

塔里木盆地异常高温高压井储层改造难点及对策

叶登胜 任勇 管彬 尹丛彬

川庆钻探工程公司井下作业公司

叶登胜等.塔里木盆地异常高温高压井储层改造难点及对策.天然气工业,2009,29(3):77-79.

摘 要 异常高温高压井由于埋藏超深、施工压力大和井温异常高,对储层改造施工的液体、管柱、工艺、设备等都提出了极高的要求。针对塔里木盆地异常高温高压井的特点,进行了储层改造的技术难点分析,从压裂液、酸液、支撑剂、施工管柱、井口及地面管线、近井筒处理技术和施工工艺等方面提出了相应的关键技术对策和措施,并结合具体的井例探讨了异常高温高压井的施工失败教训和成功经验。其认识对该类井的储层改造设计和施工方案的制订具有指导作用。

关键词 塔里木盆地 高温 高压 储集层 改造 压裂 酸化

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.03.022

1 异常高温高压井特点

随着油气勘探开发技术的进步,新疆、青海、四川、贵州等地区对深层、异常高温、高闭合应力和施工压力井实施的储层改造作业越来越多。这类井常表现出以下特点:①施工井段超深(大于 5 500 m);②井温超高(大于 140 ℃);③地层压力系数高;④闭

合应力梯度高(大于 0.02 MPa/m);⑤储层改造施工压力高(大于 85 MPa);⑥储层物性差,大多为低孔低渗或特低孔特低渗储层。这些井有的经过前期充分论证、调整技术手段,储层改造施工获得了成功,但是有的井并没有依照设计要求完成施工(见表 1)。因此,有必要切实开展针对深层、异常高压施工井的储层改造技术专项研究。

表 1 典型异常高温高压施工井统计表

类型描述	井号	施工井段 (m)	井温 (℃)	工艺类型	最高排量 (m ³ /min)	最高泵压 (MPa)	闭合应力梯度 (MPa/m)
施工时工作液不能注入地层	A	6 771.5~6 785.5	164.1	酸化	0.47	90.2	/
施工时仅能注入部分液体,施工不能完成	B	6 589.0~6 718.0	150±	酸压	1.80	95.0	0.020 0
施工能够继续,排量却很低,不能满足施工设计要求	C	6 354.0~6 363.0 6 380.0~6 389.0	142	酸压	1.56	100.1	0.022 3
施工基本能按照设计要求完成	D	6 573.0~6 697.0	>160	酸化	3.20	99.3	>0.021 3
	E	5 595.0~5 607.0	>140	压裂	5.27	86.3	0.021 4

2 储层改造技术难点

1)这类井多为预探井以及边探井,邻井施工资料少甚至无邻井施工资料,压裂酸化施工设计中的很多参数只能来自钻、录、测等资料,往往会造成对施工难度的估计不足,增大施工未知因素。

2)异常高施工压力、闭合应力地层一般呈现出物性差、埋藏深或是超深、杨氏模量和泊松比偏高的特点,从而导致地层破裂压力高,压开地层的难度大。

3)对储层改造工作液的性能要求很高。这类井由于井温高,压裂液须满足高温、超高温下低滤失、低摩擦和良好的携砂性能。酸压则要求酸液在高温

作者简介 叶登胜,1965年生;长期从事油气藏增产改造技术的科研及管理工作。地址:(610051)四川省成都市成华区瑞丰巷6号。电话:(028)86019198。E-mail:yeds@vip.sina.com

下低滤失、低摩阻和足够的黏度,同时尽量在地层中形成不均匀刻蚀。

4)施工方式限制比较大。受到套管承压的限制,一般采用封隔器来保护套管、选择油管施工,不能实时监测井底压力的变化,使得施工可靠性下降。

5)异常高施工压力一般会在长时间的高压情况下施工,对施工压裂车、高压管线、管汇等提出了更高的长时间承压要求,对压裂设备和管柱的性能要求很高。

6)异常高压施工井由于施工时的压力空间小,对施工前应急处理方案的制订、现场实时处理措施手段等都提出了比常规井更高的要求。

3 技术对策

通过对异常高施工压力、闭合应力井储层改造技术难点的分析,提出以下针对性的建议:

1)对于可能出现异常高施工压力、闭合应力的井,必须做好改造前的储层地质基础研究、增产潜力评价与预测、井筒改造条件分析、液体性能评估、目前的压裂或酸化技术条件综合认识、施工应急预案论证、施工经济评价等工作,科学决策实施改造的有利因素与不利条件。

2)仔细分析异常高施工压力的原因。实施压裂酸化过程中出现异常高施工压力的原因是多方面的,例如地应力、岩性、射孔参数、储层污染等,必须找出根本原因,再针对性地制定解决措施。

3)其核心目标是降低井口压力、增加施工压力空间,这类技术手段见表2。

4)重视测试压裂的作用。针对这类异常高施工压力井,未知因素多,可以提前做测试压裂,求取储层特性参数和施工液体参数,以便优化泵注参数,提高主体压裂酸化改造的针对性和成功率。

表2 异常高温高压井储层改造关键措施表

项 目	关键措施	关 键 点
压裂液 酸液	延迟交联,加重压裂液 加重酸 ^[1]	耐高温、低摩阻,若返排困难可采用初始阶段加重,后续不加重措施 耐高温、缓速、缓蚀、低摩阻
支撑剂	30~50目或40~60目	埋藏深,杨氏模量高,缝窄,尽量用小粒径支撑剂;同时还必须满足在高闭合应力条件下的低破碎率,保证裂缝导流能力
施工管柱	①大管径的油管 ②封隔器保护,加井底压力计	①尽量减小工作液摩阻 ②实时监测井底压力的变化,减小施工风险
井口、地面管线	采用140 MPa压力级别	增加施工压力空间
近井筒处理	①酸化预处理技术 ②优化射孔参数	①化学反应破坏孔隙的胶结强度,降低岩石破裂压力梯度15%~20% ^[1] ;②采用“大孔眼、深穿透、高密度、多相位”射孔技术降低射孔孔眼摩阻,对于裸眼完井,也可采用
施工工艺	①酸化可在不超压的基础上 瞬间起泵、停泵挤酸 ②加砂则低砂比、小台阶、多步、控制最高砂比	①人为地在井底造成压力振荡,从而压开地层 ②必须保证加砂的成功

4 实例分析

4.1 实例一

B井(见表1)酸压层段为奥陶系鹰山组6589.0~6718.0m井段,岩性为浅灰色、灰色泥晶灰岩。测井解释I类储层1段3m,II类储层1段5m,III类储层2段11.5m;录井级别为气测异常,钻进中无放空、漏失现象。地震时间剖面显示,该井在T₇⁴酸压目的层段未见明显的串珠状强反射特征。该井段进行酸压施工中由于施工压力过高,挤入井筒总液量85.4m³后停止施工,施工排量、注入液量远没有达到设计要求。

从该井的施工过程分析来看,有以下一些认识:

1)从B井DPT记录的施工过程井底压力计算得到地层闭合应力梯度0.020MPa/m。因此该井是1口闭合应力异常高的施工井。

2)对于新区块探井,应形成从地质物探认识—试井、测试解释成果—岩心取心结论这样一种由远井到近井,由面到点的探井储层改造技术思路。而在B井中,很多工作都没有进行,致使施工设计的针对性不强,施工准备不足。

3)从图1-a看出,冻胶进入地层后压力就上涨8.4MPa左右,说明了该地层对高冻胶是相当敏感。若采用低黏度线性胶、滑溜水更容易进入地层,从而

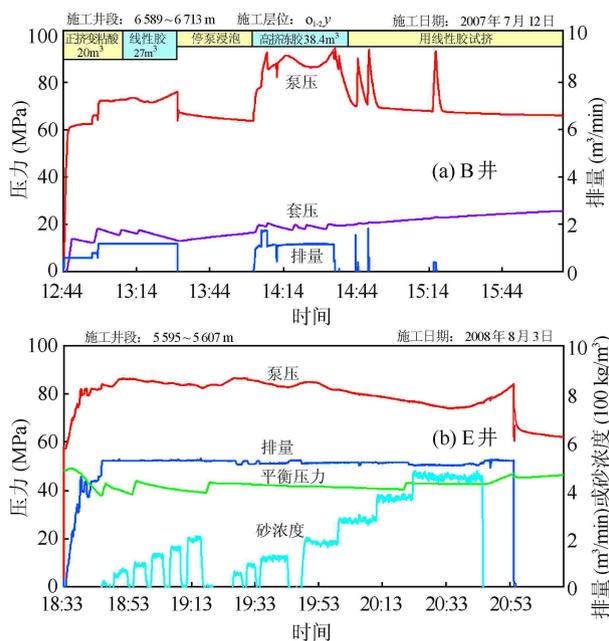


图1 两井的施工曲线图

“撑”开地层。此外,线性胶比冻胶可以降低摩阻15%以上,如果采用滑溜水,其降阻作用更加明显。

4)对于施工压力异常高的地层,必须打破常规压裂酸化的技术思路。施工方案都以能否在现有技术条件下保证施工成功,为储层改造的第一考虑因素,而排量的高低、是否需要压裂液造缝等并不是需要主要考虑的因素。

5)异常高温高压施工井储层改造难度大,改造方案难以做到较好的针对性。因此技术人员须做出现场可能出现情况的预测,制订相应的可变的备用方案,以确保储层改造的顺利进行。

4.2 实例二

E井(见表1)施工层段为志留系砂岩段。储层埋藏深(5 596~5 607 m),地层压力系数高(1.60~1.62),闭合应力梯度高(0.214 MPa/m),温度高(大于140℃),储层物性差(平均孔隙度为5.23%,平均渗透率 $0.099 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为特低孔低渗储层)。在对5 555.19~5 607.00 m井段中途测试获得日产天然气 $2.90 \times 10^4 \sim 5.65 \times 10^4 \text{ m}^3$ 后,决定对5 596~5 607 m进行加砂压裂储层改造,以提高单井产量。

通过对该井实施测试压裂,发现储层近井摩阻高达10.8 MPa,其中裂缝弯曲摩阻高达9.7 MPa,地层滤失较大($8.12 \times 10^{-4} \text{ m/min}^{-0.5}$),缝宽较窄(5.3 mm),施工压力高(88 MPa),加砂难度大。结合该井异常高温高压特点,主压裂采取以下技术:

1)优选变稠化剂用量、变pH值、变交联剂用

量、变破交剂用量的低伤害有机硼延迟交联压裂液体系,使得压裂液体系在高温下具有良好的抗剪切、低摩阻及低伤害性能。

2)在前置液注入阶段加入粉陶控制地层滤失,并在注入过程中逐步提高支撑剂浓度,一方面打磨射孔眼和裂缝曲折,降低近井摩阻,同时试探地层对砂浓度的敏感性^[2]。

3)加砂压裂泵注程序按照低起点、小台阶、多个加砂段、控制最高砂液比,在限压85 MPa情况下,尽量提高施工排量。

4)压裂施工管柱采用钢级为P₁₁₀的全 $\varnothing 127 \text{ mm}$ 套管,计算表明比采用常规管柱能降摩阻40%~50%^[3-4]。

5)闭合应力高,采用高强度陶粒以获得高的裂缝导流能力。

实施以上技术手段,E井主压裂施工共注入地层70~100目粉陶 6.7 m^3 ,20~40目陶粒 60.2 m^3 ,施工压力74.1~86.34 MPa,排量 $5.0 \sim 5.27 \text{ m}^3/\text{min}$,最大砂浓度 480 kg/m^3 ,达到了设计要求,施工获得成功,加砂压裂施工曲线见图1-b。

5 认识及建议

1)异常高温高压井自身的特点和储层改造的难点决定了其储层改造思路、技术手段不同于常规井,能否在现有技术条件下保证施工成功,为储层改造的第一考虑因素。

2)实施储层改造的核心目标是尽可能地降低井口施工压力,增加压力空间,减小施工风险。

3)在当前异常高温高压井越来越多而相关研究还比较缺乏的情况下,应加强针对这类井的综合评价和工艺技术研究,使得不仅工艺成功,还能获得工业油气流,开拓油气勘探开发的新领域。

参考文献

- [1] 李刚,郭新江.高密度酸加重酸化技术在川西深井异常高压气层增产中的应用[J].矿物岩石,2006,26(4):105-110.
- [2] 陈作,孟祥燕,杜长虹,等.异常高地应力致密砂岩储层压裂技术研究[J].天然气工业,2005,25(12):92-94.
- [3] 郭建春,辛军.酸处理降低地层破裂压力的计算分析[J].西南石油大学学报:自然科学版,2008,30(2):83-86.
- [4] 郭建春,薛仁江,邓燕,等.定量计算酸预处理降低破裂压力模型研究[J].西南石油大学学报,2007,29(6):85-88.

(修改回稿日期 2009-01-21 编辑 韩晓渝)