



内衬不锈钢复合管道系统的耐久性评价及检测设备研制

朱晓林¹ 刘娜² 朱宇宏¹ 贾欣¹ 钱玲¹

(1 江苏省产品质量监督检验研究院,南京 210007; 2 南京江宁水务集团有限公司,南京 211000)

摘要:针对内衬不锈钢复合管路系统无连接耐久性评价方法和检测设备的现状,开发了水压气密试验、冷热水循环试验、压力冲击试验、承载弯矩试验、偏转角度试验的检测方法并研制了相应的检测设备。详细介绍了检测方法原理和设备工作过程,试验验证结果表明:检测方法科学,参数设计合理,设备运行稳定,能够满足产品质量保证和标准检测要求。

关键词:内衬不锈钢复合管材管件; 管路系统; 连接耐久性; 检测方法; 检测设备

中图分类号: TG115.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-8471(2021)S2-0425-04

DOI: 10.13789/j.cnki.wwe1964.2021.S2.085

引用本文:朱晓林,刘娜,朱宇宏,等.内衬不锈钢复合管道系统的耐久性评价及检测设备研制[J].给水排水,2021,47(S2):425-428.ZHU X L, LIU N, ZHU Y H, et al. Development of evaluation methods and testing equipments for the durability of lined stainless steel composite pipes and fittings system[J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(S2): 425-428.

Development of evaluation methods and testing equipments for the durability of lined stainless steel composite pipes and fittings system

ZHU Xiaolin¹, LIU Na², ZHU Yuhong¹, JIA Xin¹, QIAN Ling¹

(1. Jiangsu Product Quality Testing & Inspection Institute, Nanjing 210007, China;

2. Nanjing Jiangning Water Business Co., Ltd., Nanjing 211000, China)

Abstract: In view of the situation of that, there are no evaluation methods and testing equipments for the durability of lined stainless steel composite pipes and fittings system. The methods and equipments of the air pressure testing, hydrostatic testing, cold and hot water cyclic testing, hydrostatic pressure impact testing, bending moment testing and torsion testing are developed. This paper introduces the principle of the detection methods and the working process of the equipment in detail. The results show that the methods and equipments are easy to operate, stable in operation, reasonable in parameter design, and can meet the requirements of product quality assurance and standard requirement.

Keywords: Lined stainless steel composite pipes and fittings; Pipe system; Durability; Testing method; Testing equipment



1 内衬不锈钢复合给水管路的产业支持政策

内衬不锈钢复合管材管件产品的发展和推广与国家绿色建筑评价标准和市政供水质量安全保障等政策相一致。2017 年 5 月住房和城乡建设部批准发布了《建筑与小区管道直饮水系统技术规程》(CJJT 110—2017),明确规定“管材应选用不锈钢管、铜管等符合食品级要求的优质管材”。2019 年 8 月颁布实施的《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2019)中 4.2.7 条款规定“室内给水系统采用钢管或不锈钢管”。2018 年,福建省政府办公厅发文(闽政办〔2018〕78 号)“加快市政供水管网改造”“优先选用不锈钢管、逐步推广与直饮水标准相适应的内衬不锈钢复合钢管、薄壁不锈钢管等优质管材”。另外,深圳、长沙、海口等多地也陆续发文推荐使用不锈钢给水管材。

2 连接耐久性检测的必要性

市政供水工程属民生项目,管道敷设又多是埋地或暗装,一旦出现渗漏等质量问题,不仅维修困难,且严重影响人民群众的正常生产生活,因此管道系统的安全可靠性和使用寿命是当前水务系统和终端用户的首要考量因素。复合给水管道系统大多采用丝扣、沟槽、卡箍、法兰、焊接等工艺连接,连接部分在任何系统中都是质量薄弱环节。因此相对于产品单体的标准符合性,各方更关注整套管路系统(尤其是管材和管件连接处)的可靠性和使用寿命。然而,现行有效的内衬不锈钢复合管材和管件标准,仅规定了各自单体的规格尺寸和理化指标等常规性能要求,对于整套管路系统在服役工况下的表现,如在周期振动、水压波动、冷热循环、承载弯矩和扭矩等条件下的变形泄露问题,却没有涉及。而这些项目,恰恰是表征整套管道系统是否安全可靠、经济耐用的核心手段。虽然生产、检测、业主各方均极为关注,但因缺乏检测方法和设备,目前无法进行检测和评估。这种缺失导致了严重的后果^[1]:①内衬不锈钢管材管件目前主要用于市政给水工程升级、食品药品工业以及标志性建筑物等大型工程,笔者所在单位在日常委托中已多次接到用户委托送样进行连接后的整体管道系统的性能检测,然而由于没有检测方法和标准,无法受理。这对重大工程项目的安全可靠性和使用寿命带来了极大隐患。②笔者在调研中发现,部分用户方代表坦言,内衬不锈钢复合管在

材料、结构上可称为新型的好产品,充分发挥了碳钢基管和不锈钢内衬的综合性能。但近年来的实际使用中却发现了——即便管材和管件单体均检测合格,符合标准要求——但管路系统在正常寿命周期内出现了腐蚀黄水甚至渗漏问题。这就导致了矛盾,双方均不怀疑检测报告的真实性和权威性,但在使用中也确实出了问题,这种单体合格但系统出问题的现状,让用户方对整套管路系统的可靠性和使用寿命心有疑虑,而且对标准项目设置的科学性和必要性提出了质疑。在没有确切质量改进和检测保证的前提下,有可能不选用复合钢管。③由于现行标准的缺陷,监管机构无法对复合管材管件产品的可靠性进行全面严格的检测,无法对行业进行充分的质量评估和监管。因此,如不能对内衬不锈钢复合管材管件的连接性能和管路系统整体可靠性和耐久性进行评价,不仅无法保证产品符合使用要求,也对整个行业的信任度和推广产生了负面影响。

3 连接耐久性检测现状

现行有效的给水用内衬不锈钢复合钢管执行标准主要是《内衬不锈钢复合钢管》(CJ/T 192—2017),个别情况下会参考《流体输送用不锈钢复合钢管》(GB/T 32958—2016)、《流体输送用双金属复合耐腐蚀钢管》(GB/T 31940—2015)和《内覆或衬里耐腐蚀合金复合钢管规范》(SY/T 6623—2012)。而截至目前,对于复合管件,还未有国家或者行业标准,仅有江苏众信绿色管业科技有限公司制定的团体标准《内衬不锈钢机械连接复合管件》(T/CISA 007—2019)。上述标准中仅规定了管材的尺寸外观、化学成分、力学工艺性能、液压试验以及结合强度试验。而对于管路系统的连接耐久性能(包括但不限于周期振动、水压波动、冷热循环、承载弯矩、接头偏转等)完全没有涉及,而这些项目,恰恰是表征整套管道系统是否安全可靠、经济耐用的核心指标。目前生产企业、水务集团、终端用户均对复合管路系统的可靠性评价期望甚高,期待能有明确的检测方法和相应的检测设备可以进行相关项目的检测和评价。这在产品质量提升、行业健康发展以及保障市政工程安全运行方面是重大的缺失。

因此,为更好的指导和规范内衬不锈钢复合管行业,进一步满足市场需求,贴近给水工程的实际工



况应用,有必要综合考虑内衬不锈钢复合管材管件的单体质量和管路系统的连接耐久性能,进行相关检测方法的开发和检测设备的研制。

4 连接耐久性检测方法及设备

针对上述问题,笔者申请了国家市场监督管理总局和江苏省质量技术监督局科技项目并成功获批立项,进行内衬不锈钢复合管材管件给水系统的连接耐久性检测方法的开发和检测设备的研制,并已取得初步成果。累计设计制造检测设备 5 套,申请专利 11 项,已获授权 7 项。项目组部分成员已将前期研究成果撰写论文并发表^[1-2]。但笔者继续深入研究后发现,根据管路系统的实际服役条件和用户方需求,仍有其他检测方法和设备需要开发。现将内衬不锈钢复合管路系统的耐久性评价方法和检测设备完整介绍如下,以期能够为产品的质量保障和行业发展提供技术支撑和参考。

4.1 密封和强度试验

管路系统的密封和强度试验主要包括:气密封试验、水密封试验、水压强度试验和负压试验。气密封试验的压力取决于管路系统输送的介质,输送气体介质的管路气密封试验压力为 1.05 MPa,用于液体介质的管道气密封试验压力为 0.6 MPa。水压试验压力取决于管路的公称压力,一般取公称压力的 1.5 倍或 2.5 MPa 的较大者。水压强度试验也取决于管路系统的公称压力,一般不低于 2 倍额定公称压力。负压试验即将管路系统的空气抽出,保持其内部压力为 80 kPa 以下。密封、强度和负压试验均为在规定压力下保持一定时间,目的在于检测管路系统组件(管材、管件),是否因组件本体缺陷或连接问题导致的变形、脱落、断裂和气液渗漏现象。

4.2 冷热水循环试验

冷热水循环试验主要是模拟市政给水管网系统在日常冷热水交替使用条件的耐久性能和使用寿命。试验方法是将管路系统在冷 $[(15\pm 5)^\circ\text{C}]$ 、热 $[(93\pm 5)^\circ\text{C}]$ 水交替冲击条件下,循环 2 000 次以上,管路连接部分是否会发生变形、松弛和泄露问题。其设备原理如下:将试验用管材和管件连接成管路系统后,安装于试验箱中分别与冷热进水口快速接头相接,冷水箱的水采用压缩冷水机冷却至标准要求,由冷水增压泵将水压提升,通过气动三通球

阀,在规定时间内将冷水注入试验用管路系统,保持规定压力和时间后,开启热水增压泵将加热至标准要求的热热水注入管路系统并将冷水排出至冷水箱,至此一个循环结束。设备持续运行往复循环,即为冷热水循环试验。

4.3 水压振动试验项目

水压振动试验是指管路系统在充水保压时,以指定频率(1~10 Hz)、振幅(2~5 mm)进行指定次数(高于 1 000 000 次)的振动,是否会出现变形、松弛或渗漏现象。用于模拟管路系统在建筑摆动、地面振动或者水压冲击振动条件下的耐久性。简易水压振动试验机的基本原理是采用电机带动偏心轴方式,振动机构同试样经过连杆连接。试验时,电机带动偏心轴旋转,通过连杆带动试样做固定频率和振幅的往复运动。通过对夹具安装角度和距离的控制,使其能够满足等径/异径直接、三通、弯头等任意角度样品的检测。变频、变振幅的水压振动,采用电液伺服疲劳试验机配置专用夹具进行。

4.4 压力冲击(波动)试验

压力冲击试验主要用于检测管路系统在水锤效应下的耐久性问题。由于流体具有动量和一定程度的可压缩性,所以流量的急剧变化将在管道内引起压强过高或过低的冲击,以及出现“空化”现象。水锤效应有极大的破坏性:压强过高,将引起管子的破裂或连接的脱落,反之,压强过低又会导致内衬不锈钢管的瘪塌,还可能会损坏阀门和固定件。因此压力冲击项目的检测至关重要。本项目的检测过程如下:管路系统经受频率为 0.5 Hz(可调),压力从 0 到额定工作压力(或 2.5 MPa,两者取其高者)的水压冲击试验,管路系统内的水流在 2 s 之内从零增加到额定流量,循环 20 000 次,评估是否发生了变形、脱落、断裂和渗漏现象。压力冲击试验机的原理较为简单,主要采用 2 台增压泵和蓄能器,通过气动三通阀门分别与管路系统连接,增压器间序工作以提升其使用寿命,同时可以保证按照既定频率和功率进行冲击试验。

4.5 承载弯矩试验

承载弯矩试验主要是用于检测内衬不锈钢复合管路系统在连接处受一定弯矩(受力方向垂直于管路轴向)条件下,是否是发生变形、脱落、断裂和渗漏



现象。该设备通过电液伺服疲劳试验机提供动力,配置专用的变角度夹具,以保证能够进行等/异径直接、弯头和三通的检测。承载弯矩试验机的原理在于,管路系统已承受额定水压的前提下,在连接处施加平行于试验机轴向的载荷(即管件承受载荷),至弯矩或载荷其一达到标准规定值后,检查待测试样是否出现变形、脱落、断裂和渗漏现象。该项目用于模拟管路系统在承受自然弯矩载荷(如水平安装管路的自重载荷)或外来载荷(如建筑或管路变形)条件下的耐久性。

4.6 偏转角度试验

偏转角度试验主要是用于测试内衬不锈钢复合管路系统在连接处受一定扭矩(受力方向沿管路切线方向)条件下,是否是发生变形、脱落、断裂和渗漏现象。该设备通过扭转试验机提供扭矩载荷,配置专用的不同规格的变角度抱箍夹具,可以进行等/异径直接、弯头和三通的检测。偏转角度试验主要是在管路系统已承受额定水压时,在管路系统的一端(管件不承受载荷,在钢管处施加扭矩)施加管路系统周向的扭转载荷,至扭矩或扭转角度之一达到标准规定值,检查待测试样是否出现变形、脱落、断裂和渗漏现象。

5 结语

项目组根据用户方的需求,通过分析内衬不锈

钢复合管路系统过往失效案例和实际服役条件,开发了复合管路系统连接耐久性检测方法,研制了相应的检测设备,并申请了标准立项。前述水压气密试验机、冷热水循环试验机、压力冲击试验机、承载弯矩试验机、偏转角度试验机已在笔者单位稳定运行了近两年,累计检测样品并出具检测报告逾百批次,为全国近百家生产企业的产品质量检测,相关工程项目的质量保证,以及行政部门的行业监管提供了技术支撑。通过大量样品的试验验证,设备操作便捷、运行稳定,参数设计合理,能够满足产品质量保证和标准检测要求。

参考文献

- [1] 叶慧丽,王琼,甘凝岚,等.建筑用不锈钢管件的连接性能检测设备概述[J].山西建筑,2020,46(7):150-151.
- [2] 叶慧丽,王琼,甘凝岚,等.不锈钢卡压式管件连接性能检验专用设备的运用[J].理化检验—物理分册,2019,55(12):883-885,890.

§ 通信作者:朱晓林,男,1983 年出生,江苏南京人,高级工程师。主要研究方向为工程材料测试表征及标准化、检测设备研制、材料表面工程等。
E-mail:gjgsc@163.com
收稿日期:2020-10-09

(上接第 424 页)

表 3 常用非开挖修复技术综合成本比较

Tab.3 Comprehensive cost comparison of common trenchless repair technologies

成本类型	整体修复常用技术排序	局部修复常用技术排序
材料成本	碎裂管法>穿插法>机械制螺旋缠绕法>原位固化法>内衬法	套环法>点状原位固化法
施工成本	碎裂管法>穿插法>原位固化法>机械制螺旋缠绕法>内衬法	点状原位固化法>套环法
综合成本	碎裂管法>穿插法>原位固化法>机械制螺旋缠绕法>内衬法	点状原位固化法>套环法

4 结语

本文通过提出由技术初选、精选、优选三阶段组成的常用非开挖修复技术比选方法,以及总结出常用非开挖修复技术适用范围、相关指标比选结果,为在实际工程中开展技术优选提供了指导和参考。随着科技水平的快速发展,非开挖修复技术也在不断优胜劣汰、推陈出新,比如文中未涉及的短管内衬

法、管片内衬法、嵌补法等方法由于修复质量、效率、稳定性不佳或者适用范围有限等原因已非常用技术逐渐淡出市场,速格垫法、不锈钢快速锁法等方法正逐渐成为候选技术,后续研究中需要实时关注技术更新情况,将先进新技术纳入研究范围,不断提高比选结果的合理性。

参考文献

- [1] CJJ/T 210—2014 城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程 [S].
- [2] 上海市城镇排水管道非开挖修复技术实施指南(试行)[S].
- [3] 广东省排水管道非开挖修复工程预算定额 [S].

§ 通信作者:付兴伟,男,1987 年出生,湖北荆州人,工程师。主要研究方向为排水管网精益化运营管理。
E-mail:fu_xingwei@ctg.com.cn
收稿日期:2021-01-13