“**智能管道多参数风险评估与定漏溯源监测系统**”成果报奖公示

一、项目名称

智能管道多参数风险评估与定漏溯源监测系统

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

提名意见：

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关内容符合陕西省科学技术奖的提名要求。

本项目利用先进传感技术通过融合模糊逻辑、模糊综合评判方法及人工智能技术，构建了一种评估能源化工管道系统腐蚀与泄露风险的新方法，用于解决传统管道输运风险评价中数据缺乏与风险等级区分度不足的问题；提出了考虑参数混合不确定性（随机性和模糊性）和缺陷时变特征的腐蚀缺陷安全评定方法，获得了安全评定参数（缺陷尺寸、材料特性、操作条件）的不确定度对设备安全评定结果的影响规律。该项目与中国石化扬子石油化工有限公司就在线泄漏检测预防系统分别签订了69.98万和90.75万的采购合同，完成经费为 62.8万的中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司天气处理厂的高含硫天然气气液固分离效果在线检测装置研发项目；完成了经费为 91.67万的中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司的高酸性气田耐高温抗腐蚀纳米涂料开发应用项目，与中国石油化工股份有限公司签订了470万的技术服务合同。该项目在中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司得到应用，近5年来从未发生安全生产事故，持续稳产创造利润5000万元以上。该项技术与西安鸿钧睿泽新材料科技有限公司的防腐材料技术产品相结合，极大地减少了井场安全事故与非计划停工，节约生产成本，五年来新增销售收入大于105万元，新增利润大于15万元。

提名该项目为陕西省科学技术奖科技进步奖二等奖。

**三、项目简介**

智能管道多参数风险评估与定漏溯源检测系统基于工业物联网技术开发，可实时自动化地监测管道形变与介质泄露，并为此问题的解决提供了方案。

管道多参数风险评估功能包含两部分：一为管路壁厚分析技术；其二为新型风险评价技术。本项目将上述两类技术融合成完整的监测系统，并将管道的危险因素进行分类管理，量化风险控制及实施成效，组织和关联相关数据，实现系统智能化；管道数据自动采集系统可以实现长输管道运行期间内壁厚测量分析的工作，精准定位管道可能的失效位置与失效形式；将不同的风险及后果反馈到大数据库，并做出及时预防和处理，实现管道管理与维护的自动化。本技术主要应用于风险评价、管道损伤模式识别。

定漏溯源系统集成可检漏阀门密封件、微机电传感器（MEMS）与“互联网+”技术，可以用来解决一些危险气体的无组织排放。如降低石化装置“高危、高低温交变和超高（三高）”可拆卸联接部位的挥发性有机物（VOCs）及有毒有害气体污染物（HAPs）的无组织泄漏。本技术适用范围极广，可用于监测及评价常见的任何尺寸和结构的管道；节约人工成本及精准定位，减少人工作业周期，提高经济效益；检测效率非常之高，其中管道检测效率可达 90%以上；且对于管道管理及风险预测的准确度高于 99%。此项目运营为“产品+服务”模式，围绕“端-管-在线云”技术创新，打造行业端到云端的管道腐蚀监测风险管控解决方案与特色平台。

该项目与中国石化扬子石油化工有限公司就在线泄漏检测预防系统分别签订了69.98万和90.75万的采购合同，此外，该项目进行中完成了经费为 62.8 万的中国石油化工股份有限公司中原油田分公司天气处理厂的高含硫天然气气液固分离效果在线检测装置研发项目，完成了经费为 91.67 万的中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司的高酸性气田耐高温抗腐蚀纳米涂料开发应用项目。与中国石油化工股份有限公司签订了470万的技术服务合同，完成了陕西省教育厅专项科研计划项目一项，获得中国博士后科学基金资助三项。

该项目在中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司的应用，近 5年来从未发生安全生产事故，持续稳产创造利润 5000 万元以上。该项目已经在西安鸿钧睿泽新材料科技有限公司得到了成功应用，与该单位防腐材料技术产品相结合，服务于能源化工市场，避免了井场安全事故和非计划停工，节约生产成本，5年来新增销售收入大于105万元，新增利润大于15万元。此外，该项目与陕西天然气志丹站签订长期技术服务合同。

本项目在实施过程中，获得中国石油和化学工业联合会的科技进步奖三等奖 2项，获得授权国家发明专利4项，获得陕西省高等学校科学技术奖二等奖一项，发表相关科技论文20余篇，指导了10余名本科生，15名硕士研究生。

**四、客观评价**

通过基于管道的风险管理，以管道状况评价为主要手段，综合参考管道适用性分析评价技术的帮助下，项目技术实现了针油田管道高效安全运行的完整性管理。具体到生成各种针对高风险管道维修的切实可行方案与计划，宏观上为地面工程大修计划的制定提供技术支持和决策方案，实现管道的高效智能化管理。同时有利于进一步降低维护成本，使得管道运行的安全性得到极大的保障。

该技术同时存在一定的局限性，该技术的数据通过模拟计算获得，由于计算模型存在一定的假设前提，与真实数据相比较，存在一定的误差。当这个误差卡在材料的许用应力范围内时，无法准确地判断管道有没有发生形变。此外，数据的采集全部通过实时测量的传感器，传感器由于长时间工作，其数据采集精度的稳定性不能得到保障，偶尔会出现测不准的现象，虚报数值造成经济损失。

管道运行安全检测一般为一年一次，或是在非常作业情况之下，比如经过重大改造之后的压力管道会进行一次检测。而当下的检测方式存在一定的滞后性，如某处发生了泄露，但只有当足够明显或者在年检的时候才能发现，而管道风险评估与定漏溯源监测系统可以做到实时监测，在最短的时间内对应力的变化做出应答并确定其泄漏位置，实现提前预警，与传统方式相比具有巨大优势。

该项目在进行过程中，获得陕西省高等学校科学技术奖二等奖1项。

**五、应用情况**

该项目与中国石化扬子石油化工有限公司就在线泄漏检测预防系统分别签订了69.98万和90.75万的采购合同，已完成经费为 62.8万的中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司天气处理厂的高含硫天然气气液固分离效果在线检测装置研发项目；完成了经费为 91.67万的中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司的高酸性气田耐高温抗腐蚀纳米涂料开发应用项目，与中国石油化工股份有限公司签订了470万的技术服务合同。在纵向课题研究方面，完成了陕西省教育厅专项科研计划项目一项，获得了中国博士后科学基金项目资助2项。该项目在中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司得到应用，近5年来从未发生安全生产事故，持续稳产创造利润5000万元以上。

该项目已经在西安鸿钧睿泽新材料科技有限公司得到了成功应用，与该单位防腐材料技术产品相结合，服务于能源化工市场，避免了井场安全事故和非计划停工，节约生产成本。5年来新增销售收入大于105万元，新增利润大于15万元。

此外，该项目与陕西天然气志丹站签订长期技术服务合同。

**六、主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **专利状况** | **专利类型** | **专利号** | **专利名称** |
| 已授权专利 | 发明专利 | ZL201510518933.4 | 一种轻量级无线传感网络的传感节点运行模式切换方法 |
| 已授权专利 | 实用新型 | ZL201720932034.3 | 一种防爆TVOC气体泄漏区域监测装置 |
| 已授权专利 | 发明专利 | ZL201611030755.1 | 一种基于光脉动的颗粒粒径检测装置 |
| 已授权专利 | 发明专利 | ZL201610669287.9 | 一种耐酸纳米防腐涂料及其制备方法 |
| 已授权专利 | 发明专利 | ZL201010266658.9 | 液硫中硫化氢浓度测定法 |
| 已授权专利 | 实用新型 | ZL201420479601.0 | 一种用于硫磺回收装置的气体采样器 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称 | 刊名 | 作者 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间 | 通讯作者 | 第一作者 | 知识产权是否归国内所有 |
| 1 | Natural convection in a porous rectangular enclosure with sinusoidal temperature distributions on both side walls using a thermal non-equilibrium model | International Journal of Heat and Mass Transfer | Feng Wu, Wenjin Zhou, Xiaoxun Ma | 2015,85:756-771 | 2015 | Feng Wu | Feng Wu | 是 |
| 2 | Spontaneous Wrinkling Pattern of a Constrained Thin Film Membrane. | Applied Physics A, Rapid Communication | Yuan Yan^, Binglei Wang^, Jie Yin^, Tiejun Wang and Xi Chen\* | 2012, 107: 761-767 | 2012 | Yuan Yan | Yuan Yan | 是 |
| 3 | 高含硫天然气净化装置再生塔底贫胺液泵泵轴 失效分析与试验研究 | 流体机械 | 张杰；闫渊；吴峰 | 2020, 48 (10) : 54-58. | 2020 | 张杰 | 张洪军 | 是 |
| 4 | 90°弯管内冲蚀磨损的试验研究和数值计算 | 当代化工 | 许留云,胡泷艺,姚赛  李林辉,李翔 | 2017,46(02):308-310+315 | 2017 | 李翔 | 许留云 | 是 |

**七、主要完成人情况（**“主要完成人情况”摘自“主要完成人情况表”中的部分内容，公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献。**）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排名** | **行政职务** | **技术职称** | **工作单位** | **完成单位** | **对本项目贡献** |
| 吴峰 | 1 | 系主任 | 正高 | 西北大学 | 西北大学 | 构建了联合 CFD 模拟与人工智能技术的管道快速逆向定漏溯源方法。 |
| 闫渊 | 2 | 院长助理 | 中级 | 西北大学 | 西北大学 | 建立了管道多参数风险评估的力学分析模型与失效分析准则。主持完成了系统的物联网平台设计。 |
| 魏利平 | 3 | 无 | 副高 | 西北大学 | 西北大学 | 完成了场站管道与容器泄露成因计算模型与故障分析方法。 |
| 许留云 | 4 | 无 | 中级 | 延安大学 | 延安大学 | 完成了在冲蚀、腐蚀工质条件下管道失效机理与风险评估方法 。 |
| 朱德华 | 5 | 无 | 正高 | 中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司 | 中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司 | 完成天然气采气厂的定漏溯源监测系统实验 |
| 刘永健 | 6 | 无 | 副高 | 慧感（上海）物联网科技有限公司 | 慧感（上海）物联网科技有限公司 | 完成了管道智能监检测系统精度与可靠性分析与评估方法。 |
| 马志刚 | 7 | 无 | 正高 | 慧感（上海）物联网科技有限公司 | 慧感（上海）物联网科技有限公司 | 完成了管道监测传感设备的系统调试与测试可靠性的实验评估研究。 |
| 尹琦岭 | 8 | 无 | 正高 | 中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司 | 中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司 | 完成泄露溯源物联网管理系统的联动测试。 |

**八、主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |
| --- | --- |
| **主要完成单位** | **创新推广贡献** |
| 西北大学 | 构建了联合 CFD 模拟与人工智能技术的管道快速逆向定漏溯源方法，并以此为核心建立了管道多参数风险评估的力学分析模型与失效分析准则。完成了系统的物联网平台设计，设计并验证了场站管道与容器泄露成因计算模型与故障分析方法。 |
| 延安大学 | 完成了在冲蚀、腐蚀工质条件下管道失效机理与风险评估方法。 |
| 慧感（上海）物联网科技有限公司 | 完成了管道监测传感设备的系统调试与测试可靠性的实验评估研究及管道智能监检测系统精度与可靠性分析与评估方法。 |
| 中国石油化工股份有限公司中原油田普光分公司 | 完成了主要的实践应用，布置了管道和传感器并进行了相关的验证。 |

**九、完成人合作关系说明**

该项目主要按照吴峰教授提供的构建了联合 CFD 模拟与人工智能技术的管道快速逆向定漏溯源的思路方法，闫渊老师和魏利平教授和许留云对部分操作步骤和理论内容的完善，包含管道多参数风险评估的力学分析模型与失效分析准则。完成了系统的物联网平台设计，设计并验证了场站管道与容器泄露成因计算模型与故障分析方法，完成了在冲蚀、腐蚀工质条件下管道失效机理与风险评估方法。

朱德华，尹琦岭，马志刚，刘永健工程师对该项目完成天然气采气厂的定漏溯源监测系统实验，完成泄露溯源物联网管理系统的联动测试，完成了管道监测传感设备的系统调试与测试可靠性的实验评估研究，完成了管道智能监检测系统精度与可靠性分析与评估方法。