

## 2018 年度高等学校科学研究优秀成果奖公示信息

### 一、项目名称（进步奖）

高温高压井试油与完井投产井筒强度安全评价和控制技术及应用

### 二、推荐单位（进步奖）

陕西省教育厅

### 三、项目简介（进步奖）

由于载荷和环境工况比较恶劣，高温高压井试油与完井投产过程中常发生套管变形、管柱断脱、封隔器失封等井筒安全事故，造成了经济损失和人员伤亡，影响了部分区块的勘探与开发进程。为此，自 1995 年起，在国家科技重大专项、国家自然科学基金及中石油、中石化等企业协作项目支持下，根据高温高压井试油与完井投产工艺特点，系统地开展了“套管强度安全评价和控制”、“管柱强度安全评价和控制”、“封隔器安全评价和控制”及“管柱入井质量控制”技术研究以及现场应用工作，形成了“高温高压井试油与完井投产井筒强度安全评价和控制技术”，为我国陆上油田 500 余口高温高压井试油与完井投产提供了技术支持，产生了显著的经济效益和良好的社会效益。中国科学院高德利院士、郭尚平院士和中国工程院李根生院士、李鹤林院士评价、鉴定意见“总体达到国际先进水平”。

**（1）套管强度安全评价和控制技术：**创新研制了环块式和往复式钻杆-套管磨损实验机，有效模拟钻进和起下钻，系统地实验测取了磨损效率等预测套管磨损程度的关键参数，提高了套管磨损预测的准确性与针对性；建立了磨损套管剩余强度双极坐标解析分析方法；考虑孔边应力集中和射孔孔眼开裂倾向，建立了射孔套管剩余强度双判据评价方法；建立了试油与完井投产过程中非均匀载荷及温度载荷耦合作用下“套管强度安全评价和控制方法”；开发了

“套管磨损程度及剩余强度分析软件”、“试油与完井投产套管强度分析软件”。

**(2) 管柱强度安全评价和控制技术：**发明了遥测式试油井下管柱工作参数实时监测装置，创新研制了试油管柱井下“载荷测试器”、“振动测试器”和“射孔压力及管柱震动测试器”；考虑跨隔和管柱变径、井筒变径、油管接头及封隔器影响，建立了变截面受压管柱屈曲分析方法；考虑井筒与射孔液的流固耦合，探明了射孔管柱的动力响应机理；研制了环路式液固耦合冲蚀实验台，实验获取了管材冲蚀预测关键参数；建立了“高温高压井试油与完井管柱强度安全评价和控制方法”；开发了“试油与完井管柱力学分析软件”。

**(3) 封隔器安全评价和控制技术：**根据试油与完井封隔器结构特点，分析了卡瓦、水力锚咬入套管的深度及其对套管的影响，建立了封隔器定位与密封性能评价和控制方法；在管柱力学分析软件中创新增加了封隔器性能信封曲线和井下工具零件应力分析模块。

**(4) 管柱入井质量控制技术：**根据试油与完井管材特点，确定了油管入井质量检测与控制指标，制定了《高温高压井试油与完井管柱入井质量控制规范》；创新研制了液压管钳扭矩标定义；通过对液压管钳的校验，确保了油管接头上扣扭矩的精度和油管入井质量。

根据塔里木油田、大庆油田等七家企业不完全统计，产生直接经济效益约 140620 万元。授权发明专利 4 件、实用新型专利 18 件、软件著作权 2 件，受理发明专利 6 件。成果被引入《SY/T6581-2012 高压油气井测试工艺技术规程》和中国石油《高温高压及高含硫井完整性设计准则》等行业标准和企业规范，促进了我国高温高压井试油与完井投产技术的进步。

#### 四、主要完成单位及创新推广贡献（进步奖）

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 单位名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 西安石油大学 |
| 排名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1      |
| 对本项目创新推广贡献：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |
| <p>西安石油大学负责“高温高压井试油与完井投产井筒强度安全评价和控制技术”各专题理论与实验研究，负责现场应用及跟踪技术服务。根据试油与完井投产井筒强度安全评价和控制需要，模拟钻杆-套管接触工况，研制钻杆-套管磨损实验机，实验获取预测套管磨损程度的关键参数，建立套管磨损程度和剩余强度分析方法，研发软件；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，进行变截面管柱屈曲分析、轴向变形与效应、载荷、应力强度及安全性分析；进行射孔爆轰管柱动力学分析；进行油管冲蚀理论与实验分析；进行油管接头连接强度与密封性能分析；研发管柱力学分析软件；根据封隔器型式及坐封参数，进行封隔器整体力学性能分析、封隔器与套管相互作用分析、封隔器定位与密封性能分析、井下工具零件应力分析；研制液压管钳扭矩标定义；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；制定井筒强度安全评价和控制规范；研制管柱井下静动态载荷系列测试器；跟踪进行 500 余口高温高压井及水平分段压裂井试油与完井投产井筒强度安全评价和控制技术服务。西安石油大学在项目组成员配置上给予了大力支持，从研发时间及技术推广应用方面提供了保障和支持，在人力、物力和项目申报等方面全面支持该项目的进行，对该项目的完成起到了良好的管理和协调等作用。</p> |        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 单位名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司 |
| 排名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                     |
| 对本项目创新推广贡献：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |
| <p>根据中国石油高温高压深井及复杂岩性储层水平分段压裂井井筒与管柱面临的风险，提出试油与完井投产井筒与管柱强度安全评价和控制技术需求；提出井筒强度评价和控制需要考虑的部件与因素，提出管柱强度安全评价和控制需要考虑的试油与完井投产作业工序和因素；组织有关单位和专业技术人员，确定试油与完井投产井筒与管柱强度安全评价和控制技术研究思路、研究方案；组织确定“试油与完井管柱力学分析软件”、“套管磨损程度及剩余强度分析软件”用户需求和框架，对软件的输出及其对现场作业的指导意义提出具体要求；组织并落实井筒与管柱强度安全评价和控制技术的推广应用，对重点井进行跟踪实施和实施效果评价，根据实施效果评价进一步深化技术研究、细化软件功能；组织制定《SY/T6581-2012 高压油气井测试工艺技术规程》等行业和企业技术规范。</p> |                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 单位名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 中国石油塔里木油田分公司油气工程研究院 |
| 排名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3                   |
| 对本项目创新推广贡献：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |
| <p>根据塔里木油田山前、台盆区高温高压深井试油与完井工艺特点，合作确定研究内容与方案，负责现场实验方案和现场应用，合作进行理论和实验研究。主要包括：高温高压深井测试井筒评价和控制技术、井筒评价和控制技术及管柱安全校核国产化软件的开发与应用、克拉2气田高压高产气井井下及井口配套新工艺和新设备现场应用研究、复杂井况下裸眼中途测试技术研究与应用等项目研究及现场应用工作。提供油套管柱实验材料、钻井液、压裂液和常用封隔器关键参数等。主持制定《SY/T6581-2012 高压油气井测试工艺技术规程》；参与研制“钻杆-套管摩擦磨损试验机”等设备与仪器，共同确定钻杆-套管磨损实验方案；参与确定国产化套管磨损分析、试油与完井管柱力学分析软件用户需求及功能。负责塔里木油田高温高压深井试油与完井投产井筒及管柱安全评价和控制技术的现场应用，针对塔里木盆地高温高压深井和塔中碳酸盐储层特点和难点，对大北101、大北301、克拉2-7、克深2、克深7、克深901、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等130余口高温高压深井和碳酸岩水平井试油与完井投产井筒的强度安全性进行评价和控制，优化了管柱组合和施工参数，节约了入井管材，保障了试油与完井施工安全，减少了井下复杂和修井处理费用。</p> |                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 单位名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司 |
| 排名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4                    |
| 对本项目创新推广贡献：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |
| <p>根据准噶尔盆地南缘高温高压深井及复杂岩性储层水平分段压裂井试油工艺特点，合作确定研究内容与方案，负责现场实验方案和现场应用，合作进行理论和实验研究。合作开展了高温高压试油井筒评价和控制技术研究、定向井试油井筒评价和控制与管柱力学分析、侧钻多井眼井下工具及油套管柱受力分析与计算、高温高压深井测试管柱力学分析技术研究等项目研究及现场应用工作。提供射孔套管应力集中系数测定实验管材、射孔套管抗外挤强度实验管材，提供套管磨损实验管材，提供冲蚀实验压裂液和冲蚀管材。针对准噶尔盆地南缘高温高压深井和西北缘复杂岩性储层特点和难点，对莫深 1、达探 1、盐北 1、美 8、阜东 18、西 5、霍 10、霍 101、牧 7、安 5、东湾 1、西湖 1、中佳 1、盆 8、托 6 等 120 余口高温高压深井和复杂岩性井储层试油与完井投产井筒的强度安全性进行评价和控制，优化了管柱组合和施工参数，节约了入井管材，保障了试油与完井施工安全，减少了井下复杂和修井处理费用。参与研发“遥测式试油井下管柱工作参数实时监测装置”并申请发明专利，主持现场实验；提出“试油与完井管柱力学分析软件”之“压裂管柱力学分析”功能；负责井筒与管柱强度安全评价和控制技术在准噶尔盆地及西部钻探试油公司服务井中的现场应用。</p> |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 单位名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 大庆油田有限责任公司采油工程研究院 |
| 排名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 5                 |
| 对本项目创新推广贡献：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                   |
| <p>根据大庆油田高温深井及火山岩复杂岩性储层水平分段压裂井完井投产工艺特点，提出了大庆油田高温深井及火山岩复杂岩性储层水平分段压裂井完井投产井筒与管柱强度安全评价和控制技术要点；合作开展徐深气田超高温深井完井井下管柱力学分析、水平井套管磨损程度分析、直井多层水平井多段压裂完井管柱及工具安全评价和控制技术研究、一体化管柱冲蚀实验等项目研究，扩展了技术应用范围，提高了技术针对性；提出“试油与完井管柱力学分析软件”之“分段压裂井完井投产管柱力学分析”功能；负责井筒与管柱强度安全评价和控制技术在大庆油田高温深井及火山岩复杂岩性储层水平分段压裂井中的现场应用及意见反馈。提供大庆徐深气田套管磨损实验钻井液、管材，提供压裂液、冲蚀实验管材。通过合作研究和现场应用，对徐深 21-平 1、汪深 1-平 1 等 55 口高温深井和水平井完井投产井筒的强度安全性进行评价和控制，优化了管柱组合和施工参数，节约了入井管材，保障了试油与完井施工安全，减少了井下复杂和修井处理费用。</p> |                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 单位名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 中国石油集团渤海钻探工程有限公司油气井测试分公司 |
| 排名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 6                        |
| 对本项目创新推广贡献：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                          |
| <p>根据中国石油华北油田牛东地区等区块高温高压深井及重点探井试油工艺特点，提出了华北油田高温高压深井及重点探井井筒与管柱强度安全评价和控制技术要点；合作开展华北油田重点探井井筒评价和控制及测试管柱力学分析、华北油田复杂储层测试试采井筒评价和控制及管柱力学分析等项目合作研究，扩展了技术应用范围，提高了技术针对性。参与确定“套管磨损程度及剩余强度分析软件”之“试油替液密度分析”功能和“试油与完井管柱力学分析软件”之“试油管柱力学分析”功能；负责井筒与管柱强度安全评价和控制技术在华北油田及渤海钻探油气井测试分公司服务井中的现场应用。通过套管安全评价和控制及试油管柱安全评价和控制，对牛东 1、牛东 101、牛东 102、牛东 2、安探 1x、安探 2x、安探 3、束探 1H、任密 1H 等 40 余口高温深井和斜井、定向井、水平井试油与改造工艺进行优化，优化了管柱组合和施工参数控制，确保了试油与改造施工的安全性，提高了技术的适用性。</p> |                          |

## 五、推广应用情况（进步奖）

自 1995 年起，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，以及以长庆油田致密储层为代表的非常规储层以及大庆油田火山岩复杂岩性储层水平分段压裂井的大规模出现，鉴于高温高压深井套管环空异常带压较多、水平分段压裂井套管变形与管柱漏失事故频发，西安石油大学“试油与完井安全评价与控制技术”研究创新团队跟踪相关学科前沿技术，在国家科技重大专项、国家自然科学基金、陕西省自然科学基金、中石油重点勘探工程项目及七十余项企业合作科研项目和十多个油田的支持下，历经二十余年，创新研制了环块式和往复式“钻杆-套管磨损实验机”、“流固耦合冲蚀实验台”等室内实验设备，实验得到了磨损效率、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；基于 P110、S13Cr 管材和 35CrMo 冲蚀性能考查实验，建立了“管柱冲蚀预测模型”；创新研制了“试油管柱井下载荷测试器”等现场测试仪器，实验验证了管柱力学理论分析结果；创新研制了“液压管钳扭矩标测定仪”等油管入井质量现场检测与控制设备；探明了试油与完井过程中套管、封隔器、下井管柱的力学性能与安全性能；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”、“试油与完井管柱力学分析软件”；制定了高难度复杂井试油与完井《套管强度安全评价规范》、《管柱组合及安全评价规范》、《管柱接头选择规范》、《管柱入井质量控制规范》等 4 项企业标准，形成了“套管强度安全评价和控制”、“管柱

强度安全评价和控制”、“封隔器安全评价和控制”和“管柱入井质量控制”等“试油与完井投产井筒强度安全评价和控制”系列技术，通过优化试油与完井工艺，优化井筒准备，优化射孔方案，优选试油与完井替液密度，优选封隔器等井下工具，优选油管扣型，优化管柱组合，优化油管入井质量控制，优化压裂泵压等施工参数，优化油套环空压力控制等方式，实现了各工序下油套管柱安全可控的目的，为我国陆上油田，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、大北 3 气田、克深气田及塔里木盆地山前、准噶尔盆地南缘、川渝盆地、徐深气田、长岭气田、华北油田、大港油田、冀东油田 500 余口高温高压深井以及长庆油田致密储层和新疆油田、大庆油田复杂岩性储层水平分段压裂井提供了井筒强度安全评价和控制技术服务，提供了技术支持和安全保障。

根据塔里木油田公司、大庆油田公司、西部钻探试油公司、渤海钻探油气井测试分公司等七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 140620 万元。以下为本项目直接服务的部分重点井：

**塔里木盆地：**塔深 1 井，2006 年完井试油，完钻井深 8408 米，时年亚洲第一深井。英科 1 井，1997 年完井试油，完钻井深 6406 米，中国石油天然气总公司在塔里木盆地英吉沙构造钻探的一口科学探索井，含有多层高压盐水层，地层压力高达 140-150MPa，是中石油第一口按国际惯例进行高温高压深井试油设计、试油物资准备和施工

的井。柯深 101 井，2001 年完井试油，射孔底界 6835 米，射孔段长度高达 130 米。野云 2 井，2004 年完井试油的一口风险探井，完钻井深 6248 米，设计与施工压裂泵压 135MPa，是当时压裂施工记录。克拉 2-7 井，西气东输的“功勋井”，2004 年完井投产，用 7"油管作为测试（转采）管柱，试气最高 460 万方/日，为我国陆上油田之最，投产 13 年，至今依然保持日产 100 万方以上，且油套管柱安全无隐患。克深 7 井，2011 年完井试油，完钻井深 8023 米。

**准噶尔盆地：**莫深 1 井，准噶尔盆地重点风险探井，完钻井深 7500 米，95/8"套管下深 6403 米，时年最深记录。霍 10 井，钻井液密度最高 2.53g/cm<sup>3</sup>，罕见超高压系数气井，2003 年完井试油，试获高产工业气流。

**大庆油田：**徐深 21-平 1 井，2010 年完井投产，裸眼水平段长 1000 多米，用封隔器分 6 段分段改造、合段开采，获得高产气流。

项目研究历时 20 余年，西安石油大学登记相关研究项目 72 项，到账科研经费 5000 余万元。基于项目研究成果，发表科研论文 139 篇，其中，SCI/EI 收录 30 篇，CSCD 收录 31 篇；授权发明专利 4 件、实用新型专利 18 件、软件著作权 2 件，受理发明专利 6 件。部分研究成果被引入《SY/T6581-2012 高压油气井测试工艺技术规范》、《SY/T5710-2016 地层测试工具性能检验技术规范》等行业标准和中石油《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，促进了我国高温高压深井试油与完井技术的进步。

## 六、本项目成果曾获科技奖励情况（进步奖）

| 获奖项目名称                   | 获奖时间    | 奖项名称        | 奖励等级 | 授奖部门（单位） |
|--------------------------|---------|-------------|------|----------|
| 高难度复杂井试油与完井油套管柱安全评价及控制技术 | 2018.03 | 陕西高等学校科学技术奖 | 一等奖  | 陕西省教育厅   |

## 七、主要知识产权证明目录（与推荐书主件一致）（进步奖）

| 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          | 发明专利有效状态 |
|--------|-----------------------|--------|------------------|------------|--------------|------------------|--------------|----------|
| 软件著作权  | 试油与完井管柱力学分析软件         | 中国     | 2014SR110480     | 2014.08.01 | 软著登字第0779724 | 西安石油大学           | 窦益华、李明飞、秦彦斌等 | 有效       |
| 软件著作权  | 套管磨损程度及剩余强度分析软件       | 中国     | 2014SR110402     | 2014.08.01 | 软著登字第0779646 | 西安石油大学           | 秦彦斌、李明飞、窦益华等 | 有效       |
| 发明专利   | 遥测式试油井下管柱工作参数实时监测装置   | 中国     | ZL201220585743.6 | 2015.08.19 | 证书号第1758489号 | 中国石油集团西部钻探工程有限公司 | 王新河、凌立苏、窦益华等 | 有效       |
| 发明专利   | 可调角度式水力喷砂射孔压裂喷枪       | 中国     | ZL201510696961.5 | 2017.07.04 | 证书号第254097   | 西安石油大学           | 崔璐、程嘉瑞、窦益华等  | 有效       |
| 发明专利   | 水平井可调角度式定向射孔压裂一体化管柱   | 中国     | ZL201510697159.8 | 2017.08.29 | 证书号第2601904  | 西安石油大学           | 李臻、程嘉瑞、窦益华等  | 有效       |
| 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 | 中国     | ZL201610393194.5 | 2017.11.24 | 证书号第2712695  | 西安石油大学           | 郑杰、郑海、窦益华等   | 有效       |
| 实用新型   | 钻杆与套管摩擦磨损试验机          | 中国     | ZL201120205354.1 | 2012.03.14 | 证书号第2135861  | 中国石油天然气股份有限公司    | 张福祥、窦益华、杨向同等 | 有效       |
| 实用新型   | 液压管钳扭矩检测标测定仪          | 中国     | ZL200920246843.4 | 2010.08.11 | 证书号第1498052  | 中国石油天然气股份有限公司    | 张福祥、窦益华、秦彦斌等 | 有效       |
| 实用新型   | 快装结构的大量程扭矩传感器         | 中国     | ZL200920246844.9 | 2010.08.25 | 证书号第1513845  | 中国石油天然气股份有限公司    | 张福祥、窦益华、秦彦斌等 | 有效       |
| 实用新型   | 井下管柱振动测试器             | 中国     | 201120215065.X   | 2012.01.11 | 证书号第2068474  | 中国石油天然气股份有限公司    | 张福祥、窦益华、杨向同等 | 有效       |
| 实用新型   | 试油作业用高强度作业管           | 中国     | ZL200720103403.4 | 2008.01.30 | 证书号第1013021  | 中国石油天然气股份有限公司    | 张福祥、窦益华、杨向同等 | 有效       |
| 实用新型   | 一种射孔管柱的测量短节及射孔管柱      | 中国     | ZL201420736249.4 | 2015.06.03 | 证书号第4350719  | 中国石油天然气股份有限公司    | 张福祥、杨向同、窦益华等 | 有效       |

|      |                     |    |                  |            |             |               |              |      |
|------|---------------------|----|------------------|------------|-------------|---------------|--------------|------|
| 实用新型 | 喷射式流固耦合冲蚀实验装置       | 中国 | ZL201620247217.7 | 2016.10.12 | 证书号第5605089 | 中国石油天然气股份有限公司 | 张福祥、杨向同、窦益华等 | 有效   |
| 实用新型 | 一种套管防磨损装置           | 中国 | ZL201620564815.7 | 2016.11.16 | 证书号第5663808 | 西安石油大学        | 于凯强、曹银萍、窦益华等 | 有效   |
| 实用新型 | 一种活塞-弹簧式射孔枪防胀保护装置   | 中国 | ZL201620626537.3 | 2016.12.28 | 证书号第5812212 | 西安石油大学        | 李明飞、徐成、窦益华等  | 有效   |
| 实用新型 | 一种多孔式液压缓冲的射孔管柱保护装置  | 中国 | ZL201720747512.3 | 2018.02.27 | 证书号第7023701 | 西安石油大学        | 李柏杨、窦益华、李明飞等 | 有效   |
| 实用新型 | 一种磁力旋转油管钳及其控制系统     | 中国 | ZL201621216793.1 | 2017.08.25 | 证书号第6414404 | 西安石油大学        | 郭璐、周欣、窦益华等   | 有效   |
| 实用新型 | 一种电磁液压组合动力卡瓦        | 中国 | ZL201620521078.2 | 2016.12.14 | 证书号第5778957 | 西安石油大学        | 于洋、曹亭、窦益华等   | 有效   |
| 实用新型 | 一种智能弹性套管保护套         | 中国 | ZL201720499559.2 | 2018.01.09 | 证书号第6838580 | 西安石油大学        | 章娅菲、曹银萍、窦益华等 | 有效   |
| 实用新型 | 一种智能弹性胶筒            | 中国 | ZL201720499586.X | 2017.12.12 | 证书号第6713023 | 西安石油大学        | 章娅菲、窦益华、秦彦斌等 | 有效   |
| 实用新型 | 一种胶筒肩部的智能弹性保护装置     | 中国 | ZL201720499587.4 | 2018.01.09 | 证书号第6838814 | 西安石油大学        | 章娅菲、窦益华、秦彦斌  | 有效   |
| 实用新型 | 一种双向限位膨胀锁紧式连续油管组合接头 | 中国 | ZL201720998129.5 | 2018.02.27 | 证书号第7023556 | 西安石油大学        | 王智勇、曹银萍、窦益华等 | 有效   |
| 实用新型 | 液压驱动交替伸缩式连续油管牵引器    | 中国 | ZL201620625917.5 | 2017.02.22 | 证书号第5961625 | 西安石油大学        | 刘琼、窦益华、秦彦斌等  | 有效   |
| 实用新型 | 一种卡爪式双锁紧滑套装置        | 中国 | ZL201620547900.2 | 2016.12.21 | 证书号第5797261 | 西安石油大学        | 刘曼、郭稚薇、窦益华等  | 有效   |
| 发明专利 | 一种智能弹性胶筒及其制备方法      | 中国 | 2017110316179.5  | 2017.12.01 |             | 西安石油大学        | 章娅菲、窦益华、秦彦斌  | 发明公布 |
| 发明专利 | 一种可自动扶正管内爬行装置       | 中国 | 2017110058919X   | 2017.05.24 |             | 西安石油大学        | 郑杰、郭稚薇、窦益华   | 发明公布 |
| 发明专利 | 一种智能管道内壁行走机器人       | 中国 | 2016108808186    | 2017.02.22 |             | 西安石油大学        | 郑杰、郭稚薇、刘曼等   | 发明公布 |
| 发明专利 | 一种自动翻转爬行装置          | 中国 | 20171100589166   | 2017.01.23 |             | 西安石油大学        | 郑杰、郭稚薇、窦益华   | 发明公布 |
| 发明专利 | 复杂工况下自适应管道机器人       | 中国 | 20171110666296   | 2018.02.09 |             | 西安石油大学        | 郑杰、朱礼涛、窦益华   | 发明公布 |
| 发明专利 | 井下液压驱动涡轮牵引器         | 中国 | 20171114792175   | 2018.06.12 |             | 西安石油大学        | 王治国、王祖文、郑杰   | 发明公布 |

## 八、主要完成人情况（进步奖）

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                     |      |                         |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------|
| 姓名               | 窦益华                                                                                                                                                                                                                                                                 | 排名   | 1                       |
| 行政职务             | 院长                                                                                                                                                                                                                                                                  | 技术职称 | 教授                      |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                                                                                                                                              | 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，建立了高温高压井试油与完井投产井筒强度安全性分析方法，集成了“高温高压井试油与完井投产井筒强度安全评价和控制技术”。主持理论与实验研究方案制定，主持实验台和测试器研制方案和参数确定；建立了磨损套管双极坐标剩余强度分析方法；建立了自由段和固井段套管强度安全性分析与评价和控制方法。成果被编入《SY/T6581-2012 高压油气井测试工艺技术规程》等行业标准。参与管柱井下静动态载荷测试器下井实测；跟踪 500 余口高温高压井及水平分段压裂井试油与完井投产井筒强度安全评价和控制技术服务。           |      |                         |
| 曾获科技奖励情况         | 陕西高等学校科学技术奖一等奖 1 项；新疆自治区科学技术进步奖二等奖 1 项；石油和化学工业联合会科技进步奖一等奖 1 项；石油和化工自动化科学技术一等奖 1 项、二等奖 2 项。                                                                                                                                                                          |      |                         |
| 姓名               | 曹银萍                                                                                                                                                                                                                                                                 | 排名   | 2                       |
| 行政职务             | 系副主任                                                                                                                                                                                                                                                                | 技术职称 | 副教授                     |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                                                                                                                                              | 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 | 主要负责高温高压井试油与完井投产管柱力学分析及软件研发工作。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，考虑高温高压井试油与完井投产作业特点，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；进行油管接头连接强度与密封性能分析；进行常用高温高压井及水平分段压裂井试油与完井封隔器整体力学性能分析、封隔器与套管相互作用分析、封隔器定位与密封性能分析、井下工具零件应力分析；参与研制液压管钳扭矩标定义、参与钻杆-套管磨损实验，负责磨损套管及射孔套管剩余强度有限元验证分析。 |      |                         |
| 曾获科技奖励情况         | 陕西高等学校科学技术奖一等奖 1 项。                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                         |
| 姓名               | 杨向同                                                                                                                                                                                                                                                                 | 排名   | 3                       |
| 行政职务             | 副院长                                                                                                                                                                                                                                                                 | 技术职称 | 高级工程师                   |
| 工作单位             | 中国石油塔里木油田分公司<br>油气工程研究院                                                                                                                                                                                                                                             | 完成单位 | 中国石油塔里木油田分公司<br>油气工程研究院 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 根据塔里木油田山前、台盆区高温高压深井试油与完井工艺特点，提出塔里木油田高温高压深井试油与完井井筒及管柱强度安全评价和控制技术要点；合作开展高温高压测试井筒评价和控制技术、井筒评价和控制及管柱安全校核国产化软件的开发与应用等项目研究及现场应用工作；负责确定现场实验方案和现场应用策略；主持制定《SY/T 6581-2012                                                                                                   |      |                         |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |                       |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------|
|                  | 高压油气井测试工艺技术规范》；参与研制“钻杆-套管摩擦磨损试验机”，共同确定钻杆-套管磨损实验方案；参与油管用钢液固两相流体冲蚀实验研究和油管接头应力有限元分析方案制定。                                                                                                                                                                                                                   |      |                       |
| 曾获科技奖励情况         | 国家技术发明二等奖1项、新疆自治区科学技术进步二等奖1项、石油和化学工业联合会科技进步一等奖1项、石油和化工自动化行业科学技术一等奖1项、塔里木油田技术创新一等奖1项。                                                                                                                                                                                                                    |      |                       |
| 姓名               | 邱金平                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 排名   | 4                     |
| 行政职务             | 主管                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 技术职称 | 高级工程师                 |
| 工作单位             | 中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 完成单位 | 中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 参与确定试油与完井投产井筒及管柱强度安全评价和控制技术研究思路；组织落实井筒强度安全评价和控制与管柱力学分析技术的推广应用，尤其是在大庆油田海塔盆地试油及火山岩复杂岩性储层水平井分段压裂井中的应用；参与徐深气田水平井套管磨损程度分析技术研究、徐深气田直井多层水平井多段压裂完井管柱及工具安全评价和控制技术研究；将试油井筒与管柱强度安全评价和控制理念引入低渗透储层水力泵排液试油作业中，提高了技术实用性与适用性，拓展了技术应用范围；组织确定国产化“试油与完井管柱力学分析软件”、“套管磨损程度及剩余强度分析软件”用户需求和软件框架、主要功能，对软件的输出及其对现场作业的指导意义提出具体要求。 |      |                       |
| 曾获科技奖励情况         | 石油和化学工业联合会科技进步奖二等奖2项，大庆油田公司技术创新奖特等奖1项。                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |                       |
| 姓名               | 王新河                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 排名   | 5                     |
| 行政职务             | 经理                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 技术职称 | 教授级高工                 |
| 工作单位             | 中国石油集团西部钻探工程有限公司试油公司                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 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 | 根据准噶尔盆地南缘高温高压深井及复杂岩性储层水平分段压裂井试油工艺特点，提出新疆油田高温高压深井及复杂岩性储层水平分段压裂井井筒与管柱强度安全评价和控制技术要点；合作确定研究内容与思路；参与研发“遥测式试油井下管柱工作参数实时监测装置”并获发明专利，主持现场实验；提出“试油与完井管柱力学分析软件”之“压裂管柱力学分析”功能；负责井筒与管柱强度安全评价和控制技术在准噶尔盆地及西部钻探试油公司服务井中的现场应用。                                                                                          |      |                       |
| 曾获科技奖励情况         | 中国石油科技发明二等奖1项、中国石油科技进步二等奖1项、新疆维吾尔自治区科技优秀奖1项。                                                                                                                                                                                                                                                            |      |                       |
| 姓名               | 张永平                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 排名   | 6                     |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |                          |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------|
| 行政职务             | 副总工程师                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 技术职称 | 教授级高工                    |
| 工作单位             | 大庆油田有限责任公司采油工程研究院                                                                                                                                                                                                                                                                     | 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 | 根据大庆油田高温深井及火山岩复杂岩性储层水平分段压裂井完井投产工艺特点,提出大庆油田高温深井及火山岩复杂岩性储层水平分段压裂井完井投产井筒与管柱强度安全评价和控制技术要点;合作开展徐深气田超高温深井完井井下管柱力学分析、水平井套管磨损程度分析、直井多层水平井多段压裂完井管柱及工具安全评价和控制技术研究、一体化管柱冲蚀实验等项目研究,扩展了技术应用范围,提高了技术针对性;提出“试油与完井管柱力学分析软件”之“分段压裂井完井投产管柱力学分析”功能;负责井筒强度安全评价和控制技术在大庆油田高温深井及火山岩复杂岩性储层水平分段压裂井中的现场应用及意见反馈。 |      |                          |
| 曾获科技奖励情况         | 中国石油天然气总公司科技进步奖2项。                                                                                                                                                                                                                                                                    |      |                          |
| 姓名               | 杜成良                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 排名   | 7                        |
| 行政职务             | 经理                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 技术职称 | 高级工程师                    |
| 工作单位             | 中国石油集团渤海钻探工程有限公司油气井测试分公司                                                                                                                                                                                                                                                              | 完成单位 | 中国石油集团渤海钻探工程有限公司油气井测试分公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 根据中国石油华北油田牛东地区等区块高温高压深井及重点探井试油工艺特点,提出华北油田高温高压深井及重点探井井筒与管柱强度安全评价和控制技术要点;合作开展华北油田重点探井井筒评价和控制及测试管柱力学分析、华北油田复杂储层测试试采井筒评价和控制及管柱力学分析等项目合作研究,扩展了技术应用范围,提高了技术针对性。参与确定“套管磨损程度及剩余强度分析软件”之“试油替液密度分析”功能和“试油与完井管柱力学分析软件”之“试油管柱力学分析”功能;负责井筒强度安全评价和控制技术在华北油田及渤海钻探油气井测试分公司服务井中的现场应用。                  |      |                          |
| 曾获科技奖励情况         | 河北省科技进步一等奖1项、中国石油和化学工业联合会科技进步一等奖1项。                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                          |
| 姓名               | 李明飞                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 排名   | 8                        |
| 行政职务             | 无                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 技术职称 | 讲师                       |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                                                                                                                                                                | 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 | 负责磨损套管剩余强度分析及射孔套管剩余强度分析,综合考虑应力集中和断裂损伤对强度的影响,提出应用双判据理论确定射孔套管的剩余强度系数的方法;主持磨损套管及射孔套管对径挤毁实验,负责实验数据分析;负责主持射孔爆轰参数及射孔爆轰管柱动力学分析;参与研制射孔爆轰脉动压力及管柱震动井下测试器和现场实验;主持研发射孔管                                                                                                                           |      |                          |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                  |      |        |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|
|                  | 柱强度和套管剩余强度分析软件模块。                                                                                                                                                                                                                |      |        |
| 曾获科技奖励情况         | 陕西高等学校科学技术奖一等奖 1 项。                                                                                                                                                                                                              |      |        |
| 姓名               | 王治国                                                                                                                                                                                                                              | 排名   | 9      |
| 行政职务             | 系副主任                                                                                                                                                                                                                             | 技术职称 | 副教授    |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                                                                                                           | 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 | 主要负责井筒压力场和管柱冲蚀实验及理论研究。根据高温高压井试油与完井投产管柱冲蚀分析需要，主持研制喷射式冲蚀实验台 2 台、环路式流固耦合多相流冲蚀实验台 1 台；基于压裂液的粘度性能及其影响分析，模拟压裂注入及出砂工况，系统地进行了 P110、S13Cr 等试油与完井常用管材和 35CrMo 等井下工具材料的冲蚀实验；基于实验，得到了管柱冲蚀预测半经验模型，并进行了有限元分析验证；在管柱力学分析软件中植入“管柱冲蚀分析”模块，丰富了软件功能。 |      |        |
| 曾获科技奖励情况         | 陕西高等学校科学技术奖一等奖 1 项、二等奖 1 项。                                                                                                                                                                                                      |      |        |
| 姓名               | 崔璐                                                                                                                                                                                                                               | 排名   | 10     |
| 行政职务             | 系主任                                                                                                                                                                                                                              | 技术职称 | 副教授    |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                                                                                                           | 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 | 主要负责井下温度对管材性能折减的影响研究，参与井筒温度场压力场分析及冲蚀实验研究；基于冲蚀实验分析观察和流体冲击剥蚀理论，发明可调角度式水力喷砂射孔压裂喷枪和水平井可调角度式定向射孔压裂一体化管柱，扩展了技术应用范围；参与“管柱力学分析软件”之温度场分析模块研发；将汽轮机材料高温下疲劳寿命分析理念引入高温井下管柱材料性能退化分析中，提高了高温高压井管柱力学分析的针对性和精度，参与试油与完井封隔器等井下工具力学分析。                |      |        |
| 曾获科技奖励情况         | 陕西高等学校科学技术奖一等奖 1 项。                                                                                                                                                                                                              |      |        |
| 姓名               | 李臻                                                                                                                                                                                                                               | 排名   | 11     |
| 行政职务             | 无                                                                                                                                                                                                                                | 技术职称 | 教授     |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                                                                                                           | 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 | 主持井筒压力场、温度场分析和冲蚀研究。参与喷射式冲蚀实验台、环路式流固耦合多相流冲蚀实验台研制；参与试油与完井常用管材和井下工具材料冲蚀实验；克服了现有水力射孔装置的缺点，根据分段压裂、及大排量体积压裂等水平井压裂新工艺特点，设计了一种射孔精确、使用寿命长的水平井可调角度式定向射孔压裂一体化管柱。               |      |        |
| 曾获科技奖励情况         | 无                                                                                                                                                                   |      |        |
| 姓名               | 于洋                                                                                                                                                                  | 排名   | 12     |
| 行政职务             | 无                                                                                                                                                                   | 技术职称 | 工程师    |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                                              | 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 | 负责管柱特殊螺纹油管接头应力分析，提出特殊螺纹油管接头选择建议，主持特殊螺纹接头强度评价和控制及选用方法的制定，为特殊螺纹接头在油田的应用提供了技术指导；参与“液压管钳扭矩检测标测定仪”研制，负责室内实验和标定；参与封隔器实验台方案设计和实验。                                          |      |        |
| 曾获科技奖励情况         | 无                                                                                                                                                                   |      |        |
| 姓名               | 郑杰                                                                                                                                                                  | 排名   | 13     |
| 行政职务             | 无                                                                                                                                                                   | 技术职称 | 讲师     |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                                              | 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 | 根据井筒流体纵向传热和井筒对地层非稳态传热特点，循环迭代耦合求解井筒温度场与压力场，得到油套管与井眼环空和围岩的温度场与压力场；分析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。 |      |        |
| 曾获科技奖励情况         | 无                                                                                                                                                                   |      |        |
| 姓名               | 章娅菲                                                                                                                                                                 | 排名   | 14     |
| 行政职务             | 无                                                                                                                                                                   | 技术职称 | 讲师     |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                                              | 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 | 参与井筒温度场分析与压力场研究；参与管柱冲蚀理论与实验研究；参与封隔器等井下工具力学分析；将纳米材料与流体领域能量提取和转换相结合，设计了智能弹性套管保护套、智能弹性保护装置和智能弹性封隔器胶筒，将新材料、新工艺用于试油与完井井筒强度安全评价和控制。                                       |      |        |

|                  |                                                                                                                                             |      |        |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|
| 曾获科技奖励情况         | 无                                                                                                                                           |      |        |
| 姓名               | 姜海龙                                                                                                                                         | 排名   | 15     |
| 行政职务             | 无                                                                                                                                           | 技术职称 | 讲师     |
| 工作单位             | 西安石油大学                                                                                                                                      | 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 | 参与试油与完井投产套管载荷分析及强度安全性分析；参与井筒压力场与温度场研究；利用无因次化数值方法，分析高压气井试井期间孔隙压力，发现了井筒处的微观阻塞流现象，认识到高压气井试井期间井筒附近地层孔隙压力显著变化，进而影响井筒附近地应力，为提高井筒强度安全性分析的精度提供了新思路。 |      |        |
| 曾获科技奖励情况         | 无                                                                                                                                           |      |        |

### 九、代表性论文专著目录（与推荐书主件一致）（自然奖）

| 不超过 10 篇代表性论文、专著 |                                                                                                                         |          |                     |             |                        |                         |                       |            |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|-------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------|
| 序号               | 论文、专著<br>名称/刊名/作者                                                                                                       | 影响<br>因子 | 年卷页码<br>年(卷):<br>页码 | 发表<br>年月    | 通讯作者/<br>第一作者<br>(中文名) | SCI<br>他<br>引<br>次<br>数 | 他<br>引<br>总<br>次<br>数 | 是否国<br>内完成 |
| 1                | 有限元技术及其在油井管工程中的应用/西北工业大学出版社/曹银萍、窦益华                                                                                     |          |                     | 2013.<br>08 | 曹银萍                    |                         | 2                     | 是          |
| 2                | Microscopic choked flow for a highly compressible gas in porous media/ Journal of Natural Gas Science & Engineering/ 姜海 | 2.803    | 35: 42-53           | 2016.<br>08 | 窦益华                    | 1                       | 1                     | 是          |

|   |                                                                                                                                                                 |       |                  |         |     |    |    |   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------|---------|-----|----|----|---|
|   | 龙、窦益华                                                                                                                                                           |       |                  |         |     |    |    |   |
| 3 | The influence of temperature transients on the lifetime of modern high-chromium rotor steel under service-type loading/<br>Materials Science & Engineering A/崔璐 | 2.108 | 560:767-780      | 2013.12 | 崔璐  | 12 | 12 | 是 |
| 4 | Study on the Interaction Mechanism of Packer Slips and Thick Wall Casing / Open Mechanical Engineering Journal/ 窦益华                                             |       | 8(1):230-233     | 2014.08 | 窦益华 |    | 2  | 是 |
| 5 | Stability of Tubing String in Vertical Well Based on Transfer Matrix Method/<br>Information Technology Journal /曹银萍                                             |       | 12(21):6263-6267 | 2013.12 | 曹银萍 |    | 1  | 是 |
| 6 | 高密度钻井液润滑下套管磨损实验研究/润滑与密封/窦益华                                                                                                                                     |       | 32(9):26-28      | 2007.09 | 窦益华 |    | 12 | 是 |
| 7 | 井下套管磨损深度及剩余强度分析/石油钻采工艺/窦益华                                                                                                                                      |       | 29(4):36-39      | 2007.08 | 窦益华 |    | 27 | 是 |
| 8 | 裸眼跨隔中测管柱力                                                                                                                                                       |       | 35(4):22         | 2007.   | 窦益华 |    |    | 是 |

|    |                               |  |                 |             |     |  |    |   |
|----|-------------------------------|--|-----------------|-------------|-----|--|----|---|
|    | 学及允许测试压差分析/石油钻探技术/窦益华         |  | -24             | 07          |     |  | 7  |   |
| 9  | 高温高压深井试油井下管柱力学分析及其应用/钻采工艺/窦益华 |  | 30(5):17<br>-20 | 2007.<br>09 | 窦益华 |  | 87 | 是 |
| 10 | 试油井下管柱载荷测试器的研制及应用/石油机械/窦益华    |  | 35(8):44<br>-47 | 2007.<br>08 | 窦益华 |  | 6  | 是 |