

插入法固井工艺在银额盆地蒙阿左地 1 井的应用

黄晓林, 赵远刚, 吴金生

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

摘要:蒙阿左地 1 井一开表层套管固井施工采用插入法固井工艺, 解决了长井段不稳定地层作业风险高、套管内外环空大、作业时间长等难题。根据插入法固井工艺的特点制定了相应的技术、管理措施, 取得了较好的固井质量, 施工效率提高了 42%, 施工成本降低了 30%。在银额盆地完成大直径、长井段不稳定地层的表层套管固井施工, 为该区固井施工提供了宝贵的经验。

关键词:银额盆地; 蒙阿左地 1 井; 插入法固井; 水泥浆

中图分类号: TE256 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2019)08-0079-04

Application of insert-type cementation technology in Well Mengazuodi - 1 of Yin'e Basin

HUANG Xiaolin, ZHAO Yuangang, WU Jinsheng

(Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: The insert-type cementation technology was performed for the surface casing of Well Mengazuodi - 1, which eliminated the difficulties such as high risk of unstable formation in the long well section, large annulus inside and outside the casing, long operation time. The corresponding technical measures and management measures were formulated according to the characteristics of the insert-type cementation process, which resulted in better cementation quality, construction efficiency increase by 42% and construction cost reduction by 30%. The surface casing cementation over the large-diameter and long-section unstable strata in Yin'e Basin can provides valuable experience for cementation in this area.

Key words: Yin'e Basin; Well Mengazuodi - 1; insert-type cementation; cement slurry

1 概况

蒙阿左地 1 井是中国地质调查局部署在银额盆地拖莱凹陷尚丹坳陷的重点油气调查井, 位于内蒙古自治区阿拉善左旗乌力吉苏木东南方向约 21.8 km 处, 地表为戈壁滩。蒙阿左地 1 井于 2017 年 7 月 28 日开钻, 2017 年 10 月 24 日完钻, 完钻井深 2520.5 m, 完钻口径 215.9 mm。

蒙阿左地 1 井设计井深 2500 m, 一开采用 $\Phi 311$ mm 钻头, 钻至井深 990.52 m, 钻穿新生界(第四系+新近系)及白垩系顶面风化壳至灰色泥质砂岩处, 岩性稳定, 地层压力约为 10.5 MPa, 可坐套管, 一开完井井身结构如图 1 所示。固井前钻井液

密度 1.09 g/cm^3 , 漏斗粘度 45 s, 钻井循环排量 36 L/s, 泵压 3.5 MPa, 固井前井径及井斜见表 1。

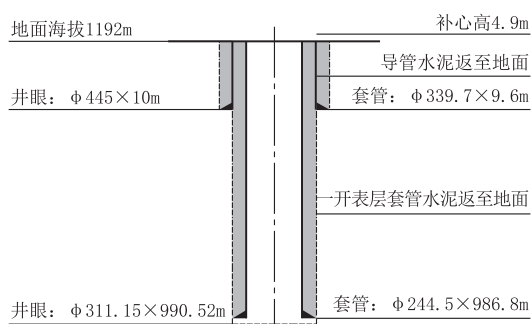


图 1 蒙阿左地 1 井一开完井井身结构

Fig.1 Well Mengazuodi - 1 surface casing structure

收稿日期: 2019-01-17; 修回日期: 2019-07-03 DOI: 10.12143/j.tkgc.2019.08.012

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“银额盆地及周缘油气基础地质调查(编号: DD20179092)”; 国家重点研发计划“深部原位取心原理与技术”子课题(编号: 2016YFC0600701)

作者简介: 黄晓林, 男, 汉族, 1987 年生, 工程师, 探矿工程专业, 硕士, 主要从事钻探技术研究和开发工作, 四川省成都市郫县现代工业港港华路 139 号, 515661320@qq.com。

引用格式: 黄晓林, 赵远刚, 吴金生. 插入法固井工艺在银额盆地蒙阿左地 1 井的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(8): 79-82, 94.

HUANG Xiaolin, ZHAO Yuangang, WU Jinsheng. Application of insert-type cementation technology in Well Mengazuodi - 1 of Yin'e Basin[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(8): 79-82, 94.

表1 固井前井径及井斜参数
Table 1 Well diameter and well inclination parameters
before cementation

井段/m	平均井径/ mm	最大井径/ mm	最小井径/ mm	最大井斜/ (°)
0~990.52	332	512.9	288.5	0.8

2 蒙阿左地1井固井工艺

2.1 固井工艺的选择

为确保蒙阿左地1井二开钻井及后续工作的顺利进行,对表层套管进行固井施工,采用固井水泥浆加固井壁和套管,形成稳固的水泥环,保护井筒,提供稳定的井眼。蒙阿左地1井为该区域的第1口井,半径200 km内无深井钻井记录,缺少邻井资料作为参考,需根据实时钻遇地层情况结束一开,进行固井施工,保证井身安全。本井钻遇稳定地层——灰色泥质砂岩层时井深已达到990.52 m,导致表层套管固井段较长。钻井工程设计中要求下入的表层套管直径为 $\Phi 244.5$ mm,直径较大。本井一开井段长、套管内外环空大,采用常规固井方法作业风险高、作业时间长,因此拟采用插入法固井工艺进行固井。

插入法固井工艺在下入深度大的大直径油气井表层套管固井时,用下部连接有浮箍插头的小直径钻杆插入套管的插座式浮箍(或插座式浮鞋),与环空建立循环,用水泥车通过钻杆向套管外环空注水泥浆,固井施工过程中固井水泥浆返出地面^[1-4]。

表2 表层套管柱参数

Table 2 Surface casing string parameters

井段/m	规 范					长度/ m	钢级 API	重 力			抗 拉		抗外挤		抗内压	
	外径/ mm	壁厚/ mm	通径/ mm	接箍外 径/mm	扣型 API			单重/ (N·m ⁻¹)	段重/ kN	累计 重/kN	最大载 荷/kN	安全 系数	最大载 荷/kN	安全 系数	最大载 荷/kN	安全 系数
0~990.52	244.5	8.94	222.3	269.9	LC	985.90	J55	542.3	536.88	536.88	2011	3.74	10894	1.93	21581	

钻杆串结构为:内插头+ $\Phi 127$ mm加重钻杆+ $\Phi 127$ mm钻杆+方钻杆,内插头接在钻柱最下端钻杆上,为保证插头居中且顺利插入插座,在钻杆最下端的3根钻杆接头上分别加1个弹性扶正器。从套管内下入钻杆,当插入头接近插座5~8 m时接方钻杆,边循环边下入钻杆,下钻至最后一个单根缓慢下放,待插座以上的沉砂冲洗干净后,慢慢插入插座孔内,以防蹩坏密封面,并加一定压力,形成密封。

2.2.3 水泥浆量计算与配方

与传统的固井施工方法相比,插入法固井工艺具有以下优点:

(1)能减少水泥浆在套管内与钻井液的掺混,缩短顶替钻井液时间;

(2)水泥浆可提前返出从而减少因附加水泥量过大而造成的浪费和环境污染;

(3)固井所需替浆量较小,不但可以减少混浆使用量,而且易准确计量;

(4)不需要单独储备替浆用水,不需要大泵替浆;

(5)单井可以节约30%左右的水泥,一般情况下,可以减少90%左右的替浆废水的排放;

(6)对于下入深度大的大直径油气井表层套管固井,可以有效提高固井质量;

(7)由于钻杆空间较小,可大大减小水泥浆的污染,提高固井效率^[5-12]。

2.2 固井工艺设计

2.2.1 套管串设计

套管串结构为:引鞋+ $\Phi 244.5$ mm套管+插入式浮箍+磁定位器+ $\Phi 244.5$ mm套管串,下入92根 $\Phi 244.5$ mm套管,长986.38 m,浮鞋长0.53,下深987.28 m,使用扶正器30个,下部20根套管焊接加固,采用断续焊,其焊缝长4~5 cm,焊缝间距2~2.5 cm,每下入20根套管灌入一次泥浆。套管柱参数见表2。

2.2.2 钻杆串设计

根据套管串与钻杆串环形容积计算得到累计容积为39.2 m³,施工时以实测井径为准,按30%附加则预注水泥浆50.96 m³。

设计水泥浆为G级油井水泥,实验温度45℃,水泥用量60 t,首浆低密度(地面-790 m)+尾浆高密度(790~986.80 m),水泥浆流变参数见表3。

2.3 存在的风险与预防措施

采用插入法对蒙阿左地1井进行固井施工,若操作不当则存在一定的风险,主要体现为插头与插座之间的密封会发生失效或防回压失灵等事故,且

表 3 水泥浆流变参数

Table 3 Cement slurry rheological parameters

水泥浆	密度/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	稠化时间/ min	API 失水 量/mL	流动 度/cm	抗压强度 (48 h)/MPa
首浆	1.55~1.65	≥施工时间+ 1 h 安全时间	≤150	≥22	≥12
尾浆	1.85~1.95	150~201	150	≥22	≥12

注:首浆为 G 级油井泥/普通漂珠(SD-96)/微硅+3.0%早强剂(G209)+1.2%降失水剂(G302)+0.1%缓凝剂(GH-1)+0.5%减阻剂(USZ)+0.05%消泡剂(SP-A)+井场水;尾浆为 G 级油井泥 51 t+0.6%降失水剂(S901)+0.1%缓凝剂(GH-1)+0.3%减阻剂(USZ)+0.05%消泡剂(SP-A)+井场水。

这个过程不可逆,处理不当将产生严重后果。蒙阿左地 1 井一开裸眼井段较长,井眼多处出现扩径,加大了下入套管串的难度,增加了影响固井质量的因素。为提高固井质量,防止固井事故的发生,固井施工前做好充分的准备工作,采取一定的技术措施和管理措施,避免事故的发生,保证插入法固井在本井的固井质量,具体措施有:

(1)细致检查浮鞋、浮箍(含插座)、内插头及其密封垫质量;内管注水泥器属易钻材质,易损坏,宜轻装轻放、勿碰撞;工具使用前做好检查、保养和校核,确保井下工具、附件安全可靠。

(2)在下套管和固井前做好通井工作,充分循环处理钻井液,确保井内无沉砂与井眼稳定再下套管和注水泥,同时尽力减少回压凡尔或回压阀座被冲刷的时间。

(3)做好钻井液净化工作,在下套管和下钻过程中,套管柱内和钻具内不得落入杂物,严禁有棕绳、棉纱、药品袋等杂物进入井口和钻具内,否则将造成插座浮鞋关闭失灵。

(4)按照井壁岩性的结构特点,优化固井水泥浆(优化水泥浆外加剂、减阻剂与早强剂的配比),对施工工序进行仔细的研究,确定最佳的水泥浆凝固时间,保证达到预期的水泥环质量。

(5)固井施工过程中,以固井施工设计为准则,按设计要求组织施工,对固井施工过程进行实时监控和管理。

(6)加强环保意识,在地表对废泥浆、水泥浆进行隔离、回收、固化处理,减小对当地环境的污染^[13-16]。

2.4 固井工艺流程

按固井施工设计要求先后下入套管串和钻杆串后,接入固井设备,检查各器具、设备及各通道无误

后开始准备注浆。

蒙阿左地 1 井插入法注浆的具体流程为:注入前置液→注入水泥浆→替入顶替液→放回压检查回压阀是否倒流→上提钻杆循环出多余的水泥浆,注浆流程示意图 2。

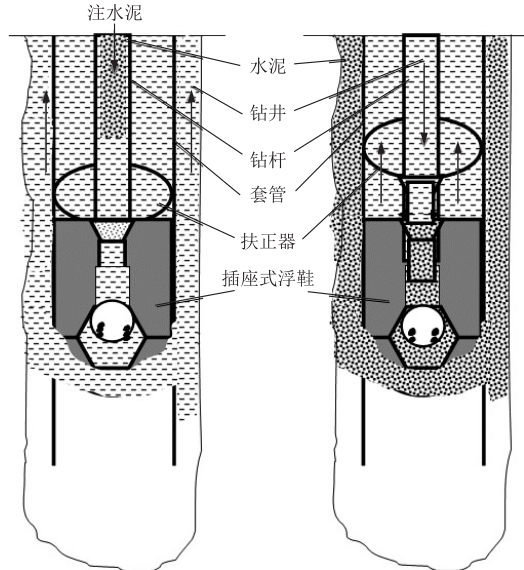


图 2 蒙阿左地 1 井插入法注浆流程示意图

Fig.2 Schematic diagram of insertion-type cementation in Well Mengazuodi - 1

具体施工过程为:注前置液(清水)10 m³,注压为 1 MPa,返高约 250 m;注水泥浆,水泥浆为 G 级油井水泥,密度为 1.40~1.69 g/cm³,平均密度为 1.59 g/cm³,API 失水量 ≤ 150 mL,流动度 ≥ 22 cm,抗压强度(48 h) ≥ 12 MPa,共注水泥浆 51 m³,注浆压力 2 MPa,水泥返出地面后注入密度为 1.85~1.95 g/cm³ 的高密度水泥浆,注入 2.4 m³;注顶替液(清水),共注 9.5 m³,水泥塞处替 0.3 m³,留 0.25 m³ 水泥浆,置替压力为 3~9 MPa,上提钻杆循环出多余的水泥浆,固井结束,候凝 48 h。

3 固井质量评价

固井结束 48 h 后,井壁环腔水泥浆完成凝固,采用 ECLIPS5700 成像测井仪下入套管内对固井质量进行声波变密度测井,测量井段为 0~986.80 m。从所得的声波变密度成像数据解释,表明测量井段内 80%左右井段胶结较好,10%左右的井段水泥胶结有缺陷,出现空洞。分析造成小部分胶结缺陷的原因主要是水泥灌车送水泥的速度波动,送量不均匀,两辆灌车切换衔接不顺畅,导致水泥浆密度出现

波动。

通过测井解释蒙阿左地1井固井井段总体上胶结较好,特别是关键井段水泥胶结良好,一开固井质量合格。

4 经济性分析

对蒙阿左地1井一开固井施工采用插入法和模拟常规方法固井的相关技术经济指标进行记录与计算(详见表4)。插入法固井施工时间为1.18 d,若采用常规注水泥施工时间为2.03 d。通过经济性对比分析,两种注水泥固井施工方法相比较,插入法节约施工时间0.85 d,节约水泥2.9 t,节约施工用水3.5 t,节约柴油3.0 t,共计节约费用5.90万元。

表4 固井施工各项技术和经济指标

Table 4 Technical and economic indexes of the cementation job

名称	插入法	常规
钻井日费(待命)/(万元·d ⁻¹)	2.00	2.00
固井日费/(万元·d ⁻¹)	2.00	2.00
水泥费用(含添加剂)/(万元·t ⁻¹)	0.18	0.18
施工水费/(万元·t ⁻¹)	0.005	0.005
0号柴油/(万元·t ⁻¹)	0.65	0.65
水泥塞长度/m	0	34
起下钻速度/(m·h ⁻¹)	400	400
钻塞速度/(m·h ⁻¹)	2	2
水泥密度/(g·cm ⁻³)	1.75	1.75
水泥浆体积/m ³	53.44	57.06
水泥/m ³	42.1	44.9
附加系数n	1.30	1.35
施工用水/m ³	51.4	54.9
候凝时间/min	1440	1440
固井循环时间/min	116	176
起下钻时间/min	148	297
钻塞时间/min		1020
柴油用量/t		5.5
井段/m	0~986.8	0~990.52

5 结论

(1)在缺乏邻井资料的情况下,蒙阿左地1井作为银额盆地尚丹坳陷拖莱凹陷的首口油气调查风险探井,在银额盆地区域完成大直径、长井段表层套管固井施工,成功解决了长井段固井质量差的难题。

(2)插入法固井技术方法缩短了施工时间、节约了生产用水、油井水泥和柴油等材料,施工效率提高了42%、施工成本降低了30%。

(3)插入法固井在下入深度大的大直径表层套管固井中所需水泥浆量少、替浆量少,施工时间短,

固井质量可靠,在本井固井中具有较明显的优点,并且插入法固井技术是一种环保、高效和低成本的固井技术方法,是实施大直径地质调查与探采结合并表层套管固井施工的优选方案,为后续在银额盆地地区开展的油气井固井施工提供参考。

参考文献(References):

- [1] 吴波,张金法,马兰荣.内管注水泥固井工具的研究与分析[J].石油矿场机械,2007,36(9):105-107.
WU Bo, ZHANG Jinfa, MA Lanrong. Study and analysis of inner string cementing equipment[J]. Oil Field Equipment, 2007,36(9):105-107.
- [2] 覃毅.内插法固井工具失效典型案例及预防措施[J].石油钻采工艺,2015,37(6):114-116.
QIN Yi. Failure typical cases of interpolation cementing tools and preventive measures[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2015,37(6):114-116.
- [3] 陈斌,张小建,田振华,等.提高石油固井施工质量的技术措施[J].化工设计通讯,2017,43(12):214,239.
CHEN Bin, ZHANG Xiaojian, TIAN Zhenhua, et al. Technical measures to improve construction quality of petroleum cementing[J]. Chemical Engineering Design Communications, 2017,43(12):214,239.
- [4] 白兴伟.浅析固井现场常见复杂情况处理综述[J].西部探矿工程,2013,25(4):65-68.
BAI Xingwei. Analysis on the treatment of common complex situations at cementing site[J]. West-China Exploration Engineering, 2013,25(4):65-68.
- [5] 顾军.吐哈油田内管注水泥技术的应用[J].钻采工艺,1996,19(5):91-93.
GU Jun. Application of inner tube cementing technology in Tuha Oilfield[J]. Oil Drilling & Production Technology, 1996,19(5):91-93.
- [6] 张代生,李光云,罗肇,等.银根-额济纳旗盆地油气地质条件[J].新疆石油地质,2003,24(2):130-133.
ZHANG Daisheng, LI Guangyun, LUO Zhao, et al. Characteristics of petroleum geology in Yingen - Ejinaqi Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2003,24(2):130-133.
- [7] 魏建设.银额盆地石炭系一二叠系地质调查报告[R].西安:中国地质调查局西安地质调查中心,2015:3-40.
WEI Jianshe. Geological survey report of carboniferous-Permian in Yin'e Basin[R]. Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, 2015:3-40.
- [8] 赵政璋.油公司油气勘探之路:新区勘探项目管理探索[M].北京:石油工业出版社,1998:101-107.
ZHAO Zhengzhang. Oil company oil and gas exploration road: Exploration of exploration project management in new area [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998:101-107.
- [9] 杨建波,邓建民,黎泽寒,等.低速注水泥过程中密度差对顶替效率的影响[J].石油钻探技术,2007,35(5):79-82.
YANG Jianbo, DENG Jianmin, LI Zehan, et al. Effect of density difference on displacement efficiency during low-rate cementing[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2007,35(5):79-82.

(下转第94页)