

DB4201

武汉市地方标准

DB 4201/T 700—2024

武汉市排水管道非开挖修复技术规程

Technical specification for trenchless rehabilitation of drainage pipeline in Wuhan

2024 - 07 - 05 发布

2024 - 08 - 05 实施

武汉市市场监督管理局

发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和符号 1

 3.1 术语 1

 3.2 符号 6

4 基本规定 7

5 检测与评估 8

 5.1 一般规定 8

 5.2 管道检测 8

 5.3 管道评估 9

6 管道修复设计 10

 6.1 一般规定 10

 6.2 修复方法选择 10

 6.3 内衬管壁厚度设计 14

 6.4 喷涂厚度设计 17

 6.5 水力计算 18

7 管道修复预处理 19

 7.1 一般规定 19

 7.2 管内预处理 20

 7.3 管周预处理 22

8 管道整体修复施工 24

 8.1 一般规定 24

 8.2 穿插法 24

 8.3 紧密贴合法 27

 8.4 翻转式原位固化法 30

 8.5 紫外光原位固化法 32

 8.6 水泥基材料喷涂法 33

 8.7 热塑成型法 34

 8.8 高分子材料喷涂法 36

 8.9 复合喷涂法 37

8.10 机械制螺旋缠绕法..... 41

8.11 垫衬法..... 44

8.12 短管内衬法..... 46

9 管道局部修复施工..... 49

9.1 一般规定..... 49

9.2 管片内衬法..... 49

9.3 不锈钢双胀环法..... 51

9.4 不锈钢快速锁法..... 52

9.5 点状原位固化法..... 53

10 管道更新施工..... 53

10.1 一般规定..... 53

10.2 碎裂管法..... 54

10.3 管道排出法..... 55

10.4 微型顶管法..... 57

10.5 水平定向钻法..... 58

11 质量检验与工程验收..... 60

11.1 一般规定..... 60

11.2 原有管道预处理..... 60

11.3 修复管道质量检验..... 61

11.4 管道功能性试验..... 74

11.5 工程竣工验收..... 78

参考文献..... 80

条文说明..... 81

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由武汉市水务局提出并归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本规程的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件起草单位：武汉设计咨询集团有限公司、武汉市水务科学研究院（武汉市水土保持监测站）、长江勘测规划设计研究有限责任公司。

本文件主要起草人员：王宏彦、李敏、黄晓敏、曾聪、徐海林。

本文件实施应用中的疑问，可咨询武汉市水务局污水处，联系电话：027-82831051，对本文件的有关修改意见及建议请反馈至武汉设计咨询集团有限公司（地址：武汉市江岸区胜利街275号，邮编：430014，邮箱：540854078@qq.com）。

引 言

制定本文件的目的是为促进武汉市排水系统提质增效、保障排水系统安全高效运行、提升城市排水管道建设质量及技术水平、恢复城市排水管道正常功能并延长使用寿命，同时规范武汉市排水管道非开挖修复更新工程全环节的技术要求，使非开挖修复工程做到技术先进、安全可靠、经济合理、低碳环保并体现地域特色。

本文件在编制过程中得到了武汉市水务局的大力支持，此外，还有长江生态环保集团有限公司、武汉市勘察设计有限公司、三川德青科技有限公司、武汉市政工程设计研究院有限责任公司、武汉市江夏区规划研究院、北京北排建设有限公司、太原畅达华美新材料科技有限公司、江苏河马井股份有限公司、上海申排水务科技集团有限公司、上海凯顺市政建设有限公司、英普瑞格管道修复技术（苏州）有限公司、天津倚通科技发展有限公司等相关单位的专家也部分参与了起草工作，主要名单如下：刘俊、金桥、张仲伟、李明梦、高艳、高鹏、周小国、周敏伟、孔非、陈芳、宋晓东、唐光涛、乔才良、乔宝玉、王磊、张晓飞、张晗、范乐、尚晓明、向鹏、赵志斌。另外，本文件的主要审查专家名单如下：刘尚春、马孝春、陈璇、袁尚、陈敏、谭莹雪、王庆辉。感谢上述单位及专家在本文件编制过程中给予的协助和支持。

武汉市排水管道非开挖修复技术规程

1 范围

本文件规定了武汉市排水管道非开挖修复工程所涉的检测、评估、预处理、设计、施工及质量检验与工程验收等相关内容。

本文件适用于武汉市行政区划范围内的城市无压排水管道非开挖修复工程的设计、施工与验收等。

武汉市城市排水管道非开挖修复工程除执行本文件的规定外，尚应符合国家、行业及本市现行有关标准文件的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本规程必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

- GB 26148 高压水射流清洗作业安全规范
- GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
- GB/T 37862 非开挖修复用塑料管道 总则
- CJJ 6 城镇排水管道维护安全技术规程
- CJJ 68 城镇排水管道与泵站运行、维护及安全技术规程
- CJJ 181 城镇排水管道检测与评估技术规程
- CJJ/T 210 城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程
- YS/T 5211 注浆技术规程
- HG/T 20691 高压喷射注浆施工技术规范
- DB4201/T 647 武汉市排水管道检测与评估技术规范

3 术语和符号

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语

3.1.1

城市排水管道 **urban drainage pipeline**

城市排水管道主要包括重力流或压力流的雨水管道、污水管道等排水管道及各类检查井等附属设施，不包括矩形箱涵（或盖板涵）、明渠、盖板沟等排水设施。

3.1.2

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

采用少开挖或不开挖地表的方法进行排水管道修复更新的工程。

[CJJ/T 210-2014，术语和符号 2.1.1]

3.1.3

穿插法 **slip lining**

采用牵拉或顶推的方式将内衬管直接置入原有管道的管道修复方法。

[CJJ/T 210-2014，术语和符号 2.1.2]

3.1.4

紧密贴合法 **lining with close-fit pipes**

连续内衬管置入原有管道之前减小其断面以方便置入，置入后恢复截面使其外表面与原有管道内壁紧密贴合的工法。

[注：改写 GB/T37862-2019，术语和定义 3.2.6]

3.1.5

原位固化法 **cured-in-place pipe**

将湿软管通过翻转或者牵拉的方法置入原有管道内部并与原管紧密贴合后固化形成内衬管的非开挖管道修复方法，简称 CIPP。

[T/CECS 717-2020，术语和符号 2.0.2]

3.1.6

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

采用翻转方式将浸渍热固性树脂软管置入待修复管道内，通过热水或蒸汽固化树脂后形成管道内衬的修复方法。

[T/CECS 717-2020，术语和符号 2.0.3]

3.1.7

紫外光原位固化法 **UV cured-in-place pipe**

采用牵拉方式将浸有光引发树脂的软管置入待修复管道内，通过紫外光固化后形成管道内衬的修复方法。

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.4]

3.1.8

水泥基材料喷筑法 **spray-casted cementitious**

通过离心或压力喷射方式将修复用水泥基材料均匀覆盖在待修复表面形成内衬的修复方法。

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.5]

3.1.9

高分子材料喷涂法 **sprayed polymer rehabilitation**

向管道内壁喷涂高分子材料,形成涂层的管道修复方法。

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.6]

3.1.10

复合喷涂法 **composite sprayed lining**

先将水泥砂浆喷涂到结构物,砂浆终凝后再喷涂高分子树脂聚合物材料的一种管道修复方法。

3.1.11

机械制螺旋缠绕法 **spiral wound lining**

采用机械缠绕的方法将带状型材在原有管道内形成一条新的管道内衬的修复方法,简称螺旋缠绕法。

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.7]

3.1.12

垫衬法 **grouting anchor lining (GAL)**

将带锚固键的塑料垫衬作为一条新的管道内衬,安装在原有管道内,并对内衬与原有管道之间的间隙进行填充的管道修复方法。

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.8]

3.1.13

短管内衬法 **lining with discrete pipes**

将短管在插入原有管道的过程中连接形成内衬的管道修复方法。

[注:改写 GB/T37862-2019, 术语和定义 3.2.8]

3.1.14

热塑成型法 **form-in-place pipe**

采用牵拉方法将生产压制“C”型或“U”型的内衬管置入原有管道内,然后通过静置、加热、加压等方法将衬管与原有管道紧密贴合的管道内衬修复技术。

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.10]

3.1.15

管片内衬法 segment lining

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

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.11]

3.1.16

不锈钢双胀环法 stainless steel expansion ring seal

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,达到止水目的的一种管道修复方法。

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.12]

3.1.17

不锈钢快速锁法 stainless steel quick-lock pipe repair

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

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.13]

3.1.18

点状原位固化法 spot cured-in-place pipe

采用原位固化法对管道进行局部修复的方法,又称点状 CIPP 法。

[T/CECS 717-2020, 术语和符号 2.0.14]

3.1.19

碎裂管法 pipe bursting

应用机械力将原有管道从内部纵向割裂或脆性破碎,并将管道碎片挤入周围土体,同步拉入等径或更大直径新管道的原位更换工法。

[注: GB/T37862-2019, 术语和定义 3.2.15]

3.1.20

管道排出法 pipe removal

采用吃管或抽管的方式将原有管道移出并同时铺设新管道的一种原位更换工法。

[注: 改写 GB/T37862-2019, 术语和定义 3.2.18]

3.1.21

微型顶管法 micro-pipe jacking

采用顶管机和顶推装置，将公称直径不大于800mm的管节在地下逐节顶进的管道敷设方法。

3.1.22

水平定向钻法 **horizontal directional drilling**

采用连接在柔性钻杆上的具有导向功能的钻头施工一个先导孔，然后使用扩孔头将先导孔扩孔至管道所需直径，其后拉入或推入新管道的一种异位更换工法。

[注：GB/T37862-2019，术语和定义 3.2.19]

3.1.23

局部修复 **localized repair**

对原有管道内的局部破损、接口错位、局部腐蚀等缺陷进行修复的方法。

[注：改写 T/CECS 717-2020，术语和定义 2.0.16]

3.1.24

半结构性修复 **Semi-structural rehabilitation**

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

[CJJ/T 210-2014，术语和符号 2.1.12]

3.1.25

结构性修复 **Structural rehabilitation**

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

[CJJ/T 210-2014，术语和符号 2.1.13]

3.1.26

软管 **tube**

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

[CJJ/T 210-2014，术语和符号 2.1.14]

3.1.27

内衬管 **liner**

通过各种非开挖修复更新方法在原有管道内形成的管道内衬。

[CJJ/T 210-2014，术语和符号 2.1.15]

3.1.28

施工段 **construction section**

按照非开挖修复的某一项工艺施工时，一次性连续修复的管段。

3.2 符号

3.2.1 尺寸

D ——螺旋缠绕内衬管平均直径；
 D_L ——闭气试验管道内径；
 D_{\max} ——原有管道的最大内径；
 D_{\min} ——原有管道的最小内径；
 D_O ——内衬管管道外径；
 D_I ——内衬管管道内径；
 D_E ——原有管道平均内径；
 H_S ——管顶覆土厚度；
 H_w ——管顶以上地下水位高度；
 H ——管道敷设深度；
 I ——内衬管单位长度管壁惯性矩；
 L ——工作坑长度；
 R ——管材允许弯曲半径；
 SDR ——管道的标准尺寸比；
 t ——内衬管的壁厚。

3.2.2 系数

B' ——弹性支撑系数；
 C ——椭圆度折减系数；
 K ——圆周支持率；
 K_r ——系数
 N ——安全系数；
 n ——粗糙系数；
 n_e ——原有管道的粗糙系数；
 n_t ——内衬管的粗糙系数；
 q ——原有管道的椭圆度；
 R_w ——水浮力系数；
 S ——管道坡度；
 μ ——泊松比。

3.2.3 荷载和压力

F ——允许拖拉力；
 P ——地下水压力；
 P_i ——压力管道内部压力；
 q_t ——管道总的外部压力；
 W_S ——活荷载。

3.2.4 模量和强度

E ——初始弹性模量；
 E_L ——长期弹性模量；

E_S' ——管侧土综合变形模量；

σ ——管材的屈服拉伸强度；

σ_L ——内衬管长期弯曲强度；

σ_{TL} ——内衬管长期抗拉强度。

3.2.5 其他符号

B ——管道修复前后过流能力比；

Q ——流量；

Q_e ——允许渗水量；

V_e ——渗漏速率；

γ ——土的重度。

4 基本规定

4.1.1 埋设于城市交通繁忙、环境复杂、施工空间受限等地区或新建成道路下的排水管道应优先选用非开挖修复技术进行修复更新。

4.1.2 城市排水管道非开挖修复前，应委托具有检测评估资质的单位对原有管道缺陷进行检测与评估。原有管道缺陷的检测与评估应符合国家、行业及武汉市现行地方标准 DB4201/T 647-2021 相关规定要求，并根据管道缺陷检测评估鉴定报告确定修复或更新的工法。

4.1.3 城市排水管道非开挖修复更新工程应由建设单位牵头，勘察单位详细调查原有管道的基本状况、工程地质和水文地质条件、现场施工环境和规划功能要求等因素，设计单位综合确定修复或更新的设计方案。

4.1.4 城市排水管道结构性修复更新后的工作年限不得低于 50 年；利用原有管道结构进行半结构性修复的管道，其设计工作年限应按原有管道结构的剩余设计使用年限确定，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。

4.1.5 城市排水管道非开挖修复工程设计应符合下列规定：

- a) 原有管道地基及管周土体不满足承载力要求及管周土体出现空洞时，应进行预处理；
- b) 修复后管道的结构应满足强度和稳定性要求；
- c) 修复后管道的过流能力不宜小于原有管道的设计过流能力；
- d) 修复后管道应满足清淤、疏通要求。

4.1.6 城市排水管道非开挖修复方式确定的原则宜按下列规定执行：

- a) 同一管段的结构性缺陷小于 3 处且结构性缺陷等级小于Ⅲ级时，宜采用局部修复；
- b) 同一管段的结构性缺陷大于等于 3 处时，宜采用整体修复；
- c) 当管道较短时宜采用整段修复；
- d) 管道结构性状况评定结果修复指数 $RI \geq 7$ 或评定等级为Ⅲ级时，宜采用整体修复；单一严重结构性缺陷宜作技术经济比较后确定选用开挖或非开挖修复方案。

4.1.7 非开挖修复更新工程所用的管材、管件、构（配）件等材料应具有质量合格证书、性能检测报告、使用说明书等。

- 4.1.8 当选用新材料和新工艺进行排水管道非开挖修复时，应先设计和完成试验段，并且合格后方可在工程中应用。
- 4.1.9 非开挖修复更新工程施工时，应按 CJJ6 的有关规定制定和采取各项安全措施。
- 4.1.10 当施工需进行局部开挖时，开挖前应取得相关部门的批准；当施工需要采用工作坑时，工作坑的设计应符合 CJJ/T210 的有关规定；当工作坑较深时，应按国家及武汉市相关规定进行支护设计。
- 4.1.11 城市排水管道非开挖修复工程完成后，应按设计要求对内衬管与检查井的接口处进行处理。
- 4.1.12 城市排水管道非开挖修复更新工程施工中所产生的污物、噪音及振动应符合国家和武汉市现行相关环境保护的法律、法规的规定。

5 检测与评估

5.1 一般规定

- 5.1.1 排水管道非开挖修复前应先进行管道检测与评估。
- 5.1.2 排水管道检测宜采用无损检测方法。检测过程中，应采取安全及环境保护措施并减少对用户正常排水的影响，不应应对管道及环境产生污染。
- 5.1.3 排水管道检测与评估工作利用的排水管线成果资料应与武汉市时空基准保持一致。
- 5.1.4 从事排水管道检测与评估企业和现场作业人员应具备相应的执业资质和执业资格。
- 5.1.5 排水管道相关检测设备应具有出厂合格证，应满足作业环境中正常工作的要求，安全性能应符合 GB 3836.1 的规定。
- 5.1.6 排水管道评估应符合下列规定：
- a) 管道评估应依据排水检测资料进行；
 - b) 管道评估宜采用计算机软件进行；
 - c) 当缺陷沿管道纵向的尺寸不大于 1m 时，长度应按 1m 计算；
 - d) 当管道纵向 1m 范围内两个以上缺陷同时出现时，分值应叠加计算；当叠加计算的结果超过 10 分时，应按 10 分计；
 - e) 管道评估应以管段为最小评估单位。当对多个管段或区域管道进行检测时，应列出各评估等级管段数量占全部管段数量的比例。当连续检测长度超过 5km 时，应作总体评估。
- 5.1.7 排水管道检测与评估应包括下列内容：
- a) 确定缺陷位置、类型、等级，评估管道结构性缺陷修复指数、功能性养护指数及缺陷密度；
 - b) 判定可否采用非开挖修复工艺；
 - c) 推荐选用整体修复或局部修复；
 - d) 推荐选用结构性修复、半结构性修复或非结构性修复。
- 5.1.8 排水管道检测与评估宜实行工程监理制，可参照 T/CAS 413 的规定执行。
- 5.1.9 排水管道检测与评估应进行成果质量检验，成果检验中所依据的技术指标和质量指标应符合 CJJ 181 的相关规定，宜采用人工核查和软件计算结合的方式进行。
- 5.1.10 排水管道检测与评估应编制成果报告并及时存档。

5.2 管道检测

- 5.2.1 管道检测可采用电视检测（CCTV）、人工检测、试压检测、取样检测和电磁检测等方法。
- 5.2.2 管道检测内容应包括缺陷位置、缺陷严重程度、缺陷尺寸、特殊结构和附属设施等。
- 5.2.3 采用电视检测（CCTV）时，应具备下列条件：
- a) 当现场条件无法满足时，检测前应对待检测管道实施封堵、导流等降低水位措施，确保管道内水位不大于管道直径的 20% 且水深不宜大于 300mm；
 - b) 需要在带水作业或管内有淤积状况下进行检测时，可采用漂浮式、履带式管道检测机器人；
 - c) 在进行结构性检测前，应对检测管道进行疏通、清洗，清洗后的管道内壁应无污物或杂物覆盖。污物应按现行行业标准 CJJ 68 的有关规定处理。
- 5.2.4 电视检测（CCTV）设备的主要技术指标及基本性能应符合 CJJ 181 的规定。
- 5.2.5 现场电视检测（CCTV）作业时，应符合 CJJ 181 及 DB4201/T 647-2021 的规定。
- 5.2.6 人工检测应符合下列规定：
- a) 应对管道内、外表面进行检查；
 - b) 进入管道内目测管道直径不宜小于 800mm；
 - c) 判断水深、流速情况，并采取相应措施，避免对人工检测造成较大影响；
 - d) 密闭狭小空间作业应通风、检测有害气体等，应确认管道内无异常状况后，人员方可入内作业；
 - e) 作业人员应穿戴防护装备，携带照明灯具和通信设备；
 - f) 在人工检测过程中，应注意把控作业长度和时间，管内人员应与地面人员保持通信联系；
 - g) 当管道坡度较大时，目测前应采取安全保护措施。
- 5.2.7 对待检查管段可进行试压检测或选取有代表性的管段开挖截取进行取样检测。
- 5.2.8 对漏失、变形和坍塌严重的管段应宜采用探底雷达对管周土体进行完整性检测。
- 5.3 管道评估
- 5.3.1 排水管道评估应依据管道基本资料、运行维护资料、管道检测成果等资料进行综合评估。
- 5.3.2 排水管道结构性缺陷和功能缺陷的名称、代码、等级划分和分值应分别按 CJJ 181 的相关规定执行。
- 5.3.3 管道评估报告应包含下列内容：
- a) 竣工年代，管径及埋深，管材和接口形式，设计流量和压力，结构和附属设施及周边环境等基本资料；
 - b) 管道近年的运行维护资料；
 - c) 电视检测（CCTV）、人工检测、试压检测、取样检测等管道检测资料；
 - d) 管道结构性修复指数、管道功能性养护指数及缺陷密度；
 - e) 管道缺陷定性及定量分析，应包括管道结构性修复指数、管道功能性养护指数及缺陷密度；
 - f) 管道周围可能出现的空洞和处理建议；
 - g) 建议采用的修复类型和修复工法。
- 5.3.4 管道修复方法应根据管道状况和综合评估结果综合确定，并应符合下列规定：
- a) 同一管段的结构性缺陷小于 3 处且结构性缺陷等级小于 3 级时，宜采用局部修复；同一管段的结构性缺陷大于等于 3 处时，管段结构性缺陷类型评估为整体缺陷时，或管段较短时，应采用整体修复；

- b) 管段结构良好、仅存在功能性缺陷的管段，宜采用非结构性修复；当管段结构性缺陷等级大于Ⅲ级，有严重结构性缺陷的管段，应采用结构性修复。

6 管道修复设计

6.1 一般规定

6.1.1 管道非开挖修复设计前应按本规程第 4 部分规定对原有管道进行详细调查，并按本规程第 5 部分规定对原有管道的缺陷进行检测与评估。

6.1.2 非开挖修复更新工程的设计应符合下列规定：

- a) 应按 CJJ 181 对原有管道周围土体或管道基础进行检测，如不满足要求，应设计加固处理方案；
- b) 修复后管道的结构应满足受力和耐久性要求；
- c) 修复后管道的过流能力应满足其功能要求；
- d) 修复后管道应满足清疏技术对管道的要求。

6.1.3 非开挖管道修复更新工程所用管材直径的选择应符合下列规定：

- a) 穿插法所用内衬管的外径可小于原有管道的内径，但其减少量不宜大于原有管道内径的 10%，且最大不应超过 50mm；
- b) 机械制螺旋缠绕法内衬管的内径不宜小于原有管道内径的 90%；
- c) 折叠内衬法内衬管外径应与原有管道内径相一致，缩径内衬法内衬管复原后宜与原有管道形成紧密配合；
- d) 原位固化法所用软管外径应与原有管道内径相一致。

6.2 修复方法选择

6.2.1 非开挖整体修复可采用穿插法、紧密贴合法、翻转式原位固化法、紫外光原位固化法、水泥基材料喷涂法、高分子材料喷涂法、复合喷涂法、机械螺旋缠绕法、垫衬法、短管内衬法、热塑成型法等，各种工法适用范围及相关技术比选参数可参见表 6.2.1。

表 6.2.1 管道非开挖整体修复工法及技术比选参数

修复技术	适用管径	适用断面形式	适用管材	适用时效	工作坑要求	最大允许转角	是否可带水修复	恢复强度	优点	缺点
穿插法	100-1200 mm	所有	所有	永久	连续穿插法一般需要；不连续穿插法视情况决定	微小弯角	除饮用水管道外，其余可带水作业	√	内衬结构强度不依赖和原有管道的粘结	管道的过流能力（面积和流量）显著降低；对施工技术要求较高

紧密贴合法	100-1500 mm	所有	所有	永久	A 法：利用现有检查井； B 法：视情况局部开挖	可用于弯曲段管道修复	不可	√	能有效控制管道过流断面损失，； 内衬结构强度不依赖和原有管道的粘结	对施工技术要求较高
翻转式原位固化法	300-1800 mm	圆形、蛋形、矩形管道	所有	永久	不需要	45°	不可	√	施工速度快（约1~2天），内衬管耐腐蚀性强，使用寿命长	现场配置修复材料时对质量控制要求较高，控制不到位时易导致修复成品质量不过关，对施工技术要求较高
紫外光原位固化法	300-1500 mm	圆形、蛋形、矩形管道	所有	永久	不需要	45°	不可	√	施工速度快（约1天），内衬管耐腐蚀性强，使用寿命长	对施工技术要求较高
水泥基材料喷涂法	管径 ≥300mm	圆形、蛋形、矩形管道	（钢筋）混凝土管、钢管、砖砌	永久	不需要	-	不可	√	施工方便、无接缝，设备简单价格便宜；适用于大口径管道箱涵修复	施工条件要求较高，带水实施受限制
高分子材料喷涂法	管径 ≥800mm	所有	（钢筋）混凝土管、钢管	永久	不需要	-	不可	√	原理为化学反应，固化迅速；适用于大口径管道修复	喷涂流程较繁琐，施工条件要求较高
复合喷涂法	800-2800 mm	圆形、蛋形、经圆角处理的矩形	所有	永久	不需要	-	不可	√	可将砂浆或树脂单独使用，也可两种材料复合使用，加固防渗效果好	施工流程较繁琐，对材料要求较高
机械制螺旋缠绕法	扩张法：300-800mm； 固定口径法：450-3000 mm	圆形、矩形、异形管道	所有	永久	不需要	15°	可	√	施工速度快、可带水施工、强度高、耐腐蚀性强；适用于大口径管道箱涵的修复	管道修复后断面有一定损失，对管道排水能力有一定影响，修复完成需注浆

表 6.2.1 管道非开挖整体修复工法及技术比选参数（续）

修复技术	适用管径	适用断面形式	适用管材	适用时效	工作坑要求	最大允许转角	是否可带水修复	恢复强度	优点	缺点
垫衬法	管径 ≥300mm	圆形、矩形、卵形或特殊几何形状	（钢筋）混凝土管、金属管、塑料管	永久	不需要	可用于弯曲段管道修复	不可	√	施工效率高，抗渗性、耐腐蚀性强	对施工技术要求较高；过流能力有一定损失；一般不能恢复管道的平均坡度
短管内衬法	800-3000mm	所有	所有	永久	排水管道利用现有检查井，其它视情况决定	-	可	√	抗冲抗压能力强，耐磨性、抗渗性、耐腐蚀性强	不适用于严重沉降、与管道接口严重错位损坏的窖井
热塑成型法	300-1200mm	圆形、蛋形、矩形管道	所有	永久	不需要	60°	不可	√	施工速度快（约1天）、修复后整体适应性好，内衬管耐腐蚀性强，使用寿命长	管道修复后断面有一定损失

备注：√表示可以；×表示不可以。

6.2.2 非开挖局部修复可采用不锈钢双胀环法、不锈钢快速锁法、点状原位固化法、管片内衬法等，各种工法适用范围及相关技术比选参数可参见表 6.2.2。

表 6.2.2 管道非开挖局部修复工法及技术比选参数

修复技术	适用管径	适用断面形式	适用管材	适用时效	工作坑要求	最大允许转角	是否可带水修复	止水	恢复强度	优点	缺点
不锈钢双胀环法	800-3000mm	圆形	所有	临时、永久	不需要	-	不可	√	×	使用速度快，质量稳定性较好	对水流形态和过水断面有一定影响，管道运维不适用绞车疏通
不锈钢快速锁法	气囊安装：300-600mm；人工安装：	圆形	所有	临时、永久	不需要	-	可	√	×	施工速度快、止水效果好、可带水作业	对水流形态和过水断面有一定影响，管道运维不适用缆车疏通

	800-1800mm										
点状原位固化法	300-1500mm	圆形	所有	临时、永久	不需要	-	可	√	×	施工速度快(每个点修复约 2h)，耐腐蚀性强，施工方便	材料成本很高，大口径修复成本高，施工技术要求高

备注：√表示可以；×表示不可以。

6.2.3 非开挖管道更新工程可采用碎裂管法、管道排出法、微型顶管法及水平定向钻法等，各种工法适用范围及相关技术比选参数可参见表 6.2.3。

表 6.2.3 管道非开挖更新工法及技术比选参数

修复技术	适用管径	适用断面形式	适用管材	适用时效	工作坑要求	最大允许转角	是否可带水修复	止水	恢复强度	优点	缺点
碎（裂）管法	300-1200mm	圆形	塑料管、混凝土管、陶土管	永久	一般需要	7°	可	√	√	施工速度快，耐腐蚀性强，独立承载性，使用寿命长，不缩径	不适用于膨胀土层

表 6.2.3 管道非开挖更新工法及技术比选参数（续）

修复技术	适用管径	适用断面形式	适用管材	适用时效	工作坑要求	最大允许转角	是否可带水修复	止水	恢复强度	优点	缺点
管道排出法	A 法：100-800mm； B 法：20-400mm	圆形	A 法：陶土管、普通（纤维）混凝土管、铸铁管； B 法：钢管、（球墨）铸铁管	永久	一般需要	A 法：-； B 法：可更换含有弯曲段的管道	不可	√	√	可增加过流能力（容量和流量）	施工条件要求较高
微型顶管法	160-800mm	圆形	所有	永久	一般需要	-	可	√	√	可增加管径提高过流能力	施工过程需纠偏，施工条件要求较高
水平定向钻法	50-1800mm	所有	所有	永久	一般需要	-	可	√	√	施工速度快，可增加管径提高过流能力	工序繁琐，施工条件要求较高，管材与回扩孔间的空隙

											需处理
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----

备注：√表示可以；×表示不可以。

6.3 内衬管壁厚设计

6.3.1 当采用穿插法、原位固化法、折叠内衬法或缩径内衬法进行管道半结构性修复时，内衬管最小壁厚应符合下列规定：

a) 内衬管壁厚应按下列公式计算：

$$t = \frac{D_o}{\left[\frac{2KE_L C}{PN(1-\mu^2)} \right]^{\frac{1}{3}} + 1} \tag{6.3.1.1}$$

$$C = \left[\frac{\left(1 - \frac{q}{100} \right)^3}{\left(1 + \frac{q}{100} \right)^2} \right] \tag{6.3.1.2}$$

$$q = 100 \times \frac{(D_E - D_{\min})}{D_E} \quad \text{或} \quad q = 100 \times \frac{D_{\max} - D_E}{D_E} \tag{6.3.1.3}$$

式中：

- t ——内衬管壁厚（mm）；
 - D_o ——内衬管管道外径（mm）；
 - K ——圆周支持率，推荐取值为7.0；
 - E_L ——内衬管的长期弹性模量（MPa），宜取短期模量的50%；
 - C ——椭圆度折减系数；
 - P ——内衬管管顶地下水压力（MPa），地下水位的取值应符合现行国家标准GB 50332中的有关规定；
 - 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2%；
 - D_E ——原有管道的平均内径（mm）；
 - D_{\min} ——原有管道的最小内径（mm）；
 - D_{\max} ——原有管道的最大内径（mm）。
- b) 当内衬管管道位于地下水位以上时，原位固化法内衬管 SDR 不得大于 100，PE 内衬管 SDR 不得大于 42。
- c) 当内衬管椭圆度不为零时，内衬管的壁厚除应满足式（6.3.1.1）外，其最小值不应小于下式计算结果：

$$1.5 \frac{q}{100} \left(1 + \frac{q}{100} \right) SDR^2 - 0.5 \left(1 + \frac{q}{100} \right) SDR = \frac{\sigma_L}{PN} \quad (6.3.1.4)$$

$$SDR = \frac{D_0}{t} \quad (6.3.1.5)$$

式中:

SDR ——管道的标准尺寸比;

σ_L ——内衬管材的长期弯曲强度 (MPa), 宜取短期强度的 50%。

6.3.2 当采用穿插法、原位固化法、折叠内衬法或者缩径内衬法进行管道结构性修复时, 内衬管最小壁厚应符合下列规定:

a) 内衬管壁厚应按下列公式计算:

$$t = 0.721 D_o \left[\frac{\left(\frac{N \times q_t}{C} \right)^2}{E_L \times R_w \times B' \times E_S'} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (6.3.2.1)$$

$$q_t = 0.00981 H_w + \frac{\gamma \times H_s \times R_w}{1000} + W_s \quad (6.3.2.2)$$

$$R_w = 1 - 0.33 \times \frac{H_w}{H_s} \quad (6.3.2.3)$$

$$B' = \frac{1}{1 + 4e^{-0.213H}} \quad (6.3.2.4)$$

式中:

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

R_w ——水浮力系数, 最小取 0.67;

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 GB 50332 的规定确定。

H_w ——管顶以上地下水位高 (m);

γ ——土的重度 (kN/m³);

H_s ——管顶覆土厚度 (m);

W_s ——活荷载 (MPa), 应按现行国家标准 GB 50332 的规定确定。

b) 内衬管最小壁厚还应满足下式规定:

$$t \geq \frac{0.1973D_o}{E^{1/3}} \quad (6.3.2.5)$$

式中：

E ——内衬管初始弹性模量（MPa）。

c) 结构性修复内衬管的最小厚度还应同时满足公式（6.3.1.1）和（6.3.1.4）的要求。

6.3.3 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 SDR 的最大取值应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 更新管道 SDR 的最大取值

覆土深度（m）	SDR
0-5.0	21
>5.0	17

6.3.4 机械制螺旋缠绕法内衬管刚度系数应符合下列规定：

a) 采用内衬管贴合原有管道机械制螺旋缠绕法半结构性修复时，内衬管最小刚度系数应按下列公式计算：

$$E_L I = \frac{P(1-\mu^2)D^3}{24K} \cdot \frac{N}{C} \quad (6.3.4.1)$$

$$D = D_o - 2(h - \bar{y}) \quad (6.3.4.2)$$

式中：

E_L ——内衬管的长期弹性模量（MPa）；

I ——内衬管单位长度管壁惯性矩（mm⁴/mm）；

D ——内衬管平均直径（mm）；

K ——圆周支持率，推荐取值为7.0；

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。

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

$$E_L I = \frac{PND^3}{8(K_1^2 - 1)C} \quad (6.3.4.3)$$

$$\sin K_1 \frac{\phi}{2} \cos \frac{\phi}{2} = K_1 \sin \frac{\phi}{2} \cos K_1 \frac{\phi}{2}$$

(6.3.4.4)

式中：

ϕ ——未注浆角度，如图6.3.4所示。

K_1 ——与未注浆角度 ϕ 相关的系数， K_1 取值与未注浆角度的关系应符合表6.3.2的规定。

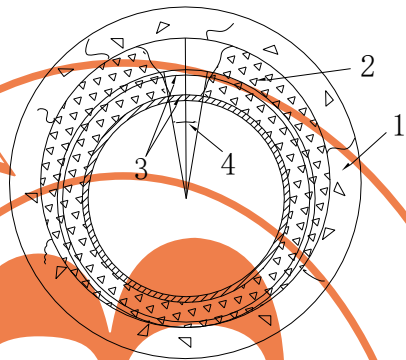


图 6.3.4 未注浆角度示意图

注：1—原有管道；2—浆体；3—螺旋缠绕内衬管；4—未注浆角度

表 6.3.2 更新管道 SDR 的最大取值

$2\phi(^{\circ})$	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
$2\phi(^{\circ})$	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

c) 当采用内衬管贴合原有管道机械制螺旋缠绕法结构性修复时，最小刚度系数应按下式计算：

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

(6.3.4.5)

- d) 当采用内衬管不贴合原有管道机械制螺旋缠绕法结构性修复时，应对环状空隙内进行注浆并应确认内衬管、注浆体和原有管道组成的复合结构能承受作用在管道上的总荷载。
- e) 当采用机械制螺旋缠绕内衬法进行结构性修复时，内衬管最小刚度系数 $E_L I$ 还应同时满足公式（6.3.4.1）的要求。
- f) 当采用内衬管不贴合原有管道机械制螺旋缠绕法结构性修复时，如不考虑浆液的强度，内衬管的最小刚度系数可按公式（6.3.4.5）计算。

6.4 喷涂厚度设计

6.4.1 采用水泥基材料喷涂法进行排水管道修复时，最小喷涂厚度宜按照表 6.4.1 的规定选取，并满足设计要求。

表6.4.1 水泥基材料喷涂法最小喷涂厚度

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

6.4.2 采用高分子材料喷涂法进行排水管道、检查井修复时，最小喷涂厚度应满足设计要求，经验值按照表 6.4.2 的规定选取。

表 6.4.2 高分子材料喷涂法最小喷涂厚度

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 > 2400	8

6.5 水力计算

6.5.1 管道内流量可按下式计算：

$$Q=0.312\frac{D_E^{\frac{8}{3}}\times S^{\frac{1}{2}}}{n}\tag{6.5.1}$$

式中：

- Q ——管道的流量（m³/min）；
- D_E ——原有管道平均内径（m）；
- S ——管道坡度；
- n ——管道的粗糙系数。

6.5.2 修复后管道的过流能力与修复前管道的过流能力的比值应按下式计算：

$$B=\frac{n_e}{n_l}\times\left(\frac{D_l}{D_E}\right)^{\frac{8}{3}}\times100\%\tag{6.5.2}$$

式中：

- B ——管道修复前后过流能力比；
- n_e ——原有管道的粗糙系数；
- D_l ——内衬管管道内径（m）；

n_l ——内衬管的粗糙系数。

6.5.3 部分管材的粗糙系数可按表 6.5.1 取值。

表 6.5.1 粗糙系数

管材类型	粗糙系数 n
原位固化内衬管	0.010
PE 管	0.009
PVC-U 管	0.009
螺旋缠绕内衬管	0.010
混凝土管	0.013
砖砌管	0.016
陶土管	0.014

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

7 管道修复预处理

7.1 一般规定

7.1.1 非开挖修复工程施工前，应根据管道状况、修复工艺要求对原有管道进行预处理，并应符合下列规定：

- a) 预处理后的管道内应无沉积物、垃圾及其他障碍物，不应有影响施工的积水和渗水等现象；
- b) 预处理后的管道内表面应洁净，应无影响内衬修复的附着物、尖锐毛刺、凸起物、台阶等；
- c) 当采用局部修复法时，原有管道待修复部位及前后 0.5m 范围内的管道内表面应洁净，不得有附着物、尖锐毛刺和凸起物等；
- d) 预处理不应对管道造成进一步的损伤和破坏。

7.1.2 管道变形或破坏严重、接头错位严重的部位，应按设计文件和施工方案要求进行加固处理。管道结构性缺陷严重到无法进行非开挖修复时，应考虑进行开挖修复。

7.1.3 原有管道地下水位较高，渗、漏水严重时，应首先通过注浆等措施对漏水点进行止水或隔水处理后再对管道内部进行预处理。

7.1.4 预处理完毕修复工程施工前，应由监理组织相关单位对预处理后的管道进行现场检查，并保存影像、文字等作为隐蔽验收的资料。

7.1.5 注浆法可采用水泥基类、硅化浆液或高聚物等材料对管道周边土体进行封堵和加固处理。

7.1.6 注浆法可分为管内注浆法和管外注浆法。管外注浆法可用于各类排水管道，管内注浆法宜用于管径不小于 800mm 的排水管道。

7.1.7 注浆材料适用范围应按表 7.1.1 选用，并且宜采用环保型材料。

表 7.1.1 注浆材料适用范围

注浆材料		适用范围
水泥基类液浆		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
碱液		适用于加固地下水位以上渗透系数为 $0.1\text{m/d} \sim 2.0\text{m/d}$ 的湿陷性黄土地基，对于自重湿陷性黄土地基适应性通过试验确定
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

7.1.8 注浆法施工前应根据管道评估报告及相关资料进行专项设计，并按规定程序审批后实施。

7.2 管内预处理

7.2.1 管道清洗

7.2.1.1 管道清洗宜采用高压水射流进行冲洗。

7.2.1.2 采用高压水射流对管道清洗时，应符合下列规定：

- a) 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；
- b) 管道应经试喷后确定合适压力，然后方可整段清洗；
- c) 存在塌陷或空洞管段，不得用高压水流冲洗暴露的土体；
- d) 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，并应符合现行国家标准 GB 26148 的有关规定。

7.2.1.3 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 7.2.1 取值。

表 7.2.1 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

7.2.1.4 管道清洗产生的污水和污物应从检查井内排出，污物处理应符合 CJJ 68 的有关规定，污水应合规排放至规定地点。

7.2.2 管道内壁处理

7.2.2.1 管道内壁有附着物时，应清洗露出管道内壁且不得损坏管道结构。

7.2.2.2 管道采用内衬钢环处理时应符合下列规定：

- a) 应依据管道材料、破损情况、地层条件、渗漏水状况以及管道检测与评估结果确定预处理方案；
- b) 对混凝土等非高分子化学建材的管道，内衬钢环安装前应对管道受损部位采用注浆止水并采用不低于管道混凝土强度的环氧砂浆进行补强预处理；
- c) 对高密度聚乙烯（HDPE）等高分子化学建材管道，内衬钢环安装前应对管道漏水、流砂等受损部位采用注浆止水及管道整形预处理；
- d) 采用钢环片装配成钢圆环时，连接部位应采用螺栓连接或焊接；
- e) 错位、破裂等缺陷或异形管采用内衬钢环时，应进行管内精确测量，并应定制异形钢环；
- f) 钢圆环与钢筋混凝土管之间的空隙应采用水泥砂浆或灌浆料填充密实；
- g) 采用内衬钢环后，管道的断面损失不宜超过10%。

7.2.2.3 管道内壁结构受损时应对内壁进行修补。

7.2.2.4 管道预处理的技术要求应符合表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 管道预处理的技术要求

非开挖修复方法	技术要求
原位固化法	管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及凸起物
水泥基材料喷筑法	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
机械制螺旋缠绕法	管道内应无沉积和障碍物，水深不宜超过管径的 20 %
垫衬法	管道内应无沉积、结垢和障碍物
碎（裂）管法	原有管道应无堵塞，宜排除积水
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
管片内衬法	管道内应无沉积、结垢和障碍物
不锈钢双胀环法	管道内应无明显沉积、结垢和障碍物，待修复部位前后 500mm 内的管道表面应无明显附着物、尖锐毛刺及凸起物
不锈钢快速锁法	--
点状原位固化法	--
短管穿插法	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

注：1 预处理后化学管道内径变形率（化学管道内径竖向变形量/原有管道设计内径）不大于4% ；
2 各种方法预处理具体要求见本规程各相关章节。

7.3 管周预处理

7.3.1 注浆材料

7.3.1.1 水泥基类、硅化类浆液及碱液注浆应符合现行行业标准《HG/T 20691 和 YS/T 5211 的有关规定。

7.3.1.2 高聚物土体注浆材料在 $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下，生成材料的表干时间不应大于 30s。

7.3.1.3 高聚物材料的进场验收应检查每批产品的质量合格证书、性能检验报告、使用说明书等。A 组分产品性能应符合表 7.3.1-1 的规定，B 组分产品性能应符合表 7.3.1-2 的规定。

表 7.3.1-1 A 组分产品性能

项目	单位	技术指标	测试方法
外观	--	棕色液体，透亮、无杂质	目视
粘度	$\text{mPa} \cdot \text{s}$ (25°C)	100~ 600	现行国家标准 GB / T13658
密度	kg/m^3	1220~1300	

表 7.3.1-1 A 组分产品性能（续）

项目	单位	技术指标	测试方法
NCO 含量	%	30.50~ 32.00	现行国家标准 GB / T13658
水解氯含量	%	≤ 0.2000	
酸值 (以 HCl 计)	%	≤ 0.0500	

表 7.3.1-2 B 组分产品性能

项目	单位	技术指标	测试方法
外观	/	油状液体	目视
粘度	$\text{mPa} \cdot \text{s}$ (25°C)	≤ 800	现行国家标准 GB / T12008.7
密度	kg/m^3	1000~ 1300	现行国家标准 GB / T 611

7.3.1.4 高聚物注浆材料的标志、包装、运输和储存应符合下列规定：

- a) 高聚物注浆材料的包装容器应密封，容器表面应标明材料名称、生产厂名、生产编号、生产日期及质保期；
- b) 高聚物注浆材料应按生产厂商要求或推荐的环境温度进行运输和分类存放，存放环境应干燥、通风，应避免日晒，并远离火源。

7.3.1.5 非水反应高聚物材料生成的聚合物技术要求应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 非水反应高聚物材料生成的聚合物技术要求

检测项目	单位	技术要求	测试方法
无束缚生成材料密度	kg/m ³	55±5	GB / T 6343
水中反应收缩率	%	≤3	CECS717 附录 C
不透水性 (无结皮) 0.2MPa, 30min	—	不透水	CECS717 附录 D
起渗压力	MPa	≥0.20	CECS717 附录 D

表 7.3.2 非水反应高聚物材料生成的聚合物技术要求（续）

检测项目	单位	技术要求	测试方法
闭孔率	%	≥92	GB / T 10799
吸水率	%	≤3	GB / T 8810
抗压强度	MPa	0.30	GB / T 8813
拉伸强度	MPa	≥0.30	GB / T 9641
膨胀比	—	15~25	本规程附录 E

- 7.3.1.6 非水反应高聚物材料生成的聚合物，环保指标应符合 GB/T 17219 的有关规定。
- 7.3.1.7 非水反应高聚物材料生成的聚合物，耐化学腐蚀性能指标应按 GB/T 11547 的有关规定进行测试。
- 7.3.2 工艺要求
- 7.3.2.1 注浆时，浆液温度不宜低于 20℃。
- 7.3.2.2 采用管外注浆法时，应符合下列规定：
- a) 应探明原有管道上部管线及其他地下构筑物的分布情况；
 - b) 注浆孔的位置应根据专项设计方案进行定位；
 - c) 钻孔深度应达到待修管道外部病害区域；
 - d) 注浆过程中应采用 CCTV 或潜望镜等可视化设备进行实时监控，若材料进入管道内应减慢注浆速度或采用间歇注浆法；
 - e) 注浆过程中，若产生管道偏移应中断注浆，调整注浆方案；
 - f) 管外注浆应做好管道和地面沉降监测。
- 7.3.2.3 采用管内注浆法时，应符合下列规定：

- a) 注浆孔的位置应根据专项设计方案进行定位;
- b) 钻孔深度应钻穿管壁, 孔径不宜大于 25mm;
- c) 注浆结束后, 应截断留在管壁内的注浆管, 并应做好封堵工作;
- d) 注浆完毕后, 应清理管段内的施工垃圾。

7.3.2.4 注浆压力应根据地下管道埋深、地质条件和浆液性能进行试验确定。对劈裂注浆的注浆压力, 在砂土中, 宜为 0.2MPa~0.5MPa; 在黏性土中, 宜为 0.2MPa~0.3MPa。对压密注浆, 当采用水泥砂浆浆液时, 坍落度宜为 25mm~75mm, 注浆压力宜为 1.0MPa~7.0MPa。当采用水泥水玻璃双液快凝浆液时, 注浆压力不应大于 1.0MPa。

7.3.2.5 高聚物注浆设备宜采用集成式高聚物注浆系统。

7.3.2.6 每个作业班次应做好现场施工工艺记录, 现场施工工艺记录应包括下列内容:

- a) 施工的时间、地点和工程项目名称;
- b) 施工天气状况;
- c) 钻孔数量、深度及位置;
- d) 注浆作业时设备压力及注浆温度;
- e) 记录单孔及每一个段落注浆用量;
- f) 施工过程中的异常状况;
- g) 记录施工过程中各项材料及用量。

8 管道整体修复施工

8.1 一般规定

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

8.1.2 施工前应编制施工组织设计并按规定程序审批后执行。

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

8.1.4 当管道内需采取临时排水措施时, 应符合下列规定:

- a) 应按 CJJ 68 的有关规定对原有管道进行封堵;
- b) 当管堵采用充气管塞时, 应随时检查管堵的气压, 当管堵气压降低时应及时充气;
- c) 当管堵上、下游有水压力差时, 应对管堵进行支撑;

8.1.5 在质量检验、验收中使用的计量器具和检测设备, 应经计量检定、校准合格后方可使用。

8.2 穿插法

8.2.1 内衬管道可通过牵引、顶推或两者结合的方法置入原有管道中。穿插法的适用范围如表 8.2.1 所示。

表 8.2.1 穿插法适用范围

特征	描述
内衬管管材	PE和PP
原有管道类型	a) 重力流排水管道； b) 压力流排水管道。
应用范围	a) 典型最小内径：100mm； b) 典型最大内径：1200mm； c) 典型最大长度：750m； d) 可修复含有微小弯角的管道。

表 8.2.1 穿插法适用范围（续）

特征	描述
工法特性	a) 管道的过流能力（面积和流量）显著降低； b) 内衬底部的坡度可与原有管道存在一定偏差； c) 可用于管道结构性修复； d) 耐磨性取决于内衬管材料性能； e) 耐化学腐蚀性取决于内衬管材料性能。
施工特点	a) 制造或预组装的内衬管应满足施工所需长度； b) 可采用牵拉或/和顶推方式置入； c) 地表工作空间：施工场地应满足摆放整段待置入内衬管长度的空间要求： 1) 小管径（典型直径≤180mm）：可采用卷盘存放，占地小； 2) 大管径：需要较大的地表空间临时摆放内衬管； d) 原有管道的接入口通常需要局部开挖； e) 本技术不依赖内衬与原有管道的粘接作用； f) 通常情况下宜对管道设置临排； g) 环状间隙应进行注浆处理； h) 除饮用水管道以外，可进行带水作业； i) 支管连接宜采用开挖方式。
安装设备	a) 滚轮架：支撑整段管道的滑轮输送装置（内衬管从卷盘上直接插入待修管道的情況除外）； b) 顶推装置（根据设计备选）； c) 导向轮：引导内衬管置入原有管道的滚轮装置； d) 卷扬机：将内衬管拉入原有管道的牵拉装置； e) 管材连接设备（根据内衬管材质类型备选）； f) 注浆设备。
场地要求	a) 入口端应满足整段内衬管摆放的长度要求（对小管径应满足卷盘拖车需求）； b) 出口端应满足卷扬机摆放和施工要求。

开挖要求	<p>a) 入口端： 开挖长度：应根据内衬管的最小允许弯曲半径确定拉入所需的最小开挖长度； 开挖宽度：应根据导入设备和顶推设备摆放和施工需要确定开挖宽度；</p> <p>b) 接收端： 开挖尺寸应能容纳内衬牵拉头和辅助装备。</p>
------	--

8.2.2 连续管道穿插施工应符合下列规定：

- a) 管道牵拉速度不宜大于 0.3m/s，在管道弯曲段或变形较大的管道中施工应减慢速度；
- b) 牵拉过程中牵拉力不应大于内衬管允许拉力的 50%；
- c) 牵拉操作应一次完成，不应中途停止；
- d) 内衬管伸出原有管道端口的距离应满足内衬管应力恢复和热胀冷缩的要求；
- e) 内衬管道宜经过 24h 的应力恢复后进行后续操作。

8.2.3 不连续管道穿插工艺应符合下列规定：

- a) 当采用机械承插式接头连接的短管时，可允许带水作业，水位宜控制在管道起拱线之下；
- b) 当采用热熔连接的 PE 管时，应保证连接设备干燥，且 PE 管道的连接施工应符合下列规定：
连接前应进行外观检查，管道外表面划痕深度不应大于壁厚的10%，管道不应有过度弯曲导致的屈曲，管道内表面不应有任何磨损和切削；

PE管的连接宜采用热熔对接的方法，热熔对接应符合现行国家标准GB19809 的有关规定。

- c) 当不需开挖工作坑时，短管的长度以能够进入检查井为宜；
- d) 当需开挖工作坑时：

①工作坑的位置应符合下列规定：

工作坑的坑位应避开地上建筑物、架空线、地下管线或其他构筑物；

工作坑不宜设置在道路交会口、医院入口、消防队入口处；

工作坑宜设计在管道变径、转角或检查井处。

②工作坑的大小应满足施工空间的要求。连续管道穿插法进管工作坑如图 8.2.1，最小长度应按下式计算：

$$L=\left[H\times(4R-H)\right]^{\frac{1}{2}} \quad (8.2.1)$$

式中：

L ——工作坑长度（m）；

H ——管道敷设深度（m）；

R ——管材许用弯曲半径（m），且 $R\geq 25D_0$ ；

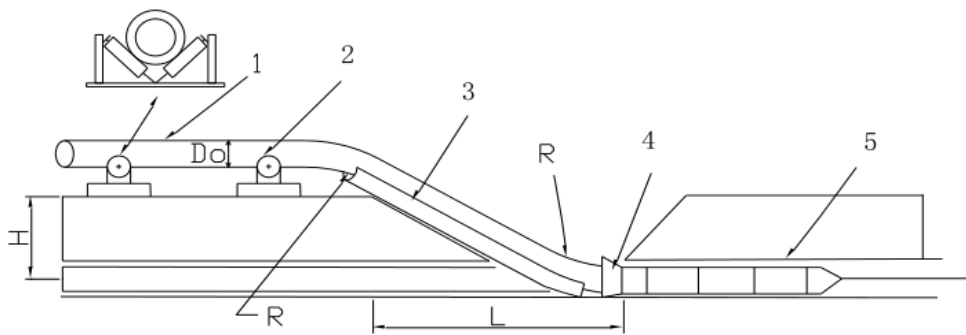


图 8.2.1 连续管道进管工作坑布置示意图

1-内衬管；2-地面滚轮架；3-耐磨垫；4-喇叭形到导入口；5-原有管道

③当工作坑较深时，应按GB 50268的有关规定设计放坡或支护。

e) 短管进入工作坑或检查井时不应造成损伤。

8.2.4 在内衬管穿插时应采取下列保护措施：

- a) 应在原有管道端口设置导滑口，防止原有管道端口对内衬管的损伤；
- b) 应对内衬管的牵拉端或顶推端采取保护措施；
- c) 当连续管道穿插时，地面上管道应置于滚轮架传送，工作坑中管道外壁底部应铺设耐磨垫。

8.2.5 内衬管穿插完成后，在修复管道端部处应采用具有弹性和防水性能的材料对原有管道和内衬管之间的环状间隙进行密封处理。

8.2.6 当管道环状间隙需要注浆时应符合下列规定：

- a) 当内衬管不足以承受注浆压力时，注浆前应对内衬管进行支护或采取其他保护措施；
- b) 当有支管存在时，注浆前应打通内衬管的支管连接并采取保护措施，注浆时浆液不得进入支管；
- c) 注浆孔或通气孔应设置在两端密封处或支管处，也可在内衬管上开孔；
- d) 浆液应具有较强的流动性、固化过程收缩小、放热量低的特性，固化后应具有一定的强度；
- e) 宜采用分段注浆工艺；
- f) 注浆完成后应密封内衬管上的注浆孔，且应对管道端口进行处理，使其平整。

8.2.7 穿插法施工应做好牵引或顶推力大小和速度、内衬管长度和拉伸率、贯通后静置时间、内衬管与原有管道间隙注浆量等记录和检验。

8.3 紧密贴合法

8.3.1 紧密贴合法的适用范围如表 8.3.1 所示。

表 8.3.1 紧密贴合法适用范围

特征	描述
内衬管管材	a) PE 和 PVC-U
原有管道类型	a) 重力流排水管道； b) 压力流排水管道。

表8.3.1 紧密贴合法适用范围（续）

特征	描述
应用范围	a) 可用于修复轻微变形的圆形管道； b) 典型最小内径：A 法 100mm，B 法 100mm； c) 典型最大内径：A 法 1000mm，B 法 1500mm； d) 典型最大修复长度：PE 管为 1500m； e) 可用于修复含弯曲段管道。
工法特性	a) 能有效控制管道过流断面损失，修复后摩擦力减小，可增加流量； b) 不能改变原有管道坡度； c) 可用于结构性修复； d) 耐磨性取决于内衬管材性能； e) 耐化学性取决于内衬管材料性能。
施工特点	a) 置入前可通过机械或者热-机械方法（在制造厂或者现场）将内衬管进行缩径，置入原有管道后可采用撤销拉力、加热和/或加压等方式将内衬管恢复至设计尺寸和形状； b) 施工场地：A 法无特殊要求，B 法应满足内衬管摆放空间需求； c) 作业通道：A 法可利用检查井，B 法需局部开挖； d) 内衬结构强度不依赖和原有管道的粘结； e) 应设置临排； f) 无需注浆处理； g) 支管连接： 重力管道：可从管道内部连接（重新开孔并进行密封处理）； 压力管道：除可进入管道外，一般需要开挖连接。
安装设备	a) 滚轮架：支撑整段管道的滚轮系统（内衬管从卷盘上直接插入待修管道的情况除外）； b) 导滑件：引导内衬管置入原有管道； c) 卷扬机：牵拉内衬管置入原有管道； d) 空气压缩机和蒸汽加热系统（根据工法备选），用于内衬管复原； e) 管材连接装备。
场地要求	a) 入口端应满足摆放整段内衬管的场地要求（或采用卷盘车放置小管径和/或折叠内衬管）； b) 入口端应满足管道缩径或折叠设备及其配套设施放置和施工要求； c) 接收端应满足卷扬机及其配套设施放置和施工要求； d) 接收端应满足复原设备放置和施工要求。
开挖要求	a) A 法 对于雨污水管道，内衬管具有适当的柔性时，可通过现有检查井牵拉入位，无需额外开挖。其他类型管道可在出入口端进行必要的开挖。 b) B 法 入口端： 开挖长度：应根据内衬管的最小允许弯曲半径确定拉入所需的最小开挖长度； 开挖宽度：应根据导入设备和顶推设备摆放和施工需要确定开挖宽度（根据工法特征确定）； 接收端： 开挖空间应满足容纳内衬管牵拉头以及牵拉内衬管的作业空间需求。
注：如需同时进行缩径和拉入作业，宜对牵拉和折叠或缩径设备进行锚固，避免因牵拉力过大导致的设备移动。	

8.3.2 折叠管的压制应符合下列规定：

- a) 管道折叠变形应采用专用变形机，缩径量应控制在 30%~35%。
 - b) 折叠过程中，折叠设备不得对管道产生划痕等破坏，折叠应沿管道轴线进行，不得出现管道扭曲和偏移现象等；
 - c) 管道折叠后，应立即用非金属缠绕带进行捆扎，管道牵引端应连续缠绕，其他其他位置可间断缠绕；
 - d) 折叠管的缠绕和折叠速度应保持同步，宜控制在 5m/min~8m/min。
- 8.3.3 折叠管的拉入应符合下列规定：
- a) 管道不得被坡道、操作坑壁、管道端口划伤；
 - b) 应仔细观察管道入口处等弯曲部位折叠管情况，防止管道发生过度弯曲或起皱；
 - c) 管道拉入过程应满足本规程第 8.2.2 条的规定。
- 8.3.4 工厂预制 PE 折叠管的复原及冷却过程应符合设计和产品使用说明书的要求，并应符合下列规定：
- a) 应在管道起止端安装温度测量仪监测折叠管外的温度变化，温度测量仪应安装在内衬管与原有管道之间；
 - b) 折叠管中通入蒸汽的温度宜控制在 112℃~126℃之间，然后加压最大至 100kPa，当管外周温度达到 85℃±5℃后，增加蒸汽压力，最大至 180kPa；
 - c) 维持蒸汽压力时间，直到折叠管完全膨胀复原；
 - d) 折叠管复原后，应先将管内温度冷却到 38℃以下，然后再慢慢加压至大约 228kPa，同时用空气或水替换蒸汽继续冷却直到内衬管降到周围环境温度；
 - e) 折叠管冷却后，应至少保留 80mm 的内衬管伸出原有管道。
- 8.3.5 现场折叠管的复原过程应符合设计和产品使用说明书的要求，并应符合下列规定：
- a) 当复原时应严格控制注水速度，折叠管应能够完全复原且不得损坏；
 - b) 折叠管恢复原形并达到水压稳定后，应保持压力不少于 24h。
- 8.3.6 折叠管复原后，应将管道两端切割整齐。
- 8.3.7 折叠内衬法施工应做好折叠缠绕和折叠的速度、折叠管复原温度、压力和时间，以及内衬管冷却温度、时间、压力等记录和检验。
- 8.3.8 径向均匀缩径内衬法施工应符合下列规定：
- a) PE 管道直径的缩小量不应大于 15%；
 - b) 缩径过程中不得对管道造成损伤。
- 8.3.9 拉拔缩径内衬法施工应符合下列规定：
- a) PE 管道直径的缩小量不应大于 15%；
 - b) 当环境温度低于 5℃时，对 PE 管道进行拉拔缩径前应先预热。
- 8.3.10 管道拉入过程中，应符合下列规定：
- a) 管道缩径与拉入应同步进行，且不得中断；

- b) 拉入速度宜为 3m/min~5m/min，且不得超过 8m/min；
- c) 拉入过程中不得对 PE 管道造成损伤；
- d) 拉入过程还应满足本规程第 8.2.2 条的相关规定。

8.3.11 缩径管拉入完毕后，采用自然恢复时，恢复时间不应少于 24h；采用加热加压方式时，恢复时间不应少于 8h。

8.3.12 内衬管复原后，应将管道两端切割整齐。

8.3.13 缩径内衬法施工应做好缩径量、缩径预热温度、管道牵拉力、牵拉速度、内衬管复原温度、时间、内衬管伸长量变化等记录和检验。

8.4 翻转式原位固化法

8.4.1 原位固化法的适用范围如表 8.4.1 所示。

表 8.4.1 原位固化法适用范围

特征	描述
内衬管管材	热固性树脂（UP，EP或VE）与浸润树脂的普通织物或纤维增强型织物组成的复合材料，可包含内膜和/或外膜。
原有管道类型	a) 重力流排水管道； b) 压力流排水管道。
应用范围	a) 可用于圆形和非圆形断面； b) 典型最小内径：100mm； c) 典型最大内径：2800mm； d) 典型最大修复长度：A 法为 600m，B 法为 300m； e) 可用于含弯曲段管道修复； f) 可用于变径管道修复。
工法特性	a) 修复后管道过流断面损失非常小，且管壁摩擦力减小，管道整体过流能力可能提高； b) 内衬管翻转后不可逆； c) 可用于管道结构性修复； d) 耐磨性取决于内衬管管壁结构； e) 耐化学性取决于树脂类型。
施工特点	a) 固化前浸润树脂的软管可采用以下方法置入： 水压或气压翻转置入； 牵拉置入后加压膨胀； 可同时采用 A 法和 B 法置入。 b) 固化方式： 加热（热水，蒸汽，或电加热装置）； 紫外光照射； 自然固化。 c) 地表工作空间：应根据工艺确定，一般较小； d) 作业通道：利用现有检查井或进行局部少量开挖； e) 内衬结构强度不依赖和原有管的粘结； f) 应设置临排；

表 8.4.1 原位固化法适用范围（续）

特征	描述
施工特点	g) 无需注浆处理； h) 可从管内开孔进行支管连接； i) 支管应重新连接； 重力管道：可从管道内连接（重新开孔并进行密封处理）； 压力管道：除可进入管道外，一般需要开挖连接。
安装设备	a) 内衬管输送设备，包括传送系统； b) 现场浸渍设备（根据工艺选用）； c) 翻转置入系统：水柱立管或空压机； d) 牵拉置入系统：卷扬机； e) 热水锅炉或蒸汽加热系统，紫外光固化或电固化装置和动力源。
场地要求	a) 入口端应满足内衬管输送设备放置和施工要求； b) 应满足现场浸渍设备放置和施工要求（如果选用）； c) 应满足翻转或牵拉设备放置和施工要求； d) 应满足固化设备放置和施工要求。
开挖要求	a) 未固化的内衬管具有柔软性，可通过检查井置入管道，排水管道一般不需要开挖； b) 其他类型管道宜在出入口端进行少量开挖。

8.4.2 干软管的树脂浸渍及运输应符合下列规定：

- a) 浸渍树脂时用于抽真空、搅拌、传送碾压的设备应齐全、性能良好，并符合批准后的施工组织设计要求；
- b) 浸渍树脂宜在室内完成，应采取避光，降温等措施。室内温度不应高于 30℃，树脂应能在热水、热蒸汽作用下固化，且初始固化温度应低于 60℃；
- c) 浸渍前应对软管进行检测，确认干软管无破损；
- d) 干软管应在抽成真空状态下充分浸渍树脂，且不得出现气泡；
- e) 在浸渍干软管之前应计算树脂的用量，树脂的各种成分应进行充分混合，实际用量应比理论用量多 5%~15%；
- f) 树脂和添加剂混合后应及时进行浸渍，当不能及时浸渍时，应将树脂避光冷藏，冷藏温度和时间应根据树脂本身的稳定性和固化体系来确定；
- g) 整平、碾压湿软管时应匀速，并确定碾压厚度在设计范围内，且应控制干斑、气泡、厚度不匀、褶皱等缺陷的出现；
- h) 湿软管应存储在避光和生产厂商要求的温度环境中，存储和运输过程中应记录暴露的温度和时间；
- i) 湿软管在贮运和装卸过程中应避免与硬质、尖刺物体发生刮擦、碰撞。

8.4.3 可采用水压或气压的方法将湿软管翻转置入原有管道，施工过程应符合下列规定：

- a) 当翻转时,应将湿软管的外层防渗塑料薄膜向内翻转成内衬管的内膜,与湿软管内水或蒸汽相接触;
- b) 翻转压力应控制在使湿软管充分扩展所需最小压力和湿软管所能承受的允许最大内部压力之间,同时应能使湿软管翻转到管道的另一端点,相应压力值应符合产品说明书的规定;
- c) 翻转过程中宜用润滑剂减少翻转阻力,润滑剂应是无毒的油基产品,且不得对湿软管和相关施工设备等产生影响;
- d) 翻转完成后,湿软管伸出原有管道末端的长度宜为 0.5m~1.0m。

8.4.4 翻转完成后应采用热水或热蒸汽对湿软管进行固化,并应符合下列规定:

- a) 热水供应装置和蒸汽发生装置应装有温度测量仪,固化过程中应对温度进行跟踪测量和监控;
- b) 在修复段起点和终点,距离端口大于 300mm 处,应在湿软管与原有管道之间安装监测管壁温度变化的温度感应器;
- c) 热水宜从标高较低的端口通入,蒸汽宜从标高较高的端口通入;
- d) 固化温度应均匀升高,固化所需的温度和时间以及温度升高速度应根据树脂材料说明书的规定调控,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;
- e) 固化过程中湿软管内的水压或气压应能使湿软管与原有管道保持紧密接触,并保持该压力值直到固化结束;
- f) 可通过温度感应器监测的树脂放热曲线判定树脂固化的状况。

8.4.5 固化完成后内衬管的冷却应符合下列规定:

- a) 应先将内衬管的温度缓慢冷却,热水宜冷却至 38℃以下;蒸汽宜冷却至 45℃以下;冷却时间应根据树脂材料说明书的规定;
- b) 可用常温水替换内衬管内的热水或蒸汽进行冷却,替换过程中内衬管内不得形成真空;
- c) 应待冷却稳定后进行后续施工;
- d) 固化完成后内衬管内表面应无气泡、拉丝等状况,避免影响内衬管的结构稳固及管道内壁粗糙度。

8.4.6 应在内衬管与原有管道之间充填树脂混合物进行密封,且树脂混合物应与湿软管的树脂材料相同。

8.4.7 内衬管端头应切割整齐。

8.4.8 翻转式原位固化法施工应做好树脂存储温度、冷藏温度和时间、树脂用量、湿软管浸渍停留时间和使用长度、翻转时的压力和温度、湿软管的固化温度、时间和压力、内衬管冷却温度、时间、压力等记录和检验。

8.5 紫外光原位固化法

8.5.1 紫外光原位固化法的适用范围及树脂浸渍应符合本规程第 8.4.1 条的规定。

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

8.5.3 湿软管的拉入应符合下列规定：

- a) 应沿管底的垫膜将湿软管平稳、缓慢地拉入原有管道，拉入速度不得大于 5m/min；
- b) 在拉入湿软管过程中，不得磨损或划伤湿软管；
- c) 湿软管两端端口伸出原有管道的长度应符合表 8.5.1 要求；

表 8.5.1 湿软管两端端口伸出长度

湿软管管径	端口伸出长度
$D \leq 500\text{mm}$	500mm
$500 < D \leq 800\text{mm}$	800mm
$D > 800\text{mm}$	不小于 1000mm

- d) 湿软管拉入原有管道之后，宜对折放置在垫膜上。

8.5.4 湿软管的扩展应采用压缩空气，并应符合下列规定：

- a) 扎头应使用扎头布绑扎牢固；
- b) 充气装置宜安装在湿软管入口端，且应装有控制和显示压缩空气压力的装置；
- c) 充气前应检查湿软管各连接处的密封性，湿软管末端宜安装调压阀；
- d) 压缩空气压力应能使湿软管充分膨胀扩张紧贴原有管道内壁，压力值应根据产品说明书设定。

8.5.5 采用紫外光固化时应符合下列规定：

- a) 紫外灯安装应避免损伤内膜，大于 DN800 的管道应设置空气锁；
- b) 紫外光固化过程中湿软管内应保持空气压力，使湿软管与原有管道紧密接触；紫外光固化时，需确保 UV 灯架的持续功能检查。每个湿软管产品上所使用的光技术波长必须一致。需遵守湿软管内衬制造商所给出的使用何种型号参数的紫外线 UV 灯架以及固化巡航速度。为了适应固化巡航速度，需测量湿软管内表面上软管内衬固化时的温度。在整个固化阶段，将持续记录：压力、固化巡航速度及温度进程，且必须符合系统手册中的规则标准参数；
- c) 湿软管固化完成后，应缓慢降低管内压力至大气压，降压速度不大于 0.01MPa/min。

8.5.6 固化完成后，内衬管端头应按本规程第 8.4.5 条和第 8.4.6 条的规定进行密封和切割处理。

8.5.7 拉入式原位固化法施工应做好湿软管拉入长度、扩展压缩空气压力、湿软管固化温度、时间和压力、紫外灯的巡航速度、内衬管冷却温度、时间、压力等内容的记录和检验。

8.6 水泥基材料喷涂法

8.6.1 水泥基材料喷筑法可分离心和人工喷筑两种方式，离心喷筑法适用于 DN300~DN3000 的圆形管道修复；人工喷筑法适用于大直径管道、各类管涵等可供人员进入的排水管道修复。

8.6.2 施工前应编制施工组织设计，施工组织设计应按规定程序审批后执行。

8.6.3 进入施工现场水泥基材料应符合设计规定，内衬材料进场应附有出厂检测报告；当单项工程材料用量大于（含）10 吨时，应对进场材料按表 8.6.1 进行抽样复检。

表 8.6.1 水泥基材料复检项目及依据

检验项目	单位	性能要求		检验方法
凝结时间	min	初凝	≤120	JGJ/T 70
		终凝	≤360	
抗压强度	MPa	24h	25	GB/T 17671
		28d	65	
抗折强度	MPa	24h	3.5	
		28d	9.5	

8.6.4 应按材料供应商推荐的水灰比搅拌内衬浆料，拌料用水应为洁净的自来水，搅拌时间不宜少于 3min；搅拌好的浆料应在 45min 内使用完，严禁将超过适用期的浆料二次搅拌后再使用。

8.6.5 当环境温度高于 37℃时，应通过降低水温的方式，保证搅拌好的浆料温度不高于 32℃，避免浆料水分过快蒸发或过快凝固；当环境温度低于 0℃时，应避免施工或采取措施以确保喷筑好的内衬在终凝前不发生结冰现象。

8.6.6 采用离心喷筑法修复管道时，应按如下步骤实施：

- a) 将旋喷器在机架固定后，连接料管和气管，摆在待修复管段的末端部位，调整旋喷器轴线高度；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，保证在离心力作用下喷筑到管道内壁的砂浆内衬均匀、平整；不论何种原因造成供浆短暂中断，只需停止回拖原地等待直至恢复供浆。
- b) 根据管道直径，选用适宜的砂浆泵排量及旋喷器行走速度，控制每层喷筑厚度在 10~20mm；设计厚度大于 10mm 时，可分多层喷筑，尽量减少缺陷的发生概率。
- c) 在高速离心力的压力作用下，砂浆内衬呈现为细腻的光滑的表面，无需对内衬表面进行抹平或收浆。

8.6.7 采用人工喷筑法修复检查井和管道时，应符合下列规定：

- a) 应先调节喷筑气压和浆量，浆料应均匀分散喷出；
- b) 合理控制喷枪与基面距离，喷枪移动规律、平稳；
- c) 可一次或分多次喷筑到设计厚度，但厚度超过 20mm 时，应多次完成；
- d) 喷筑完成后，应将喷筑层抹平，但同一部位不宜反复抹压。

8.6.8 采用水泥基材料喷筑法修复，砂浆内衬的最小厚度不应小于 10mm；水泥基材料施工完成后 6h 内不宜受激烈的水流冲刷。

8.6.9 内衬应在无风、潮湿的环境下养护，以免因水分过快蒸发造成内衬开裂。

8.6.10 在施工过程及施工后的 24h 内，应确保内衬砂浆不结冰。

8.7 热塑成型法

8.7.1 热塑成型修复是一种采用牵拉方法将生产压制“C”型或“U”型的内衬管置入原有管道内，然后通过静置、加热、加压等方法将衬管与原有管道紧密贴合的管道内衬修复技术。

8.7.2 本方法可适用于修复 DN100~DN1200 的排水管道。

首先将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。

- d) 在成型过程中，下游的温度不宜超过 95℃，而压力则由管道的长度和管道的直径而决定，不宜超过 0.15MPa。
- e) 在管道的上游观察到衬管紧贴于待修管道后，则可以停止输入水蒸气。

8.7.6 成型后的冷却和端口处理应符合下列规定：

- a) 在热塑成型法管道被吹起紧贴于管道内壁之后，在保持压力的情况下，通过塞堵的气体通道向衬管内部输入冷空气冷却衬管。当下游的温度表显示出通流气体温度降到 40℃以下时可以释放压力，将两端多余的衬管切掉，安装结束。
- b) 衬管应伸出待修管道大于 10cm，其伸出部分呈喇叭状，或按照设计方的规定处理。必要时，衬管末端可翻边至原管道的端口。

8.8 高分子材料喷涂法

8.8.1 本方法可适用于各类断面形式的混凝土、钢筋混凝土、砖砌排水管（渠）及金属管道的修复。

8.8.2 喷涂法可分为人工喷涂和机器设备喷涂。人工喷涂适用于管径 800mm 以上的混凝土、钢筋混凝土、砖砌排水管（渠）及金属管道。

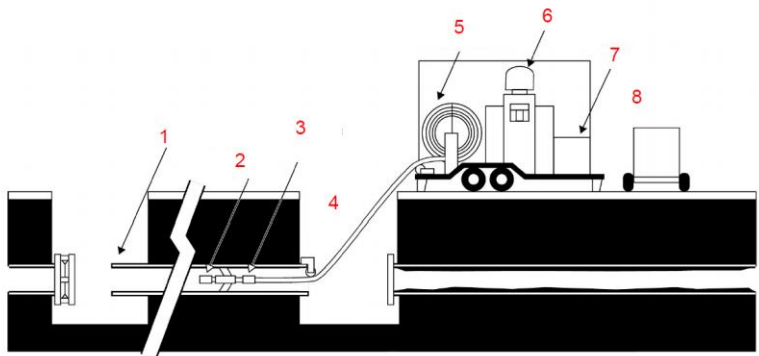


图 8.8.1 连续管道进管工作坑布置示意图

1 待修复管道 2 内衬喷头 3 静态混合器 4 空气软管 5 绞车 6 定量泵 7 储存室 8 空压机和发电机

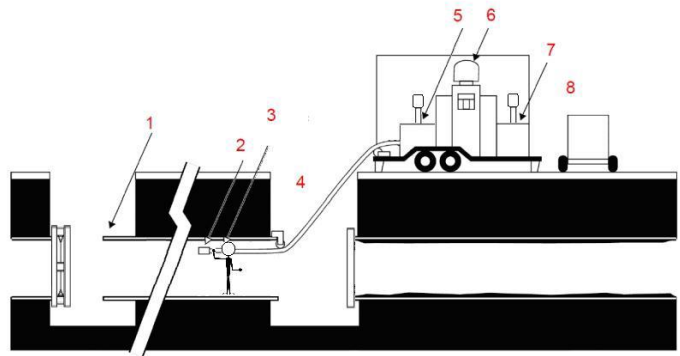


图 8.8.2 人工喷涂聚合物修复技术示意图

1 待修复管道 2 喷枪 3 喷涂人员 4 材料输送管道 5 A 组分料 6 喷涂设备 7 B 组分料 8 空压机和发电机

8.8.3 喷涂作业前应充分搅拌 B 料。严禁现场随意向 A 料和 B 料中添加任何物质。严禁混淆 A 料和 B 料的进料系统。

8.8.4 每个工作日正式喷涂作业前，应在施工现场先喷涂一块 200mm×400mm、厚度不小于 3mm 的样片，由施工技术主管人员进行外观质量评价并留样备查。当涂层外观质量达到要求后，方可确定工艺参数并开始喷涂作业。

8.8.5 喷涂作业时，喷枪宜垂直于基层，距离基层宜为 60cm，喷枪工作时匀速移动。应按照先细部后整体的顺序连续作业，一次多遍、交叉喷涂至设计要求的厚度。

8.8.6 当出现异常情况时，应立即停止作业，经检查并排除故障后方可继续作业。

8.8.7 每个作业班次应做好现场施工工艺记录，内容应包括：

- a) 施工的时间、地点和工程项目名称；
- b) 环境温度、湿度、露点；
- c) 打开包装时 A 料、B 料的状态；
- d) 喷涂作业时 A 料、B 料的温度和压力；
- e) 材料及施工的异常状况；
- f) 施工完成的面积；
- g) 各项材料的用量。

8.8.8 喷涂作业完毕后，应按使用说明书的要求检查和清理机械设备，并妥善处理剩余物料。

8.8.9 两次喷涂时间间隔宜小于材料生产厂家规定的复涂时间，超过间隔时间时，再次喷涂作业前，应在已有涂层的表面做层间处理。

8.8.10 喷涂作业面之间的搭接宽度不应小于 150mm。

8.9 复合喷涂法

8.9.1 本方法可适用于排水管道及其附属构筑物修复工程，可将砂浆或树脂单独使用，也可以将两种材料复合使用。适用于满足下列条件的非开挖修复、加固、防渗：

- a) 断面形状为圆形、蛋形、经圆角处理的矩形管涵；
- b) 砂浆喷涂厚度一般不小于 20mm，树脂厚度一般不小于 2mm；
- c) 现场不具备条件或不允许采用开挖方式进行修复的排水管道及附属构筑物。

8.9.2 排水管道复合喷涂法修复一般应按以下程序进行：

- a) 对旧管线及附属构筑物进行调查、检测、评估；
- b) 根据评估结果进行修复工程设计；
- c) 施工方案编制及施工准备；
- d) 旧管道疏通、清理和缺陷预处理；

- e) 内衬加固施工；
- f) 质量检验与验收。

8.9.3 复合喷涂法所用水泥砂浆材料应符合下列要求：

- a) 砂浆干料应为工厂生产统一包装的成品，包装上应标明材料名称、编号、重量、使用说明、注意事项、生产厂家、生产地址、生产日期、贮存条件及保质期；
- b) 砂浆干料的包装应符合 GB 9774 规定，且每袋净含量不少于标志含量 99%；
- c) 砂浆干料储存应保持干燥、通风、阴凉；
- d) 砂浆干料内掺和的纤维应经充分搅拌分散均匀，宜选用 HRPP 纤维，且长度不大于 6mm，直径不大于 0.15mm；
- e) 砂浆中的胶凝材料、细骨料和外加剂应符合国家相关标准要求；
- f) 砂浆拌和用水为洁净水；
- g) 水泥砂浆还应满足表 8.9.3 的要求。

表 8.9.3 水泥砂浆性能参数

项目	单位	龄期	性能要求	检验方法
凝结时间	min	初凝	≤40	GB/T 1346
		终凝	≤60	
抗压强度	MPa	120min	≥25	GB/T 17671
		24h	≥35	
		28d	≥65	
抗折强度	MPa	120min	≥4	
		24h	≥6	
		28d	≥9.5	
静压弹性模量	MPa	28d	≥30,000	JGJ/T 70
拉伸粘接强度	MPa	28d	≥1.5	
抗渗性能	MPa	28d	≥2.5	
稠度	mm	——	≥100	
收缩性	——	28d	≤0.1%	
抗硫酸盐侵蚀（浓度 5%）		28d	≥KS60	GB/T50082
耐碱性		168h	无开裂、无剥落	JCJT984-2011

8.9.4 复合喷涂法所用高分子树脂聚合物应符合下列要求：

- a) 树脂材料密封包装容器表面应标明材料名称、组分、重量、使用说明、注意事项、生产厂家、生产地址、生产日期、贮存条件及保质期；
- b) 树脂材料包装采用不大于 200L 的铁质化工桶；

- c) 树脂材料不得雨淋、暴晒，开封后应充氮气密封；
- d) 树脂材料应具有良好的亲水性，能在潮湿基面固化并与基层粘结良好；
- e) 树脂材料性能满足表 8.9.4 要求。

表 8.9.4 高分子树脂聚合性能参数

检测项目	单位	性能要求	测试方法
流挂性能	mm	≤1	GB/T9264
表干时间	min	≤3	GB1728
硬干时间	min	≤10	
喷涂后可通水时间	min	≤30	喷涂施工完成后，测试树脂温度，低于 40℃即可通水

表 8.9.4 高分子树脂聚合性能参数（续）

与混凝土基体粘结强度	Mpa	>3.5, 或试验时基材破坏	GB/T 16777-2008
弯曲模量	Mpa	>2000	GB/T2567-2008
拉伸强度	Mpa	>50	
断裂伸长率	——	>2%	
邵氏硬度 D	——	>80	GB/T 2411-2008
耐碱腐蚀（10% NaOH）	——	邵氏硬度损失不高于 1% 质量损失不高于 1%	GB/T2567-2008（温度 50℃，龄期 24h）
耐酸腐蚀（10% H ₂ SO ₄ ）	——	邵氏硬度损失不高于 1% 质量损失不高于 1%	GB/T2567-2008（温度 50℃，龄期 24h）

8.9.5 复合喷涂法所用设备应符合以下条件：

- a) 砂浆的制备可采用立式或卧式搅拌机，搅拌机搅拌能力不低于 50L。
- b) 砂浆输送宜选用螺杆式砂浆输送泵,输送压力不小于 20bar，最大流量不小于 20L/min，输送管内径不小于 20mm。
- c) 砂浆旋喷器的转速不低于 1000r/min 保证将内衬浆料分散并高速甩出。
- d) 砂浆旋喷器升降装置，其提升和下放速度不宜大于 3m/min。
- e) 人工喷筑法施工应采用压缩空气驱动的喷枪。
- f) 树脂材料喷涂设备应采用双组分高压喷涂机可变比 1：1-1：2，喷涂压力 1000-3000psi、流量 4.5-10L/min，设备加热能力应满足树脂出枪温度 50-80℃。

8.9.6 排水管道复合内衬修复工程应根据结构状况检测和评估报告进行设计：

- a) 结构等级为一、二级，宜采用加固性修复；
- b) 结构等级为三级，宜采用半结构性修复；
- c) 结构等级为四级，宜采用结构性修复。

8.9.7 排水管道复合内衬的厚度应符合下列规定：

- a) 加固性修复，单独使用树脂厚度宜为 2-5mm，单独使用砂浆厚度宜为 20-30mm；
- b) 半结构性修复和结构性修复，外荷载计算参考 CJJ/T 210，砂浆层最小厚度不宜低于 20mm，树脂最小厚度不宜低于 2mm；
- c) 砂浆层厚度可参考表 8.9.7，并复核结构强度和稳定性。

表 8.9.7 管道内衬修复砂浆喷涂厚度参考表

埋深 m	管径 mm	喷涂砂浆厚度 mm
1.5-6	$800 \leq R < 1200$	30
	$1200 \leq R < 1600$	35
	$1600 \leq R < 2000$	40
	$2000 \leq R < 2400$	45
	$2400 \leq R < 2800$	55

表 8.9.7 管道内衬修复砂浆喷涂厚度参考表（续）

埋深 m	管径 mm	喷涂砂浆厚度 mm
6-9	$800 \leq R < 1200$	35
	$1200 \leq R < 1600$	40
	$1600 \leq R < 2000$	45
	$2000 \leq R < 2400$	55
	$2400 \leq R < 2800$	65

8.9.8 施工材料设备准备应满足如下事项：

- a) 根据待修复部位的长度、截面尺寸、材料厚度计算所需材料的重量，并留有不少于 30%的损耗量和备用；
- b) 用洁净水冲洗湿润砂浆搅拌机、砂浆泵、管道、旋喷器；
- c) 检查卷扬吊臂、搅拌机、喷涂设备是否正常工作；
- d) 管道喷涂前将砂浆输送管穿过待修复管道（速度不大于 20m/min），一端连接地上搅拌输送设备，另一端连接置于管道中心的旋喷器。

8.9.9 砂浆喷涂作业应满足：

- a) 将干粉砂浆和水按照所需比例加入搅拌器，搅拌时间不宜少于 3min。超过初凝时间的浆料不得再次使用，且应尽快从机器中清除干净；
- b) 砂浆拌和均匀后打开搅拌机阀门，材料通过砂浆输送泵泵送至动离心旋喷器，控制离心喷筑行进速度，管道喷涂厚度单次不超过 20mm，通过多次喷筑达到设计厚度；
- c) 砂浆喷涂至设计厚度宜立即安排进行抹面，同一位置不得反复抹压。抹面宜采用同轴抹面机随喷随抹，也可以采用人工抹面；
- d) 管道及附属构筑物的部分特殊部位采用机械离心喷涂不便时，宜采用人工喷涂。

8.9.10 树脂喷涂作业应满足

- a) 喷涂作业前，应试喷一块不小于 500mm*500mm*3mm 的样片，试喷工程中调整好行进速度、

厚度、压力、距离，保证样片外观质量合格，方可开始喷涂作业；

- b) 喷涂可在潮湿基层作业但不得有水珠、水渍、积水，也不得有灰尘；采用复合喷涂时，树脂应在砂浆终凝后施工；
- c) 喷涂作业前应充分搅拌 B 料，严禁现场随意向 A 料和 B 料中添加任何物质。严禁混淆 A 料和 B 料的进料系统；
- d) 喷枪距离基层宜为 50-150cm,若无法满足可通过调整喷枪倾斜角度控制喷涂距离；
- e) 喷枪人工操作时应匀速移动，移动速度 0.3-0.6m/s；
- f) 应按照先细部后整体的顺序连续作业，每层厚度不超过 0.5mm，多遍喷涂至设计要求的厚度；
- g) 设专人看护压力表，A 组分流体压力表 14-17Mpa，B 组分流体压力表 7-10Mpa，当压力表突然出现压力异常时应立即通知喷涂持枪人员停止喷涂，检查设备，排除故障；
- h) 需多遍喷涂时，间隔时间不应超过 60min，超过 60min 应对涂层做层间处理，处理方式可选树脂专用层间结合剂或打磨至粗糙面；
- i) 喷涂作业面之间的搭接宽度不应小于 150mm；
- j) 喷涂作业完毕后，应及时清理设备、喷枪，并妥善处理剩余物料。

8.9.11 砂浆和树脂喷涂前测量基层温度，低于 5℃停止施工。

8.10 机械制螺旋缠绕法

8.10.1 本方法可适用于各类断面形式、各种材质排水管（渠）的修复，机械制螺旋缠绕法适用范围如表 8.10.1 所示。

表 8.10.1 机械制螺旋缠绕法适用范围

特征	描述
内衬管管材	PVC-U，PE（可采用钢带增强）
原有管道类型	a) 重力流排水管道； b) 可用于排水检查井。
应用范围	a) 方法 A) 仅用于圆形截面； b) 方法 B) 可用于非圆形截面； c) 典型最小内径：方法 A：150mm，方法 B：800mm； d) 典型最大内径（型材无钢带的情况）方法 A：3000mm，方法 B：1800mm ^a ； e) 典型最大长度：300m； f) 可用于弯曲管段修复。
工法特性	a) 过流能力损失取决于内衬管与原有管道之间的间隙，以及管径和带状型材外形高度之比； b) 一般不能恢复管道的平均坡度； c) 可用于结构性更新； d) 抗磨损特性取决于材料； e) 抗化学作用特性取决于材料。
施工特点	a) 在施工现场将带状型材通过螺旋缠绕形成内衬管，并通过溶剂粘接和/或机械方式进行连接和密封； b) 单个缠绕机可用于不同直径管道；

表 8.10.1 机械制螺旋缠绕法适用范围（续）

特征	描述
	c) 施工现场无需存放管道； d) 地表工作空间通常较小； e) 可利用检查井作为作业通道； f) 该技术不依赖内衬和原有管的粘结； g) 通常应在施工期间（缠绕和注浆）设置临排； h) 固定直径螺旋缠绕应对环空进行注浆； 非进入管道的支管连接通常宜进行局部开挖,或从内部进行重新连接。
安装设备	a) 螺旋缠绕机； b) 注浆设备（需要时）。
场地要求	a) 入口端应满足型材轮毂放置空间要求； b) 入口端应满足缠绕机动力系统的放置和施工空间要求。
开挖要求	由于带状型材的柔韧性和缠绕机尺寸小，可利用检查井完成作业。
注：采用钢带增强时可用于更大直径管道。	

8.10.2 机械制螺旋缠绕法按工艺可分为扩张法、钢塑增强法、机头行走法三种，其中扩张法主要适用于 DN200mm~DN600mm 的圆型管道修复，钢塑增强法主要适用于 DN600mm~DN3000mm 圆型管道的修复，机头行走法主要适用于不规则边长在 1200mm~5000mm 之间的任意形状管道修复。

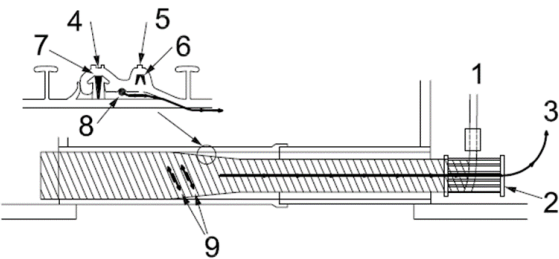


图 8.10.2-1 扩张法工艺原理示意图

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

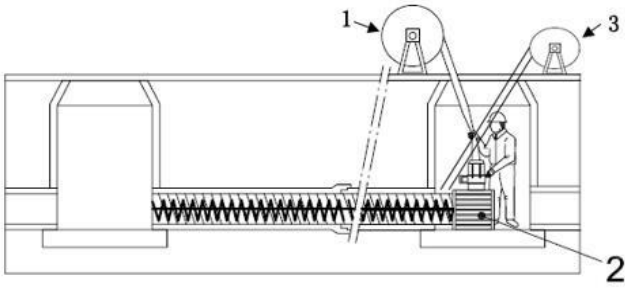


图8.10.2-2 钢塑增强法工艺原理示意图

1-带状型材；2-缠绕机；3-钢带

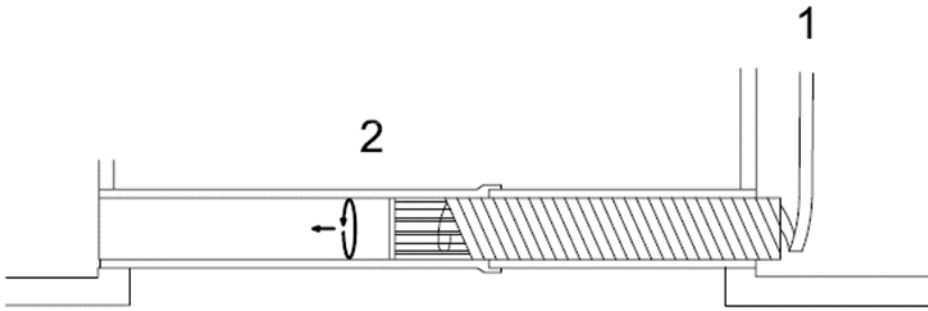


图8.10.2-3 机头行走法工艺原理示意图
1-带状型材；2-缠绕机

8.10.3 螺旋缠绕修复应按表 8.10.3 配置设备。

表 8.10.3 螺旋缠绕修复应配备的设备

序号	名称	规格型号	数量	单位
1	缠绕机	专用	1	台
2	液压设备	专用	1	套
3	钢带压制设备	专用	1	套
4	型材焊机	专用	1	台
5	电子控制设备	专用	1	套
6	缠绕笼	专用	1	套
7	发电机	100kW	1	台
8	空压机	1.1m³/min	1	台
9	自卸吊车	6.3T 以上	1	台
10	卡车	中型	1	台
11	轴流风机	7.5kW	2	台
12	气体检测仪	四合一	1	台
13	长管空气呼吸器	——	1	套

8.10.4 螺旋缠绕工艺带水作业时，管道内水流应满足下列要求：

- a) 管道内水深不宜超过 300mm，特殊情况下作业时，应报施工单位安全主管部门审批同意；
- b) 水流速度不宜超过 0.5m/s；
- c) 充满度不宜超过 50%。

8.10.5 机械制螺旋缠绕法所用缠绕机应能在地面拆分，井下组装。

8.10.6 扩张法螺旋缠绕工艺应符合下列规定：

- a) 螺旋缠绕设备应固定在起始检查井中，且其轴线应与管道轴线一致；
- b) 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；
- c) 内衬管缠绕过程中，应在主锁扣和次锁扣间放置钢丝，并在主锁扣中注入密封剂和胶粘剂；

- d) 内衬管在扩张前应将端口固定；
- e) 扩张工艺的钢丝抽拉和螺旋缠绕操作应同步进行，直至整个施工段内衬管扩张完毕；
- f) 扩张前应在管两端的环形间隙内注浆聚氨酯发泡胶，扩张完成后应对端头和检查井用快干水泥进行抹平。

8.10.7 钢塑增强法螺旋缠绕工艺应符合下列规定：

- a) 螺旋缠绕设备应固定在起始检查井中，且其轴线应与管道轴线一致；
- b) 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；
- c) 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。
- d) 当型材截断后进行再连接时，应保证焊缝翻边均匀，焊接牢固。

8.10.8 机头行走法螺旋缠绕工艺应符合下列规定：

- a) 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；
- b) 可通过调整螺旋缠绕设备获得所需要的内衬管直径；
- c) 螺旋缠绕设备的缠绕与行走应同步进行；
- d) 螺旋缠绕作业应平稳、匀速进行，锁扣应嵌合、连接牢固。
- e) 当型材截断后进行再连接时，对过自带的钢片应插入另一边型材完成。

8.10.9 当原管道内部已有内衬管道、原管道内有弯曲、错台等导致缠绕管无法到达接收检查井时，可以在原管道中间进行对接，对接时两段管道的距离不应超过 20cm，对接处表面应进行防腐处理。

8.10.10 内衬管两端与原有管道间的环状空隙应用快干水泥等材料进行密封处理。

8.10.11 钢塑增强法和机头自行走法注浆时应符合下列规定：

- a) 应在管道两侧环形间隙 2 点、10 点、12 点分别埋设注浆管，一侧用于注浆，一侧用于放气和观察；
- b) 注浆压力为 0.10MPa~0.15MPa，不得超过最大注浆压力；
- c) 注浆应分步进行，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，不得超过计算量；
- d) 第二次注浆应至少在首次注浆浆液初凝后进行，与首次注浆的时间间隔不宜小于 12h；
- e) 注浆总量不应小于计算注浆量的 95%，并应做好记录；
- f) 注浆应在内衬管一侧进行，当观察到另一侧 12 点观察孔冒浆时，应停止注浆；
- g) 当管道距离较长（大于 100m）时，宜在管道中间位置（顶部）进行开孔补浆；
- h) 当采用机头自行走法修复矩形管道且内衬管不足以承受注浆压力时，注浆前应对内衬管进行支护或采取其他保护措施；
- i) 注浆完成后应密封注浆孔，并应对管道端头进行处理，使其平整。

8.11 垫衬法

8.11.1 本方法可适用于直径 $\geq 300\text{mm}$ 的排水管道修复工程，适合管道断面为圆形、矩形、卵形或特殊几何形状，原管道材质为混凝土、钢筋混凝土、金属、塑料等排水管道的修复。垫衬法适用范围如表 8.11.1 所示。

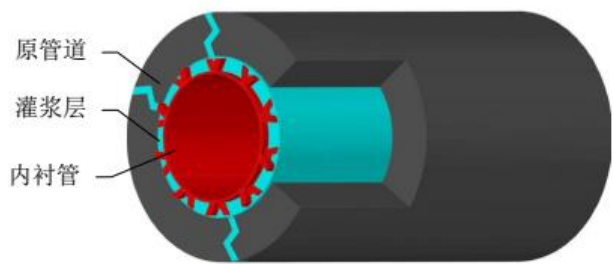


图8. 11. 1 垫衬法结构示意图

表 8. 11. 1 垫衬法适用范围

特征	描述
内衬管管材	PE、PP、PVC-U 塑料内衬，具有结构强度的增强或非增强型水泥砂浆，塑料外衬（可选）。
原有管道类型	重力流排水管道
应用范围	a) 可用于圆形和非圆形横截面管道； b) 典型最小内径：200mm（因技术不同而异）； c) 典型最大内径，2000mm ^a ； d) 典型最大修复长度：200m； e) 可用于弯曲段管道修复。
工法特性	a) 过流能力损失取决于内衬管与原有管道之间的间隙，以及管径和带状型材外形高度之比； b) 一般不能恢复管道的平均坡度； c) 可用于结构性修复（取决于水泥砂浆的强度）； d) 耐磨性取决于塑料内衬材料性能； e) 耐化学性取决于机械锚固的塑料内衬。
施工特点	a) 地表作业空间通常较小； b) 可利用检查井作为作业通道； c) 该技术不依赖和原有管的粘结； d) 应设置临排并确保无地下水渗入； e) 应进行环空注浆； f) 如设有塑料外衬，可从内部重新连接支管。
安装设备	a) 卷扬机； b) 注浆设备（根据技术选用）。
场地要求	a) 入口端内应满足材料存放的空间要求； b) 接收端应满足牵拉装置及动力系统放置和使用要求。
开挖要求	检查井能满足作为作业通道使用。
注：采用特殊技术和材料可修复直径达 5000mm 的管道。	

8. 11. 2 衬垫铺设安装应符合下列规定：

- a) 安装衬垫前，应对待修复管道内部情况进行复查，衬垫应根据实际情况，按照设计要求和施工方案提前预制焊接成型；

- b) 衬垫焊接应通过测量及计算确定管径，长度、弯曲，其内径比原有管道内径小 3cm，焊缝满足质量要求；
- c) 衬垫内衬采用卷筒形式包装运输时，施工前应采用钢架支撑，钢支架应搭设牢固，支架滚轮应坚固、光滑；
- d) 根据实际情况而定，衬垫和气囊可同时安装，也可安装衬垫后再安装气囊，衬垫通过牵引的方法置入原有管道；
- e) 牵引衬垫前，先用无纺布类材料将衬垫进行包裹保护，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；
- f) 置入衬垫时速度不应超过 0.2m/s；
- g) 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；
- h) 将衬垫内衬与原有管道的结构基层固定，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、回浆管、排水排气管等预埋件并封堵。

8.11.3 固定密封及注水支撑应符合下列规定：

- a) 衬垫内衬两端应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；
- b) 封口完成后，气囊两端应用挡板将其固定，气囊内应充满水，将衬垫内衬管支撑成满管，且气囊膜内的压力应保持恒定，充气压力根据管径不同确定；
- c) 注水压力将管道封闭后在衬垫内注入水并控制其注水压力，利用水的重力和压力将衬垫支撑，使其填满整个管道。

8.11.4 灌浆应符合下列规定：

- a) 根据管道长度、地质特征等因素确定，管道长度小于等于 50m 时，灌浆漏斗的高度最小为 5m。
- b) 管道长度大于 50m 时，灌浆漏斗高度按公式进行计算：

$$P=H+i \times L \quad (8.11.1)$$

式中：

P —灌浆漏斗高度(m)；

H —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)。

- c) 采用压力法灌浆时，根据高位漏斗灌浆方法计算的数值换算成压力值，以确定灌浆压力。同时，灌浆压力不应大于塑料衬垫内衬的内水压力。
- d) 灌浆料与水按材料说明的比例进行调配，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；
- e) 灌浆过程中，灌浆应快速持续进行，使灌浆密实，闭浆管返出浆料并保持在一定高度即可闭浆，闭浆管高度应高出进浆口 1.5m。

8.12 短管内衬法

8.12.1 本方法可适用于管道老化、内壁腐蚀脱落的 DN100~DN4000 的混凝土管道置换 PE 管的更新工程，短管内衬法的适用范围如表 8.12.1 所示。

表 8.12.1 短管内衬法适用范围

特征	描述
内衬管管材	PE, PP, PVC-U, GRP
原有管道类型	a) 重力流排水管道; b) 压力流排水管道。
应用范围	a) 可用于圆形或非圆形断面管道修复; b) 典型管道内径范围: ——A 法和 B 法: 100mm~600mm; ——C 法: 800mm~4000mm。 c) 典型最大修复长度 150m; d) 弯曲管段: ——A 法和 B 法不宜对含有弯曲段的管道进行修复; ——C 法可对曲率半径较大的弯曲管段进行修复。
工法特性	a) 修复后新管过流能力(容量和流量)显著降低; b) 采用 C 法可恢复可进入管道的平均坡度; c) 可用于结构性修复; d) 耐磨性取决于内衬管材性能; e) 耐化学性取决于内衬管材料性能。
施工特点	a) 管道接口的类型决定修复技术的施工特征; b) 短管接头可选用锁定型(承载端部荷载)或非锁定型; c) 地表工作空间: 无特殊限制; d) 可利用现有检查井置入短管(方法 A 和 B): ——原有管道的入口通道: ——短管可通过检查井置入, 必要时可进行局部开挖。 e) 内衬结构强度不依赖内衬和原有管道的粘结; f) 穿插和注浆阶段通常应设置临排; g) 应对环状空间进行注浆处理; h) 支管重新连接: 除可进入管道外, 宜采用开挖连接。
安装设备	a) 管道输送设备; b) 动力系统: 提供顶推内衬管所需动力。
场地要求	a) 满足管道存放要求; b) 满足管道输送设备的放置和施工要求; c) 满足动力系统的放置和施工要求。
开挖要求	a) 排水管道一般无需开挖, 可利用现有检查井置入短管; b) 其它管道的开挖尺寸应满足入口端顶进设备的放置和施工要求; c) 接收端应满足人员进入的要求。
注: 短管内衬在增加钢筋后可用于更大尺寸的管道更新。	

- 8.12.2 采用顶推方法施工时,施工设备由液压操作系统、管道装配系统及液压动力站组成,具体包括千斤顶、管口抱箍和护口铁帽。
- 8.12.3 修复更新工程完成后,应采用电视检测(CCTV)设备进行管道内部检测。
- 8.12.4 短管内衬法应包括管道污水导流、管道疏通清淤、清洗、CCTV内窥检查、施工设备安装、短管安装(含加工)、管道闭气试验、新、原有管道的间隙注浆填充、CCTV内窥检测、管头及支线处理、检查井修补、清理验收等主要步骤。
- 8.12.5 清管应彻底,露出管道基底后,应采用与内衬短管同直径的短管进行试通,试通后,应采用CCTV内窥检测仪检查清管质量。
- 8.12.6 施工前应检查所使用穿插管管材,管材的型号、材质、长度、接口形式应符合设计要求,外观不得存在可见的裂缝、孔洞、划伤、夹杂物、变形等缺陷。
- 8.12.7 内衬管可通过牵引、顶推或两者结合的方法置入原有管道中。动力设备牵引、顶推速度与内衬管送入原有管道应配合同步,内衬管道受力应与管道轴线重合或平行。
- 8.12.8 内衬管穿插时,应对原有管道端口、牵引或顶推连接端、内衬传送接触部位采取保护措施,不得损伤内衬管。
- 8.12.9 不连续内衬管(短管)穿插施工应符合下列规定:
- a) 内衬管顶推或牵拉时应匀速、可控;一个施工管段宜在同一连续作业时段内完成;
 - b) 顶推或牵拉时最大作用力不应大于内衬管的设计压力或拉力以及接口的允许最小拉力,无设计值时最大顶推或牵拉力不应大于内衬管允许压力或拉力的50%;
 - c) 内衬管道顶推或牵拉就位应考虑应力变形和热胀冷缩的变形量;就位后宜经过24h的应力恢复后方可进行后续操作。
 - d) 顶推作业应保证形成的内衬管平顺,不宜出现“蛇形”变形和起伏。
 - e) 接口连接时,连接方式和操作应符合设计、工艺或加工厂家的要求。
- 8.12.10 穿插管工艺带水作业时,水位和流速应根据作业安全和修复质量要求确定。
- 8.12.11 内衬管穿插完成后,应将管道两端切割整齐,在修复管道端部处应对原有管道和内衬管之间的环状间隙进行密封处理。
- 8.12.12 内衬管与原管道的环状间隙注浆应符合下列规定:
- a) 注浆材料的性能应满足相关要求;
 - b) 注浆前应采取保护措施避免浆液泄漏进入支管或从注浆孔、内衬接头处泄漏;注浆后应密封注浆孔,并对管道端口进行处理,使其平整;
 - c) 注浆压力应小于内衬管可承受的外压力;如条件不能满足时,应对内衬管进行支护或采取其他保护措施;
 - d) 浆液应具有较强的流动性,并应满足固化过程收缩量小、放热量低的要求;
 - e) 注浆应饱满、无空隙,并不得造成内衬管的移动和变形;每一作业管段的注浆均应一次完成。
- 8.12.13 施工中应同步完成包括牵引或顶推力大小和速度、内衬管长度和拉伸率、就位后静置时间、内衬管与原有管道间隙注浆量等相关记录和检验。

- 8.12.14 原有管道内影响内衬施工的障碍宜采用专用工具或局部开挖的方式进行清除。
- 8.12.15 原有管道预处理完成后，应采用电视检测（CCTV）设备进行管道内部视频检测，并保存影像资料。
- 8.12.16 砼后背及设备安装应满足下列要求：
- a) 保护井墙的砼后背厚度不应小于 15cm，后背平面尺寸应能满足最大顶力的需要；顶镐应与砼后背贴实紧密，保证受力均匀。
 - b) 油管与顶镐、油压泵连接牢靠，顶进前进行试机，确保顶镐伸缩自由，具备足够的牵引和推力。
 - c) 辅助工具的要求及使用：切实保证提高施工质量，且不会对管道产生损伤和破坏，经评估鉴定后方可使用。
- 8.12.17 管道推进、管口拼接及处理应满足下列要求：
- a) 应在无水的条件下进行作业；
 - b) 推顶（牵拉）内衬短管时，应对短管末端放置硬橡胶挡板对管口进行保护，顶镐应缓慢匀速推进；
 - c) 应在每个子口的规定位置安装遇水膨胀止水胶圈一道，并将子母口擦拭干净，满涂密封胶，保证管口完全密封；
 - d) 井段更新完成后，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，使用速凝水泥对环形间隙进行密封且管顶预留注浆孔、出浆孔。
- 8.12.18 环状间隙注浆处理应满足下列要求：
- a) 严格控制浆液配比，注浆压力不应大于 0.4MPa。
 - b) 注浆后的环形间隙应充满，无松散、空洞等现象。
 - c) 注浆完成后应对两端口进行封闭处理，保证封口平滑、密封良好。
- 8.12.19 检查井修复应满足下列要求：
- a) 修复完成，应按井内原状或设计要求恢复井内设施。
 - b) 对损坏处进行修补，必要时做防渗处理。

9 管道局部修复施工

9.1 一般规定

- 9.1.1 非开挖管道局部修复施工前应取得安全施工许可证，并应遵循有关施工安全、劳动防护、防火、防毒的法律、法规，建立安全生产保障体系。
- 9.1.2 施工设备应根据工程特点合理选用，并应有总体布置方案，对于不宜间断的施工方法，应有满足施工要求备用的动力和设备。
- 9.1.3 在质量检验、验收中使用的计量器具和检测设备，应经计量检定、校准合格后方可使用。

9.2 管片内衬法

9.2.1 本方法可适用于修复管道 DN800mm~DN3000mm 的重力污水、雨水、雨污合流的混凝土管（渠）、钢筋混凝土管（渠）、圻工管（渠）、检查井、污水池等排水设施。管片内衬法的适用范围如表 9.2.1 所示。

表 9.2.1 管片内衬法适用范围

特征	描述
内衬管管材	GRP, PRC
原有管道类型	重力流排水管道
应用范围	a) 可用于圆形、方形和马蹄形管道 b) 典型最小内径：仅限可进入排水管道； c) 典型最大内径：无限制； d) 典型最大长度：无限制； e) 可用于弯曲段管道修复。
工法特性	a) 水力学特性： ——全管片内衬：过流能力损失取决于环形空间和相对直径的管道厚度；可复原管道坡度； ——部分管片内衬（拱底）：可提高管渠的流量；可复原管渠坡度； ——部分管片内衬（拱顶）：仅管道满载运行时对水力学特性有影响。 b) 结构增强： ——全管片内衬：可用于结构性修复； ——部分管片内衬（拱底）：无明显增强； ——部分管片内衬（拱顶）：可提高拱顶的稳定性。 c) 抗磨损和抗化学特性： ——全管片内衬和拱底管片内衬：内衬管材料决定抗磨损和抗化学特性； ——拱顶部分管片内衬：内衬管材料决定抗化学特性；对抗磨损特性没有影响。
施工特点	a) 可采用机械锁或覆膜粘合方式连接管道接口； b) 内衬管片可预制或现场成型； c) 可采用注浆、粘结或锚固方式与原有管道进行机械式连接； d) 入口点对地表工作空间要求很小，但应满足内衬管片的存放空间要求； e) 可利用检修井作为作业通道； f) 局部管片内衬技术依赖和原有管道的粘结； g) 临排设置取决于人员进入管内的安全要求； h) 应对环形空间进行注浆处理； i) 可从内部进行支管重新连接。
安装设备	a) 卷扬机； b) 注浆设备（根据工艺选用）。
场地要求	a) 入口端应满足材料存放的空间要求； b) 接收端应满足卷扬机及其动力系统的放置和使用要求。
开挖要求	检查井可满足作为施工作业通道。

9.2.2 管片拼装法适用于不同断面形式的管道。

9.2.3 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。

9.2.4 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。

9.2.5 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。

9.2.6 施工前应具备下列条件后，方可施工。

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

9.2.7 设备操作人员应严格遵守设备操作规则。

9.2.8 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。

9.2.9 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。

9.2.10 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。

9.2.11 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。

9.2.12 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。

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

- a) 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；
- b) 注浆泵应采用可调节流量的连续注浆设备（最大 50L/min）；
- c) 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；
- d) 注浆完毕后，应按导流管中流出的砂浆比重确认注浆结束。

9.2.14 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。

9.2.15 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。

9.3 不锈钢双胀环法

9.3.1 本方法可适用于修复 DN800 以上的混凝土管、钢筋混凝土管、钢管、球墨铸铁管及各种合成材料管材的排水管道。

9.3.2 施工设备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。

9.3.3 不锈钢胀环法修复施工时应符合下列规定：

- a) 在进行双胀圈点状修复前，应对管周土体进行注浆加固；
- b) 止水橡胶圈宜采用人工辅助沿管道环向平铺于管道内壁的方式进行，平铺后应完全覆盖管道缺陷处，同时橡胶圈表面应平整、无褶皱，内壁紧贴原管道。
- c) 不锈钢胀环应沿止水橡胶圈的压槽安装，安装时保证钢套环垂直无倾斜，牢固可靠。
- d) 安装完成后应拆除胀环上焊接的液压设备支撑点，拆除时应沿环向施力拆除，禁止沿纵向用力拆除。

9.3.4 修复施工中应做好注浆用量、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。

9.4 不锈钢快速锁法

9.4.1 不锈钢快速锁法适用于 DN300mm~DN1800mm 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。

9.4.2 管径 DN600mm（含）以下的快速锁应采用专用气囊安装，DN800mm 及以上的，宜采用人工安装的多片式快速锁结构。

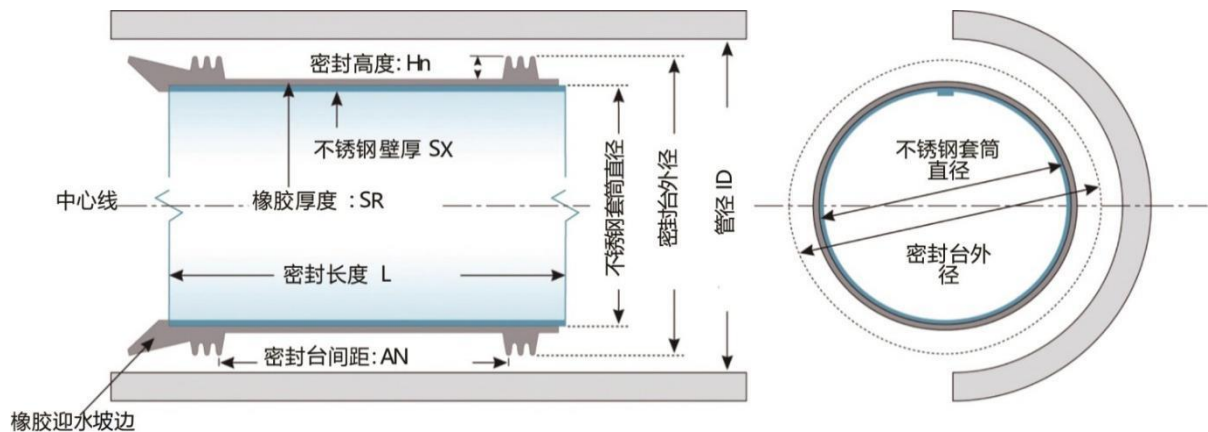


图9.4.1 不锈钢快速锁安装状态示意图

9.4.3 不锈钢快速锁安装前，应对原有管道进行预处理，并应符合下列规定：

- a) 预处理后的原有管道内应无沉积物、垃圾及其他障碍物，不应有影响施工的积水；
- b) 原有管道待修复部位及其前后 500mm 范围内管道内表面应洁净，无附着物、尖锐毛刺和突起。

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

9.4.5 采用气囊安装的不锈钢快速锁，应按下列步骤操作：

- a) 在地表将不锈钢套筒和橡胶套预先套好，并检查锁紧装置可正常工作；
- b) 分别在始发井和接收井各安装一个卷扬机，然后将快速锁固定在带轮子的专用气囊上，然后在 CCTV 或 QV 的辅助下将气囊牵拉至待修复位置；

- c) 在 CCTV 或 QV 设备的监控下, 缓慢向气囊内充气使不锈钢快速锁缓慢展开并紧贴原有管道内壁, 气囊压力宜控制在 0.35MPa~0.40MPa;
- d) 当确认不锈钢快速锁完全张开后, 卸掉气囊压力后撤出。

9.4.6 采用人工方式安装的不锈钢快速锁, 应按下列步骤操作:

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

9.5 点状原位固化法

9.5.1 本方法可适用于修复 DN200mm~DN1500mm 的混凝土管、钢筋混凝土管、钢管及各种塑料管管材的排水管道。

9.5.2 施工设备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。

9.5.3 点状原位固化法的内衬管的长度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。

9.5.4 点状原位固化法软管的安装应符合下列规定:

- a) 软管应绑扎在可膨胀的气囊上, 气囊应由弹性材料制成, 并应承受一定的水压或气压, 应有良好的密封性能;
- b) 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;
- c) 可通过小车将浸渍树脂软管运送到待修复位置; 作业人员无法进入管道时, 应采用 CCTV 设备实时监测、辅助定位。

9.5.5 软管的膨胀及固化应符合下列规定:

- a) 施工时, 气囊宜充入空气进行膨胀, 并应根据施工段的直径、长度和现场条件确定固化时间;
- b) 气囊内气体压力应保证软管紧贴原有管道内壁, 并不得超过软管材料所能承受的最大压力; 修复过程中每隔 15min 对气囊内气压进行记录, 压力应控制在 0.08MPa~0.20MPa 范围;
- c) 固化完成后应缓慢释放气囊内的压力。

9.5.6 点状原位固化法修复施工中应做好树脂存储温度和时间, 树脂用量, 软管浸渍停留时间和使用长度, 气囊压力, 固化温度、时间和压力, 内衬管冷却温度、时间、压力等施工记录。

10 管道更新施工

10.1 一般规定

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

10.1.2 施工设备应根据工程特点合理选用，并应有总体布置方案，对于不宜间断的施工方法，应有满足施工要求备用的动力和设备。在质量检验、验收中使用的计量器具和检测设备，应经计量检定、校准合格后方可使用。

10.2 碎裂管法

10.2.1 碎裂管法的适用范围如表 10.2.1 所示。

表 10.2.1 碎裂管法适用范围

特征	描述
新管管材	PE, PP, GPR, PVC-U
原有管道类型	除预应力加筋混凝土管以外的所有管材
应用范围	a) 重力流排水管道； b) 压力流排水管道。
工法特性	a) A 法可更换横截面出现严重变形的圆形管道； b) 典型适用管道内径范围：50mm~1000mm； c) 典型最大更换长度：250m； d) 可对弯曲半径较大的管道进行更换。
施工特点	a) 过流能力无损失或轻微减小，可增加过流能力（容量和流量）； b) 不能复原原有管道坡度； c) 可用于结构性修复 d) 耐磨性取决于新管材； e) 耐化学性取决于新管材。
安装设备	a) 滚轮架：支撑整段管道重量的滚轮支撑系统（衬管从卷盘上直接插入待修管道的情况除外）； b) 顶推装置（根据工法选用）； c) 导向轮：引导内衬管置入原有管道的导轮系统； d) 卷扬机：将内衬管拉入原有管道的牵拉系统；（可选用钢丝绳或钻杆）； e) 管道连接设备（根据新管材料选择）； f) 碎裂管头； g) 液压动力系统或用于动力碎裂管法气动系统。
场地要求	a) 入口端场地应满足整段内衬管放置要求（对小管径应满足卷盘拖车需求）； b) 接收端场地应满足卷扬机的摆放和作业空间要求。
开挖要求	a) 入口端应满足内衬管整段拉入所需的最小长度，拉入时应考虑管材制造商根据管道尺寸和环境温度提供的最小曲率半径要求； b) 接收端的开挖尺寸应能容纳内衬管牵拉头和开挖架作业要求。

10.2.2 采用静拉碎（裂）管法进行管道更新施工应符合下列规定：

- a) 应根据管道直径及材质选择不同的碎（裂）管设备；
- b) 当碎（裂）管设备包含裂管刀具时，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。

- 10.2.3 采用气动碎管法进行管道更新施工时，应符合下列规定：
- a) 采用气动碎管法时，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 2.5m，否则应对周围管道和建筑设施采取保护措施；
 - b) 气动碎管设备可与钢丝绳或拉杆连接，在碎（裂）管过程中，可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；
 - c) 在碎管设备到达出管工作坑之前，施工不宜终止。
- 10.2.4 新管道在拉入过程中应符合下列规定：
- a) 新管道应连接在碎（裂）管设备后随碎（裂）管设备一起拉入；
 - b) 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；
 - c) 当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；
 - d) 管道拉入后自然恢复时间不应小于 4h。
- 10.2.5 在进管工作坑及出管工作坑中应对新管道与土体之间的环状间隙进行密封，密封长度不应小于 200mm。
- 10.2.6 碎（裂）管法施工应做好牵拉力、速度、内衬管长度和拉伸率、贯通后静置时间等记录和检验。
- 10.3 管道排出法
- 10.3.1 管道排除法的适用范围如表 10.3.1 所示。

表 10.3.1 管道排出法适用范围

特征	描述
新管管材	A 法：PE，PP，GPR，PVC-U； B 法：PE，PP。
原有管道管材	A 法：陶土管，普通混凝土管，纤维混凝土管，铸铁管； B 法：钢管，铸铁管，球磨铸铁管。
原有管道类型	a) 压力管道； b) 非压力管道，仅限 A 法。
应用范围	a) 仅适用于圆形管道更换； b) 典型管道内径范围： ——A 法：100mm~800mm； ——B 法：20mm~400mm。 c) 典型最大更换长度：80m； d) A 法不可用于更换含有弯曲段的管道； e) B 法可更换含有弯曲段的管道，但不适用于持续服役的管道。
工法特性	a) 无过流能力损失，可增加过流能力（容量和流量）； b) 可修复原有管道坡度（仅 A 法）； c) 可用于结构性修复； d) 耐磨性取决于新管管材类型； e) 耐化学性取决于新管管材类型。

表 10.3.1 管道排出法适用范围（续）

特征	描述
施工特点	a) A 法仅用于铺设非连续管道；B 法可用于铺设连续和非连续管道； b) A 法采用顶推方式置入新管；B 法采用牵拉置入； c) A 法需要较大的地表空间放置吃管设备；B 法对非连续管道无限制，对连续管道需要满足整段更换管道的地表摆放空间要求； d) 原有管道的作业通道：一般应采用局部开挖； e) 施工期间应设置临排； f) A 法一般应对环状间隙进行注浆加固； g) 支管连接宜采用开挖施工。
安装设备	a) 管道输送设备； b) A 法： ——微型隧道掘进机以及螺旋钻杆或泥浆循环系统； ——泥浆混合装置； ——微型隧道掘进机动力系统。 c) B 法： 牵拉系统（缆绳或钻杆）： 滚轮架：支撑整段管道重量的滚轮支撑系统（新管从卷盘上直接插入待修管道的情况除外）； 管材连接装备（根据所选新管材质类型备选）。
场地要求	a) 接收端应满足微型隧道机的摆放和施工空间要求； b) 应满足微型隧道机动力系统的摆放和操作的空間要求； c) 应满足泥浆循环装置的摆放和施工空间要求； d) 应满足管道储存和摆放空间要求； e) 应满足管道运输系统的摆放和施工空间要求。
开挖要求	a) A 法： 入口端的始发井应有足够空间放置微型隧道机和顶推支架； 接收端应根据微型隧道机机头尺寸确定接收坑尺寸。 b) B 法： 入口端的始发井应有足够空间放置回拉装置； 接收端应满足工作人员进入的空间要求。

10.3.2 采用静拉方式将原有管道排出并置入新管道进行更新施工应符合下列规定：

- a) 应根据管道更换的距离和原有管道直径选择合适的静拉装置；
- b) 静拉装置的最大牵引力应小于新管的最大抗拉极限。

10.3.3 采用夯管锤排出原有管道并置入新管道进行更新施工时，应符合下列规定：

- a) 采用气动夯管锤，夯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 2.5m，否则应对周围管道和建筑设施采取保护措施；
- b) 气动夯管锤可与钢丝绳或拉杆连接，并且在原有管道末端设置一个钢结构防止原有管道受力破坏；

c) 在原有管道排出至工作坑之前，施工不宜终止。

10.3.4 新管道在拉入过程中应符合下列规定：

- a) 新管道可连接在管道排出设备后一起拉入；
- b) 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；
- c) 当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；
- d) 管道拉入后自然恢复时间不应小于 4h。

10.3.5 管道排出过程中应做好牵拉力、管道排出速度等记录和检验。

10.4 微型顶管法

10.4.1 微型顶管法的适用范围如表 10.4.1 所示。

表 10.4.1 顶管法适用范围

特征	描述
新管管材	GRP 或聚合物混凝土
原有管道管材	不限（异位更换）
原有管道类型	重力流排水管道； 压力流排水管道。
应用范围	a) 圆形横截面； b) 典型最小外径：150mm； c) 典型最大外径：1600mm； d) 典型最大长度：100m。
工法特性	a) 无过流能力损失，可增加管径提高过流能力； b) 可复原或调整水力梯度； c) 可用于管道结构性修复； d) 耐磨性取决于新管管材性能； e) 耐化学腐蚀性取决于新管管材性能。
施工特点	a) 可用于不连续管道； b) A 法通过牵拉置入管道；B 法通过顶推置入管道； c) 地面工作空间： ——A 法：无特殊的限制； ——B 法：控制室，泥浆处理室，不连续管道储存。
安装设备	a) 顶管设备； b) 定位导向仪器； c) 管道输送设备。
场地要求	a) 应满足管道安装设备的场地要求； b) 应满足动力系统的摆放和使用要求； c) 应满足管道输送装备摆放和作业要求； d) 应满足管道存放的场地要求。
开挖要求	a) 始发端：应满足顶进设备的安装、放置和作业要求； b) 接收端：应满足人员进入通道要求。

10.4.2 顶管施工前，应对管道沿线进行现场踏勘和调查，对工程地质、水文地质、邻近建（构）筑物、地下管线、地下障碍物及其他设施的详细资料进行复核。

10.4.3 当采用顶管法进行管道更换时，宜在原有管道轴线距离 5m 以外的就近选择更换管道的线路。

10.4.4 顶管施工应符合现行国家标准 GB 50268 的相关规定。矩形顶进施工应符合现行行业标准 CJJ74 和 T/CECS 716-2020 的相关规定。

10.4.5 顶管机型应根据工程地质、水文情况、施工条件、施工安全、经济性等因素选用。

10.4.6 顶管工作坑施工应符合下列规定：

- a) 顶管工作坑应设置在便于排水、出土和运输，且易于对地上与地下建（构）筑物采取保护和安全生产措施处；
- b) 工作坑的支撑应形成封闭式框架，矩形工作坑的四角应加设斜支撑；
- c) 装配式后背墙可由方木、型钢或钢板等组装。

10.4.7 顶管顶进应符合下列规定：

在饱和含水层等复杂地层或临近水体施工前，应调查水文地质资料，并对开挖面涌水或塌方采取防范和应急措施；

10.4.8 顶管施工的允许偏差及检验方法应符合表 10.4.2 的规定。

表 10.4.2 顶管施工的允许偏差及检验方法

项目	管径（mm）	允许偏差（mm）	检验频率		检验仪器
			范围	点数	
中线位置	$D < 1500$	± 30	每节管	1	经纬仪
	$D \geq 1500$	± 50	每节管		
管内底高程	$D < 1500$	$-20 \sim +10$	每节管	1	水准仪
	$D \geq 1500$	$-30 \sim +20$	每节管	1	水准仪
相邻管间错口	$D < 1500$	± 10	每个接口	1	尺量
	$D \geq 1500$	± 20			
对顶时管道错口		± 20	≤ 20	1	尺量

10.4.9 当钢管顶进过程中产生偏差时应进行纠偏。纠偏应在顶进过程中采用小角度逐渐纠偏。

10.5 水平定向钻法

10.5.1 定向钻施工及验收应符合现行国家标准 GB 50369 的相关规定。水平定向钻法适用范围如表 10.5.1 所示。

表 10.5.1 HDD 管道更换法适用范围

特征	描述
新管管材	PE、PP 和 PVC；
原有管道管材	无原有管道（异位更换）
原有管道类型	压力流排水管道。
应用范围	a) 圆形横截面；

表 10.5.1 HDD 管道更换法适用范围（续）

特征	描述
	b) 典型最小管道外径：50mm； c) 典型最大管道外径：1800mm； d) 典型最大长度：5000m 。
工法特性	a) 无过流能力损失，可增加管径提高过流能力； b) 具有导向能力； c) 可恢复水力梯度； d) 可用于管道结构性修复； e) 耐磨性取决于新管管材性能； f) 耐化学腐蚀性取决于新管管材性能。
施工特点	a) 管道一般由工厂预制或施工前连接为更换长度的连续管道； b) 采用拉入方式铺设管道； c) 地面工作空间： ——应满足摆放整段管道的区域（连续管道）； ——应满足泥浆坑、泥浆泵、泥浆处理和循环系统的空间要求； ——应满足控制室、泥浆处理系统和管道储存空间（非连续管道）。 d) 支管重新连接：可采用开挖作业。
安装设备	a) 水平定向钻机； b) 动力单元； c) 泥浆循环系统； d) 导向设备； e) 滚轮架：支撑整段管道的滑轮输送系统（衬管从卷盘上直接插入待修管道的情况除外）； f) 配套的管材焊接设备； g) 管道输送装备。
场地要求	a) 接收端应满足钻机摆放和施工的空间要求； b) 接收端应满足泥浆循环系统的摆放和施工的空间要求； c) 满足管道输送设备的空间要求； d) 满足管道存放的空间要求； e) 入口端满足管道（或对于小直径拖车卷入）存放的空间。
开挖要求	a) 入口端：应有足够长的开挖空间使管道能顺利拉入，需要考虑管道的最小弯曲半径；始发点应在地表开挖一个小坑。 b) 接收端：开挖尺寸应满足水平定向钻机头和扩孔器的作业空间要求。

10.5.2 定向钻施工不宜用于直接拉进直埋管的施工。

10.5.3 定向钻顶管施工应根据土质情况、地下水位、顶进长度和管道直径等因素，在保证工程质量和施工安全的前提下选用设备机型。

10.5.4 施工前应采用地质勘探钻取样或局部开挖的方法，取得定向钻施工路由位置的地下土层分布、地下水位、土壤和水分的酸碱度等资料。

10.5.5 定向钻法施工时，无效管段应切割，同时应严格控制适用条件，避免出现管道坡度高低起伏的情况。

11 质量检验与工程验收

11.1 一般规定

11.1.1 城镇排水管道非开挖修复更新工程的质量验收应符合现行国家标准 GB50268 以及 T/CECS 717 的有关规定要求。

11.1.2 城镇排水管道非开挖修复更新工程的分项、分部、单位工程划分应符合表 11.1.1 的规定。

表 11.1.1 城镇排水管道非开挖修复更新工程的分项、分部、单位工程划分

单位工程（可按 1 个施工合同或视工程规模按 1 个路段、1 种施工工艺，分为 1 个或若干个单位工程）		
分部工程	分项工程	分项工程验收批
两井之间	工作井（围护结构、开挖、井内布置）	每座
	原有管道预处理	两井之间
	PE 管道接口连接	
	（各类施工工艺）修复更新管道	

注：当工程规模较小时，如仅 1 个井段，则该分部工程可视同单位工程。

11.1.3 单位工程、分部工程、分项工程以及分项工程验收批的质量验收记录应符合 GB50268 附录 B 的规定。

11.1.4 工作井分项工程质量验收及 PE 管道接口连接的分项工程质量验收应按 GB50268 的相关规定执行。

11.1.5 根据不同的修复更新工艺对施工过程中需要检查验收的资料应进行核实，符合设计、施工要求的管道方可进行管道功能性试验。

11.1.6 进入施工现场所用的主要原材料、各类型材和管材的规格、尺寸、性能等应符合本规程的规定和设计要求，每一个单位工程的同一生产厂家、同一批次产品均应按设计要求进行性能复测，PE 管材的性能复测应包括管环刚度、环柔性、拉伸屈服应力等，PVC-U 管材的性能复测应包括管环刚度、环柔性、抗冲击强度和密度；

11.1.7 修复更新后的管道内应无明显湿渍、渗水，严禁滴漏、线漏等现象。

11.1.8 修复更新管道内衬管表面应光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、起泡、干斑、褶皱、拉伸变形和软弱带等影响管道结构、使用功能的损伤和缺陷；

11.1.9 工程完工后应按 CJJ 181 的有关规定对修复更新管道进行检测。

11.2 原有管道预处理

主控项目

11.2.1 原有管道经检查，其损坏程度、修复更新施工方案满足设计要求。

检查方法：按 CJJ 181 的有关规定进行检查；对照设计文件检查施工方案；检查原有管道检测与评估报告、与设计的洽商记录等。

11.2.2 管道接口处及裂缝处应无明显的渗漏水。

检验方法：采用 CCTV 检测或潜望镜等可视化设备进行检验。

检查数量：全数检查。

11.2.3 管道外部脱空及空洞位置、深度、面积应明确，脱空及空洞处应填充密实。

检验方法：按现行行业标准 JGJ/T 437 评估注浆效果。

检查数量：全数检查。

11.2.4 注浆完成后应对管道外部土体加固质量进行评估。

评估方法：按国家现行标准 GB 50202 和 JGJ 123 的有关规定执行。

一般项目

11.2.5 原有管道的预处理应符合设计和施工方案的要求。

检查方法：对照设计文件和施工方案检查管道预处理记录，检查施工材料质量保证资料和施工检验记录或报告。

11.2.6 原有管道范围内的检查井、工作井经处理满足施工要求；按要求已进行管道试通，并应满足修复更新施工要求。

检查方法：观察；检查施工记录、试穿管段试通记录、相关技术处理记录。

11.2.7 按要求已进行管道内表面基面处理、周边土体加固处理，且应符合设计和施工方案的要求。

检查方法：检查施工记录、技术处理方案和施工检验记录或报告。

11.2.8 按要求已完成拼合管制作，现场拼合管工况条件应符合样品管（板）的制备要求。

检查方法：观察；检查施工材料质量保证资料、施工记录等。

11.2.9 注浆完成后，管内应无残留或凸起的注浆材料。

检验方法：目视法，CCTV 检测或潜望镜等可视化设备进行检验。

检查数量：全数检查。

11.3 修复管道质量检验

11.3.1 注浆法

主控项目

11.3.1.1 管道接口处及裂缝处应无明显的渗漏水，管道渗漏检测应符合下列规定：

检验方法：采用 CCTV、QV 等可视化设备进行检验。

检验数量：全数检查。

11.3.1.2 管道外部脱空检验应符合下列规定：

检验方法：应按 JGJ/T 437 相关条文评估注浆效果。

检验数量：全数检查。

11.3.1.3 对于管道外部土体加固质量评估，应按 GB50202 和 JGJ 123 的相关规定执行。

一般项目

11.3.1.4 注浆完成后，管内应无残留或突起高聚物材料。

11.3.1.5 工程竣工验收的质量控制资料应包括下列内容：

- a) 施工基本程序的办理资料及开工报告；
- b) 管道沿线及周边勘察资料；
- c) 注浆前对原有管道的检测和评定报告及电视检测(CCTV)记录；
- d) 设计施工图及专项施工方案；
- e) 注浆材料的质量合格证、检验报告等质量保证资料；
- f) 施工过程的施工记录及施工检验记录；
- g) 注浆后检测和评定报告及电视检测（CCTV）记录；
- h) 施工、监理、设计等单位的工程竣工质量合格证明；
- i) 相关会议纪要、设计变更、业务洽商等记录；
- j) 质量事故、生产安全事故处理资料；
- k) 工程竣工图和竣工报告等。

11.3.2 原位固化法

11.3.2.1 固化法修复后，内衬管应按每个施工段不少于一组定或按设计要求进行现场取样。

11.3.2.2 宜在原有管端部取样。

11.3.2.3 样品送检应符合下列规定：

- a) 应由第三方进行检测，并出具完整检测报告；
- b) 每个样品应有样品说明单，其内容至少包括如下信息：
 - 1) 内衬材料、尺寸、树脂类型、内衬生产商；
 - 2) 施工日期、采样日期；
 - 3) 采样位置、采样方法；
 - 4) 测试委托方、施工方签字确认；

11.3.2.4 原位固化法修复后应按表 11.3.2.1 进行内衬检测。

表 11.3.2.1

测试项目	测试指标	性能指标		试样尺寸及测试标准		试样数量
		普通毡内衬管/MPa	玻璃纤维内衬管/MPa	普通毡衬管	玻璃纤维衬管	
三点弯曲测试	抗弯强度	设计要求	设计要求	GB/T 9341	GB/T 1449	5
	短期弯曲弹性模量	设计要求	设计要求	GB/T 9341	GB/T 1449	
拉伸试验	抗拉强度	设计要求	设计要求	GB/T1040.2	GB/T 1040.4	3
厚度测试	最小厚度	不小于设计值，单个样品测试值与			GB/T 8806	8

		平均厚度值偏差不大于 10%		
密实性试验	材料样本透水性	无水渗透	T/CECS 559-2018	3

一般项目

11.3.2.5 翻转式原位固化法修复后的管道表面质量应符合下列规定：

- a) 内衬管与原管道贴附紧密，无明显突起、凹陷、错台、空鼓等现象；
- b) 内衬管表面光洁、平整，无划伤、裂纹、磨损、孔洞、气泡、干斑、冷斑、脱皮、分层、折痕、杂质和软弱带等影响管道使用的缺陷；管道严禁有渗水现象。
- c) 内衬管褶皱应满足设计要求，当设计无要求时，最大褶皱不应超过 6mm；

11.3.2.6 修复后管道表面质量应符合本规程相关规定。

检查方法：观察（CCTV 辅助检查）或检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.2.7 修复后管道线形平顺，折边或错台处过渡平顺；环向断面圆弧饱满。

检查方法：观察（CCTV 辅助检查）；或检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.2.8 内衬管起点和终点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：观察或对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.2.9 修复管道的检查井及井内施工符合设计要求，无渗漏水现象。

检查方法：观察或对照设计文件和施工方案检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.3 水泥基材料喷涂法

主控项目

11.3.3.1 水泥基材料材料性能应符合设计要求，质量保证资料齐全。

检查方法：对照设计文件全数检查、出厂检测报告、现场抽样检测报告、检查质量保证资料、厂家产品使用说明等。

检验数量：全数检查。

11.3.3.2 施工过程中，应对现场搅拌好的砂浆进行现场取样制作试块并送业主指定的第三方机构测试，取样频次应满足设计要求；设计未明确要求时，修复检查井时应按每半个台班取样 1 组或每 5 口井取样 1 组；管道修复时应按每个喷筑回次取样 1 组。现场取样测试指标应符合表 11.3.3.1 的要求。

表 11.3.3.1 水泥基材料现场取样检测项目及依据

检验项目	单位	——	性能要求	检验方法
抗压强度	MPa	28d	≥65	GB/T 17671
抗折强度	MPa	28d	≥9.5	

11.3.3.3 内衬厚度满足设计要求。

检查方法：采用测厚尺在未凝固的内衬表面随机插入检测，每个断面测 3~4 个点，以最小插入深度作为内衬厚度；或在监理的见证下，在检查井或管道断面设置标记钉，当内衬完全覆盖全部标记钉时认为厚度满足要求。

检验数量：全数检查。

一般项目

11.3.3.4 修复后内衬表面应平整，无明显湿渍、渗水，严禁滴漏、线漏等现象；流槽平顺、管口与井壁结合严密。

检查方法：观察、QV 或 CCTV 检测。

检验数量：全数检查。

11.3.3.5 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。

检验数量：全数检查。

11.3.4 高分子材料喷涂法

主控项目

11.3.4.1 基层表面处理验收应符合下列规定：

- a) 待喷涂基层混凝土与旧基层应该紧密贴合，无空鼓、无硬突起，阴角和阳角处的过度宜平顺。
检验方法：观察检查，监理单位过程记录留底。
检验数量：全数检查。
- b) 基层喷涂前，基层表面温度不应小于 5℃，并应强制通风。
检验方法：观察检查，监理单位过程记录留底。
检验数量：全数检查。
- c) 基层涂料处理后基层表面应无孔洞、无裂缝、无划伤、无灰尘沾污、无异物，细部构造处的基层表面处理符合设计要求和本规程的规定。
检验方法：观察检查，监理单位过程记录留底。
检验数量：全数检查。

11.3.4.2 喷涂高强度聚氨酯涂层质量验收应符合下列规定：

- a) 喷涂高强度聚氨酯材料和底涂料、涂层修补材料、层间处理剂等配套材料应符合设计要求和本规程的规定。
- b) 喷涂高强度聚氨酯的主控项目质量应满足表 11.3.4.1 的规定。

表 11.3.4.1 喷涂高强度聚氨酯材料主控项目质量要求

项目	质量要求	检测频率	检验方法
涂层厚度 (mm)	平均厚度应符合设计要求。检测的最小厚度值不应小于设计厚度的 80%，平均值不应小于 100%，管道接口喷涂的厚度不小于 100%。检测不得破坏已修复结构体	宜选用超声波测厚方法，圆形管道每 500 m ² 检测一次，至少 3 个点；方沟每 500 m ² 检测一次，至少检测 3 个点，3 点分别为顶部、侧墙和底部；取样处必须含接口，全过程监理参与，并将记录结果作为过程报告	采用超声波测厚仪
		可选择取样检验方法：每 500 m ² 检测一次，抽样 3 块 20mm×20mm 样品，用于检测，监理全过程参与并记录，结果作为过程报告。	将试样表面清理干净，用卡尺测量涂层的厚度

注：当采用的两种方法的检测结果不一致时，应以卡尺法检测结果为准；
高强度聚氨酯材料的短期力学性能和测试方法应符合表 11.3.4.2 的规定。

表 11.3.4.2 内衬管的短期力学性能和测试方法

检验项目	单位	性能要求	检验方法
短期弯曲强度	MPa	>90	GB/T 9341
短期弯曲模量	MPa	>5000	GB/T 9341
抗拉强度	MPa	>50	GB/T 1040.2

一般项目

11.3.4.3 管道线形应和顺，接口、接缝应平顺，内衬与原有管道过渡应平缓；管道内应无明显湿渍。

检查方法：全数观察，电视检测（CCTV）辅助检查；检查施工记录、电视检测（CCTV）记录等。
检验数量：全数检查。

11.3.4.4 修复更新管道的检查井及井内施工应符合设计要求，并应无渗漏水现象。

检查方法：全数观察；对照设计文件和施工方案检查施工记录等。
检验数量：全数检查。

11.3.4.5 高强度聚氨酯在阴角、阳角等的细部构造防水措施应符合设计要求和本规程的规定。

检验方法：观察检查和检查隐蔽工程验收记录。
检验数量：全数检查。

11.3.4.6 高强度聚氨酯涂层应连续、无漏涂，无空鼓、无剥落、无划伤、无龟裂、无异物。气泡直径不得大于 1cm，成膜材料每平方米内包含的上述气泡不得超过 5 个。

检验方法：观察检查。
检验数量：全数检查。

11.3.5 机械制螺旋缠绕法

11.3.5.1 机械制螺旋缠绕法修复工程质量验收应符合下列规定：

- a) 施工完成，施工过程资料应齐全，方可进行工程验收。
- b) 进入施工现场所用的主要原材料，如内衬材料等应符合设计要求及行业相关标准要求。
- c) 每一个修复工程中不同规格、不同批次的内衬材料均应进行现场取样检测。
- d) 取样在地面上从同批次任一卷轴截取。
- e) 钢带应安装在型材外表面。

主控项目

11.3.5.2 内衬管质量检测应符合下列规定：

- a) 带状型材和钢带的外观、性能符合本规程和设计要求；

检查方法：外观在材料进场后现场抽检，性能检查产品的合格证、出厂试验报告。

检查数量：外观检查不少于进场总量的 1/3，性能检查全数检查。

- b) 管道的刚度应符合设计要求

检查方法：检查成品的环刚度或刚度系数检测报告

检查数量：检查产品环刚度时，每种管径为一验收批，留样 1 组。检查刚度系数时，型材和钢带不同组合为一验收批，留样 1 组。

- c) 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。

一般项目

11.3.5.3 修复后的管道外观质量应符合下列规定：

- a) 管道内应线形平顺，不得出现纵向隆起、环向扁平和其他变形情况

检查方法：采用 CCTV 闭路电视进行检查

检查数量：全数检查。

- b) 管道环形间隙封堵严密

检查方法：进入检查井检查

检查数量：全数检查。

- c) 注浆充满度符合设计要求

检查方法：查阅注浆记录

检查数量：全数检查。

11.3.6 垫衬法

11.3.6.1 对施工过程中检查、验收的资料应进行核实，符合设计文件要求的管道方可进行管道功能性试验。

11.3.6.2 进入施工现场所用的主要原材料的规格、尺寸、性能等应符合工程的设计要求，每一个单位工程的同一生产厂家、同一批次产品均应按设计要求进行性能检测，符合要求后方可使用。

11.3.6.3 现场检验和抽样检验须认真做好检验记录并存档。检验记录内容包括：工程编号、项目名称、施工单位名称、施工负责人、施工地点、管道规格、管材类型、修复长度、材料名称、生产厂家、生产日期、质量检验项目等内容。

主控项目

a) 主要材料的规格、尺寸、性能应符合本规程的规定和设计要求。

检查方法：材料进场检查应对照设计文件全数检查，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；

b) 内衬管的平均壁厚不得小于设计值。

检查方法：用尺子测量修复后的内衬管内径。对照设计文件，原管内径与内衬管内径之差的二分之一即为内衬管的厚度。

内衬管的厚度为设计值的 $\pm 2\text{mm}$ 或原管道标称直径的1%时均为合格。当内衬管内径大于或等于800mm时，应在管道内测量至少3个断面；当内衬管内径小于800mm时，应测量管道两端各1个断面，取平均值为该断面的代表值。

一般项目

a) 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：全数观察，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。

b) 塑料衬垫内衬焊接质量：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。

检查数量：全数检查。

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。

c) 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。

d) 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：全数观察；对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

e) 修复更新管道的检查井及井内施工应符合设计要求，并应无渗漏现象。

检查方法：全数观察；对照设计文件和施工方案检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.7 碎（裂）管更新法

主控项目

11.3.7.1 管材、型材、原材料的规格、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。

11.3.7.2 管材、型材、主要材料的主要技术指标经进场复检应符合设计要求和本规范规定。

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。

11.3.7.3 碎（裂）管法施工前后，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；

11.3.7.4 应对修复工艺特殊需要的施工过程中的检查验收资料进行核实，应符合设计、施工工艺要求、记录齐全。

检查方法：检查施工记录。

一般项目

11.3.7.5 更新管道内衬管内壁表面应光洁、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：全数观察—电视检测（CCTV）检查；检查施工记录、电视检测（CCTV）记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.7.6 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。

11.3.7.7 管道功能性实验满足要求。

检查方法：检查闭水试验报告。

检查数量：全数检查。

11.3.8 热塑成形法

11.3.8.1 固化法修复后，内衬管应按每个施工段不少于一组的规定进行现场取样。

11.3.8.2 样品管现场取样应符合下列规定：

- a) 应在原有管道管封堵处进行取样。
- b) 若现场封堵处尺寸不能满足取样要求，则需在施工时安装一段与原有管道内径相同的拼合管进行样品管制备，拼合管的长度应使样品管能满足测试试样的数量和尺寸要求，且长度不应小于原有管道一倍直径。

主控项目

11.3.8.3 修复后内衬管的尺寸、性能检测应符合下列规定：

- a) 壁厚检验应按现行国家标准 GB/T 8806 的有关规定执行，壁厚应符合设计要求。
- b) 壁厚检验方法，测量值不小于设计最小值。

11.3.8.4 内衬管质量检测应符合下列规定：

- a) 原材料衬管的规格、尺寸、性能应符合设计要求
检查方法：对照设计文件全数检查；检查质量保证资料、厂家产品使用说明等。
- b) 内衬管主要材料的主要技术指标经进场检验应符合设计要求。
检查方法：生产厂家证明文件。并对主要力学性能进行现场取样复检，检验项目及指标。
- c) 壁厚检查检验方法：现场取样，按照 GB/T 8806 进行抽样检查，检查结果不得小于设计壁厚要求。现场取样为每一项目的每一管径、每一厚度取样送检。

一般项目

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

11.3.8.6 安装后，热塑成型内衬管表面外观检查结果应符合下列规定：

- a) 无裂缝、孔洞、干斑、脱落、灼伤点、软弱带和可见的渗漏现象；
- b) 应紧贴原有管道，内壁顺滑，无明显的环形褶皱；
- c) 无由于内衬自身引起的隆起；
- d) 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：采用影像检测或观察。

检查数量：全数检查。

11.3.9 管片内衬法

主控项目

- 11.3.9.1 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。
- 11.3.9.2 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。
- 11.3.9.3 管片材料应按表 11.3.9.1 进行性能检测。

表 11.3.9.1 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/T1040.2
纵向拉伸延伸率	%	>150	GB/T9341
热塑性塑料维卡软化温度	℃	>60	GB/T1633

- 11.3.9.4 注浆作业时，应按表 11.3.9.2 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 11.3.9.2 3S 填充砂浆标准

项目	技术指标	检测标准
抗压强度	>C30	GB/T50448
流动度	300±30mm	--

- 11.3.9.5 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。

一般项目

- 11.3.9.6 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。
- 11.3.9.7 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。
- 11.3.9.8 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。

11.3.10 不锈钢双胀环法

主控项目

- 11.3.10.1 止水橡胶圈、不锈钢胀环等工程材料的性能、规格、尺寸应符合本规程第 9.3 条的相关规定和设计要求，质量保证资料齐全。

检查方法：检查材料进场验收记录，检查质量保证资料、厂家产品使用说明等；检查止水橡胶圈的出厂日期等记录。

检查数量：全数检查。

11.3.10.2 止水橡胶圈的硬度、断裂延伸率等主要技术指标应符合本规程第 9.3 条的相关规定。且任意指标的性能不小于设计值的 95%。

检查方法：对照设计文件按本规程第 9.3 条的规定进行检验；检查取样检测记录、复试报告等。

检查数量：全数检查。

一般项目

11.3.10.3 修复后管道表面质量应满足下列要求：

- a) 止水橡胶圈应与原管道紧密贴合，无明显突起、褶皱现象；
- b) 修复位置正确，不锈钢胀环安装牢固，橡胶圈与不锈钢胀环表面光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞等影响管道使用功能的缺陷；
- c) 管道严禁有渗水现象。

检查方法：全数观察（CCTV 辅助检查）；检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.10.4 修复后管道线性和顺，新原有管道过渡平缓，断面损失符合设计要求。

检查方法：全数观察（CCTV 辅助检查）；检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.10.5 待修复缺陷部位应被完全覆盖，止水橡胶圈与原管壁贴合紧密。

检查方法：全数观察，CCTV 辅助检查，对照设计文件和施工方案检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.10.6 胀环两端部密封处理符合设计要求，且密封良好、密实。

检查方法：全数观察；对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.10.7 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按本规程第 9.3 条的规定进行检查，检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.11 不锈钢快速锁法

主控项目

11.3.11.1 不锈钢快速锁技术参数应符合本规程第 9.4 节的规定和设计要求，质量保证资料齐全。

检查方法：对照设计文件全数检查；检查质量保证资料、厂家产品使用说明等。

检查数量：全数检查。

一般项目

11.3.11.2 原有缺陷完全被修复材料覆盖，已修复部位没有明显漏水、渗水。

检查方法：全数观察，CCTV 辅助检查；检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.12 点状原位固化法

主控项目

11.3.12.1 浸渍树脂、软管织物等工程材料的性能、规格、尺寸应符合本规程第 9.5 条的相关规定和设计要求，质量保证资料齐全，浸渍树脂的运输、存储符合要求。

检查方法：对照设计文件进行全数检查；检查材料进场验收记录，检查质量保证资料、厂家产品使用说明等；检查浸渍树脂的运输、存储等记录。

11.3.12.2 固化后内衬管的力学性能、壁厚应符合本规程的有关规定和设计要求。其中壁厚允许偏差应符合：平均壁厚不得小于设计值，且任意点的厚度不应小于设计值的 0%~20%。

检查方法：对照设计文件按本规程的有关规定进行检测；检查样品管或样品板试验报告、检测记录；现场用测厚仪、卡尺等量测内衬管管壁厚度。

一般项目

11.3.12.3 点状原位固化法修复更新管道内衬管表面质量应满足下列要求：

- a) 内衬与原管道紧密贴合，无明显突起、凹陷、错台、空鼓等现象；
- b) 修复位置正确，内衬完整，表面光洁、平整，无局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、起泡、干斑、冷斑、脱皮、分层、杂质和软弱带等影响管道使用功能的缺陷；
- c) 管道严禁有渗水现象。

检查方法：全数观察（CCTV 辅助检查）；检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.12.4 修复后管道线性和顺，折变或错台处过渡平顺，内衬与原有管道过渡平缓；环向断面圆弧饱满。

检查方法：全数观察（CCTV 辅助检查）；检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.12.5 待修复缺陷部位应被完全覆盖，且延伸宽度应大于 200mm；玻璃纤维层数应不小于 3 层。

检查方法：全数观察，CCTV 辅助检查，对照设计文件和施工方案检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.12.6 内衬管两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：全数观察；对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.12.7 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按本规程进行检查，检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.13 短管内衬法

11.3.13.1 短管内衬法修复管道应符合下列规定：

主控项目

- a) 管材、型材、原材料的规格、尺寸、性能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。

- b) 管材、型材、主要材料的主要技术指标经进场复检应符合设计要求和本规范规定。

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。

- c) 管节及管段接口的连接质量应经检验合格。

检查方法：管节及接口全数观察；按本规范第 8.11 条有关规定执行

检查数量：全数检查。

一般项目

- a) 修复后的管道内壁应无局部裂纹、褶皱、明显变形、脱节；修复部位应完全覆盖。

检查方法：观察，管径小于等于 800mm 时应依据闭路电视管道检测图像。

检查数量：全数检查

- b) 应对修复工艺特殊需要的施工过程中的检查验收资料进行核实，应符合设计、施工工艺要求、记录齐全。

检查方法：检查施工记录。

检查数量：全数检查。

- c) 修复管道内壁应光洁、平整、线性、无明显突起；接口、接缝应平顺，新原有管道过渡应平缓。

检查方法：观察，管径小于等于 800mm 时应依据闭路电视管道检测图像。

检查数量：全数检查。

- d) 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，无松散、空洞等现象，管段端部的间隙密封处理应符合设计要求。

检查方法：观察；检查施工记录、注浆记录。

检查数量：全数检查。

11.3.13.2 经过预处理的原有管道采用管道潜望镜或电视检测（CCTV）设备进行管道内部查看，并保存影像资料，作为验收检查的一部分。

检查方法：全数观察，电视检测（CCTV）检查；包括预处理施工记录、相关技术处理记录。

检查数量：全数检查。

11.3.13.3 PE 管道接口连接的分项工程质量验收应按现行国家标准 GB 50268 的有关规定，管节及管件的规格、性能应符合国家有关标准的规定和设计要求，进入施工现场时其外观质量应符合下列规定：

- a) 不得有影响结构安全、使用功能及接口连接的质量缺陷，
- b) 管节不得有异向弯曲，端口应平整；
- c) 管道线性应和顺，接口应平顺；管道内应无明显湿渍、渗水、滴漏等现象。
- d) 遇水膨胀止水胶圈应符合相关规范的规定，外观应光滑平整，不得有裂缝、破损、气孔、重皮等缺陷，并留取同批次材料以供检查。

检查方法：检查产品质量保证资料；检查成品管进场验收记录

。检查数量：全数检查。

- e) 接口连接，两管节中轴线应保持同心，承口、插口部位无破损、变形、开裂，插口推入深度应符合要求。

检查方法：通过电视检测（CCTV）检查，逐个接口检查（施工记录）；检查施工记录。

检查数量：全数检查。

11.3.13.4 胀插管（插管）法修复更新管道内衬管表面质量应符合下列规定：

内衬管内壁表面应光洁、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：全数观察—电视检测（CCTV）检查；检查施工记录、电视检测（CCTV）记录等。

检查数量：全数检查。

11.3.13.5 内衬管与原有管道之间的环状间隙的注浆，注浆固结体应充满间隙、无松散、空洞等现象。

检查方法：检查注浆记录。

检查数量：全数检查。

11.3.13.6 两端管口密封处理应符合设计要求，如无要求时，应保证管口灰浆平滑，密封良好。

检查方法：管道潜望镜检查

检查数量：全数检查。

11.4 管道功能性试验

11.4.1 内衬管安装完成、内衬管冷却到周围土体温度后，应进行管道严密性试验，严密性试验分为闭水试验和闭气试验。

11.4.2 压力管道内衬管安装完成、内衬管冷却到周围土体温度后，应按 GB 50268 的规定进行水压试验。

11.4.3 局部修复管道可不进行闭气或闭水试验。

11.4.4 管道功能性试验涉及水压、气压作业时，应有安全防护措施，作业人员应按相关安全作业规程进行操作。管道水压试验和冲洗消毒排出的水，应及时排放至规定地点，不得影响周围环境和造成积水，并应采取确保人员、交通通行和附近设施的安全。

11.4.5 冬期进行压力管道水压或闭水试验时，应采取防冻措施。

11.4.6 当管道处于地下水位以下，管道内径大于 1000mm，且试验用水源困难或管道有支管、连管接入，且临时排水困难时，可按照 GB50268 混凝土结构无压管道渗水量测与评定方法的有关规定进行检查，并做好记录。经检查，修复更新管道应无明显渗水，严禁水珠、滴漏、线漏等现象。

11.4.7 管道的闭水试验

11.4.7.1 闭水试验法应按设计要求和试验方案进行。

11.4.7.2 试验管段应按井距分隔，抽样选取，带井试验。

11.4.7.3 管道闭水试验时，试验管段应符合下列规定：

- a) 管道及检查井外观质量已验收合格；
- b) 管道未回填土且沟槽内无积水；
- c) 全部预留孔应封堵，不得渗水；
- d) 管道两端堵板承载力经核算应大于水压力的合力；除预留进水管外，应封堵坚固，不得渗水；
- e) 顶管施工应将其注浆孔封堵且管口应按设计要求处理完毕，地下水位位于管底以下。

11.4.7.4 管道闭水试验应符合下列规定：

- a) 试验段上游设计水头不超过管顶内壁时，试验水头应以试验段上游管顶内壁加 2m 计；
- b) 试验段上游设计水头超过管顶内壁时，试验水头应以试验段上游设计水头加 2m 计；
- c) 计算出的试验水头小于 10m，但已超过上游检查井井口时，试验水头应以上游检查井井口高度为准。

11.4.7.5 管道闭水试验时，应进行外观检查，不得有漏水现象，且符合下列规定时，管道闭水试验为合格：

- a) 实测渗水量小于或等于表 11.4.7.1 规定的允许渗水量；
- b) 管道内径大于表 11.4.7.1 规定时，实测渗水量应小于或等于按下式计算的允许渗水量：

$$Q_e = 1.25\sqrt{D_L} \quad (11.4.1)$$

- c) 异形截面管道的允许渗水量可按周长折算为圆形管道计；
- d) 化学建材管道的实测渗水量应小于或等于按下式计算的允许渗水量：

$$Q_e = 0.0046D_L \quad (11.4.2)$$

式中：

Q_e ——允许渗流量[$m^3 / (24h \cdot km)$]

D_L ——试验管道内径（mm）

表 11.4.7.1 无压管道闭水试验允许渗水量

管材	管道内径 D_L (mm)	允许渗水量[$m^3 / (24h \cdot km)$]
钢筋混凝土管	200	17.60
	300	21.62
	400	25.00
	500	27.95
	600	30.60
	700	33.00
	800	35.35
	900	37.50
	1000	39.52
	1100	41.45
	1200	43.30
	1300	45.00
	1400	46.70
	1500	48.40
	1600	50.00
	1700	51.50
	1800	53.00
	1900	54.48
	2000	55.90

11.4.8 管道的闭气试验

11.4.8.1 采用低压空气测试塑料排水管道的严密性采用本办法。

11.4.8.2 闭气试验应包括试压和主压两个步骤。

11.4.8.3 试压应按下列步骤进行：

- a) 向内衬管内充气，直到管内压力达到 27.5kPa。关闭气阀，观察管内气压变化；
- b) 当压力下降至 24kPa 时，往管内补气，使得压力保持在 24kPa~27.5kPa 之间并且持续时间不小于 2min。

11.4.8.4 试压步骤结束后，应进入主压步骤。主压应按下列步骤进行：

- a) 缓慢增加压力直到 27.5kPa，关闭气阀停止供气；
- b) 观察管内压力变化，当压力下降至 24kPa 时，开始计时；
- c) 记录压力表中压力从 24kPa 下降至 17kPa 所用的时间。

11.4.8.5 闭气

- a) 比较实际时间与规定允许的时间，如果实际时间大于规定的时间，则管道闭气试验合格，反之为不合格；
- b) 如果所用时间已经超过规定允许时间，而气压下降量为零或远小于 7kPa，则也应判定管道闭气试验合格。

11.4.8.6 测试允许最短时间应按下列公式计算：

$$T=0.00102DK_L/V_e$$
 (11.4.8.1)

$$K_L=5.408\times10^{-5}D_L$$
 (11.4.8.2)

式中：

- T——压力下降 7kPa 允许最短时间（s），应按表 11.4.8.1 取值；
- D——管道平均内径（mm）
- K_L ——系数，不应小于 1.0；
- V_e ——渗漏速率，取 0.45694×10^{-3} （m³/min/m²，渗漏量/时间/管道内表面面积）；
- L——测试段长度（m）。

表 11.4.8.1 气压下降 7KPa 所用时间允许的最小值

管道内径 (mm)	最小时间 (min: s)	最小时间 管道长度 (m)	测试管道长度(m)								
			30	50	70	100	120	150	170	200	300
100	3:43	185.0	3:43	3:43	3:43	3:43	3:43	3:43	3:43	4:01	6:02
200	7:26	92.0	7:26	7:26	7:26	8:03	9: 40	12:4	13:41	16:06	24:09
300	11:10	62.0	11:10	11:10	12:41	18:07	21: 44	27:10	30:47	36:13	54:20
400	14:53	46.0	14:53	16:06	22:32	32:12	38: 38	48:18	54:44	64:23	96:35
500	18:36	37.0	18:36	25:09	35:13	50:18	60: 22	75:27	85:31	100:36	150:54
600	22:19	31.0	22:19	36:13	50:42	72:26	86:56	108:39	123:9	144:53	217:19
700	26:3	26.4	29:35	49:18	69:1	98:36	118:19	147:54	167:37	197:12	295:47
800	29:46	23.0	38:38	64:23	90:9	128:47	154:32	193:10	218:55	257:33	386:20
900	33:29	20.5	48:54	81:30	114:05	162:59	195:35	244:29	277:05	325:58	488:57
1000	37:12	18.5	60:22	100:37	140:51	201:13	241:28	301:50	342:04	402:26	603:39

注：1 表中对于管道长度值可以采取插值法获取其他长度的最小允许时间；对于管道直径不可采取插值法。

2 表中包括规定的压力从 24kPa 下降到 17kPa 允许的最小时间，采用的允许渗漏速率为 0.45694×10^{-3} m³/min/m²（渗漏量/时间/管道内表面面积）。最大渗漏量不得超过 635Q。

11.4.8.7 如果测试不合格，应检查渗漏点并进行修复。修复之后，再次进行闭气试验，并应达到规定的要求。

11.4.8.8 对于长距离大直径的管道，宜采用压力下降 3.5kPa 的方法。气压下降 3.5kPa 所用时间允许的最小值应满足表 10.4.8.2 中的要求。

表 11.4.8.2 气压下降 3.5 kPa 所用时间允许的最小值

管道内径 (mm)	最小时间 (min: s)	最小时间 管道长度 (m)	测试管道长度(m)								
			30	50	70	100	120	150	170	200	300
100	1:52	92.5	1:52	1:52	1:52	1:515	1:52	1:52	1:52	2:01	3:01
200	3:43	46.0	3:43	3:43	3:43	4:015	4:50	6:20	6:51	8:03	12:05
300	5:35	31.0	5:35	5:35	6:21	6:035	10:52	13:35	15:24	18:07	27:10
400	7:27	23.0	7:27	8:03	11:16	16:06	19:19	24:09	27:22	32:12	48:18
500	9:18	18.5	9:18	12:35	17:37	25:09	30:11	37:44	42:46	50:18	75:27
600	11:10	15.5	11:10	18:07	25:21	36:13	43:28	54:20	66:35	72:27	108:40
700	13:15	13.2	14:43	24:39	34:31	49:18	59:10	73:57	83:49	98:36	147:54
800	14:53	11.5	19:19	32:12	45:45	64:235	77:16	96:35	109:28	128:47	193:10
900	16:45	10.3	24:27	40:45	57:03	81:295	97:48	122:15	138:33	162:59	244:29
1000	18:36	9.3	30:11	50:19	70:26	100:365	120:44	150:55	171:02	201:13	301:50

注：表中对于管道长度值可以采取插值法获取其他长度的最小允许时间；对于管道直径不可以采取插值法。

11.5 工程竣工验收

11.5.1 城镇排水管道非开挖修复更新工程质量验收应符合现行国家标准 GB 50268 的有关规定。

- a) 质量控制资料应完整；
- b) 工程有关安全及使用功能的检测资料应完整；
- c) 外观质量验收应符合要求。

11.5.2 工程竣工验收的感观质量检查应包括下列内容：

- a) 管道位置、线形及渗漏水情况；
- b) 管道附属构筑物位置、外形、尺寸及渗漏水情况；
- c) 检查井管口处理及渗漏水情况；
- d) 合同、设计工程量的实际完成情况；
- e) 相关排水管道的接入、流出及临时排水工后处理等情况；
- f) 沿线地面、周边环境情况。

11.5.3 工程竣工验收的安全及使用功能检查应包括下列内容：

- a) 工程内容、要求与设计文件相符情况；
- b) 修复更新前、后的管道检测与评估情况；
- c) 管道功能性试验情况；
- d) 管道位置贯通测量情况；
- e) 管道环向变形率情况；
- f) 管道接口连接检测、修复更新有关施工检验记录等汇总情况；
- g) 涉及材料、结构等试件试验以及管材、型材试验的检验汇总情况；

h) 涉及土体加固、原有管道预处理以及相关管道系统临时措施恢复等情况。

11.5.4 工程竣工验收的质量控制资料应包括下列内容：

- a) 建设基本程序办理资料及开工报告；
- b) 原有管道管竣工图纸等相关资料，工程沿线勘察资料；
- c) 修复更新前对原有管道的检测和评定报告及 CCTV 记录；
- d) 设计施工图及施工组织设计（施工方案）；
- e) 工程原材料、各类型材、管材等材料的质量合格证、性能检验报告、复试报告等质量保证资料；
- f) 所有施工过程的施工记录及施工检验记录；
- g) 所有分项工程验收批、分项工程、分部工程、单位工程的质量验收记录；
- h) 修复更新后管道的检测和评定报告及 CCTV 记录；
- i) 施工、监理、设计、检测等单位的工程竣工质量合格证明及总结报告；
- j) 管道功能性试验、管道位置贯通测量、管道环向变形率等涉及工程安全及使用功能的有关检测资料；
- k) 相关工程会议纪要、设计变更、业务洽商等记录。
- l) 质量事故、生产安全事故处理资料；
- m) 工程竣工图和竣工报告等。

参考文献

- [1] GB 1728 漆膜、腻子膜干燥时间测定法
- [2] GB 19809 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
- [3] GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准
- [4] GB 50332 给水排水管道结构工程设计规范
- [5] GB 50369 油气长输管道工程施工及验收规范
- [6] GB/T 1033.1 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
- [7] GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的实验条件
- [8] GB/T 1040.3 塑料 拉伸性能的测定第3部分：薄膜和薄片的试验条件
- [9] GB/T 1040.4 塑料管道系统塑料部件尺寸的测定
- [10] GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- [11] GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法
- [12] GB/T 1633 热塑性塑料维卡软化温度（VST）的测定
- [13] GB/T 2411 塑料和硬橡胶使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）
- [14] GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法
- [15] GB/T 8806 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
- [16] GB/T 9264 《色漆和清漆抗流挂性评定
- [17] GB/T 9341 塑料 弯曲性能的测定
- [18] GB/T 11547 塑料耐液体化学试剂性能的测定
- [19] GB/T 16777 建筑防水涂料试验方法》
- [20] GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准
- [21] GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法
- [22] GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性实验方法标准
- [23] GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范
- [24] CJJ 74 城镇地道桥顶进施工及验收规程
- [25] JGJ/T 70 建筑砂浆基本性能试验方法标准
- [26] JGJ/T 123 既有建筑地基基础加固技术规范
- [27] JCJ/T 984 聚合物水泥砂浆
- [28] JGJ/T 437 城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准
- [29] T/CAS 413 排水管道检测和非开挖修复工程监理规程
- [30] T/CECS 559 给水排水管道原位固化法修复工程技术规程
- [31] T/CECS 717 城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程

武汉市地方标准
DB4201/T 700—2024

武汉市排水管道非开挖修复技术规程

条文说明

1 范围

1.1.1 排水管道及其他市政管线被称为城市的“生命线”，然而随着城市建设的发展，排水管道即将面临老化严重、事故频发的问题。目前，武汉市内用非开挖修复技术对排水管道进行修复的工程日趋增多，保证修复工程的质量对于排水管道的安全运行显得尤为重要。在采用非开挖技术对排水管道进行修复更新时，应以安全可靠为基础，确保工程质量和不影响环境。

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

1.1.3 涉及管道非开挖修复工程的质量验收标准主要有国家现行标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 和《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210 等。涉及管道非开挖工程标准主要有《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862 等。

2 规范性引用文件

本条主要列出了本规程制定时参考的相关国家和行业标准。

3 术语与符号

3.1 术语

所列出的术语取自《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210 和《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862，在此基础上，做了一定修改。

4 基本规定

4.1.1 非开挖技术可用于管道修复工程现有几乎所有管材类型的排水管道，但由于该类技术目前仍属于新技术，市场还没有普及，工程造价比传统方法稍高。所以，对于交通繁忙、新建道路、环境敏感等不适合进行开挖修复地区应优先选用非开挖修复更新工程进行修复更新技术；在工程造价合理的条件下，对城镇排水管道修复更新也建议优先选用非开挖技术。

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

4.1.4 非开挖修复更新工程中材料的性能是确保工程质量的重要因素，因此要求非开挖修复更新工程中所用材料必须具有相应的合格证书、性能检测报告及使用说明，由于某些工艺尚依赖于国外进口，因此对进口产品进行了相关规定。

4.1.5 非开挖修复更新工程中的局部开挖：一方面是指某些工艺需开挖工作坑进行施工，如穿插法、碎（裂）管法、折叠内衬法等；另一方面，管道修复前，需要对原有管道的缺陷进行预处理，对于不能通过管道内部进行处理的缺陷宜通过局部开挖的方式进行处理。

4.1.6 管道修复完后，检查井处的内衬管端口与原有管道之间应进行处理，（如4级变形、4级破裂、3级~4级洼水、3级~4级异物侵入等）以确保地下水不从检查井进入原有管道与内衬管间的环状空隙，同时应防止检查井处内衬管与原有管道脱离，对于不同的施工方法其处理措施不同。

5 检测与评估

该条参考了《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181。

6 管道内衬管结构设计

6.1 一般规定

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

6.1.2 《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181中对管道缺陷的名称、代码、等级划分以及结构性状况评估作了详细规定，其以管道缺陷参数F来决定管段结构性缺陷等级，以缺陷密度SM来决定管段结构性缺陷类型。本条根据该规程中的管段结构性缺陷等级来区分结构性修复和半结构性修复，以管段结构性缺陷类型来区分局部修复和整体修复。

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

6.1.4 根据《室外排水设计规范》GB 50014 - 2006（2011年版）中的规定，街区和厂区内污水管道最小管径为200mm，街道下为300mm。雨水管道的最小管径为300mm，雨水口连接管最小管径为200mm。而各施工方法的最小修复管道直径都可以达到200mm。

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

碎（裂）管法是唯一可进行管道扩容的非开挖管道更新技术；PE管连续穿插需要工作坑，但采用短管插入法时一般不需要工作坑；各种非开挖修复更新方法对原有管道材质无特殊要求。

本条是为以后的计算服务，确定了内衬管外径，进而再进行内衬管壁厚或刚度系数的计算。其中穿插法内衬管10%的直径减小量能够满足穿插操作的空隙要求，同时也可以使原有管道75%到100%的过流能力得到保留，修复后的实际过流能力应通过计算获得。对于直径大于500mm的管道，为了确保修复后管道的过流能力，本条穿插法内衬管的最大直径减小量不应大于50mm；机械制螺旋缠绕法内衬管的直径减小量参考了穿插法的规定。

6.2 内衬管设计

6.2.1 本条参照《Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube》ASTM F 1216、《Standard Practice for Insertion of Flexible Polyethylene Pipe into Existing Sewers》ASTM F 585-94、《Standard Practice for Installation of Folded Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Pipe into Existing Sewers and Conduits》ASTM F 1947 进行规定。非开挖修复更新工程内衬管与新建埋地管道的受力区别是很大的，修复后的埋地管道所受荷载主要由原有管土系统进行支撑，内衬管随后的变形可以认为非常微小，如果在长期、足够的压力作用下，内衬管道可能会发生变形，继而发生严重的屈曲失效。因此，非开挖修复更新工程柔性内衬管的设计采用屈曲破坏准则，半结构性内衬管的设计以 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被改为长期弹性模量。另外还考虑了安全系数和椭圆度的影响。

式(6.2.1-4)是当管道为椭圆形时，作用力将在内衬管上产生弯矩，必须保证内衬管所受的力不超过管道的长期弯曲强度。

内衬管长期力学性能的取值，ASTM 标准中规定咨询管材生产商，通过给定管道寿命周期内的荷载情况下实验确定。德国标准中则是通过对样品内衬管的顶压试验，在一定形变的情况下保持 10000h 的试验，最后确定其长期性能。工程实际中长期性能一般取短期性能的一半。

6.2.2 本条根据《Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-impregnated Tube》ASTM F1216 和《Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by Pulled-inPlace Installation of Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)》ASTM F1743 的规定，采用修正的 AWWA C950 设计方程作为重力流管道结构性修复的设计方程。

活荷载按照现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 中的规定进行选取。E's 国外称为“modulus of soil reaction”，是修正后的 Lova 方程中的参数，该参数是一个经验参数，仅能在已知其他参数的情况下通过 Lova 方程反算求出。很多学者对 E's 的取值进行了研究；McGrath 建议用侧限压缩模量 M_s 替代 E's。《Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube》ASTM F1216 中建议 E's 参照《Standard Guide for Underground Installation of "Fiberglass" (Glass-FiberReinforced Thermosetting-Resin) Pipe》ASTM D3839 中的规定，而《Standard Guide for Underground Installation of uFi- berglass" (Glass-FiberReinforced Thermosetting — Resin) Pipe》ASTM D3839 中采用了 McGrath 的研究成果；澳大利亚标准中区分了回填土、管侧原状土的 E's 模量，分别称为 $E'e$ 、 $E'n$ ，埋地柔性管道设计中需综合考虑回填土和管侧原状土的 E's。现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 及其相关埋地塑料管道标准中 E'值称为管侧回填土的综合变形模量，以 E_d 表示，其与澳大利亚标准规定的相同。本标准中参考现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 中的规定进行选取。

6.2.3 管应按新管道的要求进行设计，根据美国非开挖研究中心 TTC 编制的《Guidelines for Pipe Bursting》中的规定选择新管的 SDR 值。

6.2.4 按照《Standard Practice for Installation of Machine Spiral Wound Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Liner Pipe for Rehabilitation of Existing Sewers and Conduits》ASTM F1741 中机械制螺旋缠绕法的设计规定。由于螺旋缠绕内衬管由带肋的带状型材缠绕形成，其缠绕管不能用管道壁厚进行设计，所以应对内衬管的刚度系数进行设计规定。螺旋缠绕法带状型材相应参数如图 1 所示。

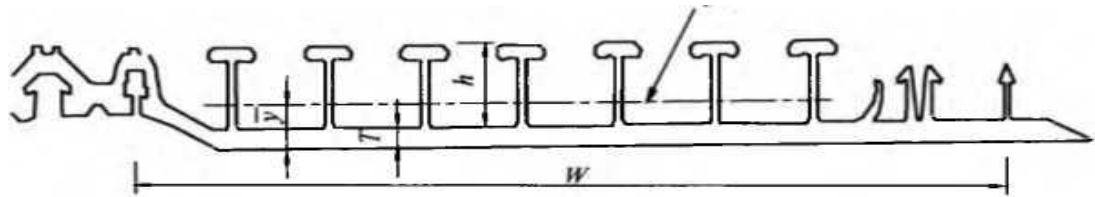


图 1 螺旋缠绕法带状型材示意图

于 I 和 D 的值都取决于所采用的带状型材，因此在设计过程中可以采用反复尝试的方法来选择满足要求的带状型材。由于原有管道平均内径 D_E 与内衬管的平均直径 D 非常接近,因此可以取 D^E 的值进行首次尝试计算。

灌浆系数 K_I 的选取，ASTM 标准中只给出了计算公式，但没有给出具体值，《Standard Test Method for Determining the Insulation Resistance of a Membrane Switch》ASTM F1689 中规定 ϕ 为 9 时 K_I 的取值为 25,但将其反代入进行验算，误差为 2.0607。因此为方便设计人员的参照应用，通过二分法进行迭代计算，得出了 K_I 取值与未注浆角度的关系，表 7.2.2 是取两位小数后的结果，将其反代入进行验算，误差小于 0.03。

6.3 水力计算

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

7 管道修复预处理

7.1 一般规定

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

7.1.5 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。由于无机注浆可控性好，效果佳，本条重点介绍无机注浆材料。

7.1.6 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。

7.1.7 国家现行标准《高压喷射注浆施工技术规范》HG/T 20691、《注浆技术规程》YS/T5211、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 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。

7.2 管内预处理

7.2.1 管内清洗

7.2.1.1 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，再把高压力低流速的水转换为高压力高流速的射流，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。

7.2.1.2 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，确定适合的壓力后，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。

7.2.1.3 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 1 和表 2 的喷射铣头选择原则，初步选择软切割铣头类型。

表 1 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管（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 2 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

7.3 管周预处理

7.3.1 注浆处理

7.3.1.1 非水反应类高聚物指 A 组分和 B 组分（树脂和硬化剂）按照设计比例充分混合反应生成的闭孔高聚物材料，反应过程中不需要与环境外界水发生化学反应。

7.3.2 工艺要求

7.3.2.1 间歇注浆法指在注浆的过程中按照一定时间间隔，通过开启关闭注浆枪或注浆设备使浆液间歇持续注入的一种注浆方法。

7.3.2.2 注浆压力过大会出现窜浆、冒浆现象，也可能造成管道位置移动或结构损坏，所以注浆压力应根据地下管道埋深、地质条件和浆液性能进行试验确定，为确保管道不发生位移或结构损坏，注浆压力不宜控制在 7MPa 以内。

7.3.2.3 集成式高聚物注浆系统指经专门设计并集成了空气压缩机，气动隔膜泵、动力源、A 料和 B 料桶、注浆配比仪及注浆枪头的整车系统，该系统具有精细配比、高压混合、自动控温控压等功能。

7.3.3 质量检验

7.3.3.1 埋深超过 3m 且管径大于 600mm 的管道宜采用管内探地雷达；埋深 3m 以内的管道宜采用地面探地雷达。

8 管道整体修复施工

8.1 一般规定

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

8.2 穿插法

8.2.1 对于连续管道施工工艺，应采用牵引工艺进行穿插法施工；对于不连续管道施工工艺应采用顶推工艺施工；由于厚壁超长聚乙烯管重量较大，施工中所受的摩阻力也较大，为了避免施工对管道结构的损伤，可以用顶进和牵拉组合的工艺进行施工。表 8.2.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。

8.2.3 当采用具有机械承插式接头短管进行穿插施工时，可允许带水作业，原有管道内的水流减小了管道推入的阻力同时可以减少或避免临时排水设施的使用，为了能有效地减小管道推入的摩擦力，原有管道中的水位宜控制在管道起拱线之下，管道起拱线是指管道开始向上形成拱弧的位置。

不连续的 PE 管道可在工作坑内进行连接，然后插入原有管道。PE 管的连接需在工作坑内进行，如图 2 (a)所示，应在施工现场预备水泵和临时排水设施排出工作坑内水流，保证管道连接设备干燥和工作环境的干燥。

本规程将短管内衬包含在穿插法中，如图 2 (b)所示，在施工中不需开挖工作坑，但要求短管的长度能方便进入检查井内。应缓慢将短管送入工作坑或检查井，防止造成短管损伤。

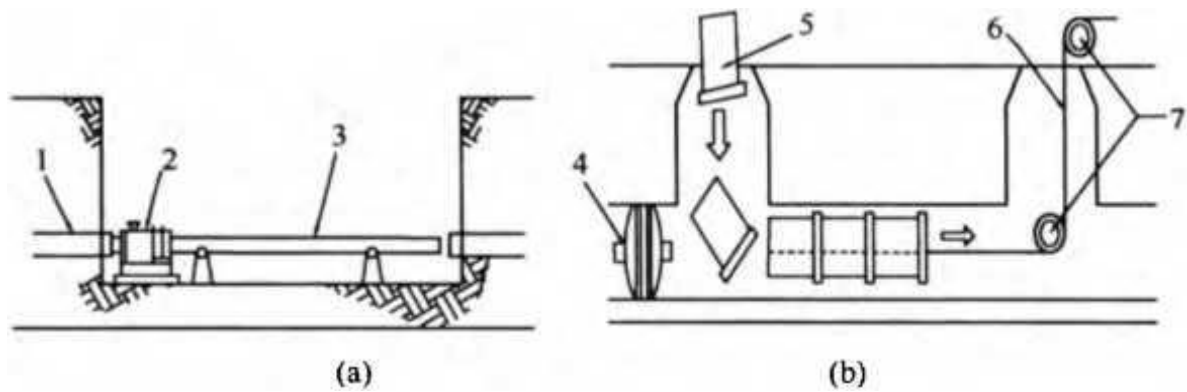


图 2 不连续穿插法示意图

1—原有管道；2—内衬管连接设备；3—内衬管；4—管塞；
5—短管；6—钢丝绳；7—滑轮

8.2.4 在牵引聚乙烯管进入原有管道时，端口处的毛边容易对聚乙烯管造成划伤，可安装一个导滑口，既避免划伤也减少阻力；内衬管的牵拉端和顶推端是容易损坏的地方，应采取保护措施；连续穿插施工中在地面安装滚轮架、工作坑中安装防磨垫可减少内衬管与地面的摩擦。

8.2.6 根据施工经验，对于直径 800mm 以上管道，环状空隙较大，为保证内衬管使用过程中的稳定，必须进行注浆处理。800mm 以下的管道，考虑到环状空隙较小，不易注浆，应根据设计要求进行处理，确保管道稳定。

如果所需要的注浆压力大于管道所能承受的压力，应在内衬管内部进行、支撑，也可向内衬管道里面注入具有一定压力（略高于注浆压力）的水进行保护。注浆材料应满足以下要求：

- a. 较强的流动性，以填满整个环面间隙；
- b. 较小的收缩性（低于 1%），以防止固化以后在环面上形成空洞；
- c. 水合作用时发热量低，使水泥浆混合物内不同成分剥落的危险性最小。

为了满足以上要求，建议水泥浆的混合比例是 1：3。该配比水泥浆密度约为水的 1.5 倍，最小的强

度为 5MPa。

注浆材料理论上应注满整个环状空隙。根据《Standard Practice for Installation of Machine Spiral Wound Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Liner Pipe for Rehabilitation of Existing Sewers and Conduits^ ASTM F1741,注浆有两种方法：一种是连续注浆，施工过程中应合理控制注浆压力，防止注浆压力过大超过内衬管的承受能力，注浆压力合理值应咨询生产商；另一种是分段注浆，第一次注浆后内衬管不应在浮力作用下脱离内衬管底部，第二次注浆应不引起内衬管的变形。分段注浆能够确保通过观察泥浆搅拌器旁边的压力表监控环面是否完全被水泥浆灌满，推荐使用该方法。

8.3 紧密贴合法

8.3.1 表 8.3.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。

8.3.2 折叠管压制过程是通过调整压制机的上下和左右压碾来调整折叠管的缩径量的，在压制过程中 U-HDPE 管下方两侧不得出现死角或褶皱现象，否则必须切除此段，并在调整左右限位滚后重新工作。捆扎带缠绕的速度过快，会造成捆扎带不必要的浪费，如果缠绕速度过慢，会造成缠绕力不够，可能导致折叠管在回拉过程中意外爆开。根据现行行业标准《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 147 对折叠管的折叠速度和缠绕速度进行了规定，现场折叠管的折叠速度应与折叠管的直径有关。为防止捆扎带与原有管道内壁发生摩擦产生断裂，一般在机械缠绕后，操作人员每隔 50cm~100cm 人工补缠捆扎带数匝。

8.3.3 为防止折叠管在拉入过程受到损伤，制定了本条。施工中可以在原有管道端口安装带有限位滚轴的防撞支架和导向支架，避免内衬管与原有管道端口发生摩擦。

8.3.4 参照《Standard Test Method for Performance of Double -Sided Griddles》ASTM F1605 对工厂预制 PE 折叠管的复原进行了规定。其中复原过程中的压力值应根据现场条件和内衬管的 DR 值来调整。折叠管冷却后应至少保留 80mm 的内衬管伸出原有管道两端，用于内衬管温度降到周围温度后的收缩。折叠管的复原示意图如图 3 所示；本条中的温度、压力值不适用于 PVC-U 折叠管的复原，其复原参数应咨询生产商。

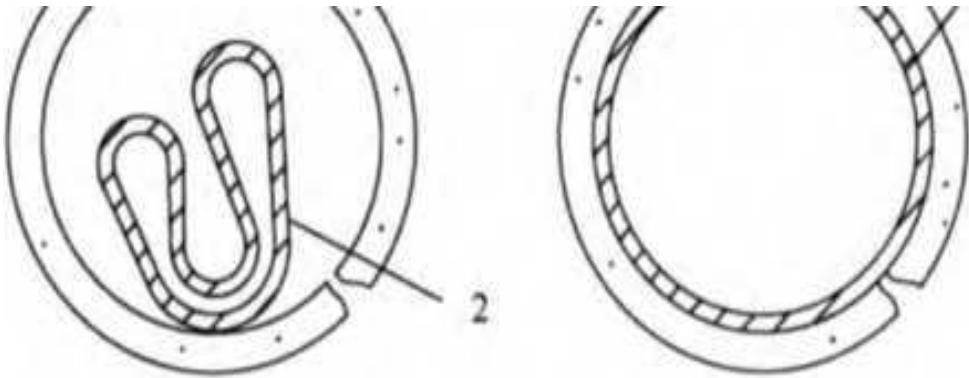


图 3 折叠管复原示意图

1—原有管道；2—折叠内衬管；3—复原后内衬管

8.3.5 参照现行行业标准《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 147 对现场折叠管的复原过程作了规定。应严格控制复原速度，首先应计算出复原后 PE 管的水容积，复原时在不加压情况下使水充满折叠后的聚乙烯管的空间，并准确测量注入水量。复原后的水容积与无压注入水量之差就是复原时需压入的水量。水不可压缩，通过控制加压注水的速度即可控制折叠管的复原速度。

8.3.6 参考相应规范，两端应切割整齐。

8.3.7 记录数据应完整保存。

8.3.8 径向均匀缩径是通过专门设计的滚轮缩径机完成的。为确保缩径后的内衬管能恢复原形，根据实际经验，缩径量不应大于 15%。

8.3.9 拉拔法是通过一个锥形的钢制拉模拉拔新管，使塑料管的长分子链重新组合，管径减小。管径的减少量取决于聚乙烯管对其聚合链结构的记忆功能，对大直径的管道，直径的减少量约为 7%~15%；而对小直径的衬管，该值可能更大，如直径 100mm 的管道可达 20%，考虑到排水管道的直径一般大于 200mm，本条规定缩径量不应大于 15%。通常，当环境温度低于 5℃ 时，为避免拉伤管道，要求必须对压模进行加热处理。

8.3.10 管道的缩径和拉入过程是同步进行的，是个连续的施工过程，一旦开始便不能中途停止，因为绞车停止牵拉时变形管就会开始恢复形状，因而难以置入原有管道内。拉入过程中不应 PE 管造成损伤。

8.3.11 缩径内衬管就位后，依靠塑料分子链对原始结构的记忆功能，在管道的轴向拉力卸除之后，可逐渐自然恢复到原来管道的形状和尺寸，并与原有管道内壁形成紧配合，该自然恢复过程一般需 24h 通过加热加压的方式可促使其快速复原，减少复原的时间，但不应少于 8h。

8.4 翻转式原位固化法

8.4.1 表 8.4.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。

8.4.2 本条中相应参数根据《Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube》ASTM F1216、《Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by Pulled-in-Place Installation of Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)》ASTM F1743、《Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Pulled in Place Installation of Glass Reinforced Plastic (GRP) Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)》ASTM F2019 的规定选取。

8.4.3 翻转式原位固化法一般通过水压或气压的方法进行，图 4 为水压翻转示意图。翻转压力应足够大以使浸渍软管能翻转到管道的另一端，翻转过程中软管与原有管道管壁紧贴在一起。翻转压力不得超过软管的允许最大张力，其合理值应咨询管材生产商。《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 147 -2010 中根据施工经验规定翻转速度宜控制在 2m/min~3m/min，翻转压力应控制在 0.1MPa 下。翻转过程中使用的润滑剂 应不会滋生细菌，不影响液体的流动。翻转完成后

两端宜预留 1m 左右的长度以方便后续的固化操作，特殊情况下内衬管的预留长度可以适当减小。
当用压缩空气进行翻转时，应防止高压空气对施工人员造成伤害。

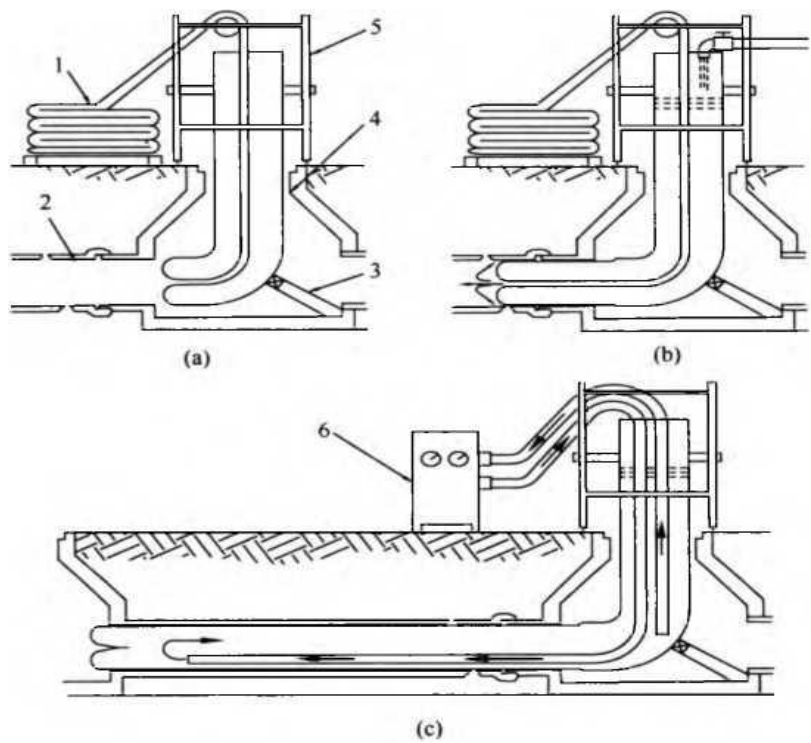


图 4 水压翻转原位固化法示意图

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

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

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

8.5 紫外光原位固化法

8.5.2 本条根据《Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Pulled in Place Installation of Glass Reinforced Plastic (GRP) Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)》ASTM F2019 制定，铺设垫膜的目的是减少软管拉入过程中的摩擦力和避免对软管的划伤，垫膜应铺设于原有管道底部，并应覆盖大于 1/3 的管道周长。

8.5.3 本条参照《Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Pulled in Place Installation of Glass Reinforced Plastic (GRP) Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)》ASTM F2019 对软管的拉入作了规定,保证软管比原有管道长 300mm~600mm,是为了安装进入口集合管,其在固化过程中将与进出蒸汽的软管相连,并安装温度压力传感器,图 5 为软管拉入后的示意图。

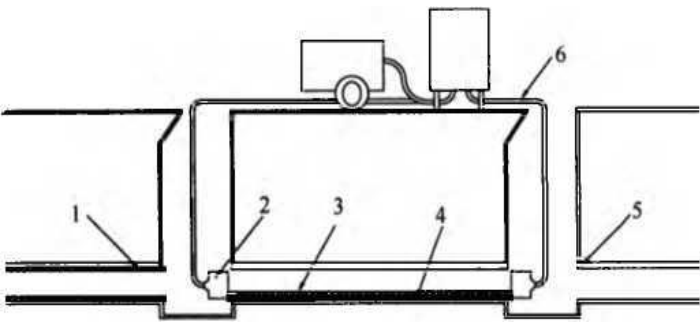


图 5 软管拉入示意图

1—固化后内衬管；2—端口固定装置；3—拉入后的软管；
4—垫膜；5—原有管道；6—压缩空气

8.5.6 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,因此应通过合理控制紫外光灯前进速度使树脂充分固化。

8.6 热塑成型法

8.6.6 热塑衬管根据管径的不同,缠绕段可为几十米,甚至上百米。其卷盘方式和通常电缆的卷盘方式类似,方便运输。在运输过程中,衬管不需要任何遮盖,或低温保存等特殊处理。

8.7 水泥基材料喷涂法

8.7.1 水泥基材料喷筑法可用于各类断面形式、无机材质排水管(渠)的修复。水泥基材料喷筑法用于管道结构性修复时,其喷筑厚度不应小于 2cm,可以采用闭气试验检验修复后管道严密性。水泥基材料喷筑法是近 5 年从美国引入的管道和检查井修复的技术,工程实践表明,修复技术成熟,可控性强。

8.7.6 本条文中水料比指所用材料与所加水分的质比。

8.7.8 调节喷筑气压和浆量,避免出浆呈束状或团状,但也不宜过度雾化。

8.8 高分子材料喷涂法

喷涂法修复通常是通过在管道内壁喷涂聚合物来实现。目前采用的聚合物主要为聚氨酯、聚脲和环氧树脂,聚合物在喷涂之前一般为两个组分(A 组分和 B 组分,或主料和催化剂)。聚合物喷涂在管道内壁上发生化学反应,迅速固化,从而在管道内壁形成一定厚度的聚合物内衬。不同的聚合物

材料的强度有很大的差异，同时不同种类的聚合物能够形成的厚度也有很大差别。聚合物一般为高分子材料，与一般管道材料（混凝土，金属）相比，其抗腐蚀能力卓越，所以喷涂修复一般可以极大增强管道的抗腐蚀能力；强度高，可以喷涂一定厚度的喷涂材料，也可以实现结构性修复。

- 8.8.1 该技术起源于传统用水泥砂浆喷筑的方法，采用的材料为聚合物。
- 8.8.2 喷涂材料和基体的粘结强度决定于材料本身的性能，喷涂工艺，基体表面处理等因素。特殊腐蚀介质建议根据业主要求做专项抗腐蚀实验，饮用水管道要求应满足卫生要求。

8.9 机械制缠绕螺旋法

- 8.9.1 机械制螺旋缠绕法具有可带水作业、占地面积较小、组装便捷、施工速度快、施工机动灵活等优点，适合在复杂地理环境下施工，适合长距离的管道修复。表 8.9.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。
- 8.9.7 公母锁扣处嵌合牢固，如图 6 所示：

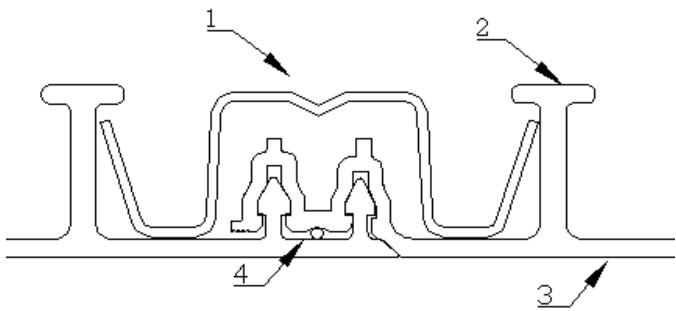


图 6 公母锁扣处嵌合牢固

1—钢带；2—型材外部 T 型肋；3—型材内表面；4—咬合后的公母锁扣

8.10 垫衬法

- 8.10.1 垫衬法是通过检查并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。
根据系统的结构不同，可通过多层内衬的组合达到结构所需的总厚度。同时，产生了多道设防、控制渗漏的管壁结构。
- 表 8.10.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。
- 8.10.2 对于多个井段连续修复施工的，施工后切割中间井的井内内衬部分；对于两井之间修复施工的，施工后切割同步施工的伸出工作井井壁多余内衬部分。
- 8.10.4 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 1440 r/min，搅拌时间：5min~6 min。

灌浆完成后，一段时间后方可将气囊膜拆除，其与天气的温度、湿度等因素有关。一般情况下，夏季至少为 24 h，冬季至少为 48 h。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。

8.11 短管内衬法

8.11.1 短管内衬法是在不开挖路面的情况下，利用检查井，将经过特殊加工的聚乙烯(PE)短管送到原有管道内，并用水泥浆对新管和原有管道之间的空隙进行填充，保证新、原有管道共同作用，从而实现对现况管道的修复，短管内衬法修复原理见图 7。

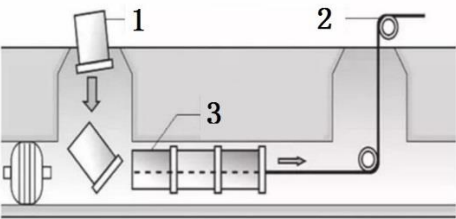


图 7 短管内衬法修复原理示意图

1—短管；2—索引索；3—内置短管

短管内衬施工一般采用卷扬机牵引就位的方法，但该方法存在施工控制困难、效率低等问题。因此根据实际条件，采用单向顶进方法施工，即在检查井内设置千斤顶和顶托，将管道先顶推撞口，然后沿着管道顶进到位，直至该段短管全部顶入现况管道中。

该方法具有下列特点：

- 1) 适用于污水检查井，操作简单方便；
- 2) 顶进设备少且轻便，可直接放置在运输车辆上，无需装卸，省时省力，具有一定的灵活性；
- 3) 施工速度快、质量有保证，可大量节约工期，同时保证施工质量，能够满足夜间施工要求，长为 50m~80m 的井段，6h 内能够敷设安装完成。

由于该施工工艺过程较简单，仅仅需要将短管送入原有管道内，通过液压设备顶推、撞合即可完成。对机械性能和动力要求也相对较低，短管内衬套管设备研制时，重点考虑顶推动力。

短管内衬所用管材为 HDPE 管、PE 管，管材物理力学性能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 中的规定。

表 8.11.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。

9 管道局部修复施工

9.2 管片内衬法

9.2.1 可以进入的大型管道或箱涵内，采用人力的方式在管道或箱涵内部拼装或组装模块，并在组装完成的管道和原有管道之间注入高强度的特殊水泥砂浆，使原有管道和模块组装管道结合形成一体化的复合结构的新管道。

表 9.2.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。

9.3 不锈钢双胀环法

9.3.1 本方法不适用于管道基础断裂、管道破裂、管道节脱呈倒栽式状、管道接口严重错位、管道线形严重变形等结构性缺陷严重损坏的修复。不适用于塑料材质管道。

9.3.3 在修复管道的底部两侧使用钻机进行钻孔，然后埋入注浆管进行压密注浆，待管道顶部有浆液流出结束。使注浆液充满土层内部及空隙，形成防渗帷幕，加强管周围的土体稳定，提高管基土体承载力。

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环的两侧接口处，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。

10 管道更新施工

10.2 碎（裂）管法

10.2.1 表 9.2.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。

10.2.2 静拉碎（裂）管施工示意图如图 8 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 8 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，因此根据现行行业标准《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 147 对切刀的位置进行了规定。

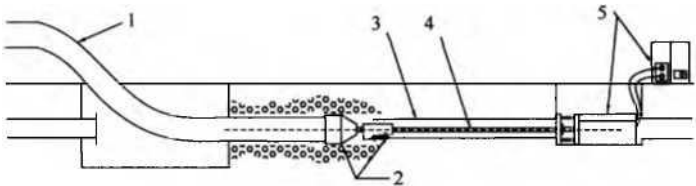


图 8 静拉碎（裂）管法示意图

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

10.2.3 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 9 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，主要是排水管道中的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，对周围地面造成振动，为了防止对周围管道或建筑造成影响，参照 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作了规定，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。

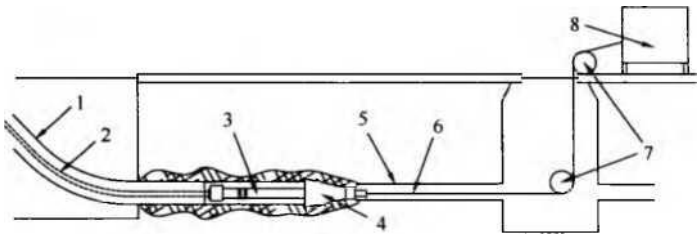


图 9 气动碎管示意图

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

10.2.4 管道拉入过程中润滑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 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。

10.2.5 应力恢复完后，在进管工作坑及出管工作坑中应对新管道与土体之间的环状间隙进行密封处理以形成光滑、防水的接头，密封长度不应小于 200mm。确保新管道与检查井壁恰当连接是至关重要的。

10.3 管道排出法

10.3.1 表 10.3.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。

10.4 顶管法

10.4.1 表 10.4.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。

10.5 水平定向钻法

10.5.1 表 10.5.1 参考《非开挖修复用塑料管道 总则》GB/T37862-2019。

10.5.2 参考《武汉地区水平定向钻法管道穿越技术规定》，在进行水平定向钻施工时，需加强实施水平定向钻法施工前对工程区域沿线构筑物、地下管线的确认工作，建议要求实施单位及时到现有管线所属单位调阅相关管线资料，并签署《管线保护协议》。

11 质量检验与工程验收

11.4 管道功能性试验

11.4.1 压力大于 0.2Mpa 管道内衬管安装完成、内衬管冷却到周围土体温度后，应按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定进行水压试验。鉴于目前闭水试验砌筑及拆除封堵工作量大、用水量大、时间长，闭气试验在国内外使用越来越多并且试验方便，对于管径不大于 1000mm 整体式修复排水管道优先使用闭气试验检验排水管道严密性。

11.4.8 关于闭气试验，现行国家标准《给排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 中对钢筋混凝土的管的闭气试验进行了规定，考虑本规程中包括 CIPP 等工艺的城镇排水管道整体非开挖修复技术对修复后管道严密性有保障，借鉴美国标准《Standard Test Method for Installation Acceptance of Plastic Gravity Sewer Lines Using Low-Pressure Air》ASTM F1417 对非开挖修复工程的内衬管闭气试验进行了规定。