

西安石油大学 2018 年陕西省科技奖申报公示

项目名称：高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术及应用

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、对本项目主要学术和技术创造性贡献）

姓名	窦益华	行政职务	院长	工作单位	西安石油大学
排名	1	技术职称	教授	完成单位	西安石油大学
对本项目主要学术和技术创造性贡献	项目负责人，负责项目总体研究方案和方向。建立了试油与完井管柱屈曲变形微分方程，提出了高难度复杂井试油与完井管柱强度安全性分析方法；提出了高难度复杂井试油与完井过程中自由段和固井段套管强度安全性分析与评价方法；建立了磨损套管双极坐标法理论分析模型，完成了磨损套管剩余强度分析。成果被编入《SY/T6581 高压油气井测试技术规程》等行业标准。				

姓名	杨向同	行政职务	副院长	工作单位	中石油塔里木油田分公司油气工程研究院
排名	2	技术职称	高级工程师	完成单位	中石油塔里木油田分公司油气工程研究院
对本项目主要学术和技术创造性贡献	根据塔里木油田工艺特点，完善了高难度复杂井试油与完井管柱力学和井筒评价方法，提出针对塔里木油田高温高压气井中油管 and 套管安全评价与控制要点，组织实施了“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术”在塔里木油田推广应用；参与制定了《SY/T6581 高压油气井测试技术规程》行业标准；参与研制了“钻杆与套管摩擦磨损试验机”。				

姓名	曹银萍	行政职务	系副主任	工作单位	西安石油大学
排名	3	技术职称	副教授	完成单位	西安石油大学

对本项目主要学术和技术创造性贡献	提出了考虑油管接头、管柱变径、井筒变径的变截面管柱屈曲与强度安全性能的精细化分析方法，提高了管柱强度安全评价精度；分析了管柱的轴向变形与效应，完成了管柱的载荷与应力强度安全性研究；参与开发了“套管磨损程度及剩余强度分析软件”；参与完成了“试油井下管柱载荷测试器”现场实测。				
------------------	--	--	--	--	--

姓名	李明飞	行政职务	无	工作单位	西安石油大学
排名	4	技术职称	讲师	完成单位	西安石油大学
对本项目主要学术和技术创造性贡献	将射孔孔眼看作弹性力学中的经典孔口问题，综合考虑应力集中和断裂损伤对强度的影响，提出了应用双判据理论确定射孔套管的剩余强度系数的方法，完成了射孔段管柱强度安全分析；研发了“射孔套管剩余强度分析软件”并应用 20 余次井例；提出了“活塞-弹簧式射孔枪防胀保护装置”，并申请实用新型专利。				

姓名	秦彦斌	行政职务	无	工作单位	西安石油大学
排名	5	技术职称	副教授	完成单位	西安石油大学
对本项目主要学术和技术创造性贡献	主持研发了“试油与完井管柱力学分析软件”和“套管磨损程度及剩余强度分析软件”；主持研制了套管磨损实验机和液压管钳扭矩标定义；负责套管摩擦系数与磨损效率实验；参与研发了“射孔套管剩余强度分析软件”。				

姓名	王治国	行政职务	系副主任	工作单位	西安石油大学
排名	6	技术职称	副教授	完成单位	西安石油大学
对本项目主要学术和技术创造性贡献	分析了环空束缚空间因温度降低而导致的压力降低和温度升高膨胀导致的压力升高，为油套管柱强度安全评价提供了温度参数和压力载荷，在“试油与完井管柱力学分析软件”中增加了温度场和压力场分析模块，提高了管柱力学分析的科学性；完成了多种管材+多种冲蚀液体+多种固相组合的冲蚀实验，得到了冲蚀速率模型。				

姓名	崔璐	行政职务	系主任	工作单位	西安石油大学
排名	7	技术职称	副教授	完成单位	西安石油大学
对本项目主要学术和技术创造性贡献	将汽轮机材料在高温下的材料蠕变性能研究方法应用于试油与完井油套管安全评价，建立了高温对管材性能及封隔器材料性能和强度安全性的影响模型，完成了高难度复杂井试油与完井封隔器等井下工具力学分析；提出了“可调角度式水力喷砂射孔压裂喷枪”，并申请发明专利。				

姓名	王祖文	行政职务	总工程师	工作单位	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司
排名	8	技术职称	教授级高工	完成单位	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司
对本项目主要学术和技术创造性贡献	根据鄂尔多斯致密油气水平井分段压裂工艺特点，完善了高难度复杂井试油与完井管柱力学和井筒评价方法，提出针对长庆油田特点的油套管柱安全评价与控制要点，组织实施了“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术”在中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司的推广应用。				

姓名	马文海	行政职务	室主任	工作单位	大庆油田有限责任公司采油工程研究院
排名	9	技术职称	高级工程师	完成单位	大庆油田有限责任公司采油工程研究院
对本项目主要学术和技术创造性贡献	针对庆深气田高温、深井试油、完井特点，完善了高难度复杂井试油与完井管柱力学和井筒评价方法，提出针对庆深气田特点的油套管柱安全评价与控制要点，组织实施了“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术”在庆深气田的推广应用。				

姓名	米红学	行政职务	主管	工作单位	中国石油集团西部钻探工程有
----	-----	------	----	------	---------------

					限公司试油公司
排名	10	技术职称	高级工程师	完成单位	中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司
对本项目主要学术和技术创造性贡献	根据新疆油田特点，完善了高难度复杂井试油与完井管柱力学和井筒评价方法，提出针对新疆油田高温高压深井中油管 and 套管安全评价与控制要点，组织实施了“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术”在中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司的推广应用。				
姓名	于洋	行政职务	无	工作单位	西安石油大学
排名	11	技术职称	讲师	完成单位	西安石油大学
对本项目主要学术和技术创造性贡献	分析了不同工况下常用特殊螺纹油管接头螺纹参数及其连接强度与密封性的变化，提出了特殊螺纹油管接头选择建议，为特殊螺纹接头在油田的应用提供了技术指导。提出了“电磁液压组合动力卡瓦”，并申请实用新型专利；参与“液压管钳扭矩检测标定仪”的研制。				

完成人合作关系说明、

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果
1	合作研究、产业化	杨向同/2	1997.01	2017.12	陕西高等学校科学技术奖一等奖；钻杆与套管摩擦磨损试验机专利
2	合作研究	曹银萍/3	2010.09	2017.12	陕西高等学校科学技术奖一等奖；合作完成项目
3	合作研究	李明飞/4	2008.10	2017.12	陕西高等学校科学技术奖一等奖；一种活塞-弹簧式射孔枪防胀保护装置专利；合作完成项目

4	合作研究	秦彦斌/5	2005.10	2017.12	陕西高等学校科学技术奖一等奖；套管磨损程度及剩余强度分析软件；合作完成项目
5	合作研究	王治国/6	2013.12	2017.12	陕西高等学校科学技术奖一等奖；合作完成项目
6	合作研究	崔璐/7	2012.08	2017.12	陕西高等学校科学技术奖一等奖；可调角度式水力喷砂射孔压裂喷枪专利；合作完成项目
7	合作研究、产业化	王祖文/8	2013.01	2017.12	陕西高等学校科学技术奖一等奖
8	合作研究、产业化	马文海/9	2009.01	2017.12	陕西高等学校科学技术奖一等奖
9	合作研究、产业化	米红学/10	1997.01	2017.12	陕西高等学校科学技术奖一等奖
10	合作研究	于洋/11	2009.09	2017.12	一种电磁液压组合动力卡瓦专利；合作完成项目

主要完成单位排序及贡献

第一完成单位	西安石油大学
对本项目贡献	1、根据试油与完井套管强度安全评价需要，模拟钻杆-套管接触工况，研制环块式钻杆-套管磨损实验机、

往复式钻杆-套管磨损实验机，用目标区块实际的钻杆及套管材料，在实际的钻井液中，通过实验得到预测套管磨损程度的关键参数；根据《钻井井史》所能提供的参数，分析套管磨损程度；用理论与实验的手段分析磨损套管的剩余强度。以此为重点，综合考虑全井深岩性、井身结构（套管程序）、人工井底、尾管悬挂、分级箍与回接筒强度、套管坐挂、固井质量，考虑射孔削弱，考虑套管与地层的相互作用，考虑试油、改造及完井投产过程中的温度、压力变化，进行套管强度安全评价，分析套管对试油与完井工艺的适应性。以此为基础，优选试油与完井工艺方式和坐封井段，优化射孔方案，确定尾管回接高度、允许替液密度、环空操控压力，在确保套管安全的前提下，确保试油与完井工艺目的的实现。

2、根据高难度复杂井试油与完井管柱强度安全评价需要，在鲁宾斯基管柱力学基础上，综合考虑井身结构、井眼轨迹、管柱组合、封隔器型式与坐封情况，考虑井口及封隔器约束，考虑管柱变径、井筒变径和管柱接头及封隔器影响，考虑管内外流体，考虑温度、压力等参数的变化，考虑下钻、替液、坐封、射孔、改造、排液、开关井、压井等试油与完井生产过程，考虑高难度复杂井试油与完井作业特点，进行变截面管柱屈曲分析、轴向变形与效应分析、载荷分析、应力强度及安全性分析，并进行必要的室内实验和现场实验验证；进行油管接头连接强度与密封性能分析；进行油管冲蚀实验，建立管材冲蚀预测模型；研发管柱力学分析软件、管柱冲蚀分析软件；形成高难度复杂井试油与完井管柱强度安全评价技术（企业标准），以此指导试油与完井工艺优选、管柱组合优选、坐封参数优选，将井口油套压力和生产参数控制在安全范围内。

3、高温高压深井及致密储层、火山岩储层水平井等高难度复杂井试油与完井封隔器等井下工具型式较多，既有释放悬重坐封的 RTTS 封隔器，也有投球打压坐封的 SAB-3、THT、MHR 封隔器，还有水力扩张的 K344 封隔器。不同的封隔器型式及坐封参数，既影响管柱的初始载荷，又影响改造、开井、关井等不同工况下封隔器自身的定位与密封性能。为此，进行复杂试油与完井工艺下以封隔器为代表的井下工具整体受力分析、井下工具零件应力分析、封隔器胶筒受力分析、封隔器与套管相互作用分析，探寻封隔器失封与损坏的潜在原因；通过优选封隔器、优选坐封与施工参数、优化改进封隔器结构等措施，确保封隔器有效定位、密封，避免封隔器失封或损坏事故，减少套压异常升高情况，确保油套管柱安全。

4、根据特殊螺纹油管接头特点，根据油田现场作业实际情况，提出油管接头扣型优选、油管入井工艺优化、工具优化、工序优化建议，提出油管接头上扣扭矩及其控制技术；研制油管入井质量控制关键设备，控制试油与完井管柱入井质量，确保管柱功能和管柱强度安全。

第二完成单位	中石油塔里木油田分公司油气工程研究院
对本项目贡献	根据塔里木油田工艺特点，完善了高难度复杂井试油与完井管柱力学和井筒评价方法；参与研制了“钻杆与套管摩擦磨损试验机”和“液压管钳扭矩检测标测定仪”；提供研究所需 SAB-3、THT、MHR、K344 封隔器，为“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术”在塔里木油田的推广应用提供技术支撑和实验支撑。
第三完成单位	中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司
对本项目贡献	根据新疆油田高温高压深井的试油、完井特点，完善了高难度复杂井试油与完井管柱力学和井筒评价方法，提供了磨损、射孔套管实验所需的 TP140、P110 管材，为“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术”在中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司的推广应用提供技术支撑和实验支撑。
第四完成单位	大庆油田有限责任公司采油工程研究院
对本项目贡献	针对庆深气田高温、深井的试油、完井特点，完善了高难度复杂井试油与完井管柱力学和井筒评价方法；提供了套管磨损实验所需水基泥浆、油基泥浆、聚磺体系泥浆，为“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术”在庆深气田的推广应用提供技术支撑和实验支撑。
第五完成单位	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司
对本项目贡献	根据鄂尔多斯致密油气水平井分段压裂工艺特点，完善了高难度复杂井试油与完井管柱力学和井筒评价方法，将“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术”在中国石油集团西部钻探、川庆钻探工程有限公司应用 100 多井次，应用效果良好。

完成单位合作关系说明、

自 2000 年开始，以井下套管力学分析、井下管柱力学分析、井下工具力学分析技术为基础，集成为“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术”技术，在中石油塔里木油田分公司油气工程研究院、中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司、大庆油田有限责任公司采油工程研究院、中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司现场进行单井技术服务，为西气东输一期工程主力气田克拉 2 气田、迪那 2 气田、大北 3 气田及塔里木盆地塔深 1（井深 8408 米）、英科 1、柯深 101、羊塔 2、迪那 11、迪那 201、塔东 2、东秋 8、乌参 1、满东 1、塔中 50、群 6、野云 2、大北 101、大北 301、克拉 2-7、克深 2、克深 7、克深 901 井，准噶尔盆地莫深 1、西 5、霍 10、牧 7、安 5、东湾 1、西湖 1、中佳 1、盆 8、托 6、盐北 1、达探 1、美 8、阜东 18 井，大庆油田徐深 21-平 1、汪深 1-平 1、齐平 1-1 井、川渝盆地龙岗 1、剑门 1、龙岗 2、龙 16、龙 105、荷深 1、高石 2、双探 1、磨溪 008-15-H1、磨溪 009-3-X1、元坝 1 井，川庆钻探公司吴平 468-11、吴平 460-14、忠 2、扎平 1、扎平 2 井，华北油田牛东 101 井、大港油田歧深 1、吉林油田长深 1 井等我国陆上油田高难度复杂井试油与完井提供了技术支持，确保了试油与完井管柱的安全及施工作业安

全。

合作的主要目标为：分析试油与完井过程中套管、油管及封隔器等井下工具的强度安全性能及其影响因素；开发必要的套管、油管、井下工具强度安全评价软件；提出高难度复杂井试油与完井油套管柱强度安全评价方法（企业标准）；研制必要的实验仪器、实验设备和现场质量控制设备；提出高难度复杂井试油与完井油套管柱安全控制措施，通过优化试油与完井工艺，优化井筒准备，优化射孔方案，优选管材，优选油管扣型，优选封隔器等井下工具，优化管柱组合，优化油管入井质量，优化施工参数等方式，达到试油与完井各工序下油套管柱安全可控的目的。

合作的主要内容：西安石油大学与中石油塔里木油田分公司油气工程研究院、中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司、大庆油田有限责任公司采油工程研究院、中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司等合作过程中，西安石油大学为技术提供方及技术应用过程中的技术支持，与相关企业依据其所在地域进行市场开拓与技术推广应用。西安石油大学保证其提供的技术达到国际国内先进水平。

合作方式主要采用校方利用国家、省部科技项目资金进行研发，企业进行科技成果推广，推广产

生的校方收益以企业科技经费的形式转移到校方作为技术进一步提升的研究经费。另外，企业负责校方科研人员和研究生到企业进行技术推广应用。同时，企业为校方研究生、本科生毕业提供就业岗位。通过这些措施，为技术推广与应用提供了技术保障。

项目简介、

根据高温高压深井及致密储层、火山岩储层水平井等高难度复杂井储层特点、钻井工艺特点、试油工艺特点、完井工艺特点，根据试油与完井过程中套管、油管及封隔器等井下工具在下钻、替液、坐封、射孔、开井、关井、压井等不同工序下所处的温度、压力、流体和载荷环境，通过理论研究、室内实验研究和现场实验研究，分析试油与完井过程中套管、油管及封隔器等井下工具的强度安全性及其影响因素；开发必要的套管、油管、井下工具强度安全评价软件；提出高难度复杂井试油与完井油套管柱强度安全评价方法（企业标准）；研制必要的实验仪器、实验设备和现场质量控制设备；提出高难度复杂井试油与完井油套管柱安全控制措施，通过优化试油与完井工艺，优化井筒准备，优化射孔方案，优选管材，优选油管扣型，优选封隔器等井下工具，优化管柱组合，优化油管入井质量，

优化施工参数等方式，达到试油与完井各工序下油套管柱安全可控的目的；形成高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价及控制系列技术。

1、创新研制了环块式及往复式钻杆-套管磨损实验机并实验获取了套管磨损预测关键参数：创新研制了环块式钻杆-套管磨损实验机、往复式钻杆-套管磨损实验机，进行了低密度、中高密度、高密度水基、油基钻井液中常用 S135、G105 钻杆与高难度复杂井常用 P110、VM140、TP140、BG140 套管磨损实验 96 组，获取了磨损效率、摩擦系数等预测套管磨损程度的关键参数，提高了套管磨损预测的针对性与准确性。

2、创新采用双极坐标法得到了磨损套管剩余强度计算公式：根据套管月牙形磨损的几何特点，采用偏心圆筒模型和双极坐标法，得到了磨损套管剩余强度计算公式，并用实验和有限元方法进行了验证。

3、建立了管柱屈曲变形微分方程：综合考虑井身结构、井眼轨迹、管柱组合、封隔器型式与坐封情况，考虑井口及封隔器约束，建立了试油与完井管柱屈曲变形微分方程，得到了下部受压管柱正弦弯曲、螺旋弯曲和自锁临界载荷。

4、创新建立了变截面管柱屈曲变形微分方程并分析了其屈曲性能：考虑管柱变径、井筒变径和管柱接头及封隔器影响，建立了变截面管柱屈曲变形微分方程，分析了变截面管柱的屈曲性能与强度安全性能，提高了管柱强度安全评价精度。

5、创新研制了试油井下管柱载荷测试器并进行了现场实测：创新研制了“试油井下管柱载荷测试器”，将管柱载荷测试器下到数千米深处的井下，实际测取了 25 井次试油井下管柱轴向力和内压、外压载荷，验证了管柱力学理论分析结果。

6、建立了管柱冲蚀预测模型并进行了实验验证：研制了气固耦合冲蚀实验台、液固耦合冲蚀实验台，实验考察了 P110、S13Cr 等常用试油与完井管材和 35CrMo 等常用井下工具中心管材料的冲蚀性能，建立了试油与完井管柱冲蚀预测模型。

7、创新研制了 10000N.m 和 15000N.m 液压管钳扭矩标测定仪：通过对试油与完井管柱入井液压管钳的校准，确保了油管接头上扣扭矩的精度，控制了油管入井质量。

8、研发了“高难度复杂井试油与完井油套管柱强度安全评价”系列软件：研发了具有自主知识产权、可以替代进口软件的“套管磨损程度及剩余强度分析软件”、“试油与完井井下套管强度分析软

件”（含射孔套管剩余强度分析模块）、“试油与完井管柱力学分析软件”（含管柱冲蚀分析模块、井下工具力学分析模块），并已经在国内 10 多个油田、企业推广使用。

9、提出了“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价及控制技术”系列标准，形成了技术系列：提出了“高难度复杂井试油与完井套管强度安全评价规范”、“高难度复杂井试油与完井管柱安全评价规范”、“特殊螺纹油管接头选用规范”、“特殊螺纹油管上扣扭矩及入井质量控制规范”等 4 项企业标准，形成了规范的技术系列。

自 1995 年参与原中国石油天然气总公司“九五”攻关计划“高温高压深井测试技术研究”项目，承担试油管柱力学研究任务开始，本项目主要成员跟踪高温高压深井试油与完井、以致密油为代表的非常规储层和火山岩复杂岩性储层水平井分段改造工艺，根据现场发生的套管、管柱、井下工具事故和潜在的安全隐患，跟踪相关学科前沿技术，开展了高难度复杂井试油与完井管柱力学分析、套管力学分析与井筒评价、井下工具力学分析技术研究，研发了“井下管柱力学分析软件”（含管柱冲蚀分析、井下工具分析模块）、“井下套管磨损程度及剩余强度分析软件”、“井下套管强度分析软件”（含射孔套管剩余强度分析模块）；创新研制了试油井下管柱载荷测试器、管柱振动井下测试器、液

压管钳扭矩标测定仪等现场检测与控制设备，创新研制了环块式钻杆-套管磨损实验机、往复式油井管磨损实验机、气固耦合冲蚀实验台、液固耦合冲蚀实验台；提出了高难度复杂井试油与完井套管力学分析及井筒评价、管柱力学分析及安全评价、井下工具力学分析及安全评价、油管接头优选及入井质量控制系列技术和标准，并在 20 余年 500 余口井的现场应用中得到了不断完善。发表相关论文 139 篇，其中，SCI/EI 收录 30 篇，CSCD 收录 31 篇。部分研究内容被引入《SY/T6581-2012 高压油气井测试工艺技术规程》和《SY/T5710-2016 地层测试工具性能检验技术规程》行业标准和中石油《高温高压深层及含酸性介质气井完井投产技术要求》、《井完整性设计指南》等企业管理文件。

主要论文专著目录和主要知识产权证明目录、

序号	附件类型	具体名称	编号
1	科技成果登记表	高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术及应用	附件 1-1
2	验收意见证明	“十二五国家科技重大专项”“塔里木盆地库车前陆冲断带油气开发示范工程”子课题“超深超高压气井油套管柱安全评价与控制技术研究”验收意见	附件 2-1
3	验收意见证明	试油井下管柱力学综合分析	附件 2-2
4	验收意见证明	超深超高压气井井筒安全性评价及控制技术研究	附件 2-3
5	验收意见证明	基于注入工况的高温高压井筒安全性分析与控制技术研究	附件 2-4

6	验收意见证明	定向井试油井筒评价与管柱力学分析技术研究	附件 2-5
7	验收意见证明	准噶尔盆地复杂岩性储层试油井筒评价及管柱安全评价技术研究	附件 2-6
8	验收意见证明	致密储层射孔方案综合优化设计技术研究及软件开发	附件 2-7
9	验收意见证明	高温高压含硫化氢油气井测试技术研究	附件 2-8
10	验收意见证明	大排量压裂作用下试油井筒评价及管柱力学分析技术研究	附件 2-9
11	验收意见证明	高温高压深井试油改造完井投产一体化管柱力学分析技术研究	附件 2-10
12	验收意见证明	冀东油田射孔完善程度与井筒安全性分析	附件 2-11
13	验收意见证明	高温高压深井井筒安全评价技术研究	附件 2-12
14	验收意见证明	徐深气田水平井套管磨损程度分析技术研究	附件 2-13
15	验收意见证明	2013 年华北油田重点探井井筒评价及测试管柱力学分析	附件 2-14
16	验收意见证明	超高温深井试油联作管柱综合力学分析与评价技术服务	附件 2-15
17	验收意见证明	高温高压深井试油测试管柱安全评价与实时监测技术研究	附件 2-16
18	验收意见证明	牛东 101、牛东 102、牛东 2 井试油井筒评价及管柱力学分析	附件 2-17
19	验收意见证明	大港油田深井压裂井筒评价技术研究	附件 2-18
20	验收意见证明	STES 安全试油评估系统的建立与应用	附件 2-19
21	验收意见证明	STES 安全试油评估系统的建立与应用（转接）	附件 2-20
22	验收意见证明	大排量酸压管柱及封隔器力学分析技术研究	附件 2-21

23	验收意见证明	西南油气田大斜度井试油管柱力学分析技术研究	附件 2-22
24	验收意见证明	深层火山岩高含 CO ₂ 储层安全试气评价技术	附件 2-23
25	验收意见证明	高温高压深井寿命期内管柱力学分析	附件 2-24
26	验收意见证明	克拉 2 气田高产、高压气井井下及井口配套新工艺和新设备现场应用效果研究	附件 2-25
27	验收意见证明	高温高压含砂井测试技术及井筒评价技术研究	附件 2-26
28	验收意见证明	测试井下工具及油套管柱力学综合技术服务	附件 2-27
29	论文专著证明	《有限元技术及其在油井管工程中的应用》	附件 3-1
30	论文专著证明	《Zum Einfluss der komplexen Kriechermüdungsbeanspruchung auf die Lebensdauer am Beispiel des》	附件 3-2
31	论文专著证明	Microscopic choked flow for a highly compressible gas in porous media	附件 3-3
32	论文专著证明	The influence of temperature transients on the lifetime of modern high-chromium rotor steel under service-type loading	附件 3-4
33	论文专著证明	Two lifetime estimation models for steam turbine components under thermomechanical creep-fatigue loading	附件 3-5
34	论文专著证明	Viscoelastic Drag of Particles Settling in Wormlike Micellar Solutions of Varying Surfactant Concent	附件 3-6
35	论文专著证明	Study on the interaction mechanism of packer slips and thick wall casing	附件 3-7
36	论文专著证明	Stability of tubing string in vertical well based on transfer matrix method	附件 3-8
37	论文专著证明	OTAC_NaSal 虫状胶束流体微观结构与线性黏弹性	附件 3-9
38	论文专著证明	井下套管磨损深度及剩余强度分析	附件 3-10

39	论文专著证明	支撑式跨隔测试管柱力学分析及其应用	附件 3-11
40	论文专著证明	高密度钻井液润滑下套管磨损实验研究	附件 3-12
41	论文专著证明	裸眼跨隔中测管柱力学及允许测试压差分析	附件 3-13
42	论文专著证明	高温高压深井试油井下管柱力学分析及其应用	附件 3-14
43	论文专著证明	复杂井裸眼中测失败原因分析及改进措施研究	附件 3-15
44	论文专著证明	硬度对套管耐磨性能影响的实验研究	附件 3-16
45	论文专著证明	大规模水力压裂过程中超级 13Cr 油管冲蚀预测模型建立	附件 3-17
46	论文专著证明	水基泥浆中 P110 钢级套管耐磨性能和磨损机制分析	附件 3-18
47	论文专著证明	试油封隔器水力锚剪切强度及咬入套管深度分析	附件 3-19
48	论文专著证明	井下地层测试器中双封隔器单元液压控制系统设计	附件 3-20
49	论文专著证明	P110 油管用钢液固两相流体冲蚀实验研究	附件 3-21
50	论文专著证明	冲刷时间对 20Cr 在不同腐蚀性液固流体中的冲蚀速率影响研究	附件 3-22
51	知识产权证明	试油与完井管柱力学分析软件	附件 4-1
52	知识产权证明	套管磨损程度及剩余强度分析软件	附件 4-2
53	知识产权证明	可调角度式水力喷砂射孔压裂喷枪	附件 4-3
54	知识产权证明	水平井可调角度式定向射孔压裂一体化管柱	附件 4-4

55	知识产权证明	一种自适应管径可转弯多功能式石油管道机器人	附件 4-5
56	知识产权证明	钻杆与套管摩擦磨损试验机	附件 4-6
57	知识产权证明	液压管钳扭矩检测标定仪	附件 4-7
58	知识产权证明	液压驱动交替伸缩式连续油管牵引器	附件 4-8
59	知识产权证明	一种活塞-弹簧式射孔枪防胀保护装置	附件 4-9
60	知识产权证明	一种浮动密封式封隔器	附件 4-10
61	知识产权证明	一种电磁液压组合动力卡瓦	附件 4-11
62	知识产权证明	一种套管防磨损装置	附件 4-12
63	知识产权证明	一种针对深海海底井口的环空压力监测及控制装置	附件 4-13
64	知识产权证明	一种卡爪式双锁紧滑套	附件 4-14
65	应用效果证明	中石油塔里木油田分公司油气工程研究院近三年经济效益证明	附件 5-1
66	经济效益证明	中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司近三年经济效益证明	附件 5-2
67	应用效果证明	大庆油田有限责任公司采油工程研究院近三年经济效益证明	附件 5-3
68	经济效益证明	中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司近三年经济效益证明	附件 5-4
69	获奖证明	陕西高等学校科学技术奖 一等奖	附件 6-1
70	获奖证明	陕西省产学研联合开发优秀项目	附件 6-2

71	其他证明	知情同意证明	附件 7-1
----	------	--------	--------

客观评价

相对于普通油气井，1990 年以来，先后大规模投入勘探开发的高温高压深井（储层温度大于 150℃、压力大于 70MPa）和致密储层、火山岩复杂岩性储层水平分段压裂井（统称为高难度复杂井）试油与完井过程中经常出现井筒漏失、套管变形、封隔器失封、管柱断脱、井口失控等油套管柱安全事故。

而传统的管柱力学理论考虑的工况比较简单，普通的油气井采用的封隔器和管柱结构也比较简单，在此基础上形成的管柱力学分析理论和软件对高温高压下井下管柱的力学性能变化考虑得不够充分，对变截面管柱屈曲性能分析进行了比较简单的折算，对不同封隔器的坐封载荷和约束考虑不足，对井筒温度场、压力场的分析不够精确；所形成的套管力学分析理论和软件对套管磨损程度分析缺乏适应的基础关键参数而精度难以保证，对射孔套管剩余强度估计过高，对大排量注入过程中储层温度降低及非均匀地应力的影响认识不够深入；所形成的封隔器等井下工具力学分析技术和软件针对性、

通用性差；油管、井下工具现场入井质量缺乏控制标准和手段。

为此，1995年，在柯深1井试油管筒报废的背景下，原中国石油天然气总公司根据塔里木盆地、准噶尔盆地、川渝盆地高温高压深井试油需要，在“九五”科技攻关计划项目“高温高压深井测试技术研究”中特别设立了“试油管柱力学分析”专题，希望通过专题研究，搞清高温高压深井试油管柱的力学性能，提出相应的安全评价方法，据此优化管柱组合，优化控制开关井压力，防止套管和管柱安全事故乃至试油施工安全事故的发生。

此后，随着高温高压深井勘探开发在大庆油田、吉林油田、华北油田、大港油田的推广，随着以致密储层为代表的非常规储层、火山岩复杂岩性储层水平分段压裂井的大规模出现，尤其是西气东输一期工程主力气田克拉2气田、迪那2气田的勘探开发，鉴于高温高压深井套管环空异常带压较多、水平井分段压裂套管变形与管柱漏失事故频发，根据试油与完井施工过程中井筒评价、管柱完整性评价的需要，在国家科技重大专项、中石油重点勘探工程项目及相关企业年度科研项目的支持下，又提出了“套管磨损程度及剩余强度分析”、“射孔套管剩余强度分析”、“井下工具力学分析”等相关研究项目和现场服务项目，希望通过项目研究和现场实践，研制必要的室内实验设备和现场质量控制设备，

研发必要的油套管柱力学分析与强度评价软件，制定必要的企业技术标准，形成高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价及控制技术。通过科学、规范的系列技术和现场质量管控，避免试油与完井过程中套管、管柱和封隔器等井下工具出现强度安全事故，确保试油与完井作业的施工安全。

知情同意证明等信息

知情同意证明

陕西省科技厅：

本人张福祥（身份证号：650204196109090711）已知晓西安石油大学机械工程学院 窦益华 作为完成人以科研成果“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术及应用”申报 2018 年度陕西省科学技术奖。同意使用专利“液压管钳扭矩检测标定义”和“钻杆与套管摩擦磨损试验机”申报 2018 年陕西省科学技术奖。

本人签名：张福祥

2018 年 3 月 30 日

知情同意证明

陕西省科技厅：

本人程嘉瑞（身份证号：610112198811021018）已知晓西安石油大学机械工程学院 窦益华 作为完成人以科研成果“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术及应用”申报 2018 年度陕西省科学技术奖。同意使用发明专利“水平井可调角度式定向射孔压裂一体化管柱”申报 2018 年陕西省科学技术奖。

本人签名：程嘉瑞

2018 年 4 月 1 日

知情同意证明

陕西省科技厅：

本人郑杰（身份证号：622701198711204375）已知晓西安石油大学机械工程学院 窦益华 作为完成人以科研成果“高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价与控制技术及应用”申报 2018 年度陕西省科学技术奖。同意使用发明专利“一种自适应管径可转弯多功能式石油管道机器人”申报 2018 年陕西省科学技术奖。

本人签名：郑杰

2018 年 4 月 1 日

知情同意证明

陕西省科技厅：

本人刘琼（身份证号：610121199305066126）已知晓西安石油大学机械工程学院 窦益华 作为完成人以科研成果“高难度复杂井试油与完井套管管柱安全评价与控制技术及应用”申报 2018 年度陕西省科学技术奖。同意使用专利“液压驱动交替伸缩式连续油管牵引器”申报 2018 年陕西省科学技术奖。

本人签名：刘琼

2018年4月1日

知情同意证明

陕西省科技厅：

本人刘曼（身份证号：610423199407100523）已知晓西安石油大学机械工程学院 窦益华 作为完成人以科研成果“高难度复杂井试油与完井套管管柱安全评价与控制技术及应用”申报 2018 年度陕西省科学技术奖。同意使用专利“一种卡爪式双锁紧滑套”申报 2018 年陕西省科学技术奖。

本人签名：刘曼

2018年4月1日

技术发明、技术开发、技术推广和社会公益类项目公示推广应用情况

根据现场发生的套管、管柱、井下工具事故和潜在的安全隐患，跟踪相关学科前沿技术，在高难度复杂井试油与完井管柱力学分析、套管力学分析与井筒评价、井下工具力学分析技术研究基础上，研发了“井下管柱力学分析软件”（含管柱冲蚀分析、井下工具分析模块）、“井下套管磨损程度及剩余强度分析软件”、“井下套管强度分析软件”（含射孔套管剩余强度分析模块），创新研制了液压管钳扭矩标测定仪等现场检测与控制设备，创新研制了试油井下管柱载荷测试器等现场实验仪器、环块式钻杆-套管磨损实验机等室内实验设备，提出了高难度复杂井试油与完井套管力学分析及井筒评价、管

柱力学分析及安全评价、井下工具力学分析及安全评价、油管接头优选及入井质量控制系列技术和标准。根据塔里木油田、大庆油田、西南油气田、西部钻探试油公司、川庆钻探井下技术作业公司等五家企业的不完全统计，通过本项目技术的应用，减少了完井与试油管材消耗，减少了修井处理事故的时间进而减少了修井费用和产量损失，产生直接经济效益约 120420 万元。

主要应用单位情况表					
应用单位名称	应用起始时间	应用截止时间	应用单位联系人	联系电话	对应附件编号
中石油塔里木油田分公司油气工程研究院	1997	2017	杨向同	13909968502	5-1
中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司	1997	2017	米红学	13199909797	5-2
大庆油田有限责任公司采油工程研究院	2009	2017	马文海	18945997866	5-3
中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司	2013	2017	王祖文	13759919129	5-4