

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.04.005

# 城市排水管道管片内衬修复技术国内外标准对比

薛舒心<sup>1</sup>, 郭跃华<sup>2</sup>, 袁堂龙<sup>3</sup>, 曹井国<sup>1</sup>, 孙跃平<sup>4</sup>

(1. 天津科技大学 化工与材料学院, 天津 300457; 2. 中交一航局生态工程有限公司, 广东 深圳 518107; 3. 济南市排水服务中心, 山东 济南 250102; 4. 上海管丽建设工程有限公司, 上海 202150)

**摘要:** 管片内衬修复技术具有施工简便、可带水作业、质量可靠、适合大口径管道修复等优点,近年来得到了迅速推广。但目前国内该项技术应用尚缺乏理论研究,没有专用的标准和规范支撑,技术标准化仍存在缺口。以美国《排水管道管片修复技术产品标准》(ASTM F2984)、《下水道和管道修复管片施工技术规范》(ASTM F2985)以及日本《下水道塑料管修复施工法》(JIS A 7511—2014)为研究对象,与国内同类标准中对管片材料、施工、验收的要求进行对比,以期该项技术在我国规范化应用提供参考和借鉴。

**关键词:** 管片内衬修复技术; 城市排水管道; 管道修复; 标准; 规程

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)04-0027-07

## Comparison of Domestic and International Standards for Urban Drainage Pipe Segment Lining Repair Technology

XUE Shu-xin<sup>1</sup>, GUO Yue-hua<sup>2</sup>, YUAN Tang-long<sup>3</sup>, CAO Jing-guo<sup>1</sup>, SUN Yue-ping<sup>4</sup>

(1. College of Chemical Engineering and Materials Science, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China; 2. CCCC-FHEC Ecological Engineering Co. Ltd., Shenzhen 518107, China; 3. Jinan Drainage Service Center, Jinan 250102, China; 4. Shanghai Guanli Construction Engineering Co. Ltd., Shanghai 202150, China)

**Abstract:** The segment lining repair technology offers several advantages, including simple construction procedures, the ability to operate in water-bearing conditions, reliable quality assurance, and suitability for large-diameter pipeline repair. Consequently, this method has seen rapid adoption in recent years. Currently, there remains a deficiency in theoretical research regarding the application of this technology in China, and there is an absence of dedicated standard and specification support, resulting in a notable gap in technical standardization. This study compared the requirements for segment materials, construction methods, and acceptance criteria outlined in two American standards *Product Standard for Repair Technology of Drainage Pipe Segments* (ASTM F2984) and *Technical Specification for Sewer and Pipeline Repair Segments* (ASTM F2985) and a Japanese standard *Construction Method for Repairing Plastic Pipes in Sewers* (JIS A 7511-2014) with similar domestic standards. The aim is to provide a reference for the standardized application of this technology in China.

**Key words:** segment lining repair technology; urban drainage pipe; pipeline repair;

standard; specification

近年来,我国在管道非开挖修复技术的研究和应用方面取得了巨大进步,采用非开挖方式修复管道的比例逐年提升。作为非开挖修复方法之一,管片内衬法具有施工简便、可带水作业、质量可靠等优点,得到了广泛关注。截至2018年,日本共计有15类项目在施工中使用了管片技术,涵盖道路隧道、综合管廊、下水道、铁道等各类工程。该方法的引进提高了我国在大口径排水管涵修复技术上的选择性,上海某公司率先引入并使用管片内衬技术(3S模块拼装法)修复奉贤区南排污水管道,修复后内径为DN1 240~1 260,效果良好。国内一些企业也开始研发管片内衬技术,自主生产材料,如速格垫技术。但国内在该项技术应用上缺乏理论性的研究,材料质量良莠不齐,再加上目前可用于指导的规范和标准较少,仅有《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)以及《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》(T/

CECS 717—2020)两项标准,导致管片技术从产品到施工质量上均较难得到保证。

以美国《排水管道管片修复技术产品标准》(ASTM F2984)、《下水道和管道修复管片施工技术规范》(ASTM F2985)和日本《下水道塑料管修复施工法》(JIS A 7511—2014)为研究对象,同时对比国内外相关标准,分析管片技术标准以及所用产品指标,研讨国内外标准中对管片施工过程和修复材料质量控制的要求,以期为我国管片技术专用标准及产品标准的制订提供参考。

## 1 适用范围及管片结构形式

### 1.1 适用范围

管片内衬法具有施工时间短、噪声低、不需要大型机械设备进行安装等优势<sup>[1]</sup>,适用于少量带水施工环境(管道水流深度 $\leq 254$  mm)。

国内外相关标准对管片内衬法适用范围的规定<sup>[1-5]</sup>如表1所示。

表1 管片内衬法适用范围对比

Tab.1 Comparison of application scope of segment lining method

标准名及标准号	类别	适用管径/mm	内衬管材质	可修复管道的截面形状
《下水道和管道修复管片施工技术规范》(ASTM F2985)	美国标准	$\geq 1\ 000$	PVC/PVC-U	圆形、卵形、椭圆形、拱形
《排水管道管片修复技术产品标准》(ASTM F2984)	美国标准	$\geq 1\ 000$	PVC/PVC-U	圆形、卵形、椭圆形、拱形
《下水道塑料管修复施工法》(JIS A 7511—2014)	日本标准		PVC/PE	
《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)	中国行业标准	800~3 000	不锈钢/PVC-U	圆形、矩形、马蹄形
《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》(T/CECS 717—2020)	中国团体标准	$\geq 800$	PVC-U	圆形、矩形、马蹄形

由表1可知,ASTM F2985、ASTM F2984和T/CECS 717—2020规定了适用管径的下限,而没有规定适用管径的上限;CJJ/T 210—2014规定了适用管径的上下限范围;JIS A 7511—2014没有对管径范围作出规定;5项标准均规定了内衬管材质;与国内标准相比,美国标准在可修复管道的截面形状上还增加了拱形管道。

### 1.2 管片材料结构形式

ASTM F2984规定塑料管片由光滑的内表面和带结构层的外表面(轮廓)组成,相邻塑料管片间允许机械固定和密封,施工时采用成型的PVC管片,按照原有管道形状拼接形成内衬管;JIS A 7511—2014规定由成型的PVC管片在管内组装成管状,与

旧管的间隙用灌浆料填充,最后与原有管一体化,其示意如图1所示。

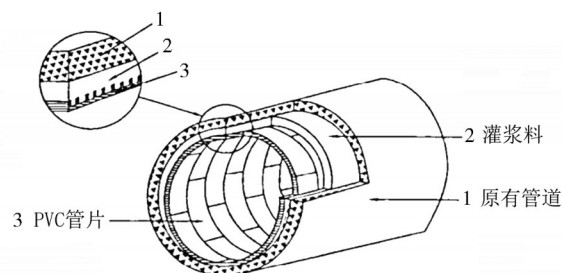


图1 国外标准管片内衬法示意

Fig.1 Schematic diagram of segment lining method in foreign standard

T/CECS 717—2020<sup>[2]</sup>规定将片状PVC模块在原有管道内拼装成一条新管道,管片之间用螺栓进行连接,新管道与原有管道之间用砂浆进行填充,其示意如图2所示。几项标准对管片材料结构形式的规定如表2所示。

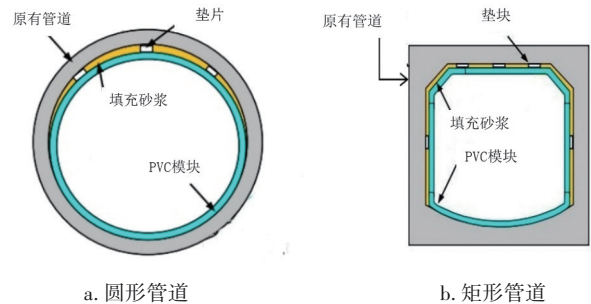


图2 国内标准管片内衬法示意  
Fig.2 Schematic diagram of segment lining method in domestic standard

表2 管片材料结构形式对比  
Tab.2 Comparison of structural shapes of segment material

标准名及标准号	管片材料结构形式
《排水管道管片修复技术产品标准》(ASTM F2984)	塑料管片拼接;机械固定和密封
《下水道塑料管修复施工法》(JIS A 7511—2014)	PVC管片、管段拼接;砂浆填充
《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》(T/CECS 717—2020)	PVC模块拼接;砂浆填充

对比国内外现有的管片修复技术相关标准中的适用范围和材料结构形式,ASTM F2985、ASTM F2984、CJJ/T 210—2014 和 T/CECS 717—2020 均对可修复管道的截面形状、管径作出了明确的规定,但 JIS A 7511—2014 未对此进行规定;国内外标准对管片材料结构形式作出了相似的规定。

2 修复材料

2.1 管片型材

ASTM F2985 规定管片型材应由 PVC 塑料制成,质量满足《硬质聚氯乙烯(PVC)化合物和氯化聚氯乙烯(CPVC)化合物的标准分类体系和基本规范》(ASTM D1784)中相关要求;JIS A 7511—2014 规定成型的 PVC、PE 管内外表面必须平滑和清洁,质量满足《下水道用硬质氯乙烯管》(JSWAS K-1—2002)标准;T/CECS 717—2020 规定管片拼装法主要使用的材料为 PVC 模块,其示意图见 图 3,圆形和矩形管道

修复前后的具体尺寸如表 3、4 所示;CJJ/T 210—2014 规定管片内衬法所用片状型材由 PVC-U 制成,其表面应光滑,并应具有耐久性及抗腐蚀性。

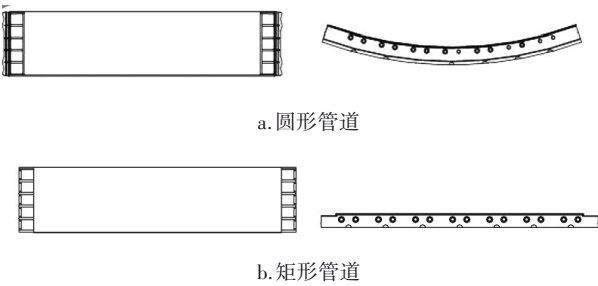


图3 PVC 模块示意  
Fig.3 Schematic diagram of PVC modules

表3 圆形管道修复后截面损失  
Tab.3 Section loss of circular pipeline after repair

原有管径/mm	修复后管径/mm	损失截面积占比/%
800	725	17.9
900	820	17.0
1 000	915	16.3
1 100	1 005	16.5
1 200	1 105	15.2
1 350	1 240	15.6
1 500	1 370	16.6
1 650	1 510	16.3
1 800	1 650	16.0
2 000	1 840	15.4
2 200	2 030	14.9
2 400	2 220	14.4
2 600	2 405	14.4

表4 矩形管道修复后截面损失  
Tab.4 Section loss of rectangular pipeline after repair

原有尺寸/(mm×mm)	修复后尺寸/(mm×mm)	损失截面积占比/%
1 000×1 000	895×895	19.9
1 100×1 100	986×986	19.7
1 200×1 200	1 076×1 076	19.6
1 350×1 350	1 225×1 225	17.7
1 500×1 500	1 375×1 375	16.0
1 650×1 650	1 525×1 525	14.6
1 800×1 800	1 675×1 675	13.4

ASTM F2984<sup>[3]</sup>规定组装的 PVC 管片环刚度应能承受灌浆的 5~6 倍质量,维卡软化温度不低于 60 ℃;JIS A 7511—2014 则规定维卡软化温度为 79 ℃以上。

## 2.2 注浆材料

注浆材料用于填充原有管道与新管道之间空隙。ASTM F2985规定注浆材料由B型波特兰水泥、砂粒和添加剂(抗收缩剂、减水剂、消泡剂和增黏剂)组成,该混合物具有不易分离、稳定和不易溶解的特性,管片之间不允许渗出水泥石浆混合物;ASTM F2985规定所使用砂浆的水泥与砂质量比为1:2.75,其中波特兰水泥或硅酸盐水泥按规定的水灰比混合;ASTM F2985规定所用砂粒的最大粒径应为1.2 mm。T/CECS 717—2020规定注浆材料应具有在水中不易分离、水平流动性好等特性,可用于狭窄空间的填充。JIS A 7511—2014规定采用《聚合物改良水泥砂浆的试验方法》(JIS A 1171—2017)进行测试。CJJ/T 210—2014和T/CECS 717—2020规定了注浆材料的抗压强度、流动度等指标,具体数值见表5。此外,T/CECS 717—2020还规定了注浆材料的力学指标,其中纵向拉伸强度>40 MPa,纵向拉伸延伸率>150%。

表5 注浆材料性能

Tab.5 Properties of grouting materials

抗压强度	流动度/mm	参考标准
>C30	≥310	T/CECS 717—2020
>C30	>270	CJJ/T 210—2014

## 2.3 附属材料

美国标准ASTM F2985规定管片连接过程中使用的黏合剂/密封剂应为聚氨酯、单液、湿固化型材料;管片装配材料应采用碳钢螺栓、螺杆和螺母(长且标准),符合美国汽车工程师学会分类1020的规定,国内和日本同类标准尚未对管片附属材料作出规定。

对比国内外现有管片修复技术相关标准中的材料性能,ASTM F2984、ASTM F2985和JIS A 7511—2014对管片附属材料、质量和维卡软化温度进行了详细规定,但在材料力学性能(如抗压强度等)的规定不如国内标准详细。

## 3 管片修复施工

管片内衬法施工应包括施工预处理、管片内衬施工等步骤。

### 3.1 施工预处理

ASTM F2985规定在进入检修孔检查或清洁之前,应根据当地安全规定,对管道内空间进行评估,以确定是否存在有毒、易燃气体或缺氧情况;管道

清洁应从现有管道中清除内部碎片,使用不小于20.7 MPa的高压水流对管壁进行清洗处理,确保管道内壁没有沉积物;管道结构的检查由专业人员进行,需仔细检查管道内部,以防出现影响管片安装的情况,如突出的障碍物、缺失的砖块、凹陷、弯曲以及地下水渗漏等,如遇到上述问题,应在安装PVC内管片之前进行适当的调整<sup>[4]</sup>;除此之外,若检查发现内部存在无法清除的障碍物,应进行开挖清理,以解决堵塞情况;管片修复允许带水作业,如果管道水流深度超过254 mm,则需要调水和封堵处理。JIS A 7511—2014规定根据管道的内表面状况,对已设管内表面进行适当的预处理;施工者必须遵守施工手册,施工手册应对所有主要工程的管理内容规定,并标明相关值及允许范围<sup>[5]</sup>。

CJJ/T 210—2014规定施工前应对原有管道进行预处理,预处理措施包括管道清洗、障碍物的清除,以及对现有缺陷的处理。管道清洗技术主要包括高压水射流清洗、化学清洗等,其中高压水射流清洗是目前的主流清洗方式,使用比例占80%~90%<sup>[1]</sup>。对于影响管道内衬施工的障碍物,可通过专门的工具(如管道机器人)进行清除,对不能清除的则应进行开挖处理。

T/CECS 717—2020规定施工前应根据管道状况、修复工艺要求对原有管道进行预处理,预处理后的管道内应无沉积物、垃圾及其他障碍物,不应有影响施工的积水和渗水现象;管道内表面应洁净,应无影响管片安装的附着物、尖锐毛刺、突起;当采用局部修复法时,原有管道待修复部位及其前后0.5 m范围的管道内表面应洁净;预处理应避免对管道造成进一步的损伤和破坏;施工前应采用高压冲洗车对管内进行清理,以保证施工质量。几项标准对管片内衬法施工预处理的规定见表6。

表6 管片内衬法施工预处理对比

Tab.6 Comparison of pretreatment for construction of segment lining method

标准名及标准号	预处理
《下水道和管道修复管片施工技术规程》(ASTM F2985)	检查气体、清除障碍物、调水和封堵
《下水道塑料管修复施工法》(JIS A 7511—2014)	清理内表面
《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)	管道清洗、障碍物清除、缺陷处理
《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》(T/CECS 717—2020)	清除障碍物、清理内表面



### 3.2 管片内衬施工

管片内衬修复技术施工包括管片安装、灌浆等,具体的施工步骤见图4。

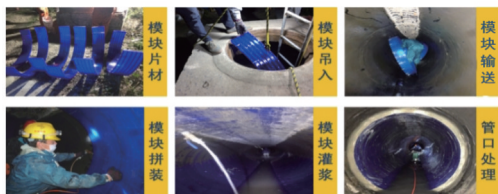


图4 管片内衬施工步骤

Fig.4 Construction steps of segment lining method

#### 3.2.1 聚氯乙烯管片安装

ASTM F2985规定管片应尽可能靠近原有管道内表面安装,管片之间应使用厂家提供的紧固件连接成环,以专用的扭矩扳手拧紧。连接前在待连接管片之间的凹槽中放置密封材料,之后水平或垂直组装管片内衬管,组装完成后将成环的内衬管推运至安装位置。管片拼装过程见图5。

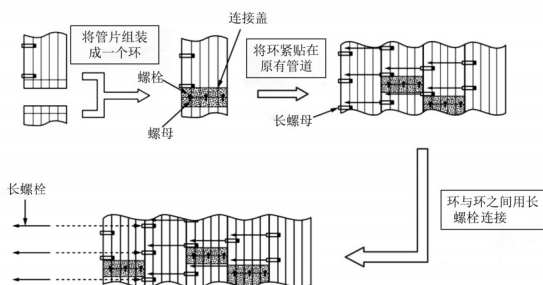


图5 管片拼装过程

Fig.5 Segment assembly process

#### 3.2.2 灌浆

ASTM F2985<sup>[4]</sup>规定PVC内衬安装完成后,应通过管道末端的人孔进行灌浆;或按照制造商给出的灌浆点,沿PVC管片的顶部(沿拱顶或PVC环连接处)钻孔灌浆;之后对PVC内衬进行水平和垂直支撑,确保其不会因流入环形空间的水泥砂浆而变形,并随灌浆情况调节支撑,具体如图6所示;在进行后续灌浆时应留出足够的时间,从而使之前的砂浆凝固(初始凝固时间通常为3~4h);管片的接缝处不应有砂浆泄漏;浆液应填满环形空间;塑料管片采用透明材料,以便于确认环形空间是否已被填充,若存在空隙区域,则应通过点位注浆。

T/CECS 717—2020规定注浆时,注浆压力应根据现场情况进行调节,必要时可根据材料的承

载能力分批注浆,并且需对每次注浆进行试块试验;注浆设备应采用流量( $\leq 50$  L/min)可调节的注浆泵;最终阶段的注浆压力不应大于0.02 MPa,流量不应大于15 L/min;注浆完毕后,根据导流管中流出的砂浆比质量确认注浆是否完成。

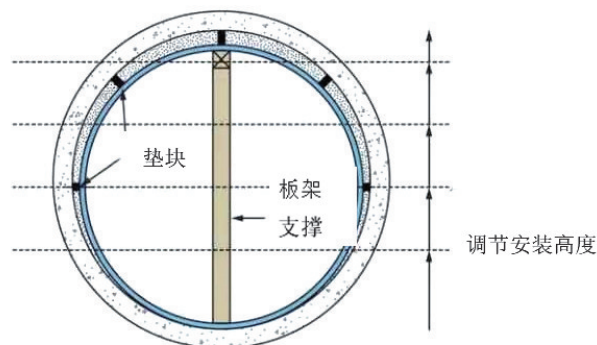


图6 板架支撑示意

Fig.6 Schematic diagram of plate support

对比国内外现有的管片修复技术相关标准中的修复施工方法,ASTM F2985对管片安装过程和灌浆进行了详细规定,而T/CECS 717—2020仅对注浆压力、形式和流量作出了规定。

## 4 材料及施工后质量验收

### 4.1 材料出厂质量验收

#### 4.1.1 管片

##### ① 外观和尺寸

ASTM F2984规定注塑成型的管片应均匀,没有可见的裂缝、夹杂物或其他明显的缺陷,管片具有一定的透明度(在安装过程中可以直观地监测灌浆);T/CECS 717—2020规定同一施工段应采用相同材质的部件,部件不得存在裂缝、漏洞、外来夹杂物、变形或其他损伤。

ASTM F2984规定管片尺寸按照《测定热塑塑料管和配件尺寸的试验方法》(ASTM D2122—22)测量;国内标准则没有对此作出规定。

##### ② 材料力学性能

T/CECS 717—2020规定应分别对不同生产批次的管片进行抽样,样品应由国家权威认证机构进行检测,并提供检测报告。管片材料应按表7进行性能检测。

环刚度指压力管道承受的负载,包括内部压力和外部压力。《热塑性塑料管材环刚度的测定》(GB/T 9647—2015)和《热塑性塑料管材—环刚度的测定》(ISO 9969:2016)中规定了测试的方法。试样环

刚度  $S_1$  的计算见下式:

$$S_1 = (0.0186 + 0.025Y_1/d_1)F_1/L_1Y_1 \quad (1)$$

式中:  $F_1$  为相对于管材 3.0% 变形时的力值, kN;  $L_1$  为试样长度, m;  $Y_1$  为相对于管材 3.0% 变形时

的变形量, m;  $d_1$  为平均内径, m。

变形量通常通过测量一个压板机的位置得到, 但如果在试验过程中管壁厚度的变化超过 10%, 则应通过测量试样内径变化来确定。

表7 管片材料检验标准

Tab.7 Inspection standards for segment materials

项目	检测标准
纵向拉伸强度	《塑料 拉伸性能的测定 第2部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件》(GB/T 1040.2—2022)
纵向拉伸延伸率	《塑料 弯曲性能的测定》(GB/T 9341—2008)
热塑性塑料维卡软化温度	《热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定》(GB/T 1633—2000)
环刚度	《热塑性塑料管材环刚度的测定》(GB/T 9647—2015)

### ③ 管片耐磨性

ASTM F2984 规定至少取 3 个样品, 采用泰伯磨耗试验方法<sup>[3]</sup>, 国内标准关于耐磨性的测试方法与此相同。使用泰伯磨耗试验机, 试验负荷为 1 kg, 磨耗速度为 60 r/min, 连续测试 1 000 r; 测试在相对湿度为 (50±5)%、温度为 (23±2) °C 的条件下进行; 通过磨耗指数衡量样品的耐磨性, 其中样品的平均质量变化损失应小于 250 mg, 磨耗指数  $I$  的计算见下式:

$$I = 1000(A - B)/C \quad (2)$$

式中:  $A$  为磨耗前测试样品的质量, mg;  $B$  为磨耗后测试样品的质量, mg;  $C$  为记录的磨损次数。

### 4.1.2 注浆材料

ASTM F2985 规定应收集注入环形空间的混合灌浆样品, 并根据《水硬水泥砂浆耐压强度标准试验方法(采用 2 in 或 50 mm 立方体试样)》(ASTM C109/C109M) 进行抗压强度测试<sup>[6]</sup>。美国标准 ASTM C109/C109M 规定水泥砂浆的抗压强度测试方法: 采用压缩机将 125 m<sup>3</sup> 试样立方体(水泥: 砂=1:2.75)在两层模具中压实, 并在模具中固化 1 d, 然后取出浸入石灰水中, 直至测试结束。

T/CECS 717—2020 规定注浆作业时, 应按《水泥基灌浆材料应用技术规范》(GB/T 50448—2015) 对 3S 填充砂浆流动度和抗压强度进行测试。流动度测试方法如下: 将 DN50、 $H=100$  mm 的试验器具竖放于玻璃平板上, 注满浆液后将其向上垂直提起, 测量砂浆的直径<sup>[2]</sup>。

## 4.2 施工质量检验

排水管道内衬管安装完成后, 需进行外观验收和管道严密测试。

### 4.2.1 外观验收

ASTM F2984 规定内衬管安装后应通过闭路电视进行检查, PVC 内衬在整个安装过程中应连续。由于现有管道的条件可能存在多种不利影响, 安装时应尽可能根据实际情况, 使内衬水平或垂直对齐, 将其固定在适当的位置进行灌浆, 同时要求地下水不能通过 PVC 管片渗入; CJJ/T 210—2014 规定在内衬施工结束后, 使用 CCTV 电视检测设备对管道进行检测, 要求已修复的内衬管在整个修复区域内连续、无裂缝、无凹凸和流通堵塞, 注浆不允许出现空洞与未注满现象; T/CECS 717—2020 规定施工结束后, 通过 CCTV 检测或人员进入管内目测进行全数检查, 修复后的管道内壁不得出现鼓泡、浆液外露等外观缺陷, 浆液应充满环隙, 无空洞。

### 4.2.2 直径

CJJ/T 210—2014 规定对修复后内衬管道进行管径检测, 每 5 m 取点, 检测点为内衬管的上下和左右, 取其平均值进行判断, 确保达到设计要求。

### 4.2.3 渗漏测试

ASTM F2984 规定当以 0.3 MPa 的水压施加在接头上 3 min 时, 接头应无泄漏。T/CECS 717—2020 规定管道闭水试验时, 实测渗水量应不高于允许渗水量, 允许渗水量应按下式计算:

$$Q_e = 0.0046D_L \quad (3)$$

式中:  $Q_e$  为允许渗水量, m<sup>3</sup>/(24 h·km);  $D_L$  为试验管道内径, mm。

《使用低压空气对塑料自流排水管道安装验收方法》(ASTM F1417) 规定了闭气试验方法。缓慢增加压力至 27.58 kPa 后, 关闭气阀停止供气, 记录压力从 24.13 kPa 降至 17.24 kPa 所需时间, 与规定值进行对比, 若高于规定时间, 则认为符合要求。T/

CECS 717—2020和ASTM F1417规定的闭气试验方法相同。压力下降7 kPa允许最短时间的计算见下式:

$$T = 0.001\,02DK_i/v_e \quad (4)$$

$$K_i = 5.408\,5 \times 10^{-5}DL \quad (5)$$

式中: $T$ 为压力下降7 kPa允许最短时间,s; $D$ 为管道平均内径,mm; $K_i$ 为系数,不应小于1.0; $v_e$ 为渗漏速率,取 $0.456\,94 \times 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ ;  $L$ 为测试段长度,m。

## 5 结语

以ASTM F2985、ASTM F2984和JIS A 7511—2014为基础,对比国内外同类标准,总结城市排水管道管片内衬修复技术的材料性能、施工过程及要求。相较于国内外现有的相关标准,ASTM F2985和ASTM F2984对各项环节的质量把控更加细致,可操作性强,对我国管片技术施工具有良好的借鉴意义,能够为我国管片技术材料的标准化提供参考和依据。但在管道修复技术的引进过程中,还要综合国内外相关标准优点,编制出符合我国国情和管情的专用技术和产品标准。目前我国还没有完善的管片产品标准,应尽快建立从而为产品服务。与此同时,标准的制订应避免只为效益服务的现象,不应夸大其产品的功效,导致在使用过程中出现严重的事故。标准指标的检测方法及判断规则一定要科学、合理,符合产品的特性和要求。

总而言之,完善的标准可以为施工提供指导,而施工标准化能够将施工企业所有相关要素最大限度进行整合,实现管道修复各阶段管理工作的有机衔接,为又快又好地实施大规模建设任务提供保障,从而确保修复后管道的产品性能和输送性能。

## 参考文献:

- [1] 住房和城乡建设部. 城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程: CJJ/T 210—2014 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014: 29.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development.  
Technical Specification for Trenchless Rehabilitation

and Renewal of Urban Sewer Pipeline: CJJ/T 210—2014 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014: 29 (in Chinese).

- [2] 中国工程建设标准化协会. 城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程: T/CECS 717—2020 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020: 73—77.  
China Association for Engineering Construction Standardization. The Specification for Construction and Acceptance of Trenchless Repair Engineering of Urban Drainage Pipeline: T/CECS 717—2020 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2020: 73—77 (in Chinese).
- [3] ASTM Committee F17 on Plastic Piping Systems. Standard Specification for Segmental Panel System for the Grout-in-Place-Liner (GIPL) Rehabilitation Method of Existing Man-Entry Size Sewers, Culverts, and Conduits: ASTM F2984—13 (2019) [S]. USA: ASTM International, 2019.
- [4] ASTM Committee F17 on Plastic Piping Systems. Standard Practice for Installation of a PVC Segmental Panel Liner System in Man-Entry Size Sewers and Conduits: ASTM F2985—14 (2019) [S]. USA: ASTM International, 2019.
- [5] Japan Sewer Association. Construction Method for Repairing Plastic Pipes in Sewers: JIS A 7511—2014 [S]. Japan: Japanese Industrial Standards Committee, 2014.
- [6] ASTM Committee COI on Cement. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens): ASTM C109/C109M (2016) [S]. USA: ASTM International, 2016.

作者简介: 薛舒心(1997—),女,山西临汾人,硕士研究生,主要研究方向为水污染与环境治理。

E-mail: 18406595750@163.com

收稿日期: 2023—03—09

修回日期: 2023—09—24

(编辑: 沈靖怡)