

DB42

湖 北 省 地 方 标 准

DB42/T 2042—2023

排水管道紫外光固化修复技术规范

Specification for ultraviolet curing repair of drainage pipeline

2023 - 06 - 27 发布

2023 - 10 - 27 实施

湖北省住房和城乡建设厅
湖北省市场监督管理局

联合发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语定义、符号和缩略语	1
4 基本规定	4
5 材料	4
5.1 树脂材料	4
5.2 干软管	5
5.3 内膜和外膜	6
5.4 湿软管	6
5.5 内衬管	7
6 设计	9
6.1 一般规定	9
6.2 内衬管结构设计	10
6.3 水力计算	11
7 施工	12
7.1 一般规定	12
7.2 管道预处理	13
7.3 施工设备	13
7.4 湿软管拉入及固化	14
7.5 局部原位固化法	15
8 验收	15
8.1 一般规定	15
8.2 原有管道预处理验收	16
8.3 取样	17
8.4 内衬管质量检验	17
8.5 内衬管力学性能试验	18
8.6 管壁密实性试验	18
8.7 管道功能性试验	18
8.8 工程竣工验收	19
附录 A (资料性) CIPP 组件及其功能	21
附录 B (规范性) 短期弯曲性能的测定	22
附录 C (规范性) 管壁密实性试验	29
参考文献	30

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。

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

本文件由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：中国地质大学（武汉）、中铁十八局集团有限公司、中铁十八局集团建筑安装工程有限公司、湖北神龙市政建设工程有限公司、中建三局第一建设工程有限责任公司、中建三局集团有限公司、武汉中仪物联技术股份有限公司、山东龙泉管道工程股份有限公司、长江地球物理探测（武汉）有限公司、浙江优为新材料有限公司、两山工程技术（武汉）有限公司、中建三局基础设施建投投资有限公司、上海勘测设计研究院有限公司湖北分公司、中铁四局集团第三建设有限公司。

本文件主要起草人：曾聪、李伟、闫雪峰、李明、杨伟、王新妍、李水明、王亮、尤伟军、余地华、郑洪标、张海丰、徐涛、贾瑞华、王黎明、马冲、陶凯、晏剑波、李红阳、刘志国、刘玮、马兆峰、黄麒麟、段林、郑能、张永、张建伟、李骥韬、范博毅、方海成、武艳芝、王同、杨龙、张迪、邓才莹、王军、曾慧强、姜胜年、员晨东、程启利。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：mail.hbszjt.net.cn。在执行过程中如有意见和建议请联系中国地质大学（武汉），联系电话：027-67883507，邮箱zengcong@126.com，地址：湖北省武汉市洪山区鲁磨路388号，邮编430074。

排水管道紫外光固化修复技术规范

1 范围

本文件规定了排水管道紫外光固化修复技术的材料、设计、施工和验收要求。

本文件适用于采用原位固化内衬法修复工作温度不超过50℃的地下无压排水管网系统,以及修复时所用的光固化树脂组分、纤维载体材料、增强材料、塑料薄膜、安装设备、以及固化后内衬管的检验和测试。

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 1040.4-2006 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

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

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 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 36872 结构用集成材生产技术规程

GB 50268 给排水管道工程施工及验收规范

GB 50332 给水排水工程管道结构设计规范

GBZ/T 205 密闭空间作业职业危害防护规范

CJJ 6 城镇排水管道维护安全技术规程

CJJ 68 城镇排水管道与泵站维护技术规程

CJJ 181 城镇排水管道检测与评估技术规程

CJJ/T 210 城镇排水非开挖修复更新工程技术规程

ISO 7685 塑料管道系统—玻璃增强热固性塑料(GRP)管—初始环刚度的测定方法(Plastics piping systems—Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes—Determination of initial ring stiffness)

ISO 10952 塑料管道系统—玻纤增强热固塑料(GRP)管材与管件—压扁状态下管段内壁耐化学性测试(Plastics piping systems—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)

3 术语定义、符号和缩略语

3.1 术语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

紫外光原位固化法 UV cured-in-place pipe

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

3.1.2

干软管 dry tube

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

3.1.3

湿软管 wet tube

干软管经浸渍树脂后尚未固化的管材,由载体材料、和/或增强材料、树脂体系和薄膜组合而成的柔性软管。

3.1.4

内衬管 liner

湿软管进入原有管道经安装并固化形成的管道内衬。

3.1.5

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。

3.1.6

磨损层 abrasion layer

紫外光固化产品使用过程中设计的磨损层,声明作为服役后预期磨损牺牲厚度的内层。

3.1.7

载体材料 carrier material

内衬的多孔组件,它在插入更新的管道时携带液态树脂,在树脂固化后成为内衬系统的一部分。

3.1.8

紫外光固化 UV curing

通过光照来启动或加速树脂聚合的过程。

3.1.9

永久性薄膜 permanent membrane

在湿软管安装和树脂体系(3.1.12)固化过程中保持内衬完整,并为UV-CIPP内衬管的使用寿命提供相关功能的内外膜。

3.1.10

增强材料 reinforcement

用于增强内衬结构层的尺寸稳定性和/或改善固化后复合材料的结构性能在湿软管中掺入纤维形成的材料。

注:增强材料可与载体材料结合构成新载体材料,也可以是单独的材料层。

3.1.11

树脂体系 resin system

由固化材料和特定比例的填料或其他添加剂组成的热固性树脂。

3.1.12

半永久性薄膜 semi-permanent membrane

湿软管(3.1.3)插入和树脂体系(3.1.12)固化阶段用于保持内衬完整性的内膜或外膜。

3.1 符号和缩略语

3.2.1 符号

b ——试件宽度
 C_E ——弯曲试件三点弯曲模量修正系数
 C_σ ——弯曲试件三点弯曲应力修正系数
 d_m ——复合材料中厚管材试样的平均直径 ($=2R_2$)
 d_n ——标称外径
 E_0 ——短期弯曲模量
 E_c ——曲率修正前弯曲试件三点弯曲试验表观弯曲模量
 E_f ——平板试件三点弯曲试验表观弯曲模量
 E_x —— x 年后的长期弹性模量
 Et —— t 时刻的弯曲蠕变模量
 e_1 ——内膜厚度
 e_2 ——外膜厚度
 e_c ——复合材料厚度
 e_{tot} ——总厚度
 $e_{c,m}$ ——复合材料平均厚度
 $e_{c,min}$ ——复合材料最小厚度
 F ——弯曲试验中施加的荷载
 h ——试件总厚度
 h_m ——试件平均厚度
 I ——单位长度管壁惯性矩 (面积二次矩)
 L ——弯曲试验中支撑点间距
 L_1 ——弯曲试件与支撑接触点之间的间距
 L_2 ——弯曲试件弯曲试验时的真正跨度
 L_3 ——弯曲试件弯曲试验时的总弦长
 r ——支座半径
 R_2 ——复合材料试件在厚度中线处的曲率半径
 R_1 ——试件内表面的曲率半径
 V ——弯曲试件与支座接触点到试件中点的间距
 ε_{fM} ——最大载荷作用下的弯曲应变
 σ_0 ——蠕变试验中要求的弯曲应力
 σ_c ——曲率修正前弯曲试件三点弯曲试验表观弯曲应力
 σ_f ——平板试件三点弯曲试验的弯曲应力
 σ_{fb} ——第一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_x —— x 年后的极限弯曲强度
 Φ ——三点弯曲试验中弯曲试件与支座接触点之间弧长所对圆心角之半

3.2.2 缩略语

UV-CIPP——紫外光固化法

EP——环氧树脂
GRP——玻璃增强热固性塑料
PA——聚酰胺
PAN——聚丙烯腈
PE——聚乙烯
PEN——聚萘二甲酸乙二醇酯
PET——聚对苯二甲酸乙二醇酯
PPTA——芳纶
PVC-U——未增塑聚氯乙烯
UP——不饱和聚酯树脂
VE——乙烯基酯树脂

4 基本规定

- 4.1 紫外光原位固化法可用于内径为 200mm 至 1800mm 的各类无压排水管道的修复。
- 4.2 从事排水管道紫外光固化修复工程的设计、施工单位应具备相应的技术能力。
- 4.3 排水管道紫外光固化修复工程应依据原有管道的检测评估报告进行设计和施工。
- 4.4 管道结构性修复后的工作年限不得低于原有管道的结构设计工作年限，对城镇排水干管，管道结构性修复后的结构设计工作年限不得低于 50 年；利用原有管道结构进行半结构性修复的管道，其结构设计工作年限不应低于原有管道结构的剩余设计工作年限，且不低于 20 年。
- 4.5 排水管道紫外光固化修复工程所用材料应具有质量合格证书、性能检测报告、使用说明书，进口产品还应具有商检报告，合格后方可使用。
- 4.6 排水管道紫外光固化修复工程所用的原材料、半成品、成品以及内衬管的质量应符合 GB/T 36872 的相关要求。
- 4.7 管道修复完成后，应对内衬管端口或检查井接口处进行连接和密封处理。
- 4.8 排水管道紫外光固化修复施工应符合国家和地方政府有关环境保护的法律、法规的规定，采取有效措施控制施工现场的各种废弃物、噪声以及振动等对环境造成的污染和危害。
- 4.9 密闭空间内进行修复作业时应该符合 GBZ/T 205 和地方政府有关密闭空间作业的法律、法规的要求。
- 4.10 修复后管道的过流量不应小于原有管道的实际过流量。

5 材料

5.1 树脂材料

- 5.1.1 紫外光原位固化采用的原材料应包括载体材料和树脂，可根据设计需求选择增强材料、内膜和/或外模，各构成部分具备的功能见附录 A；原材料的技术性能应符合内衬管的要求，其质量标准、检测方法 & 检测规则等应符合相关标准的规定。
- 5.1.2 紫外光原位固化产品及其安装不得对城市的其他管线或设施造成不利影响。施工采用的材料不应导致污水处理厂产生有害化合物。
- 5.1.3 紫外光原位固化使用的树脂体系应符合下列规定：
- a) 树脂体系应采用不饱和聚酯树脂（UP）、环氧树脂（EP）或乙烯基酯树脂（VE）；

- b) 所用的树脂应具有耐腐蚀、耐磨损、耐城市污水性能；应具有良好的浸润性及触变性能，应符合表 1 的要求。

表1 管道水质条件与树脂材料选择

管道水质条件	选用树脂类型
雨水，城市生活污水	UP树脂、EP树脂
pH≥8的碱性腐蚀性的废排水，或者含有甲醇、甲苯类有机溶剂成分的废排水，或者温度高于40℃的废水	VE树脂，EP树脂，须树脂供应商出具其可以用于该用途排水的适用报告

- c) 紫外光固化专用树脂体系浇铸体性能要求应符合表 2 中的相关要求限值：

表2 UV-CIPP 树脂浇铸体性能要求

纯树脂性能	间苯/邻苯	乙烯基酯	环氧树脂	标准
弯曲模量, MPa	≥3000	≥3000	≥3000	GB/T 2567
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, %	≥2.5	≥4	≥4	
热变形温度, °C	≥88	≥93	≥85	GB/T 1634.2-2019, B法，侧立式

- d) 树脂储藏环境、储藏温度和储藏时间应根据树脂本身的稳定性和固化体系来确定。树脂和添加剂混合后应及时进行浸渍。
- e) 浸渍过树脂的湿软管应存储在避光和产品要求的温度环境中，运输过程中应记录湿软管暴露的温度和时间。

5.2 干软管

5.2.1 干软管制作应符合下列规定：

- 采用折叠或缝合方法制作湿软管，应先制作干软管；
- 干软管可由单层或多层聚酯纤维毡或同等性能的材料组成，并应与所用树脂兼容，且应能承受施工的拉力、压力和固化温度；
- 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膜；
- 折叠法的各层纤维毡或同等性能的材料接缝应错开；

5.2.2 干软管材料应符合下列规定：

- 干软管应有足够的拉伸、弯曲性能，以确保能承受安装压力和树脂固化温度以及适应非规则部分管道的修复；
- 紫外光固化内衬采用的常规干软管承受的最大拉力符合表 3；

表3 UV-CIPP 干软管承受的最大拉力（单位：kN）

管径×壁厚（mm）	最大拉力
DN300×4	40
DN400×5	55
DN500×6	100
DN600×6	125
DN700×8	190

表 3 UV-CIPP 干软管承受的最大拉力（单位：kN）（续）

管径×壁厚（mm）	最大拉力
DN800×8	225
DN1000×10	340
DN（1200～1600）×12	500
DN 1800×12	700

- c) 干软管的轴向拉伸率不得大于 2%；
- d) 玻璃纤维增强的干软管应至少包含两层玻璃纤维层；
- e) 干软管制作厚度应确保固化后管壁大于等于内衬管材的设计厚度；
- f) 干软管的长度应大于待修复管道的长度，干软管直径的大小应保证在固化后能与原有管道的内壁紧贴在一起，同时也不得因软衬管直径过大而在管道内部产生影响质量的隆起或褶皱。

5.3 内膜和外膜

5.3.1 紫外光固化内衬的内膜和外膜表面应光滑，并且完整、无破损，具有良好的抗渗及防腐性能，通常可以采用下列材料，

- 聚乙烯（PE）；
- 聚丙烯（PP）；
- 聚氨酯（PUR）；
- 聚酰胺（PA）；
- 聚氯乙烯（PVC）。

5.3.2 紫外光固化内衬的内膜和外膜主要技术参数应符合表 4 的要求：

表4 UV-CIPP 内膜和外膜主要技术参数

项目	数值
耐温	-40℃～85℃
拉伸强度	>55MPa
延伸率	8～30%
紫外光透光率/%	≥80
厚度	100 μm～300 μm

5.4 湿软管

5.4.1 湿软管外观应符合下列规定：

- a) 湿软管厚度均匀；
- b) 表面无破损；
- c) 表面无较大面积褶皱；
- d) 表面无肉眼可见气泡。

5.4.2 湿软管由增强材料、树脂载体材料、加固材料和/或内外模组成，如图 1 所示。湿软管应包括树脂材料和载体材料，可选用加固材料、永久性、半永久性或临时性的内膜或/和永久性、半永久性及临时性的外膜。

- 标引序号说明：
- 1——内膜；
 - 2——复合材料（树脂载体材料/加固材料，包括磨损层）；
 - 3——外膜；
 - 4——现有管道。

图1 典型的湿软管管壁结构

5.4.3 紫外光固化湿软管构成部分应使用符合表 5 要求的材料，应对每个部件所使用的材料进行说明。

表5 紫外光固化湿软管构成部分材料

湿软管构成部分	材料
树脂体系	
a) 树脂类型：	a) UP, VE 或 EP ^a ；
b) 填料类型：	b) 无机填料或有机填料；
c) 固化剂类型：	c) 紫外光固化剂。
载体材料/加固材料	a) 聚合物纤维:PA, PAN, PEN, PET, PP 或 PPTA； b) ISO 10467 中推荐的“E”，“C”，“R”型和/或“E-CR”型玻璃纤维； c) ISO 13002 中标明的碳纤维； d) 以上几种纤维的组合。
薄膜	符合 5.3 规定 ^c
^a UP 应选用间苯型不饱和聚酯树脂； ^b 其它目前实际在用的树脂体系虽然不在此范围内，但原则上可根据本文件进行测试； ^c 如果需要组合使用多种纤维，则制造商应声明每种纤维的质量分数，实际值与声明值的偏差不应超过 5%。	

5.4.4 湿软管表面应无撕裂、孔洞、切口、异物等表面缺陷，树脂体系应满足待修复污水管道的要求。

5.5 内衬管

- 5.5.1 CIPP 内衬管表观质量应符合下列规定：
- a) 内衬管表面应光洁，无局部孔洞、贯穿性裂纹和软弱带；
 - b) 局部划伤、磨损、气泡或干斑的出现频次每 10m 不大于 1 处；
 - c) 内衬管褶皱应满足设计要求，当设计无要求时褶皱时应满足最大褶皱不应超过 6mm；
 - d) 内衬管应与原有管道贴附紧密。

- 5.5.2 紫外光原位固化法内衬管的耐化学腐蚀性检验可按现行国家标准 GB/T 11547 执行。
- 5.5.3 内衬管的尺寸、性能检测应符合下列规定：
- a) 壁厚检验应按 GB/T 8806 的有关规定执行，壁厚应符合设计要求；壁厚检测方法，测量值不小于设计最小值；
 - b) 紫外光固化内衬管壁各组成层的厚度和相对位置（包括公差）应按照标称值确定。管壁结构中的最大含气量和/或最大体积也应规定。应通过目视检查管道切割部分的边缘厚度，必要时可使用精度达到 0.1 mm 的刻度尺或游标卡尺检测。
 - c) 在实验室按照规定试验方法进行测量时，安装的内衬管厚度应符合表 6 的要求。

表6 固化后内衬管厚度要求

特性	需求	测试
复合材料的平均壁厚 $e_{c,m}$	不低于设计厚度（包括任何磨损层厚度）	B. 4. 1
复合材料的最小壁厚 $e_{c,min}$	不低于设计厚度的 80%（包括任何磨损层的厚度），或 3mm，以较大者为准。 ^a	
注1： $e_{c,min}$要求不适用于既有管道的不平整造成壁厚减小的情形。 注2： 为了验证任何夹带的空气和/或产生的气体不超过标示的最大比例体积，可对薄片进行微观检测。对于均匀复合材料，可通过测试试样的密度来检测。 注3： 在工作井附近或支管附近的紫外光固化内衬壁厚值不应作为检测样本。		

5.5.4 紫外光原位固化法内衬管的短期力学性能应符合表 7 的要求。

表7 内衬管短期力学性能

项目	要求 ^a	测试参数		测试方法
		参数	数值	
初始环刚度 S ₀	≥标称值 (标称值不应低于 0.25 kPa)	试样数量 试样长度 —dn≤300 mm —dn>300 mm 挠度	2 dn±5 % 300 mm±15 mm (3± 0.5) %	ISO 7685 方法 A
短期弯曲模量 E ₀	≥标称值 (标称值应满足: 不含玻纤内 衬管: ≥2000 MPa 玻纤增强内衬管: ≥10000 MPa)	试样数量试样 测试速度 试样方向	5 10 mm/min 应符合 6.7 条	附录 B
初次断裂的弯曲应力 σ _{fb}	≥标称值 (MPa)			
初次断裂的弯曲应变 ε _{fb}	≥标称值, 但不低于 0.75 %			
轴向拉伸强度 σ _L	≥标称值 (MPa)	试样数量试样	5	GB/T 1040.4-2006, 方法 A 或方法 B ^b
轴向拉伸断裂伸长率	≥标称值, 但不低于 0.5 %	测试速度	5 mm/min	
^a 标称值是指由一组指定数量的试样的测试结果确定的每个特性的平均值。标称值对应该性能按规定试样数量测试结果的平均值。 ^b 如有争议, 采用方法 A。				

5.5.5 紫外光固化内衬管在恒定挠度（耐应变腐蚀性）下的化学侵蚀性应符合表 8 中的相关要求。

注：如果载体材料/增强材料完全由PET纤维组成，测试经验表明没有发生应变腐蚀失效。

表8 紫外光固化内衬附加特征

项目	要求	测试参数		测试方法
恒定挠度下的耐化学性（耐应变腐蚀） ^a	50 年外推的最小失效应变标称值,但不应低于 0.45％	测试介质	0.5mol/l 硫酸	ISO 10952
		试样数量	18	
		试样长度		
		dn≤300mm	dn±5%	
		dn>300mm	300mm±15mm	
		试样直径	150mm≤dn≤400mm	
内衬管耐碱性	弯曲强度保留率与弯曲模量保留率的平均值≥80%	外推时间	50 年	GB/T 3857
		测试介质	0.5%(质量分数)氢氧化钠	
^a 测试项目的选择取决于内衬设计工况，通常只选择测试其中一项。				
注：表中如果载体材料/增强材料完全由PET纤维组成，则无需进行测试。				

5.5.6 内衬管的周长应按现有管道的尺寸确定，以便在安装时与现有的排水管道管壁形成紧密配合，满足设计的要求。应将安装过程中轴向和周向拉伸的余量计入内衬管的生产长度和厚度中。

5.5.7 内衬管和配件应从表 5 中给出的材料表选择并相互兼容。半永久性内膜与复合材料的粘结强度应足够大以防止在材料喷射过程中或者在正常运营时的松散材料脱落，堵塞排水管道。

5.5.8 固化后的内衬管长度应连续，在各检查井之间不设多余连接。

5.5.9 内衬材料的标识应满足下列要求：

- a) 为满足内衬管安装在非圆形管渠的情形，标识的尺寸信息应为标称外径或与内衬管外周长相同的圆的外径。
- b) 标注的尺寸应为紫外光固化内衬标称壁厚。
- c) 所使用的内衬结构和（如果预浸渍）树脂体系中应有制造商的信息标识。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 紫外光原位固化法修复工程设计前应详细调查原有管道的基本信息、工程地质和水文地质条件、现场及周边的施工环境。

6.1.2 应按 CJJ 181 的有关规定对原有管道的缺陷进行检测与评估，根据检测和评估报告的结论确定修复方式，整体或局部修复，结构性修复或半结构性修复。

6.1.3 紫外光原位固化法修复工程的设计应符合下列规定：

- a) 当原有管道不满足 UV-CIPP 修复要求时，应进行预处理；
- b) 修复后管道的结构应满足强度、稳定及变形要求；
- c) 修复后管道的过流能力应满足要求；
- d) 修复后管道应满足清疏要求。

6.2 内衬管结构设计

6.2.1 紫外光固化法所用软管尺寸应与原有管道内径相匹配。

6.2.2 内衬壁厚设计采用下列公式：

a) 内衬管与原有管道联合承受外部地下水静液压力及真空压力时的内衬管壁厚设计公式为式(1)：

$$t = \frac{D_0}{\left[\frac{2KE_L C}{(P_w + P_v)N(1-\mu^2)} \right]^{1/3} + 1} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_w ——管底位置地下水压力 (MPa)， $P_w=0.00981H_w$ ；

H_w ——管底处地下水位深度 (m)；

P_v ——真空压力 (MPa) (根据工程实际取值，且不小于0.05MPa)；

N ——管道截面环向稳定性抗力系数 (取值不应小于2.0)；

E_L ——内衬管的长期弯曲弹性模量 (MPa)；

K ——圆周支持率，应取值为7.0；

μ ——泊松比，取0.3。

C ——椭圆度折减因子，按公式(2)计算：

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

式中：

q ——原有管道的椭圆度 (%)，按公式(3)计算：

$$q = 100 \times \frac{(D_E - D_{\min})}{D_E} \quad \text{或} \quad q = 100 \times \frac{D_{\max} - D_E}{D_E} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

D_E ——原有管道的平均内径 (mm)；

$D_{\min}$ ——原有管道的最小内径 (mm)；

$D_{\max}$ ——原有管道的最大内径 (mm)；

b) 排水管道结构性修复内衬管独立承受外部总荷载 (地下水静液压力、土壤静载荷、活载荷) 壁厚设计公式为式(4)。

$$t = 0.721D_0 \left[\frac{(N \cdot q_r / C)^2}{E_L \cdot R_w \times B' \times E_s'} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

E_s' ——管侧土综合变形模量 (MPa)，参照GB 50332选取。

q_r ——管道总的外部压力 (MPa)，按公式(5)计算：

$$q_r = 0.00981H_w + \frac{\gamma \cdot H_s \cdot R_w}{1000} + W_s \dots\dots\dots (5)$$

式中：

γ ——土体重度 (kN/m³) ;

H_s ——管顶覆土厚度 (m) ;

W_s ——活荷载 (MPa) , 地面车辆荷载的确定应GB 50332 中的规定进行;

R_w ——水浮力因子 (最小取0.67) , 按公式 (6) 计算:

$$R_w = 1 - 0.33 \times \frac{H_w}{H_s} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

H_w ——管底处地下水位深度 (m) ;

H_s ——管顶覆土厚度 (m) 。

B' ——弹性支撑系数, 按公式 (7) 计算:

$$B' = \frac{1}{1 + 4e^{-0.213H_s}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

H_s ——管顶覆土厚度 (m) 。

- c) 对给排水管道进行半结构性修复时, 当原有管道存在大面积腐蚀或破损孔洞时, 内衬管承担原有管道局部孔洞处内水压力, 当缺口或孔洞尺寸较小、且满足公式 (1) 时, 应按公式 (4) 对内衬管壁厚设计值进行校核; 当缺口或孔洞尺寸较大且超出公式 (4) 的范围时, 应按紫外光固化内衬结构强度计算公式 (8) 及 (9) 对内衬管壁厚设计值进行校核。

$$\frac{d_h}{D_E} \leq 1.83 \cdot \sqrt{\frac{t}{D_0}} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

d_h ——原有管道中缺口或孔洞的最大直径 (mm) ;

D_E ——原有管道的平均内径 (mm) ;

$$t \geq \frac{D_0}{1 + \sqrt{5.33 \times \left(\frac{D_E}{d_h} \right)^2 \times \frac{\sigma_L}{NP_n}}} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

σ_L ——内衬管道的长期弯曲强度 (MPa) , 咨询生产商或取短期强度的50%。

- 6.2.3 当排水管道进行结构性修复时, DN600 以上的内衬结构设计应按照 GB 50332 中的要求进行变形计算, 并采取适当的构造措施。

6.3 水力计算

排水管道的水力计算应满足以下要求:

- a) 排水管道流量按照公式 (10) :

$$Q = Av \dots\dots\dots (10)$$

式中:

A ——水流有效断面面积 (m²) ;

- v ——流速 (m/s) ;
- b) 流速按照公式 (11) 计算:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \dots\dots\dots (11)$$

- 式中:
- i ——水力坡降;
- n ——管道的粗糙系数;
- R ——水力半径 (m) 。

- c) 修复后管道的过流能力与修复前管道的过流能力的比值应按式 (12) 计算:

$$B = \frac{n_e}{n_l} \times \left(\frac{D_l}{D_E} \right)^{8/3} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

- 式中:
- B ——管道修复前后过流能力比;
- n_e ——原有管道的粗糙系数, 取值可参考表9;
- D_l ——内衬管的内径 (m) ;
- n_l ——CIPP管的粗糙系数, 取值可参考表9。

表9 粗糙系数推荐值

管材类型	粗糙系数 n
原位固化内衬管	0.010
混凝土管	0.013
砖砌管	0.016
陶土管	0.014
钢管	0.012
铸铁管	0.013
玻璃钢管	0.0084
塑料管	0.010
注: 本表所列粗糙系数均在完整无损管道条件下测得。	

7 施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 施工单位在开工前应编制施工组织设计, 对关键的分部工程应分别编制专项施工方案。施工组织设计、专项施工方案必须按照规定程序审批后执行, 有变更时要办理变更审批。
- 7.1.2 施工设备应根据工程特点合理选用, 并应有总体布置方案, 应有满足施工要求的动力和设备。对不宜间断施工的项目, 应有备用动力和设备。
- 7.1.3 当管道内需采取临时排水措施时, 应符合下列规定:
- 应按 CJJ 68 的有关规定对原有管道进行封堵;
 - 当管堵采用充气管塞时, 应随时检查管堵的气压, 当管堵气压降低时应及时充气;
 - 当管堵上、下游有水压力差时, 应对管堵进行支撑;

- d) 临时排水设施的排水能力应能确保修复工艺的施工要求。
- 7.1.4 修复工程所用的管材、管道附件、构（配）件和主要原材料等产品进入施工现场时必须进行进场验收并妥善保管。进场验收时应检查每批产品的质量合格证、性能检测报告、使用说明书、进口产品的商检报告及证件等，并按国家有关标准规定进行复检，验收合格后方可使用。
- 7.1.5 施工单位应按照相应的施工技术标准对工程质量进行全过程控制，建设单位、设计单位、监理单位等各方应按有关规定对工程质量进行管理。

7.2 管道预处理

- 7.2.1 紫外光固化修复工程施工前，应对原有管道进行预处理，并应符合下列规定：
- a) 预处理后的原有管道内应无沉积物、垃圾及其他障碍物，不应有影响施工的积水和渗水现象；
 - b) 管道内表面应洁净，应无影响干软管衬入的附着物、尖锐毛刺、突起现象；
 - c) 管道有沉降、变形、破损和接头错位的部位，应先进行复位和修复处理；
 - d) 当采用局部修复法时，原有管道待修复部位及其前后 0.5m 范围内管道内表面应洁净无附着物、尖锐毛刺和突起，材料进入端应清洗干净，无影响软管材料进入的异物；
 - e) 原有管道地下水位较高，内部存在可能影响整体固化的二级及以上渗漏时，可对漏水点通过注浆等措施进行止水或隔水处理。
- 7.2.2 管道宜采用高压水射流进行清洗，清洗产生的污水和污物应从检查井内排出，污物应按 CJJ 68 中的有关规定处理，但是应避免对管道造成进一步的损伤和破坏。
- 7.2.3 管内影响内衬施工的障碍物宜采用专用工具或局部开挖的方式进行清除。
- 7.2.4 有内钢套的原有管道，应对内钢套进行预处理。
- 7.2.5 在进行内衬施工前，应对预处理后的管道使用 CCTV 设备进行检查，确保管道清洁并且无障碍物，检查结果作为记录并保存。

7.3 施工设备

- 7.3.1 紫外光固化系统应具有下列功能：
- a) 固化过程的静态和动态数据瞬时采集与存储，包括控制开灯时间、固化巡航速度、长度、压力，控制软件可记录每个紫外光灯管工作发射紫外线的时间；
 - b) 固化设备每分钟自动记录温度、压力、巡航速度和距离，自动识别紫外光灯架类型、功率。
- 7.3.2 紫外光固化施工前，应开展下列工作：
- a) 应对紫外光灯架进行外观检查，并应对紫外光灯管进行清洁；
 - b) 紫外光灯管首次运行时间达到 500h 后，应对紫外灯管进行功率检测，并应测量所使用的紫外光灯的辐射通量功率密度，与标准紫外光灯管进行比较测量；检测紫外光灯管应采用经过校准的测量紫外光灯管检测仪进行检查并出报告；
 - c) 紫外光灯管运行 150h 后应检查一次，当所接收的辐射通量密度衰减超过 30% 时，应更换紫外光灯管；
 - d) 每只紫外光灯管的检测记录应包括批号、编码代号、首次使用时间、运行时间、检查日期、测量值及检测结果等内容。
- 7.3.3 紫外光固化设备应符合下列规定：
- a) 紫外光源应根据软管的直径/壁厚规格组装紫外光灯架；
 - b) 紫外线光固化时，紫外光灯架应持续工作；
 - c) 光化波长应与每个湿软管产品上所提供的波长一致。
- 7.3.4 所有技术专用设备应记录在施工手册中。描述的项目应包括以下内容：
- a) 树脂储存，混合和浸渍设备（如果在安装现场进行浸渍）；

- b) 拉入设备，包括：用于绞盘拉入的绞盘和控制器、用于充气的空气压缩机和用于维持和/或监测压力的设备。
- c) 固化设备，包括：参数采集设备和光固化系统；
- d) 障碍物清理设备，包括手动或机械切割器和/或用于端口处理的研磨机。

7.4 湿软管拉入及固化

7.4.1 树脂浸渍应符合本标准以下规定：

- a) 浸渍树脂时用于抽真空、搅拌、传送碾压的设备应齐全、性能良好，并符合批准后的施工组织设计要求；
- b) 浸渍树脂应采取避光，降温等措施，宜在室内完成。环境温度不应高于 30℃；
- c) 浸渍前应对软管进行检测，确认干软管无破损；
- d) 干软管应在抽成真空状态下充分浸渍树脂，且不得出现气泡；
- e) 在浸渍干软管之前应计算树脂的用量，树脂的各种成分应进行充分混合，实际用量应比理论用量多 5%~15%；
- f) 树脂和添加剂混合后应及时进行浸渍，当不能及时浸渍时，应将树脂避光冷藏，冷藏温度和时间应根据树脂本身的稳定性和固化体系来确定；
- g) 整平、碾压湿软管时应匀速，并确定碾压厚度在设计范围内，且应控制干斑、气泡、厚度不匀、褶皱等缺陷的出现。

7.4.2 拉入湿软管之前应在原有管道内铺设底膜，底膜应置于原有管道底部，并应覆盖大于 1/3 的管道周长，且应在原有管道口端进行固定。

7.4.3 湿软管拉入应符合下列规定：

- a) 在拉入前，应检查底膜，不得磨损或划伤湿软管；
- b) 软管进入检查井时，宜采取铺设传送滚轮等方式防止软管外膜划破。
- c) 应沿管底的底膜将湿软管平稳、缓慢地拉入原有管道，牵引速度和牵引力应根据制造商提供的数值而定；拉入速度应不大于 5m/min；
- d) 拉入过程中，湿软管承受的最大拉力不应超过 5.4 规定的干软管的最大拉力值。
- e) 湿软管两端端口伸出原有管道的长度应符合表 10 要求。

表10 湿软管两端端口伸出长度

湿软管管径	端口伸出长度
D≤500mm	≥500mm
500mm<D≤800mm	≥800mm
D>800mm	≥1000mm

- f) 湿软管拉入原有管道之后，宜对折放置在垫膜上。

7.4.4 湿软管应采用压缩空气扩展，并符合下列规定：

- a) 软管两端应套扎头布，扎头应使用绑扎带绑扎牢固；
- b) 充气管及压力监测管宜连接在湿软管入口端的扎头密封盖上；
- c) 充气前应检查湿软管各连接处的密封性；
- d) 软管内的压力加压应缓慢，加压速度不宜超过 50KPa/min，软管内的工作压力应能使湿软管充分膨胀扩张并紧贴原有管道内壁。

7.4.5 紫外光固化时应符合下列规定：

- a) 紫外灯安装应避免损伤内膜，大于 DN800 的管道应设置空气锁；
- b) 紫外光固化过程中，湿软管内应保持压缩空气压力不变；

- c) 压力应根据内衬的管径与壁厚,按湿软管内衬制造商所给出的参数表选用,压力达到参数表压力时,应保持不少于 10min;
 - d) 应按湿软管内衬制造商提出的产品要求采用紫外光灯架型号、灯功率、数量以及固化巡航速;
 - e) 固化巡航时,应测量湿软管内表面上软管内衬固化时的温度;
 - f) 湿软管固化完成后,应缓慢降低管内压力至大气压,降压速度不大于 0.01MPa/min。
- 7.4.6 固化完成后,内衬管端头应按以下规定进行密封和切割处理:
- a) 应在内衬管与原有管道之间充填树脂混合物进行密封,且树脂混合物应与湿软管的树脂材料相同;
 - b) 内衬管端头应切割整齐。
- 7.4.7 拉入软管的施工应对湿软管拉入长度、扩展压缩空气压力、湿软管固化温度、时间和压力、紫外线灯的巡航速度、内衬管冷却温度、时间、压力等记录和检验。

7.5 局部原位固化法

- 7.5.1 内衬管的长度应能覆盖待修复缺陷,且轴向前后应比待修复缺陷长 200mm。
- 7.5.2 浸渍树脂应符合下列规定:
- a) 采用紫外光固化树脂时,树脂的固化时间宜为不大于 5min。
 - b) 树脂的浸渍应按本规程第 8.4 节的相关规定进行;
 - c) 湿软管浸渍完成后,应立即进行修复施工,且不应受灰尘等杂物污染。
- 7.5.3 湿软管的安装应符合下列规定:
- a) 湿软管应绑扎在可膨胀的气囊上,气囊应具备一定的水压或气压承受能力和良好的密封性能;
 - b) 可采用气囊或小车将湿软管运送到待修复位置,并使用 CCTV 设备实时监测、辅助定位;
 - c) 气囊的工作压力和修补管径范围应符合气囊设备规定的技术要求。
- 7.5.4 点状原位固化法应做好树脂用量、湿软管浸渍停留时间和使用长度、气囊压力、湿软管固化温度、时间和压力以及内衬管冷却温度、时间、压力等记录和检验。

8 验收

8.1 一般规定

- 8.1.1 施工过程中需要检查验收的资料应进行核实,符合设计、施工要求的管道方可进行管道功能性试验。
- 8.1.2 进入施工现场所用的各类管材的规格、尺寸、性能等应符合本标准第 6 章和第 7 章的规定和设计要求,每一个分项工程的同一生产厂家、同一批次产品均应按设计要求进行性能复测。
- 8.1.3 样品送检应满足如下要求:
- a) 应由第三方进行检测,并出具完整检测报告;
 - b) 每个样品应有样品说明单,其内容至少包括如下信息:
 - 1) 内衬材料、尺寸、树脂类型、是否有涂层、内衬生产商;
 - 2) 施工日期、采样日期;
 - 3) 采样位置、采样方法;
 - 4) 测试委托方、施工方签字确认。
 - c) 当上述测试结果不满足质量要求时,应由材料供应商、施工方和业主共同商议后确定增补测试项目。

- d) 不含玻璃纤维和含玻璃纤维内衬管的短期力学性能和测试方法应符合表 11 的规定；内衬管的长期力学性能应根据设计要求进行测试，且不应小于初始性能的 50%。

8.1.4 修复后的管道内应无明显湿渍，不得出现滴漏、线漏等渗水现象。

对于内周长恒定的直管，其不平整度可取既有管道公称直径的2%或6mm，以较大者为准，内衬管不应导致额外的不平整度。

注：如果内衬管的设计需要满足水力学要求，在适当的情况下，可以改变该限定值。

8.1.5 原位固化修复工程的质量验收不合格时，应按下列规定处理：

- a) 经返工重做或更换管节、管件、管道设备等的验收批，应重新进行验收；
- b) 经有相应资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的验收批，可协商验收；
- c) 经有相应资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位验算认可，能够满足结构安全和使用功能要求的验收批，应予以验收；
- d) 经返修或加固处理的分项工程、分部（子分部）工程，改变外形尺寸但仍能满足结构安全和使用功能要求，可按技术处理方案文件和协商文件进行验收。

8.1.6 通过返修或加固处理仍不能满足结构安全或使用功能要求的分部（子分部）工程、单位（子单位）工程，严禁验收。

8.1.7 单位工程经施工单位自行检验合格后，应由施工单位向建设单位提出验收申请。单位工程有分包单位施工时，分包单位对所承包的工程应按本规范进行验收，验收时总承包单位应派人参加；分包工程完成后，应及时地将有关资料移交总承包单位。

8.1.8 单位工程质量验收合格后，建设单位应按规定将竣工验收报告和有关文件，报工程所在地建设行政主管部门备案。

8.1.9 紫外光固化修复工程的质量验收除应满足本章节的规定外，尚应符合 GB 50268 的有关规定。

8.2 原有管道预处理验收

8.2.1 主控项目

8.2.1.1 原有管道经检查，其损坏程度、施工方案满足设计要求。检查方法：

- a) 按 CJJ 181 和 CJJ/T 210 的有关规定进行检查；
- b) 对照设计文件检查施工方案；
- c) 检查原有管道检测与评估报告、与设计的洽商记录等。

8.2.1.2 原有管道经预处理后，应无影响修复施工工艺的缺陷，管道内表面应符合 7.2.1 条的规定。检查方法：

- a) 全数观察；
- b) 检查预处理施工记录、相关技术处理记录。

8.2.2 一般项目

8.2.2.1 原有管道的预处理应符合设计和施工方案的要求。检查方法：

- a) 对照设计文件和施工方案检查管道预处理记录；
- b) 检查施工材料质量保证资料；
- c) 检查施工检验记录或报告。

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

- a) 观察；
- b) 检查施工记录；

- c) 检查试穿管段试通记录;
 - d) 检查相关技术处理记录。
- 8.2.3 按要求已进行管道内表面基面处理、周边土体加固处理,且应符合设计和施工方案的要求。
- 8.2.4 检查方法:检查施工记录、技术处理方案和施工检验记录或报告。
- 8.2.5 按要求已完成拼合管制作,现场拼合管工况条件应符合样品管的制备要求。
- 8.2.6 检查方法:观察;检查施工材料质量保证资料、施工记录等。

8.3 取样

- 8.3.1 现场取样检测应满足在相同施工条件下每 3 个修复段现场制作样品管 1 个,或者按照设计要求进行取样检测。
- 8.3.2 现场取样应符合下列规定:
- a) 宜采取在原有管端部设置拼合管的方式制作;取样时应考虑检查井的尺寸,取样长度宜不小于原有管道直径的 1 倍,或应满足测试要求;
 - b) 在拼合管的周围应堆积沙包或采取其它措施保证和实际修复的管道处于同样的工况环境条件;
 - c) 在管道修复过程中,同时对拼合管进行内衬固化,待内衬管复原冷却或固化冷却后,打开拼合管,截取样品管;
 - d) 用于检测质量的内衬管应尽可能在检查井处选取,避免在修复开始端口或终止端口选取;
 - e) 应在施工日志中记录内衬管的样品的切割方法,应有相关的试验数据证明切割方法不会影响实际内衬管试样的性能;
 - f) 当圆型内衬直径小于 600mm,可使用围管或者套管法在检查井处取样,对于其他直径的内衬管样品,应从实际的管壁中获取,并按照施工手册中的规定,用类似的材料补好由此产生的孔;
 - g) 当不允许在管壁上取样,或者现场条件不适于进行取样(如地下水限制了取样后衬管的充填及密封),则可以考虑采用其他的样品获取方法;
 - h) 按照表 11 和附录 B 进行三点弯曲试验时,试样的切割方向应为:
 - 1) 对于内衬管试样的周向和纵向弯曲性能的平均值相差不超过 $\pm 10\%$ 的紫外光固化内衬产品,可以使用纵向或周向试样。但是,典型试验所选择的试样方向应作为统一标准;
 - 2) 对于各项异性管壁结构的紫外光固化内衬产品,应选择周向试样进行测试。

8.4 内衬管质量检验

8.4.1 主控项目

- 8.4.1.1 原材料的规格、性能应符合本标准第 5 章的规定和设计要求,质量保证资料齐全。检查方法:对照设计文件全数检查;检查质量保证资料、厂家产品使用说明等。
- 8.4.1.2 内衬管主要材料的主要技术指标经进场检验应符合本标准第 4 章的规定和设计要求。检查方法: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;内衬管检查方法应按本规程第 8.1.3 条~8.1.6 条执行。
- 8.4.1.3 内衬管外观质量应符合本规程第 5.5.1 条的规定。检查方法:全数观察;检查接口连接分项工程质量验收记录等;检查施工记录、现场检测记录或 CCTV 记录等。
- 8.4.1.4 内衬管的最小厚度不得小于设计值。检查方法:对照设计文件用测厚仪、卡尺等量测,并检查样品管或样品板检验记录。

8.4.2 一般项目

- 8.4.2.1 管道线性和顺，接口、接缝平顺，新老管道过渡平缓；管道内无明显湿渍。检查方法：全数观察；检查施工记录、CCTV 记录等。
- 8.4.2.2 采用局部紫外光固化法施工，原有管道缺陷应被修复材料完全覆盖，且内衬管长度应符合本标准 6.5.1 的规定。检查方法：全数观察；检查施工记录等。
- 8.4.2.3 内衬管两端与原有管道间的环状空隙密封处理应符合设计要求，且应密封良好。检查方法：全数观察；对照设计文件检查施工记录等。
- 8.4.2.4 修复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。

8.5 内衬管力学性能试验

8.5.1 除非另有规定，否则本标准中规定的所有力学性能测试均应在 $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行。对于长期使用温度在 35°C 至 50°C (包括 50°C) 的情况，若无特定说明，典型试验应在设计使用温度的 5°C 范围内进行，但不得低于设计使用温度，以确定设计中评估长期性能所使用的相关因子。

注1：如果业主要求，也可以在 35°C 或更低的使用温度下重新确定评定系数。

注2：在市政管道中， $\text{DN}\leq 200$ (包括与室内接通的管道) 的工作温度通常高达 45°C ，而 $\text{DN}>200$ 的管道工作温度高达 35°C 。

- 8.5.2 试样应在测试前至少 24 小时以规定测试温度存储于空气中进行预处理（若无其余要求）。
- 8.5.3 如果需要对表 7 或表 8 中给出额标称值进行变更，则应该在产品施工手册中为紫外光固化产品记录新的标称值，并提供标称值的来源或者相关的试验测试数据支持文件。

8.6 管壁密实性试验

在固化完成后，应对内衬管管壁的密实性进行测试。测试时应满足如下要求：

- 测试应在室温条件下进行，要求温度为 $21\sim 25^{\circ}\text{C}$ ；
- 每个样品的试验点数不少于 3 个，每段施工分别取 3 个试样分别检测；
- 样本在检测前应在测试环境中至少放置 4 小时；
- 检测介质为染色的饮用水，不含松弛剂；
- 如果放在样本上的纸上出现水迹，则视为有水渗漏。在每个样本的三个检测点上，都不出现渗水，则表示合格；
- 管壁密实性试验方法按照附录 C 进行。

8.7 管道功能性试验

8.7.1 重力管道内衬管安装完成、内衬管冷却到周围土体温度后，应进行管道严密性检验。检验可采用下列两种方法之一，当修复管段的检查井采用不同工艺进行修复或未修复时，应选用闭气试验：

- 闭水试验：按 GB 50268 无压管道闭水试验的有关规定进行。实测渗水量应小于或等于按式 (13) 计算的允许渗水量：

$$Q_e = 0.0046 D_L \dots\dots\dots (13)$$

式中：

Q_e ——允许渗水量 ($\text{m}^3/24\text{h}\cdot\text{km}$) ；

D_L ——试验管道内径 (mm) 。

- 闭气法试验：按 GB 50268 的规定进行。

8.7.2 当管道处于地下水位以下，管道内径大于 1000 mm，且试验用水源困难或管道有支、连管接入，

且临时排水有困难时，可按 GB 50268 混凝土结构无压管道渗水量测与评定方法的有关规定进行检查，并做好记录。经检查，修复管道应无明显渗水，严禁水珠、滴漏、线漏等现象。

8.7.3 局部修复的重力管道可采用局部的闭气或闭水试验。

8.8 工程竣工验收

8.8.1 紫外光固化工程质量验收应符合 GB 50268 的有关规定。

8.8.2 施工单位在修复更新工程完工后，应进行工程资料整理及管道水压试验预验，自检合格并经监理单位检查同意后通知相关部门验收。

8.8.3 紫外光固化工程的竣工验收，应由建设单位组织，设计单位、施工单位、监理单位按本标准要求要求进行联合验收。

8.8.4 紫外光固化工程竣工验收应符合下列规定：

- a) 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。

8.8.5 工程竣工验收的感观质量检查应包括下列内容：

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

8.8.6 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) 修复前、后的管道检测与评估情况；
- c) 管道功能性试验情况；
- d) 管道位置贯通测量情况；
- e) 管道环向变形率情况；
- f) 管道接口连接检测、修复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试验的检验汇总情况；
- h) 涉及土体加固、原有管道预处理以及相关管道系统临时措施恢复等情况。

8.8.7 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) 修复前对原有管道的检测和评定报告及 CCTV 记录；
- d) 设计施工图及施工组织设计（施工方案）；
- e) 工程原材料、各类管材等材料的质量合格证、性能检验报告、复试报告等质量保证资料；
- f) 所有施工过程的施工记录及施工检验记录；
- g) 工程的质量验收记录；
- h) 修复后管道的检测和评定报告及 CCTV 记录；
- i) 施工、监理、设计、检测等单位的工程竣工质量合格证明及总结报告；
- j) 管道功能性试验、管道位置贯通测量、管道环向变形率等涉及工程安全及使用功能的检测资料；
- 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。

附录 A
(资料性)
CIPP 组件及其功能

树脂体系和载体材料是成品管的基本成分。根据所使用的不同内衬技术,也可以添加其他材料。表 A.1 给出了CIPP组件的可能功能。

表A.1 CIPP 组件功能

组分	工法相关的典型功能	可能的最终产品（“I”阶段）功能						
		密封性	机械性能		耐化学性	液压平稳	耐磨性	耐喷射性
			刚性	强度				
树脂体系	无	+	+	+	+a	+a	+a	+a
载体材料	液态树脂的载体	-	b	b	-	-	-	+
增强材料	增强内衬管的几何稳定性和强度	-	+	+	-	-	-	+
临时内部和/或外部薄膜	内衬管在拉入和固化期间容纳和保护未固化的树脂体系，内衬安装期过程中或之后移除	-	-	-	-	-	-	-
半永久性内膜	作为临时膜，但在树脂固化后留在原位（不依赖于在“ I”阶段保持其完整性）	-	-	-	-	-	-	+
半永久性外膜	“ I”阶段保持其完整性）	-	-	-	-	-	-	-
永久内膜	作为半永久性薄膜，但能起到增加CIPP衬垫使用寿命的功能	+	-	-	+	+	+	+
永久性外膜		+	-	-	+	-	-	-

注：载体材料通常影响复合材料的性能，例如，通过增加或减少机械阻力。

附 录 B
(规范性)
短期弯曲性能的测定

B.1 概述

依据ISO178中的三点弯曲试验原理，对“1”阶段用于测试现场或模拟施工中的试样的弯曲性能的设备、试样形状和尺寸、测试过程进行了修订，本附件可参考ISO 178: 2010 + A1: 2013中的单个条款进行修订。

还可参考ISO 14125: 1998 + A1: 2011，以获得可接受的试验跨度比，适用于纤维增强热固性化合物的平均试样厚度，以及长纤维增强复合材料中可能出现的失效模式的定义。

对于弯曲的圆周样本，提供了包括几何校正因子的修正公式，用于计算根据ISO 178或ISO 14125确定的载荷和挠度测量的弯曲模量、应力和应变值。这些和适用于三点弯曲测试的报告要求完整记录。

B.2 设备

B.2.1 厚度

对弯曲圆周样品的测试，在ISO 178: 2010 + A1: 2013, 5.3中定义的两个支撑点和一个加载边都应是半径为 $5\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ 的圆柱状或半圆柱状（见图B.1）。

为减少试样不完全平坦时，作用在其上的扭应变，试样应与支撑件完全接触，且冲击边应在垂直于样品轴线的平面内能自由旋转。

对于所有其他方面，试验机，加载和挠度测量系统以及用于测量试样宽度和厚度的设备应符合ISO 178或ISO 14125的要求。形状

从现场固化后内衬的圆周方向切割的试件应具有一致的曲率半径，以保证试件放置在支撑件上时，在沿着跨度的点上最高点距离中心位置不大于 $0.1L$ （见图B.1）。

纵向试件的边缘应相互平行切割（见图B.2）。厚度任何单个试件长度中间三分之一范围内的复合材料厚度与其平均值的偏差不得超过10%。

B.2.2 宽度

圆周方向试样的宽度一般为 $(50 \pm 1)\text{ mm}$ ，如果是从圆柱管中切割的，或如果是从平面试样中切割的，则应符合表B.1。对于使用粗增强材料的复合材料，或者如果增强材料的主方向不是圆周方向，则可以在其中一种情况或两种情况下都表明更大的试件宽度值。这些说明的试件宽度值（公差 $\pm 1\text{ mm}$ ）应分别成为弯曲和平板试样上进行所有圆周方向弯曲试验的要求。

纵向试件的宽度应符合表B.1的规定。

注：如果纵向试件的宽度因任何原因超过表B.1中规定的宽度，则在推导弯曲性能时，有必要对弯曲截面的惯性矩进行修正（见图B.2）。

表B.1 纵向试样宽度 b 值与平均壁厚 $e_{c,m}$ 的关系

平均复合厚度 $e_{c,m}$	宽度 b
$e_{c,m} \leq 10$	$15, 0 \pm 1$
$10 < e_{c,m} \leq 20$	$30, 0 \pm 1$
$20 < e_{c,m} \leq 35$	$50, 0 \pm 1$
$e_{c,m} > 35$	$80, 0 \pm 1$

B.2.3 长度

标称跨度为L的平板试件，应切割成总长度不小于 $L+4e_{c,m}$ ，除单向或多向复合材料符合ISO 14125:1998+A1:2011表3中定义的III类或IV类外，试件长度均不应小于 $L+10e_{c,m}$ 。

对于弯曲试样，超过试验跨距的试样长度应采用相同的复合厚度倍数，多余长度应沿圆周方向的试样弧度测量。试样应被切割如图B.1所定义的总弦长 L_3 ，因此通常会由 $L_3 = L_2 + 4e_{c,m} \cos \phi$ ，或者在第三、第四类类的情况下，复合材料由 $L_3 = L_2 + 10e_{c,m} \cos \phi$ 确定。

B.3 过程

B.3.1 复合材料厚度和宽度的测量

总厚度h应首先应根据ISO 3126，通过在试件三分之一跨度的六个点上测量确定（参见图B.3）。复合材料的厚度是由每次测量的总厚度减去已知的或单独测量的任何内部和/或外部膜的厚度来确定的。

注：任何永久性或半永久性膜的厚度通常可以根据8.4.2的规定赋值。

多余的树脂的试样（对应于衬管的外侧），特别是在形成一层不规则厚度的情况下，为了符合厚度公差或减少弯曲模量测量中的相关误差，在没有因此去掉预期复合材料的任何部分的前提下，可以在测试前部分或全部磨掉。在此情况下，过量纯树脂被定义为不含任何纤维的固化树脂，并且由于现场取样技术或其他原因，局部增加了树脂与纤维在复合材料中所占的比例，超过了按照8.4.2所声明的比例。

测试前，不得从复合材料厚度中扣除富含树脂层，包括作为CIPP壁结构部分的任何磨损层或打磨层。

如个别复合材料厚度测量值与平均复合材料厚度 $e_{c,m}$ 偏差超过10%，则应丢弃试件，随机选择新的试件。

如果任何单个试样的复合厚度 $e_{c,m}$ 的平均值与一组试样的平均值 $e_{c,m}$ 相差超过10%，则该试样同样应由随机选择的另一试样代替。

试样的宽度应在测厚用的三对点的位置测量（见图B.3）。

B.3.2 跨度的设置

支架之间的标称距离L应设定为 $(16 \pm 1)e_{c,m}$ ，表3中定义的III级或IV级的单向或多向复合材料外，为了避免由层间剪切引起的失效，应根据需要采用以较高的 $L/e_{c,m}$ 比率计算跨度。

在使用弯曲试件的情况下，如图B.1所示，其与支撑件的接触点之间的半角 ϕ 不应超过 45° 。这相当于标称跨距与直径比 L/d_n 的上限约为0.70。

B.3.3 跨度的测量

支撑中心之间的水平距离L应测量到最接近的0.5%。

在使用弯曲样本的情况下，如图B.1所定义的真实跨度 L_2 应由公式（B.1）计算：

$$L_2 = \frac{L}{1 - \left[\frac{r + e_1 + 0.5e_{c,m}}{R_2} \right]} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

r——支座的半径；

$e_{c,m}$ ——复合材料平均厚度；

e_1 ——任何内膜的平均厚度；

R_2 ——试样在复合材料中等厚度处的曲率半径。

对于已知外径 d_n 、 R_2 的圆形衬管切割的环向试件，可以简单地赋值，如式（B.2）所示：

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

在所有其他情况下， R_2 也应确定。

a) 按公式 (B. 3) 计算：

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

其中图B. 1中定义的尺寸 v 和 L_1 的值是通过在卸载在支架上时直接测量试件获得的，或者

b) 将试件内表面的边缘轮廓描摹到纸上，利用几何构造或其他合适的方法求出最适合该轮廓的圆弧半径 R_1 ，如式(B. 4)所示：

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

B. 4 试件的对准

在加载之前，试件应垂直于支架对齐，并定位，使其中心线位于加载边缘枢轴点作用线的0.5mm范围内。

B. 5 结果的计算和表达

B. 5. 1 计算的跨度和厚度

当采用弯曲试样时，计算抗弯性能的跨距应为 L_2 ，如公式(B. 3)所定义，而不是支座中心之间的距离 L 。用于计算复合材料抗弯模量和强度的厚度，在所有情况下均应为根据B. 4. 1测量的复合材料平均厚度 $e_{c,m}$ 。

B. 5. 2 应变基准的确定

应变基准点或零点的测量应从表观应力-应变曲线初始线性部分斜率与应变轴交点处确定(见图B. 4)。如果测试机软件不能自动校正零误差，则还应使用B. 5. 3中描述的从未校正的应变数据推导表观弯曲模量的程序来推导真实的应变数据。

B. 5. 3 平板试样抗弯性能的推导

对于轴向剪切的平板试样，应力、应变和模量的计算应按ISO 178:2010+A1:2013，式(5)～(9)进行，但用复合材料平均厚度 $e_{c,m}$ 代替总厚度 h ，按B. 5. 1计算

当使用未修正的应变数据时，短期弯曲模量 E_0 应通过ISO 178: 2010 + A1: 2013, 9. 3中的步骤确定，使用 $\varepsilon_{f2} = \varepsilon_{f1} + 0.002$ 的值，其中 ε_{f1} 被赋值为0.0005和0.004，其使计算的挠曲模量的值最大化， $E_f = E_0$ 。通过推断直线的斜率 E_0 ，从而构造应变轴，可确定基准应变 ε_{f0} (见图B. 4)。从实际的应力-应变曲线上任何一点确定真正的应变，因为 $(\varepsilon_{f1})_{\text{校正}} = (\varepsilon_{f1}) - \varepsilon_{f0}$ ， ε_{f0} 未校正。若因形状或其他原因，试件在达到明显(未修正)应变0.002之前，尚未完全接合支架，则应丢弃试件，随机选择新的试件。

B. 5. 4 弯曲试样抗弯性能的推导

对于沿圆周方向切割的弯曲样品，首先应进行平面计算。按照B. 5. 1的要求，另外用 L_2 代替 L ，得到下面的表观弯曲应力公式， σ_c [见式(B. 5)]和应变， ε_c [见式(B. 6)]：

$$\sigma_c = \frac{3F \cdot L_2}{2b \cdot (e_{c,m})^2} \dots\dots\dots (B. 5)$$

$$\varepsilon_c = \frac{6s \cdot e_{c,m}}{(L_2)^2} \dots\dots\dots (B. 6)$$

然后，由表观应力的差除以标准参考应变0.0005和0.0025的表观应变差来计算表观模量Ec，如公式（B.5.4.3）所示：

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

其中，下标值(2)较大的为表观应力应变的实测值，下标值(1)较小的为表观应力应变的实测值。

使用未校正的应变数据时，应采用与B.5.3中所述类似的步骤。设定值 $\varepsilon_{c2} = \varepsilon_{c1} + 0.002$ ，其中 ε_{c1} 被赋予0.0005和0.004之间的值，这使得计算的表观弯曲模量Ec的值最大化，然后推断直线的斜率Ec，应变轴来确定基准应变 ε_{c0} 。

然后利用公式(B.8)，根据弯曲试样几何形状的影响，修正模量和应力的表观值：

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

公式（B.9）中CE为将曲面试件表观模量Ec转换为等效平面试件Ef的弯曲模量的修正因子：

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

其中平均管径， $d_m = 2R_2$ ，

和公式（B.10）：

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

其中C_σ是使用公式（B.11）将从弯曲试样获得的表观应力或强度σ_c转换为平板试样的等效值σ_f的修正系数：

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

注：φ可以用公式计算， $\sin \phi = L_2 / d_m$ ；

弯曲试样的跨厚比和跨径比应在B.4.2规定的范围内进行测试。

注：在试验过程中没有对平板试样进行校正，但如有必要，可以使用ISO 14125：1998 + A1：2011，附录B的指导来考虑。

B.5.5 弯曲性能的代表表达

当复合材料的平均厚度(e_{c,m})不容易确定时，例如，由于膜的厚度或任何多余的整齐的树脂层的厚度不确定，可以使用平均总试样厚度，(B.5)和(B.6)来计算，而不是ec,m。

截面抗弯刚度计算结果如式(B.12)所示：

$$EI = \frac{E_f \cdot b \cdot h_m^3}{12} \dots\dots\dots (B. 12)$$

和公式（B.13）所示的截面弯矩：

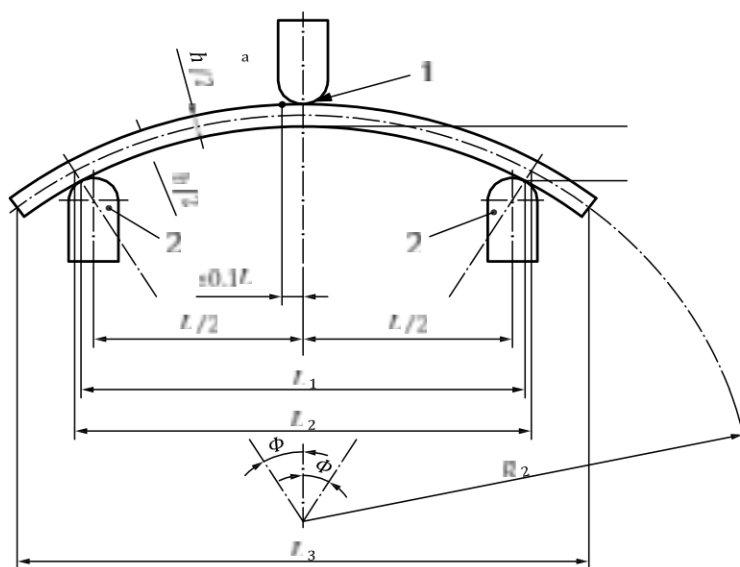
$$M = \frac{\sigma_f \cdot b \cdot h_m^2}{6} \dots\dots\dots (B. 13)$$

注：这种测试结果的替代表达形式，可以用于安装CIPP内衬样品的质量控制测试，以验证截面设计特性的实现，而不需要对内衬管壁结构进行详细的检查或测量。

B. 5. 6 测试报告

测试报告应包括以下信息：

- a) 对本文件的引用，即 ISO 11296-4；
- b) 对所测试材料的完整标识，包括类型，来源，制造商的代码编号，形式和以前的历史记录，以及已知的复合材料类别；
- c) 对于管道样品，每个试件的方向（即圆周或纵向）；
- d) 每个试样的形状和尺寸，包括弯曲试样的平均总厚度 h_m 、总长度 L_3 的值和半径 R_2 以及直接测量的尺寸 L_1 和 V 的确定方法；
- e) 从测量的总厚度中减去任何内部和/或外部膜的厚度 e_1 和 e_2 ，以确定 B. 4. 1 的复合材料厚度；
- f) 复合材料的平均厚度 $e_{c,m}$ ，三分之一试样的平均值最大百分比偏差；
- g) 测量日期；
- h) 试样的制备方法；
- i) 测试条件和调节程序（如适用）；
- j) 测试的样本数量；
- k) 所用跨度的标准长度 L ，在弯曲试样的情况下，计算的实际跨度 L_2 ；
- l) 测试速度；
- m) 根据 ISO 178: 2010 + A1: 2013, 5.1 或 ISO 14125: 1998 + A1: 2011, 5.1.1 对试验机进行精度等级确定；
- n) 在扁平试样的情况下，试样的表面与支架接触；
- o) 与支架接触的任何膜的厚度 e_1 以及如何确定；
- p) 计算公式和应变范围（即应变差）
- q) 试验结果表示为模量、首次破断时的应力应变、最大加载时的应力应变的平均值，或者客户指定为截面抗弯刚度和弯矩承载力的对应值，并注明试验日期；
- r) 各个测量值，包括力-位移图，以及对应于图 B. 1 中 a) 所示所有关键点的力和位移值；
- s) 获得的破坏类型；
- t) 如果需要，平均值的标准差。



标引序号说明：

1——加载边缘；

2——支撑；

F——作用力；

h——试件总厚度；

L——支撑间距离；

L1——未加载的测试件与支撑件的接触点之间的距离；

L2——弯曲试件的实际跨度；

L3——弯曲试件的总弦长；

r——支座半径；

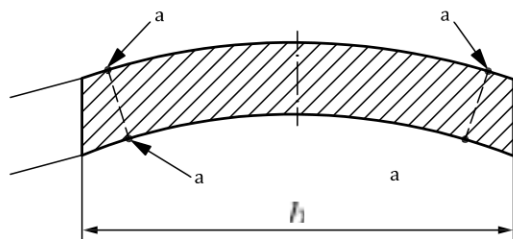
R2——试样在中等厚度处的曲率半径

Δ——卸载试样的中心在其与支座接触点上方的增量；

Φ——卸载试样与支架接触点之间的弧角的一半；

a——测试件的最高点。

图B. 1 试验开始时弯曲圆周试件的尺寸



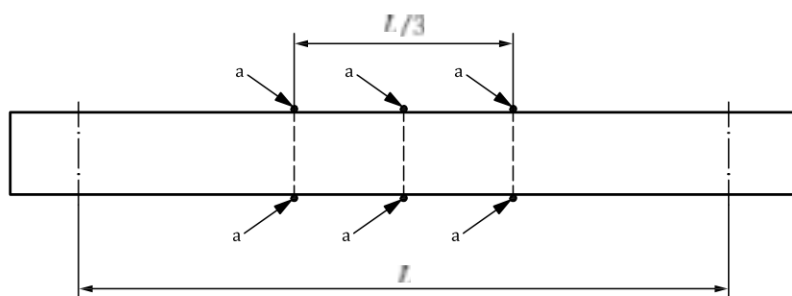
标引序号说明：

h——试件厚度；

b——试件宽度；

a——测量点

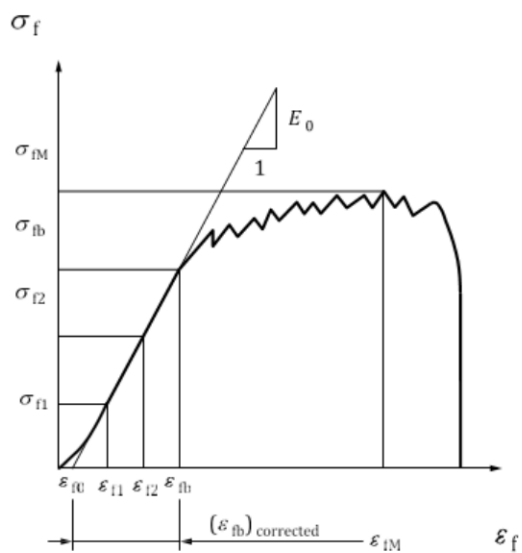
图B. 2 显示厚度测量点的纵向试样的横截面形状



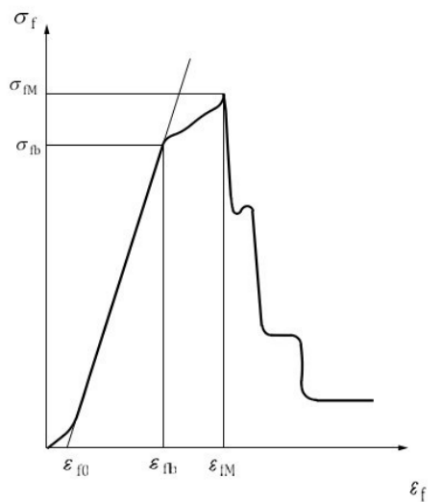
标引序号说明:

a——测量点

图B.3 显示厚度和宽度测量点的试件平面图(圆周或纵向)



a) 第一次断裂和最大施加载荷之间具有大应变能力的复合材料

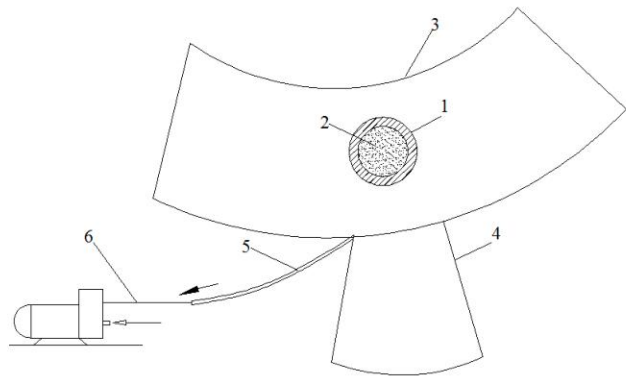


b) 复合材料在第一次断裂时或断裂后不久表现出脆性断裂

图B.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

附 录 C
(规范性)
管壁密实性试验

- C.1 试样应从现场固化的 CIPP 内衬管上截取。
- C.2 宜选择不太透明的或者目测判断可能有针孔的试样进行试验。
- C.3 如果薄膜或者涂层是内衬管道的一部分，则不得破坏内衬表面的涂层；如果薄膜或者涂层是可去除的，则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 $4\times 4\text{mm}$ 的网格。
- C.4 测试时采用如图 E.1 所示的系统，在样本的一侧形成 -0.05 MPa 负压（误差为 $\pm 2.5\text{ KPa}$ ）。



标引序号说明：

- 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。

图C.1 管壁密实性试验方法及装置

参 考 文 献

- [1] ISO 11295, Classification and information on design and applications of plastics piping systems used for renovation and replacement
- [2] ISO 1043-1, Plastics — Symbols and abbreviated terms — Part 1: Basic polymers and their special characteristics
-