

智能化钻井测井传感器数据解析技术探讨

孙华棣

大连华天精密仪器有限公司

DOI:10.12238/acair.v3i2.13531

[摘要] 本文对智能化钻井测井传感器数据解析技术进行论述,并对实时数据监测,人工智能和机器学习以及大数据处理中的关键优化技术应用进行分析研究。通过构建数据解析模型并结合现场监测数据开展仿真分析以验证其正确性。研究结果表明:通过准确数据解析与优化控制可显著提升钻井作业安全性,效率与经济性。本论文通过数值模拟和现场数据反馈分析对控制措施实施后的结果进行评价,以期对今后钻井作业提供有效技术支持。

[关键词] 智能化钻井; 数据解析; 人工智能; 实时监测

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

Discussion on data analysis technology of intelligent drilling logging sensor

Huadi Sun

Dalian Huatian Precision Instrument Co., Ltd.

[Abstract] This paper discusses the data analysis technology of intelligent drilling logging sensor, and analyzes and studies the application of key optimization technologies in real-time data monitoring, artificial intelligence and machine learning, and big data processing. The correctness of the data analysis model was verified by constructing the data analysis and combining the on-site monitoring data with simulation analysis. The results show that the safety, efficiency and economy of drilling operations can be significantly improved through accurate data analysis and optimal control. In this paper, the results of the implementation of control measures were evaluated through numerical simulation and field data feedback analysis, in order to provide effective technical support for future drilling operations.

[Key words] intelligent drilling; data analysis; artificial intelligence; real-time monitoring

智能化钻井测井技术作为当代油气勘探与开发的关键技术手段,利用高精度传感器对井下各种环境数据进行实时获取,为钻井过程提供关键决策支持。伴随着技术进步,智能化钻井测井传感器应用逐渐由传统单一数据采集向综合数据分析,实时监测,智能化决策等多维度方向发展。数据解析技术是智能化钻井测井过程中非常重要的一个环节,它可以有效地对大量数据进行处理,排除噪声干扰,通过准确的模型和算法来促进作业效率以及安全性。文章将从智能化钻井测井传感器数据解析技术应用现状,关键技术以及未来发展趋势等方面进行论述,以期能够对相关方面的研究与实践起到理论支持和技术指导作用。

1 智能化钻井测井传感器概况

1.1 传感器工作原理与发展趋势

智能化钻井测井传感器利用高精度传感器元件及数据采集系统对井下环境中的压力,温度,震动,位移等参数进行实时监控,从而为钻井作业提供关键数据支撑。这批传感器是基于物理学的原理,例如应变、光纤和温度电压等,将井下的物理参数转

化为可以处理的数值^[1]。随着科技水平的提高,智能化钻井测井传感器研制逐步朝着小型化,高精度,抗干扰以及多功能等方向迈进。

1.2 智能化技术应用条件

测井传感器在智能化钻井中的使用,需要符合一定的工艺与环境条件。井下环境复杂多样,要求传感器在高温,高压和强震动的苛刻环境中具有适应性。数据传输和处理技术同样至关重要,传感器要以无线通信或者光纤的形式,把数据有效的传送到地面控制中心^[2]。能源供应同样是个大难题,井下传感器必须借助电池或者能量采集技术等高效能源管理系统来保证其长时间稳定工作。对数据进行处理和分析的能力需要系统实时性强、精度高,以保证决策及时、准确。

2 数据解析中的主要影响因素及关键技术措施

2.1 主要影响因素

智能化钻井测井传感器数据解析时,很多因素都将对最终数据质量和解析效果产生影响。一、传感器精度与稳定性直接

关系到数据精度,如果传感器自身有误差或者不稳定,就会使数据变得不可信。二是环境的改变对于数据的获取也会产生显著的影响,井下温度、压力以及震动的改变都会使传感器产生漂移或者偏差^[3]。数据传输时信号的衰减或者干扰都是不容忽视的影响因素,尤其对于深井或者复杂地层。三是数据噪声尤其是外部环境及设备运行引起的数据噪声将给数据解析造成严重的影响并需进行有效地治理。

2. 关键技术措施

要克服以上影响因素,有效的技术措施是关键。数据滤波与去噪技术能有效地去除数据中噪声,增强解析精度。利用尖端的信号处理技术,例如卡尔曼滤波和傅里叶变换,可以在众多噪声的干扰中准确地提取出真实的信号。对传感器采用校准与自适应调整技术可以降低设备误差、提高数据准确性与可靠性^[4]。数据融合技术对多传感器数据集成分析具有重要影响,将不同传感器数据进行融合能够增强系统鲁棒性与准确性^[5]。将人工智能与机器学习技术应用于数据解析可以进一步提升复杂数据环境处理效率与决策准确性。

3 智能化钻井数据解析模型的构建与分析

3.1 数据解析模型的构建

智能化钻井数据解析模型的构建依赖于多传感器数据的综合分析和处理,主要考虑以下四个关键指标:压力(P)、温度(T)、振动(V)和位移(D)。这四个指标在智能化钻井过程中至关重要,能够反映井下环境的基本状态。本次研究提出的模型基于数据融合技术,结合了卡尔曼滤波算法进行实时数据处理,以消除传感器噪声和干扰。模型的基本框架如下:

$$Y = f(P, T, V, D)$$

其中, Y 代表最终的综合解析结果, $f(P, T, V, D)$ 为根据压力、温度、振动和位移建立的多维度数据解析函数。通过动态调整不同数据权重,模型能够实时更新解析结果,预测钻井过程中可能出现的异常状况,并根据不同的参数组合进行有效的预警。

3.2 数值模拟参数与分析方法

为了验证该数据解析模型的有效性,需要通过数值模拟来进行详细的分析。对于每个指标,设定相关的模拟参数,并结合相应的公式进行计算。以下是四个关键指标及其对应的公式和模拟方法:

(1) 压力(P): 压力的变化与钻井作业中的地层压力密切相关,采用常见的流体力学公式进行模拟:

$$P = \rho gh$$

其中, P 为压力, ρ 为流体密度, g 为重力加速度, h 为井深。

(2) 温度(T): 温度与井下热传导过程相关,利用热传导方程进行模拟:

$$T = T_0 + G \cdot h$$

其中, T 为温度, T_0 为地表温度25, $G = 3.0^\circ\text{C}/100\text{m} = 0.03^\circ\text{C}/\text{m}$, h 为井深。

(3) 振动(V): 井下振动的模拟采用振动波传播方程:

$$V = V_0 e^{-\alpha h}$$

其中, V 为振动幅度, V_0 为初始振动幅度, α 为衰减系数, h 为井深。

(4) 位移(D): 位移与钻头的动态变化相关,采用位移公式进行模拟:

$$D = D_0 + \Delta D \cdot \cos(\omega t)$$

其中, D 为位移, D_0 为初始位移, ΔD 为振幅, $\cos(\omega)$ 为角频率, t 为时间。

通过上述公式模拟得到的数据将输入到构建的解析模型中,进行数据融合和处理,最终输出综合解析结果。

3.3 技术阶段划分

智能化钻井测井数据解析技术的应用涉及多个技术阶段,具体可以划分为以下几个阶段:

(1) 数据采集阶段: 此阶段通过安装在井下的各类智能传感器实时采集压力、温度、振动和位移等数据。这些传感器不断监测井下环境并传输数据至地面控制中心,确保数据的时效性和完整性。

(2) 数据预处理阶段: 采集到的原始数据通常存在噪声、误差等问题,因此需要进行去噪、滤波等预处理操作。常见的方法包括卡尔曼滤波、低通滤波等,通过这些技术去除不必要的噪声,保证数据的准确性。

(3) 数据融合与解析阶段: 在这一阶段,采用多传感器数据融合技术,将各类传感器的数据进行综合处理。通过建立数学模型,进行实时数据解析,并预测钻井作业中的可能异常情况。

(4) 决策支持阶段: 经过数据解析和建模的结果将提供给钻井作业人员,用于实时决策支持。通过数据分析,优化钻井作业参数,提高钻井效率和安全性。

3.4 模拟分析与结果验证

在数据解析模型构建完成后,进行数值模拟并验证模型的有效性。假设井深为3000米,模拟各项指标变化,生成模拟数据表,并通过数据图表展示解析结果。如表1所示。

表1 模拟数据表

井深(m)	压力(MPa)	温度(°C)	振动(m/s ²)	位移(mm)
1000	10.1	55	11.76	0.5
1500	15	70	14.7	1
2000	20.2	85	19.6	1.5
2500	25.5	100	24.5	2
3000	30	115	29.4	2.5

压力和井深成正相关且随井深增加而升高,这与流体力学原理是一致的。随着井深的加深,温度逐步上升,这表明地层的温度也随着深度的加深而上升。振动还随井深增大而加强,说明深井条件下钻头振动强度是逐步增大的。随着井的深度逐渐加深,位移表现出明显的周期性波动,这与钻头的动态行为有着紧密的联系。利用模拟数据及分析结果可证明本文建立的数据解

析模型对不同井深钻井数据均有良好的预测精度及稳定性,可为实际工作提供有效决策支持。

4 关键优化技术

4.1 实时数据监测技术

在智能化钻井测井系统中,实时数据监测技术作为其中的核心内容,可以确保井下数据得到有效获取和及时反馈。钻井时实时数据监测技术是通过把传感器和数据采集系统密切地结合起来,可以对井下压力、温度、振动和位移等重要信息进行连续监测。利用无线传输或者光纤技术将这些数据快速传输至地面控制中心以达到实时监测钻井作业并动态调整的目的。为促进数据传输稳定可靠,实时监测系统一般使用高频数据采集、低延迟传输技术来保证信息能在最短的时间内回馈给操作人员。

4.2 人工智能与机器学习技术

人工智能(AI)与机器学习技术在智能化钻井测井数据解析中发挥着越来越重要的作用。AI技术,尤其是机器学习算法,能够在海量数据中提取出有价值的模式,帮助钻井作业做出准确的决策。例如,通过机器学习算法分析传感器采集的压力、温度、振动等数据,系统能够自动识别出井下设备的潜在问题,如设备故障、地层异常等。尤其是深度学习与神经网络等技术可以对复杂非线性关系进行处理,提升数据解析精度与预测。采用大范围数据对模型进行训练,该系统能够持续优化和适应不同作业环境。

5 实施效果分析

5.1 现场监测数据与反馈

在智能化钻井测井过程中,通过实时监测技术对井下数据进行持续跟踪,获得了相关的现场监测数据。这些数据包括压力(P)、温度(T)、振动(V)和位移(D)等关键指标。以下是针对一段钻井作业时间内的现场监测数据表,数据呈现了不同时间节点下的各项指标变化情况:

表2 现场监测数据表

时间(小时)	压力(MPa)	温度(°C)	振动(m/s ²)	位移(mm)
0	10.2	36	9.8	0.4
1	11	38	11.76	0.6
2	12.1	40	14.7	0.8
3	13.5	42	17.64	1
4	14.2	45	19.6	1.3

5.2 实施效果评价与优化

根据上述现场监测数据,可以对实施的控制措施进行效果评价与分析。在压力和温度方面,数据表明随着时间的推移,压力和温度的升高符合地层条件变化的预期,但没有出现异常急剧变化,说明实时监测和调整措施有效地保证了作业的安全性。在振动方面,虽然振动幅度逐步增大,但增加的幅度较为平稳,未超过设定的安全阈值,表明振动控制措施发挥了良好的作用。位移数据也显示了相对均匀的波动,未出现剧烈波动,证明钻头位移的动态控制得当。

6 结论

对智能化钻井测井传感器数据解析技术进行深入研究及模型构建可得如下结论:以压力、温度、振动及位移为关键指标进行实时数据监测可有效提升钻井作业安全高效。利用人工智能和机器学习技术对数据解析可以从大量数据中挖掘出宝贵的规律,并对钻井决策做进一步优化。通过大数据处理和分析可以预警钻井过程可能存在的风险,并及时向作业人员反馈和支持信息。现场监测数据和实施效果评价结果表明,采取的优化控制措施对提高钻井稳定性和减少设备故障有明显作用。

[参考文献]

- [1]侯远伟.测井设备中的传感器技术应用[J].集成电路应用,2024,41(2):124-125.
- [2]张亚旭.探讨光纤传感器在石油测井中的应用[J].粘接,2021,048(010):127-131.
- [3]刘芳编译.哈里伯顿公司推出iStar智能钻井和测井平台[J].世界石油工业,2021,28(5):37.
- [4]马志忠,袁则名,贾雍,等.海洋石油实时智能钻井辅助决策技术进展[J].海洋石油,2023,43(3):84-89.
- [5]真齐辉,底青云,王煜亮,等.智能导钻井下随钻单芯总线信道特征及接口驱动[J].地球物理学报,2023,66(1):131-138.

作者简介:

孙华棣(1972--),男,汉族,辽宁沈阳人,硕士,研究方向:高精度测斜仪及其定向传感器的研制开发。