拟推荐项目公示材料

|  |  |
| --- | --- |
| **项目名称** | 反射地震全息技术理论创新及应用 |
| **推荐单位** | 中国石油大学（北京） |
| **项目简介** |
| 地震勘探是油气勘探中最有效、最准确的方法，但是传统的油气地震勘探流程与手段仅能利用地震资料中约1/4的信息，并且很多情况提取的信息还是不准确的，严重降低了地震勘探方法的可靠性与利用率。本项目以全面充分利用地震资料的有用信息、最大限度提升地震资料利用效率为目的，以岩石物理建模、保幅波场构建、反演优化理论三方面的理论研究为基础，创新研发了以完整叠前弹性信息"提取-分析-利用"为核心的反射地震全息技术理论创新体系，深度挖掘地震纵波、横波的可利用价值，推动了地震工业由声波勘探走向弹性勘探。主要取得以下五项创新：1. 建立了适用于多种复杂储层与流体分析的岩石物理模型系列，创新研发DEM-Gassmann、As-Xu-White、SCA-DEM、全频带等岩石物理模型，成功解决复杂储层速度预测、孔隙类型识别和严重频散等技术难题，使速度预测误差控制在1%以内；2.从完全弹性发展至黏弹性，从各向同性发展至各向异性，从地面偏移距发展至局部角度域，建立了完整的波场保幅构建体系及流程，与常规叠前处理方法相比，使AVO道集拟合精度提高15%以上，资料主频提高近20Hz，明显改善复杂储层成像与道集构建质量；3.突破传统线性反演的局限，建立了完整的线性与非线性、时间域与频率域相结合的反演技术系列，显著提升弹性信息的提取精度，与常规叠前反演方法相比，使储层和流体预测吻合率提高15%以上，实现了弹性域储层与流体预测的工业化应用；4.发展和完善了纵波方位各向异性裂缝探测理论，创新研发了弹性域有限方位角各向异性裂缝探测技术，基于振幅、阻抗、衰减等多元信息的科学利用，使裂缝储层和流体预测吻合率提高20%以上，解决了现有大面积窄方位地震资料的有效利用问题，实现了弹性域裂缝探测的工业化应用；5.建立了地震全波场信息（反射波与绕射波）的高效全面利用体系，研发了镜面能量加权叠加技术，显著提高了复杂储层成像品质，并发展和完善了绕射波场分离成像技术，能有效发掘隐藏在反射背景下的绕射体，为识别裂缝和次生复杂储层开辟了一种全新的预测途径。发明成果在塔里木盆地塔中、塔北、塔河奥陶系灰岩、四川盆地高石梯－磨溪地区寒武系与震旦系白云岩、渤海湾盆地辽河油田火山岩与浊岩、南海北部湾盆地石炭系灰岩以及南海深水油气勘探等均得到成功推广应用。发明成果有力指导了塔中复杂碳酸盐岩258口井位部署及水平井轨迹优化，钻井成功率由67%提高到92%，累产原油281.7万吨、天然气54.9亿方，产生经济效益40.41亿元，份额效益14.14亿元；完成了四川磨溪-高石梯气田39口井位部署；推动了辽河油田老区挖潜，新增控制储量4199万吨。获授权国家发明专利27项，发表国内外SCI/EI/ISTP 检索论文150余篇，出版专著2部。发明成果引领了国际地球物理学术界在地震全息技术理论的发展，在全球地球物理学界最具影响力的国际勘探地球物理学会（SEG）年会上成功主办“中国复杂碳酸盐岩储层研究”国际研讨会。项目第一完成人被聘为SEG Honorary Lecturer(大陆学者首次获得)，在世界多个国家和地区做“地震全息技术”专题讲座近30次，听众2000余人。 |
| **推广应用情况** |
| 本项目研发的地球物理创新技术已经在全国多个主要油田进行成功应用，如塔里木盆地塔中、轮古、塔河等地区的奥陶系灰岩油气勘探、渤海湾盆地辽河雷家地区的古近系泥质白云岩油气勘探、四川盆地高石梯－磨溪地区的寒武系与震旦系白云岩油气勘探等。其中塔里木盆地奥陶系灰岩油气藏由于其埋藏最深、构造运动最为复杂、后期成岩改造最为强烈，导致其勘探开发难度也最大。项目研究成果分别在塔里木盆地的塔中45井区、中古21井区、中古8井区、中古43井区、中古10井区、中古51井区、轮古34井区、哈拉哈塘哈7井区、哈得逊井区、玉科井区等进行推广应用，累计应用面积超过5000km2，已成井位部署的主要依据，并取得重大应用成效，发明成果有力指导了塔中复杂碳酸盐岩258口井位部署及水平井轨迹优化，钻井成功率由67%提高到92%，累产原油281.7万吨、天然气54.9亿方，产生经济效益40.41亿元，份额效益14.14亿元；新增控制储量天然气841 亿方，凝析油2310 万吨，新增预测储量天然气1131 亿方，凝析油7877 万吨，储量价值大于2000 亿元。为“十二五”期间塔里木油田的增产、稳产发挥了重要作用，从而为我国西气东输工程提供充足气源保证，同时为我国其它碳酸盐岩地区推广打下了坚实的基础，对保障国家能源安全具有重大意义。有力推动了辽河油田老区挖潜，新增控制储量4199万吨。 |
| **主要完成单位情况** |
| 第一完成单位 | 单位名称 | 中国石油大学（北京） |
| 对本项目的贡献：1、本项目的首创者，研究总体思路和技术路线的制定者，是“反射地震全息技术理论创新及应用”项目的组织和实施者；2、对项目的五项创新均具有突出贡献:（1）建立了适用于多种复杂储层与流体分析的岩石物理模型系列，成功解决复杂储层速度预测、孔隙类型识别和严重频散等技术难题；（2）建立了完整的波场保幅构建体系及流程，明显改善复杂储层成像与道集构建质量；（3）突破传统线性反演的局限，建立了完整的线性与非线性、时间域与频率域相结合的反演技术系列，显著提升弹性信息的提取精度；（4）发展和完善了纵波方位各向异性裂缝探测理论，国际上首次发明了弹性域有限方位角各向异性裂缝探测技术，解决了现有大面积窄方位地震资料的有效利用问题；（5）突破了传统油气勘探仅依靠地震反射波的局限，自主创新了绕射波与反射波信息高效利用方法，提高了深层地震资料横向连续性和信噪比，并大幅提升复杂储层的识别效率。 |
| 第二完成单位 | 单位名称 | 中国石油天然气股份有限公司辽河油田分公司 |
| 对本项目的贡献：基于反射地震全息技术的理论创新，成功实现辽河油田复杂油气藏的定量预测和评价，对项目第1、3、4创新点的研发和应用均具有重要贡献，该项目创新成果应用于辽河油田东、西部凹陷的红星地区（火成岩岩性）、雷家地区（碳酸盐岩岩性）和兴马地区（浊流）得以成功应用，推动了辽河复杂油气藏勘探开发进程。 |
| 第三完成单位 | 单位名称 | 中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司 |
| 对本项目的贡献：基于反射地震全息技术的理论创新，成功实现了塔里木油田复杂油气藏的定量预测和评价，对项目5项创新点的研发和应用均具有重要贡献。该项目创新成果应用在塔中45井区、中古21井区、中古8井区、中古43井区、中古10井区、中古51井区、轮古34井区、哈拉哈塘哈7井区、哈得逊井区、玉科井区等进行推广应用，累计应用面积超过5000km2，已成井位部署的主要依据，并取得重大应用成效。 |
| 第四完成单位 | 单位名称 | 阿美远东（北京）商业服务有限公司 |
| 对本项目的贡献：对项目第2、3、4、5创新点的研发具有重要贡献，联合中国石油大学（北京）等单位研发了叠前Q补偿偏移道集、基于对数双曲平滑的非稳态反褶积、地面偏移距域各向异性偏移与地下局部角度域各向异性偏移，明显改善复杂储层成像与道集构建质量，突破了传统油气勘探仅依靠地震反射波的局限，创新研发了绕射波与反射波信息高效利用方法，利用镜面能量加权叠加压制干扰，提高了深层地震资料横向连续性和信噪比。 |
| 第五完成单位 | 单位名称 | 长安大学 |
| 对本项目的贡献：对项目第1创新点的研发和应用具有重要贡献。联合中国石油大学（北京）等单位研发了DEM-Gassmann模型，精确描述复杂孔隙结构及流体对速度的影响；研发全频带岩石物理模型，能够准确地获得任意频带下的速度，从而能够对速度衰减进行校正，有效解决了复杂储层严重的频散问题；通过逆向利用DEM-Gassmann方程速度预测的思路，即识别岩层中的孔、洞、缝三种孔隙类型的含量，研发次生孔隙的定量反演技术；并针对页岩气储层的复杂性，建立了富有机质泥页岩岩石物理模型，并研发了配套的页岩脆性、地应力、最小闭合压力等评价技术。 |

|  |
| --- |
| **主要完成人情况** |
| 第1完成人 | 姓名 | 孙赞东 | 行政职务/技术职称 | 主任/教授 |
| 工作单位 | 中国石油大学（北京） |
| 对本项目主要学术（技术）贡献： 为项目第一负责人，负责项目的总体实施，制定总体研究思路，带领研究团队开展了“反射地震全息技术”的理论创新，发明了以完整叠前弹性信息"提取-分析-利用"为核心的"弹性一体化"技术体系，对项目第1-5创新点均具有突出贡献（旁证材料：见专利1-27；代表性文章1-155）。曾获科技奖励情况：2012年SEG东亚和南亚荣誉讲师；中国石油和化学工业出版物奖（图书类）一等奖；中国石油和化学工业联合会特等科技进步奖1项；中国专利优秀奖2项，其它省部级科技奖励6项 |
| 第2完成人 | 姓名 | 李晓光 | 行政职务/技术职称 | 研究院院长/教授级高工 |
| 工作单位 | 中国石油天然气股份有限公司辽河油田分公司 |
| 对本项目主要学术贡献： 为该项目的主要负责人，主要负责反射地震全息技术在辽河油田的技术创新及现场规模化应用，研发了复杂孔隙泥页岩岩石物理建模和基于频率依赖AVO反演的流体识别等创新技术，对项目第1、3、4创新点有突出贡献（旁证材料：见专利4，专利17；代表性文章：146）。曾获科技奖励情况：曾获国家科技进步二等奖1项，省部级科技进步奖19项。其中 “变质岩内幕油气重大发现与高效开发技术”项目获2012年国家科技进步二等奖 |
| 第3完成人 | 姓名 | 刘立峰 | 行政职务/技术职称 | 无/副研究员 |
| 工作单位 | 中国石油大学（北京） |
| 对本项目主要学术贡献： 为该项目的主要参加者，主要负责完成叠前压噪密度反演、碳酸盐岩流体识别方法、碳酸盐岩孔隙度预测及碳酸盐岩油气富集程度评价等技术的研发，提高了复杂储层与流体的识别精度，对项目第3、4创新点有突出贡献（旁证材料：见专利15，19，20，21；代表性文章：70,74-78,80-82,85,89,91,94,109,110,120,125）。曾获科技奖励情况：中国专利优秀奖2项，其它省部级科技奖励2项 |
| 第4完成人 | 姓名 | 杨海军 | 行政职务/技术职称 | 研究院院长/教授级高工 |
| 工作单位 | 中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司 |
| 对本项目主要学术贡献： 为项目的主要参加者，主要负责反射地震全息技术在塔里木油田的技术创新及现场规模化应用，参与完成DEM-Gassmann岩石物理模型、基于三项频率依赖AVO反演的流体识别、有限方位角叠前各向异性裂缝检测、基于纵波方位AVO的裂缝流体识别方法研制和应用研究，对项目第1、2、3、4、5创新点具有重要贡献(旁证材料：见代表性文章：5，20，22，52，73，78，97，100，115，119，126，127，140，141，143，155)。曾获科技奖励情况：2006年孙越崎科技教育基金委员会第十五届青年科技奖，第三届新疆维吾尔自治区青年科技奖。2010年第十二届青年地质科技奖-银锤奖，共获得省部级科技进步奖特等奖2项、一等奖5项。 |
| 第5完成人 | 姓名 | 孙学凯 | 行政职务/技术职称 | 无/地质研究员 |
| 工作单位 | 阿美远东（北京）商业服务有限公司 |
| 对本项目主要学术贡献： 为该项目的主要参加者，主要负责完成叠前Q补偿偏移道集、基于对数双曲平滑的非稳态反褶积、地面偏移距域各向异性偏移与地下局部角度域各向异性偏移、绕射波场分离与成像等方面，对项目第2、3、4、5创新点有重要贡献（旁证材料见：专利10-13，代表性文章36-38,43,45,48-53,55,62,71,84,100,114,115,123,131-132,136, 138,148,153）。曾获科技奖励情况：2014年中国产学研优秀成果奖，2015年中国专利优秀奖 |
| 第6完成人 | 姓名 | 刘致水 | 行政职务/技术职称 | 无/讲师 |
| 工作单位 | 长安大学 |
| 对本项目主要学术贡献： 为该项目的主要参加者，研发了孔隙类型定量反演、泥页岩岩石物理建模、页岩脆性评价、页岩地应力预测、页岩最小闭合压力评价等创新技术，对项目第1创新点有重要贡献（旁证材料：见专利1，3，5-9；代表性论文：1-3,6，8-20,22,25-33）。曾获科技奖励情况：2015年中国产学研合作创新成果一等奖；2015年中国专利奖优秀奖；2014年中国产学研合作创新成果奖 |

|  |
| --- |
| **知识产权情况** |
| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 国家（地区） | 授权号 |
| 1 | 发明专利 | 基于纵、横波测井资料的三种孔隙类型定量反演方法 | 中国 | ZL201410151520.2 |
| 2 | 发明专利 | 三维等效富泥质砂岩速度预测模型 | 中国 | ZL201010506914.7 |
| 3 | 发明专利 | 一种富有机质泥页岩岩石物理模型的建立方法 | 中国 | ZL201310749380.4 |
| 4 | 发明专利 | 一种建立复杂孔隙泥页岩岩石物理模型方法 | 中国 | ZL201410153372.8 |
| 5 | 发明专利 | 一种基于各向异性有效场的泥页岩岩石物理模型方法 | 中国 | ZL201410153349.9 |
| 6 | 发明专利 | 一种基于矿物含量的页岩气储层脆性评价方法 | 中国 | ZL201410151517.0 |
| 7 | 发明专利 | 基于岩石物理模型的页岩气储层地应力测井预测方法 | 中国 | ZL201310751429.X |
| 8 | 发明专利 | 基于测井及地震资料的页岩气储层最小闭合压力评价方法 | 中国 | ZL201310747857.5 |
| 9 | 发明专利 | 大斜度井纵、横波测井速度各向异性同时校正方法 | 中国 | ZL201410152152.3 |
| 10 | 发明专利 | 一种基于局部方差分析的自适应曲波阈值地震去噪方法 | 中国 | ZL201410004693.1 |
| 11 | 发明专利 | 基于非稳态反褶积的变Q值求算方法 | 中国 | ZL201410151541.4 |
| 12 | 发明专利 | 一种全方位各向异性保幅成像与抽道集方法 | 中国 | ZL201310748038.2 |
| 13 | 发明专利 | 基于TTI介质四阶旅行时方程的局部角度域各向异性偏移方法 | 中国 | ZL201410150887.2 |
| 14 | 发明专利 | 基于弹性反演的纯纵波数据刻画储层发育细节方法 | 中国 | ZL201410153279.7 |
| 15 | 发明专利 | 基于压噪密度差异反演的碳酸盐岩高效井预测方法 | 中国 | ZL201310148092.3 |
| 16 | 发明专利 | 粒子群优化算法叠前非线性反演方法 | 中国 | ZL201210241783.3 |
| 17 | 发明专利 | 一种基于三项频率依赖AVO反演的流体识别方法 | 中国 | ZL201410151879.X |
| 18 | 发明专利 | 一种基于线性混合的叠前弹性参数反演实现的储层与流体预测方法 | 中国 | ZL201410153913.7 |
| 19 | 发明专利 | 基于模糊C均值聚类的碳酸盐岩流体识别方法 | 中国 | ZL201310148211.5 |
| 20 | 发明专利 | 复杂碳酸盐岩储层地震孔隙度获取方法及装置 | 中国 | ZL201510609600.2 |
| 21 | 发明专利 | 溶蚀孔洞型碳酸盐岩储层的油气富集程度获取方法及装置 | 中国 | ZL201510595189.8 |
| 22 | 发明专利 | 基于纵波方位AVO的裂缝流体识别方法 | 中国 | ZL201210241782.9 |
| 23 | 发明专利 | 基于非线性算法的裂缝及裂缝内流体识别方法 | 中国 | ZL201410153256.6 |
| 24 | 发明专利 | 基于纵波频率依赖方位AVO的裂缝流体类型识别方法 | 中国 | ZL201410008534.9 |
| 25 | 发明专利 | 反射波广义拉东谱法绕射波场分离方法 | 中国 | ZL201210241784.8 |
| 26 | 发明专利 | 基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法 | 中国 | ZL201410152675.8 |
| 27 | 发明专利 | 基于滤波组合的镜面能量提取与成像方法 | 中国 | ZL201410152154.2 |