

ICS 91.140.80

CCS P41

DB 21

辽 宁 省 地 方 标 准

DB21/T 000—2026

备案号: XXXX - 2025

城镇排水管道非开挖修复工程技术规程

Technical Specification for Trenchless Rehabilitation
Engineering of Urban Drainage Pipes

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2027-XX-XX 发布

2027-XX-XX 实施

辽宁省住房和城乡建设厅
辽宁省市场监督管理局

发 布

辽 宁 省 地 方 标 准

城镇排水管道非开挖修复工程技术规程
Technical Specification for Trenchless Rehabilitation
Engineering of Urban Drainage Pipes

DB21/T XXXX-2026

主编单位：沈阳建筑大学

批准部门：辽宁省住房和城乡建设厅

辽宁省市场监督管理局

实施日期：2027 年 XX 月 XX 日

XXXX 出版社

2026 沈阳

前 言

根据辽宁省住房和城乡建设厅《关于印发〈2025 年度辽宁省工程建设地方标准立项计划〉的通知》（辽住建科〔2025〕56 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程共分 18 章和 3 个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、检测与评定、设计、预处理与功能性修复、紫外光原位固化法、螺旋缠绕内衬法，原位热塑成型法、喷筑（涂）法、翻转式原位固化法、垫衬法、管片内衬法、短管内衬法、碎（裂）管法、局部修复法、检查井修复、工程验收等。

本规程由辽宁省住房和城乡建设厅归口管理，由沈阳建筑大学负责具体技术内容的解释。在执行过程中，如有意见和建议，请反馈给沈阳建筑大学（地址：辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号，邮编：110168，联系电话：024-31679841）。

主编单位： 沈阳建筑大学、辽宁省市政工程设计研究院有限责任公司、沈阳市市政工程设计研究院有限公司、天津科技大学、中国建筑第八工程局有限公司东北分公司

参编单位： 武汉中仪物联技术股份有限公司、天津倚通特种工程有限公司、芭乐（山东）环境科技有限公司、五行诺道管网技术（上海）有限公司、畅达华美新材料科技有限公司、辽宁通达普瑞市政规程有限公司、杰瑞高科（广东）有限公司、北京城更科技有限公司、沈阳市管渠科技有限公司、北京河沐生态科技有限公司、上海誉帆环境科技股份有限公司、上海清远管业科技股份有限公司、沈阳地球物理勘察院有限责任公司、安徽贝耐德管道新材料科技有限公司、沈阳安耐诚管业有限公司

主要起草人：周东旭、王群、宋悦、张晋、郑洪标、王卓、林荣、沙月华、宋晓东、孙长建、杜建勇、宋扬、王钦龙、迟成斌、张志彬、孔庆军

主要审查人：代春生、安关峰、宋奇叵、谢广勇、何善、马孝春、仝志强、陆学兴、谢武

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	6
3	基本规定	10
4	检测与评定	12
4.1	一般规定	12
4.2	管道检测	15
4.3	管道评定	26
5	设计	42
5.1	一般规定	42
5.2	水力设计	45
5.3	结构设计	46
5.4	检查井修复设计	46
6	预处理与功能性修复	55
6.1	一般规定	55
6.2	材料	57
6.3	施工	58
6.4	质量检验	64
7	紫外光原位固化法	65
7.1	一般规定	65
7.2	材料	65
7.3	施工	67
7.4	质量检验	72
8	螺旋缠绕内衬法	76
8.1	一般规定	76
8.2	材料	77
8.3	施工	79
8.4	质量检验	82

9	原位热塑成型法	84
9.1	一般规定	84
9.2	材料	85
9.3	施工	86
9.4	质量检验	87
10	喷筑（涂）法	91
10.1	一般规定	91
10.2	材料	92
10.3	施工	94
10.4	质量检验	99
11	翻转式原位固化法	102
11.1	一般规定	102
11.2	材料	102
11.3	施工	104
11.4	质量检验	105
12	垫衬法	108
12.1	一般规定	108
12.2	材料	108
12.3	施工	109
12.4	质量检验	111
13	管片内衬法	114
13.1	一般规定	114
13.2	材料	114
13.3	施工	114
13.4	质量检验	115
14	短管内衬法	117
14.1	一般规定	117
14.2	材料	117
14.3	施工	117
14.4	质量检验	118

15	碎（裂）管法	121
15.1	一般规定	121
15.2	材料	121
15.3	施工	122
15.4	质量检验	125
16	局部修复法	127
16.1	一般规定	127
16.2	材料	127
16.3	施工	130
16.4	质量检验	132
17	检查井修复	135
17.1	一般规定	135
17.2	材料	135
17.3	施工	137
17.4	质量检验	139
18	工程验收	143
附录 A	排水管道评定评级总表	145
附录 B	排水管道、检查井非开挖修复更新	146
	方法工法特性及适用范围	146
附录 C	叠合结构修复计算	148
C.1	一般规定	148
C.2	钢筋混凝土管道加固计算	148
C.3	素混凝土管道加固计算	150
	本规程用词说明	152
	引用标准名录	153
附：	条文说明	156

Contents

1 General provisions	1
2 Terms and symbol	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbol	6
3 Basic requirements	10
4 Evaluation and certification	12
5 Design	42
5.1 General requirements	42
5.4 Hydraulic design	45
5.7 Manholes rehabilitation design	54
6 Pre-treatment and functional repair	55
6.1 General requirements	55
6.2 Material	57
6.3 Construction	58
6.4 Quality inspection	64
7 UV cured-in-place pipe method	65
7.1 General requirements	65
7.2 Material	65
7.3 Construction	67
7.4 Quality inspection	72
8 Spiral-wrapping lining method	76
8.1 General requirements	76
8.2 Material	77
8.3 Construction	79
8.4 Quality inspection	82
9 Formed-in-place pipe method	84
9.1 General requirements	84
9.2 Material	85
9.3 Construction	86

9.4 Quality inspection	87
10 Spraying method	91
10.1 General requirements	91
10.2 Material	92
10.3 Construction	94
10.4 Quality inspection	99
11 Inversion cured-in-place pipe method	102
11.2 Material	102
11.3 Construction	104
11.4 Quality inspection	105
12 Lining with a rigidly anchored plastics inner layer method	108
12.1 General requirements	108
12.2 Material	108
12.3 Construction	109
12.4 Quality inspection	111
13 Ring segment lining method	114
13.1 General requirements	114
13.2 Material	114
13.3 Construction	114
13.4 Quality inspection	115
14 Short-tube lining method	117
14.1 General requirements	117
14.2 Material	117
14.3 Construction	117
14.4 Quality inspection	118
15 Pipe bursting/splitting method	121
15.1 General requirements	121
15.2 Material	121
15.3 Construction	122
15.4 Quality inspection	125

16 Local Repair Method	127
16.1 General requirements	127
16.2 Material	127
16.3 Construction	130
16.4 Quality inspection	132
17 Inspection well repair	135
17.1 General requirements	135
17.2 Material	135
17.3 Construction	137
17.4 Quality inspection	139
18 Works acceptance	143
Appendix A Summary Table for Sewer Pipeline Assessment and Rating	145
Appendix B Trenchless Rehabilitation and Renewal Methods for Sewer Pipelines and Manholes — Characteristics and Scope of Application	146
Appendix C Composite-Structure Rehabilitation Calculation	148
C.1 General requirements	148
C.2 Reinforced Concrete Pipeline Strengthening Calculation	148
C.3 Plain Concrete Pipeline Strengthening Calculation	150
Explanation of wording in this specification	152
List of quoted standards	153

1 总 则

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

1.0.2 本规程适用于城镇排水管道及检查井等附属设施非开挖修复更新工程的检测评定、设计、施工与验收。

1.0.3 城镇排水管道非开挖修复更新工程除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 非开挖修复更新工程 trenchless rehabilitation and renewal

采用少开挖或不开挖的方法进行排水管道及其附属设施修复更新的工程。

2.1.2 设计工作年限 design working life

非开挖修复更新工程设计规定的排水管道结构或构件不需进行大修即可按预定目的使用的年限。

2.1.3 设计工作年限 design working life

检测评定任务中明确的、修复后排水管道应满足的设计工作年限。

2.1.4 结构性修复 structural rehabilitation

为消除原有管道结构性缺陷，对排水管道进行安全性、适用性和耐久性修复更新的方法。

2.1.5 功能性修复 functional rehabilitation

为消除影响管道过流能力和使用功能的缺陷而采取的方法。

2.1.6 缺陷检测与评估 defect inspection and evaluation

采用现行行业标准《城镇排水管道检测与评估技术规程（标准）》CJJ181规定的方法，对排水管道进行的专项检测与评估。

2.1.7 结构检测与评定 structural testing and appraisal

在缺陷检测与评估基础上，根据国家现行标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068的规定，对排水管道既有结构的性能进行专项检测，并对既有结构的安全性（承载能力）、适用性、耐久性、抗灾害能力（抵抗偶然作用能力）进行评定。

2.1.8 整体修复 comprehensive rehabilitation

对两个（或多个）检查井之间的整段排水管道进行系统性修复的方法。

2.1.9 局部修复 localized rehabilitation

对排水管道内的局部破损、接口错位、腐蚀等缺陷实施定点修复的方法。

2.1.10 安全性修复 safety restoration

对排水管道结构承载能力极限状态下结构安全性进行的修复。

2.1.11 适用性修复 serviceability restoration

对排水管道结构正常使用极限状态下裂缝、变形及渗漏等适用性进行的修复。

2.1.12 耐久性修复 serviceability restoration

对排水管道钢筋锈蚀、混凝土碳化、冻融循环、化学腐蚀等耐久性进行的修复。

2.1.13 抗灾害能力修复 disaster resilience restoration

对排水管道因地震等偶然作用导致功能性破坏进行的修复。

2.1.14 独立结构修复 independent structure rehabilitation

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

2.1.15 复合结构修复 composite structural rehabilitation

在结构计算理论中，内衬管与原有管道结构紧密贴合形成复合截面共同受力，不考虑可靠粘结/连接作用的修复方法。

2.1.16 叠合结构修复 superimposed structural rehabilitation

在结构计算理论中，内衬管与原有管道结构通过可靠粘结/连接形成扩大截面共同受力的修复方法。

2.1.17 管段（管道本体） pipe section

两座相邻检查井之间的管道本体。

2.1.18 管段构件（构件） pipe section member

构成管段单元的各类独立受力及功能构造部件，是结构检测与评定的基本单位。

2.1.19 管段子单元（子单元） pipe section unit

管段单元在结构评定中细分为地基基础、管道本体、附属设施三个子单元。

2.1.20 管段单元（单元） pipeline unit

由管段和两端检查井组成的可以独立进行结构可靠性评定的单元体。

2.1.21 管背空洞 void behind pipe

管道外壁与周围土体之间因土体流失、沉降不均等原因形成的空隙，导致管道失去侧向土约束。

2.1.22 管底掏空 void below pipe

管道底部地基土体因水流冲刷、渗漏潜蚀等原因流失形成的空隙，导致管道失去基底支撑，产生附加弯矩。

2.1.23 竖向变形率 vertical deflection ratio

管道竖向直径减小量与公称直径的比值，以百分数表示。计算公式：竖向变形率=（公称直径-实测竖向直径）/公称直径×100%。

2.1.24 缺损程度 defect degree

构件表面或内部损伤的严重程度，按完好、轻微、中等、严重、危险五级划分。

2.1.25 碳化深度 carbonation depth

混凝土中碱性物质被空气中二氧化碳中和的深度，采用酚酞酒精溶液显色法量测，是钢筋脱钝时间和剩余耐久年限推算的核心参数。

2.1.26 钢筋截面折减系数 steel section reduction factor

考虑钢筋锈蚀导致有效截面减少和粘结力退化的综合折减系数，以 ξ_s 表示，按钢筋缺损程度等级取值 0.80~1.00。

2.1.27 承载力折算系数 bearing capacity reduction factor

非开挖修复复合结构设计中，原管道因缺陷导致承载力降低的折算系数，以 α_s 表示，按承载能力评定等级取值 0~1.0。

2.1.28 剩余能力 residual capacity

原有管道具有的安全性、适用性和耐久性冗余度，包括剩余承载能力和剩余变形能力。

2.1.29 剩余承载能力 residual bearing capacity

既有排水管道具有的承载能力和整体稳定能力（又称剩余抗力）。

2.1.30 剩余变形能力 residual deformation capacity

既有排水管道具有的抵抗竖向变形、开裂度、裂缝宽度、接口轴向位移和转角的能

2.1.31 注浆法 soil grouting method

采用管内钻孔或地面钻孔方式，在压力作用下将浆液注入管道周边土体，以达到防渗堵漏和加固土体目的的预处理方法。

2.1.32 裂缝嵌补法 crack patching

采用水溶性聚氨酯浆液按一定注浆工艺，在原钢筋混凝土管道接口处使浆液充满和封闭缺陷部位，起到抗渗、补强作用的一种点状或面状渗漏预处理方法。

2.1.33 内衬管 liner

通过各种非开挖修复方法在旧管道内形成的内衬。

2.1.34 现场制管法 in-situ pipe fabrication method

在原管道内部，利用工厂预制型材/管片，在管内现场组装、锁合/焊接形成新内衬管，内衬管与原管之间环形间隙注浆填充，形成复合管道结构的方法。主要包括螺旋缠绕内衬法、垫衬法、管片内衬法、短管内衬法等。

2.1.35 原位固化法 cured-in-place pipe

采用翻转或牵拉方式将浸渍树脂的软管置入原有管道内，固化后形成管道内衬的修复方法。主要包括紫外光原位固化法、原位热塑成型法和翻转式原位固化法。

2.1.36 紫外光原位固化法 UV cured-in-place pipe method

采用牵拉方式将浸渍光固性树脂软管置入原有管道内并与原管紧密贴合后，通过紫外光照射固化形成内衬管的修复方法。

2.1.37 螺旋缠绕内衬法 spiral-wrapping lining method

将带状型材置入原有管道，通过螺旋缠绕方式形成连续内衬，并对内衬与原管之间的空隙进行填充的修复方法。

2.1.38 原位热塑成型法 formed-in-place pipe method

将折叠的热塑性塑料内衬管加热软化后置入原有管道，经加热加压使其恢复圆形并紧贴原管道内壁形成内衬管的修复方法。

2.1.39 喷筑（涂）法 spraying method

通过喷射设备将修复材料均匀喷筑或喷涂于原有管道内壁，固化形成内衬层的修复方法。

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

采用翻转方式将浸渍热固性树脂的软管置入原有管道内并与原管紧密贴合后，通过热水或蒸汽加热固化形成内衬管的修复方法。

2.1.41 垫衬法 lining with a rigidly anchored plastics inner layer method

将带锚固键的塑料衬垫制作成内衬管置入原有管道内，在内部支撑条件下对内衬管与原管道之间的环形间隙进行注浆填充，使内衬管与原管道形成复合受力结构的非开挖修复方法。

2.1.42 管片内衬法 ring segment lining method

将片状型材在原有管道（检查井）内拼装形成内衬，并对内衬与原管（井壁）之间的空隙进行填充的修复方法。

2.1.43 短管内衬法 short-tube lining method

采用牵拉、顶推方式将预制塑料短管置入原有管道（检查井）形成内衬，并对内衬与原管（井壁）之间的空隙进行填充的修复方法。

2.1.44 碎（裂）管法 pipe bursting/splitting method

采用碎（裂）管设备从内部破碎或割裂原有管道，将原有管道碎片挤入周围土体形

成管孔，并同步拉入新管道的管道更新方法。

2.1.45 不锈钢快速锁法 stainless steel expansion sleeve method

以不锈钢套筒和橡胶套为主要修复材料，通过气囊膨胀或人工扩张方式将其固定于管道缺陷部位，达到密封止水目的的管道局部修复方法。

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

采用气囊扩张法将浸渍固化性树脂的织物紧贴在原管道待修复部位，通过常温、热水或光固化后形成内衬的局部修复方法。

2.1.47 不锈钢双胀环法 stainless steel double expansion ring method

以环状橡胶止水密封带与不锈钢套环为主要修复材料，在管道接口或局部损坏部位安装橡胶圈双胀环，橡胶带就位后用 2~3 道不锈钢胀环固定，达到止水目的的管道局部修复方法。

2.1.48 软管 tube

由一层或多层纤维增强材料（聚酯纤维毡或玻璃纤维织物）浸渍树脂后制成，外层包覆非渗透性塑料薄层的柔性管材。

2.1.49 带状型材 profile

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

2.2 符号

2.2.1 材料性能

E ——内衬管初始弹性模量；

EL ——内衬管的长期弹性模量；

Es' ——管侧土综合变形模量；

F_m ——管材材料性能实测值，抗力计算除以对应材料分项系数；

M ——内衬管的泊松比；

Σ_L ——内衬管长期弯曲强度。

2.2.2 几何参数

A ——水流有效断面面积；

D ——内衬管的平均直径；

D_0 ——内衬管管道外径；

D_E ——原有管道的平均内径;
 D_{max} ——原有管道的最大内径;
 D_{min} ——原有管道的最小内径;
 D_N ——内衬管平均管径;
 H ——管道敷设深度;
 H_m ——灌浆漏斗最低高度;
 H_s ——管顶覆土厚度;
 H_w ——管顶以上地下水位高;
 I ——内衬管单位长度管壁截面惯性矩;
 L ——管道长度;
 P ——灌浆漏斗高度;
 SDR ——管道的标准尺寸比;
 D_m ——管壁厚度、钢筋配置等几何实测参数;
 H ——带状型材高度;
 H ——注浆体厚度;
 I ——待修复管道坡度;
 Q ——原有管道的椭圆度;
 T ——内衬管壁厚;
 $\bar{y}$ ——带状型材内表面至带状型材中性轴的距离。

2.2.3 水力参数

I ——水力坡降;
 Q ——设计流量;
 R ——水力半径;
 n ——管道的粗糙系数;
 v ——流速。

2.2.4 评定分级

A 、 B 、 C 、 D —— 子单元可靠性等级;
 A_u 、 B_u 、 C_u 、 D_u —— 子单元安全性等级;
 A_s 、 B_s 、 C_s —— 子单元使用性等级;
 A_{su} 、 B_{su} 、 C_{su} 、 D_{su} —— 单元安全性等级;

A_{ss} 、 B_{ss} 、 C_{ss} —— 单元使用性等级；
 a 、 b 、 c 、 d —— 构件可靠性等级；
 a_u 、 b_u 、 c_u 、 d_u —— 构件安全性等级；
 a_s 、 b_s 、 c_s —— 构件使用性等级；
 I 、 II 、 III 、 IV —— 单元可靠性等级。

2.2.5 作用和作用效应

P —— 内衬管管中心地下水压力；
 P_{zj} —— 注浆压力（内衬管临界屈曲压力）；
 W_s —— 活荷载；
 f_{ad} —— 裂缝、钢筋锈蚀、冻融损伤、地基脱空等带来的不利影响附加值；
 q_t —— 管道总的外部压力，包括地下水压力、上覆土压力以及活荷载；
 γ —— 土的重度。

2.2.6 计算系数及其他

B' —— 弹性支撑系数；
 C —— 椭圆度折减系数；
 K —— 圆周支持率；
 K_l —— 与未注浆角度相关的系数；
 N —— 安全系数；
 R_w —— 水浮力系数；
 m —— 浆液结石率；
 α —— 浆液有效充填系数
 α_s —— 承载力折算系数；
 β —— 浆液损耗系数；
 γ_e —— 管道重要性系数；

ξ_s ——钢筋截面折减系数；

φ ——未注浆角度。

3 基本规定

3.0.1 敷设于交通繁忙、环境敏感、施工空间受限等区域的排水管道的修复更新工程应优先选用非开挖修复更新技术。

【条文说明】

非开挖技术可用于管道修复更新现有几乎所有管材类型的排水管道，对于交通繁忙、新建道路、环境敏感等不适合进行开挖修复地区应优先选用非开挖修复更新工程进行修复更新技术；以及城市更新类、管网改造类项目中，对城镇排水管道修复更新也建议优先选用非开挖技术。

3.0.2 非开挖修复更新工程的统筹谋划与立项入库阶段，应以管道缺陷检测与评估报告为依据进行，并初步确定修复或更新方法；勘察设计阶段，应以管道结构检测与评定报告为依据进行。

3.0.3 管道结构性修复更新后的设计工作年限应符合下列规定：

- 1 排水总（干）管和大型、特大性管渠不应低于 50 年，安全等级不应低于二级；
- 2 排水支管和小型、中型管渠不应低于 30 年，安全等级不应低于三级；
- 3 检查井不得低于 30 年。

【条文说明】

本条是根据《城乡排水工程项目规范》GB 55027、《给水排水工程基本术语标准》GB/T 50125 和《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68 制定的。

利用原有管道结构进行半结构性修复的管道，其设计工作年限应按原有管道结构的剩余设计工作年限确定，对于混凝土管道，半结构性修复后的最长设计工作年限不宜超过 30 年。

排水管道结构性修复后的使用年限不应低于 50 年。利用原有管道结构进行半结构性修复的排水管道，其设计工作年限应按原有管道结构的剩余设计使用年限确定，且不应低于 30 年。检查井修复后的后续工作年限不应低于原有检查井的剩余设计工作年限。

要求管道结构性修复后使用寿命不得低于 50 年是与《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 一致。

3.0.4 非开挖修复更新工程所采用的原材料、零部件、半成品和成品构配件应具有质量合格证书、性能检测报告和使用说明书。所用材料的性能及规格尺寸等，应符合国家相关标准和设计文件规定。

3.0.5 非开挖修复更新工程施工时应采取安全措施，并应符合现行行业标准《城镇排水

管道维护安全技术规程》CJJ 6、《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ68 的有关规定。

【条文说明】

非开挖修复工程需在地面、检查井内进行操作，部分工艺尚需进入管道；《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ6 和《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ68 中对地面作业，井下作业的通风、气体检测、照明通信等安全措施进行了详细规定，进行非开挖修复工程时应按照该规程制定安全防护措施，并在施工时严格遵守。

3.0.6 非开挖修复更新工程应包括检查井等附属设施的修复更新。管道修复更新完成后，应对内衬管端口、内衬管与检查井接口处进行连接和密封处理，并应同步对检查井进行修复。

3.0.7 非开挖修复更新工程所产生的废水、废气、固体废物、扬尘、噪音及振动等应符合国家和地方环境保护相关标准的规定。

3.0.8 非开挖修复更新工程应在验收合格后投入使用。

4 检测与评定

4.1 一般规定

4.1.1 非开挖修复更新工程的检测与评估、评定工作分为两个层级：

1 缺陷检测与评估：作为统筹谋划与立项阶段、修复范围划分、修复工艺初步选择的依据；

2 结构检测与评定：作为勘察设计阶段修复结构设计、工艺最终选型，施工风险控制及工程验收的技术依据，评定结果应量化反映管道剩余能力水平。

【条文说明】

本条确立了检测与评定的两级工作体系，是本标准的核心框架。第一层级为缺陷检测与评估，按 CJJ181 执行，以 CCTV 内窥检测为主要手段，查明缺陷类型、等级与分布，为工程立项、修复范围划分和工艺初步选型提供依据。第二层级为结构检测与可靠性评定，是本标准的核心增量内容，在缺陷检测基础上开展材料强度、几何参数、地基状况、耐久性等专项检测，基于实测数据进行承载能力、适用性、耐久性定量评定，为修复结构设计（如内衬壁厚计算、复合结构承载力验算）、工艺最终选型、施工风险控制及工程验收提供技术依据。“评定结果应量化反映管道剩余能力水平”是对第二层级的核心要求，即不能仅给出定性结论，而应通过折减系数、剩余承载力比值、剩余耐久年限等量化指标，使评定结果可直接用于设计计算。

4.1.2 从事城镇排水管道检测与评定的单位应具备相应的资质，检测人员应具备相应的资格。

【条文说明】

本条规定检测与评定工作的从业资质要求。检测单位应具备相应的资质，资质范围应覆盖工程质量检测、岩土工程检测等相关领域；从事结构可靠性评定的单位尚应具备相应的设计或鉴定资质。检测人员应经专业培训合格后持证上岗，CCTV 检测人员、有限空间作业人员、无损检测人员等应取得相应资格证书。设定本条的目的是保障检测评定数据的准确性和评定结论的权威性，排水管道检测涉及有限空间作业、地下结构安全等高风险环节，无资质单位和人员难以保证工作质量和安全。上位依据为《检验检测机构资质认定管理办法》及 CJJ181 对检测单位的要求。

4.1.3 缺陷检测与评估应按现行行业标准《城镇排水管道检测与评估技术规程（标准）》CJJ 181 的规定执行。

【条文说明】

本条规定缺陷检测与评估直接引用 CJJ181，本标准不再重复规定。CJJ181 对管道缺陷分类（结构性缺陷、功能性缺陷）、缺陷等级划分（1~4 级）、缺陷密度计算、结构性缺陷参数计算、评估等级划分等有系统成熟的规定。本标准的结构检测与评定建立在缺陷检测成果之上，直接引用可避免重复规定导致不一致。本条与 4.2.3 条形成总则与分则的呼应：4.1.3 在一般规定中明确引用关系，4.2.3 在检测章节中具体规定执行要求。执行时应注意，CJJ181 评估为“立即修复”或“无修复价值”等级的管段，应优先开展结构检测与可靠性评定。

4.1.4 管道结构检测与评定划分为构件、子单元和单元三个层次，一般适用于内径或高度大于 800mm 的钢筋混凝土结构、混合结构以及化学建材管道。

【条文说明】

本条规定结构检测与评定的层次划分及适用范围。参照 GB50292-2015《民用建筑可靠性鉴定标准》第 3.2 节“鉴定评级的层次、等级划分”，将排水管道评定划分为构件、单元、系统三个层次，对应 GB50292 的构件、子单元、鉴定单元。构件层次针对单个管段或单座检查井，单元层次针对由构件、地基基础、附属设施组成的管段单元，系统层次针对由若干单元组成的排水管线系统。“内径或高度大于 800mm”是可进入管道与不可进入管道的分界，大于 800mm 的管道人员可进入实施原位检测（超声波测厚、裂缝量测、钢筋扫描等），数据可靠性高；小于等于 800mm 的管道不可进入，结构检测需采用 CCTV 结合局部微开挖取样的方法，精度和可行性受限。本条使用“一般适用于”而非“应适用于”，意味着小管径管道也可参照执行，只是检测方法需做适应性调整。

4.1.5 构件、子单元和单元划分应符合下列规定：

- 1 整体式管道每个相邻接口之间管道应划分为一个构件，混合结构管道应按每个相邻接口之间管道划分为底板、侧墙、盖板等构件；
- 2 每个检查井等附属设施应划分为一个构件；
- 3 每个单元应包括同一管段的管道本体、地基基础和附属设施三个子单元；
- 4 具有相同管道材质、断面尺寸、接口形式且同期建设的多个连续管段，可合并为一个单元。

【条文说明】

本条规定构件、子单元、单元三个层次的具体划分方法。第 1 款规定管道构件划分：整体式管道（如预制钢筋混凝土管、化学建材管）以每个相邻接口之间管道为一个构件；

混合结构管道（如砖砌拱渠、装配式箱涵）按受力构件划分为底板、侧墙、盖板等，因为各构件受力模式和损伤特征不同，需分别评定。第2款规定附属设施以单座井为一个构件，检查井是独立的结构子单元，其损伤与管道不直接相关。第3款规定子单元的组成，每个单元包含管道构件、地基基础、附属设施三个子单元，三者共同决定管段的整体可靠性，缺一不可。第4款规定单元合并原则，相同条件的连续管段可合并，减少评定工作量。三层次划分是后续4.3节构件评定、子单元评定、单元评定的组织基础。

4.1.6 在下列情况下，宜对管道进行检测与评定：

- 1 结构达到设计工作年限拟继续使用；
- 2 结构的用途或使用要求发生改变；
- 3 结构的使用环境出现恶化；
- 4 结构存在较严重的质量缺陷；
- 5 出现影响结构安全性、适用性或耐久性的材料性能劣化、构件损伤或其他不利状态；
- 6 对既有排水管道结构的可靠性有怀疑或有异议；
- 7 非开挖修复结构设计需要利用原管道剩余能力进行复合结构或叠合结构计算。

【条文说明】

本条规定了必须开展结构检测与可靠性评定的触发条件，参照 GB55021-2021 和 GB 50292-2015 的相关规定，结合排水管道工程特点制定。包括：达到设计使用年限拟继续使用、用途或使用要求改变、使用环境恶化、存在较严重质量缺陷、材料性能劣化或构件损伤、对可靠性有怀疑或异议、需要利用原管道剩余能力进行复合结构或叠合结构计算七种情形。其中“利用原管道剩余能力进行复合结构或叠合结构计算”是排水管道非开挖修复的特有需求——当采用 CIPP 内衬、螺旋缠绕等工艺形成复合结构时，原管道作为复合结构组成部分参与受力，其剩余承载力直接影响内衬设计壁厚，必须通过检测评定获取量化参数。

4.1.7 管道检测与评定除应符合本规程规定外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

【条文说明】

本条为标准协调性条款。本标准是排水管道非开挖修复前检测与评定的专项标准，不可能覆盖全部技术领域，工作中尚应执行国家及行业现行相关标准，主要包括 GB 50332、GB50010、GB/T50784、JGJ/T152、GB50007、GB/T50021、GB/T51355、GB/T50476、CJJ181、

CJJ/T233、CJJ143 等。当本标准与国家强制性标准不一致时，应按国家强制性标准执行。

4.2 管道检测

4.2.1 管道检测分为缺陷检测与结构检测。为减少有限空间作业频次和 workflows，结构检测宜与缺陷检测同步进行，结构检测数据宜与缺陷检测成果协同编号，对应归档。

【条文说明】

本条明确管道检测的分类及组织实施要求。管道检测分为缺陷检测和结构检测两类：缺陷检测以管道内部表观缺陷为对象，按 CJJ181 执行；结构检测以结构实体的物理力学性能为对象，是本标准的核心内容。“结构检测宜与缺陷检测同步进行”是出于安全和效率的考虑：排水管道检测需进入有限空间，作业风险高、成本高，同步实施可在一次作业中完成两类检测，减少下井次数和交通封闭时间。“协同编号、对应归档”保证同一管段的缺陷数据和结构数据可相互对应、交叉验证，便于评定时追溯数据来源，避免出现“缺陷位置与结构检测数据不对应”的脱节问题。

4.2.2 管道检测宜选择在交通流量和周围环境影响较小的时段实施，受交通影响的参数检测应在封闭交通的情况下进行。

【条文说明】

本条规定了检测作业的时段选择要求。安全方面，排水管道检测需在道路上设置作业区域，交通流量大时人员安全风险高，选择低峰时段可降低风险。数据准确性方面，管道竖向变形、地基应力等参数受交通荷载影响显著，在交通荷载作用下变形处于动态变化中，测量结果不稳定，因此受交通影响的参数检测应在封闭交通条件下进行，以获取静态或准静态条件下的真实参数。

I 缺陷检测

4.2.3 缺陷检测的检测方法、检测要求及结构性状况评估成果资料等，应按现行行业标准《城镇排水管道检测与评估技术规程（标准）》CJJ181 的规定执行。

【条文说明】

本条规定缺陷检测直接引用 CJJ181，本标准不再重复规定。CJJ181 对管道缺陷分类（结构性缺陷、功能性缺陷）、缺陷等级划分（1~4 级）、缺陷密度计算、结构性缺陷参数计算、评估等级划分等有系统成熟的规定。本标准的结构检测与评定建立在缺陷检测成果之上，直接引用可避免重复规定导致不一致。执行时应注意，CJJ181 评估为“立即修复”或“无修复价值”等级的管段，应优先开展结构检测与可靠性评定。

II 结构检测

4.2.4 结构检测应按以构件的几何尺寸、变形、材料强度、缺损程度等实体检测和试验结果为依据。检测项目与检测数量应满足结构评定需求，为剩余能力验算和修复结构设计提供实测输入条件。

【条文说明】

本条明确了管道检测的分类及结构检测的基本原则。管道检测分为缺陷检测和结构检测，缺陷检测以管道内部表观缺陷为对象，结构检测以结构实体的物理力学性能为对象。“构件的几何尺寸、材料强度、缺损程度宜以结构实体检测结果为依据”是核心要求——原有管道经过长期服役，材料强度可能劣化、几何尺寸可能因腐蚀磨损减小，采用设计值将导致评定结果偏于不安全，必须以现场实测数据为准。检测项目与数量应满足结构评定参数需求，避免出现“评定需要的参数没有检测”的脱节现象。

4.2.5 结构检测及取样点位应优先布设于评定单元内结构缺陷最集中、病害最严重、风险最高的管段与部位，保障检测数据的代表性。

【条文说明】

本条规定了结构检测的布点原则、实施组织与数据管理。布点应优先选择缺陷最集中、病害最严重、风险最高的管段，以获取最不利参数——如果在完好管段布点，数据将偏于乐观，不能反映单元真实安全水平。结构检测与缺陷检测同步规划实施，可在一次有限空间作业内完成多项检测，减少安全风险与成本。同一单元数据统一编号、对应归档，保证三部分数据可相互对应、交叉验证，便于评定时追溯数据来源。

4.2.6 结构检测内容宜结合管道实地调查情况以及现场检测实施的可行性综合确定：

- 1 构件几何参数与变形检测；
- 2 构件材料强度检测；
- 3 构件裂缝检测；
- 4 构件缺损及耐久性状况检测；
- 5 地基病害探测与土工水文参数检测；
- 6 附属设施检测；
- 7 其他应检测的内容。

【条文说明】

本条规定了结构检测的可选内容范围，强调应根据实际情况综合确定，不搞“一刀切”。七类检测内容分别对应地基基础、几何变形、材料强度、裂缝、缺损与耐久性、附

属设施及其他特殊需求。选择原则是“必要、可行、经济”：必要即评定所需参数必须检测，可行即现场条件允许实施，经济即在满足精度前提下选择成本较低的方法。对于小管径无法进入的管道，某些原位检测方法无法实施，应采用替代方法（如局部开挖取样）。

4.2.7 构件缺损程度应按完好、轻微、中等、严重和危险五个等级划分。

【条文说明】

本条规定结构构件缺损程度采用五级划分（完好、轻微、中等、严重、危险），参照 CJJ/T233-2015 的分级体系。五级分级能较为细致地反映构件损伤的渐进过程，避免三级分级过于粗略。各等级的具体量化标准在后续表格（表 4.2.16 裂缝缺损、表 4.2.17 表面缺损、表 4.2.18 钢筋截面缺损）中给出。缺损程度评定是检测成果向评定参数转化的关键环节，直接对应承载力折减系数、钢筋截面折减系数等量化参数。

4.2.8 结构检测宜采用无损检测方法检测。

【条文说明】

本条规定构件材料强度检测宜采用无损检测方法。原有管道埋于地下，开挖取样成本高、对交通影响大、且可能破坏管道结构，因此优先采用无损检测。常用方法包括：混凝土强度用回弹法、超声回弹综合法；砌体强度用回弹法、贯入法；钢筋参数用电磁感应法。“宜采用”而非“应采用”，是因为化学建材管材的弹性模量、钢带强度等参数，无损检测方法无法满足精度要求，必须取样进行室内试验。

4.2.9 构件几何参数与变形检测应包括下列内容：

- 1 管道实际壁厚；大管径（ $\geq 800\text{mm}$ ，可进入）采用超声波测厚仪管内原位多点检测；小管径在缺陷段局部微开挖，用高精度游标卡尺实测壁厚；
- 2 管道实际内径与外径；采用激光断面仪、游标卡尺等量测；
- 3 管道竖向变形率；采用 CCTV 激光断面仪、管内激光测距仪，在缺陷断面、特征断面测量管道竖向与水平直径，计算竖向变形率 $= (\text{公称直径} - \text{实测竖向直径}) / \text{公称直径} \times 100\%$ ；
- 4 管道接口错位量与接口变形；CCTV 激光断面测量，记录接口相对错口位移、轴向错位量与变形方向；
- 5 钢塑复合管钢带单位面积；
- 6 结构验算需采用的其他几何参数。

【条文说明】

本条规定了构件几何参数与变形检测的必测项目，包括管道实际壁厚、管道实际内

径与外径、管道竖向变形率、管道接口错位量与变形、钢塑复合管钢带单位面积及其他验算所需参数。管道壁厚是截面承载力计算的基本参数，大管径（ $\geq 800\text{mm}$ ）可进入时用超声波测厚仪原位检测，小管径在缺陷段局部微开挖后用游标卡尺实测。内径与外径是变形率计算和过水断面验算的基础。竖向变形率是化学建材柔性管适用性评定的核心控制指标，正常使用极限状态不超过 $0.05D$ 。接口错位量反映不均匀沉降下接口的受力位移状态。钢带单位面积是钢塑复合管承载能力的核心组成参数。

4.2.10 钢材强度代表值应按下列方式确定：

1 应根据施工或验收资料档案中的钢材出厂质量证明、进场检验合格报告，取钢材强度的标准值；

2 当无资料可查时，可在结构有代表性的构件上截取试件进行试验，并取试验强度的最小值。

【条文说明】

本条规定了钢材强度代表值的确定方法。优先采用资料查证法——原有管道建设时的钢材出厂质量证明书、进场检验报告中记录了钢材牌号和强度信息，可取钢材强度标准值，不破坏结构、成本低。无资料时，应在有代表性的构件上截取不少于 3 个试件进行试验，取试验强度最小值或按 GB/T50784 推定标准值。截取试件应选择非主要受力部位或计划修复切除的管段，截取后及时修补。对于钢筋混凝土管道，可在管壁破损处截取钢筋试件。

4.2.11 构件混凝土抗压强度检测可采用回弹法、超声回弹综合法等无损检测方法，检测抽样数量宜按评定单元作为检测批量，符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 的规定。

【条文说明】

本条规定了混凝土抗压强度的无损检测方法 with 抽样要求。可采用回弹法或超声回弹综合法，回弹法简单高效但受表面碳化、含水率影响较大，超声回弹综合法结合两个参数推定强度，精度更高，是主流方法。检测抽样按评定单元作为检测批量，符合 GB/T50784 的规定（批量检测一般不少于 10 个测区）。管内表面长期受污水浸泡，含水率较高，回弹检测时应按标准规定进行修正。

4.2.12 构件混凝土强度的推定应按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 的规定执行。

【条文说明】

本条规定混凝土强度推定按 GB/T50784 执行。强度推定不是简单算术平均，批量检测时推定值为测区强度换算值的平均值减 1.645 倍标准差（保证率 95%），单个构件检测时取最小值或平均值减标准差。推定值用于承载力验算时，需按 4.3.7 条除以材料性能分项系数后采用，不可直接作为设计强度使用。

4.2.13 当对无损检测方法推定的混凝土强度有怀疑或进行混凝土强度鉴定时，可采用钻芯法对混凝土推定强度进行修正或验证。

【条文说明】

本条规定了钻芯法的适用场景。钻芯法是在混凝土上钻取圆柱形芯样进行抗压试验，结果直观准确，是混凝土强度检测的仲裁方法。适用于：对无损检测推定结果有怀疑时（如离散性过大、与实际损伤不符），或进行混凝土强度鉴定时（涉及结构安全争议）。钻芯属于微损检测，钻取后应及时用高强砂浆修补，钻芯位置选在非主要受力部位或修复范围内，每单元不宜少于 3 个芯样。

4.2.14 化学建材管材拉伸强度与弹性模量检测可采用现场局部开挖微损取样（在接口处或缺陷段局部开挖，截取厘米级小块管材试样，送实验室开展标准拉伸试验，测定屈服强度、弹性模量、断裂伸长率）或计算反演指标（不开展整管破坏性试验，基于实测竖向变形量、覆土厚度、土体重度、管材弹性模量、壁厚等参数，依据《埋地塑料排水管道工程技术规程》CJJ143 的管土共同作用公式，反算管道剩余环刚度）等无损检测方法，检测抽样数量宜符合现行国家标准《埋地塑料排水管道工程技术规程》CJJ143 的规定。

【条文说明】

本条规定了化学建材管材力学性能的检测方法，针对既有埋地管道特点提出两种路径。方法一为现场局部开挖微损取样，在接口处或缺陷段截取厘米级小块试样，送实验室做标准拉伸试验，测定屈服强度、弹性模量、断裂伸长率，数据可靠但需局部开挖。方法二为计算反演法，基于实测竖向变形量、覆土厚度、土体重度、壁厚等参数，依据 CJJ 143 的管土共同作用公式反算剩余环刚度，完全非开挖但受土性参数和测量精度影响较大。检测抽样数量按 CJJ 143 执行。钢塑复合管还应按 4.2.10 条检测钢带参数并截取钢带试样测定钢材强度。

4.2.15 构件裂缝检测宜符合下列规定：

- 1 检测重点覆盖裂缝最密集、宽度最大区域；
- 2 裂缝宽度测量精度不应低于 0.02mm；
- 3 可进入管道时，裂缝最大宽度宜采用裂缝专用测量仪器量测，裂缝长度采用钢尺

或卷尺量测；不可进入管道时，裂缝宽度与长度可采用 CCTV 数字图像识别法测定；

4 裂缝深度可按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 规定的方法检测，或通过钻取芯样验证；

5 裂缝检测结论应明确裂缝的性质，区分结构性与非结构性裂缝。

【条文说明】

本条规定了裂缝检测的技术要求。检测重点覆盖裂缝最密集、宽度最大区域，以获取最不利参数。裂缝宽度测量仪器精度不应低于 0.02mm——因为钢筋混凝土管道正常使用极限状态裂缝控制值为 0.2mm，测量精度必须远高于控制值才能准确判定是否超限。可进入管道时用裂缝测宽仪直接量测宽度、钢尺量测长度；不可进入管道时用 CCTV 数字图像识别法测定。裂缝深度按 GB/T50784 用超声波法或钻芯验证。检测结论应区分结构性裂缝（由内力引起，影响承载力）与非结构性裂缝（由温度、收缩引起，影响耐久性与防渗），两者对划分结论的影响不同。

4.2.16 构件裂缝缺损程度应按表 4.2.16 划分。

表 4.2.16 与裂缝相应的缺损程度划分

缺损程度划分	性状描述
完好	无裂缝
轻微	构件出现的裂缝较少，未出现受力裂缝或沿主筋纵向裂缝，且裂缝宽度不超过限值
中等	构件出现的裂缝较多，或出现受力裂缝，或沿主筋纵向裂缝，但裂缝宽度不超过限值
严重	出现受力裂缝，或沿主筋纵向裂缝，且裂缝宽度超过限值
危险	出现较多受力裂缝，且裂缝宽度超过限值，其中多数裂缝已贯通

【条文说明】

本条规定钢筋混凝土构件裂缝缺损程度按表 4.2.16 划分，该表参照 CJJ/T233-2015 的裂缝缺损分级标准，结合排水管道工况调整。以裂缝数量、是否为受力裂缝、裂缝宽度是否超过 0.2mm 限值、是否贯通为分级依据，分为完好、轻微、中等、严重、危险五级。评定结果用于：适用性评定中裂缝项目的等级判定、承载能力评定中裂缝不利影响附加值的确定、修复方案中裂缝处理措施的选择。

4.2.17 构件的缺损检测，宜按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 的规定执行；缺损程度宜按表 4.2.17 划分。

表 4.2.17 构件的缺损程度划分

缺损程度划分	性状描述
--------	------

完好	结构或构件表面较好，局部表面有轻微剥落
轻微	结构或构件表面剥落面积小于或等于 5%，或损伤最大深度与截面损伤发生部位的结构或构件最小尺寸之比小于 0.02
中等	结构或构件表面剥落面积大于 5% 且小于或等于 10%，或损伤最大深度与截面损伤发生部位的结构或构件最小尺寸之比大于或等于 0.02 且小于或等于 0.04
严重	结构或构件表面剥落面积大于 10%且小于或等于 15%，或损伤最大深度与截面损伤发生部位的结构或构件最小尺寸之比大于 0.04 且小于或等于 0.10
危险	结构或构件表面剥落面积大于 15%，或损伤最大深度与截面损伤发生部位的结构或构件最小尺寸之比大于 0.10

【条文说明】

本条规定混凝土与砌体结构表面缺损（蜂窝、麻面、剥落、空洞、腐蚀等）的检测方法与划分标准。检测方法按 GB/T50784 执行，缺损程度按表 4.2.17 划分，以缺损面积占比和缺损深度比为双控指标：面积 $\leq 5\%$ 且深度比 ≤ 0.02 为轻微， $5\% \sim 10\%$ 且深度比 $0.02 \sim 0.04$ 为中等， $10\% \sim 15\%$ 且深度比 $0.04 \sim 0.10$ 为严重， $> 15\%$ 或深度比 > 0.10 为危险。双控指标可全面反映缺损的范围与严重程度。评定结果用于耐久性评定、截面有效高度折减系数确定和表层修补范围选择。

4.2.18 混凝土结构钢筋截面缺损检测应现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 的规定执行；缺损程度宜按表 4.2.18 划分。

表 4.2.18 混凝土结构钢筋截面缺损程度划分

缺损程度划分	性状描述
完好	混凝土表面无锈迹，沿钢筋无裂缝出现
轻微	混凝土表面无锈迹，沿钢筋出现的裂缝宽度小于限值
中等	沿钢筋出现的裂缝宽度大于限值，或钢筋锈蚀引起混凝土发生层离；钢筋表面局部有膨胀薄锈层或坑蚀
严重	钢筋锈蚀引起混凝土剥落，钢筋外露、表面膨胀性锈层显著；钢筋截面损失小于或等于 10%
危险	钢筋锈蚀引起混凝土剥落，钢筋外露、出现锈蚀剥落；钢筋截面损失大于 10%

【条文说明】

本条规定钢筋截面缺损（钢筋锈蚀导致的截面损失）的检测方法与划分标准。检测按 GB/T50784 执行，包括钢筋锈蚀外观检查、剩余直径量测、截面损失率计算等。缺损程度按表 4.2.18 评定，以混凝土表面锈迹、沿筋裂缝、钢筋锈层状态、截面损失率为分级依据：截面损失 $\leq 10\%$ 为严重， $> 10\%$ 为危险。划分结果直接对应 4.3.8 条的钢筋截面折减系数（完好 $0.98 \sim 1.00$ ，轻微 $0.95 \sim 0.98$ ，中等 $0.90 \sim 0.95$ ，严重 $0.80 \sim 0.90$ ，危险

≤0.80)，用于剩余承载力验算。

4.2.19 混凝土碳化深度的检测及碳化深度对钢筋锈蚀影响的评价，应符合下列规定：

- 1 被测构件或部位的测区数量不应少于 3 个，或不应少于混凝土强度测区数量的 30%；
- 2 碳化深度检测应按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 的规定执行；
- 3 碳化深度对钢筋锈蚀的影响，应根据测区混凝土碳化深度平均值与实测保护层厚度平均值之比，按表 4.2.19 进行评价。

表 4.2.19 混凝土碳化深度对钢筋锈蚀的影响评价

碳化深度与保护层厚度的比值 (K_c)	$K_c < 0.5$	$0.5 \leq K_c < 1.0$	$1.0 \leq K_c < 1.5$	$1.5 \leq K_c < 2.0$	$K_c \geq 2.0$
影响程度	无影响	较小	有影响	较大	保护层失

【条文说明】

本条规定了混凝土碳化深度检测方法与碳化对钢筋锈蚀影响的评价标准，参照 CJJ/T233-2015 制定。测区数量不少于 3 个或不少于混凝土强度测区数的 30%，取两者较大值。检测方法按 GB/T50784 执行，采用酚酞酒精溶液显色法，测量变色边界至表面的距离。评价采用碳化深度与保护层厚度的比值 K_c ，按表 4.2.22 分为五级： $K_c < 0.5$ 无影响， $0.5 \sim 1.0$ 较小， $1.0 \sim 1.5$ 有影响， $1.5 \sim 2.0$ 较大， ≥ 2.0 保护层失效。 $K_c \geq 1.0$ 时碳化已到达钢筋表面，钝化膜破坏，锈蚀启动。碳化深度是耐久性评定的核心项目，直接用于剩余耐久年限推算。

4.2.20 混凝土中钢筋半电池电位的检测及钢筋半电池电位对钢筋锈蚀影响的评价，应符合下列规定：

- 1 检测方法宜采用半电池电位法，参考电极应采用铜-硫酸铜半电池；
- 2 当主要构件或主要受力部位有锈迹时，应在有锈迹区域检测钢筋半电池电位；测区数量应根据锈迹面积确定，每 $3m^2 \sim 5m^2$ 可设一测区，一个测区的测点数不宜少于 20；
- 3 钢筋半电池电位对钢筋锈蚀的影响可按表 4.2.20 评价。

表 4.2.20 钢筋半电池电位对钢筋锈蚀的影响评价

钢筋半电池电位 VR (mV)	钢筋锈蚀状况的可能性
$VR > -200$	无锈蚀活动性或锈蚀活动性不确定，锈蚀概率小于 10%
$-350 < VR \leq -200$	钢筋锈蚀性状不确定，可能存在坑蚀现象
$VR \leq -350$	钢筋发生锈蚀的概率大于 90%

【条文说明】

本条规定了钢筋半电池电位检测方法与锈蚀影响评价标准，参照 CJJ/T233-2015 制定。采用半电池电位法，参考电极为铜-硫酸铜半电池（CSE）。当构件有锈迹时应在锈迹区域重点检测，每 3~5m² 设一个测区，每测区不少于 20 个测点。评价按表 4.2.23：电位 > -200mV 时锈蚀概率 < 10%，-350~-200mV 时不确定可能存在坑蚀，≤ -350mV 时锈蚀概率 > 90%。半电池电位结果应与碳化深度、氯离子含量、电阻率综合分析，不可仅凭电位一项判定锈蚀状况。

4.2.21 混凝土中氯离子含量的检测以及氯离子含量对钢筋锈蚀影响的评价，应符合下列规定：

1 应根据构件的工作环境、质量状况以及钢筋半电池电位的检测结果，选定构件进行氯离子含量检测，每一被测构件测区数量不宜少于 3 个；

2 用于氯离子含量测定的试样制备及试样化学分析，应按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 的规定执行；化学分析用混凝土试样可在测区不同深度部位取样；

3 氯离子含量对钢筋锈蚀的影响，可按表 4.2.21 评价。

表 4.2.21 氯离子含量对钢筋锈蚀的影响评价

氯离子含量 C_{cl} (占水泥含量的百分比)	C_{cl} <0.15	$0.15 \leq C_{cl} < 0.40$	$0.40 \leq C_{cl} < 0.70$	$0.70 \leq C_{cl} < 1.00$	$C_{cl} \geq 1.00$
诱发钢筋锈蚀的可能性	很小	不确定	可能诱发	诱发	钢筋锈蚀活化

【条文说明】

本条规定了混凝土氯离子含量检测与锈蚀影响评价标准，参照 CJJ/T233-2015 制定。氯离子检测不是普查项目，应根据工作环境（沿海地区、使用融冰盐区域、污水含氯量高的管道）、质量状况、半电池电位结果有针对性地选择构件。每构件不少于 3 个测区，按不同深度分层取样，试样制备与化学分析按 GB/T50784 执行。评价按表 4.2.24，以氯离子占水泥含量的百分比为指标：<0.15% 很小，0.15%~0.40% 不确定，0.40%~0.70% 可能诱发，0.70%~1.00% 诱发，≥1.00% 锈蚀活化。氯离子超过临界值会破坏钢筋钝化膜引发锈蚀，对辽宁省沿海城市（大连、营口、丹东）的排水管道尤为重要。

4.2.22 混凝土电阻率的检测以及混凝土电阻率对钢筋锈蚀影响的评价，应符合下列规定：

1 每一被测构件测区数量不宜少于 30 个；

2 混凝土电阻率检测宜采用四电极法；

3 测区混凝土的电阻率应采用最小值；混凝土电阻率对钢筋锈蚀速率的影响，可按表 4.2.22 评价。

表 4.2.22 混凝土电阻率对钢筋锈蚀影响的评价

混凝土电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	$\rho \geq 20000$	$15000 \leq \rho < 20000$	$10000 \leq \rho < 15000$	$5000 \leq \rho < 10000$	$\rho < 5000$
可能的钢筋锈蚀	很慢	慢	一般	快	很快

【条文说明】

本条规定了混凝土电阻率检测与锈蚀速率影响评价标准，参照 CJJ/T 233-2015 制定。每构件不少于 30 个测点，因为电阻率受含水率、温度、孔隙液成分影响大、离散性强，需足够测点获取统计可靠的最小值。检测采用四电极法（Wenner 法），不需破损混凝土。取值采用最小值而非平均值，因为电阻率最低区域对应含水率最高、锈蚀电流最易流通的部位，是锈蚀最快的最不利区域。评价按表 4.2.25： $\geq 20000 \Omega \cdot \text{cm}$ 很慢， $15000 \sim 20000$ 慢， $10000 \sim 15000$ 一般， $5000 \sim 10000$ 快， < 5000 很快。排水管道长期潮湿，管内侧电阻率低、锈蚀速率可能较快，应特别关注。

4.2.23 混凝土结构钢筋保护层厚度的检测及其结果的评价，应符合下列规定：

1 钢筋保护层厚度检测应包括钢筋位置和混凝土保护层厚度的检测，并应选择下列部位：

- 1) 主要构件或主要受力部位；
- 2) 钢筋锈蚀电位测试结果表明钢筋可能锈蚀活化的部位；
- 3) 发生钢筋锈蚀胀裂的部位；
- 4) 布置混凝土碳化深度测区的部位。

2 钢筋位置和钢筋保护层厚度的检测，应按国家现行标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784 和《混凝土中钢筋检测技术规程》JGJ/T152 的规定执行。

3 钢筋保护层最小厚度应符合设计要求及现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定；钢筋保护层厚度对结构钢筋耐久性的影响，可按现行国家标准《既有混凝土结构耐久性评定标准》GB/T51355-2019 进行评价。

【条文说明】

本条规定了钢筋保护层厚度检测的部位选择、检测方法与评定依据，参照 CJJ/T 233-2015 制定。检测包括钢筋位置和保护层厚度，必检部位为：主要受力部位、锈蚀电位提示活化部位、锈胀开裂部位、碳化测区部位。检测方法按 GB/T50784 和 JGJ/T152 执行，

常用电磁感应法（钢筋扫描仪），可同时测定钢筋位置、直径、间距和保护层厚度。保护层最小厚度应符合设计要求和 GB/T50476 规定，对耐久性的影响按 GB/T51355 评定。保护层厚度是耐久性评定的关键参数，与碳化深度共同决定钢筋脱钝时间，是剩余耐久年限推算的核心输入。

4.2.24 地基基础结构检测应包含病害探测与土工水文参数检测两类；工程范围内有有效期内的详细勘察资料、且场地土体条件无明显变化时，土工参数与地下水参数可沿用勘察成果；检测项目及最低检测要求应符合表 4.2.24 的规定。

表 4.2.24 地基基础结构检测项目及要求

序号	检测内容	检测数量	检测方法	检测要求
1	管背空洞	每检测单元不少于 1 个断面	地面探地雷达法	优先覆盖空洞最集中区域；发现空洞后应标注位置并按需扩大检测范围
2	管底掏空	每检测单元不少于 1 个断面	地面探地雷达法	结合 CCTV 内部检测结果，优先布设于掏空风险最高断面
3	地基土体承载力	必要时布设	钻孔取样试验法	符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB/T 50021 规定，优先布设于重大缺陷段地基承载力最薄弱位置
4	地基土工力学参数（土容重、抗剪强度、变形模量等）	每检测单元不少于 1 组试样	钻孔取样室内土工试验	为土压力计算、剩余承载力验算提供核心力学参数；重大缺陷段应单独布点取样
5	地下水参数	每检测单元不少于 1 个观测点	钻孔水位观测、收集长期水文资料	用于计算地下水浮力、有效自重应力；辽宁省季节性冻土区应补充冻融期水位变化数据

【条文说明】

本条规定了地基基础结构检测的内容分类与数据沿用原则。地基基础检测分为病害探测（管背空洞、管底掏空）和土工水文参数检测（承载力、土体重度、抗剪强度、变形模量、地下水位）两类。工程范围内有有效期内的详细勘察资料且场地土体条件无明显变化时，土工参数与地下水参数可沿用原勘察成果，无需重新钻探取样，以节约成本——但管背空洞、管底掏空是管道运行后逐渐发展的，原勘察资料无法反映，必须重新探测。

检测项目及最低要求按表 4.2.24 执行。

4.2.25 管道附属设施结构检测应按设施的结构性能对应本规程相关要求执行；强度类项目单座井测区数不应少于 2 处，优先布设于损伤最严重的区域。

【条文说明】

本条规定了附属设施（检查井、雨水口）结构检测的方法与抽样要求。按井体材质对应执行—混凝土井按钢筋混凝土管道检测方法，砌体井按砌体管道检测方法。强度类项目单座井测区数不少于 2 处，优先布设于损伤最严重区域（井壁渗漏处、井圈周边、流槽交接处、踏步安装处）。检查井是排水系统的薄弱环节，井壁坍塌、井圈下沉常见且影响交通安全，必须独立检测评定。

4.3 管道评定

4.3.1 排水管道可靠性分析应根据详细调查和检测结果，对排水管道的构件、子单元和单元进行结构分析与验算、评定。构件的评定应包括安全性、适用性和耐久性评定。子单元和单元的评定应包括安全性和使用性。应评定子单元和单元的可靠性等级，也可直接评定安全性或使用性。单元评定必要时尚应进行抗灾害能力评定。

【条文说明】

本条规定了可靠性评定的层次和维度。三个层次：构件、子单元、单元，与 4.1.4 条对应。四个维度：安全性、适用性、耐久性，必要时增加抗灾害能力评定。构件层次需进行全部三个维度（安全性、适用性、耐久性）评定，因为构件是结构受力的基本单元，各维度均需量化。子单元和单元层次评定安全性和使用性（适用性+耐久性合并为使用性），因为子单元和单元层面更关注整体功能。子单元和单元应评定可靠性等级，也可根据需要仅评定安全性或使用性。单元评定必要时进行抗灾害能力评定——辽宁省寒冷地区冻胀问题突出、大部分地区 7 度抗震设防，有必要时应进行。抗灾害能力应按偶然作用组合进行结构安全性校核，抗震评定按 GB50032 执行。

4.3.2 管道结构评定应根据国家现行有关标准的要求进行，应在保证结构性能的前提下，减少工程处置工作量。

【条文说明】

本条规定了可靠性评定的基本原则。应根据国家现行有关标准进行，评定方法、等级划分、控制指标应与上位标准协调。“在保证结构性能的前提下，尽量减少工程处置工作量”是既有结构评定区别于新建结构设计的重要原则——原有管道已经存在，评定目的不是按新建标准重新设计，而是在确认安全可靠的前提下充分利用剩余承载能力，避

免过度修复造成浪费。这一原则体现了绿色节约理念，也是非开挖修复技术推广的理论基础。实际评定中应避免两种倾向：过于保守一律按新建标准要求导致不必要的大规模更换，或过于冒险忽视安全隐患。

4.3.3 当既有排水管道经过缺陷检测和评估未出现明显的影响结构正常使用的变形、裂缝、位移、渗漏等问题，且在评估使用年限内结构上的作用和环境不会发生显著变化时，可初步判定其承载力基本符合要求；对重要管段、大口径管道或存在疑问的管段，尚应进行承载能力验算确认。

【条文说明】

本条规定了承载力评定的简化判定方法（外观豁免原则）。经过缺陷检测未发现明显变形、裂缝、位移、渗漏等问题，且评估使用年限内作用和环境无显著变化时，可初步判定承载力基本符合要求。这是因为排水管道的承载能力问题通常会通过表观缺陷表现出来，外观完好且荷载稳定时承载力一般能满足要求。但对重要管段、大管径管道或存在疑问的管段，尚应进行承载能力验算确认——这一限定体现了与 GB55021 强制性要求的协调，避免仅凭外观直接定论。“评估使用年限”应在评定任务中明确。

4.3.4 管道结构评定应按下列步骤进行：

- 1 明确评定的对象、内容和目的；
- 2 通过调查或检测获得与结构上的作用和结构实际的性能和状况相关的数据和信息；
- 3 对实际结构的可靠性进行分析；
- 4 进行可靠性评定，确定单元可靠性等级与修复建议；
- 5 提出评定报告。

【条文说明】

本条规定了可靠性评定的工作步骤：明确对象内容目的→获取数据信息→分别进行各维度评定→综合评定确定单元可靠性等级与修复建议→提出评定报告。五个步骤循序渐进，前一步是后一步的基础，不可跳步。综合评定是连接分项评定与修复决策的关键环节，应在各维度评定完成后进行，确定单元综合可靠性等级和对应的修复工艺选型建议。

I 构件评定

4.3.5 构件评定等级划分应符合下列规定：

- 1 安全性等级分别为：a_u 级、b_u 级、c_u 级、d_u 级；

- 2 适用性等级分别为： a_s 级、 b_s 级、 c_s 级；
- 3 耐久性等级分别为： a_d 级、 b_d 级、 c_d 级。

【条文说明】

本条规定了对构件各维度评定的等级划分。安全性四级，与 GB50292 和 GB55021 一致。适用性三级，耐久性三级，符号与 GB50292 一致（下标 d 代表 durability）。

4.3.6 构件安全性评定，应根据现行《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332、《砌体结构设计规范》GB 50003、《混凝土结构设计标准》GB 50010 的有关要求，按承载能力极限状态，结合结构状况，选择下列内容进行构件结构分析和校核：

- 1 对应于管道结构达到最大承载能力，管体或连接构件因材料强度被超过而破坏；
- 2 管道结构因过量变形而不能继续承载或丧失稳定（如横截面压屈等）；
- 3 管道结构作为刚体失去平衡（横向滑移、上浮等）；
- 4 结构抵抗偶然作用的抗破坏能力。

【条文说明】

本条规定了安全性评定的结构检算内容与依据。按 GB 50332 承载能力极限状态要求，应选择四类内容进行检算：管体或连接构件因材料强度被超过而破坏（最常见，如管壁环向受弯破坏）；管道因过量变形丧失稳定（如化学建材管横截面压屈）；管道作为刚体失去平衡（如地下水位过高导致上浮、侧向滑移）；结构抵抗偶然作用的抗破坏能力。实际评定中应根据管道材质、管径、埋深、地下水位选择可能控制设计的破坏模式，不必四种都算。砌体管道截面承载力验算尚应符合 GB50003，钢筋混凝土管道尚应符合 GB/T50010。

4.3.7 构件强度验算按承载能力极限状态评定时，应符合下式要求：

$$\gamma_0 S \leq R(f_m, a_m, f_{ad}) \quad (4.3.7)$$

式中： γ_0 ——管道重要性系数，原有管道评定可取 1.0；

S ——管道承载能力极限状态作用效应设计值，按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定计算；

$R(*)$ ——管道截面抗力函数；

f_m ——管材材料性能实测值，抗力计算除以对应材料分项系数；

a_m ——管壁厚度、钢筋配置等几何实测参数；

f_{ad} ——裂缝、钢筋锈蚀、冻融损伤、地基脱空等带来的不利影响附加值。

【条文说明】

本条规定了原有排水管道承载能力极限状态验算的基本公式，参照 CJJ/T233-2015 第 5.1.6 条制定。公式 $\gamma_0 S \leq R(f_m, a_m, f_{ad})$ 中， γ_0 为重要性系数，原有管道评定偏安全取 1.0（不再区分污水管 1.0、雨水管 0.9）； S 为作用效应设计值，按 GB50332 计算（覆土压力、地面荷载、地下水压力等基本组合）； R 为截面抗力函数，输入参数 f_m 为材料性能实测值（除以材料分项系数）、 a_m 为几何实测参数（壁厚、钢筋配置等）、 f_{ad} 为裂缝、钢筋锈蚀、冻融损伤、地基脱空等不利影响附加值。与新建结构设计公式的核心区别在于：抗力采用实测参数而非设计参数，并引入既有缺陷的不利影响附加值，体现了“以实测数据为依据”的评定原则。

4.3.8 对已发生钢筋锈蚀的钢筋混凝土构件承载能力评定时，应计入钢筋锈蚀导致的钢筋截面减少和粘结力退化的综合影响，对钢筋截面进行折减。宜根据本规范第 4.2.18 条进行钢筋缺损程度评定，并按表 4.3.8 确定锈蚀钢筋的截面折减系数。

表 4.3.8 钢筋混凝土的钢筋截面折减系数

缺损程度评定	截面折减系数 ξ_s
完好	$0.98 < \xi_s \leq 1.00$
轻微	$0.95 < \xi_s \leq 0.98$
中等	$0.90 < \xi_s \leq 0.95$
严重	$0.80 < \xi_s \leq 0.90$
危险	$\xi_s \leq 0.80$

【条文说明】

本条规定了钢筋锈蚀对承载能力影响的折减方法，参照 CJJ/T233-2015 第 5.1.7 条制定。钢筋锈蚀的影响体现在两方面：有效截面面积减少（锈坑、锈层导致直径减小）和钢筋与混凝土粘结力退化（锈层膨胀导致界面脱粘，强度不能充分发挥）。通过截面折减系数 ξ_s 统一体现。确定步骤：先按 4.2.18 条（表 4.2.18）评定钢筋缺损程度等级，再按表 4.3.8 取折减系数（完好 0.98~1.00，轻微 0.95~0.98，中等 0.90~0.95，严重 0.80~0.90，危险 ≤ 0.80 ）。区间值可根据锈蚀实际严重程度选取，污水管道、地下水位波动带、冻融频繁的管道宜偏严取下限。应用时将钢筋截面面积 A_s 乘以 ξ_s 后代入抗力函数计算。

4.3.9 构件承载能力评定等级，并应符合下列规定：

- 1 当构件出现过宽纵向裂缝、过大变形、破碎或重度腐蚀缺陷情况，承载能力项目应按严重程度直接评为 d_u 级；
- 2 当构件采用基于分项系数的方法应按抗力与作用效应之比 $R/\gamma_0 S$ 进行分级，分级

标准按表 4.3.9 执行。

表 4.3.9 构件承载能力评定等级

抗力作用效应比	评定标准			
	a_u	b_u	c_u	d_u
$R/(\gamma_0 S)$	≥ 1.00	≥ 0.90	≥ 0.85	< 0.85

【条文说明】

本条规定了承载能力评定等级的确定方法，包括直接判定法和分项系数法两种路径。
直接判定法：出现过宽纵向裂缝、过大变形、破碎或重度腐蚀时，直接评为 d_u 级（严重不安全），体现“严重缺陷一票否决”原则。分项系数法：按 4.3.7 条公式验算，根据抗力与作用效应之比 $R/\gamma_0 S$ 分级（表 4.3.9）： ≥ 1.0 为 a_u 级， $0.90 \sim 1.0$ 为 b_u 级， $0.85 \sim 0.90$ 为 c_u 级， < 0.85 为 d_u 级。先检查是否符合直接判定条件，若符合直接定 d_u 级；若不符合则采用分项系数法定量定级。

4.3.10 结构缺陷导致承载力降低需要修复时，应根据承载能力评定对结构承载力进行折算。折算系数宜按表 4.3.10 取值。

表 4.3.10 结构承载力折算系数 α_s

评定等级	a_u	b_u	c_u	d_u
钢筋混凝土	1.0	0.8	0.5	0
砌体结构	1.0	0.8	0.5	0
化学建材	1.0	0.8	0.5	0

【条文说明】

本条规定了结构缺陷导致承载力降低的折算系数，用于非开挖修复复合结构设计中原管道承载力的取值。当采用 CIPP 内衬、螺旋缠绕等工艺形成“原管道+内衬”复合结构时，原管道仍可能参与承担部分荷载，但其实际承载力因缺陷而低于设计值，需通过折算系数 α_s 折减后作为复合结构的组成部分。按表 4.3.10： a_u 级取 1.0（基本完好）， b_u 级取 0.8（轻度衰减）， c_u 级取 0.5（显著衰减）， d_u 级取 0（不参与受力，内衬独立承担全部荷载）。引入折算系数可合理利用原管道剩余承载力，避免内衬设计过于保守，降低内衬壁厚和工程投资，是本标准服务于非开挖修复设计的核心技术内容之一。

4.3.11 原有管道结构在安全性得到保证的情况下，正常使用极限状态验算应采用作用效应的标准组合并考虑长期作用影响，按《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332 的规定执行。

【条文说明】

本条规定了适用性评定的前提条件与验算依据。前提是“安全性得到保证”——如果结构安全性不足（ c_u 或 d_u 级），首要问题是结构安全，适用性退居其次，应先解决安全性。正常使用极限状态验算应采用作用效应的标准组合并考虑长期作用影响，按 GB50332 执行。标准组合用于裂缝宽度和变形的短期效应验算，长期作用影响（准永久组合）用于考虑混凝土徐变、塑性管材蠕变等长期效应，两者结合才能全面评价适用性。

4.3.12 构件适用性评定应符合下列规定：

- 1 应以变形、裂缝、渗漏三个项目分别评定，按变形允许值、最大裂缝宽度、渗漏缺陷等级要求，结合排水功能要求评定；
- 2 对于计算截面处于轴心受拉或小偏心受拉状态的构件，应按不允许裂缝出现控制；
- 3 适用性等级划分及修复判定应符合表 4.3.12 的规定。

表 4.3.12 构件适用性等级划分及修复判定

等级	分级标准	适用性修复判定
a_s	无渗漏，裂缝宽度 $\leq 0.2\text{mm}$ ，变形满足规范要求，剩余变形能力充足	无需进行适用性修复
b_s	轻微渗漏，裂缝宽度 $0.2\text{mm} \sim 0.3\text{mm}$ ，剩余变形能力轻度衰减	无需进行专项适用性修复，可结合管道预处理同步处理局部缺陷
c_s	明显渗漏，裂缝宽度 $> 0.3\text{mm}$ ，剩余变形能力显著衰减	应进行适用性修复，针对裂缝、变形、渗漏问题采取密封、补强、防渗措施，修复后满足正常使用极限状态要求

【条文说明】

本条规定了适用性评定的项目、控制指标与等级。评定项目为变形、裂缝、渗漏三项，分别对应结构的三个适用性维度。控制指标：变形允许值（化学建材管竖向变形率 $\leq 0.05D$ ）、最大裂缝宽度（钢筋混凝土管 $\leq 0.2\text{mm}$ ）、渗漏缺陷等级（按 CJJ181 分级）。对于计算截面处于轴心受拉或小偏心受拉状态的构件（如内水压力较大的压力管、管顶覆土极浅的管道），应按不允许裂缝出现控制（GB 50332 第 4.3.4 条）， 0.2mm 限值不适用。三个项目分别评定取最低等级。等级按表 4.3.12 分为 $a_s \sim c_s$ 三级，对应满足使用、基本满足、不满足，并给出修复判定。

4.3.13 构件耐久性评定应符合下列规定：

- 1 混凝土管道依据现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T50476、《既有混凝土结构耐久性评定标准》GB/T51355 评定剩余耐久年限；
- 2 化学建材管道依据现行行业标准《埋地塑料排水管道工程技术规程》CJJ143 及相关产品标准，结合管材老化程度、蠕变性能、接口密封寿命等综合评定剩余耐久年限；

3 构件耐久性等级划分及修复判定应符合表 4.3.13-1 和表 4.3.13-2 的规定。

表 4.3.13-1 混凝土管道耐久性等级划分及修复判定

等级	分级标准	耐久性修复判定
a _d	碳化深度未达钢筋保护层，钢筋无锈蚀，氯离子含量低于限值，无冻融损伤，剩余能力无明显衰减，剩余耐久年限满足目标工作年限	无需进行耐久性修复
b _d	碳化深度接近钢筋保护层，钢筋存在轻微锈蚀风险，氯离子含量略高于限值，存在轻微冻融表面损伤，剩余能力缓慢衰减，剩余耐久年限基本满足目标工作年限	宜进行表层耐久性修复，采取混凝土表面封闭、阻锈防护等措施，延缓碳化、锈蚀与冻融劣化
c _d	碳化深度超过钢筋保护层，钢筋存在明显锈蚀，氯离子含量较高，冻融损伤严重，剩余能力加速衰减，剩余耐久年限不满足目标工作年限	应进行耐久性修复，针对钢筋锈蚀、混凝土碳化、冻融循环、化学腐蚀采取钢筋阻锈、结构表层补强、防腐防渗衬砌等综合措施，阻断劣化路径

表 4.3.13-2 化学建材管道耐久性等级划分及修复判定

等级	分级标准	耐久性修复判定
a _d	管材强度保留率≥90%，氧化诱导时间满足要求，接口密封完好，竖向变形率≤5%，剩余耐久年限满足目标工作年限	无需进行耐久性修复
b _d	管材强度保留率 70%~90%，存在轻度老化迹象，接口轻微渗漏，竖向变形率 5%~8%，剩余耐久年限基本满足目标工作年限	宜进行预防性维护，加强运行监测，对渗漏接口进行局部修复
c _d	管材强度保留率<70%，老化明显，接口渗漏严重或橡胶圈失效，竖向变形率>8%，剩余耐久年限不满足目标工作年限	应进行耐久性修复，采取内衬补强、接口更换或整体更新等措施

【条文说明】

本条规定了耐久性评定的依据与方法，按管道材质分别规定。混凝土管道依据 GB/T50476 和 GB/T51355 评定剩余耐久年限—GB/T50476 提供环境分类和设计限值对照，GB/T 51355 提供基于碳化深度、钢筋锈蚀、氯离子、冻融的剩余耐久年限计算方法（耐久性裕度系数法）。化学建材管道依据 CJJ 143 及相关产品标准，结合管材老化程度（氧化诱导时间、强度保留率）、蠕变性能、接口密封寿命等综合评定。等级按表 4.3.14 分为三级，对应剩余耐久年限满足、基本满足、不满足目标工作年限。目标工作年限按修复工艺类型确定：结构性修复按 50 年校核，半结构性修复按不低于 20 年校核，仅维持使用按剩余设计年限校核。

II 子单元评定

4.3.14 排水管道子单元的评定，应对地基基础、管道本体和附属设施的安全性等级和使用性等级分别进行评定。子单元的可靠性等级，应根据安全性等级和使用性等级评定结果，按下列原则确定：

- 1 当子单元安全性等级低于 B_u 级时，应按安全性等级确定；
- 2 除本条第 1 款情形外，可按安全性等级和使用性等级中较低的一个等级确定；
- 3 子单元评定等级划分应符合下列规定：
 - 1) 安全性等级分别为： A_u 级、 B_u 级、 C_u 级、 D_u 级；
 - 2) 使用性等级分别为： A_s 级、 B_s 级、 C_s 级；
 - 3) 可靠性等级分别为：A 级、B 级、C 级、D 级。

【条文说明】

本条规定单元评定的总体要求和等级划分。子单元评定应对地基基础、管道本体、附属设施三部分分别进行安全性和使用性（适用性+耐久性合并）评定。子单元可靠性等级确定原则：安全性优先——当安全性低于 B_u 级（即 C_u 或 D_u ）时，子单元等级由安全性决定，因为安全问题是首要矛盾；安全性不低于 B_u 时，取安全性和使用性中的较低等级（木桶原则）。子单元等级采用大写字母，与构件层次小写字母区分，对应 GB50292 的子单元层次。本条第 3 款耐久性等级为单元层次耐久性等级，由构件耐久性等级综合确定。

4.3.15 地基基础安全性等级评定应符合下列规定：

- 1 应以地基土体承载力、管背空洞影响、管底掏空影响为评定项目，按《建筑地基基础设计规范》GB50007 验算地基稳定性与承载能力。
- 2 安全性等级划分与修复判定应符合表 4.3.15 的规定。

表 4.3.15 地基基础安全性评定等级

等级	分级标准
A_u	地基承载力满足设计要求，无管背空洞与管底掏空，地基安全可靠
B_u	地基承载力略低于设计要求，存在少量小型空洞，尚不影响整体安全
C_u	地基承载力不足，存在明显空洞或掏空，影响管道结构安全，应采取加固措施
D_u	地基承载力严重不足，存在大范围连续空洞或掏空，已危及管道安全，必须立即处置

【条文说明】

本条规定了地基基础安全性评定的项目、方法与等级。评定项目为地基土体承载力、管背空洞影响、管底掏空影响三项。按 GB50007 验算地基稳定性与承载能力，输入参数为实测的地基承载力特征值、土体重度、内摩擦角、粘聚力等。存在空洞/掏空时按最不利工况（空洞最大、支撑最少）验算。等级按表 4.3.15 分为 A_u~D_u四级，对应地基安全可靠、基本安全、不安全、严重不安全，并给出修复判定（无需修复/同步注浆/地基加固/应急处置）。管背空洞导致管道失去侧向土约束，管底掏空导致管道失去基底支撑产生附加弯矩，是管道破裂的常见诱因，必须重点评定。

4.3.16 地基基础的使用性等级，宜根据管道结构和附属设施使用状况按表 4.3.16 的规定评定等级。

表 4.3.16 地基基础使用性评定等级

等级	分级标准
A _s	管道结构和附属设施的使用状况良好，或所出现的问题与地基基础无关
B _s	管道结构或附属设施的使用状况基本正常，结构或连接因地基基础变形有个别损伤
C _s	管道结构和附属设施的使用状况不完全正常，结构或连接因地基基础变形有局部或大面积损伤

【条文说明】

本条规定地基基础使用性（适用性）的评定方法与等级。地基基础的使用性不直接检测地基本身，而是通过地基变形对管道结构和附属设施使用功能的影响来间接评定——因为地基变形的最终后果体现在管道接口渗漏、井体沉降、管道纵坡改变等使用功能问题上。三级划分与构件适用性等级对应。评定时应区分地基变形引起的损伤与管道自身缺陷引起的损伤，避免误判。

4.3.17 管道本体的安全性等级评定，应按结构整体性和承载能力两个项目评定，并取其中较低等级作为管道本体的安全性等级。

【条文说明】

本条规定管道结构单元安全性的评定方法。采用“双控项目取低”原则：结构整体性和承载能力两个项目分别评定，取较低等级作为管道结构安全性等级。结构整体性反映管道结构体系的完整性和传力路径的可靠性（如接口连接、管段连续性、结构布置合理性），承载能力反映管道截面的抗力水平。两者缺一不可：整体性好但承载能力不足，管道会发生截面破坏；承载能力足够但整体性差，管道会发生接口错位、管段脱落等整体失效。这一方法参照 GB50292-2015 第 7 章子单元安全性评级中“结构整体性与承载能力分别

评定”的思路。

4.3.18 管道本体整体性的等级评定应符合表 4.3.18 的规定。

表 4.3.18 管道本体整体性评定等级

评定等级	A _u 或 B _u	C _u 或 D _u
结构布置和构造	结构布置合理，体系完整，传力路径明确或基本明确，结构形式和构件选型、整体性构造和连接等符合或基本符合国家现行标准的规定，满足安全要求或不影响安全	结构布置不合理，体系不完整，传力路径不明确或不当，结构形式和构造选型、整体性构造和连接等不符合或严重不符合国家现行标准的规定，影响安全或严重影响安全

注：对表中各项目评定时，可根据实际完好程度评为 A_u级或 B_u级，根据实际严重程度评为 C_u级或 D_u级。

【条文说明】

本条规定管道结构整体性的评定标准。整体性评定关注结构体系层面的问题，而非单个构件的截面承载力。评定内容包括：结构布置是否合理（如管径渐变、转弯、变坡处的构造处理）、体系是否完整（如管段连续性、接口完整性）、传力路径是否明确（如荷载从管顶传递到管底再到地基的路径是否清晰）、整体性构造和连接是否符合规范（如接口形式、管基处理、井管连接）。表 4.3.18 采用两级粗分，再根据实际完好或严重程度细分。这种粗分+细分的方法既简化评定工作，又保留了分级精度。整体性评定是单元安全性评定的重要组成部分，对于老旧管道改造中常见的接口脱落、管段错位、体系不连续等问题具有针对性。

4.3.19 管道本体承载能力的等级评定应符合下列规定：

- 1 管道本体可按本标准第 4.1.5 条的规定划分为若干管段，每个管段按平面结构单元计算；
- 2 管道本体的安全性等级可根据构件的安全性等级表 4.3.19 的规定评定；

表 4.3.19 管道本体的安全性评定等级

评定等级	评定标准
A _u	不含 c _u 级、d _u 级构件，可含 1 个 b _u 级构件
B _u	不含 d _u 级构件，可含 1 个 c _u 级构件
C _u	可含 1 个 d _u 级构件
D _u	含 d _u 级构件且多于 1 个

- 3 各管段的安全性等级宜按该平面计算单元内各构件集中的最低等级确定；
- 4 封闭式管道结构宜直接按平面计算单元结构评定等级。

【条文说明】

本条规定管道结构单元承载能力等级的评定方法，采用构件等级映射法。参照 GB 50292-2015 第 7 章子单元承载能力评级方法，根据单元内所含构件的安全性等级分布确定单元等级：A_u级要求无 c_u、d_u级构件（最多 1 个 b_u），B_u级要求无 d_u级（最多 1 个 c_u），C_u级允许 1 个 d_u级，D_u级为多于 1 个 d_u级。这一方法体现了“少数危险构件控制单元安全”的理念——1 个 d_u级构件可能引发连锁失效，多于 1 个则单元整体濒临失效。管段按平面结构单元计算，各管段等级取该单元内构件最低等级。封闭式管道（如圆形钢筋混凝土管）因截面闭合、受力明确，可直接按平面计算单元评定。

4.3.20 管道本体的使用性等级应按管道适用性和耐久性两个项目评定，并取其中较低等级作为管道结构的使用性等级。

【条文说明】

本条规定管道结构单元使用性的评定方法。使用性由适用性和耐久性两个项目组成，分别评定后取较低等级。适用性反映管道当前满足正常使用功能的能力（变形、裂缝、渗漏），耐久性反映管道在目标年限内抵抗材料劣化的能力（剩余耐久年限）。两者取低的原因：适用性差则当前无法正常使用，耐久性差则短期内将丧失使用功能，均构成使用性问题。这一方法参照 GB50292-2015 子单元使用性评级中“适用性与耐久性分别评定取低”的思路，与 4.3.17 条安全性评定的“双控取低”原则一致。

4.3.21 管道本体使用性等级应根据所含构件适用性和耐久性等级按表 4.3.21 的规定评定。

表 4.3.21 管道结构使用性评定等级

评定等级	评定标准
A _s	不含 c _s （c _d ）、可含 1 个 b _s （b _d ）级构件
B _s	可含 1 个 c _s （c _d ）级构件
C _s	含 c _s （c _d ）级构件且多于一个

【条文说明】

本条规定管道结构单元使用性等级的评定方法，同样采用构件等级映射法。根据单元内所含构件的使用性（适用性和耐久性合并考虑）等级分布确定单元等级：A_s级要求无 c 级构件（最多 1 个 b 级），B_s级允许 1 个 c 级构件，C_s级为多于 1 个 c 级构件。表中“c_s（c_d）”表示适用性 c_s级和耐久性 cd 级均按 c 级构件统计，“b_s（b_d）”同理。使用性只有三级（A_s/B_s/C_s），少于安全性的四级，因为使用性问题一般不涉及即时安全风险，分级不宜过细。这一方法与 4.3.19 条安全性评定方法对应，形成完整的构件→单元等级映射体系。

4.3.22 附属设施安全性等级，应按附属设施的承载能力和构造连接两个项目进行评定，并取两个项目中较低的评定等级作为附属设施的安全性等级。附属设施安全性、使用性评定等级应根据结构类别按本标准相应构件和第 4.3.18~4.3.21 条构件的评级规定评定。

【条文说明】

本条规定附属设施（检查井、雨水口）单元安全性和使用性的评定方法。安全性按承载能力和构造连接两个项目评定取低：承载能力反映井壁截面抗力，构造连接反映井体整体性、井管连接、井圈安装等构造措施。附属设施按结构类别（混凝土井、砌体井）对应本标准相关构件评定规定执行，单元层次等级映射参照 4.3.18~4.3.21 条的方法。检查井是排水系统的薄弱环节，井壁坍塌、井圈下沉、井管连接断裂等问题常见且影响交通安全，必须独立评定。构造连接项目是附属设施评定的重点，因为检查井的失效往往不是井壁截面破坏，而是井圈脱落、井管连接断裂、踏步拔出等构造问题。

4.3.23 原有管道抗灾害能力宜从结构连接和构造、承载力、防灾减灾和防护措施等方面进行评定；对可确定作用的地震、台风、雨雪和水灾等自然灾害，宜通过结构安全性校核评定其抗灾害能力。

【条文说明】

本条规定了抗灾害能力评定的总体方法。从结构连接和构造、承载力、防灾减灾和防护措施三方面进行定性综合评定；对可确定作用的地震、台风、雨雪、水灾等自然灾害，通过结构安全性校核（偶然作用组合）定量评定。排水管道的主要灾害风险包括：地震导致接口错位、管体断裂；冻胀导致管道隆起、开裂；暴雨冲刷导致管底掏空、地基失稳。辽宁省位于寒冷地区，季节性冻土深度 1.0~1.8m，冻胀问题突出，大部分地区抗震设防烈度 7 度，抗灾害能力评定具有重要现实意义。

4.3.24 抗震评定应符合现行国家标准《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032 的规定。

【条文说明】

本条规定抗震评定依据 GB50032 执行。GB50032 是室外给水排水和燃气热力工程抗震设计的专用国家标准，规定了给排水管道的抗震设防目标、地震作用计算、抗震构造措施、接口抗震要求等。原有管道抗震评定按该标准进行，主要内容包括：场地抗震设防烈度与类别判定、地震作用下管道应力与变形验算、接口允许变形量校核、管道与检查井连接的柔性构造评价。辽宁省大部分地区为 7 度设防，穿越活动断裂带、软弱土层、

可液化土层的管道抗震评定尤为重要。

4.3.25 管道结构抗灾害能力评定应符合下列规定：

- 1 评定项目应包括抗冻胀能力、抗暴雨冲刷能力、抗震接口变形能力；
- 2 等级划分及修复判定应符合表 4.3.25 的规定。

表 4.3.25 管道抗灾害能力等级划分及修复建议

等级	分级标准	抗灾害能力修复判定
强	极端工况与抗震设防烈度作用下结构无损伤，抗冻胀、抗冲刷性能满足要求，接口无错位变形，可抵御 50 年一遇灾害	无需进行抗灾害能力修复
较强	极端工况与抗震设防烈度作用下结构轻微损伤，接口微小变形，不影响安全使用，可抵御 30 年一遇灾害	无需进行专项抗灾害能力修复
较弱	极端工况与抗震设防烈度作用下结构损伤明显，接口错位渗漏风险升高，易发生功能性破坏，仅可抵御 10 年一遇灾害	应进行抗灾害能力修复，增强结构整体性与接口变形能力，避免地震等偶然作用下发生功能性破坏
弱	极端工况与抗震设防烈度作用下结构易发生断裂、坍塌，抗灾害能力严重不足，偶然作用下必然发生功能性破坏	必须进行抗灾害能力修复，采取整体结构性增强措施，大幅提升抗震、抗冲击能力

【条文说明】

本条规定了排水管道抗灾害能力评定的具体项目与等级，结合辽宁省地域特点制定。评定项目为抗冻胀能力、抗暴雨冲刷能力、抗震接口变形能力三项，均为排水管道在辽宁省气候水文条件下的主要灾害风险。抗冻胀能力考虑管道埋深与冻深关系、管周土冻胀性、管材抗低温性能；抗暴雨冲刷能力考虑设计重现期下管底基础冲刷、接口渗漏、地下水位骤升导致的上浮；抗震接口变形能力考虑接口形式（柔性优于刚性）、允许变形量、井管连接柔性措施。三项分别评定取最低等级，按表分为强、较强、较弱、弱四级，对应修复判定。

III 单元评定

4.3.26 管道可按所划分的单元进行安全性等级评定，单元的安全性等级应根据管道本体、地基基础和附属设施的安全性等级按下列规定评定：

- 1 当附属设施与地基基础和管道本体的安全性等级相差不大于一级时，可按地基基础和管道本体中的较低等级作为单元的安全性等级；
- 2 当附属设施比地基基础和管道本体中的较低安全性等级低两级时，可按地基基础和管道本体中较低等级降低一级作为单元的安全性等级；

3 当附属设施比地基基础和管道本体中的较低安全性等级低三级时,可根据实际情况按地基基础和管道本体中较低等级降一级或两级作为单元的安全等级。

【条文说明】

本条规定单元安全性等级的评定方法,参照 GB50292-2015 第 8 章鉴定单元安全性评级方法。单元由地基基础、管道结构、附属设施三部分组成,单元安全性等级根据三部分的子单元等级综合确定。核心思路是:以地基基础和管道结构为主要控制因素(因为它们决定管线整体安全),附属设施作为修正因素。当附属设施与主体(地基基础+管道结构取低)相差不大于一级时,不修正,直接取主体较低等级;相差两级时降一级;相差三级时降一级或两级(根据附属设施的重要性和数量确定)。这一方法避免了“一座检查井坏了就导致整个单元降级”的过度保守,同时也防止附属设施严重失效被忽视。

4.3.27 管道可按所划分的子单元进行使用性等级评定,单元的使用性等级应根据管道本体、地基基础和附属设施的使用性等级进行评定,可按三项中最低的等级确定。

【条文说明】

本条规定单元使用性等级的评定方法。与安全性评定不同,使用性评定采用“三项取最低”的简单方法,因为使用性问题(渗漏、淤积、变形等)具有传播性和累积性,任一部分的使用性缺陷都会影响整个系统的排水功能。例如:检查井渗漏会导致地下水入渗增加系统流量,地基沉降会导致管道接口渗漏,管道变形会导致过流能力下降。

4.3.28 排水管道可按所划分的单元进行可靠性等级评定,单元的可靠性等级应根据管道本体、地基基础和附属设施的可靠性等级按下列规定评定:

1 当附属设施与地基基础和管道本体的可靠性等级相差不大于一级时,可按地基基础和管道本体中的较低等级作为单元的可靠性等级;

2 当附属设施比地基基础和管道本体中的较低可靠性等级低两级时,可按地基基础和管道本体中较低等级降低一级作为单元的可靠性等级;

3 当附属设施比地基基础和管道本体中的较低可靠性等级低三级时,可根据实际情况按地基基础和管道本体中较低等级降一级或两级作为单元的可靠性等级。

4 单元评定等级划分应符合下列规定:

1) 安全性等级分别为: A_{su} 级、B_{su} 级、C_{su} 级、D_{su} 级;

2) 使用性等级分别为: A_{ss} 级、B_{ss} 级、C_{ss} 级;

3) 可靠性等级分别为: I 级、II 级、III 级、IV 级。

【条文说明】

本条规定单元可靠性等级的评定方法和等级划分。评定方法与单元安全性（4.3.26）相同，以地基基础和管道结构为主体、附属设施为修正。单元可靠性等级是安全性和使用性的综合，采用 I / II / III / IV 四级表示。单元安全性等级符号 $A_{su}/B_{su}/C_{su}/D_{su}$ 、使用性等级符号 $A_{ss}/B_{ss}/C_{ss}$ ，与 GB50292-2015 第 3.2.2、3.2.3 条鉴定单元等级符号完全一致。可靠性等级 I / II / III / IV 分别对应安全可靠、基本可靠、可靠性不足、严重不可靠，是单元层面的最终评定结论，直接用于修复决策和工程立项。

4.3.29 管道结构检测与评定报告可包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 检测与评定的目的、内容、范围及依据；
- 3 调查与检测；
- 4 分析结果；
- 5 评定等级或评定结果；
- 6 结论与建议；
- 7 检测数据、计算书、影像资料等附件。

【条文说明】

本条规定检测与评定报告的基本内容要求，确保评定成果完整、可追溯、可用于设计。七项内容构成完整的报告框架：工程概况说明项目背景；目的内容范围依据明确工作边界；调查与检测记录原始数据；分析结果展示计算验算过程；评定等级给出各层次各维度的评定结论；结论与建议提出修复选型和处置建议；附件提供数据支撑。报告应与 4.2 节检测报告形成“检测报告→评定报告”的成果衔接，检测报告侧重原始数据，评定报告侧重分析结论。本条使用“可包括”而非“应包括”，允许根据项目规模和复杂程度适当调整，但第 5 项“评定等级或评定结果”和第 6 项“结论与建议”是必不可少的核心内容。

4.3.30 管道检测与评定报告编写应符合下列规定：

- 1 报告中宜根据需要明确的目标工作年限，指出被评定排水管道系统所存在的问题并分析产生的原因；
- 2 报告中应明确总体评定结论，指明被评定排水管线系统的最终评定等级或评定结果，最终评定等级或评定结果宜按本标准附录 A 的格式给出；
- 3 报告中应对评定系统安全性评为 c_u 级或 d_u 级构件和 C_u 级或 D_u 级子单元、正常使

用性评为 c_s 级构件和 C_s 级子单元的数量和所在位置作出详细说明，并应提出处理措施建议。

【条文说明】

本条规定检测与评定报告编写的具体要求，是对 4.3.29 条报告内容的深化。第 1 款要求报告明确目标工作年限——目标工作年限是耐久性评定和修复工艺选型的基准（结构性修复按 50 年、半结构性修复按 20 年），必须在报告中明确；同时要求指出问题并分析原因，不能只给结论不分析。第 2 款要求明确总体评定结论和最终等级，按附录 A 格式给出，保证评定成果的标准化和可比性。第 3 款要求对危险构件（ c_u/d_u 级）和危险单元（ C_u/D_u 级）、使用性不合格构件（ c_s ）和单元（ C_s ）的数量和位置作出详细说明并提出处理措施——这是报告的核心价值所在，因为这些是需要立即处置的安全隐患，必须精确定位、明确处置建议。本条体现了“评定服务于修复决策”的宗旨。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 非开挖修复更新工程设计前应详细调查原有管道的基本概况、工程地质和水文地质条件、现场施工环境，并应对原有管道进行缺陷检测与评估和结构检测与评定工作。

5.1.2 非开挖修复更新分为结构性修复和功能性修复两大类型。当管段存在结构性缺陷时应采用结构性修复。结构性修复类型划分应符合下列规定：

- 1 按修复范围划分为整体修复、局部修复；
- 2 按修复目标划分为安全性修复、适用性修复、耐久性修复、抗灾害能力修复；
- 3 安全性修复按结构计算理论划分为独立结构修复、叠合结构修复、复合结构修复。

【条文说明】

非开挖修复更新工程设计时，若管道仅存在影响管道过流能力和使用功能的缺陷可仅采用功能性修复，若原有管道存在结构性缺陷应采用结构性修复。其中结构性修复按修复范围分类时分为整体修复和局部修复，整体修复应对两个检查井之间整个管段进行修复，局部修复仅对排水管道内的局部破损、接口错位、腐蚀等缺陷实施定点修复。本规程对结构性修复按修复目标分类分为安全性修复、适用性修复、耐久性修复、抗灾害能力修复，分别对应管道评定结果中四个维度，即管道安全性、适用性、耐久性以及必要时增加的抗灾害能力评定。安全性修复按计算理论又细分为独立结构修复、复合结构修复及叠合结构修复，当原有管道无剩余承载能力时，非开挖修复内衬结构应按独立结构设计即内衬管承担所有荷载；当原有管道存在部分剩余承载能力，内衬结构计算可根据内衬管与原有管道之间是否传递剪应力采用复合结构修复或叠合结构修复设计。

5.1.3 非开挖修复更新工程按修复范围划分应符合下列规定：

- 1 结构性缺陷密度（缺陷占比）小于 0.1 时，应采用局部修复。
- 2 结构性缺陷密度（缺陷占比）大于 0.5 时，应采用整体修复。
- 3 结构性缺陷密度（缺陷占比）位于 0.1~0.5 时，按照下列规定划分：
 - 1) 缺陷等级为 3~4 级时，宜采用整体修复；
 - 2) 缺陷等级为 1~2 级时，宜采用局部修复。

5.1.4 非开挖修复更新工程按修复目标划分及适用情况应符合表 5.1.4 的规定：

表 5.1.4 修复目标分类及适用情况

修复目标 适用情况	耐久性 修复	适用性 修复	安全性修复		
			独立结构 修复	叠合结构 修复	复合结构 修复
	原有管道承担全部荷载作用，内衬管仅需满足后续工作年限以及日常修补维护和要求	内衬管可独立作用，应能抵抗外部的静水压力	内衬管不依赖于原有管道，独立承受全部荷载作用	内衬管可与原有管道共同作用，共同承担全部荷载作用，界面处剪切变形连续且不发生剥离	内衬管可与原有管道共同作用，共同承担全部荷载作用，界面处无法有效传递剪应力
管段结构性缺陷等级不大于Ⅱ级，仅存在轻微脱节、变形、腐蚀等缺陷，没有外水渗入； 管段子单元使用性等级小于 A _s ，且不含 c _s 级构件	适用	适用	适用	适用	适用
管段结构性缺陷等级不大于Ⅱ级，且管道存在 2 级破裂、2 级变形、2 级错口、2 级脱节及 2 级渗漏等有可能导致外水渗入的缺陷； 管段子单元使用性等级小于 A _s ，且至少含 1 个 c _s 级构件	不适用	适用	适用	适用	适用
管段结构性缺陷等级为Ⅲ级，且管段子单元安全性等级不低于 C _u 级	不适用	不适用	适用	适用	适用
管段结构性缺陷等级为Ⅳ级； 管段子单元安全性等级为 D _u 级	不适用	不适用	适用	不适用	不适用

【条文说明】

在以往的工程中，半结构性修复、结构性修复的术语表述易引起各方对于基本概念的理解或偏差，尤其是半结构性修复的术语定义没有体现出内衬需要承担荷载的具体内涵与要求。本条参考美国水协 AWWA 的基本规定，结合辽宁地区的工程实际，并根据既有排水管道结构状况、管道评定结果以及修复后内衬结构承担荷载的程度，对管道整体修复按修复目标进行分类。内衬结构由仅需满足修补维护要求，逐步过渡至承担外部静水压力、与原有管道共同承担外部荷载以及独立承担全部荷载，以明确不同修复目标时

原有管道与内衬的受力关系。

采用耐久性修复、适用性修复、安全性修复来界定内衬修复目标，其中安全性修复根据不同计算理论又分为复合结构修复、叠合结构修复和独立结构修复。不同修复目标的适用情况采用缺陷检测评估结论及结构检测评定结果两个层级双控，当满足任一层级条件时即应采用该修复目标的内衬修复方法：

耐久性修复的修复方法主要为存在腐蚀、表面劣化等轻微缺陷、需要进行维护的管道，或管道评定结果中子单元耐久性等级小于 A_d 级时采用。原有管道结构承载能力满足要求，内衬不承担外部结构荷载，主要起防腐、修补等耐久性修复作用。

适用性修复的修复方法主要为原有管道出现破损且仅需抵御外水侵入的管道，或管段子单元适用性等级小于 A_s 。原有管道仍能承担土压力、活荷载等外部荷载作用，内衬需承担外部静水压力，主要起到防渗等适用性修复作用。

复合结构修复及叠合结构修复的修复方法主要为原有管道出现破损、仍具备部分承载能力的管道，内衬管与原有管道共同承担外部荷载。其中叠合结构修复适用于内衬与原有管道之间应具有可靠的界面传力条件，避免界面剥离，保证二者变形协调。复合结构修复适用于内衬与原有管道界面处无法有效传递剪应力的情况。内衬主要起到恢复承载能力等安全性修复作用。

独立结构修复的修复方法主要为原有管道出现破坏且需承受所有外部荷载的管道。内衬主要起到恢复承载能力等安全性修复作用。

设计应根据表 5.1.5 和工程实际情况，判定待修复管道的内衬类型，通过分析计算选取内衬的厚度（壁厚）等技术参数。

5.1.5 非开挖修复更新采用独立结构修复后的工作年限不得低于 50 年；管道采用适用性修复、复合结构修复及叠合结构修复后的工作年限不得低于原设计剩余工作年限，且不得低于 20 年。

【条文说明】

参考现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068 的要求，管道采用第独立结构修复后，其使用寿命不得低于 50 年；利用原有管道结构进行适用性修复、复合结构修复及叠合结构修复的管道，其设计使用年限应按原有管道结构的剩余设计使用期限确定，且不得低于 20 年。

5.1.6 耐久性修复设计应符合下列规定：

1 耐久性修复设计应以修复后管道的目标工作年限为依据，综合考虑原有管道当前

损伤状况、材料劣化程度及周围环境作用，预测原有管道在目标工作年限内的损伤发展；

2 耐久性修复后的管道、修复材料应满足相应设计工作年限要求。

5.1.7 抗灾害能力修复设计应符合现行国家标准《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032 中有关规定的要求。

5.1.8 非开挖修复更新工程的设计应符合下列规定：

1 原有管道地基及管周土体不满足要求时，应进行管外预处理；

2 修复后管道结构应满足承载能力极限状态、正常使用极限状态及耐久性要求；

3 修复后管道过流能力应满足要求；

4 内衬管的设计顶推力与拖拉力，应满足管材力学性能要求；

5 修复后管道应满足清疏技术对管道的作业要求；

6 需要设置工作井时，其设计应符合 JGJ 120、CJJ/T 210 的规定。当工作坑较深时，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 的有关规定设计放坡或支护；

7 垫衬法等修复工程设计时应考虑灌浆材料属性和季节等因素。

5.1.9 非开挖修复更新方法的选用，应按附录 B 的工法特征和适用范围，结合现场环境及实际需求合理确定。可采用单种方法修复或多种方法联合修复，联合修复应安全可靠，经济合理。对管道转角符合本规程附录 B 的规定的管段，可按同一个修复段进行设计，否则应按不同管段进行设计。

【条文说明】

各类非开挖修复技术均在一定条件下可使用，需根据待修复管段的管径、断面形状、材质、可否带水作业等条件进行选择。

【条文说明】

各类非开挖修复技术均在一定条件下可使用，需根据待修复管段的管径、断面形状、材质、可否带水作业等条件进行选择。

5.2 水力设计

5.2.1 修复后排水管渠的过流能力不宜低于既有排水管渠的设计值。

5.2.2 排水管渠的流量应按下式计算：

$$Q = Av \quad (5.2.2)$$

式中： Q ——设计流量（ m^3/s ）；

A ——水流有效断面面积 (m^2) ;

v ——流速 (m/s) 。

【条文说明】

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

5.2.3 恒定流条件下排水管渠的流速应按下式计算：

$$v = \frac{I}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (5.2.3)$$

式中： v ——流速 (m/s) ；

R ——水力半径 (m) ；

I ——水力坡降；

n ——粗糙系数。

5.2.4 部分排水管渠粗糙系数宜按表 5.2.4 的规定取值。

表 5.2.4 粗糙系数

管材类型	粗糙系数 n
原位固化内衬管	0.010
PE 管、PVC 管	0.009
原位热塑成型衬管	0.009
螺旋缠绕内衬管	0.010
混凝土管	0.013~0.014
高分子材料喷筑（涂）	0.009~0.011
砂浆喷涂（抹面）	0.013~0.014
砂浆喷涂（不抹面）	0.015

注：本表所列粗糙系数是指排水管渠在完好无损的条件下的粗糙系数。

5.3 结构设计

5.3.1 原位固化法、喷筑（涂）法和现场制管法用于适用性修复设计时，内衬管最小壁厚应符合下列规定：

1 当采用原位固化法时，内衬管壁厚应按下列公式计算：

$$t = \frac{D_0}{\left[\frac{2KE_L C}{PN(1-\mu^2)} \right]^{1/3} + 1} \quad (5.3.1-1)$$

$$C = \left[\frac{(1-q)}{(1+q)^2} \right]^3 \quad (5.3.1-2)$$

$$q = \frac{(D_E - D_{\min})}{D_E} \text{ 或 } q = \frac{(D_{\max} - D_E)}{D_E} \quad (5.3.1-3)$$

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），宜取短期弹性模量 50%；

C ——椭圆度折减系数；

P ——内衬管管中心地下水压力（MPa），地下水取值应符合现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332 的有关规定；

N ——安全系数，取 2.0；

μ ——泊松比，原位固化法内衬管取 0.3，PE 内衬管取 0.45；

q ——原有管道的椭圆度，可取 0.02；

D_E ——原有管道的平均内径（mm）；

$D_{\min}$ ——原有管道的最小内径（mm）；

$D_{\max}$ ——原有管道的最大内径（mm）。

【条文说明】

本条计算公式引自《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210-2014 中第 5.2.1 条。适用性修复设计以 Timoshenko 等人的屈曲理论为基础，考虑到长期蠕变效应，Timoshenko 屈曲方程中的弹性模量改为长期弹性模量，另外还考虑了安全系数和椭圆度的影响。

内衬管长期力学性能的取值，美国 ASTM 标准中规定应咨询各制造商，通过试验确定。德国标准中则是通过对样品内衬管的顶压试验，在一定变形情况下保持 10000h 的试验，最后确定其长期性能。工程实际中，原位固化法长期性能一般取初始性能的一半，不锈钢管片内衬长期性能和初始性能接近，管片拼装内衬法、短管内衬法的长期力学性能由产品制造商提供。

2 当采用管片内衬法、短管内衬法、贴合原有管道螺旋缠绕法时，内衬管刚度应满足下列公式要求：

$$E_L I = \frac{P(1-\mu^2)D_N^3}{24K} \times \frac{N}{C} \quad (5.3.1-4)$$

$$D_N = D_0 - 2(h - \bar{y}) \quad (5.3.1-5)$$

$$D_N = D_0 - t \quad (5.3.1-6)$$

式中： E_L ——内衬管长期弹性模量（MPa）；

I ——内衬管单位长度管壁截面惯性矩（mm⁴/mm）；

D_N ——内衬管平均管径（mm）；

h ——带状型材高度（mm）；

$\bar{y}$ ——带状型材内表面至带状型材中性轴的距离（mm）；

μ ——泊松比，取 0.38。

3 当采用内衬管不贴合原有管道机械制螺旋缠绕法时，内衬管与原有管道间的环状空隙应进行注浆处理，且内衬管最小刚度系数应按下列公式计算：

$$E_L I = \frac{PND_N^3}{8(K_1^2 - 1)C} \quad (5.3.1-7)$$

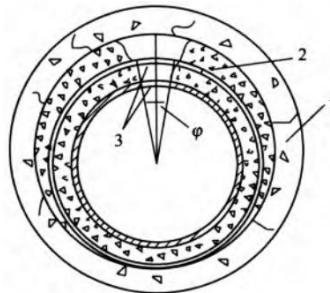
$$\sin \frac{K_1 \varphi}{2} \cos \frac{\varphi}{2} = K_1 \sin \frac{\varphi}{2} \cos \frac{K_1 \varphi}{2} \quad (5.3.1-8)$$

式中： φ ——未注浆角度（图 5.3.1）；

K_1 ——与未注浆角度 φ 相关的系数， K_1 取值与未注浆角的关系应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 K_1 取值与未注浆角度的关系

$2\varphi/(^{\circ})$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
K_1	51.5	25.76	17.18	12.9	10.33	8.62	7.4	6.5	5.78
$2\varphi/(^{\circ})$	100	110	120	130	140	150	160	170	180
K_1	5.22	4.76	4.37	4.05	3.78	3.54	3.34	3.16	3.0



1—原有管道；2—浆体；3—螺旋缠绕内衬管；—未注浆角度

图 5.3.1 未灌浆角度示意图

4 当内衬管椭圆度不为零时,按式(5.3.1-1)计算的内衬管壁厚最小值不应小于下列公式计算结果:

$$1.5q(1+q)SDR^2 - 0.5(1+q)SDR = \frac{\sigma_L}{PN} \quad (5.3.1-9)$$

$$SDR = \frac{D_0}{t} \quad (5.3.1-10)$$

式中: SDR ——管道的标准尺寸比;

σ_L ——内衬管长期弯曲强度, MPa, 宜取短期强度的 50%;

5 当内衬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。

5.3.2 当安全性修复采用复合结构修复设计时,应符合下列规定:

1 复合结构修复中,新增内衬与原有管道紧密贴合形成复合截面、共同承担外部作用,但不考虑界面间的粘结与剪应力传递;二者应分别按各自独立截面进行承载能力极限状态计算。

2 管道产生病害导致承载力降低时,应根据管道检测与评定结果对原有管道的承载力进行折减;无试验数据时,承载力折算系数 α_s 宜按本标准表 4.3.10 的规定取值。当 α_s 取零、原有管道不参与受力时,应按本标准第 5.3.4 条独立结构修复设计。

3 原有管道与内衬之间的弯矩、轴力分配,应采用数值模拟方法计算确定;具备试验条件时,也可通过试验直接确定加固层厚度,并应符合下列规定:

- 1) 采用数值模拟方法时,应建立反映原有管道结构状况与损伤程度、内衬材料长期性能与厚度、周围地层与地下水、地面荷载以及内衬与原有管道接触关系的计算模型,接触界面应按可传递法向压力、不传递剪应力且可相对滑动模拟,计算模型宜经试验或工程经验验证;由计算结果确定原有管道、内衬各自承担的弯矩和轴力,且原有管道与内衬所承担的弯矩之和、轴力之和应分别与复合截面的总弯矩、总轴力相平衡。
- 2) 采用试验方法时,宜采用足尺试验或经相似关系设计的模型试验(图 5.3.2),试验应模拟原有管道的损伤状况、内衬与原有管道的接触条件以及荷载作用,据以确定满足承载能力极限状态要求的加固层最小厚度,且修复后的复合结构管道的承载能力不得低于既有管道的设计承载能力。试验方案、加载量测与结果评定应有完整记录。

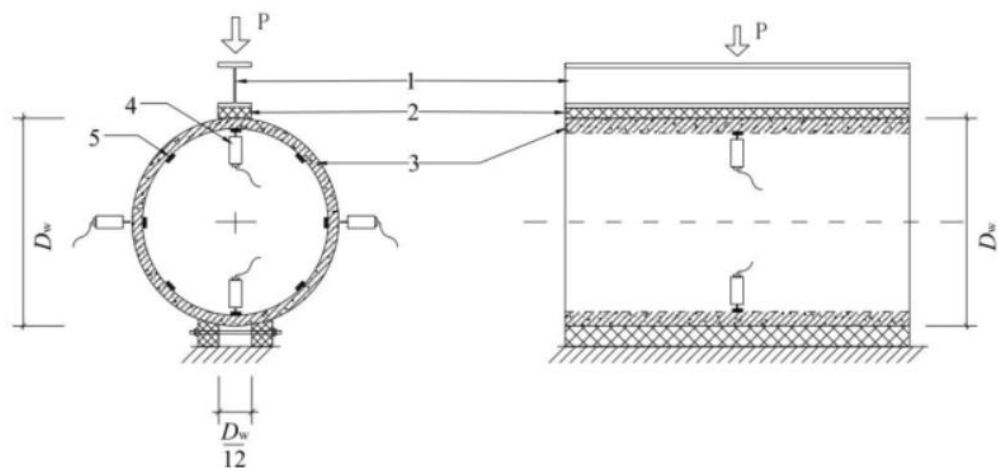


图 5.3.2 加固管道承载力试验概要图

【条文说明】

采用复合结构修复时，新增内衬内力计算需考虑原有管道病害；内衬承载力验算按现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332 中结构计算规定执行。

复合结构中内衬与原有管道紧密贴合形成复合截面、共同承担外部作用，但界面不传递剪应力，二者分别按独立截面受力。复合结构的内力分配与两层相对刚度、原有管道损伤程度、界面接触条件及地层约束等多种因素有关，难以用统一的解析公式准确描述；特别是采用 CIPP 等薄壁内衬加固钢筋混凝土排水管道时，内衬刚度远小于原有管道，若简单按抗弯刚度、轴向刚度比例分配总内力，内衬分担到的内力将趋近于零，既不能反映内衬对损伤管道的实际加固作用，也使内衬承载力验算失去意义，故本标准规定采用数值模拟计算方法确定内力分配，不建议采用按刚度比例分配的简化算法。

采用数值模拟方法时，计算模型应反映原有管道的结构状况与损伤折减、内衬材料的长期性能、周围地层与地下水、地面活荷载以及界面可传递法向压力、不传递剪应力并可相对滑移的接触关系，模型宜经试验或工程经验验证。将原有管道刚度折减后计入模型是为了合理确定两层间的内力分配，属于作用效应分析环节；承载力验算时对原有管道抗力乘以折算系数 α_s 属于抗力环节，两者各有作用，既不应重复折减也不应遗漏。

具备条件时，也可通过足尺试验或满足相似关系的模型试验直接确定加固层厚度，试验应模拟原有管道损伤状况与实际荷载工况。复合结构与叠合结构、独立结构的区别在于：叠合结构界面可靠传剪、形成扩大的共同截面，应按本规程附录 C 的增大截面法计算；当 α_s 取零、原有管道不参与受力时，应按本标准第 5.3.4 条独立结构修复设计。

5.3.3 当安全性修复采用叠合结构修复设计时，应符合以下规定：

- 1 管道产生病害导致承载力降低需要补强时，应根据管道检测与评定结果，对原有

管道承载力进行折算。无试验数据时，折算系数宜按表 4.3.10 取值。

2 采用叠合结构修复时，可将内衬与原有管道按整体受力进行计算，按本规程附录 C 的规定设计计算。

【条文说明】

本条规定了第Ⅲ类内衬修复原有管道按整体受力进行设计的基本原则。采用极限状态设计思想，以承载能力极限状态设计为主，将原有管道与新增内衬作为整体受力体系，考虑原有管道承载能力折减后进行截面承载力计算，以保证修复后整体结构满足承载能力要求。其受力计算原理参考《公路隧道加固技术规范》JTG/T 5440—2018 中增大截面加固法的有关规定，将原有管道与新增内衬作为共同受力结构进行承载力验算。

5.3.4 原位固化法、现场制管法用于安全性修复中的独立结构修复设计时，内衬管最小壁厚应符合下列规定：

1 内衬管壁厚应按下列公式计算：

$$t = 0.721 \times D_0 \left[\frac{(N \times q_t)^2}{E_L \times R_w \times B' \times E'_s \times C} \right]^{1/3} \quad (5.3.4-1)$$

$$q_t = 0.00981 H_w + \frac{\gamma \times H_s \times R_w}{1000} + W_s \quad (5.3.4-2)$$

$$R_w = 1 - 0.33 \times \frac{H_w}{H_s} \quad (5.3.4-3)$$

$$B' = \frac{1}{1 + 4e^{-0.213H}} \quad (5.3.4-4)$$

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

R_w ——水浮力系数，最小取 0.67；

B' ——弹性支撑系数；

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》GB50332 的有关规定计算取值；

H_w ——管顶以上地下水位高（m）；

γ ——土的重度（kN/m）；

H ——管道敷设深度（m）；

H_s ——管顶覆土厚度（m）；

W_s ——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》GB50332 的有关规定确定。

2 内衬管的最小壁厚还应满足下式要求:

$$t \geq \frac{0.1973 D_0}{E^{1/3}} \quad (5.3.4-5)$$

式中: E ——内衬管初始弹性模量 (MPa)。

3 内衬管的最小壁厚还应同时满足本标准式 (5.3.1-1)、(5.3.1-4) 和式 (5.3.1-9) 的要求。

4 当采用内衬管贴合原有管道机械制螺旋缠绕法时, 最小刚度系数应按式计算:

$$E_L I = \frac{(q_t N)^2 D_N^3}{32 R_w B' E'_s C} \quad (5.3.4-6)$$

5 当采用螺旋缠绕内衬法进行修复时, 内衬管最小刚度系数 $E_L I$ 还应同时满足公式 (5.3.1-4) 的要求。

【条文说明】

当采用独立结构修复设计时, 对于处于该种工况下的内衬管受到的是上部土体自重、地下水自重及地面活荷载之和, 参考美国 ASTM 标准按 Luscher's Buckling Equation 进行设计。

式 (5.3.4-1) 和 (5.3.4-6) 修复设计公式参考美国 ASTM F1216。ASTM F1216-07b 及后续版本将式 (X1.3) 中的椭圆度折减因子 C 由平方根外移至平方根内; 反算壁厚时, 椭圆度项相应由 C^2 调整为 C 。后续版本沿用了修订后的公式形式。本次修订采用 C 的一次方, 是为了使计算模型与 ASTM F1216-07b 及后续版本保持一致。公式对比如下:

公式对比如下:

$$q_t = C/N \left[32 R_w B' E'_s (E_L I / D^3) \right]^{1/2} \quad (5.3.4-1)$$

来源: ASTM F1216-07a 的公式 X1.3

$$q_t = 1/N \left[32 R_w B' E'_s C (E_L I / D^3) \right]^{1/2} \quad (5.3.4-2)$$

来源: ASTM F1216-07b 及其后续版本的公式 X1.3

5.3.5 当采用原位固化法用于适用性修复和安全性修复中的独立结构修复设计时, 除符合本章的规定外, 尚应按现行行业标准《埋地塑料排水管道工程技术规程》(《室外排水塑料管道工程技术标准》) CJJ 143 的规定, 进行承载能力极限状态计算 (环截面强度计算、环截面压屈失稳计算) 和正常使用极限状态验算 (管道环截面变形验算)。

5.3.6 当采用内衬管不贴合原有管道进行安全性修复时, 应对环状空隙进行注浆, 最大注浆压力应按公式 (5.3.6) 加以限制:

$$P_{zj} \leq \frac{24EI}{(1-\nu^2)D_N^3} \cdot \frac{C}{N} \quad (5.3.6)$$

式中： P_{zj} ——注浆压力（内衬管临界屈曲压力）（MPa）。

5.3.7 喷筑（涂）法用于排水管道修复设计时，应根据本标准第 5.1.4 条确定的修复目标，分别按下列规定计算喷筑（涂）层的最小厚度（壁厚），且不应小于相应材料的构造厚度；设计尚应符合本标准第 5.1.8 条的规定：

1 用于耐久性修复时，喷筑（涂）层不承担外部结构荷载，主要起防腐、防渗、减阻和表面修补作用，其厚度按构造要求确定；采用无机防腐砂浆喷涂时，最小构造厚度宜按表 5.3.7-1 的规定选取。

表 5.3.7-1 无机防腐砂浆最小喷涂厚度

修复类型		最小喷涂厚度（mm）
管道管径（mm）	管径≤800	10
	800＜管径≤1000	12
	1000＜管径≤1500	14
	1500＜管径≤1800	16
	1800＜管径≤2200	17
	2200＜管径≤2600	18
	管径＞2600	20

2 用于适用性修复时，原有管道承担土压力和地面活荷载等作用，喷筑（涂）内衬层应能独立抵抗外部静水压力，其最小壁厚应按式（5.3.1-1）计算。采用水泥基材料、聚合物基材料喷筑（涂）时，计算确定的最小厚度分别不宜小于表 5.3.7-2、表 5.3.7-3 的规定。

表 5.3.7-2 水泥基材料喷筑法最小喷涂厚度

修复类型		最小喷涂厚度（mm）
管道管径（mm）	管径≤1350	15
	1350＜管径≤1800	20
	1800＜管径≤2400	25
	2400＜管径≤2800	30
	2800＜管径≤3600	40

表 5.3.7-3 聚合物基材料喷涂最小喷涂厚度

修复类型		最小喷涂厚度（mm）
管道管径（mm）	800≤管径≤1350	5
	1350＜管径≤1500	6
	管径＞1500	8

【条文说明】

表 5.3.7-2 推荐的喷涂厚度值基于薄壁圆壳屈曲理论，同时考虑了以下因素：

（1）修复后的检查井一般需快速恢复使用，故取水泥基材料 24h 的弹性模量（ $2.0 \times 10^4 \text{MPa}$ ），并考虑了 2 倍的安全系数；

（2）水泥基材料在美国有 40 多年的使用经验，ASTM F2551 标准中要求最小内衬厚度为 0.5in，并以 0.25in 为级数增减；为配合国内公制习惯，规定现浇最小内衬厚度为 15mm，并以 5mm 为级数增减（如计算厚度为 18mm，设计采用 20mm）；

（3）计算时静水压力从地表开始计算。

表 5.3.7-2 推荐的喷涂厚度考虑了以下因素：①在聚合物基材料与混凝土板材粘合之后需进行抗拉测试，聚合物基材料在混凝土板材上的拉伸粘结强度大于 1MPa；②采用聚合物基材料喷涂修复能承担 10m 地下水水头。

3 用于安全性修复时，其最小壁厚可按 5.3.2、5.3.3、5.3.4 节的相关规定计算。

4 喷筑（涂）层的设计取用厚度，应取按相应修复目标计算公式确定的计算厚度与构造厚度的较大值，并按材料产品标准和施工工艺取整。

5.3.8 当采用碎(裂)管法更新管道时，应按新建管道的要求设计管道壁厚，更新管道标准尺寸比的最大取值应符合表 5.3.8 的规定。

表 5.3.8 更新管道标准尺寸比的最大取值

覆土深度 (m)	SDR
0~5.0	21
>5.0	17

5.4 检查井修复设计

5.4.1 检查井等附属设施的非开挖修复更新应结合工程地质、井体形式、缺陷类型、结构检测与评定、修复工艺、外部荷载等因素进行设计。

5.4.2 检查井井座如损坏，则宜拆除并安装新井座，如为轻微表面脱落或腐蚀，也可采用水泥砂浆抹面进行修复。

5.4.3 当检查井出现下沉，应对检查井基础进行加固，并对已探明的井外空洞应进行填充；若需要更新井内爬梯，则应在内衬施工前完成。

5.4.4 检查井发生位移、变形、结构破坏应进行预处理专项设计。

5.4.5 检查井内衬修复设计应符合以下要求：

1 检查井有明显漏水时，应进行止水或堵水设计；

- 2 修复后检查井结构应能满足承载力、防渗、防腐及尺寸等方面的要求；
 - 3 采用离心喷筑法施工的内衬通常指井盖以下到井底之间的井壁段，井底、流槽、井室顶板等部位如需修复可采用人工喷筑或刮抹方式；
 - 4 检查井水泥基内衬最小厚度不宜小于 15mm；当有闭水要求时，内衬厚度不应小于 20mm；
 - 5 矩形检查井或结构壁较差的检查井进行结构性修复时，内衬中应添加钢筋（或其它抗拉）提高内衬抗弯性能；
 - 6 接近路面的井圈部分应结合检查周边加固设计进行修复处理。
- 5.4.6 检查井的功能性缺陷应采用排除异物、清淤疏通的方式进行修复。

6 预处理与功能性修复

6.1 一般规定

6.1.1 非开挖修复更新工程施工前应对原有管道进行预处理，预处理措施包括：临时封堵、管道清洗、管周预处理、管内缺陷预处理、裂缝嵌补等。

【条文说明】

除了常规预处理工法外，对于原管道破损、漏水严重的点位可采取点状原位固化法、不锈钢双胀环法等点状修复工法进行预处理，达到止水、补漏的效果。

6.1.2 对仅存在功能性缺陷的管段宜进行功能性修复，功能性修复措施包括：管道清淤、结垢清除、管壁清洗等。

【条文说明】

根据《城镇排水管道检测与评估技术规程（标准）》CJJ 181 中规定，管道功能性缺陷包含：沉积、结垢、障碍物、残墙、树根、浮渣等，仅为管道过水断面有一定缺陷，管道结构无缺陷。当管道仅存在此类功能性缺陷时，可对管道进行功能性修复。

6.1.3 管道临时封堵措施应符合现行行业标准《城镇排水管道与泵站运行、维护及安全规程》CJJ 68 的有关规定。

6.1.4 管道清洗宜采用高压水射流，必要时辅以清洗剂，清洗产生的废水应排入污水管道，污物应按管渠污泥的要求进行处理处置；清洗时，应避免高压水射流对管道造成损伤和破坏；采用喷涂法修复时，高压水枪应有足够压力，冲洗后所有基底应清洁、坚固并有足够的粗糙度，粗骨料应裸露。

【条文说明】

管道清洗方法主要包括绞车清淤法、水冲刷清淤法、高压水射流清洗等；其中高压水射流清洗是目前国际上工业及民用管道清洗的主导方法，使用比例约为 80%-90%，在国内也有较多应用；高压水射流清洗是使用高压泵打出高压水，并经过一定管路到达喷嘴，再把高压低流速的水转换为高压高流速的射流，然后射流以其很高的冲击动能，连续不断地作用在被清洗表面，从而使垢物脱落，最终实现清洗目的。

6.1.5 管周预处理应根据排水管道缺陷检测与评估及结构检测与评定报告结果进行设计及施工，下列情况宜采用管周土体注浆方式进行处理：

- 1 渗漏不满足修复施工要求；
- 2 周围土体存在病害；
- 3 管道起伏、错口、脱节；
- 4 结构开裂或接口性能不能满足正常使用。

【条文说明】

管道缺陷产生的原因中，由于管周土被扰动而造成管土共同工作机制不能满足管道设计的要求是重要原因之一。管周土密实度下降、土流失形成空洞，降低了土对管材的约束作用，进而造成管道承载能力降低、管材变形超标、管材结构破坏、管道整体沉陷或位移等缺陷，同时造成土体渗透系数增加，增大了水在土体中的流动，管材破裂和接口形变增加了管道渗漏等级。注浆修复可以达到加密土体、增加土体结构性能、降低土的渗透系数、填充土体空洞、修补管材破裂、封闭管材裂隙的目的，是消除产生管道缺陷根源的不可替代的工程措施，是管道修复必不可少的工程技术。

注浆修复不能单独作为管道修复的手段而应作为管道修复前的预处理措施。目前管道缺陷都是针对管道出现的现象进行评估，反映出管道修复主要以管材缺陷展开，其他修复措施都只是起到辅助的作用。注浆主要起到以下作用：

- (1) 修复管土共同工作性能，恢复或提高土体承载能力；
- (2) 封闭管材已形成裂缝，保障工作年限要求；
- (3) 封堵地下水渗漏入管道，为管材修复施工操作创造必要条件。

6.1.6 管内缺陷预处理的技术要求应符合表 6.1.6 的规定。

表 6.1.6 管内缺陷预处理的技术要求

非开挖修复方法	技术要求
翻转原位固化法	管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及凸起物
紫外光原位固化法	管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及凸起物

热塑成型法	管道内应无沉积、结垢和障碍物，基面应平整圆顺
机械螺旋缠绕法	管道内应无沉积、结垢和障碍物
垫衬法	管道内应无沉积、结垢和障碍物
水泥基喷涂法	管道内应无漏水，管道表面应润湿和粗糙
高分子材料喷涂法	基体表面应坚实、干燥，不得有松散附着物及锈蚀、渗水现象
管片内衬法	管道内应无沉积、结垢和障碍物
薄壁不锈钢内衬法	管道内应无明显沉积、结垢和障碍物， 管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及凸起物
软管穿插内衬法	管道内壁表面应洁净，底部 135° 范围内应无附着物以及可能划伤管道的尖锐毛刺、凸起硬物
折叠内衬法	管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及凸起物
缩径内衬法	管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及凸起物
碎(裂)管法	原有管道应无堵塞，宜排除积水
不锈钢快速锁法	管道内应无明显沉积、结垢和障碍物，管道 表面应无明显附着物、尖锐毛刺及凸起物
CIPP 局部修复	管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及凸起物

【条文说明】

管道内部条件是影响非开挖修复效果的主要控制因素，必须在施工之前对管道内部状况进行检测评估，并根据检测结果制定预处理方案，保证预处理后管道内部质量满足后续修复的工法要求。根据管道内部情况可以选择一种或几种管道预处理方法，使管道内部能够满足非开挖修复技术的要求。

6.1.7 对于结构性缺陷等级大于 3 级的管道，在修复前宜采用裂缝嵌补、土体注浆等方法进行止水或加固，并应进行预处理专项设计。

6.1.8 检查井采用非开挖修复前应进行清淤、清洗等预处理，预处理后检查井内表面应洁净，无附着物、尖锐毛刺和突起。

6.1.9 管道及检查井清洗产生的废水应排入污水管道，污物应按管渠污泥的要求进行处理处置。

6.2 材料

6.2.1 水泥基类材料应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定，硅化浆液应符合现行国家标准《工业硅酸钠》GB/T 4209 的有关规定，高聚物材料应符合现行行业标准《聚氨酯灌浆材料》JC/T 2041 的有关规定。

6.2.2 土体注浆施工及质量检验应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。其中注浆材料适用范围应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 注浆材料适用范围

注浆材料		适用范围
水泥基类浆液		适用于软土地基处理；有地下水流动的软基不应采用单液水泥浆
硅化浆液	双液硅化法	适用于加固粗砂、中砂、细砂
	单液硅化法	适用于加固粉砂、黄土
高聚物材料		适用于填充加固各类土体及结构本体与土体脱空；修复管道渗漏、管道沉降等

【条文说明】

现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202、现行行业标准《注浆技术规程》YS/T 5211、《高压喷射注浆施工技术规范》HG/T 20691 和《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123，对于水泥基类与硅化浆液的注浆工程都适用。

6.2.3 对井周土体塌陷或软土地基进行注浆加固或堵漏时，注浆材料应符合下列规定：

1 注浆材料应具有快硬早强特性；

2 现场配制时，注浆材料宜选用 P·O42.5 级及以上强度等级水泥并添加水玻璃配制而成，水玻璃用量宜为水泥用量的 0.5%~3.0%。

【条文说明】

注浆材料的干混料组成材料中包含水泥、矿物掺合料和各种外加剂，使用时，水固比因干混料的组成和配合比不同，加水量(或水固比)有差异。注浆材料的水固比可根据管道渗漏情况、漏水处缝隙大小等情况进行调整。现场配制时，为了加快固结速率并提高早期强度，宜掺加占水泥用量 0.5%~3.0%的水玻璃。

6.2.4 水泥应符合现行行业标准《高压喷射注浆施工技术规范》HG/T 20691 的有关规定，聚氨酯应符合现行行业标准《聚氨酯灌浆材料》JC/T 2041 的有关规定。

6.2.5 高聚物材料应符合现行行业标准《聚氨酯灌浆材料》JC/T 2041 的有关规定。

6.2.6 水溶性聚氨酯应符合现行行业标准《聚氨酯灌浆材料》JC/T 2041 的有关规定。

6.3 施工

I 土体注浆加固

6.3.1 注浆法可 adopt 水泥基类、硅化浆液或高聚物等材料对管道及检查井周边土体进行封堵和加固处理。

【条文说明】

注浆法也称灌浆法。使用专用的设备，在压力的作用下将浆液注入管道周边的病害

区,以达到防渗堵漏和加固土体等目的。目前排水管道发生管道破裂、管道变形、管道腐蚀、管道错口、管道起伏、管道脱节、接口材料脱落、支管暗接、异物穿入、管道渗漏等 10 种结构性缺陷和检查井坍塌等情况时,常伴随周边土体流失,进而导致管道病害恶化,所以逐渐加固、稳固管道和检查井周边土体常常是管道预处理和修复的重要技术措施,目前无机材料注浆和有机材料注浆在工程实践中取得了较大进展。

6.3.2 注浆法可按注浆位置分为管内注浆法和管外注浆法。管外注浆法适用于各类管径的排水管道和检查井,管内注浆法适用于 DN800mm 及以上的排水管道和各类检查井。

【条文说明】

管外注浆法是在地面钻孔至管道周边进行注浆,形成管道外侧隔水屏障;管内注浆法是在管道内部直接向裂缝或接口部位钻孔注浆来阻止管道渗漏。

6.3.3 注浆范围宜满足下列要求:

- 1 管道注浆范围为基础以下 2m,管外壁外侧 1.5m,管顶 1m;
- 2 检查井注浆范围为底板以下 2m,基础四周外侧各扩展 1.5m。

6.3.4 注浆孔布置宜符合下列规定:

- 1 管内注浆时:
 - 1) 管材长度在 1.5m~2m 之间,管节纵向注浆孔在管缝单侧 300mm 处;
 - 2) 管材长度大于 2m 时,管节纵向注浆孔在管缝两侧各 400mm 处;
 - 3) 管径 $DN \leq 1600\text{mm}$ 时,管节横断面注浆孔布置四点,分别为时钟位置 2、5、7、10 处;
 - 4) 管径 $DN > 1600\text{mm}$,管节横断面注浆孔布置五点,分别为时钟位置 1、4、6、8、11 处。
- 2 管外注浆时,管节纵向注浆孔布置间距一般为 1.0m~2.0m;
- 3 检查井内部注浆时,宜在底部开设注浆孔,开孔数量控制在 1~2 个。

6.3.5 采用管内注浆施工时,应符合下列规定:

- 1 应根据专项设计方案对注浆孔的位置进行定位;
- 2 钻孔应钻穿管壁,孔径不宜大于 25mm;
- 3 在注浆结束后,应对修复管段施工垃圾进行清理,保证无异物残留。

6.3.6 采用管外注浆施工时,应符合下列规定:

- 1 应采用探地雷达、管线检测仪等检测方法,探明原有管道上部管线及其他地下构筑物分布情况;

2 钻孔深度应覆盖待修管道外部病害区域；

3 注浆过程中应采用 CCTV 和潜望镜等可视化设备进行实时监控；当材料进入管道内，宜减慢注浆速度或采用间歇注浆法，注浆压力不得影响其他公用管线的安全；

4 当产生管道偏移时，应立即中断注浆，调整注浆方案。

6.3.7 对井周土体塌陷或软土地基进行注浆加固或堵漏时，注浆施工应符合下列规定：

1 注浆工艺和有效加固范围应满足注浆体的防渗、强度、变形、稳定性要求，注浆工艺参数通过现场试验或根据工程经验确定；

2 注浆量应根据地基土性质、浆液的渗透性以及周边环境的影响等因素确定；

3 注浆压力应根据土层性质、埋深或浆液的稠度确定注浆压力应确保达到设计的浆液扩散范围，并不得对周边设施造成损坏。

6.3.8 土体注浆加固质量应符合下列规定：

1 管道接口处及裂缝处应无明显的渗漏水；

2 管道外部脱空及空洞位置、深度以及面积应明确，脱空及空洞处应填充密实；

3 注浆完成后应对管道外部土体加固质量进行评估；

4 注浆完成后，管内应无残留或凸起的注浆材料。

6.3.9 注浆材料的单次理论注浆量可按下式进行估算：

$$Q=\alpha\cdot\beta\cdot\pi\cdot R^2\cdot h\cdot n/m \quad (6.3.9)$$

式中： Q ——单次理论注浆量（ m^3 ）；

R ——浆液渗透半径（ m ），应经现场试验确定；

h ——注浆体厚度（ m ）；

n ——土体孔隙率，取勘察结果的平均值；

m ——浆液结石率，取 0.50~0.95，水灰比大时取小值，水灰比小时取大值；

α ——浆液有效充填系数，土体固结加固可取 0.8，土体填充和堵漏可取 1.0；

β ——浆液损耗系数，可取 1.3~2.0。

【条文说明】

根据中国工程建设标准化协会标准《城镇排水管道注浆法修复工程技术规程》T/CECS 1471 引入土体加固注浆量的计算公式。注浆浆液的扩散半径与浆液的流变特性、注浆压力、胶凝时间、注浆时间等因素有关。理论计算的扩散半径与实际往往相差很大，有条件时进行现场注浆试验确定相关参数对设计和施工更有指导意义。

II 裂缝嵌补法

6.3.10 采用裂缝嵌补时,宜在需要嵌补的部位预埋注浆胶管或灌浆止水针管,并采用快干水泥封缝;封缝层表面应密实、平整,与管道接口黏结牢固;注浆胶管或灌浆止水针管位置和间距应满足注浆要求,并应设置进浆口和排气口。

6.3.11 在快干水泥达到设计强度后,应由管道下部向上部逐一压注水性聚氨酯注浆液,待所有的注浆管都注浆后,再回到第一个注浆管再次注浆。

6.3.12 宜按施工要求严格控制注浆压力和注浆量,防止水性聚氨酯注浆液从封缝层以及粘结处流出;宜在相邻注浆管开始出浆后,保持压力 3min~5min 后停止注浆,改注相邻注浆管。

6.3.13 宜在注浆完毕 24h,且经检查不再渗水后,清理注浆胶管或灌浆止水针及已固化的溢漏浆液,并按设计要求进行表面防水和增强等处理。

6.3.14 裂缝嵌补质量应符合下列规定:

- 1 嵌补区域表面应平整,无凹凸不平、气孔或剥离现象;
- 2 胶结材料与原结构应粘结牢固,无开裂或脱落;
- 3 填缝材料颜色应均匀一致,无明显色差。

6.3.15 检查井宜采用水溶性聚氨酯进行堵漏,并应符合下列规定:

- 1 水溶性聚氨酯材料应具有良好的亲水性,遇水后能够迅速膨胀并形成弹性固结体;
- 2 在渗漏部位钻孔、孔径以及孔距应根据渗漏情况确定,孔距宜 200mm~500mm;钻孔完成后应埋设注浆嘴,并用快干水泥或专用封缝胶封闭孔口及裂缝表面;
- 3 灌浆时应根据渗漏情况控制灌浆压力和灌浆量;灌浆顺序宜从下往上、从外往内进行;当相邻注浆嘴出浆时,应停止灌浆并移至下一注浆嘴继续灌浆,直至灌浆压力稳定上升且无渗漏为止;
- 4 灌浆结束后,应待浆液固化后拆除注浆嘴,并对注浆孔进行封堵处理,确保表面平整、密实。

6.3.16 堵漏质量应符合下列规定:

- 1 封堵区表面应平整,光滑、无气泡、裂纹和脱落现象;
- 2 堵漏区应无渗水现象。

III 功能性修复

6.3.17 采用高压水射流对管壁清洗时,应符合下列规定:

- 1 水流压力不得对管壁造成剥蚀、刻槽、裂缝及穿孔等损坏,当管道内有沉积碎片或碎石时,应防止碎石弹射而造成管道损坏;

- 2 喷射水流不宜在管道内壁某一局部停留过长时间；
- 3 对严重腐蚀管道应试喷，确定合适压力后方可整段清洗；
- 4 对存在塌陷或空洞管段，不应用高压水流冲洗暴露的土体；
- 5 当管道直径大于 800mm 时，可采取人工进入管内进行高压水射流清洗，高压水射流的压力不应破坏原有管道结构；
- 6 高压水射流设备应由专业人员操作，并应符合现行国家标准《高压水射流清洗作业安全规范》GB/T 26148 的规定。

【条文说明】

高压水射流清洗水性、油性、黏着性附着垢压力一般为 20MPa~30MPa,对硬质垢一般为 30MPa~70MPa 高压水射流清洗过程中与管道损坏相关的因素除喷嘴处水压力之外还有水量、喷头和管壁之间的距离、喷头的数量、大小、喷出角度；这些参数的选择应根据清洗任务、管材、管道壁厚以及管道断面的结构条件来选取；喷射角度一般为 15°~30°。研究表明，喷嘴处以 12MPa 的压力、300L/min 的流量清洗石棉水泥管、混凝土管、PVC 管和 HDPE 管时，不会损坏管道。

对于 CCTV 检测报告显示腐蚀较严重的原管段，应在靠近井口处采取较低的水流压力试喷，确定适合的压力后，再对整个管段进行清洗。对于原有管道已经发生的塌陷或空洞处，严禁用高压水流冲洗暴露的土体，防止出现水土流失导致坍塌。

采用障碍物软切割技术清除管道内大体积固体拥堵物时，常见障碍物切割的射水压力可按表 6.3.17-1 取值。

表 6.3.17-1 常见障碍物切割的射水压力

障碍物类型	射水压力(MPa)
淤泥、疏松岩层	10
轻度燃油残留质、铝质物	21
疏松混凝土、砂石和泥土层、疏松漆层锈层	32
管内混凝土、铸铁件模型、石灰层、石化垢层	42-70
混凝土、石灰石、厚层煤渣	70-105

障碍物软切割指利用高压水射流喷射铣头，加上特制的高压软管，进行管道疏通工作，其可清除管道内的砖块、混凝土块、树根等大体积固体拥堵物。由于水射流技术具有低成本、高效率、无污染、压力调节方便等优点，被广泛应用于各个领域及场所。不管是管道和容器内腔，还是设备表面，是结实的堵塞物，还是坚硬结垢物，凡是水射流能达到的部位都可使用管道软切割技术来彻底清洗干净。

可根据管道管径、管材、管道完整性、堵塞位置、堵塞物类型等情况通过表 6.3.17-2 和表 6.3.17-3 的喷射铣头选择原则，初步选择软切割铣头类型。

表 6.3.17-2 按管道材质选择喷射铣头

管道材质	金属管（钢管，铸铁管）	陶土管和石棉水泥管	混凝土管和钢筋混凝土（PCP）	塑料管	玻璃钢夹砂管（RPMP）
喷头类型	喷水，钻头，链条，振动	喷水	喷水，钻头，链条，振动	喷水	喷水

表 6.3.17-3 按障碍物类型选择喷射铣头

障碍物类型	泥土砂石	油污	混凝土，水泥	树根	塑料袋等生活垃圾
喷头类型	喷水	喷水+振动	喷水，钻头，链条，振动	喷水，链条	喷水+链条

6.3.18 铣刀疏通管道时应符合下列规定：

- 1 应根据障碍物的材质（如树根、混凝土、金属）和管道直径选择合适型号的铣刀，确保铣刀尺寸适配管道，避免损坏；
- 2 确认铣刀及疏通机等配套机械处于良好工作状态，润滑充分，电源正常；
- 3 在铣削前，应先用通条等其他工具清除松散垃圾或小障碍物；
- 4 应通过内窥镜等设备准确定位障碍物，避免盲目操作；5 铣刀应缓慢进给，使铣刀均匀切割障碍物，避免因力度过大导致管道变形或断裂；
- 5 应根据材料硬度调整铣刀转速和施加的压力，防止设备过载或损坏管道，实时观察铣削效果及管道反应，及时调整参数；
- 6 操作完成后，应使用高压水冲洗管道，确保无残留碎屑，避免再次堵塞。

6.3.19 管道疏通质量应符合下列规定：

- 1 管道内应无沉积物、垃圾及其他障碍物；
- 2 管道内表面应洁净，无附着物、尖锐毛刺或突起。

6.3.20 检查井宜采用高压水射流进行清洗。

6.3.21 高压水射流清洗检查井应符合下列规定：

- 1 水流压力不得对井壁造成剥蚀、裂缝及穿孔等损坏；
- 2 对严重腐蚀检查井应进行试喷，确定合适压力后方可整体清洗；
- 3 对井壁已发生塌陷或空洞处，不得采用高压水流冲洗；人工进入井内清洗作业应符合现行国家标准《高压水射流清洗作业安全规范》GB/T 26148 的有关规定。

【条文说明】

高压水射流清洗过程中与井壁损坏相关的因素除水压力之外还有水量，喷头和井壁的距离，喷头的数量、大小、喷出角度这些参数的选择需根据检查井材质、结构条件及清洗程度来选取；喷射角度一般为 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，一般建议冲洗机压力不低于 15MPa，应将检查井表面和井底的劣质混凝土和腐蚀层冲洗掉，直至露出有效结构层。

清洗腐蚀严重的井壁时，需先采用低压水流试喷，待压力确定后，再对整个井壁进行清洗；对井壁已发生塌陷或空洞处，不得采用高压水流冲洗暴露的土体，防止出现水土流失导致坍塌。

6.4 质量检验

I 主控项目

6.4.1 功能性修复和预处理过程中不得对原检查井、工作坑及管道造成损伤，且不得对周边土体造成明显扰动。功能性修复和预处理后，原有管道内壁应无影响修复施工的缺陷，并符合本规程第 6.1.6、6.3.8、6.3.5、6.3.16、6.3.19 的规定。

检查方法：观察或探地雷达检测、CCTV 检测；检查预处理施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

6.4.2 现场搅拌好的浆液应进行抽样检验，性能符合设计要求。

检查方法：第三方检验。

检查数量：每单位工程按同一厂家、同一批次，取样数量不应少于一组。

II 一般项目

6.4.3 踏步应安全稳固，不得断裂、松动。

检查方法：观察，检查施工记录。

检查数量：全数检查。

6.4.4 检查井内流槽应平顺，满足过流要求，外观不得有裂缝、破损。

检查方法：观察，检查施工记录。

检查数量：全数检查。

7 紫外光原位固化法

7.1 一般规定

7.1.1 紫外光原位固化法工程应依据管道检测评估报告进行设计和施工，施工应符合现行国家行业标准《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6 的相关规定。

7.1.2 紫外光原位固化法修复工程施工前应对原有管道进行预处理及功能性修复或结构性局部修复。

【条文说明】

紫外光原位固化法修复工程施工前，应对原有管道进行预处理，并满足以下要求：

(1) 预处理后的原有管道内应无沉积物、垃圾及其它障碍物，不应有影响施工的积水和渗水；

(2) 管道内表面应洁净，应无影响干软管拉入的附着物、尖锐毛刺、突起；

(3) 管道有沉降、变形、破损和接头错位的部位，应先进行复位和局部修复处理；

(4) 管道内部敷设的其它管线，应查明其权属、材质、输送介质等关键信息，并联系产权单位进行迁改或废除处理；

(5) 应对预处理后的管道进行电视（CCTV）检测，确保管道经预处理后已满足紫外光固化法修复施工要求，并留存检测记录。

7.1.4 紫外光原位固化法修复完成后内衬管应紧密贴合原有管道，应对内衬管端口进行密封处理。修复后的管道应满足日常的疏通养护作业需要。

7.1.5 紫外光原位固化法修复后的管道使用年限应符合现行行业标准《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210 的有关规定。

【条文说明】

《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210 要求管道结构性修复更新后使用寿命不得低于 50 年是与工程结构可靠度统一标准一致；如果原有管道的剩余结构强度无法满足对半结构性修复内衬管在使用期限内进行有效的支撑，应按结构性修复设计内衬管。

7.2 材料

7.2.1 原材料、半成品和成品的性能应符合现行国家标准《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统第 4 部分：原位固化内衬法》GB/T 41666.4 的有关规定和设计文件要

求。

7.2.2 内衬软管在运输、拆卸和储藏过程中,应采取避光和控温措施。

【条文说明】

玻纤软管应在恒温恒湿的环境下存储,应避免空气及水分进入树脂,稳定的环境有助于内衬材料的性能稳定。在运输拆卸和保管过程中,也应时刻注意避光和控温措施,防止玻纤软管提前固化。如果施工现场的温度超过 30℃或者低于 10℃,则不能将材料长时间存放在施工现场,应在配备空调的集装箱或临时库房内暂存,或临近施工将其运送至施工现场,可采用保温车运输。

7.2.3 内衬软管不应存在可见的外膜破损、长度错误、局部硬块、流胶、缩径、壁厚不均等缺陷。

【条文说明】

灌胶均匀时,玻纤软管材料显示透光性好,整段材料内部树脂均清晰可见,无阴影,无黑斑。灌胶不均匀时,玻纤软管会出现大面积阴影(黑斑),而且阴影面积越大,导致光线无法通过,从而出现固化缺陷。如果灌胶不均匀,在加压过程中,由于部分材料没有被树脂浸润,无法产生固化反应,材料局部内壁呈现泛白现象。

7.2.4 施工替换绳宜采用芳纶材料,并应符合现行国家标准《纤维绳索聚酯 3 股、4 股、8 股和 12 股绳索》GB/T 11787 的有关规定。

【条文说明】

替换绳需要预埋在软管内,用于在施工过程中替换紫外光灯架牵引绳。

7.2.5 垫膜宜采用高密度聚乙烯材料,并应符合现行国家标准《土工合成材料聚乙烯土工膜》GB/T 17643 的有关规定。

【条文说明】

垫膜宜提前放入原有管道底部防止玻纤软管在拉入过程中受到损伤。

7.2.6 灯膜宜采用与内衬软管内膜相同材质的筒膜。

【条文说明】

灯膜与软管一端连接,在灯架送入时,用于保护灯架宜采用与玻纤软管内膜相同材质的筒膜。

7.2.7 扎头布宜采用聚乙烯复合材料,并应符合现行国家标准《土工合成材料聚乙烯土工膜》GB/T 17643 的有关规定。

7.2.8 树脂应符合现行国家标准《纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂》GB/T 8237 的有

关规定，不应使用邻苯型不饱和聚酯树脂。

【条文说明】

不饱和聚酯树脂具有良好的耐化学腐蚀性和物理性能是最早用于原位固化修复的树脂，多为热固性树脂。乙烯树脂和环氧树脂由于具有较强的耐腐蚀能力、抗溶解性和高温稳定性能，多用于工业管道和压力管道。紫外光固化树脂系统包含树脂、增稠剂、固化剂和光引发剂，树脂的用量应根据软管规格以及所用材料的孔隙率综合计算。树脂系统应以黏度为控制性指标，较低的黏度可以减少浸润过程中吞入的气泡，使树脂具有良好的浸润性和触变性能，拥有更好的力学性能和外观。玻璃纤维还可以通过添加浸润剂来增进与树脂之间的相容性与黏结性。本部分规定了树脂类型选用依据、树脂浇注体性能和树脂耐化学腐蚀性能，与现行行业标准《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210 保持一致。

7.2.9 内衬管的耐化学腐蚀性检验应符合现行国家标准《塑料耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547 的有关规定，并应符合下列规定：

- 1 耐化学性的检测浸泡时间应为 28d，试验温度应为 $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 浸泡典型介质可选择 H_2SO_4 溶液或 NaOH 溶液进行测试；
- 3 试件浸泡完成后，应分别符合本规程第 7.3.6 条的规定检测试样的弯曲强度和弯曲模量，检测结果不应小于内衬管初始弯曲强度和弯曲模量的 80%。

【条文说明】

浸泡介质的浓度为质量分数，酸性浸泡介质可选择 5.0% 浓度或 pH 为 1 的 H_2SO_4 溶液，碱性浸泡介质可选择 0.5% 浓度或 pH 为 10 的 NaOH 溶液。

7.3 施工

7.3.1 内衬软管拉入前应在原有管道底部铺设垫膜。垫膜宽度应大于原有管道周长的 1/3，长度应超出修复管段长度 500mm，拉入后的垫膜不应发生断裂、堆积、表面无磨损或划伤，并应在两端锚固。垫膜上宜喷洒对原有管材无腐蚀性、可生物降解的润滑液体。

【条文说明】

铺设垫膜是为了避免在下料过程中，玻纤软管与管底摩擦而损坏。垫膜的覆盖面积大于原有管道 1/3 周长，长度控制在两端各超出原有管道 500mm~600mm。为了避免垫膜在拉入过程中打转，使用万向吊环连接绳索，并包裹在垫膜内，采用检测机器人或冲洗设备引入牵引绳，待垫膜完全拉入后，再次检查确认垫膜的位置，确认无误后将其固定在原有管道中，避免下料过程中产生摩擦力使其发生位移。在垫膜上喷洒非腐蚀性可生

物降解的润滑液体，可以减少玻纤软管在拉入和加压膨胀的过程中遇到的摩擦力，使玻纤软管更好地延伸。

7.3.2 内衬软管端头应对折后拉入原有管道，对折部分应绑扎保护垫膜，拉入过程中不应出现堆积或翻转，拉入速度不应大于 5m/min。

【条文说明】

绑扎过程中还需注意不要损伤玻纤软管，设置两道以上的轧带，保证在牵引过程中不发生脱落现象，用 U 形吊装环连接吊装带与钢丝绳套，利用检测机器人将钢丝绳拉入管道，并与卷扬机连接。玻纤软管拉入时，管段上下游井口处应有工作人员相互配合，应控制卷扬机转速，玻纤软管拉入速度不应大于 5m/min，不得出现堆积或翻转。

7.3.3 当内衬软管管径大于等于 800mm 时，内衬软管拉入宜采用送料平台辅助。

7.3.4 拉入完成时，内衬软管两端应伸出原有管道，长度不应小于 300mm。

【条文说明】

由于拉入式原位固化法软管固化时，两端的固化效果较差，因此为了保证修复效果和质量，湿软管必须伸出待修复的管道端口一定长度，在软管固化成型后，应将该段伸出部分去除。

7.3.5 内衬软管两端裸露部位应安装相应匹配的扎头布。跨井段施工时，中间检查井裸露的玻纤软管应安装拉链扎头布，且扎头布伸入原有管道长度应大于 250mm。

7.3.6 扎头绑扎应牢固，不应破坏内衬软管内膜，绑扎完成后，应对气体接口、压力传感器接口等连接处进行密封性检查。

【条文说明】

捆绑扎头布是为了保证玻纤软管外露部分在充气时不致过度膨胀和爆裂，扎头绑扎过程中不得破坏玻纤软管内膜。内膜是高分子膜材料，石块、金属等尖锐物容易将其划伤或破坏。内膜划破后，会产生以下两方面不利影响：

(1) 在施工过程中，如管道内部有水渗入，水分在内膜破损处渗入树脂和玻纤层，影响紫外光与树脂的固化效果，导致固化后渗水的材料部分形成泛白情况。材料固化不充分即无法达到材料预期设计的强度，从而导致施工缺陷；

(2) 向材料内部充气时，气体会从内膜划破的地方进入树脂和玻纤层，尚未固化的树脂会被吹散，吹散的区域亦会造成大片材料泛白的情况，甚至玻纤裸露，导致材料无法达到其该有的强度，最终导致施工缺陷；

(3) 绑扎应紧实且牢固，避免在充气过程中发生崩脱现象可通过设置在扎头上的压力

传感器检查密封性。

7.3.7 第一次充气过程中充气管、测压管等连接处应密封，充气压力不应低于内衬软管使用说明书规定的最低气压值，且撑起后应保压 10min~30min。

【条文说明】

充气用时和保压时间，要根据层压材料的温度、内衬软管的厚度以及管道的形状确定。特别是冬季温度偏低或者材料层壁厚偏厚，以及异形管道的情况，有必要将保压时间延长。气压不足时，会导致材料不完全舒展，厚薄不均，灯架行驶时可能会因为材料不平整而受阻，扯破内膜；或者材料堆叠处因树脂过多玻纤层过少，影响固化后的弹性模量。气压过高时，则可能导致扎头盖板飞出，扎头布绷开；如管道内有错位、脱节、破洞，则可能导致内衬材料爆裂。

7.3.8 紫外光灯架应与内衬软管管径相匹配，送入紫外光灯架过程中不应损坏内膜。

【条文说明】

由于紫外光固化工艺采用的树脂体系是光固化树脂体系，紫外光的吸收率决定着树脂固化效果，内衬管管径越大、壁厚越厚越不利于树脂的固化，因此应严格根据玻纤软管制造商给出的管径和壁厚选择合适的紫外光灯架，以满足辐照强度和辐照剂量要求，按照操作系统手册控制紫外光灯的相关工艺参数；通过合理控制紫外光灯前进速度使树脂充分固化。

送入紫外光灯架时，将灯膜罩（空气锁）在紫外光灯架外，在充气状态下将灯架缓慢送入，检查井内的操作人员需配合细致，避免灯架将内膜划破或绳索缠绕灯腿。

7.3.9 第二次充气前应再次检查内衬软管各连接处的密封性；充气过程中，气压应缓慢升高，使内衬软管充分膨胀扩张紧贴原有管道内壁，各管径的压力值宜符合表 7.3.9 的要求。

表 7.3.9 内衬软管充气压力操作要求

管径（mm）	充气压力（kPa）	增压次数（次）	每次增压（kPa）	保压时间（min）
150~200	50~60	8~10	4~6	3~5
250~350	45~55			
400~500	44~50			
600~700	30~40	10~12	3	4~6
800~900	25~30			
1000~1800	20~30	6~8	3	7~9

【条文说明】

充气用时和保压时间，应根据环境温度、玻纤软管的厚度以及管道的形状确定。特

别是冬季温度偏低或者材料层壁厚偏厚,以及异形管道的情况,保压时间需延长至 15min。气压不足时,会导致材料不完全舒展,厚度不均,灯架行驶时可能会因为材料不平整而受阻,扯破内膜;或者材料堆叠处因树脂过多、玻纤层过少,从而影响固化效果。气压过高时,有可能导致扎头盖板飞出,扎头布绷开;如管道内有错位、脱节、破洞等问题,则可能导致内衬材料爆裂。

7.3.10 紫外光原位固化修复设备使用应符合下列规定:

- 1** 施工前,应对紫外光灯架外观进行检查,灯架及脚轮应无异物或树脂残留,并应对紫外光灯管进行清洁处理;
- 2** 紫外光灯宜采用波长范围为 315nm~420nm 的高压汞灯,并应配备在线辐照计;
- 3** 紫外光灯每运行 150h 后应检查一次,当辐照强度衰减超过 30%时,应更换紫外光灯管;
- 4** 紫外光灯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。

【条文说明】

每隔 150h 就检查一次紫外光灯。利用带有经过检测的标准紫外光灯和测量传感器的测量系统进行比较测量。每只紫外光灯管的检测记录可参考同类型紫外光灯管的批号、编码代号等。

7.3.11 紫外光原位固化修复设备应具备采集和存储施工过程中静态和动态数据的功能。

7.3.12 在扎头上应配备压缩空气接口、辅助气体接口、调压阀及压力传感器接口,扎头应与内衬软管尺寸相匹配。

【条文说明】

扎头盖板应由扎头、开槽圈、盖板三部分组成,扎头上应配备高压气体接口,辅助气体接口及压力感应接口,应在使用时和软管尺寸相匹配,扎头绑扎时在两端应各用 2~3 根轧带固定,防止扎头滑出。

7.3.13 风机应具备气压调节功能,气压范围宜为 20kPa~100kPa。

【条文说明】

管径为 300mm~1600mm 的玻纤软管的操作压力范围为 20kPa~60kPa,一般风机的最大正排气压为 100kPa,风机在工作中需要缓慢鼓气,应具备变频调节的功能,从而控制出风量。为满足管径范围内玻纤软管的充分胀开,本条规定空气压缩机的可调气压范围

宜为 20kPa~100kPa。

压力记录可以监控施工团队是否按施工手册的要求分梯度加压、保压时间是否足够、目标压力是否达到、固化结束以后是否按要求缓慢降压降温等。

7.3.14 供电设备在运转前应保证支垫平稳,运转过程中不得移动,应配备防雨防风设施;供电设备仪器仪表应定期进行检查,确保在固化过程中持续稳定供电。

【条文说明】

供电设备在运转前应保证支垫平稳,运转过程中严禁移动。当在雨期、台风季节使用供电设备时,应有防雨、防风设施;操作人员应定期检查仪表,供电设备在固化过程中应能持续稳定的供电。

7.3.15 固化时施工中紫外光灯持续辐照功能应正常,径向辐照应均匀。

【条文说明】

紫外光的辐照强度会随着辐照距离的改变而改变,在相同辐照时间内,如果紫外光灯并非处在管道的中心位置,内衬管内壁受到的辐照剂量就会有所差异,辐照不均匀,导致内衬管不能均匀完整地固化。

7.3.16 固化过程应监控内衬管壁的温度,实时调整紫外光灯架前进速度和充气设备进气量,管壁反应温度宜控制在 80℃~120℃之间,管壁辐照剂量应满足厂家最低剂量要求。

【条文说明】

固化过程中固化温度过高会导致内衬管中存在泡状凸起,使得内衬管很容易被磨损,严重降低了内衬管的使用寿命。因此,在整个固化过程中要留意管壁的温度。通过控制反应温度,可以直观的判断紫外光固化的程度,通常温度宜保持在 80℃~120℃之间,如果超出该范围,应及时调整固化前进速度和充气量。

7.3.17 内衬软管固化完成后,应缓慢降低管内压力至常压,降压时间不应小于 15min。

【条文说明】

固化完成后,依次关闭各盏紫外光灯,相邻两灯的关闭间隔应与开启间隔相同,降压时间不得低于 15min。随后拆除滚筒和滑轮,再拆除充气管、扎头端盖,收缩灯腿,取出紫外灯架,并卸下控制电缆和牵引绳,最后用紫外光灯架牵引绳将内膜扎紧并拉出。

7.3.18 管道固化施工完成后,应对内衬管起点和终点端部进行切割,切割处应整齐,并宜露出原有管道 20mm~50mm。

7.3.19 内衬管与原有管道的端口位置应进行密封处理,处理完成后应对端口进行清洁。

【条文说明】

内衬管与管井端口是修复质量控制的重点部位，处理不当或不处理会造成渗漏或侵蚀，可采用树脂混合物对端头进行密封处理，并进行有效固化。

7.3.20 施工完成后，应将内膜拉出。

7.4 质量检验

7.4.1 内衬管样品宜在中间检查井处截取；当在端部取样时，应在扎头处预留不小于300mm内衬管，沿轴向进行切割或按设计要求取样；受现场条件限制无法截取时，应采用同批次同规格软管在同等固化条件下制作。

7.4.2 内衬管取样尺寸及数量应符合表 7.4.2 的规定。

表 7.4.2 内衬管取样尺寸及数量

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： （周向长度×轴向长度） em<10mm 内衬管：200mm×300mm em≥10mm 内衬管：400mm×300mm 同三点弯曲测试	1
	弯曲模量		
厚度测量	平均厚度 em		
拉伸试验	抗拉强度	施工现场采集样块尺寸： （周向长度×轴向长度） 200mm×300mm	1

注：取样要求为最小取样尺寸。

7.4.3 内衬管样品送检应符合下列规定：

- 1 应由第三方检测机构进行检测，并出具检测报告；
- 2 每个样品应有样品说明单，且样品说明单应包括下列信息：
 - 1) 内衬材料、尺寸、树脂类型、载体材料、内衬生产商；
 - 2) 施工日期、采样日期、批次编号；
 - 3) 采样位置、采样方法；
 - 4) 测试委托方、施工方签字确认。

I 主控项目

7.4.4 预处理后，原有管道内壁应无影响修复施工的缺陷，并应符合本规程第 7.4 节的规定。

检查方法：观察或 CCTV 检测；检查预处理施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

7.4.5 内衬软管等主要材料和固化设备进场应符合本规程第 7.2.1~7.2.10 条和 7.2.10~7.2.14 条的规定和设计要求，质量合格证书、性能检测报告和使用说明书等质量证明文件应齐全。说明书应包含满足内衬管有效固化的光源种类、波长、辐照剂量、工作压力等施工参数。

检查方法：人工检查。

检查数量：全数检查。

7.4.6 内衬管样品应避光储存，送检，短期力学性能应符合表 7.4.7 的规定和设计要求。巴氏硬度测试方法应符合现行国家标准《增强塑料巴柯尔硬度试验方法》GB/T 3854 的有关规定。管壁的密实性、耐腐蚀性测试方法应按现行国家标准《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统第 4 部分：原位固化内衬法》GB/T 41666.4 进行测试。

检查方法：第三方检验。

检查数量：每个施工段内衬管应按同一厂家、同一批次、同一管径，每 200m 为一批，抽样不应少于一组，或者按照设计要求进行取样检测。

【条文说明】

样品取出后，应严格密封避光保存，并在建设或监理单位监督下送检，以确保内衬管性能检测的真实性。应符合本规程第 7.3.6 条的规定的短期力学性能进行检测。

固化试样的力学性能达不到要求可能是由以下原因造成的：(1)内衬软管浸润过程中的树脂用量不足；树脂浸润不密实，稀释剂、填充剂添加过多；(2)原管道预处理不到位，凸起物导致内衬管壁变薄，厚度不达标，甚至局部渗漏导致树脂流失；(3)固化时紫外灯强度不够，固化反应不彻底。在远离光源的一侧，存在固化不完全的潜在问题。

因此要求严控树脂浸润工艺，对原管道缺陷进行严格预处理，确保固化过程中的光照度、温度和速度，并保持足够长的固化反应时间。

固化完成后，内衬管内外侧的硬度应一致，偏差不应高于 10%，用于验证固化的完整性。

7.4.7 内衬管的短期力学性能应符合表 7.4.7 的规定。

表 7.4.7 内衬管短期力学性能

性能指标	性能要求	试验方法
弯曲强度	≥125	现行国家标准《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449
弯曲模量	≥10000	现行国家标准《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449
抗拉强度	≥80	现行国家标准《塑料拉伸性能的测定第 4 部分：各向同性和正交各向异

检查方法：第三方检验。

检查数量：每个施工段内衬管应按同一厂家、同一批次、同一管径，每 200m 为一批，抽样不应少于一组，或者按照设计要求进行取样检测。

【条文说明】

本规程参考了国内外标准，在《紫外光固化修复技术规程》ASTMF2019 标准的基础上适当提高，采纳了弯曲强度、弯曲模量和抗拉强度指标限值为 125MPa，10000MPa 和 80MPa。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。

7.4.8 修复后内衬管的整管壁厚应符合设计要求。壁厚检验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。

检查方法：用测厚仪、卡尺、钢尺等量测。

检查数量：修复管段的两个端头，每个端头断面沿环向均匀间隔至少 4 个测点。

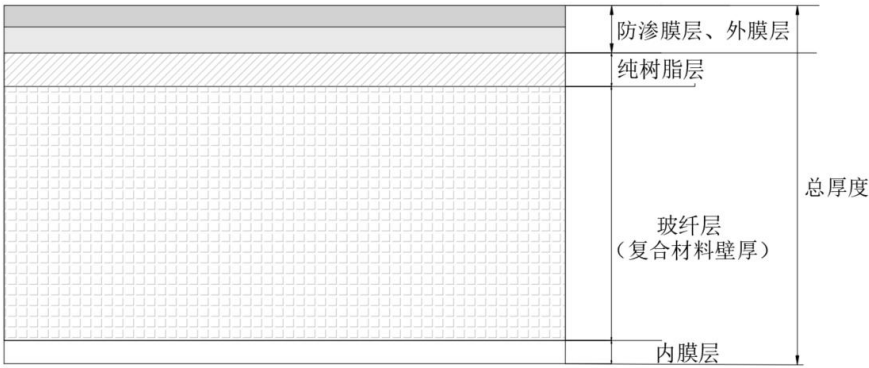


图 7.4.8 内衬管管壁结构

【条文说明】

壁厚是原位固化材料的关键指标之一。设计壁厚时要综合考虑原有管道直径、破损程度、地下水压、过水压力等病害情况和环境影响因素，应按最差的条件进行设计。复合材料的壁厚应按总厚度减去内外膜进行确定，如图 7.4.8 所示。通过显微镜仔细观察各个层间的分界点，量取各层的厚度值。

7.4.9 修复后的内衬管应与原有管道紧密贴合，无缝隙。

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。

7.4.10 因施工原因产生的环形褶皱、纵向褶皱、局部隆起检查应符合下列规定：

- 1 局部划伤、磨损、气泡或干斑的出现频次每 10m 不应多于 1 处。

2 管道直线段最大褶皱的高度不应大于 0.02D 或 6mm 中的较大值。

检查方法：观察或 CCTV 检测。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

7.4.11 修复后管道内壁应光洁、平整、线性、无明显凸起；接口、接缝应平顺，新旧管道过渡应平缓。

检查方法：观察或 CCTV 检测。

检查数量：全数检查。

7.4.12 内衬管道端部切口应平齐，无松动、无明显贴合缝隙。

检查方法：观察；检查施工记录。

检查数量：全数检查。

7.4.13 内衬管两端与原有管道间的环状空隙应做密封处理无缝隙。

检查方法：观察或 CCTV 检测；对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

8 螺旋缠绕内衬法

8.1 一般规定

8.1.1 机械制螺旋缠绕法可用于各类断面形式、各种材质的排水管 (渠)的修复。

8.1.2 机械制螺旋缠绕法按工艺可分为扩张型、定径式钢塑加强型、机头行走型 3 种,其中扩张型宜用于 DN200~DN800mm 圆形管道的修复,定径式钢塑加强型宜用于 DN400~DN3000mm 圆形管道的修复,机头行走型宜用于不规则的边长在 800~5000mm 之间任意形状管道的修复。

8.1.3 原有管道预处理后应符合下列规定:

- 1 原有管道应顺直,最大弯曲角度不宜大于 15° ;
- 2 在进行内衬施工前,应对预处理后的管道进行 CCTV 检测,管道内应无障碍物,管壁的残留物不宜超过 10mm,检查结果作记录并保存。

8.1.4 施工窗口应满足施工设备和材料进入的尺寸要求。

8.1.5 采用钢塑加强法和机头行走法时应对环形间隙进行注浆处理,扩张型可根据需要对环形间隙进行注浆处理。

8.1.6 管道修复完成后,应对内衬管的端口及与检查井的接口处进行处理。

8.1.7 螺旋缠绕所用原材料、半成品和成品的性能及尺寸应符合国家相关标准规定和设计要求,并应具有质量合格证书、性能检测报告和使用说明书。

8.1.8 螺旋缠绕内衬法使用的 PVC-U 带状型材应连续缠绕在卷筒上储存和运输。

8.1.9 螺旋缠绕内衬法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。

8.1.10 应按现行行业标准《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6、《城镇排水管道与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68 的有关规定制定施工方案并采取相应的安全措施。

8.1.11 施工前,应查明上游水流控制条件,提前采取措施管控管道上游来水。施工过程中应时刻注意管道内水流情况,如果管道内的水位持续上涨,下井作业人员应立即从管道内撤出,确保人员安全。

8.1.12 螺旋缠绕内衬法带水作业时,下井人员应配置安全带、防毒面具、防护服等安全装备,并应在地面设专人与下井人员沟通。

8.1.13 当施工环境温度低于 0°C 时,应采取封闭保温措施,确保带状型材表面温度在

0℃以上。

8.2 材料

8.2.1 材料应符合现行国家标准《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统第 7 部分：螺旋缠绕内衬法》GB/T 41666.7 的有关规定和设计要求。

8.2.2 带状型材初始力学性能应符合表 8.2.2 的规定。

表 8.2.2 PVC-U 带状型材力学性能

性能指标	单位	性能要求	试验方法
弯曲强度	MPa	≥58	现行国家标准《塑料弯曲性能的测定》GB/T 9341
拉伸弹性模量	MPa	≥2500	现行国家标准《塑料拉伸性能的测定第 2 部分：横塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T 1040.2
屈服应力	MPa	≥35	
拉伸断裂标称应变	%	≥40	
简支梁缺口冲击强度	KJ/m³	≥10	现行国家标准《塑料简支梁冲击性能的测定第 1 部分：非仪器化冲击试验》GB/T 1043.1
维卡软化温度	℃	≥75	现行国家标准《热塑性塑料维卡软化温度（VST）的测定》GB/T 1633
密度	kg/m³	1350~1460	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/T 1033.1
K 值			
VCM 残留量			
邻苯二甲酸酯类增塑剂含量			
灰分			

带状型材应使用未增塑硬聚氯乙烯（PVC-U）材质，生产型材的原材料应以聚氯乙烯（PVC）新料为主，仅可使用含有利于型材性能且满足带状型材要求的添加剂。

8.2.3 定径式钢塑加强型钢带力学性能应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 定径式钢塑加强型钢带力学性能

性能指标	单位	性能要求	试验方法
弹性模量	MPa	≥193	现行国家标准《金属材料弹性模量和泊松比试验方法》GB/T 22315（静态法）
材质	—	不锈钢，Ni 含量大于 1%	《不锈钢多元素含量的测定电感耦合等离子体原子发射光谱法》YB/T 4396

8.2.4 机头行走式钢带力学性能应符合表 8.2.4 的规定。

表 8.2.4 机头行走式选用钢带力学性能

性能指标	单位	性能要求	试验方法
抗拉强度	MPa	≥215	现行国家标准《金属材料拉伸试验第 1 部分：室温试验方法》GB/T 228.1
断裂伸长率	%	≥22	

8.2.5 带状型材和钢带外观质量应符合下列规定：

- 1 型材内表面应光滑、平整，无裂口、凹陷或其他影响型材性能的表面缺陷，型材中不应含有可见杂质，外表面应布设 T 型加强肋，内表面应喷码，喷码内容应至少包括实时米数、产品规格、执行标准、品牌等；
- 2 型材的最小内层壁厚不应小于 1.5mm；
- 3 除工程特殊需求或待修复管段实际所需数量较少外，每卷型材的长度不宜小于 2000m；
- 4 公母锁扣接缝密封材料应均匀连续，与型材粘结牢固；
- 5 钢带表面应无裂纹、麻面、凸泡或脱皮，厚度应均匀，允许偏差应为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

8.2.6 PVC-U 带状型材耐腐蚀性能应符合现行国家标准《硬聚氯乙烯（PVC-U）管材二氯甲烷浸渍试验方法》GB/T 13526 的有关规定，测试样品应无破坏。

定径式钢塑加强型钢带性能应符合国家标准 GB/T 3280 中的要求。机头行走式钢带性能应符合现行国家标准 GB/T 2518 的要求。

【条文说明】

定径式钢塑加强型工法仅可用于圆形管道修复，因此宜使用标号为 304 及以上的不锈钢钢带，性能应符合现行国家标准 GB/T 3280 中的要求。行走式螺旋缠绕内衬法应在连续型材生产过程中预附钢带，由于行走式螺旋缠绕内衬法可用于修复异形管道，因此可视工况及设计要求使用镀锌钢带或不锈钢钢带，所用普通钢带的性能应符合现行国家标准 GB/T 2518 的要求。

8.2.7 密封材料应与型材粘结牢固。带状型材的接缝密封材料应为新料，用作接缝密封材料的热塑性弹性体（如 EPDM、有机硅类），应符合 GB/T 41666.7 的规定。

8.2.8 采用定径式钢塑加强型工法时，注浆材料中使用的水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。采用机头行走型工法时，注浆材料性能应符合表 8.2.7 的规定。

表 8.2.8 注浆材料性能

性能指标	单位	性能要求	试验方法
抗压强度，28d	MPa	>30	现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
截锥流动度 30min	mm	≥ 310	

【条文说明】

对于钢塑加强法工艺，内衬管道为独立结构管设计，管道自身强度高，注浆的作用为填充环形间隙。

8.2.9 在带水作业的情况下，注浆材料应满足遇水不分散、不离析、微膨胀等性能的特殊注浆材料。

8.3 施工

8.3.1 修复材料进场时应进行验收，应检查每批产品的质量合格证书、性能检测报告和使用说明书，并核对材料品种及型号、生产企业。进场材料验收应符合下列规定：

- 1 带状型材外观检查不应少于进场总量的 1/3，并应符合本规程第 8.2.5 条的规定；
- 2 带状型材的宽度、高度和壁厚的测定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，测定结果应满足产品说明书的要求；
- 3 应对不同生产批次的带状型材进行性能抽样检验，力学性能结果符合本规程第 8.2.2 条的规定。

8.3.2 施工时，应对过程实时监控，当型材及内衬管发生破损、弯曲时，应及时停止作业并更换型材。施工时环境温度低于 10℃时，宜采取封闭保温措施，并应符合下列规定：

- 1 内衬管缠绕过程中，钢带应同步安装在带状型材外表面，与型材公母锁扣处嵌合牢固；
- 2 当型材截断后进行再连接时，应确保焊缝翻边均匀，焊接牢固；
- 3 螺旋缠绕作业应平稳、匀速进行，锁扣应嵌合、连接牢固。

8.3.3 带水作业时，管道内水流应符合下列规定：

- 1 管道内水深不宜大于 500mm，且充满度不宜超过管径的 50%；
- 2 水流速度不宜大于 0.5m/s。

8.3.4 螺旋缠绕内衬法所用缠绕机应能在地面拆分，井下组装。

8.3.5 缠绕机组由缠绕笼和缠绕机头组成，可拆分组装，施工时可根据原有管道的管径选择缠绕笼。

8.3.6 扩张式螺旋缠绕工艺应符合下列规定：

- 1 螺旋缠绕设备应固定在起始检查井中，且设备轴线应与管道轴线对正；
- 2 内衬管的缠绕成型及推入过程应同步进行，直到内衬管到达目标检查井；
- 3 内衬管缠绕过程中，应在主锁扣和次锁扣间放置切割线，并在主锁扣中注入密封材料；
- 4 内衬管在扩张前应将末端固定；
- 5 切割线抽拉和扩张应同步进行，直至整个施工段内衬管扩张完毕；
- 6 扩张开始和完成时应分别在管两端的环形间隙内注入聚胺脂发泡胶，扩张完成后

应对端头和检查井用快干水泥抹平；

7 应检验和记录缠绕速度和行走速度。

8.3.7 定径式螺旋缠绕内衬法施工应符合下列规定：

- 1 螺旋缠绕设备应固定在起始检查井中，且设备轴线应与待修复管道轴线对正；
- 2 内衬管的缠绕成型及推入过程应同步进行，直到内衬管到达目标工作坑或检查井；
- 3 内衬管缠绕过程中，应平稳、匀速进行，钢带应同步安装在带状型材外表面，与型材公母锁扣处嵌合牢固；
- 4 当型材截断后进行再连接时，应采用焊接或对接的方式进行连接，连接应牢固；
- 5 在缠绕作业的持续过程中，应同步检查密封胶的是否完好，确保其形成连续的密封层。

8.3.8 机头行走式螺旋缠绕内衬法施工应符合下列规定：

- 1 螺旋缠绕设备安装在管道内时，其轴线应与待修复管道轴线对正；
- 2 可通过调整螺旋缠绕设备获得所需要的内衬管直径；
- 3 螺旋缠绕设备的缠绕与行走应同步进行；
- 4 螺旋缠绕作业应平稳、匀速进行，锁扣应嵌合、连接牢固。
- 5 当型材截断后进行再连接时，可通过自带的钢片插入另一边型材完成。

8.3.9 当管道断面为非圆形时，机头行走式螺旋缠绕工艺修复后内衬管倒角处的曲率半径按表 8.3.9 的规定取值。

表 8.3.9 倒角处的曲率半径要求

短边边长 (L)	倒角处的曲率半径 (R) 要求
$800\text{mm} < L \leq 1000\text{mm}$	$R \geq 250\text{mm}$
$1000\text{mm} < L \leq 2000\text{mm}$	$R \geq 300\text{mm}$
$2000\text{mm} < L \leq 3000\text{mm}$	$R \geq 400\text{mm}$
$3000\text{mm} < L \leq 5000\text{mm}$	$R \geq 600\text{mm}$

8.3.10 当原有管道内部已有内衬管道、原有管道内有弯曲、错台等导致缠绕管无法到达接收检查井时，可在原有管道中进行对接，对接时两段管道的距离不应超过 200mm，对接处应使用高强水泥填平，封口处应进行防腐处理。

8.3.11 环形间隙灌浆前宜采取防止内衬管上浮的支护或固定措施。

8.3.12 内衬管直径小于 800mm 时，宜采取充水、放置重物的防浮措施。

8.3.13 内衬管直径等于或大于 800mm 时，宜在内部安装支架作为支撑，防止灌浆压力引起内衬管屈曲。当内衬管内部没有支撑时，最大注浆压力应满足下式的要求：

$$P_{zj} \leq \frac{24EI}{(1-\mu^2)D^3} \frac{C}{N} \quad (8.3.13)$$

式中： P_{zj} ——设计注浆压力，MPa；
 EI ——内衬管的刚度系数，MPa·mm³；
 E ——内衬管的初始弹性模量，MPa；
 I ——内衬管的惯性矩，mm⁴/mm；
 N ——安全系数，推荐值为 2.0；
 D ——内衬管的平均直径，mm；
 M ——内衬管的泊松比，取 0.38；
 C ——椭圆度折减系数。

8.3.14 单个修复段的理论注浆总量按下式计算：

$$Q = \frac{l}{4} \pi (R^2 - D^2) L \quad (8.3.14)$$

式中： Q ——单个修复段的理论注浆总量，m³；

R ——原管道内径，m；
 D ——内衬管平均直径，m；
 L ——单次注浆段管道长度，m。

8.3.15 定径式和机头行走式注浆施工时应符合下列规定：

- 1 施工前应根据注浆段实际长度计算设计注浆量；
- 2 应放在管道两侧环形间隙 2 点、10 点、12 点的位置分别埋设注浆管，一侧用于注浆，另一侧用于放气和观察；
- 3 注浆前应对内衬管进行支护或采取其他保护措施；
- 4 注浆压力不应超过设计注浆压力，一般不超过 0.15MPa；
- 5 注浆宜从管段低点处向高点处注入；
- 6 注浆宜采用分次注浆法，推荐次数≥3，小口径管道可每次均分注浆，大口径管道宜采用阶梯增多式注浆，且每次增加的注浆量不宜超过 10%；
- 7 首次注浆量应根据内衬管自重、管内水量进行计算，应严格控制首次注浆量，不得超过设计注浆量；
- 8 第二次注浆应至少在首次注浆浆液初凝后进行，推荐间隔时间≥12h；
- 9 现场应制定相应的应急处预案，如注浆压力出现突然升降等异常现象时应立即停止注浆，应查明原因并采取处理措施。当出现冒浆、漏浆时应根据具体情况采取嵌缝、表

面封堵、降压、限流、限量、间歇灌注等方法进行处理；

10 施工中应观察注浆管的排气和冒浆情况，连续冒出水泥浆后方可封闭观察孔和注浆孔；

11 修复段距离大于 100m 时宜在内衬管顶部处开孔补浆；

12 注浆完成后应及时封堵注浆孔，并及时用清水清洗注浆管路系统；

13 若管内无流动水，有条件的情况下，推荐在每次注浆完成后对管内采取通风或通水作业，防止地下密闭空间下，浆液固化的水化热导致内衬管材料发生变形。

8.3.16 管道修复完成后，应对内衬管的端口及与检查井的接口处进行处理，并应符合下列规定：

1 内衬管起点和终点端口应切割整齐，突出部位长度不应大于 50mm；

2 应使用高强快干水泥封口，封口深度不应小于 150mm，且不应损坏内衬管。

8.4 质量检验

8.4.1 质量检验应符合现行国家标准《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统第 7 部分：螺旋缠绕内衬法》GB/T 41666.7 的有关规定。

8.4.2 型材样品宜在施工现场从型材卷轴上截取。受现场条件限制无法截取时，可采用和施工同批次型材制作的样品。

8.4.3 型材和内衬管样品送检应符合下列规定：

1 应由第三方检测机构进行检测，并出具检测报告；

2 每个样品应有样品说明单，且样品说明单应包括下列信息：

1) 内衬材料、型号、内衬生产商；

2) 施工日期、采样日期、批次编号；

3) 测试委托方、施工方签字确认。

I 主控项目

8.4.5 带状型材和钢带的规格、尺寸、外观应符合设计文件的要求和本规程的规定。

检查方法：材料进场时现场抽检。

检查数量：抽检数量不少于进场总量的 1/3。

8.4.6 带状型材、钢带和注浆材料的性能应符合设计文件的要求和本规程的规定。

检查方法：检查产品合格证、质量检测报告、产品使用说明书等。

检查数量：每一批材料进场检查一次。

8.4.7 内衬管的尺寸、异型内衬管的倒角应符合设计文件的要求和本规程的规定。

检查方法：当管道直径小于 800mm 时，应采用电视检测（CCTV），当直径不小于 800mm 时，可采用电视检测或人工测量。

检查数量：全数检查。

8.4.8 内衬管的刚度系数应符合设计文件的规定。

检查方法：检查成品的环刚度或刚度系数的检查报告。

检查数量：检查产品环刚度时，同一项目每种管径留样 1 组。检查刚度系数时，同一项目型材和钢带不同组合留样 1 组。

II 一般项目

8.4.9 原管道经预处理后，应无影响修复施工工艺的缺陷，原管道缺陷的预处理方案应满足施工工艺的要求。

检查方法：查看 CCTV 视频、预处理施工记录。

检查数量：全数检查。

8.4.10 内衬管内壁应线形平顺，不得出现纵向隆起、环向扁平和其他严重变形情况。

检查方法：采用 CCTV 检测或人工检查。

检查数量：全数检查。

8.4.11 修复后管道端口与原管道和检查井之间的连接应可靠，封堵应严密。

检查方法：采用 CCTV 检测或人工检查。

检查数量：全数检查。

8.4.12 注浆充满度应符合设计文件的规定。

检查方法：查阅注浆记录。

检查数量：全数检查。

9 原位热塑成型法

9.1 一般规定

9.1.1 原材料应符合下列要求:

- 1 所用材料为未增塑聚氯乙烯混配料;
- 2 可添加使用来自本厂的同一牌号的生产同种产品的清洁回用料。不应使用外部回收料、回用料。

9.1.2 每段内衬管材料均应在衬管上打印连续的永久性标志,标识的间隔不宜超过 5 米,标识至少应包括以下内容:

- 1 生产标准;
- 2 制造商或商标;
- 3 公称外径 $\times$ 公称壁厚;
- 4 材料:热塑成型内衬管;
- 5 生产批号。

9.1.3 包装应符合下列要求:

- 1 内衬管材料宜缠绕于钢制卷盘上,钢制卷盘应有承受衬管重量以及运输,装卸产生的作用力的结构强度;
- 2 内衬管缠绕时应保证产品标识在衬管的上方;
- 3 每个卷盘上缠绕的内衬管长度应满足施工长度要求。

9.1.4 存储与运输应符合下列要求:

- 1 内衬管材料长期储存应置于室内,避免阳光直接照射,远离热源。短期储存可露天存放,露天储存应用篷布遮盖;
- 2 内衬管材料应存放在平整的地面上,不得有大的尖锐石块、碎屑或垃圾,避免局部损害;
- 3 内衬管材料卷盘应固定,避免滚动,避免材料受外力挤压或碰撞;
- 4 内衬管材料应避免出现划痕,凹坑,破裂,扭结,折痕等局部损害;
- 5 内衬管材料的装卸和吊装应遵循相关行业规定;
- 6 在装载之前,应目视检查内衬管材料是否有损坏。

9.1.5 原位热塑成型管道修复技术可以应用于下列情况的管道非开挖修复:

- 1 断面形状可为圆形、蛋形和矩形管道;

- 2 管道直径 DN100mm-1200mm;
 - 3 待修管道的材质不限,可以用于包括混凝土管道,金属管道,塑料管道的修复。
- 9.1.6** 采用原位热塑成型技术进行结构性修复和半结构性修复及功能性修复的管道,其设计使用年限应不低于原有管道结构的剩余设计使用期限确定。
- 9.1.7** 排水管道热塑成型修复工程一般应按以下程序进行:
- 1 对原有管线及附属构筑物进行调查、检测、评估;
 - 2 根据评估结果进行修复工程设计;
 - 3 施工方案编制及施工准备;
 - 4 原有管道疏通、清理和缺陷预处理;
 - 5 修复施工;
 - 6 质量检验与验收。
- 9.1.8** 排水基础设施施工时,人员下井作业应按有关安全规定执行。
- 9.1.9** 施工单位应采用有效措施控制施工现场的各种粉尘、废气、废弃物以及噪音、振动等对环境造成的污染和危害。
- 9.1.10** 管道缺陷等级评估参考《城镇排水管道检测与评估技术规程(标准)》CJJ181。
- 9.1.11** 施工设备和动力要求应根据工程特点合理选用,并应有总体布置方案,应有满足施工要求备用的动力和设备。
- 9.1.12** 施工单位在开工前应编制施工组织设计,对分项、分部工程应分别编制专项施工方案。
- 9.1.13** 施工设备应根据工程特点合理选用,并应有现场总体布置方案,应有备用动力和设备。
- 9.1.14** 当管道内需采取临时排水措施时,应符合下列规定:
- 1 应按现行行业标准《城镇排水管道渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ68 的有关规定对原有管道进行封堵;
 - 2 当管堵采用充气管塞时,应实时检查管堵的气压,当管堵气压降低时应及时充气;
 - 3 当管堵上、下游有水压力差时,应对管堵进行支撑;
 - 4 临时排水设施的排水能力应满足修复工艺的施工要求。
- 9.1.15** 排水基础设施施工时,人员下井作业应按有关安全规定执行。

9.2 材料

- 9.2.1** 折叠内衬管内外表面应光滑、平整,无裂口、凹陷或其他影响内衬管性能的表面缺

陷。内衬管中不得有可见杂物。

9.2.2 内衬管长度不应有负偏差。出厂时,内衬管截面周长应为原有管道内周长的 80%~90%。

9.2.3 内衬管壁厚不应小于设计壁厚,壁厚不均匀度应小于 5%。

9.2.4 改性 PVC-U 内衬管蠕变比率不应大于 4.0。

9.2.5 试件浸泡完成后,应符合本规程第 9.4.8 条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值的 80%。

9.3 施工

9.3.1 材料进入施工现场时,应进行进场验收。

9.3.2 内衬管的预加热及拉入应符合下列规定:

- 1 应依据产品说明书对衬管材料进行预加热,衬管软化后方可拉入待修管道;
- 2 拉入前应检测卷扬机的绳索处于完好状态,卷扬机绳索与卷盘上的衬管应连接牢固,应在所有改变牵引方向处设置滚筒或定滑轮,滚筒或定滑轮应可靠固定,衬管材料与尖锐物体直接接触处应设置保护措施;
- 3 折叠内衬管材料应从管盘匀速展开拉入原有管道,拉入速度应根据衬管材料拉入时的温度、牵拉力及环境温度等因素确定和调整;
- 4 折叠内衬管拖入应在衬管软化状态时完成,当折叠内衬管在拉入中途冷却变硬时,应重新加热后再实施拉入。

【条文说明】

衬管预加热时间与衬管的长度、管径和预热方式相关,一般为 1h~3h,当衬管触摸柔软后即可准备拖入待修管道。

9.3.3 主要施工设备宜集成安装在箱式货车的车厢内,并应安装牢固。

9.3.4 蒸箱应设置独立封闭的空间,蒸箱内温度和压力应可调节,蒸汽发生器和储气罐应具有压力和温度过载保护功能。

9.3.5 内衬管的加热成型应符合下列规定:

- 1 内衬管的充气压力应控制在 0.01MPa-0.08MPa 之间,且保持压力稳定;
- 2 应通过下游的温度表实时监测管内的温度,内衬管成型过程中温度不宜大于 95℃;
- 3 应实时观察内衬管成型状况,内衬管紧贴于管道后,应停止送水蒸汽。

【条文说明】

衬管复原过程是在衬管软化状态完成的,逐渐关闭下游蒸汽管上的阀门,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。

9.3.6 内衬管冷却和端口处理应符合下列规定：

- 1 内衬管加热成型后，应在保持原有压力的情况下，将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，当温度降低到 40℃以下时，方可打开阀门，释放内衬管内的压力；
- 3 修复后，内衬管伸出原有管道的长度应大于 100mm，伸出部分宜呈喇叭状或按照设计要求处理。

【条文说明】

当设计有要求时，衬管末端可翻边至待修复管道的端口。

9.3.7 排水管道修复完成后，内衬管两端与原管道之间的环状间隙应进行密封处理。

9.4 质量检验

9.4.1 内衬管取样应符合本规程第 5.3.1 条的规定。

9.4.2 内衬管取样尺寸及数量应符合表 9.4.2 的规定。

表 9.4.2 内衬管取样尺寸及数量

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： (周向长度 × 轴向长度) 200mm × 300mm	3
	弯曲模量		
拉伸试验	拉伸强度断裂伸长率		
厚度测量	平均厚度 em		

注：取样要求为最小取样尺寸。

9.4.3 内衬管样品送检应符合下列规定：

- 1 应由第三方检测机构进行检测，并出具检测报告；
- 2 每个样品应有样品说明单，且样品说明单应包括下列信息：
 - 1) 内衬材料、尺寸、载体材料、内衬生产商；
 - 2) 施工日期、采样日期、批次编号；
 - 3) 采样位置、采样方法；
 - 4) 测试委托方、施工方签字确认。

I 主控项目

9.4.4 预处理后,原有管道内壁应无影响修复施工的缺陷,并应符合本规程第 6.4 节的规定。

检查方法:观察或 CCTV 检测;检查预处理施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量:全数检查。

【条文说明】

管道内部条件是影响原位热塑成型法(FIPP)修复效果的主要控制因素之一,必须在施工之前对预处理后的管道进行全面的电视(CCTV)检测,确保管道清洁并且无障碍物,保证湿软管顺利地安装到预定位置,并达到最优的修复效果。

9.4.5 折叠管等主要材料和固化设备进场应符合本规程第 9.2.1~9.2.5 条和第 9.3.3~9.3.4 条的规定和设计要求,质量合格证书、性能检测报告和使用说明书等质量证明文件应齐全。

检查方法:原材和设备进场检查记录表。

检查数量:全数检查。

9.4.6 内衬管的最小厚度不得小于设计要求。壁厚检验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。

检查方法:对照设计文件用在线测厚仪或卡尺测量,并检查样品管检验记录。

检查数量:修复管段的两个端头,每个端头均布 4 个测点。

【条文说明】

内衬管的最小厚度不得小于设计值。测试方法参照现行国家标准《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 的有关规定。使用卡尺测定管道最小和最大直径,至少进行六次测量,使用圆柱或球砧管千分尺测定最小和最大壁厚,至少进行八次测量,取平均值,以百分比计算壁厚范围 E。

$$E = \frac{(A - B)}{B} \times 100$$

式中:A—任意横截面处的最大厚度(mm);

B—任意横截面处的最小厚度(mm)。

现行国家标准《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806 规定平均外径和平均内径可用π尺直接测量,或根据表 9.4.2 的要求对每个选定截面上沿环向均匀间隔测量的一系列单个值计算平均值。

表 9.4.2 给定公称尺寸的单个直径测量的数量

管材或管件的公称尺寸 (mm)	给定截面要求单个直径测量的数量 (个)
≤40	4
40~600	6
600~1600	8
> 1600	12

壁厚的测量使用管壁测厚仪或其他相同精度等级的测量仪器。在选定的被测截面上，沿环向均匀间隔至少 6 点进行壁厚测量。

9.4.7 内衬管的密实性应送第三方检测机构进行检测，且应符合本规程第 9.4.5 的规定和设计要求。密实性测试方法应按现行国家标准《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统 第 3 部分：紧密贴合内衬法》GB/T 41666.3 的有关规定进行测试。

检查方法：试验检测报告。

检查数量：每个施工段内衬管应按同一厂家、同一批次、同一管径，每 200m 为一批，抽样不应少于一组，或者按照设计要求进行取样检测。

9.4.8 内衬管的初始力学性能应符合表 9.4.8 的规定。

表 9.4.8 内衬管力学性能

性能指标	单位	性能要求	试验方法
拉伸强度	MPa	≥30	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
断裂伸长率	%	≥25	
拉伸模量	MPa	≥1200	现行国家标准《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
弯曲模量	MPa	≥1600	现行国家标准《塑料弯曲性能的测定》GB/T 9341
弯曲强度	MPa	≥40	

检查方法：试验检测报告。

检查数量：每个施工段内衬管应按同一厂家、同一批次、同一管径，每 200m 为一批，抽样不应少于一组，或者按照设计要求进行取样检测。

9.4.9 修复后的内衬管应与原有管道紧密贴合，管道内壁应无局部裂纹、孔洞、脱落、软弱带；因施工原因产生的环形褶皱、纵向褶皱、局部隆起应符合下列规定：

- 1 局部划伤、磨损、气泡或干斑的出现频次每 10m 不应大于 1 处；
- 2 内衬管褶皱应满足设计要求；当设计无要求时，管道直线段最大褶皱不应大于 0.02D₀ 或 6mm 中的较大值。

检查方法：观察或 CCTV 检测。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

9.4.10 修复后内衬管内壁应光洁、平整、线性、无明显突起；接口、接缝应平顺，新旧管道过渡应平缓。

检查方法：观察或 CCTV 检测。

检查数量：全数检查。

9.4.11 管道端部切口应平整，无松动、无明显缝隙。

检查方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录。

检查数量：全数检查。

【条文说明】

成型后的内衬管与原有管道存在间隙可能是由以下原因造成的：

- （1）尺寸裁剪偏差，对原管道尺寸测量不精确或没有严格进行裁剪；
- （2）成型过程中压力控制不到位，施工气压过低，导致内衬材料不能充分膨胀，无法紧密贴合管壁；
- （3）原管道存在变形、脱节、错位、局部凸起等缺陷，而预处理时未能完全消除这些缺陷，因此要求精确测量原管道尺寸，精确裁切与制作折叠管，施工前做好原管道预处理工作，成型过程时保持足够高的气压，使得内衬管紧密贴合原有管道。

10 喷筑（涂）法

10.1 一般规定

10.1.1 喷筑（涂）法适用性如下：

- 1 喷筑法可用于各类断面形式的排水管道的非开挖修复工程。
- 2 人工喷筑（涂）法可用于人能进入的管渠、检查井、暗涵等各类断面形式结构的修复。

【条文说明】

高分子材料喷筑（涂）修复设计时需要根据《城镇排水管渠检测与评估技术标准》DBJ50/T-447 进行管渠的检测与分析评估，判断现有管道的具体破损情况和破损等级，一般将破损情况分为 III、IV 级破损，根据破损情况不同来设计合适的修复方法及修复厚度。

10.1.2 根据原管道状况和修复后的承载要求，高分子材料喷筑（涂）修复可按功能性修复、半结构性修复、结构性修复三种状态之一进行设计。三类设计的适用条件和计算内容应符合表 10.1.2 的规定。

表 10.1.2 排水管道高分子材料喷筑（涂）修复分类

喷筑（涂）修复类别	功能性修复	半结构性修复	结构性修复
适用条件	喷筑（涂）内衬管满足防腐、防渗、减阻的需求	喷筑（涂）内衬管与原管道通过粘结作用共同抵抗外部静水压力	喷筑（涂）内衬管不依赖于原管道，独立承受外部静水压力、土压力和地面活荷载
适用材料	高强韧结构修复用改性聚氨酯材料、环氧树脂	高强韧结构修复用改性聚氨酯材料、环氧树脂	高强韧结构修复用改性聚氨酯材料

【条文说明】

对于半结构性修复的设计要求不同于《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210，本标准考虑了喷筑（涂）内衬管与原管道的粘结作用，而《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210 基于贴合修复方法，并未考虑内衬管与原管道的任何粘结，完全靠内衬管自身承担地下水压力。

根据国内在北京、上海、广州和沈阳的喷筑（涂）修复试验结果和案例，目前对高强韧结构修复用改性聚氨酯材料高分子材料的工程测试较为充分，工程案例较多，故推荐将高强韧结构修复用改性聚氨酯材料用于半结构性修复和结构性修复。国内的个别案例和美国的一些工程案例表明环氧树脂涂料可用于半结构性修复，但缺乏用于结构性修复的案例，故不推荐将环氧树脂涂料用于结构性修复。

10.1.3 喷筑（涂）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。

【条文说明】

本条提出了对抵达现场后的高分子桶装材料进行严格的质量检验与性能检验要求。

10.2 材料

10.2.1 水泥基砂浆主要分为无机防腐砂浆与聚合物砂浆；

【条文说明】

无机防腐砂浆以无机成分为主，具有较高的粘结性、防腐性、抗氯离子渗透性、耐老化性等特性。聚合物砂浆含有高分子材料，固化速度快，且具有较高的粘结强度、抗压强度、保水性能、抗裂性、耐碱性与耐老化性。

10.2.2 无机防腐水泥基材料喷筑法所用无机防腐砂浆材料应符合下列规定：

表 10.2.2 无机防腐砂浆性能要求

序号	项目	单位	龄期	性能要求	检查方法
1	无机材料成分	%	-	≥97	现行行业标准《干混砂浆物理性能试验方法》GB/T 29756
2	凝结时间	min	初凝	≥45	《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
3		min	终凝	≤360	
4	抗压强度	MPa	12h	≥8	现行国家标准《水泥胶砂强度检查方法（ISO 法）》GB/T 17671
		MPa	24h	≥15.0	
		MPa	28d	≥30.0	
5	抗折强度	MPa	24h	≥2.53	
		MPa	28d	≥4.05	
6	拉伸粘结强度	MPa	28d	≥1.0	现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
7	抗渗压力	MPa	28d	≥1.5	
8	耐酸性	5%硫酸腐蚀 24h		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
		10%柠檬酸；10%乳酸；10%醋酸腐蚀 48h			

10.2.3 水泥基材料喷筑法所用聚合物砂浆材料应符合下列规定：

表 10.2.3 聚合物砂浆性能要求

序号	项目	单位	龄期	性能要求	检查方法
1	凝结时间	min	初凝	≤120	《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
			终凝	≤360	
2	抗压强度	MPa	24h	≥25	现行国家标准《水泥胶强
			28d	≥65	

3	抗折强度	MPa	24h	≥ 3.5	度检查方法（ISO 法）》 GB/T 17671
			28d	≥ 9.5	
4	静压弹性模量	GPa	28d	≥ 30	现行行业标准《建筑砂浆 基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70
5	拉伸粘结强度	MPa	28d	≥ 1.2	
6	抗渗性能	MPa	28d	≥ 1.5	
7	收缩性	%	28d	≤ 0.1	
8	抗冻性（100 次循环）	%	28d	强度损失 ≤ 5	

【条文说明】

本条提出的聚合物砂浆常用于结构性修复使用，其往往砂浆往往添加了许多有机物成分，进而大大提高了其弯曲强度、抗折强度。

10.2.4 高分子材料不得对排水水质造成二次污染，施工中产生的排放物不得对下游污水处理设施和工艺产生有害影响。

【条文说明】

喷涂修复后的管道在喷涂内衬管固化后投入使用，固化后的喷涂内衬管在长期使用过程中不能溶解出对排水水质有害的污染物。关于排水管道中允许的水质标准和检测方法可参照《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962。**12.2.5** 高分子材料宜选用适于喷涂的聚氨酯、环氧树脂。

10.2.5 高分子材料宜选用适于喷涂的聚氨酯、环氧树脂。

10.2.6 聚氨酯的性能应符合表 10.2.6 的规定。

表 10.2.6 高强韧结构修复用改性聚氨酯材料的性能要求

序号	性能指标		单位	要求	试验方法
1	拉伸强度		MPa	≥ 60	GB/T 2567 GB/T 1040.2
2	断裂伸长率		%	≥ 3	GB/T 2567 GB/T 1040.2
3	弯曲强度		MPa	≥ 80	GB/T 2567 GB/T 9341
4	弯曲弹性模量		MPa	≥ 4800	GB/T 2567 GB/T 9341
5	粘结强度/附着力	混凝土	MPa	≥ 1.0 或试验时基体破坏	GB/T 16777（A 法） GB5210
		金属		≥ 2.5	
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）		—	喷筑（涂）内衬管完整、无起泡、无剥落、无裂纹	JC/T 2327 GB/T 11547
7	耐磨性能(损失量，1000g/1000r. 胶轮号 CS-17)		mg	≤ 60	GB/T 1768
8	透水率		%	0	GB/T 16777

【条文说明】

表 10.2.6 中的拉伸强度、断裂伸长率、弯曲强度、弯曲弹性模量值，都是根据《树脂

浇铸体性能试验方法》GB/T 2567 测得的值，即初始值，是材料的短期性能值。

一些指标确定过程中参考了《给水排水管道内喷涂修复工程技术规程》T/CECS 602 的要求。耐磨性能采用了《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的“附录 H 聚氨酯（PU）喷涂内衬管”的规定。

10.2.7 环氧树脂的性能应符合表 10.2.7 的规定。

表 10.2.7 环氧树脂的性能要求

序号	性能指标		单位	要求	试验方法
1	拉伸强度		MPa	≥ 20	GB/T 2567 GB/T 1040.2
2	断裂伸长率		%	≥ 2	GB/T 2567 GB/T 1040.2
3	弯曲强度		MPa	≥ 40	GB/T 2567
4	弯曲弹性模量		MPa	≥ 2000	GB/T 2567
12	粘结强度/附着力	混凝土	MPa	≥ 1.0 或试验时基体破坏	GB/T 16777（A 法） GB5210
		金属		≥ 2.5	
14	耐化学介质腐蚀（5%硫酸、5%氢氧化钠、3%氯化钠、120#溶剂油，30d）		—	喷筑（涂）内衬管完整、无起泡、无剥落、无裂纹	JC/T 2327 GB/T 11547

【条文说明】

环氧树脂在地下防水工程中的应用较为广泛，但用于防水时的性能要求与用于管道结构性修复时的性能要求有较大区别。地下防水工程中的环氧树脂喷涂对弯曲强度、弯曲模量、耐化学介质腐蚀性没有要求，但在排水管道喷涂修复中，对这些指标都提出了明确要求。

10.2.8 基层填充材料应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 的要求。

【条文说明】

常用的基层填充材料有混凝土、环氧树脂砂浆。可参照现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 的要求，选用满足性能指标要求的原材料。

10.3 施工

10.3.1 砂浆喷筑施工前，应保证基底处于湿润状态，不得有明显水滴或流水；当环境温度低于 0℃时，不宜进行喷筑施工；当施工环境温度高于 35℃时，应采取降温措施。

10.3.2 采用砂浆离心喷筑法修复检查井时，应按下列步骤进行：

- 1 宜在设备运行平稳后，按要求制备浆料；

2 将离心旋喷器居中置于井内，启动旋喷器待运行平稳后启动砂浆输送泵，待浆料从旋喷器均匀甩出后，操纵吊臂卷扬使旋喷器平稳下行至井底后切换方向提升旋喷器上升至井口完成一个喷筑回次，如此循环往复直至设计厚度；

3 在离心喷筑过程中，旋喷器下放和提升速度宜使每回次的厚度达到 1mm—3mm，通过多回次喷筑，从而确保内衬达到最好的密实度。

4 若喷筑过程因故中断，宜待故障排除后重新启动旋喷器继续喷筑；若故障排除时间超过 30 min，上将喷筑机和料管内剩余浆料清出并清洗设备，避免浆料固结”的要求

12.3.3 采用砂浆离心喷筑法修复管渠时，应按下列步骤进行：

1 将旋喷器在机架固定后，摆放在待修复管段的末端部位，调整旋喷器轴线高度，连接料管和气管；

2 根据管道实际尺寸及砂浆的泵送排量调节旋喷器的旋转速度；

3 保证在离心力作用下喷涂到管道内壁的内衬均匀、平整；浆料中断后，应原地等待恢复供浆。

4 根据管道直径，选用适宜的砂浆泵排量及旋喷器行走速度，控制每层喷筑厚度应在 10mm-20mm。

10.3.4 采用砂浆人工喷筑法修复管渠、检查井、各类暗涵和硷室时，应符合下列规定：

1 应先调节喷筑气压和浆量，浆料应均匀分散喷出；

2 应控制喷枪与基面距离，喷枪移动规律、平稳；

3 可一次或分多次喷筑到设计厚度，厚度超过 20mm 时，应多次完成；

4 喷筑完成后，应将喷筑层抹平，同一部位不宜反复抹压。

10.3.5 水泥基砂浆材料施工完成后 6h 内不宜受激烈的水流冲刷，检查井修复后 12h 内，井盖应避免受到车辆的碾压或冲击振动。

【条文说明】

“激烈的水流冲刷”主要指可能对修复体表面造成侵蚀、冲蚀或物理破坏的水流。在工程实践中，通常可参考以下情形进行判断：

流速较高：例如，流速持续大于 0.5 米/秒 的集中水流。

冲刷形式：直接的喷射水流、管涌状出水、或由高处跌落形成冲击力的水流。

水质因素：含有泥沙、碎屑等固体颗粒的水流，其破坏力更强，应予以特别注意。

10.3.6 采用聚氨酯、环氧树脂喷涂工艺宜根据管径选择。管径小于 300 mm 时宜选用

离心喷涂，管径不小于 300 mm 时宜选用压力喷涂，管径不小于 800 mm 时亦可选用人工压力喷涂。

10.3.7 聚氨酯、环氧树脂喷涂作业前，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的规定。

表 10.3.7 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 (°C)	环境温度 (°C)	环境相对湿度
1	环氧树脂材料	表面光滑 且触干	>6	≥15	≤85%
2	高强韧结构修复用改性聚氨酯材料				

【条文说明】

本条提出了环氧树脂材料、高强韧结构修复用改性聚氨酯材料适宜的施工基材温度要求、环境温度要求、环境相对湿度要求及基层表面的基础情况。当基材温度低于 6℃时，会影响材料 A/B 组分的混合固化时间，例如高强韧结构修复用改性聚氨酯材料类材料，在常温时 A/B 组分相互碰撞混合，在 5-10s 时即可完成表层干固化。但在低温情况时可能表层干时间延长到 10s-30s。冬季施工达不到喷涂材料要求的温度和湿度时，常采用通风干燥和加热烘干措施。可在施工下料检查井联通的上游或下游检查井配备大功率通风机。

10.3.8 施工现场不得向聚氨酯与环氧树脂原料桶中添加任何额外物质，不得混淆材料各组分进料系统。

10.3.9 应对聚氨酯喷涂材料进行预加热，喷出的材料温度应满足喷涂工艺要求。

10.3.10 每天正式聚氨酯喷涂施工前应进行试喷。试喷应按设备使用说明书和材料使用说明书的要求操作。将高分子材料喷涂在预先准备好的易于剥离的板上，喷涂样片的尺寸宜为 200mm×400mm，样片厚度宜为 4mm，喷涂样片数量应至少为 3 个。根据喷涂样片的质量和固化情况确定喷涂距离、单次喷涂厚度、喷涂遍数、移动速度、复喷间隔时间等工艺参数。

【条文说明】

关于喷涂样片的尺寸，本文件中提出平面尺寸为 200mm×400mm，样片厚度为 4mm。与《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》T/CECS 717-2020 中要求的样片尺寸略有不同，T/CECS 717 要求的喷涂样片平面尺寸 200mm×400mm，样片厚度不小于 3mm。考虑到《树脂浇铸体性能试验方法》GB 2567 要求，在做样片拉伸试验时，要求的试样尺寸为 (200~220mm)×20mm，厚度为 4mm，故要求制作的样片厚度为 4mm。

10.3.11 聚氨酯人工喷涂宜采用倒退方式进行喷涂作业，出现异常情况时应立即停止施工，排除故障后方可继续作业。

10.3.12 聚氨酯喷涂作业及涂层固化期间，管道内应一直处于通风状态。通风应符合下列规定：

- 1 喷涂工作井处应配备鼓风机或吸风机；
- 2 管道内的风向应从终端井吹向始发井，从喷涂作业人员的后背吹向面前，从待喷涂的管段方向吹向已喷涂作业区方向；
- 3 吸风机及鼓风机的功率应确保管道内的粉尘有效吹出、不起雾、不影响喷涂作业人员的视线。

10.3.13 聚氨酯人工喷涂作业应符合下列规定：

- 1 应按先细部后整体的顺序连续作业，一次多遍、交叉喷涂至设计厚度；
- 2 圆管内喷涂时，喷枪宜沿管道环向搭接喷涂；箱涵内喷涂时，喷枪宜垂直于基面十字交叉喷涂；
- 3 应按试喷确定的移动速度均匀移动喷枪。

10.3.14 聚氨酯离心喷涂作业应符合下列规定：

- 1 应按离心喷雾锥水平向后匀速移动的方式进行连续作业，待材料表干后进行下次喷涂，反复多次喷涂至设计厚度；
- 2 圆管内喷涂时，喷雾锥的中心位置宜与管道中心线保持一致；
- 3 离心喷涂的马达转速宜为 8000 rpm 以上；
- 4 离心喷涂开始前 3s~5s，宜在非喷涂面区域利用屏蔽物遮盖，观察喷涂雾化混合情况与基层固化状态，喷涂效果满足设计及施工质量要求时再进行管道基层喷涂。

【条文说明】

离心喷涂之前，使用滑橇或滑车将喷雾锥调节至管道中心线位置。工作时，双组分涂料通过输料管泵入气动马达，并在喷雾锥中均匀混合后通过离心作用甩出。对于离心喷涂而言，转速是喷涂修复是否能成功的关键，转速决定了修复涂层的光洁度与涂层质量。转速太快会导致涂层“起伏”，转速太慢会导致涂料在喷雾锥内凝胶。

10.3.15 聚氨酯压力喷涂作业应符合下列规定：

- 1 压力喷涂应采用专用的管道喷涂设备进行施工；
- 2 圆管内喷涂时，喷嘴应居于管道中心线位置旋转喷涂；
- 3 箱涵喷涂时，喷嘴应垂直于待喷涂基层表面；

4 喷涂时材料温度应满足产品说明书的要求;

5 喷嘴气压宜控制在 0.6 MPa~1.0 MPa 之间, 实际喷嘴气压应采用试喷确定的压力值。

【条文说明】

压力喷涂又称高压无气喷涂, 是使用高压柱塞泵给涂料加压, 形成高压涂料流体, 经喷枪喷出。压力喷涂设备是一种智能化载体集成, 可在管道内部自行前进、后退、旋转、喷涂。喷涂时材料温度一般为 50℃~70℃。

10.3.16 聚氨酯多次喷涂作业应符合下列规定:

1 两次喷涂时间间隔宜小于材料使用说明书规定的复涂时间, 超过复涂间隔时间再次喷涂作业前, 应根据喷涂材料要求在已有涂层的基层做层间处理, 处理方式可选聚合物专用层间结合剂或将上一层的表面打磨至粗糙面;

2 多次喷涂作业面之间的搭接宽度不应小于 150 mm。

10.3.17 聚氨酯喷涂时局部构造应符合下列规定:

1 无机材质基层阴、阳角两侧 100mm 以内, 涂层应加厚 1.0 mm~2.0 mm;

2 无机材质基层伸缩缝两侧各 150mm 范围内及管道接口两侧, 涂层应加厚 2.0 mm~3.0 mm;

3 金属基层焊缝处的喷涂层应加厚 1.0 mm~2.0 mm;

4 与支管、检查井与设备的连接处, 涂层应加厚 0.5 mm~1.5 mm;

5 倒虹吸管的阴角等流体冲击力变化较大的区域, 涂层应加厚 1.5 mm~2.0 mm。

10.3.18 聚氨酯喷涂完毕, 施工单位应对涂层整体质量进行初步检查, 应对过渡不连续、漏喷、针孔、气泡、空鼓、剥落、损伤等涂层缺陷及时修补, 修补后的涂层应与整体涂层保持连续一致且平整。

10.3.19 聚氨酯涂层修补应符合下列规定:

1 涂层缺陷应采用与原喷涂材料相同的材料进行修补;

2 涂层修补或连接时, 将底涂层清理干净后, 宜进行打磨、打毛处理或涂抹层间粘结剂, 处理宽度宜不小于 150 mm;

3 修补鼓泡、剥落、损伤、粘结不牢等缺陷时, 应将缺陷周围边缘外扩 100 mm 区域内的涂层及基层打磨清理干净, 合格后再进行修补, 针孔缺陷可直接填补;

4 涂层厚度达不到设计要求时, 应进行再次喷涂, 再次喷涂前应根据设计要求及喷涂材料要求确认是否采用层间处理剂处理;

5 大面积修补涂层时,应先清除损伤及粘结不牢的涂层,并应将缺陷部位边缘外扩100 mm 区域内的涂层及基底打毛并清理干净,分别涂刷层间处理剂并确保其均匀覆盖,待层间处理剂干燥4 h 后再进行喷涂修补;

6 涂层修补后应按涂层材料要求的养护时间进行养护。

【条文说明】

层间处理剂可以增强各涂层之间或涂层与基层之间的粘结力,并能封闭基层或涂层表面缺陷、阻隔水汽,有利于提高喷涂修复工程质量,在大直径管道或箱涵施工中有条件时推荐采用。

10.3.20 喷涂施工完毕后,应按设备使用说明书要求清洗喷涂设备,剩余物料应集中处理,不得随意倾倒。

10.4 质量检验

I 主控项目

10.4.1 喷涂材料、预处理主材的类型、规格、性能应符合设计要求和本文件的规定。

检查方法:对照设计文件,检查产品的质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、生产日期、产品有效期等。

检查数量:全数检查。

10.4.2 抽检和复验的预处理砂浆的性能应符合本规定要求。当某项指标达不到要求时,可在受检样品中加倍取样进行复检。复检结果合格的,可判定该批产品为合格产品,否则,应判定为不合格。

检查方法:修补砂浆的各项基本性能指标按照现行行业标准《修补砂浆》JC/T 2381进行测试。

检查数量:同一批次的预处理砂浆材料每50t制作至少5个试样,不足50t的按一个批次计算。取试样实测结果的平均值作为某一项指标的代表值。某一试验结果偏差大于平均值的30%时应舍弃该值,重取一组试样进行复测。

10.4.3 抽检和复验的预处理钢筋的性能应符合本文件4.1.3条的规定。当某项指标达不到要求时,可在受检样品中加倍取样进行复检。复检结果合格的,可判定该批产品为合格产品,否则,应判定为不合格。

检查方法:管道预处理结构加固用钢筋的各项基本性能指标按照现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367指定的规范进行测试。

检查数量：同一批次的预处理加固钢筋取 5 个试样。取试样实测结果的平均值作为某一项指标的代表值。某一试验结果偏差大于平均值的 30%时应舍弃该值，重取一组试样进行复测。

10.4.4 基层表面预处理验收应符合下列规定：

1 砂浆抹面与管道内壁应紧密贴合，无空鼓、无硬凸起物、无渗水，阴角和阳角处的过渡应平顺。

检查方法：观察、敲击，检查施工记录，观察 CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

2 喷涂前，基层表面温度和湿度应满足施工方案要求，并应采取强制通风措施。

检查方法：用基层温度计和湿度计检测，检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

10.4.5 管道涂层的拉伸强度、断裂伸长率、弯曲强度、弯曲弹性模量应符合设计文件要求。

检查方法：将施工现场留置的样品送至第三方检测机构检测，抽查比对材料拉伸强度、断裂伸长率、弯曲强度、弯曲弹性模量测试值与设计文件要求值。

检查数量：每一施工作业班组留置 3 块样品，样品规格为 200mm×400mm×4mm。

10.4.6 涂层厚度不应小于设计厚度。

检查方法：根据管径与管道材质，选择超声波检测法、标记钉法、卡尺测厚法之一进行检测。涂层厚度超声波检测法应按现行国家标准《无损检测 超声测厚》GB/T 11344 执行。同时应检查施工记录，核实喷涂材料用量，推算喷涂厚度是否达到设计厚度。

检查数量：管道内径小于 800 mm 时，应在管道两端各取 1 个测量截面；当管道内径不小于 800 mm 时，除在管道两端各取 1 个测量截面外，管道中间应每隔 10 m 增加一个测量截面。每个测量截面应取环向均布的 4 个测点，每个测点处的涂层厚度均应达到设计厚度，且误差在设计文件要求的范围内。

10.4.7 涂层应无漏涂、剥落、开裂、空鼓现象。

检查方法：管内目测，查看 CCTV 视频，检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

10.4.8 修复后管道线形应顺直，接口、转角处过渡应平滑，无不连续或台阶状跳跃。

检查方法：管内目测，查看 CCTV 视频，检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

10.4.9 涂层应均匀、连续、光滑、颜色一致，无肉眼可见的气泡、水泡、流挂、剥落、湿渍现象。

检查方法：管内目测，查看 CCTV 视频，检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

10.4.10 喷涂修复后的管口与检查井之间的过渡应连续、平缓。

检查方法：目测，查看 CCTV 视频，检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11 翻转式原位固化法

11.1 一般规定

11.1.1 翻转式原位固化法采用翻转方式将浸渍热固性树脂的软管置入原有管道内并与原有管道紧密贴合后,通过通热水使其固化形成内衬管的修复方法。

11.1.2 翻转式原位固化法适用于修复管径 DN150~DN2000 的各种材质、各种断面排水管道。

11.1.3 翻转式原位固化法采用的原材料(包括软管和树脂)的物理性能、力学性能、长期蠕变性能和耐化学腐蚀性能应满足内衬管的设计要求。

11.1.4 翻转式原位固化法使用的软管应由单层或多层聚酯纤维无纺布及外膜组成,并应与所用树脂兼容。

11.2 材料

11.2.1 原材料、半成品和成品的性能应符合现行国家标准《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统第 4 部分:原位固化内衬法》GB/T 41666.4 的有关规定和设计要求。

11.2.2 树脂应具有良好的浸润性及触变性能且初始固化温度应低于 60℃。

【条文说明】

根据管道水质优先选用树脂类型宜按表 11.2.2 确定。根据所用的排水水质条件,选用相应的管道,树脂供应商应给出相适应的检测报告。

表 11.2.2 根据管道内排水性质选用树脂

优先树脂类型	管道水质条件
间苯型 UP	雨水
间苯型 UP 和 EP	生活污水

11.2.3 翻转式原位固化法用树脂系统浇铸体性能要求应符合表 11.2.3 的规定。

表 11.2.3 翻转式原位固化法用树脂系统浇铸体性能

性能指标	单位	性能要求			试验方法
		不饱和聚酯树脂(间苯)	乙烯基酯	环氧树脂	
弯曲模量	MPa	≥3000	≥3000	≥3000	现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567
弯曲强度	MPa	≥90	≥100	≥100	
拉伸模量	MPa	≥3000	≥3000	≥3000	
抗拉强度	MPa	≥60	≥80	≥80	
拉伸断裂延伸率	%	≥2	≥4	≥4	

热变形温度	°C	≥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
-------	----	-----	-----	-----	---

11.2.4 翻转式原位固化法用树脂的耐腐蚀性要求和试验方法应符合表 11.2.4 的规定。

表 11.2.4 翻转式原位固化法用树脂的耐腐蚀性要求和试验方法

化合物溶液	要求	浓度 (%)	试验方法
硝酸	耐	1.0	现行国家标准《玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法》GB/T 3857、《树脂浇筑体性能试验方法》GB/T 2567：加温至 60°C 条件下，28d 龄期的弯曲强度保留率与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腐蚀，否则为不耐腐蚀。
硫酸	耐	5.0%	
燃料油	耐	100%	
氢氧化钠	耐	0.5%	
蔬菜油(棉籽油、谷物油或矿物油)	耐	100%	
洗涤剂	耐	0.1%	
肥皂水	耐	0.1%	

11.2.5 内衬软管外观应符合下列规定：

- 1 内衬软管厚度应均匀；
- 2 表面光滑应平整、无褶皱；
- 3 表面色泽应均匀、无破损；
- 4 表面应无干斑或气泡。

【条文说明】

软管外观可肉眼观察，内衬管色泽均匀一致，膜表面光滑平整，无明显杂质，表面无破损、无气泡、无白斑等。

11.2.6 内衬软管应标记设计厚度、适用管径、长度等参数。

11.2.7 内衬管的长期力学性能应根据设计要求进行测试，且不应小于初始性能的 50%。

11.2.8 内衬管的耐化学腐蚀性检验应符合现行国家标准《塑料耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547 的规定，并应符合下列规定：

- 1 耐化学性的检测浸泡时间应为 28d，试验温度应为 23°C±2°C；
- 2 浸泡典型介质可选择 H₂SO₄ 溶液或 NaOH 溶液进行测试；
- 3 试件浸泡完成后，应分别符合本规程第 5.3.7 条的规定检测试样的弯曲强度和弯曲模量，检测结果不应小于内衬管初始弯曲强度和弯曲模量的 80%。

【条文说明】

浸泡介质的浓度为质量分数，酸性浸泡介质可选择 5.0% 浓度或 pH 为 1 的 H₂SO₄ 溶液，碱性浸泡介质可选择 0.5% 浓度或 pH 为 10 的 NaOH 溶液。

11.2.9 产品生产企业应提供内衬管不小于 5 年的长期力学性能型式检验报告。

11.3 施工

11.3.1 翻转施工过程应符合下列规定：

- 1 内衬软管宜匀速翻转置入，保持管内压力使其紧密贴合在原有管壁；
- 2 内衬软管置入原管道时，位置应准确，不宜反复拖动；
- 3 翻转完成后，内衬软管伸出原有管道末端的长度宜为 0.5m~1m。

11.3.2 气压翻转设备工作压力应满足 0MPa~0.1MPa，工作温度应满足 5℃~100℃。

11.3.3 固化过程中应对循环水温度和压力进行跟踪测量和监控，且循环水的平均温度应达到树脂固化所需温度。

11.3.4 在施工段起点和终点距离端口 200mm~300mm 处，在内衬软管与原有管道之间应安装温度传感器。

【条文说明】

加热前，应在锅炉的热水出入口及待修复管道上下游端部伸入 200mm~300mm 的位置安装温度传感器，从加热开始到结束进行持续测量，并用图表纸将温度测量值持续记录下来。

11.3.5 内衬软管固化应符合下列规定：

- 1 固化应采用阶段式加热方式进行，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；
- 2 固化过程中应保持始端与末端之间的内部温度差在 15℃以内；
- 3 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；
- 4 固化过程中内衬软管内的压力应能使内衬软管与原有管道紧密贴合，压力不得超过内衬软管在固化过程中承受的最大压力，并不得损坏原有管道。

【条文说明】

固化管末端遇冷水情况在施工中较容易发生，应定时检查端部，及时抽除冷水，以免影响端部固化。

11.3.6 热源供应装置应为 D 级无压锅炉，出水温度小于等于 95℃，且应符合现行行业标准《锅炉安全技术规程》TSG 11 的有关规定，且应配备温度和压力测量仪表，固化过程中应对温度和压力进行测量和监控。

【条文说明】

用于内衬材料加热时提供热源。

11.3.7 水压翻转用水应采用自来水或洁净的天然淡水，翻转水头不宜小于 2m。

11.3.8 热水宜从标高较低的端口送入，循环加热至固化完成，水头应高于原管底 4.5m-5.5m。

11.3.9 内衬管冷却时间应符合材料使用说明书的规定，冷却过程中内衬管内应避免形成负压。

【条文说明】

固化反应是一个剧烈的放热过程，若这部分热量不能及时移走，将在内衬管的内壁聚集，导致内衬管内壁防渗膜被烫坏，影响固化管外观形貌。

11.3.10 热水固化内衬管应冷却至 38℃以下进行泄压，蒸汽固化内衬管应冷却至 45℃以下进行泄压。完全泄压后方可进行后续施工。

【条文说明】

软管固化完成后，先进行冷却，然后降压。采用水冷时，加热完全后，若立即放空热水，可能因降温过快致使固化管热胀冷缩产生褶皱甚至破裂，故应将内衬管冷却至 38℃以下，方可进行降压。采用气冷时，应冷却至 45℃以下再进行降压，排水降压时必须防止形成真空使内衬管受损。

11.3.11 内衬管固化完成并冷却后应对端部进行切割、密封处理。切割应整齐，并应露出原管口 20mm~50mm，切割下的废料等应妥善处置。在不影响排水和养护的情况下，宜保留位于流槽中的部分内衬管。

【条文说明】

软衬管内冷却水抽除或空气压力释放后，才能切割端部软衬管，切口宜平整。软衬管端部切口必须用快速密封胶（或树脂混合物）封闭软衬管与原有管道内壁的间隙。为了保证内衬管与井壁的良好衔接，切割内衬管时，在修复段的出口端将内衬管端头切割整齐，应做到切口平整，并与井壁齐平，并可在管口处留出适量余量，一般为 20mm~50mm。

11.3.12 密封前应清洁原管口端头管壁和井壁，并密封，表面应抹光。

11.4 质量检验

I 主控项目

11.4.1 预处理后，原有管道内壁应无影响修复施工的缺陷，并应符合本规程第 4.4 节的

规定。

检查方法：观察或 CCTV 检测；检查预处理施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

11.4.2 内衬软管等主要材料和固化设备进场应符合本规程第 11.2.1~11.2.9 条和第 11.3.2~11.3.7 条的规定和设计要求，质量合格证书、性能检测报告和使用说明书等质量证明文件应齐全。

检查方法：外观检查和资料检查；检测原材和设备进场记录表。

检查数量：全数检查。

11.4.3 内衬管的短期力学性能应符合表 11.4.3 的规定。

表 11.4.3 内衬管短期力学性能

测试项目	聚酯纤维毡内衬管	含 30%及以上玻 璃纤维内衬管	试验方法
	性能要求（MPa）		
弯曲强度	≥31	≥62	《塑料弯曲性能试验方法》GB / T 9341
弯曲模量（MPa）	≥2000	≥4000	
抗拉强度	≥21	≥42	《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

检查方法：第三方检验。

检查数量：每个施工段内衬管应按同一厂家、同一批次、同一管径，每 200m 为一批，抽样不应少于一组，或者按照设计要求进行取样检测。

11.4.4 现场内衬管的壁厚检验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。固化后内衬管的最小壁厚不应小于设计值，平均壁厚不宜大于设计壁厚的 20%。

检查方法：对照设计文件用测厚仪、卡尺等量测，取平均值为该断面的平均壁厚。

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 4 个点。

【条文说明】

壁厚是原位固化材料的关键指标之一，厚度反映了内衬软管的各项性能以及原有管道病害情况和环境影响因素，如管道直径、破损程度、地下水压、过水压力等。

II 一般项目

11.4.5 内衬管表面质量应符合下列规定：

1 内衬管应与原有管道内壁紧密贴合，线形与原有管道一致，不应有明显凸起、凹

陷、错台、空鼓等现象；

2 内衬管应表面光洁、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；管道不应有渗水现象；

3 管道直线段最大褶皱不应大于 $0.02D$ 或 6mm 中的较大值。

检查方法：观察或 CCTV 检测；或检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

11.4.6 修复后管道应线形平顺，折变或错台处过渡平顺；环向断面圆弧饱满。

检查方法：观察或 CCTV 检测；或检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

11.4.7 内衬管端头应切割整齐，端部密封处理符合设计要求，且密封良好、饱满密实。

检查方法：观察或 CCTV 检测；对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

12 垫衬法

12.1 一般规定

12.1.1 垫衬法是将带有锚固键的内衬管置于原管道内，在内衬管内部受到支撑的条件下，对内衬管与原管道之间的间隙进行灌浆填充的管道修复方法。。

12.1.2 垫衬法可用于 DN300 以上材质为混凝土、砖石等管道的功能性和结构性修复。

12.1.3 当垫衬法用于功能性修复时，应进行灌浆层结构强度及嵌于灌浆体中的单个锚固键的抗拉拔力验算；功能性选用的速格垫厚度不应小于 2.0mm。

12.1.4 应有控制灌浆质量的措施及检验灌浆质量的方法。

12.2 材料

12.2.1 垫衬法内衬材料主要包含塑料衬垫和灌浆料。

【条文说明】

塑料衬垫结构结合了热塑性塑料的优点（柔韧性、延展性、耐腐蚀）和混凝土的特点（强度高、钢性好）。塑料衬垫为混凝土结构的长期保护提供了一个高质量的解决方案。而且它满足了耐酸结构的最高要求。塑料衬垫防止混凝土的劣化从而延长建筑的使用寿命。除此之外还能防止泄露和渗透，直接保护了环境。特殊的锚固系统使其同样适用于存在被压区域的建筑。灌浆料主要由水泥、专用外加剂，并辅以多种矿物改性组分和高分子聚合物材料配合组成。具有低水胶比、高流动性、零泌水、微膨胀、耐久性好的特点，施工时，直接加水搅拌使用。

12.2.2 塑料衬垫的材质可选用聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚偏氟乙烯（PVDF）及乙烯三氟氯乙烯共聚物（ECTFE）等，生产塑料衬垫内层的原材料不得使用回收料，板材外观应光滑平整，不应有裂纹及杂质，锚固键不应有缩颈及裂纹。

12.2.3 塑料衬垫的产品分类及性能应符合表 12.2.3 的规定：

表 12.2.3 产品性能

检验项目	单位	性能要求				测试方法
		PE	PP	PVDF	ECTFE	
比重 23℃	g/cm ³	0.95±5%	0.9±5%	1.7±5%	1.6±5%	《塑料非泡沫塑料密度测定第 1 部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》GB/T 1033.1
屈服拉伸应力	MPa	≥20	≥25	≥25	≥30	《塑料拉伸性能的测定第 3 部分：薄膜和薄片的试验条件》GB/T 1040.3
屈服伸长率	%	≥10	≥10	≥9	≥5	《塑料拉伸性能的测定第 3 部分：薄膜和薄片的试验条件》GB/T 1040.3
断裂伸长率	%	≥400	≥300	≥80	≥250	《热塑性塑料管材拉伸性能测定》GB/T

						8804.1
弹性模量	MPa	≥600	≥900	≥200	≥1600	《塑料拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件》GB/T 1040.3
球压入硬度	MPa	≥36	≥45	≥80		塑料硬度测定第一部分：球压痕法》GB/T 3398.1

12.2.4 灌浆料可选用水泥基灌浆料和环氧树脂灌浆料。水泥基灌浆料的性能应符合表 12.2.4-1 的规定。环氧树脂灌浆料的性能应符合表 12.2.4-2 的要求。

表 12.2.4-1 水泥基灌浆料性能要求

检验项目		单位	性能要求	测试方法
凝胶时间	初凝时间	min	≤100	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
	终凝时间	h	≤12	
截锥流动度	初始值	mm	≥340	《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
	30min	mm	≥310	
泌水率	—	%	0	普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
抗压强度	2h	MPa	≥12	《水泥胶砂强度检验方法》GB/T 17671
	28d	MPa	≥55	
抗折强度	2h	MPa	≥2.6	《水泥胶砂强度检验方法》GB/T 17671
	28d	MPa	≥10	
弹性模量	28d	GPa	≥30	《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
自由膨胀率	24h	%	0~1	《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
对钢筋锈蚀作用	—	—	对钢筋无锈蚀作用	《混凝土外加剂》GB 8076

表 12.2.4-2 环氧树脂灌浆料性能要求

检验项目		指标要求	测试方法
初凝时间	20℃	≤2	《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1364
抗压强度, MPa	28d	≥60	《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567
抗拉强度, MPa	28d	≥20	
粘结强度, MPa	湿粘	≥3	《建筑防水涂料试验方法》GB/T 16777

12.3 施工

12.3.1 塑料衬垫焊接成内衬层时，不得削去焊接区域的锚固键。

【条文说明】

垫衬法是通过检查井将带有锚固键的塑料衬垫作为内衬管，通过牵引机置入原有管道内，在内衬管与原有管道间环形空隙进行注浆锚固，使原有管道重生的修复方法。

内衬管在其背面增加锚固键是很必要的，它作为与旧管的支撑，与旧管壁构成的环状空间用灌浆材料填充。浆料固化后，内衬管与管道内壁结合在一起，形成新的管道结构，起到防渗、防腐蚀、加固的作用。

12.3.2 衬垫铺设安装应符合下列规定：

1 安装衬垫前，应对待修复管道内部情况进行复查，并应根据实际情况按照设计要

求和施工方案提前焊接成型；

2 衬垫焊接应通过测量及计算确定管径及长度，焊缝应满足质量要求；

3 牵引衬垫前，宜先用无纺布类材料将衬垫包裹保护，用铁丝将包裹的衬垫绑扎好，牵引时钢丝绳与绑扎的铁丝连接，不得直接与衬垫连接；

4 置入衬垫时速度不应超过 0.2m/s；

5 牵拉操作应一次完成，不应中途停止，进入管道的衬垫应尽量保持平整，不可扭曲；

6 牵拉完成后应在管道两端进出口处安装密封条，并通过锚固板及螺栓将衬垫端口固定在管道壁上，同时安装好灌浆管、闭浆管、排水排气管等预埋件并封堵。

12.3.3 固定密封及注水支撑应符合下列规定：

1 衬垫内衬两端宜使用法兰盘进行封口，也可采用压条和堵漏材料等其他方式封口；

2 封口完成后，应用挡板将气囊两端固定，气囊膜内的充气压力应根据管径不同确定，并保持压力恒定；

3 衬垫内注水压力应能保证衬垫撑圆并填满整个管道；

4 管径较大时，宜采用模板及钢管在管道内部设置支撑。

12.3.4 衬垫与原管道间空隙的灌浆应符合下列规定：

1 采用重力法灌浆时，应根据管道长度、地质特征等因素确定灌浆漏斗的高度，管道长度小于等于 50m 时，最小为 5m。管道长度大于 50m 时，灌浆漏斗高度应按公式（12.3.4）进行计算：

$$P = H_m + i \times L \quad (12.3.4)$$

式中：P——灌浆漏斗高度(m)；

H_m ——灌浆漏斗最低高度，宜为 5m；

i ——待修复管道坡度；

L ——管道长度(m)。

2 采用压力法灌浆时，灌浆压力应按照上式计算的数值进行换算，且不应大于塑料衬垫内衬的内水压力；

3 应按材料说明书中的比例调配灌浆料，并应在搅拌机中高速搅拌 5min，搅拌后的灌浆料应在 20min 内用完或按灌浆料的技术要求执行；

4 灌浆过程应快速持续进行，直至闭浆管返出浆料，且高度应保持在高出进浆口 1.5m。

【条文说明】

灌浆前，管道内壁应保持湿润状态，便于灌浆料的流动。灌浆平台控制高度根据管道长度确定，长度在 50m 以内的管道，灌浆平台高度为 5m，超过 50m 以上的管道，平台高度相对应提高（管道增加 10m，灌浆平台相应增加 1m），然后制备浆料，从灌浆孔中注入浆料，使浆料填充衬垫与混凝土管道之间的间隙，从而使衬垫与管道形成一个整体，灌浆结束后，进行闭浆，闭浆管高度比上游管道口顶部高出 1.5m，待闭浆管出浆即可。

灌浆采用水平衡原理，利用灌浆料的自重推动浆料流动并充满管道。制浆机容量不小于 200L，转速 1440r/min，搅拌时间：5min~6min。

12.3.5 待灌浆体凝固后方可撤除或拆除衬垫的内部支撑，且端口应填充密实、平整。

【条文说明】

灌浆完成后，一段时间后方可将气囊膜拆除，其与大气的温度、湿度等因素有关。一般情况下，夏季至少为 24h，冬季至少为 48h。拆除气囊膜后，应进行端部处理，灌浆管、排气管等管件端部切口应平整，并与法兰齐平。衬垫端部切口应用快速密封胶（或树脂混合物）封闭衬垫与老管内壁的间隙。

12.4 质量检验

I 主控项目

12.4.1 塑料衬垫材料的规格、性能应符合本文件和设计文件的规定。

检查方法：材料进场时，对照设计文件检查质量保证资料、厂家产品使用说明等。材料性能检验应对同一批次产品现场取样不少于 1 组，对照设计文件检查取样检测记录、复测报告等。

检查数量：全数检查。

12.4.2 灌浆料的性能应符合本文件第 12.2.4 条和设计文件的规定；

检查方法：对照设计文件检查取样检测记录、复测报告等。

检查数量：同一批次产品现场取样不少于 1 组。

12.4.3 塑料衬垫内衬焊接焊缝应清晰、无漏焊。

检查方法：采用加压充气或电火花检测方法，检查施工记录、焊接记录等。单焊缝采用电火花检测，不产生电火花时为合格。双焊缝采用加压充气法检测，当焊缝不漏气、无脱开、压力没有明显下降时为合格。

检查数量：全数检查。

12.4.4 管道内不得有滴漏和线流现象。

检查方法：修复完成后采用 CCTV 闭路电视进行检查，修复后管径大于 800mm 时也可进入管道检查。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

12.4.5 管道内表面质量检测：管道接口、接缝应平顺，内衬与原有管道过渡应平缓，不得出现渗漏现象。

检查方法：观察，电视检测(CCTV)辅助检查；检查施工记录、电视检测(CCTV)记录，保留影像资料。

检查数量：全数检查。

12.4.6 灌浆固结体应充满环状间隙，无松散、空洞等现象。

检查方法：观察；对照设计文件和施工方案检查施工记录、灌浆记录等。

检查数量：全数检查。

12.4.7 内衬管两端与原有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。

检查方法：观察；对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

12.4.8 修复施工记录齐全、正确。

检查方法：对照设计文件和施工方案的规定进行检查，检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

表 12.4.8 垫衬法管道修复质量检验一般项目检查表

项目		要求	检查方法	检查数量
外观	接口	接口、接缝应平顺	观察，电视检测(CCTV)辅助检查；检查施工记录、电视检测(CCTV)记录，保留影像资料	全数检查
	管道内	不得出现渗漏现象		
	与原管道过渡	内衬与原有管道过渡应平缓		
注浆		应充满环状间隙，无松散、空洞等现象。	观察；对照设计文件和施工方案检查施工记录、灌浆记录等	全数检查
端口		内衬管两端与原有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	观察；对照设计文件检查施工记录等	全数检查
记录		记录齐全、正确	对照设计文件和施工方	全数检查

		案的规定进行检查	
--	--	----------	--

13 管片内衬法

13.1 一般规定

13.1.1 管片内衬法是将片状型材在原有管道内拼接成一条新管道，并对新管道与原有管道之间的间隙进行填充的管道修复方法，又称管片拼装法。。

13.1.2 管片内衬法适用于圆管直径大于 800mm 或净宽不小于 800mm、净高不小于 1000mm 的矩形或异形箱涵断面的钢筋混凝土排水管道修复。

13.1.3 管片型材应由硬质聚氯乙烯（PVC-U）或同等性能及以上材料制成，要求厚度均匀，表面光滑。

13.2 材料

13.2.1 同一施工段应采用相同材质的部件，部件不得存在裂缝、漏洞、外来夹杂物、变形或其他损伤缺陷。

13.2.2 应分别对不同生产批次的管片进行抽样检测。样品应由国家权威认证机构进行检测，并提供检测结果报告。

13.2.3 管片材料应按表 13.2.3 进行性能检测。

表 13.2.3 管片拼装技术材料检测标准

项目	单位	技术指标	检测标准
纵向拉伸强度	MPa	>40	GB/T 1040.2
纵向拉伸延伸率	%	>150	GB/T 9341
热塑性塑料维卡软化温度	℃	>60	GB/T 1633

13.2.4 注浆作业时，应按表 13.2.4 对 3S 填充砂浆进行现场测试流动度并取样做抗压强度测试。

表 13.2.4 3S 填充砂浆标准

项目	技术指标	检测标准
抗压强度	>C30	GB/T 50448
流动度	300±30mm	-

13.2.5 管道修复后，应根据实际情况采用闭气或闭水的方法进行管道严密性试验。

13.3 施工

13.3.1 采用本技术修复管道时，应对管片内衬管和原有管道之间的空隙进行注浆填充，提高结构强度。

13.3.2 管片内衬法施工应包括管内清洗、组装结构增强材料、模块拼装、模块搬运、

管道拼装、支管开孔、设置支撑、注浆撤除支撑、管口处理等步骤。

13.3.3 当采用人工进入管道内进行施工时，管内水位不得超过管道垂直高度的 30%或 500mm。地面人员应保持同井下人员之间的联络。

13.3.4 施工前应具备下列条件后，方可施工。

- 1 施工人员应采用有毒气体测试仪测试管道内有毒气体；
- 2 管内硫化氢气体浓度应小于 10ppm；
- 3 一氧化碳气体浓度应小于 50ppm。

13.3.5 设备操作人员应严格遵守设备操作规则。

13.3.6 发生紧急情况时，除应按操作规程采取应急措施外，应听从现场统一指挥，服从命令。

13.3.7 施工前，应采用高压冲洗车对管内进行清理，以保证工程质量。

13.3.8 将管片通过检查井运入管内。管片下井和管内运输过程中，管内人员不得站在运输物下方，以确保安全。

13.3.9 采用人工或机器的方法在管内将管片拼装成一体。管片与管片之间采用连接键或焊接连接时，应注入密封胶和粘结剂，确保水密性。

13.3.10 管片连接完成后，注浆之前，应对管道进行支护工作，以确保安全。

13.3.11 管片拼装完成后对原有管道与原有管道之间填充砂浆应符合下列规定：

- 1 注浆时，注浆压力应随时根据现场情况进行调节，必要时可根据材料的承载能力分次进行注浆，并且需对每次注浆进行制作试块试验；
- 2 注浆泵应采用可调节流量的连续注浆设备（最大 50L/min）；
- 3 最终注浆阶段的注浆压力不应大于 0.02MPa，流量不应大于 15L/min；
- 4 注浆完毕后，应按导流管中流出的砂浆比重确认注浆结束。

13.3.12 注浆结束后，应对注浆口及管口进行处理。应在保持原管长度不变的情况下进行管口处理，管口应平滑完整。

13.3.13 施工过程中应对路面交通、井下封闭空间作业、设备起吊的操作、井下作业水流等采取安全措施。

13.4 质量检验

13.4.1 每片管片的材料需要有清晰的标记，标记应该包括生产商的名称、商标、产品编号、产地、生产日期和 PVC 材料等级等。

13.4.2 所使用的粘结剂和密封剂应与 PVC 复合材料之间拼接工艺相匹配。

13.4.3 修复后管道内壁不得出现鼓包，漏浆等外观缺陷，浆液应充满，无空洞。

检验方法：采用 CCTV 检测或人员进入管内目测检查。

检查数量：全数检查。

14 短管内衬法

14.1 一般规定

14.1.1 短管内衬法是采用牵拉、顶推或两者结合的方式,将预制短管置入原有管道形成内衬、并对内衬与原有管道或井壁之间的空隙进行填充的修复方法。

14.1.2 短管内衬法适用于修复管径 DN200mm~DN4600mm 的各种材质、各种断面排水管道。

14.1.3 短管内衬法内衬管应符合下列规定:

- 1 管长度应满足可从井室进入管道的要求;
- 2 用承插式连接短管时,内衬管连接应采用防水密封橡胶圈。

14.2 材料

14.2.1 短管内衬材料宜采用 PE 管,并应符合下列规定:

1 PE 实壁管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 13663.2 的有关规定;HDPE 中空壁管应符合现行国家标准《埋地用聚乙烯(PE)结构壁管道系统第 2 部分聚乙烯缠绕结构壁管材》GB/T 19472.2 的有关规定;

- 2 短管长度应满足从工作井进入管道的要求;
- 3 短管连接宜采用热熔焊接或承插方式。

14.2.2 短管连接所用橡胶密封圈的性能应符合现行国家标准《高分子防水材料第 3 部分:遇水膨胀橡胶》GB/T 18173.3 的有关规定。

14.2.3 注浆材料应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 和《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定,并应符合表 14.2.3 的规定。

表 14.2.3 注浆材料性能

性能指标	单位	性能要求	试验方法
抗压强度, 28d	MPa	>30	现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448

14.3 施工

14.3.1 应对进场材料进行性能复测,同一生产厂家、同一批次、同一管径产品抽样检验,200m 不宜少于 1 组,管材的性能应符合本规程第 14.2.1 条的规定;焊接材料、遇水膨胀橡胶密封圈的性能应符合本规程第 14.2.2 条的规定。

14.3.2 主要施工机械、电气设备应有定期维保、检验记录,并应符合下列规定:

- 1 热熔机的年检时间宜为每年 1 次；
- 2 液压设备宜采用双回路动力设备，压力区间宜为 9.0MPa~15.5MPa。

14.3.3 施工过程应符合下列规定：

- 1 工作井尺寸应满足预制管施工，带水作业时水位宜控制在管道充满度 50%以下；
- 2 工作井内应设置导滑装置；短管顶推或牵拉时应匀速、可控；施工宜在同一连续作业段内完成；
- 3 短管安装宜自下游开始，承口应朝向施工前进的方向，施工宜一次完成；
- 4 最大顶推力或牵引力不宜大于内衬管允许顶力或拉力的 50%；管道弯曲段或变形较大的管道宜减慢速度；
- 5 短管连接时，应依次推入指定位置，相邻两段管材可通过热熔焊接或承插连接形成整体，连接宜采用热熔焊接；连接后的内衬管宜平顺，不应有“蛇形”变形和起伏；
- 6 热熔焊连接设备的控制参数应满足焊接工艺要求；设备与待连接管的接触面应无污物；
- 7 热熔焊接连接时，子口焊缝表面应光滑、平整，无裂缝，错边量不应超过管材壁厚的 10%；焊后冷却期间接口未受外力影响；
- 8 插连接时，子口的规定位置应安装遇水膨胀止水胶圈，承插口应清洁，满涂密封胶，管口应密封完全；
- 9 内衬管伸出原有管道长度应满足应力恢复和热胀冷缩的要求，管道就位且应力恢复后方可进行后续操作。

14.3.4 施工完成后，应将工作井与目标井的管端进行切削处理，并将管口打磨光滑。

14.3.5 应对内衬管与原管道环状间隙进行注浆，并应符合下列规定：

- 1 宜采用分段注浆工艺；
- 2 浆液应具备流动性强、固化过程收缩小、放热量低的特性；
- 3 注浆完成后，应对端口缝隙进行封堵。

14.4 质量检验

14.4.1 内衬管取样尺寸、数量要求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 13663.2 的有关规定。

14.4.2 内衬管样品送检应符合下列规定：

- 1 应由第三方检测机构进行检测，并出具检测报告；
- 2 每个样品应有样品说明单，且样品说明单应包括下列信息：

- 1) 内衬材料、尺寸、载体材料、内衬生产商;
- 2) 施工日期、采样日期、批次编号;
- 3) 采样位置、采样方法;
- 4) 测试委托方、施工方签字确认。

I 主控项目

14.4.3 预处理后, 原有管道内壁应无影响修复施工的缺陷。

检查方法: 观察或 CCTV 检测; 检查预处理施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量: 全数检查。

14.4.4 管材力学性能应符合设计要求。

检查方法: 查验资料和第三方检验。

检查数量: 每个施工段内衬管应按同一厂家、同一批次、同一管径, 每 200m 为一批, 抽样不应少于一组, 或者按照设计要求进行取样检测。

14.4.5 内衬管管节及管段接口平整。采用熔焊连接管道符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

检查方法: CCTV 检测。

检查数量: 外观质量全数检查。熔焊焊缝焊接力学性能试验每 200 个接头不少于 1 组; 现场进行破坏性检验或翻边切除检验可任选一种, 现场破坏性检验每 50 个接头不少于 1 个, 现场内翻边切除检验每 50 个接头不少于 3 个; 单位工程中接头数量不足 50 个时, 仅做熔焊焊缝焊接力学性能试验, 可不做现场检验。

II 一般项目

14.4.6 短管内衬法修复管道后, 管道内壁应光洁、平整、线性, 应无裂纹、明显变形、脱节。

检验方法: 观察或 CCTV 检测。

检查数量: 全数检查。

14.4.7 内衬管与原有管道的间隙注浆充填时, 注浆固结体应充满间隙, 不得有松散、空洞等现象。

检查方法: 观察; 检查施工记录、注浆记录。

检查数量: 全数检查。

14.4.8 管口两端密封处理应符合设计要求, 管口灰浆应平滑, 密封应良好。

检查方法：观察或 CCTV 检测。

检查数量：全数检查。

15 碎（裂）管法

15.1 一般规定

15.1.1 碎（裂）管法是采用碎裂管设备从内部破碎或割裂原管道，将原管道碎片挤入周围土体形成管孔，并同步置入新管道的方法。根据破碎动力 可分为气动碎裂管法、静拉碎裂管法和液压碎裂管法。

15.1.2 碎（裂）管法适用于 DN100mm~DN1200mm 的塑料管、混凝土管、陶土管、钢管、铸铁管等管道的修复更新。

【条文说明】

依据《城镇排水管道碎裂管法修复工程技术规程》T/CECS 1472-2023。

15.1.3 碎裂管法工艺的选择应考虑地质条件、地下水情况、管 道扩容量、新管类型、原管道状况、管道埋深、邻近地下管线及 建(构)筑物的分布情况等因素，根据管道破碎方式，可采用气 动碎裂管法、静拉碎裂管法和液压碎裂管法等。

15.1.4 碎裂管法可实施等直径管道置换或扩径管道置换。当管道周围为坚硬土质或砂卵石地质条件时，不宜进行扩径管道置换。

15.1.5 碎裂管法施工前，应满足以下要求：

- 1 应对原管道进行碎（裂）管施工安全性评估，施工不得影响周围管线与设施；
- 2 应对邻近地下管线及地下设施采取专项保护措施，对于可能造成邻近影响的，应在施工过程中进行动态监测；
- 3 应对新管道材质进行结构性能检验，且管材的抗拉压承载力应满足施工要求和本规程的有关规定。

15.2 材料

15.2.1 内衬管材可选 PE、PVC 管材，采用顶推法置入内衬管时，可选用玻璃钢管、钢筋混凝土管等。

15.2.2 碎（裂）管法所用 PE 管材应符合下列规定：

- 1 管材应选择 PE80 或 PE100 及其改性材料；
- 2 管材规格尺寸应满足设计要求，尺寸公差允许范围应符合《排水用聚乙烯（PE）管材》GB/T 13663 的相关规定；
- 3 管材力学性能应符合表 15.2.2 的要求。

表 15.2.2 内衬 PE 管材力学性能要求

检验项目	单位	MDPE PE80 及其改性材料	HDPE PE80 及其改性材料	HDPE PE100 及其改性材料	测试方法
屈服强度	MPa	≥18	≥20	≥22	《热塑性塑料管材拉伸性能 测定第 3 部分：聚烯烃管 材》GB/T 8804.3
断裂伸长率	%	≥350	≥350	≥350	
弯曲模量	MPa	≥600	≥800	≥900	《塑料弯曲性能的测定》 GB/T 9341
环刚度	kN/m ²	≥8	≥8	≥8	《热塑性塑料管材环刚度的 测定》GB/T 9647

【条文说明】

聚乙烯管道是碎裂管法采用的管材之一，按照《塑料管道系统用外推法确定塑性塑料材料以管材形式的长期静液压强度》GB/T 18252 中确定的 20℃、50 年、预测概率 97.5% 相应的静液压强度，常用聚乙烯可分为 PE63、PE80、PE100。其中，中密度 PE80、高密度 PE80 和高密度 PE100 从材料性能上能满足管道内衬的要求。由于非开挖修复工程所用 PE 管材一般并不是标准尺寸管，故需要单独进行设计。因此，PE 管材规格尺寸应满足设计要求，尺寸公差允许范围可参照《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。表 15.2.1 是对非开挖修复工程所用内衬 PE 管材的力学性能的规定。参照《采用聚乙烯内衬修复管道施工技术规范》SY/T 4110 规定了 MDPE 80、HDPE 80、HDPE 100 的屈服强度、弯曲模量的数值。考虑管材拖拉划伤，表中耐慢速裂纹增长（管材切口试验）（SDR11， $e_n \geq 5\text{mm}$ ）指标选用《燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第 1 部分：管材》GB/T 15558.1 附录 D 指标。

15.2.3 碎（裂）管法所用聚乙烯缠绕实壁排水管（顶拉管）产品性能尺寸符合《埋地用聚乙烯（PE）结构壁管道系统第二部分：聚乙烯缠绕结构壁管材》GB/T 19472.2 的要求。

15.2.4 碎（裂）管法所用钢筋混凝土管应符合现行国家标准《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T 11836 的相关规定。

15.3 施工

15.3.1 工作坑开挖时，应满足下列要求：

- 1 工作坑宜设计在管道变径、转角、消防栓、阀门井等处，且应避开道路交汇口、医院入口、消防队入口处、地上建筑物、架空线、地下管线或其它构筑物；
- 2 一个施工段的两工作坑的间距应控制在施工能力范围内；
- 3 工作坑的尺寸应满足设计要求；

4 基坑支护应符合《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定；

5 危大工程需编制专项施工方案，并应按规定程序审批后执行。

【条文说明】

考虑到工作坑的开挖对周围建筑物安全、人们正常生活的影响以及非开挖修复更新工程设计对工作坑位置的特殊要求制定本条，工作坑的尺寸应满足设计要求。

15.3.2 塑料内衬管的接口宜采用热熔对接、机械连接等形式，且应满足下列要求：

1 PE 管的热熔对接应符合《塑料管材和管件聚乙烯（PE）管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备操作规范》GB 19809 的规定；

2 PE 管的机械连接应连接紧固，管材接口抗拉强度不应小于管材本身的抗拉强度；

3 聚乙烯缠绕实壁排水管应采用双胶圈密封自锁接口，连接口密封圈应采用 EPDM 橡胶，不宜采用普通 O 形圈结构，且宽度不小于 15mm。

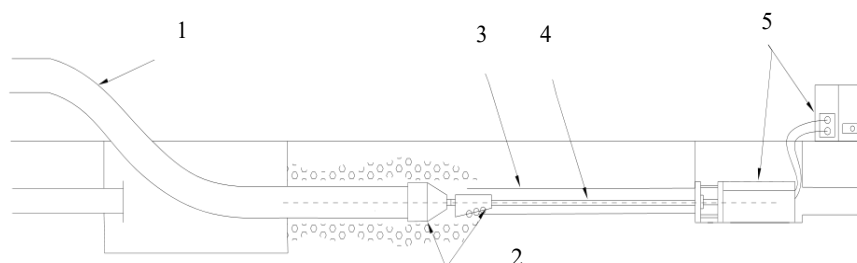
15.3.3 采用静拉碎（裂）管法进行管道更新施工，应符合下列规定：

1 应根据管道直径及材质选择碎（裂）管设备；

2 裂管刀具应从原有管道底部切开，切刀的位置应处于与竖直方向成 30° 夹角的范围内。

【条文说明】

静拉碎（裂）管施工示意图如图 15.3.3-1 所示，施工过程中应根据管材材质选择不同的碎（裂）管设备。图 15.3.3-2 为一种适用于延性破坏的管道或钢筋加强的混凝土管道的碎（裂）管工具，由一个裂管刀具和胀管头组成，该类管道具有较高的抗拉强度或中等伸长率，很难破碎成碎片，得不到新管道所需的空間，因此需用裂管刀具沿轴向切开原有管道，然后用胀管头撑开原有管道形成新管道进入的空间。原有管道切开后一般向上张开，包裹在新管道外对新管道起到保护作用，因此根据《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 147 对切刀的位置进行了规定。



1—内衬管；2—静压碎（裂）管工具；3—原有管道；4—拉杆；5—液压碎（裂）管设备

图 15.3.3-1 静拉碎（裂）管法示意图



1—裂管刀具；2—胀管头；3—管道连接装置

图 15.3.3-2 静拉碎（裂）管工具

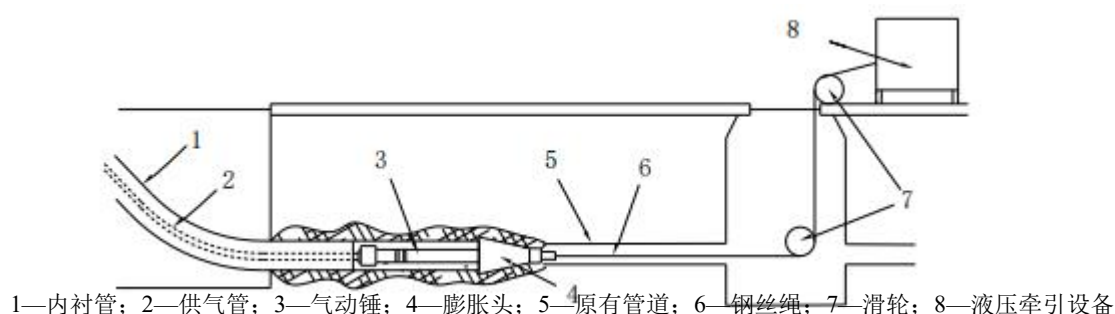
15.3.4 采用气动碎管法进行管道更新施工，应符合下列规定：

- 1 碎裂管设备与周围其他管道距离不应小于 0.8m，且不小于待修复管道的直径，与周围其他建筑设施的距离不应小于 5m，否则应采取保护措施；
- 2 气动碎管设备应与钢丝绳或拉杆连接，且应在施工过程中通过钢丝绳或拉杆给气动碎管设备施加一个恒定的牵拉力。

【条文说明】

气动碎管法中，碎管工具是一个锥形胀管头，并由压缩空气驱动在 180~580 次/min 的频率下工作，图 15.3.2 为气动碎管法示意图。气动锤对碎管工具的每一次敲击都将对管道产生一些小的破碎，因此持续的冲击将破碎整个原有管道。气动碎管法一般适用于脆性管道，如混凝土管道和铸铁管道。

气动碎管法施工过程中由于气动锤的敲击，对周围地面造成震动，为了防止对周围管道或建筑造成影响，按照 TTC 制定的《Guidelines for Pipe Bursting》中的规定对碎裂管设备与周围管道和设施的安全距离做了规定，超过该距离应采取相应的措施，如开挖待修复管道与原有管道之间的土层，卸除对周围管道的应力。



1—内衬管；2—供气管；3—气动锤；4—膨胀头；5—原有管道；6—钢丝绳；7—滑轮；8—液压牵引设备

图 15.3.2 气动碎管示意图

15.3.5 新管道在拉入过程中应符合下列规定：

- 1 新管道应连接在碎（裂）管设备后随碎（裂）管设备一起拉入；
- 2 新管道拉入过程中宜采用润滑剂降低新管道与土层之间的摩擦力；

3 施工过程中牵拉力陡增时，应立即停止施工，查明原因后方可继续施工；

4 管道拉入完后自然恢复时间不应小于 4h。

【条文说明】

管道拉入过程中润滑的目的是为了降低新管道与土层之间的摩擦力。应参考地层条件和原有管道周围的环境，来确定润滑泥浆的混合成分、掺加比例以及混合步骤。一般地，膨润土润滑剂用于粗粒土层（砂层和砾石层），膨润土和聚合物的混合润滑剂可用于细粒土层和黏土层。

拉入过程中应时刻监测拉力的变化情况，为了保障施工过程中的安全，当拉力突然陡增时，应立即停止施工，查明原因后方可继续施工。

根据美国非开挖研究中心（TTC）制定的《Guidelines for Pipe Bursting》中的规定，新管道拉入后的冷却收缩和应力恢复的时间应为 4h。

15.3.6 应在进管工作坑及出管工作坑中对新管道周围土体进行注浆加固，加固长度不应小于 200mm。

【条文说明】

新管道应力恢复完后，在进管工作坑（检查井）及出管工作坑（检查井）中应对新管道周围土体进行注浆加固处理确保新管道周围不发生渗漏且土体稳固，处理长度不应小于 2m。

15.4 质量检验

I 主控项目

15.4.1 管材的规格、尺寸应符合设计要求和现行国家有关产品标准规定，质量保证资料应齐全。

检查方法：检查质量保证资料、出厂检验报告。

检查数量：全数检查。

15.4.2 管材的主要技术指标经进场复检应符合设计要求和本文件 4.11 的规定。

检查方法：检查取样检测记录、进场复检报告。

检查数量：同一生产厂家、同一批次产品现场取样不少于 1 组；在施工现场管材、型材、主要材料有再形变过程或需分段连接的，同一生产厂家、同一批次产品、每一个加工批次均应按设计要求进行性能复测。

15.4.3 管道内不得有滴漏和线流现象。

检查方法：修复完成后采用 CCTV 闭路电视进行检查，修复后管径大于 800mm 时也可进入管道检查。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

15.4.4 碎（裂）管法施工前，应检测管节及接口有无划痕、刻槽、破损等，管壁损失不得大于 10%，接口不得破碎。

检查方法：施工前管节及接口全数观察，施工后对牵拉端取样检测。

检查数量：全数检查。

15.4.5 更新管道内壁表面应光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、变形、错台等影响管道结构、使用功能的损伤和缺陷。

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

检查数量：全数检查。

15.4.6 新管道端口不得存在渗漏、土体松散现象。

检查方法：检查注浆记录及 CCTV 检测。

检查数量：全数检查。

15.4.7 修复施工记录齐全、正确。

检查方法：对照设计文件和施工方案的规定进行检查，检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

表 15.4.7 碎（裂）管法管道修复质量检验一般项目检查表

项目		要求	检查方法	检查数量
外观	管节与接口	碎（裂）管法施工前，应检测管节及接口有无划痕、刻槽、破损等，管壁损失不得大于 10%，接口不得破碎	施工前管节及接口全数观察，施工后对牵拉端取样检测	全数检查
	内衬管表面	更新管道内壁表面应光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、变形、错台等影响管道结构、使用功能的损伤和缺陷	观察或 CCTV 检测；检查施工记录、电视检测（CCTV）记录等。	
新管道端口		新管道端口不得存在渗漏、土体松散现象	检查注浆记录及 CCTV 检测。	全数检查
施工记录		修复施工记录齐全、正确	对照设计文件和施工方案的规定进行检查。	全数检查

16 局部修复法

16.1 一般规定

16.1.1 非开挖修复工程局部修复宜采用不锈钢快速锁法、不锈钢双胀环法、点状原位固化法。

16.1.2 不锈钢快速锁法适用于 DN300mm~DN1800mm 各类材质排水管道的局部修复，不适宜管道变形和接头错位严重情况的修复。

16.1.3 不锈钢双胀环法可适用于修复 DN800mm 以上的各类材质排水管道。

16.1.4 点状原位固化法可适用于修复 DN200mm~DN1200mm 各类材质排水管道。

16.1.5 点状原位固化法所形成内衬管的长度应能覆盖待修复缺陷，且沿轴向前后均应长出待修复缺陷不小于 200mm，裁切玻璃纤维布时应根据待修复管道的管径计算裁切长度，并确保搭接长度不小于 100mm。

16.2 材料

I 不锈钢快速锁法

16.2.1 不锈钢快速锁套筒的原材料应采用 16Cr10Ni2Mo 或以上排号的不锈钢板，钢板加工前后应无影响使用的缺陷，并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。橡胶套应采用三元乙丙或丁腈橡胶，橡胶材料的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，气囊安装型应满足硬度级别为 40 的要求，人工安装型应满足硬度级别为 60 的要求。

【条文说明】

不锈钢快速锁可分为气囊安装型和人工安装型。根据产品的安装方式，不锈钢快速锁可分为气囊安装型和人工安装型两种分类。

气囊安装型：适用于管径范围为 300mm~700mm 的管道。这种类型的快速锁使用气囊进行安装，通过气囊膨胀扩张，实现修复装置的固定和密封。

人工安装型：适用于管径范围为 800mm~2400mm 的管道。这种类型的快速锁需要人工安装，通常使用专用的安装工具和技术，确保装置正确安装在管道上，并达到密封和修复的效果。

通过对快速锁的分类，可以更好地适应不同管道规格和安装环境的需求，提供更灵活、有效的修复方案。

组合套筒的钢板原材料应选用 316 或 316L 不锈钢板,并且必须符合 GB/T 3280 标准的规定。这保证了不锈钢快速锁的材料质量和耐腐蚀性能,满足产品的使用要求。

橡胶套应采用三元乙丙或丁腈材质,确保了橡胶套具有良好的耐用性和密封性能,能够有效地承受管道内部的压力和环境的影响。采用符合规定的橡胶材料,能够保证修复装置的稳定性和长期可靠性。

16.2.2 气囊型不锈钢快速锁应由整片不锈钢板加工成型,气囊安装型快速锁锁紧机构应采用 16Cr10Ni2Mo 不锈钢材质,齿轮轴焊接的拉伸强度不应小于 500MPa,并应符合现行国家标准《不锈钢复合钢板焊接技术要求》GB/T 13148 的有关规定。

【条文说明】

气囊安装型快速锁的锁紧机构应采用 316 不锈钢材质,确保了锁紧机构具有优良的耐腐蚀性能和强度,能够在各种环境条件下保持稳定的工作状态。采用 316 不锈钢材质,符合对于气囊安装型快速锁高品质、长期可靠性的要求。

16.2.3 人工型不锈钢快速锁宜由 2 片-3 片不锈钢片拼装而成,人工安装型快速锁锁紧机构的螺栓型号不应低于 M10,抗拉强度不应小于 500MPa,螺栓材质应为用 S31603 不锈钢,并应符合现行国家标准《紧固件机械性能不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6 的有关规定。且螺帽应采用圆头螺帽,并应符合现行国家标准《紧固件机械性能不锈钢螺母》GB/T 3098.15 的有关规定。

16.2.4 扩张工具的材质宜为 Q235 碳钢,并应符合现行国家标准《一般工程用铸造碳铸件》GB/T 11352 的有关规定。

【条文说明】

扩张工具要求采用碳钢及以上的材质,确保能够满足快速锁的扩张需求。

II 不锈钢双胀环法

16.2.5 不锈钢双胀圈原材料应符合下列规定:

- 1 应选用 S304 或以上不锈钢;
- 2 胀圈厚度应根据管径大小确定,且不应小于 5mm;
- 3 胀圈宽度不应小于 50mm。

16.2.6 止水橡胶带应符合下列规定:

- 1 应采用丁腈橡胶(NBR);
- 2 橡胶带宽度应按照设计要求制作,宜为 300mm~400mm;橡胶带两侧应有不锈钢胀圈压槽,压槽背面应有齿状止水条,止水条高度宜为 8mm~10mm;

3 橡胶带表面应平整、无缺陷，橡胶带性能应符合现行国家标准《高分子防水材料第2部分：止水带》GB 18173.2的有关规定；

4 橡胶带应在低温、干燥和避光的地方保存，保存期不应超过12个月。

III 点状原位固化法

16.2.7 点状原位固化法所用材料应符合下列规定：

- 1 软管织物应选用耐化学的 ECR 玻璃纤维，规格为 1050~1400g/m²；
- 2 采用常温固化树脂，树脂的固化时间宜为 1h~2h；
- 3 采用硅酸树脂，其配比混合料性能指标应符合表 17.2.7 的规定。

表 16.2.7 硅酸树脂性能指标要求

项目	单位	指标	测试方法
密度	g/cm ³	1.2~1.27	《塑料液体树脂用比重瓶法测定密度》 GB/T 15223
粘度	mPa·s	150~600	《粘度测量方法》GB/T 10247

【条文说明】

点状原位固化法目前有三种工艺，分别为常温固化局部修复，光固化局部修复，加热固化（热水固化，电热片加热固化）局部修复。常温固化采用的树脂为双组份，A 为聚氨酯，B 为无机硅酸盐，国外习惯统称硅酸盐树脂，表 16.2.7 中列出硅酸盐树脂性能指标要求。

16.2.8 固化后内衬管力学性能应符合表 16.2.8 的要求。

表 16.2.8 内衬管力学性能指标

检测项目	技术指标	测试方法
抗弯强度（MPa）	≥45	《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449
弯曲模量（MPa）	≥6500	
抗拉强度（MPa）	≥62	《塑料拉伸性能的测定第4部分：各向同性和正交各向异性纤维增强复合材料的试验条件》GB/T 1040.4

16.2.9 固化后内衬管耐化学性能应符合表 16.2.9 条的要求。在 23±2℃温度下浸泡 28 天的弯曲强度保留率与弯曲模量保留率的平均值应不小于 80%。

表 16.2.9 内衬管耐腐蚀性能及测试方法

化合物溶液	浓度（质量分数）	弯曲强度保留率与弯曲模量保留率的平均值	测试方法
硫酸	5%	≥80%	《塑料耐液体化学试剂性能测定》GB/T

氢氧化钠	0.5%	≥80%	
------	------	------	--

16.3 施工

I 不锈钢快速锁法

16.3.1 不锈钢快速锁应覆盖待修复缺陷，且覆盖缺陷部位以外的轴向前、后超出长度均应大于 100mm；当缺陷轴向长度超过单个快速锁长度时，宜采取多个快速锁搭接方式。

【条文说明】

当缺陷轴向长度超过单个快速锁长度时，宜采取多个快速锁搭接方式，安装时后一个快速锁橡胶套应压住前一个快速锁超出的橡胶套。

16.3.2 采用气囊安装的不锈钢快速锁应符合下列规定：

- 1 应采用 CCTV 或潜望镜设备实时监测、辅助气囊定位；
- 2 气囊内的气体压力应保证快速锁缓慢展开、紧贴原有管道内壁，气囊压力宜为 0.35MPa~0.40MPa；
- 3 快速锁完全张开后，应缓慢释放气囊内的压力并撤出；
- 4 采用气囊安装的不锈钢快速锁不宜采用搭接方式。

【条文说明】

采用气囊安装时，需在地面上预先安装不锈钢套筒和橡胶套的橡胶套。并在始发井和接收井各安装卷扬机；将快速锁固定于带轮专用气囊，在 CCTV 或潜望镜辅助下将气囊牵拉至待修复位置，向气囊内缓慢充气使快速锁扩展并紧贴于原有管道内壁；当确认快速锁完全张开后，需可释放气囊压力后撤出。

16.3.3 采用人工方式安装的不锈钢快速锁应符合下列规定：

- 1 不锈钢环片、橡胶套等应由检查井置入待修复位置；
- 2 不锈钢环片应在井内拼装成钢圈，安装橡胶套时迎水坡边宜朝来水方向；
- 3 快速锁扩张过程中可用橡胶锤环向振击，确认各部位与原管壁紧密贴合后紧固螺丝。

【条文说明】

采用人工方式安装时，需将不锈钢环片、橡胶套等通过检查井置入待修复位置；在井内先将不锈钢环片拼装成套筒，再将橡胶套入形成不锈钢快速锁；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，当各个部位与原管壁紧密贴合时可紧固螺丝，完成安装。

16.3.4 不锈钢快速锁不锈钢环片、橡胶套同一生产厂家、同一批次、同一规格产品抽样检验不应少于一组，且质量应符合下列规定：

- 1 修复位置应正确，修复装置应安装牢固；
- 2 已修复部位不得漏水、渗水；
- 3 原有缺陷部位应已被修复材料完全覆盖，止水材料与原管应贴合紧密；
- 4 修复后管道线形应和顺，接口、接缝处过渡应平顺，内衬与原有管道过渡应平缓。

II 不锈钢双胀环法

16.3.5 不锈钢双胀环法修复施工时，应符合下列规定：

- 1 修复前应检查缺陷点，当存在明显内渗漏、错口、异物等，应先采取注浆、堵水等必要的预处理措施；
- 2 止水橡胶带宜采用人工辅助沿管道环向平铺于管道内壁的方式，平铺后应完全覆盖管道缺陷处，同时橡胶带表面应平整、无褶皱，内壁应紧贴原管道；
- 3 不锈钢胀圈应沿止水橡胶带的压槽安装，安装时钢套环应垂直无倾斜，牢固可靠；
- 4 安装完成后应拆除胀圈上焊接的液压设备支撑点，拆除时应沿环向施力拆除，不得沿纵向施力拆除。

【条文说明】

若采用两片安装，安装时一边以承插安装,另外一边以专用液压设备分别顶在胀圈的两侧接口处，通过液压设备的撑力，将两侧接口分开至设计宽度后，插入与两侧接口同宽度的固定塞片，从而完成安装。若采用三片安装，其中一片采用两边承插安装，另外两片均采用单侧承插安装，最后这两片的接口再按照上述方式采用千斤顶安装固定。

16.3.6 修复施工时，应做好注浆用量、注浆压力、液压设备的撑力，修复前、后的渗水程度等施工记录。

16.3.7 不锈钢双胀环法进场止水橡胶圈、双胀圈同一生产厂家、同一批次、同一规格产品抽样检验不应少于一组，且质量应符合下列规定：

- 1 修复位置应正确，修复装置应安装牢固；
- 2 原有缺陷部位应已被修复材料完全覆盖，止水材料与原管应贴合紧密；
- 3 已修复部位不得漏水、渗水；
- 4 修复后管道线形应和顺，接口、接缝处过渡应平顺，内衬与原有管道过渡应平缓。

III 点状原位固化法

16.3.8 点状原位固化法软管的安装应符合下列规定：

- 1 裁剪折叠后的玻璃纤维织物应能覆盖待修复缺陷，且轴向前后应比待修复缺陷长不小于 200mm；
- 2 玻璃纤维布浸渍完成后，应立即进行修复施工，否则应将软管保存在存储温度以下，并不应受灰尘等杂物污染；
- 3 应将浸渍树脂的玻璃纤维布绑扎在由弹性材料制成，且具有良好密封性能的可膨胀气囊上送至缺陷位置；
- 4 采用气囊的工作压力和修补管径范围应符合气囊设备规定的技术要求；
- 5 气囊送入时，宜采用 CCTV 设备实时监测、辅助定位。

16.3.9 点位原位固化法软管膨胀及固化应符合下列规定：

- 1 气囊宜通过充入空气进行膨胀，气囊内气体压力应保证软管紧贴原有管道内壁，压力应控制在 0.08MPa~0.20MPa，且每隔 15min 对气囊内气压进行记录；
- 2 固化时间应根据树脂厂家的使用说明，根据现场温度确定；
- 3 应在固化完成后缓慢释放囊内的压力。

16.4 质量检验

I 主控项目

16.4.1 局部修复法所用材料和施工设备进场应符合本规程 16.2 节的规定和设计要求，质量合格证书、性能检测报告和使用说明书等质量证明文件应齐全。

检查方法：对照设计文件，按本规程 16.2 节的规定检查。

检查数量：全数检查。

16.4.2 点状原位固化法的外观检验应符合下列规定：

- 1 缺陷部位应已被修复材料完全覆盖，且延伸宽度应大于 200mm；
- 2 已修复部位不得漏水、渗水。

检查方法：观察或 CCTV 检测；对照设计文件和施工方案检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

16.4.3 点状原位固化法质量检验应制作和管内修复同规格的样品管，并送第三方检测。样品管的质量检验应符合设计要求和下列规定：

- 1 样品管厚度应满足设计要求；
- 2 内衬筒纤维缠绕层数应不小于 3 层；
- 3 样品管的初始力学性能和测试方法应分别符合本标准表 16.2.8 的规定。

检查方法：现场制作样品管。

检查数量：同一生产厂家、同一加工批次，同一管径的产品现场制作样品管不少于 1 组。

16.4.4 不锈钢双胀环法质量检验应符合下列规定：

- 1 修复位置应正确，不锈钢胀环应安装牢固；
- 2 已修复部位不得漏水渗水；
- 3 原有缺陷部位应已被修复材料完全覆盖，止水橡胶带与原管应贴合紧密。

检查方法：观察或 CCTV 检测；对照设计文件和施工方案检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

16.4.5 不锈钢快速锁法修复后管道表面质量应满足下列要求：

- 1 修复位置应正确，不锈钢快速锁应安装牢固；
- 2 已修复部位不得漏水渗水；
- 3 原有缺陷部位应已被修复材料完全覆盖。

检查方法：观察或 CCTV 检测；对照设计文件和施工方案检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

II 一般项目

16.4.6 点状原位固化法修复管道内衬管表面质量应满足下列要求：

- 1 内衬与原管道应紧密贴合，无明显突起、凹陷、错台、空鼓等现象；
- 2 修复位置应正确，内衬应完整表面光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、起泡、干斑、税皮、分层、杂质和软弱带等缺陷。

检查方法：观察或 CCTV 检测；对照设计文件和施工方案检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

16.4.7 不锈钢双胀环法修复后管道表面质量应满足下列要求：

- 1 止水橡胶带应与原管道紧密贴合，无明显凸起、褶皱现象；

2 橡胶带与不锈钢胀环应表面光洁、平整，无局部划伤、裂磨损、孔洞等缺陷。

检查方法：观察或 CCTV 检测；对照设计文件和施工方案检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

16.4.8 修复后管道线形应和顺，接口、接缝处过渡应平顺，内衬与原有管道过度应平缓。

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。

16.4.9 内衬两端密封处理应符合设计文件要求，且应密封良好、密实。

检查方法：观察；对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

17 检查井修复

17.1 一般规定

- 17.1.1 检查井修复应按井盖、井座、井筒及井室分别实施。
- 17.1.2 检查井修复后的后续工作年限不应低于原有检查井的剩余设计工作年限，内部空间不得影响检修养护。
- 17.1.3 检查井修复工程施工前，应根据检查井状况、修复工艺要求对原有检查井进行预处理，预处理措施宜包括封堵或导流、检查井清洗、土体注浆、裂缝嵌补、内壁处理及踏步与流槽处理等，并应符合下列规定：
- 1 预处理后的检查井内壁应洁净，应无影响内衬修复的污泥、垃圾、油脂、有机涂层等附着物，应无尖锐毛刺、凸起物等；
 - 2 井壁上的腐蚀层、酥松结构均应清除干净；
 - 3 预处理不得对检查井造成二次结构损伤和破坏；
 - 4 应对井底、井盖与井室连接缝隙、井壁与管口连接处等部位进行堵漏止水处理，不应有影响施工的积水和渗水现象；
 - 5 井壁如有凹凸不平或混凝土面层脱落，应先进行砂浆抹面找平。

17.2 材料

I 水泥基材料喷涂（筑）法、聚合物基材料喷涂（筑）法

17.2.1 检查井修复用水泥基喷涂材料的性能要求，应符合表 10.2.3 的规定，防腐蚀材料性能要求，应符合表 17.2.1 的规定，喷涂材料的主要胶凝材料应为水泥，并应包含增强纤维、细骨料及改性添加剂。

表 17.2.1 水泥基喷涂材料性能要求

序号	项目	龄期	技术要求	检查方法
1	防腐蚀类型	5% 硫酸液点滴 24 小时	无起泡、无剥落、无裂纹	JGJ/T 2327
		10%柠檬酸液腐蚀 48 小时；10%乳酸液腐蚀 48 小时； 10%醋酸液腐蚀 48 小时	无起泡、无剥落、无裂纹	
耐酸性检验用酸的浓度均为质量百分数。				

注：耐酸性检验用酸的浓度均为质量百分数。

17.2.2 检查井等附属设施采用聚合物基喷涂材料修复时，按下列规定执行：

1 材料应具有良好的均匀性，喷涂过程中应保持适宜的流动性，且不应出现硬化、结块现象；

2 每次正式喷涂前，应在施工现场预先喷涂一块尺寸为 200mm×200mm、厚度不低于 3mm 的样块，经现场技术人员检验确认符合喷涂质量要求后方可正式施工，且样块应留存备查；

3 聚合物基喷涂材料的抗拉强度、弯曲强度和弯曲模量性能，拉伸粘结强度和耐腐蚀性能，应符合表 17.2.2 的规定。

表 17.2.2 聚合物基喷涂材料性能

项目		技术要求	试验方法
抗拉强度(MPa)		≥30	GB/T 9341
弯曲强度(MPa)		≥60	GB/T 1040.2
弯曲模量(MPa)		≥3000	GB/T 9341
拉伸粘结强度 (MPa)	与混凝土基体 (MPa)	≥1.0 或试验时基体破坏	GB/T 7122
	与金属基体(MPa)	≥1.0	
	与 UV、热水固化 内衬管基体(MPa)	≥1.0	
		强度损失≤5%	
耐腐蚀性能	5%硫酸液点滴 24 小时	无起泡、无剥落、无裂纹	JGJ/T 2327
	10%柠檬酸液 腐蚀 48 小时；10% 乳酸液腐蚀 48 小 时；10%醋酸液腐 蚀 48 小时		

II 热水位固化法、紫外光贴片内衬法

17.2.3 采用热水原位固化法修复检查井等附属设施时，按下列规定执行：

- 1 内衬可由单层或多层聚酯纤维毡或同等性能材料构成；
- 2 内衬应与所用树脂相容，并能承受施工拉力及固化温度；
- 3 内衬的性能要求，应符合 GB/T 41666.4 的规定；
- 4 多层内衬接缝应相互错开，且连接应牢固可靠；
- 5 内衬直径、截面积或周长，应为待修复检查井原始尺寸的 85%~97%；

6 应采用不含玻璃纤维的热水原位固化材料。

17.2.4 采用紫外光原位固化法修复检查井等附属设施时，宜采用贴片内衬法，潮湿涂料材料的选取，按下列规定执行：

- 1 应具备在潮湿基面快速反应固化性能，固化时间宜为 40min~50min；
- 2 应对基面形成有效粘接，固化后性能指标和试验方法应符合表 17.2.4 规定。

表 17.2.4 潮湿涂料、粘附涂料

项目	技术要求	试验方法
拉开强度(MPa)	≥2.5	GB/T 5210
邵氏硬度 D(度)	30	GB/T 2411

17.2.5 紫外光贴片内衬法采用的粘附涂料，按下列规定选取：

- 1 应具有不易流挂、快速固化特性，光固化时间宜为 5min~10min；
- 2 应具备良好韧性和粘接性能，固化后性能指标及试验方法应符合表 17.2.4 的规定。

17.2.6 紫外光贴片内衬法采用的贴片，按下列规定选取：

1 贴片应由各向同性的玻璃纤维材料浸渍光固化树脂制成，并能承受施工拉力和固化温度；

2 贴片应厚度均匀、材质致密，上下表面应附有透明塑料薄膜，呈片状且具有较强粘接性；

3 贴片的紫外光辐照快速固化响应波长应为 365nm~405nm，贴片固化后性能指标应符合表 17.2.6 的规定。

表 17.2.6 贴片固化后性能指标

项目	技术要求	试验方法
拉伸强度(MPa)	≥100	GB/T 1447
巴氏硬度(HBa)	≥40	GB/T 3857

17.2.7 紫外光贴片内衬法所用的潮湿涂料、粘附涂料和贴片材料，其耐化学介质性能指标和试验方法应满足 GB/T 41666.4 的规定。

【条文说明】

17.2.1~17.1.7 检查井以及其余附属构筑物非开挖修复材料的选取，可参照 T/CECS 1333 标准的性能要求确定，并应符合国家相关材料与产品标准规定。

17.3 施工

I 水泥基材料喷涂（筑）法、聚合物基材料喷涂（筑）法

17.3.1 采用水泥基材料离心喷涂（筑）法修复检查井时，按下列规定执行：

1 宜将旋喷器居中置于井内，运行平稳后泵送浆料，浆料甩出时，操纵吊臂卷扬使旋喷器平稳下行至井底，再提升至井口完成一个喷筑回次，往复至设计厚度；

2 离心喷筑过程中，旋喷器下放及提升速度不宜大于 3m/min，应使每回次喷涂厚度达到 1mm~3mm，确保内衬密实并达到设计厚度；

3 喷筑过程因故中断，宜待故障排除后重启旋喷器继续；若故障排除时间超过 30min，宜清出设备和管道内的剩余浆料并清洗，防止固结；

4 内衬喷筑完成后，可保留内衬原始形态，也可按要求对表面进行压抹；

5 离心喷涂结束后，应人工下井对井底、盖板、井壁与管口连接处等部位实施喷涂处理。

17.3.2 采用水泥基人工喷筑法进行检查井修复时，应按下列规定执行：

1 人工喷筑仅适用于具备作业空间的井室、井底、盖板等部位；

2 应先调节喷筑气压和浆量，确保浆料均匀分散喷出；

3 应控制喷枪与基面距离，保证喷枪移动规律、平稳；

4 可一次或分多次喷筑至设计厚度，厚度超过 10mm 时，宜分次完成；

5 井底与井壁的结合部位应作倒圆过渡处理，井底内衬厚度不应小于 20mm。

17.3.3 采用水泥基人工喷筑法喷涂（筑）完毕后的表面处理及养护，应按下列规定执行：

1 可采用刮刀找平砂浆并适当收光，不应过度反复抹刮，防止砂浆脱落；

2 应及时养护砂浆，宜使用有效养护剂，养护环境应无风、潮湿，封闭所有孔洞，促进快速固化；

3 砂浆终凝后应立即浇水养护，采用普通硅酸盐水泥砂浆时，衬层湿润状态不应小于 7 天，采用矿渣硅酸盐水泥时不应小于 10 天，养护期满验收合格后应及时通水。

17.3.4 采用聚合物基喷涂法进行检查井修复时，按下列规定执行：

1 施工环境温度应控制在 10℃~50℃。若环境温度低于 10℃，应对材料进行加热；

2 喷涂过程中喷枪空气压力不应低于 0.3MPa；

3 喷涂应连续进行，按照先局部后整体的顺序，下一道工序需压住上一道工序 100mm 或 1/4，防止漏喷；

4 喷涂作业结束或间隔超 30min 的，应及时清洗喷枪及管路，清洗渣液应收集于预先准备的容器内，防止污染环境。

17.3.4 检查井修复后 12h 内，井盖不应受车辆碾压或冲击振动。

II 热水原位固化法、紫外光贴片内衬法

17.3.5 热水原位固化法采用吊入方式安装湿软筒时，应按下列规定执行：

- 1 湿软筒吊入安装时，应按设计方位进行且偏差小于 3%；
- 2 湿软筒吊入后，应通过翻转方式将内膜置入检查井内衬中，使内膜与井内水和蒸汽接触；
- 3 膨胀压力应控制在使湿软筒充分扩展所需最小压力与井内衬所能承受的允许最大内部压力之间，确保湿软筒膨胀紧贴原井内壁，压力值应符合产品使用说明要求；
- 4 湿软筒安装完成后，应伸出原有检查井井口并采用热水进行固化；
- 5 固化完成后，内衬井井口应切割整齐，且不应高于井盖下边缘。

17.3.6 采用紫外光贴片法进行检查井修复时，按下列规定执行：

- 1 底涂施工应在基面找平后进行，均匀涂刷防水和粘附底涂，避免漏涂和流挂；
- 2 根据检查井形状和尺寸裁剪片材，每侧边缘应预留 5~10cm 用于搭接；
- 3 贴片应提前对卷后采用吊入方式置入原检查井，捆扎时应注意防护避免产生勒痕；
- 4 贴片揭去薄膜后，应均匀铺衬并确保与基面紧密贴合，排除气泡；
- 5 同层贴片搭接宽度不应少于 50mm，上下层接缝错开不应少于 50mm，阴阳角应增加贴片，并使用光固膏或额外涂层密封；
- 6 固化后的贴片仍需进行后续铺衬贴片或涂刷涂层时，在固化前应先将贴片上层薄膜缓慢揭开再进行固化作业；
- 7 贴片安装完成后，应采用紫外光灯照射固化，要求与管道修复一致。

【条文说明】

检查井非开挖修复施工，应依据设计文件，可借鉴 T/CECS 1333 中喷涂（筑）法、原位固化法和现场制井法的施工要求执行。其他附属构筑物可依据设计文件，参照相关非开挖修复技术标准，结合实际情况施工。

17.4 质量检验

I 水泥基材料喷涂（筑）法、聚合物基材料喷涂（筑）法

17.4.1 两种修复方法质量检验与验收的主控项目，按以下规定执行：

- 1 水泥基和聚合物基材料等的性能质量检验，质量佐证资料完整有效，抽样复检合格。
- 2 混凝土及砖砌检查井的涂层性能应符合本文件和设计文件的要求。

检验方法：按 JGJ/T 70、GB/T 17671、GB/T 9341、GB/T 7122 的试验方法，测定凝结时间、抗压强度、抗折强度、弯曲模量、拉伸粘结强度等指标。

检查范围：全部。

3 涂层厚度的平均值应符合设计要求，厚度偏差应符合表 17.4.1 的规定。

表 17.4.1 涂层厚度允许偏差

序号	管道管径(mm)	涂层厚度允许偏差(mm)	
		人工喷涂/涂抹	离心喷涂
1	300≤管径≤800	—	+2, -2
2	800<管径≤1000	—	+2, -2
3	1000<管径≤1500	+3, -2	+3, -2
4	1500<管径≤1800	+3, -2	+3, -2
5	800<管径≤2200	+4, -3	+4, -3
6	2200<管径≤2600	+4, -3	+4, -3
7	管径>2600	+4, -3	+4, -3

检验方法：对照设计文件用测厚仪或卡尺等测量。

检查范围：全部。

17.4.2 两种修复方法质量检验与验收的一般项目，按以下规定执行：

1 井壁及井底喷涂基层的表面浮尘、污垢、油渍等应清除干净，无松软部位，渗漏部位已处理且无表面渗漏。喷涂基层的干燥度应符合材料供应商要求。

检验方法：检查 CCTV、QV 影像资料或进入检查井查看，检查施工记录、材料使用说明书等。

检查范围：全部。

2 喷涂配合比应符合材料供应商的要求。

检验方法：对照说明书和现场施工记录复核。

检查范围：全部。

3 喷涂层应颜色均匀、连续、无漏涂和流挂，表面平整、光滑、无针孔、无起泡、无沙眼、无剥落、无深度大于喷涂层厚度 0.3 倍或 1mm 的划伤、无长度大于 1m 且深度大于喷涂层厚度 0.3 倍或 1mm 的龟裂、无异物。

检验方法：全数观察，CCTV、QV 检测或管内目测；检查施工记录、CCTV、QV 检测记录等。

检查范围：全部。

4 基层与喷涂层之间及不同喷涂层之间应粘接牢固。

检验方法：敲击硬化后的喷涂层应无空壳声。

检查范围：全部。

5 检查井及井内施工应符合设计要求，并对井底、盖板与井室连接缝隙、井壁与管口连接处等重点部位进行观察，无漏水现象。

检验方法：参照设计要求和施工组织方案，检查施工记录等。

检查范围：全部。

6 喷涂范围应按设计要求施工，上边缘线处于一个水平面，与原井壁的衔接处平滑过渡。

检验方法：CCTV、QV 检测或目测检查；检查施工记录和相关影像记录等。

检查范围：全部。

7 阴角、阳角等的细部构造防水措施应符合设计要求和本文件的规定。

检验方法：检查隐蔽工程的施工全过程记录。

检查范围：全部。

II 热水原位固化法、紫外光贴片内衬法

17.4.3 两种修复方法质量检验与验收的主控项目，按以下规定执行：

1 热水原位固化法、紫外光贴片内衬法所用内衬管等材料、构配件的规格、尺寸和性能质量检验，质量佐证资料应完整有效，抽样复检合格。

2 固化完成后，内衬井应按每 3 座井不少于 1 组或按设计要求进行现场取样检测。

3 内衬井性能应符合本文件和设计文件的要求。

检验方法：按照 GB/T 9341、GB/T 1040.2 及相关标准的试验方法，测定抗弯强度、短期弯曲模量、抗拉强度和材料样本透水性指标，增补测试项目应由材料供应商、施工方和建设单位共同商议确定。宜在内衬井支管管口部位取样或现场制作样品板。

检查范围：全部。

【条文说明】

可参考 T/CECS 717 附录 G 方法。

现场内衬井的壁厚检验应按现行国家标准 GB/T 8806 的相关规定执行。固化后的内衬井壁厚不应小于图纸设计值，平均壁厚不应大于图纸设计壁厚的 20%。

检验方法：对照设计文件用测厚仪、卡尺等量测，检查样品板检验记录、施工记录表。

检查数量：应量测检查井与管道连接处的切割断面，每个断面测环向均匀至少 6 点，

取平均值为该断面的代表值（平均壁厚）。

17.4.4 两种修复方法质量检验与验收的一般项目，按以下规定执行：

1 热水原位固化法、紫外光贴片内衬法修复后的内衬表面应光洁、平整，无划伤、裂纹、磨损、孔洞、空鼓、错台、脱皮、分层、起泡、灼伤点、干斑、褶皱、杂质、明显凸起或凹陷、拉伸变形和软弱带等影响结构和使用功能的损伤与缺陷。

检验方法：观察、CCTV 或 QV 辅助检查，检查施工记录和影像资料等。

检查范围：全部。

2 热水原位固化法、紫外光贴片内衬法修复后的内衬表面应平整，无渗水、滴漏、线漏等渗漏现象，流槽平顺、管口与井壁应结合严密。

检验方法：观察、CCTV 或 QV 辅助检查，检查施工记录和影像资料等。

检查范围：全部。

3 内衬井褶皱应满足设计要求，设计无要求时最大褶皱宽度不应超过 10mm，且长度不应超过 50cm。内衬井端口和主支管处应切割整齐，连接处密封处理符合设计要求且密封良好、饱满密实，无渗漏水现象。

检验方法：观察、CCTV 或 QV 辅助检查，检查施工记录和影像资料等。

检查范围：全部。

18 工程验收

18.0.1 工程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 的相关规定。排水管道非开挖修复更新工程施工前应进行工程质量验收单元的划分。单位工程、分部工程、分项工程和分项工程检验批的质量验收单元划分应符合表 18.0.1 的规定。

表 18.0.1 排水管道非开挖修复更新工程单位、分部、分项工程划分表

单位工程（子单位工程）		非开挖修复更新工程		
分部工程（子分部工程）		分项工程		检验批
非开挖修复更新工程	预处理及注浆修复	管道清掏、管道清洗、除锈、障碍清除、管道封堵、导水		每修复管段
		土体注浆、裂缝嵌补、堵漏		每注浆带点
	功能性缺陷修复	沉积、结垢、障碍物、残墙、坝根、树根、浮渣		每修复管段
	管道修复更新	紫外光原位固化法	软管牵拉置入与软管固化、端口处理	每施工段 1 个
		螺旋缠绕内衬法	螺旋缠绕、注浆、端口处理	
		原位热塑成型法	管段穿插置入、热力加压、端口处理	
		喷筑（涂）法	喷涂、端口处理	
		翻转式原位固化法	软管翻转置入与软管固化、端口处理	
		垫衬法	软管牵拉置入、注浆、端口处理	
		管片内衬法	拼装制管、注浆、端口处理	
		短管内衬法	穿插置入、管段（节）连接、注浆、端口处理	
		碎（裂）管法	管道碎（裂）管、端口处理	
		不锈钢快速锁法	—	每个点位
		不锈钢双胀环法	—	
		点状原位固化法	—	
	检查井修复	检查井地基加固	每座检查井地基	每座检查井地基
		检查井结构修复	每座检查井结构	每座检查井 1 个

注：1 单位工程可按 1 个施工合同或视工程规模按 1 个路段分为 1 个或若干个子单位工程；

2 按照非开挖修复同一工艺一次性连续修复的管段可试为施工段；

3 当工程规模较小时，如仅 1 个管段，则该分部工程可视同单位工程。

18.0.2 单位工程经施工单位自行检验合格，并经监理单位确认通过后，应向建设单位提出单位工程验收。

18.0.3 非开挖修复更新完成后应由第三方检测机构进行 CCTV 检测，并出具检测报告。

18.0.4 修复完的管段通水前应进行管道严密性试验，严密性试验应符合现行行业标准《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210 的相关规定。严密性试验宜采用闭水试验方式进行。。

【条文说明】

闭气试验优先使用 CJJ/T 210 中下降 3.5kPa 的方法，以尽量节约时间。闭水试验宜在夜间进行，以减少蒸发量的影响。对于化学建材修复的管段可降低浸泡时间。直径大于 1500mm 的管道宜参照无压管道渗水量测的方法进行检查和评定。

18.0.5 非开挖修复工程应经单位工程质量验收合格后，方可通水使用。不能长时间停止运行的管道，应由建设单位组织勘察、设计、监理、施工单位，并邀请设施管理单位，进行分部或分项工程通水验收，满足管道正常运行需求。

18.0.6 修复更新工程质量验收不合格时，应按下列规定处理：

- 1 经返工重做或更换管节、管件、管道设备等的验收批，应重新进行验收；
- 2 经有相应资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的验收批，可予以验收；
- 3 经返修或加固处理的分项工程、分部工程，改变外形尺寸但仍能满足结构安全和使用功能要求的，可按技术处理方案文件和协商文件进行验收。

18.0.7 通过返修或加固处理仍不能满足结构安全或使用功能要求的分部工程、单位工程，不得通过验收。

18.0.8 工程完工后应按现行行业标准《城镇排水管道检测与评估技术规程（标准）》CJJ 181 的相关规定对修复管道进行检测。

18.0.9 非开挖修复更新工程资料应根据辽宁省现行地方标准《市政工程文件编制归档规程》DB21/T 4090-2025 的表格要求进行收集、整理、填写。

18.0.10 应结合本地区信息化建设情况，应将工程基础信息、材料、施工、检验、验收等相关数据纳入信息系统。

附录 A 排水管道评定评级总表

表 A01 管道评定评级总表

评定 单元	评定子单元	子单元	子单元	子单元	单元	单元	单元	备 注
		安全性等级	使用性等级	可靠性等级	安全性等级	使用性等级	可靠性等级	
		A _u 、 B _u C _u 、 D _u	A _s B _s 、 C _s	A、 B C、 D	A _{su} 、 B _{su} C _{su} 、 D _{su}	A _{ss} B _{ss} 、 C _{ss}	I、 II III、 IV	
1	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							
2	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							
3	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							
4	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							
5	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							
6	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							
7	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							
8	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							
9	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							
10	地基基础							
	管道本体							
	附属设施							

附录 B

排水管道、检查井非开挖修复更新方法工法特性及适用范围

表 B.0.1 排水管道非开挖修复更新方法工法特性及适用范围

非开挖修复方法	适用管径 (mm)	适用 材 质	适用管 道形状	内衬材质	工作 坑的 需求	注浆 需求	最大 允许 转角	是否可 带水 修复	局部/ 整体 修复
紫外光原位固化法	150~2000	各类 材质	圆形、蛋 形、矩形 管道	玻璃纤 维、光固 性树脂	不 需要	不 需要	45°	不可	整体
螺旋缠绕 内衬法	300~5000	各类 材质	圆形、矩 形管道	PVC-U 带状型材	不 需要	需要	15°	可	整体
原位热塑 成型法	100~1200	各类 材质	圆形、蛋 形、矩形 管道	特种高分 子材料	不 需要	不 需要	60°	不可	整体
水泥基材料 喷筑法	≥300	钢筋混凝 土管、钢 管	圆形、蛋 形、矩形 管道	硅酸盐无 机防腐砂 浆	不 需要	—	—	不可	整体
高分子材料 喷涂法	≥300	钢筋混凝 土管、钢 管	圆形、蛋 形、矩形 管道	高分子聚 合物材料	不 需要	—	—	不可	整体
翻转式原 位固化法	150~2000	各类 材质	圆形、矩 形或异形 管道	聚酯纤维 毡、热固 性树脂	不 需要	不 需要	45°	不可	整体
垫衬法	≥400	钢筋混凝 土管、钢 管、塑料 管	圆形、矩 形或异形 管道	HDPE 垫, 填充 砂浆	不 需要	需要	—	不可	整体
管 片 内衬法	800~3000	各类 材质	圆形、矩 形或异形 管道	GRP PRC	不 需要	需要	—	不可	整体
短 管 内衬法	200~4600	各类 材质	圆形、矩 形管道	PE 管及 其他材料	需要	需要	15°	可	局部/ 整体
碎(裂) 管法	200~600	各类 材质	管道更新	PE 球墨 铸铁	需要	不 需要	7°	不可	整体
不锈钢快 速锁法	300~1800	各类 材质	圆形管道	不锈钢	不 需要	不 需要	—	可	局部
不锈钢双 胀环法	≥800	各类 材质	圆形管道	不锈钢	不 需要	不 需要	—	可	局部
点状原位 固化法	200~1200	各类 材质	圆形管道	玻璃纤 维常 温树脂	不 需要	不 需要	—	不可	局部

表 B.0.2 检查井非开挖修复更新方法工法特性及适用范围

非开挖修	适用井尺寸	适用材质	适用井类型	内衬材质	是否适用	是否可带
------	-------	------	-------	------	------	------

复方法	(mm)				于井筒	水修复
水泥基材料喷涂(筑)法	不限	砖砌、混凝土、钢筋混凝土	圆形井、矩形井、异型井、扇形井	硅酸盐无机防腐砂浆	适用	不可
聚合物基材料喷涂(筑)法	不限	砖砌、混凝土、钢筋混凝土	圆形井、矩形井、异型井、扇形井	聚合物基(含聚氨酯、改性聚脲)	适用	不可
热水原位固化法	Φ 70~Φ 2000 或 700×700~ 2000×2000	砖砌、混凝土、钢筋混凝土、塑料	圆形井、矩形井	聚酯纤维毡、热固性树脂	适用	不可
紫外光贴片内衬法	Φ 70~Φ 2000 或 700×700~ 2000×2000	砖砌、混凝土、钢筋混凝土、塑料	圆形井、矩形井、异型井、扇形井	玻璃纤维、光固性树脂	适用	不可

附录 C 叠合结构修复计算

C.1 一般规定

C.1.1 当在受压区加固受弯构件时, 增大截面加固后的相对界限受压区高度可根据现行《混凝土结构设计规范》(GB 50010)计算。

C.1.2 当在受拉区加固受弯构件时, 除符合现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332 的有关规定对受弯构件正截面承载力计算的基本假定外, 尚应符合下列规定:

1 构件达到受弯承载能力极限状态时, 截面受压边缘混凝土应变为极限压应变。原截面受压区混凝土应力按等效矩形应力图形计算, 其抗压强度取原衬砌混凝土轴心抗压强度设计值 f_{c0} 。

2 构件达到受弯承载能力极限状态时, 新增受力主钢筋和原受拉区受力主钢筋均达到屈服状态, 计算时分别取新增受力主钢筋和原受拉区受力主钢筋的抗拉强度设计值。

C.2 钢筋混凝土管道加固计算

C.2.1 在钢筋混凝土受弯构件的受拉区进行抗弯加固时, 受弯构件正截面承载力应按式 (C.2-1) 确定 (图 C.2):

$$M \leq \alpha_r \left[f_{y0} A_{g0} \left(h_{01} - \frac{x}{2} \right) + f'_{y0} A'_{g0} \left(\frac{x}{2} - a'_0 \right) \right] + \alpha_s f_y A_g \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (C.2-1)$$

混凝土受压区高度应按式 (C.2-2~C.2-3) 确定:

$$f_{c0} b x = f_{y0} A_{g0} - f'_{y0} A'_{g0} + \alpha_s f_y A_g \quad (C.2-2)$$

$$2a'_0 \leq x \leq \xi_b h_0 \quad (C.2-3)$$

当 $x < 2a'_0$ 时, 正截面抗弯承载力按式 (C.2-4) 确定:

$$M \leq \alpha_r f_{y0} A_{g0} (h_{01} - a'_0) + \alpha_s f_y A_g (h_0 - a'_0) \quad (C.2-4)$$

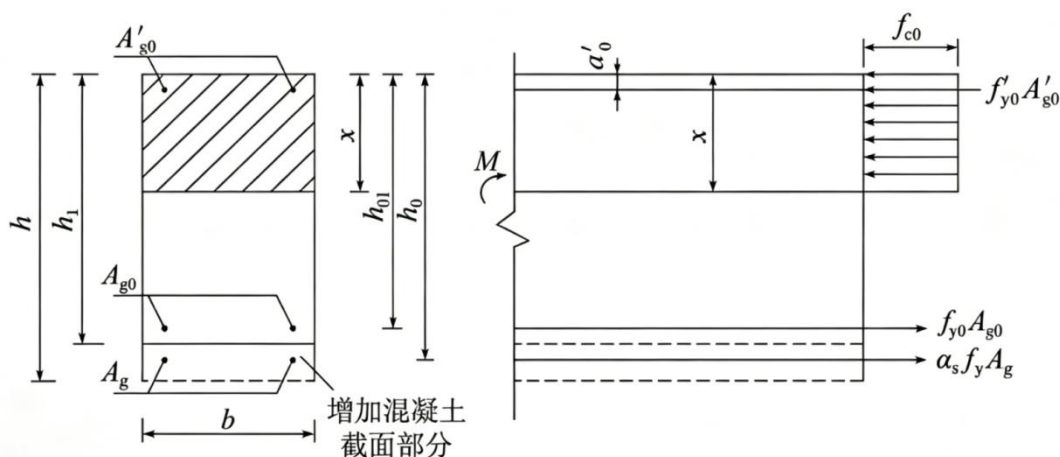


图 C.2 钢筋混凝土受弯构件加固的抗弯承载力计算

式中： M ——加固后的弯矩设计值（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）；

α_r ——原衬砌承载力折算系数，可参考本规范表 C-1 取值，不考虑折减时，取 1；

α_s ——新增钢筋强度利用系数，取 $\alpha_s = 0.9$ ；

f_{c0} ——原衬砌混凝土轴心抗压强度设计值（ MPa ）；

f_{y0} , f'_{y0} ——分别为原衬砌受力主钢筋的抗拉强度设计值和抗压强度设计值（ MPa ）；

A_{g0} , A'_{g0} ——分别为原衬砌受拉区和受压区受力主钢筋的截面面积（ mm^2 ）；

α'_0 ——原衬砌受压区受力主钢筋至加固后截面近边的距离（ mm ）；

A_g ——受拉区新增受力主钢筋的截面面积（ mm^2 ）；

b ——加固前衬砌截面宽度（ mm ）；

h_{01} ——原衬砌截面有效高度，为原衬砌受拉区受力主钢筋 A_{g0} 合力点至截面受压区边缘距离（ mm ）；

h_0 ——加固后衬砌的截面有效高度，为新增受力主钢筋的合力点至截面受压边缘的距离（ mm ）；

x ——加固后混凝土受压区高度（ mm ）；

f_y ——新增受力主钢筋的抗拉强度设计值（ MPa ）；

ξ_b ——增大截面法加固后的正截面相对界限受压区高度，按式（C.2-6）计算。

C.2.2 当按式（C.2-1）、（C.2-2）计算得到的加固后混凝土受压区高度 x 与加固前原截面有效高度 h_{01} 之比 x/h_{01} 大于原截面相对界限受压区高度 ξ_{b0} 时 [ξ_{b0} 按现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的规定计算]，应考虑原受拉区受力主钢筋应力 σ_{s0} 尚达不到 f_{y0} 的情况，此时，应将上述两公式中 f_{y0} 的替换 σ_{s0} ，并重新进行验算，验算时， σ_{s0} 值可按式（C.2-5）确定：

$$\sigma_{s0} = (0.8h_{01}/x - 1)\varepsilon_{cu}E_{s0} \leq f_{y0} \quad (\text{C.2-5})$$

式中： E_{s0} ——原受力主钢筋的弹性模量（MPa）；

ε_{cu} ——混凝土极限压应变，取 $\varepsilon_{cu} = 0.0033$ ；

σ_{s0} ——原受拉区受力主钢筋应力（MPa）。

若 $\sigma_{s0} < f_{y0}$ ，则应按此验算结果确定加固钢筋用量；若 $\sigma_{s0} \geq f_{y0}$ ，则表示原受力主钢筋达到其强度设计值 f_{y0} ，按式（C.2-1）和（C.2-2）计算配筋量。

C.2.3 受弯构件增大截面法加固后的相对界限受压区高度 ξ_b ，应按式（C.2-6）确定：

$$\xi_b = \frac{0.8}{1 + (\alpha_s f_y / \varepsilon_{cu} E_s) + (\varepsilon_{s1} / \varepsilon_{cu})} \quad (\text{C.2-6})$$

$$\varepsilon_{s1} = (1.6(h_0/h_{01}) - 0.6)\varepsilon_{s0} \quad (\text{C.2-7})$$

$$\varepsilon_{s0} = \frac{M_{0k}}{0.85h_{01}A_{g0}E_{s0}} \quad (\text{C.2-8})$$

式中： M_{0k} ——加固前的弯矩标准值（kN·m）；

ε_{s1} ——新增受力主钢筋位置处，按平截面假定确定的初始应变值；当新增受力主钢筋和原受力主钢筋的连接采用短钢筋焊接时，可近似的取 $h_0 = h_{01}$ ，

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{s0}；$$

ε_{s0} ——加固前弯矩 M_{0k} 作用下，原受拉区受力主钢筋的应变值；

E_s ——新增受力主钢筋的弹性模量（MPa）。

C.3 素混凝土管道加固计算

在素混凝土受弯构件的受拉区进行抗弯加固时，其正截面抗弯承载力应按式（C3-1）计算（图 C.3）：

$$M \leq \alpha_r f_{c0} b x (h_0 - x/2) \quad (\text{C.3-1})$$

混凝土受压区高度应按式（C.3-2）计算，且应符合式（C.3-3）条件：

$$f_{c0} b x = \alpha_s f_y A_g \quad (\text{C.3-2})$$

$$x \leq \xi_b h_0 \quad (\text{C.3-3})$$

式中： ξ_b ——增大截面法加固后的正截面相对界限受压区高度，按式（C.3-4）计算。

$$\xi_b = \frac{0.8}{1 + f_y / 0.0033 E_s} \quad (\text{C.3-4})$$

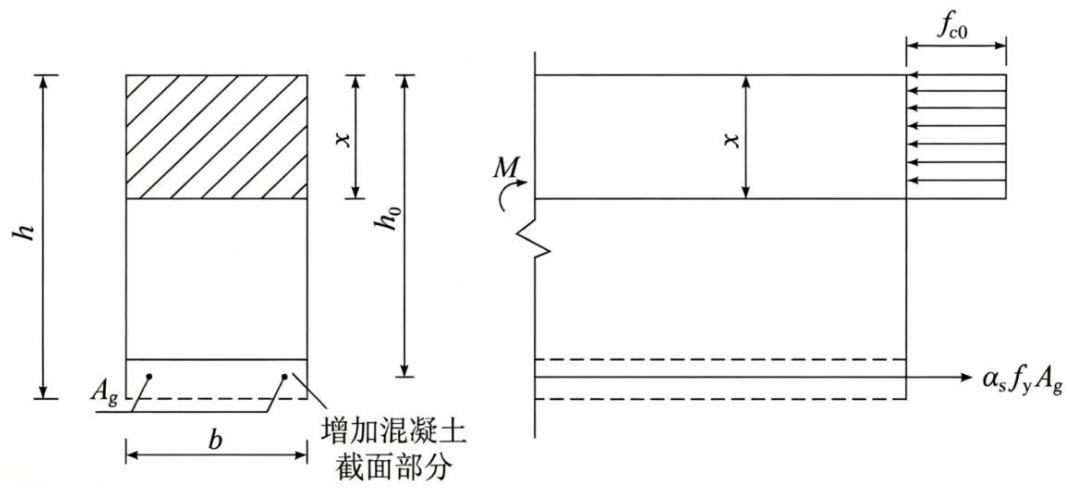


图 C.3 素混凝土受弯构件加固的抗弯承载力计算

本规程用词说明

1 本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……要求（规定）”。非必须按所指定标准执行时，写法为“可参照……执行”。

引用标准名录

本文件引用下列标准。不注日期的，其最新版适用于本文件。

- 《砌体结构设计规范》GB 50003
- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《室外排水设计标准》GB 50014
- 《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032
- 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236
- 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268
- 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292
- 《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332
- 《混凝土结构加固设计规范》GB 50367
- 《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411
- 《工程结构通用规范》GB 55001
- 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 《砌体结构通用规范》GB 55007
- 《建筑给水排水与节水通用规范》GB 55020
- 《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021
- 《城乡排水工程项目规范》GB 55027
- 《密闭空间作业职业危害防护规范》GBZ/T 205
- 《金属材料拉伸试验第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
- 《硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定》GB/T 528
- 《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
- 《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/T 1033.1
- 《塑料拉伸性能的测定》GB/T 1040.1~3
- 《塑料简支梁冲击性能的测定第1部分：非仪器化冲击试验》GB/T 1043.1
- 《水泥标准稠度用水量、凝结时间与安定性检验方法》GB/T 1346

《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447

《塑料热塑性塑料维卡软化温度（VST）的测定》GB/T 1633

《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728

《塑料和硬橡胶使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）》GB/T 2411

《环境试验第2部分：试验方法试验N：温度变化》GB/T 2423.22

《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518

《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567

《胶粘剂不挥发物含量的测定》GB/T 2793

《胶黏剂黏度的测定》GB/T 2794

《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280

《塑料硬度测定第1部分：球压痕法》GB/T 3398.1

《爆炸性环境 第14部分：场所分类 爆炸性气体环境》GB 3836.14

《玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法》GB/T 3857

《外壳防护等级（IP 代码）》GB/T 4208

《色漆和清漆拉开法附着力试验》GB/T 5210

《法通用型聚氯乙烯树脂》GB/T 5761

《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风》GB 6514

《塑料薄膜和薄片厚度测定机械测量法》GB/T 6672

《高强度胶粘剂剥离强度的测定浮辊法》GB/T 7122

《混凝土外加剂》GB 8076

《热塑性塑料管材拉伸性能测定》GB/T 8804.2~3

《塑料管道系统塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806

《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

《缺氧危险作业安全规程》GB 8958

《塑料弯曲性能的测定》GB/T 9341

《热塑性塑料管材环刚度的测定》GB/T 9647

《粘度测量方法》GB/T 10247

《聚乙烯（PE）树脂》GB/T 11115

《无损检测 超声测厚》GB/T 11344

《塑料耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547

《液态胶粘剂密度的测定方法重量杯法》GB/T 13354

《给水用聚乙烯（PE）管道系统》GB/T 13663

《热塑性塑料管材耐外冲击性能试验方法时针旋转法》GB/T 14152

《塑料液体树脂用比重瓶法测定密度》GB/T 15223

《塑料实验室光源暴露试验方法第 3 部分：荧光紫外灯》GB/T 16422.3

《建筑防水涂料试验方法》GB/T 16777

《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671

《热塑性塑料管材蠕变比率的试验方法》GB/T 18042

《塑料差示扫描量热法（DSC）第 6 部分：氧化诱导时间（等温 OIT）和氧化诱导温度（动态 OIT）的测定》GB/T 19466.6

《塑料管材和管件聚乙烯（PE）管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备》GB/T 19809

《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

《金属材料弹性模量和泊松比试验方法》GB/T 22315

《排水工程用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 26081

《高压水射流清洗作业安全规范》GB 26148

《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T 29639

《非开挖修复用塑料管道总则》GB/T 37862

《塑料管道系统热塑性塑料管材环柔性的测定》GB/T 39385

《个体防护装备配备规范 第 1 部分：总则》GB 39800.1

《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统第 3 部分：紧密贴合内衬法》GB/T 41666.3

《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统第 4 部分：原位固化内衬法》GB/T 41666.4

《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统第 7 部分：螺旋缠绕内衬法》GB/T 41666.7

《混凝土结构设计标准》GB/T 50010

《岩土工程勘察规范》GB/T 50021

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080

《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081

《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448

《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476

《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784

《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905
《既有混凝土结构耐久性评定标准》GB/T 51355
《非开挖工程用聚乙烯管》CJ/T 358
《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6
《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68
《埋地塑料排水管道工程技术规程》CJJ 143
《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181
《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210
《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233
《高压喷射注浆施工技术规范》HG/T 20691
《水性聚氨酯地坪》JC/T 2327
《修补砂浆》JC/T 2381
《混凝土用水标准》JGJ 63
《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123
《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ/T 46
《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
《凝土中钢筋检测技术规程》JGJ/T 152
《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T 437
《注浆技术规程》YS/T 5211