

天津市工程建设标准

DB

DB XXX - XXXX

备案号 JXXX-XXXX

天津市排水管道非开挖修复工程技术规程

Technical Specification for trenchless rehabilitation of sewer pipeline
in TianJin

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

天津市住房和城乡建设委员会 发布

天津市工程建设标准

天津市排水管道非开挖修复工程技术规程

Technical Specification for trenchless rehabilitation of sewer pipeline

in TianJin

DB/T×××-20××

批准部门：天津市住房和城乡建设委员会

施行日期： 年 月 日

20××年 天津

前 言

根据天津市住房和城乡建设委员会《关于印发〈2018 年工程建设标准规范制定，修订计划〉的通知》（津建设〔2017〕520 号文件）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结天津地方的实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。本规程的制定主要参照了国家、行业的相关标准。

本规程的主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 材料；5. 设计；6 施工；7. 工程验收。

本规程由天津市住房和城乡建设委员会负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。请各单位在执行本规程过程中，注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议寄交主编单位（地址：天津市南开区奥体道星城大厦 33 号，邮编：300381）。

本规程主编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

本规程参编单位：天津倚通科技发展有限公司

北京北排建设有限公司

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术 语.....	2
2.2	符 号.....	3
3	基本规定.....	5
4	材 料	6
5	设 计	9
5.1	一般规定.....	9
5.2	内衬管设计.....	10
5.3	水力计算.....	14
6	施 工	16
6.1	一般规定.....	16
6.2	管道预处理.....	16
6.3	翻转式原位固化法.....	17
6.4	紫外光固化法.....	18
6.5	喷涂法.....	18
6.6	机械制螺旋缠绕法.....	19
6.7	管片内衬法.....	20
6.8	不锈钢套筒法.....	21
6.9	点状原位固化法.....	21
7	工程验收.....	23
7.1	一般规定.....	23
7.2	原管道预处理.....	23
7.3	更新管道验收.....	24
7.4	更新管道测试试验.....	27
7.5	工程竣工验收.....	28
	本规程用词说明.....	29
	引用标准名录.....	30

1 总 则

1.0.1 为使城镇排水管道非开挖修复工程做到技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量和保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于城镇排水管道非开挖修复工程的设计、施工和验收。

1.0.3 城镇排水管道非开挖修复工程的设计、施工与验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 修复 rehabilitation

恢复或升级原有管道性能的所有技术和方法。

2.1.2 非开挖修复 trenchless rehabilitation

采用不开挖地表的方法进行地下管道修复的技术和方法。

2.1.3 半结构性修复 Semi-structural rehabilitation

新的内衬管依赖于原有管道的结构，在设计寿命之内仅需要承受外部的静水压力，而外部土压力和动荷载仍由原有管道支撑的修复方法。

2.1.4 结构性修复 Structural rehabilitation

新的内衬管具有不依赖于原有管道结构而独立承受外部静水压力、土压力和动荷载作用的性能的修复方法。

2.1.5 局部修复 localized repair

对原有管道内的局部破损、接口错位、局部腐蚀等缺陷进行修复的方法。

2.1.6 原位固化法 cured-in-place pipe (CIPP)

采用翻转或牵拉方式将浸渍树脂的软管置入原有管道内，通过加热或紫外光固化后形成管道内衬的修复方法。

2.1.7 喷涂法 spraying

通过在检查井、管道内壁喷涂一定厚度的防腐砂浆或多组分复合材料形成起到防腐防渗漏作用的修复方法。

2.1.8 机械制螺旋缠绕法 mechanical spiral wound lining

采用机械缠绕的方法将带状型材（和不锈钢带）在原有管道内形成一条新的管道内衬的修复方法。

2.1.9 管片内衬法 splice segment lining

将片状型材在原有管道内拼接成一条新管道，并对新管道与原有管道之间的间隙进行填充的管道修复方法。

2.1.10 不锈钢套筒法 Stainless steel foam sleeve

采用外包止水材料的不锈钢套筒膨胀后形成管道内衬，止水材料在原有管道和不锈钢套筒之间形成密封性接触的管道局部修复方法。

2.1.11 点状原位固化法 spot cured-in-place pipe

采用原位固化法对管道进行局部修复的方法。

2.1.12 软管 tube

由一层或多层聚酯纤维毛毡或同等性能材料缝制而成的外层包覆非渗透性塑料薄层的柔性管材。

2.1.13 内衬管 liner

通过各种非开挖修复方法在原有管道内形成的管道内衬。

2.1.14 带状型材 profile

经生产预制加工成内壁光滑、外壁有 T 形加强肋，在现场通过加井下缠绕机形成内衬管道，从而完成修复目标的内衬材料。

2.2 符 号

2.2.1 尺寸

A ——过水断面积；

d_h ——原有管道中孔洞或缺口的最大直径；

D ——螺旋缠绕内衬管平均直径；

D_L ——闭气试验管道内径；

$D_{\max}$ ——原有管道的最大内径；

$D_{\min}$ ——原有管道的最小内径；

D_O ——内衬管管道外径；

D_I ——内衬管管道内径；

D_E ——原有管道平均内径；

H_S ——管顶覆土厚度；

H_w ——管顶以上地下水位高度；

H ——管道敷设深度；

I ——内衬管单位长度管壁惯性矩；

R ——管材允许弯曲半径；

SDR ——管道的标准尺寸比；

t ——内衬管的壁厚；

2.2.2 系数系数

B' ——弹性支撑系数；

C ——椭圆度折减系数；

K ——圆周支持率；

N ——安全系数；

n ——粗糙系数；

n_e ——原有管道的粗糙系数；

n_I ——内衬管的粗糙系数；

q ——原有管道的椭圆度；

R_w ——水浮力系数；

S ——管道坡度；

μ ——泊松比。

2.2.3 荷载和压力

F ——允许拖拉力；

P ——地下水压力；

P_i ——压力管道内部压力；

q_t ——管道总的外部压力；

W_s ——活荷载。

2.2.4 模量和强度

E ——初始弹性模量；

E_L ——长期弹性模量；

E_S' ——管侧土综合变形模量；

σ ——管材的屈服拉伸强度；

σ_L ——内衬管长期弯曲强度；

σ_{TL} ——内衬管长期抗拉强度。

2.2.5 其他符号

B ——管道修复前后过流能力比；

Q ——流量；

Q_e ——允许渗水量；

V_e ——渗漏速率；

γ ——土的重度。

3 基本规定

3.0.1 对于交通繁忙、新建道路、环境敏感等地区的排水管道应优先选用非开挖修复技术进行修复。

3.0.2 原有管道的修复应根据具有相关检测、评估资质的部门出具的管道安全检测评估鉴定报告，确定管道修复的等级和施工方法。

3.0.3 管道结构性修复后的使用期限不得低于 50 年；利用原有管道结构进行半结构性修复的管道，其设计使用年限应按原有管道结构的剩余设计使用期限确定，对于混凝土管道，修复后的最长设计使用年限不宜超过 30 年。

3.0.4 非开挖修复工程所用的管材、管件、构（配）件等材料应具有质量合格证书、性能检测报告、使用说明书，进口产品还应具有商检报告或按国家有关标准规定进行复检，合格后方可使用。

3.0.5 非开挖修复工程施工时，应按现行国家行业标准《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6 的规定制定和采取各项安全措施。

3.0.6 管道修复完成后，应对内衬管与检查井的接口处进行处理。

3.0.7 非开挖修复工程所产生的污物、噪音及振动应符合国家和地方政府有关环境保护的法律、法规的规定。

3.0.8 工程验收合格后方可投入使用。

4 材料

4.0.1 非开挖修复工程所用 PE 管材应选择 PE80 或 PE100, 管材性能应满足表 4.0.1 的要求。

表 4.0.1 PE 管材性能

性能	HDPE PE80	HDPE PE100	试验方法
屈服强度 (MPa)	>20	>22	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T1040.2
断裂伸长率 (%)	>350	>350	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T1040.2
弯曲模量 (MPa)	800	900	《塑料 弯曲性能的测定》GB/T9341

4.0.2 原位固化法使用的软管应符合下列规定:

- 1 软管可由单层或多层聚酯纤维毡或同等性能的材料组成, 应与所用树脂兼容且能承受施工的拉力、压力和固化温度;
- 2 软管的外表面应包覆一层与所采用的树脂兼容的非渗透性塑料膜;
- 3 多层软管各层的接缝应错开, 接缝连接应牢固;
- 4 软管的横向与纵向抗拉强度不得低于 5 MPa;
- 5 玻璃纤维增强的纤维软管应至少包含两层夹层, 软管的内表面应为聚酯毡层加苯乙烯内膜组成, 外表面应为单层或多层抗苯乙烯薄膜;
- 6 软管的长度应大于待修复管道的长度, 软管直径的大小应保证在固化后能与原有管道的内壁紧贴在一起;
- 7 应提供软管固化后的初始结构性能检测报告, 并应符合本规程第 7.3.1.4 条的规定。

4.0.3 喷涂法所用防腐砂浆或多组分复合材料, 环氧树脂、聚氨酯其材料性能及用量应满足设计要求, 无机防腐砂浆其性能应符合表 4.03 的规定。

表 4.03 排水管道喷涂无机防腐砂浆产品性能要求

项目	普通修复	快速修复	检测方法
无机材料成分 (%)	≥ 97	≥ 97	《干混砂浆物理性能试验方法》GB/T 29756
可工作时间 (min)	≥ 60	≥ 60	《修补砂浆》JC/T 2381
可恢复通水时间 (h)	≤ 24	≤ 2~6	《修补砂浆》JC/T 2381
1 天抗压强度 (MPa)	≥ 10	≥ 15	《水泥胶砂强度试验》GB/T 17671
28 天抗压强度 (MPa)	≥ 20	≥ 30	《水泥胶砂强度试验》GB/T 17671

1 天抗折强度 (MPa)	≥ 2	≥ 4	《水泥胶砂强度试验》 GB/T 17671
28 天抗折强度(MPa)	≥ 4	≥ 6	《水泥胶砂强度试验》 GB/T 17671
拉伸粘结强度 (MPa)	≥ 1.0	≥ 1.0	《修补砂浆》JC/T 2381
抗渗压力 (MPa)	≥ 1.5	≥ 1.5	《修补砂浆》JC/T 2381
防腐类型	硫化氢、弱酸、海水、硫酸盐等腐蚀		《修补砂浆》JC/T 2381

4.0.4 施工前应对螺旋缠绕带状型材以及管片内衬所用片状型材应进行抽样检测，带状型材性能应符合表 **4.0.4-1** 规定，钢带材料性能应符合表 4.0.4-2 的规定。

表 **4.0.4-1**PVC-U 带状型材材料特性

特征	要求	测试参数	值	测试方法
弹性模量	$\geq 2000\text{MPa}$	试样测试速度	$1 \pm 0.2\text{mm/min}$	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》 GB/T1040.2
拉伸强度	$\geq 35\text{MPa}$	试样测试速度	$5 \pm 0.5\text{mm/min}$	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》 GB/T1040.2
断裂伸长率	$\geq 40\%$			
弯曲强度	$\geq 58\text{MPa}$	试样测试速度	$1 \pm 0.2\text{mm/min}$	《塑料 弯曲性能的测定》GB/T9341

表 4.0.4-2 钢带材料特性

特征	要求
弹性模量	$\geq 193\text{GPa}$
材质	不锈钢，且不低于 201 牌号

4.0.5 管片内衬法所用型材为片状型材，可由不锈钢或 PVC-U 制成，型材表面应光滑，具有耐久性及抗腐蚀性。PVC 片状型材的物理性质的检测及要求应满足表 4.0.5 的规定。

表 **4.0.5** 管片内衬材料性能

性能		测试标准
纵向拉伸强度 (Mpa)	> 44.4	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T1040.2
纵向弯曲强度 (Mpa)	> 75.0	《塑料 弯曲性能的测定》 GB/T9341
热塑性塑料维卡软化温度 (℃)	> 75.4	《热塑性塑料维卡软化温度 (VST)的测定》GB/T 1633

4.0.6 不锈钢套筒法所采用的材料应符合下列要求：

1 所采用的不锈钢、止水材料应符合国家有关标准的要求，应具有质量合格证和质量检测报告；

2 所用材料应无毒、无刺激性气味、不溶于水、对环境无污染；

3 止水材料应符合下列要求：

1) 止水材料可以由发泡胶或橡胶材料组成；

2) 发泡胶应采用双组分，在作业现场混合使用；

3) 发泡胶固化时间应可控，固化时间宜在 30min～120min。

4) 橡胶材料需做成筒状，附在不锈钢套筒的外侧，橡胶筒的两端应设置止水圈。

4 不锈钢套筒应符合下列要求：

1) 不锈钢套筒应采用 T304 及以上材质；

2) 不锈钢套筒的厚度应根据选用的材质和管径来选择；

3) 不锈钢套筒的两端应加工成喇叭状或锯齿形边口等，边口宽度宜为 20mm；

4) 止回扣应能保证卡住后不发生回弹，且不应修复气囊造成破坏。

4.0.7 在同一个修复管段内应使用相同型号、同一生产厂家的管材或型材，管材或型材不得存在可见的裂缝、孔洞、划伤、夹杂物、气泡、变形等缺陷。

4.0.8 非开挖修复工程所用成品管道或型材应有清晰的标注，折叠管的标注间距不应大于 3m。带状型材的标注间距不应大于 5.0m，片状型材每片都应进行标注。

4.0.9 内衬管或型材的运输和存储应符合以下规定：

1 工厂预制折叠管应采用非金属缠绕带进行捆扎并缠绕在卷筒上进行运输，缠绕带的层数和间距应根据管道的直径、壁厚、材料等级、环境温度等因素确定。

2 机械制螺旋缠绕法所用 PVC-U 带状型材应连续地缠绕在卷筒上储存运输。

3 内衬管或型材的存储和运输应符合现行行业标准《埋地塑料排水管道工程技术规范》CJJ 143 中的规定。

4 光固化 CIPP 内衬修复材料应当遮光运输，热固化 CIPP 内衬修复材料应当在运输中保证管材对环境温度的要求。

4.0.10 不锈钢套筒法所采用的材料应符合下列要求：

1 所采用的不锈钢、止水材料应符合国家有关标准的要求，应具有质量合格证和质量检测报告；

2 所用材料应无毒、无刺激性气味、不溶于水、对环境无污染；

3 止水材料应符合下列要求：

1) 止水材料可以由海绵、发泡胶或橡胶材料组成；

2) 发泡胶应采用双组分，在作业现场混合使用；

3) 发泡胶固化时间应可控，固化时间宜在 30min～120min。

4) 橡胶材料需做成筒状，附在不锈钢套筒的外侧，橡胶筒的两端应设置止水圈。

4 不锈钢套筒应符合下列要求：

1) 不锈钢套筒应采用 T304 及以上材质；

2) 不锈钢套筒的厚度应根据选用的材质和管径来选择；

3) 不锈钢套筒的两端应加工成喇叭状或锯齿形边口等，边口宽度宜为 20mm；

4) 止回扣应能保证卡住后不发生回弹，且不应修复气囊造成破坏。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 非开挖修复工程设计前应详细调查原有管道的基本概况、工程地质和水文地质条件、现场施工环境。

5.1.2 应按照国家现行行业标准《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181 对原有管道的缺陷进行检测与评估，当管段结构性缺陷等级大于等于Ⅲ级时应采用结构性修复，当管段结构性缺陷类型为整体缺陷时应采用整体修复。

5.1.3 非开挖修复工程的设计应符合下列原则：

- 1 原有管道地基及管周土体若不满足要求时，应进行处理；
- 2 修复后管道的结构应满足受力要求；
- 3 修复后管道的过流能力应满足要求；
- 4 修复后管道应满足清疏技术对管道的要求；

5.1.4 非开挖修复工程方法选择可参考表 5.1.4。

表 5.1.4 非开挖修复工程修复方法的工法特征

非开挖修复方法	适用范围和使用条件						
	推荐管径 (mm)	内衬管材质	是否需要 工作坑	是否需要 注浆	最大允许 转角	可修复原有 管道截面形状	局部或整体 修复
原位固化法	200~1500	玻璃纤维、针状毛毡、树脂等	不需要	不需要	45°	圆形、蛋形、矩形等	整体修复
喷涂法	≥800	防腐砂浆、多组分复合材料	不需要	不需要	—	主要用于圆形管道及检查井修复	整体修复
机械制螺旋缠绕法	200~3000	PVC-U、PE 型材	不需要	根据设计要求	15°	圆形、矩形、马蹄形等	整体修复
管片内衬法	800~3000	PVC-U 型材、填充材料	不需要	需要	15°	圆形、矩形、马蹄形等	整体修复
不锈钢套筒法	200~1500	止水材料、不锈钢套筒等	不需要	不需要	—	圆形	局部修复
点状原位固化法	200~1500	玻璃纤维、针状毛毡、树脂等	不需要	不需要	—	圆形、蛋形、矩形等	局部修复

5.1.5 相同直径并且管道转角符合表 5.1.4 中的规定的管道，可按同一个修复段进行设计，

否则应按不同管段进行设计。

5.1.6 原位固化法所用软管，固化后外径应与原有管道内径相一致。

5.2 内衬管设计

5.2.1 当采用原位固化法进行管道半结构性修复时，内衬管最小壁厚应符合下列要求：

1 内衬管的壁厚应按下列公式计算：

$$t = \frac{D_o}{\left[\frac{2KE_L C}{PN(1-\mu^2)} \right]^{\frac{1}{3}} + 1} \quad (5.2.1-1)$$

$$C = \left[\frac{\left(1 - \frac{q}{100} \right)}{\left(1 + \frac{q}{100} \right)^2} \right]^3 \quad (5.2.1-2)$$

$$q = 100 \times \frac{(D_E - D_{\min})}{D_E} \quad \text{或} \quad q = 100 \times \frac{D_{\max} - D_E}{D_E} \quad (5.2.1-3)$$

式中： t ——内衬管壁厚（mm）；

P ——内衬管管底地下水压力（MPa），地下水位的取法，参照国标《给水排水管道结构工程设计规范》GB 50332 中的规定选取；

C ——椭圆度折减系数；

q ——原有管道的椭圆度系数，一般可取 2；

D_E ——原有管道的平均内径（mm）；

$D_{\min}$ ——原有管道的最小内径（mm）；

$D_{\max}$ ——原有管道的最大内径（mm）；

N ——安全系数（取 2.0）；

E_L ——内衬管的长期弯曲弹性模量（MPa），可由厂家提供同批次的第三方检测报告确定，厂家无同批次的第三方检测报告时，取短期弹性模量的 50%；

K ——圆周支持率，推荐取值为 7.0；

μ ——泊松比（原位固化法内衬管取 0.3，PE 内衬管取 0.45）。

2 当内衬管管道位于地下水位以上时，原位固化法内衬管 SDR 不得大于 100，HDPE 内衬管 SDR 不得大于 42。

3 当内衬管椭圆度不为零时，内衬管的壁厚除应满足式（5.2.1-1）外，且应大于式（5.2.1-4）的计算结果。

$$1.5 \frac{q}{100} \left(1 + \frac{q}{100} \right) SDR^2 - 0.5 \left(1 + \frac{q}{100} \right) SDR = \frac{\sigma_L}{PN} \quad (5.2.1-4)$$

式中： σ_L ——内衬管材的长期弯曲强度（MPa），宜取短期强度的 50%；

SDR ——管道的标准尺寸比 (D_0/t)。

5.2.2 当采用原位固化法进行管道结构性修复时, 内衬管最小壁厚应符合下列要求:

1 内衬管壁厚应采用公式 (5.2.2-1) 进行计算。

$$t = 0.721D_0 \left[\frac{\left(\frac{N \times q_t}{C} \right)^2}{E_L \times R_w \times B' \times E_s'} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (5.2.2-1)$$

$$q_t = 0.00981H_w + \frac{\gamma \times H_s \times R_w}{1000} + W_s \quad (5.2.2-2)$$

$$R_w = 1 - 0.33 \times \frac{H_w}{H_s} \quad (5.2.2-3)$$

$$B' = 1 / (1 + 4e^{-0.213H}) \quad (5.2.2-4)$$

式中: q_t ——管道总的外部压力 (MPa), 包括地下水压力、上覆土压力以及活荷载;

R_w ——水浮力系数 (最小取 0.67);

H_w ——管顶以上地下水位高 (m);

H_s ——管顶覆土厚度 (m);

H ——管道敷设深度 (m)

γ ——土的重度 (kN/m^3);

W_s ——活荷载 (MPa), 应根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 中的规定确定;

B' ——弹性支撑系数;

E_s' ——管侧土综合变形模量 (MPa), 参照现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 选取;

e ——取 2.718。

2 内衬管的最小壁厚还应满足公式 (5.2.2-5) 的要求。

$$t \geq \frac{0.1973 D_0}{E^{1/3}} \quad (5.2.2-5)$$

式中: E ——内衬管初始弹性模量 (MPa)。

3 结构性修复内衬管的最小厚度还应同时满足公式 (5.2.1-1) 和 (5.2.1-4) 的要求。

5.2.3 机械制螺旋缠绕法内衬管刚度系数应符合以下规定:

1 采用内衬管贴合原有管道机械制螺旋缠绕法半结构性修复时, 内衬管最小刚度系数应满足下列要求。

$$E_L I = \frac{P(1-\mu^2)D^3}{24K} \cdot \frac{N}{C} \quad (5.2.3-1)$$

$$D = D_o - 2(h - \bar{y}) \quad (5.2.3-2)$$

式中： E_L ——机械制螺旋缠绕内衬管的长期弹性模量（MPa）；
 I ——机械制螺旋缠绕内衬管单位长度管壁惯性矩（ mm^4/mm ）；
 $E_L I$ ——机械制缠绕管的刚度系数（ MPa mm^3 ）；
 D ——机械制螺旋缠绕内衬管平均直径（mm）；
 h ——带状型材高度（mm）；
 $\bar{y}$ ——带状型材内表面至带状型材中性轴的距离（mm）；
 K ——圆周支持率，推荐取值为 7.0；
 μ ——泊松比（取 0.38）。

2 采用内衬管不贴合原有管道机械制螺旋缠绕法半结构性修复时，内衬管与原有管道间的环状空隙应进行注浆处理，且内衬管最小刚度系数应满足下列要求。

$$E_L I = \frac{PND^3}{8(K_1^2 - 1)C} \quad (5.2.3-3)$$

式中： K_1 ——与未注浆角度 φ 相关的系数（ $\sin \frac{K_1 \varphi}{2} \cos \frac{\varphi}{2} = K_1 \sin \frac{\varphi}{2} \cos \frac{K_1 \varphi}{2}$ ， K_1 与未注浆角度的关系如表 5.2.3 所示）。
 φ 为未注浆的角度，如图 5.2.3 所示，

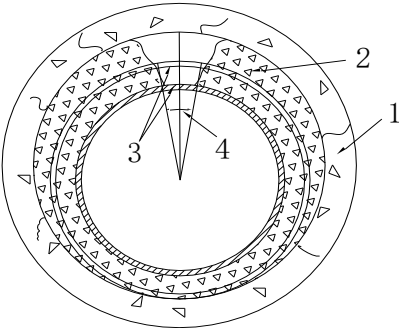


图 5.2.3 未灌浆角度示意图

1—原有管道；2—浆体；3—螺旋缠绕内衬管；4—未注浆角度

表 5.2.3 K_1 取值与未注浆角度的关系

$2\varphi(^{\circ})$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
k_1	51.5	25.76	17.18	12.9	10.33	8.62	7.4	6.5	5.78
$2\varphi(^{\circ})$	100	110	120	130	140	150	160	170	180
k_1	5.22	4.76	4.37	4.05	3.78	3.54	3.34	3.16	3.0

3 采用内衬管贴合原有管道或虽不贴合原有管道，但内衬管道按照独立结构管设计，不考虑浆液填充强度时，机械制螺旋缠绕法结构性修复时最小刚度系数应满足下列要求。

$$E_L I = \frac{(q_t N / C)^2 D^3}{32 R_w B' E_s} \quad (5.2.3.4)$$

在实际设计中，也可按照最小环刚度对设计管道的强度进行控制：

$$\frac{EI}{D^3} = \frac{(q_t N / C)^2}{32 R_w B' E_s} \quad (5.2.3.5)$$

4 采用内衬管不贴合原有管道机械制螺旋缠绕法，按照复合结构管设计修复时，应对环状空隙内进行注浆，原有管道、并应确认内衬管、钢带、注浆体和原有管道组成的复合结构能承受作用在管道上的总荷载。

5 采用机械制螺旋缠绕内衬法进行结构性修复时内衬管最小刚度系数 $E_L I$ 还应同时满足公式 (5.2.3-1) 的要求。

5.2.4 当采用喷涂法为圆形管道进行半结构性修复时，应进行喷涂层结构强度设计计算，并应满足非结构性修复喷涂层厚度的最小要求厚度。

1 喷涂内衬管的最小壁厚应符合(5.2.4-1)式要求。

$$t \geq \frac{D_0}{\left[\frac{2KE_L C}{PN(1-\mu^2)} \right]^{\frac{1}{3}} + 1} \quad (5.2.4-1)$$

式中：

t —喷涂内衬管壁厚(mm)；

D_0 —喷涂内衬管外径(mm)；

K —管外土体对管道的圆周支持率，取 7.0；

E_L —喷涂内衬管的长期弯曲模量(MPa)，长期弯曲模量可取为短期弯曲模量的 50%；

C —原有管道椭圆度折减系数，按(5.2.4-2)式计算；

P —喷涂内衬管的管顶地下水压力和管内真空压力之和(MPa)。地下水压力的取值应按 GB 50332 确定；排水管道内部的真空压力取 0，给水管道内部的真空压力取 0.5MPa。

N —安全系数，取 2.0；

μ —泊松比，宜由厂家提供。无经验时也可参考如下数据取值：水泥砂浆取 0.16，聚合物水泥砂浆取 0.18，环氧树脂取 0.38，聚氨酯取 0.42，高强度聚氨酯取 0.45；

$$C = \left[\frac{\left(1 - \frac{q}{100}\right)}{\left(1 + \frac{q}{100}\right)} \right]^3 \quad (5.2.4-2)$$

式中：

q —原有管道的椭圆度（%），按式(5.2.4-3)或式(5.2.4-4)计算，当无法计算时，可取 2.0；

$$q = 100 \left(\frac{D_E - D_{\min}}{D_E} \right) \quad (5.2.4-3)$$

$$q = 100 \left(\frac{D_{\max} - D_E}{D_E} \right) \quad (5.2.4-4)$$

式中：

D_E —原有管道的平均内径（mm）；

$D_{\min}$ —原有管道的最小内径（mm）；

$D_{\max}$ —原有管道的最大内径（mm）。

2 当喷涂管道位于地下水位以上时，喷涂内衬管的标准尺寸比(SDR)不得大于 100。

3 当喷涂内衬管椭圆度不为零时，喷涂内衬管的最小壁厚值还应满足(5.2.4-5)式要求：

$$\frac{1.5q}{100} \left(1 + \frac{q}{100} \right) SDR^2 - 0.5 \left(1 + \frac{q}{100} \right) SDR = \frac{\sigma_L}{PN} \quad (5.2.4-5)$$

式中：

SDR —喷涂内衬管的标准尺寸比，按(5.2.4-6)式计算；

σ_L —喷涂内衬管的长期弯曲强度(MPa)，宜取短期弯曲强度的 72%。

内衬管的标准尺寸比按下式计算：

$$SDR = \frac{D_0}{t} \quad (5.2.4-6)$$

5.3 水力计算

5.3.1 管道内流量可按公式（5.3.1）进行计算：

$$Q = 0.312 \frac{D_E^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (5.3.1)$$

5.3.2 修复后管道的过流能力与修复前管道的过流能力的比值应按公式（5.3.2）进行计算：

$$B = \frac{n_e}{n_l} \times \left(\frac{D_I}{D_E} \right)^{\frac{8}{3}} \times 100\% \quad (5.3.2)$$

式中： B ——管道修复前后过流能力比；

n_e ——原有管道的粗糙系数；

n_l ——内衬管的粗糙系数。

5.3.3 部分管材的粗糙系数可按表 5.3.3 取值。

表 5.3.3 粗糙系数取值

管材类型	粗糙系数 n
原位固化内衬管	0.009
PE 挤出管或 PVC-U 挤出管	0.009
管片拼装法内衬管	0.012
螺旋缠绕内衬管	0.010
混凝土管	0.013
砖砌管	0.016
陶土管	0.014
喷涂法内衬管	0.015

注：本表所列粗糙系数是指管道在完好无损的条件下的粗糙系数。如果管道受到腐蚀或破坏等，其粗糙系数会增加。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 施工前应取得安全施工许可证，并应遵循有关施工安全、劳动防护、防火、防毒的法律、法规，建立安全生产保障体系。

6.1.2 施工前应编制施工组织设计，施工组织设计必须按照规定程序审批后执行。

6.1.3 施工设备应根据工程特点合理选用，并应有总体布置方案，对于不宜间断的施工方法，应有满足施工要求备用的动力和设备。

6.1.4 需采取临时排水措施时，应按现行国家标准《城镇排水管渠与泵站维护技术规程》CJJ 68 的相关规定对原有管道进行封堵，还应满足下列要求：

- 1 随时检查管堵的气压，当管堵气压降低时应及时用空压机对其充气；
- 2 管内水量充满时应对管堵进行支撑；
- 3 临时排水设施的排水能力应能确保各修复工艺的施工要求。

6.1.5 在质量检验、验收中使用的计量器具和检测设备，必须经计量检定、校准合格后方可使用。承担材料和设备检测的单位应具备相应的资质。

6.2 管道预处理

6.2.1 非开挖修复工程施工前，应对管道进行预处理，并应满足表 6.2.1 的要求。

表 6.2.1 原有管道预处理的要求

非开挖修复方法	要求
原位固化法	管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及突起，管内不应有积水
喷涂法	待修复管道无堵塞，宜排除积水
机械制螺旋缠绕法	管道内无沉积、结垢和障碍物、可带水作业
管片内衬法	管道内无沉积、结垢和障碍物
局部修复法	修复部位管内无明显沉积物、结垢和障碍物且待修复部位前后 500mm 内的管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及突起。

6.2.2 宜采用高压水射流进行管道清洗，清洗产生的污物应从检查井内排出，污物应按国家现行标准《城镇排水管渠与泵站维护技术规程》CJJ 68 中的规定处理。

6.2.3 宜采用专用工具或开挖的方式清除管内影响内衬施工的障碍。

6.2.4 有内钢套的原有管道，应对内钢套进行预处理。

6.2.5 变形严重、接头错位严重的管道应按经批准的施工组织设计进行预处理。

6.2.6 漏水严重的原有管道，应对漏水点进行止水或隔水处理。

6.3 翻转式原位固化法

6.3.1 软管的树脂浸渍及运输应符合以下要求：

- 1 树脂可采用热固性的聚酯树脂、环氧树脂或乙烯基树脂。
- 2 树脂应能在热水、热蒸汽作用下固化，且初始固化温度应低于 80℃。
- 3 在浸渍软管之前应仔细计算树脂的用量，树脂的各种成分应进行充分混合，实际用量应比理论用量多 5%~15%。
- 4 树脂和添加剂混合后应及时进行浸渍，停留时间不得超过 20min，当不能及时浸渍时，应将树脂冷藏，冷藏温度应低于 15℃，冷藏时间不得超过 3h。
- 5 软管应在抽成真空状态下充分浸渍树脂，且不得出现干斑或气泡。
- 6 浸渍过树脂的软管应存储在低于 20℃的环境中，运输过程中应记录软管暴露的温度和时间。

6.3.2 可采用水压或气压的方法将浸渍树脂的软管翻转置入原有管道，施工过程应符合以下规定：

- 1 翻转时将软管的外层防渗塑料薄膜应向内翻转成内衬管的内膜（与管内水或蒸汽相接触）；
- 2 翻转压力应控制在使软管充分扩展所需最小压力和软管所能承受的最大内部压力之间，同时应能使软管翻转到管道的另一端点，相应压力值应咨询软管生产商；
- 3 翻转过程中宜用润滑剂减少翻转阻力，润滑剂应是无毒的油基产品，且不得对软管和相关施工设备等产生不良影响；
- 4 翻转完成后，浸渍树脂软管伸出原有管道两端的长度宜大于 1m。

6.3.3 翻转完成后可采用热水或热蒸汽对软管进行固化，并应符合下列规定：

- 1 热水供应装置和蒸汽发生装置应装有温度测量仪，固化过程中应对温度进行认真测量和监控；
- 2 在修复段起点和终点，应在浸渍树脂软管与原有管道之间安装监测管壁温度变化的温度感应器，温度感应器应安装在原有管道和内衬管之间，距离端口大于 300mm 处；
- 3 热水宜从标高较低的端口通入，蒸汽宜从标高较高的端口通入；
- 4 固化温度应均匀升高，固化所需的温度和时间以及温度升高速度应参照树脂材料说明书的规定或咨询树脂材料生产商，并应根据修复管段的材质、周围土体的热传导性、环境温度、地下水位等情况进行适当调整；
- 5 固化过程中软管内的水压或气压应能使软管与原有管道保持紧密接触，并保持该压力值直到固化结束；
- 6 可通过温度感应器监测的树脂放热曲线判定树脂固化的状况；

6.3.4 固化完成后内衬管的冷却应符合以下规定：

- 1 应先将内衬管的温度缓慢冷却至一定温度，热水固化宜为 38℃；蒸汽固化宜为 45℃；
- 2 可用常温水替换软管内的热水或蒸汽进行冷却，替换过程中内衬管内不得形成真空。
- 3 应待冷却稳定后方可进行后续施工。

6.3.5 当端口处内衬管与原有管道结合不紧密时，应在内衬管与原有管道之间充填树脂混合物进行密封，且树脂混合物应与软管浸渍的树脂材料相同。

6.3.6 内衬管端头应切割整齐。

6.3.7 应做好翻转式原位固化法施工的树脂存储温度、冷藏温度和时间，树脂用量，软管浸渍停留时间和使用长度，翻转压力、温度，固化温度、时间和压力，内衬管冷却温度、时间、压力等记录和检验。

6.4 紫外光固化法

6.4.1 采用牵拉方式将浸渍光固性树脂软管置入待修复管道内,通过紫外灯光使其固化后形成管道内衬的一种管道整体修复方法。

6.4.2 拉入软管之前应在原有管道内铺设垫膜,垫膜应置于原有管道底部,并应覆盖大于1/3的管道周长,且应在原有管道两端进行固定。

6.4.3 软管的拉入应符合下列规定:

1 应沿管底的垫膜将浸渍树脂的软管平稳、缓慢地拉入原有管道,拉入速度不得大于5m/min;

2 拉入软管过程中,不得磨损或划伤软管;

3 软管的轴向拉伸率不得大于2%;

4 软管两端应比原有管道长出300mm~600mm;

5 软管拉入原有管道之后,端头宜对折放置在垫膜上。

6.4.4 软管的扩展应采用压缩空气,并应符合下列规定:

1 充气装置宜安装在软管入口端,且应装有控制和显示压缩空气压力的装置;

2 充气前应检查软管各连接处的密封性,软管末端宜安装调压阀;

3 压缩空气压力应能使软管充分膨胀扩张紧贴原有管道内壁,压力值应咨询软管生产商。

6.4.5 采用紫外光固化时应符合下列规定:

1 紫外光固化过程中内衬管内应保持一定的空气压力,使内衬管与原有管道紧密接触;

2 应根据内衬管管径和壁厚合理控制紫外光灯的前进速度;

3 内衬管固化完成后,应缓慢降低管内压力至大气压;

6.4.6 固化完成后内衬管端头应按本规程6.3.5条和6.3.6条的规定进行密封和切割处理。

6.4.7 应做好软管拉入长度、扩展压缩空气压力,固化温度、时间和压力以及紫外光巡航速度,内衬管冷却温度、时间、压力等记录和检验。

6.5 喷涂法

6.5.1 通过在检查井、管道内壁喷涂一定厚度的防腐砂浆或多组分复合材料形成内衬,喷涂内衬可起到防腐防渗漏修复的作用。

6.5.2 防腐砂浆施工应符合下列规定:

1 使用足够压力的高压水枪冲洗基材,去除浮皮、松动的材料、完全或部分腐蚀的材料、油污以及各种残留的有机膜或有机涂料,确保所有基底清洁、坚固。

2 确保处理后的所有基底有足够的粗糙度,粗骨料裸露。

3 喷涂前,要求基底处于吸水饱和、表面潮湿但无自由水的状态。如果结构停用、干水了一段时间,则应在喷涂砂浆前淋水充分预湿基底。预湿基底工作必须在砂浆喷涂前停止。喷涂前用手指触摸基底,确认基底潮湿但无表面流水。严禁在有流水的区域喷涂砂浆。

4 如果基底清洗结束后观察到流水或渗水现象,必须使用专业的防渗、堵漏材料快速阻止水流。

5 确保砂浆均送入喷枪,作业气压应该均并且能保证足够的喷射速度使喷涂的砂浆密实。如果喷出来的砂浆材料速度不均并出现浆团、沙点或坑洼,操作人员应把喷枪移离工作

区，纠正出现的问题，然后才继续喷涂。出现缺陷的部位应重新喷涂。

6 每层喷涂的厚度不超过 50 mm。如果保护层的施工厚度需要超过 50 mm，一般应该使用钢筋网或者分两层施工。分两层施工时，第二层的施工必须在第一层和基层已经有了一定的粘性后、但在砂浆终凝时间还没有到达前进行。

6.5.3 聚氨酯喷涂施工过程中应符合以下规定：

- 1 喷涂机储料灌内涂料的预热时间应根据喷涂机的温度传感器检测周围的环境温度确定。
- 2 空压机向喷涂机的储料灌加压应控制罐内压力不超过 250mbar。
- 3 在喷涂前应校核喷涂机两组分涂料供应泵及其控制系统，检测在相同的单位时间内喷涂机泵送的涂料重量。
- 4 喷涂前应当将基底清洗干净，并将表面烘干。
- 5 严禁在表面潮湿或有水流的情况下进行喷涂。

6.5.4 环氧树脂喷涂施工过程中应符合以下规定：

- 1 环氧树脂喷涂应先根据管道直径等参数选择离心喷涂或气体喷涂。
- 2 喷涂涂料喷涂作业前应充分搅拌均匀并熟化 15min。
- 3 采用设备喷涂的，应控制喷嘴的流量与喷涂车的行走速度。
- 4 多次喷涂的，后一次喷涂应在前一次喷涂表面干后方可进行。
- 5 气体喷涂作业，应先将涂料放入喷涂机内，再将喷涂机与连接压空机、出气管相连。
- 6 气体喷涂作业应喷涂 2 次以上。
- 7 气体喷涂的多余的材料应由高压气体吹出。
- 8 离心喷涂的第一道底漆喷涂宜在喷砂除锈后 1h 内完成。
- 9 离心喷涂的厚度，可采取多层喷涂叠加达到。
- 10 环氧树脂喷涂后的养护，应先向管内送入微风至涂膜初步硬化；再进行自然固化或送入温风进行加热固化。加温固化的温度在 25℃时，固化时间应大于 4h；加温固化的温度在 60℃时，固化时间应大于 3h。

6.6 机械制螺旋缠绕法

6.6.1 按照缠绕机的工作状态可分为固定设备内衬法和移动设备内衬法（也称机头行走式）。

固定设备内衬法，是指螺旋缠绕机在工作井内施工，缠绕管沿管道推进的一种修复方式；移动设备内衬法（机头行走式），是指螺旋缠绕机随着螺旋缠绕管的形成沿管道移动的一种修复方式；固定设备内衬法，又可以分为固定口径式和扩张式两种。

6.6.2 固定设备内衬管螺旋缠绕工艺应符合以下规定：

- 1 螺旋缠绕设备应固定在起始工作坑中，且其轴线应与管道轴线一致；
- 2 内衬管的缠绕成型及推入过程应同步进行，直到内衬管到达目标工作坑（检查井）；
- 3 内衬管缠绕过程中，应密切注视公母锁扣的咬合情况，对于固定口径式，带状型材应在公母锁扣上自带密封胶，对于扩张式工艺，尚应在主锁扣中注入密封剂粘结剂，并在主锁扣和次锁扣间放置钢丝；

- 4 内衬管在扩张前应将端口固定；
 - 5 扩张工艺的钢丝抽拉和螺旋缠绕操作应同步进行，直至整个修复段内衬管扩张完毕。
- 6.6.3** 移动设备内衬管螺旋缠绕工艺应符合以下规定：
- 1 螺旋缠绕设备的轴线应与待修复管道轴线对正；
 - 2 可通过调整螺旋缠绕设备获得所需要的内衬管直径；
 - 3 螺旋缠绕设备的缠绕与行走应同步进行；
- 6.6.4** 螺旋缠绕作业应平稳、匀速进行，锁扣应嵌合、连接牢固。
- 6.6.5** 内衬管两端与原有管道间的环状空隙应进行密封处理，且密封材料应与内衬管道相兼容。
- 6.6.6** 当管道环状间隙需要注浆时应符合以下规定：
- 1 当内衬管不足以承受注浆压力时，注浆前必须对内衬管进行支护或采取其他保护措施；
 - 2 当有支管存在时，注浆前应打通内衬管的支管连接并采取保护措施，注浆时浆液不得进入支管；
 - 3 注浆孔或通气孔应设置在两端密封处或支管处，也可在内衬管上开孔；
 - 4 浆液应具有较强的流动性、固化过程收缩小、放热量低的特性，固化后应具有一定的强度；
 - 5 宜采用分段注浆工艺；
 - 6 注浆完成后应密封内衬管上的注浆孔，且应对管道端口进行处理，使其平滑完整。
- 6.6.7** 应做好机械制螺旋缠绕法施工的缠绕（扩张）和行走速度，主锁口密封剂、次锁口粘结剂注入量，内衬管与原有管道间隙注浆量等记录和检验。
- 6.6.8** 机械制螺旋缠绕法可带水作业，但为了保障施工人员安全，一般情况下，需要将水流控制在 30%以下。
- 6.6.9** 当采用机械制螺旋缠绕法内衬管需要对接时，应当保证对接强度，并对对接处表面做好防腐处理。

6.7 管片内衬法

- 6.7.1** 管片进入检查井及原有管道时不得对管片造成损伤。
- 6.7.2** 采用人工方法将管片拼装在一起，管片间横向、纵向均应进行连接。
- 6.7.3** 管片之间采用螺栓连接或焊接连接时，应在连接部位注入与管片材料相匹配的密封胶或粘结剂。
- 6.7.4** 内衬管两端与原有管道间的环状空隙应进行密封处理，密封材料应与片状型材兼容。
- 6.7.5** 管片拼装完后应对内衬管与原有管道间的环状空隙进行注浆，且应符合下列规定：
- 1 注浆材料的强度、流动度宜满足表 6.7.5 的要求，且应具有抗离析、微膨胀、抗开裂等性能。

表 6.7.5 注浆料性能

性能	指标
抗压强度等级	>50MPa
流动度 (mm)	>270

2 注浆工艺应符合本规程 6.6.6 条的有关规定。

6.7.6 应做好管片内衬法施工的管片安装连接、密封胶和粘结剂注入量、内衬管与原有管道间隙注浆量等记录和检验。

6.8 不锈钢套筒法

6.8.1 不锈钢套筒制作应符合下列要求：

- 1 不锈钢及海绵的长度应能覆盖整个待修复的缺陷，且前后至少各长出 100mm；
- 2 发泡胶的涂抹应在现场阴凉处完成，用量应为海绵体积的 80%。

6.8.2 修复过程应遵循下列规定：

- 1 应分别在始发井和接收井各安装一个卷扬机牵引不锈钢套筒运载小车和 CCTV 设备；
- 2 将运载小车牵引到管内待修复位置；
- 3 运载小车被牵拉到达待修复位置后，应缓慢向气囊内充气，使不锈钢套筒和海绵缓慢展开并紧贴原有管道内壁，气囊压力不得破坏不锈钢套筒的卡锁机构，最大压力宜控制在 400kPa 以下；
- 4 当确认不锈钢套筒完全展开并锁定后，缓慢释放气囊内的气压，并收回运载小车和 CCTV 等设备。

6.8.3 应做好不锈钢套筒法施工的不锈钢和海绵、橡胶筒的安装位置，发泡胶用量，气囊压力，卡锁锁定等记录和检验。

6.9 点状原位固化法

6.9.1 内衬管的长度应能覆盖待修复缺陷，且前后应比待修复缺陷至少长 200mm；

6.9.2 浸渍树脂应遵循下列规定：

- 1 如果采用常温固化树脂，树脂的固化时间不得小于 1h，宜为 2h~4h。
- 2 树脂的浸渍宜按照本规程 6.4 节的规定进行，或根据实际情况采取特殊的浸渍工艺；
- 3 软管浸渍完成后，应立即进行修复施工，否则应将软管保存在适宜的温度下，且不应受灰尘等杂物污染。

6.9.3 软管的安装应遵循下列规定：

- 1 软管应绑扎在可膨胀的气囊上，气囊应由弹性材料制成，能承受一定的水压或气压，应有良好的密封性能；
- 2 通过气囊或小车将浸渍树脂软管运送到待修复位置，并采用 CCTV 设备实时监测、辅助定位；
- 3 气囊的工作压力和修补管径范围应咨询气囊设备厂家。

6.9.4 软管的膨胀及固化应符合下列规定：

- 1** 当采用常温固化树脂时，气囊宜充入空气进行膨胀；
- 2** 当采用加热固化树脂时，应先采用空气或水使软管膨胀，再置换成热蒸汽或热水进行固化；
- 3** 气囊内气体或水的压力应能保证软管紧贴原有管道内壁，但不得超过软管材料所能承受的最大压力；
- 4** 采用常温固化树脂体系时，应根据修复段的直径、长度和现场条件确定固化时间；
- 5** 采用加热固化树脂体系时，应按照本规程 6.4 节的相关规定进行操作；
- 6** 固化完成后应缓慢释放气囊内的气体。如果采用加热固化法，应先将气囊内气体或水的温度降到 38℃ 后，然后缓慢释放气囊内的气体或水。

6.9.5 应做好树脂用量，软管浸渍停留时间和使用长度，气囊压力，固化温度、时间和压力，内衬管冷却温度、时间、压力等记录和检验。

7 工程验收

7.1 一般规定

7.1.1 验收内容及流程、记录除满足本规程的规定外，还应满足相关行业管道现行标准的要求。

7.1.2 修复后管道结构性或功能性试验应按现行相关管道标准的有关规定执行。

7.1.3 施工单位在修复更新工程完工后，应先对更新管道目测进行外观检查，合格后通知相关部门验收。

7.1.4 对于相关行业管道现行标准没有提及修复后管道的结构性或功能性验收，应按设计书的设计要求、试验目的设置试验条件、主要参数及验收合格值；与试验条件相近的管道修复后的结构性或功能性验收宜以试验结果作为判定依据。

7.1.5 现行标准有明确要求的修复用主材，其规格、尺寸、性能应符合现行标准要求，其同批次产品的进场验收的现场取样数量应不少于 1 组。

7.1.6 对于相关行业管道现行标准没有明确规定的修复主材的质量验收，应按设计设计要求进行验收或以相近现行标准对该材料主要参数的测试值与标准规定值比较进行验收；涉及现场固化的，宜以固化后的主要参数的测试值与标准规定值比较进行验收。

7.1.7 对于相关行业管道现行标准没有提及的修复后管道内表面质量验收，应按设计或施工方案要求对修复后管道内表面质量进行验收。

7.1.8 管道预处理、修复清洗和更新管道质量，应按照本规程和国家现行相关行业标准的有关规定采用闭路电视设备进行管道检测，当管径大于等于 800mm 时，也可派人进入管道检测，并保存影像。

7.1.9 涉及待修复管道预处理和清洗工序的验收应按预处理和清洗的设计或施工方案的要求进行。

7.2 原管道预处理

主控项目

7.2.1 原有管道清洗后的损坏程度经设计认可，施工方案满足设计要求。

检查方法：对照设计文件检查施工方案，检查与设计的洽商记录。

7.2.2 原有管道预处理后表面质量应符合本规程 6.2.1 条的规定。

检查方法：全数检查。

一般项目

7.2.3 原有管道清洗后检查记录齐全。

检查方法：检查现场记录、CCTV 记录等。

7.2.4 原有管道的预处理符合设计和施工方案的要求。

检查方法：检查管道处理记录、材料和实体施工检验记录或报告。

7.2.5 原有管道及作业影响范围的土体加固符合设计和施工方案的要求。

检查方法：检查技术处理方案和施工检验记录或报告。

7.3 更新管道验收

7.3.1 更新管道验收质量要求

1 对于喷涂法、原位固化法、点状原位固化法、不锈钢套筒法等施工的内衬壁厚的允许偏差应符合：有效壁厚不得小于设计值。

2 对于管片内衬法、机械制螺旋缠绕法等施工的内衬壁厚应符合现行国家标准或设计要求。

3 PE 管材的性能复测应包括管环刚度、环柔性、拉伸屈服应力等，PE 管的热熔对接的质量应符合《塑料管材和管件聚乙烯(PE)管材/管材或管材/管件、热熔对接组件的制备》GB/T 19809 的规定。PE 管插接的质量应符合设计要求。

4 原位固化法内衬管的短期力学性能和测试方法应按表 7.3.1-1 和表 7.3.1-2 中的规定进行。内衬管的长期力学性能应根据业主要求进行测试，不应小于初始性能的 50%。

表 7.3.1-1 不含玻璃纤维原位固化法内衬管的初始结构性能要求

性能		测试标准
弯曲强度 (MPa)	>31	《塑料 弯曲性能的测定》 GB/T9341
弯曲模量 (MPa)	>1724	《塑料 弯曲性能的测定》 GB/T9341
抗拉强度 (MPa)	>21	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T1040.2

注：本表只适用于原位固化法内衬管初始结构性能的评估。

表 7.3.1-2 含玻璃纤维的原位固化法内衬管的初始结构性能要求

性能		测试标准
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

注：本表只适用于原位固化法内衬管的初始结构性能的评估。

5 原位固化法内衬管应进行耐化学腐蚀试验，试验方法应按现行国家标准《塑料耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547 有关规定执行，并应符合下列规定：

- 1) 耐化学性的检测浸泡时间不少于28天，试验温度宜为23℃；
- 2) 样品浸泡完成后，应分别按本条第4款的规定检测试样的弯曲强度和弯曲模量，检测结果不应小于样品初始弯曲强度和弯曲模量的80%。

6 内衬管内表面质量应符合以下规定：

- 1)内衬管内表面应光洁、无裂纹、无孔洞、无拉伸变形带和软弱带等严重影响管道结构、使用功能的缺陷，
- 2)内衬管内表面的隆起、气泡相对高度不超过待修复管道内径(异型管取较小内径值)的5%，且每连续 50 延米局部隆起、气泡不大于 3 处；
- 3)内衬管内表面的干斑直径最小值不大于 80mm，且干斑数量每连续延长 50m 不大于 3 处；
- 4)直线段或待修复管线弯曲曲率半径大于 10 倍管道内径时，内衬管内表面的褶皱高度不大于 6mm 或不大于待修复管道内径(异型管取较小内径值)的 2%，且每连续 50 延米褶皱不大于 10 处；在待修复管线弯曲曲率半径大于等于 5 倍管道内径，且小于等于 10 倍管道内径时，内衬管内表面的褶皱高度不大于 20mm 或不大于待修复管道内径(异型管取较小内径值)的 3%，且每连续延长 50m 褶皱不大于 10 处；
- 5)采用管片内衬法、不锈钢套筒法和点状原位固化法时、内衬管应与原管道贴附紧密、内衬完整、搭接平顺、牢固；
- 6)采用机械制螺旋缠绕法时，接缝嵌合严密、连接牢固，无明显突起、凹陷、错台等现象，严禁出现纵向隆起、环向扁平、接缝脱离等现象；
- 7)内衬管端部的垂直度偏差：内衬管外径小于等于 DN600 的，应不大于 4mm，内衬管外径大于 DN600 的，应不大于 6mm。
- 8) 修复更新后的管道应无明显湿渍、渗水，严禁滴漏、线漏等现象。
- 9) 内衬管与待修复管道紧密贴合的，两层管之间应无渗漏；当设置密封装置时，应符合设计要求，且密封良好；内衬管与待修复管道有环状间隙的，间隙充填应无松散、空洞等现象。

7.3.2 各修复更新工法的主控项目验收应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 各修复更新工法主控项目验收

修 复 更 新工法	各工法检查项目与方法	
	检查项目及要求	检查方法
原 位 固 化法(含 翻转式、 紫外光)	内衬软管及原材料进场检验，满足本规程第 4.0.2 款中的要求	现场测量或取样检测，检查出厂合格证、性能检测报告和厂家产品使用说明等
	内衬管性能，满足本规程 7.3.1 的要求	现场测量和取样检测，检查检测报告和取样检测报告

喷涂法	内衬涂料进场检验，满足本规程第 4.0.3 款中的要求	现场测量或取样检测，检查出厂合格证、性能检测报告、和厂家产品使用说明等
	内衬层性能，满足本规程 7.3.1 的要求	现场测量和 CCTV 检测，检查检测报告和 CCTV 检测报告
	液体环氧涂料内衬层表面，应平整、光滑，无气泡、无划痕等，湿膜应无流淌现象	观察，检查施工记录
	水泥砂浆抗压强度，符合设计要求，且不低于 30MPa，试验方法参照现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70	检查砂浆配合比、抗压强度试块报告
机械制螺旋缠绕法	内衬型材、注浆材料进场检验，满足本规程第 4.0.5 款中的要求	现场测量或取样检测，检查出厂合格证、性能检测报告、和厂家产品使用说明等
	内衬层性能，满足本规程 7.3.1 的要求	CCTV 检测，检查 CCTV 检测报告
管片法	内衬管片、注浆材料进场检验，满足本规程第 4.0.6 款中的要求	现场测量或取样检测。检查出厂合格证、性能检测报告和厂家产品使用说明等
	内衬层性能，满足本规程 7.3.1 的要求	CCTV 检测或人工检测，检查检测记录
	注浆，满足本规程第 6.7.5 款的规定	检查注浆记录
	不锈钢内衬层焊缝，探伤合格，强度可靠	检查焊缝探伤检测记录
局部修复法	内衬材料进场检验，满足本规程第 4.0.7 款中的要求	现场测量或取样检测，检查出厂合格证、性能检测报告和厂家产品使用说明等
	内衬层安装位置准	CCTV 检测，检查 CCTV

确，完全覆盖待修复的局部缺陷且与原有管道紧密贴合，内衬层性能满足本规程7.3.1的要求	检测报告
---	------

7.3.3 一般项目：各修复更新工法的一般项目验收应符合表 7.3.3 的规定。

表 7.3.3 各更新工法的一般项目验收

修复更新工法	各工法检查项目与方法	
	检查项目及要求	检查方法
原位固化法(CIPP)	管道线性和顺，接口平顺，特殊部位过渡平缓	观察，检查现场检查记录、闭路电视检测(CCTV)记录等
喷涂法	水泥砂浆内衬层厚度及表面缺陷的允许偏差符合设计要求	按《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 第 5.10.3 条第 4 款的要求进行检测
	液体环氧涂料内衬层厚度及电火花试验	按《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 第 5.10.3 条第 5 款的要求进行检测
机械制螺旋缠绕法	管道线性和顺，接口平顺，特殊部位过渡平缓	观察，检查现场检查记录、闭路电视检测(CCTV)记录等
管片法	管道线性和顺，接口平顺，特殊部位过渡平缓	观察，检查现场检查记录、闭路电视检测(CCTV)记录等
局部修复法	管道线性和顺，边界部位过渡平缓	观察，检查现场检查记录、闭路电视检测(CCTV)记录等

7.4 更新管道测试试验

7.4.1 内衬管温度在管道结构性或功能性试验前应不高于周围土体温度。

7.4.2 管道修复施工完成后，重力流管道应在有条件的情况下，选择性地做井到井的严密性试验，试验按照相关行业标准的有关规定进行。

7.4.3 管道修复施工完成后，压力管道应进行压力试验，依据实际工作压力要求进行管道分

段试压、分阶段升压，试验按照相关行业标准的有关规定进行。

7.4.4 对于局部修复的管道，可不需进行闭气或闭水试验，应通过 CCTV 检测来判断其渗漏性。内衬管内壁不得有渗漏现象，待修复缺陷部位应被完全覆盖，内衬管与旧管壁接触紧密且应没有渗流现象。

7.4.5 取样检测应根据不同的修复工艺对其过程检查验收的资料进行核实，符合设计、施工要求的修复管道方可进行强度试验。

7.4.6 管材复原试验、样管强度试验、剥离强度试验、水压爆破测试等，可按照不同修复工艺要求、相关行业标准要求，依据现有试验条件确定。

7.4.7 在施工前，利用试验结论作为结构性或功能性验收依据的，应按设计文件或施工方案内明确的试验测试目的、主要参数、合格值、试验方式进行。

7.5 工程竣工验收

7.5.1 工程质量验收结论仅为合格和不合格，不合格项目应进行返修、返工至合格。

7.5.2 工程质量验收按分项和分部工程进行，并应符合下列规定：

- 1 分部工程可按管道长度或重新段划分为若干分部，当工程较小时，也可不划分；
- 2 分项工程按管道预处理和管道修复划分。

7.5.3 竣工验收合格判定应符合下列要求：

- 1 分项工程符合下列要求为合格：
 - 1) 主控项目合格率 100%；
 - 2) 一般项目合格率达到 80%，且最大偏差小于允许偏差的 1.5 倍。
- 2 分部工程的所有分项应为合格，则该分部工程为合格。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《排水管道维护安全规程》CJJ6
- 2 《城镇排水管渠与泵站维护技术规程》CJJ68
- 3 《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332
- 4 《给排水管道工程施工及验收规范》GB 50268
- 5 《纺织品 织物拉伸性能第 1 部分 断裂强力和断裂伸长率的测定 条样法》GB/T 3923.1
- 6 《塑料管材和管件聚乙烯（PE）管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备操作规范》
GB19809
- 7 《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806
- 8 《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341
- 9 《塑料 拉伸性能的测定》GB/T 1040
- 10 《热塑性塑料维卡软化温度（VST）的测定》GB/T1633
- 11 《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T210-2014

天津市工程建设标准

天津市排水管道非开挖修复工程技术规程

DB×××-20××

条 文 说 明

制定说明

《天津市排水管道非开挖修复工程技术规程》×××-20××经天津市住房和城乡建设委员会××××年××月××日以第×××号公告批准颁布。

在规程编制过程中，编制组对天津市城镇排水管道非开挖修复更新工程的实践经验进行了总结，对管道检测与清洗、非开挖修复更新工程设计、施工及验收等要求等做出了规定。

为便于广大设计、施工、科研、院校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《天津市排水管道非开挖修复工程技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

条 文 说 明.....	31
1 总 则	34
2 术语和符号.....	35
2.1 术 语.....	35
3 基本规定.....	38
4 材 料	39
5 设 计	41
5.1 一般规定.....	41
5.2 内衬管设计.....	41
5.3 水力计算.....	41
6 施 工	42
6.1 一般规定.....	42
6.2 管道预处理.....	42
6.3 翻转式原位固化法.....	42
6.4 紫外光固化法.....	43
6.5 喷涂法.....	44
6.6 机械制螺旋缠绕法.....	45
6.7 管片内衬法.....	46
6.8 不锈钢套筒法.....	47
6.9 点状原位固化法.....	47
7 工程验收.....	49
7.1 一般规定.....	49
7.5 工程竣工验收.....	49

1 总 则

1.0.1 排水管道及其它市政管线被称为城市的“生命线”，然而随着城市建设的发展，天津市排水管道即将面临老化严重、事故频发的问题。目前，我市用非开挖修复技术对排水管道进行修复的工程日趋增多，保证修复工程的质量对于排水管道的安全运行显得尤为重要。虽然在《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210-2014 中提及了多种修复方法，但有些工艺已经落后，有些不适合天津市的工况条件，喷涂法等新工艺没有被纳入，施工与验收相关的内容也有待细化。故为促进天津市排水管道非开挖修复技术的进步和工程的实施与验收，编制此规程。

1.0.2 本规程中的排水管道是指收集、输送污水或雨水的管道，包括内压不大于 0.1MPa 的压力输送污水或雨水的管道。对于内压超过 0.1MPa 的排水管道，应参照有关压力管道内衬修复规范进行设计和施工。

1.0.3 本规程适用的管道类型是在役埋地排水管道，管道断面形式包括圆形管道、方涵等。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.2 本规程规定的非开挖修复定义为采用不开挖地表的方法进行地下管道修复的技术和方法，对于需要少量和部分开挖的工艺，不适合本规程。

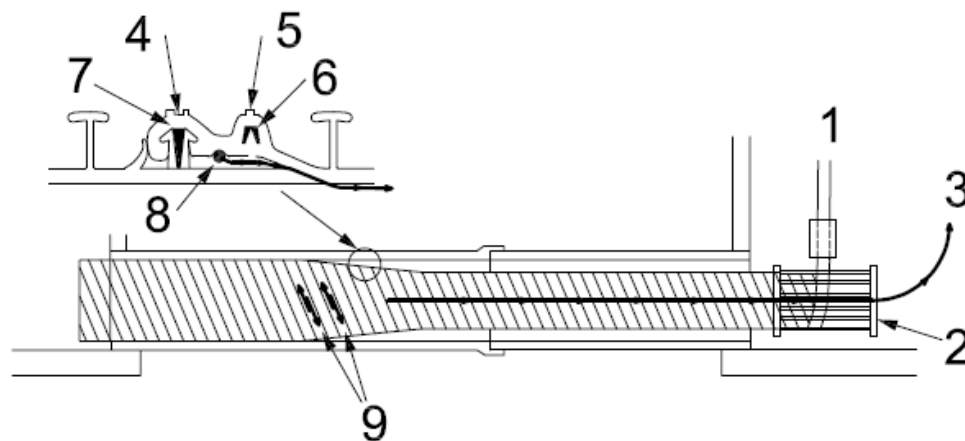
2.1.5 本规程规定的非开挖修复方法分为整体修复、局部修复。整体修复工法包括原位固化法、喷涂法、机械制螺旋缠绕法、管片内衬法；局部修复工法包括不锈钢套筒法和点状原位固化法。

2.1.6 原位固化法中采用的树脂体系一般是热固性或光固性的树脂体系，常用的有翻转式原位固化法和紫外光固化法。

2.1.7 喷涂法通过在检查井、管道内壁喷涂一定厚度的防腐砂浆或多组分复合材料形成起到防腐防渗漏作用的修复方法，通常不能用于结构性修复目的。

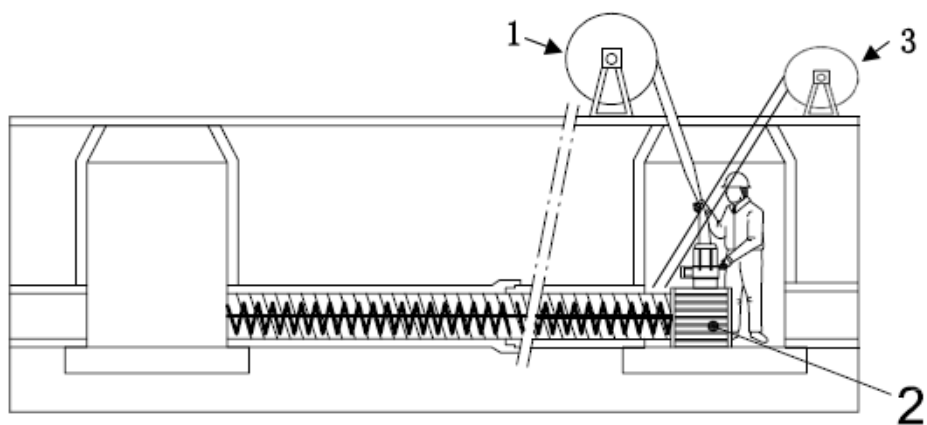
2.1.8 螺旋缠绕内衬管分为贴合原有管壁和非贴合原有管壁两种工艺，前者称为扩张法螺旋缠绕，安装在井内的制管机先将带状型材绕制成比原有管道略小的螺旋管，推送到终端后继续旋转使其膨胀，直到和原有管壁贴合，适合 DN600 及以下管道修复，如图 1 所示；后者称为固定口径式，需向管壁之间的环状空隙注入水泥浆使内衬管与原有管道结合成整体，适合 DN600 及以上管道修复，如图 2 所示。

按照缠绕机的工作状态可分为固定设备内衬和移动设备内衬法（也称机头行走式）两种工艺。固定设备内衬过程中螺旋缠绕机在工作井内施工，缠绕管沿管道推进，适合圆形管道修复；移动设备内衬过程中螺旋缠绕机随着螺旋缠绕管的形成沿管道移动，适合圆形及异形管道修复，如图 3 所示。



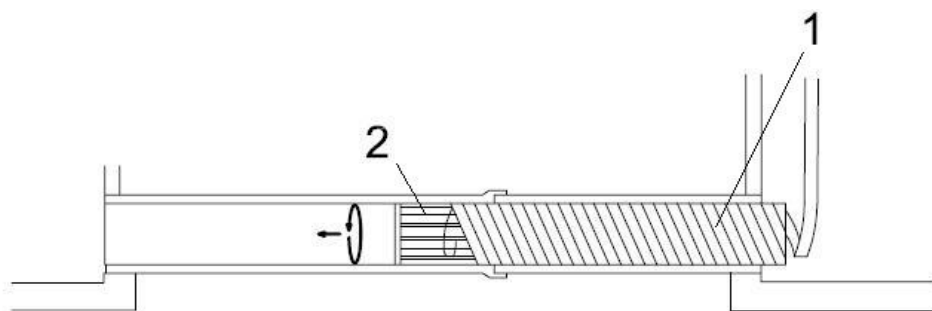
- 1- 带状型材；2- 缠绕机；3- 拉线；4- 主锁扣；5- 副锁扣；6- 弹性胶粘剂；
7- 润滑密封胶 8- 钢线；9- 型材滑动扩张

图 1 扩张法螺旋缠绕示意图



1-带状型材；2-缠绕机；3-钢带（根据设计要求选用）

图 2 固定口径螺旋缠绕示意图



1-带状型材；2-缠绕机

图 3 移动设备内衬法示意图

2.1.9 管片内衬法是采用管内组装管片的方法修复破损的排水管道。该技术采用的主要材料为 PVC-U 材质的管片和灌浆料，通过使用连接件将管片在原有管道内连接拼装，然后在原有管道和拼装而成的内衬管之间填充灌浆料，使内衬管和原有管道连成一体，达到修复原有管道的目的，如图 4 所示。

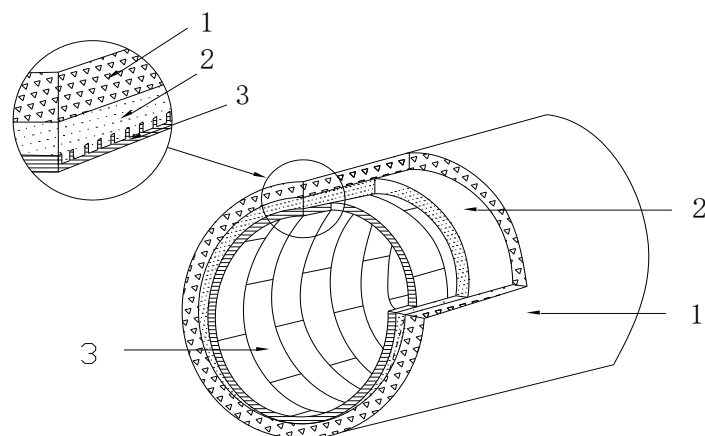


图 4 管片内衬法示意图

1—原有管道；2—灌浆料；3—PVC 管片

2.1.10 目前不锈钢套筒法所用止水材料一般是海绵、发泡胶和橡胶等。施工时将不锈钢套筒直接通过检查井送入管道待修复位置，然后使其膨胀、发泡，在修复部位形成一道密封良好的不锈钢内衬。

2.1.11 本规程仅对较先进的不锈钢套筒法和点状原位固化法作了规定,其他常规的排水管道局部非开挖修复方法包括接口嵌补、注浆法、套环法、局部树脂固化法等，也可在合适的条件下选择使用。

2.1.12 软管的作用是在原位固化法施工和固化过程中浸渍并携带树脂。

3 基本规定

3.0.1 对于交通繁忙、新建道路、环境敏感等不适合进行开挖修复地区应优先选用非开挖修复更新工程进行修复更新技术；在工程造价合理的条件下，对城镇排水管道修复更新也建议优先选用非开挖技术。

3.0.3 要求管道结构性修复更新后使用寿命不得低于 50 年是与工程结构可靠度统一标准一致；如果原有管道的剩余结构强度无法满足对半结构性修复内衬管在使用期限内进行有效的支撑，应按结构性修复设计内衬管。

3.0.4 非开挖修复更新工程中材料的性能是确保工程质量的重要因素，因此要求非开挖修复更新工程中所用材料必须具有相应的合格证书、性能检测报告及使用说明。

3.0.5 非开挖修复更新工程需在地面、检查井内进行操作，部分工艺尚需进入管道。《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ6 中对地面作业，井下作业的通风、气体检测、照明通信等安全措施进行了详细规定，进行非开挖修复更新工程时应按照该规程制定安全防护措施，并在施工时严格遵守。

3.0.6 管道修复完后，检查井处的内衬管端口与原有管道之间应进行处理，以确保地下水不从检查井进入原有管道与内衬管间的环状空隙，同时应防止检查井处内衬管与原有管道脱离，对于不同的施工方法其处理措施不同。

4 材 料

4.0.1 聚乙烯管道是非开挖修复更新工程使用的主要管材之一,对于聚乙烯材料,密度越高,刚性越好;密度越低,柔性越好。进行内衬修复或内衬防腐的材料既要有较好的刚性,同时还要有较好的柔韧性。通常PE分为低密度聚乙烯(简称LDPE,密度为 $0.910\text{g}/\text{cm}^3\sim 0.925\text{g}/\text{cm}^3$)、中密度聚乙烯(简称MDPE,密度为 $0.926\text{g}/\text{cm}^3\sim 0.940\text{g}/\text{cm}^3$)、高密度聚乙烯(简称HDPE,密度为 $0.941\text{g}/\text{cm}^3\sim 0.965\text{g}/\text{cm}^3$)。按照GB/T 18252中确定的 20°C 、50年、预测概率97.5%相应的静液压强度,常用聚乙烯可分为PE63、PE80、PE100。其中,高密度PE80和高密度PE100从材料性能上能满足管道内衬的要求。参照SYT 4110-2007和GB/T13663-2000对非开挖修复更新工程所用PE管的性能进行了规定。其中断裂伸长率是按照GB/T 13663-2000中规定的性能选取,SYT 4110-2007中规定HDPE 80、HDPE 100的屈服强度依次为20、22。

4.0.2 根据ASTM F 1216、F1743、F2019标准对原位固化法所用软管的要求进行了规定,软管横行与纵向抗拉强度的测试方法应按现行国家标准《纺织品 织物拉伸性能第1部分 断裂强度和断裂伸长率的测定 条样法》GB/T 3923.1的规定执行。

4.0.3 喷涂法在排水管道修复中应用的不多,所用多组分复合材料,环氧树脂、聚氨酯其材料性能,可参考《城镇给水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 244-2016中的相关规定。

4.0.4 常用PVC-U带状型材如图5所示。在大直径管道修复中,为了增加PVC-U带状型材的刚度,可以在PVC-U带状型材内部增加钢片。ASTM标准中规定了螺旋缠绕法常用带状型材规格,如表1所示。

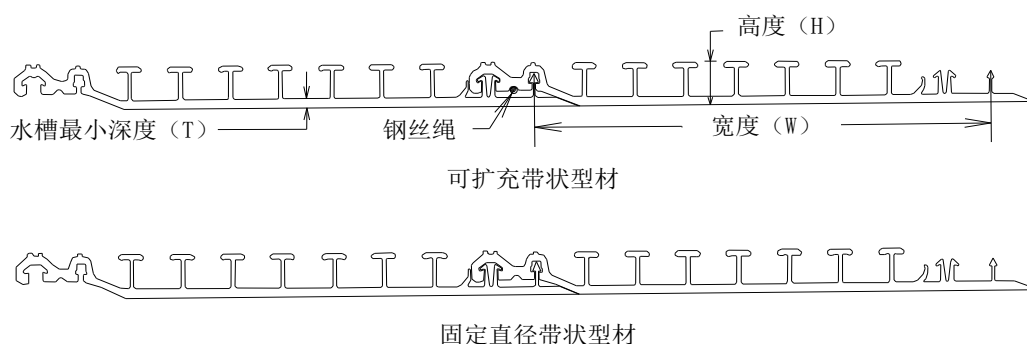


图5 机械制螺旋缠绕法用PVC-U带状型材

表1 螺旋缠绕法常用带状型材规格

带状型材 ^{1,2}	最小宽度 W (mm)	最小高度 h (mm)	水槽最小 壁厚 T (mm)	到中性轴的 深度 $\bar{y}$ (mm)	型材面积 (mm^2/m)	管壁惯性 矩 I (mm^4/mm)	最小刚度 系数 EI (MPa mm^3)
1	51.0	5.5	1.60	1.98	3.00	7.70	21.2×10^3
2	80.0	8.0	1.60	3.30	3.70	23.00	63.4×10^3
3	121.0	13.0	2.10	5.24	5.20	88.00	242.7×10^3

4	110.0	12.2	1.00	5.08	3.18	63.30	180.8×10^3
5	203.2	12.4	1.50	4.57	3.18	65.50	180.8×10^3
6	304.8	12.4	1.50	4.57	3.18	65.50	180.8×10^3

注：1 可能用到使用增强添加剂或加钢片的其他类型的型材，需咨询制造商；

2 肋的间隙根据不同的型材类型可能不同；

3 列出的刚度系数是制造商所提供的型材的最小刚度值。

4.0.5 常用管片内衬法的片状型材如图 6 所示。

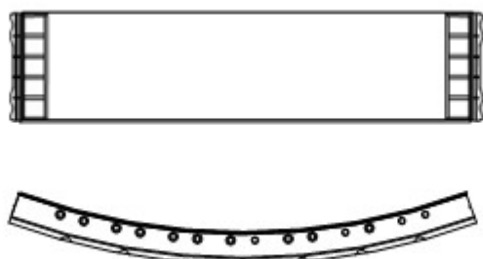


图 6 管片内衬法用 PVC-U 片状型材

4.0.8 标注一般包括生产商的名称或商标、产品编号、产地、生产设备、生产日期、型号、材料等级和生产产品所依据的规范名称等详细信息。

4.0.9 为保证内衬管材或型材在运输存储过程中不产生机械损伤、超过 10%壁厚的划痕等损伤特制定本条。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 原有管道的基本概况包括管道用途、直径、材质、埋深；工程地质和水文地质条件包括管道所处地基情况、覆土类型及其重度、地下水位等；现场环境主要包括：原有管道区域内交通情况以及既有管线、构（建）筑物与原有管道的相互位置关系及其他属性。

5.1.2 《城镇排水管道检测与评估技术规程》中对管道缺陷的名称、代码、等级划分以及结构性状况评估做了详细规定，其以管道缺陷参数 F 来决定管段结构性缺陷等级，以缺陷密度 S_M 来决定管段结构性缺陷类型。本条根据该规程中的管段结构性缺陷等级来区分结构性修复和半结构性修复，以管段结构性缺陷类型来区分局部修复和整体修复。

5.1.3 本条规定了修复更新工程的设计原则，原有管道地基不满足要求主要是指管道地基失稳或发生不均匀沉降的情况。

5.1.4 根据《室外排水设计规范》中的规定，街区和厂区内污水管道最小管径为 200mm，街道下为 300mm。雨水管道的最小管径为 300mm，雨水口连接管最小管径为 200mm。

最大允许转角是管道修复更新方法修复弯曲管道能力的表达，考虑到城镇排水管道实际弯曲角度，该值比各工法适用的修复弯曲能力偏小。

5.2 内衬管设计

5.2.1 内衬管设计，除喷涂法外，其他工艺都执行《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T210-2014 的相关规定。

5.2.4 排水圆形管道半结构性喷涂修复设计时，对最小喷涂层厚度的要求，是将喷涂的内衬管看成与其它非开挖修复方法类似的内衬管，按照同样的半结构性内衬层厚度的计算公式进行计算的。

5.3 水力计算

5.3.1 管道过流量的计算公式，管道内衬修复后，过流断面会有不同程度的减小。但是内衬管的粗糙系数较原有管道小，因此管道经内衬修复后的过流量一般可以满足原有管道的设计流量要求，或者大于原有管道的设计流量。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 非开挖修复更新工程一般都需采取临时排水措施,《城镇排水管渠与泵站维护技术规程》CJJ 68 中对排水管道的封堵顺序、管塞的类型、以及相应的安全措施进行了规定。

对于不允许水流存在的修复更新工艺,如原位固化法,临时排水设施的能力应根据原有管道中的水量确定,且应抽干修复管段中的污水;对于允许一定水流存在的修复工艺,如机械制螺旋缠绕法,临时排水设施的排水能力可适当减小,且不必抽出修复管段中的污水。局部修复时管道内水位不应超过管道内径的 10%,必要时应按本条规定采取临排措施。

6.2 管道预处理

6.2.1 非开挖修复更新工程施工前应对管道进行预处理,预处理措施包括管道清洗、障碍物的清除、以及对现有缺陷的处理。

6.2.2 管道清洗技术主要包括高压水射流清洗、化学清洗等。其中高压水射流清洗目前是国际上工业及民用管道清洗的主导设备,使用比例约占 80%-90%,国内该项技术也有较多应用。

6.2.3 影响管道内衬施工障碍主要包括不能通过清洗方法清除的固体、伸入管道内的支管、压碎的管段、管内的树根等。可通过专门的工具(如管道机器人)进行清除。

6.3 翻转式原位固化法

6.3.1 翻转式原位固化法所用树脂一般为热固性的聚酯树脂、环氧树脂或乙烯基树脂。由于树脂的聚合、热胀冷缩以及在翻转过程中会被挤向原有管道的接头和裂缝等位置,因此树脂的用量应比理论用量多5%~15%。为防止树脂提前固化,树脂混合后应及时浸渍。树脂应注入抽成真空状态的软管中进行浸渍,并通过一些相隔一定间距的滚轴碾压,通过调节滚轴的间距来确保树脂均匀分布并使软管全部浸渍树脂,避免软管出现干斑或气泡。浸渍树脂后的软管应按本条中的规定存储和运输。

6.3.2 翻转式原位固化法一般通过水压或气压的方法进行,图7为水压翻转示意图。翻转压力应足够大以使浸渍软管能翻转到管道的另一端,翻转过程中软管与原有管道管壁紧贴在一起。翻转压力不得超过软管的允许最大张力,其合理值应咨询管材生产商。《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 147-2010中根据施工经验规定翻转速度宜控制在 2m/min~3m/min,翻转压力应控制在0.1MPa下。翻转过程中使用的润滑剂应不会滋生细菌,不影响液体的流动。翻转完成后两端宜预留1m左右的长度以方便后续的固化操作,特殊情况下内衬管的预留长度可以适当减小。当用压缩空气进行翻转时,应防止高压空气对施工人员造成伤害。

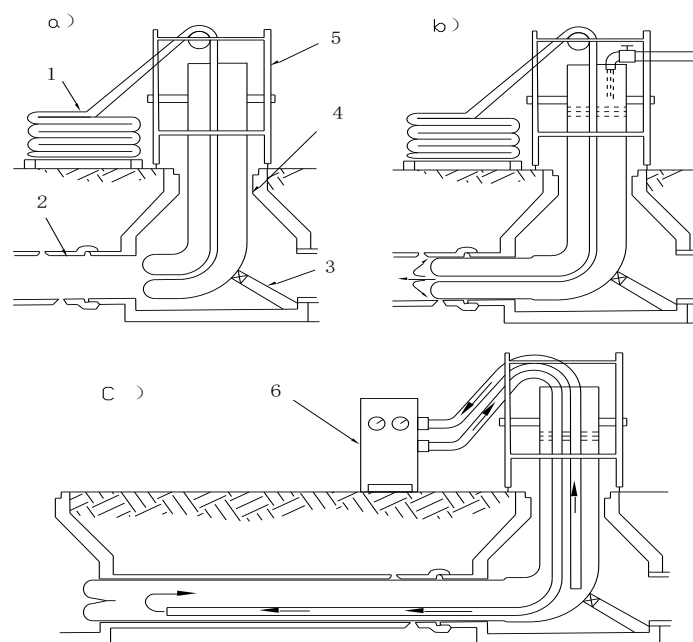


图7 水压翻转原位固化法示意图

1—浸渍树脂的软管；2—原有管道；3—翻转弯头；4—检查井；5—支架；6—锅炉和泵

6.3.3 翻转固化工艺一般采用热水或热蒸汽进行软管固化。固化过程中应对温度、压力进行实时监测。热水宜从标高低的端口通入，以排除管道里面的空气；蒸汽宜从标高高的端口通入，以便在标高低的端口处处理冷凝水。树脂固化分为初始固化和后续硬化两个阶段。当软管内水或蒸汽的温度升高时，树脂开始固化，当暴露在外面的内衬管变的坚硬，且起、终点的温度感应器显示温度在同一量级时，初始固化终止。之后均匀升高内衬管内水或蒸汽的温度直到后续硬化温度，并保持该温度一定时间。其固化温度和时间应咨询软管生产商。树脂固化时间取决于：工作段的长度、管道直径、地下情况、使用的蒸汽锅炉功率以及空气压缩机的气量等。

6.3.4 固化完成后应先将内衬管内的温度自然冷却到一定的温度下，热水固化应为 38°C ，蒸汽固化应为 45°C ；然后再通过向内衬管内注入常温水，同时排出内衬管内的热水或蒸汽，该过程中应避免形成真空造成内衬管失稳。

6.4 紫外光固化法

6.4.1 紫外光固化工艺示意图如图8所示，由于该工艺采用的树脂体系是光固化树脂体系，紫外光的吸收率决定着树脂固化效果，内衬管管径越大、壁厚越厚越不利于树脂的固化，因此应通过合理控制紫外光灯前进速度来使树脂充分固化。

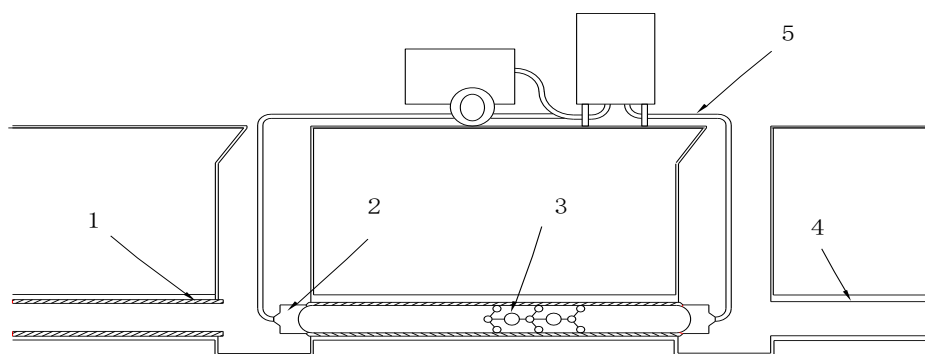


图 8 紫外光固化示意图

1—固化后内衬管；2—端口固定装置；3—紫外光灯链；4—原有管道；5—压缩空气

6.5 喷涂法

6.5.1 喷涂法工艺示意图如图 9 所示，普通硅酸盐水泥砂浆喷涂后的养护作业应符合下列规定：(1)已喷涂的砂浆达到终凝后，应立即进行浇水养护，衬里保持湿润状态不应小于 7d。(2)当采用矿渣硅酸盐水泥时，衬里保持湿润状态不应小于 10d。(3)养护期间管段内所有孔洞应严密封闭。达到养护期限后，应及时充水。

环氧树脂涂料的混配应根据产品说明书的要求确定，通常考虑以下因素：(1)应根据管道的直径、长度计算环氧树脂用量，并应采用磅秤称重环氧树脂和固化剂的重量，且应根据产品说明书进行配料。(2)在管线较长、转弯较多时可根据现场温度条件适量添加稀释剂，但不得超过涂料本身质量的 5%。(3)当两级涂料混合后，应经机器充分搅拌均匀并熟化 15min 后方可进行喷涂。

环氧树脂喷涂后的养护作业应符合下列规定：(1)应先向管道内送入微风至涂膜初步硬化。(2)初步硬化后，应进行自然固化或送入温风进行加温固化。当加温固化温度在 25℃时，固化时间应不少于 4h；固化温度在 60℃时，固化时间应不少于 3h。

聚氨酯喷涂作业应符合环境温度要求及工艺要求：(1)喷涂两次以上，每次喷涂应在前一次喷涂达到表干后方可进行。(2)当环境温度低于 5℃或湿度大于 85%时，喷涂前应采取措施使待喷涂管内温度不低于 3℃。

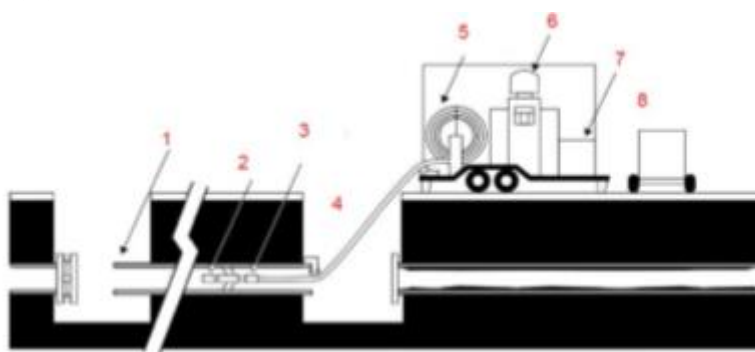


图 9 喷涂法示意图

1 原有管道 2 喷头 3 静态混合器 4 材料输送软管 5 绞车 6 计量泵 7 储存室 8 空压机和发电机

6.6 机械制螺旋缠绕法

6.6.1 缠绕机应放在管道检查井里并与原有管道轴线对正，以便内衬管螺旋缠绕和直接插入（旋转并推进）到原有管道里。带状型材经缠绕机缠绕成直径满足要求的内衬管，同时将内衬管沿原有管道推进直到修复管段终点（见图 10）。对于可扩张螺旋缠绕工艺，当带状型材在缠绕机中形成内衬管时，应该向带状型材边缘的主锁扣和次锁扣锁定装置中注入密封剂或粘结剂，同时还应将钢线放在主锁扣和次锁扣锁定装置之间。可扩张螺旋缠绕工艺内衬管推进到终点时，应在新管端口处打孔并插入钢筋固定以防止新管转动。通过将钢线从互锁接缝中拉出，从而割断次锁使带状型材沿连接的主锁方向自由滑动。不断拉出钢线同时继续缠绕，使型材不断地沿径向增加或扩张，直到螺旋缠绕内衬管的非固定端紧紧地贴在原有管道内壁（见图 11）。

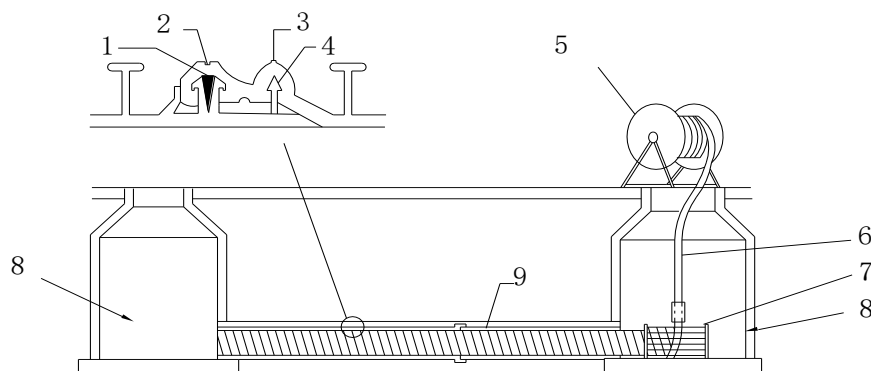


图 10 固定直径螺旋缠绕工艺

1—密封胶；2—主锁扣；3—次锁扣；4—粘结剂；5—转轴；6—型材；7—缠绕机；8—检查井；
9—水泥浆

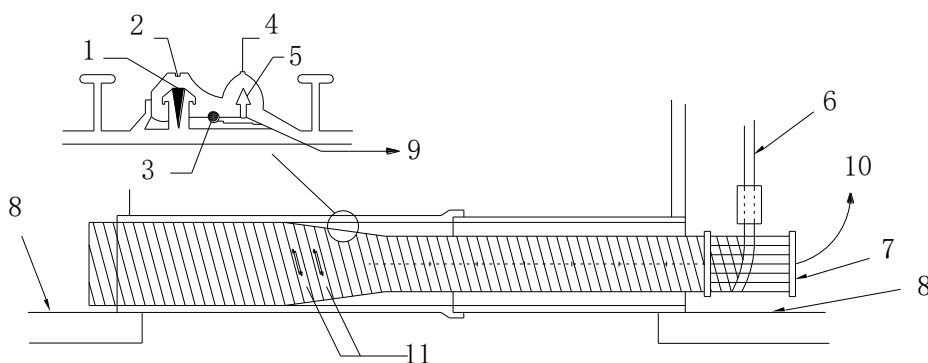


图 11 内衬管直径可扩张螺旋缠绕工艺

1—密封胶；2—主锁扣；3—钢丝；4—次锁扣；5—粘结剂；6—型材；7—缠绕机；8—检查井；
9—拉出钢丝、次锁扣拉断、衬管扩张；10—牵拉钢丝；11—型材滑动

6.6.2 移动设备螺旋缠绕工艺可分别缠绕形成与原有管道贴合型和非贴合型的内衬管，分别如图 12、图 13 所示。

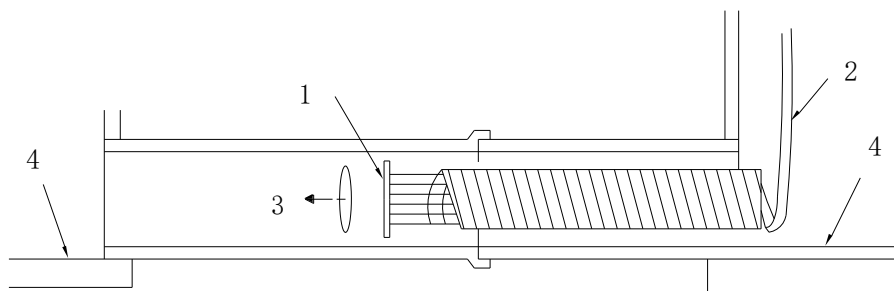


图 12 非贴合螺旋缠绕工艺

1—缠绕机；2—带状型材； 3—螺旋缠绕机前进方向；4—检查井

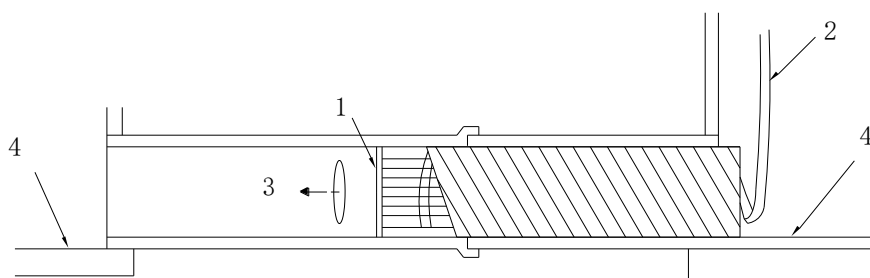


图 13 贴合型螺旋缠绕工艺

1—缠绕机；2—带状型材； 3—螺旋缠绕机前进方向；4—检查井

6.6.3 螺旋内衬管道贴合原有管道，由于设计是由内衬管完全承受荷载，因此可不进行注浆处理；当内衬管不贴合原有管道时，所以必须对环状间隙进行注浆处理，将内衬管、注浆体和原有管道作为复合管结构。

6.7 管片内衬法

6.7.1 管片进入检查井时，应避免管片与井壁和原有管道端口的碰撞，以免对管片造成损伤。

6.7.2 目前，管片一般通过人工在原有管道内进行拼装，图 14 为某公司生产的管片拼装后的内衬管。

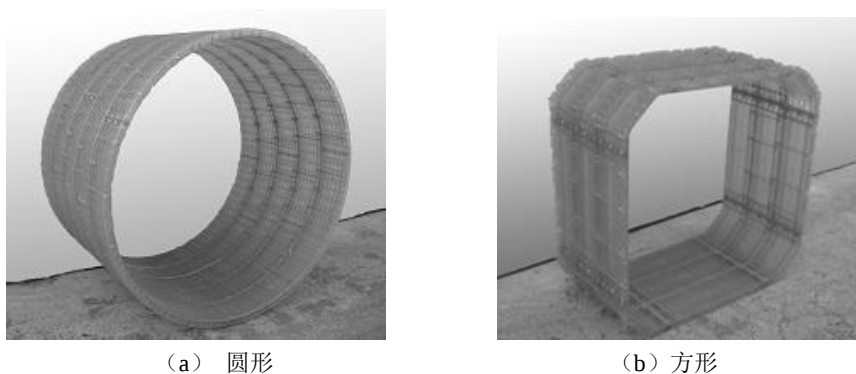


图 14 管片拼装后形成的内衬管道

6.7.3 管片内衬法是由管片、浆体和原有管道共同来承受荷载，因此对注浆材料的性能具有一定的要求，表 6.7.5 中的相关性能为试验所得，并成功运用于施工中。

6.8 不锈钢套筒法

6.8.1 典型不锈钢套筒如 15 所示：

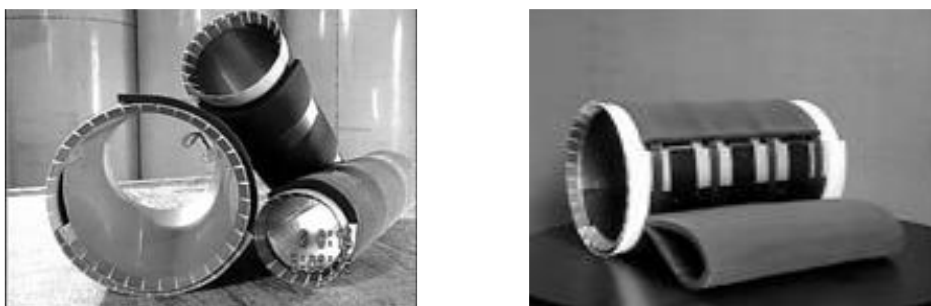


图 15 不锈钢套筒

6.8.2 不锈钢套筒法的施工示意图如图 16 所示：

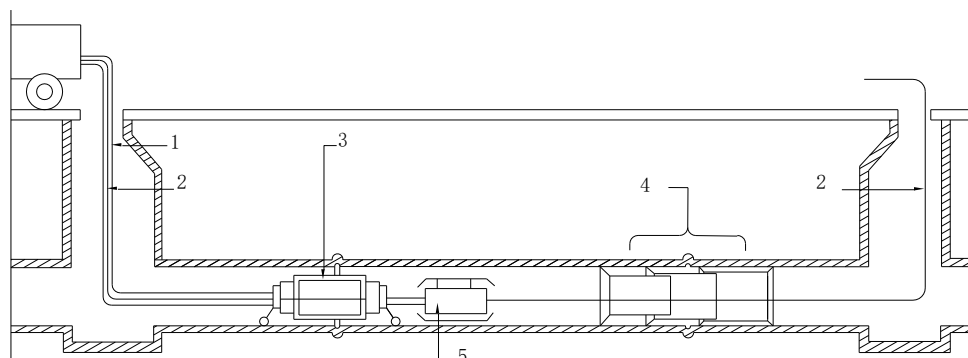


图 16 不锈钢套筒法施工示意图

1—软管；2—拖线；3—不锈钢套筒；4—连续多套筒安装；5—闭路电视

6.9 点状原位固化法

6.9.1 点状原位固化法可以采用加热固化或常温固化。聚酯树脂一般在常温下就可以固化，但其固化前会受到水的不利影响；环氧树脂一般需要加热固化，其不溶于水，但其造价较高，且固化条件要求较高。软管的浸渍一般在现场进行，也可以预先在工厂浸渍后再运送到修复现场。现场浸渍软管过程中，应当谨慎操作，避免环境风险和化学药品溢漏。树脂混合及浸渍时，应该尽量做好密封措施，混入空气将对材料产生损害作用，如果混入空气过多，固化后树脂会含有比较多的孔隙，因此有些修复系统为了尽量避免空气混入，而采用真空浸渍技术。

6.9.2 对于大口径修复，采用小车将浸渍树脂的软管运送到待修复位置。

6.9.3 气囊一般是弹性材料（如橡胶）制成。内压先使气囊膨胀，之后将软管挤压在原有管道管壁上。常温固化法多采用压缩空气使软管膨胀，加热固化工艺中常采用混合的空气和蒸汽，或者使用热水，加热介质在气囊和地面上的加热设备间往复循环。需要注意的是不能加压过大，气囊既受到静水压作用，还受到泵压作用。

固化时间与树脂配方、内衬管厚度、气囊内温度（加热固化时）、原有管道管壁温度有关。地下水位高，可能形成吸热源，降低内衬管外表面温度，将会延长固化时间。

7 工程验收

7.1 一般规定

7.1.1 执行《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T210-2014 的相关规定。

7.5 工程竣工验收

7.5.1 本条参照了行业标准《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 147 对排水管道的工程竣工验收程序及其相关要求作出了规定。