

项目情况简介（省科技进步奖）

1、项目名称

适用于缺水地区的水基钻井液材料及其循环利用关键技术

2、主要完成人

陈刚、王清臣、都伟超、张勤、袁英、倪维军、檀文炳、王凯、汪春林、张建甲

3、提名单位

教育厅

4、提名意见

本成果基于“环保型钻井液材料”“可循环利用钻井液技术研究”“废弃钻井液固液分离及回用技术研究”“废弃钻屑综合利用工艺技术研究”等方面的研究，完成国家自然科学基金、陕西省、中国石油天然气集团公司等下达的科研项目等相关项目 58 项，科研经费总计超过 5000 万元，在国内外刊物发表相关研究论文 96 篇，获得授权发明专利 36 件、其他知识产权 15 件，培养了一批专业技术人才。应用以来，现场应用 2877 口井，使用环保型钻井液材料 3 万余吨，节约用水 40 余万方，累计新增产值 14.97 亿元，节约钻井液及钻后废物处理费用 4.95 亿元，合计经济效益达到 19.92 亿元。该技术减小了环境污染风险，满足长庆油田、延长油田、新疆油田以及我国在非洲油田的钻井清洁化生产要求，实现了部分废液钻井液的资源化利用，缓解了苏里格生态脆弱地区环保压力和淡水资源短缺的压力，节水效果明显，符合目前新环保法的要求，给生产和应用企业带来良好经济效益，有力支持低渗透油气田勘探开发，具有显著的社会和环保效益。

提名申报二等奖

5、项目简介

在环保要求日益严格的新形势下，开展了油气田水基钻井液材料、循环利用及其钻后废物无害化处置关键技术的研究与应用，通过钻井环境污染源头控制、过程控制和末端治理，开发适合长庆油气田、延长油田清洁生产的“不落地”可重复使用的钻井液体系、回收再利用等关键配套技术，新技术、新装备的开发及应用，实现油气田勘探开发发展方式的转变，为油气勘探开发的绿色发展提供强有力的环保技术和装备支撑。该技术的研究和应用不仅可以实现不使用传统的大废液池进行循环，减少了对环境的污染，满足长庆油田、延长油田的钻井清洁化生产要求，实现了部分废液钻井液的重复利用，缓解了生态脆弱地区环保压力和淡水资源短缺的压力，节水效果明显。在环保、降耗、节水、增效等方面都取得了显著的效益，具有较好的推广应用前景，有力支持低渗透油气田勘探开发。

6、客观评价

2024 年 6 月 24 日，中国石油和化学工业联合会组织专家召开了由西安石油大学、中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司等合作完成的“可直接重复利用水基钻井液及钻井废物低成本资源化处置关键技术”科技成果鉴定会。鉴定委员会认为：该成果总体达到国际先进水平，其中在水基钻井液重复利用技术方面处于国际领先水平。

7、应用情况

中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司、陕西合信众益油气技术服务有限公司、西安华盛坤泰能源环保科技有限公司等采用了环保型钻井液体系，部分钻井液进行了循环利用，对钻井液废弃物进行了不落地无害化处理和资源化利用；陕西兰宇工程科技有限公司设计制造制造专属设备，用于长庆油气田钻井液的不落地和循环利用服务。本成果的推广和应用累计应用 2877 口井，使用环保型钻井液材料 3 万余吨，节约用水 30 余万方，累计新增产值 14.97 亿元，节约钻井液及钻后废物处理费用 4.95 亿元，合计经济效益达到 19.92 亿元。

主要应用单位情况如下表：

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	中国石油川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司	适用于缺水地区的水基钻井液材料及其循环利用关键技术	累计进行了 1420 口井的环保型钻井液体系应用，使用环保型钻井液材料 6010 余吨，设计加工不落地成套设备 372 台套，配套 126 支钻井队，完成了 2120 口井的不落地和循环利用优化；重复使用天然气水平井钻井液 37.2 万余方。生产钻屑固化剂 3.1 万吨，无害化回收 56.8 万方钻屑，废弃物减排量 56%，节约生产用水 14.2 万方。	2016.1-2024.12	王清臣
2	陕西合信众益油服务科技有限公司	适用于缺水地区的水基钻井液材料及其循环利用关键技术	完成 238 口井现场试验，累计使用环保材料 5000 余吨，配制可 100% 重复使用钻井液 1 万余方，实现 90% 以上的不经破胶直接重复利用率。	2021.2-2024.12	魏嘉宇
3	靖边县华盛油井技术服务有限公司	适用于缺水地区的水基钻井液材料及其循环利用关键技术	完成 85 口井现场试验，使用专用环保材料 2300 余吨，针对天然气水平井开发的 3800 余方可重复使用钻井液体系，实现 90% 以上的不经破胶直接重复利用率。	2021.4-2024.12	张仲兴
4	定边县安钻油气技术服务有限公司	油气田用环保型钻井液循环利用及其废弃物高效处置关键技术	进行了 122 口井规模化应用环保型钻井液体系，累计使用环保材料 2800 余吨，配制可重复使用钻井液 6000 方，现场重复利用率超 95%。	2018.9-2024.12	张桁波
5	靖边县万达钻井工程服务有限公司	油气田用环保型钻井液循环利用及其废弃物高效处置关键	完成 92 口井的环保型钻井液体系现场试验，使用环保型钻井液材料 2300 余吨，配制的适用于天然气水平井重复使用的钻井液体 3800 余方。	2018.1-2024.12	贺保荣

		技术			
6	陕西兰宇工程科技有限公司	油气田用环保型钻井液循环利用及其废弃物高效处置关键技术	合作研发制造 20 台套不落地处理成套设备，通过 553 井次的固液分离现场试验与推广应用，累计处理废弃钻井液 6.5 万方，实现分离液 87.61% 的高回用率，废弃物减排 52%，节水 3.6 万方，显著提升了长庆油田清洁化生产水平。	2020.9-2024.12	杜谭亮
7	河北润朗钻井工程有限公司	油气田用环保型钻井液循环利用及其废弃物高效处置关键技术	进行了 106 口井的环保型钻井液体系现场试验，使用环保型钻井液材料 800 余吨；天然气水平井重复使用的钻井液体系重复 90% 以上；完成了 80 口井的不落地和循环利用工艺流程优化。节约生产用水 3.1 万方，废弃物减排量达到 62%。	2018.2-2024.12	于宝桂
8	天津涌泉钻井工程有限公司	油气田用环保型钻井液循环利用及其废弃物高效处置关键技术	进行了 131 口井的环保型钻井液体系现场试验，使用环保型钻井液材料 950 吨，天然气水平井重复使用的钻井液体系，重复使用率 93%。进行了 5 支钻井队的钻井液不落地和循环利用设备配套。完成了 65 口井的不落地和循环利用工艺流程优化，节约生产用水 2 万余方。	2018.2-2024.12	于宝桂
9	西安华盛坤泰能源环保科技有限公司	油气田钻井废弃物高效处置关键技术	应用本成果在国内处理 193 口井钻井废弃物 20 余万方。在非洲乍得共和国，为中石油乍得分公司完成 192 口井、25.5 万方泥浆处理。	2016.1-2024.12	张建甲

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	一种栲胶衍生环保型钻井液用降粘剂及其制备方法	中国	ZL 20191 11134 49.8	2022 .7.12	5304121	西安石油大学	陈刚, 刘雄雄, 都伟超, 马丽娃, 张洁
2	发明	一种木质素衍生环保型钻井液用降粘剂及其制备方法	中国	ZL 20191 11143 69.4	2022 .2.1	4912264	西安石油大学	都伟超, 王想云, 张洁, 陈刚

3	发明	一种源于木质素的无泡沫钻井液降粘剂及其制备方法	中国	ZL20191079633.5	2021.12.17	4852825	西安石油大学	张洁, 田雯, 都伟超, 高龙, 张黎
4	发明	一种页岩气水平井钻井用页岩封堵抑制剂及其制备方法	中国	ZL201910219868.3	2019.3.21	4212684	西安石油大学	都伟超, 陈刚, 张洁
5	发明	一种环保型钻井液提切剂及其制备方法	中国	ZL202111030851.7	2024.02.06	6691766	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	王清臣, 魏艳, 王伟良, 张勤, 胡祖彪, 李录科, 胡延霞, 王浩, 杨光, 朱明明, 侯博
6	发明	一种环保型钻井液润滑剂及其制备方法和应用	中国	ZL202111030828.8	2023.10.20	6418407	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	王清臣, 魏艳, 张建卿, 王伟良, 倪华峰, 张勤, 侍德益, 韩成福, 骆胜伟, 王浩
7	发明	一种振动筛并、串联联接式钻井液固相清除装置	中国	ZL201610779178.X	2019.10.16	3337177	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	胡祖彪, 周波, 王清臣, 卢逍, 贾延强, 陶海军, 陈宁生, 王瑞成, 许宝华
8	发明	一种钻井液循环罐系统	中国	ZL201910984260.2	2019.10.16	7109195	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	张建卿, 王清臣, 韩成福, 尚顺利, 周荣海, 李勇, 李满江, 胡祖彪, 孟

								凡金, 侯博, 王克宏, 刘红艳, 王全斌
9	实用新型专利	一种长框传输型振动筛并联式钻井液固相清除输送装置	中国	ZL 20162 10083 310	2017 .3.15	5991183	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	王清臣, 孔维升, 王向廷, 刘乃春, 潘杰, 马永忠, 周波, 许保华
10	规范	水基钻井液重复利用作业规范	中国	Q/SY CQZ 1231-2020	2023 .7.21	Q/SYCQZ 1231-2020	中国石油集团川庆钻探工程有限公司	王清臣, 胡祖彪, 侯博, 韩成福, 侍德益, 孟凡金, 屈艳平, 骆胜伟, 金虎, 杨荣峰

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	陈刚	无	教授	西安石油大学	西安石油大学	<p>1. 主持研发了系列环保型钻井液处理剂, 提高了植物材料的抗温性 40-60℃, 可以满足长庆油气田、延长油田绝大多数中/深井油田的钻井作业需求, 从源头上保障油气田钻井清洁化生产。</p> <p>2. 主持研发了一套适用于天然气水平井重复使用的环保型钻井液体系和系列针对不同储层特点的系列钻井液体系, 现场应用实现了天然气水平井钻井液不经破胶的 100% 重复使用, 较好地解决了钻完井液的处置问题。</p>

						3. 主持研制钻井液原位破胶剂，实现含水钻井废物的快速固液分离。
2	王清臣	局级专家	正高级工程师	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司	<p>1. 主持研发了系列针对不同储层特点，解决复杂地层、大位移井、定向井、水平井问题的系列钻井液体系，主要负责了长水平井用钻井液防塌抑制性控制技术。</p> <p>2. 主持研发了一套适用于天然气水平井重复使用的环保型钻井液体系，实现了钻井液不经破胶的100%重复使用，编制《水基钻井液重复利用作业规范》。</p> <p>3. 主持研发了钻井废物原位破胶后的快速分离装备，编制了《废弃钻井液固液分离处理技术规范》。</p>
3	都伟超	教研室主任	副教授	西安石油大学	西安石油大学	<p>1. 参与研发钻井液钻屑不落地及无害化处理关键技术，实现现场钻井液平均回收利用率达到100%。</p> <p>2. 参与研制钻井液原位破胶剂和固液分离技术。</p> <p>3. 参与研发适用于天然气水平井重复使用的钻井液体系，主要负责了润滑剂和井壁稳定剂的研发。</p>
4	张勤	室主任	高级工程师	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司	<p>1. 参与研发了提切剂、润滑剂等关键处理剂，负责了提切剂的规模化加工技术研发，协助构建“三高三低一全双润滑”长水平井钻井液降摩减阻技术。</p> <p>2. 参与研发了泥岩稳定关键处理剂，负责了防塌钻井液材料加工试验，协助构建长水平井泥岩化学-力学协同稳定技术。</p> <p>3. 参与研发了系列用于长水平井钻井高性能水基钻井液技术。参</p>

						与制定了水平段钻井液施工工艺和作业技术规范，保障水平段可钻 5000+m。
5	袁英	副所长	副研究员	中国环境科学研究院	中国环境科学研究院	<p>1. 构建了钻井废弃物毒性-组分关联模型，指导含油钻屑热脱附效率提升至 98%（油含量<0.3%），揭示的固相有机质电子转移机制，优化了生物炭/腐殖质协同催化体系，使重金属固化率突破 95%，推动废弃物资源化率提高 40%。</p> <p>2. 阐明的土壤团聚体-有机质电子传递链，开发了木质素/腐殖酸改性钻井液处理剂，利用其氧化还原缓冲能力抑制钻井液高温降解，建立了低碳修复策略，实现钻井废液催化氧化-生物联用处理能耗降低 30%，碳排放强度下降 25%。</p>
6	倪维军	教研室主任	副教授	西安石油大学	西安石油大学	参与研发适用于天然气水平井重复使用的钻井液体系，负责优化材料好钻井液配方将其用于煤层气和陕南深部页岩气的钻井工程，引入可降解聚胺抑制剂和纳米封堵剂，使钻井液在 120 ℃、高浓度钙离子条件下仍保持 YP/PV>0.5，井壁失稳率由 5%降至 0.8%，为后续重复利用奠定性能基础。
7	王凯	副经理	高级工程师	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司	<p>1. 参与阐明了致密油气藏长水平段泥岩地层井壁失稳机理，参与研发了泥岩稳定关键处理剂，负责研发了植物胶包被剂，协助构建长水平井泥岩化学-力学协同稳定技术。负责了小井眼二开结构水平井井壁稳定技术的现场应用技术开发。</p> <p>2. 协助建立通过离子镶嵌、水活度匹配、级配封堵和滤液粘滞四</p>

						位一体协同防塌钻井液技术，岩屑回收率>95%，实现较低密度下泥岩段稳定周期>100 天，解决了塌漏矛盾突出的问题。
8	檀文炳	研究室主任	研究员	中国环境科学研究院	中国环境科学研究院	<p>1. 参与构建了钻井废弃物毒性-组分关联模型，指导含油钻屑热脱附效率提升至 98%（油含量<0.3%），揭示的固相有机质电子转移机制，优化了生物炭/腐殖质协同催化体系，使重金属固化率突破 95%，推动废弃物资源化率提高 40%。</p> <p>2. 参与阐明的土壤团聚体-有机质电子传递链，开发了木质素/腐殖酸改性钻井液处理剂，利用其氧化还原缓冲能力抑制钻井液高温降解，建立了低碳修复策略，辅助实现钻井废液催化氧化-生物联用处理能耗降低 30%，碳排放强度下降 25%。</p>
9	汪春林	总工程师	高级工程师	陕西合信油服科技股份有限公司	陕西合信油服科技股份有限公司	<p>1. 在受让西安石油大学专利“一种微乳液页岩抑制剂及其制备方法”基础上，进行了规模化生产，参与负责研发了强抑制性钻井液和防塌-堵漏一体化技术。</p> <p>2. 参与优化了系列用于长水平井钻井高性能水基钻井液技术，在不同储层特征的基础上，利用当地的优势资源研发了植物纤维防漏堵漏工作液。</p> <p>3. 依托本成果，联合西安石油大学建设了榆林市合信油服地层物理封堵工程技术研究中心组，负责了技术推广。</p>
10	张建甲	总工程师	高级工程师	北京华盛坤泰环境科技股份有限公司	北京华盛坤泰环境科技股份有限公司	<p>1. 负责了含难降解材料钻屑分级热脱附-资源化技术研发：设计旋转窑三级热脱附系统，使钻屑残油率<0.3%，并将产物转化为免烧陶粒建材（抗压强度$\geq 15\text{MPa}$），资源化率达 90%。</p> <p>2. 优化现场装备组合，双层共振</p>

						<p>振动筛：过流面积提升 50%，气控筛网快速更换；压滤机优化：PLC 控制+自动卸饼，效率提升 40%。循环罐竖排摆放，固控设备集中管理，占地面积减少 23.7%。</p> <p>3. 搭建了固液处理工艺集成智能监控平台，提升智能化和自动化，能耗较传统工艺降低 35%，综合处理成本降低 40% 以上。</p>
--	--	--	--	--	--	---

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	<p>1. 主持发明了系列环保型钻井液处理剂，针对不同的植物材料中主要成分和功能性成分的官能团，采用了羧甲基化、磷酸酯化、过渡金属盐络合阳离子化及其组合方式对粗纤维素、杂聚糖、植物胶、植物酚等植物材料进行改性，改善其溶解性、生物稳定性、热稳定性等理化性能，强化其在钻井液中控制粘土分散、流变性、滤失性、润滑性、防塌抑制性等性能，提高了植物材料的抗温性 40-60℃，可以满足长庆油气田、延长油田绝大多数中/深井油田的钻井作业需求，从源头上保障油气田钻井清洁化生产。</p> <p>2. 主持研发了一套适合钻井液“不落地”的环境友好型钻井液体系配方，解决了粘土含量高、盐膏层厚、岩性软硬交织的复杂地层、大位移井、定向井、水平井的快速钻井液体系、防塌钻井液体系、抗盐钻井液体系和废弃钻井液重复配液技术，精简了钻井液配方组成，并切实提高了钻井液体系的环境友好性，实现了钻井液和钻屑环保性源头化控制。</p> <p>3. 参与研发了一套适用于天然气水平井重复使用的钻井液体系，负责其中小分子泥岩抑制剂的研发和降滤失剂的优选，实现了井液均未经破胶-固液分离，进行了补充部分处理剂后直接重复使用，重复使用率 100%。</p> <p>4. 参与研发了钻井废液不落地处理与资源化利用技术，液原位非铝铁类破胶絮凝剂，快速去除原液中的有害固相成分，分理出的水可以直接配制钻井液，实现钻井液平均回收利用率达到 90% 以上，干化钻屑满足资源化利用标准。</p>
2	中国石油川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司	<p>1. 主持研发了一套适用于天然气水平井重复使用的钻井液体系，现场应用实现了钻井液不经破胶的重复使用，重复使用率 100%，编制了《水基钻井液重复利用作业规范》。钻井液重复使用前后的性能基本相当，不影响钻井液的重新配置和钻井施工效率，降低单井钻井液成本</p>

		<p>30%以上，节水效果显著。</p> <p>2. 主持研发了钻井液和钻屑不落地及无害化处理关键设备，采用模块化长框振动筛（5.8×0.6m 多节连接）配合 280-300 目高目数筛布，将劣质固相清除率提升至 92%，最小处理粒径达 40 μ m，实现含砂量<0.1%、固相含量<5%、塑性粘度<25mPa•s 的精准控制，解决了传统工艺跑浆和清除效率低的问题，显著提升超长水平段钻井的摩阻控制效果和井漏预防能力，优化设备配置后实现日节电~2600 度/井。编制了《废弃钻井液固液分离处理技术规范》。</p> <p>3.研发了固化剂、破稳剂等材料和利用水基钻屑制备免烧砖及造粒铺路的技自动化装备，形成了一套资源化利用技术，免烧砖用于油田内部基建，降低固废处置费用 60% 以上。</p> <p>4. 参与研发了系列环保型钻井液处理剂，参与研发了系列应对不同储层特点，解决复杂地层、大位移井、定向井、水平井问题的系列钻井液体系和废弃钻井液重复配液技术，易生物降解，不含重金属离子，实现了钻井液和钻屑环保性源头化控制。</p>
3	中国环境科学研究院	<p>1. 构建了钻井废弃物毒性-组分关联模型，指导含油钻屑热脱附效率提升至 98%（油含量<0.3%），揭示的固相有机质电子转移机制，优化了生物炭/腐殖质协同催化体系，使重金属固化率突破 95%，推动废弃物资源化率提高 40%。</p> <p>2. 阐明的土壤团聚体-有机质电子传递链，开发了木质素/腐殖酸改性钻井液处理剂，利用其氧化还原缓冲能力抑制钻井液高温降解，建立了低碳修复策略，实现钻井废液催化氧化-生物联用处理能耗降低 30%，碳排放强度下降 25%。</p>
4	陕西合信油服科技股份有限公司	<p>1. 在受让西安石油大学专利“一种微乳液页岩抑制剂及其制备方法”（授权号：ZL201810577512.2）基础上，优化制备工艺，进行了规模化生产，产品用于自主开发的长水平井强抑制性钻井液技术中。</p> <p>2. 参与优化了系列用于长水平井钻井高性能水基钻井液技术，使其更适合于榆林及鄂尔多斯地区的油气藏钻井。在不同储层特征的基础上，利用当地的优势资源研发了植物纤维随钻防漏堵漏材料，带动当地农民增收，漏失发生率降低了 50% 以上。</p> <p>3. 依托本成果，联合西安石油大学建设了榆林市合信油服地层物理封堵工程技术研究中心组，负责了环保型钻井液材料和钻井液技术推广。</p>
5	北京华盛坤泰环境科技股份有限公司	<p>1. 对少量含难降解材料的钻屑设计的旋转窑三级热脱附系统处理，使钻屑残油率<0.3%。负责了含难降解材料钻屑分级热脱附-资源化技术研发：设计旋转窑三级热脱</p>

		<p>附系统,使钻屑残油率<0.3%,并将产物转化为免烧陶粒建材(抗压强度≥15MPa),资源化率达 90%。</p> <p>2. 优化现场装备组合,双层共振振动筛:过流面积提升 50%,气控筛网快速更换;压滤机优化:PLC 控制+自动卸饼,效率提升 40%。循环罐竖排摆放,固控设备集中管理,占地面积减少 23.7%。</p> <p>3. 搭建了固液处理工艺集成智能监控平台,提升智能化和自动化,能耗较传统工艺降低 35%,综合处理成本降低 40%以上。</p>
--	--	---

11、完成人合作关系说明

第一完成人与都伟超、王清臣、张勤、倪维军、汪春林合作,成果获得 2023 年“陕西高等学校科学技术奖”一等奖。(共同获奖,其他附件 2-8)

第一完成人与袁英、檀文炳通过科研项目“多级孔道水滑石构筑与去除油田污水中难降解污染物研究”合作研究了废弃钻井液压滤液中难以降解污染物的吸附去除技术。(共同立项,其他附件 1-2[6])

第一完成人与王凯合作,成果获得 2023 年“陕西省环境保护科学技术奖”一等奖。(共同获奖,其他附件 2-9)

第一完成人与张建甲通过科研项目“无机纳米材料-天然高分子材料絮凝剂的研究”合作研究了乍得废弃钻井液清洁化处理技术。(共同立项,其他附件 1-2[10])