

分析分布式光纤传感技术在油气管线泄漏检测中的应用

Analyze the Application of Distributed Optical Fiber Sensing Technology in Oil and Gas Pipeline Leak Detection

七十三

Shisan Qi

山东莱克工程设计有限公司 中国·山东 东营 257026

Shandong Laike Engineering Co.,Ltd., Dongying, Shandong, 257026, China

摘要: 论文分析了油气管道泄漏性质及常用管道泄漏监测方法,并介绍了分布式光纤传感技术中的分布式光纤温度传感技术和分布式光纤声波传感技术在管线泄漏监测应用的原理,并分析比较这两种光纤分布传感技术进行泄漏定位的方法,以及如何使用这两种技术来提高油气管道泄漏监测定位精确度,为后期油气管道的泄漏监测提供技术支持。

Abstract: The paper analyzes the nature of oil and gas pipeline leakage and common pipeline leakage monitoring methods, and introduces the principles of distributed optical fiber temperature sensing technology and distributed optical fiber acoustic wave sensing technology in pipeline leakage monitoring applications, and analyzes compare the two methods of optical fiber distributed sensing technology for leak location, and how to use the two technologies to improve the accuracy of oil and gas pipeline leak monitoring and location, and provide technical support for later oil and gas pipeline leakage monitoring.

关键词: 分布式光纤传感; 管线泄漏; 定位检测

Keywords: distributed optical fiber sensing; pipeline leakage; positioning detection

DOI: 10.36012/etr.v2i7.2191

1 引言

目前,油气管线用来输送原油、天然气、液化天然气非常普遍,而由于管道周边的恶劣环境和敷设条件,管线使用年限过久会因腐蚀、地形沉降、管材及施工质量、机械施工及人为破坏等发生管线泄漏事故,油气管道本身的性质决定了它一旦被破坏,不仅造成资源的损失和环境污染,甚至会发生火灾、爆炸,产生巨大的损失,更会破坏周围环境和周边人身安全。因此,采取必要的措施对管道进行实时检测和诊断,以及及时发现泄漏故障及其发生部位,对恢复管道正常运输和确保其运输安全起着至关重要的作用。

管道泄漏监测主要是对管道从不漏到突然发生泄漏的过程的监测,一般是采用固定的装置对管道进行实时监测,一旦发生泄漏立即报警,使有关人员能够及时处理。人工例

行巡检、负压波及可燃气体监测是天然气输送管道监测的常用方法。目前传统的监测方法(如人工巡视、负压波方法)已经不能适应分布地域广、环境复杂程度和破坏前报警的需求,亟须一种工程造价低且能适应大范围监测要求的管道泄漏监测方法。由于有些长输管线长度长达几百千米,传统的电测试传感器需要沿管线布置设几千只传感器,从布点连线到数据采集不仅复杂且成本高,并且受到布点数量的限制,无法全面反映管道的结构和功能情况。现在世界上应用管线工程泄漏监测技术的方法从传统的点式仪器监测向分布式、自动化、高精度和远程监测的方向发展。

本文介绍的分布式光纤传感技术作为管线泄漏检测的新技术,在很多中国大型油气管线泄漏中都在应用,分布式光纤传感技术在管道泄漏检测和定位中有广阔的发展前景。

【作者简介】七十三(1981~),男(蒙古族),内蒙古通辽人,工程师,从事通信研究。

2 分布式光纤温度传感系统在油气管线泄漏检测原理及应用分析

2.1 分布式光纤温度传感系统工作原理

分布式光纤温度传感系统监测管线泄漏技术基于拉曼散射光测温及光时域反射定位原理:当激光在光纤中传输时,受到光纤介质的作用,会产生极其微弱的后向散射光,其中拉曼散射光中的反斯托克斯光对光纤温度变化较为敏感,而斯托克斯光对光纤温度变化不敏感,通过测量二者光强的比值,就可以得到光纤的温度信息,同时可以消除由于光纤线路损耗引起的光强变化对测量结果的影响。

泄漏监测原理:对于埋地气管道,管线正常运行时沿线的温度场分布均匀;当管壁引破损、接头断裂等原因发生泄漏时,泄漏处的温度降发生变化。对于原油管道,需加热输送,泄漏处的温度将升高;对于天然气管道,由于焦耳-汤姆逊效应,天然气经过泄漏孔节流膨胀,节流膨胀过程前后的焓不变,在泄漏孔出口出现温度下降。管道沿线敷设的测温光纤传感器能及时捕获这些温度异常,并在温度分布曲线上实时显示出来,通过智能化的报警算法以及图形化的专业分析软件,可以实时自动报警并精确定位异常点的位置信息。

分布式光纤温度传感系统技术特点:第一,分布式光纤温度传感系统捕获管线周围温度的变化进行监测,管线泄漏监测准确率高;第二,可多通道多台设备灵活组网,测量距离长、范围广,测量精度高;第三,油气管线泄漏监测误报率比较低;第四,分布式光纤温度传感系统监测管道泄漏时通过捕捉温度的变化来进行泄漏定位,漏报率比较低。

2.2 对分布式光纤声波传感系统在油气管线泄漏检测中的应用分析

分布式声波传感系统是利用光纤作为传感媒介,在光反射仪技术的基础上,通过检测瑞利散射光信号的相位的变化,得到光纤中任意位置处振动波形的幅度和相位信息^[1]。

管道沿线发生的事件都会引起管道周围环境的变化,如管道泄漏会产生振动,撕裂口处气流冲击会产生从次声波和声波,埋地管线气流冲击会产生地表局部形变;第三方入侵破坏同样也会引起不同频率的振动和空间位移;管道周围土层环境的变化,如掏空、挤压变形等也会导致伴行光缆的形变;更主要的是,这些变化一般都会伴随不同的声响。

分布式光纤声音传感系统利用相干瑞利散射光的原理,

采用单模通信光缆作为传感器,可以实时捕获光缆沿线任意一点周围的振动波形的频率、幅度和相位信息,当光缆周围发生声音或振动事件并达到一定阈值时,分布式光纤声音传感分析系统第一时间发出预警并准确定位事件位置,通知相关人员处理。

本技术利用光纤声音和振动监测原理,可实现管道全线声波及振动情况进行实时监测、超前预警和定位,从而实现管道泄漏、人为破坏及入侵事件的早期介入,及时处置,有效提高安全防范能力,避免和减少事故的发生。同时,通过获取各种声波振动特征值,可实现管线泄漏、挖掘机挖掘、人工挖掘、车辆通过、打孔盗油、洪水冲蚀等不同振动源的识别。

分布式光纤声波传感系统技术特点:第一,分布式声音传感能够具体化第三方入侵破坏的频率,并及时报警,反应速度快;第二,测量距离长、范围广,测量精度高,响应速度快,具备自诊断功能;第三,建立丰富的事件模型,采用高效算法,有效避免背景噪声信号的干扰;第四,分布式光纤声音传感系统通过采集管道沿线的声波振动频率来监测管线泄漏和第三方破坏等,这种技术对第三方破坏和管道沿线地势塌陷等事先预警能力更强,对管道泄漏中的产生声波振动情况监测也比较准确,对管线滴漏渗漏等很难监测。

3 结语

综上所述,分布式光纤温度传感系统和分布式声音传感系统各有各的特点,在实际应用中,某一种泄漏检测方法或一个检测装置不能同时满足所有要求,目前油气管线敷设的现场环境比较复杂,穿越湿地水域、跨路、生态保护风景带,以地质灾害、施工挖掘为代表的第三方破坏是危害油气管道安全平稳运行的重要危险源,可能对管道造成严重后果。

为了保证管线安全,采用分布式光纤的两种技术,通过优势互补,对管线泄漏后通过温度和声音两种方式进行监测进行比对更准确的判断管线泄漏,避免漏报和误报率,分布式光纤安全预警系统在第三方破坏发生前进行预警,将事故消灭在萌芽中,分布式光纤温度传感泄漏检测系统在事故发生后及时报警和定位,减少事故损失,给管线安全提供双重保障,也为后期油田油气管线的泄漏监测提供技术支撑。

参考文献

- [1] 蔡海文,叶青,王照勇,等.基于相干瑞利散射的分布式光纤声波传感技术[J].激光与光电子学进展,2020,57(5):1-16.