

国内外录井技术研究现状及展望综述

董珊珊（中石化中原石油工程有限公司录井公司，河南 濮阳 457001）

摘要：近年来录井技术取得了长足的发展，从地质录井、工程录井、录井信息化及录井解释评价技术等四个方面，阐释了国内外录井技术的研究现状。针对非常规油气的开发，分析了高分辨率元素录井、钻井液核磁共振在线录井及高分辨率三维核磁共振录井三项录井技术。基于以上分析，提出了录井技术的发展展望。

关键词：录井技术；元素录井；非常规油气；研究展望

录井技术的应用发展至今已有很长一段历史，从最初简单的深度测量、地质描述、气测录井等到现在结合计算机技术、高新技术和装备的应用，录井技术逐渐往高科技方向发展。然而，由于油气的勘探开发逐渐往深层、超深层方向发展，录井技术面临钻井工艺、复杂地质目标的多重考验，录井技术仍要不断发展以解决这些问题。

1 录井技术研究现状

1.1 地质录井技术

地质录井获得的岩心、岩屑及钻井液资料开展储层流体识别、物性分析的关键。当前，地质录井技术逐渐从定性往定量、宏观往微观、气体往流体、矿物往元素等方向发展。

1.1.1 建立地质剖面

这是地质录井最基本的功能，其主要由地质技术人员按照经验和肉眼开展，必然导致准确性和精细度欠佳，近年来逐渐从宏观往微观方向、元素方向发展。CT扫描技术应用在录井中，获得了岩心内部准确的结构。由于PDC钻头的使用，Microcore（微取心）钻头也得到了开发，这种技术使得岩心同岩屑一起被钻井液携带至地表。

1.1.2 随钻油气检测

气体检测往钻井液分析发展是随钻油气检测取得的长足进步，实现了采集的定量化，检测内容也更加宽阔。其中比较典型的是FLAIR（Fluid Logging and Analysis In Realtime）系统，通过精确地流体分析，为地层流体评价提供基础。此外，在线检测技术应用于油气同位素检测上，稳定碳同位素比值通过近红外光吸收方法测定，甲烷浓度则利用激光谐振分光原理，成熟度和油气来源评价更加准确。

1.2 工程录井技术

工程录井技术主要表现在钻井的全过程监控上，更加保证钻井事故的判断和提高钻井效率，从以往被动判别到现在的异常预报是发展方向。近年，对于异常压力预测国内外投入相关的研究，形成多种专业信息化系统。其中随钻技术如MWD、LWD、MD等的发展和运用，地层实时压力梯度和破裂梯度得到了准确的预测，根据各种参数（工程和钻井液）的异常，PWD技术可以获得实时的破裂压力和孔隙压力。近年来，为了关注不同专业间的共享，研发了钻井无风险（NDS）作业模式，通过准确的将实时信息传递给相应的技术人员，集成各种工艺方法、钻井数据库软件、预测软件，建立一套完整的框架系统，以交流、协作为重点开展结构化工作，判断钻井过程中的相关风险的识别、预测及控制，以实时解决井壁稳定性和井筒压力问

题，进一步降低钻井事故率和费用。

1.3 录井信息化技术

1.3.1 井场一体化信息平台

综合录井仪已经成为井场的信息汇集中心，逐渐将钻井、测井、固井、地质、I, WD/MWD信息集成在一起，通过传输系统传到决策指挥中心，帮助实现实时监控和数据共享。近些年，WITSML（井场信息传输标准标记语言）作为一种数据传输标准，促进了井场和基地之间钻井数据的有效传输，提升了井场信息交换能力。

1.3.2 远程决策平台

录井信息发展强调与作业体制的配合，力图为现场技术需求与基地专家支持提供一种解决方案。Baker Hughes公司搭建了BECON专家远程决策平台，将井场的信息发送回基地，专家集中在一起为不同油区提供技术支持。Geoservices公司借助于信息化提出了THE-MA钻井工程支持及远程决策支持服务，帮助钻井工程技术人员进行快速决策。

1.4 录井解释评价技术

对录井资料进行评价的相应技术已获得了较大的发展，相应的技术类型多、准确性也越来越高。国内外油气企业已经实现了对储层流体识别、储层分析、油气性质评价、产能预测等多种评价技术及解释图板，相当部分已实现了自动处理解释，但目前仍存在一些困难。对于评价方法的研究，理论性不够，往往以经验判断为主，扩大了某些辅助技术的应用。录井信息挖掘度不够，对各种资料和数据未综合利用，解释评价仍以定性分析为主，其相应结果很难应用于后期研究，使得录井技术被重视的程度不够。更为重要的，现场录井对油气层的评价实效性不搞，不利于决策者制定相关措施。这与现场技术人员的专业知识、业务素质有关。因此，要解决这些问题，寻找专业化、准确度更高的方法和技术是今后的发展方向。

2 非常规录井新技术

2.1 高分辨率元素录井

岩石是由元素组成的，元素是开展地层对比和岩性识别的基础，同时还是可压裂性和可钻性评价的关键指标。当前主要的代表技术包括激光诱导击穿光谱和X荧光射线技术。目前这两项技术在国内主要应用于地层对比、岩性识别、沉积环境识别脆性评价及总有机碳含量计算等方面，已经是非常规油气的甜点评价、压裂设计的关键技术。

2.2 钻井液核磁共振在线录井技术

由于钻井液添加剂对致密油层低气油比油层等较大的影响，开展钻井液含油量录井具有重要作用。通过实验

比较,在钻井液含油量检测上,低场核磁共振具有明显的优势。一般情况下1个弛豫峰对应种纯流体,核磁共振则可通过不同的弛豫峰判断混合流体,根据谱峰的位置和面积,还可以对流体性质进行划分。因此,该技术在钻井液录井是完全可行的,从而研发了在线核磁共振录井技术,这是气测录井后的第二个在线录井技术。

2.3 高分辨率三维核磁共振录井技术

相比于常规油气,非常规油气藏具有典型的低渗透特性,因而对孔隙流体和孔喉尺度分辨率要求更高,以浸泡弛豫剂确定含油饱和度基本不可能,采取二维及三维核磁共振录井可解决这些问题,但录井现场没法解决质量大、体积大、对技术人员要求高等问题。因此,采取固定梯度磁场和特殊的磁体结构设计,在保证仪器够小的情况下,提高了10倍孔隙流体和孔喉尺度分辨率。

3 录井技术发展方向

3.1 人工向智能发展

现场录井工作具有很大的弊端,将机器自动化代替人工录井,实现智能化录井技术,可以较好的克服人为因素造成的分辨能力、技术水平等问题。实际上,当前录井技术的发展已经低于社会发展速度,其自动化程度、智能化程度需要加强,强化信息技术和传统录井的融合,必定是录井的方向。

3.2 定性往定量发展

数字化录井数据、使用期限(不局限于钻井周期)突破是录井技术应发展的方向。因此,传统的录井技术,应该往录井数据量化、平面可比性录井资料转变,只有这样才能更好地提高录井质量,并准确应用在后期研究,从而也提高录井受重视的程度。

3.3 随钻快速解释和评价的实现

录井解释评价的时效性是长期以来困扰专业技术人员的问题,随钻化解释评价的实现将更好地利于决策者的判断和油气的发现。因此,需要搭建模型化解释流程和方法、精细化评价软件,开展录井即使评价的批量化和智能化,进一步提高实效性。避免因实效性导致的各种工程复杂及油气层的漏发现。

3.4 数据应用立体化

大数据时代对录井技术也提出更高要求,将钻井现场相关的图表、成果、数据等资料,整合在地质数据平台中,实现数据应用的立体化。要查询邻井的相关情况,可以通过井位地理信息系统,对邻井层段钻井工程数据、原油性质、油气水层录井数据、测井解释数据、试油产量和压力、平面地层对比成果以及纵横向岩性分析等进行准确获取,对目前正钻井的工程事故预报、油气层位置判断提供技术支持。若随钻录井发现油气显示,可以将邻井对应层位的对应数据提供给专业技术人员和决策方,利用相关政策的准确制定。同时,数据应用立体化方便后续研究人员调取和使用已钻井的各项现场数据,提升录井地位,增加录井技术价值和发展空间。

参考文献:

- [1] 王志战.国内非常规油气录井技术进展及发展趋势[J].石油钻探技术,2017,45(6):1-7.
- [2] 王大锐.录井技术-看清钻井内的油气[J].石油知识,2021(1):16-17.
- [3] 蔡君,王志章,田淼.录井技术发展现状及前景综述[J].录井工程,2017,28(3):6-10.

(上接第3页)从技术的通用性来看,一项新技术的产生在自身经济条件、使用条件满足的情况下,新型技术将在该产业圈迅速地实现应用,促进产品的优化与升级。技术与工艺的革新下,煤炭能源、电力能源、化工技术等正在实现三位一体化的运营,在能源的合理管控下,煤炭分化产品的利用率逐渐提高。现代煤化工技术的发展主要包含两个层面。第一,基地化,以煤制油技术为例,产品在加工过程中,液化、焦油等都是能源的附属品,要想在有限的技术工艺下提高能源产量,应从多个方面进行整合,提升产品的可用度。在煤基原料的作用下,产品自身逐渐形成一种固有的加工体制,即以地域性为主导的能源产业正在进行不断的优化与升级,提高着产品的性能。第二,系统化,现代化煤化工技术不仅是煤炭资源开采效率的衡量指标,更是国家科技实力的一种彰显,从国际市场来看,煤炭能源市场管制形式对资源开采具有较大的影响,要想技术与经济产出达到一定的比例,整个技术体系必须执行着同步性原则,尽量优化产业链,避免煤炭资源开采过程中消耗过多的环节。为此,现代煤化工技术必须实现系统化,针对每一项管控细节进行分析与认定,提高产品的利用价值,针对国外先进的技术工艺等,结合企业自身发展

实力制定完整的技术生产计划,提升能源产出比,争取在有限资金限制下创造出更多的经济收益。

5 结语

总之,煤炭作为一种不可再生资源,特别是当前能源濒临枯竭的条件下,各类技术、工艺等必须做出革新,针对煤炭能源产业来建立完整的开采体系,提高煤炭开采效率,降低成本的消耗。在当代工业革命中,煤炭资源与社会行业已经形成深度融合,煤炭资源的开采不仅仅局限于单一化的产品消耗中,而是部分替代或完全取代相关产品,令行业本身可更高效地利用资源,以此来达到资源的成本控制,与我国可持续发展理念相贴合。

参考文献:

- [1] 郭靖,张露,刘东阳.现代煤化工发展的前景分析[J].石河子科技,2019(05):12-14.
- [2] 邢涛.煤化工技术现状及发展趋势研究[J].化工管理,2017(20):216.
- [3] 王明华,毛亚林,李瑞峰.现代煤化工技术现状及趋势分析[J].煤炭加工与综合利用,2017(02):17-20+41+7.
- [4] 王俊理.煤化工技术现状及发展趋势研究[J].世界有色金属,2017(01):20-21.