

渤海油田钻完井大数据应用和发展方向

霍宏博^{1, 2}, 谢涛^{1, 2}, 刘海龙^{1, 2}, 李进^{1, 2}, 林海^{1, 2}, 陈卓^{1, 2}

(1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300459;
2. 海洋石油高效开发国家重点实验室, 天津 300459)

摘要: 大数据和智能化油田应用于石油工程技术领域已引起石油界和学者的关注。目前渤海油田钻完井专业在建立健全数据采集硬件的基础上进行了大数据理论和技术应用的尝试, 但仍亟待完善和丰富。通过对渤海钻完井技术调研, 综述了渤海钻完井专业大数据应用现状。对目前已成熟应用的 Wellview 数据库、远程辅助决策系统、成本精细化管理、基于大数据的压裂预测等技术进行了介绍。从渤海油田钻完井专业数字化、智能化的难点等方面分析了渤海油田钻完井专业大数据和智能化油田面临的挑战和未来的发展方向, 从国家能源需求、大数据和智能化油田先进技术的保障、前沿交叉学科、国外先进的经验等方面展望了渤海油田大数据和智能化油田开发前景, 以期推动渤海钻完井大数据应用的快速发展。

关键词: 渤海油田; 大数据; 钻完井; 物联网; 数字化; 智能化

中图分类号: TE2 文献标识码: A 文章编号: 1674-4969(2020)02-01360-06

引言

伴随着大数据掀起的信息革命浪潮, 国际知名石油企业已经将信息技术引入钻完井行业, 数字化、科学化、大数据化是未来钻完井服务行业的发展趋势。由于海洋钻完井风险性高, 钻完井投资在油气勘探开发投资中占比大, 海洋石油公司更热衷于采用新技术为钻完井作业提高效率和降低风险。我国渤海油田也已初步将大数据应用于海洋钻完井中。渤海油田开发已经超过 40 年, 积累了大量的钻完井实钻数据, 拥有 4000 余口钻完井数据基础, 具备进行深度数据挖掘的潜力, 已开发应用现场作业数据存储的钻完井数据库系统、作业实时数据传输系统、钻井专家在线决策系统、钻完井数据统计分析、成本精细化管理、风险预测管理等应用, 也对一些困扰钻完井专业的难点(如井壁失稳、提高机械钻速等)进行了

实验室研究, 形成了一些理论基础。但如何利用好地面、地下传感器产生的数据流, 结合实验室理论分析深入挖掘和利用这些数据, 以指导后期钻完井工作仍需要进行探索和实践。

1 国内外研究现状

大数据的起源通常认为是谷歌的三篇文章——GFS、MapReduce 和 BigTable^[1-3], 以及亚马逊的 Dynamo^[4]。Google 以大数据技术赢得了在广告业务上的成功, 随后雅虎、微软、阿里巴巴、Facebook、LinkedIn、Twitter 等公司也加入到了大数据研究中。互联网行业运用大数据技术进行数据获取、数据存储、数据管理和数据分析。互联网大数据目前在精准客户定位、个性化服务、优化业务流程、检测感染性疾病、提高运动技能等方面都有应用, 并取得了较好的效果。国内外政府部门亦逐渐认识到大数据发展研究的重要性。

2012年3月起美国奥巴马政府宣布以2亿美元启动大数据研究和发展计划。我国在2012年10月成立了中国计算机学会大数据专家委员会^[5]。

大数据在油气田相关企业服务中已有诸多应用,例如,壳牌是较好地运用了大数据模式的石油企业,利用大数据使上游业务的提高开采成功率和下游业务中的降低成本、提升销售都得到了改善^[6]。IBM采用决策树、神经网络识别与卡钻相关的征兆以预测和避免事故发生,降低钻井风险,准确度达到85%^[7]。部分知名国际公司如哈里伯顿(Halliburton)、斯伦贝谢(Schlumberger)公司等,已开始对钻完井信息采集与数据处理领域应用大体量数据处理,在钻完井分析系统中应用效果显著^[8]。在国内,地质专业领域应用hadoop大数据平台集成非结构化地质数据,并在此基础上发现、挖掘数据已取得了较好的效果,正在向智能化地质方向发展^[9]。中石油川庆钻探工程有限公司建立了统一的数据采集、存储、调用系统,并在快速钻井、安全钻井、压力预测方面得以应用^[10]。中石油塔里木油田公司运用“大数据”资源,为试油设计提供了一体化平台^[11]。2018年中海油建立智慧钻井应用示范项目团队,组织20多位专家建立大数据模型,利用南海东部的近70口井建立钻井工程与地质数据大数据建模,预留井位的真实数据与预测完全一致^[12]。

虽然石油行业对大数据技术进行了一些尝试,但其在行业内的应用还远未达到互联网行业的数据规模和运用能力,对于大数据的理解和认识也未达到互联网大数据的高度。本研究团队所在的中海油渤海油田建立了远程数据传输网络,实现了钻井数据实时监测,通过对钻井工程数据分析处理、深入挖掘,初步实现了基地辅助决策系统远程技术支持钻井现场,并在渤中19-6油田钻井作业得以实现^[13],虽然通过油田信息化建设实现了钻完井大数据的初期阶段,但未来钻完井大数据建设仍需持续推进。

2 钻完井大数据构建和关键技术

钻完井大数据是基于大量的钻完井实时作业数据的传输、存储和调用处理,并从中找出规律性,以实现钻完井技术的优化提升。

2.1 数据录取和传输系统

地面和地下数据的采集为渤海油田钻完井大数据的构建奠定基础。海洋钻井多参数仪可采集钻修井过程中的钻压、扭矩、立压、泵速、游车高度、泥浆罐体积等钻井实时参数,并传输至中控室和陆地指挥中心^[14]。

渤海油田建立的钻井决策系统将井轨迹资料与三维地质模型结合,并由各专业专家综合分析决策下达指令,变“盲打”为“可视化”作业,解决了传统油田开发模式在油藏、地质专业信息与钻井过程中数据不对称的问题。

早在90年代初绥中36-1油田开始,钻完井过程中就应用随钻地质导向设备识别地层并指导钻完井作业^[15],这一技术在哈里伯顿(图1)、斯伦贝谢、贝克休斯(Baker Hughes)等国际服务公司的随钻设备都有所应用。2015年中海油田服务股份有限公司自主研发的Wellleader旋转导向和Drilog随钻测井系统在渤海的成功应用标志着我国全尺寸随钻定向、测井工具的研发成功^[16]。随钻测井工具以泥浆正脉冲发生器传输信息,可将井斜、方位、井径、环空压力、振动、冲击、电阻率、自然伽马实时远程传输,并通过地质分析软件和专业人员远程随钻,达到对井轨迹的精确控制,实现勘探开发一体化决策。应用随钻地震、随钻核磁工具提供的实时数据,对于储层边界识别、压力控制和潜山卡层起到了至关重要的作用。数据传输技术是保证数据同步性的关键,渤海油田使用Wits Server数据传输服务器,将提取的数据通过局域网输送处理器,并通过Gweb服务器将格式转换后的Wits ML数据加载到地质油藏模型。

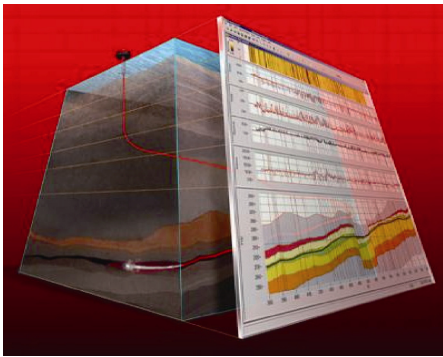


图 1 哈里伯顿的 3D 地质导向系统



图 2 渤海油田钻完井数据传输管理

2.2 数据存储和分析

2004 年起，渤海油田引入 PELOTON 公司的 Wellview 数据库系统，实现钻完井资料实时入库并对渤海所有老井数据进行了补录，结构化保存了渤海油田 4000 余口井史资料，可实现对渤海所有已钻井资料的快速查询统计。引入康斯伯格公司 Discovery Web 系统在陆地实时监测现场作业参数曲线，辅助现场作业。2017 年，搭建基于成本分析 SAP 和 Wellview 系统的精细化管理平台（图 2），使成本数据与作业数据对接，利用数据库建立动态数据分析，实现成本的高效化及智能化管理，达到成本精细化管理的全覆盖，实时了解在作业井成本，提升了成本控制综合管理水平。

本文基于钻井数据库已钻井资料分析，抽取软件中的设计参数，运用 Landmark、DrillWorks、CementPro 等专业软件，进行力学分析、钻头优选、轨迹设计等方案设计优化。

3 渤海钻完井大数据进展和现场应用

渤海油田大数据工作已开展多年，在以科技创新驱动产业改革的大背景下，渤海油田致力于建设网络化、结构化、数字化、智能化的海油云平台（图 3），将钻完井参数、钻完井决策、大数据分析融入其中，并在实际工作得以应用。渤海油田正向智能油田、绿色油田发展。

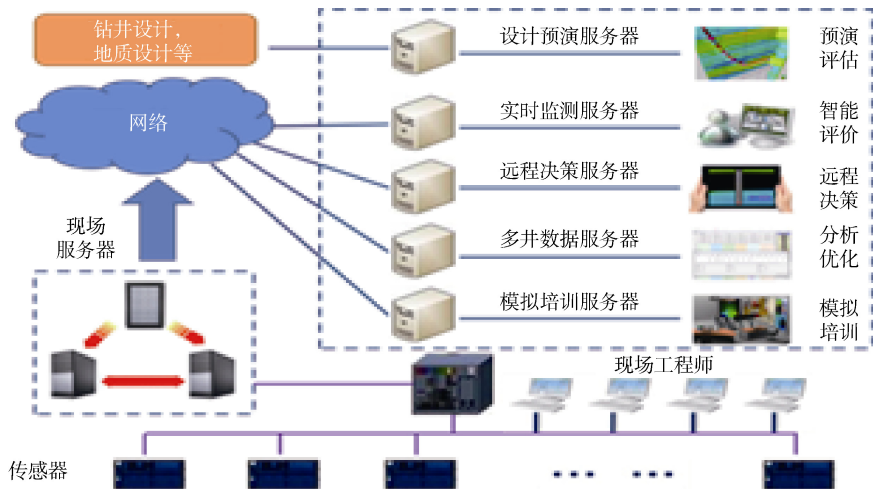


图 3 渤海油田大数据云平台建设结构

3.1 渤海钻完井大数据进展

2015年,渤海油田专家在线系统启用,包括:钻井实时数据传输监控系统;钻井专家在线辅助决策系统;钻井仿真培训系统^[17]。2018年7月,渤海油田成立“钻完井大数据技术工作组”,以持续推进大数据技术在钻完井领域的科学引领作用,取得了较好效果。2018年10月,渤海油田与康菲石油交流大数据应用成果并合作建立蓬莱油田钻完井大数据中心。

3.2 大数据在智能压裂充填中的应用

蓬莱油田从2018年起引入康菲石油大数据支持,应用于蓬莱油田单井压裂设计。针对渤海的压裂充填作业量较大、高频小型压裂、多层多级压裂,压力复杂、低液体效率、高砂比的特点,结合已有的大量现场数据,开发新的可视化模块和分析模块,研发基于成本的管理分析工具,并进行数据库集成。此研究筛选出了一系列具有物理指导意义的完井参数,为多元变量分析奠定了基础,在预先筛选的完井参数中,进一步选取了对产量有最大影响的两个完井参数:每个射孔簇的支撑剂总量和射孔簇间距。上述成果在蓬莱油田8口井的现场作业中取得了较好的应用效果。

3.3 大数据在远程辅助决策中的应用

渤中19-6区域探井钻井中应用远程辅助进行决策支持。将井场传感器参数与模拟器计算参数汇入服务器,由卫星信号与基地服务器交换,以Witsml格式实现数据库实时更新,非实时传输数据(如钻具表、钻井液流变性能参数)以结构化报表传输至数据库,实现了海上钻完井现场与远程模拟同步,整合了动态模拟、可视化、远程监控,成功辅助了专家决策。

通过该系统,对关键节点的现场摩阻扭矩值与设计值进行实时对比,分析差异产生的原因,并及时调整,避免了卡钻事故的发生;对比水力

学参数的模拟值和实际值,优化了水力学模型,精细调节压耗,辅助了钻井起钻循环清洁井眼等措施;利用随钻模拟地层压力,根据趋势预测地层压力,精确度达到97%。渤中19-6区域远程辅助支持系统取得了非常好的效果,也为后期远程决策提供了依据^[18]。

3.4 大数据在海洋物资调度中的应用

自动提取数据库中单井信息、生成钻完井月报系统替代人工统计,成为生产经营分析和效率统计对比的基础。依托计算机网络、信息化手段及现代化多媒体技术支撑,开发可视化智能库存管理系统,实现了物资快速查询及物资3D可视化,还实现了库存物资大数据统计及分析。

通过大数据技术,平台物资实现了共享互联。以往,应急物资由各平台单独配备;通过大数据统计分析,实现了海洋物资区域化,应急物资多个平台区域配备,总准备量降低15%,且应急物资调配速度较传统调度方式大大提高。大数据技术也使得船舶使用效率更高,区域船舶航行总距离节省21%。上述成果表明大数据在海洋物资调度中的应用起到了良好的效果。

4 未来渤海钻完井大数据技术规划和展望

渤海油田对于钻完井大数据技术进行了尝试,但对大数据应用和未来发展仍需进行进一步探索。目前,渤海油田对钻完井大数据应用进行了规划和展望,为未来发展大数据做好了准备。

4.1 数字化钻井与智能化钻井的结合

目前渤海油田虽然已达到对钻完井数据实时收集和传输的能力,但对于数据的分析和评估仍然是基于人工分析,依靠经验寻找各数据间的关联。对于大数据的利用,应向智能化方向发展,可依靠人工智能深度学习从海量数据中抽丝剥茧,寻找关联,突破经验限制,作为今后智能油田的基础。

4.2 钻井液实时测试数据传输

钻井液性能与钻井复杂情况关系密切, 多数复杂情况都归咎于钻井液性能恶化。但受制于钻井液测量依赖人工操作, 钻井液的流动性性能参数还未达到实时传输的水平。依赖人工手动测量并输入数据库, 无法达到数据的实时传输, 也影响现场的决策。未来通过对泥浆泵及管汇改造, 可增加钻井液性能参数实时测量、实时传输设备, 以实现钻井液性能的把控。

4.3 井壁状态数字化

国际石油公司都非常重视井筒工程数字化, 提倡将钻、录、测、井下作业参数实现共享, 辅助专家决策, 但是井壁状态数字化还未开展研究。目前, 井壁所处的状态是基于钻前邻井测井资料、地震资料和实验室岩心分析获得的静态数据, 而受钻井液浸泡冲刷、钻具撞击刮削的井壁状态是不断变化的, 随时间增加, 井壁掉块或者缩径导致钻井复杂发生。可以以大数据为基础, 分析井壁状态随时间的变化, 达到对复杂风险的提前预防(图4)。

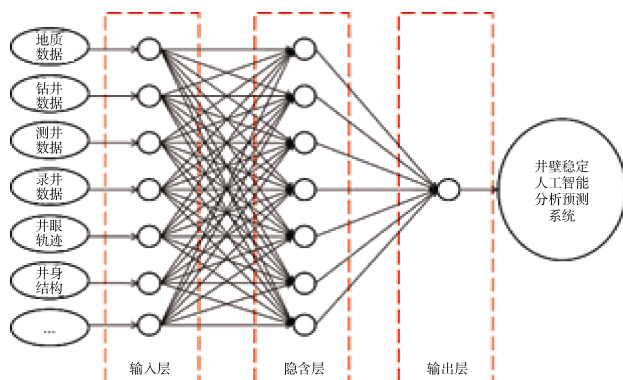


图4 井壁状态数字化设想

4.4 钻头状态监测设备

目前钻头的钻压、扭矩参数均为计算数据, 还无法获取钻头在井下实际承受的钻压和扭矩, 钻头的温度、磨损等状态信息也无法获取。未来

可通过增加钻头状态监测设备, 实时监测钻头信息, 反应井下实时情况, 获得井底最及时的信息反馈。在此基础上还可研发可视化、井底状态分析设备辅助钻井决策。

4.5 钻井资源智能调度

现代钻完井作业过程管理及资源(钻井船、船舶、人员、工具、物料等)统筹协调依然主要靠传统人工方式, 缺乏统筹高效一体化的科学管理工具。而现有的 WellView 钻完井数据库和 3D 可视化智能库存管理系统已经具备了在区域资源调度大数据基础上进行智能调度的条件。未来结合钻完井库存数据, 结合勘探、工程、开发生产、财务等数据, 通过建立数据的统计、分析、挖掘和可视化功能, 可实现由数字化管理推动钻井资源调配, 实现管理价值的提升。

5 结论

海上钻完井作业是一项高投入、高风险和高技术水平的隐蔽性地下工程, 渤海油田通过对大数据技术的探索, 已经初步实现利用大数据指导现场钻完井的目标, 但距离真正的大数据钻完井仍很遥远, 未来发展中仍需完善。本文针对渤海油田钻完井现状, 提出以下建议。

(1) 增加石油各专业集成。目前, 渤海数据库还未达到物探、勘探、油藏、钻完井、采油、海洋工程数据的共享, 而大数据分析需要以多专业信息为基础。

(2) 增加专业化人才培养。当前从事钻完井数据研究人员基本由钻完井专业转型, 思路局限。大数据钻完井技术缺少大数据专业背景的人才, 打破石油行业壁垒需要互联网、物联网等新兴产业与传统石油行业的多专业融合。

(3) 充分发挥人为作用。在大数据技术形成前, 提高操作者主动作为, 增加静态数据填报的准确性、及时性。

参考文献

- [1] Ghemawat S, Gobioff H, Leung S T. The Google file system[J]. *Acm Sigops Operating Systems Review*, 2003, 37(5): 29-43.
- [2] Chang F, Dean J, Ghemawat S, et al. Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data[J]. *ACM transactions on computer systems*, 2008, 26(2): 1-26.
- [3] Dean J, Ghemawat S. MapReduce: Simplified data processing on large clusters[J]. *Communications of the ACM*, 2005, 51(1): 107-113.
- [4] Decandia G, Hastorun D, Jampani M, et al. Dynamo: Amazon's Highly Available Key-value Store[J]. *Acm Sigops Operating Systems Review*, 2007, 41(6): 205-220.
- [5] 李金诺. 浅谈石油行业大数据的发展趋势[J]. *价值工程*, 2013, 32(29): 172-174.
- [6] 徐 斌. 壳牌中国 CIO 徐斌: 大数据在壳牌的应用 [EB/OL]. 大数据 [2014-12-24]. <http://www.36dsj.com/archives/19540>.
- [7] 周大通, 林东龙, 戴倚霞, 等. 大数据技术将引领油气行业变革[J]. *石油科技论坛*, 2016, 35(5): 45-50.
- [8] 陈中普, 王长在, 任立春, 等. 油气田钻完井大数据技术研究与应用前景展望[J]. *录井工程*, 2018, 29(4): 1-6.
- [9] 基于 hadoop 大数据平台的非结构化地质数据集成、发现与挖掘取得突破性进展[Z]. 中国地质调查局网站.
- [10] 钱浩东, 温 馨, 甘红梅, 等. 井筒工程“大数据”的建立与应用实践[J]. *钻采工艺*, 2019, 42(2): 38-41.
- [11] 袁泽波, 钱浩东, 刘 举, 等. “大数据”在塔里木试油一体化设计平台的应用与实践[J]. *钻采工艺*, 2017, 40(6): 108-110.
- [12] 熊爱江, 张 娅. 大数据融入传统油气产业 [N/OL]. *中国海洋石油报*, [2018-04-16]. http://www.cnooc.com.cn/art/2018/4/16/art_201_2924871.html.
- [13] 刘宝生, 和鹏飞, 杨保健, 等. 钻井辅助决策系统构建及在渤中 19-6 的工程实践[J]. *石油钻采工艺*, 2018, 40(6): 684-689.
- [14] 邓志彬, 王 涛, 王幼平. 海洋钻井多参数仪系统设计研究[J]. *石油矿场机械*, 2010, 39(7): 54-59.
- [15] 姜 伟. 辽东湾绥中 36-1 油田试验区丛式钻井技术回顾与展望[J]. *中国海上油气: 工程*, 1996(1): 47-52.
- [16] 菅志军, 尚 捷, 彭劲勇, 等. Welleader 及 Drilog 系统在渤海油田的应用[J]. *石油矿场机械*, 2017, 46(6): 57-62.
- [17] 岳家平, 刘书杰, 耿亚楠, 等. 中海油钻井在线实时监测与决策系统建设[J]. *重庆科技学院学报(自然科学版)*, 2018, 107(4): 39-42.

Situation and Prospects of Big Data Application on Drilling and Completion of Bohai Oilfield

Huo Hongbo^{1,2}, Xie Tao^{1,2}, Liu Hailong^{1,2}, Li Jin^{1,2}, Lin Hai^{1,2}, Chen Zhuo^{1,2}

(1. CNOOC Tianjin Company, Tianjin 300459, China;

2. State Key Laboratory of Offshore Oil Exploitation, Tianjin 300459, China)

Abstract: As a new field in petroleum engineering technology, Big Data and intelligent oilfields have garnered the attention and interest of the petroleum industry and researchers. Drilling and completion specialty in the Bohai oilfield have made significant data theory and technology attempts on the basis of establishing and improving data acquisition hardware, but it still needs to be improved and enriched urgently. Based on the investigation of the drilling and completion technology in the Bohai Sea, the progress of Big Data applications in drilling and completion is summarized. The WellView database, remote assistant decision-making system, cost fine management, and fracturing prediction based on Big Data are introduced. From the aspects of digitalization, intellectualization difficulty, and bottlenecks in technological development in drilling and completion in the Bohai oilfield, the challenges faced by Big Data and intellectualization are analyzed. From the aspects of national energy demand, guarantee of Big Data and intellectualized oilfield advanced technology, frontier interdisciplinary disciplines and foreign advanced experience, etc. The development prospects of Big Data and intelligent oilfields in the Bohai Oilfield are predicted, with a view toward promoting the rapid development of Big Data applications in drilling and completion.

Key Words: Bohai oilfield; big data; drilling and completion; internet of things; digital; intelligent