

城镇排水管道原位修复内衬软管产品标准研究

曹井国^{1,2}, 张文宁¹, 杨婷婷¹, 贾挺挺¹, 高留意¹, 杨宗政¹, 张大群²

(1. 天津科技大学 化工与材料学院, 天津 300457; 2. 天津水工业工程设备有限公司, 天津 300070)

摘要: 与传统管道开挖修复技术相比,管道原位固化(CIPP)修复技术具有不开挖路面、修复时间短及综合成本低的优点,近年在我国呈快速发展趋势。然而,由于管道修复材料大多依赖进口,国产材料质量良莠不齐,限制了非开挖技术的广泛应用,亟需出台相关国家及行业标准,以规范和促进管道修复材料的国产化。对城镇排水管道原位修复内衬软管的产品标准进行研究,结合国内外相关标准对内衬软管的适用范围、结构形式、材料和要求进行了探讨,以期该项产品标准及相关产品标准的制订提供参考和依据。

关键词: 管道原位固化(CIPP)修复技术; 内衬软管; 产品标准

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)02-0024-05

Study of Product Standard for Cured-in-place Repair of Lining Hose for Municipal Drainage Pipeline

CAO Jing-guo^{1,2}, ZHANG Wen-ning¹, YANG Ting-ting¹, JIA Ting-ting¹,
GAO Liu-yi¹, YANG Zong-zheng¹, ZHANG Da-qun²

(1. College of Chemical Engineering and Materials Science, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China; 2. Tianjin Water Industry Engineering & Equipment Co. Ltd., Tianjin 300070, China)

Abstract: Compared with traditional pipe excavation repairing technology, cured-in-place pipe (CIPP) technology has the advantages of road non-excavating, short time of rehabilitation and low comprehensive cost. It has a rapid development trend in our country in recent years. However, because pipeline repair materials are mostly imported and the quality of domestic materials is not uniform, the application of CIPP technology is limited. Therefore, it is urgent to issue relevant national and industry standards to standardize and promote the localization of pipeline repair materials. In this paper, CIPP lining hose standardized for drainage pipeline was studied, and the applicable range, structure form, material and requirement of the lining hose were discussed in details in combination with relevant standards at home and abroad, which could provide a reference and base for corresponding standards compile.

Key words: cured-in-place pipe (CIPP) technology; lining hose; product standard

我国管道非开挖技术发展迅速,但行业面临着 一个严峻问题,即非开挖管道修复材料严重依赖进

口,造成技术成本高,施工周期难以保证。另一方面,国产材料良莠不齐,质量难以保证。目前,可用于指导我国管道非开挖修复的标准有《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)和《城镇给水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 244—2016),以及在编的《城镇给水排水管道原位固化法修复工程技术规程》(征求意见稿,以下简称《原位固化规程》),三项均为施工技术规范,管道修复材料的产品标准仍处于空白状态,亟需研制管道修复材料系列产品标准。

笔者所在课题组在国家“十二五”水专项课题支持下,开展了城市排水管道渠原位修复材料(内衬管)产业化研究,调研了大量国内外相关标准及产品,进行了内衬软管的产业化研究,为管道原位修复材料的国产化和标准化奠定了一定的基础。

1 适用范围

美国 ASTM D 5813—04 规定了 CIPP 技术产品适用于重力流管道,包括污水管道、雨水管道和特定的工业排水管道的原位固化修复,该标准用于织物软管内衬固化及现有管道修复材料的评价与测试,也可拓展用于人孔、泵站、湿井、地下室、贮水槽及类似构筑物的原位固化修复。ASTM F 1216、ASTM F 1743、ASTM F 2019 及 ISO 11296—4 作为施工规范则给出了技术适用的场合。

就应用场合而言,排水管道与给水管道的流动介质和使用环境均不同,对于管道修复材料的要求也不同。给水管一般一般为压力管道,以内压作用为主,排水管道一般承受来自土壤和地下水的外压作用为主,两者对于修复后的管道强度要求不同,且给水管用于输送饮用水,原则上需采用卫生级别较高的修复材料,而排水管道则不需要考虑卫生情况。因此,在产品标准的适用范围界定时,应区分排水管道修复材料和给水管修复材料。

2 结构形式

由于基层材质以及施工工艺的不同,无纺布软管和玻璃纤维布软管在结构上存在一定的差异。《原位固化规程》中给出了无纺布软管的局部结构图(见图1),可知无纺布软管由无纺布基层和防渗膜组成,基层由单层或多层无纺布软管组成,用于浸渍和承载树脂,采用缝合法合口,两层的接缝错开排列,在外层无纺布表面涂覆防渗膜(如PU膜),采用密封膜条将合口部位密封。

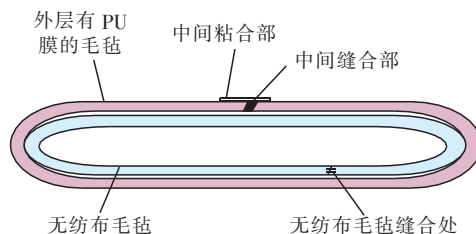


图1 无纺布软管结构(以翻转法用两层结构为例)

Fig.1 Structure of non-woven tube (take two-layer structure of inversion as an example)

ASTM F 2019 给出了玻璃纤维软管结构图(见图2),可知玻璃纤维软管由外膜、外层玻璃纤维布、内层玻璃纤维布、无纺布毛毡及内膜组成,该结构根据拉入法的施工特点,以无纺布毛毡作为树脂载体,玻璃纤维作为增强材料复合而成,也可直接采用玻璃纤维作为树脂载体制作玻璃纤维布软管。

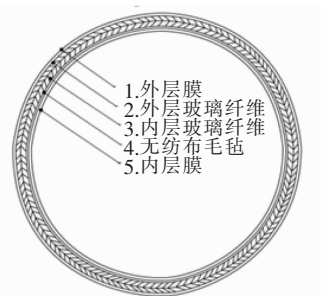


图2 玻璃纤维软管结构

Fig.2 Structure of glass fiber tube

ISO 11296—4 给出了 CIPP 管组成图(见图3),可知 CIPP 管由固化基层和内、外膜构成,软管经施工安装到病害管道上后与原有管道相互贴合,可单独或共同承受管道内外载荷。

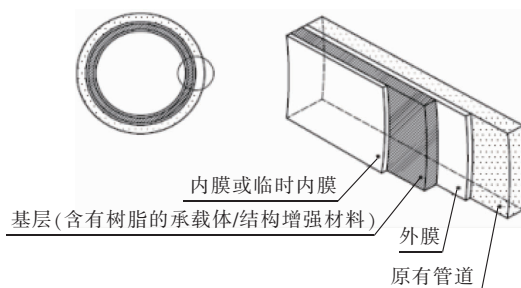


图3 典型 CIPP 管组成

Fig.3 Typical composition of CIPP tube

以上结构形式,均可作为产品标准的参考对象。

3 分类

美国 ASTM D 5813 标准将 CIPP 管分为三类:第一类 CIPP 管能够起到耐化学腐蚀和防止管内流

体渗漏到管外;第二类 CIPP 管用于修复部分破损管道,耐化学腐蚀并防止内外流体渗出和渗入,抵抗外部地下水的静压力;第三类 CIPP 管用于修复完全破损管道,不仅要求耐化学腐蚀,防止内外流体的渗出和渗入,还要求承受原有管道的全部水压和土荷载。以上是从 CIPP 管的功能上分类,而这些病害管道的修复需要不同厚度的内衬软管,其设计有较为成熟的规范可循,如 ASTM F 1216、CJJ/T 244—2016、CJJ/T 210—2014 和《原位固化规程》,由于材质的不同,其制备工艺也会存在较大差异,作为产品标准,难以全面覆盖,因此,建议按照材质进行分类。

目前软管按基材大致可分为三类,分别为无纺布软管、玻璃纤维软管及复合增强软管,分别适用于公称尺寸分别为 DN100 ~ DN2 400、DN100 ~ DN1 500 和 DN100 ~ DN3 353 的管道。

4 材料

4.1 基层

基层的主要功能是浸渍和承载树脂,ASTM F 1216 标准中 5.1 和 ASTM F 1743 标准中 5.2 规定:软管基层应包括一层或多层柔性针刺毡或等效的非织造或织造布材料,或两者相结合的材料,此材料能够浸渍树脂,且能承受施工的拉力、压力和固化温度。ASTM D 5813—04 标准中 5.2 规定了软管基层由一层或多层针织物组成。CJJ/T 210—2014 标准中 4.0.2 规定了软管基层可由单层或多层聚酯纤维毡或同等性能的材料组成,玻璃纤维增强的纤维软管应至少包含两层夹层。近年来,为减少软管的轴向拉伸,也开始在无纺布内外复合一些土工织物以提高基层强度,降低轴向拉伸率。ASTM D 5813—04 标准中 5.2 规定了若复合其他材料,以不降低树脂浸渍效果为准,ISO 11296—4 标准中表 1 规定了纤维增强材料含量不超过总质量的 5%。

目前无纺布的国家标准较为丰富,从短纤到长丝,从针刺到机织,从单种原材料到复合材料,为无纺布提供了多种选择(具体可查土工合成材料的相关标准)。玻璃纤维布产品可参考我国标准《玻璃纤维无捻粗纱布》(GB/T 18370—2014)及美国标准 ASTM D 578。

4.2 防渗膜

CJJ/T 210—2014 标准中 4.0.2 和 ASTM F 1216 标准中 5.1 均规定了软管的涉水面包覆一层与所采用树脂兼容的非渗透性塑料膜,除此之外,

ASTM D 5813 标准中 5.2.2 及 ASTM F 1743 标准中 5.2.1 还规定了防渗膜具有一定透明度,以便于观察树脂与基层浸渍情况,光固化软管外膜一般为单层或多层不透光的薄膜。防渗膜材料较多,如聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氨酯(PUR)、聚酰胺(PA)和聚氯乙烯(PVC)均可采用。值得注意的是,在管道原位修复施工过程中,防渗膜一方面应防止树脂渗漏,另一方面还要能够承受翻转或牵拉所施加的外力,并且防渗膜还应能够耐受树脂固化所产生的高温。

《土工合成材料非织造布复合土工膜》(GB/T 17642—2008)规定了非织造复合土工膜的产品标准,该标准适用于以非织造土工布为基材,以聚乙烯、聚氯乙烯等为膜材,复合而成的非织造布复合土工膜,可作为参考标准用于软管基层与防渗膜复合材料,指导覆膜无纺布的生产和检验。

4.3 接缝材料

CJJ/T 210—2014 标准中 4.0.2 及 ASTM D 5813—04 标准中 5.2.2 对软管接缝进行了规定:多层软管各层的接缝应错开,接缝连接应牢固。接缝是软管产业化的关键环节,也决定了施工过程的成败,但却常被忽视,特别是翻转修复施工所用软管,其材料的选择直接关系到软管整体质量。目前接缝处理方式主要有两种:一种是缝合法(截面如图 1 所示);一种是热复合法(截面如图 4 所示)。对于内侧不覆膜的基层,接缝处理可以采用缝合或热复合的方式。

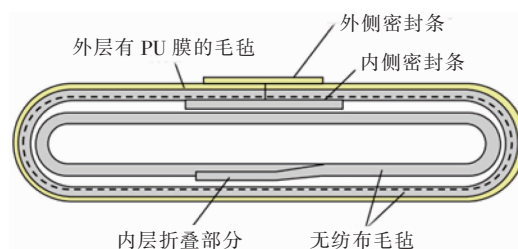


图4 热复合法软管结构

Fig. 4 Structure of thermal composite hose

考虑到施工过程,接缝处承受的应力较大,若接缝处理不当,将直接导致管道原位修复施工失败。选择缝合法时缝合线应选择耐热且强力较大的线材;选择热复合法时内侧密封条材质及厚度与基层相一致。两种合口方式,其外侧密封条应选用与防渗膜相一致的材料。

5 要求

5.1 外观

成品软管的外表面为防渗膜,外观取决于防渗膜与基层颜色,建议均采用白色或浅色材质,软管的外观应为白色,色泽均匀一致,膜表面光滑平整,无明显的黑色杂质。

5.2 尺寸

5.2.1 软管直径

由于施工工艺不同,软管直径会有所不同。拉入法将软管拉入病害管道内,通过水压或气压方式直接膨胀到病害管道内壁,软管外径与病害管道内径相等即可;而翻转法施工过程需翻转,原来的内层变为修复后的外层,若按拉入法设计软管,则翻转修复后 CIPP 管很难与病害管道紧密贴合,造成“管中管”的情况,应注意最内层的软管直径与病害管道的内径相匹配。ASTM D 5813 标准中 6.3 规定,软管安装后,由于尺寸衰减,不得低于原病害管道内径的 98%;《原位固化规程》规定原位固化法所用软管外径应与原有管道内径相一致,翻转或拉入管道后,应与病害管道紧密贴合,同时也不应因内衬管直径过大而在管道内部产生影响质量的隆起或褶皱。

5.2.2 软管长度

《原位固化规程》及 ASTM D 5813 均规定了软管的长度应大于待修复管道的长度,由于软管施工过程的膨胀及拉伸作用,长度会有一定的增加,因此,软管长度根据业主或买方要求提供即可。

5.2.3 软管厚度

CIPP 管壁厚可参考 CJJ/T 210—2014、CJJ/T 244—2016、《原位固化规程》和 ASTM F 1216 等标准的相关规定,其设计与计算相对成熟,但仍需根据具体的应用场合,如管道直径、破损程度、地下水压、过水压力等,如某管道存在多种病害,原则上按最差条件进行设计。单层基材厚度不能达到设计要求时,应采用多层结构满足厚度要求,软管产品厚度应大于 CIPP 管设计厚度。

5.2.4 防渗膜厚度

内外薄膜或涂层应均匀、完整、无破损,表面光滑。为承受施工拉力、压力和固化温度,国内外几项管道原位修复标准均未提供防渗膜厚度要求,结合国内外产品现状,建议防渗膜厚度不低于 0.4 mm。

5.3 力学性能

力学性能作为软管的重要指标,应从基层、防渗

膜和接缝分别进行规定,CIPP 固化管力学性能因涉及树脂,不在本文研究范围内,因此不作建议。

5.3.1 基层

CJJ/T 210—2014、CJJ/T 244—2016、《原位固化规程》、ASTM D 5813—04、ASTM F 1216 和 ASTM F 1743 均规定软管的横向与纵向抗拉强度不得低于 5 MPa,因防渗膜弹性较大,在同等拉力情况下,基层的拉伸率比防渗膜低,因此,在施工过程中基层承受主要的拉力。另外,软管在施工过程中承受的翻转压力远低于其抗拉强度,若采用拉入法,因湿软管长度导致自重较大,在端头承受的拉力相应增加,需注意湿软管长度,使其拉入时受力低于其断裂强力。

湿软管施工过程中,因为水压或气压的作用,会产生径向膨胀和轴向位移。径向膨胀有助于贴紧原有管道,ASTM F 1743 标准中 6.6.3 规定生产厂家应给出软管胀紧固定在病害管道上所需最低和最高压力。但轴向上过多的位移会造成软管和树脂的浪费,且影响施工质量。《原位固化规程》中 4.2.1 规定了软管的轴向拉伸率不得高于 2%,但未明确基层材质,ASTM F 2019 标准 6.5 规定了玻璃纤维软管拉伸率不得高于 2%,ASTM F 1743 标准 6.4.3 规定了浸渍树脂软管施工轴向拉伸率不得高于 5%。翻转法和拉入法由于施工方法不同,对软管的拉伸情况也存在差异。无纺布与玻璃纤维相比,同等强力下拉伸率较高,若对拉伸率限制过高,将迫使生产商对软管进行加筋处理,虽然能够提高抗拉强度,但一定程度上会影响浸渍树脂效果,减少径向拉伸率,需仔细权衡。产品供货时应提供 1%~5% 拉伸率下所需强力数据表,以及强力-拉伸率图,以便于在使用前参考。

综上,建议基层的抗拉强度不低于 5 MPa,基层为无纺布的软管,其轴向拉伸率不高于 5%,基层为玻璃纤维布的软管,其轴向拉伸率不高于 2%。基本力学性能可参照土工合成材料相关标准要求。

5.3.2 防渗膜

防渗膜起到防渗、浸渍树脂观察或避光作用,其拉伸率一般高于基层,因此,防渗膜的力学性能可参照 GB/T 17642—2008 执行。

ASTM F 1216 标准中 5.2 和 ASTM F 1743 标准中 5.2.3 规定了树脂反应温度不得超过 82.2℃,在蒸汽固化需要保持一定的压力下,其加热温度需达到 126℃,紫外固化因树脂自身放热,其表面温度可

能更高,膜材料选材应注意选择耐热材料。

5.3.3 接缝

接缝方向与软管的径向相同,可称之为纵向接缝,对于长度较大的软管还存在横向接缝,具体如图5所示。

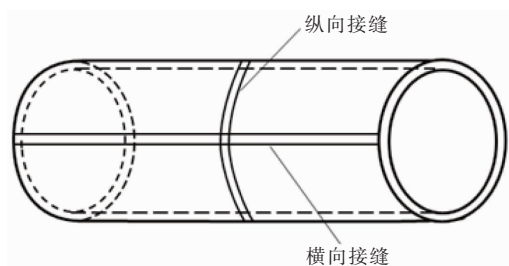


图5 软管横纵向接缝示意

Fig. 5 Schematic diagram of horizontal and vertical joint of hose

接缝容易成为软管产品的薄弱环节。如接缝处理不当,施工时施加的径向和环向拉力,很容易造成软管断裂;对于接缝处的基层而言,存在对接和搭接两种形式,对接(见图6)不能承受拉力,搭接(见图7)则可以承受一定的拉力,但容易造成应力集中,优点是可增加接缝处的树脂浸渍量,减少固化缺陷的风险。

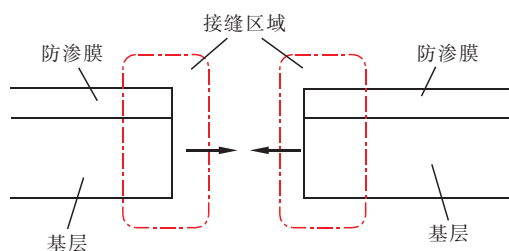


图6 接缝对接示意

Fig. 6 Schematic diagram of butt joint

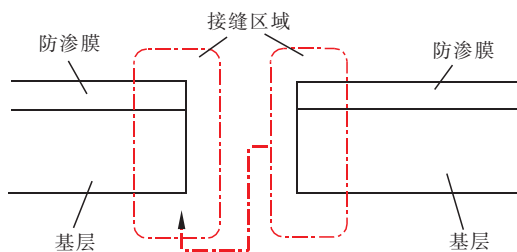


图7 接缝搭接示意

Fig. 7 Schematic diagram of lap joint

经合口后,接缝应能承受施工过程的轴向和环向拉力,翻衬压力为0.05~0.08 MPa,环向应力为

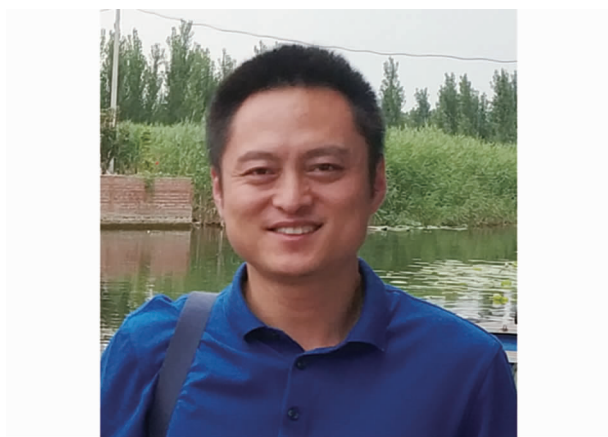
4.38~7.00 MPa^[1],因目前主材的抗拉强度下限值为5 MPa,综合考虑,接缝的横、纵向拉伸强度与主材保持一致,即应不低于5 MPa。实际上,为了提高主材和接缝材料的抗拉强度,加筋复合是提高软管材料强度、降低拉伸率的一个主要方向,但应注意加筋材料特性及复合比例,对照固化管的固化性能要求,不应以损失过多的树脂浸渍量为代价。

6 结语

通过对城镇排水管道原位修复内衬软管的产品标准的研究,分析国内外现有非开挖管道修复技术规范相关内容,讨论内衬软管产品的技术指标和边界条件,就基层、防渗层、接缝的材料选择及技术要求给出了建议,以期对我国软管产品标准的制订提供参考和依据。随着管道非开挖行业的发展,对于修复材料的需求将持续增加,材料的国产化及标准化势在必行,软管产品标准对于规范软管的生产、确保质量和提高效率方面将起到重要作用。

参考文献:

- [1] 张淑洁,王瑞,徐磊. 管道修复用管状纺织复合材料的力学性能分析[J]. 复合材料学报,2009,26(5):178-185.
Zhang Shujie, Wang Rui, Xu Lei. Analysis on mechanical properties of the tubular textile composite material[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2009, 26(5): 178-185 (in Chinese).



作者简介:曹井国(1980-),男,山东济南人,博士,副教授,研究方向为景观水体治理、管道修复材料。

E-mail: cjjg@tust.edu.cn

收稿日期:2018-07-16