

# Discussion on Additional Amount of Cementing Slurry under Storage LWF Logging Conditions

Yuanrui Qiu<sup>1</sup>, Shengang Wei<sup>2\*</sup>, Haiyun Ma<sup>1</sup>, Rongwei Liu<sup>1</sup>, Xiao Ma<sup>1</sup>, Liangjie Bai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jidong Oilfield Engineering Supervision Center, Tangshan Hebei

<sup>2</sup>Jidong Oilfield Research Institute for Drilling and Production Technology, Tangshan Hebei  
Email: qiuyuanrui666@163.com, \*jdzx\_wsg@petrochina.com.cn

Received: Oct. 29<sup>th</sup>, 2020; accepted: Dec. 1<sup>st</sup>, 2020; published: Dec. 15<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Under the condition of storage LWF logging, there is a large deviation in the additional cement slurry volume according to the caliper curve, which affects the cementing quality. The difference between LWF logging tool and conventional wireline logging tool was compared based on applications of several experimental wells, influencing factors on the caliper curve under the logging mode were analyzed, and an empirical value of cementing cement slurry additional amount was put forward. Application in two wells showed good results, which has certain guiding significance for the calculation of cement slurry volume in the future.

## Keywords

Cement Return Height, Well Diameter Data, Cementing, Additional Amount, Error

---

---

\*通信作者。

# 关于存储式LWF测井条件下固井水泥浆附加量的探讨

邱元瑞<sup>1</sup>, 韦伸刚<sup>2\*</sup>, 马海云<sup>1</sup>, 刘荣伟<sup>1</sup>, 马 骁<sup>1</sup>, 白良杰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>冀东油田工程监督中心, 河北 唐山

<sup>2</sup>冀东油田钻采工艺研究院, 河北 唐山

Email: qiuyuanrui666@163.com, \*jdzx\_wsg@petrochina.com.cn

收稿日期: 2020年10月29日; 录用日期: 2020年12月1日; 发布日期: 2020年12月15日

## 摘 要

存储式LWF测井条件下, 根据井径曲线附加水泥浆量常出现较大偏差, 影响固井质量。本文通过对多口实验井应用情况, 对比了LWF测井与常规电缆测井中井径测井仪器的差异, 分析了该测井方式下对井径曲线的影响因素, 提出了固井水泥浆附加量经验值, 在2口井中实验应用, 收到良好的效果, 对今后固井水泥浆量计算有一定指导意义。

## 关键词

水泥返高, 井径数据, 固井, 附加量, 误差

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

水泥返高是固井质量的重要指标, 国内外关于固井水泥浆量计算大多以完井测井井径为计算基础, 以完井测井井径曲线为依据, 所以井径曲线的准确性直接影响到水泥返高。随着勘探开发的不断深入, 冀东油田部署的大斜度大位移定向井以及水平井的数量越来越多, 给电缆测井施工带来了困难。冀东油田自2011年开始应用存储式[1] LWF测井系统, 解决了电缆测井风险大、成功率低的难题, 但由于LWF测井方式中井径测量比常规电缆井径测井相比数据值偏小, 水泥浆附加量受多种因素影响, 所以需要分析LWF存储式测井井径误差原因, 提出合理的水泥浆量附加值, 保证水泥返高, 确保固井质量。

## 2. 问题的出现

自2011年以来冀东油田应用存储式LWF测井施工, 已有10余口井, 在按照常规水泥浆量附加(在设计值基础上增加15%~20%的浆量)固井后, 发现多数井实际水泥浆返高与设计要求相差较大, 例如在NP4-39井中, 实际水泥返高高于设计1293 m, 在T30X2井中, 高于设计1310 m, 而G42X1井中实际水泥返高低于设计305 m尤其在出现复杂事故井中多出现水泥返高不够的严重现象, 具体情况见表1。

**Table 1.** Cement return height of wells with storage logging**表 1.** 应用存储式测井的井固井水泥返高情况

序号	井号	设计水泥返高/m	施工情况	井径情况	实际水泥返高/m	差值/m
1	T7X2	2840	施工正常	井径较规则	2529	311
4	NP4-39	3579	施工正常	井径较规则	2286	1293
2	NP12-160	3200	井漏	井径较规则	2262	938
3	G131X1	2322	溢流、测井复杂	井径较规则	1840	482
5	NP12-X168	4102	施工正常	井径不规则	3175	927
7	T30X2	4030	施工正常	井径不规则	2720	1310
9	G42X1	2800	施工正常	井径不规则	3105	-305
8	NP43-P4002	3400	垮塌、掉牙轮	井径不规则	3260	140
6	NP3-20	3800	垮塌井漏、气侵	井径不规则	3875	-75
10	NP3-27	2800	多次井漏	井径不规则	2956	-156
11	G37X3	2625	卡钻等事故	井径不规则	2850	-225

### 3. 原因分析

#### 3.1. 存储式 LWF 测井系统自身缺陷

##### 3.1.1. 系统简介

存储式 LWF 测井系统是一种钻杆输送存储式测井系统,能完成大斜度井、水平井和复杂井测井施工。下井时仪器串被放置于加重钻具和保护套内,用钻具输送至井底,完成泥浆循环后,将仪器从钻杆内释放到钻具外,起钻时进行测井。

存储式 LWF 井径测量采用偏心弹簧进行偏心测量方式[2],除了用于确定井眼大小,同时也为其它测井曲线校正及工程提供数据,还用作密度和中子仪器的推靠,使得密度和中子探头能更好地贴紧井壁。测井过程中,井径臂的变化会引起仪器内部电压信号的变化,经过差分放大和等效转换后进行实时存储,经地面采集面板刻度,计算后就得出井径曲线。

##### 3.1.2. 井径测井误差分析

1) 测量臂与井壁接触方式的差异。传统的四臂井径测量仪(图 1)采用的居中测量,井径测井仪器为支臂,与井壁接触为点接触。而存储式井径测量仪(图 2)采用偏心测量,偏心弹簧作为测量臂,与井壁接触为圆弧面接触。两种接触方式相比,前者支臂与井壁的点接触可更加有效地伸入不规则井眼,与内壁相接触,测得数据更真实有效;而后者弹簧片与井壁的弧面接触,受到弹簧片整体的限制,无法伸入、接触不规则井眼内壁,从而造成测量出现误差。



**Figure 1.** Four arm caliper gauge

**图 1.** 四臂井径测量仪



Figure 2. Storage type caliper measuring instrument  
图 2. 存储式井径测量仪

2) 施工方式的差异。传统的四臂井径测量仪[3]采用液压或电动马达方式推动测量臂的伸展与收缩, 而存储式井径仪则采用偏心弹簧的自由伸展来测量井径变化, 其测量臂的强度及硬度远远不及传统的四臂井径测量仪, 从而导致测量臂无法真实的接触井壁情况, 造成测出井径值偏小。

3) 测量范围的差异。常规测井井径测量仪器测量范围为 152.4~457.2 mm, 而存储式井径测量仪器为 60~254 mm。在井眼较规则的情况下, LWF 井径曲线能较为准确地反映实际情况。但在尺寸大于 254 mm 的不规则井眼中, 存储式井径测量仪器就无法准确测出实际井径。例如 NP3-27 井相同井段两种不同测井方式下井径图(图 3), 井径图差距较大。

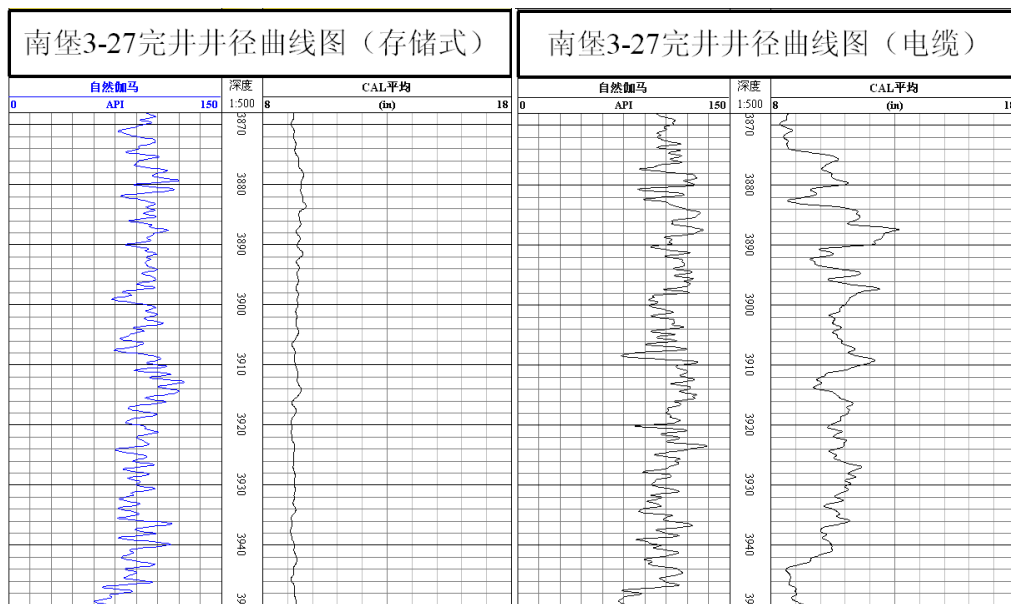


Figure 3. Caliper measurement of NP3-27 well using storage LWF and wireline logging  
图 3. NP3-27 井采用存储式 LWF 和采用电缆测井井径测量情况

### 3.2. 井径及复杂情况的影响

从表 1 中可以看出, 井径是否规则, 对水泥浆量的确定非常重要, 尤其是在存储式测井条件下。在井径较为规则的情况下(在存储式测井仪器的基本测量范围内), 即便有井漏、测井复杂等等的出现, 传统的水泥浆附加方法都能保证水泥返高在设计值之上, 保证封固质量。但在井径不规则, 特别是垮塌、井

漏或卡钻事故发生的井中，传统的水泥浆附加量多数达不到设计要求，甚至是施工正常的井，也有低于设计值情况的出现。

### 3.3. 影响实际水泥返高其它因素

1) 实际井筒中，井径只是设计值的略值，不可能是精确值。为了保证返高，一般在按照设计的井径计算所需水泥浆量的基础上增加 15%~20%的量，这样对于常规水泥浆来讲，一般实际返高高于设计值 200~300 m，而低密度水泥浆涉及在上部地层的凝固，高于设计值 500~700 m。

2) 如果顶替效率不好，残留在井筒中泥浆发生固化，也会增加固井后水泥返高的增加。

3) 泥浆性能和套管居中度等也会对水泥返高产生影响。

从以上分析可知，影响实际水泥返高[4]的因素较多。但排除施工复杂情况的影响，存储式 LWF 井径测量仪的结构对于较大井眼或者井径不规则井眼有着自身不能避免的缺点也给这种条件下的水泥浆设计及施工造成更大的困惑。电缆测井方式条件下已经成熟的经验作法不能适用存储式 LWF 测井条件下的水泥浆量的计算，因此必须摸索新的经验计算方法确定固井用水泥浆量，保证水泥返高，有效封堵地层。

## 4. 水泥浆附加量的经验推导

通过对应用存储式测井方式井完井固井质量的跟踪、分析、总结，探寻完井固井新型水泥浆量附加量的标准，利用反向推导的方式提出该种测井方式下的水泥量附加量经验值，确定出水泥浆附加量的基本原则。

### 4.1. 南堡 4-39 井完井情况

南堡 4-39 井为一口三开三段制定向井，三开 215.9 mm 井眼完钻井深 4874 m，最大井斜 47.7°。本井在三开钻井过程中无掉块、井漏、卡钻等复杂事故，施工正常。完井方式为套管完井，技术套管下深 3579 m，油层套管下深 4848 m，阻位 4838 m。完井测井采用存储式 LWF 测井方式，测量结果见表 2，井径曲线见图 4。由图 4 完井测井井径图可以看出：本井三开裸眼段井径较规则，仅有个别段出现超出测量范围，但井段较短，不影响水泥浆量的计算。该井设计封固井段 1269 m，水泥返高至井深 3579 m。按常规方法，附加 429 m 水泥段。施工中实际打入 46 m<sup>3</sup> 水泥浆，实测水泥返高至井深 2286 m，满足了设计要求，固井质量合格。

Table 2. Diameter data of NP4-39 open hole section

表 2. NP4-39 完井裸眼段井径数据

井段/m	厚度/m	井径/mm	井段/m	厚度/m	井径/mm	井段/m	厚度/m	井径/mm
4848~4708	140	225.5	4383~4358	25	224.7	4000~3833	167	220.1
4708~4658	50	256.5	4358~4258	100	237.6	3833~3783	50	235.2
4658~4558	100	236.1	4258~4233	25	225.2	3783~3733	50	221.6
4558~4533	25	244.9	4233~4083	150	236.2	3733~3658	75	236.7
4533~4458	75	233.3	4083~4058	25	245.3	3658~3633	25	252.6
4458~4408	50	243.3	4058~4033	25	230.5	3633~3579	50	237.6
4408~4383	25	252.0	4033~4000	33	237.5	3579~3500	79	224.4

在井径较规则井中，常规水泥浆量附加方法虽然满足了水泥浆返高设计要求，但也存在附加量偏多，导致水泥封固段较长等情况，这对地层承压能力提出了更加严格的要求，也对完井固井施工中防漏工作

产生不利的影 响。因此需要针对存储式测井井径图研究、总结出新的水泥浆量附加方法来满足完井固井要求。

#### 4.2. 高 37X3 井完井情况

高 37X3 井为一口三开四段制定向井，三开 215.9 mm 井眼完钻井深 4522 m，裸眼段长 2037 m，裸眼段最大井斜 31.2°。测井采用存储式 LWF 测井方式，完井为套管完井，技术套管下深 2484 m， $\phi$ 139.7mm 油层套管下深 4212 m，阻位 4202 m，设计水泥返高至 2625 m，设计水泥封固段 1587 m。在三开施工过程中发生了 2 次复杂事故：1) 变换钻具组合下钻至 3571 m 发生卡钻，通过浸泡原油解卡无效后，浸泡解卡剂解卡成功，本次事故共损失时间 106 h；2) 3484~4264 m 井段划眼困难，划眼期间造成钻具脱扣。将方保接头公扣加工为长圆扣，接原钻具对扣成功。划眼至原井深 4264 m 复杂解除，损失时间 459.5 h。LWF 测井井径数据见表 3，井径曲线见图 5。由表 3 可知，该井完井井径数据中多个测量点的测量值出现超出仪器测量范围的情况，表中显示最大井径为 274.3 mm，数据的参考性较差，影响到后期计算固井水泥浆量。从图 5 完井井径图中可以看出，3448 m~3830 m 等段显示超出仪器测量范围，出现连续平直线情况，井段较长、占整个裸眼段比例较大，对后期水泥浆量计算影响较大。

Table 3. LWF logging diameter data of well G37X3

表 3. G37X3 井完井 LWF 测井井径数据

井段/m	厚度/m	井径/mm	井段/m	厚度/m	井径/mm	井段/m	厚度/m	井径/mm
4252~4110	142	224.8	3830~3480	350	270.1	2935~2912	23	223.5
4110~4085	25	248.9	3480~3355	125	246.8	2912~2900	12	246.4
4085~4015	70	238.75	3355~3337	18	228.6	2900~2877	23	223.5
4015~3995	20	221	3337~3324	13	261.6	2877~2860	17	246.4
3995~3900	95	246.4	3324~3067	257	245.2	2860~2815	45	236.2
3900~3888	12	254	3067~3045	22	274.3	2815~2714	101	228.6
3888~3862	26	234.5	3045~2980	65	227.6	2714~2675	39	221
3862~3830	32	254	2980~2935	45	241.3	2675~2620	55	228.6

固井时，按照常规方法附加 465 m 水泥段，注入水泥浆量 63.2 m<sup>3</sup>。固井后 65 h 第二次测声幅，水泥返高为井深 2850 m，比设计要求低 225 m，比固井附加后返高少 650 m。将环空 650 m 水泥段换算为水泥浆量，按理论计算占水泥浆总量为 31.6%，约 20 m<sup>3</sup> 水泥浆。反推按照理论计算情况，本井水泥浆量附加 20 m<sup>3</sup> 左右，可以满足固井设计返高要求。

#### 4.3. 南堡 3-20 井完井情况

NP3-20 井是部署在南堡 3 号构造上的一口预探井，四开 215.9 mm 井眼完钻井深 5686 m，最大井斜 43.2°。该井完井阶段受 CO<sub>2</sub> 污染造成起下钻“拔活塞”现象、井漏与气侵并存，严重影响完井周期，完井周期长达 64 d。完井方式为套管完井，技术套管下深 4002 m， $\phi$ 139.7 mm 油层套管下深 5682 m，阻位 5662 m，设计水泥返高至 3800 m，设计水泥封固井段 1882 m。完井测井采用存储式 LWF 测井施工，由表 4 和图 6 可以看出，三开裸眼段中有部分井段超出了 LWF 井径测量仪的测量范围，在图 6 中出现了平直线的情况，影响了后期水泥浆量的计算。

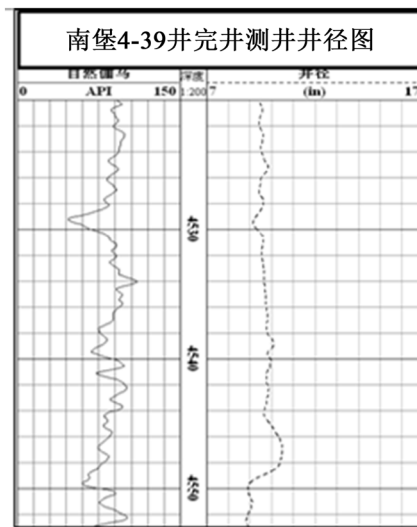
该井设计封固井段为 1882 m，固井时按照常规方法，附加 500 m 水泥段，打入水泥浆量为 61 m<sup>3</sup>。完井声幅检查实际水泥返高至井深 3875 m，比设计水泥浆返高少 75 m，比固井附加后返高少 575 m (14 m<sup>3</sup> 水泥浆)。反推按照理论计算情况，本井水泥浆量 63 m<sup>3</sup>，可以满足固井设计返高要求。



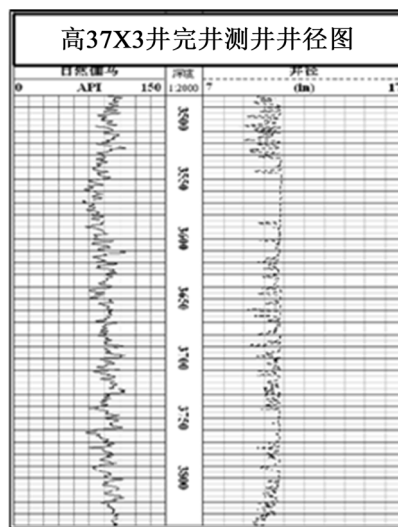
**Table 4.** LWF logging diameter data of NP3-20 well  
**表 4.** NP3-20 井完井 LWF 测井井径数据

井段/m	厚度/m	井径/mm	井段/m	厚度/m	井径/mm	井段/m	厚度/m	井径/mm
5682~4950	732	215.9	4635~4495	110	253.2	4305~4255	50	266.7
4950~4875	75	225	4495~4455	40	243.8	4255~4075	180	237.3
4875~4715	160	227.9	4455~4375	80	250.4	4075~4005	70	248.9
4715~4635	80	232.7	4375~4305	70	242.8			

针对井径不规则井，由于存储式 LWF 井径仪测量范围的限制，对“大肚子”井眼无法反映出真实井径，导致计算出的平均井径偏小，且出现平直线段长度较长，影响到了固井水泥浆量附加，造成水泥返高不足，固井质量不合格。



**Figure 4.** LWF logging caliper of NP4-39 well  
**图 4.** NP4-39 井完井 LWF 测井井径图



**Figure 5.** LWF logging caliper of G37X3 well  
**图 5.** G37X3 井存储式 LWF 测井井径图

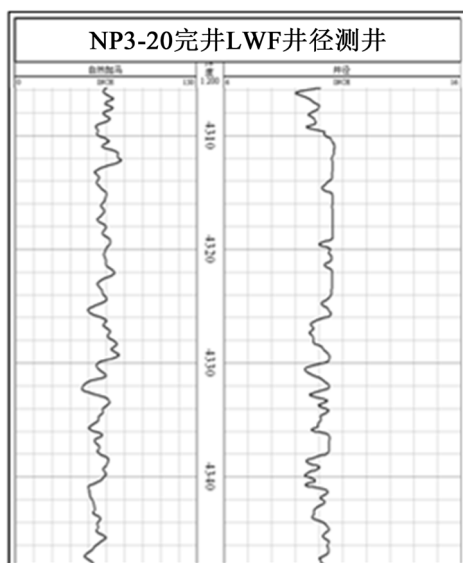


Figure 6. LWF logging caliper of NP3-20 well

图 6. NP3-20 井完井 LWF 测井井径图

#### 4.4. 新的水泥浆量附加方法

在实际应用中, 平均井径的计算还应参考井径图进行, 根据井径图的情况, 增加水泥浆附加量, 以满足水泥返高要求。寻求一种较为合理的水泥浆附加量, 根据井径图中平直线长度作为附加标准。

1) 根据 G37X3 井可得水泥浆量附加值: 本井井径图中平直线井段 398 m, 理论水泥浆附加量约 20 m<sup>3</sup> 可满足返高要求, 即水泥浆量应附加 50 l/m (每米平直段) 左右, 在理论上可满足设计要求。

2) 根据 NP3-20 井可得水泥浆量附加值: 本井井径图中平直线井段 275 m, 理论水泥浆附加量约 14 m<sup>3</sup>, 即水泥浆量应附加 50 l/m (每米平直段) 左右, 在理论上可满足设计要求。

因参考井 G37X3 井和 NP3-20 在钻完井过程中发生了复杂事故, 井壁受到严重破坏, 导致个别井段井径扩大率较大, 所以水泥浆量附加值也相应增加。因此固井水泥浆量根据平直段长度进行附加量, 建议水泥浆附加量在 35 l/m~50 l/m。

#### 5. 新方法的初步验证

根据以上两口井的施工情况, 推导出了存储式测井施工井固井水泥浆量附加值, 并对水泥浆量附加值在 G131X1 井、G42X1 井中验证, 结果表明该水泥浆量附加值很好的解决了存储式测井所带来的误差, 弥补了水泥浆量与设计要求的不足或过量的情况, 有一定的借鉴意义。

##### 5.1. 高 131X1 井完井情况

G131X1 井是部署在南堡凹陷高尚堡构造带高南断裂带的一口重点评价井, 三开 215.9 mm 井眼完钻井深 4179 m, 最大井斜 53.88°, 完井测井采用存储式 LWF 测井施工, 完井方式为套管完井, 技术套管下深 2420.9 m,  $\phi 139.7$  mm 油层套管下深 4170 m, 阻位 4160 m, 设计水泥返高至 2320 m, 设计水泥封固井段 1859 m。井身结构为  $\Phi 444.5$  mm  $\times$  310 m +  $\Phi 311.1$  mm  $\times$  2424 m +  $\Phi 215.9$  mm  $\times$  4179 m, 套管程序为  $\Phi 339.7$  mm  $\times$  307 m +  $\Phi 244.5$  mm  $\times$  2420 m +  $\Phi 139.7$  mm  $\times$  4175 m。

复杂情况: 1) 三开过程中钻进至井深 4094.85~4130 m 井段发生气侵, 泥浆密度由 1.35 g/cm<sup>3</sup> 提至 1.56 g/cm<sup>3</sup>。钻至 4130 m, 气测异常, 节流循环时进行液器分离器排气, 出口最低泥浆密度 1.30 g/cm<sup>3</sup>, 点火,



燃烧管线出口火苗高达 7 m; 2) 完井电缆测井时穿心打捞测井扶正器一次; 3) 通井过程中发生井漏和水侵, 漏失泥浆 336 方。

设计水泥浆返高至 2320 m, 根据存储式测井井径情况, 计算环空水泥浆用量为  $50 \text{ m}^3$ 。根据文中推荐水泥浆附加量进行附加。

据统计, 井径在 254 mm 左右的井段共计 7 个井段, 总计井段长度 124 m。由于该井在钻完井过程中发生了井漏、水侵、气侵等复杂事故, 钻井液浸泡时间长, 井壁扩大情况较大, 应用水泥浆量在附加 50 l/m。建议该井水泥浆附加量为  $124 \text{ m} \times 50 \text{ l/m} = 6200 \text{ l}$ , 推荐水泥浆总量为  $50 \text{ m}^3 + 6.2 \text{ m}^3 = 56.2 \text{ m}^3$ 。

该井设计封固井段为 1859 m, 固井时按照常规附加水泥方法, 附加 320 m 水泥段, 共打入水泥浆量为  $68 \text{ m}^3$ , 完井声幅检查实际水泥返高至 1840 米, 比设计返高多 408 米水泥段, 约  $11.6 \text{ m}^3$ 。按照理论计算打入水泥浆量  $56.4 \text{ m}^3$  即可满足设计返高要求。对比室内推荐水泥浆量  $56.2 \text{ m}^3$ , 与后期推算应该用量  $56.4 \text{ m}^3$  相近, 更加符合设计要求。

## 5.2. G42X1 井

高 42X1 井部署一口在南堡凹陷高尚堡构造带高 20 区块岩性圈闭较高部位的三段制定向井, 钻探目的预探高 20 区块东三段岩性圈闭含油气情况。完钻井深 5107 m, 稳斜段设计井斜  $30.84^\circ$ , 造斜点 571 m, 最大井斜  $35.3^\circ/2722 \text{ m}$ , 技套鞋井斜  $34.2^\circ$ , 稳斜到井底, 三开裸眼井段 1910 m。井身结构为  $\Phi 444.5 \text{ mm} \times 458 \text{ m} + \Phi 311.1 \text{ mm} \times 3200 \text{ m} + \Phi 215.9 \text{ mm} \times 5107 \text{ m}$ , 套管程序为  $\Phi 339.7 \text{ mm} \times 455 \text{ m} + \Phi 244.5 \text{ mm} \times 3197 \text{ m} + \Phi 139.7 \times 4870 \text{ m}$ 。

设计水泥浆返高至 2800 m, 根据存储式测井井径情况, 计算环空水泥浆用量为  $55.59 \text{ m}^3$ 。根据文中推荐水泥浆附加量进行附加。

1) 对本井存储式井径图中井径在 254 mm 左右平直段进行统计。

据统计, 井径在 254 mm 左右的井段共计 8 个井段, 总计井段长度 315 m。G42X1 井钻进过程中无异常情况, 钻井较顺利、无井壁垮塌等情况发生, 鉴于此, 该井选取水泥浆量附加 35 l/m, 建议该井附加水泥浆量为  $315 \text{ m} \times 35 \text{ l/m} = 11,025 \text{ l}$ , 推荐水泥浆总量为  $55.59 \text{ m}^3 + 11 \text{ m}^3 = 66.59 \text{ m}^3$ 。

本井现场实际附加值为 200 m 水泥段, 打入水泥浆共  $60 \text{ m}^3$ , 其中速凝  $15 \text{ m}^3$ 、缓凝  $28 \text{ m}^3$ 、低密度  $17 \text{ m}^3$ , 测得声幅图中水泥返高 3105 m。

测得声幅图中水泥返高 3105 m, 设计返高 2800 m。实际返高低于设计返高 305 m, 换算为水泥浆为  $7.3 \text{ m}^3$ 。故如果实际打入水泥浆量  $60 + 7.3 = 67.3 \text{ m}^3$  的话, 水泥浆返高达到设计 2800 m 的要求。对比室内推荐水泥浆量  $66.59 \text{ m}^3$ , 与后期推算应该用量  $67.3 \text{ m}^3$  相近, 更加符合设计要求。

## 6. 结论与建议

1) 存储式 LWF 测井由于井径测井自身测量特点, 测得井径值参考性较差, 影响到后期完井固井水泥量的计算。

2) 提出了针对钻井期间发生过卡钻、井壁垮塌等复杂事故的井, 根据现场应用经验, 对井径图中平直段长度按照每米 50 l/m 进行附加水泥浆, 针对施工中未出现复杂事故的井, 水泥浆附加量在 35 l/m, 有一定的借鉴意义。

3) 在水泥浆量附加量的基础上, 还应综合考虑地层承压能力等多方面因素, 防止固井井漏等复杂情况发生, 保证固井施工安全和固井质量合格。

4) 水泥浆附加量受到施工井井壁稳定性、泥浆性能、施工情况等多方面影响, 并带有一定区域性, 对于附加量的确定, 还需要进一步理论方面探讨、研究。

### 参考文献

- [1] 程建国, 刘星普, 李俊舫, 等. 存储式测井技术在油田开发中的应用[J]. 断块油气田, 2005, 12(5): 84-85.
- [2] 吕元颖, 李永红. 石油存储参数测井仪[J]. 计量与测试技术, 2005, 32(6): 30-31.
- [3] 赵业卫. 存储式多参数生产测井技术用[J]. 测井技术, 2006, 30(3): 276-279.
- [4] 刘崇建, 黄柏宗, 徐同台, 等. 油气井注水泥理论与技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.