

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.22.007

给水管路系统冷热水循环试验设备的研制与应用

朱晓林, 贾欣, 朱宇宏, 钱玲, 万珺, 杨东美
(江苏省产品质量监督检验研究院, 江苏 南京 210007)

摘要: 针对目前因缺乏检测设备导致给水管路系统无法进行冷热水循环试验的现状,研制了一种全自动给水管路系统冷热水循环试验设备。该装置采用双泵增压结构,用两个气动三通阀切换回路,在回路上安装比例溢流阀,通过节流来控制系统压力。同时,设计了一种管材管件快速装夹结构,便于不同规格管路系统部件的快速装卸。详细介绍了设备的工作原理、机械构成、性能参数和 workflows。三年的试验验证结果表明,该套设备操作便捷、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。

关键词: 管路系统; 冷热水循环; 试验设备

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2021)22-0043-04

Development and Application of Cold and Hot Water Cyclic Testing Equipment for Water Supply Pipeline System

ZHU Xiao-lin, JIA Xin, ZHU Yu-hong, QIAN Ling, WAN Jun, YANG Dong-mei
(Jiangsu Product Quality Testing & Inspection Institute, Nanjing 210007, China)

Abstract: Aiming at the current situation that the cold and hot water cyclic testing can not be carried out for the water supply pipeline system due to lack of testing equipment, an automatic cold and hot water cyclic testing equipment for the pipeline system is developed. The device adopts a double pump pressurization structure, two pneumatic three-way connections are used to switch the circuit, and a proportional relief valve is installed on the circuit to control the system pressure through throttling. A quick clamping structure of pipe fittings is designed to facilitate the rapid loading and unloading of pipeline systems of different specifications. The working principle, mechanical structure, performance parameters and working procedure of the equipment were introduced in detail. Through three-year's testing, the equipment proved to be easy to operate, stable in operation, reasonable in parameter design, which can meet the requirements of product quality assurance and standard requirements.

Key words: pipeline system; cold and hot water cycle; test equipment

随着民众健康环保及安全意识的提高,城市供水安全及水质问题日益受到关注。近年来,常规给水、输水管道由于内壁腐蚀对水体造成二次污染,以及渗漏、爆管等问题频频出现,也加大了民众对市政管网安全的担忧。薄壁不锈钢管和内衬不锈钢复合

钢管是近年来发展的新型给水系统组件,具有力学性能好、使用寿命长、摩阻系数小、不易产生二次污染、综合成本合理等优点,已得到行业专家和使用者的认可,广泛应用于食品加工、医药卫生、市政给水和饮用净水工程^[1-5]。

基金项目: 国家市场监督管理总局科技项目(2019YJ019); 江苏省质量技术监督局科技项目(KJ155401)

市政供水工程属民生项目,且管道敷设又多是埋地或暗装,一旦出现渗漏,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。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,目前的产品标准,大多仅规定了管材和管件单体的理化等常规性能指标,对于整套管路系统在服役工况下的表现,如冷热水交替循环温度冲击和压力波动条件下的管路系统变形泄漏问题关注甚少,而这才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、业主各方对此均极为关注,但因市场中无该类设备的生产和销售,无法对管路系统的使用耐久性进行检测,致使企业质量保证、工程建设验收和产品行政监管方面都存在盲区。为此,笔者进行了给水管路系统冷热水循环等连接性能检测方法的开发和检测设备的研制,并已成功应用于工程验收检测和相关产品的型式试验。

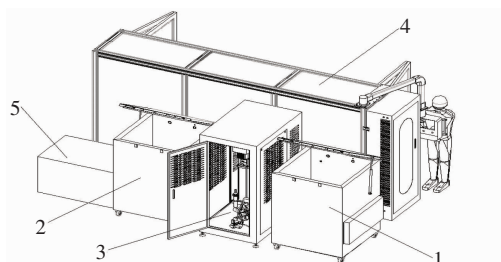
1 设备原理

本设备主要用于检测管路系统在冷热温度交变冲击和水压波动条件下管路连接部分是否会发生变形、松弛和渗漏。设备原理如下:将不同规格管材和管件连接成管路系统作为待测样品,通过三通分别与冷热进水口快速相接,冷水箱采用压缩冷水机冷却至标准要求,由冷水增压泵提升水压,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。

冷热水箱中均设置液位传感器,蓄能器的液压管口设有压力传感器,以保证试验过程中的水位和压力控制。同时在冷热水增压泵的出水口和第一三通球阀的两个进水端之间设置溢流阀,在第二三通球阀和水压出口接头之间设置电动调节阀,防止压力过高。在电动调节阀的入口处设置出水温度传感器,以保证试验温度。

2 设备构成及性能参数

设备的组成部分主要包括:热水箱及电动加热装置、冷水箱及压缩冷水机组、压力和流量控制系统、试样夹持系统、试验箱。设备装配示意图见图1。



1.热水箱 2.冷水箱 3.压力和流量控制系统 4.试验箱 5.冷水机

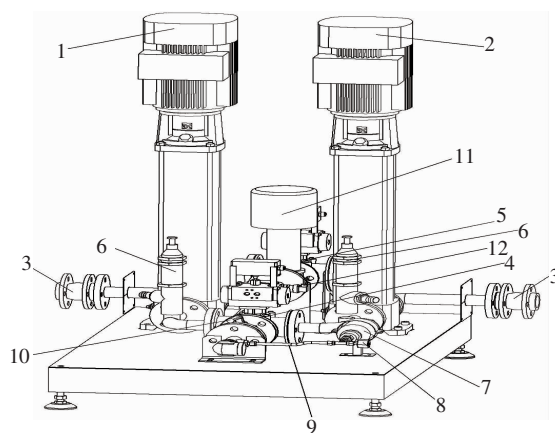
图1 设备装配示意

Fig. 1 Diagram of equipment assembly

设备的性能参数如下:最大试验压力为10 MPa;试验回路为3路;试验温度为5℃~室温(低温)、100℃~室温(高温);冷热水切换时间 ≤ 30 s;水压精度 $\pm 1\%$;温度精度 ± 2 ℃;试验循环数 $\geq 3\,000$ 次;试样规格DN15~DN300。

2.1 压力和流量控制系统

压力和流量控制系统是本设备的核心组件,其构成见图2。



1.冷水增压泵 2.热水增压泵 3.冷热水箱接头
4.第一气动三通球阀 5.第二气动三通球阀 6.溢流阀
7.蓄能器 8.压力传感器 9.不锈钢波纹管 10.手动球阀
11.电动调节阀 12.出水温度传感器

图2 压力和流量控制系统

Fig. 2 Diagram of pressure and flow control system

冷热水增压泵的进水口分别连接冷水箱和热水箱,其出水口分别连接第一气动三通球阀的两个进水端,该球阀的出水端处设有蓄能器,且该出水端通过出水接口连接待测管路系统的一端。待测试管路系统样品的另一端通过回水接口连接电磁调节阀的进水端,电磁调节阀的出水端连接第二气动三通球阀的进水端,该球阀的两个出水端分别连接冷水箱和热水箱。本设备采用双泵增压结构,两泵间序工作,且工况介质温差小,因此工作稳定、寿命长、故障

率低。

2.2 样品快速装夹调整机构

该机构通过滑块、杆和轴的组合,实现试样的上下、左右和前后的调整,可适用于不同形状、规格和安装角度的样品。通过不均匀多孔结构的销轴和夹钳的配合,能够单手快速夹紧固定和调整试样位置。整套机构方便快速装夹、拆卸、调整和更换。具体组成和结构见图3。

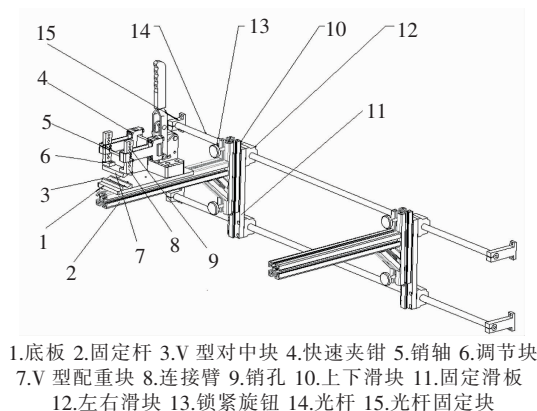


图3 样品快速装夹调整机构

Fig.3 Sample quick clamping and adjusting mechanism

3 应用与讨论

本设备是国内首套可完善进行薄壁不锈钢管和内衬不锈钢复合管材管件组件系统冷热水循环项目检测的装置。设备实物和检测样品如图4所示。



图4 设备实物和检测样品

Fig.4 Diagram of the equipment and the testing samples

该设备主要用于市政给排水管路系统的耐久寿命检测,根据行业需求和实际使用状况,并查阅相关标准和规范要求,冷热水循环试验的检测方法如下:使用 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 和 $(93 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的常温水 and 热水,在 (1.6 ± 0.16) MPa的内压下进行2 500次循环检测,单个循环为 (30 ± 2) min,冷热水各保持15 min,冷热水的交替在1 min内完成。该设备已在笔者单

位稳定运行了3年,累计进行冷热水循环试验并出具检测报告61批次,包括客户委托送样检测和各级监督抽查检测。其中5批次出现不同程度的渗漏问题。通过与产品生产企业和项目建设方的联合分析,确认其主要不合格原因包括:卡压连接处在循环过程中的应力松弛,橡胶密封圈不密实,焊接接头缺陷,以及钢管与管件的安装连接不到位等。上述检测分析结果为生产企业的原材料选型和产品质量自检,以及工程项目安装工艺的优化和使用寿命保证提供了技术支撑。同时还为相关行政主管部门的质量监管和行政许可提供了检测报告,出具了部分产品的特种设备制造许可证的型式试验报告。部分工作已撰写论文并发表^[6-7]。通过大量样品的试验验证,该设备操作便捷、运行稳定,参数设计合理,能够满足产品质量保证和标准^[8-10]检测要求。

相对于常规流体装置,本检测设备的性能优势具体如下:①采用双泵增压结构,间序式工作,介质温差小,使用寿命长,故障率低;②采用三通阀切换工作管路,实现介质的转换和回流;③回路上安装比例溢流阀,通过节流来控制系统压力;④采用不锈钢波纹管连接压力传感器,有效避免介质温度对传感器精度的影响;⑤采用试样快速装夹结构,可快速定位,快速夹持,试样安装方便;⑥冷、热水箱分别独立设置水位监测及缺水自动补水、过低水位断电等功能,防止缺水干烧造成设备损坏。

4 结论

针对目前因缺乏检测设备而无法进行给水管路系统冷热水循环项目检测的现状,研制了一种全自动给水管路系统冷热水循环试验设备。该装置采用双泵增压结构,用两个气动三通阀切换回路,在回路上安装比例溢流阀,通过节流来控制系统压力。同时设计了一种管材管件快速装夹结构,便于不同规格管路系统的快速装卸。该设备从立项、设计、制造、安装、调试到正常运行用了一年半的时间。通过三年的试验验证,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。

该设备的研制解决了给水管路系统冷热水循环项目的检测问题,促进了薄壁不锈钢和内衬不锈钢管材管件行业的健康发展,为重大工程项目的质量保证和相关行政主管部门的质量监管提供了技术支撑,创造了良好的经济效益和社会效益,并具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 刘东坡,张金松,靳军涛. 城市供水管网通水初期水质变化规律研究[J]. 中国给水排水,2019,35(17): 43-49.
LIU Dongpo, ZHANG Jinsong, JIN Juntao. Water quality variation in initial stage of urban water supply network [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(17): 43-49 (in Chinese).
- [2] 王小勇,罗家明,黄乐庆,等. 不锈钢复合管在市政管网中的应用前景与实践[J]. 市政技术,2018,36(2): 114-117.
WANG Xiaoyong, LUO Jiaming, HUANG Leqing, et al. Application prospects and practice of stainless steel clad pipe in municipal pipe network [J]. Municipal Engineering Technology, 2018, 36(2): 114-117 (in Chinese).
- [3] 笱秀丽,杨敏,郭召海,等. 管材对小区直饮水水质的影响研究[J]. 中国给水排水,2007,23(19): 44-47.
GOU Xiuli, YANG Min, GUO Zhaohai, et al. Effect of pipe materials on water quality of direct drinking water [J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(19): 44-47 (in Chinese).
- [4] 笱秀丽. 直饮水系统中预处理工艺及管网管材的选择研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2008.
GOU Xiuli. Study on Choice of Pre-treatment Techniques and Pipe-materials of Direct Drinking-water [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2008 (in Chinese).
- [5] 季策,黄华贵. 双金属复合管复合机理及制备工艺研究进展[J]. 特种铸造及有色合金,2018,38(12): 1300-1306.
JI Ce, HUANG Huagui. Research progress in bonding mechanism and preparation process of bimetallic clad pipes [J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2018, 38(12): 1300-1306 (in Chinese).
- [6] 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.
YE Huili, WANG Qiong, GAN Ninglan, et al. Overview of connection property testing equipment for stainless steel pipe fittings used in construction [J]. Shanxi Architecture, 2020, 46(7): 150-151 (in Chinese).
- [7] 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.
YE Huili, WANG Qiong, GAN Ninglan, et al. Application of special equipment for connectivity testing of stainless steel press-fitting [J]. Physical Testing and Chemical Analysis Part A (Physical Testing), 2019, 55(12): 883-885, 890 (in Chinese).
- [8] 质量监督检验检疫总局. 不锈钢卡压式管件组件 第1部分:卡压式管件:GB/T 19228.1—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine. Stainless Steel Press-fitting Assemblies—Part 1: Press-fittings: GB/T 19228.1-2011 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2011 (in Chinese).
- [9] 质量监督检验检疫总局. 不锈钢卡压式管件组件第2部分:连接用薄壁不锈钢管:GB/T 19228.2—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine. Stainless Steel Press-fitting Assemblies—Part 2: Light Gauge Stainless Steel Tubes for Press-fittings: GB/T 19228.2-2011 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2011 (in Chinese).
- [10] 住房和城乡建设部. 内衬不锈钢复合钢管:CJ/T 192—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Composite Steel Pipe Stainless Steel Lined: CJ/T 192-2017 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017 (in Chinese).

作者简介:朱晓林(1983—),男,江苏南京人,工学硕士,高级工程师,主要从事材料测试表征及标准化工作。

E-mail: 18013857007@163.com

收稿日期:2020-10-05

修回日期:2020-11-15

(编辑:丁彩娟)