

# 分布式光纤传感技术在油气管道安全监测中的应用

## 一、引言

日前，墨西哥湾原油泄漏事件，让全世界为之震惊。此次石油泄漏事件已经演变成了美国历史上最严重的石油污染事件，石油公司预测灾难造成的经济损失达 140 亿美元，保险公司预测至少造成 15 亿元的赔偿，而生态方面的伤害更是无法估算的。石油泄漏被称为海洋环境的超级杀手。据统计，每年通过各种途径泄入于海洋的石油和石油产品约占世界石油总产量的 0.5%，其中以油轮遇难造成的污染最为突出。美国这次石油钻井平台上发生的原油泄漏可以算得上美国历史上的最大生态灾难，而且主要由人为因素造成。

## 二、我国油气管道安全现状

伴随着中国经济的快速腾飞和石油工业的蓬勃发展，目前中国油气骨干管道里程已突破 7 万公里。管道运输已成为继公路、铁路、水运和航空之后第 5 大交通运输方式，目前承担着我国 70% 的原油和 99% 的天然气的运输任务。到 2020 年全国油气管网里程将达到 20 万公里，基本实现全国骨干线联网。管道输送具有占地少、损耗少、成本低、输量大、快捷方便等优点，但也有管线长、跨区域多、沿途地质状况和自然环境复杂多变，对管材质量、施工质量、监控水平、安全保障性要求高等特点。

与发达国家相比，我国油气管道安全性依然有一定的差距。有数据显示，我国油气管道事故率平均为 3 次/1000 千米·年，远高于美国的 0.5 次/1000 千米·年和欧洲的 0.25 次/1000 千米·年。据统计，造成我国油气管道事故的主要原因是人为因素导致的意外事故和恶意的打孔盗油(气)，高达 40%，随后依次是管道腐蚀、管材质量、施工质量和突发性自然灾害。

2002-2009 年间，中国石化共遭受油气管道打孔盗油 19804 次，累计泄漏油 4.7 万吨；油田发生开井盗油 12167 次，累计泄漏油 2.1 万吨，造成可计经济损失 5.3 亿元，间接经济损失难以计算。这不但导致管道长时间停输或凝管报废，上游关井停产，下游炼厂减产以及成品油、天然气供应中断，而且还会因外泄造成环境灾难。今年一季度，中国石化输油气管道累计发生打孔盗油案件 96 起、油田开井放油 109 起，可计经济损失 540 万元。由于相关法规政策不健全、不完善，清除违章占压、查处涉油非法厂点、调处涉油矛盾纠纷等工作还存在性质认定难、责任厘清难，协调解决不顺利等问题。部分油区社会环境复杂，涉油犯罪案件依然多发，严重的威胁着油气管道的安全运行。

今年 3 月 15 日，一处长期占压山东东营至黄岛复线原油管道的垃圾场突然失火，大火持续燃烧 30 多个小时，致使东黄复线停输半个月，齐鲁石化原油供应被迫中断。5 月 2 日，东黄复线再次受损，原油管道复线因受损破裂，喷出数十米高的油柱，泄漏原油 240 吨。经初步调查，事故原因是地方违章施工造成的。当日 17 时 30 分，一名在现场附近施工的挖掘机司机为填埋建筑垃圾，擅自在管

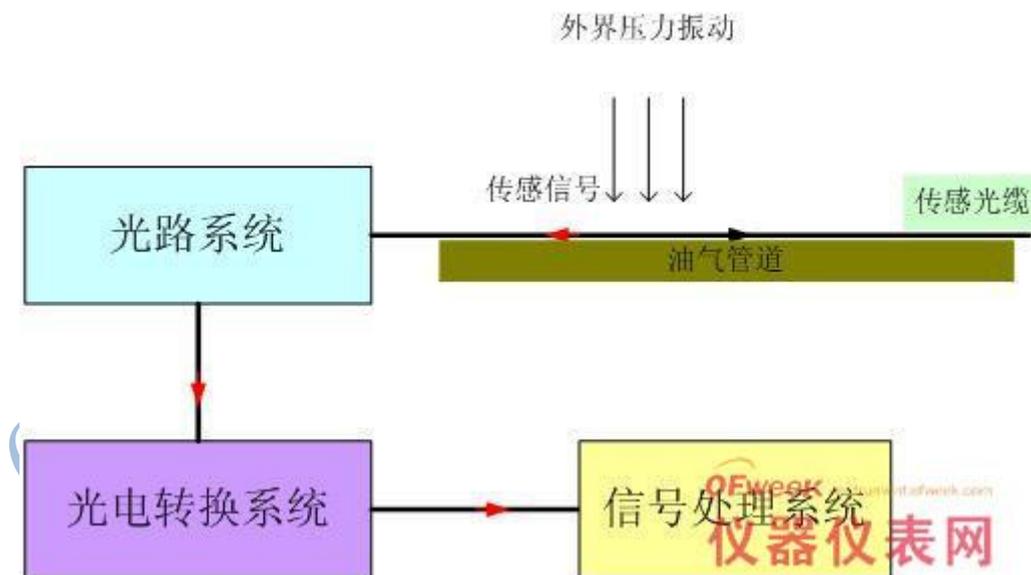
道上方开挖，致使管道破裂。4月13日，孤岛至东营的天然气管道，因村民挖鱼塘挖出5段暴露管道，总长达250米。所管企业为保护输气管道，在鱼塘中建起14个支墩，对管道进行保护。而在5个月前，“兰州-郑州-长沙(兰郑长)成品油管道”渭南支线也同样因为第三方破坏发生了管道泄漏事故，并进而演变成一起跨省污染事件。

此外，目前，我国正在加快中俄、中亚、中缅和海上的四大能源通道建设，都涉及到跨国管道。比如中亚管道，从土库曼经乌孜别克、哈萨克，经霍尔果斯山口进入中国，然后直达深圳和香港，其间还有到上海、到南宁等八个支线。而从俄罗斯斯科沃罗季诺至中国漠河的中俄石油管道将于2010年完工，并将在未来20年内将向中国输出共3亿吨石油。此类跨国管道，不仅要提防一般意义上的“人祸”，更要警惕恐怖主义分子破坏。

### 三、分布式光纤油气管道安全监测技术

目前，我国的管道监测系统还比较落后，大部分停留在人工巡逻的基础上。虽然国内一些研究单位已经开始了自动化监测系统的研制，但还存在系统稳定性差、灵敏度低、容易误报和漏报、无法准确定位故障点、信息化程度低等问题。

光纤传感技术，是在光通信技术和信号处理技术基础上发展起来一种新型传感器技术。图1为分布式光纤油气管道监测系统结构示意图。



▲ 图 1：分布式光纤油气管道监测系统结构图

分布式光纤油气管道监测系统，采用普通通信光缆作为传感原件和信号传输原件，当外界破坏作用于传感光缆和油气管道时，会引起光缆中光纤发生应变，导致长度和纤芯折射率发生变化。当传感光缆中有光通过时，引起光信号的相位

发生变化，传感光缆将相位变化信息传输至信号处理中心，系统对返回的传感信息进行处理，得出传感光缆周围的振动变化和故障发生点，由此监控事件的发生。

与传统的监测方式相比，分布式光纤油气管道安全监测系统有如下几点突出优势：

- 1) 全光纤：探测及传输部件皆为无源光学器件，对外无辐射，又防电磁、射频、雷击、雷达等影响；
- 2) 耐腐蚀：可埋设在潮湿、水下等多种环境中长期使用；
- 3) 安装方式灵活多样：可采用紧贴管道敷设、隐蔽地埋等方式；
- 4) 弱电低耗：除监测终端需要电供应外，整套系统无需能源供应，大大降低能耗；
- 5) 隐蔽性：系统可采用隐蔽地埋方式安装，不易被入侵人员发现，避免被破坏和跨越失效；
- 6) 不受温度影响：采用特殊温度解调技术，抗干扰能力优于同类产品；
- 7) 潮湿环境：系统可以布设于潮湿区域，实现在野外环境下使用；
- 8) 误报低：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；
- 9) 可以准确定位油气管道事故发生的地点，并可与视频等设备联动，为事故处理提供依据；

#### 四、分布式光纤油气管道安全监测技术现场应用



▲ 图 2：石油管道线路铺设现场图片

图 2 为当前的一些油气管道线路铺设现场图片。分布式光纤油气管道监测系统作为一种新型的光纤传感技术，可很好的应用于石油管道监测中。图 3 为分布式光纤油气管道监测系在石油管道监测中的应用。



▲ 图 3：分布式光纤油气管道监测系在石油管道监测中的应用

OFweek 仪器仪表网