

光纤分布式应变和温度传感器

特性

- 使用标准通信光纤，同一根光纤即可用于通信、也可用于同时测量应变和温度
- 快速测量应变和温度
- 高空间分辨率和高空间测量精度
- 极高的应变以及温度分辨率和极高的应变以及温度测量精度
- 超长传感范围(远至40公里)
- 多通道监测
- 实时检测故障点

应用

- 大型建筑物的腐蚀监控
- 石油天然气管道监控
- 油气井监控
- 液化天然气管道监控
- 桥梁和水坝应变监控
- 智能结构和结构状态监控
- 安全系统
- 防务设备和边境安全
- 电力线路监控
- 裂纹检测

概述

运用光纤中的布里渊散射现象，Optizone Laser公司提供了精湛的分布式传感器系统用来测量全部光纤长度范围内的应变和温度变化。把光纤缠绕或者嵌入诸如石油天然气管道或者大坝等

建筑结构中，一旦结构出现应变改变或温度变化，或者二者同时改变，都可以被检测出来以便矫正问题、避免故障。现代输电电缆已可和通信光缆建造成一根整体缆线，这样的缆线即可传输电力，也可同时传送光通信信号。这样一来，使用其中的标准通信光纤和我公司的分布式应变和温度传感器即可实现对电力线路的监控。在诸如此类的这些关键结构中，这样的监控能力的价值是无法估量的，因为任何故障都会导致生命财产的巨大损失。

对于细小的应变和温度改变的精准测量，通常需要几分钟。Optizone Laser公司提供的传感器系统可以在一秒钟内完成对应变和温度改变的检测，而测量精度并非显著降低。这类快速响应对于诸如安全监控、地震引起的应变改变监控等是至关重要的。

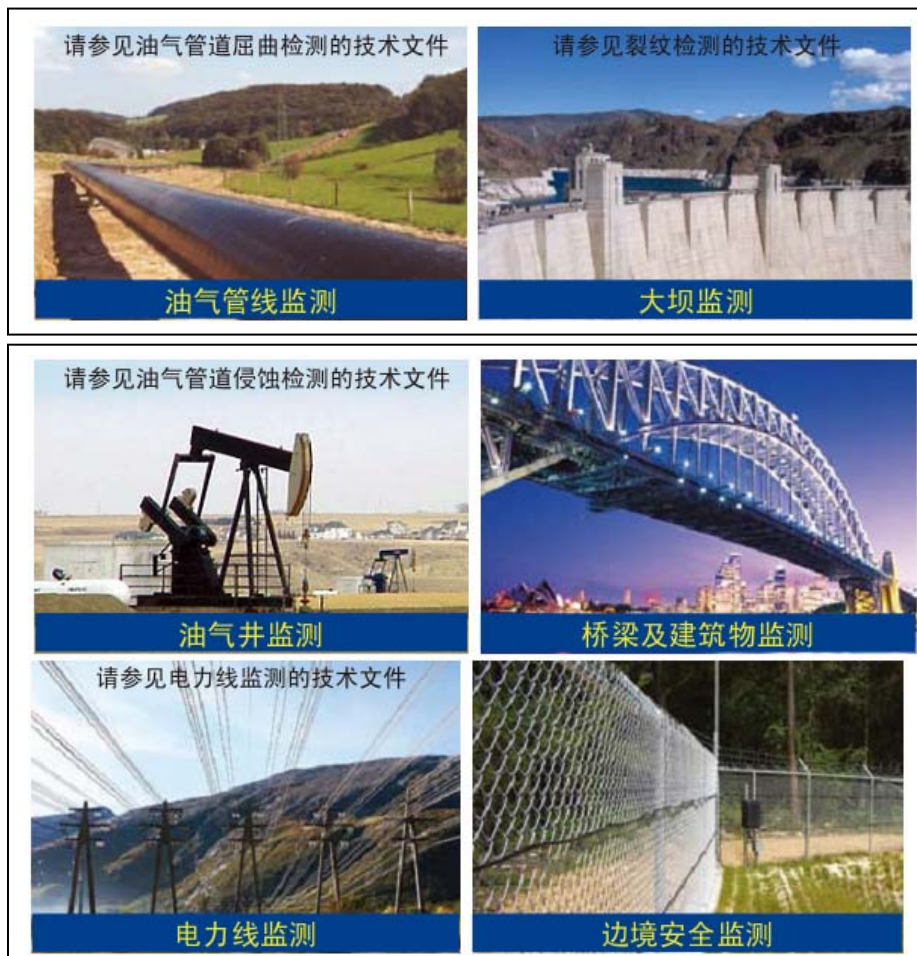
结构中的裂纹检测是一个主要挑战：只有特殊的传感器才能发现裂纹，而且为了测量它需要最高的空间分辨率。Optizone Laser公司提供的 Foresight™系列传感器系统为我们的用户提供了一个强有力的检测陶瓷片、水泥梁、大坝等裂纹的工具。

我公司的分布式应变和温度传感器在全部光纤长度范围内可以给出应变和温度两个参数，而且空间分辨率达到了十厘米。与市场其他布里渊传感器不同，我公司的传感器系统可实现精确地同时测量应变和温度变化，而且与此同时进行的通信的质量没有任何改变。精确地同时测量应变和温度变化是我公司光纤分布式应变和温度传感器的一个极大的优势之一。

依据不同的系统配置，我公司分布式应变和温度传感器可以测量40公里长的范围内的应变和温度变化。这样一来，监控诸如油气管线、高速公路、电力线路等非常长的结构均成为现实。当然也可以把光纤铺设成二维或者三维的形状，在大坝、潜水艇壳体、宇宙飞船等结构中形成智能监控结构。

另外，利用我公司专利申请中的智能光纤连接器和无线光纤技术，可以把分布式应变和温度传感器系统应用于无线通信。

任何与油气管线，边境和结构监控相关的要求，请与Optizone Laser公司联系！





Optizone Laser公司提供的Foresight™系列光纤分布式应变和温度传感器，可直接在现场恶劣的工作环境下实施应变和温度监测。

性能参数

型号	Foresight™ 100系列		Foresight™ 200系列	
	DSTS-F-1-100	DSTS-F-1-10	DSTS-F-2-100	DSTS-F-2-10
配置	环路	环路	环路	环路
采样频道	1	1	2	2
监测范围	40 公里			
空间分辨率	100厘米到20米	10厘米到20米	100厘米到20米	10厘米到20米
间检测精度	低至5厘米			
动态范围	30 dB	25 dB	30 dB	25 dB
空间监测点	每米20点			
温度监测范围	-270° C到+800° C (取决于传感光纤材料)			
应变监测范围	-2% (压缩) 到 +3% (拉伸) (取决于传感光纤材料)			
激光差频不确定度*	3kHz			
温度测量精度	±0.1° C			
应变测量精度	±2			
测量时间 (全扫描)	低至1秒			
平均数	1到10,000次扫描			
故障点监测	测量时间	1微秒		
	测量范围	40公里		
同时测量应变和温度 (采用专利光缆设计)	温度精确度	±0.1° C		
	应变精确度	±2με		
	监测范围	20公里		
测量参数	应变和/或温度, 布里渊频谱			
监视器	SVGA 15寸彩色监视器			
通信接口	Ethernet端口, USB			
输出信号	可通过TCP/IP, SPST, SSR继电器 (选项) 实现软件报警			
数据存储	内置硬盘 (80GB 或更大)			
数据格式	数据库, 字文件, MS制表和位图			
光信号连接	FC-APC, E-2000			
光波长	1550纳米波段 (激光安全分类: 3B)			
温度范围	0° C到40° C			
电源	115或230VAC; 50-60Hz; 最大300W			
尺寸	22 X 27 X 22 (英寸) [560 X 690 X 560 (毫米)] (可直接用于现场)			
重量	< 60 千克 (包括适于现场监测环境的坚硬外壳)			
特性	测量模式	手动或自动无人测量		
	数据分析	测量分析, 可选基线进行多种比较, 测量趋势, 图形		
	预警	自动触发报警, 可配置报警设置 (热度, 变形等)		
	远程操作	可通过TCP/IP远程控制, 配置和维护		
实时监测	通过自动恢复和连续自检保证一天24小时连续运转			

* 此值通常用于估算应变分辨率和温度分辨率。如果采取与市场其他布里渊传感器同样规则估算应变和温度分辨率, 公司传感器系统的应变和温度分辨率应该分别是0.05和0.003° C。

相关产品

OZ-Guard™ 光纤故障定位

OZ-Guard™光纤故障定位仪是基于光时域反射仪(OTDR)技术类型的产品, 它可以在光纤光缆中检测并发现故障点或主要弯曲。OTDR的监测是一个绝佳的低成本配套技术, 它使管道运营商更有理由考虑用光纤进行监测。虽然OZ-Guard™光纤故障定位仪主要是为光通信网络的健康监测, 它还可以用来检测和定位油气管道破坏或其他重大的结构性故障。OZ-Guard™光纤故障定位仪使低成本的检测和定位主要管道事故或其他结构性故障的事故得以实现。布里渊光纤传感器技术目前仍在不断发展, 对于某些应用, 若目前尚不能判定其使用成本, 我们建议选用OZ-Guard™光纤故障定位仪。因为我们的光纤故障定位仪可搜索范围达20公里。如果要达到80公里的要求, 请与Optizone Laser公司联系。

由于Optizone Laser公司提供的Foresight™系列光纤分布式应变和温度传感器 (DSTS) 使用标准的光通信光纤作为传感媒质, 因而OZ-Guand™光纤故障定位仪可与我们的布里渊传感器系统互换。这给我们的用户以更大的弹性和更多的选择配置连续监控系统以适应油气管线和结构的更广泛的多样性。另一个配置选择是用OTDR基的器件和我们的全功能布里渊传感器系统进行连续监控。布里渊传感器结构监控系统OTDR基的器件对主要事件检测的结合使得我们的光纤监控系统成为用于您的油气管线监控的最有力和最经济的选择。请与Optizone Laser公司联系以获取具有竞争力的建议用于您的油气管线或结构监控项目。

光纤传感器探头、组件、整体包装和训练

Optizone Laser公司提供完整的光纤传感器探头、组件、整体包装和训练。自从1985年以来, 标准光纤产品已被广泛地应用于高性能传感器和通信产品中。Optizone Laser公司也提供特殊的光纤传感器探头, 客户也可定制在高温和其它恶劣及腐蚀环境下使用的光纤光缆。在结构和油气管线监控方面有经验的系统集成者将会发现。Optizone Laser提供了一整套安装和维护光纤系统的极佳产品和服务。如果你正在筹划油气管线或结构监测项目, 请接洽Optizone Laser公司以便了解更多的光纤解决方案。

光纤分布式应变和温度传感器的应用

综述

光纤分布式应变和温度传感器用来测量长距离范围内的应变和温度状况, 是监控大型建筑结构状态的理想工具。这类传感器利用光纤通信的巨大经济规模, 在每公里成本上, 提供了其他技术无可比拟的高精度长范围监控方法。在油气管线、桥梁、大坝、电力线的监测、以及边境安全监控等诸多应用方面, 今天的分布式应变和温度传感器提供了清晰的成本和技术优势, 它同时也是大型结构中侵蚀监测的理想工具。

工作原理

在典型的大型结构监控中, 使用OZ光纤传感器系统并不需要对布里渊传感器有详细的了解。当然在选择布里渊传感器解决方案时, 对于测量系统的基本理解有益于促进相关性能参数的取舍以及传感器系统的选择。

Optizone Laser公司的光纤分布式应变和温度传感器利用一种称为受激布里渊散射的现象。测量过程参见下图:

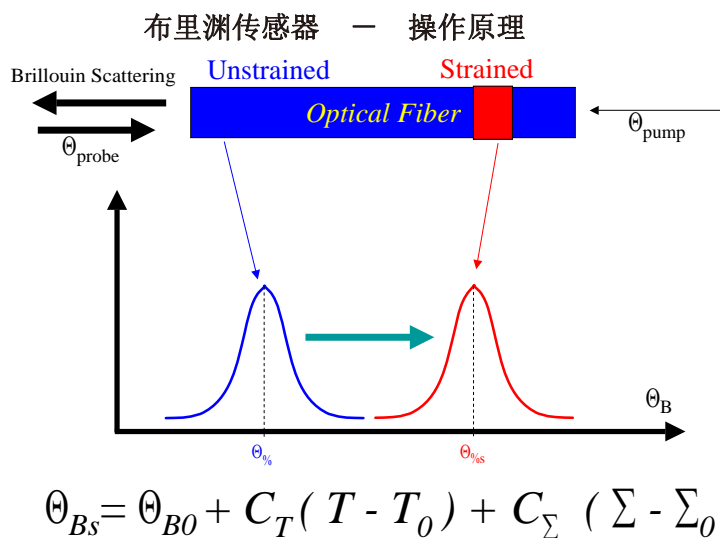


图1: 有应变和无应变布里渊频谱

典型的传感器设置包括两台激光器 (一台连续光, 一台脉冲光) 分别从同一根被测光纤的两端输入。当两台激光器的频率差与光纤的布里渊频率相同时, 两束激光在光纤内部发生强相互作用并增强光纤中已产生的声波 (声子), 使得布里渊信号容易定位检测。沿光纤测量应变和温度时, 通常需要扫描频差 (拍频) 绘出布里渊频谱, 通过分析该频谱以获得应变和温度信息。

图1底部的公式说明, 光纤上每点的布里渊频率与该处光纤所感知的外界的温度和应变成线性关系。对于色散位移光纤 (LEAF), 布里渊频谱中存在着两个峰, 这样有可能从一根光纤上同时获取应变和温度两种信息。如果使用本公司的传感器系统以及专利申请中的传感光纤, 则易于同时精准测量应变和温度, 该光纤也同时可用于通信。

光纤分布式应变和温度传感器的成本核算

正如我们以前阐明的, 光纤分布式应变和温度传感器在长距离高精度结构监控中, 提供了其他测量技术无可比拟的低成本 (每公里)。这直接导致了在关键的结构监控中因使用布里渊传感器而获得快速投资回报机会。下图展示了一个简单的节约成本例子:

在一个典型的节约成本估算中, 由于自动化的监控, 最重要的因素是减少维护和检查成本, 减少停工工期, 减少灾难性事故的可能性。在多种情况下, 停工和故障造成的损失比上述例子中的高出很多。

最近发生的几起管道停运事件证明了对适时监控的需求。图2所作的经济性估算仅仅是针对中等规模区域性管道分配网络。对于大型的骨干管道系统, 其经济性将更加明显。由于系统停止运行, 每天所造成的损失很轻易地就会超过上千万。分布式布里渊传感器监测系统的费用可折算成每米1-2美元。只要能有效地避免那怕一次被监测系统的故障停机, 就远远超过了适时监测系统的所有安装和运行费用。而其它大型结构, 如电力传输, 大坝, 桥梁等同样具有因灾难性故障或停机而造成重大损失的风险。

光纤监测 Optizone Laser公司节约计算表				
系统参数				
管线长度	40公里			
失败费用	泄漏费用: \$750,000			
停工费用	每小时: \$20,000			
比较		监测	无监测	评论
失败的可能性	%/年	0.25%	1%	降低失败的风险
停工期	小时/年	4.8	24	自动化预防性维护
维护费用	元/年	\$25,000	\$50,000	自动常规维护
全年节省		\$414,625		全年节省

图2：上表是40公里管线节约成本估算举例

如果要获得节约费用的数据表，或者根据你的结构监控需要而定制的版本，请和我们联系。

用于结构监控的光纤传感技术比较

对于结构应变的测量，传统上广泛采用的是应变片技术。这是一项非常成熟的技术，但是它的缺陷也是共知的。因为它提取的是电信号，因此很容易受到周围电磁场的干扰。再则，由于石油天然气管道短则几十公里，长则数百、上千公里，它们或者被埋在地下，或者经过气候恶劣的无人区，地下潮湿的环境，以及周围环境湿度、温度的无常变化都对应变片采集的电信号产生极大的干扰，甚至提供错误的信息。更糟的是，应变片只有一厘米左右长（我们称为“点”式传感器），它只能探测及其狭窄一段（点）油气管道的应变变化，相对于数百、上千公里的油气管道，要么只探测少数几段油气管道，而漏掉绝大多数油气管道的检测；要么安装成千上万个应变片，这在经济上会极其昂贵，技术上也不可行。

伴随着光纤通信技术的发展，光纤传感器技术也应运而生。光纤传感器区别于应变片技术的显著特点之一是光纤传感器提取的是光信号，这样光纤传感器就不会受到周围电磁场的干扰。因为光信号是被约束在光纤内传输，这样周围恶劣环境不仅不是干扰，光纤传感器倒可以将周围环境变化引起的石油天然气管道上的温度和应变变化检测出来。

目前市场上的光纤传感器主要有两类：一类是光纤布拉格光栅传感器，另一类是分布式光纤传感器。光纤布拉格光栅传感器除具有上述所说的光纤传感器的优点外，它的另一个显著优点就是它有较强的测量精度。但是由于光纤布拉格光栅传感器的长度仅有一厘米左右，相对于石油天然气管道而言，它仍然是“点”式传感器。因此，为了检测数百、上千公里的油气管道，光纤布拉格光栅传感器在经济和技术上都是不可行的。由于光纤布拉格光栅传感器也是粘贴在油气管道上，温度和应变的改变引起的油气管道的变化对光纤布拉格光栅传感器而言都只能用一个参数，即光波长的改变，来表征。因此，当油气管道上的温度和应变同时改变时，光纤布拉格光栅传感器将无法区分开来，这就限制了光纤布拉格光栅传感器的使用范围。再者，光纤布拉格光栅是采用光刻蚀技术在光纤上制成的布拉格光栅。水分子中的氢成分对这样制成的光纤布拉格光栅有损坏作用。因而光纤布拉格光栅传感器的寿命仍是一个尚在研究的课题。

区别于光纤布拉格光栅传感器的“点”式特点，分布式光纤传感器对于长距离和大面积的监控有自己的独到之处。这里首先需要明确的是我们所说的分布式光纤传感器包括两部分：一是通常的通信光纤，它既是通常意义上的光信号载体，又是传感器介质；再一个是光信号产生、检测、分析系统。由于分布式光纤传感器的传感器介质就是普通的通信光纤，它无需像光纤布拉格光栅传感器那样须事先在光纤上制作布拉格光栅。它自然也就解决了水分子中氢成分对光纤传感器寿命的影响。但是对油气井这样特殊结构的监控，水分子中氢成分对普通通信光纤的影响就不可忽视。不过，我公司的专利申请中的光纤已成功地解决了这一问题。对于光信号产生、检测、分析系统，目前的分布式光纤传感器主要有两类：一类是拉曼光纤传感器，另一类是布里渊光纤传感器。由于拉曼光纤传感器只能监测温度，且测量范围有限，不能满足油气管线等大型结构检测的需要，此处不作详述。

布里渊光纤传感器一般分为两种类型：布里渊光时域反射仪(BOTDR)和布里渊光时域分析仪(BOTDA)。前者是基于单一脉冲的布里渊散射而获取应变或者温度信息；后者是利用一种更为复杂的称为受激布里渊散射现象而求解应变或者温度或者同时求解二者。由于只有非常微弱的一部分光(约为1/107)发生布里渊散射，这样，通常的基于单一脉冲的布里渊散射的布里渊光时域反射仪(BOTDR)的测量精度和测量范围因微弱的光信号强度，以及光纤中的固有损耗，比如0.22dB/km，而受到限制。当然，BOTDR也有其优点：因为测量的是背散射信号，因此它只有一个光源连接头。由于布里渊光时域分析仪(BOTDA)采用两个反向传输的光束来增强布里渊散射，因而它的信号强度大，应变和温度的测量更为精确，测量范围更大。当然，BOTDA技术要求更多的光学部件和双向光路，造成总的系统成本通常略高。然而，因为适度增加的成本带来了显著的测量精度的提高，BOTDA还是目前应用最为广泛的实用系统。

对于真实的现场测试条件，应变和温度都会同时改变。为了能同时分辨出应变和温度对结构的影响，通常的布里渊光纤传感器采用测量布里渊光频率和光强度两个参数。由于光强度受制于很多因素，比如不同地段的光强度会因为光纤铺设的差异而不同；激光器本身的光强度变化；以及光电探测器的灵敏度，等等。这样一来，测得的布里渊光强度变化就不能准确的反映出由于应变和温度的改变而引起的变化。因此采用测量布里渊光频率和光强度两个参数来实现布里渊光纤传感器对应变和温度的同时测量，是以牺牲应变和温度的测量精度为代价的。

我公司的Foresight™系列光纤分布式应变和温度传感器(DSTS)是在布里渊光时域分析仪(BOTDA)的技术基础上采用了自己的特有的正在申请中的专利技术而生产的布里渊光纤传感器。它在全部光纤长度范围内可以给出应变和温度两个参数，而且空间分辨率达到了十厘米。与市场其他布里渊传感器不同，我公司的传感器系统可实现精确地同时测量应变和温度变化，而且与此同时进行的通信的质量没有任何改变。在结构监控项目中，尽早确定光纤类型非常重要。虽然测试设备可以在后来改动或者升级，但是如果要求同时测量温度和应变，安装正确的光纤类型是最基本的要求。

表1提供了常用的光纤应变和温度传感技术的比较, 以及每种类型的典型性能限度。

	布拉格光栅	布里渊光时域反射仪	Foresight™ 系列传感器系统
应变测量精度	±1	±30	±2
空间分辨率	0.1米	1米	0.1米
长度范围	点式传感器	30公里	40公里
采集时间	10秒	约20分钟	低至1秒
光纤类型	许多光纤	单一光纤	环路
温度测量精度	±0.4度	N/A	±0.1度
温度和应变同时测量	多根光纤	多根光纤	单一光纤
分布式	否	是	是

表1: 光纤传感器典型特征

Optizone Laser公司正在与主要的大学研究机构合作把新技术带入市场, 通过提高性能和降低成本来拓展光纤分布式应变和温度传感器的市场。如果想知道这些技术会给您带来何种好处, 请与我们联系。

光纤分布式应变和温度传感器的主要应用

光纤分布式应变和温度传感器已经有为数众多的应用。如前所述, 运用布里渊散射机理的传感器系统, 在高精度大范围的应用中有着无可比拟的优势。与其他传感器技术不同, 光纤分布式应变和温度传感器系统直接利用了安装在世界各地的数以百万计的通信光纤的经济规模。如下表2所揭示的, 光纤分布式应变和温度传感器最广泛的应用, 确实是在大规模的线性或者空间尺度上。

应用	应变	温度	根据Optizone Laser公司的合作者的要求可提供参考
资料	■	■	■
桥梁监测	■	■	■
管道监测	■	■	■
过程控制	■		■
结构健康监测(混凝土及复合结构)	■		
安全网	■		
电力线	■	■	■
火灾探测	■		■

表2: 光纤分布式应变和温度传感器的应用

光纤分布式应变和温度传感器对油气管线监测的主要应用

一. 对油气管道腐蚀的检测。当用油气管道对原油进行输送时, 原油中的泥沙对油气管道的内壁磨损是不可避免的, 油气中的化学成分加速了对磨损的金属管壁的腐蚀。当管壁腐蚀到一定程度, 油气管道中的内压就会导致薄壁处的爆裂。我公司光纤传感器项目技术主管 邹吕凡博士在他为第一作者的论文(见参考文献一)中报道了用光纤分布式应变和温度传感器成功地检测出管壁腐蚀面积小至1.3厘米 x 10 厘米、腐蚀深度为管壁的50%和60%的结构缺陷, 并可以鉴别出它们的差别。

二. 对油气管道屈曲的检测。由于油气管道埋于地下, 并经常通过气候恶劣的地段。气候的变化无常引起地层的移动, 增加了埋于地下的油气管道随之移动的可能性。再则, 过去的几十年间, 石油和天然气管道的工作温度和内压急剧增加。这种变化, 连同使用大口径管道的趋势, 已经增加了这些管道因更大的轴向载荷产生屈曲的机率。如果管道因为摩擦受到抑制而无法自由扩展, 则管道将承受一个轴向压缩载荷。如果由此而引起的管道施加在土被上的作用力超过了由于管道地下部分的重量、管道抗弯刚度和土被重量而产生的抑制力, 则管道将趋于移动, 随之而来的是管道可能出现相当大的位移。管道移位将对轴向力沿管道进行再分布, 这将导致管道的某些位置张力增大, 某些位置压力增大。同样地, 这还会导致管道的弯曲增大。管道的弯曲增大将使得管道横截面的一半部分出现张应变, 而另一半则出现压应变。过大的张应变将导致管道断裂, 尤其是在管道的焊缝处。大的压应变可能导致屈曲, 通常伴随有皱纹, 这些皱纹会因为材料疲劳或过度屈服而破裂。邹吕凡博士在他为第一作者的另一篇论文(见参考文献二)中报道了用光纤分布式应变和温度传感器成功地预测出油气管道屈曲将要发生的准确位置, 随后发生的肉眼可见的油气管道屈曲与他的预测完全吻合。

三. 对油气管道人为破坏的检测。这里针对两种可能情况, 有两种不同的解决方案。第一种方案: 由于油气管道短则几十公里, 长则数百、上千公里, 因此通常是沿着管道纵向铺设一根或数根光纤。如果人为破坏处正好就在光纤所在处, 光纤必然断裂。对于市场上已有的光纤分布式应变和温度传感器, 无论它是BOTDR技术还是BOTDA技术, 对此它们都将无能为力。我们的光纤分布式应变和温度传感器融进了我们的另一项专利申请中的技术, 这样我们就能准确地检测到油气管道的人为破坏处, 测量时间仅为毫秒量级。第二种方案, 如果人为破坏处不在光纤所在处, 光纤完好无损, 这样光纤分布式应变和温度传感器仍能工作。油气管道人为破坏引起的油气泄漏, 必然引起管道应变和温度的微小变化。如上一、二所述, 当采用我公司特有的精湛的光纤分布式应变和温度传感器(DSTS)技术, 并结合我公司特有的对应变和温度同时测量的专利申请中的光纤, 这类问题必将迎刃而解。

Optizone Laser公司有强有力的研发团队, 我们致力于对市场中的共同需求和个别要求提供解决方案和技术支持。如果上述内容中没有涵盖您的监控应用, 请告知您的要求, 我们必将提供给您一个满意的解决方案和技术支持。

光域激光有限公司

地址：深圳市宝安区观澜镇观光路123号

电话：(86-755) 2799 5992

传真：(86-755) 2799 5500

邮箱：sales@optizonelaser.com