**一、项目名称：**基于分布式光纤振动传感的检测定位装备研究与应用

**二、完成单位：**中国石油天然气管道通信电力工程有限公司

**三、项目简介**

该项目属于石油天然气储存与运输工程建设领域。

在管道和光缆途径的地理环境中，受到人为生产生活、道路河流穿越、各种工程活动等因素的影响，形成多发振动源，造成同一监测段内多起事件并发的客观事实，由于当前光纤分布式振动传感多采用马克增德尔技术，传感光路系统为单一传感器，将沿线的信息混合成一个多起事件随机交织的信号序列，现有系统性能难以对该序列精确拆分重新构建起多起事件，造成系统检测、报警和定位性能不满足现场需求。除了分布式光纤振动传感技术外，土壤振动信号分析技术也是制约着系统性能，由于地表的振动信号通过土壤后产生较大的变化，导致信号识别准确率下降，无法准确判断信号性质。

为了解决以上技术问题，2012年-2018年，公司开展陆续开展《复杂地表环境下预警系统并发监测和识别技术研究》，《基于双端监测的预警系统识别技术研究》项目攻克了多项关键技术，形成以下发明专利：

1. 基于相干光时域反射的振动检测方法，解决了振动信号采样频率区间问题；实现了西二线74km（实验室80km）的监测长度。
2. 管道安全预警系统和方法，解决了不同振源相互干扰问题。
3. 一种应用于光纤预警系统中的自适应器噪声抵消装置，解决了信号混叠与噪声抑制问题。

（4）一种基于小波分析的光纤预警系统降噪方法与装置，解决了信号降噪问题。

基于以上核心发明专利，成功研制出了分布式光纤振动传感和土壤振动信号分析系统，实现了以下创新：（1）提出了利用相干瑞利散射技术单根纤芯检测振动波的油气管道预警方法，并实现了74km（实验室80km）的监测长度；（2）提出了采用EDFA、双向拉曼混合光放大技术提高光学信号信噪比方案，并实现了样机开发； （3）提出了并发振动识别的多维特征振动事件描述模型，并实现了基于该模型的分类器设计。经现场实际验证以及中石化津燕线、中石油西气东输、管道公司东明、北京天然气与西部管道联合组织的西沙屯技术比武，产品综合性能名列第一名。

项目成果获得授权专利9件，其中发明专利4件，形成国家行业设计标准1项，工程建设协会工法1项，二十余篇高水平论文及专著。

产品已经在中俄东线北段（黑河-长岭）、中段（长岭-永清）、SYGD等，应用效果获得业主与用户的认可,监控管道7000公里，签订合同额1.1亿元，近三年实现创效5800万元，经济效益和社会效益显著。成果具有广泛的推广应用前景和核心竞争力，经专家鉴定认为该项目成果达到了国际先进水平。

**四、主要完成人情况**

主要完成人：曾科宏、杨文明、李刚、闫会朋、王赢、王飞、张欣

第一完成人：曾科宏，项目主要研发人员，主持了本项目系统研发、成果转化及工程化应用,主编了本项目涉及的行业标准及工法。

第二完成人：杨文明，项目主要研发人员，全面参与了项目的各项研究工作，参与编制了项目的总体技术方案制定，主导系统框架及底层软件算法实现等。

第三完成人：李刚，项目主要研发人员，全面参与了项目的各项研究工作，参与编制了项目的总体技术方案制定，主导系统信号分析处理、算法设计等。

**五、代表性论文、论著目录**

（1）《基于光纤传感的管道安全预警系统设计及施工规范》SY/T 4121-2018

（2）SCI论文：[Vibration monitoring for the West-East Gas Pipeline Project of China by phase optical time domain reflectometry (phase-OTDR)](http://cg.hebkjt.cn:8081/kjtxmsb/a/rpw/Adv/tXmZscqml)

（3）EI论文：Pipe Line Safety Monitoring using Distributed Optical Fiber Vibration Sensor in the China West-East Gas Pipeline Project

**六、主要知识产权目录**

（1）发明专利：基于相干光时域反射的振动检测方法（ZL201310392293.8）

（2）发明专利：管道安全预警系统和方法（ZL201310418381.0）

（3）发明专利：一种应用于光纤预警系统中的自适应器噪声抵消装置（ZL201510128687.1）

（4）发明专利：一种基于小波分析的光纤预警系统降噪方法与装置（ZL201510437978.9）

（5）实用新型专利：管道安全预警系统（ZL201320570037.9）

（6）实用新型专利：基于相干光时域反射的振动检测装置（ZL201320541776.5）

（7）实用新型专利：基于光纤传感的声波监控系统（ZL201620160568.4）

（8）实用新型专利：一种无源光放大器（ZL201620310895.3）

（9）实用新型专利：一种光器件故障检测装置（ZL201921209859.8)

**七、项目推广应用、经济效益和社会效益情况**

该项目研究成果已在国内油气管道工程中广泛的推广应用，其中典型工程有中俄东线（长岭-永清）、中俄东线（黑河-长岭）、西气东输西一线、西二线、西三线等工程，提高管道安全防护水平，形成技防+人防管道安全防护体系，也推动了分布式光纤振动传感行业发展以及长输油气管道工程应用范围，为管道安全防护提供技术支撑。

项目成果形成4项发明专利、5项实用新型专利、1项国家行业标准、1项工程建设协会工法。由于本项目成果的应用，有效解决了管道安全事前预警难题，提升管理水平及降低管道安全风险，实现经济效益显著，近三年产品已经在中俄东线北段（黑河-长岭）、中段（长岭-永清）、SYGD等，应用效果获得业主与用户的认可,累计实现经济效益超过5800万元。

预警系统作为有效防止第三方施工事件检测的事前预警技术，目前在油气管道行业得到认可，在“智能管道、智慧管网”设计中也有体现。目前国内新建的长输油气管道都伴有同沟敷设的通信光缆，为本产品的推广应用提供了工程依托基础。随着国内外对保障长输油气管道安全意识的日益提高，管道光纤预警产品将会得到进一步的推广应用。

**八、完成人合作关系说明及完成人合作关系情况汇总表**

第一完成人曾科宏是该项目的总体负责人，提出了整个项目的总体技术路线和技术方案，和项目组所有成员是合作研究和研究方向一致性的主导人。

第一完成人曾科宏、第二完成人杨文明、第三完成人李刚、第四完成人闫会朋、第五完成人王赢共同完成实用新型专利《一种光器件故障检测装置》。

第二完成人杨文明、第三完成人李刚、第五完成人王赢、第六完成人王飞共同完成发明专利《一种基于小波分析的光纤预警系统降噪方法和装置》。

第二完成人杨文明、第五完成人王赢、第六完成人王飞共同完成发明专利《一种应用于光纤预警系统中的自适应噪声抵消装置》。

第二完成人杨文明共同完成发明专利《管道安全预警系统和方法》。

第七完成人张欣共同完成发明专利《基于相干光时域反射的振动检测方法》。

第一完成人曾科宏、第二完成人杨文明、第三完成人李刚共同完成SCI论文《[Vibration monitoring for the West-East Gas Pipeline Project of China by phase optical time domain reflectometry (phase-OTDR)](http://cg.hebkjt.cn:8081/kjtxmsb/a/rpw/Adv/tXmZscqml)》和EI论文《Pipe Line Safety Monitoring using Distributed Optical Fiber Vibration Sensor in the China West-East Gas Pipeline Project》。

第一完成人曾科宏、第二完成人杨文明、第三完成人李刚共同完成标准《基于光纤传感的管道安全预警设计及施工规范》编制。

第一完成人曾科宏、第二完成人杨文明、第三完成人李刚、第四完成人闫会朋共同完成工程建设协会工法《基于瑞利相干检测的管道光纤预警系统安装调试工法》编制。

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **合作方式** | **合作者** | **合作时间** | **合作成果** | **证明材料** | **备注** |
| 1 | 合作知识产权-发明专利 | 杨文明/2李刚/3王赢/ 5 王飞/6 | 2012.1-2016.12 | 一种基于小波分析的光纤预警系统降噪方法和装置 |  |  |
| 2 | 合作知识产权-发明专利 | 杨文明/2 王赢/ 5 王飞/6 | 2012.1-2016.12 | 一种应用于光纤预警系统中的自适应噪声抵消装置 |  |  |
| 3 | 合作知识产权-发明专利 | 杨文明/2 | 2012.1-2016.12 | 管道安全预警系统和方法 |  |  |
| 4 | 合作知识产权-发明专利 | 张欣/7 | 2012.1-2016.12 | 基于相干光时域反射的振动检测方法 |  |  |
| 5 | 合作知识产权-实用新型专利 | 曾科宏/1杨文明/2李刚/3 闫会朋/4 王赢/5 | 2017.1-2020.12 | 一种光器件故障检测装置 |  |  |
| 6 | 论文合著 | 曾科宏/1杨文明/2李刚/3 | 2017.1-2019.10 | [Vibration monitoring for the West-East Gas Pipeline Project of China by phase optical time domain reflectometry (phase-OTDR)](http://cg.hebkjt.cn:8081/kjtxmsb/a/rpw/Adv/tXmZscqml) |  |  |
| 7 | 论文合著 | 曾科宏/1杨文明/2李刚/3 | 2017.1-2018.8 | Pipe Line Safety Monitoring using Distributed Optical Fiber Vibration Sensor in the China West-East Gas Pipeline Project |  |  |
| 8 | 共同编制标准规范 | 曾科宏/1杨文明/2李刚/3 | 2017.1-2018.12 | 《基于光纤传感的管道安全预警设计及施工规范》 |  |  |
| 9 | 共同编制工法 | 曾科宏/1杨文明/2李刚/3 闫会朋/4 | 2017.1-2019.9 | 《基于瑞利相干检测的管道光纤预警系统安装调试工法》 |  |  |

**九、申报等级**

科技进步奖二等奖及以上。