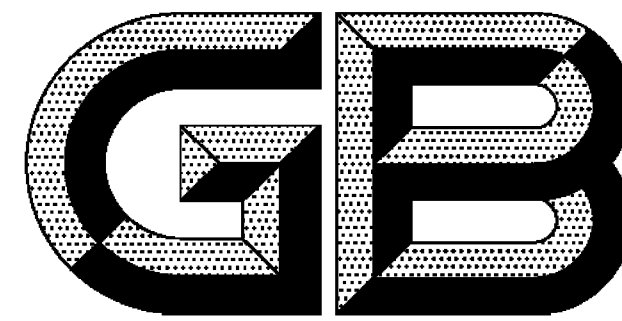




中华人民共和国国家标准

GB/T 41666.4—2024

地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道 系统 第4部分:原位固化内衬法

Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and
sewerage networks—Part 4: Lining with cured-in-place pipes

(ISO 11296-4:2018, MOD)

2024-03-15 发布

2024-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 符号和缩略语 4

 4.1 符号 4

 4.2 缩略语 5

5 生产阶段(“M”阶段)内衬软管要求 6

 5.1 一般要求 6

 5.2 内衬软管的树脂体系 7

 5.3 载体和增强材料 8

 5.4 内衬软管的内膜和外膜 8

 5.5 干软管 9

 5.6 湿软管 9

 5.7 标志 9

6 施工阶段(“I”阶段)内衬管要求 10

 6.1 材料 10

 6.2 一般要求 10

 6.3 几何尺寸 10

 6.4 力学性能 11

 6.5 其他性能 13

 6.6 密实性要求 14

 6.7 取样 14

7 施工 14

 7.1 施工准备 14

 7.2 内衬管材的贮存、装卸和运输 14

 7.3 施工设备 14

 7.4 内衬管安装 15

 7.5 与过程相关的检查和测试 15

 7.6 内衬管端部处理 15

 7.7 与检查井的连接 16

 7.8 完工检测 16

8 验收..... 16

8.1 一般规定 16

8.2 内衬管施工质量检验 16

8.3 管道功能性试验 17

8.4 归档文件 17

附录 A（资料性） 本文件与 ISO 11296-4:2018 结构对照情况 19

附录 B（资料性） 本文件与 ISO 11296-4:2018 技术差异及其原因 21

附录 C（资料性） CIPP 构成部分及其功能 23

附录 D（规范性） 内膜和外膜强度高温保持率的测定 24

附录 E（规范性） 原位固化内衬法——短期弯曲性能的测定 26

附录 F（规范性） 原位固化内衬法——干、湿条件下长期弯曲模量的测定 34

附录 G（规范性） 原位固化内衬法——干、湿或酸性条件下长期弯曲强度的测定 37

附录 H（规范性） 管壁密实性的测定 40

附录 I（规范性） 试验项目及方法 43

前 言

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

本文件是 GB/T 41666《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统》的第 4 部分。GB/T 41666 已经发布了以下部分：

——第 3 部分：紧密贴合内衬法；

——第 4 部分：原位固化内衬法。

本文件修改采用 ISO 11296-4:2018《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统 第 4 部分：原位固化内衬法》。

本文件与 ISO 11296-4:2018 相比，在结构上有较多调整，两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 11296-4:2018 相比，存在较多技术差异，在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(|)进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

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专利的责任。

本文件由中国轻工业联合会提出。

本文件由全国塑料制品标准化技术委员会(SAC/TC 48)归口。

本文件起草单位：安越环境科技股份有限公司、中山大学、上海管丽建设工程有限公司、浙江优为新材料有限公司、中国地质大学(武汉)、建研院检测中心有限公司、广州市市政集团有限公司、山东龙泉管道工程股份有限公司、北京北排建设有限公司、上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司、浙江伟星新型建材股份有限公司、鼎尚(珠海)科技发展有限公司、厦门市城市规划设计研究院有限公司、长江生态环保集团有限公司、中节能工程技术有限公司。

本文件主要起草人：马保松、廖宝勇、孙跃平、李红阳、曾聪、黄家文、安关峰、张海丰、陆学兴、郁片红、李大治、张富鑫、林中奇、惠二青、刘大军。

引 言

为规范塑料管道系统在不同应用领域非开挖修复工作中的应用，SAC/TC 48 在编制 GB/T 37862 《非开挖修复用塑料管道 总则》的基础上，拟逐步建立管道修复用塑料管道系统的标准体系，基本框架见图 1。

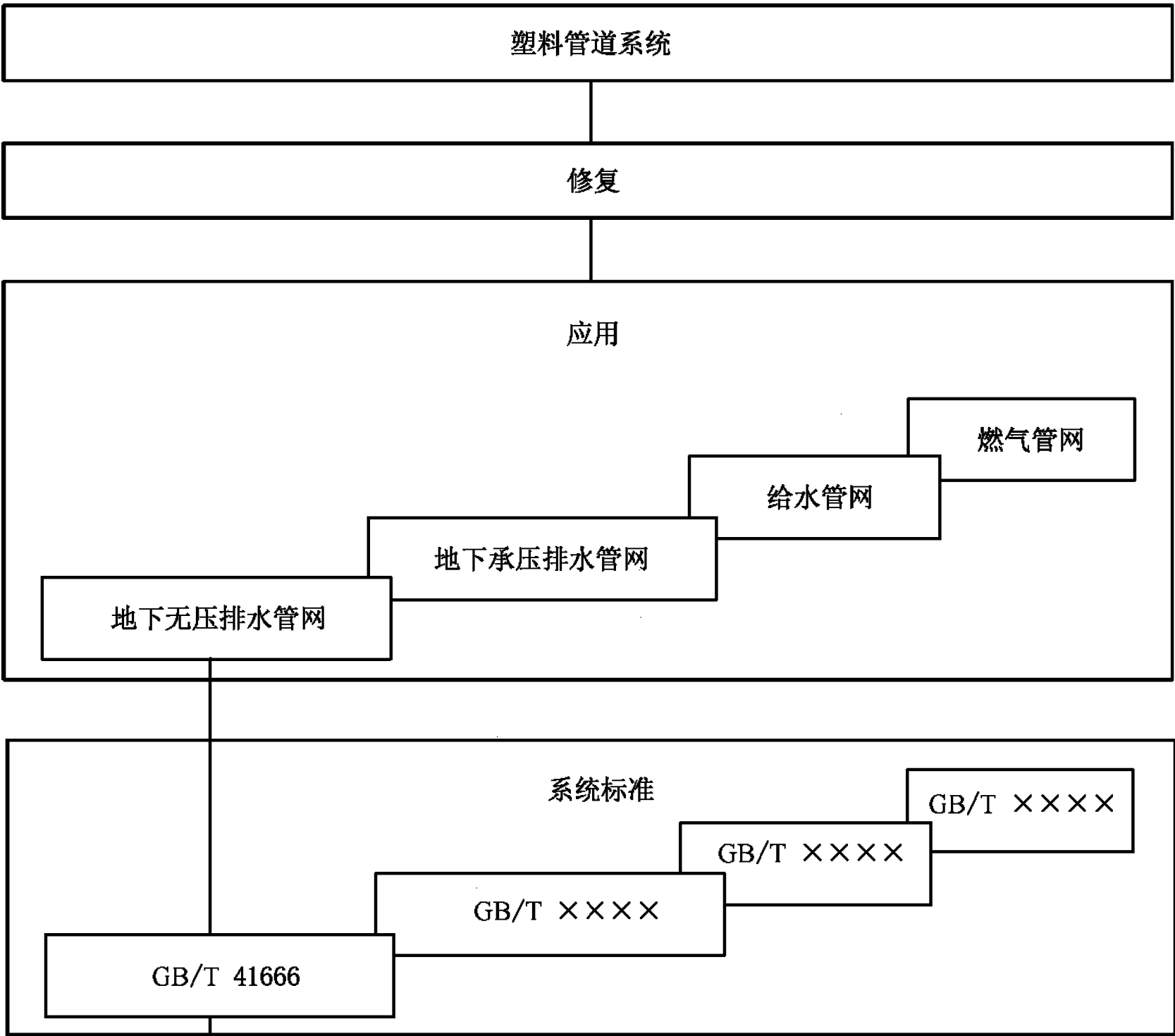


图 1 非开挖修复标准体系的框架

GB/T 41666《地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统》旨在确定地下无压排水管道非开挖修复各项技术的适用材料在生产、施工和验收阶段的工作准则和技术要求，拟由以下部分构成。

- 第 1 部分：总则。目的在于确立适用于地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统需要遵守的通用要求、总体原则和相关规则。
- 第 2 部分：连续穿插内衬法。目的在于明确连续穿插内衬法的适用材料在生产制造和施工验收阶段的技术要求。
- 第 3 部分：紧密贴合内衬法。目的在于明确紧密贴合内衬法的适用材料在生产制造和施工验收阶段的技术要求。
- 第 4 部分：原位固化内衬法。目的在于明确原位固化内衬法的适用材料在生产制造和施工验收阶段的技术要求。
- 第 5 部分：短管穿插内衬法。目的在于明确短管穿插内衬法的适用材料在生产制造和施工验收阶段的技术要求。
- 第 7 部分：螺旋缠绕内衬法。目的在于明确螺旋缠绕内衬法的适用材料在生产制造和施工验收阶段的技术要求。
- 第 8 部分：管片拼装内衬法。目的在于明确管片拼装内衬法的适用材料在生产制造和施工验

收阶段的技术要求。

- 第 9 部分：刚性锚固塑料内衬法。目的在于明确刚性锚固塑料内衬法的适用材料在生产制造和施工验收阶段的技术要求。
- 第 10 部分：聚合物喷涂内衬法。目的在于明确聚合物喷涂内衬法的适用材料在生产制造和施工验收阶段的技术要求。

地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统 第4部分：原位固化内衬法

1 范围

本文件规定了工作温度不超过 50℃ 的地下无压排水管网以原位固化内衬法进行非开挖修复时采用的塑料管道系统在生产阶段(“M”阶段)内衬软管和施工阶段(“I”阶段)固化后内衬管的要求,描述了相应的试验方法,规定了施工和验收等内容。

本文件适用于原位固化内衬法使用的各种热固性树脂体系、载体材料、增强材料、与工艺相关的塑料薄膜以及安装固化后的内衬管系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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/T 1040.3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分:薄膜和薄片的试验条件(GB/T 1040.3—2006,ISO 527-3:1995,IDT)

GB/T 1040.4—2006 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(ISO 527-4:1997,IDT)

GB/T 1634.2—2019 塑料 负荷变形温度的测定 第2部分:塑料和硬橡胶(ISO 75-2:2013,MOD)

注:GB/T 1634.2—2019 被引用的内容与 ISO 75-2:2013 被引用的内容没有技术上的差异。

GB/T 2411 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度(邵氏硬度)(GB/T 2411—2008,ISO 868:2003,IDT)

GB/T 2567 树脂浇铸体性能试验方法

GB/T 3857 玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法

GB/T 4202 玻璃纤维产品代号

GB/T 6672 塑料薄膜和薄片 厚度测定 机械测量法(GB/T 6672—2001,idt ISO 4593:1993)

GB/T 8806 塑料管道系统 塑料部件 尺寸的测定(GB/T 8806—2008,ISO 3126:2005,IDT)

GB/T 9341—2008 塑料 弯曲性能的测定(ISO 178:2001,IDT)

GB/T 9573 橡胶和塑料软管及软管组合件 软管尺寸和软管组合件长度测量方法(GB/T 9573—2013,ISO 4671:2007,IDT)

GB/T 9914.1 增强制品试验方法 第1部分:含水率的测定

GB/T 11546.2—2022 塑料 蠕变性能的测定 第2部分:三点弯曲蠕变(ISO 899-2:2003,MOD)

GB/T 17638 土工合成材料 短纤针刺非织造土工布

GB/T 18369 玻璃纤维无捻粗纱

GB/T 19278 热塑性塑料管材、管件与阀门通用术语及其定义

GB/T 25040 玻璃纤维缝编织物

GB/T 41666.4—2024

GB/T 37862—2019 非开挖修复用塑料管道 总则(ISO 11295:2017,MOD)
GB/T 41705 碳纤维 长丝纱的代号(GB/T 41705—2022,ISO 13002:1998,IDT)
GB/T 42697 非织造布 孔隙率测试方法
GB 50268—2008 给水排水管道工程施工及验收规范
CJJ/T 210—2014 城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程
ISO 7685:2019 玻璃增强热固性塑料(GRP)管道 初始环刚度的测定方法(Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes—Determination of initial ring stiffness)
ISO 8513:2023 塑料管道系统 玻璃增强热固性塑料(GRP)管道 测定初始纵向抗拉强度的试验方法(Plastics piping systems—Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes—Test methods for the determination of the initial longitudinal tensile strength)
ISO 10468 玻璃增强热固性塑料(GRP)管道 干、湿态长期蠕变环刚度的测定(Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes—Determination of the ring creep properties under wet or dry conditions)
ISO 10928:2016 塑料管道系统 玻璃增强热固塑料(GRP)管材和管件 回归分析及其使用方法(Plastics piping systems—Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes and fittings—Methods for regression analysis and their use)
ISO 10952 玻纤增强热固塑料(GRP)管材与管件 恒定挠度下的管段内壁耐化学性测试(Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes and fittings—Determination of the resistance to chemical attack for the inside of a section in a deflected condition)
ISO 11296-1 地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道系统 第1部分:总则(Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks—Part 1:General)
ISO 14125:1998 纤维增强塑料复合材料 弯曲性能测定(Fibre-reinforced plastic composites—Determination of flexural properties)

3 术语和定义

GB/T 19278、GB/T 37862—2019 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 一般术语

3.1.1

载体材料 **carrier material**

构成内衬软管(3.1.8)的多孔结构层,携带液态树脂体系(3.1.3)共同置入待修复管道,在树脂固化后成为内衬系统的一部分。

3.1.2

增强材料 **reinforcement**

用于提高内衬软管(3.1.8)尺寸稳定性和/或固化后内衬复合层(3.1.10)的性能而加入的纤维材料。
注:增强材料一般加入载体材料(3.1.1)中,或自身构成载体材料,或单独作为增强层。

3.1.3

树脂体系 **resin system**

由热固性树脂、固化剂和特定比例的填料或其他添加剂组成的体系。

3.1.4

临时性薄膜 **temporary membrane**

在“M”阶段安置在内衬软管内表面或外表面的薄膜。

注：临时性薄膜在安装过程中或安装后移除，该薄膜仅在“M”阶段起作用。

3.1.5

半永久性薄膜 **semi-permanent membrane**

在内衬管(3.1.8)置入原有管道和树脂体系(3.1.3)固化过程中保持内衬完整性，但在“I”阶段并不依赖于其保持完整性的内膜或外膜。

3.1.6

永久性薄膜 **permanent membrane**

在湿软管(3.1.8)置入原有管道和树脂体系(3.1.3)固化过程中使内衬保持完整，并为内衬管(3.1.9)的使用寿命提供相关功能的内膜和外膜。

3.1.7

干软管 **dry tube**

与树脂体系(3.1.3)有良好相容性的一层或多层聚酯纤维毡、增强纤维织物或同等性能材料制作而成的柔性管材。

3.1.8

内衬软管 **lining tube**

湿软管 **wet tube**

干软管(3.1.7)经浸渍树脂后尚未固化的软管，是由载体材料(3.1.1)和/或增强材料(3.1.2)、树脂体系(3.1.3)和薄膜组合而成的柔性软管。

3.1.9

内衬管 **liner**

内衬软管(3.1.8)置入原有管道并固化后形成的管道内衬。

3.1.10

内衬复合层 **composite**

由固化后树脂体系(3.1.3)、载体材料(3.1.1)和/或增强材料(3.1.2)组成，不包括内膜和外膜。

3.1.11

磨损层 **abrasion layer**

内衬复合层(3.1.10)中，声明作为服役后的磨损部分，即磨损后对内衬管结构性能不影响或者影响忽略不计的内层。

3.1.12

预衬层 **preliner**

将内衬软管(3.1.8)插入待修复管道前单独安装的永久性或半永久性外部垫层。

注：预衬层的作用包括保护树脂体系不受待修复管内介质影响；防止树脂体系(尤其是催化剂等)污染地下水及土壤；预防施工段内暗井及管道直径扩大处的湿软管过度拉伸；对待修复管内无法预处理的渗入水与树脂体系进行隔绝，保证修复效果。

3.1.13

CIPP 施工段 **cured-in-place pipes unit**

一次性完成浸渍并作为单根管段安装的原位固化施工单元。

3.1.14

固化 **curing**

树脂在光、热或化学助剂作用下发生聚合或交联的过程。

3.1.15

设计壁厚 **design thickness**

通过结构设计确定的复合结构层的壁厚，不包括磨损层(3.1.11)。

3.1.16

总厚度 total thickness

“I”阶段内衬管(3.1.9)的总厚度,包括内衬复合层(3.1.10)、所有半永久性薄膜(3.1.5)和永久性薄膜(3.1.6)的厚度。

3.1.17

初次断裂 first break

树脂基体或增强纤维发生局部失效的弹性极限或应力应变曲线中出现的第一个突变点。

3.2 工程术语

3.2.1

翻转 inversion

利用流体(水或空气)压力将湿软管内表面翻成外表面的过程。

3.2.2

翻转置入 inverted-in-place insertion

采用翻转(3.2.1)方式将内衬软管置入原有管道内并同时胀开的一种方法。

3.2.3

牵拉置入 winched-in-place insertion

先将内衬软管拉入原有管道中,然后通过充气将其膨胀到设计尺寸的一种方法。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

- B 试样宽度
- C_E 弯曲试样三点弯曲模量修正系数
- C_σ 弯曲试样三点弯曲应力修正系数
- d_m 在复合管壁厚中点测量的平均直径
- d_n 标称外径
- E_c 曲率修正前弯曲试样三点弯曲试验表观弯曲模量
- E_f 平板试样三点弯曲试验表观弯曲模量
- E_t t 时刻的弯曲蠕变模量
- E_x x 年后的长期弹性模量
- E_0 短期弯曲模量
- EI 单位长度管壁的截面抗弯刚度
- EI_c 弧形三点弯曲试样曲率校正前的表观截面抗弯刚度
- e_c 内衬复合层厚度
- $e_{c,m}$ 内衬复合层平均厚度
- e_n 标称壁厚
- e_{tot} 总厚度
- e_1 内膜厚度
- e_2 外膜厚度

F	弯曲试验中施加的荷载
f	强度高温保持率
M	单位长度管壁的截面弯矩承载力
M_c	弧形三点弯曲试样曲率校正前的表观截面弯矩承载力
h	试样总厚度
h_m	试样平均总厚度
I	单位长度管壁惯性矩(面积二次矩)
L	弯曲试验中支座跨距
L_1	弯曲试样与支座接触点之间的间距
L_2	弯曲试样弯曲试验时的实际跨距
L_3	弯曲试样弯曲试验时的总弦长
R_1	弧形试样内表面的曲率半径
R_2	内衬复合层壁厚中点处的曲率半径
s	弯曲试验中测量的挠度
s_t	t 时刻测得的试样弯曲挠度
S_0	初始环刚度
r	支座半径
V	弧形试样与支座接触点到试样中点的间距
α_x	x 年的蠕变系数
ε_{fm}	最大载荷作用下的弯曲应变
σ_c	曲率修正前弯曲试样三点弯曲试验表观弯曲应力
σ_f	平板试样三点弯曲试验的弯曲应力
σ_{fb}	初次断裂时的弯曲应力
σ_{fM}	最大载荷作用下的弯曲应力
σ_L	纵向拉伸极限应力
σ_i	经高温处理的薄膜的拉伸强度
σ_{ut}	未经过烘箱高温处理的薄膜的拉伸强度
σ_x	x 年后的极限弯曲强度
σ_0	蠕变试验中要求的弯曲应力
φ	三点弯曲试验中弯曲试样与支座接触点之间弧长所对圆心角的二分之一

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CIPP:原位固化内衬法(cured-in-place pipe)

EP:环氧树脂(epoxy resin)

GRP:玻璃增强热固性塑料(glass-reinforced thermosetting plastics)

PA:聚酰胺(polyamide)

PAN:聚丙烯腈(polyacrylonitrile)

PE:聚乙烯(polyethylene)

PEN:聚萘二甲酸乙二醇酯[poly(ethylene naphthate)]

PET:聚对苯二甲酸乙二醇酯[poly(ethylene terephthalate)]

- PP:聚丙烯(polypropylene)
- PPTA:聚对苯二甲酰对苯二胺[poly(p-phenylene terephthalamide)]
- PVC:聚氯乙烯(polyvinyl chloride)
- TPU:热塑性聚氨酯弹性体(thermoplastic polyurethane elastomer)
- UP:不饱和聚酯树脂(unsaturated polyester resin)
- VE:乙烯基酯树脂(vinyl ester resin)

5 生产阶段(“M”阶段)内衬软管要求

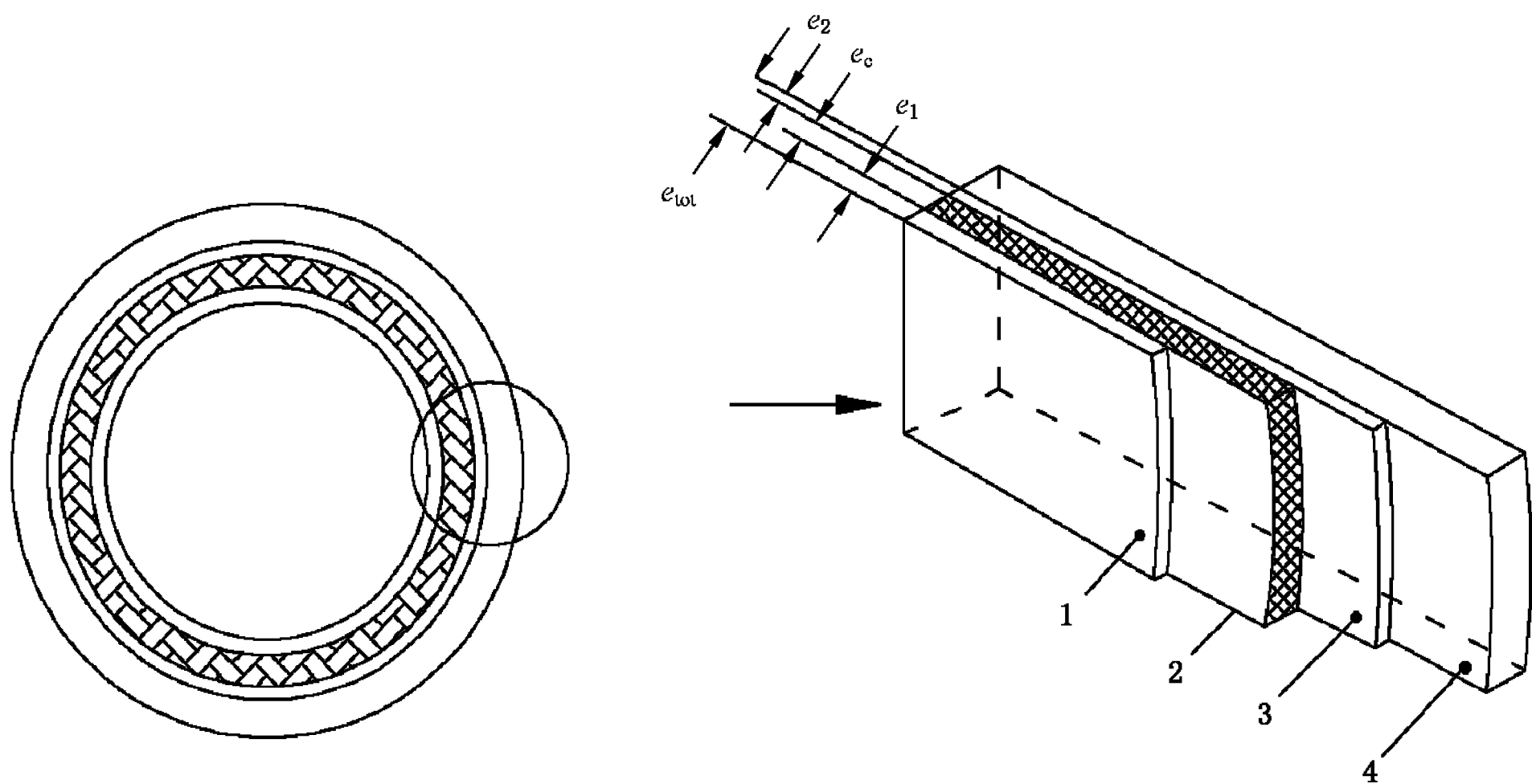
5.1 一般要求

5.1.1 内衬软管应至少包含以下材料:

- 树脂;
 - 载体材料。
- 此外,还可包含:
- 增强材料;
 - 内膜(永久性薄膜、半永久性薄膜及临时性薄膜);
 - 外膜(永久性薄膜、半永久性薄膜及临时性薄膜)。

典型的内衬软管管壁结构示意图见图 2。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1——内膜;
- 2——内衬复合层(树脂及载体材料和/或增强材料,包括磨损层);
- 3——外膜;
- 4——原有管道。

注 1: 附录 C 列出了各构成部分具备的功能。

注 2: 某些载体材料也具有增强作用,如玻璃纤维布。

图 2 典型的内衬软管管壁结构示意图

5.1.2 内衬软管各构成部分应选用表 1 所列的材料,制造商应声明各部分所使用的材料。

表 1 内衬软管各构成部分所用材料

内衬软管构成部分	材料
树脂体系 ——树脂类型 ^a ——填料类型 ——固化剂类型	UP ^b 、VE 或 EP 无机填料、有机填料或无填料 热引发、光引发或常温固化型
载体材料/增强材料	PA、PAN、PEN、PET、PP 或 PPTA 等聚合物纤维 符合 GB/T 4202 命名的“E”“C”“S”“R”型和/或“E-CR”型玻璃纤维 符合 GB/T 41705 命名的碳纤维 以上几种纤维的组合 ^c
内膜和外膜	PE、PA、PP、PVC、TPU
^a 也可使用符合本文件性能和测试要求的树脂类型。 ^b UP 应选用间苯型不饱和聚酯树脂。 ^c 当使用多种组合纤维时,制造商应声明每种纤维的质量分数,且实际值与标称值的偏差不应超过 5%。	

5.2 内衬软管的树脂体系

5.2.1 根据输送水质条件,宜按表 2 选择不同的树脂类型。

表 2 适合不同水质条件的树脂类型选择

管道水质条件	树脂类型
雨水、市政生活污水	UP、EP 和 VE
pH≥8 的碱性腐蚀性的废水,或者含有甲醇、甲苯类有机溶剂成分的废水,或者温度高于 40 ℃的废水	VE ^a 和 EP ^a
^a 树脂供应商应出具材料可用于该水质条件的适用报告。	

5.2.2 树脂浇铸体的试样制备应符合 GB/T 2567 的要求,试样在(23±2)℃条件下浸泡 28 d 后耐腐蚀性应符合表 3 的要求。

表 3 树脂浇铸体耐腐蚀性要求

试验溶液	要求	试验方法
1.0％(质量分数)硝酸	无腐蚀或耐腐蚀 ^a	GB/T 3857
5.0％(质量分数)硫酸		
100％(质量分数)燃料油		
0.5％(质量分数)氢氧化钠		
100％(质量分数)蔬菜油(棉籽油、谷物油或矿物油)		
0.1％(质量分数)84 消毒液		
^a 浸泡后的弯曲强度保留率和弯曲模量保留率大于 80％,且样品外观无裂纹、无颜色明显变化为耐腐蚀,否则为不耐腐蚀。		

5.2.3 树脂浇铸体物理力学性能应符合表 4 的规定。

表 4 树脂浇铸体的物理力学性能要求

项目	材料类型和要求			试验方法
	UP	VE	EP	
弯曲模量/MPa	≥3 000	≥3 000	≥3 000	GB/T 2567
弯曲强度/MPa	≥120	≥120	≥120	GB/T 2567
拉伸模量/MPa	≥3 000	≥3 000	≥3 000	GB/T 2567
拉伸强度/MPa	≥60	≥80	≥80	GB/T 2567
拉伸断裂伸长率/%	≥2.5	≥4.0	≥4.0	GB/T 2567
热变形温度/℃	≥88	≥93	≥85	GB/T 1634.2—2019 中 A 法

5.2.4 应根据树脂稳定性和固化方式确定树脂贮存环境、贮存温度和贮存时间。树脂和添加剂混合后应及时进行浸渍。

5.3 载体和增强材料

5.3.1 载体材料采用的聚酯纤维非织造布的抗拉强度应不低于 5 MPa,单层聚酯纤维非织布厚度不应小于 1.5 mm,并应符合 GB/T 17638 的规定。

5.3.2 载体材料采用的聚酯纤维非织造布的孔隙率不应低于 85%,孔隙率测试按 GB/T 42697 进行。

5.3.3 增强材料采用的玻璃纤维无捻粗纱应符合 GB/T 18369 的规定,加工成的玻璃纤维缝编织物应符合 GB/T 25040 的规定。

5.3.4 载体材料和增强材料的含水率不应大于 0.2%,含水率测试按 GB/T 9914.1 进行。

5.4 内衬软管的内膜和外膜

内膜和外膜应表面光滑、完整、无破损,具有防渗、耐温及防腐性能,可采用聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氨酯(TPU)、聚酰胺(PA)、聚氯乙烯(PVC)复合膜,性能要求应符合表 5 的规定。

表 5 内膜和外膜性能要求

序号	内膜和外膜	材料	项目	要求	试验方法
1	热水固化工 艺用内膜	PE、TPU、PP	硬度(邵氏硬度 A)	≤95	GB/T 2411
			强度高温保持率/%	≥90(烘烤温度 100 ℃)	附录 D
			厚度/mm	≥0.4	GB/T 6672
2	光固化工 艺用内膜	PA、PE 和 PA 的复合膜	紫外光透光率/%	≥80	测量透过试样的光通量 与射到试样上的光通量 ^a
			强度高温保持率/%	≥90(烘烤温度 160 ℃)	附录 D
			厚度/mm	≥0.15	GB/T 6672
			拉伸强度/MPa	≥20	GB/T 1040.3

表 5 内膜和外膜性能要求（续）

序号	内膜和外膜	材料	项目	要求	试验方法
3	光固化工艺用外膜	PE、PP、PA 及以上材料的复合膜	紫外光透光率/%	≤0.5	测量透过试样的光通量与射到试样上的光通量 ^a
			强度高温保持率/%	≥90(烘烤温度 120 ℃)	附录 D
			厚度/mm	≥0.15	GB/T 6672
			拉伸强度/MPa	≥20	GB/T 1040.3
4	蒸汽固化用内膜和外膜	PE、PP、PA、PVC 及以上材料的复合膜	强度高温保持率/%	≥90(烘烤温度 100 ℃)	附录 D
			厚度/mm	≥0.2	GB/T 6672
			拉伸强度/MPa	≥20	GB/T 1040.3
^a 采用 365 nm 波长的紫外光在 100 mm 的照射距离下,通过 UV 能量计测量透过试样的紫外光通量与射到试样上的光通量,并计算其比值。					

5.5 干软管

- 5.5.1 干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薄膜。
- 5.5.2 玻璃纤维增强的干软管应至少包含两层玻璃纤维层。
- 5.5.3 干软管可采用折叠法、缝合法、缠绕法等方法制作。

5.6 湿软管

- 5.6.1 湿软管外表面应色泽均匀。
- 5.6.2 湿软管厚度应均匀,无树脂堆积,表面平整,无破损漏树脂处;湿软管打开使用前,截面无树脂流淌,内膜无移位,且内膜不应折叠使用。
- 5.6.3 湿软管的规格应根据工程实际需求定制,原位固化湿软管的规格要求按表 6。

表 6 原位固化湿软管的规格要求

项目	要求	试验方法
湿软管外径	玻璃纤维增强软管:标称外径的 93%~98% 聚酯纤维非织造布软管:标称外径的 85%~97%	GB/T 9573
湿软管厚度偏差	标称壁厚的 3%~20%	GB/T 9573
湿软管长度偏差	定制长度的 0%~0.5%	GB/T 9573

- 5.6.4 单根湿软管长度应满足 CIPP 施工段的要求,不应将两段或多段湿软管拼接使用。

5.7 标志

应标记在湿软管外壁,如进行包装,还应印制在预包装上,标记应至少包括表 7 所列的内容。

表 7 湿软管的标记内容

内容	标记或符号
本文件编号	GB/T 41666.4—2024
制造商和/或商标	名称和/或符号
“M”阶段的标称外径×标称壁厚	$d_n \times e_n$
树脂体系	树脂类型(UP ^b 、VE 或 EP) 固化剂类型(热引发、光引发或常温固化型)
载体和增强材料	PA、PAN、PEN、PET、PP 或 PPTA 等聚合物纤维
生产批号	—

示例：

本文件编号	制造商或商标	标称外径 d_n × 标称壁厚 e_n	树脂体系	载体和增强材料	生产批号
GB/T 41666.4	××××	200×3	UP	玻璃纤维缝编毡	20230201003

6 施工阶段(“I”阶段)内衬管要求

6.1 材料

- 6.1.1 施工阶段使用的材料应满足第 5 章的要求,且内衬管各构成部分的材料应彼此兼容。
- 6.1.2 永久性内膜和半永久性内膜与底层内衬复合层应黏合牢固,无脱落。

6.2 一般要求

- 6.2.1 在内周长不变的直管段,在原有管壁不规则程度之外,CIPP 引入的表面凸起高度不应超过标称直径的 2%或 6 mm 中的较大者。
注 1: 根据需求提高管壁不规则程度的要求,以满足内衬修复后管道的水力学特性。
注 2: 在原管道转弯、内壁不规则或局部变形部位,CIPP 通常会产生折叠或褶皱等管壁不规则情况。
- 6.2.2 固化内衬管应与原有管道贴附紧密。
- 6.2.3 内衬管表面应光洁、平整,无局部孔洞、裂纹和固化不良处等影响管道使用的缺陷,不影响管道性能的轻微局部划伤、磨损的出现频次每 10 m 不应多于 1 处。

6.3 几何尺寸

6.3.1 内衬管管壁结构

固化后的内衬管管壁各层结构的相对位置、厚度和公差应与厂家标称值一致,内衬管表面不应有直径大于 1/2 壁厚或大于 3.0 mm 的气泡,内衬管管壁截面不应有直径大于 1.0 mm 的气泡。内衬管管壁结构及气泡尺寸可通过观察样品切口截面进行检查,如有必要,可使用放大镜和精度不低于 0.1 mm 的卡尺测量。

6.3.2 壁厚

内衬管的壁厚应符合表 8 的要求。

表 8 原位固化内衬管的壁厚要求

项目	要求	试验方法
内衬复合层的厚度 ^a e_c	不小于设计壁厚加上磨耗层的厚度,且不小于 3.0 mm	8.2.1.1
^a 原有管道不规则而导致内衬管局部壁厚减薄的情况不包含在内。		

6.4 力学性能

6.4.1 试验的基准条件

本文件规定的所有力学性能都应在(23±2)℃下测定。对于长期工作温度在 35℃~50℃的管道,设计所需的各项长期性能的折减系数,应在设计温度以上 0℃~5℃条件下进行型式试验测定。

注 1: 如有必要,也能对工作温度不超过 35℃管道的折减系数进行测定。

注 2: 对于 $d_n \leq 200$ mm 的市政排水管道(包括与住宅连接的部位)典型工作温度一般不超过 45℃,对于 $d_n > 200$ mm 的排水管道典型工作温度一般不超过 35℃。

如在试验方法中无特殊规定,试样应在规定温度下状态调节至少 24 h。

6.4.2 力学性能要求

按照表 9 和表 10 中给出的方法进行试验时,按 7.4 中规定在实际安装或模拟安装的 CIPP 内衬管上取得的样品,其力学特性应符合表 9 和表 10 的要求。

表 9、表 10、表 11 中以“标称值”为要求的项目,应在该产品的作业指导书中提供支持性试验数据或参考资料,说明每项标称值的来源。

注: 对于与设计工作直接相关的材料性能,表 9、表 10、表 11 中给出了标称值的最低值。对于能通过其他指标得出的材料性能,表中一般不作最低性能要求。

表 9 内衬管短期力学性能

项目	要求 ^a	试验参数		试验方法
		参数	数值	
初始环刚度 S_0	$\geq$ 标称值 (标称值不应低于 0.25 kPa)	试样数量 试样长度 —— $d_n \leq 300$ mm —— $d_n > 300$ mm 挠度	2 个 (1±5%) d_n (300±15)mm (3±0.5)%	ISO 7685:2019 方法 A
短期弯曲模量 ^b E_0	$\geq$ 标称值 (标称值应满足: 不含玻纤内衬管: $\geq 2\,000$ MPa 玻纤增强内衬管: $\geq 10\,000$ MPa)	试样数量 试验速度 试样方向	5 个 10 mm/min 应符合 6.7 规定	附录 E
初次断裂的弯曲应力 σ_{fb}	$\geq$ 标称值(MPa)			
初次断裂的弯曲应变 ϵ_{fb}	$\geq$ 标称值(标称值不应低于 0.75%)			

表 9 内衬管短期力学性能（续）

项目	要求 ^a	试验参数		试验方法
		参数	数值	
轴向拉伸强度 σ_L	$\geq$ 标称值(MPa)	试样数量 试验速度	5 个 5 mm/min	GB/T 1040.4— 2006 方法 A 或 方法 B ^c
轴向拉伸断裂伸长率	$\geq$ 标称值(标称值不应低于 0.5%)			
^a 标称值为该性能按规定试样数量试验结果的平均值。 ^b 为了控制材料生产及固化质量,针对不含玻纤内衬管和玻纤增强内衬管分别提出了最小弹性模量的要求。 ^c 如有争议,采用方法 A。				

表 10 管材的长期力学性能

项目	要求	试验参数		试验方法
		参数	数值	
干态蠕变系数 ^a $\alpha_{x,dry}$	$\geq$ 标称值[标称值不应 小于(0.125 kPa/ S_0)]	圆环试验 ——试样数量 ——试样长度 $d_n \leq 300$ mm $d_n > 300$ mm ——初始应变 ——试验时间 ——外推时间 ——相对湿度	5 个 $(1 \pm 5\%)d_n$ (300±15)mm (0.25±0.2)% 10 000 h 50 年 (50±10)%	ISO 10468
干态长期弯曲模量 ^a $E_{x,dry}$	$\geq$ 标称值(MPa)	三点弯曲试验 ——试样数量 ——试样方向 ——试验时间 ——外推时间 ——相对湿度	5 个 应符合 6.7 的规定 10 000 h 50 年 (50±10)%	附录 F
湿态蠕变系数 ^a $\alpha_{x,wet}$	$\geq$ 标称值[标称值不应 小于(0.125 kPa/ S_0^b)]	圆环试验 ——试样数量 ——试样长度 $d_n \leq 300$ mm $d_n > 300$ mm ——初始应变 ——试验时间 ——外推时间	5 个 $(1 \pm 5\%)d_n$ (300±15)mm (0.25±0.2)% 10 000 h 50 年	ISO 10468

表 10 管材的长期力学性能（续）

项目	要求	试验参数		试验方法
		参数	数值	
湿态长期弯曲模量 ^a $E_{x,wet}$	≥标称值(MPa)	三点弯曲试验 ——试件数量 ——样本方向 ——试验时间 ——外推时间	5 个 应符合 6.7 的规定 10 000 h 50 年	附录 F
干态长期弯曲强度 ^b $\sigma_{x,dry}$	≥标称值(MPa)	相对湿度	(50±10)%	附录 G
湿态长期弯曲强度 ^b $\sigma_{x,wet}$	≥标称值(MPa)	试验介质	水	附录 G
注 1：表中的长期性能项目选择干态或湿态方法中的一种进行试验。 注 2：干蠕变系数、湿蠕变系数，按照定义为蠕变比率的倒数。当对内衬管蠕变系数与热塑性内衬的蠕变比率进行对比时，其等价蠕变比率为(1/ α_x)。				
^a 如可进行圆环试验，应选用蠕变系数，当难以取得完整的试验用圆环时，可选择使用长期弯曲模量。 ^b 仅适用于非圆形管道设计。				

6.5 其他性能

6.5.1 内衬管在恒定挠度下的耐化学性、在酸性环境中的长期弯曲强度及内衬管耐碱性应符合表 11 的要求。

6.5.2 试验温度和试样预处理按 6.4.1 规定执行。

表 11 其他性能

项目	要求	试验参数		试验方法
		参数	数值	
恒定挠度下的耐化学腐蚀性 ^a	≥50 年外推最小失效应变：标称值，且不应低于 0.45%	试验介质 试样数量 试样长度 —— $d_n \leq 300$ mm —— $d_n > 300$ mm 试样直径 外推时间	0.5 mol/L 硫酸 18 $d_n(1 \pm 5\%)$ (300±15) mm $150 \text{ mm} \leq d_n \leq 400 \text{ mm}$ 50 年	ISO 10952
酸性条件下的长期弯曲强度 ^a $\sigma_{x,acid}$	≥50 年的标称值 (MPa)	试验介质	0.5 mol/L 硫酸	附录 G
内衬管耐碱性	弯曲强度保留率与弯曲模量保留率≥80%	试验介质	0.5% (质量分数) 氢氧化钠	GB/T 3857
^a 试验项目的选择取决于内衬设计工况，通常只选择其中一项进行试验。				

6.6 密实性要求

管壁密实性试验方法按附录 H 进行。试验后每个样品的 3 个检测点均无渗漏。

6.7 取样

6.7.1 内衬管取样时,宜在约束装置内与内衬软管同步膨胀和固化的内衬管段上截取。

注:约束装置一般为拼接管,或者为无延伸特性的筒状材料,其周长与待修复管道周长一致,约束装置用于模拟安装或现场取样。

6.7.2 采用模拟安装法制取样品进行型式试验时,模拟安装环境应符合 7.4.3 的要求。

6.7.3 对于直径不超过 600 mm 圆管,现场取样时宜采用约束装置取样,且内衬管样品宜在中间检查井处获取。

注:当无法在中间检查处采用约束装置取样时,在施工段两端检查井处取样代替。

6.7.4 当无法采用约束装置取样时,宜从实际安装的内衬管管壁上取样,取样完成后应使用类似的材料按作业指导书规定的步骤处理切割样品留下的孔洞。

6.7.5 当不允许从内衬管壁上取样,或者由于现场条件无法进行取样(例如,地下水的渗漏影响了取样后内衬管的填充和密封效果)时,可采取其他特殊制取样品的替代方法。

6.7.6 按表 9 和附录 E 进行短期弯曲性能测试时,根据试验目的,取样方向应满足如下要求。

- a) 对于实测平均环向和平均纵向弯曲性能相差不超过 $\pm 10\%$ 的内衬管,试样沿纵向或环向制取均可,但型式试验中选择的制样方向,应作为后续弯曲试验的制样方向。
- b) 对于管壁结构为各向异性的 CIPP 产品,应仅沿环向制样。

注:样品环向和纵向弯曲性能的差异通过型式试验报告或现场预检测的方法判断。

6.7.7 样品测试时,无论试样方向如何均应使其内表面与支座接触以保证试验时内衬管内表面处于受拉状态。

7 施工

7.1 施工准备

7.1.1 安装作业指导书中应包含原位固化内衬法所需施工准备的完整方案。

7.1.2 采用原位固化内衬法施工时,应在施工前编制专项施工方案。

7.1.3 施工准备应符合 GB/T 37862—2019 中 9.2 的要求。

7.2 内衬管材的贮存、装卸和运输

原材料的贮存、装卸和运输应符合制造商的要求,且内衬软管的贮存、浸渍和运输条件不应影响固化后内衬管的性能。

7.3 施工设备

安装作业指导书中应列明 CIPP 技术所需的所有专用设备。根据实际情况宜予以说明的内容包括:

- a) 树脂的储存、混合和浸渍设备(需要在施工现场进行树脂浸渍时);
- b) 内衬软管置入设备,包括:
 - 牵拉置入的绞盘和控制器;
 - 翻转置入的井口装置和导向装置;
 - 用于充气或翻转的装置、空气压缩机和/或空气/水压力容器;

- 用于维持和/或监测压力的设备；
- c) 固化设备,包括:
 - 热水或蒸汽设备；
 - 时间、温度和压力的记录仪；
 - 光固化系统设备:UV 灯组、灯组牵拉绞盘和牵拉速度的记录仪；
 - 电固化系统设备:电源和相关计量设备；
- d) 内衬管端头处理设备:手动或自动切割机和/或角磨机。

7.4 内衬管安装

7.4.1 环境污染预防措施

安装作业指导书中应根据现场条件及相关规定,制定防止环境污染所需的预防措施。

7.4.2 施工工序要求

安装作业指导书应说明现场处置、现场浸渍(如适用)、内衬软管置入和固化的施工过程,并满足下列要求。

- a) 干软管现场真空浸渍过程中,如需对永久性或半永久性薄膜开孔,则安装作业指导书中应说明对其进行修复密封的方法。
- b) 牵拉置入内衬软管过程中,应明确施加于内衬软管的最大拉力,以防止置入过程中内衬软管过度拉伸或发生破裂。
- c) 内衬软管翻转或充气过程中,应确保内衬软管中的压力能使其紧密贴合在原有管壁上,以防止可能的地下水压力引起的内衬软管向管内侧的变形。当待修复的排水管道出现渗漏时,可采用拉入预衬层的方法将渗入的水与树脂体系隔绝,以确保修复效果。
- d) 内衬软管在置入和固化过程中,应连续监测内衬软管的置入速度和用于翻转或膨胀的介质的压力。
- e) 当采用加热固化时,应配备连续监测热源进出温度的装置。
- f) 当采用紫外光固化时,应配备连续监测光源在管道内部的牵拉速度和每个光源开关状态的装置,并应根据灯具制造商的建议定期检查光源的辐射强度。
- g) 内衬软管固化施工过程中,应在检查井进口向内 30 cm 位置设置传感器持续监测内衬软管的温度。采用加热固化时,应将常温水逐渐加热至安装作业指导书中说明的固化温度。
- h) 施工过程中应按业主要求的频率记录所有监测的工艺参数。

7.4.3 模拟安装

采用模拟安装法制取型式试验的代表性样品时,应对模拟安装的热环境进行控制。

注:无论采用哪种固化系统,原位固化工艺过程都对软管向原有管道和周围环境的热损失非常敏感。

型式试验报告中应记录模拟的热环境,包括原有管道的类型、额外的保温或冷却措施、环境温度、固化过程中内衬管背面单位面积热损失率的估计值。

7.5 与过程相关的检查和测试

安装作业指导书中应说明与过程相关的检验和测试,与过程相关的检验和测试应符合 ISO 11296-1 的规定。

7.6 内衬管端部处理

原位固化法施工阶段(“I”阶段)固化后的内衬管端部处理应满足如下要求。

- a) 内衬软管固化后应对内衬管端部进行处理,并应在不破坏检查井连接完整性的情况下重新建立检查井通道。
- b) 对施工段中间检查井内的内衬管进行切割处理时,宜保留内衬管的下半部分。
- c) 应对内衬管端部的切割边缘进行处理,防止内衬管端的复合材料直接与管道的污水或地下水接触,且不应包含任何锐边。

7.7 与检查井的连接

在原有管道与检查井的连接部位,应对内衬管和原有管道之间可能存在的环形空隙进行密封处理,防止发生渗漏,安装作业指导书中应说明具体的密封方法。

7.8 完工检测

施工完成后,应根据设计要求,采用人工巡视检查、电视检测(CCTV)或断面轮廓扫描检测的方法(一种或多种组合)进行内部检测。

8 验收

8.1 一般规定

8.1.1 内衬软管制造商应提供符合第 5 章、第 6 章的所有技术要求的型式试验报告和出厂检验报告。施工方完成后应按附录 I 要求的检验项目进行验收检验,并提供检测报告作为验收依据。如有其他要求时,施工方也应提供其他项目的检验报告。

8.1.2 检测要求应符合第 5 章、第 6 章的规定和设计要求,试验方法按附录 I 的规定进行,并保证资料齐全。

8.1.3 现场取样时,在同规格、同批次、相同施工条件下每 3 个 CIPP 施工段应至少取 1 个样品,或者按照设计要求进行取样检测,取样应符合 6.7 的规定。

8.1.4 内衬管样品送检应符合下列规定。

- a) 由第三方进行检测,并出具完整检测报告。
- b) 每个样品有样品说明单,其内容至少包括如下信息:
 - 内衬材料、尺寸、树脂类型、载体材料、内衬生产厂家;
 - 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。
- c) 增补测试项目由材料供应商、施工方和业主共同商议确定。

8.2 内衬管施工质量检验

8.2.1 主控项目

8.2.1.1 端头壁厚

内衬管端头壁厚应符合 6.3.2 的规定。

检查数量:全数。

检查方法:现场内衬管的壁厚应在内衬管每个端口截面均匀选取 4 个点按 GB/T 8806 的规定进行测量,检查检测记录。

8.2.1.2 样品性能

内衬管取样检测项目应包含附录 I 所列验收项目,检测结果应符合 6.4、6.5 和 6.6 中相应指标的规定和设计要求。

检查数量:按照 8.1.3 的规定。

检查方法:对照设计文件检查取样检测记录、样品检测报告和型式试验报告等。

8.2.1.3 内表面

内衬管内表面不应出现滴漏、线漏等渗漏现象。

检查数量:全数。

检查方法:应符合 7.8 的规定;检查施工记录、检测记录等。

8.2.2 一般项目

8.2.2.1 表观质量

8.2.2.1.1 内衬管表观质量应符合 6.2 的规定。

检查数量:全数。

检查方法:应符合 7.8 的规定;检查接口连接分项工程质量验收记录等;检查施工记录、检测记录等。

8.2.2.1.2 修复后管道线形、折变或错台处过渡处都应平整光滑,环向断面应圆弧饱满。

检查数量:全数。

检查方法:应符合 7.8 的规定;检查施工记录、检测记录等。

8.2.2.2 端头

内衬管起点和终点端头应切割整齐,两端与原有管道间的环状空隙密封处理措施应符合 7.6、7.7 和设计要求,处理后饱满密实且无渗水现象。

检查数量:全数。

检查方法:观察或对照设计文件检查施工记录等。

8.3 管道功能性试验

8.3.1 内衬管施工完成且冷却到周围土体温度后,应采用闭水试验或闭气试验进行管道严密性检验。

8.3.2 闭水试验应按 GB 50268—2008 中无压管道闭水试验的规定进行。实测渗水量应小于或等于允许渗水量,允许渗水量按式(1)计算:

$$Q_e = 0.004\ 6D_L \dots\dots\dots(1)$$

式中:

Q_e ——允许渗水量,单位为立方米每天每千米[m³/(d·km)];

D_L ——内衬管平均内径,单位为毫米(mm)。

8.3.3 闭气试验应按照 CJJ/T 210—2014 附录 C 的规定进行。

8.3.4 当管道处于地下水位以下,管道内径大于 1 000 mm,且试验用水源和/或临时排水有困难时,宜按 GB 50268—2008 中附录 F 的有关规定进行检查,并应做好记录。

8.4 归档文件

归档文件应包括下列内容。

- a) 安装过程中工艺参数的记录,包括整个安装和固化过程中作用在内衬软管内部的流体压力和固化过程中各监测点连续监测的温度值。如果采用电力能源,也应记录固化过程中输入的电能。
- b) 安装作业指导书要求的全部书面资料、照片和/或视频等电子记录。

附 录 A
(资料性)

本文件与 ISO 11296-4:2018 结构对照情况

表 A.1 给出了本文件与 ISO 11296-4:2018 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件与 ISO 11296-4:2018 结构编号对照情况

本文件结构编号	ISO 11296-4:2018 结构编号
1	1
2	2
3	3
3.1	3.1
3.2	3.2
4	4
4.1	4.1
4.2	4.2
5	5
5.1	5.1
5.2	—
5.3	—
5.4	—
5.5	—
5.6	—
5.7	5.7
6	8
6.1	8.1
6.2	8.2
6.3	8.4
6.4	8.5
6.5	8.7
6.6	—
6.7	8.8
7	9
7.1	9.1

表 A.1 本文件与 ISO 11296-4:2018 结构编号对照情况（续）

本文件结构编号	ISO 11296-4:2018 结构编号
7.2	9.2
7.3	9.3
7.4	9.4
7.5	9.5
7.6	9.6
7.7	9.7
7.8	—
8	—
8.1	—
8.2	—
8.3	—
8.4	—
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	附录 A
附录 D	—
附录 E	附录 B
附录 F	附录 C
附录 G	附录 D
附录 H	—
附录 I	—
—	5.2~5.6,5.8,6,7,9.8,9.9

附 录 B
(资料性)

本文件与 ISO 11296-4:2018 技术差异及其原因

表 B.1 给出了本文件与 ISO 11296-4:2018 技术差异及其原因的一览表。

表 B.1 本文件与 ISO 11296-4:2018 技术差异及其原因

本文件结构编号	技术差异	原因
3.1	删除了术语“CIPP 产品”“紧密配合”“支管连接环”“标准 CIPP 壁厚”“工作温度”；增加了术语“干软管”和“湿软管”的定义	适用我国技术条件,便于引用
4.1	增加了符号 α_x 、 σ_t 、 σ_{ut}	界定符号的名称,使其后的图例和公式计算更清晰
4.2	增加缩略语 PP 和 TPU	增加可操作性,便于本文件的应用
表 1	用规范性引用的 GB/T 4202 替换了 ISO 10407,两个文件之间没有一致性对应关系；用规范性引用的 GB/T 41705 替换了 ISO 13002,两个文件之间没有一致性对应关系	以适应我国的技术条件,提高可操作性
5.2	更改为“内衬软管的树脂体系”,“材料性能”增加了树脂类型选择、耐腐蚀性要求、物理力学性能	原位固化法在我国已经广泛应用,根据我国实际情况和国情增加该部分内容
5.3	增加了载体材料和增强材料的技术要求	增加可操作性,便于本文件的应用
5.4	增加了内膜和外膜的性能要求	载体和增强材料直接影响到固化后的内衬性能,根据我国实际情况
5.5	增加了干软管的技术要求	根据我国实际情况
5.6	增加了湿软管的技术要求	根据我国实际情况
5.7	标识增加了“本文件编号”“制造商和/或商标”“载体和增强材料”“生产批号”	根据我国实际情况
6.2	增加了“固化内衬管应与原有管道贴附紧密”以及内衬管表面的技术要求	根据我国实际情况
6.3	将“CIPP 管壁结构”更改为“内衬管管壁结构”,“平均壁厚”和“最小壁厚”更改为“壁厚”	根据我国实际情况
表 9	增加了不含玻纤内衬管和玻纤增强内衬管的最小弹性模量的技术要求;用规范性引用的 GB/T 1040.4—2006 替换 ISO 8513:2016,两个文件之间没有一致性对应关系	根据我国实际情况
表 11	增加了“内衬管耐碱性”的技术要求	根据我国实际情况
6.6	增加了“密实性要求”	根据我国实际情况
7.1	增加了“采用原位固化内衬法施工时,应在施工前编制专项施工方案”	根据我国实际情况

表 B.1 本文件与 ISO 11296-4:2018 技术差异及其原因（续）

本文件结构编号	技术差异	原因
7.1	用规范性引用的 GB/T 37862—2019 替换了 ISO 11295:2017,两个文件之间的一致性程度为修改;增加了“施工准备应符合 GB/T 37862—2019 中 9.2 的要求”	以适应我国的技术条件,提高可操作性
7.3	对部分施工设备的名称进行了调整	根据我国工程实际应用的设备和设备名称进行调整
7.6	更改了固化后内衬管端部处理的技术要求	根据我国实际情况
7.8	增加了“人工巡视检查、电视检测(CCTV)或断面轮廓扫描检测的方法”	根据我国实际情况
8	增加了验收的相关要求,包括一般规定、内衬管施工质量检验、管道功能性试验、归档文件要求	增加可操作性,便于本文件的应用
附录 D	增加了“内膜和外膜强度高温保持率的测定”的试验方法的相关技术内容	增加可操作性,便于本文件的应用
E.2	用规范性引用的 GB/T 9341—2008 替换 ISO 178,两个文件之间没有一致性对应关系	增加可操作性,便于本文件的应用
F.3	用规范性引用的 GB/T 11546.2—2022 替换了 ISO 899-2,两个文件之间没有一致性对应关系;将“偏差不大于±1%”更改为“精确到计算值的±0.1%”	以适应我国的技术条件
F.6.5、F.6.7	用规范性引用的 GB/T 11546.2—2022 替换了 ISO 899-2:2003,两个文件之间的一致性程度为修改;将“偏差不大于±1%”更改为“精确到计算值的±0.1%”	以适应我国的技术条件,提高可操作性
附录 H	增加了“管道密实性试验的测定”的试验方法的相关技术内容	增加可操作性,便于本文件的应用
附录 I	增加了“试验项目及方法”的相关技术内容	增加可操作性,便于本文件的应用

附录 C
(资料性)
CIPP 构成部分及其功能

树脂体系和载体材料决定了完工后内衬管的重要性能。根据所使用的内衬技术,还可选用其他构成部分。

表 C.1 给出了 CIPP 构成部分可能提供的功能。

表 C.1 CIPP 各构成部分可能提供的功能

构成部分	与工艺过程相关的工艺功能	在最终产品(“ I ”阶段)中可能提供的功能						
		密封性	机械性能		耐化学性	水力学光滑特性	耐磨性	耐喷射性
			刚度	强度				
树脂体系	无	+	+	+	+ ^a	+ ^a	+ ^a	+ ^a
载体材料	作为液态树脂的载体	—	b	b	—	—	—	+
增强材料	增强内衬软管的尺寸稳定性和强度	—	+	+	—	—	—	+
临时内膜和/或外膜	内衬软管拉入待修管道和树脂固化期间,用于保持和保护未固化的树脂体系;内衬安装过程中或之后移除	—	—	—	—	—	—	—
半永久性内膜	在树脂固化后留在原位(但在“ I ”阶段并不依赖于其保持内衬完整性)	—	—	—	—	—	—	+
半永久性外膜		—	—	—	—	—	—	—
永久性内膜	树脂固化后保留作为内衬管一部分,并在 CIPP 修复的管道服役期间发挥功能	+	—	—	+	+	+	+
永久性外膜		+	—	—	+	—	—	—
注: + 表示构成部分应具备的功能, — 表示无功能要求。								
^a 该功能可由 ISO 23856:2021 的 4.3.1.a 中定义的内侧纯树脂层提供。								
^b 载体材料通常影响内衬复合层的性能,例如,增强或削弱其力学性能。								

附 录 D

(规范性)

内膜和外膜强度高温保持率的测定

D.1 原理

从内膜和外膜卷料中随机截取两份试样,按 GB/T 1040.3 规定测试其中一份薄膜试样的初始拉伸强度,将另一份薄膜试样平铺在烘箱内烘烤 30 min 后取出,观察薄膜表面是否有熔融破损情况出现,然后在(23±2)℃条件下冷却 2 h,再按上述测试方法测试高温处理后薄膜的拉伸强度,并计算强度高温保持率。

薄膜拉伸强度测试应在(23±2)℃的温度条件下进行。经高温烘烤后的薄膜表面无熔融,破损,强度高温保持率不低于 90%,且最低强度不低于 19 MPa,即为合格。

D.2 设备

烘箱和万能试验机(万能试验机应符合 GB/T 1040.3 相关规定)。

D.3 样品制备

进行强度高温保持率的测定,所制备样品应满足以下要求:

- a) 试样从卷料去除最外层薄膜产品,沿产品纵向、横向随机截取两份样品,且取样间距大于 20 cm,一份用作拉伸强度和断裂伸长率测试,另一份用作强度高温保持率测试;
- b) 每卷试样的检测点数不少于 3 个。

D.4 样品处理

按照 GB/T 1040.3 相关规定。

D.5 状态调节

薄膜试样在检测前应在测试环境中(23±2)℃至少放置 2 h。

D.6 测试步骤

进行强度高温保持率的测定,测试步骤包括以下内容。

- a) 取随机准备好的两份试样中的一份,按照 GB/T 1040.3 中的测试方法,测试薄膜的拉伸强度。
- b) 将另一份薄膜试样平铺在烘箱中烘烤 30 min 后取出,烘烤温度根据表 5 的要求确定。
- c) 观察薄膜表面熔融破损情况,并做好记录,将高温烘烤后的样品,在(23±2)℃下冷却 2 h,按照 GB/T 1040.3 测试薄膜此时的拉伸强度,并按照式(D.1)计算强度高温保持率。

$$f = \frac{\sigma_t}{\sigma_{ut}} \times 100\% \dots\dots\dots (D.1)$$

- d) 经高温烘烤后的薄膜表面无熔融和破损,强度高温保持率不低于 90%,且最低强度不低于 19 MPa,即为合格。

D.7 测试报告

测试报告应包括以下信息:

- a) 本文件编号;

- b) 应用的测试条件和样品的处理；
- c) 测试的试样数量；
- d) 测试温度；
- e) 烘箱高温处理温度维持时间；
- f) 测试结果；
- g) 测试时间。

附录 E

(规范性)

原位固化内衬法——短期弯曲性能的测定

E.1 概述

本附录规定了对实际安装或模拟安装的“I”阶段 CIPP 样品弯曲性能进行测试的方法。本方法与 GB/T 9341—2008 规定的三点弯曲试验原理一致,但对试样形状和尺寸、试验设备及步骤做了修订。

本方法还参考 ISO 14125:1998 确定了长纤维增强热固性复合材料试样可接受的跨厚比,以及长纤维增强复合材料可能失效模式的定义。

根据 GB/T 9341—2008 或 ISO 14125 测得弯曲载荷和挠度变形后,可利用所测数据计算样品的弯曲模量、弯曲应力和弯曲应变。本附录对于沿圆周制备的弧形试样的计算公式进行了修正,引入了几何修正系数。本附录对上述内容以及三点弯曲试验的报告要求做了详细说明。

E.2 设备

为了测试沿圆周制备的弧形试样,试样支座和设备加载压头(其定义见 GB/T 9341—2008)均应采用半径为 (5 ± 0.2) mm 的圆柱或半圆柱形状(见图 E.1)。

试样可能因自身扭转应变而无法做到完全平整,从而造成试样难以与支座完全接触。为减少不利影响,压头加载边缘应能在垂直于样品轴线的平面内适度自由旋转(以适应和减轻样品扭转带来的接触问题)。

试验机、力和挠度测量装置、试样宽度和厚度测量仪器的其他方面,应符合 GB/T 9341—2008 或 ISO 14125 的规定。

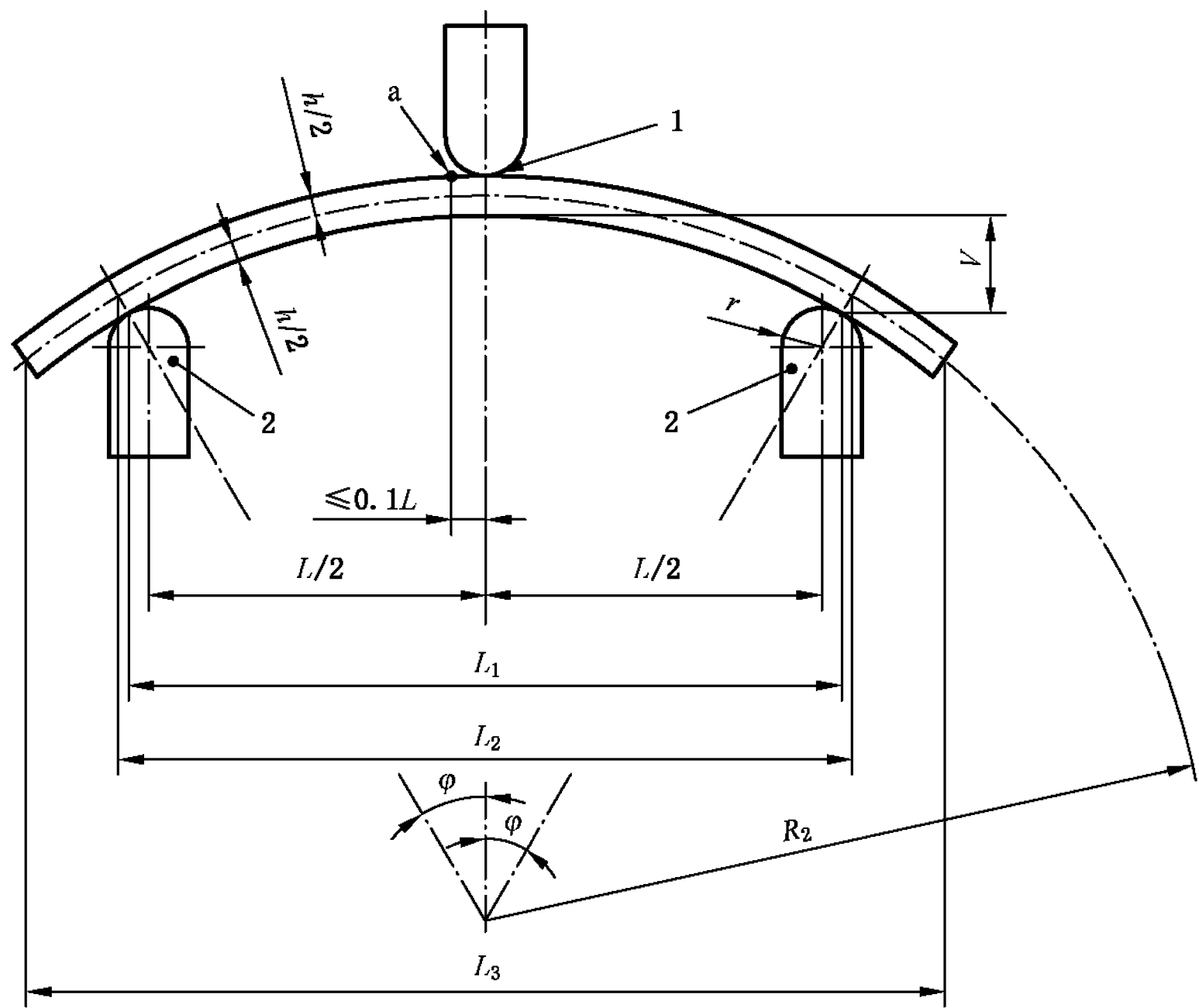
E.3 试样的形状和尺寸

E.3.1 形状

沿 CIPP 内衬管圆周方向制取的试样应具有一致的曲率半径,以使试样放置在支座上时,跨度弧顶最高点与支座中心线的位置偏差不应大于 $0.1L$ (见图 E.1)。

切割后的纵向试样的边缘应相互平行(见图 E.2)。

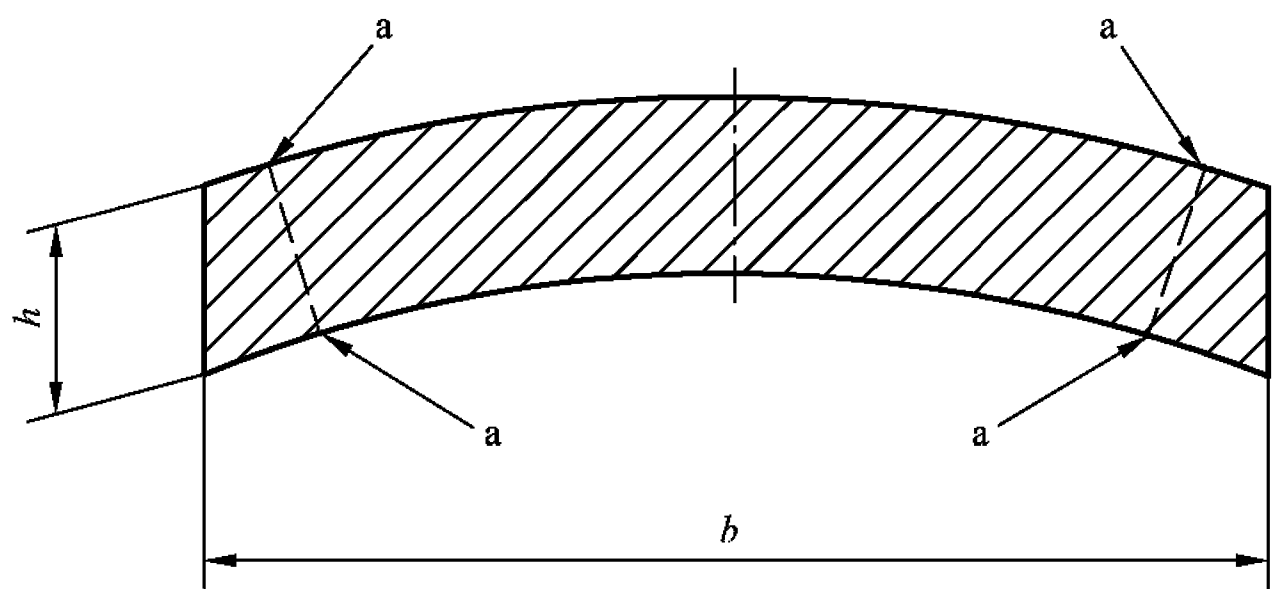
单位为毫米



标引序号说明：
1——压头；
2——支座；
a——试样的最高点。

图 E.1 试验开始时环向弧形试样的尺寸

单位为毫米



标引序号说明：
a —— 测量点；
b —— 试样宽度。

图 E.2 显示厚度测量点的纵向试样的横截面形状

E.3.2 厚度

每个试样中段三分之一长度范围内的任一点内衬复合层厚度,与该范围内平均内衬复合层厚度的偏差不应超过 10%。

E.3.3 宽度

环向弯曲试验:沿圆管环向制取弧形试样时,宽度一般应为 (50 ± 1) mm;从平板上制取扁平试样时,宽度应符合表 E.1。如果 CIPP 内衬管结构层使用了粗纤维增强材料,或主要增强方向不在圆周方向上,可声明采用更大的试样宽度值,允许偏差为 ± 1 mm。在对该产品进行的所有环向弯曲试验中,弧

形或扁平试样的宽度应分别符合标称值的要求。

纵向弯曲试验：试样的宽度应符合表 E.1 的规定。

注：如因任何情况导致纵向试样的宽度超过表 E.1 的规定，则在推导试样弯曲性能时，由于横截面弯曲（见图 E.2）引起面积的二次矩增大。

表 E.1 纵向试样宽度 b 与内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$ 的关系

单位为毫米

内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$	试样宽度 b
$e_{c,m} \leq 10$	15.0 ± 1.0
$10 < e_{c,m} \leq 20$	30.0 ± 1.0
$20 < e_{c,m} \leq 35$	50.0 ± 1.0
$e_{c,m} > 35$	80.0 ± 1.0

E.3.4 长度

对于扁平试样，若试验标称跨距为 L ，试样切割总长度应不小于 $L + 4e_{c,m}$ ；如试样为符合 ISO 14125：1998 定义的Ⅲ级或Ⅳ级单向或多向复合材料，则试样长度不应小于 $L + 10e_{c,m}$ 。

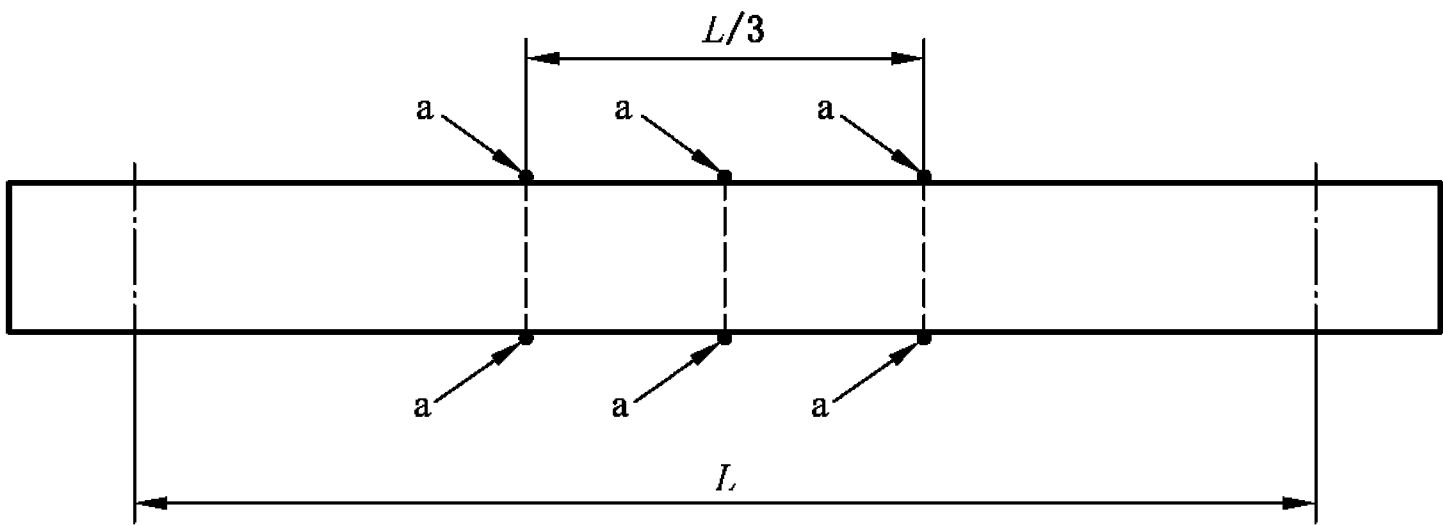
对于弧形试样，其切割总长超出跨距 L 的长度（以内衬复合层平均厚度的倍数计）应与扁平试样一致，但该超出长度应为沿试样圆弧方向测量的弧长。因此，试样的总弦长 L_3 （见图 E.1）通常按 $L_3 = L_2 + 4e_{c,m} \cos \varphi$ 给出；对于前述Ⅲ类或Ⅳ类内衬复合层，则按 $L_3 = L_2 + 10e_{c,m} \cos \varphi$ 给出。

E.4 试验步骤

E.4.1 内衬复合层厚度和宽度的测量

首先在试样跨距中段的三分之一范围内选择 6 个点（见图 E.3），按 GB/T 8806 的规定进行测量后取平均值，得到试样的总厚度 h 。然后从每个测量值中减去已知（或单独测量）的内膜和外膜厚度，计算内衬复合层平均厚度。所有永久性或非永久性薄膜的厚度可按照 6.3.2 的规定确定取值。

单位为毫米



标引序号说明：
a——测量点。

图 E.3 试样平面（环向或纵向）图，标示了厚度和宽度测量点

试样背面（对应于内衬管的外表面）若有多余的纯树脂，特别是形成不规则厚度层时，可在测试前对其部分或整体磨除，以满足试样厚度的公差要求或减少弯曲模量的测试误差，前提是不去除最初为内衬复合层设计的厚度。本文件中“多余的纯树脂”定义为不包含任何纤维的固化树脂，是由于现场取样或其他原因导致内衬复合层局部树脂对纤维的用量比高于 6.4.2 标称值的额外材料。

树脂层以及 CIPP 管壁结构预设的磨耗层，在测试之前不应从内衬复合层的厚度中扣除或磨掉。

对于单个试样,当内衬复合层厚度的任一点测量值与内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$ 的偏差超过 10% 时,应舍弃该试样,并随机选择新的试样。

对于一组试样,当某个试样的 $e_{c,m}$ 与全组试样的 $e_{c,m}$ 的平均值偏差超过 10% 时,也应舍弃该试样,并随机选择新的试样。

试样的宽度应在图 E.3 中标示的三对厚度测量点处进行测量。

E.4.2 跨距的设定

两个支座之间跨距 L 应设定为 $(16 \pm 1)e_{c,m}$ 。如试样为符合 ISO 14125:1998 表 3 定义的 III 级或 IV 级单向或多向复合材料,为避免相邻层间剪切失效,有必要使用较大的跨厚比 $(L/e_{c,m})$ 计算设定跨距 (见 ISO 14125:1998 中图 6)。

用弧形试样进行测试时,如图 E.1 所示,试样与两支座接触点之间的半张角 ϕ 不应超过 45° 。这对应于名义跨径比 (L/d_n) 的上限约为 0.70。

E.4.3 跨距的测量

两支座跨距 L 的测量偏差不应超过设定跨距值的 0.5%。

使用弧形试样进行试验时,试样的实际跨距 L_2 (如图 E.1 所示)应按式(E.1)进行计算:

$$L_2 = \frac{L}{1 - \frac{r + e_1 + (e_{c,m}/2)}{R_2}} \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

e_1 ——内膜的平均厚度,单位为毫米(mm);

如果弧形试样是从已知外径 d_n 的内衬管上沿环向切取制备的, R_2 可简单地按式(E.2)计算:

$$R_2 = \frac{d_n - e_{c,m}}{2} \quad \dots\dots\dots (E.2)$$

其他情况下, R_2 应按照以下方式确定:

a) 按式(E.3)计算:

$$R_2 = \frac{V}{2} + \frac{L_1^2}{8V} + e_1 + \frac{e_{c,m}}{2} \quad \dots\dots\dots (E.3)$$

其中 V 和 L_1 值是将试样放置到支座上但未加负载时的测量值,尺寸标注见图 E.1。

b) 通过将试样内表面的边缘轮廓描绘到纸上,利用几何构图或其他合适方法得出该弧形试样内表面的曲率半径 R_1 ,然后按式(E.4)计算:

$$R_2 = R_1 + e_1 + \frac{e_{c,m}}{2} \quad \dots\dots\dots (E.4)$$

式中:

e_1 ——内膜的平均厚度,单位为毫米(mm)。

E.4.4 试样的对准

试样在加载之前应垂直放置于支座上并进行定位,使试样中心线与压头施力点作用线的偏差不超过 ± 0.5 mm。

E.4.5 加载过程

按照 GB/T 9341—2008 或 ISO 14125 中的相关规定进行加载及测量。

E.5 结果的计算和表达

E.5.1 计算的跨距和厚度

对于弧形试样,应采用式(E.1)确定的 L_2 作为计算弯曲性能的跨距,而不应采用支座中心跨距 L 。

在所有情况下,计算内衬复合层弯曲模量和弯曲强度时应采用按 E.4.1 测量得到的内衬层平均厚度 $e_{c,m}$ 。

E.5.2 应变基准的确定

应变测量值的零点或基准点,应选择表观应力-应变曲线的初始线性区段(的延长线)与应变轴的交点(见图 E.4)。如果试验机软件不能自动修正零点偏差,应按 E.5.3 规定的流程使用未修正的应变数据推导试样的表观弯曲模量,该流程也可推导出真实应变的基准点。

E.5.3 扁平试样弯曲性能的计算

对于沿轴向切割的扁平样品,应按 GB/T 9341—2008 的式(5)~式(9)计算弯曲应力、弯曲应变和弯曲模量,但应按 E.5.1 的规定,以内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$ 代替总厚度 h 。

如果使用未修正的应变数据,短期弯曲模量 E_0 应根据 GB/T 9341—2008 中规定的程序通过 $\epsilon_{f2} = \epsilon_{f1} + 0.002$ 的应变进行计算,其中 ϵ_{f1} 是在 0.000 5~0.004 取值范围内,使弯曲模量计算值最大的那个取值,这时认为 $E_f = E_0$ 。将此斜率为 E_0 的直线延长并与应变轴相交,交点即为应变基准 ϵ_{f0} (见图 E.4)。这样就能将应力-应变曲线上任一点的真实应变值,用未修正的应变值按以下关系计算: $(\epsilon_{f1})_{\text{修正}} = (\epsilon_{f1})_{\text{未修正}} - \epsilon_{f0}$ 。如果由于试样形状过度扭曲或其他原因,在表观应变(未修正的值)达到 0.002 时,试样尚不能完全贴合支座,则应舍弃该试样,并随机选择新的试样。

E.5.4 弧形试样弯曲性能的计算

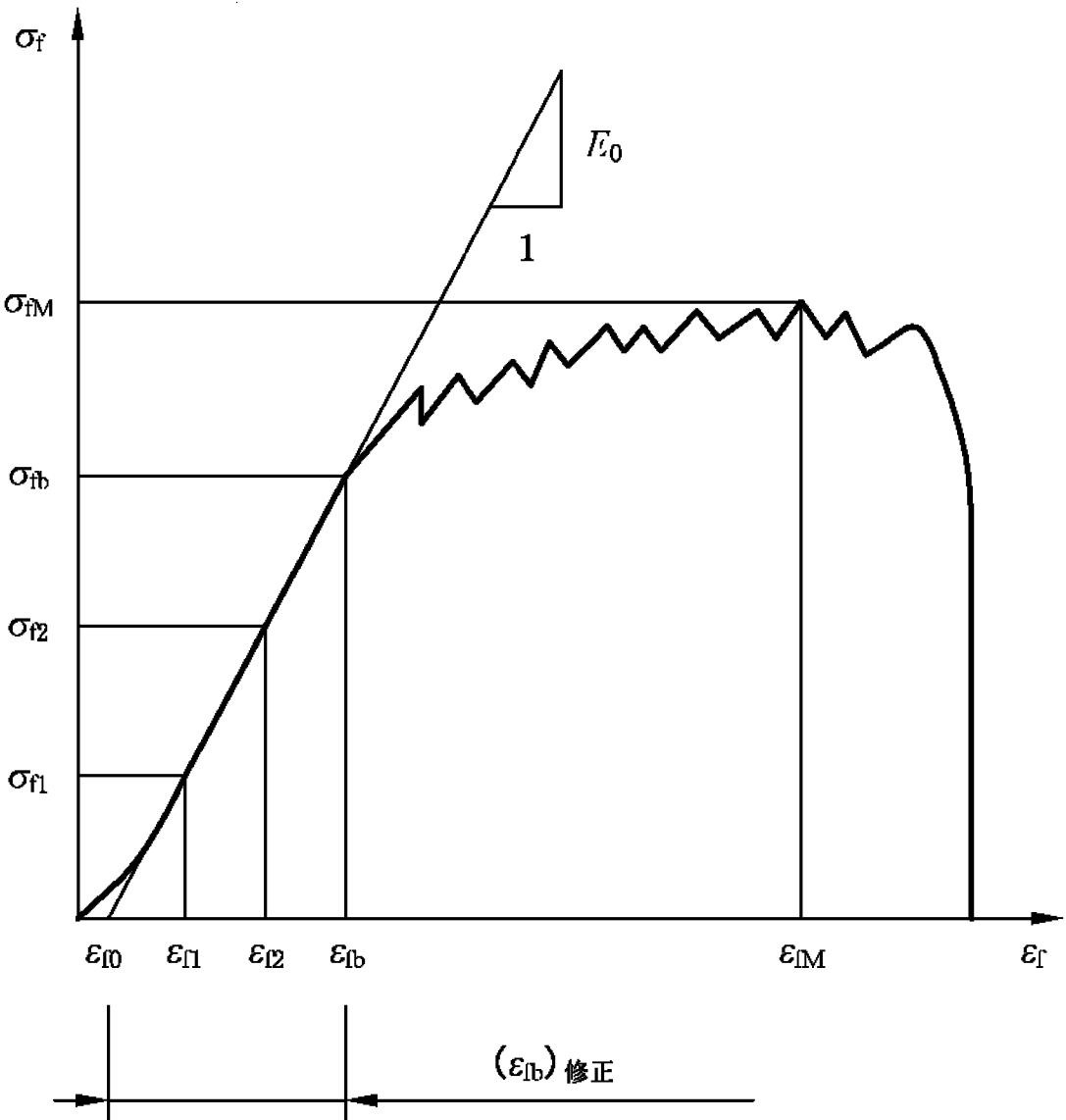
对于沿圆周方向切割的弧形试样,应首先按扁平试样进行计算,注意除以内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$ 代替总厚度 h 外,还应按 E.5.1 要求用 L_2 代替 L ,得到表观弯曲应力 σ_c 的式(E.5),以及表观应变 ϵ_c 的式(E.6):

$$\sigma_c = \frac{3F \cdot L_2}{2b \cdot (e_{c,m})^2}$$

.....(E.5)

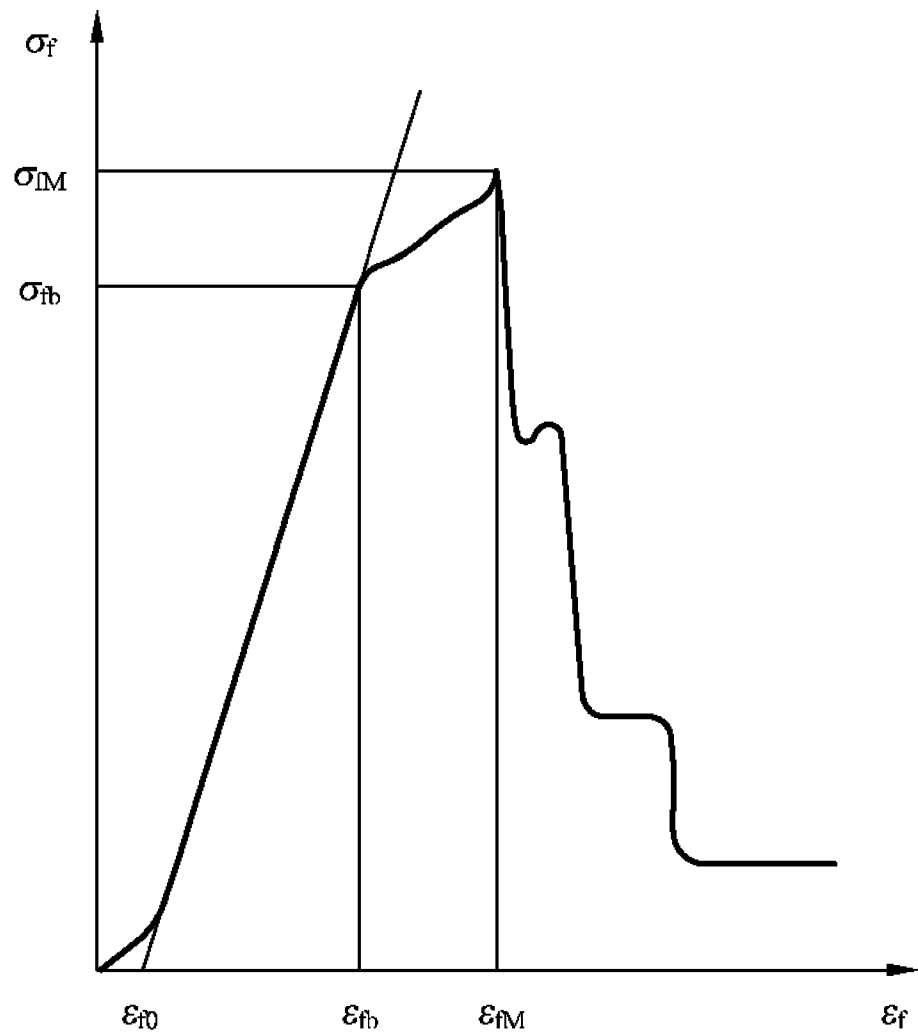
$$\epsilon_c = \frac{6s \cdot e_{c,m}}{(L_2)^2}$$

.....(E.6)



a) 在初次断裂和最大载荷之间具有大应变能力的内衬复合层

图 E.4 典型弯曲应力-应变曲线的特征以及材料特性的相关推导



b) 初次断裂时(或其后不久)即发生脆性断裂的内衬复合层

图 E.4 典型弯曲应力-应变曲线的特征以及材料特性的相关推导 (续)

然后,用实际应变为 0.000 5 和 0.002 5 所对应的应力差,除以对应的实际应变差,计算试样的表观模量 E_c ,如式(E.7)所示:

$$E_c = \frac{\sigma_{c2} - \sigma_{c1}}{\epsilon_{c2} - \epsilon_{c1}} \dots\dots\dots (E.7)$$

式中:

- 1——较低的实际应力和实际应变测量值;
- 2——较高的实际应力和实际应变测量值。

使用未修正的应变数据时,应采用与 E.5.3 类似的流程进行计算。令 $\epsilon_{c2} = \epsilon_{c1} + 0.002$,其中 ϵ_{c1} 是在 0.000 5 和 0.004 取值范围内,能使实际弯曲模量 E_c 计算值最大的那个取值,然后将此斜率为 E_c 的直线延长与应变轴相交,确定基准应变 ϵ_{c0} 。

弧形试样几何形状对实际弯曲模量的影响,按式(E.8)进行修正:

$$E_f = \frac{E_c}{C_E} \dots\dots\dots (E.8)$$

式中:

C_E ——将弧形试样实际弯曲模量 E_c 转换为等效扁平试样弯曲模量 E_f 的修正因子,用式(E.9)计算:

$$C_E = \frac{(L_2/d_m)^3 \cdot \cos^2 \varphi}{1.5 \cdot [\varphi - (L_2/d_m) \cdot \cos \varphi]} \dots\dots\dots (E.9)$$

式中:

d_m ——平均管径, $d_m = 2R_2$ 。

弧形试样几何形状对实际弯曲应力的影响,按式(E.10)进行修正:

$$\sigma_f = \frac{\sigma_c}{C_\sigma} \dots\dots\dots (E.10)$$

式中:

C_σ ——将弧形试样实际弯曲应力(或强度) σ_c 转换成等效扁平试样弯曲应力 σ_f 的修正因子,按式(E.11)计算:

$$C_\sigma = \left(1 + \frac{e_{c,m}}{3d_m}\right) / \cos \varphi \dots\dots\dots (E.11)$$

注 1: φ 由关系式 $\sin\varphi = L_2/d_m$ 计算得出。

弧形试样弯曲试验时的跨距应符合 E.4.2 规定的跨厚比和跨径比限制。

注 2: 本附录未对试验过程中试样受压后的变平效应进行修正。但如有必要,按 ISO 14125:1998 附录 B 的原则考虑。

E.5.5 弯曲性能的替代表征

如因内膜和外膜或多余纯树脂层厚度无法确定,从而无法确定内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$ 时,或对于增强的结构壁内衬,内衬管管壁的表观弯曲模量 E_f ,是壁厚的函数,其抗弯性能可采用单位长度的截面抗弯刚度 EI 和截面弯矩承载力 M 代替。

对于扁平试样,截面弯矩承载力和截面抗弯刚度与厚度无关,见式(E.12)和式(E.13):

$$M = \frac{(F/b) \cdot L}{4} \dots\dots\dots (E.12)$$

$$EI = \frac{(F/s) \cdot L^3}{48b} \dots\dots\dots (E.13)$$

式(E.13)中, (F/s) 为载荷-挠度曲线的初始部分的最陡斜率。

对于弧形试样,通过将式(E.12)和式(E.13)中的 L 替换为实际跨度 L_2 (见图 E.1),可分别得出截面表观弯矩承载力 M_c 和截面表观抗弯刚度 EI_c 。 L_2 可采用公式(E.14)计算,其为试件平均总厚度 h_m 的函数。

$$L_2 = \frac{L}{1 - \frac{2r + h_m}{d_m - h_m}} \dots\dots\dots (E.14)$$

如果内衬管切割试样的外径 d_n 无法确定,则式(E.14)中的 $(d_n - h_m)$ 可通过 $(2R_1 + h_m)$ 代替。其中,弧形试样内表面的曲率半径 R_1 按照 E.4.3 b) 中的规定计算。

弧形试样的截面弯矩承载力和抗弯刚度表观值可由式(E.15)和式(E.16)换算为扁平试样的等效值。

$$M = \frac{M_c}{C_\sigma} \dots\dots\dots (E.15)$$

$$EI = \frac{EI_c}{C_E} \dots\dots\dots (E.16)$$

式中,修正因子 C_σ 和 C_E 分别由式(E.11)和式(E.9)求得。

注 1: 这种测试结果的替代表征,能用于内衬管安装后的质量控制试验,以验证截面设计特性是否达到,而无需详细检查或测量管壁结构。

注 2: M 和 EI 的单位通常分别为 $(N \cdot mm)/mm$ 和 $(N \cdot mm^2)/mm$ 。

E.5.6 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- 本文件编号;
- 所测材料已知信息的详细说明,包括类型、来源、制造商代码、构成和既往史,以及复合材料的类别;
- 从内衬管制取的试样,说明每个试样的取样方向(圆周或纵向);
- 每个试样的形状和尺寸。对于弧形试样,包括平均总厚度 h_m 、总长度 L_3 ,确定半径 R_2 的方法及 R_2 的值,以及直接测量的尺寸 L_1 和 V ;
- 按 E.4.1 规定,从测量的总厚度中减去内膜和外膜厚度计算复合材料(复合管壁)厚度时,内膜和外膜的厚度 e_1 和 e_2 ;

- f) 内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$, 以及试样中段三分之一区域内测量壁厚相对于平均壁厚的最大百分比偏差;
- g) 测量日期;
- h) 制备(测试)试样的方法;
- i) 试验条件和状态调节程序(适用时);
- j) 试样数量;
- k) 试验用跨距 L , 使用弧形试样时, 计算的实际跨距 L_2 ;
- l) 测试速度;
- m) 确定的试验设备精度等级;
- n) 如使用扁平试样, 应说明试样与试验设备支撑面接触的情况;
- o) 与试验设备支座接触的薄膜厚度 e_1 以及确定方式;
- p) 使用的公式和应变范围(即应变差);
- q) 试验结果, 用初次断裂时的应力和应变的平均值, 以及施加最大载荷下的应力和应变的平均值表示; 或按客户要求, 用截面抗弯刚度和截面极限弯矩表示, 并注明测试日期;
- r) 各个测量值, 包括力-位移图, 以及对应于图 E.4 中所示所有关键点对应的力和位移值;
- s) (加载过程中)失效类型;
- t) 平均值的标准偏差(如需提供)。

附录 F

(规范性)

原位固化内衬法——干、湿条件下长期弯曲模量的测定

F.1 概述

本附录规定了测定原位固化内衬管在干、湿条件下承受恒定弯曲应力时的长期弯曲模量的方法。规定的试验周期为 10 000 h, 试验结果用外推至 50 年的长期模量表示。所使用的外推方法也可用于确定 10 000 h 至 50 年之间任意时刻的长期模量。

F.2 原理

将从原位固化内衬管上制取的试样, 在受控温度下进行恒定载荷三点弯曲试验。进行干态测试时, 还应控制试验环境的相对湿度; 进行湿态测试时, 应将试样浸入水中。测量试样随时间逐渐增加的变形量, 相应地计算其逐渐减小的表观弯曲模量。将模量值相对于时间作图, 然后通过回归分析并外推获得对应于 50 年或其他设计寿命的模量。

F.3 设备

该(测试)设备应具备符合 GB/T 11546.2—2022 中的第 4 章要求的圆柱形或半圆柱形支座。进行湿态测试时, 还需增加浸泡池或类似设备, 并满足以下要求:

- a) 保持试样浸泡在饮用水中;
- b) 保持水温在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- c) 覆盖避免水分因蒸发而快速散失。

注: 通过将样品封装在一个宽松、充满水且密封的柔性塑料薄膜袋的方法实现 F.3a) 和 F.3c) 的要求。

F.4 样品制备

应按照 6.7 和 7.4.3 的要求从实际施工或模拟安装的原位固化内衬上取样。

F.5 试样准备

从 F.4 取得的具有完整厚度的 CIPP 样品上切取至少 5 个试样。试样应根据 6.7 要求的准则按环向或纵向制取, 并符合 E.3 规定的尺寸和公差。若要沿圆周方向制取弧形试样进行长期试验, 应选用曲率满足 L_2/d_m (实际跨距与平均直径之比) ≤ 0.28 的试样。

对于湿态弯曲试验, 应使用硅酮密封剂密封试样的所有切割面, 以使浸入测试液的试样仅有原始内衬的内外表面接触测试液。并且密封剂在试样状态调节之前应完全固化。

F.6 试验步骤

F.6.1 干态试验的状态调节和试验环境

试验前将试样在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 的空气中放置 $(20 \pm 4)\text{h}$ 。在该环境条件下进行试验, 整个试验期间的温度变化保持在该范围内。

注: 试样的储存时间和条件(温度和湿度)会影响蠕变试验的结果。

F.6.2 湿态试验的状态调节和试验温度

在测试之前, 试样应保存在与试验温度相同的水中 $(20 \pm 4)\text{h}$ 。确保试验全程的温度变化保持在

(23±2)℃范围内。
注：试样的储存时间和温度会影响蠕变试验的结果。

F.6.3 试样尺寸和支座间距的测量

状态调节后,根据 E.4.1 的规定测量内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$ 和宽度 b 。
对于正常试样,应将试样支座中心跨距 L 调整为 $(16\pm1)e_{c,m}$ 。
对于单向或多向内衬复合层的试样,为避免短期试验中出现层间剪切破坏,必要时可调整支座间距至 $L/e_{c,m}>17$ (见 E.4.2)。
测量支座中心跨距 L ,控制测量偏差在±0.5%范围内,以毫米为单位。
用弧形试样试验时,按 E.4.3 规定确定实际跨距 L_2 。如将试样封装在充满水的柔性塑料薄膜袋中进行湿态试验,应将薄膜(袋)的平均厚度与试样自带的永久性内膜或半永久性内膜的厚度相加,作为支座接触的内膜厚度 e_1 。

F.6.4 安放试样

将完成状态调节和尺寸测量的试样对称地安放到支座上,使其长轴与支座垂直,且使内衬管的内表面在试验载荷下受拉。
按要求装好挠度测量装置。
按式(F.1)计算达到要求的弯曲应力时需要施加到试样上的力 F ,单位为牛顿 N:

$$F = \frac{\sigma_0 \cdot b \cdot e_{c,m}^2}{1.5L_2} \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:
 σ_0 ——要求的弯曲应力,单位为兆帕(MPa),等于 $0.002\ 5E_0$;
 b ——跨距中段三分之一范围内的试样平均宽度,单位为毫米(mm),见图 E.3;
 $e_{c,m}$ ——跨距中段三分之一范围内的内衬复合层平均厚度,单位为毫米(mm),见图 E.3;
 L_2 ——弯曲试样弯曲试验的实际跨距(mm),单位为毫米(mm),扁平试样实际跨距等于 L_1 。

F.6.5 加载过程

按 GB/T 11546.2—2022 的规定对试样平稳地加载,无需预加载。施加的载荷即 F.6.4 计算的力 F ,应精确到计算值的±0.1%范围内。将试样完成加载的时刻记为 $t=0$ 。

F.6.6 挠度测量

如果没有自动和/或连续记录挠度 S_t ,则应从 1 min 到至少 10 000 h 之间取一系列的挠度读数,测量精度在±1%以内。选取各次读数时刻时,应在 0 h~1 h,1 h~10 h,10 h~1 000 h,1 000 h~10 000 h 的每个区间内至少取 3 次读数。
推荐选择以下标称时刻:1 min,2 min,3 min,6 min,12 min,21 min,36 min;1 h,2 h,4 h,6 h,10 h,16 h,25 h,40 h,63 h,100 h,160 h,250 h,400 h,630 h,1 000 h,1 600 h,2 500 h,4 000 h,6 300 h,10 000 h。

F.6.7 其他参数的测量和控制

按 GB/T 11546.2—2022 的要求记录每次测量蠕变(挠度)时的试验总时间。按 GB/T 11546.2—2022 的要求控制试验期间的温度和相对湿度(适用时)。

F.7 结果表示

F.7.1 计算

按式(F.2)计算每个选定测量时间的弯曲蠕变模量 E_t ,单位为兆帕(MPa):

$$E_t = \frac{0.25F \cdot L_2^3}{b \cdot e_{c,m}^3 \cdot s_t} \dots\dots\dots (F.2)$$

- 式中：
- F ——施加的力,单位为牛(N)；
 - L_2 ——跨距,单位为毫米(mm),对于扁平试样,跨距等于 L ；
 - B ——试样在跨距段三分之一范围内的平均宽度,单位为毫米(mm),见图 E.3；
 - $e_{c,m}$ ——试样跨距中段三分之一范围内结构层平均厚度,单位为毫米(mm),见图 E.3。

结果表示

绘制蠕变模量-时间的双对数关系图。如有任何原因导致试验数据点不能连成近似光滑曲线,舍弃该组试验,记录相关情况并重新试验。

每个试样的测试数据可连成一条线,它从起点经过一段曲线过渡后斜率逐步增大并接近于直线。如果试验数据的关系曲线符合该规律,观察并找出图线从曲到直的转折点。将转折点(或 $t=50$ h,以较晚者为准)之后的试验数据,先换算成蠕变模量的对数和时间的对数,然后按 ISO 10928:2016 方法 B 进行回归分析。根据 ISO 10928:2016 检查数据是否满足外推条件,若满足则外推计算 $x=50$ 年(43 8000 h)对应的长期弯曲模量 E_x ,记录得到的值。

若试验数据的双对数图线表现为连续曲线而不趋向于近似直线,且/或数据不满足 ISO 10928:2016 的线性外推条件,可按照 ISO 10928:2016 方法 B 选择满足外推条件的二次多项式或其他非线性模型,进行回归分析并外推 50 年的 E_x 值,前提是该结果不超过按线性回归分析并外推得到的 E_x 值。

F.8 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 本文件编号；
- b) 内衬管的完整描述及其识别信息,包括制造方法、工艺温度和时间、制造商、树脂代码与批号；
- c) 每个试样的制样方向和尺寸；
- d) 说明每个试样在原内衬管上的位置(如果知道)；
- e) 试样制备方法,包括在试验前是否除去任何内和外膜和/或多余树脂层的说明；
- f) 当按 E.4.1 规定以测量总厚度减去内膜和外膜厚计算内衬复合层厚度时,说明内膜和外膜厚度 e_1 和 e_2 ；
- g) 内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$,以及试样中段三分之一范围内壁厚相对 $e_{c,m}$ 的最大百分比偏差；
- h) 试验条件(干态或湿态)及状态调节程序；
- i) 试样数量；
- j) 试验跨距 L ,对于弧形试样,计算的跨距 L_2 ；
- k) 与支座接触的膜厚 e_1 及其确定方法；
- l) 弯曲蠕变模量-时间的双对数的曲线图；
- m) 施加在试样上的力；
- n) 50 年长期蠕变模量 E_x 的计算值；
- o) 可能影响结果的任何因素,例如本附录未规定的任何事件或操作细节；
- p) 试验日期。

附录 G

(规范性)

原位固化内衬法——干、湿或酸性条件下长期弯曲强度的测定

G.1 原理

将与附录 E 中测定长期环刚度相同的试样暴露于干、湿或潜在腐蚀性环境中,在恒定“高负载”下进行三点弯曲试验,“高负载”指能使试样在试验期内发生材料加速蠕变失效的负载。腐蚀性环境通常选择浓度为 0.5mol/L 的硫酸溶液,该浓度模拟了排水排污管道中可能遇到的最坏情况。不过,如能预计管道服役期间的腐蚀环境条件,也可选择其他更具环境代表性的试验液。

每次使用新的试样,分别施加不同的应力进行试验,记录试样破坏的时间。利用这些结果外推计算破坏时间为 50 年时对应的破坏应力。试验结果与服役的内衬管的长期弯曲强度直接相关。

该方法可同时适用于沿管道轴向或环向制取的试样。尽管像在蠕变环刚度的测试中那样,由于沿环向制取的弧形试样在弯曲破坏前可能因自身形状变化而产生很大的挠度,所以其初始曲率受到一定限制。

G.2 设备

G.2.1 试验设备

试验设备应符合 F.3 中长期弯曲模量试验设备的要求,另外还应满足:

- a) 在试验期间承受显著增高的力但不会变形;
- b) 不会对试样施加明显的纵向约束;
- c) 能与试样线接触且不会产生明显的压痕。

G.2.2 加载系统

用于蠕变破坏试验的加载系统应符合 GB/T 11546.2—2022 的要求,并能防止破裂时发生的冲击载荷传递到相邻的加载系统。

G.2.3 测量试样弯曲挠度的方法

测量试样弯曲挠度的方法应满足以下要求:

- a) 靠近试验载荷的作用线;
- b) 测量仅对试样施加微小的力;
- c) 准确度在 $\pm 0.5\%$ 之内。

G.2.4 浸泡池,试样封装方法或类似设备

浸泡池,试样封装方法或类似设备应满足以下要求:

- a) 设备本身能抵抗试验液的腐蚀或其他化学侵蚀;
- b) 能将试样保持在测试液体中;
- c) 能将试验液的温度保持在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- d) 避免由于蒸发导致的测试液的快速损失,从而保证在酸性环境试验期间 pH 改变不超过 ± 0.1 。

G.3 试样

G.3.1 试样数量

为了确定弯曲强度的 50 年外推值,至少需要 21 个试样。另外,还需要从同一内衬管样品上切取至

少 5 个试样以确定其短期弯曲强度。

G.3.2 试样准备

所有试样应从完整壁厚的内衬管上制取，试样形状和尺寸应符合 F.5 规定。

G.3.3 状态调节

试验前，试样应在测试温度下的试验环境中放置 (20 ± 4) h。

G.3.4 试验步骤

试验步骤应包括以下内容：

- a) 制备好各个试样；
- b) 按照图 E.3 在试样中心三分之一区域内的 3 个位置使用惰性标志标记试样；
- c) 在 b) 标记的三个位置测量试样宽度 b 和厚度 h ，要求精度为 ± 0.05 mm，并计算宽度和厚度测量值的算术平均值；
- d) 根据 E.4.1，用试样的平均总厚度 h_m 计算平均内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$ ；
- e) 根据附录 E，使用 5 个试样测定短期抗弯强度（初次断裂的弯曲应力， σ_b 和最大负荷下的应力， σ_{fM} ）；
- f) 在湿态或酸性环境中试验时，试样的切割面使用硅酮或纯树脂密封；
- g) 对每个试样进行状态调节；
- h) 根据 F.6.3 设置试样的支座中心跨距 L ，测量 L 的值，精确到 $\pm 0.5\%$ ，单位为毫米；
- i) 在目标时间范围内，选择使试样失效所需的弯曲应力 σ_0 ；
- j) 使用式(F.1)计算计算弯曲应力 σ_0 达到所需值时试样应承受的力 F ，单位为牛顿；
- k) 将试样安放到支座上，使其长轴与支座垂直，且内衬管的工作内表面在试验载荷下受拉；
- l) 完成步骤 k) 后，立即平稳加载并开始计时，施加的力 F 应精确到计算值的 $\pm 0.1\%$ 范围内；
- m) 记录每个试样失效的时间；
- n) 绘制应力-时间的双对数关系图，按 ISO 10928:2016 方法 B 进行回归分析，进而确定 50 年（438 000 h）时间时失效应力的外推值 σ_x ；
- o) 试验目标是至少得到 21 个试样失效的数据点，失效时间范围从 0 h 到 1 0000 h 以上，且失效时间的对数分布大体均匀。如果试验数据存在明显的“缺口”，宜补充试样（并调整应力）进行试验，使失效时间分布达到表 G.1 的推荐分布。

表 G.1 失效时间的分布

失效时间 h	试样数量 个
1~10	4
>10~1 000	6
>1 000~6 000	5
>6 000~10 000	5
>10 000	1

注：在加载后的最初几小时内引起试样失效所需的应力可能大于初次断裂时的短期应力。在最初试验中贴近 σ_{fM} 最小观测值设定 σ_0 ，有助于体现失效时间回归线的变化趋势，从而指导应力大小的选择，以实现表 G.1 的失效时间分布要求。

G.4 试验报告

对于每组试验,试验报告应包括以下信息:

- a) 本文件编号;
- b) 对内衬管的完整描述及其识别信息,包括制造方法、工艺温度和时间、制造商、树脂代码与批号;
- c) 每个试样的制样方向和尺寸;
- d) 试样制备方法,包括在试验前是否除去任何内部和/或外部膜和/或多余树脂层的说明;
- e) 当按 E.4.1 规定以测量总厚度减去内膜和外膜厚计算内衬复合层厚度时,说明内膜和外膜厚度 e_1 和 e_2 ;
- f) 内衬复合层平均厚度 $e_{c,m}$,以及试样中段三分之一范围内壁厚相对 $e_{c,m}$ 的最大百分比偏差;
- g) 试验条件(干、湿或酸性环境),试验液的成分和 pH(适用时),以及状态调节程序;
- h) 试样数量;
- i) 试验跨距标称值 L ;对于弧形试样,计算的跨距 L_2 ;
- j) 与支座接触的膜的厚度 e_1 及其测量方法;
- k) 弯曲应力-失效时间的双对数关系图;
- l) 施加在试样上的力;
- m) 50 年长期抗弯强度的外推计算值 σ_x ;
- n) 可能影响结果的任何因素,例如本附录未规定的任何事件或操作细节;
- o) 试验日期;
- p) 其他相关信息。

附 录 H
(规范性)
管壁密实性的测定

H.1 原理

将固化后的内衬管样品放置在连接抽气装置的透明玻璃瓶上,并做好密封措施。然后在内衬管上放置染色的纯净水,通过对玻璃瓶内抽真空,并维持一定时间的负压后,观察内衬管的渗漏情况。如果不渗漏则为合格。

测定应在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的温度条件下进行。
检测介质应为染色的纯净水,不含松弛剂。

H.2 设备

测定管壁密实性时,所用设备应满足以下要求:

- a) 透明玻璃瓶带有连接抽气装置,压力调节及显示装置的接口;
- b) 抽气装置能满足试验负压的要求;
- c) 气管能承受一定的负压不变形。

H.3 样品制备

H.3.1 宜选择透明度差的或者目测判断可能有针孔的试样进行试验。
H.3.2 测定管壁密实性时,所制备样品应满足以下要求:

- a) 试样从现场固化的内衬管上截取;
- b) 每施工段分别取 1 个试样分别检测,每个试样的检测点数不少于 3 个。

H.4 样品处理

对所制样品进行处理,应满足以下要求:

- a) 如果薄膜或者涂层是内衬管的一部分,不应破坏内衬管表面的涂层;
- b) 如果薄膜或者涂层不是内衬管的一部分时,则应采用游标卡尺精确测量材料薄膜或者涂层厚度,在试样表面切割 10 个相互垂直的切口,形成尺寸约为 $4\text{ mm}\times 4\text{ mm}$ 的网格,切割时可采用相关辅助器材控制切割厚度。

H.5 状态调节

试样在测定前应在测试环境中至少放置 4 h。

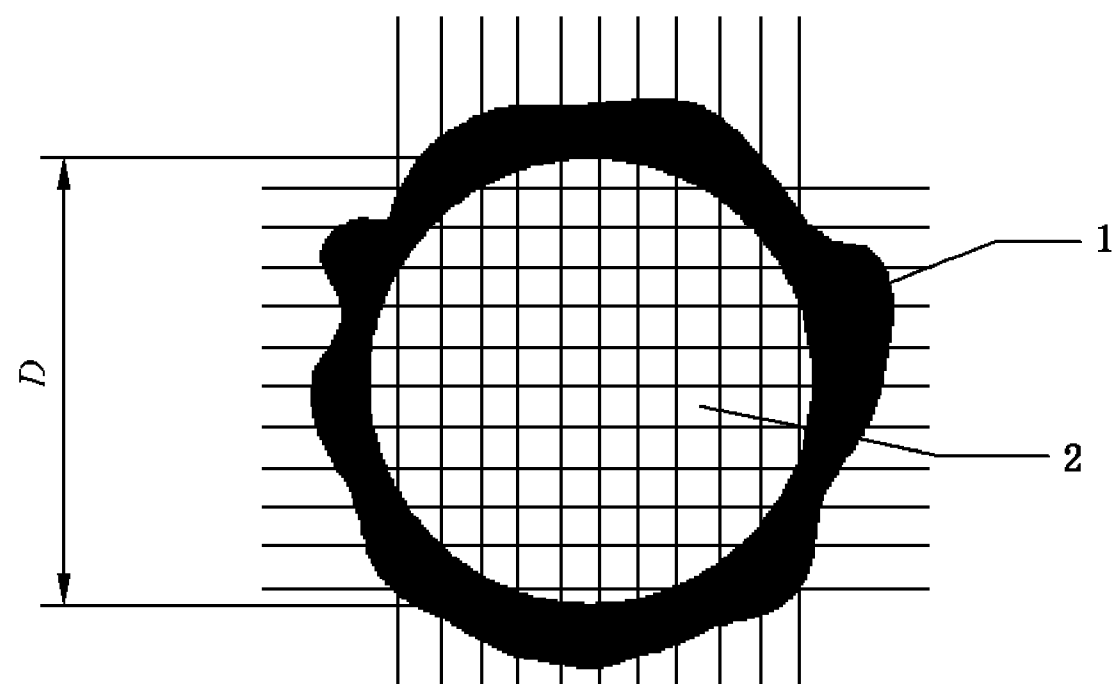
H.6 测定步骤

测定过程包括以下步骤。

- a) 用橡皮泥或密封胶将待测区域围成直径 D 为 $45\text{ mm}\pm 5\text{ mm}$ 的圆形区域,见图 H.1。
- b) 透明玻璃瓶口放置密封胶,然后将处理好的内衬管样品放置在玻璃瓶口,确保密封不漏气,然后将抽气装置与透明玻璃瓶连接,见图 H.2。
- c) 采用密封胶将切割的网格围起来,将染色的纯净水倒入内衬管的密封胶围起区域内。
- d) 通过抽气装置对玻璃瓶内抽真空,使得玻璃瓶内形成 -0.05 MPa 的真空压力(误差为 $\pm 2.5\text{ kPa}$),并维持以上真空压力 30 min。

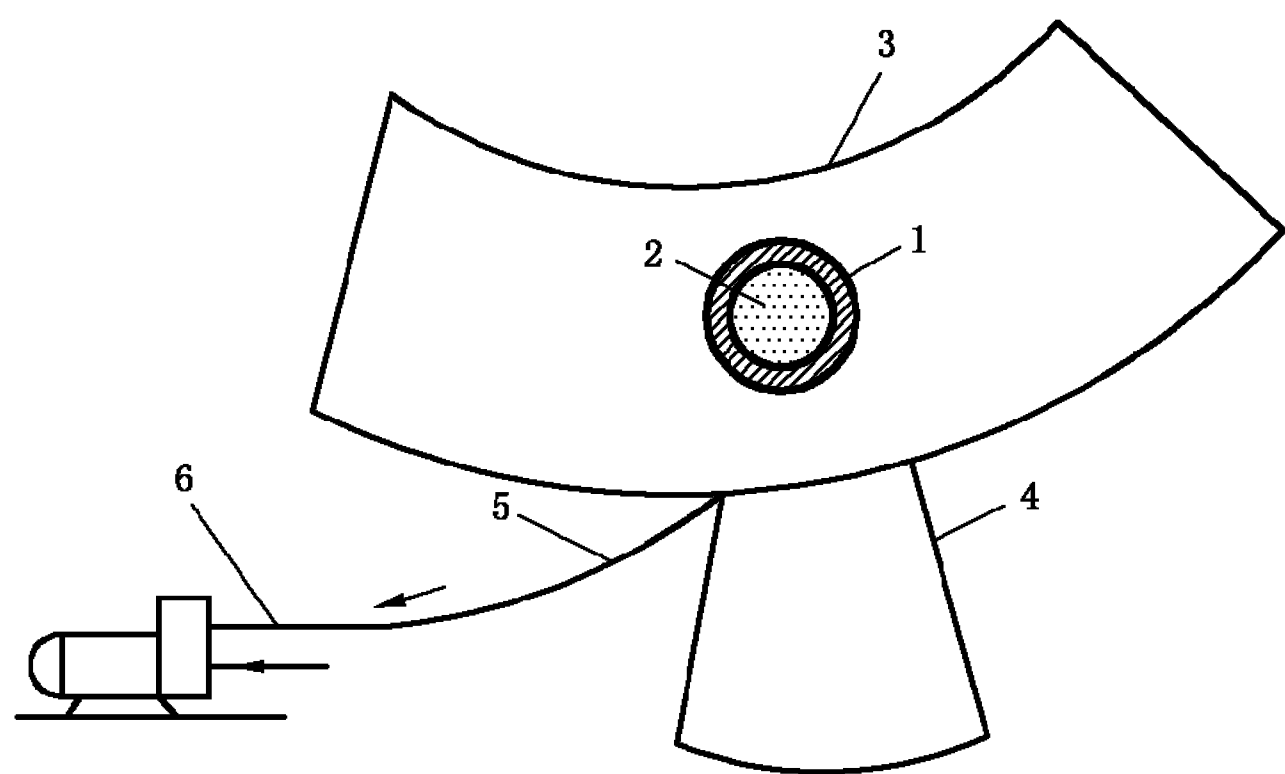
- e) 测试时间结束后,观察透明玻璃瓶内是否有测试介质渗漏下来,每个样品的 3 个检测点上,均无测试介质渗透至玻璃瓶中,则判定为合格,否则为不合格。

单位为毫米



- 标引序号说明:
- 1 —— 橡皮泥或密封胶;
- 2 —— 检测区域;
- D —— 橡皮泥或密封胶将待测区域围成直径。

图 H.1 试样检测区域示意图



- 标引序号说明:
- 1 —— 密封胶;
- 2 —— 带颜色的水;
- 3 —— IPP 试样;
- 4 —— 透明玻璃瓶;
- 5 —— 气管;
- 6 —— 抽气装置。

图 H.2 管壁密实性试验方法及装置

H.7 测试报告

测试报告应包括以下信息:

- a) 本文件编号;
- b) 内衬管的完整描述和识别,包括制造方法,所涉及的时间和温度,制造商,代码和树脂批号;获得每个试样的管道中的位置(如果已知);
- c) 试样制备方法,包括在试验前是否除去任何内膜和/或外膜和/或多余树脂层的说明;
- d) 应用的测试条件和样品的处理;

- e) 测试的试样数量；
- f) 试验负压；
- g) 测试负压维持时间；
- h) 测试结果；
- i) 测试时间。

附 录 I
(规范性)
试验项目及方法

原位固化内衬管的试验项目及方法见表 I.1。

表 I.1 原位固化内衬管的试验项目及方法

项目	型式 试验	内衬软管 出厂检验	施工后验 收检验	试验方法	备注
树脂浇铸体耐腐蚀性	√			GB/T 3857	按照表 3 要求的溶液 测试
树脂浇铸体弯曲模量	√			GB/T 2567	
树脂浇铸体弯曲强度	√				
树脂浇铸体拉伸模量	√				
树脂浇铸体拉伸强	√				
树脂浇铸体拉伸断裂延伸率	√				
树脂浇铸体热变形温度	√			GB/T 1634.2—2019 中 A 法	
内膜和外膜硬度(邵氏硬度 A)	√			GB/T 2411	根据表 5 的规定按照 工艺选择测试项目
内膜和外膜紫外光透光率	√			表 5 的脚注 ^a	
内膜和外膜厚度	√			GB/T 6672	
内膜和外膜抗拉强度	√			GB/T 1040.3	
内膜和外膜强度高温保持率	√			附录 H	
载体材料及增强材料含水率	√			GB/T 9914.1	
内衬软管外径		√		GB/T 9573	
内衬软管壁厚		√		GB/T 9573	
内衬软管长度		√		GB/T 9573	
内衬管最小壁厚			√		
初始环刚度值	√			ISO 7685:2019 中 方法 A	
短期弯曲模量	√		√	附录 E	
初次断裂的弯曲应力	√		√		
初次断裂的弯曲应变	√		√		
轴向拉伸强度	√		√	ISO 8513:2023 中 方法 A 或方法 B	
轴向拉伸断裂伸长率	√		√		

表 I.1 原位固化内衬管的试验项目及方法（续）

项目	型式 试验	内衬软管 出厂检验	施工后验 收检验	试验方法	备注
干态蠕变系数	√			ISO 10468	优选蠕变系数进行测试,当无法取得环状样品时,采用长期弯曲模量代替,且干态与湿态选一种进行测试
湿态蠕变系数	√			ISO 10468	
干态长期弯曲模量	√			附录 F	
长期弯曲模量	√			附录 F	
干态长期弯曲强度	√			附录 G	非圆形管道设计时测试,且干态与湿态选一种进行测试
湿态长期弯曲强度	√			附录 G	
恒定挠度下的化学腐蚀性	√			ISO 10952	两个性能指标选择一个进行测试
酸性条件下的长期弯曲强度	√			附录 G	
内衬管耐碱性	√			GB/T 3857	
管壁密实性	√		√	附录 H	

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
地下无压排水管网非开挖修复用塑料管道
系统 第 4 部分：原位固化内衬法
GB/T 41666.4—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址：www.spc.net.cn

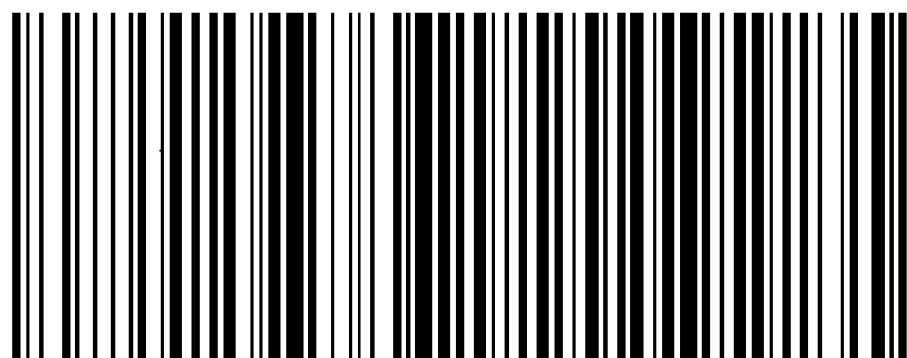
服务热线：400-168-0010

2024 年 3 月第一版

*

书号：155066 • 1-75251

版权专有 侵权必究



GB/T 41666.4-2024