

附件：

## 2025 年度四川省科学技术奖拟提名项目公示信息（十一）

### 一、项目名称

川南特大型页岩气田腐蚀控制关键技术及规模化应用

### 二、项目简介

四川盆地页岩气储量丰富，是中国天然气产量增长的重要阵地，已建成我国最大页岩气生产基地——川南页岩气田累计产气量突破 1000 亿立方米。返排液中含有的二氧化碳、砂砾、微生物等多相介质共存，生产工况变化大，大携砂含菌多相流导致腐蚀控制成为页岩气田开发亟待解决的重大技术难题。中国石油立足自主创新，形成覆盖页岩气田全流程、全生命周期的腐蚀防控方法体系、系列产品及配套技术，保障了我国最大页岩气生产基地高效上产，走出了中国页岩气田开发自主创新之路。

创新点 1：创新建立页岩气田多因素耦合的微生物腐蚀分析评价体系。构建了砂砾/CO<sub>2</sub>/微生物共存条件下的多相流腐蚀测试装置，形成了气-水-砂菌共存条件下的材料腐蚀评价方法，室内首次还原了现场腐蚀形貌及过程；量化了砂砾、温度、微生物含量等因素对腐蚀的影响规律，建立了微生物细胞成膜因子、电化学腐蚀热/动力学、冶金相微观结构与多

相流体动力学耦合的腐蚀演化模型，提出了膜下微生物直接电子传递机理。

创新点 2：自主研发碳钢材料表面改性增强技术。创新制备一种自润滑纳米片层材料与硬质耐磨性颗粒协同耦合的环氧复合涂层，附着力与磨耗显著提升，硬度可达 5H；自主研发纳米陶瓷纤维增韧技术，开发出高强高韧氧化锆陶瓷内衬管件及阀门，陶瓷硬度及抗弯强度较国际同类产品显著提升，在空气-砂（2%），流速 200m/s 条件下冲蚀率 $\leq 0.38\%$ 。

创新点 3：自主研发碳钢用杀菌缓蚀剂体系及配套应用工艺技术。研发了国内首个抗生物膜型杀菌缓蚀剂，耐温性能及抗生物膜率较国外同类产品显著提高；形成动态调节-精准控质的智能药剂加注系统，加注量降低 70%，现场控制腐蚀速率 $< 0.076\text{mm/a}$ 、硫酸盐还原菌含量 $< 25$  个/mL，实现集输管道“零”腐蚀失效。

创新点 4：创建了页岩气田腐蚀风险快速智能管控系统。首创活性硫酸盐还原菌快速检测技术；形成以活性微生物、砂砾在线监测、微生物探针为核心的智能感知体系，创建基于腐蚀回路的腐蚀数据库，形成腐蚀风险点时空特征分布的监/检测点布置新方法，实现腐蚀风险的高效智能感知。

项目获授权发明专利 22 件，实用新型 8 件，软著 2 项，发表论文 42 篇，其中 SCI 论文 31 篇，专著 1 部，制订行业标准 3 项。成果在四川盆地长宁、威远、渝西、泸州等页岩

气田开发区块规模化应用，并推广到塔里木、长庆等非常规气田开发区块，保障超 600 亿方页岩气安全开发，经济效益显著，有力支撑四川盆地页岩气田快速建产和效益开发，为建成“川渝天然气千亿立方米产能基地”，保障国家能源安全贡献了技术力量。

三、主要知识产权和标准规范等目录

| 类别   | 知识产权（标准）具体名称  | 国家  | 授权号/标准号          | 授权/发布日期    | 权利人（标准起草单位）   | 发明人（标准起草人）                           |
|------|---|-----|------------------|------------|---------------|--------------------------------------|
| 发明专利 | ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ, ОБЛАДАЮЩИЙ ЭФФЕКТОМ ИНГИБИРОВАНИЯ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ, СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ | 俄罗斯 | RU2023112514     | 2024.06.03 | 中国石油天然气股份有限公司 | 陈文、邓希、李卓柯、黄刚华、余华利、江晶晶、李珊、肖杰、田源、袁曦、闫静 |
| 发明专利 | 一种耐腐蚀纳米 MoS <sub>2</sub> -RGO-环氧复合涂层的制备方法   | 中国  | ZL201711067566.6 | 2019.07.26 | 西南石油大学        | 陈春林、何毅、肖国清、夏云卿、何泽、伍友情、李虹杰、钟菲、石恒      |
| 发明专利 | 油气田用杂环有机硅季铵盐与活性炭共混杀菌剂及制备方法  | 中国  | ZL202210323296.5 | 2025.04.01 | 中国石油天然气股份有限公司 | 袁曦、莫林、王彦然、王智、卿阳、曹                    |

|      |  |    |                  |            |                  |                                      |
|------|--|----|------------------|------------|------------------|--------------------------------------|
|      |  |    |                  |            |                  | 喜                                    |
| 发明专利 | 确定含砂量的方法、装置及存储介质   | 中国 | ZL201810983001.0 | 2022.08.05 | 中国石油天然气股份有限公司    | 吴贵阳、谢明、王勇、毛汀、李映年、闫静、刘志德、张强、王月        |
| 发明专利 | 杀菌剂及其制备方法  | 中国 | ZL202110478494.4 | 2023.09.26 | 中国石油天然气股份有限公司    | 王月、唐永帆、蔡绍中、杨建英、何益杉                   |
| 发明专利 | 一种耐磨的纳米 $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{CaCO}_3$ -环氧复合涂层的制备方法 | 中国 | ZL201510764672.4 | 2018.12.14 | 西南石油大学           | 何毅、杨强斌、范毅、罗智                         |
| 发明专利 | 一种温度稳定型微波介质陶瓷材料及其制备方法  | 中国 | ZL201811358030.4 | 2019.07.02 | 西华大学             | 张云、丁士华、宋天秀、严欣堪                       |
| 发明专利 | 一种具备水合物抑制功能的缓蚀剂及其制备方法和应用                                       | 中国 | ZL202011396933.9 | 2024.04.30 | 中国石油天然气股份有限公司    | 陈文、邓希、李卓柯、黄刚华、余华利、江晶晶、李珊、肖杰、田源、袁曦、闫静 |
| 行业标准 | 油气田介质中金属材料腐蚀速率的测定 第 1 部分：腐蚀挂片法                                 | 中国 | SY/T0026.1—2024  | 2024.09.24 | 中国石油天然气股份有限公司西南油 | 肖杰、于磊、唐永帆、许                          |

|       |                |    |               |            |  |   |
|-------|----------------|----|---------------|------------|--|---|
|       |                |    |               |            | 气田分公司天然气研究院、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司、中国石油天然气股份有限公司规划总院、大庆油田设计院有限公司、中海油研究总院有限责任公司、中国石油工程建设有限公司西南分公司、中国石油集团工程技术有限公司 | 道振、王海秋、范永昭、闫静、李大朋、张金钟、莫林、李爱贵、霍绍全、袁曦、田源、熊伟 |
| 软件著作权 | 页岩气平台化学剂智能加注系统 | 中国 | 2023SR0023773 | 2023.01.05 | 中国石油天然气股份有限公司  | 田源、袁曦、唐永帆、吴贵阳、沈长寿                         |

#### 四、论文专著目录

| 序号 | 论文（专著）<br>名称/刊名<br>/作者 | 年卷页码<br>（xx 年 xx 卷<br>xx 页） | 通讯作者（含<br>共同） | 第一作者（含<br>共同） | 他引次数 | 检索数据库 | 是否含国外单位 |
|----|------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|------|-------|---------|
|----|------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|------|-------|---------|

|   |   |                               |            |              |     |     |   |
|---|---|-------------------------------|------------|--------------|-----|-----|---|
| 1 | 页岩气田微生物腐蚀控制技术/石油工业出版社/雍锐、王振嘉、文绍牧、于磊、黄洪发、闫静、吴贵阳、陈文、王智、彭林彩、王彦然、李虹杰、王永波、喻智明、文崧、袁曦、吴洪波、韩维雷、张昌会、刘德华、唐永帆、霍绍全、莫林、郑鹤、余华利  | 2024.05:<br>ISBN9787518366842 | /          | 雍锐           | /   | /   | 否 |
| 2 | Synergistic effect of graphene oxide@phosphateintercalated hydrotalcite for improved anti-corrosion and self healable protection of waterborne epoxy coating in salt environments / Journal of Materials Chemistry C /Chen Chunlin, He Yi, Xiao Guoqing, Zhong Fei, Li Hongjie, Wu Youqing, Chen Jingyu             | 2019,7(8):2318-2326           | He Yi      | Chen Chunlin | 118 | SCI | 是 |
| 3 | Eco-friendly bifunctional antibacterial and anticorrosive broad-spectrum rosin thiourea iminazole quaternary ammonium salt against microbiologically influenced corrosion/corrosion science/Di Wang, Yuesong Wang, Hao Wu, Zhilin Li, Yalin Wu, Bei Liu, Zehong Tian, Xianghong Li, Dake Xu, Lincai Peng, Jing Yan, | 2024,229(1):111847            | Dake Xu    | Di Wang      | 22  | SCI | 是 |
| 4 | Analysis on corrosion-induced failure of shale gas gathering pipeline in the southern Sichuan Basin of China/Engineering Failure Analysis/Wu Guiyang, Zhao wanwei, Wang Yanran, Tang Yongfan,   | 2021,130(1):1~14              | Wu Guiyang | Wu Guiyang   | 33  | SCI | 否 |

|   |  |                    |         |         |    |      |   |
|---|--|--------------------|---------|---------|----|------|---|
| 5 | Conductive magnetite nanoparticles considerably accelerated carbon steel corrosion by electroactive Desulfovibrio vulgaris biofilm/corrosion science/ <b>Wang Di</b> , Yang Chuntian, Saleh Mazen A., Alotaibi Mohammed D., Mohamed, Magdy E., Xu Dake, Gu Tingyue | 2022,205(1):110440 | Dake Xu | Di Wang | 54 | SC I | 是 |
|---|--|--------------------|---------|---------|----|------|---|

## 五、主要完成人情况表

| 姓名  | 排名 | 工作单位    | 参与项目时间          | 对本项目技术创造性贡献   |
|-----|----|---------|-----------------|---|
| 文绍牧 | 1  | 西南油气田公司 | 2015.01-2024.12 | 全面主持、组织并推动川南特大型页岩气田腐蚀控制关键技术及规模化应用，确定关键性理论与技术决策，对创新点 1、创新点 2、创新点 3、创新点 4 做出了重要技术贡献 |
| 黄洪发 | 2  | 西南油气田公司 | 2015.01-2024.12 | 全面参与、组织并推动川南特大型页岩气田腐蚀控制关键技术及规模化应用，确定关键性理论与技术决策，对创新点 1、创新点 2、创新点 3、创新点 4 做出了重要技术贡献 |
| 何毅  | 3  | 西南石油大学  | 2015.01-2024.12 | 主持、组织并推动川南特大型页岩气田耐磨涂层关键技术及规模化应用，确定关键性理论与技术决策，对创新点 2 做出了重要技术贡献                     |
| 袁曦  | 4  | 西南油气田公司 | 2015.01-2024.12 | 主持、组织并推动川南特大型页岩气田杀菌缓蚀剂关键技术及规模化应用，确定关键性理论与技术决策，对创新点 3 做出了重要技术贡献                    |
| 张云  | 5  | 西华大学    | 2017.07-2024.12 | 主持、组织并推动川南特大型页岩气田耐冲刷陶瓷弯头、阀门关键技术及规模化应用，确定关键性理论与技术决策，对创新点 2 做出了重要技术贡献               |
| 王迪  | 6  | 东北大学    | 2022.06-2024.12 | 主持、组织并推动川南特大型页岩气田膜下微生物腐蚀机理研究，确定关键性理论与技术决策，对创新点 1 做出了重要技术贡献                        |
| 范永昭 | 7  | 西南油气田公司 | 2015.01-2024.12 | 参与川南特大型页岩气田腐蚀分析评价体系及腐蚀监检测体系构建，对创新点 1、创新点 4 做出了重要技术贡献                              |
| 吴贵阳 | 8  | 西南油气田公司 | 2015.01-2024.12 | 参与川南特大型页岩气田腐蚀机理、控制措施研究及腐蚀监检测体系构建，对创新点 1、创新点 2、创新点 3、创新点 4 做出了重要技术贡献               |
| 杨建英 | 9  | 西南油气田公司 | 2015.01-2024.12 | 参与川南特大型页岩气田腐蚀控制关键技术及规模化应用，对创新点 1、创新点 2、创新点 3、创新点 4 做出了重要贡献                        |
| 彭林彩 | 10 | 西南油气田公司 | 2022.08-2024.12 | 参与川南特大型页岩气田杀菌缓蚀剂研发及腐蚀监检测体系构建，对创新点 3、创新点 4 做出了重要贡献                                 |