

围。将光缆蛇形铺设在管道上方也是扩大保护范围的一种策略。蛇形铺设还可以提高检测震源位置的精度（见图4）。

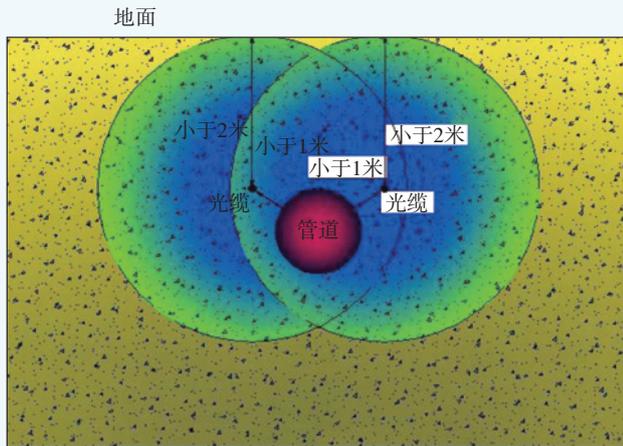


图3 两根光缆对称铺设法



图4 光缆蛇形铺设法

2.2.2 最大有效监测长度

由于光纤中的激光随光纤长度和接头数量的增加，信号逐渐减弱，所以，光信号不可能无限远的传输。要确保信号达到良好的侦测效果，必须保证信号的信噪比 $> 10:1$ ，并须保证光信号衰减 $< 25\text{dB}$ 。光信号衰减按 0.25dB/km ，熔接按 0.2dB/点 ，光分配器按 3.6dB ，光适配器按 0.3dB/点 计算， 40km 是比较合理的侦测长度。当然若能够保证信号强度与信噪比，突破 40km 的距离不是不可能。目前有的光缆振动监测系统就可侦测 60km 的距离。

2.3 智能分析系统

对信号源的频率、位置可以通过计算得出，但对信号源种类及是否存在危险的判断可就需要靠智能分

析系统了。智能分析系统是基于神经网络模式识别技术开发，智能分析系统能对收到的信号进行分类处理，并能够自动学习人工处理模式，逐步修正判别误差，加强信号判别的准确程度。智能分析系统是通过监测到的振动声音信号进行强度、节拍、频率、形态等多种分析而得出震源类型，过滤掉干扰及自然信号提取出正确报警信号的。

2.3.1 信号强度分析

信号强度分析是结合其他几项分析根据信号的强度分析信号源距离光缆垂直距离的远近，以声音幅度提示报警事件。声音信号类别与强度特征对应如表1。

表1 信号强度特征对应表

序号	信号类别	强度特征
1	背景噪音	声音幅度很小，均匀无起伏
2	输油声响	声音幅度中偏小，均匀平稳
3	人为攻击	瞬间幅度可达饱和，断续或连续
4	电动工具	声音较强
5	挖掘设备	声音很强
6	冲击设备	声音极强
7	爆破	声音深度饱和
...		

2.3.2 信号节拍分析

信号节拍分析是以震源声音波群节拍特征提取环境扰动，得出声源类型。对应关系如表2。

表2 信号节拍特征对应表

序号	信号类别	节拍特征
1	气动工具	连发捶击
2	重型冲击锤	大力连发捶击
3	车辆行驶	沉闷续贯振动
...		

2.3.3 信号频率分析

声音信号频率分析是以声源频率范围区分不同环境扰动。如表3。

2.3.4 信号形态分析

声音形态分析是以声音包络形态分析提示入侵事件。如表4。

表3 信号频率特征对应表

序号	信号类别	频率范围
1	输油噪音	4 000Hz 以上
2	电动工具	1 000 Hz ~ 2 000Hz
3	运输工具	300Hz ~ 800Hz
4	重型设备	200Hz 以下
...		

表4 信号形态对应表

序号	信号类别	形态特征
1	气动, 电动工具	急升持续
2	手动挖掘工具	急升快降
...		

2.3.5 特征学习

声音特征学习是通过人工对收录可疑报警事件的确认或剔除作为数据库比对事件分析得出是手工挖掘还是机械挖掘；是水平钻孔还是垂直钻孔；是表面爆破还是子弹射击；是人为破坏还是自然灾害的。

2.3.6 智能过滤

信号过滤功能是将常见环境扰动、人类正常活动及常见干扰信号记录并保存用作常规信号过滤。如：自然风、雨、雷、电；人类生产活动用汽车，火车，生产加工环境噪音；无线电电磁干扰。

3 地下管道安全预警系统配置方案

利用光缆可以实现地下管道安全预警，有效防止第三方破坏。安全预警系统分为监测中心与现场监测设备。监测中心由计算机及智能数据分析系统组成。现场监测设备由现场控制器（含光收发模块）、光分配模块、光相干模块及光耦合器等组成。光缆中的光纤作为分布式传感器，共需要3根光纤，两根作为探测光纤，一根作为信号回传光纤用于光缆沿线振动信号的拾取与传送。

光缆振动监测系统在管道安全预警系统应用如图5。

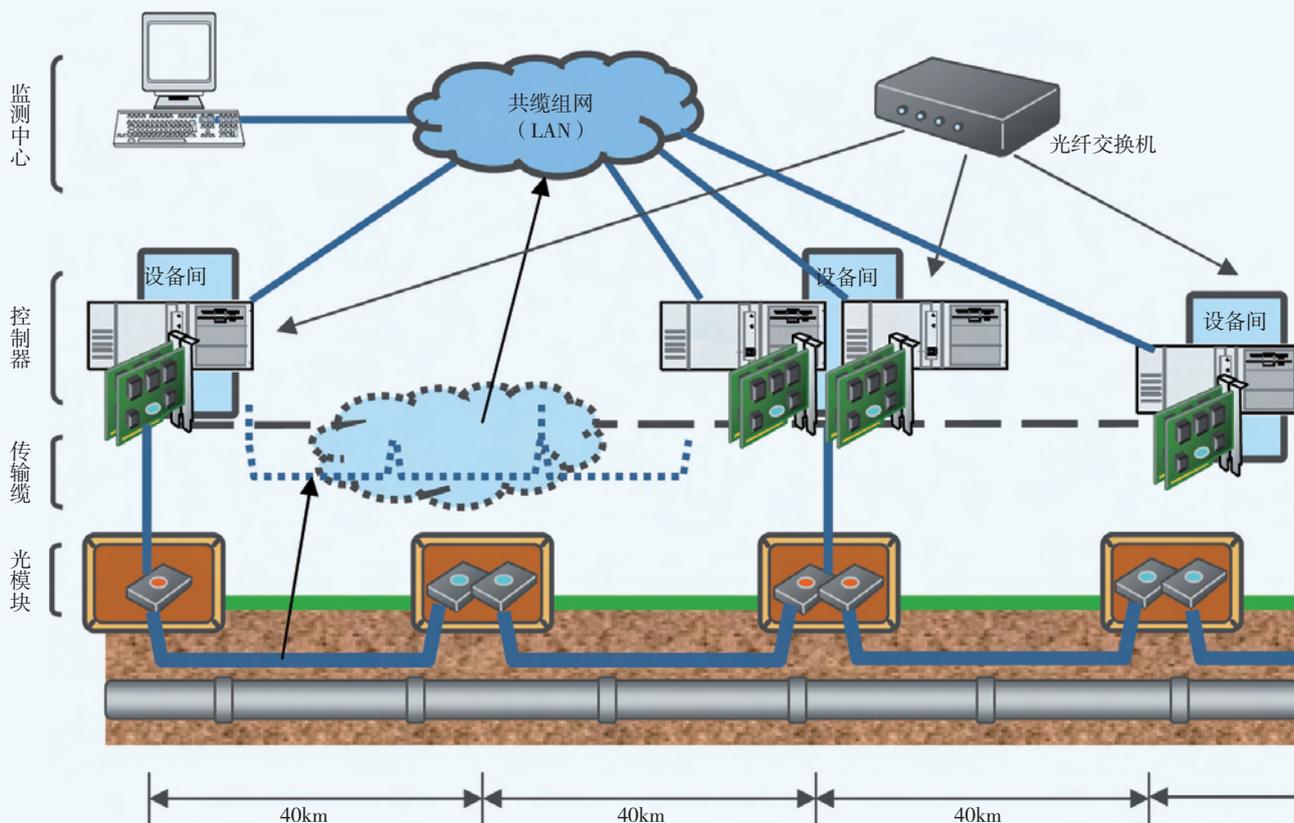


图5 光缆安全预警系统应用示意图

系统设备配置方案：监控中心计算机：1套；现场控制器、头尾探测器：每40km一套（具体数量应根据路由长度合理配备）；信号隔离模块：若干套（根据现场地理情况配置）；智能分析软件：1套。

4 光缆振动监测预警系统应用前景

光缆振动监测预警系统应用范围及其广泛，在国内使用前景极其广阔。光缆振动监测系统不光可以用于地下水、油、气管道的安全预警，还可以作为隐蔽式传感器对地面上的入侵行为进行侦测。如机场、车站、工厂、牧场的周界防范；还可以用于国界边境非法入境的安全管理。

参考文献

- 1 张引发, 王宏科. 《光缆线路工程设计、施工与维护（第二版）》, 北京: 电子工业出版社, 2007
- 2 [美]Barry Elliott/Mike Gilmore著, 田亚光、冯立辉等译. 《光缆布线与检测（第二版）Fiber Optic Cabling Second Edition》, 电子工业出版社, 2004
- 3 赵勇. 《光纤传感原理与应用技术》. 北京: 清华大学出版社, 2007
- 4 王玉田. 《光纤传感技术及应用》. 北京航空航天大学出版社, 2009
- 5 张自嘉. 《光纤光栅理论基础与传感技术》. 科学出版社, 2009

工程信息

天然气十堰支干线工程加速推进

天然气十堰支干线起自西气东输二线枣阳分输站，止于十堰张湾区汉江街办七里垭村的十堰末站，管道总长238.5km，项目总投资约14亿元。其中在十堰境内设计总长67.7498km，该管线由土关垭进入十堰境内，途经浪河、丁家营、武当山、六里坪到十堰城区。十堰城区16.1094km，丹江口市51.6404km，浪河大开挖穿越长度443m，穿越G316国道6次长度为224.175m，穿越汉十高速2次长度为105m，穿越东风大道1次，长度为60m，定向钻穿越丹江口水库1次，穿越长度为2 112.1m。

天然气十堰支干线开工以来，一直得到十堰市委、市政府高度重视，针对部分乡镇在工程中存在的问题，2010年7月30日，十堰市政府召开天然气项目督办会议，要求各相关部门，提高认识，统一思想，增强支持服务天然气工程建设的紧迫感和责任感，齐心协力，立即行动，全力创造天然气建设的良好环境。

十堰市天然气项目协调办在中石油EPC项目

部的补偿资金没有完全到位的情况下，加快补偿资金拨付力度，确保工程施工顺利推进。截止2010年8月28日，共下拨临时用地及附着物补偿费502.052万元，切实保证管道沿线拆迁安置补偿户的合法利益。

同时，市协调办工作人员放弃周末休息，顶烈日，冒酷暑，从七里垭村的十堰末站开始，沿天然气管道全线排查，认真梳理土关垭、浪河、丁家营、武当山、六里坪及张湾区在施工中遇到的问题和难题，集思广益，有针对性地提出切实可行的解决措施，保证工程施工能够顺利进行。

截止2010年8月28日，天然气十堰支干线十堰市段测量放线26.65km，扫线完成22.07km，焊接完成20.30km，下沟9.389km，回填7.49km。同时，胜利油田管道穿越公司克服地层软硬交错对导向孔钻进曲线精度的影响及孔壁岩石掉块对卡钻等施工带来的风险，完成丹江口库区试钻光缆套管导向孔1 000m。

(吕林安)