

The Method for Removing the Factors Affecting Monitoring Parameters of Ultrasonic Fluid Level Sensor and Its Application

Hong Tuo, Wusheng Liu

Tuha Logging Engineering Company of CNPC Western Drilling Engineering Co. Ltd., Hami Xinjiang
Email: thljth@163.com

Received: Mar. 17th, 2017; accepted: Jul. 19th, 2017; published: Aug. 15th, 2017

Abstract

The ultrasonic fluid level sensor was the most important monitoring instrument for measuring the volume of drilling fluid. There were many factors affecting its monitoring parameters during logging operation. In consideration of the effects of ultrasonic level sensor itself, the volume calibration of drilling fluid pit, the mal-selection of calibration methods and the effect in well drillings, it is proposed that the probability of human interference factor should be reduced by standardized installation and standardized operation. The methods of manual checking and holder installation are used to eliminate the impact on monitoring parameters of ultrasonic level sensor. These practices can make data collection more accurate, and prediction more scientific.

Keywords

Sensor Factor, Drilling Operation, Method for Calibration, Human Factor

超声波液位传感器参数监测影响因素的排除及其应用

妥红, 刘伍生

中石油西部钻探工程有限公司吐哈录井工程公司, 新疆 哈密
作者简介: 妥红(1967-), 男, 高级技师, 现在从事综合录井技术工作。
Email: thljth@163.com

收稿日期: 2017年3月17日; 录用日期: 2017年7月19日; 发布日期: 2017年8月15日

摘要

超声波液位传感器是测量钻井液体积的最主要监测设备。由于在录井作业过程中存在影响超声波液位传感器参数监测的因素, 针对传感器的影响、钻井液池体积标定的影响、选择标定方法不正确的影响、钻井作业过程中的影响, 提出通过标准化安装、标准化操作减少人为干扰因素发生的概率。通过人工校对法和安装支架改进等手段, 排除超声波液位传感器参数监测的影响, 让采集数据更准确, 预报评价更科学。

关键词

传感器因素, 钻井作业, 标定方法, 人为因素

Copyright © 2017 by authors, 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

钻井作业过程中, 综合录井仪超声波液位传感器实时监测体积变化, 及时发现钻井液增加或减少, 判断是否出现溢流、井漏等井下异常情况, 为钻井、起下钻、测井、下套管、固井等作业过程提供科学、准确的池体积监测资料。与此同时降低钻井作业过程中发生安全事故的概率, 提高工作效率, 充分发挥录井作为钻探工程眼睛和参谋的作用。

2. 传感器的影响

以 SK-8C05 型超声波液位传感器为例, 它是一种将传感技术与电信号处理结合在一起的超声波液位传感器, 专门用来测量敞开或密封容器中的液体液位。

2.1. 传感器参数设置不正确的影响

超声波传感器的盲区和反应速度设置不正确, 会导致传感器测量误差大、响应时间长, 是造成传感器系统性误差的主要影响因素, 但这种影响很容易排除, 只要严格按照《综合录井仪传感器校验规范》进行设置[1], 就能准确采集参数监测, 这也是综合录井仪准确采集参数的最基本要求。

要排除传感器参数设置不正确对参数监测的影响,可以通过以下方法进行设置。

- 1) 零位(空罐)标定,将探头对准一遮挡物,使屏幕显示值为罐高与探头高度之和,图 1(a)标定空罐为 4 mA。
- 2) 满度标定,将探头对准一遮挡物,使屏幕显示值为探头高度至罐顶高度,图 1(b)标定满度为 20 mA。
- 3) 盲区设定,调整至所需高度,但最低高度不能小于 0.25 m。
- 4) 速率设定,通常选为 2。
- 5) 失效安全保持设定,通常选为 2。
- 6) 单位设置,通常选择为 1 m。



Figure 1. The calibration of zero and full level of sensor
图 1. 传感器零位、满度标定

2.2. 传感器安装不规范的影响

传感器测量范围内受外界因素干扰,是导致采集到的参数不准确的最直接原因。为保证有效准确的监测,在钻井液上水罐、分池体积、专用起下钻罐等位置安装传感器必须要符合安装规范要求。

为了排除传感器安装不规范对参数监测的影响,如图 2 所示,通过以下标准安装。

- 1) 钻井液池安装窗口,必须是直径不小于 20 cm 的圆形安装窗口或边长不小于 20 cm 方形安装窗口。
- 2) 传感器支架固定于安装口边沿,测量面与被测钻井液罐顶面保持 300 mm 垂直距离。
- 3) 测量面与钻井液面保持垂直,定向波束角 10° 范围内无遮挡物,确保无钻井液罐壁回声等干扰信号。

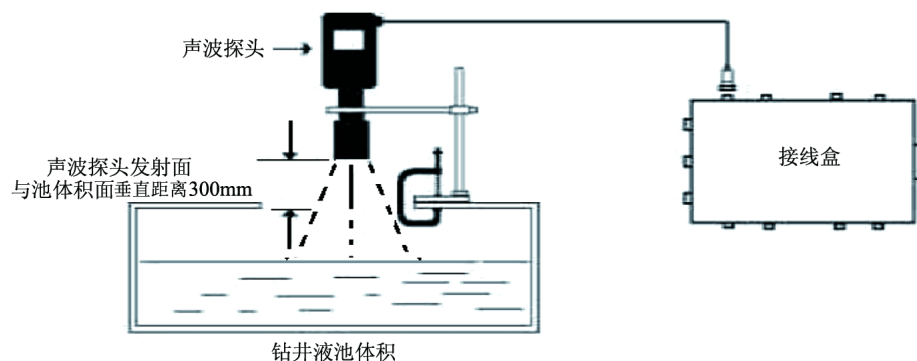


Figure 2. The method for correct installation of sensors
图 2. 正确安装传感器方法

2.3. 传感器安装支架缺陷的影响

图 3 所示即为传感器安装支架设计不合理, 对抗干扰措施考虑不全面。由于传统的池体积传感器安装固定架只有一个支撑点[2], 钻井液循环时产生的振动, 以及人为碰撞和刮风等, 都是造成池体积测量准确度下降及参数监测不稳定的因素, 使录井现场参数监测出现假异常。



Figure 3. The sketch of the traditional of mud pit volume sensor
图 3. 传统池体积传感器示意图

为了排除传感器安装不规范对钻井液参数监测造成的影响, 改进传感器安装支架, 如图 4 所示, 设计制作蹲坐式安装支架。通过录井现场使用, 测得的数据重复性更好, 稳定性和灵敏度更高, 为录井现场提供支撑和保障, 确保准确采集录井资料, 既符合《综合录井仪安装技术规范》等要求, 又解决了传感器安装支架缺陷造成的参数监测不稳定的问题。



Figure 4. The sketch of modified sensor
图 4. 改造后传感器实物示意图

2.4. 传感器老化的影响

传感器探头随着工作环境的变化、工作时间的延长或施工环境的不断变化, 都会造成测量精度下降, 传感器老化也是导致传感器测量误差大的影响因素。

通过以下几种方法排除传感器老化的影响。

- 1) 进行传感器标定, 从标定方法的原理上分析, 多点法是最精确的标定方法。从传感器工作刻度曲线标定图判断, 回归曲线相关系数 $R^2 \geq 0.995$, 传感器才符合录井技术要求。
- 2) 如果传感器工作刻度曲线标定回归曲线 $R^2 < 0.995$, 传感器就不符合录井技术要求, 应更换传感器。

2.5. 传感器测量精度的影响

超声波液位传感器测量范围为 0.25~5.0 m，误差范围为 $\pm 0.25\%FS$ 。为了解决传感器测量精度偏大的不足，以人工方式进行计算校正，利用 Microsoft Excel 表格组件，编辑液面下降高度与钻井液变化量对应表格，以表 1 为例(外形尺寸 10800 mm × 3200 mm × 2000 mm，有效体积为 49.2 m³)进行录井现场校正。把池体积测量高度对应钻井液变化量与实际测量参数进行对比，排除传感器测量误差造成的影响。

Table 1. The method for calibrating drilling fluid change corresponding to the measured height of fluid volume in the pit
表 1. 池体积测量高度对应钻井液变化量校正方法

下降高度 /cm	钻井液量 /m ³	下降高度 /cm	钻井液量 /m ³	下降高度 /cm	钻井液量 /m ³	下降高度 /cm	钻井液量 /m ³	下降高度 /cm	钻井液量 /m ³
1	49.2	41	39.4	81	29.5	121	19.7	161	9.8
2	49.0	42	39.1	82	29.3	122	19.4	162	9.6
3	48.7	43	38.9	83	29.0	123	19.2	163	9.3
4	48.5	44	38.6	84	28.8	124	18.9	164	9.1
5	48.2	45	38.4	85	28.5	125	18.7	165	8.9
6	48.0	46	38.1	86	28.3	126	18.4	166	8.6
7	47.8	47	37.9	87	28.0	127	18.2	167	8.4
8	47.5	48	37.6	88	27.8	128	18.0	168	8.1
9	47.3	49	37.4	89	27.6	129	17.7	169	7.9
10	47.0	50	37.1	90	27.3	130	17.5	170	7.6
11	46.8	51	36.9	91	27.1	131	17.2	171	7.4
12	46.6	52	36.7	92	26.8	132	17.0	172	7.1
13	46.3	53	36.4	93	26.6	133	16.7	173	6.9
14	46.1	54	36.2	94	26.3	134	16.5	174	6.6
15	45.8	55	35.9	95	26.1	135	16.2	175	6.4
16	45.6	56	35.7	96	25.8	136	16.0	176	6.1
17	45.4	57	35.4	97	25.6	137	15.7	177	5.9
18	45.1	58	35.2	98	25.3	138	15.5	178	5.7
19	44.9	59	34.9	99	25.1	139	15.3	179	5.4
20	44.6	60	34.7	100	24.8	140	15.0	180	5.2
21	44.4	61	34.4	101	24.6	141	14.8	181	4.9
22	44.2	62	34.2	102	24.4	142	14.5	182	4.7
23	43.9	63	33.9	103	24.1	143	14.3	183	4.4
24	43.7	64	33.7	104	23.9	144	14.0	184	4.2
25	43.4	65	33.5	105	23.6	145	13.8	185	3.9
26	43.2	66	33.2	106	23.4	146	13.5	186	3.7
27	43.0	67	33.0	107	23.1	147	13.3	187	3.4
28	42.7	68	32.7	108	22.9	148	13.0	188	3.2
29	42.5	69	32.5	109	22.6	149	12.8	189	3.0
30	42.2	70	32.2	110	22.4	150	12.5	190	2.7
31	42.0	71	32.0	111	22.1	151	12.3	191	2.5
32	41.8	72	31.7	112	21.9	152	12.1	192	2.2
33	41.5	73	31.5	113	21.6	153	11.8	193	2.0
34	41.3	74	31.2	114	21.4	154	11.6	194	1.7
35	41.0	75	31.0	115	21.2	155	11.3	195	1.5
36	40.8	76	30.7	116	20.9	156	11.1	196	1.2

Continued

下降高度 /cm	钻井液量 /m ³	下降高度 /cm	钻井液量 /m ³	下降高度 /cm	钻井液量 /m ³	下降高度 /cm	钻井液量 /m ³	下降高度 /cm	钻井液量 /m ³
37	40.6	77	30.5	117	20.7	157	10.8	197	1.0
38	40.3	78	30.3	118	20.4	158	10.6	198	0.7
39	40.1	79	30.0	119	20.2	159	10.3	199	0.4
40	39.8	80	29.8	120	19.9	160	10.1	200	0.0

录井施工现场具有复杂性、多样性, 不管钻井、起下钻、测井、下套管、固井等作业, 必须使用理论与实测值进行校对, 发现偏差应认真分析, 找出原因, 不放过任何异常, 保证钻井作业安全顺利进行。

3. 钻井液池体积测量的影响

录井工作人员在准备开展录井作业经常遇到不同型号钻机, 相应的池体积也不相同。想要把综合录井仪各项参数调校至最佳状态, 首要任务就是准确测量池体积长、宽、高, 计算出总体积, 与钻井液池标定体积进行对比。与此同时还要对比模拟值与理论值。

为了排除池体积标定对参数监测造成的影响, 通过以下方法核对。

- 1) 每个班组上井必须对各池长、宽、高进行精确测量, 计算总体积, 并填写《钻井液池体积测量核对记录》, 然后进行模拟、理论、实际与工程对比, 排除池体积参数监测不准确的影响。
- 2) 钻井队负责人签字确认并监督, 确保钻井液池体积计算准确。
- 3) 钻井液池液面指示器也显示钻井液池体积, 但是仍然需要与工程同步测量计算池体积是否与指示器标注刻度一致。操作方法如图 5 所示, 首先要确定钻井液指示器是否正确, 强行将指示器指针按到零位, 看看是否到池底(零位 4 mA), 然后推至最高点, 看看是否满刻度(对应为 20 mA); 然后进行池体积与钻井液指示器、采集软件满度和零位标定。工程中与录井测量液位参数相同。每次开展录井作业前都要反复开展此项工作, 才能排除池体积标定误差造成的影响。

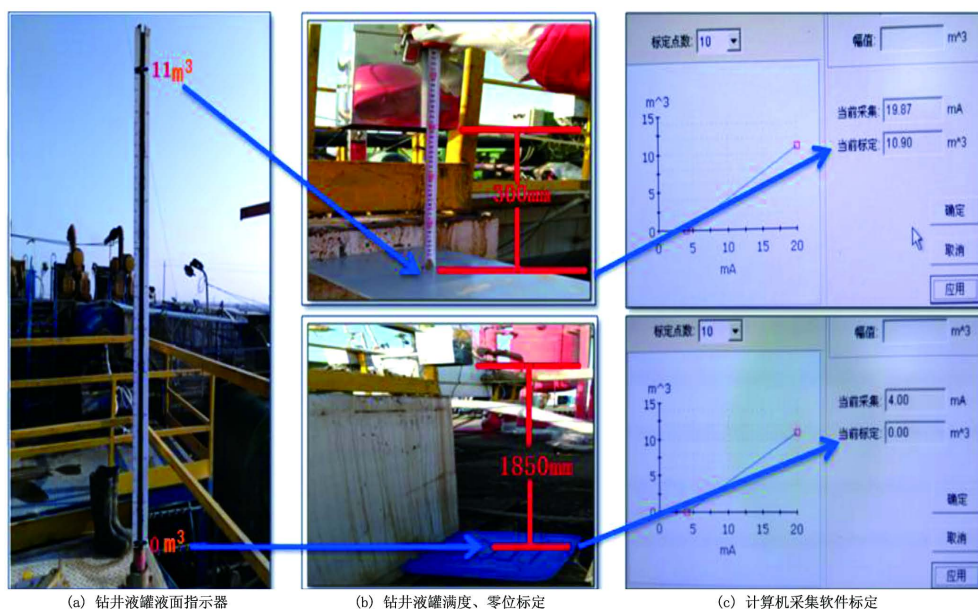


Figure 5. The calibration of indicator of drilling fluid level in the pit, the volume of drilling fluid in pit and logging software

图 5. 钻井液池液面指示器、钻井液池体积、录井软件标定

4. 选择标定方法不正确的影响

因为各油田录井公司都有不同型号的录井设备,采集软件不同,现场标定方式也不同,选择标定方法不正确成为影响传感器准确测量的因素之一。因此需要选择最精确的标定方法。

合理选择传感器标定方法是综合录井基础工作的重要组成部分,是为科学决策提供准确资料、判断异常资料的强有力依据。目前大多数录井仪提供了当前值法、最大值法和两(多)点法共3种标定方法。

通过分析各种标定方法的优劣,以最佳标定方法来排除对参数监测的影响。

1) 当前值标定法。如图6所示,该方法是以录井现场工作电压和当前参数值为一点,电压为0V和参数值为0时为另一点,在二维坐标上建立线性方程。为叙述方便,假设探头的测量范围为0~10m。在图中曲线a为探头的理想化工作曲线;曲线b1或曲线b2为探头的实际工作曲线;曲线c为探头使用当前值法建立的工作曲线。从图6中可以看出,随着测量电压漂移标定电压距离的增大,测量参数的误差随着增大。

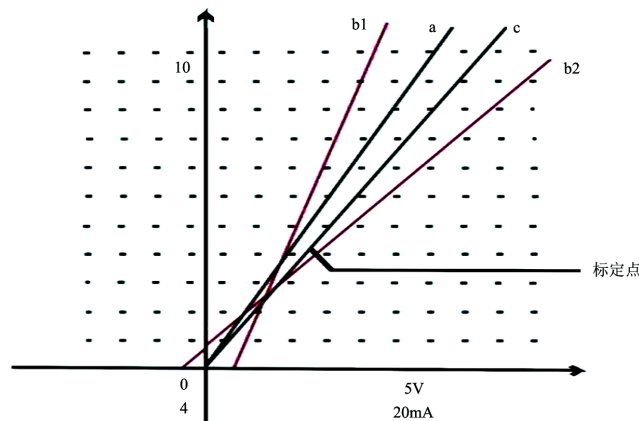


Figure 6. The method for calibration of current volume
图6. 当前值标定法

2) 最大值标定法。如图7所示,该方法是以满量程工作电压5V和满量程参数值为一点,电压为0V和参数值为0时为另一点,在二维坐标上建立线性方程,标定工作曲线实际上就是探头的理想化工作曲线。在图7中可以看出,当探头的实际工作曲线b1或曲线b2与探头的理想化工作曲线a(标定工作曲线c)相关性较差时,测量值跟实际值的误差基本上无规律可言。

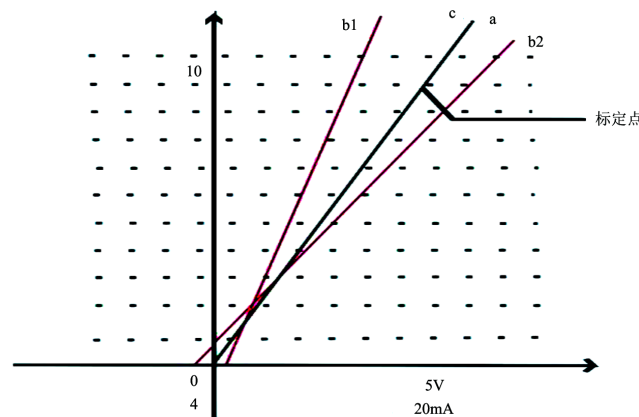


Figure 7. The method for maximum volume calibration
图7. 最大值标定法

3) 两(多)点标定法。如图 8 所示, 该方法是以第 1 点的工作电压和第 1 点的参数值为一点, 第 2 点的工作电压和第 2 点的参数值为一点, 在二维坐标上建立线性方程。在图 8 中可以看出, 探头的实际工作曲线 b 与探头的标定工作曲线 c 完全符合, 随着测量电压的变化, 测量值跟实际值完全相符[3]。

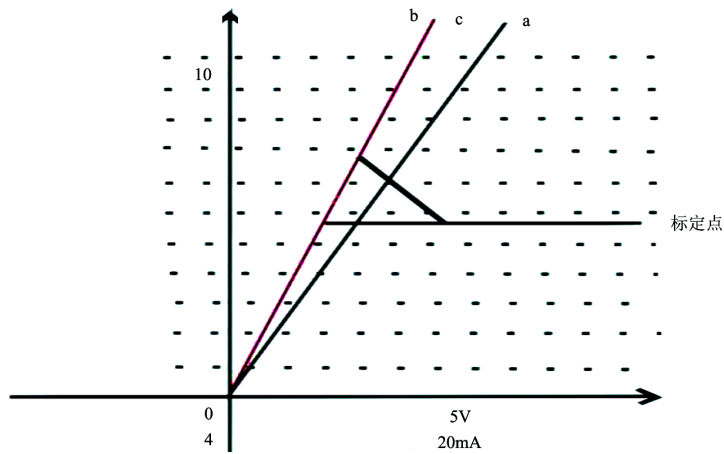


Figure 8. The method for two (multiple) point calibration
图 8. 两(多)点标定法

从 3 种标定方法的原理上分析, 两(多)点法是最精确的标定方法。由表 2、图 9 分析, 两(多)点法的回归曲线 $R^2 \geq 0.995$, 符合传感器标定要求。

Table 2. The data of two (multiple) point calibration
表 2. 两(多)点法标定数据表

电压/V	高度/m	电流/mA	钻井液/m ³
5	0.00	20.00	18.0
4	0.50	16.25	13.5
3	1.00	12.17	9.0
2	1.50	8.10	4.5
1	2.00	4.01	0

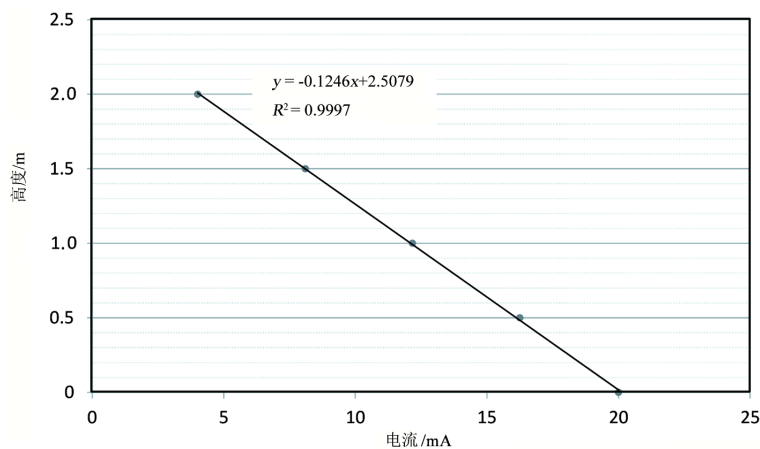


Figure 9. The operation curve of two (multiple) point calibration
图 9. 两(多)点法标定工作曲线图

5. 钻井作业过程中的影响

钻井作业就是指钻进、起下钻、测井、射孔取心、下套管、固井等作业过程。

5.1. 起下钻未核对钻具体积与钻井液体积的影响

通过 P19 井、G901 井、Z401 井录井现场观察,在起下钻过程中发现未核对钻具体积与钻井液体积。首先了解钻井液入量与起出钻具体积之间的关系,如果灌入井内的钻井液体积小于起出钻具的排替量时,则说明由于抽汲作用造成溢流现象。另外,下钻和下套管作业时,井内排出的钻井液体积小于下入钻具体积时,则说明由于激动作用造成井漏现象。所以,录井操作员要准确计算理论钻具体积并与实际采集数据对比,及时判断是否有抽汲作用造成溢流,激动作用造成井漏,排除参数真伪。只有准确核对钻具体积与钻井液体积,平衡二者关系,才能排除钻井液体积参数监测不准确的影响,提高录井井控操作技能,为安全生产提供有力保障。

为了排除钻具体积与钻井液体积之间的关系对参数监测的影响,依据常用各种钻具的灌、返泥浆量对照表(表 3),进行录井现场校正,以人工方式进行理论计算对比来排除钻井液参数监测不准确的影响[4]。

Table 3. The check list of fluid charging and flow back for various drilling tools

表 3. 常用各种钻具的灌、返泥浆量对照表

钻具名称	外径/mm	壁厚/mm	内径/mm	每米体积/m ³	每柱体积/m ³	每 3 柱体积/m ³	每 5 柱体积/m ³	每米内体积/m ³	每柱内体积/m ³	每 20 柱内体积/m ³	有回压凡尔的每柱返出量/m ³
★3 ¹ / ₂ "钻铤	88.90	25.40	38.10	0.0051	0.1368	0.4104	0.6841	0.001	0.031	0.616	0.168
★4 ³ / ₄ "钻铤	120.65	31.75	57.15	0.0089	0.2394	0.7183	1.1971	0.003	0.069	1.385	0.309
★6 ¹ / ₄ "钻铤	158.75	50.80	57.15	0.0172	0.4652	1.3955	2.3258	0.003	0.069	1.385	0.534
6 ¹ / ₄ "钻铤	158.75	43.655	71.44	0.0158	0.4262	1.2786	2.1310	0.004	0.108	2.165	0.534
6 ¹ / ₂ "钻铤	165.10	46.83	71.44	0.0174	0.4698	1.4094	2.3490	0.004	0.108	2.165	0.578
★6 ¹ / ₂ "钻铤	165.10	53.975	57.15	0.0188	0.5088	1.5263	2.5438	0.003	0.069	1.385	0.578
★7"钻铤	177.80	53.18	71.44	0.0208	0.5621	1.6864	2.8107	0.004	0.108	2.165	0.670
★8"钻铤	203.20	65.88	71.44	0.0284	0.7674	2.3021	3.8368	0.004	0.108	2.165	0.876
8"钻铤	203.20	63.50	76.20	0.0279	0.7525	2.2574	3.7623	0.005	0.123	2.463	0.876
★9"钻铤	228.60	76.20	76.20	0.0365	0.9850	2.9551	4.9252	0.005	0.123	2.463	1.108
★2 ⁷ / ₈ "钻杆	73.025	9.1925	54.64	0.0018	0.0535	0.1604	0.2673	0.002	0.068	1.360	0.121
2 ⁷ / ₈ "钻杆	73.025	5.5125	62.00	0.0012	0.0339	0.1017	0.1695	0.003	0.088	1.751	0.121
★3 ¹ / ₂ "钻杆	88.90	9.345	70.21	0.0023	0.0677	0.2032	0.3387	0.004	0.112	2.246	0.180
3 ¹ / ₂ "钻杆	88.90	11.405	66.09	0.0028	0.0805	0.2416	0.4026	0.003	0.099	1.990	0.180
3 ¹ / ₂ "钻杆	88.90	6.45	76.00	0.0017	0.0485	0.1454	0.2423	0.005	0.132	2.631	0.180
★5"钻杆	127.00	9.195	108.61	0.0034	0.0987	0.2961	0.4934	0.009	0.269	5.374	0.367
5"钻杆	127.00	7.52	111.96	0.0028	0.0819	0.2456	0.4093	0.010	0.286	5.710	0.367

注:标★的为钻井队常用的,由于钻杆为内外加厚,灌浆量比表格中的数值稍大。

5.2. 钻井液波动的影响

钻井液搅拌器在工作状态下,影响录井数据采集。钻井液搅拌器为了混合钻井液,使钻屑、泥砂在钻井液罐中不沉淀,使钻井液的密度及性能保持稳定,因此,要求钻井液搅拌器连续工作,避免固相发

生沉淀现象。因为液位传感器一般都安装在钻井液池观察窗口处, 靠近搅拌器, 搅拌器在工作状态下, 会产生钻井液波动, 给液位传感器测量造成影响。钻井液波动忽高忽低, 对应采集数据忽大忽小, 给录井现场判断异常带来不确定性。

如图 10 所示, ALS-2 综合录井仪在 ZH401 井起下钻作业时, 对 1#、2#、3#池体积进行测试。从曲线图分析, 1#池体积没有开启搅拌器时呈现直线状态; 2#池体积开启搅拌器, 离搅拌器 1.5 m 左右, 参数变化量在 0.0~0.70 m³ 之间跳动变化; 3#池体积开启搅拌器, 离搅拌器 3.0 m 左右, 参数变化量在 0.0~0.35 m³ 之间跳动变化。从测试曲线图分析, 离搅拌器越近, 影响越大, 离搅拌器越远, 影响越小。

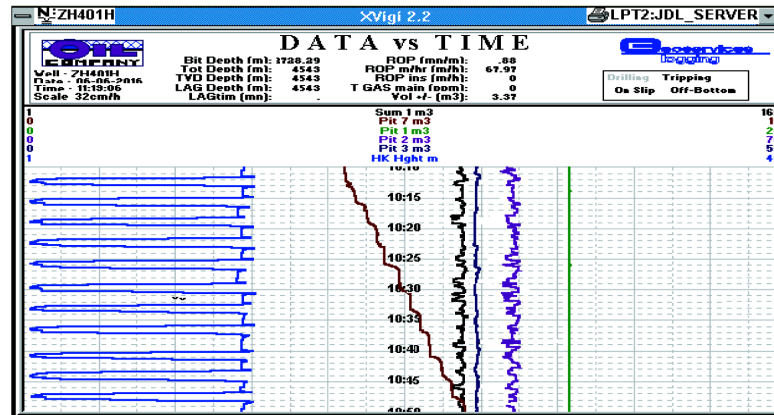


Figure 10. The curve of sensor detection in Well ZH401
图 10. ZH401 井传感器测试曲线图

为了排除钻井液波动对参数监测的影响, 通过以下方法解决。

- 1) 安装传感器必须远离搅拌器, 硬件不符合安装要求的, 井队必须整改。
- 2) 严格执行《综合录井仪传感器安装技术规范》, 确保采集数据精确, 能准确判断参数异常。

6. 应用实例

6.1. WS41 井传感器静态测试

ALS-2 综合录井仪在 WS4 井, 分别对 1#、2#、3#、4#池体积传感器进行静态测试。如图 11 所示, 从实时数据分析, 4 个池体积传感器参数变化量在 0.0~0.25 m³ 之间跳动变化, 与传感器测量精度±0.25% FS

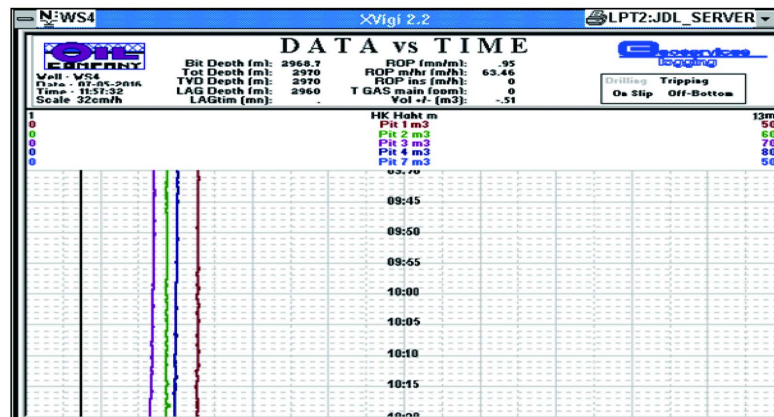


Figure 11. The static sensor detection in Well WS41
图 11. WS41 井传感器静态测试曲线图

误差结果相符。

6.2. 钻井液池体积测量核对记录签字确认

XX 井录井班组进行《钻井液池体积测量核对记录》录井与工程二方签字确认,排除钻井液池体积参数监测不准确的因素。

6.3. 传感器多点标定校验方法

打开传感器采集标定窗口,如图 12 所示,分别对 500、1000、1500 mm 进行多点标定,对于每个作业小队上井都要进行多次模拟、理论、实际对比,反复做此项工作,排除钻井液池体积标定误差的影响。



Figure 12. The method for testing multi-point calibration of sensors

图 12. 传感器多点标定校验方法

7. 结语

录井作业过程中,影响超声波液位传感器参数监测等诸多细节,笔者结合录井实际工作,通过分析改进监测设备,找出解决问题的方法,排除超声波液位传感器参数监测的影响,提高了录井作业过程中参数监测的准确性,具有一定的促进和指导作用。

参考文献 (References)

- [1] 杨庆理. 中国石油天然气集团公司工程技术服务队伍岗位操作技术规范(录井专业) [M]. 青岛: 中国石油大学出版社, 2010.
- [2] 李兆群. 综合录井现场信号干扰问题及解决方法[J]. 录井工程, 2011, 22(1): 56-58.

- [3] 录井仪常用标定方法及最佳使用方式[EB/OL].
<http://www.zylj.com/article/ljq/yqzl/1247.html>, 2007-08-20/2016-6-11.
- [4] 赵金洲, 张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京: 石油石化出版社, 2011.

[编辑] 邓磊

Hans 汉斯

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

期刊邮箱: jogt@hanspub.org