

油基泥浆对循环温度和随钻测量信号传输影响的研究 与经济性分析

朱晓杰 (中海油田服务股份有限公司油田技术事业部, 广东 湛江 524057)

摘要: 使用油基泥浆作业的井, 具有比重高、粘度大等特点, 给随钻测量仪器信号传输造成一定的衰减, 随着井深的不断增加, 信号幅度逐渐变小, 解码率随之降低。油基泥浆下仪器测量的循环温度与水基泥浆差别较大, 本文将根据作业井资料对油基泥浆循环温度和信号的影响因素进行研究分析, 对今后作业及经济性分析提供一定的参考。

关键词: 油基泥浆; 循环温度; 传输信号; 解码率; 经济性

中图分类号: X **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 011-0062-03

Research Progress and Future Challenges in the Impact of Oil-Based Mud on Circulation Temperature and Measurement-While-Drilling Signal Transmission

Zhu Xiaojie (Oilfield Technology Division of China Oilfield Services Limited, Zhanjiang Guangdong 524057, China)

Abstract: Wells using oil-based mud exhibit characteristics such as high density and high viscosity, which cause certain attenuation in signal transmission for downhole measurement instruments. As well depth increases, signal amplitude gradually diminishes, leading to a corresponding decrease in decoding rate. The circulating temperature measured by instruments in oil-based mud differs significantly from that in water-based mud. This study analyzes the influencing factors of oil-based mud circulating temperature and signal based on operational well data, providing a reference for future operations and economic analysis.

Keywords: oil-based mud; circulation temperature; transmission signal; decoding rate; economy

根据南海西部作业井资料分析, 比较常用到的泥浆类型为水基泥浆和油基泥浆, 其中水基泥浆应用范围较广, 适用于大部分常规地层。油基泥浆主要应用于井壁稳定性差的复杂地层、高温高压井和非常规油气层, 具有抗高温, 有很强的抑制性和抗盐、钙污染的能力, 润滑性好, 并可有效地减轻对油气层的损害等。

水基泥浆体系下^[1], 井下泥浆循环温度通常比静止温度低 20-30℃, 同时水基泥浆对信号传输衰减较小。在此, 重点研究分析油基泥浆对循环温度^[2]和信号的影响情况, 同时总结对钻井作业存在的挑战, 保障钻井过程顺利实施。

1 油基泥浆对温度影响的研究分析

1.1 油基泥浆做功会产生热量

油基泥浆做功会产生热量^[3], 并且 12.25 英寸井眼要比 8.5 英寸井眼产生热量多。通过对表 1 中 A 井的 12.25 英寸井眼循环温度与地层温度理论值分析, 循环温度均高于地层温度, 平均约为 10℃。

通过对表 2 中 B 井的 8.5 英寸井段温度对比分析, 循环温度均低于地层温度 5-10℃。经过分析可以看出, 12.25 英寸井段由于井眼环空大, 泥浆循环做功效果

表 1 A 井循环温度数据表

序号	垂深 (m)	循环温度 (°C)	地层温度 (°C)
1	2177.21	104.6	95.3
2	2223.4	106.1	96.9
3	2270.9	109.1	98.6
4	2316	112.1	100.1
5	2372	113.6	102.1
6	2409.6	113.6	103.4
7	2462	115.1	105.2
8	2501	116.6	106.5
9	2546.75	116.6	108.1
10	2593	118.1	109.7

表 2 B 井循环温度数据表

序号	垂深 (m)	循环温度 (°C)	地层温度 (°C)
1	2880	112.1	119.6
2	2954	113.6	122.2
3	3081	119.6	126.6
4	3155	124.1	129.2
5	3197	125.6	130.6
6	3289	128.6	133.8
7	3310	130.1	134.5
8	3360	131.6	136.3
9	3395	130.1	137.5

要高于 8.5 英寸井段, 这就造成 12.25 英寸井段的循环温度比 8.5 英寸高, 个别井甚至出现循环温度高于

地层温度的情况。

1.2 替换油基泥浆后温度急剧升高

涠洲某 13 井 13-3/8 英寸管鞋 1505.43m, 三开 9.5 英寸井段钻至 1509m 替油基泥浆; 替浆过程循环温度变化不大, 55℃ 上升至 58.7℃。涠洲某 10 井 (表 3) 13-3/8 英寸管鞋 1503m, 三开 12.25 英寸井段钻至 1506m 替油基泥浆, 替泥浆后温度急剧上升, 44.5℃ 上升至 73.4℃。涠洲某 11 井三开 12.25 英寸井段替换油基泥浆, 也出现温度急剧上升的情况, 40℃ 上升至 69.3℃。

经过分析, 替换油基泥浆后, 循环温度急剧升高, 不同尺寸井眼替换油基泥浆时可能会造成升温幅度存在差异。

表 3 涠洲某 10 井循环温度数据表

序号	斜深 (m)	垂深 (m)	循环温度 (°C)
1	1500.0	1485.8	44.5
2	1505.0	1495.0	44.5
3	1510.0	1495.2	58.1
4	1515.0	1500.0	60.6
5	1520.0	1504.7	62.6
6	1525.0	1509.4	63.5
7	1530.0	1514.1	65.0
8	1535.0	1518.8	71.6
9	1540.0	1523.6	71.7
10	1545.0	1528.3	72.1

1.3 钻进期间温度分析

涠洲某 10 井 (表 4) 12.25 英寸井段钻进期间温度出现过 1940-1990m 在 50m 内温度升高 4.5 度的情况, 且此时测得的循环温度比地温理论值高 10℃ 左右, 当温度接近于地层温度时, 升温幅度逐渐变小, 并趋于稳定^[4]。

对比该井 12.25 英寸和 8.5 英寸井段循环温度发现, 12.25 英寸井段钻进时的温度会比理论井温高, 升温速度逐渐变慢, 最后趋于稳定在 10℃ 左右。8.5 英寸井段钻进时的温度会比理论井温低, 升温速度逐渐变慢, 最后趋于稳定, 在 4℃ 左右。

表 4 涠洲某 10 井循环温度数据表

序号	垂深 (m)	循环温度 (°C)	地层温度 (°C)
1	1890	89.6	84.0
2	1940	91.1	85.7
3	1990	95.6	87.3
4	2040	97.1	88.9
5	2090	98.6	90.5
6	2140	100.1	92.1
7	2190	103.1	93.7
8	2240	104.6	95.3
9	2290	106.1	96.9
10	2340	109.1	98.6

1.4 起下钻温度分析

通过对涠洲三口井 12.25 井段记录温度数据, 对下钻到底后和起钻前的温度相比, 涠洲某 10 井起下钻后井底温度降低接近 10℃, 涠洲某 11 井 (表 5) 起下钻后井底温度降低接近 15℃。可以看出在油基泥浆作业时, 短起下钻反而能达到降温的目的, 这点和水基泥浆截然相反。

表 5 涠洲某 11 井循环温度数据表

序号	斜深 (m)	垂深 (m)	循环温度 (°C)
1	2588.0	2269.4	97.3
2	2588.1	2269.5	97.3
3	2588.2	2269.6	97.3
4	2588.3	2269.7	90.0
5	2588.4	2269.8	82.8
6	2588.5	2269.9	83.0
7	2588.6	2270.0	83.0
8	2588.7	2270.1	83.0
9	2588.8	2270.2	83.1
10	2588.9	2270.1	83.1

1.5 不同井段温度分析

对比内存记录数据, 涠洲某 11 井 8.5 英寸井段 (表 7) 开始时的温度会比 12.25 英寸 (表 6) 井段中完温度降低 15℃; 涠洲某 3 井并 8.5 英寸井段开始时的温度会比 12.25 英寸井段中完温度降低 19℃; 涠洲某 10 井 8.5 英寸井段开始时的温度会比 12.25 英寸井段中完温度降低 29℃。

表 6 涠洲某 11 井 12.25 英寸循环温度数据表

序号	斜深 (m)	垂深 (m)	循环温度 (°C)
1	3381.5	2576.4	108.9
2	3381.6	2576.4	108.8
3	3381.7	2576.5	108.8
4	3381.8	2576.5	108.7
5	3381.9	2576.6	108.6

表 7 涠洲某 11 井 8.5 英寸循环温度数据表

序号	斜深 (m)	垂深 (m)	循环温度 (°C)
1	3363.0	2567.0	93.9
2	3363.1	2567.0	94.0
3	3363.2	2567.1	94.0
4	3363.3	2567.1	94.1
5	3363.4	2567.2	94.1

经过以上分析可以得出油基泥浆环境下, 循环温度具有以下特性^[5]: ①油基泥浆做功会产生热量, 并且 12.25 井段要比 8.5 井段产生热量多; 12.25 井段的循环温度可能会高于地层温度; 8.5 井段循环温度低

于设计地层温度；②替换油基泥浆后温度急剧升高，升温幅度与井眼尺寸有关；③油基泥浆刚开始打钻时升温速度较快，当温度接近于地层温度时，升温幅度趋于稳定；④短起下钻后，井底循环温度降低，12.25井段降温幅度更大，可降低10-15度；⑤8.5井段起始循环温度要低于12.25井段中完时循环温度，一般降低10-20度。

2 油基泥浆对信号影响的研究分析

2.1 涠洲某34井随钻工具信号解码分析

本井完钻深度3888m，钻进至最后一柱3856m时，信号解码突然变差，开泵后无法自动和手动抓住信号同步头。

原因分析：①排量1600L/min，由于地层可能存在漏失，无法提高排量；②使用连续波模式，载波频率附近有明显噪音，解码率降低明显；高频部分比较干净，如12-15Hz、25-35Hz；③油基泥浆比重1.56g/cm³，漏斗粘度80 sec/qt，粘度高导致信号衰减，解码率降低。

2.2 涠洲某10d井随钻工具信号解码分析

本井在井口以及浅层测试信号均正常，测试排量1800 L/min。下钻到底，探水泥塞后，使用连续波模式信号解码较差，很难找到同步头，此时工作排量1800 L/min。钻至新地层，做完地漏试验，信号解码仍较差，通过更换泥浆泵，错开泵冲等措施，未见效果。检查空气包压力均正常，地面传感器正常。此时油基泥浆比重1.60g/cm³，漏斗粘度110 sec/qt，怀疑粘度高导致信号衰减。

通过发指令调整信号传输频率，观察到信号受干扰较大，且信号较弱，很难找到同步头，每次需要重新开泵才能找到同步头。之后降低传输速率，信号强度提高，解码正常，解码率100%。

经过分析，本井排量可以开到1800 L/min，因此可以排除排量对信号的影响，因此分析主要为油基泥浆粘度高，造成信号严重衰减。

2.3 涠洲某11d井随钻工具信号解码分析

本井下钻至200m和1000m时开泵测试工具，信号解码均正常。钻进至3500m时，信号解码突然变差，手动抓取信号，仍然无法解码。此时信号强度较弱，需手动选择传输序列才能解码。重新开泵，手动抓波恢复正常。后续钻进至4000m，仪器无法解码，切换至正脉冲解码模式，解码率明显改善。

原因分析：①使用油基泥浆，比重1.44g/cm³，粘度70 sec/qt，井深3500m，信号衰减严重；②排量2000 L/min时，泵压高达3300psi，后面排量一直顶着泵压上限；③根据频谱分析干扰信号频率，主要在低

频部分。

通过以上分析，在油基泥浆环境下可通过以下方法提高信号解码率：①油基泥浆条件下，粘度高，信号衰减严重，导致连续波模式信号解码率低，优先使用正脉冲解码模式，可提高解码率；②0.36相比0.24传输速率低，信号强度提高，可以提高信号解码率；③根据噪音信号频谱分析，在连续波模式下，提高载波信号频率，比如将15赫兹提高为20赫兹或25赫兹，避开干扰信号；④条件允许的情况下，尽量提高排量。

3 经济性分析

油基泥浆带来的高温性能将对随钻测量仪器稳定性、钻井地面设备、测量信号传输带来较大挑战，加剧仪器内部组件的热应力与磨损，加速设备金属部件的氧化与腐蚀，导致仪器维保成本大幅增加。因此，油基泥浆的高温性能需通过材料创新与工艺优化来缓解，需加大资金投入，对随钻测量仪器的配件采用耐高温、增加地面智能冷却系统，降低高温环境造成的设备资产损失。

4 结论和建议

综上所述：①油基泥浆做功会产生热量，并且12.25井段要比8.5井段产生热量多；②替换油基泥浆后，循环温度急剧升高，不同尺寸井眼替换油基泥浆时可能会造升温幅度存在差异；③刚开始打钻时升温速度较快，当温度接近于地层温度时，升温幅度趋于稳定；④短起下钻后，井底温度降低，12.25井段降温幅度更大；8.5井段起始循环温度要低于12.25井段中完时循环温度；⑤油基泥浆环境下，通过调整传输频率、传输模式，可以有效提高信号解码率；⑥为降低高温性能造成的资产损失，需加大经济投入提高耐高温性能配件、使用泥浆冷却系统等方法应对。

参考文献：

- [1] 郑睿, 郭玉超, 张春晖, 张华, 王贵富. 热物性参数对水泥浆循环温度的影响规律[J]. 钻井液与完井液, 2023,40(6):787-792.
- [2] 张辉, 谭天一, 李军, 王昊, 曾义金, 丁士东, 陶谦. 考虑温度影响的摩阻扭矩计算模型及应用[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2019,43(1):68-74.
- [3] 阮彪, 黄鸿, v新纽, 甘仁忠, 张伟, 杨虎. 超高密度油技钻并液井筒循环温度场模型研究[J]. 石油机械, 2021,49(11):10-16.
- [4] 刘文科, 赵丹汇, 赵琥, 郭朝红, 姜玉雁, 李志刚. 考虑钻具磨损内热源的深水钻井循环温度场研究[J]. 中国海上油气, 2018,30(1):136-141.
- [5] 钟兵, 方铎, 施太和. 井内温度影响因素的敏感性分析[J]. 天然气工业, 2000,20(2):57-60.