

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.24.026

# 大口径供水顶管漏点抢修及应急保障措施

笪跃武, 沈海军, 袁君, 王瑞, 胡淑圆, 桑子文  
(无锡市水务集团有限公司, 江苏 无锡 214031)

**摘要:** W市供水主干管 DN2 400 顶管出现漏点,漏点位于城市快速路下,埋深约 10 m,不具备长时间停水和开挖条件。为避免管道持续渗漏造成道路塌陷等其他次生安全问题,定位、修复漏点等抢修工作刻不容缓。该实际案例采用 Sahara II 检测技术进行漏点分析和定位,漏点修复以及修复过程中采取的应急保障措施等具有参考意义。

**关键词:** 供水主干管; 渗漏; 顶管中继间; 抢修

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)24-0140-05

## Emergency Repair and Safeguard Measures of Leakage Points in Large Diameter Water Supply Jacking Pipe

DA Yue-wu, SHEN Hai-jun, YUAN Jun, WANG Rui, HU Shu-yuan, SANG Zi-wen  
(Wuxi Water Group Co. Ltd., Wuxi 214031, China)

**Abstract:** Leakage point was found in DN2 400 jacking pipe of water main pipe in W city. The leakage point is located under the urban expressway, with a buried depth of 10 m, without long time water cut-off and excavation conditions. In order to avoid other secondary safety problems caused by continuous pipeline leakage, the location and emergency repair work needs to be carried out immediately. The Sahara II detection technology was applied in the real case for analysis and location, and the leakage emergency repair as well as safeguard measures could provide reference for others.

**Key words:** water main pipe; leakage; relay well of jacking pipe; emergency repair

市政供水管网是城市供水系统的重要组成部分,被喻为城市的“地下生命线”。在早期管网建设中,受限于国内给水管材生产技术、建设水平、建设标准等因素,供水管道在抗压力冲击与施工开挖扰动等方面较薄弱,易发生爆管与渗漏。随着城市的发展,在城乡一体化、道路拓展等实施进程中,早期埋设的一些管线地貌、埋深也会发生改变;此外,随着路面荷载的变化,已有的一些管线无法避免发生管道渗漏、爆裂等现象,特别是存在材质、施工工艺等方面薄弱环节的管道<sup>[1-2]</sup>;由此造成的管网漏损,不但直接影响到企业的经济效益,而且影响到现场的交通和用户的正常用水。因此,如何在复杂环境下,及时对问题管道进行修复十分重要。

以 W 市供水主干管 DN2 400 大埋深顶管段漏

点抢修为例,介绍相关工作的开展情况。

### 1 管道漏点概况

#### 1.1 漏点发现

2019 年初,在例行巡检时发现惠暨大道刘仓大桥北侧道路旁出现清水渗漏,初步判定漏点位于现有道路下 DN2 400 供水顶管上。

#### 1.2 管道概况

发生渗漏管道为钢管,建于 12 年前。当时此处管道需跨越珍珠、螃蟹养殖塘,采用了顶管施工工艺,顶管全长 335 m、管径 2 436 mm、壁厚 25 mm,河床标高为 -3.2 m,设计管内底标高为 -9.48 m。管道北侧为顶管井,南侧为接收井,顶管施工设有两组中继间,分别位于距北侧顶管井 176 m 和 300 m 处,顶管段示意图见图 1。前两年因城市发展需要,管道

上部新建了城市快速路惠暨大道,目前管道埋深约10 m。

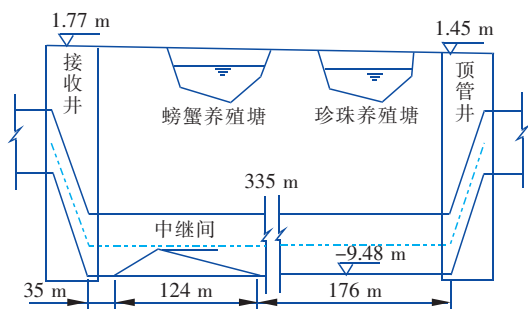


图1 顶管段示意

Fig.1 Schematic diagram of jacking pipe

该管道是W市主力在供的XC水厂的出厂管的一段,其位置如图2所示。XC水厂共有3根出厂管,一根DN2 400(与图2中其他管段无沟通),两根DN2 200;两根DN2 200管道出厂合并后分为一根DN1 800往东线方向,另外一根DN2 400先往西,再往南后又继续分为中线DN2 000和西线DN1 800,也是本次出现漏水现象的管道。

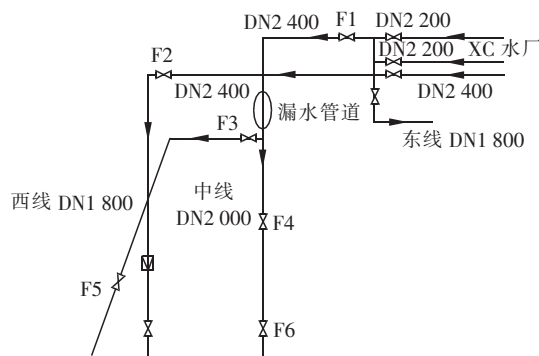


图2 漏点管段及附近阀门位置示意

Fig.2 Schematic diagram of leakage point pipe section and nearby valves

据现场预估,管道漏点漏损水量约 $150 \text{ m}^3/\text{d}$ 。漏点现位于城市快速路下,不具备大面积开挖条件,无合适的施工作业面;此外,漏点在供水主干管上,对整个城市的供水调度影响极大;后续的修复工作面临的施工、安全等不确定因素较多。为避免长时间管道漏损带来的路面塌陷等一系列次生问题,修复工作刻不容缓。

面对这一复杂事件,结合现场实际,考虑备用和安全系数,制定抢维修方案,组织专家进行论证。同时,积极与当地交通局联系,加强路面沉降监测,与相关部门一起对道路情况进行评估,确保道路行车

安全。

## 2 漏点的定位

### 2.1 定位方法

管道漏点修复工作取决且受限于对管道漏点数量和位置的预判,因此,准确判断漏点的数量和位置极为重要。

因漏点所在供水管道埋深大,且又位于快速路下,传统人工听漏技术无法发挥作用<sup>[3]</sup>,因此,选用了Sahara II管网检测新技术,这是一项基于声学的无损状态评估检测技术,可在不影响管网正常供水运营的状态下,通过视频和声呐对管道漏损部位进行检测定位<sup>[4]</sup>。

典型的Sahara II检测系统配置见图3。Sahara II传感器经由插入组件进入运行中的管道,插入口直径不小于100 mm。传感器通过光缆与地面上的光缆卷筒连接,进入管道后,牵引伞在水流的推动下,带动传感器前进。在流速较大且没有弯管的情况下,单次插入的检测距离最大可达1.5 km。

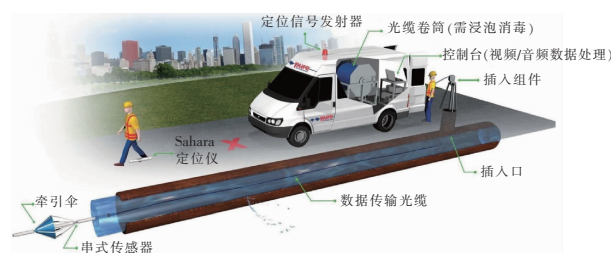


图3 典型的Sahara II检测系统配置

Fig.3 Typical Sahara II detection system configuration

### 2.2 定位过程

由于Sahara技术使用有一定的局限性,要求管道不能有角度大的弯头,并且对管道的流速要求较高,最佳流速为 $0.6 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 。为保障检测工作的顺利进行,调整了各水厂的流量分配,保持检测期间管内流速稳定在 $0.65 \text{ m/s}$ 左右。

另外,由于管道埋深约10 m,超过跟踪器探测范围,地面无法接收到需要的信号;同时,由于受检管道口径大,该技术的视频功能明显受限,无法看清管道具体情况,仅能通过声波信号分析,根据缆线进入的距离进行漏点位置判断。

通过声谱及同步声音监听,在距离插入口132~220 m范围内听到漏水声,经多次线缆回拉测试,最后确定距顶管井172.5 m处为漏水声峰值,提示此处管道有漏点。

### 2.3 位置确认

在管道内部具备作业条件后,安排人员从顶管井处入孔进入,逐段排查管道内部情况。最终确认,在距离顶管井176 m即顶管中继间顶部位置发现一处漏点,其余位置完好。

以上实践表明,采用 Sahara 技术在无法使用定位跟踪器的情况下,仅通过声呐检测和线缆长度估算,也能基本反映管道漏损情况(结果同实际偏差为 $\pm 5$  m)。探测结果可为初期抢修方案的制定提供极为有用的信息。

### 3 漏点的修复

由于漏点管道不具备开挖抢修条件,修复方案重点研究非开挖修复。

#### 3.1 修复方案

非开挖修复技术总体上可分为局部修复和整体修复两大类<sup>[5-7]</sup>。适用于压力流供水管道并在国内已有成功案例的非开挖修复技术有:连续式滑动内衬法、紧贴衬里法、软衬法(原位固化法)、不锈钢薄板内衬技术、玻璃钢夹砂管内衬法、橡胶胀圈局部修复法等<sup>[6]</sup>。

本次发现漏点的钢质管道,漏点位于顶管中继间处,如采用上述不锈钢薄板内衬技术、玻璃钢夹砂管内衬法、橡胶胀圈等修复方案,相关配件的采购、定制,设备的准备需要较长的时间,经综合研判分析,决定采用与原有管道材质一致、钢板内衬加固的局部修复<sup>[5]</sup>的方法。

首先暂时封堵漏点,再在管道内漏点处分段安装同弧度内衬钢管,将内衬钢管焊接在原有管道内部,最后敷设水泥砂浆防腐抹面,完成管道修复工作。其中内衬钢管采用成品钢管,在厂内加工成宽200 mm、厚16 mm、外径及弧度同 $\varnothing 2\ 400$  mm顶管内径一致的一圈若干,宽500 mm、厚16 mm、外径及弧度同 $\varnothing 2\ 400$  mm顶管内径的1/4圈若干,运输到待修管道内。

钢内衬修复技术步骤:修复管道排水→管道内通风与安全检测→管道内筑坝堵水→清理泄漏处水泥砂浆→堵漏剂暂时封堵漏点→焊接内衬短管→水泥砂浆防腐施工。

#### 3.2 修复实施

实施修复前,排空管道内存水约 $1.8 \times 10^4$  m<sup>3</sup>,分别在顶管井(北端)透气井、顶管井(北端)管内、透气井(南端)管内三处进行排水。对于顶管段,通

过管内架泵抽水排出,水量约1 600 m<sup>3</sup>。

管道水抽干后,在管顶部中继间处有地下水往管道内渗漏,水量约1 m<sup>3</sup>/h。首先采用青铅敲合漏水处,再对漏点处烧电焊实现暂时止水;同时进行漏点附近的水泥砂浆防腐涂层的清除工作。清除工作完成后,确认漏水点是中继间前位管与中继间内封板的闭合焊缝边,其结构特殊,长约600 mm。中继间内封板内径小于前位管,从管内观察中继间内封板凸出于前位管内壁约40 mm,采取了如图4所示的堵漏及加固方案。

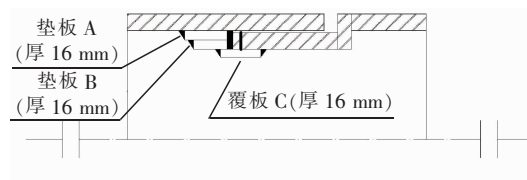


图4 垫板、覆板加固示意

Fig. 4 Sketch of reinforcement of bedding plate and cladding plate

由于中继间内封板较厚,需在封板旁设置两层垫板,在上面再设置一层垫板,实现对漏点的封堵。该方案需要进行4条焊缝的施工,采用电弧焊接工艺,现场多名电焊工轮流工作。

管内焊接参照《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008)、《工业金属管道工程施工规范》(GB 50235—2010)、《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》(GB 50683—2011)相关要求执行,不锈钢内衬管道焊缝外观整齐、无气孔、无未焊透、无裂纹、无焊瘤、无过烧,焊接后进行外观和无损检验。

焊缝检测完成后,进行水泥砂浆内防腐施工,参照《城镇给水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 244—2016),城镇给水管道非开挖修复更新工程的质量验收符合现行国家标准 GB 50268—2008 的有关规定要求。非开挖修复更新工程完成后,应进行表观检测。当管径 $\geq 800$  mm,可采用管内目测。检测资料应存入竣工档案。

管道内防腐完成后,进行管道内垃圾的清运和管道清洗工作。

待以上工作完成并检验合格后,进行人工盖板的安装和恢复正常供水调度准备工作。

### 4 应急保障措施

本次 DN2 400 大口径管道的抢修历时36 h,抢修过程中,除部分用户处于低压供水,零星片区出现



少量黄水外,全市管网运行平稳,未对城市的正常用水造成较大影响。

本次抢修工作的顺利实施得益于较高质量的漏点定位与修复工作,同时还离不开抢修前、抢修过程中及后期采取的一系列应急保障措施。

#### 4.1 交通调度

漏点发现后,积极与当地交通局联系,加强路面沉降监测,及时引导排除路边渗水;提前进行交通干预,对重点监控区域进行封闭,通告有条件车辆适当绕行,漏点附近路段实施单幅双向,在漏点修复完成恢复正常供水时才调整至原有交通调度。

#### 4.2 阀门检查

实施修复前的排水工作,对于施工需要关闭的阀门,提前再次检查状态,确保施工时能正常关闭。为避免由于阀门关闭不到位导致排水工作无法进行,还考虑了扩大停水的备用阀门,确保万无一失。

#### 4.3 应急调度、区域联动

漏点管段主供城市西部用水,日常调度供水区域如图5所示,水量约 $26 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,约占全市总供水量的1/5。如直接关阀停水抢修,将严重影响城市西部片区居民及生产用水。



图5 W市供水格局与抢修影响范围

Fig. 5 Water supply pattern and influence scope of pipeline's emergency repair in W city

为减少抢修期间对居民用水的影响,制定了应急调度方案,主要包括两个方面:①充分利用供水高速通道(大口径DN2400清水管道,连通城市主力在供水厂)的转输能力,由南部水厂弥补北边不足的水量;再打开所有往西供水的管道沟通阀门,尽可

能减少、减轻用水影响范围和影响程度。②积极沟通,进行区域联动;西南部马山片区离主力在供水厂较远,属于供水边缘地区,日常主要由西线保障供水,应急时可开启常州往马山方向的DN500供水管上阀门,实现联网通水。

抢修期间,由于有部分管路联络阀门的动作,利用水力模型提前计算了水流发生变化及反向的管道,对可能出现黄水的零星地区通过消火栓放水等进行处理。

因应急调度和区域联动科学到位,西部片区部分正常供水、部分低压供水(高峰时期下降3~7m),没有完全停水区域。区域联动管道累计转输水量 $17\,878 \text{ m}^3$ ,当日西部供水量减少 $8 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,不到正常用水的1/3;无用水水质相关投诉。实际受到影响的范围控制在原有预计中。

#### 4.4 施工安全

本次管内作业属于有限空间作业,除日常安全措施外,需重点考虑管内通风和用电安全。

在进入管内作业前,在管道始末端架设轴流式通风机进行通风,请专业队伍携带专业设备下管检测管内空气质量,包括氧浓度与有毒有害气体含量等。此次作业通风机功率0.75 kW、风量 $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 、转速1450 r/min、全压200 Pa。管内空气质量检测合格后安排下井进入管内开展正式作业。

由于管道内存水不可能完全排除,为确保施工用电安全,主要采取了以下措施:①220 V电缆及电焊机不进入管内,采用二次线进行管内焊接作业;②管内照明采用充电头灯及充电野营灯;③管内焊缝磨平采用充电时锂电池磨光机;④管内维修处筑坝抽水采用12 V低压1英寸(2.54 cm)水泵。

## 5 结论及建议

① Sahara II管网检测新技术在管道口径大、埋深大、视频受限、跟踪器无法定位的情况下,仅通过声波信号和线缆进入长度分析,可以为漏点定位提供有用的信息。

② 本次管道漏点在顶管的中继间接缝处,属于施工的薄弱环节,需要加强施工管理和质量控制,必要时可以采取覆钢板加固,避免留下安全隐患。

③ 大口径顶管建议保留顶管井和接收井,在管道两端一定范围内设置阀门,为日后抢修、维修提供便利。

④ 供水主干管抢修对城市供水影响较大,应

急保障与区域联动措施在降低影响范围和程度上发挥了重要作用,建议相关部门加强该类应急预案的制定和完善。

#### 参考文献:

- [1] 骆升. 城市大口径给水管道路爆管对策措施[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2012.  
Luo Sheng. The Countermeasures for Water Supply Pipes of Large Diameter Breaks in City [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2012 (in Chinese).
- [2] Liu Z, Kleiner Y. State of the art review of inspection technologies for condition assessment of water pipes[J]. Measurement, 2013, 46(1): 1-15.
- [3] 吴楠. 供水管道泄漏检测方法研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2017.  
Wu Nan. Study on Leak Detection of Water Supply Pipeline [D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2017 (in Chinese).
- [4] 廖军, 耿冰, 韩冰, 等. 供水管网检测新技术[J]. 净水技术, 2018, 37(增刊): 158-163.  
Liao Jun, Geng Bing, Han Bing, et al. Innovative technologies for inspecting water distribution systems[J]. Water Purification Technology, 2018, 37(S1): 158-163 (in Chinese).
- [5] 刘刚, 梁添. 钢内衬局部修复技术在排水管道修复中的应用[J]. 中国给水排水, 2015, 31(22): 119-122.  
Liu Gang, Liang Tian. Application of steel lining local repair technology in drainage pipeline repair[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(22): 119-122 (in Chinese).
- [6] 沈妍, 闫卿. 供水管道非开挖修复技术综述[J]. 上海水务, 2013, 29(4): 1-3.  
Shen Yan, Yan Qing. Summary of trenchless repair technology for water supply pipeline [J]. Shanghai Water, 2013, 29(4): 1-3 (in Chinese).
- [7] 李明明, 赵云鹏, 刘阔, 等. 国内外供水管网环氧树脂喷涂修复的研究现状[J]. 中国给水排水, 2016, 32(4): 13-15.  
Li Mingming, Zhao Yunpeng, Liu Kuo, et al. Research status of epoxy resin spraying in water distribution system in China and abroad[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(4): 13-15 (in Chinese).



作者简介: 竺跃武(1974-), 男, 江苏淮安人, 本科, 高级工程师, 现任无锡市水务集团总工办主任, 长期从事水厂生产与管网运行管理等相关工作。

E-mail: 1124729736@qq.com

收稿日期: 2020-04-26

**贯彻执行《中华人民共和国防洪法》**