

项目情况简介（省科技进步奖）

1、项目名称

油气田苛刻工况下防腐增韧关键技术及装备应用

2、主要完成人

奚运涛、王雷、王文斌、郭亮、负柯、林海、徐向前、刘金娥、胥珊娜、孙粲

3、提名单位

陕西省教育厅

4、提名意见

“油气田苛刻工况下防腐增韧关键技术及装备应用”项目，针对苛刻服役条件对油气井井筒-地面防腐材料提出了更高的要求，以及现场工况对一体化防护技术问题进行了系统攻关研究。

在国家自然科学基金项目、清华大学高端装备界面科学与技术全国重点实验室开放基金、国家材料服役安全科学中心开放基金，陕西省自然科学基金计划，中国石油科技创新基金，陕西省教育厅专项科研计划项目，以及多项石油工业企业技术服务技术项目的支持下，经过多年系统深入的研究，在孪晶诱导塑性变形钢（Twinning Induced Plasticity, TWIP）、CrCoNi 中熵合金、损伤容限型钛合金、耐温高效铝合金等新型套管材料研发及应用方面取得了突破性进展，明确了合金材料的变形强化机制、低温韧脆转变温度控制方法、合金元素对牺牲阳极电流效率的影响规律等。该成果选题准确，理论方面有创新，技术方面实现突破，工艺合理，实用性强，对行业技术进步和产业结构优化升级有较大作用。同时，该研究成果具有广阔的应用前景和推广价值。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖 贰 等奖。

5、项目简介

本项目属于油田套管与储罐设备腐蚀防护技术研究领域。油气田套管和储罐存在普遍的外腐蚀，在油气生产过程中，随着油气田勘探开发的不断深入，腐蚀水层加深，硫酸盐还原菌含量和矿化度增加，腐蚀性增强，这些苛刻的服役条件对油气井套管防腐材料提出了更高的要求，即在诸如超高温环境、极端低温环境中具有高强度（ $>1.0\text{GPa}$ ）、均匀拉伸应变（ $>30\%$ ）、优良抗冲击断裂韧性，以及优异的耐磨和耐腐蚀性能等，原有的 J55、N80、P110 等常规油套管材料已不能满足苛刻的油气井井下工况需求。同时，油井井筒-地面一体化防腐剂系列产品以及耐温、综合性能更优的牺牲阳极和涂层体系亦亟需研究。耐温、综合性能更优的牺牲阳极和涂层体系亟需研究。为此，对油气田苛刻工况下套管和储罐设备智能化防腐技术开展应用研究具有迫切生产需求和重要工程意义。

6、客观评价

针对油田套管，运用现代新型材料研发手段，开展高强—塑性、低温韧性先进合

金油井管材料研发工作，首次揭示了具有不同内晶界面结构先进金属材料的变形强化机制，揭示了梯度内界面结构在应变率—温度耦合作用下变形过程中的热稳定性与结构演化机制，以及对合金金属材料变形模式及强化机理的影响规律；在理论上揭示先进梯度微观结构合金材料多角度作用下的低温增韧机理，建立内界面分布与塑性区应变场分布的对应关系，揭示不同密度内界面组织对裂纹尖端不均匀变形的阻碍作用，以及对断裂韧性的影响规律。同时，其对于高钢级管线钢焊接热影响区组织性能提升具有显著作用。该研究成果已在中国石化胜利油田东胜精攻石油开发集团股份有限公司进行应用，新型合金油井管材料脆韧转变温度由传统油井管材料的-20℃降低至-56℃，大幅提高了低温应用范围。

7、应用情况

梯度内界面结构油井管材料低温增韧与表面耐蚀技术于2020年5月至2021年5月在中国石化胜利油田东胜精攻石油开发集团股份有限公司应用，显著提高了液体CO₂驱油过程中受效井管柱材料低温韧性（脆韧转变温度由传统油井管材料的-20℃降低至-56℃），解决了液体CO₂驱油过程中材料频繁低温脆断的瓶颈问题，为该技术的推广应用提供了有力支撑。

主要应用单位情况如下表：

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	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司第六采气厂	储罐全覆盖新型牺牲阳极技术	6个集气站 12个计量分离器	2019年9月至2022年12月	崔熙
2	中国石化胜利油田东胜精攻石油开发集团股份有限公司	梯度内界面结构油井管材料低温增韧与表面耐蚀技术	抽油杆低温增韧	2020年5月至2021年5月	齐志翔

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	一种桁架式双筒卧式计量分离器牺牲阳极保护装置	中国	ZL202010113161.7	2021.8.10	4605962	西安石油大学	奚运涛，胥珊珊，王雷，周好斌，孙良，

								雷书宾, 钟玉洁
2	发明专利	基于脉冲电流供电的油井套管阴极保护系统及其构建方法	中国	ZL201510010892.8	2017.11.10	2690443	西安石油大学	徐向前, 周好斌, 徐兴龙, 徐学利, 李霄
3	发明专利	油田用固体缓蚀阻垢棒的制备方法	中国	ZL201010122416.2	2011.5.11	775127	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	郭亮, 薛斌, 张新发, 李养池, 徐军
4	发明专利	储罐盘管用铝合金牺牲阳极材料及其制备方法	中国	ZL201210577522.9	2015.10.21	1819989	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	郭亮, 吴保玉, 李世勇, 张新发, 陈怀兵, 徐军, 薛斌
5	发明专利	梯度多孔陶瓷预制体、铝合金增韧陶瓷复合材料及制备	中国	ZL202111071733.0	2023.2.17	2557969	西安特种设备检验检测院	负柯, 鲁元, 王若虹, 张建龙, 刘金娥, 毕成, 杨旭
6	发明专利	一种碳素钢表面生长 SiO ₂ 涂层的方法	中国	ZL202211205703.9	2024.5.14	5634791	西安特种设备检验检测院	负柯, 张澄, 陈梦诗, 王博, 王若虹, 刘金娥, 毕成; 杨旭, 任洋, 刘萍, 鲁元
7	发明专利	一种双金属复合管快速焊接方法	中国	ZL202210722568.9	2023.4.28	5927417	西安石油大学	王雷, 焦艺超, 奚运涛
8	发明专利	油田用固体缓蚀阻垢剂	中国	ZL201010122429.X	2013.6.25	2629186	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	郭亮, 薛斌, 张新发, 李养池, 徐军
9	论文	Enhanced mechanical properties of gradient nanostructured medium manganese steel and	中国	2020, 29(6): 3812-3823	2020	Journal of Materials Engineering and Performance	西安石油大学	王雷, 李美玉, 谭昊, 冯月明, 奚运涛

		its grain refinement mechanism						
10	论文	Ultrasonic Vibration-Assisted Surface Plastic Deformation of a CrCoNi Medium Entropy Alloy: Microstructure Evolution and Mechanical Response	中国	2022, 74: 4202-4214	2022	JOM		王雷, 郝新月, 苏琪, 景晓琴, 奚运涛, 文磊, 李时磊, 杨道永, 汲江涛, 雷书宾

9、主要完成人情况

排序	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	奚运涛	无	教授	西安石油大学	西安石油大学	设计研发新型牺牲阳极
2	王雷	无	副教授	西安石油大学	西安石油大学	套管先进合金材料的跨尺度微观结构设计
3	王文斌	无	高级工程师	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	套管恒电位脉冲电流阴极保护技术
4	郭亮	无	高级工程师	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	固体缓蚀剂研发
5	负柯	无	高级工程师	西安特种设备检验检测院	西安特种设备检验检测院	实现油水井套管腐蚀状况智能诊断和预警
6	林海	所长	高级工程师	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	井下分级缓蚀工具研制
7	徐向前	无	副教授	西安石油大学	西安石油大学	套管恒电位脉冲电流阴极保护技术
8	刘金娥	无	高级工程师	西安特种设备检验检测院	西安特种设备检验检测院	油气井套管多种复杂环境下钛合金的推广应用
9	胥珊珊	无	副教授	西安石油大	西安石油	新型牺牲阳极现场应用与推广

				学	大学	
10	孙粲	无	讲师	西 安 石 油 大 学	西 安 石 油 大学	研发智能一体化防蚀装置

10、主要完成单位及创新推广贡献

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	西安石油大学	套管先进合金材料的跨尺度微观结构设计，设计研发新型牺牲阳极
2	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	井下分级缓蚀工具研发与应用
3	西安特种设备检验检测院	提升油井套管材料低温冲击韧性，油气井套管多种复杂环境下钛合金的推广应用

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	王雷 2/10	2021.08.10	2021.08.10	一种桁架式双筒卧式计量分离器牺牲阳极保护装置	专利 1
2	共同立项	王文斌 3/10	2019.08.01	2019.12.31	第六采气厂新型牺牲阳极研制及应用研究	项目 1
3	共同立项	郭亮 4/10	2023.01.01	2024.12.31	长庆油田微乳酸解堵液及缓释加药工具研发	项目 2
4	共同立项	贡柯 5/10	2023.01.01	2024.12.31	长庆油田微乳酸解堵液及缓释加药工具研发	项目 2
5	共同立项	林海 6/10	2023.01.01	2024.12.31	长庆油田微乳酸解堵液及缓释加药工具研发	项目 2
6	共同立项	徐向前 7/10	2019.08.01	2019.12.31	第六采气厂新型牺牲阳极研制及应用研究	项目 1
7	共同立项	胥珊娜 8/10	2021.08.10	2021.08.10	一种桁架式双筒卧式计量分离器牺牲阳极保护装置	专利 1
8	共同立项	刘金娥 9/10	2023.01.01	2024.12.31	长庆油田微乳酸解堵液及缓释加药工具研发	项目 2
9	共同立项	孙粲 10/10	2019.08.01	2019.12.31	第六采气厂新型牺牲阳极研制及应用研究	项目 1