 897.35  | 2201.66                            |
| 6#                        | 84.1   | 607    | 345.37 | 1036.47 | 2587.28                            |
| 7#                        | 73.62  | 409.12 | 191.1  | 673.84  | 1676.48                            |

**本工程构件统计如下表：**

| 楼层 | 预制柱 | 预制叠合梁 | 预制叠合板 |
|----|-----|-------|-------|
| 2# | 70  | 356   | 444   |
| 3# | 74  | 346   | 538   |
| 6# | 68  | 427   | 612   |
| 7# | 54  | 286   | 302   |

**本工程装配式建筑完成情况：**

2# 楼装配式结构完成；3# 楼 4 层预制梁板安装并浇筑完成；6# 楼 1 层预制梁吊装完成；7# 楼装配式结构封顶。

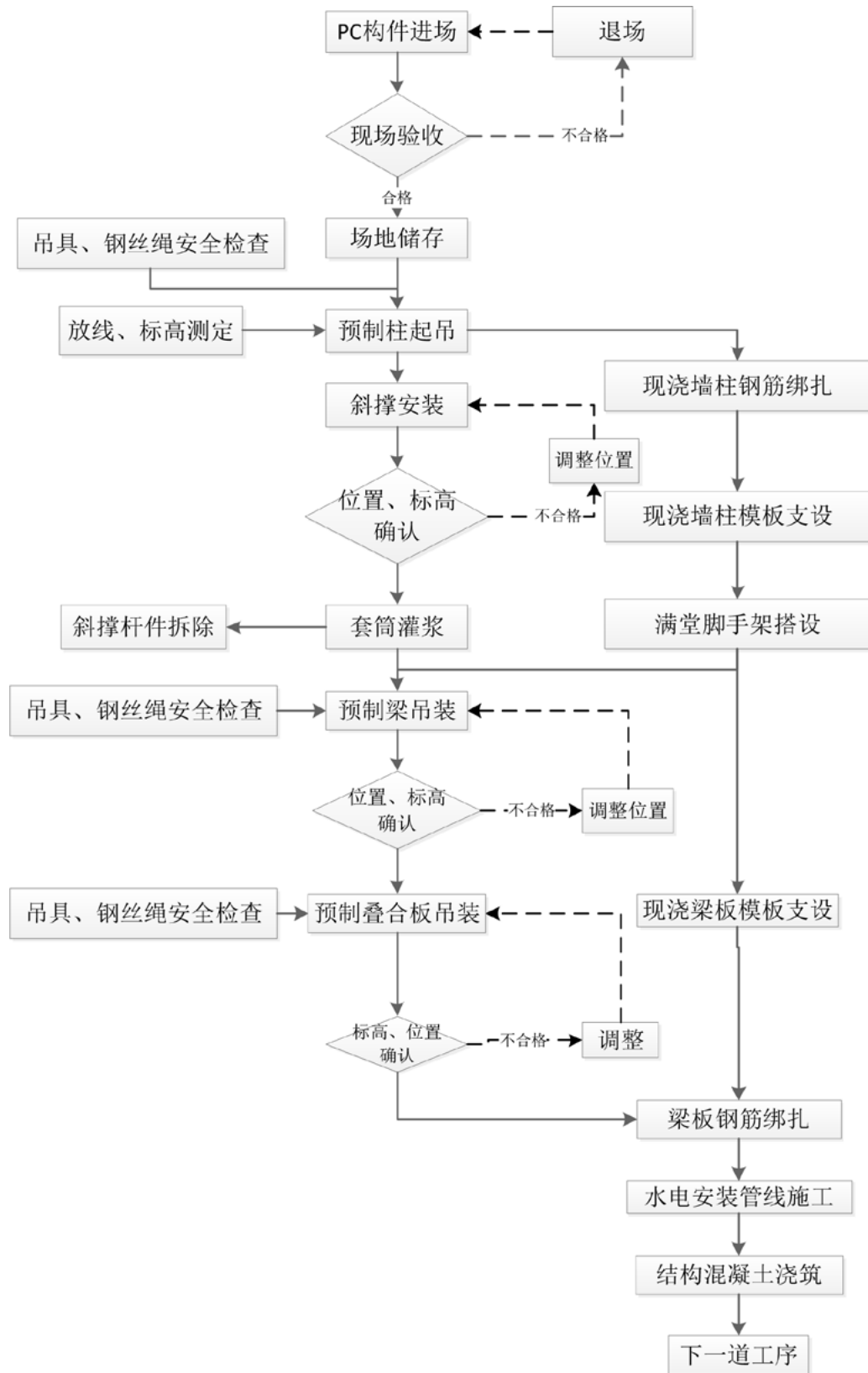
**结构形式：**各单体装配式结构体系、预制构件类别及预制率如表所示。

| 单体名称 | 结构体系        | 抗震等级 | 预制构件布置                | 预制率    |
|------|-------------|------|-----------------------|--------|
| 2#   | 装配整体式框架结构体系 | 三级   | 部分区域各层预制柱、预制叠合梁、预制叠合板 | 40.55% |
| 3#   | 装配整体式框架结构体系 | 三级   | 部分区域各层预制柱、预制叠合梁、预制叠合板 | 40.76% |
| 6#   | 装配整体式框架结构体系 | 三级   | 部分区域各层预制柱、预制叠合梁、预制叠合板 | 40.06% |
| 7#   | 装配整体式框架结构体系 | 三级   | 部分区域各层预制柱、预制叠合梁、预制叠合板 | 40.20% |

## 1.1 项目背景

## 1.2.1 预制构件吊装流程

本工程预制结构为预制柱、预制梁、叠合板，预制构件吊装及结构施工流程如下：



### 1.2.2 预制柱吊装流程

柱吊装到位后及时将斜撑固定在柱及楼板预埋件上,最少需要在柱子的两面设置斜撑,然后对柱子的垂直度进行复核,同时通过可调节长度的斜撑进行垂直度调整,直至垂直度满足要求。

1、装配式构件进场、编号、按吊装流程清点数量及构件进场质量的验收,吊索、吊具等设备的检查。

2、各装配构件搁(放)置点清理、按标高控制线垫放硬垫块,做好标高记录。对于现浇混凝土面,如有不平整应及时清理到位,避免标高误差。

3、吊装查看安装方向,然后按对应编号和吊装流程对照轴线控制线逐块就位。

4、设置构件支撑连接件临时固定,塔吊吊点脱钩,调节墙板垂直度。预制柱垂直度控制在5mm内,标高控制在允许5mm误差。调整完毕后斜撑件加固完成。

5、对预制柱底部四周进行水泥砂浆勾缝,勾缝密实。进行下一墙板安装,并循环重复。

步骤一:预制柱进场、编号、按吊装流程清点数量。

步骤二:根据给定的水准标高、控制轴线引出水平标高线、轴线,然后按水平标高线、轴线安装柱下垫块。标高及轴线位置调整后,然后沿预制柱边缘进行高强砂浆座浆施工。

步骤三:按编号和吊装流程逐块安装就位,并进行斜支撑临时加固及调平施工(预制柱的临时支撑系统2组斜向可调节螺杆组成),预制柱四角缝隙处加塞垫片,灌浆料强度达到35Mpa(对灌浆料留置同条件养护试块)以上方可将斜撑杆拆除,预制柱套筒必须与下层插筋连接到位,严禁出现切割钢筋现象。



框架柱柱底钢筋连接

步骤四:塔吊吊点脱钩,进行下一个预制柱安装,并循环重复。

步骤五:预制柱安装、固定后,再按结构层施工工序进行后一道工序施工。

步骤六:待上层楼板混凝土浇筑结束后进行预制柱灌浆施工。



根据 PC 深化图纸设计要求，预埋斜支撑固定拉环。结合柱子长度对偏差进行确认，按照设计标高在吊装前进行柱底标高调节，同时确保柱底部在同一水平面，使柱底部受力均匀。

斜支撑一端用螺栓与预制预留螺栓连接、另一端用螺栓与楼板预埋件连接固定，调整预制柱的垂直度，调整垂直度合格后将连接螺栓紧固。

本项目 2#、3#、6#、7# 楼 PC 预制柱最大单个构件重量为 :5.18t，由于柱的重力是垂直于楼板且底部由钢筋锚入钢套筒内，则临时斜支撑所受支撑力较小主要是对预制柱的垂直度进行调节。

### 1.2.3 预制叠合板、叠合梁吊装流程

搭设临时固定与搁置排架完毕后，经验收合格后进行预制叠合梁叠合板吊装施工。

步骤一：预制叠合梁和叠合板进场、编号、按吊装流程清点数量。

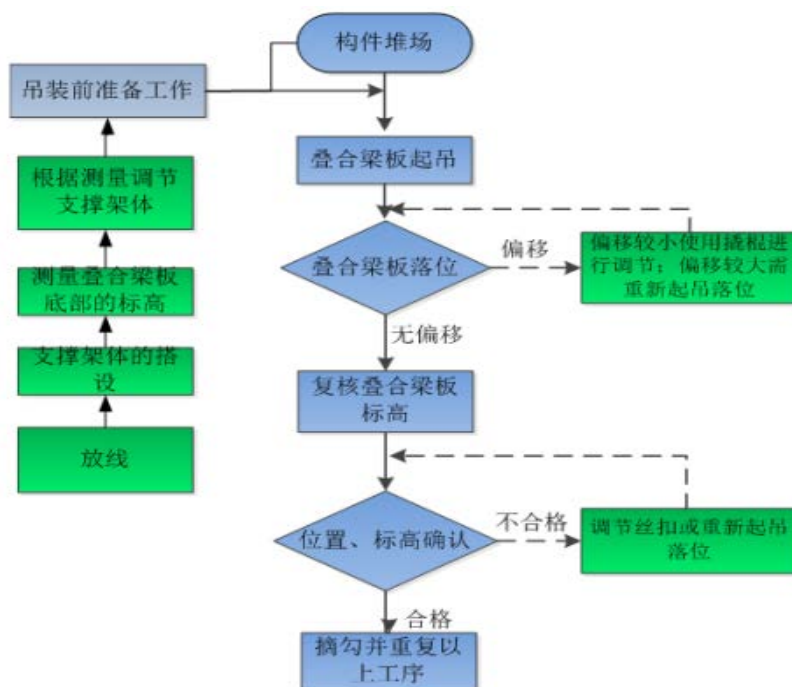
步骤二：搭设临时固定与搁置排架。



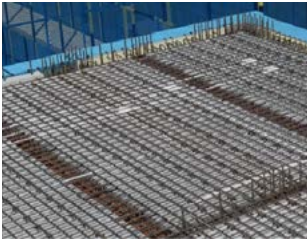
叠合板临时支撑示意图

步骤三：控制预制构件标高与定位轴线。

步骤四：按编号和吊装流程逐块安装就位，按照预制框架梁、预制次梁、预制叠合板顺序进行吊装。



步骤五：梁板面层钢筋绑扎，机电安装管线及线盒同步施工，钢筋绑扎及机电安装施工结束后进行混凝土楼面浇筑。

| 1、预制框架梁吊装                                                                                                                                                           | 2、预制次梁吊装                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    |                                                                                      |
| 3、叠合板吊装                                                                                                                                                             | 4、上部钢筋绑扎及管线施工                                                                                                                                                          |
|   |   |
| 5、混凝土浇筑                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                        |
|                                                                                  |                                                                                                                                                                        |

#### 1.2.4 套筒灌浆施工工艺流程

清理并封堵→拌制灌浆料→浆料检测→灌浆→封堵出浆孔→试块留置→清理灌浆机

清理并封堵→拌制灌浆料→浆料检测→灌浆→封堵出浆孔→试块留置→清理灌浆机

##### 1. 封堵：

(1) 预制墙板校正完成后，使用塞缝料（塞缝料要求早强、塑性好、干硬性水泥砂浆进行周边座浆密封）将墙板其他三个面（外侧已贴橡胶条）与楼面间的缝隙填嵌密实；墙体长度需要划分连通灌浆区域时，在预制墙体吊装就位前，采用坐浆材料进行分仓处理，与预制墙体吊装就位后的外围封堵材料形成封闭连通空腔。

对于金属波纹管浆锚搭接，在预制墙体吊装就位前，采用座浆料进行坐浆处理，在进行注浆作业前至少一天，采用封堵材料封堵墙体外围。

##### (2) 拌制灌浆料：

灌浆应使用灌浆专用设备，并严格按设计规定配比方法配比灌浆料。将配比好的水泥浆料搅拌均匀后倒入灌浆专用设备中，保证灌浆料的坍塌度。灌浆料拌合物应在制备后 0.5h 内用完。

##### 2. 浆料检测：

检查拌合后的浆液流动度，保证初始流动度不小于 300mm、30min 流动度不小于 260mm。

##### 3. 灌浆：

将拌合好的浆液导入灌浆泵，启动灌浆泵，待灌浆泵嘴流出浆液成线状时，将灌浆嘴插入预制剪力墙

预留的灌浆孔（下方预留孔）进行灌浆。

对于剪力墙钢筋套筒灌浆按中间向两边扩散的原则开始一点灌浆，按照技术规程要求，灌浆分区的长度以任意两个灌浆套筒间距不超过 1.5m 为准；进行一点灌浆时，按照浆料排出先后顺序进行出浆孔、灌浆孔封堵，在此期间保持注浆压力，直至所有出浆孔、灌浆孔出浆并封堵牢固后停止注浆；当一点灌浆遇到问题需要改变灌浆点时，各灌浆套筒已封堵灌浆孔、出浆孔要重新打开，待改变灌浆点后灌浆料再次流出后进行二次封堵。

对于金属波纹管浆锚搭接灌浆，采取单个套筒逐个灌浆的方式从灌浆孔注浆，待出浆孔完整出浆后进行封堵，并封堵灌浆孔。

接头灌浆充盈度检查：在构件完成注浆 5min—10min，逐个取下出浆孔封堵塞，检查孔内凝固浆料的位置，浆料上表面应高于出浆孔下缘 5mm 以上，查看完毕符合要求的再次进行出浆孔封堵，若有不满足要求的需进行补灌，向不符合要求的出浆孔内进行补灌浆料，采用手动灌浆枪（前端加细软管，便于孔内排气）进行补灌作业，随即封堵补灌的出浆孔。

灌浆后 2h 内不得使构件和灌浆层受到震动、碰撞。本工程剪力墙钢筋套筒灌浆作业、金属波纹管浆锚灌浆作业需在上一楼层砼浇筑完成并具备上人条件后开始，以防止本楼层其他工序作业造成已作业灌浆料在 24h 内受到扰动破坏。

散落的灌浆料拌和物不得二次使用。灌浆操作全过程应由监理人员旁站，填写灌浆施工检查记录。

#### 4. 封堵出浆孔：

间隔一段时间后，上方出浆孔会漏出浆液，待浆液成线状流出时，立即塞入专用橡皮塞堵住孔口，持压 30S 后抽出下方灌浆孔里的喷管，同时快速用专用橡皮塞堵住灌浆口。其他预制墙板预留灌浆孔依次同样灌浆，不得漏灌，每个预制墙板最好一次灌浆结束，尽量不得进行间隙多次灌浆。

#### 5. 试块留置：

灌浆作业应及时做好施工质量检查记录，留存影像资料，与灌浆套筒匹配的灌浆料依照每个施工段的所取试块组进行抗压检测。每栋每层为一个施工段，取样送检一次。同种直径每班灌浆接头施工时制作一组每层不少于三组 40mm\*40mm\*160mm 的长方体试件，标养 28d 后进行抗压强度试验；剪力墙底部接缝坐浆料，每工作班应制作一组且每施工段不少于三组 70.7mm\*70.7mm\*70.7mm 的立方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。坐浆、灌浆强度应符合设计要求。灌浆及坐浆同条件试块每施工段不少于 1 组；套筒灌浆连接应符合设计、《钢筋机械连接技术规程》GB107 中 I 级接头的性能要求及国家现行有关标准的规定。同种直径套筒灌浆连接接头，每完成 1000 个接头时制作一组同条件接头试件作力学性能检验，每组试件 3 个接头。

（1）灌浆过程中，第一个孔会消耗掉很多的灌浆料，这是因为预制柱与楼板之间存在缝隙，而我们的灌浆孔距离缝隙处还有一段小小的高差，所以第一个孔多消耗的灌浆料首先会充满灌浆孔以下部分，我们称之为“垫底”。

（2）灌浆过程中，如果耗时间较长，注意搅拌设备漏斗中的灌浆料，通过搅拌或者加入减水剂，使之达到合适坍塌度（即达到配比要求的可流动性）和活易性。

### 1.3 控制要点

1、安装精度差，墙板、挂板轴线偏位，墙板与墙板缝隙及相邻高差大、墙板与现浇结构错缝等。

措施：



(1) 编制针对性安装方案,做好技术交底和人员教育培;

(2) 装配式结构施工前,宜选择有代表性的单元或构件进行试安装,根据试安装结果及时调整完善施工方案,确定施工工艺及工序;

(3) 安装施工前应按工序要求检查核对已施工完成结构部分的质量,测量放线后,做好安装定位标志;

(4) 强化预制构件吊装校核与调整:预制柱等竖向构件安装后应对安装位置、安装标高、垂直度、累计垂直度进行校核与调整;预制叠合类构件、预制梁等横向构件安装后应对安装位置、安装标高进行校核与调整;相邻预制板类构件,应对相邻预制构件平整度、高差、拼缝尺寸进行校核与调整。

(5) 强化安装过程质量控制与验收,提高安装精度。

2、预制构件存在裂缝、麻面、缺棱掉角等外表缺陷、外形缺陷

防治措施:

(1) 构件制作前,模具表面必须清理干净,做到光滑、平整、不生锈;模具和混凝土接触面应刷(喷)涂隔离剂,涂刷隔离剂要均匀,不得漏刷或积存。

(2) 钢筋制作安装控制好钢筋间距、保护层厚度,当钢筋保护层过后时,要采取有效的防裂构造措施。对管道预埋、洞口、边角等薄弱部位应有相应的构造措施。

(3) 优化混凝土配合比,改善混凝土生产工艺。混凝土配合比应经认真设计和试配,使符合设计强度和性能要求,水泥砂石质量、骨料级配、杂质含量要控制好,外加剂应先试验,严格控制掺用量。

(4) 根据混凝土的品种、工作性等制定合理的搅拌操作规程搅拌均匀。混凝土浇注宜采用振动台、机械振捣方式成型,并应根据混凝土的品种、工作性、预制构件的规格形状等因素,制定合理的振捣成型操作规程。

(5) 预制构件采用自然养护时,应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》(GB50666)、现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204)的要求。

预制构件采用加热养护时,应按养护制度要求控制静停、升温、恒温和降温时间,并应控制升降温速度不超过  $20^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ,最高养护温度不宜超过  $60^{\circ}\text{C}$ 。

(6) 预制构件侧模拆除时的混凝土强度应能保证其表面及棱角不受损伤。预制构件脱模起吊时,应根据设计要求或具体生产条件确定同条件混凝土抗压强度,且混凝土强度应不小于  $15\text{MPa}$ 。预制构件在脱模、翻转、运输、安装等各工况的验算,应将构件自重标准值乘以脱模吸附系数或动力系数后作为等效静荷载标准值。

(7) 预制构件在脱模起吊、运输、存放、安装过程中应加强成品保护。

3、预制构件的接合面不符合要求,粗糙面粗糙度不够,墙端梯形键槽不规范。

防治措施:

(1) 预制构件与后浇混凝土的结合面或叠合面应按设计要求做成粗糙面或键槽,粗糙面可采用拉毛或凿毛处理方法,也可采用化学处理方法,当采用化学方法形成时,宜采用专用的混凝土露骨料药剂。

(2) 叠合楼板粗糙面凸凹不宜小于  $4\text{mm}$ 。

4、对预制梁、板吊装下部支撑搭设

措施:

经过对预制梁板结构的荷载统计,采用承插型盘扣式脚手架。PC 结构中叠合梁、叠合梁吊装前需进行支撑施工,PC 构件区域下部位置无需另外进行模板铺设,楼板形式为  $6\text{cm}$  预制叠合板和  $8\text{cm}$  现浇结构,

根据荷载计算，叠合板下搭设盘扣式脚手架支撑体系设置如下图。



预制梁、板支撑

## 5、灌浆施工难点－漏浆

措施：

漏浆主要是由于柱四周封堵不严或封堵材料强度不足发生滑移而造成的，处理不当会直接影响构件的连接质量和结构安全。针对不同情况应分别作出相应的处理，具体如下封堵不严造成的漏浆，可直接采用堵漏材料进行应急封堵；封堵材料强度不足发生滑移造成的漏浆，采用堵漏材料进行应急封堵，并适当采取模板围堵加固。

用以上两种处理方法不能满足时，打开封堵材料，放空灌浆料，并采用大量清水冲洗干净，再重新封堵并灌浆。

## 6、灌浆施工难点－灌浆孔、出浆孔不出浆

措施：

灌浆孔未出浆而出浆孔正常出浆时，可认定此套筒内浆料饱满，无需处理；灌浆孔和出浆孔均未出浆时，用手动灌浆枪从灌浆孔进行补灌，灌浆孔出浆而出浆孔未出浆时，将手动灌浆枪前面加 5mm 直径的软管，将软管从出浆孔直接深入到出浆孔内缓缓补灌，直至灌浆料灌满为止。

## 7、安全控制要点

(1) 起重吊装的指挥人员必须持证上岗，作业时应与操作人员密切配合，执行规定的指挥信号，不得违章指挥。操作人员应按照指挥人员的信号进行作业，当信号不清或错误时，操作人员可拒绝执行，不得违章操作。

(2) 吊装的安全防护措施：在 PC 吊装时采用在 PC 板上预留 5CM 孔，同时采用专用吊装带穿孔双保险的办法起吊，确保在意外发生时，有另外一道保险保障安全。吊装时必须有专职安全员进行监督。

(3) 起吊重物应绑扎平稳、牢固，不得在重物上再堆放或悬挂零星物件。易散落物件应使用吊笼栅栏固定后方可起吊。标有绑扎位置的物件，应按标记绑扎后起吊。吊索与物件的夹角宜采用  $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，且不得小于  $30^{\circ}$ ，吊索与物件棱角之间应加垫块。

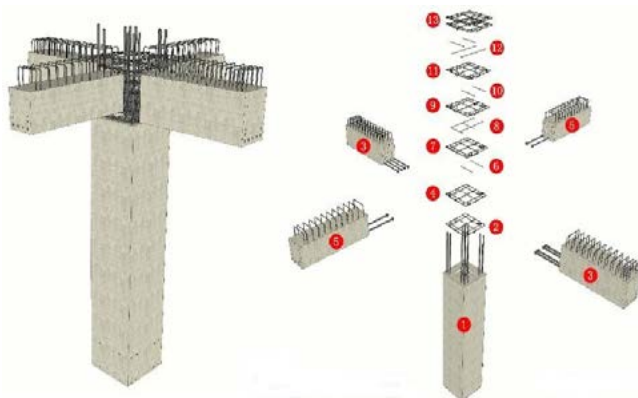
(4) 为了预防事故的发生，起吊载荷达到起重机额定起重量的 90% 及以上时，应将重物调离地面 200 ~ 500mm 后，检查塔吊的稳定性，制动器的可靠性，重物的平稳性，绑扎的牢固性，确认无误后方可继续起吊。对易晃动的重物应拴拉绳。

# 二、主要创新点

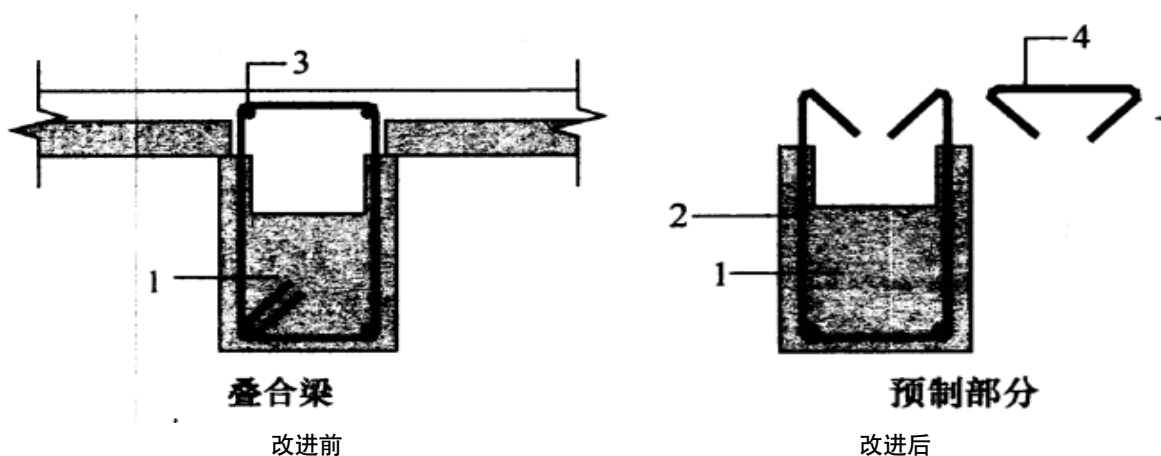
## 1、设计深化改进

(1) 为便于主次梁安装，柱梁交接节点位置主次梁出筋优化设计，主次梁交叉高低错开，梁出筋采用

直螺纹分段连接。避免了钢筋的碰撞，并便于安装。



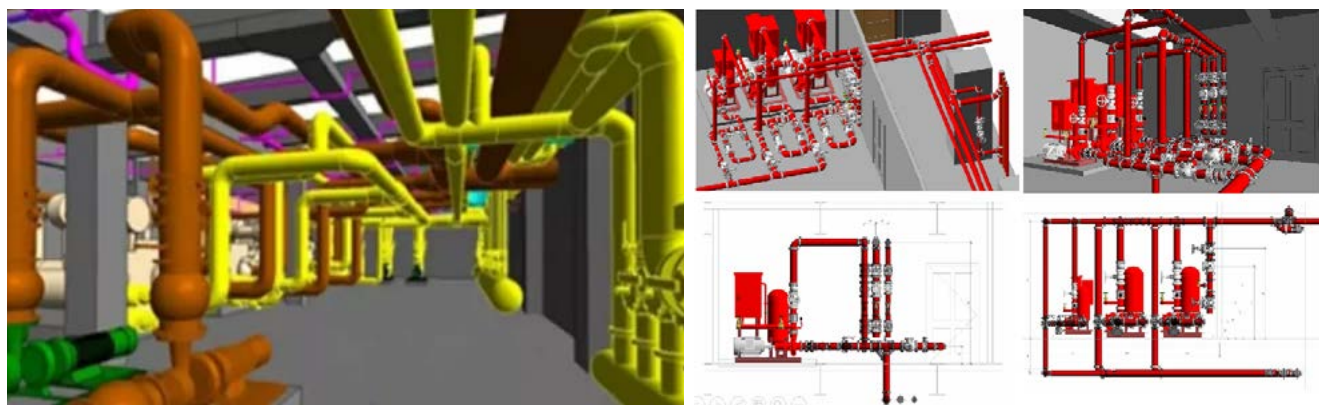
(2) 对传统 PC 构件梁箍筋开口方向调整，便于梁在安装完成现场穿上部钢筋。



(3) 在灌浆过程中，当撤掉灌浆机封堵灌浆口之前，压力下降浆料会迅速流出，造成灌浆不密实。灌浆口采用增加 PVC 管引致高出灌浆套筒设计，避免灌浆不实的情况发生。

## 2、BIM 技术的应用

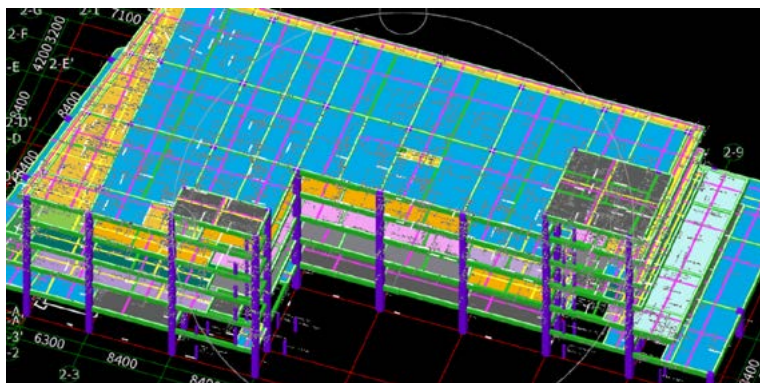
引入 BIM 技术，为实现钢结构建筑的结构系统、外维护系统、内装系统、设备与管线系统集成一体化设计提供信息化支撑。



- (1) 借助 BIM 技术，整合钢结构体系与建筑功能之间的关系，优化结构体系与结构布置；
- (2) 利用三维技术进行碰撞检查，找出设计不合理或错误；
- (3) 利用 BIM 技术实现虚拟施工，快速直观的模拟施工过程，进行施工技术交底；

(4) 选取合适的内外墙体系，细化建筑节点构造，实现建筑功能高标准的要求。

(5) 将构件利用三维扫描技术，在计算机内实现构件预拼装检查，完成拼装前的最后校核，做到精准组装，万无一失。



### 三、案例实效性

- 1、构件都在工厂生产，相当于标准的产品，质量可以更好的控制，也可以节约材料。
- 2、构件是标准产品运到现场就可以直接进行安装，减少现场施工强度，也可省去了砌筑和抹灰工序，会缩短整体工期。
- 3、机械化程度增加，减少了现场人员的配备，节约用工成本和利于安全生产。
- 4、构件工厂化生产，施工现场的建筑垃圾减少，利于环保。
- 5、叠合板可做楼板底模，外挂板可做剪力墙的一侧模板，可节省周转材料的投入。

### 四、技术成果

在项目实施过程中申报了上海市住建部科技示范项目课题及 2020 信息化建设示范项目。参赛作品“基于 TRIZ 创新方法的智能探测支护技术”荣获 2019 年中国创新方法大赛北京赛区决赛二等奖。参赛作品“上海保华国际广场 BIM 施工管理”获得第五届“科创杯”全国 BIM 应用大赛优秀奖和第二届“优路杯”全国 BIM 技术大赛铜奖。上海保华项目获中国煤炭地质总局 2019 年度安全生产先进集体荣誉等。“工具式防护产品开发技术”获中国煤炭地质总局 2018 年科学技术二等奖。以及申报工具式防护产品十余项等。

# 新洲高端印刷包装生产项目—大跨度钢结构安装

中煤建工集团有限公司

## 一、案例简介

### (一) 项目简介

新洲高端印刷包装生产项目位于江苏省南京市六合区时代大道北侧、龙杨路东侧，其中生产车间为独立单体，属于旧房改造工程。

整个厂房屋结构：建筑平面尺寸 140m×300m（轴线尺寸），总建筑面积约为 42000 m<sup>2</sup>，横轴间距 5m，纵轴间距 6m，檐口高度 +7.65m，屋脊高度约 24.65m，五跨二个坡面，中间屋脊跨 40m 为圆弧屋面，2 个 25m 跨依次落差 1.5m，形成一个坡面，屋面坡度 11%。混凝土框架结构+钢结构桁架屋面结构，240mm 厚砌块墙体、C 型檩条（C200\*70\*20\*2.5）、彩钢板+保温棉屋面，外设混凝土天沟有组织排水。

改造完成新生产车间结构：中间第三跨为 40m，两个 25m 跨（F-a/1-51 轴），原钢结构桁架屋面承重结构保持原样（重新涂装防腐涂料），屋面彩钢板做法不变（换新），F-a/1-51 轴 8m 标高处增加钢结构平面桁架，用于设备安装承重及吊顶承重，二边跨 A-F/1-51 轴、a-f/1-51 轴钢结构主体屋面钢架结构，屋面维护系统与设备安装承重及吊顶承重共同安装在屋面钢架结构上。两个边跨 A-F/1-51 轴、a-f/1-51 轴采用 C250x75x20x2.2 镀锌檩条，中间第三跨 F-a/15-51 轴 8m 夹层钢架采用 C220x75x20x2.2 镀锌檩条，檩条采用  $\phi 12$  圆钢直拉条、斜拉条单螺母连接。

管桁架采用 Q235B 钢管；支座板或钢管连接板选用：Q235B 钢板，檩条为 Q345B；次桁架、系杆、水平支撑等采用 10.9S 高强螺栓连接，其余用 4.8S 普通螺栓连接。

屋面围护系统：

采用镀塑钢丝网 250mm\*250mm\*1.3mm+75mm 厚超细玻璃棉，容重 16Kg/m<sup>3</sup>，导热系数 0.039w/m.k 超强防潮防腐蚀白色金属化聚丙烯贴面。燃烧性能 B1 级 +0.5mm 厚双锁 360 度卷边直立锁缝镀铝锌屋面板。

两侧山墙面围护系统采用：彩钢外墙板内设 75 厚超细玻璃纤维保温面，容重 16Kg/m<sup>3</sup>，导热系数 0.039w/m.k 铝箔贴面，铝箔为加筋铝箔，燃烧性能 A 级。内外 0.5mm 厚 XY-820 型镀铝锌墙面板。

防腐：环氧富锌底漆 2 遍共 70um；环氧云铁中间漆 2 遍共 70um。

防火涂料：耐火等级为二级，钢柱耐火极限不小于 2.5 小时，钢梁及钢桁架耐火极限不小于 1.5 小时，钢檩条及支撑的耐火极限不小于 1.0 小时。

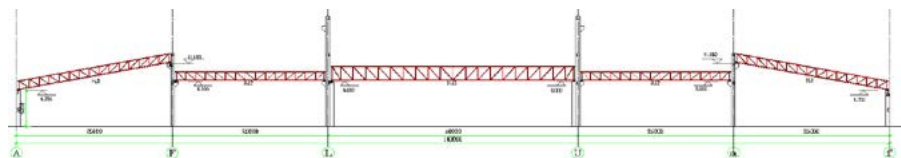


图 1 桁架支座标高示意图

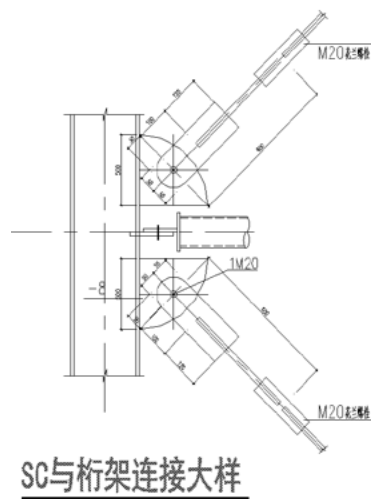
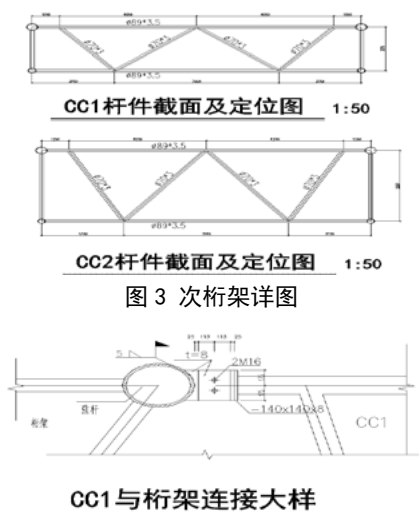
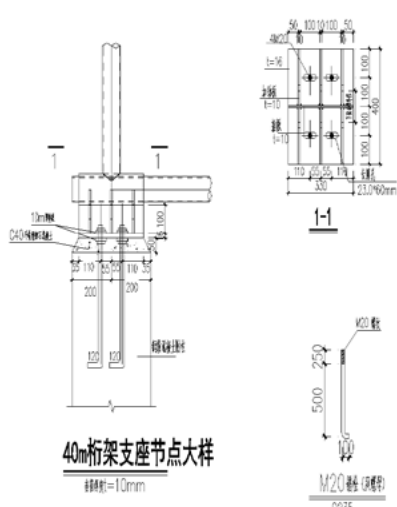


图 2 40m 桁架支座节点详图

图 4 主桁架与次桁架连接节点

图 5 水平支撑、系杆连接节点

本工程钢构件工厂需加工构件主要为平面管桁架构件制作，钢构件加工由浙江中天恒筑钢构有限公司，位与浙江省杭州市临安区生产基地生产加工。因本工程工期紧，任务重，40m 长度钢桁架分成二榀加工，由超长特殊车辆运输，以减少现场拼装焊接工作量。

### （二）40m 钢桁架现场拼装

### 1、拼装平台及设施搭设

拼装前在施工现场搭设制作拼装平台，并且采用 H200\*200\*8\*12 热轧 H 型钢搭设 5 个 8M\*2.5M 钢结构移动拼装平台（详见下图）。每个平台底部安装 6 组转向轮，5 个拼装平台移动到安装投影面下方，组合成一个 40m\*2.5m 离地高度 500mm 的胎架平台。转向轮锁定，采用转向轮支座调整整体平台高低差，平台水平偏差不得超过 5mm。确保钢桁架拼装质量符合设计要求。采用安装完成一榀，再移动到下一榀投影面下拼装胎架平台组装焊接安装一榀转换方式施工。

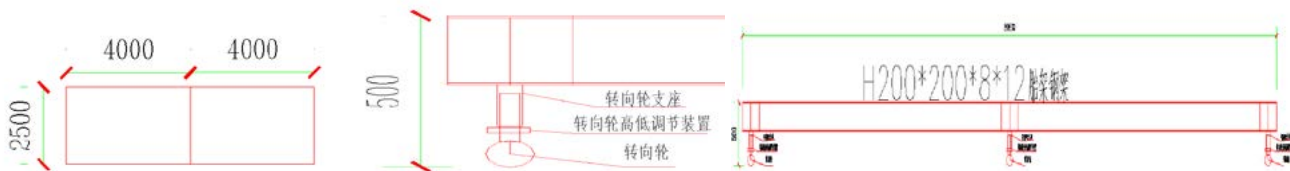


图 6 拼装平台示意图

L-N/15-51 轴 HJ3 支座中到中长度 38.7m, 工厂分二段加工运输, 16m、23m 二段, 上下弦错位 1m, 现场 40m 胎架上拼装全熔透焊接。

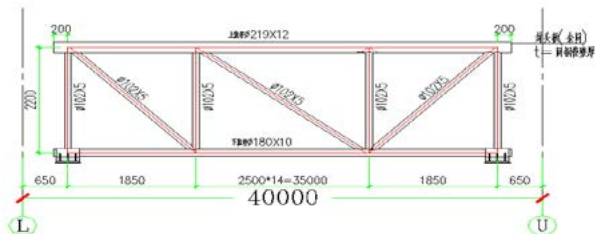


图 7 HJ3 杆件截面及定位图

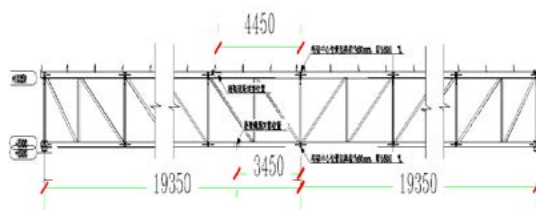


图 8 三跨桁架起拱立面图

## 2、钢桁架现场拼装

(1) 每榀钢桁架的部件在拼装平台上按图纸要求拼装。



(2) 拼装时按图纸编号顺序把各分段杆件在平台上按设计要求拼装就位。

(3) 上、下弦杆的拼接：用内衬管连接定位，对接头采用全熔透焊接，拼装点焊完成后开始施焊，施焊时在上下翼板各先打底焊一道，再按要求盖面焊接，以防止焊接变形。

(4) 上弦与下弦的斜腹杆拼装：按设计图纸的定位尺寸定位点焊后开始施焊，施焊时由两名焊工在桁架的左右侧同步进行，避免焊接变形。

(5) 现场拼装焊接

A、焊接材料的选择：按设计图纸要求焊接材料选用以下牌号：

手工焊条：J422 直径  $\phi 3.2$ 、 $\phi 4.0$

二氧化碳焊丝：E43 型 直径  $\phi 1.2$

所有焊接材料需有合格的产品质量证明书。

B、焊工培训

现场开始焊接之前针对工程的具体情况，对合格焊工进行培训并进行技术交底，明确作业过程中必须遵守的焊接工艺，避免盲目作业造成质量事故。

C、焊接工艺要求

①焊接区域应保持干燥，不得有油污、水、锈、氧化皮和其它杂物；

②焊接区域的坡口、间隙、钝边的处理情况按设计图纸要求，并选择合理的焊接接头形式，在满足焊透深度前提下，多采用对称坡口；

③不应在厚板方向受拉应力的板材端部设置焊缝，以避免层状撕裂。

④对 T 型、十型、角接接头要求熔透的对焊和角接组合焊缝，其焊脚尺寸不应大于  $t/4$ 。

⑤焊缝表面处理不得有熔渣，两侧不得有飞溅物，焊后焊缝应冷却或焊后 1h 检查是否有裂缝，如出现有裂缝，不得擅自处理，应查明原因，制订出修补工艺后方可处理。

⑥焊缝检查：拼接对接的焊缝为二级焊缝，所有对接的全熔透焊缝应按要求做超声波探伤。对不合格的焊缝可以用碳弧气刨或切割方式对缺陷部份返工重新焊接，但同一部位不宜返工两次以上，以免钢材性能因温度产生变异。二级焊缝的质量等级及缺陷分级应符合下表的规定。

表 1 一、二级焊缝质量等级及缺陷分级

| 焊 缝 质 量 等 级   |      | 一 级  | 二 级  |
|---------------|------|------|------|
| 内部缺陷<br>超声波探伤 | 评定等级 | Ⅱ    | Ⅲ    |
|               | 检验等级 | B 级  | B 级  |
|               | 探伤比例 | 100% | 20%  |
| 内部缺陷<br>射线探伤  | 评定等级 | Ⅱ    | Ⅲ    |
|               | 检验等级 | AB 级 | AB 级 |
|               | 探伤比例 | 100% | 20%  |

注：探伤比例的计数方法应按以下原则确定：

(1) 对工厂制作焊缝，应按每条焊缝计算百分比，且探伤长度应不小于 200mm，焊缝长度不足 200mm 时，应对整条焊缝进行探伤；

(2) 对现场安装焊缝，应按同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比，探伤长度应不小于 200 mm，并应不少于 1 条焊缝。

#### D、焊接技术措施

①焊前应进行技术和安全交底。

②焊接工艺评定合格后方可进行正式焊接。

③焊条在使用前必须按规定存放。

④不得使用药皮脱落或焊芯生锈的变质焊条。

⑤衬板和引弧板应按规定的规格制作加工，保证其尺寸，坡口要符合标准。

⑥在焊接前，将坡口表面、坡口边缘内外侧 30–50mm 范围内的油污、铁锈等杂物清理干净，露出金属光泽。

⑦定位焊焊接方法、焊接要求同正式焊接。定位焊应牢固可靠，定位焊不得有裂纹、气孔、夹渣等缺陷。

⑧施焊前，应复查组装质量，定位焊质量和焊接部位的清理情况，如不符合要求，应修正合格后方可施焊。

⑨焊接作业区手工电弧焊风速大于 10m/s、气体保护焊风速大于 2m/s 时，应设防风棚或采取其他有效的防风措施后方可施焊。

⑩雨天或相对湿度大于 90% 时，采取有效防护措施后方可施焊。

(6) 拼装注意事项：地面拼装前对构件进行检查，构件变形、缺陷超出允许偏差时，须进行处理。并检查高强度螺栓连接磨擦面，不得有泥砂等杂物，磨擦面必须平整、干燥，不得在雨中作业。地面拼装完后采用无油枕木将构件垫起，构件两侧用木杠支撑，增强稳定性。然后检查吊点，对准基准及中心线。

### (三) 钢结构吊装

#### 1 运输及拼装

40m 主钢桁架采用超长特殊车辆每天发一车 8 段 4 榀，以保证每天安装进度即现场不积压钢构件，避免主钢构件二次倒运，产生变形。桁架卸货采用一台 25T 汽车吊，四点绑扎，平行起吊，卸货方式。如下图：

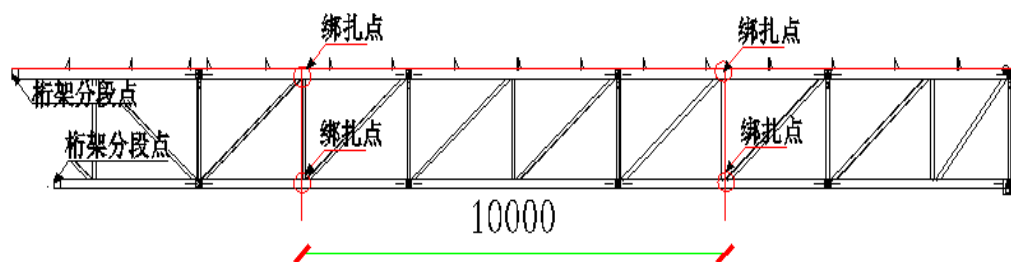


图 9 主桁架卸货起吊绑扎点定位图

#### 2 吊装起重设备选择

##### (1) 主桁架其中设备选择

中间跨 40m 钢桁架重量一榀 4.25t，跨度 40m，高度  $\pm 0.00$  以上 8m。吊装采用单榀桁架整体吊装。

拼焊完成后按焊缝等级要求进行超声波探伤，检测焊缝内部质量，合格后转移到起吊位置进行起吊安装。钢桁架吊装用 2 台 25 吨汽车吊抬吊，按平均每台吊重 2.6T 考虑。

采用 7.5m 钢丝绳在二端头各 4.45m 腹杆节点处绑扎，钢丝绳间距 10m，夹角  $45^\circ$  的绑扎，（屋面梁底高度 21.76m）双汽车吊作业半径 10m，出臂长度 21m， $60^\circ$  吊装角度，汽车臂顶与屋面梁底安全距离 1.8m。该工况 25T 汽车吊满足吊装要求。

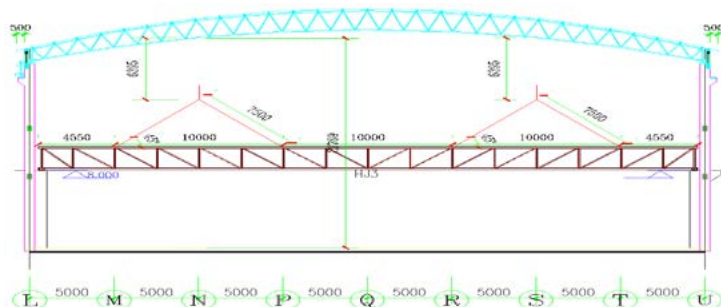


图 10 40m 钢桁架吊装工况

表 2 25 吨汽车起重机起重性能表（主臂）

| 工作半径 (m) | 吊臂长度 (m) |       |      |       |      |       |      |
|----------|----------|-------|------|-------|------|-------|------|
|          | 10.2     | 13.75 | 17.3 | 20.85 | 24.4 | 27.95 | 31.5 |
| 3        | 25       | 17.5  |      |       |      |       |      |
| 3.5      | 20.6     | 17.5  | 12.2 | 9.5   |      |       |      |
| 4        | 18       | 17.5  | 12.2 | 9.5   |      |       |      |
| 4.5      | 16.3     | 15.3  | 12.2 | 9.5   | 7.5  |       |      |
| 5        | 14.5     | 14.4  | 12.2 | 9.5   | 7.5  |       |      |
| 5.5      | 13.5     | 13.2  | 12.2 | 9.5   | 7.5  | 7     |      |
| 6        | 12.3     | 12.2  | 11.3 | 9.2   | 7.5  | 7     | 5.1  |
| 6.5      | 11.2     | 11    | 10.5 | 8.8   | 7.5  | 7     | 5.1  |
| 7        | 10.2     | 10    | 9.8  | 8.5   | 7.2  | 7     | 5.1  |
| 7.5      | 9.4      | 9.2   | 9.1  | 8.1   | 6.8  | 6.7   | 5.1  |
| 8        | 8.6      | 8.4   | 8.4  | 7.8   | 6.6  | 6.4   | 5.1  |
| 8.5      | 8        | 7.9   | 7.8  | 7.4   | 6.3  | 7.2   | 5    |
| 9        |          | 7.2   | 7    | 6.8   | 6    | 6.1   | 4.8  |
| 10       |          | 6     | 5.8  | 5.6   | 5.6  | 5.3   | 4.4  |
| 12       |          | 4     | 4.1  | 4.1   | 4.2  | 3.9   | 3.7  |
| 14       |          |       | 2.9  | 3     | 3.1  | 2.9   | 3    |
| 16       |          |       |      | 2.2   | 2.3  | 2.2   | 2.3  |
| 18       |          |       |      | 1.6   | 1.8  | 1.7   | 1.7  |
| 20       |          |       |      |       | 1.3  | 1.3   | 1.3  |
| 22       |          |       |      |       | 1    | 0.9   | 1    |
| 24       |          |       |      |       |      | 0.7   | 0.8  |
| 26       |          |       |      |       |      | 0.5   | 0.5  |
| 28       |          |       |      |       |      |       | 0.4  |
| 29       |          |       |      |       |      |       | 0.3  |
| 30       |          |       |      |       |      |       |      |

（注：本表内红字及红字以上栏目的数字为吊臂强度所决定，其下面栏目数字为倾翻力矩决定）

（2）次构件起重设备选择

次桁架、垂直支撑、系杆等的吊装另选用一台 25T 汽车吊起吊，配合桁架吊装。

### 3 钢丝绳的选用

本工程桁架起吊重量按 2.6T 计算, 根据要求水平吊装的夹角应大于  $45^\circ$ , 以  $45^\circ$  计算, 具体受力分析图如下:

$$G=2600\text{kg}=26\text{KN}, \sin \alpha=0.886,$$

$$\text{则 } F=(G/2) * \sin \alpha=10.825\text{KN}, \quad (F \text{ 为最大受力处})$$

选用 6\*37  $\phi$  24mm 钢丝绳, 查表得  $a=0.82$ ,  $F_g=326.5\text{KN}$ , 取安全系数  $K=8$ 。

钢丝绳容许拉力

$$[F_g]=\frac{aF_g}{K}=0.82*326.5/8=33.47\text{KN}>10.825\text{KN}$$

$$[F] \text{ 容许拉力} > F$$

因此本工程桁架吊装可选用 6\*37-24.00 钢丝绳 (公称抗拉强度 1550MPa) 进行吊装。

### 4 吊装工序安排

本工程钢结构吊装工程量较大, 构件较多。为保证优质、安全、高效完成吊装任务, 特制定以下吊装流程, 施工时应严格按如下钢结构吊装流程施工。

(1) 吊装前准备工作: 做好吊具及机具的用料准备, 对参与工程施工的吊装机械设备、工机具等要提前进行检修, 做好检修和保养工作, 确保完好无损。

(2) 主桁架吊装

(3) 桁架、系杆、吊装

(4) 其他支撑杆件吊装

(5) 檩条安装

(6) 自检和涂装

(7) 主体结构验收、交工

### 5 吊装工艺及方法

(1) 主桁架梁吊装: 自 15 轴线向 51 轴线顺序吊装安装。详见下图:

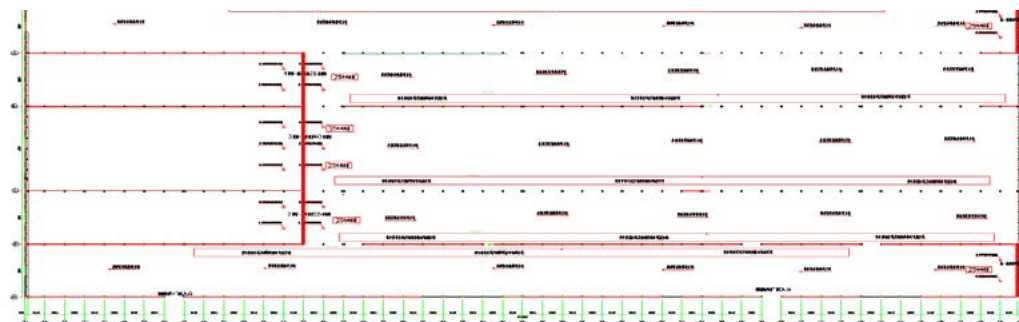


图 11 吊装行进路线图

首先吊装 15 轴线和 16 轴线第一榀、第二榀桁架, 安装垂直支撑及系杆固定。

(2) 屋面主桁架梁吊装安装程序为: 地面就位→检验→空中吊装→支座连接 (临时)→检验→垂直支撑、系杆、空调吊杆吊装安装→校正检验→支座固定。

(3) 桁架梁现场就位: 拼焊好经检验合格的桁架梁按吊装平面就位。

(4) 主桁架的吊装:

A、绑扎:

绑扎点用软材料垫至其中以防钢构件受损。钢丝绳绑扎时调整好桁架左右支座的高低差, 使在起吊过

程中能够平稳就位。在桁架两头分别绑扎稳定缆绳，以保证桁架在起吊过程中的侧向稳定。

#### B、起吊：

25吨汽车吊吊钩分别作用在左右吊点同时起吊。吊车位于16-17轴上。

吊装前准备工作就绪后，首先进行试吊，吊起高度为100-200mm时停吊，检查索具牢固性和吊车稳定性。经确认无误后方可指挥吊车缓慢上升，使桁架中心对准安装位置中心，然后徐徐升钩，起吊过程中用人工拉紧四个方向的稳定缆绳，防止桁架侧向晃动。

#### C、就位：

将桁架吊至柱面以上，再用稳定缆绳旋转桁架使其对准牛腿处，以使桁架准确就位，桁架落位时应缓缓进行，并在钢梁快接触柱顶面预埋螺栓时急刹车对准支座螺栓，缓慢吊装到位。

#### D、安装临时固定：

将支座孔穿入过渡板的螺栓内、初拧，作为临时固定；并用25T汽车吊稳定桁架，不得脱钩。

第一榀桁架安装完成后，采用缆风绳加强固定3个点，左右各6根缆风绳，缆风绳固定在地面的临时锚固点上，桩顶部设置缆风绳防滑措施。

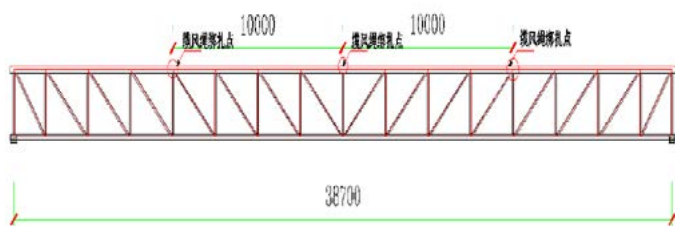


图 12 缆风绳固定绑扎点

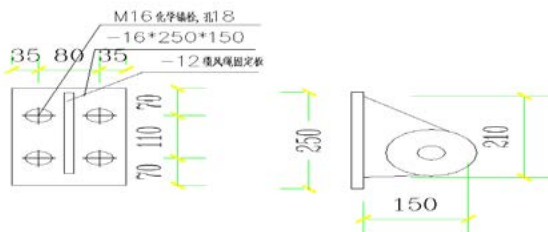


图 13 40m 桁架地面临时锚固点详图

F、上述几道工序完成第一榀桁架的吊装工作，第二榀桁架按上述工序起吊安装，此时25T吊车移位至48轴上。吊装到位临时固定后，汽车吊稳定桁架，不得脱钩。

G、垂直支撑、系杆、水平支撑连接：桁架临时固定完后再使用另一台25T汽车吊吊装次桁架、系杆、水平支撑等，将临时固定好的第一榀桁架与第二榀桁架之间底的连接次桁架、系杆、水平支撑全部安装完成，连接螺栓紧固完成。此时25T汽车吊可脱钩准备吊装下一榀桁架。

一个吊装班组在吊装主桁架与主桁架连接时，桁架底座固定焊接、桁架、系杆、水平支撑、采用二台12m剪刀式登高平台车进行钢构件二端的焊接及高强螺栓固定作业。



图 14 12m 剪刀式登高平台车

H、次桁架支撑、系杆连接完成时对桁架进行垂直度的校正和最后固定，钢梁垂直度用经纬仪或全站仪检查。待桁架经校正合格后，即可最终拧紧各部位螺栓作最后固定。

以此类推逐步吊装依次向51轴线方向推进安装。

### (5) 钢檩条吊装

主次桁架吊装完成后形成一个稳定体系后,钢檩条进场,验收合格后,按平面布置图就位堆放并组装。檩条安装数量大,种类多,专一的技术员在地面负责分料,采用二台 12m 剪刀式登高平台车进行檩条二端与檩托板螺栓固定连接,檩条安装一跨完成后,再安装拉条套管等,质量员检查檩条朝向,螺栓是否紧固,檩条安装直线及挠度是否满足设计要求。

### (6) 吊装注意事项

A、连接用的高强度螺栓须检查其合格证,并按出厂批号复验扭矩系数。长度和直径须满足设计要求。高强度螺栓应自由穿入孔内,不得强行敲打,不得气割扩孔。穿入方向要一致。高强度螺栓由电动扳手从中央向外拧紧,拧紧时分初拧和终拧。初拧宜为终拧的 50%。高强度螺栓接触面有间隙时,小于 1.0mm 间隙可不处理;1.0—3.0mm 间隙,将高出的一侧磨成 1:10 斜面,打磨方向与受力方向垂直;大于 3.0mm 间隙加垫板,垫板处理方法与接触面同。

B、各构件安装前,应对构件进行检查,变形、缺陷超差时,处理后才能安装。清除构件表面的油污,泥沙,灰尘等杂物。

C、安装前应设置标高观测点和中心线标志,同一工程的观测点和标志设置应一致,并跟踪观测。

D、吊装时不得与现场原有建筑物相碰撞。

E、钢构件吊装时,刮损的漆面应于当天及时清污补刷。

F、钢结构的安装工艺,应保证结构稳定性和不造成构件永久变形。对稳定性较差的构件,起吊前应进行稳定性验算,必要时进行临时加固。

G、钢结构安装、校正时,应考虑外界环境(风力、温度、日照等)和焊接变形等因素的影响,由此引起的变形超过允许偏差时,应对其采取调整措施。

(7) 吊装完成后,经自检合格后进行钢构件面漆的涂装。

## 二、主要创新点

本项目厂房为单体一层钢结构,钢结构吊装构件断面小,跨度大,容易产生吊装变形。现场为多工种、多道工序同时施工,作业面受到极大限制。为克服各种不利因素,保证工期要求及钢结构吊装变形可控。本项目首次采用双机跨内吊装施工,相比较传统单机跨外单一吊点抬吊的方法,本项目通过增加吊点,选择小型吊装设备,保证在有限的空间内可进行吊装作业,并在吊装施工过程中确保构件的整体稳定性和变形性能在可控范围。

本项目钢结构各构件采用焊接连接,相比较传统高空散装等吊装方法,本项目通过科技创新将 40m 长度钢桁架分成二榀由工厂加工,并采用超长特殊运输车辆运输,现场一次拼装,以减少现场拼装焊接工作量,避免了因施工环境、电焊工技术能力等各方面不利因素对施工质量的影响。并保证构件运输满足每日现场施工需求,减少材料堆放,节省空间。开创了有限空间大跨度钢结构构件吊装的先例。

本项目钢结构大跨度吊装创新过程中采用三种思维模式:

1、发散思维,各管理人员及技术人员观念自由发挥,在尽可能短的时间内生成并表达尽可能多的思维观念,克服个人头脑中自己设置的僵化思维框架,尽可能多的提出新理念、新方法,为项目施工服务。

2、逆向性思维,对已提出的科技创新方法进行逆向思考,分析该方法存在的问题,克服个人思维定势的局限性。



3、逻辑思维,所谓逻辑思维,是人脑的一种理性活动,可以把对于施工方法的认识信息材料抽象成概念,运用概念理论进行判断,并按一定的思维进行推理,使工法的创新更加规范、严密。

工法的创新是企业标准的提升途径,通过工法的创新与有关技术标准 and 规范相结合,避免发生设计和施工脱节的情况。工法创新的开发、编报、应用、推广为企业提供了更加广阔的空间,也将为工法由现行企业标准向行业标准、国家标准、规范的转化提升创造了更有利的条件。

工程项目以技术、质量、进度、费用、安全、职业健康、绿色施工、环境保护为首要目标。根据以往钢结构调转施工方法,结合现场实际情况以及建设单位对工期、质量的要求,以过去的理论与实际相结合,参与设计全过程,采取工艺创新,在工程项目现有的条件下,保证项目工期、进度、质量、安全等目标顺利实现。

### 三、案例实效性

随着现代工业经济的发展飞速前进,钢结构工业厂房日渐增多,工业厂房采用钢结构因整体结构较轻(与混凝土相比较),施工工期短,而且能解决许多工业厂房跨度较大的问题,越来越得到普遍应用。为了保证大跨度钢结构吊装的高效、快速、安全的目的,需要将钢结构进行地面拼装,然后采用双机抬吊的吊装方法,尤其是本工程施工场地狭窄、交叉作业多,待用跨内吊装,结合活动拼装平台进行构建组装的施工方法会使大跨度钢结构吊装在施工现场情况复杂时达到安全、快捷、经济。满足了施工现场工期紧、任务中的实际情况,为后续工序施工提供了场地、时间条件。

大跨度钢结构屋面采用跨内双机平衡整体一次性吊装具有较多优点,应用产生的经济、社会效益主要有以下几点:

(一)相比较传统方法吊装,采用跨内吊装,解决了施工场地狭窄、工序交叉作业的问题,尤其是本项目工期紧张、第三跨原屋面钢结构未拆除、多个工种同时施工,施工环境复杂。跨内吊装既避免了采用跨内吊装需要采用更大的吊车,又比采用更大吊车采用跨外吊装更为经济,大大节省了吊装费用。

(二)采用双机抬吊,也比采用更大吊车进行单机吊装更平稳和安全。避免采用同根梁多节吊装,吊装后再进行组装方法,减少了工人高空作业时产生更多的安全隐患。

(三)因现场工期紧张,采用此种吊装方案,每天可进行约3—4榀梁的吊装,吊装的速度主要取决于地面组装的快慢,而采用活动平台在地面进行组装,也避免了场地狭窄、空间不足时钢梁组装困难的缺点,保证了施工质量。

钢结构大跨度吊装施工中,结合本工程的特点和难点,在原有普通钢结构吊装施工技术的基础上,经过技术创新,利用活动钢平台进行整体焊接拼装,解决施工场地狭窄、工期紧张问题,采用双机进行平衡起吊,解决了本工程单跨40m桁架梁的整榀桁架梁一次性吊装问题。并总结出了大跨度钢结构吊装方法,为今后推广工业厂房在施工现场复杂的情况下大跨度钢结构吊装施工技术提供了可靠的技术保证。该技术的推广和应用,必将为今后公司进行大跨度钢结构施工取得良好的经济效益和社会效益。

### 四、科技成果

本工程通过采用科技创新的方法进行大跨度钢结构吊装的研究,研究成果使钢结构吊装施工满足了建设单位对工期、质量等目标的要求,形成了大跨度钢结构专项施工方案。得到了六合开发区政府、南京市政府领导的肯定。

# CIPP 常温固化翻转内衬技术在城市供水管道修复更新中的应用

上海宇联给水工程有限公司，上海 200231

**摘要：**非开挖修复在城市排水、燃气、热力等管道已广泛应用，但是在供水管道上应用较少。本文对上海徐民路供水管道修复更新工程的案例进行详细介绍，阐述施工中的工序、工艺、施工要点及验收方法。对 CIPP 常温固化工艺在城市供水管道高危管网的修复更新，提供管网改造建议、施工选型及相关研究给予参考和借鉴。

**关键词：**常温固化；超高压清洗；管道内壁喷砂；翻转内衬修复；非开挖

## 一、前言

随着我国的不断发展，在许多一线城市的供水管网已逐步成型。自各地的水厂投产至今，许多管道已服役 50 年以上。许多老旧管道都存在着功能性及结构性的缺陷，管道的内腐蚀和接口橡胶老化引起的渗漏会发生水土流失、土体变形导致管道不均匀沉降，如果不及时修复，轻则造成管网供水漏损，重则会产生大量爆管风险，严重影响市政道路安全。

本文将以上海徐民路供水管道修复更新工程为案例，详细介绍供水管道施工的要点和难点以及 CIPP 常温固化工艺在供水管道非开挖修复更新的意义。

## 二、工程概况

上海徐民路（华徐公路—京华路）位于上海市青浦区徐泾镇。现服役管道为管龄 30 余年的铸铁管。根据 Sahara II 对管道内部检测，显示管内不仅有 5 处管瘤，还有腐蚀、异物等异常状态，还有经常发生漏水情况，管道受损状态评估等级为“中”。且管位位于进博会的辐射区域，已被上海城投水务列为高危管网改造计划之一，应对该管段进行修复或更换，以确保安全供水及减少漏损降低产销差。

## 三、修复方法的比较与选型

该段管道位于青浦区徐泾镇，该路段内包含徐泾小学、徐泾中学和社区文化中心。道路为东西向，南北都为单车道，机非混合，路面宽度为 5m，徐民路北面为路面停车位和人行道，南面为人行道。每天早晚高峰学校接送孩子的人流量巨大。该段供水管长度 400 余 m，埋管深度约为 1.1—1.5m，管道梯口支管较多，



有 5 处消防、2 处用户管。

如果采用传统的开挖置换，不仅施工工期长，而且因开挖置换带来的交通堵塞、环境污染、安全隐患及造成学校上课及百姓生活不便等诸多社会隐性成本因素是难以接受的。

表 1 修复方法比较表

| 施工方法   | 传统开挖置换                 | CIPP 常温固化                  | 紫外光固化                         |
|--------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 适用管径   | 所有管径                   | DN100-DN1200               | DN100-DN1200                  |
| 适用情况   | 所有情况                   | 能连续过弯，最大过弯角度 45°，遇到支管可不工作井 | 不能连续过弯，最大过弯角度 11.25°，遇支管需开工作井 |
| 修复类型   | 新排管                    | 半结构性修复                     | 结构性修复                         |
| 内衬厚度   | /                      | 3mm-7mm                    | 4mm-14mm                      |
| 最大施工长度 | /                      | 600m                       | 150m                          |
| 与养护衔接  | /                      | 能开梯 能焊接 无缝对接               | 不能开梯 不能焊接 管口需特殊处理             |
| 施工工期   | 30 天                   | 15 天                       | 20 天                          |
| 环境交通影响 | 开挖交通拥堵，噪声、粉尘等影响大       | 开挖交通拥堵，噪声、粉尘等影响大           | 只占用停车位，不影响交通，施工环保             |
| 经济效益   | 施工成本低，施工工期长，对周边交通环境影响大 | 施工成本低，施工工期长，对周边交通环境影响大     | 施工成本高，施工工期短，整体社会效益高           |

为了减少路面开挖及施工给周边带来的交通、环境等影响，同时兼顾整体社会经济效益，故采用 CIPP 常温固化工艺实施修复。

## 四、CIPP 常温固化工艺

CIPP 常温固化非开挖修复技术的主要原理为：将相邻的两端工作井内的供水管先做管道预处理再进行内衬修复作业。管道预处理分为两个部分，先进行超高压水清洗然后进行管道内壁喷砂。超高压水冲洗是用设备将管道内的水垢及原有的水泥内衬层剥离，最后将管道内铁锈、水泥碎片及杂质冲洗干净。管道内壁喷砂是采用管道内壁喷砂设备对管道内壁进行喷砂，使管道内壁金属清洁度达到 Sa2.5 级。完成管道内壁清洗工作后，开始进入粘合剂拌胶及灌胶。灌胶完毕后用压力鼓在管口采用空压送气方式使内衬材料逆翻转进入管道，具有 A/B 混合胶水的一面与原先的母管紧密贴合，通过稳压方式进行常温固化。

### 4.1 技术优势

相比其他非开挖修复工艺，CIPP 常温固化工艺的主要优势有：

- 1、对管径缩径的程度最小，因其工艺预处理的特殊性，修复后的管径相比原母管管径几乎没有缩径。
- 2、可对弯曲管道进行修复，具有弯曲能力，且只有小小的折皱，根据内衬材料和安装长度，可进行多个弯曲管道修复。
- 3、内衬与母管一体化，内衬材料黏合性强、抗撕拉，不是“管中管”仅贴合形式。具有以下优点：
  - A. 可在内衬后的管道上不断水开梯、可焊接；
  - B. 衬管端接点不需要顶部密封（其他非开挖修复顶部需要橡胶密封）；

C. 日后维修保养使用标准配件即可，无需特殊配件或工具。与养护无缝对接。

4、内衬修复长度长，最大长度可达 600m

5、内衬材料 需客制化，可依照现场实际情况进行灌胶、剪裁，缩短订货周期和进行库存管理，且材料储存周期较长。

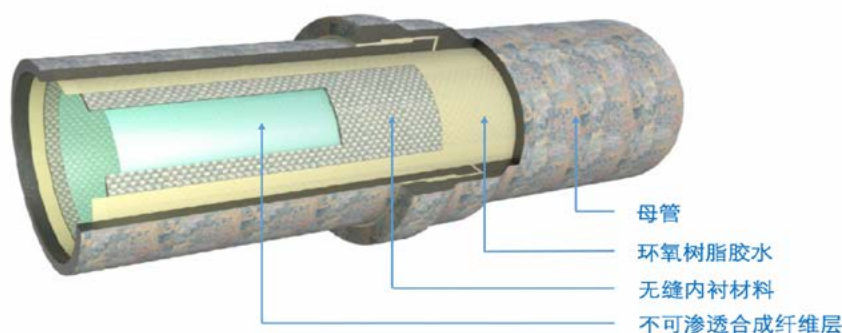


图1 翻转内衬修复后管道内部结构图

## 4.2 内衬材料

CIPP 常温固化非开挖修复使用的内衬材料为聚酯纤维纱线加高弹性聚氨酯纤维薄膜。粘合剂使用的是 A/B 混合胶水，A 为环氧树脂部分，B 为固化剂，通过 A/B 胶水特定比例混合成粘结剂。目前其内衬材料与环氧树脂黏合剂均符合德国联邦环境署 KTW 饮用水行业认证卫生标准和德国用水及天然气专业协会 DVGW 的规范。同时也都通过国内卫生部卫生检测，符合饮用水卫生标准。



图2 德国用水及天然气专业协会 DVGW 和德国联邦环境署 KTW 证书

## 4.3 施工流程

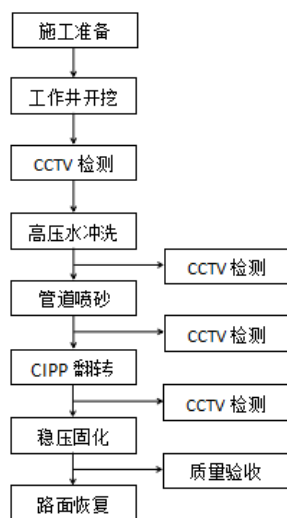


图3 CIPP 常温固化施工基本流程图

## 五、现场施工措施

### 5.1 施工规划

此次徐民路施工段总长 400m，根据施工路段地下管线资料，共设 4 个工作井，分 3 段施工。工作井大小为  $1.5\text{m} \times 5\text{m}$ ，为不影响周边，工作井及施工作业区均采用全封闭围挡。施工平面布置图如下。

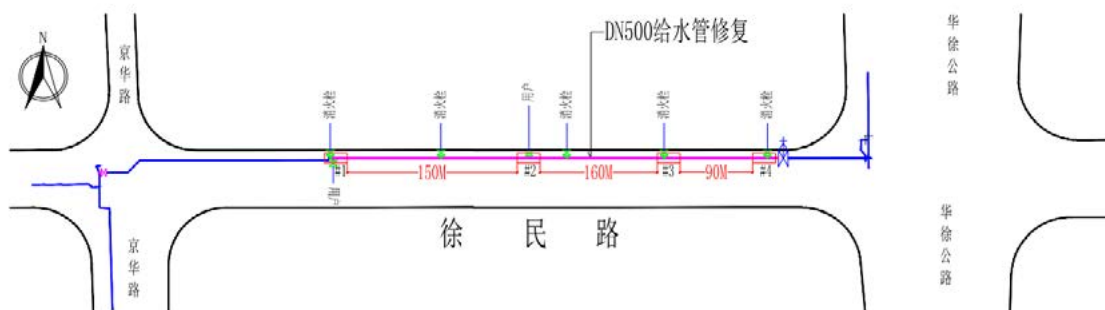


图 4 徐民路现场平面图

### 5.2 管道预处理

管道预处理作为非开挖修复的前置工作，可谓重中之重。管道预处理涉及所有非开挖修复工艺。无论是污水管、供水管、煤气管各种管道的非开挖修复或者是紫外光固化、U 型内衬、不锈钢螺旋缠绕、拉入法、各类 CIPP 等各类非开挖修复施工工艺。都需要做好管道预处理。

供水管非开挖修复在我国早年时候已经有过实例，在上海的四平路、环龙路等都有过案例。早年由于技术限制，对管道预处理通常采取刮管器等工具在管道内部进行来回拖拉。这样的预处理不仅时间长，而且效果差。影响管道修复的质量、使用寿命就会达不到预期要求。

此工程采用先进机械和设备对管道进行预处理，具有时间短、效果好、低噪音、高环保等优点。预处理后的管道完全符合进行修复工序的质量要求。此次的管道预处理分为两道工序：超高压水清洗和管道内壁喷砂。

### 5.3 超高压水清洗

徐民路采用超高压清洗设备，配合六孔自旋转清洗执行工具在管道内采用支架方式进行清洗。喷头位于管道正中心，利用盘管器回拉或卷扬机牵引方式在管道内前进后退。将修复管道内水泥内衬层全部剥离，露出管道金属面。

在清洗前，先将井内截断的母管进行物理及综合分析，判定母管材质、结构强度、母管内水垢及内衬层情况从而确定超高压清洗压力。

最终母管经过评定，可采取最大 2100Bar 的压力进行清洗。经过清洗后，完全剥离母管原水泥内衬并露出金属表面。



图 5 超高压水清洗

### 5.4 管道内壁喷砂

喷砂能把管道内壁金属面的氧化物、油污等残留物全部清理，露出金属本色。通过磨料达到表面粗糙度，大大提高母管与内衬材料的粘结力，使内衬材料与母管成为一体化。

改项目采用先进的管道内壁喷砂设备和抽吸设备，组成一套管道内壁喷砂系统。从喷砂到回收的过程低噪音、无污染。

在工作井一端停放喷砂设备，将喷砂管装在支架上保持管道中心位置，利用盘管器缓慢匀速回收喷砂管使管道内壁全面喷砂。采取的磨料为 1-2mm 的高质量棕刚玉。工作井另一端设置抽吸车，喷砂管喷出的磨料、粉尘通过抽吸车全部吸走，保证施工环境没有一点污染。



图 6 喷砂清洗示意图

### 5.5 内衬修复施工

CIPP 翻转修复具体施工步骤为：胶水搅拌→灌胶→翻转施工→稳压固化。在管道内壁喷砂完成后，避免管道内壁再次氧化，应进行成品保护且尽快进行 CIPP 翻转修复。

在施工过程中“快”“慢”有序。“快”在：树脂混合胶水都有固化时间，时间根据外部条件不同所需时间不同。从 6 小时到 10 小时的施工时间内，必须完成翻转修复。这需要对该工艺十分熟练。“慢”在：拌胶、灌胶、翻转等工序都需要井然有序，拌胶一定要充分，使 A/B 胶水完全混合，颜色呈乳白色为止。拌胶、灌胶都需要尽量排除胶水及内衬中多余空气，为翻转做好准备。翻转时速度不宜过快，利用空气推动内衬在管道内徐徐前进，将胶水中的残留空气慢慢挤压出去，避免固化后形成气泡。

在完全固化达到规定硬度前对内衬管内充入氮气稳压，稳压时间根据气温及外部条件从最短 16 小时到 48 小时。内衬拆除前用邵氏硬度测试仪对内衬材料进行测量，达到邵氏硬度 55<sup>m</sup> 可拆除稳压装置。

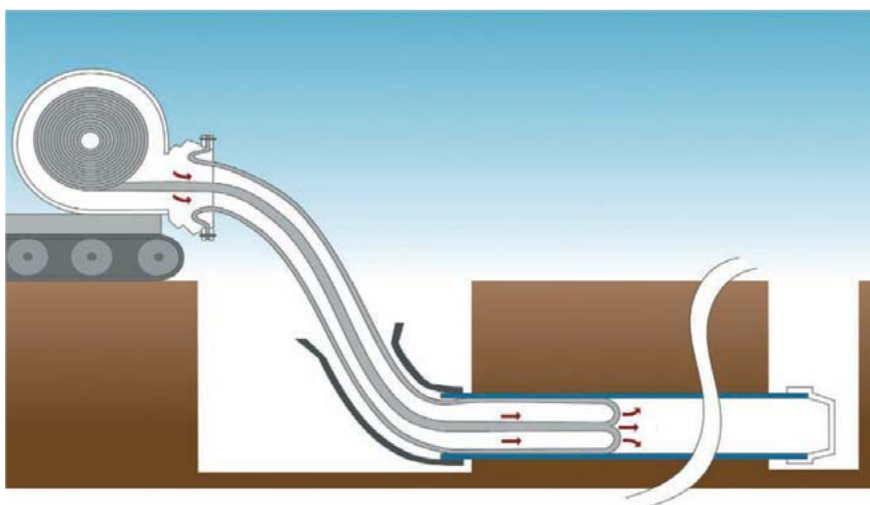


图 7 翻转修复示意图

## 5.6 质量验收检测

### 内衬外观检测

内衬固化完成后,拆除固化装置进行 CCTV 检测。内衬后的管道表面应光洁、平整,无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、气泡、干斑、褶皱、拉伸变形等影响管道结构和功能性的损伤和缺陷。检测影像应保存完整。

### 试验及送样检测

修复管道并网前应做水压试验、冲洗消毒及材料涉水检测,待所有检测项目合格后方可并网投入使用。



图 8 管道经修复后情况

## 六、施工难点

此次徐民路项目施工难点主要是原母管当时敷设时采取老旧工艺,造成每隔 6m 的管道接口处存在 1-2CM 厚度的金属环状带,使得剥离水泥内衬后的母管的内径在 460-510mm 之间。

在管道预处理过程中,要采用能够克服变径的预处理执行设备。此项目针对该管道内部状态,自制了适用于变径管道预处理的设备,在不断变径的母管中仍能达到预处理的完美目标。

在 CIPP 翻转施工中需要加强对翻转压力及前进速度的控制,避免内衬翻转时在遇到金属环状带造成破裂及气泡的产生。

## 七、结语

为了减少开挖翻新带来的交通拥堵、噪音和环境污染,提高施工的整体经济效益,城镇供水管道非开挖修复是供水管道修复更新的趋势。徐民路供水管非开挖修复项目为全国首例供水管半结构修复案例,是供水管非开挖修复施工的典型,提供了新工艺、新技术、新设备、新材料的四新供水管道非开挖修复方法。为以后相似工程提供了宝贵的资料和可借鉴的经验。在将来应根据不同实际工况持续改进,推动供水行业非开挖修复技术的前进。

## 参考文献

- [1]: State of Technology for Rehabilitation of Water Distribution System. The U.S.Environmental Protection Agency (EPA) March 2013 P36-37
- [2]: Andreas Hüttemann. Fabric-hose Relining for Repair of Drinking-water Pipelines [J]. 3R International (46) Heft 8-9/ 2007.
- [3]: Peter Sczepanski. And Andreas Hüttemann. High-Performance Fabric-hose In the Old Pipe: Fast and Permanent Restoration of Operational Safety for Drinking-water pipelines. bbr/11 2008

# XZ13600 水平定向钻机施工状况

徐州徐工基础工程机械有限公司

2019 年徐州徐工基础工程机械有限公司实现了两个突破：一是成功的研发出适合欧美等高端用户使用的智能型水平定向钻机 XZ4055，亮相 2020 年度拉斯维加斯工程机械展，并实现美国本土销售；二是研发的最大吨位智能型水平定向钻机 XZ13600 成功完成多段全球最大油气管道（ $\phi 1422$ ）铺设工程，施工表现优秀。

## 一、XZ13600 水平定向钻机施工状况

### 工程概况：

XZ13600 水平定向钻机设备的首次应用于中俄东线天然气长输管道的非开挖施工工程项目中，管道为国内最大的  $\phi 1422$  油气管道，钢管壁厚 27.5mm，穿越距离 780m，深度 30m。

工程为河北唐山曹妃甸双龙河的穿越工程，由天津丰奕市政公司施工，项目地处海滨，地下水矿化度高，地层软硬不均，且施工地位于养殖区和盐场，对环保的要求严格，因此工况复杂。

面对全球最大口径长输管道的非开挖穿越，公司不仅为施工提供了强有力的施工设备，还深入分析滨海地质情况，深度参与工程方案，在充分发挥 XZ13600 钻机性能的基础上，制定完善的施工保障措施：从无污染、可降解的盐水泥浆，到导向曲线的设计、钻头的级配，施工扭矩的控制等方面进行优化。在 2019 年 10 月，顺利地完成了工程施工，验证 XZ13600 钻机施工的高可靠性。

### 设备特点：

1、发明了钻杆载荷控制及柔性拆卸技术。提出了扭矩控制优先的钻杆载荷控制方法，发明了钻杆扭矩、推拉力与速度闭环控制系统，创新了虎钳安全控制和虎牙座自定心技术，发明了虎钳与动力头双浮动技术，钻杆载荷降低 40% 以上，寿命提高 30% 以上，解决了钻杆粘扣和易损伤的难题。

2、首创了多动力混配控制系统，可实现四发动机动力系统灵活组合，任一发动机可完成工程施工，结合多泵合、分流控制技术、电液比例控制等多项先进的节能控制技术，系统节能高效。

3、国产超大吨位钻机真正实现了智能控制，利用车载 PLC 控制器，实现了故障自检及报警、自动施工、载荷控制、钻杆保护、极限位置保护等安全及控制功能，简化了设备操作。

4、自拆装技术，整机采用履带式自行走底盘，转场方便的同时，造成公路运输超重，研发自拆装技术，操作简单、方便、安全、快捷。

### 工法创新：

1、大直径扩孔扭矩大，施工动力要求高。工程最大扩孔直径为  $\phi 1950\text{mm}$ ，需要较大的扩孔扭矩，大直径扩孔效率低、能耗大、风险大，钻杆拆卸困难，设备最大扩孔扭矩 19 万牛米，卸扣灵活自如。



2、长距离扩孔泥浆携渣效果差，泥浆循环利用率低。超大直径、海水造浆扩孔时，泥浆漏失增加，同时携带钻屑的悬浮时间变长，泥浆能否顺利将钻屑带出孔外，并实现高效的循环利用成为一个难点问题。

3、管道直径大，一次性回拖施工风险高。管道的自重为 750T，管道回拖时采用发送沟 + 滚动托架 + 注水减浮的组合降阻方式，减少托管时的回拖阻力。工程施工拉力最大 180T、基本稳定在 100T 左右。

4、现场设计采用布设人工磁场提高导向精度。采用大直径加厚钻杆，并辅助导向套管，减少钻杆变形量，以最大限度的减少导向施工风险。

#### 工程意义：

该工程中应用了众多大型定向钻超长距离施工的必备工法技术，以上技术的应用，极大的提高了定向钻施工的安全性，使油气 1422 大管径施工成为可能，对国家油气管道非开挖穿越提供强有力的技术支撑和指导意义。XZ13600 钻机的开发，成功解决了国家战略通道建设中穿越大江、大河等卡脖子工程设备配套难题，为地下空间的开发利用发挥着重大作用。

## 二、XZ4055 水平定向钻机

XZ4055 水平定向钻机代表了国产水平定向钻机的最高设计水平及制造水平，应用以下技术创新，实现了国产水平定向钻机的技术突破：

- 1、行业首创的静音动力系统，应用智能电驱散热、仿生动力舱空气流场优化设计，最高噪音 76 分贝，欧五排放发动机实现清洁排放；
- 2、产品通过欧盟 CE 安全认证、北美认证，系统安全性、操作舒适性实现高端市场准入；
- 3、采用了全电控控制技术，应用旋转驾驶室等人性化操作系统，操作舒适、便捷、简单；
- 4、智能安全控制系统，实现出土端远程锁车、触电报警安全防护、钻进施工无人化、设备状态监测可视化、电比例无级线控行走、安全防护智能化，从而确保施工安全可靠；
- 5、应用了自动控制高效施工技术，实现钻杆装卸自动化、自动钻进记忆功能、复杂地层模式化、泥浆流量无级调节、导向系统集成化、旋转功率优先等高效施工技术，增大钻机工况适应能力，提升钻机施工效率。

# 浙江舟山液化天然气接收及加注站连接管道项目穿越段

新地能源工程技术有限公司

须有一定技术难度、工程重要性或技术创新，或在中国非开挖界有一定影响或知名度。

浙江舟山液化天然气接收及加注站（以下简称本项目）是浙江省十三五重点项目，为舟山及周边地区提供重要气源保障能力。本项目连接管道工程首站位于舟山市经济技术开发区新港工业园区钓梁站址，末站位于宁波市杭甬天然气管道工程镇海动力中心站，全线长度 81.5km，管径 D1016mm，设计压力 9.9MPa，采用 L485M（X70）级钢管。本项目海陆穿越段共 5 个工程，分别是宁波段 1 个海陆水平定向钻、舟山段 4 个海陆水平定向钻工程；陆域穿越段共 7 个工程，分别是宁波段 3 个水平定向钻、舟山段 2 个水平定向钻和舟山段 2 个水泥顶管工程。

根据钻孔揭露及地质测绘成果，宁波段水平定向钻穿越地层为第四系全新人工填土、滨海相沉积的淤泥质土、冲湖积相沉积的粉质粘土层和粉砂层。现场施工存在如下问题：

1. 钻机抗拉力差，施工场地位于松软的淤泥质地层上，由于淤泥的承载力低、受力易变形，简单的沉箱锚固方式很难为钻机提供足够锚固力；

2. 导向钻头下沉，导向施工使用斜板式导向钻头，在推进造斜时依靠导向板与地层接触产生的侧向力改变方向，但淤泥地层不能提供足够的侧向力，导致在导向钻进过程中钻头下沉、角度调整小等问题。

为克服沿海滩涂水平定向钻施工存在的难题，采用创新施工方法：

1. 钢管桩、沉箱锚、后地锚等多种锚固技术组合应用的软土层钻机锚固技术以增加钻机抗拉能力；

2. 淤泥层导向控制技术，定制淤泥层专用导向钻头，从而获得了更好的导向效果，且在导向过程实时检测钻头倾角并及时纠正。



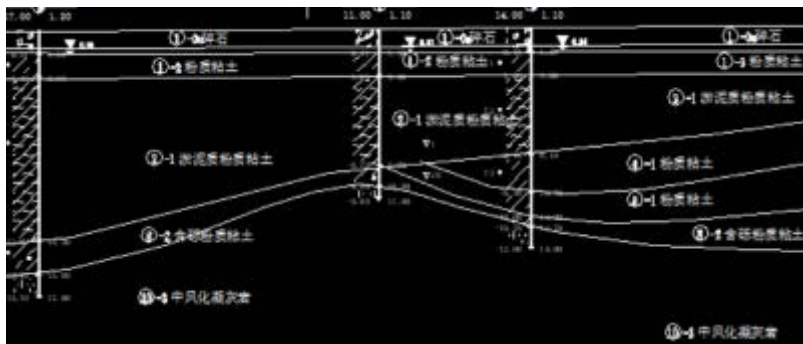
沿海滩涂地水平定向钻施工现场

舟山段水泥顶管外径均为  $\phi 1800\text{mm}$ ，其中 1 个顶管地层为流塑淤泥层，另 1 个顶管地层为含石块的人工填土。舟山段水平定向钻地层两端（出入土段）为淤泥性粉质黏土，中间（水平段）为中风化凝灰岩，

凝灰岩 RQD 为 20% ~ 30%、Rc 平均值 79.8MPa、属坚硬岩。两端淤泥夹硬质岩石的地层结构，易造成扩孔过程在岩石层与淤泥层交接面形成错位台阶，极大的增加了施工难度。为了克服顶管施工过程中的流塑淤泥层沉井、顶管控向，及土石层掘进等相关难题，现场施工采用换土阻沉、实时测量并反复调整导向、人工挖掘土石层等方法保障了水泥顶管的顺利施工。在舟山段水平定向钻施工过程中，根据地层特点，采用软连接、平衡浮筒，实时检测和修正导向等技术及手段保障了水平定向钻的顺利施工。



淤泥层水泥顶管施工现场



两端淤泥中间硬质岩的穿越地层剖面图片段



海陆水平定向钻施工现场



海陆水平定向钻海面驳船

对于本项目海陆穿越工程的施工，更是需要克服诸多障碍：

1. 海面施工，受台风等海洋环境气候影响大；
2. 出土点位于海底，导向孔钻头出土时，需潜水员下水牵引，同时需与驳船等船只协调配合；
3. 出土点位于海底，导向精度要求高；
4. 海面需驳船固定钻机进行回拖施工，驳船需具有 200T 以上锚固力；
5. 管线回拖阶段，需多种机械综合调度协作，采用 500T 推管机及夯管锤等机械协助钻机完成拖管。

在浙江舟山液化天然气接收及加注站连接管道项目工程穿越段施工中，新地能源工程技术有限公司集中技术力量开展技术攻关，精心组织施工方案，创新穿越管道施工工法，成功完成连续穿越海陆、山体、河流、沼泽滩涂及道路等多种典型地质地貌，为浙江省十三五重点项目舟山液化天然气接收及加注站的顺利完工及运营、舟山及杭甬线气源保障提供了有力的支撑。

# 树脂混凝土顶管及微型顶管施工技术应用

## 地箭式顶管（二次工法）

福建纳川管材科技股份有限公司

**【摘要】**顶管施工技术是我国使用最早的一种非开挖技术，现已广泛地运用于我国水平定向钻进技术难以施工的污水、雨水等重力管道的非开挖施工，以及大直径的燃气、自来水和中水等压力管道的非开挖施工。近十几年由于先进机械顶管掘进机等设备、仪器、管道和施工技术的陆续引进，使我国的顶管技术有了较大的进展，但是与德国和日本相比，还是有很大的差距，技术不高、不精，特别在岩石顶管机、导向技术、特殊顶管技术等方面仍存在一定的空白。随着国内顶管施工普及程度的逐步提高，使用范围的不断扩大，工程量逐年增加，对微顶管系列产品和微顶技术的需求也将越来越多。

**【关键词】**树脂混凝土顶管、微顶管、地箭式顶管、二次工法

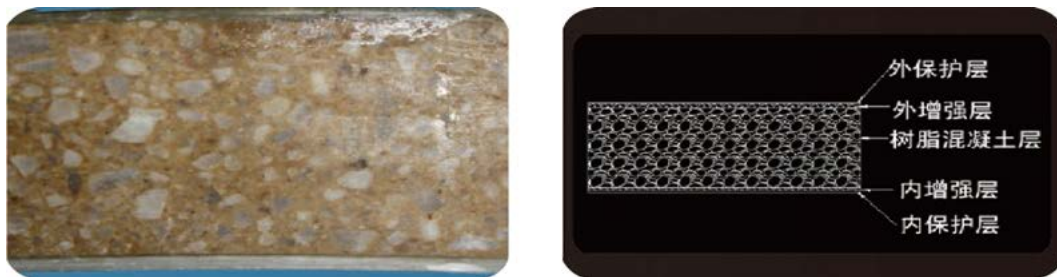
### 一、产品介绍

纳川股份旗下子公司上海耀华玻璃钢有限公司生产的玻璃纤维增强聚酯树脂混凝土管（以下简称树脂混凝土顶管），是通过在立式放置的连续缠绕玻璃纤维增强塑料内外层之间，将拌和的不同粒级配石英砂、不饱和聚酯树脂灌注其中，经过振动方式使其密实、固化键结后形成的管道。它结合了钢筋混凝土的强度、陶土的耐腐蚀性及塑料的弹力，尤其在非开挖领域具有独特的优势。在德国、日本及我国台湾地区已经有近50年的使用历史。

### 二、产品性能参数

树脂混凝土微型顶管参数表

| 公称直径      | 内径   | 关闭厚度 | 理论单重 | 理论许用顶力 | 刚度               |
|-----------|------|------|------|--------|------------------|
| DN        | mm   | mm   | KG/m | 吨      | N/m <sup>2</sup> |
| 300（微顶管）  | 300  | 35   | 76   | 60     | 200000           |
| 400（微顶管）  | 400  | 43   | 124  | 100    | 200000           |
| 500（微顶管）  | 500  | 50   | 180  | 150    | 200000           |
| 600（微顶管）  | 600  | 55   | 240  | 180    | 200000           |
| 800（微顶管）  | 800  | 70   | 400  | 300    | 200000           |
| 1000（微顶管） | 1000 | 82   | 590  | 450    | 200000           |



### 三、产品性能优势

1) 坚硬、抗压、高强度：不饱和聚酯树脂经过受热硬化后，便会在填充物之间形成长链型化学分子网络结构。辅之于不同填料与玻璃纤维材料增强，不但提高了树脂混凝土顶管的刚性，更能吸收外来冲击力，其抗压、抗弯强度更是传统混凝土管的 3 ~ 4 倍。

2) 防水性能优越：由于内衬形成致密玻璃纤维树脂层的保护作用。相对于传统混凝土管 4 ~ 6% 的吸水率，树脂混凝土顶管的吸水率几乎为零，产品不会出现漏水或渗水现象。

3) 耐腐蚀：由于树脂混凝土顶管组成成分的特殊性，可适应 PH1.0 ~ 10 不同的工作环境，通过改变树脂牌号还可适用不同的腐蚀介质要求，无需做应急防腐，使用寿命 50 ~ 100 年，维护费用低。

4) 内外层摩阻系数小、经济效益高：管材顶进综合摩擦阻力小、管道水利性能好、流通能力高。顶进过程中需用顶力小、纠偏简单、可带土顶进、不易发生抱管现象、顶进距离长，可以减少沉井的数量。从工程综合成本和社会效益对比传统混凝土管，可以减少施工费用，缩短施工周期，提高技术经济效益。

5) 抗老化：树脂混凝土顶管的外表面层加入一定的 UV 抗紫外线剂等，可进一步提升产品的抗老化性能。

6) 重量轻、尺寸精确：树脂混凝土顶管是传统混凝土顶管重量的 1/3，模具精准、尺寸精确，减少了产品的厚度，降低了运输、吊装、挖掘及安装的成本，大幅缩短工期。

### 四、项目案例 —— 城东污水管网新增病害整治工程、北京东路微顶管单边接井工程

#### 4.1 项目信息

本工程为安徽芜湖欧阳湖路和北京东路应急修复工程，打通污水管道使污水得到有效收集和处置。北京东路穿桃花沟污水管道位于道路南侧绿化带内，应急工程主要为北京东路穿桃花沟段污水管道的修复，采用微型顶管横穿北京东路至北侧主管，顶管施工采用微型顶管二次工法施工。

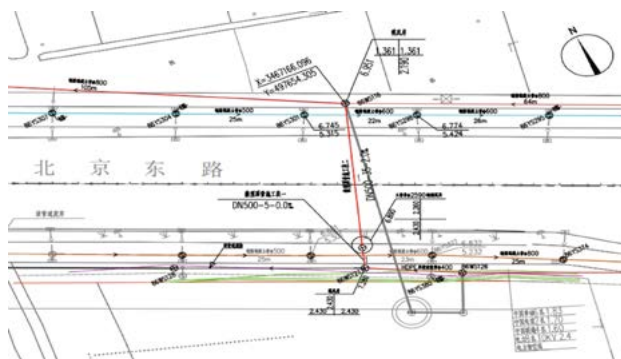


图 1 污水管线平面图及剖面图

## 4.2 项目设计

本工程共两段，管材采用树脂混凝土顶管，管径为 DN500；

第一段拟新建  $\Phi 2590$  钢制沉井为工作井，管道埋设深度 4.46m，顶管长度 5.0m；摇管深度 8m，现状 86WS127 污水窨井为单边接收井。

第二段拟新建  $\Phi 2590$  钢制沉井为工作井，管道埋设深度 4.63m，顶管长度 35.0m；现状 86WS116 污水窨井为单边接收井。

摇管钢筒型号为  $\phi 2590$ ，壁厚为 20mm，采用 C35 水下混凝土封底，厚度为 1.0m。

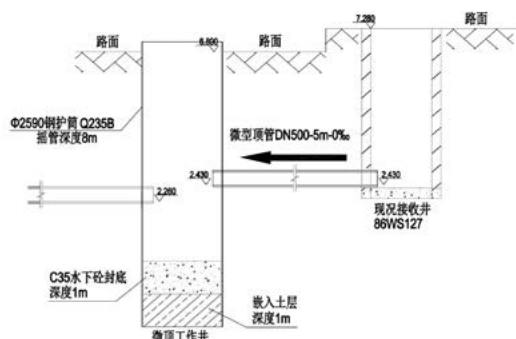


图2 北京东路污水管施工剖面图示意图

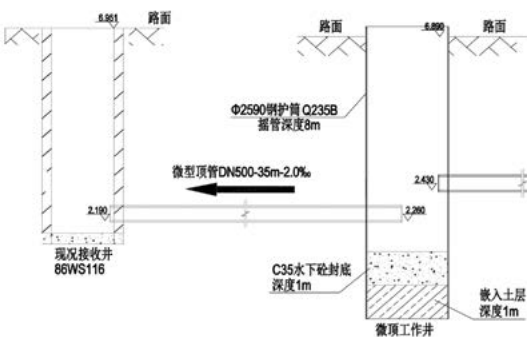
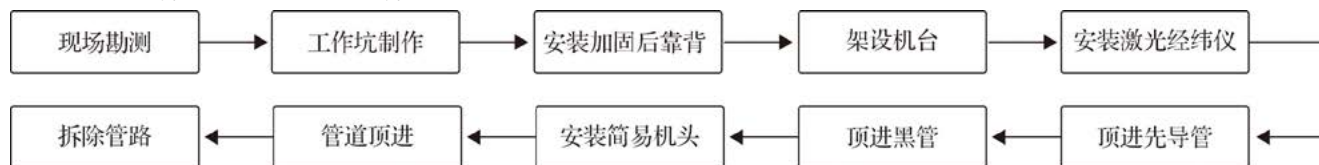


图3 北京东路污水管施工剖面图示意图

## 4.3 项目施工

本次顶管施工采用微型顶管二次工法施工。



① 设备安装      ② 徕卡导向仪安装      ③ 顶进前导管      ④ 前导管与黑管连接      ⑤ 黑管顶进



⑥ 出接收井      ⑦ 出土螺旋管安装      ⑧ 安装切削机头      ⑨ 树脂混凝土管顶进



#### 4.4 项目总结

微型顶管二次工法施工优劣势：

**优点：**

1、管道铺设精度高，误差±30mm。

2、顶进速度快，单段（顶管长度50m）施工不超过两天（每天工作时间10小时）。

3、施工占地面积小，一般接收坑直径2090mm，若遇特殊地段亦可做为DN300\DN400工作井，一般工作坑直径2590mm。

4、无空隙、不沉降；

**缺点：**

1、通常施工使用的管材每节一米。

2、单段顶距不宜大于100m。

微型顶管二次工法与其他工法对比

| 施工工法<br>施工细项     |    | 明挖施工法 | 拉管施工法   | 微型顶管工法 |
|------------------|----|-------|---------|--------|
| 施工机具投资           |    | 小     | 一般      | 较大     |
| 施工工艺             |    | 简单    | 一般      | 一般     |
| 周边环境影响（卫生、噪音、震动） |    | 很大    | 小       | 小      |
| 周边地质影响（下沉、开裂）    |    | 无     | 小       | 很小     |
| 占用施工场地、空间        |    | 很大    | 一般      | 小      |
| 施工支护费用           |    | 小     | 较大      | 小      |
| 泥浆、余泥处理量         |    | 无     | 小       | 无膨胀泥浆  |
| 施工速度             |    | 快     | 一般      | 一般     |
| 施工质量效果           |    | 快很好   | 一般      | 好      |
| 施工造价             |    | 高     | 低       | 低      |
| 路面恢复费用           |    | 大     | 微小      | 微小     |
| 管道成形效果           | 直线 | 好     | 偏差大、难控制 | 好      |
|                  | 坡道 | 好     | 偏差大、难控制 | 好      |
| 施工结论             |    | 好     | 一般      | 好      |

# 出手即王炸，昆山 192 米 DN800 超长管道紫外光固化修复创行业之最！！

道雨耐节能科技（上海）有限公司

随着城市化的进展，地下管线错综复杂，城市道路的负荷越来越严重，因此地下管网也很容易出现损坏破裂，如果没有及时发现并加以修复，会造成路面塌陷、河流污染、地下水污染和空气污染。对周边生态环境，居民生活环境都造成非常大的影响。

目前昆山小虞河路就面临着这样的问题，面对困境，道雨耐节能科技携手上海振灿环保凝心聚力，共克这一难题。

经过道雨耐“CCTV 机器人”检测发现，位于小虞河路一整段长 192mDN800，埋深 9m，中间没有检查井的污水总管出现多处破裂现象，且腐蚀破损严重，涉及到周边 20 平方公里污水排放问题，一旦塌方会造成严重的环境污染及道路安全问题，不及时得到解决，将会严重影响生态环境和居民生活环境。

因管道紧邻河道，地下水位较高，且是交通主干道，车流量非常大，工况非常复杂。施工方经过多方了解，国内外各家设备均无法一次性完成整段 192m D N 800 的管道光固化修复。



紧邻河道

为彻底解决这一困境，施工方联系到我单位，我单位及时安排公司技术人员到现场踏勘以及 CCTV 管网检测。

根据现场踏勘检测结果我司为该项目量身定制了光固化修复设备，并和施工方联合制定了严格周密的交通导行方案、应急预案和施工方案。

光固化设备篇





道雨耐 D919UV 紫外光固化整体修复设备创新性采用 UV - LED 冷光源，对比传统汞灯进口设备优势明显。



固化全程可视  
光固化材料篇



道雨耐紫外光固化整体修复材料，具有固化方便、粘附力强、收缩性低等特点，内衬材料采用高强度玻璃纤维，能够显著减小壁厚，极大降低整体内衬材料的重量，并节省了安装成本，且为抵抗压力提供了更强的环型方向拉伸性能。

#### 管道检测设备篇



CCTV检测机器人系列

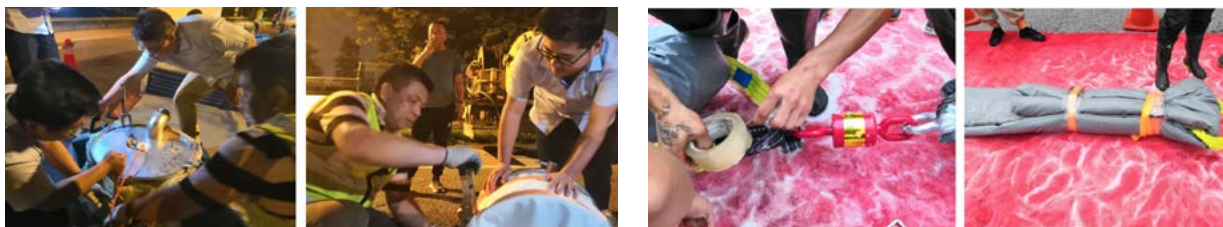
道雨耐 CCTV 是一项新型的应用工程技术，它利用工业管道内窥摄像系统，连续、实时记录管道内部的实际情况；技术人员根据摄像系统拍摄的录像资料，对管道内部存在的问题进行实地位置确定、缺陷性质的判断，具有实时、直观、准确和一定的前瞻性，在环境保护的积极预防、采取有针对性治理技术措施方面，为对排水管道进行维护、排除雨、污水滞流以及防治管道泄漏污染，提供可靠的技术依据。



QV潜望镜

道雨耐管道 QV 检测是采用杆式视频检测系统对管道进行内窥检测，它通过可调节长度的伸缩杆将放大倍数的摄像机伸入管道，无线连接平板电脑，其内部情况便可一目了然，配备了强力光源和全方位变焦摄像头。检测纵深最大可达 100m，适用管径 100mm—2000mm。

#### 现场教学篇

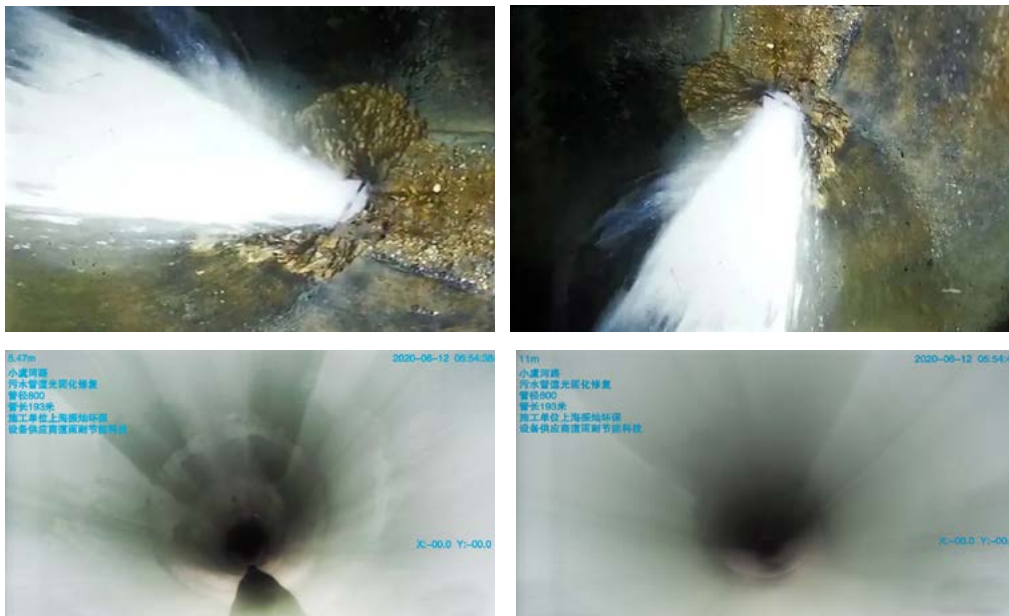


夜晚施工篇



6月12日上午，昆山市小虞河路雨水管道光固化修复任务全面完工，完成整段192m DN 800破损管道的紫外光固化修复，施工过程中噪音小，减少噪音扰民同时也改善了水质污染以及恶臭污染物的问题。

该项目完工得到了昆山市政府及昆山市水务集团相关部门领导高度认可。这也标志着昆山市在今后管网养护维修施工中道路“开膛破肚”重复开挖的现象将会成为历史。



修复前后对比

施工完后，我们就近采访了附近的居民，了解到因为噪音比较小大部分居民并没有察觉到此地有人在施工，居民们对于此次施工给予了我们高度赞扬。

该项目顺利完工，不仅是社会媒体对此次施工水平的一次检验和宣传，同时也展现了“市政人”砥砺奋进、争做排头兵的风采。

道雨耐节能科技及上海振灿环保全体人员将会以创优质、文明工程为目标，做到优质施工、安全施工、文明施工。给社会给行业交上一份满意的答卷。

# 南充市第四水厂原水管道穿越嘉陵江工程

恒信天虹市政工程有限公司

## 一、工程概况

南充市第四自来水厂，服务于南充市主城区江西片区，近期工程建设规模为 15 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。此次原水管道穿越嘉陵江工程用于改善南充高坪主城区居民生活用水的质量，该工程原水管为过江管，采用水平定向钻法施工，管径 D920x18，材质为 Q235B，管道设计工作压力 1.0Mpa，试验压力 1.5Mpa，钢管外防腐采用聚乙烯三层 PE 加强级防腐，即 3PE 特加强级防腐钢管；内防腐采用液体环氧涂料加强级防腐，涂层干膜厚度  $\geq 300\mu\text{m}$ 。本次工程穿越长度 948m，穿越设计入土角  $12^\circ$ ，出土角度  $12^\circ$ ，最大埋深 44m，出入土沙卵石层均达到 24m 深，穿越底层为卵石层、强风化泥岩，中风化泥岩、强风风沙岩，中风化沙岩，地质变化较大，是西南地区首次采用两边夯管，地磁对接的 920mm 的大口径嘉陵江穿越工程。



## 二、穿越地形地貌

南充市地处四川盆地东北部。地理坐标为东经  $105^\circ 43' \sim 106^\circ 08'$ ，北纬  $30^\circ 27' \sim 30^\circ 55'$  之间。南充市分为北部低山区和南部丘陵区两大地貌单元。地势从北向南倾斜，海拔 256 ~ 889 米。地貌类型以丘陵为主，浅丘平坝、中丘中谷、高丘低山类型大体各占 1/3。拟建场地位于南充市顺庆区荆溪街道嘉陵江附近，管道西侧位于桑树坝村，跨过嘉陵江，东侧位于上徐村，整体属剥蚀浅丘岸坡地貌。整体地势两岸高、跨江段低。最高点位于场区东南侧附近，高程约 280.00m，最低点为嘉陵江中部，高程约 252.00m，相对高差 28.00m。





### 三、穿越地质条件

(1) 杂填土：褐色、褐灰色、松散稍湿，主要以废砖、建渣及道路回填建渣、粘性土为主，局部分布，层厚 0 ~ 2.00m 不等，回填时间为 1 ~ 2 年。

(2) 素填土：黄褐色、灰黑色，稍湿，可塑~软塑，松散，以粘性土为主成，夹少量砖碎屑，可见植物根系。该层在嘉陵江岸边河漫滩地段局部分布，层厚 0.5 ~ 3.80m 不等，堆填时间为 2 ~ 3 年。

(3) 粉土：褐黄色~黄褐色，可塑，稍湿，稍密，含云母片，局部夹簿层粉砂，无摇震反应，刀切面稍有光泽，干强度中等，韧性中等。该层主要分布于场地嘉陵江岸边河漫滩地段，钻探揭露厚度 3.20 ~ 9.50m 不等，一般直接裸露于地表，局部地段位于填土的下面。

(4) 卵石土：灰黑、灰黄色等杂色。形状多为亚圆形、扁圆形，次为圆形。卵石成份以岩浆岩为主，少量为变质岩和沉积岩。可分为以下几个亚层：

(4-1) 松散卵石：粒径多为 5~60mm，卵石骨架颗粒含量约为 50% ~ 70%，其中粒径大于 50mm 的约占 10% 以上。骨架颗粒间充填细砂和少量粉土，约占 20 ~ 30%，颗粒级配较差，颗粒表面风化微弱，位于粉土之下。N120 修正后击数小于 4 击，揭露厚度为 1.00 ~ 7.20m。

(4-2) 稍密卵石：粒径多为 5~110mm，卵石骨架颗粒含量约为 50% ~ 70%，其中粒径大于 100mm 的约占 10% 以上。骨架颗粒间充填细砂和少量粉土，约占 20 ~ 30%，颗粒级配较差，颗粒表面风化微弱。N120 修正后击数一般为 4 ~ 7 击，揭露厚度为 0.8 ~ 7.50m。

(4-3) 中密卵石：卵石骨架颗粒含量约为 60% ~ 70%，粒径一般 3 ~ 11cm，个别大于 10cm，颗粒交错排列，接触不充分，充填物为细砂、少量粉土及圆砾，N120 修正后击数一般为 7 ~ 10 击，揭露厚度为 0.5 ~ 4.80m。

(4-4) 密实卵石：卵石骨架颗粒含量大于 70%，粒径一般 10 ~ 20cm，个别大于 20cm。充填物为细砂、少量粉土及圆砾，N120 修正后击数大 10 击，密实卵石揭露厚度 1.0 ~ 7.00m。

(5) 基岩，侏罗系上统遂宁组 (J3sn) 泥质砂岩 (J3sn)：红褐色，紫红色，主要以粘土矿物为主，砂质结构，中厚~厚层状构造。局部含砂较重，并间断夹有少量透镜体，根据其风化程度，将其划分为强风化和中等风化两个亚层，全场地分布。

(6-1) 强风化泥质砂岩：紫红~棕红色，裂隙较发育，岩芯较破碎，多呈碎块状，少量短柱状，手捏易碎，强度低，岩心采取率较低，岩体呈碎块状。局部夹中等风化砂岩。层厚 0.5 ~ 3.5m。

(6-2) 中等风化泥质砂岩：紫红~棕红色，主要矿物成分为粘土矿物，泥状结构，裂隙不发育，局部夹中风化砂岩，岩芯多呈长柱状及短柱状，锤击不易碎，强度较高，岩心采取率普遍较高。全场地均有分布，岩体较为完整。局部区域岩芯较为破碎，沿水平结构面夹薄层强风化泥质砂岩。揭露层厚 1.3 ~ 15.10m。

(6-3) 中等风化砂岩岩芯较完整，多呈短~长柱状，锤击不易碎，强度较高，岩心采取率普遍较高。全场地均有分布，岩体较为完整。钻孔揭露厚度 2.7 ~ 10.90m 不等。

### 四、穿越嘉陵江施工情况

1、夯管施工：根据穿越地勘断面报告，出入土侧卵石底层深度均约 24m。入土侧、出土侧均采用 1800×26 套管将粉砂、粗砂、卵石层隔离。出入土角度均定为 12°，两端分别套管夯入各 110m，套管每

段长 12m，夯完一段焊接下一段，克服重重困难，创造了同类管径中大角度，长距离，大管径的夯管施工先例，圆满完成夯管施工。



2、地磁导向施工：穿越管道直径 920mm，定向钻钻孔长度 948m，设计穿越深度 40m。夯套管施工结束，在套管内安置  $\varnothing 325 \times 10$  中心导向套管，入土侧安放一台主钻机，出土点投入一台副钻机。入土侧和出土侧的导向钻头沿套管内安置的中心导向套管行进，进行导向孔导向对接施工作业。导向钻头在导向对接器的监控下，主钻机和副钻机的导向钻头交会，副钻机钻头抽回，主钻机钻头跟进直至出土，完成导向施工。本次穿越导向施工采用的是 102 的钻杆采用地磁导向施工，由于钻杆小，成孔小，穿越施工对接难度大，导向孔与穿越设计线是否重合是管道最终能否回拖成功的重要因素，因此导向作业是本次施工技术难度之一，经过导向人员精确计算，反复测量，克服重重困难，圆满完成导向，为接下来的施工垫定了良好的基础，这也开了国内定向钻同类导向施工的先例。



## 五、扩孔施工

本次施工采用谷登 350t 钻机一台，用于回扩孔，管道回拖施工，本次穿越管径大，出入孔落差大，穿越深度达到 44m，最后一级扩孔达到 D1400mm，如此大的孔径，因此对泥浆的性能要求高。经现场分析，决定采用高效膨润土进行泥浆配置，根据逐级扩孔情况，为保证泥浆的粘度，按要求优化加入纯碱和烧碱，并配备了 CMC 添加剂，来增加泥浆良好的流动性和稳定性，以满足工程的需要。在逐级扩孔中为避免造成卡钻和抱杆，应根据矩的变化来确定洗孔和校孔的次数，本工程施工过程中共计清孔校孔三次，为后面的管道顺利回拖垫定了良好的基础。由于出孔位于水源保护区，出孔比入孔低，导致泥浆不能返回到主钻机，为了保护水源和节约泥浆用量，在出孔再增加一套泥浆回收处理系统和泥浆泵，进行反注浆作业，既保证了水

源不被污染，也很大程度上节约了成本，回满的完成了扩孔任务。



## 六、管道焊接回拖措施

本次穿越出孔场地位于嘉陵江防洪河堤内，且三面环水，场地内陆地面积仅有约70m长，预制场地有限，为减少焊口数，缩短焊接时间，保证管道顺利回拖，公司组织相关技术人员，联合甲方监理，河道管理部门，现场重新制定方案，决定以大开挖土石方方式降低出土地地（共计开挖土石方约25000方），达到与水面接近开始组焊，每焊接一根，推入水中（就算如此，也只能焊接三百多米一根，共计三根，三接一），以此来缩短回拖过程中的焊接时间。根据“水平定向钻穿越技术规定”，管道中的有效重力大于上浮力 $2\text{kN/m}$ 时，应采取浮力控制措施，经计算，本工程需要采取降浮措施，为有效改善这个情况，采用在管道内穿入一根 $600\times 20\text{PE}$ 管注满水，进行降浮措施，以此来降低管道的回拖力，通过嘉陵江管道回拖的数据跟踪，配重降浮达到理想效果。由于采用三接一，回拖过程中需要焊接两次，回拖时赶上暴雨，公司组织各施工班组通力合作，历时两天两夜顺利完成回拖。



## 七、结语

此次项目的成功实施，关键在于施工前公司进行了缜密的实地勘察设计以及及时调运完全满足施工需要的各种配套机械设备，对施工技术方案进行了充分的论证；施工中投入了足够的膨润土、泥浆添加剂，并对关键难点工序进行了重点作业，在工期紧、气温高的严条件下，顺利地完成了嘉陵江定向钻穿越工程，它的成功穿越为公司大管径、长距离施工穿越树立了典范，为今后的穿越施工作业也积累了更多宝贵经验，同时标志着定向钻穿越不良地层又有了新的突破，解决了工程施工中的难题，这对于以后其他管道定向钻穿越江河的设计和施工具有一定的借鉴意义。

# 管片模块法整体修复施工案例

上海管丽建设工程有限公司

## 一、施工项目简介

奉贤区南排污水总管及附属设施修复工程。工程范围为南排污水总管（西闸公路—6# 泵站），含三条穿过 S4 沪金高速的过路管，管径范围为 DN600—DN1500，总长 20825.4m。南排污水总管沿线原有检查井 312 座，其中 276 座检查井采用整体修复，36 座检查井保持现状，新建 27 座检查井；附属 9 座污水泵站内 DN300—DN800 进出水总管采用原管材、原管径更换及附属设施改造等。

**工程难点：**（1）工程战线长，整个南排管道均沿现状 S4 高速西侧敷设，需要清除沿线绿化。（2）途遇高架路需要增设便道方可将机械设备运输至施工作业点。（3）必须做好管道内部通风，气体检测及淤泥处置等相应的安全保障措施。（4）泵站进出水管道修复需要保证泵站在正常运行条件下同步实施，需充分做好泵站临时调水及应急排水的准备工作。

**施工技术方案：**管道修复工程共分为紫外光固化内衬修复、热水翻转法内衬修复及管片模块法内衬修复三类。

本工程（3# 泵站—4# 泵站）段污水管道工程部分，对无进场条件或无法长时间停水，且无法架设临排管条件的管段，设计为管片模块法内衬修复施工。涉及工程量：管径为 DN1350，长度 537.9m。根据 CCTV 检测资料，该段污水管道的损坏以腐蚀和渗漏为主。

## 二、管片模块法技术概要

管片模块法，属于管片内衬技术的一种，引进日本 3S 模块相关技术进行国产化研发而成，适用于大口径管道的内衬修复施工。管片模块法采用管内组装模块的方法，非开挖修复破损的下水管道。该技术采用的主要材料为 PVC 材质的模块和特制的填充料，通过使用螺栓将塑料模块在管内连接拼装，然后在既有管道和拼装而成的塑料管道之间，填充特制的填充料，使新旧管道连成一体，达到修复破损管道的目的。

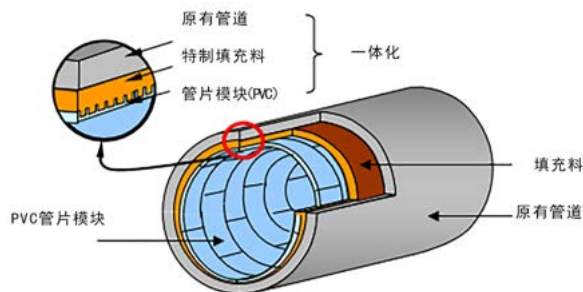


图-1 管片模块法示意图

该项修复技术有如下几个优点：

- (1) 不需要大型机械设备进行安装，适用于多种施工环境；
- (2) 使用透明的 PVC 制品，目视控制灌浆料的填充情况，保证工程质量；
- (3) 可以从管道的中间向两端同时施工，缩短工期；
- (4) 出现紧急状况时，随时可以暂停施工；
- (5) PVC 材质，抗腐蚀性强，耐磨耗性能好，能够大幅度延长管道使用寿命；
- (6) 施工时间短，噪音低，不影响周围环境和居民生活；
- (7) 强度高，修复后的管道破坏强度大于修复前的管道。

### 三、施工要求及施工流程

模块主材是塑料成型产品，材质为硬质聚氯乙烯树脂（PVC）。填充料水灰比为 21.2%，其中混合料的具体成分为高炉水泥、最大粒径为 1.2mm 石灰石碎石、收缩低减材、减水剂、消泡剂和增粘剂。

本工程内衬管厚度设计按照《城市排水管道非开挖修复更新工程技术规程》计算，管片模块法整体修复工艺使用年限不小于 30 年时内衬管材的厚度为  $t=55.0\text{mm}$ 。在既有管道和拼装而成的塑料管道之间，填充特制的填充料，该砂浆具有高流动性和强度，无收缩性，可以对新老管道之间的缝隙实施填充，使新旧管道连成一体，达到修复破损管道的目的。填充砂浆分三次，后期处理一次，共四次。

该修复方法按现场的实际情况制定具体的施工流程，如图 2 所示。

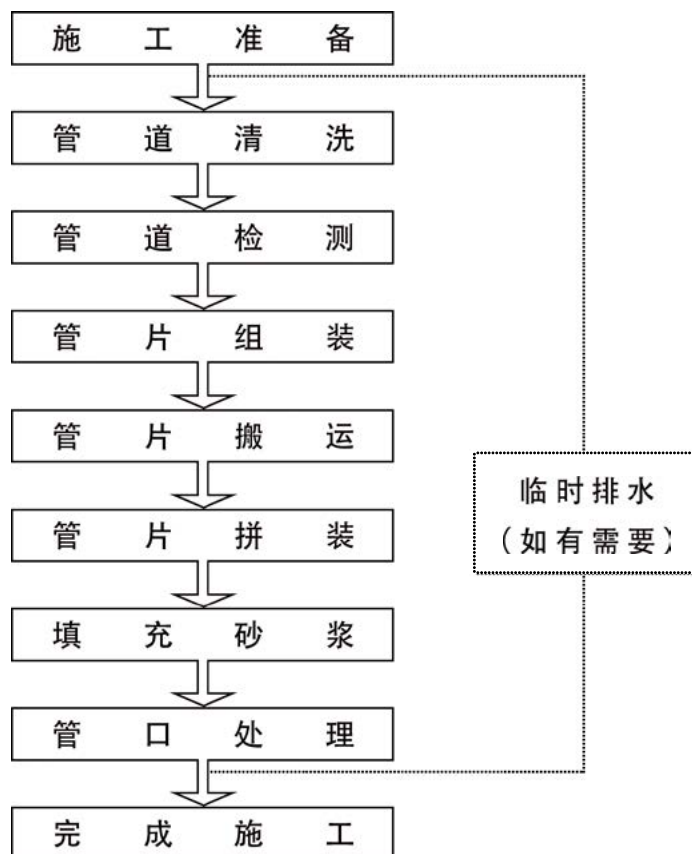


图 2 管片模块法标准施工流程

四、修复后效果

本次排水管道非开挖管片模块内衬修复施工，为了确保工程的施工质量，在施工过程中严格按照《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》（CJJ/T210-2014）中规定的质量管理内容实施，对施工后的管道内部以及厚度等进行必要的检测，以确认工程的施工结果。

1. 管道内外观情况

在内衬施工结束后，使用 CCTV 电视检测设备对管片模块管道进行外观检测，要求已修复的内衬管在整个被修复区域内连续、无裂缝、无凹凸和流通堵塞，注浆没有出现空洞与未注满现象。如图 3,4 所示。



图 3 内衬管外观验收检测



图 4 内衬管外观验收检测



图 5 内衬管内径检测

2. 修复后内衬管直径情况

对修复后内衬管道进行管径检测，每 5m 取点，检测点为内衬管的上下和左右的直径，然后取其平均值进行判断，确保达到管道设计规定的直径要求。本次设计修复后内径 1240mm ~ 1260mm，实测平均内径 1250mm，满足设计要求。如图 5 所示。

3. 填充材料强度检测情况

根据 CJJ/T210-2014 中的规定，对注浆填充材料进行强度性能测试。性能测试委托具有工程质量检测资质的第三方进行，需要达到如下技术要求，具体结果如表 1 所示。

表 1 材料强度性能检测结果判断表

| 性能项目       | 测试标准            | 指标    | 实测值     | 备 注                |
|------------|-----------------|-------|---------|--------------------|
| 抗压强度 (28d) | GB/T 50448-2008 | > C30 | 41.8MPa | 现场注浆施工的材料取样制作的试验片。 |

管片模块法施工减少了对道路的开挖以及施工对交通、环境的影响，具有施工简便、综合造价低、质量可靠、修复后管道寿命增长等优点，从根本上解决了排水管道腐蚀、孔洞、裂缝、渗漏等问题，确保了污水干线的正常使用、消除了隐患。3S 模块法的应用增加了我国大口径排水管涵修复技术的选择性，同时也提升了我国排水管道非开挖修复的技术水平。



# 从江县污水管道探测项目

贵州西能锐达穿越工程有限公司

## 一、工程概况

### 1.1 工程的目的和要求

受贵州省从江县水务局的委托, 我队承担从江县城一期污水管线探测项目, 查明污水管道走向和堵塞渗漏情况的排查工作。

根据委托书要求, 查明一期污水管道三维空间位置, 线路走向、管道类型等参数, 查明一期污水管道渗漏情况(漏点检测)。

### 1.2 测区地理位置

从江县隶属黔东南苗族侗族自治州。位于贵州省东南部, 与广西壮族自治区接壤, 东接广西壮族自治区柳州市三江侗族自治县, 南邻广西壮族自治区柳州市融水苗族自治县、广西壮族自治区河池市环江毛南族自治县, 西连荔波县、榕江县, 北靠黎平县, 居都柳江中游, 距省会贵阳 450km, 距州府凯里 252km,

从江县属中亚热带温暖类型, 年平均气温 18.4℃, 1 月最冷平均气温 7.8℃, 极端气温 -4.4℃, 7 月最热平均气温为 27.6℃。四季如春, 气候宜人。

从江县地处云贵高原向广西丘陵山地过渡地带, 全县有大小山峰 1615 座, 其中海拔 1200m 以上有 270 座, 最高峰为九万大山元头界峰, 海拔 1670m, 最低为都柳江出境处, 海拔 145m, 相对高差 1535m。全县地势以都柳江为横轴两翼递升, 都柳江两翼山势的递变轮廓, 构成了从江县地形骨架, 山地面积 2963km<sup>2</sup>, 占总面积的 91.34%, 坝子面积 64km<sup>2</sup>, 占 2%, 河流滩涂面积约占 4%。

从江县内河流属珠江水系, 干流都柳江由北向南横贯全境, 县内河段长为 66km。支流纵横, 水源丰富。

### 1.3 测区物理特征

所测段管道为波纹排污管, 直径多为 400mm, 除水泵站提升处管内流量较大, 其余管内有少量污水通过。管的上方为从江县县城道路结构层, 县城一期污水管线总长度约 11000m。

### 1.4 采用的探测方法

经过我队技术人员、从江县管网维护技术人员进行了初步踏勘, 获取了一些原始数据资料, 结合探测的目的和相关规范要求, 我队初步拟定了以地质雷达为主要探测方法, CCTV 管道视频检测仪、高密度电法、管线检测仪为辅的综合探测方案。

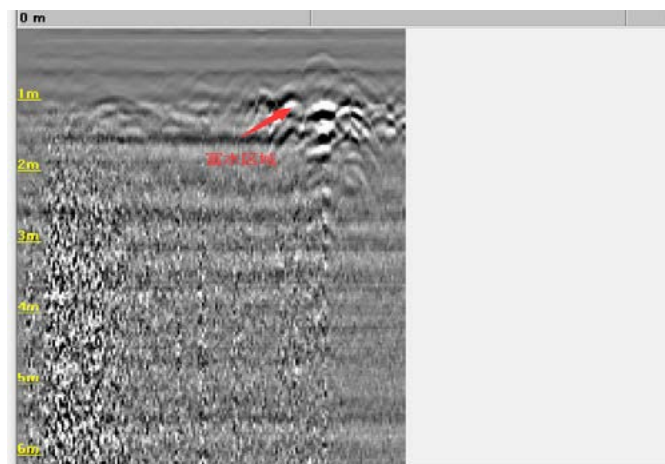
### 1.5 工期与工作量

我队于 2020 年 5 月 7 日现场初步踏勘, 经过仪器调试和准备, 5 月 8 日进行现场管道探测, 由于从江县污水管道建设在县城道路中间, 除地质雷达能便于探测以外, 其余三种探测方法不便布线探测, 外业作业花费总共 14 日历天, 主要目的为摸清从江县城管线走向和渗漏情况, 从江县主街探测管线长度 6366m,

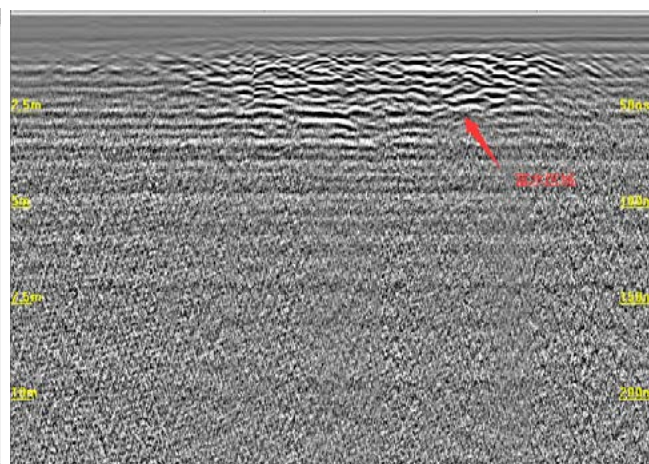
老街探测长度 4223m，总共探测长度约 10589m。5 月 22 日开始对现场探测成果进行整理分析，最终在 5 月 27 日形成完整的探测报告移交给从江县水务局，工期 20 日历天。

## 二、探测效果分析

### 2.1 地质雷达探测污水管道雷达图像

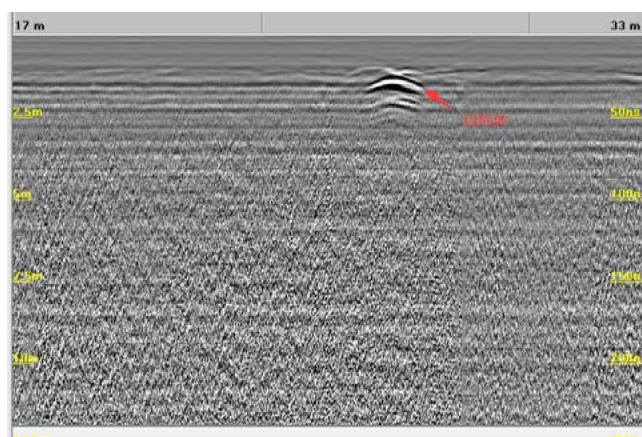


K2 软件测出来的漏点 1（横向扫描）

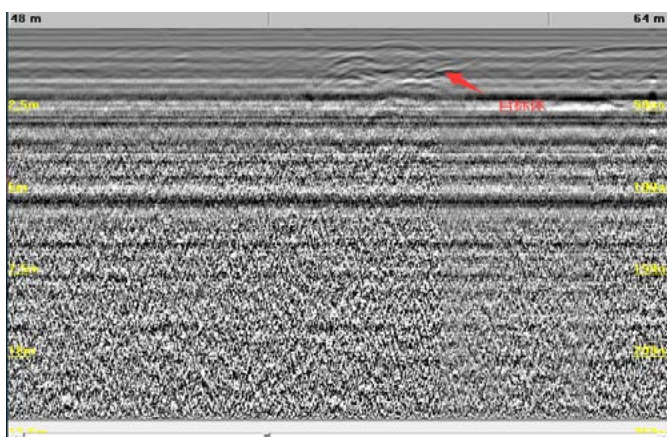


K2 软件测出来的漏点图 1（纵向扫描）

上面 2 张图为从江县污水处理厂到观音阁提升泵这一段测出来的第一个污水管道漏水点图

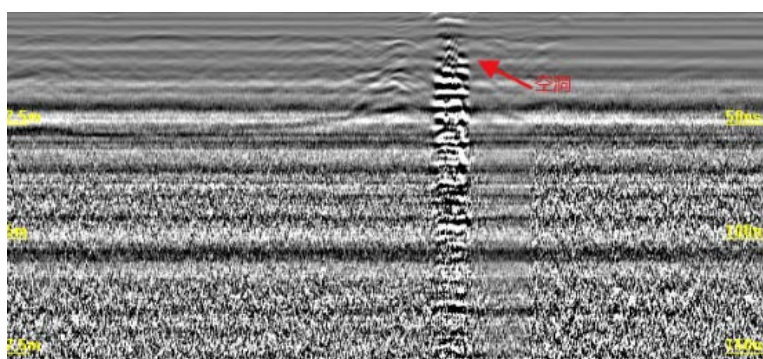


雷达垂直 2 号漏点管道扫描图（漏点 2）



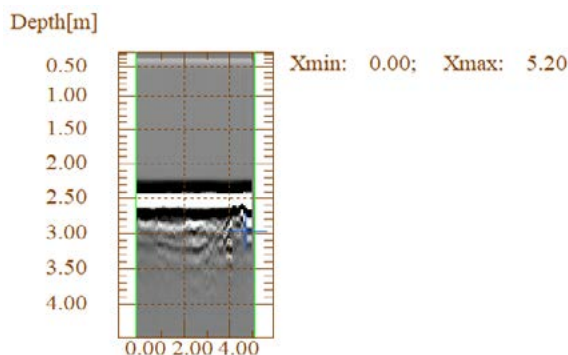
雷达平行 2 号漏点管线的扫描图像

上面 2 张图为从江县污水处理厂到观音阁提升泵这一段路上测出来的第二个污水管道漏水点的图像



地质雷达通过井盖时候形成的空洞图像

## 2.2 地质雷达进行走向定点和深度探测



上图为 GRESWIN2 锐化后的定点图，此图为污水厂到观音阁水泵房对未知管线定位的图像，从图中可以看出雷达出现反应的地方深度大概在 3m 左右。

## 2.3 探测布线

当进行漏水探测时，地质雷达必须保证走在管线上，为保证探测精度，在管道上方沿着管线方向每隔 30m 记录一个点进行探测，测出管道堵塞和漏水情况，对于不清楚管线走向的地方，每隔 10m 对管线进行垂直探测，定出 3 个点，连成一条线，以此确定管线走向。

# 三、探测依据、设备、原理和图像分析

## 3.1 探测依据的标准和规范

本次对从江县排污管道物探勘探项目，将严格遵守中华人民共和国行业标准及现行有关技术规范要求执行。

- 1、从江县一期污水管道总体规划图
- 2、从江县污水管道探测任务委托书
- 3、《城市地下管线探测技术规程》（CJJ 61-2003）
- 4、《城市测量规范》（CJJ8-99）
- 5、《工程测量规范》（GB50026-2007）
- 6、《城市勘察物探规范》（CJJ7 - 85）；

## 3.2 采用的仪器设备

采用的仪器为意大利 IDS 地质雷达。频率 200MHz（探测精确深度 5M 以内）和频率 40MHz（探测深度 5m-30m），其主要技术性能指标如下：

扫描速率：850 扫 / 秒

频率：200MHz

时窗：256 nsec

采样点数：512

分辨率：5psec

传播速度：10cm/ns

A/D 转换：16bit

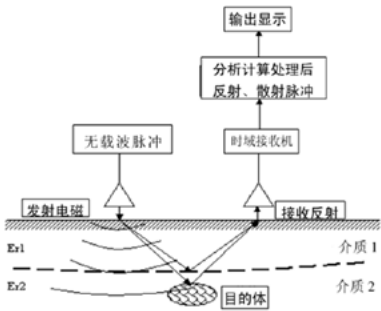


3.3 探测原理及数据处理的解释

3.3.1 探测原理

地质雷达：

探地雷达是一种用于确定地下介质分布情况的高频电磁技术，基于地下介质的电性差异，探地雷达通过一个天线发射高频电磁波，另一个天线接收地下介质反射的电磁波，并对接收到的信号进行处理、分析、解译。其详细工作过程是：由置于地面的天线向地下发射一高频电磁脉冲，当其在地下传播过程中遇到不同电性（主要是相对介电常数）界面时，电磁波一部分发生折射透过界面继续传播，另一部分发生反射折向地面，被接收天线接收，并由主机记录，在更深处的界面，电磁波同样发生反射与折射，直到能量被完全吸收为止。反射波从被发射天线发射到被接收天线接收的时间称为双程走时  $t$ ，当求得地下介质的波速时，可根据测到的精确  $t$  值折半乘以波速求得目标体的位置或埋深，同时结合各反射波组的波幅与频率特征可以得到探地雷达的波形图像，从而了解场地内目标体的分布情况。



接收天线所接收的反射回波旅行时间为： $t=\sqrt{\frac{4h^2+x^2}{V}}$

式中：t 反射回波走时（ns）

h 反射体深度（m）

X 发射天线与接收天线的距离（m）

V 雷达脉冲波速（m/ns）

雷达波在物体或介质中的传播速度 V 与介质的相对介电常数  $E\gamma$  有如下关系： $V=\frac{C}{\sqrt{E\gamma}}$

式中：C 为真空中的电磁波传播速度（C=0.3m/ns）

通过雷达图像确定异常，并根据电磁波旅行时间确定异常位置。

| 物质  | $\gamma$ | 速度（mm/ns） |
|-----|----------|-----------|
| 空气  | 1        | 300       |
| 水   | 81       | 33        |
| 冰   | 3.2      | 167       |
| 干砂  | 3-6      | 120-170   |
| 湿砂  | 25-30    | 55-60     |
| 湿土  | 8-15     | 86-110    |
| 干土  | 3        | 173       |
| 玄武岩 | 8        | 106       |
| 花岗岩 | 5-8      | 106-115   |
| 石灰岩 | 7-9      | 100-113   |
| 白云岩 | 6.8-8    | 106-115   |
| 混凝土 | 6-8      | 55-112    |
| 沥青  | 3-5      | 134-173   |
| 肥土  | 15       | 77        |
| PVC | 8        | 173       |

常见物质的相对介电常数和传播速度

### 3.3.2 质量评价

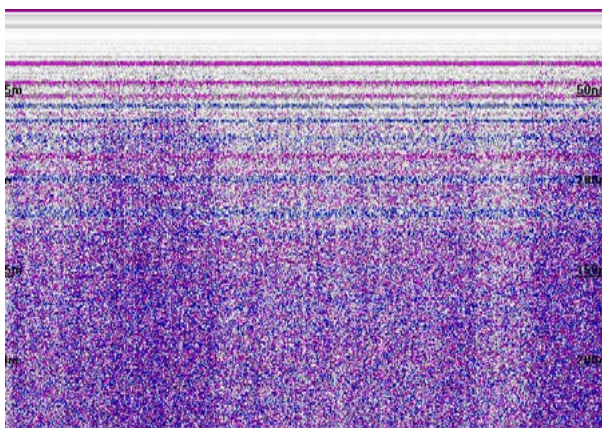
地质雷达 (Geological Radar) 又称探地雷达 (Ground Penetrating Radar), 是一项基于不破坏受检母体而获得各项检测数据的检测方法, 在我国已在数百项工程中得到了应用, 并取得了显著成效。同时, 随着交通、水利、市政建设工程等基础设施的大力发展, 以及国家对工程质量的日益重视, 工程施工过程中仍急需物理勘探的手段解决大量的地质难题, 因此, 地质雷达探测技术市场前景十分广阔。地质雷达作为一项先进技术, 具有以下四个显著特点: 具有非破坏性; 抗电磁干扰能力强; 采用便携微机控制, 图象直观; 工作周期短, 快速高效。它不仅用于管线探测, 还可用于工程建筑, 地质灾害, 隧道探测, 不同地层划分, 材料, 公路工程质量的无损检测, 考古等等。

### 3.3.3 数据处理与资料解释

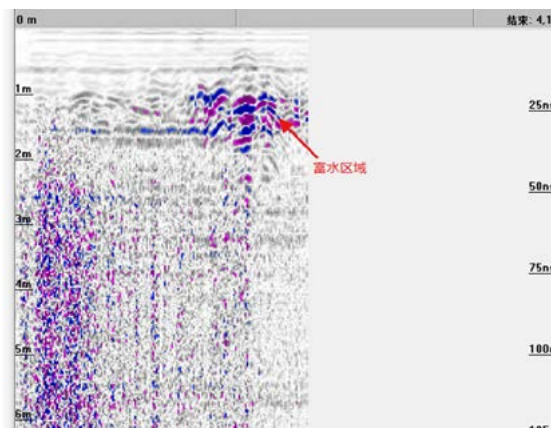
与常规探测分析解释不同, 地质雷达的成果分析解释依靠计算机软件 K2 和具有良好分析效果的软件 GRESWIN2。实际使用时需要修整数据, 调节坐标间距, 调节图像锐化程度以便观察目标体, 最后结合地质及其它现有的资料进行综合解释工作。

## 3.4 图像效果分析

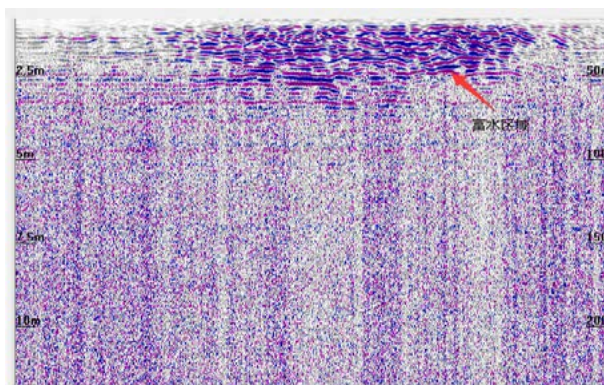
### 3.4.1 雷达图像分析



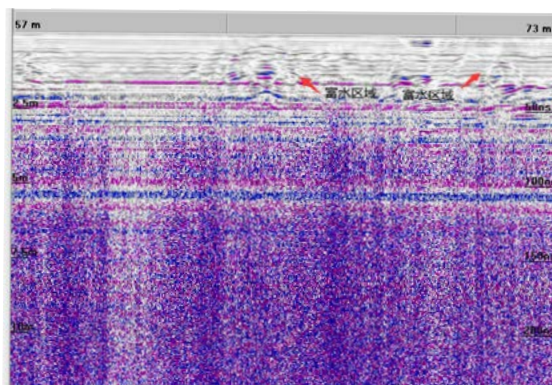
地层稳定图



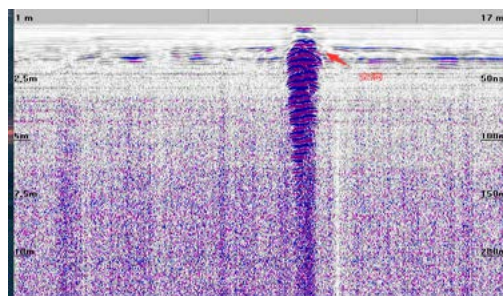
经过 K2 软件处理色彩的 1 号漏点图 (横向)



经过 K2 软件处理色彩的 1 号漏点图 (纵向)



经过 K2 软件处理色彩的 2 号漏点图



岩溶洞穴

**完整岩体：**

完整岩体一般介质相对均匀，电性差异很小，没有明显的反射界面，雷达图像和波形特征通常表现为：能量团分布均匀或仅在局部存在强反射细亮条纹；电磁波能量衰减缓慢，探测距离远且规律性较强；一般形成低幅反射波组，波形均匀，无杂乱反射，自动增益梯度相对较小。该类岩体的探测和解释精度通常比较高

**富水带：**

地下水经常存在于断层带、裂隙密集带以及岩溶发育带中，含水程度和储水条件主要受构造控制。在常见物质中，水的相对介电常数最大为 81，与基岩介质相比存在明显的电性差异。富水带地质雷达图像和波形特征一般表现为：地质：雷达波在含水层表面发生强振幅反射；电磁波穿透含水层时将产生一定规律的多：次强反射，在富水带内产生绕射、散射现象，并掩盖对富水带内及更深范围岩体的探测；电磁波频率由高频向低频剧烈变化，脉冲周期明显增大，电磁波能量快速衰减，能量团分布不均匀，自动增益梯度很大；因含水面通常分布连续，反射波同相轴连续性较好，波形相对较均一；从基岩到含水层是高阻抗到低阻抗介质的变化，因而反射电磁波和入射电磁波相位相反。

**岩溶洞穴：**

岩溶洞穴一般出现在灰岩地层中，洞穴中可能为空、含水或填充其他物质，其地质雷达图像和波形特征通常表现为：岩溶洞穴在地质雷达图像上的形态特征主要取决于洞穴的形状、大小以及填充物的性质，一般表现为由许多双曲线强反射波组成；在洞穴侧壁上一一般为高幅、低频、等间距的多次反射波组，特别是无填充物或充满水时反射波更强，而洞穴底界面反射则不太明显，只有当洞穴底部部分充填水或粘土、粉砂、砂砾性物质时底部反射波会有所增强，可见一组较短周期的细密弱反射；如果洞穴为空洞或充水洞则在洞体内部几乎没有反射。

**四、结论及建议**

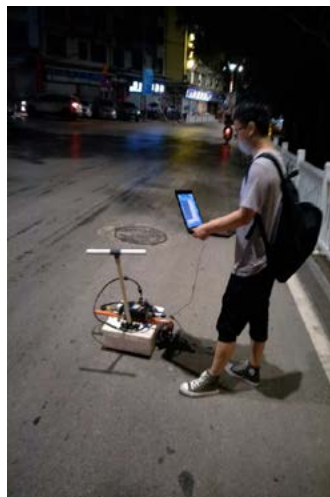
(1) 地质雷达勘探结果显示：由图得出，该污水管道在污水厂到观音阁水泵房这一段出现漏水现象，共检测出 2 个漏点，1 号漏点图像比较明显，说明管线周围富集大量污水，2 号漏点图像反应并不强烈，从图中能看出此处富集地下水，由于市政道路复杂，此处可能是污水渗漏，也可能是周围地下水富集在此处，2 号点是否漏水请以具体开挖为准。

(2) 污水管道在三岔路到月亮湾水泵房存在堵水现象。（即附 CAD 图中 D1 控制点到 D7 控制点）

(3) 北上大道和老街污水管线经过雷达探测并没有漏水现象。

(4) 我队建议及时处理，在原有线路上进行管道更换或修复，否则渗漏的污水可能会掏空地底，形成管涌，甚至侵害从江县城道路的路基，破坏其正常使用功能。

附图：现场探测照片



现场记录采集图像



拖动地质雷达进行探测



拖动地质雷达



寻找泵房



打开检查井观测



上山帮业主测供水管道漏水

# 大龙岩湾隧道工程项目

贵州西能锐达穿越工程有限公司

## 一、工程简介

本工程原设计为修筑人工隧道约 370m，作为贵州大龙经济开发区（大龙镇）污水处理工程 3 号排污管网的组成部分。由于本山体表面是作为坟场，当地村民的族人大多下葬于此，施工过程中使用烈性炸药爆破方式进行隧道掘进，故遭到当地村民的坚决反对，山体两侧隧道施工被迫中止，山体东侧已经掘进约 70m，山体西侧掘进约 20m，均已按原设计进行支护和防水施工。为了使污水处理厂管网工程早日完成施工，业主研究决定使用非开挖水平定向钻工艺，安全环保、不使用炸药。山体穿越段位于贵州省铜仁市大龙经济开发区北侧清水塘村，距离大龙经济开发区管委会约 5km，由于既有岩湾隧道轴线在山体两侧不在一条直线上，所以入土点和出土点只能选在位于山体东西侧既有隧道出口附近，场地面积受限、排水高差为 2m，排水坡度要求非常严格，施工精度要求极高，最后必须实现污水重力自流排放。山体穿越管道管径为 DN800，水平长度 361m。

## 二、主要技术内容

本次定向钻穿越工程主要目的是实现污水重力流排放，根据非开挖定向钻机的实际能力，先要确保有一定的入土角度，经过快速精确调整导向参数，使钻进轨迹曲线尽可能沿着设计曲线钻进，确保中间管段不会聚集污水，导致堵塞管道。

**测量：**首先进行了 1:1000 区域地形图精确测量，其次沿穿越轴线进行放线测量、出入土点坐标和高程测量，设备为科力达 RTK；

**导向：**本项目入土点至出土点只有 2m 排水高差，对于控向精度要求极为苛刻，在施工过程中，最先使用了无线导向设备进行控向，当钻进至 30m 时仪器信号弱，不能对钻进参数进行显示和控制，为了能最大程度保证精确出土，抽调了一台 P3 地磁导向仪进行控向。采用钻头 + 泥浆马达 + 无线导向 + 有线导向 + 钻杆的方式装入无磁钻铤，配合进行导向施工，最终按照设计位置准确出土。

**泥浆：**本项目穿越轴线距离舞阳河垂直距离最小为 6m，因为穿越地层为寒武系中统高台组灰白色中厚层细粒白云岩，溶沟溶槽发育，泥浆极有可能渗入到舞阳河造成环境污染，施工过程中做了针对性的泥浆配比和参数调整，加入细颗粒堵漏材料防止泥浆沿岩层裂缝渗漏，根据现场监测，开工到竣工，没有发生泥浆渗漏事故，取得优秀的环保效果。

### 三、创新性

典型的非开挖水平定向钻设计模型存在造斜段水平段，导致穿越轨迹为一个类似“U”形的曲线，实施本工程目的是实现污水的重力自流，要求不能存在中部最低点，管道不集聚污水，所以轨迹设计时不能参考典型设计模型进行参数计算，对此我公司提出了“无压自重流型定向钻轨迹设计理论模型”，对轨迹设计时各参数取值计算公式进行了理论推导，最后成功应用于本项目。理论模型推导过程见附图，计算结果如下所示：

|                                           |                          |                                                                                                                        |       |                                                                         |              |
|-------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 无<br>压<br>重<br>力<br>自<br>流<br>型<br>轨<br>迹 | 入土角度 $\alpha$ (°)        | 8 ~ 30                                                                                                                 | 6     | RADIANS                                                                 | 0.104719755  |
|                                           | 底部直线与水平方向的夹角 $\Phi$ (弧度) | 一般坡度 $i \geq 0.003$                                                                                                    | 0.001 | ATAN(i)                                                                 | 0.001        |
|                                           | 曲率半径 R (m)               | $D1 < 400\text{mm}$ 取不小于 1200 倍钻杆外径, $400\text{mm} \leq D1 < 800\text{mm}$ 取大于 250D1, $D1 \geq 800\text{mm}$ 取大于 300D1 | 240   | 大于或等于 1200 倍钻杆外径、 $D1 \times 250$ ( $D1 \times 300$ ) 中的最大值             | 240          |
|                                           | 入土端曲线水平长度 a2(m)          |                                                                                                                        |       | $2R \sin((\alpha - \Phi)/2) \cos((\alpha + \Phi)/2)$                    | 24.8468313   |
|                                           | 入土端直线水平长度 a1(m)          |                                                                                                                        |       | $L - L0 - a2$                                                           | 3.3545309022 |
|                                           | 入土端曲线的高度 b2(m)           |                                                                                                                        |       | $2R \sin((\alpha - \Phi)/2) \sin((\alpha + \Phi)/2)$                    | 1.314625112  |
|                                           | 入土端直线段的高度 b1(m)          |                                                                                                                        |       | $a1 \cdot \tan \alpha$                                                  | 0.352576259  |
|                                           | 底部直线段水平长度 L0 (m)         |                                                                                                                        |       | $[L \tan \alpha + b2 - a2 \tan \alpha - h] / (\tan \alpha - \tan \Phi)$ | 332.7986297  |
|                                           | 底部直线段高度 h0(m)            |                                                                                                                        | 2     | $L0 \cdot \tan \Phi$                                                    | 0.33279863   |
|                                           | 入土点与出土点的高差 h(m)          |                                                                                                                        |       | $b1 + b2 + h0$                                                          | 2            |
|                                           | 穿越长度 L (m)               |                                                                                                                        | 361   | $a1 + a2 + L0$                                                          | 361          |

注：内容简介重点说明：申请优秀工程奖和优秀产品或技术奖项目的主要技术内容、创新性、或工程重要性、或在中国非开挖产业界的影响。



# 紫外光原位固化法修复技术在大管径压力管道中的应用

北京隆科兴科技集团股份有限公司

**摘要：**紫外线原位固化法（Cured-in-Place Pipe of UV curing，简写 UV-CIPP）在城市重力流排水管网综合治理中得到了广泛的应用，随着技术的发展，在国内修复管径涵盖范围已由 DN300mm-DN1200mm 扩展到 DN150mm-DN1800mm。通过 UV-CIPP 修复技术在管径为 DN1400mm 的排水压力管道中的应用（涉及壁厚达 16mm，相邻井的距离达 640m 的管道固化修复应用和弯头整体固化首次应用），成功的解决了管道存在的腐蚀、裂缝、渗漏等结构性病害，恢复了管道使用功能、延长了管道使用寿命；刷新了该技术在国内外应用的纪录，拓宽了该技术的应用领域，为该技术在大管径压力管道中的应用迈出了坚实的一步，积累了宝贵的经验。

**关键词：**UV-CIPP；大管径；压力管道；弯头整体固化；非开挖修复

## 一、引言

20 世纪 80 年代初 UV-CIPP 开始在管道修复施工中使用。原位固化法中热水固化法和蒸汽固化法因为悠久的历史，应用较早。而 UV-CIPP 技术由于相同条件下内衬管壁厚较薄、固化时间短等特点，也逐渐被广泛应用。据统计，在德国 UV-CIPP 内衬占了内衬施工的 63%，玻璃纤维内衬管在欧洲已经占了 50% 的市场<sup>[1]</sup>。

随着我国城镇化进程不断加快，地下管道的高速扩建，接近使用寿命的管道也越来越多，改造工程量不断增加。近几年，伴随着城市黑臭水体治理整治、城镇污水处理提质增效三年行动方案的实施，城市排水管网综合治理工作更是上升到了一个新的高度，各种技术不断涌现。针对城区老旧排水管网的综合治理受到各种现有条件的限制的情况，大量采用非开挖修复技术来解决现有管网存在的各种结构性病害，恢复管道使用功能、延长管道使用寿命。UV-CIPP 修复技术是非开挖修复管道的新技术，具有预防与解决排水管道渗漏、腐蚀，延长管道寿命，减少施工对道路、环境、交通的影响，工期短、综合造价低、施工方便、质量可靠等优点，随着其发展，在国内应用越来越广泛，是目前城市排水管道非开挖修复的主流技术之一。

## 二、工程规模

本工程为凤塘泵站 2 根 DN1400 压力出水管（福田污水厂—康佳集团）段局部改造项目，现状压力管道走向为：管道从福田污水厂出来后，沿白石路北侧—侨城东路东侧—深南东路南侧敷设，分别横穿白石路、侨城东路一次。现状污水压力管为 DN1400mm，单线长 2362m，双线总长 4724m，埋深 6.68m 至 8.41m，工作压力为 0.25MPa。管材主要为钢筋混凝土管（红树林路过路段为钢管），该管 1995 年建成投产，由于

该管道白石洲路以南段时有爆管事故发生,该管道使用年限长,管道锈蚀严重,且大部分附属设施老旧,无法满足安全生产要求。深圳市水务集团决定对该管道进行改造修复。管线修复平面布置图如图 2-1 所示。

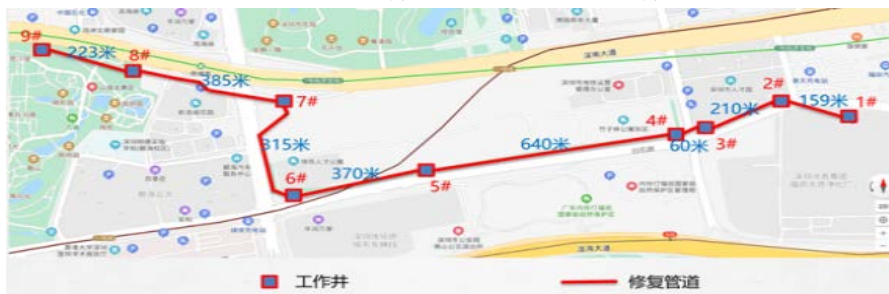


图 2-1 管线修复平面布置图

### 三、项目难点

#### 3.1 管道位置不明

该管道自 1995 年建成投产,已历时 25 年,管道建设基础资料缺失,加之深圳市迅速的城市化建设,地理地貌变化巨大,导致管道具体走向、位置及埋深不明,北京隆科兴科技集团股份有限公司作为承建单位,多方查找管线相关资料,结合大埋深管线探测仪、探地雷达等多项措施,综合分析,成功探明管道准确位置。

#### 3.2 修复工艺选择及工作井的设置

本工程可选的非开挖修复工艺有:不锈钢板内衬法、水泥砂浆内喷涂法、紫外光式管道原位固化修复法等。经过技术成熟度、工期、投入等综合、反复比选后决定采用紫外光式管道原位固化修复法。采用紫外光式管道原位固化修复法的难点有:紫外光式管道原位固化修复的材料、工艺、设备的确定,其中工作坑设置是既要考虑技术的主要参数的局限性,又要考虑现场的情况、工期、投入等。

为尽量减少开挖量及减少对道路、交通影响,在满足材料及设备安装要求条件下,结合场地条件,在管道转弯角度较大的位置,设置内径 7m×7m 方形工作井 9 座,采用倒挂壁逆作法开挖施工方式。开挖过程中,有燃气管线、给水管线、排水管线等的穿越,须采取保护措施;由于地下水高,部分位置会渗漏水,需做小导管注浆加固止水处理。

工作井开挖到现状管道后,对现状管道进行切割,将现状管道上部 1/2 切除,管道保留下部管道作为内衬管及工作井接口管的基础。为方便设备材料的安装与进出,天窗开口尺寸为 1.4m×2.5m。

### 四、内衬管材料要求

本工程管道修复属于压力管道半结构性修复,壁厚设计参照《城镇给水管道非开挖修复更行工程技术规程》<sup>[2]</sup> 规定,内衬管道承受外部地下水压力和真空压力的壁厚应按下列公式计算:

$$t = \frac{D_0}{\left[ \frac{2KE_L C}{(P_W + P_V) N(1 - \mu^2)} \right]^{\frac{1}{3}} + 1} \quad (4-1)$$

$$P_W = 0.00981 H_W \quad (4-2)$$

$$C = \left[ \frac{(1 - \frac{q}{100})^3}{(1 + \frac{q}{100})^2} \right] \quad (4-3)$$

$$q = 100 \times \frac{(D_E - D_{min})}{D_E} \text{ 或 } q = \frac{100 \times (D_{max} - D_E)}{D_E} \quad (4-4)$$

式中：t——内衬管壁厚（mm）；  
D<sub>o</sub>——内衬管外径（mm）；  
K——原有管道对内衬管的支撑系数，取值宜为 7.0；  
E<sub>L</sub>——内衬管的长期弹性模量（MPa），宜取短期弹性模量的 50%；  
C——椭圆度折减系数；  
P<sub>w</sub>——管顶位置地下水压力（MPa）；  
P<sub>V</sub>——真空压力（MPa），取值宜为 0.05MPa；  
N——管道截面环向稳定性抗力系数，不应小于 2.0；  
μ——泊松比（原位固化法内衬管取 0.3）；  
H<sub>w</sub>——管顶以上地下水位深度（m）；  
q——原有管道的椭圆度（%）；  
D<sub>E</sub>——原有管道平均内径（mm）；  
D<sub>max</sub>——原有管道的最大内径（mm）；  
D<sub>min</sub>——原有管道的最小内径（mm）。

当按公式（4-1）计算所得：值满足公式（4-5）的要求时，应按公式（4-6）对内衬管道壁厚设计值进行校核；当按公式（4-1）计算所得：值不满足公式（4-5）时，应按式（4-7）对内衬管道壁厚设计值进行校核。

$$\frac{d_h}{D_E} \leq 1.83 \times \left(\frac{t}{D_o}\right)^2 \tag{4-5}$$

$$t \geq \frac{D_o}{\left[5.33 \times \left(\frac{D_E}{d_h}\right)^2 \times \frac{\sigma_L}{NP_d}\right]^2 + 1} \tag{4-6}$$

$$t \geq \frac{\gamma_Q P_d D_n}{2f_t \sigma_{TL}} \tag{4-7}$$

$$D_n = D_o - t \tag{4-8}$$

式中：d<sub>h</sub>——原有管道中缺口或孔洞的最大直径（mm）；  
σ<sub>L</sub>——内衬管道的长期弯曲强度（MPa），宜取短期弯曲强度的 50%；  
P<sub>d</sub>——管道设计压力（MPa），应按管道工作压力的 1.5 倍计算；  
D<sub>n</sub>——内衬管道计算直径（mm）；  
γ<sub>Q</sub>——设计内水压力的分项系数，γ<sub>Q</sub>=1.4；  
σ<sub>TL</sub>——内衬材料的长期抗拉强度（MPa）；  
f<sub>t</sub>——抗力折减系数。

依据该规程计算校核算得软管壁厚设计值为 16mm。本工程所用软管初始结构性能指标经检验远远大于该规程的要求。玻璃纤维内衬管道的初始结构性能要求见表 4-1。

表 4-1 玻璃纤维内衬管道的初始结构性能要求

| 性能        |        | 测试依据标准                                                  |
|-----------|--------|---------------------------------------------------------|
| 弯曲强度（MPa） | > 45   | 《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449                               |
| 弯曲模量（MPa） | > 6500 | 《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449                               |
| 抗拉强度（MPa） | > 62   | 《塑料 拉伸性能的测定 第 4 部分：各向同性和正交各向异性纤维增强复合材料的试验条件》GB/T 1040.4 |

## 五、修复施工重点工序控制

### 5.1 施工流程

内衬修复施工流程如图 5-1 所示。

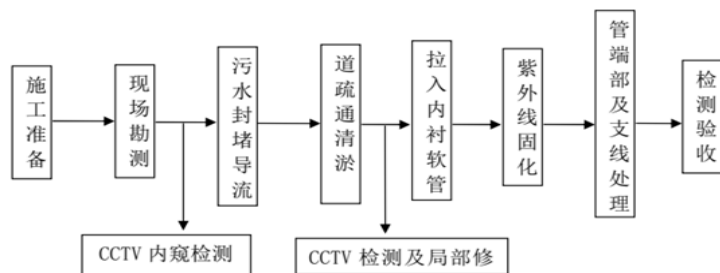


图 5-1 施工流程

### 5.2 软管铺设

待修复管道经清淤、冲洗及 CCTV 检测满足设计要求后，进行软管的下料、铺设工作。本项目共设 9 座工作井将现状管道分为 8 段，待修复管段长度最长达 640m，为减少内衬管接口数量，结合现状管道长度，确定单次修复软管最大长度 125m。125m 长软管重量约 20t，由于软管自重较大，施工现场采用起重机、皮带输送机、卷扬机的配合运行，把软管拉入待修复的旧管道中。软管下料过程如图 5-2 所示。软管拉入过程中，在软管材料入井、入管口位置应做好保护措施，保护防紫外线外膜及软管不受尖锐物体破坏。



图 5-2 软管下料过程

### 5.3 软管固化施工

软管材料铺设就位后，需对内衬管进行端口封闭、充气、固化作业，与以往项目管道修复不同，此次修复部分管段工作井间距较大，最远距离为 4# 工作井到 5# 工作井之间共计 640m，因此在修复现状管道中部位置时，待固化软管位置距离两端工作井距离达到 300m，远远超出现有地面车载固化设备工作条件，软管的充气、固化效果难以满足设计要求，因此项目固化设备须与实际匹配。该项目的管道内行走固化机组设备，须小型化、模块化，通过工作井，深入到管道内部位置，保证软管的充气、固化效果达到设计要求。小型、模块化式固化设备如图 5-3 所示。



图 5-3 小型分离式固化设备

此次采用的 UV-CIPP 软管厚度为 16mm, 该厚度为国内首次采用, 大大增大了软管的固化难度, 现有的设计规程或以往项目给出或积累的固化参数不再适用。针对此次软管为大管径、大壁厚特点, 隆科兴组织技术人员经过多次工厂试验, 确定了合理的固化参数, 每台固化机组灯架安装 6 个 1KW 紫外线灯, 设定行进速度为  $0.15\text{m}/\text{min} \sim 0.20\text{m}/\text{min}$ , 实现最长 14 小时即可完成一段软管的固化。

#### 5.4 弯头固化施工

针对管道  $40^\circ \sim 70^\circ$  弯折点, 隆科兴深圳项目部通过现场精确测绘, 联合普洛兰子公司实现了管道弯头的专属化定制生产, 采用一台固化机组灯架固化施工, 完成了国内首次弯头整体 UV 固化的技术创新应用。弯头固化前后对比如图 5-4 所示。



图 5-4 弯头固化前后对比程

#### 5.5 管段内衬管接口处理

待修复管段长度最长达到 640m, 单根软管最大长度为 125m, 内衬管道固化后, 会在现状管道内形成多处接口, 需要在两段内衬管相接位置需要做相应的止水处理。管道固化完成后内衬管端头空隙填充结构胶密封, 然后安装橡胶圈于接口处, 接着用液压设备对快速锁和两道不锈钢胀环施压固定, 使安装压力符合管线运行要求, 在接缝处建立长久性、密封性的软连接, 使管道的承压能力大幅提高, 能够保证管线的正常运行。双胀圈连接接口如图 5-5 所示。



图 5-5 双胀圈连接接口

#### 5.6 工作井内内衬管接口处理

工作井既是前期施工阶段的材料、设备入口, 也是后期设备、材料、人员的出口, 更是后期运行管理后的检查口及排气口。待各段管道修复完成后, 最后进行工作井内两段内衬管道的连接处理。工作井内设置 DN1350 $\times$ 700mm 钢制三通, 三通两端分别与两侧内衬管进行对接, 接口位置止水处理同上面的内衬管接口处理方式。最后再对钢制三通位置进行混凝土包封处理。上述过程中施工人员可以通过三通上方的  $\phi 700$  人孔进出, 待所有工作完成后, 安装法兰并安装自动排气阀。工作井内内衬管接口处理示意图如图 5-6 所示。

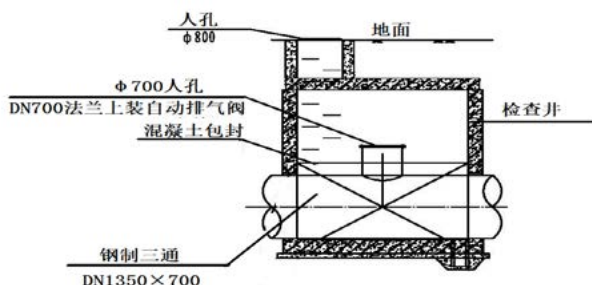


图 5-6 工作井内内衬管接口处理示意图

## 六、安全措施

本项目施工作业位于密闭压力管道内，属于有限空间，必须对管道内进行机械强制通风。作业必须严格履行“先检测后作业”的原则，在进行气体检测前，应对地下有限空间及周边环境进行调查，分析地下有限空间内气体种类；检测达标下井作业时，作业人员必须穿戴好劳动防护用品，履行批准手续，认真填写《有限空间作业审批表》，经批准后方可实施；监护人员必须做好监护工作，工作期间严禁擅离职守，不可让单独一人下井施工，至少两人，必须做到同进同出。管道通风如图 6-1 所示。



图 6-1 管道通风

## 七、结论

(1) UV-CIPP 管道内衬修复技术通常适用于管径为 150-1800mm 的管道，管径越大，越受限，该工程修复管径达 1400mm，内衬修复壁厚达 16mm，刷新了该技术在國內应用的纪录。

(2) 该技术单段施工长度为 100 ~ 180m，但由于工程地处城市交通繁忙核心地段，无法满足每 100 ~ 180 米设工作井常规施工要求，隆科兴团队通过对固化施工设备进行分体、模块化改造，解决了长距离管内风压稳定、长时间高温固化稳定性难题，实现了长度 640m 的管道内修复，将业内单段施工长度增加 5 倍，创造了新的记录。

(3) 弯头整体修复采取双胀圈加快速锁连接技术后，在国内首次成功实现修复管弯头的整体 UV 固化。

## 参考文献

- [1] 马保松. 非开挖管道修复更新技术 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2014.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. CJJ/T244-2016 城镇给水管道非开挖修复更新工程技术规程 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

# 柔性管道在压力管道非开挖修复中的应用

普莱姆斯管道（上海）有限公司

**摘要：**中国国家标准《GB/T 37862-2019 非开挖修复用塑料管道 总则》，已于2020年3月1日生效，该标准是根据ISO11295-2017修改采用而来，在非开挖修复技术的更新板块中板块一共收录了十一类方法技术。其中最新收录的一种技术叫穿插软管内衬法。这种创新的非开挖压力管道修复技术更适用于常见管道修复中的难点问题，并且顺应当下提倡的低碳环保的施工技术。因此，在近几年来逐渐被国内客户接受认可。本文将德国普莱姆斯公司专门研制开发的芳纶增强柔性内衬管——Primus Line® 普莱姆斯柔性管道为例，通过芳纶增强柔性内衬管在给排水管道，石油管道，以及天然气管道进行非开挖修复的实际案例来说明这种新技术的特点及优势。

**关键词：**非开挖，压力管道，翻新，修复，供水管道，石油管道，天然气管道，内衬修复，柔性管道技术

## 一、芳纶增强柔性内衬管技术特点

一般来说，柔性内衬管具有以下特征：

1. 纤维编织而成的中间结构层，具有相同或不同热塑性的内、外层材料；
2. 独立承受管道内部介质压力，可以修复供水和燃气管道等；
3. 适用于长距离管道修复，最大安装长度可达2-3km；
4. 柔性管壁厚较薄，对过流能力的影响小；
5. 以U形折叠的形式拖入主管中，并通过内部加压（压缩空气）复圆；
6. 如果不持续加压且没有外部受力，内衬管仍能保持圆形；
7. 内衬管与原管道之间没有黏合关系。
8. 安装设备少，主要有卷扬机和空压机
9. 开挖要求少，工作坑设计紧凑

德国普莱姆斯管道公司独立研发生产的Primus Line® 柔性管道涵盖了在以上各项特点；它包括由芳纶纤维增强的柔性管材和专门开发的专用接头管件两个部分，可以适用不同的工作压力（最高工作压力可达51公斤），同时保持很好的柔韧性和很高的材料强度。

与传统的开放式开挖施工相比，Primus Line® 柔性管道系统的特点是施工流程有序紧凑、施工面由外及内协作充分，在空间和时间都受限的施工条件下能够发挥出巨大的优势，尤其适用于难以进入的复杂地形和有限的工作区域。而且，在货车运输、开挖回填等的各个步骤上，Primus Line® 管道修复技术都可以明显减少二氧化碳排放量大约80%以上，顺应且满足各个国家对限制温室气体排放的要求，为气候变化贡献一份积极的力量。

与原位固化法管道修复相比, Primus Line® 柔性管道系统无需现场固化, 无蒸汽热水加热固化或与主管灌浆粘附过程, 施工工艺更加高效快捷, 大大缩短修复时间, 免去了大锅炉现场的占地要求, 降低了对周边的影响。而且, 普莱姆斯柔性管可以连续穿越多个 45° 弯头、甚至直角弯头; 单次穿管修复可穿越主管长度 2500m, 拖管施工速度最高可达 600m/小时。

普莱姆斯管道系统设计和应用经过 ISO11295 和国标 GB37826-2019 检验, 可适用于自来水、天然气、石油等介质。德国非开挖协会 (GSTT) 在更新的技术信息文件《20-1: 压力管道修复 (2019)》中分析了该产品系列对不同管道病害问题的适用性, 最后得出结论: 尽管此产品对管道的外部腐蚀或静压管道所引起的管道修复存在局限性, 但对主管的沉淀、内腐蚀、泄漏等问题则有非常好的修复效果。

## 二、普莱姆斯柔性管修复的一般步骤

### 2.1 安装准备

柔性内衬管能够独立于原管道承受内压, 但要求原管道继续承受外部荷载和地面动负荷。对于被修复管道的材质要求, 柔性内衬管没有限制, 广泛适用于各类金属管和非金属管, 如石棉水泥管, PVC 管, HDPE 管, 钢管, 铸铁管等。

实施管道修复的第一步, 就是根据施工生产法规、施工安全规范进行施工坑开挖。施工坑布置紧凑、占地面积小是 一大特点。利用检查井 (或人孔) 进行安装的情况: 检查井作为柔性管穿管的起始点, 或者是作为中间过渡接力穿管作业。通常, 将检查井直接作为终点坑是不太合适的, 因为用来穿管的牵引绳 (或者柔性管) 在拉出时与水平方向的夹角应越小越好。处理方法是寻找检查井合适的位置钻孔或开槽来寻找形成一个可以满足拉出角度要求的方案, 并且检查井的空间尺寸是应该满足专用接头的安装要求。

此外, 工作坑内的割管作业也应该注意切割方向完全垂直管道的轴心线, 还要对切口做打磨处理, 并且记录并存档在每个切管处的管道材质和防腐情况、管道内径和外径等参数。

### 2.2 管道检测和预处理

管道检测的所有资料都需要整理存档并作为项目竣工验收资料最终移交给业主方。使用 CCTV 进行管道检测时, 建议录入起始点管道材质、管道内径和外径、坐标等信息, 管道检测过程也可以复核管道的全长、管径等信息。管道内窥在录像和判读时应该着重以下几点: 由水垢锈蚀和凸出的障碍物引起的横截面积损失 (如焊缝毛边, 凸出的螺钉, 销钉, 管道附件或牺牲阳极); 横截面形状的突然变化 (如管道错位、不同管材的拼接点); 前进方向变化 (如弯曲管段)。

CCTV 检测的结果将作为制定管道预处理方案的基础, CCTV 爬行器除了可以内窥外, 还带着辅助牵引绳穿过管道。预处理的目的是清理管道内壁复原其原有的横截面、平整内表面来保证穿管作业的实施。常用的办法有高压水清管、切割机器人、钢砂抛丸等, 钢制刮刀和橡胶刮板也是很好的辅助清理工具; 泡沫式清管器适用于清洗非金属管道或含有内涂层的管



图 1 原管道预处理前后对比

道（不包括砂浆涂层）。管道内壁凸出的固定障碍物（铸件缺陷，焊缝毛边，凸出的螺钉，销钉，管道配件或牺牲阳极等）可以根据具体情况直接更换对应管段或使用装有金刚石钻头的切割机器人处理。管道内部的焊缝必须经过打磨处理，直到完全均匀且平坦为止（图 1）。预处理之后还需再次 CCTV 检测，确认管道内壁合格方可进行穿管作业。

### 2.3 柔性内衬管安装

Primus Line® 柔性内衬管在工厂车间预先折叠成 U 状，用胶带固定，并缠绕到运输卷筒上，以卷盘的形式运输至项目地，最后安置在起始坑处。根据卷盘的重量和长度，可以配套使用解旋轨道或解旋电机来协助穿管作业。在终点坑处安置卷扬机，利用辅助牵引绳将卷扬机的钢绳从终点坑拖至起点坑。

根据内衬管的管径、穿管的距离、以及该段管道的弯头数量，可以计算出需要的拉力和得出匹配的拉绳或专用拉头。为了防止穿管拖拉过程发生扭转，可以在拉绳（或拉头）和卷扬机的钢绳之间安装万向节（即防扭转装置）。在直线拖管段的穿管速度以每分钟 10m 为上限，弯管穿越的穿管速度应控制在每分钟 5m 以内。当拉绳（或拉头）到达终点坑后，继续拉出 3m 的长度（拉伸力完全释放状态）后，穿管作业才算完成（图 2）。

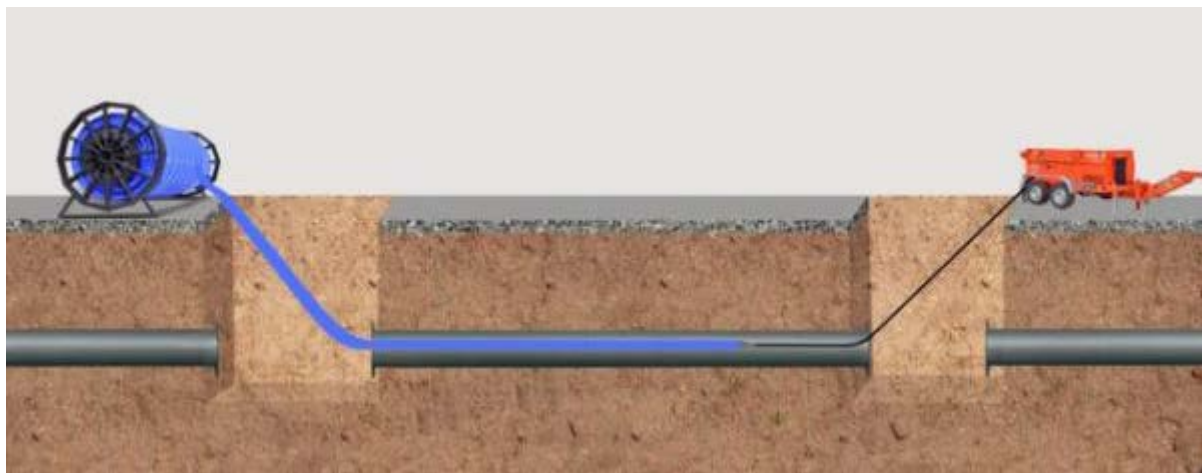


图 2 拖管示意图

U 状的折叠内衬管恢复成圆形状的原理是利用气囊封堵住内衬管的两端，往内衬管打入压缩空气使其膨胀形成完整的圆状。具体方法是将其中的一个封堵气囊配有旁通气管接入压缩空气气源，当压缩空气的压力升至 0.5bar 时固定胶带开始断裂，当压力达到 0.8~1bar 时所有的定型胶带都会断裂，柔性管复圆。经过短暂的 5 至 10min 保压后，对起始坑和终点坑的内衬管保留 1m 的长度，这是末端专用接头的安装要求。专用接头完成后，利用盲板封堵管道进行管道密封性测试，修复后的管道通过短接管接入原有运行系统。

## 三、普莱姆斯柔性管的案例运用

### 3.1 供水管道直角弯头穿越修复

#### a. 工程概况

在比利时安特卫普，斯凯尔特河下的通道连接着新、旧城区，重要的公用事业的管线安装在河底综合管廊内，保证工业、民用的使用需求。在地下管廊中，有一条待修复的供水主管为 DN600 钢管，全长约 230m，地面工作坑分别设置在综合管廊的两端。综合管廊的布局由地面经直径 3m 的管井到达地下 17m 的深度，直线距离约 200m 直接横跨斯凯尔特河，然后也是从 3m 直径的管井延伸至地面。整条管道从地面工

作坑进入管井为 90° 直角弯头，在管井内 2 个连续 45° 弯头转成水平方向，进入地下管廊中的管中心标高为地下 15m。在管廊内同时还安装了其他重要管线。

此次项目中的管道问题是供水钢管因焊接缺陷致使了多处泄漏，并影响到港区内工业用户的用水安全，因此管道的更新修复已经刻不容缓。已知综合管廊内的管线空间已基本被利用，无法在内部布置任何工程设备，还要考虑管道修复技术应能适用多个连续转弯甚至直角弯头，所以水务公司希望找到施工方式灵活便捷、对周边影响小、且能满足本项目要求的方案。（图 3）

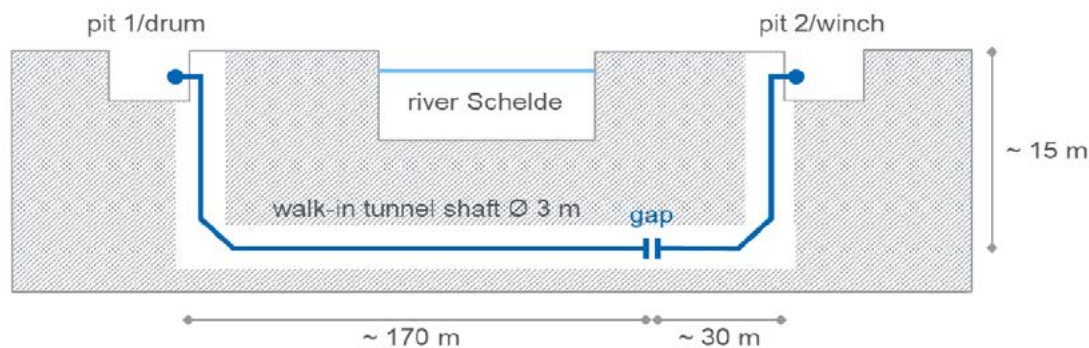


图 3 工程侧面剖析图

#### b. 技术方案

在本项目中，客户希望利用柔性管道技术能够一次性解决管道修复中的难点痛点问题，以下是本项目中的技术难点及对策。

第一，克服直角弯头以及连续穿越多个弯头的可行性。

整条管道共有 6 个连续弯头：首末为 90 度弯头，中间 4 个 45 度弯头。普莱姆斯柔性软管可以自由穿越 45 度以内的弯头，并且不会受到连续弯头数量的限制。针对直角弯头，通常需要采用尺寸规格降一级的内衬管来确保弯头段不会出现明显褶皱情况，此外，直角弯头所在位置也是需要考虑，一般在管线中点位置的直角弯头比较容易出现拖管卡死的情况。本项目中的直角弯头在穿管的起点和终点处，并不会出现穿管卡死的情况，经复核确认，DN500 的柔性内衬管可适用于本项目工况。

第二，一次性穿管的可行性。

穿管过程是依赖于卷扬机的牵引拖拉，因此，拖管所需要的拉力值是一项重要参数，常用的卷扬机拉力为 5 吨或 10 吨。普莱姆斯柔性软管的中间结构层采用凯夫拉纤维无缝编织而成，能够独立承受内压，并且给予了极大的抗拉强度。DN500 柔性内衬管的允许最大拉力为 30 吨，综合考虑拖管的距离，穿越弯头的角度及数量，常规的卷扬机无法实施一次拖管的要求，工程团队建议提前预定额定拉力 20 吨的卷扬机用于穿管施工。

第三，选择合适的管道预处理方式。

已知供水钢管的焊接缺陷较多，穿管工法要求管道内壁焊缝应平整、无焊缝毛边或尖锐凸起。常用的预处理方式在多弯头工况下已无用武之地，而且地下 17m 的落差，内壁清理后的锈蚀、沉积物等要如何运出管道也是一个问题点。首先，根据管道内壁评估，依然采用金属刮刀 + 橡胶刮片组合方式处理内壁，但需要单独定制、并且能够满足连续过弯的要求。其次，在地下水平管道合适地方环切一道约 10cm 的间隙，这道间隙的目的是回收管壁清理产生的焊渣等杂物。

整个施工过程仅仅耗时 5 个工作日，并且克服诸多难题，在不影响周边环境的情况下修复了整段管道并恢复工作。（图 4 和图 5）



图4 图5 管廊及管井现场照片

| 管道参数            |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| 输送介质            | 饮用水                           |
| 主管管径            | DN 600                        |
| 主管材质            | 钢管                            |
| 运行压力            | 6 公斤                          |
| 修复长度            | 225 m                         |
| 弯头情况            | 两个 90° 弯头，四个 45° 弯头           |
| Primus Line® 系统 | Primus Line DN 500 PN16 中压柔性管 |
| 施工安排            | 一次性穿管安装                       |
| 安装用时            | 5 天（包括清洁管道）                   |

### 3.2 延长石油管道的使用寿命

#### a. 工程概况

罗马尼亚国家石油公司有一条重要的输油管道连接着油田采油区至储油站，这条 DN300 输油管建于 2012 年，途经多个加压泵站，并且管道全线包含多个 45° 弯头。因为重质原油中含有大量的腐蚀介质，并且输油管道常常也会受到电化学腐蚀的破坏，因此，从 2012 年投入使用开始，运营单位和业主方一直保持着定期对管道清理及维护，尽可能的通过预防性维护来延长管道的使用寿命。

尽管业主单位持续投入资金和人力来维护管线，但是，在 2018 年夏天对管道内壁检测后发现：原油中的高腐蚀性物质对管壁造成快速侵蚀，壁厚急剧变薄的管道即将面临不得不停运的风险。根据检测报告结果，这条 DN300 的输油管需要紧急修复的长度为 11,900m。此次项目中需要解决的问题是：为了把经济损失减到最小，业主希望能够在最短的时间内完成管道修复，并且，新修复的管道必须满足耐腐蚀性、承受高压运行能力的要求，最终延长输油管道的使用寿命。

#### b. 技术方案

业主对这条输油管道修复的要求主要来自两个方面：一是修复的时间成本；二是修复后管道的抗腐蚀性能和承压能力。使用 Primus Line® 柔性管对总长度达 11,900m 长的输油管进行紧急修复体现出的巨大优

势具体如下：

首先，从施工时间上来说，Primus Line<sup>®</sup> 柔性管的安装占地面积小，只需要在待修复管道的两端开挖小型工作坑，大幅度减少开挖时间和工作量。Primus Line<sup>®</sup> 系统是一种优化的拖管技术，单次穿插管道即可以达 1,000m 以上，速度可达 600m 每小时，并且可以自由穿越本项目中的多处 45° 弯头，大大提高了施工效率。管线全程共分为 15 个独立工作段，分别在两个施工周期内进行，每个施工周期为两个星期，工程总长度为 11.9 公里。

其次，普莱姆斯柔性管的中间结构层采用芳纶无缝编织而成，能够独立承受内压，并且给予了极大的抗拉强度。本项目中的输油管道的运行压力高达 22 公斤，属于高压系统，建议采用双层凯夫拉纤维增强的普莱姆斯柔性管，而且壁厚由 6mm 升级至 8mm。综合考虑主管的输油流量及弯头穿越后内衬管的承压衰减原理，最终确认采用 DN250 高压型输油专用内衬管穿入 DN300 主管中。输油内衬管的内层为聚氨酯 (TPU) 材质，具有高性能抗腐蚀能力，并且高分子材料也避免了电化学腐蚀。

此外，普莱姆斯柔性管安装后，与原主管之间无粘连，两者之间会形成一个环形空间。在任何工况下，柔性管仍能保持灵活性，提高了内衬管的抗震性。而且，环形空间还能作为作业员对管道运行监控的用途，极大地提高了输油管道的安全性。

由于普莱姆斯柔性软管的拖管速度可以达到每分钟 10m，因此，平均每个独立工作段只需 1 个多小时便可完成拖管。整个施工过程从 2018 年 12 月起，在业主方国家石油公司、施工方 CIS GAZ 公司以及普莱姆斯的合作伙伴及总部支持的多方合作下实施。前五个工作段在 2018 年年底前完成，另外十个工作段在 2019 年 2 月前完成，整个工程仅仅用了 22 个工作日！（图 6 和图 7）安装后的普莱姆斯柔性管可以延长管道至少 50 年的服务时间，期间，也无需运营商和业主在清洁和维护管道方面不断投入财力和人力。因此，无论是经济成本还是时间成本，Primus Line<sup>®</sup> 系统都是最优解决方案。



图 6 图 7 现场施工作业中

| 管道参数                        |                                             |
|-----------------------------|---------------------------------------------|
| 输送介质                        | 原油                                          |
| 主管管径                        | DN 300                                      |
| 主管材质                        | 钢管                                          |
| 运行压力                        | 22 公斤                                       |
| 修复长度                        | 11900 m                                     |
| 弯头情况                        | 多处 45° 弯头                                   |
| Primus Line <sup>®</sup> 系统 | Primus Line <sup>®</sup> DN 250 高压柔性管（输油专用） |
| 施工安排                        | 15 个独立工作段                                   |
| 安装用时                        | 22 天（包括清洁管道）                                |

### 3.3 天然气管道的环保修复

#### a. 工程概况：

在捷克共和国布尔诺地区有一条 1581m 长的天然气高压管道亟需修复。这条 DN250 PN25 的高压天然气管道延绵匍匐于阿达莫尔自然生态区内。管道主要敷设在茂密森林中并穿越峡谷河流，其中，有一段 400m 管道更是位于人也无法进入的陡峭林区，这是管道修复工作中需克服的挑战。业主对修复方案的选择主要基于两个考量标准：首先，运用于修复的管道的安全性是项目的重中之重。其次，管道修复不仅需要克服地形地势的难点，业主也希望把对生态环境的影响降到最低。

#### b. 技术方案

早在 2004 年，Primus Line® 系统就得到了欧洲最大的天然气行业及水行业认证机构 – DVGW VP643 标准 – 的认可：Primus Line® 系统可以完全独立于主管，承受管道内部所需承受的压力。普莱姆斯柔性管的爆管压力都实测数据，测试标准符合 DVGW-VP643，测试方法依据 ISO9080 实施。所有的普莱姆斯的柔性管在现场安装后，都会再次进行压力测试以确保其安全性。

作为最早对高压天然气管道探索内衬修复的公司，普莱姆斯管道公司根据业主提供的管径、压力、流量等需求，普莱姆斯向业主提出以下三种可选方案（表 1）：

表 1 天然气管道备选方案

|      | Primus Line® 系统 | 选型分析说明                                       |
|------|-----------------|----------------------------------------------|
| 方案 1 | DN 250 PN 32    | 双结构层柔性管，爆管压力 128bar，具有 5 倍的安全系数可以满足更大的流量，价格高 |
| 方案 2 | DN200 PN32      | 单结构层柔性管，爆管压力 100bar，具有 4 倍的安全系数，满足流量要求，价格适中  |
| 方案 3 | DN200 PN35      | 单结构层柔性管，爆管压力 140bar，具有 5.6 倍安全系数，满足流量要求，价格经济 |

在本项目中，待修复的天然气管道的工作压力为 PN25，分别考虑内衬管的 50 年使用寿命系数 2.0，以及燃气介质安全系数 2.0，可以得出，用于修复的内衬管道的爆管压力不得低于  $25\text{Bar} \times 2.0 \times 2.0 = 100\text{Bar}$ 。本项目中提供的三个可选方案是均满足此项要求。经技术方案澄清说明，业主最终选择普莱姆斯 DN150 PN35 柔性管进行管道修复。

Primus Line® 系统不仅是一种创新的压力管道非开挖修复技术，而且是环境友好型的施工技术。本项目中处于山区丛林间，只有运用非开挖方式才能把修复工作对周围生态系统的影响降到最低。柔性管可连续穿越多个弯头，最大可达  $90^\circ$ ，在丛林山间，这种地形险峻，难以大范围展开工作的区域，即便是设置很小的工作坑也可以顺利穿管。施工安装不需要大型工程机械设备，安装所需的专用工具都是轻便携带，有利于施工队伍高效施工，从而降低对环境的污染，提高项目的施工效率。无论是从管道安全性的角度，还是对生态环境保护的角度，Primus Line® 系统都是这个项目的最佳选择。

由于施工的现场是丛林密部地带，施工方需要开拓出一条从森林穿过直接抵达施工工作坑的行车通道。普莱姆斯管道系统施工安装所占用的面积非常紧凑，不需要大型工程机械，只要考虑中小型车辆通行问题，所以，整个施工过程对森林的影响减到最小。

需要修复的管道长达 1581m，在这次施工中，由于地形地质的原因，可以开展的工作区域也异常狭小。为了尽可能减少对环境的影响，施工方在普莱姆斯专家的指导下，共分为 3 段独立施工段，另外选取了两处合适位置作为中间基坑，每段都只需一次拉管。

其次，穿插前的管道清洁工作也很重要。施工方根据第一次 CCTV 检测结果，发现主管内壁有多处错误焊接而产生的毛边。在用刮刀去除毛边后，施工方在管道中放入校准工具以确认没有任何毛边会损坏即将安装的柔性管。然后，再进行一次 CCTV 检测，确认管内壁满足穿管要求之后，即可开始拖管工作。普莱姆斯柔性管单次穿插距离为 1000m 以上，安装速度可达 600m 每小时。拖管结束后，利用空压机对柔性管充气膨胀复圆，保压后安装专用接头，每段都会连接两个 DN150 PN25 的定制接头，再按照 33 公斤的测试压力打压验收。修复后，Primus Line® 柔性管可以延长管道至少 50 年的服务时间！（图 8 和图 9）



图 8 图 9 现场施工安装中

| 管道参数            |                                |
|-----------------|--------------------------------|
| 输送介质            | 天然气                            |
| 主管管径            | DN 250                         |
| 主管材质            | 钢管                             |
| 运行压力 / 测试压力     | 25 公斤 / 33 公斤                  |
| 修复长度            | 总计 1581m                       |
| Primus Line® 系统 | Primus Line® DN 150 PN35 高压柔性管 |
| 施工安排            | 3 个独立工作段                       |
| 安装用时            | 3 周 （包括清洁管道）                   |

#### 四、结论

将柔性管道应用于压力管道的非开挖修复，不仅适用于多种输送介质，而且能够克服复杂的工况条件，保证管道修复的成功实施。这项创新的非开挖技术，具有噪音低、扬尘少、减少二氧化碳排放的明显优势，尤其是在城市中心密集区和自然保护区中等特殊地形。其次，长距离的管道修复，可以减少工作坑开挖的数量和面积，对周边社区及居民的影响最小化。这项技术逐渐被国内客户接受认可，在今后的工程项目中，应该会越来越被广泛应用。

# 使用纤维编织增强软管穿插法修复中压燃气管道

江苏爱索新材料科技有限公司

**摘要：**使用纤维编织增强软管来替代传统的硬管来进行 U 型折叠穿插修复能够更快捷方便的完成管道的维护工作，使用的大 型设备更少，对环境的影响也更小，修复效果显著。本文通过在陕西府谷一处 DN500 口径的自来水管道的修复，详细分析施工过程中遇到的问题以及难点，探讨软管穿插法修复的优缺点。为今后制定更标准化的方案提供参考。

**关键词：**非开挖；压力管道；穿插法；施工

## 一、引言

随着城镇化加快进行，给水管道、燃气管道的建设逐年增加，城市地下管网的规模不断扩大。然而，根据调研的结果来看，除了建国初期开始建设的、使用已达半个世纪以上的管道出现损坏外，一些新建管道也 由于局部地质条件较差等原因而出现结构 性和功能性损坏的现象。国内一些城市原来使用液化石油气作为能源供给，现在开始使用更加清洁的天然气，也涉及到原有液化 石油气管道的修复和增压需求。与此同时，在建工程对周边已建给水管道的造成影响甚至损坏的情况也时有发生，这些情况严重影 响了城市给水管道的安全运行。因此，掌握给水管道，燃气管道的运行状况，确保城市给排水和燃气管道的安全运行，对存在缺 陷的管道进行及时更换或者修复是十分必要的。

## 二、纤维编织增强软管穿插法技术简介

### 1.1 纤维编织增强软管结构

纤维编织增强软管主要由三层结构组成，外层为高耐磨性的 PE，中间层为涤纶或芳纶纤维无缝编织成的高强度纤维层，内层 与输送介质接触部分根据不同情况选择饮用水级 PE，耐油耐气 TPU 或者是耐高温 PUX 材料。图 1 为软管结构示意图。

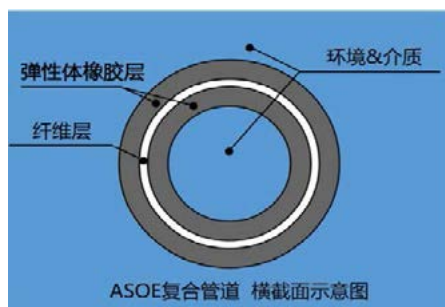


图 1

## 1.2 技术优势

相较于传统的非开挖 PE 硬管穿插方法,使用纤维编织增强软管进行修复的优势有以下几点:

(1) 管材可折叠并盘卷,传统硬管单根长度为 12m 长的硬管,而纤维编织增强软管为可压平盘卷的软管,根据口径每个卷盘最大可运输 400 到 2000m 的软管,单次运输成本可节省 50% 以上;

(2) 施工交工速度快,现场无需焊接,固化等过程,每小时可进行 300m 以上的管道修复作业,施工完成后即可进行保压测试,完成后即可恢复介质输送;

(3) 一次性穿插长度更长、减少了工作量:传统 PE 管受旧管道内壁摩擦阻力和管本身抗拉强度的影响,一般一次不可以超过 1500m,而纤维编织增强软管由于极佳的柔性,高达几十吨的抗拉强度,一次性可穿插 4000m;

(4) 纤维编织增强软管由于其极佳的柔性以及纤维的高伸长率,最大可一次通过 45° 以下的弯角,极大的减少了施工的难度;

(5) 由于纤维编织增强软管的承压部分主要为中间的纤维编织增强层,所以其内外的高分子塑料层的壁厚相较于传统的 PE 硬管要薄的多,通常壁厚在 6-8mm 之间,施工后对管径的损失很小。

## 1.3 施工流程

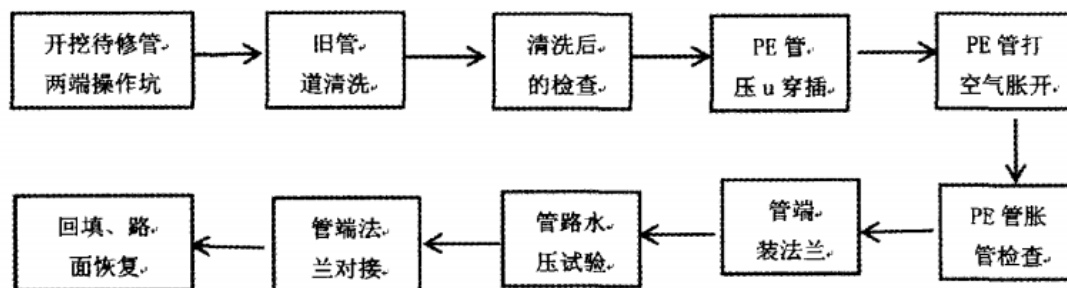


图 2

使用纤维编织增强层修复压力管道的流程如图 2 所示。

## 三、施工案例分析

### 2.1 工程概况

府谷县位于陕西省最北端,地处陕北高原与内蒙古高原的接壤地带。发电厂的给水管道起点位于海拔 1060m 的高原上,由东南高处流向西北低处,起点与终点的高度落差为 250m。泄漏管道位于海拔 885 ~ 920m 之间,相对高差为 35m。

2008 年开始投入使用的 DN500 碳钢给水管道频繁出现泄漏和爆管现象,严重影响了发电厂的设备运行和日常生活饮用。

承包本段给水管道修复的施工单位决定适用爱索的纤维编织增强内衬软管来修复。

本次内衬穿管施工所用到的主要施工工具设备如表 1 所示。

| 名称     |
|--------|
| 卷扬机    |
| 液压站    |
| 液压千斤顶  |
| 便携式千斤顶 |
| 空气压缩机  |

表 1 纤维编织增强软管施工设备表

## 2.2 施工情况

在用闭路电视系统（CCTV）观察原有管道时，发现有 7 处弯头。由于 ASOE 非开挖修复纤维增强塑料软管的柔软性和灵活性，无需额外开挖基坑就完成了有 7 处弯头管道的修复。修复施工仅用了 4 小时，供水管网在 24 小时内得到了恢复。



## 四、结语

本次施工是爱索纤维编织增强软管首次在国内山区使用，首次解决了高海拔高落差山区管道修复困难的问题，为国内非开挖管道修复工程水平进步做出了贡献。通过案例，爱索公司也在不断改进我们的软管产品以及整体修复方案的设计，让施工方能够更好、更快、更加轻松的进行管道修复，最终将这种纤维编织增强内衬修复方案成为全国甲方公司都认可的成熟修复方案。



# 非开挖定向钻技术在泾河复杂地层中热力管网的应用

西安荣盛管道技术工程有限公司

**摘要:** 陕西华电瑶池发电有限公司热网项目涉河工程整改项目穿越泾河工程穿越地层主要为泥质砂岩, 砾岩, 穿越区域信号干扰大, 管位要求控制在 0.5 米范围内。地质条件对定向钻施工具有很大的施工风险及强干扰对导向轨迹操作存在有着极大的挑战性。基于此, 充分分析地层特点, 合理设计曲线轨迹, 采取针对性的施工措施, 以及对导向及扩孔工艺的改进, 达到热力管道的顺利回拖。实践表明, 通过分析地层资料, 合理设计施工程序, 优化泥浆性能参数及实时控制施工程序, 可有效提高水平定向钻在同类地质施工中的成功率。

## 一、工程概况

陕西华电瑶池发电有限公司热网项目涉河工程整改项目穿越泾河工程, 管道总长度 860m, 双关并排, 间距 5m, 管径为 D630×11, 工作钢管为 Q235B, 穿越段管道设计压力为 1.6MPa, 主要穿越泾河主河道和 G312 国道。

## 二、地质特征

①杂填土(Q4ml): 稍湿、杂色。土质不均, 结构松散, 主要由细砂、黏土组成, 含煤渣、矸石块, 零星建筑垃圾及少量生活垃圾等。

②黄土状粉土(Q4al): 褐黄色, 湿—很湿, 可塑—软塑状(局部为流塑状)。土质较均, 具大孔、虫孔及少量针孔, 局部夹薄层砂层、钙核和圆砾, 可见云母和蜗牛壳, 中等压缩性。层厚 0.60 ~ 6.20m, 层底埋深 2.80 ~ 8.50m, 该层在场地河漫滩普遍分布。

③卵石(Q4al + pl): 杂色, 饱和, 稍密。母岩成份主要以砂岩、灰岩、花岗岩为主, 中等风化, 呈亚圆形, 磨圆度较好, 级配不良。一般粒径 20 ~ 30mm, 局部 5 ~ 20mm, 骨架作用较差, 以砂、粘性土充填。该层在场地内普遍分布, 漫滩处上部圆砾含量较大, 下部卵石含量较大。

④强风化泥质砂岩(K1l): 浅红色, 主要成分为石英、长石等。细粒结构, 层状构造, 层理发育, 泥质胶结, 原岩结构大部已破坏, 岩芯多呈薄层状—碎块状。层底埋深 4.50 ~ 14.50m, 该层在场地内普遍分布。

⑤中风化泥质砂岩(K1l): 棕红色、浅灰色, 主要成分为石英、长石等。中厚~厚层状结构, 局部夹砂质泥岩薄层, 岩芯多呈短柱状—柱状, RQD 值约 75。但局部受层理、节理的影响, 呈薄层状。该层厚度大, 本次勘察该层未穿透, 最大揭露厚度 20.40m。该层在场地内普遍分布。

⑥-1 砾岩(K1l): 棕红色、浅灰色, 主要由砂砾、卵石组成, 母岩成分为石英砂岩、灰岩、花岗岩等。薄层状构造, 质地不均, 岩芯多呈碎块~短柱状。层厚 1.30 ~ 3.00m, 层底埋深 11.60 ~ 26.10m, 该层

为⑤中风化泥质砂岩夹层，虽然在场地管道沿线连续分布，但受河流相沉积影响，地层在垂直和水平方向差异起伏，局部呈透镜体状分布。

### 三、工程施工要点

工程施工要点：

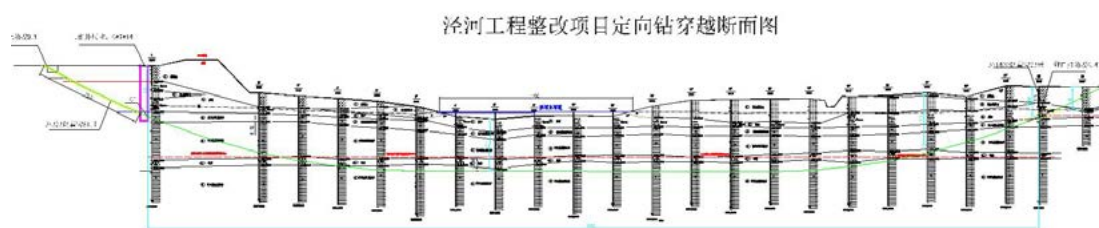
- (1) 导向轨迹在不稳定卵石层地层精确进入 8m 深的热力深基坑内；
- (2) 导向在强干扰区精确控制管位；
- (3) 穿越砾岩层中，导向，扩孔的防抱钻措施。

### 四、钻孔程序施工

#### 4.1 施工前考虑因素

考虑到入钻点与热力管道深基坑之间，造斜段穿越不稳定的卵石层，对地层进行处理。

穿越采用 FDP550 钻机 +140 无耐磨待钻杆，控向钻具的选择采取 C4LZ172 马达 +9 1/2 6HJ637G 型号的三牙轮钻头，6HJ637G 型号的三牙轮钻头可以将岩石打磨成细小的颗粒，方便泥浆携带。



#### 4.2 导向施工

本项目导向耗时 50 天，导向共计长度 1720m(860mX 2)，共分为 2 个阶段

第一阶段：导向开始后，受制于入钻点与热力深基坑之间的造斜轨迹上的卵石地层，并且要求导向进入热力深基坑的精度控制在 0.2m，为了更好的达到业主要求，对该区域使用旋挖机将卵石置换，填入低强度水泥对地质进行改良方式，采用美国 P2 系统更好的跟踪定位。



旋挖钻施工



美国 P2 导向系统

通过以上措施及采用合适处理措施，导向钻具进入热力深基坑内的技术要求达到要求。



导向顺利进入热力深基坑内

第二阶段：导向钻头进入深基坑内后，钻孔时，单根钻杆的调整量必须达到设计值，单根钻杆角度变量控制在  $0.5^{\circ}$ ，控向与司钻必须紧密配合，结合司钻反映的地质钻进情况，及参考上一根控向角度变化量，推进调整量采取推进 + 钻进 + 推进的方式

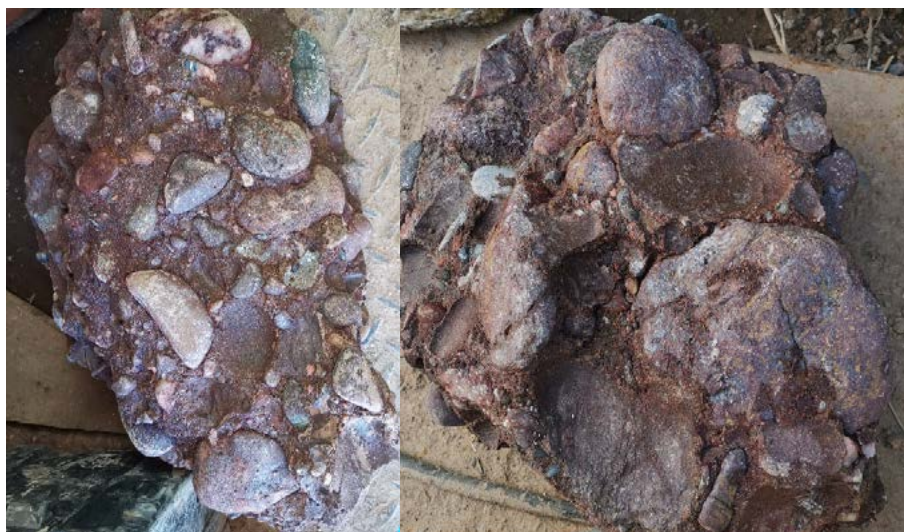
对精度的控制采取 P2 交流电磁场，全程布设跟踪，在泾河主河道使用钢丝绳，河岸两岸固桩的方针，保证钢丝绳绷直后将磁场线与钢丝绳固定的方式，达到磁场布设技术参数要求。

导向进入砾岩时，由软地层进入硬地层时，大角度切入砾岩层不小于  $7^{\circ}$ ，司钻与控向密切配合，司钻在进入砾岩时操作导向钻具进尺慢进，泥浆排量加大，控向人员将攻击角调整到  $180^{\circ}$  向下，进入砾岩后，旋转钻进，观察角度变量，时刻调整。

#### 4.3 扩孔施工

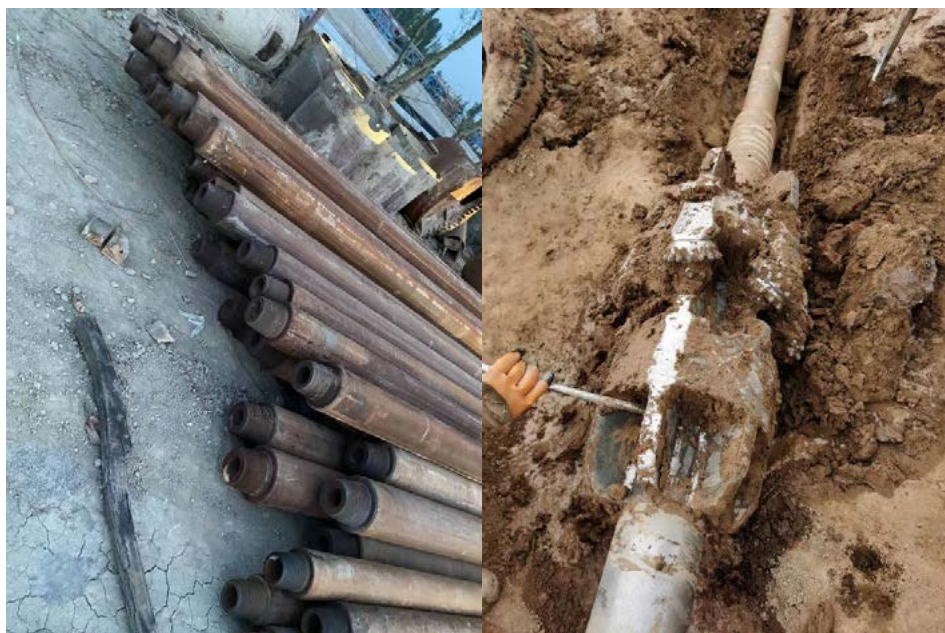
导向孔完成后，孔内存在钻屑残渣且砾岩层的卵石会存于孔内，若第一级扩孔采取反扩方式，易造成砾岩层孔内卵石堆积，造成抱钻的风险极高。结合现场情况，在导向孔完成后，采用 C4LZ172 马达 +12

1/4 的三牙轮钻头正扩孔一遍，加大孔洞直径，孔洞直接由 241mm 增大到 311mm 后，加大泥浆排量进行清孔后，进行正常扩孔。



砾岩层

扩孔采用特制岩石扩孔器，该扩孔器更好的将卵石挤压，磨碎，采用无耐磨带的钻杆可以较少抱钻的机率。采用组合扩孔器对轨迹修正，使管道轨迹更加圆滑。



砾岩层

扩孔采取 6 级扩孔，2 级洗孔

第一级用 DN450 岩石扩孔器进行预扩孔；

第二级用 DN650 岩石扩孔器进行预扩孔；

第三级用 DN650+DN750 组合岩石扩孔器进行预扩孔；

第四级用 DN650+DN850 组合岩石扩孔器进行预扩孔；

第五级用 DN750+DN950 组合岩石扩孔器进行预扩孔；

第六级用 DN850+DN1050 组合岩石扩孔器进行预扩孔；



采用用 DN850, DN1050 岩石扩孔器进行洗孔。

### 4.3 扩孔施工

管道回拖前,进行试拖,后接钻杆,试拖完成后,观察试拖管的磨损情况,钻机的扭矩,拉力有无异常,根据数据判断管道是否具备回拖条件,数据满足回拖条件按正常施工工艺进行回拖。

### 4.5 泥浆配置

根据地勘报告,管道回拖需要经过砾岩层,泥浆体系尤为重要。泥浆有 3 个主要作用:悬浮和输送钻屑,冲刷地层,冷却钻头。利用泥浆可以有效降低卡钻率,其中泥浆对钻屑的悬浮和输送是影响卡钻的主要因素。

本次施工采用水基泥浆,主要以水为分散介质,其基本组分是黏土、水和化学处理剂。泥浆要具有较强的结构性、切力,以保证钻屑携带、井底清洁和防卡。考虑砾岩层中含有大颗粒的卵石,为了更好将孔内的大颗粒石渣携带出来,为保证岩层定向钻穿越泥浆的携带能力,控制泥浆的膨化时间,保持孔内泥浆漏斗黏度在 150—200 s 之间,根据返浆情况适时调整。

泥浆初步定为:(8%~10%)膨润土+(0.5%) MV-CMC+ +(1%~2%)纯碱+(0.1%~0.2%)烧碱。

## 五、结束语

基于前期工作的准备充足,制定针对性施工方案,通过对施工过程中的严格把制,管道回托成功。回托过程中,钻机扭矩,拉力均正常,整体施工方案满足该地层的施工,该工程管道的回拖成功,为同类工程实施提供借鉴及参考。

# 非开挖修复技术分类及在我国的发展

中国市政工程华北设计研究总院有限公司

**摘要：**本文通过国家相关政策分析了我国非开挖修复行业的前景，对非开挖管道修复各工艺进行分类，并对各修复工艺应用范围进行了总。介绍了国内非开挖修复技术的发展历程，对目前国内一些从事非开挖工程的企业施工资质、技术先进性、全面性及材料自主生产能力方面进行了比较。论文最后介绍了我国非开挖修复技术标准的建设情况，并展望了我国非开挖修复技术的未来发展前景及企业发展方向。

**关键词：**非开挖修复、应用范围、标准体系

## 一、引言

非开挖修复技术是指在不开挖或微开挖的情况下对现有缺陷管道进行修复和更新，以保障管道良好运行、延长管道使用寿命的施工技术及其辅助技术。为了减少拉锁马路，破解城市看海，提高城市居民的生活质量。《全国城市市政基础设施建设“十三五”规划》提出了若干重点工程：城市轨道交通建设工程、城市综合管廊建设工程、城市供水安全保障工程、城市黑臭水体治理工程、排水防涝设施建设工程、燃气供热设施建设工程。

目前，世界各国对非开挖工程技术有着巨大的需求。全世界每年约有 50 万千米的地下管线需要新建（包括自来水管、污水管、燃气管、通信电缆等），总的资金投入大于 350 亿美元；美国需要修复的污水管道为 150 万千米，我国每年需新建 10 万千米管道，达到使用年限的 30 万千米（尚未计天然气管道和煤气管道）市政管道急需修复或更新，我国香港地区计划在未来 20 年内每年用 5 亿港元进行修缮和更换管道。

我国市政管网“十二五”发展规划为非开挖管道修复技术提供了广阔的应用市场。2007 年 6 月，建设部把非开挖技术作为推广应用技术列入《建设事业“十一五”推广和应用和限制禁止使用技术报告》（建设部第 659 号公告）。2014 年 6 月，国务院办公厅在《关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》中提出：鼓励在地下管线规划建设、运行维护及应急防灾等工作中，广泛应用精确测控、示踪标识、无损探测与修复、非开挖、物联网监测和隐患事故预警等先进技术。2019 年 11 月，住房和城乡建设部等四部门联合发布的《关于进一步加强城市地下管线建设管理有关工作的通知》提出：“鼓励有利于缩短工期、减少开挖量、降低环境影响、提高管线安全的新技术和新材料在地下管线建设维护中的应用”。“加快推进老旧管网和架空线入地改造，消除管线事故隐患”。

因此，非开挖修复方法在市政管道施工中越来越受到欢迎。根据第 22 次市政上下水建设投资调查表明，非开挖管道施工所占的比例在逐年增加，大约有 41.6% 的修复工程采用非开挖的方法。

## 二、非开挖修复技术分类

日本下水道协会发行的《管道再生修复技术手引》按修复时新管插入原有管道的方式以及新管成型方法将非开挖修复方法分为：翻转法、牵引法、制管法以及短管内衬法四种。其中翻转法、牵引法属于原位固化法 CIPP (Cured In Place Pipe)，制管法包括螺旋缠绕法和管片内衬法。

《非开挖工程学》中其将管道整体修复方法分为爆管法、软衬法、内插法、螺旋缠绕法和内衬紧配合法五类。其中爆管法又分为气动爆管、静拉爆管、液压爆管、劈管法等；软衬法也称原位固化法 (CIPP)，根据工艺分为翻转式和绞拉式；内插法根据工艺又分为连续内插法和不连续内插法；内衬紧配合法包括折叠内衬法和缩径内衬法。

国内也有将排水管道整体修复方法分为：涂层内衬、翻转法、整体牵引法、螺旋管内衬和短管 / 管片内衬法。其中翻转法为原位固化法中的一种工艺；整体牵引法包括滑衬法（相当于连续内插法）、U 型内衬、挤压内衬、破管法。

《非开挖修复用塑料管道 总则》(GB T 37862-2019) 中将管道非开挖修复技术分为维修、更新、更换 3 大类，如图 1。其中维修是指对管道局部损坏的复原。更新是指全部或部分利用原有管道结构提升其性能的技术和方法，主要包括连续穿插法、紧密贴合内衬法、原位固化内衬法、短管穿插法、粘贴软管内衬法、螺旋缠绕内衬法、管片内衬法、垫衬法、喷涂聚合物内衬法、穿插软管内衬法等。更换是指在原有管道的原位或异位新建一条替代其功能的技术和方法，原位更换技术包括碎裂管法、管道移出法、吃管法以及抽管法。异位更换技术主要包括：水平定向钻法、冲击矛法、顶管法、螺旋钻法、微型隧道法。

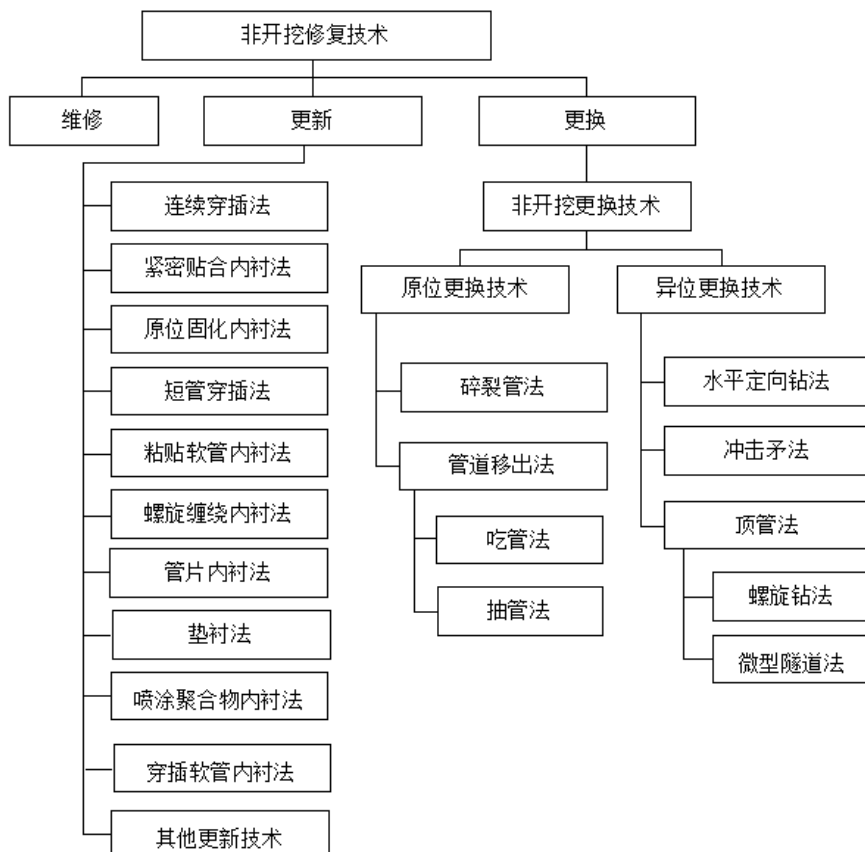


图 1 管道非开挖修复工程技术分类

《非开挖修复用塑料管道 总则》(GB T 37862-2019)中对各种非开挖修复技术的工艺特征进行了规定,本文参考该规程对非开挖管道修复技术的应用范围进行了总结,如表1、表2所示。

表1 非开挖管道修复技术应用范围

| 非开挖管道修复更新工艺 | 原有管道类型                | 应用范围                                                                                                                                                               |
|-------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 连续穿插法       | 非压力管道; 压力管道           | (a) 典型最小内径: 100mm;<br>(b) 典型最大内径: 1200mm;<br>(c) 典型最大长度: 750m;<br>(d) 可修复含有微小弯曲的管道                                                                                 |
| 紧密贴合内衬法     | 非压力管道; 压力管道           | (a) 可用于修复轻微变形的圆形管道;<br>(b) 典型最小内径: A 法 100mm, B 法 100mm;<br>(c) 典型最大内径: A 法 1000mm, B 法 1500mm;<br>(d) 典型最大修复长度: PE 管为 1500m;<br>(e) 可用于修复含弯曲段管道                   |
| 原位固化内衬法     | 非压力管道; 压力管道           | (a) 可用于圆形和非圆形断面;<br>(b) 典型最小内径: 100mm;<br>(c) 典型最大内径: 2800mm;<br>(d) 典型最大修复长度: A 法为 600m, B 法为 300m;<br>(e) 可用于含弯曲段管道修复;<br>(f) 可用于变径管道修复                          |
| 短管穿插法       | 非压力管道; 压力管道           | (a) 可用于圆形或非圆形断面管道修复;<br>(b) 典型管道内径范围: A 法和 B 法 100mm-600mm;<br>C 法 800mm-4000mm;<br>(c) 典型最大修复长度: 150m;<br>(d) 弯曲管段: A 法和 B 法不宜含有弯曲段的管道进行修复; C 法可对曲率半径较大的弯曲管段进行修复  |
| 粘贴软管内衬法     | 压力管道 (供水和燃气)          | (a) 典型最小内径: 50mm;<br>(b) 典型最大内径: 1500mm;<br>(c) 典型最大施工长度: 750m;<br>(d) 可用于含弯曲管段的管道修复                                                                               |
| 螺旋缠绕内衬法     | 非压力管道; 检查井            | (a) A 法仅用于圆形截面;<br>(b) B 法可用于非圆形截面;<br>(c) 典型最小内径: A 法 150mm, B 法 800mm;<br>(d) 典型最大内径 (型材无钢带的情况)<br>A 法 3000mm, B 法 1800mm;<br>(e) 典型最大长度: 300m;<br>(f) 可用于弯曲管段修复 |
| 管片内衬法       | 非压力管道                 | (a) 可用于圆形和非圆形横截面;<br>(b) 典型最小内径: 仅限可进入排水管道;<br>(c) 典型最大内径: 无限制;<br>(d) 典型最大长度: 无限制;<br>(e) 可用于弯曲段管道修复                                                              |
| 垫衬法         | 非压力管道                 | (a) 可用于圆形和非圆形横截面管道;<br>(b) 典型最小内径: 200mm (因技术不同而异);<br>(c) 典型最大内径: 2 000mm;<br>(d) 典型最大修复长度: 200m;<br>(e) 可用于弯曲段管道修复                                               |
| 喷涂聚合物内衬法    | 非压力管道; 压力管道 (通常饮用水管道) | (a) 典型最小内径: 75mm;<br>(b) 典型最大内径: 不限;<br>(c) 典型最大距离: 150 米                                                                                                          |
| 穿插软管内衬法     | 压力管道; 供水和燃气管道         | (a) 典型最小内径: 50mm;<br>(b) 典型最大内径: 700mm;<br>(c) 典型最大长度: 2 000m                                                                                                      |



表 2 非开挖管道修复更换工艺对比

| 非开挖修复更换工艺 | 原有管道管材与类型                                                                 | 应用范围                                                                                                                                                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 碎裂管法      | (a) 除预应力加筋混凝土以外所有管材；<br>(b) 非压力管道；压力管道                                    | (a) A 法可更换横截面出现严重变形的圆形管道；<br>(b) 典型适用管道内径范围：50mm~1 000mm；<br>(c) 典型最大更换长度：250m；<br>(d) 可对弯曲半径较大的管道进行更换。                                               |
| 管道移出法     | (a) A 法 陶土管，普通混凝土管，纤维混凝土管，铸铁管；B 法 钢管，铸铁管，球磨铸铁管；<br>(b) 压力管道；非压力管道（仅限 A 法） | (a) 仅适用于圆形管道更换；<br>(b) 典型管道内径范围：A 法 100mm~800mm；<br>B 法 20mm~400mm；<br>(c) 典型最大更换长度：80m；<br>(d) A 法不可用于更换含有弯曲段的管道；<br>(e) B 法可更换含有弯曲段的管道，但不适用于持续服役的管道 |
| 水平定向钻法    | (a) 无原有管道（异位更换）；<br>(b) 非压力管道；压力管道                                        | (a) 圆形横截面；<br>(b) 典型最小管道外径：50mm；<br>(c) 典型最大管道外径：1 800mm；<br>(d) 典型最大长度：5000m                                                                         |
| 冲击矛法      | (a) 不限（异位更换）；<br>(b) 非压力管道；压力管道                                           | (a) 圆形横截面；<br>(b) 典型最小外径：25mm；<br>(c) 典型最大外径：160mm；<br>(d) 典型最大长度：25m                                                                                 |
| 顶管法       | (a) 不限（异位更换）；<br>(b) 非压力管道；压力管道                                           | (a) 圆形横截面；<br>(b) 典型最小外径：150mm；<br>(c) 典型最大外径：1 600mm；<br>(d) 典型最大长度：100m。                                                                            |

### 三、我国非开挖修复技术发展

自 1971 年以来，全世界已经有 50000km 的管道采用原位固化法进行了修复。在最初的 20 年内，这项技术受大量的专利和应用许可的使用模式所保护，直到上世纪 90 年代，该项技术才作为一项新工艺和材料被介绍推广应用。我国原位固化法的引进使用也是始于这段时期。自 1998 年利用翻转内衬原位固化法修复 8300m 的管道实现该领域的突破以来，我国非开挖管道修复工程量逐年上升。2008 年德国 Saertex 公司在中国东营和太仓建立公司，正式将紫外光固化玻璃纤维增强的内衬工艺引入到中国。江苏太仓市广州路 800 管径排水管道损坏，影响排污功能，2011 年 7 月 Saertex 公司使用该技术对该段排水管道进行了修复，取得良好效果。2016 年德国 IMPREG 公司在太仓建立了国内第一个紫外光固化软管生产厂。近年来，紫外光固化内衬修复材料及设备都已经实现国产化，并为“长江大保护”、“黑臭水体治理”、“污水提质增效”等项目的实施提供了重要保障。在紫外光固化内衬修复技术发展的同时，热塑成型内衬修复技术、螺旋缠绕内衬修复技术，特种砂浆喷涂内衬修复技术等也在逐渐发展。目前我国已基本形成了以紫外光固化内衬修复技术为主，其他修复技术并进发展的多元化的修复市场。

我国非开挖修复技术早期都是由民间企业引进，随着我国非开挖修复技术的发展，这些企业也都得到了很好的发展，并在行业中占据了重要的地位，如厦门安越、北京隆科兴、上海誉帆、上海管丽、天津倚通、

深圳巍特等企业。这些企业基本都属于我国高新企业并兼具工程施工和研发能力,是我国非开挖管道修复技术未来发展的主要生力军,表3列举了我国相关企业的技术优势情况。其中厦门安越在施工资质、技术先进性、全面性及材料自主生产能力方面较为突出。

表3 国内主要非开挖修复企业情况

| 序号 | 企业名称  | 施工资质、技术先进性、全面性及材料自主生产能力                                                                                                                                                 |
|----|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 厦门安越  | 1、市政公用工程施工总承包二级资质。<br>2、企业技术体系较全,国内最早引进紫外光固化内衬修复、热塑成型内衬修复、不锈钢快速锁局部修复,特种砂浆离心喷涂内衬修复等主流工艺技术。<br>3、目前国内唯一一家拥有紫外光固化内衬修复技术,热塑成型内衬修复技术,不锈钢快速锁局部修复技术,特种砂浆离心喷涂内衬修复技术材料自主生产能力的企业。 |
| 2  | 北京隆科兴 | 1、市政公用工程施工总承包二级资质。<br>2、主要从事紫外光固化内衬修复技术、短管内衬修复技术等施工,国内最早引进紫外光修复技术;<br>3、拥有紫外光固化内衬材料及设备的自主生产能力。                                                                          |
| 3  | 上海誉帆  | 1、市政公用工程施工总承包二级资质。<br>2、早期以翻转内衬修复施工为主,后来引进紫外光固化内衬修复技术;<br>3、自主生产翻转内衬生产材料。                                                                                               |
| 4  | 上海管丽  | 1、市政公用工程施工总承包三级资质;<br>2、国内最早从事翻转内衬修复技术的企业之一,近年来引进日本3S管片内衬法及德国紫外光固化内衬修复技术;<br>3、自有工厂进行翻转内衬材料的生产;                                                                         |
| 5  | 天津倚通  | 1、市政公用工程施工总承包三级资质;<br>2、国内最早引进机械式螺旋缠绕修复技术的企业;<br>3、自主生产螺旋缠绕材料;                                                                                                          |
| 6  | 深圳巍特  | 1、市政公用工程施工总承包三级<br>2、掌握独家的速格垫内衬修复技术;<br>3、自主生产垫衬法施工材料;                                                                                                                  |

#### 四、我国非开挖修复技术标准体系建设

我国在非开挖管道修复技术标准体系已日趋完善。国家标准层次上,《非开挖修复用塑料管道 总则》(GB T 37862-2019)已经颁布,各工艺相关标准也已经在逐步编制。

行业标准层次上,《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 147-2010)、《城镇排水管道检测与评估技术规程》(CJJ 181-2012)、《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210-2014)、《城镇给水非开挖管道修复更新工程技术规范》(CJJ / T 244-2016)、《给水排水管道原位固化法修复工程技术规程》(T/CECS 559-2018)、《排水管道检测和非开挖修复工程监理规程》(T/CAS 413-2020)、《城镇排水管道非开挖修复工程施工验收规程》(T/CECS 717-2020)等已经发布。

地方标准层次上,多地区针对地区应用较多的非开挖管道修复更新技术,都制定了相应的地方标准,



如浙江省的地方标准《翻转式原位固化法排水管道修复技术规程》(DB33/T1076-2011)、广东省地方标准《城镇公共排水管道非开挖修复技术规程》(DB44/T 1026-2012/)、湖北省地方标准《城镇排水管道检测与评估技术标准》(DB42/T 1615-2021)等。基于在技术标准建设上的努力和取得的初步成果,我国非开挖管道修复更新技术的市场应用将更加规范,工程质量也将得到进一步的保障。

### 五、我国非开挖修复的未来展望和建议

随着国家对城市水环境,地下管道运行状况的关注,非开挖管道修复业务处于爆发式增长阶段,多数国企,央企也逐渐加入到了非开挖管道修复的大军中。在这期间多数早期引进的非开挖修复技术逐渐得到消化,材料设备逐渐实现自主生成,如2012年时国内紫外光固化设备仅有5台,从事紫外光固化修复技术的企业仅有两家,紫外光固化材料需依靠德国进口,但经过将近10年的发展,国内从事紫外光固化的施工企业遍地开花,紫外光固化设备,材料也相继实现国产化。

在竞争逐渐加大的情况下,早期从事非开挖修复的企业也逐渐将注意力转移到材料,设备的自主生产上,向着材料/设备/施工一体化的方向发展,如厦门安越非开挖工程技术股份有限公司,目前已经走在行业前列。

虽然当下非开挖管道修复工程处于爆发式增长阶段,但相较我国日趋增长的管道数量,我国非开挖管道修复事业仍有很大的发展前景。在竞争逐渐增大的情况下,拥有多种技术施工能力,能够自主生产材料,设备的企业则将具有更大的发展优势及潜力。

### 参考文献

- [1]: 马保松. 非开挖工程学 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
- [2]: 孙跃平. 日本地下管道非开挖修复技术 [J]. 城市管理技术. 2008: 62~63.
- [3]: 唐建国, 朱保罗. 排水管道非开挖修复技术的分类和选择 [J]. 给水排水. 2005, 6(31): 83~90.
- [4]: 《非开挖修复用塑料管道 总则》(GB T 37862-2019)
- [5]: Downey D. CIPP where do we go from here? [J]. Trenchless International. January 2012.
- [6]: 曾聪, 马保松. 非开挖管道更换和修复技术 [J]. 非开挖技术. 2005, 2-3 (22): 130~134.

年  
鑒

2020

年  
鑒

2020



# 贝耐德管道新材料有限公司

## 非开挖修复材料制造商



品质成就卓越，卓越创造价值专业

### 紫光玻璃纤维软管

1万小时

通过1万小时  
蠕变性能测验



单段生产  
长度可达200米

CJJ/T

符合CJJ/T 210-2014  
等各项国家及行业验收标准

# 河南正德管道工程技术有限公司

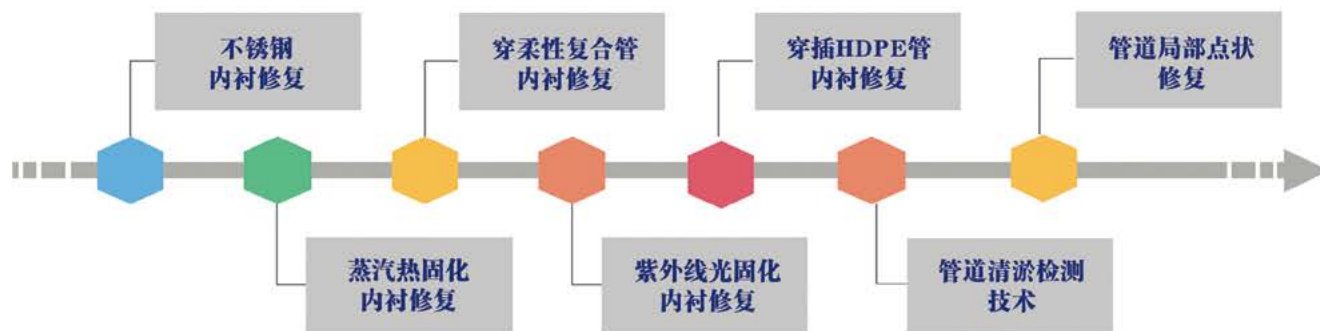
HENAN ZHENGDE PIPELINE ENGINEERING TECHNOLOGY CO.,LTD.

正德公司基地坐落于全国闻名的中国油城——河南省濮阳市。正德公司是一家从事管道工程技术服务的专业化公司，公司致力发展以石油化工、燃气、市政给排水管道非开挖修复、管道检测为重点的核心业务。

公司以年轻化、科创化为目标聘请行业资深技术人才，狠抓管理、创新、质量、安全为核心，以“坚持科技创新，不断满足客户要求”为企业经营理念，以高效、环保、经济的管道修复综合性解决方案，为管网运维工作保驾护航。

公司自成立以来，恪守“以人为本、信誉第一、客户至上、缔造经典，追求卓越”的服务宗旨，不断谋求新的发展，先后承接了多个管道非开挖内衬修复工程项目，积累了丰富的施工经验。并与多家建设单位达成一致，签署了长期战略合作协议。

| 工程名称                                  | 原管道情况 | 原管道材质  | 原管道口径  | 内衬工艺      | 工程量   |
|---------------------------------------|-------|--------|--------|-----------|-------|
| 杭州市水务集团赤山水厂原水管道改造项目                   | 原水管   | 水泥管、钢管 | DN1000 | 不锈钢内衬     | 533m  |
| 南通市道路排污管道升级改造工程                       | 污水管   | 波纹管    | DN600  | 树脂软管热固化内衬 | 2158m |
| 福州市源水管道改造工程PE新管内衬修复工程                 | 原水管   | 玻璃钢管   | DN800  | PE管内衬     | 882m  |
| 福州市源水管道改造工程不锈钢内衬修复工程                  | 原水管   | 玻璃钢管   | DN800  | 不锈钢内衬     | 1119m |
| 郑州市管城区污水管道改造项目                        | 污水管   | 水泥管    | DN600  | 紫外光固化内衬   | 680m  |
| 杭州水务集团祥符水厂原水管改造工程                     | 原水管   | 水泥管    | DN1200 | 不锈钢内衬     | 92m   |
| 大同煤矿集团有限责任公司大同地区工厂家属区“三供一业”分离移交供水改造项目 | 供水管   | 水泥管、钢管 | DN600  | PE管内衬     | 2200m |
| 福州市源水管道抢修项目                           | 原水管   | 钢管     | DN800  | 不锈钢内衬     | 237m  |
| 怀化市城区供水管网建设四期三标段管网改造工程                | 供水管   | 水泥管、钢管 | DN1200 | 不锈钢内衬     | 3000m |



## 河南正德管道工程技术有限公司

电话: 0393—6986128 158-9323-9449 166-5050-9567  
地址: 河南省濮阳市京开大道与卫都路交叉口向东800米路北  
E-mail: zdgdcjs0393@163.com http://www.hnzdgdgc.com





## UC-CIPP固化机



## UV-CIPP紫外内衬软管



PLL-LINER标准化生产线全部来自德国进口，性能安全稳定，检测设备齐全。为避免质量缺陷，优先采用的是高质量、耐腐蚀的ECR玻璃纤维，做到低碳环保，产品性能稳定。相比同类型进口产品20天以上的供货周期，PLL-LINER标准化生产线订单生产周期仅需3~7个工作日，库存产品丰富，流水线产能更高，满足客户各种需求。

## 厚积薄发，荣誉加冕

中国市政工程协会检测与修复专委会 副主任委员单位  
CSTT产品优秀奖  
国家与地方联合工程实验室



联系人: 王总 TEL: 13975141915  
厂址: 北京市平谷区中关村科技园区航宇北街11号  
安徽省池州市皖江江南新兴产业集中区管委会 Z2 综合楼  
400-611-2863 / 010-69935990-6084





# 河南兴兴管道工程技术有限公司

兴兴管道  
XINGXING PIPELINE

Henan Xingxing Pipeline Engineering Technology Co., Ltd

## 公司简介

河南兴兴管道工程技术有限公司是一家从事地下管线非开挖修复事业的专业化公司，为地下管网安全运营提供全产业链整体解决方案，主要业务包含非开挖设备和材料的研发、生产、测试、销售；地下管线的非开挖修复等。公司拥有多项发明专利，并参编多项国家行业标准，是国内非开挖修复行业的知名企业。

公司生产基地，占地超过5000m<sup>2</sup>，目前生产两大系列产品，包括：紫外光固化修复一体设备、紫外光固化整体修复软管等。公司全面导入和推行ISO9001:2015质量管理体系、ISO14001:2015环境管理体系、ISO45001:2018职业健康安全管理体系，拥有丰富的产品研发设计和生产施工经验，有经验丰富的生产、品保、施工队伍。

兴兴管道秉承“国兴则业兴、业兴则家兴”的公司理念，以自主知识产权为基石、以不断开拓创新为动力，竭诚为客户提供高质量的管道特种技术综合服务，为管道的安全运行保驾护航！



## 修复设备及材料的研发销售

公司生产的产品主要有：紫外光固化修复一体设备、紫外光固化整体修复软管等。使用我公司紫外光固化整体修复软管，我公司可免费提供紫外光固化修复一体设备和技术指导。



## 管道非开挖修复技术

### 紫外光固化内衬修复旧管道技术

技术原理：利用检查井，将浸渍好树脂的玻璃纤维软管拉入到经过预处理的排水管道中，空气胀管使软管贴紧旧管道，通过紫外光照射使软管固化，在原管道内壁形成类似玻璃钢的复合材料内衬层，从而达到修复旧管道的目的。



### 不锈钢内衬修复旧管道技术

技术原理：在待修复管道两端开挖作业坑，用卷板机将不锈钢板卷成比原管道直径小20%的圆形，送进去后，用胀管器撑起来贴紧原管道，再进行接口氩弧焊接，管道端口采用厚不锈钢过渡板将薄壁不锈钢内衬管与原管道连接为一体，以使原管道改造为内壁是不锈钢的复合管道，从而达到防渗漏、防腐蚀、提压的目的。



## 联系我们

总经理：郭循昌

网址：<http://www.xxgd.cn/>

电话：15711121666 0393-8211018

地址：河南省濮阳市华龙区科技产业园

邮箱：[xxgd168@163.com](mailto:xxgd168@163.com)



天德立科技公司是管道非开挖技术研究和应用的国家级高新技术企业，专业从事管道修复改造技术研究、技术服务、专用设备研发制造。公司研发的在管道内激发气旋做功应用的“旋转气流法”技术及设备，为世界首创的以“旋风气流”为工具，用物理的方法解决管道清垢除锈、堵渗降漏、持久防腐、水质二次污染等难题，实现了管道非开挖修复与保护的一体化工艺方案。技术突破了管道垂直、转弯、变径、分支等复杂连接方式限制，已获得中国、美国、加拿大等国家授予的多项发明专利，被国家水利部认定为水利先进实用技术，并被纳入《国家成熟适用节水技术推广目录》（2019）中在节水领域重点推广。

多年来，公司的“旋转气流法”技术，在城乡供水、供暖、燃气等公共设施管道；在油田、化工、冶炼等企业生产传输管道；大型设备如舰船、锅炉内置管道等诸多领域都得到了广泛的验证和推广，已取得石化企业一级施工资质和安全施工合格证书，通过了质量、环境、职业健康安全和HSE体系认证。

公司始终坚持走“产、学、研”联合的发展道路，恪守“博采众长、优势互补”的发展思想，秉承“以民为天、以德立业”的发展宗旨，开展与各领域从事管道维护事业的优秀企业合作，不断壮大天德立的发展平台，共同谋划和分享“旋转气流法”的技术红利，努力为民健康、社会节能环保事业做出更大贡献。

研发的主要专用设备介绍：

1、RFC旋风发生操控系统：是公司“旋转气流法”技术应用的核心理念设备，已实现自动化向智能化的迭代升级，并向领域专业化方向研究发展。

2、管道旋风修复专用车：技术应用各设备系统车载模块化集成，更便于操控和作业施工，已通过国家权威机构检测验收，获得国家特种车辆许可。



联系人：连超然

电话：18002557736

邮箱：tdl@tdlkj.com

地址：深圳市光明区招商局科技园A3栋B601-1

网址：www.tdlkj.com



公众号二维码



网站二维码

# 致力于市政管网养护与维修现代化 疏通、检测、非开挖修复



**福光环境工程（上海）有限公司**  
Fuguang Environmental Engineering (Shanghai) Co. Ltd

邮箱: [info@fghjgc.com](mailto:info@fghjgc.com)

电话: 021-62716662 153 1658 5202

地址: 上海市普陀区祁连山南路2888号A座2D





# Junuo 君诺管道®

新一代生态工程管道专家

山东君诺管道有限公司是一家集管材管件等产品  
研发生产销售和服务于一体的现代化高新技术企业

以为人类健康饮用水输送而奋斗终生为使命

以科技创新塑料，让人类的生活更健康、更美好

以立志成为中国塑管行业最具信赖和倍受尊敬的企业集团为愿景



MPP电力管



PE管



PE排污



PE拖拉



钢丝网



河北管网改造



河南管网改造



济南自来水改造



青岛排污排水



山西农田灌溉

电话: 135 8399 8822

网址: [www.sdjnjt.com](http://www.sdjnjt.com)

地址: 山东省临沂市兰山区临西十三路与文泗路交汇处南1000m路西 金昊工业园内



# 北京东方中远市政工程有限责任公司

BEIJING D.F.Z.Y. CIVICISENGINEERING CO.,LTD.

## 公司简介

北京东方中远市政工程有限责任公司成立于2002年，注册资金11000万元，具备市政公用工程总承包一级资质。主要从事城市道路工程、城市桥梁工程、城市供水、排水管网工程、城市供水、污水场站工程、城市燃气管网工程、城市热力管网工程、城市隧道工程、城市轨道交通工程、城市照明工程、城市垃圾处理场工程、园林绿化工程。具有承揽大型市政工程的综合实力。公司投资建设的办公大楼北京东方中远大厦，紧邻中关村科技园丰台园总部基地，交通便利，环境优美。

公司拥有掌握专业技术的大批人才和配套的各种专业设备，拥有国内外先进的泥水平衡、土压平衡、顶管机械和定向钻等先进设备及各种辅助设备，并在多年施工过程中积极吸收和掌握了国内外非开挖施工领域的多项优质技术，积累了非开挖工程施工的丰富经验。自2004年起，公司在北京市非开挖工程施工领域市场份额中持续攀高，是北京市为数不多的从事道路非开挖工程施工的专业公司之一，并成为国际非开挖技术协会（ISTT）会员及中国非开挖技术协会（CSTT）常务理事单位。

公司高度重视施工质量管理，自2007年至今持续开展了ISO9001系列国家质量管理体系、ISO14001环境管理体系和GB/T28001职业健康安全管理体系认证，公司实施质量、环境、职业健康安全“三位一体”的全面管理体系，搭建起了标准化、规范化、系统化的管理平台。并在2012年通过了中华人民共和国特种设备安装改造维修资质。

## 工程图片



圆形顶进坑施工



安装机头管



安装顶进管节



顶进施工



出洞



顶管内部雷达检测



泥水分离设备



南六环太和东桥燃气顶管施工现场

地址：北京市丰台区丰葆路世界公园北六圈南路55号

邮编：100070

电话：010-83611983

传真：010-83612703

邮箱：bjdfzys@126.com

<http://www.dfzys.com.cn>



# 河北天通管道工程有限公司

河北天通管道工程有限公司是各种管道专业开挖与非开挖的施工单位，公司注册资金2000万元，董事长：刘胜林。公司1998年成立，原名河北衡水鸿泰非开挖机械工程有限公司，于2017年更名成立新的体系公司，既河北天通管道工程有限公司。公司本着精通、熟练的理论精神，坚定不移的信念，走科学专业化之路，以诚信为根本，严格管理，讲究信誉，造就了一支具有现代化科学施工的专业队伍。拥有高层管理人员-68人，高级专业技术人员-26人，项目经理-30余人，专业施工人员-360余人，其他人员-23人，共计企业人员500余人。

公司“以重合同、讲信誉、重质量、保安全”为宗旨，得到了许多同仁的高度评价和信任。逐渐成为非开挖施工企业中的佼佼者。我公司将以“一流的技术，一流的质量、一流的管理、一流的信誉，”竭诚与各界同仁共创世界美好的篇章。

公司现拥有数十套性能先进的非开挖施工设备：如具有目前世界先进水平、唯一的、最大的非开挖水平定向钻机FDP-1000吨（一次性可施工拖拉 $\Phi$ 2000毫米的管径2000米长）FDP-600吨1台、FDP-450吨1台、FDP-280吨2台、FDP-230吨3台、FDP-180吨2台、FDP-150吨1台、FDP-90吨2台、FDP-58吨3台、FDP-32吨5台等。泥水平衡顶管机、土压平衡顶管机HKNP-NPD、-HKT直径2800MM、2200MM、1600MM、1400MM、1200MM、1000MM、NPD800MM、700MM、600MM等。



手机：133 8338 8888 / 133 6332 2222  
邮箱：ht13383388888@163.com

**重合同 讲信誉 重质量 保安全**



# 上海力耐管道工程有限公司

Shanghai Linai Pipeline Engineering Co.,LTD



## 都市精准非开挖施工的践行者



非开挖管道作业  
管道CCTV和定位  
局部和整体修复  
塌陷和积水抢修



地址：上海浦东杨高北路2200号 邮编：200137

电话：021-68971844 13701837375

联系人：张理河 CEO

邮箱：zhanglihe7@sina.com

# 济宁市华龙管线工程有限公司

## 公司简介

济宁市华龙管线工程有限公司成立于2006年，专业从事非开挖工程，现有专业工程技术人员58人，10吨至800吨水平定向钻机共计21台， $\Phi 1000$ - $\Phi 2000$ 泥水平衡设备6台（套），人工顶管设备10台（套），具有市政工程总承包三级和水平定向钻进甲级资质，我公司宗旨：虚心向同行学习，精诚服务甲方。



## 资质证书





# **深圳市昊茗毅管网修复技术有限公司**

## 企业概况

深圳市昊茗毅管网修复技术有限公司，成立于2020年6月，总部位于深圳。

## 主营业务

公司专业从事管网工程，主营业务包括：管网检测、管道清淤、管网非开挖修复、管网智慧运营等一系列相关管网工程。

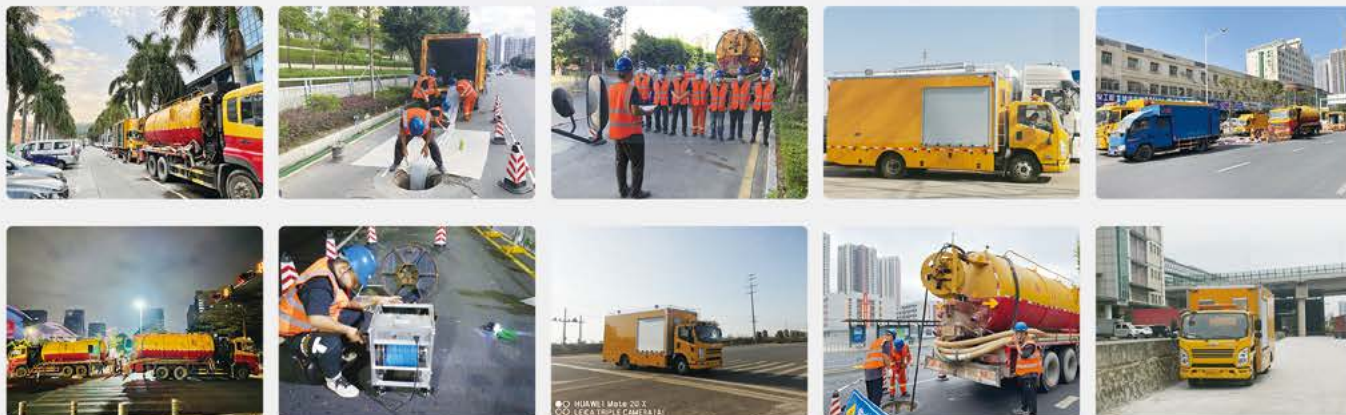
## 公司实力

公司成立半年以来，管网非开挖修复工程合同额已达3000万，未来的工程将会成指数级增加。

## 经营理念

公司未来将立足于管网非开挖修复工程，从深圳市扩展到全国全世界，研究发展更先进更高端的非开挖修复工艺，成为高精尖的管网修复公司！

## 工程案例



电话：18688798810

地址：深圳市罗湖区金碧路48号金湖大厦3楼



# 郑州安源工程技术有限公司

郑州安源工程技术有限公司是一家集技术研发、产品销售、工程施工和培训咨询为一体的高新技术企业，主要从事交通、水利及市政基础设施工程的检测修复，工程抢险及检测设备销售。二十余载，陆续研发出高速公路、高速铁路、堤防、大坝、隧道、地下空间及地下管网的检测、修复成套技术及装备，引领工程基础设施无损检测与地下空间非开挖技术的发展方向。

现有国内外知识产权105项，技术成果获国家技术发明奖1项，国家科技进步奖2项，中国专利金奖1项，高新技术企业证书1项，国际非开挖技术协会学术研究奖1项，省级科技进步奖8项，主编参编国家和行业技术标准及工法3项。

技术成果先后被国家科技部、水利部和交通运输部列入重点推广项目，并广泛应用于全国各地公路、铁路、堤防、大坝、隧道、地下管网等重大工程的修复加固和应急抢险。成功“治愈”全国20多个省、市、自治区400多项工程“病害”，充分显示了公司技术“经济、环保、快速、耐久”的综合优势，产生极大的经济效益和社会影响力。

## 01 机械设备



高聚物注浆车



三维雷达



雷达机器人

## 02 资质证书



## 02 施工照片



QV检测



管道机器人CCTV检测



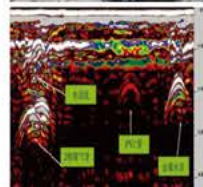
管道渗漏脱空诊治



涌水涌沙快速封堵



沉降管道顶升复位



电磁检测 (探地雷达)



污水管道非开挖修复前



污水管道非开挖修复后



管道河底渗漏处治



光固化内衬修复

电话：赵 鹏：132-5363-7588 0371-63387233

邮箱：416008012@qq.com 地址：郑州经济技术开发区腾达路72号

厦门安越非开挖工程技术股份有限公司是一家从事城市地下设施修复的高新企业，市政总承包二级资质，测绘乙级资质；主要业务包括地下管网清淤、检测、评估、信息化；地下管网、检查井、隧道非开挖修复；非开挖材料、设备的研发、生产、测试、销售。公司集“产、学、研”一体，拥有20多项发明专利、创新工法，并参编多项国家行业标准及大学本科教材，是国内非开挖修复行业的领军企业。

## 国际领先的非开挖修复技术综合服务商



依科莱®热塑成型管道衬管



砼盾®非开挖修复砂浆H-70



紫外光固化内衬材料





# 浙江华仕管道科技有限公司

## Zhejiang Huashi Pipeline Technology Co., Ltd.



浙江华仕管道科技有限公司成立于2010年，是集城市综合管廊建设、海绵城市建设、城市管网建设养护、城市管网CCTV检测、疏通清淤、非开挖修复、污染源调查及治理、智慧管网数据收集分析、地理信息探测及技术服务为一体的专业化公司。创建了适用于中国城乡管道的养护理念，拥有一批专业技术人才及自己的生产车间，自主研发的设备已投入生产使用，覆盖机器人检测、机器人疏通、非开挖修复设备，是一家集技术研发、设备材料生产、施工于一体的环境治理综合服务商，2018年华仕全面落实“污水零直排区”创建，将管线普查、CCTV检测、非开挖修复技术融入到EPC民生项目中，我们将精心锻造一块国内外极具影响力的企业品牌，让我们的城市更健康，让我们的生活更美好，这必将是一项造福子孙后代的伟大事业。

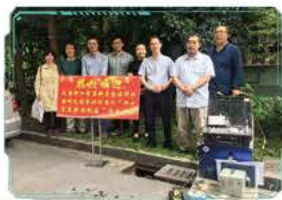


### 管网检测、疏通设备研发&技术咨询服务



自主研发CCTV管网检测机器人、拥有管道高压疏通清洗车生产车间、非开挖修复材料生产车间

### 城市排水管网疏通、检测、非开挖修复



电话: 0571-87770987/0986 邮箱: huashi168@xingyuan.com  
 网址: www.huashi168.com  
 地址: 杭州市下城区华丰路317号长城创意产业园1号楼4层



实现技术研发、设备生产、施工于一体

## 非开挖修复内衬管道修复方案专业供应商

- 压力管道内衬修复
- 重力管道内衬修复
- 市政施工临时旁通

江苏爱索新材料科技有限公司是一家为客户提供各种专业的管道解决方案的高科技企业。在2013年，爱索就将软管技术引进于非开挖管道工程行业，如今爱索已经为中国最专业的非开挖管道修复解决方案供应商之一，爱索生产并提供多种非开挖管道修复解决方案，包括纤维增强塑料软管内衬修复方案，有机高分子材料离心喷涂管道修复方案，热塑成型紧密贴合内衬方案，高压修复气囊，符合饮用水卫生许可的不锈钢双胀圈方案等。截至2019年底，爱索已经拥有发明专利与实用新型专利120余项。爱索为国内塑料管道生产以及在非开挖管道修复中应用的发展作出了重大的贡献，并拥有高新技术企业、江苏省先进集体等一系列称号。爱索还是非开挖国标《GB/T 37862-2019 非开挖修复塑料管道 总则》的参编单位之一。



### 爱索简介



Pipe-in-Liner™ 系列压力管道非开挖修复技术方案使用非开挖修复纤维编织增强塑料软管 (Fabric Reinforced Flexible Plastic Pipes, FRFPP)，可用于DN50-DN850的自来水管、石油管道、燃气管道、热力管道、中水管道等压力管道的半结构性非开挖修复。Pipe-in-Liner™内衬管为三层一体混凝土式结构，有一定环刚度，可保证没有内压或者有少量外压的情况下，内衬管保持圆形。Pipe-in-Liner™内衬管有一定的弹性，带压会有一定的膨胀，可折U型，可弯曲，耐压高。修复完成后可以显著提升原管道的介质输送能力与防腐性能。施工速度快，管材运输方便。

### 压力管道纤维编织增强内衬软管修复方案

### 临时旁通软管



爱索可以提供市政工程施工时所要用的临时旁通或旁通管，产品经过国家饮用水许可认证，可以迅速搭建一条临时输送管道。



FFPP™热塑成型修复原理

FFPP™合金PVC管用于热塑成型紧密贴合管道修复(FIPP)，适用于DN100至DN900的水泥管、玻璃钢管、波纹管以及各类重力管道的结构性修复。内衬管具有高环刚度、高光滑度、低水阻等特性，可以显著增强与修复管道结构强度以及增加过流性能。

### 重力管道热塑成型合金PVC内衬管修复方案

# 河南诚明管道工程技术有限公司

HENAN CHENGMING PIPELINE ENGINEERING TECHNOLOGY CO., LTD.

河南诚明管道工程技术有限公司位于河南省濮阳市黄河路与兴濮路交叉口西20米路北108号，是一家致力于排水管网特种技术服务的专业化公司。主营业务有河道排口溯源、管道清淤、普查、检测、混错接改造、非开挖修复、封堵及固化设备和软管材料的生产和销售等。

截止目前，公司已获得21项国家专利。拥有管道工程专用设备共计50余台套，其中包括静音发电机、市政工程车、光固化车、清淤车等施工设备；CCTV管道机器人、QV管道无线潜望镜、RTK千里寻星矩、真空机组、手持激光测距仪、温度记录仪、压力记录仪等各类技术仪器、仪表，从而进一步保证公司各类技术服务。

公司专业服务团队自2015年以来，先后参与了佛山水业集团DN400-1000供水管道、黄岛发电厂DN400供水管道清洗、检测技术服务；苏州排水处排水管网清洗、检测，非开挖修复技术服务；潍坊联合润通水务公司DN1200-1400供水管网清洗、检测技术服务，河南信阳市中心城区排水管网检测修复及改造工程、河北邯郸市污水处理提质增效工程等，有着丰富的管道技术服务及经验。

公司经过不断发展与创新，现拥有一支专业扎实、锐意进取的技术研发团队、具有现代管理意识的管理团队，团结进取、业务精湛的营销团队和踏实肯干、朝气蓬勃的施工团队。我们秉承专业、敬业、务实、创新的发展理念，坚持以客户为本，以信用为先的服务准则，以自身擅长的技术服务优势及规范化的服务，用心解决客户最迫切、最实际的需求，以优质的产品、先进的技术为客户提供一流的解决方案。

## 施工现场



溯源排查



排水管网检测



排水管网混错接改造



排水管网检测



排水管网检测



管道清淤



排水管网非开挖修复



修复后管道内部



机械设备



研发团队



施工团队



施工团队

## 资质证书



电话：0393-6977008 网址：<http://cmgdgc.chinapipe.net>  
地址：河南省濮阳市黄河西路与兴濮路交叉口108号

# 企业发展 诚信为本 优质服务 质量至上

## 公司简介

上海漂盛建设工程有限公司成立于2008年8月25日，注册资金2000万元。公司总部设在上海，在无锡和温州都开有分公司，且在丽水、宿迁和淮北都设有项目部。公司拥有市政公用工程施工总承包三级、城市及道路照明工程专业承包三级、环保工程专业承包三级、建筑装修装饰工程专业承包二级、结构补强资质以及劳务资质。另外经上海市排水管理处审定，先后取得了《潜水作业特种类》、《CCTV类》、《特种维修类》、《养护壹类》和《泵站运行管理类》专业施工作业证书。现为中国地质学会非开挖技术专业委员会、中国市政工程协会管道检测与修复专业委员会、中国潜水打捞行业协会、上海市排水行业协会和上海市地下管线协会会员单位。

公司重管理、讲效率，抓质量，提信誉、谋发展，经过不懈的努力，在省内外市政排水设施养护维修行业已占有一席之地，承接过多项市政排水设施养护维修工程，取得了多项荣誉，积累了丰富的施工经验，赢得了广大客户和市政管理部门的好评，无锡分公司更是被上级单位列为市政排水设施养护维修指定单位。

业务专长：下水道养护、下水道检测、下水道非开挖修复、专业封拆下水道头子、下水道清淤、临泵设备安装、应急防汛抢险等。

## 荣誉证书



2010~2013年连续4年获颁“上海防汛排水突击贡献奖”，2015年、2016年分别被授予“优秀公司”和“防汛先锋集体”称号，2017年、2018年连续两年获得“非开挖工程金奖”，2019年荣获“上海市优秀公司”和“防汛抢险突出贡献奖”。

## 施工案例

2019年本公司承接的阳泉路DN1800排水管道预防性修复工程所采用的CIPP热水固化内衬修复工艺，在技术上是一次创新，在难度上是一次挑战，在特大管径施工上是一次突破。如此大的管径内衬修复成功在上海尚属首次，在整个行业内也寥寥无几。



内衬软管下管前准备工作



内衬软管准备下管



翻转施工前固定端口



内衬软管下管



水力翻转送入内衬软管



连接锅炉，循环加热固化



固化后端口切割



总公司：上海漂盛建设工程有限公司  
传 真：021-62042971  
电 话：021-62042971  
丁 总：136-0169-9417  
邮 箱：ls\_20080825@163.com  
地 址：上海市普陀区光复西路683弄6号101室

分公司：上海漂盛建设工程有限公司无锡分公司  
电 话：0510-85310090  
马 公：136-5619-7628  
地 址：无锡市新吴区硕放街道薛典南路58号  
分公司：上海漂盛建设工程有限公司温州分公司  
阮经理：139-1550-4450  
地 址：丽水市莲都区商贸物流城17幢6号



# 上海管丽建设工程有限公司

企业宗旨：以技术为先，服务为上  
做城市地下管网的忠实守护者



CIPP翻转法热水固化、紫外光固化、管片模块拼装法管道和检查井内衬修复，常温和紫外光点状修复，非开挖修复技术咨询和相关材料的生产和销售。

管道疏通养护、排水管道检测和评估、流量监测、坐标测量、混接调查、管网普查、水环境改善及管道和水处理设施维护管理的技术咨询。



总公司地址：上海市闵行区元江路3338号南门E栋二楼  
电话：021-34101150

研发基地地址：浙江省海宁市尖山新区祥虹路3号  
电话：0573-87803589

丽水办事处：浙江省丽水市莲都区水阁街道龙庆路100号  
网址：[www.guanli-sh.com](http://www.guanli-sh.com)

