



T/CECS XXX—202X

中国工程建设标准化协会标准

室外给水管道非开挖修复工程技术规程

Technical specification for trenchless rehabilitation of outdoor
water supply pipelines

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

室外给水管道非开挖修复工程技术规程

Technical specification for trenchless rehabilitation of outdoor
water supply pipelines

T/CECS XXX-202X

主编单位：广州市市政集团有限公司

广州市市政公路协会

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX月X日

中国XX出版社

202X 北 京

中国工程建设标准化协会标准

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕40 号）的要求，规程编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 16 章，主要技术内容是：1. 总则；2. 术语与符号；3. 基本规定；4. 工程设计；5. 折叠内衬法；6. 缩径内衬法；7. 软管穿插内衬法；8. 翻转式原位固化法；9. 拉入式原位固化法；10. 热塑成型法；11. 喷涂（筑）法；12. 不锈钢内衬法；13. 纤维增强复合材料湿敷法；14. 不锈钢胀环法；15. 不锈钢快速锁法；16. 管道功能性试验与工程验收。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会管道结构专业委员会归口管理，由广州市市政集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送广州市市政集团有限公司（地址：广州市环市东路 338 号银政大厦西座 7 楼，邮编：510060）。

主编单位： 广州市市政集团有限公司

广州市市政公路协会

参编单位：

本规程主要起草人员： XXX XXX XXX XXX XXX

本规程主要审查人员： XXX XXX XXX XXX XXX

目 录

1	总则	10
2	术语与符号	11
2.1	术语	11
2.2	符号	12
2.3	缩略语	错误！未定义书签。
3	基本规定	16
4	工程设计	20
4.1	一般规定	20
4.2	结构设计	22
4.3	接口设计	34
4.4	水力计算	38
4.5	工作坑设计	40
4.6	临时管设计	43
5	折叠内衬法	44
5.1	一般规定	44
5.2	内衬材料	44
5.3	工艺要求	45
5.4	质量检验	47
6	缩径内衬法	49
6.1	一般规定	49
6.2	内衬材料	49
6.3	工艺要求	49
6.4	质量检验	50
7	软管穿插内衬法	52
7.1	一般规定	52
7.2	内衬材料	52
7.3	工艺要求	55
7.4	质量检验	57
8	翻转式原位固化法	59

8.1	一般规定	59
8.2	内衬材料	60
8.3	气翻工艺要求	65
8.4	水翻工艺要求	67
8.5	质量检验	68
9	拉入式原位固化法	71
9.1	一般规定	71
9.2	内衬材料	71
9.3	工艺要求	74
9.4	质量检验	77
10	热塑成型法	79
10.1	一般规定	79
10.2	内衬材料	80
10.3	工艺要求	81
10.4	质量检验	83
11	喷涂（筑）法	86
11.1	一般规定	86
11.2	内衬材料	87
11.3	工艺要求	89
11.4	质量检验	92
12	不锈钢内衬法	95
12.1	一般规定	95
12.2	内衬材料	96
12.3	工艺要求	98
12.4	质量检验	100
13	纤维增强复合材料（FRP）湿敷法	103
13.1	一般规定	103
13.2	材料要求	103
13.3	工艺要求	106

13.4	质量检验	109
14	不锈钢胀环法	111
14.1	一般规定	111
14.2	内衬材料	112
14.3	工艺要求	113
14.4	质量检验	114
15	不锈钢快速锁法	115
15.1	一般规定	115
15.2	内衬材料	115
15.3	工艺要求	116
15.4	质量检验	116
16	管道功能性试验与工程验收	118
16.1	一般规定	118
16.2	水压试验	118
16.3	冲洗与消毒	120
16.4	工程验收	120
附录 A	给水管道非开挖修复工程分项、分部、单位工程划分	121
附录 B	分项、分部、单位工程质量验收记录	122
附录 C	原位固化内衬管短期抗弯性能测试	133
附录 D	爆破强度测试方法	139
附录 E	90°剥离强度试验	141
	本规程用词说明	143
	引用标准名录	144
	制 定 说 明	145

Contents

1	General provisions	11
2	Terms and symbols	12
2.1	Terms	12
2.2	Symbols	13
3	Basic requirements	17
4	Inspection and evaluation	21
4.1	General requirements	21
4.2	structural design	23
4.3	interface design	35
4.4	hydraulic calculation	39
4.5	Work pit design	41
4.6	Temporary pipe design	44
5	Fold-and-form lining	45
5.1	General requirements	45
5.2	Lining materials	45
5.3	Process requirement	46
5.4	Quality inspection	48
6	Swage lining	50
6.1	General requirements	50
6.2	Lining materials	50
6.3	Process requirement	49
6.4	Quality inspection	51
7	Hose lining	53
7.1	General requirements	53
7.2	Lining materials	53
7.3	Process requirement	56
7.4	Quality inspection	58
8	Inversion cured-in-place pipe	60
8.1	General requirements	60

8.2	Lining materials	61
8.3	Process requirement with water	66
8.4	Process requirement with vapour	68
8.5	Quality inspection	69
9	Pull-in cured-in-place pipe	72
9.1	General requirements	72
9.2	Lining materials	72
9.3	Process requirement	75
9.4	Quality inspection	78
10	Thermoforming	80
10.1	General requirements	80
10.2	Lining materials	81
10.3	Process requirement	82
10.4	Quality inspection	85
11	Spray lining	87
11.1	General requirements	87
11.2	Lining materials	88
11.3	Process requirement	90
11.4	Quality inspection	93
12	Stainless steel lining	96
12.1	General requirements	96
12.2	Lining materials	97
12.3	Process requirement	99
12.4	Quality inspection	101
13	Fiber Reinforced Polymer(FRP) wet laying	104
13.1	General requirements	104
13.2	Lining materials	104
13.3	Process requirement	107
13.4	Quality inspection	110

14	Stainless steel dilation ring	112
14.1	General requirements	112
14.2	Lining materials	113
14.3	Process requirement	114
14.4	Quality inspection	115
15	Stainless steel quick-lock	116
15.1	General requirements	116
15.2	Lining materials	116
15.3	Process requirement	117
15.4	Quality inspection	118
16	Pipeline functional test and engineering acceptance	119
16.1	General requirements	119
16.2	hydraulic test	119
16.3	Flushing and disinfection	121
16.4	Engineering acceptance	121
Appendix A	The clasification of sub-item, sub-project and unit project	122
Appendix B	Project quality acceptance record of sub-item, sub-division and unit	124
Appendix C	Test of short-term bending resistance of CIPP liner	137
Appendix D	Blast strength test	143
Appendix E	90° peel strength test	145
	Explanation of wording	147
	List of quoted standards	148

1 总则

1.0.1 为规范室外给水管道非开挖修复工程技术，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制订本规程。

【条文说明】：室外给水管道的维护与修复往往受到繁忙的城市交通、地下管线、环境保护、古迹维护、农作物和绿化保护、构（建）筑物、高速公路、铁路及河流等各种复杂地理环境因素的影响，导致传统的开挖修复施工维护措施代价高昂。非开挖修复工程是指采用少开挖或者不开挖地表的方法解决由于管道地基下陷、管道渗漏、腐蚀以及结垢等原因造成的管道结构性缺陷和功能性缺陷，对交通、地面环境、以及地下管网的影响较小，在国内应用已非常广泛。为规范国内给水管道非开挖修复相关工作，保障管道修复质量，特制订本规程。

1.0.2 本规程适用于室外给水管道非开挖修复工程的设计、施工及验收。

【条文说明】：本规程适用于埋地或明敷给水管道的非开挖修复工程，不适用于新建管道的非开挖铺管工程。

1.0.3 室外给水管道非开挖修复工程的设计、施工及验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准和中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

【条文说明】：室外给水管道非开挖修复工程除应符合本规程外，尚应符合国家现行标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268、《室外给水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 244、《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T 37862、《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ 101、《室外供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ 207、《采用聚乙烯内衬修复管道施工技术规范》SY/T 4110 的相关规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 非开挖修复工程 trenchless rehabilitation engineering

采用不开挖或少开挖地表的方法进行管道修复的工程。

2.1.2 结构性修复 structural rehabilitation

管道内、外部压力全部由内衬管承受的修复工艺。

2.1.3 半结构性修复 semi-structural rehabilitation

原管道承受外部荷载和内部水压,内衬管承受外部水压和真空压力的修复工艺。

2.1.4 功能性修复 non-structural rehabilitation

管道内、外部压力完全由原管道本体承受,改善原管道水力条件的修复方法。

2.1.5 折叠内衬法 fold-and-form lining

采用牵拉方式将压制成“C”形或“U”形的管道置入原管道中,然后通过加热、加压等方法使其恢复原状形成管道内衬的修复方法。

2.1.6 缩径内衬法 swage lining

采用牵拉方式将经压缩管径的新管道置入原管道内,待其直径复原后形成与原管道紧密贴合的修复方法。

2.1.7 软管穿插内衬法 hose lining

将圆织纤维增强的塑料软管置入原管道中形成管道结构,在流体压力下形成圆形内衬的修复方法。

2.1.8 翻转式原位固化法 inversion cured-in-place pipe

采用气翻或水翻方式将浸渍树脂的软管置入原管道内,通过高温或常温固化后形成管道内衬的修复方法。

2.1.9 拉入式原位固化法 pull-in cured-in-place pipe

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。

2.1.10 热塑成型法 Thermoforming

采用牵拉方式将压制成“C”型或“H”型的内衬管置入原管道内,然后通过静置、加热、加压等方法将衬管与原管道紧密贴合的管道内衬修复方法。

2.1.11 喷涂（筑）法 spray lining

通过机械离心喷涂（筑）、人工喷涂（筑）、高压气体旋喷等方法，将水泥砂浆、环氧树脂、聚氨酯等浆液喷涂（筑）到管道内壁，形成内衬层的管道修复方法。

2.1.12 不锈钢内衬法 stainless steel lining

采用不锈钢板材卷制成管坯并运入管道内逐张焊接成整体内衬层的紧密贴合内衬修复方法。

2.1.13 纤维增强复合材料（FRP）湿敷法 Fiber Reinforced Polymer wet laying

将浸渍树脂与高性能纤维充分浸渍结合成结构单元的碳纤维布，采用不同层数的碳纤维布粘贴在原管道表面，形成联合或者独立承载组合结构的修复方法。

2.1.14 不锈钢胀环法 stainless steel dilation ring

以环状橡胶密封带与不锈钢胀环为主要修复材料，在管道接口或缺陷部位安装环状橡胶密封带，密封带就位后用 2 道或 2 道以上不锈钢胀环固定的管道局部修复方法。

2.1.15 不锈钢快速锁法 stainless steel quick-lock

采用专用不锈钢圈扩充后将橡胶密封带挤压在原管道缺陷位置，形成管道内衬的管道局部修复方法。

2.2 符号

2.2.1 力学性能参数

E ——内衬管的初始弹性模量；

E_L ——内衬管的长期弹性模量；

E'_s ——管侧土综合变形模量；

F ——允许拖拉力；

$F_{\max}$ ——最大极限轴向拉力；

G_r ——软管的重力；

P ——作用在喷涂（筑）内衬管外部的屈曲压力；

P_d ——管道设计压力；

P_v ——真空压力；

P_w ——内衬管管顶地下水压力；

q_t ——管道外部总压力；

σ ——管材的屈服拉伸强度；

σ_L ——内衬管的长期弯曲强度；

σ_{TL} ——内衬材料的长期抗拉强度；

γ ——土的重度；

γ_w ——水的重度；

τ_j ——喷涂（筑）内衬管的剪切强度；

τ_z ——喷涂（筑）内衬管与原管道间的初始粘结强度；

2.2.2 尺寸

A ——原管道上孔洞或裂纹的面积；

d_h ——原管道中缺口或孔洞的最大直径；

d_j ——管道计算内径；

D_E ——原管道的平均内径；

$D_{\max}$ ——原管道的最大内径；

$D_{\min}$ ——原管道的最小内径；

D_n ——内衬管的计算直径；

D_o ——内衬管管道外径；

D_i ——内衬管管道内径；

H ——管道敷设深度；

H_s ——管顶覆土厚度；

H_w ——管顶以上地下水位高度；

H'_w ——管壁缺失部位（孔洞或裂纹）以上的地下水位高度；

L ——工作坑长度；

L_m ——一次性修复长度；

l ——管段长度；

R ——水力半径；

R' ——管材允许弯曲半径；

t ——内衬管壁厚；

W_s ——地面活荷载；

Z ——原管道上孔洞或裂纹的边界周长；

2.2.3 系数

C ——椭圆度折减系数；

C_h ——海曾-威廉系数；

f_t ——抗力折减系数；

k ——强度安全系数；

n ——粗糙系数；

N ——管道截面环向稳定性抗力系数；

N_1 ——内衬管壁厚安全系数；

N_2 ——内衬管拖拉力安全系数；

N_{pv} ——安全系数；

R_w ——水浮力系数

v' ——流速系数；

γ_Q ——设计内水压力的分项系数；

λ ——沿程阻力系数；

ζ ——管道局部水头阻力系数；

η ——穿插摩擦系数；

η_z ——喷涂（筑）内衬管与原管道间粘结强度折减系数；

Δ ——当量粗糙度；

2.2.4 其他

B ——管道修复前后水头损失比；

B' ——弹性支撑系数；

g ——重力加速度；

h_j ——管道局部水头损失；

h_y ——管道沿程水头损失；

h_z ——管道总水头损失；

h_{z1} ——管道修复前的水头损失；

h_{z2} ——管道修复后的水头损失；

K ——圆周支持率；

q ——原管道的椭圆度；

Q ——设计流量；

v ——过水断面平均流速；

Δ ——当量粗糙度；

Re ——雷诺数；

y ——指数；

ν ——泊松比。

ν' ——喷涂（筑）内衬管的泊松比

3 基本规定

3.0.1 非开挖修复工程应按检测、评估、设计、施工、验收的步骤实施。

3.0.2 工程所用主要原材料、各类管材、型材的规格、尺寸、性能等，应符合相关产品现行国家标准和设计文件的规定；同一生产厂家、同一批次产品的出厂合格证明、性能检验报告应齐全、准确。

3.0.3 工程涉及饮用水材料的卫生标准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 的相关规定。

【条文说明】：给水管道的非开挖修复工程所用的内衬材料，如折叠内衬法、缩径内衬法、软管穿插内衬法所用的 PE 管材，翻转式原位固化法、紫外光原位固化法、热塑成型法所用的树脂、软管，不锈钢内衬法所用的不锈钢材，喷涂（筑）所用的涂料，局部堵漏法所用的相关材料均为接触饮用水的产品，均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 等相关的卫生要求。

3.0.3 凡涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的材料、产品，应按各专业工程施工规范、验收规范和设计文件的规定进行复检和验收。

3.0.4 修复工程设计时应根据管道检测评估报告结合现场情况确定修复方案。

3.0.5 室外给水管道的非开挖修复工程设计工作年限应符合下列规定：

- 1 对室外给水管道的结构性修复的设计工作年限不得低于 50 年；
- 2 半结构性和功能性修复的设计工作年限不得低于原管道的剩余设计工作年限。

【条文说明】：对于超过设计工作年限的管道建议优先采用结构性修复。

3.0.6 施工前应调查原管道的基本概况、管道沿线的工程地质条件和水文地质条件、周边环境情况，并按照设计要求进行施工。

3.0.7 非开挖修复施工前，应对原管道进行预处理，预处理要求应根据采用的非开挖修复工艺确定，并应符合表 3.0.7 的规定。

表 3.0.7 原管道的预处理要求

非开挖修复工艺	预处理要求
折叠内衬法	管道清理后内壁应平整密实，无影响衬入的沉积物、障碍物、胶结物，结垢、尖锐凸起物等附着物，管内不应有积水
缩径内衬法	

软管穿插内衬法	管道清理后管内表面质量应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1的有关规定,达到喷射清洗等级 Sa2.5 级的要求
翻转式原位固化法	当采用常温固化法修复时,（超）高压水射流清洗后,管内表面质量应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第四部分：与高压水喷射处理有关的初始表面状态、处理等级和闪锈等级》GB 8923.4 的有关规定,达到清洗等级 Wa2 级
拉入式原位固化法	管道清理后内壁应平整密实,无影响衬入的沉积物、障碍物、胶结物,结垢、尖锐凸起物等附着物,管内不应有积水。
热塑成型法	
喷涂（筑）法	预处理后的管道内壁表面应洁净,应无影响喷涂（筑）法的结垢、尖锐凸起物、管瘤等附着物;管内不应有积水、沉积物及障碍物等;管道外壁和管道接口应无漏水、渗水点。采用有机材料喷涂（筑）时,管壁应保持干燥
不锈钢内衬法	应无影响不锈钢内衬法衬入作业和内衬修复质量的沉积物、障碍物、胶结物,结垢、尖锐凸起物等附着物和其他管体结构缺陷,管内应无积水。 修复前应清除管道内障碍物和沉积物,管道内结垢、尖锐凸起物、管瘤等附着物应已基本清除,其残留物应是牢固附着的,且残留物表面平滑,厚度不应大于 2mm
纤维增强复合材料湿敷法	原管道不得存在明显的渗漏水,钢基材表面应不含环氧砂浆、混凝土、灰尘、污垢等杂质,应将原管道表面的环氧砂浆、灰尘、油脂、油蜡、固化剂、污垢、表面润滑剂、异物颗粒、涂层（如有必要）、风化层或任何其他影响粘结的材料清除干净
不锈钢胀环法	原管道内待修复部位应无沉积物、障碍物,结垢、尖锐凸起物等附着物,且待修复部位前后 0.5m 的管道表面应洁净,无尖锐毛刺、凸起等附着物,不应有影响施工的积水
不锈钢快速锁法	

【条文说明】：当采用纤维增强复合材料湿敷法在进行给水管道修复时,经处理的钢基材表面应不含环氧砂浆、混凝土、灰尘、污垢等杂质。可使用喷砂等方法,以保障 FRP 系统与钢基材之间具有足够的粘结强度。原管道不得存在明显的渗漏。当原管道是钢制管,可通过焊接来修补渗漏点。当管道材料无法进行焊接时,可使用带夹子/带子的弹性密封件作为替代方法来阻止渗漏。对于小的渗漏,可以

使用水泥进行修补。表面清洁应将任何灰尘、环氧砂浆、油脂、油蜡、固化剂、污渍、涂层（如有必要）、表面润滑剂、异物颗粒、风化层或任何其他影响粘结的材料清除。如果使用高压清洗，应确保表面充分干燥后再安装 FRP 系统。清洁过的表面应防止重新沉积任何影响粘结的材料。

3.0.8 管道预处理宜采用高压水射流、喷砂、机械清洗等方式进行，但不应使原管道损坏。

3.0.9 当采用高压水清洗进行管道预处理时，应符合下列规定：

- 1 超高压水设备应由专业人员操作；
- 2 合理控制清洗压力和流量、水流不得对管壁造成损坏。

3.0.10 当采用喷砂清洗时，清洗完成后，管内表面质量应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 的有关规定，达到喷射清洗等级 Sa2.5 级的要求，并符合下列规定：

- 1 由专业人员操作喷砂设备。
- 2 选用无毒、干净的金刚砂作为磨料。
- 3 在管道末端安装抽吸装置，完全吸除处理过程中产生的可见粉尘。

3.0.11 施工前应编制施工组织设计，施工组织设计应经审批后执行；涉及道路开挖与回填、交通疏导的应按要求报批。

3.0.12 施工人员应当经过培训，培训后方可上岗作业。

【条文说明】：现场作业人员应是具有适当认证的、有资格的、经过培训的人员。安装人员应准备一份安装手册，其中详细说明实施工程所需的所有程序。安装应由受过相关技术培训并完全熟悉安装手册中记录的程序的人员进行。

3.0.13 施工过程中涉及到有限空间作业时，应满足有限空间作业施工安全的要求。

3.0.14 应根据工程特点合理选用施工方案、施工设备和不宜间断的施工方法，并应配备满足施工要求的备用动力和设备。

3.0.15 施工对用户供水产生影响时，应按现行国家标准《城镇供水服务》GB/T 32063 的有关规定采取相应的措施。

3.0.16 管道修复后，应对管道施工接口进行密封、连接、防腐处理，不能及时

连接的管道端口，应采取保护措施。

3.0.17 非开挖修复工程施工应对工作井开挖、管道断管与改造、管道预处理、端口处理与连接、管道压力试验、管道冲洗消毒和工作井回填等基础施工工艺进行记录。

3.0.18 非开挖修复工程检测、施工过程中应采取安全措施，并应符合现行行业标准《室外供水管网运行、维护及安全技术规程》CJJ 207 的相关规定。

3.0.19 单位工程应由建设单位组织验收，质量验收合格后，建设单位应将竣工验收报告和有关文件报工程所在地建设行政主管部门备案。

3.0.20 施工单位应对由施工引起的各种粉尘、废气、废弃物以及噪声、振动等环境污染问题采取控制措施。

3.0.21 雷暴、大雨、大风等极端天气不得施工。

【条文说明】：暴雨、雷暴、大风等恶劣天气容易诱发工程安全事故，建筑工地恶劣天气三个规定动作：停工、断电、撤人。

4 工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 非开挖修复工程设计前应详细调查原管道的基本概况、管道沿线的工程地质条件和水文地质条件、周边环境情况，并应取得管道检测与评估资料。

4.1.2 非开挖修复工程设计应符合下列规定：

- 1 修复后管道的结构应满足承载力、变形控制要求；
- 2 修复后管道的流量和压力应满足使用要求；
- 3 修复后管道应满足水质卫生要求。

4.1.3 非开挖修复方法的选择应根据检测与评估资料进行技术经济比较后确定。在初步设计阶段或基础资料不完整时，给水管道非开挖修复更新方法可按表 4.1.3-1 的规定选取，给水管道非开挖修复工艺种类和方法可按表 4.1.3-2 的规定选取。

表 4.1.3-1 给水管道非开挖修复方法

非开挖修复方法	适用范围和使用条件						
	宜适用管径/mm	不宜适用的原管道材质	内衬管材质	适宜修复最大长度/m	最大允许转角	修复后管道横截面减小率	局部或整体修复
折叠内衬法	100~1600	-	PE	300	11.25°	≤15%	整体修复
缩径内衬法	200~1200	-	PE	300	11.25°	≤15%	整体修复
软管穿插内衬法	100~1800	-	PE、涤纶、芳纶、TPU	1000	45°，转弯半径不小于 5d	≤3%	整体修复
翻转式原位固化法	100~3000	-	毛毡、玻璃纤维、涤纶、树脂等	600	90°	≤3%	整体修复
拉入式原位固化法	150~1200	-	树脂、玻璃纤维和毛毡	500	11.25°	≤3%	整体修复
热塑成型法	100~800	-	PVC-U 或 PE	250	45°	≤3%	整体修复

续表 4.1.3-1 给水管道非开挖修复方法

非开挖修复更新方法	适用范围和使用条件						
	宜适用管径 (mm)	不宜适用的原管道材质	内衬管材质	适宜修复最大长度 (m)	最大允许转角	修复后管道横截面减小率	局部或整体修复
喷涂 (筑) 法	≥150	化学建材管	环氧树脂、聚氨酯、聚脲、水泥砂浆	500	45°	≤3%	整体修复、局部修复
不锈钢内衬法	≥800	-	304, 304L, 316, 316L	800	90°	≤3%	整体修复
纤维增强复合材料湿敷法	≥600	-	碳纤维、玻璃纤维、3D 纤维织物、环氧树脂	-	-	不变小	整体修复、局部修复
不锈钢胀环法	800~3000	化学建材管	不锈钢、橡胶	-	-	略变小	局部修复
不锈钢快速锁法	150~1800	化学建材管	不锈钢	-	-	略变小	局部修复

注：1 相同直径且管道转角符合表 4.1.3-1 规定的管道，可设计成同一个修复段，否则应按不同管段进行设计；

2 适用管径为管道内径。

表 4.1.3-2 给水管道非开挖修复工艺种类和方法

类型		结构性修复	半结构性修复	功能性修复
设计考虑因素		内衬修复要求； 内部水压、外部地下水压力、土体静荷载及车辆等活荷载	内衬修复要求； 原管道剩余结构强度；内衬管需承受的外部地下水压力、真空压力	内衬修复要求； 原管道内表面以及表面预处理要求
工法适用性	折叠内衬法	√	√	√
	缩径内衬法	√	√	√
	软管穿插内衬法	√	√	√
	翻转式原位固化法	√	√	√

拉入式原位 固化法			
热塑成型法	√	√	√
喷涂（筑）法	√	√	√
不锈钢内衬 法	√	√	√
纤维增强复 合材料 （FRP）湿敷 法	√	√	√
不锈钢胀环 法	×	×	√
不锈钢快速 锁法	×	×	√

4.2 结构设计

4.2.1 非开挖管道修复工程所用管材直径的选择应符合下列规定：

- 1 折叠内衬法、缩径内衬法的内衬管外径应与原管道内径一致；
- 2 原位固化法所用软管外径应与原管道内径一致；
- 3 不锈钢内衬法内衬管外径宜与原管道内径一致。

4.2.2 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半结构性修复时，内衬管应能承受管道外部地下水压力和真空压力以及原管道破损部位内部水压的作用，且壁厚设计应符合下列规定：

- 1 内衬管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：

$$t \geq \frac{D_o}{\left[\frac{2KE_L C}{(P_w + P_v)N(1 - \mu^2)} \right]^{\frac{1}{3}} + 1} \quad (4.2.2-1)$$

$$P_w = 0.00981H_w \quad (4.2.2-2)$$

$$C = \left[\frac{\left(1 - \frac{q}{100}\right)}{\left(1 + \frac{q}{100}\right)} \right]^3 \quad (4.2.2-3)$$

$$q = 100 \times \frac{(D_E - D_{\min})}{D_E} \quad \text{或} \quad q = 100 \times \frac{D_{\max} - D_E}{D_E} \quad (4.2.2-4)$$

式中： t ——内衬管壁厚（mm）；

D_0 ——内衬管管道外径（mm）；

K ——圆周支持率，取值宜为 7.0；

E_L ——内衬管的长期弹性模量（MPa），宜取短期模量的 50%；

C ——原管道椭圆度折减系数；

P_w ——内衬管管顶地下水压力（MPa）；

P_v ——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，取值宜不小于 2.0；

ν ——泊松比，原位固化法内衬管取 0.3，PE 内衬管取 0.45、钢内衬管可取 0.31；其他管材应按相关标准或试验取值；

H_w ——管顶以上地下水位深度（m）；

q ——原管道的椭圆度（%），取值宜为 2%；

D_E ——原管道的平均内径（mm）；

$D_{\min}$ ——原管道的最小内径（mm）；

$D_{\max}$ ——原管道的最大内径（mm）。

表 4.2.2-1 内衬管的长期抗拉强度

内衬管材	长期抗拉强度 /MPa	内衬管材	长期抗拉强度 /MPa
原位固化法 (CIPP) 材料	14~21	高密度聚乙烯 (HDPE) 材料	10
聚氯乙烯 (PVC) 材料	25	聚乙烯 (PE100) 材料	10
不锈钢材料	205	聚乙烯 (PE80) 材料	8

【条文说明】：当采用原位固化法进行压力管道修复时，应针对不同的内衬材料，含有玻纤的取大值，含有毛毡、涤纶等无玻纤的材料宜取小值。

2 当按公式 (4.2.2-1) 计算所得 t 值满足公式 (4.2.2-5) 的要求时，应按公式 (4.2.2-6) 对内衬管壁厚设计值进行校核；

$$\frac{d_h}{D_E} \leq 1.83 \times \left(\frac{t}{D_0} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.2.2-5)$$

$$t \geq \frac{D_0}{\left[5.33 \times \left(\frac{D_E}{d_h} \right)^2 \times \frac{\sigma_L}{k P_d} \right]^{\frac{1}{2}} + 1} \quad (4.2.2-6)$$

3 当公式(4.2.2-1)计算所得 t 值不满足公式(4.2.2-5)时,应按公式(4.2.2-7)对内衬管壁厚设计值进行校核;

$$t \geq \frac{\gamma_Q P_d D_n}{2 f_t \sigma_{TL}} \quad (4.2.2-7)$$

$$D_n = D_0 - t \quad (4.2.2-8)$$

式中: d_h ——原管道中缺口或孔洞的最大直径 (m);

σ_L ——内衬管的长期弯曲强度 (MPa), 宜取短期弯曲强度的 50%;

P_d ——管道设计压力 (MPa), 应按管道工作压力的 1.5 倍计算;

D_n ——内衬管的计算直径 (mm);

σ_{TL} ——内衬材料的长期抗拉强度 (MPa), 可按表 4.2.2-1 取值;

γ_Q ——设计内水压力的分项系数, 可取 1.4;

f_t ——抗力折减系数, PE 材料, 可按表 4.2.2-2 取值; 原位固化法 (CIPP)

内衬管材料, 可取 1.0;

k ——强度安全系数, 可取 2。

表 4.2.2-2 PE 材料的抗力折减系数

温度 $t/^\circ\text{C}$	20	25	30	35	40
抗力折减系数 f_t	1.00	0.93	0.87	0.80	0.74

注: 本表所指的 PE 材料的抗力折减系数是按使用年限 50 年要求的规定取值。

4 当内衬管管道位于地下水位以上时, 原位固化法内衬管的标准尺寸比 (SDR) 不得大于 100, PE 内衬管的标准尺寸比 (SDR) 不得大于 42。

$$SDR = \frac{D_o}{t} \quad (4.2.2-9)$$

【条文说明】: 本条参考了 “Standard Practice for Rehabilitation of Ex-isting Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a

Resin-Impregnated Tube ” ASTM F1216-09 及 Standard Practice for Rehabilitation of Existing Sewers and Conduits with De-formed Polyethylene (PE) Liner (ASTM F1606-05) 中对于部分破损压力管道的内衬设计的方法,属于半结构性修复内衬设计的范畴。本条中内衬管与原管道联合承受外部地下水静水压力及真空压力时的设计公式(4.2.2-1),参考了美国“Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by Win Fn ASTM F1606-05 中内衬管承受外部水压的设计公式。该公式的理论基础是 Timoshenko 等人提出的屈曲理论,属于管道结构设计中管道稳定性要求的范畴。它是一个半理论半经验的公式,以长、薄壁柔性管道在静水压力作用下的无限制屈曲方程为理论基础,再考虑原管道对内衬管的支持作用,在最初的无限制屈曲公式上增加一个圆周支持率 K [推荐值 $K=7.0$ 来源于 Aggarwal and Copper (1984) 所做的试验],同时以内衬管的长期弹性模量取代短期弹性模量,并考虑到内衬管在衬入原管道时可能存在椭圆、局部凹凸不平等几何缺陷,相应地引入椭圆度折减系数来弥补此缺陷。

本公式中真空压力的推荐值 $P_v=0.05\text{MPa}$ 参考了国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332-2002 中第 3.3.6 条的规定。

本条中公式(4.2.2-5)、公式(4.2.2-6)、公式(4.2.2-7)参考了“Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube” ASTM F1216-09 对于部分破损压力管道的局部破损缺口校核的设计公式。当原管道破损缺口较小、满足式(4.2.2-5)的条件时,按照环形平板的条件对破损缺口位置进行抗弯强度校核,即按照式(4.2.2-6)进行校核,最终设计值 t 取按式(4.2.2-1)及式(4.2.2-6)计算所得的较大值。反之,当管道缺口较大、超出式(4.2.2-5)的范围时,按照环向受拉的条件进行环向抗拉强度校核,即按照式(4.2.2-7)进行校核,最终设计值取按式(4.2.2-1)及式(4.2.2-7)计算所得的较大值。对于地下水位以上的管道,参考“Standard Practice for Re-habilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin - Impregnated Tube” ASTM F1216-09 限定了 SDR 的上限,是为了进一步保证内衬设计的可靠性。

4.2.3 当采用喷涂(筑)法进行压力管道的半结构性修复时,喷涂(筑)内衬厚

度应符合公式 4.2.3-1、公式 4.2.3-2 的规定。

1 当原管道上存在孔洞或裂纹时，应验算局部外部水压作用对喷涂（筑）内衬管的冲切破坏，可按下列公式计算喷涂（筑）内衬管的厚度。

$$t \geq \frac{N_{pv} \gamma_w H_w A}{Z \tau_j} \times 10^{-3} \quad (4.2.3-1)$$

式中：

t ——内衬管壁厚（mm）；

N_{pv} ——安全系数，推荐取 2.0；

γ_w ——水的重度（kN/m³），推荐取 10.0 kN/m³；

H'_w ——管壁缺失部位（孔洞或裂纹）以上的地下水位高度（m）；

A ——原管道上孔洞或裂纹的面积（mm²）；

Z ——原管道上孔洞或裂纹的边界周长（mm）；

τ_j ——喷涂（筑）内衬管的剪切强度(MPa)，宜根据喷涂（筑）内衬管抗剪试验确定，并应符合现行国家标准《纤维增强塑料冲压剪切强度试验方法》GB/T 1450.2 的相关要求。

2 圆形管道半结构性修复时，喷涂（筑）内衬管的厚度尚应满足式 4.2.7-2 的要求。

$$t \geq \frac{D_0}{\left[\frac{2KE_L C}{pN_1(1-\nu'^2)} \right]^{1/3} + 1} \quad (4.2.3-2)$$

式中：

$$p = \gamma_w H_w - \eta_z \tau_z \quad (4.2.3-3)$$

$$C = \left[\frac{1 - \frac{q}{100}}{\left(1 + \frac{q}{100} \right)^2} \right]^3 \quad (4.2.3-4)$$

式中：

t ——内衬管壁厚（mm）；

D_0 ——内衬管管道外径（mm）；

K——圆周支持率，宜取 7.0；

E_L ——内衬管的长期弹性模量（MPa），由供货商提供。无实测资料时，取喷涂（筑）内衬管的长期弹性模量为初始弹性模量的 50%，喷涂（筑）聚氨酯、聚脲、环氧树脂可取 $E_L = 1000\text{MPa}$ 。

C——原管道椭圆度折减系数；

N_1 ——安全系数，取 2.0；

ν' ——喷涂（筑）内衬管的泊松比，聚氨酯材料取 0.3，聚脲材料取 0.4，环氧树脂材料取 0.4；

q——原管道椭圆度（%），代入公式计算时去掉%，无实测资料时可取 2；

p——作用在喷涂（筑）内衬管外部的屈曲压力（MPa），当 $p < 0.01\text{MPa}$ 时，取 $p = 0.01\text{MPa}$ ；

γ_w ——水的重度（ kN/m^3 ），推荐取 10.0 kN/m^3 ；

H_w ——管顶以上地下水位高度（m）；

η_z ——喷涂（筑）内衬管与原管道间粘结强度折减系数，推荐取 0.05~0.20；

τ_z ——喷涂（筑）内衬管与原管道间的初始粘结强度（MPa）。

4.2.4 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、喷涂（筑）法进行压力管道结构性修复时，内衬管壁厚设计应符合本规程 4.2.2 的规定，并应满足式（4.2.4-1）及式（4.2.4-2）的要求。

$$t \geq 0.721D_0 \left[\frac{\left(\frac{Nq_t}{C} \right)^2}{E_L R_w B' E_s} \right]^{1/3} \quad (4.2.4-1)$$

$$t \geq \frac{0.1973D_0}{E^{\frac{1}{3}}} \quad (4.2.4-2)$$

其中：

$$q_t = 0.01H_w + \frac{\gamma H_s R_w}{1000} + W_s \quad (4.2.4-3)$$

$$R_w = 1 - 0.33 \frac{H_w}{H_s} \quad (4.2.4-4)$$

$$B' = \frac{1}{1 + 4e^{-0.213H}} \quad (4.2.4-5)$$

式中：

t ——内衬管厚度（mm）；

D_0 ——内衬管外径（mm）；

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 $R_w = 0.67$ ；

B' ——弹性支撑系数；

E ——内衬管的初始弹性模量（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 的规定确定；

H_w ——管顶以上地下水位高度（m）；

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 的规定确定。

4.2.5 当采用喷涂（筑）法进行压力管道结构性修复时，喷涂（筑）内衬管厚度尚应满足本规程第 4.2.3 节的要求。

4.2.6 软管穿插内衬法管道结构设计应综合考虑内衬管的轴向拉力和爆破压力。

4.2.7 当采用喷涂（筑）法进行压力管道功能性修复时，喷涂（筑）内衬管厚度应符合下列规定：

- 1 用于钢管的水泥砂浆内衬厚度及允许公差可按表 4.2.7-1 取值；

表 4.2.7-1 用于钢管的水泥砂浆内衬厚度及允许公差

公称直径/mm	内衬厚度/mm		厚度公差/mm	
	机械喷涂（筑）	手工涂抹	机械喷涂（筑）	手工涂抹
500~700	8	—	+3 -2	—
800~1000	10	—	+3 -2	—
1100~1500	12	14	+3 -2	+3 -2
1600~1800	14	16	+3 -2	+3 -2

公称直径/mm	内衬厚度/mm		厚度公差/mm	
	机械喷涂（筑）	手工涂抹	机械喷涂（筑）	手工涂抹
2000~2200	15	17	+4 -3	+4 -3
2400~2600	16	18	+4 -3	+4 -3
>2600	18	20	+4 -3	+4 -3

2 用于铸铁管的水泥砂浆内衬厚度可按表 4.2.7-2 取值；

表 4.2.7-2 用于铸铁管的水泥砂浆内衬厚度

公称直径/mm	内衬厚度/mm	
	公称值	某一点最小值
40~300	3	2.0
350~600	5	3.0
700~1200	6	3.5
1400~2000	9	5.0
2200~2600	12	6.0

3 环氧树脂内衬喷涂（筑）厚度可按表 4.2.7-3 取值；

表 4.2.7-3 环氧树脂内衬喷涂（筑）厚度

公称直径/mm	涂层厚度/mm	
	湿膜	干膜
15~25	≥0.25	≥0.20
32~50	≥0.25	≥0.20
65~100	≥0.32	≥0.25
150~600	≥0.38	≥0.30

4 聚氨酯、聚脲防水喷涂（筑）的厚度不得小于 1.2mm。

【条文说明】：本条中取用的砂浆涂抹厚度及聚氨酯、聚脲喷涂（筑）厚度参考了国家标准《地下工程防水技术规范》GB50108 - 2008 中第 4.4.6 条和 4.4.15 条的规定。

4.2.8 当采用不锈钢内衬法进行压力管道修复时，应避免出现管道负压；采用不锈钢内衬法进行管道半结构性修复时，内衬管应能承受管道外部地下水压力和真空压力以及内部水压的作用，其壁厚设计应符合下列规定：

1 内衬管承受外部地下水压力的最小壁厚应按本规程公式(4.2.2-1)计算,式中 E_L 应取内衬不锈钢材料的短期弹性模量,原管道对内衬管的支撑系数 K 应通过耐负压试验确定;

2 内衬管承受内部水压的最小壁厚应按本规程公式(4.2.2-7)计算,式中 P_d 应取管道工作压力的 1.5 倍, σ_n 应取内衬不锈钢材料的屈服抗拉强度, γ_Q 应取 1.5, f 应取 1.0;

3 可通过在不锈钢内衬管内侧增设不锈钢内加强圈(环肋)以提高不锈钢内衬的环刚度,环肋厚度宜为 10mm,宽度宜为 100mm,环肋间距宜取 2m。

【条文说明】:可通过在不锈钢内衬内侧安装不锈钢内加强圈(环肋),以增加不锈钢内衬层的环刚度,提升承压(外压)能力。一般不锈钢内支撑环厚度为 10mm,宽度 100mm,2m 一道,根据实践经验局部安装不锈钢内加强圈(环肋)可以有效提升不锈钢内衬的环刚度,避免负压危害。

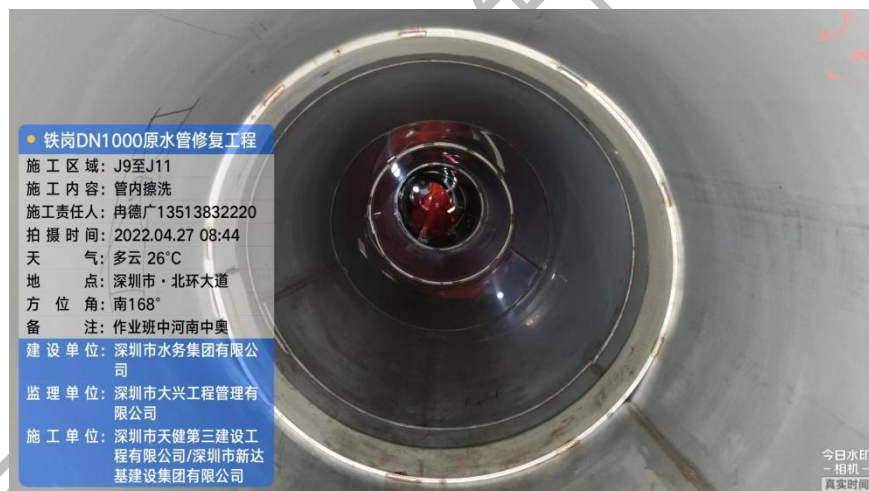


图1 不锈钢内衬内侧安装不锈钢内加强圈(环肋)现场照片

4.2.9 当采用纤维增强复合材料湿敷法进行管道修复时,内衬管壁厚设计应满足最大外部荷载和内部工作压力的要求,并符合下列规定:

1 当考虑外部荷载进行管道全结构性修复时时,碳纤维内衬管壁厚设计按下列公式计算:

$$P_{cr} \geq P_{\text{external}} \quad (4.2.9-1)$$

$$P_{cr} = \phi \frac{E_{cn}}{1 - \nu_{LT}\nu_{TL}} \left(\frac{t_f}{D_f} \right)^{2.2} \quad (4.2.9-2)$$

$$P_{\text{external}} = \max\{P_1, P_2, P_3\} \quad (4.2.9-3)$$

$$P_1 = 1.4(P_{\text{gw}} + W_{\text{e}}^* + W_{\text{p}}^*) \quad (4.2.9-4)$$

$$P_2 = 1.2(P_{\text{gw}} + W_{\text{e}}^* + W_{\text{p}}^*) + 1.20P_{\text{v}} \quad (4.2.9-5)$$

$$P_3 = 1.2(P_{\text{gw}} + W_{\text{e}}^* + W_{\text{p}}^*) + 1.60W_{\text{t}} \quad (4.2.9-6)$$

式中：

P_{cr} ——碳纤维内衬的屈曲强度（MPa）；

E_{cn} ——碳纤维内衬的弯曲弹性模量（MPa）；

$\nu_{LT}\nu_{TL}$ ——碳纤维内衬的泊松比，其中 ν_{LT} 代表纵方向上的单位应变引起的横方向上的应变。

t_f ——碳纤维内衬在环向方向上的厚度，或者碳纤维和混凝土复合内衬的转换厚度（m）。

D_f ——碳纤维内衬的中性轴直径，或者碳纤维和混凝土复合内衬的转换直径（m）。

D ——碳纤维内衬的直径，适用于独立内衬设计，或者碳纤维和混凝土复合内衬的总直径（m）。

P_{gw} ——地下水的外部压力（MPa）；

W_{e}^* ——地下埋设管道的上覆土荷载，在地下水存在时需要进行浮力校正（MPa）；

W_{p}^* ——管道重量；在地下水存在时进行浮力校正（MPa）；

W_{t} ——动载荷（MPa）；

P_{v} ——内部瞬时真空负压（MPa），取值宜大于 0.042MPa；对于无法确定地下水情况时，设计应基于有无地下水时的最大荷载效应确定。

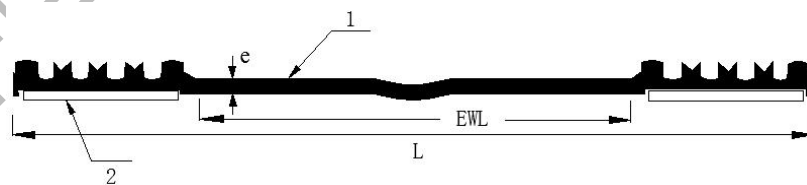
2 当仅考虑管道工作压力进行管道半结构性修复时，碳纤维内衬管壁厚可按表 4.2.9 选用。

表 4.2.9 碳纤维内衬管修复壁厚推荐值

公称直径 /mm	外部荷载/kPa					
	70	210	350	480	620	760
	最小要求设计壁厚/mm					
460	8	8	8	8	8	8
610	8	8	8	8	9	10
760	9	9	9	13	13	14
910	9	9	11	11	13	14
1220	9	11	14	14	16	16
1370	9	11	14	16	18	26
1520	9	13	16	18	21	26
1680	9	13	16	21	22	26
1830	11	14	18	26	26	28
1980	11	16	21	26	26	28
2130	11	18	26	26	28	30
2440	13	21	26	28	32	34
3050	14	26	30	38	38	44
3660	18	28	40	42	46	46
4270	21	32	42	50	54	58
4880	26	38	46	54	62	68

4.2.10 当采用不锈钢胀环法进行管道半结构性修复时，修复设计应符合下列规定：

- 1 管道缺陷点应分布于在橡胶密封带范围如图 4.2.10 所示中 EWL 范围内；密封带厚度宜为 6mm~10mm；原管道管内周长与橡胶密封带周长之差 $\leq 30\text{mm}$ 。 $250\text{mm} \leq L \leq 700\text{mm}$ ；



1—橡胶密封带；2—不锈钢胀环；

图 4.2.10 不锈钢胀环法示意图

- 2 不锈钢胀环宽度不应小于 50mm，厚度不应小于 5mm；周长小于原管道管内周长 80mm~100mm；
- 3 不锈钢橡胶胀环的修复缺陷范围大于橡胶密封带宽度时可设计多个不锈

钢橡胶胀环搭接修复。

4.2.11 当采用不锈钢快速锁法进行管道半结构性修复时，气囊安装和人工安装不锈钢快速锁技术参数应符合表 4.2.11-1 和表 4.2.11-2 的规定。

表 4.2.11-1 气囊安装不锈钢快速锁技术参数

型号	橡胶套直径/mm	不锈钢套筒长度 L/mm	适用管径 ID		密封段长度 AN/mm	不锈钢套筒			橡胶套	
			最小值/mm	最大值/mm		钢板厚度	套筒卷曲直径	最大扩张直径	厚度 SR/mm	密封台高度
300	235	400	295	315	310	1.2	238	305	2	7
400	323	400	390	415	310	1.5	325	406	2	8
500	420	400	485	515	310	2.0	425	505	2	9
600	500	400	585	615	310	2.0	510	605	2.5	9
700		400	675	725	310	2.0	570	713	2	9

表 4.2.11-2 人工安装不锈钢快速锁技术参数

型号	环片数	套筒长度 L/mm		适用管径 ID		不锈钢套筒			橡胶套			
		短款	长款	最小值/mm	最大值/mm	钢板厚度 SX/mm	套筒卷曲直径 da/mm	最大扩张直径 DA/mm	厚度 SR/mm	密封台高度 Hn/mm	密封段长度 AN/mm	
											短款	长款
800	2	200	300	770	830	3	710	815	3	11	140	240
900	2	200	300	870	930	3	810	915	3	11	140	240
1000	2	200	300	970	1030	3	910	1015	3	11	140	240
1100	2	200	300	1070	1130	3	1010	1115	3	11	140	240
1200	2	200	300	1170	1230	3	1110	1215	3	11	140	240
1300	2	200	300	1270	1330	3	1210	1315	3	11	140	240
1400	3	200	300	1370	1430	4	1310	1415	3	11	140	240
1500	3	200	300	1470	1530	4	1410	1515	3	11	140	240
1600	3	200	300	1570	1630	4	1510	1615	3	11	140	240
1700	3	200	300	1670	1730	4	1610	1715	3	11	140	240
1800	3	200	300	1770	1830	4	1710	1815	3	11	140	240

4.2.12 内衬管拖拉进入原管道时，允许拖拉力应按下式计算：

$$F = \sigma \times \frac{\pi(D_0^2 - D_1^2)}{4N_2} \quad (4.2.12)$$

式中：F——允许拖拉力（N）；

σ ——管材的屈服拉伸强度（MPa），PE80 宜取 20，PE100 宜取 22。不同管材的拉伸强度

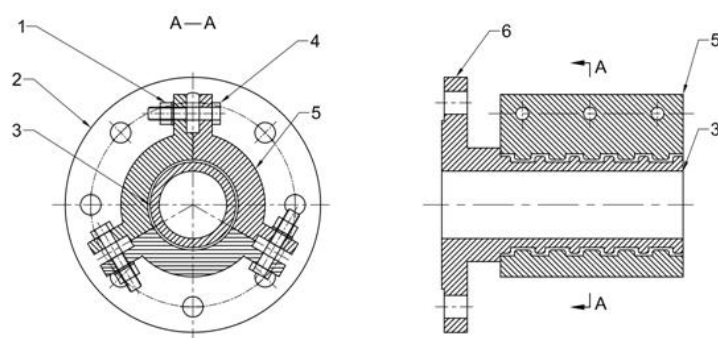
D_1 ——内衬管内径（mm）；

N_2 ——内衬管拖拉力安全系数，宜取 2.0。

4.3 接口设计

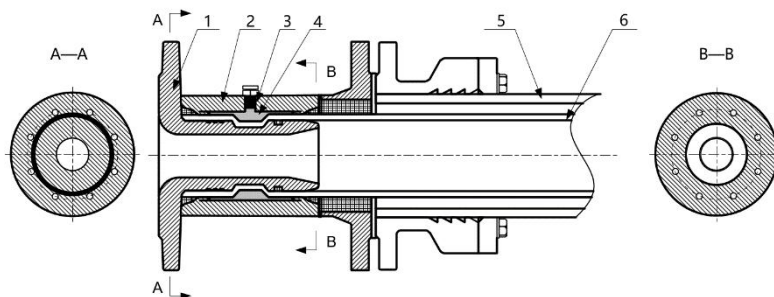
4.3.1 采用折叠内衬法和缩径内衬法修复管道时，应按现行行业标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ 101 的有关规定进行内衬管的热熔连接及焊接后的外观检查，且焊口应进行 100%切边检查。

4.3.2 采用软管穿插内衬法修复时，软管内衬应通过刚性专用接头以扣压方式与原管道连接，连接结构样式可分为卡箍或注胶连接（图 4.3.2-1~4.3.2-2）。当修复球墨铸铁管、混凝土管等承插接口的管道时，原管道应连接承盘短管或其他转换管件，承盘短管结构样式可按图 4.3.2-3 设计。接头内径不应小于内衬管段直径的 95%。



1—螺母；2—法兰；3—接头内芯；4—紧固螺栓；5—抱箍；
6—法兰和接头内芯。

图 4.3.2-1 卡箍接头示意图



1—接头内芯；2—接头外护套；3—注胶孔；4—压密树脂；5—原管道；
6—内衬软管

图 4.3.2-2 注胶接头示意图

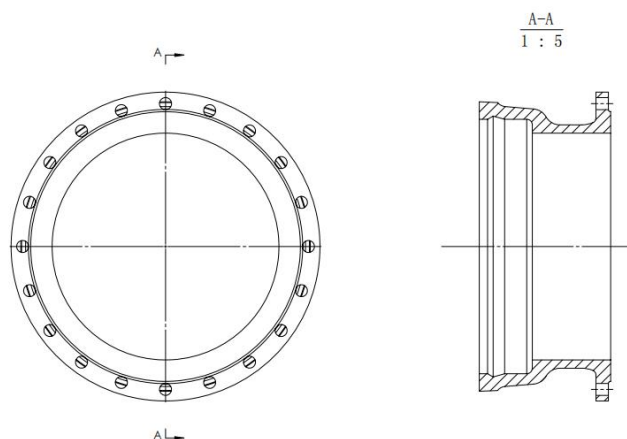
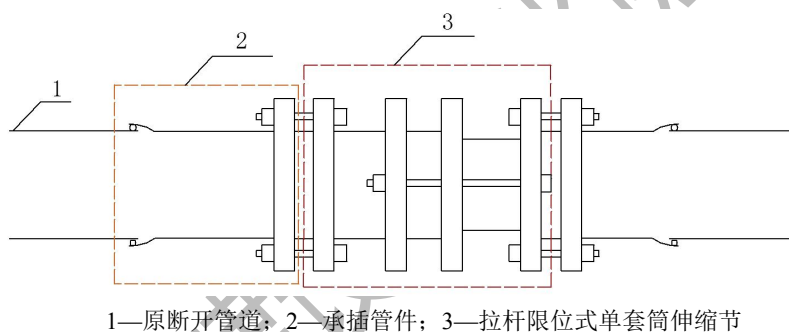


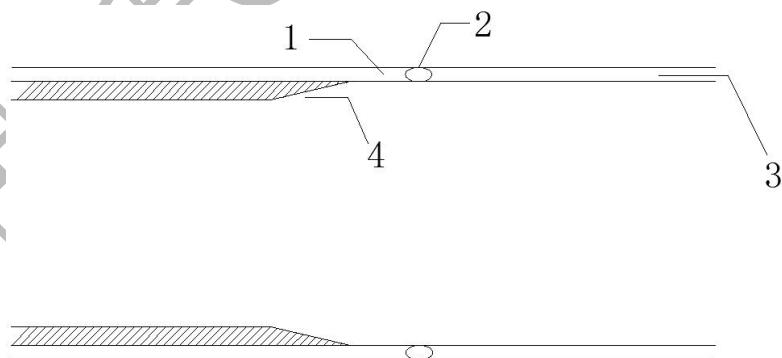
图 4.3.2-3 承盘短管示意图

4.3.3 采用翻转式原位固化法、拉入式原位固化法修复管道时，断管部位两端间距应大于 1m，管道断口连接型式可按图 4.3.3-1~图 4.3.3-4 采用承插、焊接、哈夫节、法兰连接，当采用焊接法连接时，应要对断口部位内衬管向内打磨 15mm。



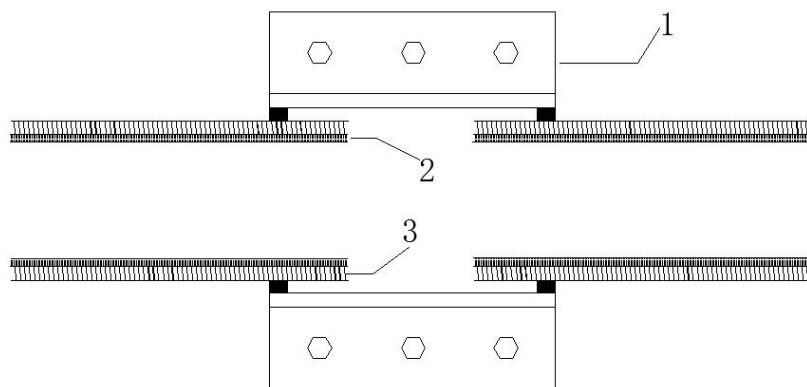
1—原断开管道；2—承插管件；3—拉杆限位式单套筒伸缩节

图 4.3.3-1 伸缩节连接示意图



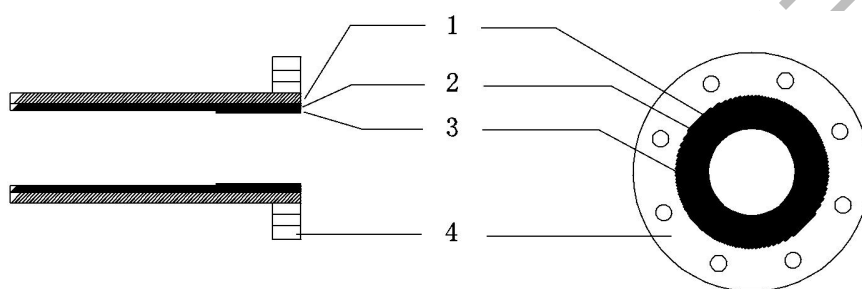
1—原管道；2—焊口；3—焊接等径新钢管；4—打磨后的内衬管

图 4.3.3-2 焊接连接示意图



1—哈夫节；2—内衬新管；3—原管道

图 4.3.3-3 哈夫节连接示意图



1—原管道；2—内衬新管；3—内胀环；4—法兰

图 4.3.3-4 法兰连接示意图

4.3.4 采用热塑成型法修复管道时，内衬管的冷却和端口处理应符合下列规定：

- 1 衬管加热复原后，应在保持原有压力的情况下，将衬管内的蒸气逐渐置换成冷空气；
- 2 置换过程中应实时监测尾端处温度表，当温度降低到 40℃ 以下时，方可打开阀门，释放衬管内的残余压力；
- 3 修复后管道两端多余管道应切除多余部分和同步使用专用工具对内衬管作翻边与加固处理且满足前后两个相邻管段的密封式连接；
- 4 不同规格管道内衬管壁厚不相同，在内衬固化修复施工作业时修复的长度也不相同，综合考虑不同管径、热塑修复设备功率、型号和降低管道间接头数量等多方因素，一次性修复长度建议可按照表 4.3.4 执行；

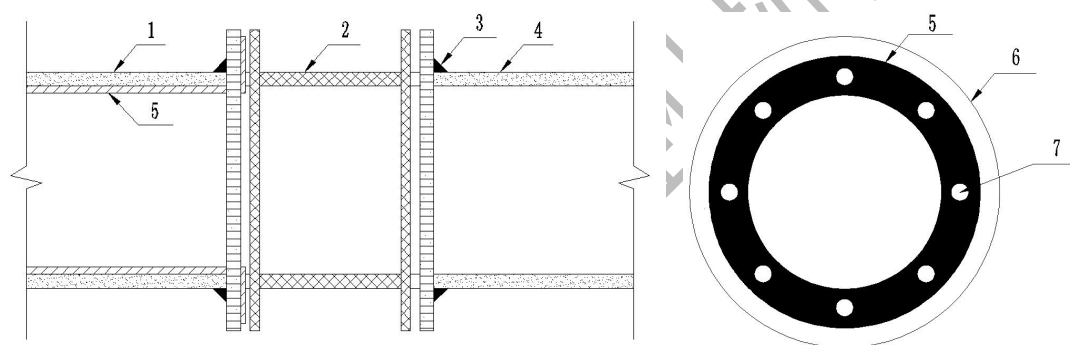
表 4.3.4 不同管径管道一次性修复长度建议表

序号	管径规格及壁厚/mm	一次性修复长度值/m
1	DN100×4	250
2	DN150×5	230
3	DN200×5	200

4	DN300×5	180
5	DN400×6	100
6	DN500×7	85
7	DN600×8	65
8	DN700×9	55
9	DN800×10	45

5 内衬管固化修复完成后，应采用可曲绕同心同径橡胶接头作为修复管段与原管道的连接装置，连接接头规格型号、力学性能、结构形式和材质等应符合现行国家标准《可曲绕橡胶接头》GB/T 26121 的相关规定；

6 连接接头法兰盘、螺栓应选用 304 不锈钢材质或耐腐蚀材质，连接构造应满足图 4.3.4 的要求。

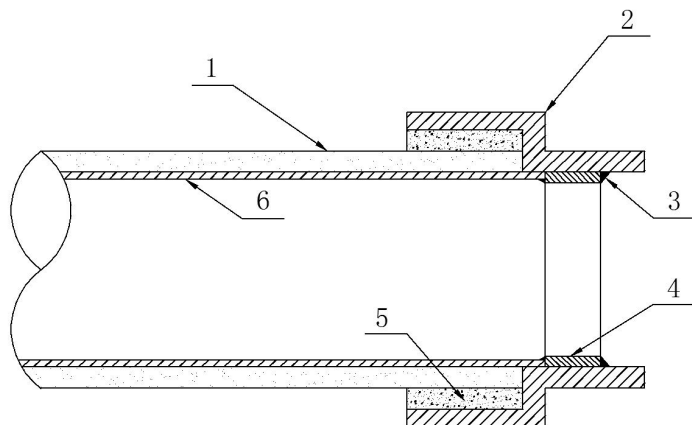


1—修复管段；2—连接器；3—焊接；4—未修复管段；5—内衬新管；6—法兰；7—连接螺栓

图 4.3.4 热塑成型法内衬修复及法兰连接示意图

【条文说明】：当设计有要求时，对形成的内衬管两端头预留一定长度后进行切割，其预留长度满足翻边长度，且衬管两端应翻边至原管道的端口。

4.3.5 采用不锈钢内衬修复管道时，不锈钢内衬修复端口处理可按图 4.3.5 执行。



1—原管道；2—钢制承插；3—焊接；4—不锈钢过渡板；5—填充物；6—不锈钢内衬

图 4.3.5 不锈钢内衬修复端口处理示意图

4.3.6 纤维增强复合材料（FRP）修复系统的端口处理时，原管道与 FRP 系统连接处涂覆增厚的环氧树脂的厚度应逐渐减小，端口处理见图 4.3.6。

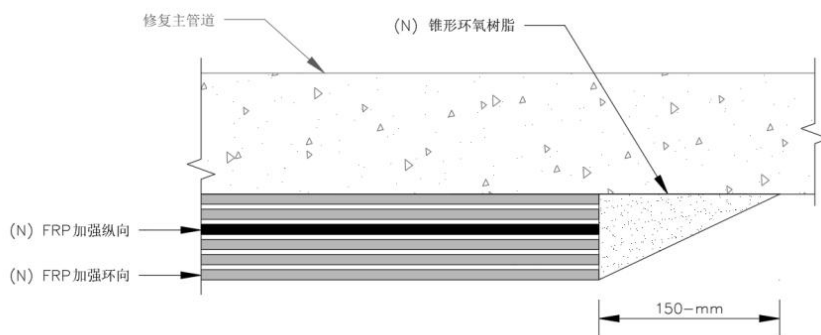


图 4.3.6 增稠环氧树脂进行端口处理

4.3.7 内衬管端口、内衬管与阀门井接口、内衬管与原管道管壁之间的缝隙应进行密封处理。

4.3.8 修复后的管段应重新与相邻管段之间连接密封。

4.3.9 修复后的管道端部应伸出检查井井壁不小于 200mm。

4.4 水力计算

4.4.1 水力计算应符合现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 的有关规定。

4.4.2 管道总水头损失宜按下式计算：

$$h_z = h_y + h_j \quad (4.4.2)$$

式中： h_z —管道总水头损失（m）；

h_y —管道沿程水头损失 (m) ;

h_j —管道局部水头损失 (m) 。

4.4.3 管道沿程水头损失宜按下列公式计算:

1 塑料管及采用塑料内衬的管道:

$$h_y = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.4.3-1)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta}{3.7d_j} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right) \quad (4.4.3-2)$$

式中: λ —沿程阻力系数;

l —管段长度(m) ;

d_j —管道计算内径(m);

v —过水断面平均流速(m/s);

g —重力加速度(m/s²);

Δ —当量粗糙度;

Re —雷诺数。

2 混凝土管:

$$h_y = \frac{v'^2}{C^2 R} \quad (4.4.3-3)$$

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (4.4.3-4)$$

式中: v' —流速系数;

R —水力半径(m);

n —粗糙系数;

y —指数。

3 输配水管道:

$$h_y = \frac{10.67 Q^{1.852}}{C_h^{1.852} d_i^{4.87}} l \quad (4.4.3-5)$$

式中: Q —设计流量 (m³/s) ;

C_h —海曾-威廉系数。

Δ (当量粗糙度)、 n (粗糙系数)、 C_h (海曾-威廉系数) 3 个摩阻系数, 可采用水力物理模型试验检测相关参数值, 再进行推算获得; 没有试验值时, 可根据管道的管材种类, 按表 4.4.3 选用

表 4.4.3 管道沿程水头损失水力计算参数 (Δ 、 n 、 C_h) 值

管道种类		粗糙系数 n	海曾-威廉系数 C_h	当量粗糙度 Δ /mm
钢管、铸铁管	水泥砂浆内衬	0.011~0.012	120~130	—
	涂料内衬	0.0105~0.0115	130~140	—
	旧钢管、旧铸铁管 (未做内衬)	0.014~0.018	90~100	—
混凝土管	预应力混凝土管	0.012~0.013	110~130	—
	预应力钢筒混凝土管	0.011~0.0125	120~140	—
塑料管材、内衬塑料的管道	—	—	140~150	0.010~0.030

4.4.4 管道局部水头损失宜按下式计算:

$$h_j = \sum \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (4.4.4)$$

式中: ζ 一管道局部水头阻力系数, 可根据水流边界形状、大小、方向的变化等选用。

4.4.5 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下式计算:

$$B = \frac{h_{z2}}{h_{z1}} \times 100\% \quad (4.4.5)$$

式中: B 一管道修复前后水头损失比;

h_{z1} 一管道修复前的水头损失;

h_{z2} 一管道修复后的水头损失;

4.5 工作坑设计

4.5.1 当需开挖工作坑时, 工作坑的位置应符合下列规定:

- 1 工作坑的坑位应避开地上建筑物、架空线、地下管线或其他构筑物;
- 2 工作坑宜设置在管道阀门、转角、变径或分支处, 不宜设置在道路交叉口、医院出入口、消防出入口、隧道出入口及轨道交通出入口等人流车辆密集处;

3 一个施工段的两工作坑间距应控制在施工能力范围内。

4.5.2 工作坑尺寸应根据原管道埋深、管径、内衬管牵拉通道和施工空间要求进行设计，并应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268的有关规定。

4.5.3 管道修复临时工作坑的支护应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 和《建筑深基坑工程施工安全技术规范》JGJ 311 的相关规定。

4.5.4 当采用折叠内衬法、缩径内衬法的连续管道牵拉作业时，应预留放置连续管道的场地，连续管道牵拉进管工作坑（图 4.4.4）的大小应符合下列规定：

- 1 深度宜为管底深度加 0.5m；
- 2 宽度宜为管道外径加 1.5m；
- 3 连续管道进管工作坑的最小长度应按下列公式计算：

$$L = [H \times (4R' - H)]^{\frac{1}{2}} \quad (4.5.4)$$

式中：L——工作坑长度（m）；

H——管道敷设深度（m）；

R'——管材允许弯曲半径（m），且 $R \geq 25D_0$ 。

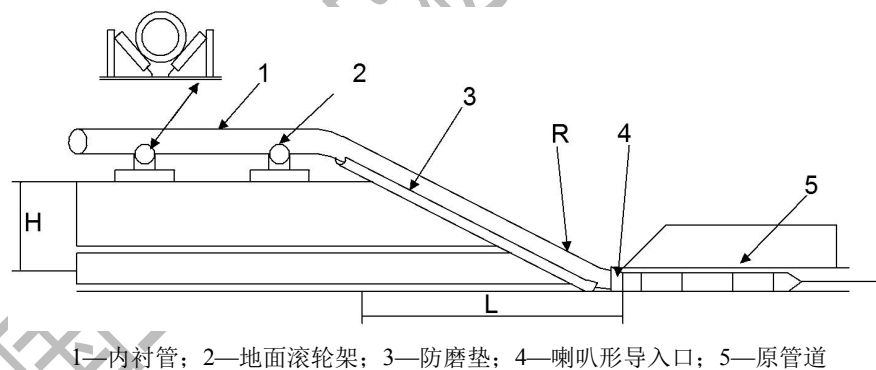
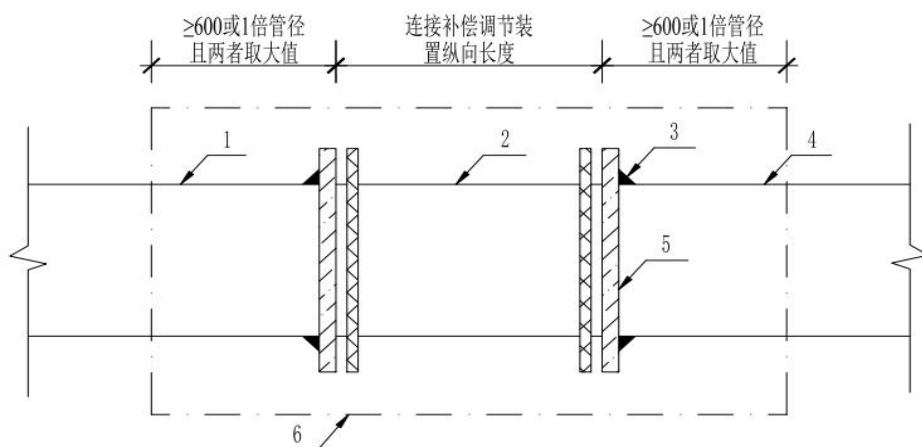


图 4.5.4 连续管道进管工作坑布置示意图

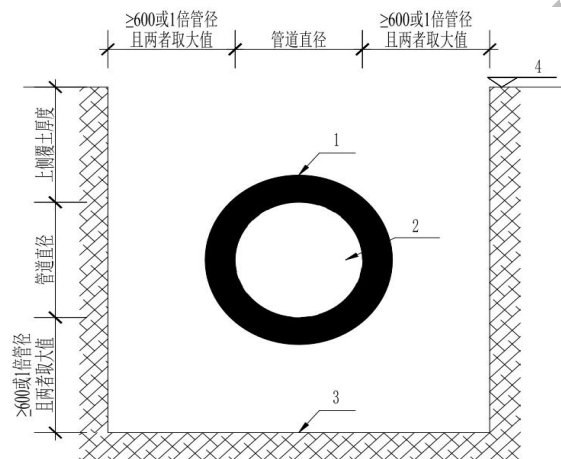
4.5.5 当采用软管穿插内衬法、原位固化法修复作业时，工作坑的最小长度宜取管道埋深的 2.5~3.0 倍，且应满足插入点连接要求。

4.5.6 当采用热塑成型法修复管道用工作坑的尺寸应按图 4.5.6-1~图 4.5.6-3 布置，工作坑的最小长度宜为连接补偿调节装置的纵向长度加 1.2m。



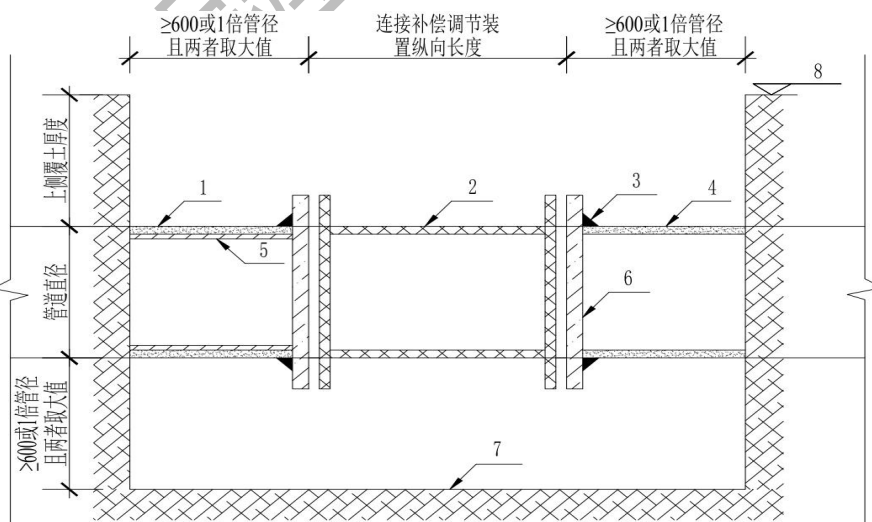
1—修复管道；2—连接补偿调节装置；3—焊接；4—原管道；
5—法兰；6—工作坑临时开挖边线

图 4.4.6-1 管道修复临时工作坑平面图



1—法兰；2—原管道；3—工作坑底；4—现状地面

图 4.4.6-2 管道修复临时工作坑剖面图



1—修复管道；2—连接补偿调节装置；3—焊接；4—原管道；
5—内衬新管；6—法兰；7—工作坑底；8—现状地面

图 4.4.6-3 管道修复临时工作坑纵向剖面图

【条文说明】：临时作业工作坑的长度应能够满足连接法兰盘与原管道的连接通

常会采用电焊连接、热熔连接两种方式，还应综合考虑法兰盘连接作业施工时作业人员、机械设备需要的最小空间范围，按照管道每侧最小作业空间宽度不应低于 600mm（或一倍原管道直径）考虑且两者中取大值，坑底距离管底部应按不少于 600mm 高度予以考虑。

4.5.7 不锈钢内衬法工作坑可分为下板工作坑和通风工作坑，下板工作坑应满足不锈钢下板施工作业要求，坑长度宜为 2m~3m。

4.6 临时管设计

4.6.1 管道修复需要停水施工的，应在停水前 24h 通知停水区域的用户做好储水工作，停水宜在用水低峰时进行。

4.6.2 对于供水保障要求较高、无法停水的区域，管道修复时可通过设置临时旁通管，临时旁通管应满足受影响区域事故工况下供水水量和水压需求，旁通管使用前需做好冲洗消毒，满足管道并网运行要求。

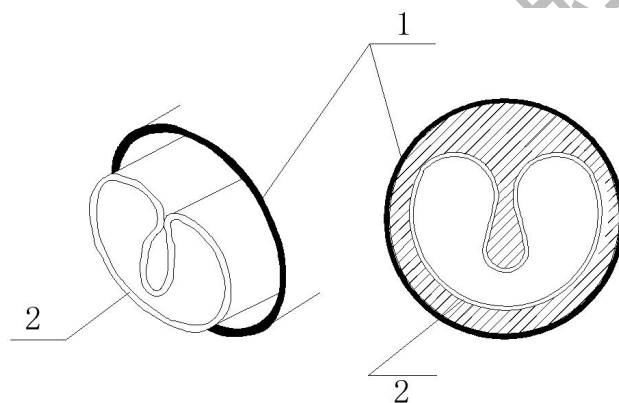
5 折叠内衬法

5.1 一般规定

5.1.1 折叠内衬法适用于 DN100-DN1600 各类给水管道的非开挖修复。

【条文说明】：折叠内衬法是采用牵拉的方法将压制成“C”形或“U”形的管道置入原管道中，然后通过加热、加压等方法使其恢复原状形成管道内衬的修复方法。

折叠内衬法的压制、折叠和缠绕、复原是关键环节，在压制过程中U形PE管下方两侧不得出现死角或褶皱现象，折叠缠绕的速度指标要与管道直径相关，复原的温度控制以及折叠管冷却后至少保留内衬管伸出原管道两端的长度等均需要给出统一规定，以确保折叠管修复质量。



1—原管道；2—折叠变形后的内衬管

图3 折叠内衬法折叠变形示意图

5.1.2 原管道预处理后应进行检测，经验收合格后方可进行下一步施工。

5.2 内衬材料

5.2.1 非开挖修复更新管材的原材料应选用 PE80 或 PE100 级的管道混配料。

5.2.2 管材规格尺寸应按照设计要求确定。内衬 PE 管材为标准管时，其物理力学性能应符合国家现行国家标准《给水用聚乙烯（PE）管道系统 第2部分：管材》GB/T 13663.2 的相关规定；内衬 PE 管材为非标准管时，其物理力学性能应符合现行行业标准《采用聚乙烯内衬修复管道施工技术规范》SY/T 4110 的有关规定。

5.2.3 管材的卫生性能应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料

的安全性能评价规范》GB/T 17219 的相关规定。

5.2.4 内衬连接断面应采用倒榫子母口型式或其他可以保证接口密封的型式。

5.2.5 内衬 PE 管材的耐开裂性能应符合现行行业标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ 101 的有关规定。

5.2.6 内衬管的内外表面应清洁、光滑,不允许有气泡、明显划伤、凹陷、杂质、颜色不均匀等缺陷。管端头应切割平整,并与管轴线垂直。

5.2.7 内衬 PE 管材应存放在远离热源、通风良好、温度不超过 40℃ 的库房或简易棚内,露天堆放应有遮盖物,避免曝晒和雨淋。

5.2.8 内衬管两端应有不短于 300mm 的封头,以防止管头污染或杂质进入管中。

5.3 工艺要求

5.3.1 折叠内衬法修复施工时,气温不宜低于 5℃。

5.3.2 折叠管的压制应符合下列规定:

- 1 管道折叠变形应采用专用变形机,缩径变形量应控制在 30%~35%;
- 2 折叠过程中,折叠设备不得对管道产生划痕等破坏,折叠应沿管道轴线进行,管道不得扭曲、偏移;
- 3 管道折叠后,应立即用缠绕带进行捆扎,管道牵拉端应连续缠绕,其他位置可间断缠绕;
- 4 折叠管的缠绕和折叠速度应保持同步,宜控制在 5m/min~8m/min。

5.3.3 折叠管拉入前应采取下列保护措施:

- 1 应分别采用一个与待插管直径相同、材质相同、断面形态相同、长度不小于 3m 的管段进行试穿,并检测试穿后管段表面损伤情况,划痕深度不应大于内衬管壁厚的 10%;
- 2 应在原管道端口设置导滑口;
- 3 应对内衬管的牵拉端或顶推端采取保护措施;
- 4 连续管道穿插应在地面上安装滚轮架、工作坑中应铺设防磨垫;
- 5 穿插前应按现行行业标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ 101 的有关规定进行热熔连接或电熔连接及焊接后的外观检查,且焊口应进行 100% 切边检查。

5.3.4 折叠管拉入过程中应符合下列规定:

- 1 管道不得被划伤；
- 2 观察管道入口处 PE 管情况，防止管道发生过度弯曲或起皱；
- 3 管道的拉伸率不得大于 1.5%，管道牵拉速度不宜大于 0.3m/s，在管道弯曲段或变形较大的管道中施工应减慢速度；
- 4 牵拉过程中牵拉力不应大于内衬管截面允许拉力的 50%，允许拖拉力计算应满足本规程第 4.2.11 条的规定；
- 5 牵拉操作不宜中途停止；
- 6 内衬管伸出原管道端口的距离应满足内衬管应力恢复和热胀冷缩的要求；
- 7 内衬管宜经过 24h 的应力恢复后进行后续操作。

5.3.5 现场折叠管的复原过程应符合下列规定：

- 1 可采用注水或鼓入压缩空气加压使折叠管复原；
- 2 复原时应严格控制加压速度，折叠管应完全复原，不得损坏；
- 3 折叠管复原后，压力应保持稳定，且不应少于 8h；
- 4 复原后，应采用电视检测（CCTV）检查折叠管复原情况。当复原不完全时，应采取措施。

5.3.6 工厂预制折叠管复原及冷却过程应符合下列规定：

- 1 应在管道起止端安装温度测量仪，温度测量仪应安装在内衬管与原管道之间；
- 2 折叠管中通入蒸汽的温度宜控制在 112℃~126℃ 之间，并应加压至 100kPa。当管外周温度达到 85℃±5℃ 后，应加压至 180kPa。
- 3 应维持压力直到折叠管完全膨胀；
- 4 折叠管复原后，应将管内温度冷却到 38℃ 以下，并应缓慢加压至 228kPa。内衬管应采用空气或水替换蒸汽冷却至周围环境温度；
- 5 冷却后，内衬管伸出原管道不应小于 100mm；
- 6 复原后，应采用电视监测检查折叠管复原情况，当复原不完全时，应采取

5.3.7 折叠复原管作业结束后，应对管道施工接口进行密封、连接、防腐处理。不能及时连接的管道端口，应采取保护措施。

5.3.8 就位后的预制折叠管连接前，应在内衬管的端口安装一个刚性的内部支撑

衬套，在工作坑内插入管之间的连接应符合下列规定：

- 1 连接前应经过不少于 24h 应力松弛，并在插入管上设置固定点；
- 2 管道直径小于或等于 315mm 的聚乙烯管道应采用电熔连接；
- 3 当采用法兰连接时，宜设置检查井并应符合现行行业标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ 101 的相关规定；
- 4 SDR17.6 系列非标准外径预制折叠管，当扩径至与标准聚乙烯管外径及壁厚一致时方可进行连接。当采用扩径的方式不能满足标准壁厚时，应采用变径管件连接；
- 5 SDR26 系列非标准外径的预制折叠管应采用变径管件连接。

5.3.9 折叠内衬法施工的记录应符合本规程第 3.0.14 条的规定，并应对 PE 管道焊接、PE 管道折叠变形、PE 管道穿插和 PE 管道复原等施工工艺按附录 B 进行记录。

5.4 质量检验

I 主控项目

5.4.1 管材等主要材料应进行进场检验，进场检验应符合本规程第 5.2 节的有关规定。

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；

检验数量：全数检查。

5.4.2 内衬管性能应达到本规程 5.2 节的规定。

检查方法：电视检测（CCTV）记录、检查取样试验报告等；

检验数量：全数检查。

II 一般项目

5.4.3 折叠内衬法修复后的管道应复原良好，内衬管不应出现裂缝、孔洞、褶皱、起泡、干斑、分层和软弱带等影响管道使用功能的缺陷。

检查方法：电视检测（CCTV）记录；

检验数量：全数检查。

5.4.4 内衬管端口与原管道之间间隙应封堵或焊接密封。

检查方法：观察，检查施工记录和检验报告等；

检验数量：全数检查。

5.4.5 修复后的管段应重新与相邻管段之间连接密封，并按现行行业标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ 101 的有关规定进行验收。

检查方法：观察，检查施工记录和检验报告等；

检验数量：全数检查。

5.4.6 工作坑处的连接管道均应做好外防腐

检查方法：观察，检查施工记录等；

检验数量：全数检查。

中国工程建设标准化协会标准

6 缩径内衬法

6.1 一般规定

6.1.1 缩径内衬法适用于 DN200-DN1200 各类给水管道的非开挖修复。

【条文说明】：缩径内衬法中压缩管径是通过专门设计的滚轮缩径机来完成的，然后采用牵拉方法将经压缩管径的新管道置入原管道内，依靠塑料分子链对原始结构的记忆功能，在管道的轴向拉力卸除之后，可逐渐自然恢复到管来管道的形状和尺寸，并与原管道内壁形成紧密结合的管道内衬的修复方法。通常适用于修复 DN200~DN1200 的给水管道。

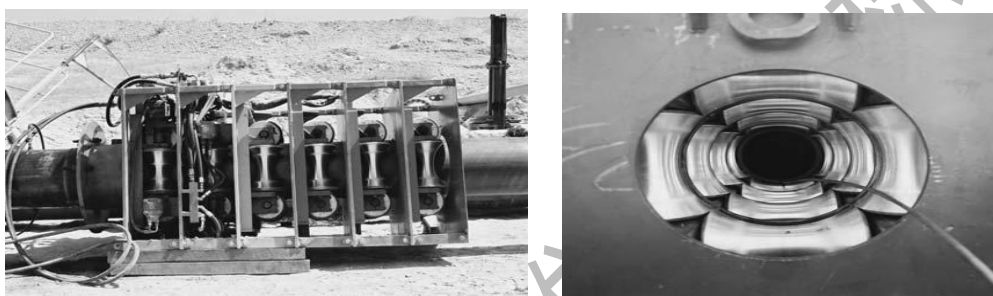


图 4 径向缩径设备

6.1.2 原管道预处理后应进行检测，经验收合格后方可进行下一步施工。

6.2 内衬材料

6.2.1 内衬 PE 管材的性能应符合本规程第 5.2 节的有关规定。

6.3 工艺要求

6.3.1 缩径内衬法修复工程施工时，气温不宜低于 5℃。

6.3.2 当采用缩径内衬法进行在役管道修复时，应具备多组辊筒、锻模、绞盘车和推管机等设备。

6.3.3 牵引设备的牵引能力应大于计算允许拖拉力的 1.2 倍，并应有自控装置。

6.3.4 径向均匀缩径内衬法施工应符合下列规定：

- 1 采用缩径内衬法进行管道修复时，工作段内不得出现大于 11.25°的弯头；
- 2 PE 管道直径的缩小量不应大于 15%；
- 3 经缩径后的 PE 管外径应小于在役管道内径的 2.5%，但不应小于 10mm；
- 4 缩径过程中应观察并记录牵拉设备牵拉力、PE 管道缩径后周长，并应观

察牵拉设备和缩径设备的稳固情况，缩径过程不得对管道造成损伤；

5 大气温度低于 5℃或牵拉力对 PE 管道管壁拉应力达到 PE 管道材料屈服强度的 40%时，应采取加热措施；

6 管道缩径与拉入应同步进行，不得中断。

6.3.5 管道的拉入应符合本规程第 5.3.3 条与 5.3.4 条的规定。

6.3.6 缩径管拉入完毕后，管道复原应符合下列规定：

1 采用自然复原时，时间不应少于 24h；

2 采用加热、加压方式复原时，时间不应少于 8h；

3 复原后，应采用电视检测检查缩径管复原情况。当复原不完全时，应采取相关措施。

6.3.7 缩径管复原作业结束后，端口处理和连接应符合本规程第 5.3.8 条的规定。

6.3.8 缩径内衬法施工记录应符合本规程第 3.0.14 条的规定，并应对 PE 管道焊接、PE 管道缩径及穿插和 PE 管道复原等施工工艺按附录 B 记录。

6.4 质量检验

I 主控项目

6.4.1 管材等主要材料应进行进场检验，进场检验应符合本规程第 5.2 节的有关规定。

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；

检验数量：全数检查。

6.4.2 缩径内衬法修复后的管道复原良好，内衬管性能达到本规程第 5.2 节的规定。

检查方法：电视检测（CCTV）记录、检查取样试验报告；

检验数量：全数检查。

II 一般项目

6.4.3 内衬管线形和顺，接口平顺，特殊部位过渡平缓

检查方法：检查现场检查记录，电视检测（CCTV）记录等；

检验数量：全数检查。

6.4.4 内衬管端口与原管道之间间隙应封堵或焊接密封。

检查方法：观察，检查施工记录和检验报告等；

检验数量：全数检查。

6.4.5 修复后的管段应重新与相邻管段之间连接密封，并应按现行行业标准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》CJJ 101 的有关规定进行验收。

检查方法：观察，检查施工记录和检验报告等；

检验数量：全数检查。

6.4.6 工作坑处的连接管道均应做好外防腐。

检查方法：观察，检查施工记录等；

检验数量：全数检查。

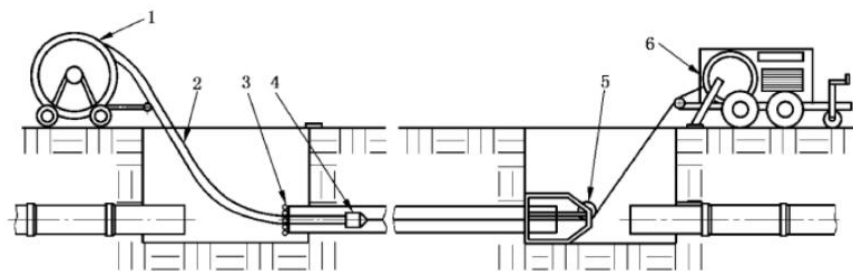
中国工程建设标准化协会标准

7 软管穿插内衬法

7.1 一般规定

7.1.1 软管穿插内衬法适用于 DN100~DN1800 各类给水管道的修复。

【条文说明】：软管穿插内衬法是一种将内衬管置入原管道之前减小其截面以方便置入，置入后恢复截面，使其外表面与原管道内壁紧密贴合的管道修复方法。软管穿插内衬法使用编制纤维增强的塑料软管，在安装后形成一个永久管道结构体或在流体压力下形成圆形，内衬软管与原管道无黏结关系。如图 8-1。软管穿插内衬法施工流程包括：作业基坑开挖→断管→管道清理→软管“U”型折叠→软管内衬安装→软管复原与检查→管道连接→管道试压→作业基坑回填→竣工验收等步骤。



1—软管卷盘架；2—内衬软管；3—穿入导向轮装置；4—牵引头；5—引出导向轮装置；6—卷扬机

图 5 软管穿插内衬法示意图

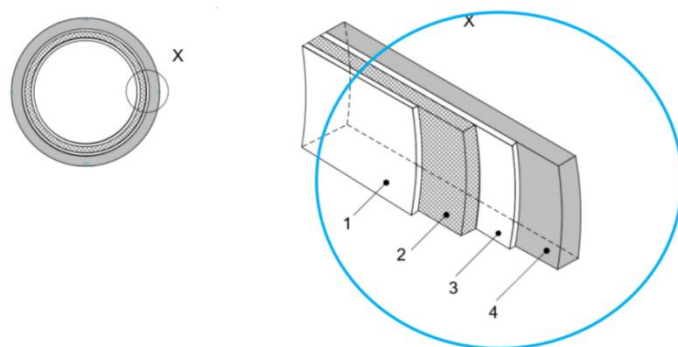
7.1.2 软管内衬施工的插入点位置应根据现存管道敷设的环境条件确定，软管内衬一次作业安装长度应根据地形、弯头和管道内部状况确定。

7.2 内衬材料

7.2.1 软管穿插内衬法采用的原材料包括编制纤维增强的塑料软管和热塑性材料，具体材料组成和示意图可参考表 7.2.1 和图 7.2.1。

表 7.2.1 软管组件的材料

软管组件	材料
内膜	热塑性聚氨酯（TPU），聚乙烯（PE）
纤维增强层	涤纶、芳纶
外膜	热塑性聚氨酯（TPU），聚乙烯（PE）



1——内膜；2——纤维增强层；3——外膜；4——原管道；

图 7.2.1 穿插软管内衬结构示意图

【条文说明】：穿插软管内衬管为圆织纤维增强的塑料软管，纤维层内外涂覆相同或不同的热塑性材料。软管组成应包括表 7.2.1 的材料，有关软管每层间的关系，可参考图 7.2.1。

7.2.2 内膜和外膜选用的热塑性聚氨酯（TPU）树脂原料的物理性能应符合表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 热塑性聚氨酯（TPU）的物理性能

特征	要求	试验方法
拉伸强度	$\geq 30\text{MPa}$	按照现行国家标准《热塑性塑料管材 拉伸性能测定》GB/T 8804.3 的相关规定执行
断裂应变	$\geq 350\%$	
硬度（Shore A）	85 ± 5	按照现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第 1 部分：邵氏硬度计法(邵尔硬度)》GB/T 531.1
含水量	$\leq 300\text{mg/kg}$	按照现行国家标准《化工产品中水分含量的测定 卡尔·费休法(通用方法)》GB/T 6283

7.2.3 聚乙烯（PE）树脂原料应符合现行国家标准《给水用聚乙烯(PE)管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 13663 的相关规定。

7.2.4 纤维增强层涤纶工业长丝应符合现行国家标准《涤纶工业长丝》GB/T 16604 的相关规定；纤维增强层芳纶长丝应符合现行国家标准《高强化纤长丝拉伸性能试验方法》GB/T 19975 的相关规定。

7.2.5 软管内衬结构设计可分为非贴合和贴合两种类型，厂家提供的软管材料应

满足设计要求，软管的物理性能应符合表 7.2.5-1 的规定，软管的规格尺寸可参照表 7.2.5-2 选取。

表 7.2.5-1 软管的物理性能

特征	指标	试验方法
轴向拉力	表 7.2.5-2	现行国家标准《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分：断裂强力 and 断裂伸长率的测定（条样法）》GB/T3923.1
爆破强度	2.5 倍的公称压力	本规程附录 D
层间粘合强度	>40 N/25 mm	现行国家标准《橡胶和塑料软管 各层间粘合强度的测定》GB/T 14905

表 7.2.5-2 软管规格尺寸表

公称外径 d_n /mm	公称压力/MPa					
	0.6		1.0		1.6	
	最小壁厚 e_{min} /mm	轴向拉力 /kN	最小壁厚 e_{min} /mm	轴向拉力 /kN	最小壁厚 e_{min} /mm	轴向拉力 /kN
100	3.0	20	3.5	40	3.5	65
150	3.0	50	3.5	100	4.0	160
200	3.0	100	4.0	200	4.0	300
250	3.0	150	4.0	300	4.5	480
300	3.5	200	4.0	450	4.0	680
350	3.5	300	4.5	550	4.0	900
400	4.5	450	4.0	700	4.5	1000
500	4.5	700	4.5	1050	4.5	1200
600	4.0	960	4.5	1500	5.0	1800
700	4.0	1250	4.5	1600	/	/
800	4.0	1600	4.5	2000	/	/
900	4.0	2000	5.0	2400	/	/
1000	5.0	2400	5.0	2700	/	/
1200	5.0	2700	/	/	/	/
1500	5.5	4000	/	/	/	/

1800	6.0	6000	/	/	/	/
------	-----	------	---	---	---	---

【条文说明】：

非贴合型：软管独立于原管道承载内压力，并且在拉入和膨胀后的外径小于现有管道的最小内径，不将内部压力和由此产生的力转移到原管道。

贴合型：在安装和充气后，软管与原管道的内壁接触，并可以将内部压力产生的应力转移到主管。

7.2.6 纤维增强层和内外涂层的厚度应均匀，内外涂层表面应光滑平整、无明显刮痕、气泡、裂纹、杂质、颜色不均等缺陷。

7.2.7 软管和配件的储存、搬运和运输应符合下列规定：

- 1 在卸载、现场搬运和储存过程中不得对软管织物层造成可见损伤；
- 2 软管缠绕卷架应放置在水平地面上，放置地面不得存在锋利的石头、碎片或垃圾等；
- 3 软管应在平板车辆上或专门制造的拖车上运输，不得有钉子或其他突出物造成软管损伤；
- 4 软管末端应牢固密封。

【条文说明】第4款：软管末端应牢固密封可以防止在储存、搬运和运输过程中的湿气或污垢污染软管。

7.3 工艺要求

7.3.1 施工场地出口端应满足卷扬机的放置和工作空间要求，入口端应有足够放置软管卷架的空间。

7.3.2 施工主要设备应包括下列内容：

- 1 卷扬机；
- 2 导轮系统；
- 3 应力释放装置和应力实时监测设备；
- 4 专用复圆设备
- 5 专用折叠缠绕设备；
- 6 软管的下料设备；
- 7 维护和监测压力的设备。

7.3.3 施工环境温度宜为-5℃~40℃，低于-5℃应采取加热保温措施，高于 40℃

应采取遮阳措施。

7.3.4 管道不断管条件下软管内衬施工连续通过弯头不应超过 45°。

7.3.5 管道断管宜采用机械切割，切割后应对管口进行打磨。断管作业应在安全围挡和支护全部到位的情况下开始操作。

7.3.6 原管道预处理宜采用钢刷、清管器、刮削器等方式清理管道，原管道内壁应无污垢、无尖锐焊瘤和毛刺。清洗时应避免对管道造成损伤和破坏。

【条文说明】：对于结垢严重的管道，宜先采用小尺寸刮削器/钢刷进行清理，然后逐渐增大刮削器/钢刷的尺寸，多次清理。对于淤泥沉积严重的管道宜采用带有旋转喷嘴的高压水射流设备进行清理。预处理后的管道内表面应无污垢、无尖锐焊瘤和毛刺，避免影响管道内衬置入质量。

7.3.7 软管内衬一次性穿插长度计算可按照下列公式计算：

$$L_m = \frac{F_{\max}}{G_r \times \eta \times N_1} \quad (7.3.7)$$

式中： L_m ——次性修复长度；

G_r ——软管的重力（N/m）；

$F_{\max}$ ——最大极限轴向拉力（N），可参照表 7.2.5-2 选取；

η ——穿插摩擦系数，考虑管道内表面复杂情况，宜取 1。

N_1 ——内衬管拖拉安全系数，不应小于 2.0。

7.3.8 内衬安装前，应进行内衬软管试穿插，宜截取不小于 2m 的内衬管做试拉段。当划痕深度超过内衬管壁厚 10%或绝对深度大于 1mm 时，应重新进行清管除瘤，直至试拉合格。

7.3.9 穿管前应在卷扬机及管道的入口和出口处等内衬管导入路径安装导轮系统。

7.3.10 内衬软管从卷架牵引至专用折叠设备的速度宜控制在 3m/min~10m/min，折叠后的内衬软管应采用特制增强胶带捆扎固定，捆扎密度应根据管径及安装工艺要求进行设计并试验验证。

【条文说明】：折叠设备通常包括折 U 机和缠绕机。折 U 机应能够将软管折叠成 U 形，缠绕机应能够缠绕软管。内衬软管折成“U”型截面后，使用特制增强胶

带进行捆扎固定,特制增强胶带的捆扎密度需根据管径及安装工艺要求进行设计并试验验证。

7.3.11 在拉入过程中使用润滑剂来减少摩擦时,润滑剂应无毒。

7.3.12 卷扬机牵引绳和折叠内衬管连接处,应安装扭矩释放装置,避免内衬软管拉入过程中发生旋转扭曲。

7.3.13 软管牵引放线时,最大施工拉力应小于软管极限轴向拉力的 50%。

7.3.14 软管拉入完成后,应确保入口和出口处有足够的软管复圆余量,且不应小于 2m。软管复圆宜采用压缩空气或水进行加压,压力和升压速度应满足设计要求,软管复圆后,宜保压至少 30min。

7.3.15 接头安装完成后,应采用连接气压方式试验,试验压力宜为 0.2MPa,应在试验压力下稳压 10min,采用发泡剂检验应无泄漏。

7.3.16 软管穿插施工工艺应按附录 B 进行记录

7.4 质量检验

I 主控项目

7.4.1 内衬软管进场时的质量检测应符合下列规定:

1 原材料衬管的规格、尺寸、性能应符合设计文件的规定。

检验方法:对照设计文件检查生产厂家产品合格证、质量保证书和产品性能检测报告等。

检查数量:全数检查。

2 内衬管主要材料的技术指标经进场检验应符合设计文件的规定。

检验方法:对照设计文件检查同规格内衬管初始力学性能检测报告和同配方内衬管的耐化学腐蚀型式检测报告。

检查数量:全数检查。

3 内衬管壁厚应符合设计文件的规定。

检验方法:现场取样,按现行国家标准《塑料管道系统塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 进行测定,测定结果不得小于壁厚的设计值。

检查数量:每一项目的每一管径、每一厚度取样送检。

7.4.2 样品管现场取样应在原管道封堵处取样。

7.4.3 修复后,内衬管应按同规格、同批次和相同施工条件的每 3 个修复施工段

不少于 1 组。

7.4.4 修复后内衬管的几何形状与性能检测应符合下列规定：

- 1 内衬管几何形状应与原管道形状一致。

检验方法：电视检测（CCTV）。

检查数量：全数检查。

- 2 内衬管性能应符合设计文件的规定。

检验方法：现场取样进行软管的基本性能复检，检测项目应满足本规程表 7.2.5 的要求。

检查数量：同规格、同批次和相同施工条件的每 3 个修复施工段不少于 1 组。

II 一般项目

7.4.5 安装前，内衬管表面应光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、干斑、褶皱、拉伸变形和软弱带等影响管道结构、使用功能的损伤和缺陷。

检验方法：观察。

检查数量：全数检查。

7.4.6 安装后，内衬管表面外观检查结果应符合下列规定：

- 1 不得有裂缝、孔洞、干斑、脱落、灼伤点、软弱带和可见的渗漏现象；
- 2 应紧贴原管道，内壁顺滑，无明显的环形褶皱；
- 3 内衬管两端处理应符合设计文件的规定，且应密封良好。

检验方法：采用 CCTV 检测或人工观察。

检查数量：全数检查。

8 翻转式原位固化法

8.1 一般规定

8.1.1 翻转式原位固化法可用于 DN100~DN3000 各类给水管道的修复。

【条文说明】：本方法不适用于管道基础断裂、管道破裂、管道脱节呈倒栽式状、管道接口严重错位、管道线形严重变形等结构性缺陷严重损坏的修复。不适用于严重沉降、与管道接口严重错位损坏的检查井。非圆形的管道可参考使用。翻转式全结构原位固化法修复在工程实践中易出现表 1 中的问题，修复中需要加强工序管控。

表 1 翻转式原位固化法修复工程实践中易发生的问题

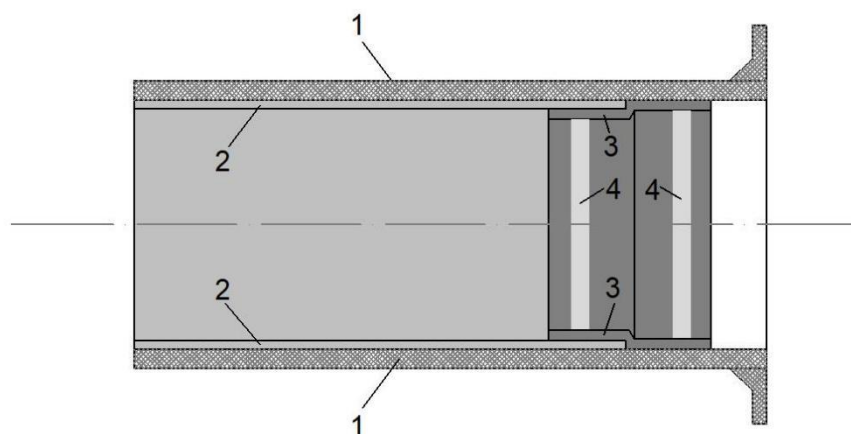
工序	存在问题
内衬材料生产制作	1 内衬材料制作直径偏大，不能完全膨胀，产生褶皱； 2 内衬材料制作直径偏小，安装不到位，产生缝隙、过度膨胀导致内衬管偏薄厚度不达标、还可能导致内衬管破裂； 3 内衬材料制作厚度偏薄，不达标
施工预处理	1 原管道预处理不到位，局部渗漏冲刷内衬管导致树脂流失，导致厚度不达标，内衬管局部不固化； 2 原管道内有凸起物未预处理，导致凸起物处内衬管壁变薄，导致内衬管壁厚不达标
特殊管道结构	1 原管道存在非标管道（实际管径偏大），致使内衬管过度膨胀，管壁变薄，厚度不达标，过度膨胀还可能导致材料破裂； 2 原管道存在非标管道（实际管径偏小），不能完全膨胀，内衬管产生褶皱； 3 原管道存在变径或转角情况，变径或转角处内衬管可能出现褶皱现象
现场检验	内衬材料进场未按要求检验、出现破裂或材料已经初凝等导致工程失败
无辅助内衬管	1 内衬管外未加防护管（辅助内衬管），树脂在翻转过程中受挤压流失，或受重力流失，导致内衬管厚度不达标； 2 树脂粘度过低，在重力作用下自流情况严重，导致内衬管厚度不达标
材料防护、保护	1 内衬材料运输、吊放、翻转安装过程中，设备、工作台、井壁、管壁等存在的尖锐物可能导致材料划痕及破裂； 2 翻转过程中有异物坠落至内衬管内未及时清除； 3 施工人员自身携带的尖锐物品致使内衬管受损； 4 运输过程中未密封、冷藏，内衬材料可能提前初凝、固化
材料质量	1 内衬材料未浸灌密实，出现白斑、导致内衬管强度不达标； 2 树脂稀释剂、填充剂添加过多，导致内衬管强度不达标
内衬材料安装	1 内衬材料安装时位置有偏移，使材料发生扭曲情况形成皱褶； 2 内衬材料翻转时导入管口位置有误差，使材料发生扭曲情况形成皱褶； 3 未及时完成安装，材料初凝、固化
加压、加热固化	1 温度控制不到位，温度偏低，固化不完全，内衬管强度不达标； 2 压力控制不到位，施工水压或气压过低，导致内衬材料不能充分膨胀，无法紧贴管壁； 3 压力控制不到位，施工水压或气压过高，导致内衬材料过度膨胀，可

	能破裂
冷却后减压	1 原管道预处理不到位，管道存在渗漏，渗漏处未固化，内压减低或消除时易导致局部隆起鼓包（软质），局部气泡； 2 原管道预处理不到位，管道存在渗漏、渗漏处固化或未完全固化，内压减低或消除时，外压可能大于内压时，易导致局部隆起鼓包（硬质）

8.1.2 翻转式原位固化法可采用气翻或水翻的方式将内衬管置入原管道，按照固化方式不同可分为高温固化和常温固化，高温固化可用于结构增强热固化和粘贴软管热固化，常温固化仅适用于粘贴软管固化。

8.1.3 高温固化时，应对固化过程的温度进行控制；常温固化时，应考虑环境温度、昼夜温差等因素，并根据试验数据选用合理的固化时间。

8.1.4 管道修复完成后，应对内衬管端口、内衬管与原管道之间的缝隙按图 8.1.4 进行密封处理。



1—现状管道；2—内衬管；3—橡胶垫；4—内胀圈

图 8.1.4 管道端口处理示意图

8.2 内衬材料

8.2.1 翻转式原位固化法采用的原材料包括树脂系统和干软管；原材料的性能应满足内衬管的设计要求。

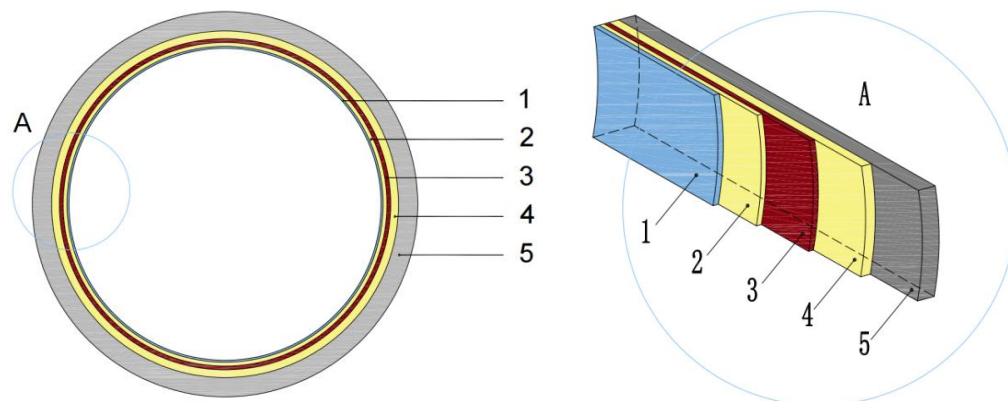
8.2.2 结构增强热固化用干软管应符合下列规定：

1 软管由外表面涂覆热塑性材料的无纺聚酯毡和纤维增强层组成。可通过改变聚酯毡或纤维增强层的厚度，使内衬软管在树脂浸渍和固化时，满足不同的设计要求，具体结构组成如图 8.2.2 所示。

2 软管外表面涂覆的非渗透性塑料应与所采用的树脂兼容。

3 无纺聚酯毡与热固性树脂应具有相容性。

4 对于多层有接缝的干软管，接缝应错开，接缝连接应牢固。



1—热塑性材料涂层；2—无纺聚酯毡 I；3—纤维增强层；4—无纺聚酯毡 II；5—原管道；

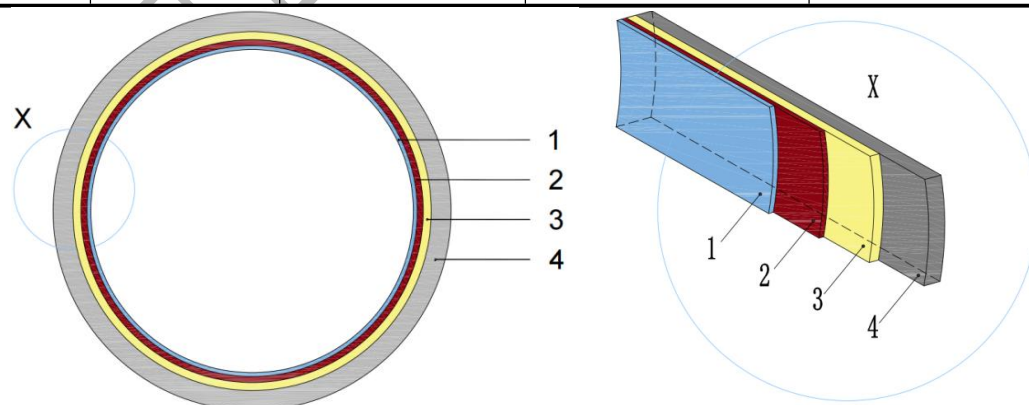
图 8.2.2 结构增强热固化内衬管结构

8.2.3 粘贴软管内衬固化用干软管应符合下列规定：

- 1 软管由外表面涂覆热塑性材料的聚酯纤维层组成，具体结构组成如图 8.2.3 所示。
- 2 软管外表面涂覆的非渗透性塑料应与所采用的树脂相容；
- 3 聚酯纤维层的物理性能应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 聚酯纤维层的物理性能

序号	拉伸方向	断裂强度/(N/cm)	断裂伸长率/%	测试标准
1	经向	≥ 800	≥ 20	现行国家标准《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/T3923.1
2	纬向	≥ 800	≥ 20	



1—热塑性材料涂层；2—聚酯纤维编织层；3—无纺聚酯毡；4—原管道；

图 8.2.3 粘结软管内衬管结构图

8.2.4 结构增强热固化用树脂材料应符合下列规定：

1 可采用热固性的环氧树脂或乙烯基树脂，结构增强热固化专用树脂系统浇筑体性能应符合表 8.2.4 的规定；

表 8.2.4 结构增强热固化专用树脂系统浇筑体性能

纯树脂性能	单位	乙烯基树脂	环氧树脂	测试方法
弯曲模量	MPa	≥3000	≥3000	现行国家标准《树脂浇筑体性能试验方法》 GB/T 2567
弯曲强度	MPa	≥100	≥100	
拉伸模量	MPa	≥3000	≥3000	
拉伸强度	MPa	≥80	≥80	
拉伸断裂延伸率	%	≥4	≥4	
热变形温度	℃	≥93	≥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 1634.2 中 A 法

2 能在热水、热蒸汽作用下固化；

3 初始固化温度应低于 80℃。

8.2.5 粘贴软管热固化用树脂材料应符合下列规定：

1 可采用热固性的聚酯树脂、环氧树脂或乙烯基树脂；

2 能在热蒸汽作用下固化；

3 树脂材料的力学性能要求应符合表 8.2.5 的规定，且 50 年后附着力降低幅度不应大于 50%。

表 8.2.5 树脂材料的力学性能要求

序号	指标		值	测试标准
1	初始固化温度		≤80℃	
2	初始附着力	金属质管道	≥10MPa	附录 E、《给水涂塑复合钢管》 CJT 120
3		混凝土管道等	≥3MPa	附录 E、《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210

8.2.6 粘贴软管常温固化用树脂材料应符合下列规定：

1 可采用常温固化型环氧树脂；

2 能在常温作用下固化；

2 能在潮湿界面正常固化；

3 能在内衬管翻转进入管道后 24h 内固化；

表 8.2.6 常温固化树脂性能要求

序号	指标		值	测试标准
1	初始固化温度		$\leq 80^{\circ}\text{C}$	
2	初始附着力	金属质管道	$\geq 8\text{MPa}$	附录 E、《给水涂塑复合钢管》 CJT 120
3		混凝土管道等	$\geq 3\text{MPa}$	附录 E、《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210

8.2.7 翻转式原位固化法用于软管浸渍树脂应符合下列规定：

1 浸渍软管前，应计算树脂用量，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%；

2 树脂和固化体系经充分混合后应立即进行浸渍，浸渍时树脂的温度宜为 $15^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，树脂浸渍时的环境湿度宜小于 80%，浸渍后软管的环境温度应为 $-5^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，存储期应短于产品生产企业提供的参数；

3 干软管应在抽成真空状态下充分浸渍树脂，不得出现干斑或气泡，整个湿软管厚度应均匀、无褶皱；

4 湿软管应根据气温和运输距离等情况确定保存和运输方法，宜存储在避光和生产商要求的温度环境中，存储和运输过程中应记录暴露的温度和时间。

8.2.8 湿软管进入施工现场时应进行进场复验，并应符合下列规定：

1 内衬材料管径、壁厚应满足设计要求；

2 湿软管材料运输车内温度应低于生产商要求的温度环境，车内应有温度记录及路程时间记录；

3 修补湿软管的材料、辅助内衬套管应配套供应，并应满足设计要求；

4 湿软管出厂应附有材料合格证；

5 湿软管厚度应均匀，表面无破损，无较大面积褶皱，表面无气泡、干斑。

8.2.9 热固性树脂的固化应根据产品使用说明要求的固化温度-时间曲线进行控制，结构增强热固化含玻璃纤维的内衬管的短期力学性能应符合表 8.2.9-1 的规定，不含玻璃纤维的内衬管的短期力学性能应符合表 8.2.9-2 的规定。

表 8.2.9-1 含玻璃纤维内衬管的短期力学性能

性能		测试依据标准
弯曲强度	$>45\text{MPa}$	《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449
弯曲模量	$>6500\text{MPa}$	《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449
抗拉强度	$>62\text{MPa}$	《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：内衬管的长期力学性能不应低于初始力学性能的 50%。

表 8.2.9-2 不含玻璃纤维内衬管的短期力学性能

项目	指标	检验方法
弯曲强度	$>31\text{MPa}$	本规程附录 C
弯曲模量	$>1724\text{MPa}$	本规程附录 C
抗拉强度	$>21\text{MPa}$	《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/T 1040.2

8.2.10 结构增强热固化内衬管的耐化学腐蚀性检验可按现行国家标准《塑料耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547 执行，并应符合下列规定：

- 1 耐化学性的检测浸泡时间宜为 28d，试验温度应为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 浸泡典型介质应按表 8.2.10 选取；

表 8.2.10 浸泡典型介质

化合物溶液名称	浓度/%	聚酯树脂	乙烯基酯树脂	环氧树脂	测试方法
氯化钠	10	选测	选测	选测	现行国家标准《塑料耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547
次氯酸钠	10	选测	选测	选测	
盐 酸	10	选测	选测	选测	
氢氧化钠	1	选测	选测	选测	现行国家标准《塑料弯曲性能的测定》GB/T 9341

注：1 化合物溶液的浓度为质量分数。

3 试件浸泡完成后，应按本规程第 8.2.9 条规定检测试样的弯曲强度和弯曲模量，检测结果不应小于内衬管初始弯曲强度和弯曲模量的 80%。

8.2.11 采用粘贴软管内衬修复管道时，修复前应进行水压爆破测试。样管制作和试验方法见附录 D。样管加压至修复后管道最大运行压力的 1.5 倍并保压的过程中，钢管开孔处内衬应保持密闭，且不应出现明显鼓出现象。修复后管道的爆破试验结果应符合表 8.2.11 的规定。

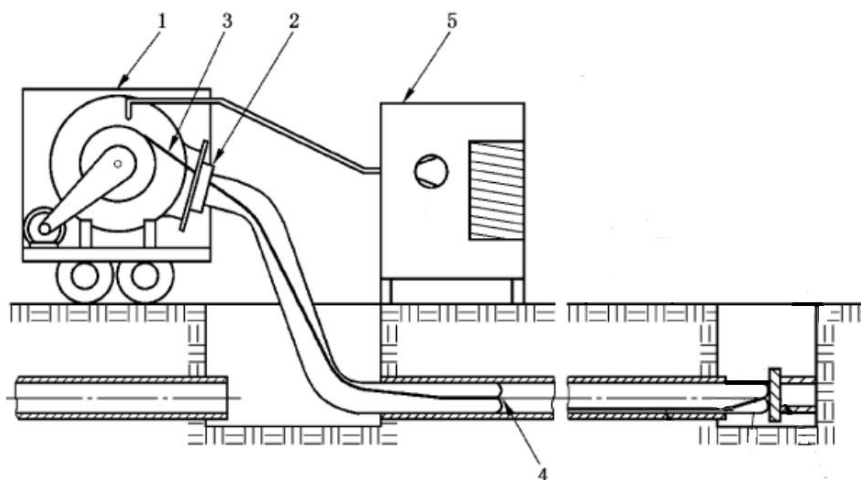
表 8.2.11 爆破强度要求

序号	管道设计压力 PN/MPa	爆破强度/MPa	测试方法
1	$\text{PN} \leq 0.8$	2.0	见附录 D
2	$0.8 < \text{PN} \leq 1.6$	4.0	

8.2.12 产品生产企业应提供内衬管的长期力学性能型式检验报告。

8.3 气翻工艺要求

8.3.1 结构增强热固化和粘贴软管固化宜采用气压方式进行翻转作业。



1—翻转设备；2—夹持法兰；3—浸渍树脂的复合软管；4—翻转面；5—动力系统（发电机，空压机）

图 8.3.1 翻转式原位固化法示意图（气翻）

【条文说明】：工艺流程可描述为：工作坑开挖——管道断口——管道清理——CCTV 内窥检测——翻转施工——保压固化——管端口处理——闭水试验及验收——恢复施工。

8.3.2 翻转作业场地应满足翻转设备摆放和施工要求。

8.3.3 断管部位两端间距应大于 1m。

8.3.4 采用气压的方法将浸渍树脂的湿软管翻转置入原管道时应符合下列规定：

1 翻转时应将湿软管的外层防渗塑料薄膜向内翻转成内衬管的内膜，内膜应与管内气相接触；

2 翻转压力应控制在使湿软管充分扩展所需最小压力和软管所能承受的允许最大内部压力之间，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 翻转过程中宜使用减少翻转阻力的润滑剂，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，湿软管伸出原管道两端的长度宜大于 1m。

8.3.5 气翻转完成后应采用蒸汽对软管进行固化，并应符合下列规定：

1 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跟踪测量和监控；

2 在施工段起点和终点距离端口大于 300mm 处,应在湿软管与原管道之间安装监测管壁温度变化的温度感应器;

3 蒸汽应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按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气压应能使软管与原管道保持紧密接触,压力不得超过软管在固化过程中承受的最大压力,并不得损坏原管道,压力应保持到固化结束;

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。

8.3.6 蒸汽固化完成后内衬管的冷却应符合下列规定:

1 应先将内衬管内的蒸汽温度缓慢冷却至不高于 45℃;冷却时间应符合产品使用说明书的规定;

2 可采用压缩空气压入替换软管内的蒸汽进行冷却并达到规定的压力值,替换过程中内衬管内不得形成负压;

3 应待冷却稳定后方可进行后续施工。

8.3.7 翻转完成后可采用常温保压固化,保压时间不宜低于 24h,保压压力宜为 0.02MPa-0.04MPa,固化完成后,应对管道端头进行切割,要求切割整齐,并取样留存。

8.3.8 固化完成后,内衬管起点和终点的端部处理应按下列规定进行密封和切割处理。

1 内衬管端部应切割整齐,端部应位于原管道内,距原管道管口应大于 150mm;

2 在内衬管与原管道之间应采用内胀圈进行密封;

3 固化完成后应清洁端口。

8.3.9 气翻修复施工中应按附录 B 做好下列施工记录和检验:

1 树脂存储温度、冷藏温度和时间;

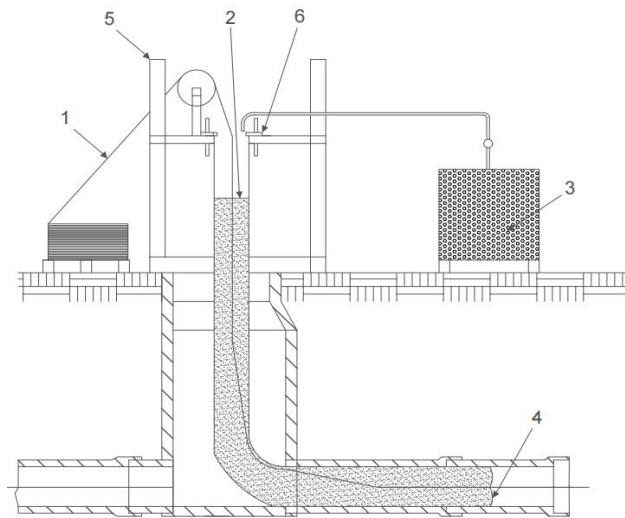
2 树脂用量;

3 软管浸渍停留时间和使用长度;

- 4 翻转压力、温度；
- 5 固化温度、时间和压力；
- 6 内衬管冷却温度、时间、压力等。

8.4 水翻工艺要求

8.4.1 结构增强热固化法可采用水压方式进行翻转作业。



1—浸渍过树脂的内衬管；2—施加翻转水压力；3—供水设备；4—翻转面；5—脚手架；6—夹持法兰

图 8.4.1 翻转式原位固化法示意图（水翻）

8.4.2 采用水压的方法将浸渍树脂的湿软管翻转置入原管道时应符合下列规定：

- 1 翻转时应将湿软管的外层防渗塑料薄膜向内翻转成内衬管的内膜，内膜应与管内水相接触；
- 2 翻转压力应控制在使湿软管充分扩展所需最小压力和软管所能承受的允许最大内部压力之间，同时应能使软管翻转到管道的另一端点，相应压力值按产品使用说明要求取值；
- 3 翻转过程中宜使用减少翻转阻力的润滑剂，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，湿软管伸出原管道两端的长度宜为 0.5m-1m。

8.4.3 水压翻转完成后应采用热水对软管进行固化，并应符合下列规定：

- 1 热水供应装置应装有温度测量仪，固化过程中应对温度进行跟踪测量和监控，温度每分钟不得超过+1℃，管内温度最低的位置不应低于 60℃；
- 2 在施工段起点和终点距离端口大于 300mm 处，应在湿软管与原管道之间安装监测管壁温度变化的温度感应器；

- 3 热水宜从标高较低的端口通入；
- 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按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应能使软管与原管道保持紧密接触，且压力不得超过软管在固化过程中承受的最大压力，不得损坏原管道；
- 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。

8.4.4 热水固化完成后，内衬管的冷却应符合下列规定：

- 1 应先将内衬管内水的温度缓慢冷却至不高于 38℃；冷却时间应符合产品使用说明书的规定；
- 2 可采用灌入常温水替换内衬管内的热水进行冷却，替换过程中内衬管内不宜形成负压；
- 3 应待冷却稳定后方可进行后续施工。

8.4.5 固化完成后，内衬管起点和终点的端部处理应按本规程第 8.3.8 条的规定进行密封和切割处理；修复后管道接口处理应符合本规程第 4.3 节的规定。

8.4.6 水翻修复施工中应对树脂存储温度、冷藏温度和时间，树脂用量，软管浸渍停留时间和使用长度，翻转水压、温度，固化温度、时间和压力，内衬管冷却温度、时间和压力等应按附录 B 进行记录。

8.5 质量检验

I 取样与送样

8.5.1 固化完成后，内衬管应按每个施工段不少于一组或按设计要求进行现场取样。

8.5.2 取样位置宜在内衬管端部，取样尺寸及技术要求应符合表 8.5.2 的规定。

表 8.5.2 取样尺寸及技术要求

测试项目	测试指标	取样要求	样块数量
三点弯曲测试	弯曲强度	施工现场采集样块尺寸： （圆周向切线长度 × 轴向长度） $e_m < 10\text{mm}$ 内衬管：250mm × 200mm $e_m \geq 10\text{mm}$ 内衬管：400mm × 200mm 同三点弯曲测试	1
	弯曲模量		
厚度测试	平均厚度		
拉伸试验	抗拉强度	施工现场采集样块尺寸： （圆周向切线长度 × 轴向长度）	1

		200mm × 300mm	
密实性检测	材料样本透水性	边长为 45mm±5mm 的正方形	1

注：1 e_m 为设计厚度；

2 取样要求为最小取样尺寸。

8.5.3 样品送检应符合下列规定：

- 1 应由第三方进行检测，并出具检测报告；
- 2 每个样品应有样品说明单，样品说明单包括下列信息：
 - 1) 内衬材料、尺寸、树脂类型、涂层情况、内衬生产商；
 - 2) 施工日期、采样日期；
 - 3) 采样位置、采样方法；
 - 4) 测试委托方、施工方签字确认。
- 3 测试工作应按照本规程第 8.5.4 条规定执行，增补测试项目应由材料供应商、施工方和业主共同商议确定。

II 主控项目

8.5.4 翻转式原位固化法修复后应按表 8.5.4 进行内衬检测。

表 8.5.4 翻转式原位固化法内衬检测项目

检验项目	检验方法	检验要求
结构增强热固化内衬管短期力学性能	取样试验报告	符合表 8.2.10-1 和表 8.2.10-2 的规定
粘贴软管内衬管性能	取样试验报告	符合表 8.2.3 的规定
内衬管整体检验	检查记录、电视检测 (CCTV)	管道线形平顺、接口平顺、特殊部位过渡平缓，不应出现裂缝、孔洞、起泡、干斑、分层和软弱带等影响管道使用功能的缺陷
压力检验	打压试验	达到工作压力 1.5 倍

8.5.5 现场内衬管的壁厚检验应按现行国家标准《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 的有关规定执行。固化后内衬管的壁厚不得小于图纸设计值，平均壁厚不得大于图纸设计壁厚的 20%。

检查方法：对照设计文件用测厚仪、卡尺等量测，检查样品管或样品板检验记录并填入本规程附录表 B.0.4。

检查数量：应量测管道两端各 1 个断面，每个断面测环向均匀至少 6 点，取平均值为断面的代表值。

III 一般项目

8.5.6 翻转式原位固化法修复后的管道内表面质量应符合下列规定：

1 内衬管与原管道内壁紧密贴合，不得有明显凸起、凹陷、错台、空鼓等现象；

2 内衬管表面光洁、平整，无划伤、裂纹、磨损、孔洞、气泡、干斑、脱皮、分层、折痕、杂质和软弱带等影响管道使用的缺陷；管道不得有渗水现象；

3 内衬管褶皱应满足设计要求，当设计无要求时，最大褶皱不应超过 6mm。

检查方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

8.5.7 修复后的管道线形应平顺，折变或错台处应过渡平顺；环向断面圆弧应饱满。

检查方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

8.5.8 内衬管起点和终点端头应切割整齐，端部处理应密封良好、饱满密实。

检查方法：观察或对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

8.5.9 修复管道的阀门井及井内施工应满足设计要求，无渗漏水现象。

检查方法：观察或对照设计文件和施工方案检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

9 拉入式原位固化法

9.1 一般规定

9.1.1 拉入式原位固化法适用于 DN150~DN1200 各类给水管道的修复。

【条文说明】：本方法适用于修复 DN150~DN1200 的给水管道，若管道内径小于 150mm，则受管道内部空间限制，无法进行本工艺的施工；若管道内径大于 1800mm，受内衬材料设备生产能力限制。拉入式原位固化法修复在工程实践中易出现表 2 中的问题，修复中应加强工序管控。

表 2 拉入式原位固化法修复工程实践中易发生的问题

工序	存在问题
内衬材料生产制作	内衬材料生产制做与原管道直径容易发生偏差，口径大了在气压下不能完全膨胀，产生褶皱。口径小了，在气压下过度膨胀会造成材料厚度偏薄达不到设计壁厚、或还造成材料破裂，以及膨胀安装不到位，与旧管之间产生缝隙
施工预处理	1 原管道预处理不到位，应局部修复的没有做到位，导致渗漏的水排在固化时不出，内衬管导致膨胀受限，造成材料鼓包不达标； 2 旧管道内有凸物没有预处理，导致凸物处内衬管壁变薄，导致结构性局部壁厚不达设计值。所以小管径必须采用铣刀机器人进行预处理。大口径的人可以进去处理
管道结构	1 旧管道存在局部拐弯或塌陷，拐弯处内衬材料会产生局部皱褶或带修复段湿软管的预订长度不足，进而导致扎头部分的湿软管长度不够和验收取样块的尺寸不够； 2 旧管道存在变径时，变径处出现严重褶皱
施工	施工安装时可能发生有水进入扎头中和软管材料内，对灯架造成危害
验收	1 现场施工人员对取样的标准尺寸不熟悉。对轴向和径向切块的方向不了解，会导致实验室接样块尺寸不够，测试结果数值相差很大； 2 送样块之前要对材料的外端多余的非玻纤结构层，简单处理，确保壁厚满足设计的前提下，再送给检测单位。否则，壁厚太厚，弹性模量不达标

9.1.2 管道修复完成后，应对内衬管端口、内衬管与支管接口或阀门井接口处进行连接和密封处理。

9.1.3 内衬管固化后成品的最小壁厚应满足设计文件的要求。

9.2 内衬材料

9.2.1 拉入式原位固化产品及其安装不得对城市的其他工艺管线或设施造成不利影响。产品不得产生对饮用水有不良影响的有害化合物或副产品。

9.2.2 内衬管表面应无撕裂、孔洞、切口、异物等表面缺陷，树脂体系应满足待修复给水管道的要求。

9.2.3 浸渍软管用树脂应符合下列规定：

- 1 树脂应采用不饱和聚酯树脂(UP)、环氧树脂(EP)或乙烯基酯树脂(VE)；
- 2 树脂应具有良好的浸润性及触变性能；
- 3 树脂的主要性能应符合本规程表 9.2.3 的规定；
- 4 软管内衬上的树脂应分布均匀，没有肉眼可见的气泡和缺陷；
- 5 树脂储藏环境、储藏温度和储藏时间应根据树脂本身的稳定性和固化体系来确定。树脂和添加剂混合后应及时进行浸渍；
- 6 不同树脂系统选择时应计入最终产品所需吸收的热负载、机械负载及化学负载。

表 9.2.3 原位固化法专用树脂系统浇筑体性能

纯树脂性能	单位	间苯/邻苯树脂	乙烯基树脂	环氧树脂	测试方法
弯曲模量	MPa	≥3000	≥3000	≥3000	现行国家标准《树脂浇筑体性能试验方法》 GB/T 2567
弯曲强度	MPa	≥90	≥100	≥100	
拉伸模量	MPa	≥3000	≥3000	≥3000	
拉伸强度	MPa	≥60	≥80	≥80	
拉伸断裂延伸率	%	≥2	≥4	≥4	
热变形温度	℃	≥88	≥93	≥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 1634.2 中 A 法

- 7 内衬管的耐化学性能指标应满足本规程第 8.2.10 条的要求。
- 9.2.4** 紫外光固化含玻璃纤维的内衬管的短期力学性能应符合表 9.2.4 的规定。

表 9.2.4 紫外光固化含玻璃纤维的内衬管的短期力学性能

性能	指标	检测方法
弯曲强度	> 125MPa	本规程附录 C
弯曲模量	> 8000MPa	本规程附录 C
抗拉强度	> 80MPa	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

9.2.5 蒸汽热固化含玻璃纤维的内衬管的短期力学性能应符合本规程表 8.2.9-1

的规定，不含玻璃纤维的内衬管的短期力学性能应符合表 8.2.9-2 的规定。

9.2.6 储存和保管应符合下列规定：

- 1 湿软管材料应附有测试合格的检测报告；
- 2 玻纤湿软管应按制造商建议的方式储存，并应做好保护；
- 3 在运输、装卸和保管过程中，不得损坏湿软管材料。

9.2.7 紫外光原位固化内衬管的结构（图 9.2.7）宜包括永久或临时内膜、结构层或静态层、外膜、

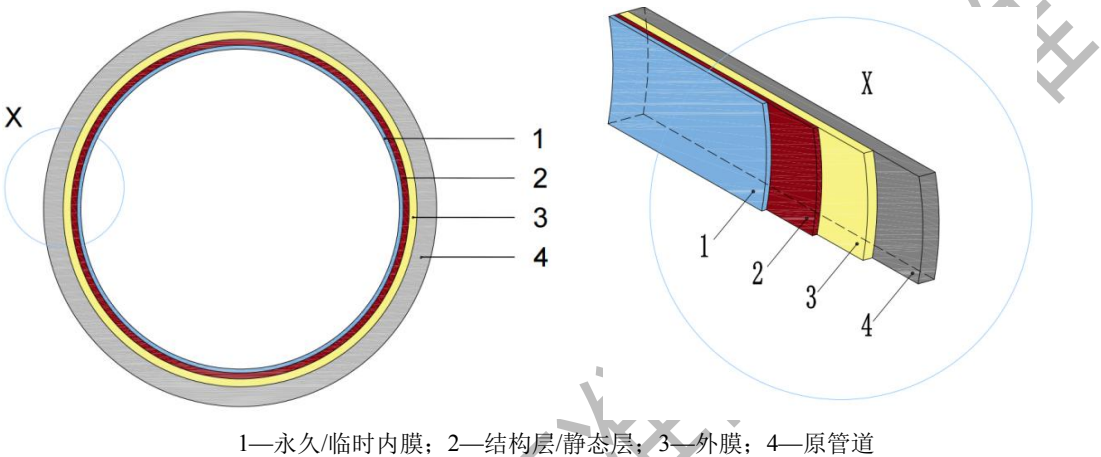


图 9.2.7 紫外光固化后管道结构示意图

9.2.8 蒸汽热固化内衬管的结构（图 9.2.8）宜包括热塑性材料涂层、无纺聚酯毡和纤维增强层。

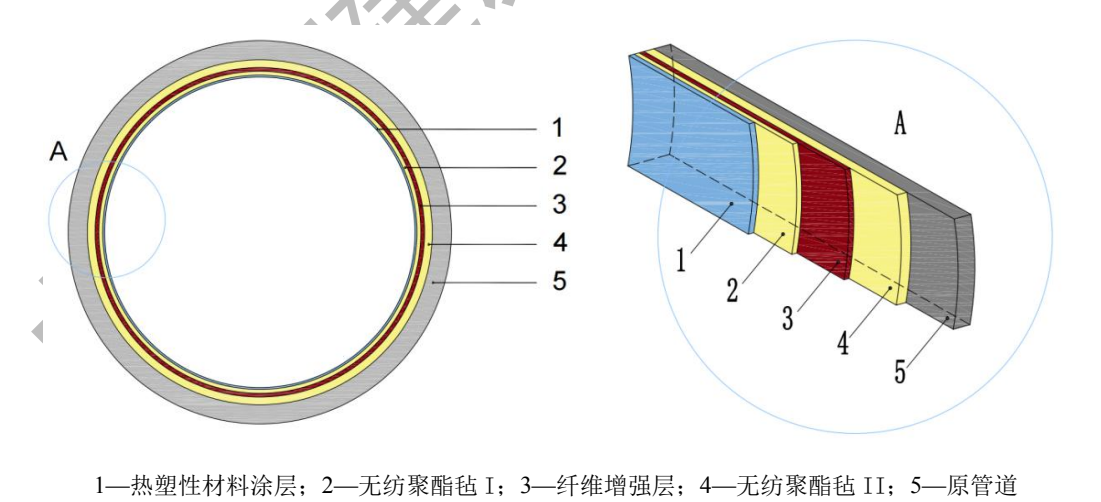


图 9.2.8 蒸汽热固化内衬管结构示意图

9.2.9 紫外光固化内衬的临时内膜应表面光滑，并且完整、无破损，具有抗渗及防腐性能，可采用下列材料：

- 1 聚乙烯（PE）

- 2 聚丙烯（PP）
- 3 聚氨酯（PUR）
- 4 聚酰胺（PA）
- 5 聚氯乙烯（PVC）
- 6 紫外光固化内衬采用的临时内膜主要技术参数应符合表 9.2.9 的要求。

表 9.2.9 紫外光固化内衬临时内膜主要技术参数

项目	数值
耐温	-40~85℃
拉伸强度	>55MPa
延伸率	8~30%
厚度	100~300μm

9.3 工艺要求

9.3.1 施工专用设备应根据工程特点合理选用，应有备用动力和设备，并应有现场总体布置方案。

9.3.2 施工专用设备系统应包括下列设备：

- 1 卷扬机（绞盘）和用于原位拉入内衬的控制装置；
- 2 充气用的高压风机和软管的下料设备；
- 3 维护和监测压力的设备；
- 4 紫外光固化设备；
- 5 切割修整设备。

9.3.3 紫外光固化系统应具有下列功能：

1 固化过程的静态和动态数据瞬时采集与存储，包括：控制开灯时间、固化巡航速度、长度、压力，控制软件可记录每个紫外光灯管工作发射紫外线的时间；

2 固化设备每分钟自动记录温度、压力、巡航速度和距离，自动识别紫外光灯架类型、瓦数。

9.3.4 所用的湿软管、管道附件和固化设备等产品进入施工现场时，应经进场检验合格并妥善保管。

9.3.5 紫外光固化施工前，应开展下列工作：

- 1 应对紫外光灯架进行外观检查，并应对紫外光灯管进行清洁；
- 2 紫外光灯管首次运行时间达到 500h 后，应对紫外灯管进行功率检测，并应测量所使用的紫外光灯的辐射通量功率密度，与标准紫外光灯管进行比较测量。检测紫外光灯管应采用经过校准的测量紫外光灯管检测仪进行检查并出报告；
- 3 紫外光灯管运行 150h 后应检查一次，当所接收的辐射通量密度衰减超过 30%时，应更换紫外光灯管；
- 4 每只紫外光灯管的检测记录应包括批号、编码代号、首次使用时间、运行时间、检查日期、测量值及检测结果等内容。

9.3.6 紫外光固化设备应符合下列规定：

- 1 紫外光源应根据软管的直径/壁厚规格组装紫外光灯架；
- 2 紫外线光固化时，紫外光灯架应持续工作；
- 3 光固化波长应与每个湿软管产品上所提供的波长一致。

9.3.7 拉入湿软管之前应在原管道内铺设底膜，底膜应置于原管道底部，并应覆盖大于 1/3 的管道周长，且应在原管道口两端进行固定。

9.3.8 湿软管拉入应符合下列规定：

- 1 在拉入前，应检查底膜，不得磨损或划伤湿软管，并应准备好分散拉力用的万向吊环；
- 2 应沿管底的底膜将湿软管平稳、缓慢地拉入原管道，牵引速度和牵引力应根据制造商提供的数值而定。拉入内衬软管的速度宜为 6m/min~8m/min；
- 3 拉入过程中，湿软管承受的最大拉力应符合表 9.3.8-1 中规定；

表 9.3.8-1 湿软管承受的最大拉力

管径×壁厚/mm	最大拉力/kN
DN300×4	40
DN400×5	55
DN500×6	100
DN600×6	125
DN700×8	190
DN800×8	225
DN1000×10	340
DN（1200~1600）×12	500

DN1800×15	700
-----------	-----

- 4 湿软管两端端口伸出原管道的长度应符合表 9.3.8-2 要求；

表 9.3.8-2 湿软管两端端口伸出旧管管口的长度（mm）

湿软管管径 D	端口伸出长度
$D \leq 500$	≥ 500
$500 < D \leq 800$	≥ 800
$D > 800$	≥ 1000

- 5 湿软管拉入原管道之后，宜对折放置在底膜上。

9.3.9 湿软管应采用高压风机扩展，并应符合下列规定：

- 1 应将扎头安装在湿软管端部准确位置，并应将护套、湿软管与扎头绑扎牢固；
- 2 充气装置扎头和测压管宜安装在湿软管入口端，并应具有控制和显示压缩空气压力的压力表；
- 3 充气前应检查湿软管各连接处的密封性，湿软管末端宜安装调压阀；
- 4 压缩空气压力气压应缓慢充气，应使湿软管充分膨胀扩张、紧贴原管道内壁，压力值应根据材料手册要求设定。同时，应在扎头与原管道口处的内衬材料端部划破一个小口，排除内部气体。

9.3.10 采用紫外光固化应符合下列规定：

- 1 紫外灯安装应避免损伤内膜；
- 2 紫外光固化过程中，湿软管内应保持压缩空气压力不变；
- 3 压力应根据内衬的管径与壁厚，按湿软管内衬制造商所给出的参数表选用，压力达到参数表压力时，应保持不少于 10min；
- 4 应按湿软管内衬制造商提出的产品要求采用紫外光灯架型号、灯瓦数、数量以及固化巡航速；
- 5 固化巡航时，应测量湿软管内表面上软管内衬固化时的温度；
- 6 湿软管固化完成后，应缓慢降低管内压力至大气压，降压速度不应大于 0.01MPa/min。

9.3.11 采用蒸汽对软管进行固化和冷却时应符合本规程第 8.3.5 条和第 8.3.6 条的规定。

9.3.12 固化完成后，内衬管端头应按本规程第 8.3.8 条的规定进行密封和切割处

理，并应满足设计要求。

9.3.13 拉入式原位固化法应对湿软管做拉入长度、扩展压缩空气压力、湿软管固化温度、时间和压力、紫外光灯的巡航速度、内衬管冷却温度、时间、压力等作原始记录。

9.3.14 热蒸汽固化修复施工中应按附录 B 做好下列施工记录和检验：

- 1 树脂存储温度、冷藏温度和时间；
- 2 树脂用量；
- 3 固化温度、时间和压力；
- 4 内衬管冷却温度、时间、压力等。

9.4 质量检验

I 取样与送样

9.4.1 固化法完成后，内衬管应按每个施工段不少于一组的规定进行现场取样。

9.4.2 现场取样应符合本规程第 8.5.2 条规定。

9.4.3 内衬管样品送检应符合本规程第 8.5.2 条规定。

II 主控项目

9.4.4 固化法修复后应按表 9.4.4 进行内衬管检测。

表 9.4.4 原位固化法内衬检测项目

检验项目	检验方法	检验要求
内衬管短期力学性能	取样试验报告	紫外光固化符合本规程第 9.2.5 条的规定；蒸汽热固化符合本规程第 9.2.6 条的规定
内衬管整体检验	检查记录、电视检测 (CCTV)	管道线形平顺、接口平顺、特殊部位过渡平缓，不应出现裂缝、孔洞、起泡、干斑、分层和软弱带等影响管道使用功能的缺陷
压力检验	打压试验	达到临界压力 1.5 倍

III 一般项目

9.4.5 修复后的管道内应无湿渍，不得出现滴漏、线漏等渗水现象。

检查方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

9.4.6 内衬管外观质量应符合下列规定：

- 1 内衬管表面应光洁，无局部孔洞、裂纹和软弱带；
- 2 磨损、气泡或干斑的出现频次每 10m 不应大于 1 处；
- 3 内衬管褶皱应满足设计要求，当设计无要求时，最大褶皱不应超过 6mm；
- 4 内衬管应与原管道贴附紧密。

检查方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

9.4.7 内衬管起点和终点端头应切割整齐，端部密封处理应符合本规程第 8.3.8 条的规定，且应密封良好、饱满密实，满足设计要求。

检查方法：观察或对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

10 热塑成型法

10.1 一般规定

10.1.1 热塑成型法可用于 DN100~DN800 的钢质、铸铁材质和聚乙烯（PE）、聚氯乙烯（PVC-U）给水管道的修复。

【条文说明】：热塑成型法是一种采用牵拉方法将工厂压制成型的“C”形、“工”形或“U”形的内衬管置入原管道内，然后通过静置、加热、加压等方法将衬管与原管道紧密贴合的管道内衬修复技术（图 2）。

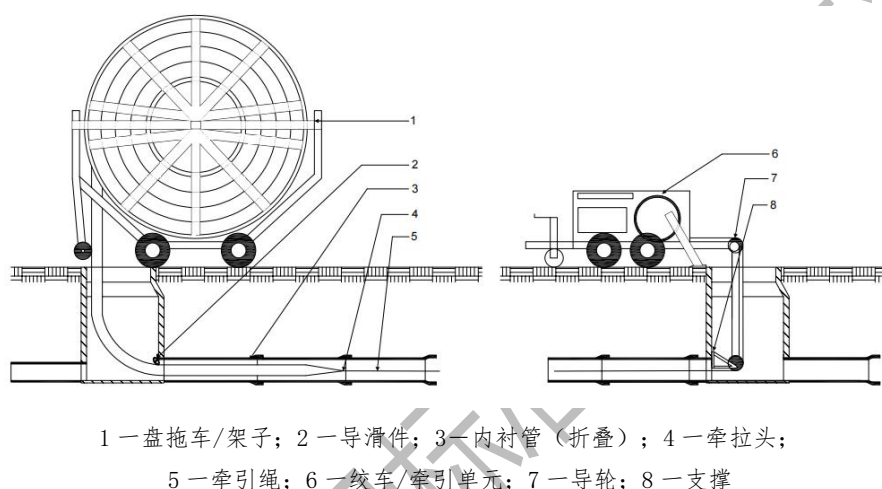


图 6 热塑成型法施工现场布置示意

热塑成型法适用于管径不大于 DN800mm 的给水管道修复，管道的形状可为圆形、椭圆形、马蹄形、梨形等。和传统通过开挖方式埋设的管道相比，衬管的各项性能，包括材料力学参数、化学抗腐蚀参数、管壁厚度等都是在严格控制的工厂流水线上决定，现场安装只是通过热量和压力对生产出的管材进行形状上的改变（使其紧贴于待修管道的内壁），而不造成任何材料形态变化，不改变管材的力学参数。从而大大提高非开挖管道修复的工程质量。热塑成型法修复工程实践中易发生的问题见表 10.1.1，修复过程应加强工序管控。

表 3 热塑成型法实践中易发生的问题

工序	存在问题
管道预处理	管道预处理过程中，管道内尚有明显附着物没有清理，可能引起衬管的拖入困难或者将软化后的衬管划破
衬管预加热和拖入	1 衬管预加热和拖入衬管预加热温度或时间不够，衬管未软化，拖入困难或无法拖入； 2 衬管拖入过程突然停止，导致衬管冷却变硬，拖入困难或无法继续拖入
衬管加热复原	1 衬管加热复原过程中，衬管加热温度或时间不够，衬管没有紧贴原管道；

	2 衬管加热复原过程中, 压力过大导致衬管两端破裂
衬管冷却和端口处理	1 衬管冷却过程中, 温度没有降到指定温度打开泄压阀, 造成衬管强度尚未起来时, 被地下水压变形; 2 端口处理不平整, 影响过流

10.1.2 管道修复完成后, 当内衬管两端与相邻未作修复供水管道之间密封连接时, 应使用专用工具二次加热翻边处理。

10.1.3 采用热塑成型法修复后的管道应在验收合格后投入使用。

10.2 内衬材料

10.2.1 衬管材料应以以高分子热塑性聚合物树脂 PVC-U (或 PE 树脂) 为主, 加入改性添加剂时, 添加剂应分布均匀。

10.2.2 衬管内外表面应光滑、平整, 无裂口、凹陷和其他影响衬管性能的表面缺陷。衬管中不应含有可见杂质。

10.2.3 衬管长度不应有负偏差。衬管用于非变径管道的修复时, 出厂时的截面周长应为原管道内周长的 80%~90%。

10.2.4 热塑成型前, 管壁厚度应符合设计文件的规定, 厚度检测应符合现行国家标准《塑料管道系统塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 的有关规定。衬管安装前平均厚度不应小于出厂值。

10.2.5 热塑成型衬管的初始力学性能应满足设计要求, 并应符合表 10.2.5-1 和表 10.2.5-2 的规定。

表 10.2.5-1 热塑成型未增塑聚氯乙烯 (PVC-U) 衬管的初始力学性能

检测项目	指标	测试方法
断裂伸长率	≥25%	现行国家标准《热塑性塑料管材拉伸性能测定第 2 部分: 硬聚氯乙烯(PVC-U)、氯化聚氯乙烯(PVC-C)和高抗冲聚氯乙烯(PVC-HI)管材》GB/T 8804. 2
拉伸强度	≥30MPa	
弯曲模量	≥1800MPa	现行国家标准《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341
弯曲强度	≥40MPa	
爆破强度	>1.0Mpa	现行国家标准《流体输送用热塑性塑料管道系统 耐内压性能的测定》GB/T6111

表 10.2.5-2 热塑成型聚乙烯 (PE) 衬管的初始力学性能

检测项目	指标	测试方法
密度	≥930kg/m ³	现行国家标准《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 1 部分: 浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》GB/T1033.1
断裂伸长率	≥350%	现行国家标准《热塑性塑料管材拉伸性能测定 第 1 部分:

拉伸屈服应力	≥22MPa	总则和聚烯烃管材》GB/T 8804.1 和 GB/T8804.3
弯曲模量	≥1000MPa	现行国家标准《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341
弯曲强度	≥36MPa	
静液压试验 (80, 165h)	无破坏, 无渗漏	现行国家标准《流体输送用热塑性塑料管道系统 耐内压性能的测定》GB/T6111

10.2.6 成型衬管材料耐化学腐蚀检验应按照现行国家标准《塑料 耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547 的有关规定进行检验，并应符合本规程表 10.2.6 的规定。

表 10.2.6 热塑成型内衬管等级划分和试验方法

化合物溶液名称	浓度/%	等级 1	等级 2	测试方法
氯化钠	10	耐	耐	现行国家标准《塑料 耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547
次氯酸钠	10	耐	耐	
盐 酸	10	耐	耐	
氢氧化钠	1	耐	耐	现行国家标准《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341

注：1 等级 1 为未增塑聚氯乙烯（PVC-U）内衬管，等级 2 为聚乙烯（PE）内衬管；

2 按照现行国家标准《塑料 耐液体化学试剂性能的测定》GB/T11547 和《塑料 弯曲性能的测定》GB/T9341 中的规定，在 23℃±2℃溶液条件下浸泡，7d 龄期的弯曲强度保留率和弯曲模量保留率的平均值大于 70%，同时样品外观无劣化视为耐，否则为不耐；

3 化合物溶液的浓度为质量分数。

10.2.7 试件浸泡完成后，应按现行国家标准《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341 的规定检测其弯曲强度和弯曲模量，检测结果不应小于内衬管初始弯曲强度和弯曲模量的 80%。

10.3 工艺要求

10.3.1 衬管的运输、存储应符合下列规定：

1 热塑成型法衬管在工厂生产后，应缠绕在木质或钢质的轮盘之上，运输时应整盘放在运输车上；

2 内衬管材料的现场储存应避开阳光的照射，宜在室内储存；如露天储存，应用篷布覆盖。

【条文说明】：热塑内衬管材料根据管径的不同，缠绕段可为几十米，甚至上百米。卷盘方式和通常电缆的卷盘方式类似，方便运输。由于内衬管材料在日光长期照射下，会产生材料加速老化。

10.3.2 衬管的预加热及拖入应符合下列规定：

- 1 衬管运到现场后，应在对待修管道进行清洗的同时开始对衬管进行预加热，预加热时应将衬管放入预制的蒸箱或用塑料篷布覆盖；
- 2 衬管预加热的时间宜为 1h~3h，衬管软化后方可拖入待修管道；
- 3 衬管拖入前应检测卷扬机的绳索处于完好状态；
- 4 卷扬机绳索与卷盘上的衬管应连接牢固；
- 5 衬管拖入过程中，上下游的施工人员可通过步话机联系，相互配合；
- 6 衬管拖入应在衬管软化状态时完成，若衬管在拖入中途已冷却变硬，则应重新加热后再实施拖入；
- 7 加热内衬管的设备型号、功率不应少于设备的额定标准，并应满足实际修复内衬管的最小蒸汽需用量。

【条文说明】：内衬管材料预加热时间与材料的长度、管径和预热方式相关，一般为 1h~3h，当内衬管材料（加热至材料生产厂家声明的温度）后即可准备拖入待修管道。常用热塑成型工程车主要系统见表 4。

表 4 热塑成型工程车主要系统

系统组成	设备名称	功能模块	技术参数特点	数量
蒸汽系统	蒸汽发生器	预热、热塑	自动泄压安全保护，免检，蒸汽量：200 升/小时	1 套
	蒸汽空气混合罐	预热、热塑、冷却	易于调节气体温度，钢制筒型，直径 DN250mm，长 550mm	
	蒸箱	预热、热塑	隔热保温材料，整体 304 不锈钢封闭	
动力系统	柴油发电机组	电力供应	噪音小，体积小，运行稳定，功率 50kW	1 套
压力及制冷系统	冷干机	热塑、冷却	高效制冷，大输出量，5.8m³/min	1 套
	空压机	热塑、冷却	噪音小，大输出量，6m³/min	1 套
	储气罐	热塑、冷却	强度高，安全性高，0.6m³ 容积 0.8MPa	1 套
牵引输送系统	管道牵引机	导入	功率大，体积小，1t，100m 缆绳	1 套
	自动送料机	施工	无线遥控，利于施工，方便省力	1 套

10.3.3 衬管的加热复原应符合下列规定：

- 1 衬管拖入完成后，应对衬管两端露出原管道前端头部分重新进行加热，待软化后用专用管塞将衬管的两端封堵；
- 2 管塞的中部应有通气管，管道前端的管塞应通过蒸汽管与蒸汽发生机连

接，管道尾端的管塞应连接带有阀门、温度和压力仪表的蒸汽管；

3 衬管复原过程中，应通过蒸汽发生机向衬管内输送水蒸气再次加热衬管，待温度达到材料软化点时，应逐渐关闭后端蒸汽管上的阀门；

4 衬管复原过程中，应通过后端的温度表及压力表实时监测衬管内的温度及压力，衬管成型过程中温度不宜超过 100℃，压力不宜超过 0.15MPa；

5 衬管成型过程中，应在管道的前端实时观察衬管复原状况，观察到衬管紧贴于待修管道后，应停止蒸汽发生机输送水蒸气。

【条文说明】：衬管复原过程是在衬管软化状态完成的，逐渐关闭尾端蒸汽管上的阀门，使衬管内压力逐渐上升，首先恢复到生产时变形前的圆形，然后在水蒸气的压力下继续膨胀，直至紧贴于待修管道的内壁，因此，衬管复原时衬管内温度控制及加压时间控制是比较重要的。衬管复原时，软化温度一般不超过 95℃，复原时压力与管道的长度和管道的直径有关，一般不超过 0.15MPa。

10.3.4 内衬管的冷却成型应符合下列规定：

1 内衬管与原管道内壁贴合后，应在保持原有压力的情况下，将内衬管内的蒸汽逐渐置换成冷空气；

2 置换过程中应实时监测下游的温度表和压力表，确保内衬管内部压力没有下降，当温度降低到 40℃以下时方可释放内衬管内部压力。

10.3.5 连接端头切割与翻边处理应符合下列规定：

1 专用工具切除两端多余内衬管材，内衬管应伸出待修管道长度不小于 15cm 或不少于端部法兰顶盖板宽度；

2 连接端翻边处理应切割完成于端部安装专用翻边器固定牢靠，再对端部外露内衬管进行二次加热软化，翻边内衬管温度不应小于 90℃；

3 转动专用翻边器旋转手柄直至翻边内衬管与法兰顶盖贴合定型；

4 内衬管、管件连接应采用承插式密封圈柔性连接或胶粘剂刚性连接；内衬管与金属管或金属附件连接应采用法兰连接。

10.3.6 热塑成型修复过程应按附录 B 进行记录。

10.4 质量检验

I 主控项目

10.4.1 进场内衬管质量检测应符合下列规定：

- 1 原材料衬管的规格、尺寸、性能应符合设计文件的规定。

检验方法：对照设计文件检查生产厂家产品合格证、质量保证书和产品性能检测报告等。

检查数量：全数检查。

- 2 内衬管主要材料的技术指标经进场检验应符合设计文件的规定。

检验方法：对照设计文件检查同规格内衬管初始力学性能检测报告和同配方内衬管的耐化学腐蚀型式检测报告。

检查数量：全数检查。

- 3 内衬管壁厚应符合设计文件的规定。

检验方法：现场取样，按现行国家标准《塑料管道系统塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 进行测定，测定结果不得小于壁厚的设计值。

检查数量：每一项目的每一管径、每一厚度取样送检。

10.4.2 修复后，内衬管应按同规格、同批次、相同施工条件下每 3 个修复施工段不少于 1 组的规定进行现场取样，或者按照设计要求取样检测。

10.4.3 样品管现场取样应在原管道封堵处或模拟安装后的管道中进行取样，施工内衬管的力学性能应符合本规程 10.2.5 条的规定。

【条文说明】：现场施工时，端口外内衬管膨胀时无约束，内衬管外径往往会大于修复段的内衬管外径，端口取样会存在差异，需要制作拼合管模具在同种工况下取样。

现场取样宜利用与原管道内径相同的取样器在原管道管口处进行取样，取样器的长度应大于 20cm，且所取内衬管样品能满足检测试样的数量和尺寸要求。

10.4.4 修复后内衬管的几何形状、壁厚与性能检测应符合下列规定：

- 1 内衬管几何形状应与原管道形状一致。

检验方法：CCTV 检测。

检查数量：全数检查。

- 2 内衬管壁厚应满足设计要求。

检验方法：现场取样，按现行国家标准《塑料管道系统塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 的有关规定测定，采用游标卡尺或螺旋测微仪测量，测量值不应小于

设计最小值。

检查数量：每个施工段不少于一组。

3 内衬管性能应符合设计文件的规定。

检验方法：现场取样进行主要力学性能复检，检测项目应满足本规程第 9.2.5 条和 9.2.6 条的要求。

检查数量：同规格、同批次和相同施工条件的每 3 个修复施工段不少于一组。

II 一般项目

10.4.5 安装前，热塑成型内衬管表面应光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、干斑、褶皱、拉伸变形和软弱带等影响管道结构、使用功能的损伤和缺陷。

检验方法：观察。

检查数量：全数检查。

10.4.6 安装后，热塑成型内衬管表面外观检查结果应符合下列规定：

- 1 不得有裂缝、孔洞、干斑、脱落、灼伤点、软弱带和可见的渗漏现象；
- 2 应紧贴原管道，内壁顺滑，无明显的环形褶皱；
- 3 内衬管褶皱应满足设计要求，当设计无要求时，非原管道引起的褶皱最大高度不应超过 6mm；
- 4 内衬管两端处理应符合设计文件的规定，且应密封良好。

检验方法：采用 CCTV 检测或人工观察。

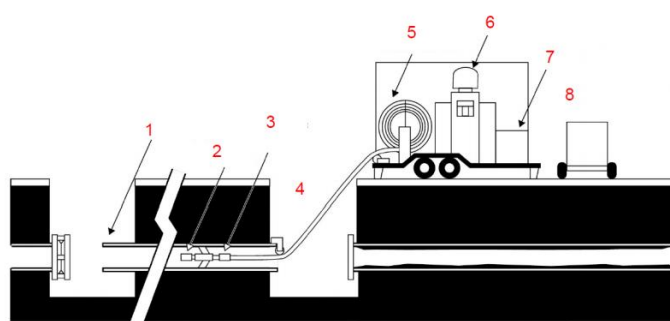
检查数量：全数检查

11 喷涂（筑）法

11.1 一般规定

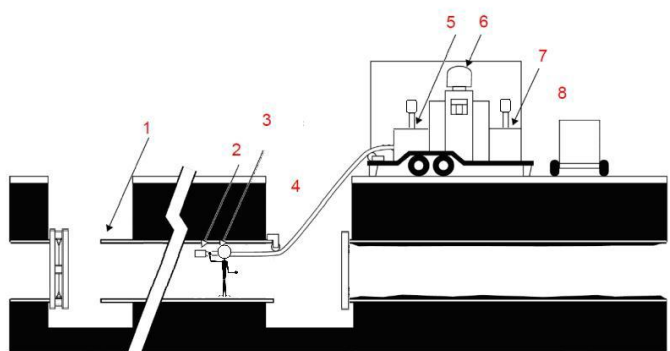
11.1.1 喷涂（筑）法适用于各类断面形式的无机材质给水管道的修复。

【条文说明】：喷涂（筑）法是使用喷涂（筑）机器人或人工喷涂（筑），对地下管道、箱涵、检查井等进行结构增强、功能修复或管材防腐的工艺技术，下图分别为机器及人工喷涂（筑）示意图。



1—原管道；2—喷头；3—静态混合器；4—空气软管；5—绞车；
6—定量泵；7—储存室；8—空压机和发电机

图 7 机器喷涂（筑）聚合物修复技术示意图



1—原管道；2—喷枪；3—喷涂（筑）人员；4—材料输送管道；5—A 组分料；
6—喷涂（筑）设备；7—B 组分料；8—空压机和发电机

图 8 人工喷涂（筑）聚合物修复技术示意图

当前使用的喷涂（筑）材料有水泥基喷涂（筑）材料和高分子喷涂（筑）材料，后者主要包括聚氨酯、聚脲和环氧树脂等，高分子喷涂（筑）材料一般为两个组分（A 组分和 B 组分，或主料和催化剂）。聚合物喷涂（筑）在管道内壁上发生化学反应，迅速固化，从而在管道内壁形成一定厚度的聚合物内衬。不同的聚合物材料的强度有很大的差异，同时不同种类的聚合物能够形成的厚度也有很大差别。

聚合物一般为高分子材料，与一般管道材料（混凝土，金属）相比，其抗腐蚀能力卓越，所以喷涂（筑）修复一般可以大大增强管道的抗腐蚀能力；强度高，可以喷涂（筑）一定厚度的喷涂（筑）材料，也可以实现结构性修复。在工程实践中，高分子材料喷涂（筑）较常出现表 5 中的问题，修复中需要加强工序管控。

表 5 高分子材料喷涂（筑）法实践中易发生的问题

工序	存在问题
基面预处理	基面杂物没有清理，表面未干燥，影响喷涂（筑）效果
材料加热搅拌	材料加热温度不够、搅拌不充分，材料中的骨料沉在桶底，喷涂（筑）后材料强度较低
喷涂（筑）施工	喷枪距基面距离不当，造成材料溅起，表面不平； 喷涂（筑）速度不均匀，材料厚薄不均； 转角处喷涂（筑）不均，部分地方没有材料

11.1.2 管道预处理的效果应满足设计要求，并应符合本规程第 3 章的规定。

11.1.3 原管道预处理后应进行检测，经验收合格后方可进行下一步施工。

11.2 内衬材料

11.2.1 喷涂（筑）水泥砂浆的性能应符合现行行业标准《室外给水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 244 的有关规定。

11.2.2 采用人工或离心喷涂（筑）用的普通硅酸盐水泥砂浆的性能应符合表 11.2.2 的规定。

表 11.2.2 普通硅酸盐水泥砂浆的性能

序号	项目	性能要求	检验方法
1	凝结时间	初凝	现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
2		终凝	
3	抗压强度	28d	现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671
4	抗折强度	28d	
5	（浸水）拉伸粘结强度	7d	现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70

11.2.3 喷涂（筑）修复用环氧树脂涂料的性能应符合《室外给水管道非开挖修

复更新工程技术规程》CJJ/T 244 的有关规定，且不得含有双酚 A。

11.2.4 离心喷涂（筑）环氧树脂涂料的性能应符合表 11.2.4 的规定。

表 11.2.4 离心喷涂（筑）环氧树脂涂料的性能

序号	项目		性能要求	检验方法
1	涂料固体体积含量（%）		≥ 80	现行国家标准《色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定》GB/T 1725
2	耐冲击（cm）		≥ 30	现行国家标准《漆膜耐冲击测定法》GB/T 1732
3	柔韧性（mm）		合格	现行国家标准《漆膜柔韧性测定法》GB/T 1731
4	附着力（级）		1~2	现行国家标准《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210
5	干燥时间（23℃±2℃）（h）	表干	≤ 24	现行国家标准《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728
6		实干	≤ 48	

11.2.5 旋风喷涂（筑）环氧树脂涂料的性能应符合表 11.2.6 的规定。

表 11.2.5 旋风喷涂（筑）环氧树脂涂料的性能

序号	项目		性能要求	检验方法
1	涂料固体体积含量		$\geq 94\%$	现行行业标准《钢制管道液体环氧涂料内防腐层技术标准》SY/T 0457
2	耐冲击		50cm	现行国家标准《漆膜耐冲击测定法》GB/T 1732
3	柔韧性		≤ 2	现行国家标准《漆膜柔韧性测定法》GB/T 1731
4	附着力（级）		1~2	现行国家标准《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210
5	干燥时间（23℃±2℃）	表干	$\leq 4h$	现行国家标准《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728
6		实干	$\leq 24h$	

11.2.6 喷涂（筑）修复用的环氧树脂涂料的稀释剂应使用优级食用酒精，稀释剂的感官要求、理化指标应符合现行国家标准《食用酒精》GB 10343 的有关规定。

11.2.7 离心喷涂（筑）环氧树脂涂料底漆的性能应符合表 11.2.7 的规定：

表 11.2.7 离心喷涂（筑）环氧树脂涂料底漆的性能

序号	项目	性能要求	检验方法
1	耐冲击	$\geq 30cm$	现行国家标准《漆膜耐冲击测定法》GB/T 1732
2	柔韧性	1	现行国家标准《漆膜柔韧性测定法》GB/T 1731
3	附着力（级）	1~2	现行国家标准《色漆和清漆 拉开法

				附着力试验》GB/T 5210
4	干燥时间	表干	≤4h	现行国家标准《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728
5	(23℃±2℃)	实干	≤24h	

11.2.8 离心喷涂（筑）修复用聚氨酯涂料的基本性能应符合表 11.2.8 的规定。

表 11.2.8 离心喷涂（筑）修复用聚氨酯涂料的基本性能

序号	性能指标		要求	试验方法
1	拉伸强度		≥37MPa	现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567
2	断裂伸长率		≥1.5%	现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567
3	弯曲强度		≥55MPa	现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567
4	弯曲弹性模量		≥2000MPa	现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567
5	粘结强度	混凝土	≥1.0MPa或试验时基体破坏	现行国家标准《建筑防水涂料试验方法》GB/T 16777（A 法）
		金属	≥2.5MPa	
6	耐化学介质腐蚀 (5%硫酸、5%氢氧化钠、3%氯化钠、120#溶剂油, 30d)		喷涂（筑）内衬管完整、无起泡、无剥落、无裂纹	现行行业标准《水性聚氨酯地坪》JC/T 2327

11.2.9 给水管道结构性补强用聚氨酯涂料的性能应满足修复工程的要求。

11.2.10 喷涂（筑）材料的标志、包装、运输和贮存应符合下列规定：

- 1 包装容器必须密封，容器表面应标明材料名称、生产厂名、重量、生产编号；
- 2 应按生产厂商要求或推荐的温度进行运输和分类存放，存放环境应干燥、通风，避免日晒，并远离火源。

11.3 工艺要求

11.3.1 管道内喷涂（筑）修复工程施工应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

11.3.2 管道预处理施工前，应完成喷涂（筑）施工场地准备、工作井的开挖与支护、管道断管工作。

11.3.3 喷涂（筑）施工前，应对管道内表面清洗后的管道进行预处理，包括堵漏、切除突出部位、填补结构缺陷、除锈或除垢、干燥通风等工作。

11.3.4 喷涂（筑）工程正式施工前，应通过试喷确定工艺参数。

11.3.5 喷涂（筑）设备应由专业技术人员管理和操作，机械喷涂（筑）作业人员应接受过岗位技能教育及安全培训。

11.3.6 金属给水管道喷涂（筑）要求的除锈等级应满足设计要求。若设计无要求，应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定》第1部分：未涂覆过钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级 GB/T 8923.1 对 Sa2.0 级或 St2.0 级的有关规定。

11.3.7 管道基础、管道基层表面处理效果应达到设计要求后，在进行喷涂（筑）施工。

11.3.8 管道基层温度、管道内的环境温度和環境相对湿度应符合表 11.3.8 的规定。

表 11.3.8 管道基层及环境应满足的性能要求

序号	涂料名称	基层表面	基层温度/℃	环境温度/℃	环境相对湿度
1	普通硅酸盐水泥砂浆	表面粗糙、湿润但不得有水珠	≥5	5~35	—
2	环氧树脂涂料	表面光滑且触干		≥15	≥85%
3	聚氨酯涂料				
4	补强用聚氨酯涂料				

11.3.9 喷涂（筑）材料用量宜按下式计算：

$$G = K\pi DLt\rho \quad (11.3.9)$$

式中：G—喷涂（筑）材料用量（kg）；

K—裕度系数，宜根据施工经验或喷涂（筑）试验确定；砂浆类宜取 1.05~1.20.其他类涂料宜取 1.05~1.50；

D—施工管段内径（m）；

L—施工管段长度（m）；

t—喷涂（筑）厚度（m）；

ρ—喷涂（筑）材料密度（kg/m³）。

11.3.10 水泥砂浆喷涂（筑）施工应符合下列规定：

- 1 离心喷涂（筑）时，弯头、三通等特殊管件和临近闸阀的管段可采用人工喷涂（筑），并应采用光滑的渐变段与离心喷涂（筑）的衬里相接；
- 2 普通硅酸盐水泥砂浆喷涂（筑）后应进行养护作业，养护期间管段内所有空洞应严密封闭；
- 3 养护时间应符合产品使用说明书的规定。养护期满后，应及时充水。

11.3.11 环氧树脂涂料喷涂（筑）施工应符合下列规定：

- 1 喷涂（筑）施工的管段长度应符合表 11.3.11 的规定；

表 11.3.11 环氧树脂喷涂（筑）管段长度

序号	管径 DN/mm	管段长度/m
1	≤100	≤200
2	>100	≤150

- 2 环氧树脂涂料的混配应符合产品使用说明书的规定；
- 3 环氧树脂涂料旋风喷涂（筑）作业应喷涂（筑）两次以上，前一次喷涂（筑）表干后方可进行下一次喷涂（筑）；
- 4 环氧树脂涂料离心喷涂（筑）作业应通过多次喷涂（筑）达到设计内衬厚度，第一道底漆喷涂（筑）应在喷砂除锈后 1h 内完成，应待前一次喷涂（筑）表干后再进行下一次喷涂（筑）；
- 5 环氧树脂喷涂（筑）后应进行养护作业。

11.3.12 聚氨酯涂料喷涂（筑）施工应符合下列规定：

- 1 聚氨酯涂料喷涂（筑）后的养护时间应符合产品使用说明书的规定，且至少应养护 30min；
- 2 喷涂（筑）后的器具及储料罐清洗、余料处理应符合产品使用说明书的规定；
- 3 聚氨酯涂料喷涂（筑）作业采用多次喷涂（筑）时，应待前一次喷涂（筑）表干后再进行下一次喷涂（筑）。
- 4 用于结构性修复时，应多次喷涂（筑），多次喷涂（筑）时间间隔宜小于使用材料产品使用说明规定的复涂时间，并应满足设计厚度要求。

11.3.13 喷涂（筑）作业完工后，应对管道施工接口进行密封、连接、防腐处理。

不能及时连接的管道端口，应采取保护措施。

11.3.14 喷涂（筑）作业完工后，连接给水管道时不得直接在端口连接处的涂层上凿孔、打洞、敲击。严禁直接对端口喷涂（筑）材料进行明火烘烤。

11.3.15 喷涂（筑）施工记录应符合本规程第 3.0.14 条的规定，并应对喷涂（筑）厚度、温度、湿度、时间、喷涂（筑）长度、设备压力等施工工艺按附录 B 记录。

11.4 质量检验

I 主控项目

11.4.1 管道涂层的性能应符合本规程第 11.2 节的规定，并应满足设计要求。

检查方法：对照设计文件全数检查；抗压强度、抗折强度、拉伸粘结强度、附着力、弯曲弹性模量、弯曲强度检测项目应达到性能要求。

检验数量：全数检查

11.4.2 给水管道喷涂（筑）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。

检查方法：检查入场材料的卫生许可批件。

检验数量：全数检查

II 一般项目

11.4.3 涂层厚度的平均值应符合本规程第 4 章的规定，涂层厚度的允许偏差应符合表 11.4.3-1~11.4.3-3 的规定。

检查方法：对照设计文件用测厚仪或卡尺等测量。

检验数量：全数检查。

表 11.4.3-1 普通硅酸盐水泥砂浆涂层厚度允许偏差

序号	管道公称直径 d/mm	涂层厚度允许偏差/mm	
		人工喷涂（筑）	离心喷涂（筑）
1	$300 \leq d \leq 800$	—	+2, -2
2	$800 < d \leq 1000$	+3, -2	+2, -2
3	$1000 < d \leq 1500$	+3, -2	+3, -2
4	$1500 < d \leq 1800$	+3, -2	—
5	$1800 < d \leq 2200$	+4, -3	+4, -3
6	$2200 < d \leq 2600$	+4, -3	+4, -3

7	D>2600	+4, -3	—
---	--------	--------	---

表 11.4.3-2 环氧树脂涂层厚度允许偏差

序号	管道公称直径 d/mm	干膜厚度允许偏差/mm
1	$15 \leq d \leq 50$	+0.10, 0
2	$50 < d \leq 150$	+0.10, 0
3	$150 < d \leq 600$	+0.10, 0

表 11.4.3-3 聚氨酯涂层厚度允许偏差

序号	管道公称直径 d/mm	干膜厚度允许偏差/mm
1	$100 \leq d \leq 600$	± 0.3
2	$600 < d \leq 900$	± 0.3

11.4.4 喷涂（筑）基层表面的浮尘、污垢、油渍等应清除干净。喷涂（筑）基层的干燥度应符合产品使用说明书的有关规定。

检查方法：检查电视检测（CCTV）影像资料或人进入管道内查看、施工记录、材料使用说明书。

检验数量：全数检查。

11.4.5 喷涂（筑）配合比应符合产品使用说明书的规定。

检查方法：检查使用说明书并现场查看施工记录。

检验数量：每批检查。

11.4.6 喷涂（筑）层颜色应均匀，涂层应连续、无漏涂和流挂，涂层无针孔、无剥落、无深度大于喷涂（筑）层厚度 0.3 倍或 1mm 的划伤、无长度大于 1m 或深度大于喷涂（筑）层厚度 0.3 倍或 1mm 的龟裂、无异物，涂层内气泡直径不得大于 10mm，成膜材料每平米内包含的上述气泡不得超过 5 个。

检验方法：电视检测（CCTV）或管内目测检查；检查施工记录、电视检测（CCTV）记录等。

检验数量：全数观察。

11.4.7 基体层与喷涂（筑）层、不同的喷涂（筑）层间应粘接牢固。

检验方法：敲击管端硬化后的喷涂（筑）层应无空壳声。

检验数量：全数观察。

11.4.8 环氧树脂涂料、聚氨酯涂料、补强用聚氨酯涂料应有品质合格的化学腐蚀试验报告。

检验方法：生产商提供的试验报告。

检验数量：全数检查。

11.4.9 管道线形应和顺，接口处应平顺。

检验方法：电视检测（CCTV）或管内目测检查；检查施工记录、电视检测（CCTV）记录等。

检验数量：全数观察。

11.4.10 修复管道的阀门井及井内施工应满足设计要求，并应无渗漏水现象。

检查方法：对照设计文件和施工方案检查施工记录等。

检验数量：全数检查。

11.4.11 阴角、阳角等的细部构造防水措施应满足设计要求。

检验方法：观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

检验数量：全数检查。

11.4.12 喷涂（筑）修复后的管段与相邻管段之间应密封连接。

检查方法：检查施工记录等。

检验数量：全数检查。

11.4.13 管道功能性试验检验合格后应进行冲洗消毒与水质检验，并应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

12 不锈钢内衬法

12.1 一般规定

12.1.1 不锈钢内衬法适用于管径不小于 DN800 各类给水管道的内衬修复。

【条文说明】：采用不锈钢材料进行内衬修复管道工艺有大套小和紧密贴合两种工艺，大套小工艺内衬后不锈钢内衬管外壁和原管道内壁，有夹层间隙；而本规程所述不锈钢内衬法是紧密贴合工艺，不锈钢内衬层与原管道内壁紧密贴合，没有空隙。该工艺是将单张剪裁好的不锈钢板卷轧并临时捆扎成管坯后运入管道内，用撑管设备把管坯撑圆并贴合在原管道内壁上，采用氩弧焊接方法焊接纵缝和相邻管坯间的环缝成整体不锈钢内衬管，然后其两端端口焊接在原管道或安装在原管道端口的钢制转换件上，与原管道连接为一体形成复合管道，适用于各类材质原管道的修复。不锈钢内衬工艺作业流程如下：作业基坑开挖→断管→CCTV 及有害气体检测→管理清理及预处理→管坯制作→管坯吊入→管坯运输及布管→撑管作业→不锈钢管坯点焊→焊接成型→渗透检测→钝化→钢制管端口连接→管道试压→作业基坑回填→竣工验收等步骤。

因为不锈钢内衬法需要人员进入管道内作业，适用于口径在 DN800 及以上管道的内衬修复，但目前已有最小口径为 DN600 口径管道采用不锈钢内衬修复的应用。

表 5 不锈钢内衬法实践中易发生的问题

工序	存在问题
基面预处理	不锈钢内衬是依靠撑管设备将管坯紧密贴合于原管道，原道错口处理应堵漏并处理平缓，否则容易在外水压力作用下产生变形。
焊接作业	1、人工需在管道内焊接，焊接量较大。 2、地下操作需要保持通风，泵入氧气，地下不能残留水，保持电绝缘 3、焊缝探伤采用渗透检测工时略长，检测费用会另外增加。
管道运营	管道承受内压能力较强；承压能力弱，压吸扁后较难恢复；

12.1.2 选用不锈钢内衬法修复管道前应考虑管道内输送介质氯离子含量和管道周围地下水氯离子含量，根据氯离子含量选择相应不锈钢材料牌号。

【条文说明】：因氯离子会造成不锈钢材料应力腐蚀，在选用不锈钢内衬材料时，应考虑管道内输送介质氯离子浓度，另外，考虑到内衬修复后旧管道仍存在泄露

导致地下水进入旧管道内接触不锈钢内衬层的可能,也应考虑位于地下水位之下埋地管段周围地下水中氯离子含量。

12.1.3 在管道修复工程开始前应进行施工现场情况调查,并结合管道修复工程技术要求和相关施工标准、规范和质量验收规范,制定切实可行的施工方案。

12.1.4 管内作业应遵守有限空间作业相关安全操作规定。

12.2 内衬材料

12.2.1 不锈钢内衬法所用材料的性能应符合下列规定:

1 内衬不锈钢管材应符合现行国家标准《流体输送用不锈钢焊接钢管》GB/T 12771 的有关规定,不锈钢板材应符合现行国家标准《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280 的有关规定,焊材的性能应符合现行国家标准《不锈钢焊条》GB/T 983 的有关规定。不同牌号内衬不锈钢材料力学性能应符合表 11.2.1-1 的规定;不同牌号内衬不锈钢材料适用条件及用途可按表 11.2.1-2 选择。

2 不锈钢焊材宜与所用不锈钢内衬材料相匹配。

表 12.2.1-1 内衬不锈钢材料的力学性能

牌号	性能		测试依据标准
06Cr19Ni10 (304 型)	管材屈服强度	≥210MPa	《金属材料 拉伸试验 第 1 部分: 室温试验方法》GB/T 227.1
	管材延伸率	≥35%	
022Cr19Ni10 (304L 型)	管材屈服强度	≥180MPa	
	管材延伸率	≥35%	
06Cr17Ni12Mo2(316 型)	管材屈服强度	≥210MPa	
	管材延伸率	≥35%	
022Cr17Ni12Mo2 (316L 型)	管材屈服强度	≥180MPa	
	管材延伸率	≥35%	

表 12.2.1-2 内衬不锈钢材料适用条件及用途

牌号	适用条件	用途
06Cr19Ni10 (304 型)	氯离子含量 ≤ 200mg/L	饮用净水、生活饮用冷水、热水等管道
022Cr19Ni10 (304L 型)		耐腐蚀要求高于 304 型场合的管道

06Cr17Ni12Mo2 (316 型)	氯离子含量 $\leq 1000\text{mg/L}$	耐腐蚀要求高于 304 型场合的管道
022Cr17Ni12Mo2 (316L 型)		海水或高氯介质

12.2.2 不锈钢板应采用氩弧焊技术进行焊接，所用氩气纯度不应低于 98.99%。

12.2.3 进行内衬修复前应对原管道进行预处理，并使预处理后的原管道达到进行不锈钢内衬作业的条件和要求。

【条文说明】：原管道预处理主要包括管内残余水排出、预处理前内部检测、管内除障清理修补、预处理后内部检测等。

1) 管内残余水排出

管道停水开口后将管道内残余水排出管道。通常情况下管道有一定的起伏，在管道内低洼处积存的水无法完全排出，需要人员进入管道或通过其他方式将低洼处积水排出管道。

2) 预处理前内部检测

不锈钢内衬前宜对原管道进行检测，以便了解管道内部情况，并制定合理的预处理方案。管道检测可采用电视检测 (CCTV) 或管内目测、尺寸测量等方法。

3) 管内除障清理修补

管道内部鼓包、突起、垢瘤、水泥结块等障碍物应被清除，承插接口凹槽、管体缺损应采用水泥浆等填充抹平，承插接口错台、管道内套环等台阶应涂抹水泥浆等填充物形成平缓过渡缓坡。

管道漏点应进行堵漏处理；钢管道腐蚀穿孔、壁厚严重腐蚀减薄等应进行补焊；管道破裂位置、管壁贯穿性裂缝应采取注浆、填塞止水材料等措施进行修补处理。

对于存在管道结构破坏严重、管道接口严重错口、严重变形凹陷等严重缺陷应采取内部加固修整等措施处理，对于无法进行内部处理或处理后达不到不锈钢内衬施工条件和管道运行要求时应采用局部开挖更换措施处理。

管道预处理过程不得对管道内壁和管体造成新的损伤。

4) 管道预处理后检查

管道预处理后应进行质量检查，合格后方可开展后续施工作业。可采用拍照、电视检测 (CCTV)、人工检查等方式检查管道预处理质量，检查资料应保存。

12.3 工艺要求

12.3.1 工作坑位置应尽可能选在方便开挖和施工作业，对周围地上地下设施、环境、交通、居民生活等影响小的位置。宜利用现有阀门井室等作为工作坑。

12.3.2 DN1000 以下口径管道内衬分段长度不宜超过 600m，DN1000 及以上口径管道内衬分段长度不宜超过 800m，对于长距离分段可考虑在中间增加工作坑和管道开口点。

12.3.3 不锈钢管材置入原管道内部之前，应采用专用卷管设备将板材卷制成筒状坯，并应符合下列规定：

- 1 卷管角度和曲率半径应按管径确定，管坯长度应小于工作井长度；
- 2 筒状坯应用铁丝临时捆扎起来，铁丝捆扎应牢固。捆扎好的筒状管坯直径宜为原管道内径的 70%~80%；
- 3 在不锈钢板卷制和捆扎过程中应做好不锈钢板的保护，对于受到损伤的不锈钢板进行钝化等处理，并经相应检查验收合格后方可使用；
- 4 弯头、变径、支管等特殊部位的不锈钢内衬，应准确测量内衬部位尺寸，并应画图下料。技术人员应绘制下料尺寸图，并应负责内衬作业技术交底；
- 5 不锈钢板卷制前应测量核对不锈钢板厚度和尺寸，不锈钢板长度应比原管道内壁周长长 40mm~80mm，确保合适的环向搭接长度；
- 6 卷板人员应劳保穿戴齐全，应穿戴防刺手套和劳保鞋；

12.3.4 不锈钢内衬安装作业应符合下列规定：

- 1 进行不锈钢内衬安装前，原管道内部应保持严密、干燥，并应持续强制通风。管道内施工人员应穿戴劳动保护装备，管内电源线应绝缘良好；
- 2 不锈钢管坯应通过工作井逐节运输，并应在原管道内进行焊接。运输时应采取防护措施；
- 3 在作业坑内组队焊接不锈钢内衬，并以牵引绞车等专用设备将管材拉入原管道，管口应采用变形模具进行缩径；
- 4 应使不锈钢管紧密贴合在原管道内壁上，撑板时不得对不锈钢板材造成损伤；
- 5 相邻两节不锈钢板搭接插口宜与水流方向相同，轴向搭接量应满足设计文件要求，设计文件无要求时应为 30mm~60mm；同一张板轴向搭接部分左右错

边量应满足设计文件要求，设计文件无要求时，除转接、内径变化等特殊情况下，左右错边量不应大于 50mm；

【条文说明】第 5 款：以减小搭接接口对水头的影响。

6 下板操作时，施工人员不得站在被吊运的不锈钢管坯下。

12.3.5 不锈钢内衬管的焊接应符合下列规定：

1 宜使用氩弧焊接搭接焊方法进行不锈钢板焊接，不锈钢焊接作业应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 和《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB50683 的有关规定和设计文件要求；

2 焊接前应将焊接面上及两侧 20mm 范围内和焊接位置夹层内的杂质、污物、毛刺等清理干净，并不得有裂纹、夹层等。焊接位置不得有液态水存在；

3 不得在焊接面之外板材表面引弧和试验电流，并应防止电弧擦伤母材；

4 焊接作业时，管内风速不应大于 2m/s；

5 如产生焊接缺陷，应使用角磨机磨去再补焊，不得在缺陷上面重复熔化以试图消除；

6 焊缝应饱满，成形美观。不得有漏焊、气孔、未焊透、未熔合、焊瘤、缩孔、裂纹、烧穿、焊缝黑灰氧化严重、焊缝表面击伤、焊缝夹钨、咬边等缺陷；

7 焊接完成的焊缝 100%进行目测检查和渗透探伤检查；

【条文说明】：射线探伤需要从管道内部或外部发射射线，从相对应的管道外部或内部接收射线，不锈钢内衬管内衬在原管道内，不具备射线在管道内外两侧发射和接收的条件，无法采用射线法探伤；超声波探伤要求检测壁厚不小于 6mm，焊缝表面平整，不锈钢内衬管由薄壁不锈钢板搭接焊接连接起来的，焊缝表面为坡面，无法采用超声波探伤；不锈钢内衬材料为无磁性材料，无法采用磁粉探伤；渗透探伤可适用于不锈钢内衬焊缝的检测。

8 当焊接作业的高温易对原管道产生不良影响时，应采取隔热措施；

9 对接焊缝组对时，内壁应齐全；

10 不锈钢焊接时，纵缝错开不应小于 100mm，且不得产生十字焊缝；

11 原管道端部，应对不锈钢内衬管与原管道内壁之间进行满焊密封处理。

12.3.6 不锈钢内衬环肋安装应符合下列规定：

1 环肋材质应与不锈钢内衬管材质相同，规格尺寸和安装间距应满足设计要求；

2 不锈钢内加强圈应整圈围绕在不锈钢内衬管内壁上，且应在同一个平面内，内加强圈接头处应对正对接，不得出现间隙，不得有螺旋、扭曲、接口错位等现象；

3 不锈钢内加强圈应紧密顶撑在不锈钢内衬管内壁上，并施加一定的顶撑预应力后方可点焊固定；

4 不锈钢内加强圈各段接头焊接应满焊，不锈钢内加强圈与不锈钢内衬管之间可采用连续或间断焊接，间断焊接总长应不少于不锈钢内衬管内周长的 1/3。焊脚尺寸不得小于不锈钢内衬板厚度；

5 间断焊缝可相互错开或并排布置，焊缝间隙应均匀一致，最大焊缝间隙不得大于 100mm；

6 在焊接不锈钢内加强圈时，不得对不锈钢内衬管造成新的损伤。

12.3.7 不锈钢内衬焊接安装结束后，应对管内焊缝进行探伤检测，焊缝质量可靠后方可进行后续作业。

12.3.8 不锈钢内衬作业完成后，应对管道施工接口进行防腐、密封、连接处理。不能及时连接的管道端口，应采取保护措施。

【条文说明】：

1 对于钢质管道端口，在不锈钢板与钢管连接位置打磨后焊接不锈钢过渡板或堆焊层，然后将不锈钢板焊接在过渡板或堆焊层上。碳钢和不锈钢焊接时应采用相应牌号不锈钢过渡焊材。

2 对于非钢质管道端口，应在管道端口安装钢质或不锈钢质转换件，然后将不锈钢板与钢质转换件焊接连接在一起。

12.3.9 不锈钢内衬法施工应对不锈钢管坯卷制、内衬焊接安装、焊缝探伤检测等施工工艺按附录 B 进行记录。

12.4 质量检验

I 主控项目

12.4.1 不锈钢内衬原材料进场时的质量检测应符合下列规定：

1 原材料衬管的规格、尺寸、性能应符合设计文件的规定。

检验方法：对照设计文件检查生产厂家产品合格证、质量保证书和产品性能检测报告等。

检查数量：全数检查。

2 内衬管主要材料的技术指标经进场检验应符合设计文件的规定。

检验方法：现场取样，对照设计文件检查不锈钢板材与焊材的力学性能检测报告和化学成分分析报告。

检查数量：每一批次、每一规格材料应抽取一组样品进行检测

【条文说明】：材料进场前，应对进场材料进行复检，应进行复检的材料种类及检查项目应包括并不限表 12.4.1 的要求：

表 12.4.1 主要材料检查项目表

材料种类	测试要求	检验项目	检验方法
不锈钢板材	1、力学性能	(1) 厚度； (2) 规定塑性延伸强度 ($R_{p0.2}$)； (3) 抗拉强度 (R_m) (4) 断后伸长率 (A)。	见证取样检测
	2、化学分析	(1) 材料主要化学成分	
不锈钢焊材	1、力学性能	(1) 抗拉强度 (R_m) (2) 断后伸长率 (A)。	抽样检测
	2、化学分析	(1) 材料主要化学成分	

注：1 取样复检应送具有相关检测资质的第三方检测机构进行检测，并出具检测报告。

2 每一批次、每一规格材料应抽取一组样品进行检测。

12.4.2 不锈钢内衬组对焊接时，不锈钢内衬层应与原管道紧密贴合；不得有十字缝；轴向搭接和轴向搭接长度应符合本规程规定或设计文件要求。

检验方法：可使用卷尺、焊接检验尺等测量工具检测；

检查数量：全数检查。

12.4.3 不锈钢焊缝应饱满，成形美观。不得有漏焊、气孔、未焊透、未熔合、焊瘤、缩孔、裂纹、烧穿、焊缝黑灰氧化严重、焊缝表面击伤、焊缝夹钨、咬边等缺陷。

检验方法：目测、检查探伤检测记录（渗透检验法）；

检查数量：全数检查。

II 一般项目

12.4.4 修复后，内衬管应线形和顺，接口平顺，特殊部位应过渡平缓。

检验方法：管内目测或电视检测（CCTV）检测

检查数量：全数检查。

12.4.5 原管道清洗预处理完成后，内衬修复前应进行检查。不锈钢内衬法对原管道预处理质量标准应符合本规程第 3 章的要求。

检验方法：电视检测（CCTV）或管内目测检查；检查施工记录、电视检测（CCTV）记录等。

检验数量：全数观察。

中国工程建设标准化协会标准

13 纤维增强复合材料（FRP）湿敷法

13.1 一般规定

13.1.1 纤维增强复合材料（FRP）湿敷法适用于 DN600 以上各种材质和断面形状给水管道的非开挖修复。

【条文说明】：纤维增强复合材料（FRP）湿敷法是采用湿法覆盖,即将增强材料现场浸渍树脂,然后将浸渍过的材料施加到主体结构上,在原地进行固化的修复方法。

纤维复合材料的固化、基体表面处理,以及与基体的粘结,以及各层之间的粘结,均为关键环节。工程师需要明确主管道表面缺陷的类型、大小和范围。这些缺陷可一般分为外观缺陷、短期缺陷和长期缺陷。另一个关键点是纤维增强塑料衬里的终端点应设计为不允许水进入衬里后方。在终端点处应密封 FRP,以防止水渗透在 FRP 与主管道之间。

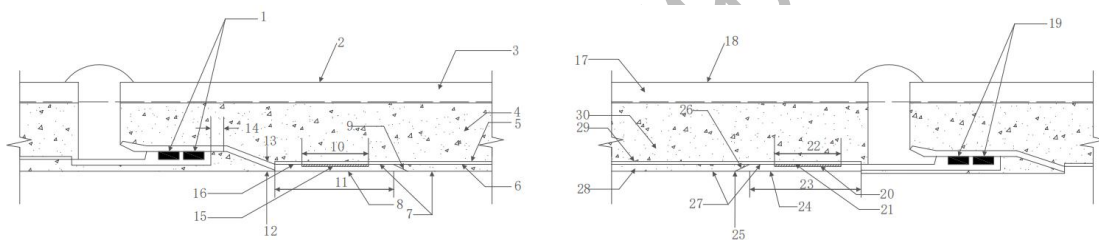


图9 典型的纤维增强复合材料（FRP）湿敷法设计图

13.1.2 原管道进行清理和表面准备后应进行检测,经验收合格后方可进行下一步工序施工。

13.2 材料要求

13.2.1 纤维增强复合材料（FRP）应由信誉良好的生产厂家供应,材料进场前应进行现场验收,并应符合《电气用热固性树脂工业硬质层压板 第5部分:三聚氰胺树脂硬质层压板》GB/T 1303.5,《电气用热固性树脂工业硬质层压板》GB/T 1303.12 和《碳纤维预浸料》GB/T 28461 等现行相关标准的规定。

【条文说明】：在订购纤维增强复合材料（FRP）或进行非开挖修复工作之前,承包商必须确定拟使用的材料以及计划从哪些制造商获取这些材料,制造商应当对每批次或每批材料进行认证,确保其符合本规范,并应提交每批次或每批材料的测试结果。使用的所有材料必须符合本规范以及其他内部引用的规范,并须经

工程师批准。材料标准应符合国家现行相关标准的规定。

13.2.2 施工单位应使用与制造商建议相匹配的底漆、填充剂和其他材料。

【条文说明】：以确保完整的表面粘结纤维增强复合材料（FRP）的正确安装。在安装系统的电绝缘层的首层玻璃纤维薄片安装之前，清洁后的钢基材表面应进行环氧底漆处理。

13.2.3 纤维织物应由高强度、高模量碳纤维组成。纤维应在纵向（0°）方向或 0° 和 90° 方向（双轴织物）上定向。织物应为黑色，并应使用双组分高强度环氧树脂进行浸渍。织物的总重量不得小于 900g/m²。

13.2.4 用于修复给水管道的碳纤维织物的宽度不应小于 600mm，碳纤维的物理与机械性能应符合现行国家标准《碳纤维预浸料层合板力学性能》GB/T 28461 表 4 的规定，并符合表 13.2.4 的规定。

表 13.2.4 碳纤维预浸料层合板力学性能

性能	类型	
	A 类（单向）	C 类（织物）
0°(或经向)拉伸强度/MPa	≥1700	≥400
0°(或经向)拉伸弹性模量/GPa	≥120	≥40
90°(或纬向)拉伸强度/MPa	≥15	≥350
90°(或纬向)拉伸弹性模量/GPa	≥8	≥30
0°(或经向)弯曲强度/MPa	≥1100	N/A
0°(或经向)弯曲弹性模量/GPa	≥100	N/A
0°(或经向)压缩强度/MPa	≥850	≥3000
层间剪切强度/MPa	≥65	≥15

13.2.5 纤维浸润剂和耦合剂应与浸渍纤维的树脂体系相容。可允许将纤维增强复合材料（FRP）衬里直接用于预应力钢筒混凝土管（PCCP）的阴极保护。

13.2.6 为避免钢材在接近碳纤维的情况下出现电偶腐蚀，可使用玻璃纤维织物在金属管道和碳纤维层之间创建绝缘隔离层，玻璃纤维织物应至少使用 1 层。

13.2.7 玻璃纤维织物应为高强度的单向或双向织物，颜色应为白色，重量应不小于 173 g/m²。

13.2.8 玻璃纤维织物应以宽度不小于 24 英寸的卷材形式供应，其物理与力学性能应符合表 13.2.8 的规定。

表 13.2.8 玻璃纤维和层压板的物理力学性能

干纤维性能		纵向		横向(90°)	
抗拉强度	3100~3800 MPa	抗拉强度	440MPa	抗拉强度	360MPa
抗拉模量	80-81GPa	抗拉模量	20GPa	抗拉模量	18.6GPa
极限伸长率	4.60%	极限伸长率	2.20%	极限伸长率	1.90%
密度	2.62g/cm ²	断裂力	267 N/m.	断裂破化力	176 lbf/in.
面密度仅织物	678 g/m ²			层厚度	1 mm

【条文说明】：以上参数取自现行国家标准《玻璃纤维增强热塑性单向预浸料》GB/T 43308 的有关规定，

13.2.9 树脂体系应符合下列规定：

1 宜选用双组分、高强度、低粘度的环氧树脂，并应具有低粘度特性和较长的固化时间，环氧树脂的物理性能应符合表 13.2.9 的规定；

表 13.2.9 环氧树脂性能

混合后的粘度 770 F (250 C)	1,500~1,600 cps
粘度混合后的存放时间 770 F (250 C)	3~4 hrs (薄膜凝固时间)
完全固化时间	48h
密度 392 ° F (200 ° C)	树脂 A: 1.13 kg/L 树脂 B: 1.00 kg/L
抗拉强度(ASTM 638)	49.3 MPa
抗拉模量(ASTM 695)	1,992.6 MPa
弯曲强度(ASTM D-790)	76.8 MPa
弯曲模量(ASTM D790)	1740.2 MPa
24 小时内的吸水量（% 增益）	< 1%
膨胀系数[-37.40 – 40.10 ° C]	78 ×10 ⁻⁶ m/m °C
膨胀系数[1,200 – 2,220 ° C]	151.8 ×10 ⁻⁶ m/m °C

注：成分"A" 是有颜色的糖浆状液体，成分 "B" 是琥珀色的液体。

2 应对周边环境条件具有抵抗力，包括但不限于湿度、高温和流经 PCCP 内部的化学物质；

- 3 不得在制造商指定的有效期之外使用；
- 4 不得在寒冷或冻结的情况下应用；
- 5 在潮湿基面上仅允许使用耐湿性树脂

【条文说明】：如 QuakeWrap 的 J333 属于耐湿性树脂，可以在潮湿基面上使用，

但使用的温度和湿度范围应在制造商规定的值内。

13.2.10 对于需要底漆的系统，底漆应具有足够低的粘度，以渗透混凝土基材并为涂在上面的浓缩树脂提供粘接结合。

13.2.11 浓缩树脂系统由制造商提供的预混浸渍树脂和二氧化硅烟灰混合或按制造商建议的程序在现场混合，用于为纤维增强复合材料（FRP）层压板的应用提供平滑表面。浓缩树脂系统用于填补表面空隙并均匀混凝土基材。允许在层压板之间使用薄层浓缩环氧树脂以增强粘接性。

13.3 工艺要求

13.3.1 纤维增强复合材料（FRP）安装前和安装过程中，应检查现场环境条件。不得在寒冷、冰冻、潮湿或湿润的表面上涂抹底漆、腻子、饱和树脂或粘合剂。环境和混凝土表面温度宜在 7~35℃ 之间。

【条文说明】：除非使用专为水下应用开发的树脂（例如 QuakeWrap 的 220UR），所有接触表面的湿度在安装纤维增强复合材料（FRP）时应小于 15%，根据 ACI 503R-93 进行评估。对于已经针对湿润应用制定的树脂，湿度限制可以被豁免。

13.3.2 高温固化时，应确保混凝土干燥，当存在湿气或者蒸汽泄露现象时，不得进行粘结纤维增强复合材料（FRP）的施工。对于由湿气或者蒸汽引起的任何气泡应按照指定的程序，使用与纤维增强复合材料（FRP）相同的粘合材料进行有效注射。

13.3.3 在恶劣天气进行纤维增强复合材料（FRP）安装时，可采用辅助措施来改善情况。在寒冷天气，可使用辅助加热源将环境和混凝土表面温度提升的方式达到产品使用说明书的标准，但不得超过玻璃转变温度（ T_g ）。可以使用加压空气来使表面湿气干燥等。

13.3.4 施工单位应提供足够数量的必要设备，以及干净的操作环境，以进行连续不间断的纤维增强复合材料（FRP）安装。

13.3.5 纤维增强复合材料（FRP）安装用树脂应符合下列规定：

1 包括主剂和固化剂的所有树脂组分，应在适当的温度下，使用生产厂家推荐的适当重量比，按照生产厂家指定的时间进行混合，直至彻底混合且颜色一致、一致性良好为止；

- 2 树脂应分批混合，树脂混合时应使用电动搅拌片进行搅拌；
- 3 应确保在其锅内使用寿命内使用。任何超过使用寿命、开始发热或显示黏度增加迹象的混合树脂不得使用，并应按照安全数据表的规定进行处理；
- 4 树脂不得与稀释剂等任何有机溶剂稀释；
- 5 混合某些树脂可能会产生有害气体。应注意树脂对环境的影响。

13.3.6 纤维增强复合材料（FRP）安装用底漆和填料施工时应符合下列规定：

- 1 混凝土表面的底漆宜涂抹 1~2 道，当涂抹底漆不粘手指时，应立即涂抹填料；
- 2 填料应在底漆涂抹后的 7 天内涂抹，当超过 7 天时，底漆涂层表面可采用砂纸或类似工具打磨粗糙；
- 3 涂抹填料之前的混凝土表面应符合本规程第 14.2 节的要求；
- 4 填料涂层厚度宜为 40mm，填充混凝土表面空隙、裂缝或不平整区域；
- 5 在涂抹填料后，如果表面出现肿胀，应进行修正，以满足表面轮廓要求；
- 6 在涂抹纤维增强复合材料（FRP）之前，底漆和填料的表面应受到防尘、防潮和防其他污染物的保护。

13.3.7 纤维增强复合材料（FRP）安装用纤维片和饱和剂的涂抹应符合下列规定：

- 1 饱和剂的粘度应足够低，任何超过使用寿命的混合饱和剂应按照规定进行处理；
- 2 宜使用浸渍机均匀浸渍织物，当不具备使用机器的条件下可手工浸渍；
- 3 织物应按照设计要求长度裁剪，并安装在指定位置；
- 4 安装过程中，应排出纤维片与混凝土表面之间的气泡或在与纤维方向平行的方向上滚动，同时允许树脂浸透纤维并与基材密切接触；
- 5 在双向织物中，滚动应首先在纬（横向）方向，然后在经（纵向）方向进行。

【条文说明】：饱和剂的粘度应足够低，以确保在固化之前充分浸透纤维片。为了保持饱和剂的适当粘度，环境和基材表面温度必须在 6.3.1 节规定的范围内。任何超过使用寿命的混合饱和剂应按照规定进行处理。

13.3.8 在多层织物的安装中，继续层次的织物（如果在设计中需要）应使用饱

和剂充分浸润，并在第一层织物的顶部应用，无中断。中间层次的树脂过剩量比单层安装约多 15%-20%，多层也可以在数天内应用。在先前的层次固化后，可进行轻度打磨和填充填料等层间表面准备工作。

【条文说明】：因为饱和剂既用作应用层的过剩量，又用作下一层的底层。根据合同文件的要求进行纤维定向和层叠顺序。在上一层完全凝胶之前，每一层纤维片都应被应用。可以应用的层数应基于制造商的建议和工程师的批准。

13.3.9 当纤维方向中断时，应构建重叠接头。重叠接头的长度应符合设计文件的规定，且不小于 200 mm。

【条文说明】：除非合同文件允许，否则在多层和相邻带状物上不得错开重叠接头。对于单向织物，在横向方向上不需要重叠接头，除非在合同文件中指定。

13.3.10 纤维层应按照设计文件规定与混凝土基面对齐。对于偏离对齐的情况，偏差不得超过 5 度（约 1 英寸/英尺）。一旦安装完成，纤维应该没有扭结、折叠和波浪。

13.3.11 纤维增强复合材料（FRP）应在终止点密封，以防止水在纤维增强复合材料（FRP）和主管之间渗透。对于内部修复，可以在终止点处使用弹性内部接头密封，并将适当的细节包含在图纸中。对于外部修复，终止点应通过在终止点处涂抹锥形环氧树脂而形成接缝。

13.3.12 纤维增强复合材料（FRP）应在 72 小时内固化，以符合饮用水卫生许可的要求。在安装层次固化之前，应监测其固化过程，然后再进行后续层次的安装。如果出现任何固化不规律的情况，应停止后续层次的安装。

13.3.13 固化完成之前不得施加全荷载。在固化过程中应按照第 13.3.12 条的规定保护纤维增强复合材料（FRP）。

【条文说明】：不允许现场修改树脂化学成分以实现快速固化。如果需要快速固化，可以使用提高的固化温度，如 14.3.3 节所规定。除非合同文件中另有注明并经工程师批准，否则在固化完成之前不得施加全荷载。在固化过程中应按照第 13.3.12 条的规定保护纤维增强复合材料（FRP）。

13.3.14 允许对纤维增强复合材料（FRP）层压板使用面层涂层以增加抗磨损性能。可采用加厚环氧树脂或纯树脂进行面层涂层，面层涂层应与暴露条件兼容，包括潮湿、盐水、高温、磨损、紫外线照射和化学暴露。在腐蚀环境中应通过测

试验证面层涂层是否适用于纤维增强复合材料（FRP）层压板。

13.3.15 防护涂层现场施工应符合下列规定：

- 1 表面处理应按制造商的建议进行。
- 2 不得使用溶剂擦拭来清洁纤维增强复合材料（FRP）表面。如果需要磨料清洁，气压应受限，以避免对纤维造成任何损害。
- 3 在施加防护涂层之前，环境和表面温度应满足第 13.3.1 条规定的范围内。

13.4 质量检验

I 主控项目

13.4.1 纤维增强复合材料（FRP）性能应符合本规程第 13.2 节的规定，并应满足设计要求。

检查方法：对照设计文件检查出厂合格证、质量证明文件等。

检验数量：全数检查

13.4.2 纤维增强复合材料（FRP）性能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。

检查方法：检查入场材料的卫生许可批件。

检验数量：全数检查

13.4.3 纤维编织层的层向、纤维扭结和波纹应满足设计和产品使用说明书的要求。

检查方法：观察。

检验数量：全数检查。

13.4.4 纤维增强复合材料（FRP）湿敷法修复后应按表 13.4.4 进行内衬管检测。

表 13.4.4 FRP 纤维增强符合材料湿敷法内衬检测项目

检验项目	检验方法	检验要求
内衬管短期力学性能	取样试验报告	树脂固化符合本规程的规定
粘结强度试验	粘结试验	ASTM D7234 用于混凝土粘接和 ASTM D4541 用于钢粘接
压力检验	打压试验	达到临界压力 1.5 倍

II 一般项目

13.4.5 原管道基层表面干燥程度应满足产品使用说明书的要求，基层表面浮尘、

污垢、油渍等应清除干净。

检查方法：检查电视检测（CCTV）影像资料或人进入管道内查看、施工记录、材料使用说明书。

检验数量：全数检查。

13.4.6 基层层与粘贴层，粘结层与粘结层之间应粘接牢固。

检验方法：敲击管端硬化后的粘结层应无空壳声。

检验数量：全数观察。

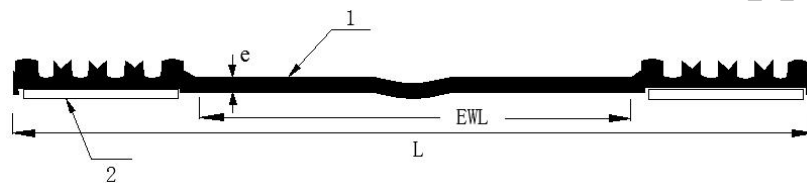
中国工程建设标准化协会标准

14 不锈钢胀环法

14.1 一般规定

14.1.1 不锈钢胀环法适用于管径 DN1000~DN3000 的钢筋混凝土管、钢管、铸铁管等给水管道的局部修复。

【条文说明】：不锈钢胀环法适用管道缺陷呈现为脱节（缺陷等级 ≤ 2 ）、渗漏、错位且接口错位不大于 50mm，管道基础结构基本稳定、管道线型无明显变化、管道壁体坚实的给水管道的局部修复。不适用于对塑料材质管道。不锈双胀环法修复工程实践中易发生的问题见表 6，修复过程需要加强工序管控。



1—橡胶密封带；2—不锈钢胀环；

图 10 不锈钢胀环法示意图

表 6 不锈双胀环法修复工程实践中易发生的问题

工序	存在问题
施工预处理	预处理不到位，施工面未找平，可能导致施工后漏水
材料质量不合格	橡胶质量差，导致施工后漏水
施工不合格	施工安装压力不足，胀环安装不到位，导致施工后漏水

14.1.2 局部修复前，应对原管道进行预处理，并应符合下列规定：

- 1 管壁宜平整、圆滑，待修复部位及其前后 0.5m 范围内管道表面应洁净无附着物、尖锐毛刺和突起，材料进入端管段应清洗干净，无影响材料进入的异物；
- 2 预处理后的原管道内应无沉积物及其他障碍物，不应有影响施工的积水；
- 3 管道宜采用高压水射流进行清洗，清洗产生的污水和污物应从检查井内排出，污物应按现行行业标准《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68 的有关规定处理；

4 管内影响内衬施工的障碍宜采用专用工具或局部开挖的方式进行清除；

5 漏水严重的原管道，应对漏水点进行止水或隔水处理。

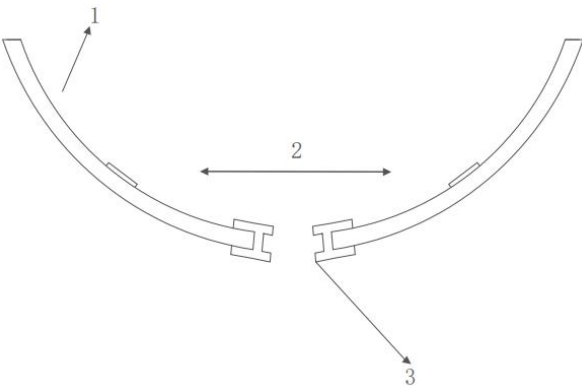
14.1.3 施工设备和动力要求应根据工程特点合理选用。

14.2 内衬材料

14.2.1 不锈钢胀环法材料主要由不锈钢胀环、橡胶密封带、插片三部分组成。

14.2.2 不锈钢胀环宜由 304 或 316 不锈钢带制成。不锈钢胀环的厚度应满足设计文件要求，不锈钢带性能应符合现行国家标准《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237 的相关规定。

14.2.3 不锈钢带两端处应根据扩张器的液压油缸的行程焊接扩张，不锈钢带两端顶处应焊接放置固定插片的工字卡槽，如图 14.2.3 所示。



1—不锈钢胀环；2—扩张方向；3—工字槽

图 14.2.3 不锈钢胀环安装示意图

14.2.4 橡胶密封带表面应平整、无缺陷，橡胶密封带的材料性能应符合现行国家标准《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873 的有关规定，并应满足表 14.2.4 的要求。

表 14.2.4 橡胶密封带的物理性能要求

项目		单位	技术指标		试验方法
			<DN800	≥ DN800	
硬度		IRHD	40±5	60±5	现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定》GB/T 6031
拉伸强度，最小		MPa	9	≥9	现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定》GB/T 528
拉断伸长率，最小		%	400	≥300	
压缩永久变形，最大	23℃, 72h	%	≤12	≤12	现行国家标准《硫化橡胶 低温性能的测定 温度回缩法 (TR 试验)》GB/T 7758.1
	70℃, 24h	%	≤20	≤20	
	-10℃, 72h	%	≤40	≤50	
老化, 70℃, 7d	硬度变化，最大	IRHD	-5~+8		现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验》GB/T 3512、《硫化橡胶或热塑性橡胶

				硬度的测定(10 IRHD-100 IRHD)》GB/T 6031
	拉伸强度变化率, 最大	%	-20	现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定》GB/T 528
	拉断伸长率, 最大	%	-30~+10	
应力松弛 23℃, 7d 最大	%	13	15	现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 在常温和高温下压缩应力松弛的测定》GB/T 1685
在水中的体积变化 70℃, 7d 最大	%	-1~+8		现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶耐液体试验方法》GB/T 1690
耐臭氧 50pphm×48h×40℃×20% 预拉伸率	—	无裂纹		现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶 耐臭氧龟裂静态拉伸试验》GB/T 7762

14.2.5 橡胶密封带宽度应按设计要求制作, 橡胶密封带的内侧应包含有不锈钢胀环的压槽, 压槽背面应有齿状密封止水线, 可参考图 14.2.3。

14.2.6 橡胶密封带应在常温、干燥、防晒的环境下保存。

14.2.7 插片材质及厚度应与不锈钢胀环一致。插片长度应能保证密封效果, 根据带修复管道的管径来定制。插片安装位置如图 14.2.7 所示。

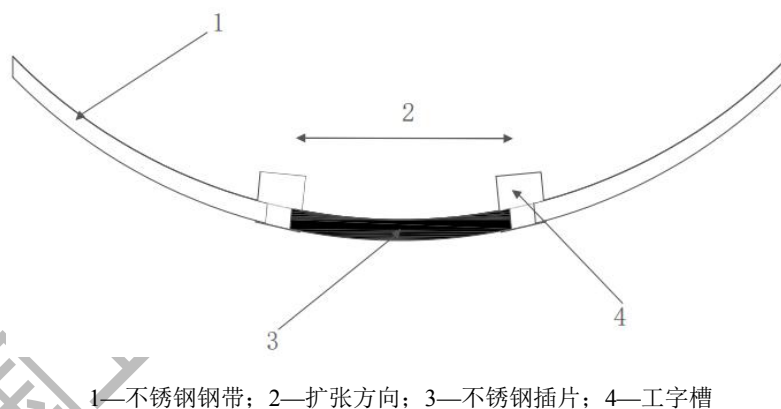


图 14.2.7 插片安装示意图

14.3 工艺要求

14.3.1 安装前应对管道缺陷点范围进行清理并检查, 清理出管道基底, 发现裂缝、空鼓、错口 (缺陷等级 ≤ 2) 缺陷应修整并经检查达到安装要求后, 再进行安装。

14.3.2 橡胶密封带应准确铺装在缺陷点位置, 并应与原管道内壁铺装平整, 无折叠和偏移。

14.3.3 不锈钢胀环应放置于密封带的压槽内,安装时不锈钢胀环应垂直无倾斜、牢固可靠。

14.3.4 不锈钢胀环就位后应分多次加压,每次加压间隔应大于 1h;加压中不锈钢胀环胀紧后应无扭曲变形,并与橡胶密封带紧密贴合。

14.3.5 原管道为混凝土管道时不锈钢胀环最大加载压力值不得大于 7.5MPa,其它材质管道最大加载压力值不宜大于 10MPa。

14.3.6 当用液压专用设备对不锈钢胀环施加压力达到规定压力时,应关闭保险开关,将不锈钢插片插入工字卡槽。

14.3.7 当对不锈钢胀环加载压力时,应对管道变形情况进行监测。

14.4 质量检验

I 主控项目

14.4.1 不锈钢胀环法的材料性能、规格、尺寸应符合本规程第 13.2 节的规定和设计要求,质量保证资料应齐全。

检查方法:对照设计文件全数检查;检查材料进场验收记录、质量保证资料、厂家产品使用说明等;检查橡胶密封带的出场日期等记录。

检查数量:全数检查。

II 一般项目

14.4.2 管道修复后应检查管道表面,确保修复位置正确,不锈钢胀环胀紧后无扭曲变形,与橡胶密封带紧密贴合;

检查方法:全数观察,钢塞尺,闭路电视辅助检查;检查施工记录、电视检测(CCTV)记录等。

检查数量:全数检查。

14.4.3 修复后管道应线形和顺,断面损失应满足设计要求。

检查方法:观察或 CCTV 检测;检查施工记录钢塞尺,CCTV 记录等。

检查数量:全数检查。

14.4.4 原有缺陷应完全被修复材料覆盖,已修复部位无漏水、渗水。

检查方法:全数观察,CCTV 辅助检查;检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量:全数检查。

15 不锈钢快速锁法

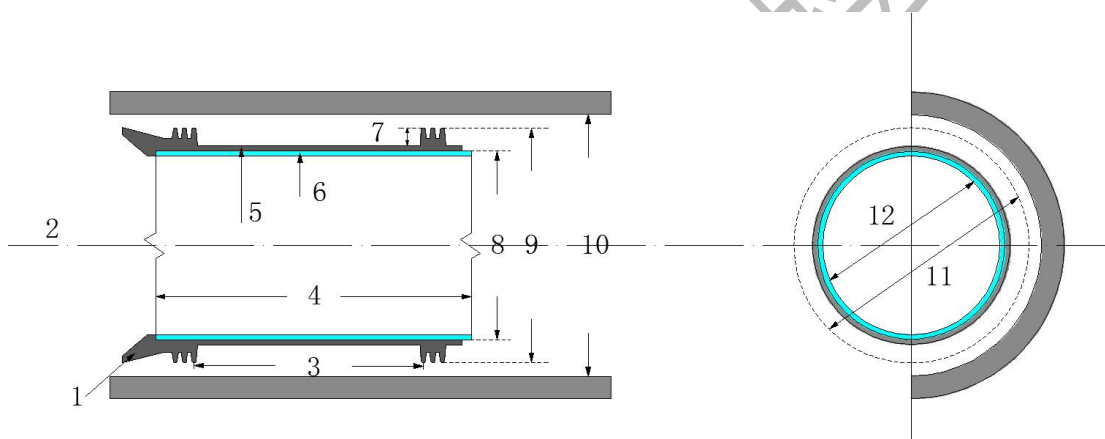
15.1 一般规定

15.1.1 不锈钢快速锁法适用于 DN150~DN1800 圆形给水管道的局部修复。

【条文说明】：不锈钢快速锁法可用于 DN300~DN1800 给水管道的局部修复。不锈钢快速锁的质量控制关键点在于材料质量控制、安装位置控制以及安装过程控制三个环节。施工前质量检测点是材料质量检测。施工后质量检测点是在安装后用 CCTV 内窥检测。

15.1.2 管径 DN800 以下的快速锁应采用专用气囊进行安装，DN800 及以上的快速锁宜采用多片式快速锁结构进行人工安装。

【条文说明】：不锈钢快速锁安装状态见图 11。



1—橡胶迎水坡边；2—中心线；3—密封台间距（AN）；4—密封长度（L）；5—橡胶厚度（SR）；
6—不锈钢壁厚（Sx）；7—密封高度（Hh）；8—不锈钢套筒直径；9—密封台外径；
10—管径（ID）；11—密封台外径；12—不锈钢套筒直径

图 11 不锈钢快速锁安装状态示意图

15.2 内衬材料

15.2.1 不锈钢快速锁可由 C304 号或 C316 号不锈钢套筒、三元乙丙橡胶套和锁紧机构等部件构成，各部件应符合下列规定：

1 DN800 及以下的不锈钢套筒应由整片钢板加工成型，安装到位后应采用特殊锁紧装置固定；

2 DN800 以上的不锈钢套筒应由 2~4 片加工好的不锈钢环片拼装而成，在安装到位后应采用专用锁紧螺栓固定；

3 橡胶套应为闭合式，橡胶套外部两侧应设有整体式的密封凸台，性能指标应符合现行国家标准《橡胶密封件给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873 的有关规定。

15.3 工艺要求

15.3.1 不锈钢快速锁安装前，应对原管道进行预处理，并应符合下列规定：

- 1 预处理后的原管道内应无沉积物及其他障碍物，不应有影响施工的积水；
- 2 原管道待修复部位及前后 500mm 范围内管道内表面应洁净，无附着物、尖锐毛刺和凸起物。

15.3.2 采用气囊安装的不锈钢快速锁不得采用搭接方式，应按下列步骤操作：

- 1 在地表将不锈钢套筒和橡胶套预先套好，并检查锁紧装置可正常工作；
- 2 分别在始发井和接收井各安装一个卷扬机，将快速锁固定在带轮子的专用气囊上，然后在闭路电视或潜望镜的辅助下将气囊牵拉至待修复位置；
- 3 在闭路电视或潜望镜设备的监控下，缓慢向气囊内充气使不锈钢快速锁缓慢扩展并紧贴原管道内壁，气囊压力宜控制在 0.35MPa~0.40MPa；
- 4 当确认不锈钢快速锁完全张开后，卸掉气囊压力后撤出。

15.3.3 不锈钢快速锁应覆盖待修复缺陷，且前后应比待修复缺陷长不小于 100mm；当缺陷轴向长度超过单个快速锁长度时，可采取多个快速锁搭接的方式安装，安装时，后一个快速锁的橡胶套应压住前一个快速锁超出的橡胶套。

15.3.4 采用人工方式安装的不锈钢快速锁，应按下列步骤操作：

- 1 将不锈钢环片、橡胶套等从检查井下入并送到待修复位置；
- 2 先将不锈钢环片预拼装成小直径钢套，再将橡胶套套在不锈钢套上，安装时橡胶套迎水破边朝来水方向；
- 3 将预拼装好的不锈钢快速锁放置在待修复位置，采用专用扩张器对快速锁进行扩张，待扩张到橡胶套密封台接近管壁时，使用扩张器上的辅助扩张丝杆缓慢扩张，在扩张过程中可用橡胶锤环向振击快速锁，确认各个部位与原管壁紧密贴合后锁死紧固螺丝，完成安装。

15.4 质量检验

I 主控项目

15.4.1 不锈钢快速锁技术参数应符合本规程第 13.2 节和设计文件的规定，质量

保证资料应齐全。

检查方法：对照设计文件检查；检查质量保证资料、厂家产品使用说明等。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

15.4.2 修复位置应正确，不锈钢快速锁安装应牢固。

检查方法：观察或电视检测（CCTV）；检查施工记录、电视检测（CCTV）记录等。

检查数量：全数检查。

15.4.3 原有缺陷应完全被修复材料覆盖，已修复部位不得漏水、渗水。

检查方法：观察或电视检测（CCTV）；检查施工记录、电视检测（CCTV）记录等。

检查数量：全数检查。

16 管道功能性试验与工程验收

16.1 一般规定

16.1.1 给水管道修复后应进行水压试验和冲洗消毒,并应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定和设计文件的要求。

16.1.2 管道采用两种(或两种以上)管材时,宜按不同管材分别进行试验;不具备分别试验条件的必须组合试验,且设计无具体要求时,应采用不同管材的管段中试验控制最严的标准进行试验。

16.2 水压试验

16.2.1 水压试验前,施工单位应编制试验方案,其内容应包括:

- 1 试验管道的范围、长度;
- 2 后背及堵板的设计;
- 3 加压设备、压力计的选择及安装的设计;
- 4 试验用水水源、排水疏导措施;
- 5 升压分级的划分及观测制度的规定;
- 6 试验管段的安全措施。

16.2.2 试验管段的范围、长度应符合下列规定:

- 1 试验管道的范围包括已修复管道、修复管道与原管道直接的接口;
- 2 管道的试验长度除本规程规定和设计另有要求外,可按修复管道的起始井段(工作坑)进行试验,且总长度不宜超过 1.0km。

16.2.3 试验管段的后背应符合下列规定:

- 1 后背应设在原状土或人工后背上,土质疏松时应采取加固措施;
- 2 后背墙面应平整并与管道轴线垂直;

16.2.4 试验管段接口应符合下列规定:

- 1 水压试验管道内径大于或等于 600mm 时,试验管段端部的第一个接口应采用柔性接口,或采用特制的柔性接口堵板。
- 2 采用钢管、化学建材管的压力管道,管道中最后一个接口焊接完毕一个小时以上方可进行水压试验。

16.2.5 水压试验采用的设备、仪表规格及其安装应符合下列规定:

1 采用弹簧压力计时，精度不低于 1.5 级，最大量程宜为试验压力的 1.3~1.5 倍，表壳的公称直径不宜小于 150mm，使用前经校正并具有符合规定的检定证书；

2 水泵、压力计安装在试验段的两端部与管道中线相垂直的支管上。

16.2.6 水压试验前准备工作应符合下列规定：

1 试验管段所有敞口应封闭，不得有渗漏水现象；

2 试验管段不得用闸阀做堵板，不得含有消火栓、水锤消除器、安全阀等附件；

3 水压试验前应清除管道内的杂物；

4 试验段范围内的所有管道已采取稳定措施进行稳固。

16.2.7 试验管段注满水后，应在不大于工作压力条件下充分浸泡后再进行水压试验，浸泡时间应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》

GB 50268 的有关规定和设计文件的要求。

16.2.8 管道水压试验应符合下列规定：

1 应采用电视检测（CCTV）设备对管道内部进行外观检测；

2 外观检测合格后应进行压力管道水压试验，水压试验分为预试验和主试验阶段；试验合格的判定依据分为允许压力降值和允许渗水量值，按设计要求确定；设计无要求时，应根据工程实际情况，选用其中一项值或者同时采用两项值作为试验合格的最终判定依据；

3 预试验阶段：将管道内水压缓缓升至试验压力并稳压 30min，期间如有压力下降可注水补压，但不得高于试验压力（聚乙烯管、聚丙烯管及其复合管的压力下降不应超过试验压力的 70%）；检查管道接口、配件等处有无漏水、损坏现象；有漏水、损坏现象时应及时停止试压，查明原因并采取相应措施后重新试压。

4 主试验阶段：停止注水补压，稳定 15min；当 15min 后压力下降不超过压力表允许压力下降数值时，将试验压力降至工作压力并保持恒压 30min，进行外观检查若无漏水现象，则水压试压合格。

5 管道升压时，管道内气体应排除；升压过程中，发现弹簧压力计表针摆动、不稳，且升压较慢时，应重现排气后再升压。

6 应分级升压，每升一级应检查后背、支墩、管身及接口，无异常现象时再继续升压。

7 水压试验过程中，后背顶撑、管道两端以及工作坑内严禁站人。

8 水压试验时，严禁修补缺陷；遇有缺陷时，应做出标记，卸压后修补。

9 给水管道水压试验进行实际渗水量测定时，宜采用国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 中附录 C 的注水法。

16.3 冲洗与消毒

16.3.1 管道水压试验合格后，应按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定对管道进行冲洗消毒和水质检验。

16.3.2 给水管道冲洗与消毒准备工作应符合下列规定：

- 1 编制管道冲洗与消毒实施方案；
- 2 选定洁净、充足的水源，严禁取用污染水源进行冲洗；
- 3 准备冲洗设备、消毒用品以及排水系统设施及安全措施；
- 4 冲洗管段出水末端设置方便、安全的取样口；
- 5 落实照明和围护措施。

16.3.3 给水管道冲洗与消毒应符合下列规定：

- 1 管道第一次冲洗应用清洁水冲洗至出水口，水样浊度小于 3NTU 为止，冲洗流速应大于 1.0m/s。
- 2 第一次冲洗后，用有效氯离子含量不低于 20mg/L 的清洁水浸泡 24h 后，再用清洁水进行第二次冲洗，至水质检测、管理部门取样化验合格为止。

16.4 工程验收

16.4.1 室外给水管道非开挖修复工程的质量验收应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定和设计文件的要求。

16.4.2 非开挖修复工程的验收，应由建设单位组织设计单位、施工单位、监理单位按照本规程规定进行联合验收。

16.4.3 单位工程、分部工程、分项工程及验收批的质量验收记录应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

附录 A 给水管道非开挖修复工程分项、分部、单位工程划分

表 A 给水管道非开挖修复工程分项、分部、单位工程划分表

单位工程（子单位工程）		管道非开挖修复工程	
分部工程（子分部工程）		分项工程	检验批
管道修复工程	工作坑	围护结构、坑内布置	每座
	原管道预处理	管道清掏、管道清洗、除锈、障碍清除、管道封堵、导水	每修复井段
	折叠内衬法	穿插置入、注浆、端口处理	每施工段 1 个
	缩径内衬法	穿插置入、注浆、端口处理	每施工段 1 个
	软管穿插内衬法	穿插置入、加压复圆、端口处理	每施工段 1 个
	翻转式原位固化法	软管翻转置入、软管固化、端口处理	每施工段 1 个
	拉入式原位固化法	软管牵拉置入、软管固化、端口处理	每施工段 1 个
	热塑成型法	管段穿插置入、热力加压、端口处理	每施工段 1 个
	喷涂（筑）法	喷涂（筑）法、端口处理；	每施工段 1 个
	不锈钢内衬法	钢材衬入、接缝焊接、端口处理	每施工段 1 个
	纤维增强复合材料湿敷法	碳纤维贴敷、接缝焊接、端口处理	每施工段 1 个
	不锈钢胀环法	-	每施工段 1 个
	不锈钢快速锁法	-	每施工段 1 个
	管道水压试验与清洗消毒	两个工作井之间	每施工段 1 个

注：工作井的地基与基础、围护结构工程，可按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《地下防水工程质量验收规范》GB 50208、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 的有关规定执行。

附录 B 分项、分部、单位工程质量验收记录

B.0.1 软管穿插内衬法施工前管道检查记录应按表 B.0.1 填写。

表 B.0.1 软管穿插内衬法施工前管道检查记录表

工程名称					施工路段		
修复管段编号		修复施工长度		修复施工管径		内衬设计厚度	
建设单位					监理单位		
设计单位					施工单位		
序号	管道修复前检查项目	施 工 前 管 道 内 部 要 求					
1	本规程第 3 章 安装前管道外观	安装前，内衬管表面应光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、干斑、褶皱、拉伸变形和软弱带等影响管道结构、使用功能的损伤和缺陷。					
2	本规程第 7.4.6 条 安装后管道内壁	1 不得有裂缝、孔洞、干斑、脱落、灼伤点、软弱带和可见的渗漏现象； 2 应紧贴原管道，内壁顺滑，无明显的环形褶皱； 3 内衬管两端处理应符合设计文件的规定，且应密封良好。					
3	本规程第 7.4.4 条 修复后内衬管的几何形状与性能	1 内衬管几何形状应与原管道形状一致 2 内衬管性能应符合设计文件的规定。					
4	本规程第 7.2.5 条 软管的规格尺寸	软管的规格尺寸应符合表 7.2.5-2 的规定 对管材在安装前或安装后测量					
5	修复后管道功能性检查	管道修复后，按本规程要求进行严密性试验和水压试验，并满足本规程要求					
施工单位自检情况	(盖章) 施工员：_____ 技术负责人：_____ 日期：_____						
监理单位检查验收情况	(盖章) 现场监理：_____ 专业监理工程师：_____ 日期：_____						
建设单位检查验收情况	(盖章) 建设方代表：_____ 日期：_____						

B.0.2 原位固化法内衬施工前管道检查记录应按表 B.0.2 填写。

表 B.0.2 原位固化法内衬施工前管道检查记录表

工程名称					施工路段				
修复管段编号			修复施工长度		修复施工管径		内衬设计厚度		
建设单位					监理单位				
设计单位					施工单位				
序号	管道修复前检查项目		施 工 前 管 道 内 部 要 求						
1	本规程		施工前，对原管道内部情况进行复查。						
2	本规程		预处理后的原管道内应无沉积物、垃圾及其他障碍物、不应有影响施工的积水， 原管道内不应有渗水现象						
3	本规程		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						
4	本规程		漏水严重的原管道，应对漏水点进行止水或隔水处理。						
5	施工前管道内检测 发现结构性缺陷								
施工单位 自检情况	(盖章)								
	施工员：		技术负责人：		日期：				
监理单位 检查验收情况	(盖章)								
	现场监理：		专业监理工程师：		日期：				
建设单位 检查验收情况	(盖章)								
	建设方代表：		日期：						

B.0.3 原位固化法树脂浸渍软管检查记录应按表 B.0.3 填写。

表 B.0.3 原位固化法树脂浸渍软管检查记录表

工程名称					施工路段		
修复管		修复施	修复管	修复施		内衬设	

段编号		工长度		工管径		计厚度						
建设单位				监理单位								
设计单位				施工单位								
序号	软管外观检查项目		软管浸渍质量要求									
1	本规程第 8.2.7 条		软管的长度应大于原管道长度，软管直径的大小应保证在固化后能与原管道内壁紧贴在一起									
2	本规程第 8.2.2 条		多层软管各层接缝处应错开、接缝连接应牢靠									
3	本规程第 8.2.7 条		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									
4	本规程第 8.2.7 条		湿软管应根据气温和运输距离等情况确定保存和运输方法，宜保存在不高于 20℃ 的环境中，运输过程中宜全程保温密封运输。									
5	测量项目	规定值或允许偏差	软管厚度实测值									
6	厚度检测 (mm)	$>t$, 宜为 (1.1~1.3) t	0 m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	
			90m	100m	110m	120m	130m	140m	150m	160m	170m	
施工单位自检情况	(盖章) 施工员: 技术负责人: 日期:											
监理单位检查验收情况	(盖章) 现场监理: 专业监理工程师: 日期:											
建设单位检查验收情况	(盖章) 建设方代表: 日期:											

B.0.4 翻转固化内衬管冷却过程检查记录应按表 B.0.4 填写。

表 B.0.4 翻转固化内衬管冷却过程检查记录表

工程名称					施工路段		
修复管段编号		修复施工长度		修复施工管径		内衬设计厚度	
建设单位					监理单位		
设计单位					施工单位		

序号	检查项目		施 工 情 况									
1	本规程第 8.3.4 条		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									
2	本规程第 8.3.4 条		翻转完成后, 湿软管伸出原管道两端的长度宜大于 1m									
3	本规程第 8.3.5 条或第 8.4.3 条		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, 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									
4	本规程第 8.3.6 条或第 8.4.4 条		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℃									
5	固化温度 实测值℃ (每 60min 记录一次)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
施工单位 自检 情况	(盖章) 施工员: _____ 技术负责人: _____ 日期: _____											
监理单位 检查 验收 情况	(盖章) 现场监理: _____ 专业监理工程师: _____ 日期: _____											
建设单位 检查 验收 情况	(盖章) 建设方代表: _____ 日期: _____											

B.0.5 拉入式原位固化法过程检查记录应按表 B.0.5 填写。

表 B.0.5 拉入式原位固化法过程检查记录表

工程名称					施工路段		
修复管 段编号		修复施 工长度		修复施 工管径		内衬设 计厚度	
建设单位				监理单位			
设计单位				施工单位			
序号	检查项目		施 工 情 况				
1	本规程第 9.3.8 条		拉入内衬软管的速度宜控制在 6m/min~8m/min				

2	本规程第 9.3.8 条		湿软管拉入过程中承受的允许最大拉力应符合本规程表 9.3.8-1 的规定							
3	本规程第 9.3.8 条		湿软管两端端口伸出原管道的长度应符合本规程表 9.3.8-2 的规定							
4	本规程第 9.3.10 条		压力应按湿软管内衬制造商所给出的参数表（管径/壁厚/压力）采用。压力达到参数表压力时，应保持不少于 10min							
5	每施工 段记录	拉入长度 (m)	扩展压缩 空气压力 (MPa)	湿软管固 化温度 (℃)	湿软管固 化时间 (min)	湿软管固 化压力 (MPa)	紫外光灯 巡航速度 (m/min)	内衬管冷 却温度 (℃)	内衬管冷 却时间 (min)	内衬管冷 却压力 (MPa)
施工 单位 自检 情况	(盖章) 施工员：_____ 技术负责人：_____ 日期：_____									
监理 单位 检查 验收 情况	(盖章) 现场监理：_____ 专业监理工程师：_____ 日期：_____									
建设 单位 检查 验收 情况	(盖章) 建设方代表：_____ 日期：_____									

B.0.6 CIPP 内衬固化后管道检查记录应按表 B.0.6 填写。

表 B.0.6 CIPP 内衬固化后管道检查记录表

工程名称					施工路段		
修复管段编号		修复施工长度		修复施工管径		内衬设计厚度	
建设单位					监理单位		
设计单位					施工单位		
序号	检查项目	质 量 情 况					
1	本规程第 8.5.6 条	内衬管表面应光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、起泡、干斑、褶皱、拉伸变形和软弱带等影响管道结构、使用功能的损伤和缺陷。					
2	本规程第 8.5.8 条	内衬管端头应切割整齐					
3	本规程第 8.5.5 条	内衬管的壁厚检验应按现行国家标准《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 的有关规定执行，壁厚应符合设计文件的规定					

4	本规程第 8.5.5 条		按现行国家标准《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 的有关规定, 在每个选定的被测截面上, 沿环向均匀间隔至少 6 点进行壁厚测量												
5	测量项目	规定值或允许偏差	内衬固化管端部断面环向厚度测量值												
			端部 1						端部 2						
				1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
	厚度检测	≥t													
6	修复后管道功能性检查		管道修复后, 按本规程要求进行严密性试验, 并满足本规程要求。												
施工单位自检情况	(盖章) 施工员: _____ 技术负责人: _____ 日期: _____														
监理单位检查验收情况	(盖章) 现场监理: _____ 专业监理工程师: _____ 日期: _____														
建设单位检查验收情况	(盖章) 建设方代表: _____ 日期: _____														

B.0.7 热塑成型法修复管道检查记录应按表 B.0.7 填写。

表 B.0.7 热塑成型法修复管道检查记录表

工程名称					施工路段			
修复管段编号			修复施工长度		修复施工管径		内衬设计厚度	
建设单位					监理单位			
设计单位					施工单位			
序号	检查项目		质 量 情 况					
1	本规程第 10.4.5 条 安装前管道外观		热塑成型内衬管表面应光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、起泡、干斑、褶皱、拉伸变形和软弱带等影响管道结构、使用功能的损伤和缺陷					
2	本规程第 10.4.6 条 安装后管道内壁		1 无裂缝、孔洞、干斑、脱落、灼伤点、软弱带和可见的渗漏现象； 2 内壁顺滑，无明显的环形褶皱； 3 内衬管两端与原管道间的环状空隙密封处理应符合设计要求，且应密封良好					
3	本规程第 10.4.4 条 与原管道贴合性能		修复后内衬管应保证和原管道紧密贴合，修复后 CCTV 检测结果应与原管道内部几何形状相符					

4	测量项目	规定值或允许偏差	按现行国家标准《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 的有关规定，对管材在安装前或安装后测量					
			1	2	3	4	5	6
	厚度检测	≥t						
5	修复后管道功能性检查		管道修复后，按本规程要求进行严密性试验，并满足本规程要求					
施工单位自检情况	（盖章） 施工员：技术负责人：日期：							
监理单位检查验收情况	（盖章） 现场监理：专业监理工程师：日期：							
建设单位检查验收情况	（盖章） 建设方代表：日期：							

B.0.8 喷涂（筑）法修复后管道检查记录应按表 B.0.8 填写。

表 B.0.8 喷涂（筑）法修复后管道检查记录表

工程名称					施工路段			
修复管段编号		修复施工长度		修复施工管径		内衬设计厚度		
建设单位					监理单位			
设计单位					施工单位			
序号	检查项目		质 量 情 况					
1	本规程第 11.3.8 条 基层表面处理、 第 11.4.4 条		1 待喷涂（筑）基层混凝土与旧基层应紧密贴合，无空鼓、无硬凸起物，阴角和阳角处的过度宜平顺。 2 基层喷涂（筑）前，基层表面温度不应小于 5℃，并应强制通风。 3 基层涂料处理后基层表面应无孔洞、无裂缝、无划伤、无灰尘沾污、无异物，细部构造处的基层表面处理符合设计要求和本规程的规定。					
2	本规程第 11.4.9 条		管道线形应和顺，接口、接缝应平顺，内衬与原管道过渡应平缓；管道内应无明显湿渍					
3	本规程第 11.4.10 条		修复管道的阀门井及井内施工应符合设计要求，并应无渗漏水现象。					
4	本规程第 11.4.6 条		高强度聚氨酯涂层应连续、无漏涂，无空鼓、无剥落、无划伤、无龟裂、无异物。气泡直径不得大于 1cm，成膜材料每平米内包含的上述气泡不得超过 5 个。					
5	测量项目	规定值或允许偏差	高强度聚氨酯喷涂（筑）厚度按本规程表 11.4.3 测量					
			1		2		3	

		或允许 偏差	在安装前测量					
7	厚度检测	≥t						
8	修复后管道功能性 检查	管道修复后，按本规程要求进行严密性试验，并满足本规程要求						
施工 单位 自检 情况	(盖章)							
	施工员：		项目技术负责人：			日期：		
监理 单位 检查 验收 情况	(盖章)							
	现场监理：		专业监理工程师：			日期：		
建设 单位 检查 验收 情况	(盖章)							
	建设方代表：					日期：		

B.0.10 修复后管道水压试验记录应按表 B.0.10 填写。

表 B.0.10 修复后管道水压试验记录表

工程名称					施工路段		
试验管道编号		试验管道长度		试验管道管径		是/否带检查井	
建设单位					监理单位		
设计单位					施工单位		
检查项目		试验水头（m）		允许渗水量（小于或等于） 计算式		允许渗水量 （m³/24h·km）	
管道强度检验				Q _e =0.0046D _L			
渗水量测定 记录表	次数	观测起始 时间 T ₁	观测结束 时间 T ₂	恒压时间 T（min）	恒压内补入 水量 W（L）	实测渗水量 L/（min•m）	
	1						
	2						
	3						
	折合平均渗水量： （m³/24h•km）						

施工单位 自检 情况	(盖章)		
	施工员:	技术负责人:	日期:
监理单位 检查 验收 情况	(盖章)		
	现场监理:	专业监理工程师:	日期:
建设单位 检查 验收 情况	(盖章)		
	建设方代表:		日期:

B.0.11 分部（子分部）管道修复后验收应按表 B.0.11 填写。

表 B.0.11 分部（子分部）管道修复后管道验收表

工程名称		施工路段		施工管段			
施工单位		施工员		质量员			
序号	分项工程名称	原管径 (mm)	原长度 (m)	实测管径 (mm)	实测长度 (m)	施工单位 检查评定	验收 意见
1							
2							
3							
4							
5							
6							
质量控制资料							
安全和功能检验（检测）报告							
感官质量验收							

验收单位	施工单位 (盖章)	技术负责人: 项目经理: 日期:
	监理单位 (盖章)	现场监理: 专业监理工程师: 日期:
	建设单位 (盖章)	建设方代表: 日期:

中国工程建设标准化协会标准

附录 C 原位固化内衬管短期抗弯性能测试

C.1 一般规定

C.1.1 本测试方法可用于纤维增强的热固性树脂的测试样品跨度与样本平均厚度可接受的比值。

C.1.2 本测试方法对于环状的弯曲样品，通过几何因素校正后，可提供三点抗弯测试的弯曲模量、应力应变和挠度值的校正计算公式。

C.2 设备与测试参数

C.2.1 测试环状的弯曲样品时，两个试样支座以及加载上压头，应为半径 (5 ± 0.2) mm 的圆柱或半圆柱形的形状（图 C.2.1）。

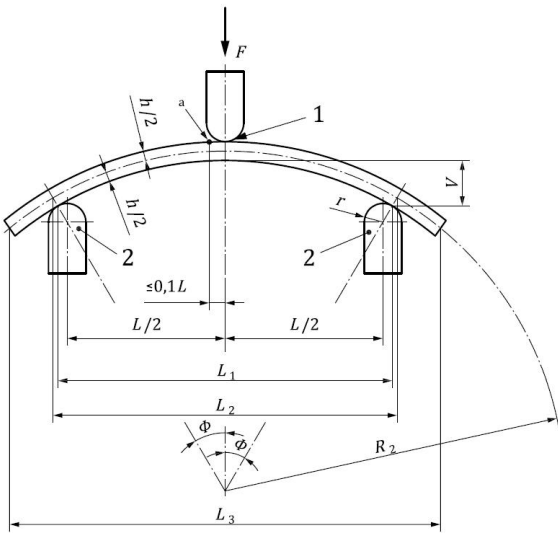


图 C.2.1 测试开始时就位的弯曲的圆周测试样品尺寸示意图

1—加载上压头；2—试样支座；F—作用力；h—测试样品总厚度；L—支座间的距离；

L₁—空载下的测试样品与支座相接触点之间的距离；L₂—弯曲测试样品真正的跨度；L₃—弯曲测试样品的总弦长；

r—支座的半径；R₂—在 1/2 厚度处测试样品的曲率半径；V—内径高出空载下的测试样品与支座相接触点的高度；

φ—空载下的测试样品与支座相接触点之间的半角；a—测试样品的最高点

C.3 样品的形状与尺寸大小

C.3.1 测试样品应从原位固化管的圆周方向切取，测试样品应有显著均匀的曲率半径；测试样品放置在支座上时，最高点距离受力中心点不应超过 0.1L（图 C.2.1）。

C.3.2 切取的测试样品宽度（b）宜为 (15 ± 1) mm。

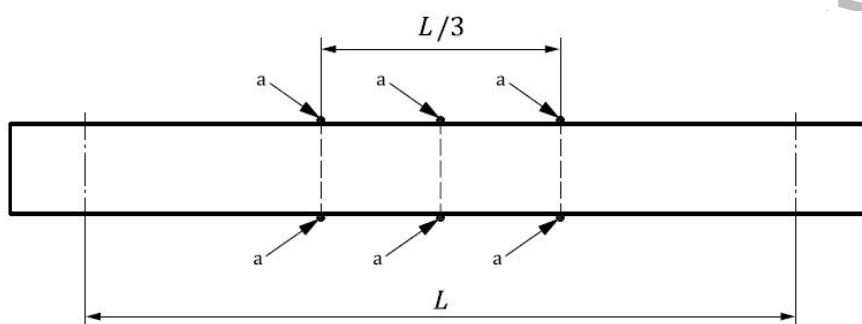
C.3.3 切取的测试样品的总弦长（L₃）（图 C.2.1）应按下式计算：

$$L_3 = L_2 + 4e_m \cos \phi \quad (\text{C.3.3})$$

C.4 测试步骤

C.4.1 样品的厚度与宽度测量应符合下列规定：

- 1 总厚度（h）应通过测量位于测试样品跨度中间三分之一处的 6 个点来确定（图 F.4.1）；
- 2 样品的厚度（e）应通过从每个测量点的总厚度（h）减去已知或单独测量的任何非结构性的内部和/或外部的膜的厚度来确定；



a—测量点；L—支座间的距离

图 C.4.1 测试样品（圆周向）厚度测量点平面布置示意图

- 3 样品的厚度测量值（e）偏离样品厚度的平均值（ e_m ）不得超过 10%；
- 4 测试样品的宽度应在测量厚度的 3 组位置点进行测量（图 F.4.1）。

C.4.2 跨度设置应符合下列规定：

- 1 在两支座之间的标称距离（L）应设置为 $(16 \pm 1)e_m$ ；
- 2 当使用弯曲的测试样品时，在两支座处接触点之间形成的半角（ ϕ ）不得超过 45° （图 C.2.1）。

C.4.3 跨度测量应符合下列规定：

- 1 当使用弯曲的测试样品时，真正的跨度应采用 L_2 的长度（图 C.2.1），测量应精确到 0.5%；
- 2 样品在施加荷载前，测试样品应垂直于支座放置，并且样品中心线应位于荷载施加部位 $\pm 0.5\text{mm}$ 的位置。

C.4.4 测试应符合下列规定：

- 1 不含玻璃纤维的内衬管应按现行国家标准《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341 规定的试验程序进行测试；

- 2 含玻璃纤维的内衬管应按现行国家标准《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449 规定的试验程序进行测试；
- 3 测试时负载速度应为 10mm/min，预加力应采用 5N。

C.5 计算与结果表示

C.4.1 用于计算的跨度和厚度应符合下列规定：

- 1 当采用弯曲的测试样品时，用于计算抗弯性能的跨度应采用 L_2 参与计算；
- 2 用于计算样品的弯曲模量和强度的厚度，应采用本规程第 C.4.1 条测量得到的样品的平均厚度 (e_m)。

C.4.2 应变基点确定应符合下列规定：

- 1 测量应变基准或零点（图 F.4.2）应在表面应力-应变曲线的初始线性部分的斜率与应变轴的交点处；
- 2 当测试机器的软件不自动纠正零点误差时，短期抗弯模量 (E_0) 应按下列步骤修订计算：

1) 依据现行国家标准《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341 的规定，按下式计算 ε_{f2} 和 E_f ：

$$\varepsilon_{f2} = \varepsilon_{f1} + 0.002 \quad (\text{C.4.2-1})$$

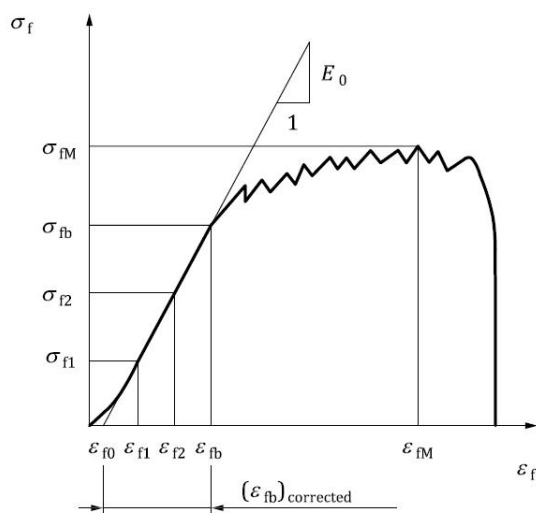
$$E_f = E_0 \quad (\text{C.4.2-2})$$

式中： ε_{f1} ——弯曲应变，取值为 0.0005 和 0.004 之间。

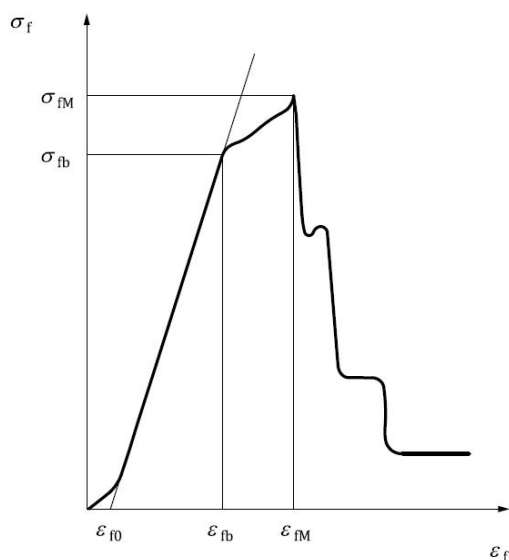
- 2) 通过画出斜率 (E_0) 与应变轴相交，基准应变 (ε_{f0}) 可根据图 F.4.2 得到。未修正的应变按下式计算：

$$(\varepsilon_{f1})_{\text{修正}} = (\varepsilon_{f1})_{\text{未修正}} - \varepsilon_{f0} \quad (\text{C.4.2-3})$$

- 3) 当应力应变曲线形状过度扭曲，或者测试样品在未充分利用到支座前应变已达到 0.002，则应废弃测试样品并应选用新的测试样品。



(a) 在第一次断裂与施加最大荷载间复合材料足够的应变容量



(b) 在第一次断裂时或稍后不久复合材料立即呈现脆裂

图 C.4.2 典型弯曲应力-应变曲线特征以及相关衍生的材料属性示意图

C.4.3 弯曲样品抗弯性能的推导应符合下列规定：

1 对于在圆周方向所取的弯曲样品，应首先用 L_2 替代 L ，按平面样品进行计算，应力 (σ_c) 和计算应变 (ε_c) 应按下列公式计算：

$$\sigma_c = \frac{3F \cdot L_2}{2b \cdot (e_m)^2} \quad (C.4.3-1)$$

$$\varepsilon_c = \frac{6s \cdot e_m}{(L_2)^2} \quad (C.4.3-2)$$

2 在对应应变 0.0005 和 0.0025 的应力时，弯曲模量表观值 (E_c) 可按下列公式计算：

$$E_c = \frac{\sigma_{c2} - \sigma_{c1}}{\varepsilon_{c2} - \varepsilon_{c1}} \quad (\text{C.4.3-3})$$

式中： σ_{c2} 、 ε_{c2} ——较高的弯曲应力、应变测量表观值；

σ_{c1} 、 ε_{c1} ——较低的弯曲应力、应变测量表观值。

3 当使用未修正的应变数据时，应按下式修正应变 ε_{c2} ，并应画出斜率（ E_c ）与应变轴相交，确定基准应变（ ε_{c0} ）：

$$\varepsilon_{c2} = \varepsilon_{c1} + 0.002$$

(C.4.3-4)

式中： ε_{c1} ——未修正的应变，取值为 0.0005 和 0.004 之间。

4 采用弯曲样品的几何结构时，弯曲模量的实际值（ E_f ）应按下列公式进行修正：

$$E_f = \frac{E_c}{C_E} \quad (\text{C.4.3-5})$$

$$C_E = \frac{(L_2/d_m)^3 \cdot \cos^2 \phi}{1.5 \cdot [\phi - (L_2/d_m) \cdot \cos \phi]} \quad (\text{C.4.3-6})$$

$$d_m = 2R_2 \quad (\text{C.4.3-7})$$

式中： C_E ——校正系数，将通过弯曲样品得到弯曲模量表观值（ E_c ）转换为等价的平面样品的弯曲模量实际值（ E_f ）的校正系数；

d_m ——管直径平均值（mm）。

5 采用弯曲样品的几何结构时，弯曲强度的实际值（ σ_f ）应按下列公式进行修正：

$$\sigma_f = \frac{\sigma_c}{C_\sigma} \quad (\text{C.4.3-8})$$

$$C_\sigma = \left[1 + \frac{e_{c,m}}{3d_m} \right] / \cos \phi \quad (\text{C.4.3-9})$$

$$\phi = \sin^{-1}(L_2/d_m) \quad (\text{C.4.3-10})$$

式中： C_σ ——校正系数，将通过弯曲样品得到弯曲强度表观值（ σ_c ）转换为等价的平面样品的弯曲强度实际值（ σ_f ）的校正系数。

C.4.4 抗弯性能的替代表达应符合下列规定：

1 当样品的平均厚度（ e_m ）不能获得时，可在本规程式（C.4.3-1）和式（C.4.3-2）中采用总测试样品的平均厚度（ h_m ）进行计算；

2 抗弯性能可用截面抗弯刚度 (EI) 和截面弯矩能力 (M) 应按下列公式计算:

$$EI = \frac{E_f \cdot b \cdot h_m^3}{12} \quad (\text{C.4.4-1})$$

$$M = \frac{\sigma_f \cdot b \cdot h_m^2}{6} \quad (\text{C.4.4-2})$$

C.6 测试报告

C.5.1 测试报告应包括下列信息:

- 1 引用的测试标准号;
- 2 完整的所测试材料的信息, 包括但不限于样品来源、材料型号、制造商的代码、样品原材料;
- 3 对于管道样品, 每个测试样品的圆周方向或纵向取向信息;
- 4 每个测试样品的形状和尺寸, 对于弯曲的测试样品, 包括总厚度平均值 (h_m)、总长度 (L_3)、曲率半径 (R_2) 和样品真正的跨距 (L_2);
- 5 根据本规程第 F.4.1 条, 从测量总厚度中扣除的任何内部和/或外部膜的厚度 (e), 由此所确定的样品的厚度;
- 6 测量的数据;
- 7 准备测试样品的方法;
- 8 试验环境和调节过程;
- 9 测试样品的数量;
- 10 测试速度;
- 11 测试设备的精度等级;
- 12 使用的公式和应变范围 (即应变差异);
- 13 实验日期;
- 14 弯曲模量的平均值, 首次断裂时的弯曲强度;
- 15 失效类型;
- 16 若有需要, 提供平均值的标准差。

C.5.2 测试报告应按规定审核、审定并报出。

附录 D 爆破强度测试方法

D.1 一般规定

D.1.1 本测试方法适用于给水管道内衬软管的爆破压力测试。

D.1.2 本测试方法应按现行国家标准《橡胶和塑料软管及软管组合件 静液压试验方法》GB/T 5563 的有关规定对内衬管进行测试。

D.1.3 本测试方法的原理是将内衬软管样品充满水，排出空气，然后增加压力至试验压力，保持压力 5min，最后以一定的速率提高压力，直到样品爆炸。

D.2 设备与取样

D.2.1 爆破压力试验应在软管试件上进行，其最小自由长度，不包括管接头和加固件，如果测量形变，软管试样的最小自由长度应为 600mm，否则为 300mm。设备还包括一个足够尺寸的压力试验台与冷水(约 10℃)，实验中须对测量值进行记录。

D.2.2 样品的长度不小于 2.0m，当特定的软管类型或尺寸需要更长的测试长度时，必须在个别软管产品规范中规定。

D.3 测试步骤

D.3.1 安装试样：在试验过程中，样品的一端接水，另一端接带有排气阀的密封装置。在试样正面安装压力转换测，用校准压力表或带数字显示器的压力转换器测量压力。

D.3.2 试样测试应符合下列规定：

1 保持样品伸直，将样品充满水，排除所有空气，关闭排气阀。将压力提高至表 A.1 中规定的试验压力，并保持压力为 5min。样品中应无泄漏。然后以这个速度提高压力，直到样品爆炸，判断它是否符合表 A.1 的规定。

2 均匀提高压力(约 0.3MPa/min)，在高压泵的辅助下，直至破裂点。

3 对于公称内径高达 50mm 的软管，压力增长率应恒定，达到最终压力所需的时间应在 30s~60s 之间。对于公称内径大于 50mm 且小于或等于 250mm 的软管，达到最终压力所需的时间应在 60s~240s 之间。对于公称内径大于 250mm 的软管，或当测试软管超过最小自由长度或两者两者时，达到最终压力所需的时间由制造商和使用者决定。

表 D.0.1: 爆破压力试验

设计压力/MPa	试验压力/MPa	最小爆破压力/MPa
0.6	0.9	1.50
0.8	1.2	1.20
1.0	1.5	2.50
1.6	2.4	4.00

2.5	3.8	5.25
-----	-----	------

D.4 结果表示

D.4.1 试验结束后，测试结果处理应符合下列规定：

- 1 在相同条件下，对 5 个样品进行爆破压力试验。由此，可以确定平均值（爆破压力）和标准偏差。在外部和内部监测的情况下，每种情况都测试一个样本。
- 2 如果要求低于最低要求，则再测试两个相同的样品。只有三个样品的平均值都符合要求，才视为爆破测试已经通过。
- 3 测试完应进行压力分布和图表评估。

D.4.2 测试报告应包括下列信息：

- 1 参考本文件；
- 2 对样品的完整鉴定；
- 3 材料的类型；
- 4 管道外径；
- 5 管道生产日期；
- 6 抽样日期；
- 7 每个样本长度；
- 8 各试验的试验压力和持续时间；
- 9 各试验的压力增长率和爆破压力；
- 10 任何可能影响结果的因素，例如本附件未指明的任何情况或任何测试细节； k) 是测试的日期。

附录 E 90°剥离强度试验

E.1 试验原理

通过 A.2 所示试验设备，剥离样管上与管道内壁粘接在一起的纺织内衬材料，并记录剥离过程中的剥离强度。

E.2 试验设备

试验设备设计应按照图 A.1 进行。

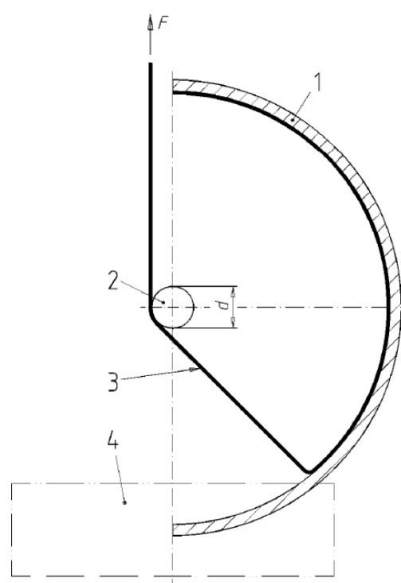


图 E.1 试验设备设计示意图

1—切割出的样管圆片；2—导向轮 $d=0.1DN$ ；3—剥离管壁的纺织内衬条；4—固定装置

记录号：_____	日期：_____
试验单位：_____	记录员：_____
组成部分 纺织内衬：_____ 管道材质：_____ 内管径：_____	测量设备 仪器号：_____ 力学测试范围：_____ 剥离速度：_____mm/min
样管信息 施工单位：_____ 施工队伍：_____	

施工日期: _____ 截样地点: _____					
试验结果					
试样条	宽度 b(cm)	剥离力度平均值 F (N)	剥离强度平均值 P (N/cm)	断裂 (是/否)	附注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
剥离强度平均值:		N/cm			

E.3 试验过程

从样管上不同位置（管顶，管底及管侧）加工出至少 4 片弧度为 90°至 180°的带衬管片，管片轴向宽度至少为 0.4DN。

在管片上沿圆周方向进行切割，对管片上的内衬进行分割并加工出 4 条宽度为 0.1DN 的内衬条。在试样管片上先凿出足够长的内衬，后与剥离仪器的夹具相连。匀速进行剥离测试，剥离速度为 10mm/min，过程中以不大于 5s 的间隔记录剥离强度，直至整个内衬条完全从管壁剥离。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,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

（待最终补充）

中国工程建设标准化协会标准

制 定 说 明

《室外给水管道非开挖修复工程技术规程》经 2022 年 3 月 1 日公告批准、发布。

本标准制定过程中，编制组进行了认真细致的调查研究，总结了我国室外给水管道非开挖修复工程的实践经验，同时参考了现行国家标准及行业标准，为我国室外给水管道非开挖修复工程的设计、施工与验收提供依据。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《室外给水管道非开挖修复工程技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明供使用者参考，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。