

The Demand and Response Strategy for Mud Logging in the New Situation

Li Xing

China Petroleum Exploration and Production Company, Beijing
Email: xing_li@petrochina.com.cn

Received: Jun. 28th, 2017; accepted: Aug. 24th, 2017; published: Oct. 15th, 2017

Abstract

Some advantages of mud logging while drilling included accurate determination of lithologic profile timely on site, evaluation of formation drillability, locating the coring horizon, the identification of oil, gas and water layers, monitoring of drilling risks and data release, which were also the evident characteristics for distinguishing the mud logging from other disciplines. The data and results obtained from proper processing of first-hand data from mud logging can provide crucial basis for oil and gas exploration and development. After reviewing the difficulties such as lithologic identification, physical property judgment, and oil, gas and water layer evaluation encountered in mud logging, some development directions for mud logging, including smart data collection, modeled data processing, interpretation and evaluation while drilling, and diversified information release forms etc are proposed according to the status quo of data collection, data processing, interpretation and evaluation of mud logging technology and information technology.

Keywords

Oilfield Demand, Status of Mud Logging, Development Trend, Coping Strategy

新形势下的录井技术需求与应对策略

邢立

中国石油勘探与生产公司，北京

作者简介：邢立(1970-)，男，高级工程师，从事录井管理及地质监督管理等工作。

Email: xing_li@petrochina.com.cn

收稿日期：2017年6月28日；录用日期：2017年8月24日；发布日期：2017年10月15日

摘要

现场及时准确的岩性剖面建立、地层可钻性评价、取心层位卡准、油气水层判别、钻井风险监测、数据信息发布等是录井技术在随钻过程中最重要的优势，也是区别于其他专业的显著特点。录井所采集的现场第一手资料，经过正确的分析处理后获得的数据和成果，能为油气田勘探开发提供重要的参考依据。在分析了油气勘探开发在现场录井中遇到的如岩性识别、物性判断和油气水层评价方面的困难，结合录井数据采集、资料处理、解释评价和信息技术的发展现状，提出了录井行业在资料采集智能化、数据处理模型化、解释评价随钻化和信息发布多样化等方面的发展前景。

关键词

油田需求，录井现状，发展趋势，应对策略

Copyright © 2017 by author, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中国录井行业起始于20世纪50年代初期，专业特点是实时性。录井能在随钻过程中及时建立地层剖面和准确发现油气层，是现场解决地质问题最直接和最有效的途径，因此有着“地质家眼睛”的美誉。近年来，随着勘探开发目标非常规化和钻井深度日益加深，录井面临复杂地质目标和钻井新工艺的双重挑战，在资料采集、数据处理和解释评价方面应该如何发展，在录井管理和技术进步上该如何把握，是录井人正在面对也必须解决的问题。

2. 油田需求

录井作为一门应用学科，作为一项为油田生产服务的技术，必须面向油田，了解油田真实需求，能契合和解决油田需求才是录井的立足之本。因此，在绘制录井发展蓝图之前，必须掌握当前油田在井场上的需求，以解决这些需求为发展方向。

2.1. 在复杂地层、关键层位能准确迅速识别岩性

准确进行岩性识别是地层对比的基础和地质卡层的关键，也是对录井的基本要求。目前复杂区块勘

探力度加大、复杂井部署增多、钻井提速提效等诸多因素都增加了准确识别岩性的难度，主要表现在：火成岩岩石类型多、岩性复杂，受多期次喷发和风化溶蚀作用影响，纵横向变化快，分布规律差，造成识别难度大；潜山界面风化严重且岩性混杂，潜山内幕构造复杂，裂缝发育、岩性复杂多变，要准确迅速识别岩性并卡准潜山界面难度很大；混积岩储层多种岩性混杂、岩石成分和结构差异大，薄互层多，测井响应特征不明显，邻井可对比性差，造成岩性识别难度大；山前井地质条件复杂，上覆盐层与目的层地层压力系数相差大，事故复杂多发，钻井工艺难度大；在 PDC 钻井条件、气体钻井条件下，岩屑破碎严重、识别定名困难等[1]。

2.2. 能及时有效评价储层物性

储层的物性参数是油层的重要指标，直接反映出储层储量和开采产量。储层物性参数通常包括孔隙度、渗透率、饱和度等，其中孔隙度和饱和度与储量有关，渗透率与产量有关。如何通过录井参数来评价储层物性，一直是录井的弱项。

多年来录井工程技术人员把油气地质学、钻井工程学和井筒信息结合起来，做了大量关于储层评价的研究，研发了各种录井技术来评测储层物性参数。如，利用气测、地化、定量荧光、钻井液等识别油气层；利用核磁录井、岩心扫描、地层可钻性等来测定储层物性参数(孔隙度、渗透率、含油饱和度)。但在取心井越来越少的情况下，录井专业对于物性的识别大多属于定性判断。因此，录井参数难以参与到完井后的各向研究中，造成不被重视的局面。随着勘探开发节奏越来越快、工序衔接越来越紧密，对于储层物性实时、准确、量化判定的需求与日俱增。

2.3. 复杂地质条件下储层流体性质的判别

一个时期以来，各油田的勘探工作“低、深、难”(低渗透、埋藏深、钻探难度大)，“高、散、低”(中浅层探井密度高、油藏分散、显示程度低)已成为共同的问题。随着勘探目标越来越复杂，同时带来油气发现和储层流体性质评价的难题，主要表现在以下几个方面：

- 1) 储层流体识别难。录井解释为油层，甚至槽面出现了油花气泡，而试油为水层；现场录井气测值很低，而试油为油层，气测值无法反映储层产能；地层乳化水导致无法区分油水层。
- 2) 低电阻油藏评价难。由于钻井液浸入、高泥质含量、高束缚水饱和度和等因素，导致地层测井响应特征不明显，无法真实反映油气藏特征，上述情况很多油田都有，尤其以长庆油田为典型。
- 3) 高压低渗、非全组分、火山岩等特殊油气藏缺乏有效评价手段。
- 4) 薄油气层显示发现难。
- 5) 在钻井液添加剂条件下，真假油气显示识别难。
- 6) 泡沫、气体等特殊钻井工艺条件下，油气层发现和评价难。
- 7) 致密油、页岩油气等非常规油气层评价难。

2.4. 钻井风险性的准确评估和及时预报

当前钻井工程事故越来越复杂，已经成为影响钻井提速提效的主要原因。由于工程预警方式目前仍然沿用传统单参数门限值结合人工综合判断的方式，预警模型没有质的变化，故在深井、钻速快、井下工具等复杂情况下，工程事故预报准确率低、及时性差。国内主流综合录井仪在钻井工程、气测、钻井液 3 大类地面参数采集方面没有问题，但缺少更为丰富的地下参数采集手段、采集设备及计算机数据处理手段。如何将专家判断钻井工程异常的思维过程转化成为计算机软件系统自动判断，消除人为的不确定性因素，将专家的经验转化为预警经验并充分共享，是降低钻井事故复杂程度的关键。

2.5. 及时数据处理和有效信息筛选完成现场快速决策

油气勘探开发的复杂性、难度不断增大,勘探开发速度越来越快,现场生产组织越来越周密,各工序衔接紧密,钻井施工周期及成本预算都得到了严格的控制。在快速勘探开发和钻井提速的大背景下,对现场信息处理的及时性、准确性、全面性提出了更高的要求。当前大位移井、水平井部署所占比例越来越大,施工难度越来越大,现场基地联合作业、远程指挥的作业模式逐步兴起,各油田公司、技术服务公司纷纷建立决策指挥中心。该模式强调数据信息与作业体制的配合,要求数据传输和处理必须及时,各方及时接收现场数据,为油区提供及时有效的技术支持[2]。为加快信息处理速度,在面对浩繁的录井数据时,尤其是实时数据,录井人员应迅速筛选有效、可靠、敏感的参数,及时发送处理后的信息,以便决策者快速作出决定。因此,油田建设方对于各专业间、施工方间的数据进行快速归集、实时共享、快速筛选的需求越来越强烈。

3. 录井现状及发展趋势

近年来,为不断解决油田单位在油气勘探开发过程中的“痛点、难点”,经广大录井技术人员的不懈努力,录井技术在资料采集、处理、解释评价和信息化建设上取得了长足进步,充分发挥了录井作为勘探开发的眼睛、钻井安全的参谋和信息传输的中枢作用。

3.1. 录井采集技术

进入 21 世纪,录井资料采集技术发展迅速,已发展成为应用多种物理、化学分析方法的综合录井技术,地层信息采集开始从宏观向微观、从矿物向元素、从气体向流体方向发展。同时,录井信息采集开始趋于在线化,各种传感器的工程录井、气测录井实现在线化[3]。

但是,录井采集虽然解决了大而全的问题,但在精而优,有针对性、系统性采集方面依然存在不足,同时还存在在线化程度低下,录井数据质量差、可靠性低等缺点,因此,对种类繁多的录井技术实现采集智能化和无线化是适应勘探开发难度不断加大的必然趋势[4]。

1) 人工向智能发展。加快数据采集智能化,将大量人工完成的录井工作转化为机器自动化,减少因人员经验、技术水平、分辨能力等人为因素造成的影响。而且录井资料大多为定性内容,数据可比性也很差。较差的量化数据,导致录井资料平面上可比性较差,这也是录井在与相关专业竞争中处于劣势的一个重要原因。客观上,录井的智能化、自动化程度已远远低于社会发展速度,实现录井的新生更需要强化信息技术与传统录井技术的融合。

2) 有线向无线转变。采用无线技术如局部网络完成传感器、控制器等数据采集和传输,以便相邻的几个井场或者大平台井可以公用一个综合录井房,减少征地,节约成本,能极大缓解征地困难且费用昂贵的困境,同时实现信息化、远程管理控制和智能化的网络。然后,依托无线传输方式,加快远程录井技术的开发和实施,形成基地(内部管理者与甲方)与现场之间双向无障碍通道[5]。

3.2. 资料处理技术

资料处理技术是指在现场采集和解释评价之间的录井资料数字化和标准化处理。近年来,部分录井单位通过对资料处理技术的攻关,逐步应用了现场资料处理技术、气测和地化录井资料环境影响因素校正技术等方法,实现了综合录井数据格式转换和自动提取,实现了岩心、岩屑的归位,建立了岩性及含油气性剖面 and 压力剖面,完成了多项专项技术的数据自动采集。上述技术的开发和应用,提升了录井资料的应用水平,为完善录井资料处理系统奠定了基础。

虽然录井资料处理技术有所进步,但尚处于起步阶段,多项采集资料都没有建立完备的处理方法,

制约了解释评价的定量化和精细化。与物探、测井相比,录井涉及项目繁多、数据庞杂,不仅包括颜色、成分、结构、荧光级别等定性的零散数据,而且还有更多的传感器、采集仪获得的定量连续数据,同时由于参数采集的实时性、唯一性以及受多种钻井和地质条件的影响,资料处理难度非常大,定性和单点测量的数据有待于开发量化处理方法,定量数据需要强大的批量处理方法和软件。因此,对录井而言,建立标准化的资料处理流程和方法尤为重要。

1) 从定性向定量转化。录井数据数字化,突破录井数据使用期限,不能仅局限于钻井周期。因此,必须量化录井数据,改善录井资料的平面可比性,提高录井数据质量,才能参与到后期研究中。

2) 从离散向连续转化。录井资料统一到深度剖面。研究连续测量的数据处理技术,将中断的点测录井资料转换成深度连续的剖面;将录井图形信息和定性数据进行数字化处理,建立统一的数字化标准,例如地化谱图的量化表征,对岩屑描述进行量化处理;校正录井参数归一化和标准化。总之,向着可视化、直观化、标准化方向处理资料,统一和规范数据格式,尽量将所有信息数字化,然后标定在深度剖面,从而实现数据深度统一、连续可比。

3) 处理流程标准化。按照量化、连续化的处理观念,统一标准的数据格式,建立标准规范的录井资料处理流程和方法,并将该套标准流程和方法软件化和模型化,实现软件批量处理数据,便于所有不同水平的录井人员只需通过专业的录井资料处理软件即可完成标准化操作,减少人为因素干扰,同时加快了录井数据处理速度,提高录井数据处理精度,从而拓宽录井数据的应用广度和深度。

3.3. 解释评价技术

经过几十年的发展,录井资料的解释评价技术日趋丰富。各录井单位已经根据各自所服务油田的地质、油气藏特征,形成了原油性质评价、有效储集层识别、储集层流体性质识别、水淹层评价、油气产能预测等配套评价技术和解释图版,并且部分已经实现了计算机的自动处理解释。甚至部分录井单位建立了融合多个单项技术的录井油气水层综合解释评价技术,更加注重随钻分析,在钻井现场进行快速解释,有效实现了录井地层识别、储层划分、油气显示落实、油气水层判断[6],极大地拓了解释评价思路,促进了解释评价技术的快速发展。

虽然录井已经形成了各项解释评价技术和方法,但仍存在一定的局限性。方法研究上依然存在重经验而轻理论、不明原理而夸大专项技术功能,各录井技术的数据和资料未能综合利用,不能充分挖掘、吃透录井信息,大多数的单项解释技术还是建立在定性判断基础,因而录井解释评价仅仅局限于钻井周期,不能参与到后续油藏研究及开发应用中,造成录井技术得不到重视的局面[2]。重要的是,决策者对现场录井油气层解释评价的时效性要求很高,但由于录井数据采集和处理的标准化、量化和批量化程度很低,现场录井人员技术水平不高,录井解释评价未能智能化,造成各项解释评价结果严重滞后。上述种种问题都对录井解释评价提出了更高的要求,需在资料处理和解释评价方面寻求更专业的录井方法和软件。

1) 突出专业间融合。积极主动与其他专业交流融合,取长补短、合作共赢。解释评价过程中,不仅限于录井信息,还应结合地质、测井、地震、试油和生产数据,充分利用和挖掘一切可用信息,发掘各专业间数据关系,建立跨专业的解释图版或模型,拓宽解释评价的思维方式和经验,探寻录井多方位发展的可能。

2) 形成解释评价方法体系。当前,录井行业在解释方法、解释图版和油气层评价方面都还存在问题,在未来的发展中,录井技术必须要解决好上述问题。综合运用各项解释评价技术,克服单一录井解释方法的局限性,结合我国油藏的地质特征和油气性质,完善解释图版,建立解释评价模型,形成适用于我国东西部油田的综合油气解释评价方法和标准。在此基础上,开发出综合性的解释评价软件。

3) 实现随钻快速解释。实现随钻化,确保录井解释评价时效性。通过搭建的录井解释评价软件,模

型化解释流程和方法,进行批量化与智能化的解释[7],以此提高录井解释评价效率,努力实现随钻化,避免时间延迟造成信息误差和失去时效,影响现场各类决策。

4) 做好录井成果展示。完美的展示是实力的体现,要想提高重视度和录井地位,必须做好成果展示。解释评价成果需要完善、统一、直观、美观地展现在成果图上,包括所有录井成果(如岩性识别、流体性质判断、物性评价、地层可钻性评价等)、钻井工况(如泥浆漏失、放空、钻井液变化等)、测试数据和测井成果等。总之,只要是在井场钻井周期内产生的数据和成果,不遗漏、不放过每一项有效数据和资料,汇总成一张图,将录井的工作成果完整地展示出来。同时,把录井房发展成井场信息汇集、整理和交流的中心。最后将所有信息和成果图件保存在油田数据库,方便数据管理和调取。上述工作需要功能强大的软件系统支持。

3.4. 信息技术

借助互联网和信息技术的快速发展,录井早已经成为井场的信息汇集和传输中心。整合地质、钻井、测井、固井以及随钻数据的综合录井远程传输技术已经在各油田普遍实现,甚至无线远程录井、远程大屏幕监控、远程实时决策系统已经在部分油田开始运行。国内各录井技术服务公司已经建立起了一套集“现场数据采集-卫星(网络)数据传输-基地数据存储-网络发布”为一体的比较完整的录井信息技术系列,为管理者实时了解井场工作状态和井下地质信息,为生产决策部门及时发布生产指令,为建设方增储上产,为随钻解释评价和资料共享提供了便利条件。

但是在信息化方面,依然存在现场数据综合统计分析不够、数据挖掘深度不够、数据多样化展示不够、差异化发布不够等问题,信息发布系统普及程度低。上述问题有待于在今后的工作中加以研究和改进。利用信息技术,转变录井服务思路和方式,将是录井发展新的增长点。

1) 数据应用立体化。将井场所有资料、成果、图表等存储在地质数据平台。通过井位地理信息系统查询到相关邻井,从数据平台获取不同邻井、层段的试油(采)产量、压力、原油性质、测井解释数据、油气水层录井数据、钻井工程数据、纵横向岩性分析成果、平面地层对比成果,提前预判油气层位置、预估工程事故发生概率。当随钻录井发现油气显示后,通过随钻对比确定岩性及相关层位,将区块的邻井对应层位的相关数据同时提供给相关决策方,为决策方节省收集邻近历史数据的时间,及时做出正确的决定。同时,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。

2) 信息发布差异化。基于资料采集智能化、数据处理定量化和标准化、解释评价随钻化和综合化,依托井场无线技术,打造随钻采集平台、井场信息平台、远程决策平台三位一体的信息体系;将解释评价系统与井筒数据中心无缝对接,在现有的录井参数的基础上,与随钻等信息集成;将钻井工程、测井、测试、固井等不同作业体的信息在井场统一起来,为不同甲方提供一体化的数据源,借助互联网发布平台,可直接参与生产管理和指挥决策,更好地服务油气勘探开发。

新业务领域由传统的围绕钻井逐步向钻前、完井阶段扩展,形成钻前准备、随钻跟踪和完井支持的地质工程一体化技术服务。

4. 满足油田需求的应对策略

4.1. 强化录井资料质量考核, 尽快实现录井质量全程跟踪

考核是管理的重要组成部分,量化考核有助于质量控制,也是促进录井工作的有效手段。2016年起,中石油发布了《录井资料质量考核及验收评级规范》企业标准,对油田录井资料进行严格考核,资料品质得到迅速提升。

当前,要着重搭建录井资料质量考核体系。首先,强化考核指标。包括岩性剖面符合率、油气显示发现率、层位卡准率、异常报告准确率、数据差错率和油气层解释符合率。其次,建立录井资料验收评级制度。完井后规定时限内完成资料验收,确保资料及时入库。资料评级分为优等、合格和不合格3类,评级结果按时发布。然后,做好油气层解释评价后评估工作。对录井油气层解释符合率进行定期考核和公布,提高解释评价水平。最后,建立跟踪考核机制。将考核常态化,避免考核制度形同虚设,提升录井资料精度和可靠性,突破钻井周期的时限,探寻录井更深远的发展。

4.2. 提升资料处理和解释能力,逐步实现随钻快速评价

传统意义上的录井解释评价仅是指油气层解释评价。近年来,录井多项新技术应用于现场,采集了大量数据,录井解释评价的领域也在扩展,不但包括油气层解释,还涵盖了岩性剖面建立、地层可钻性跟踪评价和钻井工况监测及事故报告等等。

目前,录井资料处理和解释工作需要逐步实现随钻化。第一,依托科研项目,研究解释方法,完善解释图版,建立解释评价模型,使更多录井参数参与到录井解释评价模型中,提高解释评价水平的同时,带动录井技术的应用。第二,注重科研成果有形化,发展解释评价软件,提升快速解释评价水平,逐步实现随钻快速评价。第三,提升资料处理能力,提前预测设计井的工程和地质情况,做好钻前录井预告,必要时做录井井施工方案。最终,使录井资料处理和解释评价能够发挥快速及时的特点,提高录井地位。录井人的终极目标是“打一层,清一层,预测一层”。

4.3. 认认真真做好两张图,使录井资料逐步参与到地质研究中

完成大量的工作后,需要完备、清楚、美观地展示出录井工作量、工作成果,让各方了解到录井工作在井场所起到的作用,才能加大录井被重视的程度。因此,必须重视录井成果展示这项工作。

首先,绘制一张原始录井图(电子版和纸质版)。录井项目很多,数据也是海量的,但很多都是零散的单点数据放在表格中,不便于查询。录井要做一张原始录井图,将所有资料统一到深度剖面,不需要处理,还原井场实钻信息,用于录井资料验收时的原始依据。这张图要数字化,方便查询。

其次,形成一张录井成果图(电子版和纸质版)。做好资料的深度归位,包括录井资料采集、处理和解释评价成果展示。图中的信息包括岩性、物性或地层可钻性、储层流体性质、钻井工况等等。

要做好上述两张图,使其发挥更大的作用,规范录井数据格式显得尤为重要,只有这样才能使录井资料参与到后期研究中,为录井应用软件的发展打下良好的基础。

4.4. 强化采集技术的集成,提升录井资料的可信度

面向需求,形成录井技术系列。随着录井技术的不断发展,单项的录井技术已达几十种,但每种技术有不同的适应范围。要将地质目标与技术优势结合起来,明确需解决的地质问题和诉求,结合各录井技术的特点和优势,针对性选取最佳技术组合,逐步形成有针对性的岩性层位判断、地层可钻性评价、储层流体识别和钻井实时监测及事故预报等录井技术系列。提高录井采集技术的科技含量,逐步实现录井资料采集的定量化、智能化、无线化,减少人为因素的干扰,使录井资料可信度更高。

4.5. 发挥录井快速及时的优势,推动物联网录井技术发展

充分发挥录井快速及时的优势,做好随钻信息的差异性发布,确保不同岗位的管理人员和决策者收到的信息准确及时。利用信息技术,逐步实现物联网录井,推动全新的信息化录井思路在大平台井、丛式井和水平井上的应用。

5. 结语

录井是一门应用科学，“面向技术进步、面向生产实际、面向市场”一直是行业发展的宗旨，适度开发录井新技术，研究配套技术系列，加强数据处理标准化，集成发展解释评价技术，搭建录井成果数据库。依据建设方勘探开发需求，发展高精度、多信息量、集成化、智能化的综合录井技术和软件，为油气田勘探开发提供有力支撑。

参考文献 (References)

- [1] 王志章, 周新源, 蔡毅, 等. 综合录井技术面临的挑战及对策[J]. 测井技术, 2004, 28(2): 93-98.
- [2] 张卫, 郑春山, 张新华. 国外录井技术新进展及发展方向[J]. 录井工程, 2012, 23(1): 1-4.
- [3] 王锋刚. 录井技术发展面临的挑战及对策分析[J]. 中国石油石化, 2017(10): 58-59.
- [4] 迟元林. 录井资料处理技术发展方向及对策[J]. 录井工程, 2009, 20(3): 13-16.
- [5] 刘锐. “两化融合”下录井信息化探讨[J]. 中国石油石化, 2017(7): 140-141.
- [6] 刘应忠, 李一超. 中国录井业务现状及发展对策[J]. 录井工程, 2006, 23(2): 1-7.
- [7] 陈恭洋, 印森林, 刘岩. 录井学理论体系与录井技术发展方向探讨 [J]. 录井工程, 2016, 27(4): 5-11.

[编辑] 龚丹

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jogt@hanspub.org