

次声波管道泄漏检测技术在天然气输气管道上的应用

□ 中海福建天然气有限责任公司 (351158) 王海洋
□ 北京科创三思科技发展有限公司 (100080) 王良风 阮晓辉

1 引言

近年来,我国经济建设飞速发展,优化天然气管道建设并提高其安全性对促进区域经济发展,构建和谐社会以及国家战略结构调整方面起着重要作用。天然气管道由于母材不合格、运行管理不到位和老化腐蚀等极易发生损坏导致泄漏^[2],液化天然气具有低温、易燃、易爆、易蒸发、易扩散、易产生静电荷的特点^[3],因而一旦发生泄漏将十分危险,进而造成巨大损失和人员伤害,产生严重影响,产生较大的社会影响和造成巨大的环境破坏,因此,在管道泄漏早期,能够及时发现管道泄漏位置,及时进行处理,可以最大程度的减小损失和影响。

次声波泄漏检测技术和分布式光纤泄漏检测技术是近年来国内外泄漏检测技术研究的重点和热点^[4],并且已经初步应用于天然气管网泄漏检测,取得了良好的效果。但分布式光纤泄漏检测技术大部分处于理论研究阶段,而次声波检测法已实现了连续在线检测很小的泄漏量,其灵敏度高、误报率低、定位精度高、适应性好、安装和维护费用也较低,具有良好的应用效果。

2 次声波管道泄漏检测系统

管道因自身老化、腐蚀或被破坏发生泄漏时,管道内介质在管道压力的作用下,迅速涌向泄漏处,从泄漏点喷射而出,喷射出的介质与破损的管壁高速摩

擦,在泄漏处形成振动而发出声音,声音能量的大小与管道压力和泄漏孔径有关系,泄漏的声波信号沿着管道向管道两端传播,声波信号包含多种频率成份,从0.001Hz到几千Hz的都有分布。频率较高的声波信号在管道和流体里传播时衰减很快,淹没到环境噪声中而无法有效检测,而频率较低的声波信号随着管道和流体传播时衰减很小,能传到很远的距离。安装在管道两端的次声波传感器能够捕获该信号,通过对信号进行分析处理,能够确定管道是否发生泄漏,通过计算两端传感器采集到的泄漏信号的时间差,就能准确计算出泄漏位置。

2.1 原理

定位原理如图1所示。

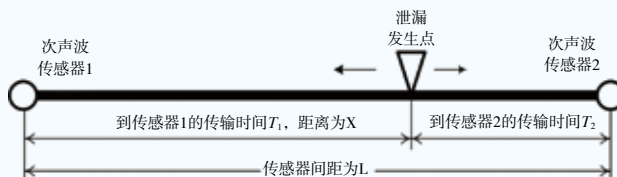


图1 定位原理示意

假设泄漏点离上游传感器A的距离为X, L为传感器A至传感器B之间的距离, T_1 和 T_2 分别是传感器A和B收到泄漏信号的时间, C为次声波在天然气中的传播速度, 则泄漏点计算公式如下:

$$X = \frac{L + (T_1 - T_2) \times C}{2}$$

2.2 系统结构

系统由一个负责数据处理的主站和若干个负责数

据采集的分站组成,各分站和主站之间通过网络进行通讯。系统结构如图2所示。

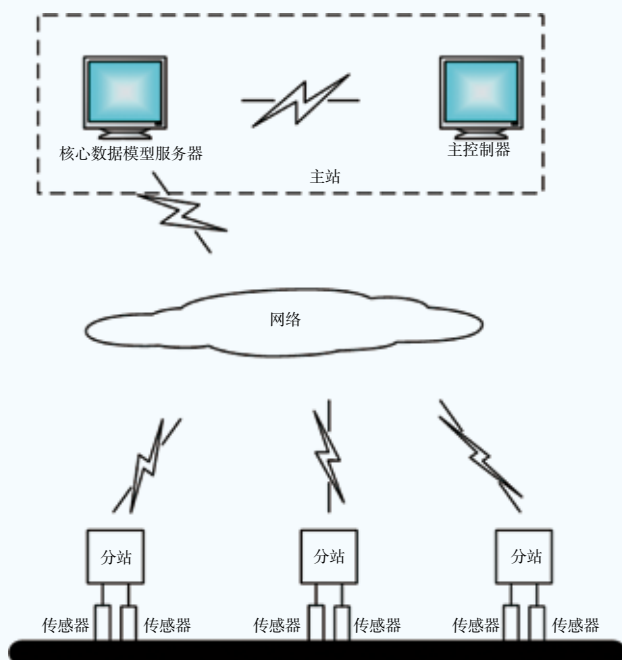


图2 系统结构示意图

2.2.1 主站系统

主站系统位于用户的中心控制室,它由核心数据模型服务器和主控制器组成,其上分别运行核心模型处理软件和监控软件,接收分站传送回来的数据并进行处理,输出报警信息,为操作人员提供操作界面接口。

2.2.2 分站系统

分站是系统的现场单元,安装在管道沿线。它由以下部件组成:次声波传感器,次声波放大器,数据采集系统,分析处理系统,设备供电系统,数据通讯系统。分站的次声波传感器安装在管道上和管内介质接触,将管道内介质中传播的次声波信号转换为电信号;通过放大器进行放大滤波,然后传输到数据采集系统进行模数转换,然后经过预处理后通过通讯网络发送到主站。

3 福建LNG输气干线北线秀屿至青口段泄漏检测系统应用

3.1 项目概述

福建LNG站线项目一期输气干线,全长361km,

主干线线路起自秀屿首站,分为南线和北线两路,其中输气干线北线有四个站场、六个阀室,管走向为:秀屿首站→1#阀室→莆田分输站→2#阀室→3#阀室→4#阀室→宏路分输站→5#阀室→青口分输站→6#阀室→福州门站。干线管道长度为116.4km,其中包括福州末站至福州门站9.7km。管道设计压力均为7.5MPa,运行压力5MPa~7MPa,管径内径406.4mm,输气干线输送介质为洁净的天然气。泄漏检测系统应用的范围是北线管道从秀屿首站到青口分输站之间的管线。

3.2 系统建设

在秀屿首站中控室安装主站系统,在秀屿首站,莆田分输站,宏路分输站,青口分输站,3#阀室,5#阀室安装分站系统,整体的系统结构如图3所示。

系统硬件设备根据福建LNG的现场特点进行专门设计,主要解决了以下两个问题和难点:

(1) 对于传感器,现场不具备常规安装条件,重新设计了传感器安装方式,避免了因安装方式改变而对系统性能产生的影响。

(2) 现场无电源和有线网络,重新设计设备结构,并选择太阳能供电加无线网络传输的方案。

3.3 测试结论

系统安装完成后,针对现场的安装环境,对整套系统进行综合调试,并根据调试结果对系统参数进行调整,待调试完成后,对整套系统进行综合测试,测试选择不同孔径的泄放孔进行,通过记录泄放操作的次数、时间和系统软件所记录的报警次数、时间,统计出可检测泄漏孔径、报警时间、定位误差、误报率、检测距离等数据。为了检测不同泄放孔径条件下,传感器最远能检测到的距离,测试过程中选择性屏蔽测试点上下游传感器,提高传感器间距,并结合系统关键性能指标,对系统进行综合测试检验。

具体的测试方法为:各个站场逐个进行测试,采用了专用泄放测试工具(直径为3mm、4mm、5mm、8mm)进行放气测试,测试各种不同泄漏强度下的性能,在测试过程中进行选择性屏蔽试点上下游传感器的方式,对系统进行综合测试。

测试结果见表1。

通过测试记录表可以得出:各种孔径总共放气180次,报警准确率为100%;系统的最大检测距离可

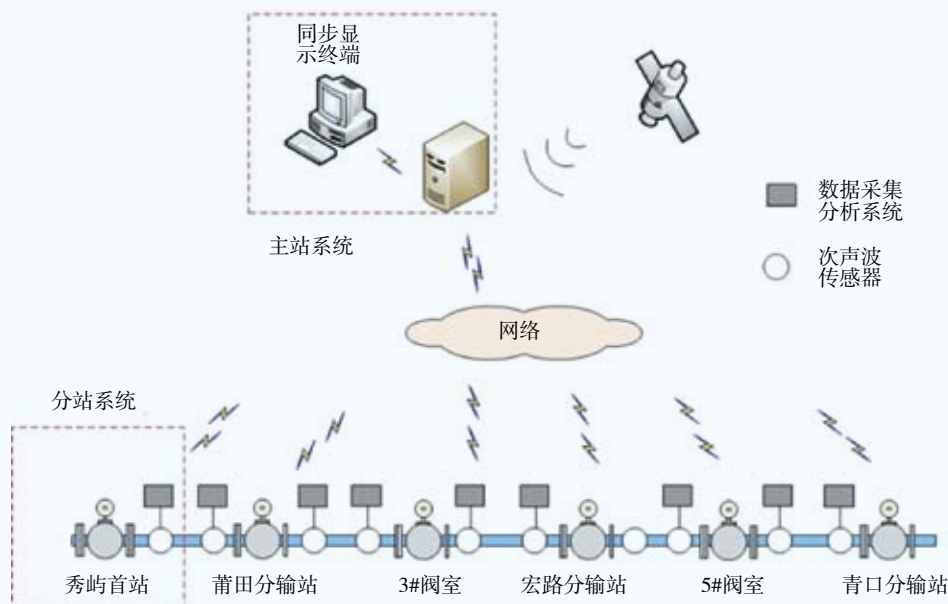


图3 现场布局图

表1

序号	放气日期	测试地点	放气 次数（次）	泄放孔径 （mm）	最大报警距离 误差（m）	最大可检测 距离（km）	报警 准确率
1	2016.03.06	1#~5#阀室，莆田站，宏路站，青口站	58	3，5，8	21	60.433	100%
2	2016.03.13	2#阀室，4#阀室	14	3，5，8	15	42.032	100%
3	2016.04.03	1#~5#阀室，秀屿首站，莆田站，宏路站，青口站	108	3，4，5，8	19	73.919	100%

达到60km以上；系统的定位误差小于30m，系统满足福建LNG管道泄漏检测的需要。

3.4 次声波管道泄漏检测系统应用总结

（1）根据福建LNG现场，对传感器安装方式进行重新设计，新的安装方式具有普适性，可在其他现场进行应用。安装方便快捷，不需要在原管道上开孔，不影响管道正常工艺流程。

（2）重新设计的采集设备箱，采用太阳能加无线通讯的方式，安装、维护方便，可以满足各种环境的应用，不依赖于现场条件。在没有交流电和铺设光纤的阀室也可以安装设备。在站场安装时，不需要开发很长的电源和通讯线缆沟槽，不破坏路面，且在对设备进行维护、移位处理时，非常方便。

（3）克服现场管道介质噪声较大及传感器安装方式改变对泄漏检测性能的影响，满足了系统设计要求。经过近700次的模拟放气泄漏测试，取得了大量

的数据，在此基础上，更新算法，充实专家数据库，最终在报警灵敏度、准确性、系统稳定性方面满足了要求。

4 结论及展望

由于输送LNG管道自身的特点，一旦管道发生泄漏，将会造成巨大的经济损失，甚至会造成人员伤亡，产生恶劣的社会影响。因此，对于管道泄漏的检测就显得尤为重要。

次声波管道泄漏检测系统，可以在不影响现场原有设备运行的基础上，进行安装和测试，同时适合现场不具备供电和有线网络通讯的场合，除了系统可对悬空管道进行检测外，系统可对埋地管道、水下管道等管道进行检测，应用范围广。借助该系统，可在管道泄漏早期及时发现，从而能够及时采取措施，避免

泄漏造成更大的损失。

目前,长输燃气管道的泄漏检测技术多种多样,基本可以满足长输燃气管道泄漏检测的需要,而对于长输燃气管道的下游——城市燃气管道,由于其压力低,分支多,且噪声非常复杂,管道泄漏检测的难度大,漏报、误报多,常规的自动泄漏检测技术很难达到令人满意的程度。

随着次声波管道泄漏检测技术的广泛应用,针对城市燃气管道的次声波管道泄漏检测技术的研究也越来越多。目前,采用传感器阵列和模式识别技术的次声波管道泄漏检测技术达到了比较好的效果,该技术可综合分析城市燃气管道支管较多的情况,根据不同支管的次声波特性进行差异性分析,同时,采用模式识别技术,甄别泄漏和噪声干扰,达到减少误报,提高报警准确率的目的。但是该方法存在成本较高,需要长时间运行以收集模板信号的缺点。如何抑制信号

噪声,提高泄漏信号的检测能力,仍是今后城市燃气管道泄漏检测技术的研究重点方向。

参考文献

- 1 高鹏,王培鸿,王海英等. 2014年中国油气管道建设新进展. 国际石油经济, 2015; 03
- 2 李伟雄. 城市天然气管道安全危害成因分析及其防范措施. 沿海企业与科技, 2010; 3
- 3 高露,梁光川,彭波等. 液化天然气的泄漏与防护. 天然气与石油, 2008; 26
- 4 吴胜举,张明铎. 声学测量原理与方法. 科学出版社, 2014; 01
- 5 王华忠. 监控与数据采集(SCADA)系统及其应用(第2版). 电子工业出版社, 2012; 09

工程信息

山东青岛2020年将实现天然气“镇镇通”

近日,山东省住建厅下发通知,要求各市加强燃气热力规划建设,其中指出到2020年前,实现小城镇(乡镇驻地)管道燃气普及率70%以上的目标。据了解,青岛市的燃气普及工作一直走在全省前列,已编制燃气“十三五”规划,拟报市政府批准实施,计划2020年实现乡镇天然气管网全覆盖。

通知提出了两个总体目标:到2017年底,全面完成城乡燃气、集中供热老旧管网改造任务,进一步治理燃气安全隐患,防止重大安全责任事故发生;实现县城以上管道燃气普及率75%、小城镇(乡镇驻地)管道燃气普及率60%、全社会燃气普及率97%、设市城市集中供热普及率70%、县城以上集中供热全覆盖且普及率达到60%以上。到2020年前,实现县城以上管道燃气普及率80%、小城镇(乡镇驻地)管道燃气普及率70%、全社会燃气普及率98%、设市城市集中供热普及率75%、县城区集中供热普及率65%以上。

从青岛市城市管理局燃气管理处了解到,青岛市一直在配合新农村建设发展燃气管网延伸供气,截至2015年底,天然气管网乡镇覆盖率达88%,四市中,胶州市所有乡镇已实现管道燃气全覆盖。但在一些偏远的纯农业乡镇,由于缺乏工业、商业用户需求,铺设管网成本过高,因此青岛市采取了点供的方式为这些乡镇供气。“对于集中的楼座,我们会在附近设立供气站,使用瓶组或小型储气罐往供气站送气;对于比较零散的住宅,推广瓶装液化石油气。”燃气管理处相关负责人表示,目前青岛市已编制完成燃气“十三五”专项规划,拟报市政府批准实施,计划2020年实现乡镇天然气管网全覆盖。此外,在天然气供热方面,青岛市规划在单体商住建筑、工业园区和偏远居民小区使用天然气供热。据透露,未来新机场和蓝色硅谷也将使用天然气供热。

(本刊通讯员供稿)