

# Application of Distributed Optical Fiber Sensing Technology Based on Brillouin Scattering in Pipeline Safety Monitoring

Tao Wang<sup>1</sup>, Hao Lu<sup>2</sup>, Yu Bai<sup>2</sup>, Xiaoke Li<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Design Branch of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei

<sup>2</sup>China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., International, Langfang Hebei

Email: cppenwangtao@cnpc.com.cn

Received: Aug. 20<sup>th</sup>, 2019; accepted: Oct. 18<sup>th</sup>, 2019; published: Dec. 15<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

This paper introduces the distributed optical fiber sensing technology principle of temperature and strain measurement through combining the pipeline security monitoring method. The DiTeSt distributed optical fiber monitoring system based on Brillouin scattering principle is used for implementing the pipeline safety monitoring of pipe deformation, pipe pushing mobile, pipeline leak and erosion in the pipeline monitoring project of the Andes pipeline. The pipeline monitoring system can provide warning of pipeline disaster events timely and effectively, improve the efficiency of the pipeline safety monitoring, ensure the normal and safety operation of pipelines and reduce the pecuniary loss of operators.

## Keywords

Pipeline Safety Monitoring, Brillouin Scattering, Distributed Optical Fiber Sensing System, Safe Operation

---

# 基于布里渊散射的分布式光纤监测系统在管道安全监测中的应用

汪涛<sup>1</sup>, 陆昊<sup>2</sup>, 白宇<sup>2</sup>, 李晓可<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国石油管道局工程有限公司设计分公司, 河北 廊坊

<sup>2</sup>中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊

作者简介: 汪涛(1983-), 男, 工程师, 现主要从事仪表自动化设计方面的工作。

Email: cppewangtao@cnpc.com.cn

收稿日期: 2019年8月20日; 录用日期: 2019年10月18日; 发布日期: 2019年12月15日

## 摘要

利用基于布里渊散射原理的DiTeSt分布式光纤监测系统在跨安第斯山脉管道项目中实现了管道变形、管周土体移动、管道泄漏和侵蚀等管道安全监测。该管道监测系统能及时高效地对管线灾害事件进行预警, 提高管道安全监测效率, 保证管线的正常安全运营, 减少运营商的经济损失。

## 关键词

管道安全监测, 布里渊散射, 分布式光纤监测系统, 安全运营

Copyright © 2019 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

管道的安全监测主要包括管道变形监测和管道泄漏监测。管道变形监测的方法有应变片法、超声波法、管道智能清理工器法、布拉格光纤光栅法和分布式光纤传感技术等[1][2][3][4]。管道泄漏的监测方法有超声波检测法、漏磁通检测法和分布式光纤传感技术等[5][6]。分布式光纤传感技术是以普通光纤作为传感器, 在光纤任意位置都可以进行温度和应变测量, 相较于其他传统管道变形监测技术具有分布式、连续式和实时在线监测等优点。笔者利用基于布里渊散射原理的DiTeSt分布式光纤监测系统, 在高海拔长距离的管道运输项目中实现了连续、在线、可靠的管道变形和管道泄漏监测, 提高了管道安全运营管理水平 and 效率。

## 2. 分布式光纤监测系统监测原理

光在光纤中传播会产生散射, 主要有瑞利散射、拉曼散射和布里渊散射。布里渊散射是光子与光纤中的声子相互作用产生的, 布里渊散射光同时对应变和温度敏感, 应变和温度产生变化时, 背向布里渊散射光将会产生频移, 通过测量测定脉冲光的背向布里渊散射频移量可以实现分布式应变、温度测量。

目前基于布里渊散射的应变、温度传感技术有基于光时域反射的分布式光纤传感技术(BOTDR)和基

于光时域分析的分布式光纤传感技术(BOTDA) [7] [8]。BOTDA 技术根据脉冲光和连续光之间的相互作用,使得布里渊频谱受激放大,因此可获得比 BOTDR 技术更高的空间分辨率和精度。DiTeSt 分布式光纤监测系统是基于受激布里渊散射(SBS)原理的 BOTDA 技术。

DiTeSt 分布式光纤监测系统可用于管道变形、管周土体移动、管道泄漏和侵蚀等管道安全的监测。管道受地质构造及地质灾害等因素的影响时会产生变形,在管道或管周土体中铺设光缆,当管道发生变形或管周土体移动时测量光纤也会产生应变,通过光纤应变即可监测到管道变形和土体的移动变形。当油气管道产生泄漏或侵蚀等不良影响时,管道周围的温度场会产生较大变化。通过监测布设在管道上的温度光纤传感器即可监测到管道泄漏、管道周围土体侵蚀等灾害。

### 3. 应用案例

跨安第斯山脉管道监测是目前世界上海拔最高的管道检测项目,监测管道连通着高压液化天然气管道和天然气管道,延伸至 408 km 外的海岸,管道沿途海拔高度近 5000 m。基于布里渊散射原理研发的 DiTeSt 分布式光纤监测系统能够监测地层移动和水位变化,可以精确监测和定位经过安第斯山脉的 60 km 管线的应变和温度信息,能够监测管道沿线的地层移动和水位变化。泄漏监测由沿着管道连续进行的温度监测提供数据和信息。

在一次岩石坠落事故中,系统显示了一处应变突然增加的预警,对警报位置实地调查发现,该地区的岩石已经掉落,光纤传感器位置发生移动。岩崩是由于斜坡上的一个张力裂缝增加造成的。为了确保管道的安全,运营商对该区域进行了加固。在另一次土体移动事故中,DiTeSt 分布式光纤监测系统对事故进行了应变事件预警,经检查,是渗透导致管道沟渠部分坍塌,使得监测系统中出现应变突增,运营商及时对沟渠进行修复防止管道受到进一步损害。在该管道运营过程中,DiTeSt 分布式光纤监测系统给出了大量事件的预警,全部通过实地巡逻验证,使得运营商能够在必要时加固管道,避免经济损失。

### 4. 结语

基于布里渊散射原理的 DiTeSt 分布式光纤监测系统能够满足实时、连续管道监测的要求,可用于管道变形、管周土体移动、管道泄漏和侵蚀等管道安全监测。该系统在高海拔长距离的管道安全监测项目中得到了很好的应用,能及时高效地对灾害事件进行预警,提高管道安全监测效率,保证管线正常安全运营,减少运营商的经济损失。

### 参考文献

- [1] 辛君君,董甲瑞,黄松岭,等. 油气管道变形检测技术[J]. 无损检测, 2008, 30(5): 285-288, 294.
- [2] 王富祥,冯庆善,杨建新,等. 油气管道惯性测绘内检测及其应用[J]. 油气储运, 2012, 31(5): 372-375.
- [3] 欧进萍. 重大工程结构智能传感网络与健康监测系统的研究与应用[J]. 中国科学基金, 2005, 19(1): 8-12.
- [4] 任亮,程祥,姜涛. 基于光纤光栅应变传感器的管道局部腐蚀监测[J]. 油气储运, 2017, 36(3): 303-309.
- [5] 李兴宇,卢正刚,吴文婧,等. 一种侵蚀坑作用下承插式埋地管道完整性评价方法[J]. 水利与建筑工程学报, 2016, 14(3): 25-31.
- [6] 张晓威,刘锦昆,陈同彦,等. 基于分布式光纤传感器的管道泄漏监测试验研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2016, 14(3): 1-6.
- [7] 王其富,乔学光,贾振安,等. 布里渊散射分布式光纤传感技术的研究进展[J]. 传感器与微系统, 2007, 26(7): 7-9.
- [8] 余丽苹,刘永智,代志勇. 布里渊散射分布式光纤传感器[J]. 激光与光电子学进展, 2006, 43(4): 24-28.

[编辑] 鲁大丽