

综合录井在钻井工程中的应用现状与发展思考

陆黄生

(中国石油化工工程技术研发院,北京 100101)

摘要:综合录井仪可以直接测量出30多个钻井参数,通过各参数间的逻辑关系,更是可以获取上百个钻井参数。这些参数既能为石油地质服务,又能为钻井工程服务。但长期以来,国内对石油地质服务的重视程度远远高于钻井工程服务。为了更好地发挥综合录井在保障钻井安全、提高钻井时效等方面的服务能力,系统阐述了综合录井工程应用的现状,从技术和体制两方面探讨了综合录井在钻井工程应用中所面临的技术难点。并在此基础上,分析了综合录井工程应用的发展方向,提出了综合录井工程应用的发展建议,对提高综合录井工程应用能力具有一定的指导意义。

关键词:综合录井 钻井工程 钻井参数

中图分类号:TE142 文献标识码:A 文章编号:1001-0890(2011)04-0001-06

Current Technology Situation and Developing Trend of Mud Logging's Application in Drilling Engineering

Lu Huangsheng

(Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing, 100101, China)

Abstract: The comprehensive mud logging unit can directly measure more than 30 parameters and over 100 parameters indirectly, such as engineering parameters and gas detecting parameters. It can provide help not only in petroleum geology but also in drilling engineering. In China, its application has been much more emphasized on geological service. In order to enhance its service abilities on reducing drilling risks and improving drilling effectiveness, this paper described the present application of mud logging in petroleum engineering. In addition, its further application prospects was analyzed, which would promote the mud logging engineering application.

Key words: mud logging; drilling engineering; drilling parameter

在综合录井发展初期,由于其大部分工作都与钻井液有关,所以国外称综合录井为“mud logging”,即钻井液录井^[1],其主要目的是找油找气,所以被称之为“勘探家的眼睛”^[2]。综合录井发展到现在,已不仅是从钻井液中获取信息,而是在钻井过程中应用各种技术,利用各种仪器进行石油地质、钻井工程及其他随钻信息的采集、分析及处理,其功能也由最初的找油找气扩展为建立地质剖面、发现评价油气显示、钻井工程服务三大功能^[3],所以俄罗斯、中亚等国家和地区将综合录井定义为“地质-钻井工艺研究”^[4]。多年来,综合录井技术为世界各国的油气勘探开发做出了巨大贡献^[5]。

综合录井传感器一般有十几种(包括绞车传

感器(井深传感器)、泵冲传感器、转盘转速传感器、立压传感器、套压传感器、转盘扭矩传感器、悬重传感器、钻井液密度传感器、钻井液温度传感器、钻井液电导率传感器、钻井液液位传感器、钻井液出口流量传感器、硫化氢浓度传感器等),每种传感器的数量不一样。一般情况下,钻井现场录井传感器约30个,每个传感器都测量出相应的

收稿日期:2011-05-10;改回日期:2011-07-25。

作者简介:陆黄生(1961—),男,福建屏南人,1983年毕业于武汉地质学院石油地质专业,1993年获中国地质大学(北京)测井专业硕士学位,2008年获南京大学构造地质专业博士学位,教授级高级工程师,测录井研究所所长,主要从事测录井工艺研究及管理工作。

联系方式:(010)84988361,luhs.sripe@sinopec.com。

参数。通过各个参数间的逻辑关系,可获取上百个钻井参数。与钻井工程相比,综合录井具有采集参数全、实时性强、智能性高等特点^[6]。长期以来,我国重视综合录井在地质方面的应用,轻视综合录井在钻井工程方面的应用。在钻井技术快速发展的今天,发展与钻井工程相适应的录井技术迫在眉睫。

1 综合录井工程应用现状

综合录井能够对建井过程进行实时跟踪,监测和预报钻井井下故障(包括井涌、井漏、钻具刺漏、掉水嘴、堵水眼、溜钻、卡钻、钻具遇阻、油气水侵、掉钻具等),为保障安全钻井,发挥了重要作用^[7]。在保证钻井安全的同时,录井工程参数在提速提效、优化钻井方面,也起到了积极的作用。随着工程参数录井的发展,逐渐形成了一系列技术。

1.1 钻井工程安全预警技术

在综合录井仪应用初期,判断及预测钻井井下故障的方法主要是依靠单参数阈值报警和根据现场经验进行主观判断,这不但需要现场人员具有高度的责任心,而且需要具有一定的知识水平和实际经验,往往存在误判、漏判等情况。钻井工程异常情况往往不是单一存在的,大多数钻井井下故障出现时,都伴随着多种钻井工程异常情况的出现,如发生井涌时,除钻井液池内的钻井液体积增加外,钻井液出口流量、立管压力、钻井液泵速、出口钻井液密度等参数都会发生相应的变化。在钻井井下故障发生的早期进行预警,对于控制钻井井下故障的发展,最大限度地减少损失是极其重要的。在钻井井下故障监测与预警方面,国内外的研究工作者均进行了大量的研究工作,在国内,胜利油田地质录井公司、中原油田地质录井处、中国电子科技集团第二十二研究所等都进行了相关研究^[8]。

1.2 水平井地质导向技术

在水平井钻进过程中,录井工程师收集定向井的各种钻井参数、地质资料及随钻测井、测量资料,结合 MWD、LWD 数据,实时调整井眼轨迹;还可进行实时井眼轨迹描述、邻井距离扫描、邻井水平扫描、定向井法面扫描、丛式井三维扫描、丛式井透视等,在井眼防碰预测上发挥了重要的作用^[9]。中国石化华北石油局录井公司在大牛地气田 10 余口大

位移定向井进行了定向录井一体化试验,取得了成功;后在冀东油田进行了推广应用,并引入了地质建模技术,编制了《定向井随钻地质分析系统》软件,使地质导向更加精准。

1.3 地层压力随钻预测、监测技术

国外对地层压力检测技术的研究一直没有停止过,并提出了许多确定地层压力的方法。最近几年,各大石油公司对地层压力的随钻监测技术进行了持续研究,从传统的泥(页)岩密度法、dc 指数法、sigma 指数法等,向随钻监测(LWD、PWD)方向发展,取得了较大进展^[10]。国内许多学者也在开发随钻地层压力监测系统,其主要方法是结合测井、测试、地质、地震、工程录井、气测录井等资料进行监测。

1.4 优化钻井技术

钻井成本的影响因素很多,因此计算及预测钻井成本是一个复杂的过程。在现代钻井成本普遍较高的情况下,优化钻井变得尤为重要。综合录井仪通过传感器可直接测量 13 类 30 多个钻井参数,通过相应的计算模型,可获取上百个参数,为分析钻进过程及优化钻井提供了基础数据。综合录井能够在钻头优选、井身结构优化、钻井液水力参数优化、避免钻井井下故障等方面发挥较大的作用,实现建井过程综合效益分析和评价,提高钻井速度,缩短建井周期,降低钻井成本,达到优质、安全、高效、低耗钻井的目的。

1.5 钻具振动监测与分析技术

通过测量钻柱顶部的振动,可以监测下部钻柱的振动状态。通过处理和分析振动信号,可识别钻柱振动的主要特征,如所钻地层岩性、钻头磨损、钻柱共振、钻柱与井壁之间的相互作用等。近几年,加拿大 Datelog 公司研发了钻具振动监测分析系统 DLSVIBRA,可以以 10 Hz 的频率采集泵压、悬重、转盘转速、扭矩等参数,并能对采集到的振动数据进行分析。在国内,中国石油大学(北京)的郭学增和高岩教授在钻具振动检测与分析方面进行了研究,取得了较好的应用效果^[11-13]。

1.6 井眼清洁监测技术

采用岩屑流量计计量从井内返出岩屑的质量和流速,并与钻头破碎岩石的理论容积进行对比,有助

于判断钻井过程中的井眼清洁问题和井眼的稳定性,并及时制定相应措施,保证钻井安全,节约钻井时间及钻井成本。法国 Geoservice 公司研发了相应的设备,国内的上海科油能源控股有限公司也进行了相关设备的研制与开发^[14]。

1.7 有毒有害、易燃易爆气体检测技术

通过检测井场各区域的硫化氢、一氧化碳、烃类气体等有害、易燃气体,能有效预防事故的发生。使用 S²⁻ 传感器,再结合 pH 值传感器进行钻井液检测,辅之以硫化氢气体传感器,可以在钻井液中的硫化氢气体饱和挥发之前检测到硫化氢的存在,实现硫化氢的早期检测。上海科油能源控股有限公司进行了相关研究,生产了相应产品,并正对其产品进行改进完善^[15]。

1.8 气体钻井井下燃爆监测技术

相对于常规钻井液钻井,气体钻井可以大幅度提高机械钻速、降低成本、缩短钻井周期、减小储层伤害,有利于发现和保护油气层、提高油气采收率,避免因地层结构复杂而造成的井漏、水敏地层的垮塌等井下故障。但限制气体钻井应用范围的因素也有很多:地层出水,会造成井内排屑不畅、用气量增加、卡钻等复杂问题;含硫地层,当地层流体中含 H₂S 时一般只能通过转换为钻井液钻井进行处理;当钻遇油气层时油气便会进入井内,由于井下高温等因素的存在,极易产生燃爆,严重时可能熔断钻具,造成井眼报废,带来巨大经济损失。中国石化胜利油田地质录井公司研发了空气钻井条件下的燃爆监测设备,该设备通过在线检测钻井过程中的气体成分(烃类气体、CO、CO₂、H₂S、O₂ 等),结合综合录井仪的信息,可及时监测井下燃爆等异常现象,为气体钻井的安全施工提供保障^[16]。

1.9 综合信息平台建设及应用技术

依托当前计算机及网络技术的发展,工程录井已形成了一套成熟的数据远程传输、显示、存储及网上发布系统。井场信息管理平台成为井场的数据中心,实现了现场资料处理、解释的标准化与规范化,以及远程在线事故诊断、专业分析、工程评价,基地与现场信息交流、专家讨论、生产决策等,为施工作业单位及生产决策与管理者之间提供了井场信息支持^[17]。

2 综合录井工程应用主要难点

2.1 综合录井参数的准确性有待于进一步提高

在录井过程中,大多数传感器能够比较准确地测量钻井工程参数,但有些传感器(如目前普遍使用的靶式钻井液出口流量传感器),信号采集受多种因素(如传感器的性能、安装位置、环境干扰、使用方法等)的影响,其采集结果往往与实际存在一定的误差,导致其不能全面、客观地反映钻井工况,利用其预测异常情况时有可能产生偏差,影响了综合录井在钻井工程中的应用效果^[18]。

2.2 录井技术无法满足高速发展的钻井技术的需求

近些年,欠平衡钻井(泡沫钻井、空气钻井)和定向钻井(水平井、分支井)的数量逐年增加。由于钻井工艺的改变,有的传感器无法安装,导致相关参数无法测量,如在空气钻井中,采用传统的方法无法测量气体的密度、温度、出口流量等。有的传感器虽然可以继续使用,但其测量精度大大降低,甚至一些工程参数不能准确反映工程情况,如定向井中钻压的采集等。

2.3 非钻进状态下的录井服务有待加强

钻进状态与非钻进状态,工程录井参数有较大的差别,监控重点也不一样。在技术方面,非钻进状态下,受钻井液液柱高度、钻井液静止、激动压力和抽汲压力等影响,钻井液液柱与地层压力的平衡问题尤为重要。因此,综合录井在水力参数分析方面应提供更多的服务。在管理方面,录井工程师往往对钻进过程的监控比较重视,在非钻进状态下往往放松了警惕,而事故往往发生在非钻进状态下,如重庆 12.23 事故就是在起钻过程中发生的,墨西哥湾漏油事故发生在固井以后。

2.4 综合录井工程服务体系有待于进一步完善

在钻井现场,钻井技术人员与录井技术人员往往各自为战,缺乏有效的沟通。录井人员往往认为钻井安全是钻井人员的事,与录井关系不大,没有明确录井的定位。钻井人员也往往对录井参数没有足够的重视。录井工程服务没有形成制度化、常态化,录井人员不同,对钻井安全工作的重视程度也不同。

钻井、录井没有形成统一的利益共同体,优不奖、劣不罚。录井人员应树立大局意识,将钻井服务与地质服务放到同等重要的位置上,应建立现场异常情况汇报制度,对录井工程服务应设立激励政策,或给予相应的劳务费用,而不是综合录井服务中地质服务的“买一赠一”^[19]。

2.5 工程录井行业标准有待于制定和完善

目前,国内有关综合录井的标准有几十项(包括国家标准、行业标准和企业标准),但这些标准大多集中在地质剖面建立、录井仪器技术要求、录井设备的校验保养、录井资料采集、录井资料处理、录井资料解释与评价、录井资料校验、特殊录井工艺等方面。有关工程参数录井的标准近乎空白,使综合录井在工程服务方面“无法可依”,制定录井工程服务方面的标准刻不容缓。

3 综合录井工程应用发展方向

3.1 工程录井参数向高精度、高速率采集方向发展

电子技术是19世纪末、20世纪初开始发展起来的新兴技术。该技术20世纪发展最迅速,应用最广泛,并成为近代科学技术发展的一个重要标志。现代电力电子技术的发展方向,是从以低频技术处理问题为主的传统电力电子学,向以高频技术处理问题为主的现代电力电子学方向转变。随着电子技术的发展,电子元器件的整体性能将大大提高,录井传感器的性能也将大大提高。

3.2 传感器向多原理、多种类方向发展

在综合录井仪出现以前,钻井工程师大多靠人的感觉和指重表、泵压表的显示定性判断钻井施工状况,及时性和准确度都不够。随着科学技术的发展,出现了综合录井仪,一些测量仪表逐步用于工程参数的测量,这在一定程度上提高了监测和判断钻井井下故障的能力。随着科学技术的进步,现场应用传感器的种类越来越多。今后,原本应用在环保、医疗等领域的检测技术,将陆续被移植到综合录井领域,传感器种类将越来越丰富。

3.3 由单参数判别向多参数综合应用方向发展

在工程录井中,往往依靠人工分析某些钻井参数来认识钻井状态。从上世纪60年代开始综合分析钻井工程数据资料,如用dc指数法确定地层孔隙

压力,利用钻井工程数据进行钻井优化设计、卡钻分析与预防等,但钻井参数的综合应用程度还远远不够。随着综合录井技术水平的提高,录取的工程参数越来越多,精度较过去也有较大提高,但独立的某个参数很难准确、客观地反应钻井状态,多参数的综合应用成为必然。针对某些钻井对象,如钻具状态监控、井眼稳定性评价、井控过程监控等,将出现相应的录井技术。

3.4 由被动的参数记录、简单应用向主动指导钻井施工方向发展

录井工程参数的首要作用是实时、准确记录钻井施工状态,用于事后追溯及钻井过程后期分析。随着录井技术的发展,逐渐形成了多参数的综合应用,并陆续形成了一系列相应的应用软件,如《钻井工程异常智能预警系统》等。随着录井技术的发展,录井参数的准确性进一步提高,钻井施工将会更多依赖于实时录井参数,录井参数将成为钻井施工的指导者。

3.5 由传统的建井过程监控向多领域服务方向发展

传统的工程参数录井利用现有的传感器进行监控,往往存在很多“死角”,如固井过程中的监控、压井过程中的监控等。今后的工程参数录井将逐渐渗透到建井过程中的每一个环节,扩大工程参数录井服务领域,如中国石油渤海钻探第一录井公司研发了“固井过程监控系统”,该系统能够实时采集及记录固井液的密度、温度、压力和流量等参数。该公司还研发了井口试压监测仪和辅助刹车保护仪。井口试压仪可以实时监控封井器压力。辅助刹车保护仪可以实时监测刹车系统的参数,以便准确判断刹车系统的状况。

3.6 由常规钻井录井向特殊工艺井录井方向发展

随着钻井技术的发展,欠平衡钻井(泡沫钻井、空气钻井)、定向钻井(水平井、分支井)和控压钻井(MPD)等的应用不断增多,而传统的工程参数录取方法,对常规钻井效果较好,在新钻井技术下,录井工程参数显示不同的响应特征。随着录井技术的不断进步,将逐步完善针对于不同钻井工艺的录井方法。

3.7 由陆地录井向深海录井方向发展

国外录井公司在深海录井服务上投入了大量的人力物力,形成了配套的深水录井技术。国内在深

水钻井技术方面基本处在跟踪和模仿研究的阶段,也仅进行了几口深水钻井的实践。深水钻井特殊的钻井工艺,使传感器的安装、使用发生了一定的改变,由于井深的增加以及隔水管的使用,造成钻井工程参数被弱化^[20]。传统的根据钻井参数判断井下故障的模式已不适用于深水钻井,需要研究新的适用于深水钻井的判断模式^[21]。

3.8 由地面监测向地下监测方向发展

综合录井仪是集传感器、电子仪表和计算机于一体的综合性仪器,虽然监测参数比较丰富,但所有参数都是在地面测量的,只能间接采集评价井筒及地层的信息。随着钻井、测井、电子、计算机等技术的发展,工程参数的采集逐渐向地下发展,使测量的参数能更加丰富,更加准确,更能如实地反应地质及钻井状况。

4 综合录井工程应用发展建议

4.1 加大新型传感器的研发力度

电子技术发展迅速,不同行业、不同领域陆续出现了各种不同的新型传感器,这些传感器有望移植到石油勘探开发行业,如钻井液液位传感器,过去普遍使用滑动电阻式传感器,现在已被超声波式传感器所代替。随着钻井技术的发展,超深井、水平井、欠平衡井的出现,钻井技术对录井技术提出了更高的要求,需要采集更加准确的钻井工程参数。因此,应加大传感器的研发力度,将更先进的传感器应用到综合录井中。

4.2 加强水力学参数分析技术研究

综合录井仪能够收集钻头参数、井身结构信息,能实时采集钻井液参数,为水力参数的实时计算创造了条件。利用综合录井仪采集的数据可实时计算出射流喷射速度、射流冲击力、射流水功率、钻头压降、钻头水功率、环空压耗等参数。近年来,国内外相继出现了超高压(35 MPa)喷射钻井技术,对钻井提速起到了很大的推动作用,利用综合录井仪采集的数据实时计算水力参数显得更为重要。

4.3 形成综合录井工程应用技术系列

现在的录井参数工程服务,相对比较笼统,其工程参数采集方法几乎一成不变,也没有针对不同钻

井工况的异常预报模型。应针对不同的钻井状态(如钻井、划眼、起下钻等)以及不同的钻井技术(如空气钻井、定向钻井等),将其系统地进行分类,有针对性地研发综合录井工程应用系列服务软件。

4.4 加强深海钻井工程参数录井技术研究

我国深海水域油气资源仍处在勘探开发的初期,国内各石油公司还没有真正涉足深水钻井领域,且未掌握其核心技术。特殊的深水钻井技术给录井带来了新的难题和挑战,而国内的录井技术主要针对陆地勘探,在深水中录井技术的储备不足,为了适应未来油气勘探发展趋势,开展深水录井技术研究势在必行。

4.5 加强非常规资源、新钻井技术工程参数录井技术研究

煤层气井、页岩气井录井中,部分传感器安装困难,甚至无法安装,钻井工程参数响应特征也与常规的石油钻井不同。钻具刺穿、掉水嘴、堵水眼、井涌、井漏、钻头寿命终结、溜钻、顿钻、卡钻、掉钻具、井壁坍塌等井下故障往往难以判断,应加强煤层气、页岩气等非常规资源工程参数录井技术研究。对于控压钻井(MPD)技术应尽早启动相应的录井技术研究。

4.6 开展工程参数井下随钻监测技术研究

现有的工程参数都是在地面测量的,但井下的信息到达地面后,信息往往被削弱甚至被掩盖。将钻井工程参数由地面测量转为地下测量,能使钻井参数更加准确,可以直接获取真正代表地层的信息,进行随钻地层评价、地质导向、监控钻井施工等。应尽早开展工程参数井下随钻监测技术研究,做好技术储备^[22]。

5 结束语

多年来的实践证明,综合录井在油气勘探开发过程中发挥了重要作用。利用综合录井数据不但能够建立地质剖面,及时发现及评价油气显示,而且可以通过监测各类参数的变化,预测地层参数、判断井下故障来保证钻井的顺利进行,还可提高钻井的科学性、提高钻井效率、缩短建井周期、降低钻井成本、提高钻井质量。随着综合录井技术的发展,综合录井在油气田勘探开发中将发挥越来越重要的作用。

致谢:本文在撰写过程中,得到杨明清、王志战、张卫、李三国、张新华等同志的大力帮助,他们为本文检索了大量资料,多次参加文章内容讨论,在此表示感谢!

参 考 文 献

- [1] 王佑宁.录井技术发展现状与展望[J].录井工程,1998,9(1):1-5.
Wang Youning. Present development situation and prospect of logging technology[J]. Mud Logging Engineering,1998,9(1):1-5.
- [2] 谢辉.浅谈录井信息的分类、意义、作用及应用[J].录井工程,2004,15(4):47-51.
Xie Hui. Classification, significance, function and application of mud logging information[J]. Mud Logging Engineering, 2004, 15(4):47-51.
- [3] 刘宗林,巫正礼.浅谈建立现代录井技术体系的几个问题[J].录井工程,2004,15(3):6-7.
Liu Zonglin, Wu Zhengli. A few problems in setting up modern mud logging technology system[J]. Mud Logging Engineering, 2004, 15(3):6-7.
- [4] 王维凯,杨明清,张卫,等.俄罗斯 META-AMT 综合录井仪[J].国外油田工程,2010,26(1):45-49.
Wang Weikai, Yang Mingqing, Zhang Wei, et al. META-AMT: compound logging unit in Russian[J]. Foreign Oilfield Engineering, 2010, 26(1):45-49.
- [5] 吴振强,胡道雄,薛晓军,等.工程录井技术研究及其在准噶尔盆地的应用[J].录井工程,2009,20(4):1-5,21.
Wu Zhenqiang, Hu Daoxiong, Xue Xiaojun, et al. The study of engineering logging technology and its application in Zhunger Basin of Xinjiang [J]. Mud Logging Engineering, 2009, 20(4): 1-5,21.
- [6] 杨明清.综合录井在俄罗斯钻井井控中的应用分析[J].中外能源,2011,16(5):74-76.
Yang Mingqing. Application of mud logging in well control of Russian drilling[J]. China Foreign Energy, 2011, 16(5):74-76.
- [7] 刘金华.工程参数录井在钻井工程中的应用[J].断块油气田,2003,10(5):87-88.
Liu Jinhua. The application of engineering parameter logging in drilling engineering[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2003, 10 (5):87-88.
- [8] 景锁吉,李新,宋海友,等.综合录井事故预警技术智能化的研究与应用[J].录井工程,2007,18(3):57-61.
Jing Suoji, Li Xin, Song Haiyou, et al. Research and application of the intellectualized warning technology for comprehensive logging accident[J]. Mud Logging Engineering, 2007, 18(3):57-61.
- [9] 张绍槐.钻井录井信息与随钻测量信息的集成和发展[J].录井工程,2008,19(4):26-31.
Zhang Shaohuai. The integration and development of drilling-mud logging information and MWD information[J]. Mud Logging Engineering, 2008, 19(4):26-31.
- [10] 张德安.录井行业技术发展面临的挑战与对策[J].录井工程,2009,20(2):53-55.
Zhang De'an. The challenge faced with and countermeasures for the technology development in mud logging industry [J]. Mud Logging Engineering, 2009, 20(2):53-55.
- [11] 宿雪,葛洪魁,杨微,等.钻柱振动录井的研究现状及发展趋势[J].石油钻探技术,2009,37(5):15-19.
Su Xue, Ge Hongkui, Yang Wei, et al. Development of drill string vibration logging[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2009, 37(5):15-19.
- [12] Macpherson J D, Jogi P N, Kingman J E E. Application and analysis of simultaneous near bit and surface dynamics measurements[J]. SPE Drilling & Completion, 2001, 16(4):230-238.
- [13] Chen D C, Comeaux B, Gillespie G. Real-time downhole torsional vibration monitor for improving tool performance and bit design[R]. IADC/SPE 99193, 2006.
- [14] 董鹏敏,程培宝,李冠珠,等.钻井岩屑清洗机设计与开发[J].石油矿场机械,2010,39(10):79-81.
Dong Pengmin, Cheng Peibao, Li Guanzhu, et al. Design of washing machine for drilling cuttings[J]. Oil Field Equipment, 2010, 39(10):79-81.
- [15] 方锡贤,张玉祥.井场硫化氢监测问题的思考与对策[J].录井工程,2005,16(2):27-29.
Fang Xixian, Zhang Yuxiang. Thought and countermeasures about the problem of wellsite H₂S monitoring detecting[J]. Mud Logging Engineering, 2005, 16(2):27-29.
- [16] 周发举,张卫.空气钻井安全监控系统研制[J].录井工程,2009,20(3):52-55.
Zhou Faju, Zhang Wei. The development of air drilling safety monitoring system [J]. Mud Logging Engineering, 2009, 20 (3):52-55.
- [17] 刘宗林.录井信息化是录井行业发展的一次重大机遇[J].录井工程,2003,14(4):8-10.
Liu Zonglin. Mud Logging informization is an important opportunity for mud logging industrial development [J]. Mud Logging Engineering, 2003, 14(4):8-10.
- [18] 邢立,姬月凤.录井技术现状分析与发展方向[J].录井工程,2004,15(4):40-46.
Xing Li, Ji Yuefeng. Analysis for mud technology current situation and its developing direction [J]. Mud Logging Engineering, 2004, 15(4):40-46.
- [19] 刘树坤.我国录井技术发展中面临的问题及对策[J].录井工程,2008,19(2):1-4,9.
Liu Shukun. Problems and countermeasures during the development of mud logging technology in China[J]. Mud Logging Engineering, 2008, 19(2):1-4,9.
- [20] Jenkins R W, Schmidt D A, Stokes D, et al. Drilling the first ultra deepwater wells offshore malaysia [R]. SPE/IADC 79807, 2003.
- [21] 庞茂昌,郭明宇,邓强,等.深水钻井对综合录井的影响因素探讨[J].录井工程,2008,19(4):73-76.
Pang Maochang, Guo Mingyu, Deng Qiang, et al. Discussion of influence of deepwater drilling on mud logging [J]. Mud Logging Engineering, 2008, 19(4):73-76.
- [22] 李玉桓.随钻测量是录井行业发展的必由之路:关于随钻录井的技术设想[J].录井工程,2006,17(1):36-38.
Li Yuhuan. MWD being the only way of mud logging development[J]. Mud Logging Engineering, 2006, 17(1):36-38.