

江苏油田页岩油水平井可溶桥塞钻磨工艺实践与认识

叶红, 李汉周, 谢善霖

(中国石化江苏油田分公司石油工程技术研究院, 江苏 扬州 225009)

摘要:页岩油井压后放喷投产后,因诸多因素导致桥塞未完全溶解而影响产能,必须采取钻磨桥塞措施来提高油井产量。针对页岩油水平井连续油管钻磨复合桥塞时,易出现钻屑堆积和卡钻风险等问题,对连续油管钻磨管柱进行了优化设计,提出了地面流程、钻磨工作液性能、钻磨工具、施工排量、钻压优选等方面的技术参数和要求,为水平井桥塞钻磨提供技术方案,在H2CHF井、HY3HF井成功实施,并取得良好效果。

关键词:页岩油水平井;可溶桥塞;钻磨工艺

中图分类号:TE242 **文献标志码:**A

Practice and cognition of soluble bridge plug drilling and grinding technology for shale oil horizontal wells in Jiangsu Oilfield

YE Hong, LI Hanzhou, XIE Shanlin

(Petroleum Engineering Technology Research Institute of Jiangsu Oilfield Company, SINOPEC, Yangzhou 225009, China)

Abstract: In the late production stage of the post-pressure release of shale oil wells, the production capacity is affected by the bridge plugs not completely dissolved due to many factors, and drilling and grinding bridge plugs must be taken to improve well production. Generally, in the drilling and grinding of composite bridge plugs in horizontal wells with coiled tubing, drilling cuttings accumulation and sticking risk would appear. To overcome these problems, the coiled tubing drilling string has been optimized, then it is put forward the technical parameters and requirements for the ground process, drilling and grinding working fluid performance, drilling and grinding tools, construction displacement, and preferred drilling pressure. This provided a technical solution for horizontal well bridge plug drilling and grinding, which was successfully implemented in H2CHF and HY3HF wells, and achieved good results.

Key words: shale oil horizontal well; soluble bridge plug; drilling and grinding technology

HY1HF井分22段实施分段压裂,施工排量为17~18 m³/min,施工压力为64.5~104.9 MPa,总液量为8 9712.3 m³,总砂量2 356.7 m³。压后采用2 mm油嘴放喷返排,返排即见油,但压力下降快。分析认为井筒桥塞未完全溶解,实施钻磨桥塞作业后,压力下降变缓,钻塞前平均每采1 000 m³液压力下降4.63 MPa,每单位返排率平均压力下降5.9 MPa,钻塞后平均每采1 000 m³液压力下降0.66 MPa,每单位返排率平均压力下降0.62 MPa;钻塞后弹性产率增大,由钻塞前220 t/MPa增大到1 540 t/MPa;同时,钻塞后各层段动用相对均衡,因此,页岩油井压后放喷投产后必须采取钻磨桥塞工艺来提高油井产能。

1 前期钻磨桥塞存在的问题

统计HY1HF井钻磨桥塞施工的磨铣时间,该井

共钻磨21个桥塞,平均综合单个桥塞磨铣时间为116 min,远高于其它油田的31 min,磨铣效率偏低。分析认为,一是选用磨鞋直径偏小,导致桥塞碎块大,不易冲洗出来;二是螺杆钻动力不足,磨铣时间增加;三是钻磨液携砂不强,产生重复磨铣;四是未使用水力振荡器,水平段钻压无法控制。

针对上述问题,借鉴其它油田施工经验,优选钻磨参数、工具,筛选钻磨液体系,优化钻塞管柱设计,同时提出钻塞施工操作规范,为钻磨水平井桥塞提供切实可行的技术方案。

收稿日期:2022-08-17;改回日期:2022-09-20。

第一作者简介:叶红(1968—),高级工程师,主要从事采油气工程技术工作。E-mail: yehong.jsyt@sinopec.com。

2 钻磨桥塞工艺参数优化设计

2.1 钻具及磨鞋优选

采用的井下动力钻具组合为:连续油管接头+双回压阀+液压丢手+双启动循环阀+双向震击器+螺杆马达+磨鞋。

螺杆马达:对比选用大功率(1 490 N·m)、高转速(250~500 r/min)、能连续工作 200 h 以上的高效螺杆马达。

水力振荡器:在水平段施工中,针对井深加深,长水平段长、摩阻扭矩大、定向托压、井底温度高等复杂情况,采用水力振荡器,能有效地稳定工具面、降低摩阻,解决长水平井定向托压难题,提高机械钻速。

高效磨鞋:田明工作室自行设计的高效双向防卡磨鞋采用5翼PDC镶齿,切削能力强,研磨性好,本体采用缩径设计,可通过较大桥塞碎块,同时具有双向磨铣功能,避免上提卡钻的风险。

2.2 钻压选择

连续油管钻磨桥塞过程中,可根据油管悬重和地面泵压来确定钻压的大小。总结现场作业情况,随着钻压的提高,虽然可短时间内提高钻磨速度,但是产生的磨屑尺寸较大,不易返排,易形成卡堵;另外容易聚集到磨鞋底部,造成反复钻磨,引起跳钻,导致磨鞋底部切削齿掉落,使磨鞋的切削能力减弱,从而撕扯复合桥塞的橡胶,产生更大的磨屑,如此反复,形成恶性循环^[1]。对比SD1、QY1HF及HY1HF钻磨施工情况,采用“低钻压、高转速、小进尺”设计思路,将桥塞钻磨成细小的碎屑,便于钻磨液携带返出井口。结合现场实际工作经验,综合推荐钻压为0.5~1.5 t^[2]。

2.3 排量选择

排量是连续油管钻磨桥塞作业最重要的参数之一,不仅关系到螺杆钻的工作性能,而且关系到钻磨效率和携屑效果。在HY1HF井捕屑器滤网中发现,钻磨过程中最先上返至地面的是复合材料屑和小尺寸橡胶,随后是金属碎屑和砂返出,说明磨屑的返出规律与其密度大小成反比^[3]。取可溶桥塞碎块(2.5 mm×2 mm)及胶皮做沉降实验,结果如表1。

表1 桥塞碎块、胶皮沉降速度

样品	清水中	0.07%减阻液中	0.15%减阻液中
桥塞碎块	0.38	0.32	0.25
胶皮碎块	0.19	0.17	0.14

可溶桥塞密度为1.9 g/cm³,石英石堆积密度为1.7 g/cm³,最大粒径的石英石下沉速度为0.393 m/s,通过实验证实了桥塞碎屑和压裂砂具有相同的沉降速度。

采用牛顿-雷廷格算法分别计算直井段砂粒沉降速度、斜井段环空止动返速和水平段砂粒的瞬时启动流速,获得砂粒的瞬时启动流速,计算直井段、斜井段、水平段不同阶段排量^[4],结果表明,直井段最小排量为2AV(2×油套环空截面积×沉降速度),水平段最小排量为3AV,根据H2CHF井、HY3HF井的油套环空容积,计算得出最小排量,如表2所示。

表2 水平段最小排量计算结果

井号	井身条件	直井段最小排量	水平段最小排量
H2CHF	Ø97 mm 套管、Ø 50 mm 连续油管	254	380
HY3HF	Ø 115 mm 套管、Ø 60 mm 连续油管	357	535

3 钻磨液体系筛选

由于水平段钻磨液的上返方向和碎屑沉降方向近乎呈90°夹角,所以钻磨液流速不再是携屑能力的决定因素,钻磨液的性能起更重要的作用。因此钻磨液必须具备一定的黏度,以达到一定的悬浮能力,同时要具有一定的润滑性,以降低连续油管的内摩阻^[5]。通过多次实验对比分析,参考其它油田经验,选用压裂用聚合物稠化剂体系,质量分数0.07%~0.15%。

4 在线配液及循环利用

根据循环排量,选用2 m³/min的配液撬,配套1.6 L/min的点滴泵;增加4个沉降罐,500 m³水囊,通过沉降隔离,把返出液中的碎屑和原油分离出来,达到循环使用标准^[6]。

5 现场应用

在HY1HF井施工的基础上,通过优化钻磨施工参数及配套设施后,H2CHF井、HY3HF井单个钻磨桥塞时间比HY1HF降低45%(见表3),HY3HF严

格执行短起下标准,无任何卡钻事故。

H2CHF井压后放喷生产,日产液75 m³,日产油18.7 t。钻塞后产油量逐渐增加,目前日产油稳定在

43 t。

HY3HF井压后放喷生产,日产液77 m³,日产油1.4 t,钻塞后产油量逐渐增加,目前日产油稳定在26 t。

表3 钻磨桥塞时间对比统计 min

井号	平均磨铤	最长磨铤	最短磨铤	总磨铤	卡钻活动	起下油管	总耗时间	桥塞个数	单个桥塞耗时	备注
HY1HF	116	154	15	2 451	727	2 610	5 788	21	275	
H2CHF	33.9	90	2	678	684	2 008	3 370	22	153	出砂
HY3HF	52.8	240	1	370	无	672	1 042	7	148	

6 结论

- (1)根据页岩油水平井特点及水平井钻塞工艺原理,对连续油管钻塞施工参数进行了优化,配套碎屑大小控制技术、碎屑返排技术、钻塞管柱减阻技术和桥塞碎屑打捞技术。
- (2)利用钻具转动和上下活动管柱,破坏砂床,使井筒内的携砂液保持均匀的流变性,改善冲洗效果,同时可以搅动井底沉砂,提高冲洗效率。
- (3)采用高效双向防卡磨鞋和凹面大直径磨鞋,有效控制碎屑大小,避免上提卡钻风险。
- (4)选用黏度4.5 mPa•s、质量分数0.15%的减阻剂,降低钻磨液的摩阻,同时提高携砂能力。
- (5)应用钻塞液闭式循环地面流程,实现高压连续施工,降低钻塞液的使用量。
- (6)采用高效螺杆钻具+水力振荡器,产生纵向振动提高钻压,减少摩阻,在钻塞液中加入金属减阻剂,降低“自锁”现象的发生。

(7)确定每钻磨3个桥塞后短起下大排量循环洗井的安全操作规范,避免卡钻风险。

参考文献:

[1] 梁崇仁. 油井钻磨桥塞工艺技术分析[J]. 当代化工研究, 2020(19): 125-126.

[2] 任勇, 郭彪, 石孝志, 等. 页岩气套变水平井连续油管钻磨复合桥塞技术[J]. 油气井测试, 2018, 27(4): 61-66.

[3] 来国荣, 安崇清, 范琳沛. 水平井连续油管钻磨桥塞技术分析及应用[J]. 石油工业技术监督, 2016, 32(1): 54-57.

[4] 张文志. 大庆油田水平井复合桥塞钻磨工艺技术研究与应用[J]. 内蒙古石油化工, 2014(12): 109-110.

[5] 尚琼, 王伟佳, 王汤, 等. 连续油管钻复合桥塞工艺研究[J]. 钻采工艺, 2016, 39(1): 68-71.

[6] 邹先雄, 卢秀德, 刘洪彬. 连续油管钻磨复合桥塞效率影响因素分析及提效措施研究[J]. 钻采工艺, 2018, 41(2): 110-112.

(编辑 韩 枫)