

油气田地质录井参数实时监控技术研究

赵伟宾

中国石油集团长城钻探工程有限公司录井公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i6.8121

[摘要] 地质录井参数实时监控技术是一项集地质、电子机械、化学分析、计算机于一体的井筒勘探监控技术,它在油气井钻探过程中采集、整理、分析大量第一信息,随钻监测、控制地质录井过程中的各种参数,是油气田勘探开发过程中不可缺少的一项基础工作。在油气勘探开发钻井过程中,通过岩屑和钻井液的直接检测,及时了解地下地质情况,直接准确地采集各种地下地质信息的重要手段,实现地质目的。因此,各项录井过程中参数的监测控制,直接关系到查明地层、岩性、构造、油气水等情况,关系着油气田勘探开发速度和经济技术效果。同时,由于录井监控具有一定的实时性,对钻井过程的监测和提供工程预报具明显的优势。所以地质录井参数实时监控技术作为地质录井工作中重要的一项,对于录井过程中监测、控制各种井筒状况、参数实时分析、监测尤为重要。

[关键词] 油气田地质录井; 参数实时监控; 实时性

Study on real-time monitoring technology of geological logging parameters in oil and gas fields

Zhao Weibin

logging company of Great Wall Drilling Engineering Co., LTD., CNPC

[Abstract] Real-time monitoring technology for geological logging parameters is an integrated wellbore exploration and monitoring technique that combines geology, electromechanics, chemical analysis, and computer science. It collects, organizes, and analyzes large amounts of primary information during oil and gas well drilling, monitoring and controlling various parameters in the geological logging process. This technology is an indispensable part of oil and gas field exploration and development. During drilling operations for oil and gas exploration and development, direct detection of cuttings and drilling fluid provides timely insights into underground geological conditions, serving as a crucial method for accurately collecting various types of underground geological information to achieve geological objectives. Therefore, the monitoring and control of parameters during logging processes directly relate to identifying strata, lithology, structures, hydrocarbons, and water conditions, as well as the speed and economic efficiency of oil and gas field exploration and development. Additionally, due to its real-time nature, logging monitoring offers significant advantages in monitoring the drilling process and providing engineering forecasts. Thus, real-time monitoring technology for geological logging parameters is a vital component of geological logging work, particularly important for monitoring various wellbore conditions, real-time parameter analysis, and monitoring during the logging process.

[Key words] oil and gas field geological logging; real-time monitoring of parameters; real-time

引言

地质录井参数实时监控技术作为油气田勘探开发过程中不可缺少的一项基础工作,通过监测、控制地质录井过程中的各种参数,及时了解地下地质情况,直接准确地采集各种地下地质信息的重要手段,实现地质目的。不仅可以对录井工况及油管参数进行实时监控,而且可及时预报可能出现的复杂情况

和钻井事故,从而为钻井工程技术的现场决策提供了可靠的实时资料。地质录井参数实时监控技术已显示出巨大的经济效益,是科学钻井的重要标志。经过多年发展,地质录井在信息化建设方面取得了长足进步,在录井现场建立起以卫星网络为基础的信息传输网络。在此基础上,开发实时数据采集及数据监控系统,通过采集综合录井仪各项参数,实现数据的实时发

布,达到对现场工况的监控效果,对于进一步提升地质录井在油田勘探开发中的作用具有重要意义。

1.地质录井参数监控系统

根据录井现场实时情况,搭建系统硬件运行环境,建立井场无线网络环境,将无线 WiFi 覆盖到整个钻录井现场,便于井场各部门都能方便使用井场数据管理

与应用系统进行实时数据监控、随钻分析行系统功能。在基地,主要依托现有的网络设施,完成数据存储、发布。在综合录井仪器房,有综合录井仪路由器,通过路由器将数据采集电脑终端与综合录井仪器相连,通过专门的采集软件,就能够实时采集综合录井仪器各项参数,对数据进行分类存储,进行实时发布,从而实现综合录井数据的采集及监控功能。

2.综合录井仪

综合录井仪是集地质录井和钻井工程参数的实时监测于一体的自动化监控系统,自 20 世纪 80 年代在我国应用以来,在油气勘探方面发挥了十分重要的作用。但是由于管理体制、传统观念和技术的制约,早期的综合记录录井仪只局限于对油气显示的监测,主要服务于地质工程,起到气测录井的作用,没有充分发挥其巨大的潜能。近几年来,随着我国管理体制的改革,特别是综合录井设备和技术的不断发展,综合录井已突破了传统地质录井的观念,正逐步拓宽服务范围。实践中,人们也逐渐认识到了综合录井监控对钻井工程的重要作用。

实时数据采集模块由系统初始化设置、数据采集传输、辅助功能、Wits 发送四部分组成,系统初始化设置为现场提供井号设置、综合录井仪型号选取、地质数据自动采集设置、地化数据自动采集设置、新技术数据自动采集设置、井场数据自动存储设置;数据采集传输包括从综合录井仪开始采集数据和向基地发送数据功能;辅助功能包括数据计算设置、A7 系统数据接口、在线通讯、设置钻井作业状态、文件传输功能;Wits 发送提供 Wits0 数据通讯功能。

井号设置为实时数据采集模块提供当前井的基本信息,在进行数据采集之前,操作人员必须进行井号设置,以保证数据采集模块后采集的数据能够和当前井正确关联。井号设置界面包含了创建井号、删除井号、实时数据库和静态数据库信息的设置、基地服务器的 IP 设置、采集参数设置等设置功能。

2.1 综合录井仪型号选取

考虑到目前录井现场使用的综合录井仪有 ALS、CMS、SK2000、DML 等综合录井仪,因此数据采集模块提供了综合录井仪型号选取界面,允许操作人员根据井场实际情况,选取相应的综合录井仪,使数据采集模块能够正常采集综合录井实时数据,完成数据的实时提取。操作人员还可以通过点击界面下方提供的设置按钮对选中的综合录井仪进行详细的采集配置设置,比如和综合录井仪进行数据通讯的 IP 地址、端口号,每一个采集参数的系数设置等。这些设置项目组已经根据不同

的录井仪进行了对应的默认设定,通常是不需要再进行设置的,只有在某些设备有比较特殊的配置时,才需要进行相应的调整。

DQL 综合仪和 CMS 综合仪的数据通信方式类似,同样采用了 Udp 数据传输协议,通过定时向综合录井仪局域网的 44444 端口发送 Udp 二进制数据包,从而为第三方应用系统提供实时数据。采集程序针对 DQL 的数据发送方式,编写了相应的 UDP 数据帧听服务程序,当 UDP 数据帧听服务程序检测到 DQL 综合仪有数据发出时,就会接收相应的数据,然后对二进制数据进行解包,根据预先配置的对照表将二进制数据关联到井场数据库,实现 DQL 综合仪数据的采集入库功能。

2.2 开始采集和终止采集

开始采集功能调用综合录井仪数据采集接口,实时采集 DQL、ALS、WELLSTAR、CMS、DQL、SK2000 等五种型号综合录井仪的实时数据。实时数据采集传输系统分别为五种型号的综合录井仪提供数据采集接口,通过接口截取录井实时参数,存储到现场的实时数据库中。为实现五种综合录井仪数据的采集,项目组分别对这五种仪器进行了详细分析,了解不同仪器的数据共享机制,分别开发了相应的实时数据采集接口,实现了项目要求。

2.3 数据实时监控

数据实时监控通过成果发布的方式实现。成果发布模块由实时显示、报表发布、图幅发布、应用发布等几部分组成,共包含 20 个子系统功能。实时显示包括实时数据、实时曲线、生产日报。

2.4 综合录井仪实时数据监控

实时曲线包括综合实时曲线、气体实时曲线、工程实时曲线、钻井液实时曲线、实时仪表监控、钻井状态图等。系统提供默认 24 小时的实时曲线在线查询界面。为便于用户查看实时曲线,曲线界面提供了比例设置、曲线刻度设置、鼠标读数、日期查询、井深查询等功能,能够满足大部分用户的应用需求。系统还提供了丰富的鼠标右键菜单,比如曲线打印、保存图像、保存曲线模板等。实时曲线在线发布从井场传回的综合录井时间数据,在显示绘制曲线的时候自动查询更新数据以保持曲线和现场同步。曲线绘制美观,具有实时与回放功能,点击曲线显示数据,图件模板等可以调整并且能够保存和使用,可按时间、井段等参数回放时间曲线。

3.地层压力的实时监控

地层压力的实时监控不仅有助于确定油气层,而且可以预防高压流体进入井眼而导致的井喷事故。目前,综合录井中常用的地层压力实时监测方法有 dc 指数法和 Sigma 法等,在某些地区这些方法应用效果较好,但由于地层情况千变万化,并不是在所有地区都能取得满意的效果。综合录井参数实时监控系统提供了与地层压力和渗透性有关的若干参数,包括钻时、dc 指数、Sigma 值、泥浆温度、泥浆电导率、泥浆池体积、泥

浆密度和气测参数等。利用上述参数对地层压力进行综合监测可取得满意的效果。标准化钻时有利于消除人为操作因素的影响,准确反映地层岩性和压力的变化情况;泥浆池体积和泥浆池密度的变化反映了地层流体进入井眼内和泥浆漏失的情况;气测参数的变化可确定油气层的存在,虽然有一定的滞后性,但一般在进入油气层之前,气测参数就能够反映出来;泥浆温度、电导率、气测参数中的烃组分、CO₂和H₂等参数可以确定地层流体的性质。对标准化钻时、dc指数、Sigma值应重点关注其变化趋势,曲线逐渐发生变化是进入高压地层的前兆;若曲线发生突变,则预示地层岩性发生了变化。

在地层压力监控过程中,由于钻头类型的变化对dc指数和Sigma值影响较大,故对钻头类型的影响应及时加以修正,可在新钻头工作一段时间后用分段趋势线或校正系数对计算地层压力的值进行修正。

地层压力的实时监控在现场取得了较好的效果,不仅及时预报的地层压力的变化,而且及早发现了油气层的存在。

4. 钻时工况的实时监控

实时监测钻头在井底工作室牙齿和轴承的磨损情况,可以确定合理的起钻时间,防止钻头事故的发生。传统的钻头磨损计算方法建立在理论模型基础之上,但由于理论模型不确定系数多,加之地层因数的不确定性和钻头损坏的偶然性,是理论模型很难在现场应用。国外利用随钻测量(MWD)的井下钻压和扭矩来判断钻头的磨损状况。现场实践表明,地面钻压和地面扭矩的变化仍可较好的反映钻头的磨损情况。钻头轴承磨损后,牙轮与轴承间产生晃动,在地面上表现为扭矩的增大和波幅的增加。轴承严重磨损或牙轮卡死时,扭矩波动幅度较大,钻柱产生蹿跳现象。

通过监控扭矩、扭矩增量和波幅值可确定轴承的磨损情况,出现扭矩异常时进行报警提示。当钻头牙齿脱落时,扭矩会产生不连续的波动,但其波动幅度小于牙轮损坏时的波动幅度。钻头泥包时,正常钻压下钻头几乎无进尺,扭矩有时增大但表现平稳。较小的扭矩波动是钻头破碎岩石时所产生的正常现象,而且不同岩性的地层中产生的波动可能有所不同。采用计算机自动识别时的计算模型和步骤如下。

4.1 平均扭矩的计算

可以利用滚动平均方法确定某时间间隔内的平均扭矩:式中:Me为平均扭矩;Mk为当前点以前测点扭矩;Mt为当前测点扭矩;N为滚动点数;m为计算平均扭矩的起始点。所采用的滚动点数与采样频率有关。实际应用时,应使既能及时反映出扭矩的变化趋势,又不至于出现因滚动点数太少而产生频繁波动。

4.2 波幅的计算

式中,Mv为相对波幅(%),若Mv<0,取Mv=0;Mp为扭矩正常波动允许值(%)。

4.3 扭矩增量的计算

式中:Mc为相对扭矩增量;Ms为钻头初始扭矩,取新钻头开始正常工作一段时间内的均值。

5. 钻井事故的实时监控

5.1 卡钻的实时监控

卡钻是钻井作业过程中危害极大的钻井事故,而井眼状况的恶化是造成卡钻的直接原因。综合录井计算机联机系统提供了实时的钻井参数和记录曲线,使早期判断卡钻事故成为可能。钻进过程中,当井眼净化不好、缩径、井壁坍塌或掉块时,扭矩增大,泵压升高。因此,可以通过对扭矩和立管压力的监控来判断井眼状况。同时,接单根或活动钻具时,监控钻柱提升和下放时的大钩负荷,并与上一次接单根或活动钻具时的大钩负荷相比较,如果产生异常(预示有卡钻的可能),系统会自动报警。起下钻时,通过对大钩负荷的连续监测,可以预测钻具与井眼间的摩阻情况。起钻时,大钩负荷应逐渐减小,但若大钩负荷不减或增加,则表示有遇阻现象,应采取相应措施,以防发生卡钻。同样可监视下钻时钻具的遇阻情况。利用计算机屏幕的实时监控曲线或打印机记录曲线,对各种参数实施随时间的变化进行分析可预测卡钻的类型。

5.2 井涌、井漏及钻具刺漏的实时监控

通过对泥浆池体积、入口流量、出口流量、泵压和泵冲速的监测可实现对井涌井漏和钻具刺漏的实时监控。对于钻具初始刺漏或地层的渗透性漏失,现场一般难于发觉,但从计算机监控曲线上可明显看出。当上述参数稍微变化时,计算机就能识别出来,而且可报警提示,从而预防事故的发生。

6. 结论与建议

(1) 利用综合录井信息对钻井过程进行实时监控的方法可及时、准确地预报可能发生的井下复杂情况和钻井事故。

(2) 综合录井提供了丰富的地层信息和钻井工程信息,对快速、安全钻井有着十分重要的意义,应当引起现场录井人员和钻井工程技术人员的高度重视。

(3) 目前现场采用的扭矩传感器灵敏度不够,应研制新型的扭矩传感器。

(4) 经过多年发展,地质录井在信息化建设方面取得了长足进步,在录井现场建立起以卫星网络为基础的信息传输网络。为进一步发挥地质录井信息化建设优势,体现地质录井特色,还需加强录井现场信息化建设水平,提升地质录井在油田勘探开发中的作用。

[参考文献]

[1]张思渊,刘皓,袁春娥.钻井参数判断岩石可钻性问题的研究与讨论[J].科技资讯,2010(23).

[2]牛丽岩,王继霞.移动技术在大庆录井远程传输中的开发与应用[J].2017,28(2):104-107.

[3]陈正乐.矿田构造与深部找矿预测[J].地质力学学报,2024,30(01):1-2.