

叠层原位固化技术要求



广州市市政工程设计研究总院有限公司
GUANGZHOU MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN AND RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.



广州市广水工程设计有限公司
GUANGZHOU GUANGSHUI ENGINEERING DESIGN CO., LTD.

建设单位：广州市自来水有限公司



目 录

1 概况	1
1.1 工程概况	1
1.2 工程规模:	1
1.3 安装条件	1
2 总则	1
2.1 规范性引用文件	1
2.2 术语	2
2.3 供货需求	2
2.4 专用工具及备品备件供应	2
2.5 卫生指标	3
2.6 材料外观	3
2.7 包装及运输	3
2.8 质保期及质量保证要求	3
2.9 技术服务要求	4
2.10 技术服务责任	4
2.11 技术资料要求	4
3 技术条款	4
3.1 材料性能要求	4
3.2 计算壁厚	7
4 施工	10
4.1 流程图	10
4.2 前期准备	10
4.3 预处理要求	11
4.4 紫外光固化施工应符合下列规定:	12
4.5 PE 浸渍、翻转固化	13
4.6 端口处理	16
4.7 工期要求	16
5 检验及验收	16
5.1 对内衬管厚度测量	16
5.2 一般规定	17
5.3 管道预处理质量检验	17
5.4 结构层质量检验	17
5.5 粘结层与防护层质量检验	17
5.6 管道质量检验	18
5.7 检验、验收程序及标准	18
5.8 验收不合格处理条款	18
(1) 首次验收不合格的处理	19
(2) 复验仍不合格的处理	19

1 概况

1.1 工程概况

天河体育中心周边管网改造工程，采用非开挖技术修复天河路老旧管道。供水管网是重要的民生基础设施，管网老化，导致饮用水污染，漏损损失和水资源浪费。非开挖更新技术不开挖路面，使用内窥检测和“微创”施工，从原管道内部，完成对管网的更新再造。运用非开挖更新技术，在实现地下管网升级，城市高质量发展的同时，充分保障城市环境的优美整洁，交通出行便捷，有效守护居民的美好生活。

建设地点：天河路。

1.2 工程规模：

叠层原位固化内衬修复 DN800（修复壁厚 10mm）580 米；

叠层原位固化内衬修复 DN1200（修复壁厚 12mm）935 米。

1.3 安装条件

适用于地下设施较多，交通繁忙路段，不能进行大开挖施工的位置。

适用于支管较少路段。

2 总则

2.1 规范性引用文件

（1）《城镇给水管道非开挖修复更新工程技术规程》（CJJT244-2016）

（2）《室外给水管道非开挖修复工程技术规程》（T/CECS 1762-2024）2025 年 4 月 1 号起施行。

（3）《给水排水工程管道结构设计规范》（GB50332-2002）

（4）《给水管道原位固化法修复技术规程》（T/CECS 1410-2023）

2.2 术语

2.2.1 管道非开挖修复

采用不开挖或少开挖地表进行管道修复的方法

2.2.2 全结构性修复

采用能承受所有内外部荷载的压力管独立承压内衬修复管道的技术和方法。

2.2.3 拉入式原位固化法

采用牵拉方式将浸渍树脂的软管置入原管道内,通过紫外光固化或蒸汽固化后形成管道内衬的修复方法。

2.3 供货需求

表 1 供货需求表

序号	物资名称	基本参数	计量单位	数量	备注
1	结构层玻纤增强内衬管	软管外径为原管道内径94%-98%，固化后初始性能要求，弯曲强度 $\geq 125\text{MPa}$ ，弯曲弹性模量 $\geq 16500\text{MPa}$ ，拉伸强度 $\geq 80\text{MPa}$	米		
2	粘接层环氧树脂	《给水管道叠层原位固化法修复工程技术规程》T/CECS 1410-2023 表 3.3.3 粘结层厚度要求 表 3.3.4 粘结层所用环氧树脂浇铸体的性能要求 表 3.3.5 粘结层固化后的粘结性能要求			
3	防护层(聚乙烯)	《给水管道叠层原位固化法修复工程技术规程》T/CECS 1410-2023 表 3.4.2 防护层热塑性塑料膜的性能要求			

2.4 专用工具及备品备件供应

紫外光固化设备

PE 反转固化设备

2.5 卫生指标

防护层材料应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的有关规定。

2.6 材料外观

(1) 玻璃纤维软管厚度均匀，软管上下铺设玻璃纤维网，外膜应完整，不应有明显划痕、杂质、颜色不均，端部密封良好，不应有树脂溢出；

(2) 给水用内衬聚乙烯涤纶复合管材应由单层或多层聚酯纤维毡制作而成，软管接缝采用热熔、缝合或热熔与缝合组合方式处理；

(3) 给水用内衬聚乙烯涤纶复合管材外表面光滑平整，无划痕，乳白色、颜色统一，厚度均匀，接缝牢固。

2.7 包装及运输

修复材料的包装容器应封闭，进场后应按产品技术文件要求运输和分类存放，存放场所应干燥、通风，避免日晒、雨淋，并应远离火源。

使用防震材料填充空隙，防止碰撞或挤压。

车辆运输。

2.8 质保期及质量保证要求

本工程的材料、设备、施工等必须达到现行中华人民共和国及省、市、行业的一切有关法规、规范的要求，所使用的材料必须达到国家环境检测标准，必须为环保、安全材料，材料进场必须提供国家相关监测证明。

采用的与水接触部分材料，应具有有效期内、全国通用的《涉及饮用水卫生安全产品卫生许可批件》，并通过招标人审核通过。

质保期应不少于 2 年，质保期内应对内衬修复管道的内壁每年进行 CCTV 检查。

内衬材料合理设计使用寿命不少于 50 年。

2.9 技术服务要求

采用的非开挖修复方式应具有结构性，能承受所有内外部荷载的压力管独立承压内衬修复管道。

修复后达到验收要求的试压压力 0.8MPa。

内衬修复材料要求符合《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219。

2.10 技术服务责任

执行国家、省、市现行的建设工程施工及工程质量验收规范、施工技术标准、程序及工程建设的强制性标准。

2.11 技术资料要求

管材、型材等主要材料应进行进场检验。检查方法:检查出厂合格证、性能检测报告、卫生许可批件和厂家产品使用说明等。

内衬施工前需提供同一批次内衬材料的第三方检测报告，符合技术要求参数方可进行施工，第三方检测报告均由具有 CMA 资质的单位出具。

3 技术条款

3.1 材料性能要求

复合内衬管外层是结构层，可采用玻璃纤维等增强材质，中间层是粘接层，内层为聚乙烯材质的防护层，

表 3.1.1 玻璃纤维内衬管的初始性能要求

序号	性能指标	单位	要求	试验方法
1	弯曲强度	MPa	≥125	现行国家标准《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449

2	弯曲弹性模量	MPa	≥ 16500	现行国家标准《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449
3	拉伸强度	MPa	≥ 80	现行国家标准《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

表 3.1.2 粘结层厚度要求

序号	性能指标	单位	要求	试验方法
1	粘结层厚度	mm	单层聚酯纤维非织造布厚度 ≥ 1.5 , 且固化后粘接层内衬管厚度 $\geq$ 设计厚度	现行国家标准《塑料薄膜和薄片 厚度测定 机械测量法》GB/T 6672

表 3.1.3 粘结层所用环氧树脂浇铸体的性能要求

序号	性能指标	单位	要求	试验方法
1	弯曲弹性模量	MPa	≥ 3000	现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567
2	弯曲强度	MPa	≥ 100	
3	拉伸弹性模量	MPa	≥ 3000	
4	拉伸强度	MPa	≥ 80	
5	断裂伸长率	%	≥ 4	
6	热变形温度	°C	≥ 85	现行国家标准《塑料 负荷变形温度的测定 第 2 部分: 塑料和硬橡胶》GB/T 1634.1 中的 A 法

表 3.1.4 粘结层固化后的粘结性能要求

序号	性能指标	单位	要求	试验方法
1	与结构层的结合强度	MPa	≥ 1.5	现行国家标准《流体输送用钢塑复合管及管件》GB/T 28897
2	与防护层的结合强度			

防护层材料应耐酸碱腐蚀且不应与输送水发生反应。

防护层热塑性塑料膜宜采用 PE 材料, 且防护层热塑性塑料膜的性能应符合表 3.1.5 的规定。

表 3.1.5 防护层热塑性塑料膜的性能要求

序号	性能指标	单位	要求	试验方法
1	表面	-	光滑、完整、无破损	目测
2	与粘结层的结合强度	MPa	≥ 1.5	现行国家标准《流体输送用钢塑复合管及管件》GB/T 28897
3	硬度	H_w	≤ 95	现行国家标准《塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）》GB/T 2411
4	拉伸屈服应力	MPa	≥ 20	现行国家标准《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第 3 部分：聚烯烃管材》GB/T 8804.3
5	断裂伸长率	%	≥ 300	
6	耐温	$^{\circ}\text{C}$	30~120	现行国家标准《环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 N：温度变化》GB/T 2423.22
7	厚度	mm	≥ 1.0	现行国家标准《塑料薄膜和薄片 厚度测定 机械测量法》GB/T 6672
8	密实性	-	不渗漏	现行团体标准《给水排水管道原位固化法修复工程技术规程》T/CECS 559
9	透明度	-	能观察到粘结层的浸渍或固化缺陷	目测或 CCTV
10	耐磨性能（损失量，1000g/1000r，胶轮号 CS-17）	mg	≤ 200	现行国家标准《色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法》GB/T 1768
11	修复后的管壁粗糙系数	-	0.009	

表 3.1.6 防护层的性能要求

序号	性能指标	单位	要求	试验方法
1	防护层防护膜的厚度	mm	设计值，且 $\geq 1.0\text{mm}$	现行国家标准《塑料薄膜和薄片 厚度测定机械测量法》GB/T 6672

2	水解性	-	满足设计寿命要求,且溶出物应满足输配水要求	现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219
3	耐磨性	-	满足设计寿命期间的磨损要求	现行国家标准《色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法》GB/T 1768

3.2 计算壁厚

当采用折叠内衬法、缩径内衬法、翻转式原位固化法、拉入式原位固化法、热塑成型法进行压力管道全结构性修复时,内衬管壁厚设计应符合《室外给水管道非开挖修复工程技术规程》T/CECS 1762-2024 第 4.2.2 条的规定,并应符合下列公式的规定:

$$t \geq 0.721D_0 \left[\frac{\left(\frac{Nq_t}{C} \right)^2}{E_L R_w B' E_s} \right]^{1/3}$$

$$t \geq \frac{0.1973D_0}{E_s^{1/3}}$$

$$t \geq \frac{P_w D_0}{2\sigma_L}$$

$$q_t \geq 0.01H_w + \frac{\gamma H_s R_w}{1000} + W_s$$

$$R_w = 1 - 0.33 \frac{H_w}{H_s}$$

$$B' = \frac{1}{1 + 4e^{-0.213H}}$$

N ——管道截面环向稳定性抗力系数,取值不宜小于 2.0;

C ——原管道椭圆度折减系数;

D_0 ——内衬管管道外径 (mm);

E_L ——内衬管的长期弹性模量 (MPa),当无长期性能参数时可取短期模量的 50%;

σ_L ——内衬管的长期弯曲强度 (MPa),当无长期弯曲强度时可取短期弯曲强度的 50%;

H_w ——管顶以上地下水位高度 (m);

q_t ——管道外部总压力 (MPa),包括地下水压力、上覆土压力和地面活荷载;

R_w ——水浮力系数,当 $R_w < 0.67$ 时取值 $R_w = 0.67$;

B' ——弹性支撑系数；

E ——内衬管的初始弹性模量（MPa）；

P_w ——管道工作压力（MPa）；

E'_s ——管侧土综合变形模量（MPa），可按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的有关规定确定；

γ ——土的重度（kN/m³）；

H ——管道敷设深度（m）；

H_s ——管顶覆土厚度（m）；

W_s ——地面活荷载（MPa），应按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 确定。

表 3.2.1 DN800 管内衬结构性修复壁厚计算

qt	管道外部总压力 (Mpa)	0.070644
Rw	水浮力系数	1
N	安全系数	1.3
B'	弹性支撑系数	0.294195378
E	内衬管的初始弯曲弹性模量 (Mpa)	16500
E's	管侧土综合变形模量 (Mpa)	7
Hw	管顶以上地下水位高度 (m)	0
γ	土的重度 (Kn/m³)	19.62
H	管道敷设深度 (m)	2.0
Hs	管顶覆土厚度 (m)	1.2
Ws	地面活荷载 (Mpa)	0.0471
Do	内衬管外径 (mm)	800
t1	内衬管厚度 (mm) ≥	4.716383898
t2	内衬管厚度 (mm) ≥	6.199962902
T	结构修复内衬管厚度 (mm) ≥	6.199962902

DN800 管结构修复：结构层 6.20mm，涤纶毛毡层厚度 2mm，聚乙烯层厚度 1mm，内衬复合管总厚度 9.20mm，按 10mm 考虑。

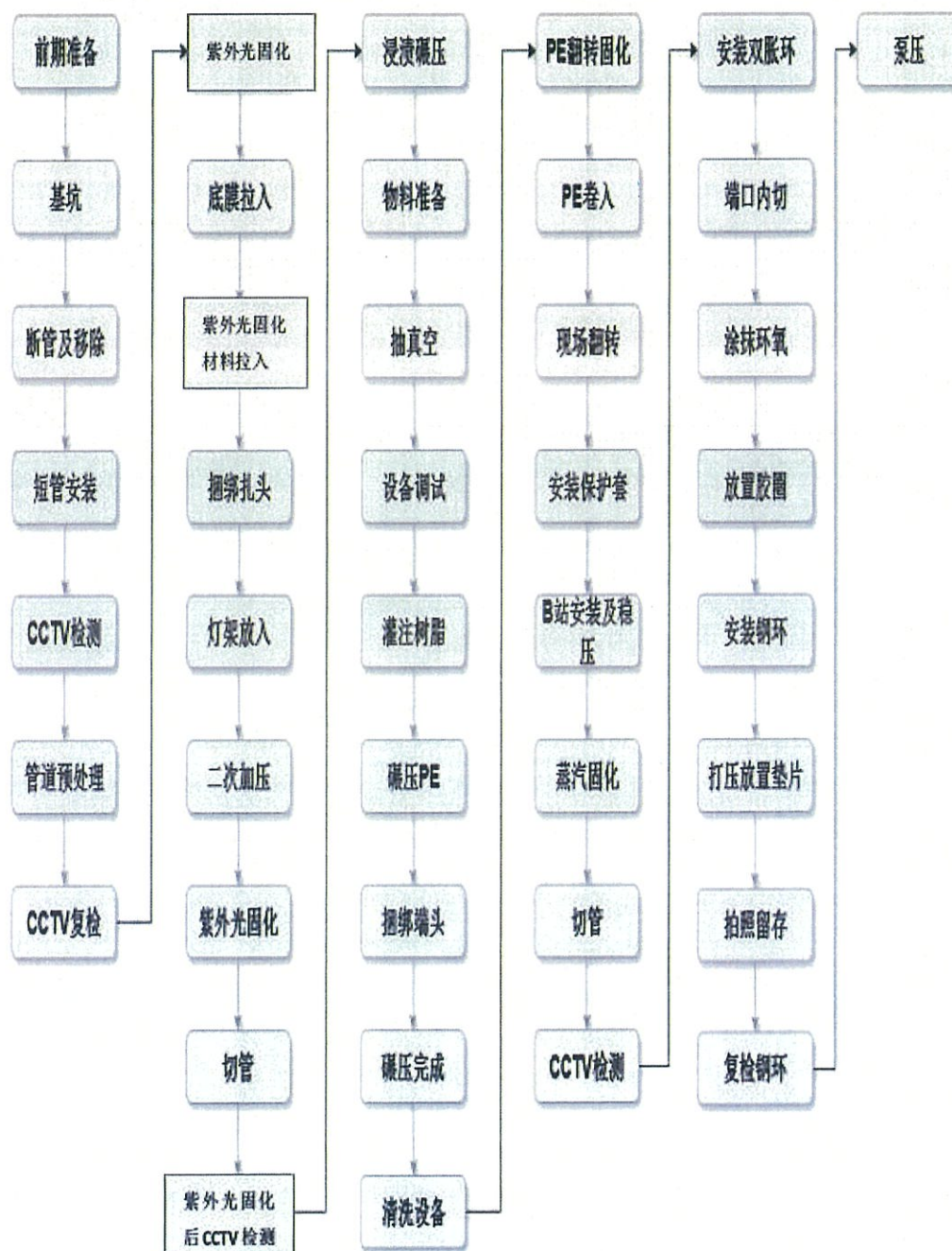
表 3.2.2 DN1200 管内衬结构性修复壁厚计算

qt	管道外部总压力 (Mpa)	0.070644
Rw	水浮力系数	1
N	安全系数	1.3
B'	弹性支撑系数	0.294195378
E	内衬管的初始弯曲弹性模量 (Mpa)	18000
E'S	管侧土综合变形模量 (Mpa)	7
Hw	管顶以上地下水位高度 (m)	0
γ	土的重度 (Kn/m³)	19.62
H	管道敷设深度 (m)	2.4
HS	管顶覆土厚度 (m)	1.2
WS	地面活荷载 (Mpa)	0.0471
DO	内衬管外径 (mm)	1200
t1	内衬管厚度 (mm) ≥	6.872333394
t2	内衬管厚度 (mm) ≥	9.034084802
T	结构修复内衬管厚度 (mm) ≥	9.034084802

DN1200 管结构修复：结构层 9.03mm，涤纶毛毡层厚度 2mm，聚乙烯层厚度 1mm，内衬复合管总厚度 12.03mm，按 12mm 考虑。

4 施工

4.1 流程图



4.2 前期准备

施工流程	管理项目	管理标准	检测节点	检测方法	抽查频率	不合格处理方法	备注
工作坑定线放样	宽度 W、长度 L	$W \pm 5\text{cm}$ 、 $L \pm 5\text{cm}$	放样后	量尺	1次/日	重新定线	工作坑尺寸详见图纸
钢板桩打设	入土深度 h	$\geq h/3$	打设后	量尺	1次/日	调整打设深度	JGJ-120 《建筑基坑支护技术规程》
工作坑开挖	工作井深度 h, 宽度 w、长度 L	$h \pm 5\text{cm}$ 、 $L \pm 10\text{cm}$ 、 $W \pm 10\text{cm}$	开挖后	量尺	1次/支	补挖掘	工作坑尺寸详见图纸

4.3 预处理要求

4.3.1 修复施工前, 应根据原管道检测与评估报告, 制定预处理方案:

4.3.2 当管道存在下列缺陷时, 应进行预处理:

- 1 原管道周边存在地下空洞;
- 2 原管道地基变形或不均匀沉降超出设计要求;
- 3 原管道存在裂缝、锈蚀、污垢、浮泥;
- 4 原管道存在超出设计或规范要求的截面变形;
- 5 其他需要预处理的情形。

4.3.3 原管道预处理可采用机械清洗、高压水射流清洗、管内修补、注浆加固等技术。

4.3.4 采用机械清洗时可采用配有敲击、刮削、磨擦等功能的清洗工艺; 采用高压水射流清洗工艺时, 设备应由专业人员操作, 并应根据原管道状况选择射流压力和流量; 清洗过程中不得对管壁造成损坏。

4.3.5 管道预处理中产生的污水和污物应按现行国家标准《污水综合排放标准》CB 8978 的有关规定进行处置。

4.3.6 管道内存在裂缝、接口错位、漏水、孔洞、变形、管壁材料脱落、锈蚀等局部缺陷时，可采用灌浆、机械打磨、点位加固、人工修补等方法进行预处理。

4.3.7 原管道缺陷严重无法修补时，应采取加固或开挖方式更换掉缺陷管段。当支管、变径管、阀门等影响叠层结构内衬施工时，应通过开挖或其他措施进行处理，保证内衬施工的连续作业。

4.3.8 管道预处理作业中，发现管道状况与设计文件不符时，应暂停预处理作业，立即与设计单位沟通。

4.3.9 预处理后的管道内壁应无沉积物、障碍物，不应有影响施工的积水；管道内表面应洁净，应无影响内衬施工的附着物、尖锐毛刺、突起；管壁、管道接口应无渗水。

4.3.10 管道预处理后应进行 CCTV 检测，人工可进入的管道也可采用管内目测检查，并做好记录，预处理验收合格后，方可进行后续施工。

施工流程	管理项目	管理标准	检测节点	检测方法	抽查频率	不合格处理方法	备注
预处理及 CCTV 检测	管线是否清洗干净	管线中不得有积水、污物	预处理后	高压水射流清洗 CCTV 检视	1 次/段	重新清洗	

4.4 紫外光固化施工应符合下列规定：

- 1 放入紫外光灯组时应避免损伤内衬软管的内膜；
- 2 紫外光固化过程中内衬软管应保持压缩空气压力，使内衬软管与原有管壁紧密贴合；

3 应根据内衬管直径、内衬管厚度、辐照强度等指标控制紫外光灯组的行进速度；

4 固化完成后，应缓慢降低管内充气压力至大气压，降压速度不应大于 0.01MPa/min；

5 内衬管冷却后应切除多余部分，切割位置宜选在距原管道端口 300mm 处，断面切割应齐整，切割过程中应采用粉尘回收装置，切割下来的内衬管应留样并送第三方检测机构检验。

施工流程	管理项目	管理标准	检测节点	检测方法	抽查频率	不合格处理方法	备注
内衬材料进场	材料是否检验合格	试验报告 外观无损坏	材料进场前	审查	1 次/段	材料退回	
底膜置入	宽度 W、 长度 L	防止扭转	底膜拉入前	目视	1 次/段	重新更换	
玻纤材料拉入	拉力、速度、玻纤材料长度 L、绑头	材料可允许拉力表、速度匀速且 $\leq 5\text{m/min}$ 、	玻纤拉入过程	目视/量尺	1 次/段	重新绑扎、不符则更换	
扎头安装	扎头捆绑、支撑、内膜、扎头布	扎头捆绑牢固、支撑良好	扎头安装	目视	1 次/日	重新安装扎头和支撑	
充气	阶梯充气、保压、	充气稳压参数表	灯架置入后	紫外光固化设备记录	1 次/段	泄压后，检查重新充气保压	
巡航固化	巡航速度、固化压力、温度	固化参数表、温度表	稳压且灯链在尾部	紫外光固化设备记录	1 次/段	降低速度或者重新开始	
玻纤管 CCTV	褶皱、积水、污染	视频高清连续，长度准确	紫外光固化完成后	CCTV 检视	1 次/段	重新制作	
玻纤厚度及强度检查	厚度、硬度、物性强度	厚度、物性强度达设计要求	紫外光固化完成后	厚度测量、硬度测量、强度检查	1 次/段	复核检查	

4.5 PE 浸渍、翻转固化

4.5.1 粘结层和防护层应在结构层完全固化后施工。

4.5.2 粘结层树脂浸渍工艺应符合下列规定:

- 1.浸渍树脂时用于抽真空、搅拌、传送、碾压的设备应齐全、性能良好;
- 2.浸渍树脂宜在室内完成,应采取避光、降温等措施,室内温度不应高于 25℃;
- 3.浸渍树脂前应检查干软管的完整性,确认干软管无破损;
- 4.应在抽真空状态下充分浸渍树脂,真空度不应低于 60kPa,且不得出现气泡;
- 5.浸渍前应计算树脂和固化剂用量,实际用量应比设计值多 5%-15%;
- 6.树脂和固化剂混合后应及时进行浸渍,不能及时浸渍时,应将树脂避光冷藏,冷藏温度和时间应根据树脂稳定性和固化体系确定;
- 7.碾压时湿软管应平整,碾压速度应均匀,碾压后的湿软管壁厚应符合设计要求,碾压后的湿软管不得出现气泡、厚度不均、褶皱等缺陷。

4.5.3 粘接层与防护层的湿软管应采用气压或水压方式翻转到固化后的结构层内部,并应符合下列规定:

- 1.翻转施工前,在修复管段起点和终点,距离端口大于 500mm 处,应在湿软管和原管道之间安装监测管壁温度变化的温度传感器;
- 2.翻转时湿软管的外侧应向内翻转,防护层应与翻转工作介质接触;湿软管的内部应向外翻转,应与结构层内壁粘结;
- 3.翻转压力应控制在使湿软管充分扩展所需最小压力和湿软管所能承受的允许最大内压之间,同时应能使湿软管翻转到待修复管道的末端;

4.翻转过程中宜用润滑剂减少翻转阻力，润滑剂应为食品级油基产品，润滑剂不得对湿软管固化性能和施工设备产生影响；

5.翻转完成后，湿软管伸出原管道末端的长度宜为 1m。

4.5.4 翻转完成后应采用热蒸汽对湿软管固化，并应符合下列规定：

1.蒸汽发生装置应装有温度和压力监测装置，固化过程中应测量和监控蒸汽温度和压力；

2.蒸汽宜从地面标高较高的端口输入；

3.树脂应能在热蒸汽作用下固化，且初始固化温度应低于 60℃，固化温度应均匀升高，固化时间和时间以及温度升高速度应符合树脂材料说明书的规定，并应根据修复管段的材质、周围土体的热传导性、环境温度、地下水位等情况调整；

4 固化过程中湿软管内的气压应使湿软管与已固化的结构层保持紧密贴合，并保持该压力值直到固化结束；

5.应通过温度传感器监测数据绘制的树脂放热曲线监测树脂固化状况。

4.5.5 固化完成后内衬管的冷却应符合下列规定：

1.固化完成后，应缓慢降低蒸汽温度，直到蒸汽冷却至 40℃ 以下；

2.宜用常温空气或压缩空气替换管道内的热蒸汽，冷却时间应根据树脂材料说明书设定，冷却过程中不得形成真空；

3.冷却完成后，应对每一段管道端部进行切割，切割应整齐并取样 3 块，每块样本至少 300mm×300mm 留存。

4.5.6 翻转式原位固化施工应记录树脂的存储温度、树脂用量、翻转压力、湿软管固化温度、时间和压力、内衬管冷却温度、时间、压力等参数。

施工流	管理项目	管理标准	检测节	检测	抽查	不合格	备注
-----	------	------	-----	----	----	-----	----

程			点	方法	频率	处理方法	
PE 抽真空	真空度、材料长度、端口密封、	真空度检查表	PE 抽取真空	仪表监控/目视	1 次/段	重新密封抽取真空	
树脂混合与灌注	温度、配比、排气	黏温数据表、树脂用量计算表	浸渍	仪表监控/目视	1 次/段	冷却降温、重新设置	
PE 材料碾压	浸润性、碾压厚度、绑头	充分浸润、压辊间隙为 2t+1 mm	浸渍碾压	仪表监控/目视	1 次/段	降温、重新设置	
PE 材料翻转	翻转压力、速度、温度	翻转压力表、黏温数据表、翻转速度不大于 5m/min	现场翻转	仪表监控/目视	1 次/段	降温、监控	
PE 材料固化	温度、压力	固化参数表	现场蒸汽固化	检查温度控制器	1 次/段	检查排水设施、调整压力	
CCTV	褶皱、积水、污染	视频高清连续，长度准确；	蒸汽固化后	CCTV 检视	1 次/段	重新制作	

4.6 端口处理

施工流程	管理项目	管理标准	检测节点	检测方法	抽查频率	不合格处理方法	备注
端口密封安装	切割、密封胶	内切割平整、距管端 15cm-20cm、密封胶密封良好	内衬完成后	目视	1 次/段	重新制作	
	橡胶尺寸、钢环尺寸		内衬完成后	目视	1 次/段	重新制作	

4.7 工期要求

完成叠层原位固化工作坑后，建议 5 天内对待修复管道进行预处理，预处理后 5 天内完成防护层、粘结层、结构层施工。

5 检验及验收

5.1 对内衬管厚度测量

紫外光固化后，对结构层的厚度进行检测；内衬修复完成后，对修复总厚度进行检测。

- 1 厚度测量方法宜根据现场条件选用测厚仪、卡尺等量测；
- 2 应在管道两端各取 1 个测量截面；
- 3 每个测量截面应在环向均匀布置 4 个测点，测量截面的测量值应为 4 个测点的平均值；任一测点的实测厚度不得低于对应设计厚度。
- 4 厚度应为所有测量截面测量值的平均值。
- 5 内衬材料电火花实验要求，实验方法参考《塑料衬里压力容器试验方法》（GB/T23711.1-2019）

5.2 一般规定

测量内衬管厚度时，量测修复内衬管的总厚度，包括两次工艺完成后的结构层厚度、粘结层厚度和防护层厚度之和。由于这一厚度仅在修复段两端切开的断面处才可方便量测，故要求在两端处测量。

5.3 管道预处理质量检验

预处理后的管道内部条件是影响后续修复效果的主要控制因素之一，必须在施工之前对预处理后的管道进行全面的闭路电视(CCTV)检测，确保管道内部清洁、表面平坦、连续，保证湿软管顺利安装到预定位置。

5.4 结构层质量检验

结构层内衬管的内壁表面质量反映了施工工艺过程控制的质量，是重要且易于检测的环节，需要仔细检查和观测表面有无鼓胀和裂纹。结构层完成后应进行 CCTV 检测，人工可进入的管道也可采用管内目测检查，并做好记录，验收合格后方可进行后续施工。

5.5 粘结层与防护层质量检验

内衬管固化后，从断面处能够清晰辨别出粘结层和防护层,从而能够测量出粘结层和防护层各自的厚度。

防护层的内表面是直接与使用期间的水接触的表面，是重要的检测环节，需要仔细检查和观测表面，不应出现裂缝、孔洞等缺陷。粘结层与防护层完成后应进行 CCTV 检测，人工可进入的管道也可采用管内目测检查，并做好记录，验收合格后方可进行后续施工。

5.6 管道质量检验

修复管段与原管道及相邻管段的端部处理、连接、密封，是工艺较为复杂且质量要求较高的环节，连接处的结构强度也是管道系统中的薄弱部位，施工完成后，必须对整个修复管段进行认真的外观检查、内部 CCTV 检测和水压试验。

5.7 检验、验收程序及标准

施工应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB 50268-2008）、《城镇给水管道非开挖修复更新工程技术规程》（CJJT244-2016）相关要求。

施工后的结构层、粘结层、防护层的检验与验收程序及检测方法可按照《给水管道叠层原位固化法修复工程技术规程》T/CECS 1410-2023 第 6 条规定；初始性能指标抽样检测试验方法参照现行国家标准《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T1449、《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/T1040.4；

施工后的结构层、粘结层、防护层检测结果应满足本技术要求的相关参数和有关要求，方可通过验收。样本由第三方检测机构对强度性能指标进行检测，第三方检测报告均由具有 CMA 资质的单位出具。

5.8 验收不合格处理条款

（1）首次验收不合格的处理

整改义务：若验收不合格，乙方（责任方）应在收到书面通知后2日内完成整改，并提交复验申请。

复验费用：整改后的复验费用由乙方承担，除非不合格原因归责于甲方或不可抗力。

逾期责任：若乙方未按期整改，甲方有权按日收取违约金或采取其他补救措施。

（2）复验仍不合格的处理

二次整改：乙方可再次整改，但总整改次数不得超过3次，且每次整改后均需重新验收。

替代方案：若多次整改后仍不合格，甲方有权要求更换产品/服务、减少价款，或由第三方代为履行（费用由乙方承担）。

合同解除权：若最终验收仍不合格，甲方有权单方解除合同，并要求乙方退还已支付款项、赔偿损失。

11 12