周“油”刊
油事精彩

人工智能 智采油气

——油气行业AI科技优秀案例背后的创新故事

日前,2024年中国油气人工智能科技优秀案例名单发布,石油工程技术研究院“石油工程决策支持系统3.0”、胜利石油工程钻井工艺研究院“数字钻头参数感知与优化控制技术”、胜利油田勘探开发研究院“储层频相特征提取与智能识别方法研究”、中原石油工程设计公司“BIM模型结合三维的项目全生命周期质量追溯系统”等成果成功入选。本版详细介绍各成果的研发应用情况,敬请关注。

阅读提示



石油工程决策支持系统 远程协同 科学决策

技术介绍

石油工程决策支持系统是一款助力石油工程数字化、智能化转型的软件系统,深度融合人工智能、大数据处理、工程理论、专家经验和软件工程技术,实时接入63种地质和工程信息,包含10类25项业务功能,提供65个标准化分析模板,内置125个专业智能算法,全方位支撑石油工程各环节施工监测、分析优化和科学决策。

□高琳琳 李昌盛



石油工程决策支持系统分析优化场景。 高琳琳 摄

一次次现场走访推广后,研发团队终于与西北油田达成了合作意向。顺北油田的井位偏远,网络条件差,他们带着卫星设备跑井,带着电脑测试软件,及时解决困难,让油田企业尝到了“数字化技术带来的”甜头”,一步步打开了软件应用市场的大门。截至目前,石油工程决策支持系统已在西北、中原、西南、胜利等油气田2135口井实现了规模化应用,其中,福深热1井、新桥1井、混合1斜井等重点井并打提速15%以上,页岩优质储层钻遇率100%,风险预测准确率大于90%。

新系统的應用,改变了传统以经验为主的钻井决策方式,也带来了施工模式的变革。在建南区块9区12H1F井开钻,工程院驻井支持专家张文平通过石油工程决策支持系统,第一时间向负责钻井作业的施工队作出风险预警。同时,远在北京的工程院石油工程决策支持中心工作室,10余名不同专业的专家已通过系统查看到该井最新的钻井信息,立即与现场人员进行讨论分析,拿出解决方案。

“依托石油工程决策支持系统,‘北京—甲方—井场’远程支持新模式打破了地域限制,实现了施工各方的无缝连接与高效协同,为钻井作业提供更高精度的技术指导 and 决策支持。”张洪宝说。

专家点评

西南石油工程钻井工程研究院副院长 王汉卿:

在新桥1井钻井施工中,我们引进了石油工程决策支持系统,搭建了“北京—德阳—井场”三方联动协同决策支持工作模式,实现了从“经验钻井”向“科学钻井”的转变。该系统应用后,有力支撑了二开顺四段中部大段页岩贫油层砂岩钻井,优化顶驱转速(85转/分钟)和钻压(150~180千牛),页岩段机械钻速提高42%;根据自流井组地层研磨指数和冲击指数智能推荐钻头类型,平均机械钻速突破3.87米/小时;通过智能力学算法和实时数据深度挖掘,随钻分析并壁稳槽情况,保障了稳产安全。

形成软件只是第一步,更大的难点在于落地应用。在



数字钻头参数感知与优化控制 智能感知 精准钻探

技术介绍

数字钻头参数感知系统可以在不改变现有钻井组合结构与定向钻井工艺的前提下,安装在钻头内部,测量钻头位置振动、转速、钻压、井温、井斜等参数,且预留钻速与内、外压力测量接口,可以基于钻头实测数据挖掘,开展钻头工况识别评价、关键指标参数预测、钻井参数多目标优化,为针对性提速分析、井下工具优化设计、钻井参数优化控制提供数据与理论支持。

□李 宁

随着油气开发持续推进,老油田勘探开发难度越来越大,同时,石油工程工作者老龄化加剧导致一线作业人员短缺,高风险、高成本、低效率已经成为现阶段油气资源勘探的重大挑战。开展智能化科学钻井技术探索与应用是解决上述问题的重要手段,也是保障国家能源安全和石油工程行业高质量发展的重要迫切需要。

真实准确的数据是分析和决策的前提。在钻井过程中,钻头作为破岩钻进的直接执行机构,其动力响应是破岩工况、钻进速度、地质特性间数据关系的直接体现。传统的测量装置安装在螺杆钻上游,受钻具组合力学特性的影响,无法获得钻头位置处的真实数据反馈,以此数据为基础的理论与模型研究与模型训练存在严重的数据误差。在决策与控制层面存在不可预料的实施风险。

研发国产数字钻头参数感知系统势在必行。

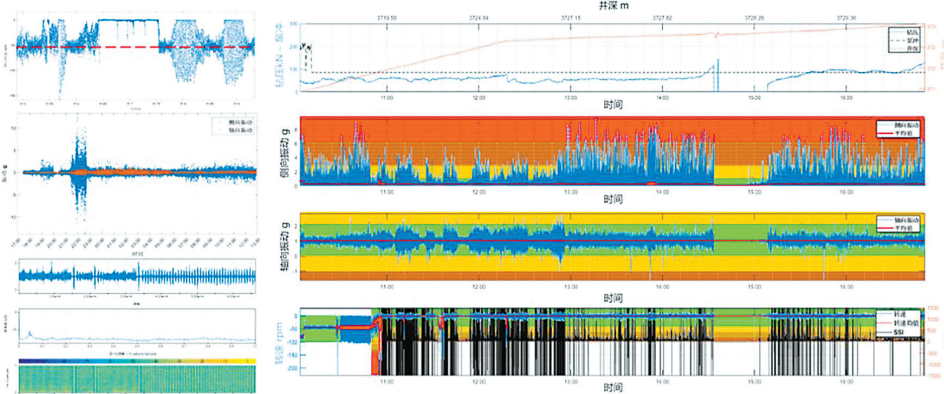
目前,国际上通用探管式和偏置式两种数字钻头设计方案,但由于结构的限制,两种方案在运动和应力参数的测量解耦等方面存在不同程度的理论缺陷与技术挑战。

对此,胜利石油工程钻井工艺研究院在集团公司“智能钻头参数感知与优化控制”及石油工程公司的相关课题支持下,以钻头可靠数据采集挖掘为突破口,历时两年成功研制出中国石化首台钻头内的参数测量系统,打破了国外技术垄断。该系统具备钻头位置处钻压、扭矩、振动、转速、井温、井斜等工程参数测量能力,可实现钻头真实工况实时

化、(超)深层盲柱力学理论研究,智能化钻井决策等更为可靠与有效。

此外,研发团队基于数字钻头实测数据与地面综合录井融合挖掘,初步探索了钻速、比能、振动等关键参数的超前预测方法,建立了钻井参数方案的多目标量化评价模型,通过云图绘制的方式确定控制边界、通过全局寻优的方式实现参数优化决策。同时,梳理配套测井解释、轨迹推算、螺杆效能、机械比能、力学计算等理论模型,通过“智能+机理”耦合的方法初步开发了钻井参数优化决策模块与钻井工程专家计算引擎。相关方法已开展3口井的现场数据试验,优化结果与人工分析结果基本一致。

近年来,钻井工艺研究院相继研制了系列化的钻头内工程参数测量系统,开发了数据分析软件,通过离线存储、事后分析开展了钻头高频数据挖掘,初步实现了钻头工况识别评价、关键指标参数预测、钻井参数多目标博弈优化,为科学钻井决策、提速工具优化提供了硬件基础与数据支撑。同时,基于数字钻头参数测量系统小型化、嵌入式结构特征,正在开展沿井筒分布式测量与井下主动控制技术的拓展应用探索。



钻头工况识别与量化评价界面。

储层频相特征提取与智能识别 优质储层 无处遁形

技术介绍

储层频相特征提取与智能识别技术主要包括三个部分:一是频相特征提取,抽取研究区实际井及非井地震道,应用最小二乘时频分析提取地震道的频相信息,通过图像处理融合频相信息,结合测井数据制作数据标签对;二是深度学习,将融合后的频相信息看作一副彩色图像,反演目标为连续的地层参数,构建卷积-回归深度神经网络,并用制作的数据标签对训练深度网络;三是频相智能反演,提取反演地震数据体的频相信息,将频相信息融合并输入训练好的深度网络模型,即可得到三维频相智能反演结果。

□贾玉涛 代价科 杨洁杰

胜利油田经过60多年的勘探,勘探目标越来越复杂,呈现“薄、小、碎、深”的特点,特别是优质规模储层的寻找难度更大。传统寻找优质储层的方法已经很难适应当前的需求,亟须从新的领域和方向开展地震数据深度处理和解释方面的研究,研发更加高效、准确的识别技术。

如何从地震数据中有效地提取相位信息并应用,是该方法研究的难点。相位是描述信号波形变化的度量,就好像心电图上起伏变化的曲线,找到了特征就会明晰病灶所在。

以前常用的提取相位方法,在提取的精度和分辨率方面都不尽如人意。“胜利油田勘探开发研究院首席专家罗红梅说,“我们只能开展新的研究。”

为了在国内首次开展相位分解与重构的研究,参考资料缺乏,科研人员只能借助少量的英文文献,不断建立数学模型,再通过反复调试反复试验。

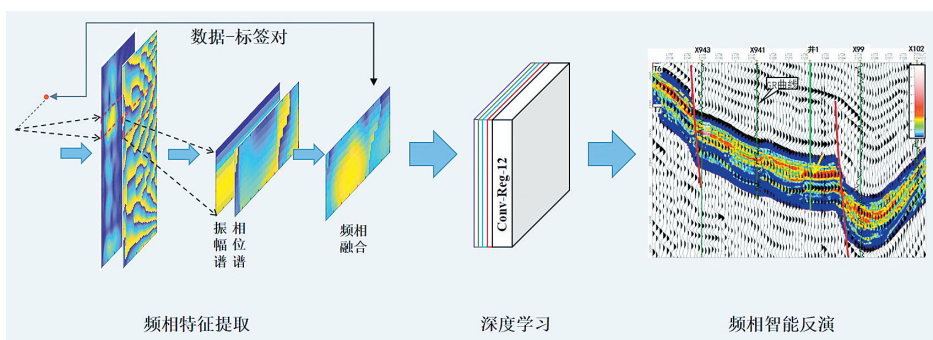
经过深入研究,科研人员将反问题求解思路和傅里叶变换相结合,研发了新的时频分析方法,有效提高了时频分析结果的分辨率和可靠性。为相位信息的准确分解打下了基础。2019年,胜利油田首次在国内实现了地震数据的相位分解与重构。

科研人员趁热打铁,在相位分解重构的基础上,针对复杂地质体相位变化、储层薄的问题,进一步开发地震频率带频技术,提高地震资料的主频、拓宽频带,解决了地震资料分辨率低的问题,大幅提高了对河道砂、滩坝砂、浊积岩等薄互层的识别能力。

为了进一步提高储层识别精度与效率,他们在此基础上尝试与人工智能相结合,但国际上没有相关的研究可借鉴。

经过6年自主研发攻关,科研人员从图像识别、图像处理、人工智能、地震反演等领域入手开展研究,最终形成了储层频相特征提取与智能识别方法,实现了储层智能识别的突破,可以将地震资料的主频提高10~20赫兹,频带拓宽20~40赫兹。与传统的

方法相比,反演结果分辨率和准确度均提高10个百分点左右。截至目前,该技术系列已获国家发明专利授权两项,发表核心期刊文章4篇。



储层频相特征提取与智能识别框架。

专家点评

胜利石油工程高级专家 吴伟华:

中国石化首台钻头内测量系统的研发成功具有里程碑意义。通过引入小型化、嵌入式传感器件开发了数字钻头参数感知系统,可以在不改变现有钻井组合结构与定向钻井工艺的前提下安装在钻头

内部,获得钻头位置处的大量工程数据。通过获取的数据开展钻头评价、钻井参数多目标优化决策、井下工具主动控制等方面的工作,结合人工智能技术开展高频数据挖掘,为实施智能钻井技术提供硬件基础和数据支持,具有推广应用价值。

新闻会客厅

胜利石油工程
钻井工艺研究院钻井工程
首席专家 黄 哲

问:数字钻头参数感知与优化控制技术是如何实现钻头参数的实时感知与精准控制的?该技术对钻井效率和成本节约有哪些优化影响?

答:基于MEMS微机电传感器开发了小型化、嵌入式、低功耗的测量模块,通过合理的阵列与设计实现钻头位置运动与应力参数测量。目前该技术采用存储数据、事后分析的工作模式,开展钻头真实工况诊断与异常分析、优化。一方面,通过时频分析+模态分解+功率谱密度计算+模式识别的方法,开展钻速、钻压、扭矩、振动等关键参数的超前预测;另一方面,依靠实测数据挖掘,开展智能模型训练更新,通过多目标量化评价,开展钻井参数数据挖掘优化,助力钻井作业更加安全高效。目前,研发团队正在探索数字钻头实时通信的实现方法。

问:在实施这项技术的过程中,面临哪些技术挑战?

答:目前,数字钻头测量系统两种最常见的实现

方式:为探管式和偏置式。探管式方案钻压、扭矩产生的应变被支撑臂吸收,难以有效传递至探管本体,在结构上不具备钻头位置处应力测量的条件;偏置式方案对钻头结构强度存在一定的影响,此外,由于其单侧安装,在钻压、扭矩、弯矩等复杂应力解耦方面具有一定难度。针对这些挑战,钻井院项目组提出了一种阵列式的测量系统设计方案,通过传感器的两两配对实现运动参数解耦,设计应变桥实现复杂应力解耦。

问:该技术的推广应用前景如何?对于提升我国油气勘探开发技术水平有何重要意义?

答:该项目旨在打造智能钻井关键技术环节,助力形成具备推广应用条件的智能化科学钻井技术与解决方案,目前已完成两代产品更新、现场应用11次,已经开展并-地高速通信、自动化钻机、井下主动控制等关键技术、装备研发,随着相关研究的深入,有望解决智能钻井数据采集、传输、决策、控制4个根本问题,形成集井下采集、高速通信、地面决策、自动控制、云边交互于一体的智能钻井解决方案,助力智能钻井与优化控制技术、除钻压、扭矩、钻速、井温、井斜等工程参数决策等智能应用方法,还将在井下主动控制、井筒数字化(岩性识别、测量)、自动远程控制、井-地协同科学钻井的场景推广。

专家点评

胜利油田高级专家 王长江:

储层频相特征提取与智能识别技术系列首次实现了地震频相信息的准确提取与应用,通过进一步结合人工智能,以及研发了频相智能地震反演方法,有效提高了反演结果的分辨率和准确度,不断学习优化不同储层

的地震反特征征,最终实现自动识别优质储层。

该技术系列在胜利油田东部探区多个区块进行了广泛的应用,取得了显著的应用效果,经济效益和社会效益显著。在辟腐盾、致密油、页岩油等类型复杂储层预测中均具有广阔的推广前景。

新闻会客厅

胜利油田勘探开发研究院
首席专家 罗红梅

问:储层频相特征提取与智能识别方法是如何利用人工智能技术进行智能识别的?这种方法的优点在哪里?

答:方法原理是在相位分解与重构的基础上,将地震频相信息(振幅谱、相位谱)融合,并进一步与人工智能相结合,实现了更为精细的岩性、孔隙度等储层参数地震反演。应用这种方法可以将原始地震资料的分辨率提高了35%左右,而将频相信息与人工智能相结合,反演结果分辨率和准确度均提高10个百分点左右。截至目前,该技术系列已获国家发明专利授权两项,发表核心期刊文章4篇。

问:该研究在提升油气勘探成功率方面有哪些具体成效?

答:相位分解与重构技术在埕岛和孤东地区的河道砂、北一区地区浊积岩等类型的储层预测中进行了应用,处理后的地震数据比原始地震的分辨率提高了

36%左右,可以有效识别5米左右的砂体。在埕岛208井区储层上段上提石油探明储量1114.68万吨,石油经济可采储量220.86万吨;在埕北斜井C01块东营组一上段石油探明储量130.1万吨,石油经济可采储量24.24万吨。

频相智能反演技术在埕岛路路惠民凹陷的芦家-田家、江家店瓦店等地区,以及胜利滩海地区埕岛油田进行了广泛应用。2021~2022年,在芦家-田家等地区,协助部署井位5口,智能反演结果和测井解释的吻合度达到85%。在埕岛油田上段进行了相位分解与频相智能反演反演,解决了准确刻画河道砂体横向展布、交互互层的难题,在埕岛油田的埕北48区上段探明储量7712.16万吨。

问:未来,该领域还有哪些值得探索的方向或潜在的技术突破点?

答:该领域的研究还可以在基于现代信号处理方法,进一步挖掘地震数据相位信息的潜力,实现对储层边缘、厚度、孔隙度的精细描述,以及采用更先进的神经网络架构,提高频相智能反演对于岩性和物性描述



二维码质量追溯系统 项目管理 “一码到底”

技术介绍

BIM模型结合二维码的项目全生命周期质量追溯系统,是采用二维码技术赋予设备、材料等工程实体对象唯一二维码,并以此为载体,完成从设计、生产、检验、运输、入库出库、安装调试、运行、维修、报废等全过程的信息记录,做到质量实时可追溯,同时与工厂BIM模型建立关联,实现工厂对象二维数据三维可视化。

□李 慧

在数字化浪潮的推动下,二维码技术以其便捷性、高效性和广泛的适用性,正深刻改变着人们的生活方式与各行各业的工作模式。工程建设领域也不例外。石油工程建设中原设计公司凭借前瞻性的视野与技术创新,成功研发并应用了BIM模型(建筑信息模型)结合二维码的项目全生命周期质量追溯系统(简称:二维码质量追溯系统),为工程项目管理带来了革命性的变革。

长期以来,传统工程项目管理面临着信息封闭、管理任务繁重、资料易丢失损坏等诸多挑战,特别是在全生命周期质量追溯方面,更是困难重重。而静态二维码只能用于短暂存档,一旦信息更新、二维码也需要更换。如何才能在保持二维码不变的情况下,实现项目信息持续更新、全程留痕、永久可查呢?

“可以在固定的二维码背后建立一间‘仓库’,让项目相关流程的负责人员从项目别类地里面放置自己的‘物品’,并保证其不受时间和空间限制。”经过多次研究讨论,中原设计公司信息与数字化中心经理王力介绍,目前该系统已在这条思路,2021年,中原设计公司正式启动二维码质量追溯系统的研发工作。

把理想变为现实,需要从零起步,一点点摸索向前。技术人员在解决多类型数据统一、信息扩容等技术问题的同时,还要和各参建单位反复协调、沟通交流,不断修改完善,以确保系统在操作过程中能满足项目各阶段实际需求,各权限分配范围恰当,各工序关联顺畅,技术层面没有漏洞。最终,他们攻克了全流程协同信息扩容、分类分级分工化权限设置、数字标签与实物标签溯源一致性、多类型数据统一存储等多个难题,成功研发出二维码质量追溯系统。

该系统的核心在于为设备、钢管、焊缝等工程对象生成唯一对应的二维码,并以此作为数据入口,实现了项目从设计、采购、施工到运维等全生命周期各阶段的数据录入与质量追溯。“传统静态二维码只能存储有限数量的信息,而本项目数字化的二维码则是动态不变的,但管理上需要管理好名称和数字、代码、图片、描述、文档等实时更新,存储量与数据量都大幅增加。”该公司信息化技术人员秦跃辉介绍,“这个二维码系统虽然是共享的,但充分



技术人员在施工现场扫码查看设备信息。杜锡强 摄

考虑到了各环节的需求,以及不同单位不同级别的权限、假设A和B都有扫码权限,但他们只能分别进入自己的‘隔间’,确保信息准确传达。”

“二维码质量追溯系统的应用不仅极大地方便了信息的编辑、整理、查阅与归档,而且打破了传统纸质文档和静态二维码的局限,实现了信息的动态更新与全程留痕。”中原设计公司信息与数字化中心经理王力介绍,目前该系统已在华北油气大井地气田天然气乙烷回收工程、中原油田文24储气库工程等多个集团公司重点工程中成功应用,并取得了显著成效。

以文24储气库工程为例,该系统实现了对项目物资全生命周期的全方位覆盖,二维码应用覆盖率高达98.5%,为工程建设提供了强有力的数据支持与质量保障。各参建单位通过扫描动态二维码,可快速获取各阶段质量信息,了解施工动态和流程,对作业和运维等环节进行监督和检查。

同时,为解决二维码可能损坏或随管道埋地地下等问题,技术人员打通动态二维码技术与数字化平台的数据库壁垒,将二维码作为模型属性增加到BIM三维模型中。也就是说,在电子三维模型中扫描其中的电子二维码,可快速确定该二维码的准确位置,并获取工程实体全生命周期阶段质量信息,不仅极大地提高了项目管理的便捷性与透明度,而且为后续运维与检修工作提供了强有力的数据支撑。

专家点评

华北油气高级专家 陈俊亮:

BIM模型结合二维码的质量追溯系统以数字赋权项目质量管控为目标,依托二维码、BIM等新一代信息技术,通过将工程对象作为质量管理对象的唯一标识,实现了工程对象全生命周期工作交接与质量验收信息的实时汇报、高效流转、全程留痕、永久追溯。该系统在华北油气大井地气田天然气乙烷回收工程等中国石化重点工程的落地应用,有效提高了项目质量管理水平,充分体现了企业“质量为本”的管理理念,是华北油气发展新生产力的生动实践。

新闻会客厅

石油工程建设中原设计公司
执行董事、总经理
郑 辉

问:BIM模型结合二维码的质量追溯系统是如何在油气工程项目中实现全生命周期的管理的?

答:在确保数据的准确性和实时性方面,技术人员对各环节录入的信息会定期进行检查,将不合格的反馈进行统计,并及时整改。每月也会对各单位录入信息的质量进行考核,对考核不合格的进行通报。同时,我们还制定了数据标准和规范,建立了严格的管理水平

问:在二维码质量追溯系统的应用过程中,如何确保数据的准确性和实时性?

答:在确保数据的准确性和实时性方面,技术人员对各环节录入的信息会定期进行检查,将不合格的反馈进行统计,并及时整改。每月也会对各单位录入信息的质量进行考核,对考核不合格的进行通报。同时,我们还制定了数据标准和规范,建立了严格的管理水平

的审核机制,在数据实时采集和同步、BIM模型与二维码数据动态同步更新、用户权限管理等方面采取严格措施,确保保障数据的准确性和安全性。

为进一步保障数据的准确性和实时性,技术人员采用了高可用性、可扩展性和可维护性的系统架构设计,可靠的错误处理和异常监控机制,并选择性能稳定、可靠的软件设备,进行了充分的测试和验证,以确保系统在高负载和复杂环境下仍能稳定运行。另外,在网络安全防护、系统维护与升级、应急响应计划等方面也做了周密保障。

问:二维码质量追溯系统对于提升油气工程项目的管理水平和质量控制有何重要意义?

答:这项创新解决了石油化工项目质量管理纸质资料繁多、数字化交付成果现场数据收集不及时等问题,是对高质量建设智能工厂的有效补充,可有效避免传统模式下设计、采购、施工、运维等各环节质量与安全监管不到位导致的“低老坏”问题,有利于进一步提升施工安全、质量管控度。基于该系统在实际应用中展现出的显著优势,未来我们期待将其推广至建筑、交通、电力等更广的领域,通过不断技术优化和模式创新,为工程项目管理水平的提升和质量控制的加强提供有力支持。