

非金属敷缆复合连续管智能油气开采技术研发与应用项目 公示内容

一、项目名称

非金属敷缆复合连续管智能油气开采技术研发与应用

二、提名者及提名意见

提名者：李阳

工作单位：中国石油化工股份有限公司

职称：中国工程院院士/教授级高级工程师

学科专业：油气田开发地质、油气田开发工程

提名意见：

本成果聚焦国家能源强国、智能化、绿色化发展战略，针对油气田稳产增产、提高采收率的高效开采目标，创新研发了非金属敷缆复合连续管智能油气开采技术，形成了完井管柱、动力线、信号线、加热一体化智能控制的新型举升技术，自主研制了非金属智能连续管、井下工具、作业车等产品，解决了常规开采面临的安全、长寿、绿色、高效、节能、智能的技术难题；解决了金属管柱腐蚀结垢、结蜡堵管、管杆偏磨、电缆起下易损、作业效率低、井下动态数据实时监控、油气井智能化管理等难题；解决了集输管线沿程温降快、易结蜡、回压高、破坏预警及智能化管理等难题。本成果属于国内外首创，技术达到国际领先水平。

推荐该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

围绕国家能源战略和油田数智化发展需求，针对油气增产上储、稳产增产的目标，提出了非金属敷缆复合连续管智能油气开采技术方案，发明了非金属敷缆内置多种线缆等多功能一体化智能复合连续管，自主研发了非金属敷缆复合连续管新型采油技术及装备、智能采气技术及装备、智能地面集输技术及装备，开发了配套的完井井下工具及作业设备，突破了传统碳钢完井管柱及地面集输管线开采方式，消除了传统地面开采井口设备安全隐患；攻克了井下管杆泵腐蚀、漏失难题，延长了检泵周期；设计了全封闭智能井口，消除动态密封泄漏，实现绿色环保；研制了集成动力、信号、加热一体化连续管，实时采集和监测井下数据，集成研发了复合管连续作业车，提速增效，创建了智能控制系统，精准优化生产制度，保障了油气井稳产增产、提高采收率，实现了油气田开采多学科、智能、绿色、融合、高质量发展，满足了数智油田高效开采的需求，填补了国内外空白。经中国石油学会组织的院士、专家鉴定，该系列成果“整体处于国际领先水平”。

项目成果获得国家专利 43 件，其中发明专利 19 件，实用新型专利 24 件，软件著作权 5 项，发表论文 13 篇，国家标准 1 项，团体标准 1 项，企业标准 17 项。

项目主要技术内容如下：

1. 非金属敷缆复合连续管技术及装备

针对油气井完井面临油管腐蚀结垢、断杆穿孔、功能单一、数据监测需起下管柱作业、生产制度优化困难等问题，创新发明了具备多功能的非金属敷缆复合连续管系列产品：创新研制了适用于油井的内嵌动力缆、信号缆、光纤、加热缆非金属敷缆复合连续管，研制了适用于气井多通道非金属复合连续速度管柱，研制了适用于地面加热及光纤监测非金属智能输送管线。

2. 非金属敷缆复合连续管油气井智能举升工艺

针对油气井抽油机开采工艺面临的平衡块调节安全隐患、大斜度井下深难、泵漏失严重，无法发挥生产潜力；针对常规电潜泵工艺采用油管外置电缆起下，面临的电缆磨损大、护卡易掉井、作业繁杂、风险大等问题，创新发明了非金属敷缆复合连续管油气井智能举升工艺，该工艺由多功能泵、非金属敷缆管、井口装置、控制系统等构成；设计并建设了试验井举升测试平台、智能控制及数智孪生平台。

3. 非金属敷缆复合连续管地面智能监测及加热集输技术及装备

针对地面集输面临腐蚀结垢、功能单一、无法实时监控、管线加热能耗高、管线压损大、配套设备功率高等问题，自主创新了非金属敷缆复合连续管地面智能监测及加热集输工艺技术，创新研制了加热智能控制、光纤监测及预警技术。

4. 非金属敷缆复合连续管完井及作业配套工具及装备

针对油井产液量差异大，常规电潜泵故障率高等问题，自主研发了不同排液量的电泵；针对气井常规井下节流调节需作业，难度高、耗时长等问题，自主研发了无级调节过流面积、实时远程控制的节流装置；创新研制了配套非金属敷缆复合连续管作业车、注入头、防喷装置等设备。

四、客观评价

1. 科技查新

2022 年 11 月 21 日经陕西省科学技术情报研究院查新，查新结论：综上所述，相关文献分别涉及查新项目所述技术内容，但未见明确述及综合上述技术特点的连续速度管柱研究。

2. 检测报告

中国石油集团工程材料研究院有限公司针对非金属敷缆复合连续管的爆破性能、拉伸性能进行性能检测评价，各项性能的检测指标均达到相关标准的要求。

3. 院士专家鉴定

2024 年 1 月 24 日，中国石油学会组织了对非金属敷缆智能复合连续管技

术的成果鉴定，中国工程院院士、专家组一致认为：该成果整体处于国际领先水平。

4. 用户评价

（1）陕西延长石油（集团）有限责任公司研究院对该项目应用效果进行了评价：该技术成果整体性能稳定可靠，智能化程度高，油田区块应用成熟，能够实现油井生产制度优化，稳产增产效果显著，具备规模化应用条件，将为延长油田油气井增产稳产和智能化油气田建设提供坚实基础。

（2）中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司对该项目应用效果进行评价：该技术具有实时采集井底压力、温度、液面高度及机组运行状态等参数，远程调参等功能，能够实现智能优化排采制度，缓解煤粉产出，实现了控粉、控水、产气智能化全过程管控，增产稳气效果突出。

五、应用情况

项目在陕西延长石油，中石油长庆油田、大庆油田、新疆油田、青海油田，中联煤层气，广西页岩气，中石化华北油气田、胜利油田，印尼国油等国内外油气田区块进行了推广应用，累计应用超 220 口油气井、超 200km 地面集输管线，技术及经济效益显著。对比常规采油采气工艺，油井平均单井增加产量约 60%，维护及作业平均减少成本约 30%；气井单井平均增加产量约 47%，维护及作业平均减少成本约 45%。

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	应用起止时间	单位联系人/电话
1	延长石油集团	无杆采油	应用对象：高能耗、易断抽油杆等情况油井。 规模：150 口井	2023.1 至 2026.6	彭亮 13659217944
2	中联煤层气国家工程研究中心	排水采气	应用对象：金属腐蚀结垢、原油结蜡堵管的油井。 规模：25 口井	2023.3 至 2026.4	路国玉 13572457229
3	宁夏同欣恒泽油气技术服务有限公司	无杆采油	应用对象：井下数据难以实时监测与控制的油井。 规模：4 口井	2024.6 至 2026.6	王百 15129563262
4	广西页岩气勘探开发有限公司	排水采气	应用对象：单井作业费用高的气井。 规模：1 口井	2024.8 至 2026.6	陆文师 15683595868

5	中石化胜利油田	无杆采油	应用对象：排采液量调节难度大的气井。 规模：45口井	2024.1至 2026.6	李广 18954606699
6	中石化中原油田	无杆采油	应用对象：出砂导致修井频繁的气井。 规模：2口井	2023.4至 2026.6	邱永发 15343925338
7	延长石油集团	地面集输	应用对象：地面高能耗燃气加热装置和金属管腐蚀严重输油管道。 规模：130km	2023.1至 2026.6	孙鑫 15249094400
8	大庆油田	地面集输	应用对象：单井井口回压高等情况的输油管道。 规模：20km	2025.4至 2026.6	费明 13199405098
9	长庆油田	地面集输	应用对象：输送原油黏度大等情况的输油管道。 规模：20km	2024.6至 2026.6	张伟 18629015853
10	青海油田	地面集输	应用对象：输送原油回压高。 地面集输：30km	2023.4至 2026.6	杨波 18997375950

六、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	一种复合材料智能采油采气管柱系统	中国	ZL202311423297.8	2024/1/26	6651389	陕西航天德林科技集团有限公司	林辰厚,林本常,吴盼,林晓良,王宁,柳继章,林忠灿
2	发明专利	一种排水采气系统及排水采气方法	中国	ZL202310394941.7	2023/6/30	6099533	陕西航天德林科技集团有限公司	林辰厚,吴盼,林本常,柳继章,王宁
3	发明专利	一种非金属复合连续管柱井下节流装置、控制电路及操作方法	中国	ZL202510018541.5	2025/6/27	8030836	陕西航天德林科技集团有限公司	林辰厚,林本常,林晓良,吴盼,魏泉、柳继章,王宁
4	发明专利	一种油气井井下增压开采及数据监测装置	中国	ZL202411487408.6	2025/5/16	7949333	陕西航天德林科技集团有限公司	林辰厚,吴盼,林忠灿,林晓良,柳继章,魏泉,王宁
5	发明专利	一种液体增压装置	中国	ZL202110536871.5	2025/5/23	7951135	陕西航天德林科技集团有限公司	林忠灿,王宁

6	发明专利	一种油气井井下 增压装置	中国	ZL202411472135.8	2025/4/8	7859895	陕西航天德林科技集团有限公司	林忠灿, 林辰厚, 林晓良, 吴盼, 柳继章, 魏泉, 王宁
7	国家标准	非金属敷缆复合 连续油管	中国	G/BT 43673-2024	2024/3/15	/	中国石油集团工程材料研究院有限公司、陕西航天德林科技集团有限公司	丁楠, 吴盼, 林本常
8	论文	增强热塑性塑料复合管接头研究现状与发展趋势	中国	/	2023 年	/	西安石油大学、中国石油集团工程材料研究院有限公司	张骁勇
9	论文	深部煤层气储层改造技术迭代升级历史与发展方向-以鄂尔多斯盆地东缘大吉区块为例	中国	/	2025 年	/	成都理工大学	徐凤银
10	论文	Development of Decline Curve Analysis Parameters for Tight Oil Wells Using a Machine Learning Algorithm	英国	/	2022 年	/	西安石油大学	李伟荣

七、主要完成人情况

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
林忠灿	1	董事长	正高级工程师	陕西航天德林科技集团有限公司	陕西航天德林科技集团有限公司	牵头构建非金属敷缆复合连续管配套电潜泵无杆采油、智能排水采气、地面智能监测及加热集输工艺技术体系,搭建起拥有自主知识产权的智能化开采技术体系。
吴盼	2	智能管事业部副总经理	工程师	陕西航天德林科技集团有限公司	陕西航天德林科技集团有限公司	组织非金属敷缆复合连续管配套电潜泵无杆采油、智能排水采气、地面智能监测及加热集输工艺的系统构建,组织开展室内实验、样机研制直至现场试验全流程研发工作,建立起具有自主知识产权的智能化开采技术体系。
徐凤银	3	特聘院长	教授	成都理工大学	成都理工大学	开展无杆采油工艺选井论证,提出差异化选井部署方案,统筹全系统方案技术论证,建立选井选层综合评价指标体系,组织多专业联合审查,实现目标井确认与整体方案定型。

张骁勇	4	副校长	教授	西安石油大学	西安石油大学	承担智能排水采气工艺现场井下作业技术支撑,组织实施井下传感器对接、密封组件安装及地面控制柜联调联试,负责系统方案井下作业装备配套的现场验证。
马彬	5	科研部 副部长	高级 工程师	陕西延长石油(集团) 有限责任公司研究院	陕西延长石油(集团) 有限责任公司	参与项目方案制定、现场调研、实验评价及现场应用等工作,承担相关方案的审核把关与推进落实,负责现场工艺改造工作,对接现场生产条件,有力推动项目成果的应用转化。
郝鹏程	6	国家中心 党委委员、 副总经理, 工程技术 分中心执 行董事,党 委书记	高级 工程师	中联煤层气国家工程研 究中心有限责任公司西 安工程技术分公司	中联煤层气国家工程研 究中心有限责任公司	参与本项目现场调研、方案论证、实验评价及现场应用等核心环节,参与项目总体方案论证编制,对关键技术路线及实施细节审核把关,统筹协调工艺试验保障项目按计划实施。
林辰厚	7	副总经理	助理 工程师	陕西航天德林科技 集团有限公司	陕西航天德林科技 集团有限公司	负责无杆采油工艺体系下非金属敷缆复合连续管及配套电潜泵组件的生产制造组织,保障室内研发成果转化合格产品并按期交付现场试验。

林本常	8	副总经理	其他	陕西航天德林科技集团有限公司	陕西航天德林科技集团有限公司	负责无杆采油工艺技术示范应用组织工作,承担智能排水采气工艺技术推广应用任务,推动该技术在多个气田区块实现规模化应用。
丁楠	9	实验室主任	高级工程师	中国石油集团工程材料研究院有限公司非金属与复合材料研究所	中国石油集团工程材料研究院有限公司	承担无杆采油工艺敷缆管室内实验评价工作,组织开展多工况模拟实验,系统验证管缆各项性能指标;主导地面智能加热管实验评价,建立绝缘电阻监测、耐电压等试验方法,为样机定型及企业标准制定提供科学依据。
王宁	10	生产部经理	工程师	陕西航天德林科技集团有限公司	陕西航天德林科技集团有限公司	开展非金属敷缆复合连续管生产工艺设计,优化挤出成型、敷缆张力控制及冷却定型工艺,研制专用挤塑模具与敷缆导向装置,攻克加热缆弯曲性能、绝缘耐压等关键技术难题。
魏泉	11	研发工程师	工程师	陕西航天德林科技集团有限公司	陕西航天德林科技集团有限公司	依据室内实验评价及目标井地质条件,开展无杆采油工艺现场试验方案设计,承担智能排水采气工艺现场试验方案设计,结合不同气井产液特征制定分阶段试验流程,为工艺适应性验证提供可靠技术依据。

柳继章	12	市场服务部 经理	工程师	陕西航天德林科技 集团有限公司	陕西航天德林科技 集团有限公司	主导地面智能监测及加热集输工 艺现场试验方案设计,编制覆盖不同环 境温度、输量、加热功率的多因素正交 试验方案等专项试验,实现工艺性能边 界全覆盖;统筹编制全系统集成试验总 体方案。
李伟荣	13	特聘教授	副教授	西安石油大学	西安石油大学	开展无杆采油工艺选井选层方案 设计,系统分析区块储层、流体、地层 能量及井身结构等地质资料,承担智能 排水采气工艺选井选层方案设计。
伦惠林	14	实验室 主任	高级 工程师	中国石油集团工程材料 研究院有限公司非金属 与复合材料研究所	中国石油集团工程材 料研究院有限公司	承担智能排水采气工艺非金属敷 缆管室内验证工作,组织开展多轮耐久 性测试及失效模式分析,参与编制敷缆 管产品检验评价规程,构建统一的实验 评价技术体系,为产品质量管控及行业 准入奠定技术基础。
林晓良	15	销售经理	其他	陕西航天德林科技 集团有限公司	陕西航天德林科技 集团有限公司	组织开展无杆采油工艺示范应用, 保障首口示范井顺利投产,凝练形成标 准化作业流程及应用效果报告;承担智 能排水采气工艺推广,编制技术资料与 案例集,制定差异化推介方案,推动技 术在多气田区块规模化应用。

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

完成单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献
陕西航天德林科技集团有限公司	1	陕西航天德林科技集团有限公司联合西安石油大学、陕西延长石油（集团）有限责任公司、中国石油集团工程材料研究院有限公司、中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司、成都理工大学，开展非金属敷缆复合连续管智能油气开采技术的开题论证、方案设计、产品研制、示范应用及工程服务等工作。
西安石油大学	2	根据非金属敷缆复合连续管智能油气开采技术要求，主要参与示范应用井的井丛分析及单井选井选层方案可行性论证与设计、地层数据分析与优化建议等工作。
陕西延长石油（集团）有限责任公司	3	主要开展非金属敷缆复合连续管智能油气开采技术攻关与现场评价试验，为成果规模化应用和技术迭代升级提供理论支撑与实践依据。
中国石油集团工程材料研究院有限公司	4	中国石油集团工程材料研究院有限公司负责非金属敷缆复合连续管性能测试评价工作。
中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司	5	主要参与非金属敷缆复合连续管智能油气开采技术的系统性攻关与现场试验。通过多维度、全流程参与技术研发与试验验证，为成果规模化应用和技术迭代升级提供理论支撑与实践依据。
成都理工大学	6	根据非金属敷缆复合连续管智能油气开采技术要求，主要参与智能管技术方案论证及示范井选层选井等，在成果应用方面做了大量工作。

九、完成人合作关系说明

项目团队由石油与天然气工程、材料科学、油气地质与勘探专业的技术人员组成。第一完成人负责项目总体统筹及技术体系构建；第二、第十一、第十二完成人负责方案设计、组织、实施；第三、第四、第十三完成人负责选井选层论证与技术适用性评价；第七、第十完成人负责项目生产工艺设计和制造；第九、第十四完成人负责项目室内实验评价；第五、第六完成人负责项目现场评价试验，为规模化推广提供实践数据；第八、第十五完成人负责示范应用及规模化推广的组织实施。