国家奖申报项目公示信息

**项目名称：**油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术与应用

**提名者：**陕西省科技厅

**提名意见：**针对黄土塬和毛乌素沙漠生态脆弱区油气田开发面临的严重缺水和环境污染双重压力，该项目创新了油气污染控制的多重物化强效处理与生物工程耦合的技术原理，通过多重物化-生物工程全流程耦合的资源化利用技术路线，实现了钻采污染物的相间高效转移、富集和有效降解，解决了油气开发污染治理过程中最终浓缩污染物难以处置的瓶颈问题。

该项目完成了多重物化与生物工程相耦合的系列技术发明，研发了钻采废液就地处理与回用的多系列成套装备和化学制剂、生物菌剂，提出了富集污染物的专性微生物诱导-土著微生物协同的生物工程技术，解决了长期以来我国缺水地区低渗透油田高成本、长距离罐车供水带来的开发效率低的瓶颈问题，极大程度地提高了钻采速度和产油效率，为黄土塬区油田开发提供了大型丛式井场的随钻并行、分散式井场集约式水再生利用两种工程模式，开创了国内外缺水地区低成本再生水高比例循环利用的工程应用先例，创建了污泥微生物治理工业化与规模化应用的先河，建立了国内最大的油气钻采废液集约式资源化处理工程。

该项目授权国家发明专利40项、实用新型专利15项，制定行业技术规范7项，发表论文60余篇，出版专著3部，开发系列制剂4类，研制处理装备100余套，应用于长庆油田在陕、甘、宁、内蒙4省区5000多个井场的污染治理，有力地促进了长庆油田5000万吨年油气产量持续稳产，产生了巨大的经济效益，得到了环境界的关注和赞誉，对构建绿水青山的“美丽中国”具有重要的社会与环境效益。

提名该项目为国家科学技术进步奖 二 等奖。

**项目简介**：该项目属于水污染防治工程领域。

针对黄土塬和毛乌素沙漠生态脆弱区油气开发面临的严重缺水问题和国家日益强化的环境要求，以构建绿水青山的“美丽中国”及实现长庆油田突破年5000万吨油气产量的国家产能建设为目标，针对钻采废液无害化处理和资源化利用需求，攻克了污染物改性、相间转移与富集降解、无害化处置等一系列国际技术难题，创新了全流程多重物化强效处理与生物工程耦合的技术原理，实现了高悬浮物浓度、高盐、高粘、高有机质，且水质多变性钻采废液的近零排放与资源回收利用，解决了我国缺水地区低渗透油气田供水保障难，输水成本高，开发效率低，环境污染严重等瓶颈问题，大幅度提高了钻采速度和产油效率，有力促进了油田的持续稳产和环境保护，取得了显著的经济效益。项目的创新成果主要包括：

（1）高浓度多元复合稳定悬浊液高效固液分离原理创新和技术突破。针对固体颗粒、无机胶体和有机高分子添加剂构成的高浓度超稳定钻采悬浊液，提出了多元复合体系中有机高分子空间位阻及胶体双电层压缩的准稳态调控理论，创新了高强度延时搅拌收缩脱水固液分离原理，突破了固相浓度高达15~25%的超稳悬浊体系固液分离的关键技术。

（2）高盐高粘高有机浓度废水多级物化-生物过程耦合原理和技术突破。探明了低渗透油田特征污染物大分子结构的定向氧化降粘及凝聚性、生化性改善与核晶诱导分离的作用机制，构建了有机物的高盐环境微生物自适应繁殖与强化降解体系，突破了臭氧混凝互促增效单元融合深度处理关键技术，创新了高盐高粘高有机浓度废水的多级物化-生物过程耦合原理。

（3）污泥无害化处置的多元微生物诱导激励体系构建原理和技术突破。以转移富集于泥相中污染物的无害化为目标，探明了专性微生物诱导和土著微生物反向激励的污染物协同降解机制，构建了以专性微生物制剂投加与诱导—土著微生物强化增殖耦合—污泥投配混合为核心的多元微生物工程技术体系，为污泥资源化利用奠定了基础。

（4）钻采废液处理与资源化利用全流程多重物化-生物耦合集成创新。提出了钻采废液处理与资源化利用全流程多重物化-生物耦合技术路线，结合油气作业特征与现场条件，创建了适于大型丛式井场的随钻并行处理及资源化利用、分散式井场集中式处理及资源化利用两种工程模式，应用于长庆油田在陕、甘、宁、内蒙4省区18个生产单位5000多个井场的污染治理，水资源再生利用率达80%以上，实现了废液近零排放，污泥全量资源化。

项目授权国家发明专利40项（其中1项获中国专利优秀奖）、实用新型专利15项，制定行业技术规范7项，发表SCI论文60余篇，出版专著3部，开发系列制剂4类，研制工程装备100余套。项目提供了缺水地区油气田废水低成本再生、高比例循环利用的工程先例，开创了污泥微生物治理工业化与规模化应用的先河，建成了国内最大的油气钻采废液集中式资源化处理场站，带来了油田产能建设规模扩大和产值提升，新增销售额31.592亿元（其中近3年21.862亿元），成果得到了国内外环境界的高度评价。

**客观评价**：

1. 技术鉴定与专家评价

（1）2014、2018年分别由陕西省科技厅及中国循环经济协会组织，侯立安院士担任评价委员会组长，对项目技术成果进行了评价，结论为“项目在多相稳定胶体悬浊体系的破胶脱稳，专性外源菌和土著菌的协同作用机制，及污染物处理全流程的多重物化-生物工程耦合技术方面达到了国际领先水平（附件7、8）。

（2）中国工程院付贤智院士和美国工程院Glen T. Daigger院士对多重物化耦合的水处理装备给予评价：“提出的臭氧混凝耦合工艺具有较高的学术水平及应用价值，为水处理领域提供了复合型有机污染物高效去除的新思路，具有重要的行业影响力”、“将臭氧氧化、混凝、气浮工艺有机结合，具有很强的创新性，在城市污水及工业废水深度处理与资源化领域具有广阔的应用前景”（附件9）。

（3）中国科学院高德利院士对项目创建的工程模式给予评价：“创建了适于大型丛式井场的随钻并行处理及资源化利用和分散式井场集约式处理及资源化利用两种工程模式，是我国油气绿色开发的重大进步，有力地保障了生态脆弱区油气田的可持续发展”（附件10）。

2. 获奖情况

项目相关技术成果获2014年陕西省科学技术一等奖、2017年中国有色金属工业科学技术一等奖、2018年第20届中国专利优秀奖以及2015年“中国产学研合作创新成果优秀奖”（附件11）。

3. 技术检测报告

（1）项目组研制的高悬浊质废水快速浓缩脱水技术与装置，经认定该技术装备适用于5-25%的超高浓度悬浊液的强化分离与污泥浓缩，脱水后污泥含固率可降低至65%以下，处理装备占地面积<1m2/m3（附件12、13）。

（2）项目组研发的多级臭氧气浮水处理技术与设备应用于中石油长庆油田作业废水、钻井泥浆分离水等钻采废水的处理，撬装式油田压裂废液处理装置应用于压裂废水处理及再生利用，经认定处理水达到了《压裂液通用技术条件》（SY/T 6376-2008）、《钻井液技术规范》（SY/T 8129-2005）、《碎屑岩油注水水质推荐指标》（SY/T 5329-2012）水质要求，满足再次配制钻井工作液、回注地层驱油的水质要求，处理装备占地面积分别小于0.75 m2/m3和2.0 m2/m3。（附件14~16）。

（3）项目开发的生物工程技术应用于油气开发固体物的安全处置，经认定污泥浸出物没有毒性，达到了《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）二级标准中农田旱地类指标的要求，满足沙漠改良与土壤修复的要求（附件17、18）。

（4）苏里格气田钻井岩屑/压裂返排液集中处理厂的处理水优于《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的 V类水体，达到了油田行业《压裂液通用技术条件》(SY/T 6376-2008)、《钻井液技术规范》(SY/T 8129-2005)的要求；制得的建筑材料环保性能指标均满足《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB 5086.3-2007)和《混凝土路面砖》(GB28635-2012)的要求（附件19-22）。

4. 主要验收意见

（1）项目依托4项国家自然科学基金项目开展多重物化的强效处理基础理论研究，基金项目于2005、2010、2012、2016年通过结题验收（附件23）。

（2）中石油重大科技专项“中国石油低碳关键技术研究”2015年通过了结题验收，主要意见为：“提出了以微界面凝聚控制为基本单元，离子掩蔽、高级氧化和膜分离为终端保障的井场措施废液模块化处理技术，实现了废水的循环利用”，“节能节水技术在中石油低渗透油田具有推广应用潜力，为中石油低渗透油田节能减排提供技术支撑”（附件24）。

（3）陕西省科技统筹重点项目“油田井场废水模块化处理设备研发与应用”2016年通过了结题验收，主要意见为：“研制的油田井场废水处理设备可针对不同废水水质和处理水归宿进行优化组合，处理水达到了达标排放或回注驱油、道路浇洒及配制压裂液等多途径再生利用的目的”（附件25）。

5. 用户评价

（1）针对项目技术在长庆油田位于陕、甘、宁、内蒙4省区18个油田生产单位的推广应用，中石油长庆油田油气工艺研究院评价：“项目技术为长庆油田年5000万吨油气持续稳产建立了牢固的环保屏障，提供了水资源保障的解决途径，有力地促进了油田绿色和谐发展”（附件26）。

（2）生物修复后的固体物作为改良剂用于毛乌素沙漠治理，乌审旗国土资源局评价：“将生物修复后的固体物用于乌审旗地区沙漠改良，改良后可种植胡杨、甘草、沙柳等免耕无灌溉经济植物，对毛乌素沙漠治理提供了新的思路”（附件27）。

6. 媒体评价

《科技日报》以“低渗透油气田开发水资源保障与水污染治理的领航者”为题报道了金鹏康教授团队的研究成果：项目“实现了废弃钻井液的就地浓缩减量，分离水提供井场环境用水，通过再生水补充钻井用水带来了油气田产能建设规模的大幅扩大和产值的提升，推动了石油天然气行业的绿色技术进步”（附件28）。

**应用情况**：

项目成果应用于中石油长庆油田在陕西、甘肃、宁夏、内蒙古4省区的18个油田生产单位共计5000多个井场的污染治理，水资源重复利用率达80%以上，实现了作业废水配制钻井工作液、市政杂用、苗圃培植等多途径回用，以及污泥无害化处置后用于土壤沙漠改良、建筑和路基材料等近零排放，大幅降低了油气开发的用水成本。具体应用见下表（附件4）：



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 中石油长庆油田分公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 长庆油田陕、甘、宁、内蒙4省区18个油田生产单位 | 2010.01~2018.11 | 蒋继辉/  15319745465 |
| 2 | 内蒙古恒盛环保科技工程有限公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 建成钻采废液集中处理厂一座，废液处理能力5000m3/d，岩屑处理能力50×104 m3/d | 2015.10~2018.11 | 姚留栓/  15149663351 |
| 3 | 中国石油集团川庆钻探工程有限公司工程技术研究院 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 长庆油田位于陕西、甘肃、宁夏、内蒙4省区共12个采油厂的钻井开采 | 2012.05~2018.12 | 黎金明/  13571952816 |
| 4 | 宁夏润庆工贸有限公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 长庆油田陕、甘、宁3省区12个采油厂 | 2010.01~2018.12 | 贺伟/  18066633833 |
| 5 | 北京中科润金环保工程股份有限公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 长庆油田陕、甘、宁3省区12个采油厂 | 2010.01~2018.12 | 陈荣/  13911872319 |
| 6 | 扬州绿都环境工程设备有限公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 中石化、中石油及延长石油等企业 | 2011.01~2018.12 | 康峰/  13390654666 |
| 7 | 北京宝绿园生物科技有限公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 中国石油长庆油田分公司陇东、姬塬、安塞、绥靖等区块12个采油厂 | 2012.01~2018.12 | 王树国/  18601371526 |
| 8 | 西安晶达化工有限公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 长庆油田陕、甘、宁、内蒙4省区18个油田生产单位 | 2011.01~2018.12 | 杨赞/  13299111085 |
| 9 | 志丹县方园(集团)油气开发有限公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 长庆油田陕、甘、宁3省区12个采油厂 | 2010.01~2018.12 | 李花/  13992157222 |
| 10 | 延安源茂工贸有限公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 长庆油田陕、甘、宁3省区12个采油厂 | 2010.01~2018.12 | 刘金伟/  18166691777 |
| 11 | 川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司第五工程项目部 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 井场道路硬化 | 2015.11~2018.11 | 黎金明/  13571952816 |
| 12 | 乌审旗博业工程建设有限责任公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 乌审旗市政杂用 | 2015.12~2018.11 | 张利军/  15134912555 |
| 13 | 乌审旗博业工程建设有限责任公司 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 乌审旗当地部分设施铺设 | 2015.11~2018.11 | 张利军/  15134912555 |
| 14 | 乌审旗国土资源局 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 沙漠修复 | 2015.11~2018.11 | 苏日娜/  15540188276 |
| 15 | 乌审旗苏力德苏木苏里格生态新村 | 油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术 | 新村苗圃灌溉与道路浇洒 | 2015.12~2018.11 | 王志斌/  15947266338 |

**主要知识产权和标准规范等目录**：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家  （地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号 （标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 发明专利 | 一种多级臭氧气浮一体化装置 | 中国 | ZL201410616487.6 | 2015.12.9 | 1877763 | 西安建筑科技大学；陕西汇丰悦石油科技开发有限公司；浙江丰林染整有限公司 | 金鹏康；金鑫；韩冬；胡晓辉；杭建春；王自元；魏哲超 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种高悬浊体系废水延时搅拌混凝造粒处理方法与装置 | 中国 | ZL 201410085481.0 | 2015.5.27 | 1679733 | 西安建筑科技大学 | 金鹏康;任武昂;王晓昌 | 有效专利 |
| 发明专利 | 修复黄土塬区石油污染土壤的微生物复合菌剂及修复方法 | 中国 | ZL 201210272041.7 | 2013.7.31 | 1244971 | 中国石油天然  气股份有限公  司 | 张海玲；毛怀新；曾亚勤；周立辉；杨琴；任建科；冀忠伦；陈丽华；李岩；赵敏；张璇；任小荣；蒋继辉 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种油田水平井压裂废水处理及资源化利用方法 | 中国 | ZL 201210381905.9 | 2014.4.2 | 1374182 | 西安建筑科技大学 | 金鹏康;贺栋;任武昂;金鑫 | 有效专利 |
| 发明专利 | 油田井场废弃钻井泥浆快速浓缩脱水方法与装置 | 中国 | ZL201310329950.4 | 2015.5.27 | 1680190 | 西安建筑科技大学 | 金鹏康；任武昂；王先宝；金鑫 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种低浓度有机物的核晶凝聚方法 | 中国 | ZL 201310690137.X | 2015.4.8 | 1625639 | 西安建筑科技大学 | 金鹏康;王晓昌;任武昂;金鑫 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种利用微生物降解井场含油污泥的方法 | 中国 | ZL201010550531.X | 2013.7.31 | 1243618 | 中国石油天然  气股份有限公  司 | 周立辉；曾亚勤；任建科；张海玲；杨琴；冀忠伦；李岩；张璇；赵敏 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种适合提高含油污泥生物降解率的微生物营养配方 | 中国 | ZL201110191246.8 | 2013.5.29 | 1202751 | 中国石油天然  气股份有限公  司 | 周立辉；任建科；张海玲；冀忠伦；杨琴；赵敏；李岩；张璇；任小荣；蒋继辉 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种油田集中式压裂废水处理工艺 | 中国 | ZL201310559708.6 | 2016.1.6 | 1908321 | 中国石油天然  气股份有限公  司 | 任小荣；毛怀新；朱国君；曾亚勤；周立辉；穆谦益；冀忠伦；蒋继辉；张海玲 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种用油田废水配制压裂液基液的方法 | 中国 | ZL201310074738.8 | 2014.12.24 | 1554252 | 中国石油天然  气股份有限公司 | 蒋继辉；周立辉；任建科；曾亚勤；冀忠伦；赵敏；任小荣；李岩；张海玲；张璇；杨琴 | 有效专利 |

**主要完成人情况**：

公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献。

1. 金鹏康，第一完成人，无，教授，西安建筑科技大学，西安建筑科技大学

对本项目技术创造性贡献：项目负责人，全面负责技术路线制定、项目总体规划与实施。完成了项目第一、二、三、四项科技创新，完成了项目多重物化与生物工程耦合技术的原理创新及技术研发，主持研发了污染物的多重物化处理于资源化、超高浓度钻采废液高效固液分离、污泥的生物工程处置与资源化等系列技术，促使了技术发明的装备化，提出并推动了相关技术的工程应用。

1. 王晓昌，第二完成人，无，教授，西安建筑科技大学，西安建筑科技大学

对本项目技术创造性贡献：在本项目中完成了第一和第二个主要科技创新中的部分内容，负责完成了油气田钻采废液的多重物化处理技术原理创新和理论研究工作，协助完成项目技术总体路线制定与实施，开发了多种微生物毒性的检测与多重物化相关技术。

1. 沈复孝，第三完成人，副总经理、安全总监，教授级高级工程师，中国石油长庆油田分公司，中国石油长庆油田分公司

对本项目技术创造性贡献：在本项目中负责第四项科技创新的部分内容，完成了钻采废液处理与资源化利用全流程多重物化-生物耦合集成创新，组织编写了《废弃水基钻井液及岩屑泥浆池原位处理技术规范》（Q/SY CQ 08003-2018），促使项目技术成果在长庆油田规模化应用。

1. 李向阳，第四完成人，处长，高级工程师，中国石油长庆油田分公司，中国石油长庆油田分公司

对本项目技术创造性贡献：在本项目中协助完成了第四项科技创新的部分内容，实施了陕西榆林、宁夏固原、甘肃陇东等采油区400多个井场的示范工程建设，负责实施效果评定与数据整理分析，评价项目推广应用的处理效果，参与编写了《废弃水基钻井液及岩屑泥浆池原位处理技术规范》（Q/SY CQ 08003-2018）等多项技术规程，推动了项目研发技术的应用与实践。

1. 周立辉，第五完成人，主任，高级工程师，中国石油长庆油田分公司，中国石油长庆油田分公司

对本项目技术创造性贡献：牵头组建了与西安建筑科技大学的产学研合作联盟，在项目中完成了第三项科技创新的部分内容，负责项目中专性微生物-优土著菌协同生物工程技术的研发及推广应用，协同研发了系列生物菌剂、化学制剂及技术装备，参与了多项企业技术标准的制定与实施，促进了项目技术成果在长庆油田的规模化应用。

1. 金鑫，第六完成人，无，助教，西安建筑科技大学，西安建筑科技大学

对本项目技术创造性贡献：在本项目中参与完成了第一项科技创新中的部分内容和第二项科技创新的主要内容，负责完成了项目研发的多重物化组合与生物工程技术的工程转化及现场应用与服务，合作完成了“一种多级臭氧气浮一体化装置”等专利技术的研发、多重物化组合技术的理论研究及相关技术设备的推广应用，合作获得“产学研合作创新成果优秀奖”。

1. 李广平，第七完成人，厂长，工程师，内蒙古恒盛环保科技工程有限公司，内蒙古恒盛环保科技工程有限公司

对本项目技术创造性贡献：在本项目中参与完成了第四项科技创新的部分内容，全面负责多重物化-生物工程全流程耦合资源化技术的集中式工厂化工程模式的建设、推广应用和技术服务工作，合作建成了国内最大的油气钻采废液集中式资源化处理工程，完成了项目的社会、经济和环境效益分析。

1. 孙先锋，第八完成人，无，副教授，西安工程大学，西安工程大学

对本项目技术创造性贡献：在本项目中完成了第三项科技创新中的部分内容以及第四项科技创新的部分内容，负责富集污泥无害处置的多元微生物诱导激励体系理论技术研究，合作完成了“基于假单胞菌、芽胞杆菌与电场联合的油污土壤降解方法”等系列专利技术，与西安建筑科技大学共同研发了专性微生物诱导-土著微生物协同的多元生物工程技术体系，并协同完成了相应的工程应用与技术推广。

1. 薛建强，第九完成人，无，高级工程师，中国石油长庆油田分公司，中国石油长庆油田分公司

对本项目技术创造性贡献：在本项目中参与完成了第四项科技创新中的部分内容，负责完成了项目组研发的多重物化与生物工程耦合技术的随钻并行工程模式的建设、推广与应用，完成了项目技术的经济、环境效益分析，参与编写了《废弃水基钻井液及岩屑泥浆池原位处理技术规范》（Q/SY CQ 08003-2018）等技术规程。

1. 刘汉斌，第十完成人，副院长，高级工程师，中国石油长庆油田分公司，中国石油长庆油田分公司

对本项目技术创造性贡献：在本项目中参与完成了第三项和第四项科技创新中的部分内容，负责油气田含油污泥的性质分析和专性微生物诱导-土著微生物协同的多元生物工程技术的性能评价与工程应用，完成了项目的技术经济分析，参与编写了《废弃水基钻井液及岩屑泥浆池原位处理技术规范》（Q/SY CQ 08003-2018）等技术规程。

**主要完成单位及创新推广贡献**：

1. 西安建筑科技大学，第一完成单位

作为项目完成单位，全面负责项目的组织实施、理论分析以及技术路线的确定，确立了“多相稳定体系破胶∙脱稳∙降粘—有机物化学改性—强化分离富集—专性微生物诱导—多元微生物体系形成”的技术方向，并充分考虑人员组成，合理协调具有很强实力的理论分析、工艺设计、化学分析、实验技术、计算解析的中青年教师和技术人员完成项目的技术研究与工程实施。并通过产学研合作，与中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、内蒙古恒盛环保科技工程有限公司、西安工程大学共同完成了技术研发与推广应用。

1. 中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司，第二完成单位

2010年以来，中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司与西安建筑科技大学围绕石油天然气开发，先后合作完成了多项污染控制科研课题，为石油开发过程中产生的作业废水和含油污泥等污染处理的顺利实施和科研成果的积累提供了大量的人力、物力、财力以及现场实践条件。在本项目中，合作研发了石油钻采废液的污染控制专利技术，论证分析了项目构建的多重物化与生物工程耦合技术在石油开发过程中的创新性、实用性和有效性，并牵头编制了相关行业技术规范和标准。此外，以企业应用为纽带，联合西安建筑科技大学、西安工程大学共同攻关项目的技术难题，完善了具体工艺和设备，实现了专利技术的设备化和工业规模化应用。

1. 内蒙古恒盛环保科技工程有限公司，第三完成单位

内蒙古恒盛环保科技工程有限公司是一家集工业废水处理（钻井岩屑、压裂返排液、试气作业污水无害化处理运营）,工业固体废物处理，环保技术研发与服务，环保设备、节能产品、化工产品的研发、制造与销售的综合性环保企业。作为项目完成单位，内蒙古恒盛环保科技工程有限公司与西安建筑科技大学进行产学研合作，应用所研发的油气钻采废液的物化-生物全流程耦合资源化技术，合作建成了国内最大的油气钻采废液集中式资源化处理工程，达到了油气田污染物削减与多途径资源化利用的目的，显著降低了企业用水成本，实现了油气田污染的高效控制，解决了我国生态脆弱地区油气田开发过程中所产生的钻采废液与固体废物难以合理处置的问题。加速了技术成果的工程转化，促进了项目技术的发展。

**完成人合作关系说明**：

该项目由西安建筑科技大学、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、内蒙古恒盛环保科技工程有限公司、西安工程大学4家单位合作完成。完成人中金鹏康、王晓昌、金鑫隶属于西安建筑科技大学，沈复孝、李向阳、周立辉、薛建强、刘汉斌隶属于中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司，李广平隶属于内蒙古恒盛环保科技工程有限公司，孙先锋隶属于西安工程大学。

金鹏康与王晓昌长期以来致力于多重物化耦合原理与技术开发研究，合作出版了《水中胶体物的混凝原理和应用》专著，并与金鑫合作出版专著《臭氧混凝互促增效机制及其应用》，发表了相关研究论文，申请并授权了系列专利。

周立辉牵头组建了中石油长庆油田分公司与西安建筑科技大学、西安工程大学的产学研合作联盟。依托合作完成的陕西省科技统筹创新工程计划项目以及中国石油天然气股份有限公司、中石油长庆油田公司委托的一批科技攻关课题，由陕西省科技厅组织鉴定了金鹏康、王晓昌、李向阳、周立辉、孙先锋等完成的《黄土塬区油气田废弃钻井液安全处置与水再生利用关键技术研究及应用》，并于2014年、2015年分别合作获得“陕西省科学技术一等奖”、“产学研合作创新成果优秀奖”。

除此之外，金鹏康积极拓展产学研合作途径，与内蒙古恒盛环保科技工程有限公司开展了钻采废液集中化处理与资源化利用关键技术研发，将其与金鑫合作完成的核心专利“一种多级臭氧气浮一体化装置”进一步推广应用，获得了第20届中国专利优秀奖。对此，中国循环经济协会对金鹏康、王晓昌、李广平、金鑫等完成的《超高浓度油气钻采废液集中化综合处理与资源化利用》进行了技术评价。

金鹏康与孙先锋共同申请并授权的物化-生物耦合处理污染污泥的6项国家发明专利，以及沈复孝、李向阳、周立辉、薛建强、刘汉斌等相关研究人员开发的生物菌剂、制定的技术规范与标准进一步完善了钻采废液处理产生的污泥二次污染控制与资源化利用技术，从而形成了完整的油气钻采废液多重物化-生物工程全流程耦合的资源化技术体系。

在项目实施过程中，金鹏康、王晓昌、金鑫、孙先锋、周立辉等负责完成了项目研发的多重物化-生物工程耦合的原理创新及其技术工程装备化、现场应用与服务；沈复孝、周立辉负责项目技术开发与工程设计，完成了钻采废液处理与资源化利用全流程多重物化-生物耦合集成创新；李向阳、薛建强、刘汉斌等负责项目组研发的多重物化与生物工程全流程耦合的资源化工程模式研究、技术推广与应用、技术经济与环境效益分析、实施效果评价等；李广平责多重物化-生物工程全流程耦合资源化技术的集中式工厂化工程模式的建设、推广应用和技术服务等工作。具体合作关系情况见完成人合作关系情况汇总表。