

CGAS

团 体 标 准

T/CGAS XXXX-XXXX

城镇燃气管道非开挖修复更新工程 技术规程

Technical specification for trenchless rehabilitation and replacement engineering of
city gas pipe

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国城市燃气协会 发布

目次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 设计	2
5 插入法	5
5.1 施工准备	5
5.2 施工	6
5.3 过程检验与记录	6
6 工厂预制成型折叠管内衬法	7
6.1 一般规定	7
6.2 材料与设备	7
表 4 模拟安装测试后的管材样品的壁厚 (mm)	8
6.3 施工准备	9
6.4 施工	9
6.5 过程检验与记录	10
7 现场成型折叠管内衬法	10
7.1 一般规定	10
7.2 材料与设备	11
7.3 施工准备	11
7.4 施工	11
7.5 过程检验与记录	12
8 缩径内衬法	12
8.1 一般规定	12
8.2 施工准备	13
8.3 施工	13
9 静压裂管法	13
9.1 施工准备	13
9.2 施 工	14

9.3 过程检验与记录	14
10 翻转内衬法	14
10.1 一般规定	14
10.2 材料与设备	15
10.3 施工准备	16
10.4 施 工	16
10.5 过程检验和记录	17
11 试验与验收	18
11.1 一般规定	18
11.2 管道吹扫与试验	18
11.3 工程竣工验收	18
12 修复更新后的管道接支管和抢修	19
附 录 A（规范性附录） 预制折叠管记忆能力的测试	21
附 录 B（规范性附录） 常温下环向拉伸应力的测定	22
附 录 C（规范性附录） 现场折叠内衬法施工工艺评定方法	26
附 录 D（规范性附录） 翻转内衬法水压爆破测试与 90° 剥离强度试验方法	28
附 录 E（规范性附录） 翻转内衬法管状复合内衬材料性能测试	29

前言

为规范城镇燃气管道非开挖修复更新工程，制定本标准。

本标准按照《中国城市燃气协会团体标准编写规则（试行）》技术文件起草。

本标准的内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、缩略语、系统示意图和原理、技术要求、试验方法、检验规则及附录。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国城市燃气标准工作委员会归口。

本标准负责起草单位：北京市燃气集团有限责任公司。

本标准参加起草单位：#####。

本标准主要起草人：#####。

标准使用过程中如有建议或意见请联系中国城市燃气协会标准工作委员会秘书处或负责起草单位。

负责起草单位：北京市燃气集团有限责任公司（地址：北京市西城区西直门南小街 22 号 邮政编码：100035 E-mail: 13910982987@163.com）

本标准由中国城市燃气协会制定，其版权为中国城市燃气协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国城市燃气协会书面许可，标准的任何部分不得以任何形式和任何手段进行复制、发行、改编、翻译和汇编。如需申请版权许可，请联系中国城市燃气协会标准工作委员会秘书处。

联系地址：北京市西城区金融大街 27 号投资广场 B 座 6 层

邮政编码：100032

电话：010-66219978

电子邮箱：cgas@chinagas.org.cn

城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程

1 范围

本标准规定了城镇燃气管道非开挖修复更新工程的术语和定义、设计、插入法、工厂预制成型折叠管内衬法、现场成型折叠管内衬法、缩径内衬法、静压裂管法、翻转内衬法、试验与验收、修复更新后的管道接支管和抢修等。

本标准适用于采用插入法、折叠管内衬法、缩径内衬法、静压裂管法和翻转内衬法对在役燃气管道进行沿线修复更新的工程设计、施工及验收。

标准不适用于新建的埋地城镇燃气管道的非开挖施工、局部修复和架空燃气管道的修复更新。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3512 《硫化橡胶或热塑性橡胶热空气加速老化和耐热试验》

GB/T 3923.1 《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 6111-2018 《流体输送用热塑性塑料管材耐压实验方法》

GB/T 8804.3-2003 《热塑性塑料管材拉伸性能测试第3部分：聚烯烃管材》

GB/T 8806 《塑料管道系统塑料部件尺寸的测定》

GB/T 11547 《塑料 耐液体化学试剂性能的测定》

GB/T 15558.1-2015 《燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第1部分：管材》

GB 15558.2 《燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第2部分：管件》

GB/T 25198 《压力容器封头》

CJJ 33 《城镇燃气输配工程施工与验收规范》

CJJ 51 《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程》

CJJ 63-2018 《聚乙烯燃气管道工程技术规程》

CJ/T 358-2019 《非开挖工程用聚乙烯管》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

插入法 sliplining

直接将聚乙烯管采用机械的方法，拉入或推入在役管道内的修复更新工艺。也称内插法。

3.2

折叠管内衬法“fold-and-form”lining

将折叠成“U”型或“C”型的聚乙烯管拉入旧管道内后，利用材料的记忆功能，通过加热与加压使折叠管恢复原有形状和大小的修复更新工艺。也称变形内衬法。

3.3

缩径内衬法 deformed and reformed

采用模压或辊筒使聚乙烯内衬管外径缩小后置入在役管道内，再通过加压或自然复原的方法，使聚乙烯内衬管恢复原来直径的修复更新工艺。

3.4

静压裂管法 static pipe bursting

以待更换的在役管道为导向，用裂管器将在役管道切开或涨裂，使其胀扩，同时将聚乙烯管拉入在役管道的修复更新工艺。

3.5 翻转内衬法 cured-in-place pipe

用压缩空气或水为动力将复合筒状衬材浸渍胶粘剂后，翻转推入在役管道，经固化后形成内衬层的管道内修复工艺。

3.6

管状复合内衬材料 Plastics-coated fabric hose

由无缝管状机制布均匀涂覆密闭性膜材而成的高强度、耐磨、抗拉强度高、气密性强的一次成型且无搭接的内衬材料。

3.7

管道非开挖修复更新 no-dig rehabilitation and replacement

采用非开挖施工技术在在役管道原位对管道进行沿线缺陷修复，或者原位更换在役管道以改善其性能。本规程中管道修复包括插入法、折叠管内衬法、缩径内衬法和翻转内衬法。静压裂管法为管道更新。

4 设计

4.1 插入法、现场折叠管内衬法、静压裂管法、缩径内衬法、预制折叠管内衬法适用于设计压力不大于 0.4MPa 的在役燃气管道。翻转内衬法修复技术适用于设计压力不大于 2.5MPa 的在役燃气管道。

4.2 管道非开挖修复更新应根据在役管道的情况、现场环境和施工条件、修复更新后管道的输配能力及使用年限等因素经技术经济比较后，选择合理的工艺。

4.3 设计前应搜集在役管道及施工现场的相关资料，应进行必要的工程勘查。

4.4 当选用聚乙烯管道作为修复更新材料时，设计应满足 CJJ63 的相关要求。

4.5 设计除符合 4.4 的要求外，还应包括下列内容：

- a) 说明修复更新后管道的使用年限、运行压力等参数；
- b) 选择修复更新工艺；
- c) 对在役管道内壁进行清洗的要求；
- d) 工作坑及预留三通的位置等。
- e) 修复更新后管道与热力管道的水平、垂直净距如不能满足要求时，应采取的有效保护措施。

4.6 修复更新工艺对在役管道内壁的清理应符合表 1 的规定：

表1 在役管道内壁的清理

工艺名称	清理要求
插入法	无影响插管的污物及尖锐毛刺
折叠管内衬法	无明显附着物、无尖锐毛刺
缩径内衬法	无明显附着物、无尖锐毛刺
静压裂管法	在役管道不堵塞，能满足施工要求
翻转内衬法	干燥、无尘、无颗粒、无油污，且无附着突出物，除锈后应达到Sa2.5除锈等级。

4.7 在三通、阀门、凝水缸、弯头、预留接气点及分段起止点等处宜进行断管，并宜同时设置工作坑。

4.8 修复更新使用的聚乙烯管材、管件应选用 PE100 聚乙烯混配料。管材、管件的质量应符合 GB/T 15558.1 和 GB/T15558.2 的规定，聚乙烯混配料料的拉伸强度与耐气体组分，以及管材的拉伸屈服应力应符合 CJ/T 358-2019 的要求。

4.9 当修复工艺需要将修复用聚乙烯管道拖拉进入在役管道时，其允许拖拉力应按式（1）计算：

$$F = \sigma \times \frac{\pi(D_N^2 - D_O^2)}{12} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

D_N ——聚乙烯管道外径（mm）；

D_O ——聚乙烯管道内径（mm）；

F——允许拖拉力（N）；

σ ——管材的屈服拉伸强度（N/mm²），PE100， $\sigma = 21 \text{ N/mm}^2$ ；或实测值。

4.10 修复更新用管材外径与在役管道内径的关系应符合表 2 的规定。根据在役管道内径，可选用非标准外径的管材，并应进行管道连接设计。

4.11 当选用 SDR26 的聚乙烯管时，应考虑因在役管结构失效在停气检修时由外载荷及管道负压产生的管道失稳、竖向变形过大等问题。

4.12 插（衬）入的聚乙烯管与在役管道两端的环形空间应采用柔性透气填料封堵。

4.13 不同修复更新工艺的适用条件和范围宜符合表 2 的规定。当在役管道管径超过表 2 的规定时，应经修复更新工艺论证后确定。

表 2 不同修复更新工艺的适用条件和范围

修复更新工艺		修复更新管道材质	适用在役管道直径	新管外径 d_N 与在役管内径 d_O 的关系	标准尺寸比 SDR	分段施工的最大适宜长度 (m)	可通过弯头的的能力
插入法		聚乙烯	80~600	$d_N \leq 0.90d_O$	11、17/17.6	300	$\leq 22.5^\circ$ 弯头
折叠管内衬法	现场折叠	聚乙烯	100~400	$0.98d_O \leq d_N \leq 0.99d_O$	21、26	300	$\leq 22.5^\circ$ 弯头、弯曲半径 $> 5dn$ 的 45° 弯头、弯曲半径 $> 8dn$ 的 90° 弯头
	预制折叠	聚乙烯	100~500	$d_N \leq 0.98d_O$	17/17.6、21、26	500	
缩径内衬法（含模压法和辊筒法）		聚乙烯	100~500	$0.90d_O \leq d_N \leq 1.04d_O$	11、17/17.6	300	$\leq 11.25^\circ$ 弯头
静压裂管法		聚乙烯	100~400	$d_N \leq d_O + 100\text{mm}$	11	—	$\leq 22.5^\circ$ 弯头
翻转内衬法		复合筒状材料	100~1000	$d_N = d_O$	无	400	连续通过 90° 弯头

注：1 标准尺寸比应满足 GB/T 15558.1 的要求。

2 采用现场折叠与预制折叠内衬法进行修复更新时，小于 $dn200$ 的聚乙烯管材不应采用 SDR26 尺寸系列。

4.14 当采用聚乙烯管道作为修复更新材料时，修复后管道的最大允许工作压力应符合表 3 的要求。

表 3 修复后聚乙烯管道的最大允许工作压力 (MPa)

城镇燃气种类		PE100			
		SDR11	SDR17/17.6	SDR21	SDR26
天然气		0.40	0.40	0.40	0.40
液化石油气	混空气	0.40	0.30	0.30	0.30
	气态	0.30	0.20	0.20	0.20
人工煤气	干气	0.40	0.30	0.30	0.30
	其他	0.30	0.20	0.20	0.20

4.15 当采用管状复合内衬材料作为修复材料时，修复后管道的最大允许工作压力不应高于在役管道的工作压力。

5 插入法

5.1 施工准备

5.1.1 施工现场应具有放置机具、设备和管材的空间，且在起始工作坑的延长线上应具有放置施工段聚乙烯管所需的位置。

5.1.2 修复更新前应清除地面和工作坑底的石块和尖凸物。工作区域应围好围挡。

5.1.3 修复更新前应对在役管道进行停气、放散、吹扫，且应符合 CJJ51 的要求。

5.1.4 施工现场应确定断管部位、工作坑的位置及穿聚乙烯管道的分段等。工作坑的位置应避开地下构筑物、地下管线及其他障碍物。

5.1.5 工作坑（图 1）最小长度宜按式（2）计算：

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

式中：

L ——工作坑长度（m）；

H ——敷设深度（m）；

R ——聚乙烯管道允许弯曲半径（m），且 $R \geq 25 dn$ ；

dn ——聚乙烯管道管径（mm）。

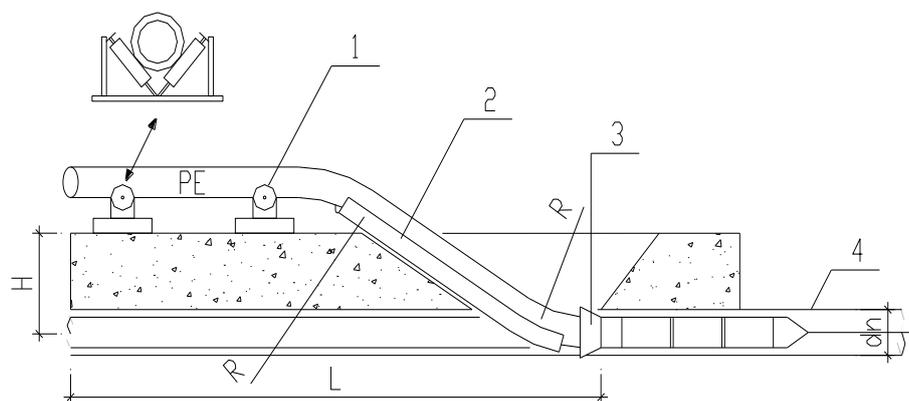


图 1 插入法工作坑示意图

1—地面滚轮架 2—防磨垫 3—喇叭型导入管 4—在役管道

5.1.6 穿管前应对在役管道内壁进行检查和清理，并应符合下列要求：

- a) 应采用 130 万像素以上彩色高分辨率闭路电视系统核实穿管路线、窥查管道内障碍物情况，确定旧管道清理方案；
- b) 清理后应采用闭路电视系统对管道内壁进行内窥检查，并应满足 4.6 的要求；

- c) 应对清理出的污水、污物进行收集，并应集中处理；
- d) 清理后的管道应及时施工或对管道两端进行封堵保护。

5.1.7 穿管前应采用长度不小于 4m，且与待插入管道同径的聚乙烯检测管段拉过在役管道，并检测其表面划痕深度，不得超过壁厚的 10%。

5.2 施工

5.2.1 插入前聚乙烯管道应采用热熔对接连接，热熔对接连接及连接后的外观检查应符合 CJJ63 的要求，且焊口应进行 100%切边检查。

5.2.2 插入前应在在役管道端口加装一个表面光滑、阻力小的导滑口，并应在导滑口上涂敷润滑剂，且工作坑外聚乙烯管应放置在滑轮支架上拖拉。

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

5.2.4 聚乙烯管插入在役管道后，每段插入管伸出在役管道端口的长度应在管道拉伸变形恢复后满足管道连接操作的要求，并及时对插入管段两端进行封堵，防止杂物进入管道。

5.2.5 穿管完成后宜分段进行强度试验，试验应满足 CJJ63 的要求。

5.2.6 工作坑内插入管之间的连接应符合下列要求：

- a) 连接前应经过不少于 24h 应力松弛，并在两段 PE 管上的连接管件处设置支撑点；
- b) 固定口焊接应采用电熔连接；

5.2.7 当聚乙烯管道与在役金属管道连接时，应选用钢塑转换接头连接或法兰连接，并应满足 CJJ63-2018 中 5.4 与 5.5 的要求。当采用法兰连接时，宜设置检查井。法兰连接需要直埋敷设时，法兰盘、紧固件应经防腐处理，法兰垫片应采用丁腈橡胶或氟橡胶，并应符合 GB/T23658《弹性体密封圈 输送气体燃料和烃类液体的管道和配件》。

5.2.8 连接完成后应对连接点验漏，确认无泄漏后，方可拆除工作坑并回填。工作坑回填应满足 CJJ63 的要求。

5.3 过程检验与记录

5.3.1 施工过程中应检查每段插入的聚乙烯管伸出在役管道端口至少 1m 长管段的外表面，表面完好或表面划痕深度不大于聚乙烯管壁厚的 10%应判为合格。

5.3.2 施工过程记录应包括下列内容：

- a) 聚乙烯焊口的焊接记录；

- b) 连接点和保护结构大样图（比例 1: 50）；
- c) 闭路电视系统检测记录；
- d) 检测管段的情况记录。

6 工厂预制成型折叠管内衬法

6.1 一般规定

6.1.1 预制折叠管在出厂前应进行模拟实际工程的安装测试，并提供测试报告。恢复后的聚乙烯管道的力学性能应满足 GB15558.1 的要求。

6.1.2 预制折叠管制造商应提供安装手册，并应在安装手册中提供下列参数：

- a) 复原所需要的最大和最小内压力值；
- b) 复原时管道内部和外部表面应达到的最大和最小温度；
- c) 允许最大牵引力；
- d) 最小安装弯曲半径；
- e) 允许的环境温度范围。

6.1.3 预制折叠管施工前应进行管材记忆能力的测试与常温下环向拉伸应力的测定，合格后方可开工。管材记忆能力的测试与常温下环向拉伸应力的测定应符合下列要求：

a) 管材记忆恢复值应大于等于0.65倍产品标注的评价直径；

b) 常温下环向拉伸应力应能满足测试时间达到 165h 时，试样未破坏应判为合格。若试样被破坏，应确定是韧性破坏或脆性破坏。当试样在 165h 前发生韧性破坏，应按 GB/T 15558.1-2015 表 9 选择较低的应力和相应的最小破坏时间重新试验。

c) 检测方法见附录A、附录B的要求。

6.2 材料与设备

6.2.1 制造商应提供制造阶段的预制折叠管的直径、壁厚、形状及其允许偏差等资料。

6.2.2 模拟安装测试后的管材样品的壁厚应符合表 4 的要求。尺寸测量应在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的温度下按 GB/T 8806 的要求进行。

表 4 模拟安装测试后的管材样品的壁厚 (mm)

最大平均外径 $d_{em,max}$	壁厚							
	标准尺寸比 SDR17		标准尺寸比 SDR17.6		标准尺寸比 SDR21		标准尺寸比 SDR26	
	最小壁厚 e_{min}	最大平均壁厚 $e_{m,max}$	最小壁厚 e_{min}	最大平均壁厚 $e_{m,max}$	最小壁厚 e_{min}	最大平均壁厚 $e_{m,max}$	最小壁厚 e_{min}	最大平均壁厚 $e_{m,max}$
100	5.9	7.1	5.7	6.9	4.8	5.9	3.9	4.9
125	7.4	8.8	7.1	8.5	6	7.3	4.8	5.9
150	8.9	10.5	8.6	10.2	7.2	8.6	5.8	7.0
200	11.9	13.9	11.4	13.3	9.6	11.3	7.7	9.2
225	13.4	15.6	12.8	14.9	10.8	12.6	8.6	10.2
250	14.8	17.1	14.2	16.4	11.9	13.9	9.6	11.3
300	17.7	20.4	17.1	19.7	14.3	16.6	11.6	13.5
350	20.6	23.6	19.9	22.8	16.7	19.3	13.5	15.6
400	23.7	27.1	22.8	26.1	19.1	21.9	15.3	17.7
500	29.7	33.5	28.3	32.2	23.9	27.3	19.1	21.9

6.2.3 进行预制折叠管内衬法施工应具备下列施工设备和工具：

- a) 带整套过程控制系统的蒸汽发生器；
- b) 卷盘拖车；
- c) 有图形或数字型式记录的绞盘装置；
- d) 数据存储器；
- e) 水汽分离器；
- f) 聚乙烯管焊接机具；
- g) 管道导向装置；
- h) 扩口器、牵引头、窗口切割器；
- i) 其他标准工具、设备及辅助设备。

6.2.4 施工场所使用的设备应安全、低噪声，且不得对空气、地面和水源造成污染。

6.2.5 预制折叠管的存放、搬运与运输应满足 GB/T 15558.1 的要求，并应符合下列规定：

- a) 不对预制折叠管造成机械损伤；
- b) 管材表面不应产生壁厚超过 10% 的划痕、永久弯曲、皱痕或折痕等损伤。

6.3 施工准备

- 6.3.1 对在役管道系统的停气、放散等应符合 5.1.3 的要求。
- 6.3.2 穿管前应对在役管道内壁进行检查和清理，并应符合 5.1.6 的要求。
- 6.3.3 对在役管道系统的结构状况、阻碍物、置换的接头、管道的沉降和（或）变形及泄漏情况等应进行测定并记录。
- 6.3.4 工作坑的尺寸不宜小于式（3）的计算值：

$$L = 10 \times D + h \dots\dots\dots (3)$$

式中：

D ——内衬管外径（mm）；

h ——连接装置的长度（m）；

L ——工作坑长度（m）。

- 6.3.5 清理检查合格后还应对在役管道进行通球试验，对通球受阻的管段应开挖处理。
- 6.3.6 当在役管道弯头处的最大弯曲角度及管线的最小曲率半径满足表 5 的要求时，可不设工作坑。

表 5 在役管道的最大弯曲角度及最小曲率半径

弯曲类型	最大弯曲角度	最小曲率半径
转弯和接头	$\leq 22.5^\circ$	没有限制
转弯	$\leq 45^\circ$	≥ 5 倍内衬管外径
转弯	$\leq 90^\circ$	≥ 8 倍内衬管外径

6.4 施工

- 6.4.1 当预制折叠管被牵引进入在役管道时，应采取措施防止砂砾等杂物进入折叠管与在役管道间的环形空间。
- 6.4.2 在预制折叠管被牵引进入的旧管管口宜设置摩擦阻力小、表面光滑的导向装置或折叠管保护装置。
- 6.4.3 预制折叠管被牵引进在役管道的牵引力应按式（1）计算。
- 6.4.4 每段预制折叠管伸出旧管端口的长度不宜小于 1.5m。
- 6.4.5 应在预制折叠管两端焊接密封板，安装温度和压力传感器，并与蒸汽及压缩空气的接口连接。

6.4.6 当已通入的蒸汽温度达到安装手册中的规定值时，可通入压缩空气。压缩空气的压力应符合合格的模拟安装测试报告的要求。

6.4.7 应保持预制折叠管内的压缩空气压力，直到接收坑内折叠管的管外壁温度达到安装手册的规定值。

6.4.8 折叠管恢复圆形后，稳压时间不宜少于 24h。

6.4.9 在复原过程中，安装温度和压力不应少于每 2min 自动地测量和记录 1 次。复原的温度和压力应严格遵守折叠管制造商所提供的工艺条件。

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

6.4.11 预制折叠管的连接除应满足 5.2.6、5.2.7 条的要求外，还应满足下列规定：

a) 对 SDR17/17.6 系列非标准外径预制折叠管，当扩径至与聚乙烯管外径及壁厚一致时方可进行连接。当采用扩径的方式不能满足标准壁厚时，应采用变径管件连接；

b) SDR26 系列非标准外径的预制折叠管应采用变径管件连接。

6.4.12 当预制折叠管为 SDR21 与 SDR26 系列时，在役管道断管处的聚乙烯管及管件宜采取外加钢制套管或砖砌保护沟，并填砂加盖板的方式进行保护。

6.5 过程检验与记录

6.5.1 施工前应对管材、管件的表面质量及标志进行检查，有裂口、凹陷、严重划痕等缺陷的管材、管件不应使用。

6.5.2 在预制成型折叠管修复施工过程中，应对工作坑接点的位置和高程、牵引力和牵引速度、安装温度和压力、折叠管焊口及复原参数等进行记录。

6.5.3 卸压时应打开预制折叠管端口，压力应缓慢释放，并应使用闭路电视系统检查其内壁。内壁应连续并全部恢复圆形，预制折叠管表面应无褶皱、裂纹，并应做全程录像存档。

7 现场成型折叠管内衬法

7.1 一般规定

7.1.1 现场折叠管施工应在 5℃~30℃环境温度的条件下进行。

7.1.2 现场折叠管的复原应采用清洁的常温水。

7.1.3 现场折叠管内衬修复用的聚乙烯管道应采用热熔对接，工作坑内宜采用电熔连接。

7.1.4 现场折叠管施工前，施工单位应按附录 C 的要求进行与工程相适应的工艺评定，合格后方可开工。

7.2 材料与设备

7.2.1 用于现场折叠的聚乙烯管材运抵施工现场后，应按生产批次检测管材的力学性能，并应符合表 7 的规定，测试合格后的管材方可用于施工。

表 6 管材的力学性能

性能	要求	测试参数	测试方法
断裂伸长率(%) $e \leq 5\text{mm}$	> 500	试验形状：类型 2 ^a 试验速度：100mm/min	热塑性塑料管材拉伸性能测定第 3 部分：聚烯烃管材 GB/T 8804.3-2003
断裂伸长率(%) $5\text{mm} < e \leq 12\text{mm}$	> 500	试验形状：类型 1 ^a 试验速度：50mm/min	
断裂伸长率(%) $e > 12\text{mm}$	> 350	试验形状：类型 1 ^a 试验速度：25mm/min 或 试验形状：类型 3 ^a 试验速度：10mm/min	
静液压强度 (20°C, 100h) ^a	破坏时间 $\geq 100\text{h}$	环应力 12.0MPa	流体输送用热塑性塑料管材耐内压实验方法 GB/T 6111-2018
压缩复原	可复原	——	燃气用埋地聚乙烯 (PE) 管道系统第 1 部分：管材 GB15558.1-2003 附录 F
a 如果可行，壁厚不大于 25mm 的管材也可采用类型 2 试样，类型 2 试样采用机械加工或模压法制备。			

7.2.2 现场连接折叠管的管件应与折叠管管材相匹配，并应满足 GB/T 15558.2 的要求。

7.2.3 现场折叠管压制成型专用设备的类型应根据现场折叠管的管径和壁厚选择。

7.2.4 牵引设备应具有牵引力自动控制装置和显示、记录仪表。

7.2.5 现场折叠内衬管复原所需水泵等设备应满足工艺的要求，且应有温度、压力计量仪表。

7.3 施工准备

7.3.1 现场折叠管修复的施工准备应符合 5.1 的要求。

7.3.2 压制设备的压辊间距应按照现场折叠管的规格要求进行调整。

7.4 施工

7.4.1 现场折叠应在对聚乙烯管进行热熔对接连接后进行，热熔对接连接应符合 CJJ63 的要求。

- 7.4.2 在热熔对接冷却期间，整个内衬管段不得受任何外力的作用；焊接好的聚乙烯管应作好端口密封。
- 7.4.3 聚乙烯管焊接后的检查应符合 5.2.1 的要求。
- 7.4.4 焊接检查合格的聚乙烯管现场折叠后，应立即将缠绕带缠绕在折叠管外。牵引端宜采用连续缠绕，其他部分宜采用间断缠绕，且间距不宜大于 50mm。缠绕带不应使用钢丝或其他金属制品。
- 7.4.5 在役管道端口应配备现场折叠管导入装置或折叠管保护装置，并应满足 5.2.2 的要求。
- 7.4.6 将现场折叠管牵引进在役管道内的施工牵引力应按式（1）计算。
- 7.4.7 压制折叠管、折叠管缠绕和被牵引进入在役管道的牵引速度应保持同步，并宜控制在 5 m/min～8m/min。
- 7.4.8 折叠管在工作坑的两端宜留有不少于 1.5m 的施工余量。
- 7.4.9 当折叠管在在役管道内就位后，应在折叠管端部焊接密封盲板。
- 7.4.10 复原时应严格控制加压速度，应按施工工艺评定参数执行。
- 7.4.11 现场折叠管恢复圆形并达到压力稳定后，稳压时间不宜少于 24h。
- 7.4.12 就位后的现场折叠管的连接应满足 6.4.10、6.4.11 的要求。

7.5 过程检验与记录

- 7.5.1 应通过闭路电视系统全线检测并记录清管结果。
- 7.5.2 应通过闭路电视系统全线检测折叠管的复原情况及内壁的完整性，折叠管的表面应平滑、无褶皱和裂纹。
- 7.5.3 应记录施工过程中的牵引力。
- 7.5.4 应测量并记录复原过程中的水温、水压及进水量等参数。
- 7.5.5 应在牵引端测试复原后的折叠管的壁厚并记录。

8 缩径内衬法

8.1 一般规定

- 8.1.1 当采用缩径内衬法进行在役管道修复时，工作段内不得有大于 11.25° 的弯头。
- 8.1.2 缩径施工时，聚乙烯管道外径的缩减量应小于等于其外径值的 15%。

8.1.3 经缩径后的聚乙烯管外径应小于在役管道内径的 2.5%，但不应小于 10mm。

8.2 施工准备

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

8.2.2 缩径内衬法修复施工的在役管道内壁检查与清理，以及工作坑开挖等施工准备应符合本规程第 5.1 节的规定

8.2.3 对在役管道椭圆度、腐蚀程度、裂纹等情况应进行测定并记录。

8.3 施工

8.3.1 聚乙烯管道焊接及焊接后的检查应满足 5.2.1 的要求。

8.3.2 牵引时，聚乙烯管端应封闭。施工牵引力应按式（1）计算。当不能满足时，应采用液压驱动机协助将聚乙烯管推入旧管。

8.3.3 施工时，每个施工段聚乙烯管应连续牵引进入在役管道，不应中途停顿，拉入速度宜在 1m/min~2m/min 范围内。

8.3.4 聚乙烯管被置入在役管道后宜使其自然恢复原状，恢复时间不得少于 24h。若采用加水加压使其复原，维持水压不得少于 24h。

8.3.5 就位后的聚乙烯管道的连接应满足 6.4 的要求。

8.3.6 施工过程检验与记录应满足 6.5 的要求。

9 静压裂管法

9.1 施工准备

9.1.1 裂管法施工应具备裂管器、液压动力源、液压拉杆机、支撑架及相应数量的拉杆。

9.1.2 裂管法施工准备应满足 5.1.3~5.1.5 的要求。

9.1.3 裂管法施工前应获得管道沿线 1.5m~2m 范围内的地下管线资料并与相关部门进行核对，确定各类相邻管线性质、位置、埋深及地下水位等情况。

9.1.4 裂管法施工前应对在役管道进行裂管施工安全性评估，施工不得影响周围管线与设施。

9.1.5 裂管法施工接收工作坑的开槽应满足 CJJ33 的要求。放置设备一侧的工作坑的坑壁面应平整、无突起硬物，并应垂直于坑底平面及在役管道中心线。工作坑的规格尺寸应满足裂管机施工操作的要求。

9.1.6 当在役管道内污物影响施工时，应对在役管道进行清理，并应符合 4.6 的要求。

9.2 施工

9.2.1 聚乙烯管道焊接及焊接后的检查应满足 5.2.1 的要求。。

9.2.2 裂管器连接端应完好无损，并与拉杆相连。

9.2.3 裂管器进入在役管道时，割刀轮位置宜与垂直于地面的管道直径连线在下方成 30° 夹角(图 2)。



图 2 割刀轮位置示意图

9.2.4 聚乙烯管引入端口应封闭，施工牵引力应按式（1）计算。

9.2.5 聚乙烯管道应放置在滑轮支架上拖动。

9.2.6 当施工中发生牵引力陡增现象时，必须立即停止施工，查明原因，处理后方可继续施工。

9.2.7 伸出工作坑的聚乙烯管的长度，应能满足各段连接需要。

9.2.8 聚乙烯管就位后，各管段的连接应满足 5.2.6 的规定。

9.3 过程检验与记录

9.3.1 施工过程中应严格记录穿入在役管道中拉杆的数量及相应牵引力。

9.3.2 裂管施工过程记录应包括下列内容：

- a) 《物探报告》；
- b) 《地堪报告》；
- c) 《裂管施工记录》。

10 翻转内衬法

10.1 一般规定

10.1.1 经翻转内衬法修复后的管道仍应对金属管道的外防腐层及阴极保护系统进行维护和管理。

10.1.2 采用翻转内衬法修复后的管道，在粘合剂固化完成后应进行水压爆破试验与剥离强度试验，并应符合下列规定：

a) 每项工程应制作一段试件并截取用于水压爆破测试，试验结果应符合表7要求；

表 7 爆破压力

管线设计压力PN MPa	爆破压力 MPa
$PN \leq 0.4$	≥ 5.0
$0.4 < PN \leq 1.6$	≥ 6.0
$1.6 < PN \leq 2.5$	≥ 8.0

b) 每项工程每1000m管道应截取一段不少于0.5m长的试件进行内衬90°（圆周方向）剥离强度试验，试验结果应符合表8的要求

表 8 剥离强度

管线设计压力PN MPa	剥离强度 N/cm
$PN \leq 0.4$	≥ 10
$0.4 < PN \leq 1.6$	≥ 17
$1.6 < PN \leq 2.5$	≥ 25

c) 水压爆破测试与90°剥离强度试验试验方法见附录D。

10.1.3 两工作段连接用短管的材质性能应不低于在役管道材质，且应满足在役管道的焊接要求，钢制管道还应进行外防腐处理，防腐性能不得低于原防腐层。

10.1.4 短管连接及防腐施工和验收应满足 CJJ33 的要求。

10.1.5 翻转内衬法修复技术及辅助管道清理技术应具备清理、修复 1.5D 的 90° 弯头能力。

10.2 材料与设备

10.2.1 翻转内衬法修复用管状复合内衬材料应符合下列要求：

a) 纺织基材应使用无缝管状织物，膜材应为耐磨弹性高分子材料；

b) 每一批次的管状复合内衬材料应至少进行一次厚度、单位面积克重及平铺宽度的测量；每一批次的管状复合内衬材料应进行气密性检测、拉伸性能测试、老化测试与耐燃气组分测试。测量/测试的方法与要求见附录 E。

10.2.2 翻转内衬法修复用粘合剂应符合下列要求：

- a) 每一批次的粘合剂应取样进行粘度测试，测试结果应符合生产商提供的规格和公差数据。
- b) 每一批次的粘合剂应取样待其固化后进行耐燃气组分测试。固化后试样面积宜为 30mm×30mm，厚度宜为 1.5mm~2mm，试验方法见附录 E。浸泡干燥后称量，试样质量不应低于试验前质量的 95%。

10.2.3 管状复合内衬材料和粘合剂的储存及搬运应满足下列要求：

- a) 应在专用库房避光保存，通风良好，不应与油类、酸、碱、盐等其他化学物质接触；
- b) 管状复合内衬材料有效期应为 24 个月。粘合剂有效期应为 12 个月。储存超过期限的材料与粘合剂应在使用前重新进行一次 10.2.2 条所规定的检测，并记录结果。
- c) 搬运和运输时应保持密封，防尘防水、防止破损。

10.2.4 翻转内衬法施工应具备闭路电视检测系统、清理设备及翻转工艺操作等设备。

10.3 施工准备

10.3.1 在役管道的吹扫、置换等工作应符合本规程第 5 章的要求。

10.3.2 开挖工作坑的大小根据其功能、所需断管长度、作业所需空间、管道直径和埋设深度决定。

10.3.3 翻转内衬修复前的清理应满足下列要求：

- a) 应对在役管道内壁进行喷砂清理，并应采用配备分辨率不低于 460 线的 CCD 摄像头的 CCTV 检测设备检测清理效果，除锈效果应达到金属表面处理等级 Sa2.5 级，表面应无可见的油、脂和污物，且无氧化皮、铁锈、涂层和外来杂质。任何污染物的残留痕迹应仅呈现为点状或条文状的轻微色斑；
- b) 之前运行人工煤气的在役管道，应先进行高压水清理，再进行喷砂清理。

10.3.4 管状复合内衬材料和粘合剂应与在役管道压力级别匹配，并应根据施工段的长度进行准备。

10.4 施 工

10.4.1 进行翻转操作前，应对管状复合内衬材料直径及长度进行核查，并采用 CCTV 检测设备对在役管道内部情况和管道总长度进行复核和记录。

10.4.2 施工环境温度应为 0℃~35℃。

10.4.3 胶粘剂和固化剂应按照比例充分混合均匀，搅拌桶内不应进入水滴和灰尘等杂物。胶粘剂开封后应一次性用完。

10.4.4 当管状复合内衬材料浸渍胶粘剂时，应经充分碾压，并达到饱和状态。

10.4.5 启动翻转设备前，翻转端口应连接牢固。

10.4.6 翻转过程当中应根据管径严格控制翻转压力与翻转速度，宜使用自动控压、控速翻转设备，并应符合下列规定：

a) 翻转压力应小于 0.15MPa，且应保证翻转压力稳定，压力值变化小于 ± 0.002 MPa；

b) 翻转速度应小于 5m/min，且应保证翻转速度稳定，翻转速度变化小于 ± 0.5 m/min。

10.4.7 翻转内衬修复后，应使用新制管段对各个翻转段进行连接，采用焊接方式进行连接时应对已修复管道内的内衬进行保护。工作段的两端应环切出焊接的热影响区，切除长度应为管径的 1/2 且不小于 150mm，切口应整齐、平滑；

10.4.8 翻转完毕后应将管道两端连接好，并安装带有自动记录功能的压力表后加压固化。

10.4.9 固化应满足下列要求：

a) 在整个固化过程中固化压力应保持稳定。

b) 固化时间应符合表 9 的规定：

表9 固化时间

燃气管道设计压力	土壤温度 ℃	最短固化时间 小时
0.8 MPa \leq P \leq 2.5MPa	25	48
	20	72
	15	96
	10	120
P \leq 0.4MPa	≥ 10	24
	> 10	24 ^a
a 需额外添加催化剂		

c) 固化结束后应缓慢卸压，不应使管内形成负压。

10.4.10 固化完成后，启动 CCTV 检测设备对管道进行内窥录像检查，除管道转弯及弯头处可存在少量皱褶外，整个翻转段应连续和光滑，无污浊、无皱褶、无空鼓、无分层。

10.5 过程检验和记录

10.5.1 翻转内衬法修复施工中应进行管道清理检验、每一工作段的翻转质量检验。

10.5.2 施工过程中的记录应包括下列内容：

a) 《翻转内衬修复施工记录》

b) CCTV检测设备录像资料

11 试验与验收

11.1 一般规定

11.1.1 城镇燃气管道非开挖修复更新工程验收合格后超过 6 个月未投入使用的,应在使用前重新组织检查,合格后方可通气使用。

11.1.2 修复施工所使用的管材和管路附件等应在质量保证期内,并应具备相关的合格证、检测报告等质量证明文件。凡非标准产品,均应参照相应的标准作性能试验或检验。

11.1.3 旧燃气管道修复更新完成后,应对修复更新后的管道进行吹扫、强度试验和严密性试验。

11.1.4 燃气管道试验前应具备下列条件:

- a) 管道施工已按设计文件和本规程的规定进行施工质量检查;
- b) 对管道各连接部位的安装和接口质量,已按相关标准规定进行检验;
- c) 试验前应由施工单位向监理单位和建设单位报送试验方案,做好安全工作,批准后方可进行。

11.2 管道吹扫与试验

11.2.1 对修复更新施工完成后的管道应进行吹扫,并应满足 CJJ63 的要求。

11.2.2 被修复更新的管道进行强度试验前,应根据不同的修复工艺对其过程检查验收的资料进行核实,符合设计、施工要求的管道方可进行强度试验。

11.2.3 被修复更新管道的强度试验应满足 CJJ33 的要求。

11.2.4 严密性试验应在强度试验合格后进行,严密性试验应满足 CJJ33 的要求。

11.3 工程竣工验收

11.3.1 施工单位在修复更新工程完工后,应先对修复更新管道目测进行外观检查并吹扫,以及强度、严密性试验预验,合格后通知相关部门验收。

11.3.2 燃气管道修复更新工程的竣工验收,应由建设单位组织,设计单位、施工单位、监理单位按本规程要求进行联合验收。

11.3.3 工程验收应包括工程实体验收和竣工档案的验收。

11.3.4 工程实体验收应包括下列内容:

- a) 工程内容与要求应与设计文件相符。
- b) 外观质量应包括修复更新前管材的几何尺寸等检测资料,接口的外观应符合接口的质量标准

要求。支墩及管道的稳固性、覆土质量、工作坑及接收工作坑的处理应符合本规程的有关规定。

- c) 管道的清球或吹扫、强度试验、严密性试验应符合国家现行相关标准的规定。
- d) 设备和附属工程应符合相关的技术要求。
- e) 接口检测资料应符合设计文件要求。

11.3.5 工程竣工档案验收应包括下列内容：

- a) 核准开工的批件；
- b) 施工图及施工组织设计；
- c) 管材、管件的合格证和质量保证书；
- d) 管道接口的试验资料和接口工艺评定、工艺指导书；
- e) 在役管道管线图和资料；
- f) 修复前对在役管道内壁刮、铲、刷及清洗后的闭路电视（CCTV）和评定资料；
- g) 管接口外观记录和无损探伤记录（超声波及 X 拍片记录和评定资料）；
- h) 施工过程及检验记录；
- i) 修复管道质量评定资料，含施工自评、监理评估、验收记录；
- j) 隐蔽工程验收资料；
- k) 质量事故处理资料；
- l) 生产安全事故报告；
- m) 分项、分部、单位工程质量检验评定记录；
- n) 工程竣工图和竣工报告；
- o) 工程整体验收记录。

12 修复更新后的管道接支管和抢修

12.1 修复更新后的燃气管道宜在设计预留的位置接支管。当预留位置不能满足要求时，开孔接支管应采用机械断管方式割除修复管道外的旧管，不得使用气割或加热方法。

12.2 割除旧管后，可在聚乙烯管上接出支管。接出支管应满足 CJJ63 的要求。

12.3 当管道受损泄漏时，应按 12.1 的要求先割除部分旧管后，实施抢修。抢修宜在停气后进行，应切除破损聚乙烯管，并电熔连接相同材料级别的聚乙烯管。连接应满足 CJJ63 的要求。

12.4 当在采用翻转内衬法修复的燃气管道上接支管时，应由原翻转内衬修复单位配合，并应符合下列要求：

a) 当在带气的燃气管道上接支管时，应选择连接短管处开孔，当短管处不能满足要求时，可在修复后的管道上进行开孔封堵机械作业，焊接管件时应采取局部降温处理。

b) 当采用翻转内衬法修复的燃气管道受损泄漏时，应停气断管，实施抢修。断管后应将受热影响的内衬材料割除并按10.4.7的要求进行端口处理后，再进行施工。

附录 A

(规范性附录)

预制折叠管记忆能力的测试

A.1 预制折叠管管材试样长度不应小于50mm。

A.2 预制折叠管记忆能力测试前应将测试用恒温箱预热到 $120^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，然后将试样放入烤箱的任意位置，测试参数应符合表A.1的要求。

表 A.1 测试参数

管壁最小厚度 e_{\min} (mm)	测试温度 ($^{\circ}\text{C}$)	恒温时间 (min)
$e_{\min} \leq 8$	120 ± 2	60 ± 1
$8 < e_{\min} \leq 16$	120 ± 2	90 ± 2
$e_{\min} > 16$	120 ± 2	120 ± 2

A.3 达到加热时间后应将试样取出，并自然冷却至常温，然后测量预制折叠管记忆恢复值H(图A.1)。

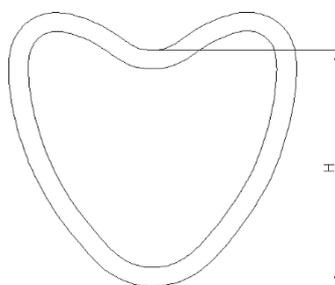


图 A.1 预制折叠管记忆恢复值示意图

附 录 B
(规范性附录)
常温下环向拉伸应力的测定

B.1 常温下环向拉伸应力测定用试样的制备应符合下列要求：

a) 应按沿试样圆周方向截取 3 个试样（图 B.1），尺寸应符合表 B.1 的要求。

表 B.1 试样的尺寸

符号	项目	尺寸 (mm)
A_c	折叠管最小弯曲半径的部分	—
L_c	圆周长度	≥ 160
W	宽度	≥ 25

注：截取试样时应考虑后续加热过程所引起的尺寸变化。

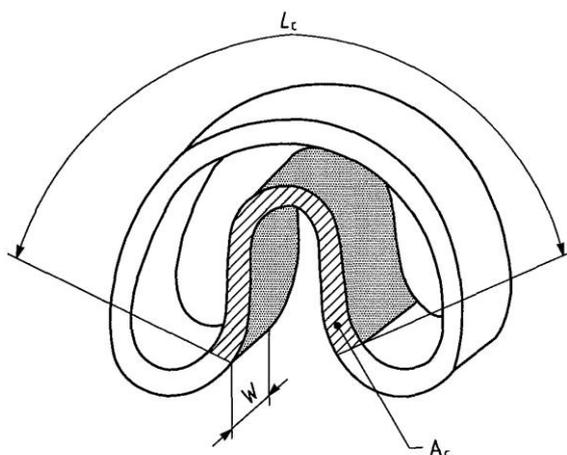


图 B.1 管段上截取样品位置示意图

b) 试样应放置在恒温箱中加热，恒温箱温度的设置应符合表 B.2 的要求。

表 B.2 恒温箱温度设置

管材壁厚 (mm)	温度 (°C)	放置时间 (min)
$e \leq 8$	120 ± 2	60 ± 1
$8 < e \leq 16$	120 ± 2	20 ± 2
$e > 16$	120 ± 2	240 ± 5

c) 加热后取出试样，并应及时使用两块不锈钢板夹稳、压平，保持压力直至试样温度自然冷却至常温。

d) 将压平的试样按图 B.2 制成试样，其尺寸应符合表 B.3 的要求。

表 B.3 试样尺寸

符号	项目	尺寸 (mm)
<i>A</i>	总长	≥ 150
<i>B</i>	端口宽度	20 ± 0.2
<i>C</i>	狭窄平行部分的长度	60 ± 0.5
<i>D</i>	狭窄平行部分的宽度	10 ± 0.2
<i>E</i>	弧度	60 ± 2
<i>F</i>	标定长度	50 ± 0.5
<i>G</i>	夹具之间的原始距离	115 ± 0.5
<i>e</i>	厚度	管材壁厚
<i>P</i>	平板	—
<i>Q</i>	测试片	—

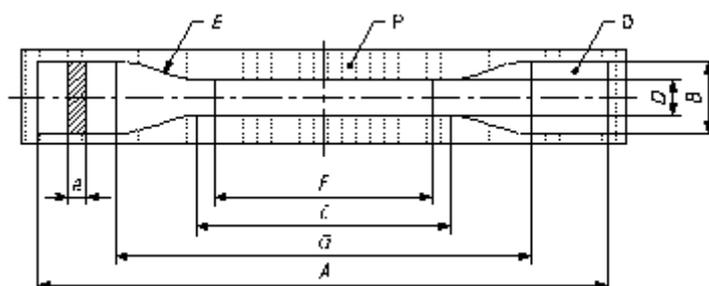


图 B.2 试样示意图

B.2 常温下环向拉伸应力测定应具备下列设备、仪器：

- a) 空气恒温箱；
- b) 两块不锈钢板和加压装置；
- c) 夹紧装置；
- d) 负载系统应在 1s~5s 之间对测试片施加平稳的和可重复的负载力，偏差不应超过规定负载力的 $\pm 1\%$ ；
- e) 水槽或热空气箱；
- f) 计时器。

B.3 常温下环向拉伸应力测定前，试样应按表B.4的要求进行状态调节。

表 B.4 试样状态调节要求

管材壁厚 e (mm)	状态调节温度 (°C)	状态调节时间 (min)
$e \leq 8$	80 ± 2	60 ± 1
$8 < e \leq 16$	80 ± 2	120 ± 2
$e > 16$	80 ± 2	240 ± 5

B.4 常温下环向拉伸应力测定应按下列步骤进行：

- a) 状态调节后应测量试样的尺寸；
- b) 根据表 B.5 中所规定材料应力，负载力应按式 (B.1) 计算：

$$F = \sigma \times A \dots \dots \dots (B.1)$$

式中：A——试样窄边初始平均面积，单位为平方毫米 (mm²)；

F——负载力，单位为牛 (N)；

σ ——材料应力，单位为牛每平方米 (N/mm²)。

- c) 用夹具将试样夹紧，放入温度为 $80^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的水槽或热空气箱中；
- d) 逐步、平稳地在试样上施加负荷，不应有震动，并在 1s~5s 内达到所要求的负载力；
- e) 达到测试负载力时应立即开始计时；
- f) 达到 165h 或试样发生失效时应停止试验。

表 B.5 测试参数

管材材料	测试参数		
	温度 (°C)	材料应力 (N/mm ²)	测试时间 (h)
PE 100	80 ± 2	5.4	≥ 165

B.5 常温下环向拉伸应力测定报告应包括下列内容：

- a) 参考文档和测试方法；
- b) 完整的试样信息；
- c) 材料类型；

- d) 管材的公称尺寸和生产时间;
- e) 取样时间;
- f) 试样压平前的温度和加热时间;
- g) 试样的实际测量长度 (表 B.3 中定义的长度 F、宽度 D 和厚度 e);
- h) 应用的应力;
- i) 计算测试所用的负载力和精确度;
- j) 试样的温度和时间条件;
- k) 测量环境;
- l) 测试时间;
- m) 如发生断裂应注明断裂类型;
- n) 任何会影响测试结果的因素;
- o) 测试日期。

附录 C

(规范性附录)

现场折叠内衬法施工工艺评定方法

C.1 现场折叠内衬法的施工工艺评定应满足下列要求：

- a) 施工工艺评定的条件与环境应真实模拟现场施工时的最不利情况；
- b) 进行施工工艺评定的试件应由施工单位制备并送检；
- c) 试件制备的全过程应由建设单位、设计单位和监理单位参加并确认；
- d) 施工工艺评定的试件应由取得国家认证的检验单位进行；
- e) 施工工艺评定应仅对实际采用的工艺管材材质有效；
- f) 施工工艺评定的有效期为 1 年。

C.2 现场折叠内衬法的施工工艺评定的试件制备应符合下列要求：

- a) 管材的尺寸分组应符合表 C.1 的要求。

表 C.1 管材的尺寸分组

尺寸分组	管材公称外径 dn (mm)	最小有效长度 (m)
第一组	dn < 250	6
第二组	dn ≥ 250	8

注：每尺寸组选取任一规格进行试验，在最小有效长度内应包含 2 个均匀分布的热熔对接焊口。

- b) 管材的标准尺寸比应为 SDR21、SDR26。

c) 制备试件的环境温度应为 5℃。当制备温度高于 5℃时，评定结果应只适用于高于制备温度，且低于 40℃环境温度下的施工。

- d) 制备过程应严格按 7.4 的要求进行。

- e) 复原应在与试验管外径相适应的钢管内进行。

C.3 管道复原后的检验项目应符合下列要求：

- a) 应按 GB15558.1 的要求进行外观检查；
- b) 应按 GB15558.1-2015 中第 7 章的规定进行下列力学性能检验：
 - 1) 应截取含有 1 个热熔焊口的管段进行静液压试验；

2) 应截取含有另 1 个热熔焊口的管段进行耐快速裂纹扩展试验（也可提供管材生产厂家所生产的相同混配料最大壁厚的耐快速裂纹扩展试验报告）；

3) 应截取试样进行耐慢速裂纹增长试验；

4) 应沿管道轴向和径向分别取两组试样进行断裂伸长率试验，取样点应在折叠弯曲半径最小处（图 C.1）。



图 C.1 断裂伸长率试验取样点示意图

C.4 现场折叠内衬法的施工工艺评定的标准应满足下列要求：

- a) 管材折叠后的断裂伸长率的试验值应满足表 7 的要求，且与管材出厂的断裂伸长率的差值之差不应大于 $\pm 20\%$ ；
- b) 静液压强度、耐快速裂纹扩展和耐慢速裂纹增长性能试验结果均应符合 GB15558.1 的规定。
- c) 对接熔接拉伸强度的检验结果应符合 GB15558.2 的规定。

C.5 现场折叠内衬法的施工工艺评定报告应完整、准确地反应工艺评定的过程及结果，并应包括下列内容：

- a) 管材，焊接机具及焊接参数、压制设备型号、压制操作参数、环境温度、复原环境及参数等试件制备的记录；
- b) 封样及送检情况说明；

附录 D

(规范性附录)

翻转内衬法水压爆破测试与 90° 剥离强度试验方法

D.1 水压爆破测试

D.1.1 试件取样位置不做规定，应在试件顶部标明试件截取的工作坑号，翻转段及翻转日期，

D.1.2 修复前预先在将要截取的试件中间的顶部位置开孔（直径 50mm），而后进行正常翻转修复，修复后将带孔管段截取下来，试件长度至少在 80cm 以上。剥离试件两端 1/2DN 宽的内衬材料，在任意一端开孔并焊接无缝钢管，之后在试件两端焊接球形封头进行封堵，封头应符合 GB/T 25198 中球形封头的要求。

D.1.3 试验设备及试验介质应满足下列要求：

- a) 试验采用手动试压水泵，流量宜为 $1\text{m}^3/\text{h}$ ；
- b) 压力计的量程应与试压水泵的扬程匹配，精度不低于 1.5 级；
- c) 无缝钢管与试压水泵应采用丝扣连接；
- d) 试验介质应为 $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的常温水。

D.1.4 连接好试验装置后，用手动水泵开始加压至修复后管道最高运行压力的 1.5 倍并稳压 1h，观察开孔处内衬；之后每隔 20min 提高 0.1MPa，压力达到 2.5MPa 后稳压 1h，观察开孔处内衬；继续提高压力，直至试件开孔处内衬爆裂，并记录开孔处内衬爆裂时的压力值。

D.2 90° 剥离强度试验

D.2.1 试件宜从翻转段的前端或末端截取，并应在试件顶部标明试件截取的工作坑号，翻转段及翻转日期。

D.2.2 试验方法应符合下列要求：

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

b) 在管片上沿圆周方向进行切割，对管片上的内衬进行分割并加工出 4 条宽度为 0.1DN 的内衬条。

c) 在试件管片上先凿出足够长的内衬，后与剥离仪器的夹具相连。匀速进行剥离测试，剥离速度为 $10\text{mm}/\text{min}$ ，过程中以不大于 5s 的间隔记录剥离强度，直至整个内衬条完全从管壁剥离。

d) 试验应记录试件上全部至少 16 个内衬条的剥离强度，数据精确到 $0.01\text{N}/\text{cm}$ 。

附 录 E

(规范性附录)

翻转内衬法管状复合内衬材料性能测试

E.1 每一批次或每3000m的管状复合材料应至少进行一次厚度、单位面积克重及平铺宽度的测量，测量结果应不低于生产商提供的最小值，测试方法应符合下列规定：

- a) 厚度及单位面积克重：在均匀分布在整個内衬材料上的3个位置分别取1片100mm×100mm的内衬材料，试样的4边应尽可能与材料编织层织物的经、纬走向平行，而后进行测量并按照生产商提供的最小值进行比对；
- b) 平铺宽度：在任意位置取1m内衬，压平后在均匀分布的3个位置进行测量，并按照生产商提供的最小值进行比对；

E.2 每一批次的管状复合内衬材料应进行气密性检测。在任意位置取1m内衬试样，使织物面朝外并装填水，水压升至该批纺织内衬能承受的最大翻转压力的1.3倍，保压20分钟，过程中内衬应保持严密性，否则视该批次纺织内衬质量不合格。

E.3 每一批次的管状复合内衬材料应按照GB/T 3923.1进行拉伸性能测试，经向与纬向的断裂强度应不低于800 N/cm，断裂伸长率应不小于20%。

E.4 每一批次的管状复合内衬材料应按照GB 3512进行老化处理，将试样置于70℃±2℃的老化装置中30天自然通风老化后，在23℃±2℃、湿度50%±5%的环境中继续放置至少48小时。随后进行拉伸性能试验，试验平均数值不应比E. 3中得出的数值降低超过25%或提高超过50%。

E.5 每一批次的管状复合内衬材料应按照GB/T 11547进行耐燃气组分测试，合成冷凝液按照GB/T 15558.1-2015第6.1.8条的要求配制，浸泡温度为23℃±2℃，浸泡时间为4周。浸泡干燥后称量，试样单位面积克重不应低于试验前单位面积克重的95%。浸泡后立即测量试样的拉伸强度及断裂拉伸率，试验平均数值的变化不应高于E. 3中得出数值的20%。