

福州市城镇排水管道疏通、检测 及非开挖修复工程技术导则（试行）

2023年10月

目 录

前 言	1
1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	4
4 清疏内容	6
5 城镇排水管道清疏技术要求	8
5.1 一般规定	8
5.2 管道封堵	8
5.3 管道清疏	9
5.4 注意事项	10
6 城镇排水管道清疏方法	11
6.1 一般规定	11
6.2 城镇排水管道清疏、外运方法	11
6.3 注意事项	13
7 城镇排水管道检测	15
7.1 一般规定	15
7.2 城镇排水管道检测要求	15
7.3 城镇排水管道检测成果要求	20
8 非开挖修复工程要求	22
8.1 一般规定	22
8.2 非开挖修复改造重点	23
8.3 非开挖修复工艺选择	25
8.4 非开挖修复程序	25
8.5 非开挖修复管道预处理	26
9 穿插法施工	35
9.1 施工准备	35
9.2 施工	36
9.3 质量检验	37
10 原位固化法施工	39
10.1 材料和设备	39
10.2 施工准备	39
10.3 翻转法施工	40
10.4 拉入法施工	41
10.5 紫外光原位固化法工艺要求	42
10.6 点状原位固化法工艺要求	44
10.7 紫外光原位固化法质量检验	45
10.8 点状原位固化法质量检验	47
11 碎（裂）管法施工	49
11.1 材料与设备	49
11.2 施工准备	49
11.3 施工	50
11.4 质量检验	51

12	机械制螺旋缠绕法施工	53
	12.1 材料和设备	53
	12.2 施工准备	54
	12.3 施工	54
	12.4 质量检验	54
13	管片内衬法施工	56
	13.1 材料和设备	56
	13.2 施工准备	58
	13.3 施工	58
	13.4 质量检验	59
14	折叠内衬法施工	60
	14.1 材料	60
	14.2 施工准备	61
	14.3 施工	61
	14.4 内衬材料	62
	14.5 水翻工艺要求	63
	14.6 气翻工艺要求	65
	14.7 质量检验	66
15	缩径内衬法施工	68
	15.1 材料	68
	15.2 施工准备	68
	15.3 施工	69
	15.4 质量检验	69
16	不锈钢发泡筒法施工	70
	16.1 材料	70
	16.2 施工准备	70
	16.3 施工	70
	16.4 质量检验	71
17	喷涂法施工	72
	17.1 一般规定	72
	17.2 材料	73
	17.3 施工	74
	17.4 工艺要求	74
	17.5 质量验收	75
18	垫衬法施工	79
	18.1 一般规定	79
	18.2 内衬材料	79
	18.3 工艺要求	81
	18.4 质量检验	82
19	检查井的缺陷修复与改造	84
	附录 A 下井作业申请表和作业票	86
	附录 B 气体检测记录表	88
	附录 C 气囊检测记录表	89
	附录 D 工程洽商记录表	90

附录 E 原位固化内衬管道短期抗弯性能测试方法	91
E.1 一般规定	91
E.2 设备与测试参数	91
E.3 样品的形状与尺寸大小	91
E.4 步骤	92
E.5 计算与结果表示	93
E.6 测试报告	95
附录 F 原位固化内衬管壁密实性试验方法	97
附录 G 带状型材测试方法	99
G.1 刚度系数测试	99
G.2 管道接口严密性压力测试	99
附件 H 安全防护与毒气防护	102
H.1 安全防护总体要求	102
H.2 毒气防护总体要求	103
H.3 防护设备与用品	103
本导则用词说明	105

前 言

编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本导则。

本导则的主要技术内容：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.清疏内容；5.城镇排水管道清疏技术要求；6.城镇排水管道清疏方法；7.城镇排水管道检测；8.非开挖修复工程要求；9.穿插法施工；10.原位固化法施工；11.碎（裂）管法施工；12.机械制螺旋缠绕法施工；13.管片内衬法施工；14.折叠内衬法施工；15.缩径内衬法施工；16.不锈钢发泡筒法施工；17.喷涂法施工；18.垫衬法施工；19.检查井的缺陷修复与改造。

本导则由福州市规划设计研究院集团有限公司负责管理，福州大学负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，并将意见和建议寄送福州大学（地址：福建省福州市闽侯上街镇学园路2号福州大学土木工程学院，邮编：350108）。

主编单位：福州市规划设计研究院集团有限公司。

参编单位：福州市城乡建设局、福州市城区水系联排联调中心、福州水务集团有限公司、福州城建设计研究院有限公司、福州市城市排水有限公司、福州市勘测院有限公司、福建工大岩土工程研究所有限公司、福州大学。

主要起草人：高尚、林功波、高小平、康得军、陈文集、徐彤生、林明波、肖友淦、赖茂顺、周娉婷、吴荣屏、赵琳、李波、吴锦琰、黄宇洲。

福州市城镇排水管道疏通、检测及非开挖修复工程技术导则（试行）

1 总则

为指导城镇排水管道疏通工作，规范工作流程，统一施工标准，有效指导污水处理提质增效，预防安全生产事故发生，保证城镇污水管网的健康、有序发展，使工程人员有章可循，管理者有据可依，根据福建省城镇排水管网疏通工作中所遇到的实际问题与需要制定本技术导则。

本导则适用于福州市范围内既有的城镇排水管道及其附属构筑物疏通、检测和非开挖修复工程，规定排水管道及其附属构筑物疏通，检测及非开挖修复方法和范围，排水管道疏通、检测及非开挖修复方法的内容、流程及工作要求；省内其他地方可以参考执行。

排水管道疏通、检测及非开挖修复，除应按本导则执行外，尚应符合国家、行业和地方现行有关标准和规范的规定。

2 术语

2.0.1 管段 Pipe Section

两个相邻检查井之间的管道。

2.0.2 清疏 Pipe Dredging

采用高压冲洗车、人工清掏或冲吸联合吸污车等方式对需要检测管网进行清理疏通。

2.0.3 电视检测 Closed Circuit Television Inspection

采用闭路电视系统进行管道检测的方法，简称 CCTV 检测。

2.0.4 声纳检测 Sonar Inspection

采用声波探测技术对管道内水面以下的状况进行检测的方法。

2.0.5 管道潜望镜检测 Pipe Quick View Inspection

采用管道潜望镜在检查井内对管道进行检测的方法，简称 QV 检测。

2.0.6 结构性缺陷 Structural Defect

管道结构本体遭受损伤，影响强度、刚度和使用寿命的缺陷。

2.0.7 功能性缺陷 Functional Defect

导致管道过水断面发生变化，影响畅通性能的缺陷。

2.0.8 修复指数 Rehabilitation Index

依据管道结构性缺陷的类型、严重程度、数量以及影响因素计算得到的数值。数值越大表明管道修复的紧迫性越大。

2.0.9 原位固化法 Cured In Place Pipe Method

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。

2.0.10 紫外光原位固化法 UV Cured In Place Pipe Method

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

2.0.11 螺旋缠绕法 Lining With Spirally-wound Pipes Method

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。

2.0.12 垫衬法 Lining With A Rigidly Anchored Plastics Inner Layer-method

将带锚固键的塑料垫衬做成一条新的管道内衬，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。

2.0.13 碎（裂）管法 Pipe Bursting Method

采用碎（裂）管设备从内部破碎或割裂原有管道，将原有管道碎片挤入周围土体形成管孔，并同步拉入新管道的方法。

2.0.14 点状原位固化法 Spot Cured In Place Pipe Method

将经树脂浸透后的织物缠绕在修复气囊上，拉入到待修复位置，修复气囊充气膨胀后使树脂织物压粘于管道内壁上保持压力，待树脂固化后形成内衬筒的修复方法，简称点状 CIPP 法。

2.0.15 不锈钢发泡筒法 Stainless Steel Foam Sleeve

在管道局部损坏处安装一个外附吸附发泡胶海绵的不锈钢套筒，发泡胶膨胀后在旧管道和不锈钢套筒之间形成密封性接触的管道修复方法。

2.0.16 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，包括不锈钢发泡筒法、点状原位固化法。

3 基本规定

3.0.1 从事城镇排水管道疏通、检测及非开挖修复的单位应具备相应的资质，检测人员应具备相应的资格。

3.0.2 城镇排水管道疏通、检测及非开挖修复所用的仪器设备应有产品合格证、检定机构的有效检定（校准）证书。新购置、经过大修或长期停用后重新启用的设备，投入检测前应进行检定和校准。

3.0.3 管道疏通、检测及非开挖应根据现场的具体情况和检测设备的适应性进行选择。当一种方法不能完全适应管道状况时，可联合采用多种方法。

3.0.4 管道检测评估应按下列基本程序进行：

- a) 接受委托；
- b) 现场踏勘；
- c) 检测前的准备；
- d) 现场检测；
- e) 内业资料整理、缺陷判读、管道评估；
- f) 编写检测报告。

3.0.5 检测单位应按要求，收集待检测管道区域内的相关资料，组织技术人员进行现场踏勘，掌握现场情况，制定检测方案，做好检测准备工作。

3.0.6 管道检测前应搜集下列资料：

- a) 已有的排水管线图等技术资料；
- b) 管道检测的历史资料；
- c) 待检测管道区域内相关的管线资料；
- d) 待检测管道区域内的工程地质、水文地质资料；
- e) 评估所需的其他相关资料。

3.0.7 检测方案应包括下列内容：

- a) 检测的任务、目的、范围和工期；
- b) 待检测管道的概况（包括现场交通条件及对历史资料的分析）；
- c) 检测方法的选择及实施过程的控制；
- d) 作业质量、健康、安全、交通组织、环保等保证体系与具体措施；
- e) 可能存在的问题和对策；

- f) 工作量估算及工作进度计划;
- g) 人员组织、设备、材料计划;
- h) 拟提交的成果资料。

3.0.8 现场检测程序应符合下列规定:

- a) 检测前应根据检测方法的要求对管道进行预处理;
- b) 应检查仪器设备;
- c) 应进行管道检测与初步判读;
- d) 检测完成后应及时清理现场、保养设备。

3.0.9 管道检测影像记录应连续、完整,录像画面上方应含有“任务名称、起始井及终止井编号、管径、管道材质、检测时间”等内容,并宜采用中文显示。

3.0.10 现场检测时,应避免对管体结构造成损伤。

3.0.11 现场检测过程中宜采取监督机制,监督人员应全程监督检测过程,并签名确认检测记录。

3.0.12 管道检测工作宜与卫星定位系统配合进行。

3.0.13 排水管道检测时的现场作业应符合《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6-2009 的有关规定。现场使用的检测设备,其安全性能应符合《爆炸性环境 第 15 部分:电气装置的设计、选型和安装》GB/T 3836.15-2017 的有关规定。现场检测人员的数量不得少于 2 人。

3.0.14 排水管道检测时的现场作业应符合《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68-2016 的有关规定。

3.0.15 当检测单位采用自行开发或引进的检测仪器及检测方法时,应符合下列规定:

- a) 该仪器或方法应通过技术鉴定,并具有一定的工程检测实践经验;
- b) 该方法应与已有成熟方法进行过对比试验;
- c) 检测单位应制定相应的检测细则;
- d) 在检测方案中应予以说明,必要时应向委托方提供检测细则。

3.0.16 现场检测完毕后,应由相关人员对检测资料进行复核并签名确认。

3.0.17 检测成果资料归档应按国家现行的档案管理的相关标准执行。

4 疏通内容

雨污水管道堵水主要是对施工单元上下游进行封堵。降水主要是通过水泵等降水设备降低施工管段内的水位,以创造清淤及管道内窥检测的条件,在确认上游各个支管完全封堵后,临时降水至管道底 10cm 左右并时刻留意封堵后的上游水位。管道疏通是对雨污水管道内的淤泥以及障碍物的疏通,以满足管道内窥检查“管道内无淤积阻塞物”的条件。淤泥外运是指疏通后产生的淤泥杂物等废弃物通过专业运输设备外运至指定处置地点。

4.0.1 安全围挡:工程施工前,需对作业范围内管段含机器设备全封闭围挡,围挡迎车方向设置路锥、导流灯、警示灯、警示牌、项目告示牌,夜间施工时配备警示闪光灯等。防止闲杂人员进入施工现场,施工人员需配备安全帽、工作服等安全施工用品。围挡的周期同各个管段作业时间。

4.0.2 落实“作业票”制度。下井作业人员必须经过专业安全技术培训、考核,具备下井作业资格,并应掌握人工急救技能和防护用具、照明、通信设备的使用方法,填写作业票后,才进入井内作业。作业单位应为下井作业人员建立个人培训档案。(强条)井下作业必须履行审批手续,执行当地的下井许可制度。(强条)井下作业的《下井作业申请表》及下井许可的《下井安全作业票》宜符合本导则附录 A 的规定。

4.0.3 通风、毒气检测。施工人员进入检查井前,必须对井室进行强制通风和持续通风,使大气中的氧气进入检查井中或用鼓风机进行不间断换气通风,并搅动井室内积水,检测井室上、中、下位置气体的安全水平,达到安全要求方可让施工人员进入井内,施工过程中,井边、井中、管中施工作业全程严禁烟火,同时井上应配备懂得应急救援的监护人员。

现场施工人员应填好《气体检测记录表》宜符合本导则附录 B 的规定,保证下井作业的全过程、持续性监测。

4.0.4 疏通检查井

a) 在下井施工前对施工人员安全措施安排完毕后,对检查井内剩余的砖、石、部分淤泥等残留物进行人工清理;

b) 对于井内空间狭小的检查井,可用短把铁锹在井内铲泥,灰桶装运至井上,倒入运输车,运至指定土场;

c) 对井内流状稀泥可采用吸污车将稀泥吸出清理。

4.0.5 封堵

d) 需了解堵水管道的水流情况、上游水流来源、管道分布情况、各支线管道及其水流

情况以及相关泵站水压控制、泵站调水时间等。

e) 在封堵时可将六个井位组成一个清疏单元进行清疏。

f) 在清疏单元的上下游两端根据管径大小及现场实际情况采用不同方式进行封堵。首先对单元内的各支管口实施封堵，然后自上而下地对检查井管口进行封堵，现场施工人员应填好《气囊检测记录表》。《气囊检测记录表》宜符合本导则附录 C 的规定。

4.0.6 降水。管道封堵后，利用潜水泵及泥浆泵放置在检查井内，开始抽水，派专人看管抽水泵，防止水泵抽水时管道内一些生活垃圾、建筑垃圾卡住水泵扇叶。待管道内水位降至可进行管道清洗疏通作业条件。

4.0.7 淤积度确认。待水泵降水至液面上无法降水时，宜采用连续吸污法进行二次降水至淤积面，确保淤积初步呈流塑状态，以减少水分对淤积及外运带来额外的量。宜采用塔尺记录管道淤积程度，并留有影像资料。

4.0.8 清疏管道。清疏管道方法应按小型管、中型管、大型管、特大型管等类型采用不同的清疏方法。一般可采用人工与机械相结合的清疏方式使管道达到 CCTV 检测的条件。排水管道类型的划分见表 4.0.8。

表 4.0.8 排水管道管径大小划分表 (mm)

类型	小型管	中型管	大型管	特大型管
管径	$d < 600$	$600 \leq d < 1000$	$1000 \leq d < 1500$	$d > 1500$

4.0.9 清疏过程中产生的污水不得直接排至市政雨水管及内河。

4.0.10 在进行淤泥外运时，含水率较高的污泥宜使用污泥车外运至指定地点晾晒，硬质杂质、砂石等含水率较低的污泥宜使用人工装袋的方式暂时存储至路边，当天清疏工作完成后将袋装淤泥外运至指定处置地点。

4.0.11 淤泥及垃圾要袋装集中临时堆放，并以路段为单元作业完成后通过密闭的垃圾运输车外运至指定的处置地点，保证淤泥及垃圾临时堆放不影响交通、环境卫生，运输及处理过程中不造成滴洒漏等二次污染。

4.0.12 清疏作业单位需根据实际情况配备所需的清疏设备、检测设备及运输设备以保证工作顺利开展。

4.0.13 同一条排水管道上，存在多个作业班组同时作业，当上游班组先完成施工不得私自拆堵，应报告现场管理人员或项目部统筹协调拆堵。

4.0.14 场地清理。清理完一个清疏单元后，清疏作业单位需将不易清理干净的碎土及工具不易清理的地方冲洗干净，确保彻底清理，同时不可将渣土、淤泥等清疏杂物留在工作现场，做到日产日清，当日完成一个清疏单元的清疏工作后均将施工地况恢复为工作前的施工地况。

5 城镇排水管道疏通技术要求

5.1 一般规定

在进行疏通施工前，疏通作业需先现场摸查，探明干管、支管管道及检查井淤积堵塞情况、水流量情况。疏通时自上游向下游清理疏通管道，以免上游来水对管道造成二次淤积。

5.2 管道封堵

在施工管段进行封堵时，应综合考虑水头、管径、水流及作业时间长短、管道埋深、管内压力等因素现场确定。对于水头小、管内压力小、水流小、管径小、管道埋深浅及作业时间短等危险性小的管段可采用气囊封堵法，对于水头大、管内压力大、水流大、管径大、管道埋深较深及作业时间长等危险性大的管段宜采用墙体封堵法或者采用双气囊封堵。

5.2.1 气囊封堵法

为保证施工安全性，气囊封堵法采用的气囊均为水头高度 4~6m 以上的高压气囊，宜使用双气囊封堵以增加作业安全性。

污水管道封堵原理是根据实际管道情况和管内水流强度，为避免因封堵时间过长造成上游积水产生的水压对下游施工人员造成威胁，因此封堵的距离根据实际情况确定，并按先上游、交汇井各个入水口封堵。封堵之前将所要施工路段范围内的井盖打开并放置围护栏或醒目标志，用气体检测仪对井内的气体加以检测，确保无有毒气体后方可开始下井封堵，必须配备氧气进行施工作业。由于管线内存在较多支管的出水口，可在潜水封堵段内（在工地管段）采用橡胶气囊辅助封堵技术，便于施工顺利开展，也避免部分井位的高程差而造成排水不安全，影响疏通正常进行。

在疏通管段上游、下游检查井分别进行气囊封堵（有支管应同时进行封堵），截断所有进水源，同时对上游检查井进行调水，控制上游水位，降低气囊承受压力，提高作业安全性。

对水位较浅的管段，先进行检查井通风，有毒气体检测合格后，穿防水服下井封堵。对水位较深的，穿潜水服进行潜水封堵。气囊封堵完成后，在封堵期间需专人看管，保证井室的强制通风、持续通风，对下井作业的持续检测并杜绝任何火源，定时检查气囊压力表及管道内水位情况，是否有泄压情况并及时补压。

5.2.2 墙体封堵法

封堵的墙体材料一般选用烧结普通粘土砖（推荐规格 240×120×60）或混凝土预制块（推荐规格 500×200×100）。DN600 以内管径封堵墙厚度为 240mm，DN600~DN1000 管径封堵墙厚度为 500mm 以内，DN1000 以上管径封堵墙厚度根据水头高度、水流大小及施工周期

的长短等现场情况确定。封堵墙位置根据清疏实际需要现场确定。墙体封堵应注意，为了保证墙体强度及施工安全，墙体封堵时应采取预留导流口、调水及气囊封堵等措施，以平衡上、下游管段的水位。

对水位较浅的管段，先进检查井通风，有毒气体检测合格后，穿防水服下井封堵。对水位较深的，穿潜水服潜水封堵。

管道清疏后的封堵物清除工作应委托有资质的潜水员操作，并必须符合以下规定：

- a) 下井作业人员必须佩戴压缩空气的隔离式防护装具、佩戴安全绳、潜水电话、着装下梯；
- b) 井下操作人员下井后，井上安全监护人员通过潜水电话取得联系；
- c) 检查实际管道位置并告知井上安全监护人员；
- d) 在井口安排至少 2 名安全监护人员，与井下作业人员进行交流，并将复合式气体测量仪置于井内，一旦复合式气体测量仪报警，应立即要求井下作业人员停止作业，返回井上；
- e) 下井作业人员连续工作一般不得超过 1 小时。

5.3 管道清疏

5.3.1 管道宜采用高压水射流进行清疏。

5.3.2 采用高压水射流管道清疏时应符合下列规定：

- 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) 喷射水流不宜在管道内壁某一局部停留过长时间；
- c) 对严重腐蚀管道应试喷确定合适压力后方可整段清洗；
- d) 对存在塌陷或空洞管段，不得用高压水流冲洗暴露的土体；
- e) 当管道直径大于 1000mm 时，可采取人工进入管内进行高压水射流清洗疏通，高压水射流的压力不应破坏原有管道；
- f) 人工进入管内高压水射流作业应符合《高压水射流清洗作业安全规范》GB/T 26148-2010 的有关规定。

26148-2010 的有关规定。

5.3.3 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 5.3.3 取值。

表 5.3.3 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、铝质物体	21
疏松混凝土、砂石和泥土层、疏松漆层和锈层	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（硬质沉积可判病害，是否要清理，此压力是否伤管）

5.3.4 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《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68-2016 中的有关规定，污水应合规排放至规定地点。

5.4 注意事项

如需采取围堰措施的，需保证安全及牢固，同时需做好围堰时的上下游导水组织，不能造成上游路面因围堰导致雨、污水外溢至路面。若在清疏围堰期间遇到台风暴雨等极端天气，需立即将围堰措施去除，以保障城区整体排水系统的畅通有效。

6 城镇排水管道疏通方法

6.1 一般规定

根据建设单位、监理单位及设计单位确定的需疏通检测管段，施工时需将现状排水管道中存在的泥沙、淤泥、垃圾、砂石、硬质结块等管内淤堵物从管道中清除，运至建设单位指定点处理。

6.2 城镇排水管道疏通、外运方法

综合考虑疏通管道导致交通压力、与内河的距离、管内水位、管径及淤积量体积占比大小等因素，采用以下几种方式疏通、外运。

6.2.1 高压冲洗车+普通吸污车疏通

施工方法：将管道内淤积采用高压冲洗车（见图 6.2.1-1）冲洗至检查井，吸污车（见图 6.2.1-2）运至中转点或指定点倾卸。

适用范围：适用于本工程修复前的管道冲洗施工，且修复前的管道内淤积量在 10~15%左右。



图 6.2.1-1 高压冲洗车



图 6.2.1-2 吸污车

6.2.2 高压冲洗车+人工下井清掏+弃运

施工方法：将管道内淤积物采用高压冲洗至检查井后停止冲洗，在井内进行通风及井内有毒气体检测合格后，人工下井铁漏瓢清掏并装袋后弃运（见图 6.2.2）。

适用范围：适用于淤积量大于 10%且小于 30%的待疏通检测管段。



图 6.2.2 下井人工清掏

6.2.3 管井人工清掏+弃运

施工方法：对需要疏通的管道及检查井实施通风，有毒气体检测合格后，采用人工下井、进管清掏，装袋提升后弃运。

适用范围：此方法适用于宽度小于 3m 且疏通设备无法进入的道路，或者井深大于吸污设备扬程的检查井、管径大于 DN1200 的雨、污水管段。

6.2.4 冲洗联合吸污车疏通+外运

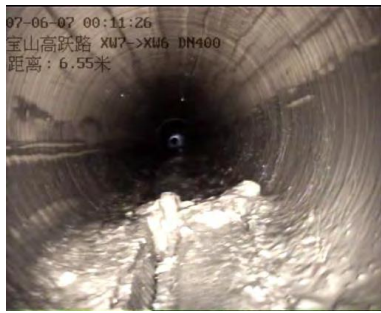
施工方法：将管道内的淤积物采用冲吸联合吸污车对管道进行清洗至检查井，同时此设备将淤积物吸取至罐内，边冲洗边吸污，通过设备罐内分离系统将污水分离后同步排放，罐内淤积物装满后运至中转点倾卸。

适用范围：适用于城区或交通干扰较大的路段，一般淤积量体积占比大于 30%、道路宽度大于 3m、井深小于 10m 及管径小于 DN1200 适合冲吸联合吸污车（见图 6.2.4-1）作业的管段。



图 6.2.4-1 冲吸联合吸污车

管道内淤积量体积占比样图见图 6.2.4-2。



(a) 体积占比 20~30%



(b) 体积占比 30~40%



(c) 体积占比 40~50%



(d) 体积占比大于 50%

图 6.2.4-2 管道内淤积量体积占比样图

6.3 注意事项

6.3.1 雨、污水管道疏通后积泥深度不得超过管径的 1/10，同时积泥总深度不超过 50mm。

检查井等附属设施疏通后井壁清洁无结垢(目视检查)，井底无硬块，积泥深度不超过 50mm。

6.3.2 在管道疏通时，若遇到硬性混凝土沉淀形成连片的沉积层或其他无法处理的特殊情况，无法达到正常排水要求，应及时确认，形成洽商记录（《工程洽商记录表》见附录 D）作为管道后续处理的文件依据。若遇到管道三级以上（含三级）结构性和功能性缺陷，疏通单位需立即上报。

6.3.3 疏通作业单位需按工期要求合理配置现场负责人及施工人员。

6.3.4 在系统地排查疏通后，对存在结构受损、井盖无法开启、属性标识错误等问题的旧井盖（含被埋没井盖的探查及恢复整改），更换为注有权属单位、属性标识的井盖。

6.3.5 企业应严格遵守受限空间作业八条注意事项：

- a) 作业必须履行审批手续；
- b) 作业前必须进行危险有害因素辨识，并将危险有害因素、防控措施和应急措施告知作业人员；
- c) 必须采取通风措施、保持空气流通；
- d) 必须对有限空间的氧浓度，有毒有害气体（如一氧化碳、硫化氢等）浓度等进行检

测，检测结果合格后，方可作业；

- e) 作业现场必须配备呼吸器、通讯器材、安全绳索等防护设施和应急装备；
- f) 作业现场必须配备监护人员；
- g) 作业现场必须设置安全警示标志，保持出入口畅通；
- h) 严禁在事故发生后盲目施救。

6.3.6 应急救援：

- a) 非进入式救援：通过安全绳和安全带将井下的作业人员拖拽上来；
- b) 进入式抢救：在井口进行连续通风以及气体浓度检测，切勿盲目施救，救援人员要佩戴好正压式呼吸器或长管式呼吸器，穿戴好安全绳，安全带，安全帽，在具备可靠的防护条件时，等待现场负责人确认再进行下井救援。
- c) 将中毒或窒息人员救离受害地点至地面后，放置通风良好的地点，如果无心跳应马上进行心肺复苏术急救，并呼救 120 急救车，急救措施要坚持到救援医生的到达，上报上级领导。

7 城镇排水管道检测

7.1 一般规定

7.1.1 城镇排水管道检测所用的仪器和设备应在检定和校准的有效期内。

7.1.2 管网检测主要是查明管道结构性缺陷和功能性缺陷，应以仪器检测为主要方法，包括电视检测、声纳检测和管道潜望镜检测等。检测应严格按照《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181-2012 的要求执行。

7.1.3 根据管网调查结果，优先对入渗严重的过河管道、河底敷设管道、沿河敷设管道，以及管龄长、沿程水位变化异常的管道进行检测。

7.1.4 重点存在以下情况的管道进行结构性缺陷和功能性缺陷检测：

- a) 近两年出现过漫溢或地面下沉的排水管道；
- b) 轨道交通、人防设施或其他大型建筑工地周边排水管道；
- c) 城市主干道路、商业中心、城市地标或其他重要地段排水管道；
- d) 管龄超过十年的排水管道；
- e) 波纹管、玻璃钢夹砂管等排水管道；
- f) 埋设于淤泥土、淤泥质土和粉砂等地质条件较差土层的排水管道。

7.1.5 建立定期巡查巡视机制，如查看排水管沿线的井盖及地面是否存在沉降、塌陷等不利现象，在巡查巡视结果的基础上进行针对性的管线内部检测。

7.1.6 为了保证排水管道可溯源，排水管道表面应有明确、清晰的永久性标识，或植入可溯源的 RFID 技术芯片。永久性标识应包括管材生产企业生产标准、生产日期、环刚度、批号等相关信息，也可以把相关信息集成于芯片，采用射频识别技术实现管材在埋地回填后的信息采集和动态监管功能。

7.2 城镇排水管道检测要求

7.2.1 检测时通常先管道疏通，保证设备的正常运行。

7.2.2 检测方法应根据现场情况和检测设备的适应性进行选择，当一种检测方法不能全面反映管道状况时，可采用多种方法联合检测，如采用基于二维激光雷达、电视检测与声纳检测综合的城镇排水管道非开挖联合检测方法。

7.2.3 在检测过程中发现缺陷时，应将设备在完全能够解析缺陷的位置至少停止 10s，确保所拍摄的图像清晰完整。录像资料不应产生画面暂停、间断记录、画面剪接的现象。

7.2.4 检测影像拍摄时，应按照顺序连续拍摄地面参照物、信息牌（注明道路名称、管段起

止检查井编号、检测日期等)、检查井盖(必须包括井盖铰接处)、检查井室及支管接入情况等。具体地,对于需要连续拍摄的三段管和四段管,第一段管在拍摄地面参照物后,应对第二段相连管段进行拍摄,保证有管段间的相邻重复影像即可。

7.2.5 管道检测影像记录应真实、准确、连续、完整,录像画面上方应含有“任务名称、起始井及终止井编号、管径、管道材质、检测时间”等内容,检测成果略图中应标明管道性质、缺陷位置和排水流向等信息,缺陷类别宜采用相应缺陷符号表示,并填写管道缺陷问题统计表。

7.2.6 通过常规方法难以判定管道渗漏情况时,宜在雨后地下水位较高时进一步检测。对于平面位置较近的雨、污水管道,还可采用人工模拟方法提高地下水位进一步检测:用气囊等封堵雨、污水管道,抽干污水管道,向雨水管道注水至管顶以上,并在一定时间内保持水位不变。观察雨、污水管道内水位变化情况,若发现明显水位变化,则判定为管道或检查井渗漏,通过目视或电视检测确定具体渗漏位置。

7.2.7 管道检测时的现场作业应符合行业标准《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6-2009和《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68-2016的有关规定;现场使用的检测设备,其安全性能应符合国家标准《爆炸性环境 第15部分:电气装置的设计、选型和安装》GB/T 3836.15-2017。

7.2.8 电视检测

7.2.8.1 一般规定

- a) 适用范围:管道内水位较低状态下的检测;
- b) 电视检测不应带水作业。当现场条件无法满足时,应采取降低水位措施,确保管道内水位不大于管道直径的20%;
- c) 当管道内水位不符合上述要求时,检测前应对管道实施封堵、导流,使管内水位满足检测要求;
- d) 在进行结构性检测前应对被检测管道作疏通、清洗;
- e) 当有下列情形之一时应中止检测:爬行器在管道内无法行走或推杆在管道内无法推进时;镜头沾有污物时;镜头浸入水中时;管道内充满雾气,影响图像质量时;其他原因无法正常检测时。

7.2.8.2 检测设备

- a) 摄像镜头应具有平扫与旋转、仰俯与旋转、变焦功能,摄像镜头高度应可以自由调整;

b) 爬行器应具有前进、后退、空挡、变速、防侧翻等功能，轮径大小、轮间距应根据被检测管道的大小进行更换或调整；

c) 主控制器应具有在监视器上同步显示日期、时间、管径、在管道内行进距离等信息的功能，并应可以进行数据处理；

d) 灯光强度应能调节；

e) 检测设备应结构坚固、密封良好，能在 0~50℃的气温条件下和潮湿的环境中正常工作；

f) 检测设备应具备测距功能，电缆计数器的计量单位不应大于 0.1m。

7.2.8.3 检测方法

a) 爬行器的行进方向宜与水流方向一致；

b) 管径不大于 200mm 时，直向摄影的行进速度不宜超过 0.1m/s；管径大于 200mm 时，直向摄影的行进速度不宜超过 0.15m/s；

c) 检测时摄像镜头移动轨迹应在管道中轴线上，偏离度不应大于管径的 10%。当对特殊形状的管道进行检测时，应适当调整摄像头位置并获得最佳图像；

d) 将载有摄像镜头的爬行器安放在检测起始位置后，在开始检测前，应将计数器归零。当检测起点与管段起点位置不一致时，应做补偿设置；

e) 每一管段检测完成后，应根据电缆上的标记长度对计数器显示数值进行修正；

f) 直向摄影过程中，图像应保持正向水平，中途不应改变拍摄角度和焦距；

g) 在爬行器行进过程中，不应使用摄像镜头的变焦功能，当使用变焦功能时，爬行器应保持在静止状态。当需要爬行器继续行进时，应先将镜头的焦距恢复到最短焦距位置；

h) 侧向摄影时，爬行器宜停止行进，变动拍摄角度和焦距以获得最佳图像；

i) 管道检测过程中，录像资料不应产生画面暂停、间断记录、画面剪接的现象；

j) 在检测过程中发现缺陷时，应将爬行器在完全能够解析缺陷的位置至少停止 10s，确保所拍摄的图像清晰完整；

k) 对各种缺陷、特殊结构和检测状况应作详细判读和量测，并填写现场记录表。

7.2.8.4 CCTV 检测流程

现场勘查资料的收集→制定检测方案→管道准备→检测现场情况，做好影像资料采集工作→判断分析影像→总结数据→打印检测报告。

7.2.8.5 影像判读

- a) 缺陷的类型、等级应在现场初步判读并记录。现场检测完毕后，应由复核人员对检测资料进行复核；
- b) 缺陷尺寸的判定可依据管径或相关物体的尺寸；
- c) 无法确定的缺陷类型或等级应在评估报告中加以说明；
- d) 缺陷图片宜采用现场抓取最佳角度和最清晰图片的方式，特殊情况下也可采用观看录像截图的方式；
- e) 对直向摄影和侧向摄影，每一处结构性缺陷抓取的图片数量不应少于 1 张。

7.2.8.6 检测质量评定

检测工作重点在影像资料的判读和分析。针对检测采集的高清影像资料需要专业技术人员按规范要求进行质量评定管道缺陷等级分为 1 至 4 级，病害类型可分为：结构性缺陷和功能性缺陷。结构性功能缺陷的具体表现为异物穿入、腐蚀、错口、变形和支管暗接等等。功能性缺陷的具体表现为残墙坝根、沉积、结垢和浮渣等等。

7.2.8.7 基于激光测量的电视检测

基于激光测量的电视检测方法就是在电视检测操作流程中，增加激光测量操作。利用激光测量设备对诸如管道缺陷的长度、宽度、面积以及淤积占管道断面的百分比等等在设备精度下进行测量，准确测取并计算上述各项参数，排除传统电视检测人员目测估出所带来的主观随意性，提高测量的准确性和稳定性，实现科学检测。

激光测量一般通过硬件、软件和操作三个部分的综合作用来完成。硬件主要实现基础测量和数据存储功能。软件实现对基础测量数据的采集、记录、计算、生成管道缺陷测量图片等功能。通过软件，在测量图片上可以对目标对象进行所需的各种测量和计算。操作则包括对测量图片的正确截取和对二次测量对象的准确卡定。通过以上三个步骤的操作，可实现对管道缺陷参数的科学测算。

7.2.9 声纳检测

7.2.9.1 一般规定

- a) 适用范围：管道内水位较高状态下的检测；
- b) 声纳检测时，管道内水深应大于 300mm；
- c) 当有下列情形之一时应中止检测：探头受阻无法正常前行工作时；探头被水中异物缠绕或遮盖，无法显示完整的检测断面时；探头埋入泥沙致使图像变异时；其他原因无法正常检测时。

7.2.9.2 检测设备

- a) 检测设备应与管径相适应，探头的承载设备负重后不易滚动或倾斜；
- b) 声纳系统的主要技术参数应符合下列规定：扫描范围应大于所需检测的管道规格；125mm 范围的分辨率应小于 0.5mm；每密位均匀采样点数量不应小于 250 个；
- c) 设备的倾斜传感器、滚动传感器应具备在 $\pm 45^\circ$ 内的自动补偿功能；
- d) 设备结构应坚固、密封良好，应能在 0~40℃ 的温度条件下正常工作。

7.2.9.3 检测方法

- a) 检测前应从被检管道中取水样通过实测声波速度对系统进行校准；
- b) 声纳探头的推进方向宜与水流方向一致，并应与管道轴线一致，滚动传感器标志应朝正上方；
- c) 声纳探头安放在检测起始位置后，在开始检测前，应将计数器归零，并应调整电缆处于自然绷紧状态。传感器标志应朝正上方；
- d) 声纳检测时，在距管段起始、终止检查井处应进行 2~3m 长度的重复检测；
- e) 承载工具宜采用在声纳探头位置镂空的漂浮器；
- f) 在声纳探头前进或后退时，电缆应保持自然绷紧状态；
- g) 探头行进速度不宜超过 0.1m/s。在检测过程中应根据被检测管道的规格，在规定采样间隔和管道变异处探头应停止行进、定点采集数据，停顿时间应大于一个扫描周期；
- h) 以普查为目的的采样点间距宜为 5m，其他检查采样点间距宜为 2m，存在异常的管段应加密采样。

7.2.9.4 轮廓判读

- a) 规定采样间隔和图形变异处的轮廓图应现场捕捉并进行数据保存；
- b) 经校准后的检测断面线状测量误差应小于 3%；
- c) 声纳检测截取的轮廓图应标明管道轮廓线、管径、管道积泥深度线等信息；
- d) 管道沉积状况纵断面图中应包括：路名（或路段名）、井号、管径、长度、流向、图像截取点纵距及对应的积泥深度、积泥百分比等文字说明。纵断面线应包括：管底线、管顶线、积泥高度线和管径的 1/5 高度线（虚线）；
- e) 声纳轮廓图不应作为结构性缺陷的最终评判依据，应采用电视检测方式予以核实或以其他方式检测评估。

7.2.10 管道潜望镜检测

7.2.10.1 一般规定

- a) 适用范围：适用于设备安放在管道口位置进行的快速检测；

- b) 管道潜望镜检测宜用于对管道内部状况进行初步判定;
- c) 管道潜望镜检测时, 管内水位不宜大于管径的 1/2, 管段长度不宜大于 50m;
- d) 有下列情形之一时应中止检测: 管道潜望镜检测仪器的光源不能够保证影像清晰度时; 镜头沾有泥浆、水沫或其他杂物等影响图像质量时; 镜头浸入水中, 无法看清管道状况时; 管道充满雾气影响图像质量时; 其他原因无法正常检测时。

7.2.10.2 检测设备

- a) 管道潜望镜检测设备应坚固、抗碰撞、防水密封良好, 应可以快速、牢固地安装与拆卸, 应能够在 0~50℃的气温条件下和潮湿、恶劣的排水管道环境中正常工作;
- b) 录制的影像资料应能够在计算机上进行存储、回放和截图等操作。

7.2.10.3 检测方法

- a) 镜头中心应保持在管道竖向中心线的水面以上;
- b) 拍摄管道时, 变动焦距不宜过快。拍摄缺陷时, 应保持摄像头静止, 调节镜头的焦距, 并连续、清晰地拍摄 10s 以上;
- c) 拍摄检查井内壁时, 应保持摄像头无盲点的均匀慢速移动。拍摄缺陷时, 应保持摄像头静止, 并连续拍摄 10s 以上;
- d) 对各种缺陷、特殊结构和检测状况应作详细判读和记录;
- e) 现场检测完毕后, 应由相关人员对检测资料进行复核并签名确认。

7.3 城镇排水管道检测成果要求

7.3.1 应对检测管段进行内业数据处理、检测评估、数据转换与加工, 及时生成相关管段的成果资料及入库成果数据并提交至本地排水行政主管部门, 入库成果数据格式要满足本地排水防涝地理信息系统的需要。

7.3.2 检测报告: 包括任务来源、检测与评估的目的和要求、被检管段的平面位置图、被检管段的地理位置、检测日期、检测结果描述、实际完成的工作量等。

7.3.3 排水管道检测成果表: 包括管段的编号、材质、管径、长度、检测结果、管段评估状况等信息。

7.3.4 排水管道检测管位略图: 要反映出检查井所处的位置、各检查井的连接关系, 图面上要体现相应的点号、管径、材质以及流向等信息; 当略图有多张时, 需要制作各略图的接边示意图。

7.3.5 排水管道检测图片: 能直接体现管道缺陷位置、缺陷名称、缺陷等级及所属管段, 图片能直观地体现出所描述的缺陷状况。

7.3.6 所有检测视频及相关成果资料,其中视频文件格式为*.avi 或*.mp4, 图片格式为*.JPEG, 图片的屏幕分辨率不低于 352×288。

8 非开挖修复工程要求

8.1 一般规定

8.1.1 从事城镇排水管道修复更新工程的施工单位应具备相应的施工资质。

8.1.2 施工单位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，建立安全管理体系和安全生产责任制，确保施工安全。

8.1.3 施工单位在施工前，应编制施工组织设计，施工组织设计必须按照规定程序审批后执行，有变更时要办理变更审批，按规定程序审批后实施。

8.1.4 施工前，应查明施工区域的交通情况以及既有管线、构（建）筑物与拟修复管道的相互位置关系及其他属性，并形成正式文件。

8.1.5 施工单位进场前须复测管道破损情况，检查井病害应列入排查修复范围，主要修复井墙开裂、井无基础、管与井接口处不密实、井墙渗水等病害，同时要列出修复工艺；

8.1.6 施工设备应根据工程特点合理选用，并有总体布置方案。对于不宜间断的施工工艺，应有完全满足施工要求的备用的动力和设备。

8.1.7 修复更新工程所用的管材、管件、构（配）件和主要原材料等产品进入施工现场时必须验收并妥善保管。验收时应检查每批产品的质量合格证书、性能检测报告、使用说明书、进口产品的商检报告等，并按国家有关标准规定进行复检，复检合格后方可使用。

8.1.8 修复更新工程所用成品管道或型材应有清晰的标记，标记应包括生产商的名称或商标、产品编号、产地、生产设备、生产日期、型号、材料等级和生产产品所依据的规范名称等详细信息。

8.1.9 城镇排水管道非开挖修复前的准备工作应符合以下规定：

- a) 管道应进行预处理；
- b) 工作井工程验收合格；
- c) 施工设备经安装调试后满足施工工艺要求。

8.1.10 因检查、清洗、修复管道需要封堵管道的，应按《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68-2016 中的规定执行。

8.1.11 需井下作业时，必须按《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6-2009 中的规定做好安全生产各项措施。

8.1.12 施工单位应采用有效措施控制施工现场的各种粉尘、污废水、不可回收废弃物、施工过程中产生的噪音以及振动等对环境造成的污染和危害。

8.1.13 各施工工艺顺序应按照相关工艺对应的施工技术标准进行质量控制,每步的施工工艺完成后,经施工单位自检符合标准后,才能进行下一道工序。各专业工种之间的相关工序应进行交接检验,保证施工工艺顺序准确无误,保证施工安全,并应记录。

8.1.14 对于监理单位提出检查要求的重要工序,应先经监理工程师检查确认安全后,作业人员才可进行下一道工序。

8.1.15 施工中需进行的局部开挖,开挖前应取得相关部门的批准,施工结束后恢复原样。

8.1.16 在修复施工过程中需围堰降水,超过一定时间的修复,在重点管段上应制定通用调水方案。

8.2 非开挖修复改造重点

8.2.1 管道修复采用点修和整段修复(包括开挖修复和非开挖修复),同时应预防后期1、2级病害的进一步扩散给管道结构带来的破坏。

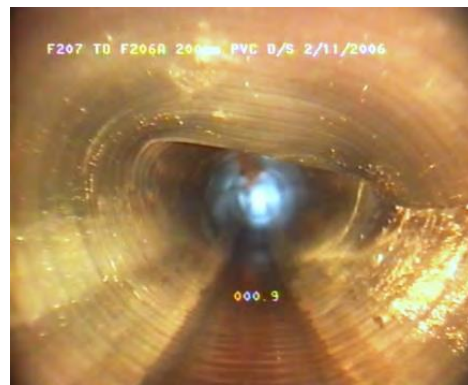
8.2.2 以修复管段的破损、渗漏、错口、脱节、变形、腐蚀等问题为主,其他情况根据视频、图片及现场情况确定。

8.2.3 以3、4级病害管段修复为重点,充分考虑其修复指数,1、2级病害管段根据病害类型确定,其中:支管暗接、2级渗漏需要修复;异物插入涉及产权单位的需由权属单位确认后再处理。

8.2.4 非开挖修复(点修或整段修复)前,应分析管道缺陷视频及照片,根据具体病害情况判断是否进行预处理,以及确定预处理的方式。排水管道的典型病害样图见图8.2.4。



(a) 管道破损



(b) 管道变形



(c) 管道腐蚀



(d) 异物贯穿

图 8.2.4 排水管道的典型病害样图

8.2.5 常见的管段病害类型及处理措施见表 8.2.5 所示。

表 8.2.5 常见的管段病害类型及处理措施

管段病害类型	处理措施
缺陷密集管段（结构性缺陷） ≥ 3 处	宜整段修复（开挖换管或非开挖修复），管径 \geq DN1000 管段根据实际情况确定。
贯穿性缺陷管段	宜采用开挖换管（有缺陷部分），或整段非开挖修复（根据贯穿缺陷严重程度、长度及经济分析确定，污水管道适当放宽）。
结构性严重病害管段（如低质管材成片破损等）	宜换管，可采用开挖换管或非开挖换管。

8.2.6 遇到树根侵入管道内部的情况（见图 8.2.6），可根据发现的问题实施相应修复，如采用切割机器人、链式切割机、多功能旋转喷头、小型研磨喷头等设备对树根进行切除，再做排查，后期需对管道内进行定期复查。

表 8.2.6 树根切割技术及适用范围

切割技术	适用范围
切割机器人	管道内水位适中，环境温度温和，管道有足够的工作空间
链式切割机	结垢、石灰岩的清除。适用管径：DN200-DN600
多功能旋转喷头	大管径清淤、水泥浆、油脂以及管道全方位清洗；DN200-DN900
小型研磨喷头	结垢、水泥浆、石灰岩及其他垃圾所引起的管道堵塞的清除；DN100-DN350



(a) 断面损失量 < 15%



(b) 断面损失量在 15~25%之间



(c) 断面损失量在 25~50%之间



(d) 断面损失量 >50%

图 8.2.6 树根侵入管道内部样图及断面损失量

8.3 非开挖修复工艺选择

管道修复工艺应根据现场条件、管道损坏情况及其各修复方法的使用条件选择。部分修复更新工艺适用条件可参照表 8.3。

表 8.3 部分修复更新工艺的适用范围和使用条件

修复更新工艺	旧管道内径 (mm)	内衬管材质	内衬管 SDR	是否需要工作坑	是否需要注浆	修复弯曲管道能力	可修复旧管道截面形状
穿插法	100~1000	PE、PVC、玻璃钢等	根据要求设计	需要	根据设计要求	直管	圆形
原位固化法	翻转法: 100~2700 拉入法: 100~2400	聚酯纤维 聚酯树脂 环氧树脂 乙烯基酯	根据要求设计, 但不得大于 100	不需要	不需要	90° 弯管	圆形、蛋形、矩形或三角形等
碎(裂)管法 1	75~600	HDPE	SDR11 SDR17.6 SDR26	需要	不需要	直管	圆形
管片内衬法	100~1200	HDPE	$17.6 \leq \text{SDR} \leq 42$	不需要或少量开挖	不需要	15° 弯管	圆形
缩径内衬法	75~1200	HDPE	根据要求设计	需要	不需要	15° 弯管	圆形
机械制螺旋缠绕法 2	800~3000	PVC 型材	根据要求设计	不需要	根据设计要求	15° 弯管	圆形、矩形、马蹄形等
管片拼装法 2	800~3000	PVC 型材、填充材料	根据要求设计	不需要	需要	15° 弯管	圆形、矩形、马蹄形等
不锈钢发泡筒法	150~1350	不锈钢和聚氨酯	/	不需要	不需要	/	圆形
点状原位固化法	50~1500	玻璃纤维与聚酯, 环氧树脂, 硅酸盐树脂	根据要求设计	不需要	不需要	/	圆形、蛋形、矩形或三角形等

注 1: 碎(裂)管法是唯一可进行管道扩容的非开挖管道更新技术;

2: 螺旋缠绕法和管片拼装法不宜用于修复有内压的管道。

8.4 非开挖修复程序

管道非开挖修复选择应按以下流程图 8.4 执行：

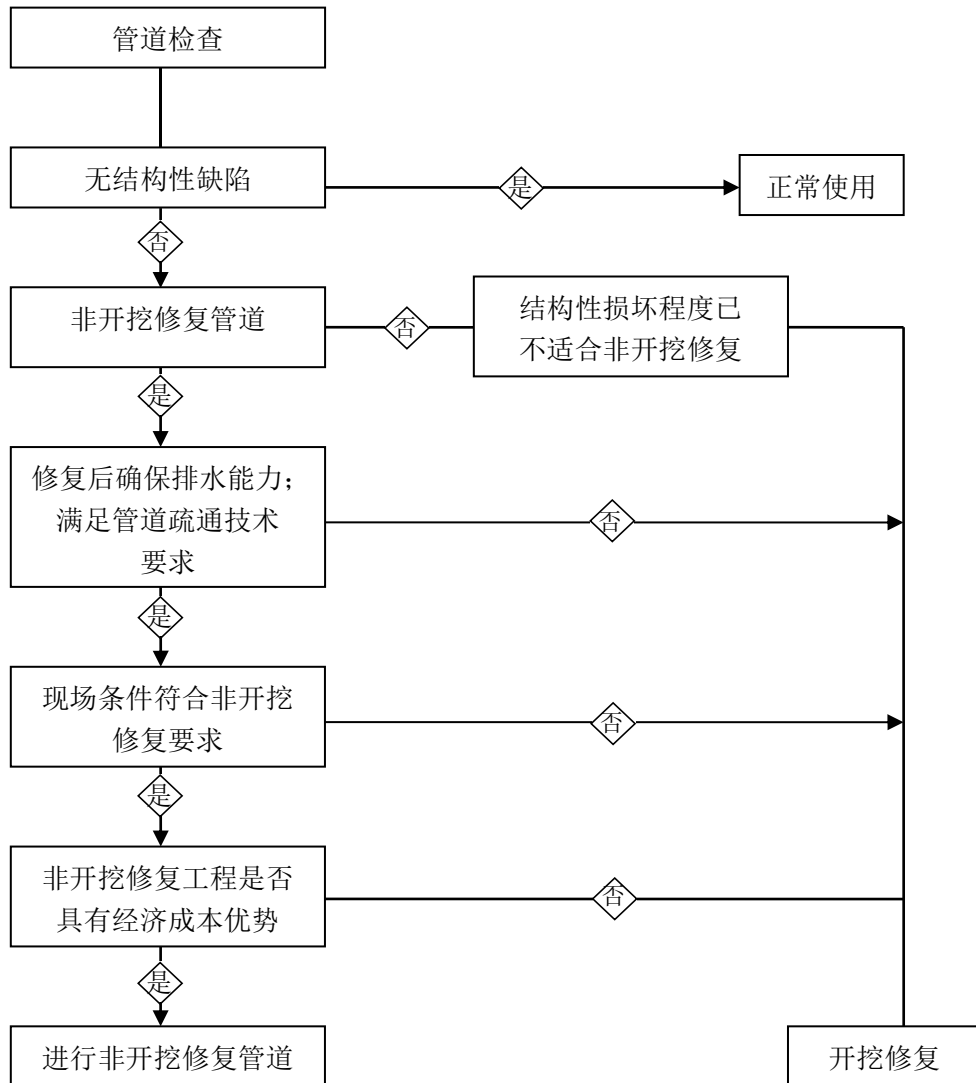


图 8.4 管道非开挖修复流程图

8.5 非开挖修复管道预处理

8.5.1 基本处理

8.5.1.1 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现象；
- b) 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、台阶现象；
- c) 当采用局部修复法时，原有管道待修复部位及前后 0.5m 范围内管道内表面应洁净，不得有附着物、尖锐毛刺和凸起物；
- d) 预处理不得对管道造成进一步的损伤和破坏。

8.5.1.2 管道变形或破坏严重、接头错位严重的部位，应按设计要求和施工方案实施进行预处理，或按本导则 8.5.3 管道变形预处理技术进行预处理。

8.5.1.3 原有管道地下水位较高，渗、漏水严重时，应通过注浆等措施对漏水点进行止水或隔水处理。

8.5.1.4 在进行内衬施工前，应由设计人员、监理人员对预处理后的管道进行现场检查，并应保存影像、文字等资料作为隐蔽验收依据。

8.5.2 管道内壁处理

8.5.2.1 管道内壁有附着物时，应清洗露出管道内壁，并不得损坏管道结构；

8.5.2.2 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管道，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 HDPE 等高分子化学建材管道，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、异型管等缺陷采用内衬钢环时，应进行管内精确测量，定制异型钢环；

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%。

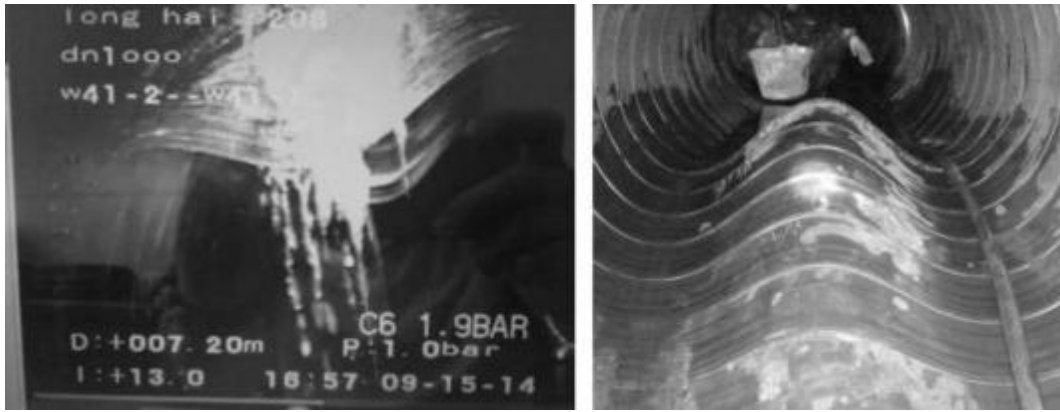
8.5.2.3 管道内壁结构受损时应对内壁进行修补。

8.5.3 管道变形预处理

8.5.3.1 分类

管道变形主要发生在化学建材管中，主要包括高密度聚乙烯双壁波纹管、缠绕结构壁管（比如圆形中空肋壁管）等，其在结构设计方面与实壁塑料管道相比，大大提高了管道的环刚度，因此化学建材管在大口径排水管道施工中得到了广泛应用，目前可应用的管道直径可达 1m 甚至更大。

然而，在近几年的管网普查过程中发现，大多数化学建材管经常出现变形、破裂甚至塌陷等结构性缺陷破坏。根据统计，其缺陷的形式主要有“V 形”和“倒 V 形”两种变形形式，如图 8.5.3.1 所示，其中“V 形”变形是发生在管道上部的变形、“倒 V 形”变形是发生在管道底部的变形。



(a) 管道“V形”变形破坏

(b) 管道“倒V形”变形破坏

图 8.5.3.1 管道变形破坏

这些缺陷一方面将导致原有管道过流面积严重缩小造成堵塞,影响污水管道收集运输和雨水管道暴雨期间的防洪排涝;另一方面可能导致管周土体随污水流失,形成空洞,导致路面下沉塌陷,带来安全隐患。

8.5.3.2 管道变形塌陷产生的原因及修复原则

《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332-2002 中规定:对于埋地圆形管道结构,应根据管道结构刚度与管周土体刚度的比值 α_s 来划分刚性管道或柔性管道。当 $\alpha_s \geq 1$ 时,按刚性管道计算;当 $\alpha_s < 1$ 时,按柔性管道计算。

埋地管道中“柔性管”一般是相对水泥类材料制成的刚性管来说的,因此大多数化学建材管属于柔性管道的范畴。

柔性管由管道和管周土体共同承受外部荷载,称为“管土体系”,其主要由管道自身强度和刚度以及管侧土体的弹性抗力组成。柔性管受力特征在于其变形性能好,垂直方向上的变形导致管侧土压力由主动土压力渐变为被动土压力,管道周围土体形成土拱从而减少上覆荷载的作用,如图 8.5.3.2 所示。因此,柔性管道的破坏形式主要以变形为主,然后逐渐发展为破裂,最后造成塌陷。

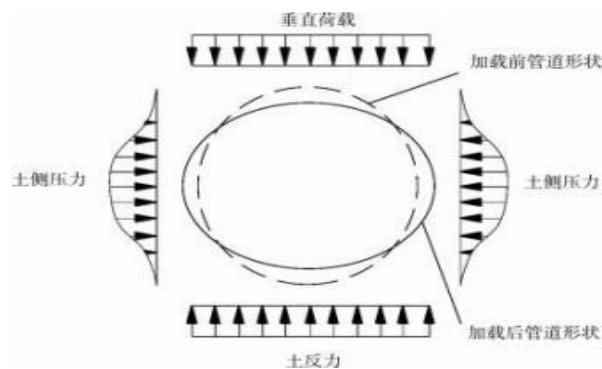


图 8.5.3.2 柔性管受力图

从柔性管道受压原理分析可知，造成柔性管道破坏的原因可能包括材料本身原因、施工原因及外力破坏等。

材料本身原因是指材料强度指标不满足设计要求。通常柔性管材强度指标采用环刚度表示，应注意进口管材在环刚度上的计算与国内是有区别的。

施工原因主要是指施工过程中没有按照标准规范要求回填，管周回填土压实度不达标，施工质量不合格。对于淤泥及流沙层地区，管道铺设施工难度大，因施工造成的质量问题尤为明显。

外力破坏主要为桩基施工、地质勘探、水平定向钻铺管施工造成的管道破坏。

通过分析发现，柔性管道的修复主要应从增加原有管道整体结构强度及加固管周土体两个方面进行。

8.5.3.3 大口径管道变形塌陷的修复技术

使用紫外光固化技术修复加固形成新的内衬管，该工艺的具体实施步骤如下：

第一步，如图 8.5.3.3-1 所示，在排水管道内部将注浆管打入变形塌陷部位周边的土层中，向土层中注入堵水浆料，待无漏水后注入土壤加固浆料，固化后检测注浆效果。

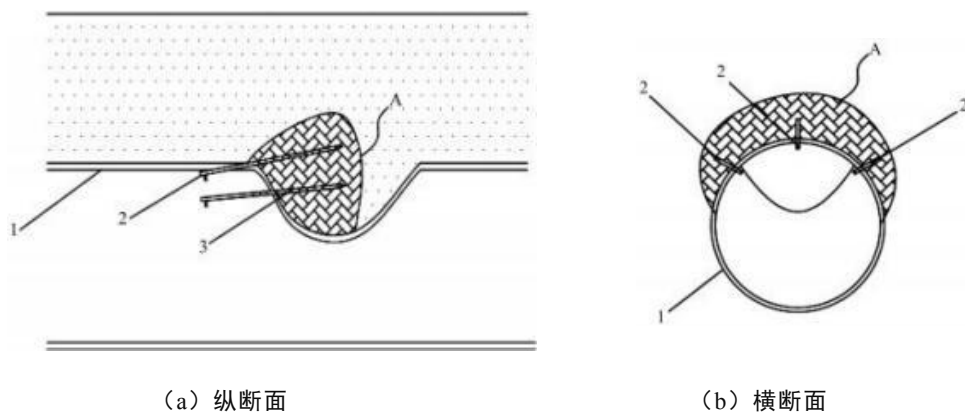


图 8.5.3.3-1 第一步操作断面示意图

1—原有管道；2—注浆管；3—注浆孔；A：第一次固化土体

注浆管壁厚可为 2mm，内径为 20mm，沿轴向间隔 50mm 错位设置若干注浆孔，注浆孔的孔径为 2mm。注浆管长度为 0.5~1.2m，注浆孔分布于注浆管打入土层的长度范围内。注浆管是以与排水管道横截面向外呈 10~30° 的角度打入土层中，注浆管沿排水管道的环向布置，以确保排水管道周围区域的土层都得到加固。

注浆管采用 DN20、壁厚 3mm 的铝合金管制作，一般长 0.5~1.2m，底端向上 0.6m 的范围内分布有注浆孔。注浆孔孔径 5mm，沿轴向间隔 50mm 错位设置形成均匀分布。注浆

管沿排水管道变形塌陷处环向布置，注浆设备位于地面，经检查井往注浆管中注入浆料时，浆料经由注浆管向四周扩散，并在整个土层深度范围内实现均匀加固。堵水浆料遇水后迅速反应膨胀（约1~5s内），从而起到堵水的作用，防止漏水。土壤加固浆料为聚氨酯类化学注浆材料，固化时间为18~24h，可使松散土层迅速固化紧密形成坚实的固结体。

注浆过程采用堵水材料和土体固化材料注浆，固化时间24h。注浆压力为0.1~0.3MPa，应根据不同地层进行调整。待固化后，采用气动切割工具在注浆区域切割100×100mm的窗口，观察土体情况，以确定管周土体是否达到预期效果。

第二步，如图8.5.3.3-2所示，采用气动切割工具切割并挖出注浆区域的排水管道管片及管周固化土体，切割时以300mm~600mm为一进尺，通常以500mm为一进尺。如需要应对周边未切割部位，可采用千斤顶进行临时支撑。切割完一进尺后，于挖空部分安装预制的弧形钢板并固定形成与原排水管道内径相同的钢管段，钢管段替代切除的原塑料管片。

弧形钢板宽300mm~600mm、长1.5m~2m，两纵长端设置有固定机构，两片弧形钢板固定形成钢管段，如图8.5.3.3-3所示。一般弧形钢板宽500mm、长1.77m，固定机构可以是焊接、螺栓或其他方式的连接。

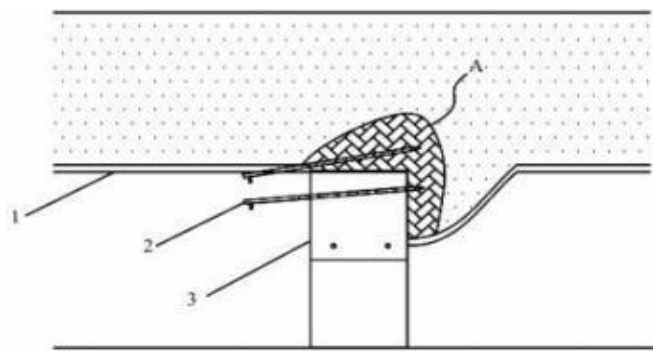


图 8.5.3.3-2 第二步操作断面示意图

1—原有管道；2—注浆管；3—内衬钢圈；A：第一次固化土体

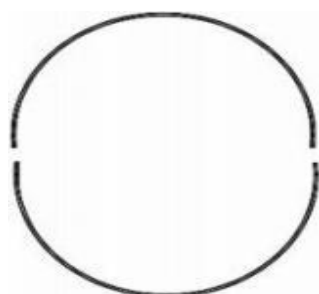


图 8.5.3.3-3 弧形钢板示意图

第三步，如图8.5.3.3-4、8.5.3.3-5所示，处理完第一进尺后，沿排水管道的轴向旁边的土层及管片部分重复上述步骤，一进尺一进尺地进行注浆、切割及钢管段替换的工作，直

至排水管道变形、塌陷的部分全部替换为钢管段。为便于理解，图 8.5.3.3-6 中显示了两进尺的替换，其中第一进尺的固化土层为 A，第二进尺的固化土层为 B，实际操作以变形塌陷部位的长度进行调整。

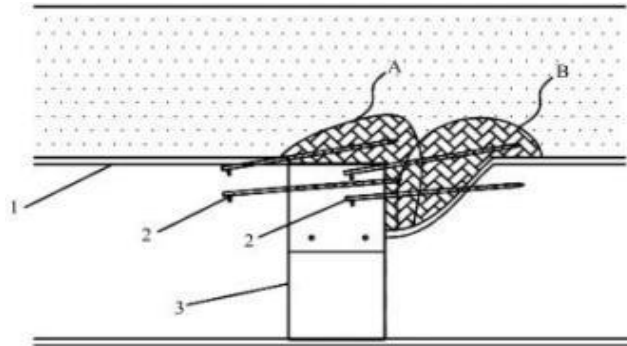


图 8.5.3.3-4 第三步操作断面示意图

1—原有管道；2—注浆管；3—内衬钢圈；A：第一次固化土体；B：第二次固化土体

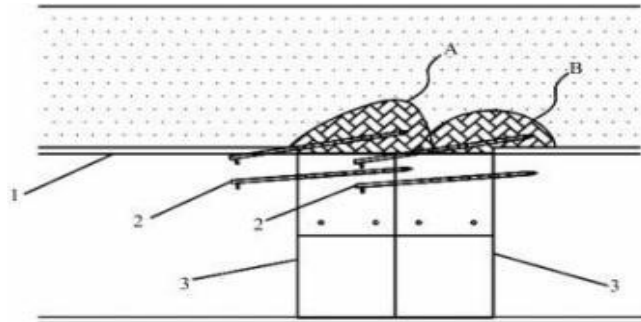


图 8.5.3.3-5 两进尺操作断面示意图

1—原有管道；2—注浆管；3—内衬钢圈；A：第一次固化土体；B：第二次固化土体

第四步，处理完毕后，采用紫外光固化内衬修复技术对整个管段进行内衬修复，具体操作是将内衬软管以拉入的方式置于整个排水管道且使其贴合于排水管道内壁并固化。内衬软管是纤维增强的树脂基复合材料，光固化施工完成后的结构图如图 8.8.3.3-6 所示。

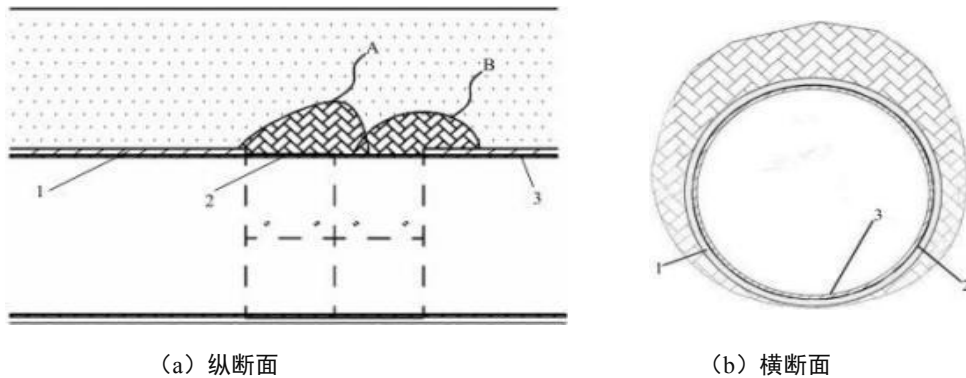


图 8.5.3.3-6 第四步操作断面示意图

1—塑料管道；2—钢管；3—内衬管；A：第一次固化土体；B：第二次固化土体

经过上述步骤后，变形、塌陷部分得到了恢复，并采用钢管进行了支撑加固，后续的紫外光固化内衬保证了修复后管道内表面的连续性，在基本不减少过流断面的情况下实现了非开挖式修复，增强了整体结构性能，同时改善了管道表面的过流性能。

该方法也可用于混凝土类管道破裂塌陷缺陷的修复以及小口径管道变形塌陷缺陷的修复。用于混凝土类管道破裂塌陷缺陷的修复时，施工步骤同上。用于小口径管道变形塌陷缺陷修复时，具体步骤为：首先确定管道变形塌陷的位置，然后从距离较近的检查井处开始采用注浆、切割及套钢圈的工艺，扩出一个 DN700 管道直至管道变形缺陷位置处理完毕，最后再采用热塑成型内衬修复技术整体修复加固。热塑成型内衬修复技术可适用于变径管道的修复，因此在该种情况下是最合适的。当然也可采用与待修复管道同管径的紫外光固化内衬软管进行整体修复加固，但其与扩大部分管道间的空隙需要增加注浆填充处理。

8.5.4 注浆加固

8.5.4.1 技术简介

管内注浆是指从管道内部将浆液注入周围土体以达到注浆止水目的的注浆技术。管内注浆适用于可进入的大口径管道（一般为 DN800 及以上管道）渗漏注浆。为了提高注浆效率，往往采用反应更快的树脂类的注浆材料。管内注浆往往可以起到明显的堵漏效果，同时在一些大型箱涵、隧道中也可应用。

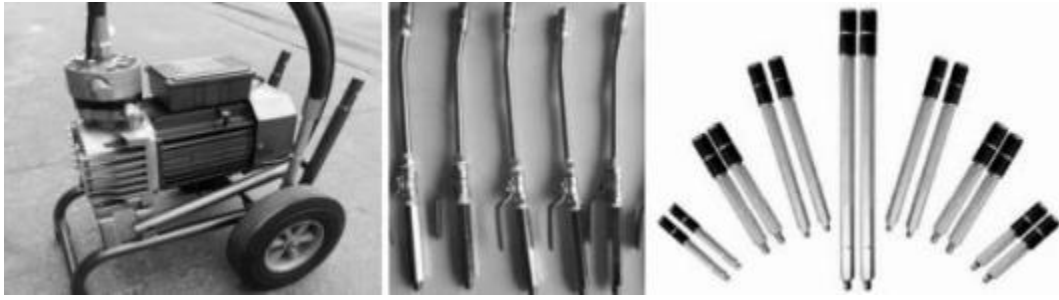
8.5.4.2 注浆材料

针对大口径柔性管道变形塌陷的修复用聚氨酯注浆材料可用于各类建筑设施的止水堵漏以及各类地下工程的止水及孔洞填充等。注浆材料具有以下特点：

- a) 有效堵水，且有利于土体的稳定；
- b) 优异的穿透性、适宜的凝胶时间；
- c) 优良的耐久性和机械特性；
- d) 在地下环境中，泡沫体性能稳定，可稳定使用 50 年以上。

8.5.4.3 注浆设备及工具

常用注浆设备如自吸式注浆设备，如图 8.5.4.3 所示，其排量大且压力高，施工时设备放置在地面，可通过专用软管将浆液引入地下进行注浆施工，安全高效。箱涵内的注浆管可采用图示注浆管及针头，管道内可采用图示注浆管。



(a) 常用注浆设备

(b) 注浆管及针头



(c) 管道内用注浆管

图 8.5.4.3 管道内用注浆管

8.5.4.4 注浆工艺

a) 高压注浆堵漏就是利用高压注浆机，将聚氨酯材料通过注浆针头注入发生漏水的结构背面，聚氨酯浆液通过裂隙、毛细孔道等向外渗透扩散，在此过程中与裂隙和孔洞里面的水发生反应，迅速发泡膨胀，形成的泡沫膨胀体迅速将所经的裂隙和孔洞填充，而泡沫体本身不透水，由此达到止水堵漏的目的。

b) 施工流程：进场—漏水点分析—钻注浆孔—埋设注射针头（或注浆导管）—高压注浆—切除（或取出）注浆针头—采用聚合物水泥处理注浆针头的露出部分。

c) 钻孔：注浆施工技术性较强，需根据漏水点和裂缝大小、分布等情况设置注浆孔。注浆孔应从漏失部位钻入，对于漏失裂缝而言，注浆孔应沿裂缝两边交叉式钻入。以 45° 角钻入注浆孔，并与裂缝或接缝斜交，最理想的情况是钻孔与接缝的交接部位在墙体或结构体厚度的一半位置，如图 8.5.4.4 所示。

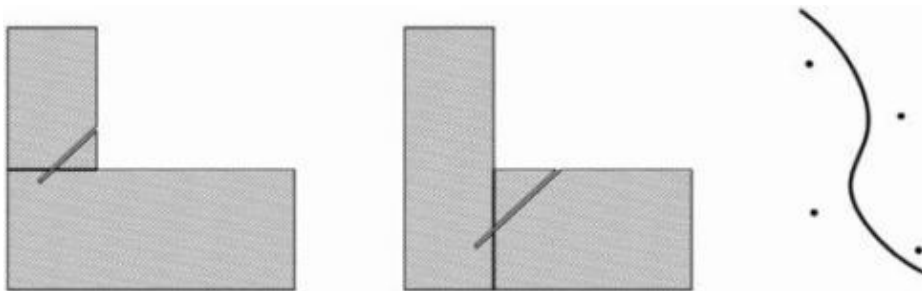


图 8.5.4.4 注浆孔钻孔及布置方式示意图

d) 埋设注浆针：观察主漏水孔的压力，水流不急、压力不大时可用快干堵漏材料将注浆止水针头埋住（根据施工情况也可打入木楔再用快干堵漏材料封堵，结构稳固后，再重新在木楔上钻孔并安装膨胀止水针头），当达到一定的强度且没有渗漏时，再安装其他漏水孔的止水针头。安装时用专用扳手拧紧，使注浆针与钻孔之间无空隙、不漏水；如遇墙面慢渗，需依次安装膨胀止水针头，漏水点应分层错位安装，这样注浆可以从深层至表层完全堵塞所有孔洞和缝隙。

e) 注浆：使用高压注浆机试压，不得超过混凝土结构受压范围，按工程需要调节好粘度和反应时间等指标后向注浆孔内灌注聚氨酯注浆液，单孔逐一连续进行。当相邻钻孔开始冒浆后，保持压力 3~5min，即可停止该孔的注浆，改注相邻注浆孔，待所有的孔都灌完后，将注浆泵的料筒用清洗剂清洗干净。

f) 注浆针清理：注浆完毕 24h 后，经过确认不渗漏即可拔去或切除高出基面的注浆针，最后须清理干净已固化的溢漏出的注浆液，并对结构基面进行修补处理。

9 穿插法施工

9.1 施工准备

9.1.1 应根据设计方案和现场实际情况制定旧管道的闭路电视检查、清洗、临排和试穿方案，并确定工作坑的位置。工作坑的位置应避开地下构筑物、地下管线及其他障碍物。

9.1.2 穿管前对管道的清洗和检测应符合本导则的规定。

9.1.3 牵引工艺工作坑最小长度应按照式 9.1.3 计算，工作坑的布置如图 9.1.3 所示。

$$L = [H \times (4R - H)]^{\frac{1}{2}} \quad (9.1.3)$$

式中： L ——工作坑长度（m）；

H ——敷设深度（m）；

R ——聚乙烯管许用弯曲半径（m），且 $R \geq 25dn$ ；

dn ——管径（m）。

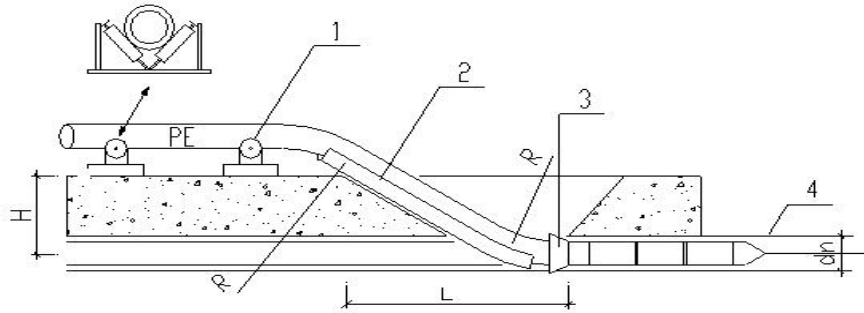


图 9.1.3 牵引工艺工作坑设计和现场布置示意图

1—地面滚轮架；2—耐磨垫；3—喇叭型导入管；4—旧管道

9.1.4 顶推工艺工作坑尺寸及布置如图 9.1.4 所示。

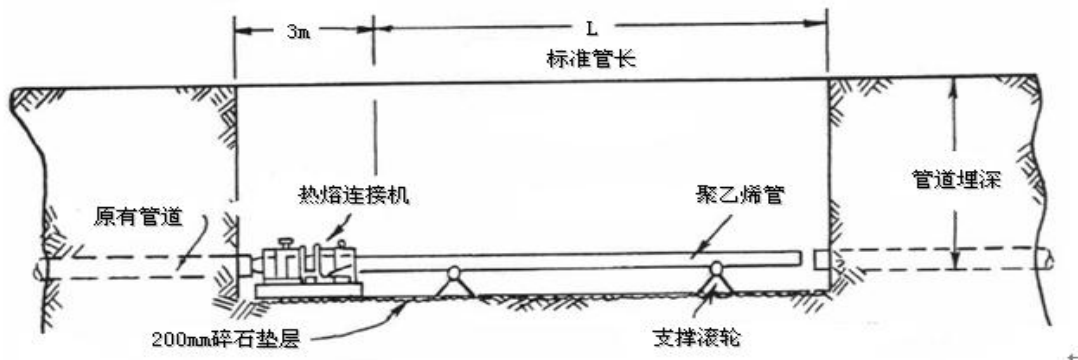


图 9.1.4 顶推工艺工作坑布置示意图

9.1.5 穿管前，应采用长度不小于 3m 与待插入管同径的聚乙烯检测管段穿过旧管，并检测其表面划痕深度，不超过壁厚的 10% 时为合格。

9.1.6 管道的连接应符合以下要求：

a) 连接前应检查管道的损坏情况：管道外表面刻痕不应超过壁厚的 10%，不应有过度或突然弯曲导致的屈曲，对于短管扁平率不应超过 5%，内表面不应有任何磨损和切削；

b) 对于在工作坑或检查井中使用电子点火或者明火连接设备连接管道的，应事先对可燃气体的含量进行评估；

c) 管道的连接宜采用热熔对接的方法，热熔对接应符合《塑料管材和管件聚乙烯（PE）管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备》GB/T 19809-2005 中的要求。

9.2 施工

9.2.1 内衬管道可以通过牵引、顶推或两者的组合安装到原有管道中。在安装超常壁厚或超长聚乙烯管时宜使用牵引和顶推组合工艺。

9.2.2 牵引工艺应符合下列要求：

a) 牵引管道时，应采取必要措施防止 HDPE 管进入管道时被磨碎、划伤；

b) 在牵引遇到阻塞的情况下，应控制牵引力的大小，防止管道受力超过允许值；

c) 管道的拉伸率不得超过 1.5%，牵引速度不得超过 0.3m/s，在弯曲或变形较大的管道中施工应减慢速度。牵引操作一旦开始就不宜中断；

d) 当把聚乙烯管插入旧管道时，每段插入管末端伸出旧管道端口的长度应能满足管道拉伸变形恢复和连接操作的要求（推荐值为 $1\%L+20\text{mm}$ ）。管道拉伸恢复时间宜保持 24h。

9.2.3 顶推工艺应符合下列要求：

a) 热熔焊接聚乙烯管道也可采用顶推方式安装；

b) 当采用机械承插式接头时，采用顶推工艺可允许原管道中有水流，但其水位应在管道起拱线之下；

c) 该工艺也可以用于短管的曲线顶进；

d) 施工现场应预备水泵和临排设施。

9.2.4 在穿插内衬管过程中应注意对内衬管的保护，防止杂物进入内衬管，防止对内衬管表面的损伤。

9.2.5 在内衬管道稳定和应力完全松弛后方可进行固定和注浆等加固措施。

9.2.6 内衬管和原管道间的环状空隙宜进行注浆处理，注浆应满足以下规定：

a) 对直径 800mm 以上管道，内衬管和旧管道之间的环状间隙必须进行注浆；

b) 对浆宜分段进行，并均匀注满环状空隙，且注浆压力不应大于内衬管允许注浆压力；

c) 浆过程中应通过安装竖管或其他方式调节注浆压力；

d) 衬管直径大于 900mm 时应在管内进行支护，防止内衬管在注浆压力的作用下发生变形；

e) 浆完成后，应将注浆孔密封。

9.2.7 在管道进出检查井处，应用具有弹性以及可以在水下使用的材料对旧管道和内衬管之间的环状间隙进行密封处理。

9.2.8 在内衬管直接与周围土体接触的部位应采取相应措施保护。

9.3 质量检验

9.3.1 主控项目

9.3.1.1 短管内衬加工前，管材、原材料的规格、尺寸、性能应符合设计文件和《给水用聚乙烯（PE）管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 13663.2-2018 的有关规定。

检验方法：检查质量保证资料、出厂检验报告；用卡尺、钢尺量测；进场复测报告。

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。

9.3.1.2 管材短管壁厚、平均外径和不圆度应符合设计文件和《给水用聚乙烯（PE）管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 13663.2-2018 的有关规定。

检验方法：按《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806-2008 的规定测量。

检查数量：短管切割后、接口加工前，短管全数。

9.3.1.3 管节及管段接口的连接质量应经检验合格。

检验方法：观察。

检查数量：全数检查。

9.3.2 一般项目

9.3.2.1 穿插法修复管道后，管道内壁应符合下列规定：

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。

检验方法：观察；管径小于或等于 800mm 时，应依据 CCTV 检测管道检测图像。

检查数量：全数检查。

b) 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，记录应齐全。

检验方法：检查施工记录。

检查数量：全数检查。

c) 复管道内壁应光洁、平整、线性、无明显凸起物；接口、接缝应平顺，新管道、原有管道过渡应平缓。

检验方法：观察；管径小于或等于 800mm 时应采用 CCTV 检测。

检查数量：全数检查。

d) 衬管与原有管道的间隙注浆充填时，注浆固体应充满间隙，不得有松散、空洞等现象，管段端部的间隙密封处理应符合设计文件的规定。

检验方法：观察；检查施工记录、注浆记录。

检查数量：全数检查。

e) 端管口密封处理应符合设计文件的规定，管口灰浆应平滑，密封应良好。

检验方法：管道潜望镜检查。

检查数量：全数检查。

9.3.2.2 管道接口连接的分项工程质量验收应按《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268-2008 的有关规定执行，管节及管件的规格、性能应符合有关产品标准和设计文件的规定进入施工现场时，管节及管件的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) 道线性应圆顺，接口应平顺；

d) 圈表面应光滑平整，不得有裂缝、破损、气孔、重皮等缺陷，应留取同批次材料以备检查。

检验方法：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，插口推入深度应到位。

检验方法：通过 CCTV 检测，逐个接口检查施工记录。

检查数量：全数检查。

9.3.6 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。

检验方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录与 CCTV 检测记录等。

检验数量：全数检查。

10 原位固化法施工

10.1 材料和设备

10.1.1 原位固化法的材料一般包括：热固性树脂、针刺毛毡、玻璃纤维等。

10.1.2 原位固化法所采用的软管应符合以下要求：

a) 软管应包含单层或多层聚酯纤维毡或同等性能的材料，其应能浸渍树脂并不与树脂发生反应，且能承受施工的拉力、压力和固化温度；

b) 软管的外表面应包覆一层与所采用的树脂相容的非渗透性的透明塑料膜；

c) 软管由多层织物叠加而成时，各层之间的接缝必须错开，不得叠加。接缝连接必须牢固。软管及其接缝的横向与纵向抗拉强度按照《纺织品 织物拉伸性能 第1部分：断裂强力和断裂伸长率的测定（条样法）》GB/T 3923.1-2013 的要求测试，均不得低于 5MPa；

d) 玻璃纤维增强的纤维软管应至少包含两层由抗腐蚀的玻璃纤维形成能够浸渍树脂的软管，内表面应为聚酯毡层，外表面应为单层或多层抗苯乙烯或不透光的薄膜；

e) 管应能够伸展，并具有一定的韧性，其长度应大于待修复的管道的长度。软管直径的大小应保证在固化后能恰好与旧管道的内壁紧贴在一起；

f) 产商应提供软管固化后的初始结构性能的检测报告，紫外光固化内衬材料应具有 10000 小时的疲劳试验力学性能检测报告，并符合相关的要求。

10.1.3 原位固化法所采用的树脂应符合以下要求：

a) 树脂可采用热固性的聚酯树脂、环氧树脂或乙烯基树脂，并可与一定量的添加剂混合以达到工程的设计要求；

b) 树脂应能在热水、热蒸汽或者紫外线的作用下固化，且初始固化温度应低于 80℃。

10.1.4 采用紫外线光固化时，紫外线光发生装置应能满足相应管径和树脂固化的需要。

10.2 施工准备

10.2.1 管道检测和清洗应符合规定。

10.2.2 在浸渍软管之前应仔细计算树脂的用量，树脂的各种成分应进行充分混合，实际用量应比理论用量多 5~10%。

10.2.3 树脂混合后应及时进行浸渍，停留时间不得超过 20min；如不能及时浸渍，应将树脂冷藏，冷藏温度应低于 15℃，冷藏时间不得超过 3h。

10.2.4 软管宜在抽成真空状态下浸渍树脂，应保证软管材料充分浸透树脂，不得出现干斑或气泡。

10.2.5 浸渍过树脂的软管在储存和运送过程中必须保证软管的温度低于 20℃，并应记录储存和运送过程中的温度和时间；在施工现场浸渍软管时，作业环境温度应低于 20℃。

10.3 翻转法施工

10.3.1 适用范围：适用于不同几何形状的排水管道；适用于管道结构性缺陷呈现为破裂、变形、错位、脱节、渗漏、腐蚀，且接口错接宜不大于直径的 15%，基础结构基本稳定等管道。

10.3.2 将浸渍后的软管翻转置入待修复管道可采用水压或气压的方法。翻转压力应足够大以使浸渍软管能翻转到管道的另一终点，并使软管与旧管管壁紧贴在一起。在翻转时压力不得超过软管的允许最大张力。翻转完毕后，应保证软管的防渗塑料薄膜朝内（与管内水或蒸汽相接触）。

10.3.3 在翻转过程中，应保持适当的翻转压力和速度，使软管与原管道能够紧密粘贴。

10.3.4 在翻转过程中，可使用润滑剂以减少翻转阻力。所使用的润滑剂必须是无毒的油基产品，不得对树脂浸渍软管、水泵系统等产生不良影响，同时不会滋生细菌，不影响液体的流动。

10.3.5 翻转完成后，应保证树脂浸渍软管比原管道两端各长 200mm 以上。

10.3.6 采用热水或热蒸汽对翻转后的浸渍树脂的软管进行固化：

10.3.6.1 采用热水固化应满足下列要求：

- a) 热水的温度应均匀地升高，使其缓慢达到树脂固化所需的温度；
- b) 在热水供应装置上应安装温度测量仪监测水流入和流出时的温度；
- c) 应在修复段起点和终点的浸渍树脂软管与旧管道之间安装温度感应器以监测管壁温度变化。温度感应器应安装在至少距离旧管道端口里侧 0.3m 处；
- d) 可通过温度感应器监测树脂放热曲线判定树脂固化的状况。

10.3.6.2 采用热蒸汽固化应满足下列要求：

- a) 应使热蒸汽缓慢升温并达到使树脂固化所需的温度。固化所需的温度和时间应咨询树脂材料生产商；
- b) 蒸汽发生装置应具有合适的监控器以精确测量蒸汽的温度。应对内衬管固化过程中的温度进行测量和监控；
- c) 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。

10.3.7 在固化过程中，应考虑修复管段的材质、周围土体的热传导性、环境温度、地下水位等情况，以适当调整固化温度和时间。固化过程中温度及压力的变化应有详细记录。

10.3.8 软管内的水压或气压应大于使软管充分扩展的最小压力,且不得大于内衬管所能承受的最大内部压力。

10.3.9 软管固化完成后,应先进行冷却,然后降压。采用水冷时,应将内衬管冷却至 38℃ 以下然后进行降压;采用气冷时,应冷却至 45℃ 以下再进行降压。在排水降压时必须防止形成真空使内衬管受损。

10.3.10 在修复段的出口端将内衬管端头切割整齐。如果内衬管与旧管道粘合不紧密,应在内衬管与旧管道之间充填树脂混合物进行密封。

10.4 拉入法施工

10.4.1 适用范围:一般适用于 DN600 以下的管道。

10.4.2 在拉入软管之前应在旧管内铺设垫膜。垫膜应置于旧管道底部,并应覆盖大于三分之一的管道周长,将垫膜在旧管两端固定。

10.4.3 软管的树脂浸渍应满足 10.2 中的规定。

10.4.4 软管的拉入应遵循以下规定:

a) 应平稳缓慢地将浸渍树脂的软管沿管底的光滑垫膜拉入旧管道,拉入速度不得超过 5m/min;

b) 软管拉入旧管道之后,宜对折放置在垫膜上;

c) 在拉入软管时,应避免软管被磨损或划伤;

d) 软衬管的拉伸率不得超过 2%;

e) 软管两端应分别比旧管道长 300~600mm。

10.4.5 充气装置宜安装在软管入口端,所用的蒸汽发生装置应能控制和显示温度和压力,空压机应能够控制和显示压缩气体的压力。

10.4.6 宜采用蒸汽或紫外光两种方式对浸渍树脂的软管进行固化。

10.4.7 采用蒸汽固化时,应分别在旧管道起始和终点端软管外表面上安装温度传感器,安装位置应至少距离旧管道端口内侧 300mm。

10.4.8 软衬管的扩展应符合以下规定:

a) 充气前应仔细检查各连接处是否密封良好,在软管末端宜安装调压阀,防止管内空气压力过高;

b) 空气压力应能使软管充分膨胀扩张,并紧贴旧管道内壁。

10.4.9 蒸汽固化应符合本规定 10.3.6 中的相关规定。固化过程的压力和温度应有详细实时的记录。

10.4.10 软管固化完成后，应进行冷却降压。冷却降压应符合本导则 10.3.9 中的相关规定。

10.4.11 用紫外光固化时应符合以下规定：

- a) 应合理控制紫外线发生装置的前进速度以保证树脂固化完全；
- b) 在进行紫外光固化的过程中，应保持管内空气的压力；
- c) 应咨询材料制造商获取最佳的树脂固化时间与压力；
- d) 树脂固化完成后，应缓慢降低管内压力至大气压；
- e) 应详细实时地记录固化过程中压力的变化、时间、紫外线发生装置的前进速度等。

10.4.12 端口的处理应符合本导则 10.3.10 中的规定。

10.5 紫外光原位固化法工艺要求

10.5.1 适用范围：适用于所有需要修复和养护的管道，特别适用于闹市街区、居民及车流量较多的地方。

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

10.5.3 为了适应固化巡航速度，需测量管内表面上软管内衬固化时的温度。依照口径/壁厚，固化参数为使湿软管达到所需的水密性和规定的力学性能，在整个固化过程中应控制下列流程和参数，记录湿软管全长各段的固化参数。记录应包括：

- a) 开始记录；
- b) 湿软管开始充气/连接电缆；
- c) 湿软管充气 and 拉入紫外光灯架；
- d) 获得压力；
- e) 紫外光灯架穿过终点井位；
- f) 紫外光固化；
- g) 去除内膜（如果安装的内衬是内涂层的，就不需要此步骤）；
- h) 进行密封性检验；
- i) 在扎头部分取样品。

10.5.4 万向吊环示意图 10.5.4。

万向吊环

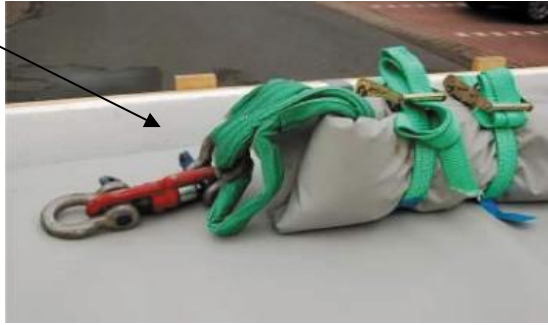


图 10.5.4 万向吊环示意图

10.5.5 将扎头部分外面防紫外线膜划开（见图 10.5.5）小口复查是否有气溢出，材料端部开小孔，是为了排除材料膨胀后内外膜之间材料中存在少量的气体，以及材料端口打开或切开时，进入的空气。材料加压后材料被气压膨胀紧贴管壁，挤出材料中的气体，该气体聚集在两端，如果不排除，可能胀破外膜。且影响内衬材料质量，特别是端部材料的质量，严重影响取样，以及样品材料的强度值。故本条第 4 款对湿软管采用高压风机扩展时规定在扎头与原有管道口处的内衬材料上划一小口复查是否有气溢出。



图 10.5.5 扎头部分外面防紫外线膜划开示意图

10.5.6 紫外灯光固化示意图 10.5.6

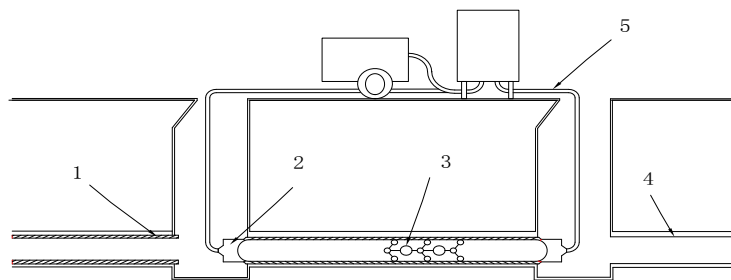


图 10.5.6 紫外灯光固化示意图

1—已固化的内衬管；2—扎头；3—紫外光灯架；4—原有管道；5—充气管

10.5.7 施工方应进行闭路电视检查。与施工前闭路电视检查的质量标准一致。提交未经编辑的施工后闭路电视检查录像和每个下水管道段的相关固化参数压力、温度、巡航速度，距离的原始记录报告，以供验收。

10.5.8 固化法完成后内衬管应按每个施工段不少于 1 组的规定进行现场取样。

10.5.9 修复后的管道内应无湿渍，不得出现滴漏、线漏等渗水现象。

10.5.10 内衬管起点和终点端头应切割整齐，端部密封处理应密封良好，饱满厚实。

10.6 点状原位固化法工艺要求

10.6.1 适用于排水管道局部和整体修理；管道结构性缺陷呈现为破裂变形、错位、脱节、渗漏，且接口错位应 $\leq 5\text{cm}$ ，管道基础结构基本稳定，管道线形没明显变化，管道整体坚实不酥化；管道接口处有渗或临界时预防性的管道修复。

10.6.2 点状原位固化法所用材料应符合下列规定：

- a) 内衬筒的织物应选用耐化学的 CRF 玻璃纤维，规格为 $1050\sim 1400\text{g/m}^2$ ；
- b) 采用常温固化树脂时，树脂的固化时间宜为 $1\sim 2\text{h}$ ；
- c) 采用硅酸盐树脂时，其配比混合料性能指标应符合表 10.6.2 的规定；

表 10.6.2 硅酸盐树脂性能指标要求

项目	单位	指标	检验方法
树脂密度	g/cm^3	1.2~1.27	《塑料 液体树脂 用比重瓶法测定密度》GB/T 15223-2008
固化剂密度	g/cm^3	1.5~1.55	《塑料 液体树脂 用比重瓶法测定密度》GB/T 15223-2008
粘度	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	150~600	《粘度测量方法》GB/T 10247-2008
不挥发物含量	%	≥ 99	《胶粘剂不挥发物含量的测定》GB/T 2793-1995

d) 内衬筒的织物浸渍完成后，应立即进行修复施工，否则应将浸渍树脂后的织物保存在存储温度以下，并不应受灰尘等杂物污染，且应保存在适宜的温度下，防止树脂过早固化，在理论开始固化时间前不能完成安装的材料应作报废处理。

10.6.3 点状原位固化法内衬管厚度的设计应符合原位固化法内衬层厚度的设计规定；点状原位固化法的内衬筒的长度应能覆盖待修复缺陷，且轴向前后的长度比缺陷长度均应大于 200mm。

10.6.4 点状原位固化法内衬筒的安装应符合下列规定：

- a) 浸渍树脂后的织物缠绕在修复气囊后应予临时绑扎，缠绕织物前应对修复气囊进行检查；
- b) 修复气囊的工作压力和修补管径范围及各项技术指标应符合气囊设备规定的技术要求；

c) 将绑扎织物后的修复气囊运送到待修复位置；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。

10.6.5 内衬筒的原位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 0.08~0.20MPa 范围；

c) 固化完成后应缓慢释放气囊内的压力。

10.6.6 软管的固化应符合以下规定：

a) 当采用常温固化树脂体系时，气囊宜充入空气进行膨胀；如采用加热固化的树脂体系，应先采用空气或水使软管膨胀，再替换成热蒸汽或热水进行固化；

b) 气囊内气体或水的压力应能保证软管紧贴旧管内壁，但不得超过软管材料所能承受的最小压力；

c) 采用加热固化方式时，应按照本导则相关规定进行操作；

d) 固化完成后应缓慢释放气囊内的气体。如果采用加热固化法，应先将气囊内气体或水的温度降到 38℃后，然后缓慢释放气囊内的气体或水。

10.6.7 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，固化时间等施工记录。

10.7 紫外光原位固化法质量检验

10.7.1 取样与送样

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

10.7.1.2 现场取样应符合表 10.7.1.2 的规定。

表 10.7.1.2 测试样品尺寸及技术要求

测试项目	测试指标	取样要求	样块数量
三点弯曲测试	抗弯强度	施工现场采集样块尺寸： (圆周向切线长度×轴向长度) em<10mm 内衬管：250×200mm em≥10mm 内衬管：400×200mm 同三点弯曲测试	1
	短期弯曲模量		
厚度测试	平均厚度 (em)		
拉伸试验	抗拉强度	施工现场采集样块尺寸(圆周向切线长度×轴向长度)： 200×300mm	1
密实性检测	材料样本透水性	边长为 45±5mm 的正方形	1

注：1、em 为设计厚度；2、取样要求为最小取样尺寸。

10.7.1.3 内衬管样品送检应符合下列规定：

a) 应由第三方进行检测，并出具检测报告。

b) 每个样品应有样品说明单，样品说明单应包括下列信息：内衬材料、尺寸、树脂类型、涂层情况、内衬生产商；施工日期、采样日期；采样位置、采样方法；测试委托方、施工方签字确认。

c) 测试工作应按本规程表 10.7.1.3 执行，增补检测项目应由材料供应商、施工方和业主共同商议确定。

表 10.7.1.3 原位固化法内衬检测项目

测试项目	测试指标	单位	技术要求	测试方法
三点弯曲测试	抗弯强度	MPa	设计要求	按本导则附录 E 执行
	短期弯曲模量	MPa	设计要求	
拉伸试验	抗拉强度	MPa	设计要求	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T 1040.2-2022
厚度测量	平均厚度 em	mm	不小于图纸设计值，单个样品测试值与平均厚度值偏差不大于 10%	《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806-2008
密实性检测	材料样本透水性	/	无试验介质渗透至玻璃瓶中：0.05MPa，30min 测试合格	按本导则附录 F 执行

注：平均厚度不包括非结构性内外膜厚度。

10.7.2 主控项目

10.7.2.1 固化法修复后应按表 10.7.2.1 进行内衬管检测。

表 10.7.2.1 原位固化法内衬检测项目

测试项目	测试指标	单位	技术要求	测试方法
三点弯曲测试	弯曲强度	MPa	设计要求	按本导则附录 E 执行
	短期弯曲弹性模	MPa	设计要求	
拉伸试验	抗拉强度	MPa	设计要求	《塑料 拉伸性能的测定 第 4 部分：各向同性和正交各向异性纤维增强复合材料的试验条件》GB/T 1040.4-2006
厚度测量	平均厚度 em	mm	不小于图纸设计值，单个样品测试值与平均厚度值偏差不大于 10%	《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806-2008
密实性检测	材料样本透水性	/	无试验介质渗透至玻璃瓶中：0.05MPa，30min 测试合格	按本导则附录 F 执行

10.7.3 一般项目

10.7.3.1 修复后的管道内应无湿渍，不得出现滴漏、线漏等渗水现象。

检验方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

10.7.3.2 内衬管外观质量应符合下列规定：

- a) 内衬管表面应光洁，无局部孔洞、裂纹和软弱带；
- b) 磨损、气泡或干斑的出现频次每 10m 不应大于 1 处；
- 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；
- d) 内衬管应与原有管道贴附紧密。

检验方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

10.7.3.3 内衬管起点和终点端头应切割整齐，端部密封处理应符合第 10.7.3 的规定，且应密封良好、饱满密实。

检验方法：观察或对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

10.7.3.4 固化完成后，内衬管起点和终点端部应按下列规定进行密封和切割处理：

- a) 内衬管端部应切割整齐，并应露出检查井壁 20~50mm。
- b) 当端口处内衬管与原有管道结合不紧密时，在内衬管与原有管道之间应采用与软管浸渍的树脂材料性能相同的树脂混合物进行密封。
- c) 固化完成后应清洁端口。

10.8 点状原位固化法质量检验

10.8.1 主控项目

10.8.1.1 浸渍树脂、软管织物等工程材料的性能、规格、尺寸应符合第 14.4 条和设计文件的规定，质量保证资料应齐全。

检验方法：对照设计文件按第 14.4 条的规定进行检查；检查材料进场验收记录，检查质量保证资料、厂家产品使用说明书等技术文件；检查浸渍树脂的运输、存储等记录。

检查数量：全数检查。

10.8.1.2 固化后内衬管的力学性能、壁厚应符合第 14.7.1 条的规定和设计要求。内衬管最小壁厚不得小于设计值。

检验方法：对照设计文件按第 10.7.3 条、第 14.7.1 条的规定进行检测；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。

检查数量：全数检查。

10.8.1.3 现场内衬管的壁厚检验应按《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806-2008的有关规定执行。固化后内衬管的壁厚不得小于图纸设计值，平均壁厚不得大于图纸设计壁厚的 20%。

检验方法：对照设计文件用测厚仪、卡尺等量测，检查样品管。

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

10.8.2 一般项目

10.8.2.1 点状原位固化法修复管道，内衬管表面质量应符合下列规定：

- a) 内衬应与原有管道紧密贴合，不应有明显凸起物、凹陷、错台、空鼓等现象；
- b) 修复位置应正确，内衬应完整，表面应光洁、平整，不应有局部划伤、裂纹、磨损、孔洞、起泡、干斑、脱皮、分层、杂质和软弱带等影响管道使用功能的缺陷；
- c) 管道不应有渗水现象。

检验方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

10.8.2.2 修复后管道应线形和顺，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。

检验方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

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

检验方法：观察或 CCTV 检测，对照设计文件和施工方案检查施工记录、CCTV 检测记录等检查数量：全数检查。

10.8.2.4 内衬管两端部密封处理应符合设计文件的规定，且应密封良好、饱满密实。

检验方法：观察；对照设计文件检查施工记录等检查数量：全数检查。

10.8.2.5 修复施工记录应齐全、正确。

检验方法：对照设计文件和施工方案等规定进行检查。

检查数量：全数检查。

11 碎（裂）管法施工

11.1 材料与设备

11.1.1 管材一般应选择 PE80 及其以上级别的全新的 HDPE 管道，且应符合《给水用聚乙烯（PE）管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 13663.2-2018 中的规定。

11.1.2 在同一个更新管段内，应采用相同的 HDPE 管材，不得使用不同型号或不同生产厂家的管材。

11.1.3 新管材应经过仔细检查，不应存在可见的裂缝、孔洞、划伤、夹杂物、气泡、变形或其他缺陷。

11.1.4 裂管设备规格及适用管径宜参照表 11.1.4 进行选择。

表 11.1.4 推荐裂管设备规格及适用管径

裂管机回拖力 (KN)	工作坑	适用管径范围 (mm)
200	√	50-150
400	√	50-300
770	√	65-450
1250	√	150-600
2500	√	300-1000

注：200kN 及 400kN 裂管机也可用于检查井之间的裂管作业。“√”表示适用。

11.1.5 不同管材推荐使用的裂管刀（工）具宜符合表 11.1.5 的规定。

表 11.1.5 不同管材推荐适用的裂管刀（工）具

液压/气动	静液压	静液压	静液压	静液压	气动
滚刀类型/管材类型	滚刀	铅皮管切刀	塑料管切刀	带胀头的切刀	带胀头的切刀
铸铁管（CIP）	√	--	--	√	√
球墨铸铁管（DIP）	√	--	--	--	--
钢管	√	--	--	√	√
PE/PP 管	--	--	√	√	√
PVC 管	--	--	--	√	√
石棉水泥管（ACP）	--	--	--	√	√
陶土管（VCP）	--	--	--	√	√
混凝土/钢筋混凝土管（CP/RCP）	√	--	--	√	√
玻璃纤维聚酯管（GRP）	√	--	--	√	√

注：1、“√”表示适用；2、“--”表示不适用。

11.2 施工准备

11.2.1 施工前应调查待更新管道的材质、走向、埋深、管段长度、管径，以及是否有管道基础或钢筋加固等信息。

11.2.2 应探明旧管道上所有检查井的深度与直径，以及井内支管、水流方向、管内底高程、进水口和出水口的管径等。

11.2.3 应探明施工区域内其他地下管线的尺寸、走向及埋深。施工管段与其他管线及设施(如：天然气、电力电缆、通信光缆等)较近时，应与相关单位联系做好安全措施。

11.2.4 施工前应对施工区域内其他排水管线情况、施工区域土质条件、施工区域内的地下暗井、人防设施、障碍物、施工区域内的地上建筑物、变压器、电线杆、绿地等进行详细勘察，制定合理的临排方案、地下设施的保护方案、安全施工方案和交通疏导方案等。

11.2.5 管道检测除应满足要求外，尚应查清旧管的弯曲状况和曲率半径。

11.2.6 工作坑的坑位及尺寸应符合下列规定：

- a) 坑位应注意避开地上建筑物、地下管线或其他构筑物；
- b) 工作坑尺寸应根据设备的尺寸选择，以利于施工作业为宜，坑底应低于待修复管道外壁底端 350mm；
- c) 进管坑宽度应大于新管道直径 300mm，并不得小于 650mm；长度应根据 PE 管材的容许弯曲半径确定。

11.2.7 工作坑的施工应符合下列要求：

- a) 设备坑的坑壁面应垂直于坑底平面及旧管中心线；
- b) 设备坑下宜铺设不小于 80mm 厚的砾石；
- c) 应将进管坑坑壁与旧管道接口处适当开凿；
- d) 应保持工作坑干燥，必要时应进行降水。

11.3 施工

11.3.1 采用静液压法进行管道更新施工时，应符合以下规定：

- a) 施工前应测试设备的报警装置及紧急开关；
- b) 检查设备安全性与可靠性；
- c) 拉杆与管道之间应连接牢固；
- d) 进管坑中的工作人员应与设备坑端的操作主机人员协调一致，宜采用对讲机通讯。

11.3.2 采用气动法进行管道更新施工时，应符合以下规定：

- a) 碎（裂）管过程中，应对碎管头施加一个恒定的拉力。
- b) 在碎管头达到接收地之前，施工不宜终止。

11.3.3 设备操作人员应严格遵守设备操作规程。

11.3.4 应设置安全标志、护栏、警示灯等并设置安全员，施工过程中禁止无关人员进入施工

现场。

11.3.5 发生紧急情况时，应按操作规程做出应急措施处理，应听从现场统一指挥的口令，服从命令，协调一致进行处理。施工中的紧急情况应包括下列内容：

- a) 主机、液压动力站在正常施工过程中，突然出现故障，致使施工中断或失去控制；
- b) 报警装置发出报警信号；
- c) 设备操作及施工现场出现危及设备、设施及人身安全情况。

11.3.6 如遇报警器报警，设备操作人员保持镇定，站在安全位置上，保持不动，禁止与坑壁其他物件、人员、接触。通知地面指挥人员联系有关部门切断电源。通过干燥非金属的人梯脱离设备，上至地面。

11.3.7 新管回拖完成后，应切除多余的管段，两端应各预留 500mm 长度的管段，以适应管道后期的收缩。

11.3.8 应在起始坑及接收坑中对新管道与土体之间的环状间隙进行密封，密封长度应不小于 200mm。

11.3.9 管道的连接应符合下列规定：

a) PE 管采用热熔对接时，热熔对接应符合《塑料管材和管件聚乙烯(PE)管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备》GB/T 19809-2005 的有关规定；

b) PE 管采用机械连接时，连接处应连接紧固；

c) 管道连接前应对各连接方法的接头强度进行试验，试验方法及要求应符合《给水用聚乙烯（PE）管道系统 第 5 部分：系统适用性》GB/T 13663.5-2018 中的有关规定。

11.4 质量检验

11.4.1 主控项目

11.4.1.1 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。

11.4.1.2 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导则规定。

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。

11.4.1.3 管道连接接头试验，并符合本导则第 11.3.9 条的规定。

检查方法：按《给水用聚乙烯(PE)管道系统 第 5 部分：系统适用性》GB/T 13663.5-2018 中的有关规定。

检查数量：按《给水用聚乙烯(PE)管道系统 第 5 部分：系统适用性》GB/T 13663.5-2018 中的有关规定。

11.4.1.4 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，管道壁厚损失不得大于 10%，接口不得破碎。

检查方法：施工前管节及接口全数观察，施工后对牵拉端取样检测；

检查数量：全数检查。

11.4.1.5 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。

11.4.1.6 管道内衬管内壁表面应光洁、平整，无局部裂纹，磨损，孔洞，变形，错台等影响管道结构、使用功能的损伤和缺陷。

检查方法：观察或 CCTV 检测；检查施工记录、CCTV 检测记录等。

检查数量：全数检查。

11.4.1.7 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。

11.4.2 一般项目

11.4.2.1 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。

11.4.2.2 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。

12 机械制螺旋缠绕法施工

12.1 材料和设备

12.1.1 机械制螺旋缠绕法所用材料为 PVC 带状型材。按照内衬管外径的不同，选用合格的型材规格，可选用 91-25 型材，高度宜为 25mm。

12.1.2 用于制造咬合条带状型材（见图 12.1.2）的硬质 PVC（或加钢片）和 CPVC 复合材料以及不锈钢带性能应达到表 12.1.2-1 和表 12.1.2-2 相关标准的要求。

表 12.1.2-1 PVC-U 带状型材材料特性

检验项目	单位	性能要求	测试方法
拉伸弹性模量	MPa	≥ 2000	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T 1040.2-2022 测试速度为 (10 ± 2) mm/min
拉伸强度	MPa	≥ 35	
断裂伸长率	%	≥ 40	《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第 2 部分：硬聚氯乙烯(PVC-U)、氯化聚氯乙烯(PVC-C)和高抗冲聚氯乙烯(PVC-HI)管材》GB/T 8804.2-2003，测试速度为 (5 ± 0.5) mm/min
弯曲强度	MPa	≥ 58	《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008，测试速度为 (1 ± 0.2) mm/min

表 12.1.2-2 钢塑加强法工艺用钢带材料性能

检验项目	单位	性能要求	测试方法
弹性模量	GPa	≥ 193	《金属材料 弹性模量和泊松比试验方法》GB/T 22315-2008
材质	—	不锈钢，Ni 含量大于 1%	《不锈钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》YB/T 4396-2014

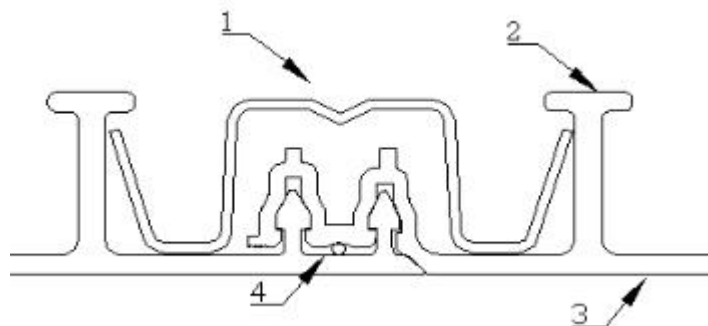


图 12.1.2 螺旋缠绕后钢塑结构示意图

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

12.1.3 应分别对机械制螺旋缠绕法采用不同生产批次的带状型材进行抽样检测，测试方法见

附录 G。

a) 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。

b) 应按照《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806-2008 中规定的方法检测机械制螺旋缠绕法使用带状型材的宽度、高度和壁厚。

c) 机械制螺旋缠绕法带状型材的刚度系数应按照本导则规定的方法进行测量。

d) 螺旋缠绕法接口严密性的测试应按照本导则规定的方法进行。

12.1.4 机械制螺旋缠绕法用带状型材或管片内衬法用片状型材应有清晰的标记，标记应包括生产商的名称或商标、产品编号、产地、生产设备、生产日期、型号、材料等级和生产产品所依据的规范名称等。带状型材的标记间距不应大于 5.0m，片状型材每片都应进行标记。

12.1.5 机械制螺旋缠绕法所用 PVC 带状型材应连续地缠绕在卷筒上，以方便储存及运输。

12.1.6 所使用的粘结剂或密封剂应与 PVC 复合材料和机械制螺旋缠绕工艺相匹配。

12.1.7 机械制螺旋缠绕法所用缠绕机应可拆分组装，通过现有的检查井施工，无需开挖工作坑。

12.2 施工准备

12.2.1 管道检测和清洗应符合本导则相关规定。

12.3 施工

12.3.1 机械制螺旋缠绕法缠绕作业应平稳、匀速进行，锁扣应连接牢固。

12.3.2 在扩张机械制螺旋缠绕过程中，应在主锁扣和次锁扣中分别注入密封胶和粘结剂。

12.3.3 机械制螺旋缠绕法修复施工完成后应对管道端口进行处理，保证管口平滑完整。

12.4 质量检验

12.4.1 主控项目

12.4.1.1 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) 施工所用的主要原材料应符合本导则第 12.1 节内衬材料的相关规定。

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) 取样应从同批次任一卷轴截取。

e) 钢带应安装在型材外表面。

12.4.1.2 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、性能符合本导则和设计要求；

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，当设计无要求时，应符合《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210-2014 的有关规定。

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，同一项目每种管径留样 1 组。检查刚度系数时，同一项目型材和钢带不同组合留样 1 组。

c) 管道内不得有滴漏和线流现象。

检查方法：修复完成后宜采用 CCTV 闭路电视进行检查，修复后管径大于 800mm 时也可进入管道人工检查；

检查数量：全数。

12.4.2 一般项目

12.4.2.1 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 闭路电视进行检查或人工检查；

检查数量：全数。

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。

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。

13 管片内衬法施工

13.1 材料和设备

13.1.1 管片内衬法中所用材料为工厂预制的不锈钢、PVC 等具有耐久性、抗腐蚀以及表面光滑的片状型材。

13.1.2 同一修复段所采用的带状型材或片状型材应是同材质的，并且不存在可见裂隙、漏洞、夹带杂物或其他损伤等缺陷。

13.1.3 应分别对管片内衬法不同生产批次的片状型材进行抽样检测。PVC 片状型材的物理性质的检测及要求应满足表 13.1.3 的规定。同时还应满足《热塑性塑料管材耐外冲击性能 试验方法 时针旋转法》GB/T 14152-2001 中的规定。

表 13.1.3 管片内衬材料的物性要求

结构性能	测试方法	最小值
纵向拉伸强度	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T 1040.2-2022	44.4MPa
纵向弯曲强度	《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008	75MPa
热塑性塑料维卡软化温度	《热塑性塑料维卡软化温度 (VST) 的测定》GB/T 1633-2000	75.4℃

13.1.4 管片内衬法所使用的灌浆料的强度、流动度必须满足本导则表 13.1.4 的要求。同时灌浆料还需具有抗离析、微膨胀、抗开裂等性能。

表 13.1.4 灌浆料的基本要求

结构性能	最小值
抗压强度	C30
流动度	270mm

13.1.5 所使用的粘结剂或密封剂应与管片内衬工艺用的不锈钢、PVC 等相匹配。

13.1.6 管片拼装法主要使用的材料应为 PVC 模块和填充砂浆（见图 13.1.6）。

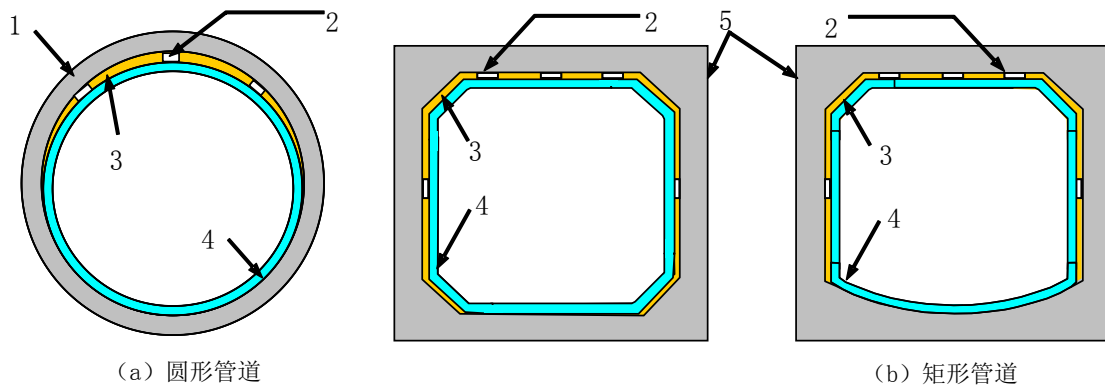


图 13.1.6 PVC 模块和填充砂浆示意图

1—原有管道；2—垫块；3—填充砂浆；4—PVC 模块；5—原有管道

13.1.7 管片拼装法采用的 PVC 模块结构如图 13.1.7 所示，PVC 模块尺寸应按表 13.1.7-1 和表 13.1.7-2 中规定的修复后管径确定。

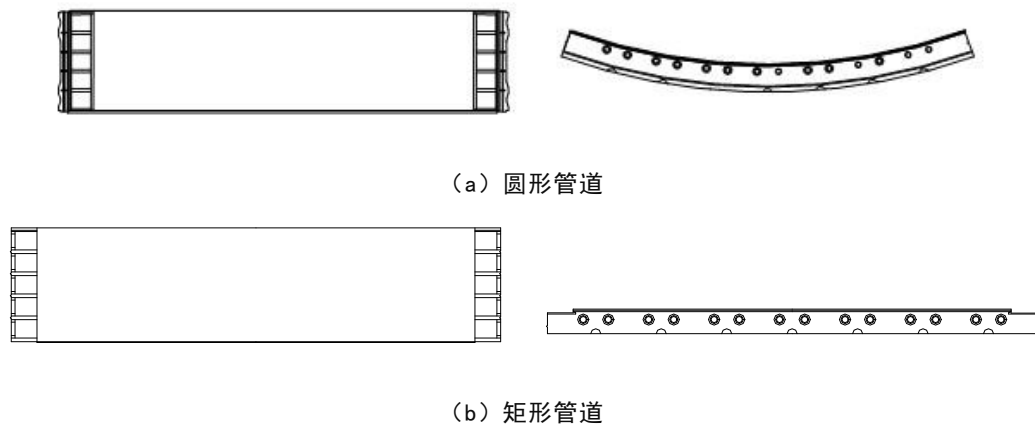


图 13.1.7 PVC 模块结构图

表 13.1.7-1 圆形管道修复后管径

原有管径 (mm)	圆形管道用 PVC 模块
	修复后管径 (mm)
800	725
900	820
1000	915
1100	1005
1200	1105
1350	1240
1500	1370
1650	1510
1800	1650
2000	1840
2200	2030
2400	2220
2600	2405

表 13.1.7-2 矩形管道修复后尺寸

原有矩形管道尺寸 (mm)	矩形管道用 PVC 模块
	修复后矩形管尺寸 (mm)
1000×1000	895×895
1100×1100	986×986
1200×1200	1076×1076
1350×1350	1225×1225
1500×1500	1375×1375
1650×1650	1525×1525
1800×1800	1675×1675

13.1.14 管片材料技术指标应满足表 13.1.4 的要求。

表 13.1.4 管片材料性能要求

检验项目	单位	技术指标	检验方法
纵向拉伸强度	MPa	>40	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T 1040.2-2022
热塑性塑料维卡软化温度	℃	>60	《热塑性塑料维卡软化温度 (VST) 的测定》GB/T 1633-2000

13.1.15 填充砂浆应具有在水中不易分离、水平方向的流动性好特性，可用于狭窄的间隙填充。填充砂浆的配比应符合表 13.1.5 规定。

表 13.1.5 填充砂浆配比 (每 m³)

水灰比 (%)	单位重量 (kg)		备注
	砂浆	水	
21.2	1722	365	砂浆每袋 25kg

13.1.16 填充砂浆应满足抗压强度、流动度等要求，并应满足表 13.1.6 的要求。

表 13.1.6 填充砂浆的基本要求

项目	单位	技术指标	检验方法
抗压强度	MPa	>30	《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448-2015
30min 截锥流动度	mm	≥310	

13.2 施工准备

13.2.1 管道检测和清洗应符合本导则相关规定。

13.3 施工

13.3.1 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 30%并不大于 500mm，应特别注意井下人员安全，必须保持地面同井下人员之间的通讯联络。

13.3.2 管片内衬法管片间采用螺栓连接或焊接连接时，应在连接部位注入密封胶或粘结剂，确保防水性能。

13.3.3 采用固定直径的管片内衬法修复管道时，应对内衬管和原管之间的间隙进行注浆填充，必要时应在注浆前对内衬管进行支护，以确保注浆安全。

13.3.4 管片内衬法修复施工完成后应对管道端口进行处理，保证管口平滑完整。

13.4 质量检验

13.4.1 主控项目

13.4.1.1 进场的管片质量检验应符合下列规定：

a) 应分别对不同生产批次的管片进行抽样检测。样品应由符合资质的检测单位进行检测，并提供检测结果报告。

检查方法：并按表 13.1.4 进行性能检测。

检查数量：每一批次抽取 3 块。

b) 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。

检查方法：观察。

检查数量：全数检查。

13.4.1.2 注浆质量检验应符合下列规定：

检查方法：应按本导则表 13.1.6 对填充砂浆进行现场测试 30min 截锥流动度并取样做抗压强度测试。

检查数量：每 10m³取一组样。

13.4.2 一般项目

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

13.4.2.2 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。

13.4.2.3 修复后，应测量管道内径，尺寸应满足表 13.1.7-1 和表 13.1.7-2 的要求。

13.4.2.4 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。

14 折叠内衬法施工

14.1 材料

14.1.1 同一修复管段应采用同种管材，且不得存在可见裂隙、漏洞、外来夹杂物或其他损伤缺陷。

14.1.2 管道应采用热熔法进行连接。管道的热熔连接应按照《塑料管材和管件聚乙烯（PE）管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备》GB/T 19809-2005 的要求进行。

14.1.3 管道折叠变形应采用专用变形机进行轧“U”变形，缩径量应控制在 30~35%。

14.1.4 应采用非金属缠绕带对变形后的折叠管进行捆扎。缠绕带的层数和间距应根据管道的直径、壁厚、材料等级、环境温度等因素确定。

14.1.5 工厂预制折叠管应在施工前进行取样检测，现场折叠管道应在施工前制作折叠管道样品，对样品管道的性能进行测试。每一批次折叠管应至少抽检一组样品。

14.1.6 施工前应按如下步骤进行折叠管的复原试验：

- a) 将一段足够长的折叠管道（最大长度 3m）安装到对开管道模型中并且两端固定；
- b) 将组装的管道组合模型置于一个封闭的容器内进行加热，保持闭合空间温度在 93℃ 以上至少 15min；
- c) 将温度升高到 121℃，同时将管道内部压力加至 100kPa，维持压力 2min；
- d) 保持温度不变，继续升高压力至 180kPa，并维持 2min；
- e) 慢慢释放压力，并将温度冷却到 38℃ 以下；
- f) 将复原后的管道样品从管道模型中取出；
- g) 在加热加压的过程中，应采取相应的安全防护措施（见附录 H）。

14.1.7 试样管道应进行如下性能检测并符合相关要求：

a) 应根据《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806-2008 测量管道外径和壁厚，测量值应符合设计要求；

b) 拉伸强度和断裂伸长率的测量应按照《塑料 拉伸性能的测定 第 1 部分：总则》GB/T 1040.1-2018 相关规定进行。测量结果应符合管材出厂拉伸强度和断裂伸长率的要求；

c) 弯曲模量的测量应按照《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008 相关规定。测量结果应符合管材出厂弯曲模量的要求；

d) 折叠 HDPE 管试样应由国家相关权威认证机构进行检测，选用 PE100 的 HDPE 管道，屈服强度大于 22Mpa，断裂强度大于 30Mpa，弯曲模量 900Mpa。

14.1.8 样品的复测应符合以下规定：

- a) 如果样品测试结果中有任何指标不能满足本导则的要求，都需要对该指标进行复测；
- b) 复测时不得通过任何方式降低导则的要求；
- c) 复测应按照本导则中所规定的测试方法进行（复测时的温度和湿度容许偏差应为±1℃和±2%），并且应达到本导则对产品的要求。如果复测仍然未能通过，则应判定所选用的管道不能满足要求。

14.1.9 应在折叠好的管道上进行清晰地标记，标注间距不应大于 3m。

14.1.10 折叠管上标注的信息应包括管材制造所依据的规范编号、管材公称外径、管段长度、管材生产所采用原材料的代码、生产商名称和商标、产品代码和生产日期、对于每批次管材还应标有厂商地址等信息。

14.1.11 工厂预制的折叠管道宜缠绕到卷轴上，且应采用非金属缠绕带分层固定。

14.2 施工准备

14.2.1 待修复管道的检测和清洗应符合本导则的要求。

14.2.2 清洗工作完成后，应采用一个与折叠管直径相同，长度大于 3m 的 HDPE 管探头进行试通过。如果探头在试通过过程中出现了阻塞，或者管壁划痕超过壁厚 10%，应重新检测清洗管道，直至满足要求。

14.2.3 折叠管的压制过程应符合下列要求：

- a) 对于现场折叠管道，折叠速度不得大于 10m/min；
- 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等现象。

14.3 施工

14.3.1 牵引折叠管道时应缓慢施加拉力，防止折叠管道所受拉力超过管材允许的最大轴向拉力。

14.3.2 拉入折叠管道过程中应采取必要措施防止 HDPE 管进入管道时被坡道、操作坑壁、管道端口划伤。应仔细观察管道入口处 HDPE 管情况，防止管道过度弯曲或起皱。

14.3.3 折叠管拉入的拉伸率不得超过 1.5%。

14.3.4 管道拉入完毕后，卸除管道所受拉力，两端应分别预留超过原有管道 300~500mm 的预留段。

14.3.5 折叠管复原过程应符合下列要求：

- a) 在复原过程中应记录温度和压力变化，保证在复原的各个阶段温度压力都达到了相

关要求。应在管道起始端旧管道与内衬管之间安装温度测量仪以检测内衬管道外的温度变化；

b) 向折叠管中通入温度在 112~126℃之间，压力为 100kPa 的蒸汽，当管周围温度达到 85±5℃后，将蒸汽加压到 180kPa；

c) 维持该压力一定时间使折叠管完全膨胀并在支管处形成凹形；

d) 折叠管温度应先冷却到 38℃以下，然后再慢慢加压至大约 228kPa，再用空气或水继续冷却直到获得周围温度。

14.3.6 内衬管复原冷却后，将管道两端切割整齐，内衬管道两端应比原有管道长至少 100mm。

14.3.7 施工过程应有详细的文字记录。

14.4 内衬材料

14.4.1 折叠内衬法使用的干软管应符合下列规定：

- a) 软管的外表面应包覆一层与所采用的树脂兼容的非渗透性塑料膜；
- b) 多层干软管各层的接缝应错开，接缝连接应牢固；
- c) 干软管的长度应大于待修复管道的长度；
- d) 干软管应满足后续浸渍等加工及修复施工要求；
- e) 干软管展开固化后应与待修复管道的内壁紧密贴合。

14.4.2 干软管浸渍树脂应符合下列规定：

a) 树脂应根据修复工艺要求采用长期耐腐蚀和耐湿热老化的热固性树脂，可采用不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂或环氧树脂，树脂的主要性能应符合表 14.4.2-1 的规定，树脂等级划分和试验方法应符合表 14.4.2-2 的规定。

表 14.4.2-1 原位固化法专用树脂系统浇筑体性能

纯树脂性能	间苯/邻苯	乙烯基苯	环氧树脂	测试方法
弯曲模量 (MPa)	≥3000	≥3000	≥3000	按《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567-2021 的相关规定执行
弯曲强度 (MPa)	≥90	≥100	≥100	
拉伸模量 (MPa)	≥3000	≥3000	≥3000	
拉伸强度 (MPa)	≥60	≥80	≥80	
拉伸断裂延伸率 (%)	≥2	≥4	≥4	
热变形温度 (℃)	≥88	≥93	≥85	按《塑料 负荷变形温度的测定》GB/T 1634.1-2019 中的相关规定执行

表 14.4.2-2 原位固化法热固性树脂等级划分和试验方法

化合物溶液	等级 1	等级 2/等级 3	测试方法
硝酸，浓度 1.0%	耐	耐	按《玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法》GB/T 3857-2017 中的相关规定执行
硫酸，浓度 5.0%	耐	耐	
燃料油，浓度 100%	耐	耐	
蔬菜油（棉籽油、谷物油或矿物油），浓度 100%	耐	耐	
洗涤剂，浓度 0.1%	耐	耐	
肥皂水，浓度 0.1%	耐	耐	按《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567-2021 中的相关规定执行
氢氧化钠，浓度 0.5%	不耐	耐	

注 1：等级 1 为热固性不饱和聚酯树脂，等级 2 为热固性不饱和聚酯树脂以及乙烯基酯树脂，等级 3 为热固性环氧树脂。

2：按照《玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法》GB/T 3857-2017 中的规定，加温至 60℃ 条件下，28 天龄期的弯曲强度保留率与弯曲模量保留率的平均值大于 70%，同时样品外观无劣化视为耐，否则为不耐。

b) 热固性树脂的固化应根据产品使用说明要求的固化温度—时间曲线来控制；

c) 浸渍软管前，应计算树脂用量，树脂的各种成分应进行充分混合，实际用量应比理论用量多 5~15%；

d) 树脂和固化体系经充分混合后应立即进行浸渍，浸渍时树脂的温度宜为 15~30℃，树脂浸渍时的环境湿度宜小于 80%，浸渍后软管的环境温度应为-5~20℃，其储藏的适用期应短于产品生产企业提供的参数；

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

f) 湿软管应根据气温和运输距离等情况确定保存和运输方法，宜存储在不高于 20℃ 的环境中，运输过程中宜全程保温密封运输。

14.5 水翻工艺要求

14.5.1 采用水压的方法将湿软管翻转置入原有管道时应符合下列规定：

a) 翻转时将湿软管的外层防渗塑料薄膜应向内翻转成内衬管的内膜，内膜应与管内水相接触；

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,相应压力值应按产品使用说明要求取值;

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不良影响;

d) 翻转完成后,湿软管伸出原有管道两端的长度宜为 0.5~1m 之间。

14.5.2 翻转完成后应采用热水对软管进行固化,并应符合下列规定:

a) 热水供应装置应装有温度测量仪,固化过程中应对温度进行跟踪测量和监控;

b) 在施工段起点和终点,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;

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参照树脂材料说明书的规定或咨询树脂材料生产商,并应根据修复管段的材质、周围土体的热传导性、环境温度、地下水位等情况进行适当调整;

e) 固化过程中软管内的水压应能使软管与原有管道保持紧密接触,且压力不得超过软管在固化过程中承受的最大压力,并不得损坏原管道;

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。

14.5.3 固化完成后内衬管的冷却应符合下列规定:

a) 应先将内衬管内水的温度缓慢冷却至不宜高于 38℃;冷却时间应按产品使用说明要求取值;

b) 可采用灌入常温水替换内衬管内的热水进行冷却,替换过程中内衬管内不宜形成负压;

c) 应待冷却稳定后方可进行后续施工。

14.5.4 固化完成后内衬管起点和终点端部应按下列规定进行密封和切割处理:

a) 内衬管端部应切割整齐,并应露出检查井壁 20~50mm;

b) 当端口处内衬管与原有管道结合不紧密时,应在内衬管与原有管道之间充填与软管浸渍的树脂材料性能相同的树脂混合物进行密封;

c) 固化完成后应清洁端口。

14.5.5 翻转式原位固化法修复施工中应对树脂存储温度、冷藏温度和时间,树脂用量,软管浸渍停留时间和使用长度,翻转压力、温度,固化温度、时间和压力,内衬管冷却温度、时

间、压力等作施工记录。

14.6 气翻工艺要求

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

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

b) 翻转压力应控制在使湿软管充分扩展所需最小压力和软管所能承受的允许最大内部压力之间，同时应能使软管翻转到管道的另一端点，相应压力值应咨询软管生产商；

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，且不得对软管和相关施工设备等产生不良影响；

d) 翻转完成后，湿软管伸出原有管道两端的长度宜为 0.5~1m。

14.6.2 气翻转完成后可采用热水或蒸汽对软管进行固化，采用热水固化应符合本导则第 14.5.2 条和第 14.5.3 条规定，采用蒸汽固化时，应符合下列规定：

a) 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) 在施工段起点和终点，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) 蒸汽应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参照树脂材料说明书的规定或咨询树脂材料生产商，并应根据修复管段的材质、周围土体的热传导性、环境温度、地下水位等情况进行适当调整；

e) 固化过程中软管内的气压应能使软管与原有管道保持紧密接触，压力不得超过软管在固化过程中承受的最大压力，并不得损坏原管道，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。

14.6.3 蒸汽固化完成后内衬管的冷却应符合下列规定：

a) 应先将内衬管内的蒸汽温度缓慢冷却至不宜高于 45℃；冷却时间应按产品使用说明要求取值；

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

c) 应待冷却稳定后方可进行后续施工；

d) 固化完成后内衬管起点和终点端部应按本导则 14.5.4 条执行。

14.6.4 翻转式原位固化法修复施工中应做好下列施工记录和检验：

树脂存储温度、冷藏温度和时间，树脂用量，软管浸渍停留时间和使用长度，翻转压力、温度，固化温度、时间和压力，内衬管冷却温度、时间、压力等。

14.7 质量检验

14.7.1 主控项目

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

14.7.1.2 宜在内衬管端部取样，取样尺寸应符合本导则第 10.7.2 条规定。

14.7.1.3 样品送检应符合下列规定：

a) 应由第三方进行检测，并出具检测报告；

b) 每个样品应有样品说明单，样品说明单包括下列信息：内衬材料、尺寸、树脂类型、涂层情况、内衬生产商；施工日期、采样日期；采样位置、采样方法；测试委托方、施工方签字确认。

c) 测试工作应按照本导则规定执行，增补测试项目应由材料供应商、施工方和业主共同商议确定。

14.7.1.4 原位固化法修复后应按表 10.7.3 进行内衬检测。

14.7.1.5 测试样品的尺寸及技术要求应符合表 10.7.2 的规定。

14.7.1.6 现场内衬管的壁厚检验应按《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806-2008 的有关规定执行。固化后内衬管的壁厚不得小于图纸设计值，平均壁厚不得大于图纸设计壁厚的 20%。

检查方法：对照设计文件用测厚仪、卡尺等量测，检查样品管或样品板检验记录。

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

14.7.2 一般项目

14.7.2.1 翻转式原位固化法修复后的管道内表面质量应符合下列规定：

a) 内衬管与原管道内壁紧密贴合，不得有明显凸起、凹陷、错台、空鼓等现象；

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

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；

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

检查方法：观察（CCTV 辅助检查）检查施工记录、CCTV 记录等。

检查数量：全数检查。

14.7.2.3 内衬管起点和终点端头应切割整齐，端部密封处理符合设计要求，且密封良好、饱满密实。

检查方法：观察或对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

14.7.2.4 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。

15 缩径内衬法施工

15.1 材料

15.1.1 PE 管原材料应选择 PE80 或 PE100 及其改性材料，管材性能应满足表 15.1.1 的要求。

表 15.1.1 PE 内衬管材性能要求

性能	单位	试验方法	MDPE PE80 及其改性材料	HDPE PE80 及其改性材料	HDPE PE100 及其改性材料
屈服强度	MPa	《塑料 拉伸性能的测定 第 1 部分：总则》 GB/T 1040.1-2018	>18	>20	>22
断裂强度	MPa		>30	>30	>30
断裂伸长率	%		>350	>350	>350
耐环境应力开裂 (ESCR) F50	h	《塑料 聚乙烯环境应力开裂试验方法》GB/T 1842-2008	>10000	>10000	>10000

15.1.2 同一修复管段应采用同样材质的管道，且不得存在可见裂隙、漏洞、划痕、外来夹杂物或其他损伤缺陷。

15.1.3 应在 HDPE 管道缩径前进行热熔连接，管道的热熔连接应按照《塑料管材和管件聚乙烯(PE)管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备》GB 19809-2005 的要求进行。

15.1.4 施工前应对每一修复段应至少取一组样品进行检测，缩径 HDPE 管材的取样和检测按照如下方法进行：

a) 取一标准长度的 HDPE 管进行缩径；

b) 缩径后的 HDPE 管经过 24h 的时间自然恢复后，截取具有代表性的管段作为试样进行测试。

15.1.5 试样检测结果应符合本导则管材出厂性能测试的要求。

15.1.6 管材上标注的信息应包括管材制造所依照的规范编号、管材公称外径、管段长度、管材生产所采用原材料的代码、生产商名称和商标、产品代码和生产日期、对于每批次管材还应标有厂商地址等信息。

15.2 施工准备

15.2.1 管道的检测与清理应符合本导则的规定。

15.2.2 清洗工作完成后，应采用一个与缩径管直径相同、长度不小于 3m 的 HDPE 管进行试穿，试穿管的前后都应该由钢丝绳牵引。如果试穿管在试穿过程中出现了阻塞，或者出现了

划痕超过壁厚 10%等现象，应重新检测清洗管道，直至满足要求。

15.3 施工

15.3.1 径向均匀缩径法应遵循如下规定：

a) HDPE 管道直径的缩小量不得大于 15%；

b) 在拉入过程应对缩径的 HDPE 管施加一定的牵引力，防止缩径管直径在完全进入待修复管道前发生较大的回弹；

c) 缩径后的管道过水能力应满足排水管道的设计要求。

15.3.2 拉拔法缩径应遵循以下规定：

a) HDPE 管道直径的缩小量不得大于 15%；

b) 宜先将 HDPE 管道预热至约 100℃再进行拉拔缩径；

c) 拉管过程中，应均匀施加拉力，且应防止拉力超过管道所能承受的最大拉力。

15.3.3 管道缩径的过程应连续，不宜中断。

15.3.4 在管道拉入过程中，应缓慢、均匀施加拉力，防止缩径管道所受拉力超过允许最大轴向拉力（材料屈服强度的 50%）。

15.3.5 在拉入过程中，应防止管壁发生磨损、划伤、变形等。

15.3.6 管道拉入过程中，拉伸率不得超过 1.5%。

15.3.7 管道拉入完毕后，卸除拉力，内衬管两端应留有足够长度（推荐值为 $1\%L+20\text{mm}$ ）。

15.3.8 缩径管拉入完毕后，管道静置时间不得少于 24h，使其充分恢复至原来的管径；也可采用加热加压方式加速缩径管复原，时间不应少于 8h。

15.4 质量检验

15.4.1 不锈钢卷筒安装完毕后，应采用 CCTV 设备进行检查，检查结果应符合本导则相关规定。

15.4.2 不锈钢发泡卷筒的位置应安装正确，完全覆盖缺陷部位，不得出现倾斜、扭曲、变形等情况。

15.4.3 不锈钢圈的锁扣应全部扣好，不应出现松扣现象。

15.4.4 不锈钢发泡卷筒应与旧管道内壁接触紧密，无地下水渗漏现象。

16 不锈钢发泡筒法施工

16.1 材料

16.1.1 所采用的不锈钢、海绵、发泡胶等材料应符合国家有关标准的要求，应具有质量合格证和质量检测报告；

16.1.2 所用材料应无毒、无刺激性气味、不溶于水、对环境无污染。

16.1.3 发泡材料应符合以下要求：

- a) 发泡剂应采用双组分，在作业现场混合使用；
- b) 发泡胶固化时间应可控，固化时间宜在 30~120min；

16.1.4 不锈钢板应符合以下要求：

- a) 不锈钢板应采用 T304 及以上材质；
- b) 不锈钢板厚度不应小于 2mm，管径越大，厚度相应增加；
- c) 不锈钢板两边应加工成锯齿形边口，边口宽度宜为 20mm；
- d) 止回扣应能保证卡住后不回弹，且不对修复气囊造成破坏。

16.1.5 气囊应符合以下要求：

- a) 气囊长度不宜大于井口直径的 1.5 倍；
- b) 气囊直径不宜大于旧管道直径的 0.8 倍。

16.2 施工准备

16.2.1 应根据管道检测的结果，合理设计不锈钢卷筒的长度和直径，不锈钢及海绵的长度应能覆盖整个待修复的缺陷，且前后至少各长 200mm。

16.2.2 不锈钢卷筒的制作宜在车间内完成。

16.2.3 发泡胶用量应为海绵体积的 80%。发泡胶的涂抹应在现场阴凉处完成，防止阳光直射。

16.3 施工

16.3.1 应分别在始发井和接收井各安装一个卷扬机牵引不锈钢卷筒运载小车和 CCTV 设备。

16.3.2 可通过 CCTV 设备监控不锈钢卷筒在旧管道内的位置；

16.3.3 应缓慢向气囊内充气，使钢卷筒和海绵缓慢扩展并紧贴旧管内壁，气囊最大压力宜控制在 392kPa 以下，不得破坏卷筒的卡锁机构。

16.3.4 当确认钢卷筒完全扩展并锁定后，缓慢释放气囊内的气压，并收回运载小车和 CCTV 设备。

16.4 质量检验

不锈钢发泡卷筒安装完毕后，应采用 CCTV 设备进行检查，检查结果应符合以下规定：

a) 不锈钢发泡卷筒的位置应安装正确，完全覆盖缺陷部位，不得出现倾斜、扭曲、变形等情况；

b) 不锈钢圈的锁扣应全部扣好，不应出现松扣现象；

c) 不锈钢发泡卷筒应与旧管道内壁接触紧密，无地下水渗漏现象。

17 喷涂法施工

17.1 一般规定

17.1.1 本章适用于各类断面形式混凝土、钢筋混凝土、砖砌、圻工排水管（渠）、金属管道和无机材料检查井修复。

喷涂法修复通常是通过在管道内壁喷涂改性聚脲、砂浆或树脂等来实现。改性聚脲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）。改性聚脲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改性聚脲内衬。不同的改性聚脲材料的强度有很大的差异，同时不同种类的改性聚脲能够形成的厚度也有很大差别。

改性聚脲一般为高分子材料，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。

17.1.2 喷涂方式可分为人工喷涂和机器设备喷涂。人工喷涂适用于 800mm 以上的排水管（渠）、金属管道与无机材料检查井。图 17.1.2-1 及图 17.1.2-2 分别为机器及人工喷涂示意图。

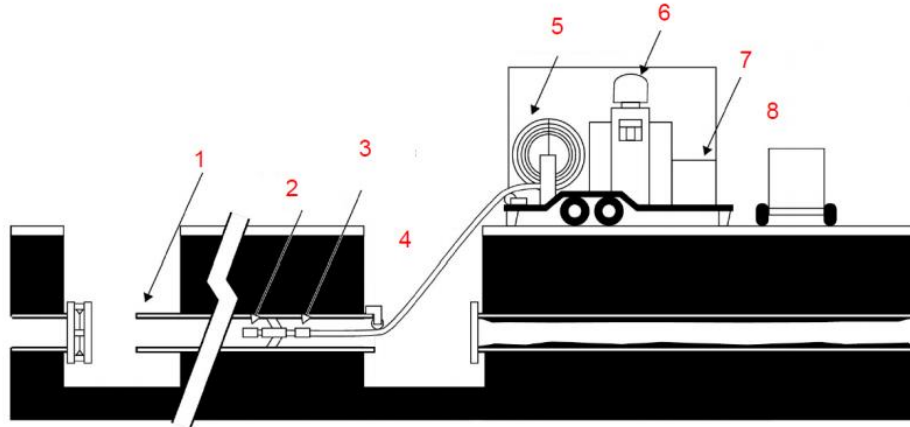


图 17.1.2-1 机器喷涂改性聚脲修复技术示意图

- 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

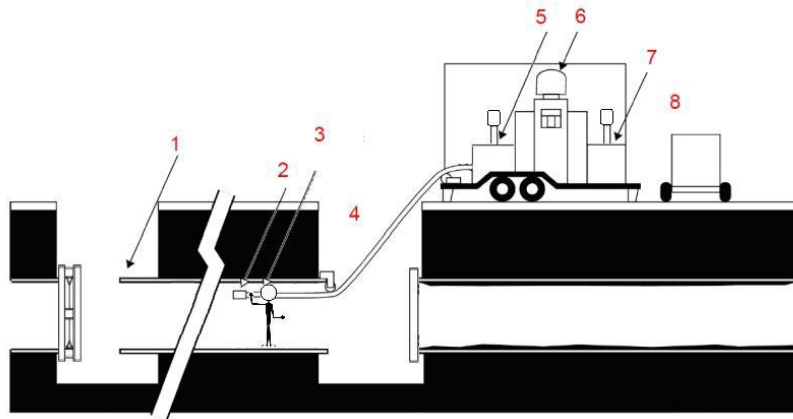


图 17.1.2-2 人工喷涂改性聚脲修复技术示意图

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—组分料；8—空压机和发电机

17.2 材料

17.2.1 主要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，应符合本导则的规定和设计要求。

17.2.2 喷涂材料的标志、包装、运输和贮存应符合下列规定：

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

17.2.3 排水管道修复用喷涂材料不得对排水水质造成二次污染，同时施工中产生的排放物不得对下游污水处理设施和工艺产生有害影响。

17.2.4 为保证材料的施工性能，喷涂高分子材料性能应满足表 17.2.4 要求：

表 17.2.4 喷涂高分子材料性能要求

序号	性能参数	指标要求	试验方法
1	流挂性能, mm	≤1	《色漆和清漆 抗流挂性评定》GB/T 9264-2012
2	20℃时胶化时间, s	≤60	《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728-2020
3	表干时间, min	≤3	《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728-2020
4	硬干时间（可进行 CCTV 检测时间），min	≤10	《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728-2020
5	所需总固化时间, min	20	《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728-2020

17.2.5 防腐修复材料应满足以下要求：

- a) 材料要满足排水管道常规化学腐蚀介质；
- b) 特殊腐蚀介质建议根据业主要求做专项抗腐蚀实验。

17.3 施工

17.3.1 预处理要求

- a) 改性聚脲喷涂施工前管道基层表面处理应达到管道预处理要求，并应符合下列规定：喷涂施工前基底应处于无自由水的状态，且保证表面应洁净、无附着物、尖锐毛刺或凸起；
- b) 如基底清洗结束后有流水或渗水现象，应使用专业防渗、堵漏材料快速阻止流水或渗水；
- c) 严禁在有流水的区域喷涂；
- d) 施工过程中环境温度不得低于 10℃，不高于 50℃。如环境温度低于 10℃时，应对材料进行加热。

17.3.2 喷涂施工要求

改性聚脲喷涂施工时，并应符合下列规定：

- a) 喷涂过程中喷枪空气压力不得低于 0.3MPa；
- b) 喷涂过程应连续，按照先局部后整体的顺序，下一道工序要压住上一道工序的 100mm 或者 1/4 搭接，避免出现漏喷现象；
- c) 为保证达到喷涂设计厚度，应在管壁表面或者井室内壁预先安装计量钉，确定厚度，单次喷涂厚度不超过 3mm，喷涂间隔时间不超过 30min；
- d) 须配备大功率鼓风机，鼓风机放置在下料井的对面井，并采用吸风模式，喷涂作业应倒退着进行喷涂；
- e) 井底或井壁下部比较潮湿的地方，应采用喷射模式；对混合物不进行雾化，保证底部结构的均匀性，不起泡；
- f) 对成型的喷涂层进行复查，对有漏喷悬挂部位进行处理，保证喷涂部位快速固化；
- g) 喷涂作业结束或间隔超过 30min 的，应及时清洗喷枪及管路，清洗渣液应搜集在预先准备的容器内，避免环境污染。

17.4 工艺要求

17.4.1 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。

17.4.2 每个工作日正式喷涂作业前，应在施工现场先喷涂一块 200×400mm、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。

17.4.3 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。

17.4.4 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。

17.4.5 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。

17.4.6 喷涂作业完毕后，应按照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。

17.4.7 两次喷涂时间间隔超出材料生产厂家规定的复涂时间 30min 时，再次喷涂作业前应在已有涂层的表面施作层间处理剂。

17.4.8 两次喷涂作业面之间的接触宽度不应小于 150mm。

17.5 质量验收

17.5.1 主控项目

17.5.1.1 基层表面处理验收

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，阴角和阳角处的过渡宜平顺。检验方法：观察检查，监理单位过程记录留底；

b) 基层喷涂前，基层表面温度应不小于 5℃，环境温度应不小于 20℃，并应强制通风。检验方法：观察检查，监理单位过程记录留底；

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导则的规定。检验方法：观察检查，监理单位过程记录留底。

17.5.1.2 喷涂高强度改性聚脲涂层质量验收

- a) 喷涂高强度改性聚脲材料和底涂料、涂层修补材料、层间处理剂等配套材料必须符合

合设计要求和本导则的规定。高强度改性聚脲管道非开挖修复更新工程的质量验收应执行《给水排水管道工程施工及验收规范》GB/50268-2008 和《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210-2014。

b) 喷涂高强度改性聚脲的主控项目质量应满足表 17.5.1.2-1 的规定。

表 17.5.1.2-1 喷涂高强度改性聚脲材料主控项目质量要求

项目	质量要求	检测频率	检测方法
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 500m ² 检测一次，至少 3 个点；方沟每 500m 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。	超声波测厚法
		可选择取样检测方法：每 500m 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；

c) 高强度改性聚脲喷涂法尺寸、性能及化学检测应符合下面规定：

高强度改性聚脲材料的短期力学性能和测试方法应符合表 17.5.1.2-2 的规定。高强度改性聚脲的化学腐蚀试验，试验方法除应执行《塑料 耐液体化学试剂性能的测定》GB/T11547-2008 外，试验方法还应符合耐化学性的检测浸泡时间宜为 28d，试验温度宜为 23℃ 的要求。

表 17.5.1.2-2 内衬管的短期力学性能和测试方法

性能		测试标准
短期弯曲强度 (MPa)	>90	《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008
短期弯曲模量 (MPa)	> 4000	《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008
抗拉强度 (MPa)	>30	《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T 1040.2-2022

17.5.2 一般项目

17.5.2.1 管道线形应和顺，接口、接缝应平顺，新老管道过渡应平缓；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。

17.5.2.2 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。

17.5.2.3 高强度改性聚脲在阴角、阳角等的细部构造防水措施应符合设计要求和本导则的规定。检验方法：观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

17.5.2.4 高强度改性聚脲涂层应连续、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：观察检查法。

17.5.2.5 城镇排水管道非开挖修复更新工程竣工验收应符合下列规定：

- a) 单位工程、分部工程、分项工程及其分项工程验收批的质量验收应全部合格；
- b) 工程质量控制资料应完整；
- c) 工程有关安全及使用功能的检测资料应完整；
- d) 外观质量验收应符合要求。

17.5.2.6 工程竣工验收的外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、流出及临时排水施工后处理等情况；
- f) 沿线地面、周边环境情况。

17.5.2.7 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) 管道功能性闭水、闭气试验情况；
- 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。

17.5.2.8 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电视检测（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电视检测（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。

18 垫衬法施工

18.1 一般规定

18.1.1 垫衬法可用于 DN300 以上各类材质的排水管道和各类断面形式渠箱的修复。

18.1.2 内衬管背面应设置锚固键。

18.1.3 管道预处理应符合下列规定：

- a) 宜采用高压水射流进行清洗，清洗后基体表面应坚实，无松散附着物；
- b) 预处理后管道内应无沉积、结垢和障碍物。

18.1.4 管道修复完成后，应对内衬管两端与原有管道间的环状空隙密封处理。

18.2 内衬材料

18.2.1 垫衬法修复管道构造（见图 18.2.1）中，内衬材料应包括塑料衬垫和灌浆料。

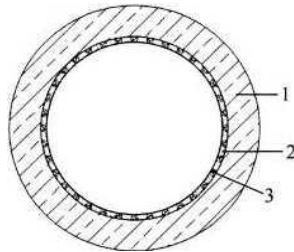


图 18.2.1 管道内衬材料示意

1—原有管道，2—灌浆料；3—塑料衬垫

18.2.2 塑料衬垫的材质应选用聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚偏氟乙烯（PVDF）及乙烯三氟氯乙烯共聚物（ECTFE）等。

18.2.3 生产塑料衬垫内层的原材料不得使用回收料。

18.2.4 塑料衬垫产品的分类及性能应符合表 18.2.4-1、表 18.2.4-2 的规定。

表 18.2.4-1 塑料衬垫产品的分类

项目	类型
材质	高密度聚乙烯（HDPE）
	聚丙烯（PP）
	聚偏氟乙烯（PVDF）
	乙烯—三氟氯乙烯共聚物（ECTFE）
厚度	2.0mm、3.0mm、5.0mm
颜色	黑色、黄色、蓝色、白色

表 18.2.4-2 塑料衬垫产品的性能

检测项目	单位	性能要求				测试方法
		PE	PP	PVDF	ECTFE	
密度	g/cm ³	0.95	0.9	1.7	1.6	《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 1 部分: 浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》GB/T 1033.1-2008
弹性模量	MPa	2600	2900	>200	21600	《塑料拉伸性能的测定第 3 部分: 薄膜和薄片的试验条件》GB/T 1040.3-2006
球压痕硬度	MPa	>36	>45	N80	—	《塑料 硬度测定 第 1 部分: 球压痕法》GB/T 3398.1-2008

注: 塑料衬垫产品的密度误差为±5%。

18.2.5 塑料衬垫焊接成内衬层时, 不得削去焊接区域的锚固键。

18.2.6 塑料衬垫与原有管道间的灌浆料可选用水泥基灌浆料或环氧树脂灌浆料。

18.2.7 灌浆料的初凝强度与初凝时间应满足工程作业时间与模具支撑时间的要求。灌浆料的终凝强度应满足设计强度的要求。灌浆料的流动度应满足灌浆时间与灌浆距离的要求。

18.2.8 水泥基灌浆料的性能应符合表 18.2.8 的规定。

表 18.2.8 水泥基灌浆料的性能

检测项目		单位	性能要求	测试方法
凝胶时间	初凝	min	<100	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080-2016
	终凝	h	<12	
截锥流动度	初始	mm	≥340	《水泥基灌浆材料》JC/T 986-2018
	30min	mm	≥310	
泌水率		%	0	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080-2016
弹性模量	28d	GPa	230	《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081-2019-2019
自由膨胀率	2h	%	0~1	《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119-2013
对钢筋锈蚀作用	—	—	对钢筋无锈蚀作用	《水泥基灌浆材料》JC/T 986-2018

18.2.9 环氧树脂灌浆料的性能应符合表 18.2.9 的要求。

表 18.2.9 环氧树脂灌浆料的性能

检测项目	单位	性能要求	测试方法
抗压强度 28d	MPa	260	《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567-2021
粘接强度 28d	MPa	>3.5	《建筑防水涂料试验方法》GB/T 16777-2008

18.3 工艺要求

18.3.1 衬垫铺设安装应符合下列规定：

a) 安装衬垫前，应对原有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、弯曲度。内径可比原有管道内径小 3cm，焊缝应满足质量要求；

c) 衬垫内衬采用卷筒形式包装运输时，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) 衬垫和气囊可同时安装，也可安装衬垫后再安装气囊；衬垫宜通过牵引的方法置入原有管道；

e) 牵引衬垫前，应先用无纺布类材料将衬垫进行包裹保护，再用铁丝将包裹的衬垫绑扎，牵引时钢丝绳应与绑扎的铁丝连接，不得直接与衬垫连接；

f) 置入衬垫时的速度不应超过 0.2m/s；

g) 牵拉操作应一次完成.不应中途停止，进入管道的衬垫应保持平整，不得扭曲；

h) 将衬垫内衬与原有管道的结构基层固定后，应在管道两端进出口处安装密封条，并应通过锚固板及螺栓将衬垫端口固定在管道壁上，且应同时安装灌浆管、回浆管、排水排气管等预埋件并封堵。

18.3.2 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进行封口；

b) 封口完成后，应采用气囊将衬垫两端封堵并用挡板固定，气囊内的压力应保持恒定，充气压力应根据管径确定；

c) 气囊将衬垫封闭后，应在衬垫内注入水并控制注水压力，并应利用水的重力和压力将衬垫支撑，衬垫应与原有管道内壁紧密贴合。

18.3.3 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灌浆漏斗的高度，管道长度小于或等于 50m 时，灌浆漏斗的最小高度应为 5m。

b) 当管道长度大于 50m 时，灌浆漏斗高度应按下式计算：

$$P=H+iL \quad (18.3.3)$$

式中： P ——灌浆漏斗高度（m）；

H ——灌浆漏斗距管底的最低高度，宜为 5m；

i ——原有管道坡度；

L ——管道长度（m）。

c) 采用压力法灌浆时，应将高位漏斗灌浆方法计算的数值换算成压力值，灌浆压力不应大于塑料衬垫内衬的内水压力，最大灌浆压力不得大于内水压力。

d) 灌浆料与水应按材料使用说明书的比例进行调配，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，当闭浆管返出浆料且浆料高度保持不变时即可闭浆。

f) 闭浆管高度应高出进浆口 1.5m。

18.4 质量检验

18.4.1 主控项目

18.4.1.1 垫衬法修复工程质量验收应符合下列规定：

a) 对施工过程中检查、验收的资料应进行核实，符合设计文件规定的管道方可进行管道功能性试验；

b) 现场检验和抽样检验应做好检验记录并存档。检验记录内容应包括工程编号、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 K 度、材料名称、生产厂家、生产日期、质量检测项目等内容。

18.4.1.2 修复管道质量检验应符合下列规定。

a) 塑料衬垫材料的规格、性能应符合本导则和设计文件的规定。

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

检查数量：全数检查。

b) 灌浆料的性能应符合本导则的相关规定。

检验方法：对照设计文件检查取样检测记录、复测报告等。

检查数量：同一批次产品现场取样不少于 1 组。

c) 内衬管的平均壁厚不得小于设计值。

检验方法：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 1/2 即为内衬管的厚度。内衬管的厚度为设计值的 $\pm 2\text{mm}$ 或原有管道标称直径的 1%时均为合格。

检查数量：当内衬管内径不小于 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，取平均值为测量点断面的代表值。

d) 塑料衬垫内衬焊接焊缝应清晰、无漏焊。

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

检查数量：全数检查。

18.4.2 一般项目

18.4.2.1 修复后的管道外观质量应符合下列规定：

a) 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。

检验方法：CCTV 检测或人工检查，检查施工记录。

检查数量：全数检查。

b) 灌浆固结体应充满环状间隙无松散、空洞等现象。

检验方法：观察法；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。

c) 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文件的规定，且应密封良好。

检验方法：观察法；对照设计文件检查施工记录等。

检查数量：全数检查。

d) 修复管道的检查井及井内施工应符合设计文件的规定，并应无渗漏现象。

检验方法：观察法；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。

19 检查井的缺陷修复与改造

19.0.1 CIPP 检查井内衬修复技术。按照检查井的构造和尺寸，设计加工内衬材料并浸渍树脂，运到工地后将其吊入需要修复的检查井内。然后利用空气压力将材料膨胀后紧贴于井内壁，采用热水循环系统加热使材料固化，即在原有检查井内形成一个内胆，最后将管口部切开，进行水封处理后竣工。

19.0.1.1 适用范围

- a) 检查井种类：砖砌井、混凝土井等；
- b) 检查井形状：圆形、方形检查井，符合形状检查井；
- c) 检查井井深：5.0m 以内；
- d) 检查井尺寸：DN800~DN1600 或周长小于 5.0m 的方形井。

19.0.1.2 施工流程

施工准备→CCTV 检测→吊入安装→固定膨胀→热水循环，固化制井→管口切开，防渗处理→验收检测。

19.0.2 管片模块检查井修复。根据检查井的形状（圆形、矩形等）和尺寸，将透明、轻量的 PVC 塑料模块用简便的方法从检查井入口置入，并在检查井内拼装，通过特制螺杆系统将模块拼装形成内衬新井。然后，在原井壁和管片模块形成的缝隙内，灌浆填充专用微膨胀高强度浆液，使原井壁和管片完全一体化，形成可承载的内衬复合检查井。

19.0.2.1 适用范围

- a) 检查井种类：钢筋混凝土井、砖砌井；
- b) 检查井形状：圆形、方形检查井，符合形状检查井；
- c) 检查井井深：10.0m 以内；
- d) 检查井尺寸：长宽不限。

19.0.2.2 施工流程

施工准备→检查井检测→模块搬运吊入井内→模块井内拼装→设置支护→灌浆填充→拆除支护→灌浆口处理→验收检测。

19.0.3 光固化贴片检查井内衬修复技术。先根据老旧检查井的状况，对老旧检查井进行堵漏、找平处理。然后，将轻量的预制光固化贴片按照施工设计要求进行裁剪，拼贴粘在老旧检查井内，通过紫外光照射固化形成检查井内衬。

19.0.3.1 适用范围

- a) 检查井种类：钢筋混凝土井、砖砌井等；
- b) 检查井形状：圆形、方形检查井，复合形状检查井；
- c) 检查井井深：10.0m 以内；
- d) 检查井尺寸：长宽不限。

19.0.3.2 施工流程

施工准备→CCTV 检测→止漏，找平→裁剪，粘贴→紫外光固化→CCTV 验收检测。

19.0.4 离心喷筑法检查井内衬修复技术。将预先配置好的膏状特种砂浆泵送到位于管道中轴线上的高速旋转喷头上，在高速旋转离心力的作用下均匀甩向检查井内壁，在井壁上形成连续致密的内衬层。

19.0.4.1 适用范围

- a) 检查井种类：钢筋混凝土井，砖砌井；
- b) 检查井形状：圆形、方形检查井，复合形状检查井；
- c) 检查井井深：10.0m 以内；
- d) 检查井尺寸：长宽不限。

19.0.4.2 施工流程

施工准备→CCTV 检测→止漏，凿毛→搅拌喷涂材料→喷涂作业→养护→验收检测。

附录 A 下井作业申请表和作业票

表 A.0.1 下井作业申请表

单位（盖章）：

工程名称		施工单位	
工程地点		项目经理	
现场负责人		作业监护人	
施工队负责人		项目安全员	
下井任务		下井人数	
开工日期		竣工日期	
安全防护措施	<p>1、现场负责人在作业前应对作业人员进行有限空间作业安全交底，告知作业内容、安全注意事项及应采取的安全措施并签字确认，监护人员不得离开作业现场，进入有限空间内作业人员应佩戴供压缩空气的隔离式防护装具、安全带安全绳、安全帽等防护用品。</p> <p>2、在进入有限空间作业前，监护人员应与作业人员明确信息沟通的工具、方式和内容。在可行的条件下，可采用防爆对讲机等通讯工具。</p> <p>3、作业时所用的一切电气设备，必须符合有关用电安全技术操作规程。照明应使用安全矿灯或 36V 以下的安全灯，禁止使用超过安全电压的手持电动工具，必须按规定配备漏电保护器，线路采用双层绝缘电线。</p> <p>4、作业中，作业人员如果感到身体不适或有其他异常情况应及时向监护人报告或自行撤离有限空间，严禁冒险作业。必要时，作业人员可定时轮换。作业人员要严格遵守安全操作规程和技术要求，杜绝违章作业。</p> <p>5、在有限空间作业过程中，检测人员应当对作业场所中的危险有害因素进行定时检测或者连续监测。作业中断超过 30min，作业人员再次进入有限空间作业前，应当重新通风、检测合格后方可进入。</p> <p>6、在有限空间作业过程中，应加强通风换气，保持空气流通，禁止采用纯氧通风换气；若发现通风设备停止运转、有限空间内氧含量浓度低于或者有毒有害气体浓度高于国家标准或者行业标准规定的限值时，作业单位必须立即停止有限空间作业，清点作业人员，撤离作业现场。</p> <p>7、作业结束后，必须清点有限空间内作业人员及材料、工具，确认无误后，拆除作业现场的临时用电线、搭架，收起作业警示牌。</p> <p>8、作业负责人需联合技术人员、作业人员和其他相关负责人对有限空间进行检查，确保符合安全生产要求。</p>		
工程情况简要说明	作业管径：Φ_____（雨、污）井深：_____ 下井座次：__座 是否潜水作业：_____其他：_____		
项目安技部门意见	_____ 年 月 日		

表 A.0.2 下井安全作业票

单位：

作业班组		作业票填报人		填报日期	
作业人			监护人		
作业地点			井号		
计划作业时间			作业任务		
管径		水深		潮汐影响	
周围污水排放情况					
防护措施	1、提前开启井盖自然通风情况： 2、降水和照明情况： 3、气体检测结果： 4、拟采取的防毒、防爆手段： 5、应急救援措施：				
项目经理	(签字)		安全员	(签字)	
			监理人	(签字)	
附注					

附录 B 气体检测记录表

表 B.0.1 气体检测记录表

道路名称: _____ 工作性质: _____ 班组: _____

管径		水深		潮汐影响	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>				
管道排放情况	雨水 <input type="checkbox"/>	污水 <input type="checkbox"/>	混流 <input type="checkbox"/>	检测人		检测日期			
检测气体时间、名称、范围值									
记录时间									
一氧化碳 (不超过 20mg/m ³)									
硫化氢 (不超过 10mg/m ³)									
甲烷 (不得检出)									
含氧量 (不能低于 19.5%)									
记录时间									
一氧化碳 (不超过 20mg/m ³)									
硫化氢 (不超过 10mg/m ³)									
甲烷 (不得检出)									
含氧量 (不能低于 19.5%)									
记录时间									
一氧化碳 (不超过 20mg/m ³)									
硫化氢 (不超过 10mg/m ³)									
甲烷 (不得检出)									
含氧量 (不能低于 19.5%)									

备注: 1、气体检测时, 应先搅动作业内泥水, 使气体充分释放, 保证测定井内气体实际浓度。

2、每次气体检测时间必须在 10 秒以上。

施工期间每半小时须用多功能气体检测仪检测是否正常 (污水管道必须连续监测), 以判断作业环境有无毒气等情况, 有异常时立即采取必要的应急措施。

附录 C 气囊检测记录表

表 C.0.1 气囊检测记录表

工程名称:

道路名称:

检测日期	天气情况	大气压	气囊直径	气囊编号	气囊气压 上限	检测井号	检测数据		检测人	监理
							上游气 囊气压	下游气 囊气压		
注：每 60min 记录一次气压值							每张表格只记录一条道路，不得混记			

附录 D 工程洽商记录表

表 D.0.1 工程洽商记录表

编号:

年 月 日

工程名称:		施工单位:	
致_____: _____路: ××××××××段因××××××××××(理由), 特申请此段检测符合要求。 附: 视频截图、视频文件			
参加单位及人员	项目管理单位 (签字盖章)	第三方监督机构 (签字盖章)	施工单位 (签字盖章)

附录 E 原位固化内衬管道短期抗弯性能测试方法

E.1 一般规定

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

E.1.2 本测试方法对于环状的弯曲样品，通过几何因素校正后，提供了三点抗弯测试的弯曲模量、应力应变和挠度值的校正计算公式。

E.2 设备与测试参数

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

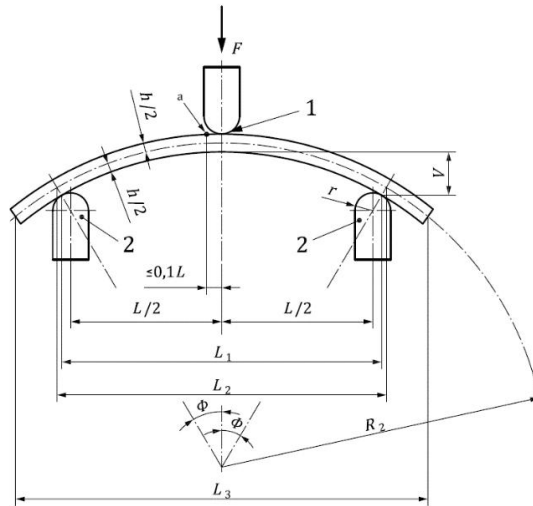


图 E.2.1 测试开始时就位的弯曲的圆周测试样品尺寸图

1—加载上压头；2—试样支座；F—作用力；h—测试样品总厚度；L—支座间的距离；L1—空载下的测试样品与支座相接触点之间的距离；L2—弯曲测试样品真正的跨度；L3—弯曲测试样品的总弦长；r—支座的半径；R2—在 1/2 厚度处测试样品的曲率半径；V—内径高出空载下的测试样品与支座相接触点的高度； ϕ —空载下的测试样品与支座相接触点之间的半角；a—测试样品的最高点。

E.3 样品的形状与尺寸大小

E.3.1 应从原位固化管的圆周方向切取弯曲的测试样品，测试样品应有显著均匀的曲率半径，当测试样品放置在支座上时，最高点会出现在距离中心点不超过 0.1L 的位置。（见图 E.2.1）。

E.3.2 样品的宽度应符合下列规定：

从原位固化管的圆周方向切取弯曲的测试样，宽度 b 宜为 $15\text{mm} \pm 1\text{mm}$ ；

E.3.3 样品的长度应符合下列规定：

从原位固化管的圆周方向切取弯曲的测试样，切取的测试样品总弦长 L_3 （见图 E.2.1）

$$L_3 = L_2 + 4e_m \cos \phi \quad (\text{E.3.3-1})$$

E.4 步骤

E.4.1 样品的厚度与宽度测量应符合下列规定：

a) 总厚度 h 首先应通过测量位于测试样品跨度中间三分之一处的 6 个点来确定（见图 E.4.1）；

b) 样品的厚度 e 应通过从每个测量点的总厚度 h 减去已知或单独测量的任何非结构性的内部和/或外部的膜的厚度来确定；

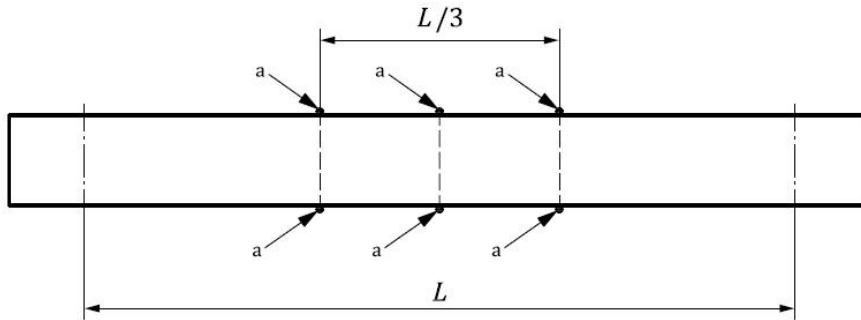


图 E.4.1 标记了测试样品（圆周向）厚度和宽度测量点的平面图

a—测量点

c) 样品的厚度测量值 e 偏离样品厚度的平均值 e_m 不得超过 10%；

d) 测试样品的宽度应在测量厚度的 3 组位置点进行测量（见图 E.4.1）。

E.4.2 跨度设置应符合下列规定：

a) 在两支座之间的标称距离 L 应设置为 $(16 \pm 1)e_m$ ；

b) 当使用弯曲的测试样品时，在两支座处接触点之间形成的半角 Φ （见图 E.2.1）不得超过 45° 。

E.4.3 跨度测量应符合下列规定：

a) 当使用弯曲的测试样品时，真正的跨度应使用图 E.2.1 中的 L_2 的长度，测量将精确到 0.5%；

b) 样品在施加荷载前，测试样品应垂直于支座放置，并且样品中心线应位于荷载施加部位 $\pm 0.5\text{mm}$ 的位置。

E.4.4 测试步骤：

a) 不含玻璃纤维的内衬管应按《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008 试验程序进行操作；

b) 含玻璃纤维的内衬管应按《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449-2005 试验程序进行操作；

c) 测试时负载速度应采用 10 mm/min，预加力应采用 5N。

E.5 计算与结果表示

E.5.1 用于计算的跨度和厚度应符合下列规定：

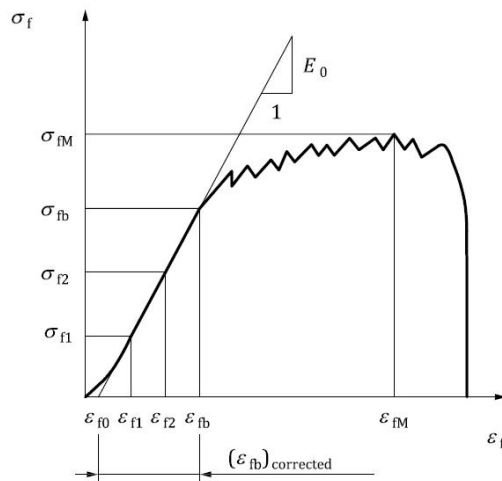
a) 当采用弯曲的测试样品时，用于计算抗弯性能的跨度应使用 L_2 参与计算，而不是两支座中心的距离 L ；

b) 在任何情况下，用于计算样品的弯曲模量和强度的厚度，应采用本导则第 E.4.1 条测量得到的样品的平均厚度 e_m 。

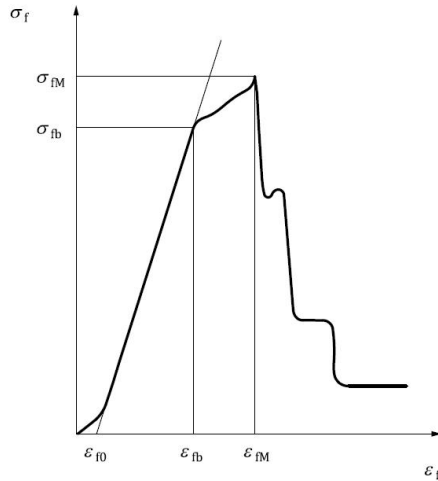
E.5.2 应变基点测定应符合下列规定：

a) 测量应变基准或零点应按照图 F.5.2 所示，在表面应力—应变曲线的初始线性部分的斜率与应变轴的交点处；

b) 当测试机器的软件不自动纠正零点误差时，短期抗弯模量 E_0 应依据《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008 第 9.3 条，应使用 $\epsilon_{f2} = \epsilon_{f1} + 0.002$ 来决定， ϵ_{f1} 应介于 0.0005 和 0.004 之间，这将使计算的挠曲模量值最大化， $E_f = E_0$ 。然后通过画出斜率 E_0 与应变轴相交，基准应变 ϵ_{f0} 可根据图 G.5.2 得到。在应力—应变曲线上任何一点的真正的应力则可以从未修正的应变得得到， $\epsilon_{f1 \text{ 修正}} = \epsilon_{f1 \text{ 未修正}} - \epsilon_{f0}$ 。如果由于其形状过度扭曲，或者该测试样品在未充分利用到支座前已达到了 0.002 表面应力（未修正），则该测试样品应被废弃并用一块新的随机选取的测试样品替代。



(a) 在第一次断裂与施加最大荷载间复合材料足够的应变容量



(b) 在第一次断裂时或稍后不久复合材料立即呈现脆裂

图 E.5.2 典型的弯曲应力—应变曲线特征以及相关衍生的材料属性

E.5.3 弯曲样品抗弯性能的推导应符合下列规定：

a) 对于在圆周方向所取的弯曲样品，应首先按平面样品进行计算，并应采用 L_2 替代 L ，按公式 (E.5.3-1) 计算应力 σ_c 和公式 (E.5.3-2) 计算应变 ε_c ：

$$\sigma_c = \frac{3F \cdot L_2}{2b \cdot (e_m)^2} \quad (\text{E.5.3-1})$$

$$\varepsilon_c = \frac{6s \cdot e_m}{(L_2)^2} \quad (\text{E.5.3-2})$$

b) 在对应应变 0.0005 和 0.0025 的应力时，按 (E.5.3-3) 计算弯曲模量表观值 E_c ：

$$E_c = \frac{\sigma_{c2} - \sigma_{c1}}{\varepsilon_{c2} - \varepsilon_{c1}} \quad (\text{E.5.3-3})$$

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

σ_{c1} ， ε_{c1} ——较低的弯曲应力、应变测量表观值。

c) 当使用未修正的应变数据时，应使用 E.5.2 中描述的一个类似的步骤。设置 $\varepsilon_{c2} = \varepsilon_{c1} + 0.002$ ， ε_{c1} 的值应介于 0.0005 和 0.004 之间，这将最大化计算的弯曲模量表观值 E_c ，然后画出斜率 E_c 与应变轴相交，来确定基准应变 ε_{c0} ；

d) 采用弯曲样品的几何结构时，应按下列公式来修正得到弯曲模量的实际值 E_f ：

$$E_f = \frac{E_c}{C_E} \quad (\text{E.5.3-4})$$

$$C_E = \frac{(l_2/d_m)^3 \cos^2 \phi}{1.5 \cdot [\phi - (L_2/d_m) \cdot \cos \phi]} \quad (\text{E.5.3-5})$$

$$d_m = 2R_2 \quad (\text{E.5.3-6})$$

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

d_m ——管直径平均值，mm；

e) 采用弯曲样品的几何结构时，应按下列公式来修正得到弯曲强度的实际值 σ_f ：

$$\sigma_f = \frac{\sigma_c}{C_\sigma} \quad (\text{E.5.3-7})$$

$$C_\sigma = \frac{\left[1 + \frac{e_{c,m}}{3d_m} \right]}{\cos \phi} \quad (\text{E.5.3-8})$$

公式 (E.5.3-8) 中 ϕ 应按下式计算：

$$\sin \phi = \frac{L_2}{d_m} \quad (\text{E.5.3-9})$$

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

E.5.4 抗弯性能的替代表达应符合下列规定：

a) 当不能获得样品的平均厚度 e_m 时，可在公式 (E.5.3-1) 和 (E.5.3-2) 中采用总测试样品的平均厚度 h_m 代替 e_m ；

b) 抗弯性能可用截面抗弯刚度和截面弯矩能力来表示 (E.5.3-10) 和 (E.5.3-11)：

$$EI = \frac{E_f \cdot bh_m^3}{12} \quad (\text{E.5.3-10})$$

$$M = \frac{\sigma_f \cdot bh_m^2}{6} \quad (\text{E.5.3-11})$$

E.6 测试报告

E.6.1 测试报告应包括下列信息：

a) 引用的测试标准号；

b) 完整的所测试材料的信息，包括但不限于样品来源、材料型号、制造商的代码、样品原材料；

- c) 对于管道样品，每个测试样品的取向（即圆周方向或纵向）；
- d) 每个测试样品的形状和尺寸，对于弯曲的测试样品，包括总厚度平均值 h_m ，总长度 L_3 ，曲率半径 R_2 和样品真正的跨距 L_2 ；
- e) 根据 G.4.1，从测量总厚度中扣除的任何内部和/或外部膜的厚度 e ，由此所确定的样品的厚度；
- f) 测量的数据；
- g) 准备测试样品的方法；
- h) 试验环境和调节过程；
- i) 测试样品的数量；
- j) 测试速度；
- k) 测试设备的精度等级；
- l) 使用的公式和应变范围（即应变差异）；
- m) 实验日期；
- n) 弯曲模量的平均值，首次断裂时的弯曲强度；
- o) 失效类型；
- p) 若有需要，提供平均值的标准差。

附录 F 原位固化内衬管壁密实性试验方法

F.0.1 试样应从现场已固化 CIPP 内衬管上截取。

F.0.2 测试时应满足下列要求：

- a) 测试应在室温条件下进行，要求温度为 21~25℃；
- b) 每施工段应取 1 个试样检测，每个样品的试验点数不少于 3 个；
- c) 样品在检测前应在测试环境中至少放置 4h；
- d) 检测介质为染色的饮用水，不含松弛剂。

F.0.3 样品制备应符合下列规定：

- a) 当薄膜或者涂层是内衬管道的一部分时，不得破坏内衬表面的涂层；
- b) 当薄膜或者涂层不是内衬管道的一部分时，应进行下列操作：
 - 应采用游标卡尺精确材料薄膜或者涂层厚度；
 - 然后对其切割 10 个相互垂直的切口，形成尺寸为 4mm×4mm 的网格；
 - 可采用相关辅助器材，控制切割厚度；
 - 样品在检测前需在指定的检测环境中储存至少 4h。

F.0.4 测试应符合下列规定：

- a) 测试时采用如图 F.0.4 所示的系统，形成外侧受负压的状态；
- b) 检测面积的直径为 $45\pm 5\text{mm}$ ；
- c) 检测使用的介质（带颜色的试验水）放置在样品内侧；
- d) 检测压力为 -0.05MPa（误差为 $\pm 2.5\text{kPa}$ ）；
- e) 检测时长为 30min；
- f) 每个施工现场选择 3 个样品进行测试。

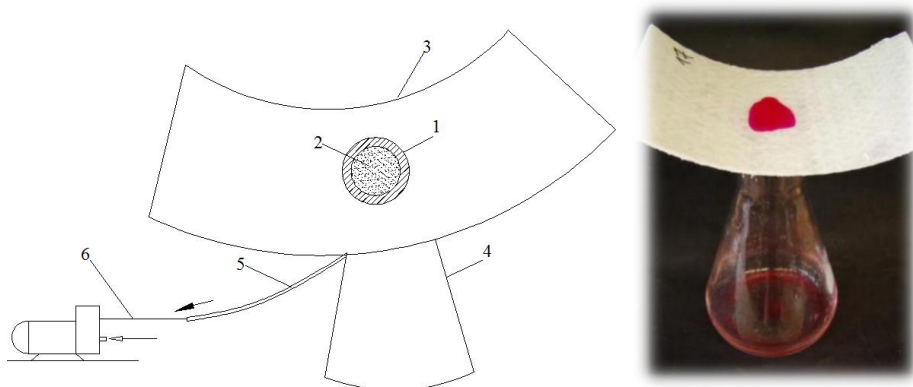


图 F.0.4 管壁密实性试验方法及装置

1—橡皮泥；2—带颜色的水；3—CIPP 试样；4—透明玻璃瓶；5—气管；6—抽气装置

F.0.5 测试时间结束后，每个样品的三个检测点上，均无测试介质渗透至玻璃瓶中，则判断测试通过，否则不通过。

附录 G 带状型材测试方法

G.1 刚度系数测试

G.1.1 机械制螺旋缠绕带状产品的刚度系数检验应采用本测试方法。

G.1.2 机械制螺旋缠绕法带状型材样品应从平整的带状型材中取样。样品放置（图 G.1.2）应符合要求，取样时，不宜切割到肋状物，带状型材的接合处应处在样品的中间位置。

G.1.3 样品的宽度不应小于 305mm。

G.1.4 载荷应施加在样品带有肋状物的一侧。

G.1.5 试验步骤应符合《塑料弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008 的有关规定。刚度系数应按下式计算：

(G.1.5)

式中： EI ——刚度系数（ $\text{MPa}\cdot\text{mm}^3$ ）；

L ——两支撑点间的距离（m）；

m ——加载变形曲线初始直线段的切线斜率；

b ——测试样品的宽度，等于带状型材的宽度 W （m）。

G.1.6 试验得到的刚度系数不宜用于计算管道整体的刚度系数。

G.2 管道接口严密性压力测试

G.2.1 用于严密性试验的机械制螺旋缠绕内衬管样品的长度不应小于内衬管外径的 6 倍。

G.2.2 直线状态下接口严密性测试应按下列步骤进行：

- 安装内衬管及测试装置，两端出口用管塞等方法进行密封（见图 G.2.2）；
- 按本规程第 G.2.5 条和第 G.2.6 条规定的水压和真空试验法进行试验。

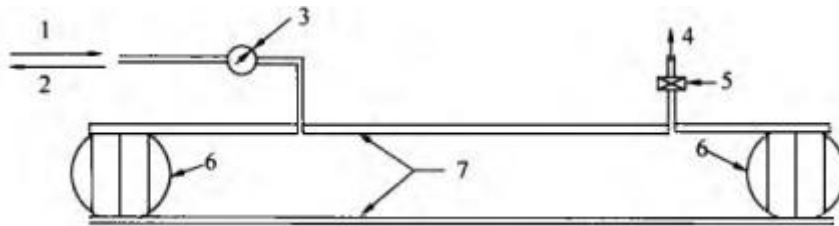


图 G.2.2 直线状态下接口严密性测试示意图

1-进水口；2-排气管；3-压力表；4-出水口；5-封闭阀；6-管塞；7-螺旋缠绕管

G.2.3 弯曲状态下接口严密性测试应按下列步骤进行：

- 按产品规定的弯曲半径弯曲管道，弯曲角度不小于 10° ，两端出口用管塞等方法进行密封（见图 G.2.3）；

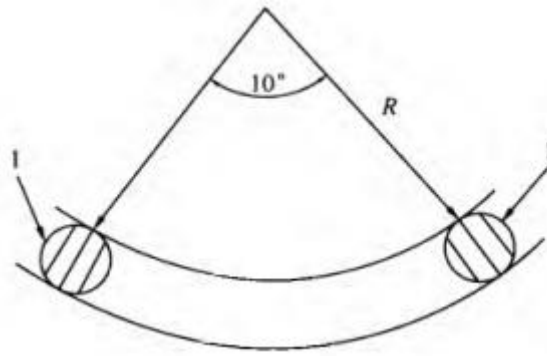


图 G.2.3 弯曲状态下接口严密性测试示意图

1-管塞

b) 保持该弯曲状态, 然后按本规程第 G.2.5 条和第 G.2.6 条规定的水压和真空试验法进行试验。

G.2.4 剪切变形状态下接口严密性测试应按下列步骤进行:

a) 固定内衬管两端, 并在管道中间施加荷载直至施加荷载的部位向下凹的位移达到管道外径的 5%, 两端出口用管塞等方法进行密封 (图 G.2.4);

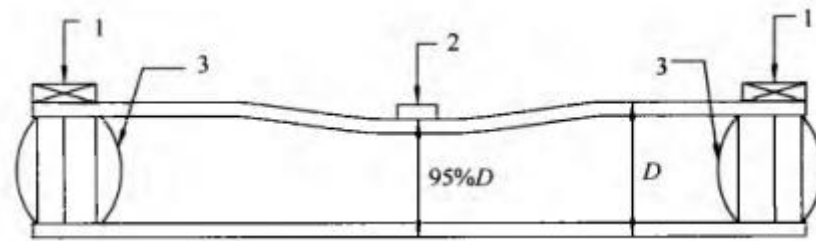


图 G.2.4 剪切变形状态下接口严密性测试示意图

1-约束荷载; 2-施加荷载; 3-管塞

b) 保持这种状态, 然后按本规程第 G.2.5 条和第 G.2.6 条中规定的水压和真空试验法进行试验。

G.2.5 水压试验应按下列步骤进行:

- a) 将内衬管中充满水;
- b) 缓慢增加水压, 直至 74kPa, 维持该压力 10min;
- c) 观察管外壁, 连接处不应出现明显可见的泄漏。

G.2.6 真空试验应按下列步骤进行:

- a) 采用真空泵将内衬管内空气压力抽至 74kPa;
- b) 关闭通气阀门、移走真空管线, 观察管内压力变化情况, 10min 后, 压力变化不超过 3kPa;

- c) 若在该 10min 内压力达到试验要求, 继续记录管内压力值变化情况;

d) 第二个 10min 内管内压力值改变量不超过 17kPa。

G.2.7 对于不能承受 74kPa 的测试压力的带状型材材料，可对管道壁进行加固，但接口处不得加固。对管壁进行加固处理的内衬管如果满足本规程第 G.2.5 条和第 G.2.6 条中压力测试的要求，则应认为其接口严密性合格。

G.2.8 本试验方法不宜作为常规工程质量控制的必检手段。

附录 H 安全防护与毒气防护

H.1 安全防护总体要求

H.1.1 排水管渠养护、管理部门必须贯彻执行国家、省、市及行业等部门制定的关于安全生产的法律法规。

H.1.2 作业单位要严格执行有限空间作业审批制，凡作业必审批，由企业负责人审批，按规定填写《申请表》和《作业票》并留档备查，主动向相关主管部门申请并征得同意，严禁无资格（未经专业培训）作业、无审批作业、无防护作业、无预案作业。

H.1.3 排水管渠维护、管理部门必须建立健全的安全生产文明施工工作制度。

H.1.4 各相关企业、作业单位要严格落实岗前培训、定期培训制度，尤其是劳务派遣人员、灵活用工人员等。维护作业单位应不少于每年一次对作业人员进行安全生产和专业技术培训，并应建立培训档案，留档备查，未经培训的人员不得上岗，各级主管部门要组织行业协会、大型企业举办相关培训，联系师资力量，为小微企业人员多渠道提供培训机会。

H.1.5 业主单位将有限空间作业发包给其他单位实施的，必须核实承包单位有限空间作业条件，必须签订合同，合同必须明确双方安全生产管理责任，不得转包分包，不得“只包不管、以包代管”。凡签订的有限空间作业合同，必须报所在地主管部门备案。

H.1.6 维护作业人员应遵守维护安全生产制度中各种安全作业规程。

H.1.7 在进行路面作业时，维护作业人员必须穿戴配有反光标志的安全警示服并正确佩戴和使用劳动防护用品；未按规定穿戴安全警示服及佩戴和使用劳动防护用品的人员，不得上岗作业。

H.1.8 排水管渠维护现场的起止点以及对车辆、行人通行安全有影响的位置，必须设置危险警示标识：在车行道上施工作业，必须在来车方向提前设置施工标志牌、护栏、交通导向牌和危险警示闪灯等，且两侧应设置锥形反光筒，锥形反光筒之间用连接链或警示带连接，提示和引导车辆有序、安全通行。安全标识设置应符合下列规定：

a) 一般道路，防护栏距维护作业区域应大于 5m，且两侧应设置路锥，路锥之间用连接链或警示带连接，间距不应大于 5m；

b) 在快速路上，宜采用机械维护作业方法：作业时，除应设置防护栏外，应在作业现场迎车方向不小于 100m 处设置安全警示标志；

c) 除工作车辆与人员外，应采取措施防止其他车辆、行人进入作业区域。

H.1.9 检查井井盖开启作业前，应立即在井周边设置明显的防护栏、反光锥筒及警示标志或安全告知牌，派人现场监护，且必须进行连续气体检测，确保无遗漏、无盲区。

H.1.10 作业所需的设备及器械应整齐摆放在围蔽区域内的指定位置。维护完成后，应及时清除障碍物和清扫干净作业区域。

H.1.11 作业所需的设备及器械应整齐摆放在围蔽区域内的指定位置。维护完成后，应及时清除障碍物和清扫干净作业区域。

H.2 毒气防护总体要求

H.2.1 应通过管道有毒有害气体在线监测，及时发现管道运行的异常情况，对可能出现的管道安全事故进行预警，井下作业时，必须进行连续气体检测，且井上监护人员不得少于两人；进入管道内作业时，井室内应设置专人呼应和监护，监护人员严禁擅离职守。

H.2.2 有限空间的作业场所空气中的含氧量应为 19.5~23%，若空气中含氧量低于 19.5%，应有报警信号。有毒物质浓度应符合《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》GBZ 2.1-2019 和《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素》GBZ 2.2-2007 规定。

H.2.3 有限空间空气中可燃气体浓度应低于可燃燃烧极限下限或爆炸极限下限的 10%。对油轮船舶的拆修，以及油罐、管道的检修，空气中可燃气体浓度应低于可燃燃烧极限下限或爆炸极限下限的 1%。

H.2.4 作业时，操作人员所需的适宜新风量应为 30~50m³/h。进入自然通风换气效果不良的有限空间，应采用机械通风，通风换气次数不能少于 3~5 次/h。通风换气应满足稀释有毒有害物质的需要。

H.2.5 应尽量利用所有人孔、手孔、料孔、风门、烟门进行自然通风为主，必要时应采取机械强制通风和持续通风。

H.2.6 机械通风可设置固定岗位局部排风，辅以全面排风。当操作岗位不固定时，则可采用移动式局部排风或全面排风。

H.2.7 有限空间的吸风口应设置在下部。当存在与空气密度相同或小于空气密度的污染物时，还应在顶部增设吸风口。

H.2.8 除严重窒息急救等特殊情况下，严禁使用纯氧进行通风换气。

H.2.9 经局部排气装置排出的有害物质应通过净化设备处理后，才能排入大气，保证进入大气的有害物质浓度不超过国家排放标准规定的限值。

H.3 防护设备与用品

H.3.1 设备用品全部配齐。各相关企业、作业单位要根据作业场所特点、分门别类配备相对应的通风、检测、防护设备用品，作业现场必须配备紧急救援设施用具。所有设备用品实行

清单式管理，定期检查更新。设备用品配备不齐全的，不得实施作业。

H.3.2 井下作业时，应使用隔离式防毒面具，不应使用过滤式防毒面具和半隔离式防毒面具以及氧气呼吸设备。

H.3.3 潜水作业时应穿戴隔离式潜水防护服。

H.3.4 防护设备必须按相关规定定期进行维护检查。严禁使用质量不合格的防毒和防护设备。

H.3.5 安全带、安全帽应符合《坠落防护 安全带》GB 6095-2021 和《头部防护 安全帽》GB 2811-2019 的规定，应具备国家安全和质检部门颁发的安鉴证和合格证，并应定期进行检验。

H.3.6 安全带应采用悬挂双背带式安全带。使用频繁的安全带、安全绳应经常进行外观检查，发现异常应立即更换。

H.3.7 夏季作业现场应配置防晒及防暑降温药品和物品。

H.3.8 维护作业时配备的皮叉、防护服、防护鞋、手套等防护用品应及时检查、定期更换。

本导则用词说明

为便于在执行本导则条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

规范性引用文件

- 1 《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6-2009
- 2 《爆炸性气体环境 第 15 部分：电气装置的设计、选型和安装》GB/T 3836.15-2017
- 3 《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68-2016
- 4 《高压水射流清洗作业安全规范》GB/T 26148-2010
- 5 《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181-2012
- 6 《爆炸性环境 第 15 部分：电气装置的设计、选型和安装》GB/T 3836.15-2017
- 7 《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332-2002
- 8 《塑料管材和管件聚乙烯（PE）管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备》GB/T 19809-2005
- 9 《给水用聚乙烯（PE）管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 13663.2-2018
- 10 《塑料管道系统 塑料部件尺寸的测定》GB/T 8806-2008
- 11 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268-2008
- 12 《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分：断裂强力和断裂伸长率的测定（条样法）》GB/T 3923.1-2013
- 13 《塑料 液体树脂 用比重瓶法测定密度》GB/T 15223-2008
- 14 《粘度测量方法》GB/T 10247-2008
- 15 《胶粘剂不挥发物含量的测定》GB/T 2793-1995
- 16 《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》GB/T 1040.2-2022
- 17 《塑料 拉伸性能的测定 第 4 部分：各向同性和正交各向异性纤维增强复合材料的试验条件》GB/T 1040.4-2006
- 18 《塑料管材和管件聚乙烯(PE)管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备》GB/T 19809-2005
- 19 《给水用聚乙烯（PE）管道系统 第 5 部分：系统适用性》GB/T 13663.5-2018
- 20 《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第 2 部分：硬聚氯乙烯(PVC-U)、氯化聚氯乙烯(PVC-C)和高抗冲聚氯乙烯(PVC-HI)管材》GB/T 8804.2-2003
- 21 《塑料 弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008
- 22 《金属材料 弹性模量和泊松比试验方法》GB/T 22315-2008
- 23 《不锈钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》YB/T 4396-2014

- 24 《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210-2014
- 25 《热塑性塑料管材耐外冲击性能 试验方法 时针旋转法》GB/T 14152-2001
- 26 《热塑性塑料维卡软化温度（VST）的测定》GB/T 1633-2000
- 27 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448-2015
- 28 《塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则》GB/T 1040.1-2018
- 29 按《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567-2021
- 30 《塑料 负荷变形温度的测定》GB/T 1634.1-2019
- 31 《玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法》GB/T 3857-2017
- 32 《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567-2021
- 33 《塑料 聚乙烯环境应力开裂试验方法》GB/T 1842-2008
- 34 《塑料管材和管件聚乙烯(PE)管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备》GB 19809-2005
- 35 《色漆和清漆 抗流挂性评定》GB/T 9264-2012
- 36 《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728-2020
- 37 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB/50268-2008
- 38 《塑料 耐液体化学试剂性能的测定》GB/T11547-2008
- 39 《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》GB/T 1033.1-2008
- 40 《塑料拉伸性能的测定第3部分：薄膜和薄片的试验条件》GB/T 1040.3-2006
- 41 《塑料 硬度测定 第1部分：球压痕法》GB/T 3398.1-2008
- 42 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080-2016
- 43 《水泥基灌浆材料》JC/T 986-2018
- 44 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081-2019-2019
- 45 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119-2013
- 46 《建筑防水涂料试验方法》GB/T 16777-2008
- 47 《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449-2005
- 48 《塑料弯曲性能的测定》GB/T 9341-2008
- 49 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》GBZ 2.1-2019
- 50 《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素》GBZ 2.2-2007
- 51 《坠落防护 安全带》GB 6095-2021