

油气管道新型在线无损监测 解决方案



深圳市简测科技有限公司

二〇一四年六月

一、项目背景及现状

在我国经济飞速发展的今天，管道运输已成为社会进步不可或缺的一环，广泛应用于国防、工业、生产、国民经济、人民日常生活中。随着石油和天然气产量和需求量的剧增，管道运输已成为陆上油气运输的主要方式，以其运量大、占地小、封闭运输损耗低等优越性而成为首选。管道是石油工业的命脉，所有的石油产品至少要经过一次管道输送，通常经过多次输送。同时天然气、自来水管等也已经成为国民经济发展的命脉，但随着城市管线的增多，管龄的增长，由于施工缺陷、管线腐蚀老化和人为破坏的存在，泄漏事故频频发生，给人们的生命财产和生存环境造成了巨大的威胁。

2013年11月22日，位于山东省青岛经济技术开发区的中石化东黄输油管道发生泄漏爆炸特别重大事故，造成62人不幸遇难，多条市政道路不同程度损毁。该管道年运输油1000万吨，1986年7月投产，管道的腐蚀老化埋下了一颗定时炸弹。2012年3月27日，秦京输油管道在北京通州张采路附近破裂，泄漏的原油在路边的河沟中蔓延300余米。被污染的土壤将由专业人员进行焚烧后回填，对环境造成无法弥补的破坏。2009年12月30日凌晨，兰郑长渭南支线成品油输油管道发生泄漏事故，造成100余方柴油外泄，以至赤水河、渭河及黄河遭到污染。长距离输油(气)管道一个复杂的工程系统，它的安全运行与国民经济发展和城市居民生活用气息息相关。

在突发的事故背后，暴漏出了种种安全隐患。管道均在高压状况下输送单相或多相液气态物质，加上管道自身的老化腐蚀，接口破损和连接不紧密，以及其他机械振动或人为破坏等原因，发生破损和泄漏的事故时有发生。泄漏后如果检测定位和维修不及时，将会造成重大的资源浪费和经济损失，甚至人身伤亡事故，还会造成环境的污染。可见，管道泄漏监测及定位是一项具有重大经济、社会和环境效益的工作。

腐蚀缺陷造成的失效是既有埋地管道最主要的破坏方式之一。由于受输送介质和外界复杂环境影响，管道常常发生冲刷腐蚀和化学腐蚀。腐蚀的产生，一方面造成压力管道受载面积减小，使得管道承载能力下降，从而增大了管道腐蚀检

测、维修费用，降低了管道的维修和更换周期；另一方面，在载荷作用下，在缺陷处产生应力集中现象，削弱管道抗疲劳载荷的能力。研究腐蚀缺陷对埋地管道安全输送的影响以及腐蚀引起的泄漏已成为埋地管道安全运行所关注的课题。

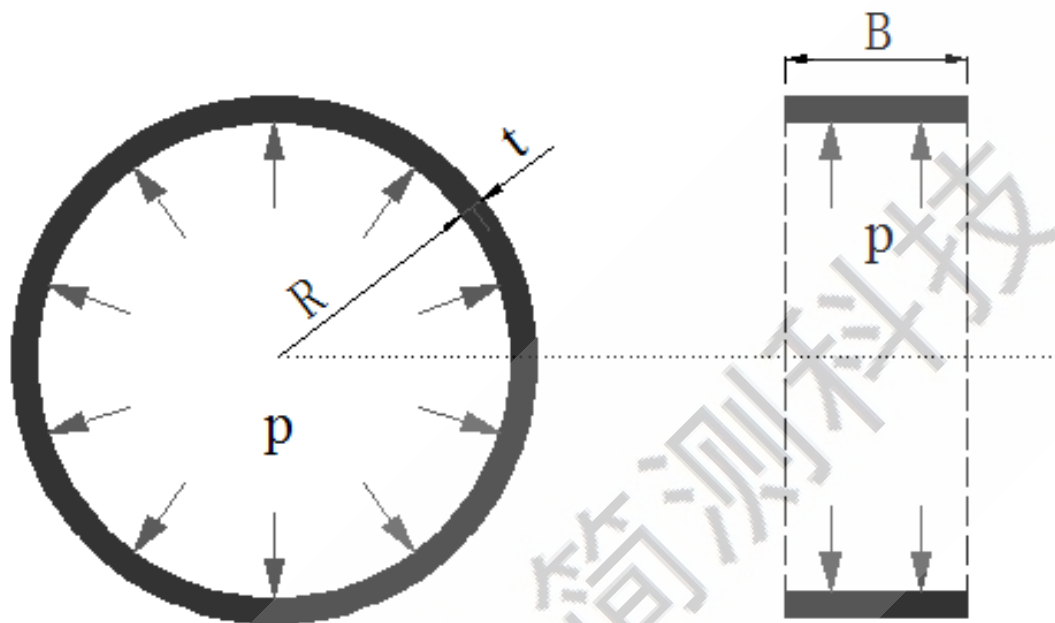
现有的管道监测方法

现有的管道检测法主要是把智能检测器置于管道内，在输送介质的推动下，完成管道内、外腐蚀缺陷的检测。检测技术主要有漏磁检测法、涡流检测法和超声波检测法等。检测原理均为测量壁厚变化从而得到管道的腐蚀发展状况。其中，超声波检测法由于其精度高，可以直接量化壁厚测量的优点得到了广泛的应用。目前国外较有名的检测公司有美国的 GE OIL&GAS P II、英国的 British Gas、德国的 Pipetronix、加拿大的 Corrpro 等公司，其管内检测产品已基本达到系列化。

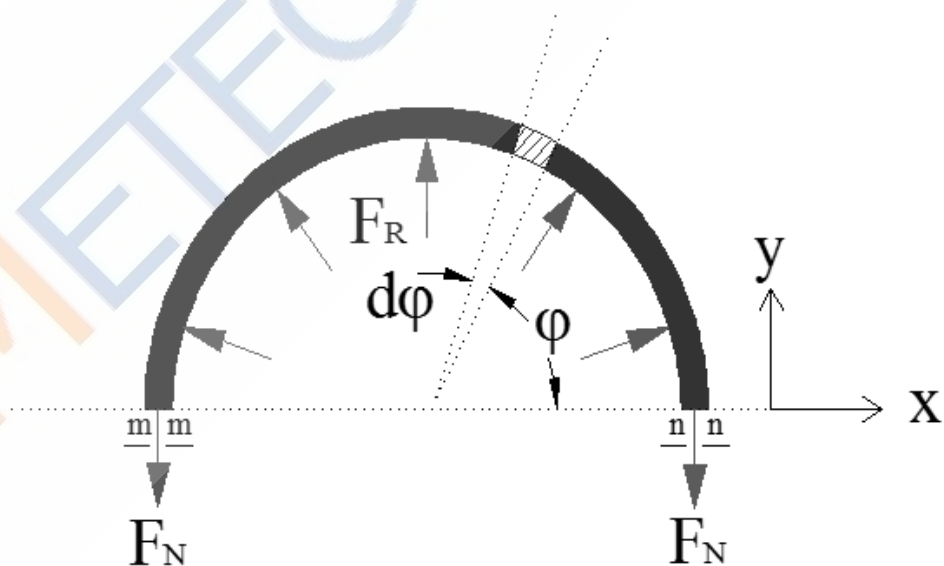
利用现有常规的管内管外检测方法对埋地管道进行定期检测，虽然能够提高埋地管道的安全性，但仍有许多不足之处，最突出的缺陷不能对埋地管道运行状态进行实时检测，管道在两次检测间是否安全只能根据上次检测结果预估，但这种预估常常由于管道运行期间受许多不确定因素影响而出现很大误差，难以完全保证埋地管道安全，这就为埋地管道破坏留下了隐患。而且随着长距离埋地管道应用越来越多，利用现有这些检测方法检测埋地管道，检测一次将花费很长时间，效率很低，因此需要研究开发新型管道腐蚀和泄漏监测技术。

光纤传感器是近年来监测技术发展的热点，随着光纤传感技术在军事、航空、桥梁等领域安全监测中成功应用，光纤传感技术也被引入到埋地管道监测中。光纤传感具有体积小、重量轻、电绝缘性好、抗电磁干扰能力强，化学稳定性好、频带宽、灵敏度高、易于实现远距离多通道的遥测与控制等诸多优点，能够克服目前常规检测方法只能对埋地管道进行定期检测的不足，可以实现对埋地管道安全实时监测。

二、管道腐蚀和泄漏监测原理



(a) 内压作用下管道示意图



(b) 半圆管道应力分析

上图为内压作用下管道内力分析示意图

根据材料力学基本原理，可以得到管道断面环向应力 σ 、环向应变 ε 与管

道内压 p ，管道半径 R ，管道弹性模量 E_p 以及管道壁厚 t 的关系，如下式所示：

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_p} = \frac{pR}{E_p t}$$

1、腐蚀监测：由于内部输送介质冲刷内壁导致的管道内腐蚀，直接后果就是管道壁厚的减小。由于管道内部压力可视为已知量，根据上式，在已知管道内压大小的情况下，管道壁厚 t 减小将导致环向应变 ε 的增大，通过监测管道的环向应变变化即可判断管壁腐蚀情况。当然，以上论述仅适用于管道内壁均匀腐蚀的情况，即假定同一断面的管道壁厚均匀变薄，则可以用管道外壁上的任意点的环向应变值反应管道腐蚀情况。

2、泄漏监测：由于泄漏是短时效事件，在管道泄漏发生的时间内可以认为管道壁厚保持不变，根据上式，可得管道环向应变与管道内压成正比关系。管道泄漏将产生负压波，负压波在管道内传播将引起管道内压的变化，从而引起管道环向应变的改变。因此可以通过获得管道沿线多个测点的环向应变动态响应，则可根据负压波衰减程度和到达时间差判断管道泄漏程度和泄漏位置。

三、项目计划目标及技术可行性分析

1、项目总体目标

本项目的总体目标是使用新型光纤光栅传感器对油气管道进行无损检测，解决传感器在管网中综合布置采集问题、搭建网络化泄漏报警和泄漏定位监测处理系统，进而建立管道无损健康监测网络平台。

(1)使用新型管道无损监测光纤光栅传感器，通过捕捉管道外壁环向应变变化，反映管道的腐蚀发展程度以及泄漏信号，采用特殊光纤光栅封装手段，以解决地下复杂恶劣环境下传感器的温度适应性、耐久性、抗电磁干扰和辐射的难题。

(2)对泄漏点进行快速定位，利用负压波时间差法，确定管道泄漏位置，为迅速确定应急方案提供必要的核心信息技术支持。

(3)提高最小可检泄漏率，泄漏点处负压波幅值较小时，负压波的有效传播距

离相对较小，受传统压力传感器精度影响，一些小泄漏或缓慢泄漏的情况会出现漏检。提出利用负压波能量衰减法，将解决管道在泄漏初期难以及时发现的问题，使灾害在早期得到重视并及时预警。

(4)优化传感器在管网中综合布置采集，将点式监测扩展为网格化全面覆盖，形成管道实时监测网络。将解决传统传感器仅针对管道主线监测，而无法对支线管网系统进行监测的关键问题。在复杂管网系统中，通过传感器阵列捕捉管网在发生泄漏时的环向应变场异常信号，结合神经网络等模式识别方法，对泄漏位置进行定位。

2、项目的基本原理及相关技术可行性分析

依据所述本项目的总体目标，项目的基本原理及相关技术内容主要从以下四方面进行详述：

(一)管道无损监测传感器

本项目采用我司一种利用管道环向应变来监测管道腐蚀及泄漏情况的方法，不影响管道正常运营，不破坏管道结构，仅在管道外壁布置环向应变传感器，即可监测管道腐蚀及泄漏信号。引进在工程监测领域发展迅速的光纤光栅传感技术，作为一种新型的智能传感元件，光纤光栅具有精巧轻柔、耐酸碱抗腐蚀、抗电磁干扰和精度高、易于实现远距离多通道的遥测与控制等优点，还具有复用能力强和信号为波长调制的优势，能够充分满足恶劣环境下对传感器长期耐久性、稳定性需求，十分适合应用于管道健康监测。

(1) 环向应变监测法在管道监测中的原理

运营中的管道内运输的油气经过各级泵站高压泵送，管内强大压力致使管道外壁产生环向变形，单元应变如公式(1)所示

$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y - \nu\sigma_z}{E} \quad (1)$$

其中， ε_y 为管道外壁环向应变， ν 为管道材料泊松比， σ_y 为管道外壁环向应力， σ_z 为管道外壁轴向应力， E 为管道弹性模量。

假定管道为无限长，则管道内部压力引起的管道外壁沿轴向应变 σ_z 可忽略不计，即 $\sigma_z = 0$ ；同时， $\sigma_y = pR/h$ ，其中 p 为管道内部压力， R 为管道内径， h 为管道壁厚。将 σ_z 和 σ_y 的值带入公式(1)，得到管道壁厚与管道外壁环向应变的关系式为

$$h = \frac{pR}{\varepsilon_y E} \quad (2)$$

a) 管道腐蚀情况监测

当管道发生腐蚀时，特别是内部输送介质冲刷及腐蚀造成管道内壁变薄。管道内压保持基本恒定的水准，若发生管道内外腐蚀导致管道壁厚的减小，会使管道外壁的环向应变增大，环向应变 ε_y 与 h^{-1} 成线性关系，通过长期监测管道的环向应变变化情况能够得到管道的壁厚变化曲线，从而随时掌握被测管道腐蚀程度。

b) 管道泄漏情况监测

当管内压力变化时，管道外壁的环向应变的变化亦与之成正比例关系。这一特点给我们很大启发。管道泄漏是短时间事件，在泄漏发生时刻可认为管道壁厚 h 保持不变。通过本项目研发的光纤光栅应变传感器测量管道外壁的环向应变变化情况，可以获得管道内部压力瞬时骤减引起的对等压力波信号。压力波信号从泄漏点向距离最近的两侧的光纤光栅应变传感器传递，根据两端拾取压力波的梯度特征和压力变化率的时间差，利用信号相关处理方法就可以确定泄漏程度和泄漏位置。

从理论上讲，这种测量方式应用于管道腐蚀及泄漏监测是可行的，但在实际工程中，还需要解决一些具体问题。

(2) 光纤光栅环向应变传感器的增敏及封装工艺

压力管道的材料强度高、弹性模量高，其内部压力导致的管道外壁环向变形量很小，需要开发有效的增敏技术来提高传感器的应变测量精度。对于光纤光栅的增敏技术，国内外已有较多的研究，但主要集中在压力和温度的增敏研究方向。对于光纤光栅应变传感器，其增敏机制研究较少。目前已有的增敏技术结构较为复杂，增减敏方式单一，难以实现管道监测的应用。因此，需要对管道环向应变

测量这一特殊需求开发针对性的光纤光栅应变箍传感器的增敏技术。

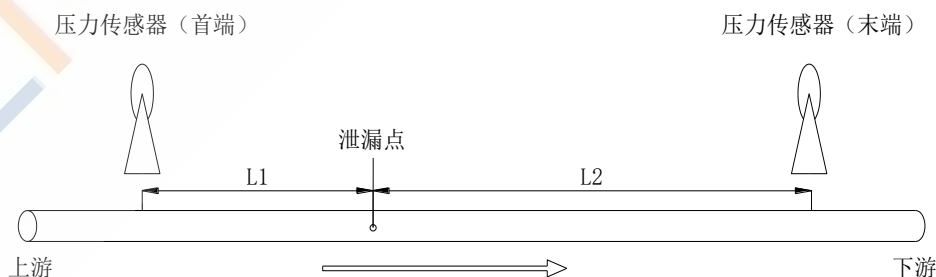
本项目拟采用不锈钢毛细管为主要封装材料对光纤光栅进行保护和增敏。不锈钢材料弹性模量弹性模量远高于光纤材料，避免了封装材料本身变形过大，承担不起将环向应变全部传递给光纤光栅的力学性能要求。现有的压力传感器监测方法缺陷是：长距离传输信号衰减较大、噪声源较多；位置定位精度受信号非线性特性影响，误差较大。而这种新研发的光纤光栅应变箍传感器有以下优势：1) 外形灵活机动，易于对不同管径的管道量身定做，从长度和柔度上都满足管道监测的需求；2) 不影响管道正常运营，不破坏管道完整性；3) 特有的增敏机制提高了信号辨识度和定位精度；4) 不受电磁辐射影响，噪声源少。

(3) 光纤光栅环向应变传感器长期可靠性

该产品充分体现光纤光栅特别是封装后传感器的应变传递特性，通过大量的实验表明光纤光栅传感器在PVC管道、钢管道等常用的管道材料上应用的高应力蠕变、交变荷载疲劳、环境腐蚀、环境高温差作用以及被测材料老化等有非常好的长期可靠性。

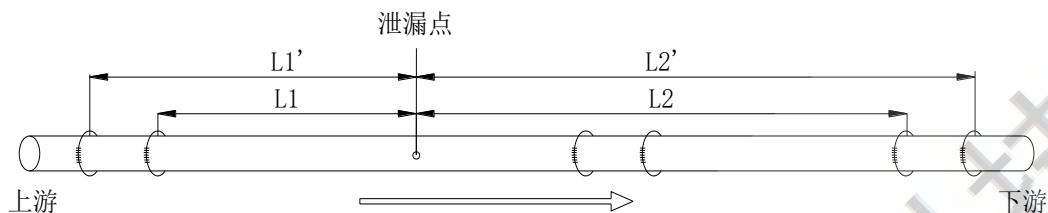
(二) 解决传统负压波法在实际应用中难以获得波速准确值的问题。

管道发生泄漏时，在泄漏处因流体的损失而引起局部流体密度减小，导致瞬时压力降低。瞬时的压降作用在流体介质上，形成一个负压波。负压波以声速向管道上下游传播，传统方法利用设置在管道两端的压力传感器检测压力波信号，根据信号变化程度和变化的时间差，采用信号相关处理方法，可以进行泄漏判定和泄漏定位，如下图所示。传统的基于压力传感器的负压波检测法有一定的局限性，即须已知负压波的传播速度。而负压波波速受流体密度、管道材料、管道壁厚等多方面参数的影响，导致实际工程中无法获得负压波波速的准确值。



基于环向应变的管道泄漏方法的基本原理与传统负压波方法相似，由于环向变形与管道内压成线性关系，利用负压波产生的压力突变引起的环向应变减小则能够判断负压波到达管道首末端的时间差进而找出泄漏位置。在管道负压波波速已知

的情况下，利用安装在管道首末端的各一个环向应变传感器，即可求出管道泄漏位置。且该方法能够突破传统负压波检测法须已知负压波波速的限制，由于环向应变传感器布置灵活，在管道首末端各布置两个环向变形测点，则可利用两组负压波达到时间差方程联立消去负压波波速而直接求出泄漏位置，如下图所示。



利用环向应变来测量负压波达到时间差进而定位管道泄漏位置，有以下优势：

1) 这种方法与传统的利用压力传感器测量负压波时间差的基本原理相同，简便易行，而用于测量环向应变的光纤传感器具有更高的精度和稳定性，因此相比于传统方法，该方法将具有更高的泄漏定位精度。

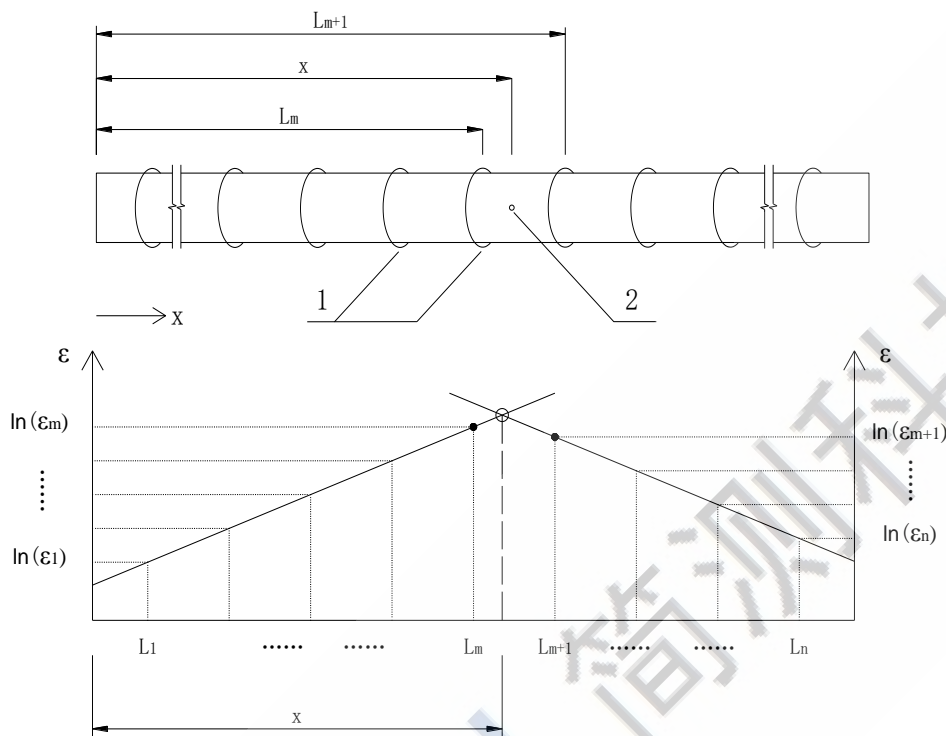
2) 在负压波波速未知情况下，可通过在管道首末端安装双环向应变传感器获得两组负压波时间差方程而消除负压波波速的影响。同时，由于传感器布置灵活，可通过在管道首末端安装多个环向应变传感器使测量系统具有更高的鲁棒性，避免传感器缺失情况下泄漏监测系统的失效。

(三) 引入能量衰减法来提高管道最小可检测泄漏率

由于负压波在传播过程中会发生能量衰减，尤其在管道泄漏量较小时，负压波衰减幅度较大。有研究表明，泄漏产生的负压波与管道的运行工况、长度、口径和介质物性等有关，这些管道特性决定了管道本身的最小可检测泄漏率，从而可能使同一泄漏检测系统应用于不同管道时可检测的泄漏率不同，甚至会由于管道设计的不合理，使泄漏检测系统难以很好地发挥作用。然而由于传统的基于压力传感器的负压波检测法压力传感器仅能安装在管道首末端位置，导致部分小泄漏情况无法及时发现而造成严重的经济损失。

利用环向应变传感器布置灵活的特点，在管道沿线安装多个环向应变传感器测点，即可有效解决上述问题，突破传统负压波法受最小可检泄漏率的限制，其基本原理如下图所示。由于负压波能量以指数形式衰减，由泄漏引起的压力减小量以泄漏点为中心向管道上下游逐渐变小。而沿管道安装的多个环向应变传感器则能有效获得这种负压波引起的压力分布。在管道发生泄漏后，对各环向应变取

对数并进行直线拟合，找出两条拟合直线的交点即可得到环向应变值最大位置即管道发生泄漏位置。



这种利用环向应变传感器得到负压波能量衰减规律并找到泄漏点的方法有以下优势：

(1) 该方法无需已知管道直径、壁厚、弹性模量以及管道内流体物理性质等有关参数，也不受无法获得管道负压波波速准确值的限制，通过一系列测点获得泄漏发生时的环向应变值，即可拟合出管道泄漏的位置。

(2) 传统负压波法仅适用于管道主线的泄漏监测，而这种基于环向应变传感器的负压波能量衰减方法由于传感器布置灵活，还适用于管道支线以及管网的泄漏监测。对于易于发生管道泄漏的位置，还可通过增加传感器数量的方式确保监测系统的稳定性和可靠性。

(3) 实际工程中的管道较为复杂，使用不同类型的弯管连接，而传统负压波法很难研究弯管对于负压波传输的影响。而利用上述环向应变测量的方法则可对管道弯头局部进行研究，分析负压波在弯头位置传输的能量损失，获得更准确的定位结果。

(四) 形成将点式监测扩展为网格化全面覆盖，形成管道实时监测网络。

(1) 光纤光栅应变传感器适用于管道监测网络化的依据

光栅光纤传感器与传统电类传感器相比,在传感网络的应用上有明显的技术优势。电类传感器需要对每个传感器进行供电,信号受电流、电磁干扰等影响较大。压力传感器虽直观可靠但要测量内部压力需要对管道开孔,影响管道运营也增加了管道接口数量,无法大幅提高测点密度。而光纤光栅传感器一经安装,安全可靠,无需大量人力物力对传感器进行持续供电和安全监守。即使管道沿线断电,只要远程控制中心保持供电就不会中断对管道的监测。

本方案提出的利用光纤光栅应变箍传感器测量管道泄漏的优点在于:光纤光栅传感器具有分布式测量和无损监测(安装不影响管道运营)的特点,无需对传感器供电,适合于大规模组建监测网,可以解决传统的基于压力波的管道泄漏测量技术不适合管网监测、信号衰减大,定位精度低的缺点。

(2)本方案提出通过传感器阵列捕捉识别管网在发生泄漏时的环向应变场异常信号,结合神经网络等模式识别方法,对复杂环境下管道泄漏进行系统的监测。不同于现有的基于管道流动模型描述的泄漏监测方法,它具有自适应能力来学习管道的不同工况,对管道运行状态进行分类模式识别错误!未找到引用源。.,区别正常运营、人为破坏、外力冲击、泵站调阀、管道泄漏等工况

对比以往的监测方式,优点在于:1)系统将具有自学习功能,监测时间越长,采集的样本越多,自识别和反应的准确性也越来越高;2)传感器阵列将管道网格化,定位参考值充足,可以对管网进行监测。

(3)管道监测网络的架构

管道监测网络的架构,主要由传感器层、光纤光栅传感解调仪远程光信号采集、pc 终端软件处理平台组成。

国外对光纤光栅传感器的研究已经基本实现了光纤光栅传感器的商品化,工程化,如 Blue Road Research、CiDRA、MOI 等。但多传感器同步大规模采集系统由于技术和成本原因仍未普及。本方案应用我司自主研发的多通道光纤光栅解调仪,采用大功率扫描激光光源,使用灵活,适合应变、温度、加速度等多种参数测量,一根光纤上可以接入多个传感器,分辨率小于 1pm,可重复性 2pm,内置单板机,以太网接口使数据与网络无缝对接。

PC 终端监测系统软件包括数据采集模块、数据库服务器模块、监测与定位模块、通信接口模块、人机界面模块、客户端模块。融合多类传感器数据综合处

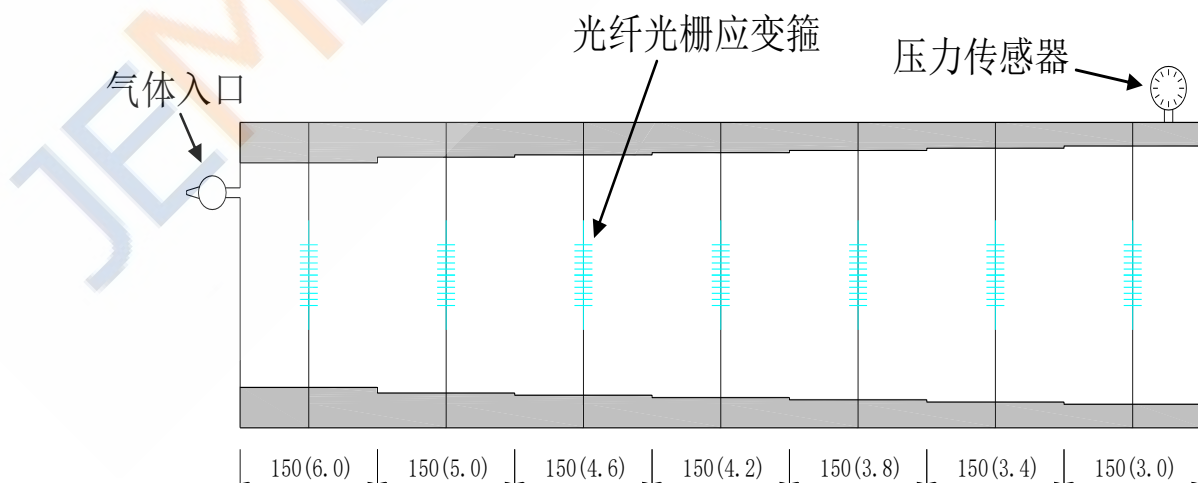
理。人机界面模块具有友好的操作界面，包括自动存储，报警系统、运行日志、腐蚀预警等功能，对大量数据自动分类分区存储，监测到泄漏信号立即判别并报警，记录监测系统通信状况及输油（气）调整、记录并标记意外发生时的特殊数据供工作人员随时核对。

三、本方案特点

- (1) 使用简测科技具有自主知识产权的新型管道监测光纤光栅传感器，通过捕捉管道外壁环向应变变化，在不影响管道正常运营的条件下对管道进行无损检测，是本项目重要创新点。
- (2) 提出利用管道环向应变测负压波的方法，继承了传统负压波检测法的优势，也弥补了最小可检泄漏率影响的限制，及时定位难以发现的管道初期微小泄漏。
- (3) 通过传感器阵列捕捉识别管网在发生泄漏时的环向应变场异常信号，结合神经网络等模式识别方法，对复杂环境下管道泄漏进行系统的在线监测。

四、管道健康监测实施工法

1、腐蚀监测



(a)均匀腐蚀管道模型示意图



压力传感器

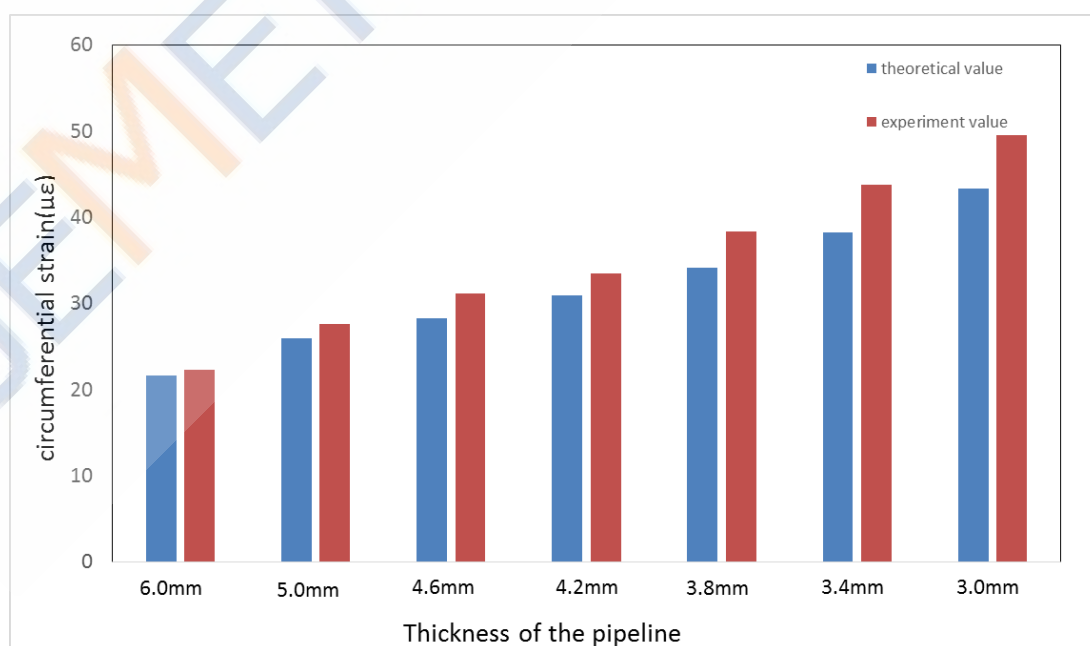
光纤光栅应变箍

均匀腐蚀管道模型

(b)均匀腐蚀管道模型

模拟均匀腐蚀的管道模型外径为 273mm，材料为 Q235 钢管，弹性模量 210GPa。均匀腐蚀管道由 7 个管段组成，每段长度均为 150mm。为了模拟不同程度的均匀腐蚀，设置的各管段壁厚分别为 6.0mm，5.0mm，4.6mm，4.2mm，3.8mm，3.4mm，3.0mm，如上图所示。

结果分析



200Kpa 内压下不同均匀腐蚀深度的环向应变对比

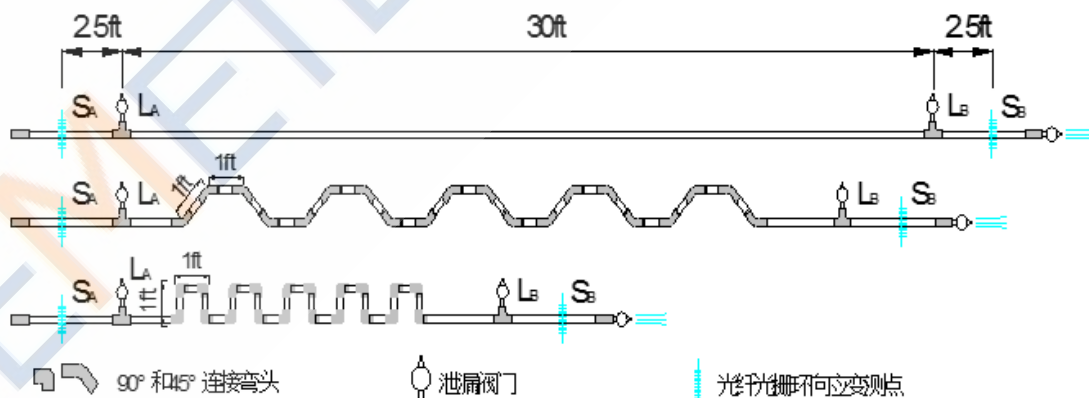
- (a) FBG 应变箍传感器可以有效测量管道环向应变。
- (b) 通过 FBG 应变箍传感器可以有效测量到管道壁厚的变化情况。
- (3) 这种方法可以实现管道匀腐蚀的监测。

2、泄漏监测

(1) 预备试验

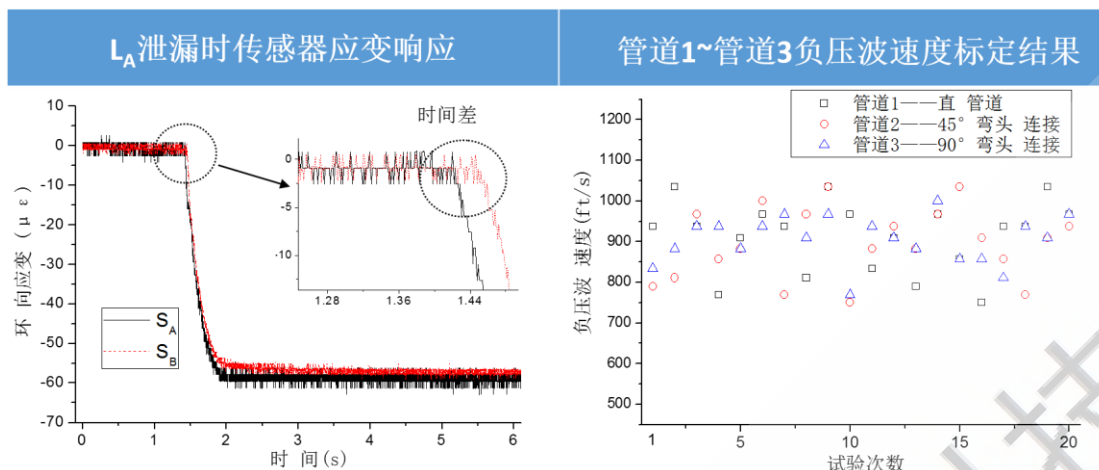
监测目的：一方面为标定负压波在 PVC 管道中的传播速度，另一方面是研究管道连接弯头（45° 和 90° 弯头）对负压波传播的影响作用。

监测方法：该方法由三个总长度相等的管道模型组成，在管道一端设置进气口与空气压缩机连接，另一端设置出气口，模拟管道内气体的流动。



管道模型示意图（管道1~管道3）

结果分析

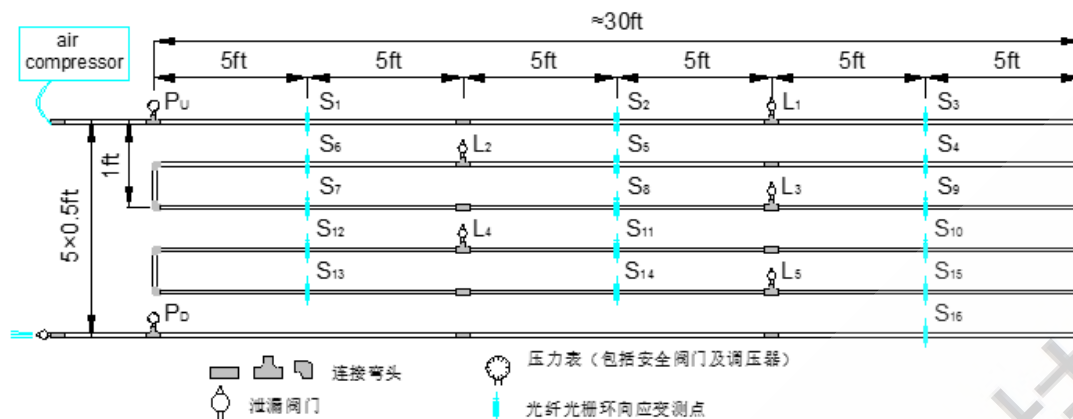


通过测定结果可以得出结论：

- (a) 通过这种环向应变测量的方法可以获得负压波的时间差；
- (b) 在三种管道模型中所测定的负压波速度基本相同，因此可以认为连接弯头对负压波传播速度的影响较小；
- (c) 标定的负压波传播速度的平均值为 $937.5 \pm 77.5 \text{ ft/s}$ ($=285.75 \pm 23.6 \text{ m/s}$)，变异系数约为 8.3%，与文献中采用的负压波传播速度 300 m/s 基本吻合。

(2) 泄漏定位

该管道由一系列 90° 弯头连接组成，总长度为 180ft ($\approx 54.864\text{m}$)，由于管道总长度较大，每 30ft ($\approx 54.864\text{m}$) 的直线管段使用一个连接弯头，再利用一个 0.5ft ($\approx 0.152\text{m}$) 的直管段连接另一个弯头，如下图所示。



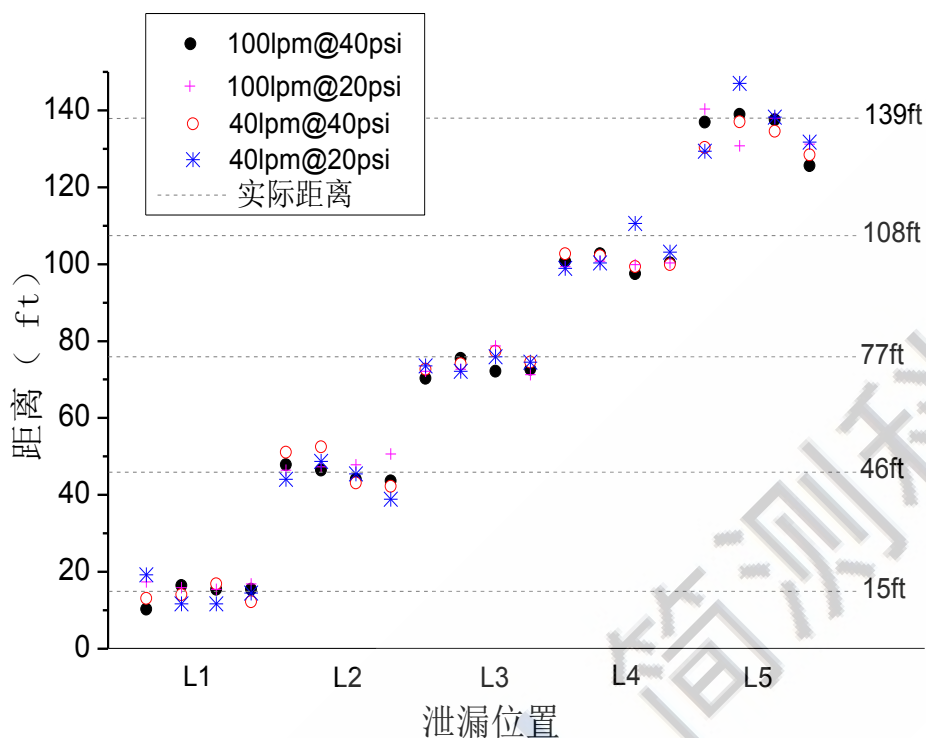
(a)长管道模型示意图

该管道模型共安装 5 个泄漏点 (L1~L5)，用以模拟管道上不同位置的泄漏情况，泄漏点间的距离为 30.5ft ($\approx 9.144\text{m}$)。在管道模型沿线安装 16 (S1~S16) 个裸光纤光栅作为环向应变测点，测点间的距离为 10ft ($\approx 3.048\text{m}$)，第一个测点距离第一个泄漏阀门的距离为 15ft ($\approx 4.572\text{m}$)。

	管道内压 (psi)	泄漏率 (lpm)
工况 1	40	100
工况 2	40	40
工况 3	20	100
工况 4	20	40

负压波时间差定位试验结果

通过 FBG 应变传感器阵列消去负压波波速的方法进行泄漏定位，获得的多次试验结果如下图所示。



多泄漏点长管道模型负压波时间差定位法试验结果

结论:

- (a) 不同工况下，试验定位结果与实际泄漏点位置比较接近，平均定位误差率为 7.33%;
- (b) 通过这种方法可实现泄漏的实时监测以及泄漏定位。

五、系统设备技术指标和性能

1、光纤光栅温度测量解调仪

简测科技 JEME-iFBG-S 系列是适合光纤光栅光学传感器、具有 4、6、8、15、24 多选择通道的光纤光栅解调仪。可以测量低速变化的温度、应变等物理

参数。内嵌 1:1 备用通道,每个光学通道具有 80nm 波长范围(1510nm~1590nm)。同时采用便携式电池,可不间断连续工作 20 小时,便于工作现场监测。本方案采用 JEME-iFBG-S15 型号的解调仪;

主要技术特点:

1. 15 路同步采集,大功率波长扫描型激光光源
2. 单通道 20dB 信号增益
3. 光纤光栅反射光功率可达-5dBm
4. 80nm 波长解调带宽
5. 内置绝对波长参考,不需要外部波长校准
6. 以太网接口,系统支持远程工作方式
7. 提供工业级的系统稳定性能
8. 内嵌资源丰富的 FPGA 硬件逻辑芯片
9. 可定制的信号实时处理功能
10. 低功耗,可支持移动电源,无交流电可持续工作 20 小时



光纤光栅测量指标	
光路数量	4、6、8、15、24可选
波长范围	1510~1590nm
精度	1pm
稳定性	±2pm
光源	波长扫描型光纤激光器
光纤光栅反射光功率	-5dBm(Max)
动态范围	50dB
弱信号增益	20dB
扫描频率	2Hz
通道间同步采集	是
光学接头	FC/APC
光谱功能	全光谱
数据/软件特性	
板载硬/软件输出信号	全光谱或峰值信号
远程软件	系统远程控制软件和数据远程监测软件
源代码	支持基于LabVIEW的源代码
电气特性	
电源供应	+ 19~30VDC
数据传输接口	以太网
功率	20W典型
机械特性	
工作温度	-20~55°C
外型尺寸	250×320×185mm

2、光纤光栅应变传感器



光纤光栅应变传感器

该产品基于一种光纤光栅应变增/减灵敏度的封装机制，采用独特封装工艺有效的消除了胶粘剂对传感器应变传递的影响；通过调节封装工艺中的参数，可以改变传感器的应变灵敏度系数；同时兼有细径管保护式和夹持式的优点，既可以直接埋入结构中也可以通过辅助构件构成夹持式传感器。

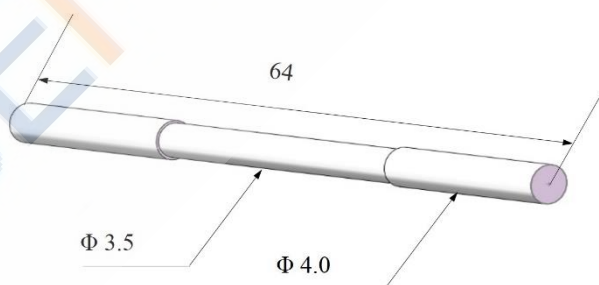
Features 特点：

1. 具备增敏或减敏工作机制，可定制灵敏度；
2. 可根据工程需求灵活定制量程、分辨率和规格尺寸；
3. 用于工程结构表面安装时可重复利用；
4. 通过传感器支座可焊接或胶粘接在工程结构表面；
5. 可根据工程需求灵活定制不同形状的传感器支座。

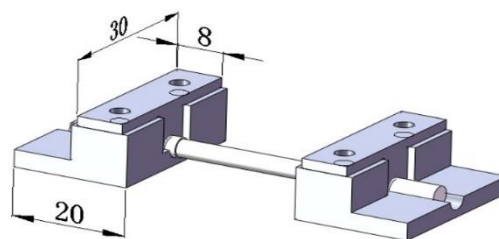
参数指标：

光纤光栅应变传感器	
量程	$\pm 2000 \mu \varepsilon$
分辨率	$1 \mu \varepsilon$ (可定制)
波长范围	1510~1590nm
工作温度范围	-30~120
重量	4.1 克
规格尺寸	外径 4mm，测量标距 30mm (可定制)
尾纤规格	聚合物软管或铠装管 ($\Phi 3\text{mm}$)
连接方式	熔接或 FC/APC 连接头
安装方式	焊接、胶粘接、直接埋入

尺寸工艺图：

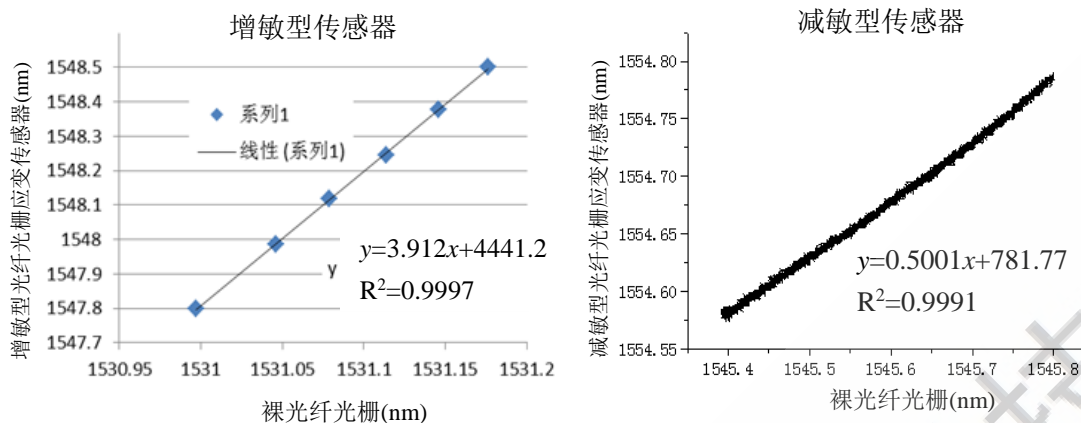


光纤光栅应变传感器



传感器安装支座

传感器标定图



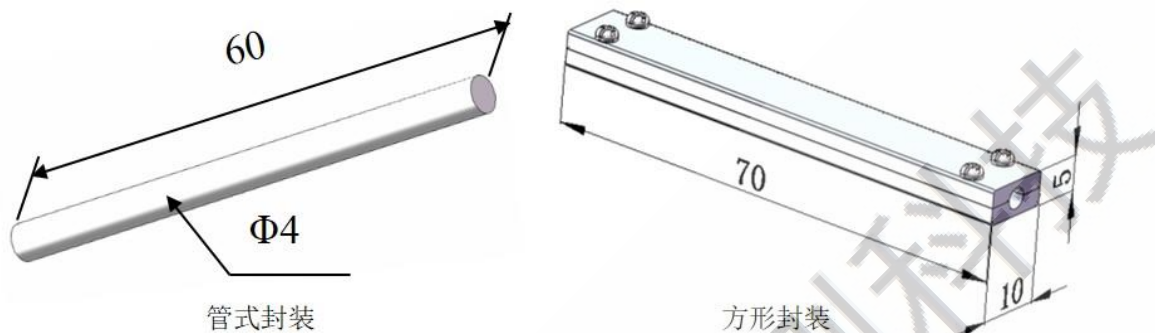
3、光纤光栅温度传感器



本光纤光栅温度传感器按封装方式分为增敏型与无增敏性封装结构，按外形可分为管式和方形两种。传感器采用了独特的封装技术，不仅可以有效的提高了传感器的温度灵敏度，使传感器能自由的感应结构对象的温度变化，而且消除了外界应变影响，使传感器免受外界应力的冲击。

产品参数		
传感器	增强型光纤光栅温度传感器	无增敏型光纤光栅温度传感器
量程	-30℃ ~+120℃	-30℃ ~+120℃
分辨率	0.05℃	0.1℃)

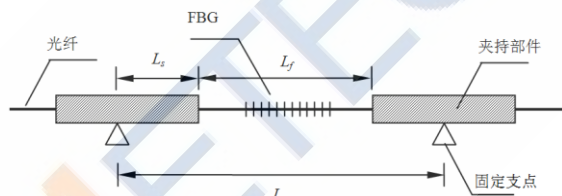
波长范围	1510nm~1590nm	1510nm~1590nm
规格尺寸	5mm 外径	3.6mm 外径
安装方式	表面粘接或埋入被测材料中	表面粘接或埋入被测材料中
应用范围	高精度温度测量	低精度温度测量及光纤光栅传感器温度补偿



4、光纤光栅应变箍传感器

两端夹持式光纤光栅应变传感器的原理如下图所示。对于处于 1550nm 波段的光栅，中心波长与应变的关系为：

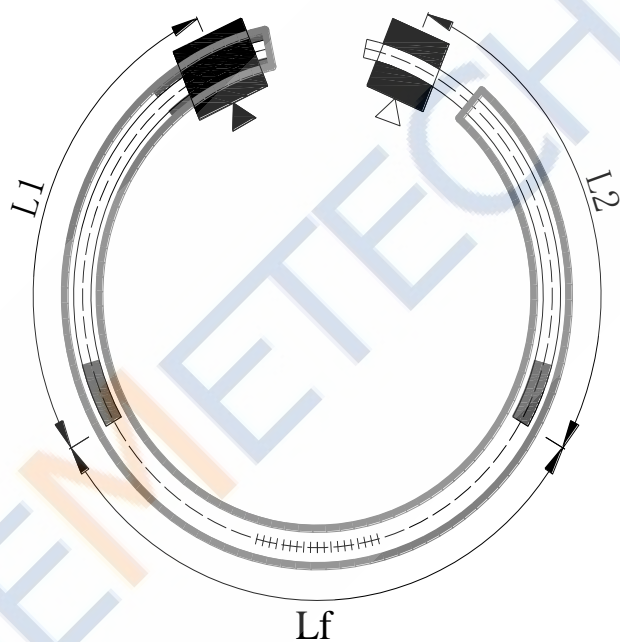
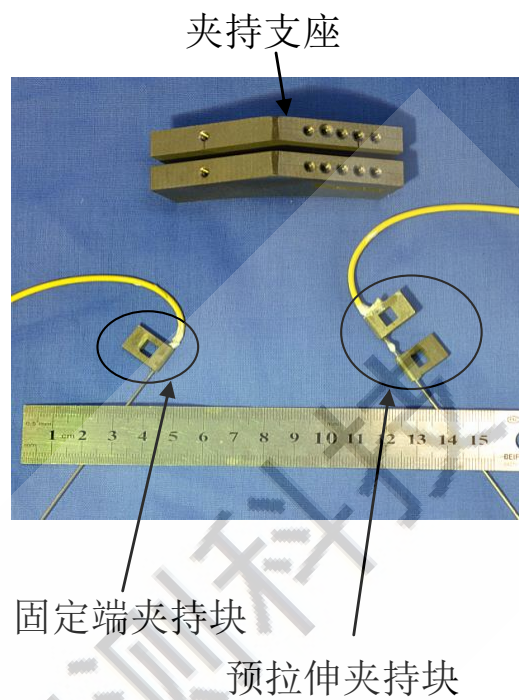
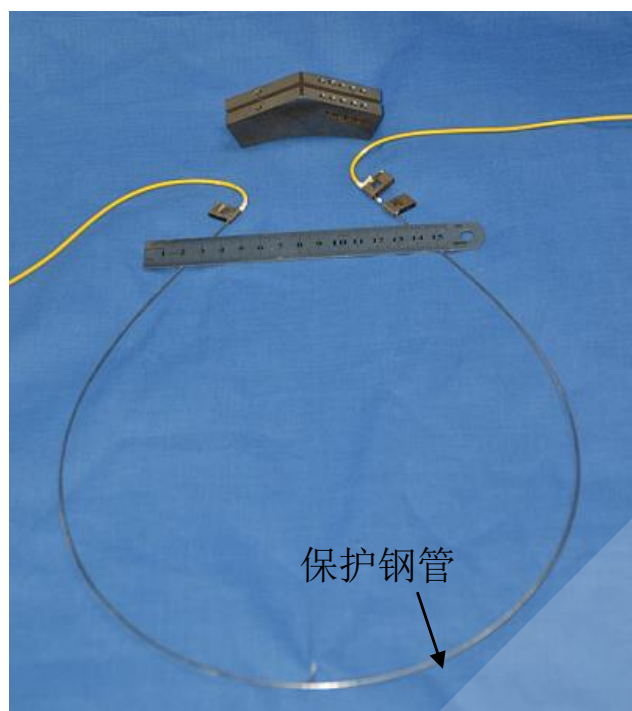
$$\varepsilon = \frac{L_f}{L} \varepsilon_f = \frac{L_f \Delta \lambda_{FBG}}{1.2L}$$



两端夹持式光纤光栅应变传感器原理图

通过调整 L_f 与 L 的比值，可以改变传感器的应变测量灵敏度。当 L_f 小于 L 时，光纤光栅的应变 ε_f 大于待测点的应变 ε ，为增敏型传感器，反之则为减敏型传感器。

结合两端夹持式光纤光栅应变传感器的封装结构，我们开发的光纤光栅应变箍传感器，如下图所示。



- - - 裸光纤及光栅
- ▭ 保护钢管 (d=1.0mm)
- ▭ 夹持钢管 (d=0.8mm)
- 环氧树脂
- 夹持块
- ▲ 固定端
- △ 移动端



Please contact me

TEL: 0755-36632001、36632002、36632003、36632005
FOX: 0755-27588841
Mobile: 13902450452
QQ: 1120363606

 wangwei@jemetech.com

ENVIAR

JEMETECH 简测科技