

智能钻井关键技术研究

陈海峰 熊怡斌 冯 鹏

(中石化江汉石油工程公司国际合作公司, 湖北 潜江 433100)

摘 要 本文介绍了智能钻井的关键技术在国内发展的现状, 包括井眼轨迹智能优化、智能优化的钻速、智能指导钻井系统、井下闭环控制、智能监控和决策技术, 对智能钻井设备、国内外智能钻杆、智能控制压力钻井系统和智能导向钻井系统等设备的进展进行了分析。如本文中讨论的智能技术发展, 本文是关于现代人工智能技术在中国的快速发展, 需要加强钻井工程的前沿理论, 各种钻探技术的集成技术, 钻井方式加强合作创新, 建立一个完美的智能钻井系统理论, 为实现我国油气资源的高效勘探与开发不断加强。

关键词 智能钻井 钻井装备 智能优化技术 智能导向

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)01-0017-02

目前, 国外智能钻井技术仍处于发展初期, 钻井智能技术的基础理论和核心技术有待突破。国内智能钻井技术还处于初级阶段, 研究深度与国外相比还有很大差距。因此, 在智能钻井的关键技术和设备的发展现状系统分析的基础上讨论了在中国智能钻井的主要研究方向, 以促进智能钻井的基本理论研究, 改善智能钻井的技术理论, 实现智能钻井技术的跨越式发展^[1]。

1 井眼轨道智能优化技术

井眼轨迹智能优化技术主要是地质工程多源数据利用人工智能算法对井斜、方位角、井深等参数进行动态优化设计。J.Lee等利用遗传算法关于网格节点调整偏转点位置, 优化水平井井眼轨迹。S.Lemmix等人利用梯度搜索法, 结合伴随矩阵函数和数值模拟软件, 分析了水平段对油气井产能的分析情况, 并通过重复迭代法优化了水平段轨迹。A.N.Morales等利用改进的遗传算法对不同生产条件下的油气井产能进行分析, 以累积产量为目标函数优化凝析气藏水平井的井眼轨迹。Z-law等人旨在最大化生产力井筒的单位长度, 建立了储层重量图确定水库的甜点区域利用克里格方法, 然后使用一个快速的方法来优化多边井的井眼轨迹三维非均质砂岩储层。总体而言, 目前国内外井眼轨迹优化技术的智能化发展有待提高, 不能充分利用多源地球工程数据来满足复杂油藏高效开发的需要。在将来, 在钻井技术信息的有效传播的发展和智能处理的多源数据下, 预计将实现实时更新 GETM-Engineering 3D 模型的复杂的石油和天然气钻井形成更完整的智能优化技术的轨迹。

2 钻井中智能优化钻速技术

智能机械钻速优化技术主要是关于井下实时参数, 利用计算机大数据技术的使用利用数据和智能优化算法对钻井多目标参数进行了分析和计算, 然后对钻井参数进行优化调整, 从而获得最优 ROP。C.Hegde等采用关于随机驱动的森林算法, 建立了钻井速度模型、钻井过程钻头发生扭矩的模型和钻井过程中机械之比动能的模型。以钻头重量、流量、钻头转速和岩石强度为输入参数, 对钻井模型进行了优化, 主要采用的方式是元启发式优化, 得到了最优的

钻井参数。R.Arabjamaloei等通过实验数据得到的实验结果主要是用于建立钻井钻速和钻井施工中各项参数之间的关系, 希望通过神经网络模式的启发建立一种新型钻井速度模型。并利用遗传算法优化模型并获得最优钻井条件下的渗透率参数, 进行了初步的应用。M.Bataee等人利用神经网络建立钻头速度等参数之间的关系、钻井液流变性、钻压、牙齿磨损、形成特点及静液压力和优化钻井参数实时预测罗普, 最后获得了最佳罗普。X.廖等人调查和收集的速度, 如岩石的抗压强度 618 组数据集, 得到了岩石抗挤压强度和不同岩石分类的重要数据指标, 通过使用不同级别的智能系统建模的岩石, 在人工蜂群验算模式下进行不同条件的完善最优钻进速度。C.甘等人建立了钻速的预测模型关于改进粒子群优化算法 (PSO) 优化径向基函数 (RBF) 神经网络, 针对数据不完全的特点, 耦合和强非线性在钻井过程中, 提供智能优化控制的重要手段在复杂地层钻井。中石油工程技术研究院将机器学习与梯度搜索、决策树算法相结合, 研制出智能钻井提速导航仪, 获得美国第 45 届 EP 工程创新的奖项。目前已应用 60 多口井, 机械钻速提高了 18.8%~46.6%。一般来说, 井下数据的实时采集、井下数据的进行优化、钻井参数的智能控制是实现机械钻速智能优化控制的关键。因此, 将来有必要更加优化或开发更加可靠的优化算法, 以保证参数调节的精度。

3 智能导向钻井技术

智能钻井技术的导向技术需要通过人工智能, 通过对井眼轨迹的实时监测和分析, 动态调整井眼轨迹, 最终实现沿优化井眼轨迹定向钻井。

该技术为智能导向钻井系统的应用提供了重要支撑。关于一种新的静态连续测量方法, 斯伦贝谢开发了一种智能井眼轨迹控制算法, 通过将钻头连续测量数据与实际井眼轨迹数据进行比较, 实现对导向参数的智能控制。关于双环反馈协同控制方法, 上海交通大学提出了一种关于进行逻辑控制和区间模糊计算的滤波器的强化学习算法, 并将其应用于进行钻井的导向技术和钻井的立体井眼轨迹跟踪控制。哈里伯顿提出了一种关于旋转导向工具面跟踪的

钻井井筒轨迹进行控制的技术,该技术能够实时通过定位旋转钻井的导向面。挪威斯塔万格大学(University of Stavanger)可以通过随机的规划方法来进行对井眼的轨迹进行优化,大大提升了储层的渗透率,同时让钻井成本更少。沙特阿拉伯法赫德国王石油矿业大学(King Fahd University of Petroleum and Mines)研究了钻井方向自适应和智能优化控制技术。其目标是开发同步监控系统,同步进行参数优化,提升了钻井速度,降低了轨迹的误差。目前,智能定向钻井技术还有很多不足。虽然一些研究成果取得了较好的测试结果,但尚未得到大规模应用。

该技术为智能导向钻井系统的应用提供了重要支撑。关于一种新的静态连续测量方法,斯伦贝谢开发了一种智能井眼轨迹控制算法,通过将近钻头连续测量数据与实际井眼轨迹数据进行比较,实现对导向参数的智能控制。在双环反馈协同控制方法的基础上,上海交通大学提出了一种关于区间模糊逻辑控制和一阶数字低通滤波器的强化学习算法,并将其应用于旋转导向钻井三维井眼轨迹跟踪控制。哈里伯顿提出了一种关于旋转导向工具面跟踪的钻井井筒轨迹进行控制的技术,该技术能够实时定位旋转导向钻井系统的工具面。斯塔万格大学使用了离散随机动态规划方法来优化井眼轨迹,显著提高了储层渗透率,同时降低了钻井成本。沙特阿拉伯法赫德国王石油矿业大学(King Fahd University of Petroleum and Mines)研究钻井方向的自适应和智能优化控制技术。该公司的目标是开发实时控制系统,实时优化钻井参数,提高机械钻速,并消除井眼轨迹偏差。目前,智能定向钻井技术还不成熟。一些研究成果虽然取得了较好的测试结果,但尚未得到大规模应用。

4 钻井闭环控制技术

井下闭环控制技术的关键是实现智能钻井、钻井数据进行同步传输到地面,在地面的专家系统的基础上,动态分析井眼条件,然后井下致动器发送控制命令,经过双方向数据传输的信息形成闭环控制,从而实现实时对钻井参数进行优化提升钻井的钻进速度。F. Abdulgali 等人提出了关于滑模控制方法的PID(比例积分微分)模型,提高了钻井系统的稳定性,处理了不是直线的问题。A. Huo 等人将积分滑模控制方法与自适应干扰评估模型相结合,减少了数据的错误,提高了闭环控制的可靠性。J. Matheus 等人建立了一个两阶段混合闭环控制模型来提高闭环控制的效率,在进行内部的程序控制主要是钻井施工工具之间的闭环调节。进行外部的程序控制主要是关于进行内部的程序控制的进行信息的反馈和表面系统给出了控制命令,进一步调整进行内部的程序控制。牛海峰等人建立的增量式PID控制模型具有更快的动态响应和更强的抗干扰能力,能够满足复杂环境下井下对数据进行处理的速度要求。李元志等人提出了一种关于电流环、速度环和位置环控制的井下执行器三闭环PID模型,可以根据转向调节的快速性和超调量对系统进行提前修正。井下闭环控制技术当前主要是关于传统控制理论模型,有许多简化和假设,如模型的稳定性和准确性不足,将来需要需要的人工智能和自动控制理论相

结合钻井工程、多变量协调一致的反应机制的研究和钻井闭环智能化控制技术的形成。

5 智能监测与决策技术

钻井检测技术智能化能够同步收集钻井数据,可使用在繁复井下工况的同步诊断和监测,为智能决策提供重要的数据支持。贝克休斯开发了关于钻井检测技术智能化的连续管,可以动态监测井深、地层压力和温度等参数。Marconi 开发了一种关于互联网的智能钻井监测技术,能够实时监测井筒中的钻井液流动情况。关于多传感器信息融合的原则,廖明艳等人监控了钩负载、转矩、立管压力、钻速、进口和出口的流动在钻井过程中钻井液和其他参数,并通过人体神经网络系统和多种传感信息技术的结合思路,该方法不依赖于精确的数学模型。李浩等结合现场钻井情况,通过建立无线数据网络传输模型,提升无线传数据技术,大大提升了钻井数据信息监测的准确性。

通过智能钻井决策技术,钻井工程师可以在钻井过程中通过软件进行分析,对钻井的轨迹和遇到岩层进行实时分析,起到了智能分析和决策的作用。贝克休斯对多维大数据的智能解读,使关键钻井参数的动态评估和远程系统的实时控制可以优化钻井过程,已得到广泛应用。与此同时,哈里伯顿(Halliburton)和斯伦贝谢(Schlumberger)等公司建立了大数据中心,对钻井数据进行计算机分析,能够正确建立钻井方案。李奇等人建立了关于大数据备份的钻井技术决定数据模型,可以提供整个钻井过程的智能化管理提供数据参考。高晓蓉等人利用关于案例的推演技术对复杂的井下工况进行计算机数据处理和诊断,能够快速获得最佳的钻井轨迹与参数方案。针对我国西部油田的复杂的地质状况,通过优化数据实时监控参数和改进钻井钻进的规则,建立了溢流预警模型,有效防止了钻井溢流施工现象的发生。总的来说,中国已经取得了一些钻井状态的智能监测和诊断,但尚未形成整个钻井过程的智能监控和决策系统,以后工作要进一步结合多数据智能监控、快速收敛和多源数据云计算/计算技术,促进智能决策和参数监控的快速发展钻井技术。

6 结语

智能钻井技术涉及大数据、人工智能、物联网、新材料等关键基础理论和技术,有必要推动钻井工程与前沿理论和技术跨学科、跨界融合。同时,也应加强协同创新,构建一个 Industry-University-Research 合作平台,提高技术人员和钻井团队机制建设,进一步促进智能钻井技术的快速发展,提供技术支持,实现高效的开采油气资源勘探和开发非常规等低渗透提供钻井技术的支撑^[2]。

参考文献:

- [1] 李根生,宋先知,田守增.智能钻井技术研究现状及发展趋势[J].石油钻探技术,2020,48(01):1-8.
- [2] 周方成,么秋菊,张新翌,丁庆新.智能钻井发展现状研究[J].石油矿场机械,2019,48(06):83-87.