

陕西省科学技术奖提名公示内容（省科技进步奖）

1、项目名称：

湿陷性黄土区油气管道地质灾害智能预警关键技术研发与应用

2、主要完成人：

王新刚、吴峰、陆梅、戴志向、刁宇、闫渊、王道正、艾信、金计伟、李茜璐

3、提名单位

陕西省教育厅

4、提名意见

该项目“湿陷性黄土区油气管道地质灾害智能预警关键技术研发与应用”针对我国湿陷性黄土区域油气等战略管道的安全运维瓶颈，系统突破了黄土湿陷、滑坡、泥石流等地质灾害的早期识别与动态预警技术瓶颈。项目组依托国家级、省部级等工程技术平台，通过 10 年产学研协同攻关，突破气象-水文-黄土-管道动态灾害演变机理、多源监测、智能预警等关键技术，构建了管道地质灾害“灾变机理解析-多源异构监测-智能预警决策”的全链条技术体系，研发出具有自主知识产权的智能预警系统与装备集群，在国家级油气管网中实现了应用，显著提升了湿陷性黄土区油气管道地质灾害预警的时空精度与响应效率，社会与经济效益卓著。

项目成果填补了湿陷性黄土区油气管道地质灾害预警领域的技术空白，整体技术达到国际先进水平，其中黄土区多场耦合预警模型、低成本油气管道完整性监测装备等核心技术处于国际领先地位。

项目成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖提名条件。提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

5、项目简介

湿陷性黄土区是我国能源管道的核心分布带，该区域黄土具有欠压密性、水敏性等特殊工程特性，在降水入渗、工程扰动等外部诱因作用下，易引发湿陷沉降、滑坡、泥石流等地质灾害，导致油气管道产生塑性变形、焊缝开裂等结构性损伤，进而引发油气泄漏、爆炸等重大安全事故。传统人工巡检（周期长、覆盖率低）、单点监测（参数单一、预警滞后）等技术手段存在时空分辨率不足、误报率高等缺陷，难以满足现代油气管道安全运维的高精度需求。本项目针对上述技

术痛点，历经 10 年技术攻关，取得了三大创新性成果：①揭示了气象-水文-黄土-管道动态灾变机理；②研发应用了全环境要素的多源协同管道灾害监测技术装备；③创建了全场景长周期管道灾害智能预警模型与系统。创新性地构建了管道地质灾害“灾变机理解析-多源异构监测-智能预警决策”的全链条技术体系，研发出具有自主知识产权的智能预警系统与装备集群。

项目获授权发明专利 25 项(其中核心专利 8 项)、软件著作权 10 项，发表 SCI/EI 论文 55 篇（JCR 一区 20 篇），制定行业标准 1 项。成果应用于西气东输、陕京管道等国家重大工程管线，累计创造经济效益已逾 3.8 亿元，保障了能源与民生管道的安全运行，推动了我国油气管道地质灾害预警技术的智能化升级，经济社会效益显著，具有良好的应用价值。

6、客观评价

技术水平评价：项目获授权发明专利 25 项、软件著作权 10 项，突破湿陷性黄土区油气管道地质灾害预警领域的技术空白，黄土区多场耦合预警模型、低成本油气管道完整性监测装备等核心技术处于国际领先。中国科学院张国伟院士、崔鹏院士和国际土力学协会副主席 Sai K. Vanapalli 教授对项目研究成果中的创新部分分别给予较高评价：该成果极大地推动了自然灾害的防治和世界范围内地质工程领域的进步，科研成果对于工程实践和科学研究具有很高的指导意义。

行业认可评价：项目制定的 1 项行业标准被国家能源局采纳，成为湿陷性黄土区管道监测预警行业规范；智能预警平台被获中国石油化工股份有限公司、中国石化扬子石油化工有限公司等 10 余家单位推广应用。

学术影响评价：发表的 55 篇 SCI/EI 论文中，20 篇发表于 JCR 一区期刊，如在《Catena》(2020)中提出了一种描述滑坡滑带土多因素下的长期强度识别方法，被英国南安普顿大学 Goff, James 和新南威尔士大学 Bongolan 教授(Mar Petrol Geol,2024)、捷克 University of Ostrava 的 Silhan 教授(Engineering Geology,2024)、希腊雅典国立技术大学 Tavoularis 教授(Geosciences, 2023)、巴基斯坦国立大学 Sadiq 教授(Engineering Geology, 2022)、美国德州农工大学 Zhan, HB 教授(J Contam Hydrol, 2021)、长安大学彭建兵院士团队(Engineering Geology, 2022)等地质灾害领域的知名专家学者多次正面引用和高度评价。

应用成效评价：成果应用于西气东输、陕京管道等国家重大工程管线后，累计创造经济效益已逾 3.8 亿元，项目获得陕西高等学校科学技术奖二等奖 1 项，中国化工学会科技进步奖二等奖 1 项以及陕西石化科学技术一等奖 1 项。

7、应用情况

项目成果成功应用于中国石油化工股份有限公司、中国石化扬子石油化工有

限公司等单位 10 余项重大油气管道工程。代表性应用情况如下表：

主要应用单位情况表					
序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模(MW)	应用起止时间	单位联系人/电话
1	中国石化扬子石油化工有限公司	油气管道地质灾害智能预警关键技术	油气管道在线泄漏智能监测物联网系统	2016-2018	刘永健
2	陕西省天然气股份有限公司陕西省燃气储运及综合利用工程研究中心	智能管道多参数风险评估与定漏溯源监测系统	志丹压气站管道实时监测	2018-2022	任海波
3	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司油气工艺研究院	湿陷性黄土区油田集输管道地灾多参数监测及预警技术	基于物联网监测的湿陷性黄土区管道多参数地灾预警系统（7 个站场已推广应用）	2021-2022	田发国
4	中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司输气管理处	基于数字孪生的油气管道地灾风险预警与完整性管理	油气管道地灾风险预警与完整性管理项目	2021-2024	张雯

5	中国石油化工股份有限公司 中原油田普光分公司	油气管道地质灾害智能预警关键技术	油气管道高酸性气田耐高温抗腐蚀纳米涂料开发与泄漏监测应用项目	2020-2025	张杰
6	中国石油天然气股份有限公司西南油气田川东北作业分公司	油气管道地质灾害智能预警关键技术	基于智能传感器与物联网的管道完整性管理系统	2020-2025	李宏
7	中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司集输工程技术研究所	油气管道地质灾害智能预警关键技术	油气管道和站场安全评估和完整性技术服务	2022 年 1 月至今	覃芳
8	西安鸿钧瑞泽新材料科技有限公司	油气管道地质灾害智能预警关键技术	油气管道防腐材料与泄漏监测技术服务	2016-2020	张岩

9	四川利能燃气工程设计有限公司	油气管道地质灾害智能预警关键技术	油气管道安全预警、风险及隐患治理、完整性管理项目	2020.6-2025.2	田志金
---	----------------	------------------	--------------------------	---------------	-----

8、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种滑坡蠕变监测的预警系统及方法	中国	CN106205059B	2019.04.12	ZL201610466160.4	西北大学	王新刚,王家鼎,谢婉丽
2	发明专利	一种漂木泥石流峰值流量的测算方法	中国	CN112329250B	2023.12.08	CN202011257651.0	西北大学	王新刚,王道正,陈晓清,王家鼎
3	软件著作权	基于物联网的多参数气压站地质灾害安全预警系统 V1.0	中国	2023SR1283244	2022.10.20	12803342	西北大学	王新刚;闫渊;裴莹;吴峰;任海波;连宝琴.
4	发明专利	集输管网用水处理剂现场快速评价与智能加注撬装装置	中国	CN116908084B	2024.1.9	ZL202311147353.X	四川利能燃气工程设计有限公司	戴志向,覃芳,李茜璐,曹勇,董泽华,杨华,王思颖
5	发明专利	一种特殊工况下的原油输送管线泄漏检测系统及方法	中国	CN109854953B	2024.3.15	ZL201910062974.5	中国石油天然气集团有限公司	张鑫;艾信;任晓峰;高玉龙;刘利群;谭滨;魏小林;杨晓锋;刘元刚;何健安
6	标准	石油天然气工程建设遥感技术规范	中国	SY/T6965-	2024.09.2	SY/T6965-2024	中国石油天然气股	起草人:何军;贾鹏;罗

				2024	4		份有限公司长庆油田分公司	东山;李相庭;颜佩丽;何冰;方广杰;陈联;张金良;蔡润彬;李晓飞;罗斌;王治军;温晓勇;张晓林;曹亮;寇明明;王福东;陈瑞良;姚辉文;刘树生;徐兹正;计长飞;郑国威;王德娟;张飒喜;金计伟;李锋.
7	发明专利	管道泄漏判定方法及装置	中国	CN107781649B	2019.12.10	ZL201610743905.7	中国石油天然气股份有限公司	闫锋; 王玉彬; 聂超飞; 苗青; 刁宇; 王鹏宇; 陶江华; 欧阳欣; 王大鹏; 李其抚; 彭世焱; 李博
8	论文	Moisture Content Effect on the Creep Behavior of Loess for the Catastrophic Baqiao Landslide	中国	2020, 187:104371.	2020.04	Catena	西北大学	王新刚; 王家鼎; 李萍; 詹红兵; 邱海军; 胡胜.
9	软件著作	多算法融合管道泄漏监测定位系统	中国	2019SR0603943	2019.1.4	2019SR0603943	中国石油天然气集团有限公司	陆梅;艾信

10	实用新型	一种天然气泄漏监测装置	中国	CN219318232U	2023.07.07	ZL202223442732.5	西北大学	吴峰; 李文斌; 刘宏波; 陈东生; 高京卫; 闫渊; 张玉姗; 王帅
----	------	-------------	----	--------------	------------	------------------	------	-------------------------------------

9、主要完成人情况

序号	完成人	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	王新刚	无	教授	西北大学	西北大学	(1) 参与完成了本项目研究, 创立了气象-水文-黄土-管道动态灾变机理理论, 研发了全环境要素的多源协同管道灾害监测技术装备, 创建了全场景长周期管道灾害智能预警模型与系统技术体系; (2) 对成果①-③做出了创造性贡献; (3) 代表作 1, 2, 3, 8 的第一作者。
2	吴峰	化工系主任	教授	西北大学	西北大学	(1) 参与完成了本项目研究, 围绕天然气绿色安全储运与低碳高效利用问题, 构建测量物联网传输、先进的 CFD 模拟与人工智能快速逆向溯源三位一体技术, 研发了智能管道多参数风险评估维护系统; (2) 对成果③、⑩做出了创造性贡献; (3) 代表作 10 的第一作者, 代表作 3 的共同作者。
3	陆梅	无	高级工程师	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司	(1) 参与完成了本项目研究, 负责了油田管道地灾预警技术现场推广应用, 物联网系统功能的优化完善, 为油田管道的安全监测及预警提供了有力技术支持; (2) 对成果⑨做出了创造性贡献; (3) 代表作 9 的共同作者。
4	戴	所长	副高	四川利能	四川利能	(1) 参与完成了本项目研究, 负责

	志向			燃气工程设计有限公司	燃气工程设计有限公司	基于大数据与AI智能技术对管道安全运行情况进行分析，制定风险预警方案，配合完善了考虑参数混合不确定性和缺陷时变特征的腐蚀缺陷安全评定方法；（2）对成果④做出了创造性贡献；（3）代表作4的第一作者。
5	刁宇	无	高级工程师	国家石油天然气管网集团科学技术研究总院分公司	国家石油天然气管网集团科学技术研究总院分公司	（1）参与完成了本项目研究，建立了站场管道泄露风险评价指标体系及异常评价方法；（2）对成果⑦做出了创新性贡献；（3）代表作7的共同作者。
6	闫渊	无	讲师	西北大学	西北大学	（1）参与完成了本项目研究，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；（2）对成果③、⑩做出了创造性贡献；（3）代表作3，10的共同作者。
7	王道正	无	讲师	西北大学	西北大学	（1）参与完成了本项目研究，提出了黄土泥流-管道耦合灾变效应评价方法；（2）对成果②做出了创新性贡献；（3）代表作②的共同作者。
8	艾信	副所长	高级工程师	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司	（1）参与完成了本项目研究，组织实施了项目的推广应用，主导了技术方案的落地实施，参与了现场监测布点准则的制定，还推动了科技研发技术引进的合作，为标准化制定和推广应用提供了重要支撑；（2）对成果⑤，⑨做出了创造性贡献；（3）代表作5，9的共同作者。
9	金计伟	无	高级工程师	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司	（1）参与完成了本项目研究，负责了地灾监测布点准则的制定，现场监测试验的跟踪及效果评价，为技术的落地应用提供了强有力的支撑；（2）对成果⑥做出了创造性贡献；（3）代表作6的共同作者。
10	李	无	高级	中国石油	中国石油	（1）参与完成了本项目研究，建立

	茜璐		工程师	天然气股份有限公司西南油气田分公司集输工程技术研究所	天然气股份有限公司西南油气田分公司集输工程技术研究所	管道多参数风险评估模型，制定风险预警方案；（2）对成果④做出了创造性贡献；（3）代表作4的共同作者。
--	----	--	-----	----------------------------	----------------------------	--

10、主要完成单位及创新推广贡献

排名	完成单位	对本项目的贡献
1	西北大学	牵头管道地质灾害机理研究与核心技术研发，创立了气象-水文-黄土-管道动态灾变机理理论，研发了全环境要素的多源协同管道灾害监测技术装备，创建了全场景长周期管道灾害智能预警模型与系统技术体系，发表SCI/EI 论文 55 篇（JCR 一区 20 篇），获发明专利 10 项、软件著作权 8 项；搭建了数字孪生与重大设施灾害防控陕西省高等学校重点实验室等技术研发平台，培养科研团队 20 余人，为成果转化提供理论与技术支撑。
2	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司	提供了典型的黄土塬地区油气管道网络作为技术试验平台，特别是在陕北湿陷性黄土区油气管道系统实施了地质灾害多参数预警技术的应用示范。中国石油长庆油田分公司还重点参与了技术研发与集成创新，研发了管道泄漏报警定位系统、穿跨越视频监控系统、全自动水面溢油监测系统、腐蚀监测系统、管道应力监测系统等多项技术，并将这些技术与西北大学开发的预警平台集成，形成了完整的管道完整性管理信息系统。通过技术及信息系统应用，实现了数据库精准化、数据模型与管理流程规范化，降低了人工依赖度，同时大幅降低了管道事故率，保障了生产安全。长庆油田分公司积极参与标准化制定工作，将实践中的技术规范和管理经验转化为行业标准，为技术的推广提供了重要支撑。通过与西北大学的产学研合作，形成了战略协同效应，促进了创新技术的实际应用和迭代优化。
3	四川利能燃气工程设计有限公司	针对管道类型和工作特性，进行模拟比对分析，对于关键点数据获取和采集，以及与其他相关系统数据综合分析方式方法进行优选，对于采集数据结合应用实际建立相关分析模型。研究地灾条件下管道失效机理及失效后果分析；建立管道多参数风险评估模型，制定风险预警方案。

4	国家石油天然气管网集团科学技术研究总院分公司	开展了站场输油气管道风险评价分析模型及方法开发，形成输送管道及站场风险综合评价指标体系及评价模型，提供了管道泄漏监测与地质活动关联性分析的核心数据与结论支撑，解决了传统地质灾害监测无法直接判定站场管道是否处于危险状态的行业难题。
5	中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司集输工程技术研究所	开发了管道多参数风险评估模型，通过整合地质、环境、管道运行等多源数据，实现了对管道地灾风险的精准量化评估；同时，制定了科学的风险预警方案，建立了从数据采集、分析到预警发布的完整流程，显著提升了管道安全管理的智能化水平。该单位的工作为项目的成功实施提供了关键技术支持，推动了油气管道安全管理技术的创新与应用。

11、完成人合作关系说明

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	王新刚/1 王道正/7	2020-2023	2023	一种漂木泥石流峰值流量的测算方法	发明专利证书
2	共同知识产权	王新刚/1 吴峰/2 闫渊/6	2020-2022	2022	基于物联网的多参数气压站地质灾害安全预警系统 V1.0	软件著作权证书
3	共同知识产权	戴志向/4 李茜璐/10	2017-2023	2020	集输管网用水处理剂现场快速评价与智能加注橇装装置	发明专利证书
4	共同知识产权	陆梅/3 艾信/8	2018-2019	2019	多算法融合管道泄漏监测定位系统	软件著作权证书
5	共同知识产权	吴峰/2 闫渊/6	2019-2023	2023	一种天然气泄漏监测装置	发明专利证书