

申报 2025 年度集团公司科学技术奖 项目公示材料

序号	项目名称	类型与等级	主要完成单位	主要完成人员
1	非常规气田集输系统腐蚀评价与控制关键技术及规模化应用	科技进步一等奖	西南油气田公司、规划总院、工程建设有限公司、东北大学、川庆钻探工程有限公司	文绍牧、张维智、谷坛、李林辉、黄洪发、闫静、王智、王迪、唐德志、陈文、骆吉庆、唐永帆、文翥、胡世强、杨建英、袁曦、吴贵阳、王彦然、彭林彩、余华利

依托项目

油气管道建设与完整性管理技术研究——智能及磁光成像管道内检测技术研究（2021.01—2023.12），成果登记号 2024-GD-05-1284

页岩气集气管线内腐蚀行为及控制措施研究（2020.01—2021.12），成果登记号 2022-0995

页岩气采集气管线环焊缝开裂原因及控制措施研究（2022.01—2023.12），成果登记号 2024-DM-01-0612

威远区块页岩气集输系统腐蚀控制关键技术及应用（2018.01—2018.12），成果登记号 2019-0752

推荐意见：

该项目围绕非常规气田开发生产过程中集输系统腐蚀主控因素识别难、针对性腐蚀防护技术缺乏和内腐蚀风险评价效率低等关键问题，开展了非常规气田集输系统腐蚀评价、腐蚀防护等方面的研究，通过持续攻关，创立了油气水砂多相介质耦合下的微生物腐蚀和冲刷腐蚀分析评价方法，揭示了诱发腐蚀的本质原因以及砂砾、微生物、CO₂和凝析油等介质的协同腐蚀机理，研发了集“杀菌缓蚀剂+智能加注工艺+材质优选”的腐蚀控制技术，形成了管道内腐蚀缺陷和风险检测评价技术。

非常规气田集输系统腐蚀评价与控制关键技术在川渝页岩气田和致

密气田规模化应用，并推广至油田，指导了长宁、渝西、天府等气田科学开展腐蚀防治，有效控制非常规气田集输系统的腐蚀，地面管道和设备服役寿命显著延长，整体失效率降低 90%以上，有力支撑四川盆地非常规气田的安全、清洁、高效开发，累计保障超 600 亿方天然气安全生产，为集团公司加大非常规气勘探开发力度，降低国家的能源对外依存度提供了技术支持。

我单位已认真审阅了推荐书及附件，确认材料真实有效，并按照要求进行公示，对照奖励标准，同意推荐申报集团公司科技进步奖一等奖。

项目简介：

非常规气是我国天然气产业发展的新阵地和增长极，持续推进非常规气的安全开发，对于保障国家能源安全，降低对外依存度具有重要意义。非常规气开发过程中，大量的腐蚀介质随返排流程进入集输系统，构成油气水砂多相共存的复杂相态。非常规气田不存在高含硫和高含 CO_2 的工况，但面临高含砂、高含微生物和低含 CO_2 的特殊环境，与常规气田差异显著。集输系统失效频发，服役时间最短的管道不超过 1 个月，如不能得到有效控制集输系统的腐蚀失效，将造成非常规气无法正常开采，遏制产业的发展前景。因此，非常规气田开采面临腐蚀主控因素识别难，缺乏针对性的腐蚀防护技术，腐蚀风险评价盲区多、效率低的突出问题，保障非常规气田安全快速上产面临严峻的挑战。

1、创新建立多因素耦合作用下的冲刷腐蚀和微生物腐蚀分析评价方法。基于基因分析、多相流态模拟和膜下电化学原理，在宏观还原现场工况+微观动力学的双维度层面模拟多相流态剪切下砂砾磨损切削过程，高度还原细胞电子传递与群落共生下的微生物吸附成膜过程，室内成功呈现现场冲刷腐蚀形貌和微生物代谢造成的点蚀形态，腐蚀速率符合度大于 80%，实现现场腐蚀行为的精确模拟。

2、深刻揭示砂砾、微生物、 CO_2 和凝析油等介质的协同腐蚀机理和腐蚀本质原因。深度剖析凝析油、砂砾和侵蚀性介质在高流速下对金属材质的协同作用规律，提出微切削机理，指出流态突变下的多相流剪切磨损是造成站场失效的主要原因。明确了微生物群落在种属层面随时空分布的演化动态，定量刻画了生物膜的演替和膜下点蚀的演进轨迹，完成膜下微生

物共生与电子传递腐蚀机理的动力学表征,揭示膜下微环境中形成的局部腐蚀电池是诱发与深挖集输管道点蚀的本质要素。相关理论认识为防腐技术研发和腐蚀控制措施的高效实施提供基础指导。

3、创新研发集“杀菌缓蚀剂+智能加注工艺+材质优选”的整体腐蚀控制技术。基于量子化学理论设计形成高温下结构稳定、兼具强力杀菌和低致泡性能、具备抑制细胞固着和产物沉积功能的系列杀菌-缓蚀双功能一体化分子结构,建立相关的产品制备方法,研发耐高温、低致泡和抗生物膜系列杀菌缓蚀剂,最高可耐受温度达到140℃,50ppm用量下的抗生物膜率首次突破80%,现场杀菌率不低于99.99%,控制微生物腐蚀速率低于0.076mm/a。基于杀菌缓蚀剂浓度-微生物含量控制的阈值关系形成加注量优化的关联算法,配套开发集成“参数配制-智能决策-智能分析-数据监控-远程控制-系统管理”六大核心功能模块的智能决策系统,形成前端加注量自动优化的自适应加注工艺,硬件、药剂和人工成本降低约40%。针对站场流体冲刷腐蚀形成耐蚀材质选材指南及应用技术,站场管道的服役寿命从最短半个月延长至3年以上,减少70%以上的检修维护开支。该技术实现集输系统腐蚀的全面防护,腐蚀失效得到根本性控制,有力支撑非常规气田安全生产。

4、创新形成管道内腐蚀缺陷和风险检测评价技术。形成磁光成像、DN100管道漏磁管道内检测技术,开发磁光成像测试仪器和国内首套DN100管道三轴高清漏磁内检测器及配套取放装置,对DN100小口径管道内壁深度大于10%的壁厚金属损失的检出概率高达100%,空间检测分辨率达到0.1mm。创新建立平板计数检测原理,研发营养物质-活性物质-除氧剂三类介质协同作用的硫酸盐还原菌检测试剂,建立配套应用方法,硫酸盐还原菌浓度检测周期从7天以上缩短至24小时内,检测下限达到 10^0 级,能够准确判断活性SRB浓度是否超标。

成果获授权发明专利12件、授权实用新型专利1件、登记软件著作权1项、发表论文18篇、制定行业标准2项、出版专著1部,支撑了长宁-威远页岩气国家级示范区和天府致密气核心建产区等大型非常规气开发区块的安全生产,集输系统失效率相对成果应用前降低90%以上,并推广至油田应用,助力非常规资源高效开采,累计保障超600亿方非常规天然气快速上产,节约70%以上的维护检修费用,助推地方经济大力发展。

知识产权

(1) 已授权发明专利（按重要程度排列）

序号	专利号	受理/授权时间	专利名称	专利权人	发明人
1	RU2023109622	2024.11.28	ВОДНЫЙ СОСТАВ МАСЛОРАСТВОРИМОГО ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ	中国石油天然气股份有限公司	江晶晶、何益杉、黄丽华、曹军、闫静、陈文
2	RU2023112514	2024.11.05	ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ, ОБЛАДАЮЩИЙ ЭФФЕКТОМ ИНГИБИРОВАНИЯ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ, СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ	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
3	ZL202110889956.1	2024.08.27	一种适用于油气田的缓蚀杀菌化合物、药剂及制备方法	中国石油天然气股份有限公司	余华利、吴贵阳、陈文、何益杉、江晶晶
4	ZL202011396933.9	2024.04.30	一种具备水合物抑制功	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

			能的缓蚀剂及其制备方法和应用		晶晶、李珊、肖杰、田源、袁曦、闫静
5	ZL202110797153.3	2024.07.30	一种缓蚀剂配伍方法及应用、缓蚀剂组合物	中国石油天然气股份有限公司	江晶晶、黄丽华、何益杉、唐永帆、卿阳
6	ZL202010708891.1	2024.08.27	一种评价缓蚀剂扩散行为的装置及方法	中国石油天然气股份有限公司	江晶晶、黄丽华、黄刚华、赵万伟、田源、刘志德、邓希、沈长寿、唐永帆
7	ZL201810605163.0	2020.07.07	一种页岩气田用缓蚀杀菌剂	中国石油天然气集团有限公司	李林辉、张仁勇、施岱艳、张金钟、崔磊、杜磊、蒲远洋
8	ZL202010381611.0	2023.04.07	一种油田集输管道内 H ₂ S 和 CO ₂ 分压的获取方法	中国石油天然气股份有限公司	唐德志、谷坛、陈宏健
9	ZL202110453848.X	2024.11.05	一种交流干扰测试探头及测试方法	中国石油天然气股份有限公司	唐德志、陈宏健、杨莉娜、刘杰、谷坛、李冰
10	ZL201811540406.3	2022.03.29	金属管道剩余使用寿命的确定方法及装置	中国石油天然气股份有限公司	唐德志、陈宏健、谷坛、付勇、王坤
11	ZL202011145565.0	2024.05.14	一种管道壁厚获取方法及系统	中国石油天然气集团有限公司、中国石油集团川庆钻探工程有限公司	骆吉庆、何莎、伍剑波、张志东、许钊源、陈文斌、王仕强、吴文强、王小梅、徐伟津
12	ZL202011144245.3	2022.09.06	管道壁厚在线监测系统及方法	中国石油天然气集团有限公司、中国石油集团川庆钻探工程有限公司	骆吉庆、何莎、伍剑波、张志东、吴文强、王仕强、张目超、徐伟津、李超、王文韬

(2) 已授权实用新型专利

序号	专利号	受理/授权时间	专利名称	专利权人	发明人
1	ZL202321089681.4	2023年09月15日	天然气井口框架式高集一体化撬装装置	中国石油工程建设有限公司、中国石油天然气集团有限公司	杨党库、方进、黄清源、胡世强、董春华、吴克军、张永乐、王云松、郭昕、王盛祥、田野

(3) 已登记计算机软件著作权

序号	登记号	软件著作权名称	著作权人	主要完成人	完成日
1	2023SR0023773	页岩气平台化学剂智能加注系统[简称:页岩气平台智能]	中国石油天然气股份有限公司	田源、汪云福、闫静、袁曦、沈长寿	2022.04.20

		加注系统]V1.0		
--	--	-----------	--	--

(4) 技术秘密

序号	登记号	技术秘密名称	权利人	主要人员

(5) 已颁布标准 (国际标准、国家标准、行业标准、集团公司标准)

序号	标准名称	标准号	起草单位	起草人	发布时间
1	天然气集输用缓蚀剂技术要求及评价方法	SY/T 7437-2019	中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司天然气研究院、中国石油天然气集团有限公司石油管工程技术研究院、北京科技大学、中国海洋石油能源发展股份有限公司工程技术分公司、中国石油化工股份有限公司西北油田分公司、中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司	余华利、常宏岗、谷坛、闫静、陈文、袁曦、唐永帆、张强、周代兵、汪枫、刘海峰、付安庆、张娟涛、路民旭、张雷、张颖、赵璐、羊东明、许艳艳、李循迹、李亚军	2019-11-04
2	页岩气采集气系统腐蚀防护技术规范	NB/T 11625-2024	中国石油工程建设有限公司西南分公司、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浙江油田分公司、中国石油集团川庆钻探工程有限公司、中石化重庆页岩气有限公司、宝鸡石油钢管有限责任公司、陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院	李林辉、汤晓勇、施岱艳、于磊、牙亚萌、闫静、何莎、张斌、李天雷、李书应、骆成松、陈凤、张金钟、汪小行、连伟、王雅熙、方晓君、吴贵阳、杨柳、张仁勇、牛辉、管林峰、骆吉庆、谈文虎、上官昌淮、孟良、陈勇彬	2024-09-24

(6) 发表论文及专著 (按重要程度排序)

序号	论文(专著)名称	发表刊物	发表时间(投稿时间)	作者
1	页岩气田微生物腐蚀控制技术与实践	石油工业出版社	2024年05月	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、文焜、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
2	Eco-friendly bifunctional antibacterial and anticorrosive broad-spectrum rosin thiourea iminazole	Corrosion Science	2024年1月(2023.10.30)	王迪、王岳松、吴浩、李祉霖、吴亚林、刘蓓、田泽宏、李向红、徐大可、彭林彩、闫静、顾停月、

	quaternary ammonium salt against microbiologically influenced corrosion			王福会
3	Microbiologically influenced corrosion of a novel pipeline steel containing Cu and Cr elements in the presence of <i>Desulfovibrio vulgaris</i> Hildenborough	Corrosion Science	2023 年 7 月 (2023.05.21)	范磊、孙一鸣、 王迪 、张宇峰、张明星、周恩泽、徐大可、王福会
4	Chloride enhances corrosion associated with sulfate-reducing bacteria	Corrosion Science	2024 年 5 月 (2024.02.16)	王迪 、植木立幸、马培禹、徐大可、戴瑞克拉福莱
5	Microbiologically influenced corrosion of CoCrFeMnNi high entropy alloy by sulfate-reducing bacterium <i>Desulfovibrio vulgaris</i>	Corrosion Science	2023 年 7 月 (2023.05.30)	王迪 、杨纯田、郑博睿、杨茗皓、高瑜、金宇婷、董奕哲、刘潘、张明星、周恩泽、顾停月、徐大可、王福会
6	Harnessing active biofilm for microbial corrosion protection of carbon steel against <i>Geobacter sulfurreducens</i>	Bioelectrochemistry	2024 年 1 月 (2023.11.07)	金宇婷、 王迪 、张丹妮、高瑜、徐大可、王福会
7	Elucidating microbial iron corrosion mechanisms with a hydrogenase-deficient strain of <i>Desulfovibrio vulgaris</i>	mLife	2024 年 6 月 (2024.02.22)	王迪 、植木立幸、马培禹、徐大可、戴瑞克拉福莱
8	Enhancement of microbiologically influenced corrosion resistance of copper-containing nickel-free high nitrogen stainless steel against marine corrosive <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Colloids and Interface Science Communications	2023 年 3 月 (2023.01.31)	郑博睿、 王迪 、杨茗皓、周恩泽、冯浩、李花兵、张明星、孙一鸣、吴语、徐大可、王福会
9	Synergistic action of erosion-corrosion on L360N in different condensate oil-contained NaCl solutions	Journal of Iron and Steel Research International	2024 年 4 月 (2023.10.13)	王彦然 、刘海峰、黄洪发、郭霄雄、彭林彩、张昌会
10	The corrosion behavior of carbon steel under coexistence of carbon dioxide and SRB	Environmental Science and Pollution Research	2023 年 4 月 (2023.06.02)	吴贵阳、张维智、徐勇、陈文、 王彦然 、闫静
11	Research on the Erosion Law and Protective Measures of L360N Steel for Surface Pipelines Used in Shale Gas Extraction	Materials	2024 年 8 月 (2024.07.12)	霍绍全、彭林彩、李云鹏、徐勇、黄红兵、袁曦
12	Inhibition Effect of Triphenylmethane Dyes for	Materials	2024 年 2 月 (2023.11.27)	彭林彩、文绍牧、闫静、余华利、文翥、王智

	the Corrosion of Carbon Steel in CO ₂ -Saturated NaCl Corrosion Medium			
13	Preparation of Chromium Carbide-Strengthened Ni-W Coatings by Electrodeposition and the Corresponding Anticorrosion Behavior in CO ₂ -Saturated NaCl Solution	Coatings	2024年10月 (2024.08.21)	李虹杰、张维智、袁曦、李蒲智、韩维雷、黄红兵
14	Preparation of MoSi ₂ -particle reinforced Ni-W alloy coatings and their anti-corrosion behavior in CO ₂ -saturated 3.5 % NaCl solution	International Journal of Electrochemical Science	2024年6月 (2024.05.22)	李虹杰、文绍牧、喻智明、胡俊坤、闫静、任旭东
15	致密气油水共存条件下L360N管线钢的微生物腐蚀行为研究	表面技术	2024年6月 (2023.07.28)	王彦然、孙洪亮、卫国锋、唐永帆、郑荣军、莫林、郑强
16	页岩气田某集气管线焊缝失效原因分析	石油与天然气化工	2024年8月 (2023.10.26)	李虹杰、徐勇、骆越、苗超、吴贵阳、郑洁欣
17	页岩气田排污工况非金属复合管防腐适用性能评价	石油与天然气化工	2024年12月 (2023.12.19)	但霞、罗彦力、喻智明、杨柳、文翥、杨建英、吴贵阳
18	页岩气生产系统用杀菌缓蚀剂的研究及现场应用	第二十二届全国缓蚀剂与水处理学术讨论会论文集	2022年8月	彭林彩、何益杉、王彦然
19	三苯甲烷染料在饱和CO ₂ 的NaCl腐蚀介质中对碳钢缓蚀作用研究	第二十三届全国缓蚀剂与水处理学术讨论会论文集	2024年7月	彭林彩、杨仲熙、唐永帆、何益杉、曹军

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	2018.01-2024.12	全面主持、组织并推动非常规气田腐蚀分析评价和整体腐蚀控制技术研究和应用，确定药剂微观分析腐蚀机理的思路、杀菌缓蚀剂分子设计的方法和智能加注关联算法，对创新点1、创新点2和创新点3做出了重要技术贡献
张维智	2	油气和新能源分公司	2018.01-2024.12	主持或参与非常规气田腐蚀分析评价和整体腐蚀控制技术研究和应用，确定关键性理论与技术决策，对创新点1、创新点2和创新点3做出了重要技术贡献
谷坛	3	规划总院	2018.01-2024.12	主持或参与整体腐蚀控制技术和腐蚀检测技术研究和应用，确定管道内检测设备开发的关键参数，提出抗冲刷材质应用的关键指标，对创新点3和创新点4做出了重要技术贡献

李林辉	4	工程建设有限公司	2018.01-2024.12	参与杀菌缓蚀剂研发, 提出系列杀菌缓蚀剂的制备路线, 对创新点 3 做出了重要技术贡献
黄洪发	5	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与腐蚀分析评价方法建立、腐蚀机理研究和整体腐蚀控制技术研发, 完成腐蚀机理表征和杀菌缓蚀剂配方设计, 对创新点 1、创新点 2 和创新点 3 做出了重要技术贡献
闫静	6	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与整体腐蚀控制技术研发, 提出智能加注系统设计思路和杀菌缓蚀剂合成的关键参数, 对创新点 3 做出了重要技术贡献
王智	7	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与整体腐蚀控制技术研发, 开发智能加注系统的关键功能模块, 对创新点 3 做出了重要技术贡献
王迪	8	东北大学	2022.09-2024.12	参与腐蚀分析评价方法和腐蚀机理研究, 分析微生物群落演替规律, 对创新点 1 和创新点 2 做出了重要技术贡献
唐德志	9	规划总院	2018.01-2024.12	参与内腐蚀检测技术研发, 完成内检测器结构设计, 对创新点 4 做出了重要技术贡献
陈文	10	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与腐蚀机理研究, 提出膜下固着微生物腐蚀机理并完成表征, 对创新点 2 做出了重要技术贡献
骆吉庆	11	川庆钻探工程有限公司	2019.01-2024.12	参与内腐蚀检测技术研发, 形成内检测器和取样器的配套使用方法, 对创新点 4 做出了重要技术贡献
唐永帆	12	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与腐蚀机理研究, 提出微切削机理并完成表征, 对创新点 2 做出了重要技术贡献
文焜	13	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与整体腐蚀控制技术优化与应用, 完善药剂配方与智能加注系统决策逻辑, 对创新点 3 做出了重要技术贡献
胡世强	14	西南油气田公司	2022.01-2024.12	参与内腐蚀检测技术研发, 提出硫酸盐还原菌检测试剂的配方组分, 对创新点 4 做出了重要技术贡献
杨建英	15	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与内腐蚀检测技术优化与应用, 完善内检测器结构和硫酸盐还原菌快速检测实验方法, 对创新点 4 做出了重要技术贡献
袁曦	16	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与内腐蚀检测技术研发, 提出硫酸盐还原菌检测方法的关键参数取值, 对创新点 4 做出了重要技术贡献
吴贵阳	17	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与腐蚀分析评价方法建立, 提出还原现场腐蚀形貌的宏观模拟方法, 对创新点 1 做出了重要技术贡献
王彦然	18	西南油气田公司	2019.09-2024.12	参与内腐蚀检测技术研发, 提出硫酸盐还原菌检测试剂的配方浓度, 对创新点 4 做出了重要技术贡献
彭林彩	19	西南油气田公司	2022.09-2024.12	参与整体腐蚀控制技术研发, 提出抗生物膜率评价方法, 对创新点 3 做出了重要技术贡献
余华利	20	西南油气田公司	2018.01-2024.12	参与整体腐蚀控制技术研发, 提出杀菌缓蚀剂应用标准, 对创新点 3 做出了重要技术贡献